ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

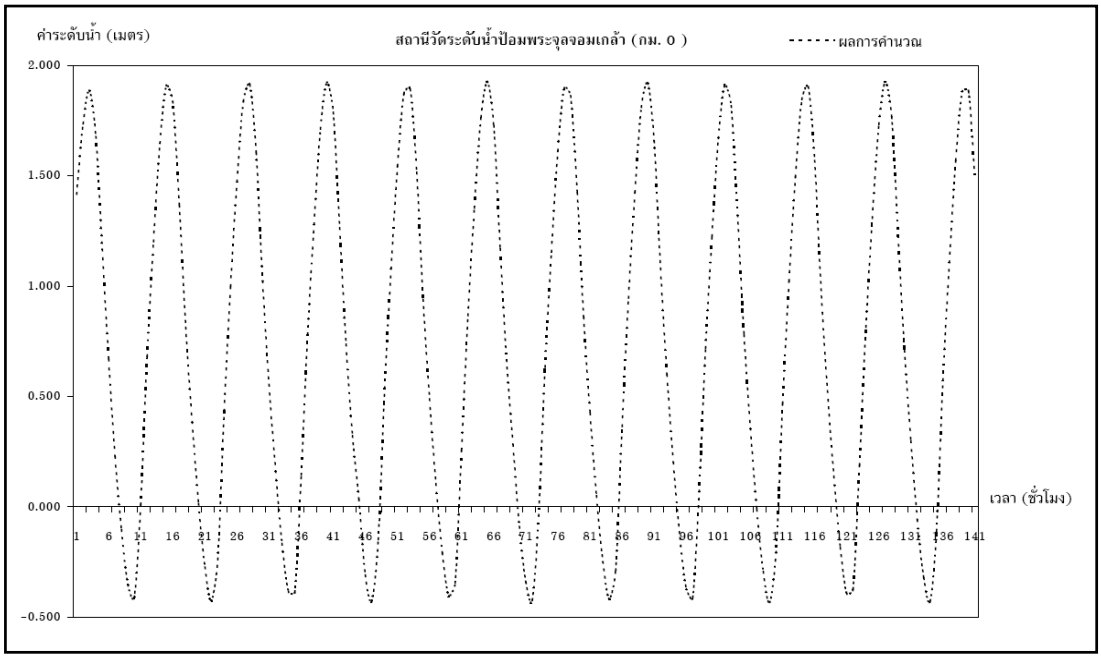
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการแพร่กระจายของความเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลอง Aquasea ประกอบด้วย ผลจากคำนวณที่ได้จากการจำลองแบบการไหลของกระแสน้ำที่ค่าระดับน้ำพร้อมกับค่าความเร็วของกระแสน้ำที่สถานีต่าง ๆ ซึ่งในการศึกษาได้เปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำที่วัดจริงในภาคสนามรวม 3 สถานี คือ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0) ของกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี (กรมเจ้าท่าเดิม) สถานีสะพานพุทธ (กม.49) และสถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.58) ของกรมชลประทาน ส่วนค่าความเร็วของกระแสน้ำได้เปรียบเทียบผลที่สถานีพระประแดง ของกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี (กรมเจ้าท่าเดิม) เมื่อผลการจำลองการไหลของกระแสน้ำมีค่าใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงแล้ว จึงทำการจำลองการเคลื่อนที่ เพื่อหาค่าการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลความเค็มกับข้อมูลที่ทำการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ทั้งหมด 8 สถานีด้วยกัน คือ สถานีสมุทรปราการ (กม.8) สถานีปากคลองสำโรง (กม.12) สถานีท่าน้ำบางนา (กม.18) สถานีปากคลองพระโขนง (กม.30) สถานีสะพานกรุงเทพ (กม.42) สถานีสะพานพุทธ (กม.49) สถานีกรมชลประทาน (กม.58) สถานีนนทบุรี (กม.65) ผลการศึกษาได้ผลดังนี

1. ผลการศึกษาแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำ

1.1 สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0)

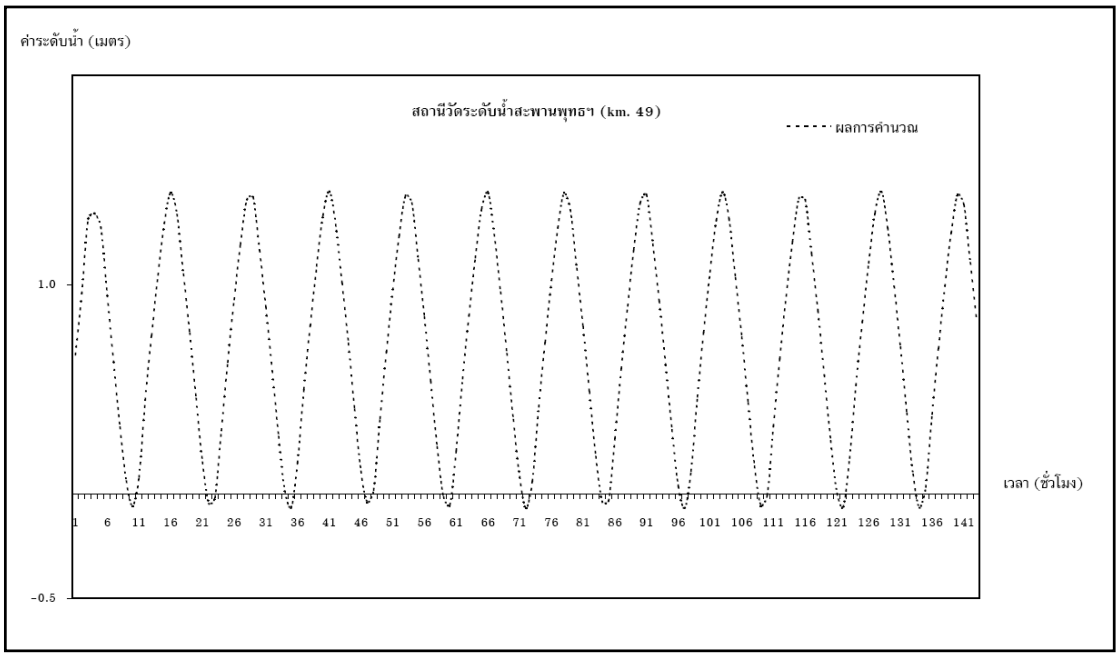
ผลการศึกษาระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลฯ ในช่วงน้ำขึ้นเต็ม(น้ำเกิด (spring)) พบว่ามีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 1.926 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุด -0.434 เมตร คาบเวลาของการขึ้นลงของกระแสน้ำเท่ากับ 6 ชั่วโมง มีค่าระดับน้ำเฉลี่ย 0.745 เมตร ดังในภาพที่ 37 และในตารางที่ 9 นอกนี้แล้วแบบจำลองยังสามารถเรียกดูผลการขึ้นลงของกระแสน้ำที่ชั่วโมงต่าง ๆ ดังในภาพที่ 37



ภาพที่ 37 กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0)

1.2 สถานีสะพานพุทธ (กม.49)

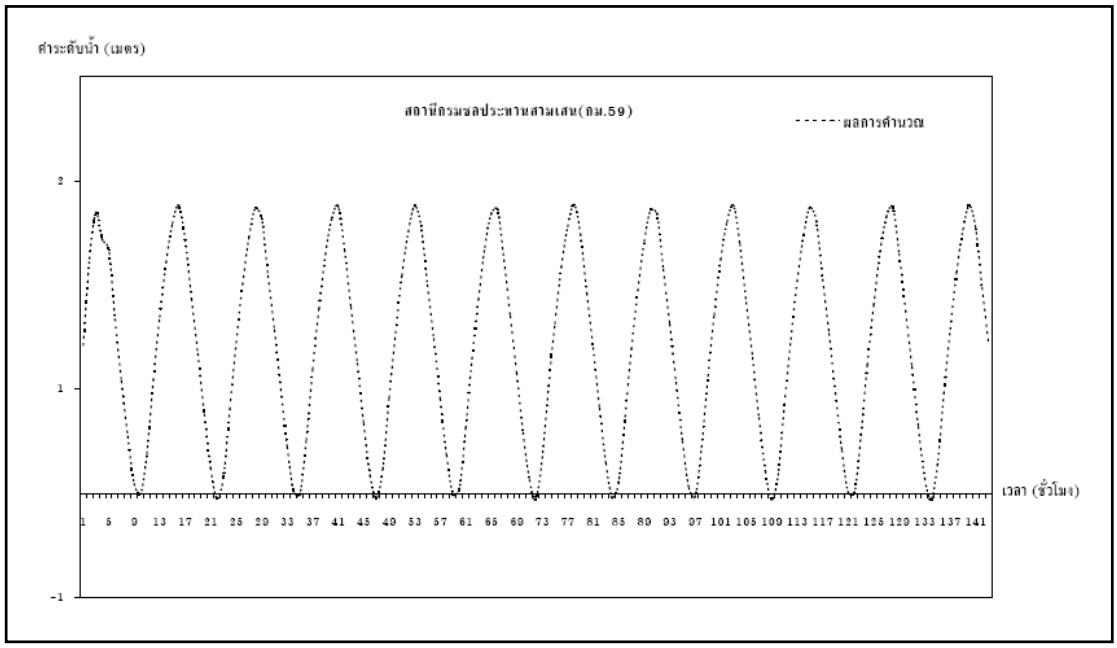
ผลการศึกษาระดับน้ำที่สถานีสะพานพุทธ ในช่วงน้ำขึ้นเต็มที่หน้าน้ำเกิด (spring) พบว่า มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 1.443 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุด -0.070 เมตร คาบเวลาของการขึ้นลงของกระแสน้ำเท่ากับ 6 ชั่วโมง มีค่าระดับน้ำเฉลี่ย 0.720 เมตร ดังในภาพที่ 38 และในตารางที่ 9



<u>ภาพที่ 38</u> กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีสะพานพุทธ (กม.49)

1.3 สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59)

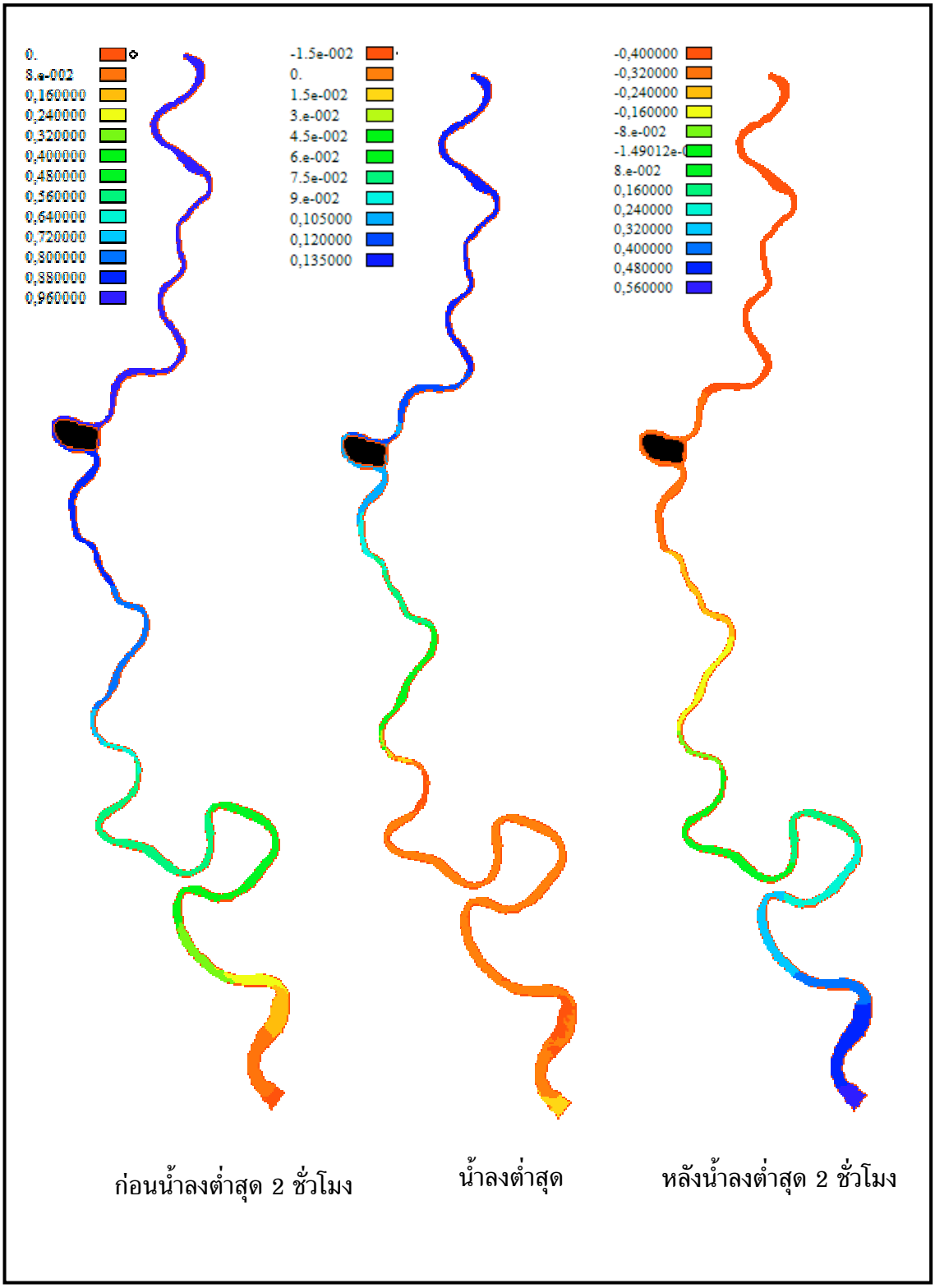
ผลการศึกษาระดับน้ำที่สถานีป้อมสามเสน ในช่วงน้ำขึ้นเต็มที่หน้าน้ำเกิด (Spring) พบว่า มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 1.385 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุด –0.031 เมตร คาบเวลาของการขึ้นลง ของกระแสน้ำเท่ากับ 6 ชั่วโมง มีค่าระดับน้ำเฉลี่ย 0.713 เมตร ดังในภาพที่ 39 และในตารางที่ 9



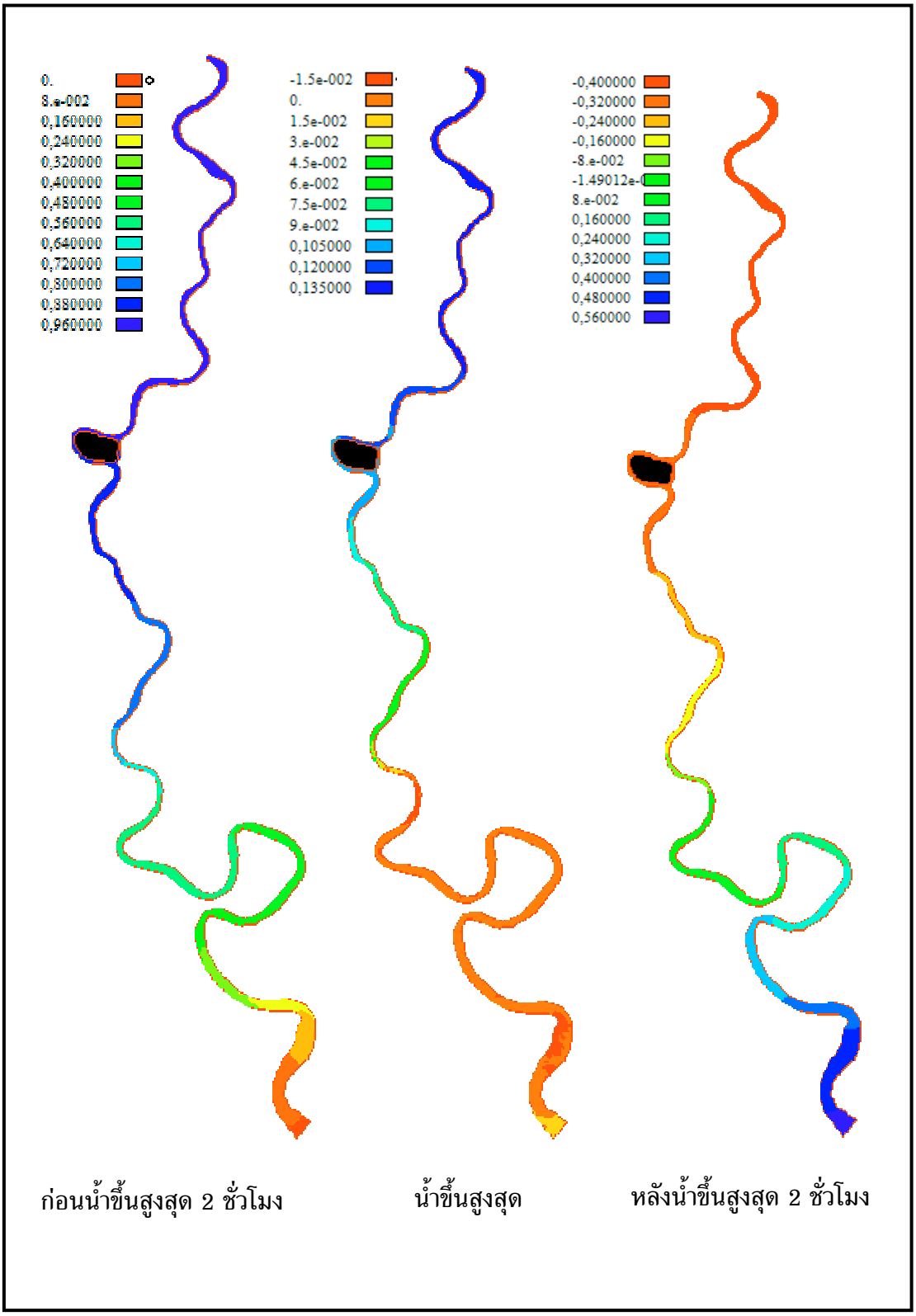
ภาพที่ 39 กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59)

2. ผลการศึกษาค่าความเร็วของกระแสน้ำ

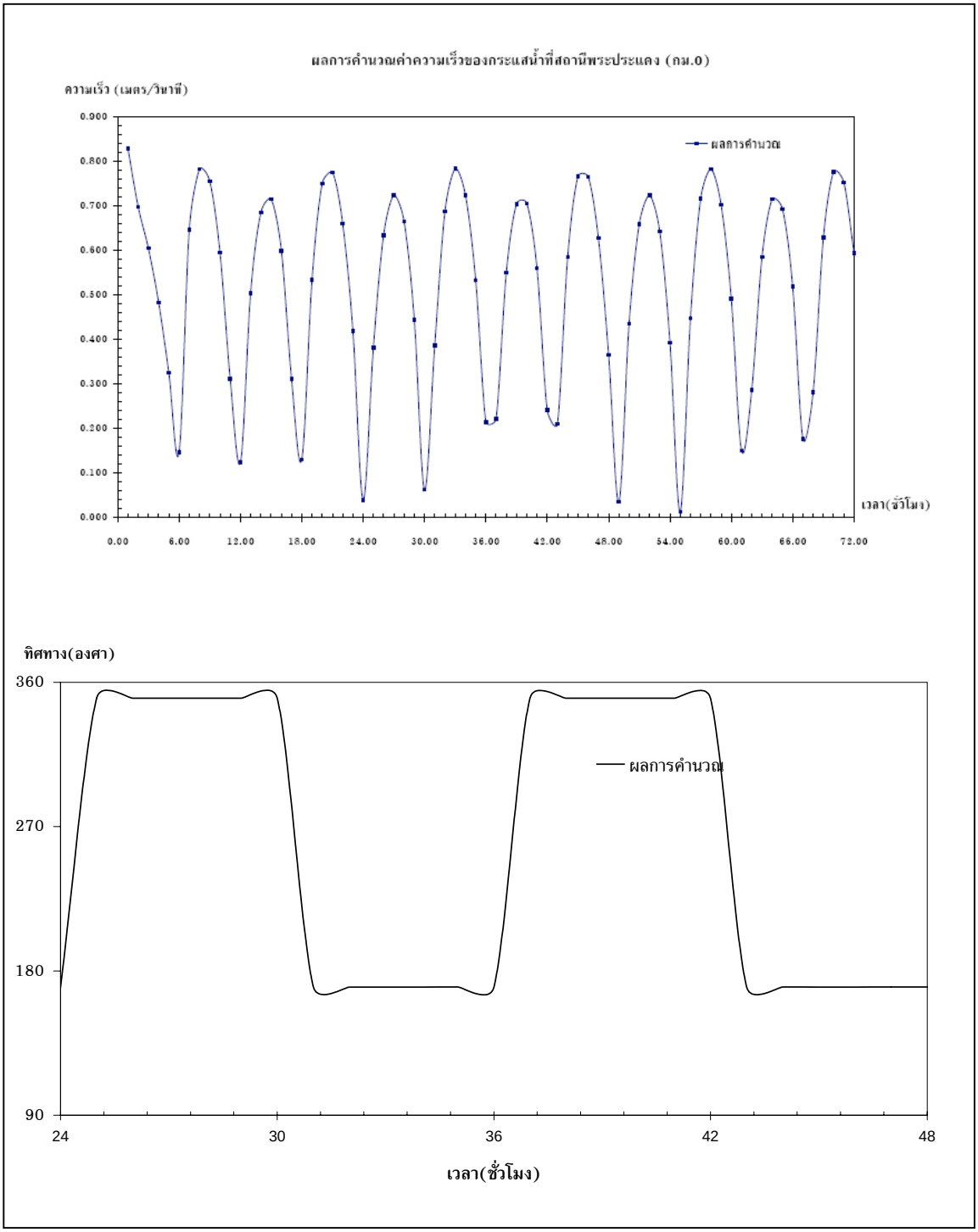
ผลการศึกษาความเร็วของกระแสน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจากแบบจำลอง Aquasea พบว่าความเร็วสูงสุดที่สถานีพระประแดงเท่ากับ 0.830 เมตร/วินาที ความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 0.013 เมตร/วินาที ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.517 เมตร/วินาที ในภาพที่ 40 เป็นส่วนหนึ่งของการแสดงค่าความเร็วของกระแสน้ำที่ชั่วโมงที่ 12 , 18 ที่เรียกดูผลจากแบบจำลอง Aquasea ซึ่งสามารถแสดงในรูปของเส้นชั้นความสูง ผลการศึกษาความเร็วของกระแสน้ำดังในภาพที่ 41 และตารางที่ 10 ในภาพที่ 42 เป็นการแสดงทิศทางการไหลของกระแสน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 40 แสดงระดับการขึ้นลงของกระแสน้ำ


0.
8.e-002
0,160000
0,240000
0,320000
0,400000
0,480000
0,560000
0,640000
0,720000
0,800000
0,880000
0,960000
-1.5e-002
0.
1.5e-002
3.e-002
4.5e-002
6.e-002
7.5e-002
9.e-002
0,105000
0,120000
0,135000
-0,400000
-0,320000
-0,240000
-0,160000
-8.e-002
8.e-002
0,160000
0,240000
0,320000
0,400000
0,480000
0,560000
ก่อนน้ำขึ้นสูงสุด 2 ชั่วโมง
น้ำขึ้นสูงสุด
หลังน้ำขึ้นสูงสุด 2 ชั่วโมง

ภาพที่ 40 (ต่อ)



<u>ภาพที่ 41</u> กราฟแสดงค่าความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18)

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณค่าระดับน้ำจากแบบจำลอง Aquasea

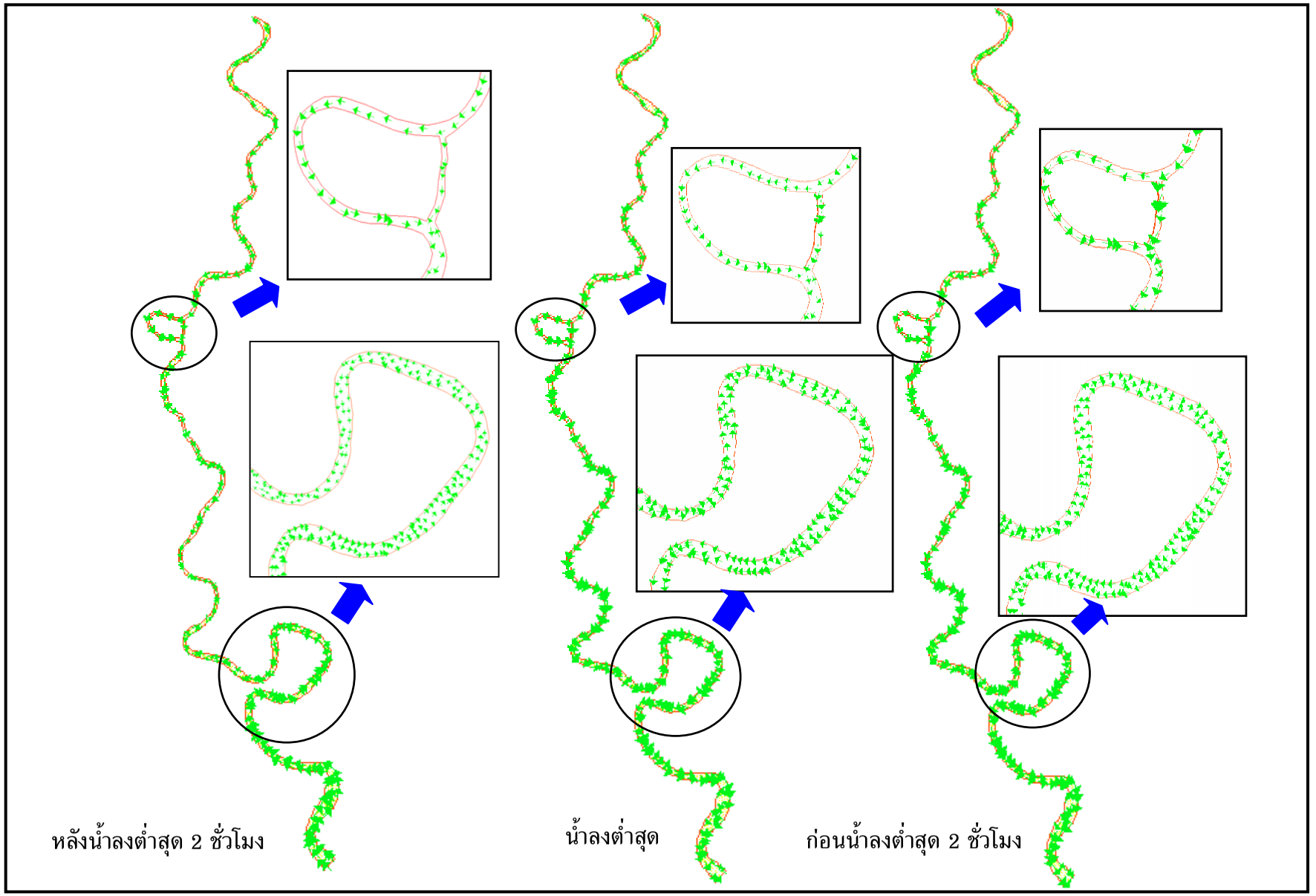
เวลา(ชั่วโมง)	ป้อมพระจุลจอมเกล้า(กม.0) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	สะพานพุทธ(กม.49) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	กรมชลประทานสามเสน(กม.59) ค่าระดับน้ำ(เมตร)
1	0.024	0.664	0.711
2	0.020	0.955	1.127
3	1.416	1.311	1.347
4	1.735	1.340	1.216
5	1.885	1.273	1.174
6	1.676	0.948	0.835
7	1.167	0.632	0.538
8	0.668	0.317	0.272
9	0.227	0.061	0.044
10	-0.104	-0.060	-0.004
11	-0.354	0.079	0.191
12	-0.411	0.448	0.543
13	0.009	0.757	0.847
14	0.681	1.045	1.108
15	1.201	1.291	1.295
16	1.646	1.438	1.381
17	1.908	1.333	1.217
18	1.836	1.048	0.932
19	1.365	0.767	0.669
20	0.813	0.455	0.379
21	0.385	0.150	0.120
22	0.014	-0.048	-0.027
23	-0.274	-0.018	0.073
24	-0.426	0.302	0.403
25	-0.240	0.629	0.723
26	0.433	0.928	1.002
27	0.998	1.192	1.228
28	1.472	1.404	1.369
29	1.836	1.415	1.322
30	1.913	1.162	1.044
31	1.603	0.890	0.783
32	1.023	0.587	0.500
33	0.554	0.272	0.222
34	0.162	0.013	0.011
35	-0.167	-0.067	-0.005
36	-0.385	0.147	0.256
37	-0.389	0.499	0.597
38	0.143	0.802	0.887
39	0.780	1.087	1.147
40	1.278	1.330	1.320
41	1.711	1.443	1.378
42	1.922	1.286	1.167
43	1.788	1.006	0.891
44	1.264	0.718	0.623
45	0.736	0.404	0.334
46	0.322	0.106	0.084
47	0.034	-0.042	-0.024

ตารางที่ 9 (ต่อ)

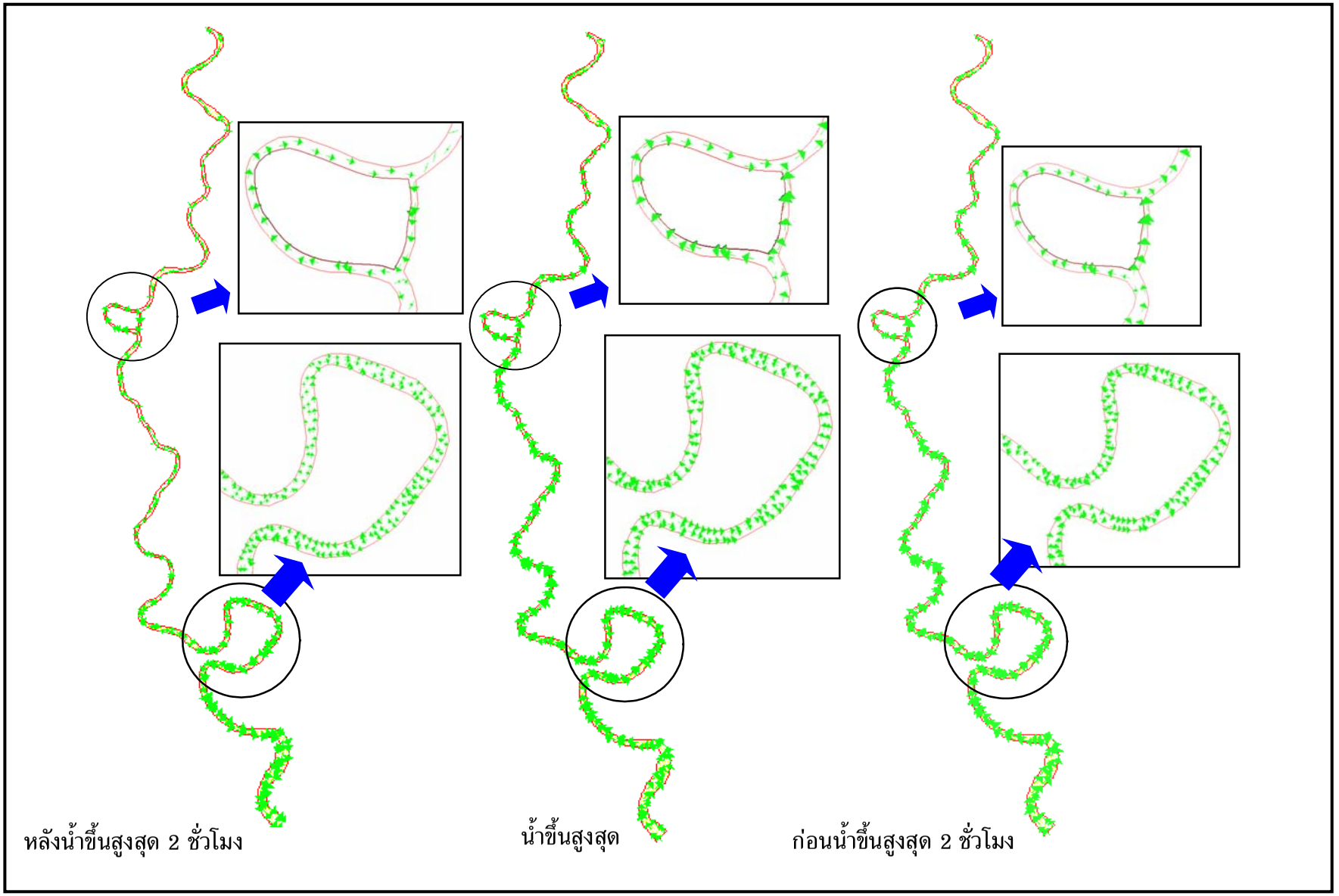
เวลา(ชั่วโมง)	ป้อมพระจุลจอมเกล้า(กม.0) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	สะพานพุทธ(กม.49) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	กรมชลประทานสามเสน(กม.59) ค่าระดับน้ำ(เมตร)
48	-0.310	0.017	0.117
49	-0.430	0.360	0.458
50	-0.149	0.677	0.769
51	0.535	0.974	1.045
52	1.077	1.231	1.255
53	1.544	1.423	1.380
54	1.871	1.389	1.286
55	1.892	1.118	1.000
56	1.515	0.844	0.741
57	0.938	0.536	0.453
58	0.489	0.224	0.182
59	0.104	-0.015	-0.008
60	-0.210	-0.055	0.018
61	-0.405	0.206	0.312
62	-0.347	0.549	0.646
63	0.256	0.851	0.931
64	0.866	1.128	1.180
65	1.353	1.362	1.342
66	1.765	1.439	1.363
67	1.926	1.238	1.119
68	1.727	0.963	0.851
69	1.169	0.669	0.576
70	0.665	0.353	0.291
71	0.281	0.081	0.063
72	-0.090	-0.070	-0.027
73	-0.341	0.060	0.168
74	-0.424	0.415	0.513
75	-0.042	0.725	0.815
76	0.632	1.019	1.086
77	1.154	1.271	1.281
78	1.612	1.436	1.385
79	1.897	1.355	1.244
80	1.861	1.075	0.958
81	1.421	0.798	0.697
82	0.859	0.486	0.407
83	0.424	0.177	0.142
84	0.049	-0.037	-0.022
85	-0.249	-0.035	0.048
86	-0.420	0.264	0.367
87	-0.289	0.597	0.692
88	0.364	0.897	0.974
89	0.946	1.166	1.210
90	1.425	1.389	1.360
91	1.810	1.427	1.341
92	1.921	1.192	1.074
93	1.656	0.920	0.811
94	1.080	0.620	0.530

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เวลา(ชั่วโมง)	สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า(กม.0) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	สถานีสะพานพุทธ(กม.49) ค่าระดับน้ำ(เมตร)	สถานีกรมชลประทานสามเสน(กม.59) ค่าระดับน้ำ(เมตร)
98	-0.373	0.109	0.220
99	-0.412	0.463	0.561
100	0.067	0.771	0.858
101	0.718	1.060	1.123
102	1.224	1.307	1.304
103	1.668	1.440	1.381
104	1.910	1.313	1.196
105	1.817	1.031	0.915
106	1.322	0.748	0.651
107	0.778	0.434	0.361
108	0.355	0.131	0.105
109	-0.013	-0.057	-0.031
110	-0.294	-0.007	0.087
111	-0.434	0.323	0.422
112	-0.210	0.645	0.739
113	0.468	0.944	1.017
114	1.022	1.206	1.238
115	1.494	1.410	1.373
116	1.845	1.404	1.308
117	1.902	1.144	1.026
118	1.568	0.872	0.766
119	0.987	0.566	0.481
120	0.525	0.252	0.206
121	0.138	0.000	0.002
122	-0.185	-0.064	0.001
123	-0.394	0.170	0.278
124	-0.375	0.518	0.615
125	0.188	0.820	0.903
126	0.813	1.103	1.160
127	1.307	1.343	1.329
128	1.732	1.443	1.373
129	1.924	1.268	1.149
130	1.766	0.990	0.876
131	1.227	0.700	0.606
132	0.709	0.385	0.318
133	0.298	0.091	0.072
134	-0.059	-0.066	-0.030
135	-0.322	0.032	0.135
136	-0.429	0.381	0.479
137	-0.110	0.695	0.786
138	0.572	0.991	1.061
139	1.106	1.246	1.265
140	1.570	1.428	1.383
141	1.880	1.379	1.272
142	1.883	1.103	0.986
143	1.481	0.827	0.725



<u>ภาพที่ 42</u> แสดงทิศทางของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้น-ลง



ภาพที่ 42 (ต่อ)

ตารางที่ 10 ผลการคำนวณค่าความเร็วที่สถานีพระประแดง (กม.18)

เวลา (ชั่วโมง)	ความเร็ว(เมตร/วินาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ความเร็ว(เมตร/วินาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ความเร็ว(เมตร/วินาที)
1.00	0.830	25.00	0.382	49.00	0.035
2.00	0.699	26.00	0.635	50.00	0.436
3.00	0.606	27.00	0.724	51.00	0.660
4.00	0.483	28.00	0.666	52.00	0.724
5.00	0.325	29.00	0.445	53.00	0.643
6.00	0.146	30.00	0.063	54.00	0.393
7.00	0.648	31.00	0.387	55.00	0.013
8.00	0.783	32.00	0.688	56.00	0.448
9.00	0.756	33.00	0.784	57.00	0.717
10.00	0.595	34.00	0.725	58.00	0.784
11.00	0.312	35.00	0.534	59.00	0.703
12.00	0.124	36.00	0.215	60.00	0.492
13.00	0.505	37.00	0.221	61.00	0.151
14.00	0.686	38.00	0.550	62.00	0.287
15.00	0.716	39.00	0.705	63.00	0.586
16.00	0.600	40.00	0.706	64.00	0.716
17.00	0.311	41.00	0.560	65.00	0.694
18.00	0.130	42.00	0.242	66.00	0.520
19.00	0.534	43.00	0.210	67.00	0.177
20.00	0.751	44.00	0.586	68.00	0.281
21.00	0.776	45.00	0.767	69.00	0.630
22.00	0.661	46.00	0.766	70.00	0.777
23.00	0.419	47.00	0.629	71.00	0.753
24.00	0.040	48.00	0.366	72.00	0.595

3. ผลการศึกษาแบบจำลองการเคลื่อนที่

ผลการศึกษาการจำลองการแพร่กระจายของความเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลองAquasea มีดังนี้

1. จากผลการศึกษาแบบจำลองการเคลื่อนที่ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอัตราการระบายน้ำ (Q) ตั้งแต่ 0, 60, 200, 400, 400, 600, 800 ลบ.ม/วินาที ดังในภาพที่ 43 พบว่าอัตราการระบายน้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเค็มลดลงและเมื่อพิจารณาค่าความเค็มที่ตรวจวัดในภาคสนามพบว่าอัตราการระบาย (Q) ที่ 60 ลบ.ม./วินาที เป็นค่าที่สอดคล้องกับอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาในเดือนมีนาคม 2542 ส่วนในภาพที่ 44 พบว่าช่วงที่เหมาะสมในการพิจารณาค่าความเค็ม คือ ช่วงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 69 เป็นต้นไปเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงคงที่

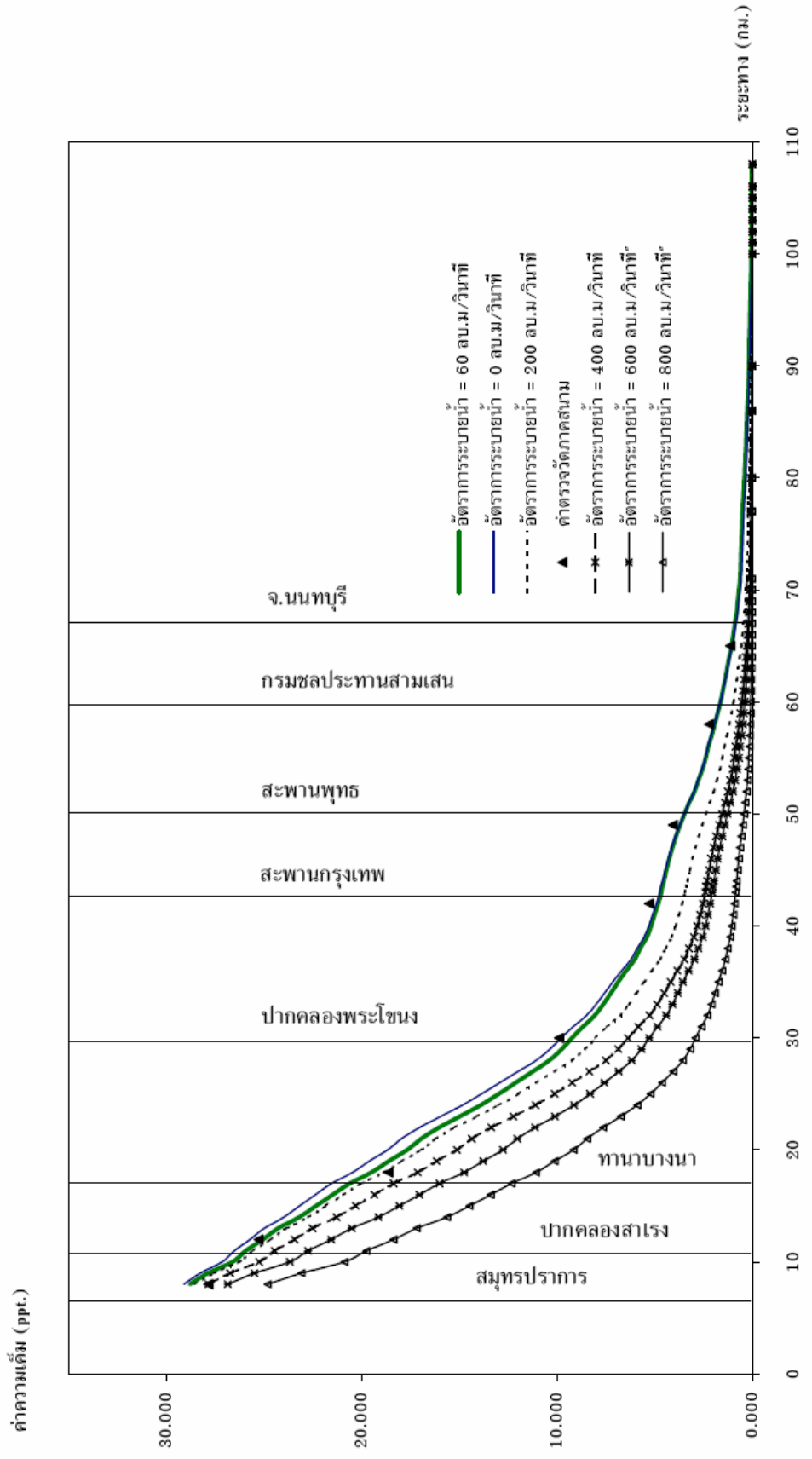
2. ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่เหมาะสมตามแนวยาว (D_L) โดยสมการของ

Fischer (1979)	D_L = 4200 ตร.ม/วินาที
Liu (1977)	D_L = 950 ตร.ม/วินาที
Iwasa and Aya (1991)	D_L = 2500 ตร.ม/วินาที
Seo and Cheong(1998)	D_L = 900 ตร.ม/วินาที

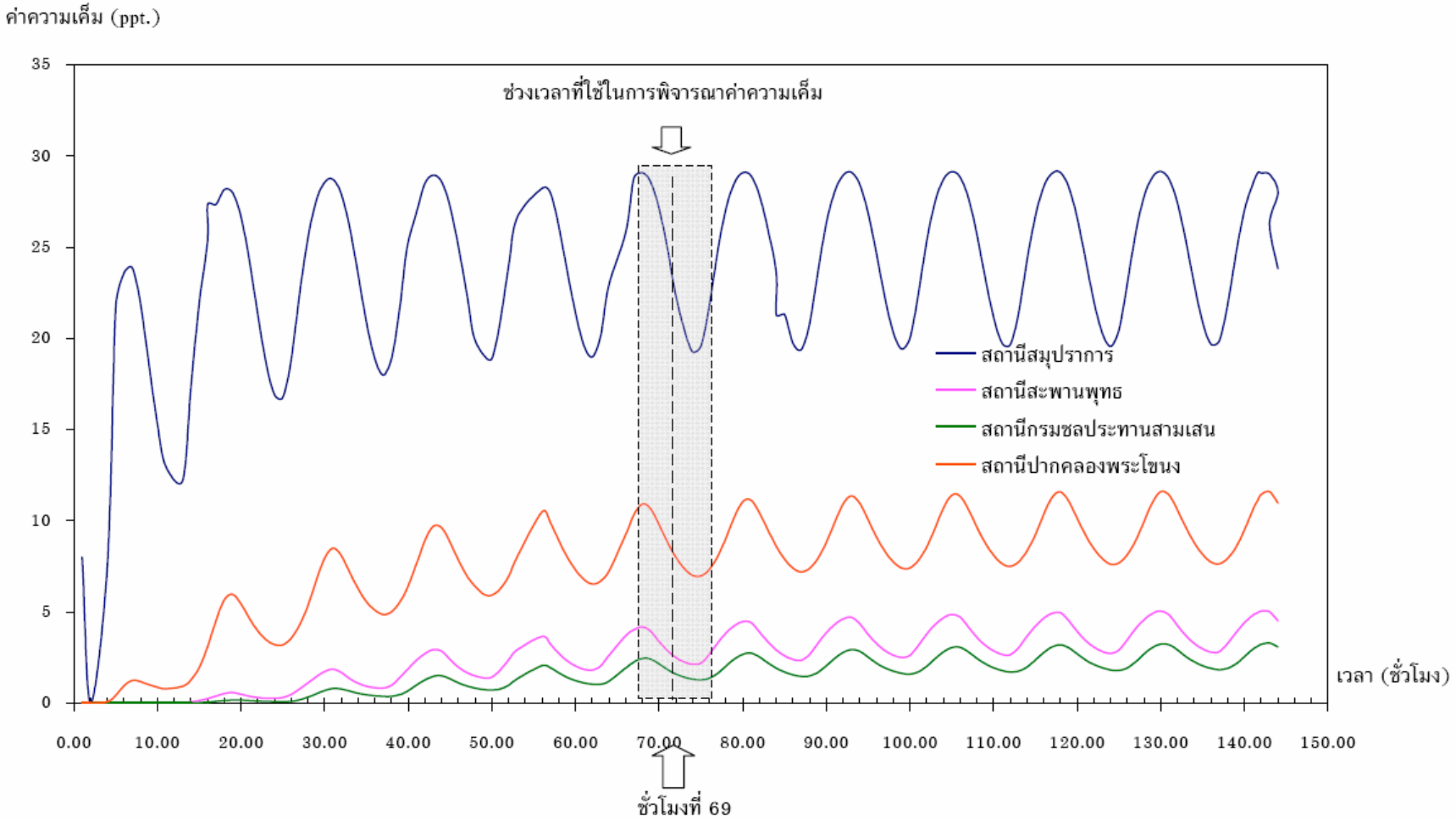
ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มที่ได้จากสมการของ Liu และสมการของ Seo and Cheong มีค่าใกล้เคียงกันมากจึงเลือกใช้สมการของ Liu แทนพร้อมทั้งอัตราการสลายตัวที่อัตราต่างๆ 0, 0.5, 1 ต่อวัน

สมการของ Fischer (1979) D_L = 4200 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0, 0.5, 1 day^{-1} ผลดังในภาพที่ 45 และในตารางที่ 11 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็ม (D_L) เท่ากับ 4200 ตร.ม/วินาที กับอัตราการสลายตัวเท่ากับ 1.0 ต่อวัน ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความเค็มที่ตรวจวัดในภาคสนาม

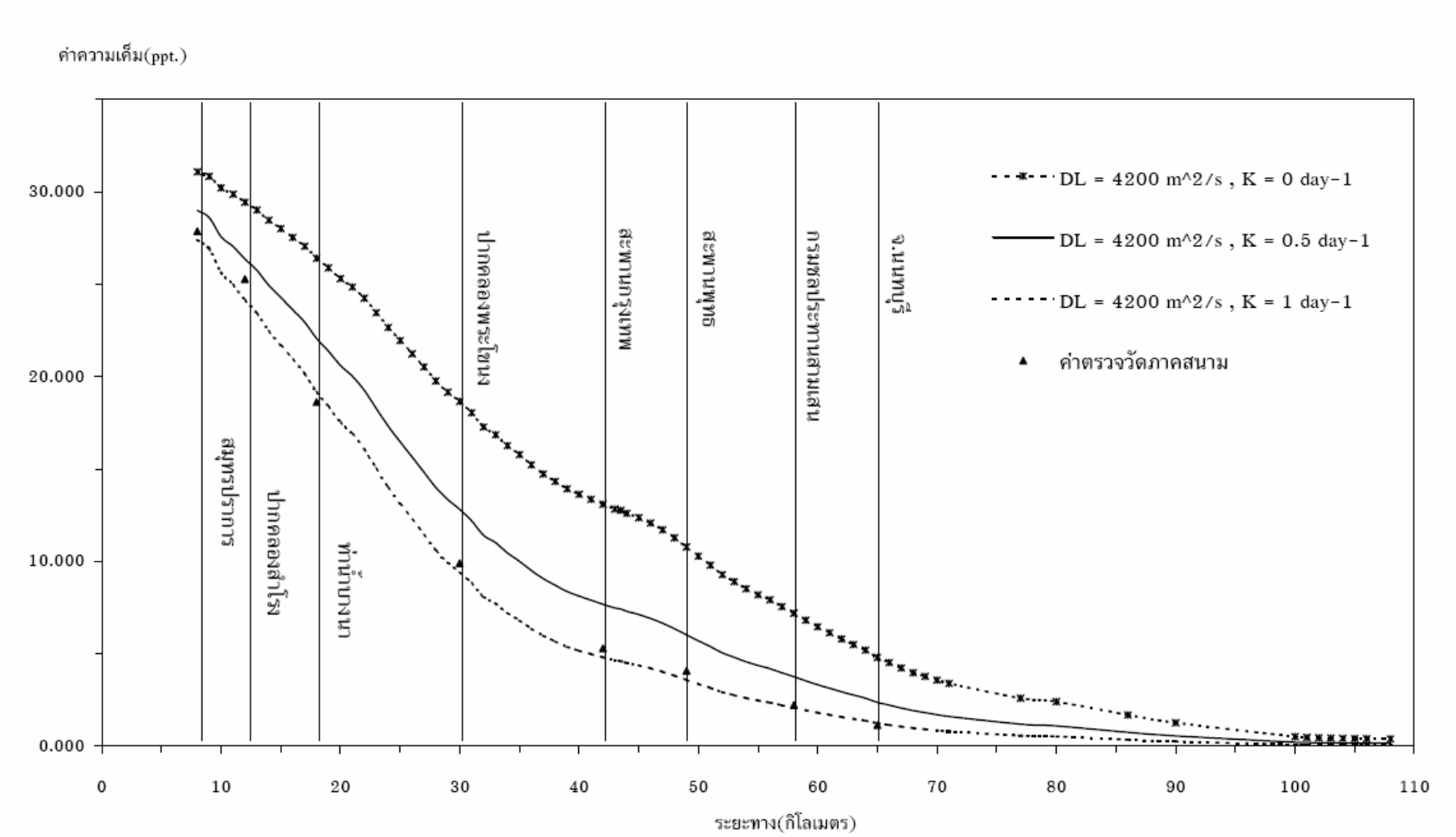
สมการของ Liu (1977) D_L = 950 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0, 0.5 1 day^{-1} ผลดังในภาพที่ 46 และในตารางที่ 11 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็ม (D_L) เท่ากับ 950 ตร.ม/วินาที กับอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0, 0.5, 1.0 ต่อวัน ให้ค่าที่ไม่ใกล้เคียงกับค่าความเค็มที่ตรวจวัดในภาคสนาม



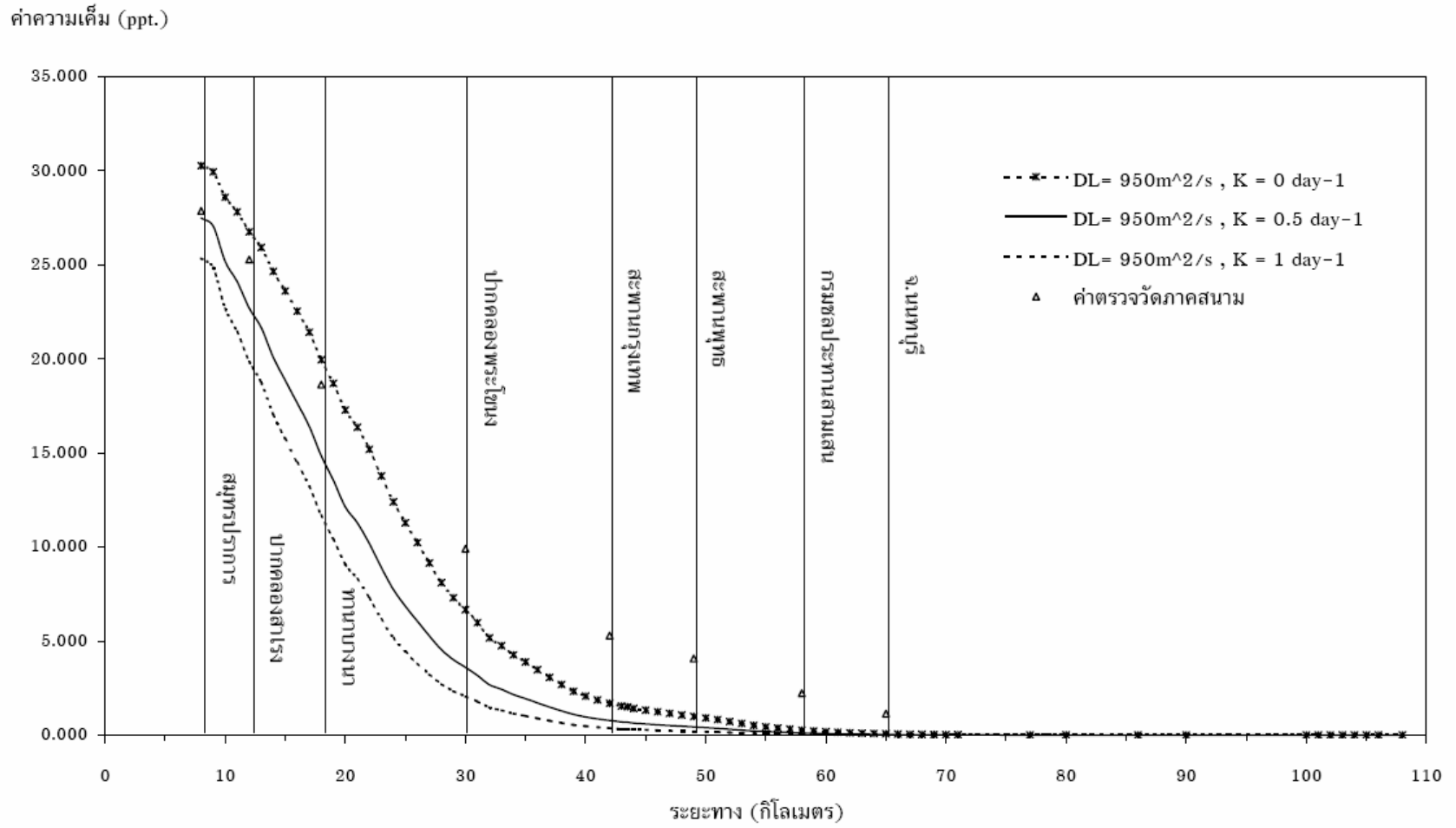
ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงอัตราการระบายน้ำกับค่าความเค็ม เมื่อ $D_L = D_T = 2500$ ตร.ม/วินาที อัตราการย่อยสลาย = 0.5 ต่อวัน



ภาพที่ 44 กราฟแสดงค่าความเค็มกับเวลาของสถานีสอบเทียบ



<u>ภาพที่ 45</u> กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Fischer (1979) D_L เท่ากับ 4200 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0 , 0.5 , 1 ต่อวัน

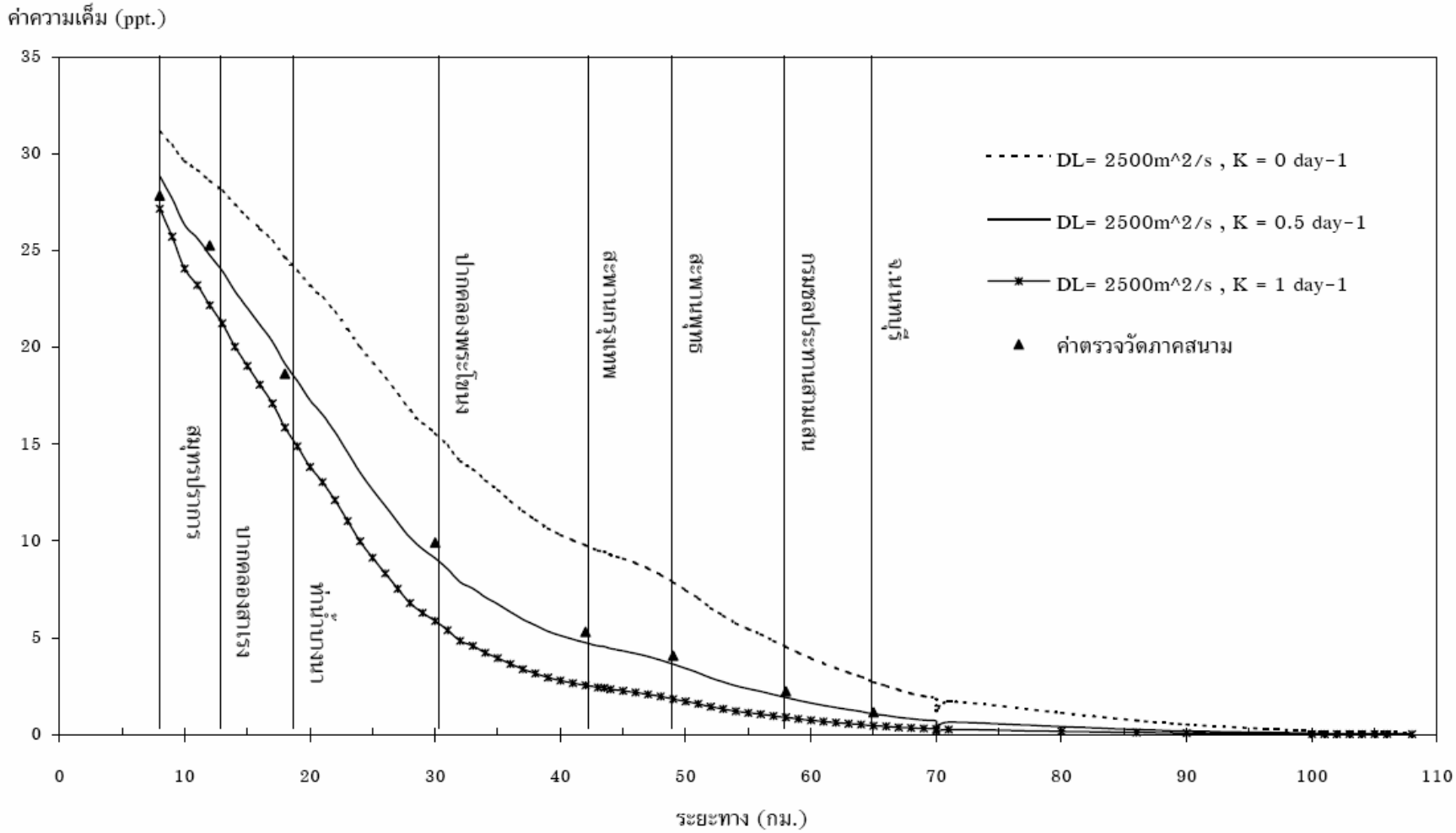


<u>ภาพที่ 46</u> กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Liu (1977) D_L เท่ากับ 950 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0 , 0.5 , 1 ต่อวัน

สมการของ Iwasa and Aya (1991) D_L = 2500 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0, 0.5, 1 ต่อวัน ผลดังในภาพที่ 47 และในตารางที่ 11 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็ม (D_L) เท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที กับอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.5 ต่อวัน มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความเค็มที่ตรวจวัดในภาคสนาม

จากภาพที่ 48 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวยาว (D_L) และค่าอัตราการสลายตัวที่เหมาะสมในการศึกษา คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวยาว (D_L) ของสมการ Iwasa and Aya (1991) D_L = 2500 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัวที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 ต่อวัน ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวจะได้นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวขวาง (D_T) ที่เหมาะสมต่อไป

3. ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวขวาง (D_T) ที่เหมาะสม โดยนำผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวยาว (D_L) มาพิจารณาร่วมด้วย จากภาพที่ 49 ถึงภาพที่ 50 และตารางที่ 12 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวขวาง (D_T) ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวัดจริงภาคสนาม จากผลการศึกษาดังกล่าวจะได้นำไปศึกษาด้านความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยากับค่าความเค็มที่สถานีตรวจวัดของกรมชลประทานต่อไป



<u>ภาพที่ 47</u> กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Iwasa And Aya (1991) D_L เท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0, 0.5, 1 ต่อวัน

ตารางที่ 11 ผลการคำนวณค่าความเค็มแปรผันตามระยะทางเมื่อพิจารณาอัตราการย่อยสลายตัว และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวขวาง

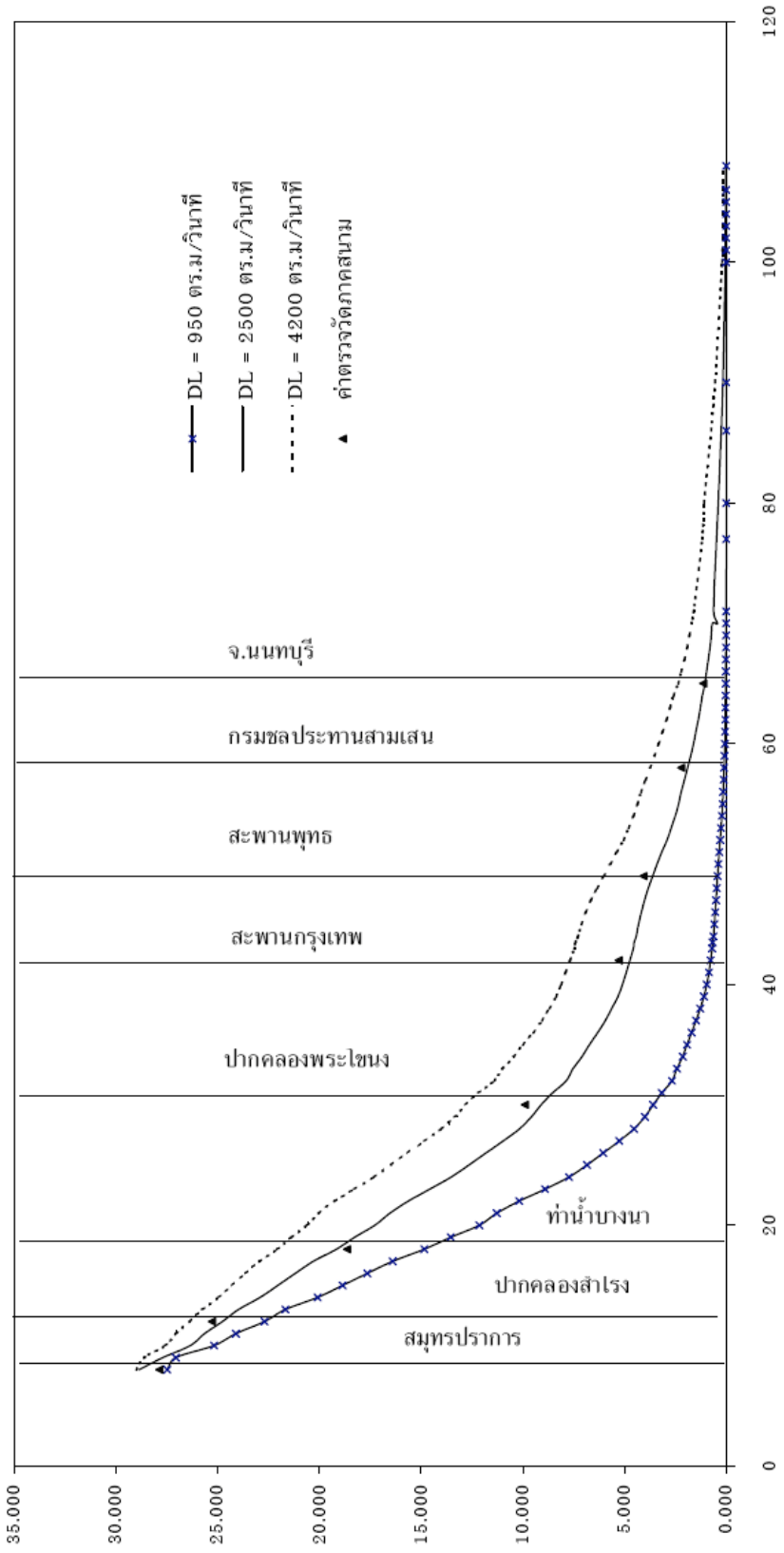
หน่วยความเค็ม : ppt.

ระยะทาง	อัตราการสลายตัว = 0 ต่อวัน			อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน			อัตราการสลายตัว = 0 ต่อวัน		
(กม.)	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200
8	30.799	31.131	31.431	28.131	28.857	29.377	26.153	27.179	27.881
9	29.649	30.452	30.913	26.354	27.691	28.417	24.037	25.720	26.648
10	28.211	29.630	30.305	24.207	26.338	27.329	21.537	24.063	25.275
11	27.415	29.191	29.984	23.056	25.636	26.772	20.222	23.217	24.581
12	26.421	28.635	29.581	21.643	24.763	26.080	18.621	22.173	23.726
13	25.559	28.096	29.181	20.513	23.965	25.429	17.390	21.248	22.943
14	24.337	27.378	28.662	18.928	22.909	24.590	15.673	20.029	21.938
15	23.323	26.770	28.227	17.679	22.045	23.905	14.356	19.048	21.128
16	22.299	26.148	27.783	16.465	21.178	23.219	13.099	18.077	20.325
17	21.240	25.504	27.326	15.250	20.298	22.525	11.865	17.100	19.518
18	19.856	24.648	26.722	13.747	19.159	21.627	10.382	15.854	18.486
19	18.717	23.965	26.245	12.557	18.267	20.927	9.233	14.887	17.688
20	17.394	23.186	25.699	11.235	17.273	20.144	7.991	13.823	16.804
21	16.474	22.579	25.267	10.366	16.526	19.540	7.205	13.042	16.134
22	15.423	21.838	24.716	9.404	15.628	18.781	6.347	12.107	15.295
23	14.207	20.935	24.022	8.348	14.571	17.852	5.439	11.026	14.281
24	12.978	20.008	23.310	7.348	13.525	16.924	4.618	9.979	13.284
25	11.981	19.200	22.679	6.585	12.649	16.125	4.019	9.121	12.437
26	11.027	18.399	22.047	5.893	11.811	15.344	3.500	8.319	11.622
27	10.008	17.570	21.403	5.190	10.966	14.562	2.993	7.524	10.812
28	9.026	16.742	20.738	4.547	10.164	13.786	2.549	6.792	10.025
29	8.296	16.107	20.210	4.086	9.580	13.199	2.241	6.275	9.445
30	7.682	15.572	19.766	3.710	9.097	12.712	1.996	5.855	8.967
31	6.990	14.932	19.224	3.300	8.536	12.128	1.737	5.377	8.402
32	6.157	14.133	18.535	2.823	7.869	11.418	1.444	4.827	7.730
33	5.766	13.712	18.165	2.609	7.540	11.059	1.316	4.568	7.403
34	5.258	13.136	17.648	2.332	7.092	10.557	1.153	4.218	6.947
35	4.869	12.647	17.209	2.128	6.728	10.149	1.036	3.943	6.586
36	4.437	12.083	16.712	1.907	6.321	9.698	0.913	3.642	6.192
37	3.997	11.543	16.254	1.691	5.943	9.295	0.796	3.370	5.848
38	3.586	11.107	15.895	1.488	5.634	8.975	0.686	3.146	5.573
39	3.172	10.649	15.518	1.292	5.323	8.655	0.584	2.928	5.306
40	2.872	10.321	15.244	1.151	5.103	8.426	0.512	2.775	5.118
41	2.634	10.031	14.992	1.042	4.913	8.220	0.457	2.644	4.951
42	2.445	9.765	14.740	0.955	4.739	8.018	0.413	2.526	4.789
43	2.256	9.500	14.494	0.871	4.571	7.828	0.372	2.415	4.640
43.5	2.215	9.439	14.431	0.853	4.532	7.778	0.363	2.389	4.602

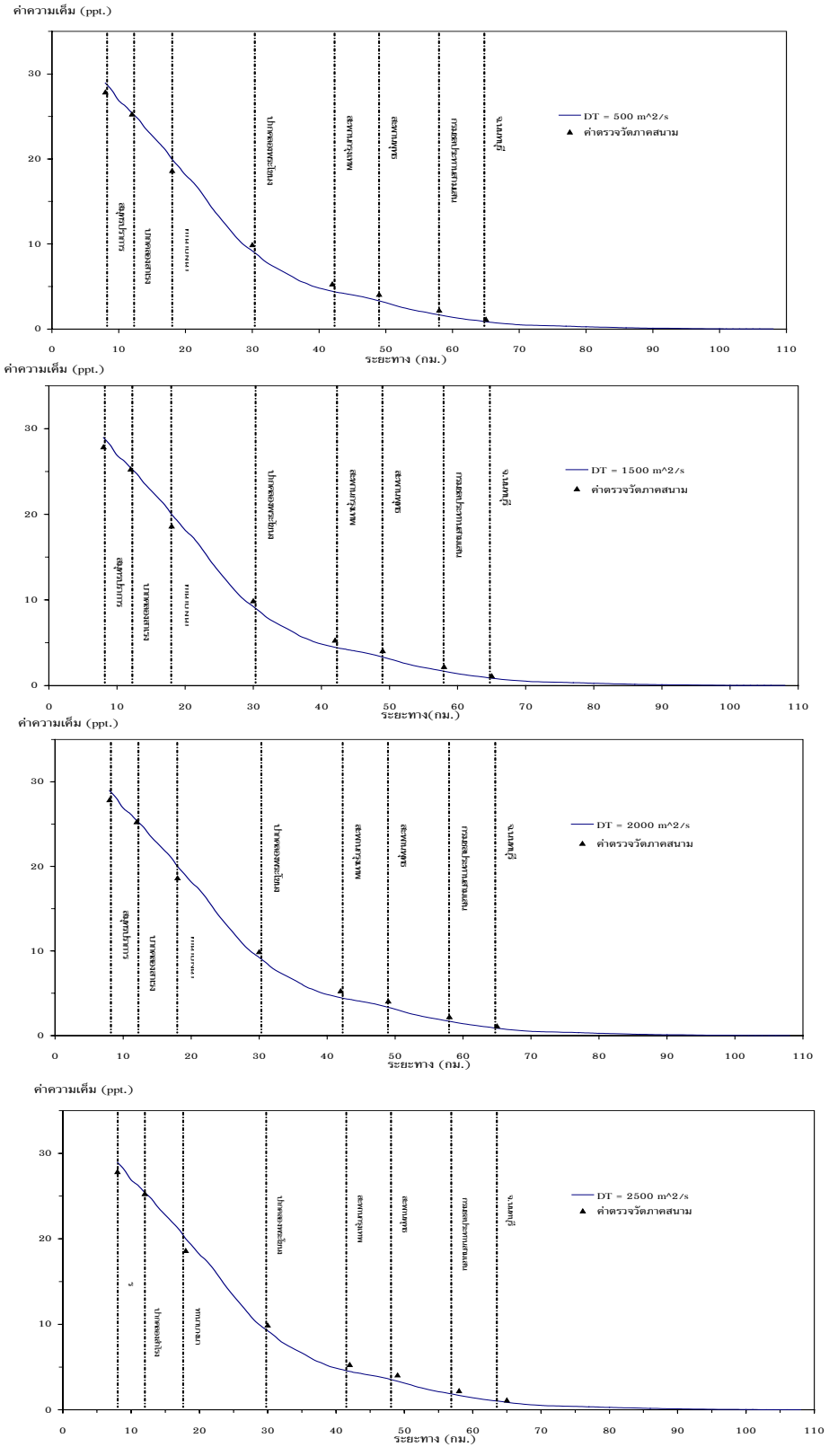
ตารางที่ 11 (ต่อ)

หน่วยความเค็ม : ppt.

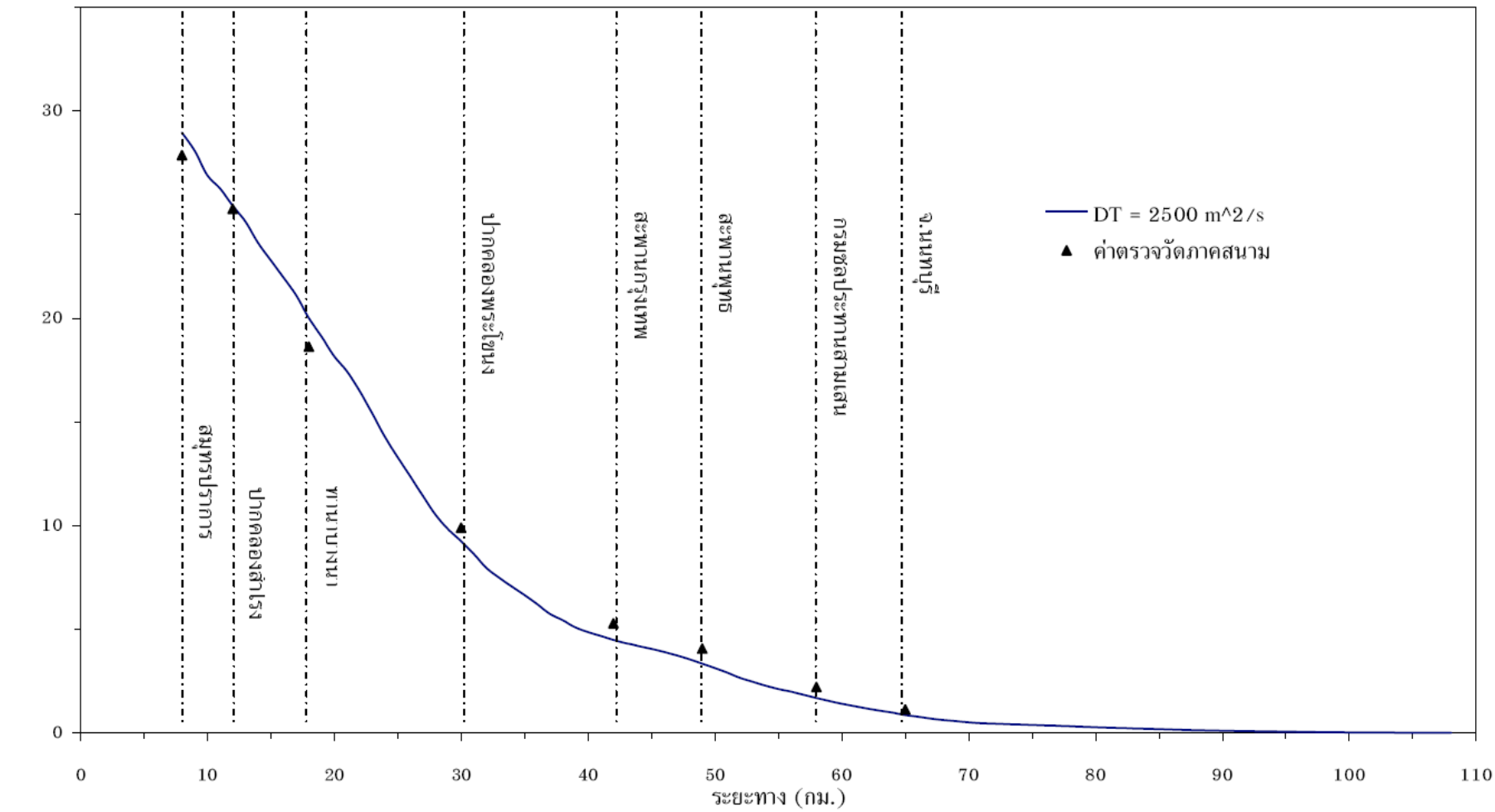
ระยะทาง	อัตราการสลายตัว = 0 ต่อวัน			อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน			อัตราการสลายตัว = 0 ต่อวัน		
(กม.)	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200	D_L=950	D_L=2500	D_L=4200
44	2.103	9.276	14.271	0.804	4.431	7.659	0.340	2.323	4.511
45	1.997	9.083	14.052	0.758	4.313	7.499	0.317	2.246	4.391
46	1.892	8.853	13.770	0.713	4.175	7.298	0.296	2.159	4.244
47	1.786	8.579	13.415	0.668	4.016	7.055	0.275	2.061	4.071
48	1.683	8.253	12.982	0.625	3.833	6.765	0.255	1.950	3.869
49	1.570	7.867	12.485	0.579	3.620	6.440	0.235	1.825	3.646
50	1.459	7.461	11.983	0.535	3.402	6.118	0.215	1.699	3.429
51	1.332	7.029	11.482	0.485	3.173	5.800	0.194	1.568	3.217
52	1.166	6.526	10.931	0.421	2.910	5.455	0.166	1.420	2.989
53	1.017	6.144	10.534	0.364	2.713	5.208	0.143	1.309	2.828
54	0.862	5.748	10.121	0.305	2.510	4.955	0.119	1.197	2.664
55	0.737	5.429	9.785	0.259	2.349	4.751	0.100	1.109	2.533
56	0.643	5.166	9.495	0.224	2.217	4.577	0.085	1.037	2.423
57	0.548	4.836	9.107	0.189	2.054	4.349	0.071	0.951	2.280
58	0.464	4.526	8.734	0.158	1.902	4.131	0.059	0.870	2.146
59	0.393	4.217	8.342	0.133	1.754	3.907	0.049	0.793	2.008
60	0.334	3.923	7.957	0.112	1.614	3.689	0.041	0.721	1.877
61	0.291	3.673	7.615	0.096	1.496	3.498	0.035	0.661	1.763
62	0.249	3.415	7.256	0.082	1.377	3.300	0.029	0.601	1.646
63	0.217	3.191	6.933	0.071	1.275	3.124	0.025	0.550	1.543
64	0.191	2.980	6.613	0.062	1.179	2.953	0.022	0.504	1.444
65	0.160	2.696	6.175	0.051	1.054	2.720	0.018	0.444	1.311
66	0.138	2.503	5.880	0.044	0.969	2.566	0.015	0.404	1.224
67	0.115	2.296	5.563	0.037	0.880	2.401	0.013	0.362	1.131
68	0.094	2.112	5.279	0.030	0.801	2.255	0.010	0.326	1.050
69	0.078	1.964	5.049	0.025	0.739	2.138	0.008	0.297	0.986
70	0.064	1.831	4.834	0.020	0.683	2.030	0.007	0.272	0.927
70	0.021	1.201	3.710	0.006	0.429	1.484	0.002	0.162	0.640
71	0.052	1.698	4.617	0.016	0.628	1.922	0.005	0.248	0.869
80	0.020	1.113	3.484	0.006	0.397	1.388	0.002	0.150	0.596
86	0.007	0.715	2.598	0.002	0.248	1.000	0.001	0.091	0.413
90	0.003	0.501	2.061	0.001	0.171	0.775	0.000	0.061	0.311
100	0.000	0.151	1.063	0.000	0.048	0.371	0.000	0.016	0.137
101	0.000	0.135	1.011	0.000	0.043	0.350	0.000	0.014	0.128



ภาพที่ 48 กราฟแสดงค่าความเค็มและระยะทางเทียบกับค่าตรวจวัดภาคสนาม เมื่อ D_L เท่ากับ 950, 2500, 4200 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.5 ต่อวัน



<u>ภาพที่ 49</u> กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที , D_L = 2,500 m^2/s D_T = 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 m^2/s และอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.5 ต่อวัน



<u>ภาพที่ 50</u> กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที , $D_T = D_L$ = 2500 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัว 0.5 ต่อวัน

ตารางที่ 12 ผลการคำนวณค่าความเค็มเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที D_L = 2500 m^2/s

หน่วยความเค็ม : ppt.

ระยะทาง	DL = 2500 ตร.ม/วินาที				
(กม.)	D_T = 500	D_T = 1000	D_T = 1500	D_T = 2000	D_T = 2500
0	32.970	32.971	32.971	32.971	32.971
1	32.432	32.434	32.436	32.437	32.439
2	32.008	32.011	32.012	32.014	32.015
3	31.492	31.494	31.495	31.497	31.499
4	31.089	31.092	31.094	31.096	31.098
5	30.735	30.741	30.744	30.747	30.749
6	30.310	30.317	30.320	30.323	30.326
7	29.427	29.441	29.447	29.452	29.456
8	28.928	28.942	28.948	28.953	28.956
9	28.067	28.074	28.078	28.083	28.087
10	26.864	26.878	26.887	26.894	26.900
11	26.228	26.242	26.251	26.258	26.264
12	25.389	25.404	25.413	25.421	25.428
13	24.626	24.642	24.652	24.660	24.667
14	23.585	23.603	23.615	23.624	23.631
15	22.749	22.768	22.780	22.790	22.798
16	21.915	21.936	21.949	21.959	21.967
17	21.056	21.078	21.091	21.102	21.110
18	19.955	19.977	19.990	20.001	20.010
19	19.075	19.096	19.110	19.120	19.129
20	18.114	18.137	18.151	18.162	18.171
21	17.388	17.414	17.430	17.442	17.452
22	16.446	16.470	16.486	16.498	16.508
23	15.349	15.375	15.392	15.404	15.415
24	14.218	14.244	14.260	14.272	14.283
25	13.242	13.267	13.283	13.295	13.305
26	12.311	12.336	12.352	12.364	12.375
27	11.365	11.390	11.406	11.418	11.428
28	10.453	10.477	10.492	10.503	10.513
29	9.754	9.778	9.792	9.804	9.813
30	9.196	9.219	9.233	9.244	9.253
31	8.583	8.603	8.616	8.626	8.635
32	7.904	7.926	7.940	7.951	7.960
33	7.437	7.458	7.472	7.482	7.491
34	7.011	7.031	7.044	7.054	7.063
35	6.601	6.621	6.634	6.644	6.652
36	6.163	6.182	6.194	6.204	6.212
37	5.701	5.719	5.730	5.739	5.746
38	5.396	5.414	5.426	5.435	5.442
39	5.052	5.070	5.081	5.089	5.097

ตารางที่ 12 (ต่อ)

หน่วยความเค็ม : ppt.

ระยะทาง (กม.)	DL = 2500 ตร.ม/วินาที				
	D_T = 500	D_T = 1000	D_T = 1500	D_T = 2000	D_T = 2500
40	4.827	4.844	4.855	4.863	4.870
41	4.636	4.653	4.663	4.672	4.679
42	4.447	4.463	4.473	4.481	4.488
43	4.284	4.300	4.310	4.318	4.325
43.5	4.230	4.245	4.255	4.263	4.270
44	4.147	4.163	4.173	4.181	4.188
45	4.017	4.033	4.042	4.050	4.056
46	3.870	3.885	3.894	3.901	3.908
47	3.708	3.722	3.731	3.738	3.744
48	3.521	3.534	3.543	3.549	3.555
49	3.311	3.324	3.332	3.338	3.343
50	3.097	3.109	3.116	3.122	3.127
51	2.875	2.886	2.893	2.899	2.903
52	2.626	2.636	2.642	2.647	2.651
53	2.442	2.451	2.458	2.463	2.467
54	2.253	2.262	2.268	2.273	2.277
55	2.099	2.107	2.112	2.117	2.120
56	1.973	1.981	1.986	1.990	1.994
57	1.819	1.827	1.832	1.835	1.839
58	1.672	1.679	1.683	1.687	1.690
59	1.528	1.534	1.538	1.541	1.544
60	1.393	1.398	1.402	1.406	1.408
61	1.278	1.284	1.288	1.291	1.293
62	1.161	1.167	1.170	1.173	1.175
63	1.062	1.067	1.070	1.073	1.075
64	0.970	0.975	0.978	0.980	0.982
65	0.852	0.856	0.859	0.861	0.863
66	0.772	0.776	0.778	0.781	0.782
67	0.688	0.692	0.694	0.696	0.698
68	0.615	0.619	0.621	0.623	0.625
69	0.561	0.565	0.567	0.569	0.570
70	0.505	0.508	0.510	0.511	0.513
71	0.460	0.463	0.465	0.466	0.468
77	0.341	0.345	0.347	0.349	0.350
80	0.269	0.272	0.274	0.275	0.277
86	0.159	0.161	0.162	0.164	0.164
90	0.105	0.106	0.108	0.108	0.109
100	0.022	0.023	0.023	0.023	0.024
101	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020
102	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
103	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017
104	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016
105	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015

4. ผลการศึกษาลักษณะทางด้านกายภาพของการผสมบริเวณปากแม่น้ำ

Simon ยังได้อธิบายในเชิงคณิตศาสตร์ของประเภทปากแม่น้ำ ขึ้นกับอัตราส่วนของปริมาตรน้ำจืดจากแผ่นดิน ไหลออกทะเลในคาบเวลาน้ำขึ้นน้ำลง (QT) กับปริซึมน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Prism , P) ดังนี้

ถ้า $\frac{QT}{P} \geq 1$ ปากแม่น้ำแบบแบ่งชั้น

$0.2 < \frac{QT}{P} \leq 0.5$ ปากแม่น้ำแบบผสมบางส่วน

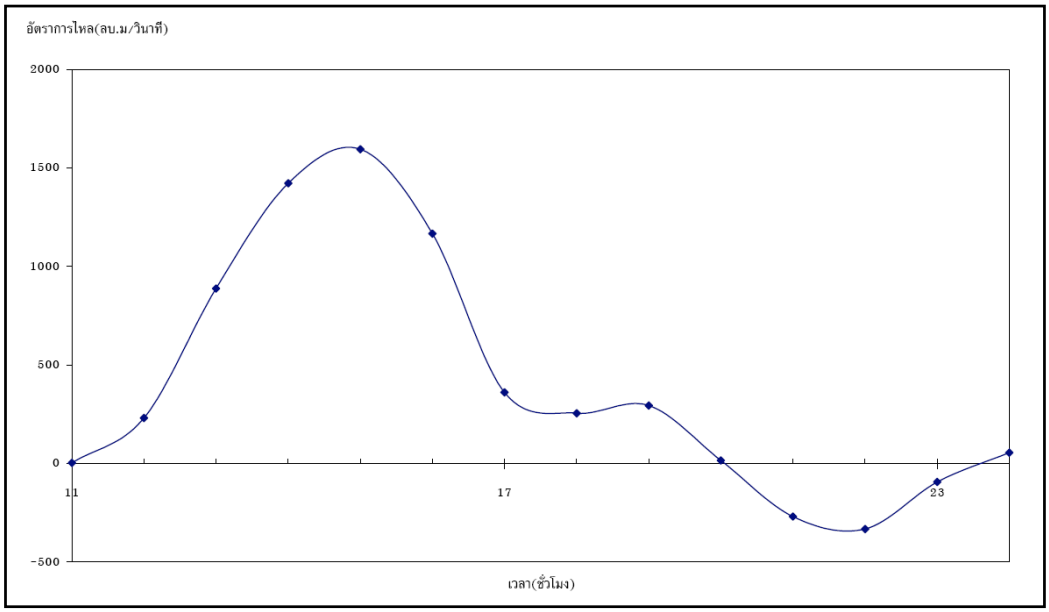
$\frac{QT}{P} \leq 0.1$ ปากแม่น้ำแบบผสม

เมื่อ Q = อัตราการไหลจากแผ่นดิน , ลบ.ม/วินาที

T = คาบของน้ำขึ้นน้ำลง , ชั่วโมง

P = ปริซึมน้ำขึ้นน้ำลง (ปริมาตรของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออกจากปากอ่าวในช่วง1 คาบ เวลา)

เมื่ออัตราการไหลจากแผ่นดินเท่ากับ 60 ลบ.ม/วินาที่ และคาบของน้ำขึ้นน้ำลงเท่ากับ 12 ชั่วโมง จากภาพที่ 51 พบว่าปริซึมน้ำขึ้นน้ำลงเท่ากับ 10134 ลบ.ม/วินาที/ชั่วโมง ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง $\frac{QT}{P}$ เท่ากับ 0.07 น้อยกว่า 0.1 ดังนั้นลักษณะทางด้านกายภาพของการผสมบริเวณปากเป็นแบบผสม



ภาพที่ 51 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าออกที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

5. ผลการปรับเทียบแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำ

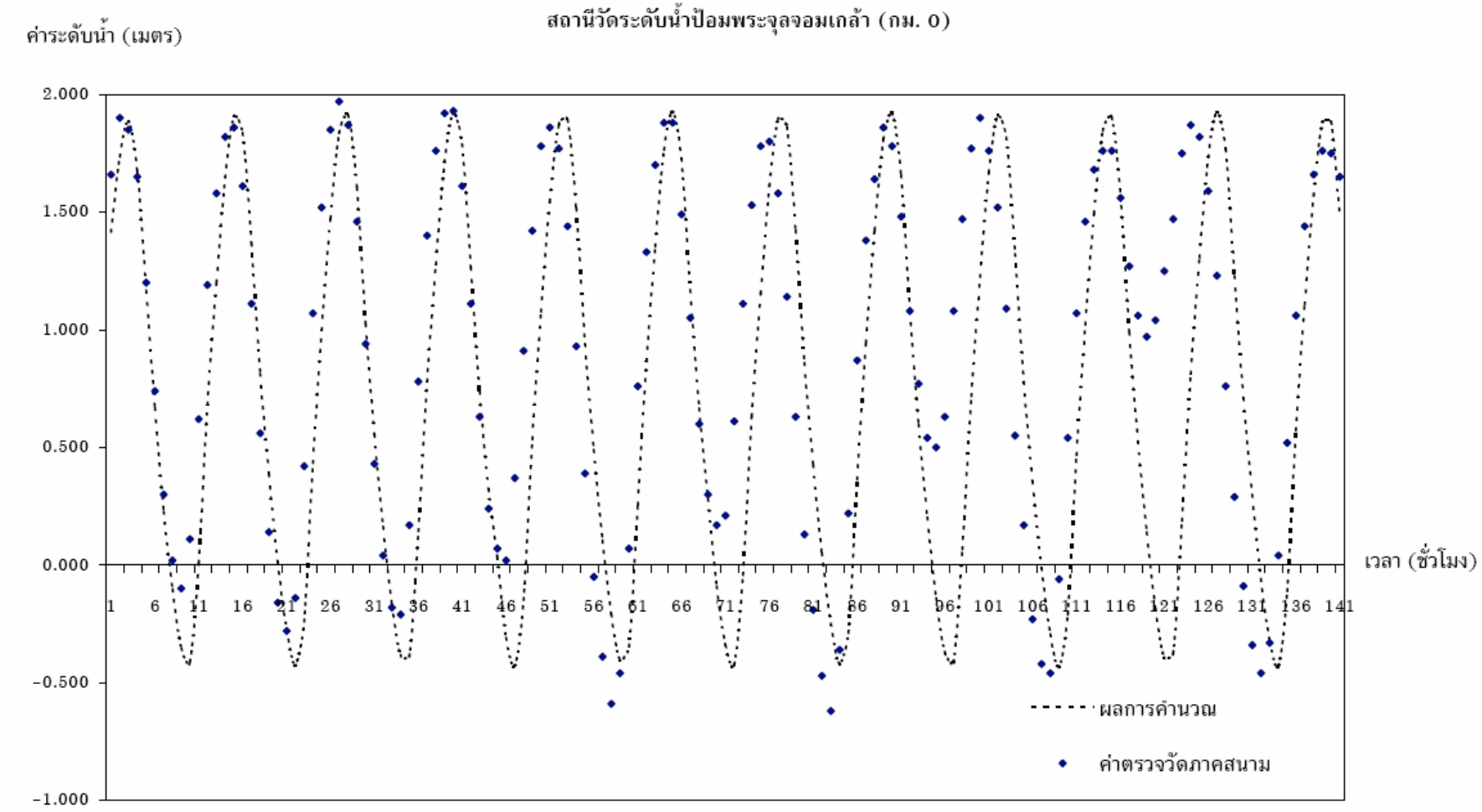
ผลการศึกษาแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำโดยเปรียบเทียบกับสถานีวัดระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0) สถานีสะพานพุทธ (กม.49) และสถานีกรมชลประทานสามเสน(กม.59) พบว่าระดับการขึ้นลงของกระแสน้ำมีความสอดคล้องกันดี แต่ระดับการขึ้นลงยังมีความแตกต่างกันอยู่บ้างในบางสถานี ผลการศึกษาเปรียบเทียบแสดงได้ดังนี้

5.1 สถานีป้อมพระจุลฯ (กม.0)

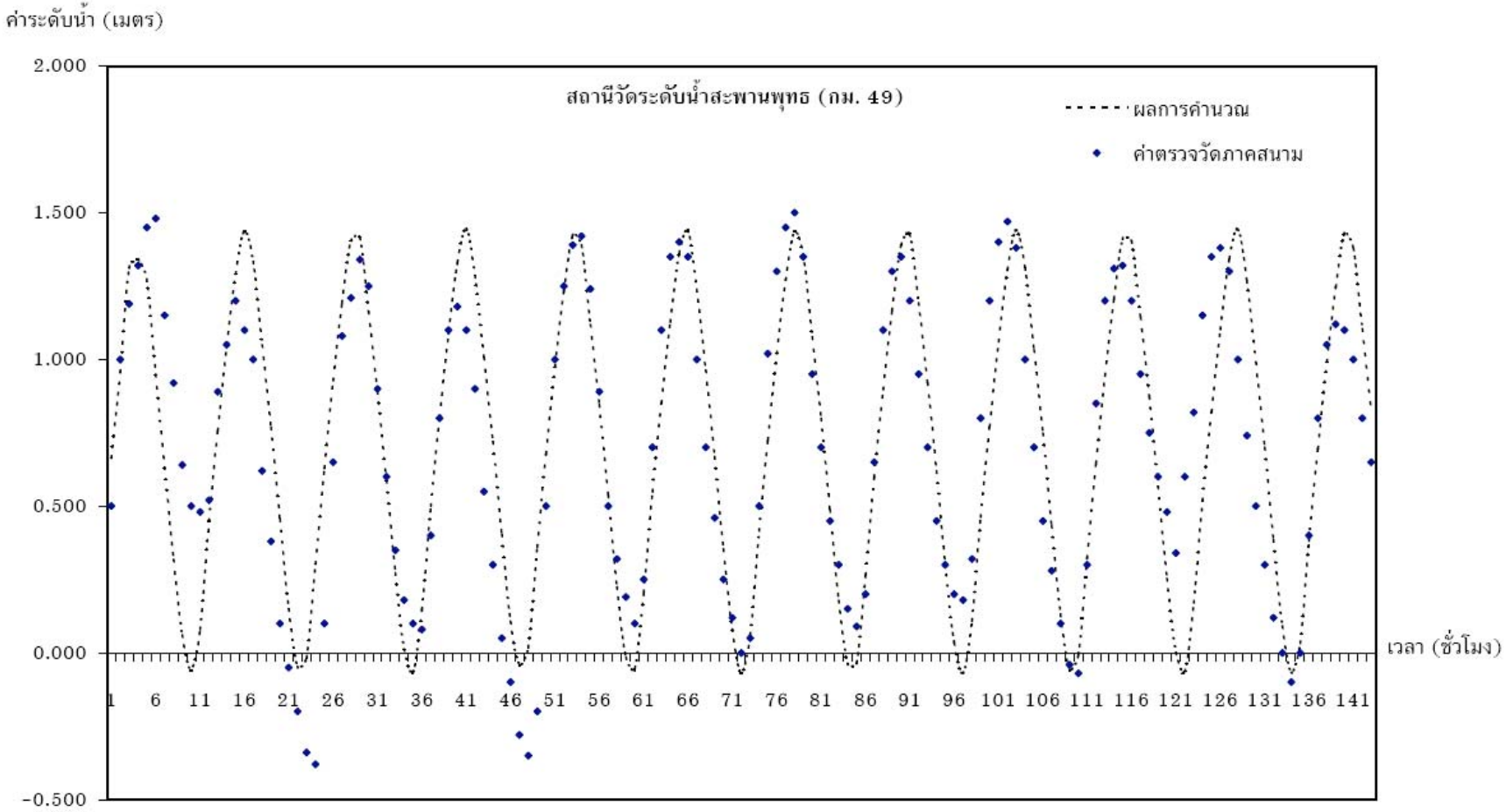
จากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำขึ้นที่ได้จากแบบจำลอง Aquasea เมื่อเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภาคสนามจะได้ค่าที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ลักษณะการขึ้นลงของระดับน้ำมีความสอดคล้องกันดี ดังในภาพที่ 52

5.2 สถานีสะพานพุทธ (กม.49)

จากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำขึ้นที่ได้จากแบบจำลอง Aquasea เมื่อเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภาคสนามจะได้ค่าที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ลักษณะการขึ้นลงของระดับน้ำมีความสอดคล้องกันดี ดังในภาพที่ 53



ภาพที่ 52 กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0)



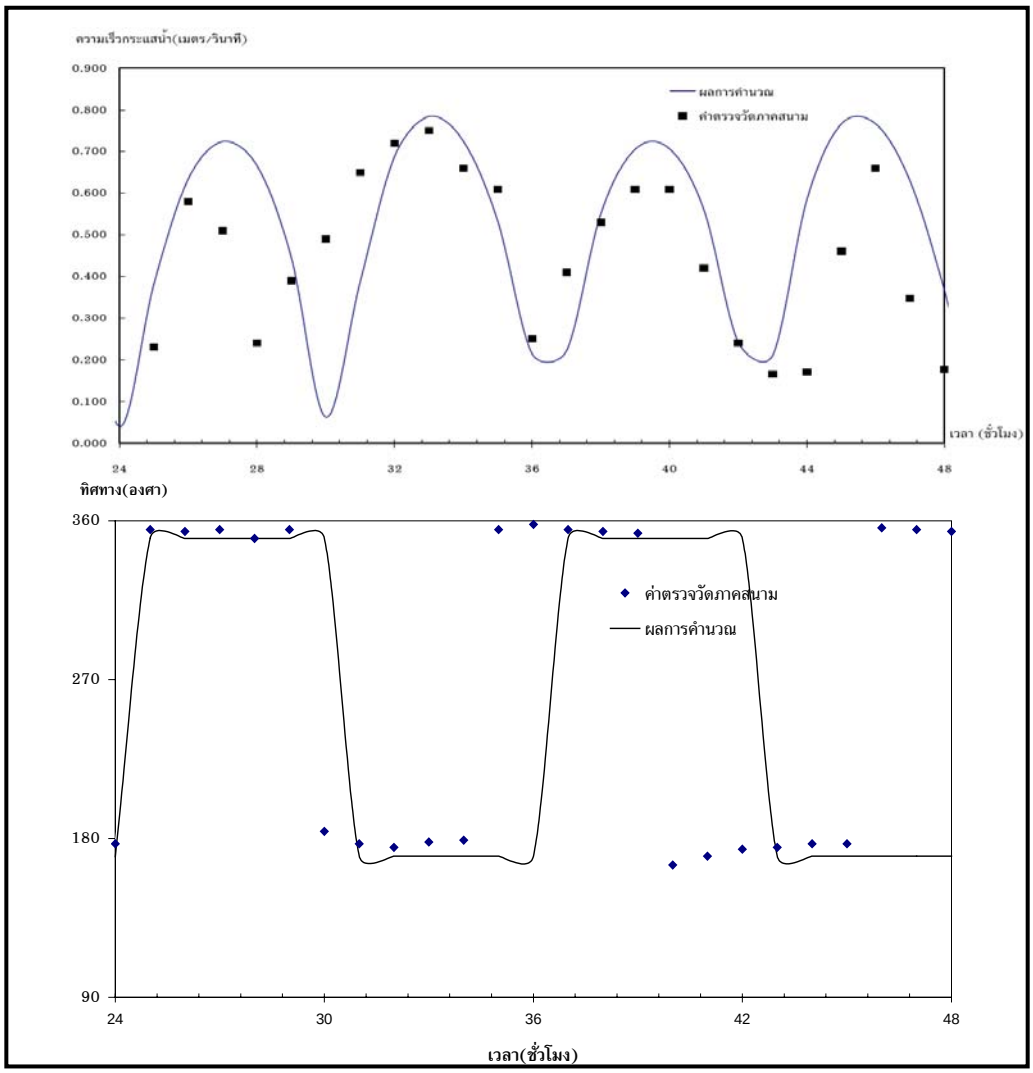
ภาพที่ 53 กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของระดับน้ำที่สถานีสะพานพุทธ (กม.49)

5.3 สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59)

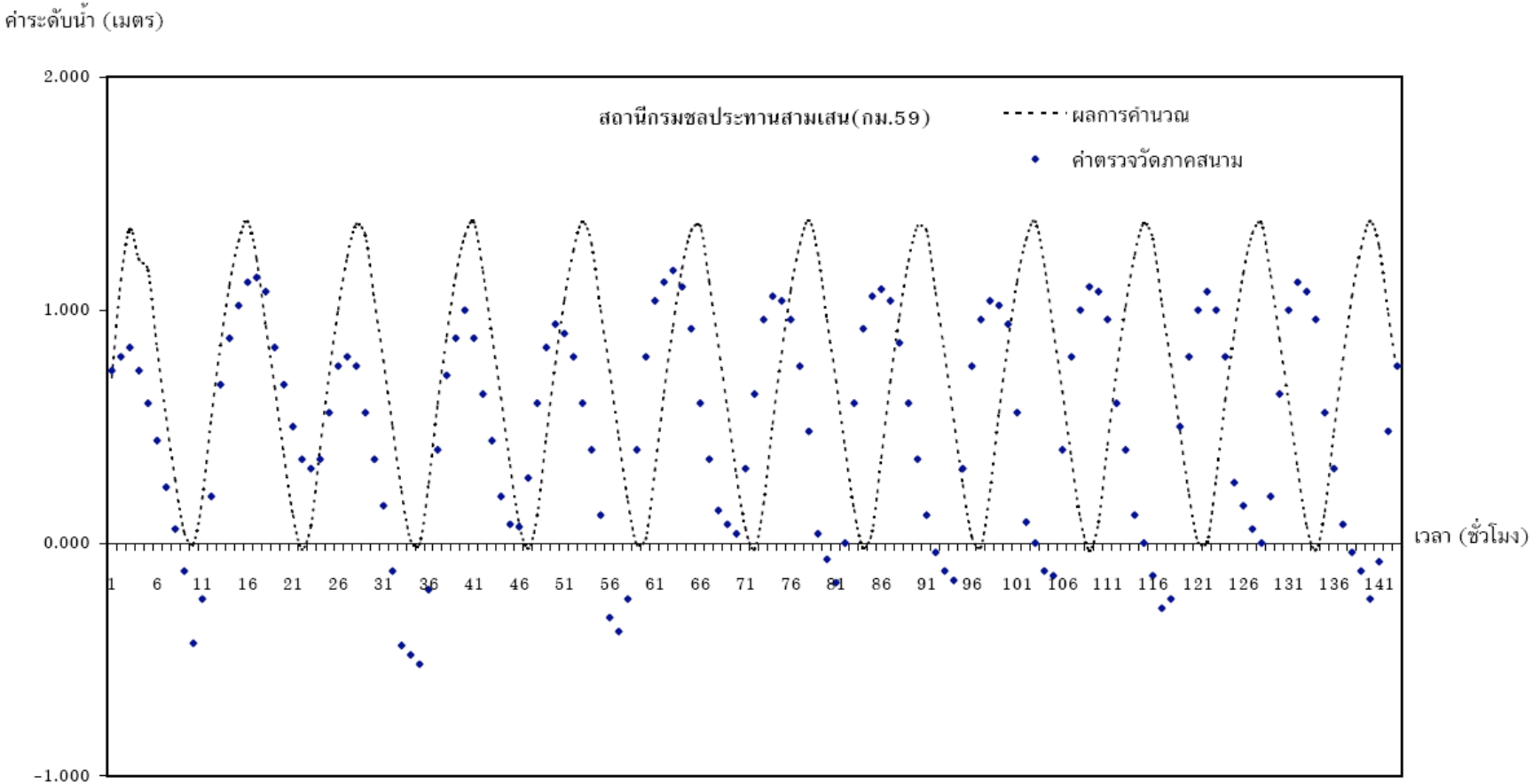
จากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำขึ้นที่ได้จากแบบจำลอง Aquasea เมื่อเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภาคสนามจะได้ค่าที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ลักษณะการขึ้นลงของระดับน้ำมีความสอดคล้องกันดี ดังในภาพที่ 54

6. ผลการศึกษาความเร็วของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18)

จากผลการคำนวณความเร็วของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18) กับค่าที่วัดในภาคสนามพบว่าค่าความเร็วมีค่าความแตกต่างอยู่ในระหว่างพิสัย 0.282 – 0.002 เมตร/วินาที และลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสน้ำมีความสอดคล้องกันดี ดังในภาพที่ 55



ภาพที่ 55 กราฟเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18)



ภาพที่ 54 กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของกระแสน้ำที่สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59)

จากผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำกับค่าตรวจวัดภาคสนาม พบว่าค่าระดับการขึ้นลงของกระแสน้ำมีค่าค่อนข้างดีกับค่าตรวจวัดภาคสนาม โดยเฉพาะในช่วง กม.0 ถึง กม.49 แต่ในกิโลเมตรถัดไปค่าความถูกต้องของระดับน้ำจะลดลงบ้างตามระยะทาง เนื่องจากการสะสมของค่าความคลาดเคลื่อนประกอบกับขอบเขตลำน้ำในแบบจำลองเป็นแบบปิดน้ำไม่สามารถไหลออกด้านข้างได้ และความเร็วของกระแสน้ำให้ค่าที่สอดคล้องและอยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควร

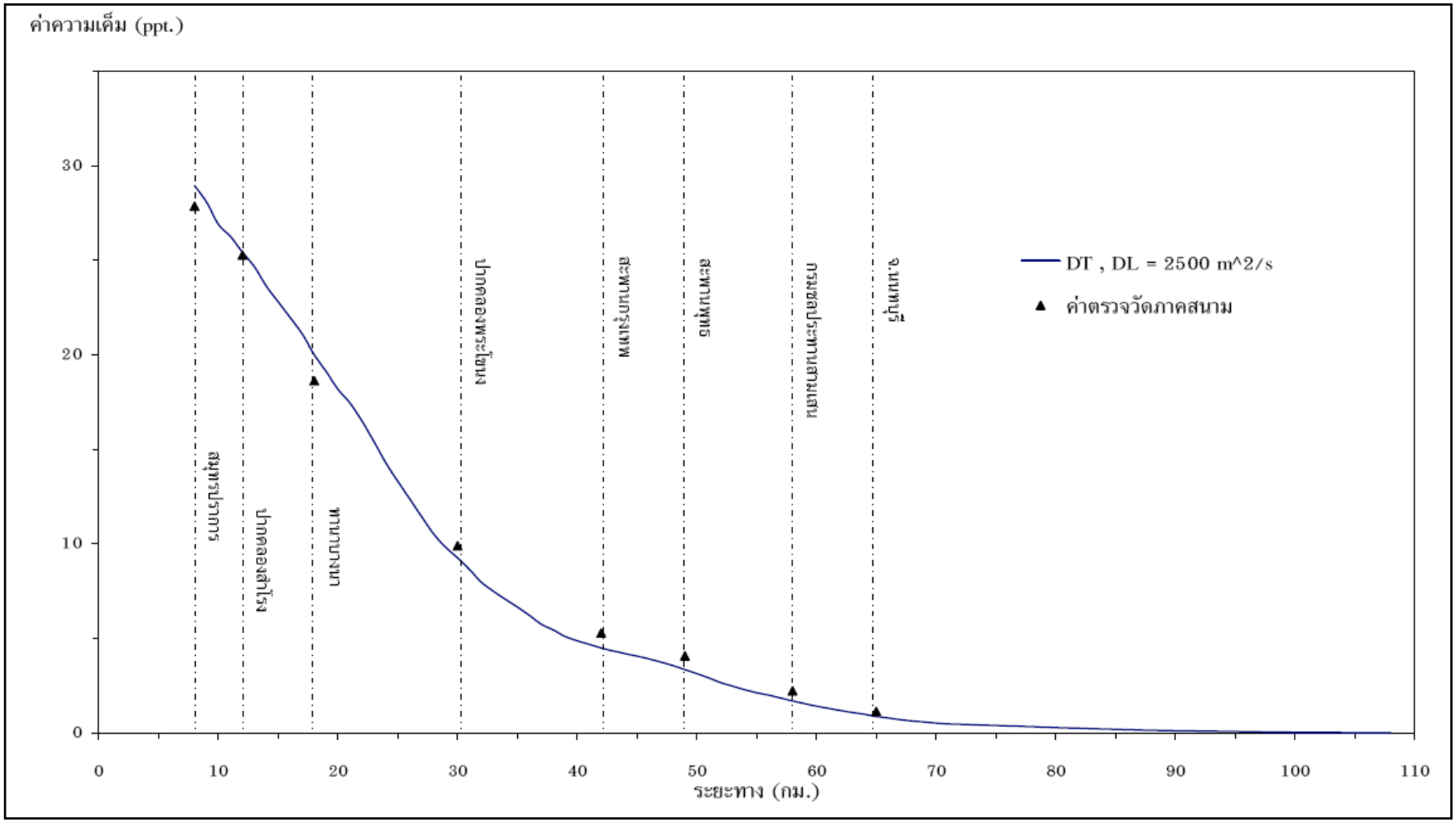
7. ผลการปรับเทียบแบบจำลองการเคลื่อนที่

จากผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลอง Aquasea เมื่อนำผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าความเค็มที่วัดในภาคสนาม (ค่าความเค็มเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2542) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มตามแนวยาว (D_L) จากสมการของ Iwasa and Aya เท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มตามแนวขวาง (D_T) เท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัวที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 ต่อวัน ดังในภาพที่ 56 และภาพที่ 57 ที่แสดงในลักษณะเส้นชั้นความสูง

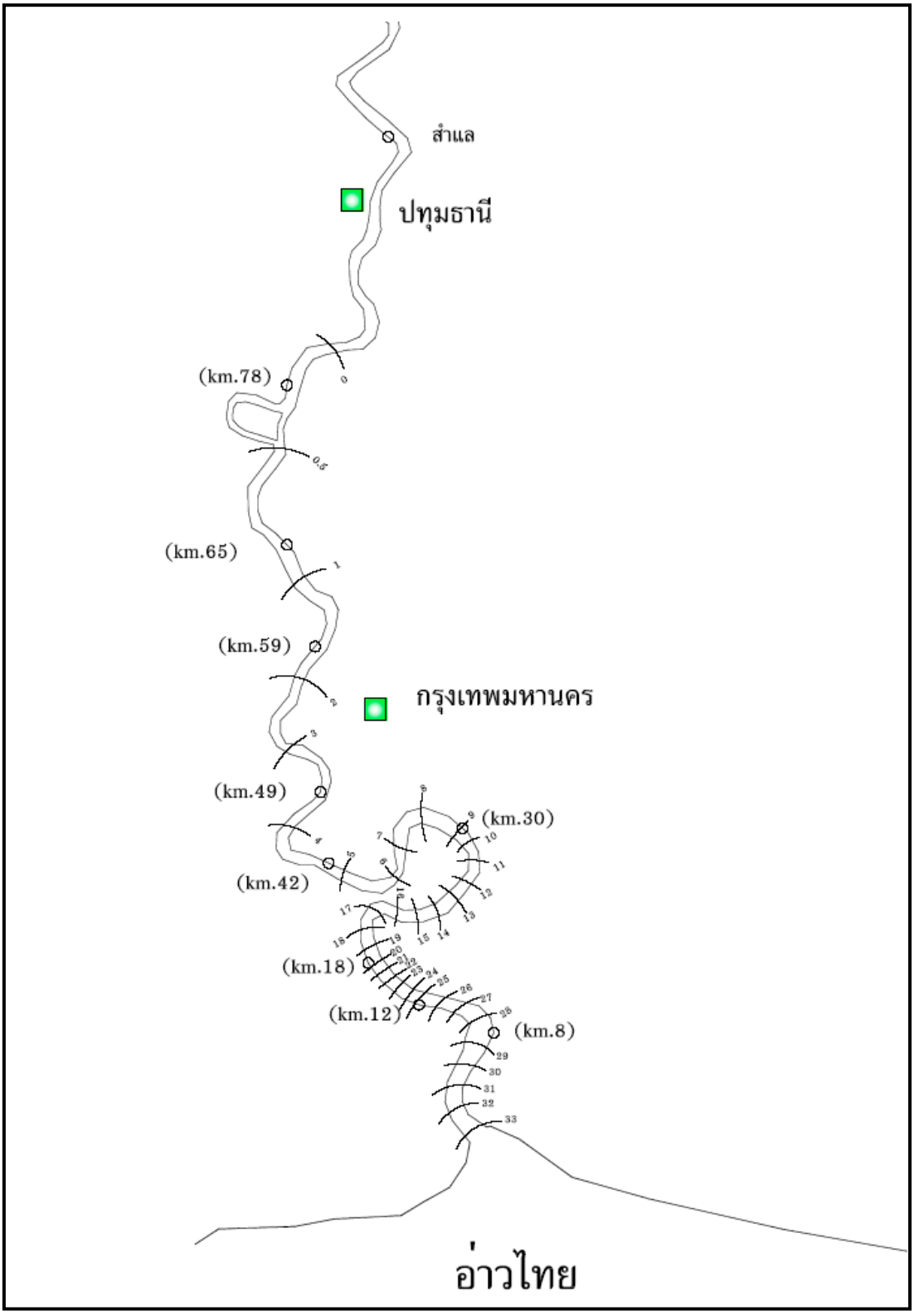
8. ผลการเปรียบเทียบอัตราการระบายน้ำ (Q) กับค่าความเค็ม

จากภาพที่ 56 เมื่อนำอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา (Q) กับค่าความเค็ม (S) จากแบบจำลองและช่วงเวลา ในช่วงวันที่ 8–13 เดือนมีนาคม พ.ศ.2542 เพื่อตรวจสอบเฝ้าระวังการรุกตัวของความเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาดังในภาพที่ 58 พบว่าค่าความเค็มที่ได้จากแบบจำลองบริเวณสถานีสะพานพุทธจะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าวัดจริงในสนาม ส่วนที่สถานีปากเกร็ดยังให้ค่าค่อนข้างสูง แต่จากกราฟดังกล่าวทำให้ทราบว่าจะต้องเพิ่มอัตราการระบายน้ำเพื่อที่จะไล่ความเค็มให้อยู่ในระดับที่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการเกษตรและการผลิตน้ำประปา โดยเฉพาะบริเวณสถานีปากเกร็ดจะต้องให้น้ำมีค่าความเค็มน้อยกว่า 0.25 ppt.

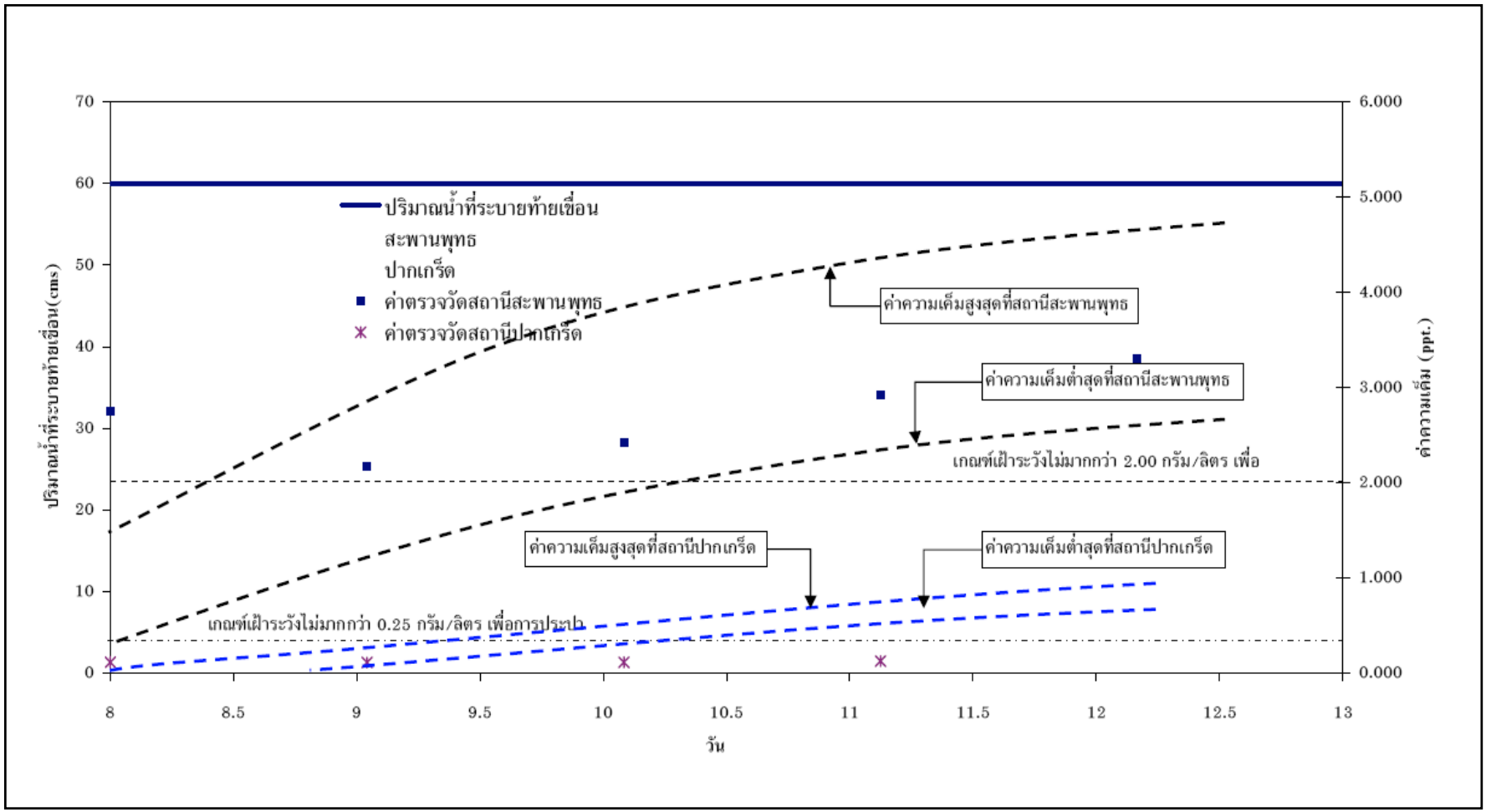
จากภาพที่ 59 เป็นการนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้งาน เมื่อทราบอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระสามารถหาค่าความเค็มที่ระยะทางต่าง ๆได้ และเมื่อต้องการไล่การรุกตัวของความเค็มก็สามารถทราบได้ว่าจะต้องเพิ่มอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาในปริมาณเท่าไร ที่ทำให้ความเค็มอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งถือว่ามีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำเพื่อป้องกันการรุกตัวของความเค็ม



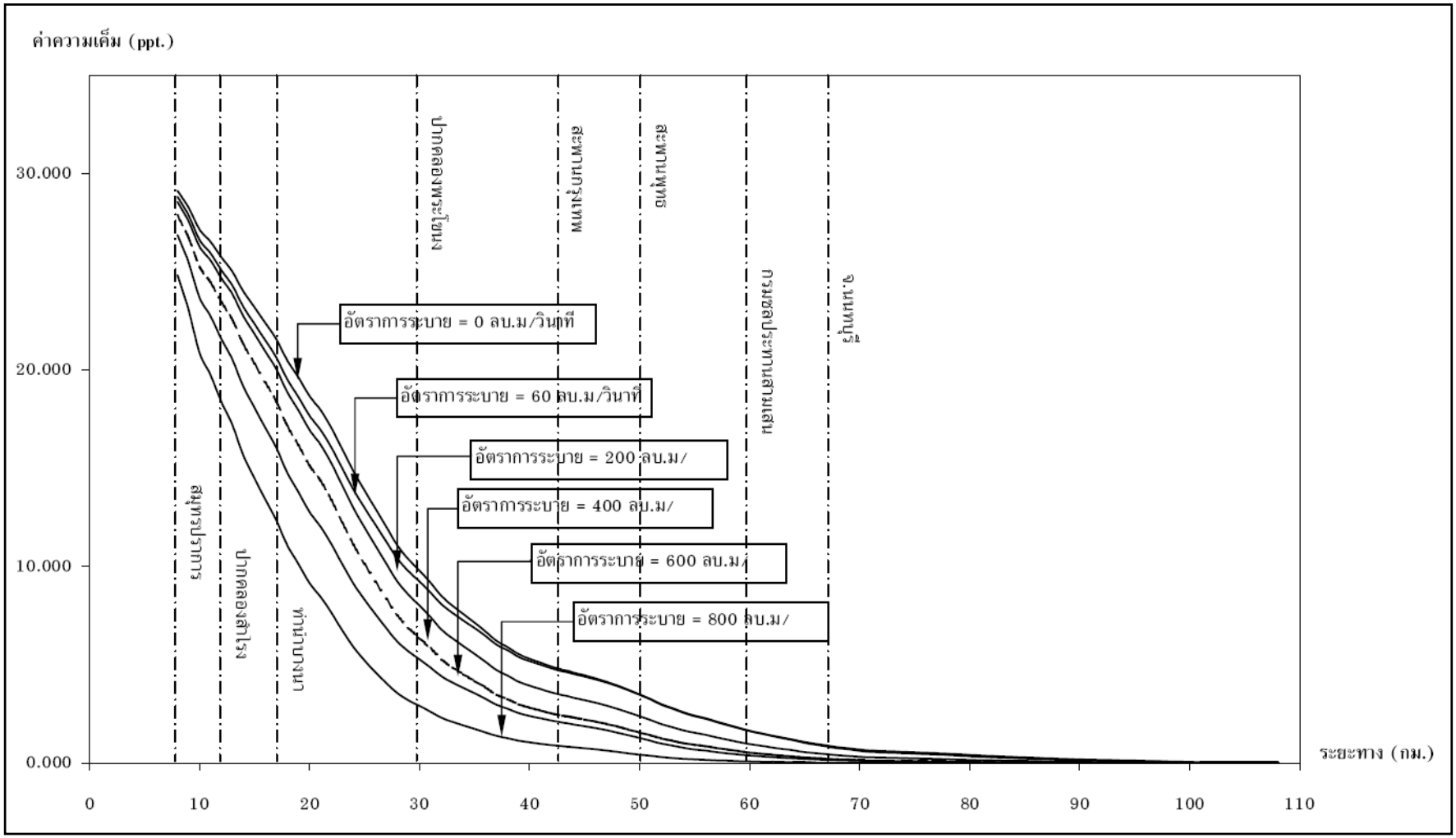
ภาพที่ 56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเทียบกับค่าตรวจวัดภาคสนาม เมื่ออัตราการระบายน้ำ(Q) = 60 ลบ.ม/วินาที อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน



ภาพที่ 57 ค่าความเค็มเมื่ออัตราการระบายน้ำ (Q) = 60 ลบ.ม/วินาที อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน



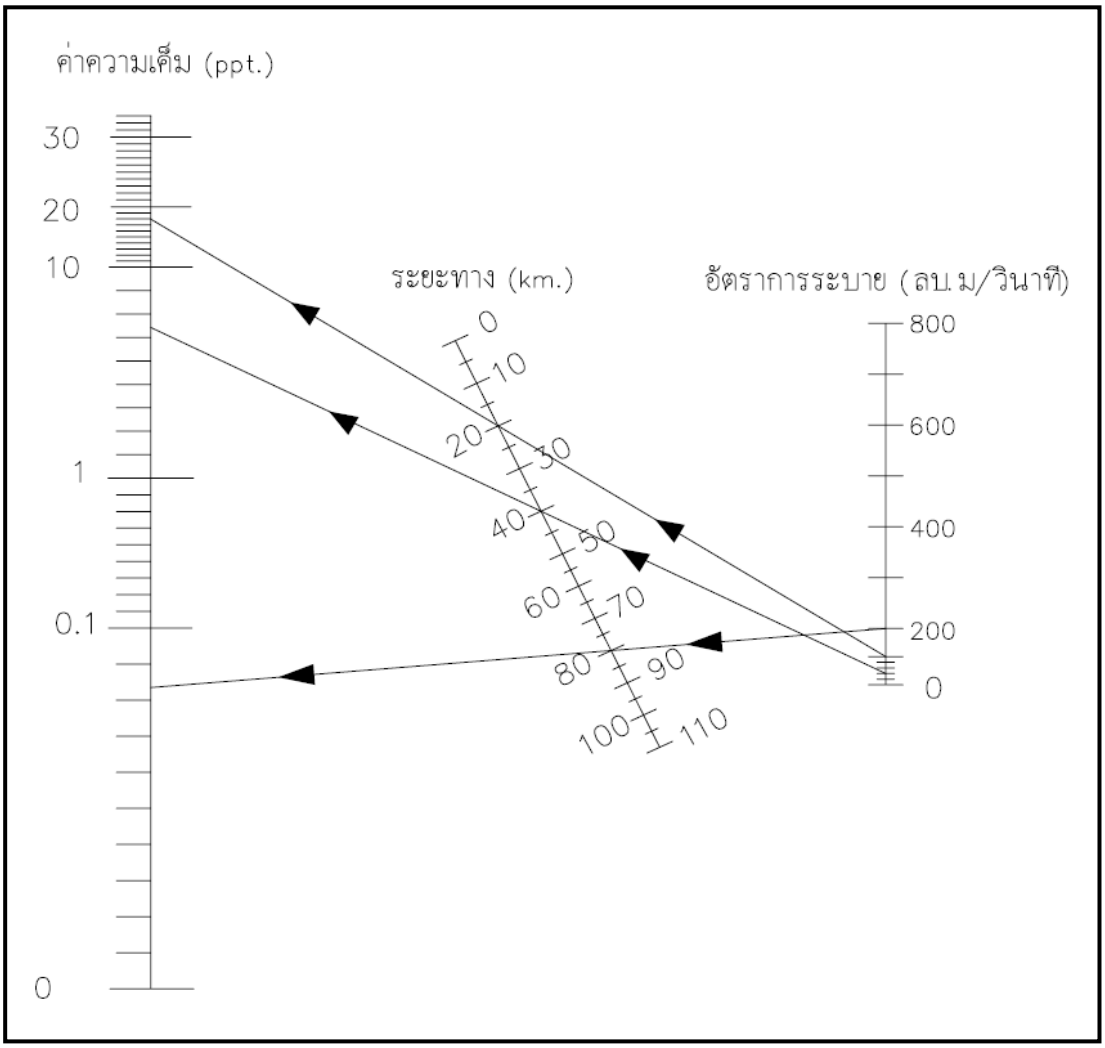
ภาพที่ 58 กราฟความเค็มที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาและค่าความเค็มที่ตรวจวัดภาคสนาม ช่วงวันที่ 8 – 12 มีนาคม 2542



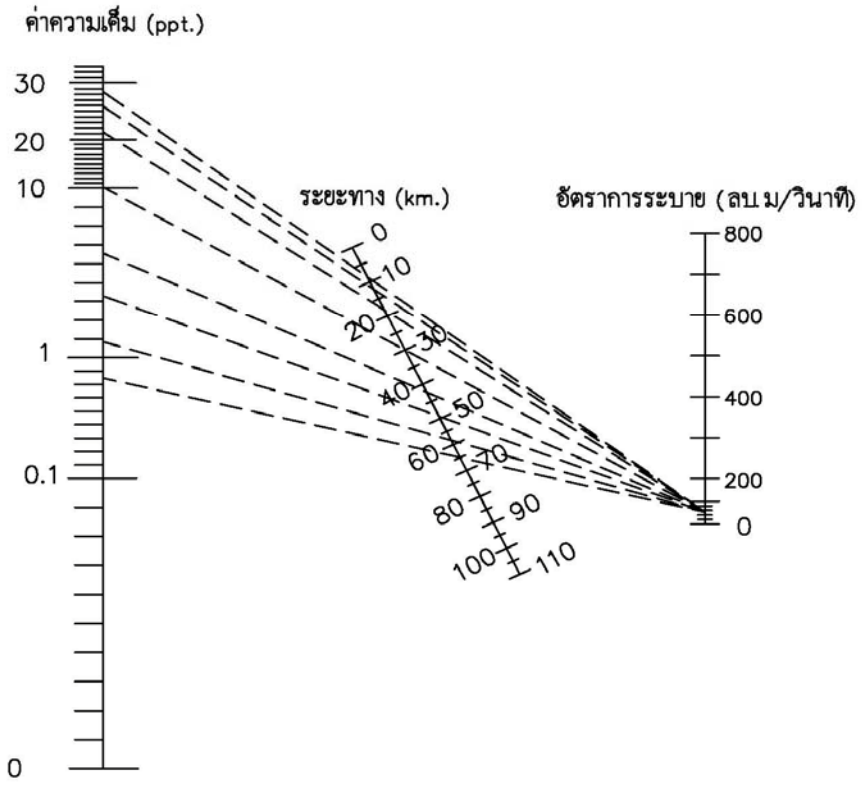
ภาพที่ 59 กราฟความเค็มที่อัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาต่าง ๆ เทียบกับระยะทาง

9. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็ม อัตราการระบายน้ำ และระยะทางการรุกตัวของความเค็ม

จากการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้นำเสนอในรูปของแผนภูมิปรับแนว (Alignment Chart) ดังแสดงในภาพที่ 59 เมื่อทราบอัตราการระบายน้ำและระยะทางที่สนใจ สามารถหาค่าความเค็มที่ระยะทางนั้นได้ดังแสดงในภาพที่ 60 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 1.623 เมื่อเทียบกับค่าวัดจริงในสนาม



ภาพที่ 60 แผนภูมิปรับแนว (Alignment Chart)



อัตราการระบาย 55 ลบ.ม./วินาที				ค่าความคลาดเคลื่อนจากแผนภูมิ(ร้อยละ)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการ NEDECO (ร้อยละ)
ระยะทาง (km.)	ความเค็ม(ppt.) ตรวจวัดในภาคสนาม	ความเค็ม(ppt.) จากสมการ NEDECO	ความเค็ม(ppt.) ค่าจากแผนภูมิ N		
8	27.86	22.18	28	0.496	20.403
12	25.28	20.48	25.9	2.468	18.977
18	18.63	17.12	21.2	13.795	8.106
30	9.90	9.65	10	1.010	2.538
42	5.29	4.08	6.5	22.873	22.826
49	4.07	2.17	3.5	14.005	46.797
58	2.22	0.83	1.9	14.414	62.603
65	1.14	0.35	0.85	25.210	69.000
			ค่าเฉลี่ย	11.784	31.406

ภาพที่ 61 ภาพแสดงตัวอย่างการหาค่าความเค็มจากแผนภูมิปรับแนว