



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่ง
ทะเลตะวันออก

Application of Mathematical Model for Forecasting the Discharge of Eastern Coast Basin

นามผู้วิจัย นายอภิชาติ ศรีสุพรรณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์ธานี มนต์ไทรเวศย์, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์มงคล ดำรงค์ศรี, Dr.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล
ตะวันออก

Application of Mathematical Model for Forecasting the Discharge of Eastern Coast Basin

โดย

นายอภิชาติ ศรีสุพรรณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2550

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุวัฒน์ จิตตลดากร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ธานี มนต์ไทรเวศย์ กรรมการสาขาวิชาเอก อาจารย์มิ่งกล คำรงค์ศรี กรรมการสาขาวิชารอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤษณะ ไวยมัย อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมได้เป็นอย่างดี และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิต และเจ้าหน้าที่ศูนย์สารสนเทศ เจ้าหน้าที่สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน เจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมิวิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาข้อมูลและเอกสารอ้างอิงต่างๆจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ความสำเร็จและคุณค่าของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณความดีและประโยชน์ที่จะได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ แต่ บิดา มารดา ครอบครัว ที่ช่วยสนับสนุนและให้โอกาสทางการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงได้

อภิชาติ ศรีสุพรรณ

มีนาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการศึกษา	2
การตรวจเอกสาร	3
ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	3
ระบบแหล่งน้ำลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	14
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
แบบจำลองทางอุทกวิทยา	35
แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	37
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	40
วิธีการ	40
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	59
ผล	59
วิจารณ์	74
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก ตารางประกอบการตรวจเอกสาร	78
ภาคผนวก ข ตารางสรุปค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of Channel flow)	93
ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อย	104
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การกระจายพื้นที่ของแต่ละจังหวัดในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	3
2	สรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศ	4
3	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก	15
4	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำประแสร์	16
5	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำคลองวัง โตนด	17
6	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี	18
7	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่น้ำตราด	19
8	ที่ตั้งตำแหน่งและช่วงข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก	43
9	ที่ตั้งตำแหน่งและช่วงข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก	45
10	ชนิดดินทางอุทกศาสตร์(HSG's)และค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า(CN)รายอำเภอ	47
11	การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกและความยาวลำ น้ำ	49
12	การแบ่งน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ใน HEC-HMS	51
13	การกำหนดสถานีวัดน้ำท่าในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ HEC-HMS	55
14	ข้อจำกัดของตัวแปรของแบบจำลองต่างๆในโปรแกรม HEC-HMS	56
15	สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองการสูญเสีย (Loss Model)	60
16	สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองน้ำท่าที่ไหลบนดิน (Models of direct runoff)	61
17	สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)	62
18	สรุปปริมาณน้ำท่าที่จุดออก Outlet ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความลึกน้ำท่าที่หมายเลขโค้งน้ำท่า	79
2	การจัดระดับความชื้นก่อนหน้า(AMC)ของพื้นที่ตามวิธีของ SCS	79
3	ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความชื้นก่อนหน้า(AMC)	80
4	ค่าโค้งหมายเลขน้ำท่า (CN) สำหรับพื้นที่ต่างๆ	81
5	การจำแนกลักษณะความแตกต่างระดับความสูงของพื้นที่	87
6	ชุดดินทางอุทกศาสตร์	87
7	หน่วยแผนที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน	88
8	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับ Unit peak discharge	90
9	การสูญเสียเริ่มแรก	91
10	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's) สำหรับ Sheet Flow	92
11	ค่าปรับแก้กรณีมีบ่อน้ำและหนองน้ำกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่รับน้ำ	92
12	สรุปค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)	94
13	ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อย	105

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกและลำน้ำสาขาหลักที่สำคัญ	5
2	แสดงทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	9
3	แสดงเส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	11
4	แสดงการแพร่กระจายเป็นรายเดือนของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อย	12
5	แสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	13
6	แสดงรูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำในแบบจำลอง HEC-HMS	21
7	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Snyder	27
8	กราฟ Initial Baseflow Recession	29
9	กราฟ Recession with Multiple Runoff Peaks	30
10	การไหลด้านข้างแบบ Wedge Storage	32
11	แผนผังวิธีการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	41
12	แสดงหน้าจอ โปรแกรม HEC-HMS ในโหมด Project Definition	46
13	แสดงหน้าจอ โปรแกรม HEC-HMS ในโหมด Basin Model	46
14	แสดงการนำเข้าข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนสำหรับโหมด Meteorologic	51
15	แสดงการแบ่งน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโดยวิธีทีนเอสเซนโพลีกอน	52
16	แสดงการบันทึกข้อมูล CN เฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อย	54
17	Schematic แสดงขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง	57
18	แสดงตัวอย่างหน้าจอ Optimization Manager การปรับเทียบ Parameter	58
19	กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.11	63
20	แสดงกราฟที่ทำการปรับเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.11	64
21	กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.18	65
22	แสดงกราฟที่ทำการปรับเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.18	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.15	67
24	แสดงกราฟที่ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.15	68
25	กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.38	69
26	แสดงกราฟที่ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.38	70

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่ง ทะเลตะวันออก

Application of Mathematical Model for Forecasting the Discharge of Eastern Coast Basin

คำนำ

ในปัจจุบันปัญหาเร่งด่วนของการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำ ตลอดจนการบริหารการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออก ที่ความต้องการใช้น้ำมีเพิ่มมากขึ้น ในแผนพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งรัฐบาลได้กำหนดให้เป็นฐานอุตสาหกรรมหลักและประตูเศรษฐกิจใหม่ของประเทศในแผนพัฒนาระยะแรก ดังนั้นพื้นที่เขตจังหวัด ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง จึงมีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจชุมชนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้เกิดความต้องการใช้น้ำด้านชุมชน ด้านอุตสาหกรรมที่สูงขึ้น และต้องมีการป้องกันอุทกภัยในพื้นที่

แผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำ ภาคตะวันออก ครอบคลุมจังหวัดในภาคตะวันออกทั้งหมด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว และครอบคลุมลุ่มน้ำประทุน 4 ลุ่มน้ำในภาคตะวันออก ได้แก่ ลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาป และชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งในการศึกษานี้จะกล่าวถึงลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ในการวางแผนนโยบายและแผนการพัฒนาแหล่งน้ำ จึงจำเป็นต้องทราบถึงศักยภาพของลุ่มน้ำนั้นๆ เพื่อนำมาจัดทำแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำ การวางโครงการทั้งในระยะสั้นและระยะยาวและการพิจารณาความเหมาะสมโครงการ ซึ่งการศึกษาทางด้านอุทกวิทยามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับงานวิศวกรรมของงานเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และฝาย จึงจะต้องดำเนินการศึกษาก่อนการออกแบบอาคารชลศาสตร์เพื่อให้ทราบปริมาณน้ำรวมทั้งปีที่จะไหลลงมายังอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำในเขตพื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จะเกิดขึ้น

ในการศึกษานี้ จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุดรายปีเฉลี่ยกับขนาดของพื้นที่รับน้ำฝน ในลักษณะกราฟที่แสดงการผันแปรของปริมาณน้ำตามเวลาที่ผ่านไปหรือกราฟน้ำท่า (Hydrograph) ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยแบบจำลอง

คณิตศาสตร์ HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) ที่มีความสามารถในการนำเสนอเป็นรูปลักษณะรูปภาพของกราฟทำให้เข้าใจถึงโครงข่ายได้ง่ายซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-1 (Flood Hydrograph Package) และแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-GeoHMS (Geospatial Hydrologic Modeling Extention) ซึ่งใช้เป็น Pre Processor เพื่อเตรียมข้อมูลที่ใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่ากราฟน้ำท่า (Hydrograph)

วัตถุประสงค์

1. ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน จากข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา และข้อมูลชลศาสตร์ของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำย่อย กับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำท่าในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
3. วิเคราะห์สภาพกราฟน้ำท่า (Hydrograph) เพื่อใช้ทำนายสภาพปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ขอบเขตการศึกษา

1. รวบรวมและทบทวนผลการศึกษากลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ในส่วนที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา ปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และข้อมูล GIS ของพื้นที่รับน้ำฝนในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ตลอดจนข้อมูลจำเพาะของพื้นที่และลักษณะเฉพาะทางเรขาคณิตของอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกที่แบบจำลองคณิตศาสตร์กำหนด
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟน้ำท่าบริเวณจุดออก (Outlet Hydrograph) ของกลุ่มน้ำย่อยในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS
4. ประเมินผลและเปรียบเทียบมาตรฐานกราฟน้ำท่า (Hydrograph) ของกลุ่มน้ำย่อยในเขตกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS เพื่อใช้ทำนายปริมาณน้ำที่กำลังจะเกิดในอนาคต

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกครอบคลุมพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 13,830 ตร.กม. ภายในกลุ่มน้ำมีลำน้ำหลายสาย แต่ละสายไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยอิสระต่อกันทำให้สามารถแบ่งกลุ่มน้ำย่อยๆ ได้ถึง 12 กลุ่มน้ำ ประกอบด้วยกลุ่มน้ำชลบุรี กลุ่มน้ำระยองตะวันตก กลุ่มน้ำคลองใหญ่ กลุ่มน้ำระยองตะวันออก กลุ่มน้ำประแสร์ กลุ่มน้ำพังราด กลุ่มน้ำคลองวังโตนด กลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี กลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ กลุ่มน้ำตราด ตะวันตก และกลุ่มน้ำตราดตะวันออก โดยมีพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 832.1 802.5 1,804.0 501.0 2,175.5 439.9 1,839.1 1,722.0 954.9 1,652.6 และ 625.4 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และมีพื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดชลบุรี 2,402.14 ตร.กม. ระยอง 3,856.69 ตร.กม. จันทบุรี 4,726.79 ตร.กม. ตราด 2,834.86 ตร.กม. และฉะเชิงเทรา 9.51 ตร.กม. ดังตารางที่ 1

ลำน้ำสายหลักของแต่ละกลุ่มน้ำย่อยไหลลงสู่อ่าวไทยด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของกลุ่มน้ำ บริเวณด้านหน้า และด้านตะวันออกเป็นที่ราบสูงสลับภูเขาสูงและแนวเทือกเขาซึ่งเป็นต้นน้ำของแม่น้ำสายหลักต่างๆ บริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำมีแนวเทือกเขาสูง ภูเขาสูง และที่ราบสูงสลับอยู่เป็นแนวแบ่งเขตกลุ่มน้ำย่อย พื้นที่ส่วนที่เหลือมีความลาดเทจากทิศเหนือลงสู่แนวชายฝั่งทะเลด้านทิศใต้ ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 การกระจายพื้นที่ของแต่ละจังหวัดในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

กลุ่มน้ำย่อย	รหัส กลุ่มน้ำ	พื้นที่กลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	พื้นที่กลุ่มน้ำแยกรายจังหวัด, ตร.กม.				
			ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ระยอง	จันทบุรี	ตราด
1. ชลบุรี	18.01	832.10	-	832.10	-	-	-
2. ระยองตะวันตก	18.02	802.50	-	491.34	311.16	-	-
3. คลองใหญ่	18.03	1,804.00	-	349.57	1,454.43	-	-
4. ระยองตะวันออก	18.04	501.00	-	-	501.00	-	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลุ่มน้ำย่อย	รหัสลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	พื้นที่ลุ่มน้ำแยกรายจังหวัด, ตร.กม.				
			ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ระยอง	จันทบุรี	ตราด
5. แม่น้ำประแสร์	18.05	2,175.60	0.24	726.62	1,446.43	2.31	-
6. แม่น้ำพังราด	18.06	439.90	-	-	141.68	298.22	-
7. คลองวังโตนด	18.07	1,839.10	9.27	2.51	1.99	1,825.32	-
8. แม่น้ำจันทบุรี	18.08	1,722.00	-	-	-	1,722.00	-
9. แม่น้ำเวฬุ	18.09	954.90	-	-	-	668.96	285.94
10. ตราดตะวันตก	18.10	480.90	-	-	-	-	480.90
11. แม่น้ำตราด	18.11	1,652.60	-	-	-	209.97	1,442.63
12. ตราดตะวันออก	18.12	625.40	-	-	-	-	625.40
รวม		13,830.00	9.51	2,402.14	3,856.69	4,726.79	2,834.86

1.2 สภาพภูมิอากาศ

สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีจำนวนทั้งสิ้น 7 สถานี ได้แก่ สถานีชลบุรี พัทยา สัตหีบ เกาะสีชัง ระยอง จันทบุรี และคลองใหญ่ ซึ่งสามารถสรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศ

ตัวแปรภูมิอากาศ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่าเฉลี่ยรายเดือน
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.9-28.2
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	72.0-80.0
เมฆปกคลุม	(0-10)	5.8-7.0
ความเร็วลมเฉลี่ย	น็อต	1.5-5.7
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ	มิลลิเมตร	1,526.3-1,839.8

1.3 ลักษณะอุทกธรณีวิทยา

ลักษณะอุทกธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก พื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 81 ประกอบด้วย หินแข็ง (Consolidated rocks) และพื้นที่ส่วนที่เหลือร้อยละ 19 ประกอบด้วยหินร่วน (Unconsolidated rocks) ทั้งหินแข็งและหินร่วนสามารถเก็บกักน้ำได้เล็กน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างที่มีอยู่ในเนื้อหินและความต่อเนื่องของช่องว่างนั้น ที่น้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมลงไปเก็บกักอยู่ได้

หินร่วน ประกอบด้วย ดินเหนียว ทราย และกรวด เป็นตะกอนที่สะสมตัวโดยน้ำจาก แม่น้ำลำธารพัดพามา (Alluvial sediments) หรือเกิดจากตะกอนที่สะสมโดยน้ำทะเล (marine sediments) ส่วนใหญ่เป็นตะกอนเม็ดหยาบ ถ้าตะกอนดังกล่าวมีขนาดเท่าๆ กันและมีความกลมมลดี ก็จะมีช่องว่างมากเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดี ในบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกมีตะกอนหินร่วนที่สำคัญ ได้แก่ ตะกอนหินร่วนกลุ่มน้ำหลาก และตะกอนหินร่วนตะพักลำน้ำ

หินแข็ง หินแข็งในทางอุทกธรณีวิทยา หมายถึง หินทุกชนิดที่มีลักษณะการเกาะตัวกันเป็นเขาหินเป็นผาหิน โดยทั่วไปชั้นหินมีความหนาแน่นมากไม่มีช่องว่างที่จะเก็บกักน้ำไว้ได้ในเนื้อหิน แต่จะพบน้ำบาดาลในรอยแตก รอยเลื่อน รอยต่อระหว่างชั้นหินต่างชนิดกัน ดังนั้นหินชนิดเดียวกันไม่จำเป็นที่เจาะบ่อแล้วให้น้ำได้เท่ากันเสมอไป บ่อน้ำบาดาลบางแห่งอยู่ห่างกันไม่เกิน 200 เมตร บ่อหนึ่งได้น้ำมากแต่อีกบ่อหนึ่งอาจไม่ได้น้ำก็ได้

1.4 ลักษณะภูมิอากาศ

คณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ, 2527 กล่าวว่า สภาพภูมิอากาศของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกขึ้นอยู่กับระบบของลมที่สำคัญ คือ

1) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับฤดูหนาวทางซีกโลกเหนือ โดยปกติจะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ แต่บางปีอาจจะเลยไปจนถึงกลางเดือนมีนาคมได้ ช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้เป็นฤดูหนาวที่มีอากาศแห้งแล้งในประเทศไทย ยกเว้นทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกท้องฟ้าจะมีเมฆมากและมีฝนตามชายฝั่งทะเล ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือนี้มีแหล่งกำเนิดในประเทศจีนมีคุณสมบัติหนาวเย็นและค่อนข้างแห้ง ดังนั้นเมื่อพัดเข้าสู่ประเทศไทยจึงทำให้อุณหภูมิตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปลดลงเกือบทั่วไป และท้องฟ้าค่อนข้างโปร่งเป็นส่วนมาก

2) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ในมหาสมุทรอินเดีย จะเริ่มพัดตั้งแต่มิถุนายนไปจนถึงกลางเดือนตุลาคม ในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย เนื่องจากลมนี้ได้พัดเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและมีฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเลและตามเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่พื้นที่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยประมาณเดือนมิถุนายน ทำให้ฝนตกกระจายโดยทั่วไปตลอดระยะเวลาที่ลมมรสุมนี้พัดผ่าน และมีฝนตกหนักในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน โดยเดือนกันยายนจะเป็นเดือนที่มีฝนตกหนักที่สุดยกเว้นบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเดือนที่ฝนตกมากที่สุดคือ เดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม

นอกจากนี้ลมได้พัดและดีเปรสชันจะมีอิทธิพลทำให้ฝนตกมากและแผ่เป็นบริเวณกว้างในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงทิศทางลมที่พัดผ่านนำเอาฝนมาตกในประเทศไทยและมีรายละเอียดดังนี้

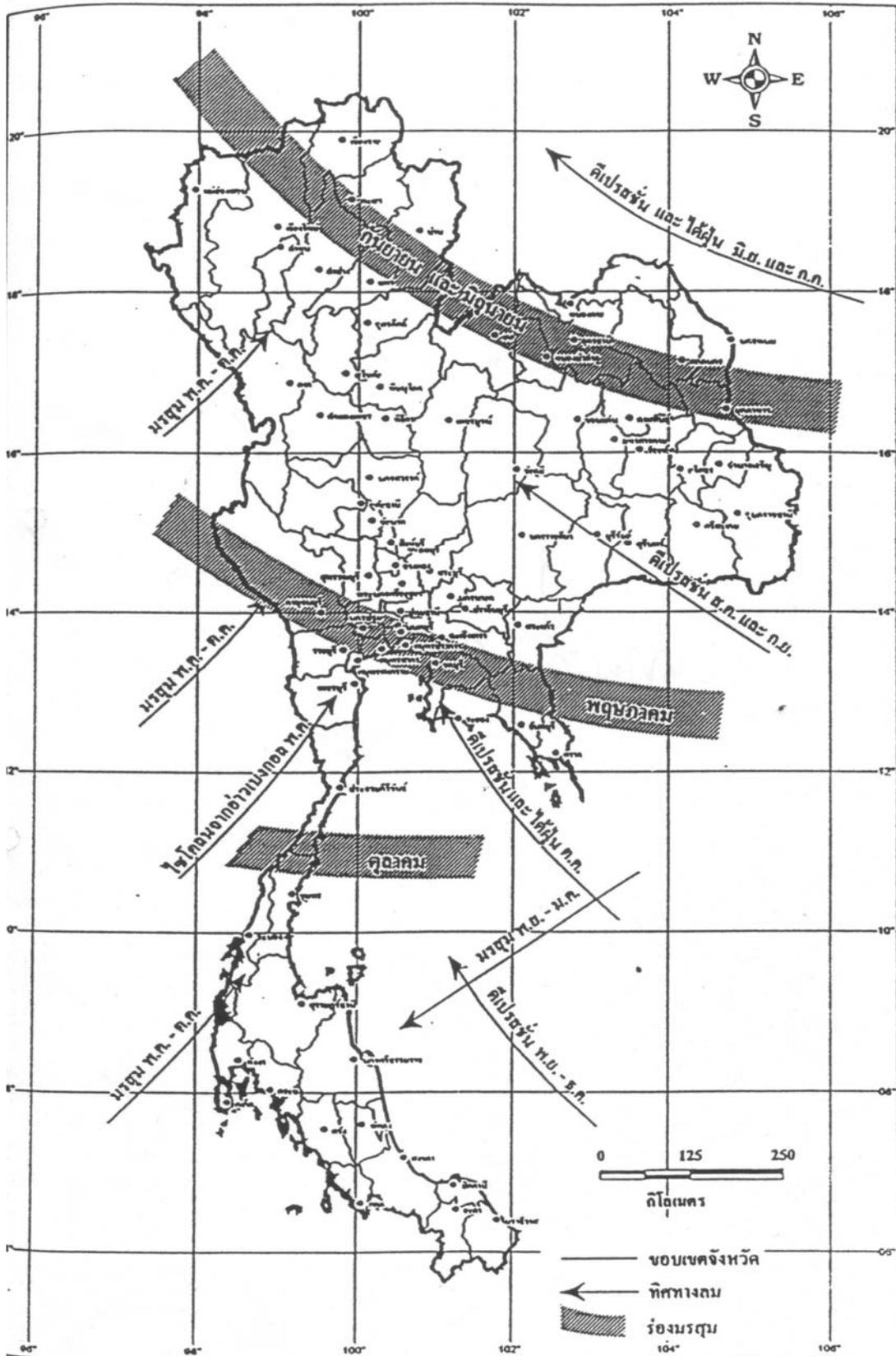
1) แนวปะทะโซนร้อนหรือร่องมรสุม (intertropical convergence zone หรือ monsoon trough) เป็นแนวปะทะของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้อากาศมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีฝนตกกระจายทั่วไปตามแนวปะทะ ลักษณะอากาศตอนบนของแนวปะทะจะมีอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีอากาศแห้งส่วนตอนล่างของแนวปะทะจะเป็นลมร้อนอากาศชื้นเพราะมาจากทะเล บริเวณใดที่แนวปะทะเคลื่อนผ่านจะมีฝนตก ปริมาณน้ำฝนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมทั้งสองชนิด ถ้าลมทั้งสองมีความรุนแรงจะบีบแนวปะทะ จะเป็นลมร้อนอากาศชื้นเพราะมาจากทะเล บริเวณใดที่แนวปะทะเคลื่อนผ่านจะมีฝนตก ปริมาณน้ำฝนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมทั้งสองชนิด ถ้าลมทั้งสองกำลังแรงไม่มากนัก แนวปะทะจะกว้างและมีฝนตกกระจายทั่วไปเป็นบริเวณกว้าง แนวการเคลื่อนที่ของแนวปะทะโซนร้อนจะเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ คือ ในช่วงฤดูร้อนแนวปะทะจะเคลื่อนขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ หลังจากฤดูร้อนแนวปะทะจะเคลื่อนที่ลงมาทางใต้

2) พายุหมุนเขตร้อน (tropical cyclone) ลมพายุที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยมาจากบริเวณทะเลจีนใต้และจากทะเลอันดามัน สำหรับพายุที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยมากที่สุดมาจากทะเลจีนใต้พายุที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ระหว่างเดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน แนวพายุที่เคลื่อนที่ผ่านจะค่อยๆ เคลื่อนลงมาตอนล่างของประเทศภาคกลางตอนล่างประมาณเดือนตุลาคมและถึงภาคใต้ประมาณเดือนพฤศจิกายนและ

เดือนธันวาคม พายุที่เคลื่อนตัวเข้าประเทศไทยโดยเฉลี่ยประมาณปีละ 3-4 ลูก ระยะเวลาที่เกิดลมพายุมักจะเกิดในช่วงปลายลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นช่วงต่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแหล่งกำเนิดของพายุเหล่านี้จะอยู่ในบริเวณน่านน้ำทะเลจีนใต้แล้วเคลื่อนเข้าสู่ฝั่งตะวันออกของทวีปเอเชีย ทำให้เกิดความเสียหายและอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งแนวทางการเดินทางของพายุฝนเหล่านี้จะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยได้ยาก เพราะมีแนวภูเขากั้น ทำให้พายุอ่อนตัวลงเป็นเพียงพายุดีเปรสชัน ทำให้เกิดฝนตกเป็นจำนวนมากและเกิดเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำฝนให้กับพื้นที่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 2

กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (2530) พายุหมุนเขตร้อนที่ผ่านเข้าประเทศไทยจากทางอ่าวเบงกอลซึ่งเรียกว่าพายุไซโคลน โดยทั่วไปเกิดจากการหักเหี้ยวหลังจากได้ขึ้นฝั่งทางตอนใต้ของประเทศพม่าแล้ว และจะเข้าประเทศทางบริเวณระหว่างอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก กับจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งพายุที่เข้าด้านนี้้น้อยมาก โดยปกติจะเกิด 1 ครั้งในทุก ๆ 6 ปี ถึง 8 ปี และมักจะเกิดในเดือนเมษายนเดือนพฤษภาคมหรือเดือนมิถุนายน และอีกครั้งในเดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายนหรือเดือนธันวาคม แต่น้อยมาก อย่างไรก็ตามพายุเหล่านี้จะอ่อนกำลังลงมากเมื่อเข้าสู่ประเทศไทย เพราะได้สูญเสียกำลังไปมากเมื่อผ่านภูเขาชายแดนระหว่างไทยกับพม่าไปแล้ว

พายุหมุนเขตร้อนที่เข้าสู่ทางภาคใต้ของประเทศ ซึ่งมีลักษณะเป็นแหลมยื่นออกไปสู่ทะเลจะได้รับพายุที่ก่อตัวแถบอ่าวไทยและปลายแหลมญวน โดยจะเคลื่อนเข้าสู่ชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้ในระยะเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม เนื่องจากชายฝั่งด้านนี้ไม่มีภูเขาสูงเป็นที่บังพายุ ดังนั้นเมื่อพายุผ่านเข้ามาในบริเวณน้ำทำให้ฝนตกหนักและต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง และมักจะทำให้เกิดความเสียหายได้มากทั้งชีวิตและทรัพย์สิน แต่โชคดีที่ความถี่ของการเกิดพายุลดลง เมื่อเข้าใกล้แถบศูนย์สูตร จึงไม่ปรากฏว่ามีพายุที่มีกำลังแรงขนาดพายุไต้ฝุ่นผ่านภาคใต้ของประเทศไทย ส่วนมากเป็นพายุที่มีกำลังแรงขนาดพายุดีเปรสชัน และมีอยู่เพียงสองครั้งเท่านั้นที่พายุดีเปรสชันที่เคลื่อนมานี้ทวีกำลังแรงเป็นพายุหมุนเขตร้อนพัดเข้าสู่ภาคใต้ ซึ่งตั้งรับลมพายุโดยตรงทำให้ฝนตกหนัก ลมพัดแรง น้ำท่วมฉับพลัน



ภาพที่ 2 แสดงทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

1.5 ปริมาณฝน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 72 สถานี จากข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่สถานีเหล่านี้ และจากสถานีข้างเคียงสามารถนำมาสร้างแผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ดังภาพที่ 3 ซึ่งพอสรุปได้ว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีค่าผันแปรประมาณ 1,100 มิลลิเมตร ทางทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำส่วนที่ติดกับทะเลอ่าวไทย จนถึงประมาณ 4,500 มิลลิเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ บริเวณอำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ในส่วนที่ติดต่อกับประเทศกัมพูชาประชาธิปไตย

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) มีค่า 1,726.72 มิลลิเมตร (86.52%) และในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) มีค่า 269.05 มิลลิเมตร (13.48%) รวมเฉลี่ยทั้งปี 1,995.77 มิลลิเมตร รวมจำนวนวันที่ฝนตกรายปีเฉลี่ยประมาณ 105.3 วัน และเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายเดือนของปริมาณฝน รายปีเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำย่อย แสดงใน ภาพที่ 4

1.6 ปริมาณน้ำท่า

สถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีจำนวนทั้งสิ้น 29 สถานีและพบว่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝน ดังภาพที่ 5 มีช่วงพิสัยระหว่างสถานี 7.38 – 127.95 ลิตร/วินาที/ตร.กม. และเฉลี่ยทั้งหมดมีค่า 40.71 ลิตร/วินาที/ตร.กม. ดังแผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในภาพที่ 5 และจากการประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำประธานและลุ่มน้ำย่อย โดยได้แบ่งลุ่มน้ำสาขาย่อยจำนวนทั้งสิ้น 329 ลุ่มน้ำ ซึ่งช่วงพิสัยของพื้นที่รับน้ำฝน มีค่า 0.30 – 475.40 ตร.กม. และจากปริมาณน้ำท่ารายเดือนสำหรับลุ่มน้ำสาขาย่อยมีค่าช่วงพิสัยปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝน 6.65 – 121.07 ลิตร/วินาที/ตร.กม.



ภาพที่ 3 แสดงเส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก



ภาพที่ 5 แสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำท่าทางชลสิทธิ์ต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

1.7 สภาพของดิน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีดินชนิดต่างๆ แพร่กระจายอยู่รวมทั้งหมด 28 ประเภทของกลุ่มดิน คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด 8,642,770 ไร่ ซึ่งส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทของกลุ่มดิน ไร้ มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ประเภท ของกลุ่มดินเป็นพื้นที่รวมทั้งหมด 7,640,140 ไร่ (88.40%) และส่วนที่เหลือจัดอยู่ในประเภทของกลุ่มดินนา มีจำนวนทั้งสิ้น 11 ประเภทของกลุ่มดินเป็นพื้นที่รวมทั้งหมด 930,100 ไร่ (10.76%) และมีแหล่งน้ำอีกเป็นพื้นที่ 72,530 ไร่ (0.84%)

กลุ่มดินไร้ที่โดยธรรมชาติเป็นป่าหรือใช้ปลูกพืชไร้ พืชผัก ไม้ผล และไม้ยืนต้น และกลุ่มดินนาที่โดยธรรมชาติในฤดูฝนใช้ปลูกข้าว และถ้ามีระบบชลประทาน ในฤดูแล้งสามารถใช้ดินแหล่งนี้ปลูกพืชได้อีก เช่น การทำนาปรัง การปลูกพืชไร่อายุสั้น และปลูกพืชผัก

2 ระบบแหล่งน้ำลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

กรมชลประทาน (2543) ได้แบ่งการศึกษาระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกออกเป็น พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ลุ่มน้ำระยองตะวันออก ประแสร์ พังราด คลองวังโตนด แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเวฬุ ตราดตะวันตก แม่น้ำตราด และตราดตะวันออก

2.1 บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก: ประกอบด้วย ลุ่มน้ำชลบุรี ลุ่มน้ำคลองใหญ่ และลุ่มน้ำระยองตะวันตก พื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำชลบุรี ลุ่มน้ำระยองตะวันตก และลุ่มน้ำคลองใหญ่ เท่ากับ 832.10 566.68 และ 1,804.00 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ มีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ย เท่ากับ 234.13 168.81 และ 553.60 ล้านลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำชลบุรี ลุ่มน้ำระยองตะวันตก และลุ่มน้ำคลองใหญ่ ออกเป็น 24 10 และ 27 ลุ่มน้ำสาขาย่อย หรือรวมทั้งสิ้น 61 ลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำประเภทอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง จำนวน 10 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก

อ่างเก็บน้ำ	จังหวัด	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความจุอ่างที่ระดับเก็บกักปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่โครงการ (ไร่)
1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะพาน	ชลบุรี	14.00	3.84	5.62	-
2. อ่างเก็บน้ำหนองกลางดง	ชลบุรี	18.50	7.90	6.95	-
3. อ่างเก็บน้ำห้วยขุนจิต	ชลบุรี	11.00	4.87	3.97	-
4. อ่างเก็บน้ำมาบประชัน	ชลบุรี	37.00	15.60	14.24	-
5. อ่างเก็บน้ำห้วยชากนอก	ชลบุรี	17.60	7.03	5.85	-
6. อ่างเก็บน้ำบางพระ	ชลบุรี	130.00	117.00	47.94	8,500
7. อ่างเก็บน้ำหนองค้อ	ชลบุรี	51.00	21.10	16.81	7,500
8. อ่างเก็บน้ำดอกกราย	ระยอง	291.00	71.40	151.09	-
9. อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล	ระยอง	408.00	163.75	121.76	30,000
10. อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่	ระยอง	218.00	40.10	53.75	20,000

2.2 กลุ่มน้ำระยองตะวันออก: มีพื้นที่รับน้ำฝน 501 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำระยองตะวันออกทั้งหมดประมาณ 150.89 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งออกเป็น 8 กลุ่มน้ำสาขาย่อย มีเฉพาะโครงการชลประทานขนาดเล็ก โดยในลำน้ำคลองยายชุมมีโครงการฝายคลองยายชุมในลำน้ำคลองสองสลึงมีฝายคลองสองสลึง และฝายบ้านสมอโพรง

2.3 กลุ่มน้ำประแสร์: มีพื้นที่รับน้ำฝน 2,175.5 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 979.22 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งกลุ่มน้ำประแสร์ออกเป็น 31 กลุ่มน้ำสาขาย่อยในพื้นที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำประแสร์

อ่างเก็บน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความจุอ่างที่ ระดับเก็บกัก ปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ ไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ โครงการ (ไร่)
1. อ่างเก็บน้ำคลองระโงก	41.00	19.00	36.83	7,500
2. อ่างเก็บน้ำประแสร์	603.00	248.00	260.96	137,000
3. อ่างเก็บน้ำคลองกระแสด	85.60	29.70	36.12	10,000
4. อ่างเก็บน้ำคลองสะพาน	163.00	10.00	62.76	3,137
5. อ่างเก็บน้ำคลองน้ำเขียว	50.00	17.50	19.49	10,750

2.4 กลุ่มน้ำแม่น้ำพังราด: มีพื้นที่รับน้ำฝนรวมทั้งสิ้นประมาณ 439.9 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำพังราดทั้งหมดประมาณ 272.27 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 7 กลุ่มน้ำย่อย มีโครงการชลประทานขนาดเล็กหลายแห่ง โดยในลุ่มน้ำคลองชากมีโครงการชลประทาน คือ ทรบ.คลองเขาทะเลลาย และบ่อพักน้ำสุขไพรวิน สำหรับคลองชากขุนวิเศษ มีฝายคลองน้ำแดง และฝายคลองชากขุนวิเศษ ทางด้านท้ายน้ำมี ทรบ.พังราด ซึ่งมีพื้นที่ชลประทานเดิม 5,000 ไร่

2.5 กลุ่มน้ำคลองวังโตนด: มีพื้นที่รับน้ำฝน 1,839.10 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,257.28 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 24 กลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการอ่างเก็บน้ำดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำคลองวังโดนด

อ่างเก็บน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความจุอ่างที่ ระดับเก็บกัก ปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ ไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ โครงการ (ไร่)
1. อ่างเก็บน้ำแพ่งกะผา	18.0	2.3	15.60	1,700
2. อ่างเก็บน้ำคลองวังโดนด	255.0	79.9	157.34	24,000
3. อ่างเก็บน้ำคลองประแกด	195.0	60.3	127.22	22,300
4. อ่างเก็บน้ำคลองพะวาใหญ่	100.0	68.1	73.33	12,700
5. อ่างเก็บน้ำคลองหางแมว	118.0	80.7	88.86	25,000
6. อ่างเก็บน้ำบ้านเนินสมบูรณ	380.0	28.3	216.74	17,000
7. อ่างเก็บน้ำบ้านวังประคู้	79.0	18.9	64.63	11,000
8. อ่างเก็บน้ำคลองกรงเหล็ก	37.0	7.9	28.92	7,700
9. อ่างเก็บน้ำคลองหินเพลิง	24.0	5.6	21.41	2,000
10. อ่างเก็บน้ำคลองคา	9.5	4.0	8.42	2,000
11. อ่างเก็บน้ำคลองเขา	80.0	10.4	78.57	5,000
12. อ่างเก็บน้ำคลองบุญ	46.0	5.00	28.12	2,000
13. อ่างเก็บน้ำคลองหนอง เตียน	23.0	0.60	14.05	2,000

2.6 กลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี: มีพื้นที่รับน้ำฝน 1,722 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าตาม
 ธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 2,185.96 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 57 กลุ่มน้ำสาขา
 ย่อย มีอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็ก ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี

อ่างเก็บน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความจุอ่างที่ ระดับเก็บกัก ปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ ไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ โครงการ (ไร่)
1. อ่างเก็บน้ำคลองศาลทราย	44.50	10.90	53.63	13,900
2. อ่างเก็บน้ำบ้านพลวง	14.00	80.00	24.26	74,315
3. ฝ่ายยางจันทบุรี	1,246.60	4.20	1,683.04	35,000
4. อ่างเก็บน้ำคลองตารอง	52.00	44.10	63.38	26,000
5. อ่างเก็บน้ำคลองตาหลิว	65.00	34.65	88.06	79,000
6. อ่างเก็บน้ำทัพนคร	24.30	3.27	48.30	2,600
7. อ่างเก็บน้ำคลองทุ่งพล	32.00	0.534	78.56	-
8. ฝ่ายท่าระมัว	987.80	1.02	1,425.39	5,800

2.7 กลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ: มีพื้นที่รับน้ำฝน 954.90 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำทำตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,490.10 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 25 กลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการชลประทานขนาดเล็ก คือฝายตรอกแพะและอ่างฯคลองมะกอก ฝ่ายบ้านมะกอก ฝ่ายคลองตรอกนอง 2 ฝ่ายบ้านต้นห่าน ฝ่ายบ้านบ่อ ฝ่ายวังสรรพรส ฝ่ายคลองตะลุง หัวสะพาน ฝ่ายคลองอิมิ่ง อ่างเก็บน้ำวังสมโภชน์ อ่างเก็บน้ำคลองคานรูด และ ทรบ.คลองตะปอนใหญ่ อ่างเก็บน้ำบ้านงษ์ไร่ ฝ่ายบ้านอีแวง และฝ่ายวันยาว โดยกลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุไม่มีโครงการชลประทานขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ตั้งอยู่เลย

2.8 กลุ่มน้ำตราดตะวันตก: มีพื้นที่รับน้ำฝน 480.90 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำทำตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 735.39 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 21 กลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการชลประทานขนาดเล็ก คือ ทรบ.คลองตาหมอก โดยกลุ่มน้ำตราดตะวันตกไม่มีโครงการชลประทานขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ตั้งอยู่เลย

2.9 กลุ่มน้ำแม่น้ำตราด: มีพื้นที่รับน้ำฝน 1,652.60 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 3,014.00 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 60 ลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการชลประทานขนาดเล็กและขนาดกลาง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่น้ำตราด

อ่างเก็บน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความจุอ่างที่ ระดับเก็บกัก ปกติ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำ ไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ โครงการ (ไร่)
1. อ่างเก็บน้ำบ้านมะนาว	6.40	2.35	12.01	650
2. อ่างเก็บน้ำค่านชุมพล	27.30	5.60	51.86	3,000
3. อ่างเก็บน้ำห้วยแร้ง	120.00	46.80	227.94	39,650
4. อ่างเก็บน้ำเขาระกำ	32.00	23.50	59.36	28,200
5. อ่างเก็บน้ำคีรีธาร	45.00	75.80	93.40	-
6. อ่างเก็บน้ำบ้านวังปลาหมอ	6.70	6.00	11.82	6,490
7. อ่างเก็บน้ำห้วยสะอาด	86.00	35.08	161.98	53,420
8. อ่างเก็บน้ำคลองแอ่ง	15.00	19.00	26.81	26,720
9. อ่างเก็บน้ำคลองโสน	71.00	65.00	133.49	48,000

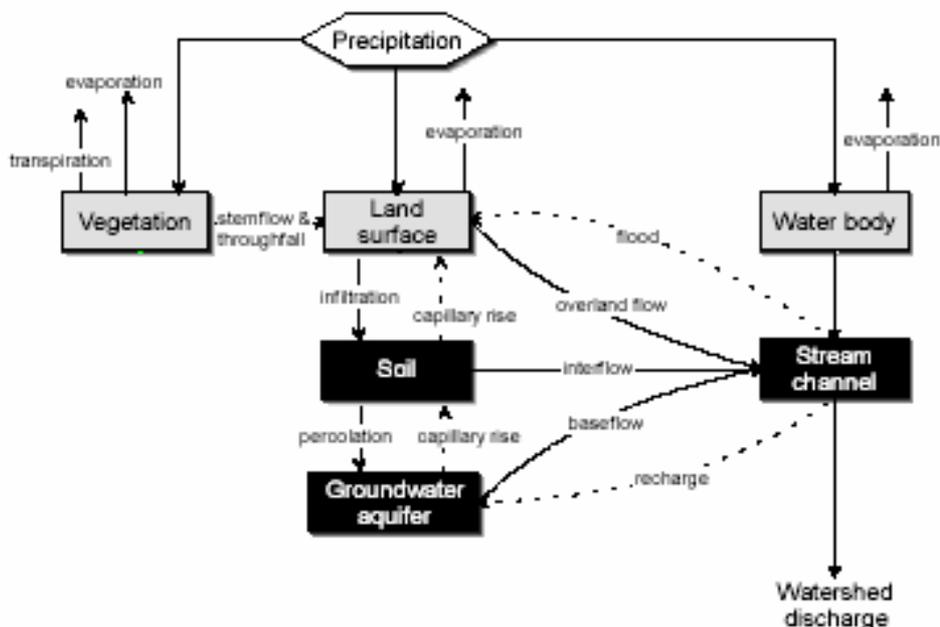
2.10 กลุ่มน้ำตราดตะวันออก: มีพื้นที่รับน้ำฝน 625.40 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,669.69 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 30 ลุ่มน้ำสาขาย่อย มีโครงการชลประทานขนาดเล็ก คือ ฝ่ายหนองไทร ฝ่ายคลองพลู อ่างเก็บน้ำคลองขวาง 2 อ่างเก็บน้ำทับตาพง อ่างเก็บน้ำมาบประคู้ อ่างเก็บน้ำสระคือ อ่างเก็บน้ำบ้านแหลมกัลด์ อ่างเก็บน้ำคลองเขาสำน และอ่างเก็บน้ำคลองมะขาม

3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำฝนหรือน้ำจากอากาศเมื่อตกลงสู่พื้นดินที่จุดใด ๆ ก็ตาม น้ำที่ไม่สูญเสียบในลักษณะของการคายน้ำ การระเหย หรือลักษณะอื่น ๆ ก็จะเดินไปปรากฏในลำน้ำ แม่น้ำ ได้ 3 ลักษณะด้วยกัน คือ ทางผิวดิน ซึ่งเรียกว่า น้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (overland flow หรือ surface runoff) ทางใต้ดินซึ่งได้แก่น้ำฝนที่ซึมลงไปดินและเคลื่อนตัวไปตามชั้นบนจนไหลออกสู่ผิวดินและออกสู่ลำน้ำ ซึ่งเรียกว่าน้ำที่ไหลใต้ผิวดิน (interflow) และทางใต้ผิวดินตลอดเวลาจนปรากฏสู่ลำน้ำซึ่งเรียกว่าน้ำใต้ดิน (groundwater flow) สำหรับ overland flow หรือ surface runoff ก็คือน้ำที่เดินทางหรือไหลไปตามผิวดินสู่ลำน้ำ (channel) คำว่า channel ในที่นี้หมายถึงร่องน้ำเล็ก ๆ ซึ่งการไหลจะเป็นแบบปั่นป่วน (turbulent flow) ในขณะที่ฝนตกหนักและเวลาที่ฝนหยุดต่อมาช่วงเวลาหนึ่ง ลำน้ำเล็ก ๆ ดังกล่าวนี้มีจำนวนมากมาย และระยะทางที่น้ำไหลบนผิวดินในรูปของ overland flow จะสั้นเพียงไม่กี่ร้อยฟุต ดังนั้นน้ำที่ไหลทางผิวดินจะใช้เวลาเดินทางเพียงเล็กน้อยก็จะถึงลำน้ำ และถ้าหากว่าจำนวนน้ำที่ไหลทางผิวดินนี้มีมากพอก็จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการเกิดน้ำนองหรือน้ำท่วมสูงสุด (flood peaks) จำนวนน้ำท่าที่ไหลบนผิวดินอาจจะมีน้อย ดังเช่นในกรณีที่ผิวดินเป็นแบบน้ำซึมผ่านได้ง่าย จึงทำให้น้ำฝนส่วนใหญ่ซึมลงไปดิน น้ำฝนจะไหลไปบนผิวดินได้ก็ต่อเมื่อความเข้มข้นของฝนที่ตกมีอัตรามากกว่าอัตราซึมผ่านลงดิน ดังนั้นในกรณีที่ฝนตกไม่มากหรือมีความเข้มข้นต่ำ น้ำฝนที่ไหลเป็นแบบน้ำท่าไปตามผิวดินจะเกิดเฉพาะฝนที่ตกลงบนผิวดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก และลงบนผิวน้ำโดยตรงเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 6

USACE(2000) ได้จำแนกการจำลองการเกิดน้ำท่าออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การจำลองการคำนวณปริมาณน้ำท่า (Models that compute runoff volume)
2. การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Models of direct runoff (Overland flow and interflow))
3. การจำลองการไหลพื้นฐาน (Models of baseflow)
4. การจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)



ภาพที่ 6 แสดงรูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำในแบบจำลอง HEC-HMS
ที่มา: HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา มีดังต่อไปนี้

3.1 แบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Model)

ในขั้นตอนนี้เป็นการจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำท่า ในรูปแบบของการเก็บกักของพืช การซึมลงสู่ชั้นดินข้างล่าง การระเหย และการคายน้ำของพืช ซึ่งรวมเรียกรูปแบบการจำลองนี้ว่า Loss Model ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคือ แบบจำลองหมายเลขโค้งน้ำท่าของ SCS (The SCS Curve Number Loss Model) Chow et al. (1988) กล่าวว่า Soil Conservation Service [SCS] (1972) ของ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาวิธีในการคำนวณการสูญเสียเริ่มแรกจากพายุฝน สำหรับพายุฝน ทั้งหมด ความลึกของปริมาณฝนส่วนเกินหรือ Direct runoff (P) การประมาณค่าน้ำฝนส่วนเกินจากการใช้ค่าสะสมของปริมาณน้ำฝน, สิ่งปกคลุม, การใช้งานที่ดิน, และความชื้นที่มีอยู่ในดิน จากสมการ (1)

$$P_e = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \dots\dots\dots (1)$$

โดย	P_e	คือ	ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินสะสมที่เวลา t
	P	คือ	ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เวลา t
	I_a	คือ	ค่าสูญเสียเริ่มต้น
	S	คือ	ความสามารถการเก็บกักสูงสุด วัดได้จากความสามารถของพื้นที่รับน้ำในการสูญเสียและเก็บกักน้ำฝนไว้ จนกว่าค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าสูญเสียเริ่มต้นแล้วเกิดเป็นน้ำฝนส่วนเกินหรือเรียกว่าน้ำท่า ค่า S จะมีค่าเป็นศูนย์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก SCS ได้กำหนดความสัมพันธ์ของ I_a และ S ไว้ดังสมการที่ 2

$$I_a = 0.2 * S \quad \dots\dots\dots (2)$$

แทนในสมการที่ 1 ได้

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาคำนวณจากความแตกต่างของค่าสะสมส่วนเกิน ณ จุดสิ้นสุดและจุดเริ่มต้นของแต่ละช่วงเวลา ความสามารถในการเก็บกักสูงสุด(S) และลักษณะของพื้นที่รับน้ำมีความเกี่ยวข้องกันผ่านทาง Curve Number หรือเรียกย่อๆ ว่า CN โดยที่

$$S = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1000 - 10CN}{CN} & \text{(foot-pound system)} \\ \frac{25400 - 254CN}{CN} & \text{(SI)} \end{array} \right\} \quad (4)$$

โดยที่ S มีหน่วยเป็นนิ้ว และค่า Curve Number (CN) เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนตัวแปร S โดยมีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (Soil Type) และลักษณะการใช้ดิน (Land Use) ซึ่งค่า CN นี้จะชี้บอกถึงศักยภาพของการเกิดปริมาณน้ำท่าผิวดิน ถ้าค่า CN มีค่ามากกว่า แสดงว่าศักยภาพในการไหลผิวดินสูง ค่า CN จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความลึกของน้ำท่าที่ปริมาณฝนต่างๆ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

หน่วยงาน Soil Conservation Service; SCS (1986) ยังกล่าวต่อไปอีกว่า จากความหมายทางกายภาพของ S หมายถึง ศักยภาพการสูญเสียสูงสุดที่เหลืออยู่ ซึ่งก็คือปริมาตรของช่องโพรงดินที่เหลืออยู่ (Available Void Storage) ซึ่งยังไม่ถูกแทนที่ด้วยน้ำนั่นเอง ดังนั้นเราจึงพบว่าค่า S สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินต่ำ ซึ่งก็คือค่า S จะมีค่าน้อย ในกรณีที่มีความชื้นในดินมีค่าสูง และ S จะมากเมื่อความชื้นในดินต่ำ โดยค่า S จะมีค่ามากที่สุดเมื่อไม่มีค่าความชื้นในดินเลย เพื่อความง่ายและสะดวก SCS จึงกำหนดค่า CN ต่างๆ ที่แสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า นั่น เป็นค่า CN ของพื้นที่ที่มีสภาพความชื้นก่อนหน้านั้น (Antecedent Moisture Condition, AMC หมายถึงปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และยังพิจารณาช่วงฤดูการเพาะปลูกของพืชด้วย) อยู่ในระดับปานกลาง (AMC II) แต่สำหรับสภาพความชื้นที่แห้งกว่าปกติ (AMC I) หรือสภาพความชื้นที่สูงกว่าปกติ (AMC III) โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 ส่วนค่า CN สำหรับสภาพดังกล่าวสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$CN(AMC.I) = \frac{4.2 * CN(AMC.II)}{10 - 0.058 * CN(AMC.II)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$CN(AMC.III) = \frac{23 * CN(AMC.II)}{10 + 0.13CN(AMC.II)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

จากสมการที่ 5 และ 6 สามารถคำนวณค่า CN ทั้งสามกรณี (AMC) ได้ดังแสดงในตารางผนวกที่ 3

หน่วยงาน Soil Conservation Service ; SCS (1986) ได้สรุปว่าค่า CN จะมีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (Soil Type) สภาพการใช้ที่ดิน (Land Use) และภาวะความชื้นของดิน (Antecedent moisture conditions) ถ้า CN มีค่ามากกว่าศักยภาพในการเกิดน้ำท่าสูง กรณี $Ia = 0.2 * S$ จะมีค่า CN ของพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ ซึ่งแบ่งพื้นที่ที่เป็นตัวเมือง พื้นที่เกษตรกรรม อื่นๆ พื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ดังแสดงในตารางผนวกที่ 4 โดยปกติประเภทของสิ่งปกคลุมดินจะได้จากการสำรวจภาคสนาม ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) แบ่งออกเป็น 3 สภาพดังนี้

1. สภาพไม่ดี(Poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
2. สภาพพอใช้(Fair) มีพืชปกคลุมพื้นที่ระหว่าง 50-75 เปอร์เซ็นต์
3. สภาพดี(Good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

พิสุทธิ์ (2518) ได้ทำการศึกษาการจำแนกลักษณะความแตกต่างระดับความสูงของพื้นที่ในประเทศไทย โดยใช้พิสัยของความลาดชันของสภาพภูมิประเทศเป็นหลัก ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 5

กรมพัฒนาที่ดิน (2534) ได้ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับไว้หลังหมายเลขหน่วยดิน เพื่อแสดงเปอร์เซ็นต์ความลาดชันของพื้นที่ เช่น 51B, 51C, 51D และ 51E หมายถึงหน่วยดินหมายเลข 51 ที่มีเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน B (2-5%), C (5-12%), D (12-20%) และ E (20-35%) ตามลำดับ

การจำแนกกลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (Hydrologic Soil Group, HSG's) Musgrave (1955) ได้กำหนดชนิดของดินเป็น 4 ชุด โดยใช้อัตราการซึมที่แตกต่างกันเป็นเกณฑ์ ดังนี้

ดินชุด A มีศักยภาพของปริมาณน้ำท่าต่ำ และอัตราการซึมลงดินสูง แม้จะได้รับน้ำตลอดเวลา ชั้นดินหน้าลึก ประกอบด้วยทรายหรือกรวด ที่มีการระบายน้ำสูงและเร็วในอัตราการซึมมากกว่า 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง

ดินชุด B มีอัตราการซึมลงดินปานกลางแม้ได้รับน้ำตลอดเวลาเป็นดินลึกปานกลาง เนื้อดินละเอียดปานกลางถึงค่อนข้างหยาบ มีอัตราการซึม 0.15 ถึง 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง

ดินชุด C มีอัตราการซึมลงดินต่ำ เมื่อได้รับน้ำตลอดเวลา ประกอบด้วยดินที่มีชั้นที่บ้น้ำ ซึ่งมีเนื้อดินละเอียด มีอัตราการซึม 0.05 ถึง 0.15 นิ้วต่อชั่วโมง

ดินชุด D มีศักยภาพของปริมาณน้ำท่าสูง มีอัตราการซึมลงดินต่ำ ขณะได้รับน้ำตลอดเวลา ประกอบด้วยดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะที่บริเวณใกล้ผิวน้ำ ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่สูงตลอดเวลา มีอัตราการซึมของน้ำ 0 ถึง 0.15 นิ้วต่อชั่วโมง

SCS (1986) ได้จำแนกคุณสมบัติของกลุ่มดิน ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่า (Run off) จากน้ำฝน (Rainfall) ซึ่งชุดดินทางอุทกศาสตร์ (HSG's) ของ SCS จะแสดงถึงอัตราการไหลซึมลงดิน โดยปราศจากสิ่งปกคลุม หลังจากได้รับน้ำเป็นเวลานาน ซึ่ง SCS ได้แบ่งคุณสมบัติของกลุ่มดิน โดยใช้การที่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (Infiltration) สามารถจำแนกคุณสมบัติตามกลุ่มดินได้ดังตารางผนวกที่ 6

การประมาณค่า CN ของพื้นที่รับน้ำสามารถประมาณได้จากการใช้งานที่ดิน, ประเภทของดิน, ความชื้นเริ่มต้นที่มีในดิน, โดยอาศัยตารางจาก SCS ในภาคผนวก ก สำหรับพื้นที่รับน้ำที่ประกอบด้วยดินหลายประเภทหรือการใช้งานที่ต่างกัน ผลรวมของ CN คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$CN_{COMPOSITE} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \quad (7)$$

โดยที่	$CN_{COMPOSITE}$	คือ	ค่า CN รวมของการคำนวณปริมาณน้ำท่าใน HEC-HMS
	I	คือ	ค่าดัชนีของพื้นที่รับน้ำย่อยที่มีดินชนิดเดียวกัน และมีการใช้งานที่ดินเหมือนกัน
	CN_i	คือ	ค่า CN สำหรับพื้นที่ย่อย i
	A_i	คือ	พื้นที่ระบายน้ำของพื้นที่ย่อย i

การใช้งานแบบจำลอง SCS ให้สำเร็จต้องจำไว้ว่าตารางในภาคผนวก ก รวมค่า $CN_{COMPOSITE}$ สำหรับพื้นที่เมือง, เขตที่อยู่อาศัย, พื้นที่ที่มีการปรับระดับใหม่ นั่นคือ ค่า CN สำหรับการใช้งานพื้นที่ชนิดนี้ ก็ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ผิวดินอีกต่อไป

3.2 การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Models of direct runoff)

แบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากตัวแปรเป็นอีกทางเลือกของการสร้าง UH คือการใช้ UH แบบตัวแปรกำหนดลักษณะต่างๆ ที่จำเป็นของกราฟน้ำท่าโดยใช้สมการหรือชุดของสมการจากตัวแปรเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น การประมาณค่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า UH ด้วยรูปสามเหลี่ยมแต่ละจุดของไฮโดรกราฟสามารถกำหนดได้จาก

- ค่าสูงสุดของกราฟน้ำท่า และ
- เวลาที่เกิดค่าสูงสุดนั้น

จากค่าประมาณที่ทราบแล้วซึ่งมีค่าหนึ่งหน่วยคูณด้วยพื้นที่ระบายน้ำ เราสามารถนำมาคำนวณพื้นที่ของไฮโดรกราฟ, เวลาที่เกิดค่าสูงสุดและพื้นฐานเวลา (Time Base) ทำให้สามารถคำนวณแต่ละจุดของไฮโดรกราฟได้ทั้งขาขึ้น และขาลงจากสมการเส้นตรง ส่วน UH จากตัวแปรชนิดอื่นๆ จะซับซ้อนกว่านี้แต่จะใช้แนวคิดเดียวกัน

แบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจากการสังเคราะห์ จะสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆของ UH กับคุณลักษณะอื่นๆ นอกเหนือจากสถานะต้นแบบได้ ตัวอย่างเช่น UH จากการสังเคราะห์จะเชื่อมค่าสูงสุดเข้าของไฮโดรกราฟรูปสามเหลี่ยมเข้ากับขนาดของพื้นที่รับน้ำ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวการประมาณค่าสูงสุดและพื้นฐานของ UH สามารถประมาณค่าได้จากกระบวนการเดียวกันนี้ เราก็สามารถ “สังเคราะห์” UH สำหรับพื้นที่ใดๆได้ นั่นคือ UH สามารถกำหนดได้โดยไม่ต้องมีข้อมูลฝนและน้ำท่า

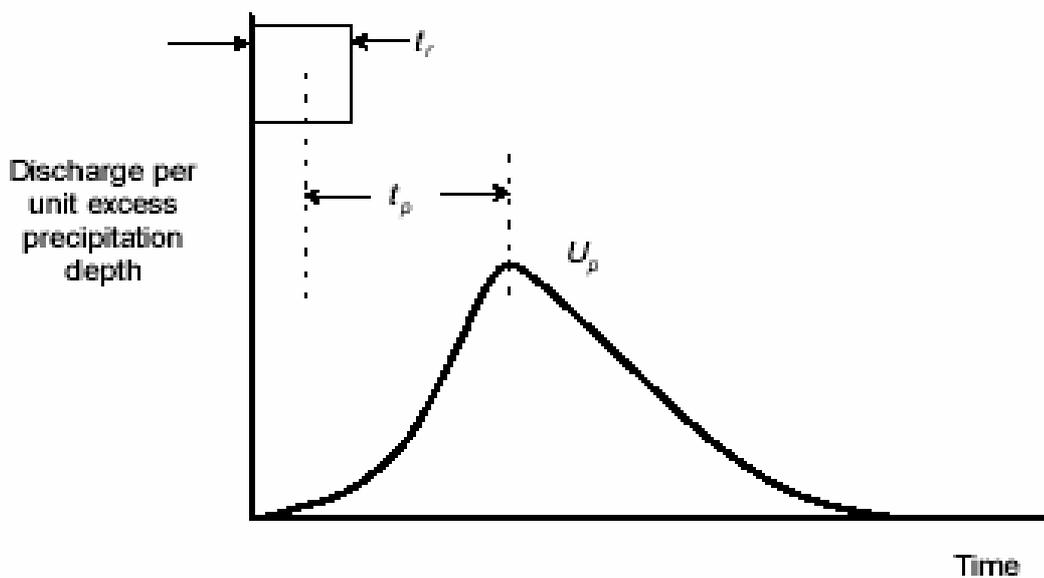
Chow *et al.* (1988) แนะนำว่า UH จากการสังเคราะห์มี 3 ประเภทดังนี้

1. UH ที่สร้างจากความสัมพันธ์ของลักษณะต่างไฮโดรกราฟ (ค่าสูงสุด,เวลาที่เกิดค่าสูงสุด) กับคุณลักษณะต่างๆของพื้นที่รับน้ำ เช่น UH ของ Snyder
2. UH ที่มีพื้นฐานจาก UH ไร้มิติ เช่น UH ของ SCS
3. UH ที่มีพื้นฐานจากแนวคิดบัญชีการกักเก็บบนพื้นที่รับน้ำของ Quasi เช่น UH ของ Clark และแบบจำลอง ModClark

แบบจำลองกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Snyder's UH Model)

Snyder ได้กำหนด Lag (ความแตกต่างของช่วงเวลาระหว่างเวลาที่เกิดค่าสูงสุด ,Peak) กับเวลาที่จุด Centroid ของกราฟแสดงความเข้มข้นของปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน ดังภาพที่ 7 อัตราการไหลสูงสุด(Peak Flow) และ พื้นฐานเวลารวม (Total Time Base) เป็นตัวแปรสำคัญของ UH และ กำหนด UH มาตราฐาน ของช่วงเวลาที่เกิดฝนหนึ่งครั้ง t_p สัมพันธ์กับ Lag, t_p ดังสมการที่ 8

$$t_p = 5.5 * t_r \dots\dots\dots(8)$$



ภาพที่ 7 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Snyder

ที่มา : HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

ดังนั้นถ้าทราบช่วงเวลาที่เกิดฝน จะสามารถหาค่า Lag และค่าสูงสุด (Peak) ได้ ถ้าช่วงเวลาของ UH ที่ต้องการมีค่าแตกต่างกับค่าในสมการที่ 74 ค่า Lag สามารถหาได้จากสมการที่ 9

$$t_{pR} = t_p \frac{t_r - t_R}{4} \dots\dots\dots(9)$$

โดยที่ t_R คือ ช่วงเวลาของ UH ที่ต้องการ และ t_{pR} คือ Lag ของ UH ที่ต้องการ

ในกรณีปรกติ Snyder ค้นพบว่า Lag ของ UH และค่าสูงสุดต่อหน่วยของปริมาณน้ำฝน ส่วนเกินต่อพื้นที่ของพื้นที่รับน้ำมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\frac{U_p}{A} = C \frac{C_p}{t_p} \dots\dots\dots(10)$$

- โดย U_p คือ ค่าสูงสุดของ UH มาตรฐาน
- A คือ พื้นที่ของพื้นที่รับน้ำ
- C_p คือ สัมประสิทธิ์ค่าสูงสุดของ UH
- C คือ ค่าคงที่ในการแปลงหน่วย (2.75 สำหรับ SI และ 640 สำหรับ ฟุต-ปอนด์)

สำหรับช่วงเวลาอื่นๆ ค่าสูงสุด Q_{pR} คำนวณได้จาก

$$\frac{U_{pR}}{A} = C \frac{C_p}{t_{pR}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

แบบจำลอง UH ของ Snyder ต้องการ Lag มาตรฐาน t_p และสัมประสิทธิ์ C_p โปรแกรม HEC-HMS ได้กำหนดค่า t_{pR} ของสมการที่ 11 เท่ากับช่วงเวลาย่อย และแก้สมการที่ 9 เพื่อหาค่า Lag ของ UH ที่ต้องการ จากนั้นจึงแก้สมการที่ 11 เพื่อหาค่าสูงสุด Snyder ได้เสนอว่าควรจะกำหนดความสัมพันธ์ของพื้นฐานเวลาของ UH และ HEC-HMS ได้ใช้ความสัมพันธ์นี้ในการคำนวณค่าสูงสุด, และเวลาที่เกิด เพื่อหา UH ที่เหมือนกับแบบจำลองของ Clark จากนั้นจะหาค่าพื้นฐานเวลาและค่าในแต่ละจุดนอกเหนือจากจุดสูงสุด

การประมาณค่าตัวแปรของแบบจำลอง UH ของ Snyder

Snyder เก็บข้อมูลฝนและน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำ นำมาสร้าง UH ด้วยวิธีที่กล่าวมาแล้ว กำหนดตัวแปรของ UH ที่ได้ สร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดไว้กับคุณลักษณะที่สามารถวัดได้ของพื้นที่รับน้ำ สำหรับค่า LAG Snyder เสนอแนะว่า

$$t_p = CC_t (LL_c)^{0.3} \quad \dots\dots\dots(12)$$

- โดย C_t คือ สัมประสิทธิ์ของพื้นที่รับน้ำ
 L คือ ความยาวของลำน้ำหลักจากทางออกถึงจุดแบ่ง
 L_c คือ ความยาวของลำน้ำจากทางออกถึงจุด centroid ของพื้นที่รับน้ำ
 C คือ ค่าคงที่การแปลงหน่วย (0.75 สำหรับ SI และ 1.00 สำหรับฟุต-ปอนด์)

ค่า C_t ของสมการ 78 และ C_p ของสมการ 76 สามารถหาได้จากการ Calibration จากรายงานของ Bedient และ Huber, (1992) ค่า C_t ควรจะอยู่ระหว่าง 1.8 ถึง 2.2 ถึงแม้ว่าค่านี้จะมีความแตกต่างกันมาก เช่น ในเขตภูเขา 0.4 และอ่าวเม็กซิโก 8.0 และค่า C_p อยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.8 โดยที่ค่า C_p มีค่ามากเมื่อ C_t มีค่าน้อย

อีกรูปแบบของการประมาณค่าตัวแปร เป็นของ Los Angeles District USACE (1944) ดังนี้

$$t_p = CC_t \left(\frac{LL_c}{\sqrt{S}} \right)^S \quad \dots\dots\dots(13)$$

โดย S คือ ความชันทั้งหมดของลำน้ำที่ยาวที่สุดจากจุด Centroid ถึงขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ และ N คือเลขยกกำลัง โดยทั่วไปมีค่า 0.33

หรือมีการกำหนด t_p มีความสัมพันธ์กับ t_c (Watershed time of concentration คือ เวลาของการไหลที่จุดต่างๆ ในพื้นที่ถึงทางออก) โดยกำหนด t_p มีค่า 50-75 % ของ t_c

3.3 การจำลองการไหลพื้นฐาน (Models of baseflow)

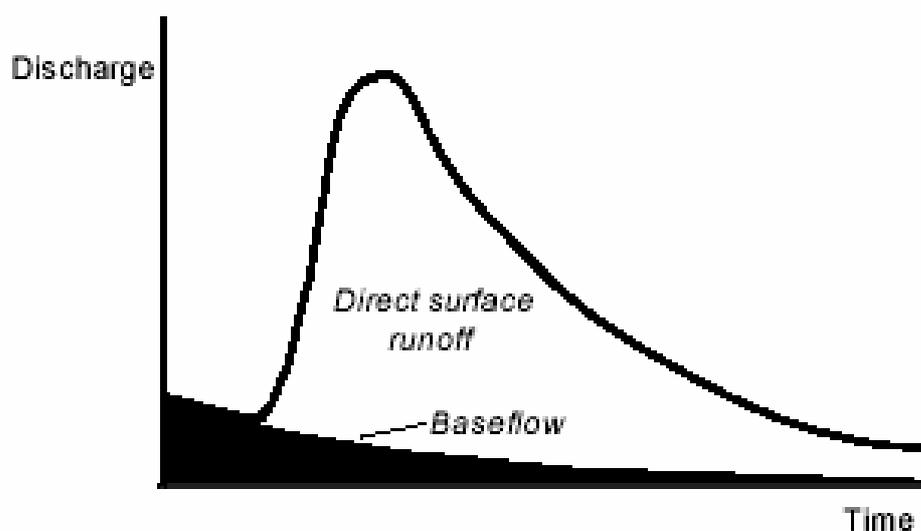
การไหลของน้ำท่าในลำน้ำ (Stream flow) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือน้ำท่าผิวดิน (Direct Runoff) จากฝน และการไหลพื้นฐาน (Base flow) การไหลพื้นฐานเป็นการรักษาน้ำท่าที่ค้างอยู่ชั่วคราวในพื้นที่รับน้ำจากฝนที่ผ่านไปแล้วไว้รวมถึงน้ำท่าใต้ผิวดิน (Subsurface Runoff) ที่คงเหลือจากพายุที่ผ่านไปแล้ว ในแบบจำลองบางชนิดจะแยกพิจารณาปริมาณที่ถูกกักไว้นี้กับการไหลใต้ผิวดิน

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่า การจำลองการไหลพื้นฐานวิธีดลยมักใช้ในการอธิบายการระบายน้ำจากระบบเก็บกักตามธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการหาความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

$$Q_t = Q_0 k_t \quad \dots\dots\dots(14)$$

เมื่อ Q_0 คือ การไหลพื้นฐานเริ่มต้น (ที่เวลาศูนย์)

k คือ ค่าคงที่ยกกำลัง



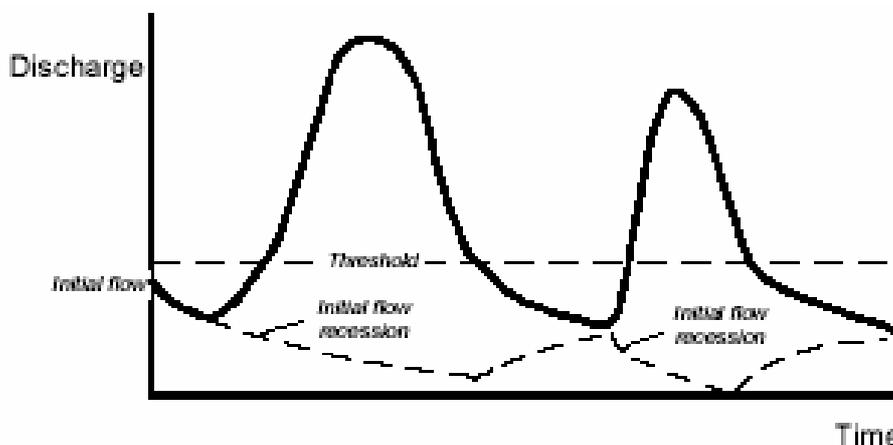
ภาพที่ 8 กราฟ Initial Baseflow Recession

ที่มา : HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

จากภาพที่ 8 พื้นที่ที่แลเงา เป็นตัวแทนของการไหลพื้นฐาน ซึ่งมีการลดลงแบบยกกำลังจากปริมาณเริ่มต้น ปริมาณการไหลทั้งหมด คือผลรวมของการไหลพื้นฐานและการไหลของน้ำท่าผิวดิน

ที่จุดอัตราการไหล Threshold การไหลพื้นฐานถูกกำหนดจากการถดถอยของการไหลพื้นฐานเริ่มต้น หลังจากนั้นเราจะไม่คำนวณการไหลพื้นฐานผิวดินแต่จะหาค่าจากอัตราการไหลที่ถดถอยลงของน้ำท่าผิวดิน จนกระทั่งน้ำท่าผิวดินมีค่าเท่ากับศูนย์ (ฝนได้ผ่านออกไปจากพื้นที่รับน้ำแล้ว) อัตราการไหลรวม (Total flow) และการไหลพื้นฐานจะมีค่าเท่ากัน

หลังจากเกิดการไหล Threshold ปริมาณการไหลในไฮโดรกราฟจะคำนวณจากแบบจำลองการถดถอยเท่านั้น ยกเว้นผลรวมของน้ำท่า และการไหลพื้นฐานเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าค่า Threshold ซึ่งจะเกิดในกรณีที่มีฝนเกิดตามหลังมาทำให้ไฮโดรกราฟมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ดังภาพผนวกที่ 18 ในกรณีอัตราการไหลที่มีค่าเพิ่มขึ้นครั้งที่สองนี้ จะคำนวณจากการนำน้ำท่าผิวดินมารวมเข้ากับปริมาณที่เริ่มต้นถดถอย ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟ Recession with Multiple Runoff Peaks

ที่มา : HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

3.4 การจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

วีระพล (2528) กล่าวว่า เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพของ Storage และ input หรือ inflow hydrograph วิธีการ flood routing สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกัน คือ reservoir routing และ streamflow (หรือ channel) routing สำหรับ reservoir routing เป็นวิธีการที่ใช้

ในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของปริมาณการเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่าง และไหลออกจากอ่างเก็บน้ำในเวลาต่อมา ส่วน steamflow routing นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาผลการเปลี่ยนรูปร่างกราฟน้ำท่าของ flood wave เมื่อเคลื่อนตัวไปทางด้านท้ายน้ำ

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่าในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่านั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ วิธีการเคลื่อนตัวของระบบแบบลัมพ์ (lumped system routing) และ วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสตริบิวท์ (distributed system routing)

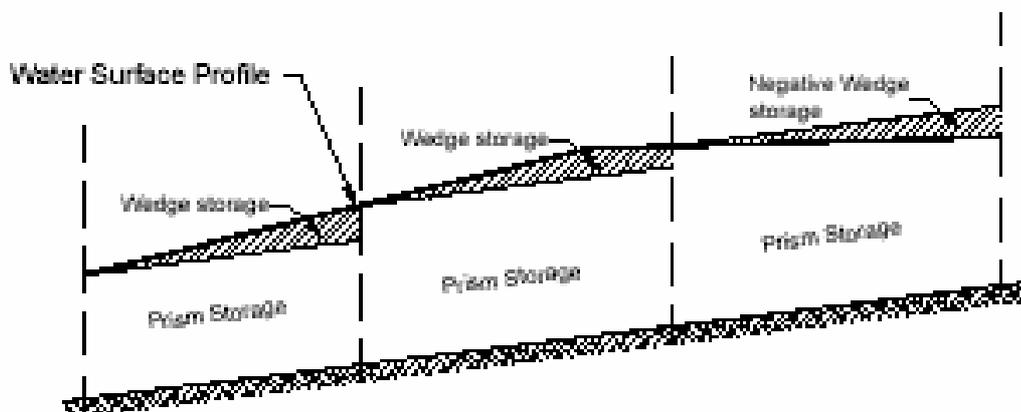
1. วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped system routing) หมายถึงการเคลื่อนที่ทางอุทกวิทยา (Hydrologic routing) โดยแบบจำลองของระบบ (a lumped system model) นั้น น้ำท่าถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของเวลา

2. วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสตริบิวท์ (Distributed system routing) หมายถึงการเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (Hydraulic routing) โดยแบบจำลองของระบบ (a distributed system model) นั้น น้ำท่าถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของเวลา (time) และสถานที่ (space)

USACE (2000) ได้อธิบายวิธีการเคลื่อนตัวของระบบแบบลัมพ์โดยวิธีของ Muskingum ว่าเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายและง่าย แบบจำลองอยู่บนพื้นฐานการแก้ปัญหาจากรูปแบบดังต่อไปนี้ ของสมการ Continuity

$$\left(\frac{I_{t-l} + I_t}{2}\right) - \left(\frac{O_{t-l} + O_t}{2}\right) = \left(\frac{S_t - S_{t-l}}{\Delta t}\right) \dots\dots\dots(15)$$

การกักเก็บในลุ่มน้ำเป็นแบบจำลองที่คล้ายกับการรวมของ Prism Storage และ Wedge Storage ดังแสดงในภาพผนวกที่ Prism Storage เป็นปริมาณที่หาโดย steady-flow water surface profile ในขณะที่ Wedge Storage เป็นการเพิ่มปริมาณโยภายใต้ภาพตัดของคลื่นน้ำท่วม (flood wave) ระหว่างช่วงการขึ้นของน้ำท่วม Wedge Storage เป็นบวกและถูกเพิ่มเข้าไปที่ Prism Storage ระหว่างช่วงการตกของน้ำท่วม Wedge Storage เป็นลบและถูกหักออกจาก Prism Storage ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การไหลด้านข้างแบบ Wedge Storage

ที่มา : Linsley et al, (1982) HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

ปริมาณของ Prism Storage เป็นอัตราการไหลออก (O) คูณกับช่วงระยะเวลาที่จะถึง Reach (K) ปริมาณของ Wedge Storage เป็นน้ำหนักรวมที่แตกต่างระหว่างการไหลเข้าและการไหลออก คูณกับช่วงระยะเวลาที่จะถึง Reach (K) ดังนั้น แบบจำลอง Muskingum เพื่อหาการกักเก็บเท่ากับ

$$S_t = KO_t + KX(I_t - O_t) = K [XL_t + (1 - X)O_t] \quad \dots\dots\dots(16)$$

โดยที่ K = ช่วงเวลาของคลื่นน้ำท่วมที่ไปถึงเส้นทาง reach

X = ช่วงน้ำหนักรวม (0 < X < 0.5)

ค่า $X_t + (1-X)O_t$ เป็นน้ำหนักรวมการไหล ถ้าการกักเก็บในลุ่มน้ำถูกควบคุมโดยสภาพ Downstream ดังนั้นการกักเก็บและการไหลออกมีความสัมพันธ์กันมาก เช่นในกรณี X=0 สมการที่ 123 จะได้ S=KO นี้คือแบบจำลอง Linear Reservoir ที่กล่าวถึงในบทที่ 6 ถ้า X=0.5 คือค่าการไหลออกและไหลเข้ามีน้ำหนักรวมเท่ากันและผลจะได้คลื่นที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งไม่ทำให้น้อยลงในขณะที่มีคลื่นเคลื่อนที่ลงไปที่ตอนของแม่น้ำ

4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hickok et al.(1959) ได้ทำการศึกษารูปน้ำที่เกิดขึ้นใน มลรัฐออริโซนา นิวเม็กซิโก และ โคโรลาโด จำนวน 130 ลูก จาก 14 ลุ่มน้ำ ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดตั้งแต่ 11 ถึง 790 เอเคอร์ มลรัฐดังกล่าวเป็นพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง การศึกษาได้พบว่าช่วงเวลาตั้งแต่จุดศูนย์กลางของรูปพายุฝนไปจนถึงจุดที่มีปริมาณการไหลสูงสุดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันเฉลี่ยและความหนาแน่นของการระบาย (Drainage Density) ซึ่งสามารถใช้ค่าปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟ

น้ำท่าในรูปปริมาณน้ำท่า โดยการใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไม่มีหน่วยซึ่งไม่ขึ้นกับลักษณะของฝนและดินปกคลุม

Minshall (1960) ได้วิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจากลุ่มน้ำขนาดเล็ก 3 ลุ่มน้ำ ในมลรัฐอิลลินอยส์ เพื่อออกแบบกราฟน้ำท่าโดยใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการไหลสูงสุดและเวลาการเกิดปริมาณไหลสูงสุดขึ้นอยู่กับความเข้มและรูปแบบของพายุฝน วิธีการนี้ใช้ได้กับลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 20 ถึง 500 เอเคอร์ และสามารถใช้ได้กับกรณีความเข้มของฝนที่แตกต่างกัน

Gray (1961) ได้รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยาและภูมิศาสตร์ของกลุ่มน้ำที่มีตั้งแต่ 0.3 ถึง 32.6 ตารางไมล์ จากมลรัฐอิลลินอยส์ ไอโอวา มิสซูรี เนบราสก้า โอไฮโอ วิสคอนซิน และภาคเหนือของโคโรไลโด เพื่อวิเคราะห์หาค่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยมีวิธีการถดถอย ซึ่งอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุด ความเข้มฝน และคุณสมบัติทางกายภาพของกลุ่มน้ำนั้น

Benson (1962) ศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำหลากคุณลักษณะของลำน้ำรวมอัตราฝนตกของกลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้อ่างเก็บน้ำโกฟิงตันตะวันตก การวิเคราะห์ทำโดยวิธีการถดถอย

Rrich (1962) ได้ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำที่ขาดแคลนข้อมูลปริมาณน้ำ โดยตั้งสมมุติฐานว่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสามารถแสดงได้ด้วยพารามิเตอร์ 3 ตัว ของฟังก์ชันเพียร์สันประเภทสาม (Three-Parameter Pearson Type III) และพารามิเตอร์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะของพายุฝนและลุ่มน้ำ ซึ่งหาค่าที่เหมาะสมได้จากการศึกษาค่าสหสัมพันธ์

Wu (1963) ได้ปรับปรุงโครงการกระจายของกราฟน้ำท่าที่หาได้จากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ตารางไมล์ ในมลรัฐอินเดียนา จำนวน 21 ลุ่มน้ำ โดยเทียบพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไม่มีมิติ ซึ่งสามารถนำไปใช้ออกแบบกราฟน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มีการวัดน้ำท่า

Rodda (1967) ได้ทำการศึกษาวิจัยปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำหลากของกลุ่มน้ำขนาดเล็กจำนวน 26 แห่ง ในประเทศอังกฤษ นำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและคุณสมบัติ

ลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการทราบ ความหนาแน่นของลุ่มน้ำ ซึ่งผลการวิจัยสามารถหาปริมาณการไหลสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ได้

Komsatra (1969) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ แสดงคุณลักษณะลุ่มน้ำและลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ 24 ถึง 1060 ตารางกิโลเมตร

Illangasekare (1974) ได้วิเคราะห์การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า สำหรับลุ่มน้ำที่มีข้อมูลน้ำท่า โดยวิธีสามเหลี่ยมเชิงซ้อนสองรูปที่มีพารามิเตอร์สี่ตัว (Double Triangle Four Parameter Model) โดยเสนอความสัมพันธ์ระหว่าง พารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะลุ่มน้ำ การวิเคราะห์ใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำ 13 สถานี มีพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ 18 ถึง 243 ตารางกิโลเมตร ในประเทศไทยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่หาได้เทียบเป็นความลึกเฉลี่ย 1 มิลลิเมตรทั่วลุ่มน้ำ

Mays *et al.*(1980) ได้ทำการวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการนำเอาโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) มาประยุกต์ วิธีนี้สามารถหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่เหมาะสมที่เป็นตัวแทนของสถานีได้ การคำนวณได้เขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถพิจารณากราฟน้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนหลายๆ ลูกพร้อมกัน

วงศ์สถิตย์ (2545) ได้ศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำมูลโดยการใช้แบบจำลอง HEC-HMS โดยแบ่งลุ่มน้ำมูลออกเป็น 23 ลุ่มน้ำย่อย ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยรวบรวมข้อมูลซึ่งได้แก่ ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลน้ำท่า ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ชั้นต่างๆ ข้อมูลการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ เป็นต้น การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้ Model ต่างๆ ที่มีอยู่ในโปรแกรม HEC-HMS ผลการจำลองน้ำท่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการบันทึกสถิติข้อมูลไว้ แต่จะมีบางสถานีและบางช่วงปีที่ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จะมีการคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนที่ไม่ดี เช่นในบางลุ่มน้ำใช้ข้อมูลฝนเพียงสถานีเดียวเป็นค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำย่อย

ธวัช (2530) ได้วิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กในภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจาก 34 สถานีวัดน้ำซึ่งมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ 6 ถึง 223 ตารางกิโลเมตร การศึกษาได้หาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะทางกายของลุ่มน้ำ โดยวิธีวิเคราะห์การถดถอย

ณัฐ (2542) ได้ศึกษากราฟน้ำนองสูงสุดที่ออกแบบอาคารน้ำล้นและกราฟปฏิบัติการน้ำนองสำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำสิริกิติ์ ทำการตรวจสอบกราฟน้ำนองสูงสุดที่ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นและกราฟปฏิบัติการน้ำนองที่กำหนด สำหรับเขื่อนเก็บกักน้ำสิริกิติ์ ซึ่งทำการศึกษาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ 1) การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 2) การวิเคราะห์ประมาณน้ำนองสูงสุดด้วยวิธี Regional Analysis 3) การวิเคราะห์กราฟน้ำนองสูงสุดจากข้อมูลน้ำฝน 4) การวิเคราะห์กราฟน้ำนองสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 5) การวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดที่จุดควบคุมต่างๆ บนลำน้ำน่าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ พารามิเตอร์แสดงเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด t_p มีค่าตั้งแต่ 3.00 ถึง 45.05 ชั่วโมง อัตราส่วนปริมาณการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ q_p/A มีค่าตั้งแต่ 0.0528 ถึง 0.5417 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร ความสัมพันธ์ระหว่าง t_p กับ LLC/\sqrt{S} และ q_p/A กับ t_p ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$t_p = 1.200680 \left(\frac{LLC}{\sqrt{S}} \right)^{0.234269} \quad R^2 = 0.969490$$

$$q_p/A = 2.317055 t_p^{-1.021330} \quad R^2 = 0.937828$$

กานดา (2545) ได้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับน้ำท่า ทำการเทียบมาตรฐานกับข้อมูลน้ำท่าในช่วงเวลาประมาณ 3-5 ปี ซึ่งในการเปรียบเทียบได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่ได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่ได้รับอิทธิพลหรือผลกระทบจากโครงสร้างอาคารต่างๆ เช่น เขื่อนสิริกิติ์ น้อย ผลของการศึกษาพบว่าค่าของพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่ได้มีการแนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง NAM สำหรับผลการสอบเทียบและตรวจสอบ แบบจำลอง พบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง พบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และที่ได้จากการตรวจวัดข้อมูลมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟน้ำท่าระหว่างผลจากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 และค่ายกกำลังสององค่าความแตกต่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.43 ลบ.ม.ต่อวินาที

5 แบบจำลองทางอุทกวิทยา

5.1 แบบจำลอง TANK (TANK Model)

แบบจำลอง TANK (TANK Model) พัฒนาค้นขึ้นโดย Dr.M.Sugawara นักวิจัยของ National Research for Disaster Prevention ประเทศญี่ปุ่น ลักษณะของแบบจำลองเป็นแบบ

Blackbox มีวิธีการคำนวณแบบ Explicit รูปแบบของแบบจำลองเรียกว่า Serial Storage type model ใช้เพื่อพยากรณ์น้ำสำหรับโครงการด้านแหล่งน้ำต่างๆ โดยใช้ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2499

ลักษณะของ Tank ที่ใช้ในแบบจำลองมีลักษณะต่างกัน เช่น บริเวณที่ชุ่มชื้น ประกอบด้วย Tank 1 ชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวนานกัน ซึ่งหมายความว่าบริเวณนั้นมีการระเหยของน้ำสูง ในขณะที่การดูดซึมและการไหลที่ชั้นผิวดินมีน้อย

5.2 แบบจำลอง SSARR (The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model)

แบบจำลอง SSARR พัฒนาขึ้นโดย Mr.D.Speers แห่ง Corps of Engineers, Portland, Oregon, U.S.A ใช้สำหรับพยากรณ์น้ำและการเตือนระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ใช้ครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2500 แบบจำลองนี้สามารถใช้กับลุ่มน้ำใดๆ ก็ได้ที่มีค่าความเปลี่ยนแปลงของเวลา t อยู่ระหว่าง 0.1 ชั่วโมง กับ 1 วัน สามารถพยากรณ์ได้ 3-4 วันล่วงหน้า สำหรับเหตุการณ์ต่างๆ ได้ 30-40 วันล่วงหน้า

ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิระดับต่างๆ ที่ทำให้หิมะละลาย พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกหิมะปกคลุม น้ำระเหยประจำวัน จากภาควัดการระเหย หรือค่าน้ำระเหยเฉลี่ยรายเดือน ตารางความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Table) บริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในบริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับเวลา (Hydrograph) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่างๆ รายวัน

5.3 แบบจำลอง RIBAMAM (RBM-DOGGS)

แบบจำลอง RIBAMAM (RBM-DOGGS) ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Hydraulic Research Limited เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการไหลในหนึ่งมิติ (One Dimension) และเป็นกรไหลที่ไม่ทรงตัว (Unsteady flow) สามารถเปลี่ยนน้ำฝนให้เป็นน้ำท่าและนำผลการไหลลงกราฟน้ำท่าจากกลุ่มน้ำย่อยมาทำการเคลื่อนตัว (Route) ผ่านโครงข่ายของลำน้ำและประเมินผลกระทบจากการมีอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) และอาคารผันน้ำ (Diversion) เกี่ยวข้อง โดยมีวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า 2 วิธี ได้แก่

1.) แบบจำลองหาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า และข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่นำไปใช้กับบริเวณสหราชอาณาจักร (Deriving rainfall/runoff และลุ่มน้ำ data for UK)

2.) แบบจำลองความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า และข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่นำไปใช้กับ บริเวณภูมิภาคอื่นๆ (Deriving rainfall / runoff และลุ่มน้ำ data for other countries)

5.4 แบบจำลอง RORB

แบบจำลอง RORB เป็นแบบจำลองที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศออสเตรเลียเพื่อ คำนวณหากราฟน้ำท่าจากข้อมูลฝน, ออกแบบอ่างเก็บน้ำและหาการเคลื่อนที่ของน้ำท่าในลำน้ำ โดยทำการแบ่งลุ่มน้ำเป็นลุ่มน้ำย่อยซึ่งมีค่าระหว่าง 5-20 ลุ่มน้ำย่อย และมีความยาวไม่เกิน 1 ใน 3 ของความยาวทั้งหมด มีขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไม่เกิน 25% ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ใช้สมการ $S=3600 KQm$ ในการหาค่า Storage โดยค่า m มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 และส่วนมากนิยมใช้ 0.80

5.5 แบบจำลอง NAM (Nedbor –Afstrominga Model)

NAM model เป็นคำย่อของ “ Ndbor-Afstrominga Model ในภาษา Danish พัฒนา โดย Nielsen และ Hansen (1973) ที่ Institute of Hydrodynamics and Hyddraulic Enginering, Technical University of Denmark โดยจำลองกระบวนการเกิดน้ำฝนน้ำท่าในชนบท และจัดอยู่ใน แบบจำลองประเภท Lumped Model โดยการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นหนึ่งหน่วย ซึ่งค่าของ พารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนของลุ่มน้ำนั้นๆ โดยแนวทางการคิดของ แบบจำลองเป็นการนำพื้นฐานทางกายภาพและสมการมาใช้ร่วมกัน ดังนั้นพารามิเตอร์บางตัว สามารถประมาณจากลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำ เช่นความลาดชันของลุ่มน้ำ ความลาดชันของ แม่น้ำ ความหนาแน่นของแม่น้ำในลุ่มน้ำ ลักษณะดิน ลักษณะชั้นดินและชนิดของพืชที่ปลูก อย่างไรก็ตามค่าตัวแปรที่เลือกใช้ได้มาจากการสอบเทียบแบบจำลองในช่วงเวลาที่ทำการสอบเทียบ

6 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

หน่วยงาน Hydrologic Engineering Center. U.S. Army Corps of Engineers.(1998) ได้ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ขึ้น โดยร่วมกับศูนย์วิศวกรรมชลศาสตร์ the HEC: ‘Next-Generation Software Development Project’ เมื่อเดือนมีนาคม ปี ค.ศ.1998 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำ ที่มาจากน้ำฝน ขั้นตอนการไหลทั้งในสภาพทั่วไปและสภาพที่การควบคุม โปรแกรมแบบจำลอง คณิตศาสตร์ HEC-HMS ประสบความสำเร็จและใช้งานแทนโปรแกรม HC-1 ได้เป็นอย่างดี ซึ่ง HEC-HMS ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพขึ้นมาจาก โมดูล (Module) หนึ่งใน HEC-1 และมี ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม สำหรับการจำลองการกระจายตัวและเลียนแบบการไหลอย่างต่อเนื่อง

HEC-HMS เป็นแบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (Hydrologic Model) ที่สามารถจำลองการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนและพื้นที่รับน้ำให้เป็นน้ำท่า และยังสามารถคำนวณต่างๆ ดังนี้ จำลองกราฟน้ำท่าในช่วงเวลานานๆ คำนวณการกระจายน้ำท่าในรูปแบบ Grid Cell ของพื้นที่รับน้ำฝน การเคลื่อนตัวของน้ำท่าผ่านลำน้ำ แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ ผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ในระบบแม่น้ำ

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีพื้นฐานของแบบจำลองจาก HEC-1 (Flood Hydrograph Package) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยผู้ใช้สามารถเลือกได้จากส่วนประกอบของโปรแกรมเพื่อจำลองการเคลื่อนตัวของลุ่มน้ำ หรือกำหนดตำแหน่งของอาคารชลศาสตร์ที่อยู่ในระดับของลำน้ำได้ เป็นต้น ส่วนประกอบที่สำคัญที่ให้ผู้ใช้งานทำงานได้อย่างสะดวกและใช้เวลาอันน้อยลงประกอบด้วย การ Import ข้อมูลจากโปรแกรมอื่นได้สะดวกรวดเร็วลดปัญหาความผิดพลาดในการป้อนข้อมูล มีวิธีคำนวณให้เลือกจำนวนมากและการนำเสนอแบบ Graphical User interface (GUI.) ที่ RUN ภายใตระบบปฏิบัติการ Microsoft. Windows 9X ขึ้นไป สำหรับรูปแบบโครงข่ายระบบลุ่มน้ำ

ภาพรวม ของแบบจำลอง HEC-HMS และความสามารถเดิมที่มีใน HEC-1 คือ

1. คุณลักษณะการเลือกลักษณะของฝน (Precipitation Specification) สามารถอธิบายและตรวจสอบเหตุการณ์ความถี่ของฝน (Frequency-based Hypothetical Precipitation) หรือเหตุการณ์ที่เป็นตัวแทนสูงสุดของฝนที่น่าจะเกิดขึ้นได้จากสภาพที่กำหนด

2. แบบจำลองการสูญเสียน้ำ (Loss Model) สามารถคาดคะเนปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน และคุณสมบัติของพื้นที่รับน้ำ (Watershed)

3. แบบจำลองการไหลผิวดิน (Direct Runoff Model) รวบรวมการไหลบนผิวดิน (Overland flow) การถูกเก็บกักไว้โดยพืช (Interception) การเก็บกักในที่ต่ำ (Depression storage) และสูญเสียพลังงานของน้ำที่ไหลจากพื้นที่รับน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

4. แบบจำลองการเคลื่อนตัวทางชลศาสตร์ (Hydrologic Routing Model) ซึ่งแสดงผลงานการไหลของน้ำในแหล่งธรรมชาติ

5. แบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Base Flow Model) แสดงถึงสภาพธรรมชาติที่เกิดขึ้นที่จุดบรรจบกันและแตกสาขาของแม่น้ำ

6. แบบจำลองการวัดอาคารบังคับน้ำ (Water-Control Measures) รวมทั้งการเบี่ยงเบนอาคารบังคับน้ำ (Diversion) และอ่างเก็บน้ำ (Storage facility)

และส่วนที่เพิ่มมาใน HEC-HMS มีดังนี้

1. แบบจำลองการกระจายตัวของการไหล ใช้กับข้อมูลการกระจายตัวของฝน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาจาก การเก็บข้อมูลอย่างละเอียดของเรดาร์วัดภูมิอากาศ

2. แบบจำลองแสดงความต่อเนื่องการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน ใช้สำหรับการคำนวณของพื้นที่รับน้ำในระยะยาว

3. การกระจายตัวของการไหล ใช้กับข้อมูลการกระจายตัวของน้ำฝน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาจาก การเก็บข้อมูลอย่างละเอียดของเรดาร์วัดภูมิอากาศ

4. สามารถเชื่อมโยงกับระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะเก็บรวบรวมและเชื่อมโยงกับเครื่องมือวิเคราะห์ที่อยู่ในแบบจำลองต่างๆ ของ HEC และจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ

ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง HEC-HMS สำหรับโครงสร้างของแบบจำลอง การป้อนข้อมูลสำหรับการคำนวณโปรแกรม HEC-HMS สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 6 ส่วนคือ

1. Start a New Project
2. Enter Basin model Data
3. Enter Precipitation Model Data
4. Enter Control Specifications
5. Create and Execute a Run
6. View Results

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

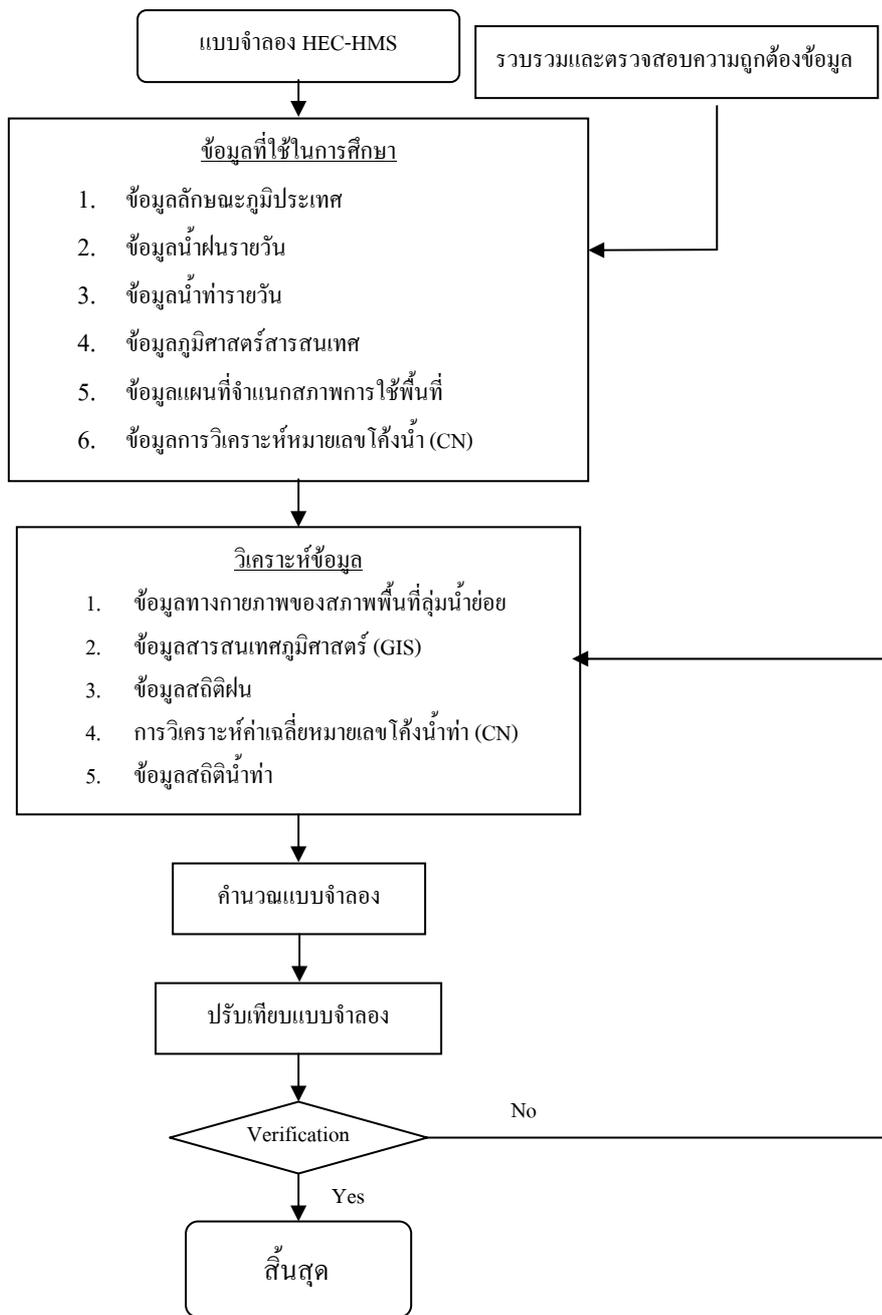
อุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์วิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ CPU Pentium และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. โปรแกรมระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ Microsoft Windows 98 ขึ้นไป
3. แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-Hydrologic Modeling System Version 2.2
4. โปรแกรม HEC-Geospatial Hydrologic Modeling Extension version 1.0
5. ข้อมูล GIS. ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
6. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Arc View GIS version 3.1
7. ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา และข้อมูลชลศาสตร์ของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
8. แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตรฐาน 1:250,000 และ 1:50,000

วิธีการ

การศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ตามแผนผังที่แสดงในภาพที่ 11 ประกอบด้วยวิธีการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ

1. รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. วิเคราะห์ข้อมูล
3. ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง
4. เสนอผลที่ได้และวิจารณ์
5. สรุปและข้อเสนอแนะ



ภาพที่ 11 แผนผังวิธีการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

1. การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography), ข้อมูลน้ำฝนรายวัน (Dairy Rainfall Data), ข้อมูลน้ำท่ารายวัน (Dairy Runoff Data), ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ชั้นต่างๆ , ข้อมูลการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้า (Input Data) ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS

1.1 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography)

การรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพของสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ตามรายงานโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก กรมชลประทาน (2543) แบ่งพื้นที่รับน้ำออกได้เป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกประกอบด้วย ข้อมูลพื้นที่รับน้ำฝน (Watershed Area) สามารถวัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:250,000 โดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ วัดพื้นที่รับน้ำฝน จำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ย และทำเป็นข้อมูล GIS

ข้อมูลความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ นับจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ และจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลำน้ำมากที่สุดของแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่แบ่งไว้ โดยหาค่าได้จากเครื่องมือวัดความยาว วัดจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ย ความยาวตามลำน้ำหลักสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศของสถานีวัดน้ำท่า มีทั้งสิ้นจำนวน 29 สถานี รวมทั้งข้อมูลที่วัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร สำหรับสถานีวัดน้ำต่างๆ ที่เลือกศึกษา สภาพทั่วไปของสถานี จะต้องเป็นสถานีที่ไม่ควรมีการก่อสร้างอาคารบังคับน้ำในลำน้ำเหนือจุดที่ตั้งสถานี หรือเลือกช่วงปีของข้อมูลที่ยังไม่ได้ก่อสร้างอาคารบังคับน้ำ ขนาดพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่นับจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำของแต่ละสถานีที่แบ่งไว้ โดยหาค่าได้จากเครื่องมือวัดความยาว

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพเฉพาะอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ได้แก่ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรเก็บกัก และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างและอัตราการไหลออกจากทางระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

1.2 ข้อมูลน้ำฝน (Rainfall Data)

ในการวิเคราะห์ ซึ่งแบบจำลอง HEC-HMS สามารถนำเข้าข้อมูลน้ำฝนที่มีความละเอียดของข้อมูลตั้งแต่รายนาที่จนถึงรายหนึ่งวัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป็นข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานจำนวน 30 สถานี ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ที่ตั้งตำแหน่งและช่วงข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ที่	รหัสสถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		ช่วงข้อมูล (ปี ค.ศ.)
		อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	
1	09013	เมือง	ชลบุรี	13-21-36	100-59-21	1990-2006
2	09042	ศรีราชา	ชลบุรี	13-10-37	100-56-01	1990-2006
3	09052	บางละมุง	ชลบุรี	12-58-30	100-55-00	1990-2006
4	09073	สัตหีบ	ชลบุรี	12-39-40	100-54-38	1990-2006
5	09133	บางละมุง	ชลบุรี	12-55-00	100-52-00	1990-2006
6	09160	ศรีราชา	ชลบุรี	13-12-04	100-57-59	1990-2006
7	48012	เมือง	ระยอง	12-39-57	101-16-44	1990-2006
8	48022	บ้านค่าย	ระยอง	12-46-54	101-18-13	1990-2006
9	48032	แกลง	ระยอง	12-46-30	101-39-23	1990-2006
10	48062	กิ่งอ.นิคมพัฒนา	ระยอง	12-49-00	101-12-00	1990-2006
11	48092	ปลวกแดง	ระยอง	12-57-58	101-13-02	1990-2006
12	48141	ปลวกแดง	ระยอง	12-55-41	101-19-30	1990-2006
13	48172	วังจันทร์	ระยอง	12-55-00	101-31-00	1990-2006
14	48182	บ้านฉาง	ระยอง	12-46-00	101-01-00	1990-2006
15	48193	กิ่งอ.เขาชะเมา	ระยอง	12-51-38	101-45-41	1990-2006
16	48201	กิ่งอ.เขาชะเมา	ระยอง	12-57-22	101-40-31	1990-2006
17	48241	แกลง	ระยอง	12-51-20	101-37-10	1990-2006
18	06013	เมือง	จันทบุรี	12-36-30	102-06-56	1990-2006
19	06022	มะขาม	จันทบุรี	12-40-20	102-11-58	1990-2006
20	06032	เมือง	จันทบุรี	12-28-46	102-04-40	1990-2006

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ที่	รหัสสถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		ช่วงข้อมูล (ปี ค.ศ.)
		อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	
21	06042	เมือง	จันทบุรี	12-37-10	102-00-49	1990-2006
22	06052	ขลุง	จันทบุรี	12-27-10	102-13-28	1990-2006
23	06121	มะขาม	จันทบุรี	12-47-23	102-15-33	1990-2006
24	06131	แก่งหางแมว	จันทบุรี	13-04-25	101-56-55	1990-2006
25	66012	เมือง	ตราด	12-14-19	102-31-07	1990-2006
26	66022	เขาสมิง	ตราด	12-21-06	102-26-20	1990-2006
27	66032	คลองใหญ่	ตราด	11-46-31	102-53-22	1990-2006
28	66062	แหลมงอบ	ตราด	12-10-08	102-23-55	1990-2006
29	66071	เขาสมิง	ตราด	12-28-28	102-28-52	1990-2006
30	66082	บ่อไร่	ตราด	12-34-09	102-32-12	1990-2006

ที่มา: กรมชลประทาน

1.3 ข้อมูลน้ำท่า (Runoff Data)

การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการคำนวณปริมาณการไหล รวบรวมจากสถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน โดยจะคัดเลือกให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และเป็นสถานีวัดน้ำท่าที่ไม่ควรมีผลกระทบจากการสร้างอาคารบังคับน้ำในลำน้ำเหนือจุดที่ตั้งสถานี หรือมีข้อมูลสถิติเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อความถูกต้องในการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 9 สถานี โดยใช้สัญลักษณ์ M แทนลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และเขตลำดับที่ตั้งลำน้ำหลัก ลำน้ำย่อย รายละเอียดสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าลุ่มน้ำย่อย ดังตารางที่ 9

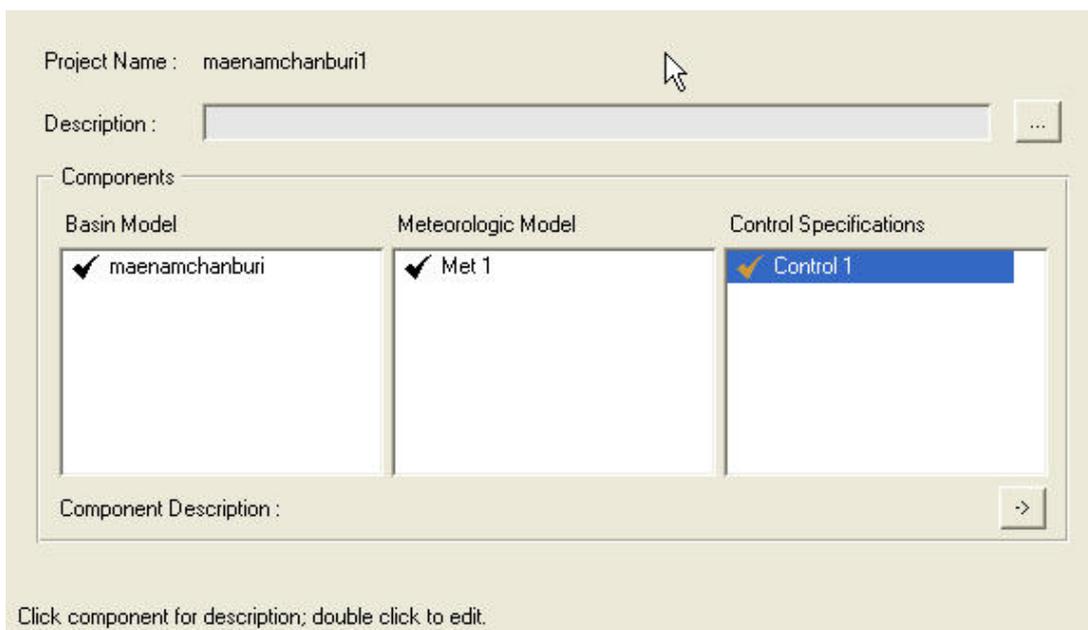
ตารางที่ 9 ที่ตั้งตำแหน่งและช่วงข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ที่	รหัสสถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		ช่วงข้อมูล (ปี ค.ศ.)
		อำเภอ	จังหวัด	East	North	
1	Z.10	เขาสมิง	ตราด	8784	1381	1990-2006
2	Z.11	แกลง	ระยอง	7842	1422	1990-2006
3	Z.15	ปลวกแดง	ระยอง	7522	1430	1990-2006
4	Z.18	กิ่งอ.เขาชะเมา	ระยอง	7902	1433	1990-2006
5	Z.38	เมือง	ระยอง	6919	1408	1990-2006
6	Z.13	มะขาม	จันทบุรี	8412	1412	1990-2006
7	Z.14	มะขาม	จันทบุรี	8486	1410	1990-2006
8	Z.21	มะขาม	จันทบุรี	8538	1415	1990-2006
9	Z.28	แก่งหางแมว	จันทบุรี	8197	1447	1990-2006

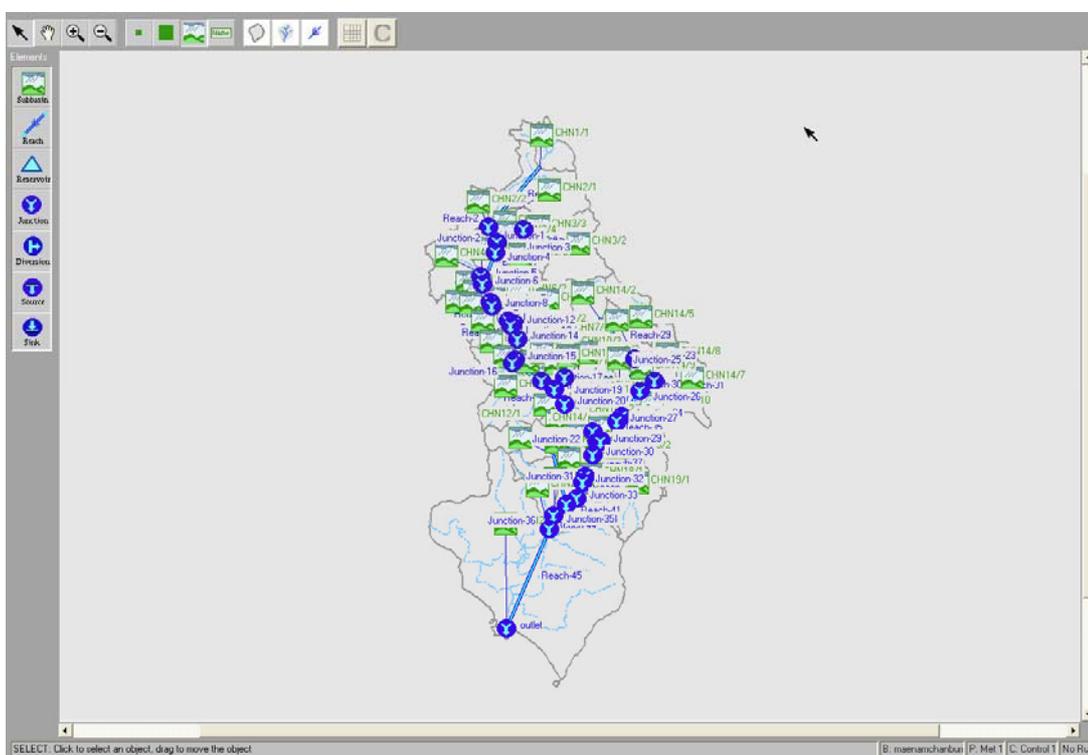
ที่มา: กรมชลประทาน (2543)

1.4 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ชั้นต่างๆ

รวบรวมข้อมูลจากชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งจะต้องจัดทำชั้นข้อมูล (Layer) ขอบเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก รวม แต่ละลุ่มน้ำย่อย เส้นลำนํ้าหลัก เส้นลำนํ้าย่อย เส้นชั้นความสูงขอบเขตอำเภอ จังหวัด และลักษณะขอบเขตอ่างเก็บน้ำ ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังในภาพที่ 12 และ 13 โดยนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Arc View GIS 3.1 และนำไปทำการแปลงเป็น Background ในแบบจำลอง HEC-HMS เพื่อให้สามารถมองภาพรวมและ Schematic ของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่า CN



ภาพที่ 12 แสดงหน้าจอโปรแกรม HEC-HMS ในโหมด Project Definition



ภาพที่ 13 แสดงหน้าจอโปรแกรม HEC-HMS ในโหมด Basin Model

1.5 ข้อมูลแผนที่จำแนกสภาพการใช้พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (Land Use Classification)

เป็นการรวบรวมข้อมูลของที่ดินและสภาพการใช้ที่ดิน (Land Used) ที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลการจำแนกลักษณะดินและสภาพการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งข้อมูลแบ่งออกเป็นข้อมูลจากรายงานการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกพืชทางเศรษฐกิจ และข้อมูลจากแผนปฏิบัติการพัฒนาทรัพยากรที่ดิน ข้อมูลประเภทแรกจะเป็นลักษณะแผนที่ตามมาตราส่วน 1:50,000 การหาแผนที่เพื่อจำแนกชนิดดินและสภาพการใช้ที่ดินจะใช้ Digital Plan meter ในการวัดพื้นที่ และข้อมูลจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งจะอยู่ในฐานข้อมูล (Database) สรุปลักษณะดิน ชนิดของการปลูกพืช การคัดเลือกข้อมูลจะพิจารณาจากข้อมูลที่มีรายละเอียดทันสมัย รวมถึงการจำแนกลักษณะเนื้อดิน (Texture)

1.6 ข้อมูลการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า (CN)

จากการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย ซึ่งทำการวิจัยโดยนายณัฐ เทภาสิต ในปี พ.ศ.2542 โดยใช้การจำแนกลักษณะเนื้อดิน (Texture) เป็นตัวกำหนดได้ทำการเปรียบเทียบ กับการจำแนกดินของ SCS ซึ่งใช้คุณสมบัติของดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (Infiltration) เป็นตัวกำหนด เพื่อมาเฉลี่ยรายอำเภอเป็นค่าเริ่มต้นของค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า CN และใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาพื้นที่ที่ทึบน้ำ (Impervious) ซึ่งได้พิจารณาข้อมูลบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าที่การศึกษา รายละเอียดการจำแนกดินของแต่ละอำเภอในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ชนิดดินทางอุทกศาสตร์ (HSG's) และค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) รายอำเภอ

อำเภอ	จังหวัด	HSG's	CN	อำเภอ	จังหวัด	HSG's	CN
เมือง	จันทบุรี	A/B	64	เมือง	ชลบุรี	A/C/D	77
ขลุง	จันทบุรี	A/B	58	เกาะสีชัง	ชลบุรี	NA	NA
ท่าใหม่	จันทบุรี	A/C	62	บางละมุง	ชลบุรี	A	70
โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	A/B	59	บ่อทอง	ชลบุรี	A/B	67
มะขาม	จันทบุรี	A/B	51	บ้านบึง	ชลบุรี	A/C	71
สอยดาว	จันทบุรี	B	68	พนัสนิคม	ชลบุรี	A/D	76
แหลมสิงห์	จันทบุรี	B/D	89	พานทอง	ชลบุรี	D	86

ตารางที่ 10 (ต่อ)

อำเภอ	จังหวัด	HSG's	CN	อำเภอ	จังหวัด	HSG's	CN
กิ่งอ.แก่งหางแมว	จันทบุรี	A/B	53	ศรีราชา	ชลบุรี	A	69
กิ่งอ.นายายอาม	จันทบุรี	A	51	สุดหีบ	ชลบุรี	A	59
กิ่งอ.เขาคิชฌกูฏ	จันทบุรี	A	45	หนองใหญ่	ชลบุรี	A	66
เมือง	ตราด	A/B/D	61	เมือง	ระยอง	A/B	53
เขาส้มิง	ตราด	A	54	แกลง	ระยอง	A/D	58
คลองใหญ่	ตราด	A/B	62	บ้านค่าย	ระยอง	A	60
บ่อไร่	ตราด	A/B	55	บ้านฉาง	ระยอง	A	51
แหลมงอบ	ตราด	A/B	59	ปลวกแดง	ระยอง	A	66
เกาะกูด	ตราด	B	50	วังจันทร์	ระยอง	A	42
เกาะช้าง	ตราด	B	50	กิ่งอ.เขาชะเมา	ระยอง	A/B	41

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ข้อมูลทางกายภาพของสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก สามารถวิเคราะห์การแบ่งพื้นที่รับน้ำของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และการกำหนดจุดออกควบคุม (Control Point) ของแบบจำลอง ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่รับน้ำออกได้เป็น 12 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งมีข้อมูลขนาดพื้นที่รับน้ำฝน (Watershed Area) ตั้งแต่ 439.90 ถึง 2,175.60 ตารางกิโลเมตร จากนั้นนำข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำย่อย, เส้นลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และเส้นชั้นความสูงที่อยู่ในรูปแบบของระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) 3 ชั้นข้อมูล (Layer) มาแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของ Digital Elevation Model (DEM) เพื่อเป็นข้อมูลเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ข้อมูลของพื้นที่รับน้ำ

ข้อมูลความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ นับจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ และจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลำน้ำมากที่สุดของแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่แบ่งไว้ ความยาวตามลำน้ำ

หลักสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำมีค่าตั้งแต่ 63 ถึง 492 กิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 11

ข้อมูลทางกายภาพพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของสถานีวัดน้ำท่า สามารถวัดและวิเคราะห์คำนวณได้ขนาดพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า รวมทั้งหมดมีขนาดพื้นที่ 2 จนถึง 1,318 ตารางกิโลเมตร

ข้อมูลอัตราการไหลของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก เป็นข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างและอัตราการไหลออกจากทางระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

ตารางที่ 11 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกและความยาวลำน้ำ

ลุ่มน้ำย่อย	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ความยาวลำน้ำ (กม.)
1. ชลบุรี	18.01	832.10	162.23
2. ระยองตะวันตก	18.02	802.50	131.75
3. คลองใหญ่	18.03	1,804.00	310.72
4. ระยองตะวันออก	18.04	501.00	63.40
5. แม่น้ำประแสร์	18.05	2,175.60	445.20
6. แม่น้ำพังราด	18.06	439.90	99.39
7. คลองวังโตนด	18.07	1,839.10	307.84
8. แม่น้ำจันทบุรี	18.08	1,722.00	406.69
9. แม่น้ำเวฬุ	18.09	954.90	223.97
10. トラดตะวันตก	18.10	480.90	63.86
11. แม่น้ำตราด	18.11	1,652.60	491.20
12. トラดตะวันออก	18.12	625.40	186.70

2.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งจัดทำชั้นข้อมูล (Layer) ขอบเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก แต่ละลุ่มน้ำย่อย เส้นลำน้ำหลัก และลำน้ำย่อย เส้นชั้น

ความสูง และลักษณะขอบเขตอ่างเก็บน้ำ โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcView GIS 3.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ Digital Elevation Model (DEM) เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของโปรแกรม HEC-GeoHMS ซึ่งเป็น Extensions ของ โปรแกรม ArcView GIS 3.1

2.3 ข้อมูลสถิติน้ำฝน (Rainfall Data)

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน ใช้ข้อมูลสถิติน้ำฝนรายหนึ่งวัน (24 ชั่วโมง) จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 51 สถานี โดยนำสถิติข้อมูลน้ำฝนในรูปแบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Data Base) นามสกุล .DAT มาวิเคราะห์แปลงเป็นนามสกุล .DSS เพื่อนำเข้าแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 12

การหาค่าเฉลี่ยของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก กรณีที่มีสถานีวัดน้ำฝนอยู่หลายสถานี จะใช้การเฉลี่ยตามน้ำหนักของพื้นที่ โดยวิธีทีนเอสเสนโพลีกอน (Thiessen Polygon) : ซึ่งเป็นการแบ่งย่อยพื้นที่รับน้ำฝนให้กับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี สำหรับการหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยหาได้จากผลคูณค่าปริมาณน้ำฝน กับพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละสถานี แล้วหารด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ดังมีสมการดังนี้

$$P_{av} = \frac{(P1A1 + P2A2 + \dots + PnAn)}{A1 + A2 + \dots + An}$$

เมื่อ P_{av} = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$P1, \dots, Pn$ = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีที่ 1, ... n ตามลำดับ

$A1, \dots, An$ = พื้นที่รับน้ำฝนของสถานีที่ 1, ... n ตามลำดับ

ในการนำเข้าข้อมูลลงในรูปแบบของโปรแกรม HEC-HMS จะมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนให้เลือกหลายวิธี และได้เลือกใช้วิธีถ่วงน้ำหนักของพื้นที่ โดยวิธีถ่วงน้ำหนักธีเอสเสนโพลีกอน (Thiessen Polygon) ด้วยการ ใช้โปรแกรม Arc View GIS ทำการสร้าง Thame ของธีเอสเสนดังในภาพที่ 15 แสดงการแบ่งน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโดยวิธีทีนเอสเสนโพลีกอน (Thiessen Polygon) ซึ่งสามารถวัดพื้นที่ของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จากนั้นนำมาคำนวณเป็นร้อยละของพื้นที่สถานีวัดน้ำฝนต่อพื้นที่ของลุ่มน้ำย่อย และนำค่าที่ได้จากการถ่วงน้ำหนักดังกล่าวบันทึกเข้าไปในโปรแกรม HEC-HMS ดังภาพที่ 14 เมื่อรวมผลการถ่วงน้ำหนักภายในลุ่มน้ำย่อยแล้วจะเท่ากับ 1 เสมอ

ตารางที่ 12 การแบ่งน้ำหนักสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ใน HEC-HMS

ชื่อพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	รหัสสถานีวัดน้ำฝน					
1. ชลบุรี	832.10	09013	09160	09042	09052		
2. ระยองตะวันตก	802.50	09133	48182	09073			
3. คลองใหญ่	1,804.00	48092	48150	48121	48141	48062	48022 48012
4. ระยองตะวันออก	501.00	48012	48022	48032			
5. แม่น้ำประแสร์	2,175.60	48172	48241	48201	48193	48032	
6. แม่น้ำพังราด	439.90	48193	06042				
7. คลองวังโตนด	1,839.10	48201	48793	06131	06042		
8. แม่น้ำจันทบุรี	1,722.00	06131	06121	06022	06042	06013	06032
9. แม่น้ำเวฬุ	954.90	06121	06022	06052	66071	66022	
10. トラดตะวันตก	480.90	66062	66012				
11. แม่น้ำตราด	1,652.60	06121	66082	66071	66022	66012	
12. トラดตะวันออก	625.40	66012	66032				

Meteorologic Model: Met 1 Subbasin List

Description:

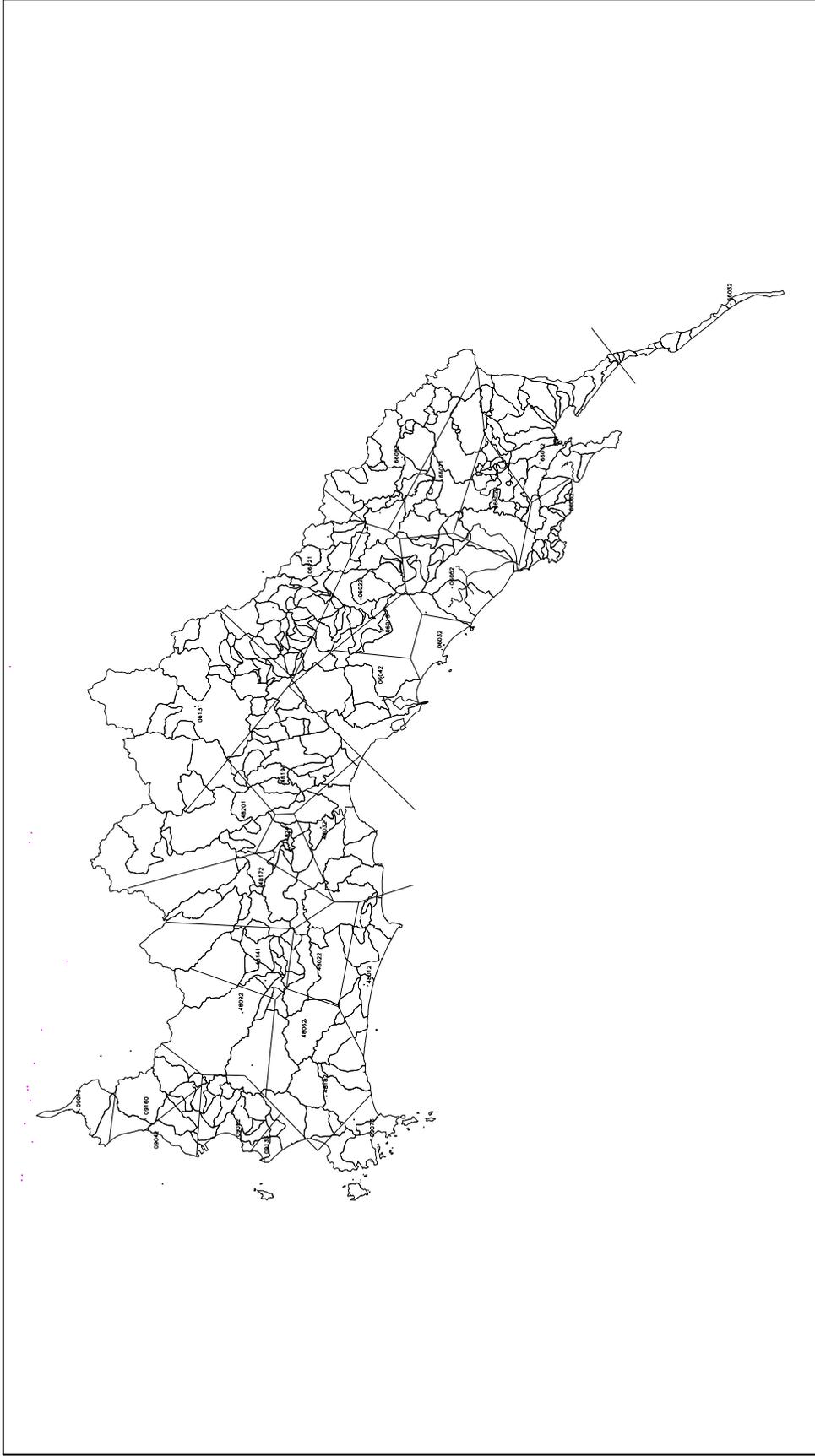
Precipitation | Evapotranspiration

Method: User Gage Weighting

Gages Subbasins Weights

	Gage ID	Gage Type	Total-Storm Depth (mm)	Index Precip (mm)
Add Gage	06131	R		
Recording	06121	R		
	06022	R		
Add Gage	06042	R		
Total Storm	06013	R		
	06032	R		

ภาพที่ 14 แสดงการนำเข้าข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนสำหรับ โมดูล Meteorologic



ภาพที่ 15 แสดงการแบ่งนำหนกสถณาวัดนำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มนำย่อย โดยวิธีทีนเอสเสนโพลีกอน (Thiessen Polygon)

2.4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยหมายเลขไค้งน้ำท่า (CN) ของลุ่มน้ำย่อย

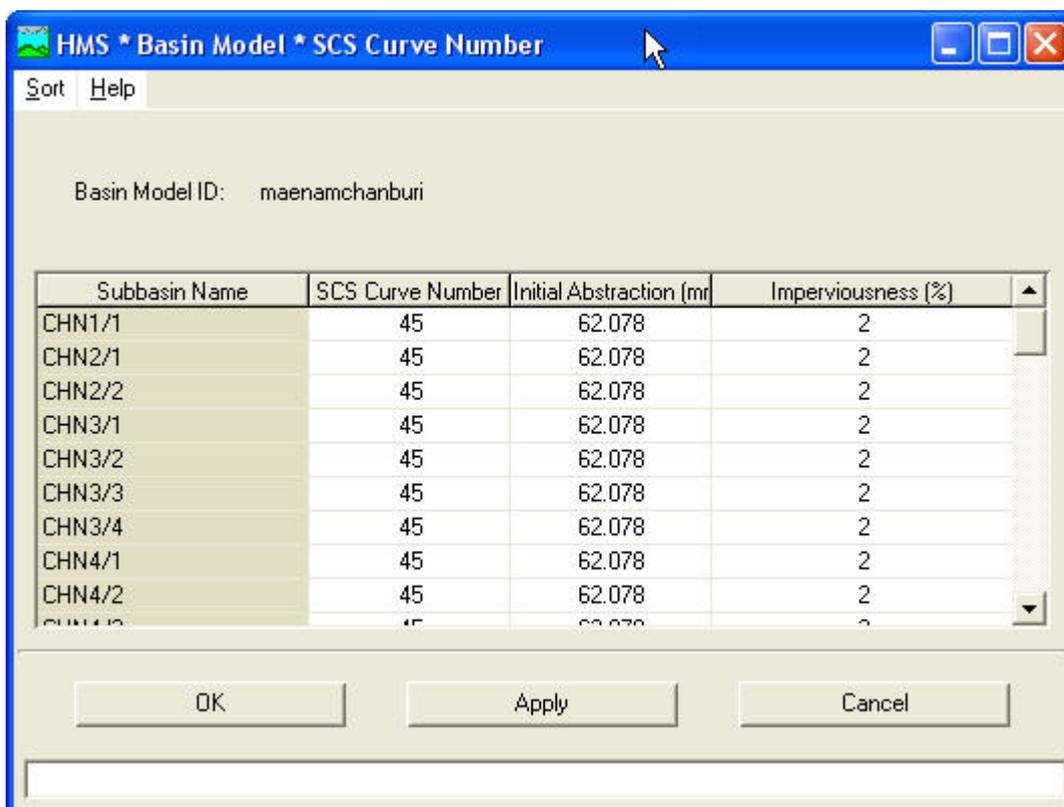
การวิเคราะห์หาค่า CN จะใช้ตารางที่ 10 จากการวิเคราะห์หมายเลขไค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย ซึ่งทำการวิจัยโดยนายณัฐ เทภาสิต ในปี พ.ศ.2542 โดยใช้การจำแนกลักษณะเนื้อดิน (Texture) เป็นตัวกำหนด ได้ทำการปรับเทียบกับการจำแนกดินของ SCS ซึ่งใช้คุณสมบัติของดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (Infiltration) เป็นตัวกำหนดและได้พิจารณาข้อมูลบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการศึกษามาเป็นค่าเริ่มต้น แล้วมาจัดทำใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยจะใช้ค่า CN แต่ละสภาพการใช้ที่ดินบนชนิดดินต่างๆ ในพื้นที่ย่อยของอำเภอในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จากนั้นจึงนำค่า CN เหล่านั้นมาคำนวณหาค่า CN เฉลี่ยของอำเภอในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จากสมการ

$$CN = \frac{A_1 CN_1 + A_2 CN_2 + \dots + A_n CN_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

โดย A_i = พื้นที่ของอำเภอในเขตลุ่มน้ำย่อย

CN_i = ค่า CN ของแต่ละอำเภอในเขตลุ่มน้ำย่อย

การหาค่าเฉลี่ย CN ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จะใช้ค่า CN ของอำเภอในเขตลุ่มน้ำย่อยมาเป็นค่าเริ่มต้นในการสอบเทียบแบบจำลอง (Calibrate Model) ซึ่งในโปรแกรมจะมีฟังก์ชันของการปรับช่วงของค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงการบันทึกข้อมูล CN เฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อย

2.5 ข้อมูลสถิติน้ำท่า (Runoff Data)

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน จากสถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 9 สถานี ส่วนใหญ่เป็นสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน โดยนำสถิติข้อมูลน้ำฝนในรูปแบบข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Data Base) นามสกุล .DAT มาวิเคราะห์แปลงเป็นนามสกุล .DSS เพื่อนำเข้าแบบจำลองรายละเอียดสถานีวัดน้ำท่าแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การกำหนดสถานีวัดน้ำทำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ใช้ใน HEC-HMS

ชื่อพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	รหัสสถานีวัดน้ำฝน
1. ชลบุรี	
2. ระยองตะวันตก	
3. คลองใหญ่	Z.15 Z.38
4. ระยองตะวันออก	
5. แม่น้ำประแสร์	Z.11 Z.18
6. แม่น้ำพังราด	
7. คลองวังโตนด	Z.28
8. แม่น้ำจันทบุรี	Z.13 Z.14 Z.21
9. แม่น้ำเวฬุ	
10. ตราดตะวันตก	
11. แม่น้ำตราด	Z.10
12. ตราดตะวันออก	

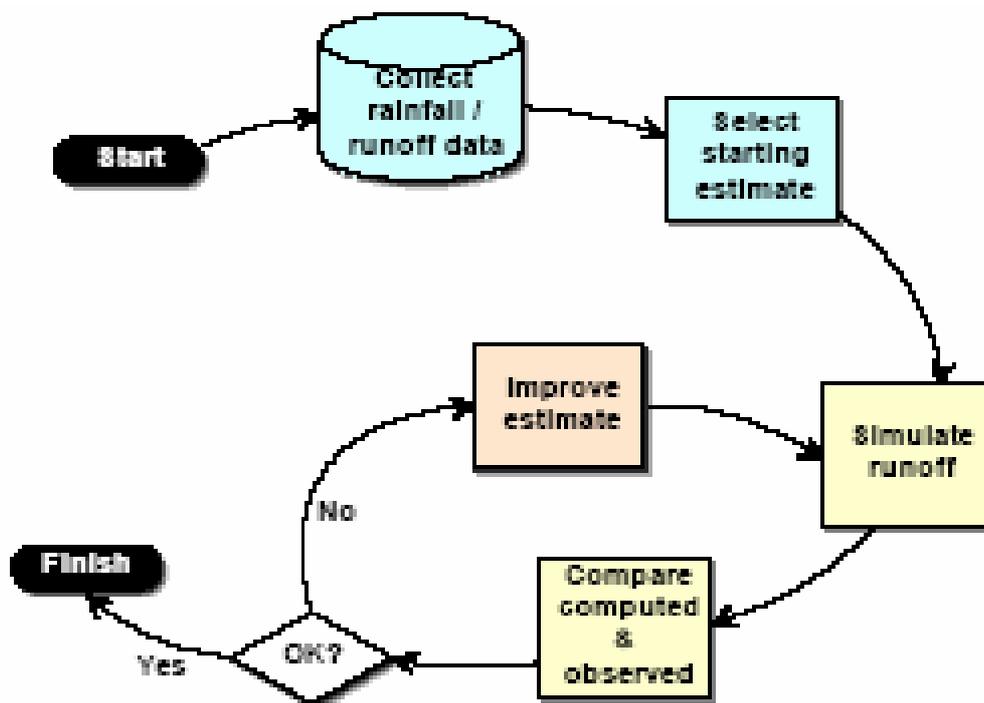
3. การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) จะใช้วิธีทดลอง Trial Error โดยค่าเริ่มต้นเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของพารามิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งได้ทำการสมมุติค่าตัวแปร (Parameter) ที่ต้องการปรับเทียบป้อนเข้าโปรแกรม ทดลองการ Run โปรแกรม ผลที่ได้คือกราฟน้ำท่า นำค่าที่ได้มาทำการปรับเทียบผลที่ได้จากการคำนวณ (Calculate) กับค่าปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสนาม (Observe) ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นและ Run โปรแกรมใหม่อีกครั้ง แล้วสังเกตปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณ (Calculate) และค่าปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสนาม (Observe) อีกครั้งหนึ่ง และปรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ คว้าพารามิเตอร์ตัวไหนมีผลต่อ Hydrograph น้อยที่สุดก็ลองที่ไว้และเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นต่อไปจนกว่าจะครบทุกตัว เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดตามภาพที่ 17 และมีข้อจำกัดของค่าตัวแปรตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อจำกัดของค่าตัวแปรของแบบจำลองต่างๆ ในโปรแกรม HEC-HMS

Model	Parameter	Minimum	Maximum
Initial and constant-rate loss	Initial loss	0 mm	500 mm
	Constant loss rate	0 mm/hr	300 mm/hr
SCS loss	Initial abstraction	0 mm	500 mm
	Curve number	1	100
Snyder's UH	Lag	0.1 hr	500 hr
	Cp	0.1	1.0
Base Flow	Initial baseflow	0 m ³ /s	100000 m ³ /s
	Recession factor	0.000011	-
	Flow-to-peak ratio	0	1
Muskingum routing	K	0.1 hr	150 hr
	X	0	0.5
	Number of steps	1	100

ที่มา: HEC-HMS Technical reference Manual (march 2000)



ภาพที่ 17 Schematic แสดงขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

ที่มา: HEC-HMS Technical Reference Manual (2000)

นอกจากนี้โปรแกรมคณิตศาสตร์ HEC-HMS ยังมีความสามารถในการหาค่าความเหมาะสม สำหรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่เลือกไว้ ด้วยฟังก์ชัน Optimization ช่วยลดช่วงการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ที่ต้องลองผิดลองถูก (Trial&Error) ดังภาพที่ 18

ใน HEC-HMS ระบบการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด วิธีการนี้เริ่มที่ข้อมูลที่บันทึกสำหรับแบบจำลอง Rainfall-Runoff ต้องการข้อมูลคือปริมาณน้ำฝนที่ตกและช่วงเวลาการไหล สำหรับแบบจำลองเส้นทาง การเก็บข้อมูลการไหลเข้าและการไหลออกจากเส้นทางลำน้ำที่ต้องการ ขั้นตอนมาเป็นการเลือกการประมาณค่าเบื้องต้นของค่าพารามิเตอร์

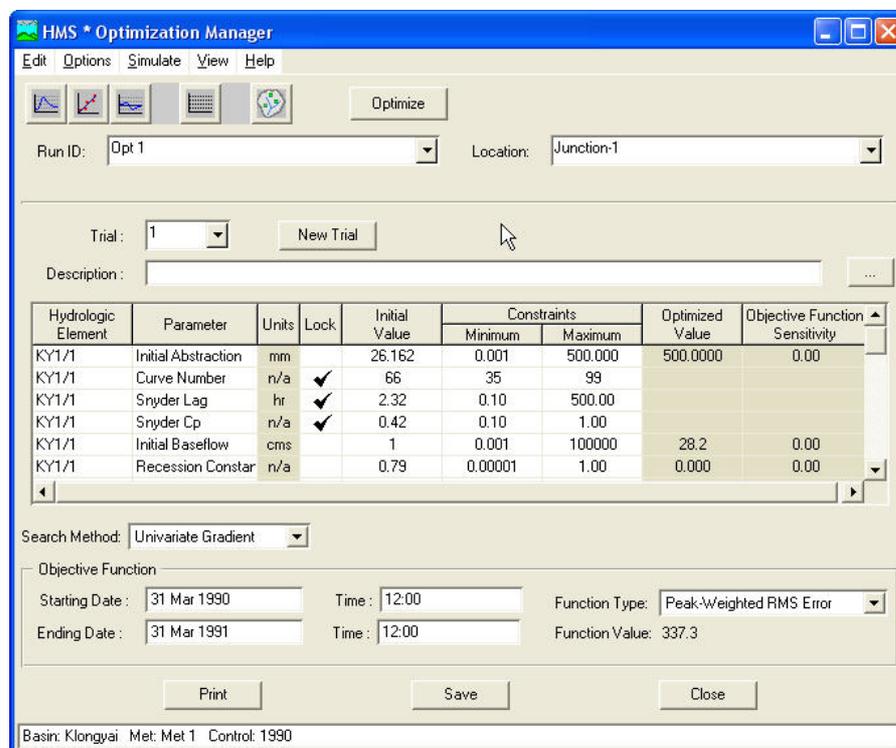
ผลสำเร็จของการปรับเทียบใน HEC-HMS เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้น ค่าความผิดพลาดเป็นค่าที่คำนวณออกมา ถ้าค่าผิดพลาดไม่สามารถยอมรับได้ HEC-HMS จะลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ การตัดสินใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนความเชื่อมั่น มี 2 วิธีดังนี้

1. วิธี Univariate gradient search algorithm คือ ทำการตรวจแก้ในค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้หลายครั้งหลายหน นั่นคือ ถ้า x^k คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้กับฟังก์ชัน $f(x^k)$ ครั้งที่ k , การค้นหาครั้งใหม่ x^{k+1} ครั้งที่ $k+1$ กล่าวคือ $x^k =$ การเลือกค่าพารามิเตอร์ จุดหมายของการหา

ใน HEC-HMS เป็นการเลือก x^k ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ไปด้านหน้าซึ่งค่า yield มีค่าน้อยที่สุดของฟังก์ชัน โดยทั่วไปการเลือกครั้งแรกไม่ใช่ค่าต่ำสุด ดังนั้นสมการจึงเป็นการประยุกต์ต่อต่อเนื่องไป วิธีการ gradient ที่ใช้ใน HEC-HMS จะใช้หลักการของ Newton's method

2. วิธี Nelder and Mead Algorithm คือ วิธีการค้นหาพารามิเตอร์มากที่สุด โดยไม่มีการใช้ derivation ของฟังก์ชันที่จะเป็นแนวทางค้นหา แทนที่จะเชื่อมั่นที่การค้นหาโดยตรง ในการค้นหาการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นการถูกคัดเลือกว่ากับแผนการใช้ความรู้ไปถึงก่อนการทำซ้ำ เพื่อแสดงการประมาณค่าที่ดี ตัดการประมาณค่าที่ไม่ดีออก และได้การประมาณค่าที่ดีขึ้นจากรูปแบบที่กำหนดโดยสิ่งที่ดี

การค้นหาแบบ Nelder and Mead ใช้วิธีการ Simplex ทางเลือกค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองหนึ่งกับพารามิเตอร์ ตัว Simplex มี $n+1$ ค่าแตกต่างชุดพารามิเตอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าแบบจำลองมีสองพารามิเตอร์ ชุดของสมการประมาณค่าของแต่ละพารามิเตอร์ทั้งสองชุดรวมอยู่ใน Simplex ทางเรขาคณิต n แบบจำลอง พารามิเตอร์สามารถดูเหมือนมิติในอากาศ Simplex เหมือนรูป Polyhedron ในมิติ space และแต่ละชุดของพารามิเตอร์คล้ายกับหนึ่งของ $n+1$ จุดที่เส้นมาตัดกันของ Polyhedron ในกรณีของแบบจำลองสองพารามิเตอร์



ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างหน้าจอ Optimization Manager การปรับเทียบ Parameter

ผลและวิจารณ์

ผล

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบพารามิเตอร์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990 ถึง 2001 รวม 12 ปี และใช้สถานีวัดน้ำท่าในลำน้ำย่อยเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งลุ่มน้ำนั้น เป็นการเปรียบเทียบที่ยากมาก เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่น้อย ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง (Calibration Model) และ การตรวจสอบพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (Verify Model) ดังนี้

1. การเปรียบเทียบและตรวจสอบค่าพารามิเตอร์

1.1 แบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Model)

1.1.1 ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าของ SCS(CN) พบว่าค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าของ SCS(CN) ของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก อยู่ระหว่าง 41 ถึง 77 พบว่าในสภาพพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม หรือเป็นที่อยู่อาศัยมีค่า CN มาก พื้นที่ป่ามีค่า CN น้อย โดยลุ่มน้ำที่มีค่า CN น้อย ได้แก่ ลุ่มน้ำประแสร์, ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี และลุ่มน้ำที่มีค่า CN มาก ได้แก่ ลุ่มน้ำชลบุรี, ลุ่มน้ำระยองตะวันตก นอกจากนี้ ค่า CN ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น ที่ได้จากการวิเคราะห์ ค่า CN เป็นรายอำเภอในลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ และจากช่วงเวลาที่ทำการ Optimization ได้เริ่มการจำลองในวันที่ 1 เมษายน ถึง 31 มีนาคม ของช่วงปีที่ศึกษา คือ 1990 ถึง 2001 มีความสัมพันธ์กับลักษณะของดิน และการใช้ที่ดิน โดยรวมของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ที่มีการขยายตัวของชุมชนอย่างต่อเนื่อง ดังมีรายละเอียดแสดงแยกเป็นลุ่มน้ำย่อยในตารางที่ 15

1.1.2 ค่าสูญเสียเริ่มต้น (Initial abstraction) ผลการศึกษาพบว่าค่า Ia จะมีค่าอยู่ในช่วง 15 ถึง 73 มม. โดยมีค่าสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 36.5 มม. และมีแนวโน้มของค่าการสูญเสียเริ่มต้น (Ia) มีค่าน้อยบริเวณที่มีความชื้นในดินอิ่มตัวมาก และเริ่มมีค่ามากขึ้นบริเวณที่มีความลาดชันสูง ดินเป็นดินร่วนปนทรายความชื้นในดินไม่อิ่มตัว ดังมีรายละเอียดแสดงแยกเป็นลุ่มน้ำย่อยในตารางที่

ตารางที่ 15 สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองการสูญเสีย (Loss Model)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	Loss Rate	
		SCS Curve Number	Initial Abstraction (mm.)
1	ลุ่มน้ำชลบุรี	71.07	20.811
2	ลุ่มน้ำระยองตะวันตก	55.65	37.313
3	ลุ่มน้ำคลองใหญ่	62.62	30.748
4	ลุ่มน้ำระยองตะวันออก	54.97	41.805
5	ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์	45.11	63.879
6	ลุ่มน้ำแม่น้ำพังราด	53.00	45.270
7	ลุ่มน้ำคลองตาโหนด	55.79	40.781
8	ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี	52.56	48.105
9	ลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ	56.27	39.627
10	ลุ่มน้ำตราดตะวันตก	60.08	33.784
11	ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด	55.62	40.678
12	ลุ่มน้ำตราดตะวันออก	61.13	32.314

1.2 การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Models of direct runoff)

ค่า Standard Lag (t_p) ที่ใช้ในแบบจำลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.48 ถึง 13.89 ชั่วโมง และค่า Peaking Coefficient (C_p) ที่ใช้ในแบบจำลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.42 ถึง 0.55 ดังมีรายละเอียดแยกเป็นลุ่มน้ำย่อยแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สรุปค่า Parameter ของแบบจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Models of direct runoff)

ที่	ลุ่มน้ำย่อย	Transform	
		Tp	Cp
1	ลุ่มน้ำชลบุรี	4.34	0.42
2	ลุ่มน้ำระของตะวันตก	5.06	0.42
3	ลุ่มน้ำคลองใหญ่	8.00	0.42
4	ลุ่มน้ำระของตะวันออก	6.09	0.42
5	ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์	9.31	0.55
6	ลุ่มน้ำแม่น้ำพิงลาด	6.91	0.55
7	ลุ่มน้ำคลองตาโหนด	7.09	0.55
8	ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี	4.51	0.45
9	ลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ	5.35	0.45
10	ลุ่มน้ำตราดตะวันตก	2.95	0.45
11	ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด	5.55	0.45
12	ลุ่มน้ำตราดตะวันออก	4.34	0.45

1.3 การจำลองการไหลพื้นฐาน (Models of baseflow)

1.3.1 ค่าจุดเริ่มต้นของการลดลง (Initial flow) ของวิธีถดถอยแบบยกกำลัง (Exponential recession) ในแบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Base Flow Model) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-9.44 ลบ.ม./วินาที โดยจะขึ้นอยู่กับเวลาที่เริ่มต้นการวิเคราะห์แบบจำลอง มีค่าน้อยถ้าเริ่มวิเคราะห์ในช่วงฤดูแล้ง

1.3.2 อัตราส่วนของการลดลง (Recession Ratio) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.101-9.99

1.3.3 ค่าจุดเริ่มต้นของการไหลพื้นฐาน (Threshold flow) ช่วงขาดของวิธีถดถอยแบบยกกำลัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-9.9 ลบ.ม./วินาที

1.4 การจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

1.4.1 ค่าช่วงเวลาการเคลื่อนตัวผ่านช่วงลำน้ำที่พิจารณา (K) ของวิธี Muskingum มีค่าอยู่ระหว่าง 1.3-150 ชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับความยาวลำน้ำ ความลาดชัน ซึ่งมีค่ามากในช่วงท้ายลำน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 17 สรุปช่วงพิสัยของค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow) และรายละเอียดที่แบ่งเป็น ลำน้ำย่อยอยู่ในตารางภาคผนวกที่

1.4.2 ค่าคงที่ของ Muskingum (x) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.5 ดังมีรายละเอียดแต่ละช่วงลำน้ำ แสดงในตารางที่ 17 สรุปช่วงพิสัยของค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

ตารางที่ 17 สรุปช่วงพิสัยของค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

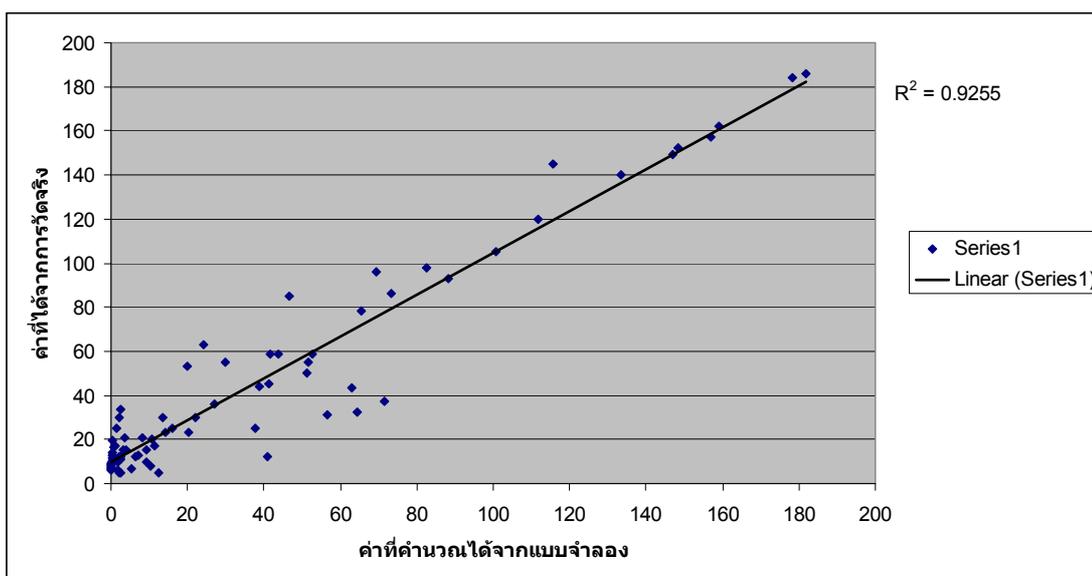
ลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
ลุ่มน้ำชลบุรี	1.02-4.38	0.30	1.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันตก	2.07-7.47	0.30	1.00
ลุ่มน้ำคลองใหญ่	0.34-5.29	0.30	1.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันออก	1.17-3.95	0.30	1.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์	0.77-11.07	0.30	1.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำพิงลาด	0.60-8.50	0.30	1.00
ลุ่มน้ำคลองตาโหนด	1.76-8.50	0.30	1.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี	0.23-8.74	0.30	1.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ	0.30-8.84	0.30	1.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด	0.59-12.71	0.30	1.00
ลุ่มน้ำตราดตะวันออก	1.28-6.35	0.30	1.00

2. ผลการจำลอง ณ สถานีวัดน้ำท่า

ผลการจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990-2001 รวม 12 ปี โดยใช้สถานีวัดน้ำท่าที่คัดเลือกในลำน้ำสายหลัก จำนวน 4 สถานี ซึ่งประกอบด้วย สถานีวัดน้ำท่า Z.11, Z.15, Z.18, Z.38 พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ก็จะได้กราฟเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูล และนำไปคำนวณหา ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คืออยู่ระหว่าง 0.8-0.93

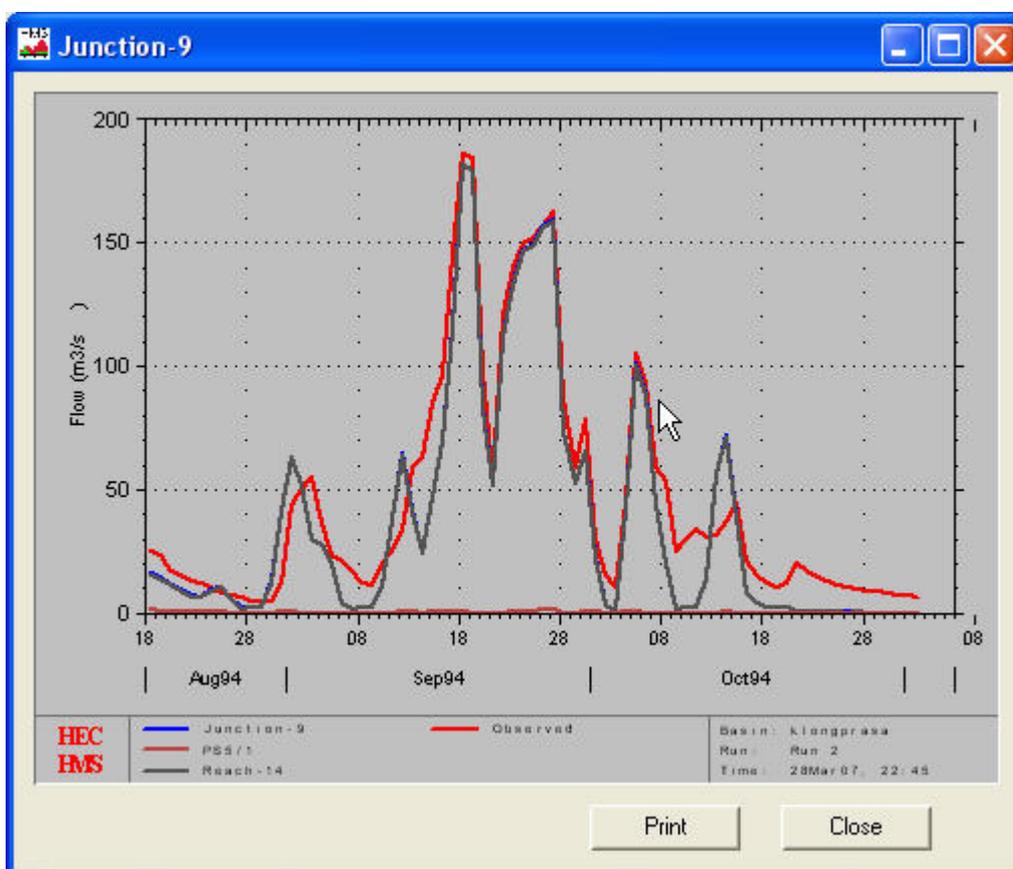
2.1 สถานีวัดน้ำท่า Z.11

ผลการจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990-2001 รวม 12 ปี พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ก็จะได้กราฟเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูล และนำไปคำนวณหา ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คือ 0.9255 ดังแสดงในภาพที่ 19 จากกราฟจะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูล เพราะอาจเกิดจากข้อมูลมีการผิดพลาด แต่สามารถยอมรับข้อมูลได้ ผลที่เกิดความคลาดเคลื่อนนั้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณน้ำฝน และน้ำท่าอาจถูก Control จากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.11

ผลของการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.11 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Flows และ เวลา ในภาพที่ 20 กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำท่า Z.11 และเส้นสีน้ำเงินเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-HMS และได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่ากราฟทั้ง 2 เส้นนี้มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะมีข้อมูลบางช่วงเวลาที่ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่าคาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องทั้งลุ่มน้ำ

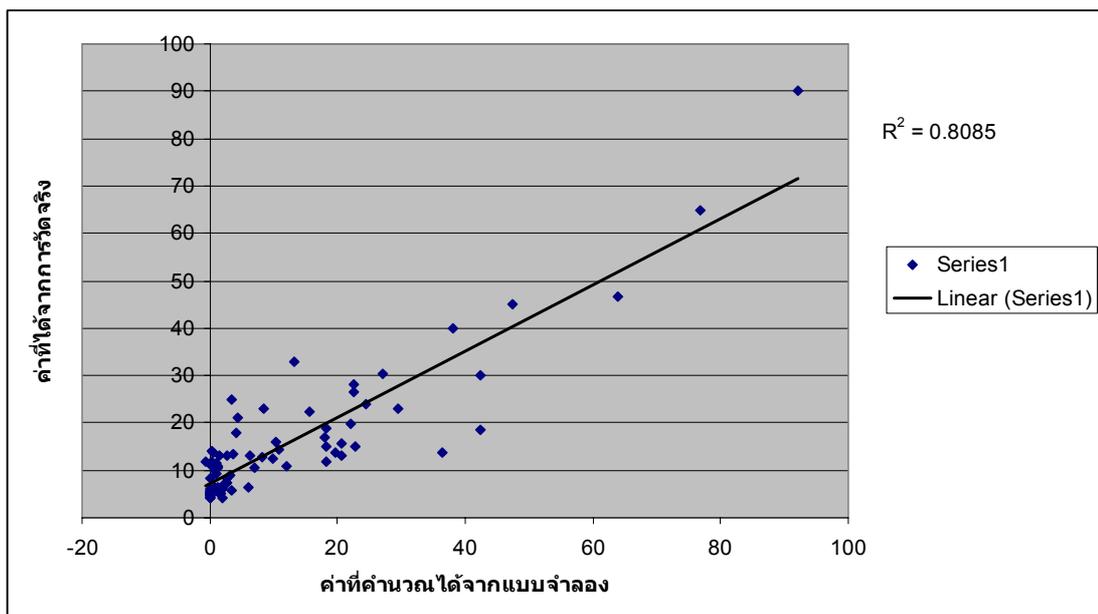


ภาพที่ 20 แสดงกราฟที่ทำการปรับเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.11

2.2 สถานีวัดน้ำท่า Z.18

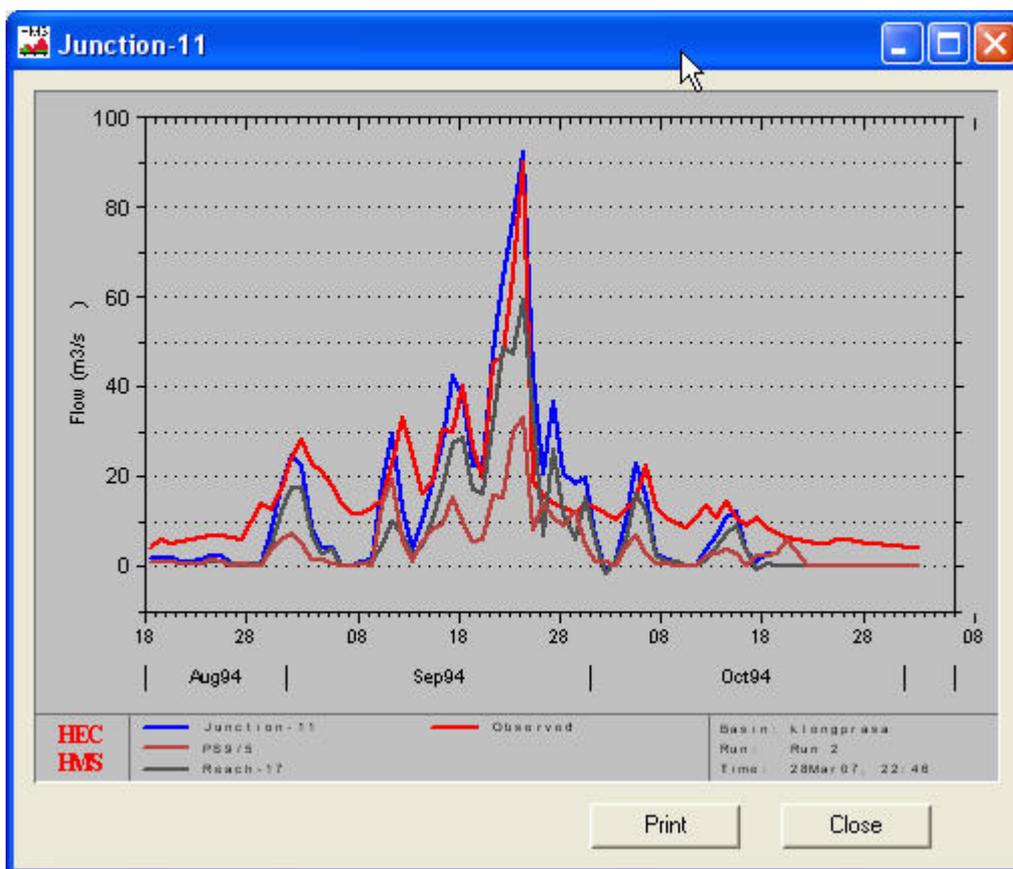
ผลการจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990-2001 รวม 12 ปี พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ก็จะได้กราฟเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูล และนำไปคำนวณหา ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้

แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คือ 0.8085 ดังแสดงในภาพที่ 21 จากกราฟจะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูล เพราะอาจเกิดจากข้อมูลมีการผิดพลาด แต่สามารถยอมรับข้อมูลได้ ผลที่เกิดความคลาดเคลื่อนนั้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณน้ำฝน และน้ำท่าอาจถูก Control จากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.18

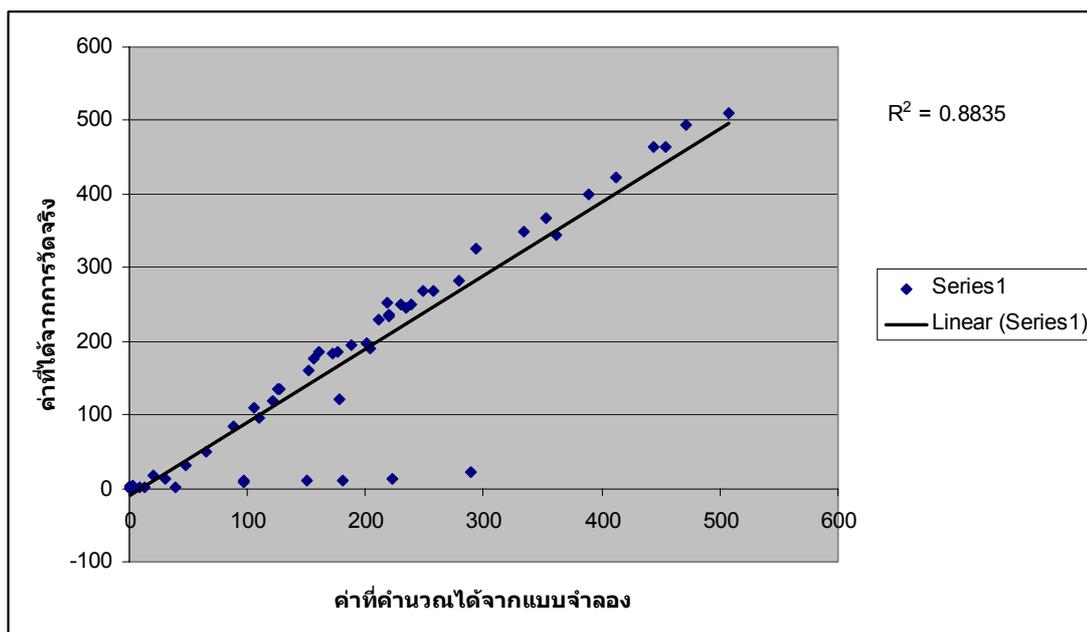
ผลของการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.18 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Flows และ เวลา ในภาพที่ 22 กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำท่า Z.18 และเส้นสีน้ำเงินเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-HMS และได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่ากราฟทั้ง 2 เส้นนี้มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะมีข้อมูลบางช่วงเวลาที่ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องทั้งลุ่มน้ำ



ภาพที่ 22 แสดงกราฟที่ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.18

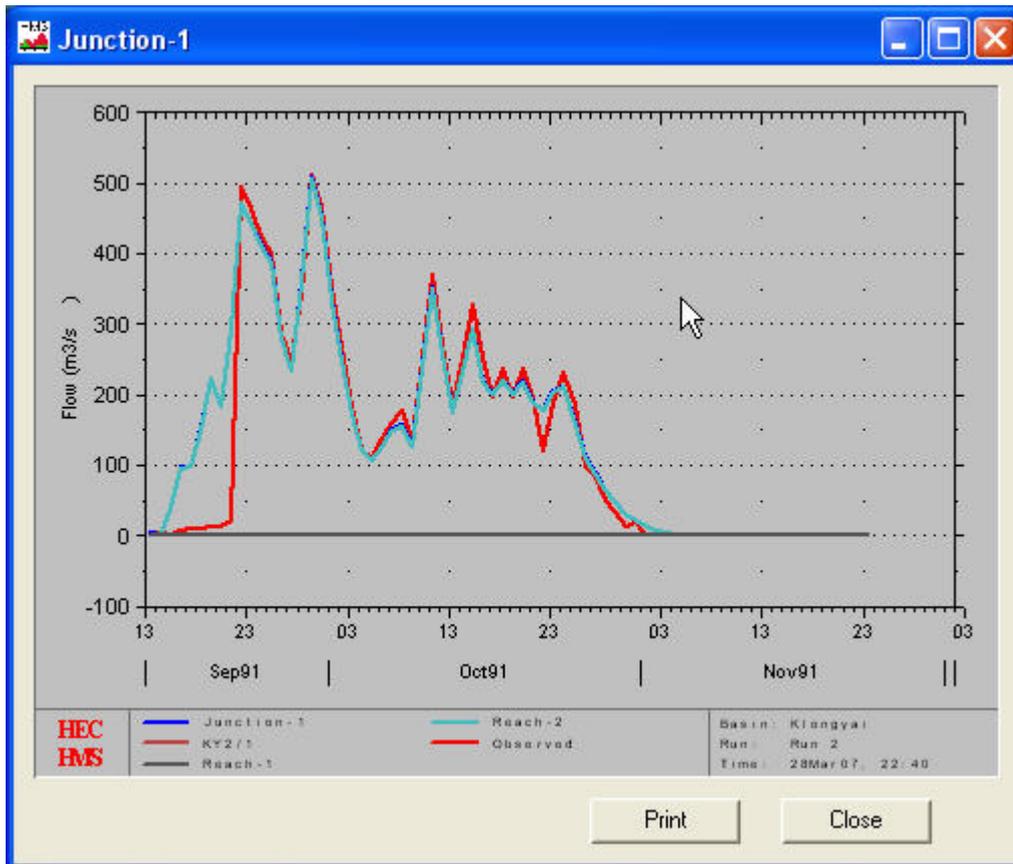
2.3 สถานีวัดน้ำท่า Z.15

ผลการจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990-2001 รวม 12 ปี พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ก็จะได้กราฟเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูล และนำไปคำนวณหา ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คือ 0.8835 ดังแสดงในภาพที่ 23 จากกราฟจะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูล เพราะอาจเกิดจากข้อมูลมีการผิดพลาด แต่สามารถยอมรับข้อมูลได้ ผลที่เกิดความคลาดเคลื่อนนั้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณน้ำฝน และน้ำท่าอาจถูก Control จากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 23 กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.15

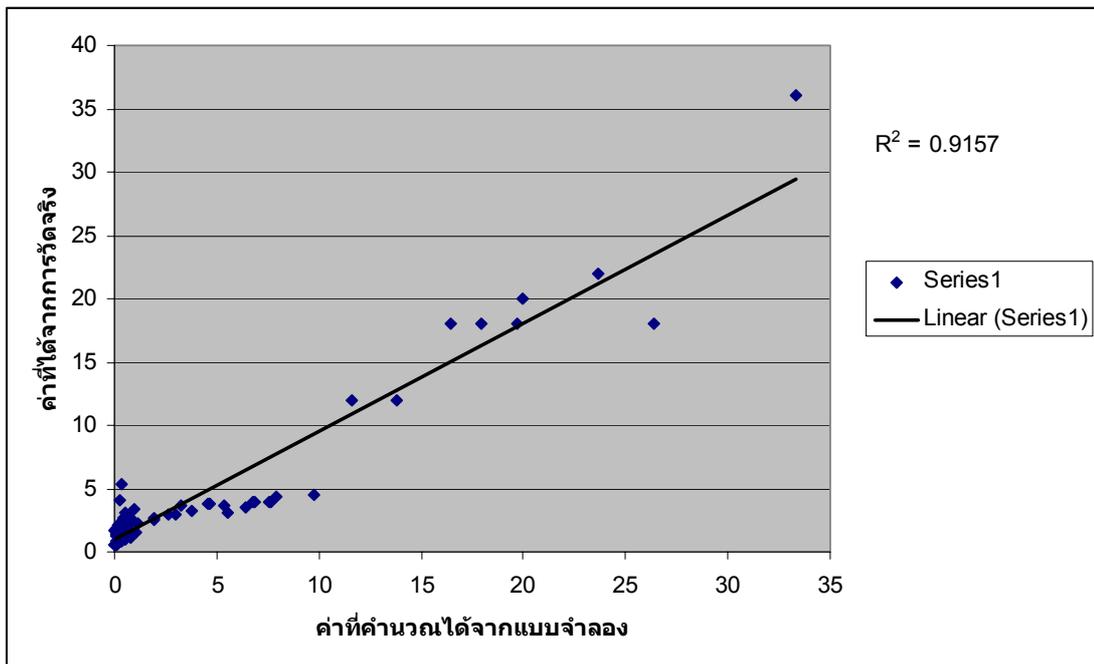
ผลของการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.15 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Flows และ เวลา ในภาพที่ 24 กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำท่า Z.15 และเส้นสีฟ้าเป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำน้ำด้านต้นน้ำก่อนถึงจุดเชื่อมมีค่าเท่ากับเส้นสีน้ำเงินเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-HMS ที่ Junction 1 และได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่ากราฟทั้ง 2 เส้นนี้มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะมีข้อมูลบางช่วงเวลาที่มีค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่าคาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องทั้งลุ่มน้ำ



ภาพที่ 24 แสดงกราฟที่ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z.15

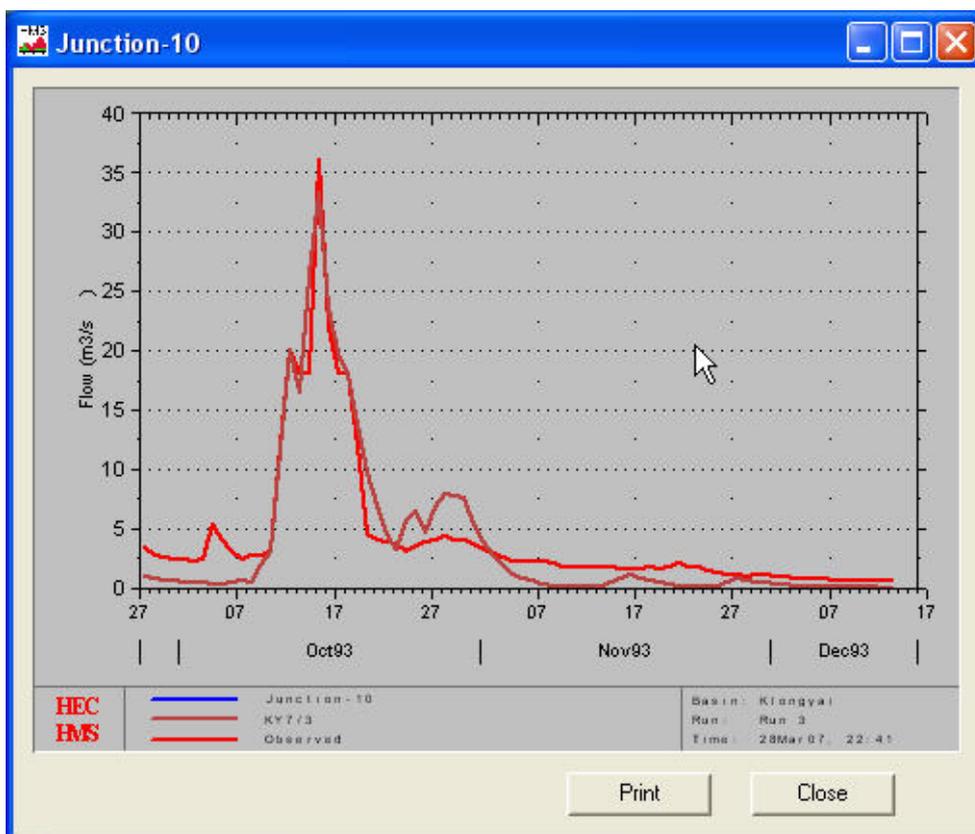
2.4 สถานีวัดน้ำท่า Z.38

ผลการจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 1990-2001 รวม 12 ปี พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ก็จะได้กราฟเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูล และนำไปคำนวณหา ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คือ 0.9157 ดังแสดงในภาพที่ 25 จากกราฟจะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูล เพราะอาจเกิดจากข้อมูลมีการผิดพลาด แต่สามารถยอมรับข้อมูลได้ ผลที่เกิดความคลาดเคลื่อนนั้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณน้ำฝน และน้ำท่าอาจถูก Control จากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 25 กราฟแสดงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง HEC-HMS ของสถานีวัดน้ำท่า Z.38

ผลของการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS ที่สถานีวัดน้ำท่า Z.38 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Flows และ เวลา ในภาพที่ 26 กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำท่า Z.38 และเส้นสีชมพูเป็นข้อมูลของน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง HEC-HMS และได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเห็นว่ากราฟทั้ง 2 เส้นนี้มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะมีข้อมูลบางช่วงเวลา ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่าคาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องทั้งลุ่มน้ำ



ภาพที่ 26 แสดงกราฟที่ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่า Z..38

3. การทำนายปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในอนาคต

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทำนายปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในปี 2002 ซึ่งเป็นการคาดการณ์ต่อเนื่องจากข้อมูลที่เปรียบเทียบที่ผ่านมาแล้ว ซึ่งจะแสดงเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นใน Junction ต่างๆ ภายในลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ผลที่ได้สามารถแสดงในรูปของปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ Outlet ของลุ่มน้ำ

ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS แสดงค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่จุดออก (Outlet) ของลุ่มน้ำชลบุรี ซึ่งเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดของกลุ่มน้ำย่อย เนื่องจากเป็นจุดรวมของปริมาณน้ำท่าจาก Junction ต่างๆ ภายในลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในตารางที่ 18 ปริมาณน้ำท่าที่จุดออก Outlet ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ตารางที่ 18 สรุปปริมาณน้ำท่าที่จุดออก Outlet ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำชลบุรี				
outlet1	1.000	01 Apr 02 1200	3,000.70	95.88
outlet2	2.000	01 Apr 02 1200	4,794.10	214.51
outlet3	12.000	01 Apr 02 1200	8,983.20	303.02
outlet4	4.000	01 Apr 02 1200	3,123.30	97.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันตก				
outlet1	27.740	23 Sep 02 1200	128,632.00	120.36
outlet2	17.421	01 Nov 02 1200	72,063.00	65.56
outlet3	13.595	23 Aug 02 1200	62,573.00	52.52
outlet4	52.571	01 Nov 02 1200	215,503.00	215.73
outlet5	13.307	01 Nov 02 1200	48,734.00	50.63
outlet6	17.482	01 Nov 02 1200	64,676.00	65.90
outlet7	24.160	01 Nov 02 1200	89,191.00	91.08
ลุ่มน้ำคลองใหญ่				
outlet	3,546.600	13 May 02 1200	16,563,253.00	1,804.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันออก				
outlet1	2,387.500	24 Sep 02 1200	9,535,687.00	316.03
outlet2	1,531.400	24 Sep 02 1200	6,243,373.00	130.81

ตารางที่ 18 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์				
outlet	694.520	24 Sep 02 1200	2,375,468.00	2,165.05
ลุ่มน้ำแม่น้ำพังราด				
outlet1	166.730	26 Sep 02 1200	297,878.00	293.27
outlet2	88.295	24 Sep 02 1200	243,666.00	146.63
ลุ่มน้ำคลองตาโหนด				
outlet1	742.960	22 Sep 02 1200	2,760,948.00	1,788.10
outlet2	32.472	24 Sep 02 1200	89,468.00	51.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี				
outlet	704.890	24 Sep 02 1200	3,718,870.00	1,722.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำวพุ				
outlet	547.800	20 Sep 02 1200	2,694,461.00	953.95
ลุ่มน้ำตราดตะวันตก				
outlet1	3.745	15 Aug 02 1200	10,226.00	5.44
outlet2	7.048	15 Aug 02 1200	18,822.00	10.24
outlet3	7.434	15 Aug 02 1200	19,825.00	10.80
outlet4	6.560	15 Aug 02 1200	17,551.00	9.53

ตารางที่ 18 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
outlet5	19.920	15 Aug 02 1200	52,313.00	28.94
outlet6	7.516	15 Aug 02 1200	20,039.00	10.92
outlet7	32.659	23 Jun 02 1200	105,844.00	40.50
outlet8	41.946	23 Jun 02 1200	166,492.00	48.85
outlet9	26.687	23 Jun 02 1200	106,092.00	31.08
ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด				
outlet	893.480	14 Aug 02 1200	5,477,133.00	1,626.65
ลุ่มน้ำตราดตะวันออก				
outlet1	185.090	23 Jun 02 1200	757,880.00	222.01
outlet2	46.239	23 Jun 02 1200	183,487.00	53.85
outlet3	18.882	23 Jun 02 1200	75,205.00	21.99
outlet4	28.130	23 Jun 02 1200	111,802.00	32.76
outlet5	37.526	23 Jun 02 1200	151,037.00	44.01
outlet6	2.328	23 Jun 02 1200	9,719.00	2.71
outlet7	5.075	23 Jun 02 1200	20,574.00	5.91
outlet8	2.001	23 Jun 02 1200	8,425.40	2.33
outlet9	17.701	15 Aug 02 1200	70,978.00	16.89
outlet10	11.277	15 Aug 02 1200	45,388.00	10.76

วิจารณ์

ผลของการประเมินกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS สามารถจำลองได้ในช่วงเวลา และมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่จะมีบางสถานีและบางช่วงปีที่ค่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองทั้งลุ่มน้ำจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องทั้งลุ่มน้ำ

ณ สถานีวัดน้ำที่ Z.15 และ Z.18 ค่า R^2 คือ 0.8835 และ 0.8085 ตามลำดับถึงแม้ข้อมูลจะมีความคลาดเคลื่อน แต่ผลที่ได้ก็เป็นที่ยอมรับ ผลที่เกิดความคลาดเคลื่อนนั้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากปริมาณน้ำฝน ถูก Control จากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำในบางพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการประเมินน้ำท่ารายวัน จากข้อมูลน้ำฝนรายวัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมซึ่งประกอบด้วย และค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลองในแต่ละขั้นตอนเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ การจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Model) ในการศึกษาใช้วิธีของ Snyder เป็นแบบจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Direct Runoff Model) การจำลองการไหลพื้นฐาน (Base flow Model) ใช้วิธีของการจำลองถดถอยแบบยกกำลัง (Exponential Recession) และการจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ ใช้วิธีของ Muskingum พารามิเตอร์ คือ K, X

ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันนี้ได้ประยุกต์ใช้กับสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จำนวน 4 สถานี ซึ่งประกอบด้วย สถานี Z.11, Z.15, Z.18 และ Z.38 ซึ่งเป็นการประเมินปริมาณน้ำท่าทั้งระบบของลุ่มน้ำย่อย ช่วงเวลาที่ใช้ในการจำลองใช้เวลา 12 ปี คือ 1990-2001 ข้อมูลที่ใช้คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน ซึ่งมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 30 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ผลการศึกษาได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของลุ่มน้ำย่อยดังนี้ การจำลองการสูญเสียน้ำท่า (Loss Model) ของ SCS คือ

CN และ Ia มีค่าระหว่าง 41 ถึง 77 และ 15 ถึง 73 มม. ตามลำดับ การจำลองการไหลบนดิน (Direct Runoff Model) ของ ค่า t_p และ C_p มีค่าระหว่าง 0.48 ถึง 13.89 ชั่วโมง และ 0.42 ถึง 0.55 ตามลำดับ และการจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ วิธี Muskingum คือ K และ X มีค่าระหว่าง 1.3 ถึง 150 ชั่วโมง และ 0.3 ถึง 0.5 ตามลำดับ ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ได้มีการแนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง HEC-HMS

ผลการจำลองกราฟน้ำท่าของลำน้ำในช่วงเวลา 12 ปี จากพารามิเตอร์ข้างต้น พบว่าเมื่อนำข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงในสนาม มาพล็อตกราฟ ได้ ค่า R^2 และจากกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS มีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร คือ 0.8-0.93

ผลของการจำลองกราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นในอนาคตนั้น ค่าที่ได้แสดงเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นใน Junction ต่างๆ ภายในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 13 และสามารถนำผลการคำนวณที่ได้ไปใช้ในการ Operate อย่างเก็บน้ำต่างๆภายในลุ่มน้ำ เพื่อให้เกิดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับจัดทำแผนป้องกันน้ำท่วม และออกแบบอาคารชลประทาน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาในบางสถานีขาดความต่อเนื่องกัน การศึกษานี้จึงใช้สถานีที่มีข้อมูลในปีนั้นๆ ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ทำให้มีผลต่อการกระจายตัวของฝน และมีการประเมินปริมาณน้ำท่าจึงเกิดการผิดพลาดได้
2. ในการศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์ถ่วงน้ำหนักของข้อมูล โดยวิธีเอสเสนโพลีกอน ควรพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ถ่วงน้ำหนักควบคู่กับการพิจารณาข้อมูลน้ำฝนของแต่ละสถานีในลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าของสถานีที่พิจารณาค้นคว้าเพื่อดูแนวโน้มของการเกิดน้ำท่า
3. ในการพิจารณาค่า CN นอกจากพิจารณาสภาพลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำย่อย การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ลักษณะเดิม ยังสามารถพิจารณาจากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าของแต่ละสถานีโดยดูช่วงเวลาที่ทำให้เกิดน้ำท่า

4. ควรให้ความสำคัญของฐานข้อมูล มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาสถานีวัดน้ำท่า สถานีตรวจภูมิอากาศ สถานีวัดน้ำฝน ของทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อความถูกต้องและต่อเนื่องของข้อมูล
5. ผลที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS นอกจากคำนวณปริมาณน้ำท่าแล้ว ยังสามารถทราบถึงองค์ประกอบของน้ำท่า ซึ่งได้แก่ Overland flow, Inter flow, และ Base flow ซึ่งสามารถดูผลได้จากกราฟทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการหาค่าเหล่านี้อีกครั้ง
6. ควรทำการจำลองกราฟน้ำท่าในกลุ่มน้ำย่อยด้วยวิธีอื่นที่มีอยู่ในแบบจำลอง HEC-HMS เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ ทั้งนี้เพราะในแบบจำลอง HEC-HMS นั้นมีวิธีการคำนวณให้เลือกมากมาย
7. ควรทำการปรับเทียบและตรวจสอบตัวแปรในช่วงปีที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันเพราะจะทำให้ทำนายปริมาณน้ำท่าในอนาคตได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพการใช้พื้นที่ดินเปลี่ยนไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2543. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำภาค
ตะวันออก.: 350.

ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2538. การจัดการลุ่มน้ำของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ ไม้กลัด. 2524. คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรม
ชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, นนทบุรี.

ไพโรจน์ เกรียงศิริ. 2529. คอมพิวเตอร์โมเดลของวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ เกรียงศิริ. 2538. การจัดการด้านวิศวกรรมและการหาความเหมาะสมกับทรัพยากรน้ำ.
ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ เกรียงศิริ. 2538. การใช้โปรแกรม HEC-1 Flood Hydrograph Package Version 4.0.
ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. 2000. **Geospatial Hydrologic
Modeling Extension Hec-GeoHMS.** USA.

U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. 2001. **Hydrologic Modeling
System HEC-HMS.** USA.

ภาคผนวก ก
ตารางประกอบการตรวจเอกสาร

ตารางผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความลึกน้ำท่าที่หมายเลขโค้งน้ำท่า

ปริมาณน้ำฝน (นิ้ว)	ความลึกน้ำท่า (นิ้ว) สำหรับหมายเลขโค้ง (CN) ต่างๆ												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.17	0.32	0.56	0.79
1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.15	0.27	0.46	0.74	0.99
1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.24	0.39	0.61	0.92	1.18
1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.20	0.34	0.52	0.76	1.11	1.38
1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.17	0.29	0.44	0.65	0.93	1.29	1.58
2.0	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.14	0.24	0.38	0.56	0.80	1.09	1.48	1.77
2.5	0.00	0.00	0.02	0.08	0.17	0.30	0.46	0.65	0.89	1.18	1.53	1.96	2.27
3.0	0.00	0.02	0.09	0.19	0.33	0.51	0.71	0.96	1.25	1.59	1.98	2.45	2.77
3.5	0.02	0.08	0.2	0.35	0.53	0.75	1.01	1.30	1.64	2.02	2.45	2.94	3.27
4.0	0.06	0.18	0.33	0.53	0.76	1.03	1.33	1.67	2.04	2.46	2.92	3.46	3.77
4.5	0.14	0.30	0.5	0.74	1.02	1.33	1.67	2.05	2.46	2.91	3.40	3.92	4.26
5.0	0.24	0.44	0.69	0.98	1.30	1.65	2.04	2.45	2.89	3.37	3.88	4.42	4.76
6.0	0.5	0.80	1.14	1.52	1.92	2.35	2.81	3.28	3.78	4.30	4.85	5.41	5.76
7.0	0.84	1.24	1.68	2.12	2.60	3.10	3.62	4.15	4.69	5.25	5.82	6.41	6.76
8.0	1.25	1.74	2.25	2.78	3.33	3.89	4.46	5.04	5.63	6.21	6.81	7.40	7.76
9.0	1.71	2.29	2.88	3.49	4.10	4.72	5.33	5.95	6.57	7.18	7.79	8.40	8.76
10.0	2.23	2.89	3.56	4.23	4.90	5.56	6.22	6.88	7.52	8.16	8.78	9.40	9.76
11.0	2.78	3.52	4.26	5.00	5.72	6.43	7.13	7.81	8.48	9.13	9.77	10.39	10.76
12.0	3.38	4.19	5.00	5.79	6.56	7.32	8.05	8.76	9.45	10.11	10.76	11.39	11.76
13.0	4.00	4.89	5.76	6.61	7.42	8.21	8.98	9.71	10.42	11.10	11.76	12.39	12.76
14.0	4.65	5.62	6.55	7.44	8.30	9.12	9.91	10.67	11.39	12.08	12.75	13.39	13.76
15.0	5.33	6.36	7.35	8.29	9.19	10.04	10.85	11.63	12.37	13.07	13.74	14.39	14.76

ที่มา: Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ 2 การจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC) ของพื้นที่ตามวิธีของ SCS

AMC	ฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน (นิ้ว)	
	นอกฤดูเพาะปลูก	ฤดูเพาะปลูก
I (ความชื้นต่ำ)	น้อยกว่า 0.5	น้อยกว่า 1.4
II (ความชื้นปานกลาง)	0.5 ถึง 1.1	1.4 ถึง 2.1
III (ความชื้นสูง)	มากกว่า 1.1	มากกว่า 2.1

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC)

	CN	
AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100
95	89	97
90	80	96
85	71	93
80	64	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	75
50	31	70
45	27	66
40	23	61
35	19	56
30	16	50
25	13	44
20	10	37
15	7	30
10	5	21
5	3	11
0	0	0

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 4 ค่าโค้งหมายเลขน้ำท่า (CN) สำหรับพื้นที่ต่างๆ

สำหรับพื้นที่เมือง ¹					
ชนิดสิ่งคลุมดินและสภาพอุทกวิทยา	ร้อยละ เฉลี่ย พื้นที่ไม่ ชุ่มน้ำ	หมายเลข โค้งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG's)			
		A	B	C	D
พื้นที่เมืองที่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ (Vegetation established)					
ที่โล่ง (สนามหญ้า, สวนสาธารณะ, สนามกอล์ฟ, ที่ฝังศพ เป็นต้น)					
สภาพไม่ดี (หญ้าปกคลุม < 50%)		68	79	86	89
สภาพพอใช้ (หญ้าปกคลุม 50%-75%)		79	69	79	84
สภาพดี (หญ้าปกคลุม > 75%)		39	61	74	80
พื้นที่ไม่ชุ่มน้ำ :					
ที่จอดรถแบบมีฉาบหน้า, หลังคา, ทางรถ เป็นต้น (ไม่รวม Right-of-way)		98	98	98	98
ถนน :					
มีฉาบหน้า, ขอบและรางระบายน้ำฝน (ไม่รวม Right-of-way)		98	98	98	98
มีฉาบหน้า, กูเปิด (รวม Right-of-way)		83	89	92	93
กรวด(รวม Right-of-way)		76	85	89	91
โรยดิน (รวม Right-of-way)		72	82	87	89
<p>1 สภาพ Runoff เฉลี่ย และ $I_a = 0.25$</p> <p>2 ร้อยละเฉลี่ยของพื้นที่ไม่ชุ่มน้ำใช้เพื่อปรับปรุงส่วนประกอบของ CN ข้อสมมติอื่นคือ พื้นที่ไม่ชุ่มน้ำอยู่ติดกับระบบระบายน้ำโดยตรง, พื้นที่ระบายน้ำมี CN เป็น 98 และพื้นที่ที่น้ำซึมได้จะถือว่าเท่ากับที่โล่งที่มีสภาพ Hydrologic ที่ดี CN สำหรับสภาพรวมกันอื่นๆ อาจคำนวณโดยใช้ภาพผนวกที่ 2 หรือ 3</p> <p>3 CN นี้เท่ากับทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ CN ประกอบอาจคำนวณสำหรับการรวมกันแบบอื่นของที่โล่งซึ่งมีสิ่งปกคลุม</p>					

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เมือง					
ชนิดสิ่งคลุมดินและสภาพอุทกวิทยา	ร้อยละ เฉลี่ย พื้นที่ไม่ ชุ่มน้ำ	หมายเลข ใ้กึ่งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG's)			
		A	B	C	D
พื้นที่เมืองซึ่งเป็นทะเลทรายทางตะวันตก :					
ภูมิประเทศแบบทะเลทรายธรรมชาติ (พื้นที่ชุ่มน้ำเท่านั้น)		63	77	85	58
ภูมิประเทศแบบทะเลทรายที่สร้างขึ้น					
(วัชพืชที่เป็นตัวขวางที่ไม่ชุ่มน้ำ, ไม้พุ่มทะเลทรายในทราย		96	96	96	96
1-2 นิ้ว หรือในกรวด และล้อมรอบอ่าง)					
เขตเมือง :					
ธุรกิจและพาณิชย์	85	89	92	94	95
อุตสาหกรรม	72	81	88	91	93
เขตที่อยู่อาศัยตามขนาดโดยเฉลี่ย					
1/8 เอเคอร์ (0.051 ตร.ม) หรือน้อยกว่า	65	77	85	90	92
(บ้านในเมือง)					
1/4 เอเคอร์ (0.101 ตร.ม)	38	61	75	83	87
1/3 เอเคอร์ (0.135 ตร.ม.)	30	57	72	81	86
1/2 เอเคอร์ (0.202 ตร.ม.)	25	54	70	80	85
1 เอเคอร์ (0.405 ตร.ม.)	20	51	68	79	84
2 เอเคอร์ (0.809 ตร.ม.)	12	46	65	77	82
พื้นที่กำลังพัฒนาสู่ความเป็นเมือง					
พื้นที่ซึ่งเพิ่งเฉลี่ยให้เรียบ (พื้นที่ชุ่มน้ำได้เท่านั้น, ไม่มีพืช)		77	86	91	94
พื้นที่ว่างเปล่า (ใช้CN ในการพัฒนาประเภทสิ่งปกคลุม					
ซึ่งคล้ายกับพื้นที่เกษตรกรรม)					
¹ CN ประกอบสำหรับภูมิประเทศแบบทะเลทรายตามธรรมชาติควรคำนวณโดยใช้ภาพผนวกที่ 2 หรือ 3 ตามร้อยละของพื้นที่ไม่ชุ่ม (CN =98) และ CN ของพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งถือว่าเท่ากับไม้พุ่มทะเลทรายในสภาพ Hydrologic ที่ไม่ดี ² CN ประกอบในการออกแบบวัดชั่วคราวระหว่างการเฉลี่ยที่ให้เรียบร้อยละและการก่อสร้างคำนวณจากภาพผนวกที่ 2 หรือ 3 ตามระดับการพัฒนา (ร้อยละของพื้นที่ไม่ชุ่มน้ำ) และCN สำหรับพื้นที่น้ำชุ่มที่เพิ่งได้รับการเฉลี่ยให้เรียบ					

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก						
รายละเอียดสิ่งปกคลุม			หมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์(HSG'S)			
ประเภทสิ่งปกคลุม	วิธีการเพาะปลูก	สภาพ อุทกวิทยา				
			A	B	C	D
ที่ซึ่งไถคราดทิ้งไว้	ดินโล่ง	-	77	86	91	94
	ปกคลุมด้วยซากพืช	ไม่ดี	76	85	90	93
	(Crop Residue Cover)	ดี	74	83	88	90
การปลูกพืชไร่เป็นแนว	แถวตรง (Straight-row)	ไม่ดี	72	81	88	91
(Row Crops)		ดี	67	78	85	89
	แนวตรงและปกคลุมด้วย	ไม่ดี	71	80	87	90
	ซากพืช	ดี	64	75	82	85
	แถวตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	70	79	84	88
	(Contoured)	ดี	65	75	82	86
	แถวตามระดับพื้นที่และปก	ไม่ดี	69	78	83	87
	คลุมด้วยซากพืช	ดี	64	74	81	85
	ตามแนวระดับพื้นที่และขั้น	ไม่ดี	66	74	80	82
	บันได (Terrace)	ดี	62	71	78	81
	ตามแนวระดับพื้นที่และขั้น	ไม่ดี	65	73	79	81
	บันได และปกคลุมด้วยซาก พืช	ดี	61	70	77	80

1 สภาวะ Runoff โดยเฉลี่ย และ $I_a = 0.2S$

2 ซากพืชปกคลุม ใช้ได้เมื่อมีซากน้อยกว่า 5% ของผิวหน้า ตลอดปี

3 สภาพ Hydrologic ยึดถือตามการรวมปัจจัยที่มีผลต่อการไหลซึมลงดิน และ Runoff รวมถึง (a) ความหนาแน่นและการควบคุมของพื้นที่ที่เป็นพืชพันธุ์ (b) ปริมาณการปกคลุมในตลอดปี (c) ปริมาณการหมุนเวียนของหญ้าหรือ close-seeded legumes (d) ร้อยละของซากปกคลุมบริเวณผิวหน้า (ดี>20%) และ (e) ระดับความหยาบของผิวหน้า ไม่ดี : ปัจจัยที่ทำการไหลซึมไม่ดี และช่วยเพิ่ม Runoff ดี : ปัจจัยที่สนับสนุนการไหลซึมเฉลี่ยและดีกว่าการไหลซึมเฉลี่ยและลด Runoff

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก						
รายละเอียดสิ่งปลูก			หมายเลขไค้่งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG'S)			
ประเภทสิ่งปลูก	วิธีการเพาะปลูก	สภาพ อุทกวิทยา				
			A	B	C	D
พืชเมล็ดเล็ก, ข้าว	แถวตรง	-	65	76	84	88
(Small Grain)		ไม่ดี	63	75	83	87
	แถวตรงและปลูก	ดี	64	75	83	86
	ด้วยซากพืช	ไม่ดี	60	72	80	84
	แถวตามระดับพื้นที่	ดี	63	74	82	85
		ไม่ดี	61	73	81	84
	แถวตามระดับพื้นที่และ	ดี	62	73	81	84
	ปลูกด้วยซากพืช	ไม่ดี	60	72	80	83
	แถวตามระดับพื้นที่และ	ดี	61	72	79	82
	ขึ้นบันได	ไม่ดี	59	70	78	81
	แถวตามระดับพื้นที่ ขึ้นบันได	ดี	60	71	78	81
	และปลูกด้วย	ไม่ดี	58	69	77	80
	ซากพืช	ดี				
Close-seed	แถวตรง	ไม่ดี	66	77	85	89
หรือการหว่านพืช		ดี	58	72	81	85
ตระกุกั่ว หรือทุ่งหญ้า	แถวระดับพื้นที่	ไม่ดี	64	75	83	85
หมุนเวียน		ดี	55	69	78	83
	แถวตามระดับพื้นที่และ	ไม่ดี	63	73	80	83
	ขึ้นบันได	ดี	51	67	76	80

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ					
รายละเอียดสิ่งปกคลุม		หมายเลข ไล้งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG'S)			
ประเภทสิ่งปกคลุม	สภาพ อุทกวิทยา	A	B	C	D
ทุ่งหญ้า Pasture, ทุ่งหญ้า หรือทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	ไม่ดี	68	79	86	89
	พอใช้	49	69	79	84
	ดี	39	61	74	80
ทุ่งหญ้า Meadow-ทุ่งหญ้าต่อเนื่อง ป้องกันจากการเป็น อาหารสัตว์ และตัดไปทำฟาง	-	30	58	71	78
ไม้เตี้ยๆ-หญ้า-ไม้เตี้ยผสมกับไม้เตี้ยเป็นหลัก	ไม่ดี	48	67	77	83
	พอใช้	35	56	70	77
	ดี	30	48	65	73
ป่า - การรวมกันของหญ้า (สวนผล ไม้หรือสวนต้นไม้)	ไม่ดี	57	73	82	86
	พอใช้	43	65	76	82
	ดี	32	58	72	79
ป่า	ไม่ดี	45	66	77	83
	พอใช้	36	60	73	79
	ดี	30	55	70	77
โรงนา – อาคาร,ทางเดิน,ทางรถ และสิ่งรอบข้าง	-	59	74	82	86
<p>1 สภาพ Runoff เล็กๆ และ Ia=0.25</p> <p>2 ไม่ดี : มีสิ่งคลุมดิน <50% หรือมีใบหญ้าหนาแน่นโดยไม่มีใบไม้คลุม พอใช้: มีสิ่งคลุม 50-75% และมีหญ้าไม่หนาแน่น ดี : มีสิ่งคลุมดิน > 75 % หรือมีหญ้าเบาบาง</p> <p>3 ไม่ดี : มีสิ่งคลุมดิน < 50% พอใช้ : มีสิ่งคลุมดิน 50-75 %</p> <p>4 Curve Number ที่แท้จริงน้อยกว่า 30 ใช้ CN =30 ในการคำนวณ Runoff</p> <p>5 CN ที่แสดงไว้คำนวณจากพื้นที่ซึ่งมีป่า 50 %และหญ้า (Pasture)ปกคลุม 50%</p> <p>สภาพการรวมกันแบบอื่นๆอาจคำนวณจาก CN สำหรับป่าและ Pasture</p> <p>6 ไม่ดี : หญ้าขึ้นระเกะระกะ ต้นไม้เล็กๆและไม้เตี้ยซึ่งถูกทำลายเนื่องจากการเลี้ยงสัตว์หรือการเผาไหม้ พอใช้: ป่าซึ่งใช้สัตว์เลี้ยง แต่ไม่ถูกเผาไหม้ มีหญ้ามืดคลุมระเกะระกะปกคลุมอยู่บ้าง ดี : ป่าที่ได้รับการป้องกันจากการถูกนำไปเลี้ยงสัตว์ และหญ้าและไม้เตี้ยคลุมดินพอสมควร</p>					

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง					
รายละเอียดสิ่งปกคลุม		หมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG'S)			
ประเภทสิ่งปกคลุม	สภาพ อุทกวิทยา	A	B	C	D
ไม้ลำต้นอ่อน-เป็นการผสมของหญ้า วัชพืชและไม้เตี้ยโต ช้า	ไม่ดี		80	87	93
กับการ Brush ส่วนรอง	พอใช้		71	81	89
	ดี		62	74	85
ต้นโอ๊ก-ต้นเอสเพน-ไม้เตี้ยแถบภูเขาพร้อมกับไม้โอ๊กเตี้ย	ไม่ดี		66	74	79
ต้นเอสเพน ต้นมะฮอกกานีภูเขา	พอใช้		48	57	63
ไม้เตี้ยเมืองหนาว ต้นเมเปิ้ล และไม้เตี้ยอื่นๆ	ดี		30	41	48
ต้นสน -Pinyon-Pinyon ต้นสน หรือทั้งคู่	ไม่ดี		75	85	89
หญ้า Understory	พอใช้		58	73	80
	ดี		41	61	71
ไม้จำพวกผกากรองกับหญ้า Understory	ไม่ดี		67	80	85
	พอใช้		51	63	70
	ดี		35	47	55
ไม้เตี้ยเขตแห้งแล้ง-ไม้หลักรวมทั้ง Saltbrush, Greasewood, Creosotebush, Blackbrush, Bursage, Palo verde, Mesquite และไม้จำพวกตะบองเพชร	พอใช้	63	77	85	88
	ดี	55	72	81	86
	ดี	49	68	79	84
<p>1 สภาพ Runoff เฉลี่ย และ $I_a=0.2$ สำหรับบริเวณที่มีความชื้นใช้ค่าจากตารางผนวกที่ 4 สำหรับพื้นที่ เกษตรกรรมอื่นๆ</p> <p>2 ไม่ดี: มีสิ่งคลุมดิน < 30% (ฟาง หญ้า และ ไม้เตี้ย) พอใช้: มีสิ่งคลุม 30-70% ดี : มีสิ่งคลุมดิน > 70%</p> <p>3 Curve Number สำหรับชุด A ได้มีการปรับปรุงขึ้นสำหรับไม้เตี้ยที่ถูกละทิ้ง</p>					

ที่มา : Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ 5 การจำแนกลักษณะความแตกต่างระดับความสูงของพื้นที่

ความลาดชัน (%)	ลักษณะความแตกต่างระดับความสูงของพื้นที่
0 - 2	ราบ หรือเกือบราบ (Flat or almost Flat)
2 - 8	ลูกคลื่นลอนลาด (Undulating)
8 - 16	ลูกคลื่นตลอดชั้น (Rolling)
16 - 30	เนินเขา (Hilly)
30 - 50	สูงชัน (Steep)
50 - 75	สูงชันมาก (Very steep)
> 75	สูงชันมากที่สุด (Extremely steep)

ที่มา : พอสสุทธิ (2518)

ตารางผนวกที่ 6 ชุดดินทางอุทกศาสตร์

ชุดดิน	ลักษณะของดิน
A	ชั้นดินหน้าตึกและมีอัตราการซึมผ่านได้สูง ได้แก่ดินทราย (Sand) ดินทรายเชิงร่วน (Loamy Sand) และดินร่วนเชิงทราย (Sandy loam)
B	มีอัตราการซึมผ่านปานกลาง ได้แก่ ดินร่วน (Loam) ดินร่วนเชิงทรายแป้ง (Silt loam)
C	มีอัตราการซึมผ่านได้ต่ำ ได้แก่ ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทราย (Sandy clay loam)
D	มีอัตราการซึมผ่านได้ต่ำมาก ได้แก่ดินร่วนเชิงดินเหนียว (Clay loam)
	ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty clay loam) ดินทรายแป้ง (Silt)
	ดินเหนียวเชิงทราย (Sandy clay) ดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty clay)
	ดินเหนียว (Clay)

ที่มา: Soil Conservation Service (1986) และ สง่า (2537)

ตารางผนวกที่ 7 หน่วยแผนที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน

หน่วยแผนที่ดิน	ลักษณะเนื้อดิน	การระบายน้ำ	หน่วยแผนที่ดิน	ลักษณะที่ดิน	การระบายน้ำ
1	ดินเหนียวจัด	เลว	2	ดินเหนียว	เลว
3	ดินเหนียว	เลวถึง	4	ดินเหนียว	เลวถึง
		ค่อนข้างเลว			ค่อนข้างเลว
5	ดินเหนียว	เลว	6	ดินเหนียว	เลว
7	ดินเหนียว	ค่อนข้างเลว	8	ดินเหนียว	เลว
9	ดินเหนียว	เลวถึงเลว	10	ดินเหนียว	เลว
		มาก			
11	ดินเหนียว	เลว	12	ดินเหนียวหรือดินร่วนปนทรายแป้ง	เลวมาก
13	ดินสภาพแวดล้อม (คล้ายหน่วยแผนที่ที่ 12)	เลวมาก	14	ดินเหนียว	เลวมาก
15	ดินร่วนเหนียวหรือดินร่วนปนทรายแป้ง	ค่อนข้างเลว	16	ดินร่วนปนทรายแป้ง	เลว
17	ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน	ค่อนข้างเลว	18	ดินร่วนปนทราย	เลว
19	ดินร่วนปนทรายหรือดินทราย	ค่อนข้างเลว	20	ดินร่วนปนทรายหรือดินทราย	ค่อนข้างเลว
21	ดินร่วน	ดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว	22	ดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน	ค่อนข้างเลว
23	ดินทราย	เลวถึงเลวมาก	24	ดินทราย	ดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว
25	ดินร่วนปนทราย	ค่อนข้างเลว	26	ดินร่วน ดินร่วนปนดิน หรือ ดินร่วนปนทราย	ดีปานกลาง
27	ดินเหนียว	ดี	28	ดินเหนียวจัด	ดี
29	ดินเหนียว	ดี	30	ดินเหนียวจัด	ดี
31	ดินเหนียว	ดี	32	ดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดี

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

หน่วย แผน ที่ดิน	ลักษณะเนื้อดิน	การ ระบายน้ำ	หน่วย แผน ที่ดิน	ลักษณะที่ดิน	การระบายน้ำ
33	ดินร่วนปนทรายแข็ง	ดี ถึง ดีปาน กลาง	34	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดีถึงดีปานกลาง
35	ดินร่วนปนทราย	ดี	36	ดินร่วนปนทราย	ดี
37	ดินทรายปนดินร่วน	ดีปานกลาง	38	ดินร่วน หรือ ดินร่วนปน ทรายละเอียด	
39	ดินร่วนปนทราย	ดี	40	ดินร่วนปนทราย	ดี
41	ดินทราย หรือ ดินทราย ปนดินร่วน	ดี ดีปานกลาง	42	ดินทรายจัด	ดีปานกลาง
43	ดินทราย	ดีมาก	44	ดินทรายจัด	ดีมาก
45	ดินเหนียวหรือดินร่วนที่ มีกรวดหรือลูกรังปะปน	ดี	46	ดินเหนียวปนกรวด	ดี
47	ดินหน่วยหรือดินร่วนที่ มีเศษหินปะปนมาก	ดี	48	ดินร่วนปนทราย	ดีปานกลาง
49	ดินร่วนปนทราย	ดีปานกลาง	50	ดินร่วนปนทรายหรือดิน ร่วนเหนียวปนทราย	ดี
51	ดินร่วนปนเศษหิน	ดี	52	ดินเหนียว หรือ ดินร่วน เหนียว	ดี
53	ดินร่วน หรือ ดินร่วน ปนดินเหนียว	ดีปานกลาง	54	ดินเหนียว	ดี
55	ดินเหนียว	ดี ถึง ดีปาน กลาง	56	ดินร่วน หรือ ดินร่วนปน ทราย	ดี
57	ดินอินทรีย์	เลวมาก	58	ดินอินทรีย์	เลวมาก
59	ดินตะกอนลำน้ำพัดพา	เลว ถึง ค่อนข้างเลว	60	ดินตะกอนลำน้ำพัดพา	ดีถึงดีปานกลาง
61	ดินจากการพุ้งสลายตัว ของหินต้นกำเนิด	ดีถึงดีปาน กลาง	62	ดินจากการพุ้งสลายตัว ของหินต้นกำเนิด	ดี ถึงดีปานกลาง

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2534)

ตารางผนวกที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับ Unit peak discharge

ลักษณะการกระจาย ตัวของฝน (Rainfall distrbtion type)	Ia/P	C ₀	C ₁	C ₂
I	0.10	2.3055	-0.51429	-0.1175
	0.20	2.23537	-0.50387	-0.08929
	0.25	2.18219	-0.48488	-0.06589
	0.30	2.10624	-0.45695	-0.02835
	0.35	2.00303	-0.40769	0.01983
	0.40	1.87733	-0.32274	0.05754
	0.45	1.76312	-0.15644	0.00453
	0.50	1.67889	-0.06930	0.000000
IA	0.10	2.0325	-0.31583	-0.13748
	0.20	1.91978	-0.28215	-0.070200
	0.25	1.83842	-0.25543	-0.025970
	0.30	1.72657	-0.19826	0.026330
	0.50	1.63417	-0.091	0.000000
II	0.10	2.55323	-0.61512	-0.164030
	0.30	2.46532	-0.62257	-0.116570
	0.35	2.41896	-0.61594	-0.088200
	0.40	2.36409	-0.59857	-0.056210
	0.45	2.29238	-0.57005	-0.022810
	0.50	2.20282	-0.51599	-0.012590
III	0.10	2.47317	-0.51848	-0.170830
	0.30	2.39628	-0.51202	-0.132450
	0.35	2.35477	-0.49735	-0.119850
	0.40	2.30726	-.46541	-0.110940
	0.45	2.24876	-0.41314	-0.115080
	0.50	2.17772	-0.36803	-0.095250

ที่มา : Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ 9 การสูญเสียเริ่มแรก

Curve Number (CN)	Ia (นิ้ว)	Ia (มม.)	Curve Number (CN)	Ia (นิ้ว)	Ia (มม.)
40	3.000	76.200	70	0.857	21.768
41	2.878	73.101	71	0.817	20.752
42	2.762	70.155	72	0.778	19.761
43	2.651	67.335	73	0.740	18.796
44	2.545	65.643	74	0.703	17.856
45	2.444	62.078	75	0.667	16.942
46	2.348	59.639	76	0.632	16.0543
47	2.255	57.277	77	0.597	15.164
48	2.167	55.042	78	0.564	14.326
49	2.082	52.883	79	0.532	13.513
50	2.000	50.800	80	0.5000	12.700
51	1.922	48.819	81	0.469	11.613
52	1.846	46.888	82	0.439	11.151
53	1.774	45.060	83	0.41	10.414
54	1.704	43.282	84	0.381	9.677
55	1.636	41.554	85	0.353	8.966
56	1.571	39.903	86	0.325	8.280
57	1.509	38.329	87	0.299	7.595
58	1.448	36.779	88	0.273	6.934
59	1.39	35.306	89	0.247	6.274
60	1.333	33.858	90	0.222	5.639
61	1.279	32.487	91	0.198	5.029
62	1.226	31.14	92	0.174	4.42
63	1.175	29.845	93	0.151	3.835
64	1.125	28.575	94	0.128	3.251
65	1.077	27.356	95	0.105	2.667
66	1.030	26.162	96	0.083	2.108
67	0.985	25.019	97	0.062	1.575
68	0.941	23.901	98	0.041	1.041
69	0.899	22.835	100	0.000	0.000

ที่มา : Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's) สำหรับ Sheet Flow

ลักษณะพื้นผิว	n
ผิวเรียบ (คอนกรีต, ยางมะตอย, กรวด หรือดิน)	0.011
ที่ซึ่งไถคราดถึงไว้ (ไม่สับนึ่งปกคลุม)	0.05
ลักษณะดินสำหรับการเพาะปลูก	
มีสิ่งปกคลุม $\leq 20\%$	0.06
มีสิ่งปกคลุม $> 20\%$	0.17
ทุ่งหญ้า	
ทุ่งหญ้าแพรรีเตี้ย	0.15
ทุ่งหญ้าหนาแน่น	0.24
ทุ่งหญ้าแพรก	0.41
ทุ่งปศุสัตว์ (ตามธรรมชาติ)	0.13
ป่า	
ป่าละเมาะเบาบาง	0.40
ป่าละเมาะหนาแน่น	0.80

ที่มา : Engman (1986)

ตารางผนวกที่ 11 ค่าปรับแก้กรณีมีบ่อน้ำและหนองน้ำกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่รับน้ำ

ร้อยละของพื้นที่ที่ชุ่มน้ำ (บ่อน้ำ หนองน้ำ)	F_p
0.0	1.00
0.2	0.97
1.0	0.87
3.0	0.75
5.0	0.72

ที่มา : Soil Conservation Service 1986

ภาคผนวก ข

ตารางสรุปค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

ตารางภาคผนวกที่ 12 สรุปค่า Parameter แบบจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of channel flow)

ลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
ลุ่มน้ำชลบุรี			
Reach-1	2.61	0.3	1.00
Reach-2	4.14	0.3	1.00
Reach-3	2	0.3	1.00
Reach-4	4.38	0.3	1.00
Reach-5	3.52	0.3	1.00
Reach-7	1.75	0.3	1.00
Reach-8	4.11	0.3	1.00
Reach-9	2.27	0.3	1.00
Reach-10	0.85	0.3	1.00
Reach-11	1.02	0.3	1.00
Reach-12	2.85	0.3	1.00
Reach-13	1.12	0.3	1.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันตก			
Reach-1	2.07	0.30	1.00
Reach-2	3.54	0.30	1.00
Reach-3	7.47	0.30	1.00
ลุ่มน้ำคลองใหญ่			
Reach-1	2.02	0.30	1.00
Reach-2	2.1	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-3	2.86	0.30	1.00
Reach-4	2.47	0.30	1.00
Reach-5	1.79	0.30	1.00
Reach-6	2.29	0.30	1.00
Reach-7	3.33	0.30	1.00
Reach-8	1.78	0.30	1.00
Reach-10	0.57	0.30	1.00
Reach-11	0.34	0.30	1.00
Reach-12	0.91	0.30	1.00
Reach-13	5.29	0.30	1.00
Reach-14	4.1	0.30	1.00
Reach-15	4.12	0.30	1.00
Reach-16	5.07	0.30	1.00
Reach-17	6.24	0.30	1.00
Reach-18	2.04	0.30	1.00
Reach-19	4.01	0.30	1.00
กลุ่มน้ำระยงตะวันออก			
Reach-1	1.63	0.30	1.00
Reach-2	1.17	0.30	1.00
Reach-3	3.95	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
กลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์			
Reach-1	4.45	0.30	1.00
Reach-2	1.91	0.30	1.00
Reach-3	11.07	0.30	1.00
Reach-4	1.91	0.30	1.00
Reach-5	2.17	0.30	1.00
Reach-6	3.84	0.30	1.00
Reach-7	1.77	0.30	1.00
Reach-8	4.64	0.30	1.00
Reach-9	0.78	0.30	1.00
Reach-10	1.61	0.30	1.00
Reach-11	4.66	0.30	1.00
Reach-12	2.03	0.30	1.00
Reach-13	0.78	0.30	1.00
Reach-14	0.77	0.30	1.00
Reach-15	2.21	0.30	1.00
Reach-16	5.87	0.30	1.00
Reach-17	8.56	0.30	1.00
Reach-18	2.44	0.30	1.00
Reach-19	1.64	0.30	1.00
Reach-20	3.36	0.30	1.00
Reach-21	6.58	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

คู่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-22	5.53	0.30	1.00
Reach-23	4.6	0.30	1.00
Reach-24	0.42	0.30	1.00
คู่มน้ำแม่น้ำพังราด			
Reach-1	1.74	0.30	1.00
Reach-2	3.88	0.30	1.00
Reach-3	0.6	0.30	1.00
Reach-4	3.59	0.30	1.00
คู่มน้ำคลองตาโหนด			
Reach-1	5.07	0.30	1.00
Reach-2	3.29	0.30	1.00
Reach-3	1.76	0.30	1.00
Reach-4	2.18	0.30	1.00
Reach-5	8.5	0.30	1.00
Reach-6	5.51	0.30	1.00
Reach-7	5.06	0.30	1.00
Reach-8	7.17	0.30	1.00
Reach-9	5.36	0.30	1.00
Reach-10	2.97	0.30	1.00
Reach-12	1.17	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-13	2.95	0.30	1.00
Reach-14	0.38	0.30	1.00
Reach-15	3.6	0.30	1.00
Reach-16	2.71	0.30	1.00
Reach-17	1.33	0.30	1.00
Reach-18	2.78	0.30	1.00
Reach-19	0.8	0.30	1.00
Reach-21	3.27	0.30	1.00
Reach-22	3.73	0.30	1.00
Reach-23	1.31	0.30	1.00
Reach-24	5.7	0.30	1.00
Reach-25	1.69	0.30	1.00
Reach-26	1.35	0.30	1.00
กลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี			
Reach-1	6.23	0.30	1.00
Reach-2	1.61	0.30	1.00
Reach-3	1.57	0.30	1.00
Reach-4	2.49	0.30	1.00
Reach-5	0.76	0.30	1.00
Reach-6	0.43	0.30	1.00
Reach-7	3.41	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

คู่ม้นำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-8	1.43	0.30	1.00
Reach-9	0.78	0.30	1.00
Reach-10	0.68	0.30	1.00
Reach-11	2.53	0.30	1.00
Reach-14	2.15	0.30	1.00
Reach-15	0.29	0.30	1.00
Reach-16	0.31	0.30	1.00
Reach-17	1.38	0.30	1.00
Reach-18	2.54	0.30	1.00
Reach-19	0.93	0.30	1.00
Reach-20	0.23	0.30	1.00
Reach-21	3.42	0.30	1.00
Reach-22	2.64	0.30	1.00
Reach-23	1.26	0.30	1.00
Reach-24	0.93	0.30	1.00
Reach-25	2.08	0.30	1.00
Reach-26	0.97	0.30	1.00
Reach-27	3.33	0.30	1.00
Reach-28	1.06	0.30	1.00
Reach-29	3.13	0.30	1.00
Reach-30	5.52	0.30	1.00
Reach-31	3.41	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-32	1.3	0.30	1.00
Reach-33	2.37	0.30	1.00
Reach-34	0.54	0.30	1.00
Reach-35	2.28	0.30	1.00
Reach-36	1.37	0.30	1.00
Reach-37	2.2	0.30	1.00
Reach-38	0.88	0.30	1.00
Reach-39	1.51	0.30	1.00
Reach-40	2.85	0.30	1.00
Reach-41	1.48	0.30	1.00
Reach-42	4.72	0.30	1.00
Reach-43	1.26	0.30	1.00
Reach-44	1.8	0.30	1.00
Reach-45	8.74	0.30	1.00
กลุ่มน้ำแม่น้ำเวฬุ			
Reach-1	7.63	0.30	1.00
Reach-2	0.96	0.30	1.00
Reach-3	1.7	0.30	1.00
Reach-4	0.93	0.30	1.00
Reach-5	3.85	0.30	1.00
Reach-6	1.29	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

คู่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-7	3.49	0.30	1.00
Reach-8	0.3	0.30	1.00
Reach-9	2.65	0.30	1.00
Reach-10	1.3	0.30	1.00
Reach-11	2.21	0.30	1.00
Reach-12	3.25	0.30	1.00
Reach-13	7.44	0.30	1.00
Reach-14	8.84	0.30	1.00
Reach-15	1.13	0.30	1.00
คู่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด			
Reach-1	5.9	0.30	1.00
Reach-2	2.21	0.30	1.00
Reach-3	7.69	0.30	1.00
Reach-4	2.44	0.30	1.00
Reach-5	0.53	0.30	1.00
Reach-6	6.73	0.30	1.00
Reach-7	8.15	0.30	1.00
Reach-8	5.58	0.30	1.00
Reach-9	2.26	0.30	1.00
Reach-10	5.01	0.30	1.00
Reach-11	1.37	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

คู่ม้นำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-12	8.84	0.30	1.00
Reach-13	1.38	0.30	1.00
Reach-14	2.02	0.30	1.00
Reach-15	1.63	0.30	1.00
Reach-16	12.71	0.30	1.00
Reach-17	5.25	0.30	1.00
Reach-18	1.39	0.30	1.00
Reach-19	0.78	0.30	1.00
Reach-20	0.66	0.30	1.00
Reach-21	0.59	0.30	1.00
Reach-22	1.85	0.30	1.00
Reach-23	9.67	0.30	1.00
Reach-24	2.95	0.30	1.00
Reach-25	1.17	0.30	1.00
Reach-26	11.06	0.30	1.00
Reach-27	3.79	0.30	1.00
Reach-28	1.84	0.30	1.00
Reach-29	1.05	0.30	1.00
Reach-30	2.32	0.30	1.00
Reach-31	3.13	0.30	1.00
Reach-32	4.22	0.30	1.00
Reach-33	6.06	0.30	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มน้ำย่อย	Maskigum		Number of subreach
	X	K (hr)	
Reach-34	3.91	0.30	1.00
Reach-35	4.65	0.30	1.00
กลุ่มน้ำตรงตวันออก			
Reach-1	7.3	0.30	1.00
Reach-2	6.33	0.30	1.00
Reach-3	1.28	0.30	1.00
Reach-4	6.35	0.30	1.00
Reach-5	2.86	0.30	1.00
Reach-6	4.16	0.30	1.00

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อย

ตารางภาคผนวกที่ 13 ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในกลุ่มน้ำย่อย

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำชลบุรี				
CB1/1	1.000	01 Apr 02 1200	3,000.70	95.88
CB2/1	1.000	01 Apr 02 1200	2,666.50	130.00
CB2/2	1.000	01 Apr 02 1200	2,123.70	84.51
CB4/1	1.000	01 Apr 02 1200	1,286.70	51.00
CB4/2	1.000	01 Apr 02 1200	720.11	27.47
CB4/3	1.000	01 Apr 02 1200	535.49	13.05
CB4/4	1.000	01 Apr 02 1200	879.00	50.24
CB4/6	1.000	01 Apr 02 1200	679.66	18.50
CB4/7	1.000	01 Apr 02 1200	518.26	8.89
CB4/8	1.000	01 Apr 02 1200	605.80	14.00
CB4/9	1.000	01 Apr 02 1200	589.34	19.89
CB4/10	1.000	01 Apr 02 1200	770.82	23.92
CB4/11	1.000	01 Apr 02 1200	553.73	11.00
CB4/12	1.000	01 Apr 02 1200	854.19	28.90
CB4/13	1.000	01 Apr 02 1200	795.98	36.16
CB6/1	1.000	01 Apr 02 1200	986.78	37.00
CB6/2	1.000	01 Apr 02 1200	500.09	7.81
CB6/3	1.000	01 Apr 02 1200	840.96	28.10
CB6/4	1.000	01 Apr 02 1200	773.67	24.09
Reach-1	1.000	01 Apr 02 1200	688.90	18.50
Reach-10	7.000	01 Apr 02 1200	4,660.90	125.10

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-11	12.000	01 Apr 02 1200	8,983.20	303.02
Reach-12	1.000	01 Apr 02 1200	996.70	37.00
Reach-13	3.000	01 Apr 02 1200	2,349.60	72.91
Reach-2	1.000	01 Apr 02 1200	1,299.30	51.00
Reach-3	1.000	01 Apr 02 1200	885.79	50.24
Reach-4	3.000	01 Apr 02 1200	2,598.20	91.52
Reach-5	1.000	01 Apr 02 1200	618.00	14.00
Reach-7	1.000	01 Apr 02 1200	2,670.30	130.00
Reach-8	1.000	01 Apr 02 1200	568.38	11.00
Reach-9	4.000	01 Apr 02 1200	2,446.50	61.28
Junction-1	3.000	01 Apr 02 1200	2,554.90	91.52
Junction-2	12.000	01 Apr 02 1200	8,940.90	303.02
Junction-4	4.000	01 Apr 02 1200	2,414.50	61.28
Junction-6	7.000	01 Apr 02 1200	4,639.90	125.10
Junction-7	3.000	01 Apr 02 1200	2,337.80	72.91
outlet1	1.000	01 Apr 02 1200	3,000.70	95.88
outlet2	2.000	01 Apr 02 1200	4,794.10	214.51
outlet3	12.000	01 Apr 02 1200	8,983.20	303.02
outlet4	4.000	01 Apr 02 1200	3,123.30	97.00
ลุ่มน้ำระยองตะวันตก				
RW2/1	4.148	23 Sep 02 1200	18,745.00	17.60

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
RW2/2	24.493	01 Nov 02 1200	109,884.00	102.76
RW3/1	4.291	01 Nov 02 1200	19,694.00	17.74
RW3/2	13.208	01 Nov 02 1200	52,361.00	47.82
RW4/1	13.595	23 Aug 02 1200	62,573.00	52.52
RW7/1	22.619	01 Nov 02 1200	82,794.00	85.95
RW7/2	30.705	01 Nov 02 1200	132,733.00	129.78
RW8/1	13.307	01 Nov 02 1200	48,734.00	50.63
RW9/1	17.482	01 Nov 02 1200	64,676.00	65.90
RW10/1	24.160	01 Nov 02 1200	89,191.00	91.08
Reach-1	4.150	23 Sep 02 1200	18,748.00	17.60
Reach-2	4.214	01 Nov 02 1200	19,702.00	17.74
Reach-3	21.866	01 Nov 02 1200	82,769.00	85.95
outlet1	27.740	23 Sep 02 1200	128,632.00	120.36
outlet2	17.421	01 Nov 02 1200	72,063.00	65.56
outlet3	13.595	23 Aug 02 1200	62,573.00	52.52
outlet4	52.571	01 Nov 02 1200	215,503.00	215.73
outlet5	13.307	01 Nov 02 1200	48,734.00	50.63
outlet6	17.482	01 Nov 02 1200	64,676.00	65.90
outlet7	24.160	01 Nov 02 1200	89,191.00	91.08

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำคลองใหญ่				
KY1/1	2.631	27 Oct 02 1200	12,289.00	9.45
KY1/2	506.930	12 May 02 1200	2,405,106.00	218.00
KY2/1	3.657	27 Oct 02 1200	16,875.00	13.14
KY3/1	4.833	27 Oct 02 1200	22,145.00	17.37
KY3/2	13.854	27 Oct 02 1200	61,081.00	50.17
KY4/1	1.373	27 Oct 02 1200	6,548.50	4.96
KY4/2	829.220	12 May 02 1200	3,898,463.00	291.00
KY4/3	33.068	13 May 02 1200	160,828.00	26.57
KY4/4	71.082	12 May 02 1200	332,175.00	18.05
KY4/5	2.322	27 Oct 02 1200	10,911.00	8.34
KY4/6	1,934.900	12 May 02 1200	8,995,894.00	408.00
KY4/7	4.052	27 Oct 02 1200	18,646.00	14.56
KY4/8	1.000	01 Apr 02 1200	1,354.00	0.74
KY4/9	3.712	27 Oct 02 1200	16,727.00	13.43
KY4/10	3.279	27 Oct 02 1200	14,835.00	11.86
KY5/1	3.599	28 Oct 02 1200	11,014.00	14.53
KY5/2	4.404	27 Oct 02 1200	15,557.00	17.52
KY5/3	8.327	27 Oct 02 1200	28,964.00	33.15
KY6/1	22.074	28 Oct 02 1200	63,817.00	94.15
KY7/1	41.800	28 Oct 02 1200	106,492.00	166.15
KY7/2	4.725	28 Oct 02 1200	10,403.00	19.15

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
KY7/3	40.152	10 Mar 03 1200	157,868.00	150.70
KY7/4	15.386	26 Sep 02 1200	43,109.00	40.00
KY8/1	14.471	26 Sep 02 1200	34,010.00	30.94
KY10/1	28.094	26 Sep 02 1200	72,129.00	79.82
KY11/1	24.436	26 Sep 02 1200	57,082.00	52.25
Junction-1	517.630	13 May 02 1200	2,433,947.00	240.59
Junction-2	539.310	13 May 02 1200	2,516,905.00	308.13
Junction-3	547.780	13 May 02 1200	2,540,116.00	326.52
Junction-4	947.560	13 May 02 1200	4,390,732.00	335.62
Junction-5	2,916.700	13 May 02 1200	13,414,312.00	766.52
Junction-6	3,480.300	13 May 02 1200	15,970,802.00	1,105.64
Junction-7	3,508.000	13 May 02 1200	16,025,669.00	1,170.84
Junction-8	3,561.800	13 May 02 1200	16,097,044.00	1,284.14
Junction-9	3,564.200	13 May 02 1200	16,401,358.00	1,640.99
Junction-10	40.152	10 Mar 03 1200	157,868.00	150.70
outlet	3,546.600	13 May 02 1200	16,563,253.00	1,804.00
Reach-1	2.614	27 Oct 02 1200	12,293.00	9.45
Reach-2	513.320	13 May 02 1200	2,404,779.00	218.00
Reach-3	1,952.500	13 May 02 1200	8,994,334.00	408.00
Reach-4	527.230	13 May 02 1200	2,433,679.00	240.59
Reach-5	544.540	13 May 02 1200	2,516,837.00	308.13
Reach-6	3.682	27 Oct 02 1200	16,730.00	13.43

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-7	844.530	13 May 02 1200	3,897,728.00	291.00
Reach-8	959.920	13 May 02 1200	4,390,421.00	335.62
Reach-9	39.019	27 Oct 02 1200	157,887.00	150.70
Reach-10	2,929.600	13 May 02 1200	13,414,423.00	766.52
Reach-11	548.560	13 May 02 1200	2,540,190.00	326.52
Reach-12	3,501.800	13 May 02 1200	15,970,124.00	1,105.64
Reach-13	4.546	28 Oct 02 1200	15,568.00	17.52
Reach-14	3,556.400	13 May 02 1200	16,022,811.00	1,170.84
Reach-15	4.862	28 Oct 02 1200	10,416.00	19.15
Reach-16	3,537.900	13 May 02 1200	16,093,870.00	1,284.14
Reach-18	3,532.700	13 May 02 1200	16,400,024.00	1,640.99
Reach-19	27.573	26 Sep 02 1200	72,137.00	79.82
ลุ่มน้ำระยองตะวันออก				
RE1/1	1,626.500	24 Sep 02 1200	6,464,849.00	224.68
RE1/2	7.102	26 Sep 02 1200	16,956.00	15.18
RE1/3	5.839	26 Sep 02 1200	14,040.00	12.48
RE2/1	760.510	24 Sep 02 1200	3,039,962.00	63.69
RE4/1	871.090	24 Sep 02 1200	3,481,870.00	72.95
RE5/1	690.900	24 Sep 02 1200	2,761,741.00	57.86
Reach-1	7.085	26 Sep 02 1200	16,962.00	15.18
Reach-2	1,627.000	24 Sep 02 1200	6,495,725.00	252.34

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-3	859.860	25 Sep 02 1200	3,481,632.00	72.95
Junction-1	1,634.700	24 Sep 02 1200	6,495,852.00	252.34
outlet1	2,387.500	24 Sep 02 1200	9,535,687.00	316.03
outlet2	1,531.400	24 Sep 02 1200	6,243,373.00	130.81
ลุ่มน้ำแม่น้ำประแสร์				
PS1/1	160.910	16 Jul 02 1200	449,758.00	458.01
PS1/2	56.048	21 May 02 1200	145,065.00	134.08
PS1/3	4.564	21 May 02 1200	13,023.00	10.91
PS2/1	3.873	23 Sep 02 1200	7,670.50	7.54
PS2/2	31.582	23 Sep 02 1200	53,317.00	61.59
PS2/3	143.780	23 Sep 02 1200	237,641.00	280.46
PS2/4	7.631	23 Sep 02 1200	13,919.00	14.87
PS2/5	14.976	23 Sep 02 1200	28,551.00	27.27
PS2/6	35.386	23 Sep 02 1200	59,568.00	69.01
PS2/7	3.088	23 Sep 02 1200	6,346.40	6.01
PS2/8	19.586	23 Sep 02 1200	33,601.00	38.19
PS3/1	26.861	23 Sep 02 1200	54,199.00	56.06
PS4/1	6.444	24 Sep 02 1200	16,793.00	10.26
PS4/2	45.722	23 Sep 02 1200	91,344.00	95.44
PS4/3	4.890	24 Sep 02 1200	12,248.00	8.10
PS5/1	1.386	24 Sep 02 1200	4,570.30	2.20

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
PS6/1	3.809	24 Sep 02 1200	10,453.00	6.06
PS7/1	25.861	16 Jul 02 1200	102,692.00	84.65
PS7/3	8.996	21 May 02 1200	24,509.00	21.84
PS8/1	11.803	24 Sep 02 1200	29,199.00	17.62
PS8/2	29.876	24 Sep 02 1200	72,628.00	46.45
PS9/1	24.861	24 Sep 02 1200	58,688.00	33.93
PS9/2	22.595	25 Sep 02 1200	36,574.00	41.00
PS9/3	16.639	25 Sep 02 1200	27,270.00	30.19
PS9/4	68.766	21 May 02 1200	178,376.00	167.00
PS9/5	38.991	20 Jun 02 1200	122,393.00	126.31
PS9/6	2.401	25 Sep 02 1200	4,944.30	4.35
PS9/7	55.480	24 Sep 02 1200	138,649.00	90.61
PS10/1	79.433	24 Sep 02 1200	208,649.00	144.99
PS11/1	47.841	24 Sep 02 1200	114,870.00	70.05
Reach-1	52.834	22 May 02 1200	145,067.00	134.08
Reach-2	4.186	21 May 02 1200	13,029.00	10.91
Reach-20	411.540	24 Sep 02 1200	1,377,843.00	1,392.55
Reach-21	470.940	24 Sep 02 1200	1,480,268.00	1,456.62
Reach-22	109.420	20 Jun 02 1200	372,096.00	368.85
Reach-23	566.700	24 Sep 02 1200	2,051,952.00	1,950.01
Reach-24	79.979	24 Sep 02 1200	208,646.00	144.99
Reach-3	58.100	22 May 02 1200	159,562.00	144.99

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-4	211.280	16 Jul 02 1200	609,398.00	603.00
Reach-5	32.515	23 Sep 02 1200	53,303.00	61.59
Reach-6	179.370	23 Sep 02 1200	290,975.00	342.05
Reach-7	7.846	23 Sep 02 1200	13,921.00	14.87
Reach-8	15.302	23 Sep 02 1200	28,549.00	27.27
Reach-9	51.264	23 Sep 02 1200	88,228.00	96.28
Reach-10	54.552	23 Sep 02 1200	94,661.00	102.29
Reach-11	392.230	16 Jul 02 1200	1,052,269.00	1,107.94
Reach-12	397.490	16 Jul 02 1200	1,111,858.00	1,164.00
Reach-13	46.352	23 Sep 02 1200	91,335.00	95.44
Reach-14	430.070	16 Jul 02 1200	1,234,216.00	1,277.80
Reach-15	409.810	16 Jul 02 1200	1,239,273.00	1,280.00
Reach-16	8.706	22 May 02 1200	24,525.00	21.84
Reach-17	68.056	22 May 02 1200	178,323.00	167.00
Reach-18	21.813	27 Oct 02 1200	36,570.00	41.00
Reach-19	113.880	20 Jun 02 1200	365,917.00	364.50
Junction-1	56.815	22 May 02 1200	158,096.00	144.99
Junction-2	203.530	16 Jul 02 1200	609,320.00	603.00
Junction-3	401.110	16 Jul 02 1200	1,050,226.00	1,107.94
Junction-4	176.300	23 Sep 02 1200	290,944.00	342.05
Junction-5	410.650	16 Jul 02 1200	1,106,468.00	1,164.00
Junction-6	50.688	23 Sep 02 1200	88,116.00	96.28

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-7	54.352	23 Sep 02 1200	94,575.00	102.29
Junction-8	435.370	16 Jul 02 1200	1,232,234.00	1,277.80
Junction-9	430.730	16 Jul 02 1200	1,238,786.00	1,280.00
Junction-10	445.450	16 Jul 02 1200	1,376,942.00	1,392.55
Junction-11	94.706	20 Jun 02 1200	300,716.00	293.31
Junction-12	115.000	20 Jun 02 1200	370,861.00	368.85
Junction-13	453.220	24 Sep 02 1200	1,479,671.00	1,456.62
Junction-14	577.210	24 Sep 02 1200	2,049,701.00	1,950.01
Junction-15	112.640	20 Jun 02 1200	364,556.00	364.50
outlet	694.520	24 Sep 02 1200	2,375,468.00	2,165.05
ลุ่มน้ำแม่น้ำพอง				
PR1/1	51.266	25 Sep 02 1200	86,383.00	87.41
PR1/2	40.673	25 Sep 02 1200	68,180.00	69.87
PR2/1	15.423	25 Sep 02 1200	27,471.00	25.89
PR2/2	16.244	25 Sep 02 1200	28,868.00	27.27
PR2/3	12.290	25 Sep 02 1200	22,144.00	20.63
PR3	36.607	25 Sep 02 1200	62,344.00	62.20
PR4	88.295	24 Sep 02 1200	243,666.00	146.63
Reach-1	88.014	27 Oct 02 1200	154,540.00	157.28
Reach-2	15.901	26 Sep 02 1200	28,869.00	27.27
Reach-3	102.660	27 Oct 02 1200	183,146.00	183.17

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-4	135.720	26 Sep 02 1200	235,534.00	231.07
Junction-1	91.939	25 Sep 02 1200	154,563.00	157.28
Junction-2	102.580	27 Oct 02 1200	182,011.00	183.17
Junction-3	129.540	27 Oct 02 1200	234,160.00	231.07
outlet1	166.730	26 Sep 02 1200	297,878.00	293.27
outlet2	88.295	24 Sep 02 1200	243,666.00	146.63
คู่ม่าน้ำคลองตาโหนด				
WTN1/1	154.270	21 Sep 02 1200	390,865.00	255.00
WTN2/1	27.845	21 Sep 02 1200	71,570.00	46.00
WTN2/2	13.932	21 Sep 02 1200	36,421.00	23.00
WTN3/1	71.398	21 Sep 02 1200	181,568.00	118.00
WTN4/1	117.980	21 Sep 02 1200	299,204.00	195.00
WTN4/2	51.267	21 May 02 1200	136,453.00	100.00
WTN4/3	43.577	21 May 02 1200	116,160.00	85.00
WTN5/1	140.960	21 Sep 02 1200	357,256.00	233.00
WTN6/1	14.080	25 Sep 02 1200	24,662.00	24.00
WTN6/2	3.372	20 Jun 02 1200	11,437.00	9.50
WTN6/3	26.688	25 Sep 02 1200	45,606.00	45.50
WTN7/1	9.623	25 Sep 02 1200	17,883.00	16.00
WTN8/1	11.333	20 May 02 1200	30,018.00	18.00
WTN8/2	18.512	21 Sep 02 1200	45,718.00	37.00

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
WTN9/1	9.623	25 Sep 02 1200	17,883.00	16.00
WTN10/1	15.634	25 Sep 02 1200	28,274.00	26.00
WTN11/1	3.010	25 Sep 02 1200	6,426.60	5.00
WTN12/1	34.253	21 Sep 02 1200	119,767.00	80.00
WTN13/1	34.082	25 Sep 02 1200	67,058.00	59.00
WTN14/1	92.932	24 Sep 02 1200	261,346.00	143.00
WTN15/1	37.953	24 Sep 02 1200	103,314.00	59.00
WTN16/1	89.683	24 Sep 02 1200	252,250.00	138.00
WTN17/1	37.114	24 Sep 02 1200	105,075.00	57.10
WTN18/1	32.808	24 Sep 02 1200	89,464.00	51.00
Reach-1	169.970	21 May 02 1200	390,775.00	255.00
Reach-2	29.921	21 May 02 1200	71,567.00	46.00
Reach-3	14.487	21 Sep 02 1200	36,423.00	23.00
Reach-4	74.536	21 Sep 02 1200	181,551.00	118.00
Reach-5	271.010	21 May 02 1200	685,632.00	442.00
Reach-6	130.230	21 May 02 1200	299,135.00	195.00
Reach-7	213.050	21 May 02 1200	554,617.00	380.00
Reach-8	50.498	21 May 02 1200	136,435.00	100.00
Reach-9	3.484	20 Jun 02 1200	11,453.00	9.50
Reach-10	32.109	21 Sep 02 1200	119,759.00	80.00
Reach-12	13.472	27 Oct 02 1200	24,662.00	24.00
Reach-13	592.990	21 May 02 1200	1,604,796.00	1,055.00

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-14	41.830	27 Oct 02 1200	81,749.00	79.00
Reach-15	12.578	21 May 02 1200	30,024.00	18.00
Reach-16	559.760	21 May 02 1200	1,705,153.00	1,150.00
Reach-17	29.875	21 Sep 02 1200	75,817.00	55.00
Reach-18	584.320	22 Sep 02 1200	1,799,704.00	1,221.00
Reach-19	601.800	22 Sep 02 1200	1,831,912.00	1,247.00
Reach-21	622.930	22 Sep 02 1200	1,840,468.00	1,252.00
Reach-22	676.470	22 Sep 02 1200	2,033,370.00	1,391.00
Reach-23	720.110	22 Sep 02 1200	2,298,628.00	1,534.00
Reach-24	699.400	22 Sep 02 1200	2,402,472.00	1,593.00
Reach-25	725.290	22 Sep 02 1200	2,655,873.00	1,731.00
Reach-26	32.472	24 Sep 02 1200	89,468.00	51.00
Junction-1	288.290	21 May 02 1200	680,315.00	442.00
Junction-2	612.810	21 May 02 1200	1,597,505.00	1,055.00
Junction-3	224.300	21 May 02 1200	551,730.00	380.00
Junction-4	42.296	25 Sep 02 1200	81,721.00	79.00
Junction-5	30.071	21 Sep 02 1200	75,742.00	55.00
Junction-7	596.090	21 May 02 1200	1,704,428.00	1,150.00
Junction-9	580.060	21 May 02 1200	1,798,853.00	1,221.00
Junction-10	593.290	22 Sep 02 1200	1,827,978.00	1,247.00
Junction-11	603.530	22 Sep 02 1200	1,838,339.00	1,252.00
Junction-12	670.760	22 Sep 02 1200	2,027,285.00	1,391.00

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-13	720.700	22 Sep 02 1200	2,294,716.00	1,534.00
Junction-14	738.160	22 Sep 02 1200	2,401,942.00	1,593.00
Junction-15	742.070	22 Sep 02 1200	2,654,723.00	1,731.00
outlet1	742.960	22 Sep 02 1200	2,760,948.00	1,788.10
outlet2	32.472	24 Sep 02 1200	89,468.00	51.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำจันทบุรี				
CHN1/1	18.652	21 May 02 1200	75,473.00	52.00
CHN2/1	24.391	21 May 02 1200	98,536.00	68.00
CHN2/2	7.497	21 May 02 1200	30,646.00	20.90
CHN3/1	8.322	21 May 02 1200	33,960.00	23.20
CHN3/2	29.945	22 Sep 02 1200	146,876.00	65.00
CHN3/3	1.866	21 May 02 1200	8,009.30	5.20
CHN3/4	2.475	21 May 02 1200	10,459.00	6.90
CHN4/1	6.959	21 May 02 1200	28,480.00	19.40
CHN4/2	15.962	21 May 02 1200	64,662.00	44.50
CHN4/3	1.000	01 Apr 02 1200	4,270.50	2.60
CHN5/1	7.999	21 May 02 1200	32,663.00	22.30
CHN5/2	10.259	21 May 02 1200	41,745.00	28.60
CHN5/3	1.000	01 Apr 02 1200	2,532.70	1.40
CHN5/4	1.220	21 May 02 1200	5,423.10	3.40
CHN5/5	3.910	21 May 02 1200	16,226.00	10.90

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
CHN6/1	9.478	22 Sep 02 1200	46,516.00	22.80
CHN6/2	13.718	22 Sep 02 1200	67,126.00	33.00
CHN7/1	16.471	22 Sep 02 1200	81,641.00	31.20
CHN7/2	2.956	22 Sep 02 1200	15,035.00	5.60
CHN7/3	1.795	22 Sep 02 1200	9,323.70	3.40
CHN7/4	7.338	22 Sep 02 1200	36,618.00	13.90
CHN8/1	2.006	22 Sep 02 1200	10,364.00	3.80
CHN8/2	8.922	22 Sep 02 1200	44,425.00	16.90
CHN9/2	6.546	22 Sep 02 1200	32,717.00	12.40
CHN10/1	18.539	24 Sep 02 1200	99,467.00	51.60
CHN10/2	7.602	22 Sep 02 1200	37,919.00	14.40
CHN10/3	5.174	22 Sep 02 1200	25,955.00	9.80
CHN10/4	5.702	22 Sep 02 1200	28,556.00	10.80
CHN11/1	6.117	22 Sep 02 1200	30,557.00	11.80
CHN11/2	7.391	22 Sep 02 1200	36,878.00	14.00
CHN11/3	4.382	22 Sep 02 1200	22,054.00	8.30
CHN12/1	15.215	22 Sep 02 1200	74,319.00	33.70
CHN13/1	6.355	22 Sep 02 1200	31,953.00	14.60
CHN13/2	19.634	22 Sep 02 1200	98,778.00	39.50
CHN14/1	4.440	22 Sep 02 1200	22,490.00	10.20
CHN14/10	10.498	22 Sep 02 1200	53,301.00	19.80
CHN14/11	4.613	22 Sep 02 1200	23,676.00	8.70

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
CHN14/12	1.785	22 Sep 02 1200	9,327.20	4.10
CHN14/2	16.893	22 Sep 02 1200	83,723.00	32.00
CHN14/3	20.625	22 Sep 02 1200	104,286.00	38.90
CHN14/5	24.178	22 Sep 02 1200	119,631.00	45.80
CHN14/6	10.286	22 Sep 02 1200	52,233.00	19.40
CHN14/7	12.884	22 Sep 02 1200	65,315.00	24.30
CHN14/8	22.110	22 Sep 02 1200	111,759.00	41.70
CHN14/9	8.748	22 Sep 02 1200	44,491.00	16.50
CHN15/1	1.000	01 Apr 02 1200	1,757.40	0.60
CHN16/1	6.834	22 Sep 02 1200	34,319.00	15.70
CHN17/1	9.663	22 Sep 02 1200	48,309.00	22.20
CHN18/1	1.000	01 Apr 02 1200	5,232.40	2.20
CHN19/1	26.681	22 Sep 02 1200	132,485.00	61.30
CHN19/2	32.529	22 Sep 02 1200	162,001.00	71.60
CHN20/1	14.960	23 Jun 02 1200	84,269.00	39.10
CHN20/2	19.344	23 Jun 02 1200	112,468.00	46.70
CHN21/1	16.754	23 Jun 02 1200	91,195.00	36.40
CHN22/1	205.890	25 Sep 02 1200	925,090.00	439.00
Reach-1	18.518	21 May 02 1200	75,439.00	52.00
Reach-2	50.595	21 May 02 1200	204,599.00	140.90
Reach-3	30.443	22 Sep 02 1200	146,877.00	65.00
Reach-4	32.458	22 Sep 02 1200	154,893.00	70.20

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-5	58.930	21 May 02 1200	238,548.00	164.10
Reach-6	16.063	21 May 02 1200	64,660.00	44.50
Reach-7	89.307	22 Sep 02 1200	403,868.00	241.20
Reach-8	110.540	22 Sep 02 1200	501,264.00	307.70
Reach-9	117.870	22 Sep 02 1200	533,918.00	330.00
Reach-10	10.356	21 May 02 1200	41,744.00	28.60
Reach-11	1.244	21 May 02 1200	5,430.70	3.40
Reach-14	132.960	22 Sep 02 1200	599,841.00	374.30
Reach-15	142.650	22 Sep 02 1200	646,356.00	397.10
Reach-16	33.279	22 Sep 02 1200	163,803.00	69.80
Reach-17	177.160	22 Sep 02 1200	810,165.00	466.90
Reach-18	187.120	22 Sep 02 1200	856,133.00	484.20
Reach-19	9.018	22 Sep 02 1200	44,429.00	16.90
Reach-20	198.180	22 Sep 02 1200	910,929.00	504.90
Reach-21	202.740	22 Sep 02 1200	943,713.00	517.30
Reach-22	5.273	22 Sep 02 1200	25,964.00	9.80
Reach-23	238.530	22 Sep 02 1200	1,135,652.00	603.90
Reach-24	7.471	22 Sep 02 1200	36,882.00	14.00
Reach-25	253.460	22 Sep 02 1200	1,225,223.00	638.00
Reach-26	11.954	22 Sep 02 1200	58,942.00	22.30
Reach-27	265.290	23 Sep 02 1200	1,299,644.00	671.70
Reach-28	289.690	23 Sep 02 1200	1,430,408.00	725.80

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-29	17.223	22 Sep 02 1200	83,734.00	32.00
Reach-30	62.116	22 Sep 02 1200	307,711.00	116.70
Reach-31	13.134	22 Sep 02 1200	65,327.00	24.30
Reach-32	35.536	22 Sep 02 1200	177,095.00	66.00
Reach-33	44.462	22 Sep 02 1200	221,611.00	82.50
Reach-34	127.300	22 Sep 02 1200	634,873.00	238.40
Reach-35	130.640	22 Sep 02 1200	658,623.00	247.10
Reach-36	421.900	23 Sep 02 1200	2,122,700.00	987.80
Reach-37	434.950	23 Sep 02 1200	2,157,165.00	1,003.50
Reach-38	445.500	23 Sep 02 1200	2,205,530.00	1,025.70
Reach-39	450.080	23 Sep 02 1200	2,210,860.00	1,027.90
Reach-40	27.015	22 Sep 02 1200	132,466.00	61.30
Reach-41	502.900	23 Sep 02 1200	2,505,400.00	1,160.80
Reach-42	14.596	23 Jun 02 1200	84,262.00	39.10
Reach-43	517.030	23 Sep 02 1200	2,589,719.00	1,199.90
Reach-44	532.370	23 Sep 02 1200	2,702,260.00	1,246.60
Reach-45	525.250	23 Sep 02 1200	2,793,780.00	1,283.00
Junction-1	50.405	21 May 02 1200	204,621.00	140.90
Junction-2	58.916	21 May 02 1200	238,559.00	164.10
Junction-3	32.014	22 Sep 02 1200	154,886.00	70.20
Junction-4	86.965	22 Sep 02 1200	403,900.00	241.20
Junction-5	16.996	21 May 02 1200	68,931.00	47.10

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-6	109.450	22 Sep 02 1200	501,279.00	307.70
Junction-7	117.280	22 Sep 02 1200	533,927.00	330.00
Junction-8	131.360	22 Sep 02 1200	599,852.00	374.30
Junction-11	142.430	22 Sep 02 1200	646,357.00	397.10
Junction-12	33.145	22 Sep 02 1200	163,801.00	69.80
Junction-13	175.930	22 Sep 02 1200	810,159.00	466.90
Junction-14	186.300	22 Sep 02 1200	856,107.00	484.20
Junction-15	198.140	22 Sep 02 1200	910,925.00	504.90
Junction-16	204.720	22 Sep 02 1200	943,646.00	517.30
Junction-17	239.660	22 Sep 02 1200	1,135,620.00	603.90
Junction-18	256.600	22 Sep 02 1200	1,225,151.00	638.00
Junction-19	11.852	22 Sep 02 1200	58,935.00	22.30
Junction-20	268.680	22 Sep 02 1200	1,299,543.00	671.70
Junction-21	287.140	23 Sep 02 1200	1,430,375.00	725.80
Junction-22	293.300	23 Sep 02 1200	1,452,898.00	736.00
Junction-23	62.026	22 Sep 02 1200	307,652.00	116.70
Junction-24	127.360	22 Sep 02 1200	634,857.00	238.40
Junction-25	35.244	22 Sep 02 1200	177,086.00	66.00
Junction-26	44.284	22 Sep 02 1200	221,586.00	82.50
Junction-27	131.910	22 Sep 02 1200	658,549.00	247.10
Junction-28	132.430	22 Sep 02 1200	667,950.00	251.20
Junction-29	420.660	22 Sep 02 1200	2,122,605.00	987.80

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-30	427.450	23 Sep 02 1200	2,157,019.00	1,003.50
Junction-31	442.810	23 Sep 02 1200	2,205,474.00	1,025.70
Junction-32	446.280	23 Sep 02 1200	2,210,763.00	1,027.90
Junction-33	499.380	23 Sep 02 1200	2,505,328.00	1,160.80
Junction-34	514.680	23 Sep 02 1200	2,589,662.00	1,199.90
Junction-35	530.420	23 Sep 02 1200	2,702,187.00	1,246.60
Junction-36	541.120	23 Sep 02 1200	2,793,455.00	1,283.00
outlet	704.890	24 Sep 02 1200	3,718,870.00	1,722.00
ลุ่มน้ำแม่น้ำวพ				
WL1/1	22.245	22 Sep 02 1200	111,941.00	44.33
WL1/2	12.015	22 Sep 02 1200	61,601.00	25.79
WL2/1	19.115	22 Sep 02 1200	97,257.00	43.69
WL2/2	14.779	22 Sep 02 1200	75,320.00	33.78
WL2/3	3.583	22 Sep 02 1200	18,655.00	8.19
WL2/4	1.000	01 Apr 02 1200	3,359.10	1.30
WL3/1	5.073	23 Jun 02 1200	21,545.00	16.67
WL3/2	10.104	23 Jun 02 1200	45,250.00	32.71
WL3/3	1.058	23 Jun 02 1200	4,561.10	3.53
WL4/1	19.523	23 Jun 02 1200	87,000.00	63.20
WL5/1	3.704	23 Jun 02 1200	14,730.00	12.64
WL6/1	1.000	01 Apr 02 1200	1,226.00	0.67

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
WL6/2	24.373	19 Sep 02 1200	81,139.00	22.25
WL6/3	72.012	19 Sep 02 1200	238,761.00	65.74
WL7/1	5.886	19 Sep 02 1200	27,927.00	14.65
WL7/2	3.120	23 Jun 02 1200	12,531.00	10.41
WL7/3	3.254	23 Jun 02 1200	13,052.00	10.86
WL7/4	2.904	23 Jun 02 1200	11,698.00	9.69
WL8/1	3.518	23 Jun 02 1200	14,070.00	11.74
WL8/2	16.777	19 Sep 02 1200	91,635.00	32.00
WL9/1	162.390	20 Aug 02 1200	552,562.00	187.83
WL9/2	38.063	19 Sep 02 1200	127,517.00	34.71
WL9/3	81.675	19 Sep 02 1200	273,051.00	74.48
WL9/4	211.740	19 Sep 02 1200	707,116.00	193.09
Reach-1	34.019	22 Sep 02 1200	173,559.00	70.12
Reach-2	14.906	22 Sep 02 1200	75,318.00	33.78
Reach-3	72.036	22 Sep 02 1200	368,152.00	157.08
Reach-4	10.137	23 Jun 02 1200	45,253.00	32.71
Reach-5	77.352	22 Sep 02 1200	439,559.00	209.99
Reach-6	86.164	22 Sep 02 1200	526,578.00	273.19
Reach-7	23.423	19 Sep 02 1200	81,151.00	22.25
Reach-8	87.956	23 Jun 02 1200	541,314.00	285.83
Reach-9	155.900	20 Sep 02 1200	862,532.00	374.49
Reach-10	3.133	23 Jun 02 1200	12,536.00	10.41

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-11	6.379	23 Jun 02 1200	25,604.00	21.27
Reach-12	168.480	20 Sep 02 1200	927,909.00	420.10
Reach-13	118.360	20 Sep 02 1200	400,622.00	109.19
Reach-14	185.690	20 Sep 02 1200	1,034,099.00	463.84
Reach-15	547.800	20 Sep 02 1200	2,694,461.00	953.95
Junction-1	34.260	22 Sep 02 1200	173,542.00	70.12
Junction-2	53.134	22 Sep 02 1200	270,816.00	113.81
Junction-3	18.489	22 Sep 02 1200	93,973.00	41.97
Junction-4	72.192	22 Sep 02 1200	368,149.00	157.08
Junction-5	79.431	22 Sep 02 1200	439,510.00	209.99
Junction-6	87.127	22 Sep 02 1200	526,559.00	273.19
Junction-7	88.172	23 Jun 02 1200	541,308.00	285.83
Junction-8	152.570	19 Sep 02 1200	862,452.00	374.49
Junction-9	163.130	20 Sep 02 1200	927,761.00	420.10
Junction-10	6.388	23 Jun 02 1200	25,588.00	21.27
Junction-11	185.700	20 Sep 02 1200	1,033,615.00	463.84
Junction-12	119.740	19 Sep 02 1200	400,568.00	109.19
Junction-13	544.690	20 Sep 02 1200	2,694,398.00	953.95
outlet	547.800	20 Sep 02 1200	2,694,461.00	953.95

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำตราดตะวันตก				
TW1/1	3.745	15 Aug 02 1200	10,226.00	5.44
TW11/1	19.920	15 Aug 02 1200	52,313.00	28.94
TW15/1	7.516	15 Aug 02 1200	20,039.00	10.92
TW16/1	32.659	23 Jun 02 1200	105,844.00	40.50
TW17/1	41.946	23 Jun 02 1200	166,492.00	48.85
TW19/1	26.687	23 Jun 02 1200	106,092.00	31.08
TW3/1	7.048	15 Aug 02 1200	18,822.00	10.24
TW5/1	7.434	15 Aug 02 1200	19,825.00	10.80
TW6/1	6.560	15 Aug 02 1200	17,551.00	9.53
outlet1	3.745	15 Aug 02 1200	10,226.00	5.44
outlet2	7.048	15 Aug 02 1200	18,822.00	10.24
outlet3	7.434	15 Aug 02 1200	19,825.00	10.80
outlet4	6.560	15 Aug 02 1200	17,551.00	9.53
outlet5	19.920	15 Aug 02 1200	52,313.00	28.94
outlet6	7.516	15 Aug 02 1200	20,039.00	10.92
outlet7	32.659	23 Jun 02 1200	105,844.00	40.50
outlet8	41.946	23 Jun 02 1200	166,492.00	48.85
outlet9	26.687	23 Jun 02 1200	106,092.00	31.08

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
ลุ่มน้ำแม่น้ำเมืองตราด				
S1/1	23.859	22 Sep 02 1200	120,567.00	45.00
S2/1	13.829	22 Sep 02 1200	71,486.00	26.00
S2/2	8.244	22 Sep 02 1200	42,794.00	15.50
S3/1	48.494	12 Aug 02 1200	264,346.00	86.00
S3/2	6.422	12 Aug 02 1200	35,320.00	11.00
S4/1	62.070	12 Aug 02 1200	325,817.00	92.50
S4/2	11.116	01 Sep 02 1200	55,791.00	16.00
S4/3	1.945	01 Sep 02 1200	10,184.00	2.80
S4/4	4.724	01 Sep 02 1200	24,014.00	6.80
S5/1	45.459	19 Sep 02 1200	150,908.00	41.50
S5/10	6.453	01 Sep 02 1200	32,406.00	9.30
S5/12	54.915	12 Aug 02 1200	286,888.00	83.00
S5/13	3.397	19 Sep 02 1200	11,734.00	3.10
S5/2	20.531	19 Sep 02 1200	106,170.00	30.00
S5/3	81.009	01 Sep 02 1200	400,974.00	116.75
S5/4	10.408	01 Sep 02 1200	51,949.00	15.00
S5/5	62.864	01 Sep 02 1200	311,270.00	90.60
S5/6	17.347	01 Sep 02 1200	86,246.00	25.00
S5/7	4.441	01 Sep 02 1200	22,468.00	6.40
S5/8	10.487	12 Aug 02 1200	55,177.00	15.85
S5/9	49.265	01 Sep 02 1200	244,041.00	71.00

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
S6/1	1.205	19 Sep 02 1200	4,479.70	1.10
S6/2	14.678	19 Sep 02 1200	49,054.00	13.40
S7/1	83.852	19 Sep 02 1200	389,472.00	116.10
S7/3	5.533	20 Aug 02 1200	19,237.00	6.40
S7/5	26.628	20 Aug 02 1200	90,978.00	30.80
S8/2	26.541	20 Aug 02 1200	90,684.00	30.70
S9/1	15.562	20 Aug 02 1200	53,352.00	18.00
S9/3	12.060	20 Aug 02 1200	41,445.00	13.95
S9/4	3.892	20 Aug 02 1200	13,663.00	4.50
S10/2	4.583	20 Aug 02 1200	16,008.00	5.30
S10/3	1.299	20 Aug 02 1200	4,877.20	1.50
S11/1	2.605	20 Aug 02 1200	9,436.20	3.00
S11/12	3.472	20 Aug 02 1200	12,426.00	4.00
S11/13	3.992	20 Aug 02 1200	14,220.00	4.60
S11/15	15.962	23 Jun 02 1200	81,338.00	25.30
S11/2	80.853	12 Aug 02 1200	421,877.00	120.00
S11/3	1.786	19 Sep 02 1200	6,399.50	1.63
S11/4	1.151	19 Sep 02 1200	4,309.20	1.05
S11/5	98.945	19 Sep 02 1200	328,612.00	90.30
S11/6	18.943	01 Sep 02 1200	94,136.00	27.30
S11/7	5.204	01 Sep 02 1200	26,238.00	7.50
S11/9	118.840	19 Sep 02 1200	500,318.00	141.82

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
S12/1	16.572	23 Jun 02 1200	66,065.00	19.30
S12/2	1.000	01 Apr 02 1200	3,619.80	1.05
S12/3	9.821	20 Aug 02 1200	40,280.00	12.95
S12/4	17.659	23 Jun 02 1200	76,755.00	23.00
S13/1	34.776	23 Jun 02 1200	138,111.00	40.50
S13/2	22.445	20 Aug 02 1200	98,343.00	32.00
S13/3	16.672	23 Jun 02 1200	69,287.00	20.50
Reach-1	24.111	22 Sep 02 1200	120,588.00	45.00
Reach-2	48.475	12 Aug 02 1200	264,344.00	86.00
Reach-3	92.017	13 Aug 02 1200	534,631.00	183.50
Reach-4	11.253	01 Sep 02 1200	55,795.00	16.00
Reach-5	1.956	01 Sep 02 1200	10,186.00	2.80
Reach-6	170.520	13 Aug 02 1200	950,563.00	301.60
Reach-7	10.060	02 Sep 02 1200	51,965.00	15.00
Reach-8	17.102	01 Sep 02 1200	86,251.00	25.00
Reach-9	4.497	01 Sep 02 1200	22,474.00	6.40
Reach-10	171.680	01 Sep 02 1200	872,885.00	253.75
Reach-11	49.837	01 Sep 02 1200	244,035.00	71.00
Reach-12	54.924	02 Sep 02 1200	276,430.00	80.30
Reach-13	285.170	02 Sep 02 1200	1,491,363.00	432.90
Reach-14	1.185	19 Sep 02 1200	4,487.00	1.10
Reach-15	496.560	13 Aug 02 1200	2,710,762.00	809.10

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Reach-16	492.550	13 Aug 02 1200	2,764,692.00	823.60
Reach-17	5.458	20 Aug 02 1200	19,254.00	6.40
Reach-18	543.920	13 Aug 02 1200	3,264,451.00	976.90
Reach-19	544.440	13 Aug 02 1200	3,355,167.00	1,007.60
Reach-20	12.033	20 Aug 02 1200	41,447.00	13.95
Reach-21	547.400	14 Aug 02 1200	3,463,659.00	1,044.05
Reach-22	555.660	14 Aug 02 1200	3,484,652.00	1,050.85
Reach-23	79.534	13 Aug 02 1200	421,838.00	120.00
Reach-24	19.138	01 Sep 02 1200	94,137.00	27.30
Reach-25	5.260	01 Sep 02 1200	26,241.00	7.50
Reach-26	24.208	02 Sep 02 1200	120,419.00	34.80
Reach-27	294.750	20 Sep 02 1200	1,381,937.00	389.60
Reach-28	3.455	20 Aug 02 1200	12,432.00	4.00
Reach-29	300.340	20 Sep 02 1200	1,408,608.00	398.20
Reach-30	805.730	14 Aug 02 1200	4,984,229.00	1,477.35
Reach-31	1.000	01 Apr 02 1200	3,630.80	1.05
Reach-32	10.584	20 Aug 02 1200	43,937.00	14.00
Reach-33	22.048	21 Aug 02 1200	98,352.00	32.00
Reach-34	834.230	14 Aug 02 1200	5,105,300.00	1,514.35
Reach-35	34.329	23 Jun 02 1200	167,657.00	52.50
Junction-1	94.632	12 Aug 02 1200	534,533.00	183.50
Junction-2	162.990	12 Aug 02 1200	950,442.00	301.60

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-3	489.820	13 Aug 02 1200	2,710,737.00	809.10
Junction-4	175.360	01 Sep 02 1200	872,934.00	253.75
Junction-5	286.630	01 Sep 02 1200	1,491,381.00	432.90
Junction-6	56.290	01 Sep 02 1200	276,441.00	80.30
Junction-7	506.190	13 Aug 02 1200	2,764,303.00	823.60
Junction-8	549.160	13 Aug 02 1200	3,264,396.00	976.90
Junction-9	547.760	13 Aug 02 1200	3,355,135.00	1,007.60
Junction-10	549.020	13 Aug 02 1200	3,463,629.00	1,044.05
Junction-11	548.100	14 Aug 02 1200	3,484,544.00	1,050.85
Junction-12	804.080	13 Aug 02 1200	4,984,034.00	1,477.35
Junction-13	291.510	19 Sep 02 1200	1,381,896.00	389.60
Junction-14	24.398	01 Sep 02 1200	120,379.00	34.80
Junction-15	297.020	20 Sep 02 1200	1,408,589.00	398.20
Junction-16	820.990	14 Aug 02 1200	5,104,922.00	1,514.35
Junction-17	10.727	20 Aug 02 1200	43,911.00	14.00
Junction-18	34.387	23 Jun 02 1200	167,639.00	52.50
outlet	893.480	14 Aug 02 1200	5,477,133.00	1,626.65
ลุ่มน้ำที่ระบายออก				
TE1/1	20.024	23 Jun 02 1200	79,724.00	23.32
TE1/2	31.299	23 Jun 02 1200	124,345.00	36.45
TE2/2	16.615	23 Jun 02 1200	66,235.00	19.35

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
TE2/4	27.057	23 Jun 02 1200	107,554.00	31.51
TE2/5	8.363	23 Jun 02 1200	33,581.00	9.74
TE2/6	41.697	23 Jun 02 1200	165,507.00	48.56
TE2/7	45.578	23 Jun 02 1200	180,870.00	53.08
TE4/1	46.239	23 Jun 02 1200	183,487.00	53.85
TE7/1	18.882	23 Jun 02 1200	75,205.00	21.99
TE8/1	28.130	23 Jun 02 1200	111,802.00	32.76
TE9/1	24.489	23 Jun 02 1200	97,393.00	28.52
TE10/1	7.917	23 Jun 02 1200	31,814.00	9.22
TE11/1	5.384	23 Jun 02 1200	21,797.00	6.27
TE12/1	2.328	23 Jun 02 1200	9,719.00	2.71
TE14/1	5.075	23 Jun 02 1200	20,574.00	5.91
TE15/1	2.001	23 Jun 02 1200	8,425.40	2.33
TE17/1	17.701	15 Aug 02 1200	70,978.00	16.89
TE18/1	11.277	15 Aug 02 1200	45,388.00	10.76
Reach-1	19.160	23 Jun 02 1200	79,737.00	23.32
Reach-2	16.101	23 Jun 02 1200	66,248.00	19.35
Reach-3	8.417	23 Jun 02 1200	33,585.00	9.74
Reach-4	89.051	23 Jun 02 1200	372,928.00	109.16
Reach-5	5.396	23 Jun 02 1200	21,806.00	6.27
Reach-6	13.036	23 Jun 02 1200	53,645.00	15.49
Junction-1	13.313	23 Jun 02 1200	53,620.00	15.49

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (Sq.Km.)
Junction-2	93.272	23 Jun 02 1200	372,894.00	109.16
outlet1	185.090	23 Jun 02 1200	757,880.00	222.01
outlet2	46.239	23 Jun 02 1200	183,487.00	53.85
outlet3	18.882	23 Jun 02 1200	75,205.00	21.99
outlet4	28.130	23 Jun 02 1200	111,802.00	32.76
outlet5	37.526	23 Jun 02 1200	151,037.00	44.01
outlet6	2.328	23 Jun 02 1200	9,719.00	2.71
outlet7	5.075	23 Jun 02 1200	20,574.00	5.91
outlet8	2.001	23 Jun 02 1200	8,425.40	2.33
outlet9	17.701	15 Aug 02 1200	70,978.00	16.89
outlet10	11.277	15 Aug 02 1200	45,388.00	10.76

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายนายอภิชาติ ศรีสุพรรณ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 10 กรกฎาคม 2516
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรระบบอาวุโส
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท วิทยูการบินแห่งประเทศไทย จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	