

การคำนวณออกแบบ โครงการแหล่งน้ำด้านอุทกวิทยา (ตอนที่ 2)

M กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเป็นวิธีการคาดการณ์ปริมาณน้ำนองสูงสุด และปริมาตรของน้ำนองสูงสุดทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นในต้นน้ำ โดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนใช้การที่เป็นปัจจุบันมากที่สุดเป็นข้อมูลประกอบ จึงจะทำให้การคาดการณ์หรือเตือนภัยล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าต้องใช้ข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำที่ต้องการหาค่าปริมาณน้ำนองสูงสุด และปริมาตรของน้ำนองสูงสุดทั้งหมด ประกอบด้วย

- พื้นที่รับน้ำฝน (A) หน่วย ตารางกิโลเมตร
- ความยาวของลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) หน่วย กิโลเมตร
- ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำมากที่สุด (Lc) หน่วย กิโลเมตร
- ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่ (S)
- ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Qp) ของลุ่มน้ำ
- เวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Tp)

ข้อมูลทางกายภาพข้างต้นสามารถหาได้จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร โดยการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าตามสมการ ดังนี้

$$Tp = a (LLc/\sqrt{S})^b$$

$$Qp/A = c (Tp)^d$$

เมื่อ Tp = เวลาเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า - ชั่วโมง

Qp = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า - ลูกบาศก์เมตร/วินาที/มิลลิเมตร

A = พื้นที่รับน้ำฝน - ตารางกิโลเมตร

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ - กิโลเมตร

Lc = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำมากที่สุด - กิโลเมตร

S = ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่

a, b, c, d เป็นค่าสัมประสิทธิ์เรขาคณิต ซึ่งจะต้องคำนวณหาจากข้อมูลที่มีอยู่จริงในแต่ละลุ่มน้ำ

จากพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่คำนวณได้จากสมการข้างต้น นำไปประยุกต์กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้มิติ (Dimensionless) จะสามารถคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำย่อยได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง Tp และ $LLc/\sqrt{S}$ และความสัมพันธ์ระหว่าง Qp/A และ Tp

ลำดับ	ลุ่มน้ำ	จำนวนสถานีที่ใช้ในการวิเคราะห์	Tp = a(LLc/√S) ^b			Qp/A = c(Tp) ^d		
			a	b	r	c	d	r
1	ปิง	11	0.5924	0.3108	0.7246	0.2094	-1.0018	0.8893
2	วัง	5	0.0396	0.5773	0.8717	0.3202	-1.1688	0.9154
3	ยม	5	1.6375	0.2377	0.7488	0.2385	-1.0291	0.8666
4	น่าน	5	4.4121	0.1560	0.8190	1.6160	-1.6074	0.8390
5	โขง	12	0.2837	0.3979	0.6433	0.2175	-1.0008	0.7821
6	ชี	7	0.0092	0.7214	0.9614	0.1625	-0.9650	0.9542
7	มูล	11	0.1909	0.5293	0.7052	0.2434	-0.9887	0.8272
8	ป่าสัก	7	0.0234	0.6820	0.5881	0.1095	-0.7042	0.6753
9	ตะวันออก	13	0.7331	0.3433	0.7451	0.1803	-0.9535	0.9022
10	ตะวันตก	11	1.3152	0.2621	0.7117	0.1662	-0.8747	0.5752
11	ใต้	17	1.2636	0.2956	0.5804	0.5379	-1.2642	0.8590

ที่มา : กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) ของลุ่มน้ำต่างๆ ในประเทศไทย. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2552.

M การใช้ Unit Hydrograph

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ามีข้อจำกัด ได้แก่ มีพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เกิน 10,000 ตารางกิโลเมตร ด้านเหนือน้ำไม่มีอ่างเก็บน้ำหรือฝายน้ำล้นขนาดใหญ่ ฝนใช้การ อนุโลมให้ใช้ฝนใช้การที่ลดการสูญเสียแล้วทั้งลูก (รายวัน) คู่กับ Unit Hydrograph โดยไม่ต้องกระจายตามช่วงเวลา (Tr) ของ Unit Hydrograph

M การสร้าง Unit Hydrograph เพื่อหาค่าปริมาณน้ำนองสูงสุดดำเนินการดังนี้

● หาค่า Tp และ Qp

$$Tp = a (LLc/\sqrt{S})^b$$

$$Tr = Tp / 5.5$$

$$Qp/A = c (Tp)^d \text{ ปรับเป็น}$$

$$Qp = A (c (Tp)^d)$$

เมื่อ a, b, c, d คือค่าคงที่ในสมการของแต่ละลุ่มน้ำ

นำค่า Tp, Tr และ Qp ไปสร้าง Unit Hydrograph ด้วย

โปรแกรม Nash Model ซึ่งจะได้ Unit Hydrograph มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที/ฝน 1 มิลลิเมตร

M การหาปริมาณน้ำฝนใช้การ

- นำปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำมาแทนค่าในสมการการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่าจากปริมาณฝนรวมของแต่ละลุ่มน้ำที่ให้ (ตารางที่ 2) จะได้เป็นร้อยละของน้ำฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่า
- นำปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำมาคูณกับร้อยละของน้ำฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่า จะได้ค่าน้ำฝนใช้การเพื่อที่จะนำไปคูณกับ Unit Hydrograph ที่เตรียมไว้แล้ว

ตารางที่ 2 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า จากปริมาณฝนรวม

ปริมาณฝนรวม RF (mm.)	กรณี ฝนปกติ Co1 (%)	กรณี ฝนตกหนักต่อเนื่อง Co2 (%)
ภาคเหนือ ลุ่มน้ำน่าน ที่สถานี N.42 พื้นที่รับน้ำฝน 2,107 ตร.กม.	Co1 = 0.2159 RF - 2.687 R ² = 0.5885	Co2 = 0.2176 RF + 2.4881 R ² = 0.7398
ภาคเหนือ ลุ่มน้ำยม ที่สถานี Y.20 พื้นที่รับน้ำฝน 5,410 ตร.กม.	Co1 = 0.1787 RF + 3.8849 R ² = 0.8002	Co2 = 0.2343 RF + 3.4343 R ² = 0.7607
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลุ่มน้ำชี ที่สถานี E.29 พื้นที่รับน้ำฝน 945 ตร.กม.	Co1 = 0.1233 RF + 26.996 R ² = 0.5793	Co2 = 0.1017 RF + 31.045 R ² = 0.4821
ภาคตะวันตก ลุ่มน้ำแควน้อย ที่สถานี K.22A พื้นที่รับน้ำฝน 321 ตร.กม. (พงศ์ศักดิ์ & ธาพร, 2542)	Co1 = 0.1593 RF + 10.792 R ² = 0.6365	Co2 = 0.3281 RF + 12.977 R ² = 0.9757
ภาคใต้ ลุ่มน้ำตาปี ที่สถานี X.102A พื้นที่รับน้ำฝน 152 ตร.กม.	Co1 = 0.139 RF + 9.0809 R ² = 0.7773	Co2 = 0.1508 RF + 14.277 R ² = 0.8414

หมายเหตุ ศึกษาด้วยโปรแกรม HEC-1 Flood Hydrograph Package

ที่มา : กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) ของลุ่มน้ำต่างๆ ในประเทศไทย. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2552.

การคำนวณออกแบบ โครงการแหล่งน้ำด้านอุทกวิทยา (ตอนที่ 2)

M การหาปริมาณน้ำนองสูงสุดและปริมาตรน้ำนอง

- นำค่าน้ำฝนใช้การไปคูณกับ Unit Hydrograph ได้ค่าปริมาณน้ำนองที่ช่วงเวลาต่างๆ และได้ค่าปริมาณน้ำนองสูงสุด มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที
- หาผลรวมของปริมาณน้ำนองที่คำนวณได้ในแต่ละช่วงเวลา (Discharge)
- นำค่าผลรวมของ Discharge ไปคูณกับช่วงเวลา (Tr) ของ Unit Hydrograph และคูณด้วย 3,600 และหารด้วย 1,000,000 จะได้ปริมาตรน้ำนอง มีหน่วยเป็น ล้านลูกบาศก์เมตร
- นำค่าปริมาตรน้ำนองที่คำนวณได้ไปรวมกับ Base Flow ของลำน้ำที่โครงการก่อนที่จะเกิดน้ำนอง จะได้เป็นปริมาตรทั้งหมดของที่ตั้งโครงการ (กรณีที่ไมทราบ Base Flow ให้ประเมินที่ร้อยละ 10 ของ Peak Discharge)

ตัวอย่าง

ณ บริเวณหัวงานที่ต้องการหาปริมาณน้ำนองสูงสุดและปริมาตรน้ำนอง (ตัวอย่างในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิง) วัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ได้ 120 ตารางกิโลเมตร วัดความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) ได้ 25.27 กิโลเมตร วัดความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำมากที่สุด (Lc) ได้ 11.37 กิโลเมตร ความลาดเทเฉลี่ยของลำน้ำสายใหญ่ (S) ได้ 0.0035 และค่าปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ 150 มิลลิเมตร

$$\text{จะได้ } A = 120$$

$$L = 25.25 \quad L_c = 11.37$$

$$S = 0.0035 \quad RF = 150$$

$$\text{หาค่า } T_p \text{ จากสมการลุ่มน้ำปิง } T_p = 0.5924 (L L_c / \sqrt{S})^{0.3108}$$

$$\text{แทนค่า } L, L_c, S \quad T_p = 0.5924 \times (25.25 \times 11.37 / \sqrt{0.0035})^{0.3108}$$

$$T_p = 8.28$$

$$\text{ปรับเป็น } T_p = 8 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{หาค่า } Q_p \text{ จากสมการลุ่มน้ำปิง } Q_p = (120 \times 0.2094 \times (T_p)^{-1.0118})$$

$$\text{แทนค่า } T_p \quad Q_p = (120 \times 0.2094 \times (8)^{-1.0118})$$

$$Q_p = 3.065 \text{ ลบ.ม./วินาที/มม.}$$

นำค่า T_p และ Q_p ไปสร้าง Unit Hydrograph ($T_r = 2$ ชม.) ด้วยโปรแกรม Nash Model ได้ตามตารางดังนี้

Time – Hr.	Q – cms/mm
0	0.000
2	0.344
4.0	1.551
6.0	2.632
8.0	3.065
10.0	2.711
12.0	2.154
14.0	1.556
16.0	1.047
18.0	0.669
20.0	0.409
22.0	0.242
24.0	0.139
26.0	0.078
28.0	0.043
30.0	0.023
32.0	0.012
34.0	0.006
36.0	0.003
38.0	0.002
40.0	0.001
42.0	0.000

หาปริมาณน้ำฝนใช้การ จากสมการ ลุ่มน้ำยม (ใกล้เคียงลุ่มน้ำปิงมากที่สุด)

$$Co = 0.1787 RF + 3.8849$$

$$\text{แทนค่า } RF = 150 \text{ ในสมการ}$$

$$Co = 0.1787 \times 150 + 3.8849$$

$$= 30.69 \%$$

จะได้ปริมาณน้ำฝนใช้การ 30.69 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 46 มิลลิเมตร

นำปริมาณน้ำฝนใช้การไปคูณกับ Unit Hydrograph ตามตารางดังนี้

Time – Hr.	Q – cms./mm.	Discharge – cms.
0	0.000	0.000
2	0.344	15.809
4.0	1.551	71.346
6.0	2.632	121.052
8.0	3.065	140.990
10.0	2.711	124.712
12.0	2.154	99.073
14.0	1.556	71.587
16.0	1.047	48.176
18.0	0.669	30.761
20.0	0.409	18.810
22.0	0.242	11.116
24.0	0.139	6.386
26.0	0.078	3.583
28.0	0.043	1.970
30.0	0.023	1.064
32.0	0.012	0.567
34.0	0.006	0.298
36.0	0.003	0.138
38.0	0.002	0.092
40.0	0.001	0.046
42.0	0.000	0.000
ผลรวม – ลบ.ม./วินาที		767.574
ปริมาตร – ล้าน ลบ.ม.		5.527

ปริมาณน้ำนองสูงสุด = 140.990 ลบ.ม./วินาที

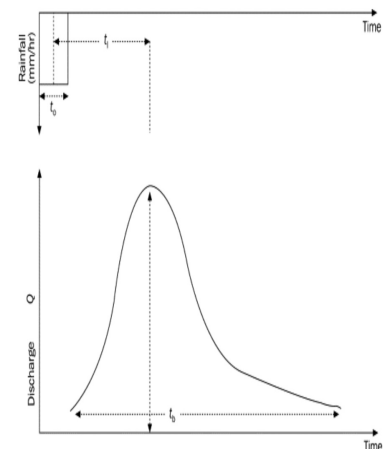
หาปริมาตรน้ำนองได้ดังนี้

$$\text{ปริมาตรน้ำนอง} = (\text{ผลรวม} \times T_r \times 3,600) / 1,000,000$$

$$= (767.574 \times 2 \times 3,600) / 1,000,000$$

$$= 5.527 \text{ ล้านลูกบาศก์เมตร}$$

ที่มา : กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) ของลุ่มน้ำต่างๆ ในประเทศไทย. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2552.



ที่มา : <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/unit-hydrograph>. 2566.

ภาพที่ 1 A typical unit hydrograph. Q = discharge (i.e. volume of flow, e.g. m³ per second); t_l = lag time; t_b = base time (see text).



การคำนวณออกแบบโครงการแหล่งน้ำด้านอุทกวิทยา (ตอนที่ 2)

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียด และลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษาในแต่ละสถานีของอุโมงค์น้ำและอุโมงค์น้ำวัง

ที่	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	DA km ²	S	L km	Lc km	LLc/°s	Qp ลบ.ม./วินาที	Tp ชม.	Qp/DA	Ct	Cp
อุโมงค์น้ำวัง														
1	P.1	ปิง	เมือง	เชียงใหม่	6,355	0.0018	169.25	97.30	392.132.69	32.15	42	0.005	0.315	0.773
2	P.4-A	แม่แตง	แม่แตง	เชียงใหม่	1,902	0.0034	149.10	64.50	163.770.76	10.07	24	0.005	0.250	0.462
3	P.5	แม่งาม	เมือง	ลำปาง	1,569	0.0010	101.40	40.50	130.383.68	4.38	0.003			
4	P.14	แม่แจ่ม	ฮอด	เชียงใหม่	3,853	0.0029	182.65	90.20	303.337.41	36.45	28	0.009	0.231	0.963
5	P.20	ปิง	เชียงดาว	เชียงใหม่	1,355	0.0043	73.00	35.00	39.167.41	21.60	15	0.016	0.270	0.870
6	P.21	แม่ปิง	แม่ปิง	เชียงใหม่	452	0.0034	52.80	25.60	23.333.61	5.04	18	0.011	0.394	0.731
7	P.23	แม่ปิง	สันป่าตอง	เชียงใหม่	1,777	0.0055	113.35	52.60	80.655.28	30.25	15	0.017	0.205	0.929
8	P.24	แม่ปิง	จอมทอง	เชียงใหม่	452	0.0149	47.74	23.60	9.222.14	6.66	15	0.015	0.467	0.864
9	P.28	แม่ปิง	แม่แตง	เชียงใหม่	1,261	0.0025	89.72	29.40	52.358.20	15.43	15	0.012	0.241	0.607
10	P.32	คลองแม่ข่า	เมือง	ตาก	342	0.0020	57.54	30.20	38.819.35					
11	P.42	แม่ปิง	ทุ่งหัวช้าง	ลำปาง	318	0.0064	30.24	19.20	7.251.79	5.09	14	0.016	0.478	0.815
12	P.47	คลองสวนหมาก	คลองสวน	กำแพงเพชร	521	0.0110	64.00	32.21	19.664.88	11.77	9	0.023	0.210	0.739
13	P.64	แม่ปิง	อุตรดิตถ์	เชียงใหม่	502	0.0125	24.10	16.60	3.574.48	19.87	5	0.040	0.223	0.720

1	W.10A	วัง	เมือง	ลำปาง	2,798	0.0017	179.15	55.80	245.679.82	10.52	48	0.004	0.429	0.857
2	W.14A	แม่ปิง	เมือง	ลำปาง	649	0.0034	62.10	25.10	26.907.51	7.35	15	0.011	0.311	0.618
3	W.15A	แม่ปิง	แม่ปิง	ลำปาง	1,103	0.0015	87.35	45.20	100.427.69	7.51	24	0.007		
4	W.16	วัง	แจ้ห่ม	ลำปาง	1,284	0.0019	144.48	48.20	159.563.82	4.88	52	0.004	0.548	0.719
5	W.16A	วัง	แจ้ห่ม	ลำปาง	1,392					26.35	14	0.019		0.964

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียด และลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษาในแต่ละสถานีของอุโมงค์น้ำและอุโมงค์น้ำผ่าน

ที่	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	DA km ²	S	L km	Lc km	LLc/°s	Qp ลบ.ม./วินาที	Tp ชม.	Qp/DA	Ct	Cp
อุโมงค์น้ำผ่าน														
1	Y.24	น้ำปิง	เชียงใหม่	พญา	590	0.0057	58.90	19.50	15.277.65	7.63	18	0.013	0.463	0.846
2	Y.26	วังแม่ปิง	สัน	ลำปาง	784	0.0035	84.87	34.18	48.802.52	5.32	27	0.007	0.464	0.866
3	Y.30	วังแม่ปิง	งาว	ลำปาง	325	0.0098	27.75	15.31	4.280.83	6.85	12	0.021	0.500	0.921
4	Y.31	ยวม	เชียงใหม่	พญา	1,981	0.0018	124.87	72.08	211.063.76	16.29	30	0.008	0.284	0.897
5	Y.34	น้ำแม่ปิง	เมือง	แพร่	334	0.0040	56.25	33.85	30.279.70	4.34	14	0.013	0.278	0.662
6	Y.36	น้ำพรหม	ป่ง	พญา	853	0.0031	79.90	37.10	53.105.99	9.20	21	0.011	0.336	0.823
อุโมงค์น้ำผ่าน														
1	N.13A	น้ำปิง	เชียงใหม่	พญา	8,993	0.0006	245.65	78.50	766.262.36	34.67	32	0.004	0.186	0.448
2	N.36	น้ำแม่ปิง	นาหมื่น	พิจิตร	1,651	0.0027	67.01	19.60	29.073.26	15.24	28	0.009	0.564	0.940
3	N.42	น้ำปิง	เชียงใหม่	พญา	2,107	0.0039	153.00	66.80	163.845.48	17.21	33	0.008	0.344	0.980
4	N.53	คลองแม่ข่า	หนองคาย	หนองคาย	1,117	0.0085	18.99	4.21	864.77	3.45	12	0.031	0.919	1.355
5	N.63	น้ำแม่ปิง	นาหมื่น	พิจิตร	788	0.0055	49.00	43.45	28.722.45	11.08	18	0.014	0.364	0.920

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียด และลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษาในแต่ละสถานีของอุโมงค์น้ำและอุโมงค์น้ำวัง

ที่	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	DA km ²	S	L km	Lc km	LLc/°s	Qp ลบ.ม./วินาที	Tp ชม.	Qp/DA	Ct	Cp
อุโมงค์น้ำวัง														
1	KH.18	วังปิง	บ้านดง	สุราษฎร์	1,309	0.0027	56.78	23.49	25.650.31	4.15		0.003		
2	KH.28A	น้ำปิง	วังยาง	เลย	1,271	0.0014	126.51	36.62	125.921.31	36.72	24	0.029	0.277	0.522
3	KH.58A	น้ำปิง	เมือง	เลย	3,093	0.0004	157.28	32.39	255.038.73	17.15	36	0.006	0.318	0.726
4	KH.75	น้ำปิง	คำชะอี	เลย	388	0.0155	57.10	19.10	8.773.04	1.10		0.003		
5	KH.77	น้ำปิง	วังยาง	เลย	142	0.0102	25.51	10.40	2.623.56	5.95	4	0.042	0.201	0.609
6	KH.77A	น้ำปิง	วังยาง	เลย	156	0.0102	27.79	10.89	2.991.81	2.65	12	0.017	0.573	0.743
7	KH.78	น้ำปิง	เมือง	เลย	219	0.0010	43.25	25.37	34.308.16	2.26	24	0.010	0.454	0.902
8	KH.79	วังปิง	หนองสูง	มุกดาหาร	104	0.0019	23.75	12.73	6.918.66	3.72	5	0.036	0.174	0.651
9	KH.84	วังปิง	คำชะอี	มุกดาหาร	46	0.0016	18.96	12.62	5.979.29	2.40	6	0.052	0.230	1.138
10	KH.90	น้ำปิง	โคกสี	สุพรรณบุรี	861	0.0011	85.27	42.71	110.146.39	8.31	18	0.010	0.218	0.832
11	KH.91	วังปิง	ราชพฤกษ์	นครพนม	172	0.0014	26.08	10.57	2.270.62	1.77	24	0.010	0.818	0.899
12	KH.93	น้ำปิง	บ้านดง	สุราษฎร์	760	0.0007	85.10	33.32	110.729.18	2.70	42	0.004	0.509	0.542
13	KH.94	น้ำปิง	นาสูง	สุราษฎร์	854	0.0007	68.75	40.91	106.175.55	3.10	40	0.004	0.492	0.529
14	KH.95	น้ำปิง	ภูเรือ	เลย	352	0.0025	62.35	26.73	33.036.72	3.91	16	0.011	0.307	0.647
อุโมงค์น้ำวัง														
1	E.5	น้ำปิง	บ้านพร้าว	ชัยภูมิ	4,207	0.0025	147.41	75.38	223.895.88	10.72	78	0.003	0.723	0.722
2	E.29	น้ำปิง	ภูกระดึง	เลย	949	0.0014	85.87	38.47	88.947.28	9.29	26	0.010	0.342	0.925
3	E.32A	น้ำปิง	บ้านพร้าว	ชัยภูมิ	2,867	0.0010	106.32	52.30	179.494.24	11.76	52	0.004	0.544	0.776
4	E.54	น้ำปิง	ภูกระดึง	ชัยภูมิ	1,548	0.0005	77.30	37.00	126.392.44	5.11	52	0.003	0.599	0.625
5	E.60	น้ำปิง	บ้านพร้าว	ชัยภูมิ	205	0.0010	34.60	17.60	19.524.74	2.63	12	0.013	0.381	0.560
6	E.70	น้ำปิง	บ้านพร้าว	ชัยภูมิ	2,447	0.0005	106.17	44.80	203.084.72	7.60	60	0.003	0.577	0.627
7	E.72	น้ำปิง	บ้านพร้าว	ชัยภูมิ	323	0.0051	57.05	24.95	19.975.83	4.94	12	0.015	0.279	0.668

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียด และลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษาในแต่ละสถานีของอุโมงค์น้ำและอุโมงค์น้ำวัง

ที่	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	DA km ²	S	L km	Lc km	LLc/°s	Qp ลบ.ม./วินาที	Tp ชม.	Qp/DA	Ct	Cp
อุโมงค์น้ำวัง														
1	M.43A	ลำตะคอง	ป่าสัก	นครราชสีมา	153	0.0112	37.61	20.69	7.339.81	4.31	12	0.028	0.408	1.229
2	M.89	ลำตะคอง	ป่าสัก	นครราชสีมา	713	0.0046	67.14	29.06	28.612.83	4.77	39	0.007	0.790	0.949
3	M.91	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	141	0.0030	24.68	13.84	6.193.86	1.69	18	0.012	0.652	0.786
4	M.100	วังน้ำเขียว	ป่าสัก	นครราชสีมา	131	0.0014	32.36	16.27	14.316.12	0.68	36	0.005	0.948	0.682
5	M.101	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	390	0.0014	38.30	19.09	19.743.03	1.91	48	0.005	1.119	0.856
6	M.102	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	207	0.0022	38.10	22.36	18.025.27	1.16	45	0.006	1.086	0.920
7	M.142	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	241	0.0033	38.24	22.36	10.764.01	2.88	27	0.012	0.793	1.173
8	M.143	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	47	0.0145	18.81	9.06	1.415.92	1.20	15	0.026	0.952	1.393
9	M.144	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	124	0.0108	26.67	11.22	2.885.66	2.27	15	0.018	0.726	0.999
10	M.145	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	335	0.0046	33.08	9.51	4.657.27	8.53	10	0.025	0.404	0.926
11	M.146	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	82	0.0061	17.83	9.02	2.085.85	1.29	9	0.016	0.495	0.513

1	S.7	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	177	0.0090	20.00	7.95	1.675.17	8.03	3	0.045	0.179	0.485
2	S.10	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	299	0.0085	45.45	28.79	14.153.65	5.85	16	0.022	0.423	1.263
3	S.12	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	477	0.0088	31.38	12.47	4.161.49	11.90	5	0.025	0.211	0.454
4	S.13	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	357	0.0042	49.05	18.80	14.301.75	4.91	18	0.014	0.474	0.905
5	S.14	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	1,263	0.0025	66.85	8.10	8.084.02	6.36	33	0.005	1.080	0.605
6	S.31	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	361	0.0076	42.45	17.83	8.662.93	11.15	9	0.029	0.287	0.958
7	S.33	ลำน้ำมูล	หนองบัวลำภู	สระบุรี	521	0.0039	64.52	27.73	28.684.46	13.97	16	0.027	0.324	1.559

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียด และลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษาในแต่ละสถานีของอุโมงค์น้ำและอุโมงค์น้ำวัง

ที่	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	DA km ²	S	L km	Lc km	LLc/°s	Qp ลบ.ม./วินาที	Tp ชม.	Qp/DA	Ct	Cp
อุโมงค์น้ำและน้ำทิ้ง														
1	Kg.9	คลองพอง	เขากระเจ็ด	สระบุรี	2,264	0.0015	116.82	42.78	127,025.50	9.90	48	0.004	0.552	0.764
2	Kg.10	คลองพอง	เขากระเจ็ด	สระบุรี	2,482	0.0008	158.07	74.57	417,229.87	10.78	54	0.004	0.395	0.853
3	Kg.12	คลองพอง	เขากระเจ็ด	สระบุรี	1,478	0.0008	142.10	58.20	349,967.07	2.48	100	0.002	0.782	0.810
4	Kg.14	คลองพอง	นาคี	ปทุมธานี	354	0.0036	41.02	20.83	14,300.02	4.26	11	0.012	0.290	0.493
5	Kg.15A	วังโสม	นาคี	ปทุมธานี	548	0.0018	58.00	52.56	71,419.17	4.26	21	0.008	0.300	0.593
6	Kg.16	คลองพอง	บ้านเกาะวังไทร	สระบุรี	473	0.0016	39.02	13.33	17,037.61	5.70	21	0.012	0.518	0.921
7	Kg.17	คลองพอง	ป่าหมาก	นครนายก	45	0.0056	13.43	9.40	1,322.19	1.44	5	0.032	0.328	0.582
8	Kg.19	คลองพอง	สนมตา	จันทบุรี	61	0.0217	16.38	9.14	1,015.66	1.23	15	0.020	0.180	0.91
9	Ny.3	คลองบ้านนา	บ้านนา	นครนายก	203	0.0012	41.30	29.30	35,342.09	1.64	18	0.008	0.336	0.527
10	T16	คลองโพธิ์ท่า	โป่งโพธิ์	จันทบุรี	42	0.0256	13.39	6.74	963.27	0.95	9	0.023	0.811	0.747
11	Z10	คลองโพธิ์ท่า	ตาบ	ตราด	779	0.0024	56.40	19.40	22,423.61	5.88	36	0.008	0.800	0.989
12	Z11	คลองโพธิ์ท่า	นาค	ระนอง	1,236	0.0011	97.05	38.70	114,352.69	4.83	56	0.004	0.670	0.795
13	Z15	คลองโพธิ์ท่า	ปากตะกั่ว	ระนอง	242	0.0027	28.19	13.24	7,177.23	5.49	12	0.023	0.411	0.989
14	Z28	คลองโสม	บางนาบว	จันทบุรี	280	0.0023	38.48	23.20	18,512.17	3.79	20	0.014	0.478	0.986



ตารางที่ 13 แสดงกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบมีหน่วยและแบบไม่มีหน่วย ของสถานีต่าง ๆ ในลุ่มน้ำมูล (2/3)

[illegible]

ตารางที่ 14 แสดงกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบมีหน่วยและแบบไม่มีหน่วย ของสถานีต่าง ๆ ในลุ่มน้ำมูล (3/3)

Station M.144				Station M.145				Station M.146				ALL		
15 2.272				10 8.531				9 1.286						
T	Q	Dimensionless		T	Q	Dimensionless		T	Q	Dimensionless		Qpeak		
Hr.	cms/mm	T/Tp	Q/Qp	Hr.	cms/mm	T/Tp	Q/Qp	Hr.	cms/mm	T/Tp	Q/Qp	Q-adj	T/Tp	Q/Qp
0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000
3.0	0.015	0.2	0.007	2.0	0.117	0.2	0.014	3.0	0.595	0.2	0.278	0.051	0.2	0.051
6.0	0.320	0.4	0.141	4.0	1.580	0.4	0.185	6.0	1.134	0.4	0.547	0.220	0.4	0.220
9.0	1.134	0.6	0.499	6.0	4.677	0.6	0.548	9.0	1.286	0.6	0.798	0.538	0.6	0.538
12.0	1.944	0.8	0.856	8.0	7.432	0.8	0.871	12.0	1.190	0.8	0.929	0.846	0.8	0.846
15.0	2.272	1.0	1.000	10.0	8.531	1.0	1.000	15.0	0.976	1.0	1.000	1.000	1.0	1.000
18.0	2.010	1.2	0.885	12.0	7.649	1.2	0.897	18.0	0.745	1.2	0.955	0.881	1.2	0.881
21.0	1.516	1.4	0.668	14.0	6.004	1.4	0.704	21.0	0.540	1.4	0.892	0.689	1.4	0.689
24.0	1.008	1.6	0.444	16.0	4.227	1.6	0.495	24.0	0.378	1.6	0.792	0.489	1.6	0.489
27.0	0.608	1.8	0.267	18.0	2.738	1.8	0.321	27.00	0.257	1.8	0.687	0.333	1.8	0.333
30.0	0.340	2.0	0.149	20.0	1.661	2.0	0.195	30.0	0.171	2.0	0.579	0.219	2.0	0.219
33.0	0.178	2.2	0.078	22.0	0.956	2.2	0.112	33.0	0.111	2.2	0.484	0.147	2.2	0.147
36.0	0.089	2.4	0.039	24.0	0.526	2.4	0.062	36.0	0.072	2.4	0.395	0.099	2.4	0.099
39.0	0.043	2.6	0.019	26.0	0.279	2.6	0.033	39.0	0.045	2.6	0.319	0.067	2.6	0.067
42.0	0.020	2.8	0.009	28.0	0.144	2.8	0.017	42.0	0.029	2.8	0.256	0.051	2.8	0.051
45.0	0.009	3.0	0.004	30.0	0.071	3.0	0.008	45.0	0.018	3.0	0.200	0.035	3.0	0.035
48.0	0.004	3.2	0.002	32.0	0.035	3.2	0.004	48.0	0.011	3.2	0.159	0.028	3.2	0.028
51.0	0.002	3.4	0.001	34.0	0.017	3.4	0.002	51.0	0.007	3.4	0.123	0.022	3.4	0.022
54.0	0.001	3.6	0.000	36.0	0.008	3.6	0.001	54.0	0.004	3.6	0.096	0.016	3.6	0.016
57.0	0.000			38.0	0.004	3.8	0.000	57.0	0.002	3.8	0.074	0.011	3.8	0.016
				40.0	0.002			60.0	0.001	4.0	0.056	0.008	4.0	0.017
				42.0	0.001			63.0		4.2	0.043	0.006	4.2	0.017
				44.0	0.000					4.4	0.033	0.004	4.4	0.012
										4.6	0.025	0.002	4.6	0.013
										4.8	0.019	0.001	4.8	0.010
										5.0	0.014	0.000	5.0	0.007
										5.2	0.011		5.2	0.011
										5.4	0.008		5.4	0.008
										5.6	0.006		5.6	0.006
										5.8	0.004		5.8	0.004
										6.0	0.002		6.0	0.002
										6.2	0.001		6.2	0.001
										6.4	0.000		6.4	0.000

โยธิน พงษ์ศิริ วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ ส่วนสำรวจและออกแบบที่ 1 นครราชสีมา
สำนักงานทรัพยากรน้ำที่ 5 กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม