

บทที่ 2

การปริทรรศน์วรรณกรรม

การวิจัยเพื่อสร้างยุทธศาสตร์การพัฒนาการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงครั้งนี้ จำเป็นต้องมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นกรอบในการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพจริงในหน่วยท้องถิ่นที่ศึกษา ซึ่งเป็นขอบเขตของการวิจัยตามแนวคิดยุทธศาสตร์การพัฒนา 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุและวิเคราะห์ปัญหาทุกขั้วรอบ การกำหนดและวิเคราะห์ปัญหาเป้า การกำหนดเป้าหมายของยุทธศาสตร์ การสร้างหน่วยระบบทำงาน และการจัดหาทรัพยากร โดยใช้บรรดาทฤษฎีเป็นหลักในการวิเคราะห์ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของสภาพปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นในหน่วยระบบท้องถิ่นเทศบาลเมืองอุทัยธานี และความสัมพันธ์ของกระบวนการที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขหรือพัฒนา โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รูกืบจากผลไปหาสาเหตุของทุกปัญหาเป็นลำดับที่ละชั้นตามแนวคิดหน่วยระบบสืบเนื่อง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตามเหตุผลทางวิชาการ เพื่อให้ความมั่นใจได้ว่ายุทธศาสตร์การพัฒนาที่เป็นแผนการอันชาญฉลาด อันเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งปวงในบริบทของหน่วยท้องถิ่นนี้ เพื่อแสดงหลักฐานทางวิชาการมาสนับสนุนดังที่กล่าวแล้ว ผู้วิจัยขอเสนอทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างยุทธศาสตร์ ซึ่งจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง รายงานสภาพจริงที่มีอยู่ก่อน และแนวคิดการบำบัดน้ำเสีย เพื่อการสร้างยุทธศาสตร์ที่สามารถดำเนินการแก้ไขสภาพปัญหาได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. หลักวิชายุทธศาสตร์การพัฒนา
2. หลักวิชาเกี่ยวกับทฤษฎีระบบ
3. กรอบความคิดเรื่องการแปลงรูปท้องถิ่น
4. หลักวิชาที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย
 - 4.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย
 - 4.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชน
 - 4.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย
 - 4.4 ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน
 - 4.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ
5. มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร
6. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการให้มี การบำบัดน้ำเสียครัวเรือน

- 6.1 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม
- 6.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม
- 6.3 ความตระหนัก
- 6.4 ทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคม
- 6.5 แนวคิดทฤษฎีการควบคุมคุณภาพ
7. ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
8. ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียจากโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
9. ทฤษฎีการป้องกันไว้ก่อน
10. ผลการวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย
11. รายงานสภาพจริงที่มีอยู่ก่อน
12. แนวคิดการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกัน

หลักวิทยาศาสตร์การพัฒนา

ยุทธศาสตร์การพัฒนา (Development Strategy) หมายถึง วิธีการ หรือแผนการอันชาญฉลาดที่จะบรรลุเป้าหมายในการดำเนินการพัฒนา (เฉลียว บุรีภักดี และคนอื่นๆ, 2546 : 6) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1. ยุทธศาสตร์ (Strategy) หมายถึง แผนการอันชาญฉลาดสำหรับใช้ทำงานพัฒนาเรื่องหนึ่งเรื่องใดให้บรรลุเป้าหมาย ความชาญฉลาดของยุทธศาสตร์ปรากฏในลักษณะดังต่อไปนี้
 - 1.1 มีหลักวิชาการรองรับและเป็นหลักวิชาการที่ถูกต้องเป็นวิทยาศาสตร์
 - 1.2 ใช้ข้อมูลสภาพจริงของท้องถิ่นหรือสถานที่แห่งนั้นมาช่วยในการกำหนดยุทธศาสตร์
 - 1.3 เป็นแผนการที่คนทั่วไป (หรือฝ่ายตรงกันข้าม) ไม่คุ้นเคยมาก่อนเมื่อดำเนินการตามแผนการนี้จะได้ผลอย่างคุ้มค่าหรือคุ้มทุน
2. การพัฒนา (Development) หมายถึง การทำให้เจริญกว่าที่เป็นอยู่ซึ่งเป็นผลผลิต (Output) โดยใช้ปัจจัยนำเข้า (Input) และมีกระบวนการ (Process) ที่ก่อให้เกิดผลผลิตนั้น
3. โครงสร้างการทำงานของยุทธศาสตร์การพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างทางความคิด เรื่องยุทธศาสตร์การพัฒนา ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 1.1

หลักวิชาเกี่ยวกับทฤษฎีระบบ

ทฤษฎีระบบ (Systems Theory) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยและพัฒนาสร้างยุทธศาสตร์การบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้ (เฉลิม บุรีภักดี และคนอื่นๆ, 2546 : 2-7)

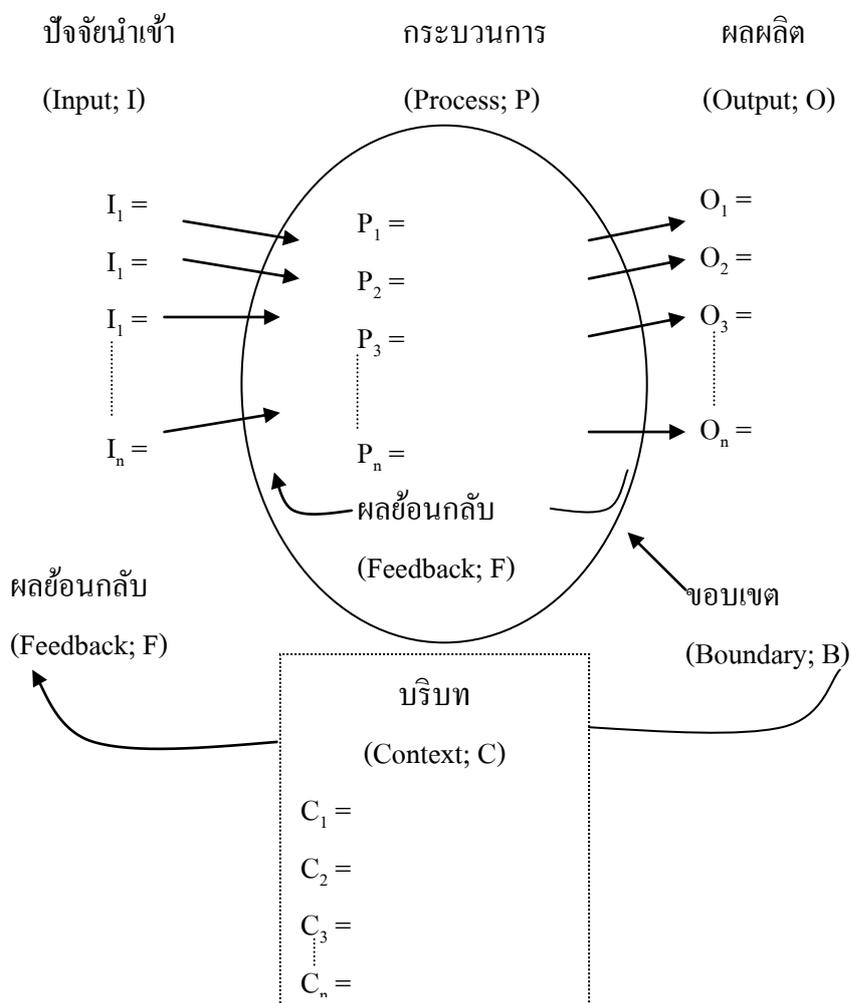
1. แต่ละสิ่งในเอกภพมีความเป็นหนึ่งหน่วยระบบ
2. แต่ละหนึ่งหน่วยระบบเป็นหน่วยทำงานมีผลผลิต (Output) มีกระบวนการ (Process) มีปัจจัยนำเข้า (Input)
3. แต่ละหนึ่งหน่วยระบบเป็นส่วนย่อยของหน่วยอิสระระบบและประกอบด้วยอนุระบบจำนวนหนึ่ง
4. แต่ละหนึ่งหน่วยระบบมีขอบเขต (Boundary) สิ่งอื่นใดที่อยู่นอกขอบเขตถือเป็นบริบท (Context) ของหน่วยระบบนั้น
5. ผลผลิตของหน่วยระบบหนึ่งจะเลื่อนไหลไปเป็นปัจจัยนำเข้าของหน่วยระบบข้างเคียงภายในระบบ
6. ผลผลิตของหน่วยระบบเป็นผลมาจากการทำงานของหน่วยระบบ ผลผลิตดังกล่าวอาจมีมากกว่าหนึ่งรายการก็ได้
7. หน่วยระบบมีทั้งที่เป็นธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น
8. หน่วยระบบมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดบนมิติเวลา
9. หน่วยระบบมีที่มา มีที่อยู่และมีที่ไป

โดยที่คุณสมบัติแต่ละประการเหล่านี้มีคำขยายความในแต่ละข้อต่อๆ ไป สำหรับในขั้นนี้เมื่อนำคุณสมบัติทั้งหลายมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นแผนภาพเดียวจะได้รูปแบบโครงสร้างทางความคิด (Conceptual Framework) ของหน่วยระบบ (A System Unit) ดังภาพที่ 2.1

กรอบความคิดเรื่องการแปลงรูปท้องถิ่น (Locality Transformation)

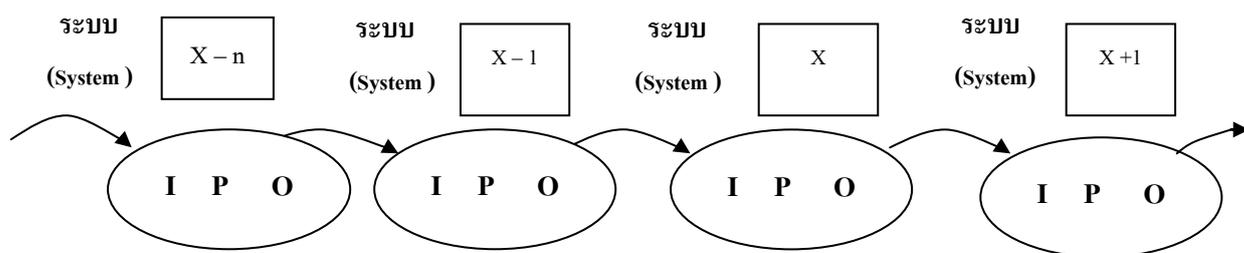
การแปลงรูปท้องถิ่นเป็นการแสดงสภาพจริงของหน่วยระบบท้องถิ่นเดิมที่จะพัฒนา (System A) เพื่อให้ทราบประเด็นที่เป็นปัญหาว่ามีสภาพเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับเป้าหมายหรือหน่วยระบบท้องถิ่นที่ได้รับการพัฒนาแล้ว (System B) และสิ่งที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหน่วยระบบท้องถิ่นเดิมที่จะพัฒนา (System A) เป็นหน่วยระบบท้องถิ่นที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางความคิดที่แสดงคุณสมบัติของหนึ่งหน่วยระบบ



(เจลีชา บุรีภักดี, 2550 : 21)

ภาพที่ 2.2 กรอบความคิดของหน่วยระบบสืบเนื่อง



(เจลีชา บุรีภักดี, 2550 : 21)

(System B) นั่นคือหน่วยระบบทำงาน (Work System) หรือ System C ที่ประกอบด้วย ทรัพยากรนำเข้า (Inputs) กระบวนการ (Process) และผลลัพธ์หรือเป้าหมายยุทธศาสตร์ (Outputs) มาเป็นหน่วยระบบ หรือยุทธศาสตร์ที่กระทำต่อหน่วยระบบท้องถิ่นเดิมที่จะพัฒนา (System A) ให้เป็นหน่วยระบบการวิเคราะห์ท้องถิ่นที่ได้รับการพัฒนาแล้ว (System B) ตามที่คาดหวังไว้ (คณะกรรมการบริหารหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชายุทธศาสตร์การพัฒนา, 2550 : 16)

โดยผู้วิจัยได้นำกรอบความคิดเรื่องการแปลงรูปท้องถิ่น (Locality Transformation) นี้ ไปเป็นหลักที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาทุกขั้วร้อน และปัญหาเป้าที่แท้จริงของหน่วยท้องถิ่น เทศบาลเมืองอุทัยธานี และในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายยุทธศาสตร์ และการสร้างยุทธศาสตร์ การพัฒนาการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

หลักวิชาที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

1. ความหมายของน้ำเสีย

เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์ (2542 : 20) ให้ความหมายว่า น้ำเสียเป็นน้ำที่ไหลมาจาก แหล่งต่างๆ ได้แก่ แหล่งเพาะปลูก แหล่งเลี้ยงสัตว์ การอุตสาหกรรม และจากชุมชนทั่วไป ซึ่งลักษณะ ของน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ จะมีความแตกต่างกัน น้ำเสียบางประเภทมีพวกอินทรีย์ต่างๆ มากมาย แต่บางประเภทจะมีสารโลหะหนักหรือสารพิษอื่นๆ

กรมควบคุมมลพิษ (2545 : 1) ได้ให้ความหมายไว้ว่าน้ำเสียหมายถึง น้ำที่มี สิ่งเจือปนต่างๆ มากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่ เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพน้ำของ ธรรมชาติเสียหายได้

สุธา ขาวเชียร (2545 : 5-1) ได้ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสียหมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปน ต่างๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสีย ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ แก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่นทำให้เกิดเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

สันทัด อนันตไพบูลย์ (2549 : 1) ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสียหมายถึง น้ำที่ผ่านการ ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆแล้ว เช่นใช้ในการอุปโภค การประกอบอาหาร การชำระล้างร่างกาย ใช้

ในอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะสมบัติต่างไปจากเดิมเนื่องจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก

สมร มุตตามระ (2550 : 44) ให้ความหมายไว้ว่าน้ำเสียหมายถึงน้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆ ในอาคารบ้านเรือน หรือ โรงงานอุตสาหกรรมแล้วมีสิ่งปนเปื้อนมาบ้างน้อยบ้างทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคบริโภคได้อีก เว้นเสียแต่ว่าจะได้ผ่านกรรมวิธีบำบัดที่เหมาะสมเสียก่อน

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ให้ความหมายของน้ำเสียไว้ในมาตรา 4 “น้ำเสีย” หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

จากความหมายของน้ำเสียดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า น้ำเสีย คือ น้ำที่ใช้แล้ว ในกิจกรรมต่างๆ จากแหล่งเพาะปลูก แหล่งเลี้ยงสัตว์ การอุตสาหกรรม และจากชุมชนทั่วไป ทำให้มีสิ่งเจือปนต่างๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจ ของคนทั่วไป ซึ่งอาจมีทั้งน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และน้ำฝนรวมอยู่ด้วย ถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพน้ำตามธรรมชาติเสื่อมโทรมได้

2. ลักษณะของน้ำเสีย

วิทยา เพียรวิจิตร (2525 : 5) ได้กล่าวถึงลักษณะน้ำเสียว่ามีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นมีของแข็ง (Solids) แขนวนลอยอยู่เมื่อยังสดจะมีสีเทาและมึนกลื่นอับ ในน้ำเสียมีจุลจากระ เศษอาหารและอื่นๆ ที่ใช้แล้วในชีวิตประจำวันของชุมชน เมื่อเวลาล่วงเลยไปน้ำเสียจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็น สีดำเน่า และมีกลิ่นน่ารังเกียจ และมีของแข็งสีดำจะลอยอยู่บนผิวน้ำ น้ำเสียประกอบด้วยน้ำและของแข็งซึ่งละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำ ปริมาณของแข็งปกติมีน้อยมากประมาณร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก คือในน้ำเสีย 1,000 ส่วน จะเป็นน้ำ 999 ส่วนและเป็นของแข็งเพียง 1 ส่วน แต่ของแข็งเพียงปริมาณเล็กน้อยนี้เป็นปัญหาใหญ่ในการกำจัดน้ำเสีย ส่วนน้ำทำหน้าที่เป็นเพียงพาหนะขนของแข็ง ของแข็งที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำ เรียกว่า ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) และของแข็งละลาย (Dissolved Solids) ของแข็งละลายและของแข็งแขวนลอยเหล่านี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ของแข็งอินทรีย์ (Organic Solids) และของแข็งอนินทรีย์ (Inorganic Solids) ของแข็งอนินทรีย์ เป็นสารเฉื่อย (Inert) และไม่เสื่อมสลาย ยกเว้นสารประกอบหรือเกลือของแร่บางประเภทที่เป็นซัลเฟตภายใต้ภาวะบางกรณีจะสลายตัวเป็นสารที่ง่ายกว่า เช่น การลด (Reduction) ของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ สารอนินทรีย์ปกติเป็นสารแร่รวมถึง ทราซ กรวด ดินตะกอน และ เกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำประปา ซึ่งทำให้เกิดความกระด้างและปริมาณแร่ในน้ำ โดยทั่วไปสารเหล่านี้ไม่เผาไหม้ ส่วนของแข็งอินทรีย์มีแหล่งกำเนิดจากสัตว์หรือพืช รวมถึงของเสียของสิ่งมีชีวิต สัตว์หรือพืช สัตว์หรือ

พืชที่ตายแล้ว และสารประกอบอินทรีย์สังเคราะห์ สิ่งเหล่านี้ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนซึ่งอาจรวมกับไนโตรเจน ซัลเฟอร์ หรือฟอสฟอรัส กลุ่มที่สำคัญคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน รวมทั้งผลผลิตของการสลายตัวของสารเหล่านี้ สารเหล่านี้จะเสื่อมสลาย (Decay) หรือสลายตัว (Decompose) โดยการกระทำของแบคทีเรีย และสิ่งมีชีวิตอื่น และสามารถ เผาไหม้ได้ ปริมาณของแข็งในน้ำเสียทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ และความสามารถของสารเหล่านี้จะเสื่อมสลายหรือสลายตัวเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการกำจัดน้ำเสีย

3. แหล่งที่มาของน้ำเสีย

แหล่งที่มาของน้ำเสียรวมทั้งสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

3.1 การอุตสาหกรรม น้ำเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับชนิดของการอุตสาหกรรมอาจจะมีผงซักฟอก และสารเคมีต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดเบื้องต้นหรือการกำจัดอย่างสมบูรณ์ที่โรงงานก่อนที่จะได้รับอนุญาตให้ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

3.2 การเกษตรกรรม น้ำเสียจากการเกษตรเป็นน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกจากกิจกรรมต่างๆ ในทางการเกษตร ได้แก่ น้ำเสียจากนาข้าว ชนิดของสารปนเปื้อนขึ้นอยู่กับการใช้ปุ๋ย และสารเคมีต่างๆ

3.3 ชุมชน ได้แก่ น้ำเสียที่มาจากชุมชน บ้านเรือนที่พักอาศัย อาคาร ร้านค้า กภัตตาคาร โรงแรม เป็นต้น โดยน้ำเสียดังกล่าวมักจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การอุปโภค การชำระล้างร่างกาย การขับถ่าย การซักล้าง ตลอดจนการประกอบอาหาร เป็นต้น น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีผงซักฟอก สบู่ และสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบในผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อาจจะมีทั้งที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ทั่วไป ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ความเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติเกิดจากน้ำเสียชุมชนร้อยละ 75 (กรมควบคุมมลพิษ, 2545 : 1; สันทัด อนุตตไพบูลย์, 2549 : 3)

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชน

1. ความหมายของน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) คือ น้ำเสียที่มาจากชุมชนบ้านเรือน อาคาร ร้านค้า กภัตตาคาร โรงแรม โดยน้ำเสียดังกล่าวมักจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การอุปโภคบริโภค การชำระล้างร่างกาย การขับถ่าย การซักล้าง ตลอดจนการประกอบอาหาร น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีผงซักฟอก สบู่ และสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบของผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งอาจจะมีในน้ำเสีย

ที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคติดต่อในมนุษย์ และจุลินทรีย์ทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2549 : 1; ขวัญฤดี โชติชนาทวิวงศ์, 2545 : 2-5; สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549 : 3)

2. ลักษณะของน้ำเสียชุมชน

กรมควบคุมมลพิษ (2545 : 4) ได้อธิบายลักษณะของน้ำเสียชุมชนไว้ว่า น้ำเสียชุมชนเกิดจากบ้านพักอาศัยประกอบไปด้วยน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันซึ่งมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

2.1 สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ซึ้นเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมนวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์อยู่มากและสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2.2 สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเสียแต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต เป็นต้น

2.3 โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่นปรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะพบในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำเสียจากเกษตรกรรม สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน บางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ น้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

2.4 ไขมันและสารลอยน้ำต่าง ๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และ กีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดทัศนอุจาด

2.5 ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำทำให้เกิดสภาพไร้อากาศที่ท้องน้ำทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง และส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

2.6 สารก่อให้เกิดฟองหรือสารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองที่เกิดขึ้นจะกีดขวางการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2.7 จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตซึ่งทำให้ระดับของออกซิเจนละลายน้ำลดลง ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

2.8 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงขึ้นไปจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้

ให้ระดับออกซิเจนในน้ำตกลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การคมนาคมทางน้ำ

2.9 กลิ่น ได้แก่ กลิ่นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่น ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

สรุปลักษณะของน้ำเสียชุมชนประกอบด้วยน้ำ ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ของแข็งอินทรีย์ และของแข็งอนินทรีย์ โดยน้ำเสียชุมชนจะมีของแข็งอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

การขยายตัวของชุมชนทำให้จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีน้ำเสียที่เกิดจากการอุปโภคบริโภคเป็นจำนวนมาก ต่างจากในสมัยก่อนที่ปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นน้อย เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีกระบวนการฟอกตัวเองของน้ำได้ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการขยายตัวของชุมชนและมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น น้ำเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่กระบวนการฟอกตัวเองของน้ำที่เกิดขึ้นตามวิธีการทางธรรมชาติไม่ได้ผล การนำเหม็นของน้ำเสียจึงปรากฏขึ้นทำให้จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่างๆ (สุธา ขาวเขียว, 2545 : 5-1; Claudia & Josef, 2005 : 1) การเลือกวิธีหรือเทคโนโลยีนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการบริหารจัดการน้ำเสีย ทั้งนี้เทคโนโลยีที่เลือกควรเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศในท้องถิ่น ภาวะเปียบ และข้อบังคับต่างๆ ที่มีส่วนร่วมทั้งความสอดคล้องกับแผนการพัฒนาเมืองหรือชุมชน นอกจากนี้งบประมาณในการก่อสร้างและบำรุงรักษาจะต้องไม่สูงเกินไป และสามารถดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปแล้ว พื้นที่ที่ห่างไกลหรือชนบทจะมีพื้นที่ว่างเปล่ามากและมีอัตราการใช้น้ำต่ำ การเกิดน้ำเสียมีปริมาณไม่มากจึงสามารถใช้หน่วยบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment Unit) ได้ง่าย แต่เมื่อชุมชนมีการขยายตัวมากขึ้น มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีอย่างจำกัด จึงต้องใช้การรวบรวมน้ำเสียไปบำบัดส่วนกลาง (Centralized Treatment System) การเลือกเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมควรเป็นรูปแบบที่ผสมผสานสอดคล้องกับแผนพัฒนาเมืองในระยะยาว รวมทั้งพิจารณาสภาพทางด้านเศรษฐกิจและสังคมประกอบการเลือกใช้เทคโนโลยีจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ควรเป็นไปตามลำดับขั้นตอนตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2. ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มล./ล	5	10	20
3. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	มก./ล.	110	220	400
4. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)	มก./ล.	250	500	1000
5. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
ไนโตรเจนอินทรีย์ (Organic Nitrogen)	มก./ล.	8	15	35
แอมโมเนีย (Free Ammonia)	มก./ล.	12	25	50
ไนไตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride) ⁽¹⁾	มก./ล.	30	50	100
8. ซัลเฟต (Sulfate) ⁽¹⁾	มก./ล.	20	30	50
9. สภาพด่าง (Alkalinity as CaCO ₃)	มก./ล.	50	100	200
10. ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11. Total Coliform Bacteria	MPN /100ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹

หมายเหตุ : (1) เป็นค่าที่เพิ่มจากค่าที่ตรวจพบในน้ำใช้ปกติ
(Metcalf & Eddy, 1991)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

พารามิเตอร์	น้ำเสียจาก ส้วม	จากห้องอาบน้ำ		จากการซักผ้า		จากครัว	
		ชักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	ด้วยเครื่อง	ผ่าน ตะแกรง	ไม่ผ่าน
pH	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	6.3
COD (mg/l)	1,500	230	400	200	560	960	2,900
BOD (mg/l)	700	120	260	70	150	540	1,800
TKN (mg/l)	300	8	38	14	12	18	120
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	24	6	1	10	24	13	90
SS (mg/l)	560	45	80	60	55	210	1,200
FOG (mg/l)	540	400	480	500	520	500	2,700

(ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)

ตารางที่ 2.3 ลำดับขั้นตอนการเลือกใช้เทคโนโลยีจัดการน้ำเสียที่เหมาะสม

ลำดับ	ขั้นตอนการเลือก
1.	การป้องกันการเกิดมลพิษ (Pollution Prevention)
2.	การบำบัด ณ แหล่งกำเนิด (On-site Treatment)
3.	การรวบรวมน้ำเสียไปบำบัด (Off-site Transportation)
4a.	การใช้ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ (Natural Treatment System)
4b.	การนำกลับมาใช้ใหม่และการพิจารณาคุณค่าจากน้ำเสีย (Reuse Option and Waste Valuritization)
5.	การรวบรวมน้ำเสียไปบำบัดโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไป (End of Pipe Collection and Treatment)

หมายเหตุ ลำดับขั้น 4 (a และ b) จัดว่ามีความสำคัญอยู่ในระดับเทียบเท่ากัน

(UNEP, 2000 อ้างถึงใน สมร มุตตามระ, 2550 : 42)

1. การบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียที่รวบรวมน้ำเสียไปบำบัดส่วนกลาง (Centralized Treatment System) มีระบบที่เกี่ยวข้องกัน 2 ระบบ ได้แก่ ระบบรวบรวมน้ำเสีย (Wastewater Collection System) และระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plant) (กรมควบคุมมลพิษ, 2550 : 12; กัมพลนันท์, 2552 : 14) ดังนี้

1.1 ระบบรวบรวมน้ำเสีย ประกอบด้วยระบบของท่อพร้อมทั้งส่วนประกอบต่างๆ สำหรับรวบรวมและระบายน้ำเสียจากแหล่งชุมชนไปยังบริเวณที่ต้องการกำจัด การวางระบบท่อระบายน้ำส่วนใหญ่จะออกแบบและก่อสร้างท่อระบายน้ำให้น้ำเสียสามารถไหลได้เองตามแรงโน้มถ่วงของโลกจึงไม่ต้องใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ ทำให้ดูแลรักษาง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่หากสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสมมีความจำเป็นต้องมีระบบสูบลำพิจารณาเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษา องค์ประกอบของระบบท่อระบายประกอบด้วย ท่อแรงโน้มถ่วง ท่อแรงดัน ท่อคักน้ำเสีย บ่อตรวจระบาย อาคารคักน้ำเสียพร้อมตะแกรงดักขยะ และสถานีสูบน้ำเสียพร้อมตะแกรงดักขยะ การออกแบบท่อระบายน้ำจำเป็นต้องให้ความเร็วในการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำที่ทำให้เกิดการทำความสะอาดท่อด้วยตัวเอง (Self Cleansing Velocity) เพื่อป้องกันการตกตะกอนของของแข็งในเส้นท่อ โดยทั่วไปจะไม่ต่ำกว่า 0.6 เมตรต่อวินาที ท่อระบายน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบท่อแยก และระบบท่อรวม (ศิริรัตน์ ชาญวิทย์, 2550 : 4; สมร มุตตามระ, 2550 : 70) โดยแต่ละระบบมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1.1.1 ระบบท่อแยก เป็นระบบระบายน้ำที่แยกกระหว่างท่อระบายน้ำฝน ซึ่งทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวแล้วระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะในบริเวณใกล้เคียงที่สุดโดยตรง และท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม เพื่อส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำฝนและน้ำเสียจะไม่มีปะปนกัน

1.1.2 ระบบท่อรวม เป็นระบบที่น้ำฝนและน้ำเสียไหลรวมในท่อเดียวกัน จนกระทั่งถึงระบบบำบัดน้ำเสียหรืออาคารคักน้ำเสีย ซึ่งจะมีท่อคักน้ำเสีย (Interceptor) เพื่อรวบรวมน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย โดยในช่วงฝนตกน้ำเสียที่เจือจางกับน้ำฝนจนมีปริมาณมากเกินไปความต้องการจะปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ส่วนน้ำที่ไม่ล้นฝายจะเข้าสู่ท่อคักน้ำเสียและไหลไปยังระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ระบบท่อรวมมีข้อดี คือ ค่าลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อยกว่าระบบท่อแยก แต่มีข้อเสียหลายประการด้วยกัน เช่น ต้องใช้ท่อขนาดใหญ่ ระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดใหญ่และงบประมาณในการลงทุนสูง เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดมีปริมาณมาก ค่าบำรุงรักษาสูงอาจมีปัญหากลิ่นเหม็นในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากความเร็วน้ำในท่อดำมาก และอาจมีผลต่อสุขภาพของประชาชนได้กรณีเกิดปัญหาน้ำท่วม เป็นต้น

ระบบที่รวบรวมน้ำเสียส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นระบบที่รวมทั้งการระบายน้ำฝนและน้ำเสียเข้าด้วยกัน (สมร มุตตามระ, 2550 : 71) เดิมระบบที่ระบายน้ำได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นพร้อมกับระบบสูบน้ำเพื่อระบายน้ำฝนจากบริเวณแหล่งชุมชนสู่ลำน้ำธรรมชาติ ภาระหน้าที่ในการรวบรวมน้ำเสียเพิ่มขึ้นมาหลังจากมีการสร้างระบบระบายน้ำฝนโดยทั่วไป ระบบท่อในประเทศไทยมีความลาดเอียงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น เช่น ประเทศญี่ปุ่น ระบบท่อที่มีอยู่ส่วนใหญ่ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นรูปแบบเครือข่ายมากกว่าที่จะเป็นแบบกิ่งก้านสาขาที่มักจะพบเห็นทั่วไปในประเทศอื่น ๆ มีการคิดกันว่าแบบเครือข่ายนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อชดเชยกับความด้อยประสิทธิภาพในการรองรับน้ำที่ไหลเข้าอันเนื่องมาจากความลาดเอียงน้อยของท่อระบาย (กรมควบคุมมลพิษ, 2550 : 45-46) และเนื่องจากความลาดเอียงน้อยนี้ โคลนและทรายจำนวนมากจึงมีแนวโน้มที่จะทับถมกันเป็นตะกอนที่บริเวณก้นท่อระบาย อนุภาคตะกอนต่างๆ มักจะปรากฏให้เห็นเป็นทางเหมือนกับทรายในวันฝนตกโดยการเอาส่วนประกอบโคลนออก ก๊าซไข่เน่า (Hydrogen Sulfide) จะเกิดขึ้นภายใต้ผิวหน้าที่อยู่ระหว่างน้ำกับตะกอนจากแบคทีเรียและซัลเฟต อัตราการเกิดก๊าซไข่เน่าจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่ค่าบีโอดีจะลดลงจากการใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสีย หมายความว่า การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) ของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้น โดยจะควบคู่ไปกับการผลิตสารที่มีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2550 : 12)

1.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นกระบวนการกำจัดวัตถุหรือสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียออกไปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายใต้ทรัพยากรและเทคโนโลยีที่มีอยู่ การบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสียและปัจจัยแวดล้อมอย่างรอบด้านก่อนที่จะออกแบบวิธีการบำบัด ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทั้งทางชีวเคมี ทางจุลชีววิทยา ทางเคมีและทางกายภาพ ในการเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้ถูกต้องเหมาะสมกับน้ำเสียนั้นๆ จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (วิทยา เพ็ชรวิจิตร, 2525 : 24; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542 : 72; กรมควบคุมมลพิษ, 2545: 24; สุธา ขาวเชิธร, 2545 : 5-9; สันต อนันต์ไพบูลย์, 2549 : 122; สมร มุตตามระ, 2550 : 77 และ Metcalf & Eddy, Inc., 2004 : 10-14)

2. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

2.1 การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment) เป็นการกำจัดอนุภาค ซึ่งมีทั้งที่ตกตะกอนได้ดีและที่มีน้ำหนักเบา อนุภาคบางประเภทเป็นสารอินทรีย์ที่ทำให้ค่าบีโอดีสูงขึ้น วิธีการบำบัดได้แก่ การปรับอัตราการไหล และการแยกสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ออก

2.2 การบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) ได้แก่ การกำจัดอนุภาคที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำเสีย อนุภาคที่แยกจากถังตกตะกอน เรียกว่า Primary Sludge ต้องนำไปบำบัดต่อ การบำบัดในขั้นตอนนี้จะลดค่าบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 25 – 40 หรือปริมาณของแข็งเท่ากับร้อยละ 40 – 60 แล้วแต่คุณลักษณะน้ำเสียและประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

2.3 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) ได้แก่ การกำจัดสารอินทรีย์ หรือ บีโอดี ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์โดยใช้วิธีทางชีวภาพ ซึ่งใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยต้องกำจัดตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ (Secondary Sludge) ร่วมกับตะกอนจากการบำบัดขั้นต้น การบำบัดในขั้นตอนนี้จะลดค่าบีโอดีลงได้ประมาณร้อยละ 75 – 95 ทำให้ค่าบีโอดีต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระบบขั้นสุดท้ายของการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป

2.4 การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) ใช้ในกรณีที่ต้องการน้ำทิ้งที่สะอาดจนสามารถใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้ กระบวนการที่ใช้เป็นกระบวนการทางเคมีร่วมกับกระบวนการทางฟิสิกส์ เช่น การนำน้ำจากระบบบำบัดขั้นที่สองมาตกตะกอนเพื่อแยกสารประกอบฟอสเฟตด้วยน้ำปูนขาว (Lime) การกำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยกระบวนการดูดซับ (Carbon Adsorption) การกำจัดแอมโมเนียและสารประกอบโลหะต่างๆ ด้วยการใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) และฆ่าเชื้อโรค

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ขั้นตอน มีดังนี้

1. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นกระบวนการกำจัดของแข็ง เศษวัสดุ กรวดทรายที่ปนมากับน้ำทิ้งและยังช่วยลดค่าบีโอดีของน้ำลงได้บางส่วน วิธีการประกอบด้วย การแยกโดยใช้ตะแกรง (Screening) การบดหรือตัด (Comminution) การกวาด (Skimming) การกำจัดกรวด ทราย (Grit Chamber) การดักไขมัน (Grease Traps) การทำให้ลอย (Flotation) การตกตะกอนของแข็งขนาดเล็ก (Primary Sedimentation)

1.1 การแยกโดยใช้ตะแกรง (Screening) เป็นการใส่ตะแกรงดักสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ๆ ที่ปนมากับน้ำเสีย เช่น เศษขยะ เศษผ้า พลาสติก ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้เครื่องสูบน้ำหรือท่อระบายน้ำอุดตันหรือเกิดการเน่าเหม็นได้ สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ตะแกรงจะถูกกวาดออกไป ตะแกรงที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1.2 ตะแกรงชนิดหยาบ (Coarse Screen) ที่ใช้กันมาก เป็นแบบลูกกรงเหล็ก (Bar Racks) ซึ่งเป็นแท่งเหล็กกลมหรือเหลี่ยมเชื่อมเป็นแผ่น ตะแกรงวางขวางทางระบายน้ำทิ้ง ทำมุม 30-80 องศา กับแนวระดับระยะระหว่างซี่ลูกกรงประมาณ 1-2 นิ้ว เพื่อใช้ดักวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ลอยมากับน้ำเสีย ป้องกันมิให้เข้าไปทำความเสียหายแก่เครื่องสูบน้ำและทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน

และควรตัดหรือกวาดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับซี่ลูกกรงออกไป เพื่อป้องกันการอุดตันของตะแกรงและกลั่นเหมีน

1.1.3 ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ใช้กำจัดสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงมีขนาดกว้าง 0.125 นิ้ว จะติดตั้งก่อนเข้าสู่ถังกรองหรือถังตกตะกอน

1.2 การบดหรือตัด (Comminution) เป็นการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Comminutors ในการตัดให้สิ่งสกปรกขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง

1.3 การตัดหรือการกวาด (Skimming) ใช้แยกสิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสีย เช่น น้ำมัน ไขมัน โดยใช้กระดานกวาดหน้า วางขวางทางน้ำไหลในถัง ตกตะกอน สิ่งที่ลอยมาจะติดค้างอยู่ที่หน้ากระดาน ส่วนน้ำเสียจะไหลลงด้านล่างของกระดานออกไป

1.4 การกำจัดกรวดทราย (Grit Chamber) เป็นการกำจัดกรวด ทราย เม็ดดินเศษอาหาร เช่น กระดูก เปลือกไข่ เมล็ดกาแฟ เมล็ดพืช ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายในน้ำเสีย เป็นการช่วยป้องกันเครื่องมือจากการขีดข่วน ลดการอุดตันในท่อและส่วนต่างๆ ของเครื่องมือ

1.5 การทำให้ลอย (Flotation) ใช้ในการแยกสิ่งสกปรกแขวนลอยที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กและตกตะกอนได้ยาก หรือพวกไขมันที่อาจอยู่ในรูปของคอลลอยด์

1.6 การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นกระบวนการแยกสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำโดยการกักไว้ในถังหรือบ่อตกตะกอนเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำลง ตะกอนต่างๆจะจมลงสู่ก้นถัง วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับตะกอนหนัก เช่นดิน ทราย หรือตะกอนแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน การตกตะกอนเป็นการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียลงได้แต่จะลดได้ปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย ส่วนตะกอนที่มีอนุภาคเบาใช้วิธีการทำให้ลอยซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนที่มีอนุภาคเบาได้ดีกว่า

2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment) ส่วนใหญ่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เป็นการแยกสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำออกจากน้ำ เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต โซเดียม ไซยาไนต์ ฯลฯ เนื่องจากมีความเป็นพิษต่อสัตว์ในแหล่งน้ำที่ระบายน้ำเสียลงไปทำให้น้ำมีสี กลิ่น รสที่ผิดปกติเกิดขึ้นหรือเป็นอันตรายจนไม่เหมาะกับการอุปโภคบริโภค หรืออาจทำให้น้ำมีคุณสมบัติในการกัดกร่อน มีความกระด้างและตะกอนเพิ่มขึ้น

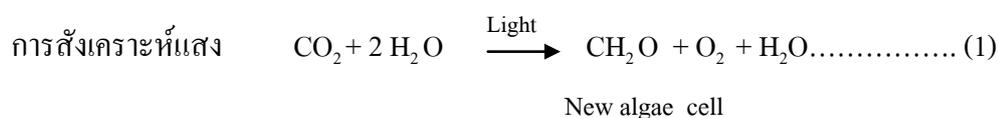
3. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ(Biological Treatment) เป็นการใช้อุจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เพื่อเป็นอาหาร โดยมีสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียตามอุณหภูมิ อาหาร ออกซิเจนและค่าความเป็นกรดต่างของน้ำเสีย วัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียตามบ้านเรือน เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์และสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ชนิดของผู้ย่อยสลายที่มีความสำคัญในระบบบำบัดทางชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย ฟังไจ สาหร่าย ไวรัส โปรโตซัว โรติเฟอร์ และครัสตาเซียนส์

3.1 แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวในกลุ่มโปรติสตา (Protista) มีมากกว่า 1,000 สายพันธุ์ โดยทั่วไปพบในที่ที่มีความชื้นและแหล่งอาหารที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ขยายพันธุ์ด้วยการแบ่งเซลล์ มีรูปร่างที่แตกต่างกันคือ ทรงกลม (Cocci) แท่ง (Rod) และเกลียว (Spiral) อุณหภูมิและค่าความเป็นกรดต่างมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย เมื่ออุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นสองเท่า จึงสามารถแบ่งกลุ่มแบคทีเรียตามช่วงอุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophile) กลุ่มที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) และกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophile) โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเท่ากับ $12 - 18^{\circ}\text{C}$ $25 - 40^{\circ}\text{C}$ และ $55 - 60^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมสำหรับเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 6.5 - 7.5 การแบ่งชนิดของจุลินทรีย์ตามลักษณะการเผาผลาญ (metabolite) ได้เป็น Autotrophic และ Heterotrophic โดยกลุ่มแรกสามารถสังเคราะห์แสงได้ตามธรรมชาติ เช่น Purple sulfur bacteria (Thiorhodaceae) และ Green Sulfur Bacteria (Chlorobiaceae) ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากต้องการสารอินทรีย์สำหรับการผลิตคาร์บอนในเซลล์และทั้งสองกลุ่ม ยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic) กลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic) และกลุ่มที่เจริญได้ทั้งสองสภาวะ (Facultative)

3.2 เชื้อรา (Fungi) เชื้อราจัดเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ จัดเป็น Heterotrophic Protists แบ่งได้ตามลักษณะการสืบพันธุ์เป็นแบบมีเพศและไม่มีเพศ เชื้อราทุกชนิดได้พลังงานจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเชื้อราสามารถย่อยสลายได้แม้กระทั่งกากที่เหลือจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ประเภทอื่น คุณสมบัติข้อนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

3.3 สาหร่าย (Algae) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ จัดเป็นพวก Autotrophic Protists สามารถสังเคราะห์แสงได้ ถ้าพบในน้ำจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่ดีทำให้เครื่องกรองเกิดการอุดตันในระบบบำบัดแบบบ่อฝิ่ง (Oxidation Ponds) สาหร่ายมีความสำคัญในการผลิตก๊าซออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยในเวลากลางวันจะใช้ออกซิเจนในการหายใจ ส่วนเวลากลางวันจะผลิตก๊าซออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2)





ในเวลากลางวันสาหร่ายใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงจึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำสูงขึ้นส่วนในเวลากลางคืนสาหร่ายผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำลดลง นอกจากนี้สาหร่ายยังต้องการสารอินทรีย์ในการขยายพันธุ์ เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และธาตุอาหารต่างๆ เช่น ทองแดง โมลิบดีนัม เหล็ก เป็นต้น

3.4 โปรโตซัว เป็นโปรทิสต์ที่มีขนาดเล็กโดยทั่วไปมีเซลล์เดียวเคลื่อนที่ได้ ส่วนใหญ่เป็นพวกไม่สามารถสังเคราะห์อาหารขึ้นเองได้ (Heterotroph) ต้องการออกซิเจนแต่มีส่วนน้อยที่ไม่ต้องการออกซิเจน โปรโตซัวที่มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรียและอาจใช้แบคทีเรียเป็นแหล่งให้พลังงาน โปรโตซัวช่วยทำความสะอาดน้ำเสียจากการบำบัดทางชีวภาพโดยการกินแบคทีเรียและสารอินทรีย์บางชนิด ดังนั้นการพบโปรโตซัวในน้ำเสียแสดงว่าน้ำเสียมีคุณภาพค่อนข้างดี และมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนสูง

3.5 โรติเฟอร์ (Rotifers) เป็นสัตว์หลายเซลล์ที่ต้องการออกซิเจนและเป็นพวกที่ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารขึ้นเองได้ มีซีเลีย (Cilia) เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่และหาอาหาร เป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการช่วยทำความสะอาดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

3.6 ครัสตาเซียนส์ (Crustaceans) เป็นสัตว์หลายเซลล์ที่ต้องการออกซิเจน และเป็นพวกที่ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารขึ้นเองได้ ส่วนที่แตกต่างกับโรติเฟอร์คือมีเปลือกแข็งเป็นอาหารที่สำคัญของปลา การพบครัสตาเซียนส์ในบ่อบำบัดทางชีวภาพชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียได้ผ่านการบำบัดจนมีปริมาณสารอินทรีย์น้อยและมีออกซิเจนละลายน้ำในปริมาณมาก

3.7 ไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุดมองเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น เป็นพาราไซต์และต้องการตัวให้อาศัยเพื่อเพิ่มอนุภาคไวรัสใหม่ขึ้นมา เมื่อเซลล์ตัวให้อาศัยแตกออก ไวรัสจะออกมาภายนอกเซลล์และไปจับกับเซลล์ใหม่ต่อไป ไวรัสทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพในน้ำเสีย ซึ่งทำได้โดยการเติมคลอรีนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ของเชื้อจุลินทรีย์ในสภาพมีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สภาพมีออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายเป็นก๊าซ และเซลล์ใหม่อย่างสมบูรณ์ ดังสมการที่ (3) - (5) ดังนี้

Oxidation :



(สารอินทรีย์)

Synthesis :



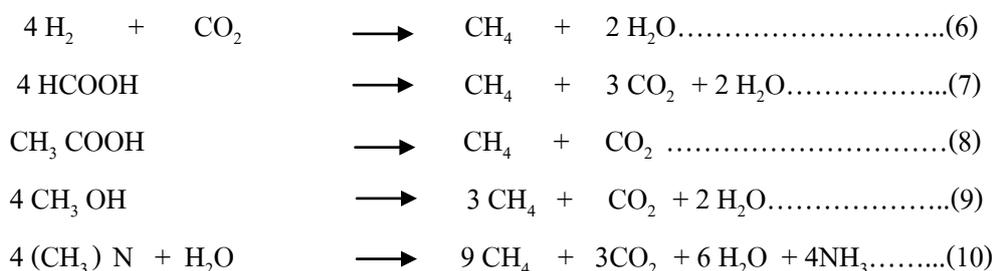
(สารอินทรีย์)

Autoxidation :



สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ค่าความเป็นกรดค่าออกซิเจน สารอาหารหรือธาตุอาหารปริมาณน้อย ออกซิเจน การกวนผสมให้เข้ากัน แมคอินเนนีย์ (McInemey, 1988) อธิบายว่าในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารประกอบต่างๆ จะถูกลดขนาดลงด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กระบวนการหมัก (Acidogenesis) (Winter & Cooney, 1980) กระบวนการย่อยสลายไขมัน (Acetogenesis) และการเกิดก๊าซมีเทน (Methanogenesis) (Wolin, 1976; Bryant, 1979)

ในสภาพไม่มีออกซิเจนโมเลกุลสารอินทรีย์ขนาดใหญ่หรือของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียพวก Hydrolytic ให้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมัน เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอนในเซลล์ จากนั้นแบคทีเรียพวก Acidogenic จะเปลี่ยนสารโมเลกุลขนาดเล็กให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ เช่น Acetic Acid Propionic Acid Butyric Acid ฯลฯ เนื่องจาก Acetic Acid เป็นกรดชนิดเดียวที่สามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนซึ่งระเหยออกจากน้ำเสีย ส่วนกรดชนิดอื่นจะต้องอาศัยแบคทีเรียพวก Acetogenic ในการเปลี่ยนเป็น Acetic Acid จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดอินทรีย์จัดอยู่ในกลุ่ม Non-methanogenic ซึ่งเป็นแบคทีเรียพวก Facultative และ Obligate anaerobe เช่น Clostridium spp Peptococcus anaerobus Bifidobacterium spp Desulphovibrio spp Corynebacterium spp Lactobacillus, Actinomyces Staphylococcus และ E.Coli ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน เรียกว่า Methanogenic หรือ Methane Formers เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น เชื้อที่มีรูปร่างเป็นท่อน (Methanobacterium และ Methanobacillus) และมีรูปร่างแบบทรงกลม (Methanococcus และ Methanosarcina) เชื้อแบคทีเรียที่มีความสำคัญมากที่สุดในกลุ่ม Methanogenic คือ ชนิดที่ทำให้ Acetic Acid และ Propionic Acid แตกตัว ซึ่งเชื่อดังกล่าวมีอัตราการเจริญช้ามากเนื่องจากกระบวนการเมแทบอลิซึมจะจำกัดการเจริญเติบโต โดยผลจากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Acidogens และ Acetogens จะทำให้เกิดสภาวะที่เป็นกรดซึ่งไม่เหมาะสมกับการทำงานของเชื้อพวกที่สร้างมีเทน (Methanogenic) จึงต้องควบคุมค่าความเป็นกรดค่าความเป็นพิษเพื่อให้เชื้อพวกที่สร้างมีเทนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มของสารตั้งต้นที่แบคทีเรียในกลุ่มสร้างมีเทนสามารถนำไปใช้ได้ คือ กรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดฟอมิก กรดอะซิติก เมทิลเอมีน แอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอน 1 - 5 อะตอม เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอลบูทานอล เพนทานอล และก๊าซอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ปฏิกิริยาในการเกิดมีเทน ดังแสดงในสมการที่ (6) – (10)



ในระบบบ่อบำบัดที่ไม่มีออกซิเจน ต้องเป็นระบบปิดและไม่มีสารยับยั้ง เช่น โลหะหนัก และซัลไฟด์ ค่าความเป็นกรด-ด่างควรอยู่ในช่วง 6.6 – 7.6 ความเป็นด่าง มีค่าระหว่าง 1,000 – 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดที่ระเหยได้น้อยกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเชื้อกลุ่ม Mesophile เท่ากับ 30 – 38 องศาเซลเซียส และ Thermophile เท่ากับ 49 – 57 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ในระบบบำบัดที่ไม่มีออกซิเจนจะเจริญเติบโตช้ากว่าแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาในการบำบัดนานกว่า แต่มีข้อดีคือสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากได้ดีกว่าแบบใช้ออกซิเจน และยังสามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มาก (มีค่าซีโอดีสูง) เนื่องจากในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนจะไม่สามารถอยู่รอดได้ การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ๆ คือ ระบบที่แบคทีเรียใช้ออกซิเจน และระบบที่แบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ใช้ออกซิเจนจากสารประกอบอื่น เช่น ไนเตรท ซัลเฟต เป็นต้น

ตัวอย่างของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่อาศัยแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ขั้นสุดท้ายคือ ก๊าซมีเทน มักใช้กับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีค่าบีโอดีค่อนข้างสูง เพื่อลดค่าบีโอดีลงระดับหนึ่งก่อนแล้วจึงต่อด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบที่จุลินทรีย์แขวนลอย และระบบที่จุลินทรีย์ ยึดเกาะกับตัวกลาง

1. ระบบที่จุลินทรีย์แขวนลอยได้แก่

1.1 Anaerobic Digestion Process เป็นกระบวนการที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ได้ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ มีการเติมสัลดัลงในระบบอย่างต่อเนื่องและให้คงอยู่ในระบบเป็นระยะเวลาต่างๆ กันแล้วแยกสัลดัออกจากระบบ

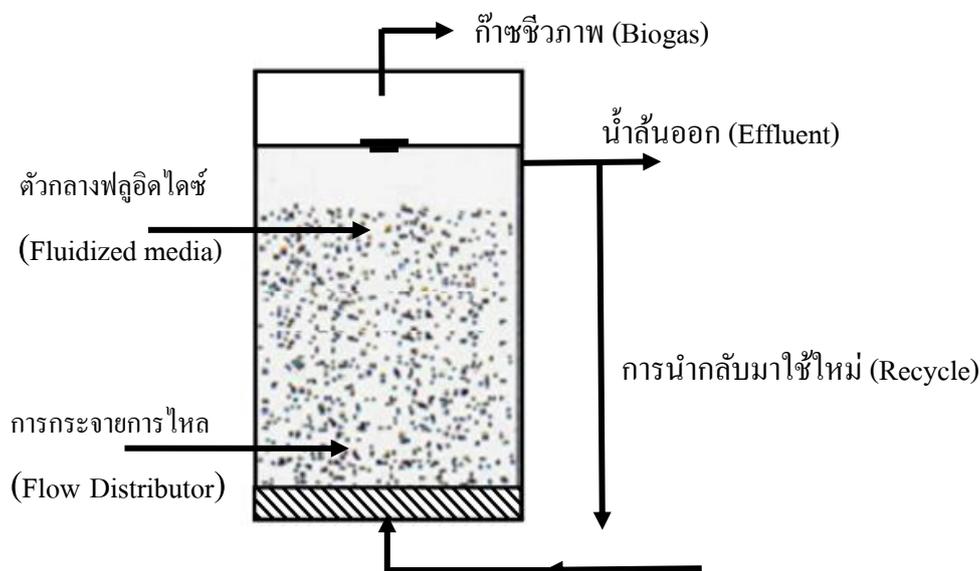
1.2 Anaerobic Contact Process เป็นระบบเลี้ยงตะกอนแบบแขวนลอยอยู่ในถังบำบัด โดยอาศัยเครื่องกวนซึ่งช่วยสร้างการสัมผัสระหว่างน้ำเสียกับแบคทีเรียอย่างทั่วถึง ระบบดังกล่าวใช้วิธีกักเก็บแบคทีเรียโดยอาศัยถังตกตะกอนในการแยกตะกอน

2. ระบบที่เชื้อจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง ได้แก่

2.1 Anaerobic Filter Process (AF) เป็นระบบเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เป็นแผ่นฟิล์มอยู่บนผิวตัวกลางหรือช่องว่างระหว่างตัวกลางที่อยู่กับที่ เช่น ก้อนหิน พลาสติก อิฐ ดินเผา ฯลฯ น้ำเสียจะสัมผัสกับจุลินทรีย์โดยการไหลขึ้นหรือไหลลงผ่านถังบำบัด ซึ่งมีตัวกลางบรรจุอยู่ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลออกทางด้านตรงข้ามกับน้ำเสียที่ไหลเข้าถังบำบัด

2.2 Anaerobic Fluidised Bed Process (AFB) เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ Anaerobic Filter Process เพื่อลดปัญหาการอุดตัน โดยการตัดแปลงใช้ตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวมากๆ เช่น ทราย ถ่านกัมมันต์ หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกับเม็ดทรายโดยเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เป็นแผ่นฟิล์มอยู่บนเม็ดตัวกลางที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาด้วยอัตราการไหลของน้ำเสียปริมาณมากที่มีการหมุนเวียนออกจากถังบำบัดรวมกับน้ำเสียที่เข้าถังบำบัดทางด้านล่าง อัตราการไหลต้องมีขนาดพอเหมาะที่จะยกเม็ดตัวกลางให้ลอยขึ้น แต่ไม่มากเกินไป จนพาเม็ดตัวกลางหลุดออกจากกระบวน ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 กระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด (Anaerobic Fluidised Bed Process)

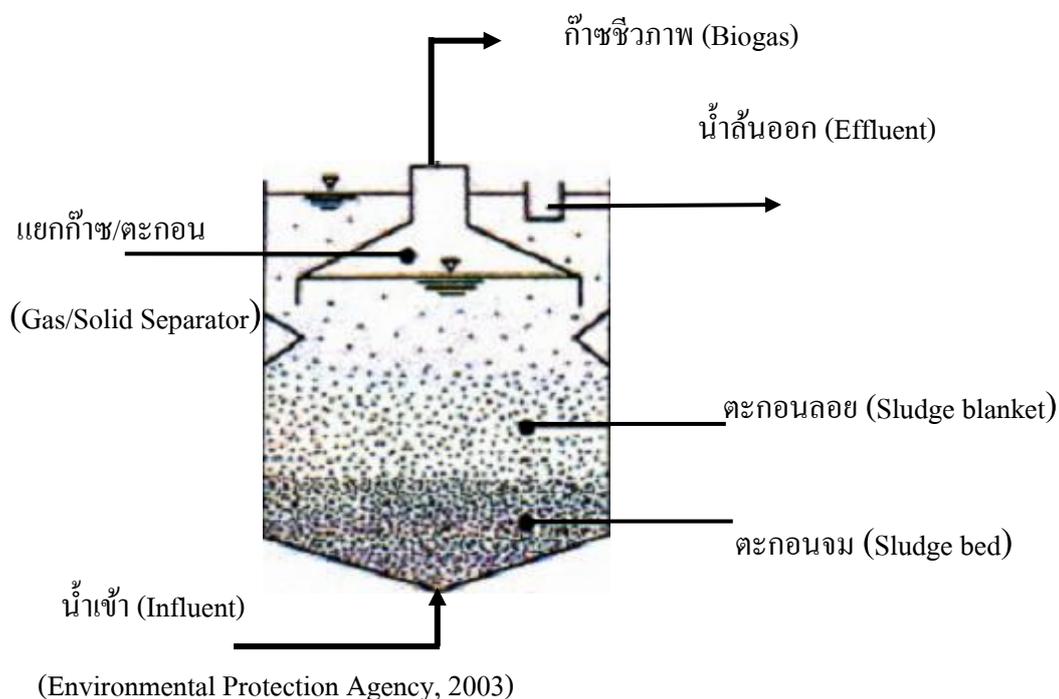


(Environmental Protection Agency, 2003)

1.3.3 ระบบยูเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศยุโรปปี ค.ศ. 1980 นอกจากนี้ระบบดังกล่าวยังเป็นที่ยอมรับ

ประเทศเขตร้อนเนื่องจากมีอุณหภูมิที่เหมาะสม หลักการของระบบ คือ เลี้ยงจุลินทรีย์ในสภาพไม่มีออกซิเจนในถังปฏิกริยาจนเกิดเป็นสลัดจ์ที่มีรูปทรงกลมขนาด 1 - 5 มิลลิเมตร ในปริมาณ 20 - 100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ด้านล่างของถังบำบัด บำบัดน้ำเสียเข้าสู่ด้านล่างของถัง ด้วยอัตราความเร็วอย่างน้อย 2 - 3 ฟุตต่อวินาที และสัมผัสสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เม็ดสลัดจ์ย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB)



4. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ - เคมี

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ - เคมี เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยวิธีทางกายภาพและเคมีผสมผสานกัน นิยมใช้ในการบำบัดขั้นสุดท้ายหลังจากระบบบำบัดทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ มาแล้ว และต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง เครื่องมืออุปกรณ์ค่อนข้างมากกว่ากระบวนการอื่นๆ แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีจนถึงระดับที่ดื่มได้ การบำบัดด้วยกระบวนการกายภาพ - เคมี มีหลายขั้นตอน เช่น การดูดซับด้วยถ่านโดยใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำซึ่งพบว่าน้ำที่ผ่านระบบดูดซับแล้วจะมีค่า COD เหลือ 0.5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านที่ใช้กันมี 2 ลักษณะคือ แบบคาร์บอนเป็นเม็ดและแบบคาร์บอนเป็นผงซึ่งนิยมเรียกรวมกันว่า activated carbon อีกวิธีหนึ่งได้แก่ การแลกเปลี่ยนประจุวิธีกรนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนที่มีในน้ำเสียบกับตัวกลางที่บรรจุอยู่ในถัง

แลกเปลี่ยนประจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบภายในถังแลกเปลี่ยนประจุนั้น เมื่อมีการผ่านน้ำเสียเข้าไปบำบัดภายในถังแล้วจะมีตะกอนขังอยู่ในถัง และประสิทธิภาพของตัวกลางในการแลกเปลี่ยนประจุจะลดลง ดังนั้นควรทำการล้างถังอย่างสม่ำเสมอและทำการปฏิรูปตัวกลางบ่อยครั้ง โดยถังตัวกลางเป็นชนิดประจุบวก จะใช้กรดแก่ ทำการปฏิรูปตัวกลางและถังตัวกลางเป็นชนิดประจุลบจะใช้ด่างทำการปฏิรูปตัวกลางของระบบเพื่อให้ประสิทธิภาพของตัวกลางกลับมาเหมือนเดิม

3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment)

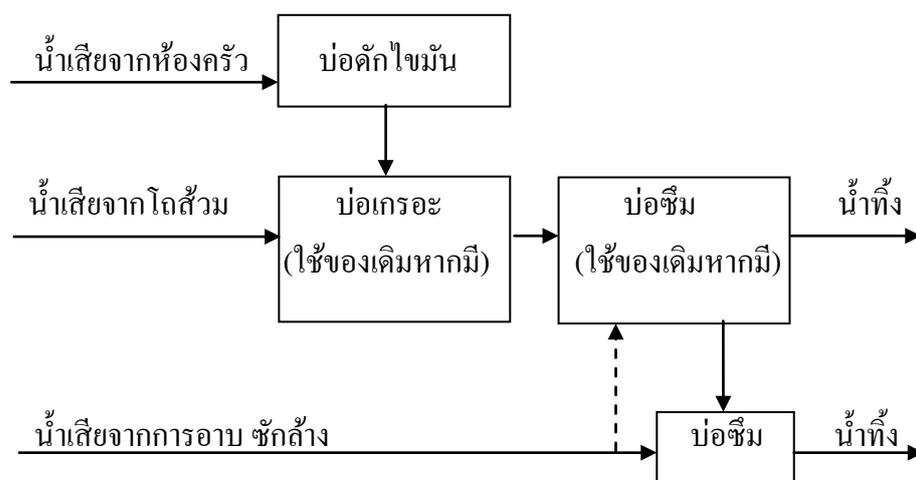
สำหรับประเทศไทยที่มีแหล่งกำเนิดน้ำเสียส่วนใหญ่มาจากชุมชน แต่มีชุมชนเมืองเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียจากครัวเรือนมีซึ่งมีปริมาณรวม 14 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวันผ่านระบบบำบัด น้ำเสียชุมชนที่มีอยู่จำนวน 90 แห่ง ซึ่งมีศักยภาพรองรับน้ำเสียได้ 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบกับในปัจจุบันบ้านเรือนและอาคารส่วนใหญ่ไม่มีการจัดการน้ำเสียเบื้องต้น ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยตรง (กรมควบคุมมลพิษ, 2550 : 7) จากปัญหาการมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมไม่เพียงพอ กรมควบคุมมลพิษ จึงได้กำหนดแนวทางบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนเพื่อคลี่คลายปัญหาให้น้อยลงด้วยการส่งเสริมให้ลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิด กำหนดให้บ้านเรือนและอาคาร ทุกประเภทมีการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นด้วยการติดตั้งถังดักไขมันและระบบบำบัดน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิด ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากกับชุมชนระดับเทศบาลตำบลหรือองค์การบริหารส่วนตำบลหรือพื้นที่ที่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวม เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด โดยมีนโยบายให้บ้านเรือนและอาคารปลูกสร้างใหม่ต้องติดตั้งบ่อดักไขมันและระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับทุกอาคาร โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่ประชาชนอาจเลือกใช้สำหรับครัวเรือนคือระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการก่อสร้างหรือติดตั้งเพื่อบำบัดน้ำเสียจากอาคารเช่น บ้านพักอาศัย อาคารชุด โรงเรียน หรืออาคารสถานที่ทำการ เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 2.5

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่สำหรับบ้านพักอาศัยที่ใช้กันมากได้แก่ บ่อดักไขมัน (Grease Trap) ระบบบ่อเกราะ (Septic Tank) ระบบบ่อกองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) เป็นต้น เนื่องจากเป็นระบบที่ก่อสร้างได้ง่ายและในปัจจุบันมีเป็นการทำเป็นถึงสำเร็จรูปจำหน่ายทำให้สะดวกในการติดตั้ง สำหรับอาคารพาณิชย์หรืออาคารสำนักงานขนาดใหญ่อาจมีการก่อสร้างเป็นระบบขนาดใหญ่ เช่น ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ เป็นต้น เพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับรูปแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบ คือ บ่อเกราะ และบ่อซึม

3.1 บ่อเกราะ (Septic Tank) มักสร้างเป็นบ่อกอนกรีตรับน้ำเสียจากบ้านโดยตรง จะกักน้ำเสียไว้ประมาณ 1-3 วัน เพื่อให้ของแข็งที่ปะปนมาตกลงด้านล่าง เป็นการแยกกากและเป็นการ

ปรับสภาพน้ำเสียทางชีววิทยาจากการย่อยสลายตามธรรมชาติโดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) กากจะทับถมกันอยู่บริเวณก้นบ่อซึ่งทิ้งไว้ได้ประมาณ 2-5 ปี จึงสูบไปกำจัด ส่วนน้ำเสียจะปล่อยทิ้งยังท่อรับน้ำเสียและปล่อยลงดินหรือแหล่งระบายน้ำสาธารณะ ลักษณะที่สำคัญของบ่อเกรอะ คือ ต้องป้องกันตะกอนลอย และตะกอนจมไม่ให้ไหลไปยังบ่อเกรอะชั้นที่สอง เช่น ใช้แผ่นกั้นขวาง หรือท่อรูปตัวที (สามทาง) ปัจจุบันมีการสร้างถังเกรอะสำเร็จรูปจำหน่ายโดยใช้หลักการเดียวกัน เนื่องจากประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของบ่อเกรอะไม่สูงนัก คือ ประมาณร้อยละ 40 - 60 ทำให้น้ำทิ้งจากบ่อเกรอะยังคงมีค่าบีโอดีสูงเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงไม่สามารถปล่อยทิ้งแหล่งน้ำธรรมชาติหรือท่อระบายน้ำสาธารณะได้ จำเป็นจะต้องผ่านระบบบำบัดขั้นสองเพื่อลดค่าบีโอดีต่อไป ซึ่งลักษณะของตะกอนในบ่อเกรอะ ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.6 และตารางที่ 2.4

ภาพที่ 2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับครัวเรือน

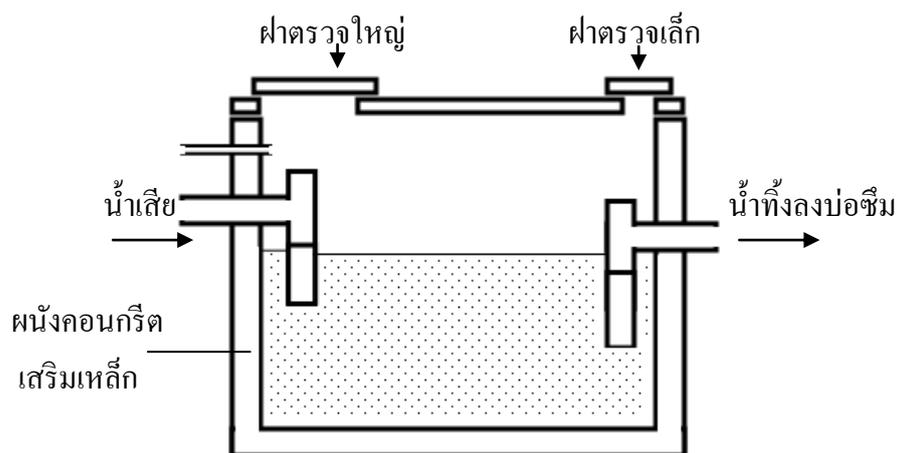


(กรมควบคุมมลพิษ, 2549 : 6)

3.2 บ่อซึม (Seepage Pit) รับน้ำเสียจากบ้านโดยตรงโดยกักน้ำเสียไว้ประมาณ 1-3 วัน เพื่อให้ของแข็งที่ปะปนมาตกลงด้านล่าง เป็นการแยกกากและเป็นการปรับสภาพน้ำเสียทางชีววิทยาจากการย่อยสลายตามธรรมชาติโดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) กากจะทับถมกันอยู่บริเวณก้นบ่อ ส่วนน้ำเสียจะปล่อยซึมผนังของบ่อซึมซึ่งเป็นวัสดุพรุน (Porous Materials) หรือใช้ท่อคอนกรีตเจาะรูเพื่อให้ น้ำค่อยๆซึมออกสู่ชั้นดินรอบบ่อ บ่อลักษณะนี้เหมาะที่จะใช้ในบริเวณที่ดินชุ่มน้ำได้ดี ข้อจำกัดในการใช้ คือ จะต้องให้น้ำซึมออกสู่ดินโดยไม่เหลือค้าง เพราะ

จะเกิดการล้นบ่อก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นบ่อซึมจึงไม่สามารถใช้ในบริเวณลุ่มน้ำท่วมถึง หรือที่ระดับน้ำใต้ดินสูง ระบบบ่อซึมมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีในน้ำเสียได้เพียงร้อยละ 30-40

ภาพที่ 2.6 แบบบ่อเกรอะ (Septic Tank) ขนาดเล็ก



(กรมควบคุมมลพิษ, 2537 : 23)

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของตะกอนในบ่อเกรอะ (Septage)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ค่าโดยทั่วไป ⁽¹⁾	ค่าโดยทั่วไป ⁽²⁾
1. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	6,000	5,000
2. ค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solids; TS)	40,000	40,000
3. ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS)	15,000	20,000
4. ค่าไนโตรเจนในรูปที เค เอ็น (TKN)	700	1,200
5. ค่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย (NH ₃)	400	350
6. ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	250	250
7. ค่าไขมัน (Grease)	8,000	-

(1) (Wastewater Engineering and Metcalf&Eddy, 1991)

(2) (สำนักงานนโยบาย และแผนสิ่งแวดล้อม, 2538)

(กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

3.3 ระบบบ่อกกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) เป็นระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่นเดียวกับบ่อเกรอะแต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียสูงกว่า โดยภายในถังช่วงกลางจะมีชั้นตัวกลาง (Media) บรรจุอยู่ ตัวกลางที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น หิน หลอดพลาสติก ลูกบอล และวัสดุโปร่งอื่นๆ เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มากขึ้น น้ำเสียจะไหลเข้าทางด้านล่างของถังแล้วไหลขึ้นผ่านชั้นตัวกลางจากนั้นจึงไหลออกทางท่อด้านบน ขณะที่ไหลผ่านชั้นตัวกลาง จุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นก๊าซกับน้ำ น้ำทิ้งที่ไหลล้นออกไปจะมีค่าบีโอดีลดลงจากการที่จุลินทรีย์กระจายอยู่ในถังสม่ำเสมอ น้ำเสียจะถูกบำบัดเป็นลำดับจากด้านล่างจนถึงด้านบน ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดีของระบบนี้จึงสูงกว่าระบบบ่อเกรอะ แต่อาจเกิดปัญหาการอุดตันของตัวกลางภายในถังและทำให้น้ำไม่ไหล ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดสารแขวนลอยออกก่อน เช่น มีตะแกรงดักขยะและบ่อดักไขมันไว้หน้าระบบ หรือถ้าใช้บำบัดน้ำจากส้วมก็ควรผ่านเข้าบ่อเกรอะก่อน ถังกรองไร้ออกซิเจนอาจสร้างด้วยวงขอบซีเมนต์หรือคอนกรีตดังภาพที่ 2.7 หรือใช้ถังสำเร็จรูปที่มีการผลิตออกจำหน่ายในปัจจุบัน ซึ่งขนาดมาตรฐานถังกรองไร้อากาศสำหรับบ้านพักอาศัยแสดงไว้ในตารางที่ 2.5 อย่างไรก็ตามหากออกแบบบ่อกกรองไร้ออกซิเจนไม่มีความเหมาะสมหรือขาดดูแลรักษาที่ถูกวิธีอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ขาดประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย และเกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนได้ ดังนั้นในการใช้งานจะต้องดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ

ปัจจุบันการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment) มีทั้งแบบก่อสร้างเองและแบบถังสำเร็จรูป (Package Onsite) ซึ่งแหล่งชุมชนที่ควรเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่นี้ควรเป็นชุมชนขนาดเล็กที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 1,000 คน เป็นชุมชนที่ยังไม่มีปัญหาคูณภาพแหล่งน้ำ จึงไม่ต้องการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดมากนัก และเป็นชุมชนที่มีบ้านเรือนอยู่กระจัดกระจายไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนก่อสร้างและดำเนินการดูแลรักษาระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียซึ่งทำให้ค่าลงทุนและดูแลรักษาต่อคนสูงกว่าชุมชนขนาดใหญ่

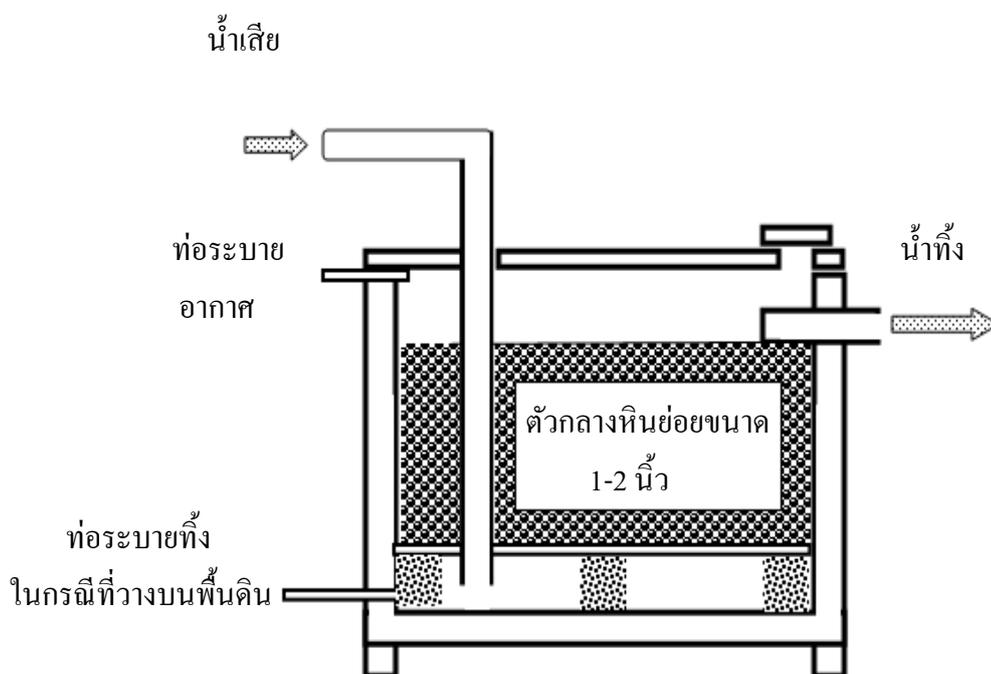
ระบบบำบัดน้ำเสียประจำบ้านหรือครัวเรือน มีระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป (Package หรือ Onsite Wastewater Treatment Plant) สำหรับน้ำเสียจากบ้านเรือนหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ได้แก่

3.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ (Anaerobic Unit) พัฒนามาจากระบบบ่อเกรอะทำให้เกิดการย่อยสลายเพิ่มขึ้นด้วยการทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น โดยใช้ตัวกลางชีวภาพ (Bio-Media) เป็นตัวกลางให้แบคทีเรียเกาะ แทนการให้แบคทีเรียลอยปะปนไปกับน้ำเสีย ดังนั้นหากมีพื้นที่ผิวให้แบคทีเรียยึดเกาะมาก จำนวนแบคทีเรียจะมีจำนวนมากยิ่งขึ้น ทำให้

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น กรณีตัวกลางชีวภาพที่มีลักษณะเป็นแผ่น น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางชีวภาพ คล้ายกับการกรอง ดังนั้นบางครั้งจะเรียกระบบนี้ว่า Anaerobic Filter Process ตัวกลางชีวภาพนี้มักทำจากพลาสติกออกแบบเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากขึ้น และมีรูปแบบแตกต่างกันไป ประสิทธิภาพของระบบนี้จะสูงกว่าบ่อเกรอะ โดยสามารถลดค่าบีโอดีในน้ำเสียได้ร้อยละ 60 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศมีลักษณะเป็นถังสำเร็จรูป ที่มีการแบ่งส่วนต่างๆ ออกจากกันชัดเจน แต่ยังรวมอยู่ในถังเดียวกัน

3.3.2 ระบบ Contact Aeration Process หลักการของระบบนี้จะอาศัยแบคทีเรียชนิดใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียโดยการเพิ่มตัวกลางชีวภาพให้แบคทีเรียยึดเกาะ นอกจากนี้ยังมีการนำตะกอน (Sludge) จากส่วนตกตะกอนมาใช้ใหม่ เพื่อนำแบคทีเรียที่ยังสามารถย่อยสลายของเสียกลับมาใช้ใหม่ ระบบดังกล่าวมีลักษณะเป็นถังสำเร็จรูป ซึ่งภายในจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ กำหนดทิศทางการไหลของน้ำให้สะดวกในการติดตั้ง ประสิทธิภาพของระบบนี้จะดีกว่าแบบ Anaerobic Unit คือ สามารถลดค่าบีโอดีในน้ำเสียได้ร้อยละ 60-80 แต่จะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องเติมอากาศเป็นระยะ และมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมคือค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องเติมอากาศ

ภาพที่ 2.7 แบบถังกรองไร้อากาศ



(กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

ตารางที่ 2.5 ขนาดมาตรฐานถังกรองไร้อากาศสำหรับบ้านพักอาศัย

จำนวน ผู้พัก (คน)	ปริมาตรตัวกลาง (ลบ.ม) (สูง 1.20 ม.)	ถังทรงกระบอก จำนวนถัง × สผก. (สูง 1.50 ม.)	แบบถังสี่เหลี่ยม	
			กว้าง × ยาว (ม ²) (สูง 1.50 ม.)	จำนวนถัง
5	0.5	1 × 1.00	-	-
5-10	1.0	2 × 1.00	-	-
10-15	1.5	3 × 1.00	-	-
15-20	2.0	3 × 1.20	-	-
20-25	2.5	4 × 1.20	-	-
25-30	3.0	-	1.6 × 1.6	-

หมายเหตุ : * สผก. = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

(กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

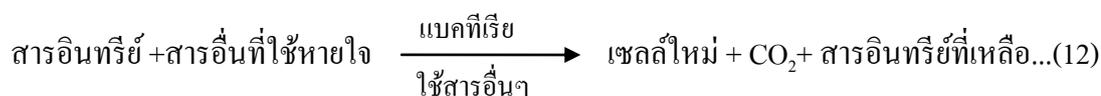
ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียและสลัดจ์อินทรีย์มี 2 วิธี คือ แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดแบบใช้อากาศอาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยออกซิเจนในอากาศ ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศอาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยสารอย่างอื่นที่ไม่ใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ หมายถึงการกำจัดสารอินทรีย์ ที่อยู่ในน้ำเสียที่อาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยออกซิเจน เป็นผู้ทำลายหรือกินสารอินทรีย์ ดังแสดงในสมการที่ (11)



ภายหลังการบำบัดสารอินทรีย์หรือซีโอดีจะเหลือน้อยมาก และมีเซลล์ใหม่ของแบคทีเรียเกิดขึ้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศอาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยสารอื่นที่ไม่ใช้อากาศเป็นผู้ทำลายสารอินทรีย์ แบคทีเรียชนิดนี้จึงไม่เหมือนกับแบคทีเรียที่หายใจด้วยอากาศ ดังแสดงในสมการที่ (12)



ภายหลังการบำบัด สารอินทรีย์จะเหลืออยู่มาก แต่จะมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นน้อยโดยทั่วไป มักเข้าใจกันว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ หมายถึง ระบบไม่ใช้อากาศที่ผลิตก๊าซมีเทนซึ่งเป็นระบบที่อาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การบำบัดน้ำเสียจึงเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ (13)



นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนยังมีแบคทีเรียอื่นที่ไม่ได้หายใจด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ออกซิเจน (O₂) อีกหลายชนิด แบคทีเรียเหล่านั้นมีชีวิตอยู่ได้โดยหายใจด้วยสารอื่น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ไนเตรท (NO₃⁻), ซัลเฟตไอออน (SO₄²⁻), เหล็กออกไซด์ (Fe₂O₃) เป็นต้น

1. ปฏิกริยาการบำบัดน้ำเสีย

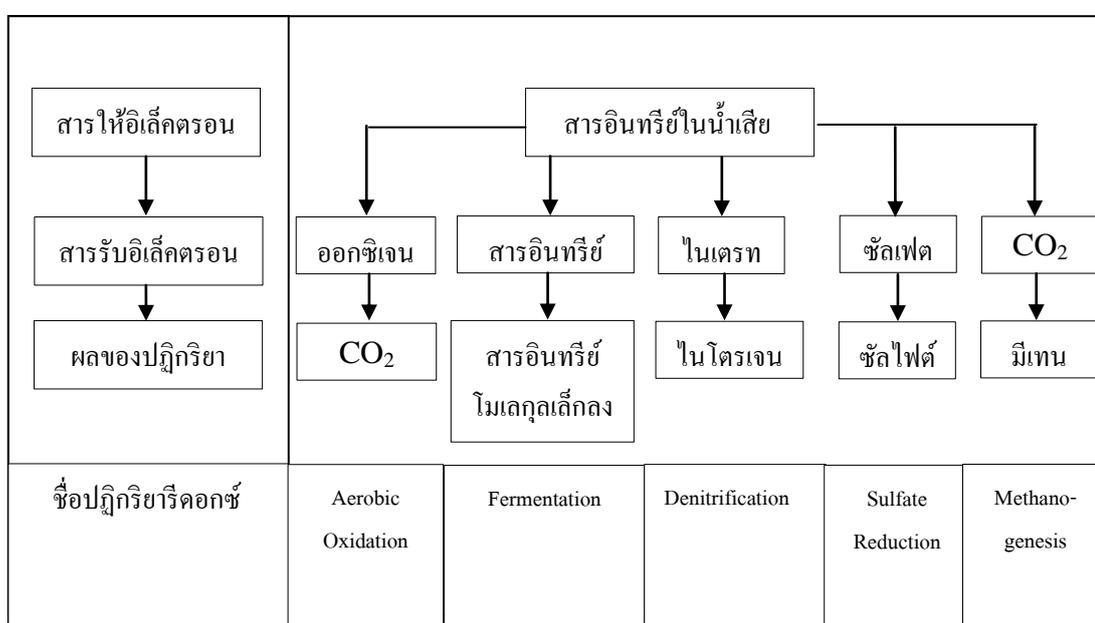
ปฏิกริยาการบำบัดน้ำเสีย ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนล้วนแต่มีกลไกพื้นฐานร่วมกัน กล่าวคือ ทั้งคู่เป็นปฏิกริยาเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชันซึ่งเป็นปฏิกริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้และรับอิเล็กตรอน สารอินทรีย์หรือมลสารในน้ำเสียจะเป็นสารให้อิเล็กตรอน (เนื่องจากมีพลังงานอยู่ในตัวสูง) และสารอย่างอื่นที่มีอยู่ในน้ำเป็นสารรับอิเล็กตรอน ความแตกต่างระหว่างปฏิกริยาใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ที่ประเภทของสารรับอิเล็กตรอน จะเห็นได้ว่า ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นออกซิเจนอิสระ (O₂) ปฏิกริยาก็เป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือแอโรบิก แต่ถ้าสารรับอิเล็กตรอนไม่ใช่ออกซิเจนอิสระเป็นซัลเฟต หรือไนเตรต หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกริยาเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปัจจัยที่จะตัดสินว่าภายในระบบบำบัดน้ำเสียมีสารใดเป็นตัวรับอิเล็กตรอนคือพลังงานที่แบคทีเรียจะได้รับจากการใช้สารรับอิเล็กตรอนตัวนั้น ซึ่งสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ O₂ > NO₃⁻ > SO₄²⁻ > CO₂

กลไกของเทคโนโลยีไม่ใช้ออกซิเจนเป็นกลไกพื้นฐานในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ตามจะมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นปฏิกริยาเคมีแบบออกซิเดชันรีดักชัน (รีดออกซ์)

ปฏิกริยารีดออกซ์ หมายถึง ปฏิกริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน สารให้อิเล็กตรอนในน้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นสารอินทรีย์ ส่วนสารรับอิเล็กตรอนในน้ำเสียมักเป็นสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารอินทรีย์ เช่น ออกซิเจน ไนเตรต หรือซัลเฟต เป็นต้น การถ่ายเทอิเล็กตรอนในปฏิกริยารีดออกซ์จะได้พลังงานเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ ส่วนหนึ่งสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน อีกส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้การดำรงชีวิต

และสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้นสารอินทรีย์จึงเป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ แต่สารรับอิเล็กตรอนในน้ำเสียมีหลายชนิดผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงต่างกันไปตามชนิดของสารรับอิเล็กตรอน เช่น ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นออกซิเจน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่เรียกว่า Aerobic Oxidation ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นไนเตรท จะเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันขึ้น เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ปฏิกิริยารีดอกซ์ในการบำบัดน้ำเสีย



(ปรับปรุงจาก มั่นสิน ตัญกุลเวศน์, 2542)

ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรียออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามสารรับอิเล็กตรอน คือ

1.1 การหมัก (Fermentation) คือ ปฏิกิริยารีดอกซ์ของสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในภาวะที่ไม่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอกเป็นปฏิกิริยาย่อยสลายโมโนเมอร์ในเซลล์แบคทีเรีย โดยการปล่อย Intracellular Enzyme เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาสารอินทรีย์เป็นได้ทั้งตัวรับและตัวจ่ายอิเล็กตรอน สารอินทรีย์เชิงซ้อนที่ละลายน้ำ (complex dissolved organics) จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่ายเป็นส่วนใหญ่ กระบวนการนี้จึงถูกเรียกอีกชื่อว่าการสร้างกรด ปฏิกิริยาเกิดโดย Fermentation Bacteria ที่เรียกว่ากลุ่ม Acedogens ซึ่งมีหลายชนิด กลุ่มหลักคือ Clostridium spp. และ

Bacteriodes spp. แบคทีเรียพวกนี้จำเป็นต้องอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนอิสระเท่านั้น และจะถูกยับยั้งได้โดยออกซิเจน แต่ในถังหมักจะมี Facultative Bacteria อยู่ประมาณ 1% ซึ่งจะทำหน้าที่ใช้หรือกำจัดออกซิเจนอิสระที่ปะปนมาในถังปฏิกรณ์ ทำให้กระบวนการหมักไม่ถูกยับยั้ง ผลผลิตที่ได้จากการหมักขึ้นกับสารอาหาร ชนิดแบคทีเรียและลักษณะถังปฏิกรณ์ว่าเป็นชนิดถังเดียว หรือสองถัง โดยแยกถังสร้างกรดออกจากถังสร้างมีเทน

1.2 การหายใจ (Respiration) คือ ปฏิกริยารีดอกซ์ที่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอกเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ซึ่งสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก 2 ประเภท Aerobic Respiration เป็นการหายใจที่มีโมเลกุลของออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย และ Anaerobic Respiration เป็นการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย สารรับอิเล็กตรอนที่ใช้ในกรณีนี้ได้แก่ ไนเตรท ซัลเฟตหรือคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนแตกต่างจากระบบใช้ออกซิเจนตรงที่สารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายที่ไม่ใช้ออกซิเจนแต่เป็นสารรับอิเล็กตรอนอื่นในน้ำเสีย ปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย สิ่งที่จะกำหนดว่าจะมีปฏิกริยาชนิดใดเกิดขึ้นคือสถานะของน้ำเสียในขณะนั้นมีสารให้และสารรับอิเล็กตรอนชนิดใดในน้ำเสีย ค่าความเป็นกรดค่า และอุณหภูมิ แต่ถ้ามีจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายอาศัยอยู่ จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ไนเตรทหรือซัลเฟตจะไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ เนื่องจากการใช้ออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนจะได้พลังงานสูงกว่าการใช้ไนเตรทหรือซัลเฟตมาก ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นเจริญเติบโตและแย่งใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียกับพวกที่ใช้ออกซิเจนไม่ได้ ในบริเวณที่มีออกซิเจนในน้ำจะเริ่มลดลงจุลินทรีย์กลุ่มอื่นจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ไนเตรทจะเป็นกลุ่มต่อไปที่เจริญเติบโตขึ้นมา เนื่องจากการใช้ไนเตรทเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายได้พลังงานรองลงมาจากออกซิเจนเช่นเดียวกันกับในบริเวณที่ไนเตรทเริ่มหมดไปจุลินทรีย์กลุ่มอื่นได้แก่ พวกที่ใช้ซัลเฟตคาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์เป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทน แต่จุลินทรีย์กลุ่มใดจะเป็นกลุ่มเด่นขึ้นอยู่กับการปัจจัยหลายประการเพราะจุลินทรีย์ทั้งสามกลุ่มนี้มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นอย่างมากทั้งการพึ่งพาอาศัยกันและแข่งขันกัน ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนก็เป็นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ แต่สิ่งที่ระบบบำบัดน้ำเสียต่างออกไปจากธรรมชาติก็คือปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียจะมีมากกว่า สารอินทรีย์ถูกทำให้ลดลงได้ในเวลาที่รวดเร็วโดยจุลินทรีย์จำนวนมากในระบบ แต่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นระบบที่ซับซ้อนมีกลุ่มจุลินทรีย์อาศัยอยู่ร่วมกันมากมายหลายกลุ่ม ความสัมพันธ์ของกลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งการพึ่งพาอาศัยกันและการแข่งขันกัน สารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบจะถูกเปลี่ยนรูปไปเนื่องจากการย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์หลาย ๆ กลุ่มต่อ ๆ กัน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อย

สลายของจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งจะถูกย่อยสลายต่อโดยกลุ่มจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่ง เกิดเป็นความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถใช้ได้โดยจุลินทรีย์หลายกลุ่มซึ่งใช้สารอาหารชนิดเดียวกันก็ทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบแข่งขันกันขึ้น กลุ่มจุลินทรีย์หลายกลุ่มที่อาศัยอยู่ร่วมกันและมีปฏิสัมพันธ์กันเหล่านี้เองที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์และเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปต่าง ๆ เช่น กรดอินทรีย์ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือซัลไฟด์ เป็นต้น แต่สารอินทรีย์ในระบบจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่มใดและถูกใช้ไปในสัดส่วนเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมซึ่งจะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดดเด่นที่สุดในระบบ ถ้าหากพิจารณาในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยทั่วไปที่ผลิตมีเทน จุลินทรีย์กลุ่มที่โดดเด่นที่สุดในระบบก็คือแบคทีเรียสร้างมีเทนและแบคทีเรียสร้างกรดที่ทำงานร่วมกันได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน ดังนั้นพื้นฐานของการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนก็คือการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาวะของน้ำเสียกับปริมาณและชนิดของแบคทีเรียในระบบ

2. กลไกของการสร้างมีเทน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ไม่มีไนเตรตอยู่ด้วยจะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ในระบบร่วมกัน 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ แบคทีเรียสร้างกรด แบคทีเรียสร้างมีเทน และแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต สาเหตุที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีแบคทีเรียหลายกลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกันเพราะแบคทีเรียสร้างมีเทนและแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตใช้สารอาหารได้จำกัดชนิดซึ่งมักเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กทำให้แบคทีเรียสร้างกรดใช้สารอินทรีย์ได้ก่อนและเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ต่อจากนั้นแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตและแบคทีเรียสร้างมีเทนจึงใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นต่อไป สารอินทรีย์ที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะถูกย่อยสลายผ่านกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ ประกอบด้วยไฮโดรไลซิส อะซิโดเจเนซิส และมีเทนโนเจเนซิส โดยในขั้นตอนแรก พอลิแซคคาไรด์จะถูกสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่วนที่เป็น โปรตีนจะถูกสลายเป็นกรดอะมิโน และส่วนที่เป็นไขมันจะถูกสลายเป็นกรดไขมันและกรีเซอร์ออลด้วยจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ยกตัวอย่างเช่น *Bacteroides* spp. และ *Clostridium* spp. จากนั้นน้ำตาลและกรดอะมิโนจะถูกสลายเป็นอะซิเตตและโพรพิเนต โดยจุลินทรีย์หมักกรด ขั้นตอนสุดท้ายจุลินทรีย์สร้างมีเทนจะเปลี่ยนอะซิเตตหรือก๊าซ "ฮ" ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นก๊าซมีเทน กระบวนการหมักกรดเป็นกระบวนการเชิงซ้อนที่ซึ่งจุลินทรีย์เฉพาะถิ่นแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ในขั้นตอนนี้กลูโคสจะถูกย่อยสลายเป็นอะซิเตต แลคเตต ซักซิเนต เอทานอล บิวทานอล เป็นต้น

3. ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

แบคทีเรียใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานแต่การนำเอาสารอินทรีย์ไปใช้ของแบคทีเรียจะต้องขนส่งสารอินทรีย์เข้าสู่เซลล์เสียก่อนจากนั้นจึงจะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นภายในเซลล์และได้พลังงานในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ การขนส่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดเข้าสู่เซลล์มีความยากง่ายต่างกัน สารอินทรีย์ขนาดใหญ่จะไม่สามารถขนส่งเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง จำเป็นต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายให้ขนาดโมเลกุลเล็กลงก่อน ทำให้สารโมเลกุลใหญ่ขนส่งเข้าสู่เซลล์ได้ยากกว่าสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ในกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียสร้างกรดจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้นให้มีขนาดเล็กลงโดยการผลิตเอนไซม์ขึ้นภายในเซลล์และปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ เอนไซม์ที่ออกมาจะช่วยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารอินทรีย์และช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น แต่เอนไซม์เป็นโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาและตัวทำปฏิกิริยา ดังนั้นแบคทีเรียต้องสร้างเอนไซม์ที่ใช้ได้เฉพาะกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น ต้องใช้อะไมเลส (Amylase) ย่อยสลายแป้งและไกลโคเจนให้เป็นน้ำตาล หรือใช้เอนไซม์ไลเปส (Lipase) และเอสเตอเรส (Esterases) ย่อยสลายไขมันและไลปิดให้เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน หรือต้องใช้เอนไซม์โปรตีเอส (Protease) ย่อยสลายโปรตีนให้กลายเป็นกรดอะมิโน เป็นต้น

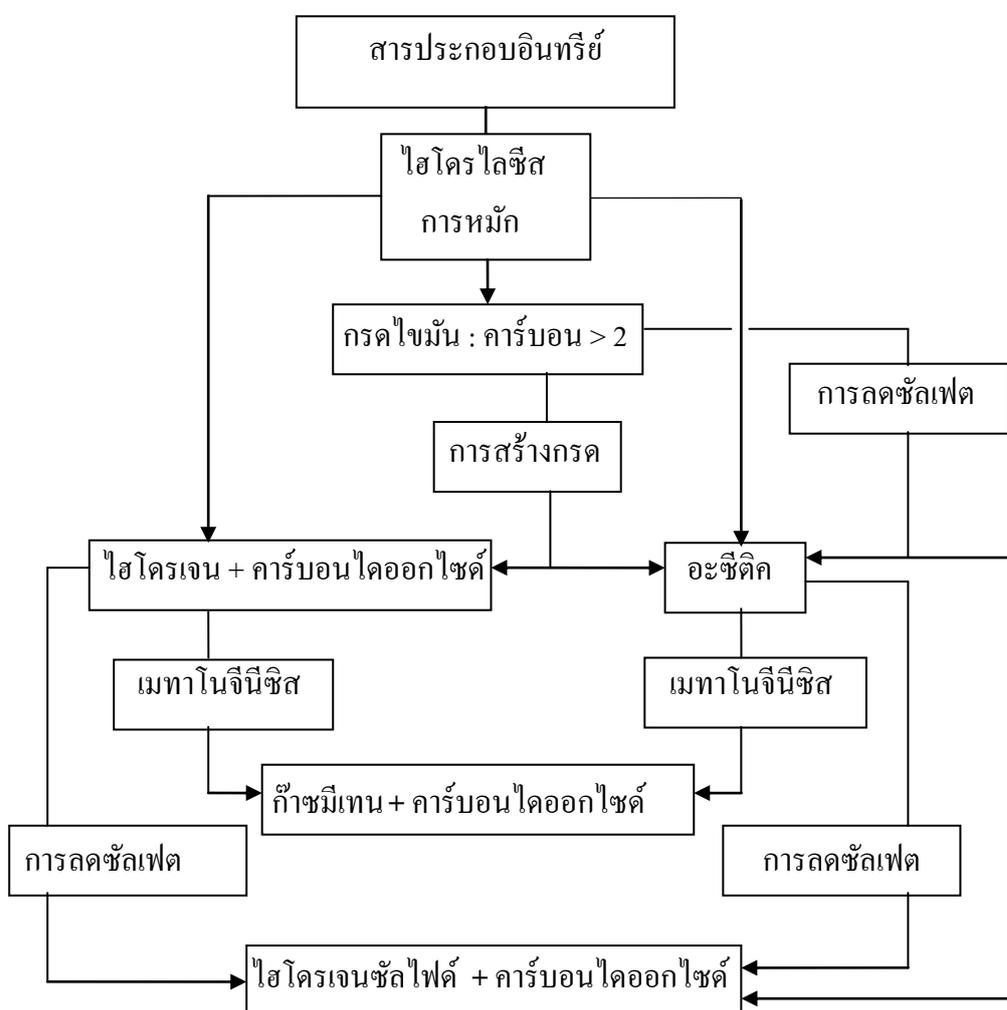
ขั้นตอนไฮโดรไลซิสนี้เป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างช้าและเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของปฏิกิริยา ความเร็วของปฏิกิริยาขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาเคมี ความเข้มข้นเอนไซม์ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสารแต่ละชนิดแตกต่างกันดังภาพที่ 2.9

4. การสร้างกรด (Acidogenesis)

หลังจากขั้นตอนไฮโดรไลซิส สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จะถูกย่อยให้เล็กลงกลายเป็นสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลเล็กและถูกแบคทีเรียสร้างกรดขนส่งเข้าสู่เซลล์ แบคทีเรียที่ทำหน้าที่สร้างกรดในกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ในสภาวะไม่มีออกซิเจนเท่านั้น และแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน แต่แบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนมีจำนวนมากกว่ามาก จึงเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักที่ทำหน้าที่ผลิตกรด ซึ่งได้แก่แบคทีเรียหลายๆ กลุ่มของ *Pseudomonas* *Flavobacterium* *Alcaligenes* *Escherichia* และ *Aerobacter* หลังจากสารอินทรีย์ถูกขนส่งเข้าสู่เซลล์แล้วจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนโดยผ่านกระบวนการหมักภายในเซลล์และเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่เข้าสู่เซลล์ให้เป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายมี

คาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก เป็นต้น กระบวนการหมักภายในเซลล์ที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิต คือ การหมักกลูโคสเป็นไพรูเวต โดยผ่านวิถีทางชีวเคมีที่เรียกว่า Emden-Meyerhof Pathway หรือวิถีไกลโคไลซิส กลูโคสจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นกรดไพรูวิก ดังสมการที่ (14)

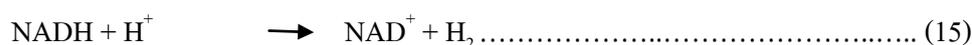
ภาพที่ 2.9 กลไกสร้างมีเทน และซัลไฟด์ในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน



(ปรับปรุงจาก Speece , 1996)



แต่ละโมเลกุลของกลูโคสจะผลิตกรดไพรูวิก 2 โมล และ ATP 1 โมล โคเอนไซม์ NAD^+ จะถูกใช้เป็นตัวพาของอิเล็กตรอนและไฮโดรเจน ทำให้เกิด $NADH$ เนื่องจาก NAD^+ มีจำกัด จึงต้องมีวิธีปลดปล่อย H^+ ออกจาก $NADH$ ให้กลายเป็น NAD^+ ใหม่ เพื่อให้มีพาหะสำหรับขนส่งอิเล็กตรอนตลอดไป โดยปฏิกิริยาที่อำนาจของ NAD^+ เกิดขึ้นได้ดังสมการที่ (15)



สมการ (15) สามารถเกิดขึ้นเองได้ตรงเท่ากับ H_2 (ในด้านขวาของสมการ) สามารถหนีออกไปจากปฏิกิริยาได้ ถ้าไฮโดรเจนที่อยู่ในบรรยากาศเหนือน้ำมีความดันพาร์เซิลต่ำจนทำให้ไฮโดรเจนละลายน้ำได้น้อยมาก ไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในสมการ (15) ก็จะหนีจากน้ำสู่บรรยากาศได้ง่าย ทำให้สมการ (15) สามารถเกิดจากซ้ายไปขวาได้เอง ทำให้มีการคืนกลับของ NAD^+ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง กรดไพรูวิกที่เกิดขึ้นจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปกลายเป็นอะเซทิล โคเอ (CH_3CoA) ดังสมการที่ (16)



NAD^+ ก็ยังทำหน้าที่เป็นตัวพาของอิเล็กตรอนอีกเหมือนเคย อะเซทิล โคเอ จะถูกย่อยสลายต่อไป กลายเป็นกรดอะซิดิก พร้อมกับการสร้าง ATP ดังสมการที่ (17)



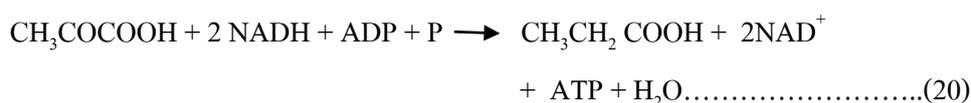
เมื่อรวมสมการ (15) (16) และ (17) เข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาเฟอร์เมนเตชันที่สมบูรณ์ ดังสมการที่ (18)



จะเห็นได้ว่าการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของกลูโคส 1 โมล จะได้กรดอะซิดิก 2 โมล คาร์บอนไดออกไซด์ 2 โมล ไฮโดรเจน 4 โมล และ ATP 4 โมล ทั้งนี้ปฏิกิริยาของสมการ (18) จะเกิดขึ้นภายใต้บรรยากาศที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เซิลต่ำมากเท่านั้น เมื่อปฏิกิริยาไม่ใช้ออกซิเจนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกใช้ผลิตมีเทนโดยแบคทีเรียที่เรียกว่า ผู้บริโภคไฮโดรเจน หรือ H_2 Utilizer ดังสมการที่ (19)



เป็นผลทำให้ความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจนมีค่าต่ำเสมออย่างไรก็ตามหากมี ปัญหาเกิดขึ้นทำให้แบคทีเรียบริโกลไฮโดรเจนหรือ H_2 Utilizer ไม่สามารถดำรงอยู่ได้ หรือไม่มี แบคทีเรียชนิดนี้อาศัยอยู่ในถังหมักไม่ใช่ออกซิเจน ไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นก็จะไม่ถูกนำไปใช้ ประโยชน์และมีการสะสมตัวของไฮโดรเจน จนกระทั่งความดันพาร์เซิลมีค่าสูง ผลกระทบจะเกิด ขึ้นกับการปลดปล่อย H^+ ออกจาก NADH นั่นคือ วิธีการปลดปล่อย H^+ แบบปกติดูสมการ (15) จะ ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ เนื่องจาก H_2 ไม่สามารถหนีไปจากปฏิกิริยาได้แบคทีเรียชนิดไม่สร้างมีเทน จึงต้องใช้วิธีการอื่นในการฟื้นอำนาจของ NADH เพื่อให้ปฏิกิริยาเฟอร์เมนเตชันสามารถเกิดขึ้น ต่อไปได้ วิธีการที่ใช้คือ สร้างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองได้และใช้เป็นปฏิกิริยาควบคุมในการเปลี่ยน NADH ให้กลายเป็น NAD^+ ปรากฏว่าการเปลี่ยนกรดไพรูวิกให้กลายเป็นกรดพรีออนิกสามารถ ทำให้ NADH ปลดปล่อย H^+ ได้ ดังสมการที่ (20)



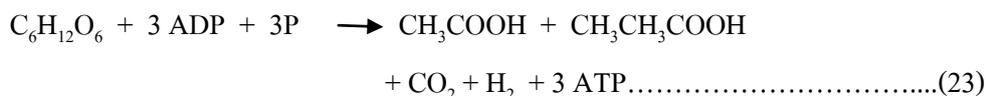
จะเห็นได้ว่ากรดไพรูวิกเพียง 1 โมล สามารถใช้ปลดปล่อย H^+ จาก NADH 2 โมล ซึ่ง ได้จากการย่อยสลายกลูโคสในขั้นตอนแรกของปฏิกิริยาเฟอร์เมนเตชัน แต่กลูโคส 1 โมลใช้ผลิต กรดไพรูวิกได้ 2 โมล จึงยังมีกรดไพรูวิกเหลืออีก 1 โมล ซึ่งจะถูกลดสลายเป็น Acetyl CoA (CH_3CoA) ไปตามปกติ ดังสมการที่ (21)



เมื่อถึงขั้นตอนนี้ ก็มีปัญหาในการฟื้นอำนาจให้กับ NADH อีกเหมือนเดิมกล่าวคือ ถ้าความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจนมีค่าต่ำการปลดปล่อย H^+ จาก NADH ก็คงเป็นวิธีปกติ (ตาม สมการ 21) แต่ถ้าความดันพาร์เซิลมีค่าสูง การปลดปล่อย H^+ จะต้องเกิดขึ้นควบคู่กับการเปลี่ยน Acetyl CoA ให้เป็นกรดอะซิติก ดังสมการที่ (22)



เมื่อรวมสมการ (15) (16) (21) และ (22) เข้าด้วยกัน จะได้สมการเฟอร์เมนเตชัน ที่ ใช้ย่อยสลายกลูโคส 1 โมล ภายใต้สภาวะหรือบรรยากาศที่ความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจนมีค่าสูง ดังสมการที่ (23)



นั่นคือแต่ละโมลของกลูโคสสามารถผลิตกรดอะซิติก 1 โมล กรดพรอพิโอนิก 1 โมล คาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมล ไฮโดรเจน 1 โมล และ ATP 3 โมล เมื่อเปรียบเทียบสมการที่ (19) และ (20) จะเห็นได้ว่าการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้สภาวะที่มีความดันพาร์เซียลต่ำ จะให้ ATP 4 โมล และผลิตกรดอะซิติก 2 โมล (ไม่มีกรดพรอพิโอนิก เกิดขึ้น) แต่ถ้าความดันพาร์เซียลของไฮโดรเจนสูง จะได้ ATP เพียง 3 โมล และสร้างกรดอะซิติกและพรอพิโอนิก อย่างละ 1 โมล

5. การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กรดอะซิติกและไฮโดรเจนจะถูกแบคทีเรียใช้สร้างกาซมีเทนภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจนอย่างเด็ดขาด (Wolin, 1976 และ Bryant, 1979) ดังสมการที่ (24) และ (25)



กรดอินทรีย์ระยะเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ไม่สามารถถูกเปลี่ยนเป็นมีเทนได้โดยตรง แบคทีเรียจะต้องเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระยะเหยต่างๆ ให้เป็นกรดอะซิติกหรือไฮโดรเจนเสียก่อนจึงจะใช้ผลิตมีเทนได้ นอกจากกรดอะซิติกและไฮโดรเจนแล้ว แบคทีเรียอาจใช้วัตถุดิบอย่างง่ายอีกเพียงไม่กี่ชนิดในการผลิตมีเทน เช่น เมทธานอล กรดฟอร์มิก (HCOOH) ดังสมการที่ (26) และ (27)

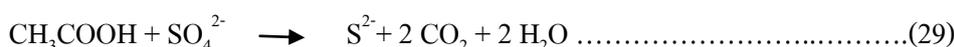


6. ซัลเฟตรีดักชัน

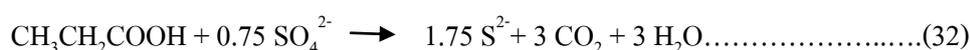
การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำเสียที่มีซัลเฟต ซัลไฟด์ ไธโอซัลเฟตหรือสารประกอบซัลเฟอร์ที่อยู่ในรูปออกซิไดซ์ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะมี 2 อย่าง คือ ปฏิกิริยาสร้างมีเทน (Methanogenesis) และปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชัน ซัลเฟตรีดักชันเป็นกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนแบบเด็ดขาดที่อาศัยแบคทีเรียรีดิวซิงซัลเฟต (Sulfate-reducing bacteria ; SRB) ทำหน้าที่ย่อยสลายไฮโดรเจนหรือสารประกอบอะซิเตท หรือสารอินทรีย์อื่น (ใช้เป็นสารให้อิเล็กตรอน) และมีซัลเฟต ซัลไฟด์หรือ ไธโอซัลเฟตเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาจะสร้างซัลไฟด์จากการทำซัลเฟตรีดักชันแม้ว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

มีจุดมุ่งหมายในการผลิตมีเทนแต่ถ้าน้ำเสียมีซัลเฟตหรือซัลไฟต์ ปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชันจะเกิดขึ้นได้เสมอเพราะให้พลังงานมากกว่าปฏิกิริยาสร้างมีเทน SRB อาจแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ SRB ที่กำจัดไฮโดรเจน พวก SRB ที่กำจัดอะซิเตท และพวก SRB ที่กำจัดกรดอินทรีย์ระเหยโมเลกุลใหญ่

SRB ที่ออกซิไดซ์ไฮโดรเจนและอะซิเตท (เป็นสารให้อิเล็กตรอน) มักไม่มีปัญหาเพราะปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ดังสมการที่ (28) และ (29)



แต่ถ้าน้ำเสียมีกรดอินทรีย์ระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจเกิดขึ้นได้สมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ก็ได้ ดังสมการที่ (30) (31) และ (32)



การเกิดปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชัน และสร้างซัลไฟด์ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้

6.1 ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลง เนื่องจากมีซัลไฟด์เกิดขึ้นในน้ำทิ้งของกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 1 กรัม สามารถวัดเป็นซีโอดีได้ 2 กรัม จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำทิ้งที่มีซัลไฟด์

6.2 บางส่วนของซัลไฟด์กลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในก๊าซชีวภาพ ถ้ามีการนำเอาก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การกำจัด H_2S ออกจากก๊าซชีวภาพก็เป็นเรื่องจำเป็นหรือถ้ามีการเผาก๊าซชีวภาพทิ้งจะเกิดก๊าซ SO_2 ซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศ

6.3 การเกิดซัลเฟตรีดักชันต้องแบ่งสารอินทรีย์บางส่วนจากน้ำเสีย มีผลทำให้แหล่งคาร์บอนสำหรับสร้างมีเทนลดน้อยลงไปตามส่วน ผลผลิตก๊าซมีเทนจะลดน้อยลงด้วย

6.4 การเกิดซัลไฟด์ในน้ำทิ้งและในก๊าซชีวภาพสร้างปัญหากรดร่อนโลหะและกลิ่นเหม็น ซัลไฟด์เป็นพิษต่อแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนต่างๆ เช่น MPB, APB และ SRB ถ้ามีความเข้มข้นซัลไฟด์สูง ระบบบำบัดต้องทำงานที่ภาวะอินทรีย์ต่ำ มิฉะนั้นระบบจะล้มเหลวหรือระบบจะมีประสิทธิภาพต่ำ

6.5 กระบวนการซัลเฟตรีดักชันใช้กำจัดซัลเฟตออกจากน้ำเสียแต่ควรตระหนักด้วยว่าต้องมีวิธีการกำจัดซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นด้วย ในประเทศเนเธอร์แลนด์ น้ำทิ้งจะต้องมีซัลเฟตไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อมิให้มีซัลไฟด์เกิดขึ้นมากเกินไป

6.6 ซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นอาจนำไปใช้กำจัดโลหะหนักโดยอาศัยปฏิกิริยาสร้างผลึก(Precipitation) ดังสมการที่ (33)

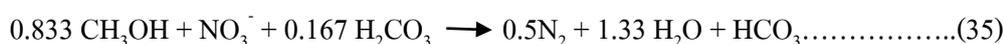


7. กลไกของไนเตรทรีดักชัน

ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และไนโตรเจนได้ด้วยปฏิกิริยาดิไนตริฟิเคชัน ในกรณีเช่นนี้ไนเตรทเป็นสารรับอิเล็กตรอน (มีบทบาทเหมือนออกซิเจนในปฏิกิริยาใช้ออกซิเจน) ที่มีสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นสารให้อิเล็กตรอน ปฏิกิริยาดิไนตริฟิเคชันอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้ตามชนิดของสารคาร์บอน ดังนี้

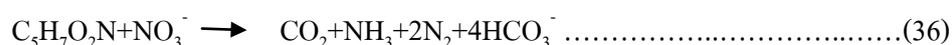
7.1 สับสเตรท ไนเตรท ดิไนตริฟิเคชัน (Substrate Nitrate Denitrification)

ดิไนตริฟิเคชันแบบนี้ใช้สารอินทรีย์คาร์บอนจากแหล่งใดก็ได้ที่ไม่ใช่คาร์บอนในเซลล์จุลินทรีย์ สารอินทรีย์คาร์บอนอาจเป็นซีโอดีหรือบีโอดีที่อยู่ในน้ำเสีย (สมการ 34) หรือเป็นสารเคมีที่เติมลงไปก็ได้ แหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนที่นิยมเติมให้กับน้ำได้แก่ เมทธานอล (สมการ 35)



7.2 เอ็นโดจีนัส ไนเตรท ดิไนตริฟิเคชัน (Endogenous Nitrate Denitrification)

ในกรณีที่ไม่มีแหล่งคาร์บอนภายนอก ดิไนตริฟิเคชันอาจยังเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้โดยใช้แหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังสมการที่ (36)



เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาทั้งสองประเภท จะเห็นได้ว่า สับสเตรท ดิไนตริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาของการเจริญเติบโตของเซลล์แบบปรกติที่ได้ออกซิเจนจากไนเตรทส่วน เอ็นโดจีนัส ดิไนตริฟิเคชัน เป็นการย่อยสลายตัวเอง ซึ่งทั้งสองปฏิกิริยาเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีไนเตรทเป็นแหล่งรับอิเล็กตรอน

การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment System) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่ไม่เติมออกซิเจนอิสระหรืออากาศให้ระบบบำบัดน้ำเสียหรือถึงปฏิกิริยาและจะเกิดผลพลอยได้คือก๊าซมีเทน ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระไม่จำเป็นต้องเติมอากาศให้กับระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งได้ผลพลอยได้ คือ ก๊าซมีเทนซึ่งสามารถใช้

เป็นแหล่งพลังงานได้ ระบบบำบัดน้ำเสียประเภทนี้จึงเป็นระบบบำบัดที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดในการเดินระบบ แต่คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนนี้มักจะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่หน่วยราชการกำหนดไว้ จึงมีความจำเป็นต้องมีการบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมออกซิเจนเพื่อให้มีคุณภาพดีขึ้นอีก การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนหรือไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดหลังออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้จะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโนและกรดไขมัน เป็นต้น หลังจากนั้น สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กจะถูกแบคทีเรียดังกล่าวดูดซึมเข้าสู่เซลล์และหลังเอนไซม์เพื่อย่อยสลาย สารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติก และแก๊สไฮโดรเจนแล้วขับออกมานอกเซลล์ จากนั้นแบคทีเรียชนิดสร้างมีเทนจะย่อยสลายและเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้เป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ และกระจายสู่บรรยากาศหรือถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทน (กรมควบคุมมลพิษ, 2546 : 2-4)

ทฤษฎีเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganism; EM)

เทรูโอะ ฮิเงะ ทดลองเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์หลายชนิดที่ดำรงชีพอย่างเกื้อกูลกัน (Higa, & Parr, 1994 : 7; Higa, 1994 : 11) และย่อยสลายอินทรีย์สารเกิดผลผลิตที่มีผลดีต่อพืช สัตว์และสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพจะไม่ก่อให้เกิดสภาพเน่าเสียไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม ซึ่งในธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์ 3 กลุ่มได้แก่

1. กลุ่มสร้างสรรค์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพ มีประมาณร้อยละ 10
2. กลุ่มทำลาย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เกิดโรค มีประมาณร้อยละ 10
3. กลุ่มเป็นกลาง มีประมาณร้อยละ 80

ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นกลางจะสนับสนุนหรือร่วมด้วยกับกลุ่มที่มีจำนวนมากกว่า การใช้เอ็มเอ็มก็คือการเพิ่มกลุ่มสร้างสรรค์ให้มีจำนวนมากขึ้นเพื่อควบคุมกลุ่มทำลายไม่ให้งานทำงานได้ แต่หากแบ่งจุลินทรีย์ ตามลักษณะการหายใจสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ ประเภทที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Bacteria) และประเภทไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ ต่างพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันและสามารถอยู่ร่วมกันได้ซึ่งเป็นหลักการที่จุลินทรีย์เอ็มเอ็มถูกคิดค้นขึ้นจากการนำจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดและเลือกสรรอย่างดีจากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อ

พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมมารวมกัน 5 กลุ่ม (Families) 10 จีนัส (Genues) 80 ชนิด (Spicies) มาใส่ไว้ในอีเอ็ม จุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ มีดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มจุลินทรีย์เชื้อราที่มีเส้นใย ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สารสามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีประโยชน์ในการทำให้ดินบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อโรค

กลุ่มที่ 2 กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน ฮอร์โมน เพิ่มประสิทธิภาพความสมบูรณ์ให้แก่ดิน รวมทั้งสามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่างๆ

กลุ่มที่ 3 กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้ดินเปลี่ยนสภาพต้านทานโรคเข้าสู่วงจรการย่อยสลายแบบหมักและแบบสังเคราะห์เป็นหัวเชื้อในการผลิตปุ๋ยหมัก

กลุ่มที่ 4 กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงธาตุไนโตรเจน มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่ายและพวกแบคทีเรียทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศสู่ดิน

กลุ่มที่ 5 กลุ่มจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นโทษ จุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่เป็นพวกไม่ต้องการออกซิเจน

อีเอ็มเป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน เกิดจากการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ อีเอ็ม เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจึงไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้ อีเอ็ม ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืช ซึ่งได้รับการรับรองจากประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และเยอรมันแล้วในด้านความปลอดภัย เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ไม่มีพิษภัย และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมนำไปใช้อย่างถูกต้อง ทำให้มีการใช้อีเอ็มไปใช้อย่างกว้างขวางในประเทศต่างๆ กว่า 30 ประเทศ

การใช้อีเอ็มในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียเกิดจากน้ำมีสิ่งเจือปนอยู่ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ หรือสารพิษสารเคมีเป็นต้น กระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ โดยการทำงานของจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้หมดไป หากการทำงานในส่วนนี้เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรค หรือกลุ่มทำลายก็จะทำให้เกิดภาวะน้ำเน่า น้ำเสียและไม่สามารถจะทำการย่อยสลายให้อินทรีย์วัตถุแขวนลอยหรือที่ตกตะกอนให้หมดไปได้ ในทางตรงกันข้ามหากการทำงานในส่วนนี้เป็นกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มดี หรือกลุ่มสร้างสรรค์ก็จะไม่ทำให้เกิดน้ำเน่า น้ำเสียจะมีสภาพสะอาดบริสุทธิ์เกิดขึ้น แนวคิดในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพด้วยอีเอ็มก็คือกระบวนการทำให้น้ำมีจุลินทรีย์กลุ่มดี หรือกลุ่มสร้างสรรค์อาศัยอยู่ให้มีจำนวนมากกว่ากลุ่มก่อโรค การใช้เทคโนโลยีอีเอ็มในการบำบัดน้ำเสียให้ได้ผลสูงสุดต้องมีหลักสำคัญ 3 เรื่อง คือ ต้องงดการใช้ยาหรือสารเคมีที่เป็นตัวทำลายจุลินทรีย์ ประการที่สองต้องเพิ่มมวลจุลินทรีย์กลุ่มดีลงไปให้เพียงพอ

และประการที่สามต้องจัดสภาพแวดล้อมให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ การใช้โอเอ็มในการบำบัดน้ำเสียมี 2 รูปแบบ คือ

1. การบำบัดน้ำที่เน่าเสียอยู่แล้ว เป็นการแก้ปัญหาความเน่าเสียของน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือบำบัดน้ำเสีย แยกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1.1 น้ำนิ่ง ใช้โอเอ็มขยายเป็นหลัก อัตราส่วน 1 : 10,000 (โอเอ็มขยาย 1 ลิตรต่อน้ำ 10 ลูกบาศก์เมตร)

1.2 น้ำไหลใช้โอเอ็มบอล 1 ลูกต่อน้ำ 10 ลูกบาศก์เมตร

1.3 น้ำนิ่งมีตะกอนมากใช้โอเอ็มบอลในอัตราส่วนเดียวกันร่วมกับโอเอ็มขยาย

2. การบำบัดในลักษณะป้องกัน โดยการเติมโอเอ็มลงไปให้มีโอเอ็มหรือจุลินทรีย์กลุ่มดีผสมกับน้ำที่มากพอที่จะป้องกันการเข้ามาทำลายของจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคตั้งแต่ต้นน้ำจะไม่เน่าเสีย อินทรีย์วัตถุแขวนลอยจะถูกกำจัดออกไป ด้วยวิธีการในส่วนนี้จะทำได้ 2 ลักษณะ คือผสมโอเอ็มกับน้ำทิ้งไปพร้อมๆ กันหรือผสมโอเอ็มในบ่อบำบัดบ่อแรก สำหรับชุมชนและครัวเรือนเป็นแหล่งผลิตน้ำเสียแหล่งใหญ่ หน่วยงานหรือองค์กรที่รับผิดชอบอาจกำหนดให้ทุกครัวเรือน ทุกองค์กร มีการใช้โอเอ็มในครัวเรือน หรือกิจการขององค์กรทุกชั้นตอนที่มีการใช้น้ำในการทำความสะดวก เช่น ล้างพื้น ล้างภาชนะ ซักผ้า ห้องน้ำ ห้องส้วม โดยเติมโอเอ็มขยายหรือโอเอ็มหมักน้ำขาวข้าวผสมน้ำในอัตรา 1 ต่อ 1,000 เพื่อช่วยบำบัดน้ำเสีย ลดมลภาวะ และหากน้ำที่ผสมโอเอ็มไหลไปรวมกับน้ำเสียจากแหล่งอื่นก็จะช่วยบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้นอีกด้วย (Okuda & Higa, 1997 : 1-6; วรนุช จิตธรรมสถาพร, 2549 : 24-29)

สำหรับการใช้โอเอ็มช่วยในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนในงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้โอเอ็มแทนมวลจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ในส่วนของตัวระบบได้ปรับปรุงบ่อดักไขมันให้เป็นระบบเชื้อจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง ทั้งชนิด Anaerobic Filter Process (AF) ที่เป็นระบบเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เป็นแผ่นฟิล์มอยู่บนผิวตัวกลางหรือช่องว่างระหว่างตัวกลางที่อยู่กับที่ ซึ่งใช้เปลือกหอยแครง หรือเศษเซรามิกส์เป็นวัสดุตัวกลาง และระบบระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) ที่มีการเลี้ยงจุลินทรีย์ในสภาพไม่มีออกซิเจนจนเกิดเป็นเม็ดสลัดจ์ที่มีรูปทรงกลมอยู่ด้านล่างของถังบำบัด เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ด้านล่างของถังและสัมผัสสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เม็ดสลัดจ์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งในการเพิ่มมวลจุลินทรีย์ใช้การหมักขยายโอเอ็มในน้ำขาวข้าวเป็นเวลา 7 วันในถังที่ติดตั้งระบบการเติมโอเอ็ม โดยมีจุดเติมโอเอ็มหมักน้ำขาวข้าวก่อนเข้าระบบ และหลังจากกระบวนการวันละ 200 มิลลิลิตร เพื่อให้มีอัตราส่วนโอเอ็มต่อน้ำเสียอย่างน้อยโอเอ็มหนึ่งส่วนต่อน้ำเสียหนึ่งหมื่นส่วน

มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

ตามมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมนี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการ และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน โดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ หลักการสำคัญในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ได้แก่ การกำหนดค่ามาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ การจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ และการกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ มาตรการการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ลงสู่ลำน้ำ จึงมีการแบ่งประเภทของอาคารเพื่อควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งจากอาคารประเภทต่างๆ โดยแบ่งประเภทของอาคารออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. อาคารประเภท ก. หมายความว่า อาคารดังต่อไปนี้

1.1 อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป

1.2 โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป

1.3 โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียงสำหรับรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป

1.4 อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

1.5 อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป

1.6 อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

1.7 ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

1.8 กัฏาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

2. อาคารประเภท ข. หมายความว่าอาคารดังต่อไปนี้

1.4 อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ไม่ถึง 500 ห้องนอน

1.5 โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง

1.6 หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป

1.7 สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป

1.8 โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง

1.9 อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

1.10 อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของ อาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร

1.11 อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

1.12 ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

1.13 กัฏาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

2. อาคารประเภท ค. หมายความว่าอาคารดังต่อไปนี้

2.1 อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคาร ไม่ถึง 100 ห้องนอน

2.2 โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มอาคาร ไม่ถึง 60 ห้อง

2.3 หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง

2.4 สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร

2.5 อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์กรระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร

2.6 ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร

2.7 ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

3. อาคารประเภท ก. หมายความว่าถึงอาคารดังต่อไปนี้

3.1 หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง

3.2 ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร

3.3 ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

4. อาคารประเภท จ. หมายความว่าถึง ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้น ไม่ถึง 100 ตารางเมตร ดังตารางที่ 2.6

สำหรับน้ำเสียชุมชนที่มีครัวเรือนเป็นองค์ประกอบอยู่นั้นยังไม่มีประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในส่วนนี้ จึงอาจเทียบเคียงมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของครัวเรือนแต่ละหลังกับคุณภาพน้ำทิ้งประเภท จ.

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุม					วิธีวิเคราะห์
		การระบายน้ำทิ้ง					
		ก	ข	ค	ง	จ	
1. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	-	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	ใช้เครื่องวัด (pH Meter)
2. บีโอดี (BOD)	มก./	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ใช้วิธีการ Azide Modification
	ล.	20	30	40	50	200	
3. ปริมาณของแข็ง	มก./	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว
- ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	ล.	30	40	50	50	60	
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	มก./	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	-	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 ในเวลา 1 ชั่วโมง
	ล.	500*	500*	500*	500*		
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	-	วิธีการไตเตรต (Titrate)
	ล.	1.0	1.0	3.0 -	4.0		
5. ไนโตรเจน ในรูป TKN	มก./	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	ไม่เกิน	-	วิธีการเจลดดาห์ล (kjeldahl)
	ล.	35	35	40	40		

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุม					วิธีวิเคราะห์
		การระบายน้ำทิ้ง					
		ก	ข	ค	ง	จ	
6. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 100	วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

หมายเหตุ

1. วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้ * = เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำตามปกติ

2. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 10 มกราคม 2537 ยกเลิกตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ก/)

3. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 10 มกราคม 2537 ยกเลิกตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ข/)

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการให้มีการบำบัดน้ำเสียครัวเรือน

การสร้างยุทธศาสตร์การพัฒนาการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการให้มีการบำบัดน้ำเสียครัวเรือน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม

เอฟเวอร์เรต โรเจอร์ (1995) เป็นบุคคลที่คิดค้นและได้พิสูจน์ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory) โดยทฤษฎีนี้เน้นความเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงสังคมและวัฒนธรรมเกิดขึ้นจากการแพร่กระจายของสิ่งใหม่ๆ จากสังคมหนึ่งไปยังอีกสังคมหนึ่งและสังคมนั้นรับเข้าไปใช้สิ่งใหม่ๆ นี้คือ นวัตกรรม ซึ่งเป็นทั้งความรู้ ความคิด เทคนิควิธีการ และเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยได้อธิบายทฤษฎีกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรมนี้ว่ามีตัวแปรหรือองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 4 ประการ (Four main element in the diffusion of innovations) คือ

1.1 นวัตกรรม (Innovation) หรือสิ่งใหม่ที่จะแพร่กระจายไปสู่สังคม ตัวนวัตกรรมที่จะแพร่กระจายและเป็นที่ยอมรับของคนในสังคมนั้น โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นความคิดและส่วนที่เป็นวัตถุ นวัตกรรมใดจะถูกยอมรับหรือไม่นั้น นอกจากจะเกี่ยวกับตัวผู้รับ ระบบสังคม และรับการสื่อสารแล้ว ตัวของนวัตกรรมเองก็มีความสำคัญ นวัตกรรมที่ยอมรับได้ง่ายควรจะต้องมีลักษณะ 5 ประการ โดยนวัตกรรมที่มีลักษณะตรงกันข้ามกันกับ 5 ประการ ต่อไปนี้มักจะเป็นที่ยอมรับได้ยาก

- 1.1.1 ได้ประโยชน์มากกว่าเดิมที่เข้ามาแทนที่ (Relative Advantage)
- 1.1.2 มีสอดคล้องกับวัฒนธรรมในสังคมที่จะรับ (Compatibility)
- 1.1.3 ไม่มีความสลับซับซ้อนมากนัก (Complexity)
- 1.1.4 สามารถแบ่งทดลองครั้งละน้อยได้ (Trialability)
- 1.1.5 สามารถมองเห็นหรือเข้าใจได้ง่าย (Observability)

1.2 การสื่อสารโดยผ่านสื่อทางใดทางหนึ่ง (Types of Communication) เพื่อให้คนในสังคมได้รับรู้ระบบการสื่อสาร การติดต่อระหว่างผู้ส่งข่าวสารกับผู้รับข่าวสาร โดยผ่านสื่อหรือตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งที่นวัตกรรมนั้นแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดไปสู่ผู้ใช้หรือผู้รับนวัตกรรม อันเป็นกระบวนการกระทำระหว่างกันของมนุษย์ การสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการรับนวัตกรรมมาก

1.3 เกิดในช่วงเวลาหนึ่ง (Time or Rate of Adoption) เพื่อให้คนในสังคมได้รู้จักนวัตกรรม แนวความคิดใหม่หรือมีการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่แล้วมาใช้ในรูปแบบใหม่ เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรมต้องอาศัยระยะเวลา และมีลำดับขั้นตอนเพื่อให้บุคคลปรับตัวและยอมรับนวัตกรรมหรือแนวความคิดใหม่ (A given time period)

1.4 ระบบสังคม (Social System) โดยการแพร่กระจายเข้าสู่สมาชิกของสังคม ระบบสังคมจะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายและการรับนวัตกรรม กล่าวคือ สังคมสมัยใหม่ของสังคมจะเอื้อต่อการรับนวัตกรรม ทั้งความรวดเร็วและปริมาณที่จะรับ (Rate of Adoption) เพราะมีบรรทัดฐานและรับค่านิยมของสังคมที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้น เมื่อมีการแพร่กระจายสิ่งใหม่เข้ามา สังคมก็จะยอมรับได้ง่าย ส่วนสังคมโบราณหรือสังคมที่ติดยึดกับความเชื่อต่างๆ ซึ่งเป็นสังคมล้าหลังจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับสังคมสมัยใหม่ ความรวดเร็วของการแพร่กระจายและปริมาณที่จะรับนวัตกรรมจึงเกิดได้ช้ากว่าและน้อยกว่าหรืออาจจะไม่ยอมรับเลยก็ได้

การยอมรับว่าเป็นกระบวนการ (Process) ที่เกิดขึ้นทางจิตภายในบุคคล เริ่มจากได้ยินในเรื่องวิทยากรนั้นๆ จนกระทั่งยอมรับนำไปใช้ในที่สุด ซึ่งกระบวนการนี้มีลักษณะคล้ายกับกระบวนการเรียนรู้และการตัดสินใจ (Decision Making) โดยได้แบ่งกระบวนการยอมรับออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นรับรู้หรือตื่นตน (Awareness Stage) เป็นขั้นเริ่มแรกที่น่าไปสู่การยอมรับหรือปฏิเสธสิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ได้รับรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ (นวัตกรรม) ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพหรือกิจกรรมของเขา แต่ยังไม่ได้รับข่าวสารไม่ครบถ้วน ซึ่งการรับรู้มักเป็นการรับรู้โดยบังเอิญและจะทำให้เกิดความอยากรู้อต่อไป อันเนื่องมาจากมีความต้องการวิทยากรใหม่ๆ นั้น ในการแก้ปัญหาที่ตนเองมีอยู่

ขั้นที่ 2 ขั้นสนใจ (Interest Stage) เป็นขั้นที่เริ่มมีความสนใจแสวงหารายละเอียดเกี่ยวกับวิทยากรใหม่ๆ เพิ่มเติม พฤติกรรมนี้เป็นไปในลักษณะที่ตั้งใจแน่วแน่ และใช้กระบวนการคิดมากกว่าขั้นแรก ซึ่งในขั้นนี้จะทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่มากขึ้น ซึ่งบุคลิกภาพและค่านิยม ตลอดจนบรรทัดฐานทางสังคมหรือประสบการณ์เดิมจะมีผลต่อบุคคลนั้น และมีผลต่อการติดตามข่าวสารหรือรายละเอียดของสิ่งใหม่หรือวิทยากรใหม่นั้นด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นประเมินค่า (Evaluation Stage) เป็นขั้นที่จะได้ตรองว่าจะลองใช้วิธีการหรือหาวิทยากรใหม่ๆ นั้นดีหรือไม่ ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียว่า เมื่อนำมาใช้แล้วจะเป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมของตนหรือไม่ หากรู้สึกว่ามีข้อดีมากกว่าจะตัดสินใจใช้ ขั้นนี้จะแตกต่างจากขั้นอื่นๆ ตรงที่เกิดการตัดสินใจที่จะลองความคิดใหม่ๆ โดยบุคคลมักจะคิดว่าการใช้วิทยากรใหม่ๆ นั้นเป็นการเสี่ยงไม่แน่ใจถึงผลที่จะได้รับ ดังนั้นในขั้นนี้จึงต้องการแรงเสริม

(Reinforcement) เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นว่าสิ่งที่เขาตัดสินใจแล้วนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการให้คำแนะนำให้ข่าวสารเพื่อประกอบการตัดสินใจ

ขั้นที่ 4 ขั้นทดลอง (Trial Stage) เป็นขั้นที่บุคคลทดลองใช้วิทยาการใหม่ๆ นั้นกับสถานการณ์ของตน ซึ่งเป็นการทดลองดูกับส่วนน้อยก่อน เพื่อจะได้ดูว่าได้ผลหรือไม่ ในขั้นนี้บุคคลจะแสวงหาข่าวสารที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับวิทยาการใหม่หรือนวัตกรรมนั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นตอนการยอมรับ (Adoption Stage) เป็นขั้นที่บุคคลยอมรับวิทยาการใหม่ๆ นั้น ไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมของตนอย่างเต็มที่หลังจากที่ได้ทดลองปฏิบัติและเป็นประโยชน์ในสิ่งนั้นแล้ว

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับนวัตกรรม มี 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขหรือสภาพการณ์โดยทั่วไป เช่น เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ภูมิศาสตร์ ความเข้มแข็งในการดำเนินงานของสถาบันที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรง โดยพิจารณาถึงพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคม การติดต่อสื่อสาร และเรื่องที่เกี่ยวข้องต่างๆ ของบุคคลเป้าหมาย และปัจจัยที่เนื่องมาจากนวัตกรรม (Innovations) ได้แก่ ต้นทุนและกำไร ความสอดคล้องและเหมาะสมกับสิ่งที่มีอยู่ในชุมชน สามารถปฏิบัติได้และเข้าใจง่าย สามารถเห็นว่าปฏิบัติได้ผลมาแล้ว สามารถแบ่งแยกเป็นขั้นตอนได้ ใช้เวลาน้อย และเป็นการตัดสินใจของกลุ่ม ซึ่งนวัตกรรมที่เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะเกิดการยอมรับได้ง่ายกว่าเทคโนโลยีสมัยใหม่ (คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553 : 1)

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม (Social Cognitive Theory)

สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต (2549 : 47-60) ได้อธิบายถึงทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม (Social Cognitive Theory) ไว้ว่าเป็นทฤษฎีที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการพัฒนาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในปัจจุบัน แบนดูรา (1977 : 191) ให้ความหมายของการเรียนรู้ คือ การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมภายใน โดยไม่จำเป็นต้องมีการแสดงออก หากแต่เป็นการได้มาซึ่งความรู้ใหม่ ๆ (Acquired) ถือว่าการเรียนรู้ได้เกิดขึ้นแล้ว แม้ว่าจะยังไม่มีการแสดงออกก็ตาม แบนดูรา เชื่อว่า พฤติกรรมของคนเรานั้น ไม่ได้เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปัจจัยของสภาพแวดล้อม แต่เพียงอย่างเดียว หากแต่จะต้องมีปัจจัยส่วนบุคคล (ปัญญา ชีวภาพ และสิ่งภายในอื่น ๆ) ร่วมด้วย และการร่วมของปัจจัยส่วนบุคคลนั้นจะต้องร่วมกันในลักษณะที่กำหนดซึ่งกันและกัน กับปัจจัยทางด้านพฤติกรรม และสภาพแวดล้อม แนวคิด 3 ประการของทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม คือ แนวคิดของการเรียนรู้โดยการสังเกต (Observational Learning) แนวคิดของการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) และแนวคิดของการกำกับตัวเอง (Self-Regulation) ดังนี้

2.1 การเรียนรู้โดยการสังเกต (Observational Learning) แบบดูราเชื่อว่าการเรียนรู้ส่วนใหญ่ของคนนั้นเกิดขึ้นจากการสังเกตจากตัวแบบเพียงคนเดียวที่สามารถที่จะถ่ายทอดทั้งความคิดและการแสดงออกได้พร้อม ๆ กันและเนื่องจากคนเรานั้นใช้ชีวิตในแต่ละวันในสภาพแวดล้อมที่แคบ ๆ ดังนั้นการรับรู้เกี่ยวกับสภาพการณ์ต่าง ๆ ของสังคมจึงผ่านมาจากประสบการณ์ของผู้อื่น โดยการได้ยินและได้เห็น โดยไม่มีประสบการณ์ตรงมาเกี่ยวข้องคนส่วนมากรับรู้เรื่องราวต่าง ๆ ของสังคมโดยผ่านสื่อแทบทั้งสิ้น ฟิชเชอร์ และ โครอส และ โรส (Fischer & Gochros, 1975 และ Ross, 1981 อ้างถึงใน สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2549 : 51) ได้สรุปหน้าที่ของตัวแบบออกเป็น 3 ลักษณะด้วยกัน คือ ประการที่ 1 การทำหน้าที่สร้างพฤติกรรมใหม่ในกรณีนี้เป็นกรณี que ผู้สังเกตตัวแบบนั้นยังไม่เคยได้เรียนรู้พฤติกรรมดังกล่าวมาก่อนเลยในอดีต เช่น พฤติกรรมการพูดของเด็ก หรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับทักษะในการช่วยตนเอง เป็นต้น ประการที่ 2 ทำหน้าที่เสริมพฤติกรรมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น เป็นกรณีที่ผู้สังเกตตัวแบบคนเรียนรู้พฤติกรรมดังกล่าวมาบ้างแล้วในอดีต ตัวแบบก็จะทำหน้าที่เป็นแรงจูงใจให้ผู้ที่เรียนรู้พฤติกรรมดังกล่าวพยายามพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น และประการที่ 3 ทำหน้าที่ในการยับยั้งการเกิดพฤติกรรมในกรณีที่ผู้สังเกตนั้นมีหรือไม่มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ ตัวแบบนั้นช่วยให้พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นั้นลดลงหรือไม่เกิดขึ้น ประเภทของตัวแบบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ตัวแบบที่เป็นบุคคลจริง ๆ (Live Model) คือ ตัวแบบที่บุคคลได้มีโอกาสสังเกตและปฏิสัมพันธ์โดยตรง และตัวแบบที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Model) เช่น ตัวแบบที่เสนอผ่านสื่อต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ การ์ตูน ในการเรียนรู้การสังเกตตัวแบบนี้แบบดูราได้กล่าวว่า มี 4 กระบวนการดังนี้

2.1.1 กระบวนการตั้งใจ (Attention Processes) บุคคลไม่สามารถเรียนรู้ได้จากการสังเกตถ้าเขาไม่มีความตั้งใจและรับรู้ได้อย่างแม่นยำถึงพฤติกรรมที่ตัวแบบแสดงออก กระบวนการตั้งใจจะเป็นตัวกำหนดว่าบุคคลจะสังเกตอะไรจากตัวแบบนั้น องค์ประกอบของกระบวนการตั้งใจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบของตัวแบบ ถ้าตัวแบบเด่นชัดจะเป็นตัวแบบที่ผู้สังเกตพึงพอใจ และองค์ประกอบของผู้สังเกต ได้แก่ ความสามารถการรับรู้ รวมถึงการได้ยิน กลิ่นและสัมผัส ความสามารถทางปัญญา ระดับของการตื่นตัว และความชอบที่เคยได้เรียนรู้มาก่อน

2.1.2 กระบวนการเก็บจำ (Retention Process) บุคคลจะต้องแปลงข้อมูลจากตัวแบบเป็นรูปแบบของสัญลักษณ์และจัดโครงสร้างเพื่อให้จำได้ง่ายขึ้น การจัดระบบโครงสร้างทางปัญญา การชักซ้อมลักษณะของตัวแบบที่สังเกตในความคิดตนเองและชักซ้อมจากการกระทำ นอกจากนี้ยังขึ้นกับความสามารถทางปัญญาของผู้สังเกตด้วย

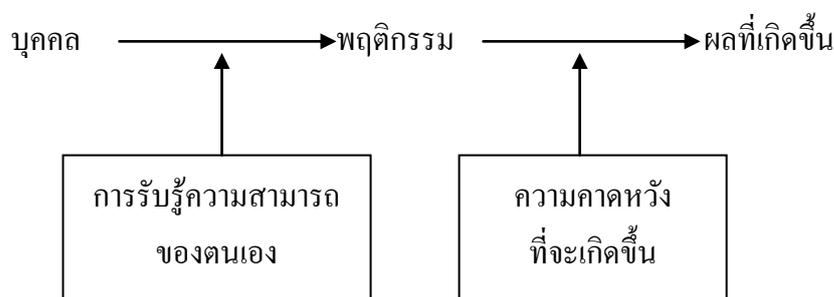
2.1.3 กระบวนการกระทำ (Production Process) เป็นกระบวนการที่ผู้สังเกตแปลงสัญลักษณ์ที่เก็บจำไว้ขึ้นมากระทำ ซึ่งจะกระทำได้ดีหรือไม่ขึ้นกับสิ่งที่จำได้ การได้ข้อมูลย้อนกลับจากการกระทำของตนเองและการเทียบเคียงการกระทำกับภาพที่จำได้

2.1.4 กระบวนการจูงใจ (Motivation Process) การที่บุคคลที่เกิดการเรียนรู้แล้วนั้นจะแสดงพฤติกรรมหรือไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการจูงใจ กระบวนการจูงใจขึ้นกับสิ่งล่อใจภายนอกที่กระตุ้นการรับรู้ที่จับต้องได้ เป็นที่ยอมรับของสังคมและพฤติกรรมที่กระทำนั้นสามารถที่จะควบคุมเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสิ่งล่อใจที่เห็นผู้อื่นได้รับและสิ่งล่อใจของตนเองซึ่งอาจเป็นวัตถุสิ่งของ การประเมินตนเอง ความพึงพอใจในสิ่งล่อใจ ความลำเอียงจากการเปรียบเทียบในสังคมและมาตรฐานภายในตนเอง

2.2 การรับรู้ความสามารถของตนเอง

การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) เป็นหนึ่งในแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมปัญญาของแบนดูรา ซึ่งประกอบด้วย แนวคิดการเรียนรู้โดยการสังเกต (Observation Learning) แนวคิดการควบคุมตนเอง (Self Control) และแนวคิดการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Perceived Self-Efficacy) การที่บุคคลตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถของตนเองที่จะกระทำพฤติกรรมให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งบุคคลอาจแสดงออกมาในคุณภาพที่แตกต่างกัน ถ้ามีการรับรู้ความสามารถที่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของการแสดงออกจึงขึ้นกับการรับรู้ความสามารถของตนเองในสภาวะการณ์นั้นๆ เนื่องจากคนที่รับรู้ว่าคุณมีความสามารถจะมีความอดทน อุตสาหะ ไม่ท้อถอย และจะประสบความสำเร็จในที่สุด (สมโภช เอี่ยมสุภามิต, 2549 : 47-60) ดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 การรับรู้ความสามารถของตนเอง



(Bandura, 1986)

การรับรู้ความสามารถของตนเอง และความคาดหวังผลที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กันมากโดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 นี้ มีผลต่อการตัดสินใจที่จะกระทำพฤติกรรมของบุคคล ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ความคาดหวังเกี่ยวกับผลที่จะเกิดขึ้น

		ความคาดหวังเกี่ยวกับผลที่จะเกิดขึ้น	
		สูง	ต่ำ
การรับรู้ ความสามารถ	สูง	มีแนวโน้มที่จะทำแน่นอน	มีแนวโน้มที่จะไม่ทำ
	ต่ำ	มีแนวโน้มที่จะไม่ทำ	มีแนวโน้มที่จะทำแน่นอน

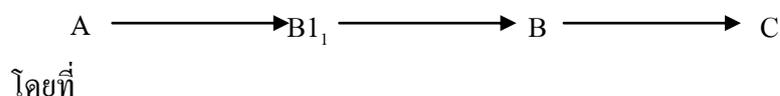
(Bandura, 1986)

แบนดูราได้เสนอแหล่งของการให้เกิดการเรียนรู้ความสามารถของตนเอง 4 วิธีดังนี้

2.2.1 ประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ (Mastery Experiences) ซึ่งแบนดูราเชื่อว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการพัฒนาการรับรู้ความสามารถของตนเอง เนื่องจากเป็นประสบการณ์โดยตรง ความสำเร็จทำให้เพิ่มความสามารถของตนเอง บุคคลจะเชื่อว่า เขาสามารถที่จะทำได้ ดังนั้น ในการที่จะพัฒนาการรับรู้ ความสามารถของตนเองนั้น จำเป็นที่ต้องฝึกให้เขามีทักษะเพียงพอที่จะประสบความสำเร็จได้ พร้อม ๆ กับ การทำให้เขารับรู้ว่ามี ความสามารถจะกระทำเช่นนั้น และทำให้เขาใช้ทักษะที่ได้รับการฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด บุคคลที่รับรู้ว่าคุณมีความสามารถ จะไม่ยอมแพ้ แต่จะพยายามทำสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุถึง เป้าหมายที่ต้องการ (สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2549 : 57-60)

2.2.2 การใช้ตัวแบบ (Modeling) การที่ได้สังเกตตัวแบบแสดงพฤติกรรม ที่มีความซับซ้อน และได้รับผลกรรมที่พึงพอใจก็จะทำให้ผู้ที่ได้สังเกตฝึก มีความรู้สึกรู้ว่า เขาก็สามารถที่จะประสบความสำเร็จได้ ถ้าเขามีความพยายามจริง และไม่ย่อท้อ (สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2549) ซึ่งการใช้ตัวแบบนี้พัฒนามาจากแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ของปัญญาสังคมของแบนดูรา ที่มีความ เชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรม ของคนเรานั้น ไม่ได้เป็นผลมาจาก การที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์ กับสภาพแวดล้อมที่เขาอยู่เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคลที่ประกอบด้วยความคิดและ ความรู้สึกรู้จักด้วยซึ่งปัจจัยทั้งสามนี้ ได้แก่ พฤติกรรม สภาพแวดล้อม และส่วนบุคคล เป็นลักษณะ ของการกำหนดซึ่งกันและกัน ถ้าปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปอีกสองปัจจัยที่เหลือก็จะเปลี่ยนแปลง ไปด้วย ซึ่งแนวทางนี้ จะช่วยในการจัดสภาพแวดล้อม เพื่อให้บุคคลเกิดความคาดหวังถึงผลที่จะ เกิดขึ้นเอง จะส่งผลให้บุคคลตัดสินใจที่จะแสดงพฤติกรรมหรือไม่แสดงพฤติกรรมในขณะนั้นดัง แสดงภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 แสดงผลกรรมที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมของความคิดหรือความรู้สึของผู้สังเกตตัวแบบ



A = การเสนอตัวแบบ B_{1_1} = การคิดหรือความรู้สึกของผู้สังเกตตัวแบบ

B = พฤติกรรมที่แสดงออก C = ผลกรรม

(Bandura, 1986)

จากภาพในการเสนอตัวแบบนั้นจะต้องมีการเสนอแบบ (A) ที่ทำให้ผู้สังเกตเกิดความสนใจ และคิดอยากจะทำตาม (B_{1_1}) เมื่อบุคคลแสดงพฤติกรรม (B) ตามตัวแบบแล้ว สิ่งที่เกิดขึ้นตามมา คือ ผลกรรม (C) ที่เกิดขึ้นตามพฤติกรรมนั้น ถ้าพฤติกรรมที่ทำตามตัวแบบได้รับการเสริมแรงทางบวก พฤติกรรมนั้นจะเกิดบ่อยครั้งขึ้น แต่ถ้าพฤติกรรมที่ทำตามตัวแบบแล้วได้รับการลงโทษ พฤติกรรมนั้นก็จะไม่เกิดขึ้นอีก (อังสินันท์ อินทรกำแหง, 2552 : 59-60)

2.2.3 การใช้คำพูดชักจูง (Verbal Persuasion) เป็นการบอกว่าบุคคลนั้นมีความสามารถประสบความสำเร็จได้ วิธีการดังกล่าวนั้นค่อนข้างง่ายและใช้กันทั่วไปซึ่ง Bandura ได้กล่าวว่า ได้กล่าวว่า การใช้คำพูดชักจูงนั้นไม่ค่อยจะได้ผลนัก ในการที่จะทำให้คนเราสามารถที่พัฒนาการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Evans, 1989) ซึ่งถ้าจะให้ได้ดี ควรจะใช้ร่วมกับการทำให้บุคคลมีประสบการณ์ความสำเร็จ ซึ่งอาจจะต้องค่อย ๆ สร้างความสามารถให้กับบุคคล อย่างค่อยเป็นค่อยไปและให้เกิดความสำเร็จตามลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งการใช้คำพูดชักจูงร่วมกัน ก็ย่อมที่จะได้ผลดีในการพัฒนาการรับรู้ความสามารถของตน

2.2.4 การกระตุ้นทางอารมณ์ (Emotional Arousal) การกระตุ้นทางอารมณ์มีผลต่อความรับรู้ความสามารถของตน บุคคลที่ถูกกระตุ้นอารมณ์ทางลบ เช่น การอยู่ในสภาพที่ถูกข่มขู่ จะทำให้เกิดความวิตกกังวล และความเครียด นอกจากนี้อาจจะทำให้เกิดความกลัว และจะนำไปสู่การรับรู้ความสามารถของตนต่ำลง ถ้าอารมณ์ลักษณะดังกล่าวเกิดมากขึ้น ก็จะทำให้บุคคลไม่สามารถที่จะแสดงออกได้ดี อันจะนำไปสู่ประสบการณ์ของความล้มเหลว ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการรับรู้ของตนต่ำลงไปอีก แต่ถ้าบุคคลสามารถของตนดีขึ้น อันจะทำให้การแสดงออกถึงความสามารถดีขึ้นด้วย

แบนดูรา ได้กล่าวว่า ตัวแบบมีผลต่อพฤติกรรมของบุคคล 3 ประการด้วยกัน คือประการที่ 1 ช่วยให้บุคคลเรียนรู้พฤติกรรมใหม่ ๆ หรือทักษะใหม่ ๆ ซึ่งจากผลของผลของตัวแบบในลักษณะนี้ ทำให้เราสามารถนำวิธีการเสนอตัวแบบไปสร้างพฤติกรรมใหม่ ๆ ให้กับบุคคล ที่ยังไม่เคยกระทำพฤติกรรมดังกล่าว เพื่อจะได้เป็นประโยชน์ต่อเขา ทั้งในปัจจุบันและอนาคต ประการที่ 2 มี

ผลทำให้เกิดการระงับ (Inhibition) หรือยุติการระงับ (Dis-inhibition) การแสดงพฤติกรรมของบุคคลที่สามารถสังเกตตัวแบบได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า ตัวแบบแสดงพฤติกรรมแล้ว ได้รับผลกระทบเช่นใด ถ้าตัวแบบแสดงพฤติกรรมแล้ว ได้รับผลกระทบที่เป็นสิ่งที่ไม่พึงพอใจ แนวโน้มที่ผู้สังเกตตัวแบบ จะไม่แสดงพฤติกรรมตามตัวแบบนั้น จะสูงมาก เท่ากับว่าตัวแบบทำหน้าที่ระงับการเกิดพฤติกรรมดังกล่าว แต่ถ้าพฤติกรรมใดที่ผู้สังเกตตัวแบบเคยถูกระงับมาก่อน แล้วมาเห็นตัวแบบแสดงพฤติกรรมดังกล่าวแล้ว ไม่ได้รับผลกระทบอย่างผู้สังเกตคาดว่าจะได้รับ (ผลกระทบเป็นสิ่งที่ไม่พึงพอใจ) หรือแสดงแล้ว ได้รับผลกระทบทางบวก แนวโน้มที่ผู้สังเกต จะกระทำตามตัวแบบนั้น ก็จะมีมากขึ้น เท่ากับว่าพฤติกรรมที่เคยถูกระงับนั้น ได้ถูกยุติการระงับแล้ว และประการที่ 3 ช่วยให้พฤติกรรมที่เคยได้รับการเรียนรู้มาแล้ว ได้มีโอกาสแสดงออกหรือถ้าเคยแสดงออกแล้ว แต่ไม่ค่อยได้แสดงออก ให้แสดงออกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผลของตัวแบบในลักษณะเช่นนี้ ก็จะทำหน้าที่เป็นสัญญาณกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมนั้นออก (อังคินันท์ อินทรกำแหง, 2552 : 62)

2.3 การกำกับตนเอง (Self-Regulation)

การกำกับตนเองเป็นแนวคิดที่สำคัญอีกแนวคิดหนึ่งของทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม ซึ่ง แบนดูรา (Bandura, 1986) มีความเชื่อว่า พฤติกรรมของมนุษย์เรานั้น ไม่ได้เป็นผลพวงของการเสริมแรงและการลงโทษจากภายนอก แต่เพียงอย่างเดียว หากแต่ว่ามนุษย์เราสามารถกระทำบางสิ่งบางอย่าง เพื่อควบคุมความคิด ความรู้สึก และการกระทำของตนเอง ด้วยผลกระทบที่เขาหามาเอง เพื่อสำหรับตัวเขา ซึ่งความสามารถในการดำเนินการ ดังกล่าวนี้นี้ แบนดูรา เรียกว่า การกำกับตนเอง (สม โภชน์ เอี่ยมสุภานิต, 2549)

การกำกับตนเอง หมายถึง การแสดงออกถึงการกระทำ ในการสังเกต พฤติกรรม และการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาพของตนเอง พร้อมทั้งตั้งเป้าหมาย และวางแผนในการกระทำที่จะดูแลตนเองให้มีสุขภาพดีตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อาจกระทำด้วยการจดบันทึก การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพของตนเอง กระตุ้นเตือนตนเองให้กระทำอย่างต่อเนื่อง ให้บรรลุถึงการมีสุขภาพที่ดีตามที่ตนเองได้ตั้งเป้าหมายไว้ (อังคินันท์ อินทรกำแหง, 2552) การกำกับตนเอง (Self-regulation) ประกอบด้วย 3 กระบวนการย่อย ดังนี้ (Schuhk & Zimmerman, 1998 : 76-79)

2.3.1 การสังเกต (Self-observation) หมายถึง ความสนใจต่อลักษณะที่จำเพาะในพฤติกรรมของบุคคลอย่างพิถีพิถัน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ประการ ได้แก่

1) การตั้งเป้าหมาย (Goal Setting) หมายถึง การกำหนดพฤติกรรมเป้าหมาย เป้าหมาย หรือกำหนดเกณฑ์ ในการแสดงพฤติกรรม ใดพฤติกรรมหนึ่งที่ต้องการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในระยะแรกของการกำกับตนเอง (Self-regulation) ก่อนที่บุคคลจะสามารถกำกับพฤติกรรมของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ บุคคลจะต้องเลือกเป้าหมาย ซึ่งการตั้งเป้าหมายเป็น

กระบวนการสำคัญที่จะช่วยให้บุคคลได้รู้ถึงพฤติกรรมที่ต้องการกระทำอย่างชัดเจน และยังใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินเปรียบเทียบกับพฤติกรรมที่บุคคลกระทำกับพฤติกรรมเป้าหมายที่กำหนดไว้ การตั้งเป้าหมายต้องเหมาะสมกับระดับความสามารถของบุคคลนั้น จึงจะมีโอกาสบรรลุเป้าหมายได้ ซึ่งการตั้งเป้าหมายมี 2 วิธี คือ

(1) การตั้งเป้าหมายด้วยตนเอง คือ การที่บุคคลเป็นผู้กำหนดพฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการกระทำด้วยตนเอง ซึ่งการตั้งเป้าหมายด้วยตนเองจะมีข้อดีคือ จะทำให้บุคคลรู้สึกว่าเขาเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้ตัดสินใจด้วยตนเอง ทำให้เกิดความรู้สึกสบายใจและพยายามกระทำพฤติกรรมให้บรรลุเป้าหมายที่ตนกำหนดไว้

(2) การตั้งเป้าหมายโดยบุคคลอื่น คือ การที่บุคคลอื่นเป็นผู้กำหนดพฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไว้กับบุคคล ซึ่งการตั้งเป้าหมายด้วยบุคคลอื่นจะมีข้อดีตรงที่ว่า อาจจะช่วยแก้ไขให้บุคคลที่ไม่สามารถตั้งเป้าหมายด้วยตนเองได้อย่างเหมาะสม ให้สามารถตั้งเป้าหมายได้อย่างเหมาะสมกับความสามารถของตนเองยิ่งขึ้น

2.3.2 การเตือนตนเอง (Self-monitoring) หมายถึง กระบวนการที่บุคคลสังเกตและบันทึกพฤติกรรมเป้าหมายที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ตนเองกระทำ การเตือนตนเองจะทำให้บุคคลรู้ว่าตนเองกระทำพฤติกรรมในลักษณะใด ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลได้ เนื่องจากบุคคลได้เห็นข้อมูลย้อนกลับแล้ว ก็จะทำให้เขารู้ว่าควรทำเช่นไรต่อไป เพื่อไปสู่พฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญาทางสังคม (Social Cognitive Theory) ของแบนดูรา มาประยุกต์ใช้กับครัวเรือนกลุ่มทดลองยุทธศาสตร์การบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือน ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงด้วยการจัดทำคู่มือฉบับปจจาวิสดา ที่มีคำอธิบายวิธีการและขั้นตอนต่างๆ เป็นแบบอย่างให้ผู้แทนครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างมีการเลือกปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้อง มีการสาธิตและฝึกปฏิบัติ โดยผู้วิจัยและทีมงานจะกระตุ้นด้วยการชื่นชม ก็จะทำให้กลุ่มตัวอย่าง ปฏิบัติตามคู่มืออย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลองยุทธศาสตร์ และมีการเสริมแรงให้ผู้แทนครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างมีการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนที่ถูกต้องตามหลักการ โดยการกระตุ้นให้ตระหนักและรับรู้ถึงความสามารถของตนเองในการกำหนดจุดประสงค์ที่ต้องการตามความคาดหวัง และมีการกำกับตนเองในการปฏิบัติให้ถึงจุดมุ่งหมายนั้น คือ น้ำเสียจากครัวเรือนได้รับการบำบัดเชิงป้องกันจนมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และไม่ก่อผลเสียหายแก่สิ่งแวดล้อม

3. ความตระหนัก

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523 : 133) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง พฤติกรรมขั้นต่ำสุดทาง ด้านความรู้แต่ความตระหนักไม่เกี่ยวกับความจำหรือการระลึกได้

รูเนส (Runes, 1971 : 32) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง การกระทำที่เกิดจากความสำนึก ความตระหนักเป็นขั้นสุดของภาคอารมณ์และความรู้สึก ความตระหนักเกือบคล้ายกับความรูตรงที่ความรู้และความตระหนักไม่เน้นที่ลักษณะสิ่งเร้า แต่ความตระหนักต่างกับความรู้ตรงที่ความตระหนักไม่จำเป็นต้องเน้นปรากฏการณ์หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความตระหนักจะเกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้ามาเร้าให้เกิดความตระหนัก

กู๊ด (Good, 1973 : 54) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง ความรู้สึกที่แสดงถึงการเกิดความรู้ของบุคคลหรือการที่บุคคลแสดงความรู้สึกรับผิชอบต่อปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

จากความหมายที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความตระหนัก หมายถึง พฤติกรรมด้านอารมณ์ที่แสดงออกซึ่งความรู้สึก ความคิดเห็น ความสำนึก และความรับผิดชอบอยู่ในสภาวะของจิตใจเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดยการได้รับสัมผัสสิ่งเร้า และสิ่งแวดล้อม การรับรู้โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ความมีสติ รู้สึกตัว และความสนใจต่อสิ่งเร้า ดังนั้น ความตระหนักในปัญหาน้ำเสีย หมายถึง สภาวะที่บุคคลเข้าใจ มีความรู้และมีความรู้สึกไม่สบายกายและจิตใจ มีความรู้สึกรับผิดชอบต่อปัญหาน้ำเสียและเห็นความสำคัญของผลกระทบจากปัญหาน้ำเสีย

ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก

ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ของแต่ละบุคคลไว้ 3 ประการ ดังนี้

3.1 ประสบการณ์ การรับรู้ที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทั้งในอดีตที่ผ่านมาและชีวิตประจำวัน การรับรู้เรื่องใดๆ ขึ้นอยู่กับความเกี่ยวข้องในเหตุการณ์นั้น ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นมีผลกระทบโดยตรง ทำให้เกิดการรับรู้ระดับต่างๆ เช่น คนที่ประสบปัญหาน้ำท่วมย่อมรับรู้เรื่องน้ำท่วมได้ดีกว่าคนที่อยู่ในบริเวณน้ำไม่ท่วม คนที่เคยอยู่ในบ้านเมืองที่สับสนวุ่นวายไร้ระเบียบสกปรก ไม่ว่าจะเป็นบนพื้นถนนหรือทางเท้าเต็มไปด้วยขยะสองฟากถนนเต็มไปด้วยอาคารรูปแบบต่างๆ กัน ป้ายประกาศ ป้ายโฆษณา สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ระโยงระยางเกาะเกาะเต็มไปหมด ก็จะรับรู้สภาพแวดล้อมดังกล่าวอยู่ทุกวัน สำนึกดังกล่าวเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบจากสิ่งที่ได้รับรู้ใหม่ เช่น ได้ไปเห็นบ้านเมืองอื่นๆ ที่สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อยไม่สับสนวุ่นวาย

3.2 ความใส่ใจและการให้คุณค่าในเรื่องที่จะรับรู้ ความใส่ใจในเรื่องที่จะรับรู้แปรเปลี่ยนได้หลายระดับตั้งแต่ความจำเป็น ความต้องการ ความสนใจและอารมณ์ เช่นบุคคลที่สัญจรบนท้องถนนจะต้องมีความต้องการบ้านเมืองที่สะอาด ร่มรื่น มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย แต่ถ้าเขาขับรถยนต์เขาจะรับรู้ถึงความสับสนของสิ่งต่างๆ ที่เป็นปัญหาในการขับขี่ ซึ่งได้แก่ ความ

วุ่นวายของป้ายจราจร ป้ายประกาศ ป้ายโฆษณา การจับขี้นวดยานพาหนะโดยไม่เคารพกฎจราจร การข้ามถนนของคนที่ไม่เป็นระเบียบ ความทรุดโทรมของทางเท้า การตั้งวางสิ่งของกีดขวางทางเดิน หรือถ้าเขาต้องเดินทางเท้าในเวลากลางวันก็จะต้องร่มเงาจากอาคาร ต้นไม้ ดังนั้นเขาก็จะไม่ใส่ใจในเรื่องสภาพทางเท้ามากขึ้น ในขณะที่ศิลปินอาศัยเพียงอารมณ์ที่จะใส่ใจรับรู้ในเรื่องของความงามของสภาพแวดล้อม นักอนุรักษ์ที่มีความสนใจในเรื่องสภาวะแวดล้อมของบ้านเมืองก็จะใส่ใจและเห็นคุณค่าของธรรมชาติและบ้านเมือง ส่วนนักท่องเที่ยวมีความคาดหวังที่จะได้พบเห็นธรรมชาติและบ้านเมืองนั้นว่าเป็นอย่างไร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการรับรู้ในเรื่องใดของแต่ละบุคคลนั้นขึ้นอยู่กับว่าเขาใส่ใจและให้คุณค่าในเรื่องนั้นมากน้อยเพียงใด

ลักษณะรูปแบบของเรื่องที่จะรับรู้ นอกจากการรับรู้ของบุคคลจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ความใส่ใจและการให้คุณค่าในเรื่องที่จะรับรู้แล้วยังขึ้นอยู่กับว่าสิ่งหรือเรื่องที่จะรับรู้มีลักษณะรูปแบบเป็นอย่างไร เช่น การสร้างความตระหนักในเรื่องขยะที่ได้รับความสนใจมาก เนื่องจาก การให้ความรู้ความเข้าใจได้กระทำอย่างกว้างขวางโดยอาศัยวิธีต่างๆ เช่น การใช้ดาราภาพยนตร์ ผู้ซึ่งเป็นที่สนใจของบุคคลทั่วไป

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดประสบการณ์โดยการสำรวจเส้นทางน้ำเสียครัวเรือนให้ได้รับรู้ร่วมกันแล้วเชื่อมโยงปัญหา สาเหตุและผลกระทบที่มีถึงตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยใช้รูปแบบการสร้างความตระหนักแบบบูรณาการตามความสนใจของผู้แทนครัวเรือน ซึ่งมีทั้งจัดทำเป็นคู่มือฉบับปฐมาภิธานที่มีภาพวาดประกอบสีสันสวยงาม การติดตามเยี่ยมบ้าน การประชุมกลุ่มย่อยเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างสมาชิกกลุ่มทดลอง

4. ทฤษฎีการสนับสนุนทางสังคม

แนวคิดเรื่องการสนับสนุนทางสังคม (Social Support) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีที่เป็นผลมาจากการศึกษาทางด้านสังคมจิตวิทยาที่มีความสำคัญต่อการแสดงออกของพฤติกรรมของบุคคล ซึ่งพบว่า “การตัดสินใจของบุคคลส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของบุคคลผู้ซึ่งมีความสำคัญและมีอำนาจเหนือตัวเราอยู่ตลอดเวลา” (จิสต์คี้ เจริญพันธ์ และเฉลิมพล ต้นสกุล, 2550 : 63) ได้มีผู้อธิบายแรงสนับสนุนทางสังคมไว้หลายท่านด้วยกัน คือ

บารริร์รา (Barrera, 1982 : 70) กล่าวว่า การสนับสนุนทางสังคม หมายถึง ความใกล้ชิด การช่วยเหลือโดยการให้สิ่งของ แรงงาน คำแนะนำ ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลย้อนกลับ และการมีส่วนร่วมทางสังคม

แคพแพลน โรบินสัน และเฟรนช์ (Caplan, Robinson & French, 1976 : 39 -42) ได้ให้คำจำกัดความว่า การสนับสนุนทางสังคม หมายถึง สิ่งที่บุคคลได้รับโดยตรงจากกลุ่มบุคคลเป็นข่าวสาร สิ่งของ/แรงงาน หรืออารมณ์ ซึ่งอาจเป็นแรงผลักดันให้ผู้นั้นไปสูเป้าหมายที่ต้องการ

คาห์น (Khan, 1979 : 85) ได้ให้คำจำกัดความของการสนับสนุนทางสังคมว่า เป็นการปฏิสัมพันธ์อย่างมีจุดมุ่งหมายระหว่างบุคคล ซึ่งจะทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้ขึ้นหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง คือ ความผูกพันในแง่ดีจากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่ง การยืนยันรับรองหรือเห็นพ้องกับพฤติกรรมของอีกผู้หนึ่ง การช่วยเหลือซึ่งกันและกันในด้านเงินทอง สิ่งของหรืออื่นๆ

เฮาส์ (House, 1981) ได้แบ่งประเภทของการให้การสนับสนุนทางสังคมออกเป็น 4 ประเภท ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้รูปแบบการสนับสนุนทางสังคม 4 ประเภทนี้ ในการจัดโปรแกรมสุขภาพเพื่อพัฒนาพฤติกรรมของบุคคล (จิระศักดิ์ เจริญพันธ์ และเฉลิมพล ต้นสกุล, 2550 : 64) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

4.1 การสนับสนุนทางอารมณ์ (Emotional Support) เช่น การให้ความพอใจการยอมรับนับถือ ความหวังใจ

4.2 การสนับสนุนในการให้ประเมินผล (Appraisal Support) เช่น การให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feed Back) การเห็นพ้องให้การรับรอง (Affirmation)

4.3 การสนับสนุนด้านข้อมูลข่าวสาร (Information Support) เช่น การให้คำแนะนำ (Suggestion) ตักเตือนให้คำปรึกษา (Advice) การให้ข่าวสาร

4.4 การสนับสนุนด้านเครื่องมือ (Instrumental Support) เช่น แรงงาน เงิน เวลา เป็นต้น เพนเดอร์ (Pender, 1987 : 396) ได้แบ่งการสนับสนุนทางสังคมออกเป็น 2 ประการ ประการแรก ได้แก่ ด้านการกระทำ หรือพฤติกรรม ความต้องการด้านต่างๆ เช่น สิ่งของ กำลังใจ ความรัก ความอบอุ่น ซึ่งเป็นการสนับสนุนทางด้านจิตใจ ประการที่สอง ด้านการแนะนำ (Audis) เป็นการให้ข้อมูล หรือการแนะนำต่างๆ ซึ่งทำให้ผู้รับนำกลับมาพิจารณาในการกระทำให้ถึงจุดหมายได้

แหล่งที่มาของการสนับสนุนทางสังคม บุคคลอาจได้รับการสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ 3 ประการ คือ ประการที่ 1 กลุ่มบุคคลที่มีความผูกพันกันตามธรรมชาติประกอบด้วย บุคคล 2 ประเภทแรกเป็นครอบครัวใกล้ชิด ได้แก่ ย่า ตา ยาย พ่อ แม่ ลูก หลาน และประเภทที่สองเป็นครอบครัวใกล้ชิด ได้แก่ เพื่อนฝูงในวัยเดียวกัน เพื่อนบ้าน คนรู้จักคุ้นเคย เพื่อนร่วมงานและคนใกล้ชิด เป็นต้น ประการที่ 2 องค์กรและสมาคม หมายถึง กลุ่มบุคคลที่รวมตัวกันเป็นหน่วย ชมรม สมาคม และองค์กร เพื่อให้การช่วยเหลือสนับสนุนผู้อื่น เช่น ชมรมครัวเรือนบำบัดน้ำเสียโดยชีววิธี สโมสรไลออนส์ องค์กรทางศาสนา เป็นต้น และประการที่ 3 กลุ่มวิชาชีพ หมายถึง กลุ่มบุคคลที่ให้การช่วยเหลือเกี่ยวกับการส่งเสริมป้องกันรักษาและฟื้นฟูสุขภาพประชาชน เช่น แพทย์ พยาบาล และนักกายภาพบำบัด เป็นต้น

องค์ประกอบของการสนับสนุนทางสังคม มี 4 ประการคือ ประการที่ 1 ต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ให้และผู้รับการสนับสนุน ประการที่ 2 ลักษณะของการติดต่อสัมพันธ์นั้น

จะต้องประกอบด้วย ข้อมูลข่าวสารที่ทำให้ผู้รับเชื่อว่ามีใจใส และมีความรักความหวังดีในตนเองอย่างจริงใจ ทำให้ผู้รับรู้สึกว่าคุณค่าและเป็นที่ยอมรับในสังคม และทำให้ผู้รับเชื่อว่าเขาเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและมีประโยชน์แก่สังคม ประการที่ 3 ปัจจัยนำเข้าของการสนับสนุนทางสังคมอยู่ในรูปของข้อมูล ข่าวสาร วัสดุสิ่งของหรือด้านจิตใจ และประการที่ 4 จะต้องช่วยให้ผู้รับได้บรรลุถึงจุดหมายที่เขาต้องการ

ระดับของแรงสนับสนุนทางสังคมมี 3 ระดับ ได้แก่

1. ระดับกว้าง (Macro Level) เป็นการพิจารณาถึงการเข้าร่วมหรือการมีส่วนร่วมในสังคม อาจวัดได้จากความสัมพันธ์กับสถาบันในสังคม การเข้าร่วมกับกลุ่มต่างๆ ด้วยความสมัครใจและการดำเนินวิถีชีวิตอย่างไม่เป็นทางการในสังคม เช่น การเข้าร่วมกลุ่มกิจกรรมต่างๆ ในสังคมชุมชนที่เขาอาศัยอยู่ อาทิ กลุ่มหนุ่มสาวพัฒนาหมู่บ้าน กลุ่มด้านภัยเอดส์ กลุ่มเลี้ยงสัตว์ปีก กลุ่มจักสาน กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร เป็นต้น

2. ระดับกลุ่มเครือข่าย (Mezzo Level) เป็นการมองที่โครงสร้างและหน้าที่ของเครือข่ายสังคมด้วยการพิจารณาจากกลุ่มบุคคล ที่มีสัมพันธ์ภาพอย่างสม่ำเสมอ เช่น กลุ่มเพื่อน กลุ่มบุคคลใกล้ชิด ในสังคมเสมือนญาติ ชนิดของการสนับสนุนในระดับนี้ ได้แก่ การให้คำแนะนำ การช่วยเหลือด้านวัสดุสิ่งของ ความเป็นมิตร การสนับสนุนทางอารมณ์ และการยกย่อง

3. ระดับแคบ หรือระดับลึก (Micro Level) เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของบุคคลที่มีความใกล้ชิดสนิทสนมกันมากที่สุด ทั้งนี้มีความเชื่อว่าคุณภาพของความสัมพันธ์มีความสำคัญมากกว่าปริมาณ คือ ขนาด จำนวน และความถี่ของความสัมพันธ์ หรือโครงสร้างของเครือข่าย แรงสนับสนุนในระดับนี้ ได้แก่ สามิ ภรรยา และสมาชิกในครอบครัวซึ่งมีความใกล้ชิดทางอารมณ์ ให้การสนับสนุนทางจิตใจแสดงความรักและห่วงใย (Affective Support)

จากการให้คำอธิบายดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอสรุปความหมายของ การสนับสนุนทางสังคม สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ว่าหมายถึง การสนับสนุนช่วยเหลือด้านต่างๆ ที่ผู้วิจัยและทีมงานมอบให้กับครัวเรือนตัวอย่างให้รับรู้ว่าได้ได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆ ได้แก่ การให้ความรู้เกี่ยวกับยุทธศาสตร์การบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือน ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นสื่อและเครื่องมือ สนับสนุนให้ผู้แทนครัวเรือนได้เรียนรู้และปฏิบัติ ตลอดจนการเสริมแรงทางด้านจิตใจ เช่น การให้กำลังใจ การตอบสนองความต้องการ ให้ผู้แทนครัวเรือนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติจนบรรลุถึงเป้าหมายของการวิจัยเกิดผลดีต่อครัวเรือน ชุมชนและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

5. แนวคิดทฤษฎีการควบคุมคุณภาพ

เมื่อกล่าวถึงการควบคุมคุณภาพ (Quality Controlling) เป็นที่แน่นอนว่าทุกองค์กรมีความต้องการที่จะดำเนินงานรวมไปถึงการทำการผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพ การที่องค์กรจะทำให้เกิดการจัดการงานที่มีคุณภาพได้นั้นควรมีการวางแผนและกำหนดออกมาเป็นนโยบายเพื่อให้ผู้ได้บังคับบัญชาได้ทราบว่าเขาคงทำงานอย่างไร ต้องรายงานการทำงานโดยตรงกับใครหรือการที่องค์กรสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานได้ก็จัดว่าองค์กรนั้นมีการจัดการที่มีคุณภาพ การควบคุมคุณภาพได้อาศัยหลัก 4 ประการ ของ วงจักรเดมิ่ง (Deming Cycle) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นการวางแผน (Planning – P) เป็นการกำหนดสิ่งที่ต้องการทำในอนาคต ทั้งนี้มีความจำเป็นจะต้องพิจารณาสภาพแวดล้อมโดยรวมและนำมาเป็นข้อมูลประกอบในการกำหนดแผน การวางแผนที่ดีช่วยให้สามารถคาดการณ์และดำเนินการในสิ่งที่ต้องการได้ในอนาคต อีกทั้งช่วยลดความเสี่ยงอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้จากปัจจัยการผลิตและส่งผลกระทบต่อการทำงาน

5.2 ขั้นลงมือทำเพื่อการแก้ไขปัญหา (Doing – D) เป็นการลงมือปฏิบัติการในวันนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการในอนาคตหรืออาจเป็นการลงมือเพื่อการเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงในวันนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อไปก็ได้ ทั้งนี้ต้องการดำเนินการไปตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้แล้วหรืออาจเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้บ้างในบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงไป

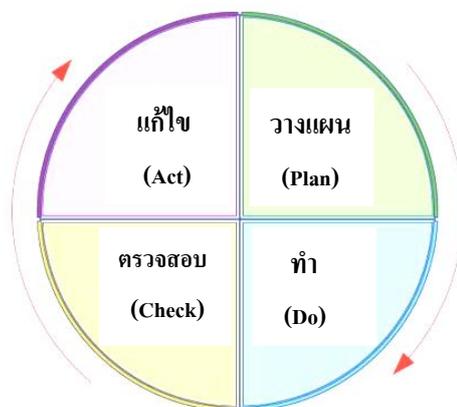
5.3 ขั้นตอนทำการตรวจสอบ (Checking – C) เป็นการตรวจตราเพื่อประเมินสิ่งที่ได้รับจากการดำเนินงานตามแผนหรือสิ่งที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้ผู้บริหารไม่อาจละเลยหรือมองข้ามไปเพราะการดำเนินงานจะบรรลุผลตามวัตถุประสงค์หรือไม่นั้นจะปรากฏในขั้นตอนนี้ สิ่งสำคัญผู้บริหารต้องรู้ว่าควรดำเนินการตรวจสอบ ควบคุม และประเมินในจุดใด

5.4 ขั้นนำผลไปปฏิบัติหรือการแก้ไขปัญหา (Acting – A) เป็นการดำเนินการให้เหมาะสมนั่นคือ ผลที่ได้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้หรือไม่ หากเป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ให้นำวิธีการหรือกระบวนการในการปฏิบัติงานนั้นมาเป็นมาตรฐานหรือบรรทัดฐานต่อไป แต่หากไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ควรนำข้อมูลที่รวบรวมไว้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อดำเนินการต่อไปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่น มองหาวิธีการหรือกระบวนการใหม่ที่คิดว่าดีกว่า การใช้ความพยายามให้มากกว่าเดิม การขอความช่วยเหลือจากที่ปรึกษา และการปรับเปลี่ยนเป้าหมายและวัตถุประสงค์ เป็นต้น

การจัดการโดยวิธีควบคุมคุณภาพมีจุดเน้นที่การควบคุมคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญซึ่งกลไกสำคัญของการควบคุมคุณภาพจะอยู่ที่การตรวจสอบผลิตภัณฑ์กับมาตรฐานที่ตั้งไว้โดยต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในทุกขั้นตอนการผลิตต้องมีการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลในการ

ผลิตโดยต้องฝึกอบรมผู้ดำเนินการผลิตและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานผลิตสินค้าและบริการเกี่ยวกับงานต่างๆ ให้ชำนาญ ทั้งนี้ ต้องทำรายงานเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพเพื่อให้ผู้บริหารแต่ละระดับชั้นในสายบริหารที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพได้รับทราบเป็นระยะเพื่อให้ทุกคนได้ใช้กิจกรรมควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร โดยมีหน่วยงานที่ควบคุมดูแลในเรื่องการควบคุมคุณภาพเป็นผู้ให้คำปรึกษาและสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะทำให้การควบคุมคุณภาพขององค์กรมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 หลักการแบบเดมมิง (Deming Cycle)

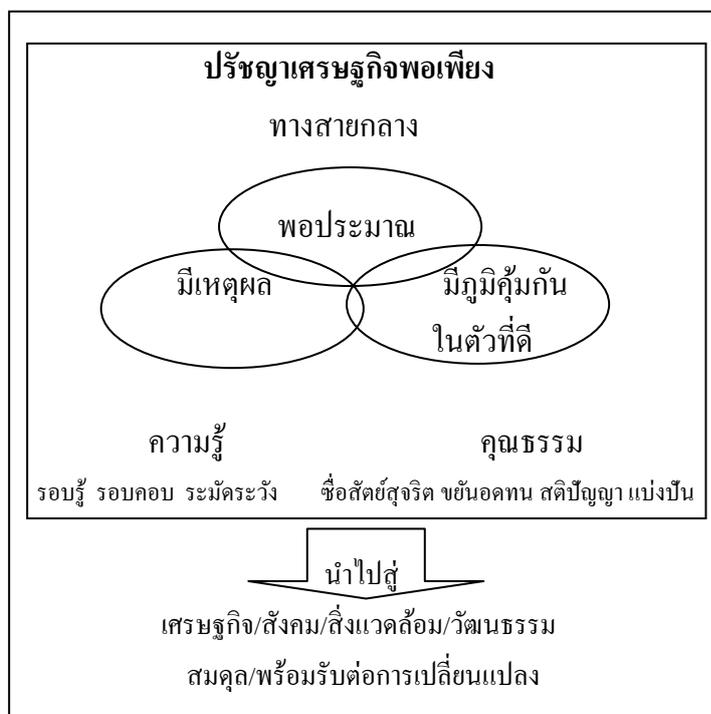


(มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553)

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

“เศรษฐกิจพอเพียง” เป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริสชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยมาโดยตลอดนานกว่า 25 ปี ตั้งแต่ก่อนเกิดวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจ และเมื่อภายหลังได้ทรงเน้นย้ำ แนวทางการแก้ไขเพื่อให้รอดพ้น และสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์และความเปลี่ยนแปลง โดยมีพื้นฐานมาจากวิถีชีวิตดั้งเดิมของสังคมไทย สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา และเป็นกรมองโลกเชิงระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มุ่งเน้นการรอดพ้นจากภัยและวิกฤติ เพื่อความมั่นคงและความยั่งยืนของการพัฒนา คุณลักษณะเศรษฐกิจพอเพียงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติได้ในทุกระดับ โดยเน้นการปฏิบัติบนทางสายกลาง และการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน คำนิยามความพอเพียงจะต้องประกอบด้วย 3 คุณลักษณะพร้อม ๆ กัน ดังภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.14 ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



(มูลนิธิชัยพัฒนา, 2550 : 8)

จากภาพที่ 2.15 มีองค์ประกอบและคำอธิบายดังนี้

1. ความพอประมาณ หมายถึง ความพอดีที่ไม่น้อยเกินไปและไม่มากเกินไป โดยไม่เบียดเบียนตนเองและผู้อื่น เช่น การผลิตและการบริโภคที่อยู่ในระดับพอประมาณ
 2. ความมีเหตุผล หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับระดับของความพอเพียงนั้น จะต้องเป็นไปอย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาจากเหตุปัจจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกระทำนั้น ๆ อย่างรอบคอบ
 3. การมีภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว หมายถึง การเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบ และการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตทั้งใกล้และไกล
- เงื่อนไข การตัดสินใจและการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับพอเพียงนั้น ต้องอาศัย ทั้งความรู้ และคุณธรรมเป็นพื้นฐาน กล่าวคือ

1. เงื่อนไขความรู้ ประกอบด้วย ความรอบรู้เกี่ยวกับวิชาการต่าง ที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน ความรอบคอบที่จะนำความรู้เหล่านั้นมาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน เพื่อประกอบการวางแผนและความระมัดระวังในขั้นปฏิบัติ

2. เงื่อนไขความธรรม ที่จะต้องเสริมสร้างประกอบด้วย มีความตระหนักในคุณธรรม มีความซื่อสัตย์สุจริต และมีความอดทน มีความพากเพียร ใช้สติปัญญาในการดำเนินชีวิต

เศรษฐกิจพอเพียง สามารถนำไปสู่เป้าหมายของการสร้างความมั่นคงในทางเศรษฐกิจได้ เช่น โดยพื้นฐานแล้วประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมเศรษฐกิจของประเทศจึงควรเน้นที่เศรษฐกิจการเกษตร เน้นความมั่นคงทางอาหาร เป็นการสร้างความมั่นคงให้เป็นระบบเศรษฐกิจในระดับหนึ่ง จึงจะเป็นระบบเศรษฐกิจที่ช่วยลดความเสี่ยง หรือความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจในระยะยาวได้ เศรษฐกิจพอเพียง สามารถประยุกต์ใช้ได้ทุกระดับ ทุกสาขา ทุกภาคของเศรษฐกิจไม่จำกัดเฉพาะแต่ภาคเกษตร หรือชนบท แม้แต่ภาคการเงิน ภาคอสังหาริมทรัพย์ และการค้าการลงทุนระหว่างประเทศ โดยมีหลักการที่คล้ายคลึงกันคือ เน้นการเลือกปฏิบัติอย่างพอประมาณ มีเหตุมีผล และสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ตนเองและสังคม

ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียจากโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่มีความสำคัญที่มักจะเกิดควบคู่กับการพัฒนาเศรษฐกิจและความเจริญก้าวหน้า ซึ่งเป็นปัญหาร่วมกันของทุกประเทศ กล่าวคือ การพัฒนาอย่างรวดเร็วปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและภาวะมลพิษก็ยิ่งก่อตัวและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบกับปัญหาดังกล่าวอยู่ในขณะนี้ ทั้งนี้เพราะการพัฒนาเศรษฐกิจในช่วงที่ผ่านมาได้ให้ความสำคัญกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ แต่ไม่ได้มีการวางแผนการจัดการที่เหมาะสมรองรับปัญหาที่จะเกิดขึ้นทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่เหลืออยู่มีสภาพเสื่อมโทรมลง และปัญหาต่างๆ ด้านสิ่งแวดล้อมก็เพิ่มขึ้น ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและระบบนิเวศ จึงทรงให้มี การดำเนินโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการที่จะทำนุบำรุงและปรับปรุงสภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้ดีขึ้นในด้านต่าง ๆ โดยในด้านการแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมนั้น ทรงเน้นงานการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของปัญหาน้ำเน่าเสียพระราชดำริ พระราชกรณียกิจ และโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ หลักการ "น้ำดีไล่น้ำเสีย" หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วย

การผสมผสานระหว่างพืชน้ำกับระบบการเติมอากาศ ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อบำบัด และวัชพืชน้ำบำบัด และ "กักหน้ำน้ำช้ำพัฒนา" ซึ่งมีสาระโดยสรุปดังนี้คือ

1. ทฤษฎี "น้ำดีไล่น้ำเสีย" ได้ทรงนำหลักการบำบัดน้ำเสียโดยการทำให้ออกซิเจนตามแนวทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ "น้ำดีไล่น้ำเสีย" โดยใช้หลักการตามธรรมชาติแห่งแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการใช้น้ำคุณภาพดีมาช่วยบรรเทาน้ำเน่าเสีย

2. การบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงสนพระราชหฤทัยในการปรับปรุงคุณภาพของแหล่งน้ำที่มีอยู่แล้ว เช่น บึงและหนองต่างๆ เพื่อทำเป็นแหล่งบำบัดน้ำเสีย โดยหนึ่งในจำนวนนั้นได้แก่ โครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีหลักการบำบัดน้ำเสียตามแนวทฤษฎีการพัฒนาโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา

3. การบำบัดน้ำเสียด้วยการผสมผสานระหว่างพืชน้ำกับระบบเติมอากาศ ในหนองหนองหาน จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นแหล่งรับน้ำเสียจากครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองสกลนครที่มีสภาพเกินขีดความสามารถในการรองรับของเสีย พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงทรงพระราชทานแนวพระราชดำริ ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยการผสมผสานระหว่างพืชน้ำกับระบบการเติมอากาศ ณ บริเวณหนองสนม-หนองหาน จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างวิถีธรรมชาติกับเทคโนโลยีแบบประหยัด โดยมีกรมประมงร่วมกับกรมชลประทานดำเนินการศึกษาและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในบริเวณดังกล่าว โดยมีระบบบำบัดด้วยพืชน้ำซึ่งเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิถีธรรมชาติในพื้นที่ 845 ไร่ และได้มีการก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2537

4. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อบำบัดและวัชพืชน้ำบำบัด โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี อันเนื่องมาจากชุมชนเมืองต่างๆ ยังขาดระบบบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะมูลฝอยที่ดีและมีประสิทธิภาพ จึงทรงให้มีการดำเนินการตามโครงการดังกล่าวขึ้นในพื้นที่ 1,135 ไร่ โดยเป็นโครงการศึกษาวิจัยวิธีการบำบัดน้ำเสีย กำจัดขยะมูลฝอยและการรักษาสภาพป่าชายเลนด้วยวิถีธรรมชาติ

5. กักหน้ำน้ำช้ำพัฒนา ในปัจจุบัน สภาพมลภาวะทางน้ำมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องกลเติมอากาศเพิ่มออกซิเจนเพื่อการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้วิธีทำให้ออกซิเจนสามารถละลายลงไปในน้ำเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและการเพาะตัวอย่างรวดเร็วของแบคทีเรียจนมีจำนวนมากพอที่จะทำลายสิ่งสกปรกในน้ำให้หมดสิ้นไปโดยเร็ว ตามแนวทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ "กักหน้ำน้ำช้ำพัฒนา" ซึ่งเป็นรูปแบบสิ่งประดิษฐ์ที่เรียบง่าย ประหยัด เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม และได้มีการนำไปใช้งานทั่วประเทศ

6. การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ ทรงมีพระราชดำริให้ทำการศึกษาทดลองวิจัยดูว่าจะใช้ปลาบางชนิดกำจัดน้ำเสียได้หรือไม่ ปลาเหล่านี้จะไปกินสารอินทรีย์ในบริเวณแหล่งน้ำเสีย ซึ่งปรากฏว่าปลาบางสกุลมีอวัยวะพิเศษในการหายใจ เช่น ปลากระดี่ ปลาสลิค เหมาะแก่การเลี้ยงในน้ำเสีย และชอบกินสารอินทรีย์ จึงช่วยลดมลภาวะในแหล่งน้ำ วิธีการนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดน้ำเสียได้ ซึ่งจะมีต้นทุนต่ำ และสามารถเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำได้อีกทางหนึ่ง (สำนักงาน กปร., 2533) ด้วยพระอัจฉริยภาพและพระปรีชาสามารถในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (The Food and Agriculture Organization; FAO) ได้ทูลเกล้าฯ ถวายเหรียญสดุดีพระเกียรติคุณในด้านการพัฒนาการเกษตร (Agricola Medal) แต่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2538 ในฐานะที่ทรงบำเพ็ญพระราชกรณียกิจอุทิศพระองค์ เพื่อประโยชน์สุขของปวงชนชาวไทย โดยเฉพาะผู้ซึ่งประกอบอาชีพเพาะปลูก บำรุงรักษาน้ำ และบำรุงรักษาป่า ซึ่งทรงยึดหลัก "สนับสนุนการพัฒนาแบบยั่งยืนเพื่อความมั่นคงในอนาคต" เป็นหลักปฏิบัติ เพื่อให้ประจักษ์ชัดเจนจากความสำเร็จในด้านการพัฒนา โดยองค์การฯ สดุดีพระองค์ว่า ทรงพระปรีชาสามารถเกี่ยวกับความยุติธรรมของสังคม ซึ่งได้ปรากฏเห็นเป็นตัวอย่างจากนโยบายเรื่องการแบ่งที่ดินทำกินเพื่อเกษตรกรและผู้ทำนุบำรุงรักษาป่า ทรงวิริยะอุตสาหะในเรื่องการกักเก็บน้ำให้เพียงพอเพื่อประกันผลผลิตอาหาร การอนุรักษ์สันปันน้ำและป้องกันการกัดเซาะผิวดิน ทรงสนับสนุนเผยแพร่การเกษตรสมบูรณ์ ซึ่งรวบรวมแหล่งน้ำเพื่อการเพาะปลูก และขยายพันธุ์สัตว์ให้เจริญเติบโตขึ้น ตลอดจนการบำรุงผิวดิน ทรงมีพระอุตสาหะอันสูงส่งในการสงวนรักษาพันธุ์พืช ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อมนุษยชาติในการค้นคว้าเรื่องอาหาร ทั้งนี้ เนื่องจากทรงมีสายพระเนตรอันกว้างไกลในการที่จะทำให้โลกปราศจากความหิวโหย และประชาชนมีอาหารเพียงพอ (สำนักงาน กปร., 2533 ; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542)

จากแนวคิดและทฤษฎีในการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำรินั้น เป็นงานที่ดำเนินการได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และสอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่และระบบนิเวศน์โดยรวมของธรรมชาติตลอดจน สภาพทางสังคมและชุมชนนั้นๆ หลายโครงการเมื่อคิดพิจารณาและศึกษาจนมีพระราชวินิจฉัยออกมาในท้ายที่สุดแล้ว นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องนั้นๆ ก็มักจะพบว่าเป็นเรื่องง่ายและธรรมดา จนไม่เคยมีผู้ใดคาดคิดมาก่อน ยอมรับกันโดยทั่วไปในหมู่นักพัฒนาและนักวิชาการว่าทรงโปรดที่จะทำสิ่งที่ยากให้กลายเป็นง่าย ทำสิ่งที่สลับซับซ้อนให้เข้าใจง่าย อันเป็นการแก้ไขปัญหาคด้วยการใช้ทวิสัยแห่งธรรมชาตินั่นเองเป็นแนวทาง การทำสิ่งที่ยากให้กลายเป็นง่ายนั้นเป็นของยาก เช่นเดียวกับการทำสิ่งที่ง่ายให้เป็นเรื่องยากนั้นเป็นของง่าย มีพระราชกระแสอยู่เนื่องๆ ถึงคำว่าทำให้ง่าย ซึ่งน่าจะตรงกับภาษาอังกฤษ ซิมพลิซิตี้ (Simplicity) ซึ่งเป็นหลักคิด สำคัญในทุกเรื่องและการพัฒนาเกือบทุกโครงการของพระองค์ นอกเหนือไปจากการ

ทำทุกอย่างให้ง่าย และไม่สลับซับซ้อนอันเป็นหลักและหัวใจสำคัญของการดำเนินงานแล้ว การนำความรู้จริงในความเป็นไปแห่งธรรมชาติและกฎเกณฑ์ของธรรมชาติมาใช้ในการ แก้ไขปัญหา และปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสถานะที่ไม่ปรกติให้เข้าสู่ระบบปรกตินั้น ก็นับว่าเป็นหลักการและแนวปฏิบัติที่สำคัญยิ่งอีกส่วนหนึ่งในการทรงงานของพระองค์ เช่น การนำน้ำดีขับไล่ น้ำเสีย หรือเจือจางน้ำเสียให้กลับเป็นน้ำดี ตามจังหวะการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติ โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักทฤษฎีอันลุ่มลึกภายใต้ความสำเร็จของโครงการพระราชดำริด้านการจัดการน้ำเสียเพื่อน้อมนำมาบูรณาการในด้านการออกแบบยุทธศาสตร์ให้ง่ายไม่ยุ่งยาก เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ในบริบท แต่แฝงไว้ด้วยหลักวิชาการอิงกระแสนความเป็นไปตามธรรมชาติ โดยประยุกต์หลักการของกังหันน้ำชัยพัฒนาที่ใช้การออกแบบยุทธศาสตร์การแก้ไขที่จุดกำเนิดของปัญหาโดยไม่ต้องมีสิ่งก่อสร้างที่จะต้องใช้งบประมาณมากจนไม่อาจดำเนินการได้ เป็นแบบอย่างของการใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การเลี้ยงจุนทรียไว้กินน้ำเสียจากการเดิมอากาศของกังหันชัยพัฒนา

ทฤษฎีการป้องกันไว้ก่อน

ทฤษฎีการป้องกันไว้ก่อน (Precautionary Principle) เป็นหลักการที่กำหนดให้ดำเนินการป้องกันไว้ล่วงหน้ากรณีที่พบว่าสิ่งใดเป็นภัยคุกคามที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดอันตรายหรือไม่ปลอดภัยก็จะกำหนดมาตรการจำกัดหรือห้ามดำเนินการ ถึงแม้จะยังไม่อาจพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนถึงสาเหตุที่เฉพาะเจาะจงก็ตาม เนื่องจากหากรอนกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนเทคนิคการวิเคราะห์จะพัฒนาจนทำให้พิสูจน์ได้อย่างชัดเจนแล้ว ผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะสาหัสเกินกว่าที่จะแก้ไขได้ หลักการนี้จึงให้ความสำคัญในการควบคุมกิจกรรมที่มีความเสี่ยงไว้ล่วงหน้า ซึ่งในอดีตเมื่อปี ค.ศ.1854 จอห์น สโนว์ ได้แนะนำให้ย้ายสถานีสูบน้ำในนครลอนดอนให้พ้นจากแหล่งที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยเป็นผลให้สามารถหยุดยั้งการระบาดของอหิวาตกโรคได้ โดยที่ในขณะนั้นยังไม่ทราบสาเหตุของการระบาดของโรคแต่อย่างใด และยังมีกรณีตัวอย่างอีกมากมายที่เกิดประโยชน์อย่างยิ่งจากการใช้มาตรการการป้องกันไว้ก่อน (World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology; COMEST, 2005 : 7) ในการวิจัยครั้งนี้การป้องกันไว้ก่อนนำมาใช้สร้างหน่วยระบบทำงานการป้องกันการเกิดน้ำเสียจากสารเคมีและสารอันตรายที่วิเคราะห์จากข้อมูลทางวิชาการและข้อมูลสภาพจริงแล้วพบว่ากิจกรรมการใช้น้ำในครัวเรือนมีความเสี่ยงที่สารเคมีและสารอันตรายจะปนเปื้อนลงไปในน้ำเสียจากครัวเรือนได้มาก ซึ่งเทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนที่มีใช้อยู่ของประเทศไทยในปัจจุบันไม่รองรับการบำบัดสารเคมีและสารอันตรายออกจากรน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นภาวะที่เสี่ยงและไม่ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต

และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง ในสถานการณ์เช่นนี้การใช้ทฤษฎีการป้องกันไว้ก่อนมาวางแนวทางการป้องกันสารเคมีและสารอันตรายไม่ให้ปนเปื้อนลงในน้ำเสียครัวเรือนตั้งแต่ขั้นตอนการใช้น้ำ จึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

โอกูดะและฮิงะ (Okuda & Higa, 1997) ทำการวิจัยเชิงทดลองด้วยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำเสียจากห้องสมุดมหาวิทยาลัยวิวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น พบว่าค่า pH ได้รับการบำบัดจนอยู่ในระดับปกติ ค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย (SS) จำนวนไนโตรเจนทั้งหมด และจำนวนฟอสเฟตทั้งหมด ได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นจนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยค่าบีโอดี ถูกบำบัดจาก 104.5 mg/l ลดลงเหลือ 2.76 mg/l คิดเป็นร้อยละ 93 ค่า ซีโอดี ลดลงจาก 34.10 mg/l เหลือ 5.02 mg/l คิดเป็นร้อยละ 20 ของแข็งแขวนลอย (SS) จาก 91.08 mg/l ลดลงเหลือ 1.98 mg/l (ร้อยละ 94) ไนโตรเจนทั้งหมดลดลง ร้อยละ 88 ฟอสเฟตทั้งหมดลดลงคิดเป็นร้อยละ 82 การลดลงของสิ่งเจือปนในน้ำเสียนี้เกิดจากย่อยสลายของจุลินทรีย์อีเอ็ม

ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ (Pairintra et al., 1994 : 66) รายงานการวิจัยทดสอบคุณภาพของจุลินทรีย์อีเอ็มที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องทดลองของมหาวิทยาลัย ผลการวิจัยพบว่า มีจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์เป็นไปตามที่ ศาสตราจารย์ ดร.เทรูโอะ ฮิงะ (1989) รายงานไว้ และพบว่าการใช้เทคโนโลยีอีเอ็มเป็นทางเลือกที่ดี และควรทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งาน

กีดี (Gede, 1994) วิจัยเชิงทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานลูกกวาด 2 แห่งในนครจาการ์ ประเทศอินโดนีเซียใช้อีเอ็มทดสอบในห้องทดลอง โดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มทดลองที่ไม่มีการปรับค่า pH และมีการปรับค่า pH ให้เท่ากับ 7.44 ในอัตราส่วนอีเอ็มต่อน้ำเสีย 1 ml/l จากนั้น 11 วันพบว่า ค่าซีโอดี ดังนี้ ในกลุ่มเปรียบเทียบ ลดลงร้อยละ 31 กลุ่มทดลองที่ไม่ปรับค่า pH ลดลงร้อยละ 76 กลุ่มมีการปรับค่า pH ลดลง ร้อยละ 80.30

เสงสุ และคณะ (Sangsoo et al., 1999) ทดลองอีเอ็มในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ขนาด 200-3,000 ตัว เปรียบเทียบที่อัตราส่วนอีเอ็มต่อน้ำเสีย 1 : 1,000 1 : 5,000 และ 1 : 10,000 ที่อุณหภูมิในช่วงฤดูร้อน (25-35 องศาเซลเซียส) และฤดูหนาว (10-15 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่า การทดลองในช่วงฤดูร้อนอีเอ็มทำการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าในช่วงฤดูหนาว และที่ความเข้มข้น

ของอีเอ็ม 1: 1,000 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุดใน รองลงมาเป็นความเข้มข้น 1:5,000 และ 1:10,000 ตามลำดับ

พลภัทร โตสัมพันธ์ (2551 : 1-3) ศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มก้อนดินเหนียว (EM Ball) ย่อยสลายโคลนเลนสกปรกและการบำบัดน้ำเสียในคลองธรรมชาติ 4 กรณีศึกษา และแหล่งน้ำเน่าเสียในชุมชนแออัด 1 กรณีศึกษา โดยใช้การทดลองแบบต่าง ๆ กัน ผลการทดลองสรุปได้ว่าจุลินทรีย์อีเอ็มก้อนดินเหนียวสามารถย่อยสลายโคลนเลนสกปรกให้ลดระดับลงได้จริง และส่งผลให้คุณภาพน้ำดีขึ้น โดยค่าความสกปรกในรูป บีโอดี ลดลงจาก 155 mg/l เหลือ 43.4 mg/l ค่า ซีโอดี ลดลงจาก 720 mg/l เหลือ 128 mg/l ชัลไฟด์ ลดลงจาก 5.3 mg/l เหลือ 0.5 mg/l จากเดิมไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) หลังการทดลองค่า DO เพิ่มขึ้นเป็น 1.3 mg/l

สุมาลี เหลืองสกุล และคณะ (2542) วิเคราะห์ชนิดและการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารในขยะและน้ำเสีย พบว่าจุลินทรีย์ที่ทำการทดลองทุกกลุ่มเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ เพื่อให้ 45 องศาเซลเซียส การแปรผันความชื้น ความเป็นกรดของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในสภาพการเพาะเลี้ยงแบบ Solid State พบว่า ความชื้นร้อยละ 60 pH เท่ากับ 7 เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีย ในขณะที่ความชื้นร้อยละ 80 pH 6-8 เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา

เชกเคอร์ราน (Sekeran et al., 2008) วิจัยประเมินผลจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม) สรุปว่าจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพย่อยสลายขยะจากครัวให้ผลผลิตเป็นปุ๋ยหมักคุณภาพสูง อินทรีย์สารเหล่านี้ช่วยบำรุงดินสำหรับเกษตรอินทรีย์ อีเอ็มช่วยปรับสภาพความเป็นพิษ ขจัดสิ่งสกปรกบำบัดของเสียที่ปนเปื้อนเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน สามารถใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้

สุดา อธิสุภรณ์รัตน์ และคณะ (2550 : 105) ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้ออกซิเจน โดยใช้วัสดุเหลือใช้ธรรมชาติ พบว่า การใช้เปลือกหอยแครงเป็นตัวกลางมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถรองรับอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ได้สูงถึง 21.04 กรัมต่อลิตรต่อวันที่ระยะเวลาพักที่ 16.10 ชั่วโมง บำบัด ซีโอดี ได้ร้อยละ 90 โดยมีการผลิตก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 49.10

เจนจิรา รุธิร โภ (2550 : 3) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่ต้นเหตุ โดยใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ผสมจุลินทรีย์อีเอ็ม (Effective Microorganism ; EM) จำนวน 6,000 ลิตร ให้ประชาชนจำนวน 1,200 ครัวเรือน ริมคลองสามัคคี จังหวัดปัตตานี ใช้เวลา 3 เดือนเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ 3 จุดที่ต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ จำนวน 3 รอบก่อนทดลอง ระหว่าง และหลังทดลอง ผลการศึกษาสรุปว่าน้ำในคลองมีค่า DO เพิ่มขึ้นทั้งต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ โดยเฉพาะต้นน้ำมีค่า DO มากกว่า 4 mg/l

โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดลดลง ประชาชนที่ร่วมทดลองส่วนใหญ่พึงพอใจในการใช้น้ำยาทำความสะอาดผสมอีเอ็ม

โพเมอร์รอย และ พาร์คเฮิร์สต์ (Pomeroy & Parkhurst, 1973 : 291) ศึกษาความเปลี่ยนแปลงของบีโอดีระหว่างการไหลไปตามระบบท่อระบายน้ำ พบว่าค่า บีโอดี ลดลงร้อยละ 26 หลังจากน้ำเสียพักตัวในท่อน้ำเสีย ในประเทศที่มีอุณหภูมิเหมาะสมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

โทมัส และคณะ (Thomas et al., 1985 : 13-19) ศึกษาค่าซีโอดีที่ละลายน้ำระหว่างที่น้ำเสียไหลไปตามท่อระบายน้ำพบว่าค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 24 ภายใน 3 ชั่วโมงในท่อระบายน้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

แมนนันด์ฮาร์ และ โชเดอร์ (Manandhar & Schroder, 1995 : 201-212) ศึกษาค่าซีโอดีในน้ำเสียระหว่างการไหลในท่อระบายน้ำเสียพบว่าค่า ซีโอดีลดลงร้อยละ 49-63 ที่อุณหภูมิ 29-33 องศาเซลเซียส

มูร์ตาซา (Murtaza M., 1996 : 7) ศึกษาการใช้ท่อน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เครื่องเติมออกซิเจนลงไปใต้น้ำเสีย ผลการวิจัยพบว่าค่าซีโอดีและค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 60 และร้อยละ 78 ตามลำดับในการทดลองบำบัดน้ำเสียในท่อเป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ความต้องการออกซิเจน 30 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ท่อน้ำเสียเป็นที่บำบัดน้ำเสียในระหว่างส่งน้ำเสียไปบำบัด

จากวรรณกรรมเหล่านี้มีความสอดคล้องกันว่ามีการสลายตัวค่อนข้างสูงของสารอินทรีย์ เช่นค่า BOD หรือค่า COD และการสลายตัวของสารอินทรีย์ในท่อระบายน้ำจึงเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วย ปัจจุบันความคิดเหล่านี้ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปในหมู่นักวิจัยสาขาวิชานี้เมื่อ ธอร์คิลด์ (Thorkild, 2002) ได้พิมพ์เผยแพร่หนังสือเรื่อง “วิศวกรรมกระบวนการท่อระบาย กระบวนการจุลินทรีย์ของระบบท่อระบาย” (Sewer Processes Microbial Process Engineering of Sewer Networks) จากการศึกษาที่ดำเนินการโดยอดีตผู้เชี่ยวชาญ TCSW ระยะเวลาที่กักตัวของน้ำเสียตั้งแต่แหล่งกำเนิดถึงระบบบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยของกรุงเทพฯ อยู่ที่ประมาณ 5 วัน ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากระบบท่อมีความลาดเอียงน้อยจึงเป็นผลให้มีการตกตะกอนในเส้นทางท่อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550 : 18) ดังนั้นในท่อระบายน้ำจึงเป็นแหล่งกักพักในการบำบัดน้ำเสียในระหว่างที่น้ำเสียไหลไปในท่อน้ำเสียที่มีระยะเวลาที่กักพักในท่อประมาณห้าวันจนทำให้สิ่งเจือปนในน้ำเสียลดลงก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสีย จากข้อมูลในปี 2548 ค่าบีโอดีเฉลี่ยของเท่ากับ 30.2 มล.ต่อลิตร ซึ่งเมื่อน้ำเสียจากครัวเรือนที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันจากครัวเรือน และได้รับการบำบัดในท่อระบายน้ำ

ระหว่างไหลสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ จะทำให้เหลือสิ่งเจือปนในน้ำเสียลดลงก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยน้ำทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

เนื่องจากการสร้างยุทธศาสตร์การพัฒนาการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนของเทศบาลเมืองตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ครั้งนี้ นอกจากจะสร้างยุทธศาสตร์ซึ่งเป็นแผนการอันชาญฉลาดที่จะทำให้หน่วยระบบทำงานที่มีประสิทธิภาพให้ในการจัดการน้ำเสียครัวเรือนให้ได้รับการบำบัดจนได้คุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายใต้ความพอเพียงของทรัพยากรที่มีอยู่ในบริบท การสร้างหน่วยระบบด้านการจัดการให้มีการนำยุทธศาสตร์ไปใช้โดยความร่วมมือกันปฏิบัติอย่างยั่งยืน ก็เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ปัจจัยที่พบจากการทบทวนวรรณกรรมซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างยุทธศาสตร์จากผลการศึกษานักวิจัยจำนวนมากพบว่า ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะคิด ค่านิยม ความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรม การผ่านประสบการณ์ การยอมรับและแพร่กระจายนวัตกรรม การรวมกลุ่มเครือข่าย มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมดังนี้

จิรพร แวงเพชร (2552) ทดลองใช้ชุดกิจกรรมการอนุรักษ์ป่าไม้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความรู้ความเข้าใจและความตระหนักต่อการอนุรักษ์ป่าไม้ของนักเรียนหลังใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนใช้ชุดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฑามาศ โกมลศิริสุข (2543 : 1) ศึกษาความรู้ ทักษะคิด และพฤติกรรมด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนในจังหวัดสุพรรณบุรีจำนวน 782 คน ก่อนและหลังดำเนินการอบรมและกิจกรรมรณรงค์ต่างๆ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการอบรมและกิจกรรมรณรงค์ต่างๆ มีความรู้ระดับสูงระดับทักษะคิดและพฤติกรรมอยู่ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

วรวิภา โรมรัตนพันธ์ (2543) ศึกษาเรื่องจิตสำนึกของประชาชนต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกรณีศึกษาความรู้ความเข้าใจของชาวกรุงเทพฯ ที่มีต่อเรื่องน้ำและน้ำเสียพบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ใกล้คลองจะมีความรู้เกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียได้ดีกว่ากลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ห่างจากคลอง

บรรชกร กล้าหาญ และรุ่งทิพย์ กล้าหาญ (2545) ศึกษาความตระหนักและพฤติกรรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักศึกษาโครงการปฏิรูปการศึกษาเกษตรเพื่อชีวิตพบว่าการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์ต่อความตระหนักต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และความตระหนักต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

บุญพร ต้นสันติ (2551 : 4) ศึกษาความตระหนักในบทบาทหน้าที่ของสมาชิกสหกรณ์ ออมทรัพย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำกัด พบว่าความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสหกรณ์ออมทรัพย์ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของสหกรณ์ออมทรัพย์มีผลต่อความตระหนักในบทบาทหน้าที่ของสมาชิก

ปรารธนา ตั้งประเสริฐ (2545 : 18) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบำบัดน้ำเสียระดับครัวเรือนของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองพะเยา พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ มีความสัมพันธ์กับความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย การศึกษาและการได้รับข่าวสารมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความรู้ และความรู้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้เกิดความตั้งใจ และนำไปสู่พฤติกรรมในการบำบัดน้ำเสียในที่สุด

ศุภพร ภู่เกษมวารงกูร (2552) รายงานการวิจัยเรื่องการนำนโยบายผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่ายของไทยไปปฏิบัติ : กรณีศึกษามลพิษทางน้ำ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่านโยบายบำบัดน้ำเสียตามหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย มีความสมเหตุสมผลและมีทฤษฎีรองรับเพียงพอ แต่เห็นว่าผลลัพธ์ของนโยบายล้มเหลว เพราะไม่สามารถเก็บค่าบำบัดน้ำเสียได้ตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังเห็นว่าองค์กรปกครองท้องถิ่นไม่ยอมรับนโยบายเพราะเห็นว่าไม่มีประโยชน์ และมีปัญหาด้านการปฏิบัติการ มีปัจจัยที่มีผลต่อการนำนโยบายผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่ายของไทยไปปฏิบัติ : กรณีศึกษามลพิษทางน้ำจำนวน 4 ปัจจัย คือ ความเข้าใจวัตถุประสงค์ของนโยบายของกลุ่มผู้รับบริการ แรงจูงใจให้องค์กรที่นำนโยบายไปปฏิบัติทำตาม การได้รับประโยชน์จากนโยบายของกลุ่มผู้รับบริการ และการมีทรัพยากรเพียงพอให้ผู้ปฏิบัติทำตาม

โจดี้ และคณะ (Jody et al., 1999) ศึกษาวิเคราะห์และสังเคราะห์โดยวิธีการมห-อภิมาน จากงานวิจัยด้านพฤติกรรมความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมจากงานในรอบสิบปี พบว่าความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจ กลวิธีดำเนินการ เจตคติ คำมั่นสัญญา และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

พอลล์ และคณะ (Paul et al., 1999 : 81-97) ได้วิจัยเชิงสำรวจพบว่า ความตระหนักต่อสถานการณ์สิ่งแวดล้อมมีผลส่งเสริมต่อพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

โดเลอส์ และคณะ (Dolores et al., 1999 : 62-71) พบว่า หลักสูตรการวิจัยแบบมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อมมีผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะและมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ฟลอเรียน และคณะ (Florian et al., 1999 : 1) รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมด้านนิเวศวิทยาว่าความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมค่านิยมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสามารถทำนายพฤติกรรมสิ่งแวดล้อมได้ร้อยละ 40 ความตั้งใจเกี่ยวกับพฤติกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสามารถทำนายพฤติกรรมสิ่งแวดล้อมได้ร้อยละ 75

คาลิว และคณะ(Khalil et al., 2007 : 67) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมสิ่งแวดล้อมของผู้નાในเขตเมือง กรณีศึกษาที่กรุงเตหะราน ประเทศอิหร่าน โดยใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ทางสถิติ (Path Analysis) พบว่า ระดับการศึกษาที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมและบรรทัดฐานด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งสองปัจจัยส่งผลกระทบต่อความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกฎหมายสิ่งแวดล้อมก็ส่งผลกระทบต่อความตั้งใจด้วยแล้วจึงส่งผลการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสิ่งแวดล้อมเป็นผลประการสุดท้าย

รายงานสภาพจริงที่มีอยู่ก่อน

การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ ได้แก่ เอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยวิธีการสำรวจ (Survey) การสังเกต (Observation) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interviews) พบว่าเทศบาลเมืองอุทัยธานีเป็นองค์กรปกครองท้องถิ่นที่กฎหมายกำหนดให้มีหน้าที่จัดการน้ำเสียภายในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยมีงานจัดการขยะและน้ำเสีย ฝ่ายบริหารงานสาธารณสุข กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เป็นส่วนราชการที่รับผิดชอบ พื้นที่รับผิดชอบ 8.2 ตารางกิโลเมตร มีอัตรากำลังรับพิชิตขอบดูแลด้านการจัดการน้ำเสีย ทั้งฝ่ายอำนวยการและฝ่ายปฏิบัติการ จำนวน 12 คน มีระบบท่อรวบรวมน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 50 ปัจจุบันกำลังดำเนินการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียมีแล้วเสร็จ ปี พ.ศ.2555 ระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อรวมน้ำเสียและน้ำฝนเข้าด้วยกัน ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมเป็นแบบบ่อฝิ่ง ระบบที่กำลังก่อสร้างใหม่ในพื้นที่เดิมเป็นแบบบ่อเติมอากาศ ซึ่งระบบรวบรวมน้ำเสียมีการขยายโครงข่ายท่อน้ำเสียเพิ่มเติมมากขึ้น แต่เนื่องจากได้รับงบประมาณน้อยกว่าแผนที่วางไว้ ทำให้ได้โครงข่ายเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 20 ส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงวางระดับระบบท่อเส้นทางเดิมสถานีต้นน้ำเสียและสถานีสูบน้ำเสีย ปัจจุบันมีท่อระบายน้ำขนาดต่างๆ ระยะทาง 24,762 เมตร ระยะทางของถนนทุกประเภทรวม 45,430 เมตร ปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณวันละ 5,804 ลูกบาศก์เมตร บำบัดได้ 2,499 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีจำนวนประชากรรวม 20,665 คน 5,042 ครัวเรือน (ศูนย์ข้อมูลข่าวสารกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมเทศบาลเมืองอุทัยธานี, 2553) จำนวนสมาชิกครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน (จำนวนสมาชิกครัวเรือนสูงสุด 10 คน ต่ำสุด 1 คน) รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนอยู่ระหว่าง 4,600-10,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 60 ของประชากรทั้งหมด การมีกรรมสิทธิ์ในที่อยู่อาศัยคิดเป็นร้อยละ 54 ที่เหลือเป็นการเช่าและเป็นผู้อาศัย ระดับการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมาจบชั้นประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษาตอนต้นคิดเป็นร้อยละ 44 การประกอบอาชีพพบว่าส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายคิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมา เป็นอาชีพรับจ้างคิดเป็น ร้อยละ 25 และอาชีพอื่นๆ เช่น รับราชการ ธุรกิจส่วนตัว

ปริมาณการใช้น้ำของครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีจากกองการประปาเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่บริการจ่ายน้ำประปาผ่านมาตรวัดน้ำให้ครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี จำนวน 5,042 ครัวเรือน ปริมาณน้ำที่จ่ายทั้งสิ้น 4,708 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

กิจกรรมการใช้น้ำในครัวเรือนอยู่อาศัย ได้แก่ กิจกรรมการใช้น้ำในการซักล้างทั่วไป เช่น การอาบน้ำ ล้างมือ ทำความสะอาดทั่วไปในครัวเรือน การซักผ้า ล้างรถ รดน้ำต้นไม้ การใช้น้ำในห้องสุขา การประกอบอาหารและล้างภาชนะในครัว เป็นต้น โดยจำแนกแหล่งกำเนิดน้ำเสียในครัวเรือนเทศบาลเมืองอุทัยธานีเป็น 3 กลุ่มกิจกรรม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 การใช้น้ำทั่วไป ได้แก่ การอาบน้ำล้างมือ การทำความสะอาดทั่วไปในบ้าน ซักผ้า ล้างรถ รดน้ำต้นไม้ และอื่น ๆ กลุ่มที่ 2 น้ำเสียจากห้องสุขา ซึ่งในจำนวนนี้มีการบำบัดเบื้องต้นโดยใช้บ่อเกรอะบ่อซึม ร้อยละ 89 ของครัวเรือนทั้งหมด การระบายน้ำเสียลงท่อเทศบาลร้อยละ 9.8 และระบายลงแม่น้ำโดยตรงร้อยละ 0.5 ของครัวเรือนทั้งหมด และกลุ่มที่ 3 น้ำเสียจากครัวและการล้างภาชนะ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในครัวเรือน เนื่องจากปลายท่อน้ำเสียที่ต่อออกจากครัวเรือนส่วนใหญ่ร้อยละ 95 เป็นระบบปิดอยู่ใต้ดินโดยเชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำของเทศบาลไม่สามารถทำการตรวจวัดได้โดยตรง จึงคำนวณตามหลักวิชาการบำบัดน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์, 2542 : 28; คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542 : 5-4) เป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำประปาที่ใช้ประมาณ 220 ลิตร/คน/วัน องค์ประกอบของน้ำเสียครัวเรือน ได้ข้อมูลจากการสุ่มสำรวจครัวเรือนที่มีท่อระบายน้ำเสียแบบเปิด ที่สามารถรองน้ำเสียครัวเรือนมาสังเกตได้ และส่งตรวจหาค่าความสกปรกในรูปต่างๆ ผลปรากฏว่า องค์ประกอบของน้ำเสียครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี ประกอบด้วยที่สังเกตได้ คือ ความขุ่น มีตะกอน เศษอาหาร ขยะ คราบไขมัน ฟองอากาศ สี และมีกลิ่นอับ และจากข้อมูลผลการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองอุทัยธานี รายงานว่าค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ประมาณ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) เท่ากับ 105 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.79 (คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542: 5-14)

การบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงท่อสาธารณะของเทศบาล พบว่า ครัวเรือนที่มีถังดักไขมันหรือตะแกรงดักขยะก่อนระบายน้ำทิ้งร้อยละ 45 ของครัวเรือนทั้งหมด แต่ขาดการดูแลรักษาทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการดักไขมัน ส่วนใหญ่ไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำเสียสู่ท่อระบายน้ำ ทั้งยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย การรับรู้เรื่องผลเสียจากปัญหาน้ำเสียอยู่ในระดับต่ำ จากการสังเกตพฤติกรรมกรใช้น้ำ การสัมภาษณ์เชิงลึกและสนทนากลุ่มผู้แทนครัวเรือน พบว่า มีการเทเศษอาหาร และของเหลือที่ไม่ต้องการแล้วลงท่อน้ำ มีเพียงร้อยละ 30 ของผู้แทนครัวเรือนที่แยกใส่ถุงไปทิ้งหรือเทรดตามพื้นที่กร้างข้างบ้าน ส่วนใหญ่ไม่เห็นความสำคัญของ

การบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน เพราะเห็นว่ามีระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว และเห็นว่าเป็นหน้าที่ของเทศบาล ผู้แทนครัวเรือนให้ข้อมูลว่าเคยเห็นบรรดาร้านอาหาร เช่น ร้านก๋วยเตี๋ยว ร้านขายอาหาร ที่น้ำเสียจากหม้อซุบที่เหลือและเศษอาหารลงท่อระบายน้ำเป็นประจำ จากการเดินสำรวจในพื้นที่ใกล้ร้านอาหาร พบว่า มีร่องรอยการเทน้ำเสียจากการประกอบกรและพบเศษขยะในบ่อพักน้ำเสีย ข้อมูลของเจ้าหน้าที่ชุดปฏิบัติการแก้ไขท่อระบายน้ำอุดตันของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแจ้งว่าเมื่อเกิดท่อระบายน้ำอุดตันในบ้านประชาชนเพราะมีไขมันและเศษขยะอุดตัน ประชาชนจะมีคำร้องให้เจ้าหน้าที่เทศบาลช่วยแก้ไข จากการออกปฏิบัติงานพบว่าบ้านที่ติดตั้งบ่อดักไขมันที่เป็นบ่อกอนกรีตเกือบทั้งหมดไม่มีการเปิดฝาเพื่อดักไขมันออกเลย ซึ่งฝาถูกปิดและตั้งวางสิ่งของทับไว้ และมีบางครัวเรือนที่เทคอนกรีตปิดถาวร สำหรับครัวเรือนที่มีถึงสำเร็จรูปพบว่ากว่าร้อยละ 50 มีปัญหากลิ่นเหม็นและมักพบปัญหาท่ออุดตัน จากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน(สุวัฒน์ หมั่นการนา, 2553, ตุลาคม 21) พบว่าประชาชนที่ใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปไม่ทราบวิธีใช้ที่ถูกต้องตั้งแต่วันเริ่มใช้ที่ ต้องมีการใส่เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เหมาะสม และไม่ทราบวิธีดูแลรักษาที่ถูกต้อง ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่แสดงให้เห็นว่า ประชาชนระดับครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ขาดความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักในการบำบัดน้ำเสียครัวเรือน และไม่มีการปฏิบัติเชิงป้องกันในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในครัวเรือนก่อนระบายลงสู่ท่อระบายน้ำ ถึงแม้ว่าบางครัวเรือนจะติดตั้งระบบบำบัดเบื้องต้นไว้แล้ว แต่ยังคงขาดการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ ทำให้น้ำเสียครัวเรือนส่วนใหญ่ยังคงไม่ได้รับการบำบัดเบื้องต้นจากครัวเรือน ซึ่งผู้วิจัยได้สัมภาษณ์และสนทนากลุ่มกับผู้แทนครัวเรือนที่ยังไม่มีถังดักไขมันและระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นดังกล่าว ในเรื่องถ้าหากจะติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นแบบติดกับที่ตามเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ ถังสำเร็จรูปหรือบ่อเกรอะ ซึ่งต้องใช้พื้นที่ก่อสร้างหรือติดตั้งและค่าใช้จ่ายเป็นเงินประมาณ 15,000 บาทต่อครัวเรือนผู้แทนครัวเรือนที่ปลูกสร้างบ้านเรือนไว้แล้วร้อยละ 90 ตอบว่าไม่มีพื้นที่เพียงพอติดตั้งถังสำเร็จรูป และถ้าติดตั้งจะต้องต้องทุบพื้นคอนกรีตซึ่งทำให้ทรัพย์สินเสียหาย ร้อยละ 80 ของผู้แทนครัวเรือนตอบว่าไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาความทุกข์ร้อนเกี่ยวกับน้ำเสียที่เกิดจากครัวเรือนที่ระบายลงสู่ท่อสาธารณะ จากการสอบถามประชาชนในครัวเรือนกลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีความทุกข์ร้อนเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นจากท่อระบายน้ำเสียของเทศบาล คิดเป็นร้อยละ 70 นอกจากนี้ยังมีปัญหาสุขภาพจากการที่ท่อระบายน้ำเสียเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์นำโรค เช่น ยุง หนู แมลงสาบ และมีน้ำเสียปนเปื้อนลงในแม่น้ำสะแกกรังและคลองยาง ทำให้แหล่งน้ำเปลี่ยนเป็นสีดำ ปลาที่ชาวบ้านเลี้ยงไว้ตายและเกิดมลพิษทางน้ำ

สภาพปัญหาน้ำเสียครัวเรือน พบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่มีกิจกรรมการใช้น้ำในครัวเรือน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมการใช้น้ำในการอาบน้ำ การซักล้างทั่วไป กิจกรรมการใช้น้ำในห้องน้ำ ห้องสุขา และกิจกรรมการใช้น้ำในการประกอบอาหารและล้างภาชนะในครัวเรือน ดังนั้น ปัญหาทุกครัวเรือนที่พบอย่างชัดเจน คือ มีน้ำเสียครัวเรือนจากกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ โดยเมื่อวิเคราะห์ระบบเพื่อจำแนกปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และผลผลิต (Output) ของหน่วยระบบน้ำเสียครัวเรือนพบว่า กิจกรรมการใช้น้ำมีผลทำให้น้ำดีกลายเป็นน้ำเสีย ดังนั้นเมื่อมีกิจกรรมที่นำสิ่งปนเปื้อนลงไปในน้ำจึงควรมีกระบวนการที่นำสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำเสียก่อนที่จะระบายออกจากครัวเรือน ซึ่งกระบวนการนำสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำนี้ เรียกว่า “การบำบัดน้ำเสีย” นั่นเอง และสำหรับปัญหาเป้าซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำเสียครัวเรือน คือ ขาดการบำบัดน้ำเสียที่ครัวเรือน ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมการใช้น้ำในการ ซักล้างทั่วไป เช่นการอาบน้ำ ล้างมือ การทำความสะอาดทั่วไปในครัวเรือน กิจกรรมการใช้น้ำในห้องน้ำห้องสุขา และกิจกรรมการใช้น้ำในครัวเพื่อการประกอบอาหารและล้างภาชนะ ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมีกระบวนการใช้น้ำที่นำสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในน้ำเสียครัวเรือนชนิดต่างๆกัน โดยพบว่า มีองค์ประกอบเชิงโครงสร้าง 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ 1) สิ่งปนเปื้อนในรูปของแข็ง เช่น เศษขยะ เศษอาหาร 2) สิ่งปนเปื้อนที่เป็นสารเคมี เช่น น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาซักล้าง สบู่ ยาสีพื้น เครื่องสำอาง ฯลฯ และ 3) สิ่งปนเปื้อนจำพวกอินทรีย์สาร เช่น คราบไขมัน น้ำมัน จุลินทรีย์ เป็นต้น

แนวคิดการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือน

กรมควบคุมมลพิษ (2553 : 35) รายงานว่ามีน้ำเสียระบายจากชุมชนวันละ 14 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียก่อนระบายลงแหล่งรับน้ำธรรมชาติซึ่งในภาพรวมของประเทศที่ยังไม่มีการจัดการให้มีการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ได้อย่างเพียงพอ ทำให้น้ำเสียชุมชนถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยไม่มีการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่มีแนวโน้มรุนแรงยิ่งขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2553 : 4) การสร้างยุทธศาสตร์การพัฒนาการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือน โดยประชาชนมีส่วนร่วมจึงเป็นทางเลือกที่มีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันที่เน้นการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำเสียตั้งแต่ตั้งแต่แหล่งกำเนิดน้ำเสียโดยประชาชนผู้ใช้น้ำมีความรู้ความเข้าใจ มีความตระหนัก และปฏิบัติในการป้องกันการก่อให้น้ำเสีย โดยจำเป็นต้องลดและหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนสารต่างๆ ในกิจกรรมการใช้น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอันตรายและสารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2545 : 15) การแยกขยะ และคัดไขมันออกจากน้ำเสีย และการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มช่วยลดค่าบีโอดี โดยการหมักอีเอ็มน้ำขาวขาวในระบบเดิมอีเอ็มที่พัฒนาขึ้นใหม่ที่

ใช้หลักการระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนประเภทเชื้อจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง ชนิด Anaerobic Filter Process (AF) ที่มีการเพิ่มตัวกลางเปลือกหอยแครงหรือเศษเซรามิกส์ และระบบ ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) โดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็มหมักน้ำชาข้าว เป็นน้ำเชื้อ (Seed) ในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนาในการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหากลิ่นเหม็นในถังดักไขมัน สำหรับการเลี้ยง เชื้อจุลินทรีย์ในการเพิ่ม Seed (กรมควบคุมมลพิษ, 2546 : 4-1) สู่ถังกรองเพื่อการทดลองเพิ่ม ประสิทธิภาพของระบบในขั้นวิจัยและพัฒนาให้ได้ยุทธศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการบำบัด น้ำเสียเชิงป้องกันทางชีวภาพของครัวเรือน (ศุภพร ภูเกษมวารงกูร, 2554, เมษายน 5) โดยเลือก พื้นที่ศึกษาวิจัยเป็นครัวเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี เนื่องจากมีปัญหาน้ำเสียที่ เกิดขึ้นแล้ว จากการที่แม่น้ำสะแกกรังที่เป็นแม่น้ำสายหลักของเมืองอุทัยธานีเกิดการเน่าเสียไปเมื่อปี พ.ศ. 2549 จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนอย่างยิ่งที่จะต้องรีบแก้ไข อีกทั้งมีขนาดของเมือง ลักษณะของ ประชากร ใกล้เคียงกับชุมชนเขตเมืองต่างๆ ไป ประกอบกับมีความเหมาะสมที่ผู้วิจัยจะสามารถ เข้าถึงข้อมูล และดำเนินการวิจัยเชิงทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 2.15 การใช้อีเอ็มหมักน้ำชาข้าวเพื่อเพิ่ม Seed แก่ถังกรองไร้อากาศ

