บทที่ 3

ทฤษฎี

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (MIKE-11)

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป MIKE-11 ซึ่งพัฒนาโดยสถาบันวิจัยทางด้านแหล่งน้ำของประเทศเดนมาร์ค [Danish Hydraulic Institute (DHI)] แบบจำลองนี้สามารถใช้คำนวณการไหล การเคลื่อนที่ของตะกอน และคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำ แม่น้ำ และระบบชลประทาน ซึ่งกรณีของลำน้ำเจ้าพระยาที่จะทำการศึกษานั้น จะทำการวิเคราะห์ผลโดยแบบจำลอง 3 ส่วน คือ

1. HD Model (Hydrodynamic Model) ใช้ในการคำนวณการไหล
2. TD Model (Transport-Dispersion Model) ใช้ในการคำนวณ การแพร่กระจายของสารในลำน้ำ
3. WQ Model (Water Quality Model) ใช้ในการคำนวณปริมาณออกซิเจนละลายและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในลำน้ำ

Hardware และ Software ที่ใช้กับโปรแกรม MIKE-11

1. MS-DOS 2.11 ขึ้นไป
2. หน่วยความจำ (RAM) 512 Kbytes ขึ้นไป
3. ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) อย่างต่ำ 10 Mbytes
4. Math-Coprocessor (8087)

Hydrodynamic Model (HD model)

HD model เป็น model ซึ่งใช้คำนวณการไหลแบบ Gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิด โดยใช้สมการของ Saint Venant ซึ่งประกอบด้วยสมการต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum equation) การคำนวณเป็น Implicit Finite Difference Method

HD model นี้สามารถคำนวณการไหลแบบ Gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิด ซึ่งมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. การไหลทั้งแบบ Subcritical และ Supercritical โดยอาศัย Local flow condition in time and space
2. การไหลในทางน้ำเปิด ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงข่าย หรือ Loop ได้
3. การไหลแบบ Quasi two-dimensional flood plains
4. การไหลผ่านโครงสร้างทางชลศาสตร์ เช่น ฝาย Culvert เป็นต้น

สมมติฐานที่ใช้คำนวณพฤติกรรมการไหลโดยสมการของ Saint Venant มีดังนี้

- การไหลของน้ำมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันตลอด (ความหนาแน่นคงที่ตลอดหน้าตัด)
- ความลาดเอียงของท้องน้ำต่ำมาก จนถือว่าเป็นแนวราบ
- ความยาวคลื่นน้ำมีค่ามาก เมื่อเทียบกับความลึกลำน้ำ จนถือว่ามีทิศทางขนานกับท้องน้ำ
- การไหลเป็นแบบ Sub-critical (การไหลแบบ Super-critical จะใช้สภาพบังคับอื่นๆ)

พิจารณาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมโดยท้องน้ำเป็นแนวราบและความกว้างคงที่ สมการทรงมวลและสมการโมเมนตัมเขียนได้ดังนี้

หลักทรงมวล

$$\frac{\partial(\rho Hb)}{\partial t} = -\partial\frac{(\rho Hb\bar{u})}{\partial x} \qquad (3.1)$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการทรงโมเมนตัม

$$\frac{\partial(\rho Hb\bar{u})}{\partial t} = -\frac{\partial\left(\alpha'\rho Hb\bar{u}^2 + \frac{1}{2}\rho gbH^2\right)}{\partial x} \qquad (3.2)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น

W = ความลึก (ม.)

b = ความกว้าง (ม.)

$\bar{u}$ = ความเร็วเฉลี่ยผ่านหน้าตัดลำน้ำ ($ม^2$/วินาที)

$'$ = สป.ส. การกระจายความเร็วในแนวดิ่ง

g = ความเร่งโน้มถ่วง ($ม^2$/วินาที)

ให้ Ib เป็นความลาดเอียงของท้องลำน้ำ โดยพิจารณาแรงกระทำของท้องน้ำและผิวสัมผัสด้านข้างที่กระทำต่อรูปตัดที่พิจารณา สามารถเขียนสมการโมเมนตัมได้ดังนี้

$$\partial\frac{(\rho Hb\bar{u})}{\partial t} = -\partial\frac{\left(\alpha'\rho Hb\bar{u}^2 + \frac{1}{2}\rho gbH^2\right)}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial x}\frac{\rho gH^2}{2} - \rho gHbIb \qquad (3.3)$$

$$= -\partial\frac{(\alpha'\rho Hb\bar{u}^2)}{\partial x} - b\frac{\partial\left(\frac{1}{2}\rho gH^2\right)}{\partial x} - \rho gHbIb$$

เมื่อใช้ระดับน้ำ (h) เป็นความสัมพันธ์ที่ใช้แทนความลึกลำน้ำ

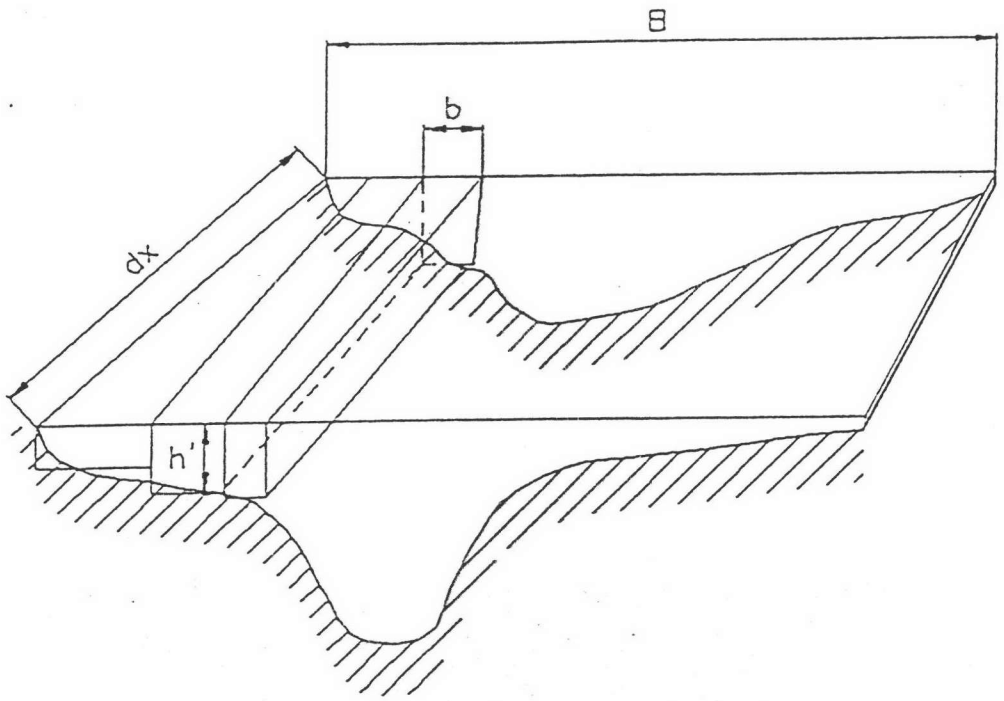
$$\frac{\partial h}{\partial x} = Ib + \frac{\partial H}{\partial x} \qquad (3.4)$$

จากสมการ (3.1) และ (3.2) ตัดค่า ρ ออกจะได้

$$\frac{\partial(Hb)}{\partial t} = -\frac{\partial(Hb\bar{u})}{\partial x} \qquad (3.5)$$

$$\frac{\partial(Hb\bar{u})}{\partial t} = -\frac{\partial\left(\alpha Hb\bar{u}^2\right)}{\partial x} - Hbg\frac{\partial h}{\partial x} \qquad (3.6)$$

จากสมการ (3.6) และ (3.7) นี้สามารถอินทิเกรท เพื่ออธิบายการไหลผ่านหน้าตัดลำน้ำทุกแบบ โดยการตัดเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ตามแนวหน้าตัดลำน้ำ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาเป็นลำน้ำรูปสี่เหลี่ยมหลาย ๆ รูป

ถ้าให้การอินทิเกรตพื้นที่หน้าตัดคือ A การอินทิเกรตอัตรkการไหลคือ Q และ B คือความกว้างของหน้าตัดแล้ว

$$A = \int_o^B H db \tag{3.7}$$

$$Q = \int_o^B H\bar{u} db = \bar{u}A \tag{3.8}$$

ดังนั้น จากสมการ (3.5) และ (3.6) จะได้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \tag{3.9}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial\left(\alpha\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x}+gA\frac{\partial h}{\partial x}=0 \qquad (3.10)$$

เมื่อรวมค่า Hydraulic Resistance และ Lateral Inflow เข้าไปในสมการเหล่านี้ จะได้สมการพื้นฐานที่ใช้ใน MIKE-11 คือ

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \qquad (3.11)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial\left(\alpha\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x}+gA\frac{\partial h}{\partial x}+g\frac{Q|Q|}{C^2AR}=0 \qquad (3.12)$$

โดย A = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (ม.^{2})

R = Hydraulic Radius (ม.)

Q = อัตราการไหล (ม.^{3}/วินาที)

q = อัตราการไหลด้านข้างต่อหน่วยความยาวลำน้ำ (ม.^{3}/วินาที)

h = ระดับน้ำเหนือระดับอ้างอิง (ม.รทก)

C = Chezy resistance coefficient (ม.$^{1/2}$/วินาที)

α = Momentum distribution coefficient

g = ความเร่งโน้มถ่วง (ม/วินาที^{2})

t = เวลา (วินาที)

Model Parameter

1. ความเสียดทานท้องน้ำ (Bed Resistance)

สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทานของท้องน้ำ MIKE-11 จะใช้สมการ Manning Number และ Chezy ซึ่งมีสมการดังนี้ คือ

$$Tr = g\,Q:Q:/C^2AR \qquad (3.13)$$

$$Tr = g\,Q:Q:/M^2AR^{4/3} \qquad (3.14)$$

โดย C = Chezy Coefficent

M = Manning Number

Manning number (M) มีค่าเท่ากับ 1/n โดย n คือ Manning's n ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 (ท้องน้ำราบเรียบ)ถึง 0.1 (ท้องน้ำขรุขระมาก) ดังนั้นค่า Manning Number (M) จะมีค่าอยู่ในช่วง 100 (ท้องน้ำราบเรียบ) ถึง 10 (ท้องน้ำขรุขระมาก)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Chezy coefficient (C)กับ Manning's n (n) จะเป็นดังนี้ (Cunge et al, 1980)

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} = MR^{\frac{1}{6}} \qquad (3.15)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน C, M และ n นี้จะใช้ในการปรับแก้ ซึ่งค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับสภาพทางชลศาสตร์ของลำน้ำ สามารถค้นคว้าได้จากหนังสือเกี่ยวกับการไหลทางน้ำเปิดทั่วไป

2. Resistance Radius (R_*)

รัศมีความต้านทานสามารถคำนวณโดยสมการดังนี้ (Engelund, 1966)

$$\sqrt{R*} = \frac{1}{A}\int_o^B y^{3/2} db \qquad (3.16)$$

โดย y คือ ความลึกในหน้าตัดย่อยที่พิจารณา
b คือ ความกว้างผิวน้ำที่ระดับ y ที่พิจารณา (ดังรูปที่ 3.2)

จากสมการจะเห็นว่าค่า Manning Number จะมีผลน้อยมากในหน้าตัดย่อย

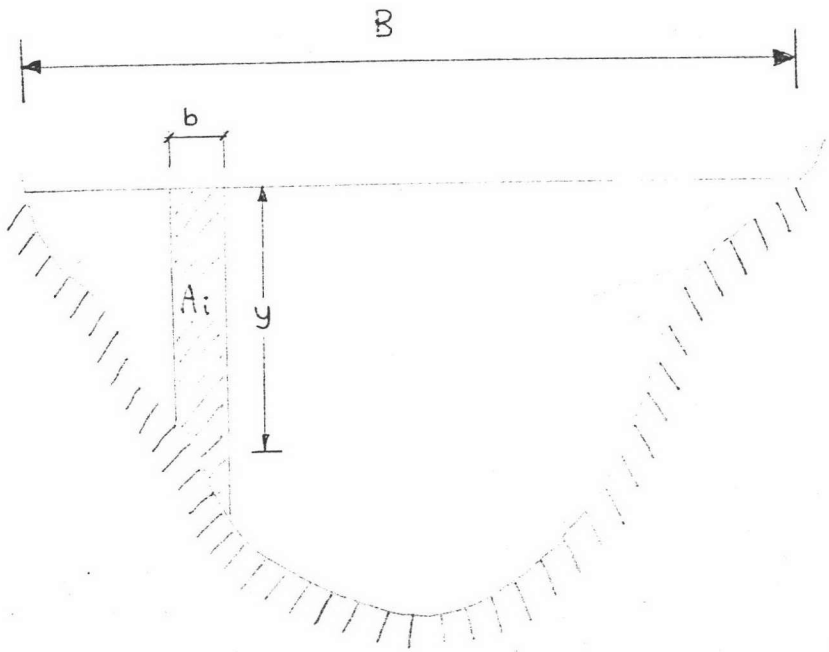
จาก $A_c = \sum_{i=1}^{N_s}\left(\frac{Ai}{r_{ri}}\right)$ (3.17)

โดย A_c คือ effective area
N_s คือ จำนวนหน้าตัดย่อยที่พิจารณามีค่าเท่ากับจำนวน Coordinate x-z ลบด้วย 1
r_r คือ ค่า relative resistance

ดังนั้นสมการ (3.16) เขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\sqrt{R*} = \frac{1}{A_c}\int_o^B y_r^{3/2} db \qquad (3.18)$$

$$\sqrt{R*} = \frac{1}{A_c}\int_o^B y_{r_i}^{\frac{3}{2}} db \qquad (3.18)$$



รูปที่ 3.2 รูปแสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาในสมการ Resistance Radius (R.)

3. Hydraulic Radius (R_h)

รัศมีชลศาสตร์ จะพิจารณาหน้าตัดเป็นแนวขนานกันตามระดับความลึกของลำน้ำ โดยที่ค่าความจุหน้าตัด (Conveyance, K) มีค่าเท่ากับค่าความจุหน้าตัดย่อยรวมกันดังนี้

เมื่อ $$K = \sum_{i=}^{N} Ki \qquad (3.19)$$

จะได้ $$\frac{AR_n^{\frac{2}{3}}}{n} = \sum_{i=1}^{N} \frac{AiR_{ni}^{\frac{2}{3}}}{r_n n} \qquad (3.20)$$

โดย N = จำนวนหน้าตัดลำน้ำย่อย

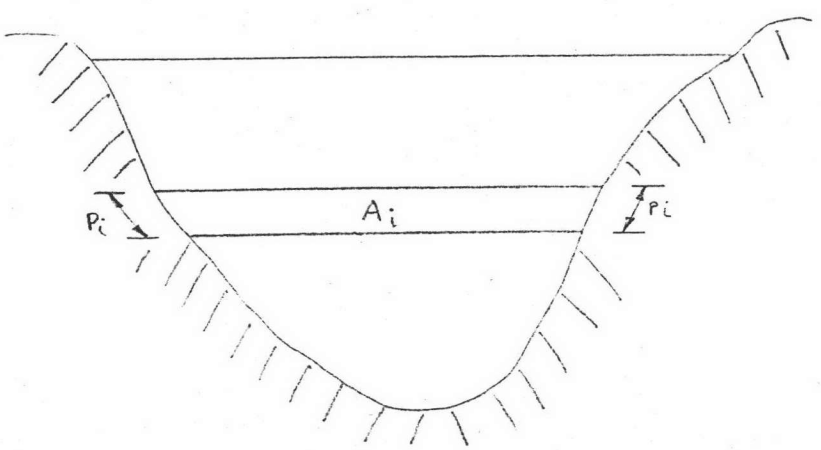
A = พื้นที่หน้าตัดการไหลทั้งหมด effective flow area หรือพื้นที่หน้าตัดการไหลรวม total flow area (กำหนดใน Menu A.6.5.R)

ดังนั้น
$$R_h = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} \left[\frac{A_i^{2/3}}{r_{ri} p_i^{2/3}} \right]}{A} \right]^{3/2} \qquad (3.21)$$

โดย $R_{hi} = \frac{A_i}{p_i}$

P_i = พื้นขอบเปียกของหน้าตัดย่อยไม่นับบริเวณผิวสัมผัสระหว่างหน้าตัด ดังรูปที่ 3.3 ดังนั้นสมการที่ 3.21 จะได้

$$R_h = \frac{A}{p} \qquad (3.22)$$

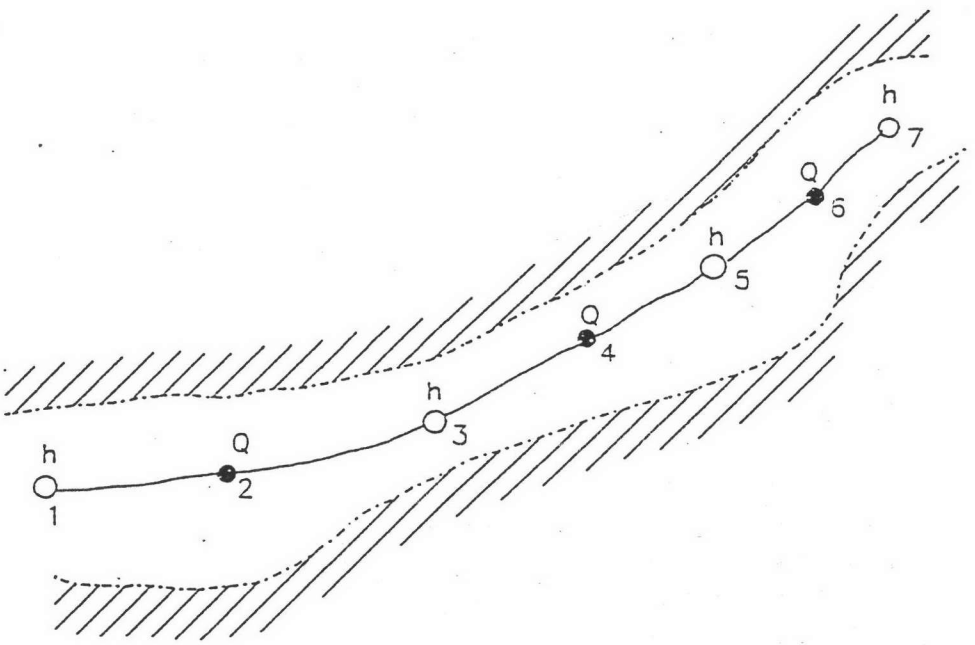


รูปที่ 3.3 รูปแสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาในสมการ Hydraulic Radius R_h

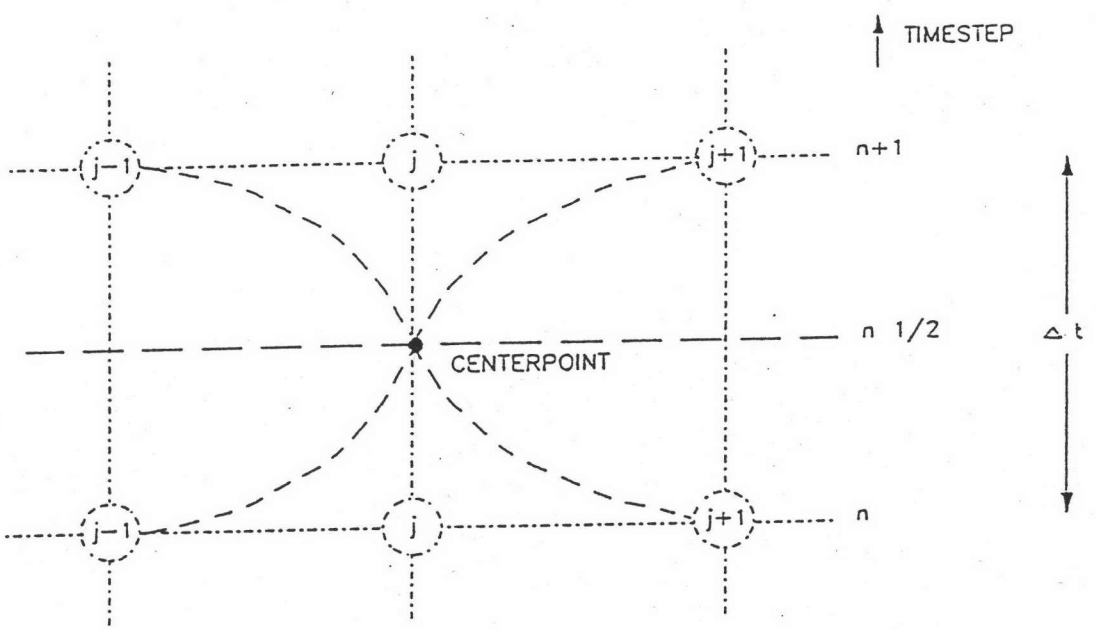
<u>การคำนวณกริด</u>

1. Solution Scheme

สมการที่ (3.11) และ (3.12) ของ Saint Venant เป็นสมการที่ใช้คำนวณหาค่า Q และ h ที่แต่ละช่วงเวลา (timestep) ในลำน้ำที่พิจารณาโดยวิธีแก้สมการแบบ Implicit Finite Different Equations (ดูรูปที่ 3.4) โปรแกรมจะคำนวณกริดขึ้นโดยอัตโนมัติ จุด Q จะอยู่ระหว่างจุด h ที่ติดกันเสมอ โดยที่ระยะระหว่างค่า h อาจจะแตกต่างกันไปตามข้อมูลที่มี



รูปที่ 3.4 กริดต่าง ๆ ตามหน้าตัดของลำน้ำ



รูปที่ 3.5 Center 6-point Abbott Scheme

สมการต่อเนื่อง

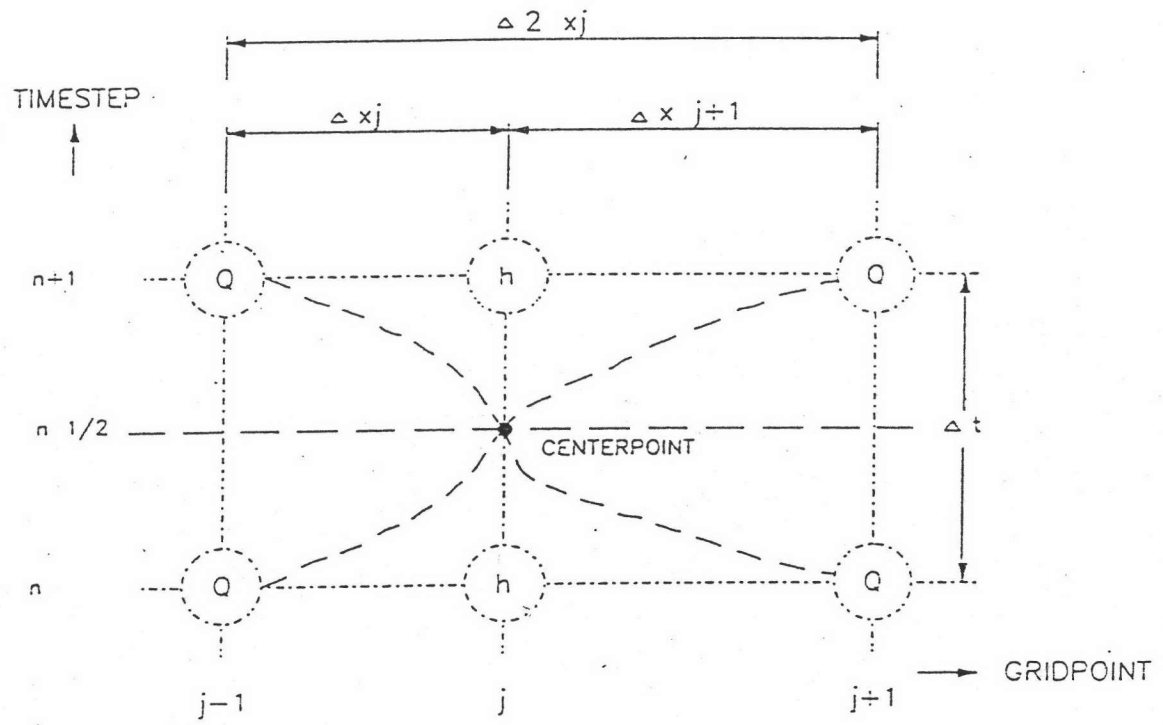
ในสมการต่อเนื่องให้ความกว้างลำน้ำคือ b_s จะได้

$$\frac{\partial A}{\partial t} = b_s \frac{\partial h}{\partial t} \tag{3.23}$$

ดังนั้น

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b_s \frac{\partial h}{\partial t} = q \tag{3.24}$$

โดยที่ค่า Q ขึ้นอยู่กับระยะ X ดังนั้นสมการจะหาค่า Centered ที่จุด h ได้ (ดังรูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.6 Centering of Continmity equation in 6-point Abbott Scheme

พิจารณาสมการที่ (3.24) ที่เวลา n + $\frac{1}{2}$ ได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\left(\frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^{n}}{2}\right) - \left(\frac{Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^{n}}{2}\right)}{\Delta 2xj} \tag{3.25}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\left(h_j^{n+1} - h_j^n\right)}{\Delta t} \tag{3.26}$$

ให้ $b_s = \dfrac{A_{oj} + A_{oj+1}}{\Delta 2xj}$ (3.27)

$$O = \frac{Q_{j+1}^{n+1}}{2\Delta 2xj} - \frac{Q_{j-1}^{n+1}}{2\Delta 2xj} + \frac{Q_{j+1}^{n}}{2\Delta 2xj} - \frac{Q_{j-1}^{n}}{2\Delta 2xj} + \frac{b_s h_j^{n+1}}{\Delta t} - \frac{b_s h_j^n}{\Delta t} \tag{3.28}$$

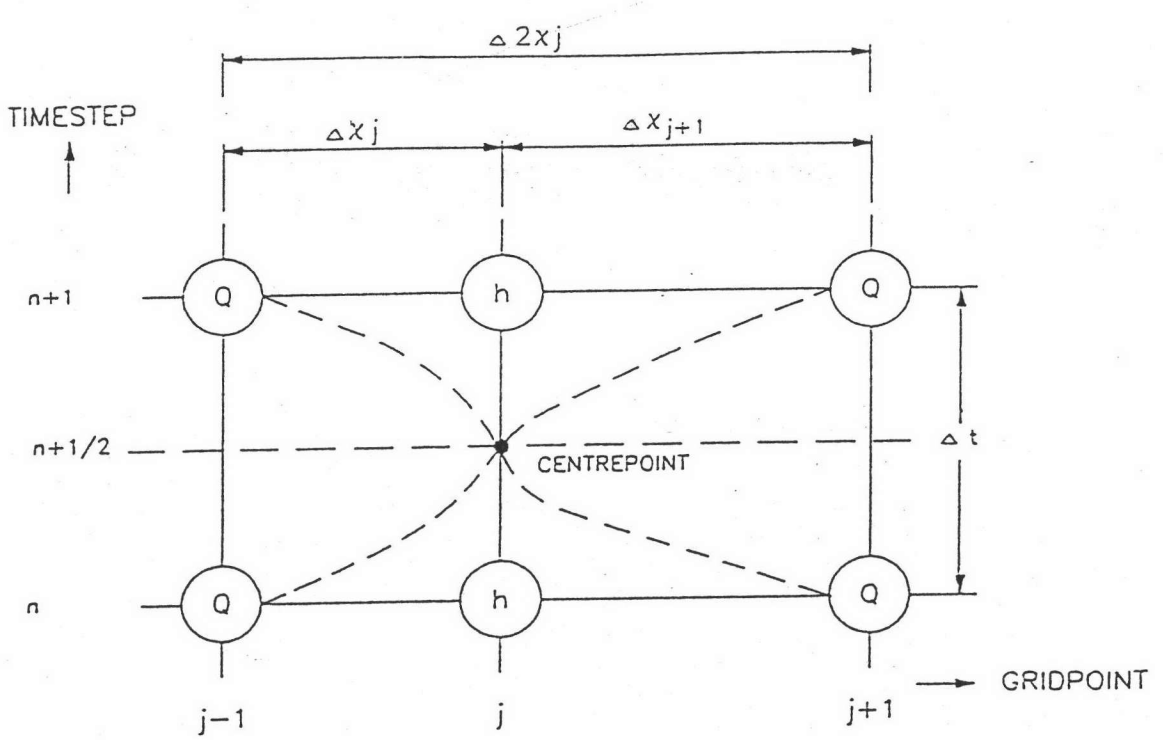
$$\frac{1}{2}Q_{j+1}^{n+1} + \frac{\left[A_{oj} + A_{oj+1}\right]^n}{\Delta t} h_j^{n+1} - \frac{1}{2}Q_{j-1}^{n+1} = \frac{\left[Q_{j+1}^n - Q_{j+1}^n\right]}{2} + \frac{\left[A_{oj} + A_{oj+1}\right]^n}{\Delta t} h_j^n \tag{3.29}$$

ดังนั้นสมการที่ (3.24) เขียนรูปใหม่ได้ดังนี้

$$\alpha_j Q_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j Q_{j+1}^{n+1} = \delta_j \tag{3.30}$$

โดย α, β และ γ เป็นฟังค์ชันของ b และ δ ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับค่า Q และ h ที่เวลา n และ Q ที่เวลา n + $\frac{1}{2}$

สมการในโมเมนตัมถูกกำหนดที่จุด Q ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 Centering of Momentum equation in 6-point Abbott Scheme

พิจารณาสมการที่ (3.12) ของ Saint Venant

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\left(Q_j^{n+1} - Q_j^n\right)}{\Delta t} \tag{3.31}$$

$$\partial\left[\alpha \frac{Q^2}{A}\right] = \frac{\left[\left(\alpha \frac{Q^2}{A}\right)_{j+1}^{n+\frac{1}{2}} - \left(\alpha \frac{Q^2}{A}\right)_{j-1}^{n+\frac{1}{2}}\right]}{\Delta 2x_j} \tag{3.32}$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\frac{\left(h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n\right)}{2} - \frac{\left(h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n\right)}{2}}{\Delta 2xj} \tag{3.33}$$

เนื่องจากสมการที่ (3.32) เป็นสมการ quadratic ดังนั้นสูตรที่ใช้เพื่อแสดงค่าทิศทางของ Q ถูกต้อง ในระหว่างเปลี่ยนค่า timestep คือ

$$Q^2 = fQ_j^{n+1}Q_j^n - (f-1)Q_j^nQ_j^n \tag{3.34}$$

ซึ่งค่า f สามารถกำหนดเองได้โดยใช้ค่าประมาณ 1.0 (THETA coefficient in Menu G.5.5)

ดังสมการโมเมนตัมจะเขียนได้ดังนี้

$$_jh_{j-1}^{n+1} + \beta_j Q_j^{n+1} + \gamma_j h_{j+1}^{n+1} = \delta_i \tag{3.35}$$

โดยที่ α_j = f(A)

β_j = $f\left(Q_j^n, \Delta t, \Delta x, C, A, R\right)$

γ_j = f(A)

δ_j = $f\left(A, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v\phi, h_{j-1}^{n+h}, Q_{j-1}^{n+h}, Q^n, h_{j+1}^n Qj + 1Q_{j+1}^{n+1/2}\right)$

2. การกำหนดกริด

เพื่อให้สมการคงที่แบบ Linear Variation จึงจำเป็นต้องกำหนด Criteria ที่เกี่ยวข้องให้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมดังนี้

1) Courant Criteria (C_n)

$$C_n = \frac{\left(v + \sqrt{gd}\right)}{\Delta t} \Delta t \leq 10 - 15 \qquad (3.36)$$

โดยที่ v = ความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัด (ม./วินาที) :หน้าตัดที่ความเร็วสูงสุด
d = ความลึกการไหลเฉลี่ย (ม.) : หน้าตัดที่ลึกที่สุด
Δt = time step (sec.) : กำหนด
Δx = space step (m.) : กำหนด

2) Velocity Criteria

$$\frac{V\Delta t}{\Delta x} \leq 1 - 2 \qquad (3.37)$$

<u>การกำหนดขอบเขต</u>

สภาพของขอบเขต (Boundary Condition) จะต้องใช้ในทุกจุด เริ่มต้นและจุดปลายของลำน้ำสาขาทุกสาย โดยจะมี 2 ประเภทคือ

1) ขอบเขตต้นน้ำ (Upstream Boundary) ซึ่งใช้ข้อมูลใดข้อมูลหนึ่ง ดังนี้
- ปริมาณการไหล (Q) คงที่จากอ่างเก็บน้ำ
- ปริมาณการไหล (Q) แปรผันตามเวลา
- Discharge Hydrograph ของเหตุการณ์ใดๆ

2) ขอบเขตท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ซึ่งใช้ข้อมูลใดข้อมูลหนึ่งดังนี้
- ระดับน้ำ (h) คงที่ เช่น อ่างเก็บน้ำ
- ระดับน้ำ (h) แปรผันตามเวลา เช่น การขึ้น-ลง ของน้ำทะเล
- Rating Curve

การปรับแก้

การปรับแก้ (Calibrate) HD model จะมี Parameter เพียงตัวเดียวที่ต้องปรับแก้ คือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (chezy C, Manning's M หรือ Manning's N) ในแต่ละหน้าตัดลำน้ำ โดยจะปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ จนกระทั่งค่าระดับน้ำ จากการคำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำจากข้อมูลเก็บสำรวจ

Transport-Dispersion Model (TD Model)

หลังจากที่ได้ประมวลผลโดย HD Model แล้ว ในขั้นต่อมาจะทำการประมวลผล TD Model โดยใช้ข้อมูลพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ รัศมีชลศาสตร์ และผลที่ได้จาก HD Model คือ ค่าระดับน้ำและอัตราการไหล

สมมติฐานที่ใช้สำหรับสมการเคลื่อนย้ายมวลสารในลำน้ำ

- สารแขวนลอยในลำน้ำผสมกันอย่างสมบูรณ์ตลอดหน้าตัด (Completely mixed)
- ความเข้มข้นที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำจะผสมกันอย่างสมบูรณ์ทันทีที่หน้าตัดนั้น
- การคำนวณการย่อยสลายในสมการลำดับ 1 เท่านั้น (1st Order Decay)
- ไม่มีการพิจารณาถึงปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับสารแขวนลอย

TD Model ใช้สำหรับคำนวณการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในทางน้ำเปิด โดยใช้หลักของกฎทรงมวล (Conservative of Mass) โดยคิดเป็นแบบทิศทางเดียว (One-Dimensional Equation) สมการที่ใช้คือ

$$\left(\partial A/\partial t + \partial QC/\partial x\right) - \left\{\partial/\partial x\left(AD\,\partial C/\partial x\right)\right\} = -AKC + Csq \qquad (3.38)$$

โดยที่ C = ความเข้มข้น (มวล/ปริมาตร)
D = สัมประสิทธิ์การแพร่
A = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ
K = สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย
Cs = ความเข้มข้นที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำ (มวล/ปริมาตร)
q = อัตราการไหลเข้าด้านข้าง (ม.^{3}/วินาที)
t = ช่วงเวลาระหว่างหน้าตัดลำน้ำ (TIME STEP)
x = ระยะระหว่างหน้าตัดลำน้ำ (SPACE STEP)

1. สัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำ (Dispersion Coefficients)

ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวนี้ กำหนดได้ในรูปของฟังค์ชั่นของความเร็วการไหล ดังนี้

$$D = fv^{ex} \qquad (3.39)$$

โดย D = Dispersion Coefficient (ม.^{2}/วินาที)
f = Dispersion Factor
V = ความเร็วของการไหล (ม./วินาที)
ex = Dimensionless Exponent

2. การคำนวณกริด

1.) Pelect Number

$$Pe = V \Delta X/D > 2 \qquad (3.40)$$

โดยที่ V = ความเร็ว (ม./วินาที)
ΔX = ระยะระหว่างจุดที่คำนวณ (ม.)
D = สัมประสิทธิ์การแพร่ (ม.^{2}/วินาที)

2.) Convective Courant Number

$$Cr = V \Delta t/\Delta x < 1 \qquad (3.41)$$

โดยที่ Δt = Time Step (sec.)

หมายเหตุ : ใน TD Model นั้น การคำนวณจุดจะแทนค่าโดย จุด h และ จุด Q จากการคำนวณโดย HD Model ดังนั้น Δx ใน TD Model จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Δx ใน HD Model ซึ่งค่า Time Step ในการคำนวณโดย TD Model ก็จะลดหลั่นกันตามปัจจัยทั้ง 2 ที่กล่าวมาด้วย

3. การกำหนดขอบเขต

ใน TD Model นี้ Boundary Conditions ที่ใช้ต้องสอดคล้องกับ Boundary ที่ใช้ใน HD Model โดยใน TD Model จะใช้ข้อมูลสำหรับ Boundary ได้ 3 ประเภท คือ

1. อนุกรมเวลาของความเข้มข้นของสาร (Time Series of Concentration) โดยจะเป็นความเข้มข้นที่ขอบเขตนั้น ซึ่งผันแปรไปตามเวลา

2. Open Boundary Conditions
โดยมีลักษณะที่การไหลของน้ำไปยังพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ เช่น อ่างเก็บน้ำ หรือทะเล เป็นต้น

3. Close Boundary Conditions
โดยมีลักษณะเป็นตำแหน่งที่สารประกอบในน้ำ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายเข้าหรือออกไปจากขอบเขตโครงข่ายลำน้ำได้

Water Quality Model (WQ Model)

WQ Model เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม MIKE-11 ที่ใช้ในการจำลองสภาพคุณภาพน้ำ ซึ่งต้องคำนวณควบคู่ไปกับ TD Model เสมอ โดย WQ Model จะทำหน้าที่ด้าน Mass Balance ส่วน TD Model จะทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายปริมาณของเสียโดยใช้วิธี Fully Time and Space Centered Implicit Finite Difference และปรับค่าให้มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นด้วย (Third order correction Term)

ใน WQ Module จะแบ่งการจำลองสภาพคุณภาพน้ำตามตัวแปรทางคุณภาพน้ำและกระบวนการการเกิดปฏิกิริยาของตัวแปรเหล่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 6 ระดับ เริ่มจาก Model level 1 ที่ง่ายที่สุดจนถึง Model Level 6 ที่ซับซ้อนมากที่สุด

ตัวแปรทางคุณภาพน้ำ กระบวนการการเกิดปฏิกิริยา รวมทั้งตัวอย่างสภาพปัญหาของ Model .ในแต่ละระดับ มีดังต่อไปนี้

Model Level 1

ตัวแปร : BOD, ออกซิเจนและอุณภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation)

สภาพปัญหา : การลดลงของปริมาณออกซิเจนที่เกิดจากการปล่อยน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้เป็นองค์ประกอบหลักลงสู่แม่น้ำ

Model Level 2

ตัวแปร : BOD, ออกซิเจน และอุณหภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation) , กระบวนการตกตะกอน และ Resuspension ของ BOD

สภาพปัญหา : เหมือนกับ Model Level 1 แต่สามารถใช้วิเคราะห์ลำน้ำบริเวณที่ปล่อยน้ำเสียโดยรวมสภาพการตกตะกอนและ Resuspension ของ BOD

Model Level 3

ตัวแปร : BOD, ออกซิเจน, แอมโมเนีย, ไนเตรท และอุณหภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation) และ การย่อยสลายแอมโมเนีย(Nitrification)

สภาพปัญหา :ใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน ที่เกิดจากการปล่อยน้ำเสีย ที่มีสารอินทรีย์และแอมโมเนียลงสู่แม่น้ำ รวมทั้งสามารถคำนวณปริมาณแอมโมเนียซึ่งมีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในแม่น้ำได้

Model Level 4

ตัวแปร : BOD, ออกซิเจน, แอมโมเนีย, ไนเตรท และอุณหภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation) กระบวนการตกตะกอน และ Resuspension ของ BOD กระบวนการย่อยสลายแอมโมเนีย (Nitrification) และกระบวนการลดปริมาณไนเตรท (Denifrification)

สภาพปัญหา : เหมือน Model Level 3 แต่สามารถใช้วิเคราะห์ลำน้ำบริเวณที่ปล่อยน้ำเสียโดยรวม สภาพการตกตะกอน และ Resuspension ของ BOD รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่เกิดจากแอมโมเนียและการลดของปริมาณไนเตรทในลำน้ำบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic Condition) ซึ่งปริมาณไนเตรทนี้จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ Model

Level นี้ เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพน้ำที่มีผลมาจากน้ำเสียชุมชน โรงงานและพื้นที่เกษตรกรรม

Model Level 5

ตัวแปร : Dissolved BOD, Suspended BOD, Sedimented BOD, ออกซิเจน และ อุณหภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation) ของ BOD โดยแยกคิดเป็น 3 ส่วน คือ BOD ส่วนที่ละลาย แขวนลอย และตกตะกอน โดยแต่ละส่วนจะยังสามารถเกิดขบวนการย่อยสลายได้ต่อไปทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนเป็น 2 ส่วน คือ Immediate และ Delayed Oxygen Demand รวมทั้งการตกตะกอน และResuspension ของ BOD

สภาพปัญหา : เหมือน Model Level 2 แต่สามารถวิเคราะห์ผลของน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) ที่มีต่อการลดลงของออกซิเจนได้ละเอียดถูกต้องมากขึ้น

Model Level 6

ตัวแปร : Dissolved BOD, Suspended BOD, Sedimented BOD, ออกซิเจน,แอมโมเนีย, ไนเตรท และอุณหภูมิ

กระบวนการ : การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Degradation) ของ BOD โดยแยกคิดเป็น 3 ส่วน คือ BOD ส่วนที่ละลาย แขวนลอย และตกตะกอน โดยแต่ละส่วนจะยังสามารถเกิดขบวนการย่อยสลายได้ต่อไปทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนเป็น 2 ส่วน คือ Immediate และ Delayed Oxygen Demand รวมทั้งการตกตะกอน และ Resuspension ของ BOD กระบวนการย่อยสลายของแอมโมเนีย (Nitrification) และกระบวนการลดลงของปริมาณไนเตรท (Denitrification)

สภาพปัญหา : เหมือน Model Level 4 แต่สามารถวิเคราะผลของน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) ที่มีปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทรวมอยู่ด้วยซึ่งมีผลต่อการลดลงของออกซิเจนในน้ำ รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในลำน้ำซึ่งมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำได

หมายเหตุ : เมื่อกล่าวถึงค่าBODโดยทั่วไปจะหมายถึงค่า Dissolved BOD

1. สมการคำนวณ การเปลี่ยนแปลงสารประกอบในลำน้ำ

สมการการคำนวณการย่อยสลายของ BOD จะใช้มาตรฐาน BOD ที่ 5 วัน คำนวณตามสมการนี้

$$BOD_t = BOD\ \alpha\ (1 - C^{-Kbod.t}) \qquad (3.42)$$

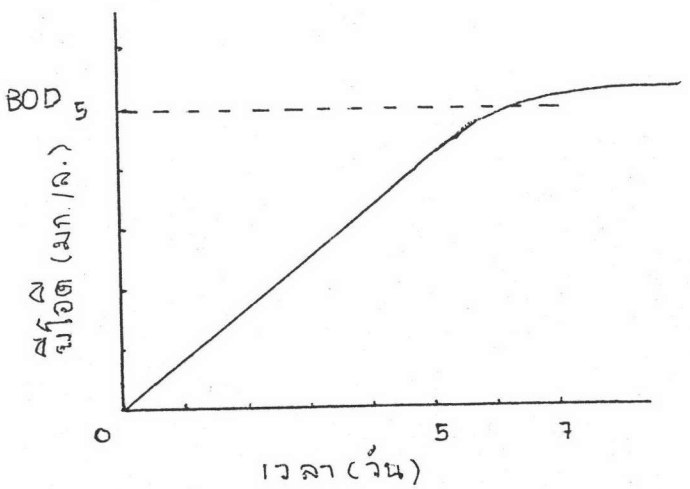
โดยที่ BOD_t = BOD วัดที่เวลา T วัน

$BOD\ \alpha$ = BOD สูงสุด

t = เวลา (วัน)

K_{bod} = สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย ที่ 20°C

หลักการแสดงตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 $\ln (BOD_\alpha - BOD_t)/BOD_\alpha$ เทียบกับเวลา (T)

ส่วนมากมักให้ค่า $BOD_7 = BOD_\alpha$ แล้วพิจารณาจากกราฟ BOD-T เพื่อหาค่า K_{BOD}

ออกซิเจนในลำน้ำธรรมชาติเกิดจาก

- กระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีเขียวและพืชในน้ำ
- การหายใจของพืช สัตว์ และแบคทีเรียในน้ำ
- ใช้ในการย่อยสลาย BOD
- ออกซิเดชั่นของสารประกอบในโตรเจน
- ออกซิเจนที่ถ่ายเทจากบรรยากาศ

1.1. Re-Aeration

$$dDO/Dt = K_2 (C_s - DO) \qquad (3.43)$$

โดยที่ dDO/Dt = อัตราการเติมออกซิเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)

C_s = ความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัวของ DO

$= 14.652+T\{-0.41022+T(0.007991-0.000077774T)\}$

K_2 = Re-Aeration Constant at 20°C (1/day)

โดย K_2 สามารถเลือกใช้ได้จากสูตร

ก. Thyssen - Expression : ใช้ได้กับลำน้ำขนาดเล็ก

$$K_2 = 27185 \cdot u^{0.031} \cdot h^{-0.602} \cdot I^{1.00} \qquad (3.44)$$

ข. O' connor - Dubbins - Expression : แม่น้ำทั่วๆไป

$$K_2 = 3.9 \cdot u^{0.5} \cdot n^{-1.5} \qquad (3.45)$$

ค. Churchill - Expression : แม่น้ำที่มีความเร็วการไหลสูงสุด

$$K_2 = 5.233 \cdot u \cdot h^{-1.67} \qquad (3.46)$$

โดยที่ u = ความเร็วกระแสน้ำ (ม./วินาที)

h = ความลึกลำน้ำ (ม.)

I = ความลาดชันท้องน้ำ (ม./ม.)

1.2. Oxygen consumption from degradation of dissolved organic matter

$$d\,BOD_d/dt = - K_{d3} \cdot BOD_d \cdot \theta_{d3}^{(T-20)} \qquad (3.47)$$

โดยที่ BOD_d = ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ (มก.ออกซิเจน/ลิตร)

K_{d3} = ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ ที่ 20°C (วัน$^{-1}$)

θ_{d3} = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาเรเนียส

1.3. Oxygen consumption from degradation of suspended organic matter

$$d\,BOD_s/dt = - K_{s3} \cdot BOD_s \cdot \theta_{s3}^{(T-20)} \qquad (3.48)$$

โดยที่ BOD_s = ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (มก.ออกซิเจน/ลิตร)

K_{s3} = ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ที่ 20°C (วัน$^{-1}$)

θ_{s3} = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาเรเนียส

1.4. Oxygen consumption from degradation of sedimented organic matter

$$d\,BOD_b/dt = - K_{b3} \cdot BOD_b \cdot \theta_{b3}^{(T-20)} \qquad (3.49)$$

โดยที่ BOD_b = ปริมาณสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนอยู่ท้องน้ำ (มก.ออกซิเจน/ลิตร)

K_{b3} = ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ตกตะกอน (วัน$^{-1}$)

θ_{b3} = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาเรเนียส

1.5. Photosynthesis

$$P = \begin{cases} P_{max} - \cos^2\pi(\tau/\alpha), & \text{if } \tau \in (t_{up}, t_{down}) \\ 0, & \text{if } \tau \notin (t_{up}, t_{down}) \end{cases} \qquad (3.47)$$

โดยที่ P = อัตราการผลิตออกซิเจน (...กรัม ออกซิเจน/ม.^{2}/วัน)

P_{max} = อัตราการผลิตออกซิเจนสูงสุดตอนเที่ยง (กรัม ออกซิเจน/ม.^{2}/วัน)

α = เวลากลางวันทั้งหมด

τ = ค่าเวลานับจากตอนเที่ยงวัน

t_{up} = เวลาที่พระอาทิตย์ขึ้น

t_{down} = เวลาที่พระอาทิตย์ตก

1.6. Respiration

$$R = R_{\alpha_0} \cdot \theta^{(t-20)} \qquad (3.51)$$

โดยที่ R = อัตราการหายใจของพืช แบคทีเรีย และสัตว์ (กรัมออกซิเจน/ม.^{2}/วัน)

R_{α_0} = อัตราการหายใจที่ 20°C (กรัม ออกซิเจน/ม.^{2}/วัน)

θ_α = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาเรเนียส สำหรับการหายใจ

1.7. Oxygen Balance

สมการแสดงผลของกระบวนการเหล่านี้ โดยความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย

$$dDO/dt = + K_2 \cdot (C_s - DO) \qquad \text{(Re-Aeration)} \quad (3.49)$$

$$= - K_{d3} \cdot BOD_d \cdot \theta^{(T-20)} \qquad \text{(Dissolved BOD)} \quad (3.50)$$

$$= - K_{s3} \cdot BOD_s \cdot \theta^{(T-20)} \qquad \text{(Suspended BOD)} \quad (3.51)$$

$$= - K_{b3} \cdot BOD_b \cdot \theta^{(T-20)} \qquad \text{(Sedimented BOD)} \quad (3.52)$$

$$= - Y_1 \cdot K_4 \cdot NH_3 \cdot \theta^{(T-20)} \qquad \text{(Nitrification)} \quad (3.53)$$

$$= - R_{20} \cdot \theta^{(T-20)} \qquad \text{(Respiration)} \quad (3.54)$$

$$= + P \qquad \text{(Photosynthesis)} \quad (3.55)$$

โดยที่ Y_1 = ค่าสูงสุด ใช้สำหรับจำนวนออกซิเจนที่ถูกใช้ในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น

กรณีที่ไม่นำข้อมูลบางตัวมาพิจารณา เช่น Suspended BOD Nitrification ในการใส่ข้อมูล โดยทั่วไปจะให้ Time Series ของตัวแปรนั้นมีค่าเป็นศูนย์

2. การกำหนดขอบเขต

Boundary Condition ใน WQ Module แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- Internal Boundary Condition จะใช้ ณ ตำแหน่งที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่ลำน้ำ เช่น คูคลอง หรือโรงงานอุตสาหกรรม

- External Boundary Condition จะอยู่ที่ตำแหน่งปลายสุดของลำน้ำทุกด้าน โดยสามารถกำหนด Condition ได้ 3 แบบ คือ

- Open Boundary Outflow เป็นการกำหนดเงื่อนไข เพื่อบอกว่าตำแหน่งนี้ มีการถ่ายเทปริมาณของของเสีย เข้าและออกจากตำแหน่ง
- Open Boundary Inflow เป็นการกำหนดสภาพปกติในลำน้ำโดยจะอยู่ในรูปของ Time Series ของข้อมูลคุณภาพน้ำทั้ง 7 ตัว ต่อ 1 ตำแหน่งของขอบเขต
- Closed Boundary เป็นการกำหนดเงื่อนไข เพื่อบอกว่าที่ตำแหน่งนี้ไม่มีการถ่ายเทปริมาณของของเสียเข้าและออกที่ตำแหน่งนี้ อัตราการไหลจะเท่ากับศูนย์ และไม่ต้องใส่ข้อมูล Time Series ที่ตำแหน่งนี้

3 การปรับแก้

ในการปรับพารามิเตอร์เพื่อปรับเทียบแบบจำลอง นิยมปรับเรียงตามลำดับ ดังนี้

1. ปรับแก้ค่า Dispersion Coefficient ใน TD Module ก่อน โดยเลือกตัวแปรที่ไม่เกิดมีการย่อยสลาย หรืออัตราการย่อยสลายคงที่ เป็นตัวแปรที่ใช้ในการปรับแบบจำลอง เช่น อุณหภูมิหรืออนุภาคคอลไรด์ (Cl^-)
2. ปรับแก้การสังเคราะห์แสง และการหายใจของพืชน้ำในลำน้ำ ในส่วนนี้ นิยมเลือกช่วงลำน้ำที่ไม่มีผลกระทบจากน้ำเสียเป็นช่วงที่ทำ Calibration เช่น ตอนบนของแม่น้ำ โดยใช้ข้อมูลปริมาณ DO ในลำน้ำเป็นหลัก แต่ถ้าลำน้ำส่วนที่วิเคราะห์ ไม่มีพืชหรือขุ่นมาก ให้ข้ามในส่วนนี้ไปและไม่ต้องปรับแก้พารามิเตอร์ใดๆ ในส่วนนี้
3. ปรับแก้พารามิเตอร์ของ BOD และแอมโมเนีย เพื่อดูอาการลดลงของ DO, ปริมาณของ BOD และปริมาณของแอมโมเนียในลำน้ำ
4. ปรับแก้พารามิเตอร์ของแอมโมเนียและไนเตรท เพื่อดูปริมาณของไนเตรทในลำน้ำ

รายละเอียดโครงการบำบัดน้ำเสีย

1. โครงการบำบัดน้ำเสีย สี่พระยา

พื้นที่โครงการครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 2.7 ตารางกิโลเมตร

ขอบเขตของพื้นที่

พื้นที่โครงการครอบคลุมเขตป้อมปราบ สัมพันธวงศ์ แสดงดังรูปที่ 3.9

ระบบรวบรวมน้ำเสีย

แนวท่อดักน้ำเสียหลักที่สร้างใหม่ คือ แนวถนนกรุงเกษม จากคลองมหานาค ผ่านสะพานยศเส วัดเทพศิรินท์ เข้าซอยโปลิศสภา ข้ามคลองผดุงกรุงเกษม แล้ววางท่อในถนนมหาพฤฒาราม

ระบบบำบัดน้ำเสีย

- อัตราการไหลของน้ำเสีย

  ปริมาณไหลผ่านระบบเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Flow) 30,000 ม.^{3}/วัน

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

  คุณสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ

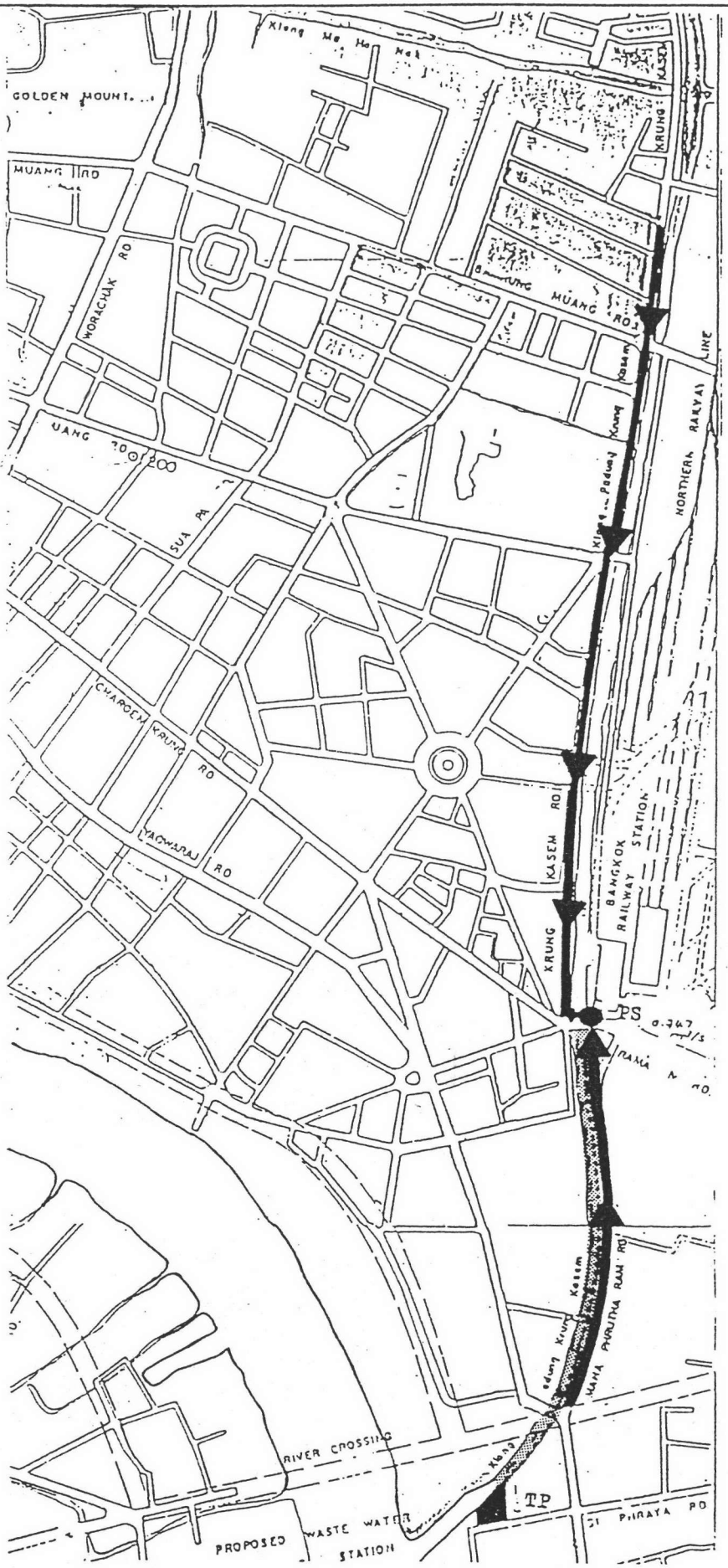
บีโอดี (BOD_5)	150	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	100	มก./ล.

- คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับจากการบำบัดแล้ว

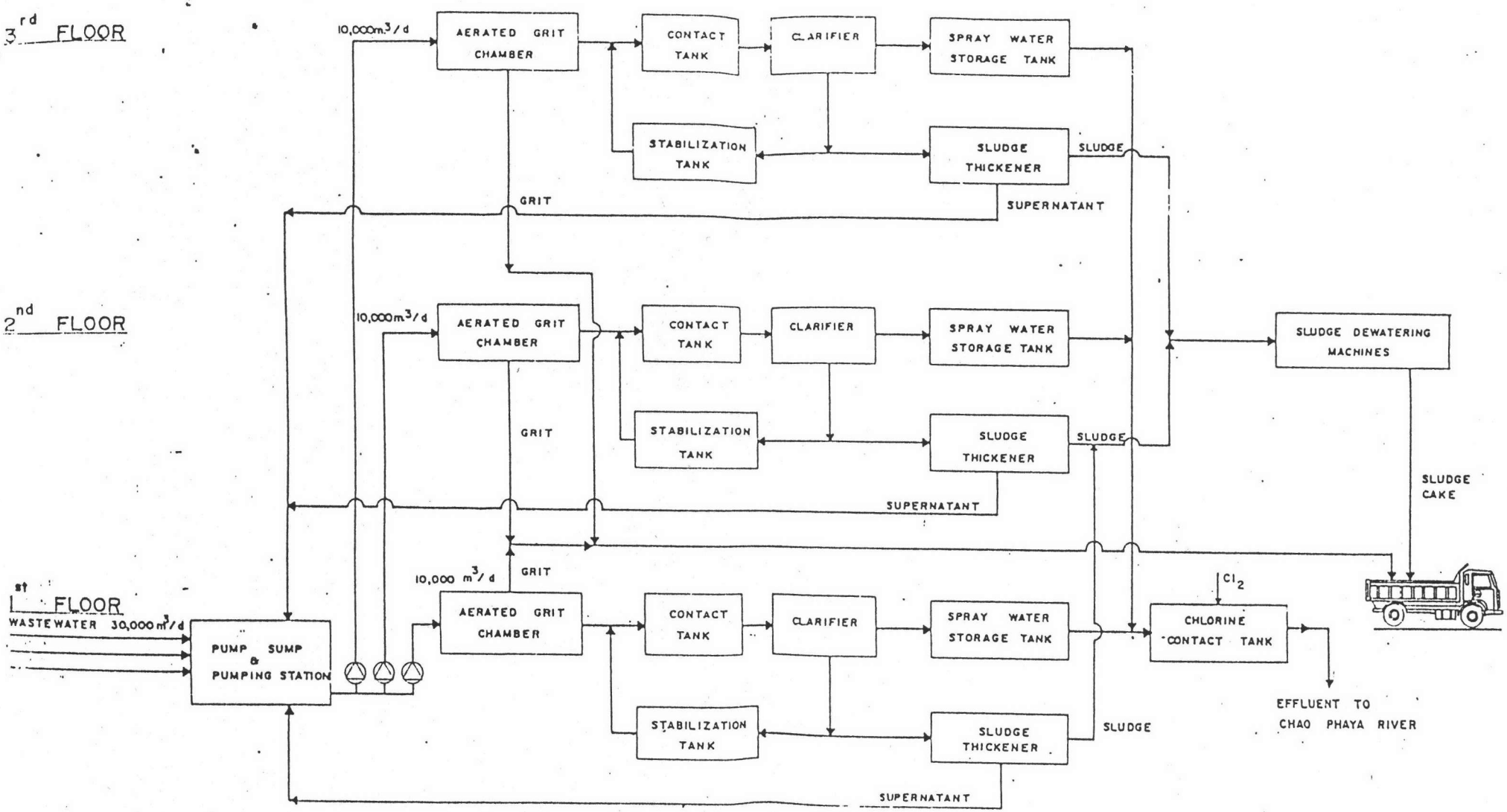
บีโอดี (BOD_5)	20	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	30	มก./ล.

- โรงบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากพื้นที่ว่างที่สถานีสูบน้ำกรุงเกษมมีอยู่น้อยมาก เพียงประมาณ 1 ไร่ และไม่สามารถหาพื้นที่เพิ่มเติมได้ คณะกรรมการผู้ออกแบบจึงออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถทำงานได้สูงสุด คือ 30,000 ม.^{3} /วัน กระบวนการทางชีวะที่ใช้เป็นแบบ Contact Stabilization โดยสร้างเป็นตึก 3 ชั้น มีความสูง 25.2 เมตร โดยแต่ละชั้นสามารถบำบัดน้ำเสียได้ชั้นละ 10,000 ม.^{3}/วัน หน่วยและกระบวนการต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงไว้ดังรูปที่..3.10



รูปที่ 3.9 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียสี่พระยา



รูปที่ 3.10 ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา

2. โครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงรัตนโกสินทร์

เกาะรัตนโกสินทร์ หรือกรุงรัตนโกสินทร์ คือจุดกำเนิดของกรุงเทพมหานครปัจจุบัน อยู่ในเขตพระนครทั้งหมด โดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	บรรจบคลองบางลำพู
ทิศตะวันตก	บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา และเขตบางกอกน้อย
ทิศตะวันออก	บรรจบคลองโอ่งอ่าง
ทิศใต้	บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา และเขตบางกอกใหญ่

ขอบเขตของพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียกรุงรัตนโกสินทร์ แสดงไว้ดังรูปที่..3.11

<u>ระบบรวบรวมน้ำเสีย</u>

โครงข่ายระบบน้ำเสีย จะประกอบด้วยท่อรวบรวมน้ำเสียหลัก 2 เส้น

ท่อรวบรวมน้ำเสียหลักที่ 1 เริ่มต้นบริเวณประตูระบายน้ำปากคลองตลาด เลียบมาตามคลองคูเมืองเดิมด้านทิศตะวันออกถึงคลองวัดราชบพิธ จากนั้นวางใต้คลองวัดราชบพิธจนถึงคลองโอ่งอ่าง คลองบางลำพู ไปสิ้นสุดที่โรงสูบน้ำหลักบริเวณตลาดบ้านพานถม เพื่อสูบน้ำเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียต่อไป

ท่อรวบรวมน้ำเสียหลักที่ 2 เริ่มต้นที่บริเวณประตูระบายน้ำปากคลองตลาด เลียบมาตามคลองคูเมืองเดิม แล้วตัดข้ามคลองคูเมืองเดิมบริเวณประตูน้ำใต้สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าแล้วไปตามถนนพระอาทิตย์ ถึงบริเวณป้อมพระเมรุ แล้วแยกลงคลองโอ่งอ่าง คลองบางลำพู ไปสิ้นสุดที่โรงสูบน้ำหลักบริเวณตลาดบ้านพานถม เพื่อสูบน้ำเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียต่อไป

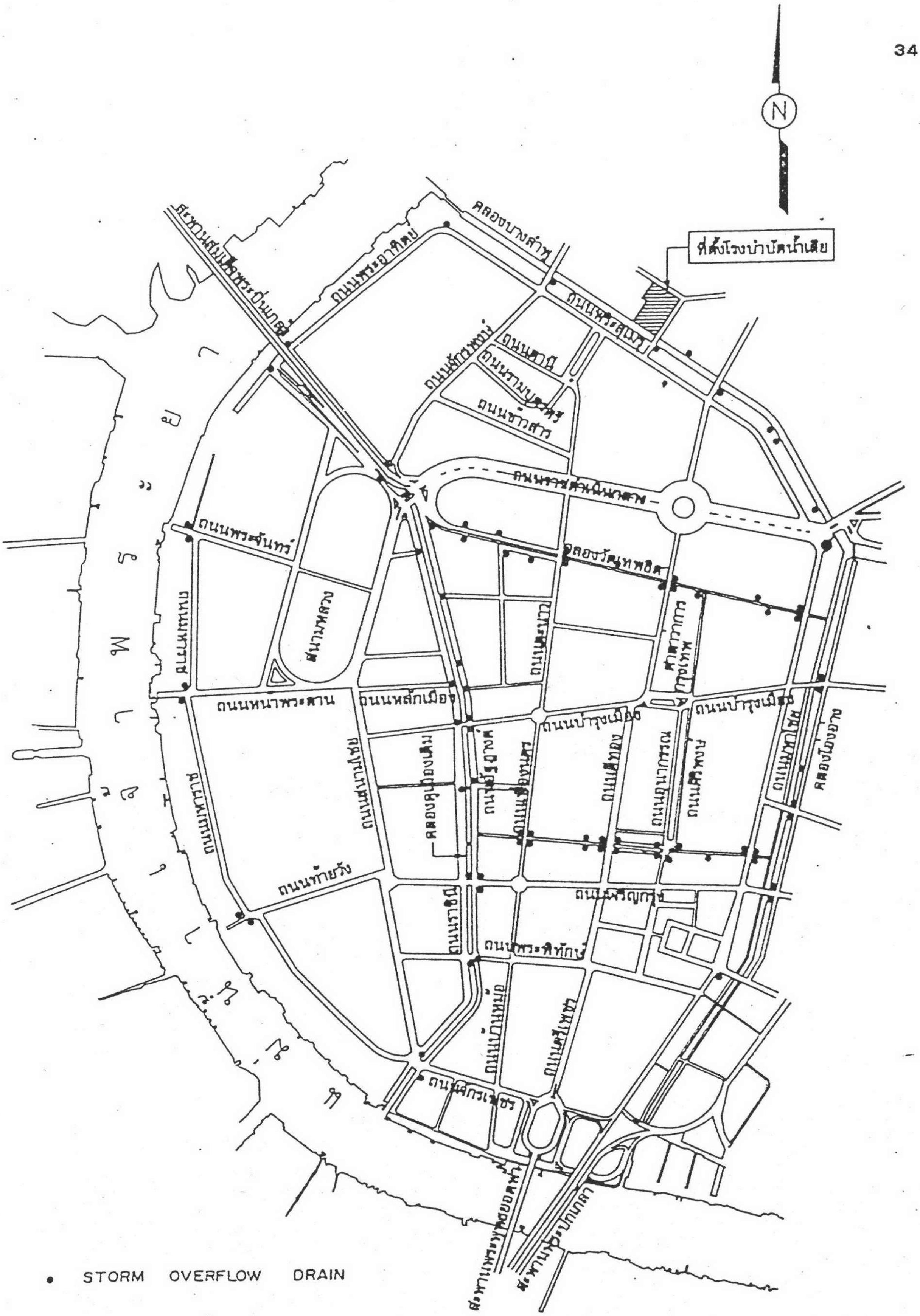
<u>ระบบบำบัดน้ำเสีย</u>

- อัตราการไหลของน้ำเสีย

ปริมาณไหลผ่านระบบเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Flow)	40,000 ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลผ่านสูงสุดต่อวัน (Max. Daily Flow)	50,000 ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลผ่านสูงสุดต่อวันในฤดูฝน (Max. Wet Weather Flow)	200,000 ม.^{3}/วัน

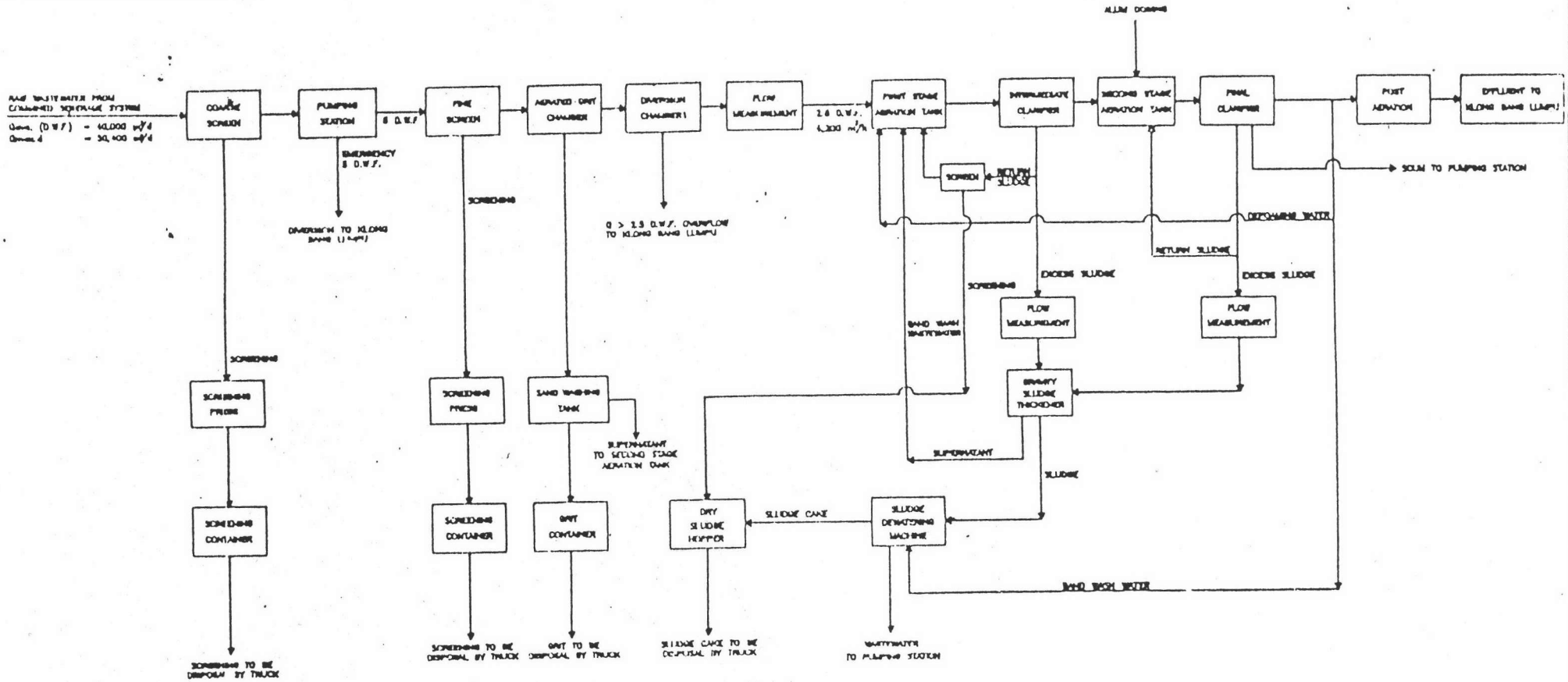
- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ	
บีโอดี (BOD_5)	200 มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	200 มก./ล.



ผังแสดงตำแหน่ง STORM OVERFLOW DRAIN

รูปที่ 3.11 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียรัตนโกสินทร์



รูปที่ 3.12 ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียรัตนโกสินทร์

- คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว

บีโอดี (BOD5)	20 มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	30 มก./ล.

- โรงบำบัดน้ำเสีย

โรงบำบัดน้ำเสียจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ การบำบัดขั้นแรก (Primary Treatment) การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) และการกำจัดตะกอน (Sludge Treatment)

สำหรับการบำบัดน้ำขั้นที่สอง กระบวนการที่ใช้คือกระบวนการตกตะกอนเร่งแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Activated Sludge) ร่วมกับถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไหลตามแนวดิ่ง (Rectangular Vertical Current Clarifier) โดยถังเติมอากาศขั้นแรกเป็นถังเติมอากาศแบบ High Rate และถังเติมอากาศขั้นที่สองเป็นแบบ Extended Aeration และควบคุมการทำงานเป็นแบบ Anoxic-Oxic เพื่อกำจัดไนโตรเจน ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสีย ดังรูป 3.12

<u>ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ</u>

โรงบำบัดน้ำเสียจะทิ้งน้ำที่บำบัดแล้วลงสู่คลองบางลำพู บริเวณตลาดบ้านพานถม โดยจะมีทิศทางการไหลจากคลองบางลำพูสู่คลองโอ่งอ่างแล้งจึงลงสู่แม่น้ำเจ้าพะยา จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำในคลองบางลำพู คลองโอ่งอ่าง จะพบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาดีขึ้น

สมมติว่ากรุงเทพมหานคร ได้มีการบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ขึ้นทั่ว กรุงเทพมหานคร และคุณภาพน้ำในแม่น้ำดีขึ้นจนมีดีโออยู่ในช่วง 2-5 มก./ล. และมี BOD ในช่วง 3-5 มก./ล. ในขณะที่ยังกำหนดให้น้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียที่ตลาดบ้านพานถมให้มีคุณภาพหรือบีโอดีเท่ากับ 10 20 และ 30มก./ล. ตามลำดับ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Water Quality Model ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำในคลองบางลำพูจะดีขึ้นกว่าเดิม แต่ยังไม่ดีขึ้นมากนัก หากค่าบีโอดีในแม่น้ำเจ้าพระยายังสูงอยู่ โดยจะเห็นว่าค่าดีโอของน้ำในคลองจะลดลงต่ำกว่าหนึ่งอยู่ดี

3. โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา

พื้นที่โครงการครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 37 ตารางกิโลเมตร

<u>ขอบเขตของพื้นที่</u>

พื้นที่โครงการจะครอลคลุมทั้งหมดสี่เขต คือ ยานนาวา บางรัก สาธร และบางคอแหลมโดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	บรรจบคลองผดุงกรุงเกษม
ทิศตะวันตก	บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา และเขตราษฎร์บรูณะ
ทิศตะวันออก	บรรจบถนนพระรามสี่ ตัดกับทางรถไฟเข้าคลังน้ำมัน
ทิศใต้	บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา และเขตบางกระเจ้า

ขอบเขตของพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา แสดงไว้ดังรูปที่..3.13

ระบบรวบรวมน้ำเสีย

ประกอบด้วยท่อรวบรวมน้ำเสียหลักที่ต้องสร้างใหม่ จำนวน 2 เส้น

ท่อรวบรวมน้ำเสียหลักเส้นที่ 1 เริ่มต้นจากสี่แยกถนนตก เลียบไปตาม 2 ฝั่งของถนนพระรามที่ 3 ไปจนถึงถนนเชื้อเพลิง มีความยาวท่อบนแต่ละฝั่งของถนน 10.6 กิโลเมตร

ท่อรวบรวมน้ำเสียหลักเส้นที่ 2 เริ่มต้นจากถนนสี่พระยาเลียบไปตามถนนเลียบคลองช่องนนทรี จนถึงที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย มีความยาวท่อบนแต่ละฝั่งของถนน 4.35 กิโลเมตร

น้ำเสียหลักที่ 3 เขต คือ ยานนาวา สาธร และบางคอแหลม จะลำเลียงมายังท่อน้ำเสียทั้งสองแนว ส่วนน้ำเสียจากเขตบางรักจะลำเลียงมายังท่อดักน้ำเสียตามแนวคลองช่องนนทรี

ระบบบำบัดน้ำเสีย

- อัตราการไหลของน้ำเสีย

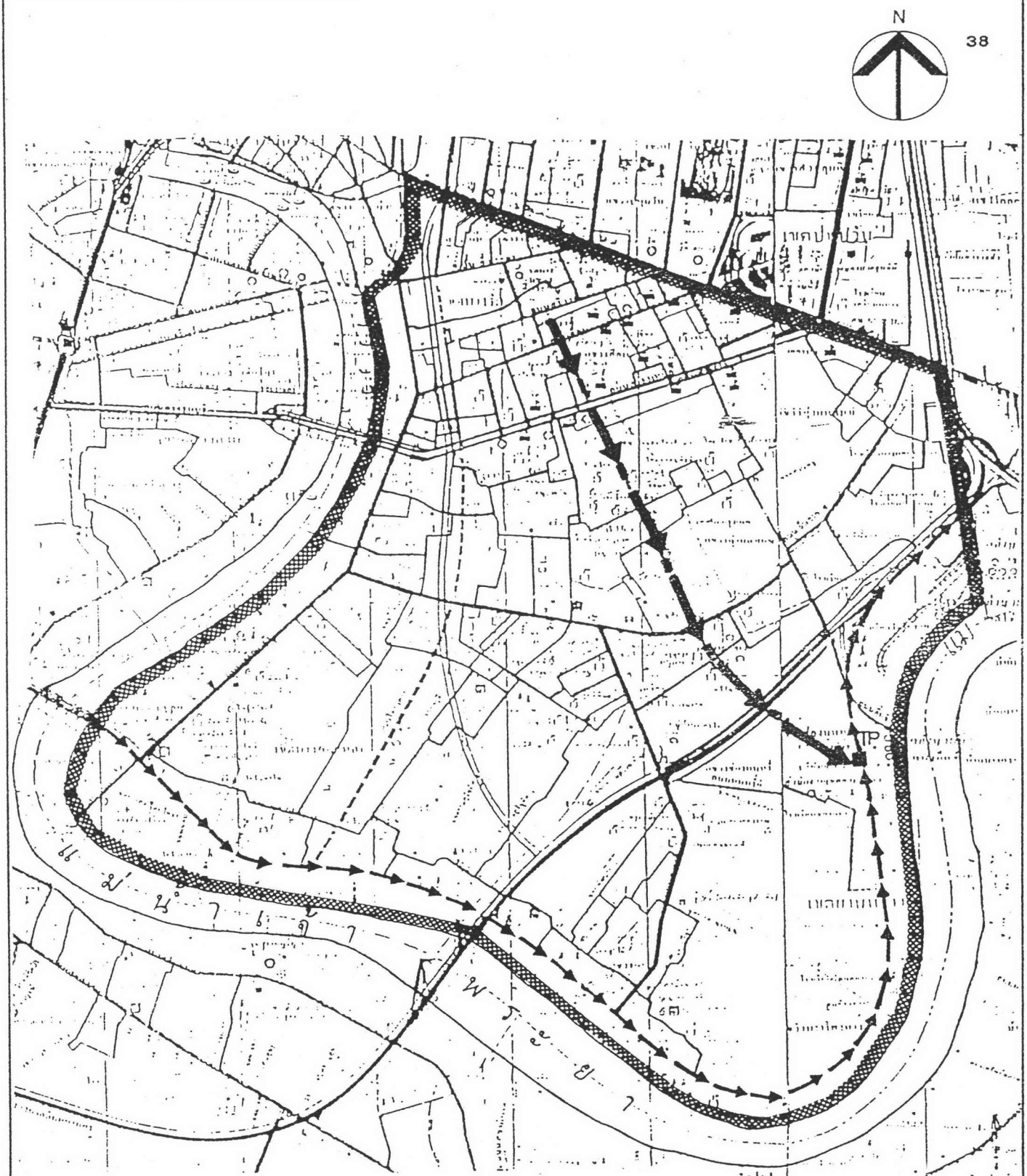
ปริมาณไหลผ่านระบบเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Flow)	390,000 ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลสำหรับออกแบบ (Design Flow)	420,000 ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลสูงสุดต่อวัน(max. Daily Flow)	540,000 ม.^{3}/วัน

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติน้ำเสียที่เข้าระบบ	
บีโอดี (BOD_5)	100-200 มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ss)	100 มก./ล.
คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว	
บีโอดี (BOD)	20 มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย(ss)	30 มก./ล.

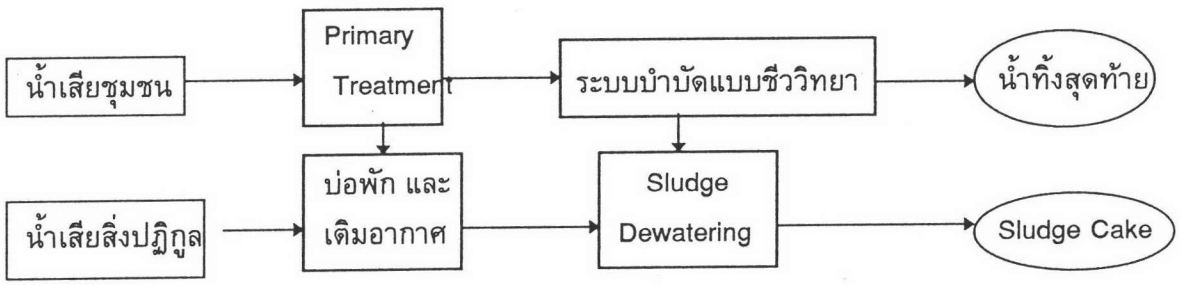
- โรงบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียในเขตนี้ เป็นน้ำเสียชุมชนที่มีความสกปรกต่ำ ส่วนน้ำเสียสิ่งปฏิกูลมีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่น้ำเสียชุมชนมีปริมาณ 390,000 ลูกบาศเมตร/วัน น้ำเสียสิ่งปฏิกูลมีเพียง 1,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ดังนั้นจึงมีแนวความคิดในการบำบัดน้ำเสียทั้งสองชนิดร่วมกัน โดยมีน้ำเสียชุมชนเป็นหลักในการกำหนดวิธีการบำบัดน้ำเสีย แสดงไว้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกแบบ เป็นระบบ Activated Sludge แบบ Extended Aeration โดยผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำเสียและหน่วยกระบวนการต่างๆในระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงไว้ในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 แผนภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียสิ่งปฏิกูลร่วมกัน

- ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

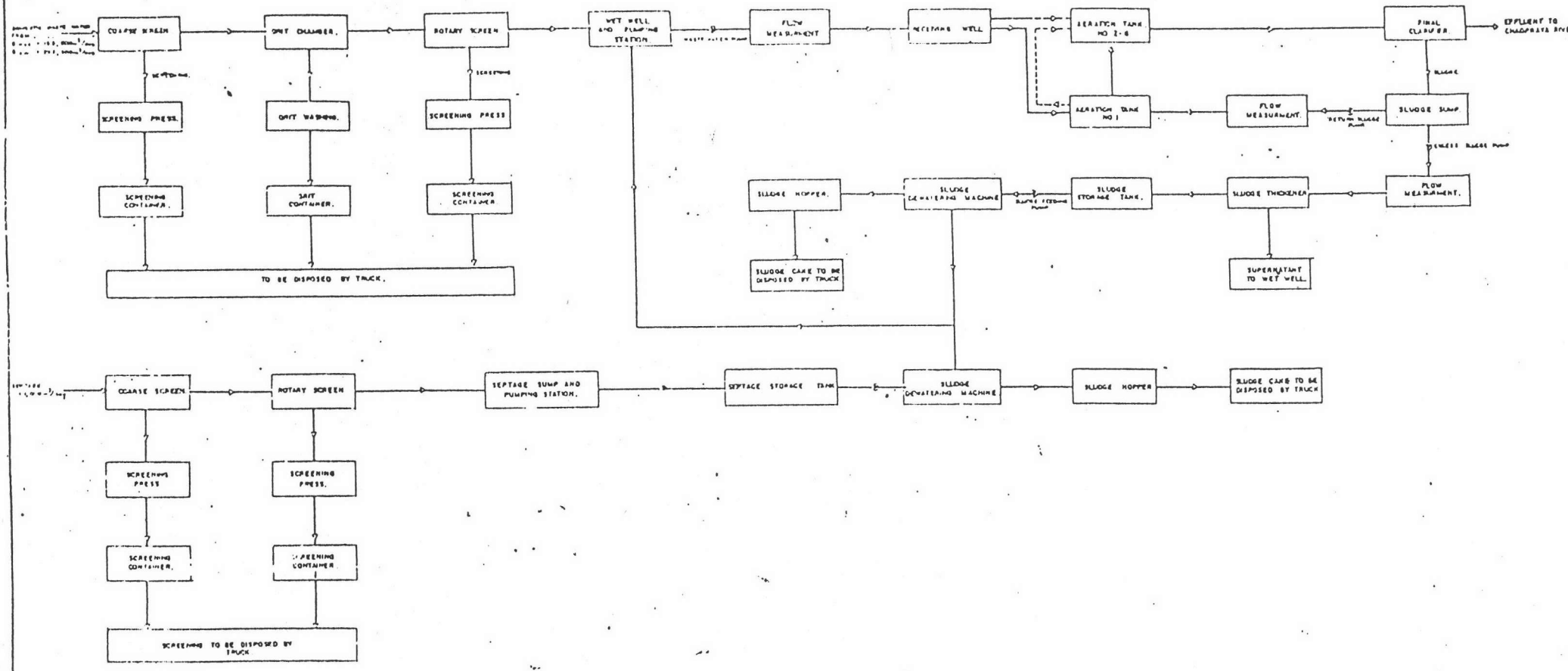
1. คุณภาพน้ำบริเวณที่ตั้งโครงการในปัจจุบัน(พ.ศ 2534)

ที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสียอยู่บริเวณปากช่องนนทรี ซึ่งอยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 32 กิโลเมตร ข้อมูลคุณภาพน้ำที่เก็บตัวอย่างโดยผู้ออกแบบได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1

<u>ตารางที่.3.1</u> คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่บริเวณช่องนนทรี (เก็บตัวอย่าง วันที่ 28 ธันวาคม 2534) เปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4

ลักษณะ	หน่วย	จุดเก็บตัวอย่าง*			ค่าเฉลี่ย	มาตรฐาน
		1	2	3		
PH	-	7.31	7.25	7.33	7.30	5-9
Dissolved Oxygen	mg/1	1.40	1.20	1.00	1.20	ไม่น้อยกว่า 2.0
BOD_5	mg/1	1.80	1.70	2.00	1.80	ไม่มากกว่า 4.0
COD	mg/1	10.50	14.10	15.70	15.40	ไม่กำหนด
NH_3-N	mg/1	0.65	0.52	0.48	0.52	ไม่มากกว่า 0.5
Total Coliform**	NPN/100 ml	240,000	43,000	93,000	125,000	ไม่กำหนด
Fical Coliform**	NPN/100 ml	93,000	43,000	15,000	50,000	ไม่กำหนด

ที่มา : รายงานฉบับสุดท้ายโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียยานนาวา



รูปที่ 3.15 ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียยานนาวา

หมายเหตุ * จุดเก็บตัวอย่างบริเวณปากคลองสาธร และคลองช่องนนทรี

** มาตรฐาน ประเภทที่ 3 กำหนดให้ Total Cloiform และ Fecal Coliform ไม่เกิน 20,000 และ 4,000 MPN/100 ml ตามลำดับ

4. โครงการบำบัดน้ำเสีย ภาษีเจริญ-หนองแขม

พื้นที่โครงการครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 43 ตารางกิโลเมตร

ขอบเขตของพื้นที่

ทิศเหนือ	บรรจบคลองกำนันเทียม คลองบางแวก
ทิศตะวันตก	บรรจบคลองมหาศร
ทิศตะวันออก	บรรจบคลองบางกอกใหญ่
ทิศใต้	บรรจบคลองภาษีเจริญ

ขอบเขตของพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ-หนองแขมแสดงไว้ดังรูปที่.. 3.16

ระบบรวบรวมน้ำเสีย

ท่อรวบรวมน้ำเสียในพื้นที่โครงการ ใช้ในการเชื่อมต่อท่อจากอาคารบ้านเรือนเดิมที่มีอยู่แล้วเข้ากับท่อรวบรวมน้ำเสียหลัก และโครงข่ายท่อรวบรวมน้ำเสียที่จะออกแบบเป็นระบบโครงข่ายแบบก้างปลา โดยจะวางท่อรวบรวมน้ำเสียหลักตามแนวถนนเพชรเกษม เริ่มต้นทางทิศตะวันออกของโครงการ จากคลองบางกอกใหญ่ วางแนวตามถนนเพชรเกษม มาทางทิศตะวันตกของพื้นที่โครงการ โดยแยกจากถนนเพชรเกษมที่จุดตัดคลองทวีวัฒนาและแยกเข้าสู่คลองเจริญสุข เข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียซึ่งตั้งอยู่ริมคลองเจริญสุข

ระบบบำบัดน้ำเสีย

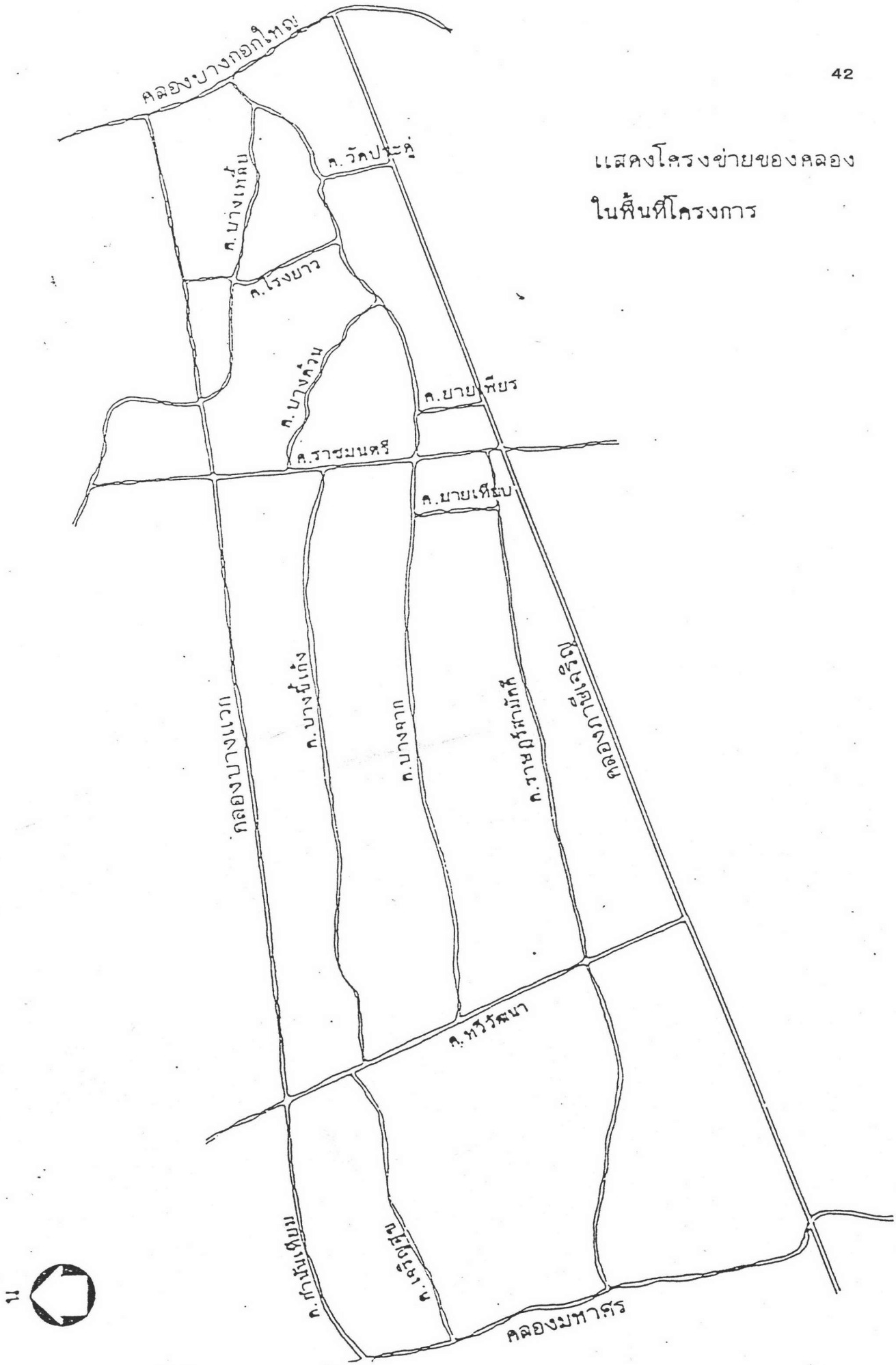
- อัตราการไหลของน้ำเสีย

ปริมาณไหลผ่านระบบต่อวัน (Average Daily Flow)	157,360	ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลผ่านสูงสุดต่อวัน (Max. Daily Flow)	173,100	ม.^{3}/วัน
ปริมาณการไหลผ่านสูงสุดต่อวันในฤดูฝน (Wet Weather Flow)	472,000	ม.^{3}/วัน

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ		
บีโอดี (BOD_5)	150	มก./ล.

แสดงโครงข่ายของคลอง
ในพื้นที่โครงการ



รูปที่ 3.16 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ - หนองแขม

ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) 150 มก./ล.

คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว

บีโอดี (BOD_5) 20 มก./ล.

ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) 30 มก./ล.

- โรงบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียโครงการภาษีเจริญ-หนองแขม เป็นแบบกระบวนการตะกอนเร่งมาตรฐาน (CAS) โดยผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำเสียและหน่วยกระบวยการต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงไว้ดังรูปที่ 3.17

- ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

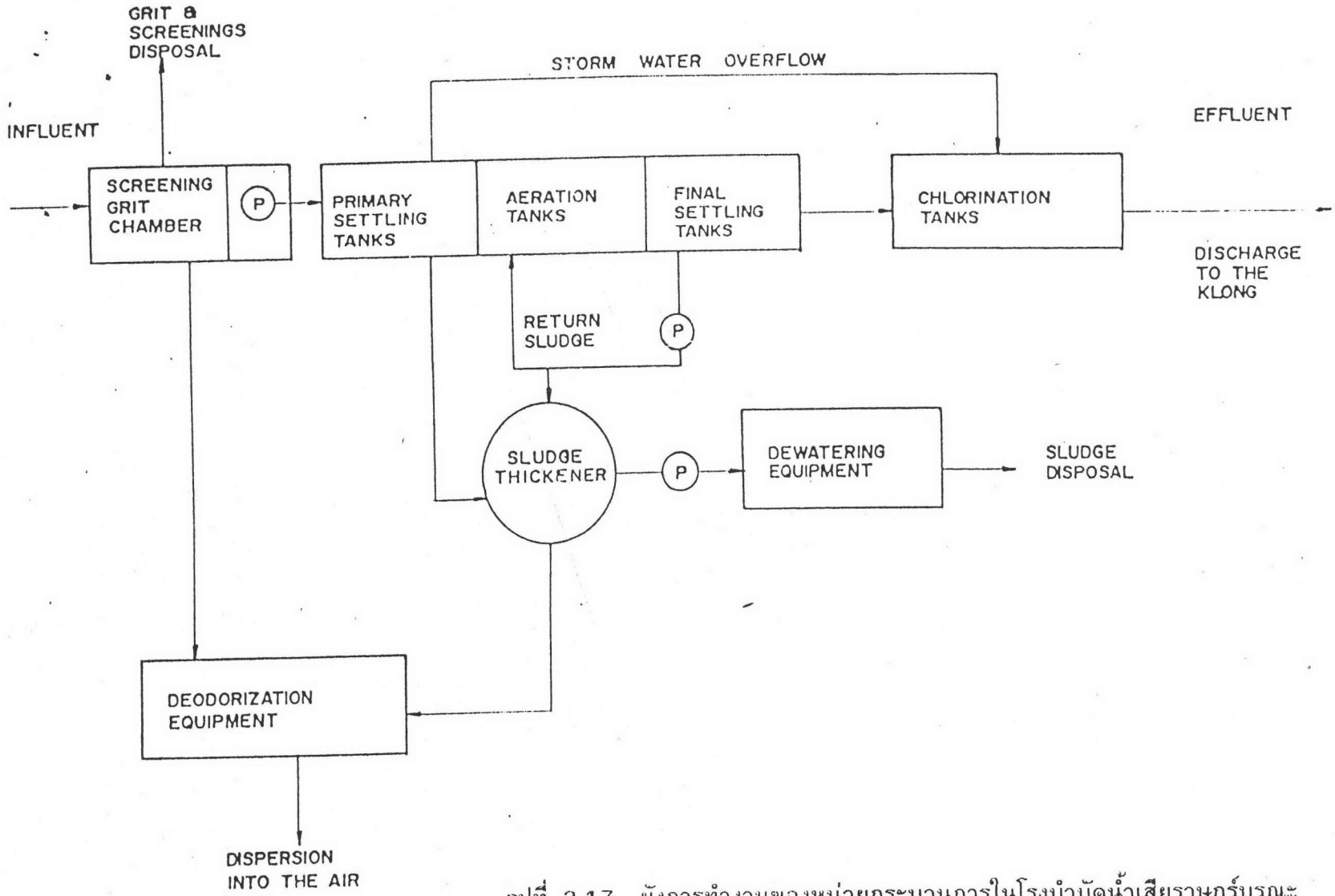
จากข้อมูลคุณภาพน้ำที่เก็บตัวอย่างโดยผู้ออกแบบ ดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณภาพน้ำในแหล่งรับน้ำเสียจากโรงบำบัด

ข้อมูล	หน่วย	น้ำทิ้งจาก โรงบำบัดน้ำเสีย	คลองทวีวัฒนา	
			ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ปริมาณน้ำ	ลบ.ม./วินาที	1.82	< 0.5	4.98 - 5.47
BOD	มก./ลิตร	20	19.7	43
DO	มก./ลิตร	2	2.1	3

ที่มา : รายงานการออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสีย เขตภาษีเจริญ - หนองแขม เล่มที่ 1

ในฤดูแล้งจะเห็นได้ว่าค่า BOD และ DO ของน้ำในคลองทวีวัฒนา และน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้คุณภาพน้ำในคลองทวีวัฒนามีคุณภาพต่ำกว่าคุณภาพน้ำทิ้งของเกณฑ์ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย การระบายน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสีย มีผลต่อคุณภาพน้ำในคลองทวีวัฒนาน้อยมากสำหรับปริมาณความสกปรกที่ถ่ายเทลงสู่คลองทวีวัฒนาทั้งหมดเท่ากับ 3,147.2 กิโลกรัมบีโอดี/วัน ซึ่งจะทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง เนื่องจากมีการใช้ออกซิเจนเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย และจากการคำนวณพบว่าแหล่งน้ำจะอยู่ในสภาพที่วิกฤตที่สุด และแหล่งน้ำจะเริ่มมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้นในเวลา 1.83 วัน (Streeter-Phelps Equation, K_1= 0.33, K_2 = 0.45 at T = 28 c) ที่ระยะห่างจากโรงบำบัดน้ำเสียประมาณ 3.16 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำในคลองทวีวัฒนาย่อมมีผลต่อคุณภาพน้ำในคลองทวีวัฒนาเช่นกัน สำหรับผลโดยรวมโรงบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ-หนองแขม จะทำให้แหล่งน้ำในพื้นที่โครงการมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งจะเป็นผลต่อเนื่องไปถึงการฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาด้วย



รูปที่ 3.17 ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ

5. โครงการบำบัดน้ำเสีย ราษฎร์บูรณะ

พื้นที่โครงการครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 43 ตารางกิโลเมตร

ขอบเขตพื้นที่

ทิศเหนือ	บรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา และเขตยานนาวา
ทิศตะวันตก	บรรจบเขตธนบุรี และบางขุนเทียน
ทิศตะวันออก	บรรจบอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ
ทิศใต้	บรรจบอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

ขอบเขตของพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะแสดงไว้ดังรูปที่..3.18

ระบบรวบรวมน้ำเสีย

ประกอบด้วยท่อรวบรวมน้ำเสียหลัก รวบรวมน้ำเสียจากท่อแยกหรือท่อสาขาแบบอนุกรมโดยแนวท่อรวบรวมน้ำเสียหลักวางตามแนวถนนสุขสวัสดิ์ เริ่มต้นที่คลองดาวคะนองแล้วมาบรรจบกับถนนประชาอุทิศตรงบริเวณสามแยกกิโลเมตรที่ 9 จากนั้นวางตามแนวถนนประชาอุทิศตลอดไปจนถึงโรงบำบัดน้ำเสียทางตอนใต้ของพื้นที่โครงการ

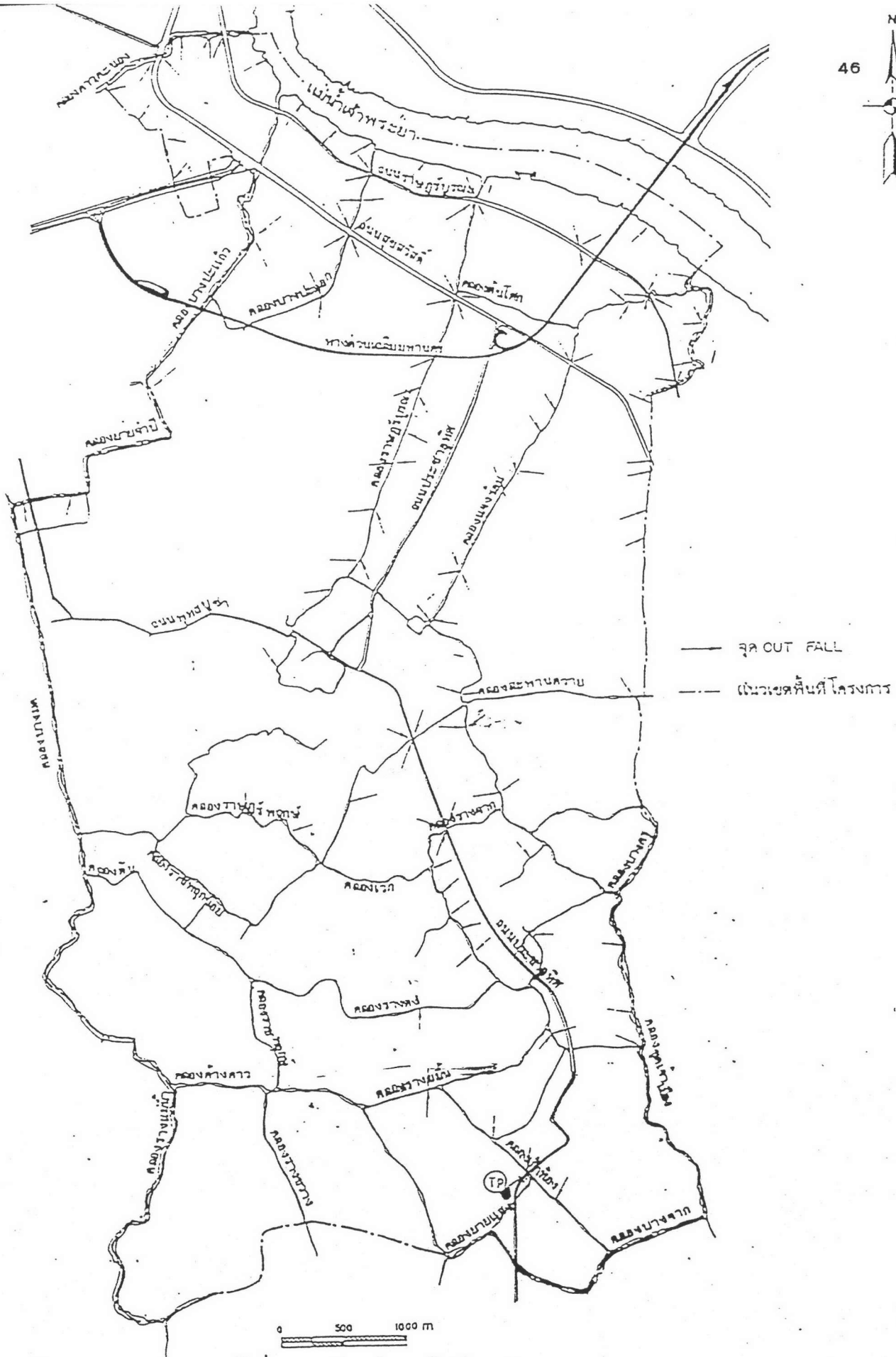
ระบบบำบัดน้ำเสีย

- อัตราการไหลของน้ำเสีย

ปริมาณไหลผ่านระบบต่อวัน (Average Daily Flow)	65,000	ม.^{3}/วัน
ปริมาณไหลผ่านสูงสุดต่อวัน (Max. Daily Flow)	71,500	ม.^{3}/วัน
ปริมาณการไหลผ่านสูงสุดต่อวันในฤดูฝน (Wet Weather Flow)	140,000	ม.^{3}/วัน

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ		
บีโอดี (BOD_5)	150	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	150	มก./ล.
คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว		
บีโอดี (BOD_5)	20	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	30	มก./ล.



แสดงพื้นที่ระบายน้ำฝน และน้ำเสียลงสู่คลอง

รูปที่ 3.18 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ

- โรงบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการราษฎร์บูรณะ คือ ระบบตะกอนเร่งมาตรฐานทั่วไป (CAS Process) แต่อาจมีการดัดแปลงเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอาหารของจุลชีวะ (Nutrients) ซึ่งได้แก่ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ผังแสดงทิศทางการไหลของน้ำเสีย และหน่วยกระบวนการต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงไว้ในรูปที่ 3.19

- ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

ระบบบำบัดน้ำเสียในพื้นที่โครงการ จะปล่อยน้ำที่บำบัดแล้งลงสู่คลองบางจากซึ่งอยู่ทางทิศใต้ของโครงการ จากข้อมูลคุณภาพน้ำ ณ จุดทิ้งน้ำที่สำรวจโดยบริษัทผู้ออกแบบในรูปของ BOD, DO และ SS ช่งเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงวิกฤตของคลองบางจากโดยมีค่าเฉลี่ย BOD เป็น 9.8 มก./ลิตร ค่า SS เท่ากับ 51 มก./ลิตร และออกซิเจนละลายน้ำ 4 มก./ลิตร จากค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์ดี คือไม่ต่ำกว่า 4 มก./ลิตร ในฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่าคลองบางจากเป็นแหล่งน้ำไหลเปิดและไม่มีปัญหาการย่อยสลายโดยธรรมชาติ(Self Purification) ถึงแม้มีค่า BOD สูงกว่าระดับมาตรฐาน คุณภาพน้ำประเภทที่ 3 ก็ตาม ด้วยเหตุนี้น้ำทิ้งหลังการบำบัดซึ่งมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ลิตร และ SS ไม่เกิน 30 มก./ลิตร จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบต่อคุณภาพน้ำในคลองบางจาก และจะมีส่วนช่วยลดปริมาณมวลสารในรูปของ SS ลงได้อีก

6. โครงการบำบัดน้ำเสียรวม ระยะที่ 1

พื้นที่โครงการครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมด ประมาณ 38 ตารางกิโลเมตร ในเขตป้อมปราบ สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน พญาไท ราชเทวี ดุสิต และ ห้วยขวาง ดังแสดงในรูปที่ 3.20

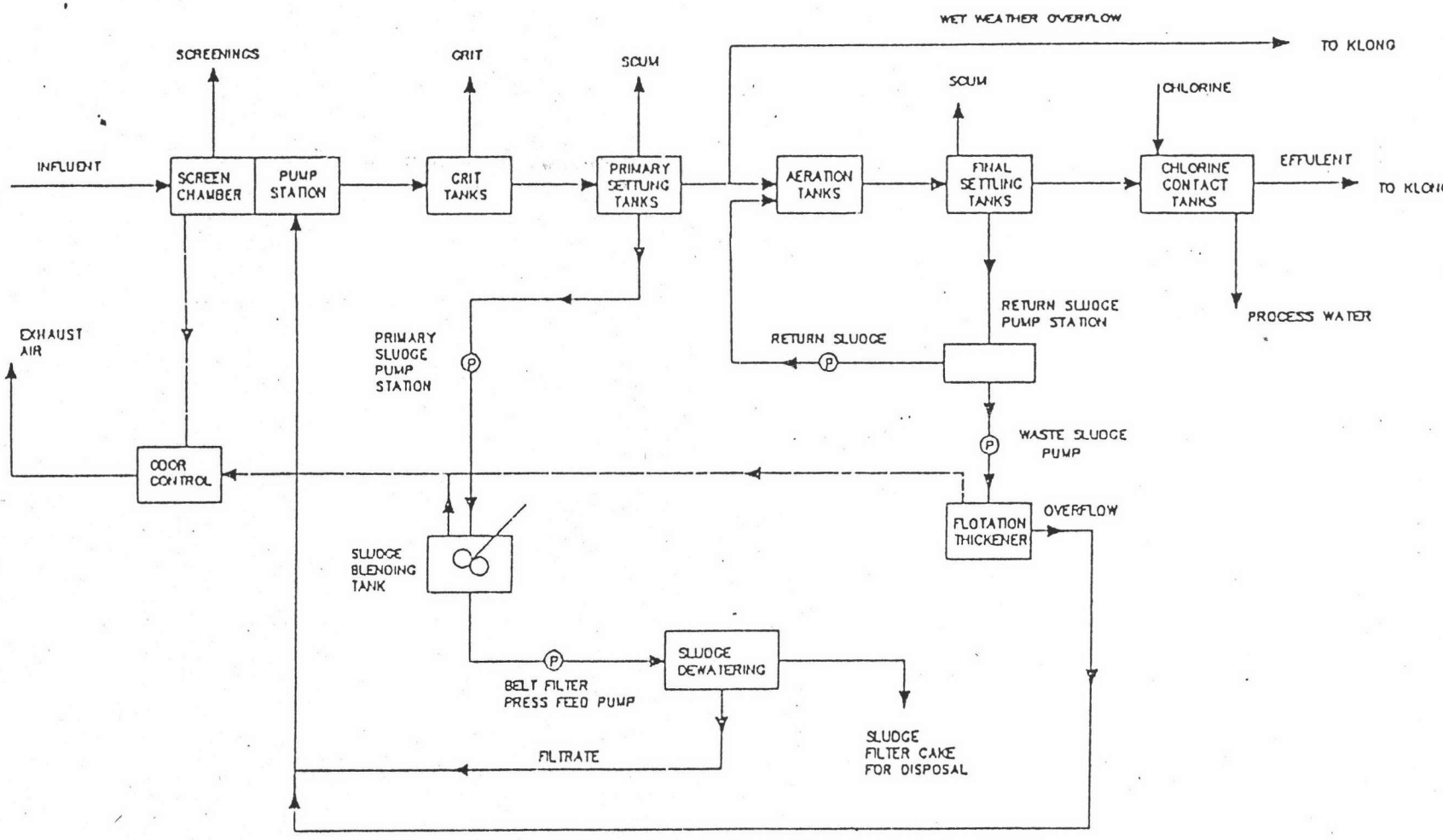
<u>ระบบรวบรวมน้ำเสีย</u>

จากการเสนอแนวทางเลือกในการรวบรวมน้ำเสียไว้ 4 แนวทางเลือก สรุปว่าทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สามารถดำเนินการโดยแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ

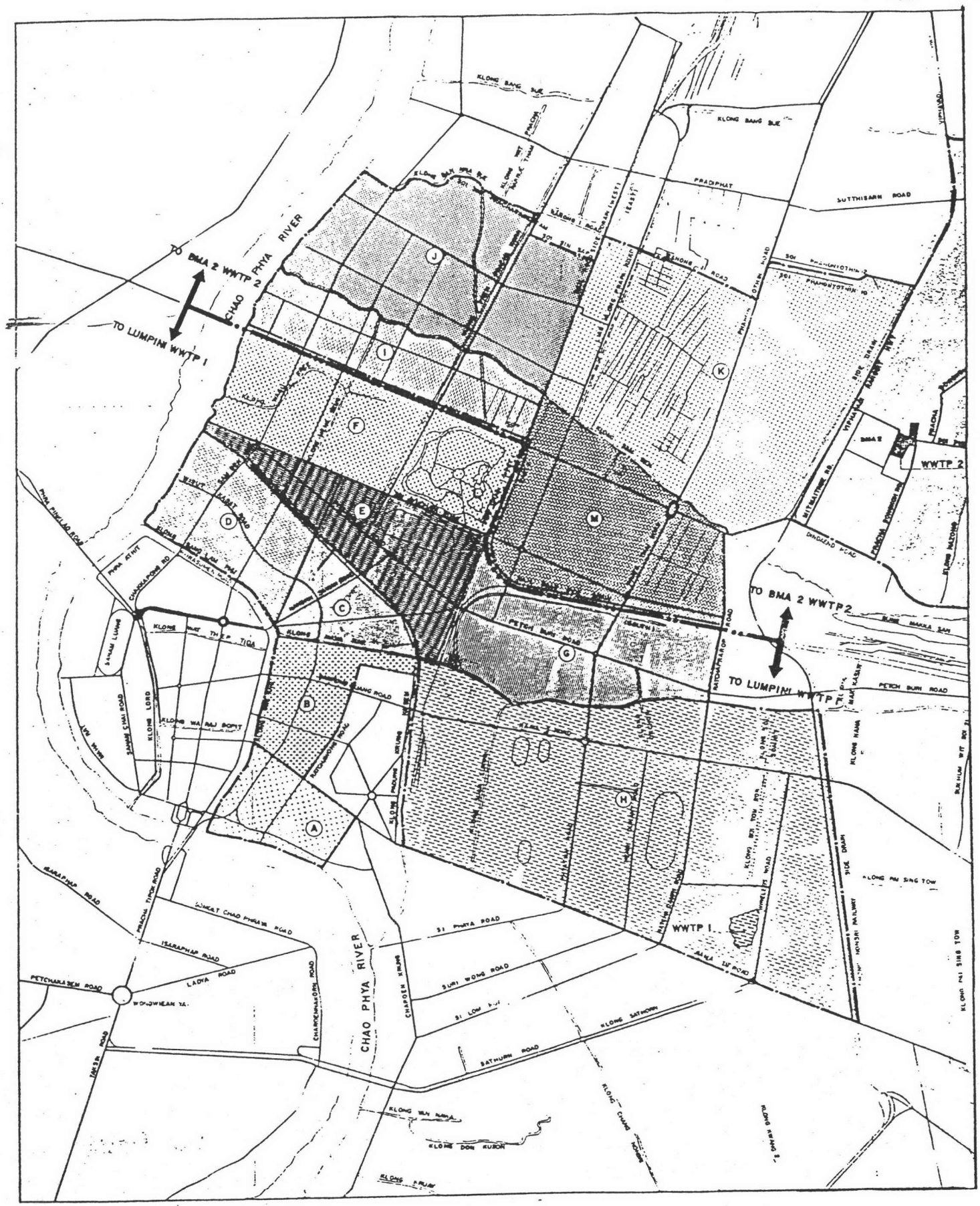
- ระบบหลักแบบวงรอบ (Ring main type)
- ระบบหลักแบบก้างปลา (Branch main type)

ภายในระบบหลัก อาจจะจัดให้มีสถานียกระดับน้ำ (Lift Station) เป็นช่วง ๆ และจัดให้มีสถานีสูบน้ำเพื่อส่งด้วยระบบทรงดัน (Force main system) ไปยังโรงบำบัดน้ำเสียกลางได้ ดังรูปที่ 3.21

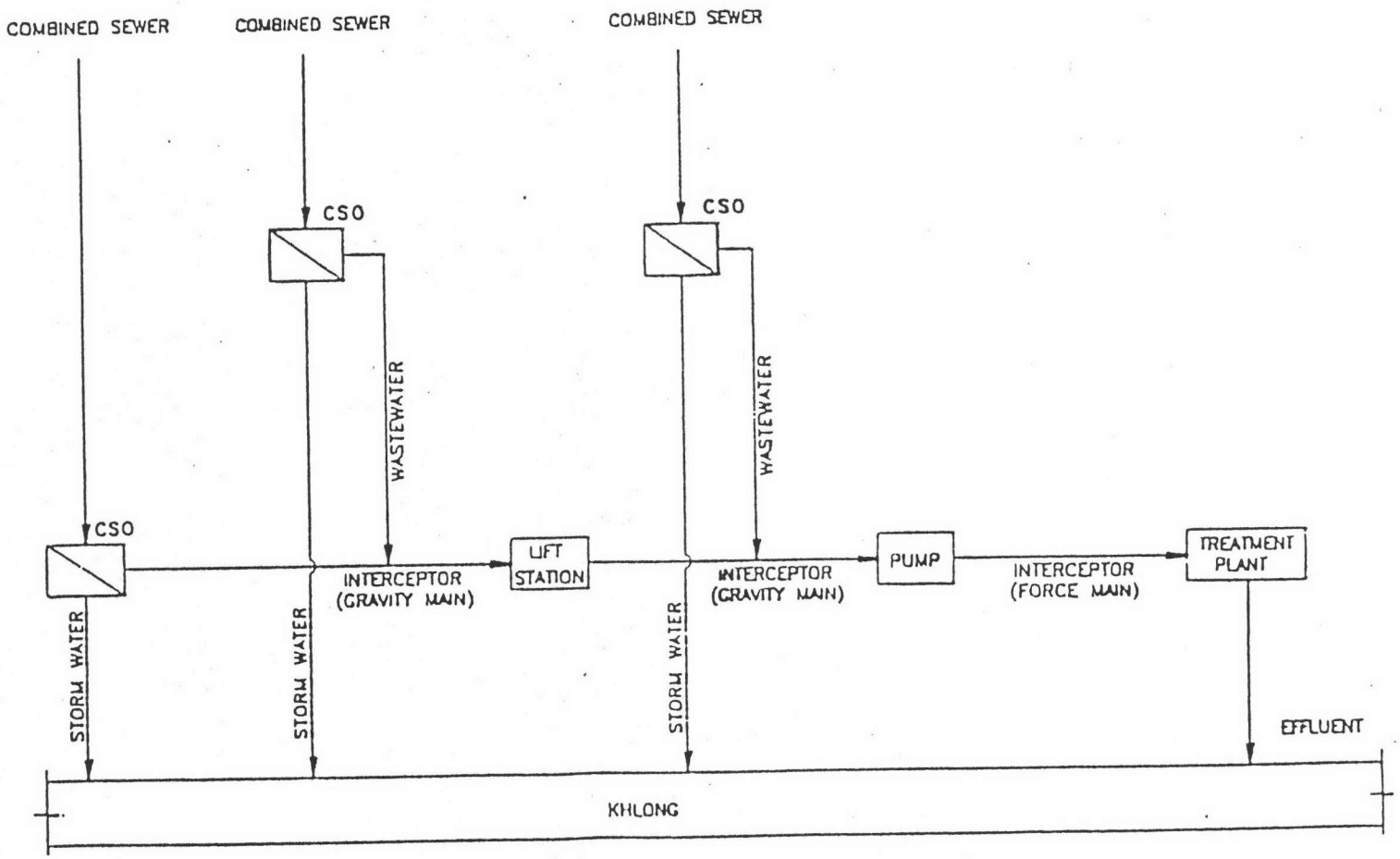
เพื่อเป็นการประหยัดค่าลงทุน จึงควรกำหนดขนาดท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) ให้เล็กที่สุด โดยไม่ทำให้วัตถุประสงค์อื่น ๆ ต้องเสียไป และนำ Combined sewer overflows เข้ามาใช้โดยการติดตั้ง Combined sewer overflows ที่ปลายทิ้งน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน เพื่อให้ทำหน้า



รูปที่ 3.19 ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ - หนองแขม



รูปที่ 3.20 พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1



รูปที่ 3.21 แผนผังการรวบรวมน้ำเสียโครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1

ที่แยกท่อน้ำเสียลงสู่ท่อดักน้ำเสียที่จะจัดสร้างขึ้นใหม่ ส่วนน้ำฝนจะปล่อยให้ระบายลงสู่คลองต่าง ๆ ตามเดิม

<u>ระบบบำบัดน้ำเสีย</u>

- ปริมาณน้ำเสีย

ในการคำนวณปริมาณน้ำเสีย ได้ใช้ข้อมูลของการใช้น้ำประปาในเขตพื้นที่โครงการ ซึ่งกำหนดให้ปริมาณนำเสียเฉลี่ย (Average daily sewage flow) มีค่าเท่ากับการใช้น้ำประปา โดยตั้งสมมติฐานว่าน้ำประปาที่ถูกใช้หายไปและไม่กลับมาเป็นน้ำเสีย มีค่าเท่ากับน้ำที่ซึมเข้าระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย (Infiltration) ทั้งนี้ เพราะจากข้อมูลของการประปานครหลวงพบว่า ปัจจุบันยังคงมีอัตราการสูญเสียน้ำที่อ่านไม่ได้จากมาตรวัดน้ำรายย่อยอีกประมาณ ร้อยละ 30 ซึ่งน้ำปริมาณนี้ ส่วนหนึ่งจะไหลกลับมาเข้าท่อรวบรวมน้ำเสียรวมกับน้ำใต้ดิน

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

คุณสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ		
บีโอดี (BOD_5)	150 - 200	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	150 - 200	มก./ล.
คุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว		
บีโอดี (BOD_5)	20	มก./ล.
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS)	30	มก./ล.

- ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

จากพื้นที่โครงการทั้งหมดจะมีผลในการลดปริมาณความสกปรกของคลองในพื้นที่โดยตรง คือ คลองสามเสน คลองแสนแสบ ซึ่งเท่ากับเป็นการลดภาระความสกปรกของแม่น้ำเจ้าพระยา ช่วงจุดปล่อยน้ำบริเวณคลองผดุงกรุงเกษม และคลองสามเสนอีกด้วย