



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาทางอุทกวิทยาในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัด สำหรับงานอนุรักษ์
และฟื้นฟูแหล่งน้ำ เพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบ

Hydrological Studies of Ungauged Subbasins for Conservation and Restoration of Water
Resources and Design Decision Making

นามผู้วิจัย นายอิทธิพล พัทธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ, M.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์จิระวัฒน์ กณะสุต, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาทางอุทกวิทยาในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัด สำหรับงานอนุรักษ์และฟื้นฟู
แหล่งน้ำ เพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบ

Hydrological Studies of Ungauged Subbasins for Conservation and
Restoration of Water Resources and Design Decision Making

โดย

นายอิทธิพล พิทักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพล พัทธภัย 2557: การศึกษาทางอุทกวิทยาในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสำหรับงานอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ เพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบ ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ, M.Eng. 178 หน้า

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทางอุทกวิทยา สำหรับการคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำท่า โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ศึกษาลักษณะการเกิดน้ำท่วมและลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ ในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัด เพื่อใช้สำหรับออกแบบขนาดความสูงของฝายหรืออาคารชลศาสตร์ที่เหมาะสม แล้วทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยโปรแกรม KUSlope และจัดลำดับความสำคัญของโครงการโดยพิจารณาทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยในการออกแบบและพิจารณาโครงการ สำหรับงานอนุรักษ์ฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำ

ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัด ได้ศึกษาสภาพการไหลของน้ำในลุ่มน้ำย่อยลำภาชี บริเวณบ้านท่ามะขาม และบ้านกล้วย โดยใช้ข้อมูลค่าระดับน้ำในปี 2548 ของสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานี K.17 และสถานี K.61 ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง และทำการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลค่าระดับน้ำในปี 2553 และพิจารณาใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเหตุการณ์อุทกภัยในปี 2549 ซึ่งเป็นเหตุการณ์อุทกภัยครั้งที่มีรุนแรงที่สุดในรอบ 25 ปี เพื่อนำมาประยุกต์ออกแบบขนาดความสูงของสันฝาย

จากผลการประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 พบว่าค่าตัวแปรทางสถิติเฉลี่ยสำหรับทุกเหตุการณ์ ซึ่งประกอบด้วย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าระหว่าง 0.916 - 0.936 ดัชนีประสิทธิภาพ (EI) มีค่าระหว่าง 75.36% - 87.23% และ รากที่สองของความผิดพลาดยกกำลังสอง (RMSE) มีค่าระหว่าง 13.76 - 14.80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งความสามารถในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดทั้งสอง โดยการใช้พารามิเตอร์ที่เป็นกลางได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง มีความถูกต้องอยู่ในระดับสูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบขนาดความสูงของสันฝาย บริเวณบ้านท่ามะขามและบริเวณบ้านกล้วย เท่ากับ 3.5 เมตร และ 3.0 เมตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินมีค่าอัตราส่วนปลอดภัย (F.S.) 1.25 - 3.60

Ittipon Pituk 2014: Hydrological Studies of Ungauged Subbasins for Conservation and Restoration of Water Resources and Design Decision Making. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Chaiwat Kayankarnnavy, M.Eng. 178 pages.

The purpose of this thesis is to study data of hydrology for calculating run-off water using URBS model and to study characteristics of flood events and hydraulic flows in regions of sub-basin where there is no appropriately measuring station to be used for designing height of weirs or hydraulic structure. Subsequently, the results is used to analyze slope stability by using KUSlope software and to rearrange the importance of projects in term of economic, social, engineering and environmental matters in the use of designing and ruminating projects related to conservation and development of water resource.

The analysis of this study in term of state of flow in the sub-regions of Lumphachi Sub Basin, where are Ban Thamakam and Ban Kluai, using water level data in year 2005 for calibrating and investigating models derived by 2 measuring stations of Royal Irrigation Department consist of K.17 station and K.61 station. Moreover, this study is truly tested of data with water level data in year 2010, as well as rainfall data from flood event in year 2006, which was the disaster event for a 25 - year return period of rainfall, is also considered in the design of weir.

According to the efficiency of parameters assessed in the use of URBS models to assess the quantity of runoff water at K.17 station and K.61 station indicated that averaged statistics parameter for every event consist of correlation coefficient (r), which was 0.916 - 0.936, efficiency index (EI) was 75.365% - 87.23% and the value of root mean square error (RMSE) was 13.76 - 14.80 m^3/s . As the results obtained, the assessment of runoff water derived from 2 measuring stations using mean parameter were able to correlate with real situation hereby the parameter is highly true and able to be applied for designing the height of weir at Ban Thamakam and Ban Kluai, which are 3.5 m and 3 m with Factor of Safety of slope 1.25 – 3.60 respectively

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ ดร.จิระวัฒน์ กณะสุด กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ที่ได้ช่วยเหลือ ในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำนักวิเคราะห์และประมวลสถานการณ์น้ำ และศูนย์อุทกวิทยาและบริหาร น้ำภาคตะวันตก กรมชลประทาน และสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 7 กรมทรัพยากรน้ำ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจัดทำงานวิจัยนี้

ท้ายสุด ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และภรรยาที่คอยห่วงใยและให้ กำลังใจ และขอขอบคุณ พี่ น้อง เพื่อนๆ ทุกคน ที่ไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

อิทธิพล พิทักษ์

ธันวาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	50
อุปกรณ์	50
วิธีการ	50
ผลและวิจารณ์	72
สรุปและข้อเสนอแนะ	98
สรุป	98
ข้อเสนอแนะ	105
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	106
ภาคผนวก	108
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	109
ภาคผนวก ข การเตรียมข้อมูล และการใช้โปรแกรม URBS	119
ภาคผนวก ค ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS	125
ภาคผนวก ง รายการคำนวณออกแบบความสูงสันฝาย	140
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งโดยแบบจำลอง KUSlope	161
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	178

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย	5
2	ปริมาณการระเหยจังหวัดราชบุรี	9
3	ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย	11
4	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย	12
5	รายละเอียดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและเล็กในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีในปัจจุบัน	22
6	รายละเอียดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและเล็กในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีในปัจจุบัน	25
7	ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีแยกตามกิจกรรม	26
8	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี	51
9	การแบ่งลุ่มน้ำย่อย และพารามิเตอร์ความยาวลำน้ำของลุ่มน้ำลำภาชี	53
10	ค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี	54
11	ตัวแปรทางสถิติที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของแบบจำลอง	57
12	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีที่คาบความถี่การเกิดต่างๆ ด้วยทฤษฎี GUMBEL	59
13	อัตราส่วนความปลอดภัยสำหรับลักษณะงานต่างๆ	62
14	คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม	63
15	คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม	63
16	คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วย	64
17	คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วย	64
18	ค่าน้ำหนักการจัดลำดับสามารถพิจารณาจากตัวแปรในด้านต่างๆ	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	เหตุการณ์น้ำท่วมและปริมาณน้ำท่วมสูงสุดของสถานีวัดน้ำท่วมที่นำมาสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS	74
20	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง URBS	75
21	ค่าทางสถิติของปริมาณการไหลจากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS	78
22	รายละเอียดกลุ่มน้ำย่อยที่ประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง URBS เพื่อออกแบบฝาย	80
23	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามในกรณีต่างๆ	82
24	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยในกรณีต่างๆ	84
25	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope สำหรับทฤษฎีต่างๆ	88
26	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope สำหรับทฤษฎีต่างๆ	92
27	การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านวิศวกรรม	94
28	การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านเศรษฐศาสตร์	95
29	การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านเศรษฐกิจ – สังคม	96
30	การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	96
31	การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านสิ่งแวดล้อม	97
32	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Ordinary	99
33	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Janbu	100
34	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Bishop	100
35	ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดคดลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Spencer	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
36	ผลการวิเคราะห์หัตถตราส่วนความปลอดภัยของลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Ordinary	102
37	ผลการวิเคราะห์หัตถตราส่วนความปลอดภัยของลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Janbu	102
38	ผลการวิเคราะห์หัตถตราส่วนความปลอดภัยของลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Bishop	103
39	ผลการวิเคราะห์หัตถตราส่วนความปลอดภัยของลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Spencer	103
ตารางผนวกที่		
ก1	ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า K17	113
ก2	ข้อมูลความยาวน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า K17	114

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี	6
2 ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาลำภาชี	7
3 ทิศทางลมมรสุม พายุไต้ฝุ่นและตำแหน่งร่องความกดอากาศ	10
4 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดราชบุรี	14
5 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี	15
6 แนวคิดฝ่ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู Indian Type	39
7 ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon) สำหรับการคำนวณฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำลำภาชี	52
8 แนวคิดในการขุดลอกลำน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	61
9 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม	65
10 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม	66
11 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งซ้ายบริเวณฝายบ้านกล้วย	67
12 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งซ้ายบริเวณฝายบ้านกล้วย	68
13 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง URBS กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า	72
14 การแสดงผลระหว่างกราฟน้ำท่าเปรียบเทียบกับปริมาณฝนของลุ่มน้ำสถานีน้ำท่า	73
15 การแสดงผลต่างๆ ในรูปแบบตารางของลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS	73
16 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2548	76
17 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2553	77
18 ผลการประเมินน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2549 เพื่อออกแบบขนาดความสูงของสันฝาย	81
19 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100%	83
20 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 80%	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 60%	83
22	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 40%	83
23	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20%	84
24	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100%	85
25	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 80%	85
26	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 60%	85
27	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 40%	85
28	ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20%	86
29	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพัดด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	87
30	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพัดด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	88
31	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพัดด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	91
32	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพัดด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย ระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	91

ภาพผนวกที่

ก1	ภาพตัดขวางลำน้ำ สถานี K.17 ลำภาชี บ้านคา อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	110
ก2	ภาพตัดขวางลำน้ำ สถานี K.61 ลำภาชี อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	111
ก3	ภาพตัดขวางลำน้ำ สถานี K.62 ลำภาชี บ้านคา อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี	112
ก4	สถิติปริมาณน้ำท่าสูงสุด - ต่ำสุดรายเดือน ปี 2522 – 2556 สถานี K.17 ลำภาชี อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	115
ก5	สถิติปริมาณน้ำท่าสะสมรายเดือน ปี 2522 – 2556 สถานี K.17 ลำภาชี อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก6	สถิติปริมาณน้ำท่าสูงสุด - ต่ำสุดรายเดือน ปี 2546 – 2556 สถานี K.61 ลำภาชี อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	117
ก7	สถิติปริมาณน้ำท่าสะสมรายเดือน ปี 2546 – 2556 สถานี K.61 ลำภาชี อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	118
ก1	กราฟอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ช่วงปีที่ทำการ เปรียบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS	139
ก2	กราฟอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ช่วงปีที่ทำการ เปรียบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS (ต่อ)	139
จ1	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย ฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	162
จ2	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%	162
จ3	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%	163
จ4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%	163
จ5	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%	164
จ6	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว	164
จ7	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีสร้างเสร็จใหม่	165
จ8	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	166
จ9	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%	166

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
จ10	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%	167
จ11	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%	167
จ12	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%	168
จ13	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว	168
จ14	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีสร้างเสร็จใหม่	169
จ15	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	170
จ16	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%	170
จ17	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%	171
จ18	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%	171
จ19	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%	172
จ20	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว	172
จ21	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีสร้างเสร็จใหม่	173
จ22	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%	174

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
จ23	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%	174
จ24	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%	175
จ25	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%	175
จ26	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%	176
จ27	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว	176
จ28	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีสร้างเสร็จใหม่	177

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ตร.กม.	=	ตารางกิโลเมตร
ม.	=	เมตร
ม.รทก.	=	เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
C	=	สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำผ่านฝาย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.70
g	=	แรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 เมตร/วินาที/วินาที)
h	=	ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (เมตร)
K.17	=	สถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน ลำภาชี อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี
K.61	=	สถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน ลำภาชี อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี
L	=	ความยาวสันฝาย (เมตร)
N	=	จำนวนของข้อมูล
Q	=	ปริมาณน้ำไหลข้ามฝาย (ลบ.ม.ต่อวินาที)
Q_{mi}	=	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
$\bar{Q}_m$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
Q_{ci}	=	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i
$\bar{Q}_c$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง

การศึกษาทางอุทกวิทยาในบริเวณลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีตรวจวัด สำหรับงานอนุรักษ์ และฟื้นฟูแหล่งน้ำ เพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบ

Hydrological Studies of Ungauged Subbasins for Conservation and Restoration of Water Resources and Design Decision Making

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งประชาชนมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลักยังมีความจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นอย่างมาก แต่ปัจจุบันแหล่งน้ำในประเทศไทยโดยเฉพาะแหล่งน้ำธรรมชาติมีความเสื่อมโทรมอันเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และภัยธรรมชาติ แต่ในขณะเดียวกันความต้องการใช้น้ำในปัจจุบันกลับมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในด้านการอุปโภคบริโภค การเกษตร และอุตสาหกรรม

งานด้านการพัฒนาและอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำจึงมีความสำคัญมาก เพราะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำ โดยการพัฒนารสร้างแหล่งเก็บกักน้ำ การอนุรักษ์สภาพแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์ให้คงอยู่ และปรับปรุงฟื้นฟูแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรมให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันมีหน่วยงานจำนวนมากให้ความสำคัญต่อโครงการด้านแหล่งน้ำ ทั้งภาคราชการ เอกชน และประชาชน โดยมีการตั้งงบประมาณ และการก่อสร้างโครงการในหลายรูปแบบทั้งงานขุดลอกคลอง งานก่อสร้างฝายชะลอน้ำ งานก่อสร้างฝายทดน้ำ การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ งานขุดสระเก็บน้ำ และระบบกระจายน้ำ เป็นต้น ซึ่งโดยมากมักเป็นโครงการขนาดเล็กที่ใช้งบประมาณไม่มาก จึงไม่ค่อยได้รับความสนใจและให้ความสำคัญ ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อออกแบบเท่าที่ควร เช่น ไม่มีการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณน้ำท่า ไม่มีการวิเคราะห์ลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ ไม่มีการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดน้ำท่วม รวมทั้งไม่มีการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดในหลายปัจจัยเช่น จำนวนโครงการต่อบุคลากร ระยะเวลาที่จำกัด ความสามารถของ

บุคลากร รวมถึงการให้ความสำคัญของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานเอง ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ประชาชน สิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศน์ และอาจเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าได้

เพื่อลดปัญหา ผลกระทบ และข้อจำกัดในการทำงาน โครงการอนุรักษ์พื้แหล่งน้ำ จำเป็นต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตลอดจนพิจารณาความเหมาะสมในด้านเศรษฐกิจ สังคม วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม โดยต้องศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มต้นตั้งแต่ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ลักษณะการไหลทางชลศาสตร์ ลักษณะการเกิดน้ำท่วม ขนาดอาคารชลศาสตร์ที่เหมาะสม เสถียรภาพของลาดดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการทำงาน

ในการวิจัยจึงเริ่มตั้งแต่การศึกษาข้อมูลทางอุทกวิทยา แล้วคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำท่าด้วยโปรแกรม URBS การวิเคราะห์ลักษณะการเกิดน้ำท่วมและลักษณะการไหลทางชลศาสตร์เพื่อกำหนดขนาดความสูงของฝายหรืออาคารชลศาสตร์ที่เหมาะสม ตรวจสอบความเสถียรของลาดดินด้วยโปรแกรม KU Slope จัดลำดับความสำคัญของโครงการโดยพิจารณาทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการออกแบบและพิจารณาโครงการ และหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ สำหรับงานอนุรักษ์ฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศไทย

วัตถุประสงค์

ในการศึกษาเพื่อทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาสภาพทางอุทกวิทยาในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสำหรับงานอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำ และการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการตัดสินใจออกแบบขนาดความสูงของสันฝาย ดังนั้นจึงกำหนดวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยได้เป็น 2 ข้อดังนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพทางอุทกวิทยาในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัด และประยุกต์ใช้โปรแกรม URBS ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการออกแบบขนาดความสูงของสันฝาย วิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน และช่วยในการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของโครงการอนุรักษ์ และฟื้นฟูแหล่งน้ำ

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.1 สภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำลำภาชี เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำแม่กลอง มีความยาวลำน้ำประมาณ 163 กิโลเมตร มีต้นกำเนิด มาจากเทือกเขาที่แบ่งเขตแดนระหว่างจังหวัดราชบุรีและเพชรบุรี มีลำน้ำย่อย 24 สาย ตลอดช่วงลำน้ำลำภาชี มีพื้นที่ 2,558 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลอง มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ลุ่มน้ำแม่น้ำแควน้อยตอนล่าง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ลุ่มน้ำเพชรบุรี
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ลุ่มน้ำที่ราบแม่กลอง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ประเทศสหพันธรัฐสหภาพเมียนมาร์

ลุ่มน้ำลำภาชี ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด 5 อำเภอ 16 ตำบล 145 หมู่บ้าน ดังแสดงในตารางที่ 1

ลำน้ำลำภาชีไหลจากทางทิศใต้ ตามพื้นที่หุบเขาสู่พื้นที่ต่ำทางทิศเหนือ ผ่านพื้นที่อำเภอบ้านคา อำเภอสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มาบรรจบ แม่น้ำแควน้อย ที่บริเวณบ้านท่าเสด็จ ตำบลจรเข้มะเฝือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ของลุ่มน้ำลำภาชี ทางทิศตะวันตกเป็นเทือกเขาต่างๆ แต่ค่อนข้างชันระดับความสูงประมาณ 700 – 1,000 เมตร ทางทิศตะวันออกค่อนข้างเป็นที่ราบ มีหุบเขาบางส่วน สภาพท้องน้ำเป็นตะกอนทราย ความลาดชันของท้องน้ำแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1	จาก ต้นน้ำ	ถึง ห้วยท่าเคย	ความลาดชันท้องน้ำ	1:250
ช่วงที่ 2	จาก ห้วยท่าเคย	ถึง ห้วยตอง	ความลาดชันท้องน้ำ	1:800
ช่วงที่ 3	จาก ห้วยตอง	ถึง แม่น้ำแควน้อย	ความลาดชันท้องน้ำ	1:1,200

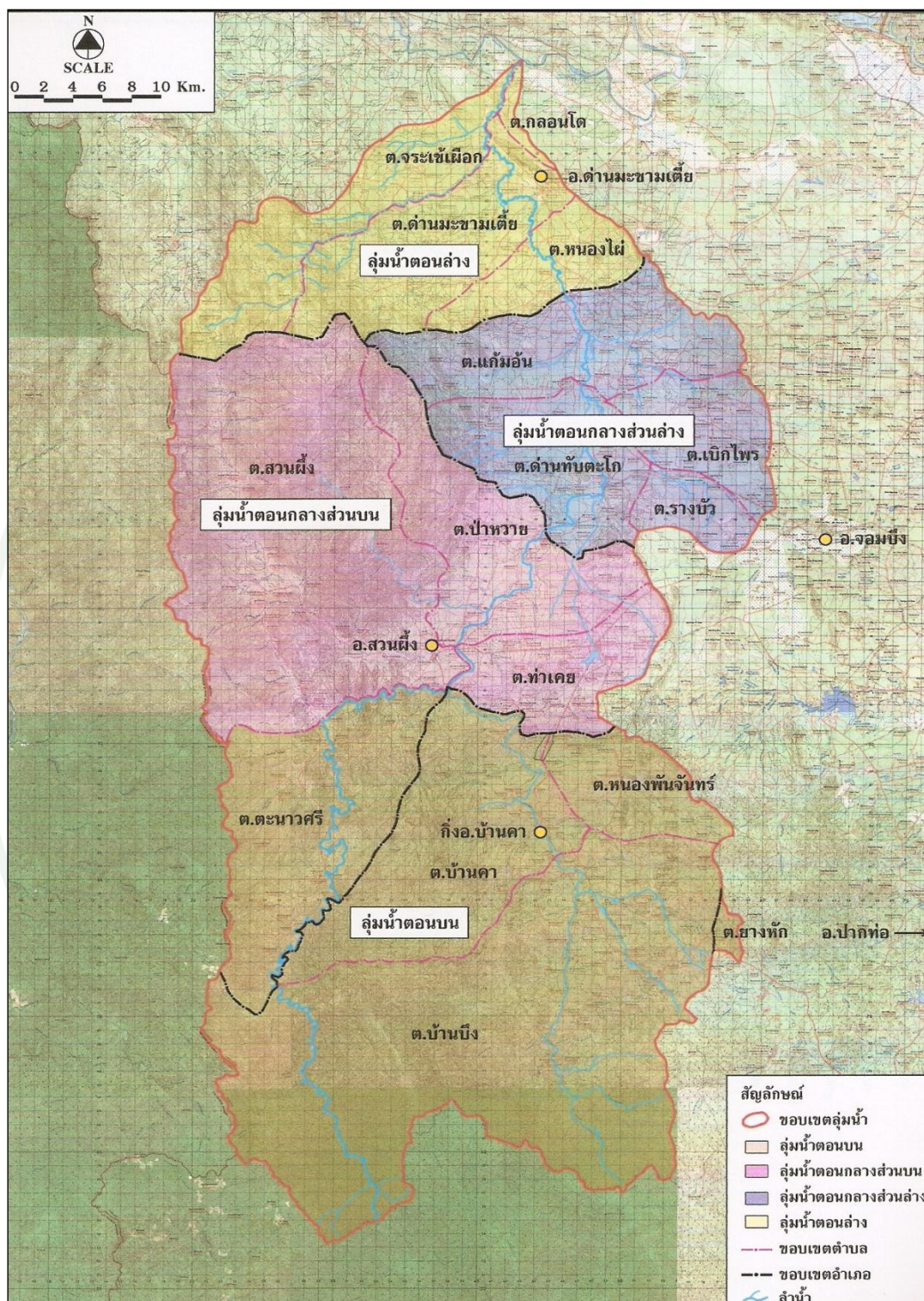
ตารางที่ 1 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	จำนวนหมู่บ้าน	ลุ่มน้ำย่อย
ราชบุรี	อ.บ้านคา	บ้านบึง	12	ลุ่มน้ำลำภาชี ตอนบน
		บ้านคา	12	
		หนองพันจันทร์	9	
	ปากท่อ	ยางหัก	1	ลุ่มน้ำลำภาชี ตอนกลางส่วนบน
	สวนผึ้ง	ตะนาวศรี	7	
	จอมบึง	สวนผึ้ง	8	
		ท่าเคย	12	
		ป่าหวาย	9	
		ด่านทับตะโก	20	
	กาญจนบุรี	รางบัว	6	ลุ่มน้ำลำภาชี ตอนกลางส่วนล่าง
		แก้มอัน	15	
		เบิกไพร	7	
		หนองไผ่	6	ลุ่มน้ำลำภาชี ตอนล่าง
		ด่านมะขามเตี้ย	11	
		จระเข้ม่อก	8	
		กลอนโค	2	



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2556)



ภาพที่ 2 ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาลำพาง

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2556)

1.2 สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำลำภาชีอยู่ในภาคตะวันตกของประเทศไทย ลักษณะทางภูมิอากาศโดยทั่วไปจะอยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคมและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างกลางเดือนตุลาคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ บางครั้งจะมีลมจร จากทะเลจีนใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน อิทธิพลของลมมรสุมทั้งสอง ทำให้เกิดฤดู 3 ฤดู คือ

- 1) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพายุดีเปรสชัน
- 2) ฤดูแล้ง เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เพราะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
- 3) ฤดูร้อน จะเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน เพราะอิทธิพลของลมจากทะเลจีนใต้ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่าระหว่าง 26.6°C ถึง 28.3°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีมีค่าระหว่าง 69% ถึง 81% ปริมาณการระเหยโดยเฉลี่ยรายปี 1,679.1 มม. การระเหยสูงสุดในเดือนเมษายนมีค่า 215.7 มม. และการระเหยต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่า 84.9 มม.

ตารางที่ 2 ปริมาณการระเหยจังหวัดราชบุรี

เดือน	วัน	E _{pan}		K _c	E	
		(มม./วัน)	(มม./เดือน)		(มม./วัน)	(มม./เดือน)
ม.ค.	31	4.16	129.00	0.72	3.00	92.88
ก.พ.	28	5.46	153.00	0.72	3.93	110.16
มี.ค.	31	5.32	165.00	0.72	3.83	118.80
เม.ย.	30	6.20	186.00	0.72	4.46	133.92
พ.ค.	31	5.23	162.00	0.72	3.76	116.64
มิ.ย.	30	4.80	144.00	0.72	3.46	103.68
ก.ค.	31	4.65	144.00	0.72	3.34	103.68
ส.ค.	31	4.26	132.00	0.72	3.07	95.04
ก.ย.	30	4.10	123.00	0.72	2.95	88.56
ต.ค.	31	3.39	105.00	0.72	2.44	75.60
พ.ย.	30	4.00	120.00	0.72	2.88	86.40
ธ.ค.	31	4.16	129.00	0.72	3.00	92.88
รวม (มม./ปี)			1,692.00	-	-	1,218.24

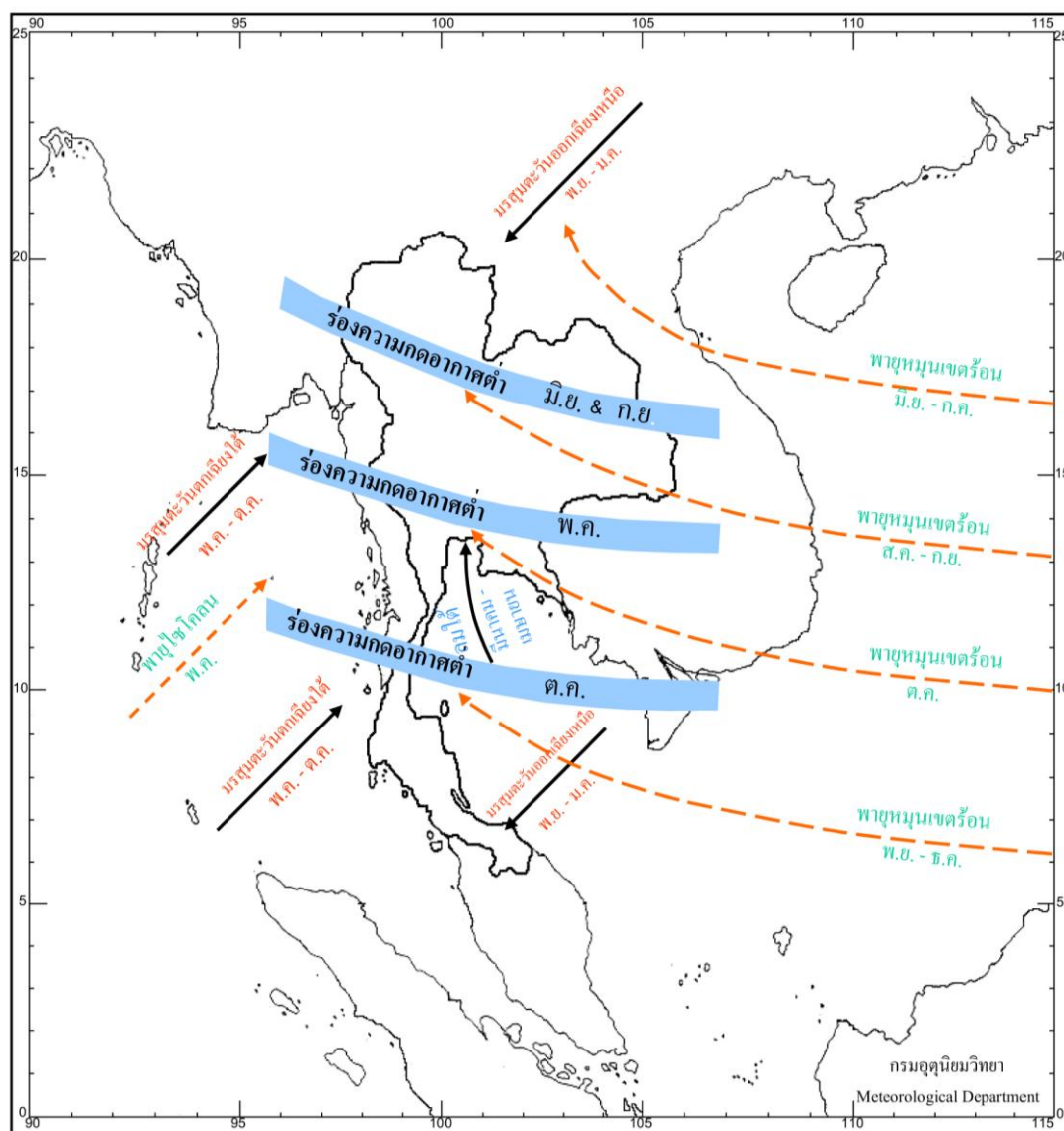
หมายเหตุ: 1. อัตราการระเหยที่ใช้วัดจาก อ.เมือง จ.ราชบุรี

2. E_{pan} ปริมาณการระเหยน้ำจากผิวดินการระเหย

3. K_c สัมประสิทธิ์ของผิวดินการระเหย

4. E ปริมาณการระเหยจริง

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2556)



ภาพที่ 3 ทิศทางลมมรสุม พายุไต้ฝุ่นและตำแหน่งร่องความกดอากาศ

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2556)

1.3 ปริมาณน้ำฝน

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ประมาณ 1,376.7 มิลลิเมตร โดยพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,103.6 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำแม่กลอง รายละเอียดปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย

หน่วย : มิลลิเมตร												
ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
4.5	11.8	41.2	72.8	148.4	90.2	107.3	105.8	209.0	232.3	74.5	5.6	1,103.6

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)

1.4 ปริมาณน้ำท่า

ลุ่มน้ำลำภาชีมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 2,558 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 355.7 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่เกิดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม มีปริมาณสูงสุดในเดือนตุลาคม และปริมาณต่ำสุดในเดือนเมษายนลำภาชี บริเวณสถานี K.17 อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี มีปริมาณน้ำเฉลี่ยสูงสุดในเดือนตุลาคม 2547 ประมาณ 18.08 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมีนาคม 2548 ประมาณ 1.67 ล้านลบ.ม. ส่วนปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งหมดในรอบปี ประมาณ 151.5 ล้าน ลบ.ม ลดลงจากปีที่ผ่านมาประมาณครึ่งหนึ่งดังตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำท่า

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ย

เดือน	ปริมาณน้ำทำ (ล้าน ลบ.ม.)		
	แควน้อยสายหลัก	ลำภาชี	ลุ่มน้ำแควน้อย
ม.ค.	69.6	7.2	76.8
ก.พ.	46.8	3.8	50.6
มี.ค.	41.4	3.5	44.9
เม.ย.	48.7	5.6	54.3
พ.ค.	152.7	16.3	169.0
มิ.ย.	604.3	19.1	623.4
ก.ค.	1,291.3	16.7	1,308.0
ส.ค.	2,170.8	22.3	2,193.1
ก.ย.	1,380.2	35.2	1,415.4
ต.ค.	717.0	125.4	842.4
พ.ย.	227.6	80.4	308.0
ธ.ค.	100.3	20.1	120.4
รายปี	6,805.8	355.7	7,206.4

ที่มา : กรมชลประทาน (2554)

สำหรับอัตราการใช้น้ำทำของจังหวัดราชบุรีมีอัตราเฉลี่ยปีละ 2,732.33 ล้าน ลบ.ม. เนื่องจากมีน้ำทำในพื้นที่ 10,384.61 ล้าน ลบ.ม. จึงมีปริมาณน้ำทำไหลออกนอกพื้นที่ประมาณ ปีละ 7,609.98 ล้าน ลบ.ม. โดยไหลออกทางแม่น้ำแม่กลอง และ แม่น้ำลำภาชี ปีละ 6,728.56 ล้าน ลบ.ม. และไหลออกทางระบบชลประทานโครงการแม่กลองใหญ่ปีละ 881.42 ล้าน ลบ.ม.

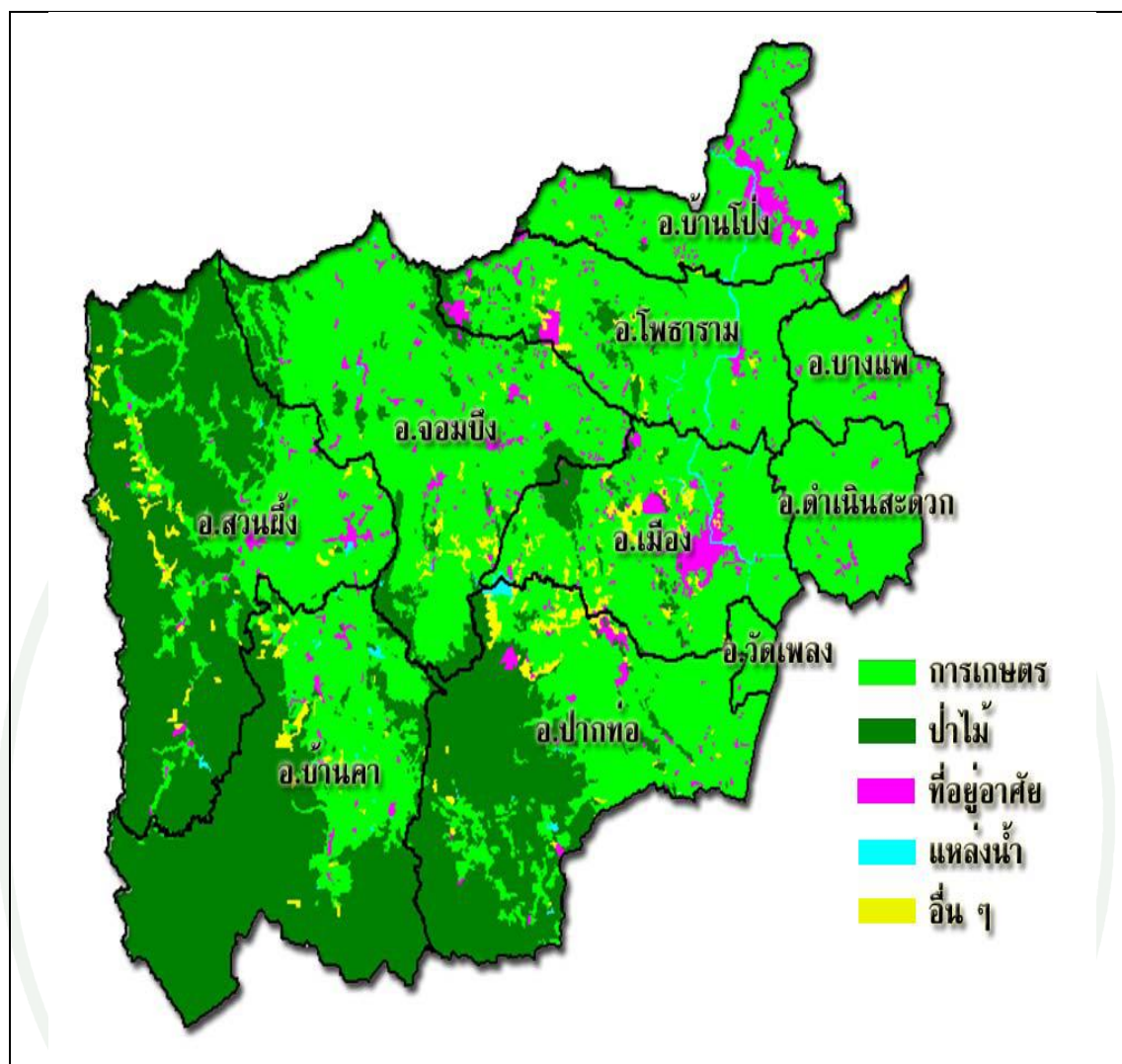
1.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลำนํ้าสาขาของกลุ่มน้ำลำภาชียังมีการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการเกษตรไม่เต็มที่ตามศักยภาพ ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาอุปสรรคสำคัญ คือการขาดแคลนน้ำต้นทุน พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนบริเวณตำบลตะนาวศรี ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม่มีปัญหาการบุกรุกป่า

น้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากโครงการอนุรักษ์ป่าฯ ในพระราชเสาวนีย์ของสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ส่วนบริเวณลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่างบริเวณที่ราบสองฝั่งลำน้ำมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูงเกษตรนิยมปลูกพืชเศรษฐกิจประเภทพืชผัก โดยใช้ชลประทานระบบท่อและ แหล่งน้ำใต้ดิน

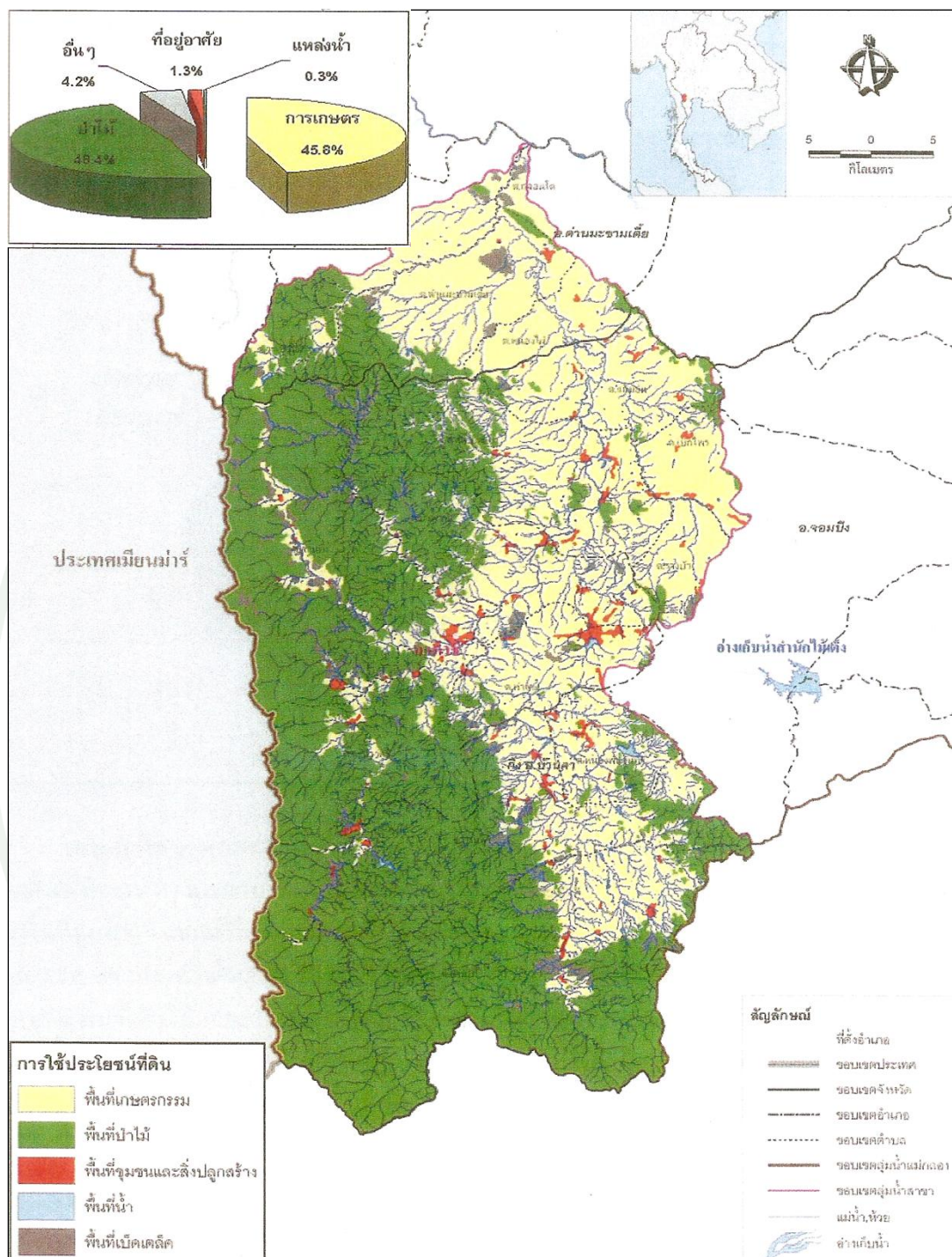
สภาพดินในพื้นที่เกษตรกรรมของอำเภอสวนผึ้งเป็นดินร่วมปนทราย เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ ส่วนดินบริเวณลาดไหล่เขาเป็นดินร่วมมีความเหมาะสมต่อการปลูกไม้ผลเป็นอย่างดี ปัญหาด้านดินที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ประชาชนใส่สารเคมีมากในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม และขาดความรู้ในการบำรุงรักษาดิน

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี 1.665 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่การเกษตร 0.762 ล้านไร่ (ร้อยละ 45.8) พื้นที่ป่าไม้ 0.806 ล้านไร่ (ร้อยละ 48.4) ที่อยู่อาศัย 0.022 ล้านไร่ (ร้อยละ 1.3) แหล่งน้ำ 0.005 ล้านไร่ (ร้อยละ 0.3) และพื้นที่อื่นๆ 0.070 ล้านไร่ (ร้อยละ 4.2) (กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2547)



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดราชบุรี

ที่มา: สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10 (2555)



ภาพที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำลำกาชี

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2555)

1.6 ทรัพยากรป่าไม้และพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีซ้อนทับเขตป่าสงวนแห่งชาติประมาณ 691,525 ไร่ โดยพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติได้แบ่งออกเป็น

พื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ (Zone C) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 392,506 ไร่ หมายถึง พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่กำหนดไว้เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ พันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์ที่มีคุณค่าหายาก เพื่อการป้องกันภัยธรรมชาติ อันเกิดจากน้ำท่วม และการพังทลายของดิน ตลอดจนเพื่อประโยชน์ในด้านการศึกษา การวิจัย นันทนาการของประชาชน และความมั่นคงของชาติ สำหรับในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลำภาชี ตั้งอยู่ที่ตำบลสวนผึ้ง เป็นป่าไม้ที่สมบูรณ์ มีทรัพยากรน้ำอุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์ป่า เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าโดยปลอดภัย เพื่อล่อสัตว์ป่าในพื้นที่ดังกล่าวจะได้มีโอกาสสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้มากขึ้น

พื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ (Zone E) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 237,575 ไร่ หมายถึง พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่กำหนดไว้เพื่อผลิตไม้และของป่า รวมถึงพื้นที่เศรษฐกิจตามแนวมติคณะรัฐมนตรีเกี่ยวกับการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และการจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่เพื่อการพัฒนาทรัพยากรป่าไม้ และพื้นที่ประสานการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างทรัพยากรป่าไม้กับทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ เช่น ทรัพยากรมนุษย์ ทรัพยากรแร่ และทรัพยากรพลังงาน เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจและความมั่นคงแห่งชาติ ตลอดจนต้องไม่อยู่ในหลักเกณฑ์ที่จำแนกให้เป็นเขตพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์

พื้นที่ป่าที่เหมาะสมต่อการเกษตร (Zone A) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 61,444 ไร่หมายถึง พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่มีสมรรถนะที่ดินเหมาะสมต่อการเกษตร หรือมีศักยภาพสูงในการพัฒนาการเกษตร ตามผลการจำแนกสมรรถนะที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน รัฐสามารถพัฒนาความเป็นอยู่ของราษฎรได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งต้องไม่อยู่ในหลักเกณฑ์ที่จะจำแนกให้เป็นเขตพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์และพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ

ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำจำแนกออกเป็น 5 ลำดับชั้น ตามลำดับความสำคัญทางด้านกายภาพศักยภาพของแหล่งน้ำ และการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับบริเวณ

พื้นที่ศึกษา พบว่า มีพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ประมาณ 687,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งในแต่ละชั้นคุณภาพน้ำมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 หมายถึง พื้นที่ภายในลุ่มน้ำที่ควรจะต้องสงวนรักษาไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารโดยเฉพาะ เนื่องจากมีลักษณะและสมบัติที่อาจมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ง่ายและรุนแรง ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 จะแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้นย่อย คือ

- พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1A หมายถึง พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ที่ยังคงสภาพป่าสมบูรณ์ ซึ่งจำเป็นต้องสงวนรักษาไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารและเป็นทรัพยากรป่าไม้ของประเทศ

- พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1B หมายถึง พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ซึ่งสภาพป่าส่วนใหญ่ในพื้นที่ได้ถูกทำลายตัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงไปเพื่อพัฒนาการใช้ที่ดินรูปแบบอื่น และการใช้ที่ดินหรือการพัฒนาในรูปแบบต่างๆ ที่ดำเนินการไปแล้วจะต้องมีมาตรการควบคุมเป็นพิเศษ

2) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 2 หมายถึง พื้นที่ภายในลุ่มน้ำโดยลักษณะทั่วไปมีคุณภาพเหมาะสมต่อการเป็นต้นน้ำลำธารในระดับรองลงมา และสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อกิจการที่สำคัญได้ เช่น การทำเหมืองแร่ เป็นต้น

3) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 3 หมายถึง พื้นที่ภายในลุ่มน้ำโดยทั่วไปสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกิจการทำไม้ เหมืองแร่และปลูกพืชกิจกรรมประเภทไม้ยืนต้น

4) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 4 หมายถึง พื้นที่ภายในลุ่มน้ำที่มีสภาพป่าไม้ได้ถูกบุกรุกแผ้วถางเป็นที่ใช้ประโยชน์เพื่อกิจการพืชไร่เป็นส่วนมาก

5) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 5 หมายถึง พื้นที่ภายในลุ่มน้ำมีลักษณะโดยทั่วไปเป็นที่ราบหรือที่ลุ่ม หรือเนินลาดเอียงเล็กน้อย และส่วนใหญ่ป่าไม้ได้ถูกบุกรุกแผ้วถางเพื่อประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมโดยเฉพาะทำนาและกิจการอื่นๆ ไปแล้ว

1.7 ทรัพยากรดินและการเกษตร

ทรัพยากรดิน กลุ่มชุดดินที่พบในกลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีรวมทั้งสิ้น 30 กลุ่มชุดดินสามารถจำแนกได้เป็น กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ลุ่มร้อยละ 2.3 กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอนร้อยละ 42.5 กลุ่มชุดดินภูเขาร้อยละ 53.6 (พบมากที่สุด) และอื่นๆ (แหล่งน้ำที่อยู่อาศัย ฯลฯ) ร้อยละ 1.6 เมื่อจำแนกพื้นที่ตามความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชไร่และไม้ผล โดยเฉพาะสับปะรดประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่และยังมีพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ประมาณร้อยละ 46 ของพื้นที่

การเกษตร ปัจจุบันกลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีพื้นที่การเกษตร 0.762 ล้านไร่ พืชที่มีการปลูกส่วนใหญ่เป็นพืชไร่ ได้แก่ อ้อย สับปะรด และมันสำปะหลัง นอกจากนี้เป็นพืชผักและผลไม้ ส่วนพืชสวนได้แก่ หน่อไม้ ข้าวโพดฝักอ่อน แครอท และกะหล่ำปลี สำหรับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ อ้อย สับปะรด และมันสำปะหลัง รองลงมาได้แก่ ข้าวโพด ไม้ผลบางชนิดและพืชผัก มีพื้นที่เพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ทำนา

สับปะรด ส่วนใหญ่มีการปลูกในบริเวณเชิงเขา และสามารถได้ในพื้นที่ราบต่ำและพื้นที่ขาดแคลนน้ำ เช่น กิ่งอำเภอบ้านคา ซึ่งมีสภาพดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกและทำให้ได้ผลผลิตดีเท่าๆ กับอำเภอสวนผึ้ง

อ้อย มีการปลูกเกือบทุกตำบลในเขตลุ่มน้ำตอนล่าง โดยเฉพาะอำเภอจอมบึงและอำเภอด่านมะขามเตี้ย

ข้าว ส่วนใหญ่มีการปลูกในพื้นที่พื้นที่ด้านทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่ม ได้แก่ อำเภอปากท่อ และอำเภอจอมบึง ส่วนพื้นที่ทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำ โดยเฉพาะกิ่งอำเภอบ้านคาและอำเภอสวนผึ้ง ไม่พบว่ามีปลูกข้าว

มันสำปะหลัง มีการปลูกในทุกอำเภอ ยกเว้น อำเภอปากท่อ

โดยทั่วไปสภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก โดยเฉพาะการปลูกพืชไร่ พืชผัก ต้องใช้น้ำมาก เกษตรกรทำการเพาะปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว และประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชทุกชนิดในฤดูแล้ง เนื่องจากไม่มีที่สำรอง

สำหรับเก็บกักน้ำใช้ในฤดูแล้ง พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่อยู่ทางตอนล่างของกลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ที่ติดกับกลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำแม่กลอง

1.8 ประชากร เศรษฐกิจและสังคม

กลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีพื้นที่รวม 2,558 ตารางกิโลเมตร ในปี 2547 มีประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่กลุ่มน้ำรวม 96,246 คน มีความหนาแน่นของประชากรเท่ากับ 36 คนต่อตารางกิโลเมตร จำนวนครัวเรือนรวม 28,186 ครัวเรือน ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย 3.41 คนต่อครัวเรือน จากการคาดการณ์จำนวนประชากรในพื้นที่กลุ่มน้ำในอนาคต 5 10 15 และ 20 ปี ข้างหน้า (ปี 2552 2557 2562 และ 2566) จะมีประชากรในพื้นที่กลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 102,181 108,544 115,367 และ 122,687 คน ตามลำดับ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 1.22 ชุมชนส่วนใหญ่อาศัยอยู่รวมกันเป็นชุมชนที่กระจายอยู่ตามพื้นที่เกษตรกรรมหรือบริเวณแนวถนนสายหลักที่ค่อนข้างมีความเจริญราษฎรในกลุ่มน้ำประกอบด้วยหลายสัญชาติปะปนกัน ส่วนใหญ่ถือสัญชาติไทย มีส่วนน้อยที่เป็นชนกลุ่มน้อย (กะเหรี่ยง) ที่อาศัยอยู่ในตำบลยางหัก ตำบลบ้านคา ตำบลแก้มอัน ตำบลสวนผึ้ง และตำบลตะนาวศรี

รายได้หลักของครัวเรือนในกลุ่มน้ำลำภาชีได้มาจากการทำเกษตร ปศุสัตว์ การค้าขาย และการจ้างแรงงาน ซึ่งมีอาชีพหลักดังนี้

- เกษตรกรรม ผลผลิตหลักในกลุ่มน้ำลำภาชีเป็นจำพวกพืชที่ปลูกในพื้นที่สูง ได้แก่ อ้อย สับปะรด มันสำปะหลัง เป็นต้น และรองลงมามีการปลูกไม้ผล ปลูกข้าวและพืชผักสวนครัว
- ปศุสัตว์และการประมง การเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่เป็นจำพวกไก่ วัว และหมู แต่การประมง ยังมีน้อยเมื่อเทียบกับการทำไร่และการเลี้ยงสัตว์
- อุตสาหกรรม การประกอบอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำส่วนใหญ่เกี่ยวกับผลผลิตทางการเกษตร การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น สับปะรด ผลไม้กระป๋อง โรงสีข้าว มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น ซึ่งเป็นการประกอบกิจการอุตสาหกรรมขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีธุรกิจร้านค้าบริการรายย่อยที่ให้บริการต่างๆ รวมถึงบริการซื้อพืชผลทางการเกษตรด้วย

สภาพเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปี 2547 มีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม 89,454 ล้านบาท จำแนกเป็นภาคการเกษตรมูลค่า 11,445 ล้านบาท ภาคนอกการเกษตรมูลค่า 78,008 ล้านบาท มีมูลค่าผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 106,336 บาทต่อคนต่อปี หรือ 8,861 บาทต่อคนต่อเดือน ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบอาชีพเกษตรกรรม (ทำนา- ทำไร่) โดยมีกำลังแรงงานที่รอฤดูกาล 3,969 คน และผู้ว่างงาน 1,093 คน เมื่อพิจารณาสภาพด้านต่างๆ ของลุ่มน้ำโดยรวมแล้ว หากมีการจัดหาปัจจัยการผลิตมาเพิ่มเติมอย่างเหมาะสม เช่น การวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตมีความสำคัญสำหรับการเกษตรกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ประชากรมีน้ำใช้อย่างเพียงพอกับความต้องการตามศักยภาพของพื้นที่คาดว่าจะส่งผลผลักดันให้สภาพเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำดีขึ้น

1.9 แหล่งน้ำต้นทุนและพื้นที่การเกษตรในปัจจุบัน

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในปัจจุบันที่ก่อสร้างแล้วเสร็จในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี ประกอบด้วยโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง ขนาดเล็ก และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ซึ่งมีหน่วยงานรับผิดชอบได้แก่ กรมชลประทานจำนวน 56 โครงการ พื้นที่รับประโยชน์รวม 41,203 ไร่ ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำ 46 แห่ง ฝาย 8 แห่ง และสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 2 แห่ง ดังแสดงในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำชลประทานขนาดกลาง ได้เน้นเฉพาะอ่างเก็บน้ำชลประทานขนาดกลางที่มีระบบส่งน้ำและมีกระแสน้ำช่วยเหลือพื้นที่การเกษตร จำนวน 3 โครงการ ได้แก่

- 1) อ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง ซึ่งมีระบบส่งน้ำเป็นระบบคลองเปิด
- 2) อ่างเก็บน้ำห้วยมะหาด ซึ่งมีระบบส่งน้ำเป็นระบบท่อ (Piping)
- 3) อ่างเก็บน้ำห้วยท่าเคย ปัจจุบันยังไม่มีระบบส่งน้ำ แต่มีการระบายน้ำช่วยเหลือพื้นที่การเกษตรสำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยป่าหวาย และอ่างเก็บน้ำโป่งกระทิง มีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภค เพียงอย่างเดียว

ห้วยมะหาดเป็นลำห้วยขนาดเล็กที่มีน้ำไหลตลอดปีเป็นลำห้วยสาขาของห้วยท่าเคย ซึ่งไหลไปลงแม่น้ำลำภาชี มีต้นน้ำเกิดจากเขาหนองโก เขาคำแพงและเขาฝาชี ไหลจากทิศ

ตะวันออกไปทางทิศใต้ มีความยาวลำห้วยจากต้นน้ำถึงจุดที่ไหลลงห้วยท่าเคยที่บริเวณบ้านบึง ได้ ต.บ้านคา อ.บ้านคา ยาวประมาณ 18.00 กม.

1.10 ความต้องการใช้น้ำในปัจจุบันและอนาคต

ผลการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมด้านต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีใน สภาพปัจจุบันและการคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำในอนาคต 5 ปี 10 ปี 15 ปี และ 20 ปี สรุป แยกตามกิจกรรมการใช้น้ำแสดงในตารางที่ 7

1.11 สถานการณ์และศักยภาพในการพัฒนา

ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีอ่างเก็บน้ำห้วยท่าเคยเป็นแหล่งเก็บกักน้ำหลัก พื้นที่ประมาณ ครึ่งหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นพื้นที่การเกษตร เนื่องจาก อ่างเก็บน้ำห้วยท่าเคยมีความจุไม่มากนัก จึงไม่สามารถควบคุมน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการได้ พื้นที่ของลุ่มน้ำลำภาชีรับประโยชน์จาก โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ ในสภาพปัจจุบัน ประมาณ 65,000 ไร่ โดยส่วนใหญ่เป็นโครงการพัฒนา แหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กและคาดว่าพื้นที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 270,000 ไร่ ในอนาคตอีก 20 ปี ข้างหน้า

ตารางที่ 5 รายละเอียดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและเล็กในกลุ่มน้ำสาขาลำน้ำภาชี
ในปัจจุบัน

ลำดับ ที่	โครงการ	ที่ตั้ง			ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ รับประโยชน์ (ไร่)
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		
1	อ่างเก็บน้ำห้วยโป่งนก	-	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี	0.207	207
2	อ่างเก็บน้ำห้วยโป่งนก	ด่านมะขาม เดี่ยว	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี	0.840	800
3	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง2	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		200
4	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง8	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		2,000
5	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง9	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		2,000
6	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง1	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		180
7	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง3	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		250
8	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง4	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		200
9	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง5	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		190
10	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง6	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		210
11	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง7	จรเข้เผือก	ด่านมะขาม เดี่ยว	กาญจนบุรี		200
12	ทำนบกินห้วยลำขลุ้ง10	ด่านมะขาม เดี่ยว	ด่านมะขาม เดี่ยว	ราชบุรี		2,000
13	อ่างเก็บน้ำหนองปากซัง	แก้มอัน	จอมบึง	ราชบุรี	0.180	180
14	อ่างเก็บน้ำห้วยพ่อเต่า	แก้มอัน	จอมบึง	ราชบุรี	0.182	182
15	อ่างเก็บน้ำห้วยอ้ายหลิว	ด่านทับตะโก	จอมบึง	ราชบุรี	0.116	116
16	อ่างเก็บน้ำบ้านเหนือ	บ้านคา	บ้านคา	ราชบุรี	0.135	135

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ ที่	โครงการ	ที่ตั้ง			ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ รับประโยชน์ (ไร่)
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		
17	อ่างเก็บน้ำบ้านบึงใต้	บ้านคา	บ้านคา	ราชบุรี	0.150	150
18	อ่างเก็บน้ำบ้านห้วยไทร	บ้านคา	ปากท่อ	ราชบุรี	0.301	301
19	อ่างเก็บน้ำโป่งกระทิง	-	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.230	230
20	อ่างเก็บน้ำบ้านน้ำขุ่น	-	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.180	180
21	อ่างเก็บน้ำห้วยคอกหมู	-	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.193	193
22	อ่างเก็บน้ำบ้านหนองน้ำ ขุ่น	-	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.701	701
23	อ่างเก็บน้ำบ้านชลแดน	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.648	648
24	อ่างเก็บน้ำบ้านโป่งแห้ง (1)	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.177	177
25	อ่างเก็บน้ำบ้านสวนผึ้ง	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.523	523
26	อ่างเก็บน้ำบ้านตะเคียน	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.110	110
27	อ่างเก็บน้ำห้วยอะนะ	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี	2.150	2,450
28	อ่างเก็บน้ำห้วยป่าหวาย	ท่าเคย	สวนผึ้ง	ราชบุรี	2.500	3,500
29	อ่างเก็บน้ำห้วยกระชาย	ท่าเคย	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.241	241
30	อ่างเก็บน้ำบ้านทุ่งหญ้า	ท่าเคย	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.211	211
31	อ่างเก็บน้ำบ้านน้ำพุ ชี้เหล็ก	บ้านคา	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.250	250
32	อ่างเก็บน้ำห้วยท่าเคย	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	23.400	10,000
33	อ่างเก็บน้ำบ้านน้ำร้อน	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.300	300
34	อ่างเก็บน้ำโป่งกระทิง บน	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.400	500
35	อ่างเก็บน้ำบ้านดงยาง	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	2.898	2,898
36	อ่างเก็บน้ำห้วยลำพระ	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.043	43
37	อ่างเก็บน้ำบ้านพุนะ เคียน	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.232	232
38	อ่างเก็บน้ำบ้านห้วยน้ำ ใส	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.528	508

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ ที่	โครงการ	ที่ตั้ง			ความจุ (ล้าน ลบ. ม.)	พื้นที่ รับประโยชน์ (ไร่)
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		
39	อ่างเก็บน้ำบ้านห้วยมะกรูด	บ้านบึง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.225	225
40	อ่างเก็บน้ำบ้านห้วยสุด	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.602	602
41	อ่างเก็บน้ำบ้านตะโกล่าง	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.152	152
42	อ่างเก็บน้ำห้วยผาก	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.240	240
43	อ่างเก็บน้ำบ้านตะโกล่าง 2	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.274	274
44	อ่างเก็บน้ำห้วยมะหาด ตอนล่าง	หนองพัน จันทร์	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.102	102
45	อ่างเก็บน้ำบ้านทุ่งหมูปลอย	หนองพัน จันทร์	สวนผึ้ง	ราชบุรี	0.561	561
46	อ่างเก็บน้ำห้วยมะหาด ตอนบน	หนองพัน จันทร์	สวนผึ้ง	ราชบุรี ราชบุรี	0.351	351
รวมอ่างเก็บน้ำ 46 โครงการ					40.833	35,903

จากการประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่พบว่าพื้นที่รับประโยชน์จากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำมีสภาพการขาดแคลนน้ำปานกลางในสภาพปัจจุบัน โดยเฉลี่ยขาดแคลนน้ำร้อยละ 10 ของความต้องการ และมีช่วงเวลาที่ได้น้ำพอเพียงร้อยละ 80 ของระยะเวลาที่จำลองสถานการณ์ และสภาพการขาดแคลนน้ำจะรุนแรงมากขึ้นในอนาคต โดยเฉลี่ยจะขาดแคลนน้ำร้อยละ 50 ของความต้องการ และมีช่วงเวลาที่ได้น้ำพอเพียง ร้อยละ 40 ของระยะเวลาที่จำลองสถานการณ์ การดำเนินการมาตรการในอนาคตจากการกำหนดของกรณีศึกษาไม่ได้บรรเทาสภาพการขาดแคลนน้ำเนื่องจากขาดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มลำน้าภาษี

ตารางที่ 6 รายละเอียดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและเล็กในกลุ่มน้ำสาขาลำภาชีในปัจจุบัน

ลำดับ ที่	โครงการ	ที่ตั้ง			ความจุ (ล้าน ลบ. ม.)	พื้นที่ รับประโยชน์ (ไร่)
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		
1	ฝายบ้านทุ่งกระถิน	—	จอมบึง	ราชบุรี		
2	ฝายบ้านท่าพยอม	ด่านมะขาม เตี้ย	ด่านมะขาม เตี้ย	กาญจนบุรี		1,000
3	ฝายห้วยคลุม	—	สวนผึ้ง	ราชบุรี		
4	ฝายห้วยม่วง	ตะนาวศรี	สวนผึ้ง	ราชบุรี		
5	ฝายห้วยมะหาด (ตอนล่าง)	บ้านคา	สวนผึ้ง	ราชบุรี		
6	ฝายบ้านทุ่งศาลา	ป่าหวาย	สวนผึ้ง	ราชบุรี	1,100	1,100
7	ฝายบ้านทุ่งแฝก	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี		
8	ฝายบ้านบ่อหวี	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	ราชบุรี		
รวมฝาย 8 โครงการ					1,100	2,100
1	สูบน้ำด้วยไฟฟ้า บ้านท่าเสาเมรุ	กลอนโต	ด่านมะขาม เตี้ย	กาญจนบุรี		1,700
2	สูบน้ำด้วยไฟฟ้า บ้านด่านมะขามเตี้ย	หนองไผ่	ด่านมะขาม เตี้ย	กาญจนบุรี		1,500
รวมสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 2 โครงการ					0	3,200
รวมทั้งหมด 56 โครงการ					41,933	41,203

ตารางที่ 7 ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีแยกตามกิจกรรม

หน่วย:ล้าน ลบ.ม./ปี

กลุ่มกิจกรรม	ปัจจุบัน	อนาคต 5 ปี	อนาคต 10 ปี	อนาคต 15 ปี	อนาคต 20 ปี
อุปโภคบริโภค	4.33	4.43	4.57	4.72	4.90
อุตสาหกรรม	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
ปศุสัตว์	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
การเกษตร	60.24	67.21	67.21	157.80	248.40
รวม	68.16	75.23	75.37	166.11	256.89

1.12 ประเด็นปัญหาสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี

1.12.1 ปัญหาด้านการขาดแคลนน้ำ

1) การขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค มีสาเหตุมาจากปัญหาการเข้าถึงบริการน้ำสะอาดในการอุปโภคบริโภค

2) การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรน้ำฝน มีการขาดแคลนแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรอีกมาก เนื่องจากภูมิประเทศในพื้นที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช แต่มีข้อจำกัดในด้านแหล่งน้ำต้นทุนไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของพื้นที่เกษตรกรรม

1.12.2 ปัญหาด้านน้ำท่วม ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี ยังไม่มีอ่างเก็บน้ำควบคุมน้ำในพื้นที่ตอนบนจะมีปัญหาน้ำท่วมบริเวณ ต.ด่านทับตะโก อ.จอมบึง จ.ราชบุรี ทั้งนี้เนื่องจากน้ำไหลล้นตลิ่ง และไม่สามารถระบายสู่แม่น้ำแควน้อยได้ เนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำแควน้อยมีระดับที่เอ่อสูงขึ้นในฤดูน้ำหลาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำหลากของลำน้ำภาชี โดยจะเกิดในช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักในเขตพื้นที่ต้นน้ำจากการบุกรุกทำลายป่า เพื่อขยายถิ่นที่อยู่และประกอบอาชีพ ป่าไม้ที่มีอยู่ลดลง การดูดซับน้ำฝน หรือลดแรงปะทะของน้ำไม่สามารถทำได้เต็มที่ นอกจากนั้นการก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ทำให้กีดขวางทางน้ำไหล ประสิทธิภาพในการระบายน้ำลดลง สาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดน้ำท่วม และน้ำป่าไหลหลากในฤดูฝนก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินของ

ประชาชนในหลายพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ที่เสี่ยงต่ออุทกภัยและวาตภัย ได้แก่ พื้นที่บริเวณเชิงเขา และมีร่องน้ำ และลำน้ำไหลผ่าน ในเขตอำเภอบ้านคา อำเภอสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง

1.12.3 ปัญหาการกัดเซาะและการตกตะกอน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาษีตอนล่างสองฝั่งลำน้ำลำภาษีประสบปัญหาการกัดเซาะตลิ่งในช่วงที่ลำนําคดโค้งค่อนข้างมาก โดยราษฎรได้ร้องเรียนให้ภาครัฐช่วยแก้ไขปัญหาเป็นประจำทุกปี เกี่ยวกับการสูญเสียที่ดินเนื่องจากการกัดเซาะไปค่อนข้างมากในบางพื้นที่

1.12.4 ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

1) ปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรที่มีการขยายตัวมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรมีอย่างจำกัด จึงทำให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นที่ลาดชันไม่เหมาะสมและไม่มีศักยภาพทางการเกษตร แต่กลับนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืช

2) ปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม อาทิเช่น การใช้พื้นที่ลาดชันในการปลูกพืช ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินและดินเสื่อมสภาพ รวมถึงการปลูกพืชในพื้นที่บุกรุกในเขตพื้นที่ป่าไม้

1.12.5 ปัญหาด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ

1) ปัญหาเกี่ยวกับงานด้านเลขานุการของคณะทำงานระดับท้องถิ่น ยังไม่มีหน่วยงานที่จะทำหน้าที่เป็นสำนักงานเลขานุการ เพื่อเข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานของคณะทำงานต่างๆ จึงสมควรที่จะขอความร่วมมือให้หน่วยงานในกำกับของกรมส่งเสริมการเกษตรหรือกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นทั้งในระดับตำบล ระดับอำเภอ และระดับจังหวัด เป็นสำนักงานเลขานุการของคณะทำงานลุ่มน้ำในแต่ละระดับ

2) ปัญหาด้านกฎ ระเบียบ และข้อบังคับ ปัจจุบันยังไม่มีกฎระเบียบ และข้อบังคับเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้คณะกรรมการลุ่มน้ำ สามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการที่มีความเป็นเอกภาพ และสามารถควบคุมดูแลการจัดการน้ำให้สอดคล้องกัน

3) ปัญหาการถ่ายโอนงานที่ก่อสร้างแล้วเสร็จให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ พบว่าได้ก่อให้เกิดปัญหาแก่องค์กรที่รับการถ่ายโอนในการจัดหางบประมาณมาทำการซ่อมแซมและบำรุงรักษา แต่ไม่มีรายรับเข้าท้องถิ่น รวมทั้งยังขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการดำเนินงานด้วย

2. การพัฒนาแหล่งน้ำกับอุทกวิทยา

การพัฒนาแหล่งน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำทรัพยากรน้ำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค ชลประทาน ผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพื่อการอุตสาหกรรม การคมนาคมทางน้ำ และการควบคุมอันตรายอันเนื่องมาจากน้ำท่วม น้ำแล้ง เนื่องจากจังหวัดที่มีน้ำบริบูรณ์กับจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำไม่สอดคล้องกันจึงต้องทำการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยสร้างอาคารควบคุมบังคับน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำเพื่อเก็บกักน้ำส่วนเกินไว้ใช้สอยในช่วงน้ำน้อย จึงจำเป็นต้องรู้ว่าจะต้องสร้างอาคารใหญ่โตขนาดใด จึงจะเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มี และทำให้สามารถดำเนินการควบคุมปริมาณน้ำส่วนเกินในช่วงฤดูน้ำหลากได้อย่างปลอดภัย ดังนั้นงานอุทกวิทยากับงานพัฒนาแหล่งน้ำจึงมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยแหล่งน้ำจะเกี่ยวข้องกับอุทกวิทยา ส่วนการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแหล่งน้ำ (สายสุนีย์, 2551)

3. การศึกษาทางอุทกวิทยา

ขอบเขตของวิชาอุทกวิทยานั้นอาจกล่าวได้ว่าเป็น ทุกขั้นตอนตามวัฏจักรของน้ำส่วนที่อยู่บนแผ่นดินหมายถึงว่าเมื่อน้ำไหลลงทะเลไปแล้วไม่ใช่อุทกวิทยาหรือน้ำฝนก่อนจะตกถึงผิวดินก็ไม่ใช่อุทกวิทยาแต่อย่างไรก็ดีการศึกษาทางอุทกวิทยาต้องศึกษากว้างขวางออกไปถึงการเกิดฝนตก เพราะน้ำฝนเป็นต้นทางที่จะเกิดน้ำท่าและถึงการขึ้นลงของน้ำทะเลเพราะเป็นผลกระทบต่อน้ำจืดบริเวณปากแม่น้ำก่อนจะออกทะเลและความเค็มของน้ำทะเลมักจะรุกเข้ามามีในลำน้ำทำให้น้ำกร่อยเป็นต้น (วีระพล, 2533)

4. การประยุกต์ใช้โปรแกรม URBS วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า

น้ำท่าคือน้ำฝนที่ตกลงมาและไม่สูญหายไปในลักษณะของการคายน้ำ การระเหย การดูดซึม หรือลักษณะอื่นๆ แต่รวมกันไหลบนผิวดิน (Overland flow หรือ Surface runoff) การศึกษาเกี่ยวกับน้ำท่ามีสามลักษณะคือ 1)ปริมาณการไหลรายเดือนหรือรายปี ซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการนำน้ำไปใช้ 2) ปริมาณการไหลแบบ Low Flow ซึ่งจะเป็นการศึกษาถึงขีดจำกัดในการใช้น้ำในลำน้ำ 3) การวิเคราะห์เกี่ยวกับกราฟน้ำท่าของน้ำท่วมเพื่อนำไปใช้เกี่ยวกับการลดหรือป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม (วีระพล, 2533)

แบบจำลอง URBS ถูกพัฒนาโดย Queensland Department of Natural Resources and Mines ในปี ค.ศ. 1990 เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วม แบบจำลอง URBS มีพื้นฐานจากแนวความคิดของ Laurenson Mein และแบบจำลอง WT42 ความสามารถของแบบจำลองสามารถจำลองอัตราการไหลและระดับน้ำในลักษณะเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง โดยแสดงผลในรูปของข้อความ กราฟน้ำท่า และกราฟน้ำฝน รวมทั้งสามารถแสดงไฟล์ข้อมูลในรูปแบบ spreadsheet นอกจากนั้นแล้วยังสามารถจำลองการชะล้างและการพัดพาของตะกอน สามารถอธิบายผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับหลักการในการจำลองพฤติกรรมทางอุทกวิทยาที่สำคัญของแบบจำลอง URBS คือ จะทำการแยกการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมออกเป็นการเคลื่อนตัวในพื้นที่ลุ่มน้ำและการเคลื่อนตัวในแม่น้ำ และสามารถเลือกวิธีการคำนวณปริมาณการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดี่ยวหรือเหตุการณ์ต่อเนื่องได้ รวมทั้งมีการแยกแบบจำลองการสูญเสียออกเป็นการสูญเสียในพื้นที่ไม่ทึบน้ำและในพื้นที่ทึบน้ำ

4.1 โครงสร้างของแบบจำลอง URBS

แบบจำลอง URBS มีแบบจำลองย่อย 3 แบบจำลอง ที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า คือ แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน และแบบจำลองการประเมินการไหลพื้นฐาน โดยรายละเอียดมีดังนี้

1. แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า

แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองประเภทโครงข่ายการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า (Runoff - routing networked models) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง URBS ประกอบด้วยแบบจำลอง Basic และ แบบจำลอง Split สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่าของแบบจำลอง URBS ประกอบด้วยความยาวลำน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของทางน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ สัดส่วนพื้นที่ชุมชนเมือง สัดส่วนพื้นที่ป่า และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ โดยรายละเอียดของแบบจำลอง Basic และ แบบจำลอง Split มีดังนี้

1.1 แบบจำลอง Basic มีสมมุติฐานคือปริมาตรเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะถูกพิจารณารวมเป็นปริมาตรเก็บกักเดียวกันในลักษณะของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง (non-linear reservoir) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหลของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรงสามารถแสดงได้ตามสมการ

$$S = k_c^1 Q^m \quad (1)$$

เมื่อ k_c^1 คือค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนตัวแบบไม่เป็นเส้นตรงของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นฟังก์ชันกับลักษณะเฉพาะของปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำ เมื่อทำการแทนค่า k_c^1 ด้วยลักษณะเฉพาะดังสมการของปริมาตรเก็บกักเปลี่ยนรูปดังนี้

$$S = \left\{ \frac{\alpha f L n (1+F)^2}{(\sqrt{S_c}) (1+U)^2} Q^m \right\} \quad (2)$$

เมื่อ S = ปริมาตรการเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำ

α = พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของการเก็บกัก (ลบ.ม. ชั่วโมง/วินาที)

f = แฟคเตอร์ความยาวของช่วงลำน้ำ

L = ความยาวลำน้ำ (กม)

U = สัดส่วนพื้นที่เมืองของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (fraction urbanization of sub catchment)

F = สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (fraction of sub - catchment forested)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ

S_c = ความลาดชันของทางน้ำ

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลออก (ลบ.ม./วินาที)

m = พารามิเตอร์ความเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของพื้นที่ลุ่มน้ำ
(catchment non-linearity parameter)

ความไม่เสถียรภาพของการวิเคราะห์สามารถตรวจสอบได้โดยการนำค่า k_c^{-1} หารด้วยช่วงเวลาการวิเคราะห์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับเกณฑ์การวิเคราะห์แสดงดังสมการนี้

$$\frac{k_c^{-1}}{\Delta T} \leq 0.01 \quad (3)$$

อย่างไรก็ตามเมื่อความไม่เสถียรภาพเกิดขึ้น ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรปรับเปลี่ยนให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรืออาจลดค่าช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.2 แบบจำลอง Split (Split model) เป็นแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่าซึ่งมีหลักการคล้ายกับแบบจำลอง Basic แต่ปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำกับลำน้ำจะถูกแบ่งแยกจากกันอย่างอิสระ โดยเมื่อฝนตกลงบนพื้นที่ของกลุ่มน้ำย่อยปริมาณน้ำฝนจะเคลื่อนตัวผ่านปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่กลุ่มน้ำ เพื่อไหลไปสู่ลำน้ำโดยใช้หลักการการเคลื่อนตัวของน้ำท่าบนพื้นที่กลุ่มน้ำจากนั้นปริมาณการไหลออกจากปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำซึ่งเปรียบเสมือนเป็นปริมาณการไหลเข้าปริมาตรเก็บกักลำน้ำจะถูกเคลื่อนตัวไปตามทางน้ำด้วยวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยหลักการการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำผ่านปริมาตรเก็บกักกลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักลำน้ำแสดงได้ดังนี้

1.2.1 การเคลื่อนตัวบนพื้นที่ลุ่มน้ำ (catchment routing) ซึ่งจะใช้ปริมาตรเก็บกักกลุ่มน้ำเป็นตัวแทนอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหลแสดงดังสมการ

$$S_{\text{catch}} = \left\{ \frac{\beta \sqrt{A} (1+F)^2}{(1+U)^2} \right\} Q^m \quad (4)$$

เมื่อ S_{catch} = ปริมาตรเก็บกักของกลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 B = พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของกลุ่มน้ำ (catchment lag parameter)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตร.ม.)
 U = สัดส่วนพื้นที่เมืองของพื้นที่ลุ่มน้ำ
 F = สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
 m = พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของกลุ่มน้ำ

1.2.2 การเคลื่อนตัวในลำน้ำ (channel routing) มีพื้นฐานมาจากวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรงซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$S_{chnl} = \frac{\alpha f n L (x Q_u + (1+x) Q_d)^{n1}}{\sqrt{S_c}} \quad (5)$$

เมื่อ S_{chnl} = ปริมาตรเก็บกักในลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 α = พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวในลำน้ำ (channel lag parameter)
 f = แฟคเตอร์ความยาวลำน้ำ
 L = ความยาวลำน้ำ (ก.ม.)
 S_c = ความลาดชันทางน้ำ
 Q_u = ปริมาณการไหลเข้าทางด้านเหนือ
 Q_d = ปริมาณการไหลออกทางด้านท้ายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 x = พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของ Muskingum
 $n1$ = พารามิเตอร์แบบไม่เป็นเส้นตรงของ Muskingum
 n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

2. แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall runoff-loss models)

แบบจำลอง URBS มีการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน 2 วิธี คือ การจำลอง

การสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียว และแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง

2.1 การจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียว(event base rainfall loss modeling)

แบบจำลอง URBS จะแยกการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนสำหรับพื้นที่ที่ทึบน้ำและพื้นที่น้ำซึมผ่านได้ออกจากกัน โดยมีวิธีการวิเคราะห์การสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียวได้ทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

2.1.1 แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่ทึบน้ำ (impervious loss model) ซึ่งแบบจำลอง URBS จะสมมติค่า default ว่าไม่มีการสูญเสียเริ่มต้น และปริมาณการไหลออกจากพื้นที่ที่ทึบน้ำจะเป็น 100% อย่างไรก็ตามมีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสูญเสียเริ่มต้นโดยได้ให้คำแนะนำว่าค่าการสูญเสียเริ่มต้นมีค่าประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร และสัดส่วนของการกลายเป็นปริมาณน้ำท่าควรมีค่าอยู่ระหว่าง 90% ถึง 100% นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยกลุ่มหนึ่ง เช่น Boyd et al. (1993) ได้แนะนำว่าสัดส่วนใช้การของพื้นที่ที่ทึบน้ำ (effective fraction impervious) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 0.9

2.1.2 แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (pervious loss models) ซึ่งแบบจำลอง URBS มีแบบจำลองย่อยในการจำลองการสูญเสียในพื้นที่น้ำซึมผ่านได้ จำนวน 3 แบบจำลองคือ

2.1.2.1 แบบจำลองการสูญเสียต่อเนื่อง (continuing loss model) โดยมีสมมติฐานว่าปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (i_l มม.) ก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นฝนใช้การ (effective rainfall) หลังจากนั้นอัตราการสูญเสียต่อเนื่อง (cl มม./ชม.) จะถูกประยุกต์กับปริมาณน้ำฝน

2.1.2.2 แบบจำลองปริมาณน้ำท่าแบบสัดส่วน (proportional runoff model) มีสมมติฐานว่ามีปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (i_l มม.) ก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นฝนใช้การ (effective rainfall) หลังจากนั้นสัดส่วนของปริมาณน้ำท่า (pr) จะถูกสมมติขึ้น

2.1.2.3 แบบจำลองการสูญเสียของ Manley-Philips (Manley-Philips loss model) ซึ่งแบบจำลองนี้จะทำการสมมติว่าอัตราการสูญเสียมีพื้นฐานจากสมการ

$$f_t = \frac{1}{2} (2kP)^{(1/2)} t^{(-1/2)} + k \quad (6)$$

เมื่อ f_t = อัตราการสูญเสียหลังจากเวลา t (มม./ชม.)
 t = เวลา (ชั่วโมง)
 P = เหนือของน้ำที่ถูกดูดซึม (capillary suction head) (มม.)
 K = อัตราการสูญเสียอิมิตัว (มม./ชั่วโมง)

2.1.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ที่มีผลกระทบต่อพารามิเตอร์ในแบบจำลองการสูญเสีย (including spatial variability effects in loss model parameters) วิธีการนี้เมื่อมีการซึมลงสู่ชั้นดินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้โดยมีระยะทาง X มม. แล้วจะสามารถคาดเดาได้ว่าจะมีสัดส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ Y ที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำท่า โดยแบบจำลอง USBR ได้สมมติแบบจำลองที่ง่ายที่สุดในลักษณะของการกระจายตัวแบบเส้นตรงเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการนี้

$$F_{eff} = f_u + \frac{F_t}{F_{max}}, \quad \text{Max}(f_{ect}) = 1 \quad (7)$$

เมื่อ f_{eff} = สัดส่วนพื้นที่ที่ทึบน้ำประสิทธิผล
 f_u = สัดส่วนพื้นที่ที่ทึบน้ำปัจจุบัน
 F_t = ปริมาณการซึมลงดินสะสมในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (มม.)
 หลังจากเวลา t
 F_{max} = ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ดังนั้นปริมาณน้ำฝนส่วนเกินในแต่ละช่วงเวลาสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$R_i = f_{eff} C_{imp} R_i^{tot} + (1 + f_{eff}) R_i^{per} \quad (8)$$

เมื่อ R_i^{tot} = ความลึกของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด
 C_{imp} = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ทึบน้ำ

R_i^{per} = ความลึกของปริมาณน้ำฝนส่วนเกินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ ซึ่งถูกคำนวณผ่านทางแบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้

สำหรับการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียสามารถทำได้โดยการลดลงของปริมาณการซึมลงสู่ชั้นดินหลังจากช่วงเวลาการคำนวณซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$F_t = k_{sT} F_{t-1}, k_{sT} = k^{t/24} \quad (9)$$

เมื่อ k_{sT} คือสัมประสิทธิ์การลดลง และ $k^{t/24}$ คือสัมประสิทธิ์สำหรับเวลา 24 ชั่วโมง

2.2 แบบจำลองปริมาณน้ำฝน - น้ำท่า และการจำลองปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (rainfall-runoff models and continuous loss modeling) แบบจำลอง URBS มีแบบจำลองในการคำนวณปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่อง 2 วิธี คือแบบจำลองคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น และแบบจำลองสมดุลน้ำแบบ third party water model

2.2.1 แบบจำลองการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (recovering initial loss models : RILM) โดยแบบจำลอง RILM เป็นแบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบง่ายๆ โดยความจุของปริมาตรการเก็บกักของการสูญเสียเริ่มต้น (ILmax) จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้ แต่ถ้าไม่มีการกำหนดแบบจำลองจะคำนวณจากเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรก โดยคำนวณจากกรณีที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยกว่าศักยภาพการสูญเสีย ซึ่งปริมาณน้ำที่ขาดนี้จะถูกกำหนดให้เป็นปริมาตรเก็บกักของการสูญเสียเริ่มต้น ดังนั้นเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรกควรเริ่มในช่วงฤดูแล้ง โดยแบบจำลอง RILM ประกอบด้วย แบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (continuing loss model) แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาเพื่อยอมให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$IL_{(i+1)} = IL_i, R_i > clr_i \cdot \Delta t$$

$$IL_{(i+1)} = IL_i + f.(clr_i \cdot \Delta t - R_i), R_i \leq clr_i \cdot \Delta t$$

$$IL_{(i+1)} = IL_{\max}, IL_i > IL_{\max}$$

เมื่อ R_i = อนุกรมของปริมาณน้ำฝน

clr_i = อนุกรมของอัตราการสูญเสียแบบต่อเนื่อง

Δt = ช่วงเวลา

f = พารามิเตอร์สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองและเป็นตัวแทน f ควร

มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 และ 0.5 Markar (2001)

2.2.1.2 แบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน (proportional loss model) แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองแบบง่าย ๆ ที่ถูกพัฒนาเพื่อที่จะอนุญาตให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาโดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$IL_{(i+1)} = IL_i, \text{ pr } R_i > rlr_i \cdot \Delta t$$

$$IL_{(i+1)} = IL_i + rlr_i \cdot \Delta t - R_i, R_i \leq rlr_i \cdot \Delta t$$

$$IL_{(i+1)} = IL_{\max}, IL_i > IL_{\max}$$

เมื่อ R_i = อนุกรมของปริมาณน้ำฝน

Pr = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าแบบเป็นสัดส่วน

rlr = การคืนสภาพของอัตราการสูญเสีย เมื่ออัตราของปริมาณฝน

น้อยกว่าอัตราการสูญเสียแล้วปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นสามารถที่จะคืนสภาพได้

2.2.2 Third party water balance models

แบบจำลองสมดุลน้ำ อาทิเช่น แบบจำลอง AWBM (Boughton, 1993) อาจถูกนำมาใช้เพื่อหาปริมาณการสูญเสียสำหรับเหตุการณ์ที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปแบบจำลองนี้จะให้ผลการวิเคราะห์คือปริมาณน้ำท่าหรือปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่ตำแหน่งตั้งสถานีตรวจวัด โดยแบบจำลอง URBS สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้โดยจะพิจารณาเป็นลุ่มน้ำย่อย และเมื่อแบบจำลองนี้ถูกนำไปใช้จะสามารถแน่ใจได้ว่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับแบบจำลองการสูญเสียเหตุการณ์เดียวจะถูกกำหนดว่าไม่สามารถทำให้เกิดการสูญเสียได้

3. แบบจำลองปริมาณการไหลพื้นฐาน (baseflow model)

แบบจำลอง URBS สามารถประเมินการไหลพื้นฐานได้ทั้งแบบคงที่และแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยเริ่มต้นของปริมาณการไหลพื้นฐานสามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าแรก ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่กำหนดใน gauging station files (Q_r) สำหรับการประเมินการไหลพื้นฐาน แบบคงที่ จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ Q_r ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ในขณะที่ปริมาณการไหล พื้นฐานแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาสามารถคำนวณได้โดยการใช้สมการดังนี้

$$Qb_i = BR(Qb_{i-1}) + BC(Qr)^{BM} \quad (10)$$

เมื่อ Qb_i, Qb_{i-1} = ปริมาณการไหลพื้นฐานสำหรับช่วงเวลา i และ $i-1$

BR = ค่าคงที่ถดถอยรายวันของปริมาณการไหลพื้นฐาน (daily baseflow recession factor)

BC = ค่าคงที่การไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำท่า (baseflow constant applied to runoff)

BM = ค่าเลขกำลังการไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำท่า (baseflow exponent applied to runoff)

พารามิเตอร์เหล่านี้สามารถกำหนดได้จากคำสั่ง “ DEFAULT PARAMETERS “ ใน catchment definition file สำหรับแบบจำลอง URBS version ปัจจุบัน ค่า BM จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 และค่า BR, BC และ BM จะกำหนดให้มีค่าคงที่ทุกจุดพิจารณาของกลุ่มน้ำ

5. การศึกษาลักษณะการไหลทางชลศาสตร์

ชลศาสตร์ (Hydraulics) เป็นการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับพฤติกรรม และปรากฏการณ์ ของน้ำในสองสถานะ คือ สภาวะที่ไม่เคลื่อนที่หรืออยู่นิ่ง โดยเน้นที่พฤติกรรมเชิงกลซึ่งเกี่ยวกับ แรงและพลังงาน กับสภาวะที่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว โดยประกอบด้วยจลนศาสตร์ของไหล ซึ่ง เป็นการศึกษาพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของของไหลโดยไม่คำนึงถึงแรงและพลังงานที่เกิดจากการ เคลื่อนที่ของของไหล เน้นที่ลักษณะการเคลื่อนที่ หรือรูปแบบการไหลที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว ความเร่ง เส้นกระแสการไหล และ พลศาสตร์ของของไหล ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์

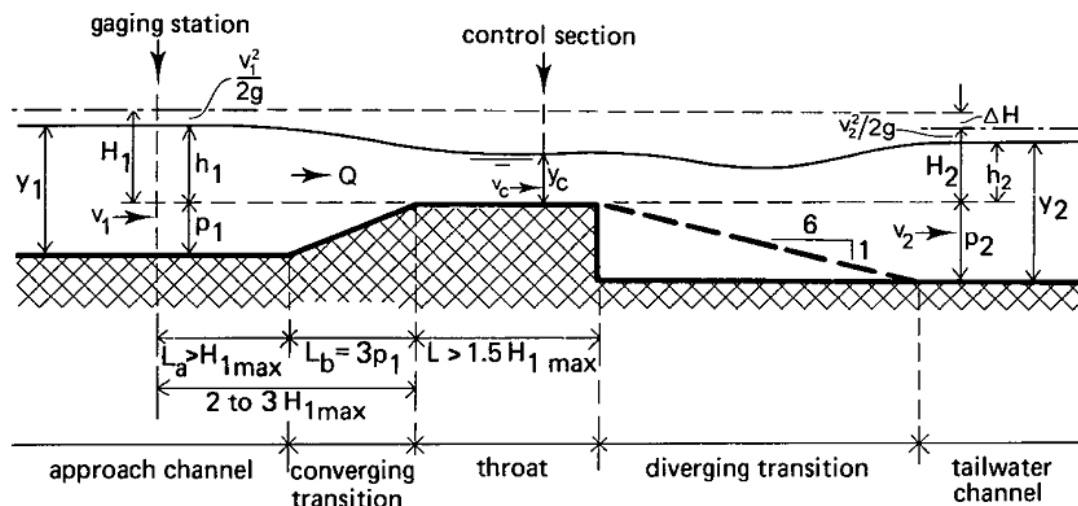
ระหว่างความเร็ว ความเร่ง แรง และพลังงาน ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล หรือที่กระทำต่อของไหลที่เคลื่อนที่ (เสรี, 2553)

การไหลในทางน้ำเปิด คือการไหลของของไหลในทางน้ำเปิด หรือในท่อที่มีการไหลไม่เต็มท่อ ดังนั้นการไหลในทางน้ำเปิดจึงเป็นการไหลที่มีผิวบนสุดของของไหลสัมผัสกับบรรยากาศ โดยแรงหลักที่ทำให้เกิดการไหลประกอบด้วยแรงเนื่องจากน้ำหนักของของไหลหรือเรียกว่าแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อมวลของไหล แรงเนื่องจากความดันน้ำ และแรงเฉือนที่จะต้านทานการไหลของของไหล ชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งออกได้หลายวิธี โดย Ven Te Chow ได้แบ่งชนิดการไหลในทางน้ำเปิดตามการเปลี่ยนแปลงความลึกของการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาและตำแหน่ง (กิริติ, 2543) ดังนี้ คือ

1. การแบ่งชนิดการไหลตามเวลา (Classification with respect to time)
 - การไหลคงที่ (steady flow)
 - การไหลไม่คงที่ (unsteady flow)
 -
2. การแบ่งชนิดการไหลตามตำแหน่ง (Classification with respect to space)
 - การไหลสม่ำเสมอ (uniform flow)
 - การไหลไม่สม่ำเสมอ (non- uniform flow)
 - การไหลเปลี่ยนแปลงน้อย (gradually varied flow)
 - การไหลเปลี่ยนแปลงเร็ว (rapidly varied flow)

6. ฝ่ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ฝ่ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูบางครั้งเรียกว่า Indian Type หรือฝ่ายสันแบน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ก่อสร้างขึ้นก่อนในประเทศอินเดีย สามารถให้รถยนต์ขนาดเล็กข้ามได้ สันฝ่ายมีความกว้างประมาณ 2-3 เมตร ลาดเอียงด้านเหนือน้ำอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1:2 ลาดเอียงด้านท้ายน้ำอยู่ระหว่าง 1:2 ถึง 1:6 และลาดเอียงด้านข้างตรงสันฝ่ายประมาณ 1:8 เพื่อให้รถยนต์หรือรถทางการเกษตรข้ามได้ (ภาพที่ 6) การคำนวณปริมาณน้ำผ่านสันฝ่ายมีสมการดังนี้



ภาพที่ 6 แนวคิดฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู Indian Type

ที่มา: International Institute for Land Reclamation and Improvement (2001)

(1) เมื่อน้ำท้ายฝายอยู่ต่ำกว่าสันฝาย (Free Flow)

$$Q = 0.667 CLh (2gh)^{0.5} \quad (11)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำไหลข้ามฝาย (ลบ.ม.ต่อวินาที)

C = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำผ่านฝาย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.70

L = ความยาวสันฝาย (เมตร)

g = แรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 เมตร/วินาที²)

h = ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (เมตร)

(2) เมื่อน้ำท้ายฝายอยู่สูงกว่าสันฝาย (Submerged Flow)

$$Q = CL (h - \Delta h/3) (2g\Delta h)^{0.5} \quad (12)$$

Δh = ความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำของฝาย (เมตร)
ซึ่งเรียกว่า Afflux

การเกิด Hydraulic Jump ในทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ค่าของ y_2 ขึ้นอยู่กับ y_1 และ Froude Number ของการไหลด้านเหนือหน้า ดังสมการ

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + [0.5t^2 + (t-3Fr_1^2)(t+1)]r - 3Fr_1^2(t+1)^2 = 0 \quad (13)$$

$$\text{เมื่อ } r = y_2/y_1, \quad t = b/zy \quad \text{และ} \quad Fr_1 = v_1/(gy_1)^{0.5}$$

7. การประยุกต์ใช้โปรแกรม KU Slope

7.1 ประวัติความเป็นมาของโปรแกรม KUSlope (การประกาศนุญภาค, 2554)

การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน (KUSlope) ได้พัฒนาโดยมีพื้นฐานมาจากโปรแกรม REAME (Rotational Equilibrium Analysis of Multilayered Embankments) ของ Huang (1957) ซึ่งจากโปรแกรม REAME มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้มีการพัฒนาโปรแกรมต่อมาเป็นช่วงระยะเวลา ดังนี้

- พ.ศ. 2530 ดร.วรากร ร่วมกับ คุณสมพร อุ่นจิตติกุล เขียนโปรแกรม ชื่อ RE ซึ่งเขียนด้วย Interpreted Basic จากพื้นฐานเดิมของโปรแกรม REAME มหาวิทยาลัย Kentucky สหรัฐอเมริกา

- พ.ศ. 2531-2532 ดร.วรากร ได้พัฒนาต่อบน Compiled Basic เป็น RE1-RE3

- พ.ศ. 2533 คุณสุเทพ ทำการพัฒนาบนภาษา Pascal โดยปรับปรุงเรื่องการแสดงผลและความเร็วในการคำนวณ ใช้ชื่อโปรแกรมว่า RE4

- พ.ศ. 2535 คุณสามารถ ได้พัฒนาโปรแกรมบนภาษา C เป็น RE5 ซึ่งมีความ สามารถเพิ่มขึ้นในหลายส่วน อาทิเช่น สามารถบันทึกข้อมูลแล้วนำกลับมาแก้ไขได้ เพิ่มความรวดเร็วในการวิเคราะห์ แต่โปรแกรม RE5 ก็ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ เช่น Failure surface ตัดกับส่วนที่เป็นน้ำในลักษณะผิวโค้ง ไม่สามารถคำนวณในกรณีที่มีเส้นผิวน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง การที่ไม่สามารถหาค่าอัตราส่วนปลอดภัยโดยการกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมี เป็นต้น

- พ.ศ. 2541-2543 คุณชูเลิศ จิตเจื้อจุน ทำการพัฒนาต่อจาก RE5 โดยเปลี่ยน Platform จากที่ใช้งานบน Dos ซึ่งยากและไม่สะดวกต่อการใช้งาน ให้มาอยู่บน Windows ที่ง่ายต่อการใช้งาน มากกว่าและได้แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เคยมี อาทิเช่น สามารถคำนวณในกรณีที่มีเส้นผิวน้ำเข้ามา เกี่ยวข้อง สามารถหาค่าอัตราส่วนปลอดภัยโดยการกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมี แก้ไข Failure surface ให้เป็นเส้นตรงเมื่อตัดกับส่วนที่เป็นน้ำ สามารถวิเคราะห์ผลจาก Tension Crack ได้ ฯลฯ ซึ่ง ในปัจจุบันก็ได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมไปด้วยอย่างต่อเนื่อง

7.2 ความสามารถของโปรแกรม KU slope 2.0 (รัฐธรรมนูญ อีสโรฟาร, 2552)

KU slope 2.0 เป็นโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบ 2 มิติ ที่ใช้หลักการ Limit Equilibrium ในการวิเคราะห์ มีความสามารถในการนำเข้า แก้ไขข้อมูล และการแสดงผลได้ดี สามารถวิเคราะห์โดยคำนึงถึงอิทธิพลของรากพืชได้ (Vegetation) มีรายละเอียดของโปรแกรม ดังต่อไปนี้

7.2.1 วิเคราะห์ลักษณะผิวการเคลื่อนพังได้ 2 แบบ คือ ส่วนโค้งของวงกลม และ ไม่ ส่วนโค้งวงกลม

7.2.2 เลือกคุณสมบัติของดินได้ 2 แบบ คือ Mohr-Coulomb Material หรือ Anisotropic Strength

7.2.3 กำหนดชั้นดินที่แตกต่างกันได้ (Boundary Line) ไม่เกิน 100 ชั้น

7.2.4 กำหนดจำนวนจุดต่อ (Node) ในแต่ละ Boundary Line ได้ไม่เกิน 50 จุด

7.2.5 แบ่งจำนวนชิ้นส่วนมวลดิน (Slice) ได้ไม่เกิน 50 ชิ้น

7.2.6 กำหนดชั้นดินล่างสุด ในแบบ Specific Bottom Line ได้ไม่เกิน 20 เส้น

7.2.7 วิเคราะห์เสถียรภาพโดยใช้ 4 ทฤษฎี คือ Ordinary, Simplified Janbu, Simplified Bishop และ Spencer

7.2.8 ค้นหาอัตราส่วนความปลอดภัยแบบเป็นส่วนโค้งวงกลมได้ 3 แบบ คือ

- Grid Search
- Specific Search
- Automatic Search

7.2.9 ค้นหาอัตราส่วนความปลอดภัยแบบไม่เป็นส่วนโค้งวงกลมได้ 2 แบบ คือ

- Random Search
- Specific Search

7.2.10 มี Fine Search Routine เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต่ำที่สุดสำหรับผิวการพิบัติแบบเป็นส่วนโค้งวงกลม

7.2.11 จุดศูนย์กลางแต่ละจุดสำหรับผิวการพิบัติแบบเป็นส่วนโค้งวงกลมมี Trial Radius ได้ไม่เกิน 100 ว

7.2.12 ค่าความละเอียดในการคำนวณ (Pass Criteria) สูงสุด คือ 0.00001

7.2.13 วิเคราะห์ผลกระทบของความดันน้ำได้ 3 แบบ คือ No Seepage, Water Line และ Pore Water Pressure Ratio

7.2.14 Water Line มีจำนวน Node ได้ไม่เกิน 20 Node

7.2.15 วิเคราะห์ผลจากปัจจัยภายนอกได้ 5 ปัจจัย คือ

- Seismic Load
- Tension Crack
- External Load ประกอบด้วย Line Load และ Strip Load
- Anchor or Geofabric
- Vegetation

7.2.16 สามารถวิเคราะห์เสถียรภาพแบบต่อเนื่องหลายกรณี โดยการ Run เพียงครั้งเดียว (Batched Files)

7.2.17 แสดง Contour ของค่าอัตราส่วนความปลอดภัยสำหรับการวิเคราะห์แบบ Grid Search ได้

7.2.18 การแสดงผลทำได้ 4 วิธี คือ

- พิมพ์ข้อมูลเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์
- พิมพ์รูปร่างชั้นดินก่อน และหลังการพิบัติ
- พิมพ์ข้อมูลผิวการพิบัติ และค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่ได้
- แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ทั้งหมด สำหรับการพิบัติแบบเป็นส่วนโค้ง

วงกลม เป็น Text File (*.ksr)

7.2.19 เลือกทำงานในรูปแบบ KUslope 1.18 ได้โดยใช้ Step by Step และสามารถอ่าน หรือบันทึกข้อมูลในรูปแบบ KUslope 1.18 ได้

7.2.20 เลือกภาษาในการใช้งานได้ 2 ภาษา คือ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

7.2.21 ใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ Windows 98, Windows NT ,Windows 2000, Window ME และ Windows XP

7.3 Hardware Requirement

7.3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มี CPU ระดับPentium 166 หรือสูงกว่านั้น (แนะนำให้ใช้ CPU ระดับ Pentium II 266 ขึ้นไป)

7.3.2 หน่วยความจำไม่ควรต่ำกว่า64 MB

7.3.3 เนื้อที่ว่างสำหรับติดตั้งโปรแกรมใน Harddisk ประมาณ 20 MB

7.3.4 การแสดงผล VGA หรือสูงกว่านั้น(ความละเอียดไม่ควรต่ำกว่า (800*600)

7.3.5 CD - ROM Drive หรือ Disk Drive สำหรับติดตั้งโปรแกรม

7.3.6 ระบบปฏิบัติการ Windows XP

8. การวิเคราะห์เสถียรภาพของเนินลาดโดยวิธีสมมูลจำกัด

อัตราส่วนความปลอดภัย เสถียรภาพของเนินลาดถูกแสดงด้วยค่าอัตราส่วนความปลอดภัย หรือ Factor of Safety (FS) ซึ่งนิยามด้วย

การคำนวณเสถียรภาพของเนินลาดอยู่บนพื้นฐานสมการสมดุลของแรงดั่งสมการ

$$FS = \frac{\text{กำลังต้านทานแรงเฉือน}}{\text{แรงเฉือนที่เกิดขึ้น}} \quad (14)$$

หรือสมมูลของโมเมนต์ดั่งสมการ

$$FS = \frac{\text{โมเมนต์ขสแรงเฉือน}}{\text{โมเมนต์ขอแรงกระทำ}} \quad (15)$$

ซึ่งเนินลาดจะเริ่มวิบัติเมื่ออัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1

สมมูลจำกัด (Limit Equilibrium) หลักการสมมูลจำกัดเป็น หลักการที่ใช้วิเคราะห์ เสถียรภาพของเนินลาด โดยหลักการสมมูลจำกัดมีสมมุติดังนี้

- 1) กลไกการวิบัติของเนินลาดมีรูปแบบและตำแหน่งที่แน่นอน
- 2) ทำการวิเคราะห์ในรูปแบบ 2 มิติ (Plane – Strain)
- 3) คิดว่าการเคลื่อนที่ดินเป็นแบบบล็อก (Block Movement)
- 4) สมมุติว่ากำลังเฉือนคงที่เท่ากันตลอดหน้าตัดขณะวิบัติ

วิธีวิเคราะห์เสถียรภาพหลายๆ วิธีใช้หลักการสมมูลจำกัด ซึ่งพัฒนามาจากวิธีการ คำนวณแบบแบ่งเป็นชั้นย่อยๆ (Slices Method) ซึ่งแต่ละวิธีมีพื้นฐานคล้ายกันแต่แตกต่างกันที่ วิธีการตั้งสมมุติฐานในการวิเคราะห์สมดุล การวิเคราะห์แรงบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านแรงเฉือนและหน่วยแรงตั้งฉากบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน The Ordinary or Fellenius Method เป็นวิธีแรกที่พัฒนาขึ้น วิธีนี้จะไม่คิดแรงภายในระหว่างชั้นส่วน จะคิดเพียงแค่สมมูลของโมเมนต์ สมมุติฐานที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปคำนวณหาอัตราส่วนปลอดภัย

ด้วยมือได้ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีสำคัญเพราะไม่ใช้คอมพิวเตอร์ก็สามารถคำนวณได้ ต่อมา Bishop (1955) ได้พัฒนา The Ordinary Method of Slices โดยการรวมแรงตั้งฉาก (Normal Force) บนรอยต่อระหว่างชั้นส่วนมาวิเคราะห์ด้วย แต่ไม่รวมเอาแรงเฉือนบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วนมาพิจารณา เรียกวิธีนี้ว่า Simplified Bishop Method จุดที่น่าสนใจของวิธีนี้คือ ได้รวมแรงตั้งฉากบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน (Inter slice Normal Force) เข้ามาด้วย ซึ่งได้สมการหาอัตราส่วนปลอดภัย ออกมาในรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear) และต้องใช้วิธีการคำนวณซ้ำๆ Simplified Janbu Method วิธีนี้เหมือนกันกับวิธีของ Bishop ซึ่งรวมเอาแรงตั้งฉากบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วนเข้ามา และไม่รวมเอาแรงเฉือนบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน ข้อแตกต่างระหว่าง Simplified Bishop กับ Simplified Janbu คือ Simplified Janbu Method วิเคราะห์จากสมมูลของแรงในแนวนอน ต่างจาก Bishop ที่วิเคราะห์จากสมมูลของโมเมนต์

8.1 Ordinary Method of Slices or Fellenius Method

วิธีนี้บางครั้งเรียกว่าวิธี Swedish Method of Slices วิธีนี้เป็นวิธีแรกของการศึกษาและเผยแพร่ในเอกสารหรือตำราต่างๆ และนำไปสู่การพัฒนาการคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัยอย่างง่าย ซึ่งจะสามารถคำนวณด้วยมือได้ วิธีการนี้จะไม่คิดแรงบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน ทั้งแรงเฉือนและแรงตั้งฉาก แต่จะคิดหน่วยน้ำหนักในชั้นส่วนซึ่งจะมีทิศทางที่ขนานกับแรงโน้มถ่วงของโลก วิธีนี้จะใช้ผลรวมของโมเมนต์ในการคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัย สมการตัวอย่างวิธี Ordinary Method of Slices มีรูปแบบดังสมการ

$$FS = \frac{\sum [c\beta + N \tan \phi]}{\sum W \sin \alpha} = \frac{\sum S_{\text{resistance}}}{\sum S_{\text{mobilized}}} \quad (16)$$

โดยที่

- c = แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน
- β = ความกว้างฐานของชั้นส่วน
- N = หน่วยแรงตั้งฉาก ($W \cos \alpha$)
- ϕ = มุมเสียดทานภายใน
- W = น้ำหนักของชั้นส่วน
- α = มุมเอียงของฐานชั้นส่วน

ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจากวิธี Ordinary นี้ค่อนข้างไม่เป็นไปตามสภาพความเป็นจริง และเพราะเหตุนี้วิธีนี้จึงไม่เหมาะในการนำไปฝึกปฏิบัติเท่าที่ควร ซึ่งค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้จากวิธีนี้จะให้ ค่าที่คลาดเคลื่อนสูงกว่าความเป็นจริงประมาณ 60% (Whiteman and Bailey, 1967) ซึ่งหากมองในความปลอดภัยก็จะส่งผลให้ค่าที่ได้นั้นปลอดภัยกว่าความเป็นจริงอยู่พอสมควรแต่หากคิดในแง่ความถูกต้องของสภาพความเป็นจริงแล้วนั้น วิธีนี้อาจจะให้ค่าที่ไม่ตรงตามสภาพจริงนัก

8.2 Simplified Bishop Method

ในปี 1950 ที่วิทยาลัย Imperial ในกรุงลอนดอน Bishop ได้ศึกษาวิธีการโดยใช้หน่วยแรงตั้งฉากแต่จะไม่นำหน่วยแรงเฉือนมาคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัยของเนินลาด ซึ่งวิธีนี้ถูกคิดขึ้นเพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเนินลาดที่วิบัติเป็นส่วนโค้งวงกลมแต่ก็มีการนำไปประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะที่ไม่เป็นส่วนโค้งวงกลมได้เช่นกัน โดย Bishop พัฒนสมการปกติ โดยจะใช้หน่วยแรงตั้งฉากและแรงในแนวโค้ง ซึ่งผลที่ได้ก็คืออัตราส่วนความปลอดภัยวิธีใหม่ ซึ่งการหาอัตราส่วนความปลอดภัยจะไม่อยู่ในรูปแบบสมการเส้นตรง และการคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัยจะเป็นการคำนวณแบบวนซ้ำ (Trial and Error) เพื่อให้ได้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยทั้งสองด้านของสมการมีค่าเท่ากัน สมการของวิธี Bishop's Simplified Method ดังสมการ

$$FS = \frac{\sum [(c\beta + W \tan \phi) \{ \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS} \}]}{\sum W \sin \alpha} \quad (17)$$

ในการคำนวณอัตราส่วนความปลอดภัย ด้วยวิธี Simplified Bishop จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการสมมุติค่า FS ขึ้นมาก่อน แล้วคำนวณหา FS เพื่อเป็นการเริ่มต้นหาค่า $m\alpha$ และทำการคำนวณ FS ตัวใหม่ด้วยวิธี Simplified Bishop จากนั้นค่า FS ที่ได้จะนำมาคำนวณหาค่า $m\alpha$ และคำนวณหาค่า FS ใหม่อีกรอบกระบวนการคำนวณจะทำซ้ำวนไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง ค่า FS ที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่า FS ที่สมมุติขึ้นในตอนแรกโดยหากโชคดีในการเดาค่า FS ก็อาจจะได้คำนวณเพียงไม่กี่ครั้งค่า FS ก็จะถูกใส่ใกล้เคียงกับ FS ที่กำหนดดังนั้นการคำนวณด้วยมือจึงไม่เหมาะ ทำให้มีการพัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยคำนวณขึ้น เพื่อให้ประหยัดเวลาในการลองถูกลองผิดค่า FS

8.3 Simplified Janbu Method

วิธีนี้มีความคล้ายคลึงกับ วิธี Simplified Bishop แต่วิธี Simplified Janbu จะพิจารณาเฉพาะสมมูลของแรงในแนวราบ โดยไม่คำนึงถึงสมมูลของโมเมนต์ โดยในตอนแรกวิธีนี้นั้นถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการวิเคราะห์ลักษณะเนินลาดที่มีการวิบัติแบบไม่เป็นส่วนโค้งวงกลม สมมุติฐานของวิธีนี้คือ แรงเฉือนภายในระหว่างชั้นส่วนมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยจะคำนวณเฉพาะแรงตั้งฉากกับชั้นส่วนลักษณะเดียวกันกับวิธี Simplified Bishop เมื่อสมการคำนวณค่าอัตราส่วนปลอดภัย, F.S. เป็น

$$F.S. = f_o \frac{\left(\sum \left\{ [c'b + (W - ub) \tan \phi'] \frac{1}{\cos \theta M(\theta)} \right\} \right)}{\sum W \tan \theta + V} \quad (18)$$

โดยที่ $M(\theta)$ = เป็นค่าเดียวกันที่ใช้ในวิธีของ Simplified Bishop
 V = เป็นแรงจากแรงดันน้ำใน Tension Cracks

8.4 Spencer Method

วิธีนี้ Spencer (1967) ได้มีการพัฒนาสมการของอัตราส่วนความปลอดภัยโดยจะทำการวิเคราะห์ทั้งสมมูลของโมเมนต์และสมมูลของแรงในแนวนอน และสมมูลของชั้นส่วนจะพิจารณาทั้งแรงเฉือนและแรงตั้งฉากบนรอยต่อระหว่างชั้นส่วน การหาอัตราส่วนความปลอดภัยจะพิจารณาแรงทั้งสองนี้ และในการวิเคราะห์จะต้องทำให้ค่าทั้งสองมีค่าที่ใกล้เคียงกันที่สุดหรือเท่ากัน ซึ่งในการวิเคราะห์จะใช้สมการ

$$X = E \lambda f(x) \quad (19)$$

โดยที่ $f(x)$ = ฟังก์ชัน
 λ = ร้อยละของฟังก์ชันที่ใช้ในรูปแบบทศนิยม
 E = หน่วยแรงตั้งฉากระหว่างชั้นส่วน
 X = หน่วยแรงเฉือนระหว่างชั้นส่วน

โดยในวิธี Spencer จะกำหนดให้ฟังก์ชัน $f(x)$ เป็นค่าคงที่ นั่นคือในแต่ละชั้นส่วนทุกชั้นส่วนจะมีค่าอัตราส่วนของแรงเฉือนต่อแรงตั้งฉากเท่ากัน

9. แนวทางการดำเนินงานด้านการพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำ

เหตุผลและความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาแหล่งน้ำเกิดขึ้นจากปัญหาด้านทรัพยากรน้ำในอดีตมักจะเป็นพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาอุทกภัย แต่ในปัจจุบันมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ – อุตสาหกรรม และจำนวนประชากร การพัฒนาแหล่งน้ำในอดีตมุ่งเน้นแต่การเพิ่มปริมาณน้ำโดยไม่คำนึงถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศน์ ทำให้ปัญหาด้านคุณภาพน้ำและระบบนิเวศน์ของกลุ่มน้ำทวีความรุนแรงขึ้น และมีทีท่าว่าจะเป็นปัญหาสำคัญในขณะนี้ความต้องการปริมาณน้ำยังคงเพิ่มขึ้น

ดังนั้น การพัฒนาแหล่งน้ำจะต้องมุ่งไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน กล่าวคือต้องได้ประโยชน์ทั้งด้านเศรษฐกิจ – สังคม มีการผสมผสานทั้งด้านทรัพยากรธรรมชาติและมนุษย์ไม่ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศน์ของกลุ่มน้ำเกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทั้งทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับน้ำอย่างเหมาะสมองค์ประกอบที่สำคัญในการพัฒนา และฟื้นฟูแหล่งน้ำคือประชาชนจึงต้องสร้างความเข้าใจถึงวิธีการที่ถูกต้องในกลุ่มคนที่มีหน้าที่และประชาชนผู้มีส่วนได้เสียให้เกิดความร่วมมือร่วมใจมุ่งสู่การพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำที่ยั่งยืน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2554)

ขั้นตอนในการพัฒนาแหล่งน้ำแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้ 4 ขั้นตอน ได้แก่

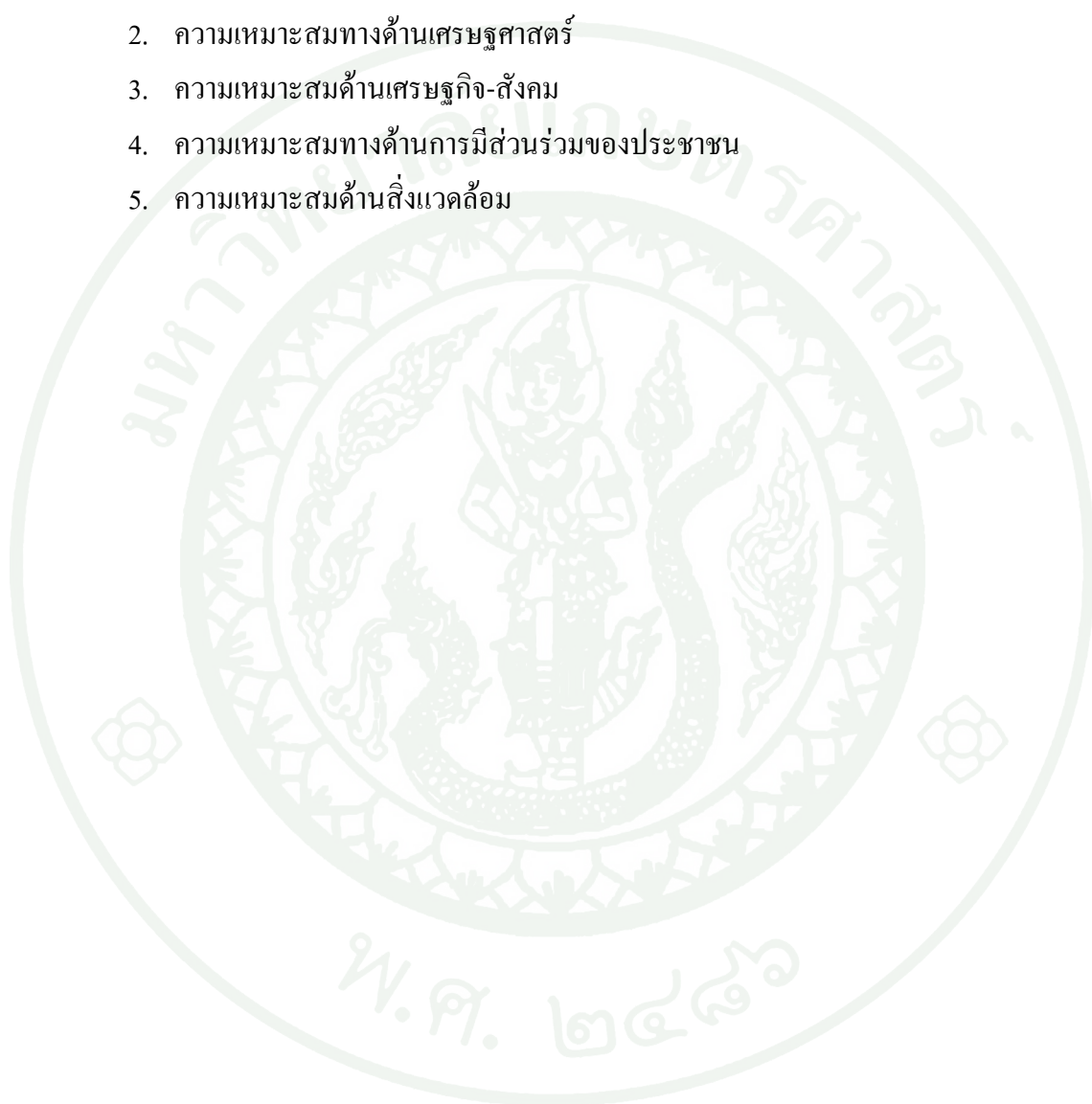
1. การวางโครงการ
2. การศึกษาความเหมาะสม สำรวจและออกแบบ
3. การก่อสร้างโครงการ
4. การจัดการ ดูแลและบำรุงรักษา

10. การจัดลำดับความสำคัญของโครงการ

ในการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจะต้องอาศัยแนวความคิดต่างๆ ในการกำหนดทางเลือก แล้วศึกษาความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ทางเศรษฐศาสตร์ สังคมและสิ่งแวดล้อม

ตลอดจนวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน และท้ายที่สุดจะต้องสามารถดำเนินงานได้เหมาะสมทางปฏิบัติด้วย ซึ่งการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการประกอบด้วย

1. ความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม
2. ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์
3. ความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ-สังคม
4. ความเหมาะสมทางการมีส่วนร่วมของประชาชน
5. ความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เนื่องจากการวิจัยเป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิจัย ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ด้านคอมพิวเตอร์ และข้อมูลสำหรับการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม URBS
3. โปรแกรม Microsoft Window XP
4. โปรแกรม Microsoft Office 2007
5. โปรแกรม KU Slope
6. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย
 - 6.1 ข้อมูลด้านอุทกนิยมนิคมวิทยาและอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำท่า
 - 6.2 ข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำลำภาชี
 - 6.3 ข้อมูลแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000

วิธีการ

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ในลุ่มน้ำลำภาชี

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ในการประเมินปริมาณน้ำท่าเพื่อการออกแบบความสูงสันฝายน้ำล้นลำภาชี บ้านท่ามะขาม และบ้านกล้วย จะใช้สถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน จำนวน 2 สถานี ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ได้แก่ สถานี K.17 และสถานี K.61 โดยพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง จะถูกนำไปใช้ในการประเมินหา น้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ในลุ่มน้ำลำภาชีที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า รายละเอียดการประยุกต์ใช้แบบจำลอง มีดังนี้

1.1 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

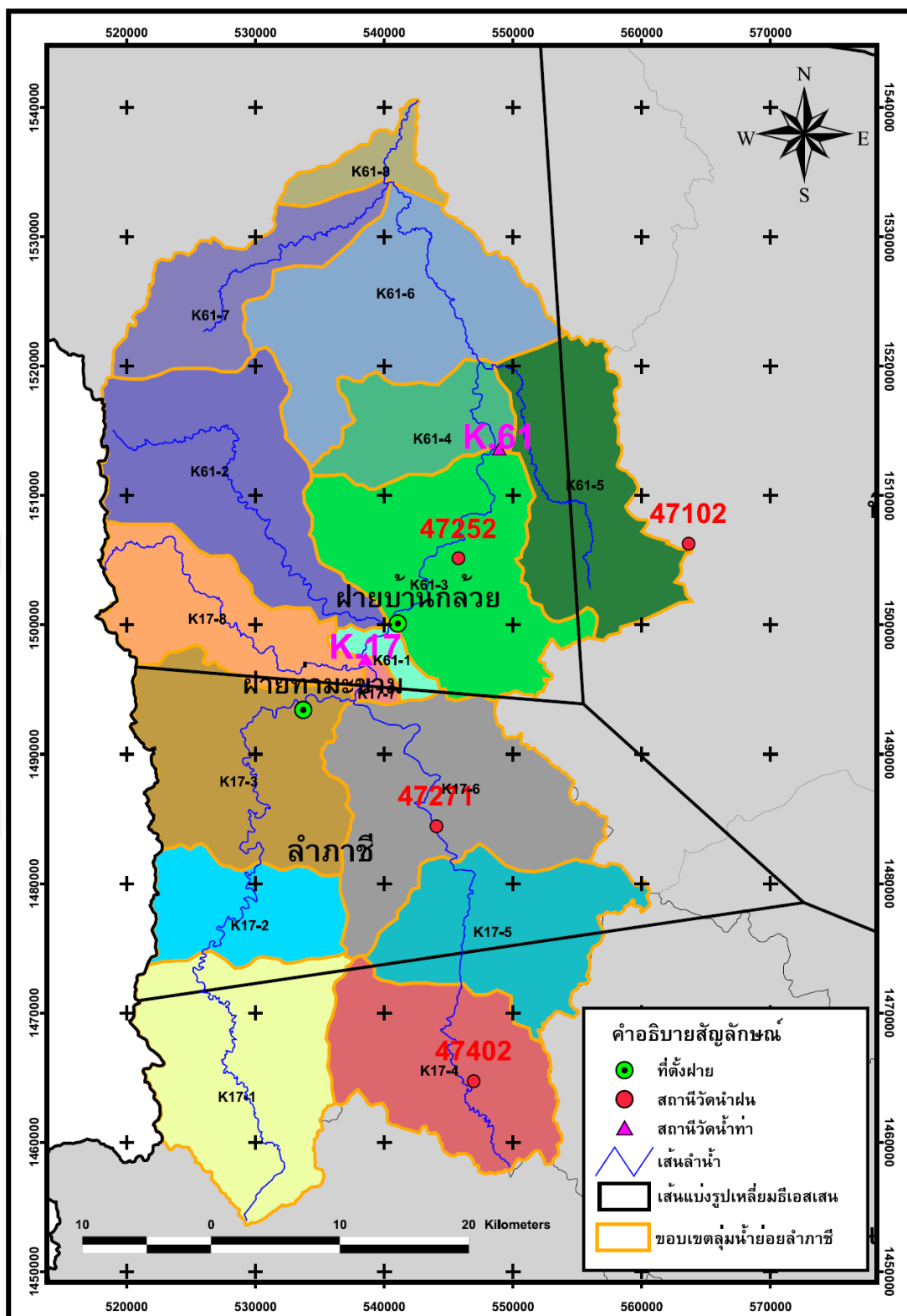
ลุ่มน้ำลำภาชี มีพื้นที่ทั้งหมด 2,558 ตร.กม. สามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองออกเป็น 16 ลุ่มน้ำย่อย แสดงดังภาพที่ 7 สำหรับการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำใดๆ จำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่แบ่งควรมีน้อยที่สุด จำนวน 5 ลุ่มน้ำย่อย (Carroll, 2004) สำหรับข้อมูลด้านเข้าทางด้านอุทกวิทยาที่สำคัญของแบบจำลองคือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ในขณะที่ข้อมูลด้านเข้าทางกายภาพคือ ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและความยาวลำน้ำ โดยรายละเอียดของข้อมูลปริมาณน้ำฝน และจำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย สำหรับใช้ในการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแต่ละสถานีวัดน้ำท่า พิจารณาใช้สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำข้างเคียง จำนวน 4 สถานี แสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี

ลำดับที่	รหัส	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	UTM_E	UTM_N
1	47102	จอมบึง	จอมบึง	ราชบุรี	563625	1506266
2	47252	ด่านทับตะโก	จอมบึง	ราชบุรี	545749	1505101
3	47271	บ้านคา	บ้านคา	ราชบุรี	544042	1484419
4	47402	บ้านบึง	บ้านคา	ราชบุรี	546934	1464707

1.2 ข้อมูลกายภาพของลุ่มน้ำ

ข้อมูลกายภาพและลำน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตารางกิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณา (L1, กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณาถึงจุดออกของลุ่มน้ำย่อยนั้น ๆ (L2, กิโลเมตร) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง โดยข้อมูลดังกล่าวใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำโดยพารามิเตอร์ต่างๆ และความยาวลำน้ำ ณ ช่วงทางน้ำต่างๆ ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย แสดงในตารางที่ 9



ภาพที่ 7 ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon)

สำหรับการคำนวณฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำลำภาชี

ตารางที่ 9 การแบ่งลุ่มน้ำย่อย และพารามิเตอร์ความยาวลำน้ำของกลุ่มน้ำลำภาชี

รหัสลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่รับน้ำ	ความยาวลำน้ำ (กม.)	
			L1	L2
K17-1	233.40	9.12	15.51	22.18
K17-2	110.30	4.31	9.33	6.84
K17-3	220.97	8.64	17.58	16.73
K17-4	196.39	7.68	14.48	8.79
K17-5	177.88	6.95	3.55	8.85
K17-6	243.09	9.50	3.81	18.39
K17-7	9.01	0.35	2.76	1.99
K17-8	145.82	5.70	16.62	19.37
K61-1	21.00	0.82	1.54	2.67
K61-2	241.13	9.43	20.97	23.88
K61-3	244.27	9.55	7.31	15.77
K61-4	98.53	3.85	3.54	5.88
K61-5	198.31	7.75	8.43	21.81
K61-6	250.21	9.78	5.05	17.97
K61-7	127.44	4.98	8.21	18.49
K61-8	40.25	1.57	2.32	6.55
รวมพื้นที่รับน้ำ	2,558.00	100		

1.3 การประเมินแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนัก (weighting factor) ด้วยวิธีรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon) ของปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่พิจารณาโดยวิธี Thiessen Polygon ดังแสดงไว้ในภาพที่ 7 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของกลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี

รหัส	47102	47252	47271	47402	รวม
K17-1			0.131	0.869	1.000
K17-2			1.000		1.000
K17-3		0.033	0.967		1.000
K17-4			0.006	0.994	1.000
K17-5			0.653	0.347	1.000
K17-6			1.000		1.000
K17-7		0.516	0.484		1.000
K17-8		0.974	0.026		1.000
K61-1		0.906	0.094		1.000
K61-2		1.000			1.000
K61-3	0.012	0.984	0.004		1.000
K61-4		1.000			1.000
K61-5	0.602	0.398			1.000
K61-6		1.000			1.000
K61-7		1.000			1.000
K61-8		1.000			1.000

1.4 การสร้างชุดข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง URBS

1) Catchment Definition File เป็นการกำหนดค่า default ของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ โครงข่ายการเชื่อมโยงของแต่ละลุ่มน้ำย่อย สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย และสถานีวัดน้ำทำสำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง โดย Catchment Definition File ซึ่งมีนามสกุล (*.cat)

2) Rainfall Definition File เป็นการกำหนดช่วงเวลาของการวิเคราะห์ ชื่อไฟล์ สถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ และประเภทของแบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดย Rainfall Definition File ซึ่งมีนามสกุล (*.rtf)

3) Gauging Station File เป็นการสร้างไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าตามชื่อไฟล์ทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ใน Catchment Definition File โดยไฟล์จะต้องมีนามสกุล (*.g) สำหรับข้อมูลสำคัญที่จะต้องกำหนด คือ ช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล (วินาที) จำนวนข้อมูลทั้งหมด และข้อมูลปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)

4) Pluviograph File เป็นการสร้างไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตามชื่อไฟล์ทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ใน Catchment Definition File สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแต่ละสถานีวัดน้ำท่า ซึ่งทุกไฟล์จะต้องมีนามสกุล (*.r) สำหรับข้อมูลสำคัญที่จะต้องกำหนดประกอบด้วย ช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล (วินาที) จำนวนข้อมูลทั้งหมด (จำนวนข้อมูลน้ำฝน) และข้อมูลปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) สำหรับตัวอย่าง Pluviograph File

5) Batch File สำหรับใช้ในการ Run แบบจำลอง URBS ซึ่งจะต้องกำหนดที่อยู่ของ execute file โปรแกรม URBS ที่อยู่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการวิเคราะห์ และที่สำคัญยังสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ใน batch file นี้ได้ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ทุกครั้งของการวิเคราะห์ เพื่อปรับให้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัด

1.5 การสอบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟน้ำท่าซึ่งประกอบด้วย 6 พารามิเตอร์ คือ α , m , β , IL , PR และ IF โดยในการสอบเทียบและเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะมีผลทำให้การคำนวณเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

- α คือ ค่าพารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลำน้ำ (Channel lag parameter) มีผลต่อ Peak และ Time of Peak ซึ่งถ้า α มีค่าน้อยจะทำให้ Peak สูงและเกิดเร็ว ส่วนค่า α ที่มีค่ามากจะทำให้ Peak มีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเกิดขึ้นยาวนานกว่า

- β คือ พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลุ่มน้ำ (Catchment lag parameter) จะเกี่ยวข้องกับความชัน (slope) ของน้ำท่าที่เกิดขึ้น โดยถ้า β มีค่าน้อยจะทำให้กราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นมี

ความชันมากและมี Peak สูง แต่ถ้า β มีค่ามากจะทำให้กราฟน้ำท่ามีความชันน้อยและ Peak ต่ำกว่า นอกจากนี้จะใช้เวลาในการเกิด Peak นานกว่าค่า β ที่มีค่าน้อยๆ

- m คือ พารามิเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของกลุ่มน้ำ จะมีค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.75 - 0.85 มีผลต่อการเกิดรูปแบบกราฟน้ำท่าโดยถ้า m มีค่ามากจะทำให้กราฟน้ำท่าแบนกว่าค่าที่ m มีค่าน้อย

- IL คือ ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น มีผลทำให้ปริมาณฝนช่วงแรกหายไปก่อนที่ปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นปริมาณฝนใช้การ (effective rainfall) และการกำหนดค่า IL ในแบบจำลองจะกำหนดให้การสูญเสียเป็นแบบสัดส่วนเหตุการณ์เดียว (UNIFORM PROPORTIONAL) หลังจากนั้นสัดส่วนของปริมาณน้ำท่า (PR) จะถูกสมมติขึ้น

- PR ในแบบจำลองการสูญเสียเป็นแบบสัดส่วนเหตุการณ์เดียว (UNIFORM PROPORTIONAL) จะเป็น ค่าสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนใช้การที่สมมติขึ้น โดยปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจะแปรผันตามกับค่า PR

- IF คือ ค่าความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดิน มีผลต่อการเกิดฝนใช้การและกลายเป็นน้ำท่า โดยเมื่อ IF มีค่าสูงขึ้นจะทำให้มีการหายไปของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามากขึ้นตามไปด้วย และทำให้ที่ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นน้อยลง ในทำนองเดียวกันถ้า IF มีค่าต่ำลง จะมีผลทำให้ปริมาณฝนใช้การและน้ำท่ามีค่าเพิ่มมากขึ้น

การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ได้พิจารณาเลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 2 สถานี ได้แก่ K.17 และ K.61 มีพื้นที่รับน้ำ 1,355 และ 1,844 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และได้พิจารณาเลือกช่วงปีของข้อมูลน้ำฝนมาใช้ในการสอบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จากเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ปี พ.ศ.2548 และปี พ.ศ. 2553 ตามลำดับ

1.6 การประเมินประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง จะต้องทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้านอุทกวิทยา โดยการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองทั้งสองและปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาใช้ตัวแปรทางสถิติจำนวน 3 ตัวแปร ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 11 มาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกวิทยา

ตารางที่ 11 ตัวแปรทางสถิติที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ตัวแปรทางสถิติ	สมการ
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r)	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]}}$
Root Mean Square Error (RMSE)	$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{N} \right)^{0.5}$
Efficiency Index (EI)	$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2} \times 100\%$

เมื่อ

Q_{mi} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i

$\bar{Q}_m$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

Q_{ci} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i

$\bar{Q}_c$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง

N = จำนวนของข้อมูล

สำหรับรายละเอียดของตัวแปรทางสถิติแต่ละตัวแปรแสดงได้ดังนี้

1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองมี

ความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงที่ดีมาก และถ้า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองก็มีความสัมพันธ์ที่ดีมากแต่ในเชิงปฏิภาคผกผัน แต่เมื่อไรก็ตามที่ r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือแทบไม่มีเลย โดยทั่วไปแล้วในการศึกษาด้านอุทกวิทยาค่า r ควรมีค่ามากกว่า 0.7 จึงจะถือว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2) Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (absolute error) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ในกรณีที่ค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีมาก

3) ค่า Efficiency Index (EI) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงระดับความสัมพันธ์ (degree of association) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล

2. การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด

จากการรวบรวมข้อมูลที่มีการตรวจวัดในอดีตของสถานีวัดน้ำฝนสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ และลุ่มน้ำข้างเคียง จำนวน 4 สถานี ได้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีในช่วงเวลา 1 วัน มาทำการวิเคราะห์ระดับปริมาณฝนสูงสุดที่คาบความถี่ของการเกิดต่างๆ ด้วยทฤษฎี GUMBEL ดังสมการที่ (20) ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณฝนสูงสุดในช่วงความถี่ของการเกิดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 12

$$R = \mu - \alpha \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] \quad (20)$$

โดยที่	R	= ปริมาณฝนสูงสุดที่คาบความถี่ต่างๆ (มิลลิเมตร)
	μ	= พารามิเตอร์ทฤษฎี GUMBEL, ค่าโมด
		= $\bar{R} - 0.45S_R$
	α	= พารามิเตอร์ทฤษฎี GUMBEL
		= $0.7797S_R$

ซึ่ง $\bar{R}$ และ S_R คือค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของตัวแปรปริมาณฝน R ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี ที่ควบคุมการเกิดต่างๆ ด้วยทฤษฎี GUMBEL

คาบเวลาที่ การเกิดซ้ำ (ปี)	รหัสสถานีวัดน้ำฝน			
	47102	47252	47271	47402
2	105.92	88.74	102.59	105.32
5	138.25	121.00	133.83	136.59
10	159.66	142.36	154.51	157.30
25	186.70	169.36	180.64	183.45
50	206.76	189.38	200.03	202.86
100	226.68	209.25	219.27	222.12
200	246.52	229.06	238.45	241.32
500	272.70	255.18	263.74	266.64
1,000	292.48	274.93	282.86	285.77

3. การออกแบบขนาดความสูงของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูบางครั้งเรียกว่า Indian Type หรือฝายสันแบน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ก่อสร้างขึ้นก่อนในประเทศอินเดีย สามารถให้รถยนต์ขนาดเล็กข้ามได้ สันฝายมีความกว้างประมาณ 2-3 เมตร ลาดเอียงด้านเหนือน้ำอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1:2 ลาดเอียงด้านท้ายน้ำอยู่ระหว่าง 1:2 ถึง 1:6 และลาดเอียงด้านข้างตรงสันฝายประมาณ 1:8 เพื่อให้รถยนต์หรือรถทางการเกษตรข้ามได้ การคำนวณปริมาณน้ำผ่านสันฝายมีสมการดังนี้

3.1 เมื่อน้ำท้ายฝายอยู่ต่ำกว่าสันฝาย (Free Flow)

$$Q = 0.667 CLh (2gh)^{0.5} \quad (21)$$

- เมื่อ Q = ปริมาณน้ำไหลข้ามฝาย (ลบ.ม.ต่อวินาที)
 C = สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำผ่านฝาย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.70
 L = ความยาวสันฝาย (เมตร)
 g = แรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 เมตร/วินาที²)
 h = ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (เมตร)

3.2 เมื่อน้ำท้ายฝายอยู่สูงกว่าสันฝาย (Submerged Flow)

$$Q = CL (h - \Delta h/3) (2g\Delta h)^{0.5} \quad (22)$$

Δh = ความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือและท้ายน้ำของฝาย (เมตร)
 ซึ่งเรียกว่า Afflux

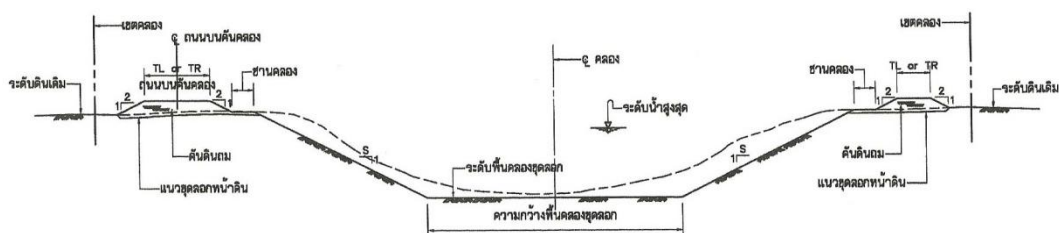
การเกิด Hydraulic Jump ในทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ค่าของ y_2 ขึ้นอยู่กับ y_1 และ Froude Number ของการไหลด้านเหนือน้ำ ดังสมการ

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + [0.5t^2 + (t-3Fr_1^2)(t+1)]r - 3Fr_1^2(t+1)^2 = 0 \quad (23)$$

$$\text{เมื่อ } r = y_2/y_1, \quad t = b/zy \quad \text{และ} \quad Fr_1 = v_1/(gy_1)^{0.5}$$

4. การวิเคราะห์เสถียรภาพของพื้นที่ลาดเอียงโดยใช้โปรแกรม KUSlope ในการขุดลอกลำน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ได้มีแนวคิดในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งมีประโยชน์เพื่อใช้ในการออกแบบลาดดินที่เหมาะสมสำหรับงานทำการขุดลอก หรืองานก่อสร้างคันดิน ใช้หลักการ Limit Equilibrium โดยใช้โปรแกรม KUSlope 2.0 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีข้อกำหนดในการออกแบบ (Design Criteria) ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 8 แนวคิดในการขุดลอกน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ที่มา: กรมชลประทาน (2553)

4.1 การกำหนดชั้นดิน (Numbering of Soil Boundaries)

เส้น boundary line จะประกอบด้วยส่วนของเส้นตรงส่วนหนึ่งหรือหลายๆส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะแบ่งดินออกเป็น 2 ชนิดที่แตกต่างกัน โดยเส้น boundary line จะถูกกำหนดจากล่างไปบนตามลำดับ เส้น boundary line ที่อยู่ล่างสุดจะเรียกว่า bottom line หรือ rock line ซึ่งจะถูกระบุโดยชั้นหินแข็ง หรือชั้นที่เป็นดินค่อนข้างแข็ง (rock or stiff stratum) ซึ่งอยู่ด้านล่างของลาดดิน ส่วนเส้น boundary line เส้นบนสุดจะเรียกว่า ground line และถูกกำหนดโดยผิวดิน (ground surface) รวมถึงผิวน้ำด้วยถ้าเป็นกรณีที่มีน้ำเกี่ยวข้องกับอยู่ด้วย ดินที่อยู่เหนือเส้น boundary line ใดๆจะเป็นดินชนิดเดียวกับหมายเลขเส้น boundary line นั้นๆ ดังนั้นจำนวนชนิดของดินทั้งหมดจะน้อยกว่าจำนวนเส้น boundary line อยู่ 1 เสมอ

4.2 การระบุสภาพการซึมน้ำ (Seepage specification)

เงื่อนไขการซึมน้ำ (Seepage Condition) มี 3 ลักษณะ คือ

1. ไม่มีการซึมน้ำ (No seepage)
2. สภาพการซึมน้ำถูกกำหนดด้วยเส้น piezometric line (with phreatic surface)
3. สภาพการซึมน้ำถูกกำหนดด้วย pore pressure ratio (with pore pressure)

4.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดิน ต้องพิจารณาทั้งลาดเหนือน้ำและท้ายน้ำ ทั้งนี้ การวิเคราะห์พิจารณาในกรณีสร้างเสร็จใหม่ ซึ่งดินยังคงมี Pore Pressure อยู่ กรณีทำการเก็บกักที่ระดับเก็บกักสูงสุด ซึ่งมีดินตัวเชื่อมที่อยู่ใต้แนว Top Flow Line เป็นดินอิมตัวไปด้วยน้ำและในกรณีที่เกิด Rapid Drawdown ถึงต่ำสุด โดยที่น้ำยังไม่สามารถระบายออกไปได้ เกณฑ์ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยสำหรับการวิเคราะห์ สำหรับการเลื่อนไหลแบบระนาบ หรือการเลื่อนไหลแบบหมุน สำหรับลักษณะงานต่างๆ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 อัตราส่วนความปลอดภัยสำหรับลักษณะงานต่างๆ

Operating Condition	Min. Allowable F.S.	
	Static	Siesmic
เพิงสร้างเสร็จใหม่ๆ	1.25	1.00
เก็บกักน้ำเต็มที	1.50	1.25
ระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว	1.25	1.00

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2550)

ข้อมูลชั้นดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม ข้อมูลชั้นดินตลิ่งฝั่งซ้ายมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 14 ข้อมูลชั้นดินตลิ่งฝั่งขวามีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 15 และฝายบ้านกล้วยข้อมูลชั้นดินตลิ่งฝั่งซ้ายมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 16 และข้อมูลชั้นดินฝั่งขวามีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 9 ภาพที่ 10 ภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12 แสดงการนำเข้าข้อมูลชั้นดิน ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน และอัตราส่วนความลาดเอียง ในโปรแกรม KUSlope ในกรณีต่างๆ คือ กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% 20% ระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) และกรณีสร้างเสร็จใหม่

ตารางที่ 14 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายฝายบ้านท่ามะขาม

ชั้นดินที่	ความลึก (m)	ประเภทของดิน	C (ton/m ²)	φ (Degree)	Unit Weight (ton/m ²)
5	0-1.00	Top Soil	1	0	1.6
4	1.00-2.50	Loose Silty Sand (SM)	0	30	1.6
3	2.50-4.00	Very Dense Sand with Gravel (SP)	0	40	1.9
2	4.00-4.95	Very Dense Gravel with Sand (GP)	0	42.5	2.1
1	4.95-8.00	Very Dense Sand with Gravel (SP)	0	40	2.0

ตารางที่ 15 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาฝายบ้านท่ามะขาม

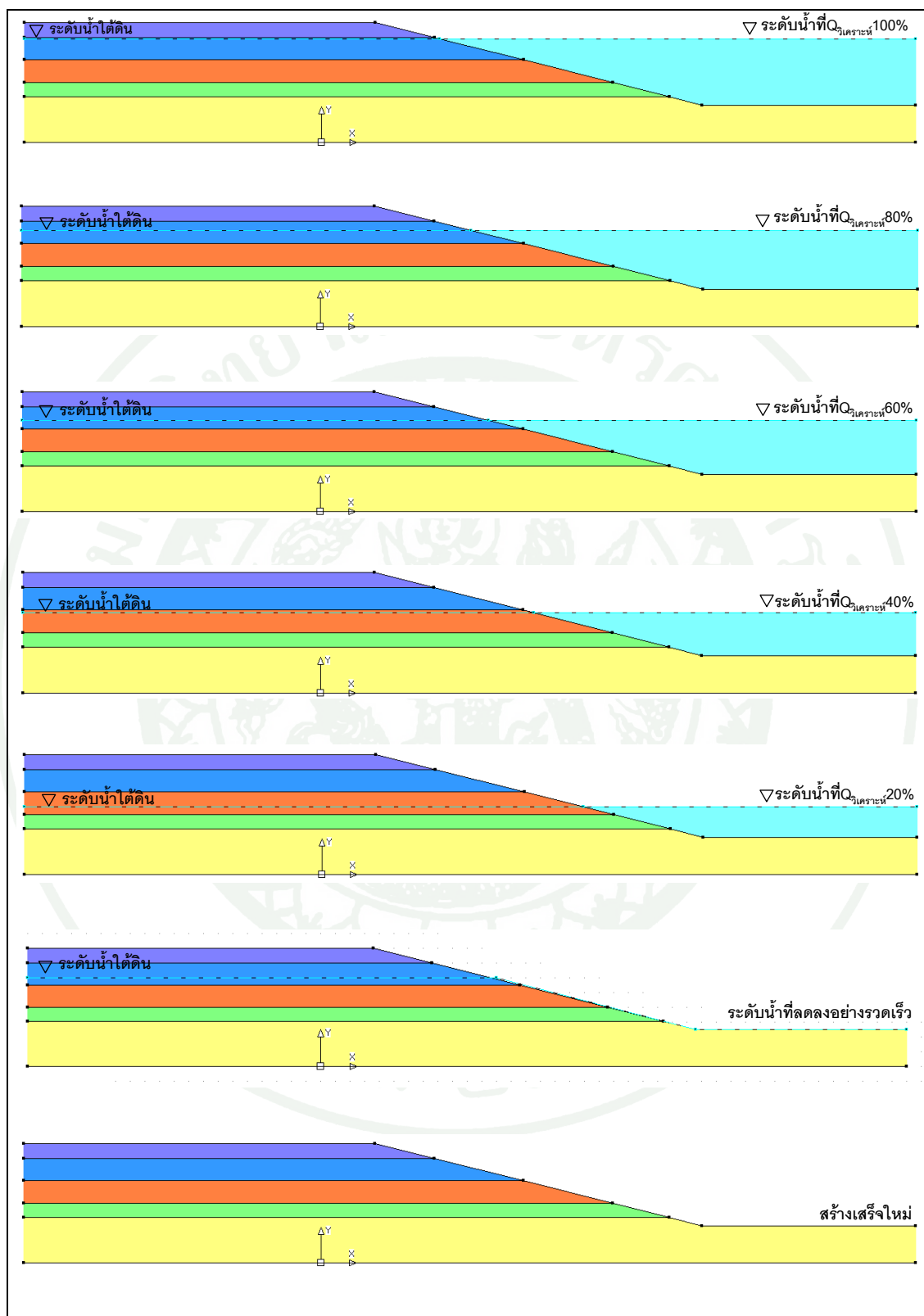
ชั้นดินที่	ความลึก (m)	ประเภทของดิน	C (ton/m ²)	φ (Degree)	Unit Weight (ton/m ²)
3	0-1.00	Top Soil	1	0	1.6
2	1.00-4.00	Loose Silty Sand (SM)	0	30	1.6
1	4.00-9.00	Very Dense Sand with Gravel (SP)	0	40	2.0

ตารางที่ 16 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายฝายบ้านกล้วย

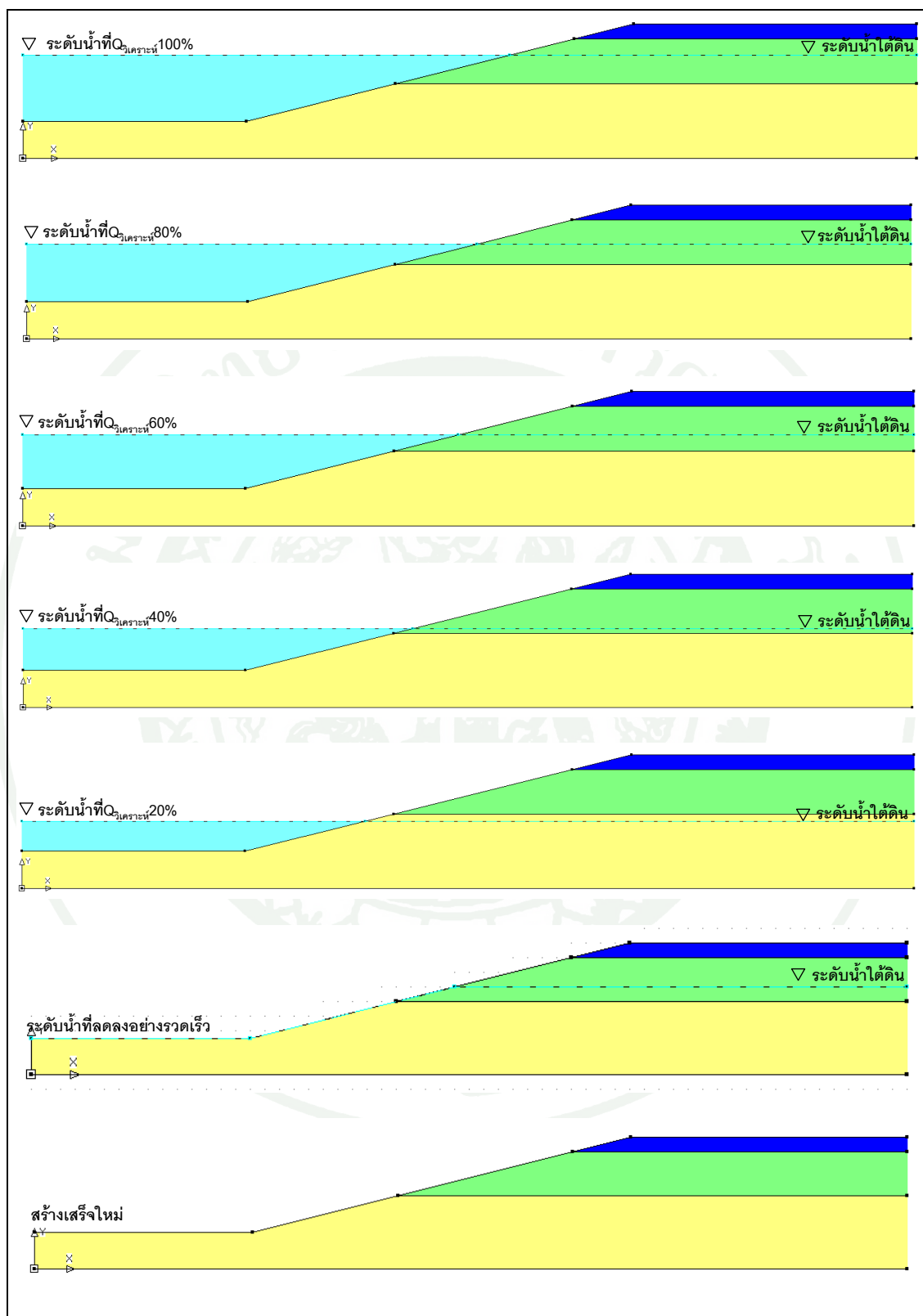
ชั้นดินที่	ความลึก (m)	ประเภทของดิน	C (ton/m ²)	φ (Degree)	Unit Weight (ton/m ²)
5	0-1	Top Soil	1	0	1.6
4	1-5.50	Loose to Medium Silty Sand (SM)	0	30.7	1.7
3	5.50-7.00	Dense Sand with Silt (SW-SM)	0	38.2	1.8
2	7.00-8.50	Medium Dense Sand with Gravel (SP)	0	31	1.7
1	8.50-9.45	Very Dense Sandy with Gravel (SP)	0	40.8	2.0

ตารางที่ 17 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาฝายบ้านกล้วย

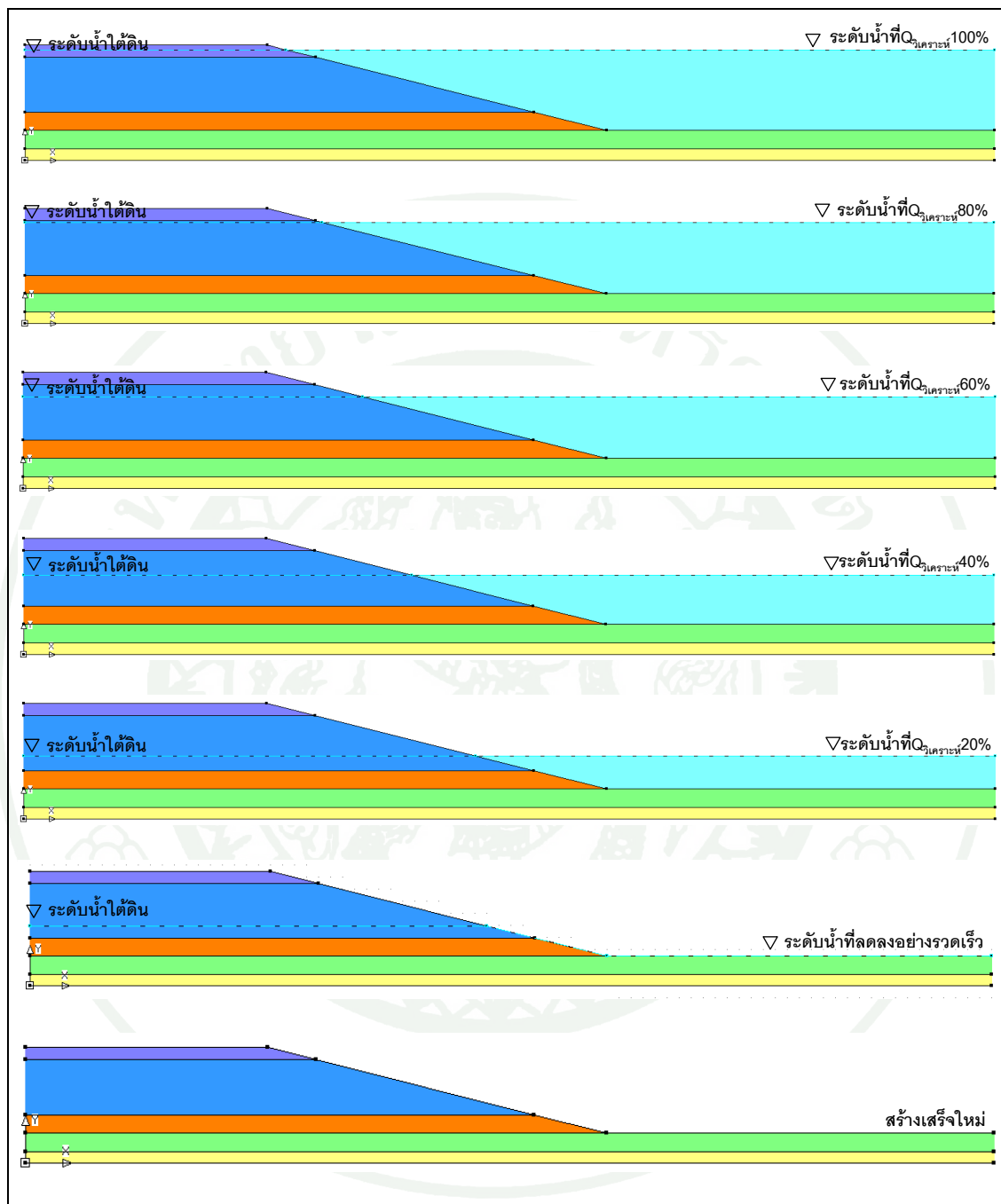
ชั้นดินที่	ความลึก (m)	ประเภทของดิน	C (ton/m ²)	φ (Degree)	Unit Weight (ton/m ²)
4	0-1.00	Top Soil	1	0	1.6
3	1.00-2.50	Loose to Medium Dense Silty Sand (SM)	0	30	1.7
2	2.50-7.00	Dense to very Dense Silty Sand (SM)	0	42	1.8
1	7.00-9.45	Very Dense Sand with Gravel (SP)	0	44	2.2



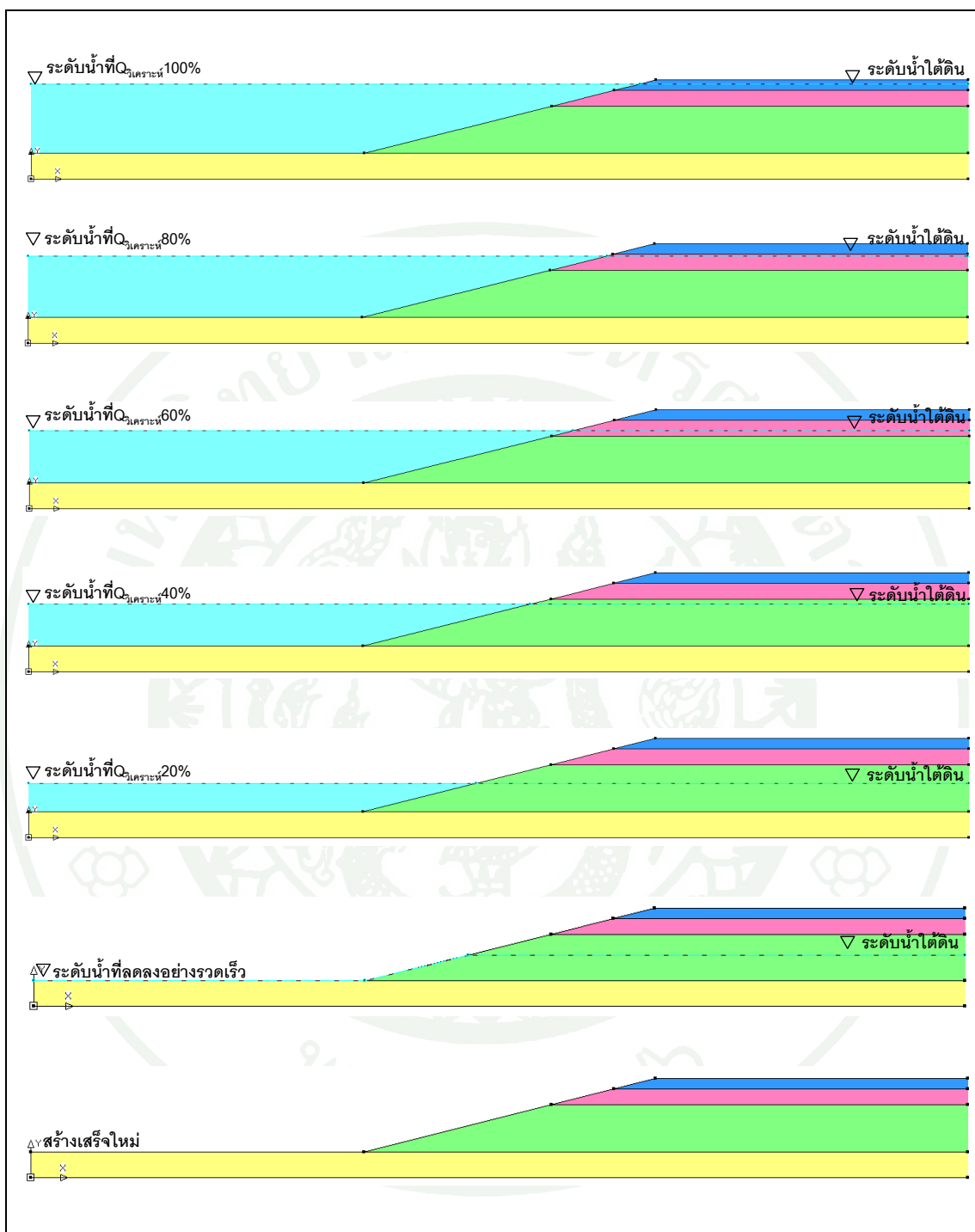
ภาพที่ 9 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope คลังฝังก้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม



ภาพที่ 10 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม



ภาพที่ 11 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งซ้ายบริเวณฝายบ้านกล้วย



ภาพที่ 12 การนำเข้าข้อมูลชั้นดินในโปรแกรม KUSlope ตลิ่งฝั่งขวาบริเวณฝายบ้านกล้วย

5. การจัดลำดับความสำคัญของโครงการ

การจัดลำดับโครงการที่มีศักยภาพของโครงการอนุรักษ์ฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบโครงการภายในพื้นที่สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 7 กรมทรัพยากรน้ำ โดยหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับสามารถพิจารณาจากตัวแปรในด้านต่างๆ 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเศรษฐกิจ-สังคม ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชนและด้านสิ่งแวดล้อม และการพิจารณาลำดับความเร่งด่วนในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละกลุ่มกิจกรรม จะพิจารณาจากคะแนนรวมของเกณฑ์ชี้วัดโดยแบ่งช่วงคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 18 โดยมีค่าน้ำหนักดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ค่าน้ำหนักการจัดลำดับสามารถพิจารณาจากตัวแปรในด้านต่างๆ

ลำดับ ที่	ลักษณะตัวแปร	น้ำหนัก , %	รวม	ช่วงคะแนน	ลำดับการดำเนินการ
1	ด้านวิศวกรรม	20	100	มากกว่า 70 คะแนน	ระยะเร่งด่วน (1 - 2 ปี)
2	ด้านเศรษฐศาสตร์	20			
3	ด้านเศรษฐกิจ-สังคม	20		มากกว่า 40 ถึง 70 คะแนน	ระยะกลาง (3 - 5 ปี)
4	ด้านการมีส่วนร่วม ของประชาชน	20			
5	ด้านสิ่งแวดล้อม	20		น้อยกว่า 40 คะแนน	ระยะยาว (6 - 10 ปี)

1) ด้านวิศวกรรม เพื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาอุทกภัย รวมถึงความพร้อมของโครงการ ดัชนีชี้วัดแต่ละ 5 คะแนน ประกอบด้วย

- อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยกับปริมาณน้ำใช้การ ใช้เกณฑ์ 3 ช่วงระหว่างอัตราส่วนสูงสุดกับต่ำสุด คิดเป็นคะแนน 5, 3 และ 1

- พื้นที่รับประโยชน์ ใช้เกณฑ์ 3 ช่วงระหว่างพื้นที่รับประโยชน์สูงสุดกับต่ำสุด คิดเป็นคะแนน 5, 3 และ 1

- ความสามารถในการระบายน้ำ ใช้เกณฑ์ดี ปานกลาง น้อย คิดเป็นคะแนน 5, 3

และ 1

- ความพร้อมของโครงการ ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อย คิดเป็นคะแนน 5, 3

และ 1

2) ด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อแก้ไขและบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชน ดัชนีชี้วัดตัวละ 10 คะแนน ประกอบด้วย

- อัตราส่วนระหว่างค่าลงทุนกับปริมาณน้ำใช้การ ใช้เกณฑ์ 3 ช่วงระหว่างอัตราส่วนต่ำสุดกับสูงสุดโดยคิดอัตราส่วนระหว่างค่าก่อสร้างกับปริมาณเก็บกัก ถ้าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1 – 4.9 ให้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน , ถ้าอัตราส่วนมากกว่า 4.9 แต่น้อยกว่า 10 ให้คะแนนระดับปานกลางเท่ากับ 6 คะแนน และถ้าอัตราส่วนมากกว่า 10 ให้คะแนนระดับต่ำสุดเท่ากับ 2 คะแนน

- ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์ ใช้เกณฑ์ 3 ช่วงระหว่างอัตราส่วนผลประโยชน์กับค่าลงทุน(B/C ratio) สูงสุดกับต่ำสุด โดยกำหนดให้ค่า B/C ratio ตั้งแต่ 1.50 คิดเป็นคะแนน 10 คะแนน , ค่า B/C ratio มากกว่า 1.25 แต่น้อยกว่า 1.50 คิดเป็นคะแนน 6 คะแนน และค่า B/C ratio มากกว่า 1 แต่น้อยกว่า 1.25 คิดเป็นคะแนน 2 คะแนน

3) ด้านเศรษฐกิจ-สังคม เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยในการแก้ไขปัญหาด้านเศรษฐกิจ-สังคม ดัชนีชี้วัดตัวละ 5 คะแนน ประกอบด้วย

- บรรเทาปัญหาภัยแล้ง ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อย คิดเป็นคะแนน 5, 3

และ 1

- บรรเทาปัญหาอุทกภัย ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อย คิดเป็นคะแนน 5, 3

และ 1

- บรรเทาปัญหาคุณภาพน้ำ ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อย คิดเป็นคะแนน 5, 3 และ 1

- ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนา ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อย คิดเป็น

คะแนน 5, 3 และ 1

4) ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อพิจารณาถึงการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนต่อการพัฒนาโครงการฯ ดัชนีชี้วัดตัวละ 10 คะแนน ประกอบด้วย

- ความต้องการ โครงการฯของประชาชนในชุมชน ใช้เกณฑ์มาก ปานกลาง น้อยคิดเป็นคะแนน 10, 6 และ 2

- ประชาชนมีส่วนร่วมในการอุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างโครงการฯ ใช้เกณฑ์อุทิศให้ทั้งหมด อุทิศให้บางส่วน ไม่อุทิศให้ คิดเป็นคะแนน 10, 6 และ 2

5) ด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นหากดำเนินการพัฒนาโครงการฯ ดัชนีชี้วัดตัวละ 10 คะแนน ประกอบด้วย

- ผลกระทบต่อพื้นที่อุทยานแห่งชาติ/เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า/เขตห้ามล่าสัตว์ป่า/พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ/พื้นที่ป่าสงวน ใช้เกณฑ์ไม่มี น้อย ปานกลาง คิดเป็นคะแนน 10, 6 และ 2

- ผลกระทบต่อการอนุรักษ์รักษาสมดุลระบบนิเวศ ใช้เกณฑ์ไม่มี น้อย ปานกลางคิดเป็นคะแนน 10, 6 และ 2

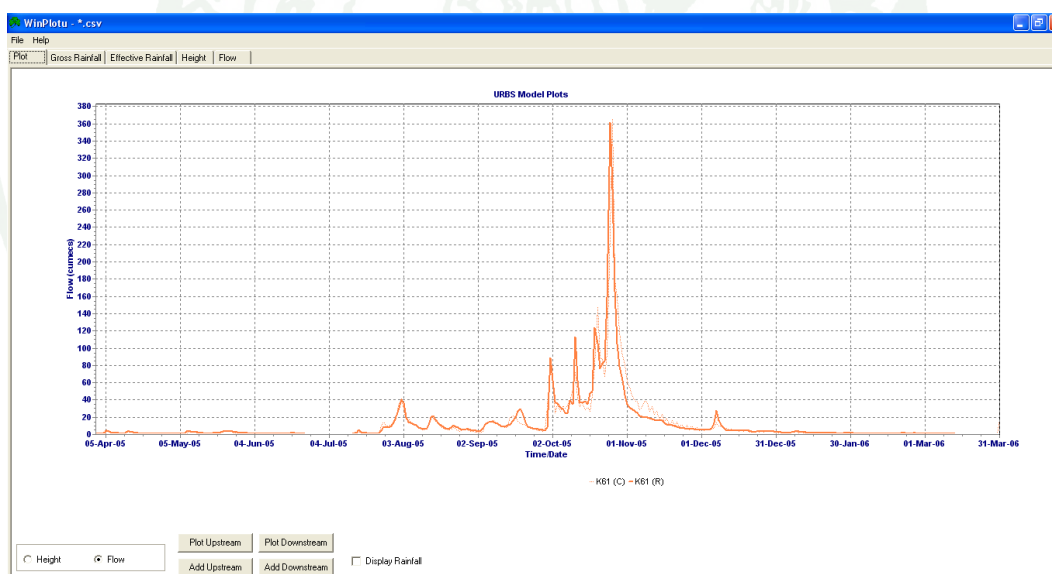
การพิจารณาลำดับความเร่งด่วนในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละกลุ่มกิจกรรม จะพิจารณาจากคะแนนรวมของเกณฑ์ชี้วัดโดยแบ่งช่วงคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 18

ผลและวิจารณ์

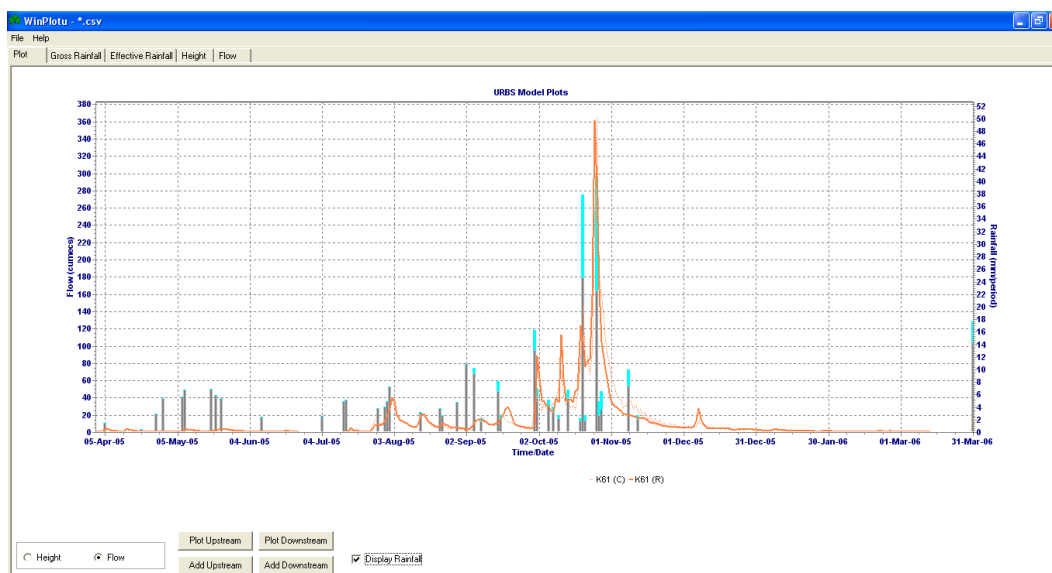
1. ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน

1.1 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

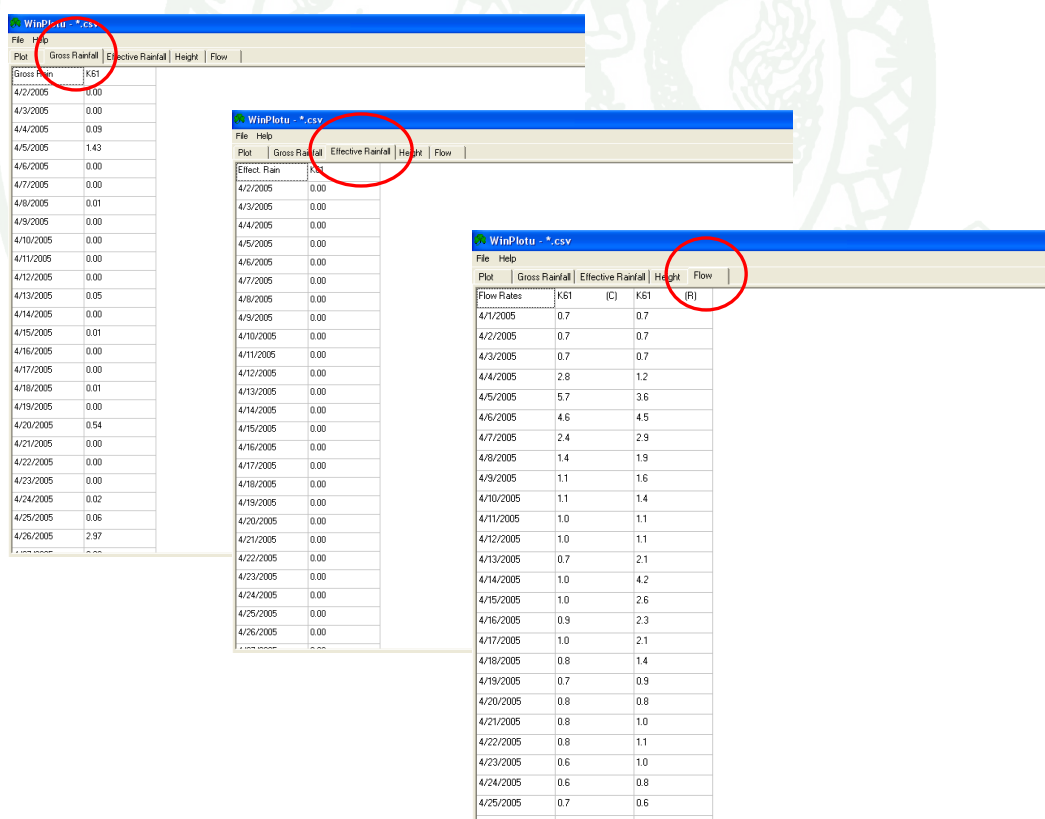
ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สามารถแสดงได้ในรูปของหน้าต่างแสดงผลและในรูปแบบของกราฟ โดยจะแสดงการเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองและกราฟน้ำท่าจากข้อมูลจากการตรวจวัดจริง ดังแสดงในภาพที่ 13 และแสดงผลเปรียบเทียบกับปริมาณฝนดังแสดงในภาพที่ 14 นอกจากนี้ยังแสดงผลในรูปแบบตารางดังแสดงในภาพที่ 15 ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (Gross Rainfall) ปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective Rainfall) และปริมาณน้ำท่า (Flow)



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง URBS กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของกลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า



ภาพที่ 14 การแสดงผลระหว่างกราฟน้ำท่าเปรียบเทียบกับปริมาณฝนของกลุ่มน้ำสถานีน้ำท่า



ภาพที่ 15 การแสดงผลต่างๆ ในรูปแบบตารางของกลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่าด้วยแบบจำลอง URBS

สำหรับผลการคำนวณปริมาณน้ำท่า (Calc) ที่ได้จากแบบจำลอง URBS สามารถแสดงเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจจริง (Recd) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ไฟล์ผลการคำนวณจะมีนามสกุล (*.q)

1.2 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

โดยในการศึกษาได้เลือกเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต จากข้อมูลที่มีการตรวจวัดจริงในสถานี K.17 และ K.61 ตลอดจนรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลกับลุ่มน้ำนั้นๆ เพื่อประกอบการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ได้ดังตารางที่ 19

1) การสอบเทียบแบบจำลอง ใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเหตุการณ์อุทกภัยในพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ในวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2548 สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง ดังตารางที่ 20 และ ผลการสอบเทียบแบบจำลอง แสดงได้ดังภาพที่ 16

ตารางที่ 19 เหตุการณ์น้ำท่าและปริมาณน้ำท่าสูงสุดของสถานีวัดน้ำท่าที่นำมาสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS

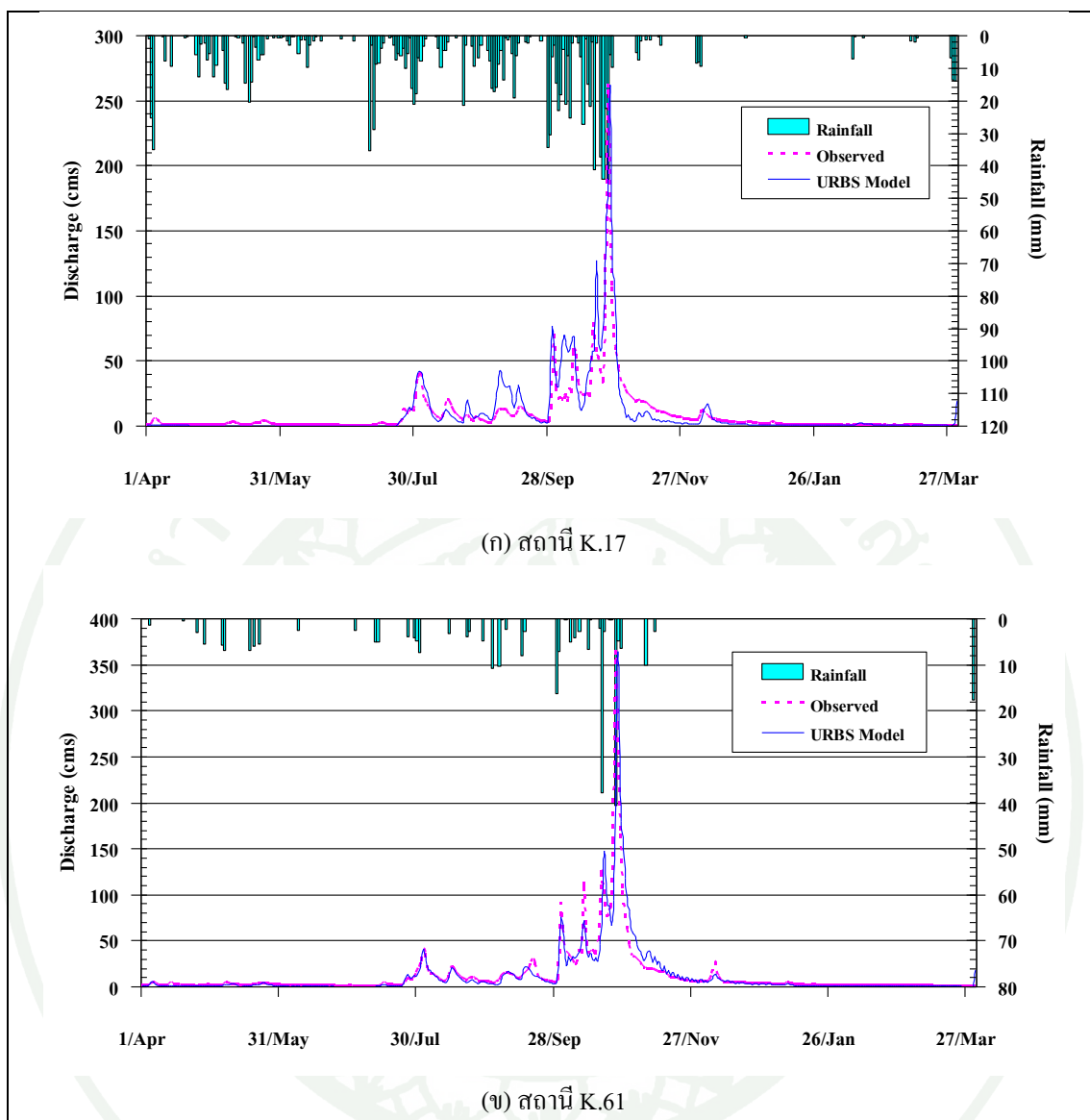
ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อย	ลำดับเหตุการณ์ น้ำท่วม	ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
1	K.17	ลำภาชี	1	26 ต.ค. 2548	260.4
			2	1-5 ต.ค.2553	430
2	K.61	ลำภาชี	1	26 ต.ค. 2548	361.2
			2	1-5 ต.ค.2553	686.1

ตารางที่ 20 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง URBS

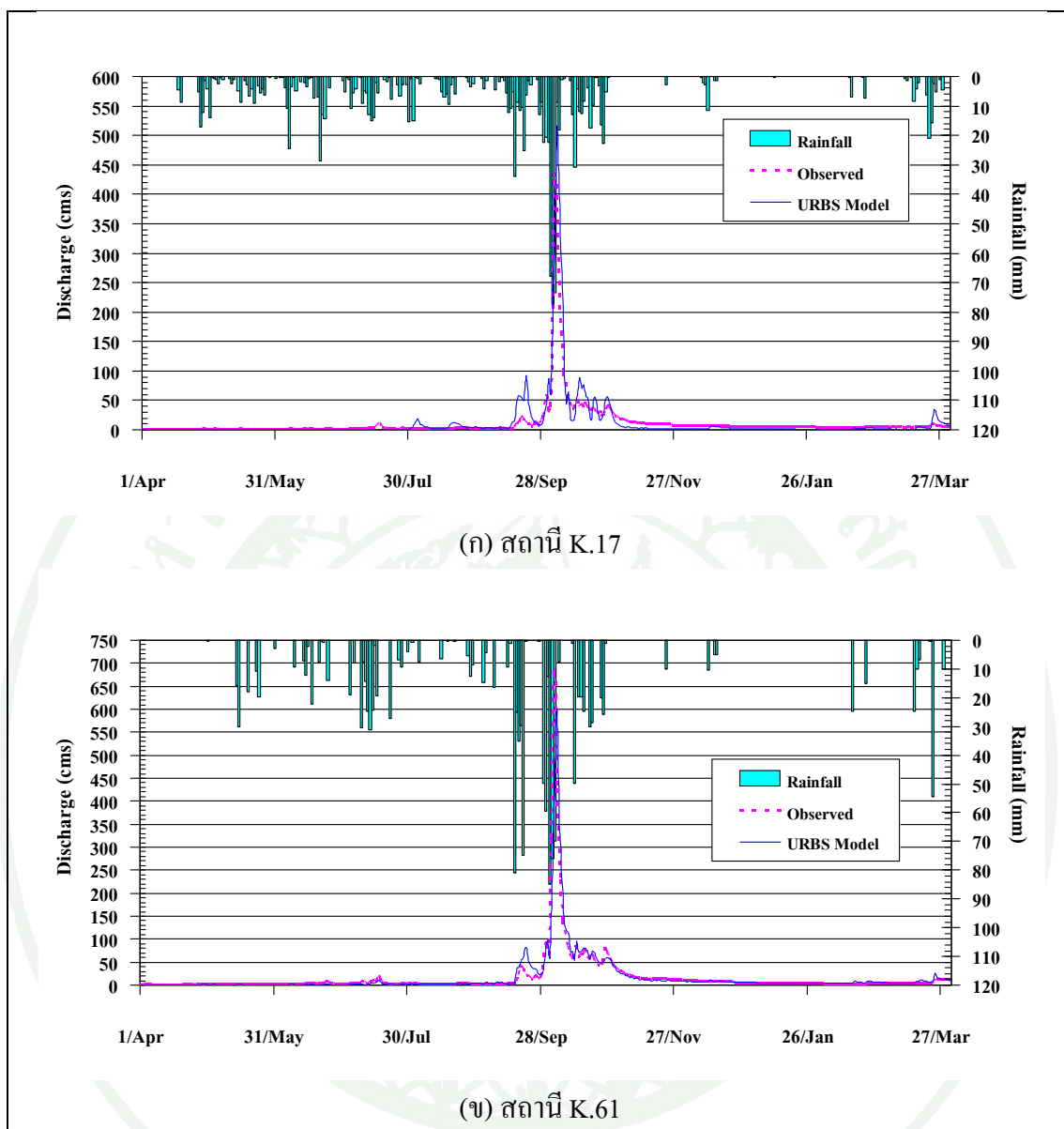
พารามิเตอร์	คำจำกัดความของพารามิเตอร์	หน่วย	ค่าพารามิเตอร์	
			แบบจำลอง	
			K.17	K.61
α	พารามิเตอร์แสดง channel lag	-	0.9	0.2
β	พารามิเตอร์แสดง catchment lag	-	0.6	0.95
m	พารามิเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของกลุ่มน้ำ	-	8	9
IL	ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น	มิลลิเมตร	400	400
PR	ปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน	-	0.1	0.1
IF	ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดิน	มิลลิเมตร	520	600

2) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสอบเทียบแบบจำลอง นำมาตรวจพิสูจน์แบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเหตุการณ์อุทกภัยในพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ช่วงวันที่ 1-5 ตุลาคม พ.ศ.2553 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง แสดงได้ดังภาพที่ 17

การประเมินค่าความถูกต้องทางสถิติของผลการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS สำหรับสถานีวัด K17 และ K.61 ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS และข้อมูลกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง จากสมการการประเมินค่าความถูกต้องทางสถิติ ได้พิจารณาตัวแปรทางสถิติจำนวน 3 ตัวแปร สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินค่าความถูกต้องทางสถิติของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS 1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) 2) Root Mean Square Error (RMSE) 3) Efficiency Index (EI) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 21



ภาพที่ 16 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2548



ภาพที่ 17 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 21 ค่าทางสถิติของปริมาณการไหลจากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

ลำดับ ที่	สถานีวัดน้ำท่า	ลำดับ เหตุการณ์	ปริมาณการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ช่วงเวลา	พารามิเตอร์ความคลุมแบบจำลอง URBS						ตัวแปรทางสถิติ	
					IL	α	b	PR	IF	r	EI (%)	RMSE (ลบ.ม./วินาที)
1	K.17	1	261.2	26 ต.ค. 2548	400	0.9	0.6	0.1	520	0.887	69.70	11.68
		2	514.8	1-5 ต.ค. 2553						0.944	81.03	15.83
		ค่าเฉลี่ย								0.916	75.365	13.76
2	K.61	1	364.8	26 ต.ค. 2548	400	0.2	0.95	0.1	600	0.934	86.81	11.34
		2	597.6	1-5 ต.ค. 2553						0.937	87.65	18.26
		ค่าเฉลี่ย								0.936	87.23	14.80

จากผลการประเมินประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าสถานีวัดน้ำท่า K.17 พบว่าค่าตัวแปรทางสถิติเฉลี่ยสำหรับทุกเหตุการณ์ ซึ่งประกอบด้วย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.916 Efficiency Index (EI) มีค่าเท่ากับ 75.365% และ Root Mean Square Error (RMSE) มีค่าเท่ากับ 13.76 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าสถานีวัดน้ำท่า K.61 พบว่าค่าตัวแปรทางสถิติเฉลี่ยสำหรับทุกเหตุการณ์ ซึ่งประกอบด้วย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.936 Efficiency Index (EI) มีค่าเท่ากับ 87.23% และ Root Mean Square Error (RMSE) มีค่าเท่ากับ 14.80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งความสามารถในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดทั้งสอง โดยการใช้พารามิเตอร์ที่เป็นกลางได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง มีความถูกต้องอยู่ในระดับยอมรับได้ สามารถนำมาประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดข้อมูลน้ำท่าในกลุ่มน้ำลำภาชีได้ โดยกำหนดให้กลุ่มน้ำย่อย K17-1 ถึง K17-8 ใช้พารามิเตอร์จากผลการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานี K.17 และกลุ่มน้ำย่อย K61-1 ถึง K61-8 ใช้พารามิเตอร์จากผลการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานี K.61

พารามิเตอร์ IL (ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น, initial loss) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 400 มิลลิเมตร เหมือนกันสำหรับทุกเหตุการณ์กราฟน้ำท่า เนื่องจากได้ตั้งสมมติฐานว่าได้มีการเพิ่มปริมาณน้ำท่าอย่างรวดเร็วในบริเวณดินไม่อิ่มตัว จึงเป็นสาเหตุของการสูญเสียเริ่มต้น ซึ่งส่งผลให้กราฟน้ำท่าในช่วงแรกของแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้ตรวจวัดจริง

พารามิเตอร์ α (พารามิเตอร์ของการเคลื่อนตัวของลำน้ำ, channel lag parameter) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า K.17 ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 0.9 ในทุกเหตุการณ์ ส่วนสถานีวัดน้ำท่า K.61 ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 0.2 ในทุกเหตุการณ์ เนื่องจากเป็นผลให้เวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าที่ประเมินได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดที่ได้ตรวจวัดจริง

β (พารามิเตอร์เกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของน้ำท่า, catchment lag) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ได้กำหนดให้มีค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 0.6 และ 0.95 ในทุกเหตุการณ์ตามลำดับ

PR (proportional amount of runoff) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 พบว่าค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 0.1 ในทุกเหตุการณ์

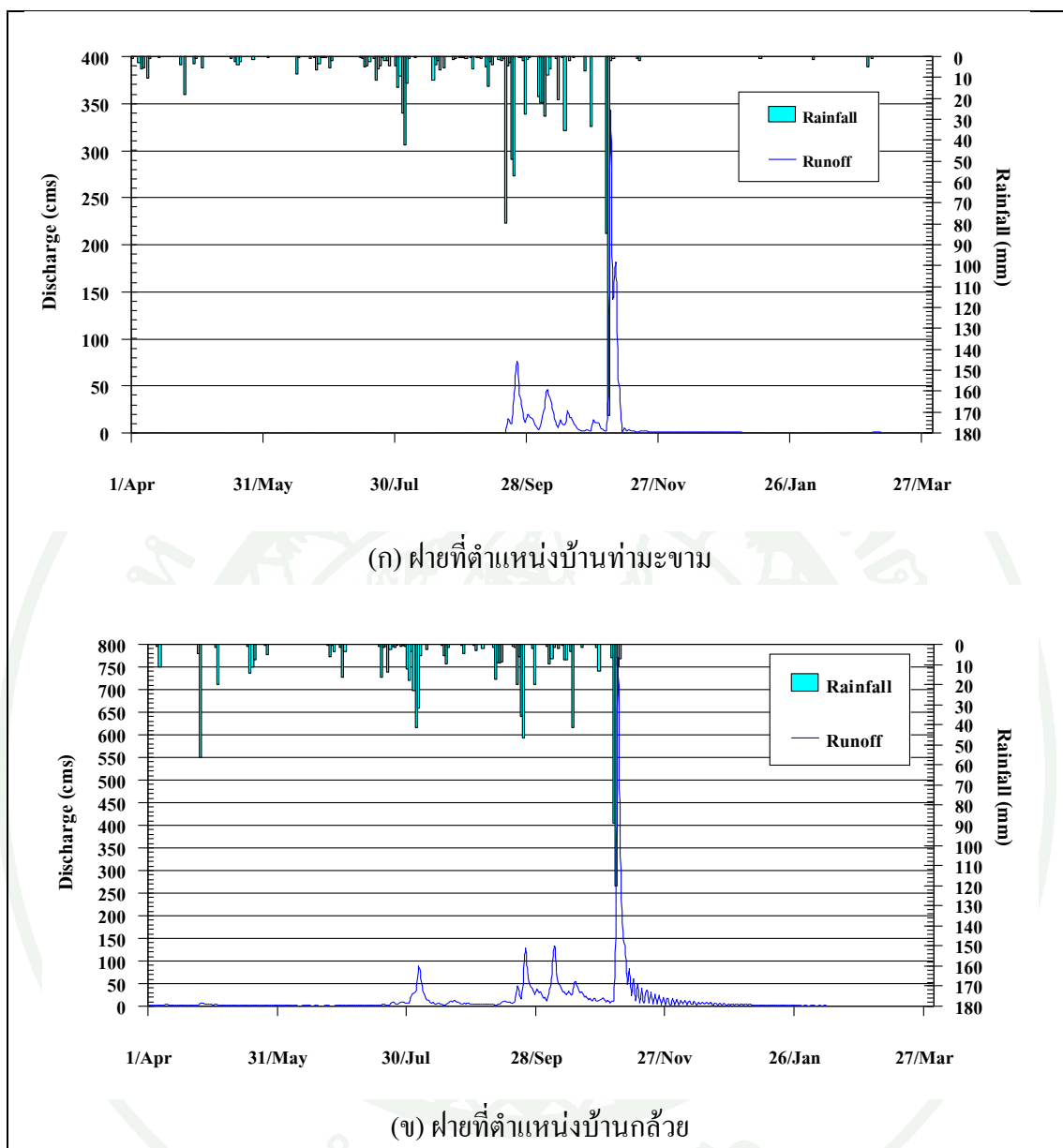
IF (ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดิน, maximum infiltration rate) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ได้กำหนดให้มีค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 520 และ 600 ในทุกเหตุการณ์ ตามลำดับ

1.3 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ประเมินปริมาณน้ำท่าเพื่อการออกแบบขนาดความสูงสันฝาย

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับการออกแบบขนาดความสูงของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Indian Type) หรือฝายสันแบน หรือถนนน้ำล้น บริเวณบ้านท่ามะขาม และบ้านกล้วย ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย K17-3 และท้ายจุดบรรจบของกลุ่มน้ำย่อย K61-1 และ K61-2 ตามลำดับ แสดงรายละเอียดขนาดพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง URBS เพื่อออกแบบฝาย ดังตารางที่ 22 พิจารณาใช้ข้อมูลน้ำฝนจากเหตุการณ์อุทกภัยในพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง ช่วงวันที่ 1-10 พฤศจิกายน พ.ศ.2549 ซึ่งเป็นเหตุการณ์อุทกภัยครั้งที่ยาวนานที่สุดในรอบ 25 ปี แสดงดังภาพที่ 18 ซึ่งผลการประเมินน้ำท่าของฝายที่ตำแหน่งท่ามะขาม และฝายที่ตำแหน่งบ้านกล้วย มีอัตราการไหลสูงสุด 341.75 ลบ.ม./วินาที และ 768.5 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ

ตารางที่ 22 รายละเอียดกลุ่มน้ำย่อยที่ประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง URBS เพื่อออกแบบฝาย

ลำดับที่	ชื่อฝาย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	กลุ่มน้ำย่อยที่ประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง
1	ฝายท่ามะขาม	575.66	K17-1 , K17-2 และ K17-3
2	ฝายบ้านกล้วย	1,609.98	K17-1 , K17-2 , K17-3 , K17-4 , K17-5 K17-6 , K17-7 , K17-8 , K61-1 และ K61-2

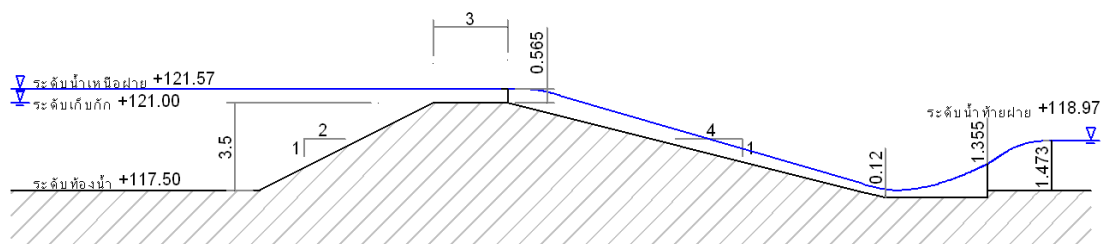


ภาพที่ 18 ผลการประเมินน้ำทำด้วยแบบจำลอง URBS ปี พ.ศ. 2549 เพื่อออกแบบขนาด
ความสูงของสันฝาย

ผลการออกแบบขนาดความสูงของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Indian Type) หรือฝายสันแบน หรือถนนน้ำสัน ฝายบ้านท่ามะขาม ดังแสดงในตารางที่ 23 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% แสดงในภาพที่ 19 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 80% แสดงในภาพที่ 20 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 60% แสดงในภาพที่ 21 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 40% แสดงในภาพที่ 22 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20% แสดงในภาพที่ 23 และผลการออกแบบขนาดความสูงของสันฝายบ้านกล้วย ดังแสดงในตารางที่ 24 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% แสดงในภาพที่ 24 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 80% แสดงในภาพที่ 25 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 60% แสดงในภาพที่ 26 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 40% แสดงในภาพที่ 27 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20% แสดงในภาพที่ 28 และรายการคำนวณการออกแบบความสูงสันฝายโดยใช้ $Q_{วิเคราะห์}$ ในกรณีอัตราการไหลที่ 100% 80% 60% 40% และ 20% แสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 23 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามในกรณีต่างๆ

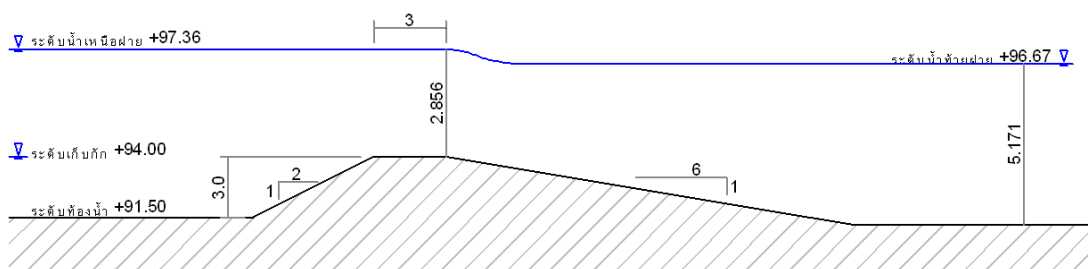
รายละเอียด	กรณี $Q_{วิเคราะห์}$				
	100%	80%	60%	40%	20%
อัตราการไหลสูงสุดในรอบปี การเกิดซ้ำ 25 ปี (ลบ.ม./วินาที)	341.75	273.40	205.05	136.70	68.35
ความสูงสันฝาย (ม.)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
ความกว้างสันฝาย (ม.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ความยาวตรงกลางสันฝาย (ม.)	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	+117.50	+117.50	+117.50	+117.50	+117.50
ระดับตลิ่ง (ม.รทก.)	+123.00	+123.00	+123.00	+123.00	+123.00
ระดับน้ำเก็บกัก (ม.รทก.)	+121.00	+121.00	+121.00	+121.00	+121.00
ระดับน้ำเหนือสันฝาย (ม.รทก.)	+122.55	+122.35	+122.13	+121.88	+121.57
ระดับน้ำท้ายสันฝาย (ม.รทก.)	+120.78	120.43	+120.03	+119.56	+118.98
สถานการณ์ไหล	Free Flow	Free Flow	Free Flow	Free Flow	Free Flow



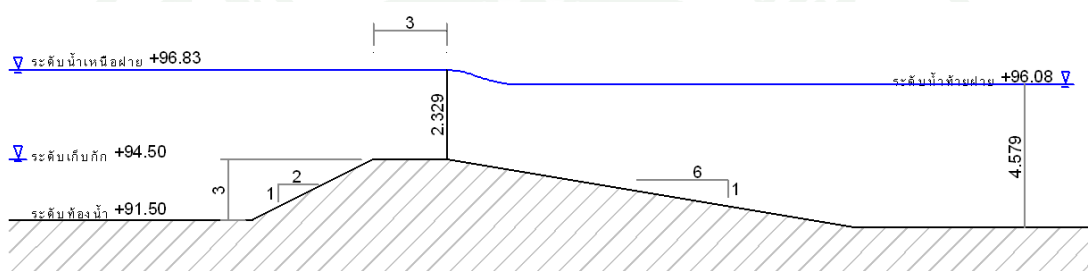
ภาพที่ 23 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านท่ามะขามกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20%

ตารางที่ 24 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยในกรณีต่างๆ

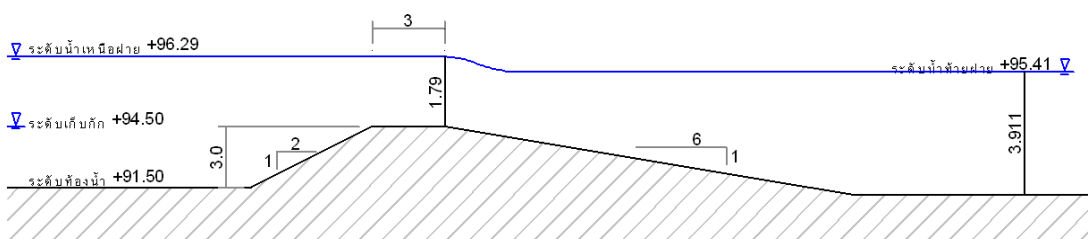
รายละเอียด	กรณี $Q_{วิเคราะห์}$				
	100%	80%	60%	40%	20%
อัตราการไหลสูงสุดในรอบปี	768.56	614.85	461.14	307.42	153.71
การเกิดซ้ำ 25 ปี (ลบ.ม./วินาที)					
ความสูงสันฝาย (ม.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ความกว้างสันฝาย (ม.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ความยาวตรงกลางสันฝาย (ม.)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	+91.50	+91.50	+91.50	+91.50	+91.50
ระดับตลิ่ง (ม.รทก.)	+98.50	+98.50	+98.50	+98.50	+98.50
ระดับน้ำเก็บกัก (ม.รทก.)	+94.50	+94.50	+94.50	+94.50	+94.50
ระดับน้ำเหนือสันฝาย (ม.รทก.)	+97.36	+96.83	+96.29	+95.79	+95.33
ระดับน้ำท้ายสันฝาย (ม.รทก.)	+96.67	+96.08	+95.41	+94.62	+93.90
สถานะการไหล	Submerged Flow	Submerged Flow	Submerged Flow	Submerged Flow	Free Flow



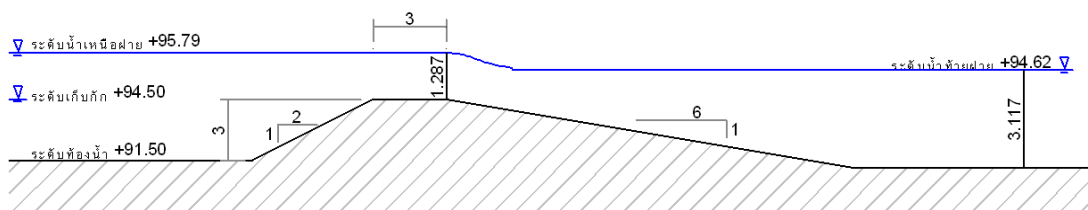
ภาพที่ 24 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี Q_{vitrakha} ที่ 100%



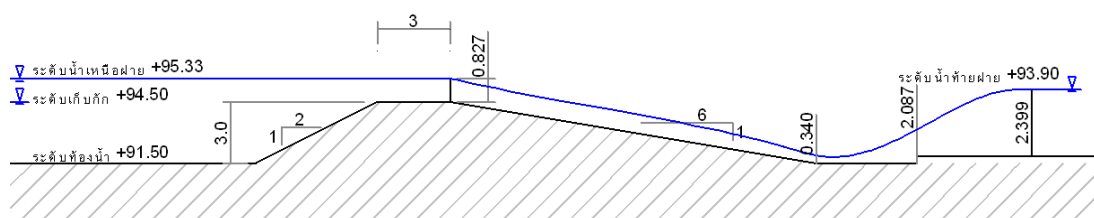
ภาพที่ 25 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี Q_{vitrakha} ที่ 80%



ภาพที่ 26 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี Q_{vitrakha} ที่ 60%



ภาพที่ 27 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี Q_{vitrakha} ที่ 40%



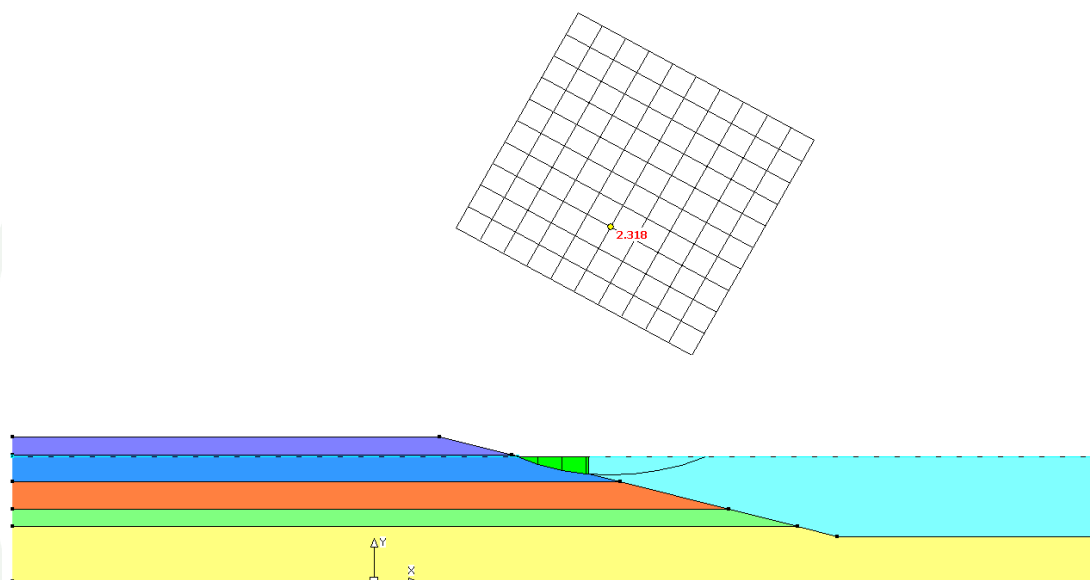
ภาพที่ 28 ผลการออกแบบขนาดความสูงสันฝายบ้านกล้วยกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20%

ผลการออกแบบขนาดความสูงของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Indian Type) หรือฝายสันแบน หรือถนนน้ำสัน ฝายท่ามะขามโดยกำหนดกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% อัตราการไหลที่ใช้ออกแบบเท่ากับ 341.75 ลบ.ม./วินาที ความสูงสันฝายเท่ากับ 3.50 เมตร ความกว้างสันฝาย 3.00 เมตร ความยาวสันฝายเท่ากับ 80.00 เมตร ระดับน้ำเหนือสันฝาย +122.65 (ม.รทก.) ระดับน้ำท้ายสันฝาย +121.75 (ม.รทก.) ในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% 80% 60% 40% และ 20% ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำร้อยละความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Free Flow จึงได้ออกแบบให้มี stilling basin มีความลึก 0.30 ม.และฝายบ้านกล้วยโดยกำหนดกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% อัตราการไหลที่ใช้ออกแบบเท่ากับ 768.56 ลบ.ม./วินาที ความสูงสันฝายเท่ากับ 3.00 เมตร ความกว้างสันฝาย 3.00 เมตร ความยาวสันฝายเท่ากับ 100.00 เมตร ระดับน้ำเหนือสันฝาย +97.36 (ม.รทก.) ระดับน้ำท้ายสันฝาย +96.67 (ม.รทก.) ในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% 80% 60% และ 40% ซึ่งความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำมากกว่าความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Submerged Flow ส่วนในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20% ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำร้อยละความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Free Flow จึงได้ออกแบบให้มี stilling basin มีความลึก 0.30 ม.

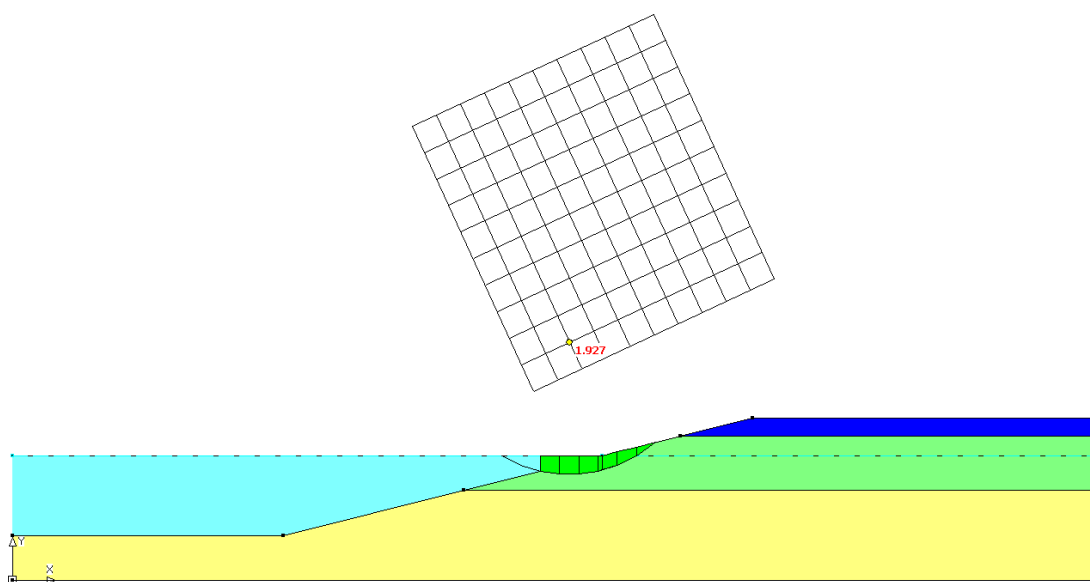
2. ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งโดยใช้โปรแกรม KUSlope

สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งโดยใช้โปรแกรม KUSlope ได้แบ่งกรณีในการวิเคราะห์โดยใช้ระดับน้ำสูงสุดของลำน้ำจากการออกแบบความสูงสันฝาย บริเวณฝายบ้านท่ามะขาม และบริเวณฝายบ้านกล้วย ที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% 20% และ Rapid drawdown และกรณีสร้างเสร็จใหม่ ตามลำดับ ซึ่งจะวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่ง ฟันชะง่อน และฟันขวางของบริเวณลำน้ำ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม ของฝิ่งซ้ายและฝิ่งขวา ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope โดยวิเคราะห์จากระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% ของลาดตลิ่งฝิ่งซ้ายดังแสดงในภาพที่ 29 และลาดตลิ่งฝิ่งขวาดังแสดงในภาพที่ 30 ผลการวิเคราะห์จากกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80% 60% 40% 20% ระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) และกรณีสร้างเสร็จใหม่ แสดงในภาคผนวก จ และผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในทฤษฎีต่างๆ แสดงในตารางที่ 25



ภาพที่ 29 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝิ่งซ้าย กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



ภาพที่ 30 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดคดโค้งฝั่งขวา
กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคดโค้งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้
โปรแกรม KUSlope สำหรับทฤษฎีต่างๆ

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)							
	ฝั่งซ้าย				ฝั่งขวา			
	Ordinary	Janbu	Bishop	Spencer	Ordinary	Janbu	Bishop	Spencer
Q100%	1.368	2.323	2.362	2.318	1.482	1.767	1.918	1.902
Q80%	1.760	2.647	2.679	2.635	1.544	1.769	1.918	1.904
Q60%	2.301	2.550	2.588	2.549	1.601	1.767	1.928	1.920
Q40%	2.568	2.787	2.856	2.828	1.215	2.204	2.288	2.288
Q20%	2.842	3.028	3.126	3.129	2.429	2.425	2.533	2.532
Rapid drawdown	1.297	1.412	1.502	1.521	1.74	1.765	1.799	1.807
สร้างเสร็จใหม่	3.441	3.418	3.513	3.522	2.422	2.419	2.532	2.532

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขามโดยใช้โปรแกรม KUSlope พบว่า เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายโดยออกแบบให้มีความลาดชัน 1 : 4 เป็นค่าความลาดชันที่เหมาะสมที่สุด คือ ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.368, 1.760, 2.301, 2.568 และ 2.842 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 2.323, 2.647, 2.550, 2.787 และ 3.028 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 2.362, 2.679, 2.588, 2.856 และ 3.126 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 2.318, 2.635, 2.549, 2.828 และ 3.129 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.5

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวา ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.482, 1.544, 1.601, 1.215 และ 2.429 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 1.767, 1.769, 1.767, 2.204 และ 2.425 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 1.918, 1.918, 1.928, 2.288 และ 2.533 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 1.902, 1.904, 1.920, 2.288 และ 2.532 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.5

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายในกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.297 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 1.412 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 1.502 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 1.521 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

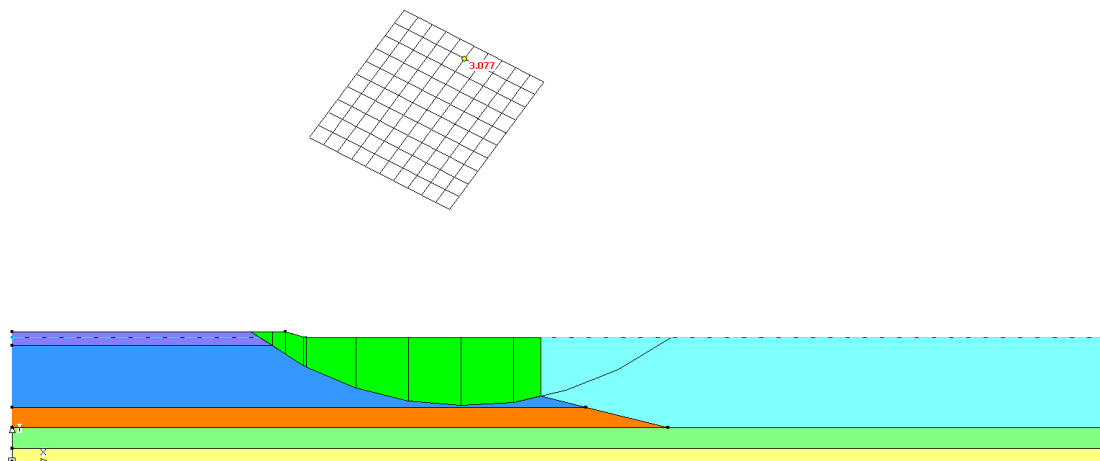
ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาในกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.74 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 1.765 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับ

ทฤษฎี Bishop เท่ากับ 1.799 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 1.807 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

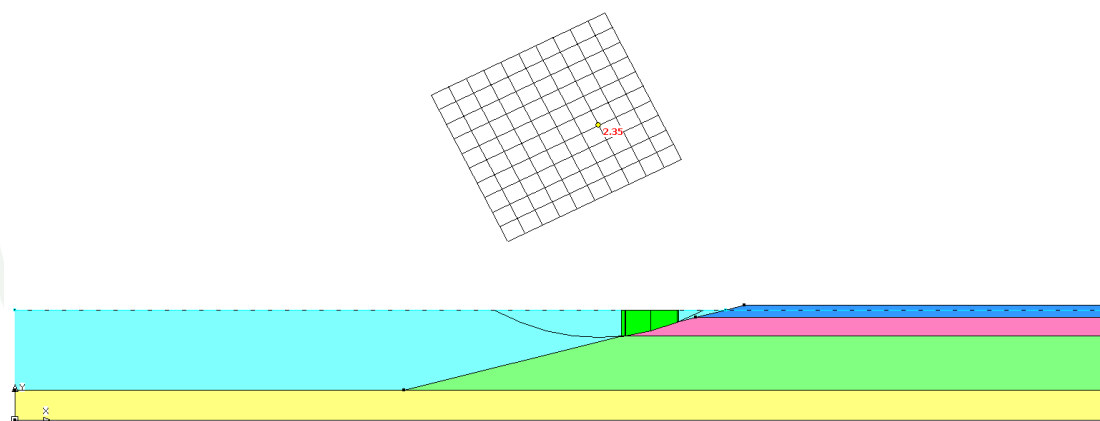
ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายในกรณีสร้างเสร็จใหม่ มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 3.441 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 3.418 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 3.513 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 3.522 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาในกรณีสร้างเสร็จใหม่ มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 2.422 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 2.419 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 2.532 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 2.532 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

2.2 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านกล้วย ของฝั่งซ้ายและฝั่งขวา ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope โดยวิเคราะห์จากระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% ของลาดตลิ่งฝั่งซ้ายดังภาพที่ 31 และลาดตลิ่งฝั่งขวาดังภาพที่ 32 ผลการวิเคราะห์จากกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80% 60% 40% 20% ระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) และกรณีสร้างเสร็จใหม่ แสดงในภาคผนวก ง และผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในทฤษฎีต่างๆ แสดงในตารางที่ 26



ภาพที่ 31 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



ภาพที่ 32 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย กรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope สำหรับทฤษฎีต่างๆ

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)							
	ฝั่งซ้าย				ฝั่งขวา			
	Ordinary	Janbu	Bishop	Spencer	Ordinary	Janbu	Bishop	Spencer
Q100%	2.231	3.024	3.095	3.077	1.476	2.347	2.417	2.350
Q80%	1.609	2.396	2.430	2.401	1.161	2.640	2.697	2.647
Q60%	1.554	1.909	2.035	2.017	1.230	2.520	2.549	2.522
Q40%	1.562	1.878	2.026	2.009	1.436	2.930	3.003	2.976
Q20%	1.630	1.936	2.035	2.021	2.456	2.942	3.079	3.053
Rapid drawdown	1.385	1.547	1.645	1.64	1.449	1.556	1.63	1.642
สร้างเสร็จใหม่	2.404	2.403	2.432	2.432	3.570	3.559	3.606	3.611

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วยโดยใช้โปรแกรม KUSlope พบว่าเสถียรภาพลาดคั้งฝั่งซ้ายโดยออกแบบให้มีความลาดชัน 1 : 4 เป็นค่าความลาดชันที่เหมาะสมที่สุดคือ ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 2.231, 1.609, 1.554, 1.562 และ 1.630 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 3.024, 2.396, 1.909, 1.878 และ 1.936 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 3.095, 2.430, 2.035, 2.026 และ 2.035 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 3.077, 2.401, 2.017, 2.009 และ 2.021 ตามลำดับ

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.5

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดคั้งฝั่งขวา ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.476, 1.161, 1.230, 1.436 และ 2.456 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี

Janbu เท่ากับ 2.347, 2.640, 2.520, 2.930 และ 2.942 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 2.417, 2.697, 2.549, 3.003 และ 3.079ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 2.350, 2.647, 2.522, 2.976 และ 3.053 ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.5

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายในกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.395 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 1.547 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 1.645 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 1.64 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาในกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown) มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 1.449 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 1.556 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 1.63 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 1.642 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายในกรณีสร้างเสร็จใหม่ มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 2.404 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 2.403 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 2.432 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 2.432 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งขวาในกรณีสร้างเสร็จใหม่ มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Ordinary เท่ากับ 3.570 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Janbu เท่ากับ 3.559 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Bishop เท่ากับ 3.606

ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) สำหรับทฤษฎี Spencer เท่ากับ 3.611 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด (กรมทรัพยากรน้ำ) คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 1.25

3. ผลการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ

ผลการสำรวจความเหมาะสม และพิจารณาโครงการอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำเบื้องต้น สามารถพิจารณาจากตัวแปรในด้านต่างๆ 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเศรษฐกิจ-สังคม ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน และด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีค่าน้ำหนักดังต่อไปนี้

1) ด้านวิศวกรรม เพื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาอุทกภัย รวมถึงความพร้อมของโครงการ ดัชนีชี้วัดตัวละ 5 คะแนน ผลการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านวิศวกรรม

ด้านวิศวกรรม	การให้คะแนนบ้านท่ามะขาม บ้านกล้วย	
อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับปริมาณน้ำใช้การ	5	5
พื้นที่รับประโยชน์	5	3
ความสามารถในการระบายน้ำ	3	3
ความพร้อมของโครงการ	3	3
รวม	16	14

ผลการพิจารณาการให้คะแนนอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับปริมาณน้ำใช้การ พิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 5 คะแนน เนื่องจากปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยมีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำใช้การในช่วงฤดูแล้ง การพิจารณาการให้คะแนนพื้นที่รับประโยชน์ให้ความสำคัญด้านการอุปโภคบริโภคมากกว่าการเกษตร จึงให้คะแนนบ้านท่ามะขามสูงสุดเท่ากับ 5 คะแนน ให้คะแนนบ้านกล้วยระดับปานกลางเท่ากับ 3 คะแนน เพราะประชากรที่บ้านท่ามะขามมีปริมาณมากกว่าบ้านกล้วยเนื่องจากสามารถนำน้ำไปใช้ในการเพาะปลูกได้ การพิจารณาการให้

คะแนนความสามารถในการระบายน้ำ ให้คะแนนปานกลาง 3 คะแนน และการพิจารณาการให้คะแนนความพร้อมของโครงการ ให้คะแนนปานกลาง 3 คะแนนเนื่องจากเป็นการสำรวจออกแบบเบื้องต้น

2) ด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อแก้ไขและบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชน ดัชนีชี้วัดตัวละ 10 คะแนน ผลการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านเศรษฐศาสตร์

ด้านเศรษฐศาสตร์	การให้คะแนน	
	บ้านท่ามะขาม	บ้านกล้วย
อัตราส่วนระหว่างค่าลงทุนกับปริมาณน้ำใช้การ	6	6
ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์	6	10
รวม	12	16

ผลการพิจารณาการให้คะแนนอัตราส่วนระหว่างค่าลงทุนกับปริมาณน้ำใช้การ ให้คะแนนระดับปานกลางเท่ากับ 6 คะแนนเท่ากัน ผลการพิจารณาการให้คะแนนผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์ ให้คะแนนบ้านท่ามะขามระดับปานกลางเท่ากับ 6 คะแนน และให้คะแนนบ้านกล้วยระดับสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน

3) ด้านเศรษฐกิจ-สังคม เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยในการแก้ไขปัญหาด้านเศรษฐกิจ-สังคม ดัชนีชี้วัดตัวละ 5 คะแนน ผลการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านเศรษฐกิจ-สังคม

ด้านเศรษฐกิจ-สังคม	การให้คะแนน	
	บ้านท่ามะขาม	บ้านกล้วย
บรรเทาปัญหาภัยแล้ง	5	5
บรรเทาปัญหาอุทกภัย	3	3
บรรเทาปัญหาคุณภาพน้ำ	3	3
ความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนา	5	5
รวม	16	16

ผลการพิจารณาการให้คะแนนบรรเทาปัญหาภัยแล้ง ให้คะแนนในเกณฑ์มาก เท่ากับ 5 คะแนน ผลการพิจารณาการให้คะแนนบรรเทาปัญหาอุทกภัย ให้คะแนนในเกณฑ์ปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ผลการพิจารณาการให้คะแนนบรรเทาปัญหาคุณภาพน้ำ ให้คะแนนในเกณฑ์ปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน และผลการพิจารณาการให้คะแนนความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาให้คะแนนในเกณฑ์มาก เท่ากับ 5 คะแนน

4) ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อพิจารณาถึงการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนต่อการพัฒนาโครงการฯ คำนีชีวัดตัวเลข 10 คะแนน ผลการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน

ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	การให้คะแนน	
	บ้านท่ามะขาม	บ้านกล้วย
ความต้องการโครงการฯของประชาชนในชุมชน	10	10
ประชาชนมีส่วนร่วมในการอุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างโครงการ	10	6
รวม	20	16

ผลการพิจารณาการให้คะแนนความต้องการโครงการฯของประชาชนในชุมชน ให้คะแนนในเกณฑ์สูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน แต่ผลการพิจารณาการให้คะแนนประชาชนมีส่วนร่วม

ในการอุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างโครงการ ให้คะแนนบ้านท่ามะขามในเกณฑ์สูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน เนื่องจากประชาชนยินดีเสียสละอุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างโครงการ แต่ให้คะแนนบ้านกล้วยในเกณฑ์ปานกลางเท่ากับ 6 คะแนน เนื่องจากประชาชนบางส่วนไม่ยินดีเสียสละอุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างโครงการ เพราะมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น รีสอร์ท และร้านอาหาร

5) ด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นหากดำเนินการพัฒนาโครงการฯ ดังนี้ชี้วัดตัวละ 10 คะแนน ผลการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 การพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้นด้านสิ่งแวดล้อม

ด้านสิ่งแวดล้อม	การให้คะแนน	
	บ้านท่ามะขาม	บ้านกล้วย
ผลกระทบต่อพื้นที่อุทยานแห่งชาติ/เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า/เขตห้ามล่าสัตว์ป่า/พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ/พื้นที่ป่าสงวน	10	10
ผลกระทบต่อการอนุรักษ์รักษาสมดุลระบบนิเวศ	10	10
รวม	20	20

ผลการพิจารณาการให้คะแนนผลกระทบต่อพื้นที่อุทยานแห่งชาติ/เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า/เขตห้ามล่าสัตว์ป่า/พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ/พื้นที่ป่าสงวน ให้คะแนนในเกณฑ์สูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน และผลการพิจารณาการให้คะแนนผลกระทบต่อการอนุรักษ์รักษาสมดุลระบบนิเวศ ให้คะแนนในเกณฑ์สูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน

จากการพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้น ทั้ง 5 ด้าน คือด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเศรษฐกิจ - สังคม ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน และด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าบ้านท่ามะขามมีคะแนนรวมเท่ากับ 84 คะแนน ส่วนบ้านกล้วยมีคะแนนรวมทั้งหมด 82 คะแนน เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวม พบว่าเกณฑ์คะแนนอยู่ในลำดับการดำเนินการระยะเร่งด่วน (1 – 2 ปี) โดยบ้านท่ามะขามมีความเหมาะสมจำเป็นเร่งด่วนมากกว่าบ้านกล้วยตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง ซึ่งทำการวิเคราะห์จากสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำย่อยลำภาชี 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 โดยคัดเลือกเหตุการณ์น้ำท่าและน้ำท่วมในแต่ละสถานีที่มีข้อมูลที่มีความเหมาะสม จากผลการคัดเลือกพบว่า มีเหตุการณ์กราฟน้ำท่าและน้ำท่วมในแต่ละสถานีวัดน้ำท่า 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2553 สำหรับค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดและกราฟน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 พบว่าตัวแปรทางสถิติที่พิจารณามีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ กล่าวคือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.916 และ 0.936 Efficiency Index (EI) มีค่าเท่ากับ 75.365% และ 87.23% Root Mean Square Error (RMSE) มีค่าเท่ากับ 13.76 และ 14.80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

2. ผลประยุกต์ใช้ในการออกแบบขนาดความสูงของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Indian Type) หรือฝายสันแบน หรือถนนน้ำล้น ฝายท่ามะขามโดยกำหนดอัตราการไหลที่ใช้ออกแบบเท่ากับ 341.75 ลบ.ม./วินาที ความสูงสันฝายเท่ากับ 3.50 เมตร ความกว้างสันฝาย 3.00 เมตร ความยาวสันฝายเท่ากับ 80.00 เมตร ซึ่งในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% 80% 60% 40% และ 20% ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำน้อยกว่าความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Free Flow จึงได้ออกแบบให้มี stilling basin มีความลึก 0.30 ม. และฝายบ้านกล้วยได้กำหนดอัตราการไหลที่ใช้ออกแบบเท่ากับ 768.56 ลบ.ม./วินาที ความสูงสันฝายเท่ากับ 2.50 เมตร ความกว้างสันฝาย 3.00 เมตร ความยาวสันฝายเท่ากับ 100.00 เมตร ซึ่งในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 100% 80% 60% และ 40% ซึ่งความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำมากกว่าความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Submerged Flow ส่วนในกรณี $Q_{วิเคราะห์}$ ที่ 20% ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำน้อยกว่าความสูงสันฝายจึงทำให้เกิดสถานะการไหลเป็น Free Flow จึงได้ออกแบบให้มี stilling basin มีความลึก 0.30 ม.

3. ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดตลิ่ง บริเวณฝายบ้านท่ามะขามโดยใช้โปรแกรม KUSlope จากการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎี ได้แก่ Ordinary Janbu Bishop และ Spencer

พบว่า เสถียรภาพลาดตลิ่งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาโดยออกแบบให้มีความลาดชัน 1 : 4 เป็นค่าความลาดชันที่เหมาะสมที่สุด คือ ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในแต่ละทฤษฎี ดังแสดงในตารางที่ 32, 33, 34 และ 35

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดตลิ่งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Ordinary

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย	ลาดตลิ่งฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	1.368	1.482	1.5
Q80%	1.760	1.544	1.5
Q60%	2.301	1.601	1.5
Q40%	2.568	1.215	1.5
Q20%	2.842	2.429	1.5
Rapid drawdown	1.297	1.74	1.25
สร้างเสร็จใหม่	3.441	2.422	1.25

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Janbu

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	2.323	1.767	1.5
Q80%	2.647	1.769	1.5
Q60%	2.550	1.767	1.5
Q40%	2.787	2.204	1.5
Q20%	3.028	2.425	1.5
Rapid drawdown	1.412	1.765	1.25
สร้างเสร็จใหม่	3.418	2.419	1.25

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Bishop

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	2.362	1.918	1.5
Q80%	2.679	1.918	1.5
Q60%	2.588	1.928	1.5
Q40%	2.856	2.288	1.5
Q20%	3.126	2.533	1.5
Rapid drawdown	1.502	1.799	1.25
สร้างเสร็จใหม่	3.513	2.532	1.25

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านท่ามะขาม โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Spencer

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	2.318	1.902	1.5
Q80%	2.635	1.904	1.5
Q60%	2.549	1.920	1.5
Q40%	2.828	2.288	1.5
Q20%	3.129	2.532	1.5
Rapid drawdown	1.521	1.807	1.25
สร้างเสร็จใหม่	3.522	2.532	1.25

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วยโดยใช้โปรแกรม KUSlope เสถียรภาพลาดคั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาโดยออกแบบให้มีความลาดชัน 1 : 4 เป็นค่าความลาดชันที่เหมาะสมที่สุด คือ ในกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100% 80% 60% 40% และ 20% มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในแต่ละทฤษฎี ดังแสดงในตารางที่ 36, 37 38 และ 39

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Ordinary

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ลาดคั้งฝั่งซ้าย	ลาดคั้งฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	2.231	1.476	1.5
Q80%	1.609	1.161	1.5
Q60%	1.554	1.230	1.5
Q40%	1.562	1.436	1.5
Q20%	1.630	2.456	1.5
Rapid drawdown	1.385	1.449	1.25
สร้างเสร็จใหม่	2.404	3.570	1.25

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Janbu

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	3.024	2.347	1.5
Q80%	2.396	2.640	1.5
Q60%	1.909	2.520	1.5
Q40%	1.878	2.930	1.5
Q20%	1.936	2.942	1.5
Rapid drawdown	1.547	1.556	1.25
สร้างเสร็จใหม่	2.403	3.559	1.25

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Bishop

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	3.095	2.417	1.5
Q80%	2.430	2.697	1.5
Q60%	2.035	2.549	1.5
Q40%	2.026	3.003	1.5
Q20%	2.035	3.079	1.5
Rapid drawdown	1.645	1.63	1.25
สร้างเสร็จใหม่	2.432	3.606	1.25

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย ลาดคั้งบริเวณฝายบ้านกล้วย โดยใช้โปรแกรม KUSlope ในทฤษฎี Spencer

ระดับน้ำ	อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)		
	ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา	ค่าที่เหมาะสม (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552)
Q100%	3.077	2.350	1.5
Q80%	2.401	2.647	1.5
Q60%	2.017	2.522	1.5
Q40%	2.009	2.976	1.5
Q20%	2.021	3.053	1.5
Rapid drawdown	1.64	1.642	1.25
สร้างเสร็จใหม่	2.432	3.611	1.25

4. ผลการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ จากการพิจารณาความเหมาะสมของโครงการเบื้องต้น โดยการให้คะแนนความเหมาะสมของโครงการด้าน วิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเศรษฐกิจ - สังคม ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน และด้าน สิ่งแวดล้อม มีคะแนนเต็มด้านละ 20 คะแนน รวม 100 คะแนน จากผลการพิจารณาการให้คะแนน รวมในแต่ละด้านพบว่าบ้านท่ามะขามมีคะแนนรวมทั้งหมด 84 คะแนน และบ้านกล้วยมีคะแนน รวมทั้งหมด 82 คะแนน เมื่อพิจารณาจากคะแนนรวมเกณฑ์อยู่ในลำดับการดำเนินการระยะเร่งด่วน (1 – 2 ปี) โดยบ้านท่ามะขามมีความเหมาะสมมากกว่าตามลำดับผลรวมของคะแนน



ข้อเสนอแนะ

1. การนำเข้าข้อมูลน้ำฝนในแบบจำลอง URBS นั้นเป็นข้อมูลสำคัญในการจำลองสภาพน้ำท่า ซึ่งข้อมูลฝนมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเวลา และสถานที่ ดังนั้น กลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำฝนจำนวนมาก รวมทั้งมีช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลฝนที่ละเอียด เช่น รายชั่วโมงจะส่งผลให้ผลการประเมินกราฟน้ำท่าโดยแบบจำลอง URBS มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น อย่างไรก็ตาม สถานีวัดน้ำฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่มีสถานีไม่มากเท่าที่ควร รวมทั้งช่วงเวลาการเก็บข้อมูลโดยส่วนใหญ่เป็นแบบรายวัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลการประเมินกราฟน้ำท่าไม่ดีเท่าที่ควรจะเป็น
2. การออกแบบฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Indian Type) หรือฝายสันแบน หรือถนนน้ำล้นในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดความกว้างสันฝายขนาด 3 เมตร เพื่อให้ประชาชนได้ใช้ยานพาหนะขนาดเล็กสัญจรได้เท่านั้น
3. การปรับปรุงเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยการปรับปรุงทางน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ไม่สามารถทำได้ตลอดลำน้ำเนื่องจากมีทั้งช่วงลำน้ำที่มีความกว้างมาก และน้อยขึ้นอยู่กับสภาพบริเวณ การปรับปรุงเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยการปรับปรุงทางน้ำเป็นรูปสามเหลี่ยมคางหมู สามารถทำได้ในลำน้ำที่มีความกว้างมากพอ ส่วนบริเวณลำน้ำที่มีความกว้างน้อยอาจจะปรับปรุงเสถียรภาพลาดตลิ่งโดยวิธีอื่น เช่น กำแพงกันตลิ่ง เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2553. โครงการศึกษาความเหมาะสมโครงการปรับปรุงคลองบางแก้ว-แม่น้ำ
ลพบุรี จังหวัดลพบุรี. สำนักบริหารโครงการ, กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2557. รูปตัดขวางลำน้ำ สถานีสำรวจอุทกวิทยา ลุ่มน้ำภาคตะวันตก 2557.
ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

กรมทรัพยากรน้ำ. 2550. มาตรการเพื่ออนุรักษ์ ฟันฟุ และบำรุงรักษาแหล่งน้ำ.
สำนักอนุรักษ์และฟันฟุแหล่งน้ำ, กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.

กรมทรัพยากรน้ำ. 2552. คู่มือเกณฑ์กำหนดการออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ.
สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ, กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.

กรมโยธาและผังเมือง. 2552. มาตรฐานประกอบการคำนวณค่าเสียสภาพความลาด
เอียงที่ปลอดภัยในงานขุดดินและถมดิน. สำนักพัฒนามาตรฐาน, กรมโยธาและผัง
เมือง, กรุงเทพฯ.

กิริติ ลีวจนกุล. 2543. วิศวกรรมชลศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.

เจนจิรา จาคูชัย. 2556. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำยม.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยยุทธ ชินณะราศรี. 2550. กลศาสตร์แม่น้ำและกระบวนการธารน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ชูโชค อายุพงศ์. 2541. การวัดปริมาณการไหลในลำน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2555. **อุทกวิทยาขั้นสูง (Advance Hydrology)**. ภาควิชาวิศวกรรม
ทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ผ่องศรี ศิวราศักดิ์. 2551. **กลศาสตร์ของไหลประยุกต์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท ทริปเปิ้ล
เอดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

รัฐธรรม อิศโรพาร. 2552. **คู่มือการใช้โปรแกรม KUSlope version 2.0**. ศูนย์วิจัยและพัฒนา
วิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระพล เต็มสมบัติ. 2531. **อุทกวิทยาประยุกต์**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

วีระพล เต็มสมบัติ. 2533. **หลักอุทกวิทยา**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

สายสุนีย์ พุทธาคูณเจริญ. 2551. **วิศวกรรมอุทกวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3.
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ.

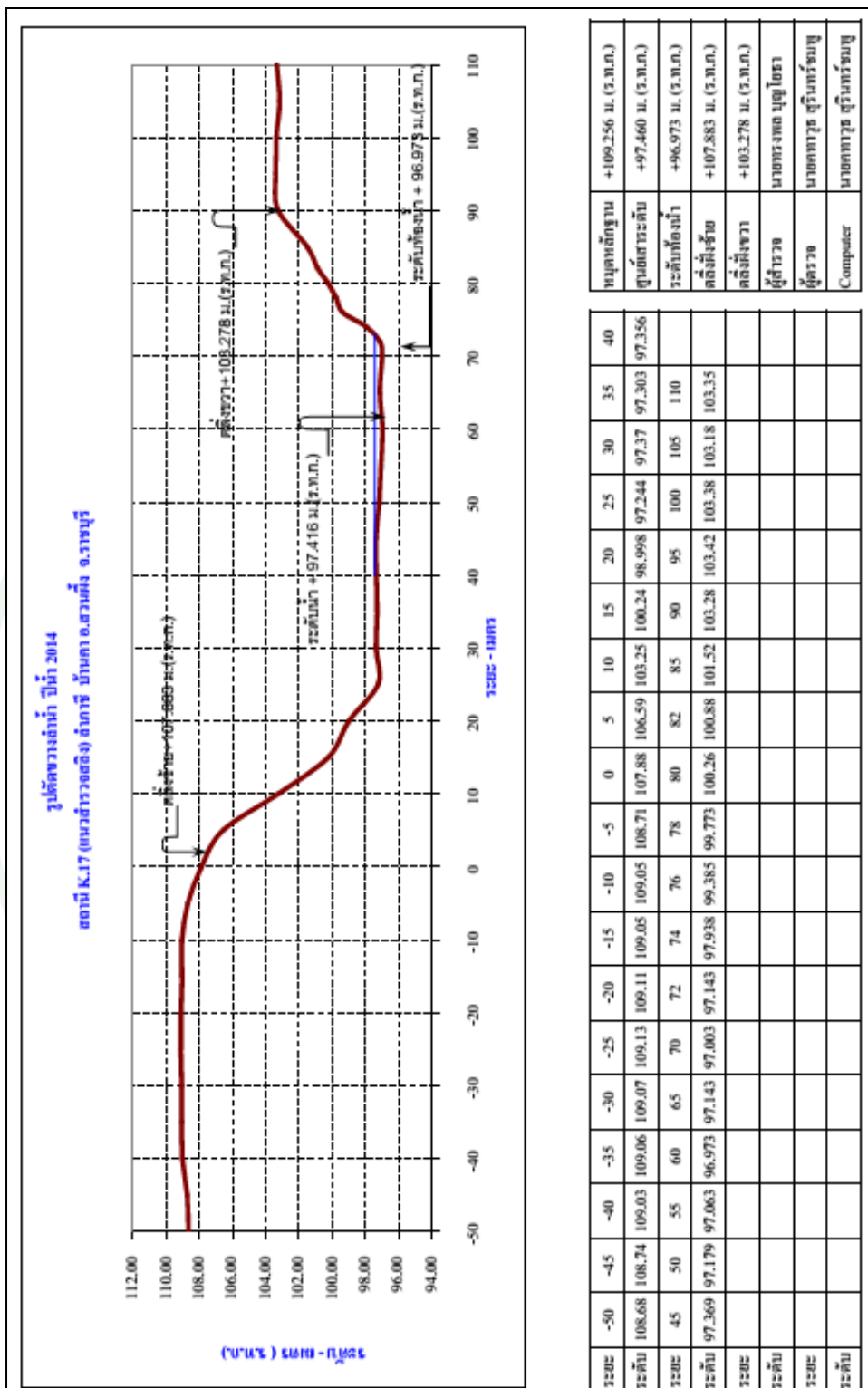
เสรี จันทโรยธา. 2553. **ชลศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

Carroll, D. G. 2004. **URBS a Rainfall Runoff Routing Model for flood forecasting & ndesign
version 4.00**. n.p.



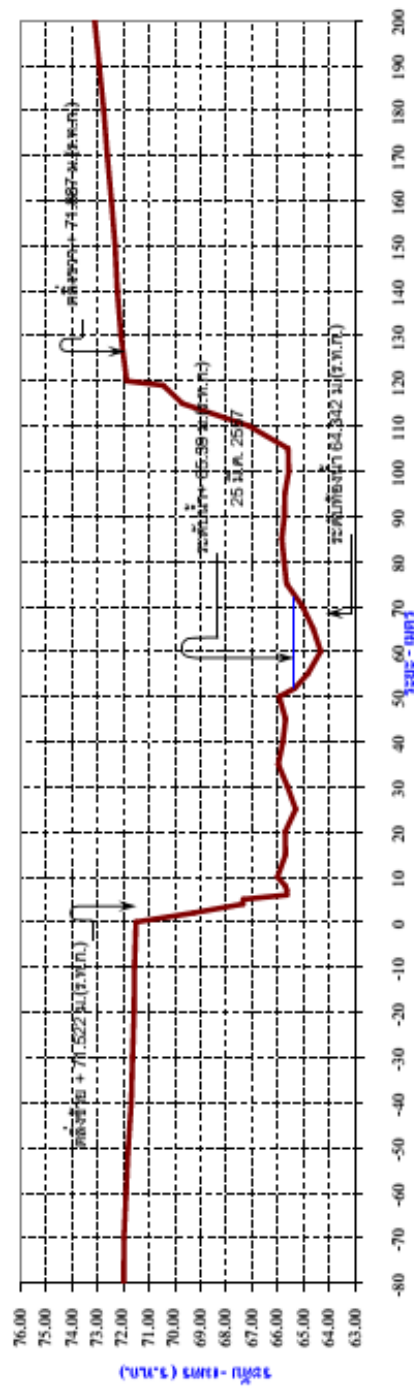
ภาคผนวก





ภาพผนวกที่ ก1 ภาพตัดขวางถ้ำ สถานี K.17 ลำภาชี บ้านคา อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี

รูปตัดขวางลำน้ำ ปีที่ 2014
สถานี K.61 (แนวสำรวจสะพาน) ลำน้ำ อ.จอมบึง จ.ราชบุรี

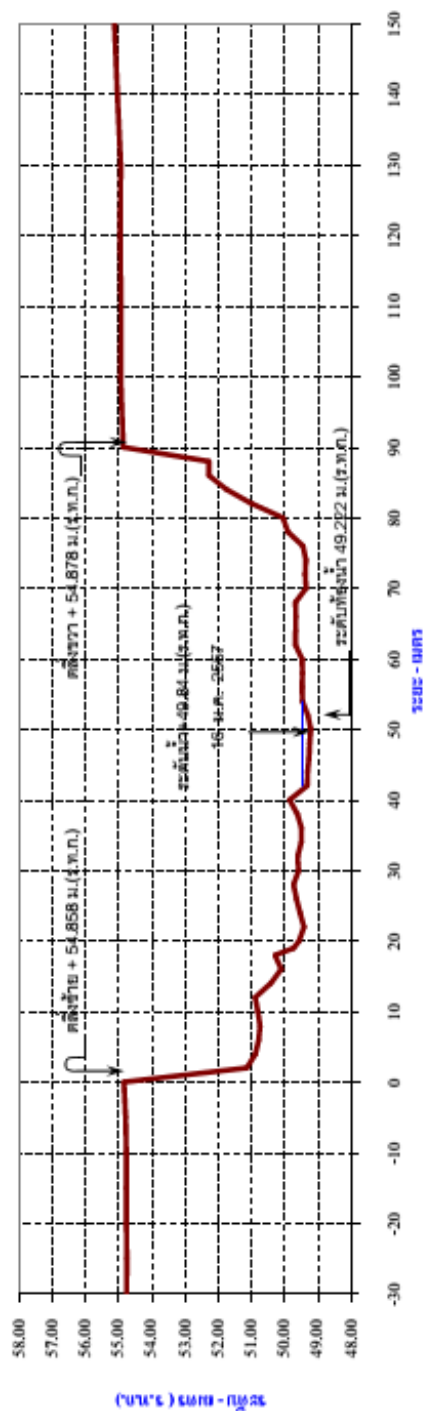


ระยะ	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	2	4	5	6	7	8	10	15	20	25
ระดับ	71.997	71.991	71.908	71.830	71.706	71.658	71.600	71.577	71.522	69.270	67.362	67.360	65.660	65.661	65.720	66.021	65.707	65.727	65.315
ระดับ	30	35	40	45	50	51.8	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
ระดับ	65.636	65.991	65.814	65.708	65.959	65.355	64.846	64.342	64.635	65.047	65.672	65.765	65.850	65.760	65.739	65.582	65.613	67.141	69.719
ระดับ	119	120	130	140	150	160	170	180	190	200									
ระดับ	70.461	71.887	72.101	72.246	72.336	72.476	72.634	72.768	72.956	73.121									
ระดับ																			
ระดับ																			

จุดตัดหลักฐาน	+71.913 ม. (ร.พ.ก.)
จุดตัดสระระดับ	+64.630 ม. (ร.พ.ก.)
ระดับท้องน้ำ	+64.342 ม. (ร.พ.ก.)
ระดับน้ำ	+71.522 ม. (ร.พ.ก.)
ระดับน้ำ	+71.887 ม. (ร.พ.ก.)
ผู้สำรวจ	นายพงษ์ศักดิ์ ก้อนกาน
ผู้ตรวจ	นายท้าวสุรินทร์ รณนุ
Computer	นายท้าวสุรินทร์ รณนุ

ภาพแนวกที่ 2 ภาพตัดขวางลำน้ำ สถานี K.61 ลำน้ำ อ.จอมบึง จ.ราชบุรี

รูปตัดขวางลำน้ำ ปีที่ 2014
สถานี K.62 (แนวสำรวจสะพาน) ลำภาชี อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี



ระยะ	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	20	22
ระดับ	54.776	54.768	54.782	54.779	54.779	54.804	54.858	51.158	50.890	50.798	50.751	50.817	50.894	50.426	50.109	50.305	49.746	49.579	49.426
ระยะ	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
ระดับ	49.545	49.659	49.746	49.588	49.620	49.509	49.505	49.626	49.859	49.332	49.322	49.272	49.258	49.222	49.310	49.474	49.490	49.472	49.489
ระยะ	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	100	110	120	130
ระดับ	49.684	49.678	49.672	49.684	49.362	49.394	49.372	49.457	49.912	50.058	51.007	51.762	52.294	52.296	54.878	54.950	54.946	54.976	54.950
ระยะ	140	150																	
ระดับ	55.051	55.141																	
หมายเหตุ	+55.218 ม. (ร.ท.บ.)																		
ศูนย์สำรวจระดับ	+49.000 ม. (ร.ท.บ.)																		
ระดับที่อ่าน	+49.222 ม. (ร.ท.บ.)																		
เครื่องมือใช้	+54.858 ม. (ร.ท.บ.)																		
เครื่องมือใช้	+54.878 ม. (ร.ท.บ.)																		
ผู้สำรวจ	นายทรงพล บุญ ใสตา																		
ผู้ตรวจ	นายท้าวสุ สุรินทร์พน																		
Computer	นายท้าวสุ สุรินทร์พน																		

ภาพผนวกที่ ๓3 ภาพตัดขวางลำน้ำ สถานี K.62 ลำภาชี บ้านคา อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า K17 , K61

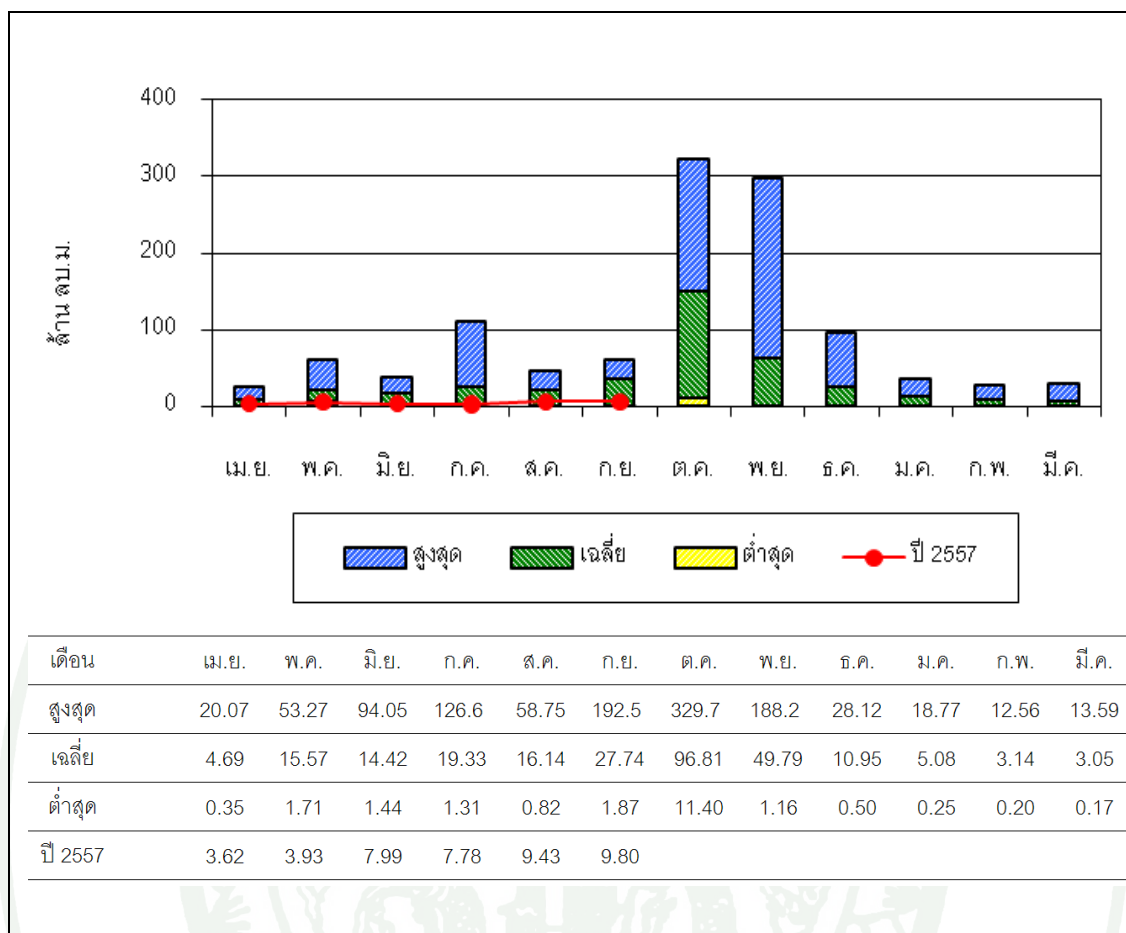
No	Area (Km ²)
K17-1	244.395
K17-2	110.298
K17-3	220.967
K17-4	196.394
K17-5	177.877
K17-6	243.088
K17-7	9.008
K17-8	145.819
K61-1	21.003
K61-2	241.128
K61-3	247.267
K61-4	98.535
K61-5	198.312
K61-6	252.950
K61-7	127.444
K61-8	40.252

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลความยาวน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสถานีวัดน้ำท่า K17 , K61

River	Length(Km)	River	Length(Km)
K17-1U	15.51	K61-1U	1.54
K17-1D	22.18	K61-1D	2.67
K17-2U	9.33	K61-2U	20.97
K17-2D	6.84	K61-2D	23.88
K17-3U	17.58	K61-3U	7.31
K17-3D	16.73	K61-3D	15.77
K17-4U	14.48	K61-4U	3.54
K17-4D	8.79	K61-4D	5.88
K17-5U	3.55	K61-5U	8.43
K17-5D	8.85	K61-5D	21.81
K17-6U	3.81	K61-6U	5.05
K17-6D	18.39	K61-6D	17.97
K17-7U	2.76	K61-7U	8.21
K17-7D	1.99	K61-7D	18.49
K17-8U	16.62	K61-8U	2.32
K17-8D	19.37	K61-8D	6.55

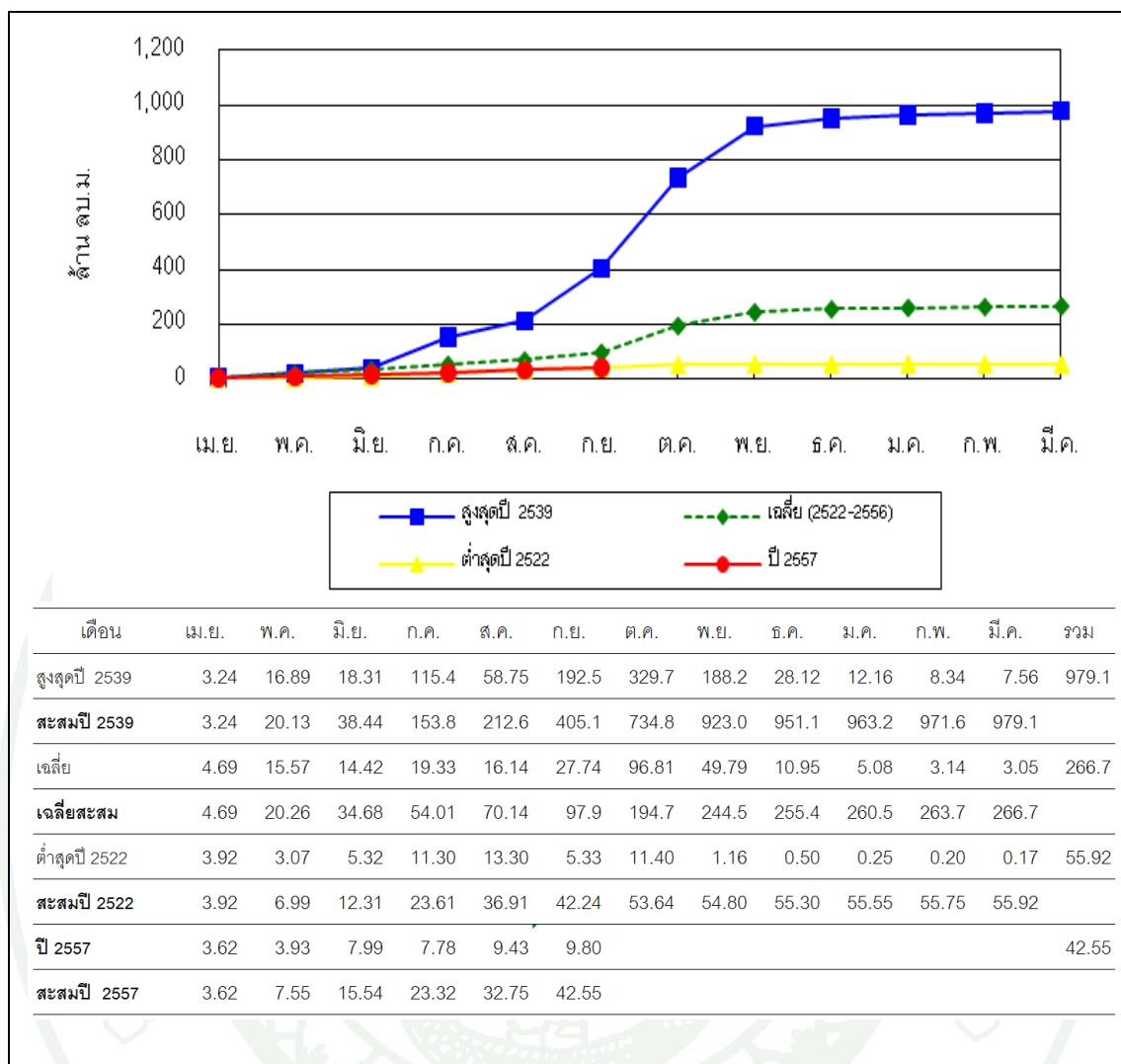
หมายเหตุ : U = ความยาวลำน้ำด้านเหนือจากจุดเซนทรอยด์

D = ความยาวลำน้ำด้านเหนือจากจุดเซนทรอยด์



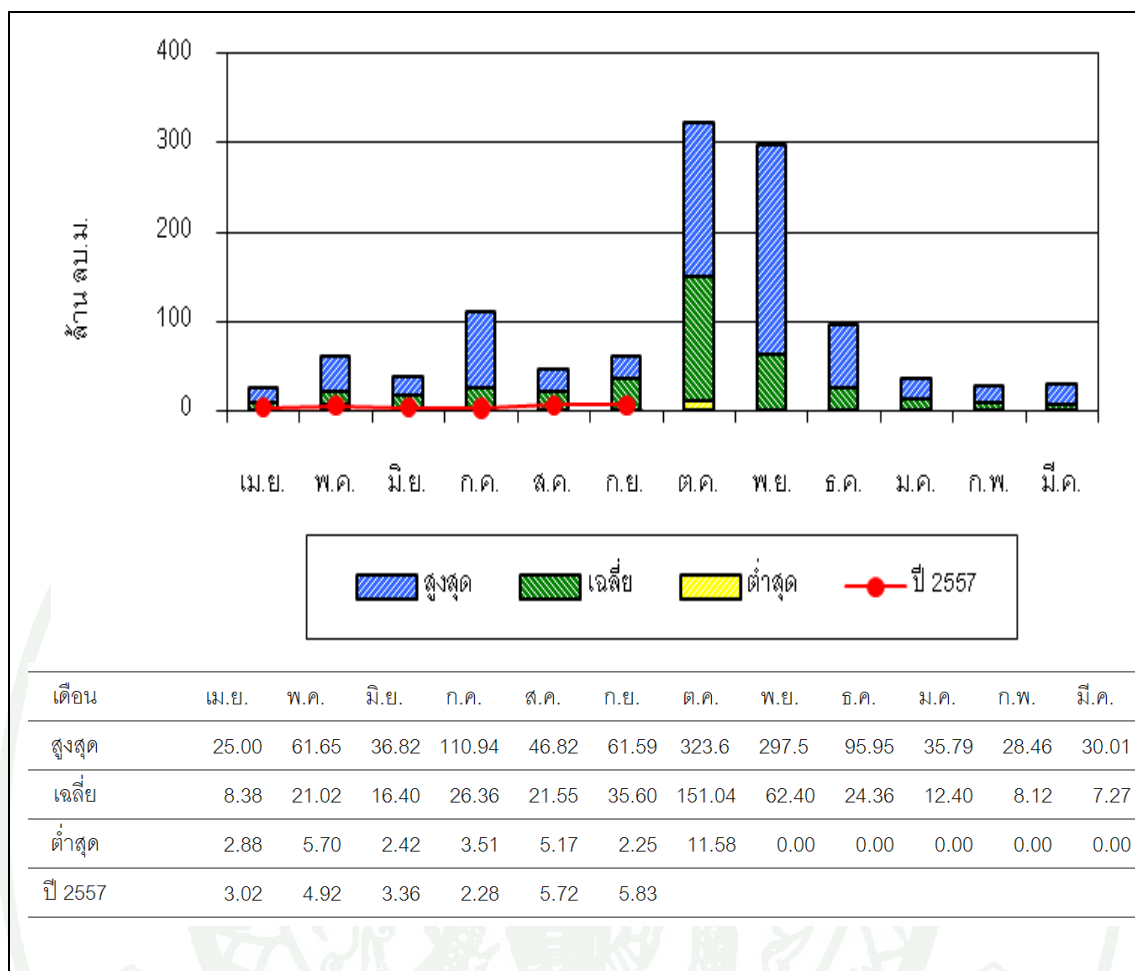
ภาพผนวกที่ ก4 สถิติปริมาณน้ำท่าสูงสุด - ต่ำสุดรายเดือน ปี 2522 – 2556 สถานี K.17 ลำภาชี
อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี

ที่มา: กรมชลประทาน (2557)



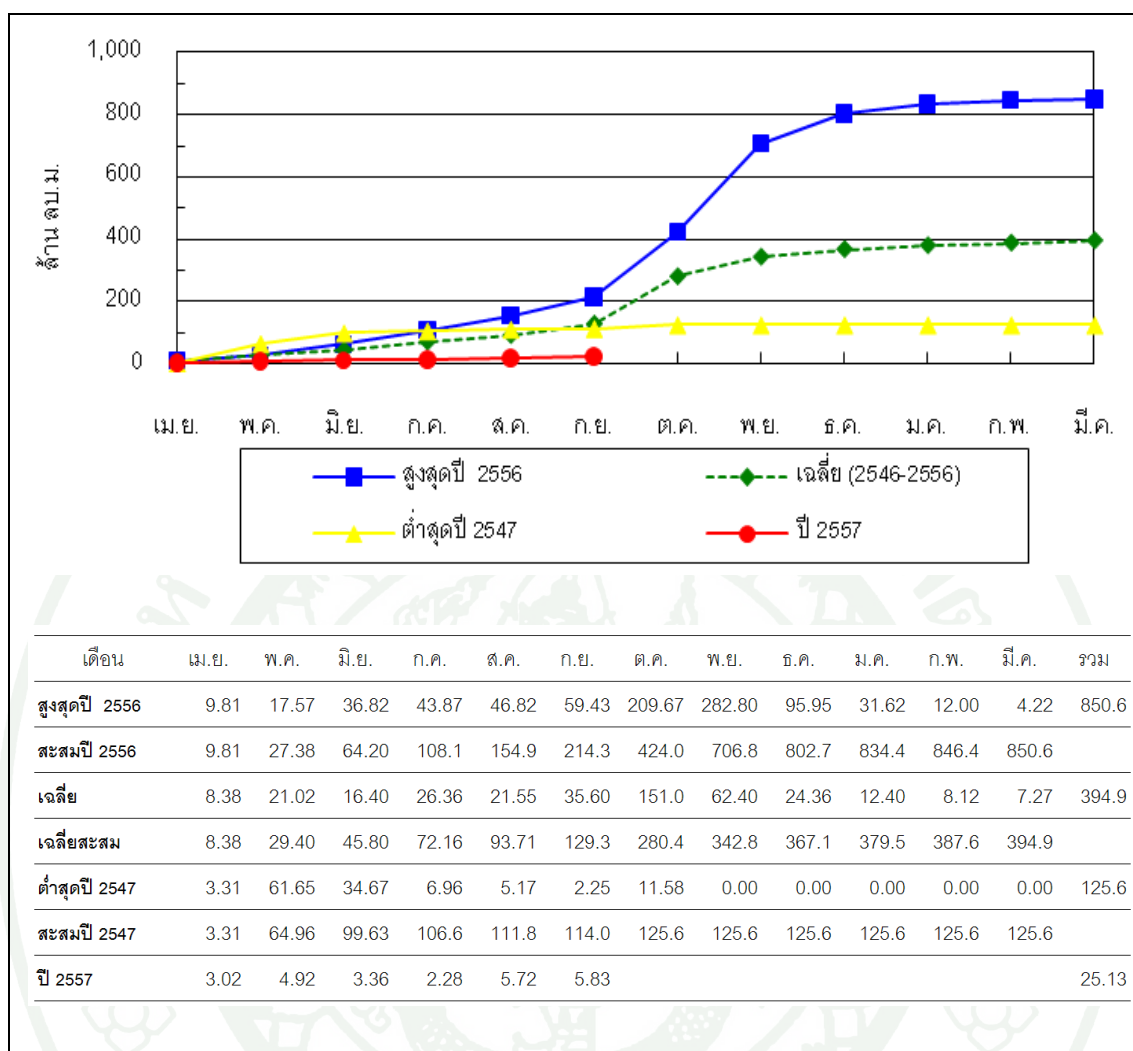
ภาพผนวกที่ ก5 สถิติปริมาณน้ำทำสะสมรายเดือน ปี 2522 – 2556 สถานี K.17 ลำภาชี อ.สวนผึ้ง
จ.ราชบุรี

ที่มา: กรมชลประทาน (2557)



ภาพผนวกที่ 6 สถิติปริมาณน้ำทำสูงสุด - ต่ำสุดรายเดือน ปี 2546 – 2556 สถานี K.61 ลำภาชี
อ.จอมบึง จ.ราชบุรี

ที่มา: กรมชลประทาน (2557)



ภาพผนวกที่ ก7 สถิติปริมาณน้ำทำสะสมรายเดือน ปี 2546 – 2556 สถานี K.61 ลำภาชี อ.จอมบึง จ.ราชบุรี

ที่มา: กรมชลประทาน (2557)



1. การสร้างชุดข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง URBS

1) Catchment Definition File

Lampachi Basin at K.61

MODEL: SPLIT

USES: L

DEFAULT PARAMETERS: $\alpha = 0.2$ $m = 0.8$ $\beta = 5$ $x = 0.3$ $n = 1$

DEFAULT PARAMETERS: $if = 300$ $k = 0.9$

DEFAULT PARAMETERS: $BR = 0.985$ $BC = 0.001$ $BM = 1$

3 SUBAREAS OF AREA:

21.00 241.13 247.27

{*****}

INPUT, K17 :A = 1355

ROUTE L = 1.54

ADD RAIN #1 L = 2.67

STORE.

RAIN #2 L = 23.88

GET.

ROUTE L = 7.31

ADD RAIN #3 L = 15.77

PRINT, K61

END OF CATCHMENT DATA.

3 PLUVIOGRAPHS:

LOCATION, K61-1

1 SUBAREAS:

1

LOCATION, K61-2

1 SUBAREAS:

2

LOCATION, K61-3

1 SUBAREAS:

3

END OF PLUVIOGRAPH DATA.

1 GAUGING STATION:

LOCATION, K61

END OF GAUGING STATIONS DATA.

2) Rainfall Definition File

K.61 (2005-04-01 - 2006-03-31)

CALIBRATION RUN

TIME INCREMENT: 24.0 HOURS

RUN DURATION: 8736.0 HOURS

PLUVIOGRAPH, K61-1

PLUVIOGRAPH, K61-2

PLUVIOGRAPH, K61-3

LOSS: UNIFORM PROPORTIONAL

3) Gauging Staion File

Station : (2005)

Station ID : K.61

Starting Time : 2005-04-01

Time Increment : 24 Hours

0 86400 365

0.7

0.7

0.7

1.2

4) Pluviograph File

Station : (2005)

Station ID : K.61

Starting Time : 2005-04-01

Time Increment : 24 Hours

0 86400 364

0.00

0.17

4.42

4.80

0.00

0.00

0.00

0.08

0.00

0.00

0.00

0.31

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.11

1.81

0.00

0.00

5) Batch File

rem Single Event Batch File

rem Set path for executable files

PATH=C:\Program Files\URBS 2002

D:\URBS Model\K61\2005\

cd D:\URBS Model\K61\2005\

set URBS=URBS

set URBS_SPLT=TRUE

set URBS_MUSK=TRUE

set URBS_BASF=TRUE

rem set directory path for rain and river data

set URBS_RAIN=D:\URBS Model\K61\2005\Data\

set URBS_GAUG=D:\URBS Model\K61\2005\Data\

rem set directory path for inflow data

set URBS_INF5=D:\URBS Model\K61\2005\Data\

rem Set start date and time

set URBS_DATE=01/04/2005

```
set URBS_TIME=0:00:00
```

```
rem Run model
```

```
urbs32.exe K61.cat K61.rf K61 alpha=0.2 m=0.95 beta=9 il=400 pr=0.1 if=600
```

```
rem Plot results
```

```
Winplotu K61.csv
```





ภาคผนวก ค
ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง URBS

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่า (Calc) ที่ได้จากแบบจำลอง URBS สามารถแสดงเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจจริง (Recd) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ไฟล์ผลการคำนวณจะมีนามสกุล (*.q) สำหรับตัวอย่างแสดงได้ดังนี้

LAMPACHI BASIN AT K.61

K.61 (2005-04-01 - 2006-03-31) (no forecast rainfall)

RUN DATED Sun Jun 01 2014 21:30

FORECAST RUN FROM Fri Apr 01 2005 00:00

DATA PARAMETERS : Locations = 1 Values = 365 Data Interval = 24,000 hours

MODEL PARAMETERS: alpha = 0.2000 m = 0.95 beta = 9,000 IL = 400.0 PR = 0.10

	K61	K61
	Calc	Recd
Catchment Area	1864.40	1864.40
Dav	28.29	28.29
% Urbanised	0.00	0.00

Time	Cumeccs	Cumeccs
Fri Apr 01 2005 00:00	0.7	0.7
Sat Apr 02 2005 00:00	0.7	0.7
Sun Apr 03 2005 00:00	0.7	0.7
Mon Apr 04 2005 00:00	2.8	1.2
Tue Apr 05 2005 00:00	5.7	3.6
Wed Apr 06 2005 00:00	4.6	4.5
Thu Apr 07 2005 00:00	2.4	2.9
Fri Apr 08 2005 00:00	1.4	1.9
Sat Apr 09 2005 00:00	1.1	1.6
Sun Apr 10 2005 00:00	1.1	1.4
Mon Apr 11 2005 00:00	1.0	1.1

Tue Apr 12 2005 00:00	1.0	1.1
Wed Apr 13 2005 00:00	0.7	2.1
Thu Apr 14 2005 00:00	1.0	4.2
Fri Apr 15 2005 00:00	1.0	2.6
Sat Apr 16 2005 00:00	0.9	2.3
Sun Apr 17 2005 00:00	1.0	2.1
Mon Apr 18 2005 00:00	0.8	1.4
Tue Apr 19 2005 00:00	0.7	0.9
Wed Apr 20 2005 00:00	0.8	0.8
Thu Apr 21 2005 00:00	0.8	1.0
Fri Apr 22 2005 00:00	0.8	1.1
Sat Apr 23 2005 00:00	0.6	1.0
Sun Apr 24 2005 00:00	0.6	0.8
Mon Apr 25 2005 00:00	0.7	0.6
Tue Apr 26 2005 00:00	0.9	0.7
Wed Apr 27 2005 00:00	0.9	0.7
Thu Apr 28 2005 00:00	0.7	0.8
Fri Apr 29 2005 00:00	0.6	1.3
Sat Apr 30 2005 00:00	0.7	2.0
Sun May 01 2005 00:00	0.6	1.2
Mon May 02 2005 00:00	0.8	1.1
Tue May 03 2005 00:00	0.8	1.1
Wed May 04 2005 00:00	0.8	1.3
Thu May 05 2005 00:00	0.8	1.1
Fri May 06 2005 00:00	0.8	1.2
Sat May 07 2005 00:00	1.8	2.0
Sun May 08 2005 00:00	2.2	4.1
Mon May 09 2005 00:00	2.4	3.2
Tue May 10 2005 00:00	3.3	2.5
Wed May 11 2005 00:00	3.1	2.8
Thu May 12 2005 00:00	1.9	2.5

Fri May 13 2005 00:00	1.0	1.9
Sat May 14 2005 00:00	0.5	1.5
Sun May 15 2005 00:00	0.6	1.1
Mon May 16 2005 00:00	0.7	1.1
Tue May 17 2005 00:00	0.6	1.1
Wed May 18 2005 00:00	0.7	1.4
Thu May 19 2005 00:00	1.3	1.6
Fri May 20 2005 00:00	2.3	1.8
Sat May 21 2005 00:00	2.3	2.0
Sun May 22 2005 00:00	2.3	3.2
Mon May 23 2005 00:00	3.5	3.4
Tue May 24 2005 00:00	4.4	3.5
Wed May 25 2005 00:00	3.3	3.5
Thu May 26 2005 00:00	2.5	3.3
Fri May 27 2005 00:00	2.0	2.8
Sat May 28 2005 00:00	1.5	2.5
Sun May 29 2005 00:00	1.2	2.0
Mon May 30 2005 00:00	1.0	1.9
Tue May 31 2005 00:00	0.9	2.1
Wed Jun 01 2005 00:00	0.7	1.6
Thu Jun 02 2005 00:00	0.7	1.2
Fri Jun 03 2005 00:00	0.6	1.1
Sat Jun 04 2005 00:00	0.7	1.0
Sun Jun 05 2005 00:00	0.5	0.9
Mon Jun 06 2005 00:00	0.6	1.0
Tue Jun 07 2005 00:00	0.5	1.1
Wed Jun 08 2005 00:00	0.6	1.1
Thu Jun 09 2005 00:00	0.5	1.0
Fri Jun 10 2005 00:00	0.6	0.8
Sat Jun 11 2005 00:00	0.7	0.8
Sun Jun 12 2005 00:00	0.9	1.1

Mon Jun 13 2005 00:00	0.8	1.1
Tue Jun 14 2005 00:00	0.9	1.1
Wed Jun 15 2005 00:00	0.9	1.1
Thu Jun 16 2005 00:00	1.0	1.2
Fri Jun 17 2005 00:00	0.9	1.2
Sat Jun 18 2005 00:00	0.8	1.4
Sun Jun 19 2005 00:00	0.9	1.4
Mon Jun 20 2005 00:00	0.8	1.4
Tue Jun 21 2005 00:00	0.7	1.3
Wed Jun 22 2005 00:00	0.5	1.1
Thu Jun 23 2005 00:00	0.6	1.1
Fri Jun 24 2005 00:00	0.5	0.6
Sat Jun 25 2005 00:00	0.5	0.3
Sun Jun 26 2005 00:00	0.5	0.3
Mon Jun 27 2005 00:00	0.5	0.2
Tue Jun 28 2005 00:00	0.4	0.2
Wed Jun 29 2005 00:00	0.5	0.1
Thu Jun 30 2005 00:00	0.4	0.1
Fri Jul 01 2005 00:00	0.3	0.9
Sat Jul 02 2005 00:00	0.4	0.3
Sun Jul 03 2005 00:00	0.3	0.0
Mon Jul 04 2005 00:00	0.3	0.0
Tue Jul 05 2005 00:00	0.2	0.3
Wed Jul 06 2005 00:00	0.2	0.2
Thu Jul 07 2005 00:00	0.3	0.0
Fri Jul 08 2005 00:00	0.4	0.0
Sat Jul 09 2005 00:00	0.4	0.2
Sun Jul 10 2005 00:00	0.3	0.5
Mon Jul 11 2005 00:00	0.3	0.2
Tue Jul 12 2005 00:00	0.5	0.2
Wed Jul 13 2005 00:00	0.6	0.2

Thu Jul 14 2005 00:00	0.9	1.4
Fri Jul 15 2005 00:00	2.0	2.0
Sat Jul 16 2005 00:00	2.4	5.0
Sun Jul 17 2005 00:00	1.6	2.3
Mon Jul 18 2005 00:00	1.1	2.1
Tue Jul 19 2005 00:00	0.8	1.8
Wed Jul 20 2005 00:00	0.7	1.3
Thu Jul 21 2005 00:00	0.6	1.2
Fri Jul 22 2005 00:00	0.6	1.1
Sat Jul 23 2005 00:00	0.6	1.1
Sun Jul 24 2005 00:00	1.9	1.4
Mon Jul 25 2005 00:00	9.8	4.5
Tue Jul 26 2005 00:00	14.2	9.0
Wed Jul 27 2005 00:00	9.6	8.2
Thu Jul 28 2005 00:00	10.3	8.3
Fri Jul 29 2005 00:00	12.1	9.6
Sat Jul 30 2005 00:00	11.9	14.6
Sun Jul 31 2005 00:00	18.2	21.0
Mon Aug 01 2005 00:00	33.9	28.0
Tue Aug 02 2005 00:00	41.2	40.8
Wed Aug 03 2005 00:00	29.0	37.2
Thu Aug 04 2005 00:00	18.1	21.0
Fri Aug 05 2005 00:00	18.3	14.3
Sat Aug 06 2005 00:00	13.9	13.8
Sun Aug 07 2005 00:00	12.0	11.6
Mon Aug 08 2005 00:00	10.4	10.4
Tue Aug 09 2005 00:00	7.2	8.2
Wed Aug 10 2005 00:00	7.1	6.9
Thu Aug 11 2005 00:00	4.7	6.0
Fri Aug 12 2005 00:00	6.3	6.6
Sat Aug 13 2005 00:00	11.9	10.8

Sun Aug 14 2005 00:00	20.6	19.4
Mon Aug 15 2005 00:00	19.2	21.4
Tue Aug 16 2005 00:00	15.6	16.7
Wed Aug 17 2005 00:00	11.5	13.0
Thu Aug 18 2005 00:00	9.4	10.6
Fri Aug 19 2005 00:00	7.4	8.8
Sat Aug 20 2005 00:00	6.1	7.5
Sun Aug 21 2005 00:00	5.1	6.4
Mon Aug 22 2005 00:00	5.6	7.7
Tue Aug 23 2005 00:00	8.0	10.4
Wed Aug 24 2005 00:00	6.2	8.6
Thu Aug 25 2005 00:00	4.6	7.7
Fri Aug 26 2005 00:00	3.9	6.3
Sat Aug 27 2005 00:00	5.2	5.7
Sun Aug 28 2005 00:00	6.3	6.2
Mon Aug 29 2005 00:00	4.8	6.0
Tue Aug 30 2005 00:00	3.8	5.4
Wed Aug 31 2005 00:00	3.7	4.7
Thu Sep 01 2005 00:00	2.9	4.4
Fri Sep 02 2005 00:00	2.4	4.0
Sat Sep 03 2005 00:00	2.2	4.2
Sun Sep 04 2005 00:00	3.8	6.9
Mon Sep 05 2005 00:00	11.6	11.6
Tue Sep 06 2005 00:00	13.4	14.0
Wed Sep 07 2005 00:00	14.9	14.6
Thu Sep 08 2005 00:00	17.1	14.9
Fri Sep 09 2005 00:00	14.4	13.8
Sat Sep 10 2005 00:00	13.8	12.8
Sun Sep 11 2005 00:00	10.2	9.8
Mon Sep 12 2005 00:00	9.2	9.1
Tue Sep 13 2005 00:00	8.2	8.6

Wed Sep 14 2005 00:00	8.7	10.6
Thu Sep 15 2005 00:00	20.1	12.1
Fri Sep 16 2005 00:00	21.7	15.8
Sat Sep 17 2005 00:00	19.3	19.8
Sun Sep 18 2005 00:00	15.6	26.5
Mon Sep 19 2005 00:00	12.8	29.5
Tue Sep 20 2005 00:00	11.3	25.5
Wed Sep 21 2005 00:00	10.9	14.3
Thu Sep 22 2005 00:00	9.2	9.3
Fri Sep 23 2005 00:00	8.0	7.8
Sat Sep 24 2005 00:00	6.3	7.0
Sun Sep 25 2005 00:00	5.9	6.4
Mon Sep 26 2005 00:00	4.7	5.9
Tue Sep 27 2005 00:00	4.8	5.4
Wed Sep 28 2005 00:00	3.8	5.0
Thu Sep 29 2005 00:00	4.1	4.5
Fri Sep 30 2005 00:00	33.4	8.5
Sat Oct 01 2005 00:00	75.0	89.0
Sun Oct 02 2005 00:00	63.6	63.2
Mon Oct 03 2005 00:00	23.8	37.8
Tue Oct 04 2005 00:00	33.7	36.0
Wed Oct 05 2005 00:00	27.1	31.8
Thu Oct 06 2005 00:00	33.5	30.0
Fri Oct 07 2005 00:00	30.8	25.5
Sat Oct 08 2005 00:00	33.6	24.2
Sun Oct 09 2005 00:00	38.9	39.6
Mon Oct 10 2005 00:00	52.5	35.4
Tue Oct 11 2005 00:00	71.9	113.3
Wed Oct 12 2005 00:00	42.0	63.2
Thu Oct 13 2005 00:00	31.9	37.2
Fri Oct 14 2005 00:00	36.2	36.6

Sat Oct 15 2005 00:00	29.1	39.0
Sun Oct 16 2005 00:00	31.6	34.8
Mon Oct 17 2005 00:00	27.3	47.6
Tue Oct 18 2005 00:00	45.7	50.4
Wed Oct 19 2005 00:00	79.8	123.4
Thu Oct 20 2005 00:00	147.6	105.8
Fri Oct 21 2005 00:00	88.1	76.2
Sat Oct 22 2005 00:00	88.1	82.2
Sun Oct 23 2005 00:00	66.2	85.6
Mon Oct 24 2005 00:00	94.2	158.6
Tue Oct 25 2005 00:00	234.4	361.2
Wed Oct 26 2005 00:00	364.8	284.0
Thu Oct 27 2005 00:00	179.4	166.0
Fri Oct 28 2005 00:00	159.8	104.8
Sat Oct 29 2005 00:00	118.2	78.8
Sun Oct 30 2005 00:00	90.6	63.2
Mon Oct 31 2005 00:00	81.0	45.5
Tue Nov 01 2005 00:00	61.1	35.4
Wed Nov 02 2005 00:00	55.8	31.8
Thu Nov 03 2005 00:00	45.4	30.0
Fri Nov 04 2005 00:00	39.8	27.0
Sat Nov 05 2005 00:00	37.5	25.5
Sun Nov 06 2005 00:00	28.9	21.8
Mon Nov 07 2005 00:00	31.3	21.0
Tue Nov 08 2005 00:00	38.5	19.8
Wed Nov 09 2005 00:00	37.0	19.4
Thu Nov 10 2005 00:00	25.9	19.0
Fri Nov 11 2005 00:00	33.4	18.2
Sat Nov 12 2005 00:00	23.5	16.7
Sun Nov 13 2005 00:00	27.3	16.4
Mon Nov 14 2005 00:00	17.2	16.1

Tue Nov 15 2005 00:00	23.4	15.8
Wed Nov 16 2005 00:00	13.6	13.8
Thu Nov 17 2005 00:00	18.9	11.4
Fri Nov 18 2005 00:00	11.1	10.6
Sat Nov 19 2005 00:00	16.4	10.6
Sun Nov 20 2005 00:00	10.1	10.2
Mon Nov 21 2005 00:00	14.2	9.1
Tue Nov 22 2005 00:00	8.0	8.0
Wed Nov 23 2005 00:00	11.8	7.5
Thu Nov 24 2005 00:00	6.5	6.9
Fri Nov 25 2005 00:00	10.5	6.6
Sat Nov 26 2005 00:00	5.8	6.0
Sun Nov 27 2005 00:00	9.5	6.0
Mon Nov 28 2005 00:00	5.4	5.9
Tue Nov 29 2005 00:00	8.5	5.4
Wed Nov 30 2005 00:00	4.9	5.2
Thu Dec 01 2005 00:00	7.6	5.3
Fri Dec 02 2005 00:00	4.3	5.7
Sat Dec 03 2005 00:00	7.1	5.7
Sun Dec 04 2005 00:00	4.2	5.6
Mon Dec 05 2005 00:00	7.0	6.9
Tue Dec 06 2005 00:00	7.5	13.3
Wed Dec 07 2005 00:00	13.7	27.5
Thu Dec 08 2005 00:00	10.0	16.4
Fri Dec 09 2005 00:00	9.2	10.0
Sat Dec 10 2005 00:00	6.5	6.9
Sun Dec 11 2005 00:00	7.3	4.7
Mon Dec 12 2005 00:00	5.2	4.6
Tue Dec 13 2005 00:00	6.5	4.4
Wed Dec 14 2005 00:00	4.6	4.1
Thu Dec 15 2005 00:00	5.7	4.4

Fri Dec 16 2005 00:00	3.9	4.1
Sat Dec 17 2005 00:00	5.0	4.6
Sun Dec 18 2005 00:00	3.4	4.6
Mon Dec 19 2005 00:00	4.3	4.7
Tue Dec 20 2005 00:00	3.1	4.2
Wed Dec 21 2005 00:00	4.0	3.7
Thu Dec 22 2005 00:00	2.9	3.0
Fri Dec 23 2005 00:00	3.7	3.2
Sat Dec 24 2005 00:00	2.8	3.7
Sun Dec 25 2005 00:00	3.4	3.5
Mon Dec 26 2005 00:00	2.5	3.6
Tue Dec 27 2005 00:00	3.7	3.8
Wed Dec 28 2005 00:00	3.7	4.0
Thu Dec 29 2005 00:00	3.7	3.4
Fri Dec 30 2005 00:00	2.7	3.3
Sat Dec 31 2005 00:00	3.0	3.1
Sun Jan 01 2006 00:00	2.2	2.5
Mon Jan 02 2006 00:00	2.6	2.3
Tue Jan 03 2006 00:00	2.1	2.0
Wed Jan 04 2006 00:00	2.3	1.8
Thu Jan 05 2006 00:00	1.8	1.9
Fri Jan 06 2006 00:00	2.1	2.5
Sat Jan 07 2006 00:00	2.6	2.8
Sun Jan 08 2006 00:00	3.3	4.5
Mon Jan 09 2006 00:00	2.0	3.9
Tue Jan 10 2006 00:00	2.3	3.1
Wed Jan 11 2006 00:00	1.6	2.5
Thu Jan 12 2006 00:00	1.6	2.5
Fri Jan 13 2006 00:00	1.4	2.0
Sat Jan 14 2006 00:00	1.5	1.8
Sun Jan 15 2006 00:00	1.3	1.8

Mon Jan 16 2006 00:00	1.4	1.7
Tue Jan 17 2006 00:00	1.2	1.6
Wed Jan 18 2006 00:00	1.2	1.7
Thu Jan 19 2006 00:00	1.1	1.8
Fri Jan 20 2006 00:00	1.1	1.8
Sat Jan 21 2006 00:00	1.1	1.4
Sun Jan 22 2006 00:00	1.1	1.4
Mon Jan 23 2006 00:00	1.0	1.6
Tue Jan 24 2006 00:00	1.1	1.4
Wed Jan 25 2006 00:00	1.0	1.1
Thu Jan 26 2006 00:00	1.0	1.2
Fri Jan 27 2006 00:00	0.9	1.4
Sat Jan 28 2006 00:00	0.9	1.4
Sun Jan 29 2006 00:00	0.9	1.4
Mon Jan 30 2006 00:00	0.9	1.4
Tue Jan 31 2006 00:00	0.9	1.4
Wed Feb 01 2006 00:00	0.9	1.0
Thu Feb 02 2006 00:00	0.9	1.0
Fri Feb 03 2006 00:00	0.9	1.1
Sat Feb 04 2006 00:00	0.8	1.1
Sun Feb 05 2006 00:00	0.8	1.1
Mon Feb 06 2006 00:00	0.8	1.1
Tue Feb 07 2006 00:00	0.8	1.1
Wed Feb 08 2006 00:00	0.8	0.9
Thu Feb 09 2006 00:00	0.8	0.8
Fri Feb 10 2006 00:00	0.7	0.8
Sat Feb 11 2006 00:00	0.7	0.7
Sun Feb 12 2006 00:00	0.7	0.7
Mon Feb 13 2006 00:00	0.8	0.7
Tue Feb 14 2006 00:00	1.0	0.7
Wed Feb 15 2006 00:00	1.1	0.8

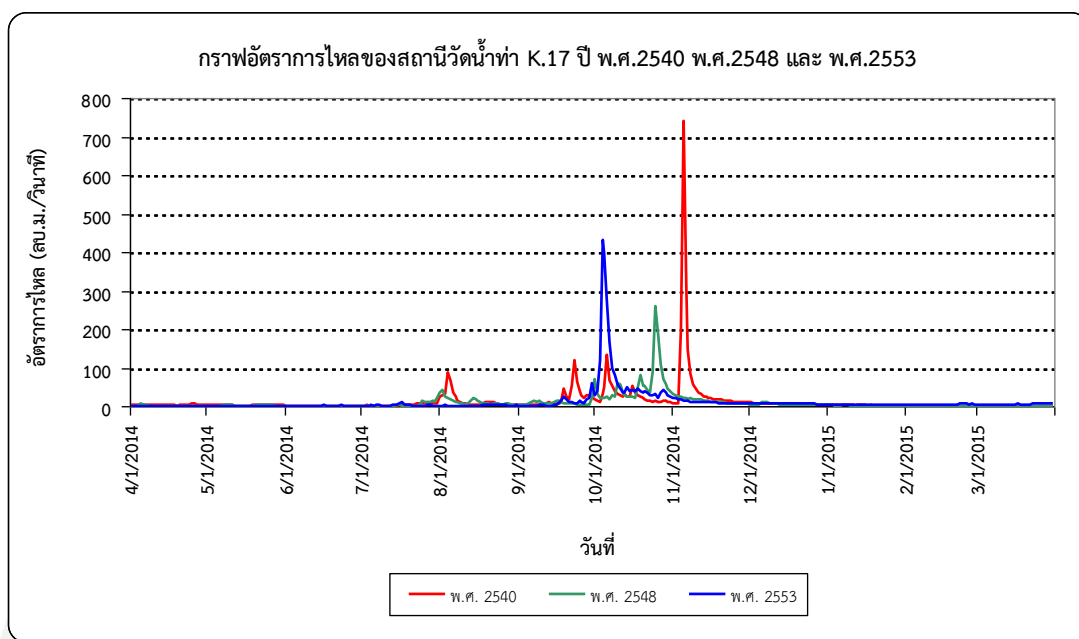
Thu Feb 16 2006 00:00	0.9	0.9
Fri Feb 17 2006 00:00	0.9	1.1
Sat Feb 18 2006 00:00	0.9	1.3
Sun Feb 19 2006 00:00	0.9	1.4
Mon Feb 20 2006 00:00	0.9	1.5
Tue Feb 21 2006 00:00	0.8	1.4
Wed Feb 22 2006 00:00	0.8	1.1
Thu Feb 23 2006 00:00	0.8	1.1
Fri Feb 24 2006 00:00	0.8	1.4
Sat Feb 25 2006 00:00	0.8	1.4
Sun Feb 26 2006 00:00	0.7	1.3
Mon Feb 27 2006 00:00	0.7	1.2
Tue Feb 28 2006 00:00	0.7	1.4
Wed Mar 01 2006 00:00	0.6	1.1
Thu Mar 02 2006 00:00	0.7	1.1
Fri Mar 03 2006 00:00	0.9	1.1
Sat Mar 04 2006 00:00	0.8	1.1
Sun Mar 05 2006 00:00	0.6	1.1
Mon Mar 06 2006 00:00	0.7	1.1
Tue Mar 07 2006 00:00	0.7	1.1
Wed Mar 08 2006 00:00	0.8	1.0
Thu Mar 09 2006 00:00	0.9	1.0
Fri Mar 10 2006 00:00	0.8	1.0
Sat Mar 11 2006 00:00	0.9	0.8
Sun Mar 12 2006 00:00	0.8	0.7
Mon Mar 13 2006 00:00	0.8	0.6
Tue Mar 14 2006 00:00	0.8	0.4
Wed Mar 15 2006 00:00	0.8	0.4
Thu Mar 16 2006 00:00	0.7	0.4
Fri Mar 17 2006 00:00	0.6	0.4
Sat Mar 18 2006 00:00	0.6	0.3

Sun Mar 19 2006 00:00	0.6	0.3
Mon Mar 20 2006 00:00	0.7	0.3
Tue Mar 21 2006 00:00	0.6	0.3
Wed Mar 22 2006 00:00	0.6	0.3
Thu Mar 23 2006 00:00	0.6	0.3
Fri Mar 24 2006 00:00	0.6	0.3
Sat Mar 25 2006 00:00	0.5	0.3
Sun Mar 26 2006 00:00	0.5	0.3
Mon Mar 27 2006 00:00	0.5	0.3
Tue Mar 28 2006 00:00	0.4	0.3
Wed Mar 29 2006 00:00	0.4	0.3
Thu Mar 30 2006 00:00	0.4	0.3
Fri Mar 31 2006 00:00	18.2	0.3

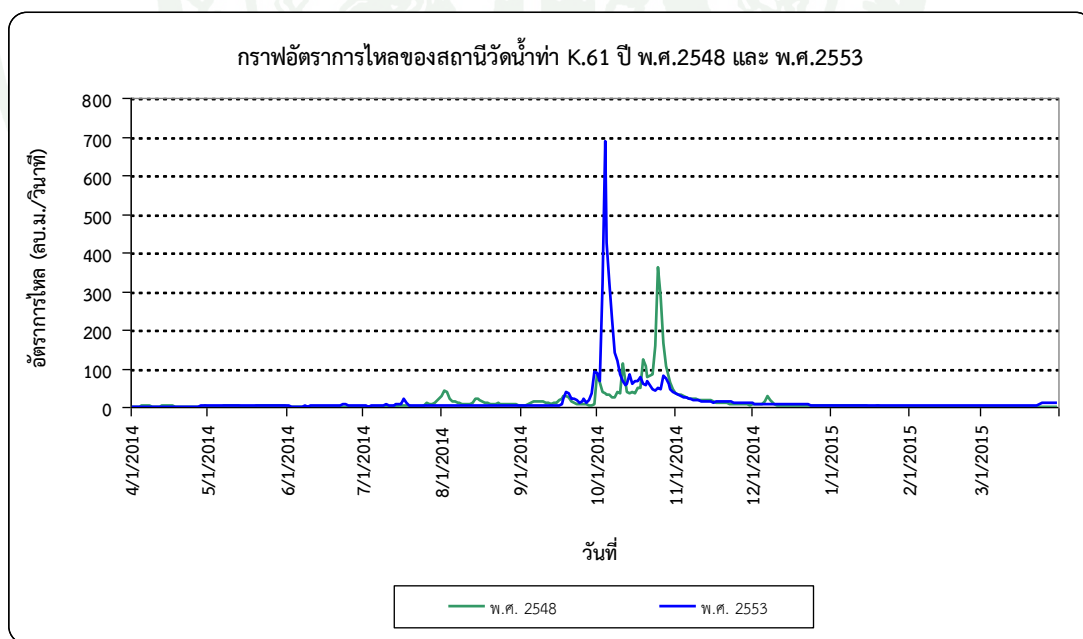
Volumes in ML	377627	371048
---------------	--------	--------

DC Value CNS	0.868
--------------	-------

*END



ภาพผนวกที่ ค1 กราฟอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ช่วงปีที่ทำการเปรียบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS



ภาพผนวกที่ ค2 กราฟอัตราการไหลของสถานีวัดน้ำท่า K.17 และ K.61 ช่วงปีที่ทำการเปรียบเทียบ และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS (ต่อ)



รายการคำนวณออกแบบความสูงสันฝายบ้านท่ามะขาม

ข้อมูลการออกแบบฝาย

Q_{design}	341.75	ลบ.ม./วินาที
ความกว้างสันฝาย(W)	3.00	ม.
ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ(WH)	3.50	ม.
ความยาวสันฝายช่วงตรงกลาง(L)	80.00	ม.
ลาดเอียงด้านข้างสันฝาย 1 :	8.00	
ลาดเอียงด้านข้างด้านเหนือน้ำ 1 :	2.00	
ลาดเอียงด้านข้างด้านท้ายน้ำ 1 :	4.00	
สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำผ่านฝาย (C)	0.65	

ข้อมูลคลองธรรมชาติ

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n)	0.035	
ลาดด้านข้างปรับปรุงลำน้ำ (m) 1 :	4.00	
ความลาดตามท้องลำน้ำ (S_0)	0.00087	
ความลึกของลำน้ำธรรมชาติ	5.50	ม.
ความกว้างท้องลำน้ำขุดลอก (b)	61.20	ม.
ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (T_w)	105.20	ม.

%Qวิเคราะห์	100%
Qวิเคราะห์	341.75 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) 2.981 ม.

จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้ $A = 217.98$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$

$P = 85.78$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$

$R = 2.54$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$

$Q = 342.00$ ลบ.ม. ; เมื่อ $Q = (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$

Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.50 ม.

ความสูงพิน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 2.981 ม. < WH (Free Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Free flow

$Q = 0.667CLh(2gh)^{0.5}$

สมมุติค่า h = 1.549 ม.

ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 104.781 ม. < ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก(T_w) = OK.

$L_{avg.} = 92.391$ ม.

$Q = 342$ ลบ.ม./วินาที > Qวิเคราะห์ = OK.

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 143.098 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_3 = 2.39 \text{ ม./วินาที}$$

$$\text{ที่หน้าตัด 4 สมมติตกพื้นต่ำกว่าท้องน้ำ, } DH = 0.30 \text{ ม.}$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34}$$

(HL_{34} มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ 0)

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 341.75$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.64$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.539 \text{ ม.}$$

$$A_4 = 34.159 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_4 = 10.005 \text{ ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.641 \approx 5.641$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

$$\text{สมมติค่า } Y_5 = 2.959 \text{ ม.}$$

$$\text{เมื่อ } r = Y_5/Y_4 = 5.489$$

$$t = b/my_4 = 28.378$$

$$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 4.350$$

$$0.000 \approx 0 \quad \text{ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK}$$

ความสูงของน้ำหลัง Jump

$$= 2.959 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงของน้ำในคลอง} = 3.281 \text{ ม.} > 2.959 \quad \text{OK, Submerged Jump}$$

$$\text{ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า} = 5.049 \text{ ม.}$$

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 122.731 \quad \text{ตร.ม.}$$

$$V_3 = 2.23 \quad \text{ม./วินาที}$$

ที่หน้าตัด 4 สมมติจุดพื้นต่ำกว่าท้องน้ำ

$$, DH = 0.30 \quad \text{ม.}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34} \quad (HL_{34} \text{ มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ 0})$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = 0$$

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 273.40$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.404$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.440 \quad \text{ม.}$$

$$A_4 = 27.703 \quad \text{ตร.ม.}$$

$$V_4 = 9.869 \quad \text{ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.404 \quad \approx \quad 5.404$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

$$\text{สมมติค่า } Y_5 = 2.658 \quad \text{ม.}$$

$$\text{เมื่อ } r = Y_5/Y_4 = 6.040$$

$$t = b/my_4 = 34.772$$

$$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 4.750$$

$$0.000 \quad \approx \quad 0 \quad \text{ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK}$$

ความสูงของน้ำหลัง Jump

$$2.658 \quad \text{ม.}$$

=

ความสูงของน้ำในคลอง =

$$2.925 \quad \text{ม.} > 2.658$$

OK, Submerged Jump

ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า =

$$4.851 \quad \text{ม.}$$

%Qวิเคราะห์	60%
Qวิเคราะห์	205.05 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) = 3.186 ม.
 จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้ $A = 235.57$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$
 $P = 87.47$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$
 $R = 2.69$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$
 $Q = 206.00$ ลบ.ม. ; เมื่อ $Q = (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$
Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.50 ม.
 ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 3.186 ม. < WH (Free Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Free flow

$Q = 0.667CLh(2gh)^{0.5}$
 สมมุติค่า $h = 1.132$ ม.
 ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 98.113 ม. < ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (T_w) = OK.
 $L_{avg.} = 89.057$ ม.
 $Q = 206.000$ ลบ.ม./วินาที > Qวิเคราะห์ = OK.

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 100.819 \quad \text{ตร.ม.}$$

$$V_3 = 2.03 \quad \text{ม./วินาที}$$

$$\text{ที่หน้าตัด 4 สมมติลดพื้นที่ต่ำกว่าท้องน้ำ, } DH = 0.30 \quad \text{ม.}$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34} \quad (HL_{34} \text{ มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ } 0)$$

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 205.05$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.143$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.338 \quad \text{ม.}$$

$$A_4 = 21.117 \quad \text{ตร.ม.}$$

$$V_4 = 9.710 \quad \text{ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 5.143 \quad \approx \quad 5.143$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

$$\text{สมมติค่า } Y_5 = 2.313 \quad \text{ม.}$$

$$\text{เมื่อ } r = Y_5/Y_4 = 6.851$$

$$t = b/my_4 = 45.319$$

$$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 5.336$$

$$0.000 \quad \approx \quad 0 \quad \text{ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK}$$

ความสูงของน้ำหลัง Jump

$$2.313 \quad \text{ม.}$$

=

ความสูงของน้ำในคลอง =

$$3.486$$

ม.

$$> \quad 2.313$$

OK, Submerged Jump

ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า =

$$4.632$$

ม.

%Qวิเคราะห์	40%	
Qวิเคราะห์	136.70	ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) 2.521 ม.
 จากสมการ Manning ได้ผล ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my)$
 ดังนี้ $A = 179.72$ y
 $P = 81.99$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y(1 + m^2)^{0.5}$
 $R = 2.19$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$
 $Q = 137.00$ ลบ.ม. ; เมื่อ $Q = (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$
Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.50 ม.
 ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 2.521 ม. < WH (Free Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Free flow

$Q = 0.667CLh(2gh)^{0.5}$
 สมมุติค่า $h = 0.876$ ม.
 ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 94.016 ม. < ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (T_w) = OK.
 $L_{avg.} = 87.008$ ม.
 $Q = 137.000$ ลบ.ม./วินาที > Qวิเคราะห์ = OK.

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 76.221 \quad \text{ตร.ม.} \\ \text{ม./}$$

$$V_3 = 1.79 \quad \text{วินาที}$$

$$\text{ที่หน้าตัด 4 สมมติกดพื้นต่ำกว่าท้องน้ำ, } DH = 0.30 \quad \text{ม.}$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34} \\ (\text{HL}_{34} \text{ มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ } 0)$$

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 136.70$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.840$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.231 \quad \text{ม.}$$

$$A_4 = 14.376 \quad \text{ตร.ม.}$$

$$V_4 = 9.509 \quad \text{ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.840 \quad \approx \quad 4.840$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

$$\text{สมมติค่า } Y_5 = 1.900 \quad \text{ม.}$$

$$\text{เมื่อ } r = Y_5/Y_4 = 8.210$$

$$t = b/my_4 = 66.117$$

$$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 6.311$$

$$0.000 \quad \approx \quad 0 \quad \text{ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK}$$

$$\text{ความสูงของน้ำหลัง Jump} = 1.900 \quad \text{ม.}$$

$$\text{ความสูงของน้ำในคลอง} = 2.821 \quad \text{ม.} > 1.900 \quad \text{OK, Submerged Jump}$$

$$\text{ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า} = 4.376 \quad \text{ม.}$$

%Qวิเคราะห์	20%
Qวิเคราะห์	68.35 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) 1.692 ม.

จากสมการ Manning ได้ผล

ดังนี้ $A = 115.01$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$

$P = 75.15$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$

$R = 1.53$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$

ลบ.ม. ; เมื่อ $Q =$

$Q = 69.00 \quad (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$

Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.50 ม.

ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 1.692 ม. < WH (Free Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Free flow

$Q = 0.667CLh(2gh)^{0.5}$

สมมุติค่า h = 0.565 ม.

ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 89.046 ม. < ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (T_w) = OK.

$L_{avg} = 84.523$ ม.

$Q = 69.000$ ลบ.ม./วินาที > Qวิเคราะห์ = OK.

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 47.786 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_3 = 1.43 \text{ ม./วินาที}$$

$$\text{ที่หน้าตัด 4 สมมติจุดพื้นต่ำกว่าท้องน้ำ, } DH = 0.30 \text{ ม.}$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34}$$

(HL_{34} มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ = 0)

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 68.35$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.470$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.120 \text{ ม.}$$

$$A_4 = 7.399 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_4 = 9.238 \text{ ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.470 \approx 4.470$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

$$\text{สมมติค่า } Y_5 = 1.355 \text{ ม.}$$

$$\text{เมื่อ } r = Y_5/Y_4 = 11.299$$

$$t = b/my_4 = 127.549$$

$$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 8.516$$

$$0.000 \approx 0 \text{ ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK}$$

ความสูงของน้ำหลัง Jump

$$= 1.355 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงของน้ำในคลอง} = 1.992 \text{ ม.} > 1.355$$

$$\text{ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า} = 4.065 \text{ ม.}$$

รายการคำนวณออกแบบความสูงสันฝายบ้านกล้วย

ข้อมูลการออกแบบฝาย

Q_{design}	768.56	ลบ.ม./วินาที
$\%Q_{\text{วิเคราะห์}}$	100%	
$Q_{\text{วิเคราะห์}}$	768.56	ลบ.ม./วินาที
ความกว้างสันฝาย(W)	3.00	ม.
ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ(WH)	3.00	ม.
ความยาวสันฝายช่วงตรงกลาง(L)	100.00	ม.
ลาดเอียงด้านข้างสันฝาย	1 : 8	
ลาดเอียงด้านข้างด้านเหนือน้ำ	1 : 2	
ลาดเอียงด้านข้างด้านท้ายน้ำ	1 : 6	
สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำผ่านฝาย (C)	0.65	

ข้อมูลคลองธรรมชาติ

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n)	0.035	
ลาดด้านข้างปรับปรุงลำน้ำ (m)	1 : 4	
ความลาดตามท้องลำน้ำ (S_0)	0.00087	
ความลึกของลำน้ำธรรมชาติ	7.00	ม.
ความกว้างท้องลำน้ำขุดลอก (b)	50	ม.
ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (T_w)	106	ม.

%Qวิเคราะห์	100%
Qวิเคราะห์	768.56 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n)	5.171	ม.
จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้	$A = 365.54$	ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$
	$P = 92.64$	ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$
	$R = 3.95$	ม. ; เมื่อ $R = A/P$
	$Q = 769.00$	ลบ.ม. ; เมื่อ $Q = (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$

Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) =	3.00	ม.
ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ =	5.171	ม. > WH (Submerged Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานการณ์ไหลเป็น Submerged flow

$$Q = CL(h - \Delta h/3)(2g \Delta h)^{0.5}$$

สมมุติค่า $h = 2.856$ ม.

ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 145.69 ม. > ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก
(T_w) = Use (T_w)

$L_{avg.} = 122.85$ ม.

ความสูงผิวน้ำด้านเหนือ = 5.856 ม.

ความสูงผิวน้ำด้านท้ายน้ำ = 5.171 ม.

$\Delta h = 0.685$ ม.

$Q = 769.000$ ลบ.ม./วินาที > $Q_{วิเคราะห์} = OK.$

%วิเคราะห์	80%
วิเคราะห์	614.85 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) 4.579 ม.

จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้ $A = 312.82$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$

$P = 87.76$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$

$R = 3.56$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$

$Q = 615.00$ ลบ.ม. ; เมื่อ $Q = (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$

Q มากกว่า $Q_{วิเคราะห์} = OK$

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.00 ม.

ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 4.579 ม. > WH (Submerged Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Submerged flow

$$Q = CL(h - \Delta h/3)(2g \Delta h)^{0.5}$$

สมมุติค่า h = 2.329 ม.

ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (Tp) = 137.26 ม. > ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก
(Tw) = Use (Tw)

$L_{avg.}$ = 118.63 ม.

ความสูงผิวน้ำด้านเหนือหน้า = 5.329 ม.

ความสูงผิวน้ำด้านท้ายน้ำ = 4.579 ม.

Δh = 0.750 ม.

Q = 615.000 ลบ.ม./วินาที > Qวิเคราะห์ = OK.

%วิเคราะห์	60%
Qวิเคราะห์	461.14 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) = 3.911 ม.
 จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้ $A = 256.74$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my) y$
 $P = 82.25$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y (1 + m^2)^{0.5}$
 $R = 3.12$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$
 ลบ.ม. ; เมื่อ $Q =$
 $Q = 462.00 (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$
Q มากกว่า Qวิเคราะห์ = OK

ตรวจสอบสถานะการไหล

ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH) = 3.00 ม.
 ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ = 3.911 ม. > WH (Submerged Flow)

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Submerged flow

$Q = CL(h - \Delta h/3)(2g \Delta h)^{0.5}$
 สมมุติค่า $h = 1.79$ ม.
 ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 128.64 ม. > ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก
 (T_w) = Use (T_w)
 $L_{avg.} = 114.32$ ม.
 ความสูงผิวน้ำด้านเหนือน้ำ = 4.790 ม.
 ความสูงผิวน้ำด้านท้ายน้ำ = 3.911 ม.
 $\Delta h = 0.879$ ม.
 $Q = 462.000$ ลบ.ม./วินาที > $Q_{วิเคราะห์} = OK.$

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานการณ์ไหลเป็น Submerged flow

$$Q = CL(h - \Delta h/3)(2g \Delta h)^{0.5}$$

สมมุติค่า $h = 1.287$ ม.

ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (T_p) = 120.59 ม. < ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก
(T_w) = OK.

$L_{avg} = 110.29$ ม.

ความสูงผิวน้ำด้านเหนือ = 4.287 ม.

ความสูงผิวน้ำด้านท้ายน้ำ = 3.117 ม.

$\Delta h = 1.169$ ม.

$Q = 308$ ลบ.ม./วินาที > $Q_{วิเคราะห์} = OK.$

% $Q_{วิเคราะห์}$	20%
$Q_{วิเคราะห์}$	153.71 ลบ.ม./วินาที

คำนวณ Rating Curve คลองธรรมชาติ

สมมุติค่าความสูงของน้ำ (Y_n) = 2.099 ม.

จากสมการ Manning ได้ผลดังนี้ $A = 122.57$ ตร.ม. ; เมื่อ $A = (b + my)y$

$P = 67.31$ ม. ; เมื่อ $P = b + 2y(1 + m^2)^{0.5}$

$R = 1.82$ ม. ; เมื่อ $R = A/P$

ลบ.ม. ; เมื่อ $Q =$

$Q = 154.00 (1/n)(A)(R^{2/3})(S^{1/2})$

Q มากกว่า $Q_{วิเคราะห์} = OK$

ตรวจสอบสถานะการไหล

$$\text{ความสูงสันฝายวัดจากท้องน้ำ (WH)} = 3.00 \text{ ม.}$$

$$\text{ความสูงผิวน้ำท้ายฝายวัดจากท้องน้ำ} = 2.099 \text{ ม.} > \text{WH} \text{ สถานะการไหลเป็น Submerged Flow}$$

คำนวณอัตราการไหล กรณีสถานะการไหลเป็น Free flow

$$Q = 0.667CLh(2gh)^{0.5}$$

$$\text{สมมติค่า } h = 0.827 \text{ ม.}$$

$$\text{ความกว้างปากลำน้ำที่สันฝาย (Tp)} = 113.233 \text{ ม.} < \text{ความกว้างปากลำน้ำขุดลอก (Tw)} = \text{OK.}$$

$$L_{\text{avg.}} = 106.616 \text{ ม.}$$

$$Q = 154 \text{ ลบ.ม./วินาที} > Q_{\text{วิเคราะห์}} = \text{OK.}$$

วิเคราะห์หาค่าโดยประมาณ

พิจารณาที่หน้าตัด 3 และ 4

$$\text{ที่หน้าตัด 3, } A_3 = 88.178 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_3 = 1.74 \text{ ม./วินาที}$$

$$\text{ที่หน้าตัด 4 สมมติจุดพื้นต่ำกว่าท้องน้ำ, DH} = 0.30 \text{ ม.}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g + HL_{34}$$

$$Y_3 + V_3^2/2g + WH + DH = (HL_{34} \text{ มีค่าน้อยมากให้เท่ากับ } 0)$$

$$\text{และ } V_3 A_3 = Q = 153.71$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.282$$

$$\text{สมมติค่า } Y_4 = 0.340 \text{ ม.}$$

$$A_4 = 17.479 \text{ ตร.ม.}$$

$$V_4 = 8.794 \text{ ม./วินาที}$$

$$Y_4 + V_4^2/2g = 4.282 \approx 4.282$$

ค่าใกล้เคียงกัน = OK

Hydraulic Jump ในทางน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

$$r^4 + (2.5t+1)r^3 + (1.5t+1)(t+1)r^2 + (0.5t^2 + (t-3Fr_4^2)(t+1))r - 3Fr_4^2(t+1)^2 = 0$$

สมมติค่า $Y_5 = 2.087$ ม.

เมื่อ $r = Y_5/Y_4 = 6.132$

$t = b/my_4 = 36.731$

$Fr_4 = V_4/(gY_4)^{0.5} = 4.813$

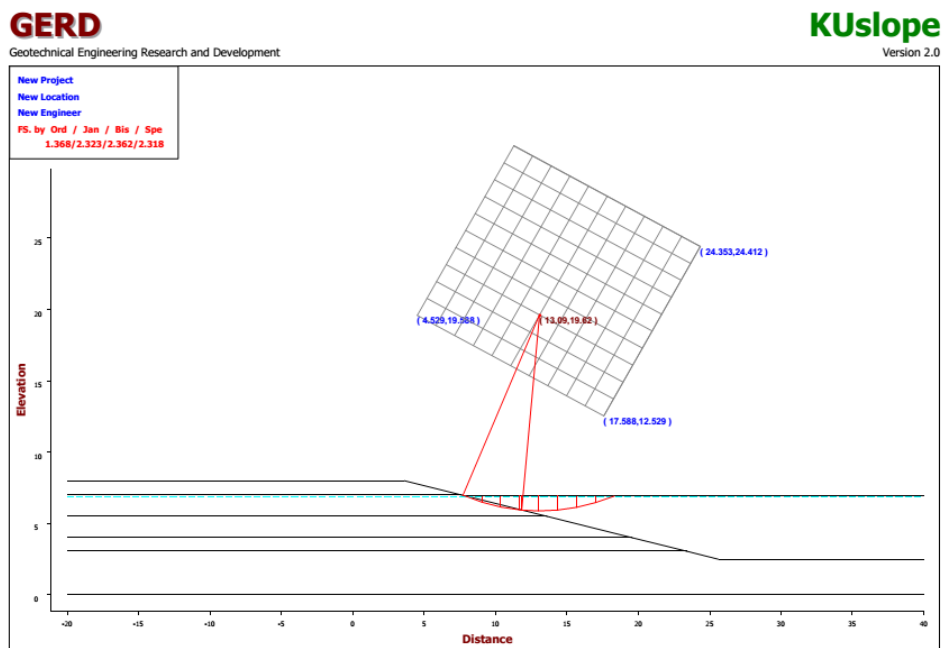
$0.000 \approx 0$ ค่าเข้าใกล้ศูนย์ = OK

ความสูงของน้ำหลัง Jump
= 2.087 ม.

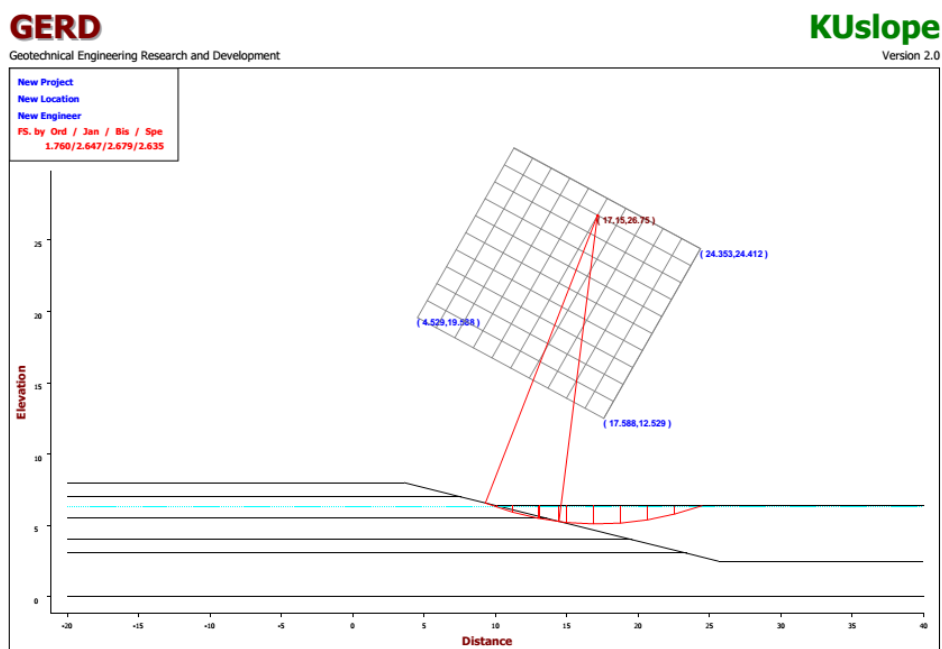
ความสูงของน้ำในคลอง = 2.399 ม. > 2.087

ความสูงพัวน้ำด้านเหนือหน้า = 3.827 ม.

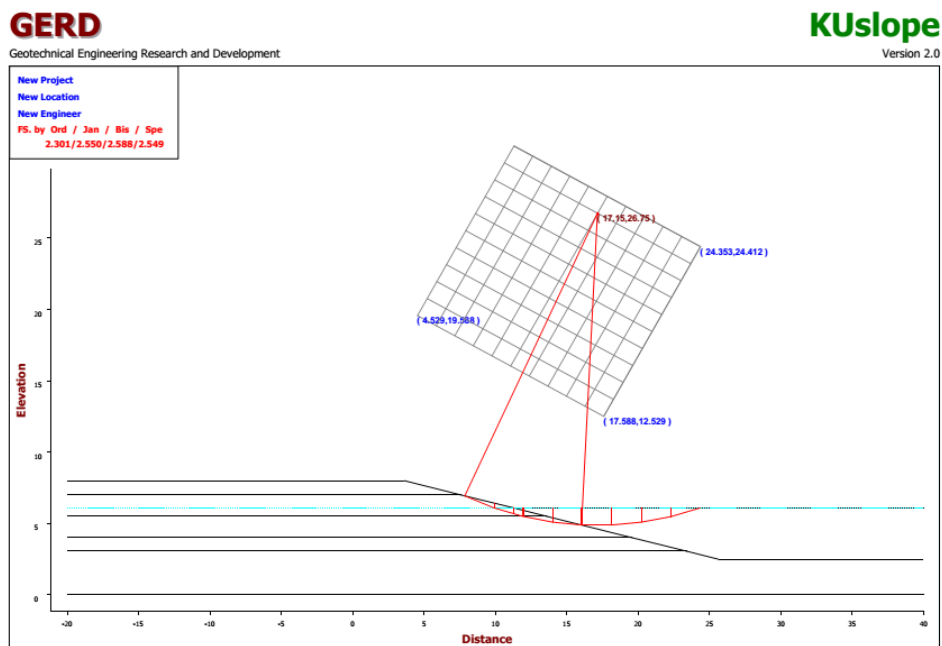




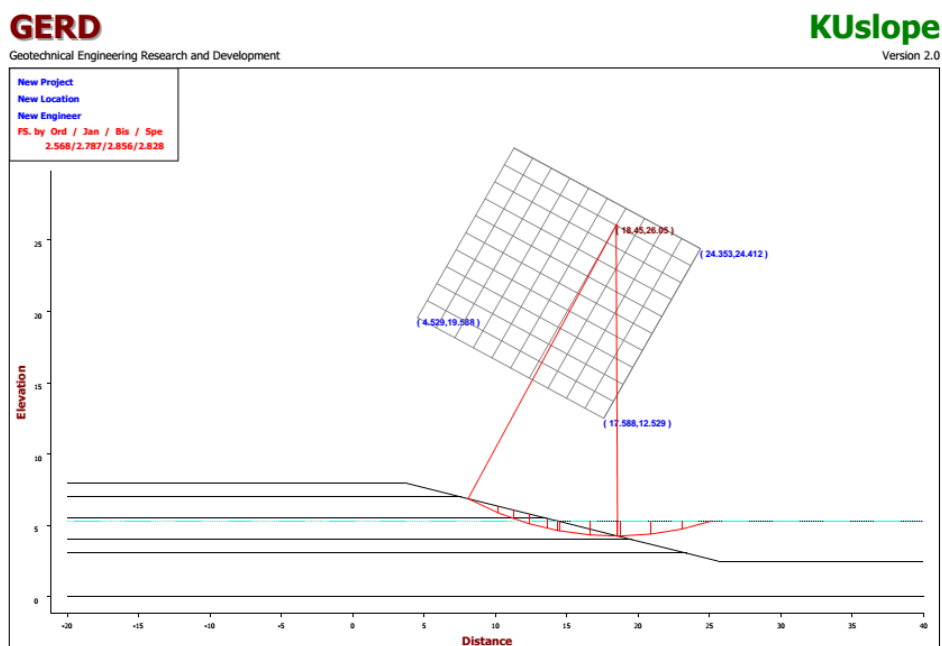
ภาพผนวกที่ จ1 ผลการวิเคราะห์ห้ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดคั้งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



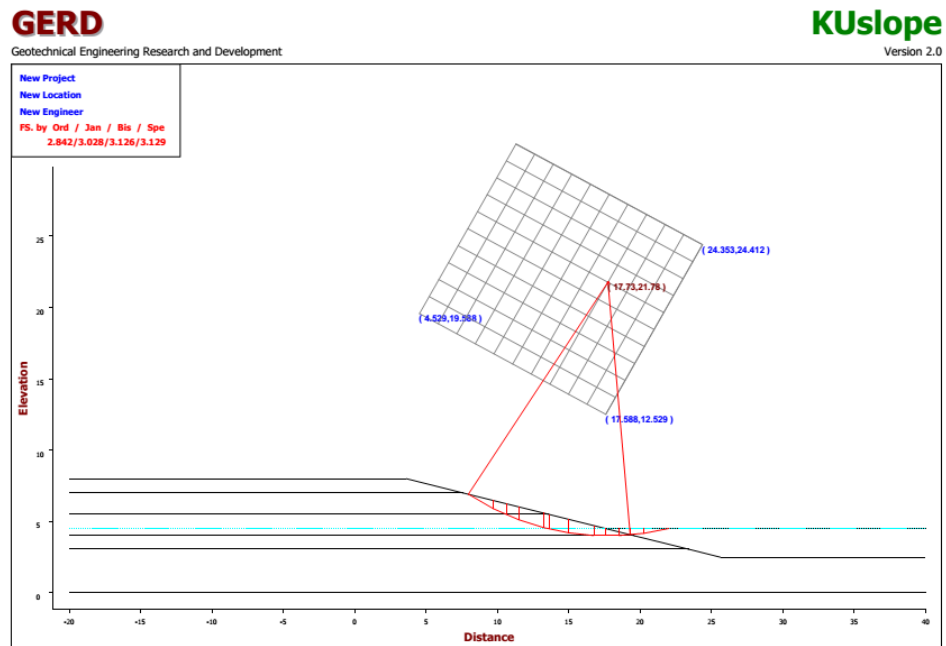
ภาพผนวกที่ จ2 ผลการวิเคราะห์ห้ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดคั้งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%



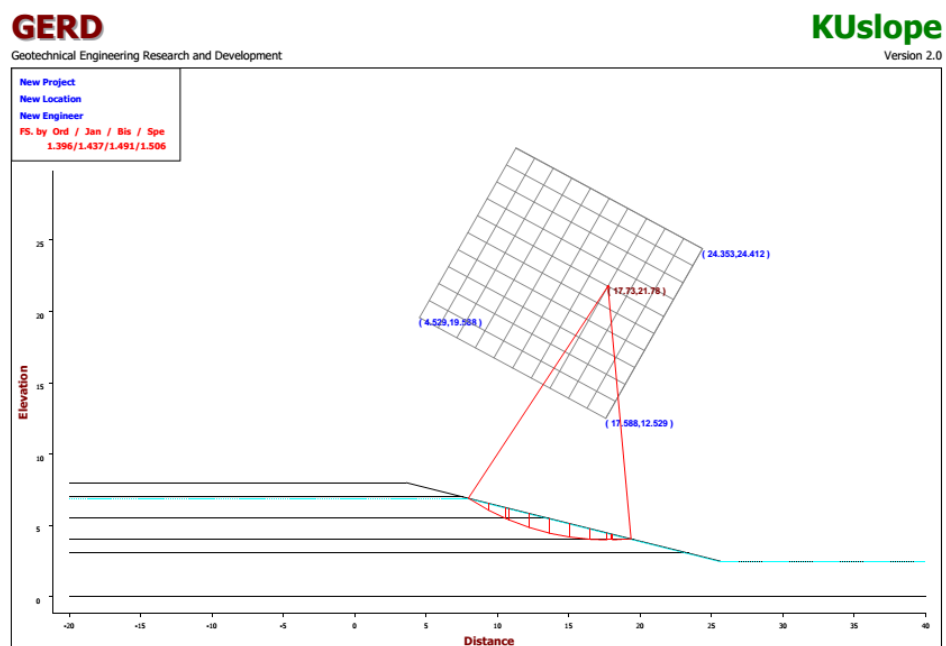
ภาพผนวกที่ จ3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%



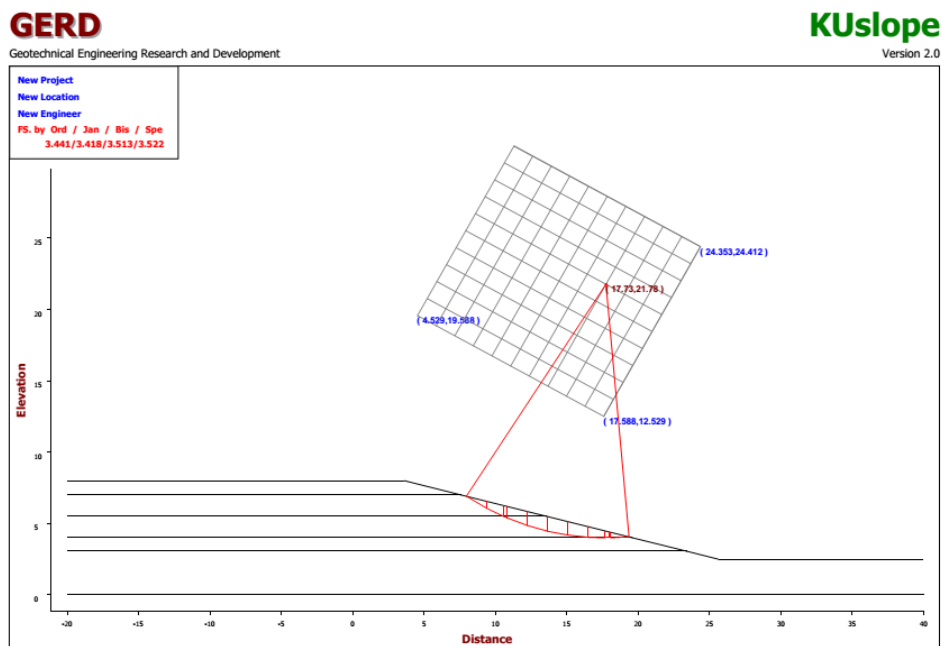
ภาพผนวกที่ จ4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%



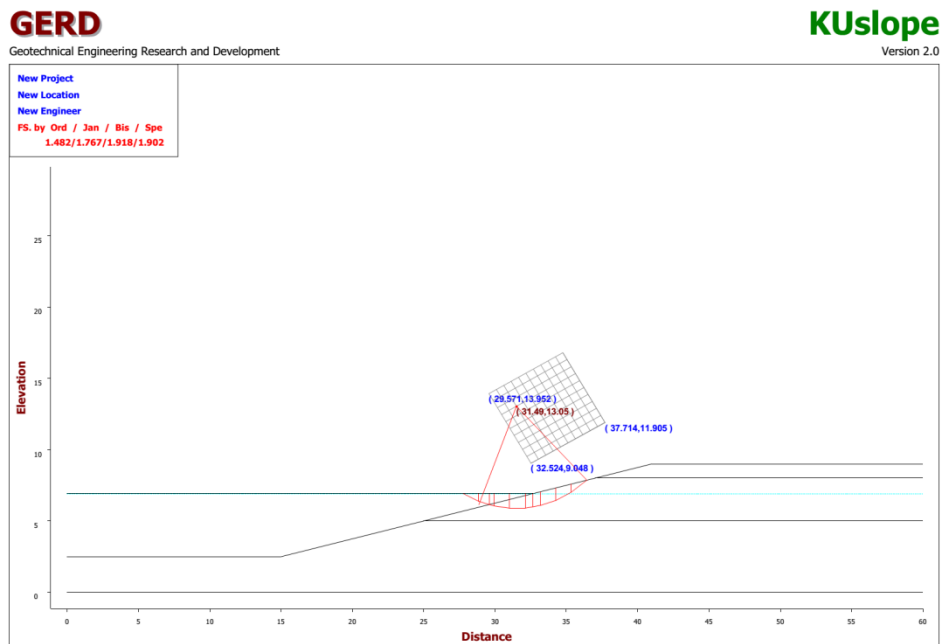
ภาพผนวกที่ ๑5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย
บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%



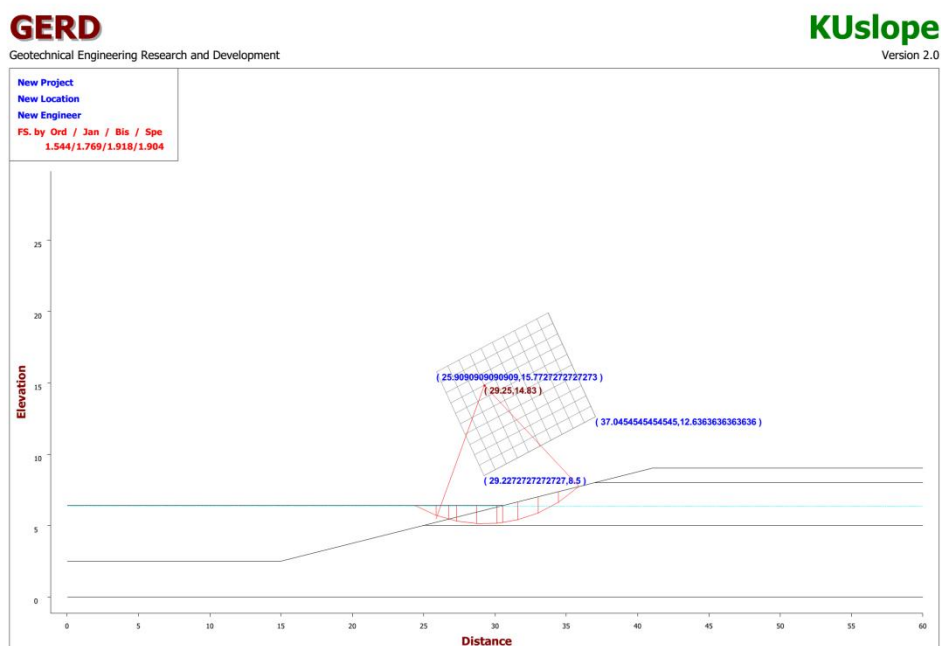
ภาพผนวกที่ ๑๖ ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพิบัติด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย
บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว



ภาพผนวกที่ ๖7 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย
บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีสร้างเสร็จใหม่



ภาพผนวกที่ จ8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



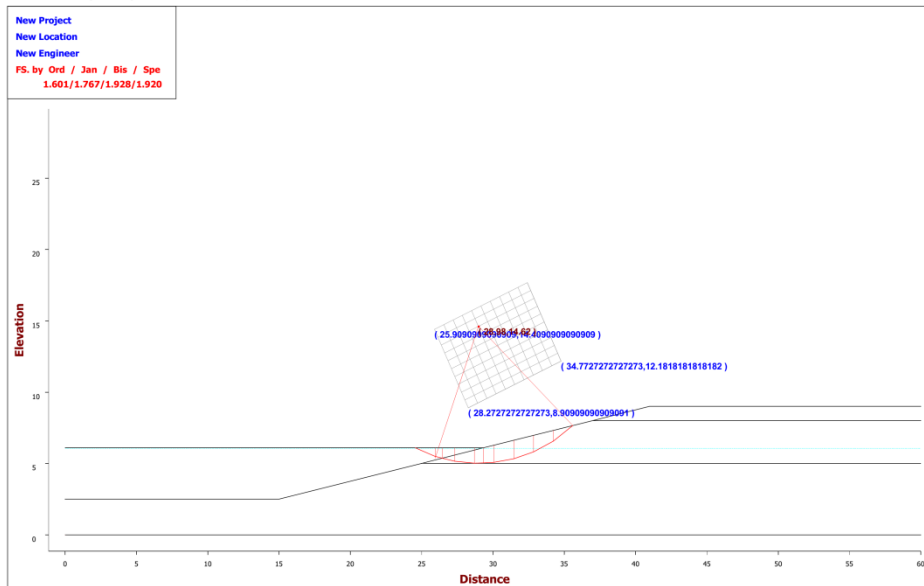
ภาพผนวกที่ จ9 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%

GERD

Geotechnical Engineering Research and Development

KUslope

Version 2.0



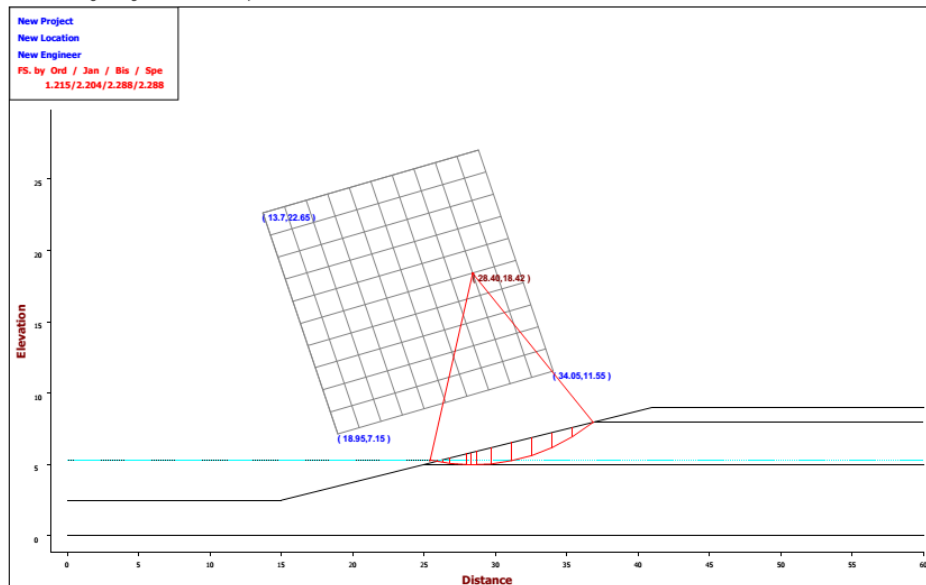
ภาพผนวกที่ จ10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%

GERD

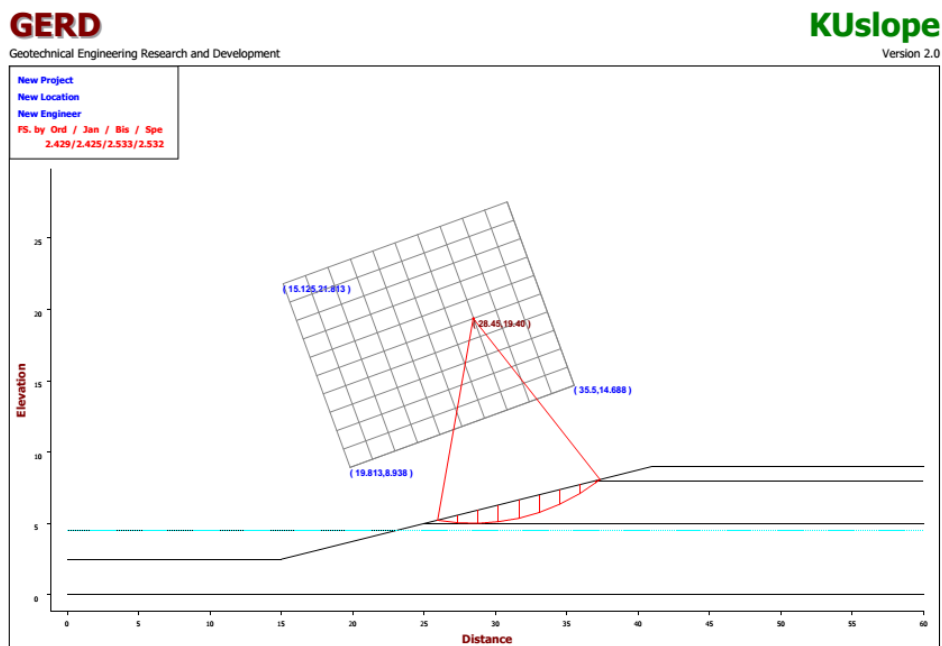
Geotechnical Engineering Research and Development

KUslope

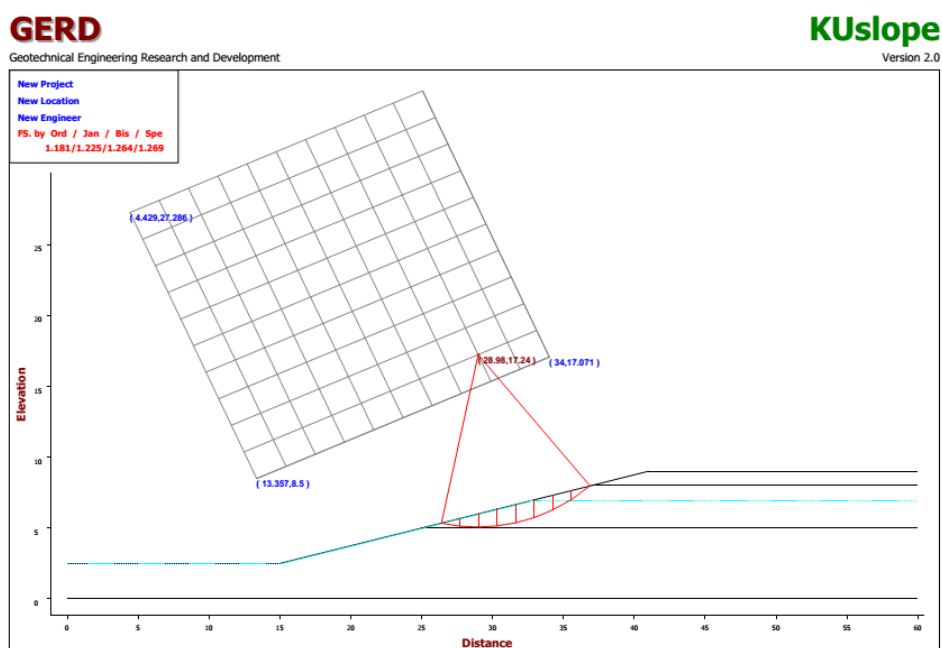
Version 2.0



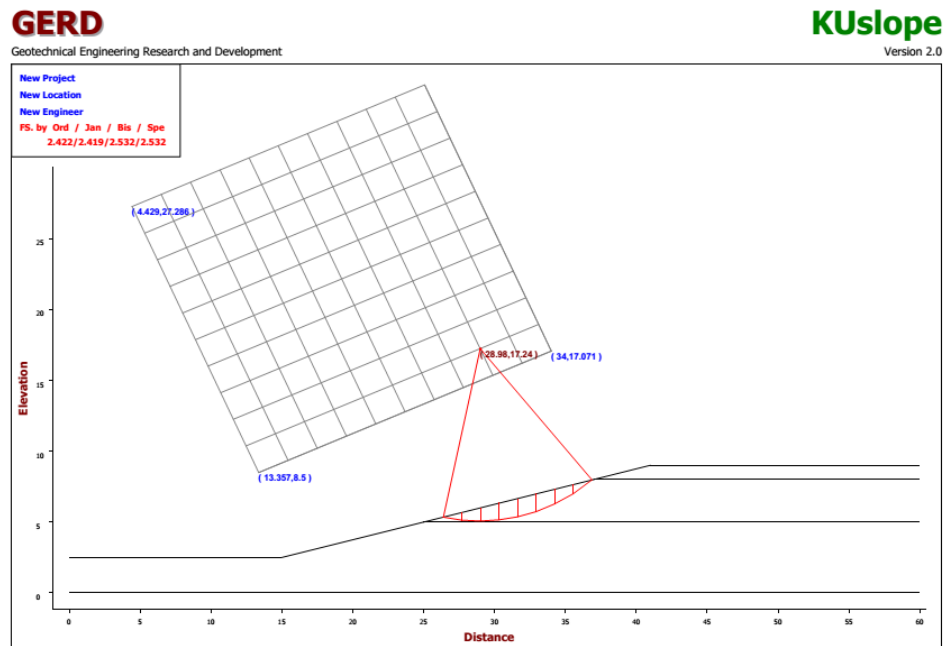
ภาพผนวกที่ จ11 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%



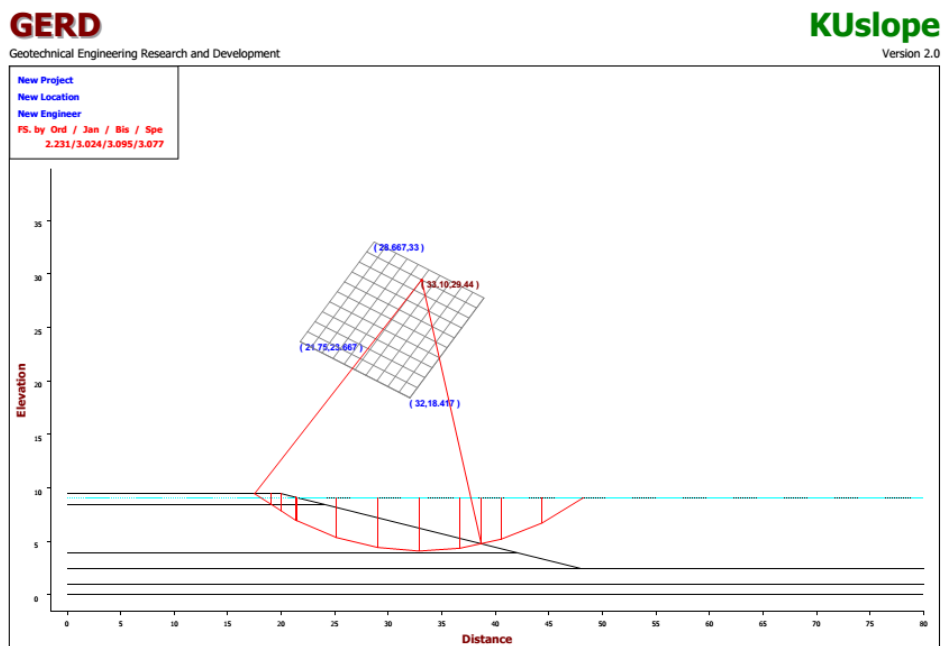
ภาพผนวกที่ จ12 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%



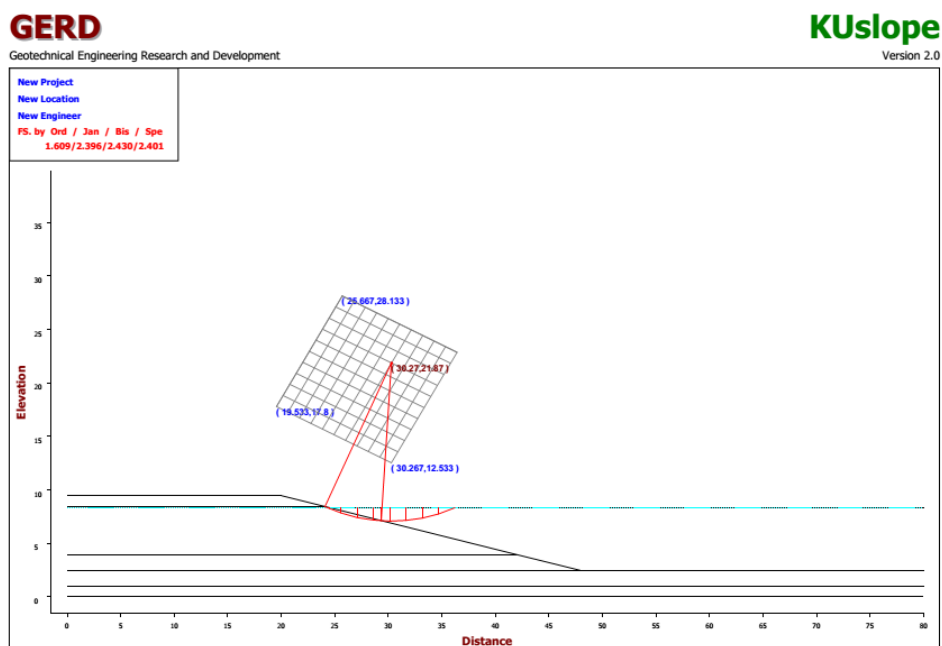
ภาพผนวกที่ จ13 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว



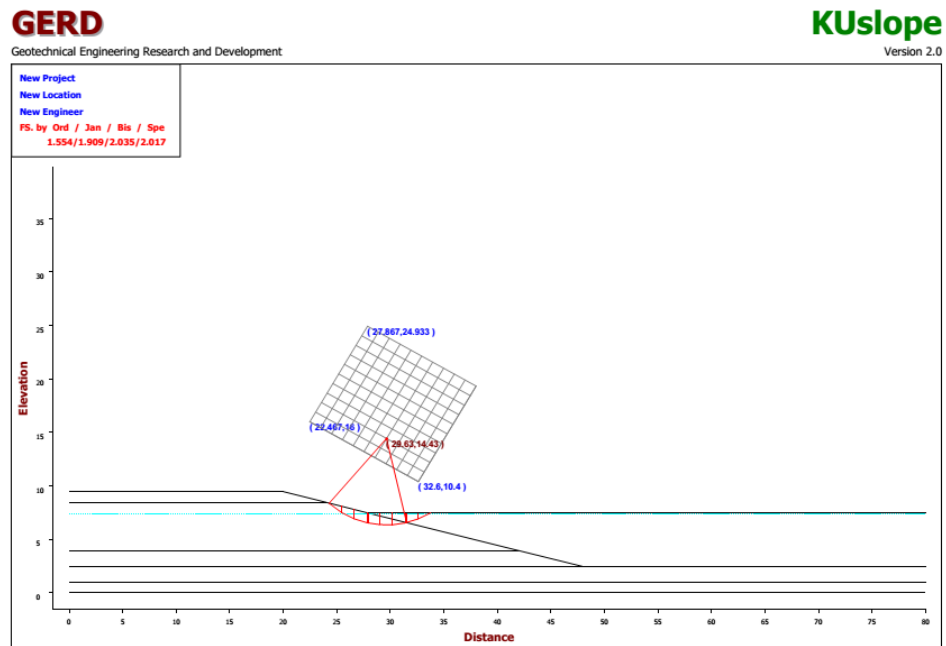
ภาพผนวกที่ จ14 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านท่ามะขามกรณีสร้างเสร็จใหม่



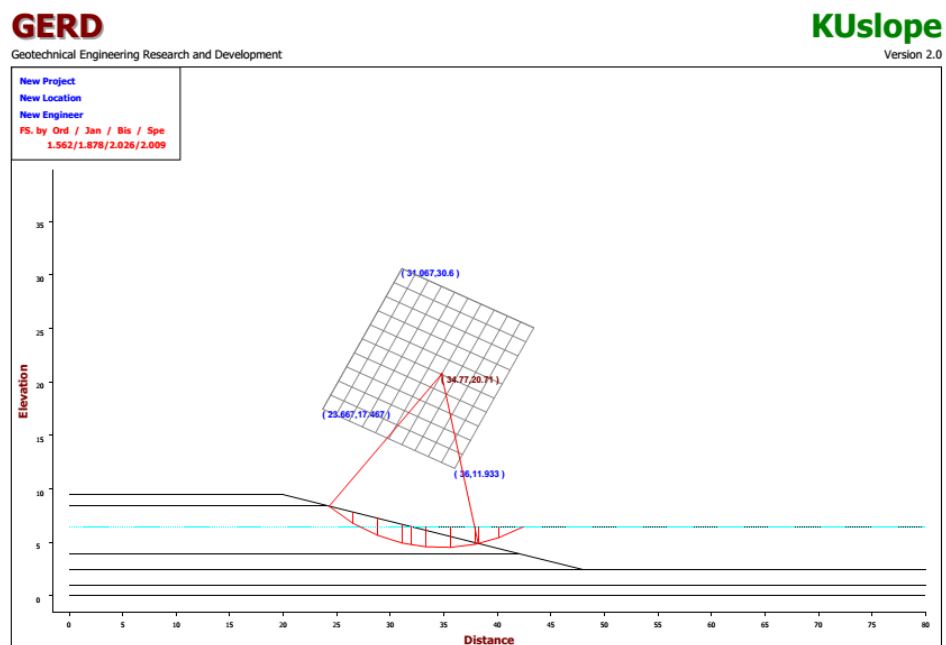
ภาพผนวกที่ จ15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



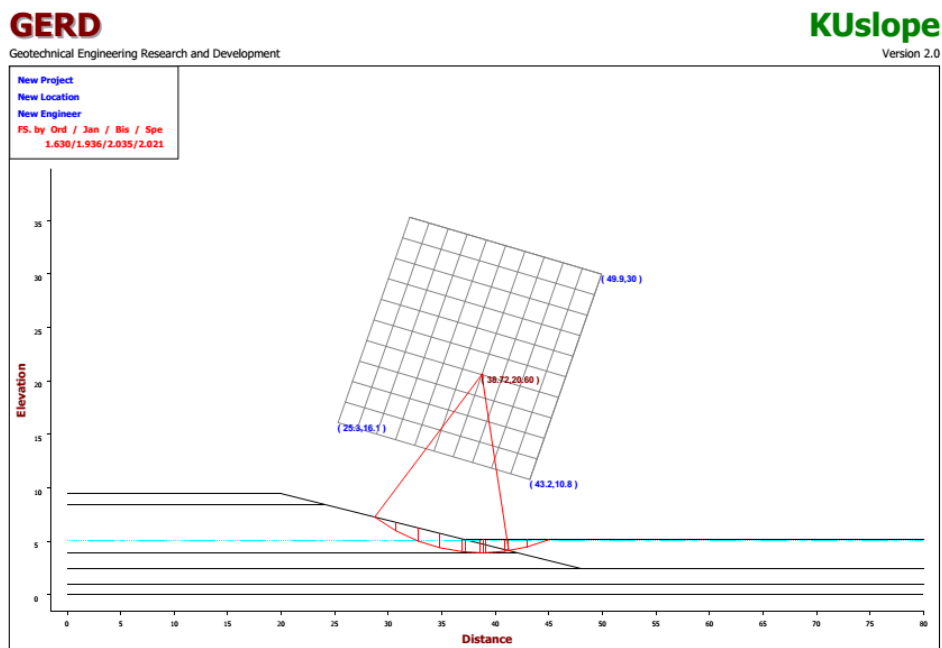
ภาพผนวกที่ จ16 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%



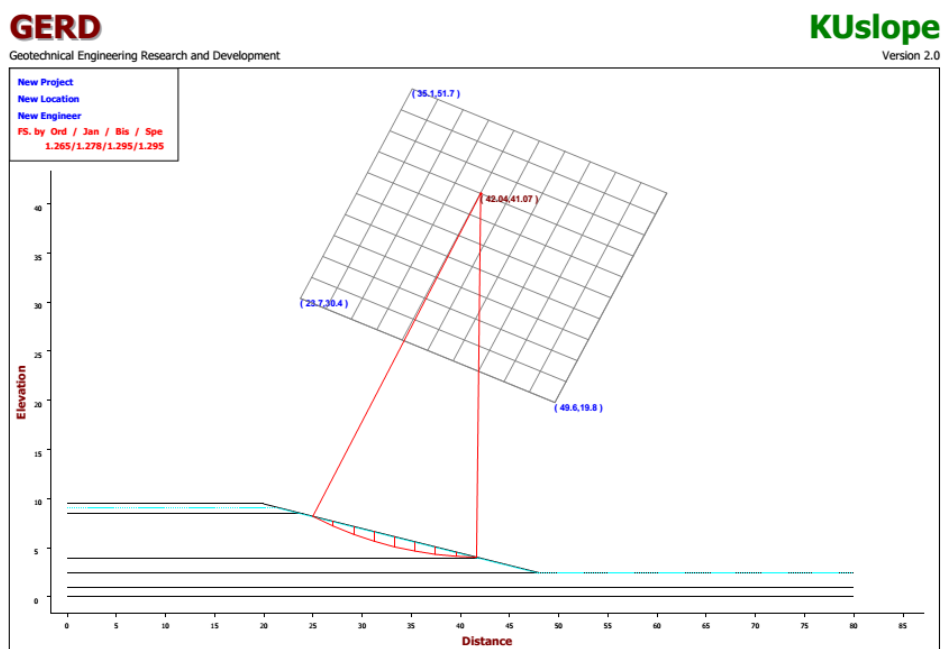
ภาพผนวกที่ จ17 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%



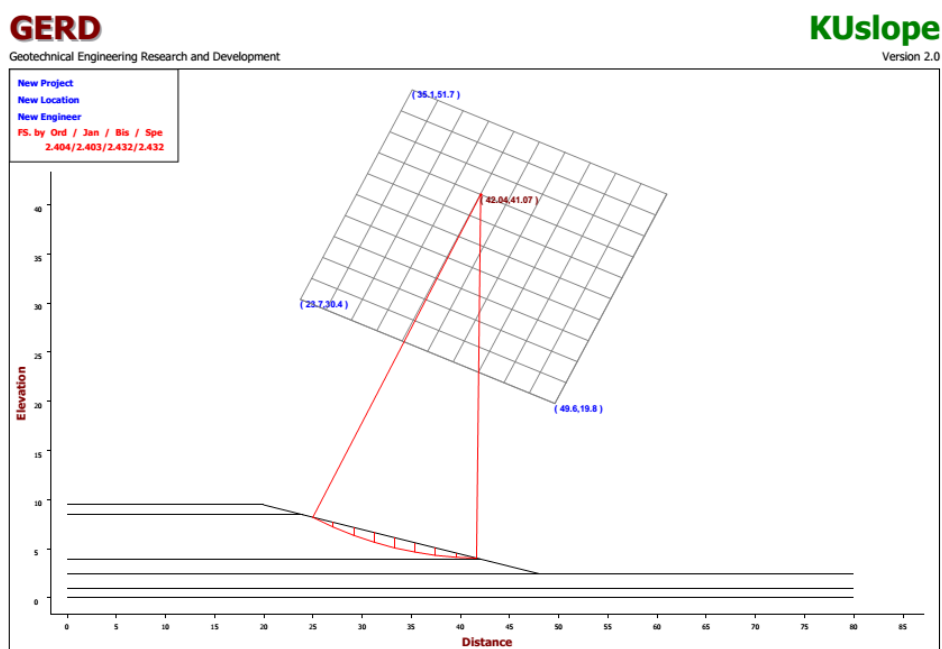
ภาพผนวกที่ จ18 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%



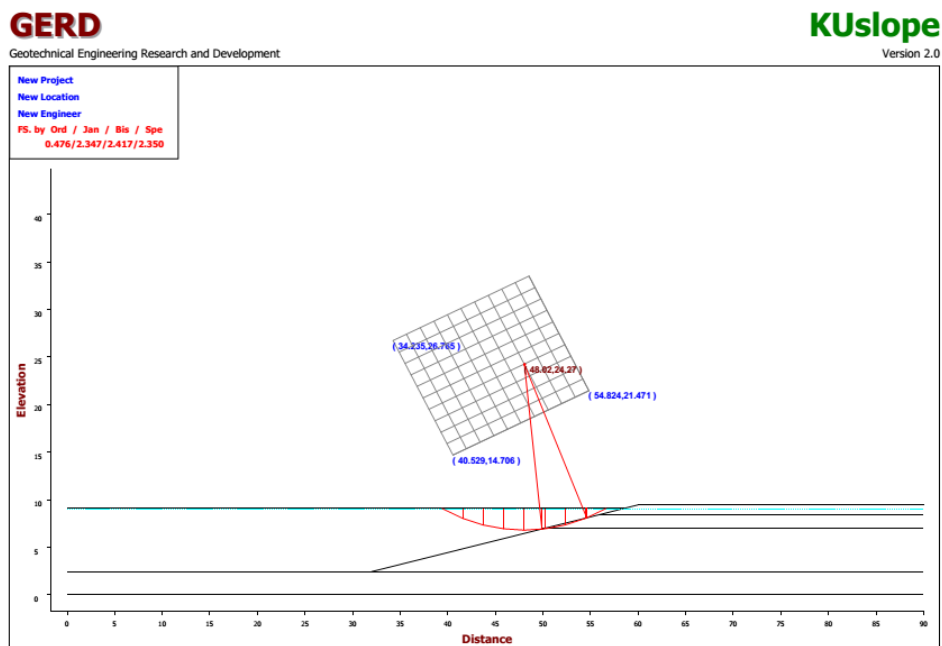
ภาพผนวกที่ จ19 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%



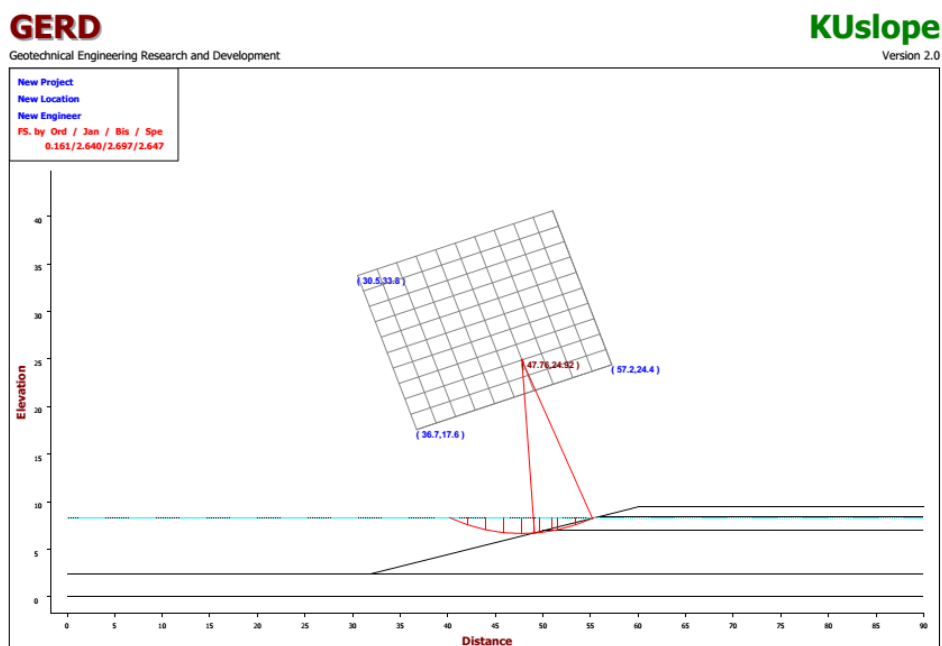
ภาพผนวกที่ จ20 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว



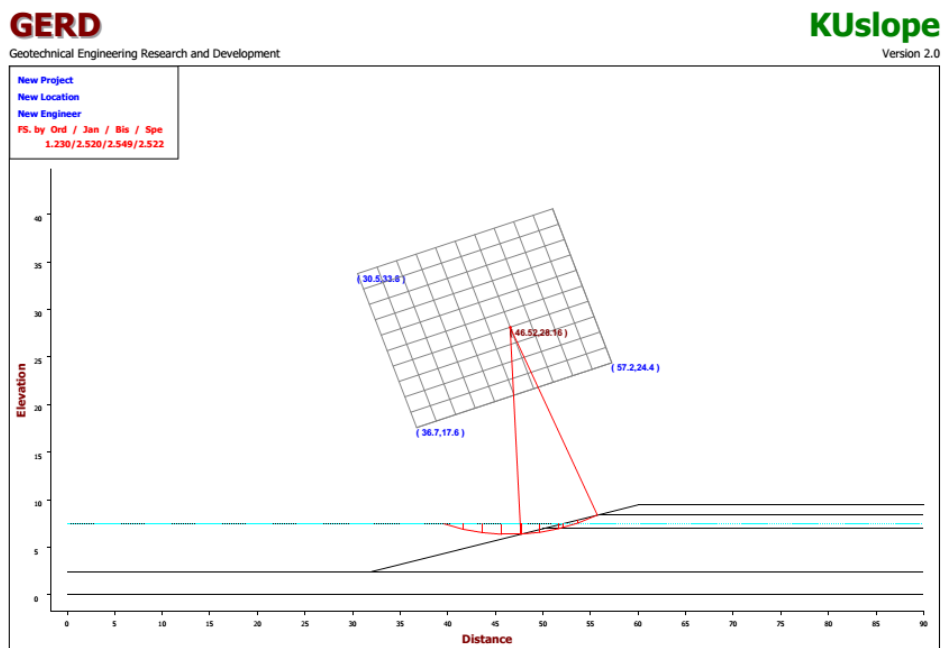
ภาพผนวกที่ จ21 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งซ้าย
บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีสร้างเสร็จใหม่



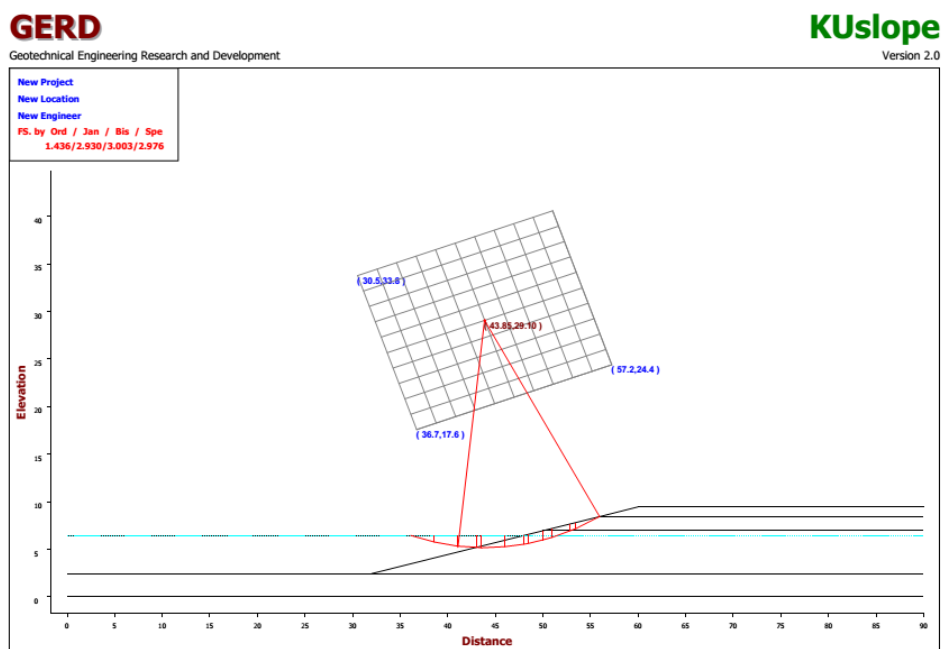
ภาพผนวกที่ จ22 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 100%



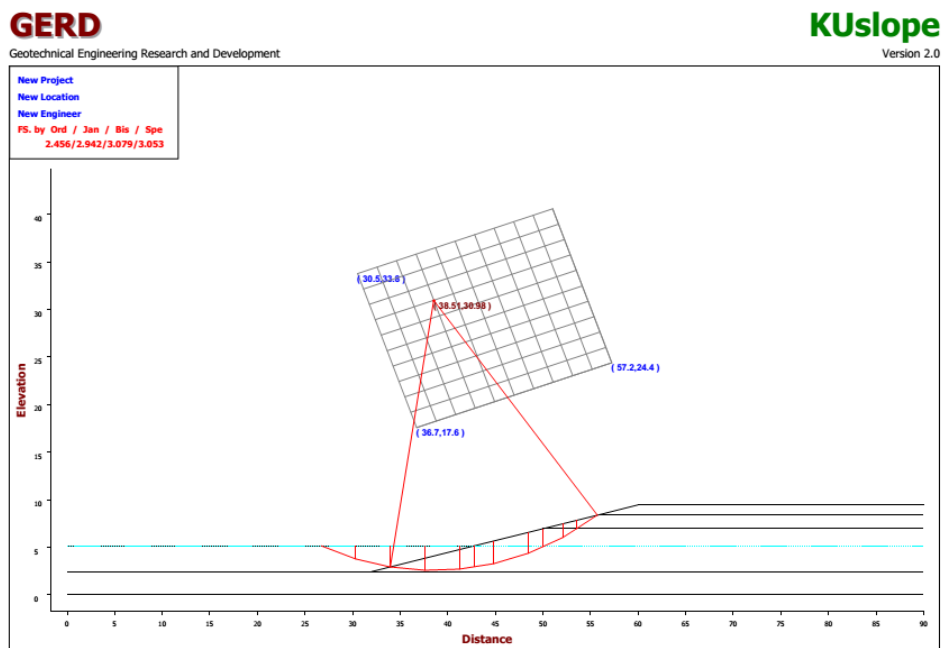
ภาพผนวกที่ จ23 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 80%



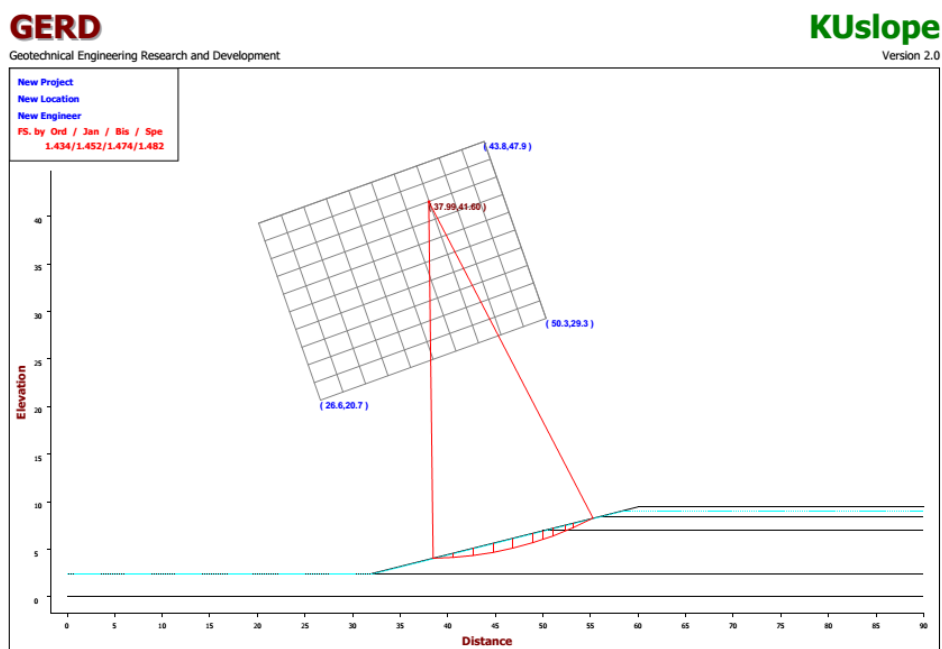
ภาพผนวกที่ จ24 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 60%



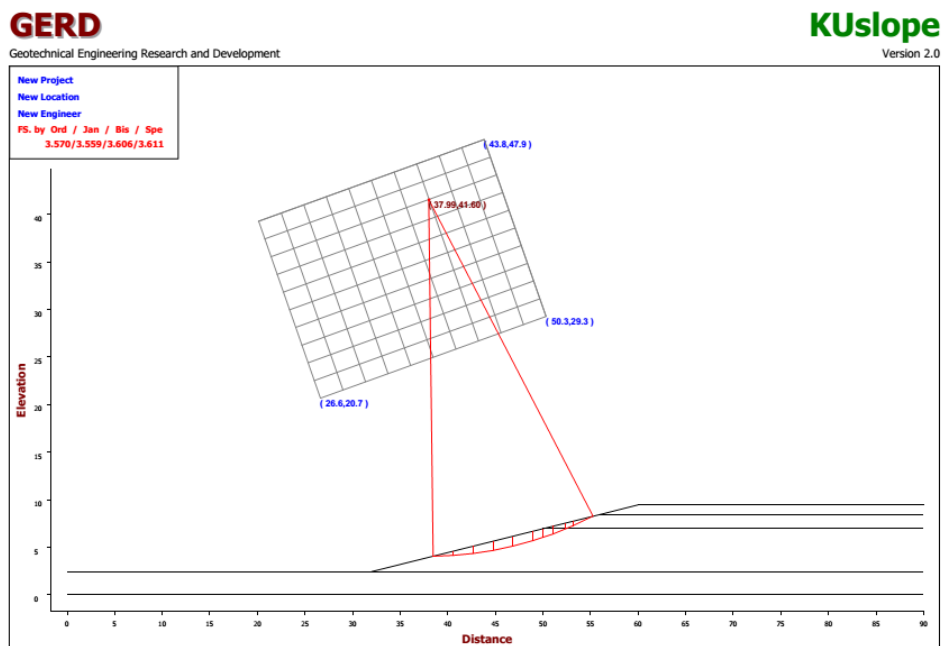
ภาพผนวกที่ จ25 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 40%



ภาพผนวกที่ จ26 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำที่อัตราการไหล 20%



ภาพผนวกที่ จ27 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขวา บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว



ภาพผนวกที่ จ28 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายด้วยโปรแกรม KUSlope ลาดตลิ่งฝั่งขา
บริเวณฝายบ้านกล้วยกรณีสร้างเสร็จใหม่

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายอิทธิพล พิทักษ์

เกิดวันที่ 5 กรกฎาคม 2525

สถานที่เกิด จังหวัดมหาสารคาม

ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมชลประทาน) ปี พ.ศ.2548 วิทยาลัยการชลประทาน
สถาบันสมทบ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) ปี พ.ศ.2549 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 7 เลขที่ 195 หมู่ 4 ถนนห้วยไผ่ - น้ำพุ
ตำบลห้วยไผ่ อำเภอเมืองราชบุรี จังหวัดราชบุรี รหัสไปรษณีย์ 70000

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -