

บทที่ 3

เครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา

3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และแบบจำลอง QUAL2K

3.1.1 อุปกรณ์สำหรับแบบจำลอง

- 1) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ QUAL2K
- 2) PC Computer
- 3) Scanner และ Printer
- 4) แผนที่ 1:50,000

3.1.2 อุปกรณ์ออกภาคสนาม

- 1) เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler)
- 2) Thermometer
- 3) pH Meter
- 4) DO Meter
- 5) Global Positioning System (GPS)
- 6) ขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

3.1.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- 1) BOD และ DO
 - (1) MnSO_4 solution
 - (2) Alkalini-iodine azide solution
 - (3) Concentrated H_2SO_4
- 2) Nitrate
 - (1) Concentrated/dilute ammonium chloride solution
 - (2) Sulphanilamide solution
 - (3) N-(1-Naphyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution
 - (4) Standard nitrate

3.1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2K

แบบจำลอง QUAL2K คือแบบจำลองคุณภาพน้ำที่มุ่งหวังและเป็นเวอร์ชันใหม่ของแบบจำลอง QUAL2E (Q2E) Q2K มีลักษณะความสัมพันธ์คล้ายคลึงกับ Q2E ดังนี้

- ลักษณะของลำน้ำเป็น one dimensional คือลักษณะการไหลเป็นแบบผสมผสานทั้งในแนวตั้งและแนวนอน
- ระบบ Branching ของลำน้ำสามารถประกอบระบบลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาได้
- ลักษณะการไหล Steady State Hydraulics โดยจำลองการไหลแบบทรงตัวมัน (Steady Flow)
- Dial Heat Budget การรับความร้อนและอุณหภูมิจะจำลองโดยใช้ฟังก์ชันของสภาพอุตุนิยมนิยามตามช่วงระยะเวลา
- Dial Water – Quality Kinetics กลไกคุณภาพน้ำจะจำลองตัวแปรคุณภาพน้ำตามช่วงระยะเวลา
- Heat and Mass input ความร้อนและมวลที่เป็นเข้าไปในแบบจำลองจะถูกจำลองได้ทั้งแบบ point และ non-point loads และจาก abstractions

โครงสร้างของ QUAL2K ประกอบด้วยส่วนประกอบใหม่ดังนี้

- Software Environment and Interface. QUAL2K ทำงานในระบบปฏิบัติการ Windows โดยสร้างจาก Visual Basic for Application (VBA) โดยใช้งานผ่าน โปรแกรม Excel
- Model Segmentation. Q2E จะแบ่งระบบลำน้ำออกเป็น reaches โดยประกอบด้วยส่วนประกอบของช่องว่างที่เท่าๆกัน ขณะที่ Q2K ก็จะมีระบบการแบ่งลำน้ำออกเป็น reaches และ elements เหมือนกัน อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบความแตกต่าง Q2E ของขนาด element ของ Q2K สามารถทำให้ขนาดของ reach คู่ reach แตกต่างกันได้ ในผลรวมปริมาณ loadings ที่เพิ่มขึ้นและย้อนกลับสามารถ input ได้ทุกๆ element
- Carbonaceous BOD speciation. Q2K จะใช้ Carbonaceous BOD speciation ทั้งสองรูปแบบเพื่อเป็นตัวแทนของ Organic Carbon รูปแบบเหล่านี้คือ ปฏิกิริยา Oxidizing ที่แบบช้า (slow CBOD) และปฏิกิริยา Oxidizing ที่รวดเร็ว (fast CBOD)
- Anoxia. Q2K สามารถปรับเข้ากับสถานะปฏิกิริยาที่มีออกซิเจนลดลงจนอยู่ในสถานะเท่ากับ 0 ที่ระดับ low oxygen ได้ในผลรวม denitrification ใน model จะเป็นคำสั่งอันดับแรกโดยปฏิกิริยานี้จะมีความเหมาะสมกับความเข้มข้น low oxygen ที่แน่นอน
- Sediment-water interactions. อัตราการไหล Sediment-water ของ DO และ nutrients เป็นการเรียนแบบหน้าที่ของ Organic matter ตะกอนขนาดเล็กๆ ปฏิกิริยากับ sediment และความเข้มข้นที่ละลายอยู่บนผิวน้ำ

- Bottom algae model. จะจำลองความชัดเจนที่เชื่อมต่อกับ bottom algae ซึ่ง algae มีการเปลี่ยนแปลงที่ง่าย stoichiometry
- Light extinction. Light extinction เป็นการคำนวณหน้าที่ของ algae detritus และ inorganic solids
- pH. Alkalinity and inorganic carbon เป็นการเขียนแบบ pH ของแม่น้ำจะเป็นพื้นฐานในการคำนวณปริมาณของทั้ง 2
- Pathogens. การจำลอง Pathogen โดยทั่วไปจะนำ Pathogen ออกจากปัจจัย temperature, light และ settling
- Reach specific kinetic parameters. Q2K จะยินยอมให้กำหนดลักษณะของ kinetic parameters บนพื้นฐานลักษณะของแต่ละ reach

3.1.5 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2K เป็นแบบจำลองที่ใช้จำลองกลไกการเคลื่อนที่และการแพร่กระจายของมลสารในลักษณะทิศทางเดียว โดยแบบจำลองตั้งสมมติฐานว่าที่จุดต่างๆ ในลำน้ำมีการผสมกันอย่างทั่วถึง ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ประเมินได้โดยแบบจำลอง QUAL2K มีดังนี้

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำและหน่วยที่ใช้ในแบบจำลอง

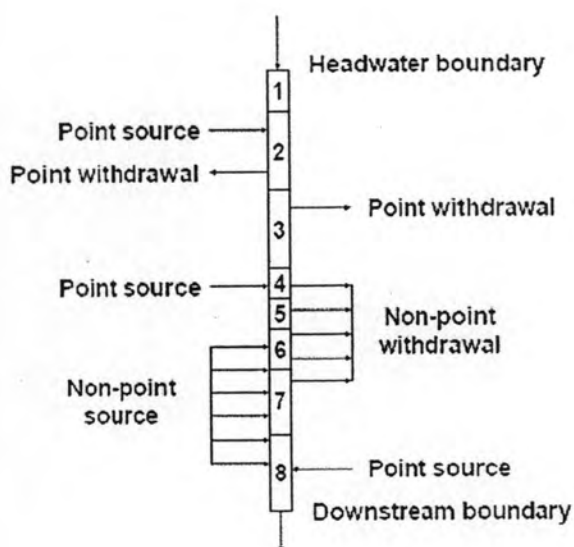
Water Quality	Units
Temperature	°C
Conductivity	umhos
Inorganic Solids	mgD/L
Dissolved Oxygen	mg/L
CBODslow	mgO ₂ /L
CBODfast	mgO ₂ /L
Dissolved Organic Nitrogen	ugN/L

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำและหน่วยที่ใช้ในแบบจำลอง(ต่อ)

Water Quality	Units
NH ₄ -Nitrogen	ugN/L
NO ₃ -Nitrogen	ugN/L
Dissolved Organic Phosphorus	ugP/L
Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L
Phytoplankton	ugA/L
Detritus (POM)	mgD/L
Pathogen	cfu/100 mL
Alkalinity	mgCaCO ₃ /L
pH	s.u.

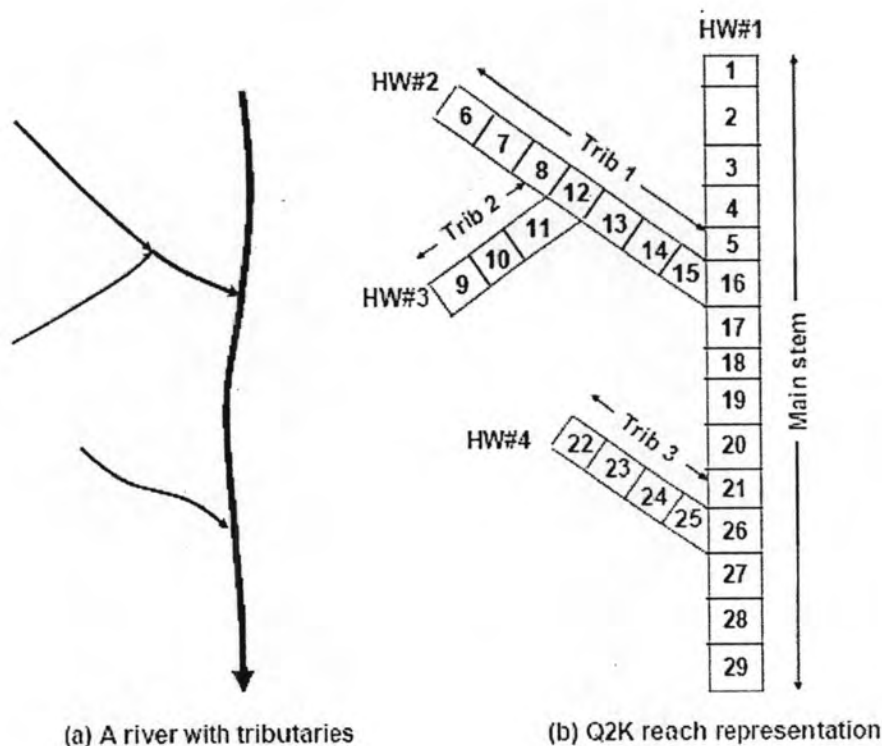
3.1.5.1 SEGMENTATION AND HYDRAULICS

การแบ่งลำน้ำออกเป็น reach เป็นขั้นตอนแรกของแบบจำลอง QUAL2K เพื่ออธิบายถึงลักษณะแม่น้ำของแต่ละช่วงลำน้ำและลักษณะการไหลและความมั่นคงของลำน้ำ Hydraulic Characteristics (e.g. slope, bottom, width etc) ของลำน้ำจะเรียงหมายเลขโดยเริ่มจากบนสุดคือ Head water ของลำน้ำหลักและสามารถใส่ point และ non-point source และ point and non-point withdrawals (abstractions) และบอกตำแหน่งได้ทุกที่ตามความยาวของลำน้ำ แสดงดังภาพที่ 3.1



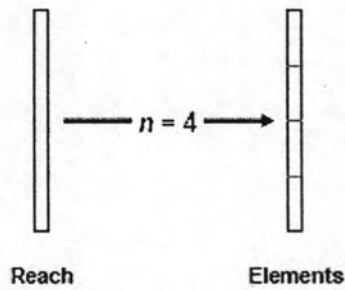
ภาพที่ 3.1 การวางแผนการแบ่งลำน้ำสำหรับแม่น้ำและลำน้ำสาขาที่ไหลมารวมกัน

ระบบลำน้ำกับลำน้ำสาขาที่ไหลลงลำน้ำหลักจะเริ่มกำหนดหมายเลขเป็น reach 1 ที่ headwater ของแม่น้ำหลัก เมื่อการเชื่อมต่อกับลำน้ำสาขาเป็น reach จะกำหนดหมายเลขช่วงลำน้ำที่ลำน้ำสาขานั้นเป็น headwater ต่อไป การกำหนด headwater และ tributaries ให้เป็นหมายเลขของลำน้ำเพื่อการวางแผนที่จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในแต่ละ reach แม่น้ำสาขาหลักของระบบลำน้ำ (นั่นคือแม่น้ำหลักและแต่ละของลำน้ำสาขา) จะแบ่งเป็นช่วงๆ การแบ่งช่วงลำน้ำนี้เพื่อให้ความสะดวกและความสำคัญของ software เพราะจะได้จัดการวางแผนใน model ที่ออกมาบนพื้นฐานของแต่ละช่วง นั่นคือ software จะกำหนดรูปแบบเฉพาะของแม่น้ำหลักและของแต่ละลำน้ำสาขา tributaries แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 QUAL2K วางแผนการแบ่งช่วงลำน้ำ

ทุกๆ ช่วงลำน้ำของ model สามารถแบ่งช่วงลำน้ำออกเป็น element เพิ่มเติมอย่างเท่าๆกัน ได้แสดงดังภาพที่ 3.3



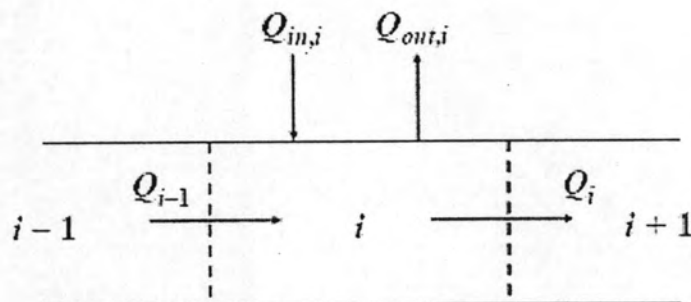
ภาพที่ 3.3 reach ของ model สามารถแบ่งอันดับของ element

3.1.5.2 Flow Balance

สมดุลของการไหลของลำน้ำแบบทรงมัน (Steady-state Flow Balance) ที่ใช้ในการจำลอง QUAL2K ได้สมมติให้การไหลของน้ำอย่างสม่ำเสมอ อัตราการไหลของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่ละเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางแสดงดังภาพที่ 3.4

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \quad (1)$$

- เมื่อ Q_i = อัตราการไหลจาก reach $i + 1$ (m^3/d)
 Q_{i-1} = อัตราการไหลจาก reach $i-1$ ไปสู่ reach i (m^3/d)
 $Q_{in,i}$ = อัตราการไหลที่เพิ่มเข้าสู่ reach i (m^3/d)
 $Q_{out,i}$ = อัตราการไหลออกของ reach i (m^3/d)



ภาพที่ 3.4 อัตราการไหลของลำน้ำในแต่ละ element

total inflow สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{in,i} = \sum_{j=1}^{psi} Q_{ps,i,j} + \sum_{j=1}^{npai} Q_{nps,i,j} \quad (2)$$

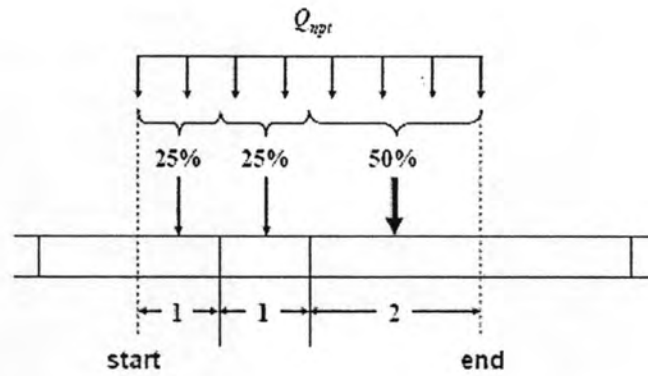
- เมื่อ $Q_{ps,i,j}$ = อัตราการไหลออกลำดับที่ j ของ point source ที่เข้าสู่ element i (m^3/d)
 psi = จำนวนรวมของ point source ที่เข้าสู่ element i
 $Q_{nps,i,j}$ = อัตราการไหลเข้าลำดับที่ j ของ non-point ที่เข้าสู่ element i (m^3/d)
 $npai$ = จำนวนรวมของ non-point abstraction ที่ออกจาก element i (m^3/d)

total outflow สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{out,i} = \sum_{j=1}^{pai} Q_{pa,i,j} + \sum_{j=1}^{npai} Q_{npa,i,j} \quad (3)$$

- เมื่อ $Q_{pa,i,j}$ = อัตราการไหลออกลำดับที่ j ของ point abstraction ที่ออกจาก element i (m^3/d)
 pai = จำนวนรวมของ point abstraction ที่ออกจาก element i
 $Q_{npa,i,j}$ = อัตราการไหลออกลำดับที่ j ของ non-point abstraction ที่ออกจาก element i (m^3/d)
 $npai$ = จำนวนรวมของ non-point abstraction ที่ออกจาก element i

non-point source และ withdrawals ได้จำลองลักษณะเป็นแบบ line source ตามภาพที่ 3.5 non-point source หรือ withdrawal จะกำหนดขอบเขตโดยเริ่มและจบเป็นแบบ kilometer point ซึ่งการไหลอยู่รูปของการกระจายตัวหรือของแต่ละ element ในลักษณะของ length-weighted ในแต่ละ element



ภาพที่ 3.5 ลักษณะ non-point source ที่ไหลเข้าแม่น้ำจะเป็นตัวกำหนดในแต่ละ element

3.1.5.3 Hydraulic Characteristics

การคำนวณ out flow ของแต่ละ element เป็นการคำนวณด้วย depth และ velocity โดยเลือกการคำนวณหนึ่งของ 3 วิธี ได้แก่ weirs, rating curves, และ Manning equations โดยโปรแกรมจะตัดสินใจของทางเลือกตามลักษณะของลำน้ำดังนี้

- 1) ถ้าลักษณะลำน้ำถูกกำหนด height และ width ของ weir เข้ามาเกี่ยวข้อง ก็จะเลือกทางเลือกของ weir เข้ามาคำนวณ
- 2) ถ้าลักษณะลำน้ำถูกกำหนด height และ width และ weir ถูกกำหนดเป็นศูนย์ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของ rating curve เข้ามาเกี่ยวข้องจะเลือก rating curve มาคำนวณ
- 3) ถ้าลักษณะลำน้ำถูกกำหนดทั้งสองค่าเข้ามาเกี่ยวข้อง $Q2K$ จะเลือกใช้ Manning equation

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธี Manning equations และ weirs

3.1.5.3.1 Manning equations

แต่ละ element สมมติเป็นช่องสี่เหลี่ยมคางหมูที่สมบูรณ์ภายใต้ความง่ายของการไหลที่สม่ำเสมอ Manning equation สามารถให้ความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่าง flow และ depth

$$Q = \frac{S_0^{1/2} A_c^{5/3}}{n P^{2/3}} \quad (4)$$

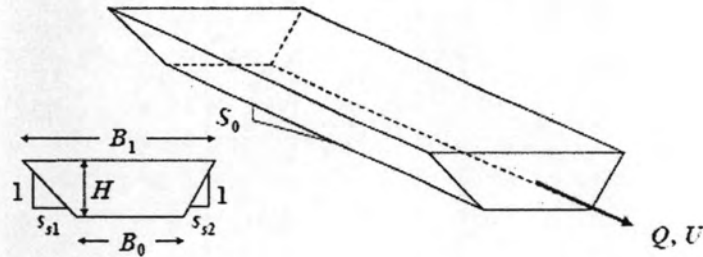
เมื่อ Q = การไหล (m^3/s)

S_0 = ความลาดเอียงของพื้นที่ท้องน้ำ (m/m)

N = ค่าสัมประสิทธิ์ของผิวน้ำของ Manning

A_c = พื้นที่ cross-section (m^2)

P = the wetted perimeter (m)



ภาพที่ 3.6 ลักษณะลำน้ำช่องสี่เหลี่ยมคางหมู

พื้นที่ cross-sectional ของช่องสี่เหลี่ยมคางหมู คำนวณได้จาก

$$A_c = [B_0 + 0.5(s_{11} + s_{12})H]H \quad (5)$$

- เมื่อ B_0 = ความกว้างของพื้นที่ท้องน้ำ (m)
 S_{11} และ S_{12} = ความลาดชันของทั้ง 2 ข้าง (m/m)
 H = ความลึกของ element (m)

the wetted perimeter คำนวณได้จาก

$$P = B_0 + H\sqrt{s_{11}^2 + 1} + H\sqrt{s_{12}^2 + 1} \quad (6)$$

$$H_k = \frac{(Qn)^{3/5} (B_0 + H_{k-1}\sqrt{s_{11}^2 + 1} + H_{k-1}\sqrt{s_{12}^2 + 1})^{2/5}}{S^{3/10} [B_0 + 0.5(s_{11} + s_{12})H_{k-1}]} \quad (7)$$

เมื่อ $k = 1, 2, \dots, n$ เมื่อ n = หมายเลขของจำนวนซ้ำ หมายเลขเริ่มแรก $H_0 = 0$ เป็นหน้าที่วิธี
 สิ้นสุดเมื่อการประเมิน error ลดลงภายใต้การระบุปริมาณของ 0.001 % การประเมินการคำนวณ
 error

$$\varepsilon_n = \left| \frac{H_{k+1} - H_k}{H_{k+1}} \right| \times 100\% \quad (8)$$

พื้นที่ cross-section สามารถคำนวณจากสมการ(5) และ velocity สามารถคำนวณได้

$$U = \frac{Q}{A_c} \quad (9)$$

ค่าเฉลี่ยความกว้างของ element B(m) สามารถคำนวณได้จาก

$$B = \frac{A_c}{H} \quad (10)$$

ความกว้างด้านบน B1(m) สามารถคำนวณได้จาก

$$B_1 = B_0 + (s_{1,1} + s_{1,2})H \quad (11)$$

พื้นที่ผิวหน้าและปริมาตรของ element สามารถคำนวณได้จาก

$$A_s = B_s \Delta x \quad (12)$$

$$V = BH \Delta x$$

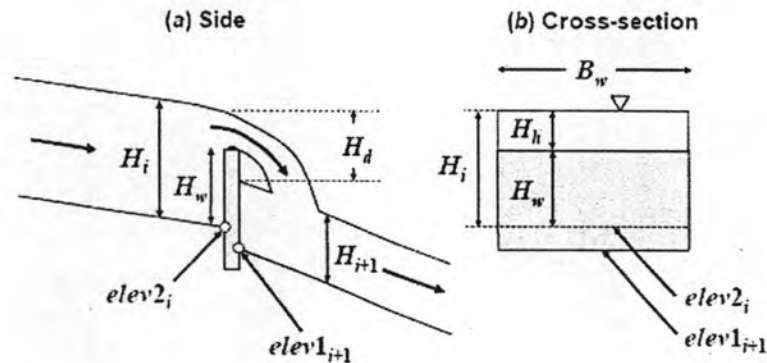
การประเมินค่าสัมประสิทธิ์สำหรับ Manning coefficient อยู่ในตารางที่ 3.2 Manning's n ที่ไม่คงที่เหมือนต้นแบบกับการไหลและความลึกของลำน้ำที่ความลึกของลำน้ำลดลง การไหลของลำน้ำที่ช้า ความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นจากพื้นที่ผิวที่ไม่เรียบ

ตารางที่ 3.2 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n ของลำน้ำ

MATERIAL	n
Man-made channels	
Concrete	0.012
Gravel bottom with sides:	
Concrete	0.020
mortared stone	0.023
Riprap	0.033
Natural stream channels	
Clean, straight	0.025-0.04
Clean, winding and some weeds	0.03-0.05
Weeds and pools, winding	0.05
Mountain streams with boulders	0.04-0.10
Heavy brush, timber	0.05-0.20

3.1.5.3.2 weir

weir สามารถเกิดขึ้นที่จุดสิ้นสุดของ reach ในส่วนประกอบของหนึ่ง element



ภาพที่ 3.7 sharp-crester weir เกิดขึ้นที่ขอบเขตระหว่าง 2 reaches

H_i	= ความสูงผิวน้ำของ element เหนือ weir (m)
H_{i+1}	= ความสูงผิวน้ำของ element ใต้ weir (m)
$elev2_i$	= ระดับท้องน้ำของจุดสิ้นสุดเหนือ element (m)
$elev1_{i+1}$	= ระดับท้องน้ำเหนือจุดสิ้นสุดใต้ element (m)
H_w	= ความสูงของ weir เหนือระดับท้องน้ำ(m)
H_d	= ระดับความสูงที่สั้นจากฝายระหว่างระดับน้ำและผิวน้ำของ element i และ element i+1 (m)
H_h	= ระดับน้ำเหนือ weir (m)
B_w	= ความกว้างของ weir (m)

สำหรับ sharp-crester weir ที่ $H_h/H_w < 0.4$ การไหลเป็นความเกี่ยวข้องของ head โดยหาได้จาก

$$Q_i = 1.83B_w H_h^{3/2} \quad (13)$$

Q_i หาได้จาก out flow จาก element เหนือน้ำของ weir ใน m^3/s B_w และ H_h มีหน่วยเป็น m สมการ(4) สามารถหาได้จาก

$$H_h = \left(\frac{Q_i}{1.83B_w} \right)^{2/3} \quad (14)$$

ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้คำนวณความลึกของ element i

$$H_i = H_w + H_k \quad (15)$$

และระดับน้ำที่ลดลงมากกว่า weir สามารถหาได้จาก

$$H_d = elev2_i + H_i - elev1_{i-1} - H_{i+1} \quad (16)$$

ระดับน้ำที่ลดลงสามารถนำไปคำนวณการเคลื่อนที่ oxygen และ carbon dioxide ที่เหมาะสมของ weir

พื้นที่ cross-section, velocity, surface area และ ปริมาณ element i สามารถคำนวณได้จาก

$$A_{c,j} = B_i H_i \quad (17)$$

$$U_i = \frac{Q_i}{A_{c,j}} \quad (18)$$

$$A_{s,j} = B_i \Delta x_i \quad (19)$$

$$V_i = B_i H_i \Delta x_i \quad (20)$$

เมื่อ B_i = ความกว้างของ element i
 Δ_{xi} = ความยาวของ element i

3.1.5.4 Travel Time

เวลาการไหลที่ผ่านของแต่ละ element คำนวณได้จาก

$$t_k = \frac{V_k}{Q_k} \quad (21)$$

เมื่อ T_k = เวลาที่ไหลผ่านของ k^{th} element (d)
 V_k = ปริมาณของ k^{th} element (m³) = $A_{c,k} \Delta_{x,k}$, $A_{c,k}$ = พื้นที่ cross-section ของ k^{th} element (m²)
 $\Delta_{x,k}$ = ความยาวของ k^{th} element (m)

นี่คือเวลาที่สะสมตามข้อสรุป the travel time แต่ละ segments ของแม่น้ำ(คือแม่น้ำหรือแม่น้ำสาขา) สำหรับตัวอย่าง the travel time headwater ถึงจุดสิ้นสุด downstream ของ j th element ในแต่ละช่องสามารถคำนวณได้จาก

$$t_{t,j} = \sum_{k=1}^j \tau_k \quad (22)$$

เมื่อ $t_{t,j}$ = the travel time (d)

3.1.5.5 Temperature Model

ภาพที่ 3.8 heat balance จะอธิบาย heat transfers จากที่อยู่ใน element, load, withdrawals, the atmosphere, the sediments, heat balance สามารถคำนวณ element i

$$\begin{aligned} \frac{dT_i}{dt} = & \frac{Q_{i-1}}{V_i} T_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} T_i - \frac{Q_{out,i}}{V_i} T_i + \frac{E_{i-1}}{V_i} (T_{i-1} - T_i) + \frac{E_i}{V_i} (T_{i-1} - T_i) \\ & + \frac{W_{h,i}}{\rho_w C_{pw} V_i} \left(\frac{m^3}{10^6 \text{ cm}^3} \right) + \frac{J_{a,i}}{\rho_w C_{pw} H_i} \left(\frac{m}{100 \text{ cm}} \right) + \frac{J_{s,i}}{\rho_w C_{pw} H_i} \left(\frac{m}{100 \text{ cm}} \right) \end{aligned} \quad (23)$$

เมื่อ T_i = อุณหภูมิของ element i ($^{\circ}\text{C}$),

t = เวลา (d)

E'_i = ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการแพร่กระจายระหว่าง element i และ $i+1$ (m^3/d)

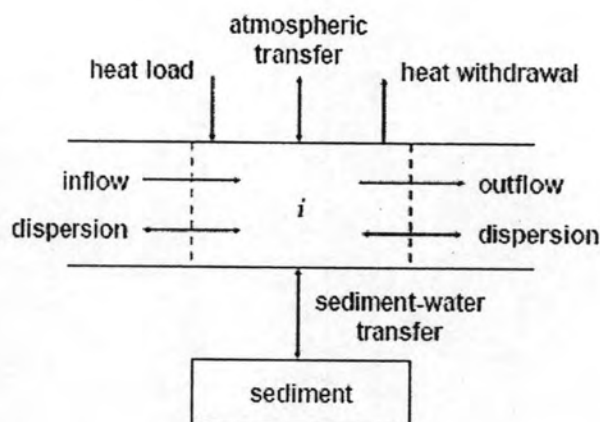
$W_{h,i}$ = heat load ทั้งหมดจาก point และ non-point source ที่ลง element i (cal/d)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (g/cm^3)

C_{pw} = ลักษณะเฉพาะ heat ของน้ำ (cal/(g $^{\circ}\text{C}$))

$J_{a,i}$ = อัตราการไหลของอากาศ-น้ำ ที่ heat (cal/($\text{cm}^2 \text{d}$))

$J_{s,i}$ = อัตราการไหลของตะกอน-น้ำที่ heat (cal/($\text{cm}^2 \text{d}$))



ภาพที่ 3.8 การแพร่กระจาย heat balance ของ element

ตัวเลขสัมประสิทธิ์ที่ได้สามารถคำนวณได้จาก

$$E_i = \frac{E_i A_{c,i}}{(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})/2} \quad (24)$$

heat load รวมจากแหล่งกำเนิดสามารถคำนวณได้จาก

$$W_{h,i} = \rho C_p \left[\sum_{j=1}^{psi} Q_{ps,i,j} T_{psi,j} + \sum_{j=1}^{npsi} Q_{nps,i,j} T_{npsi,j} \right] \quad (25)$$

เมื่อ $T_{psi,j}$ = j th point source temperature สำหรับ element i [$^{\circ}$ C]

$T_{npsi,j}$ = j th non-point source temperature สำหรับ element i [$^{\circ}$ C]

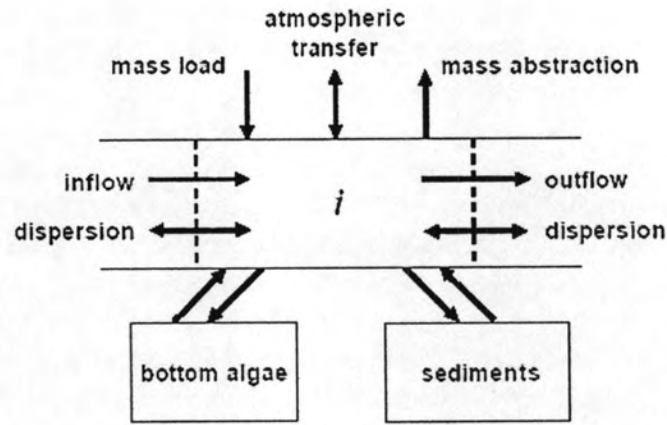
3.1.5.6 Constituents and General Mass Balance

สิ่งที่เปลี่ยนแปลงของ bottom algae mass balance ธรรมดาทั่วไปของ ส่วนประกอบใน element แสดงดังภาพที่ 3.9

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{out,i}}{V_i} c_i + \frac{E_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i \quad (26)$$

เมื่อ W_i = loading ภายนอกของส่วนประกอบ element i [g/d หรือ mg/d]

S_i = แหล่งกำเนิดและการจมตัวของส่วนประกอบที่เหมาะสมต่อปฏิกิริยา และกลไกการทำงานการเคลื่อนที่ของวัตถุ [g/m³/d หรือ mg/m³/d]



ภาพที่ 3.9 Mass balance

load ภายนอกสามารถคำนวณได้จาก

$$W_i = \sum_{j=1}^{ps,i} Q_{ps,i,j} C_{ps,i,j} + \sum_{j=1}^{nps,i} Q_{nps,i,j} C_{nps,i,j} \quad (27)$$

เมื่อ $C_{ps,ij}$ = j_{th} ความเข้มข้น point source ของ element i [mg/L หรือ $\mu\text{g/L}$]

$C_{nps,ij}$ = j_{th} ความเข้มข้น non - point source ของ element I [mg/L หรือ $\mu\text{g/L}$]

เมื่อมีการเคลื่อนที่ bottom algae และ loading ได้กำหนดไว้

$$\frac{d\alpha_{b,i}}{dt} = S_{b,i} \quad (28)$$

$$\frac{dIN_b}{dt} = S_{bN,i} \quad (29)$$

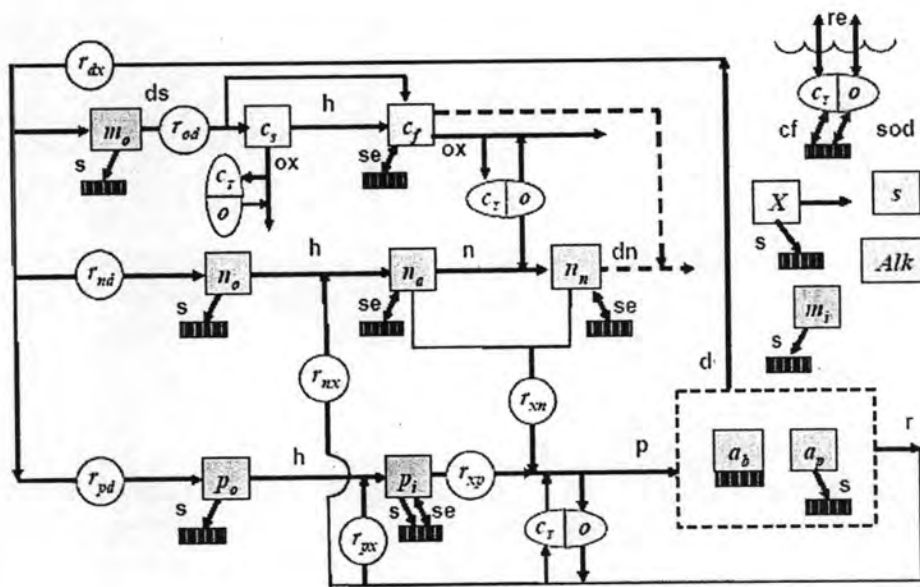
$$\frac{dIP_b}{dt} = S_{bP,i} \quad (30)$$

เมื่อ $S_{b,i}$ = source และการจมตัวของ bottom algae ปฏิกริยา biomass ที่เหมาะสม

$S_{bN,i}$ = source และการจมตัวของ bottom algae ที่ทำให้เกิดปฏิกริยาที่เหมาะสมที่ทำให้เกิด nitrogen [mgN/m²/d]

$S_{bP,i}$ = source และการจมตัวของ bottom algae ที่ทำให้เกิดปฏิกริยาที่เหมาะสม phosphorus [mgP/m²/d]

source และการจมตัวของที่เปลี่ยนแปลงสามารถอธิบายดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 model kinetics และกระบวนการ mass transfer kinetic processes เป็น dissolution(ds), hydrolysis(h), oxidation(ox), death(d) และ respiration/excretion(r), Mass transfer processes are reaeration(re), settling(s), sediment oxygen demand(SOD), sediment exchange(se) และ sediment inorganic carbon flux(cf)

3.1.5.6.1 Dissolved Oxygen (o)

dissolved oxygen จะเพิ่มขึ้นโดยตรงจากกระบวนการ plant photosynthesis โดยการสูญเสียโดยผ่านกระบวนการ fast CBOD oxidation, nitrification และ plant respiration ที่อาศัยบนน้ำหรือภายใต้ความชุ่มชื้นหรือความชุ่มชื้นที่มากเป็นการสูญเสียโดยผ่านกระบวนการ reaeration

$$S_o = r_{oa} \text{PhytoPhoto} + r_{od} \text{BotAlgPhoto} - r_{oc} \text{FastCOxid} - r_{on} \text{NH4Nitr} - r_{oo} \text{PhytoResp} - r_{od} \text{BotAlgResp} + \text{OxReaer} \tag{31}$$

เมื่อ

$$\text{OxReaer} = k_a(T)(o_s(T, elev) - o) \tag{32}$$

เมื่อ $k_a(T)$ = ค่าสัมประสิทธิ์ temperature – dependent oxygen reaeration [1/d]

$O_s(T, elev)$ = ความเข้มข้นจุดอิ่มตัวของ oxygen [mgO₂/L] ที่อุณหภูมิ T และความสูงจากระดับน้ำทะเล(elev)

3.1.5.6.2 Fast Reacting CBOD (cf)

Fast reacting CBOD เป็นการเพิ่มขึ้นโดยผ่านการละลายของการย่อยสลายและปฏิกิริยา hydrolysis ของ solely – reacting CBOD และเป็นการสูญเสียโดยผ่านปฏิกิริยา oxidation และ denitrification

$$S_{cf} = F_f r_{od} \text{ DetrDiss} + \text{SlowCHydr} - \text{FastCOxid} - r_{oxid} \text{ Denitr} \quad (33)$$

เมื่อ

$$\text{FastCOxid} = F_{oxc} k_{dc}(T) C_f \quad (34)$$

เมื่อ $k_{dc}(T)$ = ระดับ temperature – dependent fast CBOD oxidation [1/d]

F_{oxc} = ความเหมาะสมของการลดระดับของ oxygen [dimensionless]

3 สูตรนี้ใช้ในการเป็นตัวแทนการทำให้ลดลง oxygen

Half – Saturation

$$F_{oxyp} = \frac{o}{K_{socf} + o} \quad (35)$$

เมื่อ k_{socf} = ค่าคงที่ half – saturation ของผลกระทบจาก oxygen บนปฏิกิริยา oxidation fast CBOD [mgO₂/L]

Exponential

$$F_{oxyp} = (1 - e^{-K_{socf} o}) \quad (36)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขจากผลกระทบของปฏิกิริยา oxidation บน fast CBOD[L/mgO₂]

Second – Order Half Saturation

$$F_{oxyp} = \frac{o^2}{K_{socf} + o^2} \quad (37)$$

เมื่อ k_{socf} = ค่าคงที่ half – saturation จากผลกระทบ second – order ของ oxygen บน fast CBOD oxidation[mgO₂²/L²]

3.1.5.6.3 Organic Nitrogen (n_o)

การเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมของ Organic nitrogen ที่ทำให้ plant death โดยจะสูญหายโดยผ่านกระบวนการ hydrolysis และ settling

$$S_{n_o} = r_{n_o} \text{PhytoDeath} + q_{0,N} \text{BotAlgDeath} - \text{ONHydr} - \text{ONSettl} \quad (38)$$

ระดับ organic nitrogen กระบวนการ hydrolysis สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ONHydr} = k_{hm}(T)n_o \quad (39)$$

เมื่อ $k_{hm}(T)$ = ระดับ temperature – dependent ที่กระบวนการ hydrolysis organic nitrogen [1/d]

$$\text{ONSettl} = \frac{v_{on}}{H} n_o \quad (40)$$

เมื่อ v_{on} = ความเร็วในการ settling organic nitrogen [m/d]

3.1.5.6.4 Nitrate Nitrogen (n_n)

การเพิ่มขึ้น nitrate nitrogen ที่เหมาะสมของกระบวนการ nitrification ของ ammonia มันจะสูญหายโดยผ่านกระบวนการ denitrification และ plant photosynthesis

$$S_{n_n} = \text{NH}_4\text{Nitrif} - \text{Denitr} - r_{na}(1 - P_{sp}) \text{PhytoPhoto} - (1 - P_{ob}) \text{BotAlgUptakeN} \quad (41)$$

ระดับ denitrification สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Denitr} = (1 - F_{oxdn})k_{dn}(T)n_n \quad (42)$$

เมื่อ $k_{dn}(T)$ = ระดับ temperature – dependent ของปฏิกิริยา denitrification ของ nitrate nitrogen [1/d]

F_{oxdn} = ผลกระทบของ low oxygen บน denitrification [dimensionless]

3.2 วิธีดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษาได้ทำการสำรวจพื้นที่เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง ปัญหาที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพน้ำของลำน้ำพอง โดยทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ป้อนข้อมูลลงแบบจำลอง เก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ ปรับเทียบแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนทำการประเมิน TMDL แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แผนผังการดำเนินการศึกษา

3.2.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

- 1) ข้อมูลพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (Cross section) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 2) ปริมาณน้ำ (Discharge) และระดับน้ำ (Water level) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและกรมชลประทาน โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - ปริมาณน้ำจากเขื่อนอุบลรัตน์ ปี พ.ศ.2537-2547
 - ปริมาณน้ำจากฝายหนองหวาย ปี พ.ศ.2537-2547
 - สถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำ บ้านหินกองน้อย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2537-2547
 - สถานีตรวจวัดระดับน้ำ บ้านท่าแม่ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ปี พ.ศ.2537-2547
- 3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่เก็บรวบรวมโดยกรมควบคุมมลพิษ ระหว่างปี พ.ศ. 2538-2548
- 4) ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source) และแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (non-point source) จากการประเมินและการประมาณมลพิษจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ
- 5) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- 6) ข้อมูลที่ได้จากการออกภาคสนามจากการเก็บตัวอย่าง

3.2.2 ป้อนข้อมูลลงในแบบจำลอง QUAL2K

3.2.2.1 แบ่ง Reach ของลำน้ำ

เป็นขั้นตอนแรกของการทำแบบจำลอง โดยแบ่งลำน้ำออกเป็นช่วงระยะทาง (reach) และมีลักษณะของ Hydraulic characteristics แบบเดียวกัน นอกจากนี้ในแต่ละช่วงระยะทาง (reach) สามารถแบ่งย่อยเป็น element ได้

3.2.2.2 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ

ป้อนข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำพองตอนล่างเพื่อคำนวณลักษณะการไหลของน้ำ โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถหาได้จากกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.2.2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ

ป้อนข้อมูลปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงระยะทาง (reach) โดยข้อมูลปริมาณน้ำได้จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำของกรมชลประทานและข้อมูลคุณภาพน้ำได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ

3.2.2.4 ข้อมูลมลพิษที่ส่งสู่น้ำ

ป้อนข้อมูลปริมาณมลพิษจากการคำนวณปริมาณมลพิษของแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source) แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (non-point source) และจากเอกสารรายงานวิจัยต่างๆ

3.2.2.5 กำหนดค่าคงที่ในแบบจำลอง (Model Parameters)

ทำการกำหนดค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในแบบจำลอง QUAL2K ให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

3.2.3 การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration)

ปรับเทียบแบบจำลอง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ โดยผลที่ได้จากการปรับเทียบค่าทั้งสองต้องใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.2.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจากค่าที่คำนวณได้กับค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจริงการออกภาคสนาม โดยเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 19 เมษายน 2549 เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำฤดูแล้ง และเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2549 เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำฤดูฝน นำข้อมูลคุณภาพน้ำมาตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณกลางลำน้ำที่ความลึก 0.5 จากผิวน้ำ (D) เมื่อ D คือ ความลึกของตำแหน่งนั้นๆ พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ, pH, Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), ไนเตรตไนโตรเจน (NO₃-N) แสดงดังตารางที่ 3.4

การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 15 จุด เป็นบริเวณเดียวกับกรมควบคุมมลพิษ 11 จุด และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำเพิ่มเติม 4 จุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

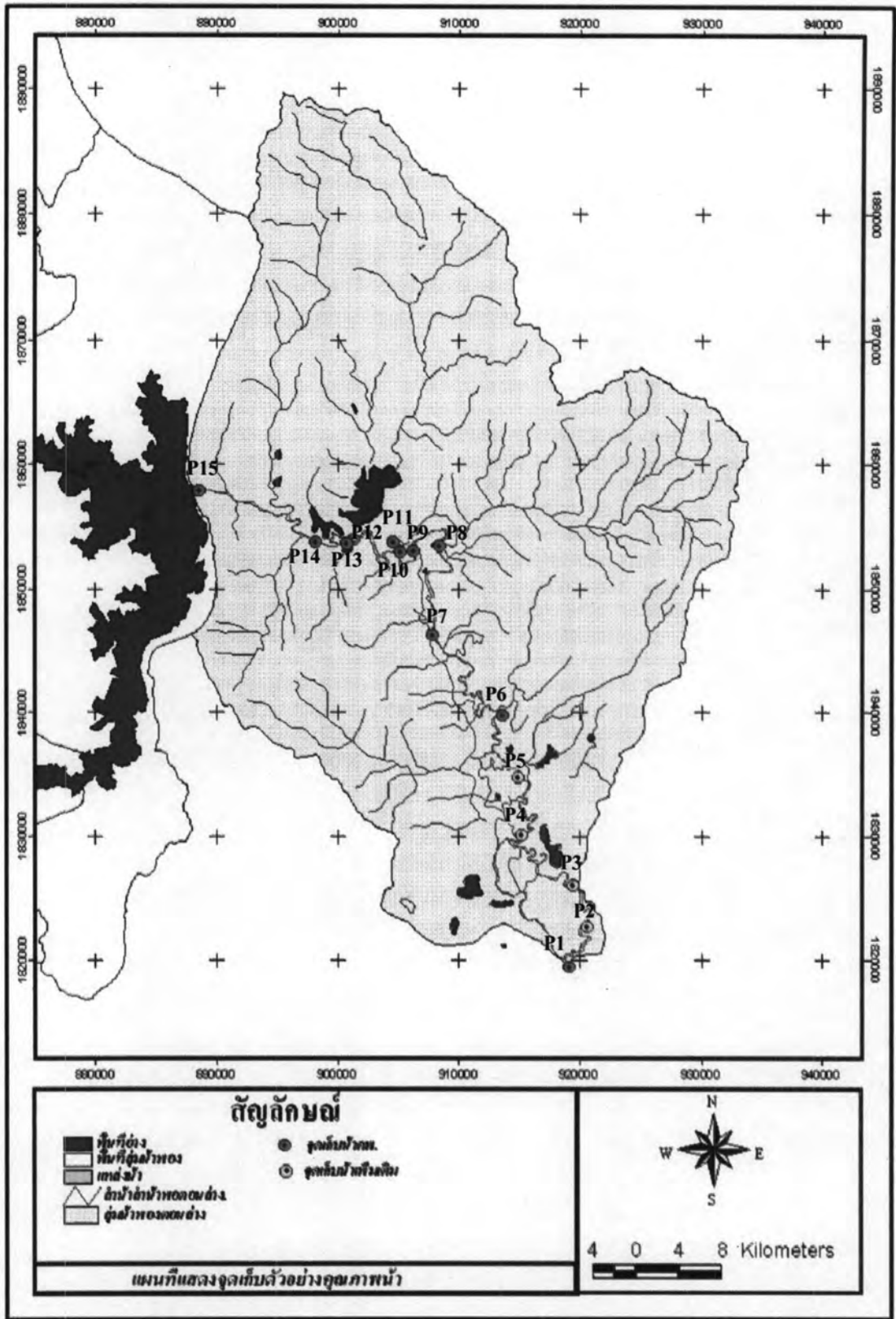
- | | |
|----|--|
| P1 | บริเวณวนขันธ์สาร อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0279549,E1812049 ระวัง 5541I) |
| P2 | บริเวณวัดโพธิ์นิมิตร อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น (พิกัด UTM 48Q N0280347,E1813509 ระวัง 5541I) |
| P3 | บริเวณสะพาน ถ.สาย209 กาศสินธุ์-ขอนแก่น อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น
(พิกัด UTM 48Q N0280593,E1818807 ระวัง 5541I) |
| P4 | บริเวณวัดท่ายางชุม อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น
(พิกัด UTM 48Q N0275452,E1823650 ระวัง 5541I) |
| P5 | สะพานบ้านโคกท่า อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น |

- (พิกัด UTM 48Q N0276515,E1828619 ระวัง 5542II)
- P6 วัดท่าอุทุมพร บ้านท่ามะเค็ด อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0274199,E1834609 ระวัง 5542II)
- P7 สะพานท่าเมา-วังชัย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0267910,E1834270ระวัง 5542II)
- P8 ใต้โรงงานน้ำตาล บ้านกุดน้ำใส อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0269391,E1848869 ระวัง 5542II)
- P9 ศาลเจ้าปู่ท่งเทียว อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0269358,E1851813 ระวัง 5542II)
- P10 ฝ่ายหนองหาว อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0265730,E1850511ระวัง 5542II)
- P11 จุดสูบน้ำประป่าน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0264315,E1850659 ระวัง 5542II)
- P12 ใต้บึงห้วยโจด อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0260331,E1850868 ระวัง 5542II)
- P13 เหนือปากบึงห้วยโจด อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0259838,E1851399 ระวัง 5542III)
- P14 สะพานบ้านคำบอน อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0257252,E1851044 ระวัง 5542III)
- P15 สะพานบ้านบ่อนกเขา อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น(กรมควบคุมมลพิษ)
(พิกัด UTM 48Q N0247897,E18557744 ระวัง 5542VI)

แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำแสดงดังภาพที่ 3.12

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์และการเก็บรักษาตัวอย่าง

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	การเก็บรักษาตัวอย่าง
Temperature	DO meter	-
pH	pH meter	-
DO	DO meter	-
BOD	Azide Modification Method	ice
NO ₃ -N	Cadmium Reduction Method	ice



ภาพที่ 3.12 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ

3.2.5 ประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวัน (Total Maximum Daily Load ; TMDL)

1) กำหนดเป้าหมายของพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา โดยอ้างอิงจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดให้ลำน้ำพองตอนล่างเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 (ภาคผนวก ก) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
DO	ไม่ต่ำกว่า 4.0 mg/l
BOD	ไม่เกิน 2.0 mg/l
NO ₃ -N	ไม่เกิน 5.0 mg/l

(กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

2) นำค่าที่ได้จากการทำนายคุณภาพน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทำการทดสอบความสามารถในการรองรับมลพิษมากที่สุดระดับที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำของกรมควบคุมมลพิษ โดยกำหนดค่าสูงสุดในการรองรับมลพิษของแม่น้ำตามที่มาตรฐานกำหนดไว้

3) ป้อนข้อมูลปริมาณของเสียรวม (loading) ของแหล่งน้ำที่มีอยู่ปัจจุบันลงไปและค่อยๆปรับค่าปริมาณความสกปรกให้เพิ่มขึ้นทีละน้อยจนได้เท่ากับค่าตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ นำข้อมูลนั้นเป็นพื้นฐานในการคำนวณ TMDL ของค่า BOD และ NO₃N โดยการคำนวณ TMDL สามารถทำได้ดังนี้

$$\text{TMDL} = \text{Existing Load} + \text{Point source (ที่ยังสามารถรองรับได้)}$$

3.3 การป้อนข้อมูลลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.3.1 แบ่ง Reach ของลำน้ำ

การศึกษานี้ได้ทำการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวันของลำน้ำพองตอนล่าง ตั้งแต่ช่วงท้ายเขื่อนอุบลรัตน์จนถึงจุดบรรจบลำน้ำชีบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รวมความยาวประมาณ 140 กิโลเมตร โดยได้แบ่งน้ำพองตอนล่างออกเป็น 26 reaches ตามลักษณะทางกายภาพของลำน้ำและตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำกรมชลประทานและสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำกรมชลประทานของลำน้ำพองตอนล่าง

E. 30 สถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำท้ายเขื่อนอุบลรัตน์ อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น

E. 22A สถานีตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำ บ้านหินกองน้อย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษของลำน้ำพองตอนล่าง

PO01 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำวชิรยารีสอร์ท อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น

PO04 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำวัดอุทุมพร อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO05 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสะพานท่าแม่-วังชัย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO06 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำใต้โรงงานน้ำตาลขอนแก่น อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO07 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำศาลเจ้าปู่ถู่เทียว อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO08 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำฝายหนองหวาย อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO09 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจุดสูบน้ำประปา น้ำพอง อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO10 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำใต้ปากบึงห้วยโจด 100 เมตร อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO11 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเหนือปากบึงห้วยโจด 100 เมตร อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

PO12 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำบ้านคำบอน อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น

PO13 คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสะพานบ้านบ่อนกเขา อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น

นอกจากนี้ในแต่ละช่วงลำน้ำ (Reach) ได้ทำการแบ่งเป็นช่องย่อย (Element) ของแต่ละ reach เพื่อความสะดวกและความเหมาะสมต่อการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไหลลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างแสดงดังภาพที่ 3.13

Head Water

Θ P013	1	
	2	
	3	
Θ P012	4	
Θ P011	5	
	6	
Θ P010	7	
	8	
	9	
	10	
Θ P09	11	
	12	
Θ P08	13	
	14	ฝ่ายหนองหวาย
	15	E22A
Θ P07	16	
Θ P06	17	
	18	
Θ P05	19	
	20	
Θ P04	21	
	22	
Θ P03	23	
Θ P02	24	
	25	
Θ P01	26	

หมายเหตุ: Θ จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ

ภาพที่ 3.13 การแบ่ง Reach ของลำน้ำพองตอนล่าง

3.3.2 ป้อนข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ

การคำนวณลักษณะการไหลของลำน้ำพองตอนล่างแบบจำลอง QUAL2K ได้ใช้การคำนวณลักษณะการไหลแบบ Manning Equations โดยสมมุติให้รูปร่างลักษณะหน้าตัดของลำน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูมาใช้ในการคำนวณลักษณะการไหลของน้ำ ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำที่ป้อน ได้แก่ ความชันของลำน้ำ (channel slope) ความชันทั้งสองข้างของลำน้ำ (side slope) และความกว้างของท้องน้ำ (bottom width) ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำพองตอนล่างแสดงในภาคผนวก ข

3.3.3 ป้อนข้อมูลปริมาณน้ำท่าและคุณภาพน้ำที่ต้นน้ำ

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากต้นน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากเขื่อนอุบลรัตน์ โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลรักษาและควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากเขื่อนอุบลรัตน์ ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้เป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2537-2547 โดยได้กำหนดช่วงฤดูออกเป็น 2 ฤดู คือ ช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมิถุนายนและช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (ภาคผนวก ค.) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.5 ตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย สถานี E30 ในช่วงปี พ.ศ.2537-2547

สถานี	ฤดูฝน (ลบ.ม./วินาที)	ฤดูแล้ง (ลบ.ม./วินาที)
E 30	515.9	288.38

ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ต้นน้ำได้ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำต้นน้ำคือ สถานี PO13 บริเวณสะพานบ้านบ่อนกเขา อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น โดยแบ่งข้อมูลคุณภาพน้ำออกเป็น 2 ฤดู คือ ช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝน และได้ใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยในระหว่างปี พ.ศ. 2537-2547 แสดงดังตารางที่ 3.8 จากข้อมูลคุณภาพน้ำ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษแสดงในภาคผนวก ง. ได้ผลการคำนวณเฉลี่ยดังนี้

ตารางที่ 3.6 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากเขื่อนอุบลรัตน์ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2547

สถานี	ที่ตั้ง	ช่วงปีสถิติ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน, ล้าน ลบ.ม											
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
E 30	UBOLRAT DAM, UBOLRAT KHON KAEN	2537-2547	111.62	102.55	134.40	115.93	128.21	186.57	221.43	213.04	316.61	271.36	197.83	85.14

(การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย, 2548)

แบบจำลอง QUAL2K ต้องป้อนข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่ต้นน้ำเป็น ลบ.ม./วินาที ดังนั้นจึงได้คำนวณเป็น ลบ.ม./วินาที ได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 3.7 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากเขื่อนอุบลรัตน์ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2547

สถานี	ที่ตั้ง	ช่วงปีสถิติ	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน, ลบ.ม/วินาที											
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
E 30	UBOLRAT DAM, UBOLRAT KHON KAEN	2537-2547	43.06	39.56	51.58	44.73	49.46	71.98	85.43	82.19	122.15	104.69	76.33	32.85

(การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย, 2548)

ตารางที่ 3.8 คุณภาพน้ำเฉลี่ยสถานีตรวจวัดบ้านบ่อนกเขา ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในระหว่างปี พ.ศ. 2538-2548

ฤดู	Temp (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH3-N (mg/l)
เฉลี่ยฤดูฝน	32.26	7.14	3.91	1.61	0.03	0.012	0.191
เฉลี่ยฤดูแล้ง	29.72	7.33	5.64	1.39	0.09	0.016	0.075

(กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

3.3.4 ป้อนข้อมูลมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำ

ข้อมูลมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำได้ทำการแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน (point source) และแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอน (non-point source) โดยการประเมินมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างได้แบ่งประเภทแหล่งกำเนิดดังนี้

3.3.4.1 แหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน (point source) คือแหล่งกำเนิดมลพิษที่ทราบตำแหน่งที่ตั้งที่แน่นอน ขนาดและกิจกรรมของแหล่งกำเนิดน้ำเสีย รวมถึงรายละเอียดการใช้งานและระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ชุมชนเขตเทศบาล โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

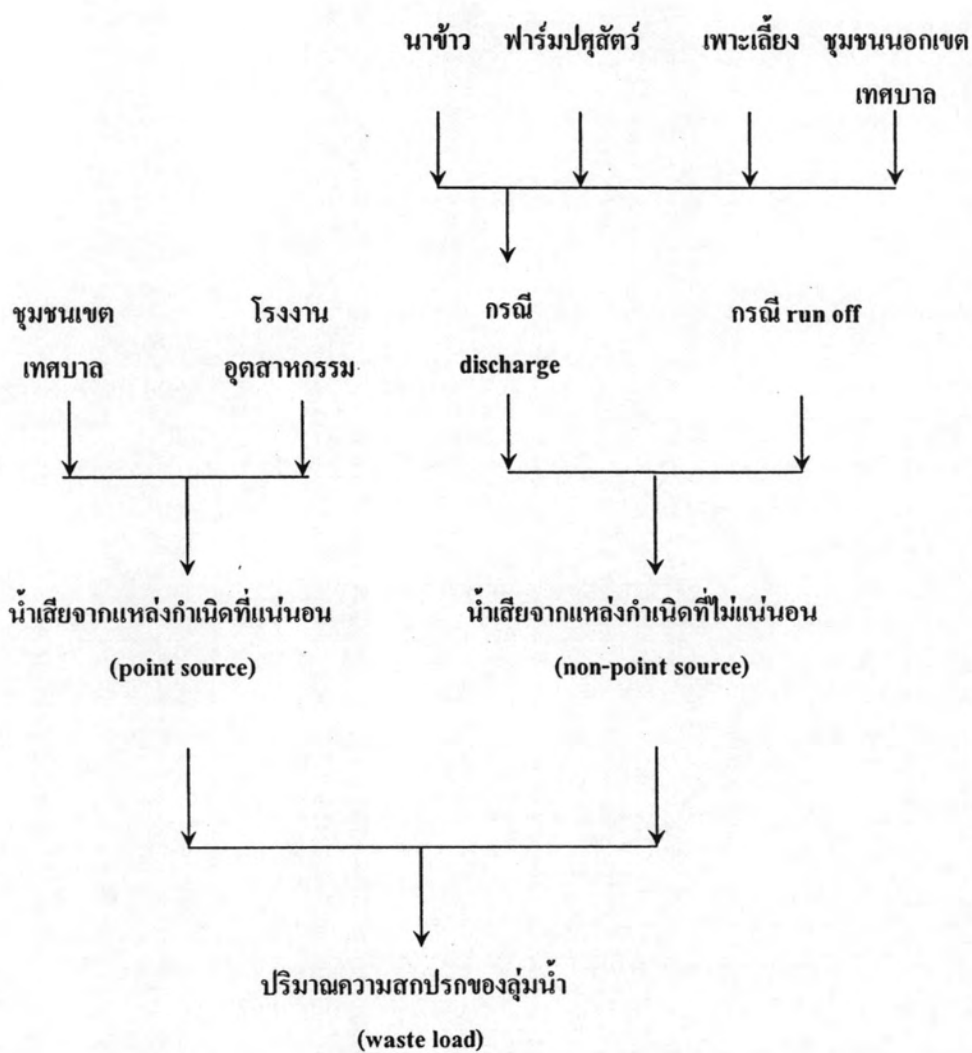
3.3.4.2 แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอน (non-point source) ได้แบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอนออกเป็น 2 กรณี

1) กรณี run off คือ มลพิษที่เกิดจากการชะล้างบนผิวดินของน้ำฝน โดยนำเอามลสารต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำไหลลงสู่ลำน้ำหลัก

2) กรณี discharge คือ มลพิษที่เกิดจากการปล่อยมลสารจากแหล่งกำเนิดลงสู่พื้นที่ต่างๆ ใกล้เคียง โดยไม่มีการควบคุมดูแลและบำบัดก่อนปล่อย เช่น ปล่อยลงสู่พื้นดินที่ว่างเปล่า หรือลงสู่คลองต่างๆ โดยมลสารเหล่านี้จะไหลลงสู่ลำน้ำหลักต่อไป แหล่งกำเนิดประเภทนี้ได้แก่ นาข้าว ฟาร์มปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและชุมชนนอกเขตเทศบาล รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3.14 และตารางที่ 3.9

การแบ่งประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษ ประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและฟาร์มปศุสัตว์เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอนได้แบ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างมีการกระจายตัวของกรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและฟาร์มปศุสัตว์เป็นไปอย่างกระจัดกระจาย อีกทั้งไม่สามารถบอกตำแหน่งที่ไม่ชัดเจนและไม่มีการควบคุมการจัดการมลสารที่ปล่อยออกมาได้

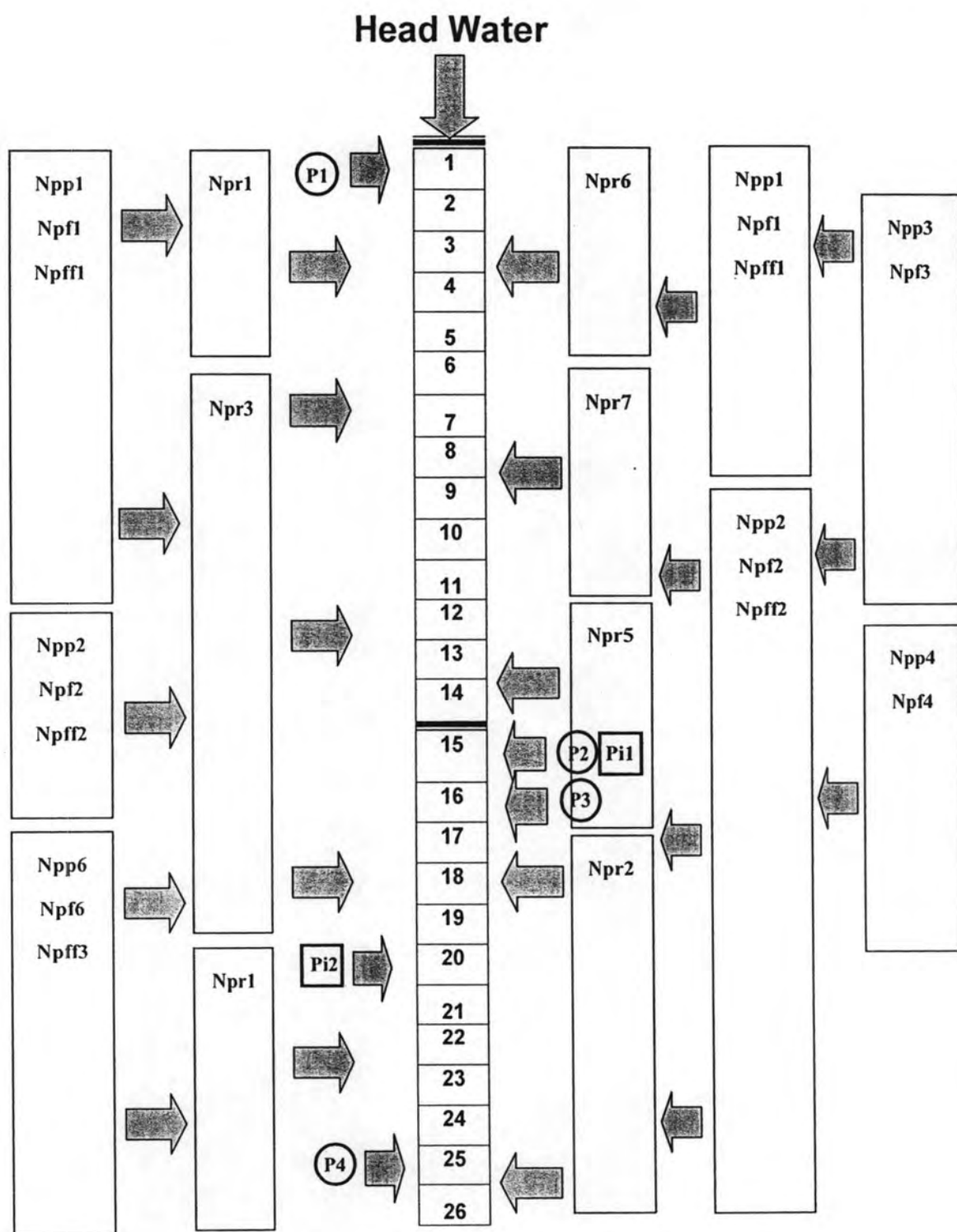
ส่วนการแบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ ที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างเพื่อการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แบ่งแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ดังภาพที่ 3.15 โดยบอกตำแหน่งของแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ไหลลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง



ภาพที่ 3.14 การแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

ตารางที่ 3.9 ประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ประเภท	สัญลักษณ์	รายละเอียด	
แหล่งกำเนิดที่แน่นอน	1. ชุมชนเขตเทศบาล	P1	เทศบาลตำบลอุบลรัตน์	
		P2	เทศบาลตำบลน้ำพอง	
		P3	เทศบาลตำบลวังชัย	
		P4	เทศบาลนครขอนแก่น	
	2. อุตสาหกรรม	Pi1	โรงงานสุรา	
		Pi2	โรงงานแปงมันสำปะหลัง	
แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน	1. Run off	Npr1	ห้วยพระค้อ (1)	
		Npr2	หนองเลิง (2)	
		Npr3	ห้วยโจด (3)	
		Npr4	ห้วยยาง (4)	
		Npr5	ห้วยเสียว (5)	
		Npr6	ห้วยคำเม็ก (6)	
		Npr7	ห้วยเสือเต้น (7)	
	2. ปศุสัตว์	Npp1	อ.อุบลรัตน์	
		Npp2	อ.น้ำพอง	
		Npp3	อ.เขาสวนกวาง	
		Npp4	อ.โนนสะอาด	
		Npp5	อ.กระนวน	
		Npp6	อ.เมืองขอนแก่น	
	3. ประมง	3.1 ปลาบ่อ	Npf1	อ.อุบลรัตน์
			Npf2	อ.น้ำพอง
			Npf3	อ.เขาสวนกวาง
			Npf4	อ.กระนวน
			Npf5	อ.เมือง
	3.2 ปลากระชัง		Npff1	อ.อุบลรัตน์
			Npff2	อ.น้ำพอง
			Npff3	อ.เมือง



ภาพที่ 3.15 รูปแบบการแบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง

3.3.5 การกำหนดค่า(Model parameters)

3.3.5.1 ที่ตั้งของกลุ่มน้ำและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

3.3.5.1.1 ที่ตั้งของกลุ่มน้ำ

แม่น้ำพองตั้งอยู่ระหว่าง ละติจูด $102^{\circ} - 37' - 39''$ E ถึง $103^{\circ} - 00' - 30''$ E และ ลองจิจูด $16^{\circ} - 46' - 23''$ N ถึง $16^{\circ} - 28' - 00''$ N

3.3.5.1.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาที่ต้องในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้

- (1) อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
- (2) Dew point temperature
- (3) ความเร็วลม (Wind Speed)
- (4) Cloud cover
- (5) Shade

พื้นที่กลุ่มน้ำพองตอนล่างมีสถานีตรวจวัดภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 1 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดขอนแก่น โดยมีรายละเอียดด้านอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่กลุ่มน้ำพองตอนล่างดังนี้

ตารางที่ 3.10 สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยที่สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดขอนแก่นในช่วงปี พ.ศ. 2509-2538

ตัวแปรภูมิอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	23.0	25.6	28.5	30.1	29.0	28.5	28.0	27.5	27.1	26.3	24.5	22.6
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	64	62	59	62	72	76	77	80	82	77	70	66
เมฆปกคลุม (0-10)	2.9	3.0	3.4	4.8	6.8	7.9	7.9	8.4	7.4	5.6	4.0	3.0
ความเร็วลม (น็อต)	1.5	1.7	2.1	2.1	2.2	2.6	2.6	2.4	1.4	1.6	1.9	1.8
ปริมาณการ ระเหยจากผิวดิน (มิลลิเมตร)	144.1	150.9	202.0	210.5	190.0	160.8	159.7	136.8	128.2	141.6	143.5	143.1

(สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดขอนแก่น, 2540)

ข้อมูลทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ป้อนลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละฤดูได้ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ป้อนลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรภูมิอากาศ	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.7	25.21
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	77.33	63.83
เมฆปกคลุม (0-10)	7.33	4.08
ความเร็วลม (น็อต)	1.99	1.85
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ (มิลลิเมตร)	152.85	165.68

(สถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยจังหวัดขอนแก่น, 2540)

3.3.5.2 Light and Heat parameter

การปรับค่าพารามิเตอร์ของแสงและความร้อนที่ป้อนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้พิจารณาจากการศึกษาและการประเมินมลพิษในแม่น้ำปราจีนบุรี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (นฤชัย, 2548) เป็นพื้นฐาน โดยได้กำหนดค่าคงที่ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ค่าพารามิเตอร์ของแสงและความร้อนที่ป้อนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของลำน้ำพองตอนล่าง

Parameter	Value	Unit	symbol
Photosynthetically Available Radiation	0.47		
Background light extinction	0.2	/m	k_{cb}
Linear chlorophyll light extinction	0.0088	1/m-($\mu\text{gA/L}$)	a_p
Nonlinear chlorophyll light extinction	0.054	1/m-($\mu\text{gA/L}$) ^{2/3}	a_{pn}
ISS light extinction	0.052	1/m-(mgD/L)	a_i
Detritus light extinction	0.174	1/m-(mgD/L)	a_o
Bras solar parameter			
atmospheric turbidity coefficient	2		n_{fac}
Ryan-Stolzenbach solar parameter			
atmospheric transmission coefficient	0.8		a_{tc}

ตารางที่ 3.12 ค่าพารามิเตอร์ของแสงและความร้อนที่ป้อนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของลำน้ำพองตอนล่าง(ต่อ)

Sediment heat parameters			
Sediment thermal thickness	15	cm	H_s
Sediment thermal diffusivity	0.0064	cm^2/s	a_s
Sediment density	1.6	g/cm^3	r_s
Water density	1	g/cm^3	r_w
Sediment heat capacity	0.4	$\text{cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$	C_{ps}
Water heat capacity	1	$\text{cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$	C_{pw}

3.3.5.3 Rate

การปรับค่าคงที่ของแบบจำลอง QUAL2K ได้พิจารณาจากการศึกษาพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ศึกษา คือ Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) และไนเตรตในรูปไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) โดยกำหนดค่าคงที่ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแบบจำลอง QUAL2K ได้แก่

- 1) K_{dc} (the temperature-dependent fast CBOD hydrolysis rate) [1/d]
- 2) K_{hn} (the temperature-dependent organic nitrogen hydrolysis rate) [1/d]
- 3) K_{dn} (the temperature-dependent denitrification rate for nitrate nitrogen) [1/d]
- 4) Prescribed Reaeration [1/d]

การปรับค่าคงที่ใช้ในแบบจำลองได้พิจารณาจากการศึกษา A water quality modeling modeling study of the Nadong River, Korea (Park and Lee, 2001) แสดงในตารางที่ 3.14 และการประเมินมลพิษในแม่น้ำปราจีนบุรีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (นฤชัย, 2548) แสดงในตารางที่ 3.14 เป็นพื้นฐานในการปรับค่าคงที่ในแบบจำลอง QUAL2K ของการศึกษานี้

ตารางที่ 3.13 ค่า coefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ได้จากการศึกษา Nakdong River

Description	Value	Unit	Range ^b	Symbol
<u>Algae</u>				
Respiration rate (dead + living)	0.25	1/day	0.05-0.5	ρ
Death rate	0.08	1/day	-	ρ_1
Respiration (living)	0.17	1/day	-	ρ_2
Oxygen Production	1.6	mg-O ₂ /mgA	1.4-1.8	α_3
Oxygen uptake	1.6	mg-O ₂ /mgA	1.6-2.3	α_4
<u>BOD and DO</u>				
Deoxygenation rate	0.2-0.4	1/day	0.02-3.4	K_1
Settling rate	0.05-0.98	1/day	-0.36-3.6	K_3
Benthos source	0.0	g O ₂ /m ² per day	-	K_4
O ₂ production by fixed plant	2.0-5.0	g O ₂ /m ² per day	-	λ_2
<u>Nitrogen and phosphorus</u>				
Organic-N decay	0.1-0.3	1/day	0.02-0.4	β_0
Organic-N settling rate	0.01-0.1	1/day	0.001-0.1	σ_4
Oxidation of NH ₃ -N	0.4-0.8	1/day	0.10-1.00	β_1
Oxidation of NO ₂ -N	1.0-2.0	1/day	0.02-2.0	β_2
Denitrification	0.0-0.35	1/day	-	β_3
Organic-P decay	0.1-0.5	1/day	0.01-0.7	β_4
Organic-P settling	0.01-0.1	1/day	0.001-0.1	σ_5

(Park and Lee, 2002)

ตารางที่ 3.14 การปรับค่า coefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ได้จากการศึกษาแม่น้ำ
ปราจีนบุรี

Description	Value	Unit	Symbol
Oxygen			
- Reaeration model	Internal		
- Temp. correction	1.024		q_a
- O ₂ for carbon oxidation	2.69	gO ₂ /gC	r_{oc}
- O ₂ for NH ₄ nitrification	4.57	gO ₂ /gN	r_{on}
- Oxygen inhib CBOD oxidation model	2nd order		
- Oxygen inhib CBOD oxidation parameter	0.60	mgO ₂ /L	K_{socf}
- Oxygen inhib nitrification model	2nd order		
- Oxygen inhib nitrification parameter	0.60	mgO ₂ /L	K_{sona}
- Oxygen enhance denitrification model	2nd order		
- Oxygen enhance denitrification parameter	0.60	mgO ₂ /L	K_{sodn}
Fast CBOD			
- Temp. correction	1.047		q_{dc}
Organic N			
- Temp. correction	1.07		q_{hn}
Ammonium			
- Temp. correction	1.07		q_{na}
Nitrate			
- Temp. correction	1.07		q_{dn}
- Sed denitrification transfer coeff	0	m/d	v_{di}
- Temp. correction	1.07		q_{di}
pH			
- Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	P_{CO_2}

(นฤชัย คุณทอง, 2548)

ตารางที่ 3.15 การปรับค่า coefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ใช้ในการศึกษาของลำน้ำพอง
ตอนล่าง

Parameter	Value	Units	Symbol
Oxygen:			
Reaeration model	Internal		
Temp. correction	1.024		q_a
Reaeration wind effect	None		
O2 for carbon oxidation	2.69	gO_2/gC	r_{oc}
O2 for NH4 nitrification	4.57	gO_2/gN	r_{on}
Oxygen inhib model CBOD oxidation	2nd order		
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0.60	mgO_2/L	K_{socf}
Oxygen inhib model nitrification	2nd order		
Oxygen inhib parameter nitrification	0.60	mgO_2/L	K_{sona}
Oxygen enhance model denitrification	2nd order		
Oxygen enhance parameter denitrification	0.60	mgO_2/L	K_{sodn}
Oxygen inhib model phyto resp	2nd order		
Oxygen inhib parameter phyto resp	0.60	mgO_2/L	K_{sop}
Oxygen enhance model bot alg resp	2nd order		
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0.60	mgO_2/L	K_{sob}
Fast CBOD:			
Oxidation rate	0.3	/d	k_{dc}
Temp. correction	1.047		q_{dc}
Organic N:			
Temp. correction	1.07		q_{hn}

ตารางที่ 3.15 การปรับค่าcoefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ใช้ในการศึกษาของลำน้ำพอง
ตอนล่าง(ต่อ)

Parameter	Value	Units	Symbol
Nitrate:			
Denitrification	0.1	/d	k_{dn}
Temp correction	1.07		q_{dn}
Sed denitrification transfer coeff	0.001	m/d	v_{di}
Temp correction	1.07		q_{di}
pH:			
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	P_{CO_2}

3.4 การประเมินข้อมูลปริมาณมลพิษลงแบบจำลอง

3.4.1 แหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน (point source)

3.4.1.1 ชุมชนเขตเทศบาล

น้ำเสียจากชุมชนที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่แน่นอน คือ ชุมชนขนาดใหญ่หรือชุมชนขนาดกลางที่มีระบบรวบรวมน้ำทิ้งของเทศบาลเพื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำหรือมีจุดระบายน้ำที่แน่นอน ชุมชนเขตเทศบาลในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างที่ระบายน้ำทิ้งลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง ได้แก่ เทศบาลนครขอนแก่น เทศบาลตำบลวังซัย เทศบาลตำบลน้ำพอง เทศบาลตำบลอุบลรัตน์ โดยชุมชนเขตเทศบาลที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย คือ เทศบาลนครขอนแก่น ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครขอนแก่นเป็นระบบบำบัดแบบระบบเติมอากาศ (Aerated Lagoon) สร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2546 เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยสามารถรองรับน้ำเสียได้สูงถึง 78,000 ลบ.ม./วัน ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำเสียในเขตเทศบาลนครขอนแก่นทั้งหมด

ชุมชนเขตเทศบาลที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียแต่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ เทศบาลตำบลวังซัย เทศบาลตำบลน้ำพองและเทศบาลตำบลอุบลรัตน์ โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกรวบรวมเข้าระบบที่รับน้ำเสียและระบายลงสู่ลำน้ำพองต่อไป การศึกษาปริมาณน้ำเสียและค่าความสกปรกของน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนเขตเทศบาลต่างๆ ได้ประเมินจากปริมาณน้ำใช้เฉลี่ยทุกกิจกรรมในพื้นที่เขตเทศบาลที่ได้รับปริมาณน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคในแต่ละพื้นที่ โดยอ้างอิงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยจากจากโครงการการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อจำนวนประชากร} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำรวม(ลบ.ม./วัน)}}{\text{จำนวนครัวเรือนที่ได้รับบริการน้ำประปา (คิดเป็นจำนวนคน)}}$$

การประเมินอัตราการเกิดน้ำเสียใช้เกณฑ์เดียวกับการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียของกรมโยธาธิการและผังเมืองสำหรับเทศบาลและสุขาภิบาลดังนี้

ปริมาณการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย	= 80% ของปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย
ปริมาณซึมเข้าท่อรวบรวมน้ำเสีย	= 20% ของปริมาณการเกิดน้ำเสีย
ปริมาณน้ำเสียรวมจากพื้นที่	= ปริมาณการเกิดน้ำเสีย+ปริมาณน้ำเสียซึมเข้าท่อรวบรวมน้ำเสีย
หรือ	= 96% ของปริมาณน้ำใช้

วิธีการประเมินข้างต้นจะนำมาใช้ในการประเมินปริมาณน้ำเสียที่ระบายทิ้งของเทศบาลเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินและนำเข้าแบบจำลอง รายละเอียดข้อมูลที่ประเมินจากข้อมูลปีปัจจุบันมีดังนี้

ตารางที่ 3.16 ปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดจากแต่ละเทศบาลในกลุ่มน้ำฟองตอนล่าง

ชุมชนเทศบาล	จำนวนประชากร ปี 2548	อัตราการใช้น้ำ เฉลี่ย(ล./คน/วัน)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
เทศบาลนครขอนแก่น	122,370	270	31,718.3	0.367
ทต.น้ำพอง	6,035	120	695.23	0.008
ทต.วังชัย	6,979	120	803.98	0.009
ทต.เขื่อนอุบลรัตน์	4,199	120	483.73	0.006

คุณลักษณะของน้ำเสียชุมชนที่นำมาใช้ในการประเมินค่าความสกปรกของน้ำทิ้งชุมชนในพื้นที่กลุ่มน้ำฟองตอนล่างที่ป้อนลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้อ้างอิงจากโครงการการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีค่าภาระมลพิษจากน้ำทิ้งชุมชน (BOD) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 167 มิลลิกรัม/ลิตร และได้อ้างอิงค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลต่างๆ ในลุ่มน้ำท่าจีนมาใช้ประเมินมลพิษที่เกิดจากชุมชนในเขตเทศบาลในพื้นที่กลุ่มน้ำฟองตอนล่างมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.17 ค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)
pH	7.5
BOD	167*
SS	209
NO ₃ -N	0.10
NO ₂ -N	0.03
TKN	32.41
NH ₃ -N	26.00
Oil & Grease	12.28
PO ₄ -P	7.32

*ค่าความสกปรกจากการศึกษาโครงการการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(บริษัท โปร เอ็น เทคโนโลยี, 2545)

3.4.1.2 อุตสาหกรรม

การศึกษาปริมาณน้ำเสียและค่าความสกปรกของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง จากการสำรวจเก็บข้อมูลและรวบรวมเอกสารงานวิจัยต่างๆ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอและมีปริมาณที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำพองตอนล่างแสดงดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 ปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

โรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	BOD Loading (กก./วัน)	ระบบบำบัด	การจัดการน้ำที่ผ่านระบบบำบัด
1. โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ (บริษัท ฟินิกซ์ พัลลแอนด์ เพเพอร์ จำกัด)	18,000	180	Activated Sludge Land Treatment Cooling Tower	60% เข้าระบบ Treatment 40% เก็บกักไม่ปล่อยออก หมุนเวียนมาใช้ ปล่อยทิ้งน้ำพอง
2. โรงงานผลิตสุรา (บริษัท สุราทิพย์มหาสิน จำกัด)	100	2	Septic Tank	หมุนเวียนในโรงงาน
3. โรงงานน้ำตาล (บริษัท น้ำตาลขอนแก่น จำกัด)	240	5	Oxidation Pond	ไม่ปล่อยออก
4. โรงงานผลิตไม้อัดและเฟอร์นิเจอร์ (บริษัท ขอนแก่น เอ็มดี เอฟ บอร์ด จำกัด)	120	2.4	Oxidation Pond	ปล่อยลงลำห้วยใหญ่ออกสู่ลำน้ำพอง
5. โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (บริษัท ขอนแก่นพืชผล จำกัด)	1,200	24	Oxidation Pond Land Treatment	

(โครงการวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำพอง มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546)

3.4.2 แหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอน(Non-point source)

น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน คือ น้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ ที่ไม่ได้ถูกรวบรวมโดยท่อระบายน้ำ แต่จะถูกน้ำฝนชะล้างลงพื้น (runoff) แล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งน้ำเสียจากพื้นที่ชุมชน (discharge) ที่ไม่มีท่อรับน้ำเสียแต่ปล่อยทิ้งลงดินหรือถูกลองโดยตรง น้ำทิ้งจากนาข้าวที่ปล่อยทิ้งช่วงฤดูเก็บเกี่ยว รวมทั้งน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์และเพาะเลี้ยง ดังนั้นในการศึกษาแหล่งกำเนิดแบบไม่แน่นอนจึงแบ่งแหล่งกำเนิดน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำฝนชะล้างบนพื้นดิน (rainfall runoff) และน้ำระบายทิ้ง (discharge) จากน้ำเสียฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.4.2.1 ปริมาณและความสกปรกของน้ำฝนชะล้างบนพื้น (rainfall runoff loading)

การศึกษาประเมินความสกปรก (loading) ของน้ำฝนชะล้างบนพื้นดิน ได้ทำการศึกษาโดยแบ่งออกเป็นช่วง 2 ฤดู คือฤดูแล้งและฤดูฝน สำหรับวิธีการประเมินปริมาณความสกปรกในพื้นที่ลุ่มน้ำที่นิยมใช้มีอยู่ 4 วิธี ได้แก่

1. Event Mean Concentration Method
2. Pollution Export Rate Method
3. Build-up and wash-off Method
4. USLE Method

การหาปริมาณและความสกปรกของน้ำฝนชะล้างบนพื้นครั้งนี้ได้ใช้วิธี Event Mean Concentration Method คือ

$$L = 10^{-6} \bar{C} \cdot V_R \cdot A$$

- โดยที่
- L = ปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้น(กิโลกรัม)
 - \bar{C} = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมลพิษในน้ำไหลบ่าหน้าดิน
 - V_R = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินต่อปี(มิลลิเมตร)
 - A = พื้นที่ลุ่มน้ำ(ตารางเมตร)

สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในช่วงเวลา (V_R) คำนวณได้จากปริมาณน้ำฝนรายปี (P) กับค่าสัมประสิทธิ์การไหลบ่าหน้าดิน (C_v) ดังสมการ

$$V_R = P C_v$$

การประเมินน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดไม่แน่นอน ต้องทำการคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่าบนผิวดินของกลุ่มน้ำพองตอนล่างทั้งหมด โดยแบ่งตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 6 ประเภท และหาค่าความเข้มข้นของมลสารในน้ำไหลบ่าบนผิวดินตามประเภทการใช้ที่ดินรายละเอียดการคำนวณและค่าความสกปรกของน้ำชะล้างบนพื้นดินมีรายละเอียดดังนี้

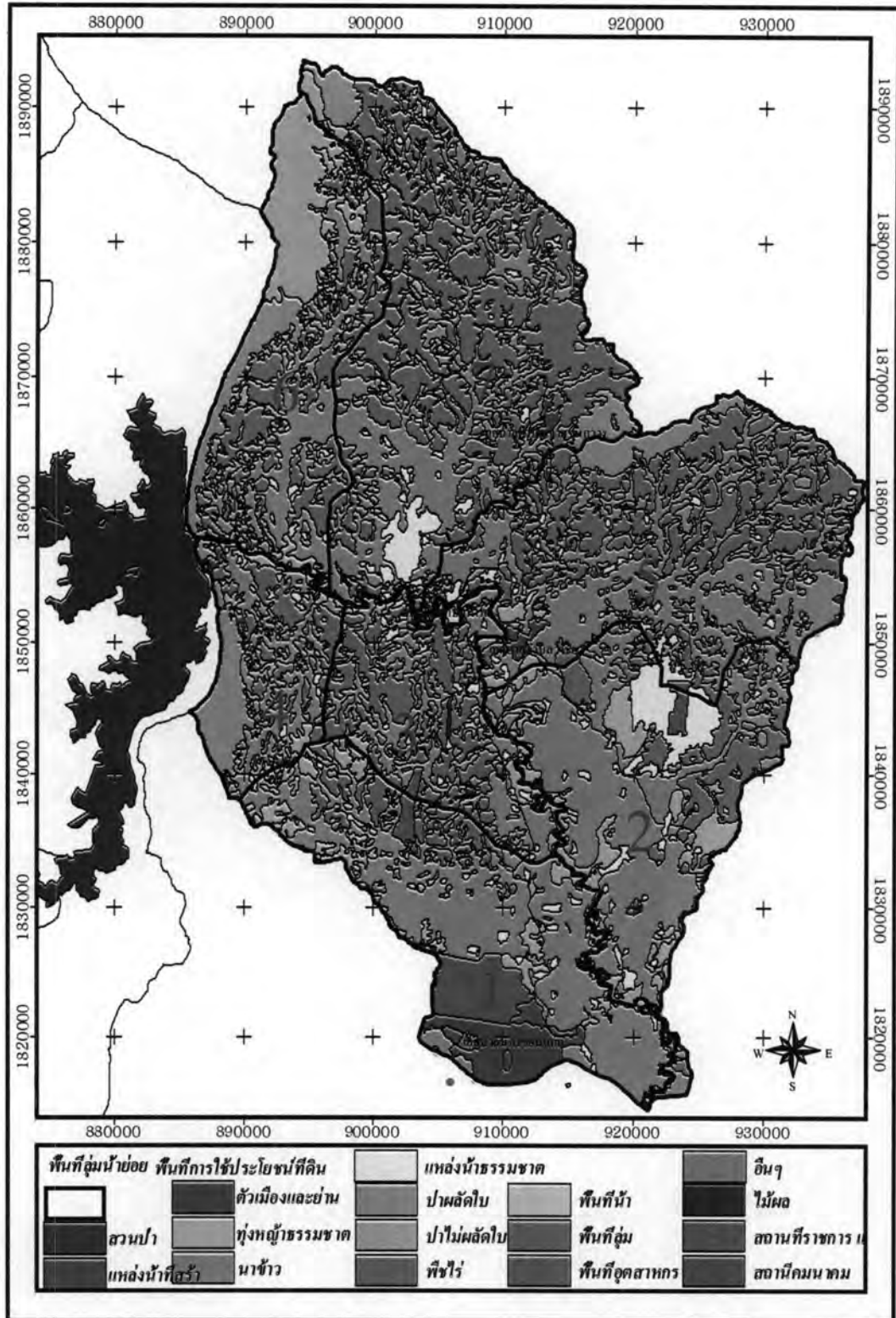
3.4.2.1.1 แบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (A)

การแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง ได้แบ่งโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เป็นเครื่องมือในการแบ่งและใช้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 6 รายละเอียดดังตารางที่ 3.19 และภาพที่ 3.16 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง

ตารางที่ 3.19 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
ลุ่มน้ำย่อย 1 (ห้วยพระค้อ)	375
ลุ่มน้ำย่อย 2 (หนองเลิง)	463
ลุ่มน้ำย่อย 3 (ห้วยโจด)	260
ลุ่มน้ำย่อย 4 (ห้วยยาง)	196
ลุ่มน้ำย่อย 5 (ห้วยเสียว)	611
ลุ่มน้ำย่อย 6 (ห้วยคำเม็ก)	383
ลุ่มน้ำย่อย 7 (ห้วยเสือเต้น)	714
รวม	3,100

(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547)



ภาพที่ 3.16 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง

3.4.2.1.2 จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นประเภทหลัก 6 ประเภทและแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยออกตามประเภทกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยสามารถแบ่งพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินตามลุ่มน้ำย่อยได้ดังตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3.20 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (ตารางกิโลเมตร)

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	เกษตรกรรม	แหล่ง น้ำ	ชุมชน เมือง	ป่าไม้	นาข้าว	อื่นๆ	รวม
ห้วยพระค้อ (1)	68.21	8.47	77.85	3.42	202.20	14.85	375
หนองเลิง (2)	345.49	9.35	13.84	53.20	240.00	20.56	463
ห้วยโจด (3)	77.19	2.73	5.90	0.86	2.30	11.01	260
ห้วยยาง (4)	73.99	0.98	8.94	43.75	53.14	15.20	196
ห้วยเสียว (5)	347.84	5.74	20.96	43.01	172.00	21.45	611
ห้วยคำเม็ก (6)	151.87	108.04	8.73	1.76	73.38	39.22	383
ห้วยเสือเต้น (7)	473.24	27.35	22.35	32.20	151.51	7.35	714
รวม	1537.83	162.66	158.57	178.20	894.53	129.64	3100

3.4.2.1.3 กำหนดปริมาณน้ำท่าที่ไหลบ่าหน้าดิน (V_R)

การคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลบ่าหน้าดินสามารถหาได้จากค่าปริมาณน้ำฝนรายปี (P) กับค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำในรูปแบบการใช้ประโยชน์แต่ละประเภท โดยปริมาณน้ำฝนสามารถหาได้จากปริมาณน้ำฝนในคาบ 30 ปี จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนกรมอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปค่าได้ดังตารางที่ 3.21 และตารางที่ 3.22

ตารางที่ 3.21 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ.2509-2538

ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ค่าเฉลี่ย	4.8	17.2	33.1	59.1	170.3	184.5	170.1	201.2	242.1	98.5	12.2	6.0

(การจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 10, 2540)

เมื่อนำมาเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาลได้ดังนี้

ตารางที่ 3.22 ปริมาณฝนในแต่ละฤดูกาล

ปริมาณฝนเฉลี่ย(มิลลิเมตร)	
ช่วงฤดูฝน	ช่วงฤดูแล้ง
1066.7	132.4

ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C_v) เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนการเปลี่ยนปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่าซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน ได้แก่ ชนิดดิน ประเภทการใช้ที่ดิน ความเข้มของปริมาณฝนและความลาดเทของพื้นที่ เป็นต้น โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.23

ตารางที่ 3.23 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C_v) ของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า
1. พื้นที่เพาะปลูกทั่วไป	0.25
2. ไม้ผล ไม้ยืนต้น	0.25
3. นาข้าว	0.15
4. ป่าไม้	0.40
5. ชุมชนชนบท	0.25
6. ชุมชนเมือง	0.55
7. พื้นที่ชุ่มน้ำ	0.15
8. แหล่งน้ำ	0.10
9. พื้นที่อื่นๆ	0.25

(วิระพล แต่สมบัติ, 2538)

ปริมาณน้ำท่าที่ไหลบ่าบนหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่างตามประเภทการใช้ที่ดินในช่วงฤดูฝนสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณน้ำท่า } (V_R) = \frac{\text{พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน}(A)}{\text{พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างตามประเภทการใช้ที่ดิน}(P)} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบ่าหน้าดินตามประเภทการใช้ที่ดิน}(C_v)$$

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลบ่าบนหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำพองตอนล่างตามประเภทการใช้ที่ดินในช่วงฤดูฝนแสดงดังตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3.24 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)						
	เพาะปลูก	แหล่งน้ำ	ชุมชนเมือง	ป่าไม้	นาข้าว	อื่นๆ	รวม
ห้วยพระค้อ (1)	1.1142	0.05683	2.87298	0.09179	2.03509	0.24910	6.44998
หนองเลิง (2)	5.79544	0.06274	0.51075	1.42785	2.41553	0.34489	10.55719
ห้วยโจด (3)	1.29483	0.01832	0.21773	0.02308	0.02315	0.18469	1.76180
ห้วยยาง (4)	1.24115	0.00658	0.32992	1.17422	0.53484	0.25497	3.54168
ห้วยเสียว (5)	5.83486	0.03851	0.77351	1.15436	1.73113	0.35981	9.89218
ห้วยคำเม็ก (6)	2.54755	0.72493	0.32217	0.04724	0.73855	0.65790	5.03833
ห้วยเสือเต็น (7)	7.93839	0.18351	0.82480	0.86422	1.52490	0.12329	11.45913

3.4.2.1.4 ความเข้มข้นของมลสารตามประเภทการใช้ที่ดิน (runoff concentration)

จากการศึกษาทบทวนข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษต่างๆ ในน้ำฝนไหลบ่าที่สำคัญจากเอกสารอ้างอิงและรายงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.25 โดยได้เลือกใช้ค่าความเข้มข้นเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.25 ค่าความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในการคำนวณ

ประเภทการใช้ที่ดิน	Mean Run off Concentration (มิลลิกรัม/ลิตร)		
	BOD	TN	TP
ชุมชนหนาแน่นหรือชุมชนเมือง	10.60	2.22	0.47
ชุมชนชนบท	4.40	1.77	0.18
พื้นที่นาข้าว	3.83	2.68	0.42
พื้นที่เพาะปลูกอื่นๆ	3.83	2.05	0.14
ป่าไม้	6.00	0.83	0.06
พื้นที่ชุ่มน้ำ	6.00	0.83	0.06
อื่นๆ	13.00	5.20	0.59

(Mekong River commission, 2000)

การป้อนความเข้มข้นลงในแบบจำลอง QUAL2K จะต้องป้อนข้อมูลค่าไนโตรเจนในรูปของ Organic N, $\text{NH}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$ โดยความเข้มข้นที่คำนวณได้อยู่ในรูปของ TN ดังนั้นจึงต้องทำการประเมินสัดส่วนของไนโตรเจนรูปต่างๆ โดยทำการประมาณสัดส่วนของไนโตรเจนในรูปต่างๆ จากการศึกษาเรื่อง Patterns in the Chemical Fraction of Organic Nitrogen in Rocky Mountain Streams (Kaushal and Lewis Jr.2002) ได้ทำการศึกษาไนโตรเจนรูปต่างๆ ในลำธาร 2 สาย ที่ไหลจากภูเขา Rocky ซึ่งค่าคุณภาพน้ำที่ได้จากการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในลำธารทั้ง 2 โดยเฉลี่ยเป็นเวลา 2 ปี ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.26 คุณภาพน้ำจากการทำลองเก็บตัวอย่างของลำธารทั้ง 2 สายจากภูเขา Rocky

พารามิเตอร์	Discharge – weighted Concentration(ug/l)	
	ลำธาร spruce	ลำธาร mccullough
NH_4^+	6	6
NO_3^-	83	80
DON	118	121
TDN	200	207
PON	19	17
TN	219	224

(Kaushal and Lewis, 2002)

การคำนวณเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของไนโตรเจนในรูปต่างๆ เทียบกับ Total nitrogen (TN) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.27 เปอร์เซนต์สัดส่วนของไนโตรเจนในรูปต่างๆเทียบกับ Total nitrogen (TN)

พารามิเตอร์	Discharge – weighted Concentration(ug/l)		
	ลำธาร	ลำธาร	เฉลี่ย
	spurce	mccullough	
NH ₄ ⁺	2.74	2.68	2.71
NO ₃ ⁻	37.90	35.71	36.81
DON	53.88	54.02	53.95
TDN	91.32	92.41	91.87
PON	91.32	7.59	8.13

(นฤชัย คุณทอง, 2548)

สัดส่วนของไนโตรเจนที่ได้จะใช้ในการคำนวณหาปริมาณของไนโตรเจนทั้ง Organic N, NH₃-N และ NO₃-N ที่จะป้อนลงในแบบจำลอง จากข้อมูล TN ที่ได้จากการหาค่าความเข้มข้นของมลสารที่เกิดจากกรณี Runoff เมื่อคำนวณความเข้มข้นของ Organic N, NH₃-N และ NO₃-N ด้วยเปอร์เซนต์สัดส่วนของไนโตรเจนดังตารางที่ 3.28 ได้ค่าความเข้มข้นของมลสารจาก Runoff ดังนี้

ตารางที่ 3.28 ปริมาณความเข้มข้นของมลสาร ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	Mean Runoff Concentration (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	BOD	TN	*Org N	*NH ₃ -N	*NO ₃ -N	TP
ชุมชนหนาแน่นหรือชุมชนเมือง	10.6	2.22	1.20	0.0060	0.71	0.47
ชุมชนชนบท	4.4	1.77	0.95	0.0048	0.65	0.18
พื้นที่นาข้าว	3.83	2.68	1.45	0.0073	0.99	0.42
พื้นที่เพาะปลูกอื่นๆ	3.83	2.05	1.11	0.0056	0.75	0.14
ป่าไม้	6	0.83	0.45	0.0022	0.31	0.06
พื้นที่ชุ่มน้ำ	6	0.83	0.28	0.0141	0.19	0.06
อื่นๆ	13	5.2	0.45	0.0022	0.31	0.59

(นฤชัย คุณทอง, 2548)

การคำนวณปริมาณความสกปรกจากสมการดังกล่าวจะมีการคิดคำนวณตามประเภทการใช้ที่ดินเพียง 6 ประเภท โดยได้รวมประเภทการใช้ที่ดินประเภทการเพาะปลูกอื่นๆ กับการใช้ที่ดินประเภทไม้ผล ไม้ยืนต้นเข้าด้วยกัน และได้พิจารณาการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่แหล่งน้ำให้เป็นบริเวณที่มีการรวบรวมน้ำไว้ไม่มีการระบายออก

3.4.2.2 กรณี Discharge

3.4.2.2.1 ชุมชนนอกเขตเทศบาล

จากการสำรวจสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง พบว่าประชากรที่อาศัยนอกเขตพื้นที่เทศบาลมีการกระจายค่อนข้างมาก โดยรูปแบบของบ้านเรือนจะอาศัยอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมของตัวเองและอยู่กระจัดกระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำและบางชุมชนก็อยู่ห่างไกลจากลำน้ำพองตอนล่าง ทำให้การชะล้างน้ำเสียจากบ้านเรือนประชากรมีน้อย ดังนั้นจึงไม่ทำการประมาณมลพิษที่เกิดจากชุมชนที่อยู่นอกเขตเทศบาล

3.4.2.2.2. การทำฟาร์มปศุสัตว์

การทำฟาร์มปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างมีการทำฟาร์มปศุสัตว์หลายชนิด โดยฟาร์มปศุสัตว์ที่สำคัญ คือ ฟาร์มสุกร ซึ่งฟาร์มสุกรได้ระบายน้ำทิ้งทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของลำน้ำพองตอนล่าง ทำให้การศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาฟาร์มสุกรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำมากที่สุด นอกจากฟาร์มสุกรในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างการทำปศุสัตว์อื่นๆ ในพื้นที่มีรูปแบบการปล่อยหากินเองตามธรรมชาติ ทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำน้อย

ตารางที่ 3.29 จำนวนและการกระจายตัวของปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ/กิ่งอำเภอ	สุกร (ตัว)
เมืองขอนแก่น	43,197
น้ำพอง	5,453
อุบลรัตน์	11,196
กระนวน	3,627
เขาสวนกวาง	22,135
โนนสะอาด	428

(สำนักงานสถิติจังหวัดขอนแก่นและสำนักงานสถิติจังหวัดอุดรธานี, 2547)

การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลการศึกษาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วท.) เป็นฐานข้อมูลการคำนวณอัตราการเกิดน้ำเสีย พบว่าอัตราการเกิดน้ำเสียของสุกรเท่ากับ 40 ลิตร/วัน/ตัว และปริมาณมลพิษของสุกรเท่ากับ (BOD Loading)เท่ากับ 136 กรัม/ตัว/วัน โดยการศึกษาการเกิดน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากสุกรและค่าความสกปรกของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรครั้งนี้ได้สมการ

$$\text{ปริมาณน้ำเสียจากปศุสัตว์(ลิตร/วัน)} = \text{จำนวนตัว} \times \text{อัตราการเกิดน้ำเสีย}$$

การคำนวณค่าความสกปรกของ BOD (มิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อป้อนลงสู่แบบจำลองสามารถคำนวณได้จาก

$$(136 \text{ กรัม/ตัว/วัน} \times 1000 \text{ มิลลิกรัม}) / (40 \text{ ลิตร/ตัว/วัน}) = 3,400 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

ผลการคำนวณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงสุกรแสดงดังตารางที่ 3.30

ตารางที่ 3.30 อัตราการเกิดน้ำเสียจากการเลี้ยงสุกร

อำเภอ/กิ่งอำเภอ	ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วินาที)
เมืองขอนแก่น	1,727,880	0.0200
น้ำพอง	218,120	0.0025
อุบลรัตน์	447,840	0.0052
กระนวน	145,080	0.0017
เขาสวนกวาง	885,400	0.0102
โนนสะอาด	17120	0.0002

3.4.2.2.3 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากข้อมูลสำนักงานประมงจังหวัดขอนแก่นพบว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างสามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อและการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง โดยสัตว์ที่นิยมเลี้ยงได้แก่ ปลานิล ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาช่อน ปลาสร้อย ปลาหมอสี ปลานวลจันทร์ เป็นต้น ดังนั้นการประเมินปริมาณน้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้ดังนี้

1) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ

สัตว์ที่นิยมเพาะเลี้ยงในบ่อได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน ปลาช่อน ปลาดุก ปลาสลิด เป็นต้น จำนวนราย จำนวนบ่อและพื้นที่เลี้ยงในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างแยกตามอำเภอได้ดังตารางที่ 3.31

ตารางที่ 3.31 ปริมาณการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

จังหวัด/ชนิดสัตว์น้ำ	บ่อ		
	จำนวน(ราย)	เนื้อที่ (ตรม)	ผลผลิต (กก.)
อำเภอเมือง	6,365	13,401,280	1,085,981.09
อำเภอกระนวน	1,649	627,632.00	54,141.28
อำเภออุบลรัตน์	1,028	1,480,208.20	118,000.23
อำเภอเขาสนกวาง	1,078	2,195,760.00	142,002.76
อำเภอน้ำพอง	1,838	1,121,328.00	110,837.59

(สำนักงานประมงจังหวัดขอนแก่น, 2548)

จากการสำรวจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง ส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงปลานิลมากที่สุด นอกจากนั้นจะเลี้ยงปลาชนิดอื่นๆ เช่น ปลาตะเพียน ปลาช่อน ปลาดุก ปลาสลิด เป็นส่วนน้อย ดังนั้นการประเมินมลพิษจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อจะใช้ปลานิลเป็นตัวแทน โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลานิลของ บริษัท โปรเอ็น เทคโนโลยี จำกัด, 2543-2544 ใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.32

ตารางที่ 3.32 ความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลานิล

ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./ตารางเมตร/ปี)	ความเข้มข้นของสารมลพิษในน้ำทิ้ง(มิลลิกรัม/ลิตร)			
	BOD	TKN	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻
4.38	18	3.3	1.92	3.55

(บริษัท โปรเอ็น เทคโนโลยี, 2545)

การประเมินปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ ที่ถูกถ่ายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำเสีย(ลบ.ม./วินาที)} = \text{พื้นที่เพาะเลี้ยง(ตร.ม.)} \times \text{ปริมาณน้ำทิ้ง(ลบ.ม./ตร.ม./ปี)}$$

ผลการประเมินปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อแสดงดังตารางที่ 3.33

ตารางที่ 3.33 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ

อำเภอ	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วินาที)
อำเภอเมือง	1.86
อำเภอกระนวน	0.087
อำเภออุบลรัตน์	0.206
อำเภอเขาสวนกวาง	0.305
อำเภอน้ำพอง	0.156

2) การเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง

การเพาะเลี้ยงปลาในกระชังในลำน้ำพองตอนล่างสามารถเลี้ยงได้ตลอดทั้งลำน้ำ บริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงปลามากที่สุดคือ ช่วงตั้งแต่ท้ายเขื่อนอุบลรัตน์จนถึงฝายหนองหวาย โดยปลาที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือ ปลานิลดำและปลานิลแดง ปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังแสดงดังตารางที่ 3.34

การเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่างจะมีขนาดที่หลากหลาย จากรายงานการศึกษา โครงการศึกษาเพื่อลดผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด: กรณีศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มน้ำพองของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าการเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่จะใช้ขนาด 4x4x4 ม เท่ากับ 64 ตารางเมตร ความหนาแน่นที่เกษตรกรปล่อยปลาลงเลี้ยงในกระชังเฉลี่ยประมาณ 1,300 ตัว ทำให้สามารถคำนวณปลาในกระชังได้ดังนี้

ตารางที่ 3.34 ปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังในลำน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ	ปลากระชัง			
	จำนวน ราย	เนื้อที่ (ตรม.)	ผลผลิต (กก.)	*จำนวนปลา (ตัว)
อำเภอเมือง	14	3,574.00	717,447.41	72,597
อำเภออุบลรัตน์	37	5,440.00	437,418.23	110,500
อำเภอน้ำพอง	105	18,336.50	2,022,908.87	372,461
รวม	156	27,351	3,177,775	555,558

(สำนักงานประมงจังหวัดขอนแก่น, 2548)

การประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง ได้ใช้ข้อมูลจากโครงการศึกษาเพื่อลดผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด:กรณีศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มน้ำพองของกรมควบคุมมลพิษ โดยได้ศึกษาถึงปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกมาจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลในกระชังเท่ากับ 1.821 กรัม/ตัว/วัน และอัตราการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำเท่ากับ 1.107 กรัม/ตัว/วัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.35

ผลการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่างดังตารางที่ 3.35

ตารางที่ 3.35 ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ	จำนวนปลา (ตัว)	ปริมาณของเสีย (กรัม/วัน)	ปริมาณของเสีย (ลบ.ม./วินาที)
อำเภอเมือง	72,597	80,364.88	0.08035
อำเภออุบลรัตน์	110,500	122,323.50	0.12232
อำเภอน้ำพอง	372,461	412,314.33	0.41231

ช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังตามลำน้ำพองตอนล่างมีช่วงระยะเวลา 4 เดือน โดยฤดูกาลเพาะเลี้ยงปลาในกระชังเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – เดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งและอัตราการไหลของน้ำค่อนข้างนิ่ง ดังนั้นการประเมินจึงคำนวณเพาะช่วงฤดูแล้ง ส่วนปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ป้อนลงแบบจำลอง QUAL2K แสดงดังภาคผนวก จ.

3.5 การประเมินปริมาณมลพิษของกลุ่มน้ำพองตอนล่างในปัจจุบัน

3.5.1 ประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน

3.5.1.1 ชุมชนเขตเทศบาล

การประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทชุมชนเขตเทศบาลได้ใช้ข้อมูลการประเมินปริมาณน้ำเสียดังหัวข้อที่ 3.4.1 โดยข้อมูลการประเมินแสดงดังตารางที่ 3.36

ตารางที่ 3.36 ปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดขึ้นแต่ละเทศบาลในกลุ่มน้ำพองตอนล่าง

ชุมชนเทศบาล	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)
เทศบาลนครขอนแก่น	31,718.3
ทต.น้ำพอง	695.23
ทต.วังชัย	803.98
ทต.เขื่อนอุบลรัตน์	483.73

การประเมินค่าความสกปรกจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทชุมชนเขตเทศบาลได้อ้างอิงข้อมูลค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลต่างๆ ในลุ่มน้ำท่าจีนมาใช้ประเมินมลพิษที่เกิดจากชุมชนในเขตเทศบาลในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างแสดงดังตารางที่ 3.37

ตารางที่ 3.37 ค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลที่ใช้ประเมินมลพิษของลำน้ำพองตอนล่าง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ยความสกปรก (มิลลิกรัม/ลิตร)
BOD	167*
NO ₃ -N	0.10

*ค่าความสกปรกจากการศึกษาโครงการการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(บริษัท โพร เอ็น เทคโนโลยี, 2545)

การประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทชุมชนเขตเทศบาลที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณมลพิษ(กก./วัน)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำเสีย(ลบ.ม./วัน)} \times \text{ค่าเฉลี่ยความสกปรก(มก./ล.)}{1,000}$$

ผลการประเมินมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทชุมชนเขตเทศบาลเนื่องจากเทศบาลนครขอนแก่นมีระบบบำบัดน้ำเสียจึงได้คำนวณ BOD ที่ปล่อยออกจากระบบเท่ากับ 22 มก./ล. แสดงดังตารางที่ 3.38

ตารางที่ 3.38 ผลการประเมินมลพิษจากชุมชนเขตเทศบาลที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง

ชุมชนเทศบาล	ปริมาณมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพอง ตอนล่าง (กก./วัน)	
	BOD	NO ₃ -N
เทศบาลนครขอนแก่น	697.8	3.17
ทต.น้ำพอง	116.10	0.07
ทต.วังชัย	134.27	0.08
ทต.เขื่อนอุบลรัตน์	80.78	0.05
รวม	1,028.95	3.37

3.5.1.2 โรงงานอุตสาหกรรม

การประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ระบายลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง ได้ใช้ฐานข้อมูลจากการศึกษาโครงการวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำพอง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.39

ตารางที่ 3.39 ปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

โรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	BOD Loading (กก./วัน)
1. โรงงานผลิตสุรา (บริษัทสุราทิพย์มหาสิน จำกัด)	100	2
2. โรงงานผลิตแปงมันสำปะหลัง (บริษัทขอนแก่นพืชผล จำกัด)	1,200	24
รวม	1,300	26

(โครงการวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำพอง มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546)

การประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ระบายลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง พารามิเตอร์ $\text{NO}_3\text{-N}$ ไม่ทำการศึกษาเนื่องจากขาดข้อมูลการศึกษาถึงความเข้มข้นคุณภาพน้ำของแต่ละประเภทโรงงาน

3.5.2 การประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน

3.5.2.1 กรณี run off

การคำนวณปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนจากน้ำฝนชะล้างบนพื้น (run off loading) สมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำฝนชะล้างบนพื้น คือ

$$\text{Total Runoff Loading} = \frac{\text{Rainfall Runoff} \times \text{Mean Runoff Concentration}}{1,000}$$

โดยที่ Total Loading = ปริมาณความสกปรกของน้ำฝนไหลบ่า(กก./วัน)

Rainfall Runoff = ปริมาณน้ำฝนไหลบ่า (ลบ.ม./วัน)

Mean Runoff Concentration = ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำฝนไหลบ่า(mg/l)

การประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนประเภท Runoff ได้ใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 3.4.2 และข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 3.40 และตารางที่ 3.41

ตารางที่ 3.40 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำฟองตอนล่างช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม)

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วัน)					
	เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	ชุมชนเมือง	ป่าไม้	นาข้าว	อื่นๆ
ห้วยพระค้อ (1)	98,858.02	4,910.11	248,225.47	7,930.66	175,831.78	21,522.24
หนองเลิง (2)	500,726.02	5,420.74	44,128.80	123,366.24	208,701.79	29,798.50
ห้วยโจด (3)	111,873.31	1,582.85	18,811.87	1,994.11	2,000.16	15,957.22
ห้วยยาง (4)	107,235.36	568.51	28,505.09	101,452.61	46,210.18	22,029.41
ห้วยเสียว (5)	504,131.90	3,327.26	66,831.26	99,736.70	149,569.63	31,087.58
ห้วยคำเม็ก (6)	220,108.32	62,633.95	27,835.49	4,081.54	63,810.72	56,842.56
ห้วยเสือเต้น (7)	685,876.90	15,855.26	71,262.72	74,668.61	131,751.36	10,652.26

ตารางที่ 3.41 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำฟองตอนล่างช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน)

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วัน)					
	เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	ชุมชนเมือง	ป่าไม้	นาข้าว	อื่นๆ
ห้วยพระค้อ (1)	12,270.39	609.12	30,810.24	984.10	21,824.64	2,671.49
หนองเลิง (2)	62,150.98	673.06	5,476.90	15,312.67	25,904.45	3,698.78
ห้วยโจด (3)	13,885.34	196.13	2,334.53	247.97	247.97	1,980.29
ห้วยยาง (4)	13,309.92	70.85	3,538.08	12,591.94	5,736.10	2,734.56
ห้วยเสียว (5)	62,573.47	412.99	8,295.26	12,379.39	18,564.77	3,858.62
ห้วยคำเม็ก (6)	27,319.68	7,774.27	3,455.14	506.30	7,920.29	7,055.42
ห้วยเสือเต้น (7)	85,131.65	1,968.19	8,845.63	9,268.13	16,352.93	1,321.92

ปริมาณความเข้มข้นของมลสารตามประเภทการใช้ที่ดิน (run off concentration) ได้จากการศึกษาทบทวนข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษต่างๆ ในน้ำฝนไหลบ่าที่สำคัญจากเอกสารอ้างอิงและรายงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการคำนวณ โดยสามารถสรุปความเข้มข้นของมลสารจากหัวข้อ 3.4.2 ได้ดังตารางที่ 3.42

ตารางที่ 3.42 ค่าความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	Mean Run off Concentration (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	BOD	NO ₃ -N
ชุมชนหนาแน่นหรือชุมชนเมือง	10.60	0.71
ชุมชนชนบท	4.40	0.65
พื้นที่นาข้าว	3.83	0.99
พื้นที่เพาะปลูกอื่นๆ	3.83	0.75
ป่าไม้	6.00	0.31
พื้นที่ชุ่มน้ำ	6.00	0.19
อื่นๆ	13.00	0.31

(Mekong River commission, 2000)

ผลการประเมินมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนกรณี run off ที่ลงสู่ลำน้ำพอง ตอนล่างในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 3.43 และตารางที่ 3.44

ตารางที่ 3.43 ปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนกรณี run off ในช่วงฤดูฝน

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณมลพิษจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กก./วัน)	
	BOD	NO3-N
ห้วยพระค้อ (1)	4,040.09	434.52
หนองเลิง (2)	4,344.98	662.00
ห้วยโจด (3)	864.45	105.11
ห้วยยาง (4)	1,788.36	184.80
ห้วยเสียว (5)	4,234.61	614.81
ห้วยคำเม็ก (6)	2,521.71	278.80
ห้วยเสือเต้น (7)	4,568.52	724.90
รวม	22,362.71	3,004.94

ตารางที่ 3.44 ปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนกรณี run off ในช่วงฤดูแล้ง

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณมลพิษจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กก./วัน)	
	BOD	NO3-N
ห้วยพระค้อ (1)	509.77	54.83
หนองเลิง (2)	548.24	83.53
ห้วยโจด (3)	109.07	13.26
ห้วยยาง (4)	225.65	23.32
ห้วยเสียว (5)	534.32	77.58
ห้วยคำเม็ก (6)	318.19	35.18
ห้วยเสือเต้น (7)	576.45	91.47
รวม	2,821.69	379.16

3.5.2.2 การทำฟาร์มปลูสดัว

การคำนวณปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนประเภท discharge จากการทำปลูสดัว สมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณมลพิษ คือ

$$\text{ปริมาณมลพิษ(กก./วัน)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำเสียจากปลูสดัว(ลิตร/วัน)} \times \text{ค่าความสกปรก (มก./ล.)}{1,000,000}$$

การประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนประเภท Discharge จากการทำปลูสดัว ได้ใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 3.4.2 และข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 3.45

ตารางที่ 3.45 จำนวนสุกรและอัตราการเกิดน้ำเสียของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ/กิ่งอำเภอ	จำนวนสุกร (ตัว)	ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร/วัน)
เมืองขอนแก่น	43,197	1,727,880
น้ำพอง	5,453	218,120
อุบลรัตน์	11,196	447,840
กระนวน	3,627	145,080
เขาสวนกวาง	22,135	885,400
โนนสะอาด	428	17,120

ความเข้มข้นในการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ได้ใช้ข้อมูลการศึกษาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วท.) เป็นฐานข้อมูลในการศึกษา โดยการคำนวณค่าความสกปรกของ BOD น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรได้เท่ากับ 3,400 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับการประเมินปริมาณมลพิษประเภท NO₃-N ไม่ได้ทำการคำนวณเนื่องจากขาดฐานข้อมูลมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงสุกรอย่างเพียงพอ ผลการประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นจากการทำปลูสดัวประเภทสุกรแสดงดังตารางที่ 3.46

ตารางที่ 3.46 ผลการประเมินมลพิษจากการเลี้ยงสุกร

อำเภอ/กิ่งอำเภอ	ปริมาณมลพิษ BOD (กก./วัน)
เมืองขอนแก่น	5,875
น้ำพอง	742
อุบลรัตน์	1,523
กระนวน	493
เขาสวนกวาง	3,010
โนนสะอาด	58
รวม	11,701

3.5.2.3 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การประเมินมลพิษจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ประเมินจากข้อมูลสำนักงานประมงจังหวัดขอนแก่น พบว่าการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างสามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อและการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง การคำนวณปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณมลพิษ(กก./วัน)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำเสียจากพื้นที่เพาะเลี้ยง(ลบ.ม./วัน) \times \text{ค่าความสกปรก(มก./ล.)}}{1,000}$$

การประเมินปริมาณมลพิษจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 3.4.2 โดยการประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นแสดงดังรายละเอียดดังนี้

3.5.2.3.1 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ

ปลาที่นิยมเพาะเลี้ยงในบ่อได้แก่ ปลานิล ปลาดุก ปลาช่อน ปลาหมอ ปลาตะเพียน ปลาคัง ปลาสร้อย ปลาขี้ตัง ปลาหางนกยูง เป็นต้น ดังนั้นการประเมินมลพิษได้ใช้ปลานิลเป็นฐานในการประเมิน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงปลาบ่อแสดงตารางที่ 3.47

ตารางที่ 3.47 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในบ่อ

อำเภอ	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)
อำเภอเมือง	160,704.0
อำเภอกระนวน	7,516.8
อำเภออุบลรัตน์	17,798.4
อำเภอเขาสวนกวาง	26,352.0
อำเภอน้ำพอง	13,478.4

การประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดประเมินมลพิษประเภท BOD ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดได้ใช้ฐานข้อมูลของบริษัท โปร เอ็น เทคโนโลยี จำกัด, 2543-2544 มาใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.48

ตารางที่ 3.48 ความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด

ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./ตารางเมตร/ปี)	ความเข้มข้น BOD สารมลพิษใน น้ำทิ้ง(มิลลิกรัม/ลิตร)
4.38	18

(บริษัท โปร เอ็น เทคโนโลยี, 2545)

ผลการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อแสดงดัง
ตารางที่ 3.49

ตารางที่ 3.49 ผลการประเมินมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ

อำเภอ	ปริมาณมลพิษ BOD (กก./วัน)
อำเภอเมือง	2,892.67
อำเภอกระนวน	135.30
อำเภออุบลรัตน์	320.37
อำเภอเขาสนกวาง	474.34
อำเภอน้ำพอง	242.61
รวม	4,065.29

3.5.2.3.2 การเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง

การประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่างใช้ฐานข้อมูลจากรายงานการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อลดผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด:กรณีศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในกลุ่มน้ำพองของกรมควบคุมมลพิษ โดยจำนวนการเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่างแสดงดังตารางที่ 3.50

ตารางที่ 3.50 จำนวนปลานิลที่เลี้ยงในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ	กระชัง	
	เนื้อที่ (ตรม.)	*จำนวนปลา(ตัว)
อำเภอเมือง	3,574	72,597
อำเภออุบลรัตน์	5,440	110,500
อำเภอน้ำพอง	18,336.50	372,461

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลในกระชังเท่ากับ 1.821 กรัม/ตัว/วัน ส่วนการประเมินมลพิษประเภท DO และ NO₃-N ไม่ได้ทำการคิด เนื่องจากขาดข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดมลพิษจากการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยผลการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่างดังตารางที่ 3.51

ตารางที่ 3.51 ผลการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง

อำเภอ	ปริมาณมลพิษBOD (กก./วัน)
อำเภอเมือง	132
อำเภออุบลรัตน์	201
อำเภอน้ำพอง	678
รวม	1,011

3.5.3 การประเมินปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง

การประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นคิดรวมจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source) และแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (non-point source) โดยแบ่งประเภทพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาคือ BOD และ NO₃-N ผลการประเมินมลพิษทั้งหมดที่เกิดขึ้นและลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง ได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดูกาล แสดงดังตารางที่ 3.52

ตารางที่ 3.52 ผลการประเมินมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างในปัจจุบัน

ช่วงฤดูกาล	ปริมาณมลพิษ(กก./วัน)	
	BOD	NO ₃ -N
<u>ช่วงฤดูฝน(พ.ค.-ต.ค.)</u>		
แหล่งกำเนิดที่แน่นอน	1,054.95	3.37
แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน	38,129.00	3,004.94
รวม	39,183.95	3,008.31
<u>ช่วงฤดูแล้ง(พ.ย.-เม.ย.)</u>		
แหล่งกำเนิดที่แน่นอน	1,054.95	3.37
แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน	19,598.98	379.16
รวม	20,653.93	382.53

3.6 การประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง (Total Maximum Daily Load ; TMDL)

3.6.1 กำหนดเป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษของแม่น้ำพองตอนล่าง โดยอ้างอิงจากประกาศกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดให้แม่น้ำพองตอนล่างเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 มีคุณภาพน้ำ แสดงดังตารางที่ 3.53

ตารางที่ 3.53 มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
BOD	ไม่เกิน 2.0 mg/l
NO ₃ -N	ไม่เกิน 5.0 mg/l

(กรมควบคุมมลพิษ, ปี 2542)

3.6.2 ทดสอบความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษ

ทำการทดสอบความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษของลำน้ำพองตอนล่าง โดยการปรับเพิ่ม-ลดปริมาณมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง ซึ่งคุณภาพน้ำต้องไม่เกินระดับเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำที่กำหนดไว้ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ การปรับเพิ่มลดปริมาณมลพิษสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ

3.6.2.1 การปรับเพิ่มลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน

วิธีนี้ทำการปรับเพิ่ม-ลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน(point source) ที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างและมีผลต่อคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ BOD การปล่อยมลพิษลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างได้ทำการสำรวจเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่คาดการณ์สถานการณ์คุณภาพในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการปรับเพิ่มลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอน โดยสามารถทำได้จากการปรับเพิ่ม-ลดมลพิษจากชุมชนเขตเทศบาลและ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรับเพิ่มมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างจากเทศบาลตำบลอุบลรัตน์เป็นตัวแทนในการประเมิน TMDL

3.6.2.2 การปรับเพิ่มลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน

วิธีนี้ทำการปรับเพิ่ม-ลดปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน(non-point source) ที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างและมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ $\text{NO}_3\text{-N}$ โดยทำการสำรวจสภาพพื้นที่ เอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับเพิ่ม-ลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง เช่น จากการทำการเกษตรประเภทต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรับเพิ่มมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างจากการทำเกษตรกรรมบนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยเม็กเป็นตัวแทนในการประเมิน TMDL

3.6.3 กำหนดความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษต่อวัน

การกำหนดหาค่า TMDL ของลำน้ำพองตอนล่าง นำค่าปริมาณน้ำเสียจากการปรับเพิ่ม-ลดปริมาณมลพิษที่ไหลลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างในแบบจำลอง มาคำนวณย้อนกลับเพื่อหาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นต่อวัน(point source) จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่เป็นเป้าหมายในการปรับเพิ่ม-ลด จากนั้นนำค่าปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นต่อวันในปัจจุบัน(existing load) มาคำนวณ TMDL ได้ดังนี้

$$\text{TMDL} = \text{Existing Load} + \text{Point Source} \text{ (ที่ยังสามารถรองรับได้จากแบบจำลอง)}$$

โดยผลรวมจากปริมาณมลพิษต่อวันที่ได้จากการแบบจำลองและปริมาณมลพิษต่อวันที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง (Total Maximum Daily Load ; TMDL)