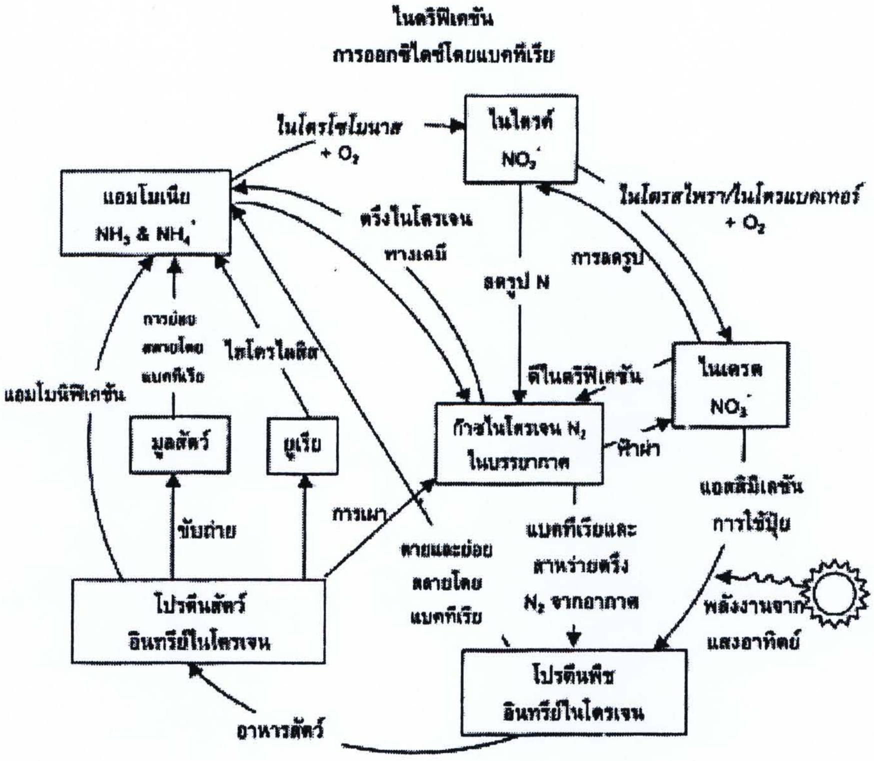
ทบทวนเอกสาร

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นแหล่งของออกซิเจนสำหรับระบบหายใจ แหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและพลังงานในการดำรงชีวิต รองรับคาร์บอนไดออกไซด์และสิ่งขับถ่าย ควบคุมอุณหภูมิร่างกายของสัตว์น้ำ และอาจรวมถึงในกรณีที่เป็นแหล่งสะสมของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคกับสัตว์น้ำในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นหากคุณภาพน้ำอยู่ในสภาพไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต หรืออาจรวมถึงการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำ ไม่ได้คุณภาพหรือเกิดความสูญเสีย โดยปกติคุณภาพน้ำในบ่อระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความหนาแน่นของสัตว์น้ำ อัตราการให้อาหาร พฤติกรรมการกินอาหาร การสะสมของเศษอาหารที่เหลือ เป็นต้น รวมทั้งสิ่งแวดล้อมโดยรอบบ่อเลี้ยง เช่น ความสั่นสะเทือนของอุปกรณ์เครื่องจักรในบริเวณใกล้เคียง มีการเคลื่อนไหวโดยรอบหรือใกล้เคียงบ่อยมากจนสร้างความเครียดให้กับสัตว์น้ำได้ เป็นต้น และรวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก ดังนั้นหากไม่มีระบบการจัดการคุณภาพน้ำที่ดีอาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น สัตว์น้ำเกิดความเครียด ไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยลงทำให้มีเศษอาหารตกค้าง สัตว์น้ำไม่โต โตช้า โตไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการของตลาด สุภาพอ่อนแอ ความต้านทานโรคน้อย ติดโรคง่าย ไม่ผสมพันธุ์ จำนวนไข่และน้ำเชื้อน้อยกว่าที่ควร ไข่ที่ได้รับการผสมไม่ฟักตัว ตัวอ่อนที่ได้มีจำนวนน้อยและไม่แข็งแรง หรือหากมีความรุนแรงมากอาจทำให้สัตว์น้ำตายทั้งระบบการเลี้ยงเลยก็อาจเป็นได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

สารประกอบไนโตรเจนเป็นตัวแปรหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นควบคู่กับการเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน และกรดนิวคลีอิค จำเป็นต้องมีในสัดส่วนที่เหมาะสมของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เมื่อสัตว์น้ำกินอาหารแล้วขับถ่ายสารประกอบไนโตรเจนออกสู่น้ำในบ่อเลี้ยง ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนสามารถอยู่ในรูปของสารประกอบได้หลายรูป และสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาตามสภาวะแวดล้อมที่มีและไม่มีออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงได้ ในลักษณะของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ตามความสัมพันธ์ของวัฏจักรไนโตรเจนดังแสดงในรูปที่ 1 สารประกอบไนโตรเจนในน้ำ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic - nitrogen compounds) เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค จากส่วนประกอบของพืชและสัตว์ ในอุจจาระและปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ เป็นต้น

2. สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic - nitrogen compounds) เช่น สารประกอบแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia - nitrogen compounds) สารประกอบไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite - nitrogen compounds) สารประกอบไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate - nitrogen compounds)



รูปที่ 1 วัฏจักรไนโตรเจน
ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2544)

สารประกอบไนเตรทในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ ซากของสัตว์น้ำที่ตากระหว่างการเลี้ยง เศษอาหารเหลือที่กินไม่หมด และตะกอนของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นเป็นระยะเวลาเวลานาน จุลินทรีย์พวกเฮทเทอโรโทรฟ (Heterotroph) ที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีสและฟังไจ ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) โดยเปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย จากนั้นแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนรูปต่อไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถออกซิไดซ์แอมโมเนีย (Ammonia oxidizing bacteria) แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์โดยเชื้อ *Nitrosomonas* sp. และการเปลี่ยนรูปจากไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท โดยเชื้อ *Nitrobacter* sp. ดังสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}\text{ sp.}} 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \qquad (1)$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}\text{ sp.}} 2NO_3^- \qquad (2)$$

โดยปกติไนเตรทที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำน้อยมาก เนื่องจากไนเตรทที่ปนเปื้อนถือได้ว่าไม่เป็นพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายกับสัตว์น้ำโดยตรง แต่เป็นตัวกระตุ้นสาหร่ายและพืชน้ำเจริญอย่างรวดเร็ว (Algae Bloom หรือ Eutrophication) เนื่องจากในเวลากลางคืนแพลงค์ตอนพืชไม่มีการสังเคราะห์แสง แต่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในบ่อจึงลดลงหรือไม่มีเลย ทำให้เกิดการขาดออกซิเจนเป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำตายได้ และในกรณีที่แพลงค์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงตายจะเกิดการย่อยสลาย ซึ่งส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดลงจนเกิดสภาพขาดออกซิเจนเป็นสาเหตุให้สัตว์น้ำตายได้เช่นกัน

ในสภาวะไร้ออกซิเจน ไนเตรทสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปเป็นไนไตรท์ ซึ่งมีความเป็นพิษต่อเลือดของสัตว์น้ำ สามารถออกซิไดซ์เฟอร์รัสไอออน(Fe^{2+}) ของฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเลือดเป็นเฟอร์ริกไอออน(Fe^{3+}) เปลี่ยนจากฮีโมโกลบินเป็นเมธีโมโกลบิน (Methaemoglobin) หากมากเลือดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือ โรคเลือดน้ำตาล (Brown blood disease) ความสามารถในการรับออกซิเจนน้อยลง เลือดมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าปกติ (Hypoxia) ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน โรคเลือดน้ำตาลที่พบในปลา เมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้าไปในเหงือกของปลา ทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนทางช่องเหงือกลดลง และกรณีที่ไนเตรทเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย เมื่อน้ำมีความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิสูงขึ้นแอมโมเนียจะอยู่ในรูปอันไอออนไนซ์(Unionized ammonia, NH_3)ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมากกว่ารูปไอออนไนซ์(Ionized ammonia, NH_4^+) เป็นสาเหตุทำให้เกิดการระคายเคือง โดยเฉพาะบริเวณเหงือก ซี่เหงือกจะเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้น (Hyperplasia) และเชื่อมติดกันทำให้ปลาไม่สามารถแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนกับน้ำได้เต็มที่

การบำบัดน้ำเสีย (Waste Water Treatment) หมายถึงการดำเนินการเปลี่ยนสภาพของเสียในน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้น ๆ ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้ 3 ประเภท คือ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี และการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (http://www.panyathai.or.th)

1) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Wastewater Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ เป็นการใช้หลักการทางกายภาพ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเหวี่ยง แรงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น เพื่อกำจัดหรือขจัดเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสีย โดยเฉพาะสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ จึงนับเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียขั้นแรกที่ถูกนำมาใช้ก่อนที่น้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดขั้นต่อไป จนกว่าจะมีคุณภาพดีพอที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีหลายวิธีได้แก่ การกรองด้วยตระ แกรง การทำให้ลอย การตัดย่อย รางดักกรวดทราย การปรับสภาพการไหล การแยกด้วยแรงเหวี่ยง การตกตะกอน และการกรอง เป็นต้น

1.1 การกรองด้วยตระแกรง (Screening) เป็นการดักเศษอาหารต่าง ๆ จำพวกเศษไม้ เศษกระดาษ ผ้า พลาสติก ที่ไหลมากับน้ำเสีย

1.2 การทำให้ลอย (Flotation) เป็นการแยกของแข็งที่ตกะกอนได้ยากหรือมีลักษณะครึ่งจมครึ่งลอยหรือมีน้ำหนักเบาออกจากส่วนที่เป็นของเหลวโดยใช้ฟองอากาศเป็นตัวยกสิ่งสกปรกให้ลอยสูงขึ้นสู่ผิวของของเหลวกลายเป็นฝ้า ซึ่งกวาดออกหรือตักออกโดยใช้คนหรือเครื่องมือกล

1.3 การตัดย่อย (Comminution) การตัดย่อย เป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของของแข็งให้มีขนาดเล็กลงและมีขนาดสม่ำเสมอ มักเป็นของแข็งที่เน่าเปื่อยได้ เช่น เศษเนื้อ กระดูกหมู กระดูกไก่ เป็นต้น

1.4 รางดักกรวดทราย (Grit Chamber) รางดักกรวดทรายเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกเอาของแข็งที่น้ำหนักมาก เช่นกรวดทราย เศษโลหะ เศษไม้ เศษกระดูก เป็นต้น ออกจากน้ำเสีย

1.5 การปรับสภาพการไหล (Flow Equalization) เป็นการเก็บกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเสียซึ่งไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความสม่ำเสมอและต่อเนื่องและทำให้ความเข้มข้นของสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำเสียมีค่าคงที่และสม่ำเสมอ

1.6 การตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนเป็นการแยกเอาของแข็งที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำออกจากน้ำเสียโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก

2) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Wastewater Treatment)

การบำบัดด้วยวิธีทางเคมี เป็นการใช้สารเคมีหรือการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อบำบัดน้ำเสีย โดยมีวัตถุประสงค์

2.1 เพื่อรวมตะกอนหรือของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสียให้มีขนาดโตพอที่จะตกตะกอนได้ง่าย ซึ่งเรียกตะกอนดังกล่าวว่า Floc และกระบวนดังกล่าวว่า การสร้างตะกอน (coagulation) และการรวมตะกอน (flocculation)

2.2 เพื่อให้ของแข็งที่ละลายในน้ำเสียให้กลายเป็นตะกอน หรือทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ เรียกกระบวนดังกล่าวว่า การตกตะกอนผลึก (precipitation)

2.3 เพื่อทำการปรับสภาพน้ำเสียให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดด้วยกระบวนการอื่นต่อไปเช่น การทำให้น้ำเสียมีความเป็นกลางก่อนแล้วนำไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นต้น

2.4 เพื่อทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือก่อนที่จะบำบัดด้วยวิธีการอื่น ๆ ต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีนี้มักจะทำร่วมกันกับหน่วยบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ตกตะกอน เป็นต้น ในปัจจุบันนี้มีการใช้หน่วยบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีหลายอย่างด้วยกันแต่จะขอกล่าวเฉพาะที่ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ คือ การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี การทำให้เป็นกลางและการทำลายเชื้อโรค

- การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (chemical coagulation หรือ precipitation) เป็นการใช้สารเคมีช่วยตกตะกอนโดยให้เติมสารเคมี (coagulant) ลงไป เพื่อเปลี่ยนสถานะทางกายภาพของของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กให้รวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้นรียกกระบวนดังกล่าวว่า (flocculation)

- การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการปรับสภาพความเป็นกรด - ด่าง ให้อยู่ในสภาพที่เป็นกลาง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดน้ำเสียในขั้นอื่นต่อไป โดยเฉพาะกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพซึ่งต้องการน้ำเสียที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.5-8.5 แต่ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดดีแล้วลงสู่ธรรมชาติ ต้องปรับสภาพพีเอชอยู่ในช่วง 5-9 ถ้าพีเอชต่ำจะต้องปรับสภาพด้วยด่าง ด่ างที่นิยมนำมาใช้คือ โซดาไฟ (NaOH) ปูนขาว (CaO) หรือ แอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น และถ้าน้ำเสียมีค่าพีเอชสูงต้องทำการปรับสภาพพีเอชให้เป็นกลางโดยใช้กรด กรดที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ กรดกำมะถัน (H_2SO_4) กรดเกลือ (HCL) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

- การทำลายเชื้อโรค (disinfection) การทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยใช้เคมีหรือสารอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อป้องกันกาแพร่กระจายของเชื้อโรคมสู่คนและเพื่อทำลายห่วงโซ่ของเชื้อโรคและการติดเชื้อก่อนที่จะถูกปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค ได้แก่ คลอรีน และสารประกอบคลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน ฟีนอลและสารประกอบของฟีนอล แอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้มากส่วนใหญ่คือ คลอรีน

3) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสภาพของของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ เปลี่ยนให้กลายเป็นแก๊ส ทำให้มีกลิ่นเหม็น เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการช่วยเปลี่ยนสภาพสิ่งสกปรกในน้ำเสียคือพวกจุลินทรีย์ ได้แก่ พวกแบคทีเรีย โปรโตรซัว สาหร่าย รา และโรติเฟอร์ และจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย คือ พวกแบคทีเรีย

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้สำหรับน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย ได้แก่

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge Process) และระบบดัดแปลงต่าง ๆ ของ เอเอส เช่น คลองวนเวียน ระบบเอสบีอาร์

ระบบเอเอส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ ที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีองค์ประกอบหลักคือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศจะอาศัยสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหาร และออกซิเจนจากการเติมอากาศในถังเติมอากาศเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณกลายเป็นสลัดจ์ จากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำใสให้ไหลล้นออกมไปสู่ระบบบำบัดขั้นสุดท้าย และตะกอนบางส่วนก็จะถูกสูบย้อนกลับเข้า

สู่ถังเติมอากาศ เพื่อควบคุมตะกอนจุลินทรีย์ แล้วถูกส่งเข้าถังตกตะกอนอีกครั้ง ซึ่งจะเป็นไปอย่างนี้เรื่อย ๆ จนกว่าน้ำจะสะอาด

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส ยังสามารถแยกย่อยต่าง ๆ ได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับการจัดวาง และรูปแบบของถังเติมอากาศ ที่ใช้ในประเทศไทย เช่น

- ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR) มีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนรวมอยู่ในถังเดียวกัน โดยอาศัยการทำงานเป็นรอบ

- ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process) น้ำเสียและสลัดจ์จะถูกเก็บกักอยู่ในถังเติมอากาศที่มีลักษณะเป็นคลองวนเวียนวงรี ทำด้วยคอนกรีต มีหลักการทำงานคือ น้ำเสียจะไหลผ่านคลองวนเวียนไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำใสและตะกอน น้ำใสจะไหลไปยังระบบบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้ง ส่วนตะกอนก้นถังจะถูกสูบกลับไปยังคลองวนเวียนเพื่อทำการบำบัดใหม่

2. ระบบบำบัดน้ำเสียฟิล์มตรึง (Fixed film Process) เช่น ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

เป็นระบบให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางทรงกระบอกที่วางอยู่ในถังบำบัด จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่ตัวกลางจะทำหน้าที่บำบัดโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ

3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมชาติ เช่น บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

เป็นระบบที่ปล่อยให้เกิดการย่อยสลายของเสียตามขั้นตอนของธรรมชาติเอง ระบบประกอบด้วยส่วนต่างๆ แยกเป็นบ่อๆ คือ

- บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) อินทรีย์สารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ผลผลิตที่ได้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และก๊าซไข่เน่า

- บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) อินทรีย์สารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย จึงทำให้ได้ก๊าซออกซิเจน

- บ่ อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond) หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเป็นแบบใช้อากาศ ที่ผิวด้านบนที่แดดส่องถึง และเป็นแบบไร้อากาศที่ก้นบ่อ

- บ่อบ่ม ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

4. ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หลักการทำงานอาศัยจุลินทรีย์เหมือนบ่อแฟคัลเททีฟ มีเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับจุลินทรีย์ การเติมอากาศสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การผสมแบบสมบูรณ์ทั่วทั้งบ่อ และการผสมเพียงบางส่วน

5. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ (Contract Aeration Process)

น้ำเสียจะเข้าสู่ถังบรรจุตัวกลางพลาสติกที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ พร้อมทั้งมีระบบเติมอากาศที่ก้นถังใต้ชั้นตัวกลางให้กับแบคทีเรีย เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเนื่องจากว่าปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ตลาดสด เกษตรกรรม เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ค่ามาตรฐานน้ำเข้ามาใช้ควบคุมก่อนที่จะปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะขอยกตัวอย่าง มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เพราะเป็นแหล่งที่เสี่ยงและก่อให้เกิดปัญหาทางน้ำมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นพิษมากที่สุด

6. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)

เป็นระบบที่จำลองแบบพื้นที่ชุ่มน้ำมาใช้บำบัดน้ำเสียโดยการบดอัดดินให้แน่น เพื่อปลูกพืชจำพวก กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบน้ำไหลบนผิวดินและแบบน้ำไหลใต้ผิวดิน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)

เป็นระบบที่จำลองแบบพื้นที่ชุ่มน้ำมาใช้บำบัดน้ำเสียโดยการบดอัดดินให้แน่น เพื่อปลูกพืชจำพวก กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบน้ำไหลบนผิวดินและแบบน้ำไหลใต้ผิวดิน จะทำให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic) สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ปัญหาทางด้านเทคนิคมีน้อย เนื่องจากเป็นระบบที่อาศัยธรรมชาติเป็นหลัก ส่วนใหญ่ปัญหาที่พบคือ พืชที่นำมาปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณตามที่ต้องการได้ อาจเนื่องมาจากการเลือกใช้ชนิดของพืชไม่เหมาะสม สภาพของดินไม่เหมาะสม หรือถูกรบกวนจากสัตว์ที่กินพืชเหล่านี้เป็นอาหาร เป็นต้น

บึงประดิษฐ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ประเภทที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ (free water surface: FWS) ซึ่งมีระดับความลึกของน้ำไม่มากนัก

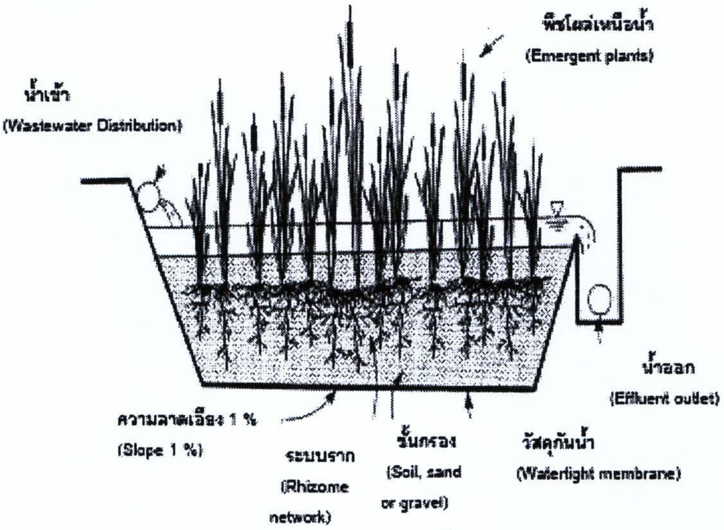
2) ประเภทที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอน (subsurface flow: SF) หรือระบบที่ปลูกพืชในชั้นกรอง (vegetated submerged bed: VSB) ซึ่งจะมีน้ำไหลผ่านด้านข้างตัวกรองที่อาจเป็นกรวดหรือทราย

3) ประเภทที่น้ำไหลผ่านใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง (vertical flow) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ในการรีดน้ำออกจากกากตะกอน หรือสิ่งปฏิกูลตามอาคารบ้านเรือนซึ่งจะมีของแข็งเป็นส่วน ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก

ทั้งนี้ บึงประดิษฐ์ทั้ง 3 ประเภทนี้ สามารถแบ่งตามแนวการไหลเป็น บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอนและบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่ง

บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ (free water surface systems: FWS)

ระบบจะประกอบด้วยแอ่งหรือร่องน้ำ ที่มีการเคลือบหรือฉาบวัสดุกันน้ำที่ทำจากดินเหนียวหรือจากวัสดุทางด้านธรณีวิทยาอื่นๆ ทั้งที่สร้างขึ้นหรือมีอยู่ตามธรรมชาติบนพื้นบ่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และประกอบไปด้วยดินและวัสดุตัวกรองต่างๆ ที่จะช่วยให้รากพืชสามารถยึดเกาะอยู่ได้ โดยน้ำที่ความลึกระดับหนึ่งจะไหลอยู่เหนือผิวดินหรือชั้นกรอง (รูปที่ 2) ถ้าการกระจายน้ำเข้าสู่ระบบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดย เฉพาะอย่างยิ่งในบึงประดิษฐ์ที่มีพื้นที่แคบยาว และมีระดับความลึกของน้ำในบ่อไม่มากนัก ประกอบกับน้ำมีการไหลอย่างช้าๆ ผ่านกิ่งก้านของพืชที่แผ่กระจายอยู่ทั่วไปในระบบ จะทำให้เกิดการไหลของน้ำแบบไหลตามกัน (plug-flow) ขึ้นซึ่งจะช่วยทำให้ปัญหาการไหลลัดวงจรของระบบลดลงได้ ระบบนี้เหมาะกับน้ำเสียที่มีค่าภาระบีโอดีอยู่ในช่วง 5 – 100 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 2 บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ (FWS)

ข้อดี ของบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ คือ

- มีค่าก่อสร้างระบบน้อยกว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอนและบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง
- เป็นระบบที่ดูแลรักษาง่าย
- ใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

- ระบบไม่ผลิตตะกอนที่ต้องบำบัดในขั้นต่อไป
- เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆ ได้

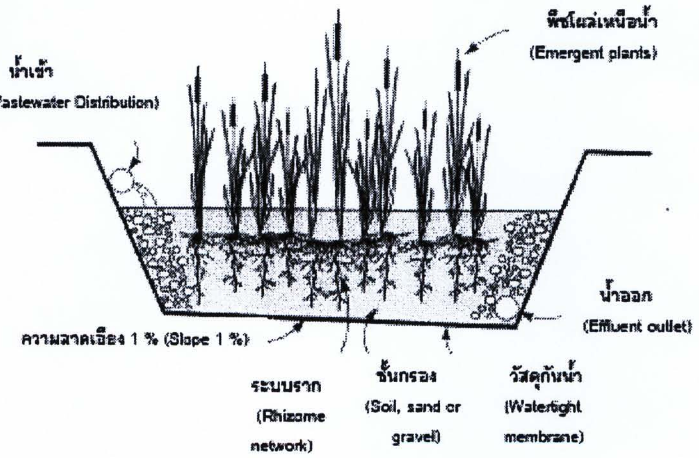
ข้อจำกัด ของบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ คือ

- เป็นระบบที่ต้องใช้พื้นที่มากและมีเวลาเก็บกักที่นานเมื่อน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสสูง
- มีข้อจำกัดในการกำจัดฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (fecal coliform) ซึ่งส่งผลทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมักมีปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มเกินกว่าค่ามาตรฐาน

บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอน (subsurface flow systems: SF)

ระบบประกอบด้วยร่องยาวหรือพื้นดิน ที่เคลือบหรือฉาบด้วยวัสดุกันน้ำไว้ด้านล่างเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และตัวกรองเพื่อช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะและพืชเจริญเติบโตได้ (รูปที่ 3) ตัวกรองที่ใช้อาจเป็นหินหรือหินบด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-15 ซม.) กรวดและดินชนิดต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน

การที่น้ำเสียไหลผ่านด้านข้างของตัวกรองจะทำให้น้ำเสียถูกบำบัดในระหว่างสัมผัสกับผิวหน้าของตัวกรองและส่วนรากของพืช บริเวณใต้ชั้นกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ตลอดเวลาซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (anaerobic) ขึ้นอย่างไรก็ตามพืชยังสามารถดึงออกซิเจนเข้าไปยังส่วนรากซึ่งทำให้ จุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ (aerobic microsites) สามารถเจริญเติบโตในส่วนรากและไรโซมของพืชได้ ระบบนี้เหมาะกับน้ำเสียที่ภาระสารอินทรีย์ปานกลาง โดยมีความเข้มข้นของบีโอดีอยู่ในช่วง 30 – 175 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 3 บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอน (SF)

ข้อดี เช่นเดียวกับระบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ กล่าวคือ

- เป็นระบบที่ดูแลรักษาง่าย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 22 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 246127

- ใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย

- ไม่ผลิตตะกอนที่ต้องบำบัดในขั้นต่อไป

- สามารถรับภาระสารอินทรีย์ได้มากกว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระและมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่สูงกว่า

ข้อจำกัดของบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอน คือ

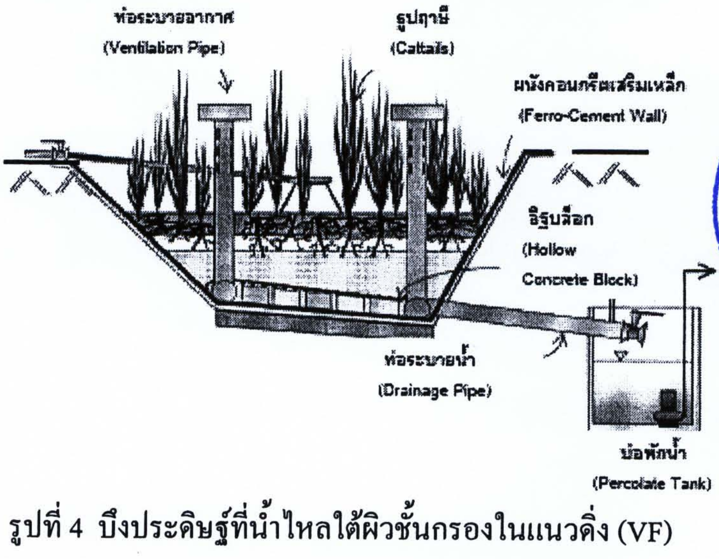
- เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและยุง

- มีค่าก่อสร้างที่สูงกว่าบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ เพราะต้องคำนึงถึงชั้นกรองและระบบท่อที่จะใช้ภายในระบบ

- มีข้อจำกัดในการบำบัดไนโตรเจนเพราะกระบวนการไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นได้ยากถ้าบางพื้นที่ในระบบมีสภาพไร้ออกซิเจน ดังนั้นถ้าน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูง จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มเวลาในการเก็บกักซึ่งจะจึงส่งผลให้ความต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างระบบ เพิ่มมากขึ้น

บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง (Vertical Flow: VF)

บึงประดิษฐ์ประเภทนี้จะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกันกับบึงประดิษฐ์ประเภทที่ 1 และ 2 คือ ประกอบไปด้วยตัวกรองเพื่อช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะและพืชเจริญเติบโตได้ ตัวกรองที่ใช้อาจเป็นหิน กรวด และทราย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน น้ำเสียจะไหลผ่านชั้นกรองในแนวดิ่งโดยมีระบบการระบายน้ำอยู่ใต้ชั้นกรอง (underdrain system) และบึงประดิษฐ์ประเภทนี้ยังมีระบบระบายอากาศ (ventilation system) เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้มีสภาวะไร้อากาศเกิดขึ้นในส่วนรากของพืช และพื้นที่ว่างเหนือจากบริเวณผิวหน้าชั้นกรองขึ้นไปจะใช้เป็นที่สะสมกากตะกอนของเสียที่ถูกรีดน้ำออกแล้ว ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีภาระสารอินทรีย์สูงๆ เช่น สิ่งปฏิกูล ได้ โดยมีความเข้มข้นของบีโอดีที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 500 – 70,000 มก./ลิตร (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง (VF)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ข้อดี ของบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง คือ

- เป็นระบบที่ง่ายต่อการควบคุมดูแลและบำรุงรักษา
- มีเสถียรภาพในกรณีที่มีความแปรปรวนของสภาวะแวดล้อม
- เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพขึ้นได้
- มีประสิทธิภาพในการบำบัดสิ่งปฏิกูลได้ดีกว่าการใช้ลานตากตะกอนโดยทั่วไป และความถี่ในการตักเอาชั้นตะกอนออกจากระบบจะน้อยกว่าการใช้ลานตากตะกอน
- น้ำที่ผ่านออกมาจากชั้นกรองสามารถทำปฏิกิริยากับจุลินทรีย์ในชั้นกรอง และทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียในส่วนที่เป็นของเหลวได้ดีอีกด้วย

ข้อจำกัด ของบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง คือ

- ปัญหาการเหี่ยวและร่วงโรยของพืชในระยะเริ่มต้นของการเดินระบบในกรณีที่ใช้ระบบในการบำบัดสิ่งปฏิกูลซึ่งความเข้มข้นสูง

ส่วนประกอบที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ คือ (http://www.geocities.com/natpong2000)

-**พืชชุ่มน้ำ** (Emergent plants) ที่ปลูกในระบบ เช่น กก ธูปฤาษี และ หญ้าอ้อ เป็นต้น จะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic) สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

พืชที่ใช้ควรคัดเลือกให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียด้วย หลักๆ เช่น ระดับความเค็มของน้ำเสีย ถ้าเป็นน้ำจืดก็สามารถเลือกใช้พืชน้ำทั่วๆ ไปได้ แต่ถ้าเป็นน้ำเค็มหรือน้ำกร่อยควรเลือกพืชที่ชอบเค็มหรืออย่างน้อยทนเค็มได้ดี เพราะความเค็มของผลการการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจาก 1) ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) 2) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity) และ 3) ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Bernstein, 1964)

ความเครียดออสโมติก (osmotic stress)

เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ลดลง พืชต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือ

ในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ ำในดินจะลดลง ท ำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ (http://www.fao.org) มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชจะมีอาการเฉา หรือขอบใบไหม้

ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity)

ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินความต้องการ ขอบใบของพืชจะมีอาการไหม้และลุกลามจนถึงกลางใบ (FAO, 1976) ไอออนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญ เติบโตของพืช ได้แก่ Na^{+}, Mg^{+2}, Cl^{-}, CO^{-2} และ SO^{-2} (USS Salinity Laboratory Staff, 1954) โซเดียมคลอไรดท ำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Wyn Jones, 1981) และสังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง (http://www.bio.vu.nl/) โซเดียมปริมาณมากมีผลทางอ้อมในท้ ำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ท ำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียม

หากพิจารณาตามระดับความทนเค็มของพืช สามารถจ ำแนกพืชออกได้เป็น 3 จำพวก คือ

1) พืชทนเค็ม (salt tolerance) ได้แก่ พืชที่มีวงชีวิตสามารถเจริญเติบโตได้ครบในสภาพเค็ม เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

2) พืชชอบเกลือ (halophyte)ได้แก่ พืชที่เจริญเติบโตได้ในความเค็มระดับสูง อัตราการรอดตายมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน (Glen, 1987) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ miohalophyte เจริญได้ในความเค็มระดับน้ำกร่อย และ euhalophyte ขึ้นได้ในความเค็มระดับน้ำทะเล (Waisel, 1972) โดยจะดูดเกลือเข้าไปสะสมในต้นเพื่อปรับความเข้มข้นสารละลายในเซลล์ ทำให้สามารถดูดน้ำจากดินได้ และ 3) glycophytes ได้แก่พืชที่ไม่ได้มีกำเนิดในสภาพเค็ม แต่มีสามารถปรับตัวสามารถเจริญเติบโต้ในสภาพเค็มในระดับน้ำกร่อยได้ มีอัตราการรอดตายสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน (Glenn, 1987) โดยจะผลิตและสะสมน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาเพื่อเพิ่มความเข้มข้นในเซลล์ของราก ทำให้ดูดน้ำจากดินได้ แต่การผลิตน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมานั้นต้องใช้พลังงานมากทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

-จุลินทรีย์ (Microorganisms)

จุลินทรีย์ที่พบในบึงประดิษฐ์ มีมากมายหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย และโปรโตซัว ภายในระบบบึงประดิษฐ์มักให้ความสำคัญกับกลุ่มของแบคทีเรียซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการเจริญชนิดของแบคทีเรียได้เป็น 2 ชนิด คือ

- *แบคทีเรียชนิดแขวนลอย* (suspended-growth bacteria) คือ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตและอาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำของระบบบึงประดิษฐ์เป็นแบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ

- *แบคทีเรียชนิดเกาะติด* (attached-growth bateria) คือ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตและอาศัยอยู่ในส่วนที่จมอยู่ในน้ำของพืช (ราก, ลำต้น) ในดิน ทราย หรือเกาะบนตัวกลางโดยตรงสำหรับบึง

ประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน นอกจากนี้จุลินทรีย์ต่างๆ ยังสะสมอยู่ในชั้นตะกอนบริเวณด้านล่างของระบบบึงประดิษฐ์ด้วย

โดยทั่วไปจุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสารปนเปื้อนในน้ำเสียให้เป็นอาหาร และพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต มีแหล่งพลังงานหลักของจุลชีพคือสารอินทรีย์ โดยจะใช้สารอินทรีย์ในการสร้างเซลล์ ในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์จะมีการจัดสภาวะแวดล้อมให้มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อช่วยให้บึงมีประสิทธิภาพการกำจัดของเสียที่ดี

-**วัสดุตัวกลาง** (Supporting media) เช่น ดิน หิน และทราย (Substratum) มีหน้าที่สำคัญคือ

(1) เป็นที่สำหรับให้รากของพืชที่ปลูกในระบบยึดเกาะ

(2) ช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออก

(3) เป็นที่สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ (biofilm) และ

(4) สำหรับใช้กรองสารแขวนลอยต่าง ๆ

วัสดุตัวกลาง หรือ พื้นผิวของวัสดุที่ใช้รองรับเซลล์จุลินทรีย์ยึดเกาะและเจริญเติบโตเป็นแผ่นเยื่อเมือกหนาหรือฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) โดยยึดเกาะที่บริเวณผิวหรือถูกกักอยู่ตามช่องว่างของวัสดุตัวกลาง น้ำที่ผ่านระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์มจึงมีตะกอนแขวนลอยน้อย เนื่องจากจุลินทรีย์และตะกอนต่างๆ ถูกดักไว้โดยวัสดุตัวกลาง วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวกลางมีหลายชนิด มีทั้งวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติและวัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้นมา เช่น เปลือกหอย ปะการัง อิฐหัก เ ม็ดหิน ก้ อนกรวดขนาดเล็กๆ กระเบื้องเผา เซรามิค เศษไม้ วงแหวนท่อพีวีซี ตาข่ายหรือแผ่นพลาสติก เชือก ใยแก้วและเส้นใยต่างๆ เป็นต้น วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดเป็นอย่างมาก โดยควรพิจารณาเลือกวัสดุตัวกลางที่จะนำมาใช้ดังนี้

1. วัสดุตัวกลางที่มีขนาดและรูปทรงเหมาะสมกับระบบบำบัด มีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มาก ลักษณะผิววัสดุหยาบหรือขรุขระเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะได้ดี

2. มีรูพรุนมากเพื่อให้ของเหลวไหลผ่านผิวหน้าที่จุลินทรีย์เติบโตได้ทั่วถึง มีการสัมผัสอาหารได้มากและต่อเนื่อง ช่วยให้ฟิล์มชีวภาพพัฒนาอย่างรวดเร็วและช่วยป้องกันฟิล์มชีวภาพจากแรงเฉือนของการไหลของของเหลว นอกจากนี้เยื่อเมือกหนาที่หลุดออกและไหลผ่านไปได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันเกิดการไหลลัดวงจรของน้ำในระบบ (Short circuit) แต่วัสดุตัวกลางที่มีรูพรุนใหญ่เกินไปจะทำให้ฟิล์มชีวภาพเกิดได้ช้า เนื่องจากของเหลวไหลผ่านวัสดุตัวกลางอย่างรวดเร็ว วัสดุตัวกลางดักจับเซลล์จุลินทรีย์ได้น้อย รวมทั้งการรับสารอาหารมีน้อย

3. มีสภาพเฉื่อยทางชีววิทยา(Biological inert) ไม่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีคุณสมบัติคงที่ทางเคมี (Chemically stable) และทางกล (Mechanically stable)

4. ควรเลือกวัสดุตัวกลางที่มีน้ำหนักเบา มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำหนักของตัวกลางมากเกินไป โครงสร้างที่ใช้ต้องมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

5. สามารถหาได้ง่าย ราคาถูก มีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

การทำงานของระบบบึงประดิษฐ์

1. กำจัดสารอินทรีย์ (Organic Matter Removal) พวก BOD และ COD โดยพืชและจุลินทรีย์นำไปย่อยสลาย เกิดการตกตะกอน (sedimentation) เกิดขึ้น

2. กำจัดของแข็ง (Solid Removal) โดยการตกตะกอนและกรองผ่านชั้นดิน (sedimentation and filtration)

3. กำจัดไนโตรเจน (Nitrogen Removal) โดย พืชใช้เป็นอาหาร (plant uptake) แอมโมเนียเกิดการระเหย (NH_3 volatilization) จุลินทรีย์ จากกระบวนการ ammonification nitrification และ denitrification

4. กำจัดฟอสฟอรัส (Phosphorus Removal) โดย พืชและจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารดูดซับบนดิน (adsorption) ตกตะกอนกับไอออนบวก พวก Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+} และ Mn^{2+}

5. กำจัดแบคทีเรียและไวรัส (Bacteria and Viruses Removal) โดย กระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การตกตะกอนและ การกรองการแข่งขันกับจุลินทรีย์ในธรรมชาติ (natural die-off) ถูกทำลายโดยแสงแดด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติ เอกอำพน ประเมินสถานการณ์ด้านคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน 2 แหล่ง คือ บึงสีฐานตะวันออกและบึงสีฐานตะวันตก และแหล่งน้ำที่เป็นระบบบำบัดบำบัดน้ำเสีย 3 แหล่ง คือ ระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น ระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์บ่อลูกรัง และระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์หอ 9 หลัง บ่งชี้ว่าบีโอดีในบึงประดิษฐ์บ่อลูกรังและปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในบึงสีฐานตะวันออก บึงสีฐานตะวันตก และบึงประดิษฐ์หอ 9 หลัง ในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน คุณภาพน้ำในบึงสีฐานตะวันออกและบึงสีฐานตะวันตกจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งนับว่ามีศักยภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็นคือควรจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 2 หรืออย่างน้อยเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ที่สามารถเป็นประโยชน์มากกว่า จึงควรปรับปรุงคุณภาพอย่างยิ่ง ส่วนสถานการณ์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัด พบว่า น้ำเสียจากบ่อปรับเสถียรมีคุณภาพผ่านเกณฑ์น้ำทิ้งทุกค่ายกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่าง เหมาะสำหรับนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้เหมาะสม ส่วนน้ำเสียจากบึงประดิษฐ์บ่อลูกรังและบึงประดิษฐ์หอ 9 หลังมีค่าบีโอดีสูงและค่าออกซิเจนละลายต่ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ควรปรับปรุงประสิทธิภาพระบบบำบัดเพื่อให้สามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

จุฑารัตน์ หนูสุข และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่สามจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม บึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลองนี้บรรจุตัวกลางกรวด และปลูกต้นธูปฤาษี (Typha angustifolia) จำนวน 3 บ่อ การทดลองจะทำการป้อนน้ำเสียจากบ่อสุดท้ายที่ผ่านระบบบำบัดแบบบ่อหมักและปรับสภาพแล้ว โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบในแต่ละบ่อ 3 ค่า คือ 0.26 0.13 และ 0.086 ลบ.ม./วัน และมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในระบบ เท่ากับ 5 10 และ 15 วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า บึงประดิษฐ์ที่มีอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าระบบเท่ากับ 0.086 ลบ.ม./วัน และมีระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้สูงมาก คิดเป็นร้อยละ 90.49 มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีได้ดี เท่ากับร้อยละ 74.11 แต่น้ำทิ้งที่ออกจากระบบยังมีปริมาณ บีโอดีไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ซีโอดี และทีเคเอ็นได้ปานกลางคิดเป็นร้อยละ 61.65 59.06 และ 54.4 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสจะค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 39.48 และผลการทดลองพบว่าเมื่ออัตรา การไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าน้อยลง หรือระบบมีระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้น จะทำให้ระบบบึงประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย สี ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสได้สูงขึ้น

ภิญญูดา เนียมคำ ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียมูลสุกร โดยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่งปลูกด้วยต้นกกรังกาอยู่เหนือถังกรองทรายที่มีการไหลในแนวนอน ทำให้ระบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในฟาร์ม ซึ่งมีพื้นที่จำกัดเนื่องจากใช้พื้นที่น้อย การทดลองนี้ใช้แบบจำลองระดับ ห้องปฏิบัติการขนาดกว้าง 1.2 ม. ยาว 1.2 ม. และสูง 1.2 ม. โดยสูบน้ำเสียเข้า ระบบแบบครั้งคราวคือ ทำงาน 4 ชม. และหยุด 4 ชม. สลับกันไปที่อัตราการไหล ของน้ำ 4.5 ล./ชม. โดยแปรเปลี่ยนอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าระบบที่ 0 50 100 และ 200% เพื่อหาอัตราการหมุนเวียนที่ทำให้มีการกำจัดไนโตรเจน ได้สูงสุด ผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าระบบสามารถลดปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีขึ้น มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดจาก 314.6 มก./ล. ลดลงเหลือ 21.9 มก./ล เท่ากับประสิทธิภาพการกำจัด 93.0% ที่ อัตราการหมุนเวียนน้ำ 100% และภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 7.5 ซม./วัน ปฏิกิริยา ไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในส่วนบนที่เป็นการไหลในแนวดิ่ง โดยมีปริมาณ ออกซิไดซ์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.8 มก./ล. เป็น 81.7 มก./ล สามารถกำจัด ซีโอดีจาก 2,008.0 มก./ล. เหลือ 51.1 มก./ล คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 97.5% และกำจัดเจดาลไนโตรเจนจาก 313.8 มก./ล เหลือ 7.8 มก./ล คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 97.5% ในส่วนล่างที่เป็นถังกรองทรายที่มีการไหลในแนวนอน สามารถลดค่าซีโอดีได้เพิ่มขึ้น และเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้อย่าง น่าพอใจ โดยสามารถกำจัดออกซิไดซ์ไนโตรเจนจาก 81.7 มก./ล. ลดลงเหลือ 16.1 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 80.3% พืชมี

อัตราการสะสมไนโตรเจน 0.378 ก. ไนโตรเจน/(ม^{2}.วัน) โดยมีน้ำหนักแห้งของพืชที่เพิ่มขึ้น 18.35 ตัน/เฮกเตอร์ ตลอดการทดลอง 85 วัน

วาริณี คำสวนจิก ศึกษาการใช้น้ำเสียจากอาคาร Sc.07 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ผ่านการบำบัดจากบึงประดิษฐ์ในการเลี้ยงปลาสวยงาม 2 ชนิดคือ ปลาสอด (Xiphophorus helleri Heckel) และปลาหางนกยูง (Poecilia reticulata Peters) โดยปัจจัยคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาคือ อุณหภูมิ ค่าของแข็งแขวนลอย ออกซิเจนละลาย คาร์บอนไดออกไซด์อิสระและค่าความเป็นกรด-ด่าง ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทั้งก่อนและในระหว่างเลี้ยงปลาสวยงามมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในระหว่างการเลี้ยงปลาสวยงามปัจจัยคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสาต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส คาร์บอนไดออกไซด์อิสระอยู่ในช่วง 0-30 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีบางปัจจัยที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงเล็กน้อยคือ ออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 1.2-9.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-10.6 และค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 12-49.67 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามพบว่าปลาทั้ง 2 ชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบึงประดิษฐ์ดังกล่าว

สุรพล นิติกิจไพบูลย์ นายกเทศ มนตรีเทศบาลตำบลพังโคน จังหวัดสกลนคร กล่าวว่า พังโคนเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ มีลำคลองสาธารณะไหลผ่านชุมชน ตลาดสด หลายลำครองทำให้น้ำเสีย ในปี 2549 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้เลือกเอาลำคลองห้วยคำโพธิ์น้อย ในเขตเทศบาลเป็นคลองต้นแบบครองสวยน้ำใส จังหวัดสกลนครจึงทดลองนำเอาระบบบึงประดิษฐ์ มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นลักษณะกลุ่มครัวเรือน 30-40 ครัวเรือน/บ่อ ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนปล่อยลงคลอง ปรากฏว่าคุณภาพน้ำดีขึ้น สารแขวนลอยลดลง ขนาดของบึงประดิษฐ์มีพื้นที่ 350 ตารางเมตร ความลึก 1-1.5 เมตร พร้อมกับปลูกพืชน้ำผักตบชวา ผักกระเฉด พุทธ รักษา ใช้งบประมาณดำเนินการเอง บ่อละไม่เกิน 10,000 บาท ขณะนี้เทศบาลตำบลพังโคนสามารถสร้างบึงประดิษฐ์เต็มพื้นที่ จำนวน 50 บ่อ รองรับน้ำเสียจากชุมชนได้ทั้งหมด โดยเฉพาะถนนที่ผ่านใจกลางเมืองมีการปรับภูมิทัศน์ด้วยการปลูกต้นพุทธรักษานานาชนิดติดกับบึงประดิษฐ์สองฝั่งถนนที่สวยงาม