

***Sector U: Materials of Workshop  
on July 16-17, 2013***

***U-1: Explanatory Notes of MIKE-Flood Modeling***

***U-2: Manual of MIKE-Flood Modeling***

***U-3: Presentation Material 1***

***U-4: Presentation Material 2***

***U-5: Presentation Material 3***



***U-1: Explanatory Notes of  
MIKE-Flood Modeling***



16-17th July 2013

Technical Workshop on Flood  
Analysis Model

# Explanatory

# Notes

on MIKE-Flood

Modeling for M/P Study

JICA Study Team

---



<b>CHAPTER 1</b>	<b>Outline</b>	<b>1</b>
<b>CHAPTER 2</b>	<b>Runoff Model</b>	<b>2</b>
2.1	Outline	2
2.2	Building Runoff Model	2
2.2.1	Catchment Area in this model	2
2.2.2	Dam Catchment Areas in this model	5
2.3	Input data for Runoff Model	7
2.3.1	Rainfall	7
2.3.2	Evaporation	7
2.4	Parameters	10
<b>CHAPTER 3</b>	<b>River Network Model</b>	<b>12</b>
3.1	Outline	12
3.2	River Network	13
3.2.1	River Network Developed In This Model	13
3.2.2	River Network set up in DHI-MIKE M/P study model	14
3.3	Cross Section	15
3.3.1	Cross section data	15
3.3.2	Setup of Secondary Dikes	17
3.3.3	Roughness Coefficient	21
3.3.4	Cross section data set up in DHI-MIKE M/P study model	22
3.4	Structures	23
3.4.1	Weirs/Regulators	23
3.4.2	Dams	23
3.4.3	Pumping Station	26
3.4.4	Structures set up in DHI-MIKE M/P study model	29
3.5	Boundary Condition	30
3.5.1	Boundary Condition of River Network Model (inflow and tide)	30
3.5.2	Correction of Downstream Boundary Data (tide)	30
3.5.3	Boundary Condition in DHI-MIKE M/P study model	34
<b>CHAPTER 4</b>	<b>Inundation Model</b>	<b>36</b>
4.1	Outline	36
4.2	Model Parameters	36
4.2.1	Elevation of Flood Plain	36
4.2.2	Roughness Coefficient of Flood Plain	39
4.3	Structure	39
4.3.1	Continuous Structure	39
4.3.2	Dike Break (2011 recreation)	40
4.4	Boundary Condition	41
4.4.1	Infiltration	41
4.4.2	Evaporation	41
4.5	Set up	45
4.5.1	Set up inundation model in DHI-MIKE M/P study model	45
<b>CHAPTER 5</b>	<b>Model Verification</b>	<b>47</b>
5.1	Procedure	47
5.2	Selection of Verification Points	47
5.3	Inundation Area	49
5.4	Verification	53
5.4.1	Evaluation Method	53

5.4.2	Evaluation Result.....	53
-------	------------------------	----



<b>CHAPTER 2</b>  <b>Runoff Model</b>	Building Runoff Model	Catchment Area in this model	P2
		Dam Catchment Areas in this model	P5
	Input data for Runoff Model	Rainfall	P7
		Evaporation	P7
	Parameters	NAM Parameter	P10
	River Network	River Network Developed In This Model	P13
		River Network set up in DHI-MIKE M/P study model	P14
		Cross section data	P15
	Cross Section	Setup of Secondary Dikes	P17
		Roughness Coefficient	P21
Cross section data set up in DHI-MIKE M/P study model		P22	
<b>CHAPTER 3</b>  <b>River Network Model</b>	Structures	Weirs/Regulators	P23
		Dams	P23
		Pumping Station	P26
		Structures set up in DHI-MIKE M/P study model	P29
		Boundary Condition of River Network Model (inflow and tide)	P30
	Boundary Condition	Correction of Downstream Boundary Data (tide)	P30
		Boundary Condition in DHI-MIKE M/P study model	P34
		Model Parameters	Elevation of Flood Plain
	Roughness Coefficient of Flood Plain		P39
	<b>CHAPTER 4</b>  <b>Inundation Model</b>	Structure	Continuous Structure
Dike Break (2011 recreation)			P40
Boundary Condition		Infiltration	P41
		Evaporation	P41
Set up		Set up inundation model in DHI-MIKE M/P study model	P45
<b>CHAPTER 5</b>  <b>Model Verification</b>	Selection of Verification Points Inundation Area		P47
			P49
	Verification	Evaluation Method	P53
	Evaluation Result	P53	



## CHAPTER 1 Outline

In order to analyze a flood situation and establish effective countermeasures, hydrological and hydraulic analysis model are developed. The model consists of three hydrological/hydraulic model including, runoff model, river network model (flood routing model) and inundation model. The procedure for building the flood analysis model and parameter fitting for re-producing flood situations is shown in Figure 1.1.1

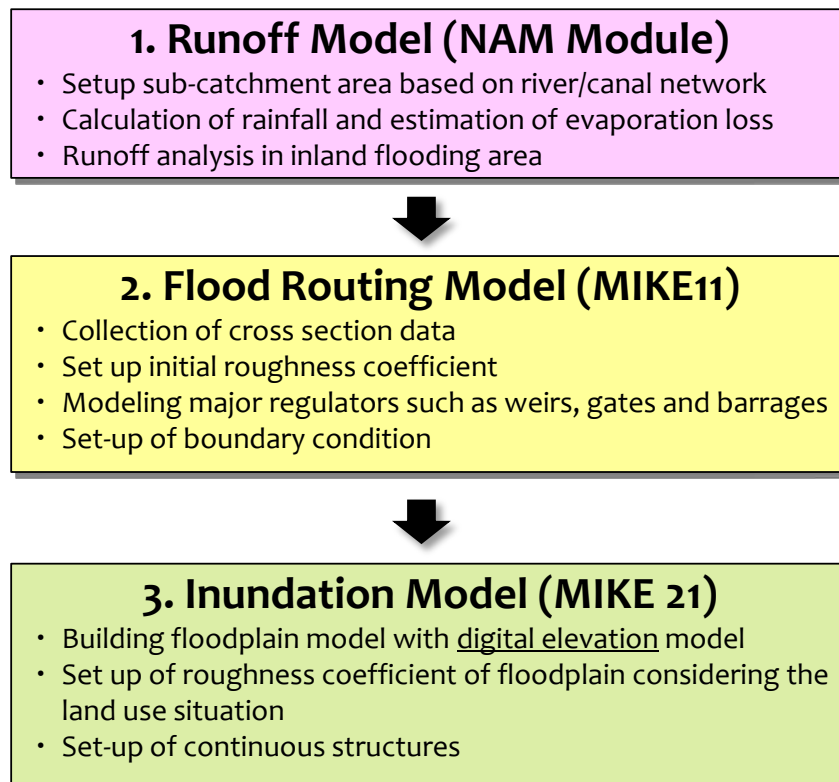


Figure 1.1.1 Procedure of Flood Analysis Model Building

## CHAPTER 2 Runoff Model

### 2.1 Outline

To calculate runoff from each river basin, NAM (Nedbor-Afstromnings-Model) released by DHI<sup>1</sup> shall be employed. NAM is a kind of tank model and lumped runoff model developed by Technical University of Denmark. It has four-tanks describing runoff phenomenon including surface runoff, intermediate runoff and groundwater, and is used both short-term and long-term runoff analysis. The summary of NAM and its parameters is as shown in Figure 2.1.1.

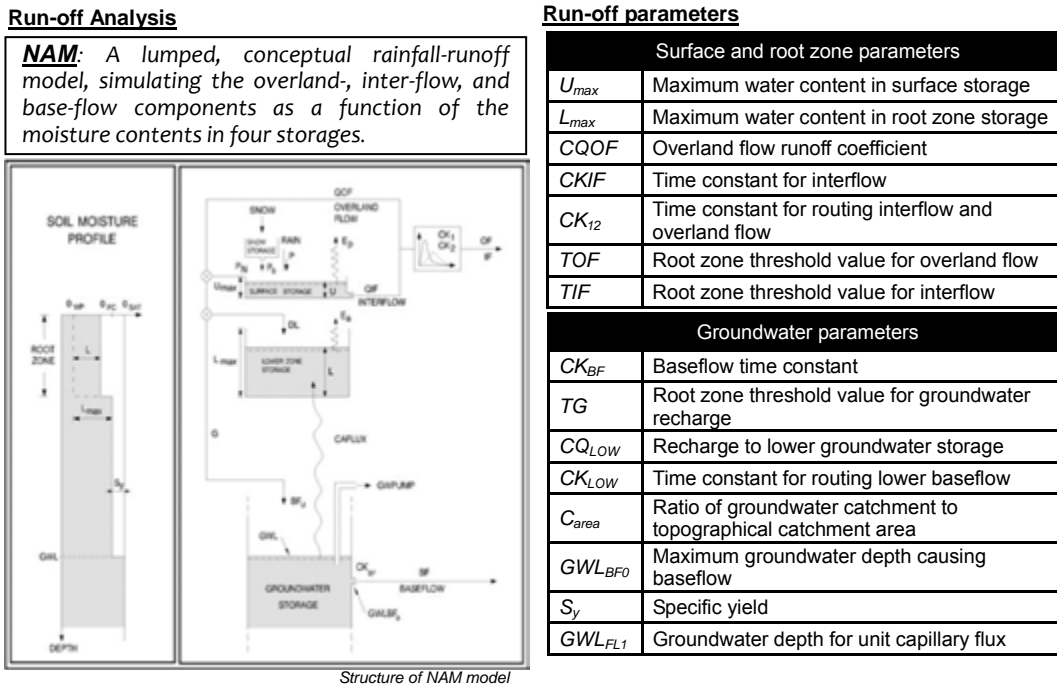


Figure 2.1.1 Summary of NAM and Model Parameters

### 2.2 Building Runoff Model

#### 2.2.1 Catchment Area in this model

Chao Phraya River system consists of eight major tributaries as shown in Table 2.2.1. In this study, the basin shall be divided into twenty-seven sub catchment areas for runoff analysis as shown in Figure 2.2.1, considering major tributaries, canals, topographic features, dam catchment areas and flood control points (at hydrological station, for example C.2, Nakhon Sawan).

#### 8 major tributaries' sub-basins

- Major tributaries and canals
  - Topographic features
  - Dam catchment area
  - Flood control points (ex. Nakhon Sawan)
- shall be considered in this study

Divided into

**27 sub-catchment areas**

<sup>1</sup> DHI Water & Environment, Denmark <http://www.dhigroup.com/>

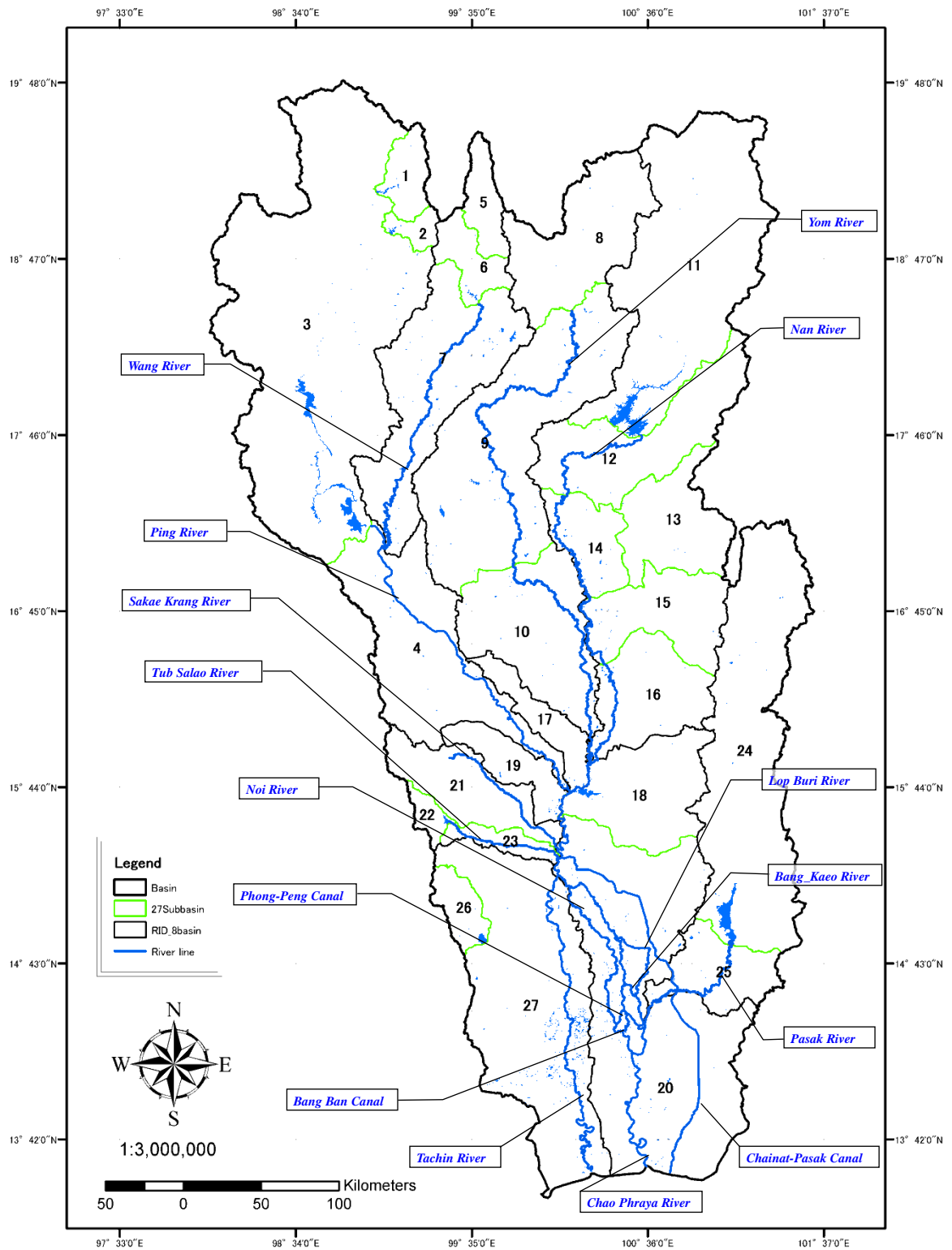


Figure 2.2.1 Sub Catchment Area in Chao Phraya River System

**Table 2.2.1 Sub Catchment Area in Chao Phraya River System**

No.	Sub Catchment Area	Area (km <sup>2</sup> )*	Major River basin
1	Ping_Ngad	1,280	Ping
2	Ping_Kwang	570	
3	Ping_Bhumipl	24,310	
4	Ping_D	8,380	
5	Wang_Kew_Kho_Ma	1,350	Wang
6	Wang_Kew_Lom	1,420	
7	Wang_D	8,020	
8	Yom_U	5,580	Yom
9	Yom_M	12,120	
10	Yom_D	6,350	
11	Nan_U	13,130	Nan
12	Nan_M1	5,660	
13	Nan_Kwae_Noi	3,790	
14	Nan_M2	2,310	
15	Nan_M3	3,960	
16	Nan_M4	4,100	
17	Nan_D	1,720	
18	Chao Phraya_U1	4,790	Chao Phraya
19	Chao Phraya_U2	1,890	
20	Chao Phraya_D	17,190	
21	Sakae Krang	3,480	Sakae Krang
22	Tab_Salao_Dam	540	
23	Tab_Salao_D	880	
24	Pasak_Dam	12,840	Pasak
25	Pasak_D	2,790	
26	Thachin_KraSiew	1,190	Tachin
27	Tha Chin	13,000	
Total Area		162,640	

\*Shape data of river basin provided by RID (UTM Zone47). Area is calculated with ArcGIS.

## 2.2.2 Dam Catchment Areas in this model

To establish the high-precision runoff model, large-size dams that have wide catchment areas shall be modeled, since dams could impound runoff from each river basin and control flow regime of downstream of dams. The dams built in the runoff model are tabulated in Table 2.2.2 and location of them is shown in Figure 2.2.2. If there are observed outflow data, it is used as boundary condition instead of calculation of runoff from dam catchment area.

**Table 2.2.2 List of Dams Built in Runoff Model**

No.	Name	River	River Basin	Catchment Area(km <sup>2</sup> )	Storage Volume (MCM)	
					Maximum	Retention
1	Mae Ngad Somboon Chol	Ping	Ping_Ngad	1,283	325	265
2	Mae Kwang Udom Thara	Ping	Ping_Kwang	566	263	263
3	Bhumibol	Ping	Ping_Bhumibol	24,305	13,462	13,462
4	Kiew Ko Ma	Wang	Wang_Kiew_Ko_Ma	1,354	209	170
5	Kiew Lom	Wang	Wang_Kiew_Lom	1,422	106	106
6	Sirikit	Nan	Nan_U	13,131	10,640	9,510
7	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan	Nan_Kwae_Noi	3,793	1,080	939
8	Pasak Chollasith	Pasak	Pasak_Dam	12,835	960	785
9	Tab Salao	Sakae krang	Tab_Salao_Dam	543	198	160
10	Kra Siew	Tha chin	Thachin_Kra_Siew	1,193	363	240

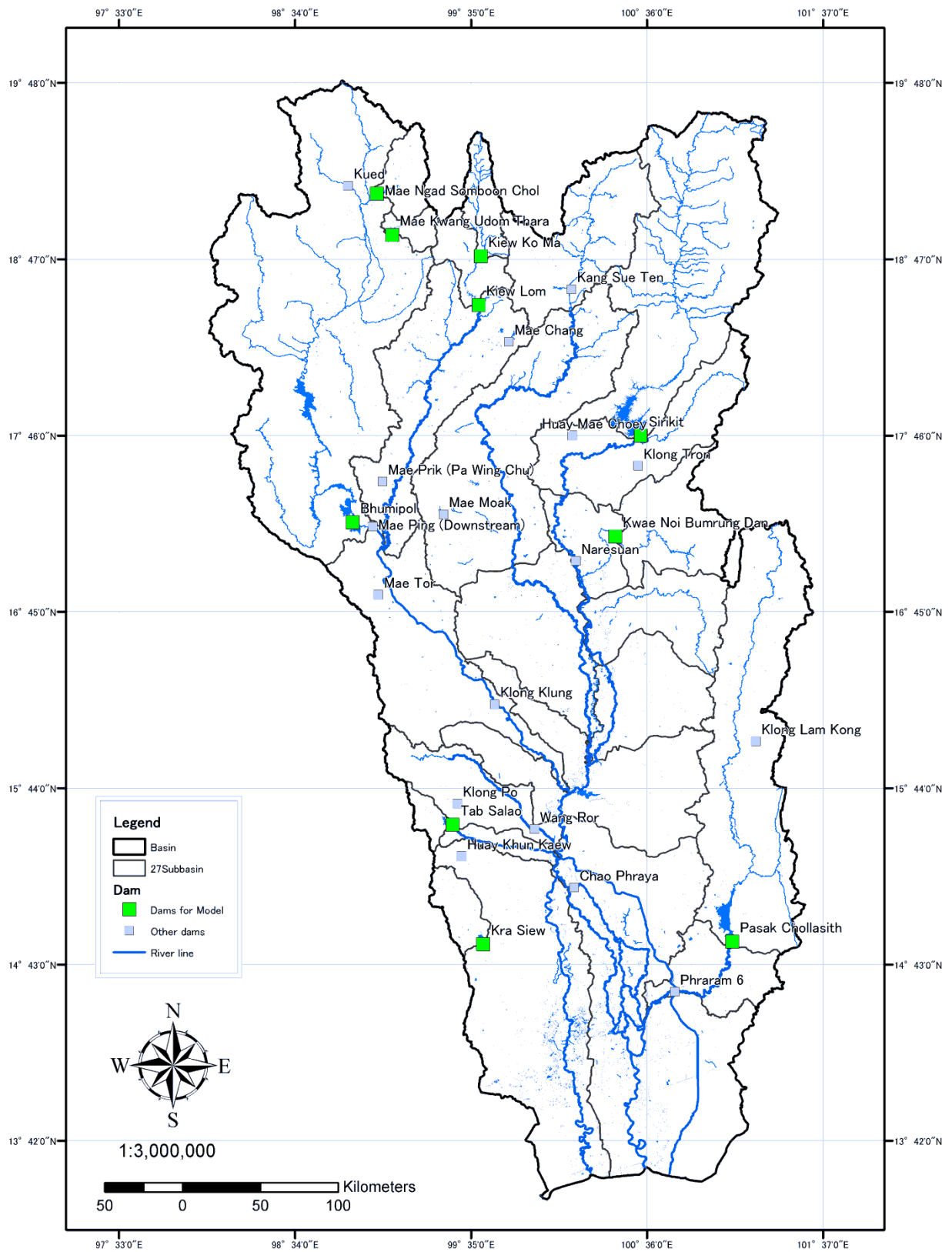


Figure 2.2.2 Location of Existing Dam for Runoff Model



## 2.3 Input data for Runoff Model

Table 2.3.1 2.3 Input data for Runoff Model

Items	Stations	Calculation Method
Average daily rainfall	TMD and RID Total 410 stations	Average rainfall of watershed is calculated with the Thiessen Method.
Average daily evaporation	TMD 46 stations	Actual evaporation is defined as 80% of pan evaporation. Average evaporation of watershed is calculated with the Thiessen Method.

### 2.3.1 Rainfall

The observed daily rainfall data maintained by RID (Royal Irrigation Department) and TMD (Thailand Meteorological Department) shall be employed for the runoff analysis. As an input data, average rainfall of watershed calculated with the Thiessen Method shall be given to each sub catchment area.

In lowland area dominated by inland flooding, observed rainfall depth is given directly to inundation model (two-dimensional model) instead of runoff calculation with NAM, since fallen rainfall in lowland should not flow into rivers/canals due to flat land slope and accumulate there, and then be drained through drainage/irrigation canals. Based on the topography, ground elevation, irrigation canals and actual inundated area in recent years, inland flooding area of 11,590km<sup>2</sup> is determined as shown in Figure 2.3.3.

### 2.3.2 Evaporation

As an input data of daily evaporation, averaged 80% of pan evaporation amount at TMD synoptic station (46 stations) calculated with Thiessen Method shall be given to each sub catchment area.

Regarding daily evaporation, evaporation measured with pan (pan evaporation) at TMD synoptic station (46 stations) is employed. Since pan evaporation is defined as maximum potential of evaporation, it should be converted to actual evaporation by assuming an evaporation coefficient (=actual evaporation / potential evaporation). Assumed evaporation coefficient was calculated according to the equation (1) at Sirikit Dam, Bhumibol Dam and C2 (Nakhon Sawan) respectively from observed daily rainfall, dam inflow, river discharge and evaporation data that are available from 1980 to 2011. Since long-term outflow from the catchment area, as long as 30 years, is estimated, amount of groundwater and infiltration in a catchment shall be contained in discharge (Q in equation (1)).

Calculated evaporation coefficients are 0.82 at Sirikit Dam, 0.75 at Bhumibol Dam, 0.84 at C.2 respectively. So 0.80, averaged by the values at the three points, is employed as the evaporation coefficient of whole basin.

C (evaporation coefficient) = actual evaporation / potential evaporation (pan evaporation)

$$= \frac{\sum R - \sum Q}{\sum evap} \quad (1)$$

Herein Q: discharge, R: rainfall, evap: evaporation

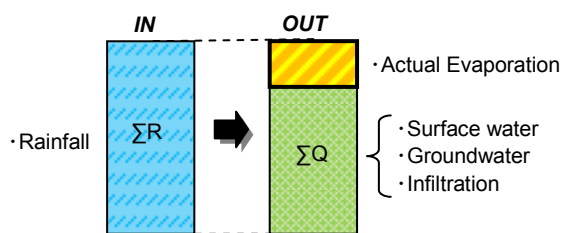


Figure 2.3.1 Water Balance in Catchment Area

Table 2.3.2 Assumed Evaporation Coefficient

STN_CODE		Sirikit Dam	Bhumibol Dam	C.2
RIVER		Ping	Nan	Chao Phraya
SUB-BASIN		-	-	Chao Phraya
1.Catchment Area	(km <sup>2</sup> )	13,131	24,305	58,205
2.Peak Discharge (record high)	(m <sup>3</sup> /s)	4,303	3,605	5,451
3. Total Rainfall* <sup>1</sup>	(mm)	39,856	33,231	36,409
4. Evaporation* <sup>1</sup>	(mm)	32,864	35,211	36,636
5. Total Rainfall: $\Sigma R$	(MCM)	523,349	807,679	2,119,186
6. Total Evaporation: $\Sigma_{evap}$	(MCM)	431,537	855,803	2,132,398
7. Total Runoff : $\Sigma Q$	(MCM)	171,204	167,220	327,021
8. Evaporation Coefficient (5-7)/6	-	0.82	0.75	0.84

\*1 Total value from April to December 1980-2011, however values in 1983 year are not included because observed data is not available over 60 days

Table 2.3.3 Calculation of Average Rainfall and Evaporation

Items	Stations	Calculation Method
Average daily rainfall	TMD and RID Total 410 stations	Average rainfall of watershed is calculated with the Thiessen Method.
Average daily evaporation	TMD 46 stations	Actual evaporation is defined as 80% of pan evaporation. Average evaporation of watershed is calculated with the Thiessen Method.

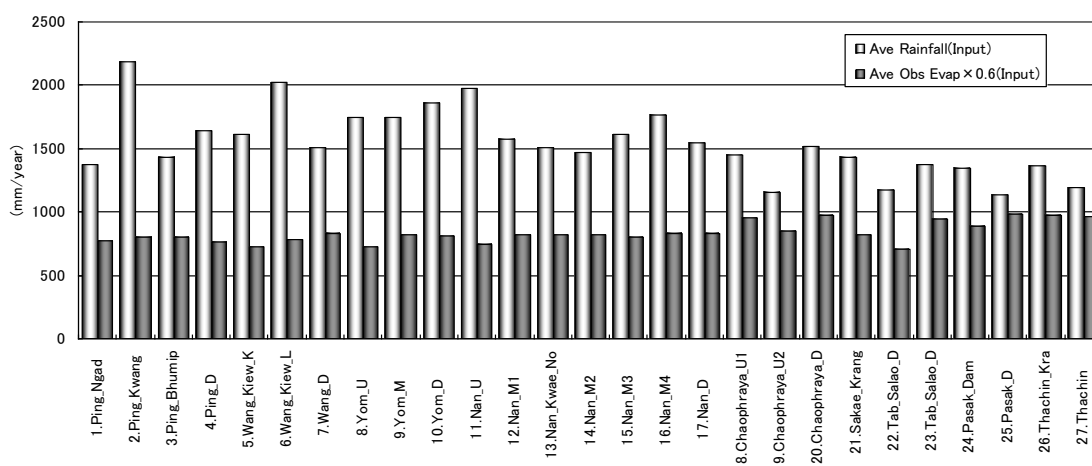


Figure 2.3.2 Amount of Average Rainfall and Evaporation (2011)

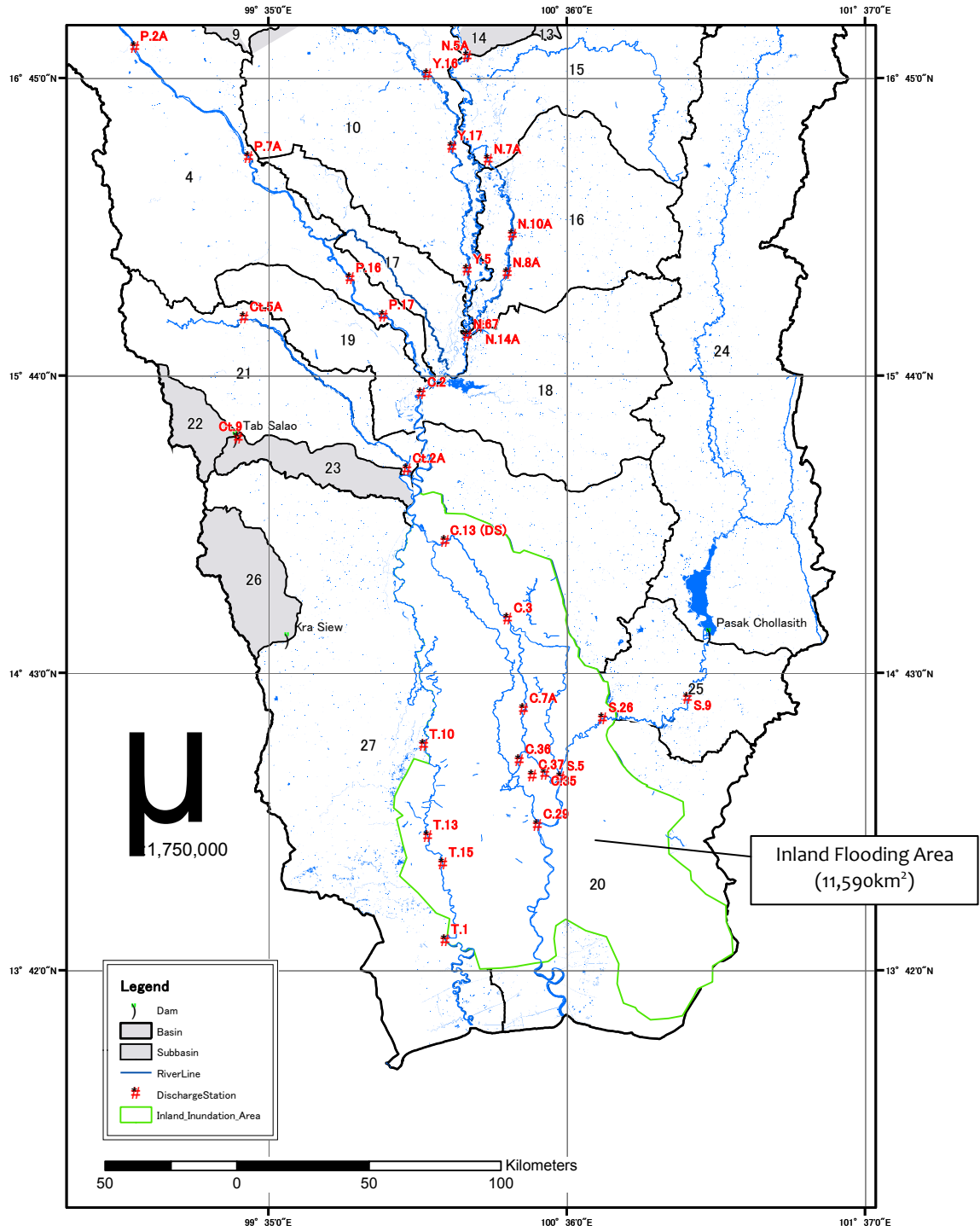


Figure 2.3.3 Estimated Inland Flooding Area (Draft)

## 2.4 Parameters

Initial parameters of NAM Runoff Model shall be set by reference to the finalized parameters at the '99 Master Plan study. Since the '99 Master Plan study employed NAM Runoff Model for eighteen divided sub-basins, initial parameters shall be distributed to the overlapped areas of twenty-seven sub-basins which was defined at 2.2.1. These values shall be modified according to the result of model calibration.

**Table 2.4.1 Model Parameters (Surface-Root zone)**

Surface and root zone parameters	
$U_{max}$	Maximum water content in surface storage
$L_{max}$	Maximum water content in root zone storage
$CQOF$	Overland flow runoff coefficient
$CKIF$	Time constant for interflow
$CK_{12}$	Time constant for routing interflow and overland flow
$TOF$	Root zone threshold value for overland flow
$TIF$	Root zone threshold value for interflow

**Table 2.4.2 Model Parameters (Final) – Surface-Root zone**

Area No	Name	River	Area (km <sup>2</sup> )	Surface-Root Zone						
				$U_{max}$	$L_{max}$	$CQOF$	$CKIF$	$CK_{1,2}$	$TOF$	$TIF$
1	PING_NGAD	Ping	1,283	10	100	0.6	1,000	30	0.2	0.3
2	PING_KWANG		566	20	200	0.6	900	30	0.2	0.3
3	PING_BHUMIPOL		24,305	20	800	0.6	300	30	0.2	0.1
4	PING_D		8,383	30	300	0.8	1,000	20	0.6	0.6
5	WANG_KIEW_KO_MA	Wang	1,354	40	1,000	0.6	1,000	20	0.2	0.7
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	50	1,500	0.9	1,000	20	0	0.8
7	WANG_D		8,017	20	100	0.5	800	30	0.4	0.4
8	YOM_U	Yom	5,580	20	200	0.3	1,000	20	0.2	0.2
9	YOM_M		12,120	20	200	0.9	500	15	0	0.1
10	YOM_D		6,347	20	300	0.9	1,000	150	0.5	0.5
11	NAN_U	Nan	13,131	10	1,000	0.9	1,000	30	0.1	0.4
12	NAN_M1		5,660	10	50	0.5	1,000	100	0.2	0.3
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	80	130	0.1	1,000	100	0	0
14	NAN_M2		2,315	10	100	0.5	1,500	100	0.5	0.5
15	NAN_M3		3,962	10	100	0.5	1,500	150	0.3	0.3
16	NAN_M4		4,103	50	500	0.3	1,500	150	0.5	0.2
17	NAN_D		1,718	20	500	0.6	1,500	150	0.5	0.5
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	30	200	0.3	1,000	50	0.7	0.5
19	CHAOPHRAYA_U2	Chaophraya	1,894	10	100	0.2	1,000	50	0.9	0.3
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	10	150	0.5	1,500	20	0.7	0.5
21	SAKAE_KRANG	Sakae_Krang	3,482	10	100	0.4	1,000	30	0.5	0.5
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Salao	543	30	700	0.3	500	5	0.5	0.99
23	TAB_SALAO_D		882	10	100	0.6	1,200	30	0.3	0.3
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	10	1,000	0.1	1,000	30	0.3	0.5
25	PASAK_D		2,657	10	200	0.6	1,000	20	0.5	0.5
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	10	300	0.6	1,000	20	0.7	0.9
27	THACHIN		11,169	10	50	0.3	1,000	30	0.3	0.3

**Table 2.4.3 Model Parameters (Ground Water)**

Groundwater parameters	
$CK_{BF}$	Baseflow time constant
$TG$	Root zone threshold value for groundwater recharge
$CQ_{LOW}$	Recharge to lower groundwater storage
$CK_{LOW}$	Time constant for routing lower baseflow
$C_{area}$	Ratio of groundwater catchment to topographical catchment area
$GWL_{BF0}$	Maximum groundwater depth causing baseflow
$S_y$	Specific yield
$GWL_{FL1}$	Groundwater depth for unit capillary flux

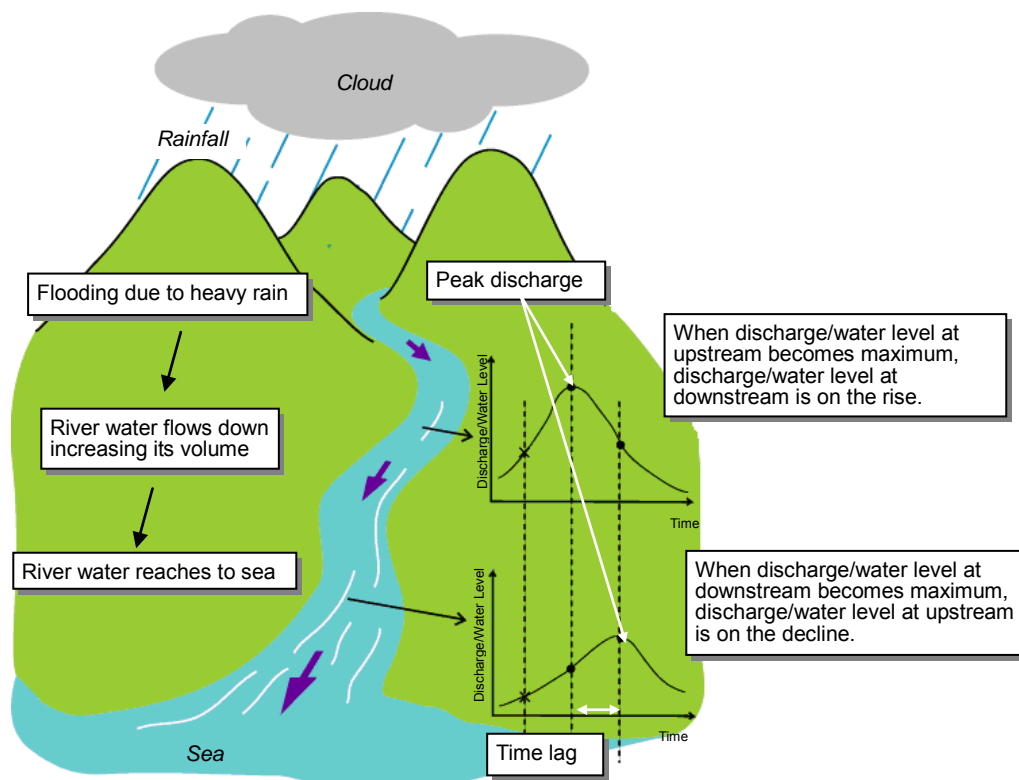
**Table 2.4.4 Model Parameters (Final) – Ground Water**

Area No	Name	river	Area (km <sup>2</sup> )	Ground Water							
				TG	CK <sub>BF</sub>	C <sub>area</sub>	S <sub>y</sub>	GWL <sub>BF0</sub>	GWL <sub>BF1</sub>	C <sub>q</sub> <sub>low</sub>	C <sub>k</sub> <sub>low</sub>
1	PING_NGAD	Ping	1,283	0.1	1,000	1	0.15	10	0	10	1,500
2	PING_KWANG		566	0.1	1,000	1	0.15	10	0	10	1,500
3	PING_BHUMIPOL		24,305	0.3	1,000	1	0.15	10	0	10	1,500
4	PING_D		8,383	0.1	500	1	0.15	10	0	10	1,500
5	WANG_KIEW_KO_MA	Wang	1,354	0.3	700	1	0.15	10	0	10	1,000
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	0	1,000	1	0.15	10	0	10	1,000
7	WANG_D		8,017	0.4	1,000	1	0.15	10	0	10	1,000
8	YOM_U	Yom	5,580	0.6	700	1	0.1	10	0	50	1,000
9	YOM_M		12,120	0	500	1	0.05	10	0	50	8,000
10	YOM_D		6,347	0.1	1,000	1	0.05	10	0	50	1,000
11	NAN_U	Nan	13,131	0.1	800	1	0.2	10	0	0	10,000
12	NAN_M1		5,660	0.4	600	1	0.15	10	0	0	10,000
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	0.5	200	1	0.05	10	0	0	10,000
14	NAN_M2		2,315	0.1	1,500	1	0.05	10	0	0	10,000
15	NAN_M3		3,962	0.4	1,500	1	0.05	10	0	0	10,000
16	NAN_M4		4,103	0.5	1,500	1	0.05	10	0	0	10,000
17	NAN_D		1,718	0.1	1,000	1	0.05	10	0	0	10,000
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	0.1	1,000	1	0.05	10	0	0	10,000
19	CHAOPHRAYA_U2	Chaophraya	1,894	0.1	1,000	1	0.05	10	0	0	10,000
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10,000
21	SAKAE_KRANG	Sakae_Krang	3,482	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10,000
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Salao	543	0.5	500	1	0.1	10	0	0	10,000
23	TAB_SALAO_D		882	0.3	800	1	0.1	10	0	0	10,000
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	0.1	800	1	0.15	10	0	0	10,000
25	PASAK_D		2,657	0.1	1,000	1	0.1	10	0	0	10,000
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	0.1	400	1	0.1	10	0	0	10,000
27	THACHIN		11,169	0.8	300	1	0.1	10	0	0	10,000

## CHAPTER 3 River Network Model

### 3.1 Outline

Discharge and water level in target rivers/canals shall be computed with one-dimensional unsteady flow model that calculates a temporal alteration of discharge/water level at each cross section, since river running through lowland area would be affected confluence of tributaries and tidal level (backwater). River network model shall be built with DHI MIKE11. In this study, full dynamic model shall be employed for flood routing calculation.



- 1) Usually, river discharge, water level and flow velocity would change from hour to hour during flood event.
- 2) River flow reaches downstream taking time and hydrograph at downstream is different from upstream, which is remarkable in a long and low-sloped river.

**Figure 3.1.1 Intellection of Unsteady River Flow**

**Table 3.1.1 Description of River Network Model**

Items	Contents
Hydraulic Model	One-dimensional unsteady flow (fully dynamic) DHI-MIKE11 HD module
River Network	Refer to Figure 3.5.6
Cross Section	Surveyed in 2005yr and 2006yr, provided by RID Surveyed in 2012yr by JST (mainly, primary canals)
Structures	Large dam, weir and regulators
Boundary Condition	Upstream: Calculated hydrograph with the runoff model, observed discharge and released water from dams. Downstream: Observed tide level

## 3.2 River Network

### 3.2.1 River Network Developed In This Model

Table 3.2.1 shows rivers/canals built in the river network model. All rivers/canals that have cross-section data shall be built in the model. Chainat-Ayutthaya Canal (design discharge 65m<sup>3</sup>/s) is not included in the network, since it runs along the left side the Chao Phraya River and has a no influence on inundated flow.

**Table 3.2.1 Rivers/Canals built in River Network Model**

No.	River Name	This Study	Previous Study (1999 M/P)	Remarks
1	Chao Phraya	Yes	Yes	
2	Ping	Yes	Yes	
3	Wang	Yes	-	
4	Yom	Yes	Yes	
5	Nan	Yes	Yes	
6	Sakae Krang	Yes	-	In 2005, river is named Mae Wong.
7	Tub Salao	Yes	-	
8	Tachin	Yes	Yes	
9	Noi	Yes	Yes	
10	Lop Buri	Yes	Yes	
11	Bang Kaeo	Yes	Yes	
12	Pasak	Yes	Yes	
13	Chainat-Pasak Canal	Yes	-	
14	Phong-Peng Canal	Yes	Yes	In 2005, river is named Bang Luang
15	Yom Koa River	Yes	-	
16	Bang Ban Canal	Yes	-	
17	Bonlue Canal	Yes	-	Surveyed in 2012 by JST
18	Chao Chet Bang Yi Hon Canal	Yes	-	Ditto
19	Mahashat Canal	Yes	-	Ditto
20	Machanthao Uthong Canal	Yes	-	Ditto
21	Pasicharoen Canal	Yes	-	Ditto
23	Phra Phimon Canal	Yes	-	Ditto
24	Prawetburiom East Canal	Yes	-	Ditto
25	Prawetburiom West Canal	Yes	-	Ditto
26	Prem Prachkon Canal	Yes	-	Ditto
27	Raphiphat Canal	Yes	-	Ditto
28	Raphiphat Yeak Tok Canal	Yes	-	Ditto
29	Rung Sitprayunsak Canal	Yes	-	Ditto
30	Saen Saep East Canal	Yes	-	Ditto
31	Saen Saep West Canal	Yes	-	Ditto
32	Sai Si Canal	Yes	-	Ditto
33	West Raphiphat Canal	Yes	-	Ditto

### 3.2.2 River Network set up in DHI-MIKE M/P study model

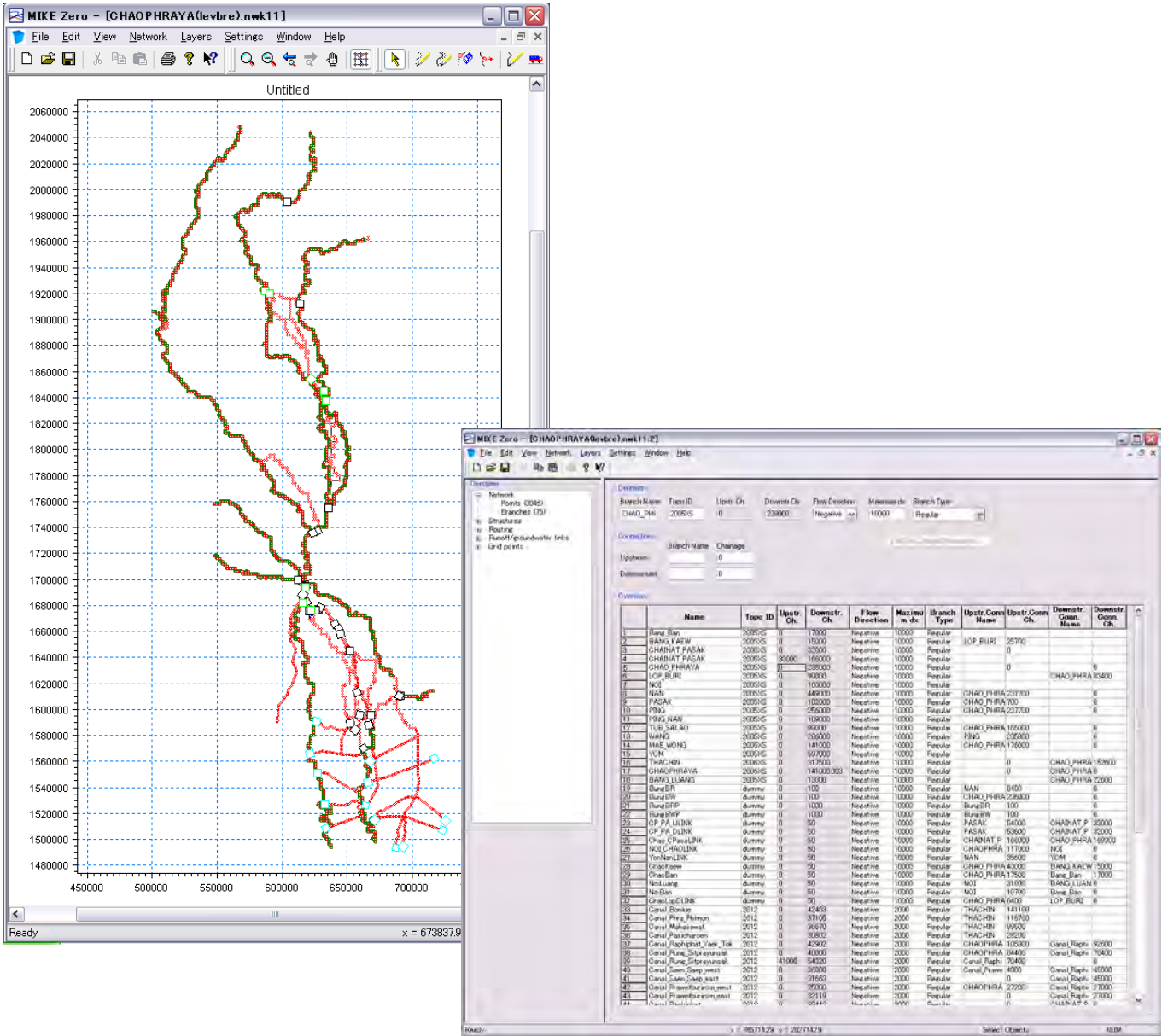


Figure 3.2.1 Project map in network file (DHI-MIKE M/P study model)



### 3.3 Cross Section

#### 3.3.1 Cross section data

The cross section data provided by RID is shown in Table 3.3.1. In this study, to check the latest river condition, cross-section survey was conducted downstream of Nakhon Sawan as shown in Figure 3.3.1. As mentioned above, rivers/canals that has cross section data shall be built in the model. In addition, the important rivers/canals for re-production of flood situations pointed out by RID shall be built as much as possible, such as Yom Koa River connected Yom River and Nan River.

**Table 3.3.1 Cross Section Data Provided from RID**

No	River/Canal	Measured Year	Length(km)*
1	Chao Phraya River	0-141km (2006) 141-379km (2005)	379
2	Ping River	2005	256
3	Wang River	2005	236
4	Yom River	2005	597
5	Nan River	2005	449
6	Sakae Krang River	2005	141
7	Tub Salao River	2005	99
8	Tachin River	2006	318
9	Noi River	2005	166
10	Lop Buri River	2005	99
11	Bang Kaeo River	2005	15
12	Pasak River	2005	102
13	Chainat-Pasak Canal	2005	166
14	Phong-Peng Canal	2005	13
15	Bang Ban Canal	2005	17

\*Length is calculated with observed interval of cross section survey on 2005/2006. Except for a part of downstream of Chao Phraya and Ta Chin, cross-section survey was conducted with 1,000m interval.

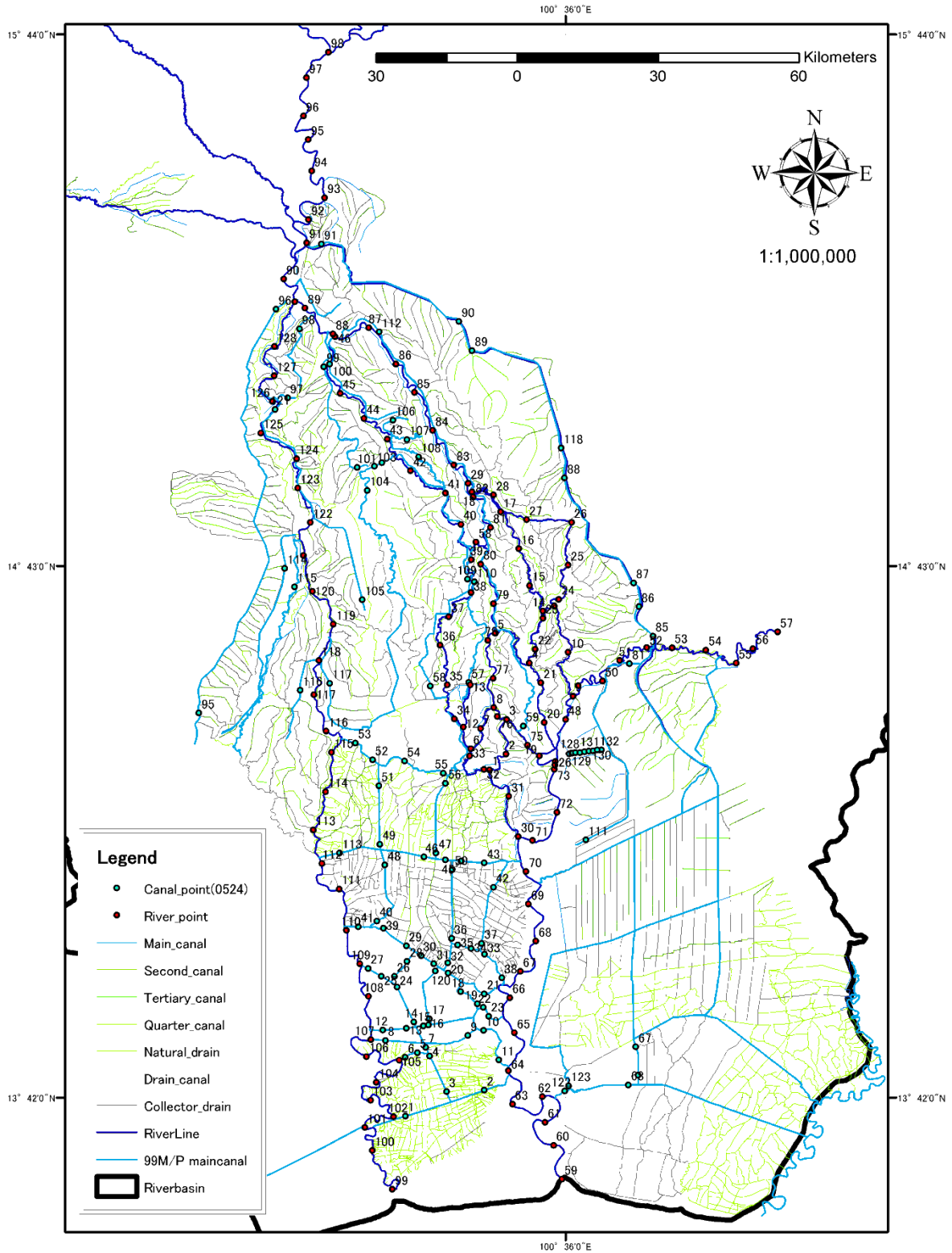


Figure 3.3.1 Additional Cross-Section Survey (2012yr)

### 3.3.2 Setup of Secondary Dikes

In lowland area, two types of dike are located along the rivers/canals, one is the embankment produced naturally by river flow (primary dike), and the other one is road dike which is constructed along the irrigation canal (secondary dike). Actually, secondary dike plays a role as river dike, so flow area shall be defined between secondary dikes. Since cross section data provided by RID mainly covers primary dike, cross section data shall be complemented with LiDAR data as shown in Figure 3.3.3. Locations of secondary dikes are set up longitudinally by extracting higher area than limb ground from the distribution map of height of 2m grid (LiDAR). In the area where there is no LiDAR data, Google Map is used. Only Chao Phraya River, RID defined the line of secondary dike.

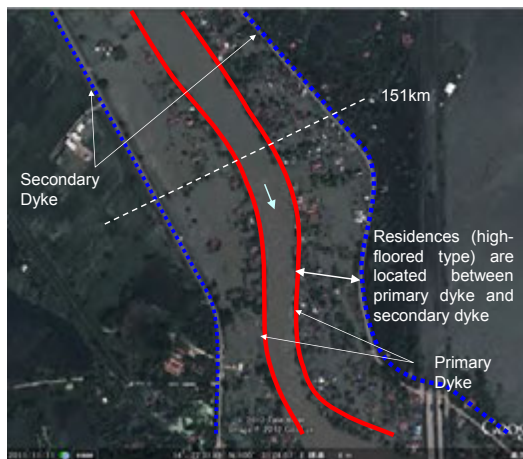


Figure 3.3.2 Secondary Diike

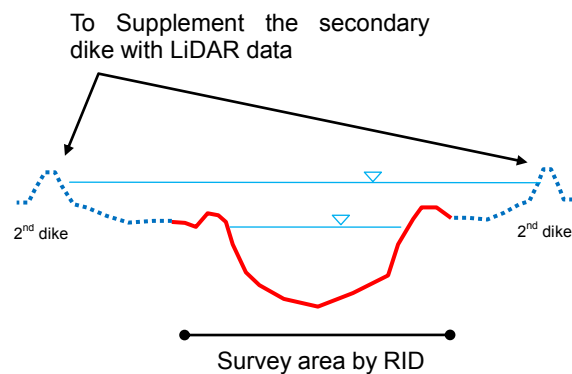


Figure 3.3.3 Modified Cross Section data

#### (1) Method of Acquisition of Height of Secondary Dikes

Figure 3.3.4 shows the method of acquisition of height of secondary dikes from LiDAR data.

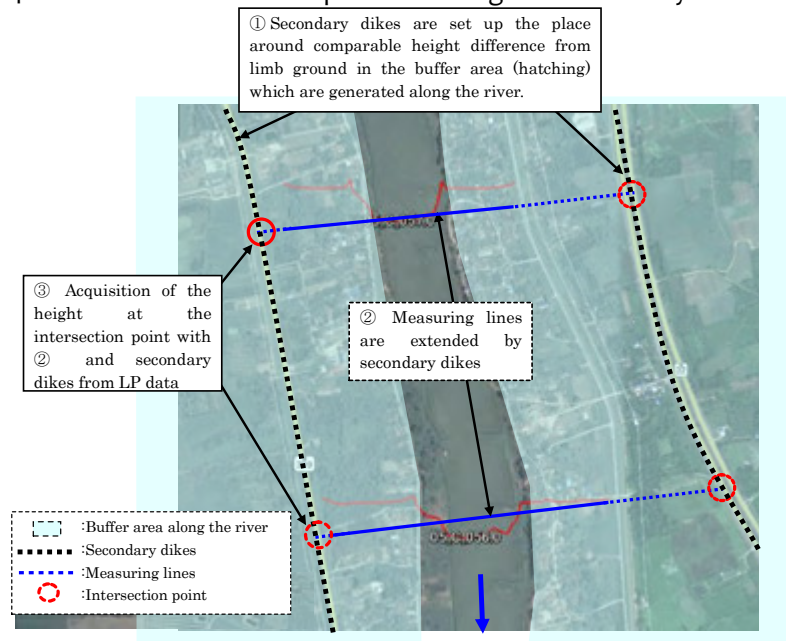


Figure 3.3.4 Setup of Secondary Dikes

In the case that there are two roads along river, secondary dike line is set up by checking an aerial photograph and elevation of LiDAR data longitudinally. Another case that secondary dike set up by LiDAR data is different from that by RID documents shown in Figure 3.3.5, high road is as secondary dike line longitudinally by comparing each elevation of secondary dikes shown in Figure 3.3.6, considering flood is dammed up by higher road. Heights of secondary dikes in all rivers are acquired by above method. Longitudinal profile of height of secondary dike in upstream of Chao Phraya River (141k~379k) is shown in Figure 3.3.7 for example.

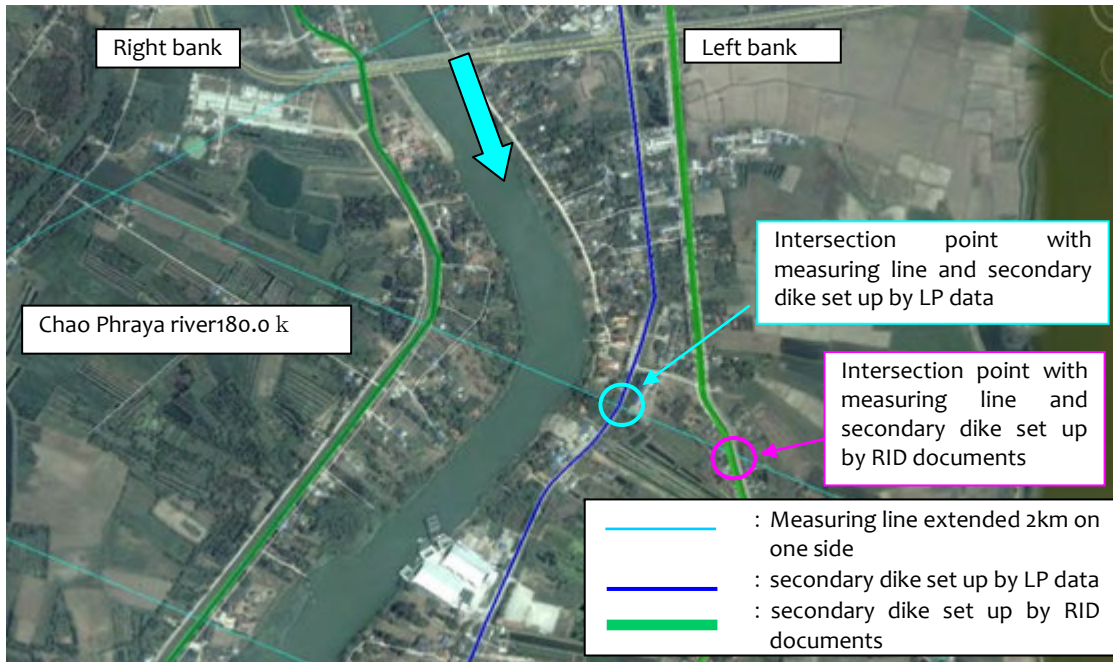


Figure 3.3.5 Example of Different Locations of Secondary Dikes Set up by LP Data and by RID Documents

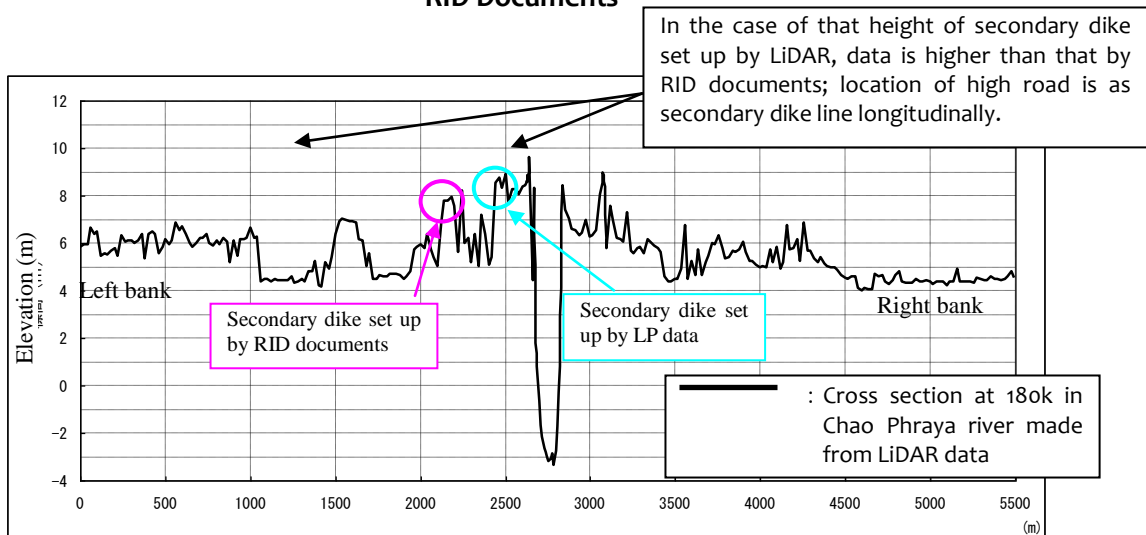


Figure 3.3.6 Example of Cross Section at Different Locations of Secondary Dikes Set up by LP Data and by RID Documents

In the area where LiDAR data is not available and secondary dike is not acquired clearly, secondary dike is treated as follow.

- Height of secondary dike is set up by interpolating from that of upper and lower cross sections acquired by LiDAR data at cross section in which intersection point with measuring line and secondary dike is not acquired in curved section.
- Height of secondary dike is set up by interpolating from that of upper and lower cross sections acquired by LiDAR data in section where there is no LiDAR data locally.
- In case that there is not secondary dike clearly, river width for calculation is to high ground height of flood prone area set up by LiDAR data which flood reach to.

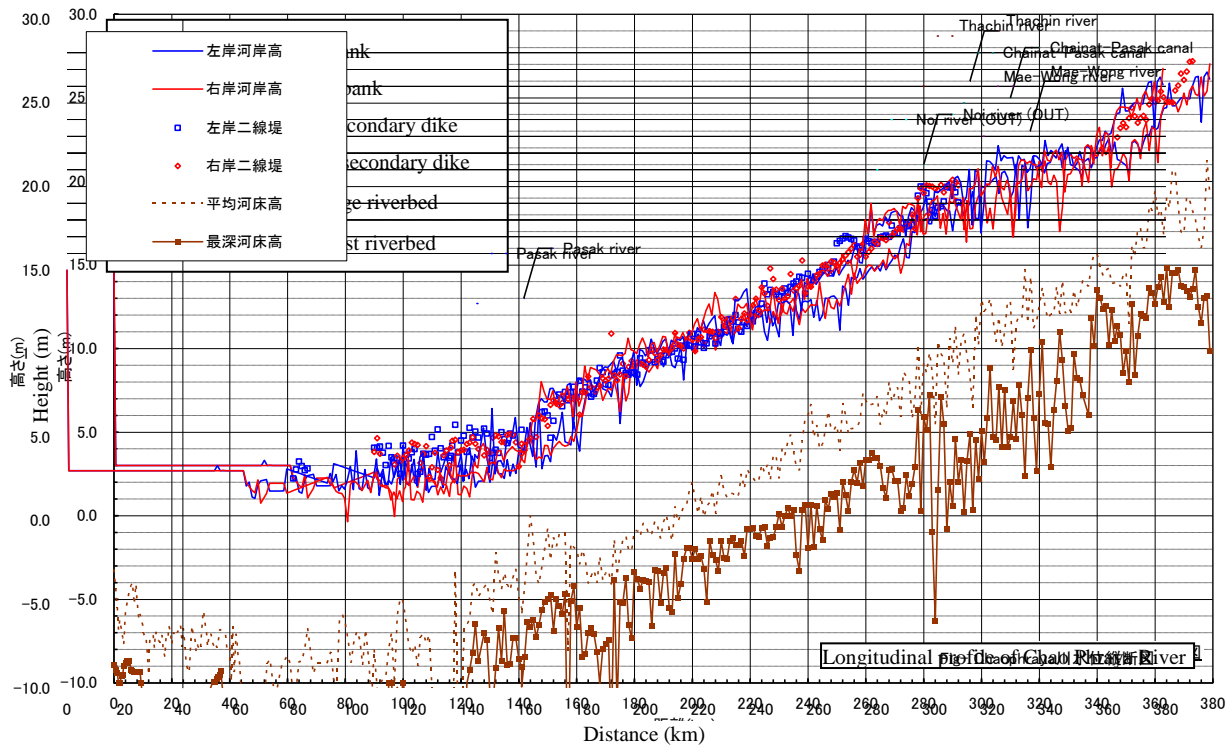


Figure 3.3.7 Longitudinal Profile of Height of Secondary Dike (Upstream of Chao Phraya River (141k~379k))

(2) Location of Secondary Dike

Locations of secondary dikes are shown in Figure 3.3.8.

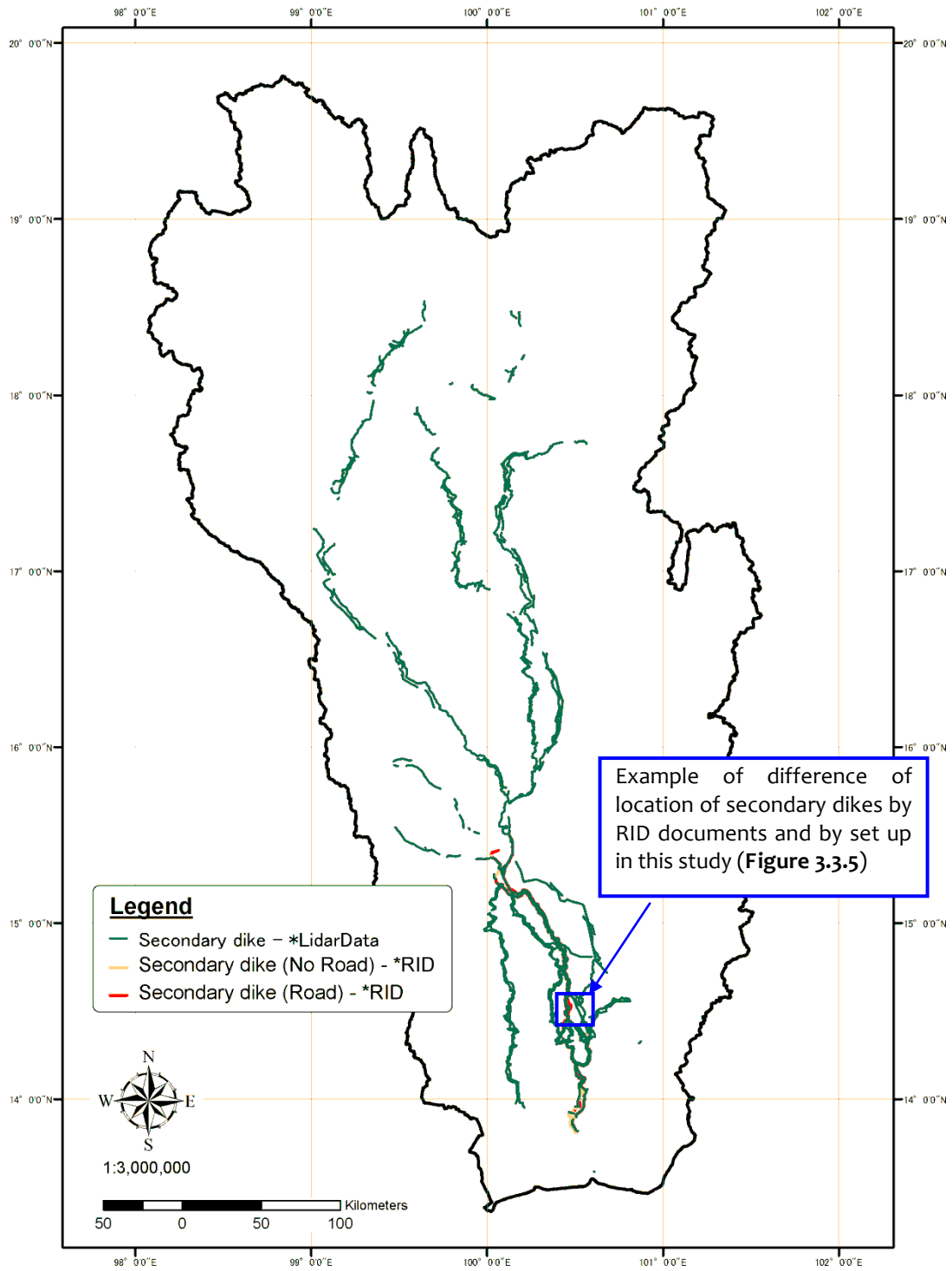


Figure 3.3.8 Locations of Secondary Dikes

### 3.3.3 Roughness Coefficient

Manning’s  $n$  in river is set up considering high flow channel shown in Figure 3.3.9. The values of low flow zone are set by reference to the '99 Master Plan study. According to the standard values, roughness coefficient of one-dimensional flood simulation is listed in the range of 0.05 to 0.3<sup>2</sup>. Since values of high flow zone shall be in the range of usual values, they are set equivalent to those of low flow zone multiplied by three. These values is finalized according to the result of model verification, shown in .

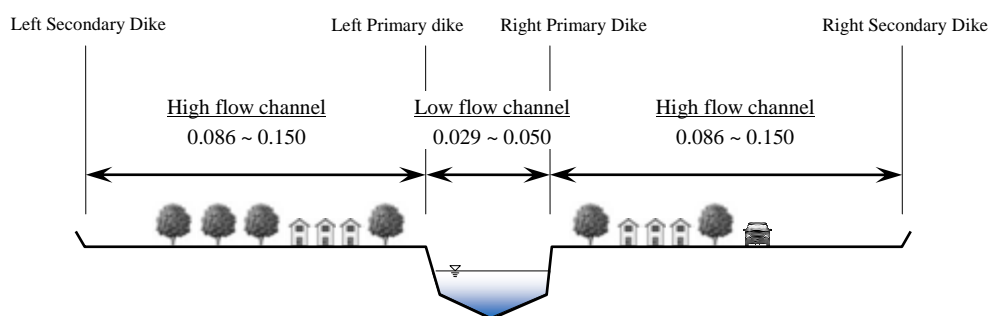


Figure 3.3.9 Schematic Cross Section View for Setting Manning’s  $n$

Table 3.3.2 Final setting of Manning’s  $n$

No.	River	Reach(km)	Resistance (Manning $n$ )	
			Low flow zone	High flow zone
1	CHAOPHRAYA	0 ~ 141	0.022	0.066
		142 ~ 225	0.033	0.099
		226 ~ 379	0.040	0.120
2	PING	0 ~ 43	0.028	0.084
		44 ~ 135	0.033	0.099
		136 ~ 256	0.050	0.150
3	WANG	0 ~ 286	0.033	0.099
4	YOM	0 ~ 260	0.033	0.099
		261 ~ 597	0.050	0.150
5	NAN	0 ~ 129	0.050	0.150
		130 ~ 449	0.040	0.120
6	SAKAE KRANG	0 ~ 141	0.033	0.099
7	TUB SALAO	0 ~ 99	0.033	0.099
8	THACHIN	0 ~ 318	0.033	0.099
9	NOI	0 ~ 166	0.029	0.087
10	LOP BURI	0 ~ 99	0.029	0.087
11	BANG KAEW	0 ~ 15	0.029	0.087
12	PASAK	0 ~ 107	0.033	0.099
13	CHAINAT-PASAK Canal	0 ~ 166	0.033	0.099
14	PHONG PEN Canal	0 ~ 13	0.029	0.087
15	BANG BAN Canal	0 ~ 17	0.029	0.087
-	Other Canals	-	0.033	0.099

<sup>2</sup> Simulation Manual on Inundation (draft version) by Public Works Research Institute, Japan 1996

3.3.4 Cross section data set up in DHI-MIKE M/P study model

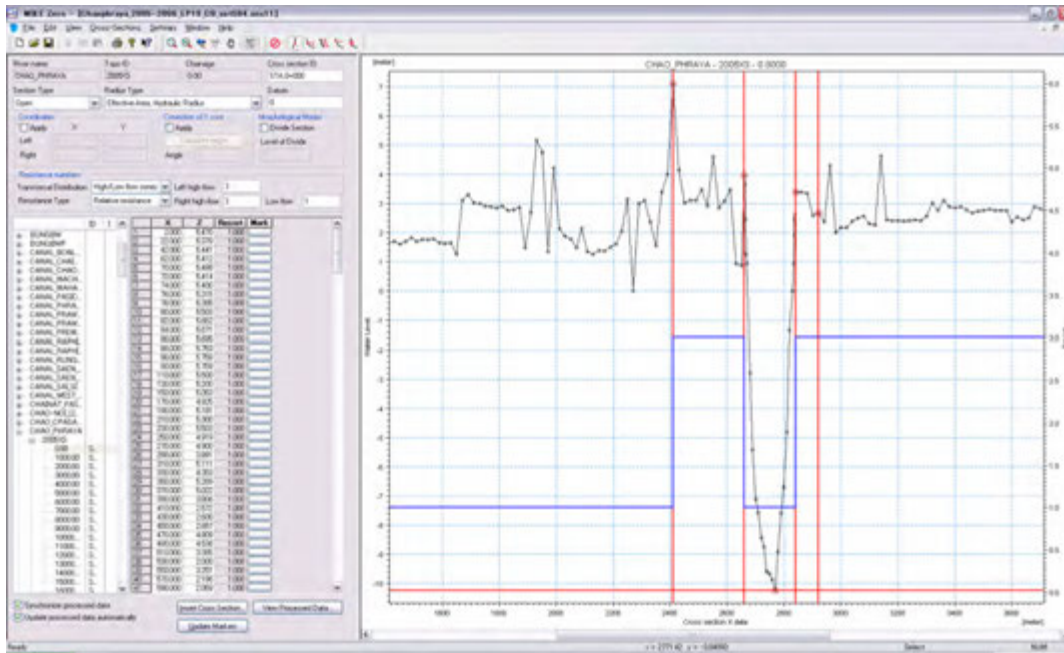


Figure 3.3.10 Cross-Section file (DHI-MIKE M/P study model)

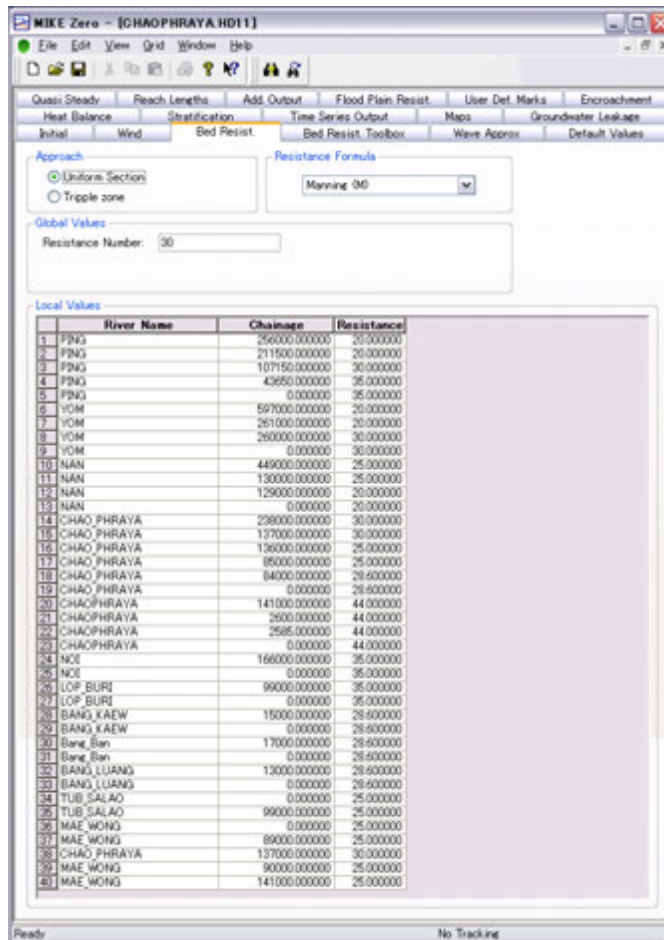


Figure 3.3.11 Roughness Coefficient in HD file (MIKE M/P study model)



### 3.4 Structures

#### 3.4.1 Weirs/Regulators

Weirs/regulators that have an influence on flood regime and inundation during large flood event shall be built in the river network model. Table 3.4.1. indicates the selected weirs/regulators.

**Table 3.4.1 Major Regulators in Chao Phraya River Basin**

No.	Type	Facility name	River (Canal) name	Discharge regulation (m <sup>3</sup> /s)	Location (RID)		Gate information		
					POINT_X	POINT_Y	Number	Wide	Height
1	Regulator	HAD SAPAN CHAN RE.	Yom River	1804	587,700	1,918,800	5	12.00	10.25
2	Regulator	KLONG HOK BAHT RE.	Hok Baht Canal (Connecting Yom River to Yom-Nan Diversion Channel, Yom Koa River)	280	585,800	1,921,400	3	6.00	6.00
3	Regulator	YOM NAN RE.	Yom-Nan Diversion Channel	100	589,900	1,920,600	3	6.00	5.00
4	Regulator	YOM KAO RE.	Yom Koa River (Old Yom River)	180	589,900	1,920,100	4	6.00	5.00
5	Regulator	DR.15.8 YOM RE.	DR15.8 Canal (Connecting Yom River and Nan River)	60	622,775	1,852,906	2	6.00	4.00
6	Regulator	YANGSAI RE.	Yom River	630	587,700	1,873,985	7	6.00	6.00
7	Regulator	NARESWAN DAM	Nan River	1600	626,217	1,884,844	5	12.50	7.60
8	Regulator	DR.15.8 NAN RE.	DR15.8 Canal (Connecting Yom River and Nan River)	80	633,500	1,842,900	5	3.55	4.00
9	Regulator	DR2.8 RE.	DR2.8 Canal (Connecting Yom River and Nan River)	360	633,466	1,837,686	4	6.00	7.00
10	Regulator	MAKHAMTHAD-UTONG RE.	MAKHAMTHAD -UTONG CANAL	35	614,167	1,683,281	6	1.75	2.00
11	Regulator	PHONLATEP RE. (POLLATHEP RE.)	SUPHAN RIVER (Connected to Tha Chin River)	318	615,202	1,682,487	4	6.50	7.30
12	Regulator	BARROMTAT RE. (BORROMTAT RE.)	NOI RIVER	260	624,200	1,675,700	4	6.00	6.00
13	Regulator	MANOROM RE.	CHAINAT PASAK CANAL	210	618,411	1,695,021	6	6.00	3.50
14	Diversion Weir	CHAO PHRAYA DAM	CHAOPHRAYA RIVER	3,300	626,783	1,676,221	16	12.50	7.50
15	Regulator	MAHARAJ RE.	CHAINAT AYUTHAYA CANAL	75	626,050	1,676,403	6	6.00	2.50
16	Regulator	RAMA VI BARRAGE (PHRARAM 6 DAM)	PASAK RIVER	1,800	690,100	1,609,950	6	12.50	7.80
17	Regulator	PHRA NARAI RE.	RAPI PAT Canal (Discharged into EAST BANK PROJECT AREA)	150	690,115	1,609,945	8	4.20	3.56
18	Regulator	LOPBURI RE.	LOPBURI RIVER	270	652,500	1,643,595	4	6.00	9.20
19	Regulator (Drainage)	BAN CHOM SRI RE.	Drainage Canal in Mahajaj Project Area	120	641,856	1,664,819	3	4.00	6.50
20	Regulator	PAKHAI RE.	NOI RIVER	150	648,206	1,597,023	3	6.00	6.00
21	Regulator	LAD CHADO RE.	SUPAN4 Canal (Connecting Tha Chin River and Noi River)	80	647,063	1,599,918	3	6.00	5.00
22	Regulator	PHO PHRAYA RE.	THA CHIN RIVER	318	620,776	1,606,925	2	12.50	6.00
23	Regulator	SAM CHUK RE.	THA CHIN RIVER	318	617,300	1,633,200	2	12.50	7.00
24	Regulator	BANG PLA MAA RE.	SUPAN4 CANAL (Connecting Tha Chin River and Noi River)	78	625,861	1,592,477	3	6.00	4.80

#### 3.4.2 Dams

Flood analysis shall be conducted considering the storage function by ten dams as shown in Table 3.4.2. When re-production calculation of past flood events, actual released water from dams would be treated as upper boundary condition. When predictive calculation is carried out, another outflow would be determined by proposed dam operation rule and employed as upper boundary condition.

Table 3.4.2 Specification of Major Dams

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Name of Dam	Bhumibol	Sirikit	Mae Ngat	Mae Kuang	Kiew Lom	Kiew Kor Ma	Kwae Noi	Pasak	Tap Sa Lao	Kra Siew
Agency	EGAT	EGAT	RID	RID	RID	RID	RID	RID	RID	RID
River Name	PING	NAN	PING	PING	WANG	WANG	Kwae Noi(NAN)	PASAK	MANAM SAKAE KRANG	THA CHIN
Province	Tak	Auttradith	Chiang Mai	Chiang Mai	Lam Pang	Lam Pang	Phitsanulok	Lop Buri	Uthai Thani	Suphan Buri
Region	North	North	North	North	North	North	North	Central	Central	Central
Location (WGS84)										
Longitude	98°54' 0"	100°33' 53.64"	99°2' 23.64"	99°7' 41.88"	99°37' 38.28"	99°38' 24"	100°25' 0.12"	101°5' 31.2"	99°28' 38.64"	99°39' 14.4"
Latitude	17°15' 54"	17°45' 54.36"	19°9' 36"	18°55' 23.52"	18°31' 9.48"	18°48' 0"	17°10' 59.88"	14°50' 51.36"	15°31' 17.76"	14°49' 56.28"
Dam Type	Gravity Arch	Earth fill	Earth fill	Earth fill	Earth fill	Rock fill	Rock fill	Earth fill	*	*
Dam Height (m)	154.0	113.6	59.0	61.0	26.5	47.0	80.0	23.2	26.8	*
Purpose	Hydropower, Irrigation and Flood control	Hydropower, Irrigation and Flood control	Irrigation	Irrigation	Irrigation	Irrigation and Water Supply	Hydropower, Irrigation and Flood control	Hydropower, Irrigation	Irrigation	Irrigation
Catchment Area (km <sup>2</sup> )	26,386	13,130	1,281	569	2,700	1,275	4,254	12,929	534	1,200
Storage (MCM, Million Cubic Meter)										
Maximum	13,462	10,640	325	263	106	209	1,080	960	198	363
Retention	13,462	9,510	265	263	106	170	939	785	160	240
Minimum(=dead volume)	3,800	2,850	22	14	4	6	43	3	8	40
Surface Area (km <sup>2</sup> )	316.0	260.0	16.0	12.0	16.0	*	40.5	148.8	19.0	*
Spillway										
Type	Tunnel	2 Tunnels	*	*	*	*	Overflow	Overflow	*	*
Crest Elevation (MSL)	242.9	150.5	393.8	*	*	*	118.5	32.5	*	*
Control Gate	Radial Gate	Radial Gate					Radial Gate			
Number of Gate	4	2					5			
Size	width: 11.0m height: 17.4m	width: 11.85m height: 15.0m					width: 13.0m height: 12.0m			
Design Flood Volume (MCM)	7,670	4,643	261	*	*	*	*	*	*	*
Maximum Discharge Capacity (m <sup>3</sup> /s)	6,000	3,250	1,035	*		1,300	2,385	7,046	3,497	*
Intake Structure										
Intake Gate	Fixed Wheel	Fixed Wheel					Fixed Wheel			
Number of Gate	7	1					1			
Size	width: 4.2m height: 6.7m	width: 6.0m height: 8.5m					width: 5.0m height: 5.5m			
Power Installed Capacity (MW)	70*6+128=548	125*4=500	4.5*2=9				19*2=38			
Inauguration	1964	1974	1966	*	*	2009	2009	*	*	*
Collected Data (Storage Volume, Inflow, outflow etc)	1964 to date	1974 to date	2006 to date	1993 to date	1972 to date	2009 to date	2009 to date	1999 to date	2003 to date	1980 to date
Remarks										

Note: Above 10 dams are located in Chao Phraya River Basin and their rule curves are revised in case of large flood like 2011 yr flood. " \* " is to be under investigation

**Table 3.4.3 Facilities Built in the Flood Analysis Model**

No	Type	Name	River (Canal)	Storage (MCM)		Maximum Release (m <sup>3</sup> /s)	Remarks
				Maximum	Retention		
1	Dam	Bhumibol Dam	Ping River	13,462	13,462	-	Calibration of runoff from upstream of dam was completed.
2	Dam	Sirikit Dam	Nan River	10,640	9,510	-	Calibration of runoff from upstream of dam was completed. Actual release water from dams is employed as upstream boundary condition.
3	Dam	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan River	1,080	939	-	
4	Dam	Pasak Chollasith Dam	Pasak River	960	785	-	
5	Dam	Tab Salao Dam	Sakae Kurang River	198	160	-	
6	Dam	Kra Siew Dam	Ta Chin River	363	240	-	Observed discharge through the regulator was re-created well.
7	Regulator	Phonlatep Regulator (POLLATHEP RE.)	Suphan River (connect to Ta Chin river)			318	
8	Regulator	Barromtat Regulator (BORROMTAT RE.)	Noi River			260	
9	Regulator	Manorom Regulator.	Chainat Pasak Canal			210	Water level and discharge at C.13 station located downstream of the Chao Phraya dam was re-created.
10	Diversion Weir	Chao Phraya Dam	Chao Phraya River			3,300	
11	Regulator	Phra Narai regulator	Rapipat Canal (discharged into East bank project area)			150	Observed discharge through the regulator was re-created.
12	Regulator	Pakhai Regulator	Noi River			150	

### 3.4.3 Pumping Station

During flood event, inundated water would be drained to rivers/canals by pump. The location of pump station is shown in Figure 3.4.1. Since it is difficult to make all small and large pump stations built in the model, it is assumption that pump stations in drainage areas are put together and total drainage capacity would be drained via main canals. Table 3.4.4 shows the pump stations built in the model.

**Table 3.4.4 Pump Stations Built in the Model**

No	Outlet	Pump Capacity (m <sup>3</sup> /s)			Remarks
		Permanent	Semi-permanent	Total	
East	Chao Phraya R.	167.2	54.0	221.2	
	Nakorn Nayok R.	33.6	54.0	87.6	
	Bang Pakorn R.	101.6	90.0	191.6	
	Gulf	336.8	48.0	384.8	
	Internal drain	136.0	114.0	250.0	
	Subtotal	639.2	360.0	999.2	
West	Chao Phraya R.	53.0	93.0	146.0	
	Tha Chin R.	276.4	267.0	543.4	
	Internal Drain	1.6	-	1.6	
	Sub-total	329.4	360.0	689.4	
Total		968.6	720.0	1,688.6	

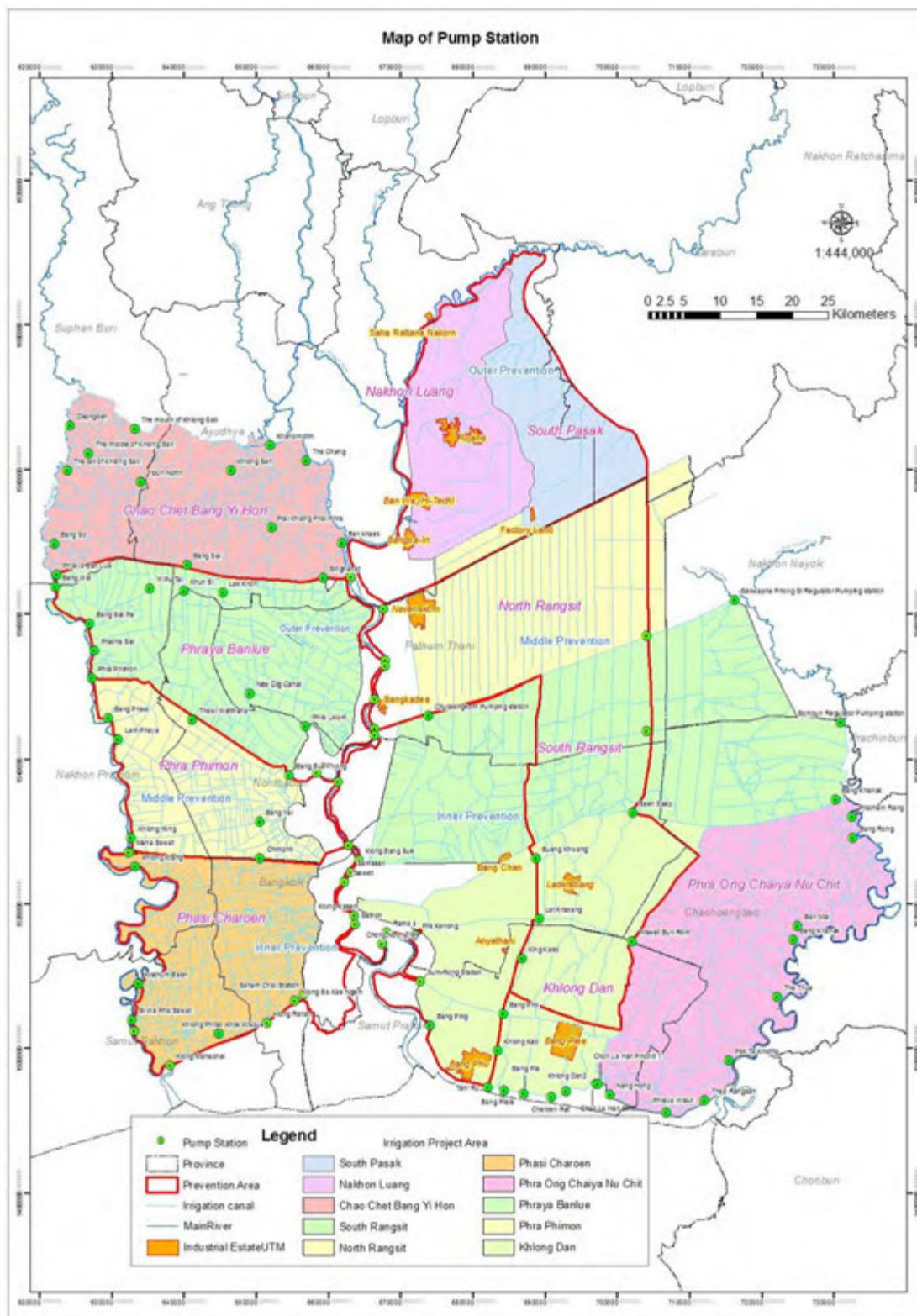


Figure 3.4.1 Location of Major Pump Stations (BMA)

It could be assumed that the pump stations drain inundated water with maximum capacity since operation record of pump station is not available. In this study, pump station would be operated under the condition that pump start working when water level in canal rises nearly top of an embankment and stop working after water level comes down to normal level (ex, mean sea level). Figure 3.4.2 shows the location of pump station, maximum capacity and criteria level of operation (start/stop).

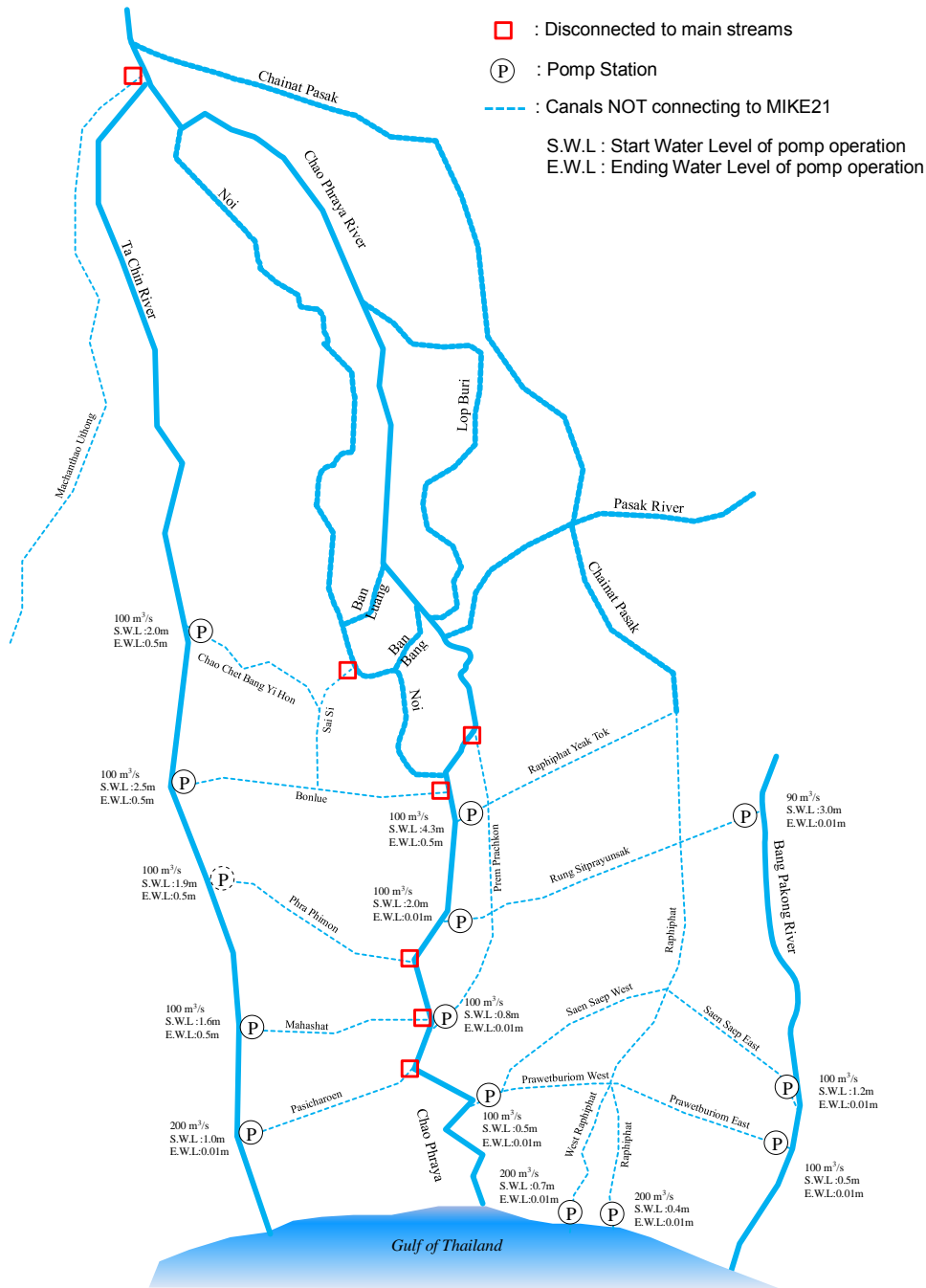


Figure 3.4.2 Location of Pump Station and Drainage Capacity

### 3.4.4 Structures set up in DHI-MIKE M/P study model

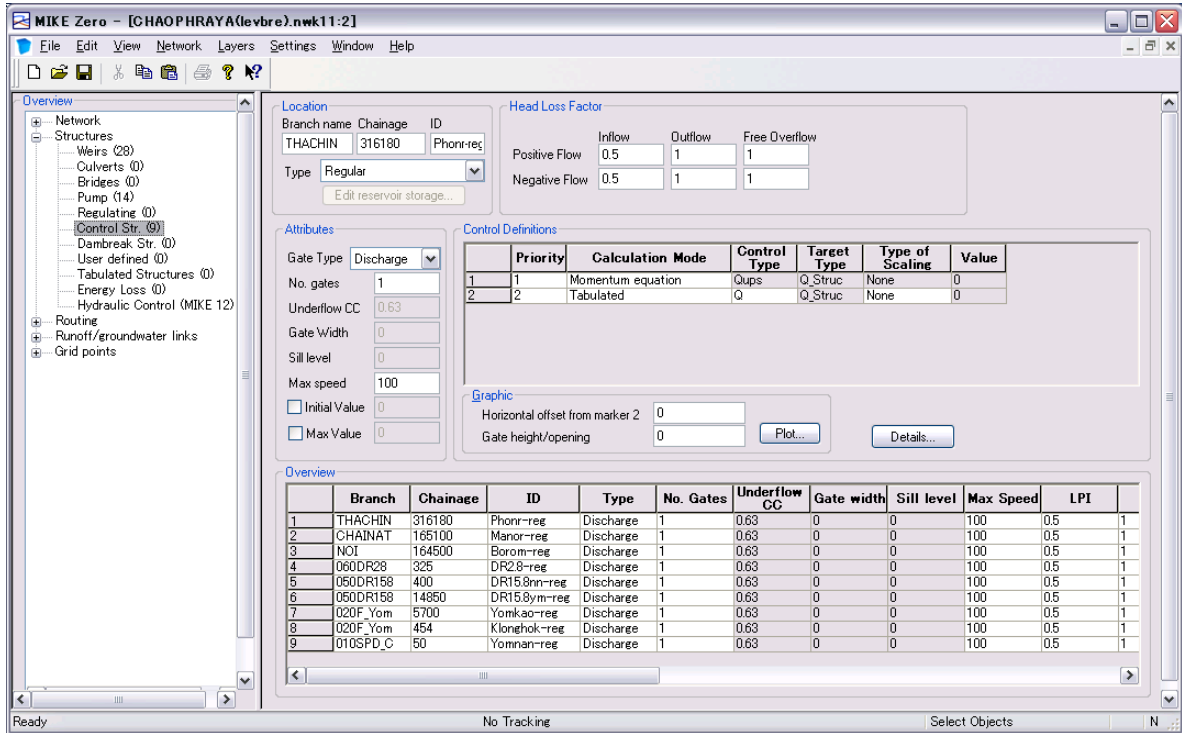


Figure 3.4.3 Weirs in Network file (DHI-MIKE M/P study model)

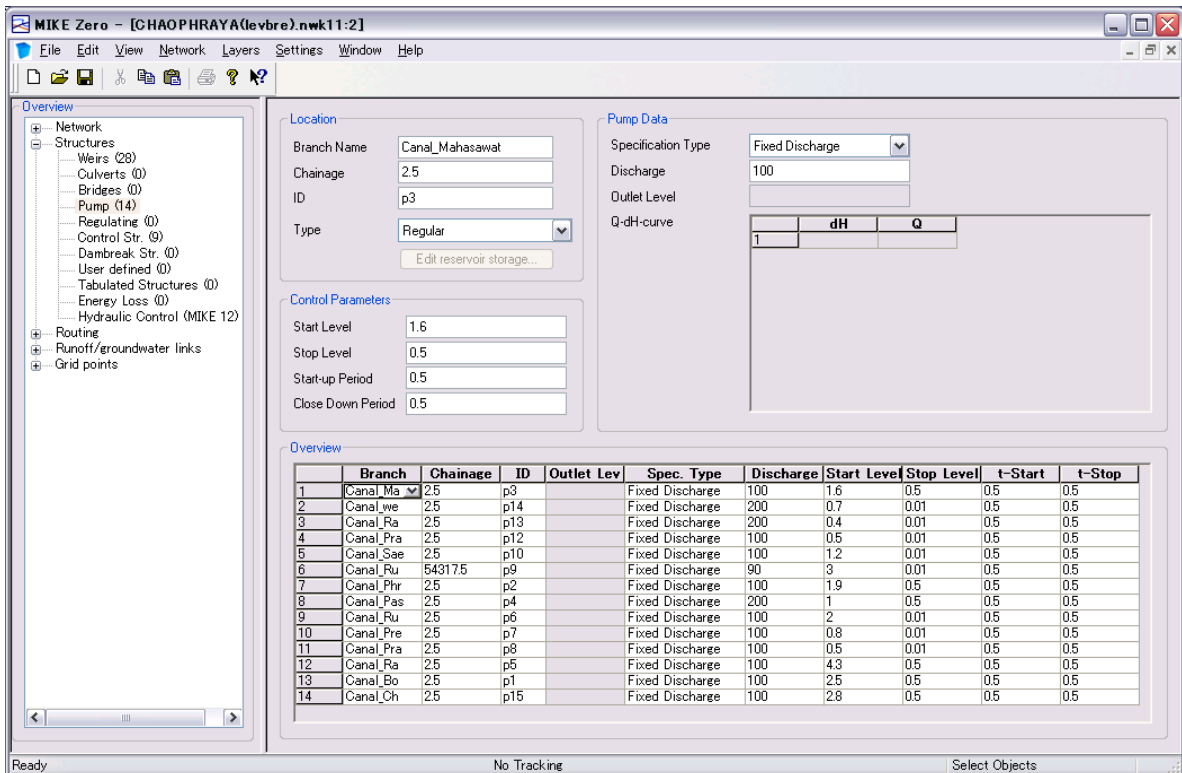


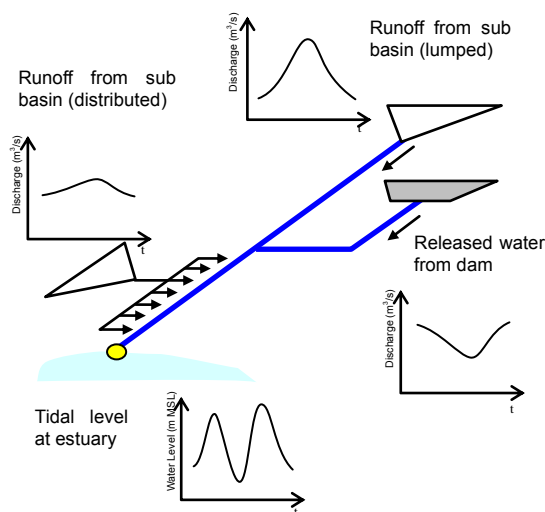
Figure 3.4.4 Pumps in Network file (DHI-MIKE M/P study model)

### 3.5 Boundary Condition

#### 3.5.1 Boundary Condition of River Network Model (inflow and tide)

In unsteady flow analysis, boundary conditions are given at upstream/downstream end and to middle of river networks as shown in Figure 3.5.1. At riverhead and dam site, calculated hydrograph or released water from dams (observed value) shall be given as upper boundary condition. At lowland area where runoff from sub catchments area flows into river separately, calculated runoff shall be distributed equally along the rivers/canals (See Figure 3.5.2).

At the estuary of the river, tidal level of the Gulf of Thailand shall be given as a lower boundary condition. Here, observed tidal level at Pom Phurachul station and Samut Sakhorn station are given to estuary of the Chao Phraya River and the Tachin River respectively.



**Figure 3.5.1 Intellection of Boundary Condition**

#### 3.5.2 Correction of Downstream Boundary Data (tide)

Table 3.5.1 shows tidal stations employed as lower boundary. For setting accurate boundary condition, observation data at tidal stations is appropriately corrected based on the benchmark survey conducted in 2012.

**Table 3.5.1 Boundary Conditions of Downstream**

Boundary	River Mouth	Tidal station
Lower Boundary	Ta Chin River	Samut Sakhorn
	Chao Phraya River	Pomprachul

##### (1) Chaophraya River

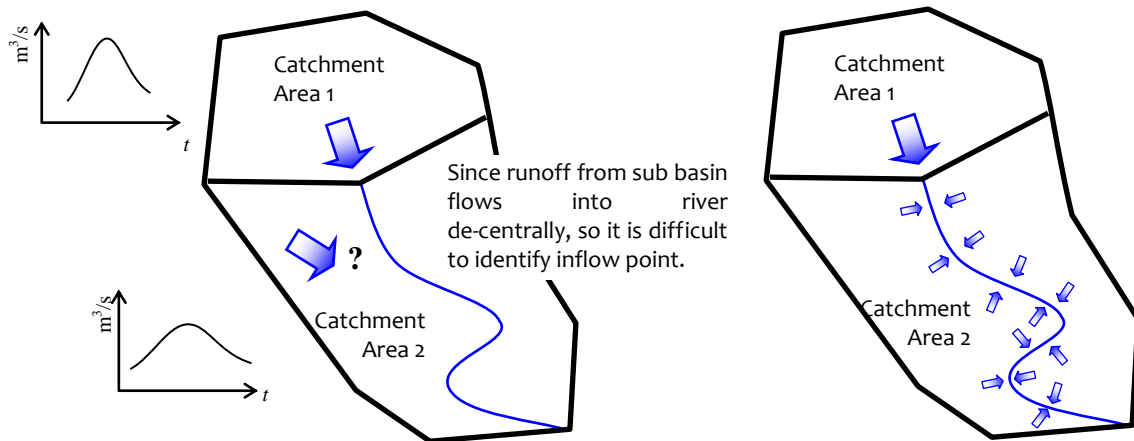
Tidal data for Chaophraya river mouth shall be given based on the RID TC.54 station data located at Pom Phrachul. Since observed values at TC.54 is supposed to be higher approximately 29cm than the actual values on average, according to the benchmark comparison, values after reduction of 29cm shall be given to the calculation (See Figure 3.5.4). Error and missing data shall be compensated with the astronomical tide level.

##### (2) Ta Chin River

Tidal data for Ta Chin River mouth shall be given the Samut Sakhorn data. Since observed values at Samut Sakhon is supposed to be higher approximately 34cm than the actual one according to the benchmark comparison, values after reduction of 34cm shall be given to the calculation (See Figure 3.5.5). Error and missing data for a few hours shall be filled with the data of before/after the lacked period.



[How to give the calculated runoff to river network in remaining basin (residual area)]



Step 1: Calculate a runoff from sub-basin with NAM module.

Step 2: If inflow points are not identified, a calculated runoff shall be distributed equally along rivers. If hydrological station located in the middle of a basin is used for model calibration, a calculated runoff shall be given in proportion to the area of sub catchment area divided at the hydrological station.

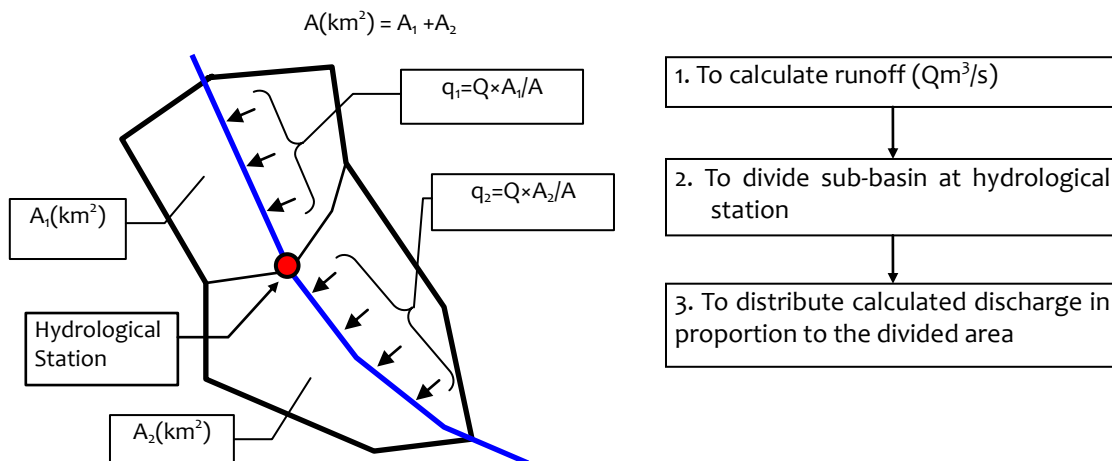


Figure 3.5.2 Distribution of Calculated Runoff

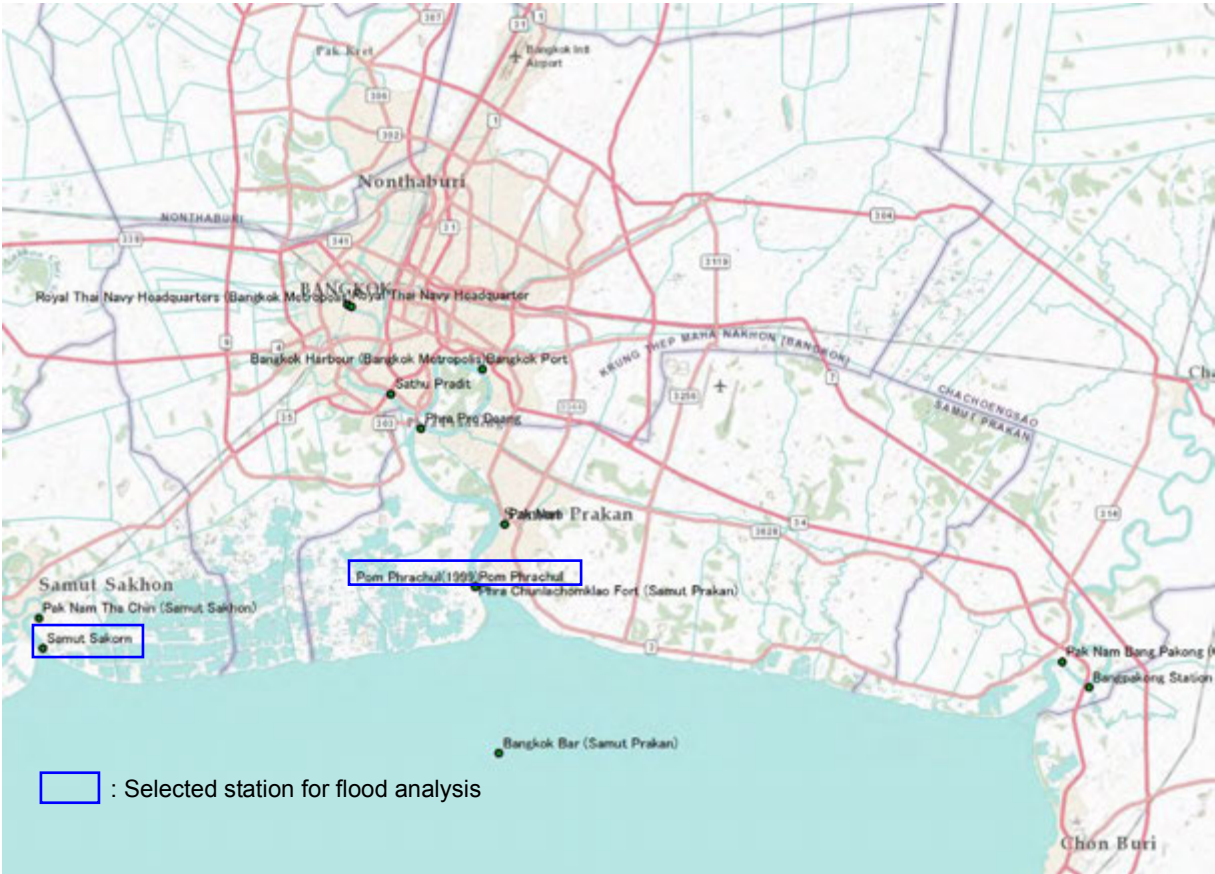


Figure 3.5.3 Location of Tide Level Station near Thailand Gulf

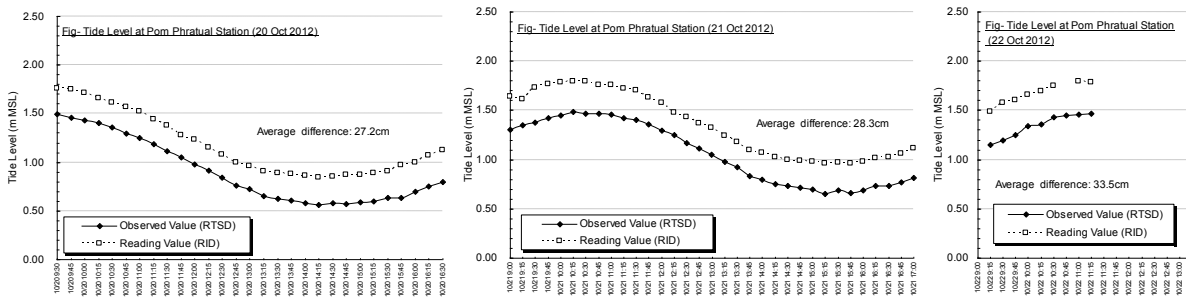


Figure 3.5.4 Benchmark comparison of Pom Phrachul (Benchmark survey Oct 20 -22 2012)

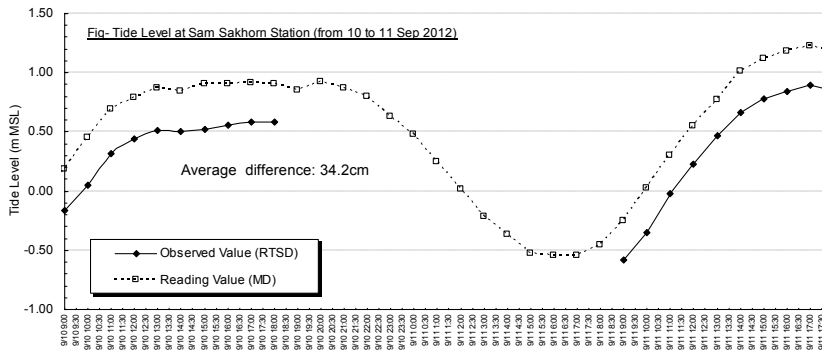


Figure 3.5.5 Benchmark comparison of Samut Sakhorn (Benchmark survey Sep 10 - 11 2012)

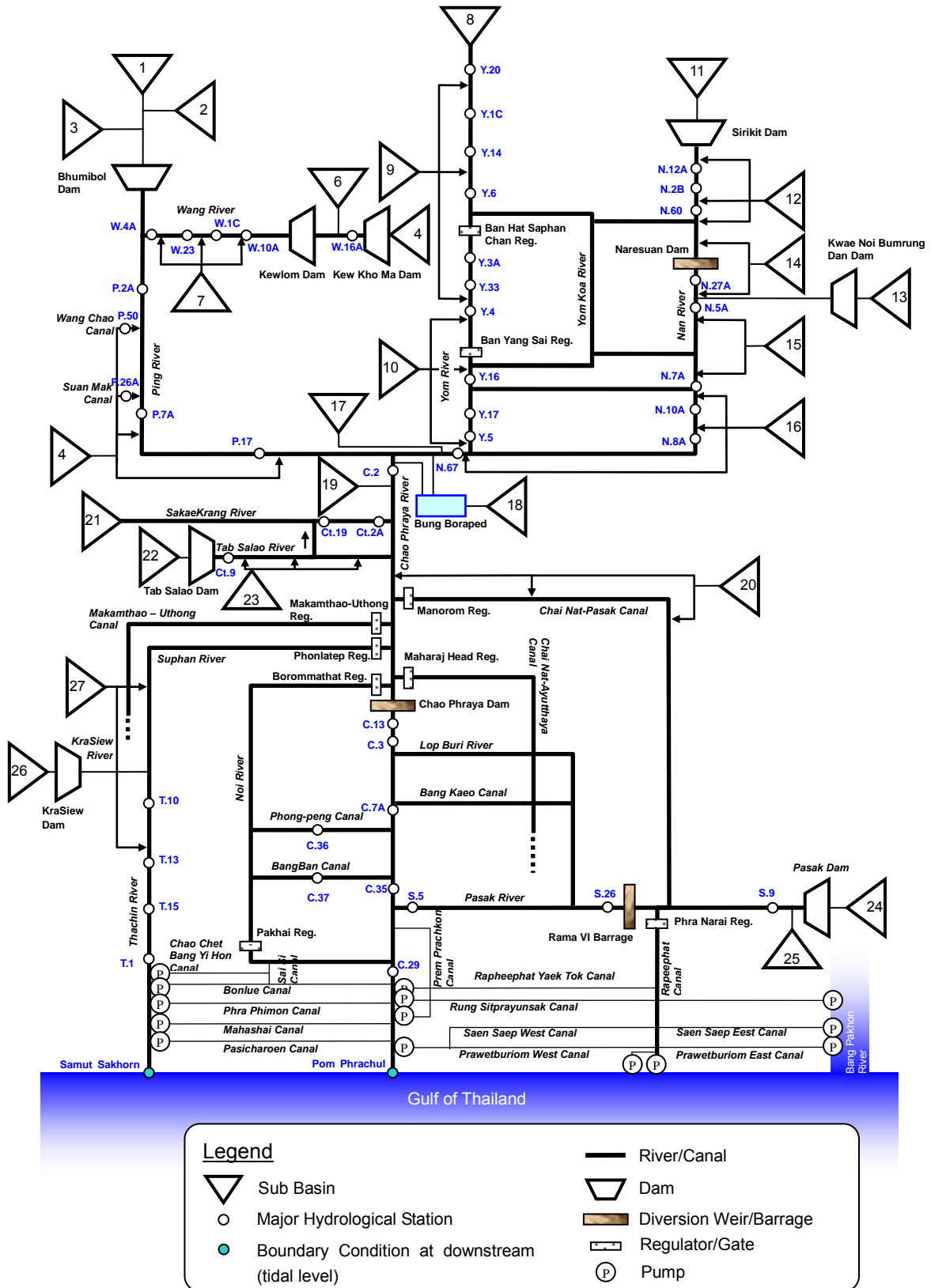


Figure 3.5.6 Proposed River Network Model for M/P Study

### 3.5.3 Boundary Condition in DHI-MIKE M/P study model

Boundary Description	Boundary Type	Branch Name	Chainage	Chainage	Gate ID	Boundary ID
1	Open	Inflow	NAN	449000	0	
2	Open	Inflow	PING	250000	0	0
3	Open	Inflow	CHAO_PHRAYA	236000	0	
4	Open	Inflow	YOM	597000	0	
5	Open	Inflow	WANG	296000	0	
6	Open	Inflow	MAE_WONG	141000	0	
7	Open	Inflow	TUB_SALAO	99000	0	
8	Open	Inflow	PASAK	102000	0	
9	Open	Water Level	CHAOPHRAYA	0	0	
10	Open	Water Level	THACHIN	0	0	
11	Open	Water Level	Canal_Chainat-Ayuthaya	0	0	
12	Open	Inflow	Canal_Machanthao-Urthong	0	0	
13	Closed		Canal_Machanthao-Urthong	104803	0	
14	Open	Water Level	Canal_Saen_Saep_east	0	0	
15	Open	Water Level	Canal_Pravetburrom_east	0	0	
16	Open	Water Level	Canal_Raphiphat	0	0	
17	Open	Water Level	Canal_west_Raphiphat	0	0	
18	Closed		Canal_Pasicharoen	30802	0	
19	Closed		Canal_Mahasawat	36670	0	
20	Closed		Canal_Phra_Phimon	37105	0	
21	Closed		Canal_Bonlue	42463	0	
22	Closed		Canal_Sai_Si	38134	0	
23	Closed		Canal_Chainat-Ayuthaya	118433	0	
24	Closed		Canal_Rung_Sitprayunsak	54320	0	
25	Closed		Canal_Prem_Prachakon	49246	0	
26	Closed		BungBRP	1000	0	
27	Closed		BungBWP	1000	0	
28	Point Source	Inflow	THACHIN	240770	0	
29	Point Source	Inflow	NAN	236000	0	
30	Open	Inflow	Lev_break1	1000	0	
31	Open	Inflow	Lev_break2	1000	0	
32	Open	Inflow	Lev_break4	500	0	
33	Open	Inflow	Lev_break5	500	0	
34	Open	Inflow	Lev_break6	2000	0	
35	Open	Inflow	Lev_break7	2000	0	
36	Open	Inflow	Lev_break8	500	0	
37	Closed		PING_NAN	0	0	
38	Closed		PING_NAN	109000	0	

Include HD calculation  
 Include AD boundaries

Data Type	TS Type	File / Value	TS Info
1	Discharge	[ TS File Discharge_2011_100.d_Edit]	Sirkkit.ou

Figure 3.5.7 Boundary file (DHI-MIKE M/P study model)

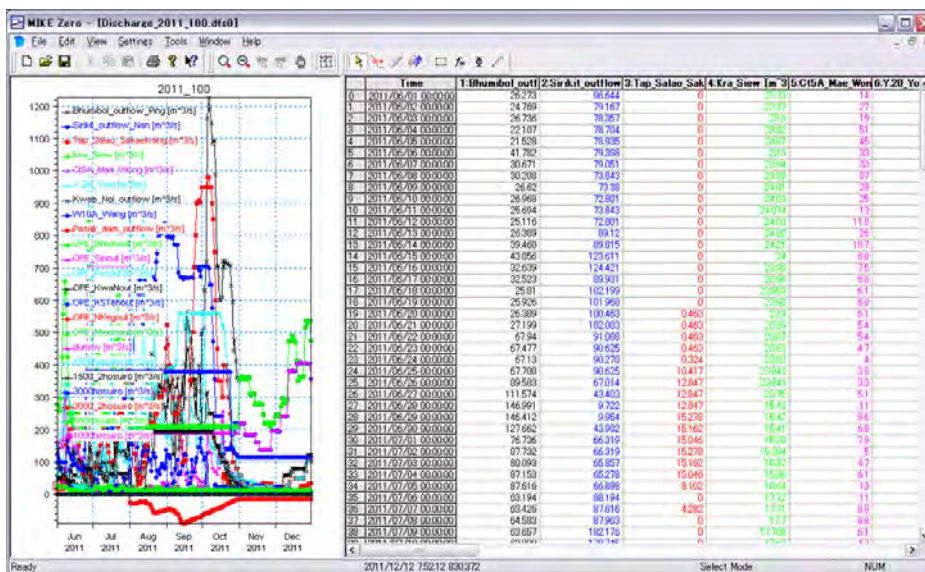


Figure 3.5.8 Boundary data in dfso file (DHI-MIKE M/P study model)

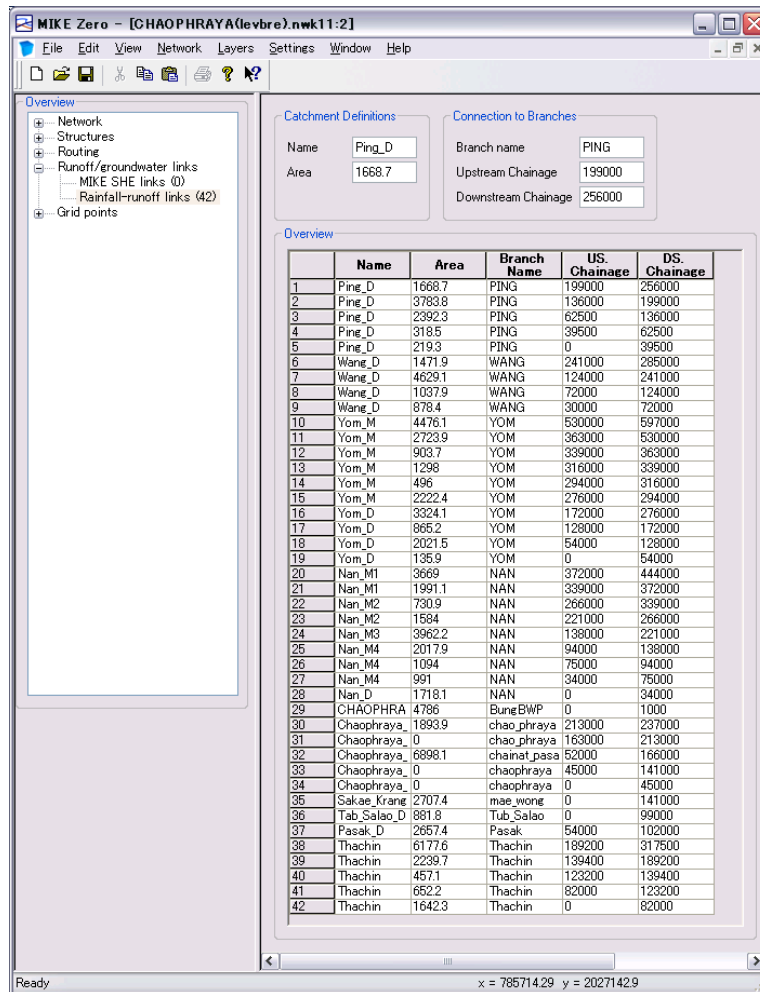


Figure 3.5.9 Links between Runoff and River network in Network file (DHI-MIKE M/P study model)

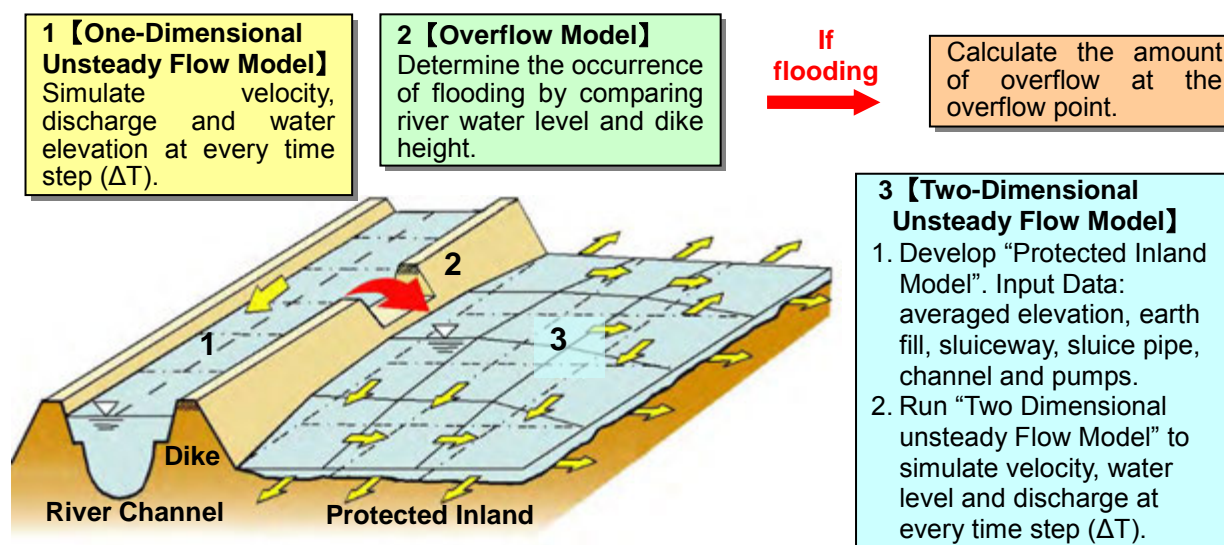
## CHAPTER 4 Inundation Model

### 4.1 Outline

For inundation analysis in flood plain, two-dimensional unsteady flow analysis model shall be employed. Outline of the model and schematic diagram of two-dimensional unsteady analysis are shown in Table 4.1.1 and Figure 4.1.1 respectively.

**Table 4.1.1 Outline of Inundation Model**

Items	Contents
Software	DHI-MIKE-FLOOD
Grid Size	2,000m
Modeling Area	X: 338,000 - 838,000 Y: 1,460,000 - 2,210,000 (coordinate system: WGS84 UTM Zone 47N)
Elevation	Average elevation is set up based on the result of aviation survey (LiDAR) conducted on 2012
Roughness Coefficient	Set up with land use in 2011
Continuous Structure	Major roads, King's Dike (Bangkok), Surrounding dike (major urban area). Height of structure is set up from LiDAR data



**Figure 4.1.1 Schematic Diagram of Inundation Analysis Model**

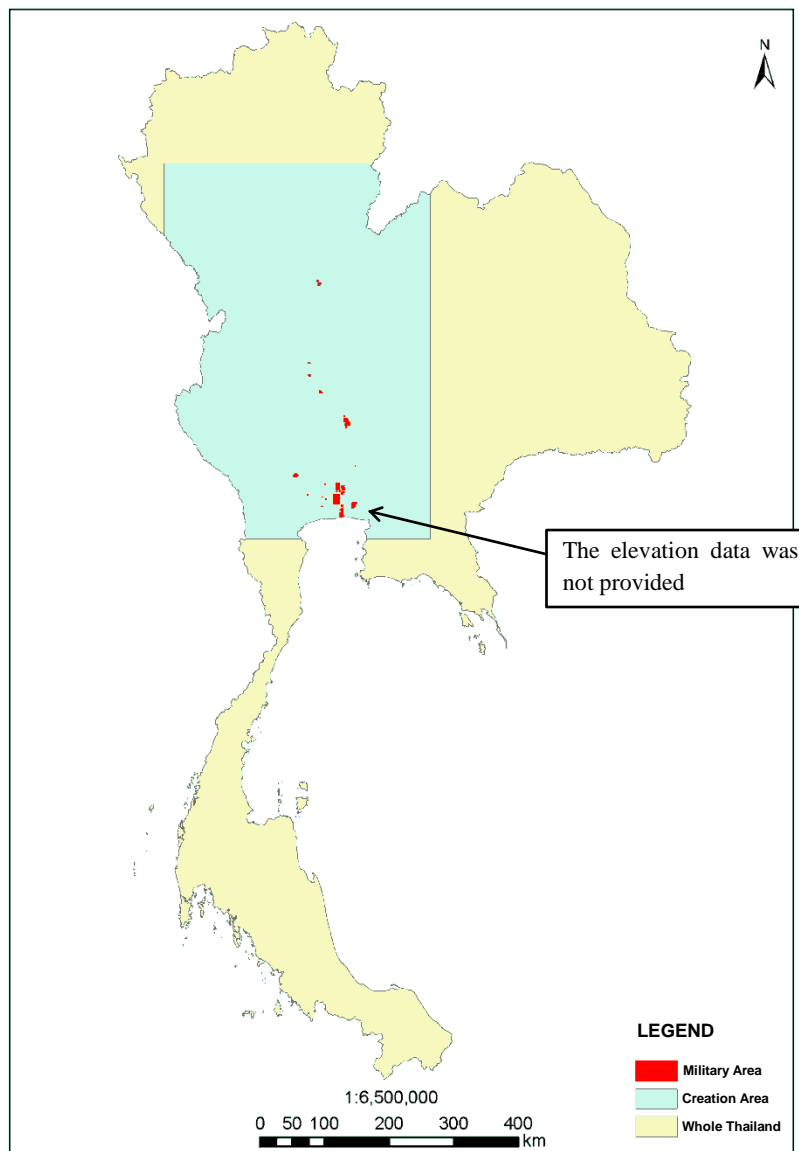
### 4.2 Model Parameters

#### 4.2.1 Elevation of Flood Plain

Average ground elevation of flood plain model is made from the aerial survey conducted by JICA LiDAR Team on 2012, which has high density and accuracy. In the study, considering current computing power, inundation analysis shall be conducted with 2,000m grid.

**Table 4.2.1 Elevation Data (LiDAR Data)**

Items	Description	Remarks
Term	March 2012	
Re-resolution	Observation Density: point/4m <sup>2</sup>	In the study, grid-size of 2,000m is employed for flood analysis.
Area	X: 396,000 - 808,000 m Y: 1,460,000 - 2,044,000 m *Coordination system: WGS1984 UTM Zone 47N	Elevation data in the military area was not provided due to the security regulation. That area and out of the observation area of LiDAR data shall be complemented with spot height of topographic map of 1/50,000 scale.



**Figure 4.2.1 Produced Area of Elevation Data**

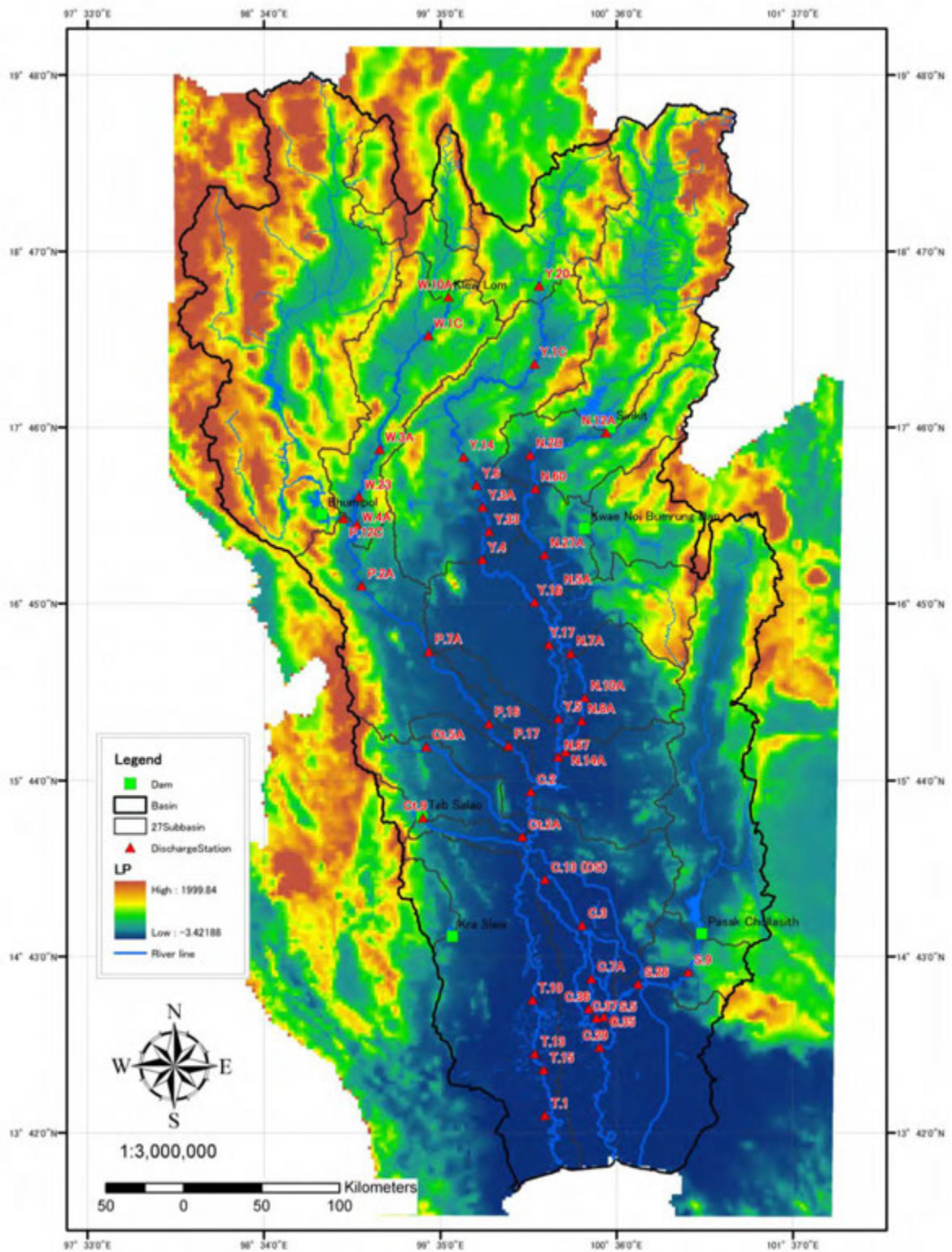


Figure 4.2.2 Ground Elevation from the LiDAR Data (Grid Size: 2,000m)

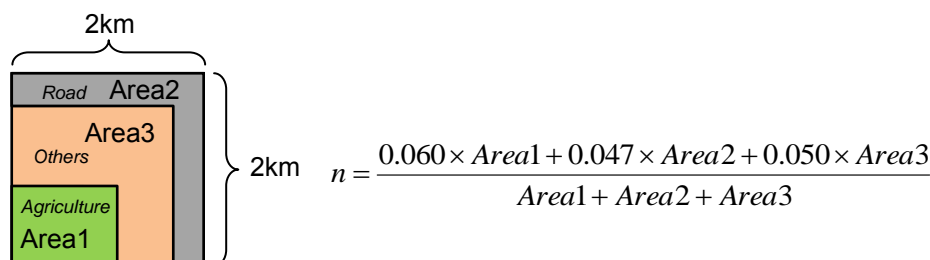


### 4.2.2 Roughness Coefficient of Flood Plain

Based on the land use condition from LANDSAT 2011 (observed from 2009 to 2010), roughness coefficient shall be set up. According to the standard values<sup>3</sup>, roughness coefficient of flood plain for agriculture, road and others are defined as 0.060, 0.047 and 0.050 respectively. If more than two categories of land use are included in a mesh, roughness coefficient of the mesh shall be calculated in proportion to the ratio of area. Land use map and initial roughness coefficient are shown in Figure 4.4.1 and Figure 4.4.2.

**Table 4.2.2 Data Source of Land Use**

Items	Description
Data	LANDSAT2
Observation Term	2009 – 2010
Data Type	Raster Data



**Figure 4.2.3 Roughness Coefficient of Flood Plain mesh (Grid Size: 2,000m)**

## 4.3 Structure

### 4.3.1 Continuous Structure

Continuous structures such as main national roads, king’s dike and ring dike of major urban areas shall be built in the flood inundation model, which would have an influence on inundated flows. The outline of modeled continuous structures and the locations are shown in Table 4.3.1 and Figure 4.4.3.

**Table 4.3.1 Continuous Structures built in the Model**

Type	Name	Description
Dike	Kings Dike	Total Length: 156km Height of embankment: 0 to 3 (m MSL)
	Ring Dike	Total Length: 530km Height of embankment: 0 to 4 (m MSL)
	Economic zone	Total Length: 126km Height of embankment: 0 to 3 (m MSL)
Road	Major national roads Route number: 1, 2, 3, 4, 7, and 9 etc.	Total Length: 1,376km Height of embankment: 0 to 4 (m MSL)

<sup>3</sup> Simulation Manual on Inundation (draft version) by Public Works Research Institute, Japan 1996

### 4.3.2 Dike Break (2011 recreation)

In 2011yr flood, dike breaks happened at approximately ten places of left side along the Chao Phraya River as shown in Figure 4.3.1. This model would take account of dike breaks for re-production calculation since the water volume flowing down to the sea would decrease due to inundation. To simulate the phenomenon of dike break, water gates would be set at dike break point. When the river water level rises up to the height of overflow, river water is spilled into the flood plain. Height of overflow shall be set-up based on the ground elevation near dike break point, and width of dike break would be set-up the following table obtained by the result of site survey.

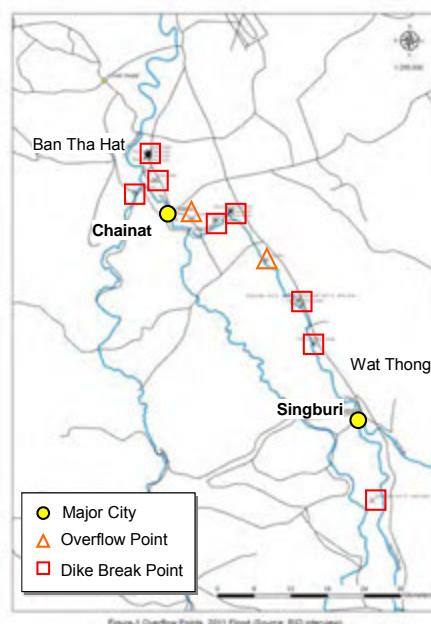


Figure 4.3.1 Dike Break Points (2011yr)

Table 4.3.2 Result of Site Survey on Dike Break (2011yr)

No.	Location	Side	Type	Location (upstream)	Location (downstream)	Length of broken dike/overflow	Date	Date of emergency rehabilitation	Remarks
1	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.55"	N15 16' 09.19"	20	2011/9/22	Not yet	
				E100 05' 26.41"	E100 05' 27.00"				
2	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.05"	N15 16' 09.18"	80	2011/9/22	Not yet	
				E100 05' 30.16"	E100 05' 32.86"				
3	Local road	Left	Dike break	N15 16' 14.53"	N15 16' 13.55"	110	2011/9/22	Not yet	
				E100 05' 31.42"	E100 05' 34.98"				
4	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 30.63"	N15 16' 27.62"	100	2011/9/22	2011/10/28	
				E100 05' 40.69"	E100 05' 40.32"				
5	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 20.05"	N15 16' 17.78"	70	2011/9/22	2011/10/28	
				E100 05' 38.26"	E100 05' 37.96"				
6	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 13.86"	N15 16' 13.41"	15	2011/9/22	2011/10/28	
				E100 05' 36.88"	E100 05' 36.75"				
7	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 08.13"	N15 16' 07.29"	30	2011/9/22	2011/10/28	
				E100 05' 35.27"	E100 05' 35.07"				
8	Chainat main dike along route No.1, near hill	Left	Dike break	N15 13' 59.50"	Unknown	100	2011/9/22	Completed	length is estimated value
				E100 06' 11.57"					
9	Upstream of 2km from Chao Phra Dam, Spillway	Left	Overflow	N15 10' 35.06"	Unknown	1,000	2011/9/18		Spillway established on the road, 17.0MSL(estimated)
				E100 09' 36.53"					
10	Downstream of 2km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 10' 22.83"	N15 10' 26.30"	200	2011/9/22	Not yet	
				E100 11' 39.65"	E100 11' 45.13"				
11	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 13.41"	N15 11' 14.40"	65	2011/9/22	Not yet	
				E100 13' 01.43"	E100 12' 59.47"				
12	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 09.95"	N15 11' 11.46"	100	2011/9/22	Not yet	
				E100 13' 08.22"	E100 13' 05.37"				
13	Downstream of Chao Phra Dam	Left	Overflow	Downstream of 1km from Chao Phra Dam	N15 06' 49.74"	14,000	Unkn own	Unknown	coordination of downslope is unknown
				E100 16' 18.56"					
14	Bang Chom Sri gate in Sing Buri region	Left	Dike break next to water gate	N15 03' 15.70"	N15 03' 17.22"	60	2011/9/13	2011/10/12	
				E100 19' 13.53"	E100 19' 12.15"				
15	Downstream of 1km from Bang Chom Sri gate in Sing Buri district	Left	Dike break	N15 02' 51.38"	N15 02' 49.77"	55	2011/9/14	2011/9/30	
				E100 19' 32.43"	E100 19' 33.28"				
16	Downstream of 7km from Bang Chom Sri gate in In Buri district	Left	Dike break	N14 59' 31.04"	N14 59' 29.35"	55	2011/9/17	2011/9/30	
				E100 20' 36.01"	E100 20' 36.48"				
17	Water Gate at the Tha Chin River (regulator)	right	Gate Open	N15 12' 57.81"				Unknown	B=7m, 4 gates (estimated), 220m <sup>3</sup> /s > 350m <sup>3</sup> /s
				E100 04' 21.70"					
18	Phra Ngam Water Gate (Regulator)	right	Dike break next to water gate	N14 45' 33.04"	Unknown	50	2011/9/15	Not yet	length is estimated value
				E100 25' 49.87"					

#### **4.4 Boundary Condition**

##### **4.4.1 Infiltration**

In this study, 10 mm/day is set to each grid of flood plain as the value of infiltration, which includes infiltration volumes into soils and drainage volumes into small drainage systems.

##### **4.4.2 Evaporation**

Effect of evaporation from flood plain shall be considered when the flood plain is inundated. Unlike through the rainfall-runoff process (refer to 2.3.2), surface water is supposed to evaporate directly from inundated flood plain with minimum loss. Since the amount is nearly equal to the maximum potential value, pan evaporation amount at TMD synoptic station (46 stations) shall be given to grid with Thiessen Method.

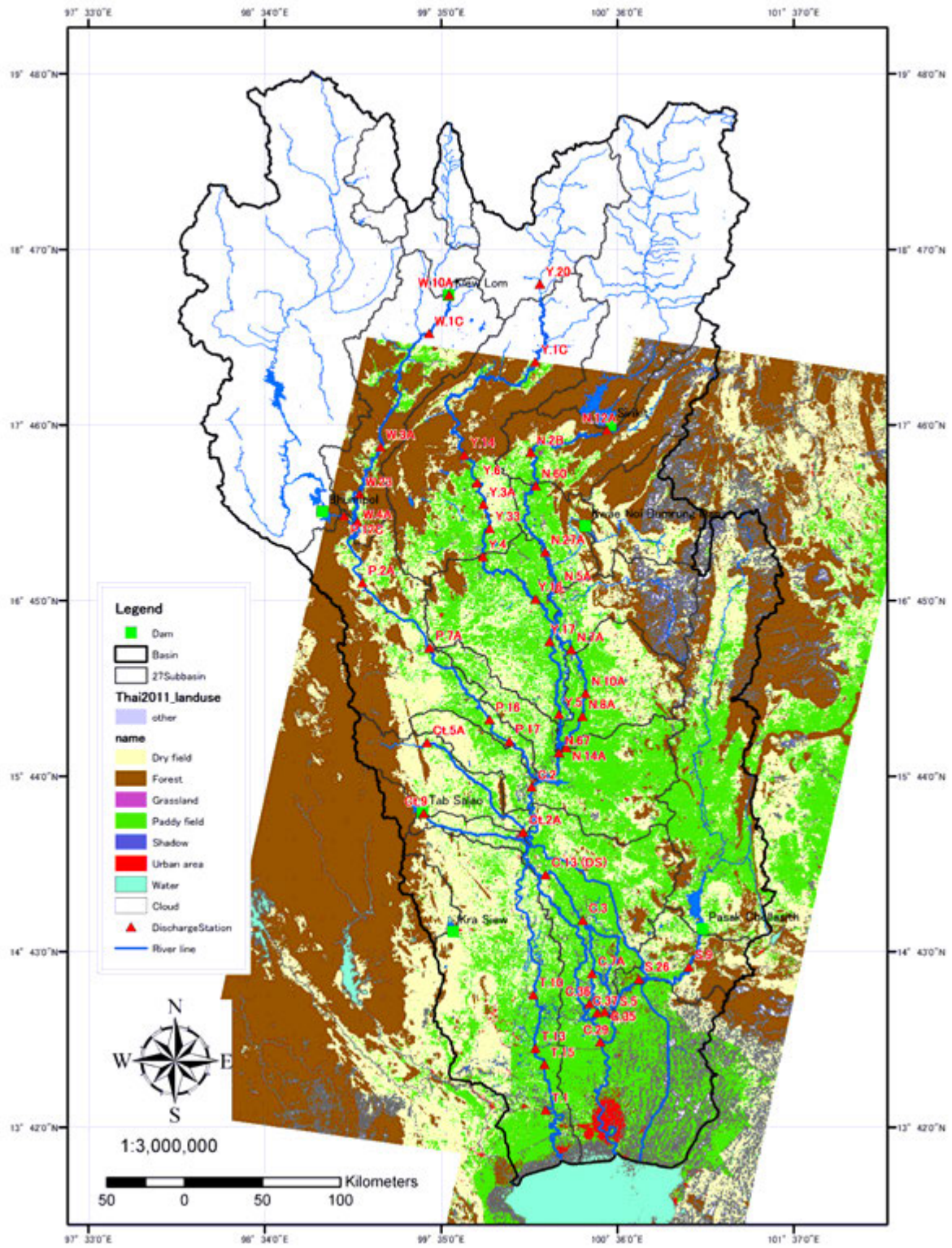


Figure 4.4.1 Land Use Condition (from LANDSAT 2011)

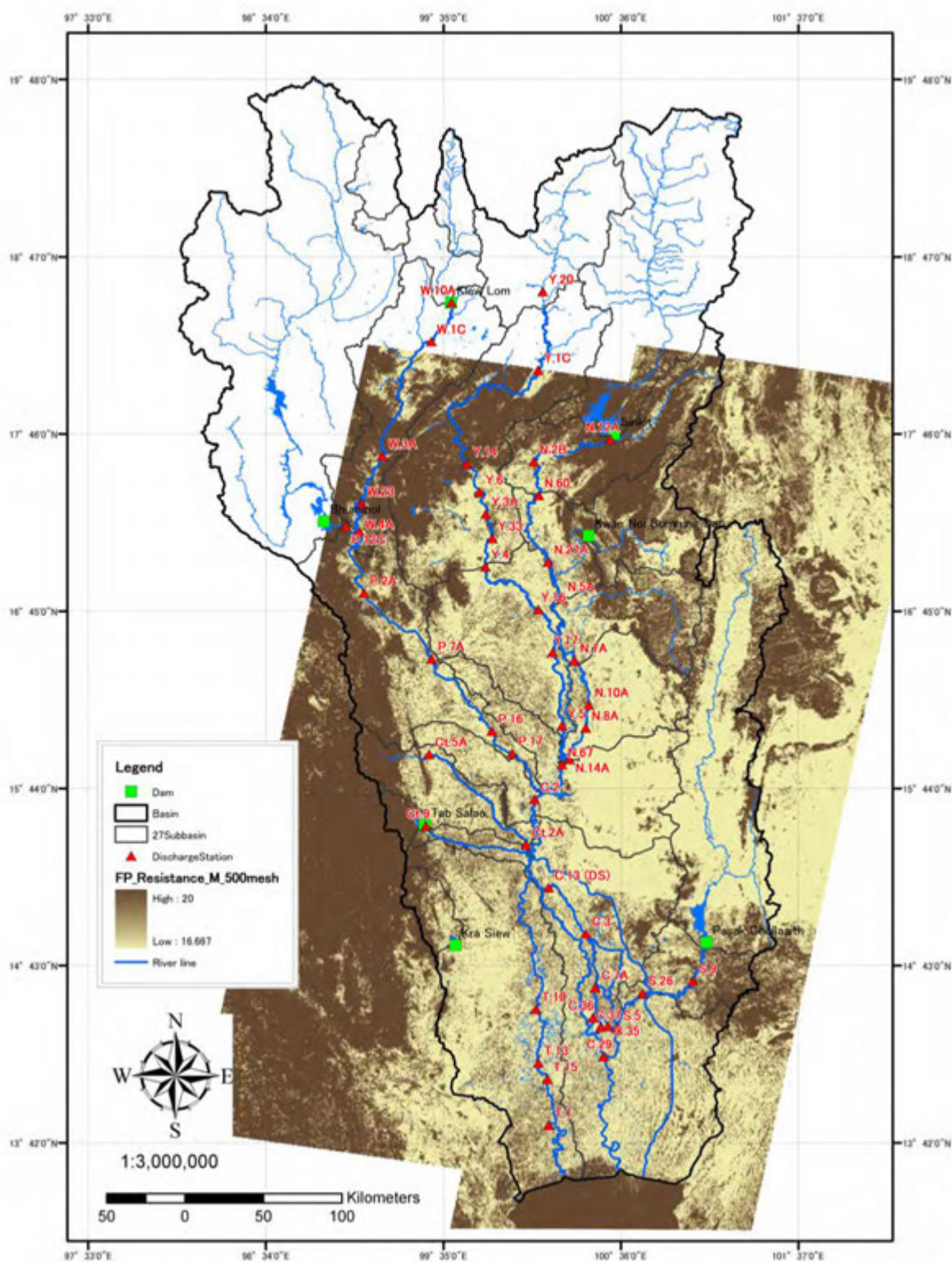


Figure 4.4.2 Roughness Coefficients of Flood Plain ( $1/n$ )

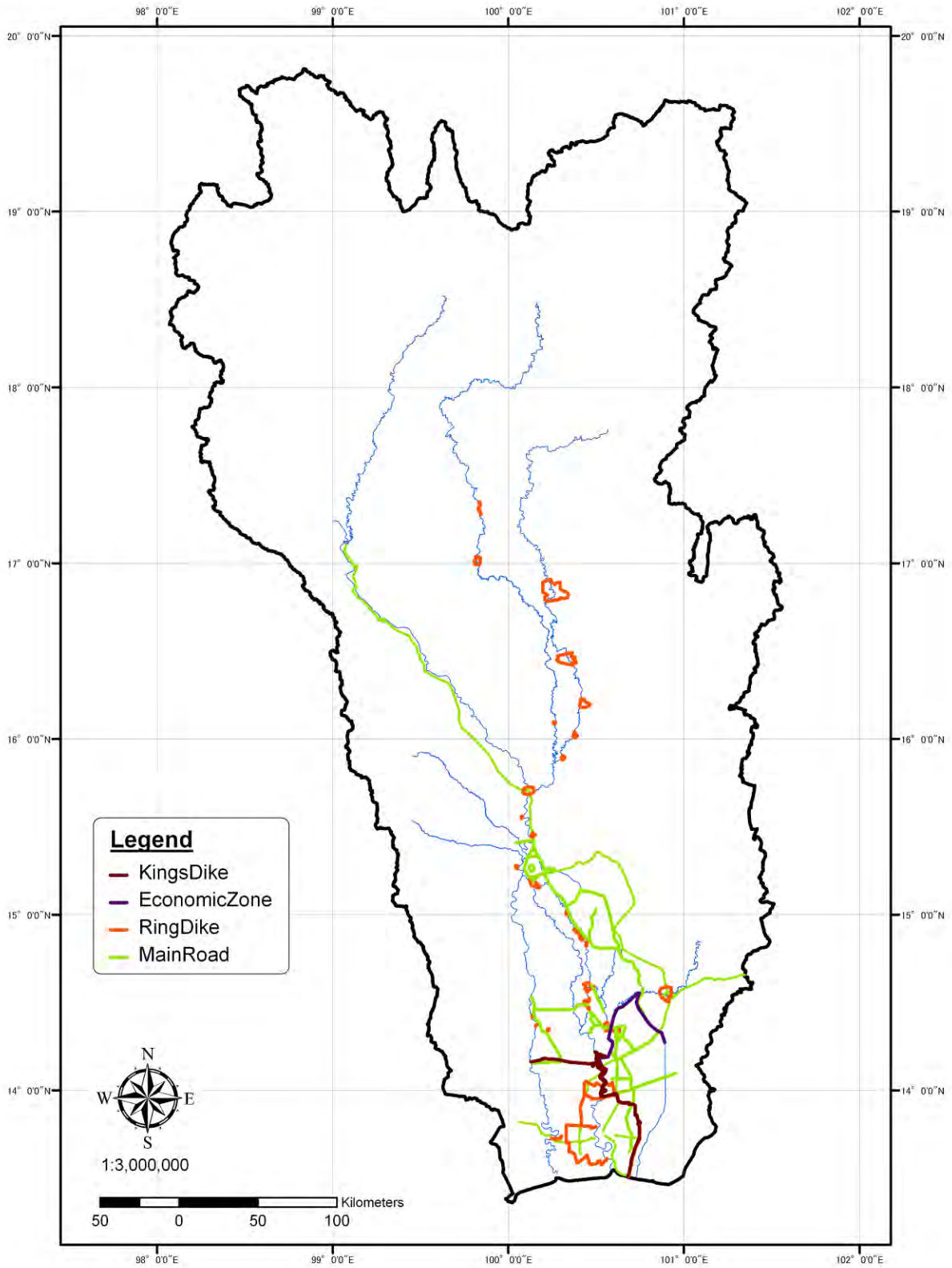


Figure 4.4.3 Location of Continous Structures

## 4.5 Set up

### 4.5.1 Set up inundation model in DHI-MIKE M/P study model

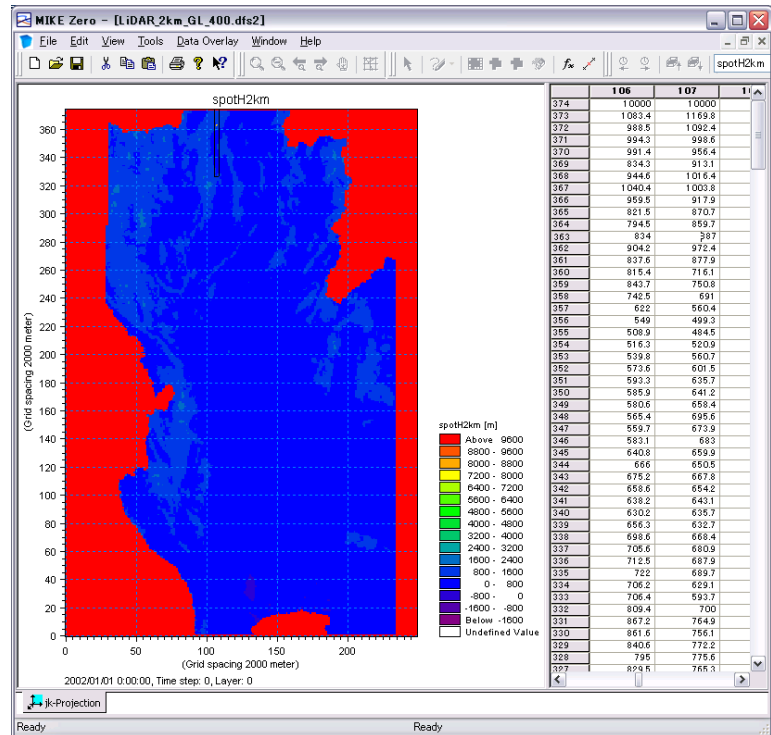


Figure 4.5.1 Elevation data in dsf2 file (DHI-MIKE M/P study model)

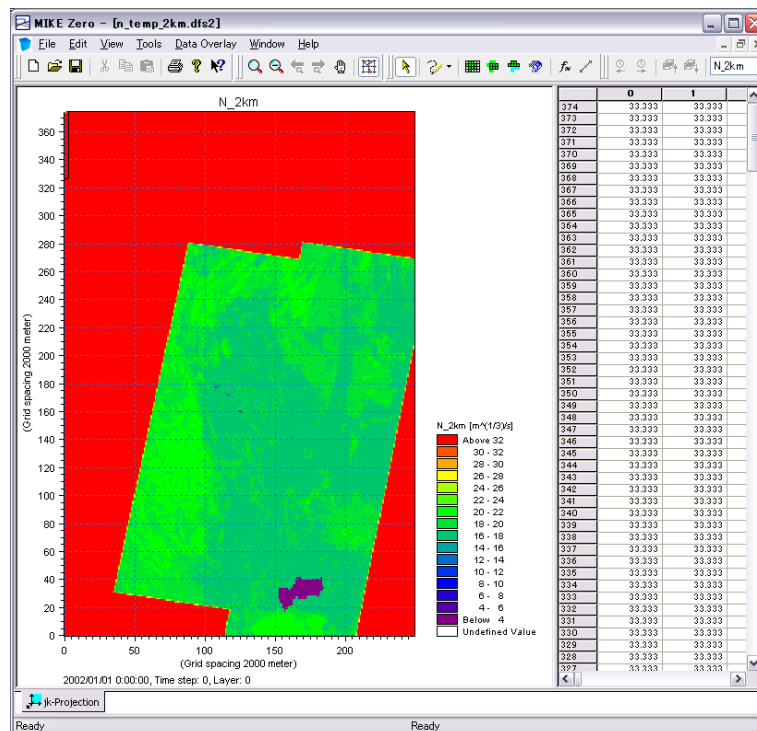


Figure 4.5.2 Roughness coefficient in dsf2 file (DHI-MIKE M/P study model)

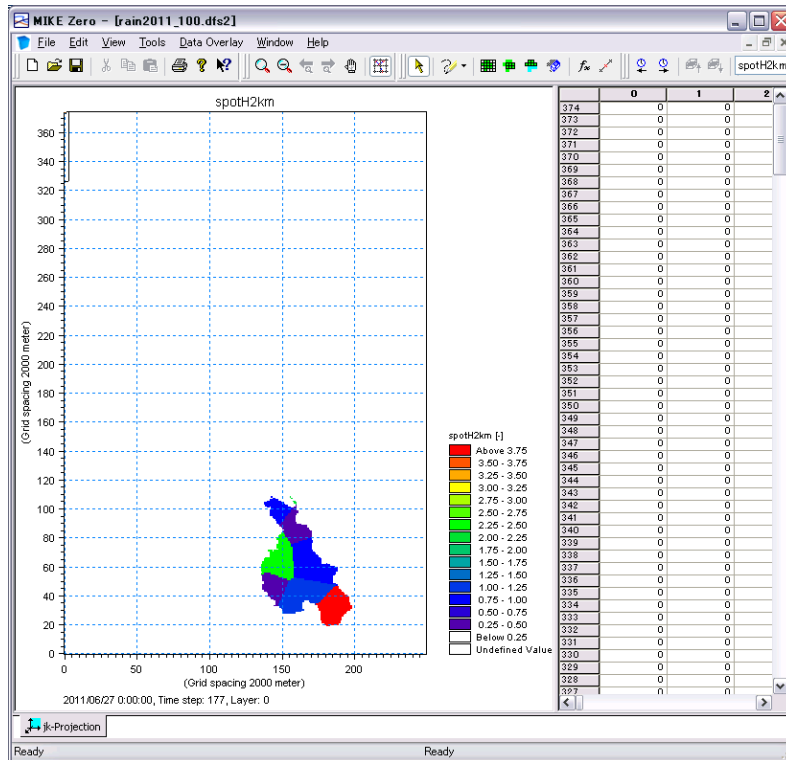


Figure 4.5.3 Inland Rainfall in dsf2 file (DHI-MIKE M/P study model)

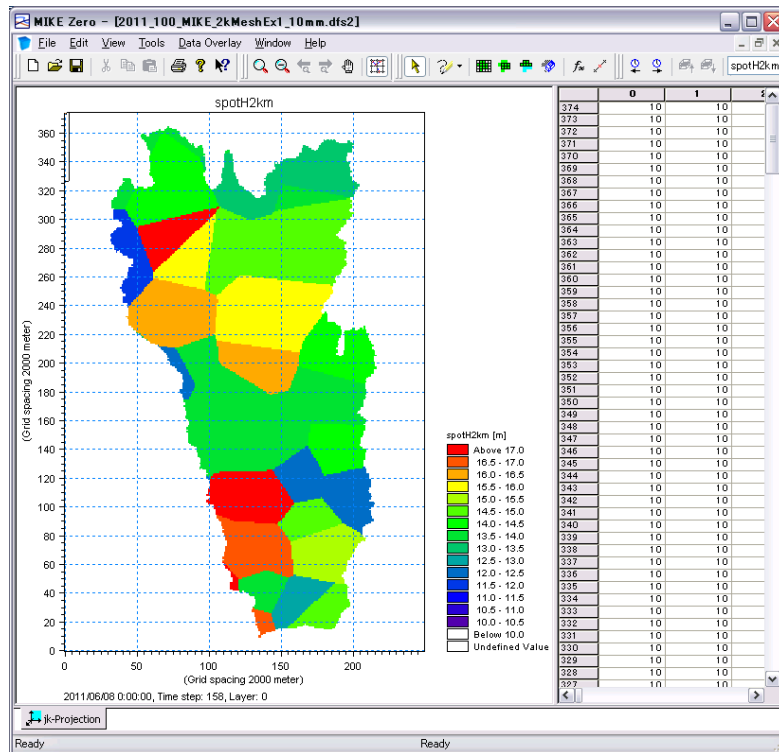


Figure 4.5.4 Evaporation from inundated mesh in dsf2 file (DHI-MIKE M/P study model)



## CHAPTER 5 Model Verification

### 5.1 Procedure

To prove the reasonability of the flood analysis model, calculated water level and discharge at verification point, inundation area and flooding volume shall be compared with observed data. Figure 5.1.1 shows the procedure of verification for re-producing. In the study, 2006 and 2011 year floods are employed as target flood for model verification.

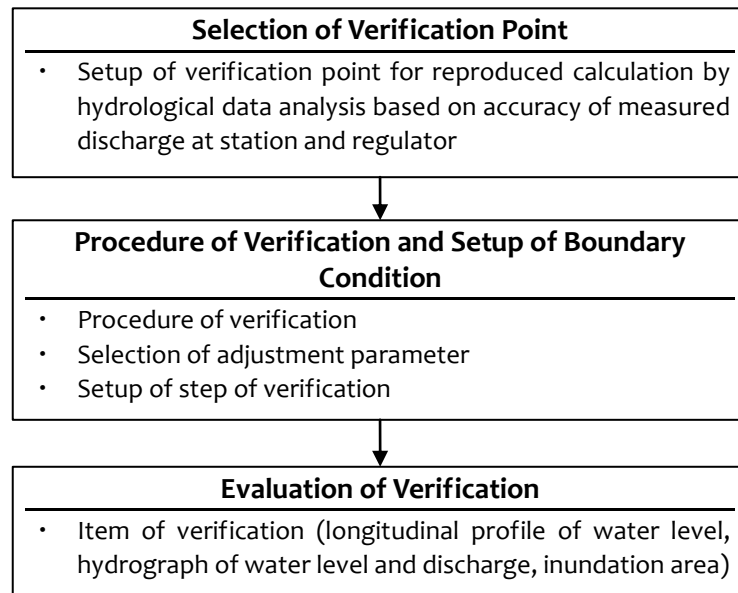


Figure 5.1.1 Procedure of Model Verification

### 5.2 Selection of Verification Points

The plenty of hydrological station are installed in Chao Phraya River basin. In the study, hydrological stations that have well-observed data and are important points for flood control shall be selected as the model calibration points. The points painted white in Figure 5.2.1 are determined as model calibration points. The hydrological stations and regulators painted gray have something a margin of observation error and/or missing data, so they are not used as calibration points.

<Remarks>

- In order to study on basin-wide flood control plan, hydrological stations located in major tributaries (eight rivers) are selected mainly at this time.
- Water level at Ct.2A shall be used for calibration because this station is assumed to be affected by the backwater from Chao Phraya River.
- Discharge data at W.16A is not used for model verification because the released water from Kew Kho Ma Dam located upstream of W.16A possibly involves incorrect values in 2011 and reasonability of using W.16A could not be proved.
- Discharge data at Y.6 is incorrect because runoff rate (runoff / rainfall depth) at Y.6 shows negative values.
- Seven facilities, Ban Hat Saphan Chan regulator, Ban Yang Sai regulator, Naresuan dam, Makamthao-Uthong regulator, Maharaj Head regulator and Rama VI Barrage, have no observation record, so verification calculation are not available at these facilities.

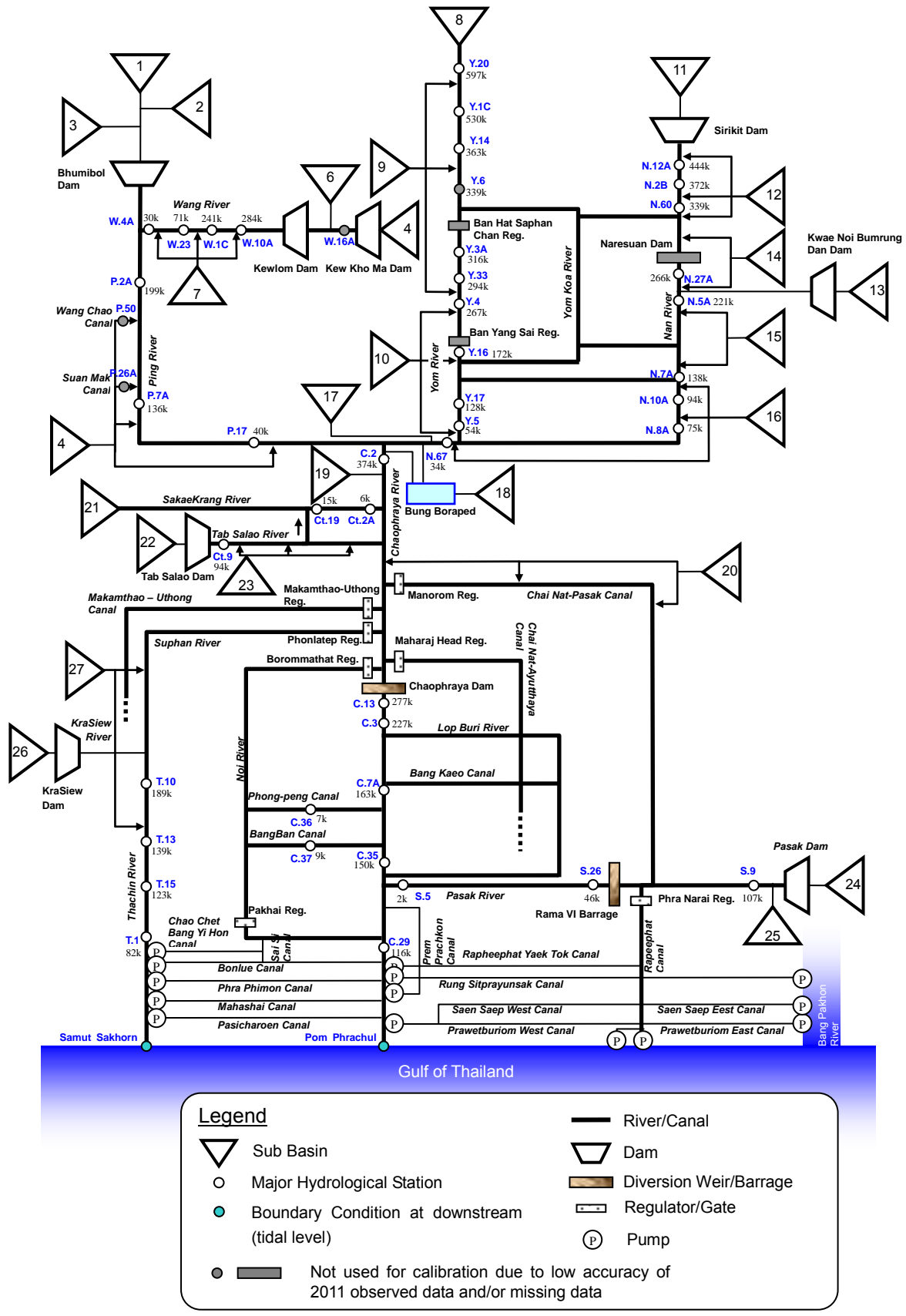


Figure 5.2.1 Selected Calibration Points

### 5.3 Inundation Area

To prove the reasonability of the flood analysis model, calculated inundation area shall be examined. Observed inundation area published by UNOSAT and GISTDA, and the result of flood mark survey conducted 2012 as shown in Figure 5.3.1, Figure 5.3.2 and Figure 5.3.3 shall be used for the model verification.

**Table 5.3.1 Record on Inundation Information**

Data Source	Information	Remarks
UNOSAT	Inundation area on the middle of August, September, October and November 2011.	Reference: United Nations Institute for Training and Research <a href="http://www.unitar.org/unosat/">http://www.unitar.org/unosat/</a>
GISTDA	Inundation area on 2006yr flood (yearly) Inundation area on 2011yr flood from May to November	Reference: Thailand Flood Monitoring System <a href="http://flood.gistda.or.th/">http://flood.gistda.or.th/</a>
Flood Mark Survey by JST	Maximum inundation depth and inundated time in flooded area in 2011. Number of survey points is approximately 6,600.	This survey was conducted from downstream of Y.4 (Yom River), P.16 (Ping River) and N.27A (Nam River) to Gulf of Thailand. Regarding inundation area out of the survey area shall be referred to UNOSAT.

<Overflow point>

- At upstream of Nakhon Sawan, overflow occurred at downstream of near P.16 (Ping River), downstream of Y.33, and downstream of N.60 (Nan River)
- At downstream of Nakhon Sawan, overflow occurred at right side just downstream of Nakhon Sawan
- From the diversion point of Chainat-Pasak canal to around Chainat and Sing Buri, there were several dike break<sup>4</sup> due to penetration flow in dike body and overflowing water flowed down to south through the flood plain area between Chao Phraya River and Chainat-Pasak canal and spread.

<sup>4</sup> Reference: RID

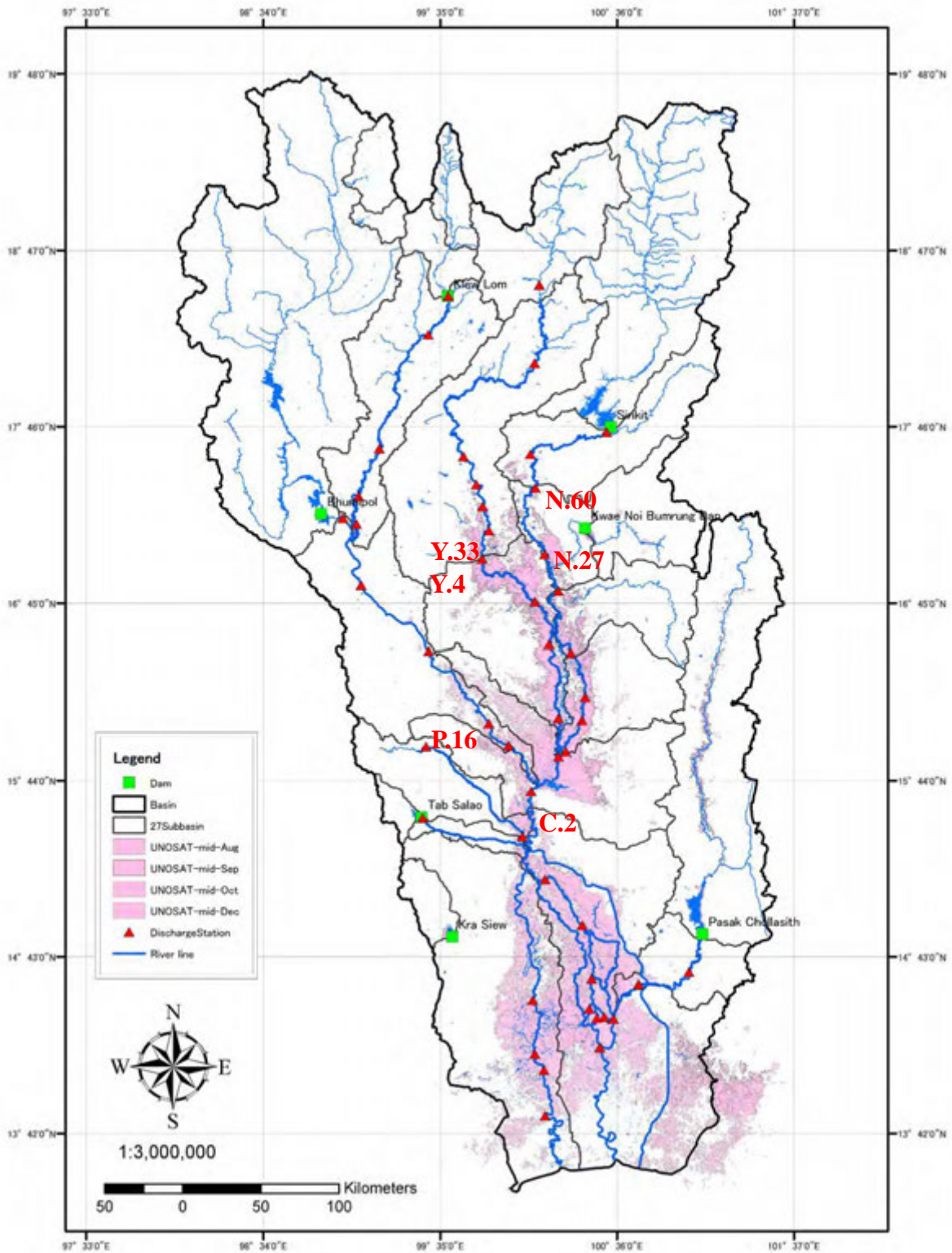


Figure 5.3.1 UNOSAT (from mid of Augst to mid of December)

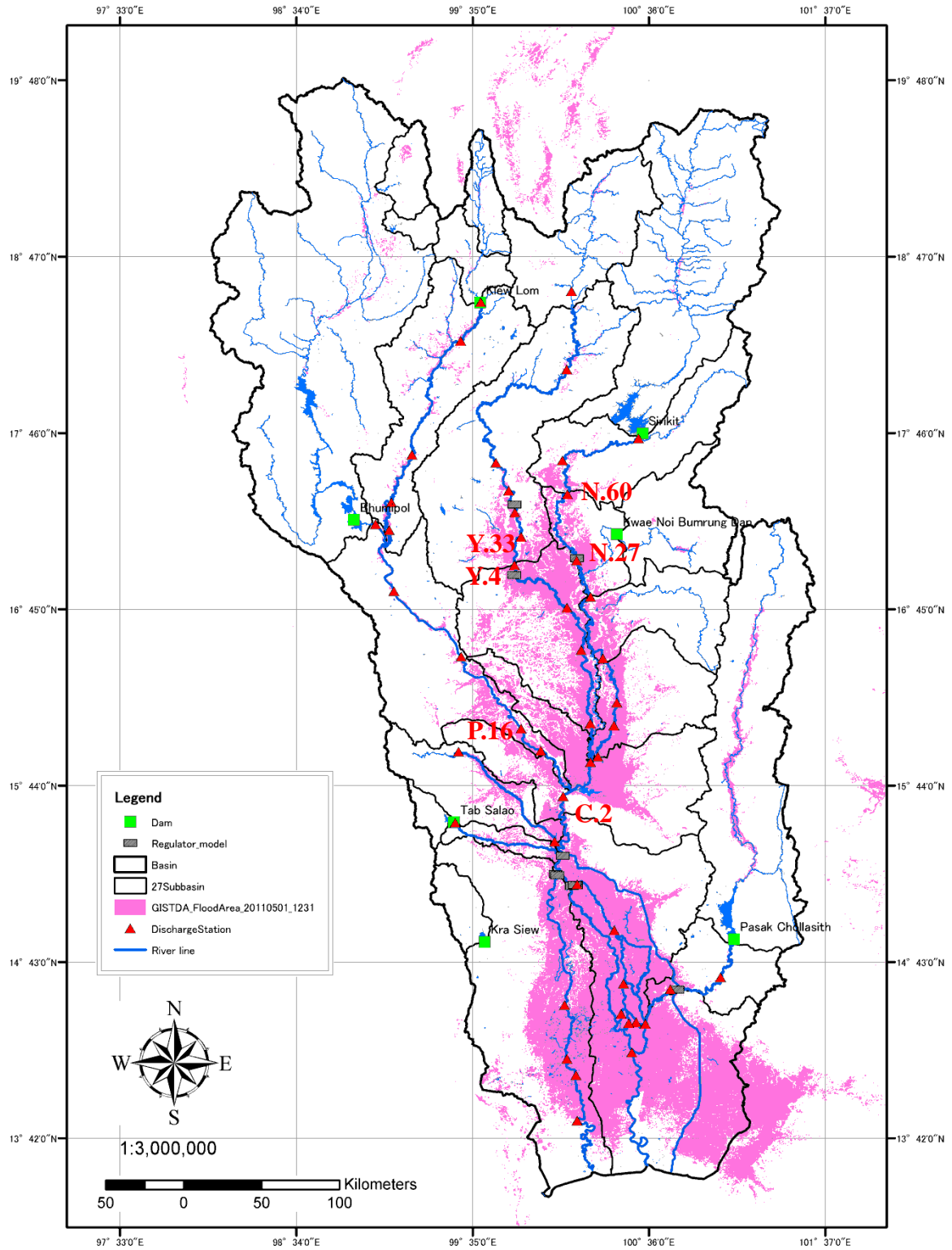


Figure 5.3.2 GISTDA Flood Area (2011/5/1-12/31)

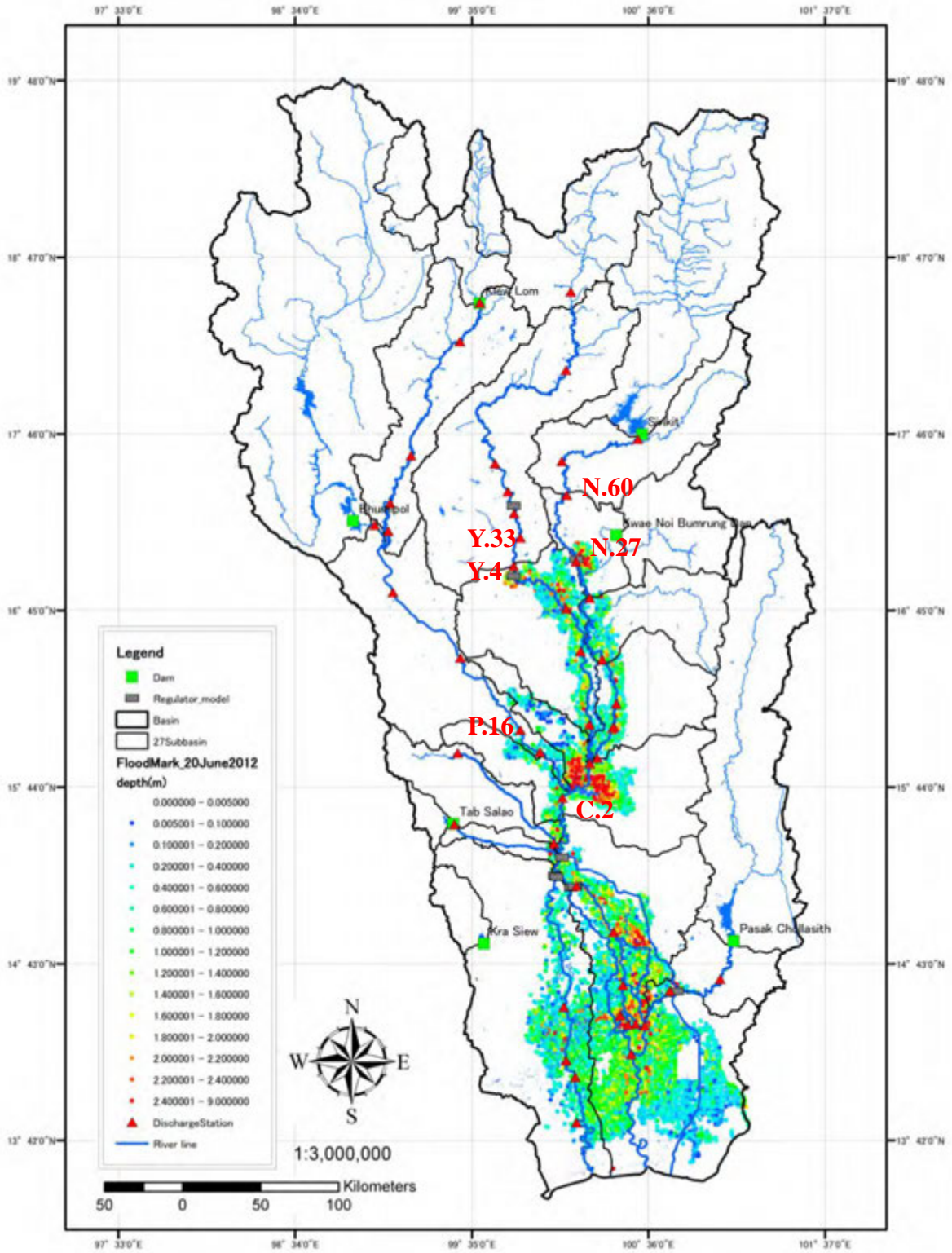


Figure 5.3.3 Result of Flood Mark Survey Conducted 2012

## 5.4 Verification

First, re-production calculation of 2006 and 2011 were carried out under the initial condition as mentioned above sectors, and then parameter fitting was repeated.

### 5.4.1 Evaluation Method

Table 5.4.1 shows the evaluation items and method for evaluation of reasonability of the model.

**Table 5.4.1 Evaluation Item for Re-production Simulation**

No.	Evaluation Items	Evaluation Points	Remarks
1	Longitudinal Profile of Water Level	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chao Phraya River</li> <li>• Tha Chin River</li> <li>• Pasak River</li> </ul>	Compare with observed water level
2	Water Level and Discharge	At validation points	Compare with observed water level and discharge
3	Inundation Area	1) Maximum inundated area 2) Monthly inundated area from August to December	Compare among UNOSAT, GISTDA, and Flood Inundation Survey Monthly inundated area of UNOSAT and GISTDA are available only in 2011.
4	Inundation Depth	Maximum inundation depth	Compare with flood mark survey conducted 2012

### 5.4.2 Evaluation Result

#### (1) Longitudinal Profile of Water Level

Longitudinal profiles (water level) of the Chao Phraya River, Tha Chin River and Pasak River are shown in the following figures.

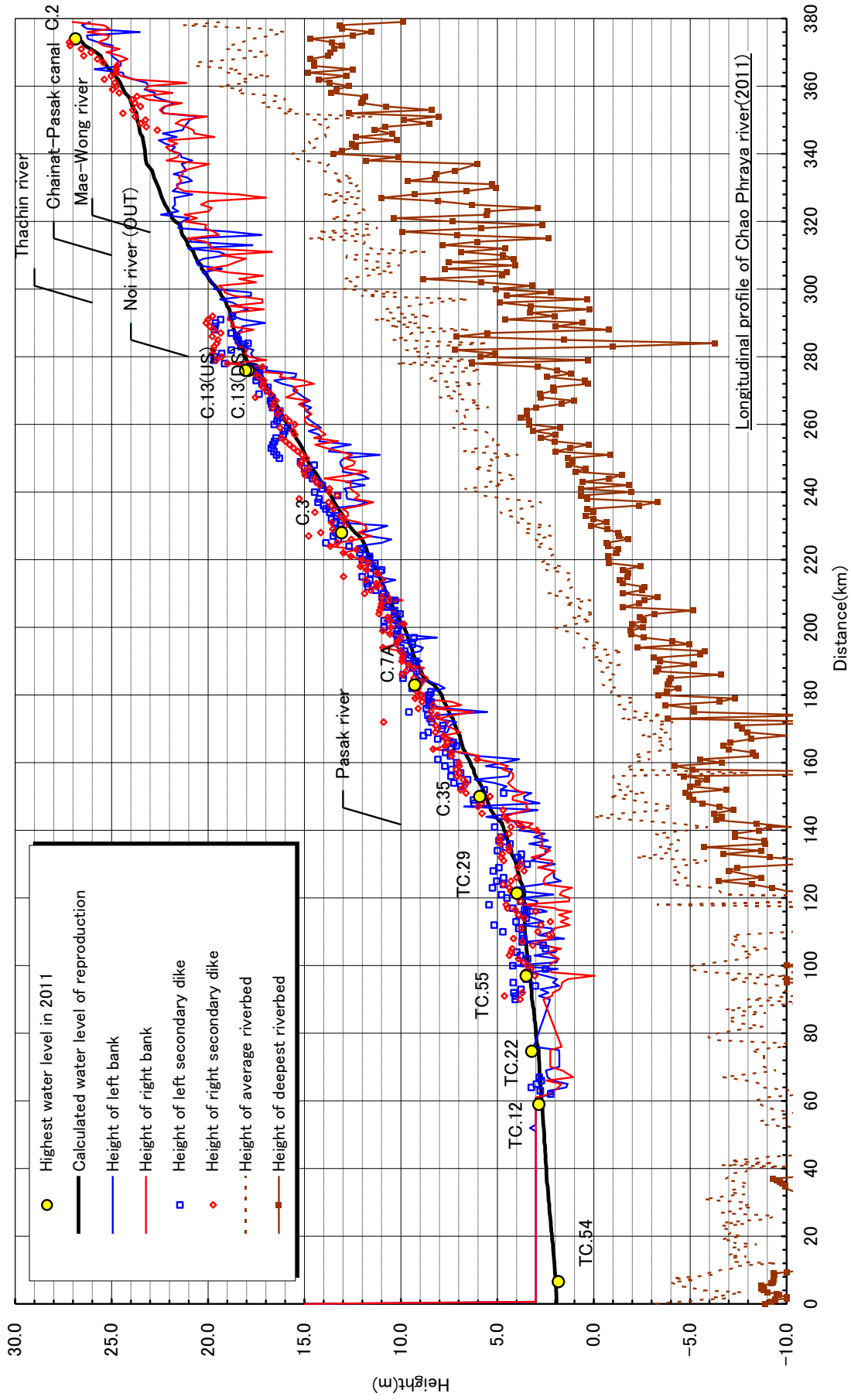
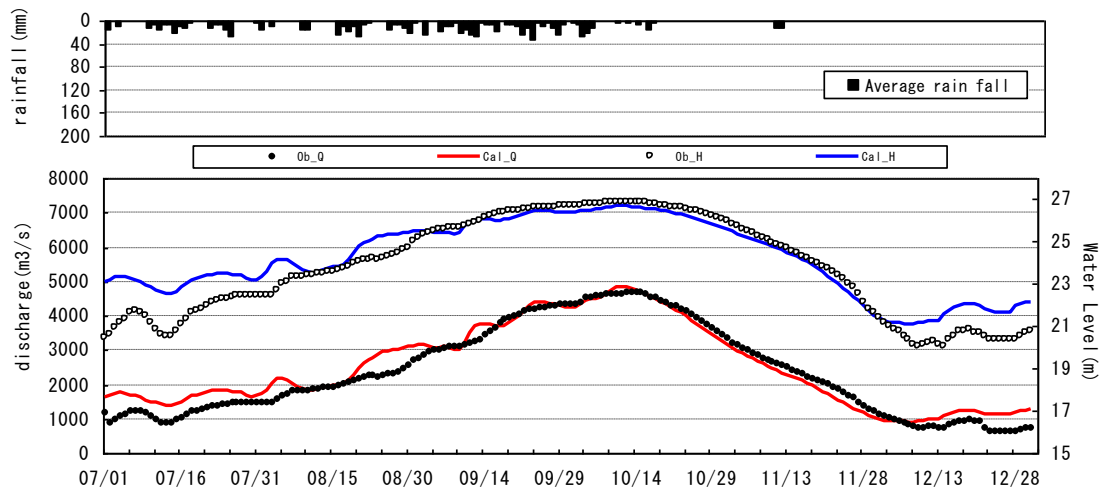


Figure 5.4.1 Longitudinal Water Level Profile for Chao Phraya River (2011)



**(2) Water Level and Discharge Hydrograph**

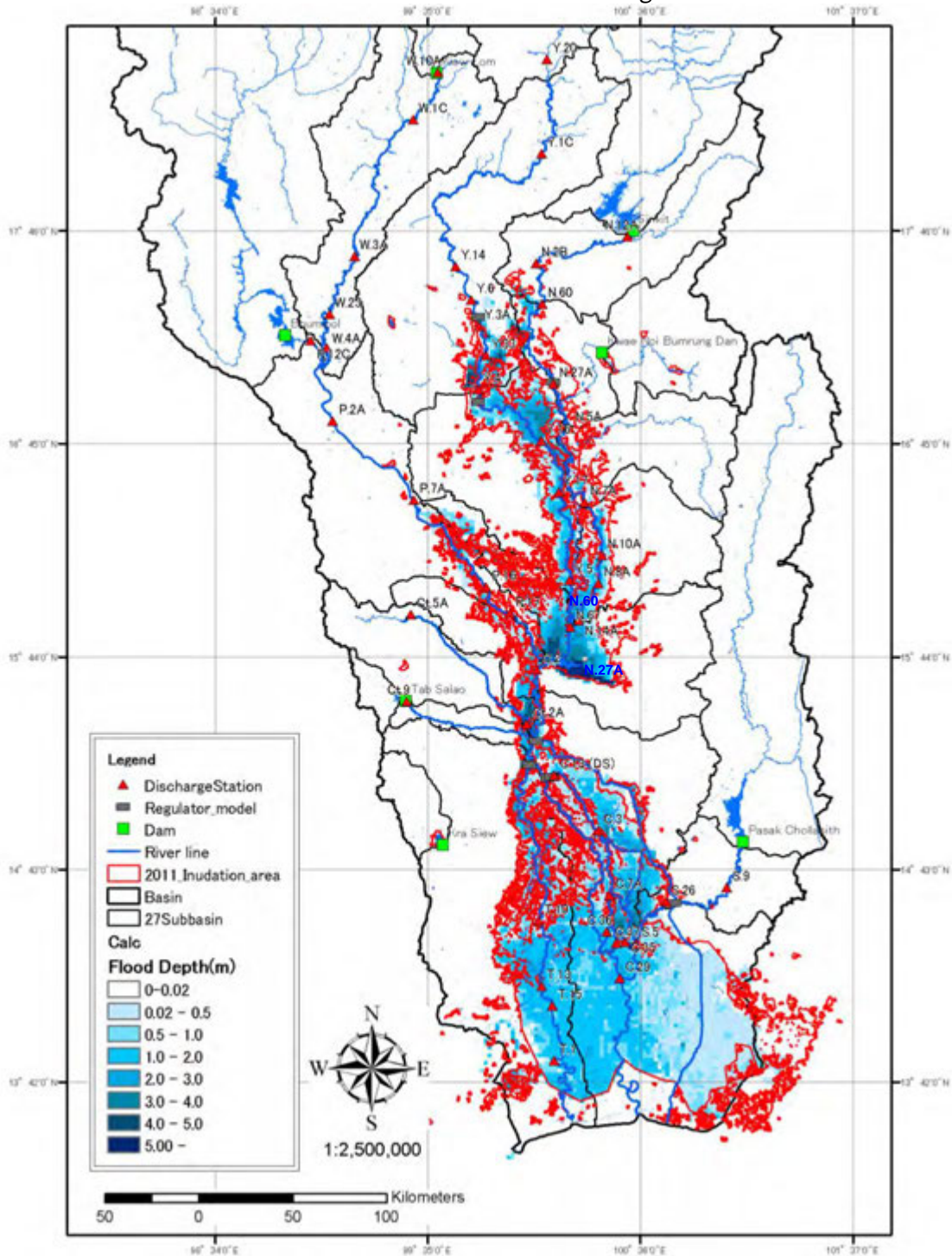
The model calculation result is shown in C.2 (Nakhon Sawan) in the Chao Phraya River.



**Figure 5.4.2 Model Results for the Chao Phraya River (2011)**  
**Station: C.2 (Nakhon Sawan)**

**(3) Inundation Area Analysis**

Inundation area maps generated from the simulation results is shown in ●. Overall, the inundated areas based on the simulation results are matching with the UNOSAT inundation.



**Figure 5.4.3 Result of Reproduction of 2011 Flood**

\*2011\_Inundatain\_Area] is made by combining 2011 inundation area of UNOSAT (mid-Aug, Sep, Oct and Dec) with 0.01m higher inundated area by flood mark survey.

**(4) Inundation depth**

Maximum inundation depth maps generated from the simulation results of 2011-flood analysis model is shown in. Figure 5.4.4. Overall, the maximum inundated depth based on the simulation results is matching with the result of Flood Mark Survey conducted in 2012.

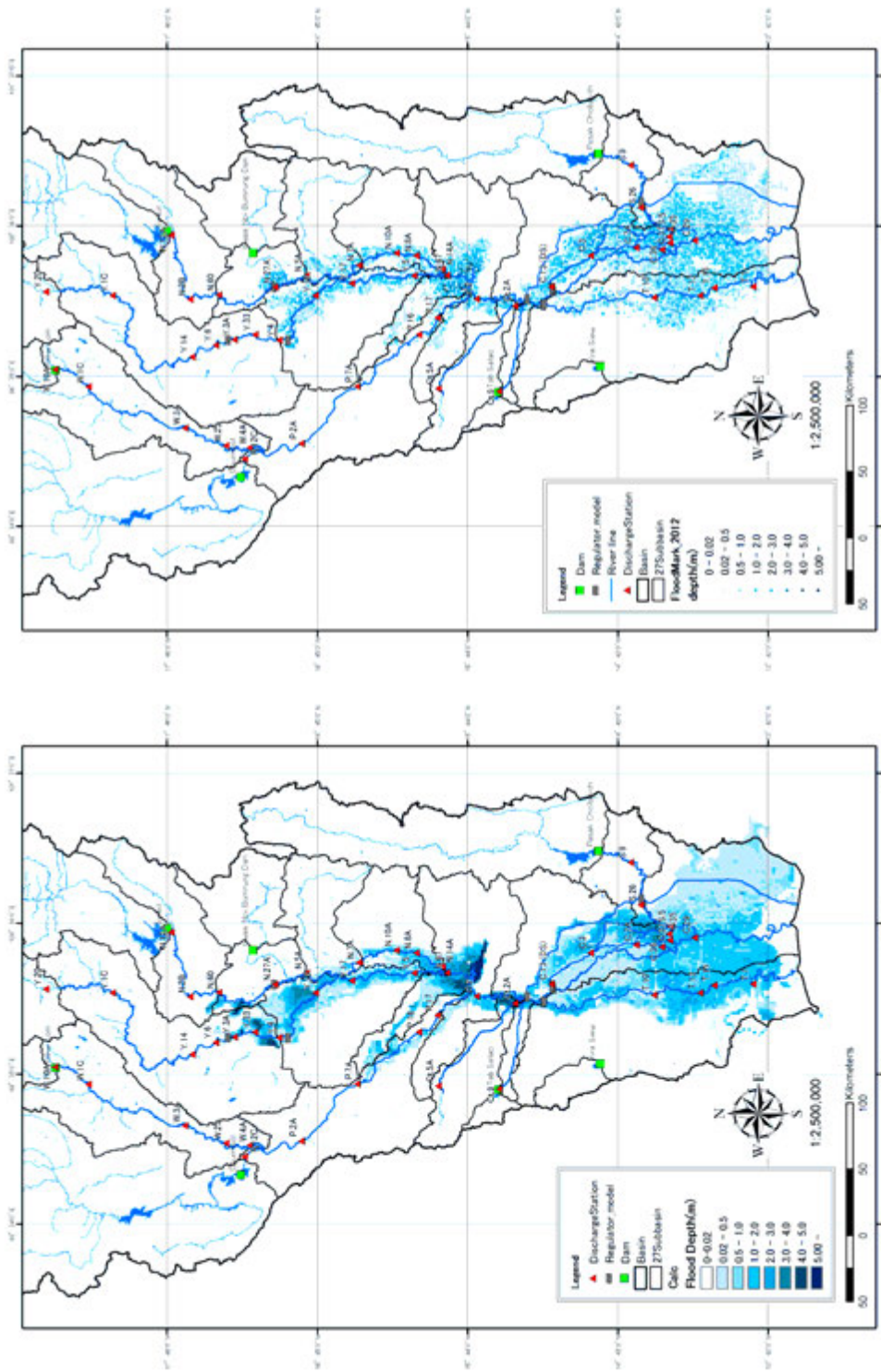


Figure 5.4-4 2011 Figure of Comparison with Inundation depth (Left : analysis (maximum depth)、 Right : Flood Mark Survey conducted in 2012)



***U-2: Manual of MIKE-Flood Modeling***



16-17th July 2013

Technical Workshop on Flood  
Analysis Model

# Manual

of MIKE-Flood

Modeling for M/P Study

in Thai

JICA Study Team

---





## สารบบ

<b>1. สารสำคัญของคู่มือฉบับนี้</b> .....	1
1.1 โครงสร้างของคู่มือ .....	1
1.2 โครงสร้างของไฟล์เดอร์ข้อมูล .....	2
<b>2. วิธีการใช้งานพื้นฐาน</b> .....	6
2.1 ขั้นตอนพื้นฐานของการจำลอง MIKE .....	6
2.2 ต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ .....	7
2.3 ต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางของน้ำ .....	8
2.4 ต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้น .....	13
<b>3. ขั้นตอนการตรวจสอบผลลัพธ์ภายหลังการปรับปรุงแม่น้ำ</b> .....	16
3.1 การตรวจสอบผลลัพธ์โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นทางน้ำ .....	16
<b>4. ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของกลุ่มน้ำใหม่</b> .....	21
4.1 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของกลุ่มน้ำใหม่ .....	21
4.2 วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ .....	22
4.3 วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำ .....	30
4.4 วิธีการพัฒนาโมเดลจำลองเพื่อการวิเคราะห์หน้าไหลท่วม .....	56



# 1. สารสำคัญของคู่มือฉบับนี้

คู่มือฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นขั้นตอนการรวบรวมสำหรับการดำเนินการตรวจสอบการใช้งานที่มีผลต่อเนื่องจากแม่น้ำขอมบำรุงชั้นพื้นฐานรูปแบบการวิเคราะห์การรั่วไหลของแม่น้ำน้ำท่วมจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยไมค์ของ DHI ของสำหรับวิธีการสร้างรูปแบบใหม่ในอ่าง

## 1.1 โครงสร้างของคู่มือ

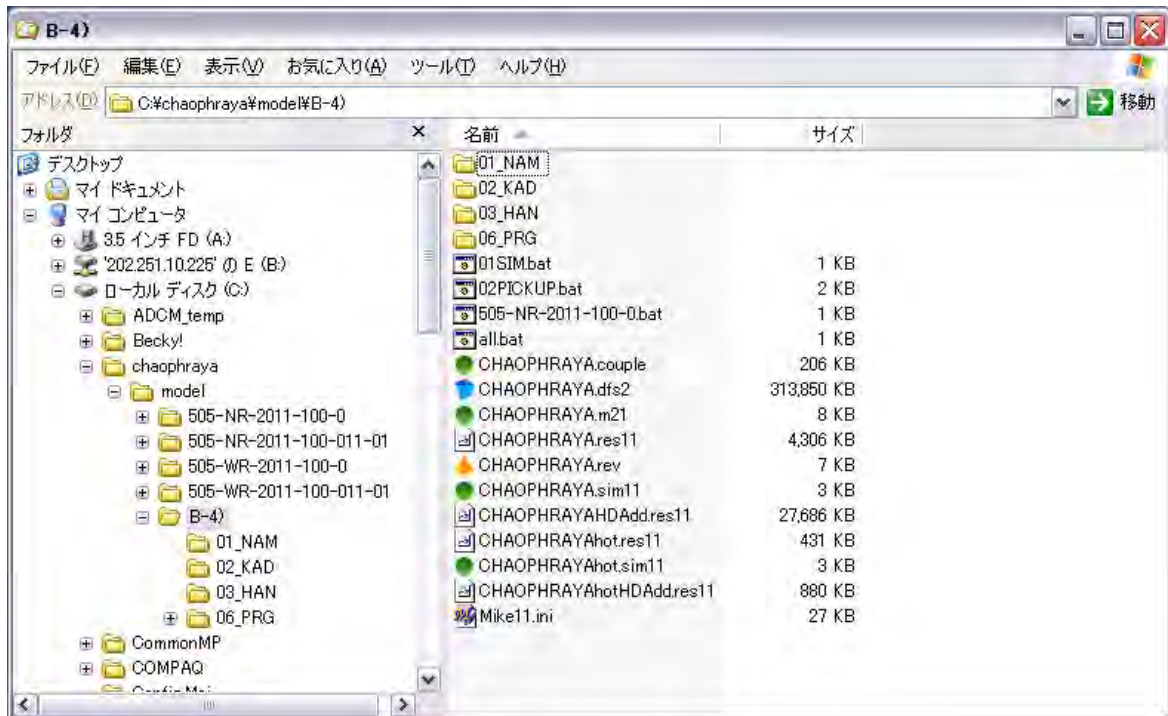
คู่มือฉบับนี้จะประกอบไปด้วยโครงสร้างดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงสารสำคัญของคู่มือฉบับนี้

章	項目	概要
บทที่ 1 สารสำคัญของคู่มือฉบับนี้	โครงสร้างของคู่มือ	สารสำคัญของเนื้อหาที่ระบุไว้ในคู่มือฉบับนี้
บทที่ 2 วิธีการใช้งานพื้นฐาน	ต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ	สารสำคัญของวิธีการจำลองการวิเคราะห์การไหลของน้ำทั่วไป
	ต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำ	สารสำคัญของวิธีการจำลองการวิเคราะห์เส้นทางน้ำทั่วไป
	ต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้น	สารสำคัญของวิธีการจำลองการวิเคราะห์การไหลล้นทั่วไป
บทที่ 3 ขั้นตอนการตรวจสอบผลลัพธ์ภายหลังการปรับปรุงแม่น้ำ	การตรวจสอบผลลัพธ์โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นทางน้ำ	วิธีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นทางน้ำจากการปรับปรุงแม่น้ำในกรณีที่ไม่ต้องการขุดหรือขยายช่องทางของแม่น้ำ
บทที่ 4 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่	วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ	ขั้นตอนการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลของลุ่มน้ำใหม่
	วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำ	ขั้นตอนการสร้างต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำของลุ่มน้ำใหม่
	วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้น	ขั้นตอนการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้นของลุ่มน้ำใหม่

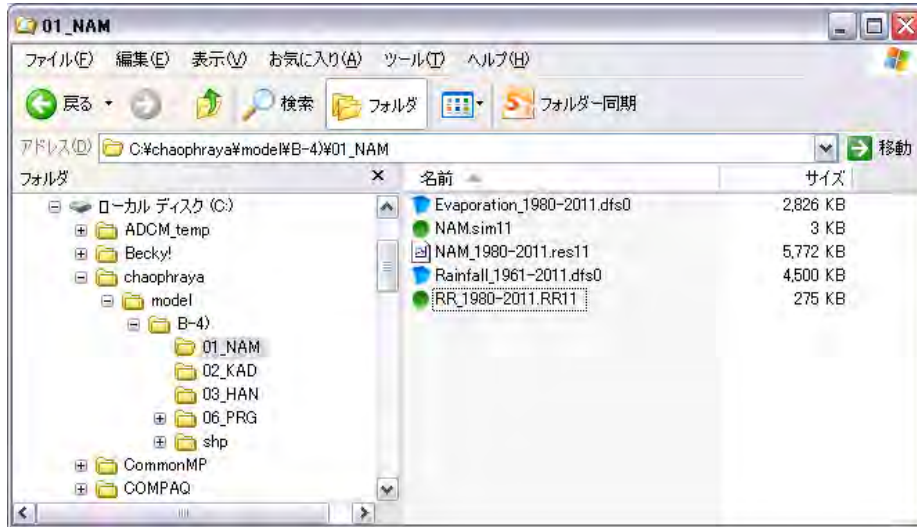
## 1.2 โครงสร้างของโฟลเดอร์ข้อมูล

รุ่นนี้ถูกสร้างขึ้นในธุรกิจนี้ตั้งอยู่ในโฟลเดอร์ต่อไปนี้



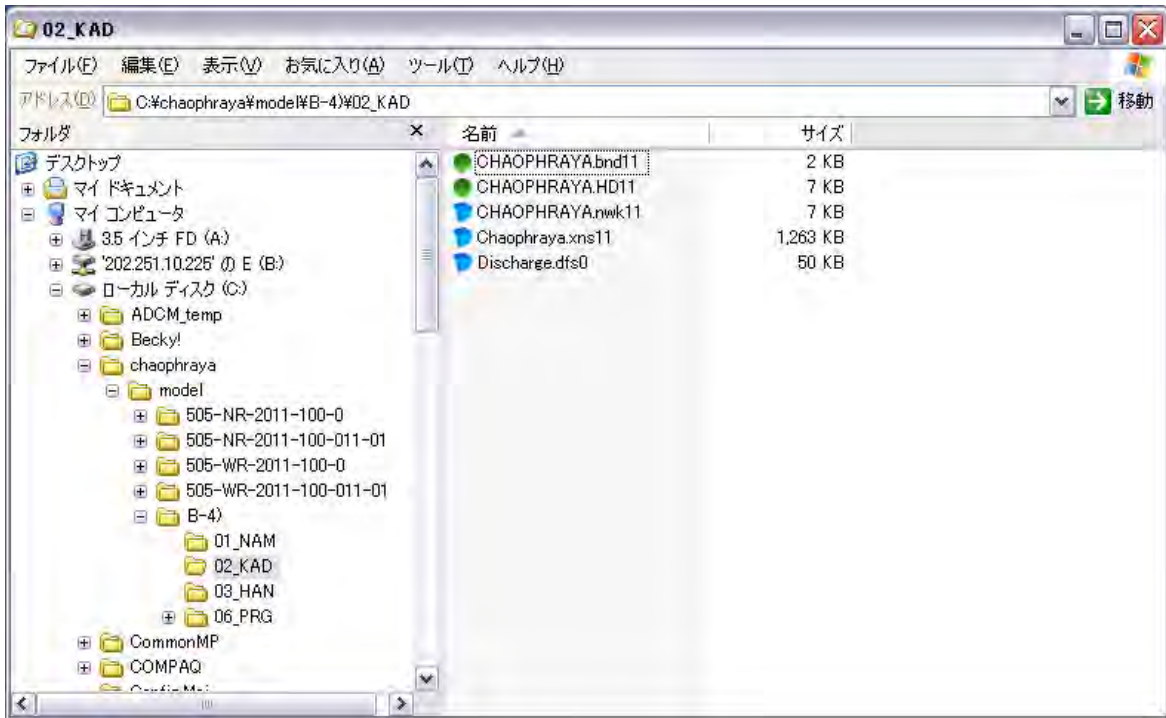
(1) (2) โฟลเดอร์ 01\_NAM

โฟลเดอร์ 01\_NAM ข้อมูลและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนที่ไหลป่าประกอบด้วย



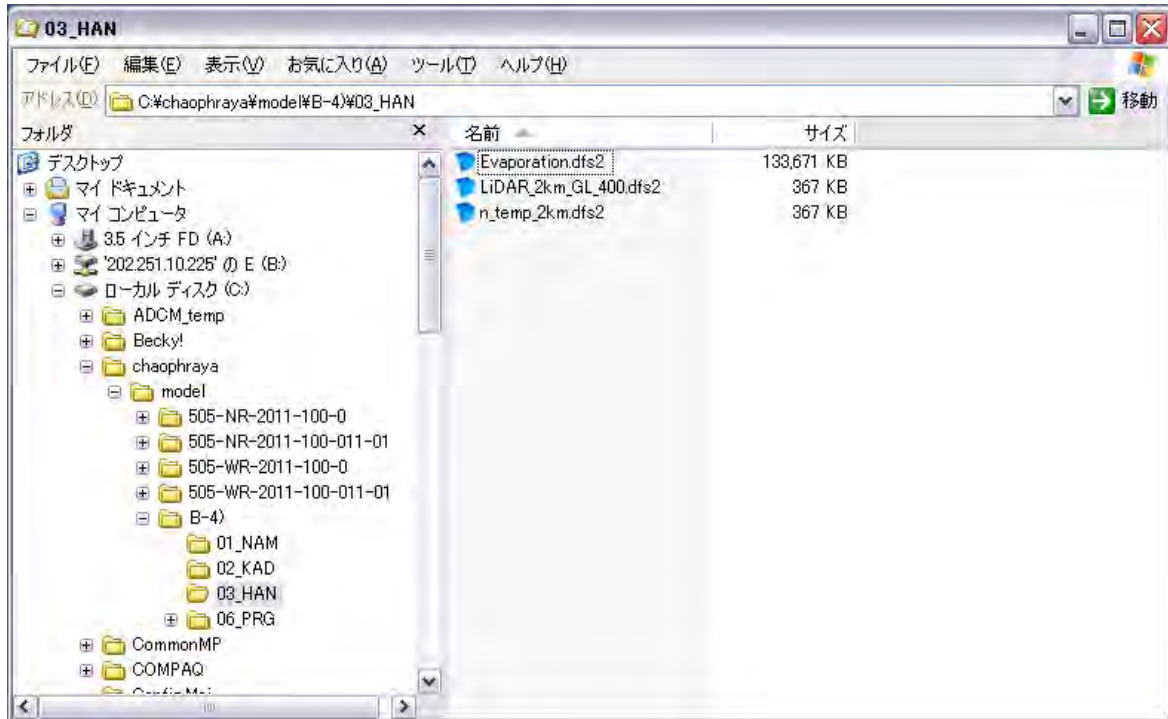
(2) โฟลเดอร์ 02\_Kad

ในโฟลเดอร์ 02\_Kad จะประกอบไปด้วยข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางของน้ำ



(3) โฟลเดอร์ 03\_Han

ในโฟลเดอร์ 03\_Han จะประกอบไปด้วยข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางน้ำ

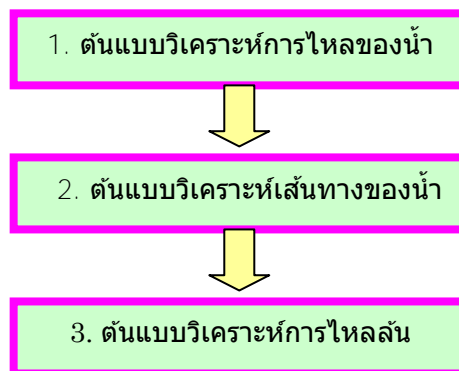


## 2. วิธีการใช้งานพื้นฐาน

ในบทที่ 2 นี้จะอธิบายถึงสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวิธีการใช้งานทั่วไปในกรณีที่ต้องการจำลองการวิเคราะห์การไหลของน้ำ, เส้นทางน้ำและการไหลล้นด้วยซอฟต์แวร์ MIKE โดยรายละเอียดของวิธีการสร้างต้นแบบในแต่ละประเภทนั้นจะถูกระบุไว้ในคู่มือที่แนบมากับซอฟต์แวร์ MIKE และในบทที่ 4 กรุณาดูรายละเอียดได้ใน “ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่”

### 2.1 ขั้นตอนพื้นฐานของการจำลอง MIKE

สำหรับการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ MIKE นั้น ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้ด้านล่างนี้



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนของการจำลอง MIKE

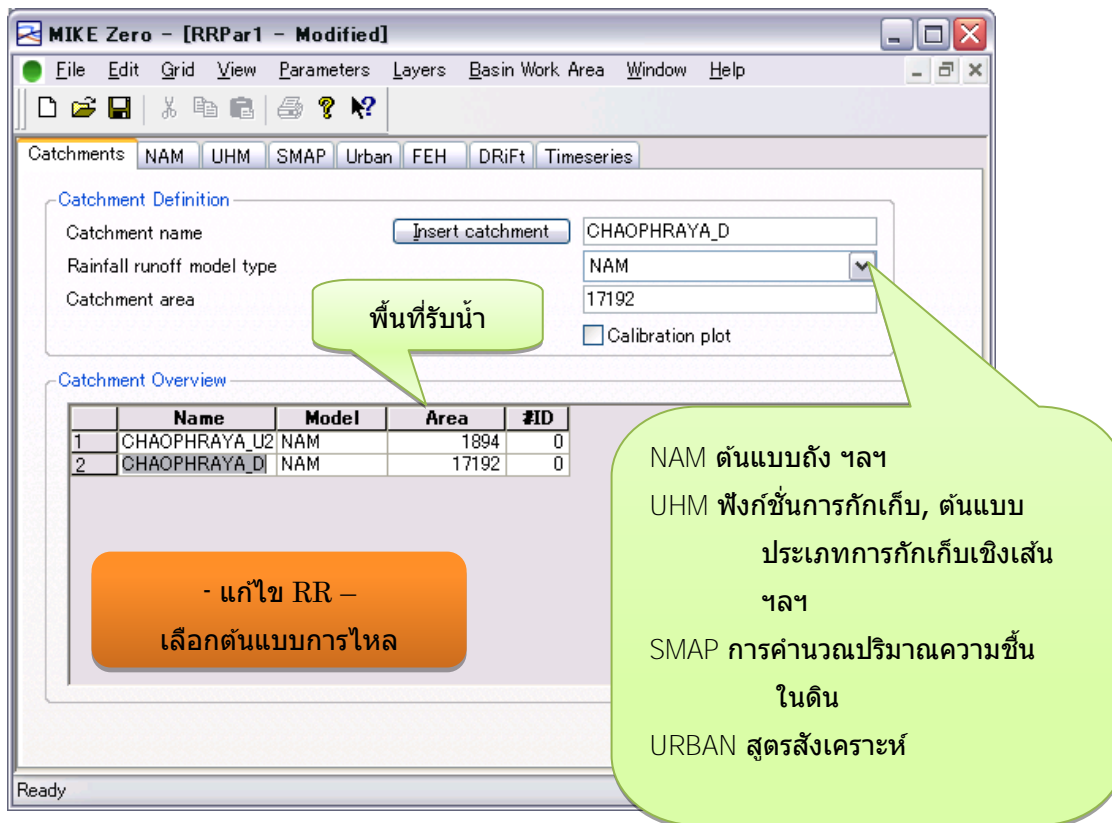


## 2.2 ต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ

สำหรับต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำนั้นตามหลักแล้วจะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ได้ สำหรับวิธีการสร้างแบบจำลองนั้น กรมอุตุนิยมวิทยาได้เตรียมคู่มือ MIKE ของบริษัท DHI หรือในบทที่ 4 ของคู่มือฉบับนี้

### 【ฟังก์ชันของต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ】

- ต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ
- การตั้งค่าต้นแบบ
- ผลการคำนวณปริมาณการไหลของลุ่มน้ำ



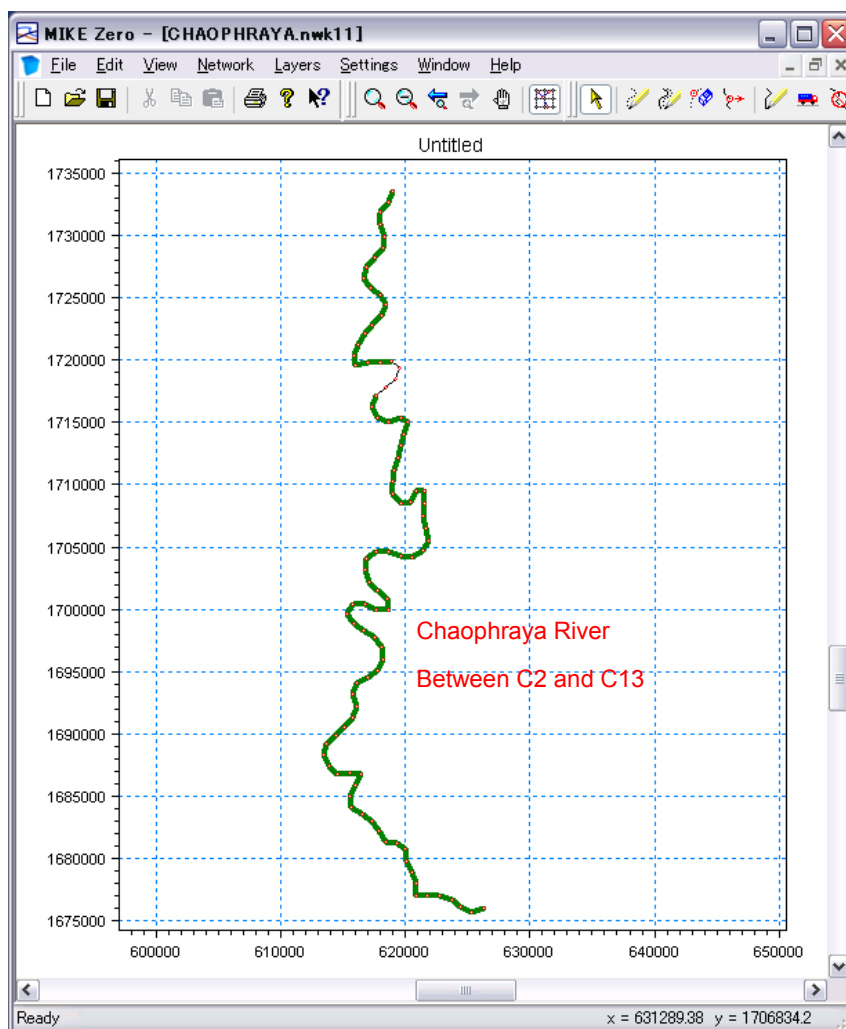
รูปที่ 2.2 ต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ

### 2.3 ต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางของน้ำ

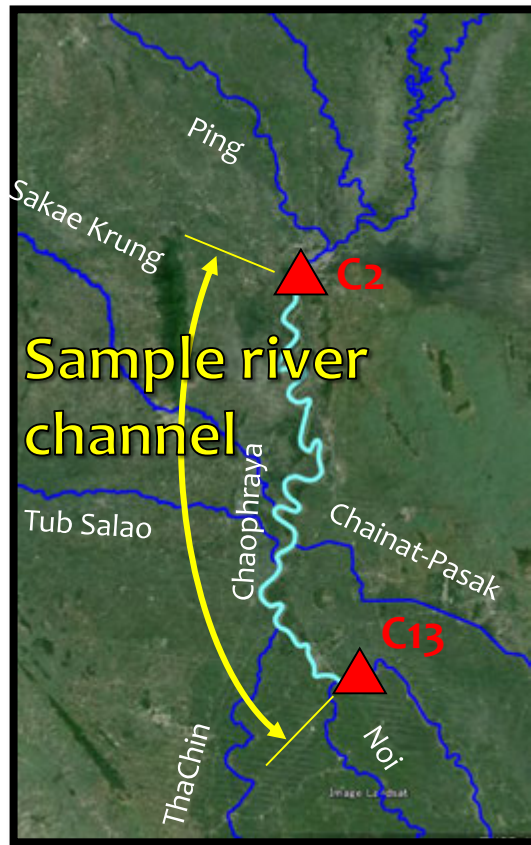
สำหรับวิธีการสร้างแบบจำลองนั้น กรุณาดูรายละเอียดได้ในคู่มือ MIKE ของบริษัท DHI หรือในบทที่ 4 ของคู่มือฉบับนี้

**【ฟังก์ชันของต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางของน้ำ】**

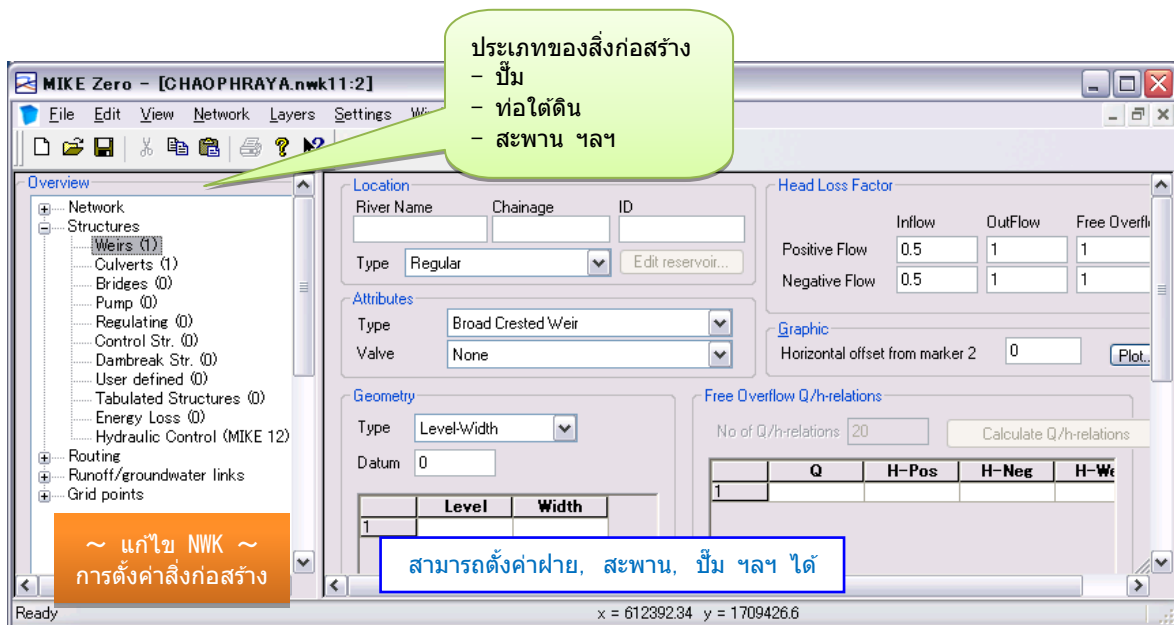
- เครือข่ายของเส้นทางน้ำและสถานที่
- การตั้งค่าตัดขวางของเส้นทางน้ำ
- การตั้งเงื่อนไขอัตราการไหล
- การคำนวณอัตราการไหลในเส้นทางน้ำ



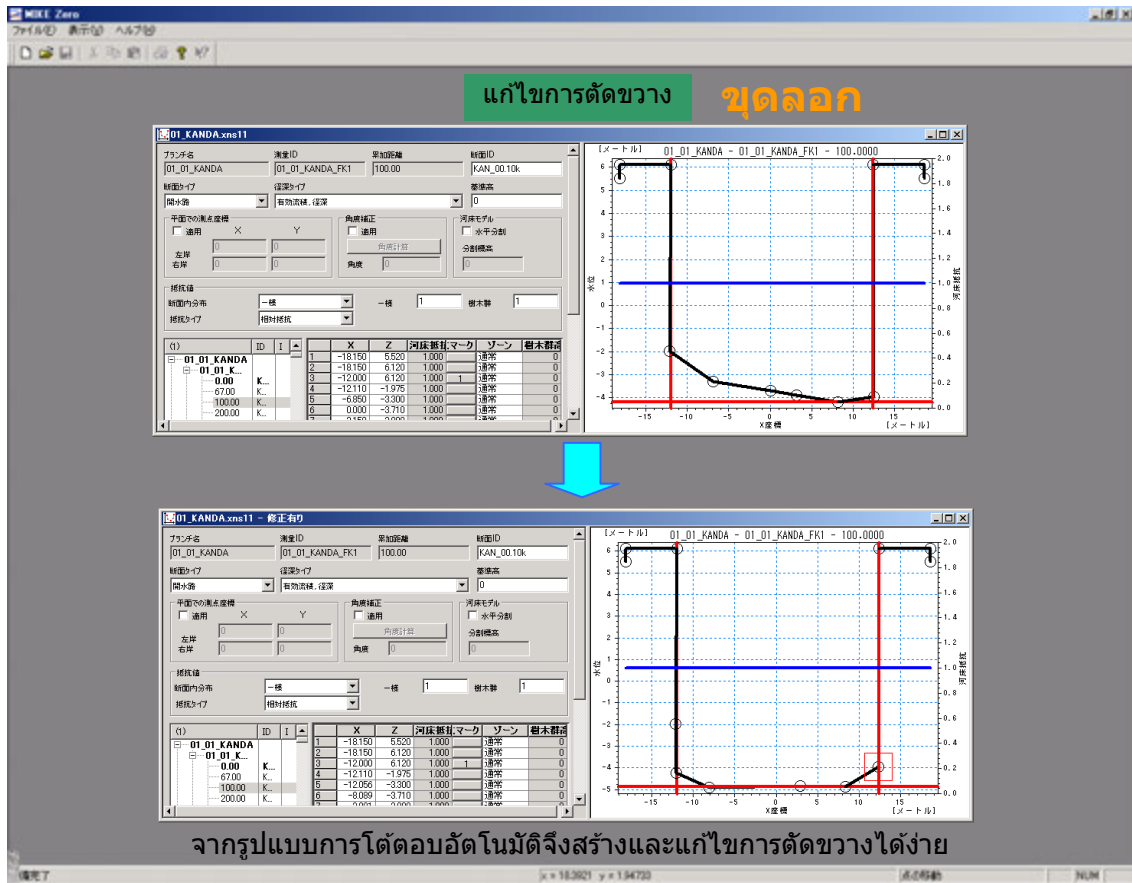
รูปที่ 2.3 (1) แสดงเครือข่ายของเส้นทางน้ำและอาคารสิ่งก่อสร้าง



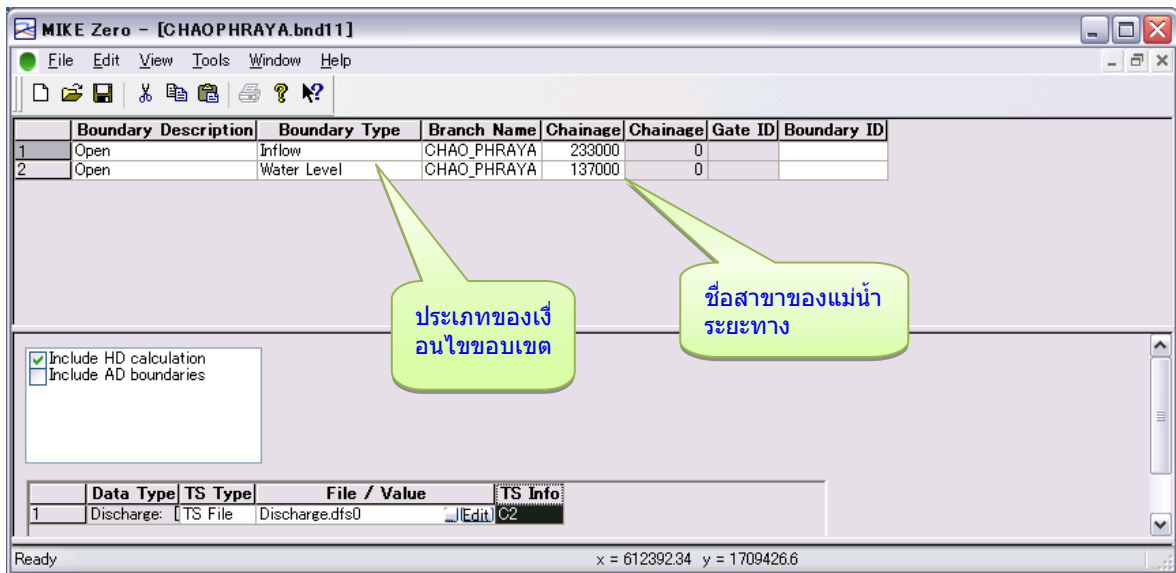
รูปที่ 2.3 (2) แสดงเครือข่ายของเส้นทางน้ำและอาคารสิ่งก่อสร้าง



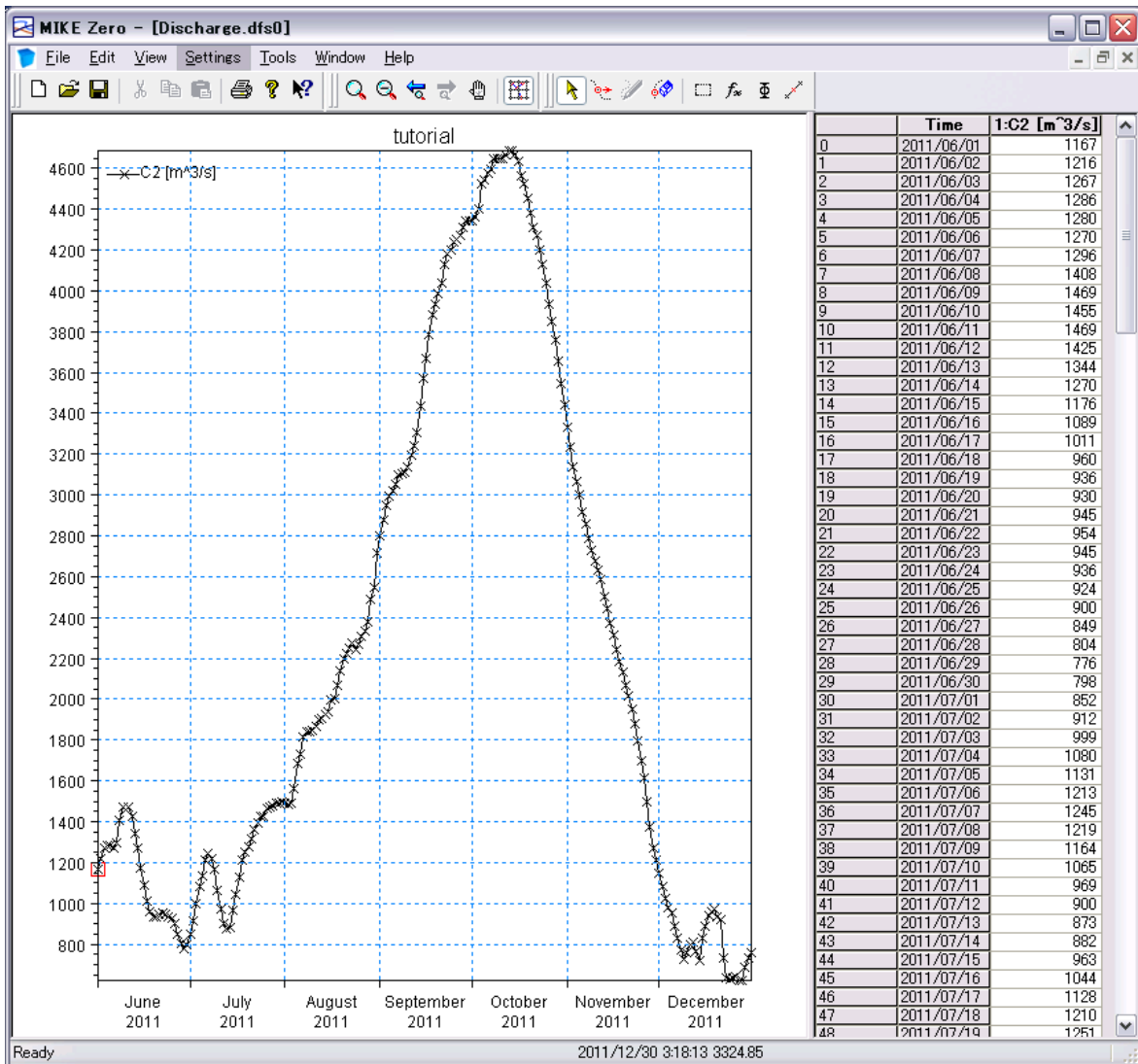
รูปที่ 2.4 การตั้งค่าอาคารสิ่งก่อสร้าง



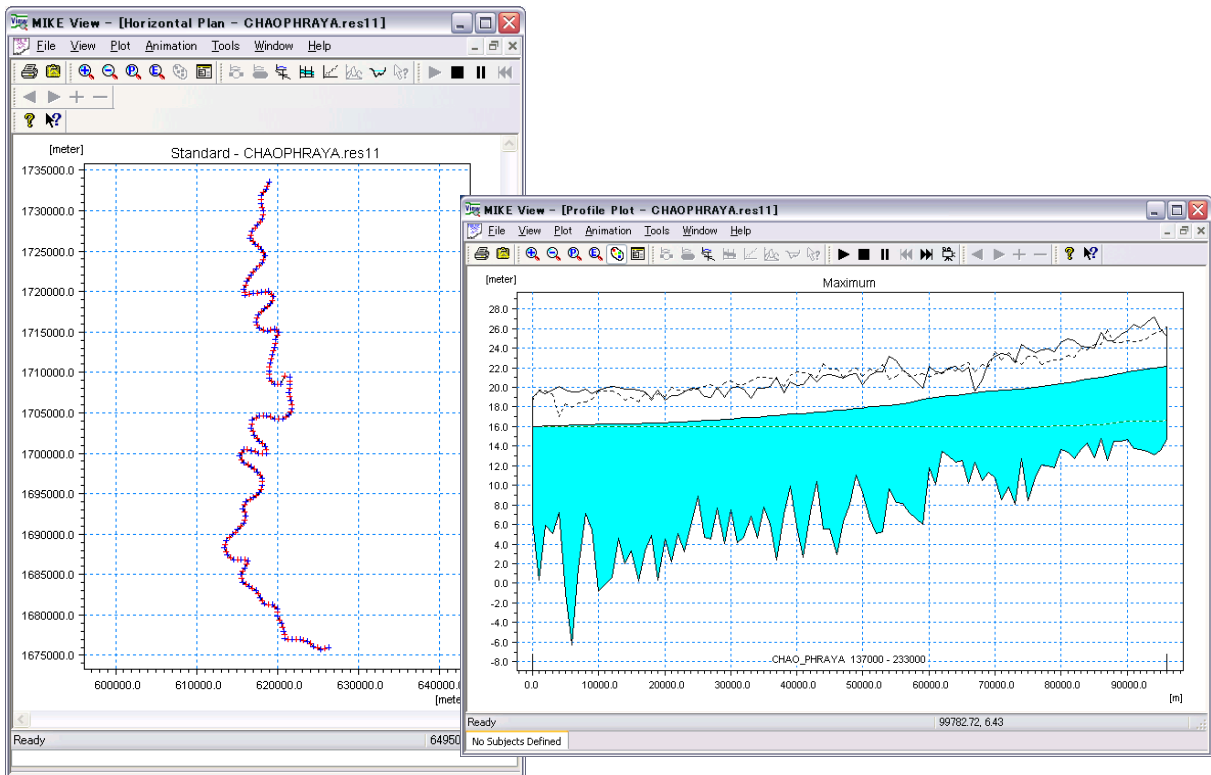
รูปที่ 2.5 การตั้งค่าตัดขวางเส้นทางน้ำ



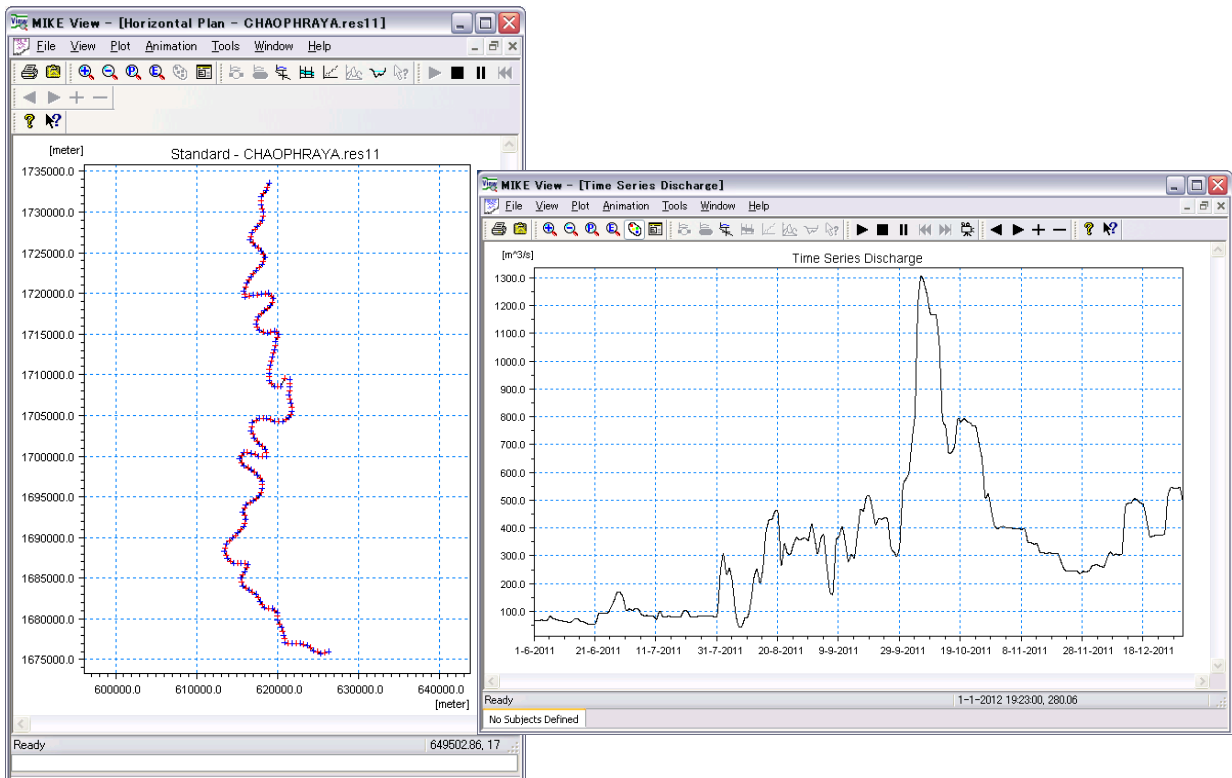
รูปที่ 2.6 การตั้งค่าเงื่อนไขอัตราการไหล



รูปที่ 2.7 กำหนดค่าการไหล



รูปที่ 2.8 (1) การคำนวณอัตราการไหลในเส้นทางของน้ำ



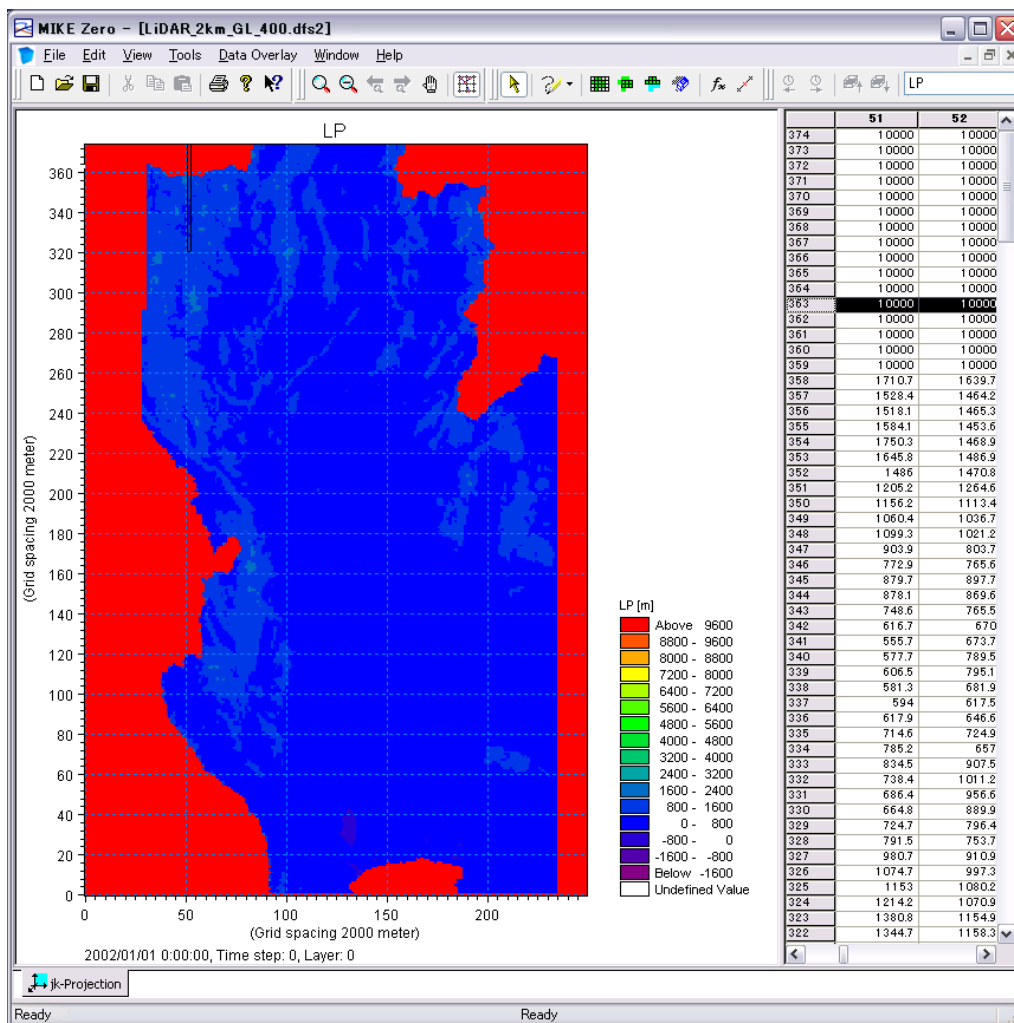
รูปที่ 2.8 (2) การคำนวณอัตราการไหลในเส้นทางของน้ำ

## 2.4 ต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้น

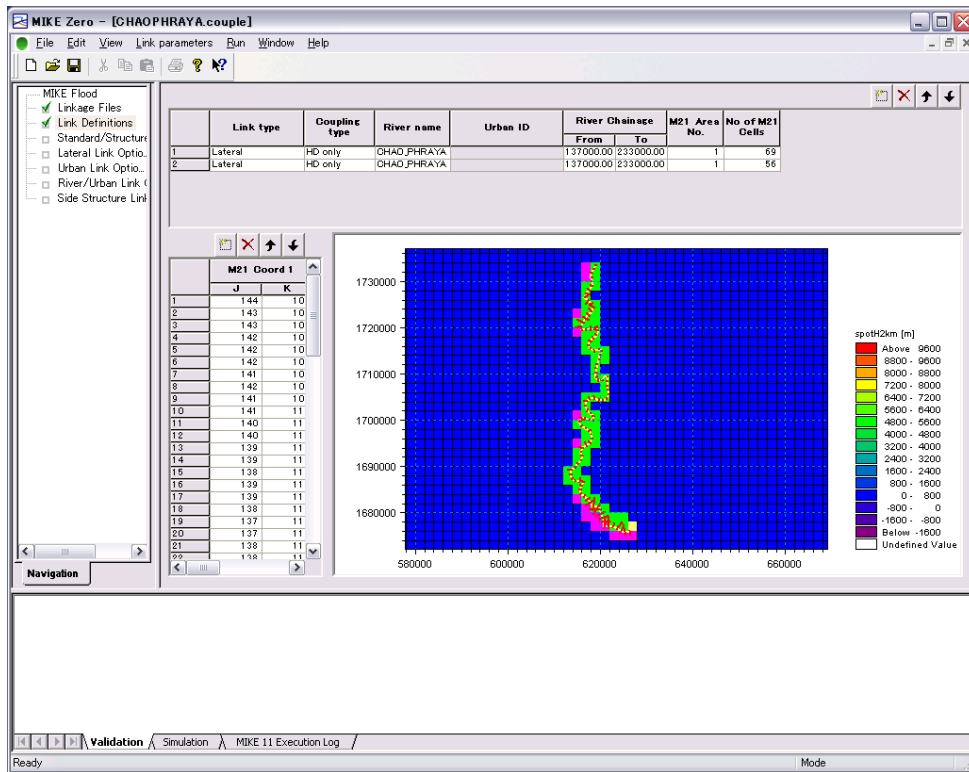
สำหรับวิธีการสร้างแบบจำลองนั้น กรุณาดูรายละเอียดได้ในคู่มือ MIKE ของบริษัท DHI หรือในบทที่ 4 ของคู่มือฉบับนี้

**【ฟังก์ชันของต้นแบบวิเคราะห์การไหลล้น】**

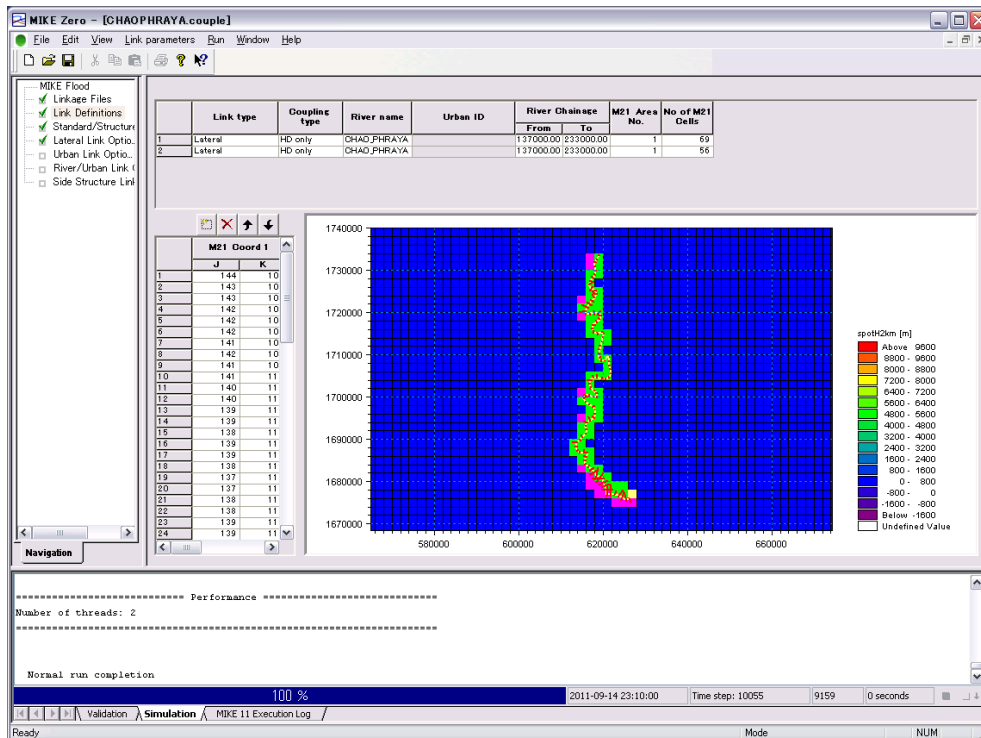
- การตั้งค่าความสูงของพื้นที่เป็นต้นทางการไหลล้น
- การเชื่อมต่อเส้นทางน้ำกับต้นทางการไหลล้น
- การแสดงผลการวิเคราะห์การไหลล้น



รูปที่ 2.9 การตั้งค่าความสูงของพื้นที่เป็นต้นทางการไหลล้น

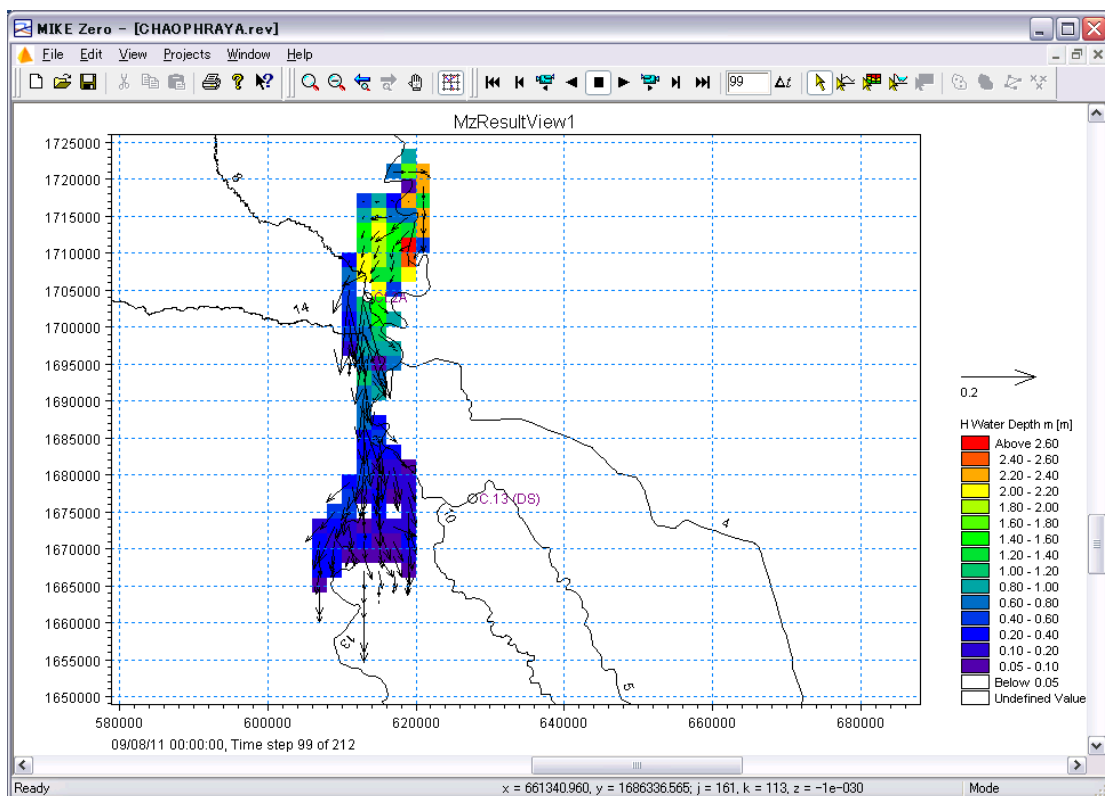
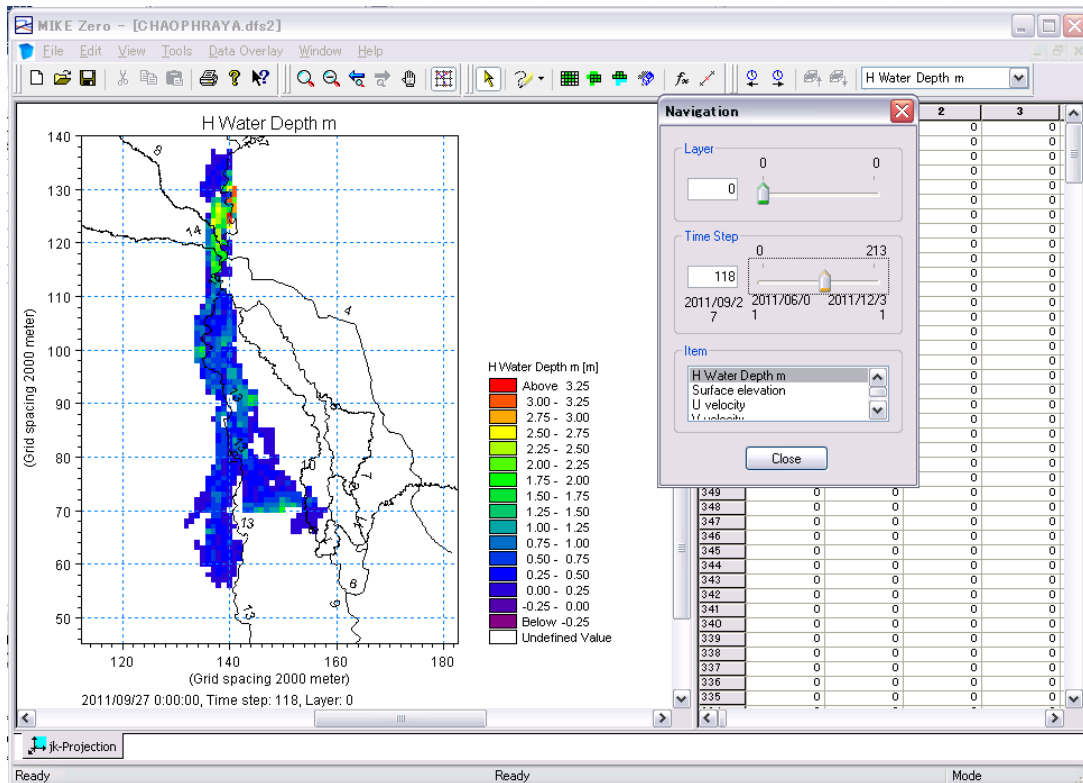


รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อเส้นทางน้ำกับต้นทางการไหลลง



รูปที่ 2.11 Simulation starts





รูปที่ 2.12 การแสดงผลการวิเคราะห์การไหลล้น

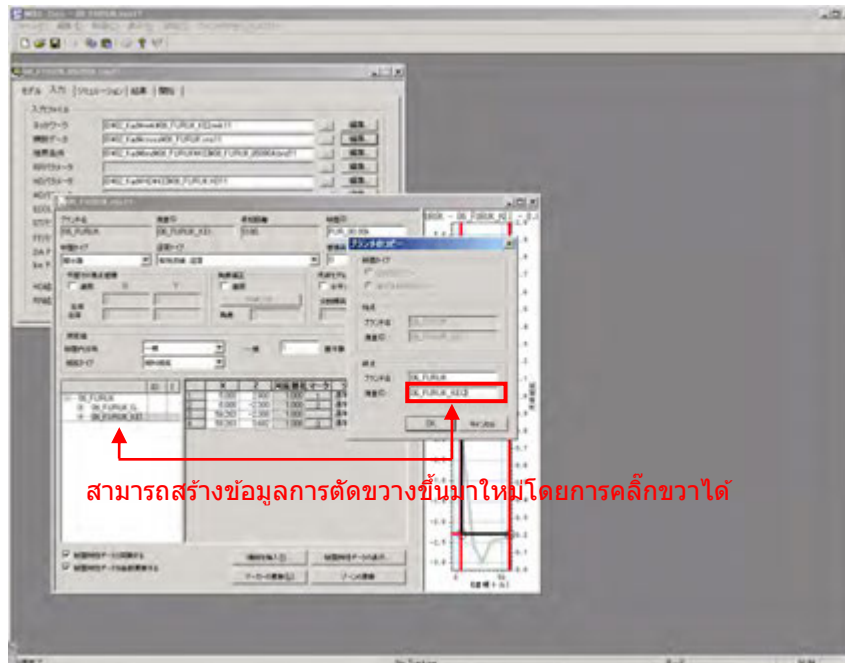
### 3. ขั้นตอนการตรวจสอบผลลัพธ์ภายหลังการปรับปรุงแม่น้ำ

#### 3.1 การตรวจสอบผลลัพธ์โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นทางน้ำ

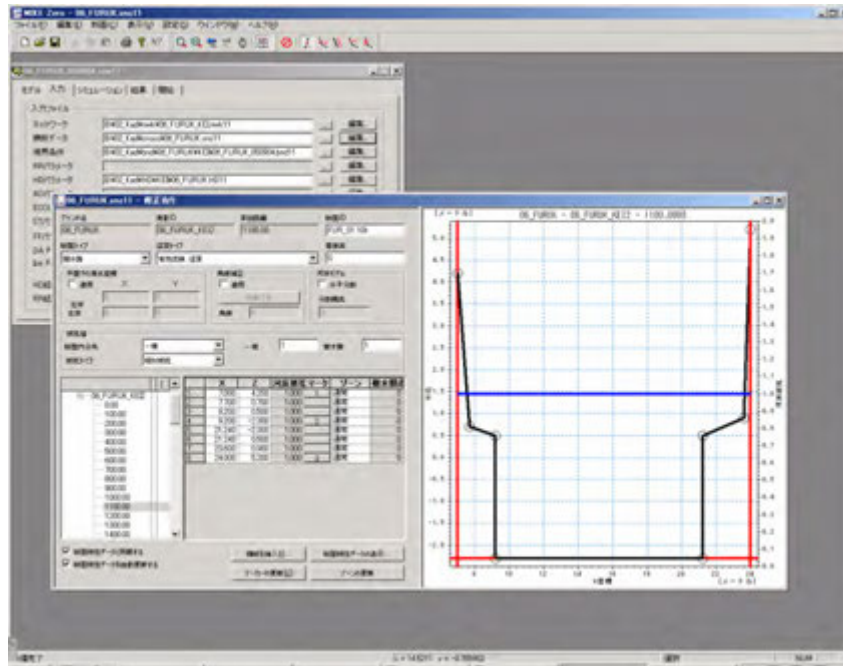
สำหรับวิธีการตรวจสอบผลลัพธ์โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นทางน้ำนั้นสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางส่วนของข้อมูลการตัดขวางของเส้นทางน้ำที่ได้มีการสร้างต้นแบบขึ้นมาแล้วในปัจจุบัน ทั้งนี้จำเป็นที่จะต้องทำการแก้ไขความสัมพันธ์ของ ID การตรวจวัด (topo ID) ที่อ้างอิงด้วยไฟล์จำลอง (sim 11) และไฟล์เครือข่ายตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการตัดขวางของเส้นทางน้ำ (สร้างใหม่) ด้วย โดยแสดงขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

##### (1) การสร้างข้อมูลการตัดขวาง

ภายหลังจากที่เปิดไฟล์ “sim11” ขึ้นมาแล้วหน้าจอจะเปลี่ยนไปดังรูปที่ รูปที่ 3.1 (1) หากทำการแก้ไข (edit) ไฟล์ “sim11” ที่หน้าจอพื้นฐานข้อมูลการตัดขวาง (xns11) จะถูกเรียกเปิดขึ้นมาโดยอัตโนมัติ เราสามารถคัดลอกเพื่อสร้างข้อมูลการตัดขวางของ topo ID ในฐานข้อมูลการตัดขวางได้โดยการคลิกขวาไปที่ topo ID (ID การตรวจวัด) ที่ต้องการคัดลอก



รูปที่ 3.1 (1) แสดงการเปิดหน้าจอของ “xns11” จาก “sim11”

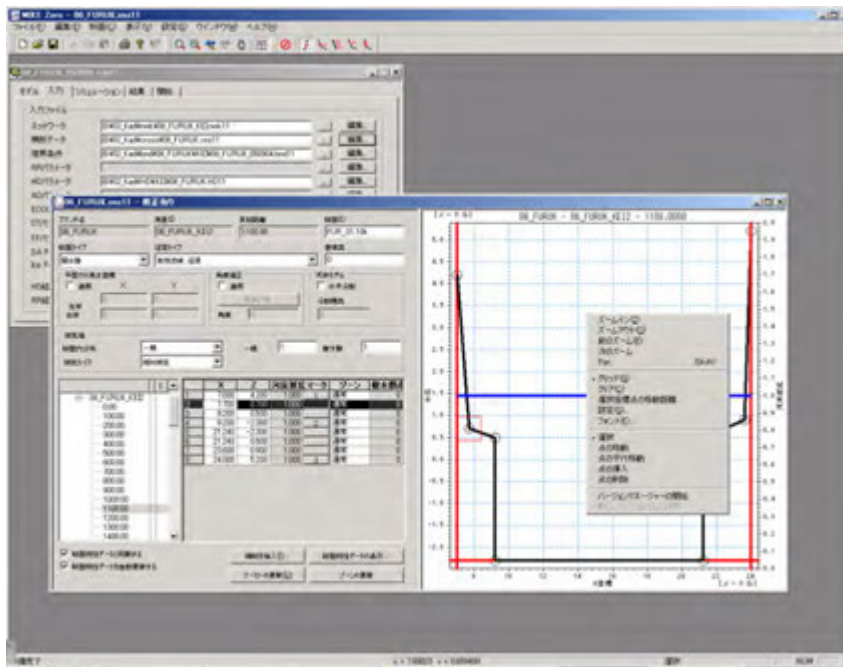


รูปที่ 3.1 (2) หลังสร้างฐานข้อมูลการตัดขวาง

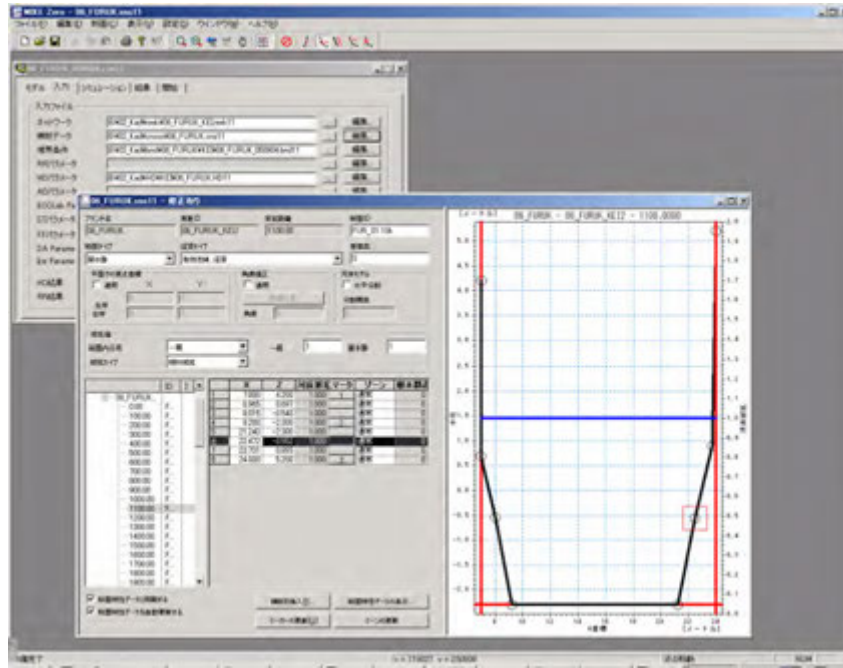
(2) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างการตัดขวาง

เราสามารถทำการเปลี่ยนแปลงรูปร่างการตัดขวางของข้อมูลการตัดขวางที่สร้างขึ้นมาใหม่ได้ (ซึ่งในที่นี้คือ 06\_Furuk\_KE12) โดยการคลิกขวาไปที่หน้าต่างที่ใช้ในการแสดงรูปร่างตัดขวางของหน้าจอลากขวามือเพื่อลากเส้นวัดที่ต้องการทำการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Cross ID หรือระยะทางสะสม)

ในที่นี้กำหนดให้ทำการเปลี่ยนแปลงจากรูปที่ รูปที่ 3.2 (1) การตัดขวางจากระยะทางสะสมอยู่ที่ 1100.00 เป็นรูปที่ รูปที่ 3.2 (2)



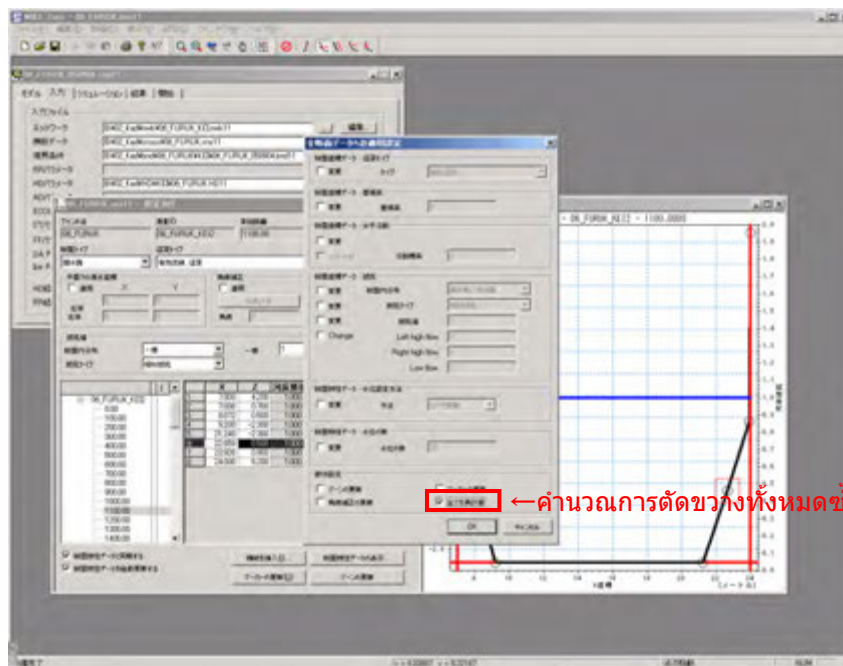
รูปที่ 3.2 (1) หน้าจอแสดงรูปร่างการตัดขวาง (ก่อนการเปลี่ยนแปลง)



รูปที่ รูปที่ 3.2 (2) หน้าจอแสดงรูปร่างการตัดขวาง (หลังการเปลี่ยนแปลง)

(3) การคำนวณคุณลักษณะของการตัดขวางใหม่

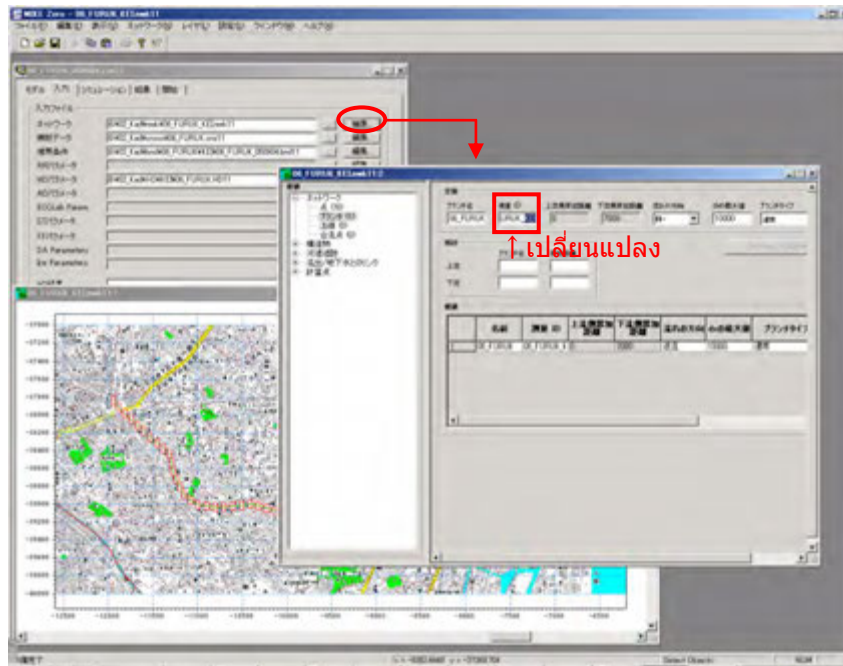
ก่อนที่จะเริ่มทำการคำนวณจำเป็นที่จะต้องทำการคำนวณคุณลักษณะของการตัดขวาง (พื้นที่หน้าตัด, รัศมีไฮดรอลิก (Hydraulic radius)) ที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงไป โดยการเลือกไปที่ “Cross section” → “Apply to all cross section” จากเมนูแล้วทำเครื่องหมายถูกเข้าไปที่ช่อง “Re-calculate all” ตามรูปด้านล่าง จากนั้นให้กดที่ปุ่ม OK เนื่องจากแม้จะมีข้อมูลการตัดขวางของ topo ID หลายตัวรวมอยู่ในไฟล์ xns11 เพียง 1 ไฟล์ก็ตาม เราสามารถเขียนทับบนไฟล์ xns11 แล้วบันทึกก็ถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 3.3 (1) หน้าจอแสดงการคำนวณคุณลักษณะของการตัดขวางซ้ำ

(4) ความสัมพันธ์กับไฟล์เครือข่าย

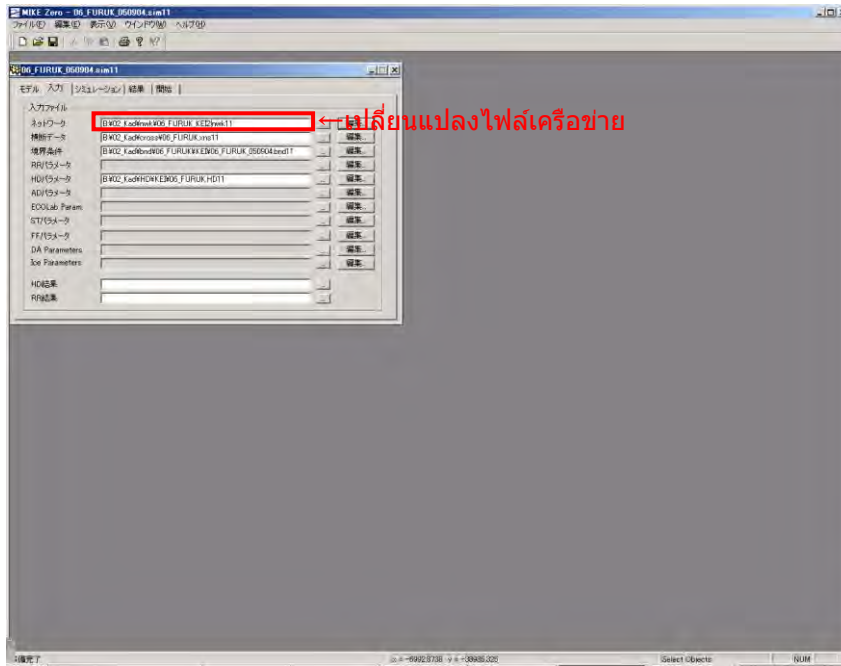
เนื่องจากในไฟล์เครือข่าย (mwk11) นั้นจะมีการตั้งค่า ID การตรวจวัดที่ใช้ในการจำลองอยู่ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องสร้างไฟล์เครือข่ายขึ้นมาใหม่โดยเปิดไฟล์เครือข่ายเดิมขึ้นมาแล้วทำการเปลี่ยนแปลง ID การตรวจวัดที่ถูกกำหนดค่าไว้ให้เป็น ID การตรวจวัดที่ระบุไว้ในข้อ (2) จากนั้นให้ทำการบันทึกไฟล์เครือข่ายที่สร้างขึ้นใหม่นี้ด้วยชื่อที่แตกต่างจากเดิม (ในที่นี้กำหนดให้บันทึกด้วยชื่อ 06\_Furuk\_KEI2.nwk11)



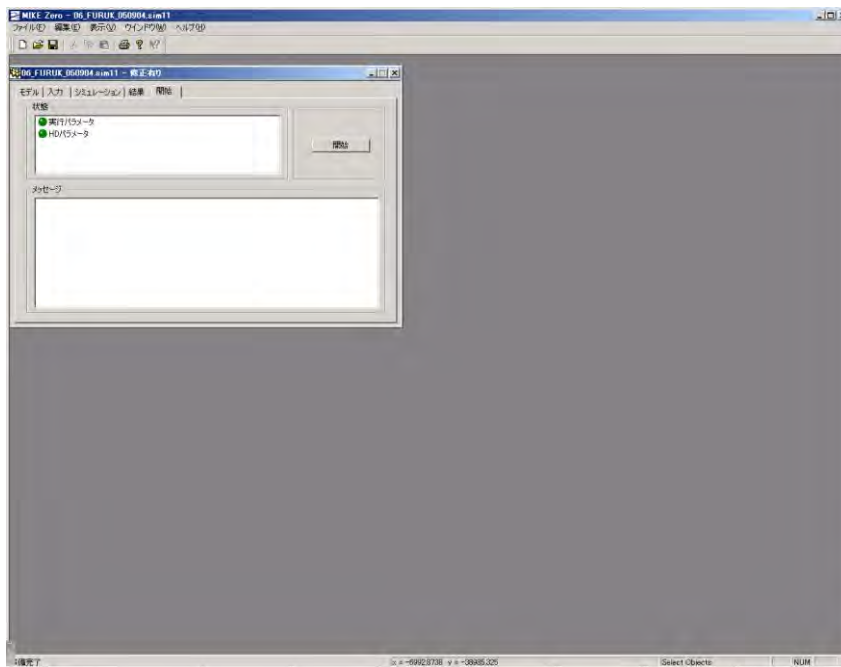
รูปที่ 3.4 การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างไฟล์เครือข่ายกับข้อมูลการตัดขวาง

(5) การเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าไฟล์จำลอง

ให้ระบุไฟล์ “mwwk11” ที่ได้ทำการตั้งค่าขึ้นมาจากไฟล์จำลอง (sim11) ในไฟล์เครือข่ายใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นมาตามข้อที่ (5) หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการคำนวณแล้วก็ถือเป็นอันเสร็จสิ้นของการสร้างไฟล์จำลองการตรวจสอบผลลัพธ์ ในกรณีนี้ที่สร้างข้อมูลขึ้นมาอย่างถูกต้องจะปรากฏเครื่องหมายสีเขียวบนหน้าจอแสดงสถานะตามรูปที่ รูปที่ 3.5 (2) เพียงเท่านี้เราก็สามารถทำการจำลองและเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยโปรแกรม MIKE VIEW ฯลฯ ได้แล้ว



รูปที่ 3.5 (2) หน้าจอก่อนเริ่มทำการจำลอง

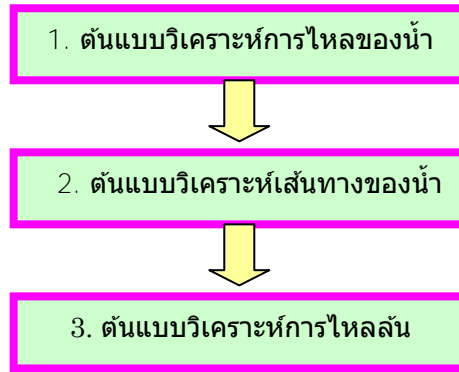


รูปที่ 3.5 (2) หน้าจอก่อนเริ่มทำการจำลอง

## 4. ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่

### 4.1 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่

ในตอนที่ต้องการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่ด้วยซอฟต์แวร์ MIKE นั้น สามารถทำได้โดยการสร้างไฟล์จำลองแต่ละไฟล์ขึ้นมาตามลำดับขั้นตอนที่แสดงไว้ด้านล่างนี้และดำเนินการวิเคราะห์จริง



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของลุ่มน้ำใหม่

#### 4.2 วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์การไหลของน้ำ

(ระบุวิธีการสร้าง NAM แบบง่าย)

(1) Condition

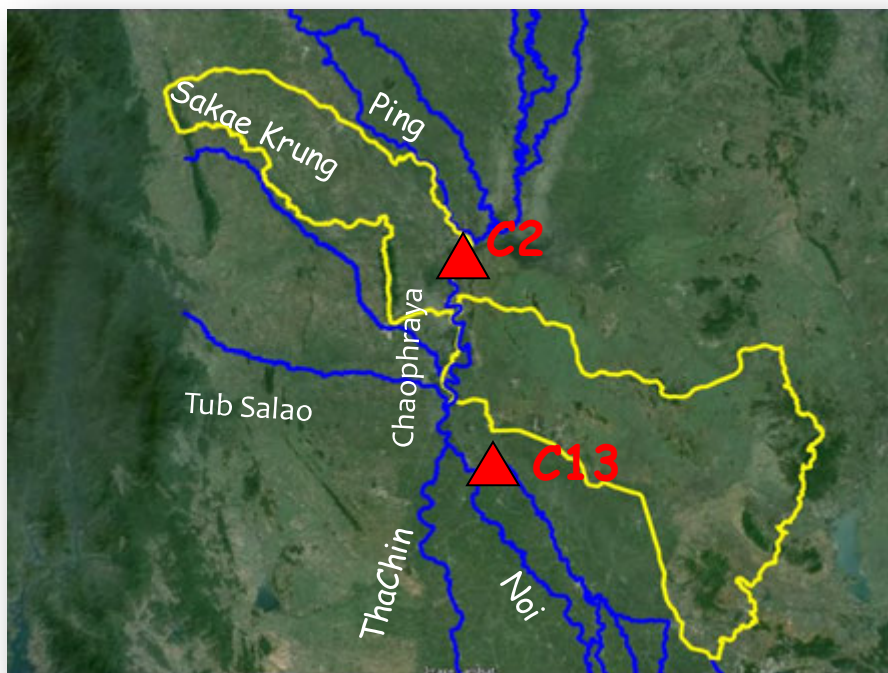
NAM Rainfall-Runoff calculation for 2 sub-basins shall be conducted.

Catchment Condition

Sub-basin1	Basin Name: CHAOPHRAYA_U2	Area: 1,894km <sup>2</sup>
Sub-basin2	Basin Name: CHAOPHRAYA_D	Area: 3,844km <sup>2</sup>

Boundary Condition

Rainfall	2011 observed data (Averaged data by Thiessen Method)
Evaporation	2011 observed data (Averaged data by Thiessen Method)



รูปที่ 4.2 แผนภาพของอ่างที่จะสร้างแบบจำลอง

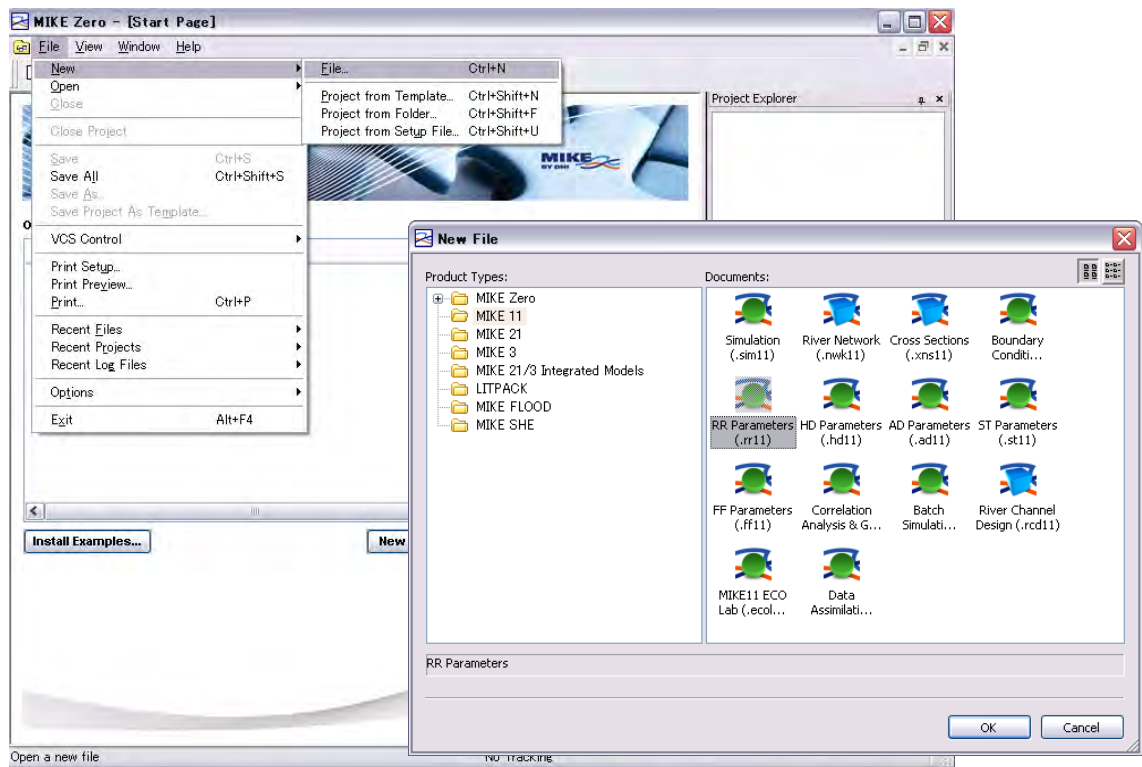


(2) ลำดับการป้อนข้อมูล

- ① สร้างแฟ้มข้อกำหนด
- ② สร้างและตั้งค่าไฟล์ TS (อนุกรมเวลา)

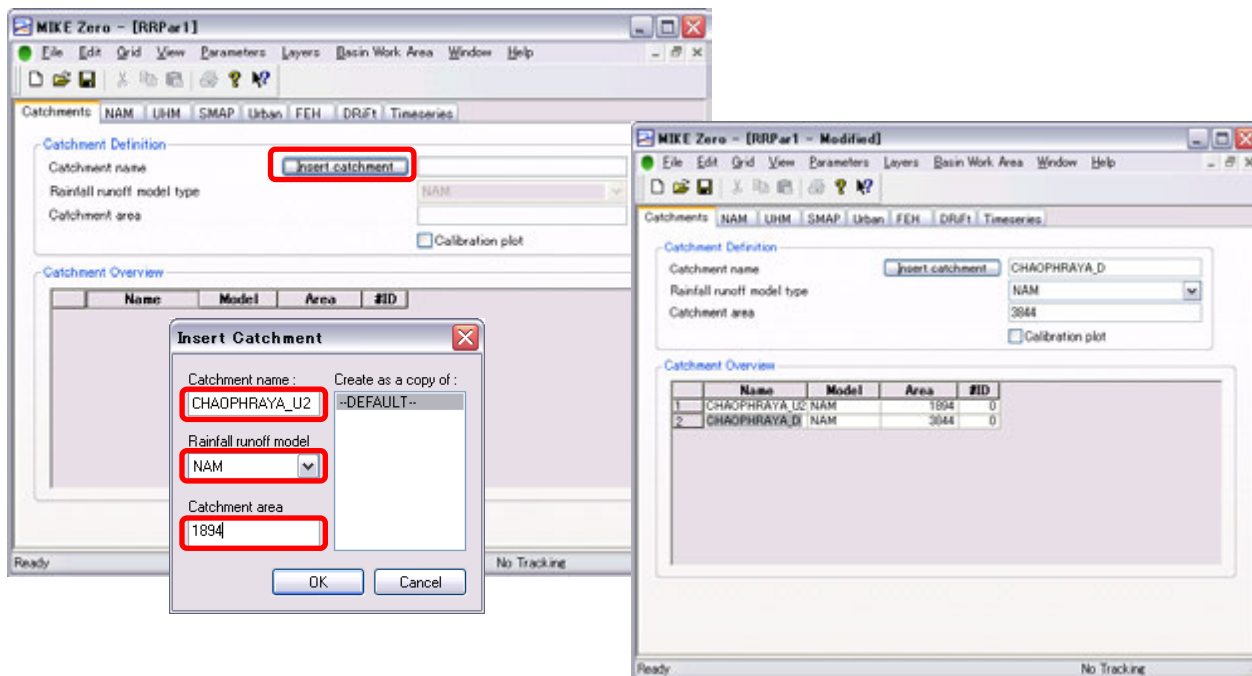
(3) การสร้างไฟล์ RR คำนิยาม

- ① MIKE Zero [Start Page] 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File→Product Types 「MIKE11」、Documents 「RR Parameters (.rr11)」



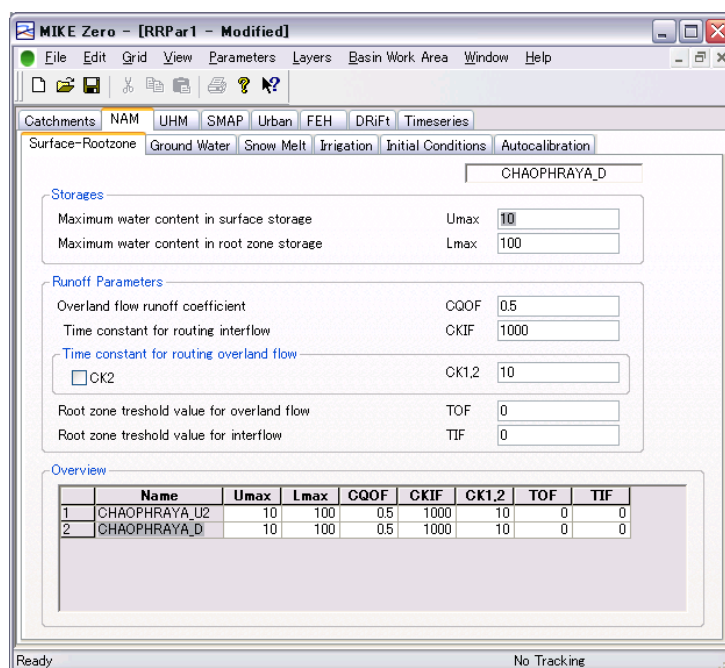
รูปที่ 4.3 จากเมนู MIKE 11

- ③ Insert catchment information (Catchment name and Catchment area) and select Rainfall-runoff model (“NAM”)



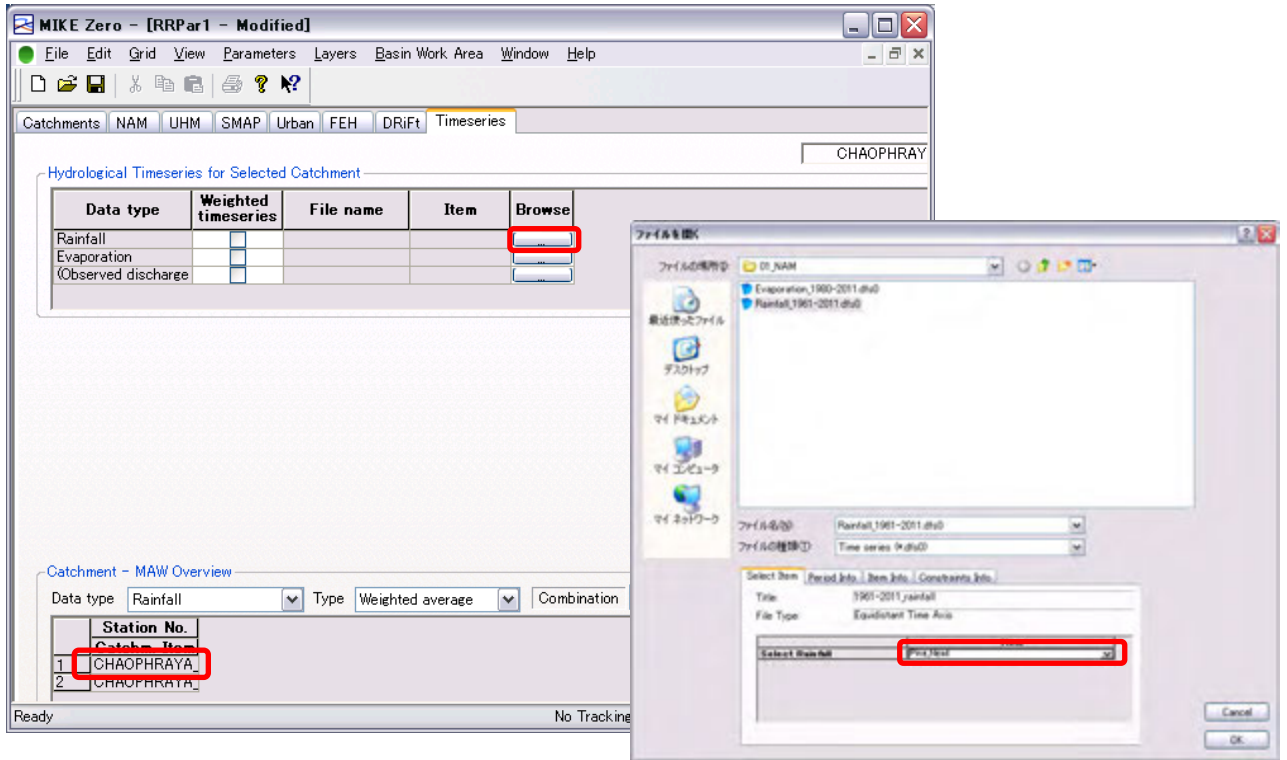
រូបភាព 4.4 Catchment setting

- ④ Parameter settings on “NAM” tab (default values were set)



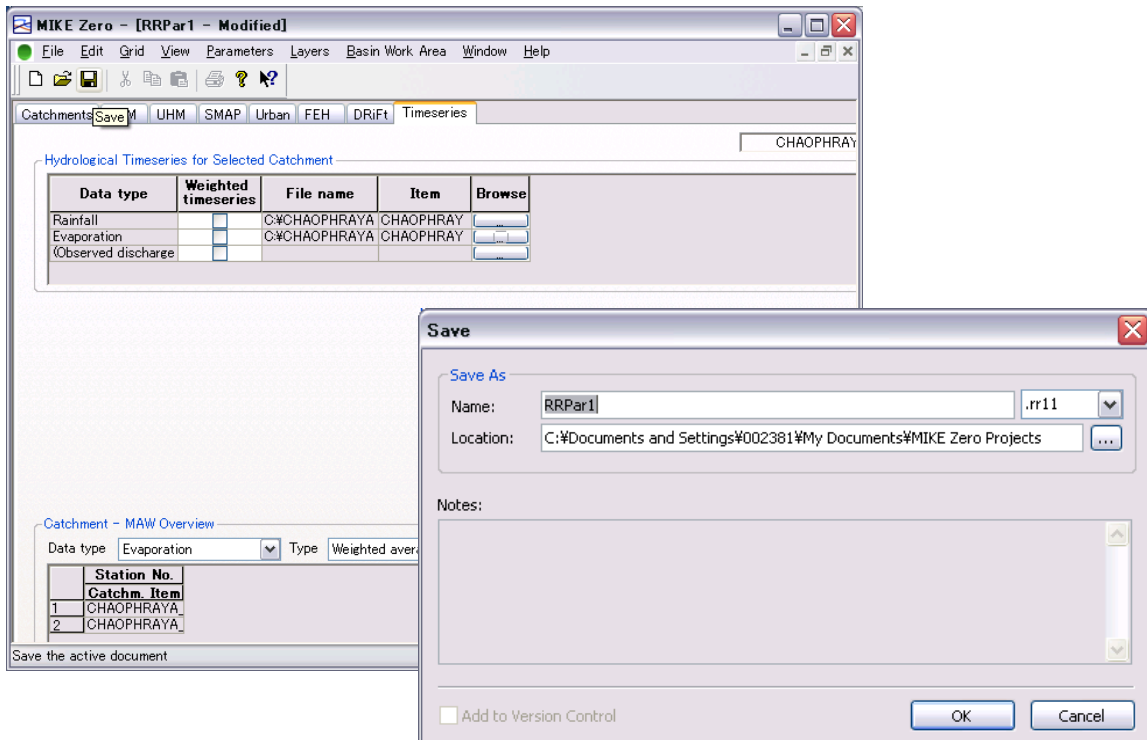
រូបភាព 4.5 Parameter screen (default values were set)

⑤ Boundary conditions (set Time-series file)



รูปที่ 4.6 Parameter screen (default value)

⑥ Save the created file

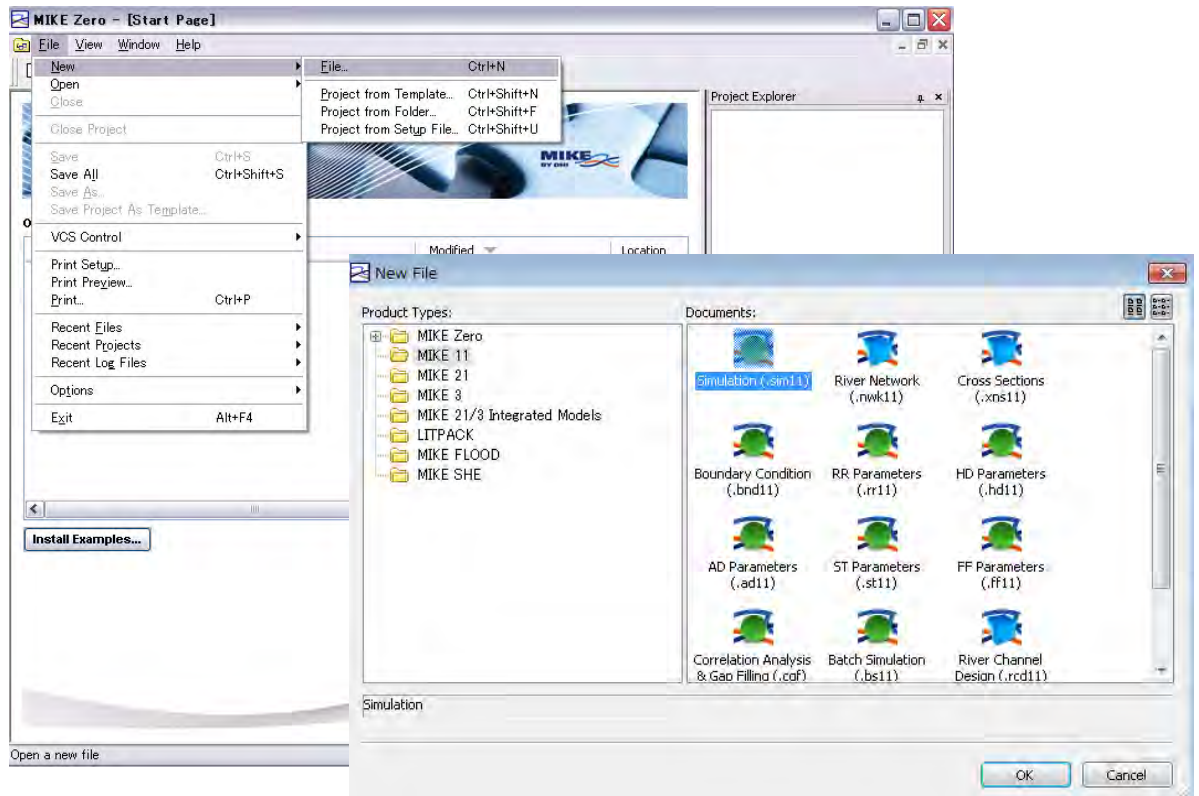


(4) การสร้างไฟล์จำลอง

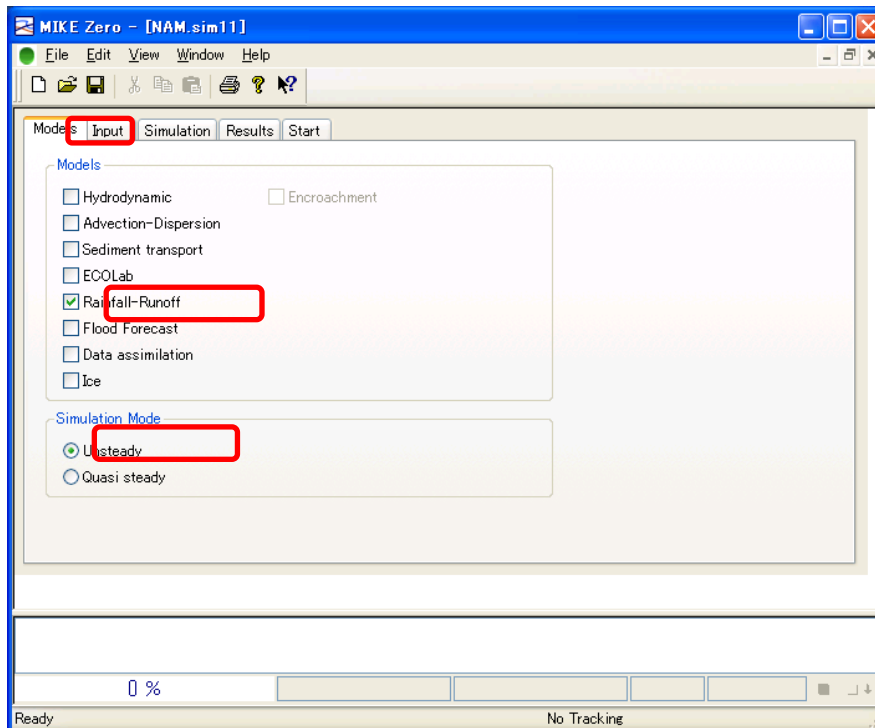
เมื่อต้องการเรียกใช้แฟ้มข้อกำหนด RR ที่เราได้เคยทำ

ไฟล์ RR คำนิยาม · · RR

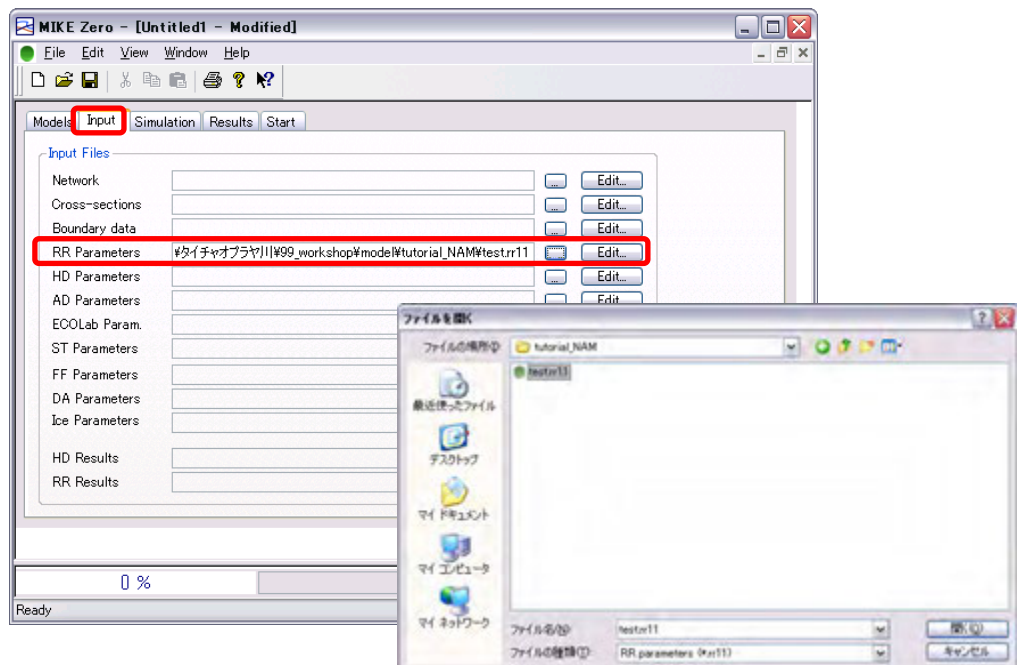
- ① MIKE Zero [Start Page] 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File→Product Types 「MIKE11」、Documents 「Simulation(.sim11)」。



- ③ เลือกวิธีการคำนวณบนแท็บ “Model” (ครั้งนี้ให้เลือกเป็น Rainfall-Runoff )

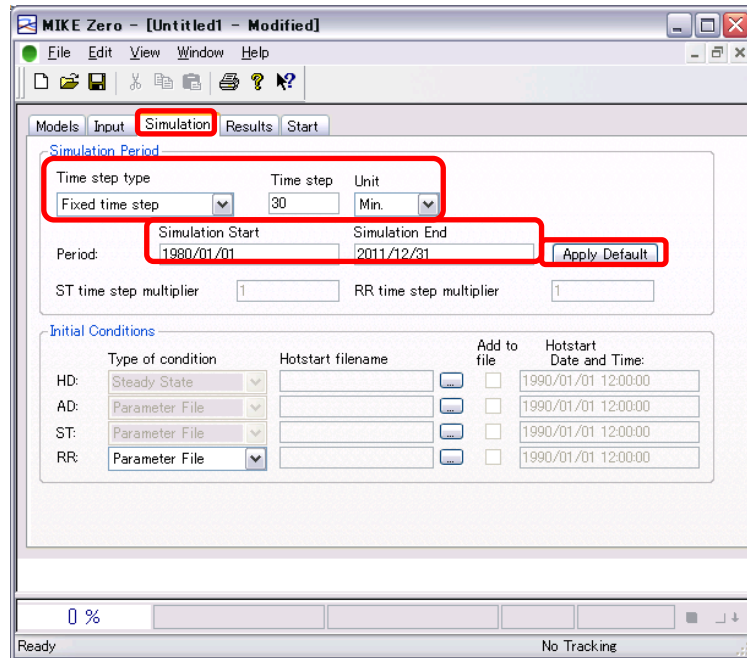


- ④ Input→RR parameter→「...」→ระบุเพิ่ม



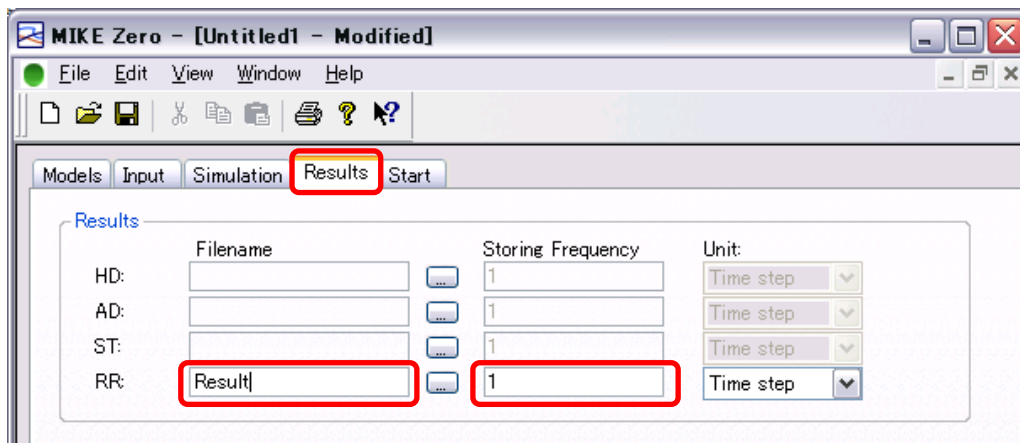
รูปที่ 4.7 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าการเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลอื่นๆ)

กำหนดระยะเวลาและขั้นตอน ( $\Delta t$ ) ของการจำลองบนแท็บ "Simulation" สำหรับระยะเวลาของการจำลองนั้น หากต้องการใช้ "เวลาเริ่มต้น" และ "ขั้นตอน" ที่ได้ป้อนข้อมูลไปใน TS (อนุกรมเวลา) แล้ว ก็ให้ทำการคลิกไปที่ "Default" ในส่วนของ "ขั้นตอน" นั้นเราสามารถทำการกำหนดได้ด้วยตนเอง



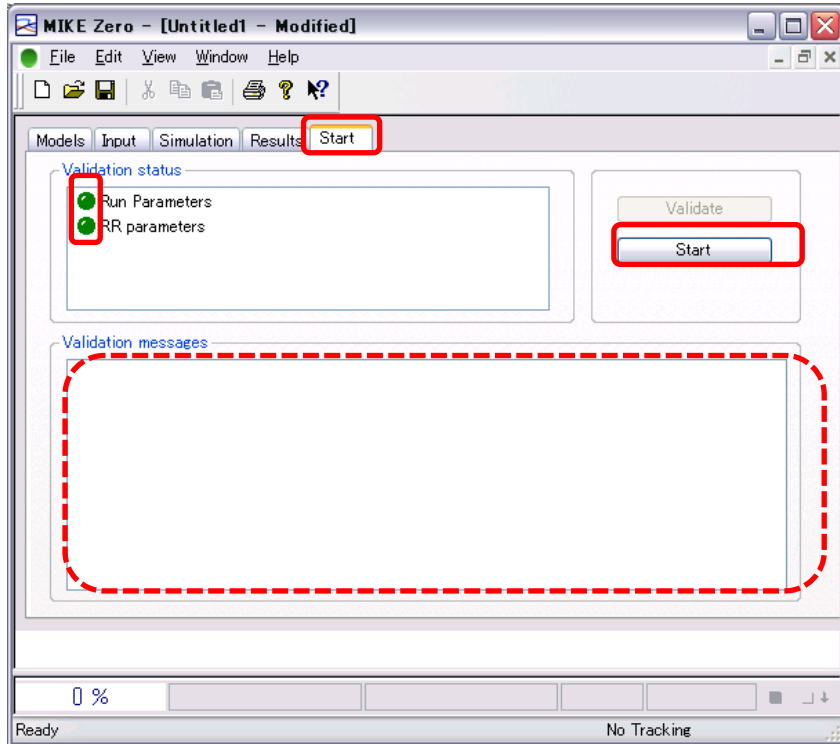
รูปที่ 4.8 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าระยะเวลาในการคำนวณ)

- ⑤ ป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ "ชื่อไฟล์" และ "ช่วงเวลาในการบันทึก" ผลการคำนวณบนแท็บ "Result" โดยที่ "ชื่อไฟล์" นั้นสามารถกำหนดให้เป็นอย่างไรก็ได้ ส่วน "ช่วงเวลาในการบันทึก" นั้น เนื่องจากกำหนดช่วงเวลาไว้ที่ 10 นาที ดังนั้น หากกำหนดให้ "ช่วงเวลาในการบันทึก" เป็น 1 แล้วจะเป็นการบันทึกทุกๆ 10, 20, 30... นาที หากกำหนดให้ "ช่วงเวลาในการบันทึก" เป็น 2

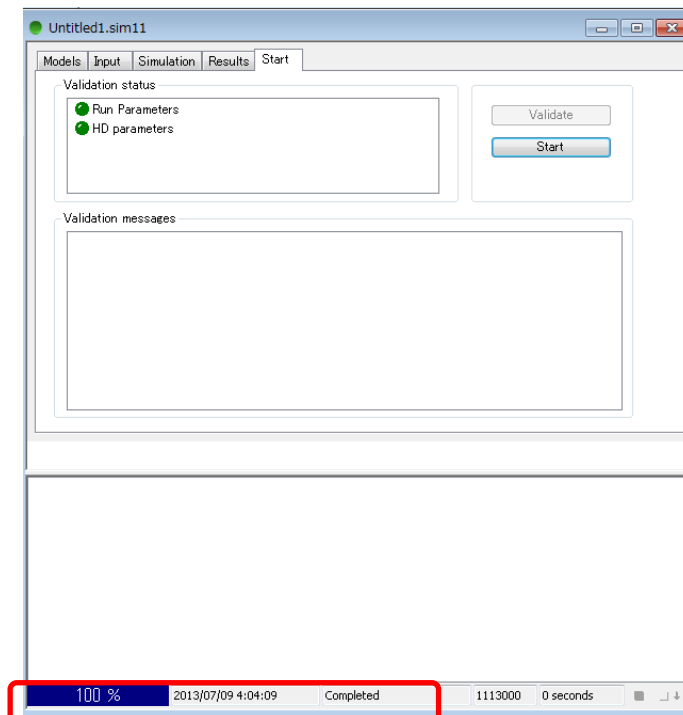


รูปที่ 4.9 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าระยะเวลาในการคำนวณ)

- ⑥ สุดท้ายให้ทำการตรวจสอบสัญญาณที่แท็บ “Start” ในกรณีที่สัญญาณเป็นสีเขียวแสดงว่าสามารถทำการคำนวณได้ แต่ในกรณีที่สัญญาณเป็นสีแดงจะปรากฏข้อความดังที่ได้แสดงไว้ด้านล่างนี้ขึ้นมา ให้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดตามที่ได้แสดงไว้ในข้อความแล้วสัญญาณจะเปลี่ยนกลับมาเป็นสีเขียวดังเดิม



- ⑦ บันทึกการตั้งค่าทั้งหมดแล้วคลิกที่ปุ่ม “Start”



- ⑧ ผลลัพธ์ของอัตราการไหลและระดับนั้นจะถูกบันทึกไว้ในไฟล์ res11

#### 4.3 วิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำ

สำหรับเนื้อหาในส่วนนี้จะอธิบายถึงวิธีการสร้างต้นแบบวิเคราะห์เส้นทางน้ำด้วยวิธีที่ง่ายที่สุดโดยการตั้งค่าเส้นทางน้ำที่เป็นเส้นตรงและมีการตัดขวางเป็นระยะทางสั้นๆ

##### (1) เงื่อนไข

ความยาวของเส้นทางน้ำ 2,000 ม.

การตัดขวาง แนวดิ่ง 10 ม.

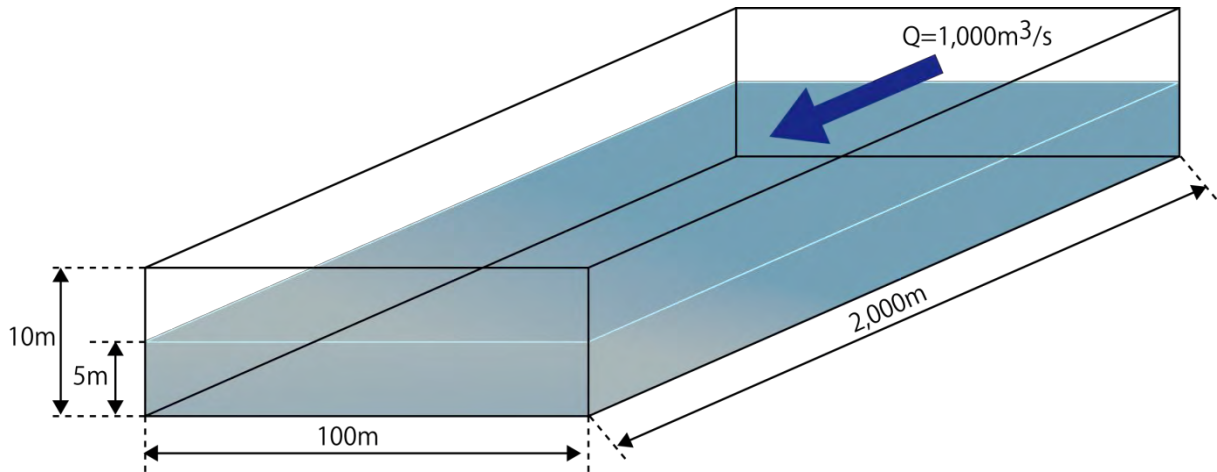
แนวนอน 100 ม.

แนวลาด 1/2000

เงื่อนไขขอบเขต

พื้นผิวน้ำตรงบริเวณปากทางเข้า 5 ม.

อัตราการไหลของน้ำจากต้นน้ำ 1000ม.<sup>3</sup>/วินาที



รูปที่ 4.10 ภาพแสดงเส้นทางน้ำที่เป็นต้นแบบ



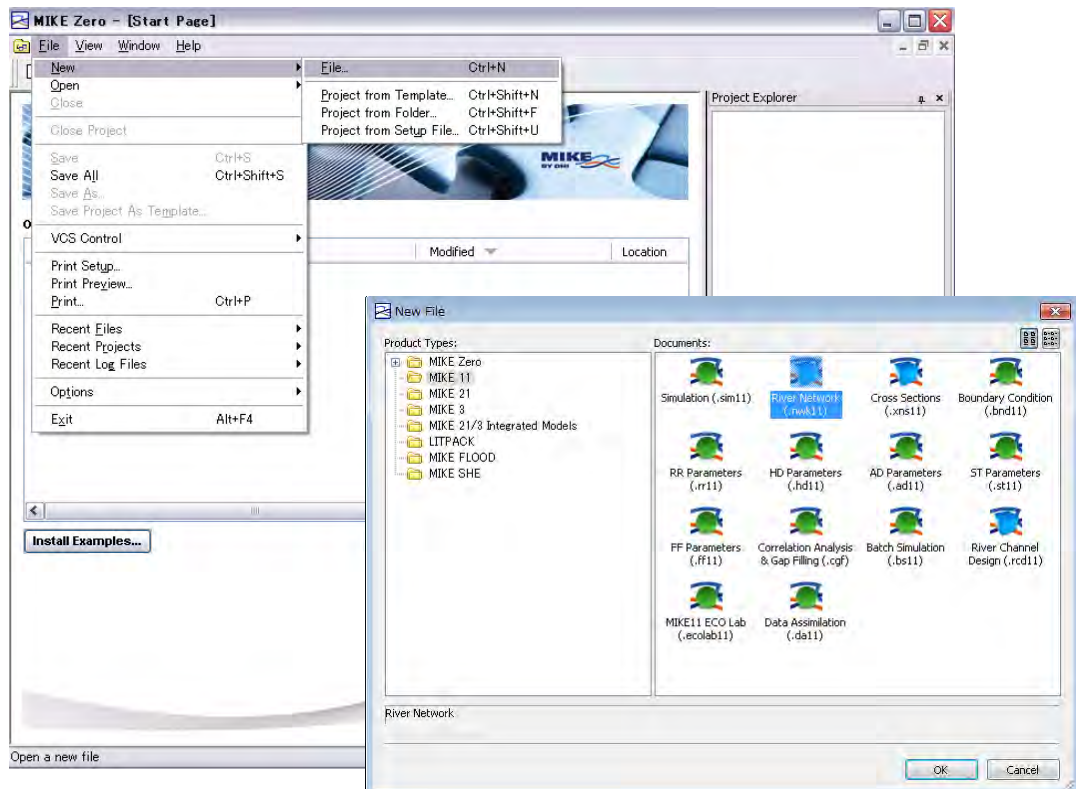
(2) ลำดับการป้อนข้อมูล

- ① สร้างรูปร่างของเส้นทางน้ำ (เครือข่าย)
- ② สร้างไฟล์ภาพตัดขวาง
- ③ สร้างและตั้งค่าไฟล์ TS (อนุกรมเวลา)
- ④ สร้างและตั้งค่าเงื่อนไขขอบเขต
- ⑤ ตั้งค่าพารามิเตอร์ HD
- ⑥ สร้างไฟล์จำลอง

ให้ทำการเชื่อมต่อไฟล์ที่สร้างตามลำดับข้อที่ 1-5 เข้ากับไฟล์หนึ่งไฟล์ (sim11) “การจำลอง” แล้วทำการคำนวณ หากขาดไฟล์ใดไปไฟล์หนึ่งแล้วจะไม่สามารถทำการคำนวณได้ ในไฟล์ sim11 จะต้องประกอบด้วยไฟล์ต่างๆดังต่อไปนี้

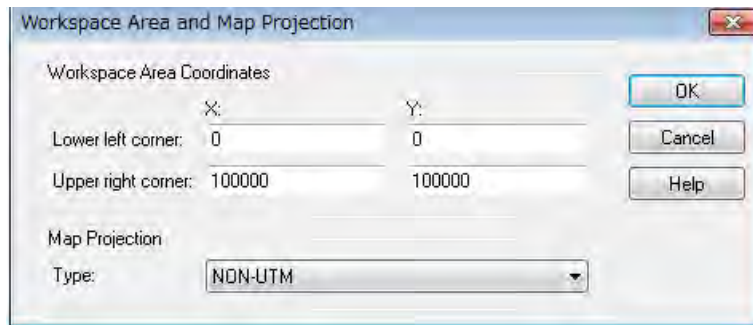
(3) การสร้างรูปร่างของเส้นทางน้ำ (เครือข่าย)

- ① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File → Product Types 「MIKE11」、Documents 「River Network(.nwk11)」



รูปที่ 4.11 จากเมนู MIKE 11

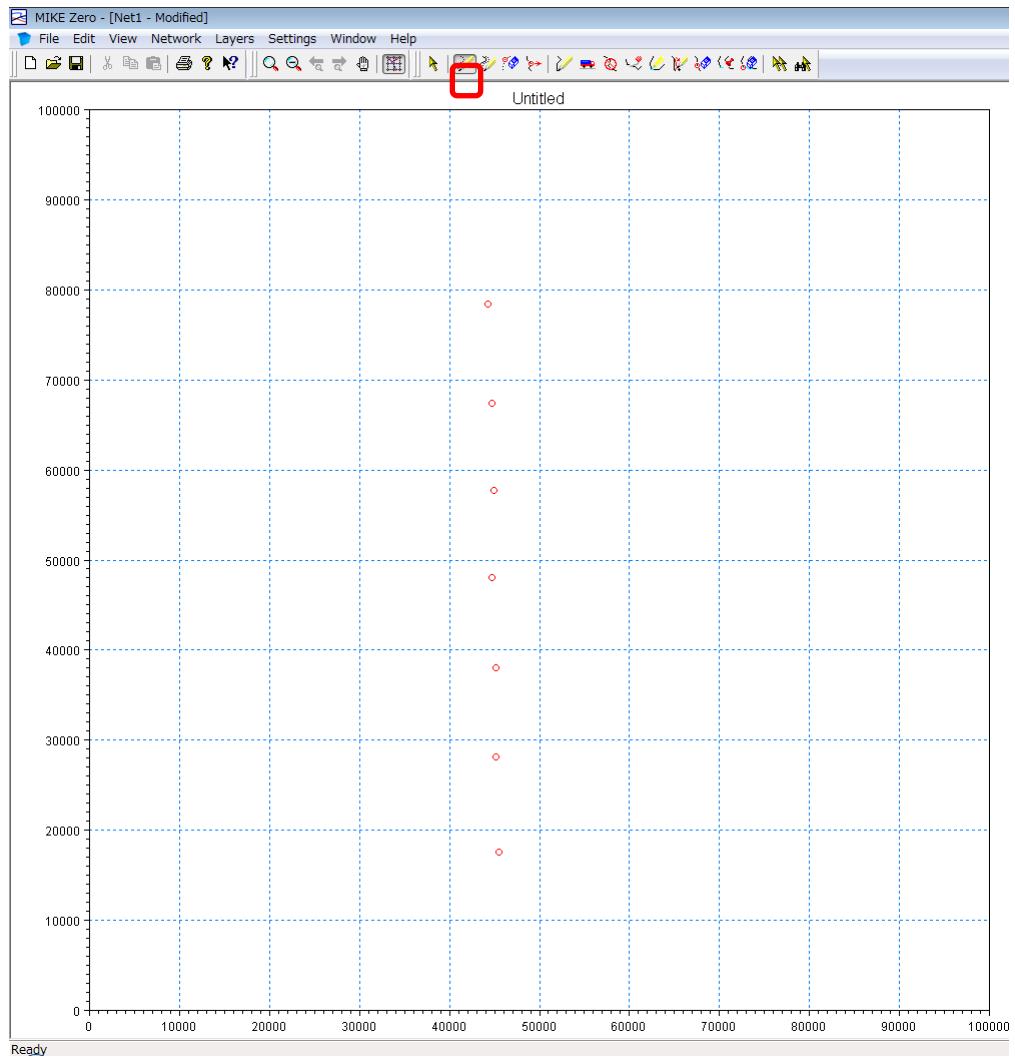
- ③ กำหนดให้ค่าพิกัดขอบเขตของรูประนาบเป็นค่าเริ่มต้นได้ (เนื่องจากสามารถแก้ไขได้ในภายหลัง)



④ กรอกสาขาลงในระบบพิกัด

ในที่นี้กำหนดให้สร้างเส้นทางน้ำเป็นเส้นตรง จากฟังก์ชันการอ่านค่าพิกัดระนาบของเส้นวัดจากภายนอกจึงสามารถสร้างรูปร่างของเส้นทางน้ำตามขนาดจริงได้

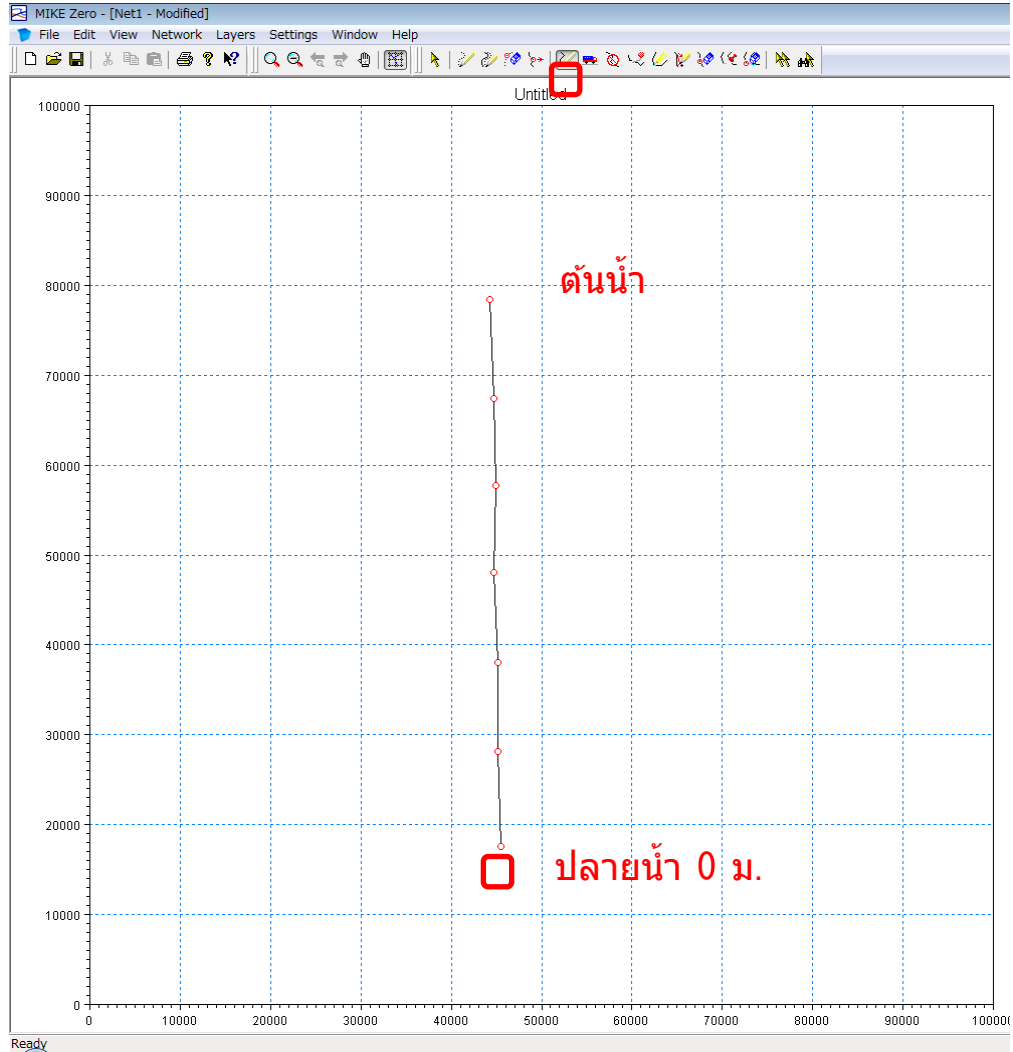
เริ่มแรกให้ทำการพล็อตจุดด้วย “Add point” บน Tool bar (ในเวลานี้จะพล็อตจุดก็จุดก็ได้)



รูปที่ 4.12 หน้าจอการตั้งค่าสาขา 1

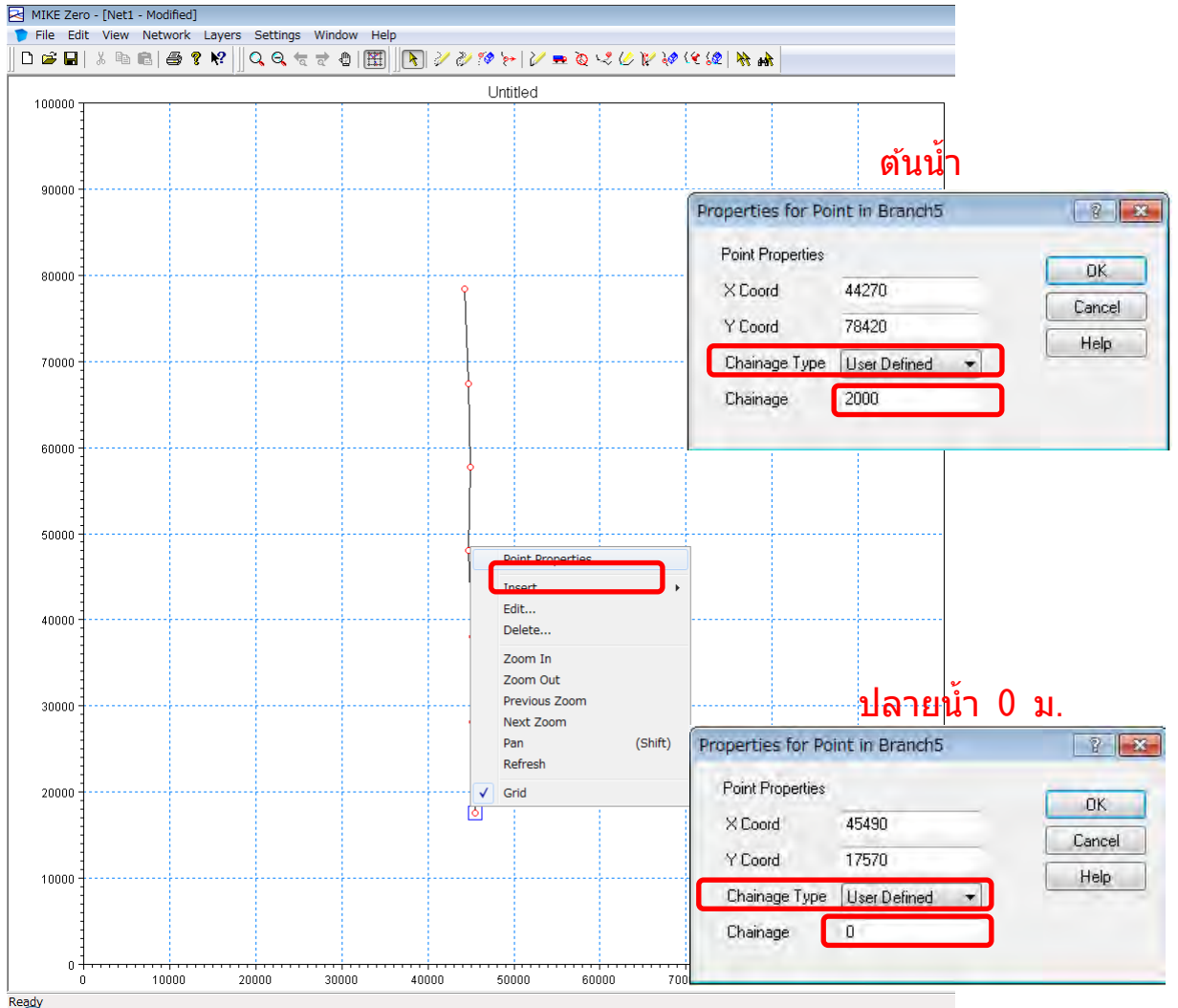
ถัดไปจะต้องทำการเชื่อมโยงจุดด้วย “Define Branch” บน Tool bar หรือจะทำการคลิกแล้วลากจากจุดขอบหนึ่งมายังอีกจุดขอบหนึ่งก็ได้

หมายเหตุ) ต้องลากเส้นจากปลายน้ำขึ้นไป (เนื่องจากระยะทางสะสมจะเริ่มนับจาก 0 ที่ปลายน้ำ)



รูปที่ 4.13 หน้าจอการตั้งค่าสาขา 2

- ⑤ การใส่พิกัดความยาวจริงของเส้นทางน้ำ  
 คลิกขวาที่จุดขอบ → 「Point Properties」 → ChainageType 「User Defined」  
 ในที่นี้กำหนดให้ขอบของต้นน้ำเป็น 2,000 ม. และปลายน้ำเป็น 0 ม.



รูปที่ 4.14 การตั้งค่าระยะทางสะสมของสาขา

⑥ Branch definition

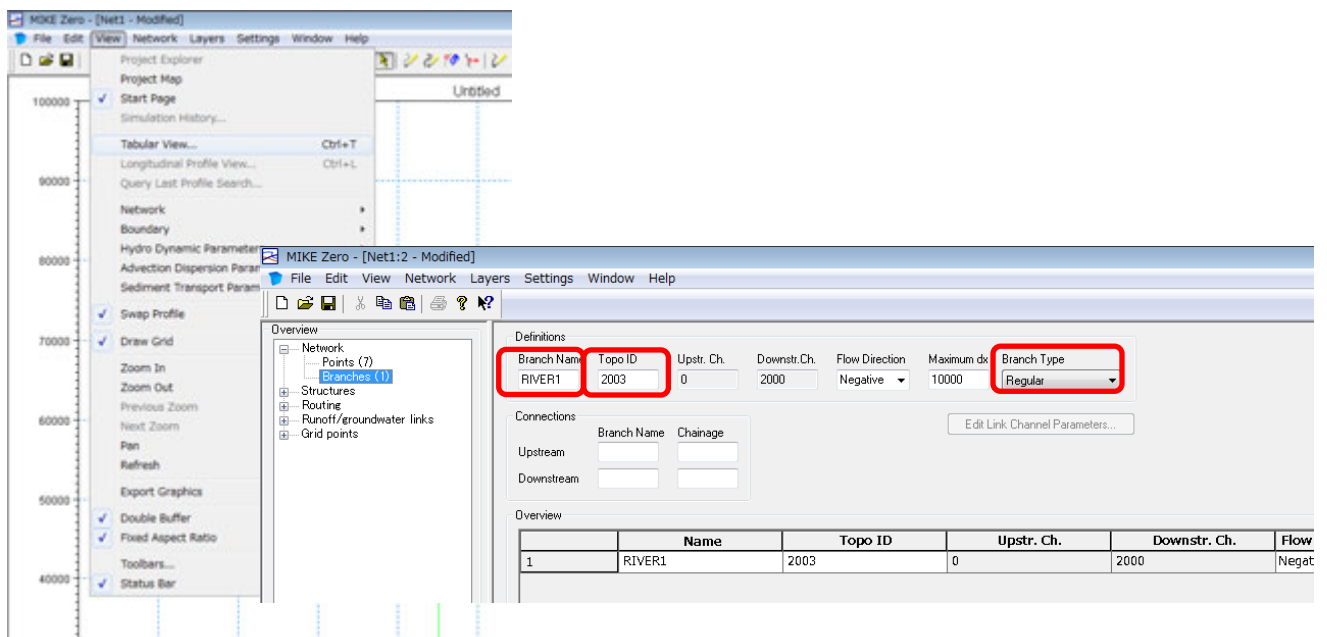
「View」 → 「Tabular View」

Overview 「Network」 → 「Branches」

Definitions → Flow Direction 「Positive」 → 「Negative」 (งั้นขึ้นอยู่กับผลการแสดงผลของ MIKE11 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากกระยะทางสะสมมีการเพิ่มขึ้นจะกำหนดให้ทิศทางไหลลงมาด้านล่าง) และป้อนข้อมูลชื่อสาขาและ ID การตรวจวัด

ในที่นี้จะกำหนดให้ชื่อสาขาเป็น “RIVER1” และ ID การตรวจวัดเป็น “2003”

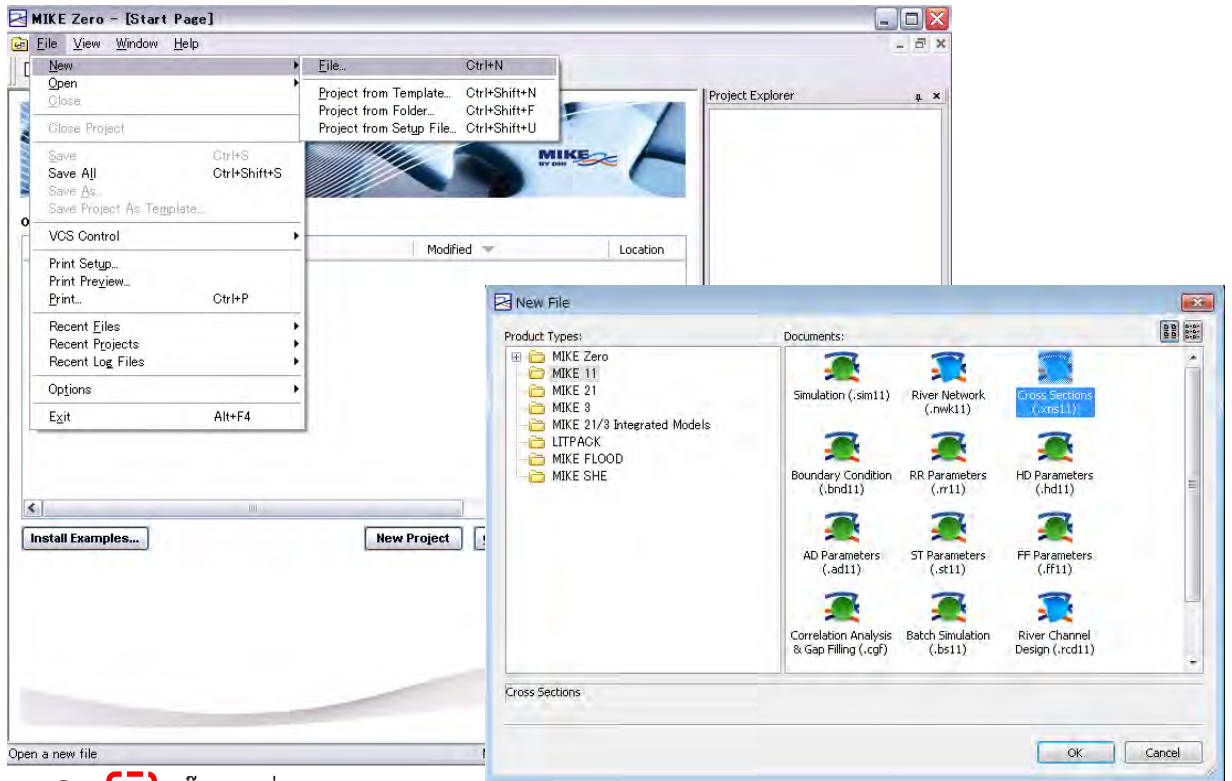
บันทึก



รูปที่ 4.15 การตั้งค่าชื่อสาขา, ID จากรายการ

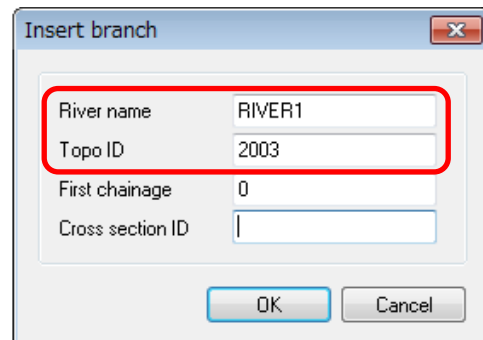
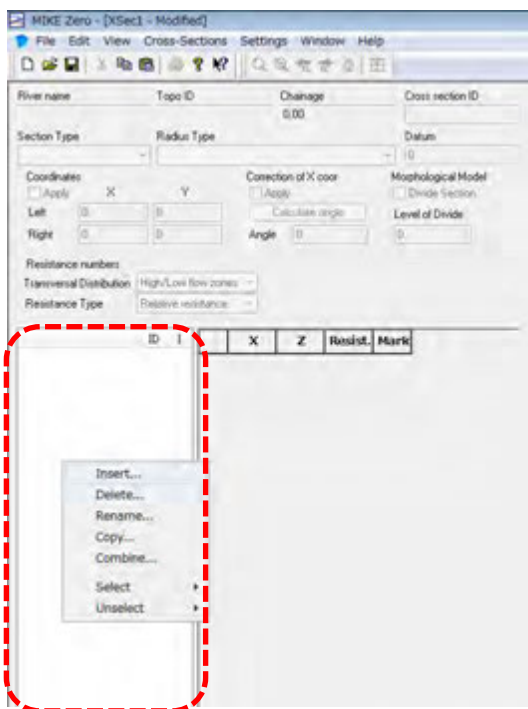
(4) การสร้างไฟล์ภาพตัดขวาง

- ① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File → Product Types 「MIKE11」、Documents 「Cross Sections(.xwk11)」



③ คลีกขวาที่ → 「Insert」

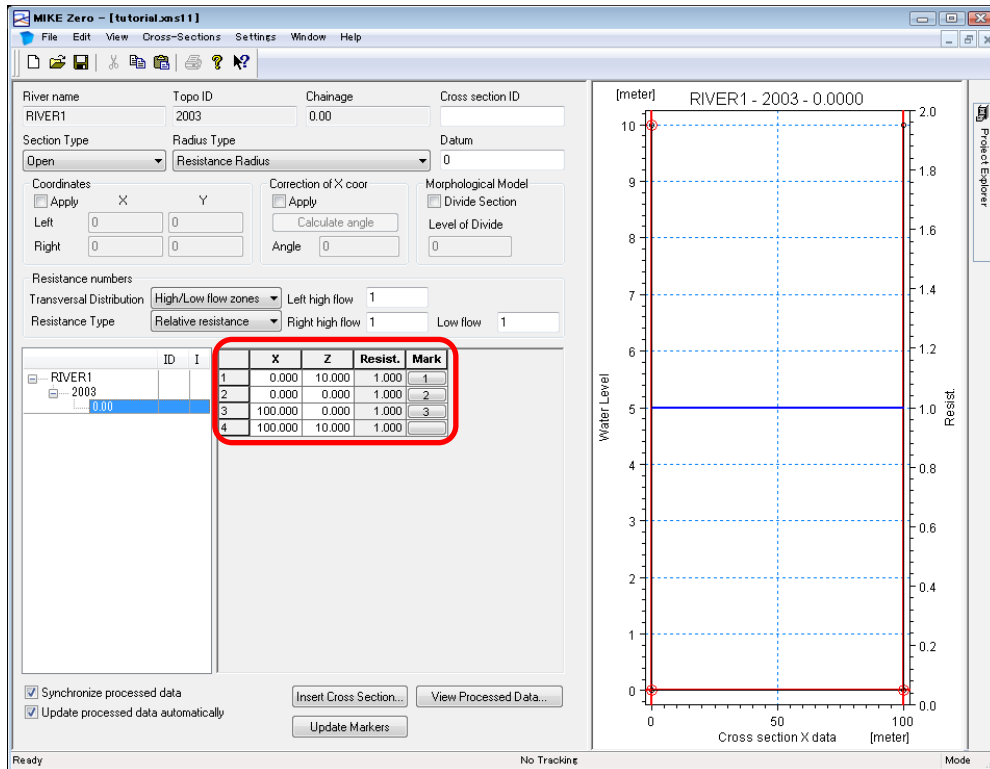
ป้อนข้อมูลชื่อสาขาและ ID การตรวจวัดที่ได้กรอกไปก่อนหน้านี้



④ ป้อนพิกัด 4 จุดของการตัดขวาง

กำหนดให้ค่าพิกัดของภาพตัดขวางของต้นน้ำ (0 ม.) เป็นดังนี้

1. ซ้ายบน (X, Z) = (0, 10)
2. ซ้ายล่าง (X, Z) = (0, 0)
3. ขวาล่าง (X, Z) = (100, 0)
4. ขวาบน (X, Z) = (100, 10)



รูปที่ 4.16 การสร้างไฟล์ภาพตัดขวาง

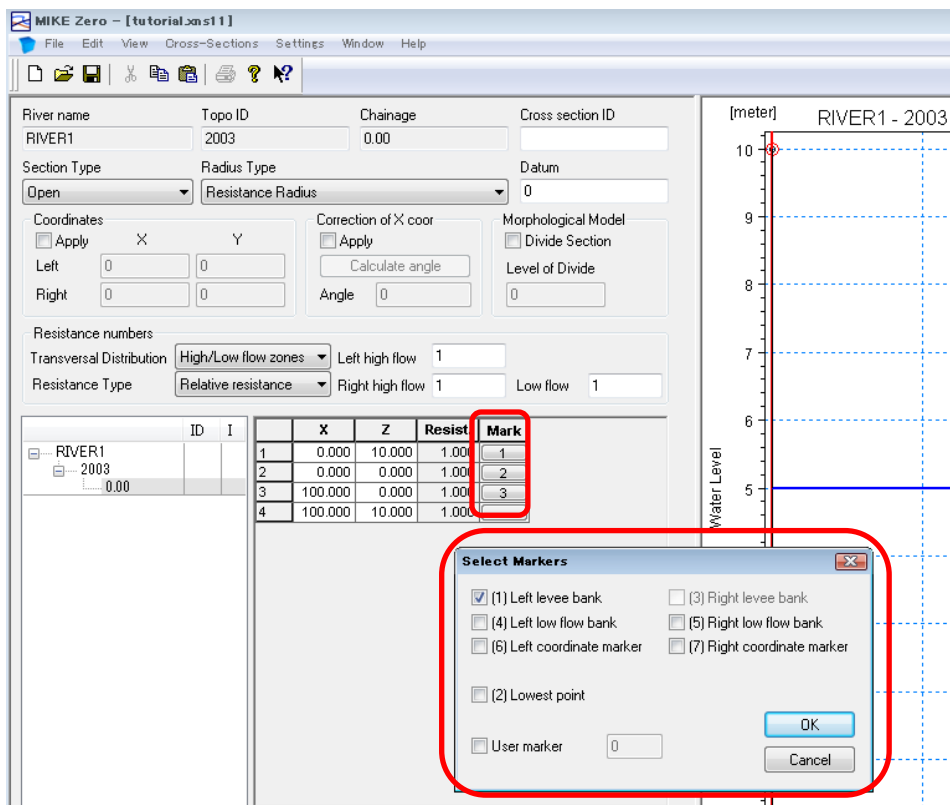
หมายเหตุ) หากกด “Tab” ค้างไว้ จะสามารถทำการเพิ่มค่าพิกัดได้



- ⑤ ในที่นี้ให้คลิกไปที่ตัวเลขบนแท็บ “Mark” ที่ทำเครื่องหมายวงกลมล้อมรอบสีแดงไว้ แล้วทำการเลือกค่าพิกัดในแต่ละจุด

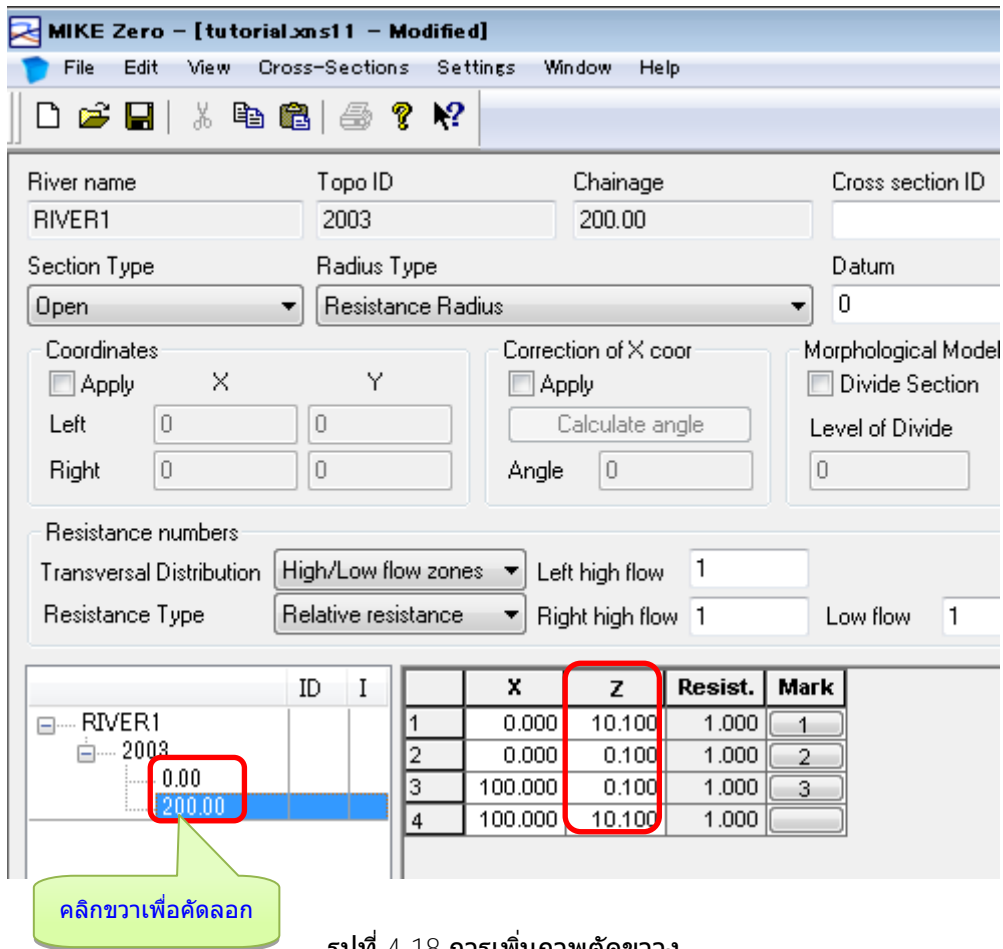
ซึ่งในกรณีนี้

1. ซ้ายบน (X , Z) = (0 , 10) . . . . ขอบด้านซ้าย
2. ซ้ายล่าง (X , Z) = (0 , 0) . . . . ความลึกที่สุด
3. ขวาล่าง (X , Z) = (100 , 0) . . . . ขอบด้านขวา



รูปที่ 4.17 การตั้งค่าตำแหน่งของขอบ

⑥ แทรกภาพตัดขวางของความยาวของแม่น้ำเข้าไปที่ละภาพ



The screenshot shows the MIKE Zero software interface. The main window displays a table of cross-section data. The table has columns for ID, I, X, Z, Resist., and Mark. The data rows are as follows:

ID	I	X	Z	Resist.	Mark
1		0.000	10.100	1.000	1
2		0.000	0.100	1.000	2
3		100.000	0.100	1.000	3
4		100.000	10.100	1.000	

A callout box with a green background and a white border points to the '0.00' value in the X column of the first row. The text inside the callout box is 'คลิกขวาเพื่อคัดลอก' (Right-click to copy).

รูปที่ 4.18 การเพิ่มภาพตัดขวาง

เราสามารถคัดลอกโดยการคลิกขวาไปที่ช่อง “0.00” → Copy → แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทางสะสมได้

ในครั้งนี้จะกำหนดให้มีภาพตัดขวางทุกๆ 200 ม. จากตำแหน่ง 0.00 ม. ถึง 2,000 ม. และความสัมพันธ์ของความลาดเอียงอยู่ที่ 1/2000 โดยจะทำการเพิ่มค่าแกน Z ขึ้นไปที่ละ 0.1 ม. จนถึงต้นน้ำ หากเสร็จสิ้นแล้วให้ทำการบันทึก

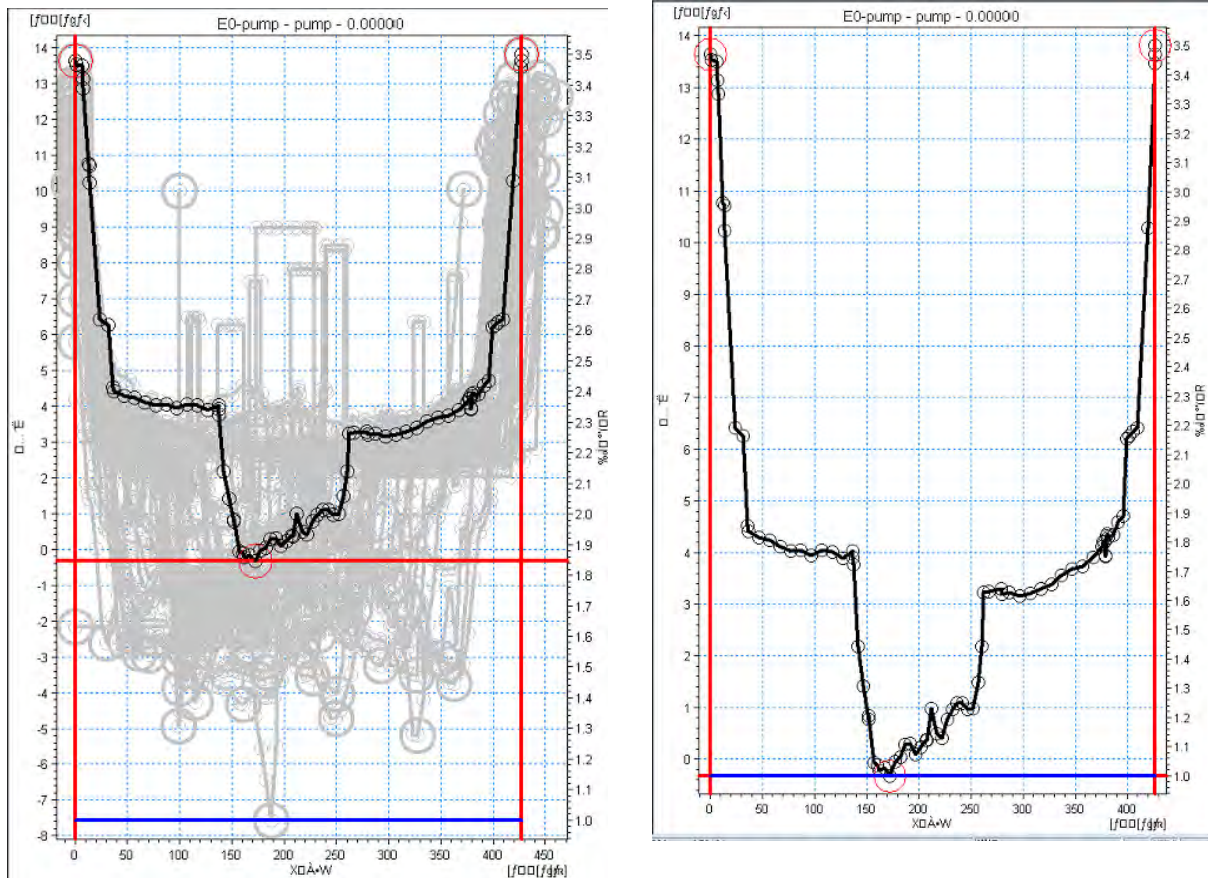
**[ฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์]**

ในตอนที่ต้องการกำหนดขอบด้านซ้าย, ความลึกสูงสุดและขอบด้านขวาของ “Mark” หากคลิกไปที่จุดบนภาพตัดขวางแล้ว จะสามารถเลือกค่าพิกัดเหล่านั้นได้

Select → Mark → Define

โดยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด  
นอกจากนี้

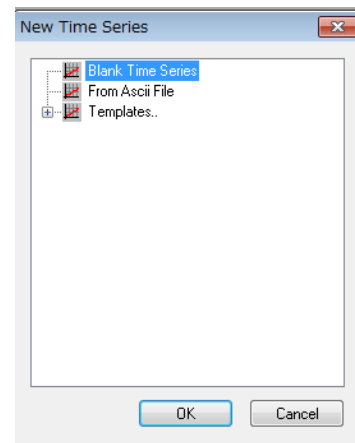
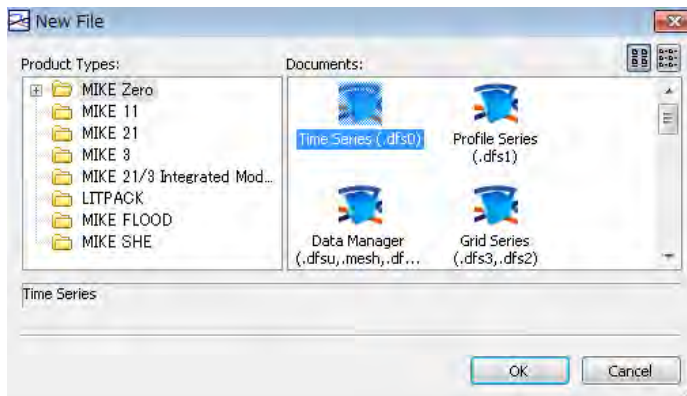
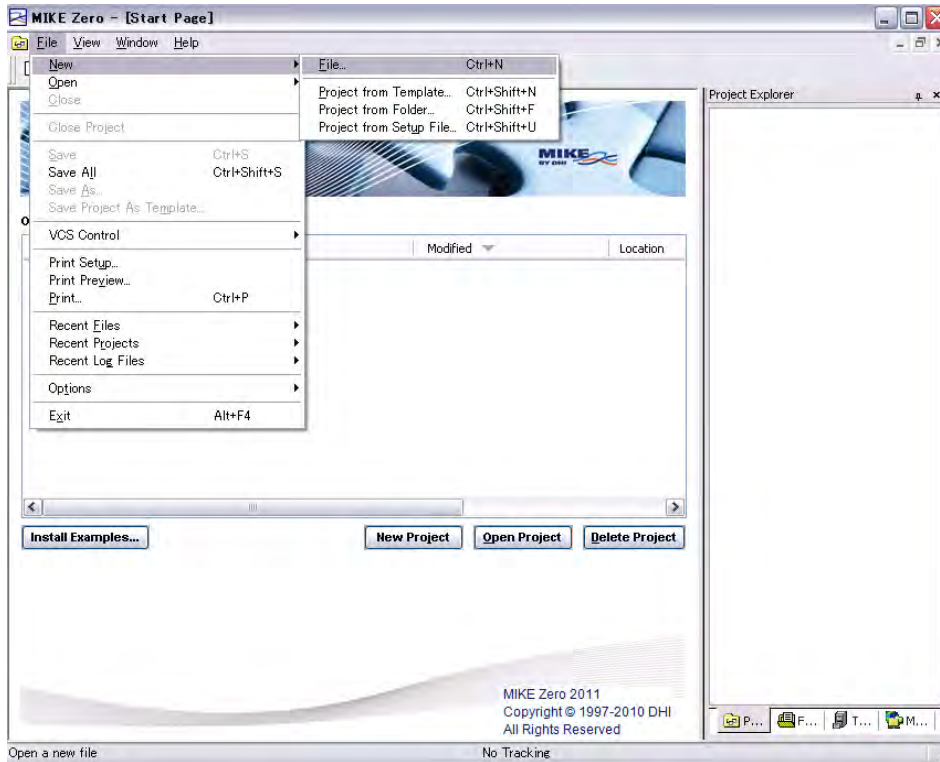
เพียงแคคลิกไปที่ด้านบนของภาพตัดขวาง → Clear ก็จะสามารถแสดงภาพตัดขวางเฉพาะส่วนได้



รูปที่ 4.19 วิธีการแสดงภาพตัดขวางแต่ละประเภท

(5) การสร้างและตั้งค่าไฟล์ TS (อนุกรมเวลา)

- ① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File → Product Types 「MIKE Zero」、Documents 「Time Series(.dfs0)」 → Blank Time Series

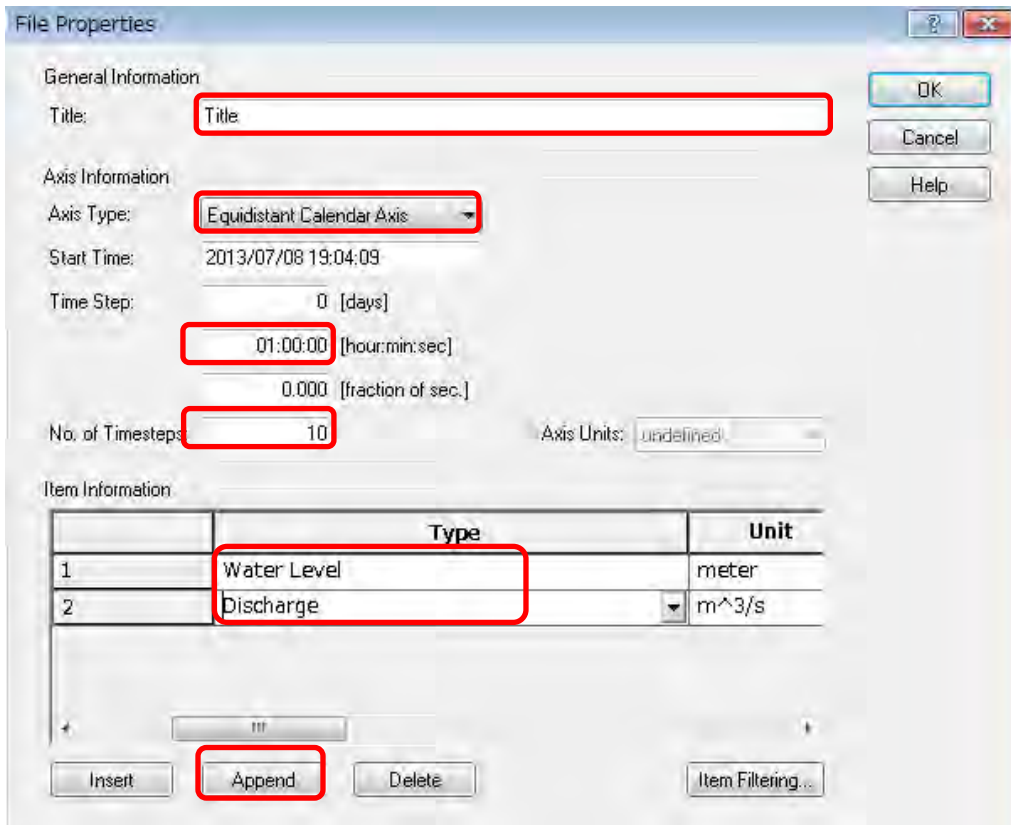


③ กำหนด “หัวข้อไฟล์” และ “ประเภทของแกน”

Title → 「Title」 Axis Type → 「Equidistant Calendar Axis」

④ กำหนด “เวลาเริ่มต้น” และ “ช่วงเวลา”

สำหรับจำนวนครั้งนั้นให้กำหนดด้วยตัวเลขที่แสดงจำนวนครั้งในการคำนวณตามช่วงเวลา เนื่องจากในครั้งนี้นี้กำหนดให้ช่วงเวลาเป็น 1 ชั่วโมงและจำนวนครั้งเป็น 10 ครั้ง ดังนั้น ระยะเวลาทั้งหมดที่ทำการคำนวณจะเป็น 10 ชั่วโมง



รูปที่ 4.20 หน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลพื้นฐานของอนุกรมเวลา

#### ข้อมูลรายการ

ให้ป้อนข้อมูล “ประเภท” และ “ชื่อ” ของเงื่อนไขขอบเขต สำหรับชื่อนั้นจะกำหนดให้เป็นอย่างไรก็ได้ แต่หากเลือกที่ประเภทของข้อมูลแล้ว (ในครั้งนี้นี้เลือกให้  $q \rightarrow$  อัตราการไหลและ  $h \rightarrow$  ระดับน้ำ) หน่วยจะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติ

หมายเหตุ) หลังจากทีกดปุ่ม OK แล้ว สามารถทำได้แก้ไขได้โดยเลือกไปที่ “Edit” → “Properties”

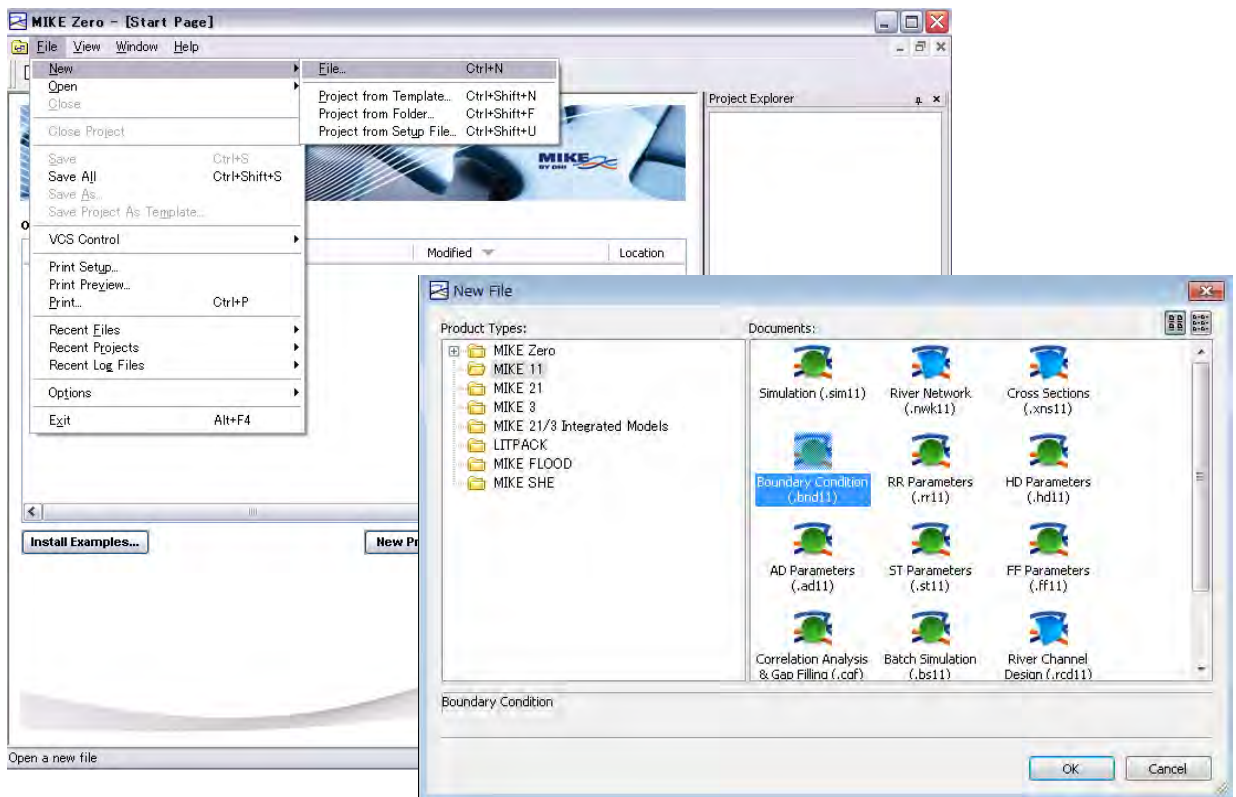
ถัดไปให้ป้อนข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตของจำนวนครั้ง  
เราสามารถป้อนข้อมูลจำนวนครั้ง (ของอัตราการไหล, ระดับน้ำ ฯลฯ) ในไฟล์ Excel แล้วทำการ Copy & Paste ได้ (เพียงแค้ใช้ปุ่ม Ctrl เท่านั้น)

	Time	1:h [meter]	2:q [m <sup>3</sup> /s]
0	2013/07/08 19:04:09	5	1000
1	2013/07/08 20:04:09	4.5	950
2	2013/07/08 21:04:09	4.5	1050
3	2013/07/08 22:04:09	5	1100
4	2013/07/08 23:04:09	5.1	1075
5	2013/07/09 0:04:09	4.9	1020
6	2013/07/09 1:04:09	5	975
7	2013/07/09 2:04:09	5.5	1100
8	2013/07/09 3:04:09	5	1050
9	2013/07/09 4:04:09	5.6	1150

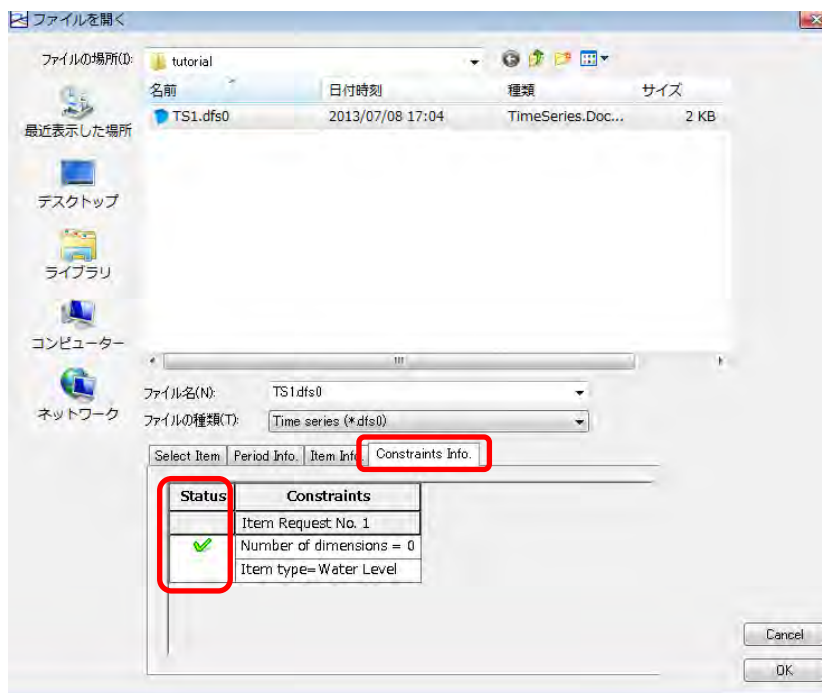
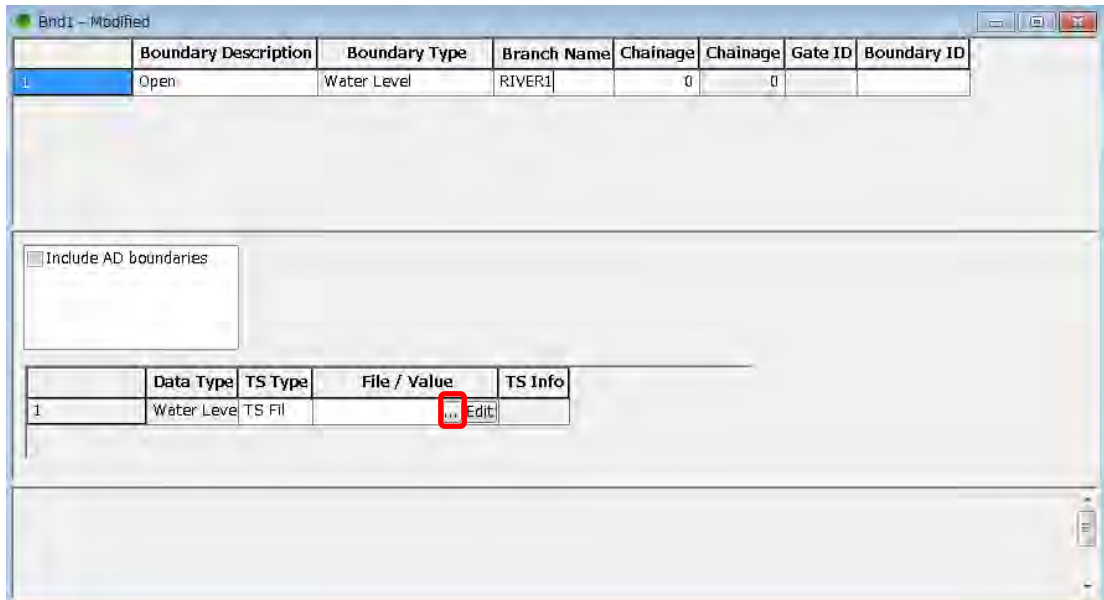
หากเสร็จสิ้นแล้วให้ทำการบันทึก

(6) การสร้างและตั้งค่าไฟล์เงื่อนไขขอบเขต

- ① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File → Product Types 「MIKE11」、Documents 「Boundary Condition(.bnd11)」



- ③ ป้อนข้อมูล “ชื่อสาขา” และ “ระยะทางสะสม” แล้วเลือกไปที่ “Boundary data item” (ในครั้งนี้จะทำการป้อนค่าเฉพาะระดับน้ำและอัตราการไหลเท่านั้น)
- ④ File/Value → คลิก □ → การเลือก 「TS1.dfs0」 → คลิก 「Constraints Info.」 → สีเขียว



รูปที่ 4.21 วิธีการสร้างไฟล์เงื่อนไขขอบเขต

⑤ เลือกทำทุกรายการ (แต่ในครั้งนี้จะกำหนดแค่เฉพาะระดับน้ำกับอัตราการไหลเท่านั้น)

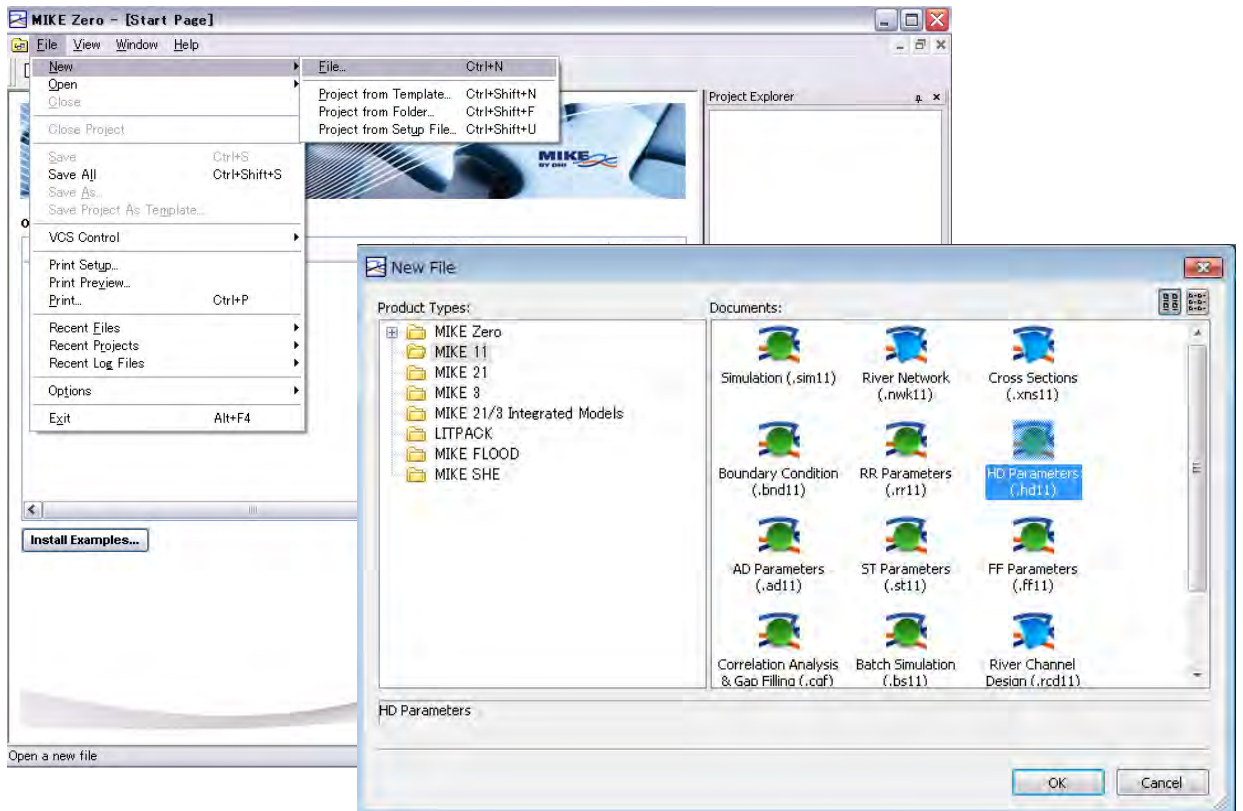
	Boundary Type	Branch name	Chainage	File/Value
1	Water Level	RIVER1	0.000000	ตำแหน่งที่มีข้อมูล TS
2	Inflow	RIVER1	2000.000000	ตำแหน่งที่มีข้อมูล TS

⑥ บันทึก

(7) การตั้งค่าพารามิเตอร์ HD

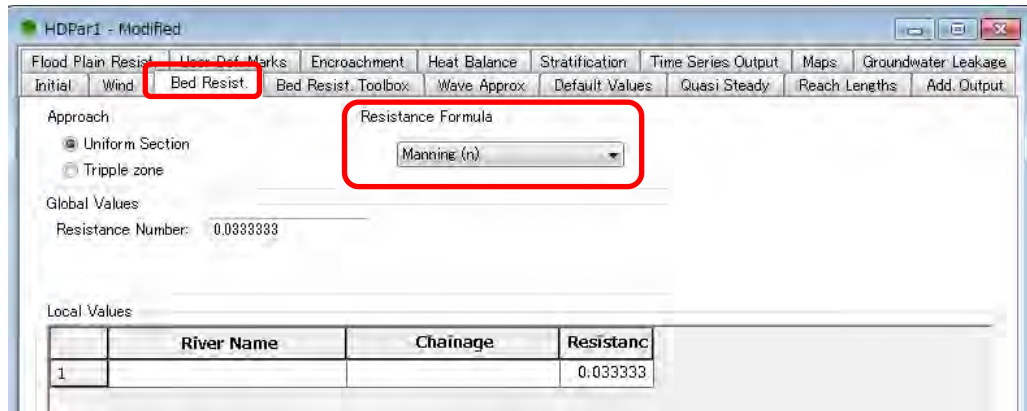
① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」

② New File → Product Types 「MIKE11」、Documents 「HD parameters(.hd11)」

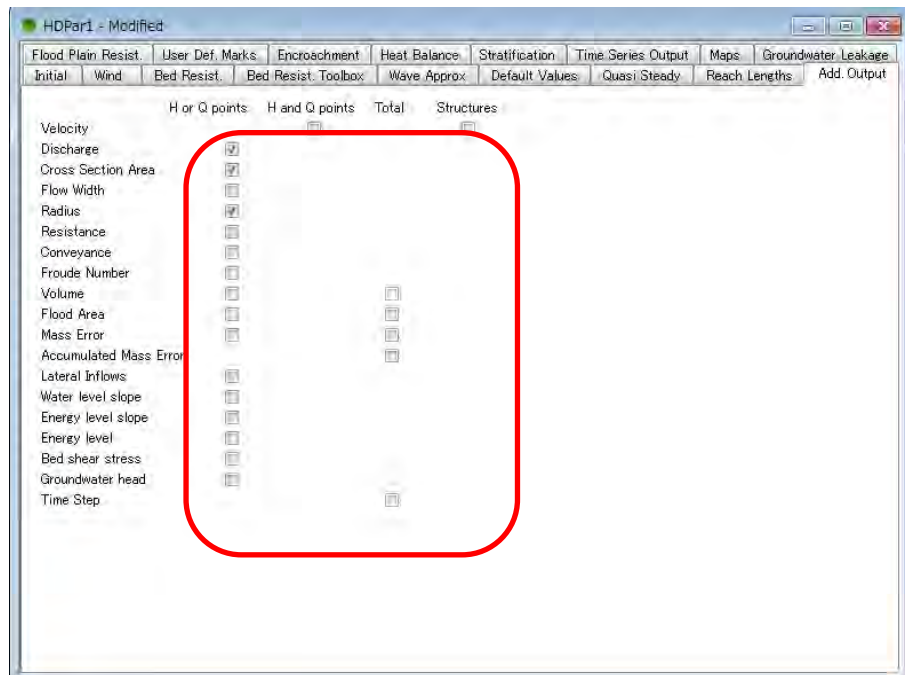




- ③ เปลี่ยน Manning (M) บนแท็บ “Bed Resist.” ให้เป็น Manning (n)



- ④ หากมีข้อมูลอื่นที่นอกเหนือไปจากระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำแล้ว ก็ให้ใส่เครื่องหมายถูกลงในช่องที่ต้องการ



รูปที่ 4.22 การตั้งค่าผลลัพธ์เพิ่มเติม

- ⑤ บันทึก

(8) การสร้างไฟล์จำลอง

ในที่นี่จะทำการเชื่อมโยงไฟล์ที่สร้างขึ้นมาทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกัน

เครือข่าย . . . nwk11

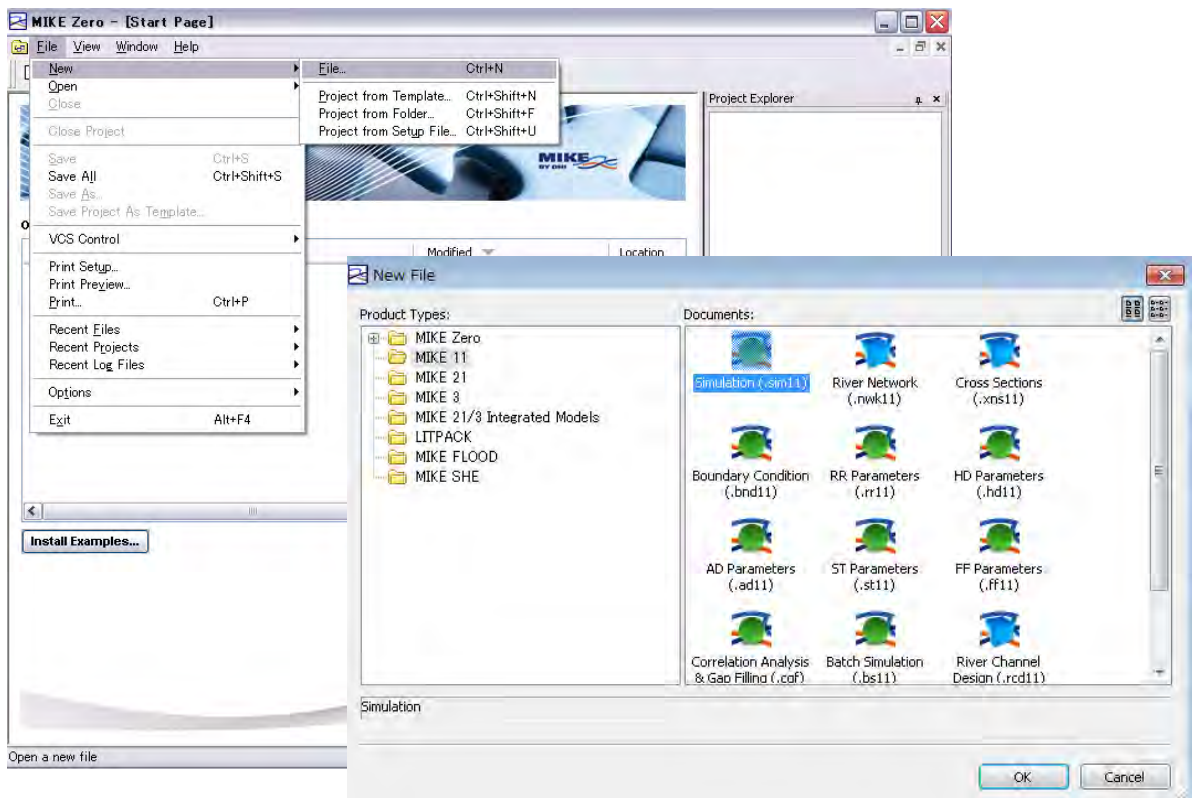
ภาพตัดขวาง . . . . . xns11

เงื่อนไขขอบเขต . . . . . bnd11

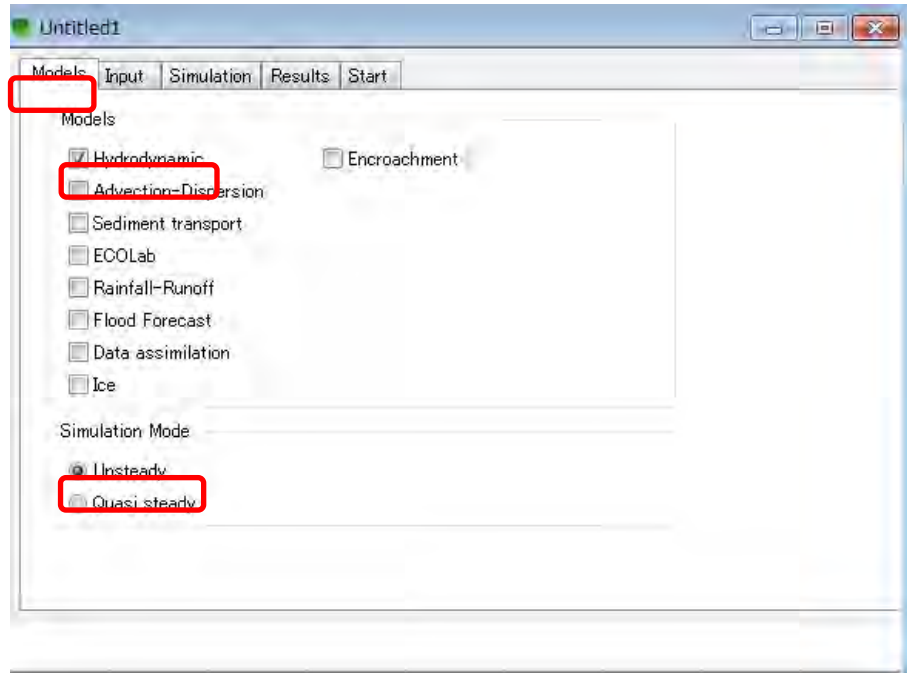
TS (อนุกรมเวลา) . . . . . dfs0

พารามิเตอร์ HD . . HD11

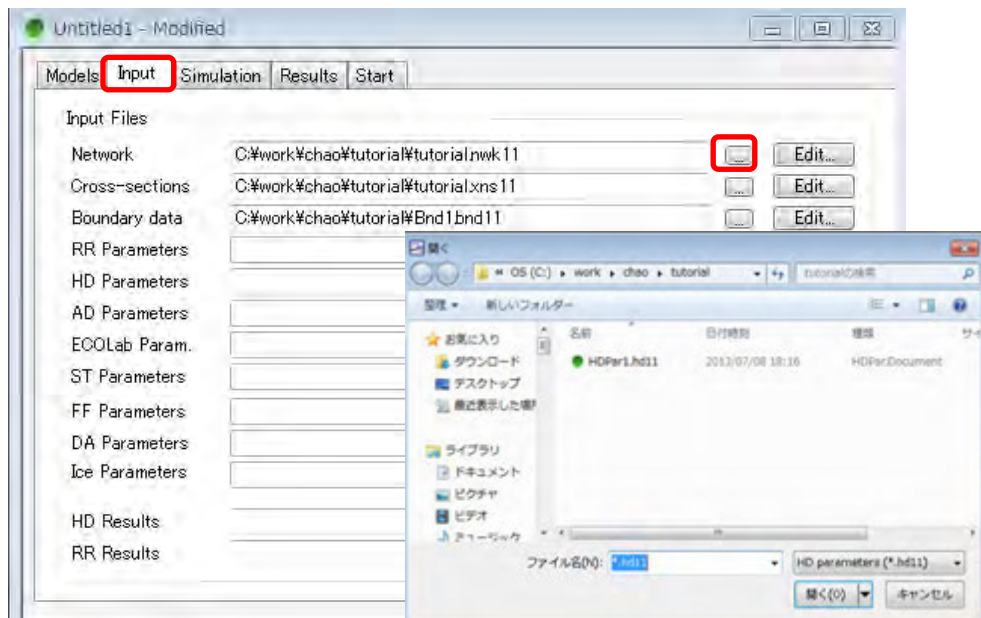
- ① MIKE Zero [Start Page] → 「File」 → 「New」 → 「File」
- ② New File → Product Types 「MIKE11」、Documents 「Simulation(.sim11)」



- ③ เลือกวิธีการคำนวณบนแท็บ “Model” (ครั้งนี้ให้เลือกเป็น Hydrodynamic) หากกำหนดโหมดการจำลองให้เป็น “Unsteady” จะเป็นการคำนวณการไหลแบบไม่คงที่มีติเดียว แต่หากกำหนดให้เป็น “Steady” จะเป็นการคำนวณการไหลแบบไม่คงที่ (ครั้งนี้ให้เลือกเป็น Unsteady)

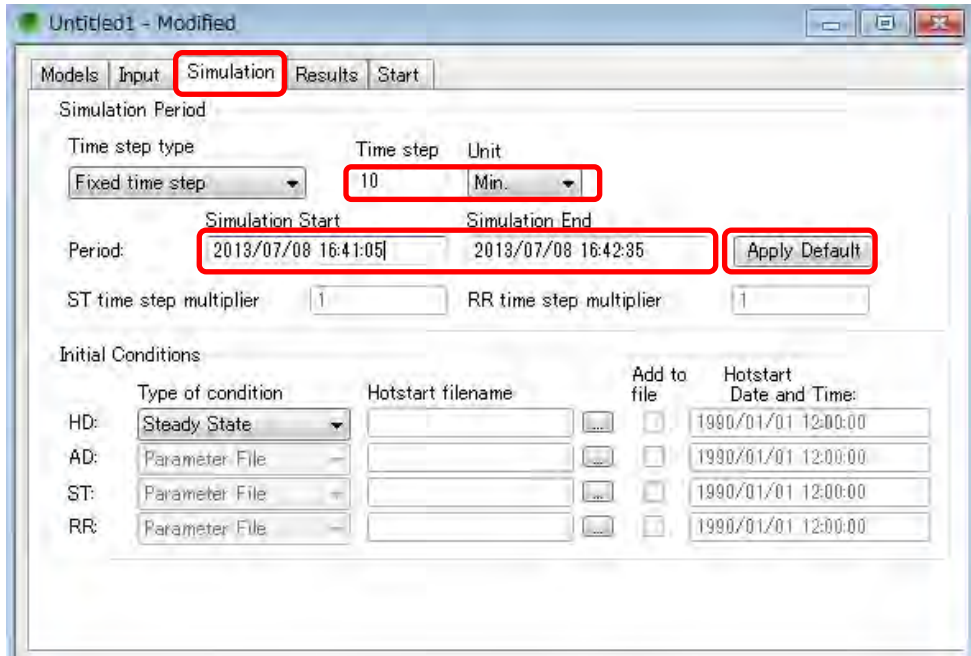


- ④ กำหนดสถานที่ตั้งของไฟล์ในของเครือข่าย, ข้อมูลการตัดขวาง, เงื่อนไขขอบเขต, พารามิเตอร์ HD บนแท็บ “Input” จากนั้นให้เลือกไปที่ “...” แล้วทำการเปิดไฟล์ขึ้นมา.



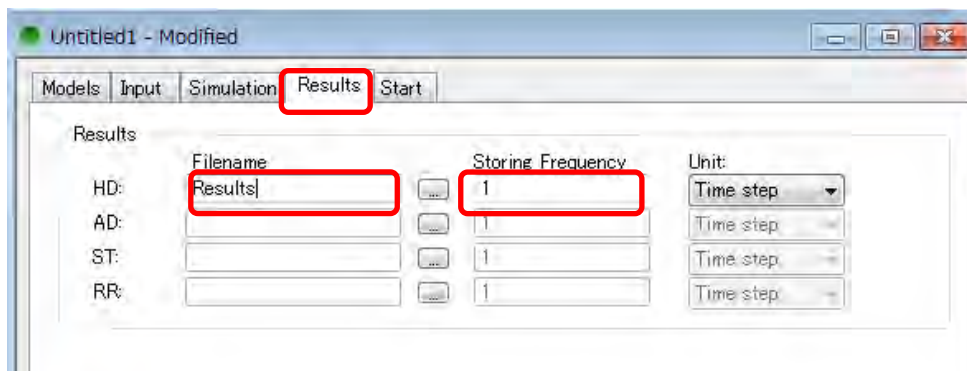
รูปที่ 4.23 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าการเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลอื่นๆ)

กำหนดระยะเวลาและขั้นตอน ( $\Delta t$ ) ของการจำลองบนแท็บ “Simulation” สำหรับระยะเวลาของการจำลองนั้น หากต้องการใช้ “เวลาเริ่มต้น” และ “ขั้นตอน” ที่ได้ป้อนข้อมูลไปใน TS (อนุกรมเวลา) แล้ว ก็ให้ทำการคลิกไปที่ “Default” ในส่วนของ “ขั้นตอน” นั้นเราสามารถทำการกำหนดได้ด้วยตนเอง



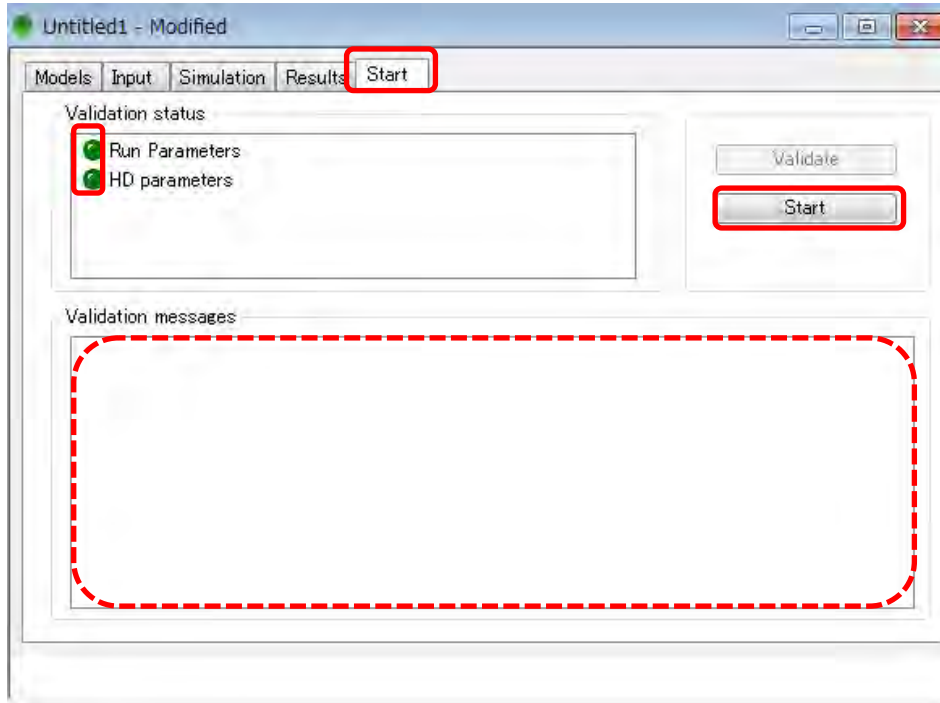
รูปที่ 4.24 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าระยะเวลาในการคำนวณ)

- ⑤ ป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ “ชื่อไฟล์” และ “ช่วงเวลาในการบันทึก” ผลการคำนวณบนแท็บ “Result” โดยที่ “ชื่อไฟล์” นั้นสามารถกำหนดให้เป็นอย่างไรก็ได้ ส่วน “ช่วงเวลาในการบันทึก” นั้น เนื่องจากกำหนดช่วงเวลาไว้ที่ 10 นาที ดังนั้น หากกำหนดให้ “ช่วงเวลาในการบันทึก” เป็น 1 แล้วจะเป็นการบันทึกทุกๆ 10, 20, 30... นาที หากกำหนดให้ “ช่วงเวลาในการบันทึก” เป็น 2

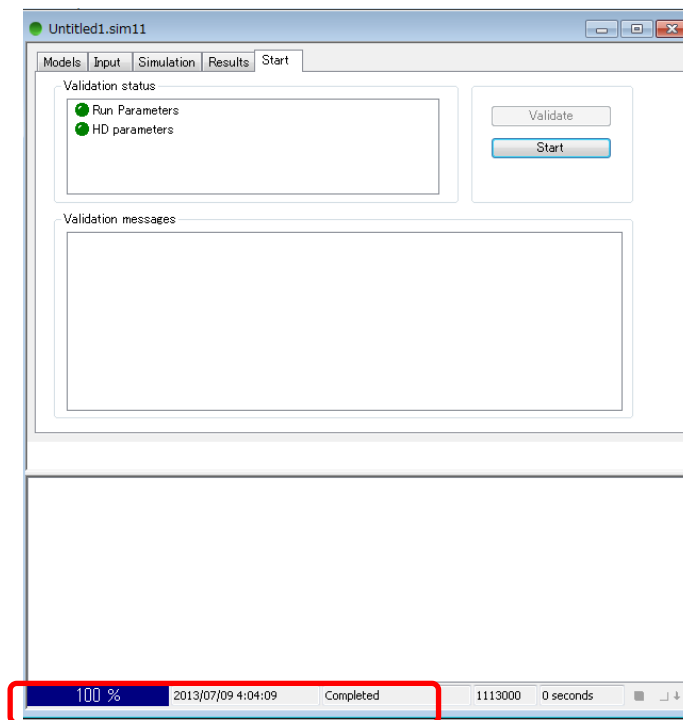


รูปที่ 4.25 หน้าจอการสร้างไฟล์ sim11 (ตั้งค่าช่วงเวลาในการแสดงผล)

- ⑥ สุดท้ายให้ทำการตรวจสอบสัญญาณที่แท็บ “Start” ในกรณีที่สัญญาณเป็นสีเขียวแสดงว่าสามารถทำการคำนวณได้ แต่ในกรณีที่สัญญาณเป็นสีแดงจะปรากฏข้อความดังที่ได้แสดงไว้ด้านล่างนี้ขึ้นมา ให้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดตามที่ได้แสดงไว้ในข้อความแล้วสัญญาณจะเปลี่ยนกลับมาเป็นสีเขียวดังเดิม



- ⑦ บันทึกการตั้งค่าทั้งหมดแล้วคลิกที่ปุ่ม “Start”



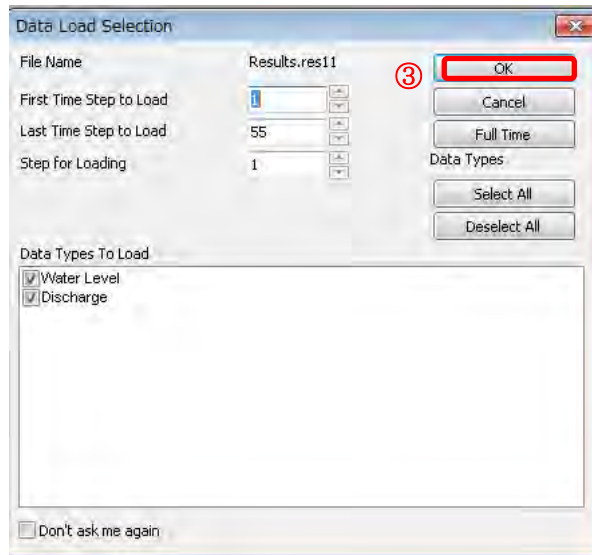
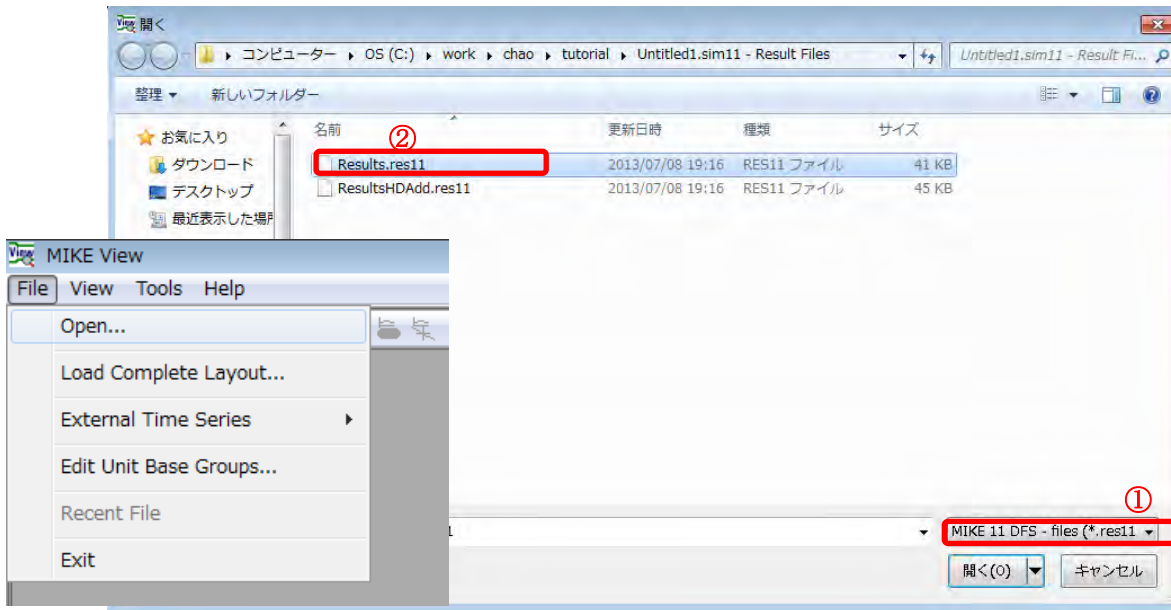
- ⑧ ผลลัพธ์ของอัตราการใช้และระดับนั้นจะถูกบันทึกไว้ในไฟล์ res11 ส่วนผลลัพธ์ที่เพิ่มเติมขึ้นมาจะถูกบันทึกไว้ในไฟล์ HDAdd.res11

(9) การตรวจสอบผลลัพธ์

ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของ MIKE11 ด้วย MIKE VIEW

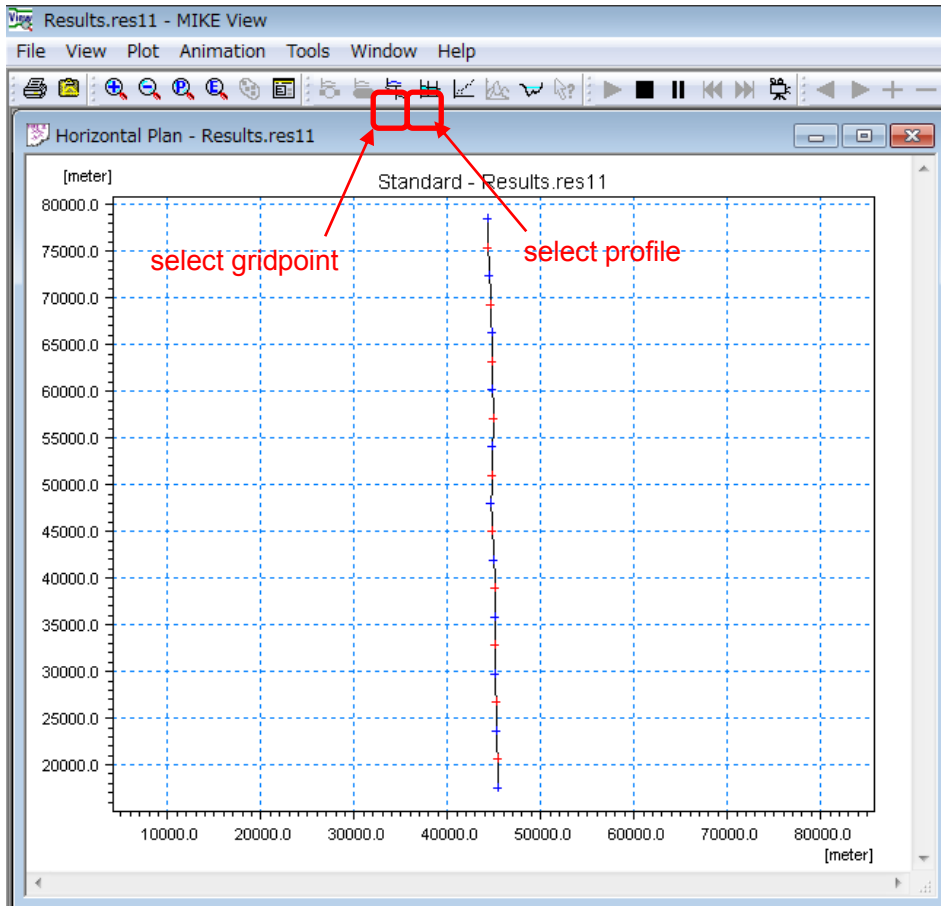
① MIKE View → 「File」 → 「Open」

ประเภทไฟล์ 「MIKE11DFS-files (\*.res11)」 → การแต่งตั้ง 「Results.res11」



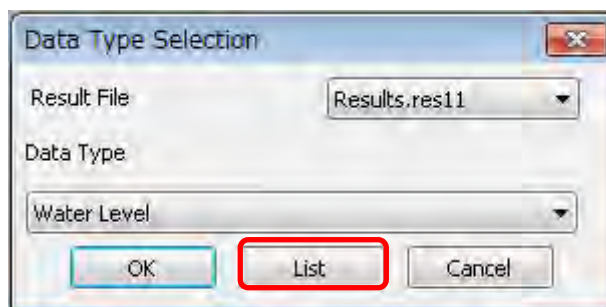
รูปที่ 4.26 หน้าจอเริ่มแรกของ MIKE VIEW

- ② เราสามารถแสดงภาพตัดขวางได้ด้วย Select profile และแสดง Hydrograph ได้ด้วย Select gridpoint หลังจากที่เราคลิกไปที่ไอคอนแล้วภาพที่ทาร์พล็อตด้วยเส้นในแนวระนาบ (รูปเคหรือข่าย)

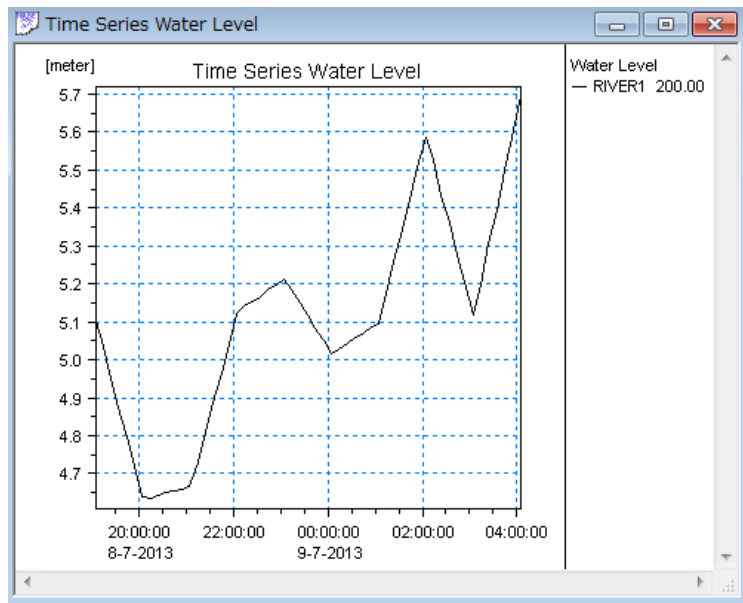
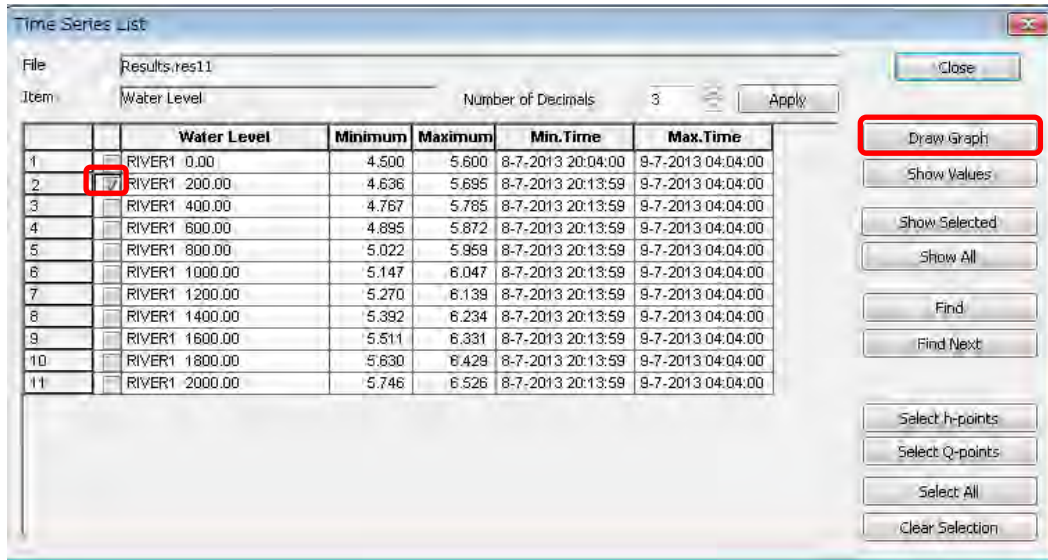


รูปที่ 4.27 หน้าจอแสดงระนาบของ MIKE VIEW

- ③ สำหรับ Hydrograph นั้น เราสามารถเรียกดู Hydrograph ของแต่ละภาพตัดขวางได้จาก “List” โดยที่ไม่ต้องทำพล็อตจุด 「select gridpoint」 → 「List」

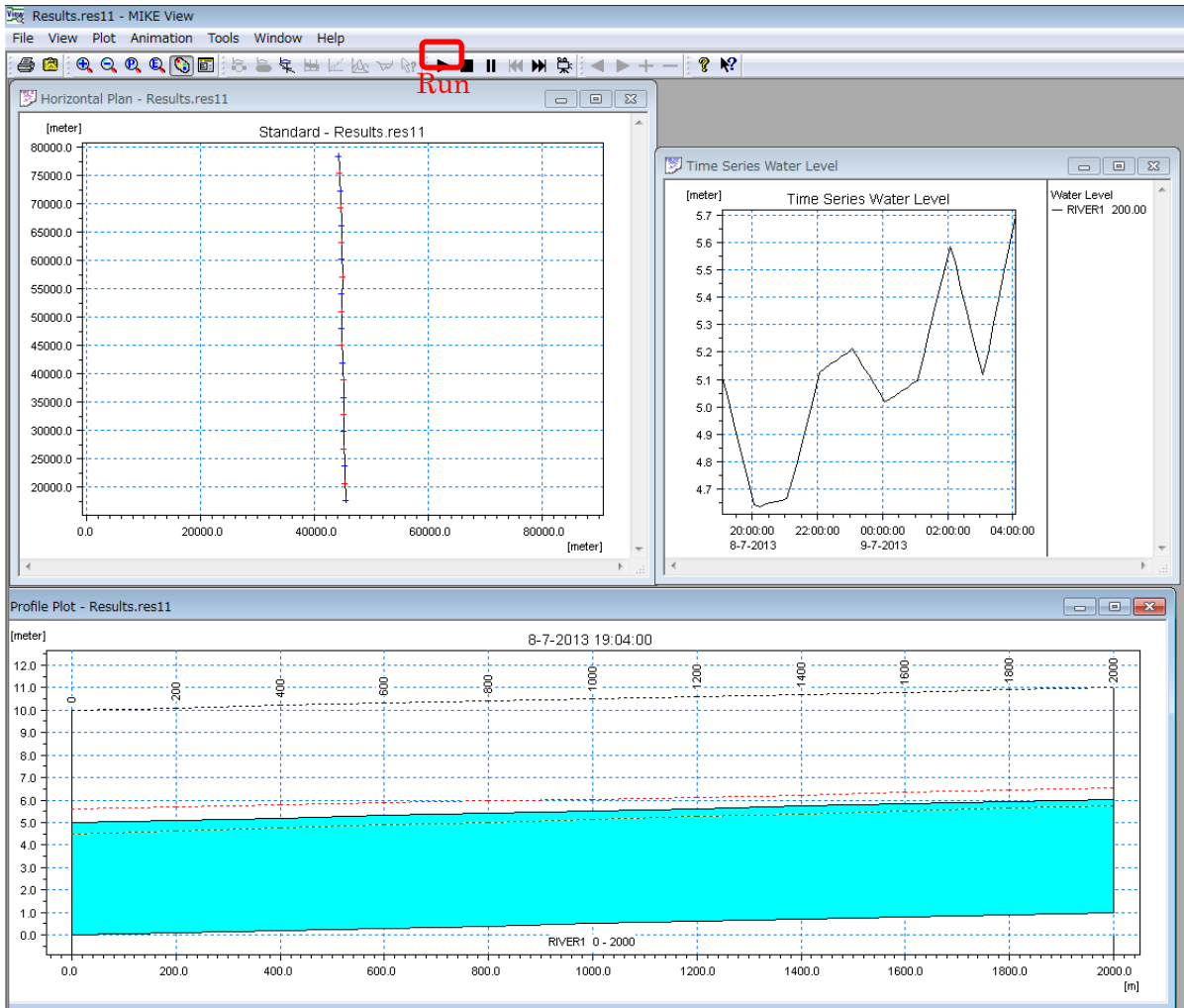


- ④ หากทำเครื่องหมายถูกเข้าไปที่ช่องรายการแล้ว แล้วคลิกไปที่ Draw Graph Hydrograph จะปรากฏขึ้นมา
- ⑤ ในภาพที่หน้าจอยังแสดงผลภาพตัดขวางและ Hydrograph อยู่ นั้น หากคลิกไปที่ Hydro graph แล้ว ภาพตัดขวางจะเปลี่ยนแปลงไปตามเส้น Hydrograph เราสามารถตรวจสอบการเคลื่อนไหวได้โดยการคลิกไปที่ไอคอน “Run” ที่อยู่ด้านบน



รูปที่ 4.28 หน้าจอตรวจสอบผลลัพธ์ด้วย MIKE





รูปที่ 4.29 หน้าจอตรวจสอบผลลัพธ์ด้วย MIKE VIEW (ภาพตัดขวางแนวตั้ง)

#### 4.4 วิธีการพัฒนาโมเดลจำลองเพื่อการวิเคราะห์น้ำไหลท่วม

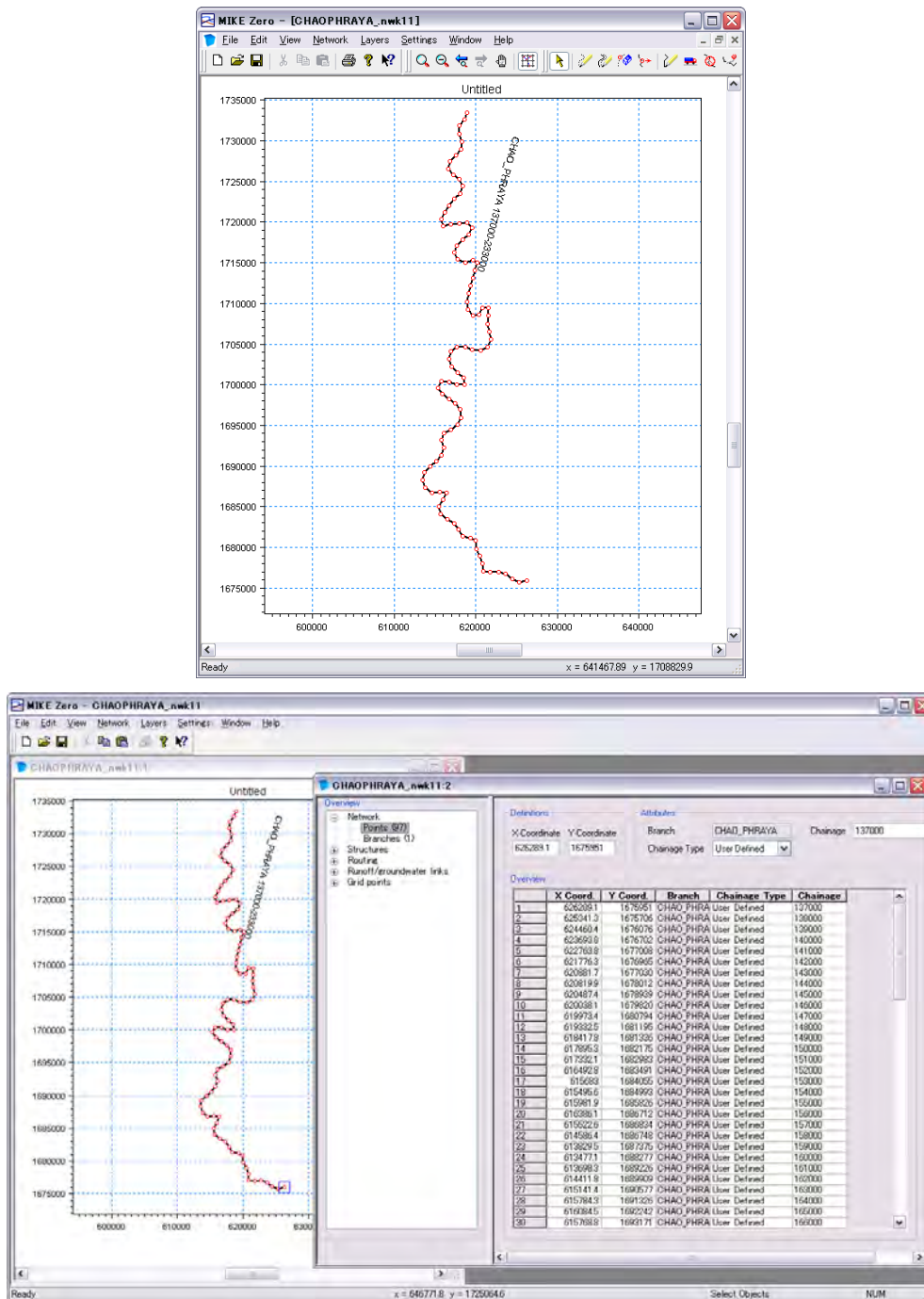
การคำนวณการไหลของน้ำท่วมด้วย MIKE จะเป็นการรวมผลคำนวณแบบไม่กำหนดทางน้ำไหลด้วย MIKE11 เข้ากับผลการคำนวณแบบสองมิติแนวนอนด้วย MIKE21

ขั้นตอนการคำนวณเพื่อคัปปลิง (รวมผล) MIKE11 กับ MIKE21 แสดงดังผังภาพด้านล่าง นอกจากนั้น หากระดับน้ำของทาง

น้ำไหลที่คำนวณด้วย MIKE11 สูงกว่าระดับความสูงของเขื่อนกั้นน้ำ จะใช้ MIKE FLOOD ช่วยในการนำผลการคำนวณแบบสองมิติแนวนอนของ MIKE21 ไปลิงค์ MIKE11 กับ MIKE21

(1) กำหนดค่าโคออดิเนตแนวระนาบของทางน้ำไหล

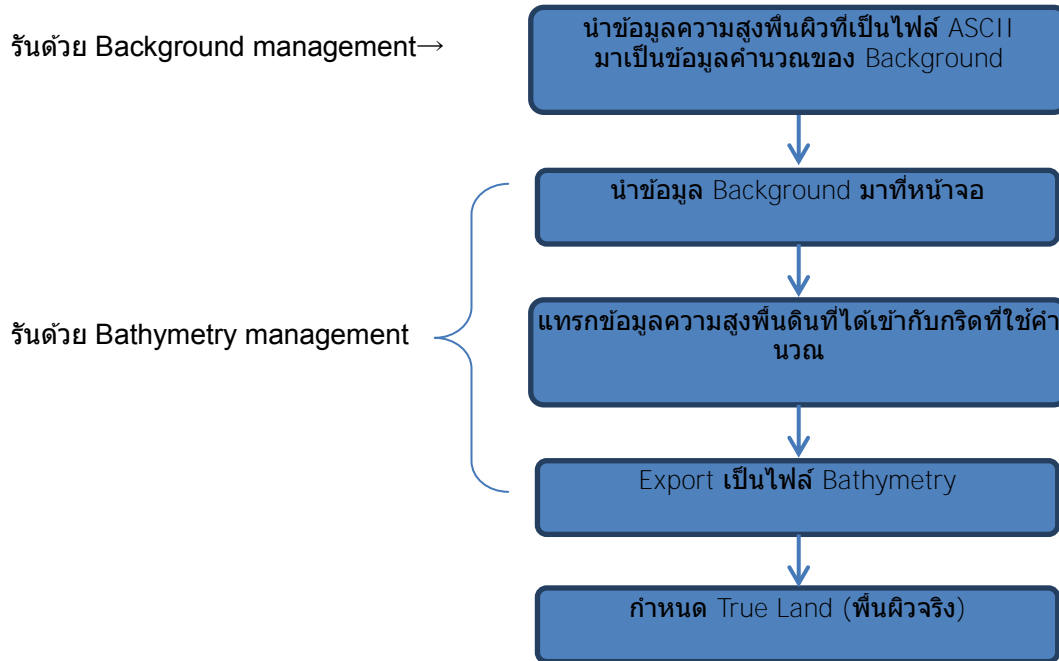
การคำนวณด้วย MIKE11 เป็นการคำนวณแบบหนึ่งมิติ ไม่เกี่ยวข้องกับค่าโคออดิเนต อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์น้ำไหลท่วม ต้องกำหนดค่าตำแหน่งตามเงื่อนไขทางภูมิศาสตร์ ดังนั้น ให้ป้อนค่าโคออดิเนตแนวระนาบด้วย Network Editor ดังตัวอย่างต่อไปนี้ ทั้งนี้ ให้ป้อนค่าโคออดิเนตด้วย “ค่าที่ใหม่ ๆ” ของเน็ตเวิร์ก (เพียง copy&paste จากไฟล์เอ็กเซล) แล้วใช้ “รูทรันช์อัตโนมัติ (auto route branch)” เพื่อจับคู่แต่ละค่าโคออดิเนตเข้าด้วย จะทำให้คล่องตัวมากขึ้น



รูปที่ 4.30 กำหนดตำแหน่งทางน้ำไหลลงใน MIKE11

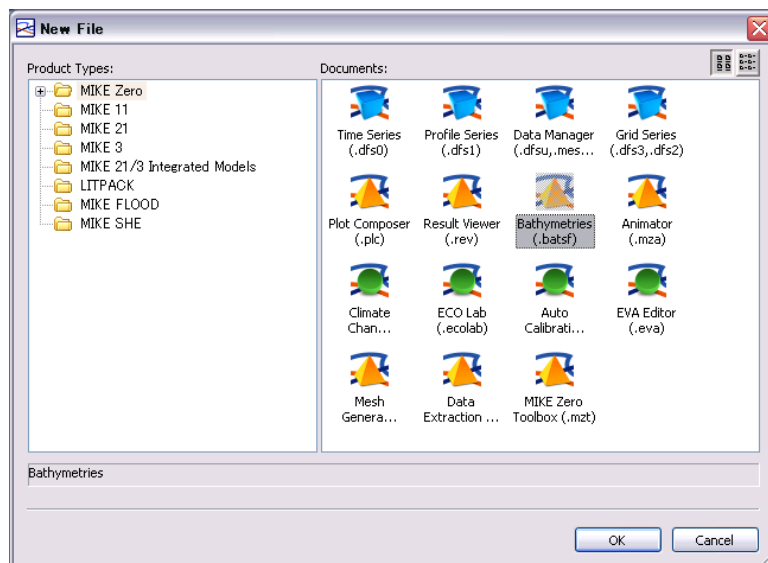
(2) การสร้างไฟล์ Bathymetry (ไฟล์แสดงกริดความสูงพื้นผิว)

MIKE 21 จะนำข้อมูลความสูงพื้นผิวที่จำเป็นต่อการคำนวณการไหลท่วมของน้ำจากไฟล์ Bathymetries ในที่นี้จะอธิบายวิธีการแปลงจากไฟล์ ASCII เป็นไฟล์ Bathymetries ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



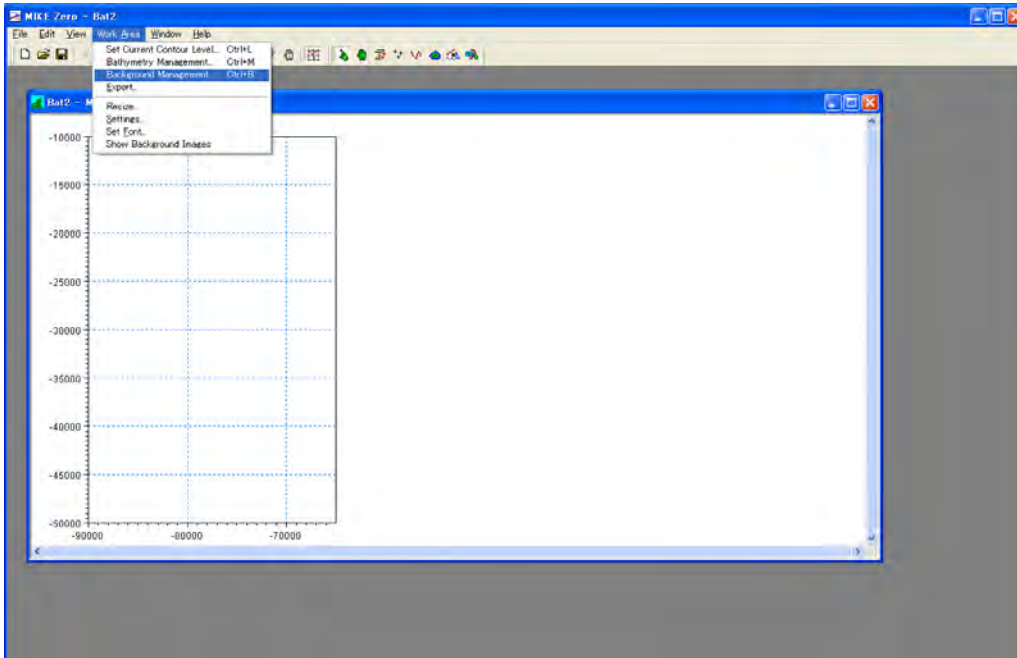
รูปที่ 4.31 ขั้นตอนการสร้างไฟล์ Bathymetry

① MIKE ZERO 「file」 → 「new」 Bathymetries



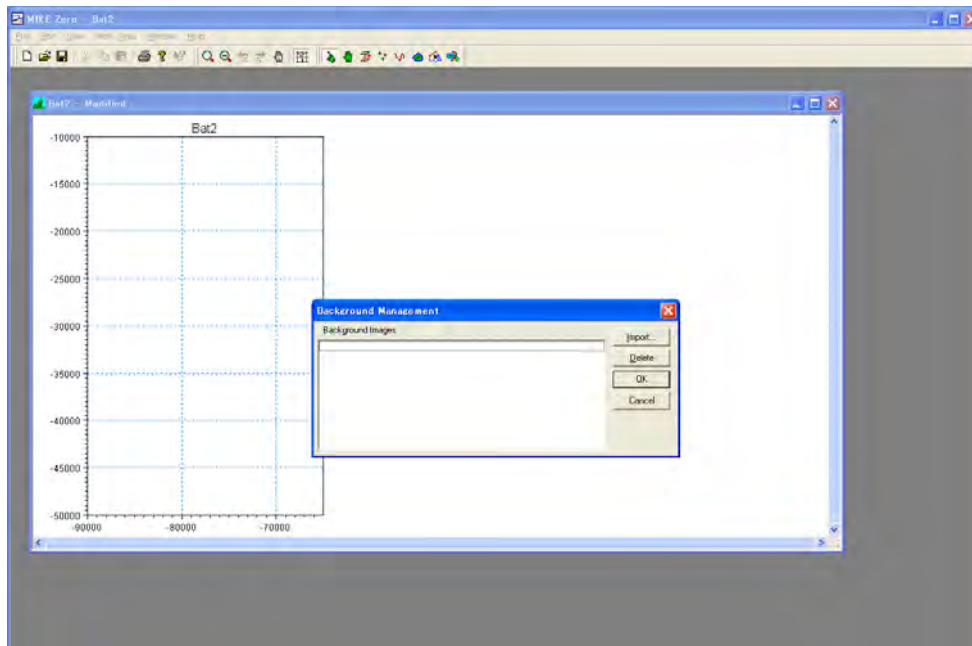
รูปที่ 4.32 หน้าจอเริ่มต้นในการสร้าง Bathymetry

- ② ตั้งแกนโคออดิเนตของ Working Area ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับรับค่าข้อมูลความสูงพื้นผิว โดยให้ Easting เป็นค่าตั้งต้นของแกนแนว x และ Northing เป็นแกนแนว y
- ③ ดังแสดงในผังภาพด้านล่างจะมี Working Area ขึ้นมา แล้วใช้ Background Management เพื่อทำการคำนวณค่าโคออดิเนตของความสูงจากพื้นผิว (ค่าความสูงของแกน X และ Y จากแนวระนาบ) เพื่อใช้เป็นข้อมูลของกริดต่อไป



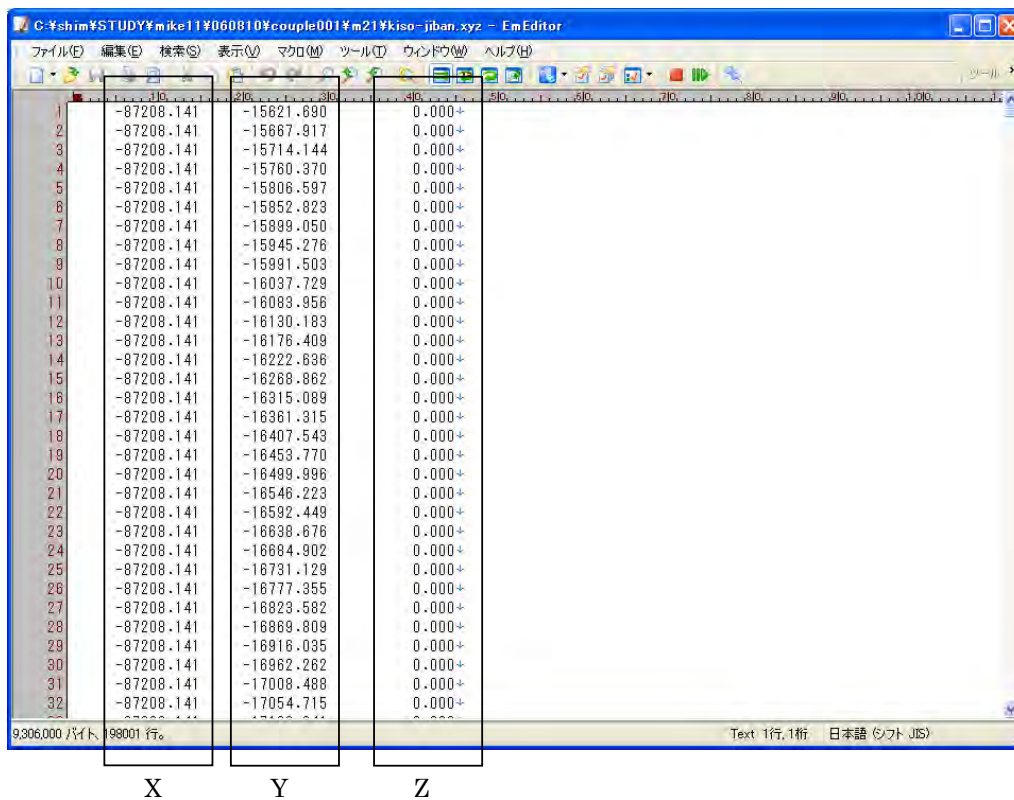
รูปที่ 4.33 หน้าจอของ Working Area

④ กด Import ที่ Background Management



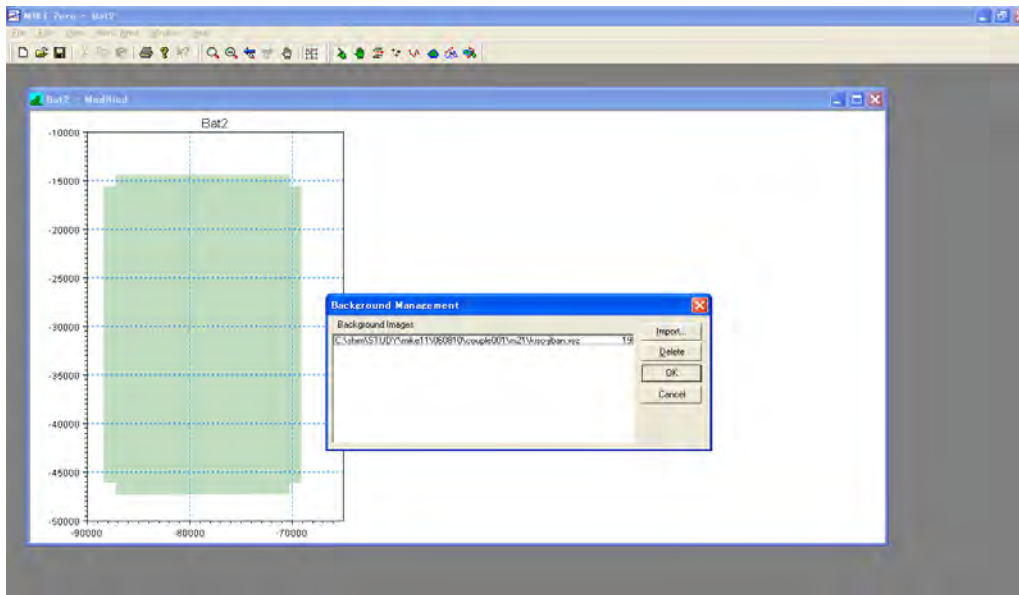
รูปที่ 4.34 หน้าจอของการป้อนค่าโคออดิเนต

⑤ นำเข้าข้อมูล XYZ



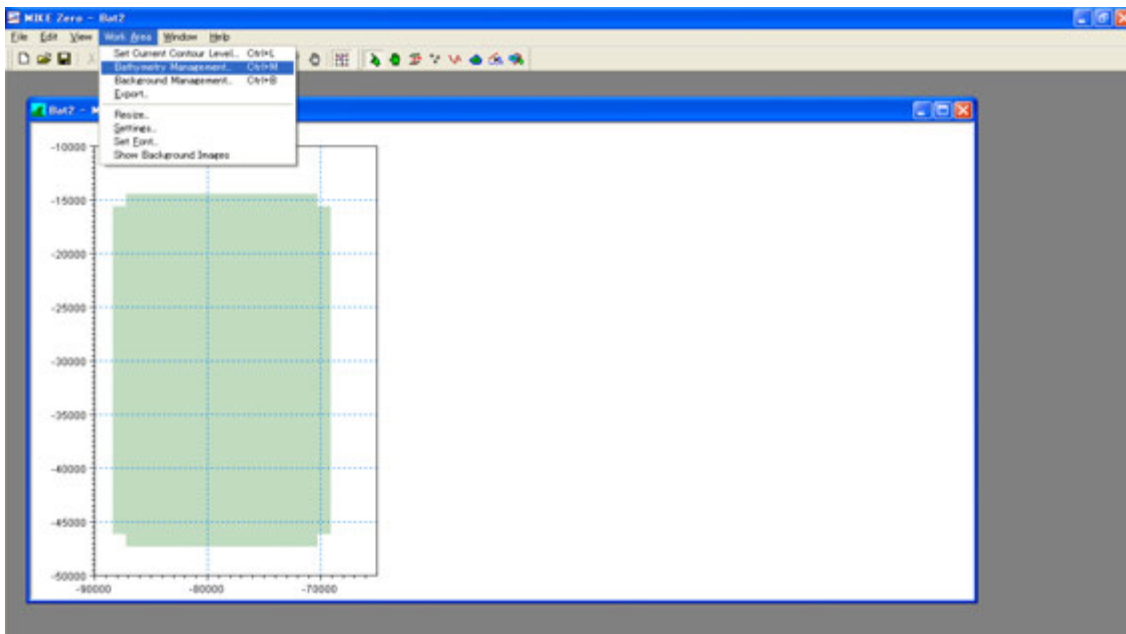
รูปที่ 4.35 ฟอ์แมตข้อมูลแสดงความสูงพื้นผิว

- ⑥ เมื่อ Import เสร็จแล้ว หน้าจอจะขึ้นตามผังภาพด้านล่าง



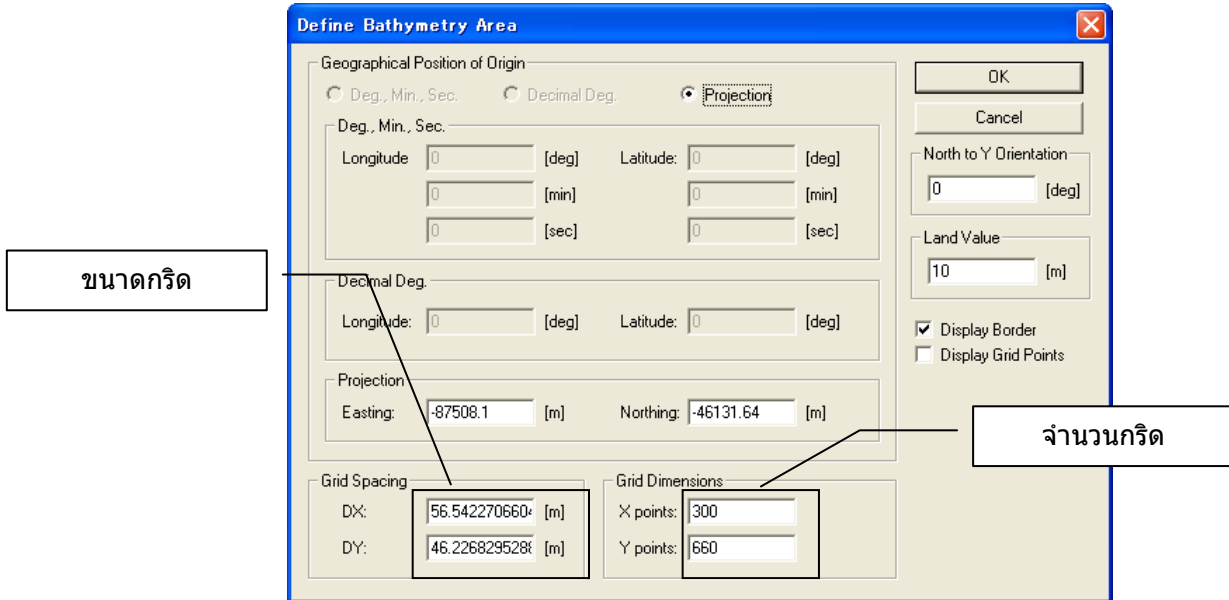
รูปที่ 4.36 หน้าจอหลังจากอ่านข้อมูลความสูงพื้นผิวได้แล้ว

- ⑦ จากนั้น ใช้ข้อมูลความสูงพื้นผิวมาสร้างข้อมูลความสูงพื้นผิวตามกริด (Bathymetry) ด้วย Bathymetry Management



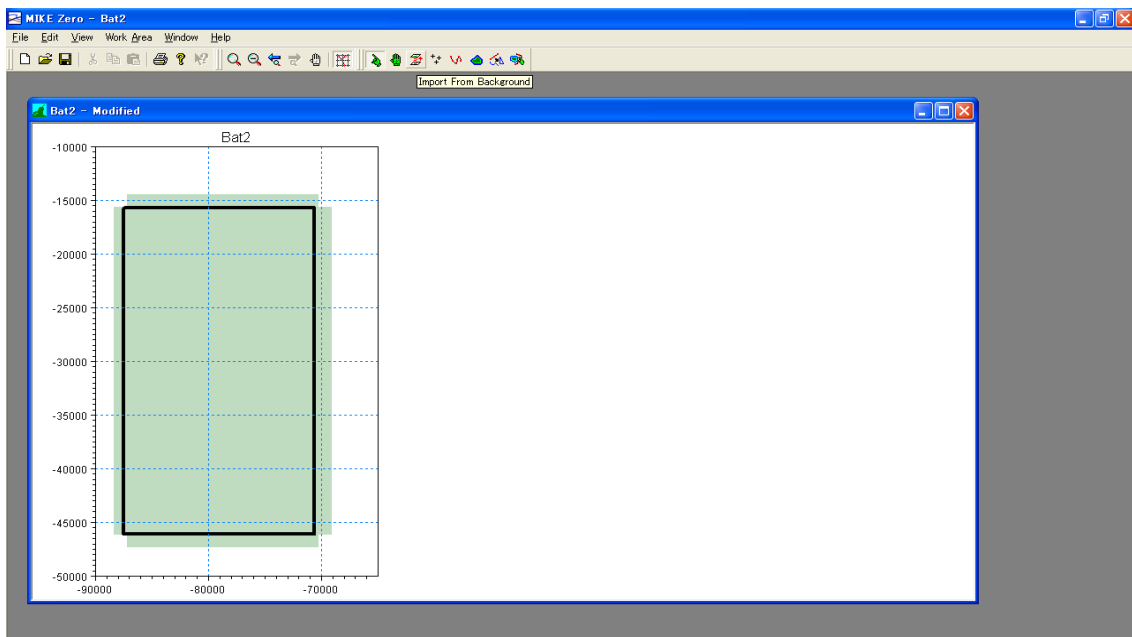
รูปที่ 4.37 เลือก Bathymetry Management

- ⑧ กด new
- ⑨ ป้อนค่าโคออดิเนตของข้อมูล ASCII ที่เตรียมไว้ดังนี้



รูปที่ 4.38 ตั้งค่าขนาดและจำนวนของกริด

- ⑩ หากตั้งค่าได้ถูกต้องแล้ว หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นเช่นนี้

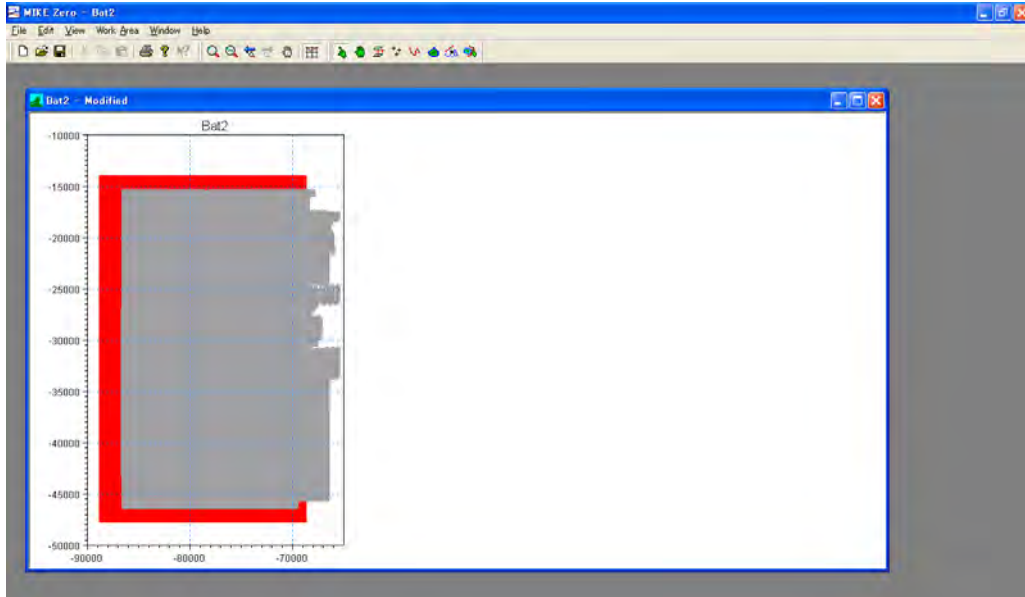


รูปที่ 4.39 หน้าจอหลังตั้งค่า Bathymetry

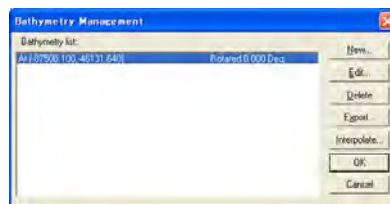


⑪ คลิกเลือก Import from background เพื่อเลือกพื้นที่ของข้อมูลความสูงพื้นผิว

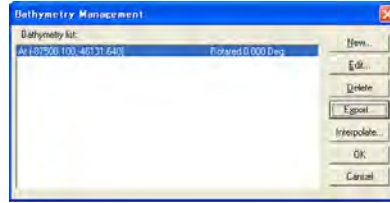
⑫ คลิกเลือก Import From Background อีกครั้ง



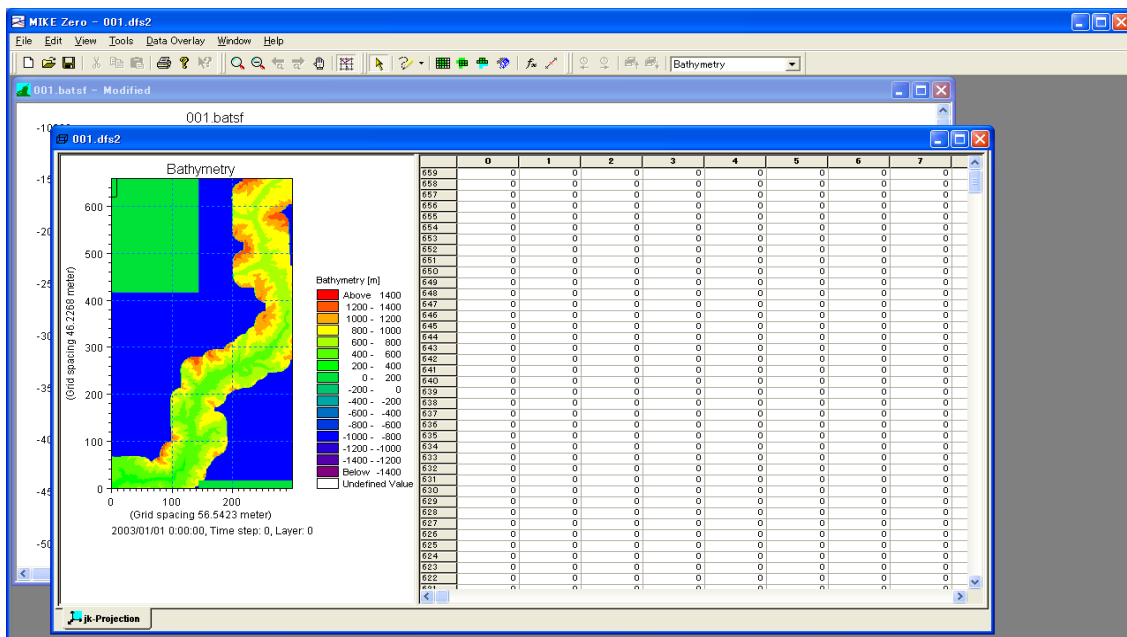
⑬ เปิด Bathymetry Management อีกครั้งหนึ่ง แล้วคลิก Interpolate เพื่อแทรกค่าความสูงของพื้นผิว



⑭ หากแทรกค่าได้แล้ว ให้ Export จะได้ไฟล์นามสกุล 000.dfs2 มาเก็บไว้

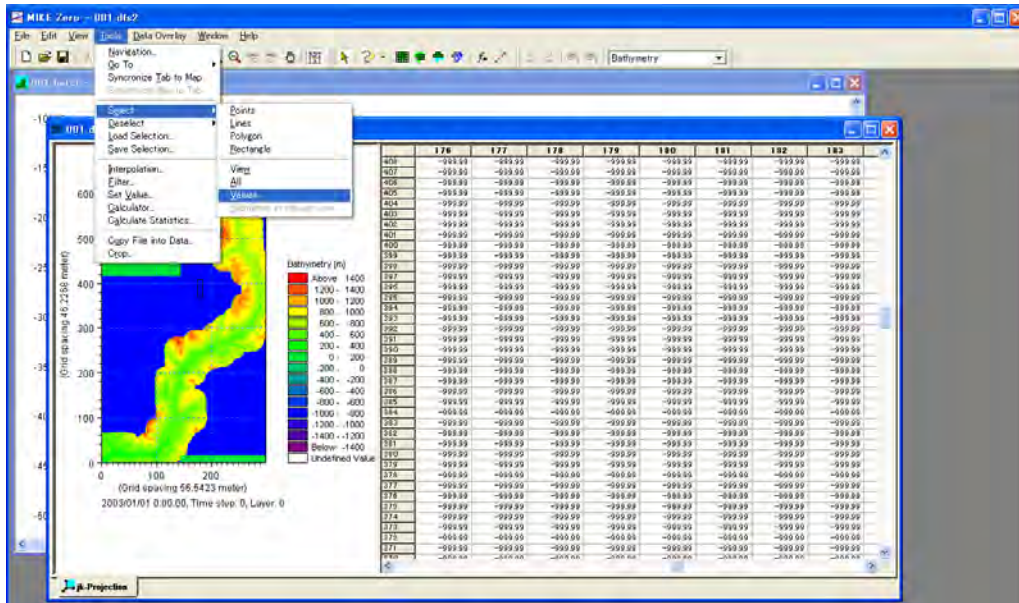


- ⑮ นำไฟล์ที่ได้มา (ในตัวอย่างนี้คือ 001.dfs2) ลากมาครอบที่ mikezero จะได้เส้นแสดงความสูงต่ำของพื้นที่ตั้งรูปข้างล่าง



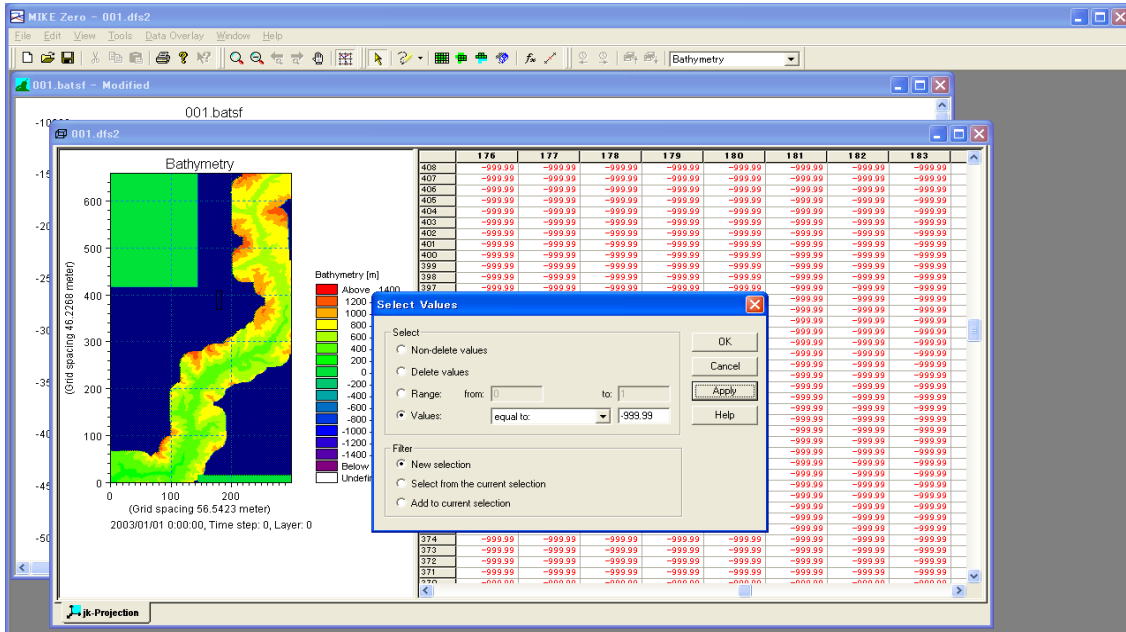
รูปที่ 4.40 ผังภาพเส้นแสดงความสูงต่ำของพื้นที่สูงต่ำในกริดจากไฟล์ dfs2

- ⑯ เลือกพื้นที่นอกพื้นที่คำนวณ กำหนดเป็น True Land ซึ่งมีวิธีการเลือกหลากหลาย ในตัวอย่างนี้ จะเลือกค่าอัตโนมัติที่เข้ากับเงื่อนไข



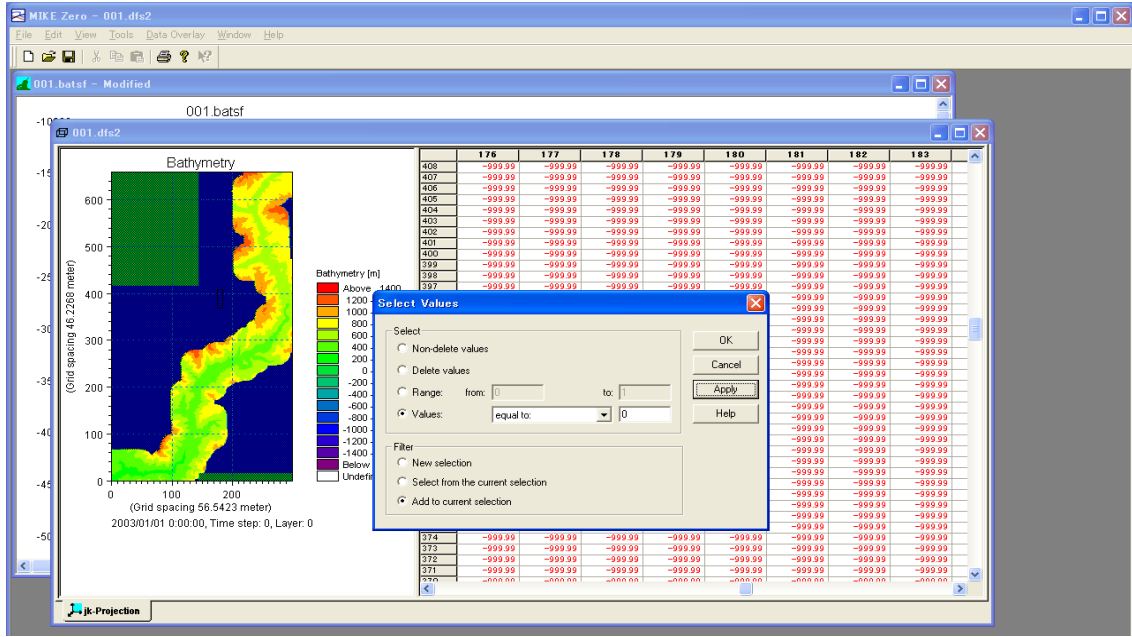
รูปที่ 4.41 วิธีการเลือกพื้นที่ต้องการ-1

17 ป้อนค่าที่ได้เลือกไว้



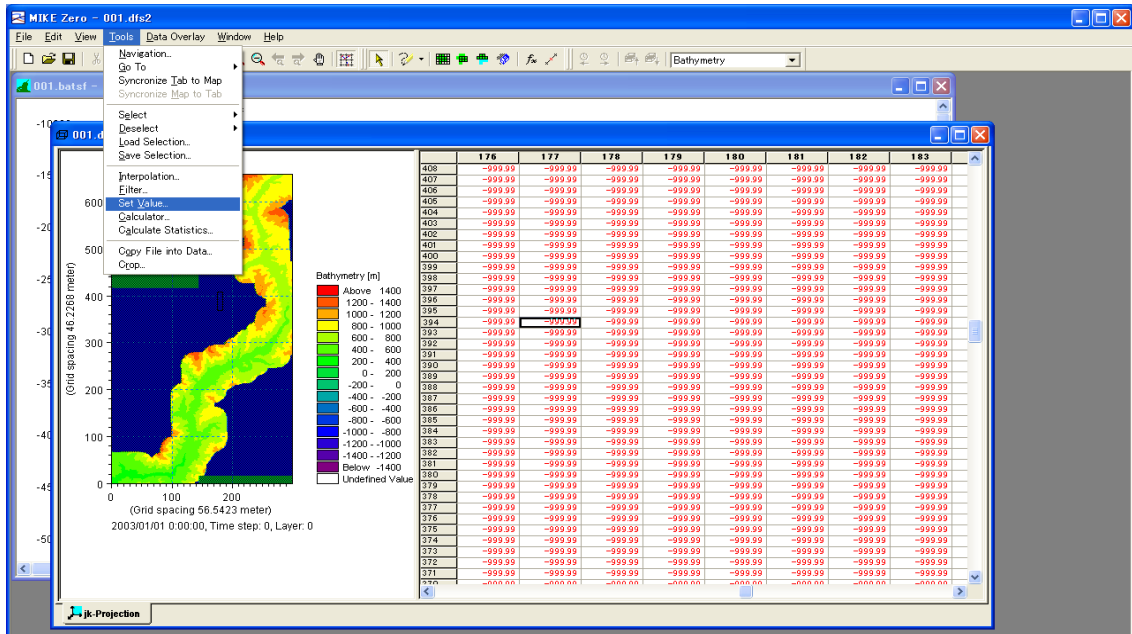
รูปที่ 4.42 วิธีการเลือกพื้นที่ต้องการ-2

18 ไฮไลต์พื้นที่ที่เลือกไว้



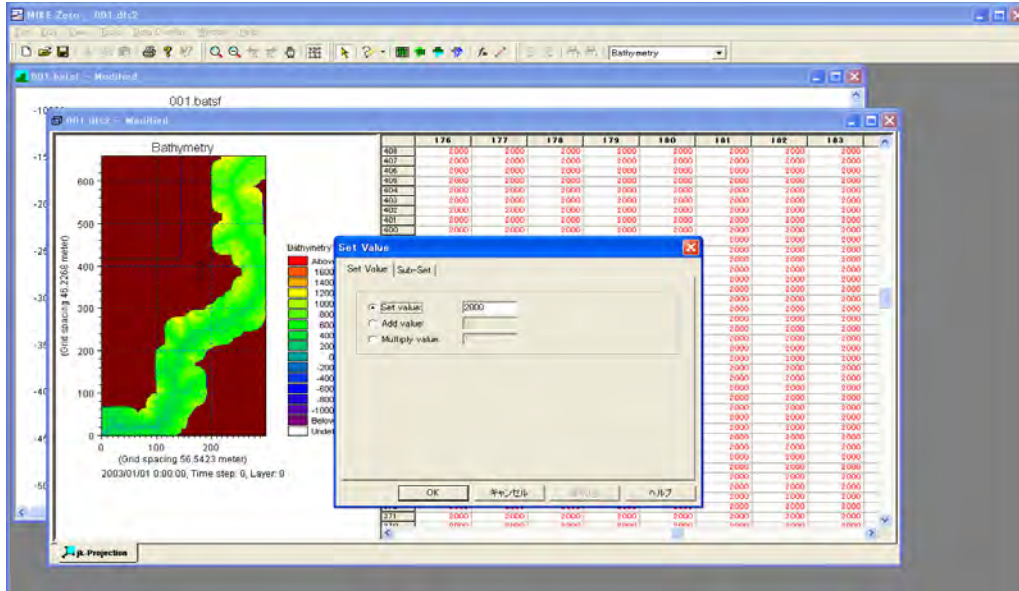
รูปที่ 4.43 วิธีการเลือกพื้นที่ที่ต้องการ-3

- ๑๙ สามารถแปลงค่าแบบเหมารวมของพื้นที่ที่เลือกไว้ได้ด้วย SetValue เลือกพื้นที่นอกพื้นที่คำนวณ



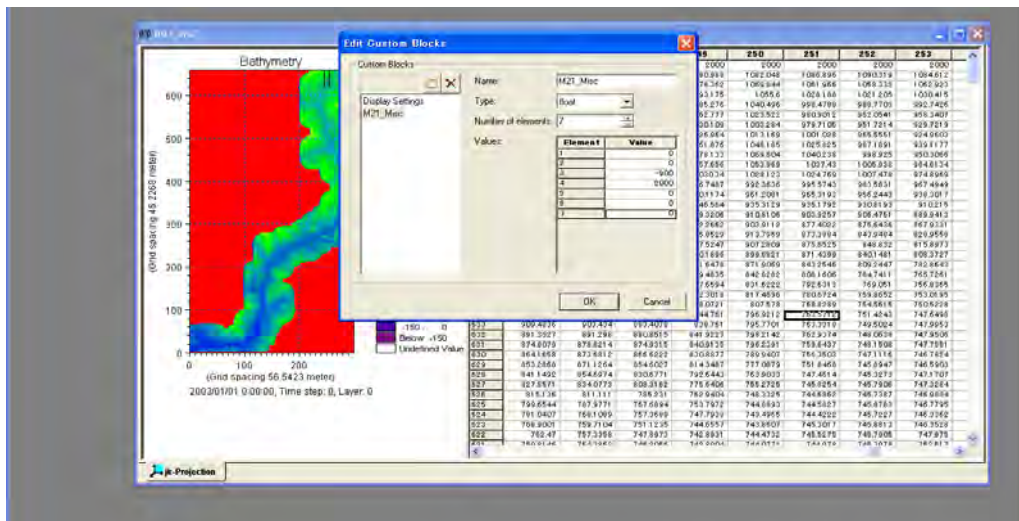
รูปที่ 4.44 วิธีการ replacement หน้าจอซ้าย

- 20 ในตัวอย่างนี้กำหนดให้ค่าของ Trueland เท่ากับ 2000 ฉะนั้นค่าที่เราจะเลือกนั้นต้องเป็นค่าที่สอดคล้องกับ Bathymetry ของพื้นที่ที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายและไม่ส่งผลกระทบต่อใด (ตัวอย่าง : ถ้าค่า Maximun Bathymetry เท่ากับ 420 m ก็ให้ใช้ 500 เป็นต้น)



รูปที่ 4.45 การตั้งค่า True Land

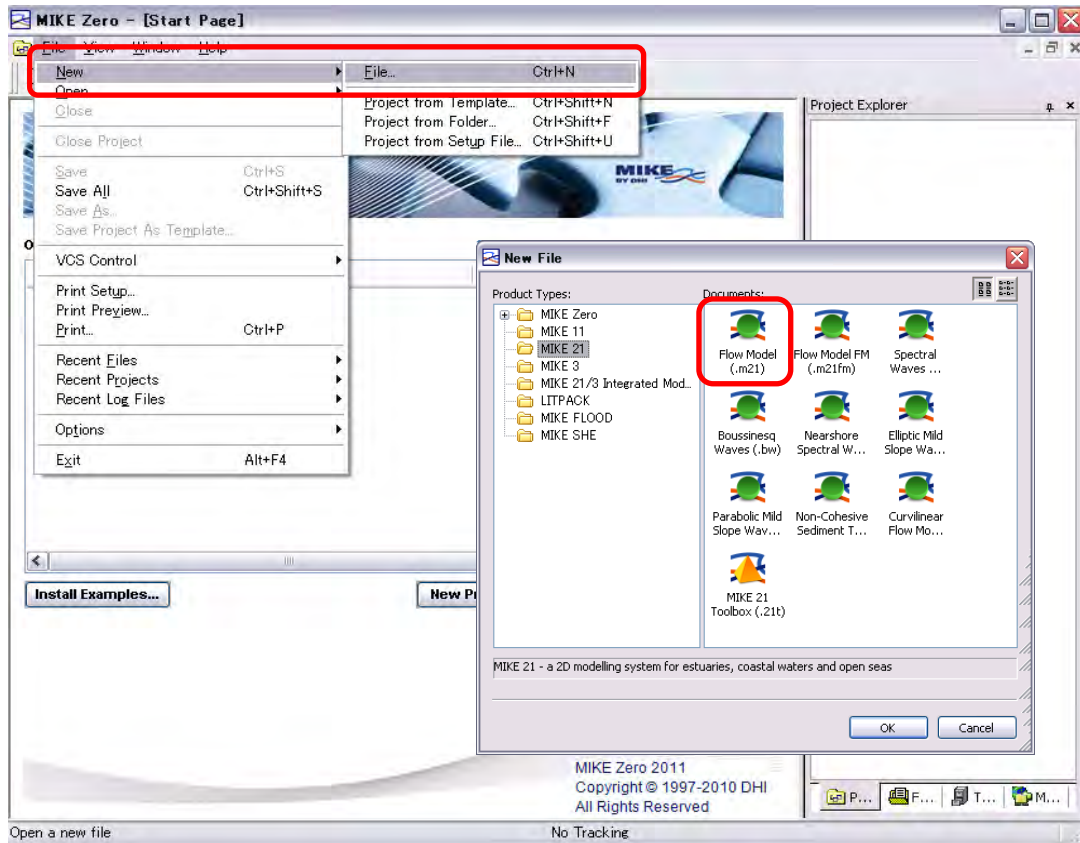
- 21 ให้คลิก Edit → Custom block จะขึ้นหน้า Edit Custom Block ให้ตั้งค่า True Land ตรงส่วน M21\_Misc ของ Element4



รูปที่ 4.46 ตั้งค่า Custom Block ด้วยการ Custom Block

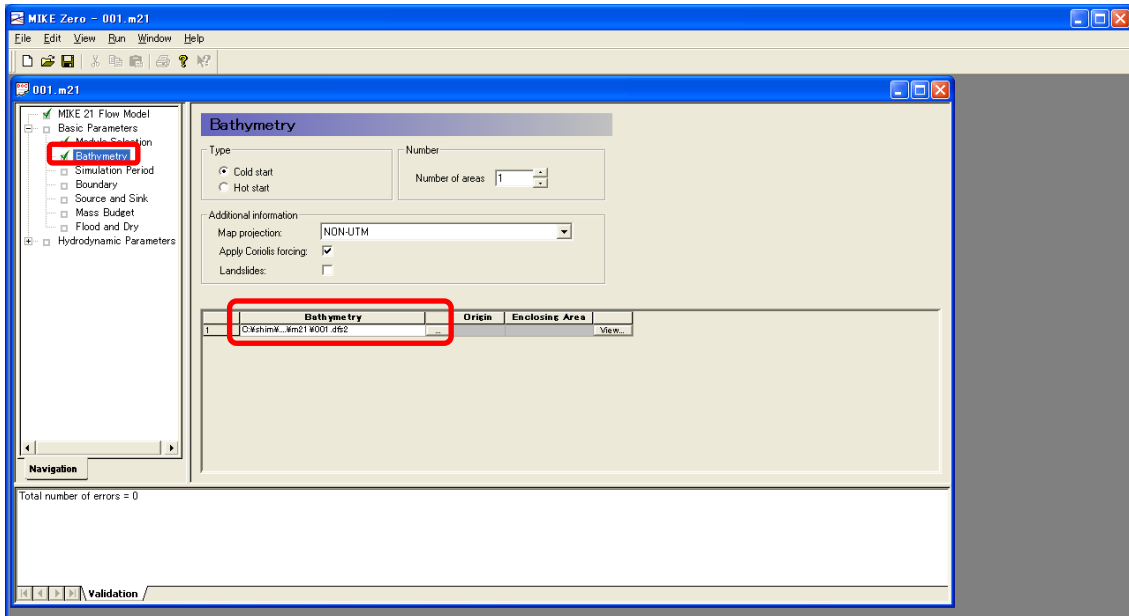
(3) การสร้างแบบจำลอง Mike21

- ① MIKE21 FLOW MODEL จาก file MIKE ZERO → “new”



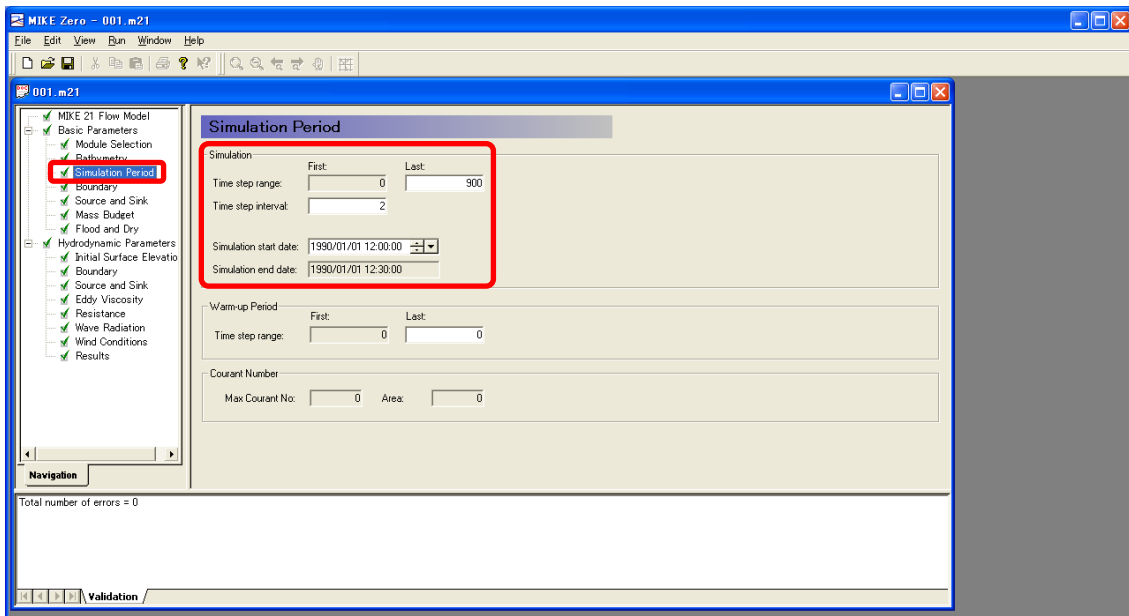
รูปที่ 4.47 หน้าจอแรกในการสร้างไฟล์ MIKE21

② ให้เลือกไฟล์ Bathymetry ที่สร้างเอาไว้ตอนแรก



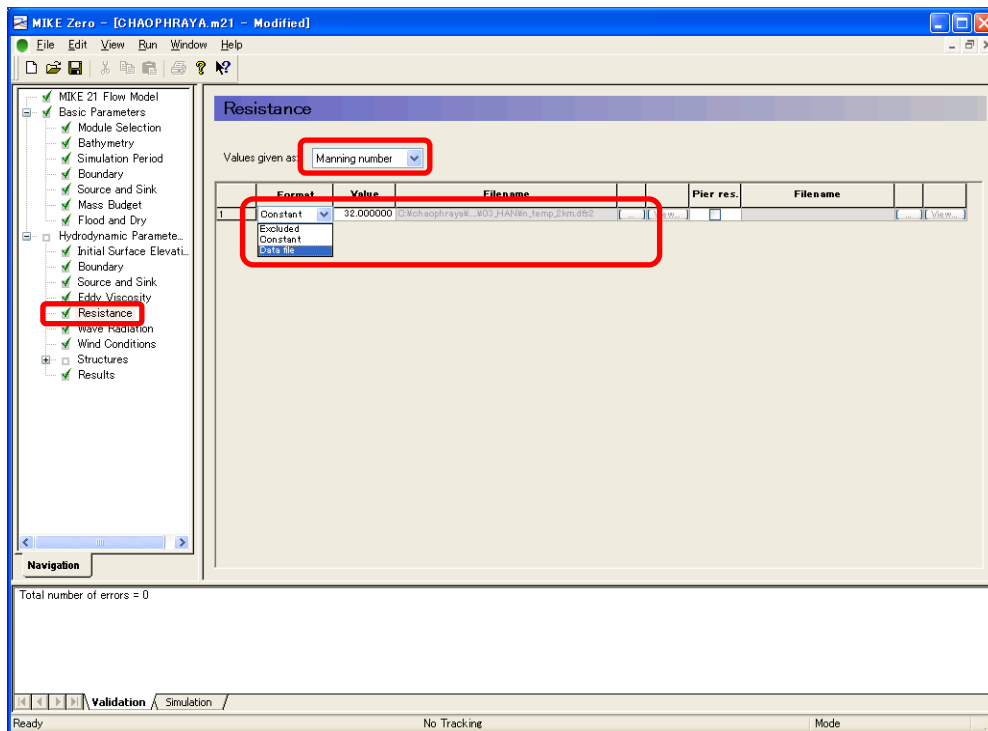
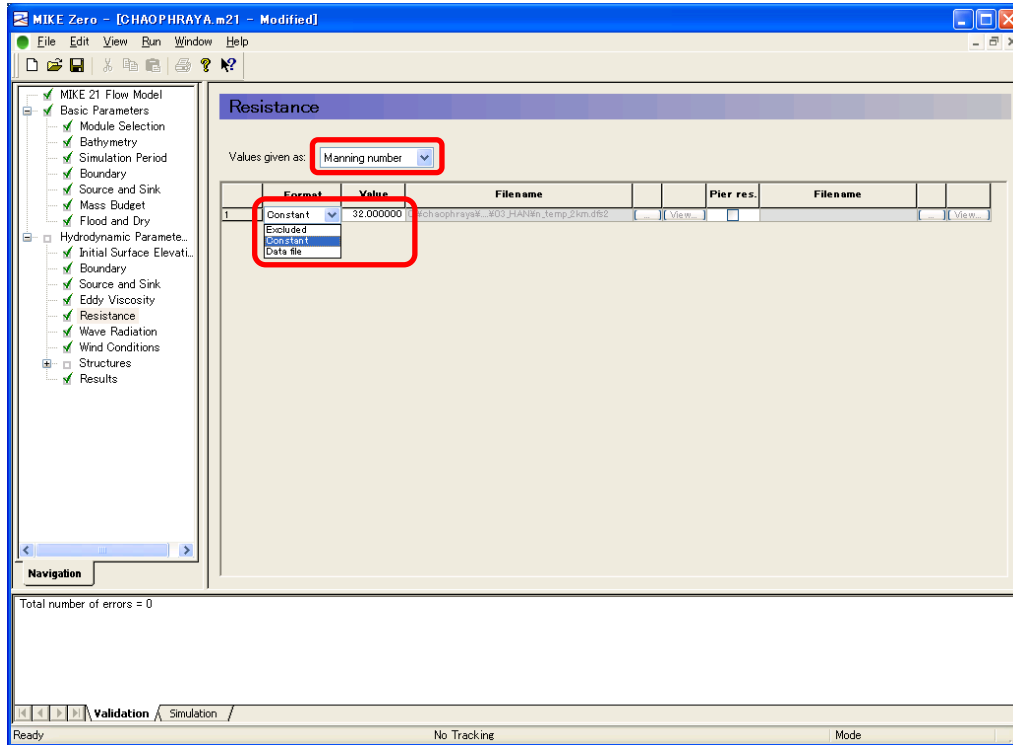
รูปที่ 4.48 การเชื่อมโยงกับ Bathymetry

③ คีย์เวลาลงไป



รูปที่ 4.49 การตั้งค่าเวลา

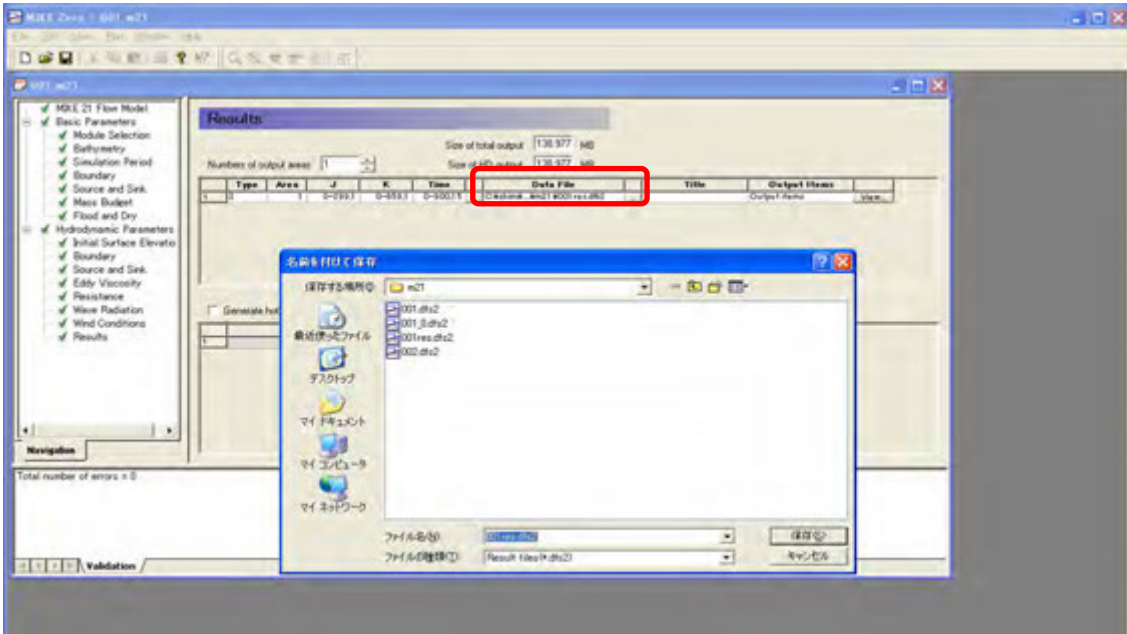
④ ตรงส่วน MIKE21 จะขึ้นหน้าต่าง ให้ทำการ manning M (ที่เชื่อมโยงกับ n)



รูปที่ 4.50 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของที่ราบน้ำท่วม

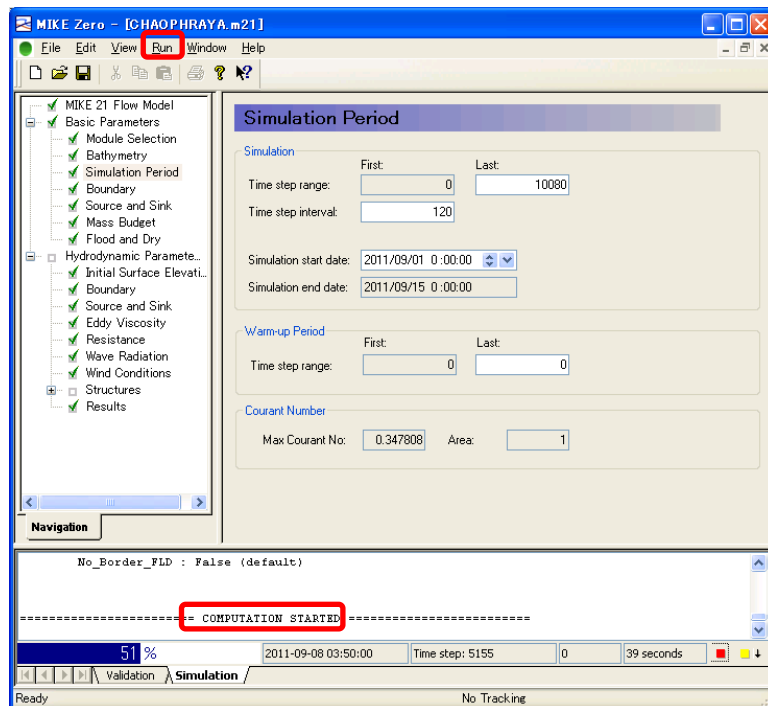


- ⑤ เนื่องจากไฟล์ output ใช้สูตรคำนวณเดียวกันกับไฟล์ความสูงของพื้นดินและไฟล์ dfs2 จึงต้อง save กันแยกกันกับไฟล์ Bathymetry



รูปที่ 4.51 การตั้งชื่อไฟล์ผลของเครื่องคำนวณ

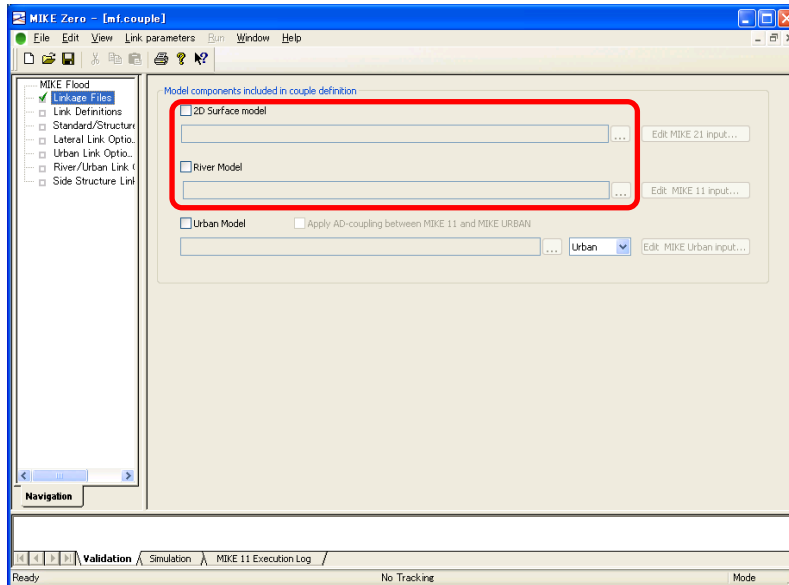
- ⑥ Run → Start simulation ให้เริ่มคำนวณ



รูปที่ 4.52 หน้าจอการดำเนินเครื่องจำลอง

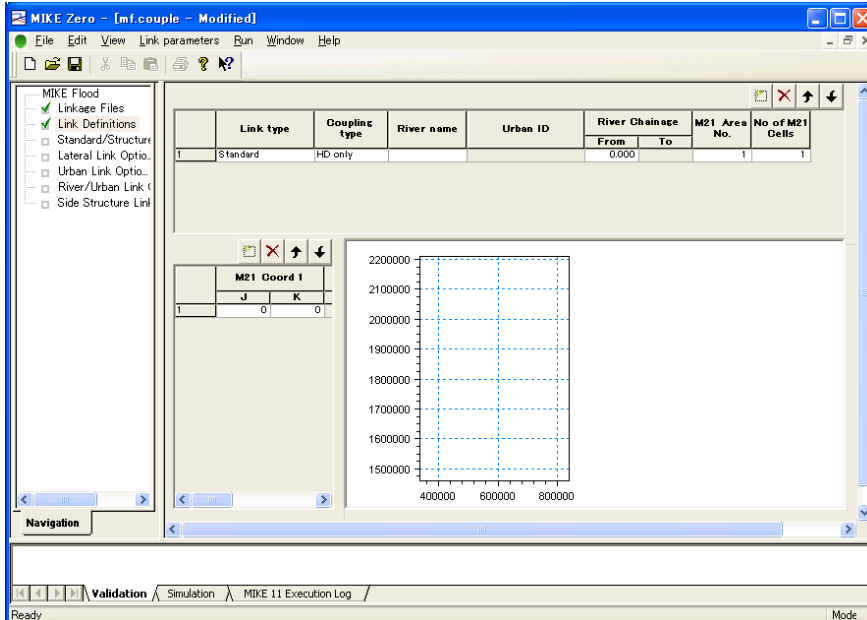
(4) การเชื่อมต่อของ MIKE11 และ MIKE21 ขึ้นอยู่กับ Mike Flood

- ① ใส่ข้อมูลโดยอ้างอิงถึง MIKE11 และ MIKE21 จะเชื่อมโยงกันตามเมนู



รูปที่ 4.53 หน้าจอแรก เมื่อเปิด MIKE COUPLE

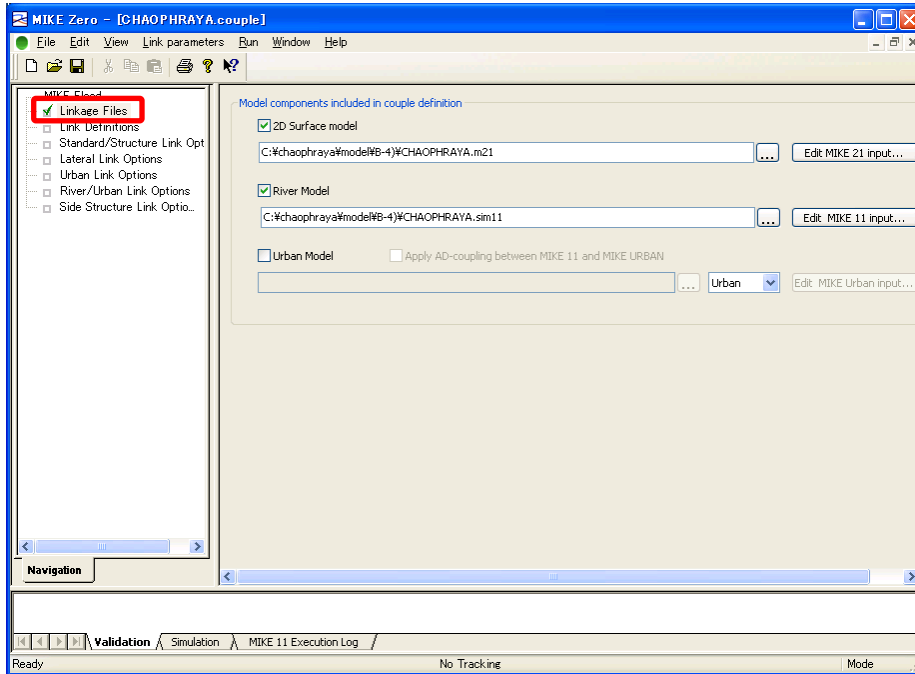
- ② หน้าจอหลังจากอินพุท MIKE21



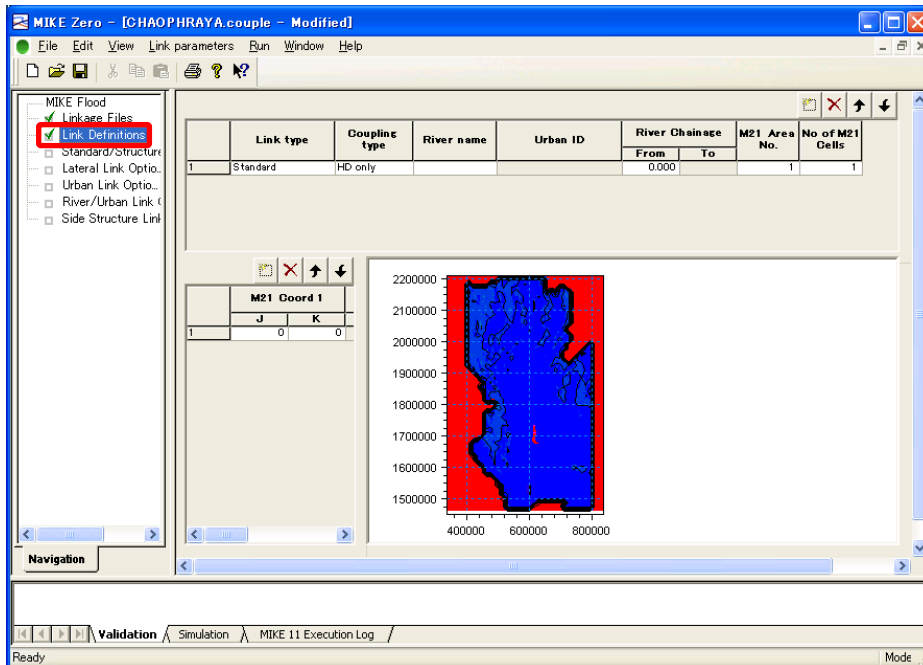
รูปที่ 4.54 หน้าจอแรก เมื่ออ่านข้อมูล MIKE21 ลงใน MIKE COUPLE

③ หลังจากอินพุท MIKE11 แล้วนำมาทาบเปรียบเทียบกัน MIKE21

<"Linkage Files" screen>

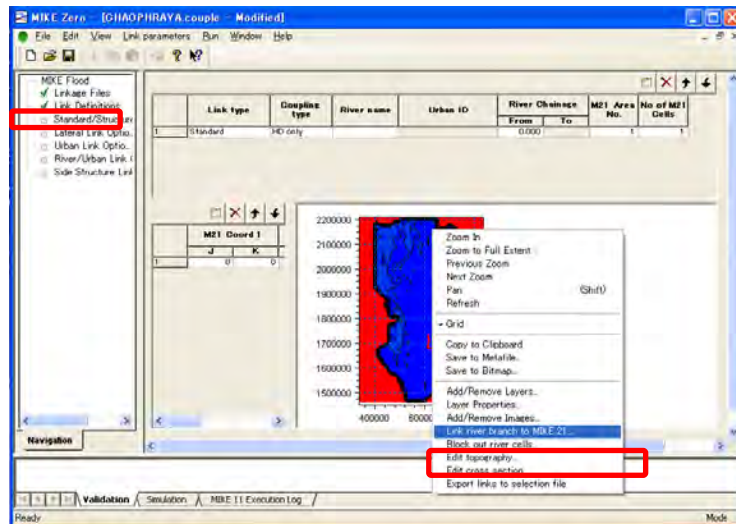


<"Link Definitions" screen>



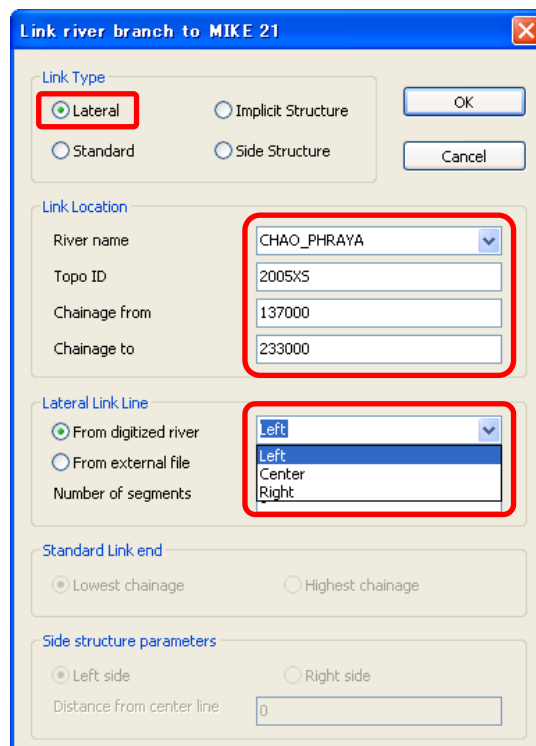
รูปที่ 4.55 หน้าจอเมื่ออ่านข้อมูล MIKE11 กับ MIKE21 แล้ว

- ④ สามารถเลือก Link type ได้ 4 แบบ ในตัวอย่างนี้จะเลือก Lateral (เชื่อมเข้ากับริมฝั่ง : รายละเอียดอื่นๆ ดูได้จากคู่มือของ DHI) จากนั้นคลิกขวาบนตัวกราฟ แล้วเลือก link branch to MIKE21



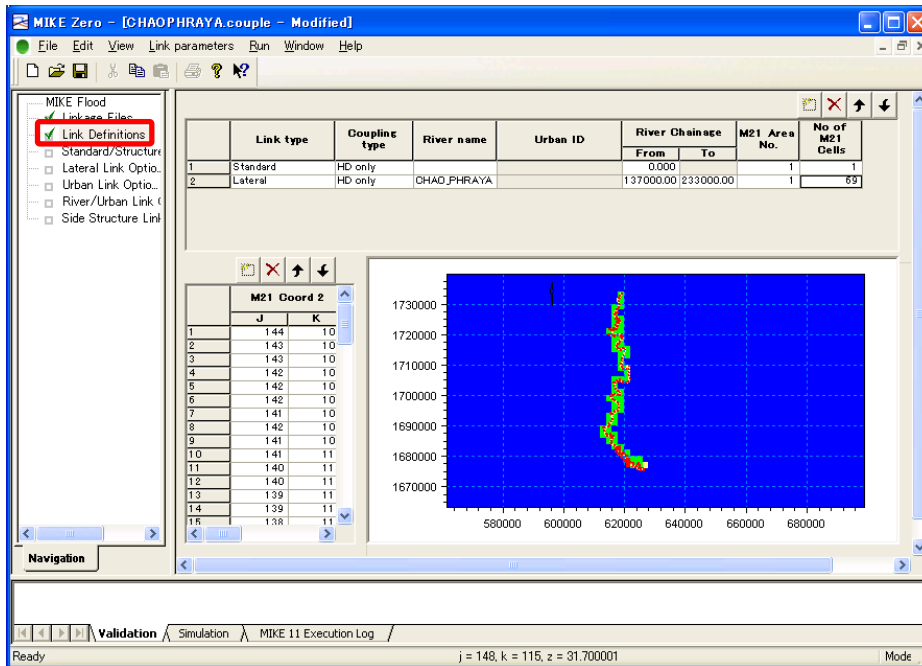
รูปที่ 4.56 หน้าจอเมื่อเชื่อมกริดของพื้นที่ในเชื่อมเข้ากับเส้นทางน้ำ-1

- ⑤ ควรลิงค์แยกระหว่างฝั่งซ้ายกับฝั่งขวา โดยเริ่มจากฝั่งซ้ายก่อน

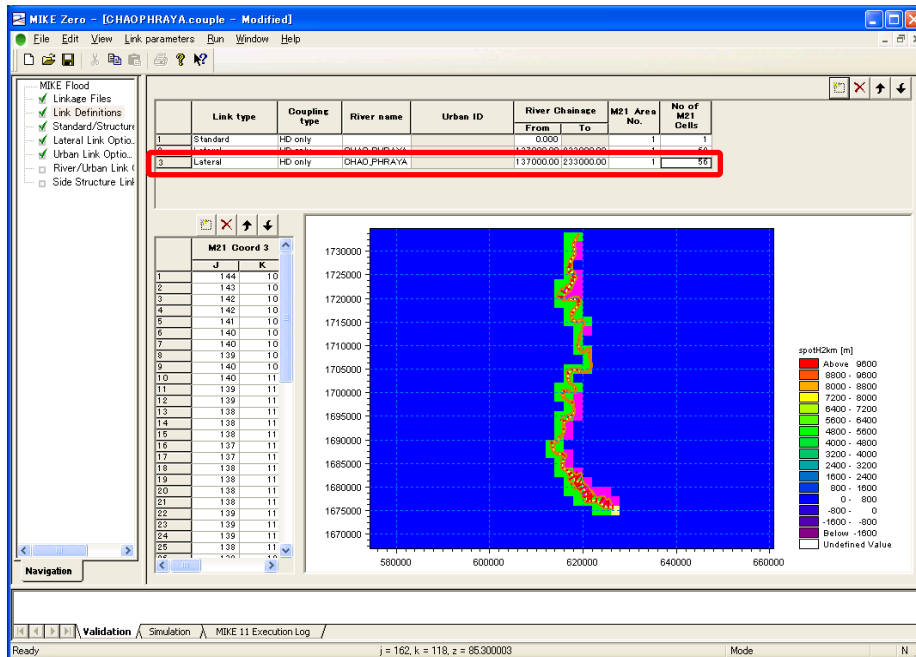


รูปที่ 4.57 หน้าจอเมื่อเชื่อมกริดของพื้นที่ในเชื่อมเข้ากับเส้นทางน้ำ-2

⑥ เซลล์ของ MIKE21 ที่ลิงค์ได้ จะถูกแสดงบนโคออดิเนต (J,K)

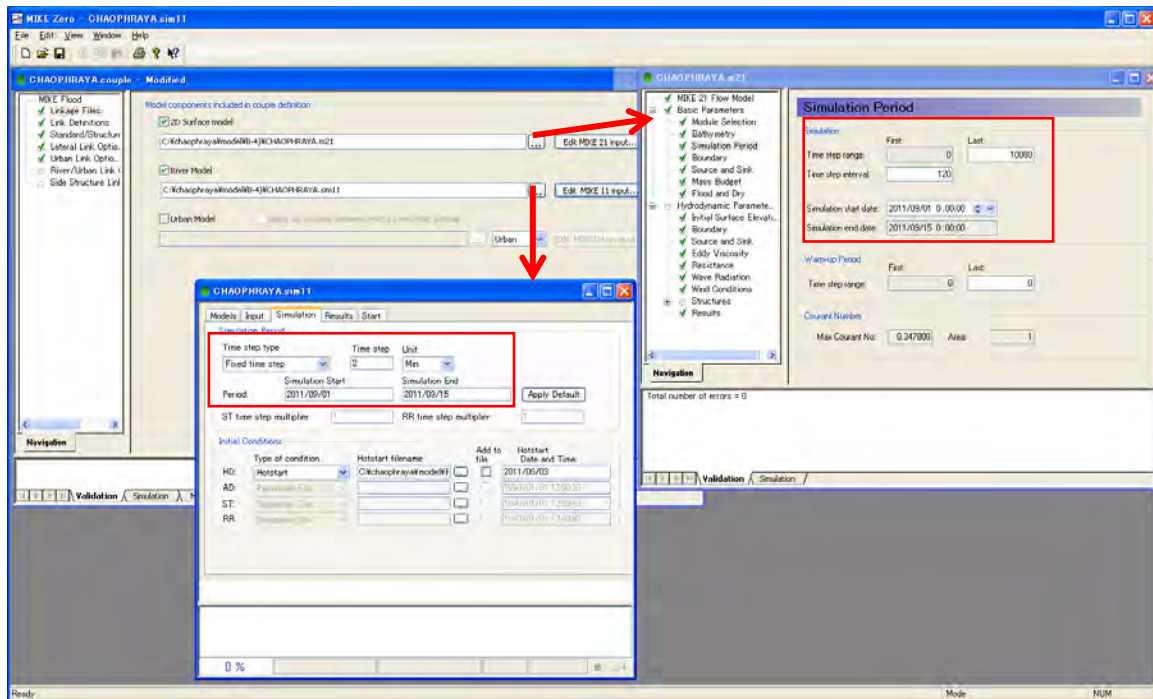


รูปที่ 4.58 หน้าจอเมื่อเชื่อมกริดของพื้นที่ในเขื่อนเข้ากับเส้นทางน้ำ-3 (การเชื่อมต่อทางด้านซ้าย)



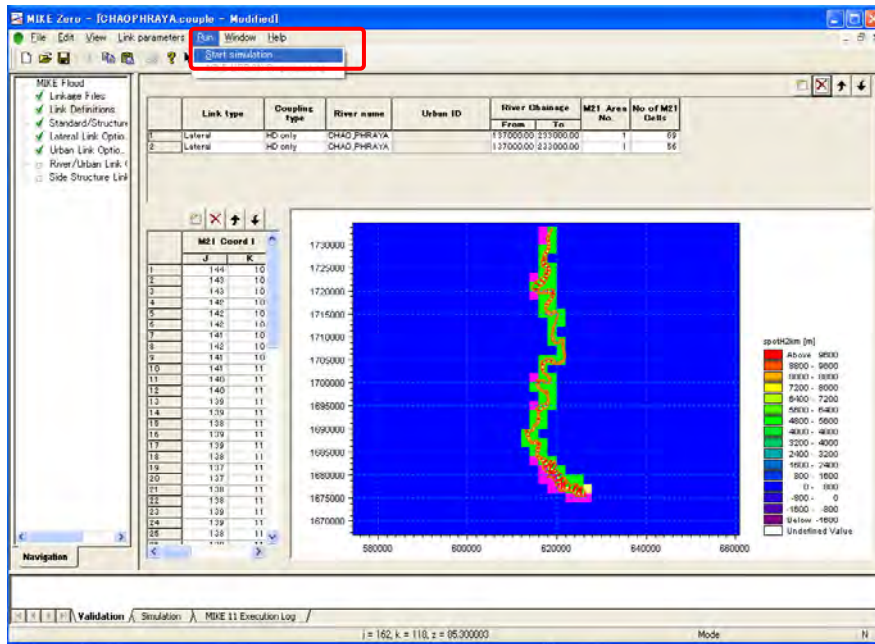
รูปที่ 4.59 หน้าจอเมื่อเชื่อมกริดของพื้นที่ในเขื่อนเข้ากับเส้นทางน้ำ-4 (การเชื่อมต่อทางด้านขวา)

⑦ ให้เวลาคำนวณของ M11 เท่ากับ M21



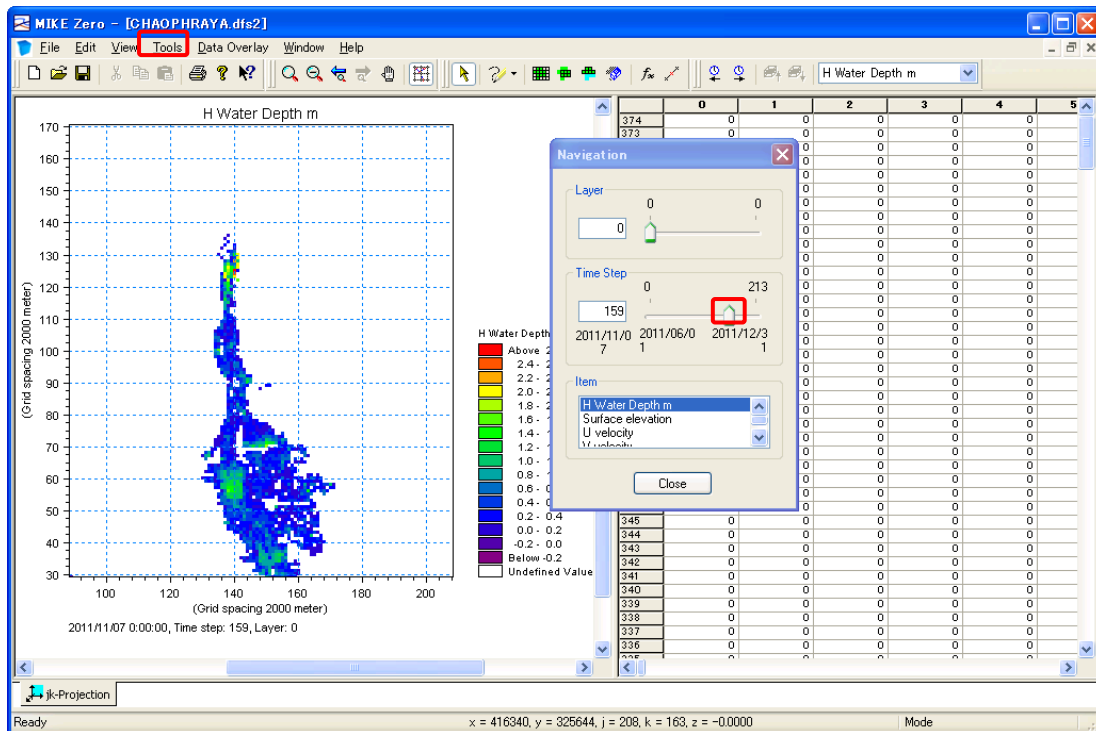
รูปที่ 4.60 กำหนดระยะเวลาของแผนการ

⑧ Run → Start simulation ให้เริ่มคำนวณ

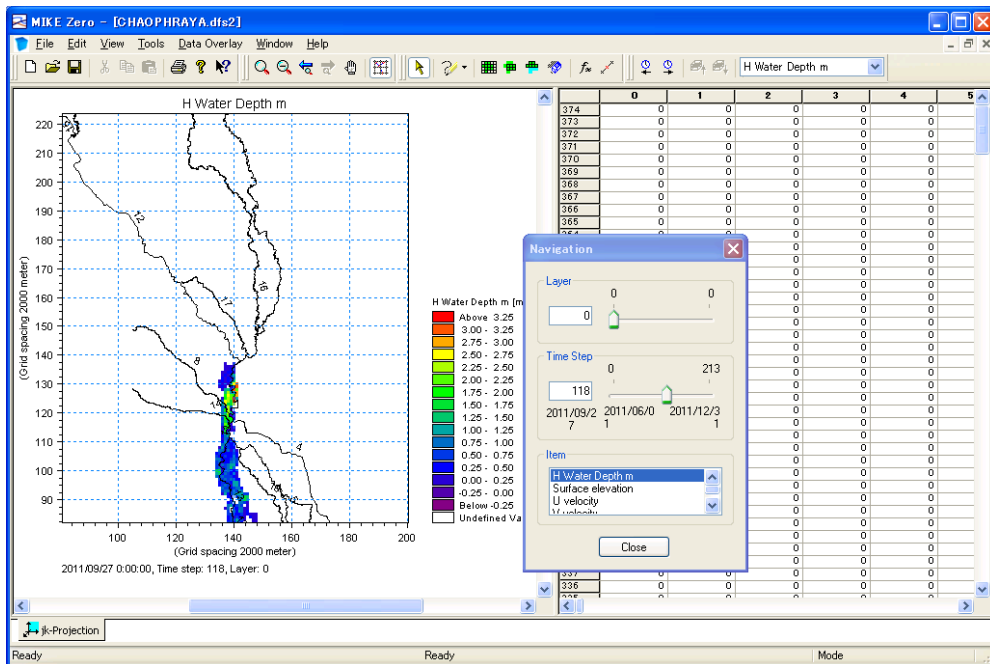
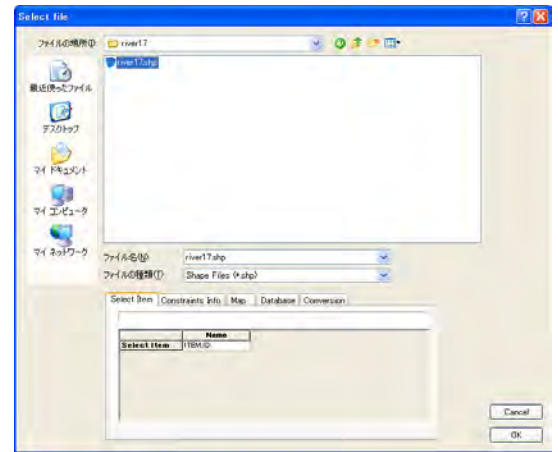
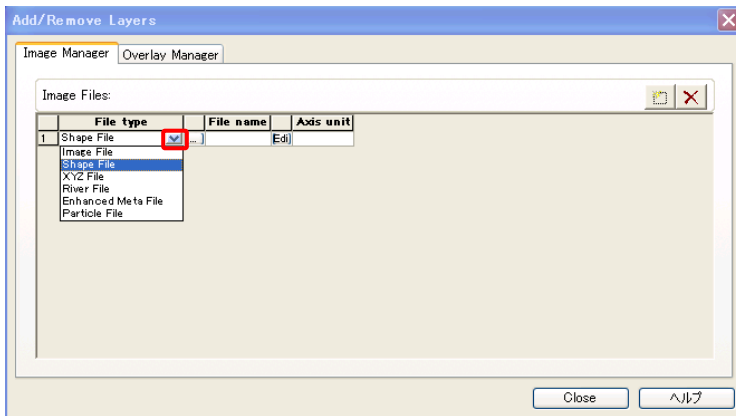
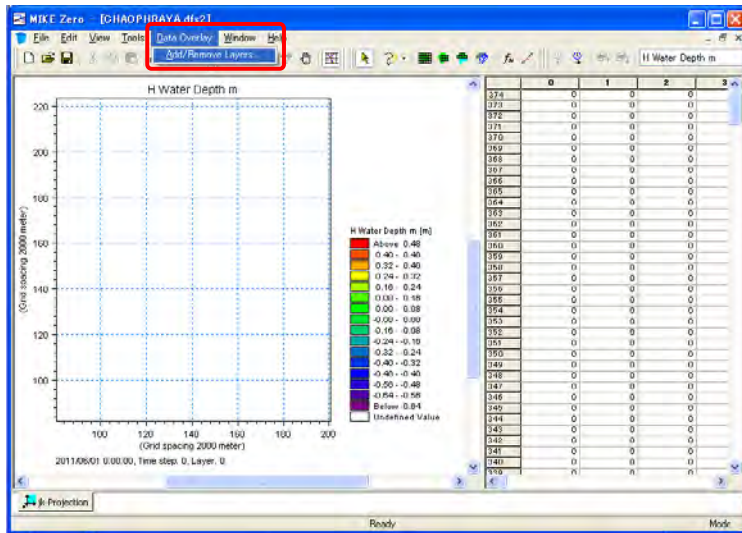


รูปที่ 4.61 เริ่มการคำนวณเพื่อจำลองน้ำไหลท่วม

⑨ เปิดดูผลการคำนวณด้วย dfs2 หากใช้ Navigator จะช่วยให้การควบคุมเวลาง่ายขึ้น



รูปที่ 4.62 ผลการจำลองน้ำไหลท่วม

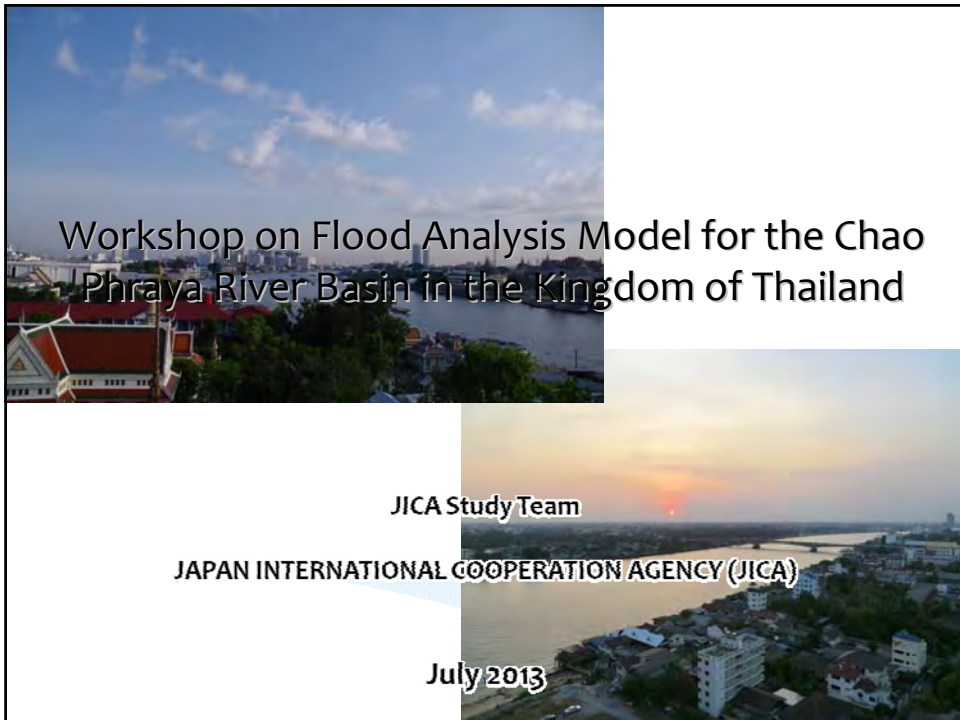


รูปที่ 4.63 ผลการจำลองน้ำไหลท่วมที่มีภาพพื้นหลัง



***U-3: Presentation Material 1***





**Program: Modeling workshop**

**14<sup>th</sup> - 15<sup>th</sup> July 2013**  
**Workshop Schedule**

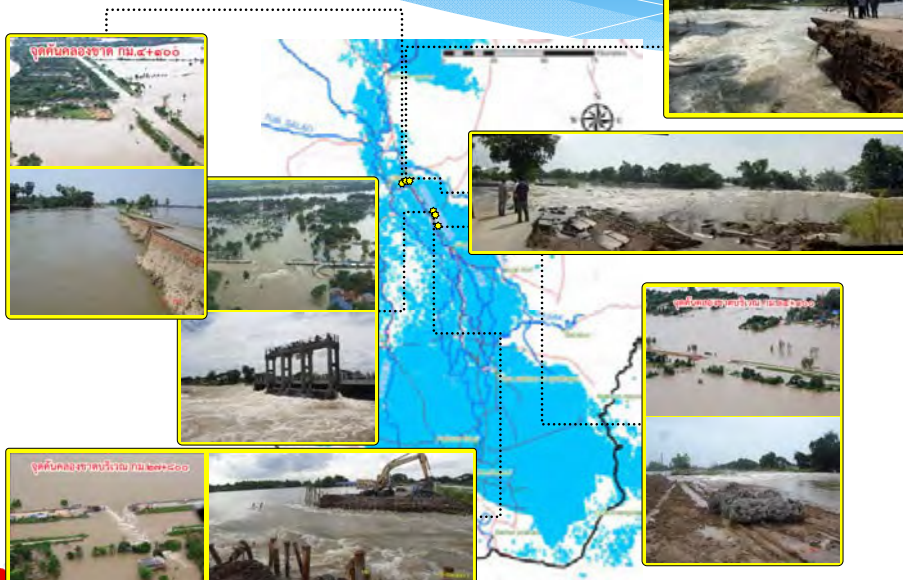
<p>DAY 1 9:00 - 12:00 A-0) ~ B-4)</p> <p style="text-align: center;">- LUNCH -</p> <p>DAY 1 13:00 - 16:30 B-5) ~ B-6)</p>	<p><b>A. Proposed Master Plan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· A-0) Why flood analysis model should be established?</li> <li>· A-1) Chaophraya river and Basic concept of M/P</li> <li>· A-2) Proposed M/P</li> <li>· A-3) adaptability of M/P (Design rainfall)</li> </ul>
	<p><b>B. Flood Analysis model</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· B-1) What is flood analysis?</li> <li>· B-2) Outline of DHI-MIKE series</li> <li>· B-3) Set-up of M/P flood analysis (incl. Boundary cond.)</li> <li>· B-4) Set-up sample flood analysis model</li> <li>· B-5) MIKE-View operation with B-4) developed model</li> <li>· B-6) How to evaluate the result of M/P model analysis</li> </ul> <p style="text-align: right;">} Hands-On Work</p>
<p>DAY 2 9:00 - 12:00 C-1) ~ C-3)</p> <p style="text-align: center;">- LUNCH -</p> <p>DAY 2 13:00 - 16:30 C-4) ~ C-7)</p>	<p><b>C. Practice on flood analysis for M/P</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· C-1) Effectiveness of Dam operation</li> <li>· C-2) Effectiveness of Dike elevation</li> <li>· C-3) Effectiveness of Dredging work</li> <li>· C-4) Effectiveness of Short cut channels</li> <li>· C-5) East/West floodway</li> <li>· C-6) Influence of sea tide</li> <li>· C-7) Impact of Climate change</li> <li>· others</li> </ul> <p style="text-align: right;">} Hands-On Work</p>

**jica** Japan International Cooperation Agency 2

# A. Flood control Plan (Proposed Master Plan)



## 2011 Flood records

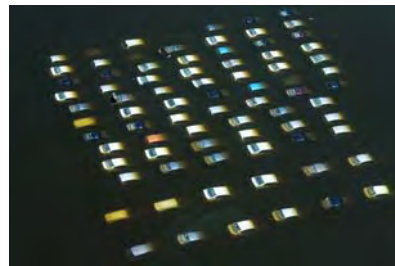


## Damages and Losses of 2011 yr Flood

Item	Quantity
Dead (missing)	693 (3)
Affected population	13,595,192
Affected household	4,086,138
Inundated farm land [ha]	12,610,000
Affected manufacturing plant	9,859
Disaster Effects* [million THB]	1,425,544

\*Include : Infrastructure Sectors , Productive Sectors , Social Sectors , Cross-Cutting Sectors

Source from World Bank ...



Japan International Cooperation Agency

Photos from RID 5

## A-0) The purpose of establishment of flood analysis model

### *Simulation model is needed for...?*

Accurate quantitative evaluation to **identify the most effective and efficient combination of countermeasures** against floods



### *Which kind of model can meet to the appropriate evaluation...?*

- **Sequential simulation** (Runoff - river network - inundation )
- **Accurate and Flexible** for evaluating in various conditions



Japan International Cooperation Agency

6

## A-1) Basic concept of Master Plan (M/P) for flood management.

### Flood Management Policy In Thailand



### GOAL of the Flood Management Policy

To promote sustainable economic growth by reducing flood risk and exploiting floodwater as water resources through proper Flood Management.

## A-1) Basic concept of Master Plan (M/P) for flood management.

### 1. Design Flood

The target scale of flood to formulate the Flood Management Plan is **100 year** return period.

Evaluation of 2011yr Flood Scale

Evaluation Item (Annual maximum) (N is number of samples)	Probability of return period				Remarks
	Nakhon Sawan (C.2) [C.A. 105,000km <sup>2</sup> ]		River Mouth (whole river basin) [C.A. 162,000km <sup>2</sup> ]		
	Value	Return period	Value	Return period	
Average rainfall watershed (mm/6month) (N=51)	1,483	1/141	1,390	1/100	6 month maximum rainfall is employed since it contributes to large flood.
Peak discharge (m <sup>3</sup> /s) (N=56)	6,587	1/70	-	-	To estimate a natural runoff (uncontrolled by facilities), the impounded water in
Yearly water volume (MCM) (N=55)	55,570	1/127	-	-	Bhumibol and Sirikit dam was added to the observed discharge at Nakhon Sawan.
Overflow volume (MCM) (N=44)	1,314	1/102	-	-	In addition, to evaluate the probability of actually-occurred scale of inundation at downstream of C.2, probable analysis with overflow volume (beyond 2,500m <sup>3</sup> /s) was conducted.

\* Above calculation was conducted by using "hydrological statistics utility ver1.5" released by Japan Institute of Construction Engineering, November 2003.

## A-1) Basic concept of Master Plan (M/P) for flood management.

### 2. Areas to be **protected**

Bangkok and its vicinities in the east side of the Ta Chin River and southern part of Pa Sak River in Ayutthaya are selected as the flood protection area.

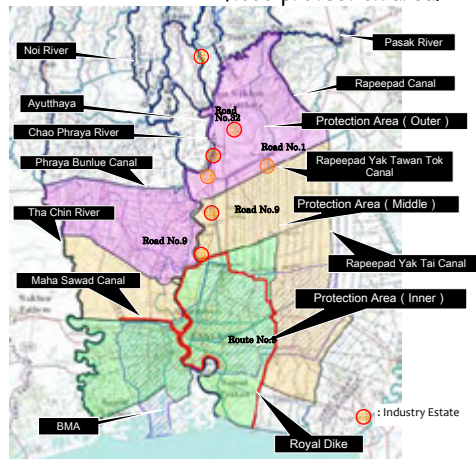


Fig Priority Protection Areas (Source from "Waterfortha" Website)

## A-2) Adaptability of M/P (Design Rainfall)

### Determination of Target Design Flood

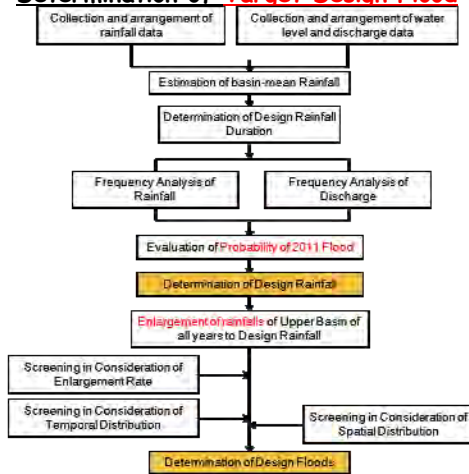


Fig Flow of Determination of Target Design Floods

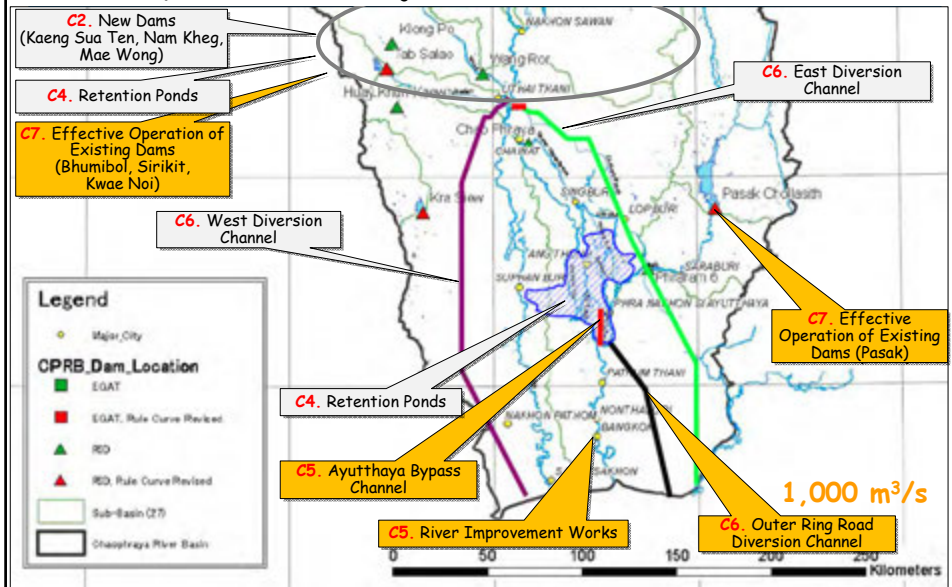
### Evaluation of adaptabilities of proposed M/P

- Basically countermeasures shall be designed to **cover 2011 year flood**
- Modify capacity of flood control facilities and dam operation rule in order to adapt **other accruable floods**.

### Selection of other 6 target floods

- Selected 6 floods; 1970, 1975, 1980, 1994, 1995, 2006
- Both enlargement factors of 6moths precipitation of upper Nakhon Sawan and whole basin shall not be more than 1.2

### A-3) Proposed M/P (Project Combination 2)



Among various projects, only these countermeasures are selected to secure the cost-effectiveness.

## B. Flood Analysis Model for M/P Study (with MIKE-FLOOD)



## B-1) What is flood analysis?

### Flood routing model

**2 [One-Dimensional Unsteady Flow Model]**  
 Simulate velocity, discharge and water level at every time step ( $\Delta T$ ). Input data : boundary data (discharge, water level or tidal data)

### Inundation model

**3 [Two-Dimensional Unsteady Flow Model]**  
 1. Determine the **occurrence of flooding by comparing river water level and dike height.**  
 2. Develop "Protected Inland Model". Input Data: averaged elevation and continuous structure.  
 3. Run "Two Dimensional unsteady Flow Model" to simulate velocity, water level and discharge at every time step ( $\Delta T$ ).

### Runoff model

**1 [Rainfall Runoff Model]**  
 Calculate discharge from basin to river. Input data : Precipitation and Evaporation.

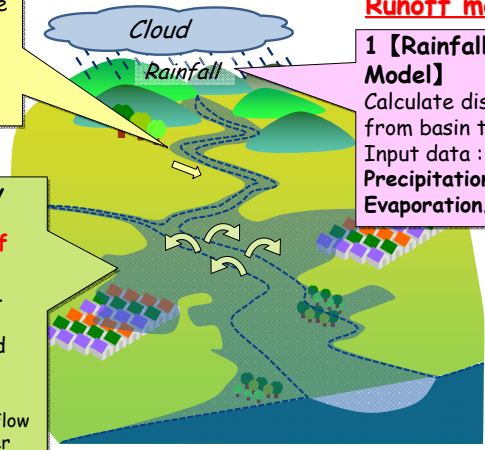


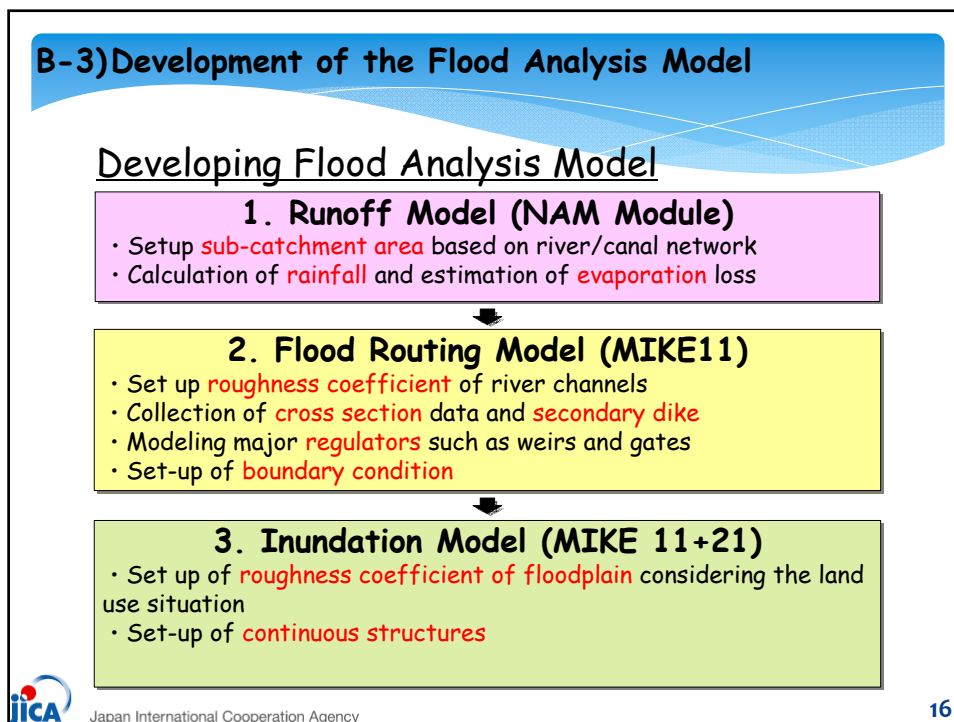
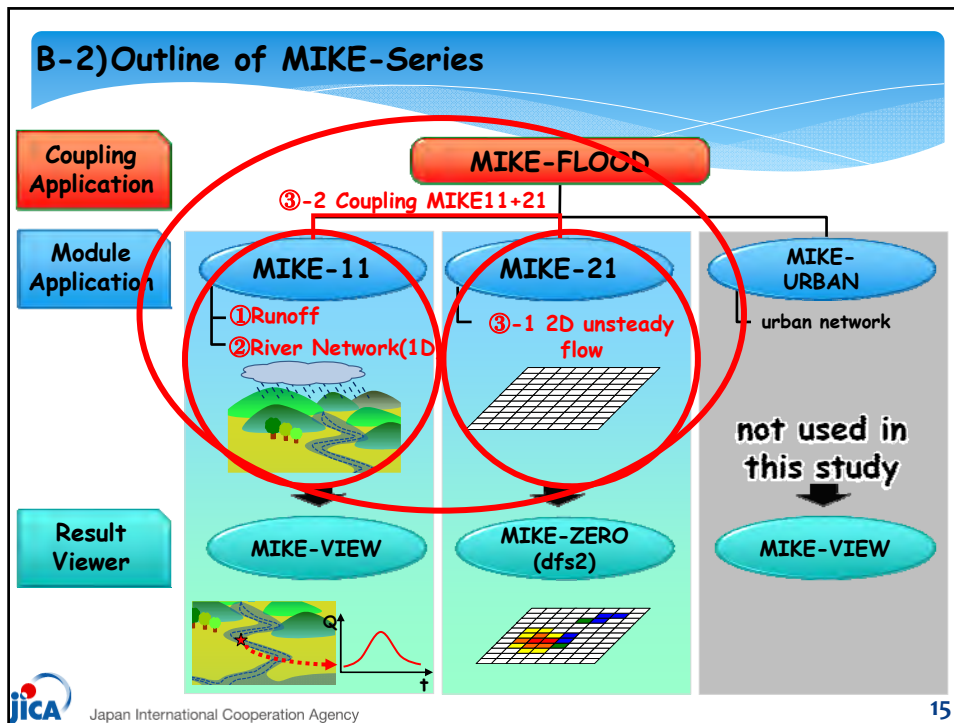
Fig Flood analysis Model

## B-2) Outline of MIKE-Series

- MIKE series cover...**
- ✓ Holistic flood analysis (2D inundation module)
  - ✓ Optional modules (structures, side flows, etc)
  - ✓ Reasonable cost
  - ✓ Experience in Thailand ('99 M/P, JST)

Table- Comparison of Major Hydrological/hydraulic Model

Items	DHI MIKE-Series	Flood Works	HEC-RAS
Distributor	DHI Water & Environment <a href="http://www.dhi.dk/">http://www.dhi.dk/</a>	Wallingford Software Ltd. England <a href="http://www.hrwallingford.com/">http://www.hrwallingford.com/</a>	United States Army Corps of Engineers, USACE, USA <a href="http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/">http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/</a>
General description	Hydrological/hydraulic model. MIKE Series consists of several modules incl. <b>runoff module, 1-dimentional hydraulic model, inundation model (2 dimension) etc.</b> This software can simulate both short and long term flooding. This software is <b>used all over the world for water management. Of course in Thailand!</b>	On demand (real time) flood forecasting system including <b>flood analysis module.</b> This system consists of data collecting system, management tools, hydrological/hydraulic simulation module, GIS and relational database (RDB).	Hydraulic model, <b>mainly one-dimensional model.</b> This software has user-friendly interface and fulfilling modules/functions for flood analysis. HEC-RAS does not equipped 2-dimensional inundation module, but <b>with a combination of FLO-2D</b> ( <a href="https://www.flo-2d.com/">https://www.flo-2d.com/</a> , get free! Basic version), 2-dimensional flood analysis can be done. <b>This software is used all over the world.</b>
Price	From 1,000,000 Baht	From 7,000,000 Baht	Free



## B-3) Development of the Flood Analysis Model

For the accuracy of the model...

### \*Elevation Data (LiDAR Data)

Average ground elevation of flood plain model is made from the aerial survey conducted by JICA LiDAR Team on 2012, which has high density and accuracy.

In the study, considering current computing power, inundation analysis shall be conducted with 2,000m grid.



Please refer to ORAGE NOTE "Explanatory Notes" for more information on M/P model settings.



## B-3) Development of flood analysis model

### (1. Runoff Model)

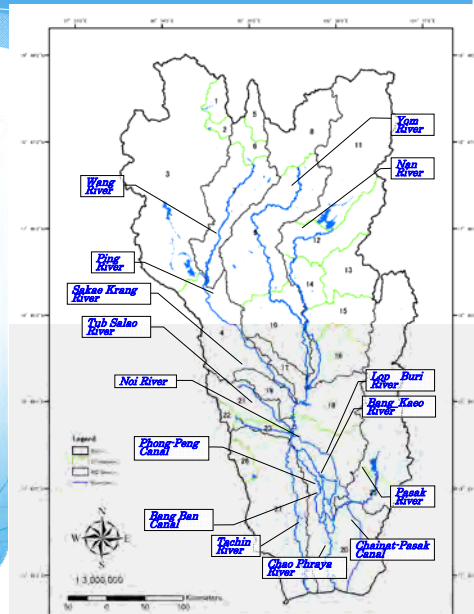
#### 1. Sub-catchment area for Runoff Model

**8** major tributaries' sub-basins

- Major tributaries and canals
- Topographic features
- Dam catchment area
- Flood control points shall be considered in this study



Divided into **27** sub-catchment areas



## B-3) Development of flood analysis model

### (1. Runoff Model)

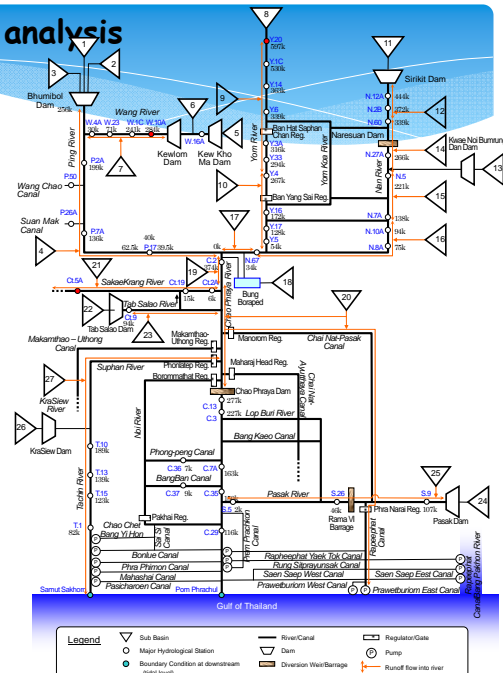
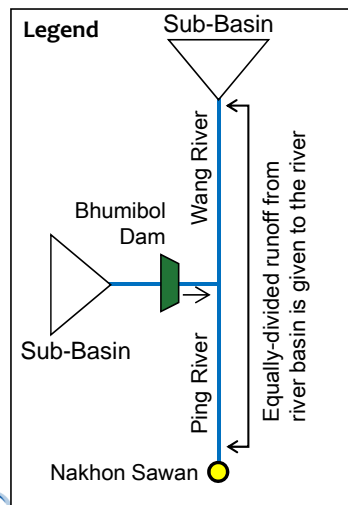
#### 2. Input data for Runoff Model

Items	Stations	Calculation Method
Average daily Rainfall	<b>TMD and RID</b> Total 410 stations	Average rainfall of watershed is calculated with the Thiessen Method.
Average daily Evaporation	<b>TMD</b> 46 stations	Actual evaporation is defined as <b>80% of pan evaporation</b> . Average evaporation of watershed is calculated with the Thiessen Method.



## B-3) Development of flood analysis model(2. River network)

### 1. River network

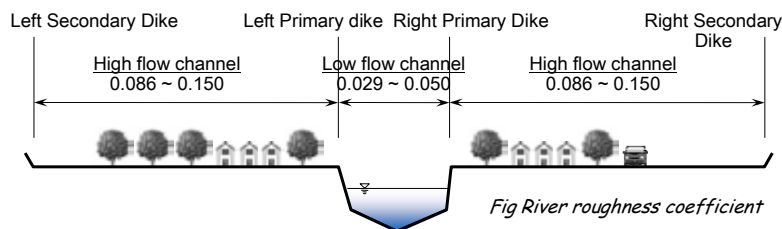


## B-3)Development of flood analysis model(2.River network)

### 2. Outline of River network model

Items	Contents
Hydraulic Model	One-dimensional unsteady flow (fully dynamic) DHI-MIKE11 Hydrodynamic module
River Network	Refer to the previous page
Cross Section	Surveyed in 2005yr and 2006yr, provided by RID Surveyed in 2012yr by JST (mainly, primary canals)
Structures	Large dam , weir and regulator, pumping stations
Boundary Condition	Upstream: Calculated hydrograph with the runoff model, observed discharge and released water from dams. Downstream: Observed tide level

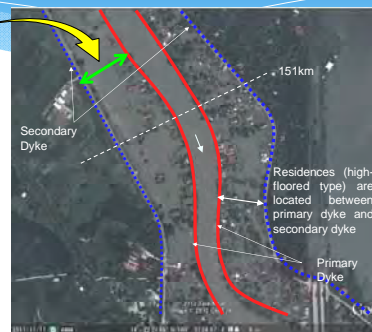
### 3. Roughness coefficient



## B-3)Development of flood analysis model(2.River network)

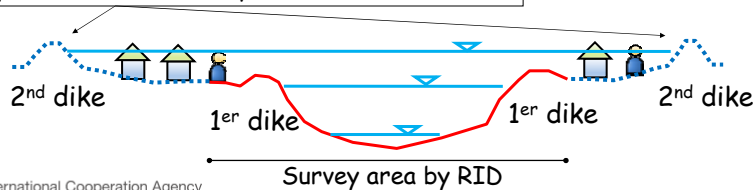
### 4. Secondary dikes

During a severe flood, water level rises high, so that floodplain between primary dike (Red line) and secondary dike (Blue line) work as flood flow route like a wide river.



For studying flood analysis, 2<sup>nd</sup> dike should be considered as a part of river function

Supplement the secondary dike with LiDAR data



## B-3)Development of flood analysis model(3.Inundation model)

### 1. Outline of Inundation model

Items	Contents
Software	DHI-MIKE-FLOOD
Grid Size	2,000m
Elevation	Average elevation is set up based on the result of aviation survey (LiDAR) conducted on 2012
Roughness Coefficient	Set up with land use in 2011
Continuous Structure	Major roads, King's Dike (Bangkok), Surrounding dike (major urban area). Height of structure is set up from LiDAR data
Infiltration	10 mm/day is set to each grid of flood plain as the value of infiltration (into soils and drainage volumes into small drainage systems)
Evaporation	Pan evaporation amount at TMD synoptic station (46 stations) to grid with Thiessen Method



## B-3)Development of flood analysis model(3.Inundation model)

### 2. Elevation data (Lidar data)

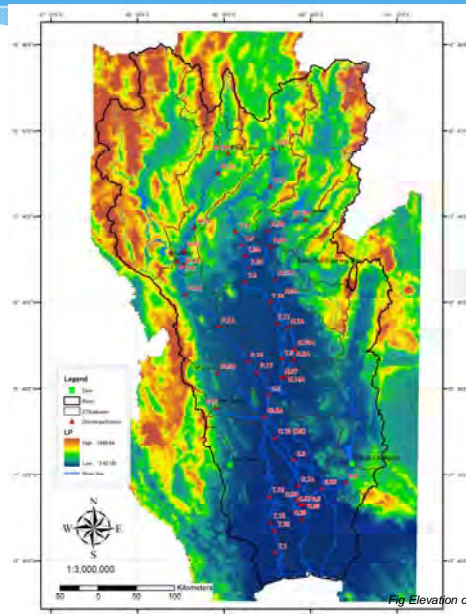


Fig Elevation data by LiDAR data



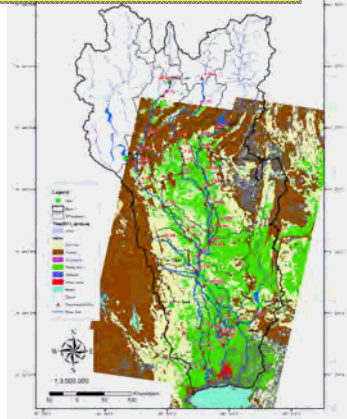
### B-3) Development of flood analysis model(3.Inundation model)

#### 3. land use data (generated by LANDSAT2)

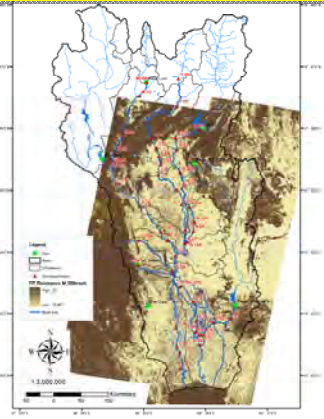
According to the standard values\*, roughness coefficient of flood plain for agriculture, road and others are defined as 0.060, 0.047 and 0.050 respectively

\*Simulation Manual on Inundation (draft version) by Public Works Research Institute, Japan 1996

Landuse data by LANDSAT2



Roughness coefficient of flood plain



### B-3) Development of flood analysis model(3.Inundation model)

#### 4. Continuous structure

Height of structure is set up from **LiDAR data**

Type	Name
Dike	Kings Dike
	Ring Dike
	Economic zone
Road	Major national roads Route number: 1, 2, 3, 4, 7, and 9 etc.

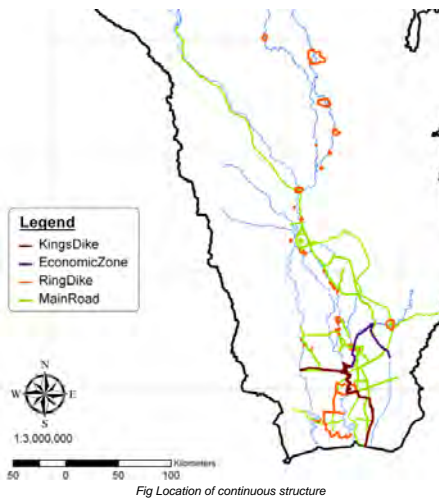


Fig Location of continuous structure

## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model



Here, works through the process of  
 ✓ *Model setting*  
 ✓ *Simulation*  
 ✓ *and Result view*  
 shall be conducted with sample data

Please refer to BLUE NOTE "MANUAL" for more information on operating MIKE-series.

### 1. Run-off

Set up  
**NAM module**  
 (in this study, "NAM" module shall be introduced)

### 2. River network

Set up  
**MIKE11**  
 (1D unsteady model)

### 3. FLOOD

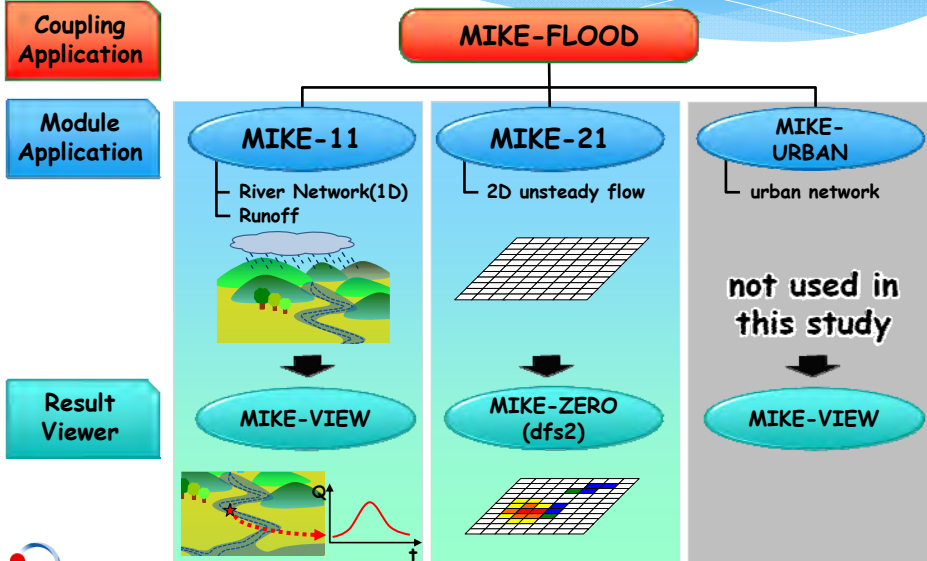
Set up **MIKE-FLOOD**  
 - Set up MIKE21 (2D unsteady model)  
 - Set up MIKE-FLOOD by coupling MIKE11 and MIKE21

### 4. Result View

Check simulation results with **MIKE-View** and MIKE Zero



## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model





## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

Run-off

River network

Flood

Result View

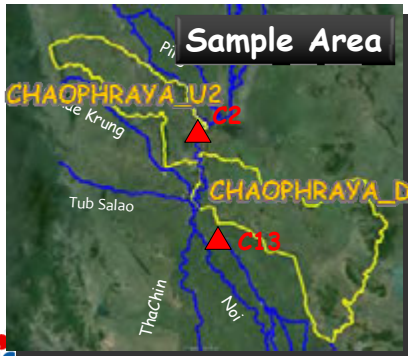
NAM Rainfall-Runoff calculation for 2 sub-basins shall be conducted.

-Target catchment information

Basin No.	Basin Name	Area
1	CHAOPHRAYA_U2	1,894km <sup>2</sup>
2	CHAOPHRAYA_D	3,844km <sup>2</sup>

-Boundary data

Boundary data	File Location
Rainfall	C:\work\chao\B-4 ¥01_RUNOFF ¥Rainfall_1961-2011.dfs0
Evaporation	C:\work\chao\B-4 ¥01_RUNOFF ¥Evaporation_1980-2011.dfs0



Japan International Cooperation Agency

29

## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

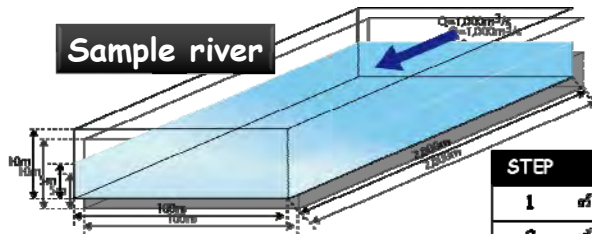
Run-off

River network

Flood

Result View

1D Unsteady River flow of sample river shall be conducted.



STEP	MODEL SET-UP PROCESS
1	สร้างแบบจำลองพื้นที่ (พื้นที่)
2	สร้างแบบจำลองโครงข่าย
3	สร้างแบบจำลองค่า TS (สมการทาง)
4	สร้างแบบจำลองข้อมูล
5	กำหนดค่าของ HD
6	สร้างแบบจำลอง



P31 of BLUE NOTE "MANUAL"

Japan International Cooperation Agency

30

## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

Run-off

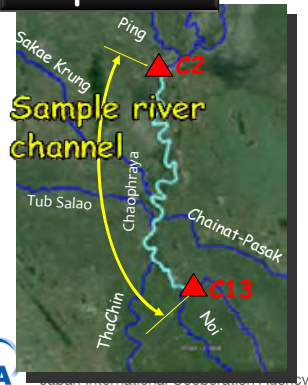
River network

Flood

Result View

2D Flood Sim in Chaophraya river from C13 to C2 shall be conducted.

### Sample Area



MIKE-11

River Network(1D)  
Runoff

Prepared

MIKE-21

2D unsteady flow

1. Set up with  
prepared data

MIKE-FLOOD

2. Set up and  
Simulate!

31

# Let's Start Set-up a Model Together!



**B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model**

**Run-off**

River network

Flood

Result View

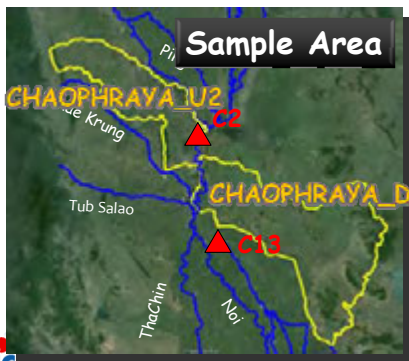
NAM Rainfall-Runoff calculation for 2 sub-basins shall be conducted.

-Target catchment information

Basin No.	Basin Name	Area
1	CHAOPHRAYA_U2	1,894km <sup>2</sup>
2	CHAOPHRAYA_D	3,844km <sup>2</sup>

-Boundary data

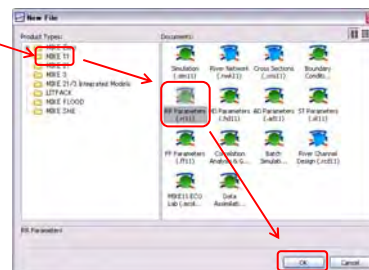
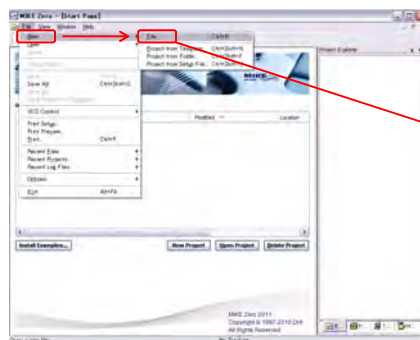
Boundary data	File Location
Rainfall	C:\work\chao\B-4 ¥01_RUNOFF ¥Rainfall_1961-2011.dfs0
Evaporation	C:\work\chao\B-4 ¥01_RUNOFF ¥Evaporation_1980-2011.dfs0



**B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model**

**Run-off**

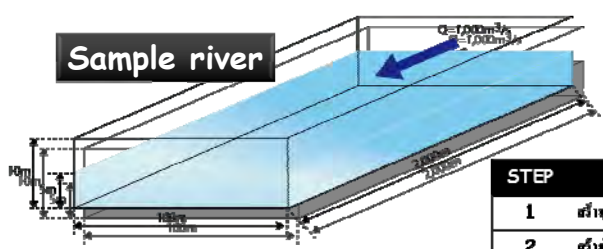
[START] - [MIKE by DHI 2011]  
-[MIKE Zero] - [MIKE Zero]



### B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model



1D Unsteady River flow of sample river shall be conducted.

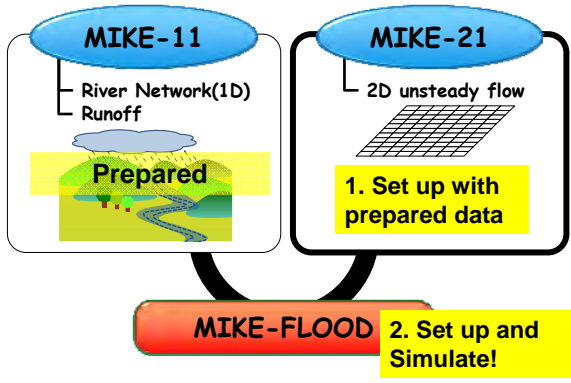
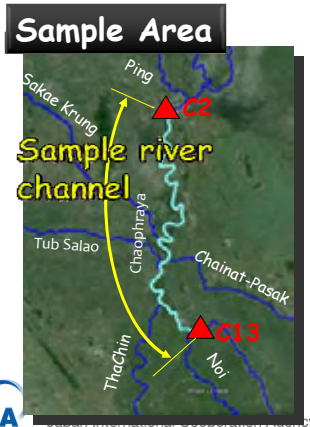


STEP	MODEL SET-UP PROCESS
1	สร้างรูปแบบของพื้นที่การไหล (พื้นที่ ๒D)
2	สร้างไฟล์ข้อมูลพื้นที่การไหล
3	สร้างแบบจำลองไฟล์ TS (ข้อมูลพื้นที่การไหล)
4	สร้างแบบจำลองพื้นที่การไหล
5	ไฟล์ข้อมูลพื้นที่การไหล HD
6	สร้างไฟล์ข้อมูล

### B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model



2D Flood Sim in Chaophraya river from C13 to C2 shall be conducted.

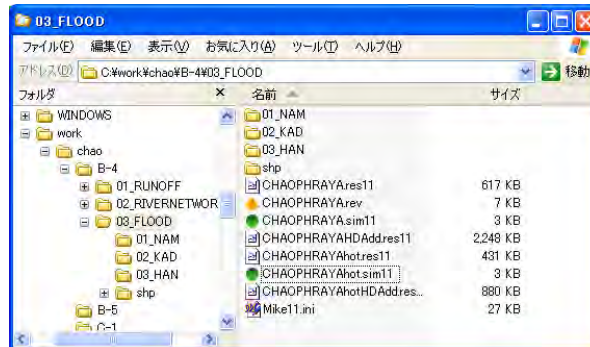


## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

**Flood**

Please open the following folder on your PC.

**C:\work\chao\B-4\03\_FLOOD**



## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

**MIKE-21**

**Flood**

### 1. Input Simulation Conditions

Category	Setting data
Module selection	Hydrodynamic only
Bathymetry	<b>LIDAR DATA</b> FILE:LIDAR_2km_GL_400.dfs2
Simulation Period	Time step:120(sec) Time step range last: 9360 step Start: 2011/09/01 00:00 (End : 2011/09/14 00:00)
Initial Surface Elevation	<b>LIDAR DATA</b> (Same as Bathymetry) FILE:LIDAR_2km_GL_400.dfs2
Source and sink	<b>Pan Evaporation</b> Direct Evaporation from floodplan can be considered FILE:Evaporation.dfs2
Resistance	Defined by LandUse (LANDSAT2) FILE:n_temp_2km.dfs2
Result File	FILE NAME: "CHAOPHRAYA.dfs2" OUTPUT ITEMS: "WATER LEVEL", U, V INTERVAL: 720 (every 1days)

### 2. Location of INPUT DATA

**C:\work\chao\B-4\03\_FLOOD**  
**¥03\_HAN**



### 3. SAVE ".21" FILE

**C:\work\chao\B-4\03\_FLOOD**  
**¥CHAOPHRAYA.M21**

### 4. START SIMULATION!!!

## B-4) Hands-on Work of runoff Model, MIKE-11, MIKE-21 and MIKE-FLOOD With Sample Model

MIKE-FLOOD

Flood

### 1. Input Simulation Conditions

Category	Setting data
Linkage File	2D Surface model: Developed ".21" model River Model: CHAOPHRAYA.sim11
Link definitions	Link Type: LATERAL Lateral Link Line: Left and Right (* Delete the blank row)
Simulation Period	According to the "M21" definitions
Result File	Inundation depth : "M21" defined ".dfs2" River routing analysis : "M11" defined ".res"

### 2. START SIMULATION!!!

If inundation occurs, simulation time becomes longer.

Finally,

Could you get "Normal run Completion" on the bottom of window ???



Japan International Cooperation Agency

39

## B-5) Basic operation of MIKE-View(Result Viewer)

Run-off   River network   Flood   **Result View**

*Try check the results of simulation you've developed.*

No	Calculation Results	For checking...	file
1	Inundation area and depth	a. Time series of Inundated area (also Flow direction and Inundation depth)	.dfs2
2	Spot Water level	a. Time series and peak water level b. Compare water level with dike height c. Compare with observed data	.res11
3	Spot Discharge	a. Time series and peak discharge b. Compare with observed data	.res11
4	Longitudinal Water Level	a. Water surface propagation (time series) b. Over topping point	.res11
5	Longitudinal Discharge	a. Discharge propagation (time series) b. In/outflow discharge along the river	.res11



Japan International Cooperation Agency

40

## B-5) Basic operation of MIKE-View

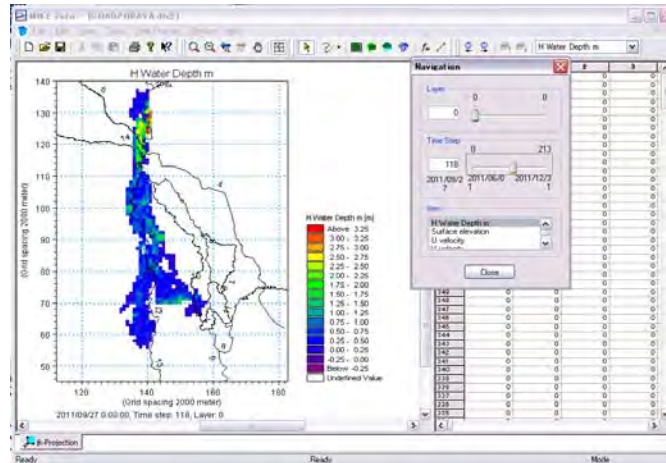
Result View

1. a) Time series of Inundated area  
(also Flow direction and Inundation depth as selected in "M21")

Please open ".dfs2" file

To see time series of results

[TOOL]  
-[Navigation]

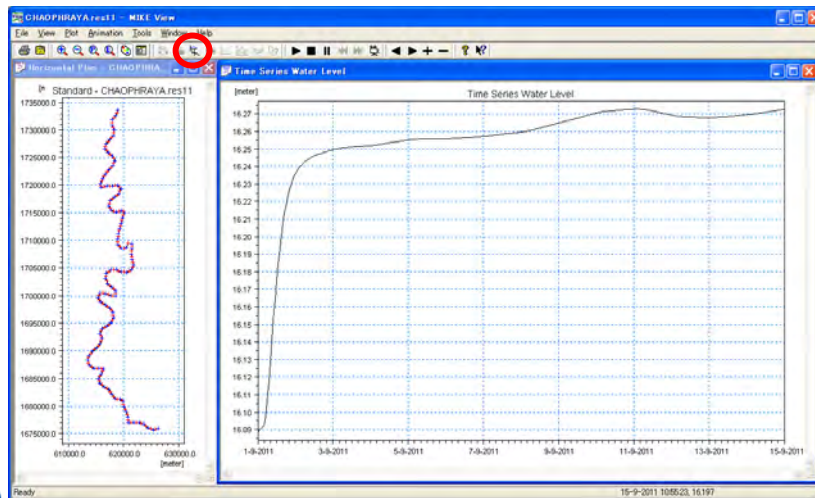


## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

2. a) Spot Water level : Time series and peak water level

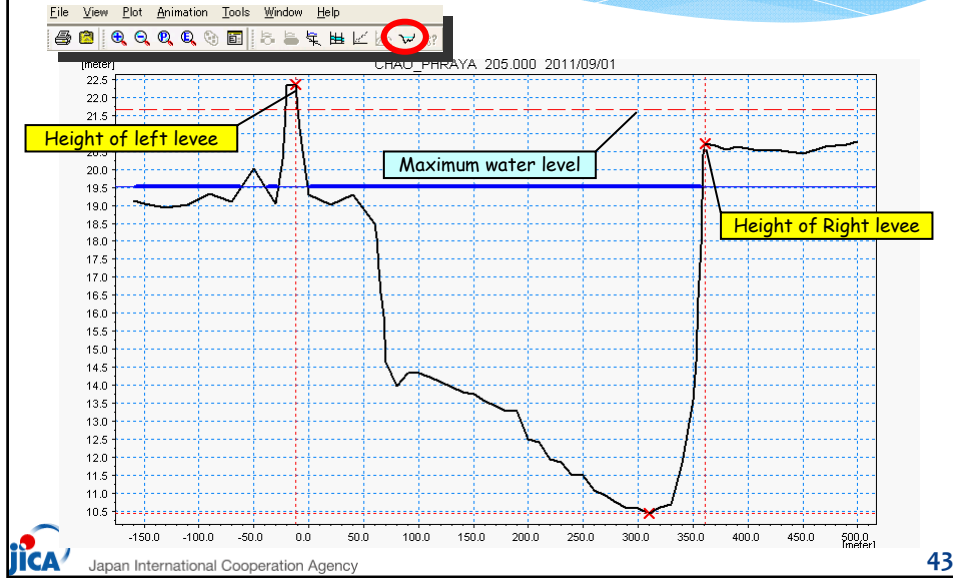
[MIKE by DHI 2011] - [MIKE View] - [MIKE View] - [File] - [\* .res11]



## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 2. b) Spot Water level : Compare water level with dike height



## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 2. c) Spot Water level : Compare with observed data

How to extract values of results (water level)

File View Plot Animation Tools Window Help

Data Type Selection

Result File: CHAU\_PHRAYA.results

Data Type: Water Level

OK List Cancel

Time Series List

Item	Water Level	Minimum	Maximum	Min. Time	Max. Time
1	CHAU_PHRAYA 137000.00	18.000	18.000	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
2	CHAU_PHRAYA 138000.00	18.020	18.020	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
3	CHAU_PHRAYA 139000.00	18.040	18.040	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
4	CHAU_PHRAYA 140000.00	18.070	18.070	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
5	CHAU_PHRAYA 141000.00	18.090	18.090	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
6	CHAU_PHRAYA 142000.00	18.100	18.100	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
7	CHAU_PHRAYA 143000.00	18.120	18.120	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
8	CHAU_PHRAYA 144000.00	18.130	18.130	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
9	CHAU_PHRAYA 145000.00	18.173	18.173	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
10	CHAU_PHRAYA 146000.00	18.200	18.200	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
11	CHAU_PHRAYA 147000.00	18.221	18.221	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
12	CHAU_PHRAYA 148000.00	18.230	18.230	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
13	CHAU_PHRAYA 149000.00	18.243	18.243	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
14	CHAU_PHRAYA 150000.00	18.266	18.266	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
15	CHAU_PHRAYA 151000.00	18.281	18.281	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
16	CHAU_PHRAYA 152000.00	18.288	18.288	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
17	CHAU_PHRAYA 153000.00	18.287	18.283	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00
18	CHAU_PHRAYA 154000.00	18.300	18.282	1.8.2011 00:00:00	1.8.2011 00:00:00

Time Series Values

Main Time: CHAU\_PHRAYA 144000.00

Time	Value
1.8.2011 00:00:00	18.130
1.8.2011 01:00:00	18.140
1.8.2011 02:00:00	18.142
1.8.2011 03:00:00	18.143
1.8.2011 04:00:00	18.143
1.8.2011 05:00:00	18.143
1.8.2011 06:00:00	18.143
1.8.2011 07:00:00	18.143
1.8.2011 08:00:00	18.143
1.8.2011 09:00:00	18.143
1.8.2011 10:00:00	18.143
1.8.2011 11:00:00	18.241
1.8.2011 12:00:00	18.267
1.8.2011 13:00:00	18.273
1.8.2011 14:00:00	18.288
1.8.2011 15:00:00	18.300

Time Series Values

Main Time: CHAU\_PHRAYA 144000.00

Ctrl+C (copy values)

Paste on Excel or other software

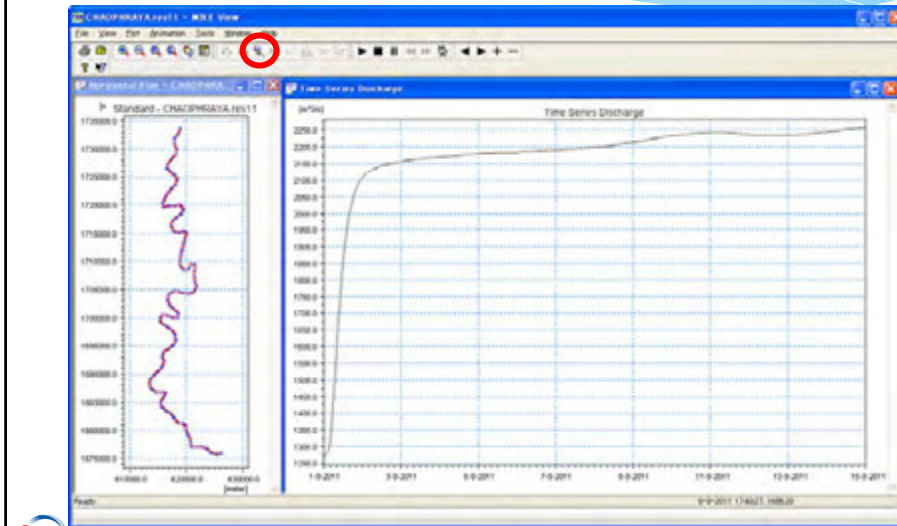
JICA Japan International Cooperation Agency



## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 3.a) Spot Discharge: Time series and peak discharge



Japan International Cooperation Agency

45

## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 3.b) Spot Discharge: Compare with observed data

How to extract values of results (Discharge)

**Data Type Selection**

Result File: CHAOPHRAYA.res11

Data Type: Discharge

Water Level: meter

**View Series List**

Item	Discharge	Minimum	Maximum	Min. Time	Max. Time
1	CHAO_JHRAYA_135000.00	1268.071	1266.628	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
2	CHAO_JHRAYA_136000.00	1267.038	1264.601	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
3	CHAO_JHRAYA_136000.00	1267.426	1262.488	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
4	CHAO_JHRAYA_142000.00	1267.349	1262.902	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
5	CHAO_JHRAYA_141000.00	1267.344	1262.902	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
6	CHAO_JHRAYA_142000.00	1267.441	1261.441	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
7	CHAO_JHRAYA_142000.00	1267.878	1261.071	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
8	CHAO_JHRAYA_145000.00	1267.617	1260.480	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
9	CHAO_JHRAYA_145000.00	1267.981	1260.266	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
10	CHAO_JHRAYA_145000.00	1268.125	1259.899	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
11	CHAO_JHRAYA_145000.00	1268.487	1259.207	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
12	CHAO_JHRAYA_145000.00	1268.780	1258.621	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
13	CHAO_JHRAYA_105000.00	1268.117	1258.727	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
14	CHAO_JHRAYA_151000.00	1269.280	1258.295	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
15	CHAO_JHRAYA_152000.00	1268.393	1257.886	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
16	CHAO_JHRAYA_153000.00	1268.488	1257.447	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00
17	CHAO_JHRAYA_154000.00	1268.869	1257.020	1.8.2011 00:00:00	11.8.2011 01:00:00

**View Series Values**

Date Time: CHAO\_JHRAYA\_145000.00

Date Time	Value
1.8.2011 00:00:00	1267.811
1.8.2011 01:00:00	1272.823
1.8.2011 02:00:00	1272.500
1.8.2011 03:00:00	1267.771
1.8.2011 04:00:00	1266.174
1.8.2011 05:00:00	1262.557
1.8.2011 06:00:00	1137.466
1.8.2011 09:00:00	1612.733
1.8.2011 10:00:00	1663.304
1.8.2011 11:00:00	1748.000
1.8.2011 12:00:00	1602.580
1.8.2011 13:00:00	1592.724
1.8.2011 14:00:00	1596.466
1.8.2011 15:00:00	1612.440

**View Series Values**

Date Time: CHAO\_JHRAYA\_145000.00

Date Time	Value
1.8.2011 00:00:00	1267.811
1.8.2011 01:00:00	1272.823
1.8.2011 02:00:00	1272.500
1.8.2011 03:00:00	1267.771
1.8.2011 04:00:00	1266.174
1.8.2011 05:00:00	1262.557
1.8.2011 06:00:00	1137.466
1.8.2011 09:00:00	1612.733
1.8.2011 10:00:00	1663.304
1.8.2011 11:00:00	1748.000
1.8.2011 12:00:00	1602.580
1.8.2011 13:00:00	1592.724
1.8.2011 14:00:00	1596.466
1.8.2011 15:00:00	1612.440

**View Series Values**

Date Time: CHAO\_JHRAYA\_145000.00

Date Time	Value
1.8.2011 00:00:00	1267.811
1.8.2011 01:00:00	1272.823
1.8.2011 02:00:00	1272.500
1.8.2011 03:00:00	1267.771
1.8.2011 04:00:00	1266.174
1.8.2011 05:00:00	1262.557
1.8.2011 06:00:00	1137.466
1.8.2011 09:00:00	1612.733
1.8.2011 10:00:00	1663.304
1.8.2011 11:00:00	1748.000
1.8.2011 12:00:00	1602.580
1.8.2011 13:00:00	1592.724
1.8.2011 14:00:00	1596.466
1.8.2011 15:00:00	1612.440

Paste on Excel or other software



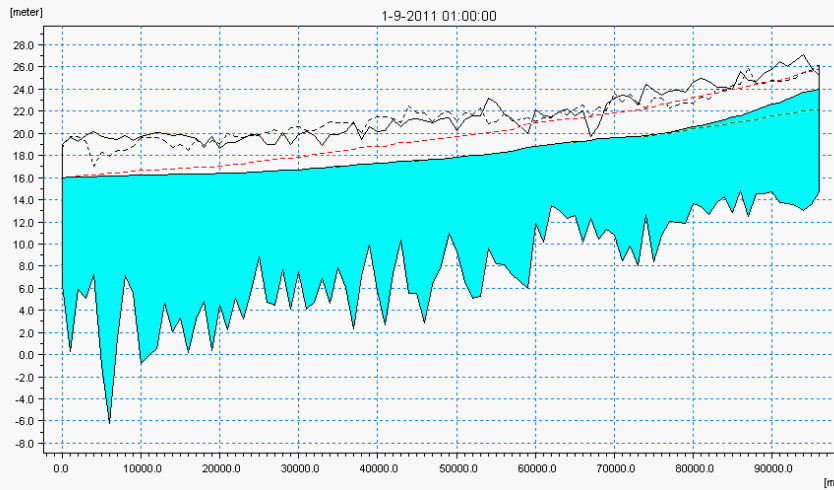
Japan International Cooperation Agency

46

## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 4.a) Longitudinal Water Level: Water surface propagation (time series)



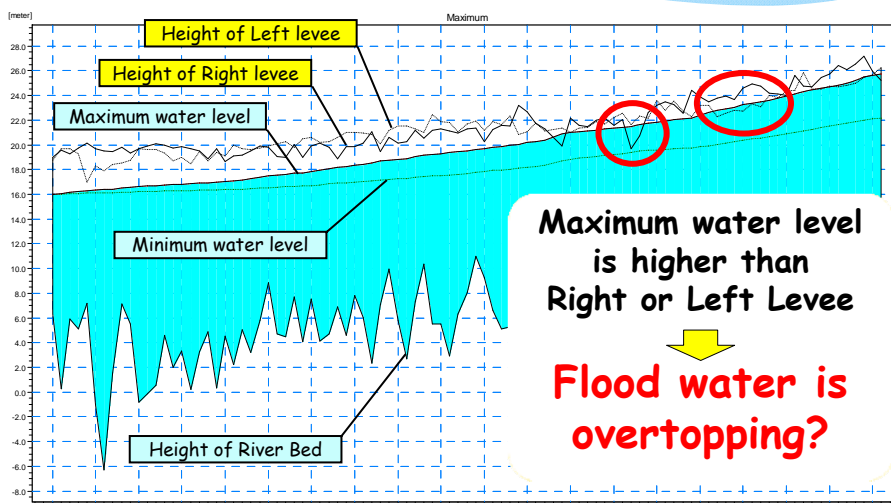
Japan International Cooperation Agency

47

## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 4.b) Longitudinal Water Level: Over topping spot



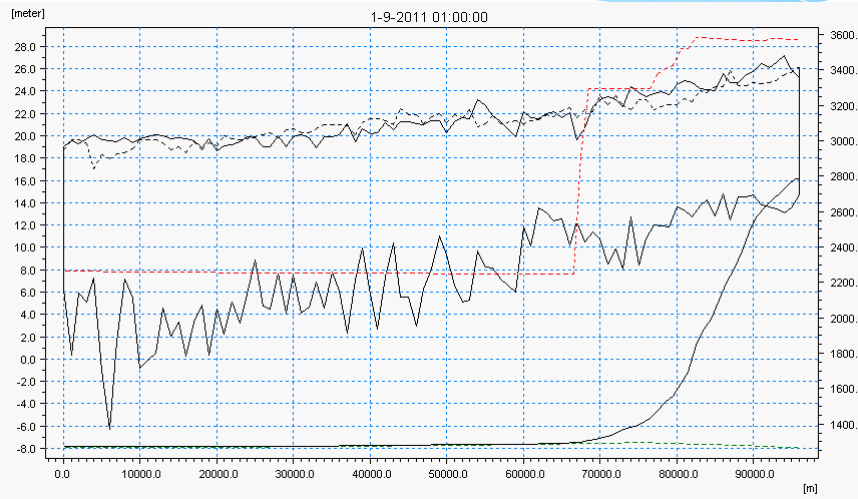
Japan International Cooperation Agency

48

## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

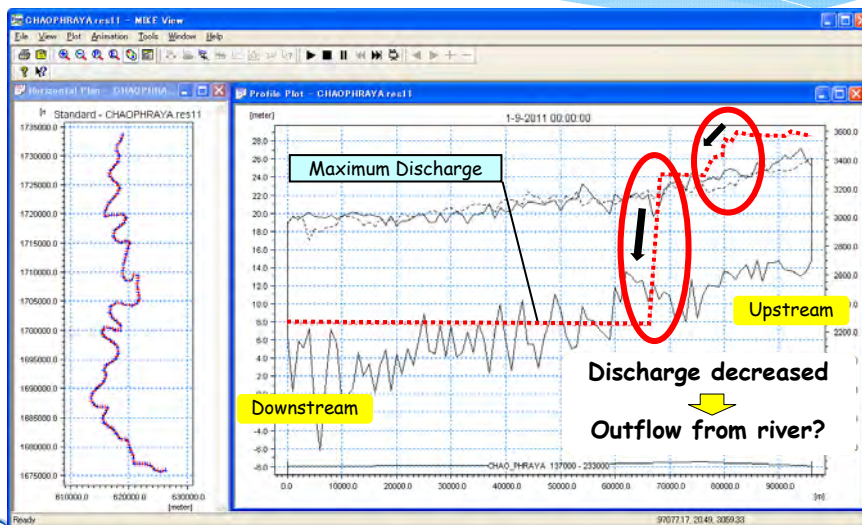
### 5. a) Longitudinal Discharge: Discharge propagation (time series)



## B-5) Basic operation of MIKE-View

Result View

### 5. b) Longitudinal Discharge: In/outflow discharge along the river

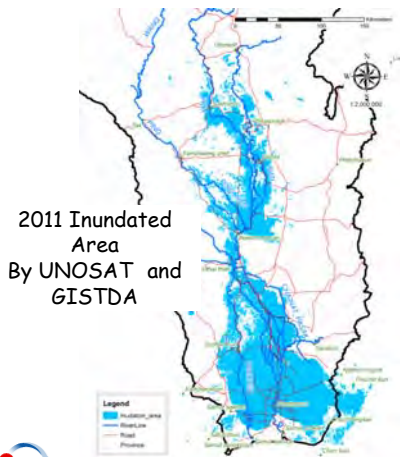


**B-6) How to evaluate the result of M/P model flood analysis**

**Sample 1:**

**Re-production calculation of 2011yr flood**

calibration by reference to observed water level and discharge, inundated area (satellite images) and inundation depth obtained by questionnaire survey



2011 Inundated Area  
By UNOSAT and  
GISTDA

Animation of Flood inundation Analysis

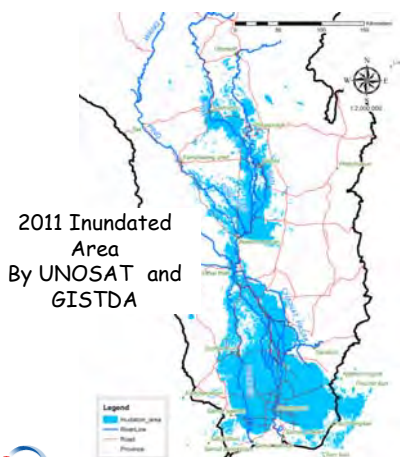
- Recreation of 2011 flood -



**B-6) How to evaluate the result of M/P model flood analysis**

**Sample 2:**

**After installation of road dike around the economic zone by DOH & DOR**



2011 Inundated Area  
By UNOSAT and  
GISTDA

Animation of Flood inundation Analysis

- After installation of road dike -



## B-6) How to evaluate the result of M/P model flood

Please try check the results of sample simulation;

C:\work\chao\B-6\Sample 1  
Sample 2

## C. Practice on flood analysis

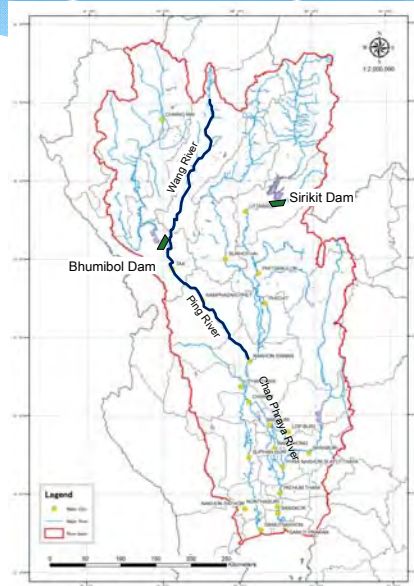
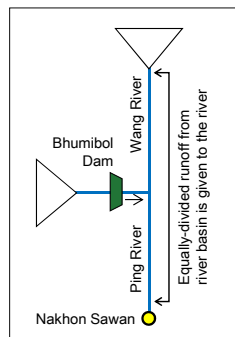
To get familiar with MIKE-Series, do the exercise as following simulation cases and evaluate the effectiveness of countermeasures,

- C-1) Effectiveness of improvement of **dam operation**
- C-2) Advantage/disadvantage of **dike elevation**
- C-3) Effectiveness of **dredging work**
- C-4) Effectiveness of **short cut channel**
- C-5) Effectiveness of **east/west floodway** proposed by SCWRM
- C-6) The influence of **sea tide**
- C-7) Impact on **climate change**



### C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

- Example: the Ping River
- Bhumibol dam is located at the Ping River, and inundation damage depends on the release water from the dam. The more flood water is impounded in the dam, the less inundation damages.

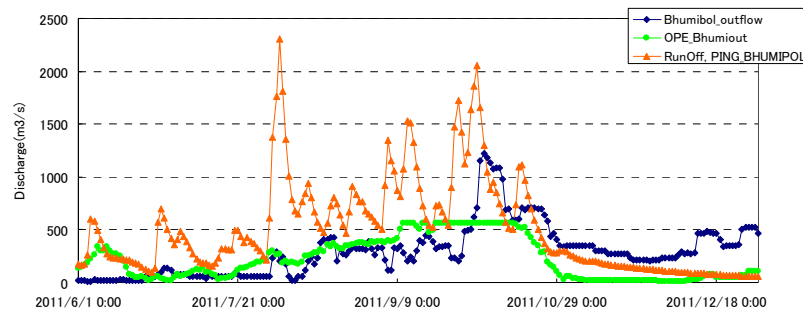


## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

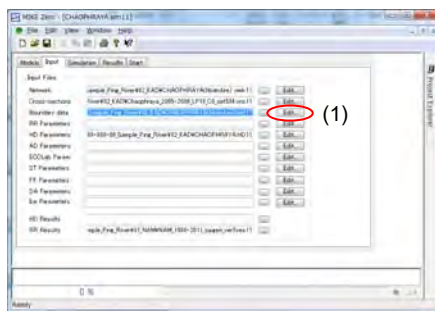
To evaluate the effectiveness of dam, do the simulation as following conditions,

Outflow from dam is...

- 1) Actual release water, 2011yr
- 2) Modified release water based on the improvement of rule curve.
- 3) If there is no Bhumibol dam! ?

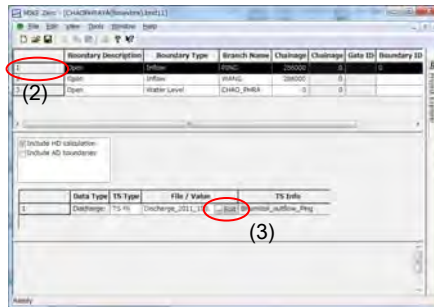


## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation



- If you change the release water from dam, open the Boundary file (\*.bnd11) and replace the hydrological data.
- To open the "\*.sim11 file" and click "Edit" button of "Boundary data" (1).

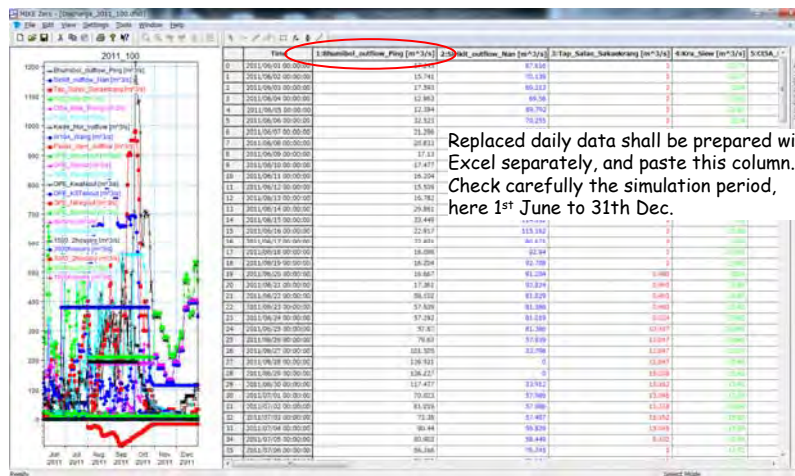
## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation



- Select target boundary (2), and open input file. Click "Edit" button (3)

## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

Input file (\*.dfs0) will appear and replace the "Bhumibol\_outflow\_Ping" data. Replaced data shall be prepared with Microsoft Excel.

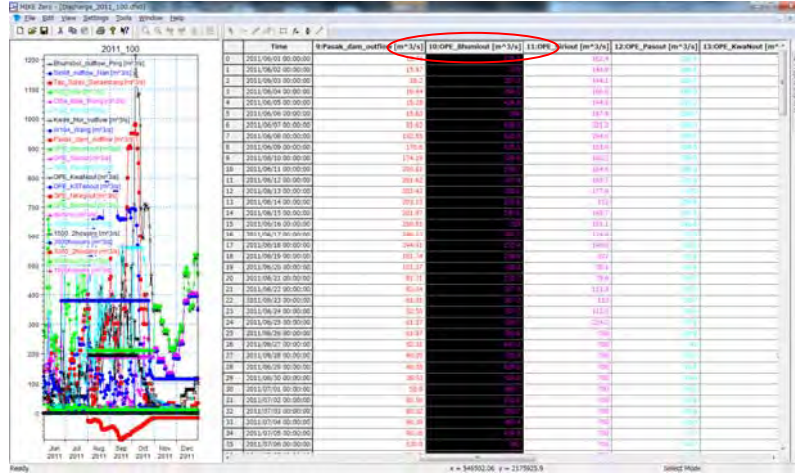


Replaced daily data shall be prepared with Excel separately, and paste this column. Check carefully the simulation period, here 1<sup>st</sup> June to 31<sup>st</sup> Dec.



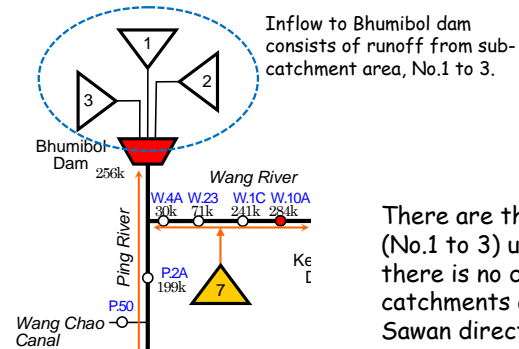
## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

You can select another input data. Here, you choose "OPE\_Bhumibol" data which is modified outflow based on proposed dam operation rule.



## C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

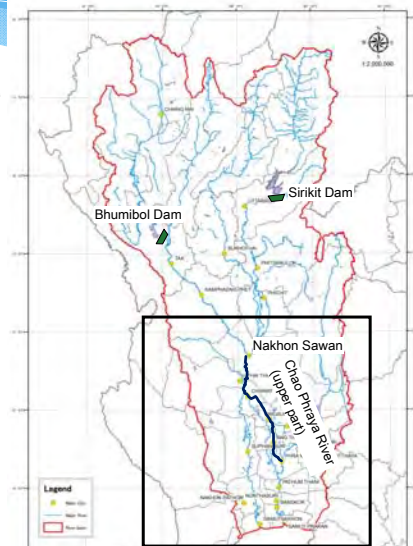
If there is no Bhumibol dam...  
Instead of release water from Bhumibol dam, calculated runoff with runoff model (NAM Module) is given to upper boundary condition.



There are three sub-catchment areas (No.1 to 3) upstream of Bhumibol dam. If there is no dam, runoff from three sub-catchments area flows down to Nakhon Sawan directory.

## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

- ❑ Taking the Chao Phraya River from Ayutthaya to Nakhon Sawan as an example, the influence of dike elevation shall be examined.
- ❑ Dike elevation is one of major river improvement works and effective to prevent overflow, which improve a flow capacity at the same time.
- ❑ However, water level tends to become high and flood damage potential increases because flood water volume increases due to water level rising.



Sample:Chao Phraya River from Ayuttaya to Nakhon Sawan

63

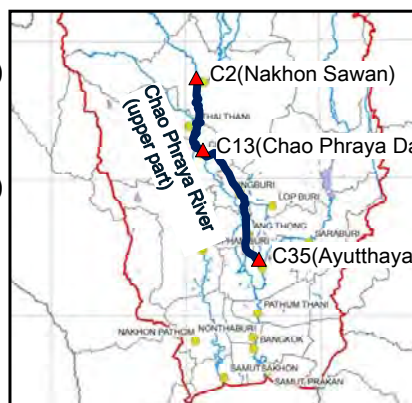


Japan International Cooperation Agency

## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

To evaluate the influence, carry out the simulation as following conditions.  
Dike elevation is conducted,

- 1) None(\*base case)
- 2) Upper Part:  
From **C.13US** (131k,Chao Phraya Dam) to **C.2** (238k)
- 3) Lower Part:  
From **C.13US** (131k,Chao Phraya Dam) to **C.35** (Ok, Ayutthaya)
- 4)All reach from **C.35**(Ok, Ayutthaya) to **C.2**(238k)



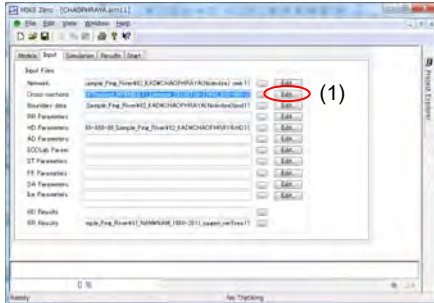
Sample:Chao Phraya River from Ayuttaya to Nakhon Sawan

64



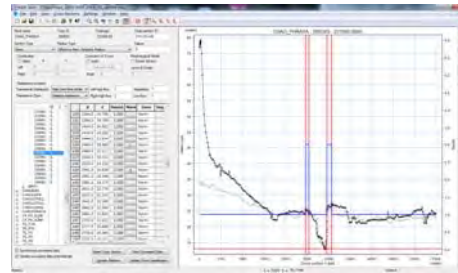
Japan International Cooperation Agency

## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation



- If the height of dike is modified, open the Cross-sections file (\*.xns11) and change cross-section shapes.
- To open "\*.sim11" file and click "Edit" button of "Cross-sections" (1).

- Cross-section file (\*.xns11) will appear.



## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

\* Explanation of "Mark".  
Number 1 and 3 indicates levee bank (dike)

(1) Select a target cross section and plot to be elevated

(2) Input "Z" (elevation) value directly

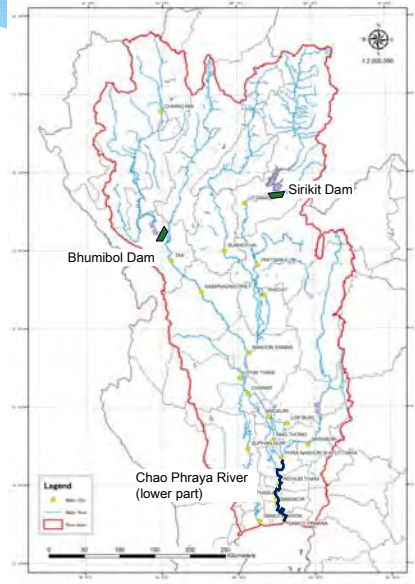


### C-3) Effectiveness of dredging work

- ❑ Taking the Chao Phraya River from river mouth to Ayutthaya as an example, the influence of dredging work shall be examined.
- ❑ In general, thanks to dredging of the river, flow area will increase and water level come down.

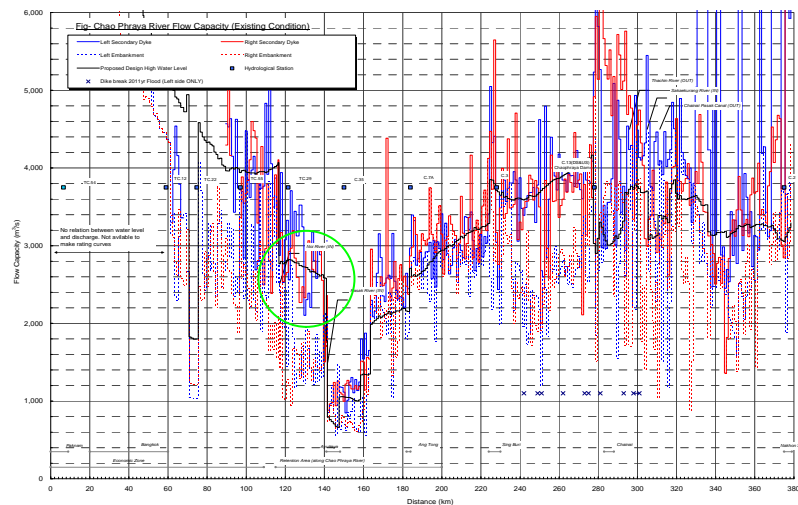
To confirm above mentioned, carry out the simulation as following condition.

- Widening of river (horizontal dredging) from 120km to 141km

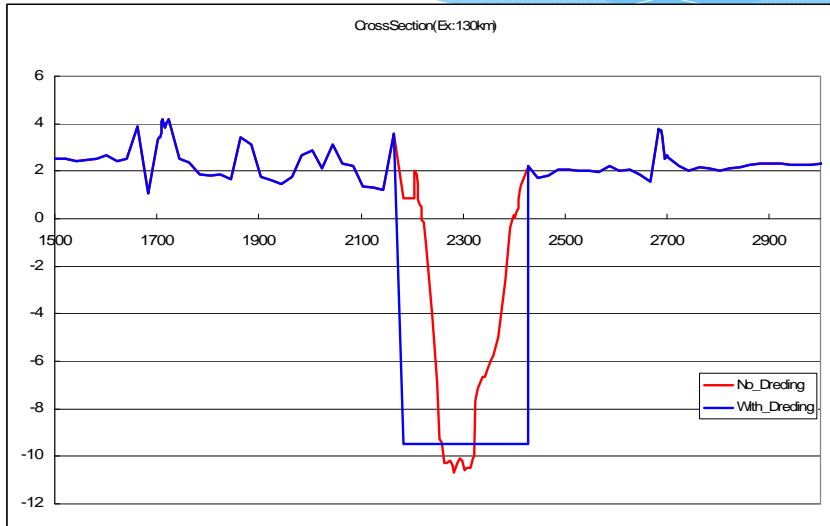


### C-3) Effectiveness of dredging work

Following figure shows the flow capacity of Chao Phraya River. As a trial, simulation shall be conducted on the condition that dredging work (widening river) at low capacity reach from 120km to 141km is done.



### C-3) Effectiveness of dredging work



### C-4) Effectiveness of short cut channels: Taking the Tha Chin River as an example, the advantages/disadvantages of short cut channels shall be examined.

#### With short cut

##### • Shortening River Length

317.5km → 279.3km (-38.2km)

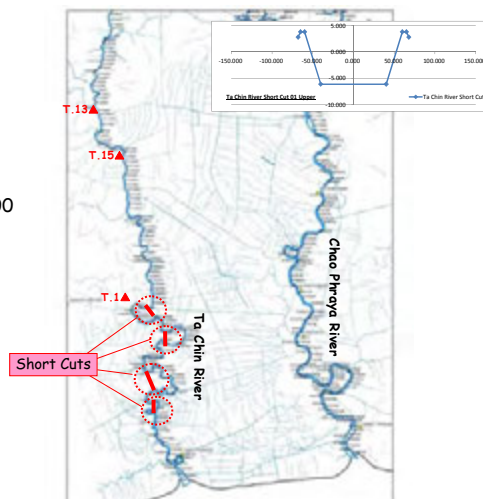
##### • Steepening River Sloop

The section [0km~72km] (along short cut channels, 0km~43km) : slope 1/117,000 → 1/50,000

The section [72km~119.2km] (along short cut channels, 43km~80km) : slope 1/15,000 → 13,000



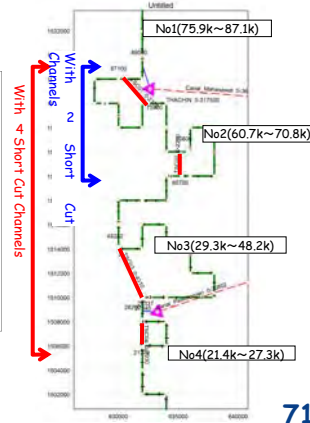
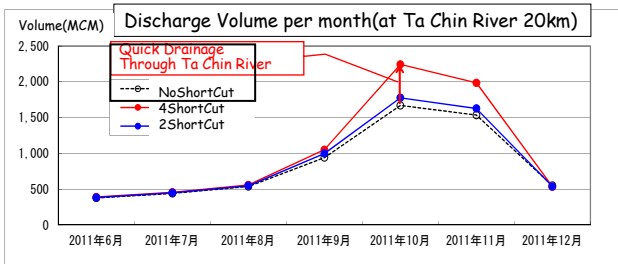
Flow Capacity of Tha Chin River can be Improved.



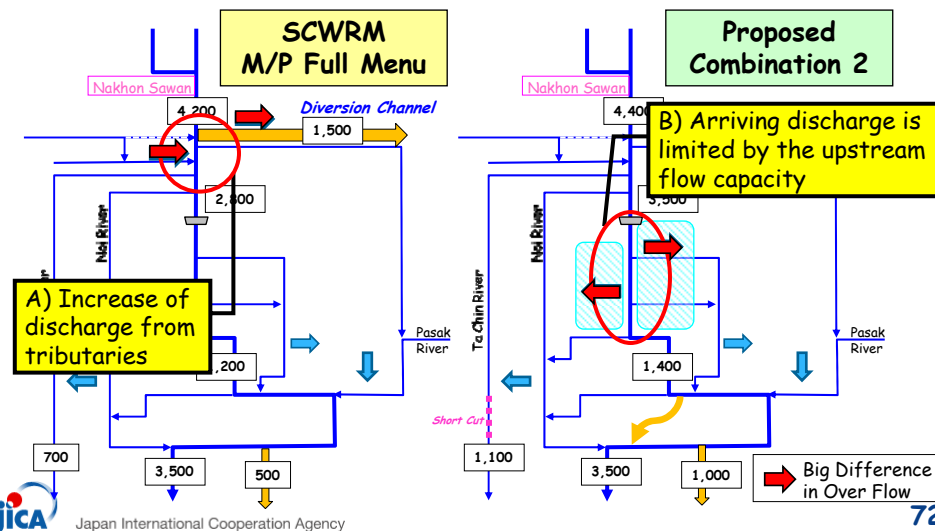
**C-4) Effectiveness of short cut channels: Taking the Tha Chin River as an example, the advantages/disadvantages of short cut channels shall be examined.**

**Effectiveness of Short Cut Channels**

- Larger amount of discharge can be drained through the short cuts.
- With 4 short cuts, flow capacity can be improved more than with 2 short cuts.



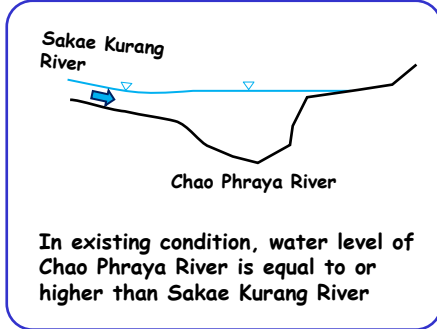
**C-5) Reason of less effectiveness of east/west floodway for lower Bangkok area. Influence of retention in upper Bangkok area and return flow from flood plain to lower rivers.**



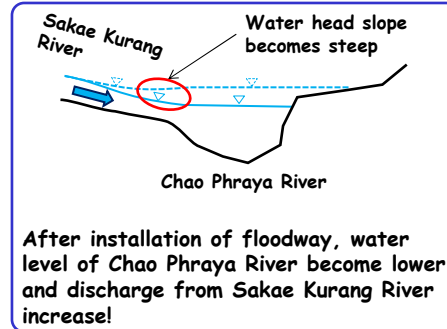
**C-5) Reason of less effectiveness of east/west floodway for lower Bangkok area (presentation ONLY)**

**A) Increase of discharge from tributaries**

If the east/west floodways are installed...



Existing Condition



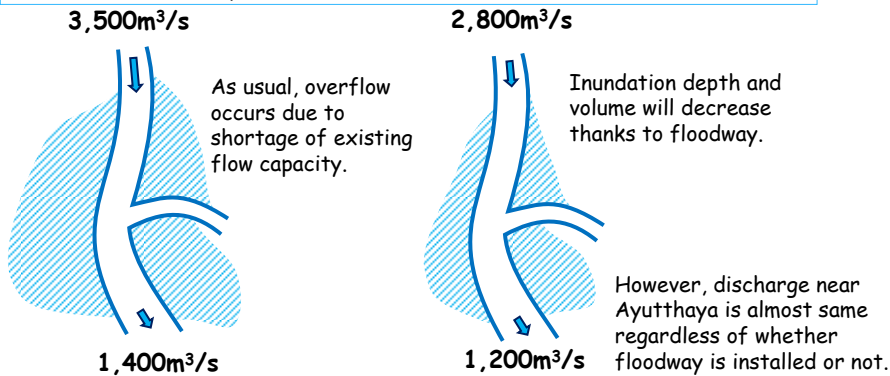
After installation of floodway

The diversion channel of 1,500m<sup>3</sup>/s capacity will work and be effective, but at the same time, side flow from tributaries will increase and the effectiveness of the diversion will decrease after all.

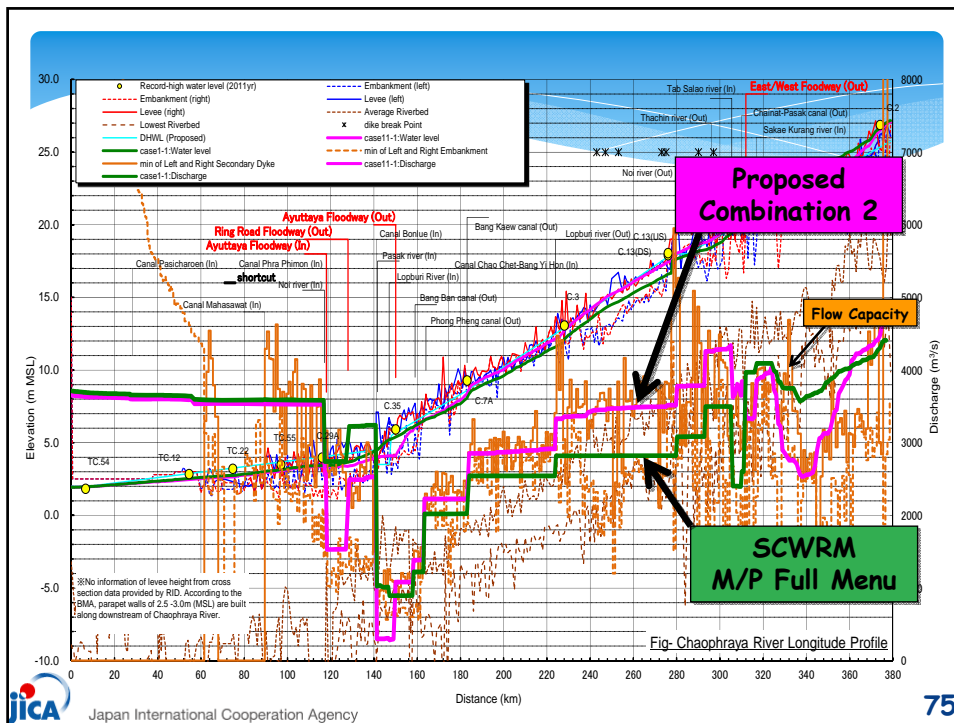
**C-5) Reason of less effectiveness of east/west floodway for lower Bangkok area (presentation ONLY)**

**B) Arriving discharge is limited by the upstream flow capacity**

Even if the floodway is installed...

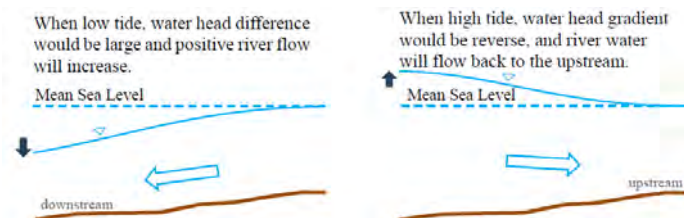


The flood water arriving in downstream depends on flow capacity. Originally, in Chao Phraya River overflow occurs very often and the effectiveness of floodway disappear.



### C-6) The influence of sea tide

- According to the study on hydrological condition in Chao Phraya River system, water level in lower stretch of Chao Phraya River and Tha Chin River is influenced by sea tide even during flood season.
- Since water level is dominated by tidal action (see following figure), it is difficult to estimate flow capacity by usually using "rating curve (relation of water level(H) and discharge (Q))". There is no relation between H and Q in lower stretch.

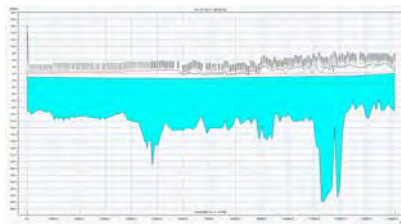


- Taking the Chao Phraya River from river mouth to Ayutthaya as an example, the influence of sea tide on flow regime shall be examined.

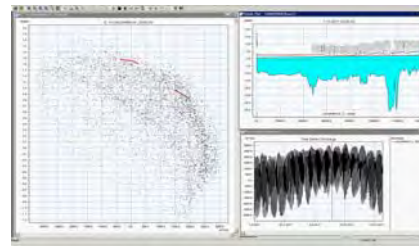


### C-6)The influence of sea tide

- ❑ The following movies show that fluctuation of water level and H-Q plotting. Discharge is varying from hour to hour due to sea tide, on the other hand, water level is varying only slightly since water level is dominated by sea level.
- ❑ That means that there are several different discharge of one water level.
- ❑ So a daily average passing discharge ( $Q_{\text{daily}}$ ) is employed as representative discharge to a peak water level
- ❑ Flow capacity shall be estimated with rating curve ( $H - Q_{\text{daily}}$ )



Longitude Water Level

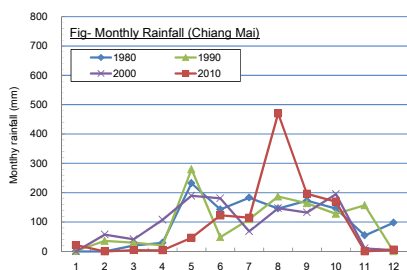
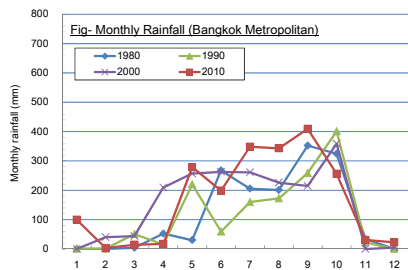
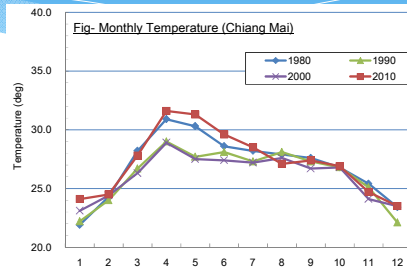
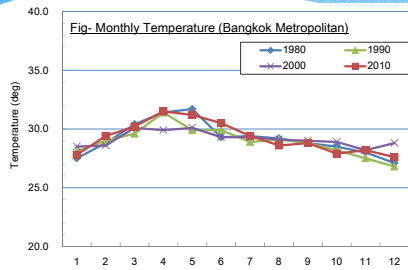


H-Q plot (20km)

### C-7)Impact of climate change

- ❑ It is said that climate change seems to be caused by global warming and impact on not only ecology also meteorological and hydrological condition, such as increase of rainfall intensity and frequency of draught etc.
- ❑ The historical change of monthly temperature and rainfall at major city in Chao Phraya River basin are shown in next slide, and it is not always clear that there are meteorological/hydrological variations.
- ❑ However, climate change always includes "uncertainty" and it is extremely difficult to forecast the climate condition in future.
- ❑ So, on the assumption of a certain climate change scenario, the impact on flood condition shall be calculated with flood analysis model.

## C-7) Impact of climate change



Data Source: TMD

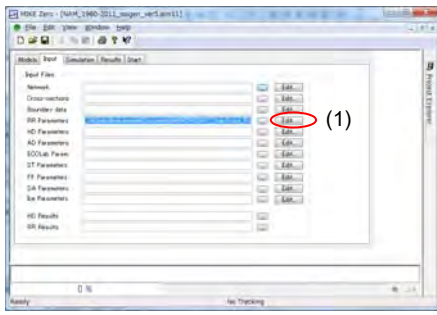
## C-7) Impact of climate change

Example of the scenario...

- Rainfall intensity in wet season (from July to September) increases by 5%
- On the other hand, rainfall intensity in dry season decreases by 3%
- Sea level rises by 10cm constantly

## C-7) Impact of climate change

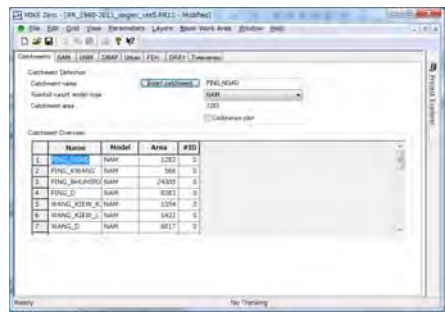
To calculate runoff considering influence of climate change, input rainfall data for NAM module shall be modified. Open "\*.sim11 file" for runoff model (only RR parameters) and click "Edit" button.



## C-7) Impact of climate change

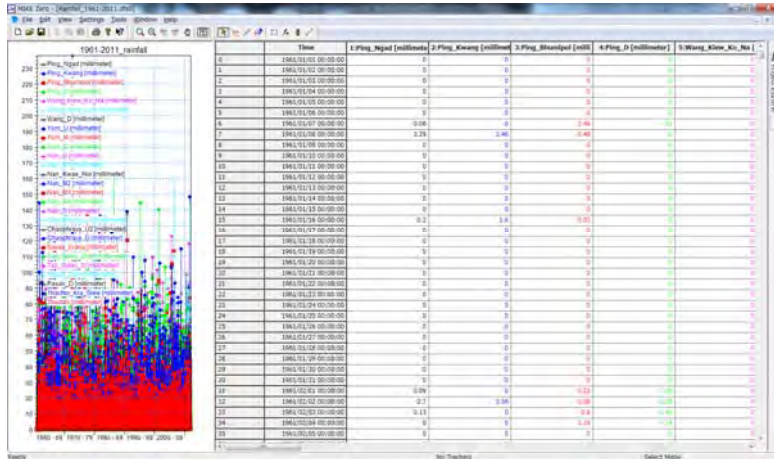
To calculate runoff considering influence of climate change, input rainfall data for NAM module shall be modified. Open "\*.sim11 file" for runoff model (only RR parameters) and click "Edit" button.

RR Parameter file (\*.RR11) will appear.



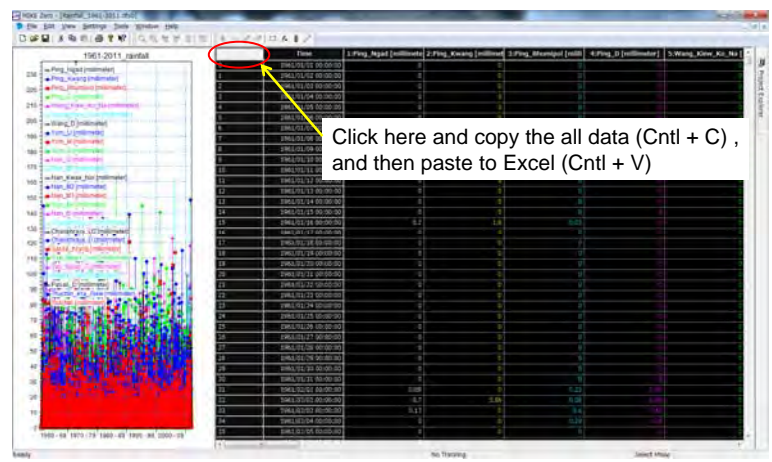
## C-7) Impact of climate change

Open the rainfall data (\*.dfs0) and modified by using Microsoft Excel



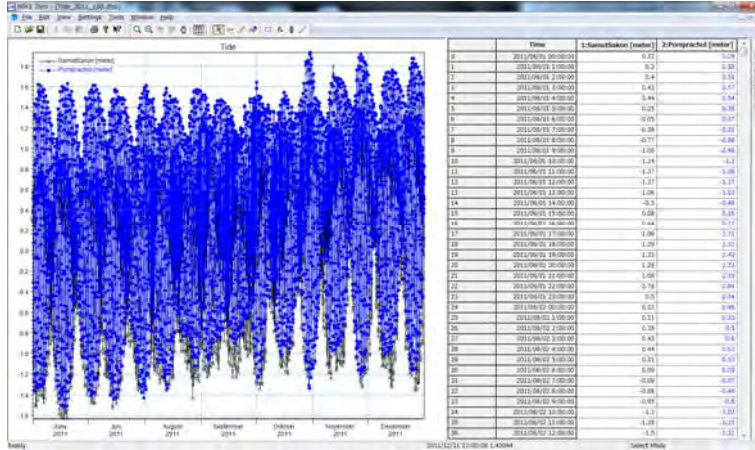
## C-7) Impact of climate change

Mike 11 editor called MIKE-Zero is compatible with Microsoft Excel. By using Excel, it is easy to modify/revise the values. After modification of rainfall data, they have to be returned to "\*.dfs0" file.

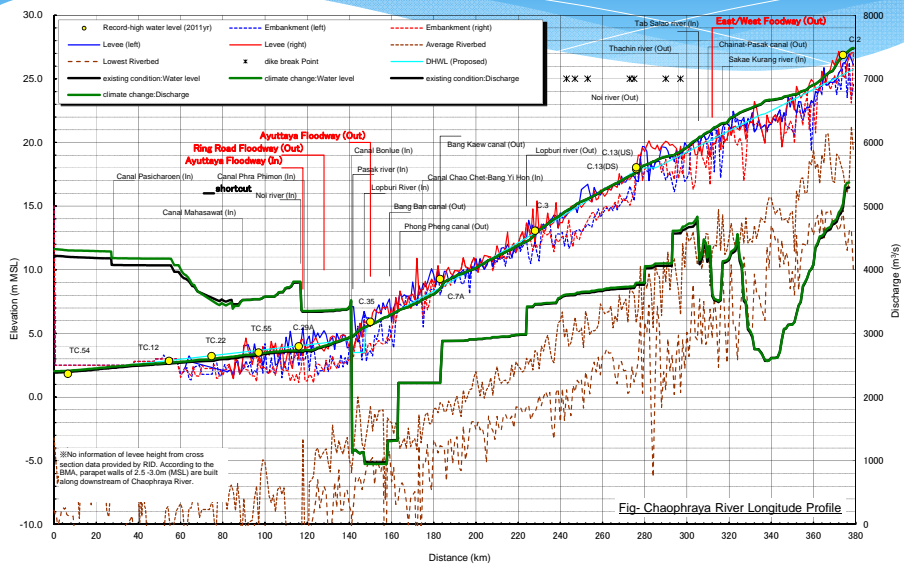


## C-7) Impact of climate change

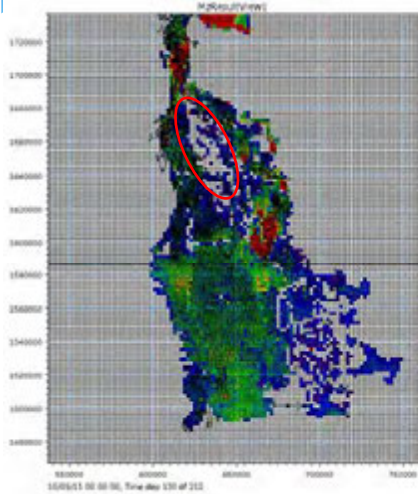
The same way as rainfall data, tide data file (\*.dfs0) as lower boundary condition shall be modified with Microsoft Excel.



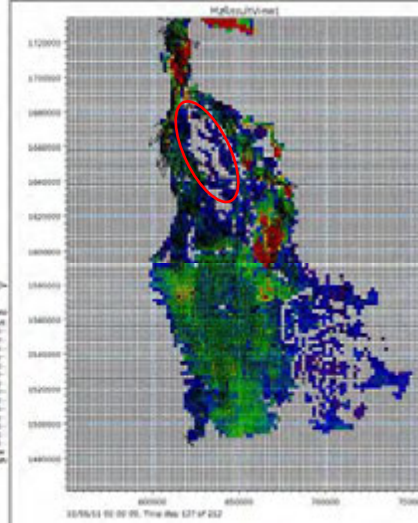
## C-7) Impact of climate change



### C-7) Impact of climate change



Inundation Map  
Case0 with rain



Inundation Map  
considering  
climate change

### C-7) Impact of climate change

Try! change the rainfall and tidal level by yourself and examine the impact of climate change!

**If you have any questions about  
simulations, don't hesitate to  
contact us!**

**Contact Person**

[mishina@ctii.co.jp](mailto:mishina@ctii.co.jp) :team leader

[yonese@ctie.co.jp](mailto:yonese@ctie.co.jp) :modeler

[okamine@ctie.co.jp](mailto:okamine@ctie.co.jp) :modeler

[kz-nakmr@ctii.co.jp](mailto:kz-nakmr@ctii.co.jp) :sub-modeler and e~verything else

[watanabe-akira@ctii.co.jp](mailto:watanabe-akira@ctii.co.jp) : administrator and e~verything else



**Thank you very much for your  
attention!  
and  
Enjoy and keep in touch with  
hydrological simulation!!**



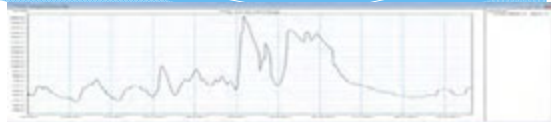
# [ANNEX]

## C. Practice on flood analysis

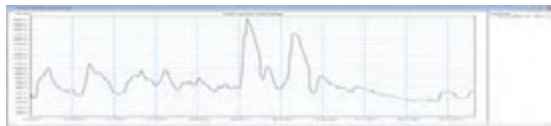


### C-1) Effectiveness of improvement of dam operation

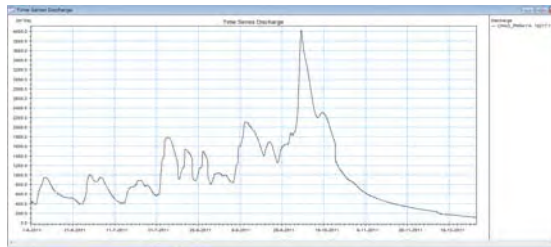
Hydrograph1:  
Actual release water, 2011yr



Hydrograph2:  
Improvement of rule curve.



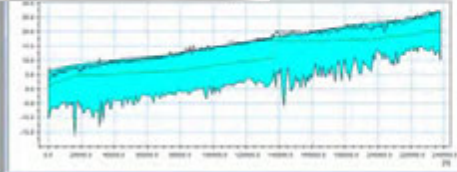
Hydrograph3:  
Without Bhumibol dam



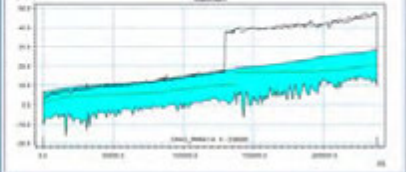


## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

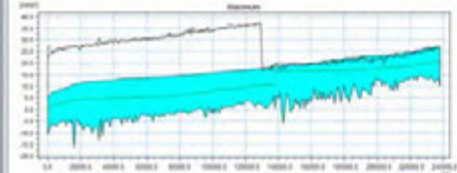
**Case1**  
Dike Elevation: None



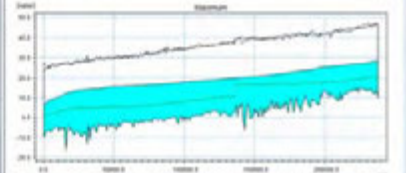
**Case2**  
Dike Elevation at Upstream



**Case3**  
Dike Elevation at downstream



**Case4**  
Dike Elevation through the river



Longitudinal Section of Chao Phraya River(Water Level)

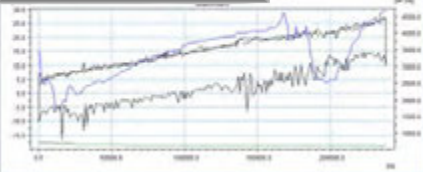


Japan International Cooperation Agency

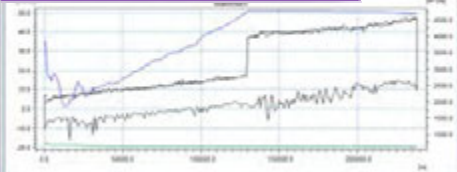
93

## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

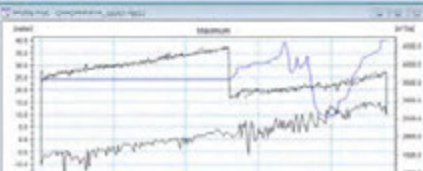
**Case1**  
Dike Elevation: None



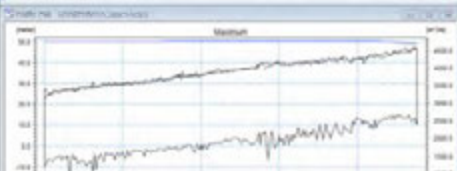
**Case2**  
Dike Elevation at Upstream



**Case3**  
Dike Elevation at downstream



**Case4**  
Dike Elevation through the river



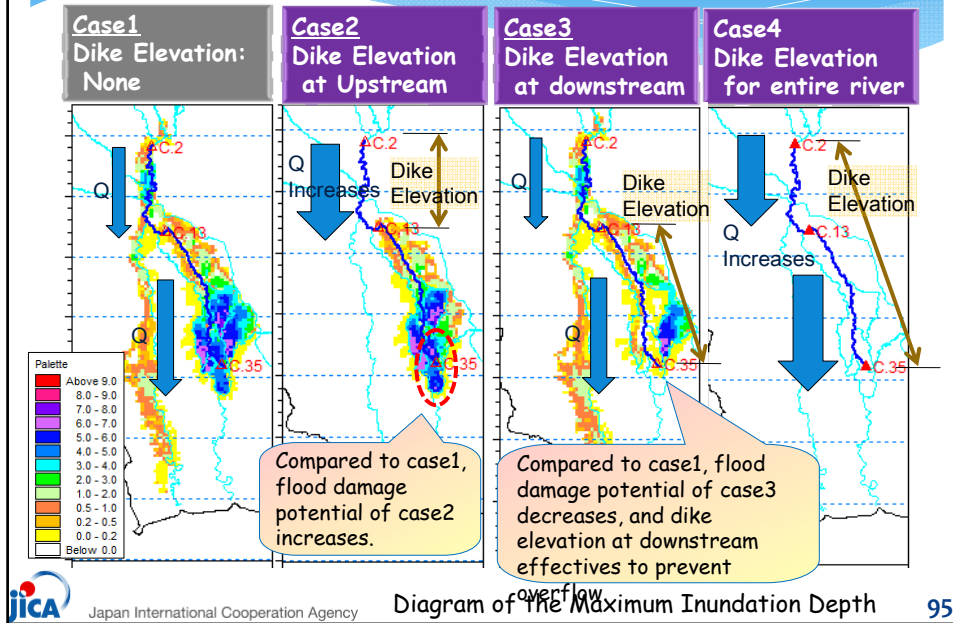
Longitudinal Section of Chao Phraya River(Discharge)



Japan International Cooperation Agency

94

## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

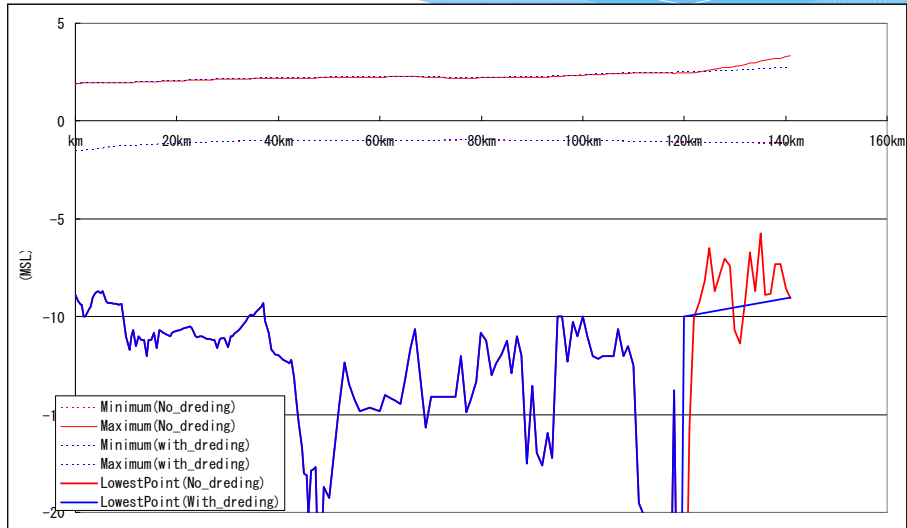


## C-2) Advantage/disadvantage of dike elevation

The result said that...

- 1) In some situations, since flood water from upstream (with dike elevation) to downstream increases due to improvement flow capacity, dike elevation at upstream could increase flood inundation risk.
- 2) Also, dike elevation at upstream reach would decrease a retarding/retention function of basin.
- 3) In Japan, basically dike elevation work commences from downstream to upstream because of above reason. It is important to find a reaches of weakness of flow capacity when river improvement work is conducted.

### C-3) Effectiveness of dredging work



### C-6) The influence of sea tide

- ❑ In this study, JICA Study Team (hereinafter called JST) estimates the flow capacity at lower stretch in Chao Phraya River to be approx.  $4,000\text{m}^3/\text{s}$ , not  $3,500\text{m}^3/\text{s}$  that Thai-side insists on as correct value.
- ❑ It is thought that flow capacity of Thai-side was calculated by non-uniform flow analysis. Non-uniform flow analysis is not able to describe a temporal alteration of discharge/water level.
- ❑ In this study, fully dynamic wave model (one of the unsteady flow method) is employed and it can reproduce flow regime considering tidal action.
- ❑ So it could be said that flow capacity of  $4,000\text{m}^3/\text{s}$  is reasonable value.
- ❑ Of course, it is strongly recommended that actual flow discharge should be measured with ADCP etc. !!!



***U-4: Presentation Material 2***



# Support documentation

## Review of input file in every modeling stages

15 July 2013

JICA Study Team



Japan International Cooperation Agency

1

### 1. Runoff Analysis

When you carry out runoff analysis...  
You have to prepare as following 4 files at least.

1-1) RR Module  
(runoff model, \*.R11)

Here, you can set-up the  
model parameters



1-4) M11 Simulation  
file (\*.sim11)

**Start simulation!**

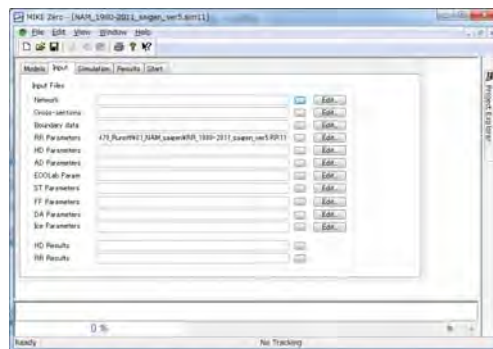
Output to be used for flood  
routing analysis

2-6) Runoff result  
(\* .res11)

input

1-2) Rainfall Data  
(time-series, \*.des0)

1-3) Evap-transportation Data  
(time-series, \*.des0)



Japan International Cooperation Agency

2

## 2. One-dimensional flood routing analysis (1/2)

When you carry out flood flow analysis...

2-1) Network File  
(\* .nwk11)

- 1) River network
- 2) Location of structures (ex, weirs, pump)
- 3) Location of cross section : connect "\*" .xns11"

2-2) Cross-sections File  
(\* .xns11)

- 1) Cross-section data, X-Z
- 2) Calculation area.  
Identify location of left/right dike, and left/right embankment (low channel area)
- 3) River roughness coefficient

2-3) Boundary data File  
(\* .bnd11)

- 1) Boundary conditions  
where you locate the input point?

2-4) Discharge data and/or Water level Data (time-series, \*.des0)

2-5) HD Parameters File (\* .hd11)

- 1) Initial condition (water level/discharge)
- 2) River roughness coefficient

2-6) Runoff result  
(\* .res11)

This data will come from runoff analysis, for instance the result of "NAM" (see previous slide)

## 2. One-dimensional flood routing analysis (2/2)

2-1) Network File  
(\* .nwk11)

2-2) Cross-sections File  
(\* .xns11)

2-3) Boundary data File  
(\* .bnd11)

2-5) HD Parameters File (\* .hd11)

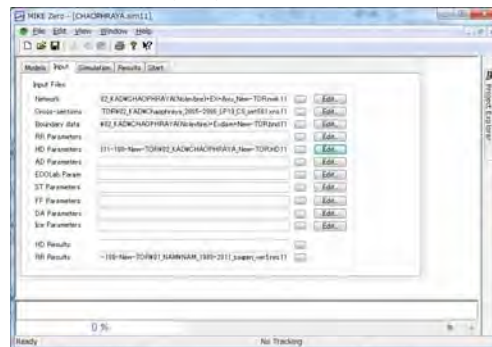
2-6) Runoff result  
(\* .res11)

↓ input

Result of NAM

2-7) M11 Simulation file (\* .sim11)

You have to prepare 7 files at least!





### 3. Two-dimensional inundation analysis (1/2)

Before you carry out flood analysis, you have to prepare the following files...

3-1) M21 Simulation file (\*.m21)

This file is used for 2-dimensional flood analysis. Here, you can set-up simulation period etc...

*Here you **don't** start simulation!*

You have to prepare 3 files at least!

4-2) Bathymetry Data  
Elevation data from LiDAR (\*.des2)

4-3) Resistance  
Roughness coefficient according to the land use (LAND-SAT2). (\*.des2)

4-4) Rainfall data  
Local rainfall data to be given calculation grid directly, if any. (\*.des2)

### 3. Two-dimensional inundation analysis (2/2)

When you carry out flood analysis...

2-7) M11 Simulation file (\*.sim11)

3-1) M21 Simulation file (\*.m21)

↓ input

5) MIKE FLOOD file (\*.couple)

"\*.couple" file links  
"M11 Simulation file (\*.sim11) and  
"M21 Simulation file (\*.m21)

Here, you can set-up...

- 1) Overflow condition  
How to calculate overflow (discharge/volume) ?
- 2) Regulate water flux from grid to grid  
ex) road embankment

The simulation result will be written in  
\*.res11 file (river) and \*.dfs2 file (flood plain, 2-dimension)



***U-5: Presentation Material 3***

# Support documentation

## How to view the simulation results

17 July 2013

JICA Study Team



### 1. Output items

You can evaluate flood phenomenon with MIKE Series and calculate many hydraulic items including water level, discharge and so on.

The simulation results are written in "\*.res11" file and "\*.dfs2". ("res" means "result". res"11" means **one**-dimension and dfs"2" means **two**-dimension, respectively)

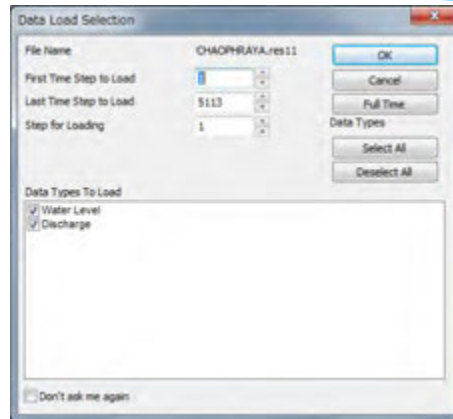
The following table shows output items in result files,

No.	File Type (file extension)	Output Items
1	*res.11 Ex) CHAOPHRAYA.res11	Water level (River) Discharge (ditto)
2	*res.11 Ex) CHAOPHRAYAHDAdd.res11	This file is generated automatically. If a name of result file is "Tha-Chin.res11", MIKE 11 produce another result file "Tha-Chin <b>HDAdd</b> .res11". <b>HDAdd</b> means "additional output set-up in HD Parameters file(*.HD11 file)" Here, you can see velocity and flood area volume etc...
3	*dfs2 Generated by MIKE 21 Ex) CHAOPHRAYA.dfs2	Water depth, flow velocity etc. (in flood plain) You can select the output items in "*.m21" file



### 3.How to check the result of flood routing analysis (1/4)

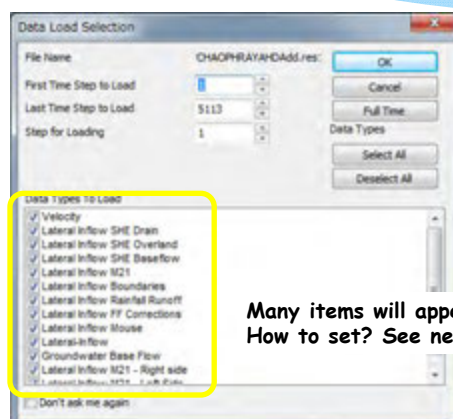
When you want to check/review the result of river analysis, please open "\*.res11" file with **MIKE-VIEW**.



You open the "\*.res11" file, above dialog box will appear, and you can select the items you want to check.

### 3.How to check the result of flood routing analysis (2/4)

When you want to other output items except for water level and discharge, please open "---HDAAdd.res11" file with **MIKE-VIEW**.

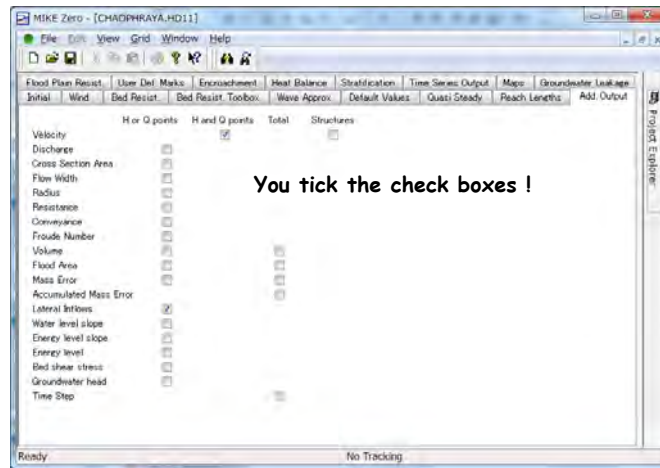


Many items will appear !  
How to set? See next slide...

You open the file, above dialog box will appear and you can select the items you want to check.

### 3.How to check the result of flood routing analysis (3/4)

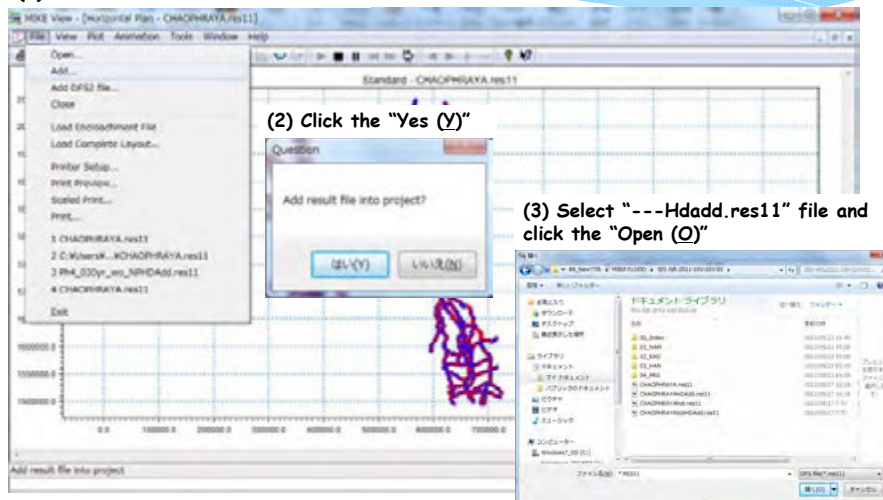
If you want to add alternative items in "---HDadd.res11", please open "HD Parameters File (\*.hd11)". You select "Add. Output" dialog box in "\*.hd11" file, and tick the necessary items.



### 3.How to check the result of flood routing analysis (4/4)

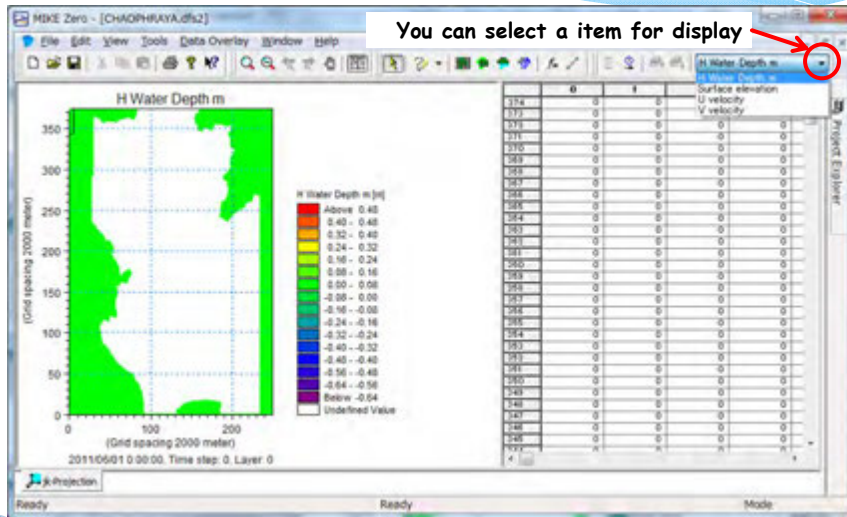
You can insert additional data in "\*.res11" also as following steps,

(1) Click the "file" and select "Add..."



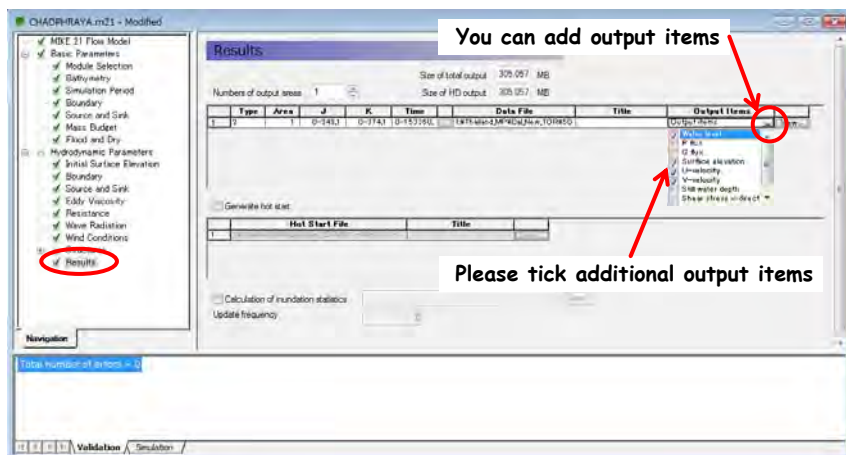
#### 4.How to check the result of inundation analysis (1/5)

When you want to check/review the result of inundation analysis, please open "\*.dfs2" file with **MIKE-Zero**.



#### 4.How to check the result of inundation analysis (2/5)

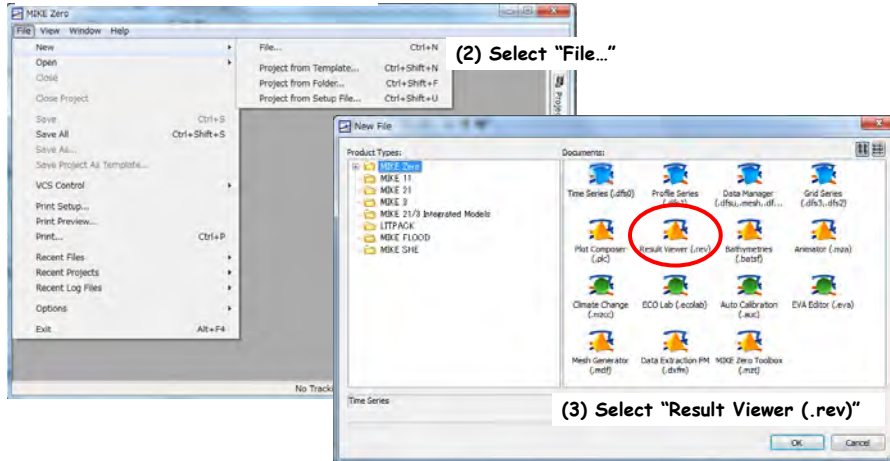
If you want to shown other items, please open "\*.m21" file and select "result". And then, add the output items.



#### 4.How to check the result of inundation analysis (3/5)

Also, you can see the result of inundation analysis with "\*.rev" file which is produced with MIKE-Zero. "\*.rev" file is viewer file.

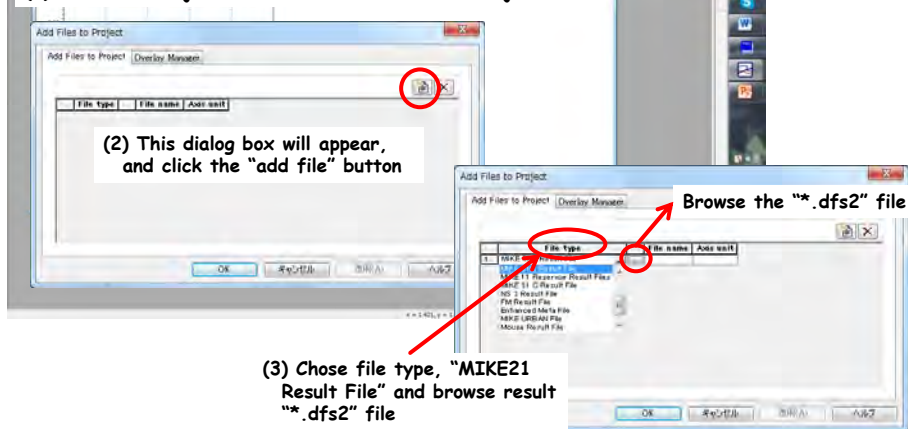
(1) Click the "file" and select "New"



#### 4.How to check the result of inundation analysis (4/5)

You can make "\*.rev" file as following steps,

(1) Click the "Projects" and select "Add Files to Project..."





#### 4. How to check the result of inundation analysis (5/5)

You can select a shown item as following steps,

(1) Open the "\*.rev" file

(2) Right click somewhere in the windows, then select "Properties..."

(3) This dialog box will appear. Select a item for display.

#### 5. Others

Reference: sample of result files, see training materials

- Result of inundation analysis

- Result Viewer (inundation)

- Result of flood analysis (water level and discharge)

- Result of flood analysis (others)

**Practice makes perfect !**