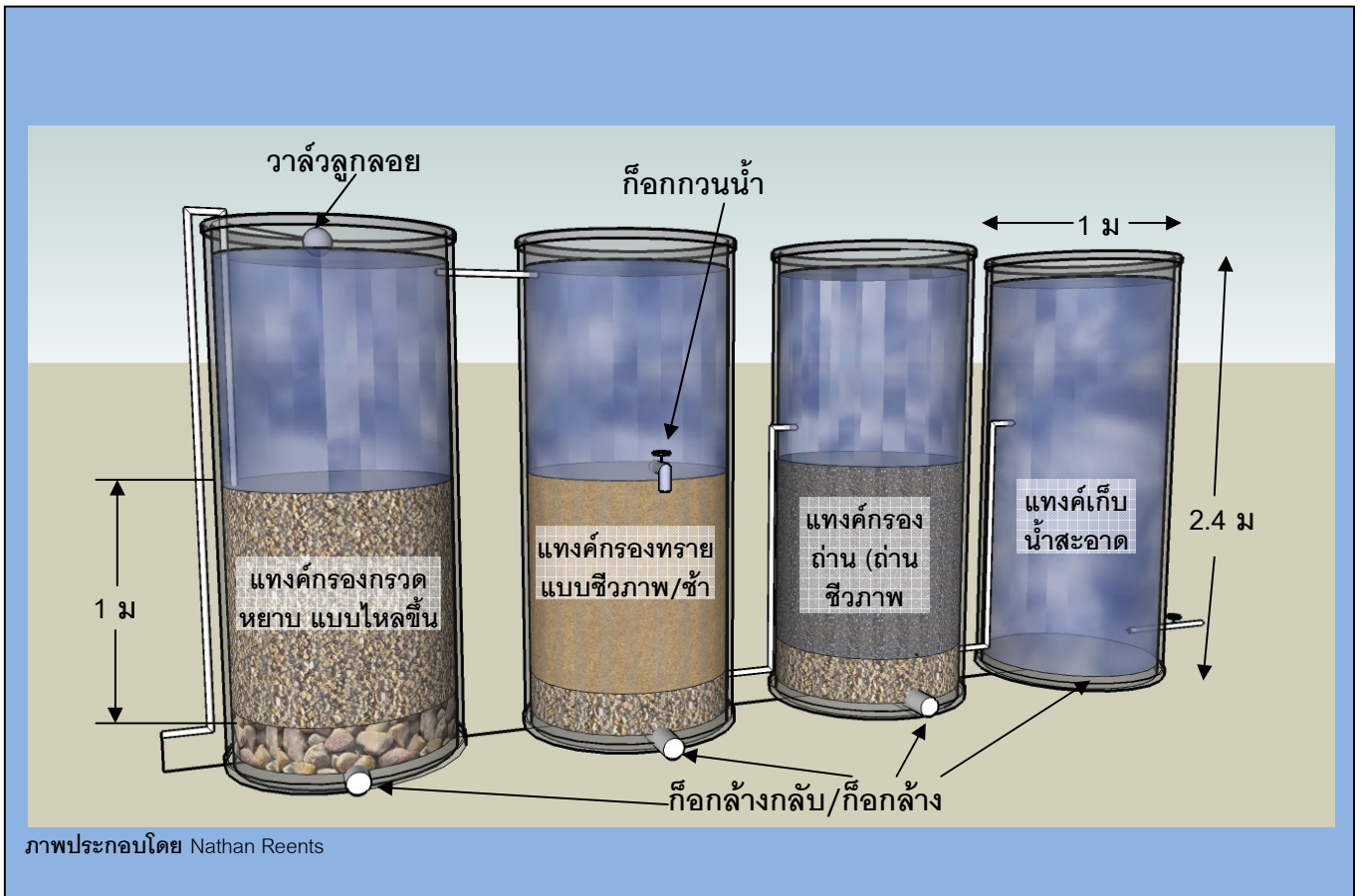


# การสร้างระบบบำบัดน้ำโดยผ่าน ด่านกรองต่างๆ จากวัสดุในท้องถิ่น



## สารบัญ

คำนำ .....	1
คำศัพท์และตัวย่อ .....	2
การสร้างระบบบำบัดน้ำโดยผ่านด่านกรองต่างๆจากวัสดุในท้องถิ่น .....	3
I. การจัดที่ตั้งและวัสดุอุปกรณ์ .....	3
a. การจัดที่ตั้ง .....	3
b. ที่กรอง .....	3
c. ระบบท่อน้ำ .....	4
d. วัสดุกรอง .....	4
II. ระบบทำงานอย่างไร... (และดูแลการใช้งานอย่างไร...).....	5
a. แتงค์กรองกรวดหยาบ .....	5
b. แตงค์กรองทรายแบบชีวภาพ/ช้า.....	10
c. แตงค์กรองถ่าน (ถ่านชีวภาพ) .....	11
d. แตงค์เก็บน้ำสะอาด .....	14

---

## คำนำ

ปัญหาการปนเปื้อนของแหล่งน้ำดื่มที่มีจุลินทรีย์ก่อโรคและสารพิษเคมีเช่นยาฆ่าแมลงศัตรูพืช, เกสซ์กันท์, ของเสียจากโรงงานและสารประกอบเชื้อเพลิงต่างๆ กำลังเกิดเป็นปัญหาที่พบอยู่ทั่วโลก จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทำให้ท้องเสีย, เป็นไข้และเป็นโรคอื่นๆ ส่วนสารปนเปื้อนที่เป็นเคมีสังเคราะห์จะสะสมในร่างกายของมนุษย์และเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง, ความพิการตั้งแต่กำเนิด, โรคอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ และขีดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อและระบบประสาท

สำหรับครัวเรือนและชุมชนเล็กๆที่อยู่ห่างไกล การบำบัดน้ำเสียที่ทำได้เองแบบมีต้นทุนต่ำเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนเคมีและจุลินทรีย์ออกไปนั้นสามารถทำได้ด้วยการใช้วัสดุกรองที่หาได้ทั่วไปในท้องถิ่น ในที่นี้ เราได้จัดทำคู่มืออย่างละเอียดในการสร้างระบบบำบัดน้ำขนาดกลาง (ผลิตน้ำได้ 2000 ลิตรต่อวัน) ผ่านด่านกรองต่างๆ โดยใช้กรวดทรายที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและถ่านกรองน้ำ ระบบนี้ใช้งบประมาณในการสร้างประมาณ 15,000 บาท และมีอายุการใช้งานเป็นเวลาหลายปีโดยควรมีการดูแลสภาพการใช้งานของทรายกรองชีวภาพเป็นระยะๆและเปลี่ยนถ่านกรองใหม่ทุกๆ 2-3 ปี

ข้อมูลต่างๆรวมถึงข้อมูลเฉพาะของการออกแบบในที่นี้เปิดกว้างสำหรับคำแนะนำและพัฒนา เรายินดีรับฟังความคิดเห็นของท่านผู้เป็นวิศวกรสนาม ผู้ประกอบการพัฒนาระบบสุขาภิบาลและสุขอนามัยทางน้ำ หรือ WASH (water-sanitation-hygiene) นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย องค์กร NGO เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ช่างเทคนิคด้านน้ำในชุมชน ฯลฯ กรุณาส่งความคิดเห็นของท่านมายัง [josh@aq solutions.org](mailto:josh@aq solutions.org) หรือเพื่อทราบข้อมูลเพิ่มเติม

## คำศัพท์และตัวย่อ

การดูดติดผิว (adsorption) / การดูดซึม (absorption) / การดูดซับ (Sorption)

“การดูดติดผิว” หมายถึงปฏิกิริยาบริเวณพื้นผิวระหว่างสารละลายและของแข็ง (ในที่นี้คือถ่าน) ขบวนการดูดติดผิวต่างจาก “การดูดซึม” ที่หมายถึง “การซึมซับ” หรือ “การดูดกลืนเข้าไป” และในการบำบัดน้ำเสีย สารปนเปื้อนจะแพร่กระจายเข้าไปในรูพรุนของถ่าน (การดูดซึม) และขณะเดียวกันก็ถูกยึดติดที่พื้นผิวของถ่าน (การดูดติดผิว) และบางครั้งอาจใช้คำว่า “ดูดซับ” ที่มีความหมายกว้างๆและไม่เจาะจง

ถ่านไบโอชาร์ (Biochar) / ถ่านหุงต้ม (charcoal) / ถ่าน (Char)

“ถ่านไบโอชาร์ (biochar)” ใช้พูดถึงเมื่อมีการนำถ่านที่ผลิตจากชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในดินที่ทำการเกษตรเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิต และ/หรือเพื่อเป็นตัวกักเก็บคาร์บอนลงดิน “ถ่านหุงต้ม (charcoal)” ใช้พูดถึงผลผลิตถ่านที่ได้จากชีวมวลที่ส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทำอาหาร “ถ่าน (Char)” เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกทั้งถ่านไบโอชาร์ และถ่านหุงต้ม

ชีวมวล / วัสดุคิบ

ในที่นี้ “ชีวมวล” หมายถึงวัสดุที่เป็นไม้หรือมีเส้นใย (เช่นเศษไม้ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมป่าไม้) ที่ใช้เป็นวัสดุตั้งต้นหรือ “วัสดุคิบ” เพื่อทำถ่าน

รูพรุนขนาดเล็กมาก (Micro-porosity) / พื้นที่ผิว

วัสดุที่มี “รูพรุนขนาดเล็กมาก” คือวัสดุที่โครงสร้างของรูพรุนมีขนาดตั้งแต่นาโนเมตร ไปถึง ไมโครเมตร ( $10^9 - 10^6$  ม) และคำว่า “พื้นที่ผิว” โดยทั่วไปจะหมายถึงพื้นที่ผิวภายใน เช่น ภายในรูพรุนขนาดเล็กมาก

เชื้อโรค

จุลินทรีย์ก่อโรคในคนที่มีน้ำเป็นสื่อ

AC/GAC                      activated carbon (คาร์บอนกัมมันต์) / granular activated carbon (คาร์บอนกัมมันต์แบบเกล็ด)

BSF / SSF / S-BSF              biological sand filter (การกรองด้วยทรายแบบชีวภาพ) / slow sand filter (การกรองด้วยทรายแบบช้า) / slow biological sand filter (การกรองด้วยทรายแบบชีวภาพแบบช้า)

SOC                              synthetic organic compound (สารอินทรีย์สังเคราะห์)

WASH                              water-sanitation-hygiene (ระบบสุขาภิบาลและสุขอนามัยทางน้ำ)

## การสร้างระบบบำบัดน้ำโดยผ่านด่านกรองต่างๆจากวัสดุในท้องถิ่น

การพัฒนาคุณภาพน้ำดื่มนั้นเกี่ยวข้องกับการลดปริมาณเชื้อโรคอันเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย รวมทั้งสารเคมีปนเปื้อนที่เป็นอันตรายและสารประกอบอื่นที่ไม่เป็นอันตรายแต่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดรสชาติ กลิ่นและสีที่ไม่พึงประสงค์ ภาพจากหน้าปกของคู่มือนี้คือระบบบำบัดน้ำด้วยที่กรองหลายชั้นซึ่งได้แก่ชั้นกรวด ชั้นทรายที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและชั้นถ่าน ระบบที่สร้างขึ้นตามวิธีการนี้สามารถผลิตน้ำสะอาดได้ถึง 300 ลิตรต่อวัน โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแหล่งน้ำที่นำมาใช้

### I. การจัดที่ตั้งและวัสดุอุปกรณ์

#### a) การจัดที่ตั้ง

การใช้แรงโน้มถ่วงเป็นวิธีที่ง่ายและแน่นอนที่สุดในการให้น้ำไหลผ่านลง ระบบน้ำที่ดีที่สุดควรจัดให้ตั้งอยู่บนพื้นที่เสมอกันและแข็งแรงมั่นคง โดยให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าแหล่งน้ำที่นำมาใช้และให้สูงกว่าที่ที่ต้องการให้น้ำไหลไป เพราะสภาพเช่นนี้จะช่วยให้ระบบบำบัดน้ำแบบหมุนเวียนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และมีการควบคุมง่าย ๆ ด้วยวาล์วกลอย (เป็นอุปกรณ์แบบเดียวกับที่ควบคุมให้น้ำไหลเข้าแท็งก์น้ำชักโครก) คือเมื่อน้ำไหลออกจากแท็งก์ ระดับน้ำจะลดต่ำลง วาล์วกลอยก็เปิด และเมื่อน้ำเต็ม วาล์วก็จะปิด

#### b) ที่กรอง

ในประเทศเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ วงซีเมนต์สำเร็จรูปที่วางเรียงซ้อนกันได้นั้นมีราคาที่ไม่แพงและมีขายอยู่ทั่วไปในเขตชุมชนห่างไกล และเป็นที่ยอมรับทั่วไปในการทำแท็งก์น้ำ วงซีเมนต์นี้หล่อกว้างกว่าคอนกรีตและผนังด้านในฉาบด้วยซีเมนต์ผสมน้ำให้ชื้น เมื่อใส่น้ำให้เต็มวงขณะที่ยังไม่แห้งดีจะช่วยดันให้วัสดุฉาบเข้าไปในรูเล็กๆที่อยู่ตามผนังและเป็นการป้องกันน้ำซึม

หรือที่กรองอาจทำจากแท็งก์พลาสติก หรือถ้ามีช่างปูนที่มีความชำนาญ อาจสร้างแท็งก์ซีเมนต์เสริมเหล็กขึ้นมาเองได้ แท็งก์เหล่านี้จะต้องมีปากกว้างและมีฝาเปิดปิดเพื่อคนสามารถลงไปในแท็งก์เพื่อต่อท่อ น้ำ ติดตั้งวัสดุกรอง ตรวจสอบการใช้งาน (รวมถึงการทำความสะอาดภายในและเปลี่ยนถ่านกรอง) และซ่อมแซม

ควรใช้ฝาหรือวัสดุปิดเพื่อป้องกันแสงแดดที่จะทำให้จุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสง (สาหร่าย, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) เติบโตในระบบ ด้านบนของแท็งก์ควรใช้แผ่นมุ้งลวดครอบและมัดไว้เพื่อป้องกันแมลง จิ้งจก ไข่มด และเศษขยะอื่นๆเข้าสู่ระบบ

ที่กรองควรสร้างบนพื้นที่แข็งแรงและราบเสมอกัน (ถ้าเป็นไปได้ควรเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก) และควรทำให้มีลักษณะแตกต่างจากแท่งค้ำน้ำอื่นๆที่ลักษณะคล้ายกัน (เช่นแท่งค้ำน้ำฝน แท่งค้ำเก็บน้ำเสีย ฯลฯ) ด้วยการทำสัญลักษณ์ที่มั่นคงแข็งแรงและเป็นที่ยอมรับกันดีของคนในชุมชน

### c) ระบบท่อน้ำ

ท่อพีวีซีนั้นสามารถหาได้ทั่วไปและส่วนมากมีราคาถูก และท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2" ถึง 3/4" สามารถใช้ในการต่อและติดตั้งเกือบทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นทางเดินน้ำเข้าและออกจากระบบและระหว่างแท่งค้ำ ก็เหมาะสำหรับล้างแท่งค้ำที่ด้านล่างควรมีขนาดใหญ่กว่าที่ออกปกติ คือขนาดประมาณ 3" ถึง 4" ส่วนที่ออกขนาด 1" ถึง 2" นั้นเหมาะสำหรับใช้เมื่อทำการกวนน้ำ โดยติดตั้งอยู่ตรงกลางแท่งกรองทราย

การต่อท่อด้านล่างของแท่งกรองแต่ละแท่งค้ำนั้นควรป้องกันไม่ให้เกิดการแตกหักเสียหายหรือเกิดการอุดตันซึ่งทำได้ด้วยการทำส่วนระบายที่เป็นชั้นหินและกรวดหยาบเล็กน้อย 20 เซนติเมตร วัสดุกรองที่เป็นทรายและถ่านควรมีส่วนระบายเพิ่มอยู่ด้านล่าง โดยทำได้จากการใส่กรวดขนาดเท่าเมล็ดถั่ว แล้วตามด้วยทรายหยาบ (แต่ละอย่างใส่หนาอย่างน้อย 10 เซนติเมตร)

การต่อท่อจากแท่งกรองกรวดไปยังแท่งกรองทรายควรทำตรงบริเวณด้านบนของแท่งค้ำ โดยต่ำกว่าจุดตำแหน่งที่น้ำเต็ม (ตั้งโดยการปรับวาล์วลูกกลอย) ท่อที่ต่อออกจากแท่งกรองทรายไปยังแท่งกรองถ่านควรเข้าไปที่ตำแหน่งเหนือระดับทรายประมาณ 5 เซนติเมตร เช่น ที่ความสูงประมาณ 145 เซนติเมตรจากด้านล่างของแท่งค้ำถ้าส่วนระบายด้านล่างมีความลึก 40 เซนติเมตรและวัสดุกรองมีความลึก 1 เมตร และเช่นเดียวกันสำหรับการต่อท่อจากแท่งกรองถ่านไปยังแท่งค้ำเก็บน้ำสะอาด การทำเช่นนี้เพื่อแน่ใจว่าระดับน้ำในแท่งกรองทรายและแท่งกรองถ่านจะไม่ต่ำกว่าผิวหน้าของวัสดุกรอง และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาสภาพความแข็งแรงและการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพของฟิล์มชีวภาพในแท่งกรองทรายเพื่อทำให้ขีดความสามารถในการดูดซึมของถ่านกรองอยู่ที่จุดสูงสุด

### d) วัสดุกรอง

กรวดมาตรฐาน (ขนาด 1-4 ซม) สามารถใช้เป็นกรวดกรองหยาบได้ ส่วนทรายมาตรฐาน (ที่ไม่หยาบหรือละเอียดเกินไป) ควรใช้เป็นทรายกรอง ทรายที่ร้อนแล้วจะละเอียดมากและอาจทำให้การส่งน้ำไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะถ่านน้ำที่นำมาใช้มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์อยู่มาก ถ้ามีถ่านชิ้นขนาดใหญ่ควรทำให้เล็กลงเป็นชิ้นประมาณ 1-5 เซนติเมตร ส่วนถ่านจากเตาแก๊สซีพีไฟร์สามารถใช้ได้ทันทีถ้าวัตถุดิบที่ใช้มีขนาดเล็กหรือถูกตัดมาก่อนแล้ว

## II. ระบบทำงานอย่างไร... (และรักษาการใช้งานอย่างไร...)

### a) แทงค์กรองกรวดหยาบ

น้ำจากแหล่งน้ำ (ควบคุมด้วยลูกลอย) เข้าสู่ท่อด้านล่างของแทงค์กรองกรวดแล้วไหลขึ้นผ่านวัสดุกรอง ขบวนการนี้เป็นการแยกความขุ่น (อนุภาคเล็กๆ) และสารอินทรีย์ละลายน้ำที่เกาะอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคขณะที่นอนก้น ให้เปิดก๊อกตัวใหญ่ด้านล่างของแทงค์กรองประมาณปีละครั้งหรือมากกว่านั้น (แล้วแต่คุณภาพของแหล่งน้ำ) เมื่อเปิด ก๊อกน้ำขนาดใหญ่ (อย่างน้อยขนาด 3 นิ้ว หรือยิ่งใหญ่ยิ่งดี) ที่ด้านล่างของแทงค์จะทำให้น้ำไหลกลับทิศทางอย่าง รวดเร็วผ่านวัสดุกรอง (“การล้างกลับ”) ทั้งนี้เพื่อเป็นการกำจัดตะกอนและสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ออกไป

**การรักษาการใช้งานของแทงค์กรองกรวด:** ทรายใดที่ท่อต่างๆ ไม่มีการแตกหัก หรือ ไม่มีการอุดตันภายในท่อหรือวัสดุ กรองที่เกิดจากเศษตะกอน ก็ไม่จำเป็นต้องเอากรวดออกหรือเปลี่ยนใหม่ตลอดระยะเวลาการใช้งานของระบบนั้น อาจ ต้องมีการคิดวิธีที่จะช่วยให้แน่ใจว่าจุดที่น้ำออกจากวาล์วลูกลอยจะสามารถทำให้น้ำทั้งหมดไหลไปตามท่อที่มีทิศทาง ไปยังด้านล่างของแทงค์ ควรมีการตรวจสอบเช็ควาล์วลูกลอยว่ามีสิ่งอุดตันหรือน้ำไหลไปยังทิศทางที่ไม่ต้องการหรือไม่

### b) แทงค์กรองทรายแบบชีวภาพ/ชีว

ส่วนของแทงค์กรองทรายทำหน้าที่แยกจุลินทรีย์และอนุภาคขนาดเล็กออกด้วยการกรองทางกายภาพและยังทำ การแยกสารประกอบละลายน้ำด้วยขบวนการดูดติดผิวที่พื้นผิวของเม็ดทราย แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดคือทรายกรองที่ออก ฤทธิ์ทางชีวภาพจะแยกเอาเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายรวมทั้งสารประกอบเคมีด้วยขบวนการย่อยสลายทาง ชีวภาพ (biodegradation) ถ้าไม่ได้ทำการเติมสารฆ่าเชื้อโรค เช่นคลอรีน ลงในระบบ ฟิล์มชีวภาพ (ไบโอฟิล์ม หรือ *schmutzdecke*) จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติภายในเวลา 2-3 วันและจะเติบโตขึ้นเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไปหลายอาทิตย์ ช่วง ระยะเวลานี้เรียกว่าระยะ “บ่มให้สุก” ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมและคุณภาพของน้ำที่นำมากรองใช้

ฟิล์มชีวภาพจะหนาแน่นอยู่ด้านบนของวัสดุกรอง 1-3 เซนติเมตร (แต่มีประปรายอยู่ทั่วทั้งวัสดุกรองด้วย) ฟิล์มชีวภาพสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ไหลเข้ามาทับน้ำได้เป็นอย่างดี จุลินทรีย์ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ธรรมชาติที่ประกอบกันเป็นฟิล์มชีวภาพจะคอยป้องกันการเกิดกลุ่มเชื้อโรคด้วยการดำรงชีวิตแบบแข่งขันและล่าเหยื่อ ดังนั้นทรายกรองพร้อมกับฟิล์มชีวภาพที่ก่อตัวขึ้นอย่างแข็งแรงจึงถือเป็นเทคนิคในการบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพและ เป็นตัวอย่างที่ดีในการกำจัดเชื้อโรครวมถึงสารประกอบอันตรายอื่นๆที่ย่อยสลายได้

**BSFs (การกรองด้วยทรายแบบชีวภาพ) / SSFs (การกรองด้วยทรายแบบชีว) / S-BSFs ( การกรองด้วยทรายแบบ ชีวภาพแบบชีว)** ผู้อ่านอาจคุ้นเคยกับ BSF แบบเร็ว ที่มีการส่งเสริมการใช้เพื่อผลิตน้ำดื่มภายในครัวเรือนในชุมชนที่

กำลังพัฒนา เช่นเดียวกับ SSF ขนาดใหญ่ที่เทศบาลใช้ในสาธารณูปโภคเพื่อผลิตน้ำดื่มในประเทศที่พัฒนาแล้ว สำหรับ S-BSF ที่นำเสนอในที่นี้เป็นการออกแบบในระดับกลางเพื่อให้เข้ากับข้อจำกัดของ BSF และ SSF

กล่าวโดยสรุปคือ ในระบบที่ใช้ทรายกรอง เมื่อเวลาสัมผัสระหว่างน้ำและทราย/ฟิล์มชีวภาพนานเท่าใดก็จะยิ่งทำให้การบำบัดดีขึ้นเท่านั้น เพราะเป็นการเพิ่มเวลาการเกิดกลไกการดูดซับและการย่อยสลายทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มเวลาสัมผัสจำเป็นต้องมีที่กรองขนาดใหญ่ขึ้นสำหรับการบำบัดน้ำในปริมาณเท่าๆกัน ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการสร้างเพิ่มขึ้นและต้องใช้พื้นที่สำหรับระบบมากขึ้น นอกจากนี้อัตราการไหลที่ช้าและสม่ำเสมอ (ตรงกันข้ามกับอัตราการไหลเร็ว เป็นช่วงๆ ของ BSF ในครัวเรือน) จะช่วยให้ฟิล์มชีวภาพทำงานได้ดีขึ้นและทำให้การบำบัดดีขึ้น เนื่องจากเป็นเหมือนการสร้างสารอาหารที่มีไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่องให้กับฟิล์มชีวภาพ

ขบวนการของระบบ S-BSF ที่อธิบายในที่นี้เป็นการนำอัตราการไหลที่ต่ำและสม่ำเสมอเพื่อเพิ่มเวลาสัมผัสกับฟิล์มชีวภาพและวัสดุกรองให้มากที่สุดเพื่อทำการกำจัดเชื้อโรคและย่อยสลายสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ขณะเดียวกันก็สามารถผลิตน้ำสะอาดในปริมาณที่พอเพียงด้วยการออกแบบที่ประหยัดทั้งค่าใช้จ่ายและพื้นที่การใช้งาน

**การรักษาการใช้งานของ S-BSF:** แทงค์กรองทรายนี้เป็นขั้นตอน “คอคอดขูด” (เช่น ขั้นตอนที่ต้องกำหนดอัตราการไหลของน้ำ) ของระบบน้ำนี้ เมื่อสารอินทรีย์สะสมมากขึ้นในส่วนฟิล์มชีวภาพที่อยู่ด้านบนของแทงค์ทราย อัตราการไหลอาจลดลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำสะอาดที่ต้องใช้ในชุมชน ดังนั้นภายในระยะเวลาหนึ่งปีควรต้องทำการ “กวนน้ำ (wet harrowing)” 2-3 ครั้งเพื่อให้ทรายกรองน้ำคืนประสิทธิภาพอัตราไหลที่เหมาะสมอีกครั้ง โดยวิธีการมีดังนี้ ใช้ไม้ยาวคนแรงๆ เพื่อให้เศษตะกอนที่สะสมอยู่เหนือผิวทราย 2-3 เซนติเมตรลอยขึ้นไปบนน้ำด้านบน จากนั้นเปิดวาล์วสำหรับกวนน้ำ (ติดตั้งอยู่เหนือระดับทราย 5-10 เซนติเมตร) เพื่อปล่อยให้เศษตะกอนหรือสารอินทรีย์ไหลออกไปกับน้ำด้านบนอย่างรวดเร็ว อนุภาคทรายที่ลอยอยู่ส่วนใหญ่จะไม่ไหลออกไปด้วยแต่จะจมลงหรือตกตะกอนลงไปอีกครั้ง ส่วนฟิล์มชีวภาพก็จะสร้างตัวขึ้นและทำหน้าที่ของมันอย่างสมบูรณ์อีกครั้งหลังจากนั้น 2-3 วัน ทรายจำนวนไม่มากจะถูกล้างออกไปกับน้ำแต่เมื่อทำการกวนน้ำเช่นนี้อีกหลายครั้งก็ควรทำการใส่ทรายเพิ่มที่ด้านบนของแทงค์กรองด้วยการกวนน้ำเพื่อรักษาอัตราการไหลที่เหมาะสมจำเป็นต้องทำบ่อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการน้ำสะอาดของชุมชนและคุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ เนื่องจากแทงค์กรองทรายเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการไหลของน้ำในของระบบ การเพิ่มปริมาณน้ำที่ผลิตอาจทำได้โดยการเพิ่มขนาด (ด้านข้าง) ของแทงค์กรองให้ใหญ่กว่าที่ออกแบบไว้แต่แรก หรือทำการสร้างแทงค์กรองทรายเพิ่มเพื่อทำงานคู่ขนานกันไป

### c) **แท่งกรองถ่าน (ถ่านชีวภาพ)**

**คำศัพท์และนิยาม** แท่งกรองถ่านนี้ทำหน้าที่หลักด้วยขบวนการดูดติดผิว ซึ่งเป็นปฏิกิริยาบริเวณพื้นผิวระหว่างสารละลายและของแข็ง (ในที่นี้คือถ่าน) ขบวนการดูดติดผิวนี้นอกจาก “การดูดซึม” ที่หมายถึง “การซึมซับ” หรือ “การดูดกลืนเข้าไป” และในการบำบัดน้ำเสีย สารปนเปื้อนจะแพร่กระจายเข้าไปในรูพรุนของถ่าน(การดูดซึม)และขณะเดียวกันก็ถูกยึดติดที่พื้นผิวของถ่าน(การดูดติดผิว) และบางครั้งอาจใช้คำว่า “ดูดซับ” ที่มีความหมายกว้างๆและไม่เจาะจง

ความเป็นรูพรุนและพื้นผิวปริมาณมากของถ่านทำให้มีพื้นที่ทำปฏิกิริยาจำนวนมากสำหรับการยึดติดของสารประกอบละลายน้ำ พื้นที่ทำปฏิกิริยานี้สามารถดึงสารอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกับสารปนเปื้อนอื่นๆ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำในสภาพแวดล้อมที่ปรากฏอยู่ในน้ำตามธรรมชาติอาจเกาะเต็มพื้นที่ผิวของถ่านและขัดขวางสารปนเปื้อนที่ต้องการกำจัดออก ขบวนการนี้เรียกว่า “การเกิดตะกอน” ซึ่งปริมาณตะกอน ในถ่านกรองนี้สามารถทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยขบวนการก่อนหน้า ซึ่งในที่นี้เกิดขึ้นที่แท่งกรองกรวดและแท่งกรองทราย ที่ทำหน้าที่แยกสารอินทรีย์ละลายน้ำส่วนใหญ่ออกจากรูพรุนก่อนจะมาถึงแท่งกรองถ่าน ซึ่งหลักการคือเพื่อทำการบำบัดในปริมาณมากก่อนที่จะถึงแท่งกรองถ่าน ทั้งนี้เพื่อ “เก็บคาร์บอน” ไว้สำหรับการแยกสารประกอบละลายน้ำที่เป็นอันตรายที่หลงเหลือมาจากขั้นตอนการบำบัดก่อนหน้า

**ถ่านที่ผลิตเองและคาร์บอนกัมมันต์** ระบบผลิตน้ำสะอาดในที่นี้ ถ่านกรองมีหน้าที่เป็น “ตัวดูดติดผิว” ในระยะท้าย ซึ่งคล้ายกับการใช้คาร์บอนกัมมันต์แบบเม็ด (granular activated carbon หรือ GAC) ในหน่วยบำบัดน้ำเสียแบบสมัยใหม่ ในประเทศที่พัฒนาแล้ว แท่งกรองถ่านนี้อยู่ในส่วนที่ถัดมาจากแท่งกรวดและแท่งทราย โดยมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ (เช่น สารประกอบที่ทำให้เกิดรสชาติ กลิ่นและสีที่ไม่พึงประสงค์) หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ เช่นยากำจัดศัตรูพืช เกษษภัณฑ์ สารประกอบเชื้อเพลิง ฯลฯ ที่ไม่สามารถกำจัดออกได้จากแท่งกรองก่อนหน้า

อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างถ่าน/ถ่านชีวภาพที่ตัวเองและคาร์บอนกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อขายในตลาด ข้อแรกคือ ถ่านที่ผลิตเอง (ถ้าจะให้ดี) มักทำมาจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือทางป่าไม้และเป็นวัสดุประเภทไม้ที่ผลิออกมาได้เรื่อยๆและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ส่วนคาร์บอนกัมมันต์ที่มีขายส่วนใหญ่ทำมาจากถ่านหินซับบิทูมินัส (subbituminous) และถ่านหินลิกไนต์ (ที่นำกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้) ทั้งถ่านที่ผลิตเองและคาร์บอนกัมมันต์ต้องผ่านขั้นตอนคาร์บอนไนเซชันซึ่งเป็นขั้นตอนที่วัสดุถูกทำให้ร้อนด้วยอุณหภูมิหลายร้อยองศาเซลเซียสภายใต้สภาวะที่จำกัดออกซิเจน ซึ่งคาร์บอนกัมมันต์ที่ผลิตขายจะถูกนำมาผ่านกรรมวิธี “ก่อกัมมันต์” ด้วยขบวนการทางกายภาพ และ/หรือทางเคมี เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่เป็นรูพรุนภายในและมีพื้นที่ผิวสำหรับการเกิดปฏิกิริยาด้วยการใช้ไอน้ำความดันสูง คาร์บอนไดออกไซด์ หรือกรด หรืออาจพูดได้ว่าขั้นตอนการก่อกัมมันต์นั้นเป็นขั้นตอนต่างหากที่ต้องมีเครื่องจักร กำลังไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆที่ไม่สามารถหาได้ในชุมชนที่กำลังพัฒนา



นอกจากนั้น เมื่อเทียบกับคาร์บอนกัมมันต์แล้ว ถ่านที่ผลิตเองอาจประกอบไปด้วยส่วนประกอบจำนวนมากของสารประกอบน้ำมันดินที่หลงเหลือจากขบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะเมื่อขบวนการผลิตถ่านเกิดขึ้นในภาวะที่อุณหภูมิต่ำกว่า (เช่นต่ำกว่าที่ ~ 600 องศาเซลเซียสในการผลิตถ่านหุงต้ม) ถ่านที่ผลิตเองยังอาจมีส่วนประกอบจำนวนมากของซีไธ้ถ่านที่เคลือบที่ใช้เผาเป็นหล้าหรือเปลือกข้าว ที่มีส่วนประกอบของเกลือแร่สูง เนื่องจากถ่านที่ผลิตเองไม่ได้ผ่านขบวนการ “ก่อกัมมันต์” และอาจมีส่วนประกอบของซีไธ้ถ่านสูง อีกทั้งมีน้ำมันดินและน้ำมันที่ติดค้างอยู่ จึงทำให้ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียทำได้ไม่เต็มที่เหมือนคาร์บอนกัมมันต์แบบเกล็ดที่มีผลิตในโรงงานและนำมาขาย จากข้อจำกัดนี้เราจึงทดแทนด้วยการออกแบบให้มีอัตราการใช้คาร์บอนที่สูงขึ้น (เช่น เพิ่มมวลคาร์บอนที่ใช้ในการบำบัดน้ำ)

**การกรองด้วยถ่านแบบชีวภาพ** ในแท่งกรองถ่านนี้เหมือนกับแท่งกรองทรายคือ ถ้าไม่มีการใส่สารฆ่าเชื้อลงไปในระบบ ฟิล์มชีวภาพตามธรรมชาติก็จะปรากฏขึ้นเองบนผิวหน้าของวัสดุกรอง ซึ่งปกติแล้วเราถือว่าดี ขณะที่ฟิล์มชีวภาพรวมเข้ากับการไหลเข้ามาของสารอินทรีย์ธรรมชาติในระบบก็อาจทำให้เกิดตะกรันได้ จุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่สร้างฟิล์มชีวภาพนั้นจะควบคุมการพัฒนาของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในวัสดุกรองด้วยการดำรงชีพแบบแข่งขันและล่าเหยื่อ

นอกจากนั้น การวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับคาร์บอนกัมมันต์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แสดงถึงการทำงานร่วมกันระหว่างกลไกการดูดซับและการย่อยสลายทางชีวภาพเพื่อกำจัด SOC การทำงานร่วมกันของการดูดซับและการย่อยสลายทางชีวภาพส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพมากกว่าการดูดซับหรือการย่อยสลายทางชีวภาพอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว การดูดซับโดยคาร์บอนเป็นการเจือจางสารปนเปื้อนที่ละลายน้ำได้ ทำให้ฟิล์มชีวภาพมีเวลาย่อยสลายได้นานขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ผิวว่างบนคาร์บอนเพื่อการดูดซับมากขึ้น และยังเป็นที่ยืดอายุการใช้งานของวัสดุกรองให้นานขึ้น แม้สารประกอบบางอย่างที่โดยทั่วไปถือว่าไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ก็จะถูกย่อยสลายได้เมื่อผ่านวัสดุกรองที่เป็นถ่านเป็นเวลานาน การสัมผัสกับสารปนเปื้อนที่ถูกเก็บไว้โดยคาร์บอนเป็นระยะเวลาตั้งแต่หลายอาทิตย์จนเป็นหลายเดือนทำให้จุลินทรีย์ปรับตัวและพัฒนาวิถีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสารนั้นบางส่วนจนเหลือกลายเป็นสารต้านทานการย่อยสลายที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการทำงานร่วมกันระหว่างขบวนการดูดซับและการย่อยสลายทางชีวภาพนั้นสามารถส่งผลให้เกิดการกำจัด SOC ที่เป็นอันตรายออกจากระบบได้ทั้งหมด

**การชะละลาย (leaching) ของสารปนเปื้อน และการจัดการกับคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้ว** มักมีข้อกังวลในการใช้ถ่านกรองเกี่ยวกับการแพร่กระจายกลับ (back-diffusion) หรือ “การชะละลาย” ของสารปนเปื้อนออกจากคาร์บอน ไม่ว่าจะ เป็นในช่วงอายุการใช้งานในการกรองหรือหลังจากนั้นที่ไม่ถูกใช้งานแล้ว จากงานวิจัยเมื่อไม่นานมานี้เกี่ยวกับระบบคาร์บอนกัมมันต์ได้แสดงให้เห็นว่ามีการชะละลายเกิดขึ้นน้อยมาก อัตราของการแพร่กระจายกลับ (สารปนเปื้อนหลุดออกมาจากพื้นผิวและรูพรุน) ต่ำมากเนื่องจากการดูดซับที่รูพรุนโดยสารอินทรีย์ธรรมชาติ ปกติแล้วสารปนเปื้อนจะกระจายตัวเข้าไปในรูพรุน เกาะตัวเข้ากับพื้นผิวภายใน และติดอยู่ที่นั่น โดยมีสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้ามาอุดที่รูพรุนไว้ ตลอดช่วงระยะเวลาอายุการใช้งานของถ่านกรอง ยิ่งกว่านั้น สารปนเปื้อนที่เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ยังรวมตัวกับพื้นผิว

คาร์บอนอย่างแน่นหนา มากกว่าสารอินทรีย์ในธรรมชาติที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นสารประกอบอินทรีย์ธรรมชาติจึงไม่น่าจะเข้าไปแทนที่สารปนเปื้อนที่ถูกดูดซับไว้ได้

จากการวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าการหลุดตัวของสารปนเปื้อนที่ถูกดูดซับที่คาร์บอนนั้นไม่น่าจะเป็นข้อกังวลจนเกินไป ทั้งไม่ว่าในช่วงอายุการใช้งานหรือเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ตามที่มีระบุไว้ในการศึกษาเกี่ยวกับการกรองแบบชีวภาพ ที่ว่าเวลาและกิจกรรมการเผาผลาญของจุลินทรีย์เป็นปัจจัยที่ทำให้การย่อยสลายสารปนเปื้อนมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งในสถานที่ที่เป็นชุมชนห่างไกลและกำลังพัฒนา สามารถทำได้ด้วยการหมักถ่านกรองที่ใช้แล้วและนำไปใส่ลงในดินที่ทำการเกษตรตามวิธีการที่ผู้มีความรู้ด้านชีวภาพอธิบายไว้ วิธีการตามแบบที่ทำกันมาดั้งเดิมในการใส่ถ่านกรองที่ใช้แล้วในดินสามารถนำมาปรับได้ ด้วยการผสมในอัตราที่ต่ำ คือถ่าน ~ 100 กิโลกรัมต่อพื้นที่หนึ่งเฮกเตอร์ (6 ไร่ 1 งาน)

**การเปลี่ยนถ่านกรอง** อายุการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพของถ่านกรองนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่าน รวมถึงคุณภาพและลักษณะของน้ำที่นำมากรองและประสิทธิภาพของขั้นตอนการกรองก่อนหน้า ในชุมชนชนบทห่างไกล ปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดจากความแตกต่างและความไม่แน่นอนที่มีค่อนข้างมาก เนื่องจากถ่านสามารถผลิตได้เองในชุมชนและราคาไม่แพง จึงแนะนำว่าควรใช้วิธีการในเบื้องต้นคือ การออกแบบแทงค์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อมีอัตราการใช้ปริมาณคาร์บอนที่มากกว่าระบบที่ใช้คาร์บอนกัมมันต์แบบเกล็ด แทงค์กรองถ่านที่สร้างตามแบบที่มีไว้และผลิตน้ำได้ 2000 ลิตรต่อวันควรมีการเปลี่ยนถ่านใหม่อย่างน้อยทุก 2-3 ปี

การกระแยะเวลานี้ควรถือเป็นเพียงตัวเลขคร่าวๆเท่านั้น การวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ที่ Aqueous Solutions และผู้ร่วมงานท่านอื่นๆกำลังทำการสรุปรวบรวมการออกแบบระบบกรองรวมถึงวิธีดำเนินการ อย่างไรก็ตาม ที่สุดแล้วต้องแล้วแต่การตัดสินใจของชุมชนและผู้รับผิดชอบที่จะพิจารณาปัจจัยอื่นๆเช่นความเปลี่ยนแปลงในความต้องการน้ำของชุมชน และคุณภาพของแหล่งน้ำที่นำมาใช้ (เช่นความขุ่น สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในฤดูฝน วงจรการเพาะปลูกในชุมชนและช่วงเวลาการใส่ยาฆ่าแมลงศัตรูพืช การพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรมในเขตใกล้เคียงที่อาจมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำ ฯลฯ) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยพิจารณาระยะเวลาการใช้งานที่เหมาะสมและความถี่ในการเปลี่ยนถ่านกรอง

#### **d) แทงค์เก็บน้ำสะอาด**

แทงค์เก็บน้ำสะอาดควรมีขนาดพอดีกับปริมาณน้ำตามความต้องการของชุมชน ควรเตรียมแทงค์สำรองที่เหมาะสมไว้ด้วย ต้องมีข้อควรระวังเสมอเพื่อจะแน่ใจว่าน้ำสะอาดนั้นจะไม่ถูกปนเปื้อนอีกในระหว่างขั้นตอนการเก็บการแจกจ่าย หรือจากภาชนะที่นำมาใส่ เช่นถังน้ำที่สมาชิกในชุมชนนำมาใช้