บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยฉบับนี้ เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการเงิน เพื่อนำมาประเมินความคุ้มทุนของโครงการระบบบำบัดน้ำเสีย และมีการวิเคราะห์ต่อไปว่าโครงการหรือแผนพัฒนาที่พบว่ามีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์แล้วนั้นจะมีความเป็นไปได้ในด้านการเงินการคลังด้วยหรือไม่

ในบทนี้ยังประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องของน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียด้วย

2.1 การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ประเมินผลโครงการด้านเศรษฐศาสตร์ อาศัยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ตอบแทน (Cost Benefit Analysis : CBA) ทั้งนี้จะใช้เกณฑ์การประเมินความคุ้มทุนของโครงการ (กรมโยธาธิการ ,2529)

2.1.1 <u>อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost)</u>

1) <u>การประเมินค่าใช้จ่าย</u>

ในการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่าย จะใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ค่าที่ดิน เครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้า และค่าดำเนินการและการบำรุงรักษา ตลอดช่วงอายุโครงการ มีการหาอัตราค่าใช้จ่ายต่อปริมาณน้ำเสียที่สามารถบำบัดได้ต่อน้ำหนึ่งหน่วยลูกบาศก์เมตร ภายใต้อัตราการเสียโอกาสของทรัพยากรที่เหมาะสม คืออัตราร้อยละ 10 เพราะเป็นโครงการของรัฐบาล

2) <u>การประเมินหาผลประโยชน์ของโครงการ</u>

โครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียโดยการก่อสร้างโครงข่ายระบบระบายน้ำ ระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงบำบัดน้ำเสียนั้นจัดได้ว่า เป็นโครงการด้านสาธารณูปโภคประเภทหนึ่ง ซึ่งจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมรวมอย่างมาก โดยเฉพาะการช่วยลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากน้ำท่วม (กรณีของระบบแบบรวมซึ่งใช้ระบายน้ำด้วย) ด้านสุขภาพอนามัยและสาธารสุขของประชากร รวมถึงการช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการเจริญเติบโตของพื้นที่และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาเมืองหรือชุมชนเมือง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อให้การประเมินผลโครงการทางเศรษฐกิจมีความครบถ้วนสมบูรณ์ ควรจะมีการประเมินหาผลประโยชน์ออกมาเป็นตัวเงินโดยวิธีการทางอ้อม ผลประโยชน์สำหรับบางรายการที่พอจะประเมินออกมาได้ดังนี้

- การลดความสูญเสียด้านทรัพย์สินและรายได้อันเนื่องมาจากน้ำท่วม ผลประโยชน์ดังกล่าวนี้นับว่าเป็นส่วนหนึ่งของโครงการเช่นกัน เพราะขีดความสามารถของโครงการนอกจากจะช่วยแก้ไขปัญหาน้ำเน่าเสียแล้วยังสามารถช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้เช่นกัน

- ขีดความสามารถของโครงการในการประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับแนวทางเลือกอื่น ๆ โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายของทางเลือกอื่น ๆ ที่มีความเป็นไปได้ (Possible Alternatives) และสามารถให้ผลออกมาได้เท่าเทียมกับทางเลือกเป้าหมายของโครงการนั้น เป็นมูลค่าผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้โครงการสามารถหลีกเลี่ยงและประหยัดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้ หรือโครงการสามารถผลิตได้โดยเสียค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า

- การลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล หรือการลดจำนวนผู้ป่วยหรือค่ารักษาโรคที่มีแหล่งกำเนิดมาจากปัญหาน้ำเน่าเสีย

- การลดค่าใช้จ่ายในการบรรเทาปัญหาหรือมลภาวะทางน้ำ อันเนื่องมาจากน้ำเสีย

- แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของรายได้จากการประกอบธุรกิจอันเนื่องมาจากการแก้ไขปัญหาน้ำเสีย

- ทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียหรือค่าใช้จ่ายต้นทุนของเอกชน ธุรกิจขนาดใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรม ในกรณีที่ต้องลงทุนกำจัดน้ำเสียเองเมื่อไม่มีโครงการโดยนำมาเปรียบเทียบต้นทุนการบำบัดน้ำเสียโดยผ่านระบบของโครงการ หรือกรณีไม่มีโครงการ

ประเด็นหรือแนวทางในการประเมินผลประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น เป็นแนวความคิดในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งในขั้นศึกษาจริงนั้น ต้องประเมินหาแนวทางที่เหมาะสม และพยายามลดการบิดเบือนภาพรวมของผลประโยชน์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุนต่างๆตลอดจนอายุของโครงการกับผลประโยชน์ที่ประเมินค่าเป็นเงินได้

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในที่นี้กำหนดให้

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t

t = ปีของโครงการ

i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

เกณฑ์ที่ใช้แสดงถึงความเหมาะสมและเป็นไปได้ ของโครงการคือ B/C มีค่ามากกว่า 1 ทั้งนี้เพราะเมื่อค่า B/C เกินกว่า 1 แล้ว ก็หมายความว่าผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการจะมีมากกว่าค่าลงทุนใช้จ่ายที่เสียไป

2.1.2 <u>หลักในการคิดค่าบริการ</u>

ในการคิดค่าบริการจะยึดหลักต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม (Average Incremental Cost หรือ AIC) และสอดคล้องกับหลักการคิดค่าบริการจากผู้ใช้บริการ (User Cost Pricing) ที่พิจารณาว่าราคาค่าบริการที่เก็บจากผู้ใช้บริการ จะต้องกำหนดให้เท่ากับต้นทุนของการใช้ทรัพยากรเพื่อจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการบำบัดน้ำเสีย (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ , 2536)

การคำนวณ AIC พิจารณาจากสูตร

$$AIC = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{C}{(1+i)^t}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{Q}{(1+i)^t}}$$

กำหนดให้ C = ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย

Q = ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ

i = อัตราส่วนลด (Discount Rate)

t = ระยะเวลาที่ศึกษา n ปี

สำหรับอัตราส่วนลดหรืออัตราค่าใช้จ่ายต้นทุนคิด ณ อัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุนคือ ร้อยละ 10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ทำเพื่อตรวจสอบหรือวิเคราะห์ซ้ำดูอีกครั้งหนึ่งว่าโครงการหรือแผนพัฒนาที่พบว่ามีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์แล้วนั้นมีความเป็นไปได้ในด้านการเงินการคลังด้วยหรือไม่ โดยจากการวิเคราะห์ที่มุ่งหาผลตอบแทนทางการเงินหรือความสามารถในทางทำกำไรและจุดคุ้มทุนของโครงการ รวมตลอดถึงการวางแผนทางการเงินและรูปแบบการลงทุนที่เหมาะสมกับโครงการ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าถ้ามีการดำเนินงานตามแผนของโครงการแล้ว จะไม่มีปัญหาทางการเงินใดๆ ในทุกขั้นตอนตลอดชั่วอายุโครงการ การวิเคราะห์และวิธีการจะเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้ (กรมโยธาธิการ ,2537)

1) <u>รวบรวมและวิเคราะห์แผนการใช้จ่ายของโครงการ</u> : ข้อมูลพื้นฐานด้านค่าใช้จ่ายและตารางการใช้จ่ายในแต่ละองค์ประกอบของโครงการในแต่ละพื้นที่นี้ จะได้มาจากการประมวลผลด้านวิศวกรรมหรือจากวิศวกรประเมิลราคา และแผนการก่อสร้างโครงการ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าค่าใช้จ่ายแต่ละปีควรเป็นเท่าไร อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายดังกล่าวควรเป็นค่าใช้จ่ายของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้รับการคัดเลือกแล้วว่ามีความเหมาะสม ซึ่งการวิเคราะห์และรวบรวมดังกล่าวจะทำให้ทราบว่า ค่าใช้จ่ายหลักของแต่ละพื้นที่มีมูลค่าเท่าใด และมีตารางการใช้จ่ายอย่างไรในแต่ละปีตลอดช่วงของอายุโครงการ

2) <u>ประเมินหาแหล่งเงินทุนเพื่อกำหนดทางเลือกด้านเศรษฐกิจการคลังว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินงานและการบำรุงรักษา</u> แหล่งเงินทุนปกติมาจาก 2 แหล่งที่สำคัญด้วยกันคือแหล่งเงินทุนภายในประเทศ (งบจากส่วนกลางและงบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการดำเนินงานของโครงการโดยตรง และรายได้จากการจัดเก็บค่าธรรมเนียมหรือจากส่วนร่วมของประชากร) และจากภายนอกประเทศ (เงินกู้จากสถาบันการเงินต่างประเทศ หรือ เงินช่วยเหลือในรูปแบบต่างๆ)

สำหรับแหล่งเงินทุนภายในประเทศนั้น การวิเคราะห์ควรมีความสอดคล้องกับการศึกษาด้านการจัดองค์กร ซึ่งได้มีการกำหนดชัดเจนว่ากรมโยธาธิการจะรับผิดชอบด้านการลงทุนส่วนเมืองจะรับผิดชอบด้านการจัดหาที่ดินและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา ดังนั้นจึงจะประเมินถึงขีดความสามารถด้านเศรษฐกิจการคลังของหน่วยงานนั้นๆ เพื่อตรวจสอบดูว่าในกรณีเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้ว หน่วยงานดังกล่าวมีขีดความสามารถทางการเงินมากน้อยเพียงไร สำหรับเทศบาลและสุขาภิบาลและถ้าจะมีการสนับสนุนควรจะมีสัดส่วนสักเท่าใดจึงจะเหมาะสม

แม้ว่าเทศบาลและสุขาภิบาลจะรับผิดชอบการดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบก็ตามแต่ก็ต้องพิจารณากรณีที่มีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมหรือจากส่วนร่วมของประชากรด้วยเพื่อเป็นแนวทางที่อาจนำมาปฏิบัติได้ต่อไปในอนาคต หรือความสามารถที่จะเข้าร่วมกับโครงการใน

แม้ว่าเทศบาลและสุขาภิบาลจะรับผิดชอบการดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบก็ตามแต่ก็ต้องพิจารณากรณีที่มีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมหรือจากส่วนร่วมของประชากรด้วยเพื่อเป็นแนวทางที่อาจนำมาปฏิบัติได้ต่อไปในอนาคต หรือความสามารถที่จะเข้าร่วมกับโครงการในรูปแบบใด ส่วนการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับระดับค่าธรรมเนียมที่จะจัดเก็บเงินนั้น จะศึกษาทางเลือกต่างๆ ว่าจะจัดเก็บเพียงเพื่อให้คุ้มทุนกับค่าใช้จ่ายที่ คุ้มเฉพาะค่าดำเนินการ

3) <u>การวิเคราะห์หาอัตราค่าใช้จ่ายต้นทุน หรือจุดคุ้มทุน</u> การศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ไว้ในหลายๆ กรณีเช่นกัน กล่าวคือ

3.1 <u>แหล่งเงิน</u>

- ใช้เงินทุนของรัฐ (กรมโยธาธิการ) ในการลงทุน และใช้เงินทุนของเมืองในการซื้อที่ดินและการดำเนินการและการและบำรุงรักษาระบบ

- ใช้เงินของเทศบาลและเงินค่าธรรมเนียมน้ำเสียในการดำเนินการและบำรุงรักษา

3.2 <u>กรณีของการคุ้มทุน</u>

- กรณีที่คุ้มทุนเฉพาะค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของระบบบำบัดน้ำเสีย อัตราการคุ้มทุนหรืออัตราต้นทุนตามกรณีต่างๆ ข้างต้น จะเป็นอัตราที่คุ้มทุนกับค่าใช้จ่ายในกรณีต่างๆ ตลอดช่วงของอายุโครงการ ซึ่งอัตราดังกล่าวนี้ถ้าหากนำมาตรวจสอบกับอัตราความเต็มใจจ่ายของประชาชนในพื้นที่แล้ว ก็สามารถนำมากำหนดนโยบายในการกำหนดระดับและโครงสร้างอัตราการจัดเก็บได้ ซึ่งทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับว่าจะมีนโยบายจัดเก็บตามกรณีใด นอกจากนี้การวิเคราะห์หาอัตราค่าใช้จ่ายต้นทุนดังกล่าวนี้ ก็สามารถกระทำได้ในหลายลักษณะ เช่น วิเคราะห์หาอัตราค่าใช้จ่ายต้นทุนต่อน้ำเสียหนึ่งหน่วยลูกบาศก์เมตร หรือต่อหัวของประชากร หรือต่อครัวเรือน หรือต่อพื้นที่ หรือต่อห้อง (ส่วนของโรงแรม) หรือต่อหน่วยธุรกิจก็ย่อมทำได้ ซึ่งควรจะมีการทำการศึกษาทบทวนดูว่าลักษณะใดหรือวิธีการใดที่จะมีความเหมาะสมต่อการนำไปกำหนดเป็นนโยบายโครงสร้างและวิธีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมด้วย

4) <u>วิเคราะห์หาความเป็นไปได้ทางการเงินในกรณีที่มีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมตามกรณีวิเคราะห์ต่างๆ ตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ (3)</u> การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบดูว่า การจัดเก็บจะมีความเป็นไปได้หรือก่อให้เกิดปัญหาสภาพคล่องทางการเงินอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้เมืองและสุขาภิบาลได้ทราบถึงปัญหาและสามารถจัดทำแผนสรรเงินสนับสนุนไว้ให้พร้อม (เช่น กรณีจัดเก็บไม่ได้เลย หรือจัดเก็บได้เฉพาะบางส่วน) เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าถ้ามีการดำเนินงานตามโครงการแล้วจะไม่มีปัญหาทางการเงินใดๆ ในทุกขั้นตอนตลอดชั่วอายุโครงการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงิน เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบงบกระแสเงินสดระหว่างค่าใช้จ่ายของโครงการกับรายได้ของโครงการตลอดช่วงอายุโครงการเพื่อตรวจสอบถึงอัตราผลตอบแทนของโครงการตามกรณีวิเคราะห์ต่างๆ กัน เช่น การจัดเก็บค่าธรรมเนียม ณ รูปแบบต่างๆ ของการลงทุน

2.3 แหล่งที่มาของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจากกิจกรรมของมนุษย์หลายด้านหลายขบวนการ ดังเช่น น้ำทิ้งที่เกิดจากการชำระล้างร่างกาย เสื้อผ้า และกิจวัตรประจำวันอื่น ๆ ในครัวเรือน ตลอดจนรวมถึงน้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นอาคารโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงใหญ่ (เบญจา พวงสุวรรณ,2525)

น้ำทิ้งนี้จะมีความสกปรกปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะกิจกรรมของการใช้น้ำนั้น ได้มีรายงานว่า การเกิดปัญหามลภาวะทางน้ำนั้นเกิดเนื่องจากมีสารอินทรีย์ อนินทรีย์ ความร้อน หรือกัมมันตรังสีอยู่ อันเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแม่น้ำที่เกิดปัญหามลภาวะ และที่ไม่เกิดมลภาวะ และรายงานว่าปริมาณของสารอินทรีย์ในแม่น้ำที่เกิดปัญหามลภาวะจะมีค่าสูงกว่าแม่น้ำที่ไม่เกิดปัญหา น้ำทิ้งที่มีความสกปรกมากๆ จะเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการก่อให้เกิดปัญหามลภาวะของน้ำ และทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษ (เฮเลน อารมย์ดี,2530)

2.3.1 แหล่งของน้ำทิ้งที่สำคัญแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ (สรรพสิทธิ์ สรรพนุเคราะห์,2534)

1) น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน และกิจกรรมในชุมชน เช่น โรงแรมตลาด และสถานบริการต่าง ๆ รวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอยที่ตกค้างและมิได้รับ การกำจัดที่ถูกต้อง

2) น้ำเสียอุตสาหกรรม หมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากขบวนการผลิตต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมทุกขนาด

3) น้ำเสียเกษตรกรรม หมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากการดำเนินงานภาคเกษตรกรรม ซึ่งรวมถึง กสิกรรมที่ปลูกพืชสวน ไร่ นา การปศุสัตว์ ฟาร์มโคนม โคเนื้อ ฟาร์มสุกร สัตว์ปีกประเภทต่าง ๆ และการประมงซึ่งรวมถึงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด น้ำกร่อยบริเวณชายฝั่งทะเล

2.3.2 ความสามารถในการรองรับน้ำเสียของแหล่งน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

หมายถึง ความสามารถของแหล่งน้ำในการรองรับ น้ำเสียประเภทต่าง ๆ โดยไม่เกิดมลพิษหรือความเสื่อมโทรมขึ้นทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่

เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ เช่น มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินมาตรฐานน้ำบาดาล มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (ภาคผนวก ก) เป็นต้น

ผลกระทบของการระบายน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

- เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ ของเชื้อโรคและแมลงนำโรคต่าง ๆ
- ทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อดิน น้ำ อากาศ
- ก่อให้เกิดเหตุรำคาญ เช่น กลิ่นเหม็นของน้ำโสโครก
- ทำให้เกิดสูญเสียทัศนียภาพเกิดสภาพที่ไม่น่าดู เช่น สภาพน้ำที่มีสีดำคล้ำและเต็มไปด้วยขยะและสิ่งปฏิกูล
- ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น การสูญเสียพันธุ์ปลาบางชนิดจำนวนสัตว์น้ำลดลง เป็นต้น
- ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ในระยะยาว

2.3.3 <u>การตรวจสอบลักษณะน้ำเสีย</u>

ลักษณะของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด ซึ่งมีการใช้น้ำแล้วจะมีสารพิษประเภทต่าง ๆ ที่แตกต่างกันตามประเภท ของการใช้น้ำ และกิจกรรมที่ต้องใช้สารประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบ ขั้นตอน การตรวจสอบอาจกระทำได้หลายรูปแบบตามขั้นตอนคือ (สรรพสิทธิ์ สรรพนุเคราะห์ , 2534)

1) ประเมินด้วยลักษณะทางกายภาพ หรือดูด้วยตาเปล่า หรือตรวจวัดอย่างง่าย เช่น ความขุ่น อุณหภูมิ สี กลิ่น

2) การตรวจสอบทางชีววิทยา เช่นการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดโรค

3) การตรวจสอบทางเคมี ซึ่งจะต้องประเมินความจำเป็นและประเภทของดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3.2) สิ่งสกปรกที่เป็นของแข็ง (Solid Contents

3.3) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand , BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนอิสระที่จุลินทรีย์ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนในระยะเวลา 5 วัน ที่ อุณหภูมิ 20 C

3.4) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) หมายถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสารที่เจือปนในน้ำทุกชนิด โดยใช้สารเคมีพวกโปแตสเซียมไดโครเมตเป็นตัวทำปฏิกิริยา

3.5) สารอาหาร (Nutrient) หมายถึง สารประกอบของไนโตเจนและฟอสฟอรัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6) สารพิษต่าง ๆ (Toxic substances) ได้แก่ สารกัมมันตภาพรังสี และสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ต่าง ๆ

3.7) โลหะและโลหะหนัก (Metals and Heavy Metals) ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู เป็นต้น

2.3.4 การคาดการณ์ปริมาณและน้ำเสีย

ปริมาณและลักษณะน้ำเสียในปัจจุบันปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถขอข้อมูลได้จาก อุตสาหกรรมจังหวัด ส่วนปริมาณน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้จากการประปาส่วนภูมิภาคที่ตั้งอยู่ในจังหวัดเพื่อขอทราบปริมาณการใช้น้ำประปาโดยให้ประมาณว่าร้อยละ 80 ของ ปริมาณน้ำประปาที่ใช้เป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (กรีฑา สร้อยศีรี, 2538)

ข้อมูลด้านลักษณะน้ำทิ้งไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งจากกิจกรรมเฉพาะอย่าง หรือจากแหล่งชุมชนนั้นสามารถขอความร่วมมือจาก สาธารณสุขจังหวัด โรงพยาบาลจังหวัด ในการตรวจวัดลักษณะน้ำทิ้งหรืออาจจะนำข้อมูลลักษณะน้ำทิ้งที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้วในพื้นที่อื่นมาใช้ก็ได้ ทั้งนี้ควรคำนึงถึงสภาพความแตกต่างของชุมชนทั้งในด้านเศรษฐกิจ และความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ด้วย

เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว จะสามารถทราบถึงปริมาณและลักษณะน้ำเสียในปัจจุบันได้ดังนี้

1) ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่จะลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้จากการรวมปริมาณน้ำเสียจากกิจกรรมและแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

2) ลักษณะน้ำเสียโดยทำการประเมินค่าบีโอดีต่อวัน (BOD Loading) ดังนี้ ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดต่อวัน (แยกกิจกรรม) x ค่าบีโอดีที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรง หรือปริมาณน้ำเสียทั้งหมดต่อวัน (แยกกิจกรรม) x ค่าบีโอดีที่ได้จากการเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น

3) ปริมาณค่าบีโอดีต่อวัน หรือค่าปริมาณน้ำเสียและความเข้มข้น เพื่อคาดการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ เมื่อได้รับผลกระทบจากน้ำเสีย

จากการศึกษา (ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์,2536) พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำทิ้งชุมชน 250 ลิตร/คน/วัน จะมีค่าความเข้มข้น BOD 55 มิลลิกรัม/ลิตร คำนวณปริมาณ BOD ต่อคน ได้ประมาณ 14 กรัม/คน/วัน

2.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้มีสภาพดีขึ้น และมีลักษณะสมบัติที่เหมาะสมสามารถระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษโดยทั่วไปแล้วการบำบัด น้ำเสียจะประกอบไปด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การพิจารณาระบบบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment)

น้ำเสียจากชุมชนก่อนจะผ่านเข้าระบบบำบัดหลัก จะต้องมีการบำบัดเบื้องต้นก่อน ระบบบำบัดเบื้องต้นนี้ควรจะมีขีดความสามารถในการรับน้ำเสียได้สูงถึง 3 เท่าของอัตราการไหล ในฤดูแล้ง (Dry Weather Flow,DWF) ได้แก่ 3 เท่าของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำเสียในช่วงไม่มีฝนตก ดังนั้นในช่วงที่มีฝนตกหนักเกินปริมาณ 3 DWF น้ำเสียที่ผสมน้ำฝนส่วนที่เกินจะถูกแยกปล่อยออกโดยไม่ผ่านเข้ารับการบำบัดเบื้องต้น โดยส่วนที่น้อยกว่า 3 DWF จะผ่านเข้ารับการบำบัดเบื้องต้น แล้วจะปล่อยให้เข้าระบบบำบัดหลักเพียง 1.5 DWF โดยจะปล่อยส่วนเกินออกที่ Diversion Chamber อย่างไรก็ตาม ส่วนที่ถูกปล่อยออกนอกระบบจะมีการเจือจางจากน้ำฝน ทำให้ความเข้มข้นของสารเจือปนต่าง ๆ มีระดับลดลง ระบบบำบัดเบื้องต้นจะมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้คือ

1.1) ตะแกรงดักเศษขยะ : ตะแกรงดักเศษขยะในเบื้องต้นควรมีตะแกรงขนาดหยาบขนาดระหว่าง 1.5"-2.5" หรือ 37.8 มม. - 63 มม. แล้วตามด้วยตะแกรงขนาดละเอียด แบบมีเครื่องกวาด (Mechanical Bar Screen) ประมาณ 1.5" - 1.0" หรือ 12.5 - 25 มม. อย่างไรก็ตามเศษของแข็งที่มีขนาดเล็กสามารถใช้ระบบ Rotary Fine Screen เอาเศษขยะออก แต่เนื่องจาก Rotary Fine Screen ซึ่งมีขนาด 0.25 - 0.50 มม. จะมีราคาสูงกว่า นิยมใช้ Mechanical Bar Screen เนื่องจากสามารถเอาเศษขยะที่ติดต่ออยู่กับตะแกรงออกได้ทันทีด้วยเครื่องกวาดโดยไม่เกิดปัญหาน้ำล้นและมีราคาที่ไม่แพงมากรวมทั้งดูแลรักษาง่าย

1.2) ถังรับน้ำเสีย : โดยปกติถังรับน้ำเสียอาจจะเลือกเป็นแบบบ่อสูบ (PumpSump) หรือถังรวมน้ำเสีย หรือถังปรับสมดุลน้ำเสีย (Equalization Tank, ET) อย่างไรก็ตาม ถังรวมน้ำเสียจะต้องรับน้ำเสียส่วนเกินในช่วง Peak Flow ซึ่งมักจะมีระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ทั้งเช้าและเย็นให้ได้ เพื่อจะสามารถสูบน้ำเข้าระบบในปริมาณสม่ำเสมอโดยอัตราเฉลี่ย ส่วนถังรับน้ำเสียแบบบ่อสูบจะมีเวลากักเก็บประมาณ 15-30 นาที ทั้งนี้จะอาศัยความจุภายในท่อรวบรวมน้ำเสียช่วยรับน้ำเสียด้วย

1.3) รางดักเศษกรวดทราย (Grit Chamber) : หน่วยบำบัดนี้มีความจำเป็นมาก เนื่องจากน้ำเสียจะไหลลงสู่ระบบท่อรวม (Combined Sewer) ก่อน แล้วค่อยสูบไปเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นในช่วงที่มีฝนตก ฝนจะชะเอาเศษหิน ทราย กรวดบนท้องถนนเข้าไปในท่อ ซึ่งอาจจะมี

ผลทำให้ท่อขนาดเล็กอุดตันได้ หรือเกิดความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำคือเครื่องสูบจะสึกกร่อนเร็วขึ้น ปล่อยให้ของแข็งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 มม. ที่มีความถ่วงเฉพาะ ประมาณ 2.65 ตกตะกอนภายในราง โดยรูปร่างของรางจะมีลักษณะที่ทำให้ความเร็วของน้ำเสียคงที่ที่ประมาณ 0.3 ม./ วินาที และจะใช้รางดักเศษกรวดทรายชนิดมีการเป่าอากาศ ซึ่งวิธีการเป่าอากาศนี้จะสร้างความเร็วเทียมขึ้นในรางด้านความยาวของถัง เพื่อให้เกิดการไหลของน้ำแบบ Spiral Flow เพื่อป้องกันมิให้สารอินทรีย์ตกตะกอนในรางนี้ รางแยกทรายด้วยวิธี นี้มีข้อดีหลายประการคือ

1.3.1) ทำให้น้ำเสียมีการเติมอากาศเป็นผลให้การบำบัดสารมลพิษทำได้ง่ายขึ้น

1.3.2) สามารถกำจัดสารลอยบนผิวน้ำ (Floating Matter) เช่น ไขมัน และน้ำมันได้อีกด้วย

1.3.4) สามารถไล่ก๊าซเหม็นออกจากน้ำเสีย

1.3.5) ใช้พื้นที่น้อยและเสีย (Head Loss) น้อย

1.3.6) รับการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลได้สูงมาก

1.3.7) มีความคล่องตัวในการทำงานสูง

1.4) เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Measurement) : น้ำเสียที่ไหลผ่าน Grit Chamber จะผ่านมายังเครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Parshall Flume เพื่อจะได้ทราบอัตราการไหลของน้ำเสียตลอดเวลา ในทางปฏิบัติแล้วอัตราการไหลนี้มีความสำคัญมาก เพราะจะได้ใช้เป็นเครื่องมือประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และให้รู้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียสามารถรับน้ำเสียได้สูงสุดมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมากในการวางแผนขยายระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อรับน้ำเสียส่วนเกินในอนาคตด้วย ข้อดีของเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำเสียด้วย

1.5) ถังตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank, PST) : ถัง PST นี้จะทำหน้าที่ให้สารอินทรีย์บางส่วนที่มาจากน้ำโสโครกตกตะกอนอยู่ตอนล่าง ถังใบนี้สามารถลดค่า SS และ BOD ได้ร้อยละ 80 และร้อยละ 30 ตามลำดับ จึงทำให้สามารถลดกำลังแรงม้าที่จะใช้ในการเติมอากาศ ในระบบบำบัดหลักได้

1.6) ถังผันน้ำทิ้ง (Diversion Chamber) : ทำหน้าที่ผันน้ำทิ้งในช่วงที่มีฝนตกหนักเกินปริมาณ 3 DWF โดยส่วนที่น้อยกว่า 3 DWF จะผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดเบื้องต้นแล้วจะปล่อยเข้าระบบบำบัดหลักเพียง 1.5 DWF โดยจะปล่อยส่วนที่เกินออก น้ำเสียที่ไหลล้นนี้ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นมาแล้วจึงมีสารมลพิษต่ำจนสามารถแบ่งน้ำส่วนหนึ่งทิ้งลงคลองได้

2) ระบบบำบัดน้ำเสียหลัก (Secondary Treatment)

ขั้นตอนของการบำบัดหลักเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจาก BOD ที่มีค่าสูงกว่ามาตราฐานจะต้องนำมาบำบัดให้มีค่าลดลงไม่เกิน 20 มก./ล. โดยที่ BOD ในน้ำเสียหลังการบำบัดขั้นต้นจะอยู่ในรูปของสารละลาย (Soluble BOD) ขบวนการบำบัดทางชีวภาพจะมีอยู่ หลายชนิด ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันโดยทั่วไปมีหลายระบบ แต่ระบบที่นิยมใช้และมีความเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีดังต่อไปนี้ (สุรพล สายพานิช , 2537)

2.1) ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งมีหลายรูปแบบด้วยกัน ตัวอย่าง เช่น

- ระบบ Hight-Rate Activated Sludge
- ระบบ Conventional Activated Sludge
- ระบบ Extended Activated Sludge
- ระบบ Two Stage Activated Sludge

2.2) ระบบบ่อผึ่ง Stabilization Pond

2.3) ระบบบ่อเติมอากาศ Aerated Lagoon

ในบทนี้จะนำระบบมาพิจารณาเพียง 4 ระบบ เนื่องจากระบบทั้ง 4 นี้ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนมากที่สุด คือ

1) ระบบ Stabilization Pond (SP)
2) ระบบ Aerated lagoon (AL)
3) ระบบ Extended Aeration (EA)
4) ระบบ Cocventional Activated Sludge (CAS)

หลักการทำงานและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. <u>ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง (Stabilization Pond,SP)</u>

เป็นระบบบำบัดที่ง่ายที่สุดและต้องพึ่งธรรมชาติมากที่สุด ระบบนี้เป็นระบบที่ต้องใช้พื้นที่มากเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ แต่มีข้อดีที่สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายมีค่าใช้จ่าย ในการควบคุมระบบต่ำ และสามารถฆ่าเชื้อโรคที่มีในน้ำเสียได้ในเวลาเดียวกันกับการลดความสกปรกของน้ำเสีย จึงเหมาะสมกับชุมชนที่สามารถหาที่ดินได้มากในราคาที่ดินที่ถูก หรือสามารถใช้พื้นที่จัดหามาได้ฟรี

ลักษณะเด่นของระบบบ่อผึ่ง มีดังต่อไปนี้

1) ชนิดน้ำเสียที่เหมาะจะใช้กับระบบนี้ เป็นน้ำเสียจากกิจกรรมอุปโภค บริโภคของชุมชน (Domestic waste) ซึ่งรวมถึงน้ำเสียจากระบบสุขาภิบาล (Septic Tank) ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้

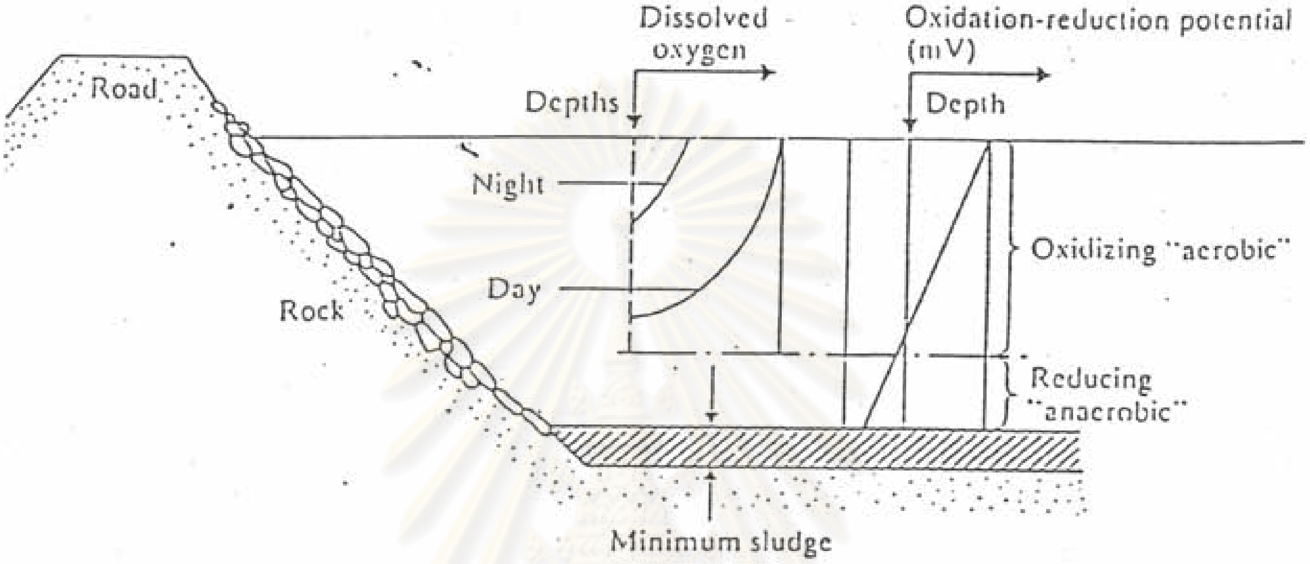
2) ลักษณะระบบบ่อผึ่งที่นิยมกันจะประกอบด้วยบ่อหลายบ่อต่ออนุกรมกัน เป็นการบำบัดในขั้นปฐมภูมิ (Primary) ทุติยภูมิ (secondary) และไตรภูมิ (Tertiary)

3) ขบวนการบำบัดทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นในบ่อผึ่ง (Stabilization Pond) อาจแบ่งเป็น

3.1) ขบวนการแบบใช้ออกซิเจนเช่นบ่อประเภท High Rate และ Maturation Pond

3.2) ขบวนการแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนในบ่อเดียวกันที่เรียกว่า Facultative Pond ซึ่งทั้ง 2 ประเภทนี้บางครั้งเรียกว่า Oxidation Pond หลักการบำบัดของ Oxidation Pond

ระบบ Waste Stabilization Pond เป็นระบบที่อาศัยกลไกการบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติ (Self Purification) โดยมีการจัดสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสม ซึ่งอาจแบ่งลักษณะออกเป็นการบำบัดแบบมีอากาศ (Aerobic Condition) แบบกึ่งไร้อากาศ (Facultative Condition) และแบบไร้อากาศ (Anaerobic Condition) ในระบบแบบมีอากาศซึ่งมีทั้งการเติมอากาศโดยใช้เครื่องเติมอากาศเรียกว่า บ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) หากอาศัยการเติมอากาศทางธรรมชาติโดยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของสาหร่ายเซลเดียว (Algae) เพื่อให้ออกซิเจนแก่ Aerobic Bacteria ในการย่อยสลายสารมลพิษและน้ำในบ่อมีออกซิเจนตลอดความลึกเรียกว่า Aerobic Pond สำหรับระบบกึ่งไร้อากาศ (Facultative Pond) นั้นจะมีกระบวนการบำบัดที่ค่อนข้างซับซ้อน คือจะมีส่วนที่เป็นการบำบัดโดยใช้แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน โดยอาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของ Algae ที่อยู่ส่วนบนของบ่อ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์และเปลี่ยน Ammonia Nitrogen เป็น Nitrate ซึ่งเรียกว่า Nitrification และมีการบำบัดโดยอาศัยจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Suspended Anaerobic Bacteria) บริเวณด้านล่างของบ่อบำบัดทำการย่อยสลายสารอินทรีย์รวมถึงทำให้เกิดกระบวนการ Denitrification เพื่อเปลี่ยน Nitrate เป็นก๊าซไนโตรเจนออกสู่บรรยากาศทำให้ลดค่า Nitrogen ในน้ำเสีย นอกจากนั้นจากการศึกษาในปัจจุบันยังพบว่าในระบบกึ่งไร้อากาศนี้ยังมีส่วนของจุลินทรีย์ชนิดเกาะติดผิวที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Benthic Anaerobic Bacteria) ช่วยในการบำบัดอีกด้วย สำหรับในระบบบ่อไร้อากาศ (Anaerobic Pond) นั้นจะอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนซึ่งมีความสามารถ ในการบำบัดน้ำเสียที่มี ค่าสารมลพิษสูง (High Loading) เป็นตัวบำบัดน้ำเสีย รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของ Facultative Pond



รูป 2.1 แสดงลักษณะของ Facultative Pond

2. ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

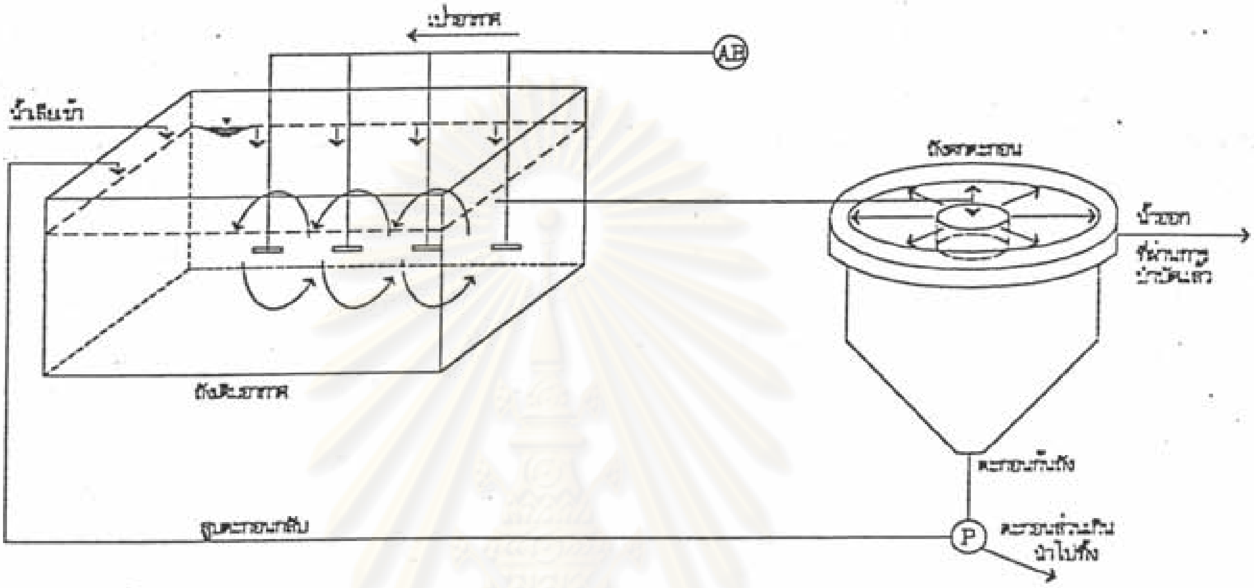
ระบบตะกอนเร่งเป็นระบบบำบัดทางชีวภาพ โดยอาศัยจุลินทรีย์แบบแขวนลอยชนิดใช้ออกซิเจน (Aerobic Suspended Growth) ในการกิน ทำลายย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำให้มีความสกปรกน้อยลง ปฏิกิริยาทางชีวเคมี กระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{มลสารอินทรีย์+จุลินทรีย์} \xrightarrow{\text{ออกซิเจน}} \text{จุลินทรีย์ตัวใหม่+คาร์บอนไดออกไซด์+น้ำ+พลังงาน}$$

มลสารที่อยู่ในน้ำเสียซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่สารอินทรีย์ต่างๆจะถูกเปลี่ยนเป็นมวลจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการกวนในถังตกตะกอนน้ำเสียที่ถูกจุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่างๆ มาใช้จนหมดแล้ว ก็จะเป็นน้ำที่สะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

<u>ส่วนประกอบและการทำงานของระบบ</u>

ระบบตะกอนเร่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน และระบบหมุนเวียนตะกอนและทิ้งตะกอนส่วนเกิน ดังแสดงในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process)

น้ำเสียจะถูกส่งเข้ามายังถังเติมอากาศ ซึ่งมีตะกอนเร่งอยู่เป็นจำนวนมาก ภายในถังจะมีสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เช่นมีออกซิเจนที่ละลายน้ำ อาหาร pH ฯลฯ ในปริมาณที่เหมาะกับตะกอนจุลินทรีย์ จะทำการลดค่ามลสารอินทรีย์ในรูปต่างๆด้วยการย่อยสลายให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นต้น น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วนี้จะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำใส ตะกอนที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้ายังถังเติมอากาศเพื่อลดมลสารที่เข้ามาใหม่ อีกส่วนหนึ่งจะเป็นตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่เป็นผลจากการเจริญเติบโตซึ่งจะต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทิ้งออกจากระบบ

การนำตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำอยู่เสมอ เพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าพอเหมาะ ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการควบคุมการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่งให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สมดุลย์ สำหรับประสิทธภาพในการทำงานของระบบ A/S จะมีค่าสูงกว่าร้อยละ 90 และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะสามารถทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาติได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระบบตะกอนเร่ง เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นสูง เช่น ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบต่างๆ กัน เมื่อพิจารณาตามลักษณะการใช้งานจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1) แบ่งตามลักษณะภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของกระบวนการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1.1) อัตราการบำบัดสูง (High Rate)

กระบวนการนี้เหมาะจะใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของมวลสาร ในน้ำเสียปานกลาง มีระยะเวลาในถังเติมอากาศประมาณ 1-3 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ประมาณร้อยละ 60-70 ลักษณะของตะกอนจุลชีพจมตัว และแยกชั้นได้ไม่ดี และควบคุมการทำงานยาก

1.2) อัตราการบำบัดธรรมดา (Conventional Rate)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่มักออกแบบให้ใช้อัตราการบำบัดแบบธรรมดา มีระยะเวลาในถังเติมอากาศประมาณ 4-8 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ประมาณ 70-80

1.3) อัตราการบำบัดต่ำ (Low Rate)

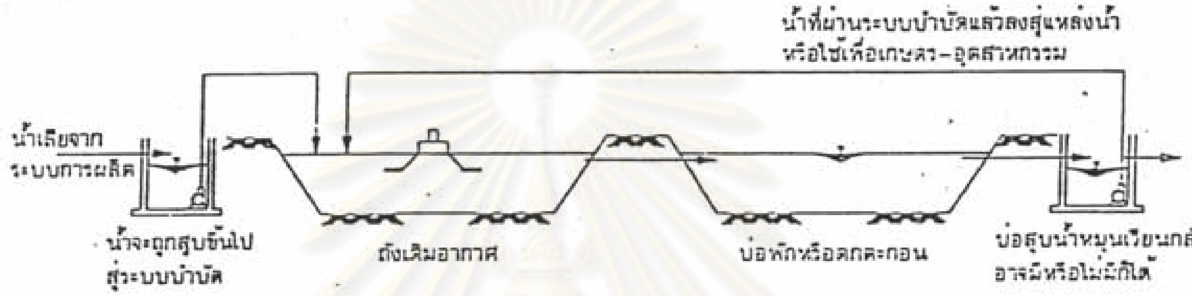
กระบวนการนี้มักจะใช้สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก ซึ่งไม่มีการควบคุมดูแลมากนักระยะเวลาในการเติมอากาศนานกว่า 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ประมาณร้อยละ 85-98 กระบวนการนี้อาจเรียกเป็นแบบเติมอากาศยาวนาน (Extended Aeration) โดยปกติระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งทำงานที่อัตราการบำบัดต่ำ จะไม่มีถังตกตะกอนขั้นแรก (Primary Clarifier) เพื่อกำจัดตะกอนของแข็งออกก่อนดังสองแบบแรก

2) แบ่งตามลักษณะทางกายภาพของการจักรูปถังเติมอากาศ

3. <u>ระบบบ่อเติมอากาศ Aerated Lagoon, AL</u>

ระบบบ่อเติมอากาศ (AL) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นจากระบบ Stabilization Pond ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศ ซึ่งเป็นบ่อดิน การย่อยสลายสารอินทรีย์ทำโดยแบคทีเรีย ในสภาพที่มีออกซิเจนมากเพียงพอโดยสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นส่วนใหญ่ ในช่วงต้นๆ ของบ่อสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะถูกแปรสภาพ ให้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์เมื่อได้รับน้ำเสียใหม่ๆ การลดความสกปรกมักจะเป็นสัดส่วนกับ ระยะเวลาเก็บกักความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิ และลักษณะสมบัติของน้ำเสียในช่วงท้าย ๆ ของบ่อ เมื่อมีการเติมอากาศนานขึ้นเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ก็จะถูกทำลายไปด้วย ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกน้อยลง ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจึงมีไม่มากนัก และไม่จำเป็นต้องมีถัง

ตกตะกอน แต่อย่างไรก็ตามหากจะได้ผลดีก็อาจมีถังตกตะกอนขั้นสุดท้ายด้วย ซึ่งกรณีนี้สามารถปรับปรุงระบบบ่อเติมอากาศให้เป็นตะกอนเร่งแบบปกติได้



รูปที่ 2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon : AL)

4. <u>การบำบัดตะกอน (Sludge Treament)</u>

1) ทั่วไป

ในการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปมักจะมีตะกอนเกิดขึ้นเสมอ เช่น การเกิดตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่ง ดังแผนผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.12 ตะกอนที่เกิดขึ้นนี้จะต้องมีการบำบัดต่อเพื่อปรับสภาพ ต้องมีการรีดน้ำออก เพื่อลดปริมาณตะกอนพร้อมทั้งทำการลดกลิ่นก่อนที่จะนำไปทิ้งหรือใช้ประโยชน์ต่อไป เนื่องจากการกำจัดตะกอนนับว่าเป็นเรื่องสำคัญในการดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย จึงจำเป็นที่ผู้ที่มีหน้าที่ในการดำเนินงานและบำรุงรักษาจะต้องเข้าใจหลักของการบำบัดตะกอนตลอดจนวิธีการกำจัดตะกอน

Thickening	เป็นวิธีการทำให้ตะกอนเข้มข้นขึ้นโดยการนำตะกอนมาแยกน้ำบางส่วนออกเพื่อให้ตะกอนเข้มข้นมีปริมาตรน้อยลง
Stabilization	การนำตะกอนมาผ่านกรรมวิธี ทำให้มีสารอินทรีย์น้อยลง และแยกน้ำได้ง่ายขึ้น
Dewatering	การนำตะกอนมาแยกน้ำออก จนกลายเป็นกากแห้งสามารถ นำไปถมที่หรือนำไปเผาทิ้งได้โดยสะดวก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน (Sludge Thickening)

การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน จะทำให้ตะกอนมีปริมาตรน้อยลง และจะลดค่าใช้จ่ายในขั้น Stabilization และ Dewatering ได้มากในกรณีที่ปริมาณตะกอนมากๆ เท่านั้น

3) Sludge Stabilization

เป็นวิธีการเปลี่ยนสภาพของตะกอนให้มีสารอินทรีย์น้อยลง หรืออยู่ในรูปที่คงตัวและไม่เน่าเหม็นเหมาะสำหรับการกำจัดตะกอนสารอินทรีย์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ Anaerobic Digestion, Aerobic Digestion และ Heat Treament

4) Sludge Dewatering

เป็นวิธีการแยกน้ำออกจากตะกอนจนกลายเป็นกากตะกอนแห้ง (Sludge Cake) ที่มีความข้นประมาณ 70-80% ซึ่งต้องนำไปกำจัดต่อโดยการนำไปทำปุ๋ยฝังดินหรือเผาทิ้งการแยกน้ำออกจากตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์ (2536) ได้ศึกษาว่า ปริมาณและลักษณะน้ำทิ้ง เป็นข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต้องทราบ ในการคำนวณออกแบบระบบรวบรวมและบำบัดน้ำทิ้งชุมชน ตัวเลขที่ถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพความเป็นความเป็นจริง จะช่วยให้วิศวกรสุขาภิบาลหรือวิศกรสิ่งแวดล้อม ออกแบบขนาดของระบบบำบัดได้อย่างเหมาะสมและประหยัดที่สุด ชุมชนในประเทศที่พัฒนาที่มีมาตราฐานการครองชีพสูง จะผลิตปริมาณและลักษณะน้ำเสียสูงกว่าชุมชนในประเทศที่กำลังพัฒนาเช่นประเทศไทย หรือแม้แต่ในประเทศไทยเอง ผู้อาศัยในบ้านพักแบบทันสมัยมีมาตราฐานการครองชีพสูง จะผลิตปริมาณและลักษณะน้ำเสียสูงกว่าผู้อาศัยในบ้านพักที่มาตราฐานการครองชีพต่ำ ได้นำเสนอปริมาณน้ำทิ้งและลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารประเภทต่าง ๆ รวมทั้งจากชุมชนในประเทศไทยที่ได้รวบรวมจากผลการศึกษาสำรวจเอง และจากเอกสารวิชาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวม 339 ข้อมูล พบว่า ร้อยละ 50 Probability มีความเข้มข้น BOD เพียง 55 มก./ล. เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำทิ้งชุมชน 250 ลิตร/คน/วัน จะคำนวณปริมาณ BOD ต่อคนได้ประมาณ 14 กรัม/คน/วัน หรือ 70 กรัม/บ้าน-วัน (5 คน/บ้าน) ซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ เมื่อพิจารณาจากสภาพการระบายและกำจัดน้ำทิ้งชุมชนน้ำทิ้งในประเทศไทยปัจจุบัน อย่างไรก็ตามสภาพเศรษฐกิจสังคมของชุมชนในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น มาตราฐานความเป็นอยู่ก็สูงขึ้น ดังนั้นแนวโน้มการผลิตของเสียต่อคนในรูปปริมาณ BOD ก็จะสูงตามขึ้นไปด้วย และอาจเท่าเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้วในอีก 30-50 ปีข้างหน้าก็เป็นไปได้

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล และ บริษัท วอเตอร์ แอนด์ เอ็นไวรอนเม้นท์ คอนซัลแต้นท์ จำกัด (2536) ได้กล่าวไว้ว่า ปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดจากน้ำเสียชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่น คู คลอง แม่น้ำ จนเกิดสภาพเน่าเสีย และใช้อุปโภคบริโภคไม่ได้นั้นนับว่าจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการขยายเขตเมือง หรือเขตเทศบาลออกไป แนวทางที่ใช้ในการรวบรวมน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน โดยการสร้างท่อระบายน้ำดักน้ำเสีย และการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียตามหลักสากลทั้ง 2 ระบบนั้น คงจะต้องลงทุนสูงมาก ทั้งนี้เพราะการสร้างท่อดักในพื้นที่เขตที่พัฒนาแล้วทำได้ยาก มีราคาสูง เพราะมีปัญหาการจราจร มีการปรับผิวถนนใหม่ ขาดรายละเอียดสาธารณูปโภคใต้ดิน หรือการใช้อุโมงค์รวบรวมน้ำเสียสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียก็มีปัญหาเรื่องที่ดินมีจำกัด จำเป็นต้องใช้ระบบที่ทันสมัย ที่ตั้งที่เหมาะสม รวมทั้งค่าดำเนินการสูง ต้องแบ่ง phasing ให้เหมาะสม การแยกรับน้ำเสียรหว่างน้ำเสียชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ จะเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ราคาค่าก่อสร้าง ทั้ง 2 ระบบดังกล่าวอยู่ในระดับที่เป็นภาระในการลงทุนและภาระที่ผู้ใช้บริการจะรับไม่ไหว ควรจะได้

เสาะแสวงหาแนวทางอื่น เช่น ใช้คลองขุดใหม่รับน้ำเสีย แล้วส่งไปนอกชานเมืองเพื่อการเกษตร ซึ่งดูจะเป็นวิธีที่ต้องศึกษาความเป็นไปได้อีกครั้งหนึ่ง เพราะมีราคาที่ถูกกว่า และมีโอกาสคุ้มทุนได้มากกว่า

สรรพสิทธิ์ สรรพนุเคราะห์ (2534) ได้ศึกษา ถึงการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียโดยพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ กระบวนการซึ่งสามารถทำงานได้คล้ายคลึงกันจะต้องนำมาเปรียบเทียบในแง่ของการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ระบบบำบัดน้ำเสียนั้นมีหลายระดับด้วยกันการที่จะเลือกใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นนั้นๆ และลักษณะของน้ำเสีย ราคาที่ดินที่จะใช้ก่อสร้าง ระบบบำบัดหากอยู่ในเขตชุมชนหนาแน่นที่ดินก็จะมีราคาสูงก็อาจจะเลือกใช้วิธีที่ใช้เครื่องจักรกลมาก และใช้ที่ดินแต่น้อย หรืออย่างที่เรียกว่าใช้แบบเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า และหากโรงงานตั้งอยู่ในชนบทห่างไกลจากชุมชนก็อาจเลือกใช้วิธีที่ใช้ที่ดินมากๆ และมีเครื่องจักรน้อยหรืออย่างที่ว่าใช้เครื่องจักรที่เหมาะสม นอกจากนั้นก็ต้องดูลักษณะของน้ำเสียด้วยว่ามีความเข้มข้นมากน้อยเพียงใด และเป็นอินทรีย์สารล้วนๆหรือมีสารเคมีหรือสารพิษหรือสารโลหะหนักปนอยู่ ก็อาจเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียนั้นๆแต่หลักสำคัญในการตัดสินใจจะใช้วิธีใดก็ตามจะต้องเป็นวิธีใดก็ตามจะต้องเป็นวิธีที่ทำงานได้ผลดีมีประสิทธิภาพสูง และสามารถบำบัดให้น้ำเสียลดความเข้มข้นลง จนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยกระทรวงอุตสาหกรรมและต้องมีราคาประหยัดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับน้ำโสโครกจากบ้านพักอาคารชุมชนนั้น โดยมากมักจะไม่มีปัญหาในการบำบัดเพราะเป็นน้ำเสียที่เป็นอินทรีย์สารล้วนๆเป็นส่วนใหญ่และมีความเข้มข้นหรือค่า BOD น้อยอยู่ในเกณฑ์ 100 - 300 มก./ล. ส่วนสารพวกโลหะหนักหรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ จะมีอยู่บ้างแต่ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นน้ำโสโครกจากชุมชนจึงมีผู้นิยมใช้วิธีทางชีววิทยา(Biological treatment) ในการบำบัด กล่าวโดยสรุปก็คือ วิธีบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีอยู่รวมกันประมาณ 1,000 แห่ง ส่วนใหญ่แบ่งออกไปตามลักษณะของพื้นที่ที่ใช้ก่อสร้างว่าอยู่ใกล้ชุมชนหนาแน่นหรืออยู่ใกล้ชนบท สำหรับในแหล่งชุมชนที่ดินราคาแพงก็มักจะใช้วิธีที่ประหยัดที่ดินหรือใช้ที่ดินน้อยได้แก่วิธี Activated Sludge,PCT,OD,AF แต่สำหรับในชนบทที่ที่ดินมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายก็อางใช้วิธีที่มีเครื่องจักรกลน้อยกว่า เช่น วิธีบ่อเก็บกัก (SL,OP), บ่อเติมอากาศ (AL), บ่อเกรอะบ่อซึม (ST) เป็นต้น

สุจินต์ ชาญณรงค์ (2537) ได้ศึกษา ความเป็นไปได้ในวิธีการจัดเก็บและอัตราค่าบริการแปรตามนโยบายคณะผู้บริหารท้องถิ่นและความร่วมมือของเอกชนและ / หรือผู้ประกอบการ เงินรายได้จากการจัดเก็บหากให้เทศบาล สุขาภิบาล สามารถนำไปใช้จ่ายโดยตรงในกิจการบำบัดน้ำเสีย อาจเป็นแนวทางที่จะก่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างเอกชนและท้องถิ่น เพื่อโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตชุมชนต่างๆ ในอนาคตซึ่งจะลดภาระรายจ่ายงบประมาณส่วนกลางและเป็นตัวเร่งให้โครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียพื้นที่เร่งด่วนต่างๆ ดำเนินการให้ทันการณ์

การควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ตัวระบบบำบัดน้ำเสียต้องทำงานตลอด 24 ชั่งโมง โดยไม่มีการหยุด สิ่งสำคัญในการควบคุมดูแลคือ

1. มีหน่วยงานโดยตรงที่จะรับผิดชอบดูแล ซ่อมบำรุง ปัจจุบันงบประมาณเป็นของกองสาธารณสุข

2. แผนปฏิบัติการหรือแผนงานเพื่อบริหารงานและมีงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

3. บุคลกรที่มีคุณภาพระดับวิศวกร นักวิทยาศาตร์และช่างมักโยกย้าย ก่อปัญหาขาดความต่อเนื่องของข้อมูลประสบการณ์

4. การติดตามประเมิลผล ประสิทธิภาพการบำบัดและอื่นๆ

5. การซ่อมบำรุงตามกำหนดระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักร

ศูนย์บริการวิศวกรรมที่ปรึกษา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2529) ได้ศึกษาว่า แหล่งที่มาของเงินทุนของโครงการนี้ประกอบด้วย งบอุดหนุนจากรัฐบาล เงินสมทบจากหน่วยงานส่วนท้องถิ่น เงินกู้โดยผ่านทางรัฐบาล และค่าบริการซึ่งจัดเก็บจากผู้ที่ได้รับประโยชน์โดยตรงจากโครงการ โดยที่จำนวนและการใช้จ่ายเงินทุนจากแต่ละแหล่งได้แก่

1) งบอุดหนุนจากรัฐบาล จำนวน 281.714 ล้านบาท ใช้ไปในเงินสมทบร้อยละ 60 ของค่าก่อสร้าง และค่าดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษา

2) เงินสมทบจากหน่วยงานส่วนท้องถิ่น จำนวน 72.554 ล้านบาท ใช้ในค่าดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษาระบบตั้งแต่ปีที่ 6 ของการใช้งานจนสิ้นสุดโครงการ และค่าเปลี่ยนทดแทนอุปกรณ์สูบน้ำเสีย

3) เงินกู้ จำนวน 177.50 ล้านบาท ใช้ไปในเงินสมทบร้อยละ 40 ของค่าก่อสร้าง

4) ค่าบริการจากผู้รับประโยชน์โดยตรงจากโครงการ จำนวน 220.275 ล้านบาท ใช้ไปในการชำระหนี้เงินกู้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุรพล สายพานิช (2537) ได้ศึกษาว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันโดยทั่วไปมีหลายระบบ แต่ระบบที่นิยมใช้และมีความเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีดังต่อไปนี้

1) ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งมีหลายรูปแบบด้วยกัน ตัวอย่างเช่น
   - ระบบ High-Rate Activated Sludge
   - ระบบ Conventional Activated Sludge
   - ระบบ Extended Aeration Process
   - ระบบ Two Stage Activated Sludge
2) ระบบ Waste Stabilization Pond
3) ระบบ Aerated Lagoon

การพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน มีปัจจัยสำคัญซึ่งเป็นตัวกำหนด ได้แก่ ขนาดและตำแหน่งที่ตั้งของที่ดินที่สามารถจัดหาได้เพื่อการก่อสร้างระบบ โดยจะต้องพิจารณาควบคุมไปกับความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมในแง่ประสิทธิภาพของระบบ การดำเนินการและการบำรุงรักษา เป็นต้น องค์ประกอบต่างๆ ที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่

1) ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย
2) ประสิทธิภาพและความหนาแน่นในการบำบัดน้ำเสีย
3) ความสะดวกในการดำเนินการและบำรุงรักษา
4) ความสามารถในการรองรับภาระบรรทุกเฉียบพลัน
5) ความยืดหยุ่นของระบบ
6) การดัดแปลงระบบในอนาคตเพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น
7) ราคาค่าก่อสร้าง
8) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา
9) ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง
10) เทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างและการดำเนินการ

โดยสรุปแล้วในการพิจารณาว่าระบบใดเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด จะต้องคำนึงถึงขนาดที่ดินที่สามารถจัดหาได้รวมถึงความเหมาะสมทางวิศวกรรมและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย