สาระการเรียนรู้ (สอดแทรกด้านคุณธรรม/จริยธรรม/จรรยาบรรณ/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง)

การจัดการน้ำเสีย

การสุขาภิบาล เป็นวิธีการทางสุขอนามัยของการส่งเสริมสุขภาพโดยผ่านการป้องกันมนุษย์มิให้สัมผัสกับภัยจากปฏิกูล เช่นเดียวกับการบำบัดและการกำจัดที่เหมาะสมของของเสียและน้ำเสีย. ภัยนั้นอาจเป็นทั้งตัวการของโรคทางกายภาพ, ทางจุลินทรีย์ชีวภาพ, ทางชีววิทยาหรือทางเคมี. ปฏิกูลที่สามารถก่อปัญหาสุขภาพได้ได้แก่ อุจจาระของมนุษย์หรือมูลของสัตว์, ปฏิกูลของแข็ง, น้ำทิ้งจากครัวเรือน(น้ำเสีย, สิ่งโสโครก, ปฏิกูลอุตสาหกรรม และปฏิกูลเกษตรกรรม. วิธีการทางสุขอนามัยในการป้องกันอาจเป็นการใช้วิธีการทางวิศวกรรม (เช่น การบำบัดน้ำเสีย, การบำบัดสิ่งปฏิกูล, การระบายน้ำท่วมจากพายุ, การจัดการปฏิกูลของแข็ง, การจัดการอุจจาระ), เทคโนโลยีเรียบง่าย (เช่น ส้วมหลุม, ส้วมแห้ง, UDDT, และถังเกรอะ) หรือแม้แต่การปฏิบัติสุขลักษณะส่วนตัวง่ายๆ (เช่นการล้างมือด้วยสบู่, การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม).

องค์การอนามัยโลกระบุว่า

> “การสุขาภิบาลโดยทั่วไปหมายถึงการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกและการบริการสำหรับการกำจัดที่ปลอดภัยของปัสสาวะและอุจจาระของมนุษย์. การสุขาภิบาลที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคทั่วโลกและการปรับปรุงการสุขาภิบาลเป็นที่รู้จักกันว่าจะมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพทั้งในครัวเรือนและในทั้งชุมชน. คำว่า 'การสุขาภิบาล' ยังหมายถึงการบำรุงรักษาของสภาพทางสุขอนามัย, ผ่านการบริการเช่นการเก็บขยะและการกำจัดน้ำเสีย”

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีหลายวิธี โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมี 3 วิธีคือ

1. กระบวนการทางเคมี (chemical process) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสารต่าง ๆ หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่บำบัด เช่น โลหะหนัก สารพิษ สภาพความเป็นกรด ด่างสูงๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยาซึ่งจะมีประโยชน์ในการแยกสาร แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เมื่อเติมสารเคมีลงในน้ำเสียแล้ว ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีค่อนข้างสูง ดังนั้นกระบวนการทางเคมีจะเลือกใช้ก็ต่อเมื่อน้ำเสียไม่สามารถบำบัดได้ด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือชีวภาพ

การทำให้เกิดตะกอน (precipitation) อาศัยหลักการเติมสารเคมีลงไปทำปฏิกิริยาทำให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา โดยทั่วไปสารแขวนจะมีประจุลบ ดังนั้นสารเคมีที่เติมลงไปจึงเป็นประจุบวกเพื่อทำให้เป็นกลาง การแยกด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงแต่ก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ดังนั้นวิธีนี้จะเลือกใช้ต่อเมื่อไม่สามารถ แยกได้โดยกระบวนการทางชีวภาพหรือกายภาพ

โดยส่วนมากสารเคมีที่ทำให้เกิดตะกอนจะละลายน้ำ เช่น เกลือของสารประกอบต่างๆ เช่น เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต หรือสารส้ม (Al2(SO4)) เกลือเหล็ก (FeCl3, FeSO4) และเกลือของแคลเซียม (Ca(OH)2) ส่วน

เกลือที่นำมาช่วยในการเกิดตะกอนได้ดียิ่งขึ้นนี้เป็นสารประกอบของ กลุ่ม Activated ของ Silica และ Polyelectrolytes โดยกระบวนการทางเคมีมีหลายวิธี

การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (chemical oxidation) อาศัยหลักการเสียอิเล็กตรอนของอะตอม ให้แก่สารเคมีที่เติมลงไปในน้ำเสียโดยสารเคมีนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ส่วนมากวิธีนี้จะนิยมใช้เปลี่ยนโมเลกุลของโลหะที่เป็นพิษ เช่น การเปลี่ยน Fe^{2+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็นสาร Fe^{3+} ซึ่งมีพิษน้อย ด้วยคลอรีน ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\boxed{2Fe^{2+} + Cl_2 \longrightarrow 2\,Fe^{3+} + 2Cl^-}$$

การเกิดรีดักชันทางเคมี (chemical reduction) เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารพิษไปเป็นสารที่มีอันตรายน้อยลง อะตอมหรืออิออน ของสารพิษจะรับอิเล็กตรอนจากสารเคมีที่เติมลงไปซึ่งมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) เช่น การเปลี่ยน Cr^{6+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็น Cr^{3+} ด้วย เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ในสภาพที่เป็นกรด ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\boxed{6\,FeSO_4 + 2\,CrO_3 + 6\,H_2SO_4 \longrightarrow 3\,Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O}$$

การสะเทิน (neutralization) เป็นการเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียให้มีฤทธิ์เป็นกลาง ($pH = 7$) ถ้าต้องการปรับค่าน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด ($pH < 7$ ในน้ำเสียให้สูงขึ้นต้องเติมสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนกรณีถ้าต้องการปรับน้ำเสียมีฤทธิ์เป็นด่าง ($pH > 7$) ให้มีค่า pH ต่ำลงจะต้องเติมกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดเกลือและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2. กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) กระบวนการทางชีววิทยา (biological process) เป็นการอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ดีที่สุดในแง่ของการลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แต่หลักการนี้เลือกสภาวะแวดล้อมให้เหมาะกับการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสัมพันธ์กับปริมาณของจุลินทรีย์ และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย แบคทีเรียที่เลือกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นพวกไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria)

3. กระบวนการทางกายภาพ (physical process) กระบวนการทางกายภาพ (physical process) เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายซึ่งจะแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก วิธีนี้จะแยกตะกอนได้ประมาณ 50-65% ส่วนเรื่องการแยกความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD_5) ประมาณ 20-30% เท่านั้น วิธีการต่าง ๆ ในกระบวนการนี้มีหลายวิธี เช่น การดักด้วยตะแกรง (screening) เป็นการแยกเศษขยะต่าง ๆ ที่มากับน้ำเสีย เช่น เศษไม้ ถุงพลาสติก กระดาษ ตะแกรงมีหลายขนาด การดักด้วยตะแกรงจึงเป็นการแยกขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย การตัดย่อย (combination) คือ การใช้เครื่องตัดทำลายเศษขยะขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง การกวาด (skimming) เป็นการกำจัดนำมันและไขมันโดยทำการดักหรือกวาดออกจากน้ำเสีย การทำให้ลอย (floating) จะใช้

กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ การตกตะกอน (sedimentation) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยหลักการเรื่องแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

4. กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physical-chemical process) เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว เช่น กระบวนการดังต่อไปนี้

4.1 การดูดซับด้วยถ่าน (carbon adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

4.2 การแลกเปลี่ยนประจุ วิธีการนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

วิธีการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปการบำบัดน้ำทิ้งแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นดังนี้

1. การบำบัดขั้นเตรียมการ (preliminary treatment) เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยการใช้ตะแกรง (Screens)

2. การบำบัดขั้นต้น (primary treatment) น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนจากข้อที่ 1 แล้ว จะถูกนำมาตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่ง เรียกว่า primary sludge การบำบัดในขั้นนี้จะลดค่า BOD ได้ประมาณ 25-40% แล้วแต่คุณลักษณะของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

3. การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) น้ำเสียจากข้อ 2 จะถูกนำเข้าไปสู่ถังเติมอากาศ ซึ่งจะมีการเติมอากาศให้แก่แบคทีเรียโดยใช้เครื่องเติมอากาศ แบคทีเรีย ช่วยย่อยสลายและกำจัดสารอินทรีย์หรือ BOD ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ ออกไปจากน้ำ กลายเป็นตะกอน ตกลงไปที่ก้นถังกากตะกอนในส่วนนี้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป น้ำในส่วนบนของถังตกตะกอนจะใสขึ้น ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่า BOD ลงได้ประมาณ 75-95% ซึ่งค่า BOD ของน้ำส่วนนี้จะต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้แต่ถ้าต้องการความสะอาดเหมาะแก่การนำกลับมาใช้ใหม่เข้าสู่การบำบัดขั้นที่ 3 ต่อไป

4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) ต้องการความบริสุทธิ์สะอาดสามารถนำกลับมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ กระบวนการบำบัดนี้จึงเป็นกระบวนการเคมีรวมกับฟิสิกส์ - เคมี น้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นตอนที่สอง จะถูกนำมาตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยกระบวนการทาง ฟิสิกส์ -เคมีด้วยวิธีการ ion exchange ซึ่งจะได้น้ำที่สะอาดเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะได้น้ำที่สะอาด

หลักการจัดการน้ำเสีย

หลักการจัดการน้ำเสียที่สำคัญได้แก่การนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัย โดยทั่วไปการจัดการน้ำเสียจะประกอบด้วย

1. การรวบรวมน้ำเสีย (collection)
2. การบำบัดน้ำเสีย (treatment)
3. การนำกลับมาใช้ประโยชน์ (reuse and reclamation)

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมีการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ในการจัดการเรื่องระบบน้ำเสีย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการถ่ายเทน้ำเสียในปริมาณมากออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่นโรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตอาหารทางการเกษตร จะมีการจัดการเรื่องระบบบำบัดซึ่งต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ ดังนั้นระบบบำบัดจึงเหมาะสำหรับเป็นระบบบ่อชนิดต่าง ๆ ทั้งมีการใช้ออกซิเจนและไม่มีการใช้ออกซิเจน

บ่อบำบัดที่ใช้ออกซิเจนที่อาศัยหลักการธรรมชาติและง่ายที่สุด เช่น ระบบ บ่อผึ่ง (oxidation pond)นอกจากนี้ยังมี บ่อเติมอากาศ (aerated Lagoon) บ่อที่มีออกซิเจน (aerobic pond) บ่อบำบัดที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น บ่อหมัก (anaerobic pond) บ่อบำบัดทั้งสองประเภทจะเป็นรูปบ่อเดียวหรือหลายบ่อต่อเป็นอนุกรมก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาณของน้ำเสียที่จะทำการบำบัด

ระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้อาศัยการทำงานของแบคทีเรียและสาหร่าย บ่อเหล่านี้ยังให้ผลพลอยได้ เช่น จะให้ก๊าซมีเทนมาใช้หุงต้มอาหาร แต่มีข้อจำกัดที่ใช้เนื้อที่ขนาดใหญ่และการทำงานจะดียิ่งขึ้นถ้าบริเวณนั้นมีแสงแดดมาก

ดังนั้นระบบแบบนี้จึงเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุนและค่าใช้จ่าย ระบบบำบัดที่ใช้พื้นที่น้อย ระบบบำบัดในกลุ่มนี้ก็มีมากมายหลายชนิดให้เลือก มีรูปแบบและลักษณะที่แตกต่างกันออกไปเริ่มจากระบบตะกอนแขวนลอย (activated sludge, AS) ที่ต้องใช้เครื่องจักรกลมากที่สุดและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่มีคุณภาพในการจัดการสูง ระบบตะกอนยึดติดวัสดุ (Trickling Filter, TF) ระบบคลองวนเวียน (oxidation ditch) ระบบจานหมุน (rotating biological contractors) ระบบบำบัดในกลุ่มนี้ ออกแบบยากกว่า ผู้ดูแลจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจจึงจะเกิดประสิทธิภาพ

โดยสรุประบบบำบัดน้ำเสียโดยชีวภาพที่นิยมในประเทศไทยมีด้วยกัน 5 ระบบได้แก่

การบำบัดโดยชีวภาพ ที่นิยมใช้ในประเทศไทยมี 5 ระบบ ได้แก่

ระบบเอเอส (Activited Sludge - AS)
ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch - OD)
ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors - RBC)
ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond)
ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

จากการสำรวจโดยกรมควบคุมมลพิษทางน้ำจากโรงงานทั่วประเทศไทยใน ปี ค.ศ. 2001 มีทั้งหมด 83 โรงงานภายใต้การจัดการเรื่องระบบบำบัดน้ำเสีย

การกำจัดไขมัน

การดูแลถังดักไขมัน การทำงานของถังดักไขมันมีหลักการง่ายๆ คือ การใช้วิธีแทนที่ของน้ำ คือ น้ำที่อยู่ในถัง จะถูกแทนที่จากน้ำที่ทยอยไหลเข้าไปและต้อง ให้น้ำในถังมีเวลาพอที่แยกไขมันกับน้ำดี ออกจากกัน จึงจำเป็นต้องมีแผงกั้นตรงกลาง ระหว่างถังเพื่อลดความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน เข้ามา ไม่ให้กระทบกับการแยกตัวของน้ำ กับไขมันให้มากที่สุด ดังนั้นถังดักไขมันยิ่ง ใหญ่ ยิ่งมีประสิทธิภาพมาก

ถังดักไขมันแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

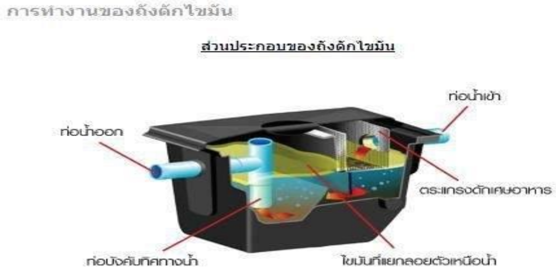
1. ตะแกรงดักเศษอาหาร จะช่วยกรองเศษอาหาร และสิ่งสกปรกต่าง ๆ เป็นการลด ความสกปรกในขั้นแรก

2. ส่วนแยกไขมันของน้ำ น้ำที่ผ่านการกรองเศษอาหารจะไหลผ่านไปอีกช่องหนึ่งของถัง ด้วยการออกแบบที่เหมาะสมตามทิศทางการไหลของน้ำจะมีประสิทธิภาพในการแยกและสกัด ไขมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ

3. ท่ออ่อนระบายไขมัน เมื่อไขมันถูกแยกจากน้ำที่สะสมอยู่ภายในตัวถัง ในระยะเวลา 7-10 วัน ก็สามารถระบายไขมันออกทางท่ออ่อนลงถุง เพื่อนำไปทิ้งต่อไป

น้ำทิ้งจากที่พักอาศัย ร้านค้า ร้านอาหาร ที่ผ่านกระบวนการของถังดักไขมัน จึงเป็นน้ำ ที่ได้มาตรฐานสามารถระบายลงแหล่งน้ำสาธารณะได้โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษแต่อย่างใด

การติดตั้งถังดักไขมัน ควรวางไว้ใกล้กับอ่างล้างจาน และเดินท่อน้ำเสียจากอ่างล้างจาน มาเข้าถังดักไขมันเดินท่อน้ำทิ้งจากถังดักไขมันไปยังรางระบายน้ำสาธารณะ ความลาดเอียงของท่อ เท่ากับ 1:100

การดูแลรักษาถังดักไขมัน ควรนำตะกร้าดักเศษอาหารทิ้งทุกวัน เพื่อไม่ให้เศษอาหาร เกิดการบูดเน่า ควรระบายไขมันที่ลอยอยู่ออกทางท่อระบายไขมัน ทุก 7-10 วัน หรือตักไขมันออก ควรล้างถังดักไขมันทุก 4-5 เดือน โดยการถอดวาล์วที่ก้นถังออก