

เทคโนโลยีสุขาภิบาล

Compendium of Sanitation Systems and Technologies



แปล เรียบเรียงและจัดทำโดย สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข



กรมอนามัย
สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม

คำนำ

คู่มือฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ ประกอบงานด้านการจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและที่เกี่ยวข้องโดยแปลและเรียบเรียงจาก Compendium of Sanitation System and Technologies โดย Eawag-Sandec แบ่งเป็น 2 ส่วน ซึ่งกล่าวถึงรูปแบบของระบบสุขาภิบาล (Sanitation System) จัดทำเป็น 8 รูปแบบที่บรรยายลักษณะรูปแบบและการพิจารณาปัจจัยนำเข้า (Input) และผลที่ได้รับ (Output) ส่วนที่ 2 เป็นการกล่าวถึง กลุ่มปฏิบัติการในระบบ (Functional Group) แบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่ม U ผู้ใช้ (User Interface) หรือส่วนที่ต้องสัมผัสกับผู้ใช้, กลุ่ม S รวบรวมและสะสม/บำบัด, กลุ่ม C การขนส่ง/ระบบท่อ (Conveyance), กลุ่ม T ระบบบำบัดแบบกึ่งศูนย์รวม ((Semi-) Centralized Treatment), กลุ่มสุดท้ายเป็นการนำของเสียที่ผ่านระบบไปใช้ประโยชน์หรือนำไปกำจัด (Use/disposal) คู่มือฉบับนี้พยายามปรับเข้ากับบริบทในประเทศไทย ซึ่งเขียนโดยกว้างและต้องการให้ผู้สนใจ นักวิชาการ นักศึกษาหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในงาน เข้าใจบริบทของเทคโนโลยีด้านนี้พร้อมนำเสนอรูปแบบและหน่วยปฏิบัติการที่สำคัญ แต่ทั้งนี้จำเป็นจะต้องมีพื้นฐาน/ความรู้ด้านการบำบัดน้ำเสีย การจัดการของเสียและวัฏจักรต่าง ๆ มาพอสมควรเพื่อจะได้เข้าใจและนำทรัพยากรเหล่านี้ไปใช้ได้อย่างมีคุณค่าไม่ใช่ของเน่าเสียแล้วก็ทิ้งเพราะยังมีสารอาหารที่หลงเหลือ เพื่อเข้าสู่กระบวนการหรือวัฏจักรในธรรมชาติ เช่น วัฏจักรไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ เป็นต้น แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นต้องทำให้เชื้อโรคหมดสภาพหรือไม่ได้อยู่ในสถานะที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายเชื้อโรค นั่นเอง

ขอขอบคุณนักวิชาการและเจ้าหน้าที่สำนักงานมัยสิ่งแวดล้อม ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้จะช่วยให้เกิดแนวคิดหรือมองเห็นภาพรูปแบบการจัดการสิ่งปฏิกูลได้อย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	4
1.นิยาม	4
2.การเปรียบเทียบระบบสุขาภิบาลแบบแผนทั่วไป (Conventional Sanitation System) กับระบบสุขาภิบาลแบบยั่งยืน (Sustainable Sanitation System)	6
3.กรอบงานสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน (Working Platform)	7
4.วัฏจักรสารอาหาร (Nutrient Cycle)	8
บทสรุปของระบบสุขาภิบาลและเทคโนโลยี	10
ผลิตภัณฑ์จากสิ่งปฏิกูล (Products)	11
กลุ่มฟังก์ชัน (Functional Groups)	14
ระบบ 1 ระบบหลุมเดี่ยว (Single Pit System)	18
ระบบ 2 ระบบที่ไม่ใช้น้ำ “ส้วมหลุม” (Waterless System with Alternating Pits)	20
ระบบ 3 ระบบส้วมชักโครกแบบมีระบบเก็บกักหลุมคู่ (Pour Flush System with Twin Pits)	22
ระบบ 4 : ระบบไม่ใช้น้ำด้วยวิธียูรีนไดเวอร์ชัน (Waterless System with Urine Diversion)	25
ระบบ 5 : ระบบการบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยการกรอง (Blackwater Treatment System with Infiltration)	28
ระบบ 6 : ระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยระบบท่อน้ำโสโครก (Blackwater Treatment System with Sewerage)	31
ระบบ 7 : (กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์รวม/ศูนย์กลาง (Semi-) Centralized Treatment System)	34
ระบบ 8 : ระบบการแยก/โอนปัสสาวะโดยท่อน้ำโสโครก (Sewerage System with Urine Diversion)	37
เทคโนโลยีและสุขาภิบาล	
อ้างอิง	

1. บทนำ

1.1 นิยาม

สุขาภิบาล

“ สุขาภิบาล ” มาจากคำว่า สุข + อภิบาล ซึ่ง “ สุข ” นั้นมีความหมายว่า “ สบาย ” อภิบาล มีความหมายว่า การระวังรักษาเพื่อให้เกิดความสุขและการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม (Environment Sanitation) การระวังรักษาสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสุขนั่นเองซึ่งองค์การอนามัยโลกได้ให้ความหมายไว้ว่า “การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทั้งหมดของมนุษย์ที่กระทำหรืออาจกระทำให้เกิดผลเสียต่อการพัฒนาการของร่างกายสุขภาพและการดำรงชีวิตอยู่รอดของมนุษย์”

การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม

“การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม” หมายถึง การควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทั้งหมดของมนุษย์ที่กระทำหรืออาจกระทำให้เกิดผลเสียต่อการพัฒนาการทางด้านสุขภาพร่างกายและการมีชีวิตอยู่รอดของมนุษย์อนามัยสิ่งแวดล้อม สภาวะความสมบูรณ์แข็งแรงทางร่างกายและจิตใจ รวมถึงการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมด้วยดีอนามัยมิได้ หมายถึง แต่เพียงปราศจากโรคเท่านั้น

“ โรค ” หรือ “ ความไม่สบาย ” คือภาวะผิดปกติที่เกิดขึ้นในร่างกาย เนื่องจากเกิดการทํางานผิดปกติในองค์ประกอบของร่างกาย ทำให้เกิดความรู้สึกว่าไม่สบายหรือแสดงอาการว่า ไม่สบายออกมาให้เห็น เช่น รู้สึกหนาวร้อน เป็นไข้ หรือแสดงอาการสั่น ไอ หรือ ชัก เป็นต้น ซึ่งความรู้สึกและอาการผิดปกตินี้จะไม่มีความผิดปกติธรรมดาที่สบายดีหรือไม่มีโรค

“ บำรุงรักษา ” ในทางสุขาภิบาลหมายถึงการระวังรักษา เพื่อความสุขปราศจากโรค

อนามัยสิ่งแวดล้อม

“อนามัย” ตามความหมายที่องค์การอนามัยโลกได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “ การมีสุขภาพสมบูรณ์ดีทั้งทางร่างกายและจิตใจ และสามารถดำรงชีพอยู่ในสังคมได้ด้วยดีซึ่งไม่เพียงปราศจากโรค หรือไม่แข็งแรงทุพพลภาพเท่านั้น ” (Health is defined as a state complete physical, mental and social well-being and merely the absence of disease infirmity)

“อนามัย” ตามความหมายจากพจนานุกรมฉบับเฉลิมพระเกียรติ พ.ศ.2530 คือ “ ความไม่มีโรค ถูกหลักสุขภาพหรือมีสุขภาพดี ” ซึ่งคำว่า “ สุขภาพ ” หมายถึง “ ความสุขปราศจากโรค ความสบาย ”

“สิ่งแวดล้อม” หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต ทั้งที่เป็นรูปธรรมซึ่งจับต้องได้มองเห็นได้ อาจแบ่งได้เป็น “ สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ตามธรรมชาติ ” เช่น ดิน น้ำ อากาศ แร่ธาตุ รวมถึง มนุษย์ด้วยกัน สัตว์ ต้นไม้ ฯลฯ และ “ สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ” เช่น อาคารบ้านเรือน ยานพาหนะ ตลอดจนสิ่งแวดล้อมที่เป็นนามธรรม เช่น วัฒนธรรมประเพณี สิ่งแวดล้อมทางสังคมการเมือง ฯลฯ

ดังนั้น อนามัยสิ่งแวดล้อม จึงหมายถึง “ ความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพอนามัยของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ” ฉะนั้นสุขภาพอนามัยของมนุษย์ก็ย่อมได้รับผลจากคุณภาพของสิ่งแวดล้อม ถ้าสิ่งแวดล้อมมีสภาพเสื่อมโทรมเกิดเป็นมลพิษขึ้น

องค์การอนามัยโลกได้ให้ความหมาย อนามัยสิ่งแวดล้อม “Environment Health” เป็นการจัดการและควบคุมสิ่งแวดล้อมที่เป็นหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์เพื่อให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศน์ระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอันจะส่งผลให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ดีทั้งทางร่างกาย จิตใจและสังคม” หัวใจหลักสำคัญ ของการสุขภาพบาลเชิงนิเวศและการสุขภาพอย่างยั่งยืนคือ การแยกประเภทของของเหลว/กึ่งเหลวตามคุณสมบัติ

การสุขภาพอย่างยั่งยืน.

“ระบบสุขภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันและส่งเสริมสุขภาพ โดยเข้าไปจัดการให้มีสิ่งแวดล้อมที่สะอาดและตัดวงจรเชื้อโรคที่จะทำให้เกิดโรคออกไป การที่จะทำให้เกิดความยั่งยืนได้นั้นไม่เพียงแต่จะต้องพิจารณาคุณค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ การยอมรับจากสังคม ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยี เทคนิควิชาการที่ใช้เท่านั้นแต่จะต้องดูแลสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติควบคู่กันไปด้วย” –SuSanA (2008)

“The main objective of a sanitation system is to protect promote human health by providing a clean environment and breaking the cycle of disease. In order to be sustainable a sanitation system has to be not only economically viable, socially acceptable, and technically and institutionally appropriate, it should also protect the environment and the natural resources” –SuSanA (2008)

หรือเพื่อให้เข้าใจในรายละเอียดอย่างลึกซึ้ง “การสุขภาพอย่างยั่งยืน” มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันและส่งเสริมสุขภาพโดยการสร้างสิ่งแวดล้อมที่สะอาดและตัดวงจรของการเกิดโรค เพื่อให้เป็นไปอย่างยั่งยืน ระบบการสุขภาพนั้นต้องเป็นแบบประหยัดพลังงานและน้ำ ประชาชนยอมรับ และเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่น รักษาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยถือหลักการว่าอุจจาระและปัสสาวะไม่ใช่ของเสียแต่เป็นทรัพยากร และต้องดำเนินการอย่างถูกสุขลักษณะ ไม่ให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค ดังนั้นเพื่อให้การพัฒนากระบวนการสุขภาพบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ควรพิจารณามิติที่สัมพันธ์กับเกณฑ์มาตรฐานความยั่งยืน ดังนี้ (พิจารณาภาพ)

1) สุขภาพและสุขลักษณะ : เป็นการพิจารณาความเสี่ยงจากการได้รับเชื้อโรคหรือสารอันตรายเมื่อนำอุจจาระ-ปัสสาวะ หรือนำของเสียไปใช้ประโยชน์ และดำเนินการอย่างถูกสุขลักษณะโดยมีระบบเก็บกักและบำบัด ก่อนนำไปใช้และปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาติ และการปรับรูปแบบวิถีปฏิบัติในการดำรงชีพ

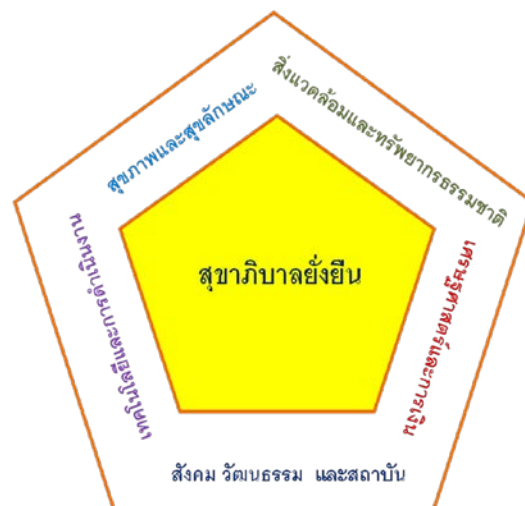
2) สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ : เป็นการนำพลังงาน ทรัพยากรมาใช้เพื่อดำเนินการทางด้านบำบัดมลพิษ ตลอดจนการบำรุงรักษา หรือที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในเรื่องของการหมุนเวียนนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ นำกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งผลผลิตที่ได้จากการนำของเสียมาบำบัด เช่น ได้

ปุ๋ยเพื่อนำไปใช้ทางการเกษตรหรืออื่น ๆ และเป็นพลังงานทางเลือกเพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เช่นการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ

3) เทคโนโลยีและการทำงาน : เป็นเทคโนโลยีที่ง่ายต่อการควบคุมดูแลรักษาและง่ายต่อการจัดการ โดยดำเนินการและตรวจสอบได้ง่ายจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเป็นเทคโนโลยีที่ประหยัดพลังงาน ดำเนินการง่ายหากเกิดภาวะขาดแคลนและเป็นเทคโนโลยีที่สามารถยืดหยุ่นเข้ากับทุกสภาพพื้นที่หรือภูมิประเทศ

4) เศรษฐศาสตร์และการเงิน: เป็นเรื่องของค่าใช้จ่ายสำหรับการบริหารจัดการของครัวเรือนและชุมชน รวมทั้งการประเมินทั้งต้นทุนและผลกำไรในทางตรง เช่นจากการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ปุ๋ย พลังงานและน้ำเสียใช้ในการเกษตร ตลอดจนค่าใช้จ่ายต่อการดูแลสุขภาพในชีวิต

5) ด้าน สังคม วัฒนธรรมและองค์กร: ประเมินการยอมรับและความเหมาะสมของระบบการจัดการ สุขาภิบาล ความสะดวก ความตระหนักรู้ ความแตกต่างทางเพศและผลกระทบต่อศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์



ภาพ แสดงมิติด้านการสุขาภิบาลยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่าการสุขาภิบาลยั่งยืน จะเกี่ยวข้องกับมิติ 5 ด้าน โดยแตกต่างจากสุขาภิบาลแบบเดิม ที่เน้นความยั่งยืน แต่เดิมจะเน้นด้านสุขภาพและสุขลักษณะ ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีและการจัดการ จากนั้นก็ได้มีการพัฒนาโดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติและต่อมาก็ได้พิจารณาเพิ่มประเด็นด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน,ด้านสังคม วัฒนธรรมและสถาบัน

1.2 การเปรียบเทียบระบบสุขาภิบาลแบบแผนทั่วไป (Conventional Sanitation System) กับระบบสุขาภิบาลแบบยั่งยืน (Sustainable Sanitation System)

ระบบสุขาภิบาลแบบแผนทั่วไป (Conventional Sanitation System)	ระบบสุขาภิบาลแบบยั่งยืน (Sustainable Sanitation System)
1.เป็นการใช้เทคโนโลยีปลายทาง (End of pipe technologies)	1.เป็นระบบปิดและมีการแยกวัฏจักรของน้ำเสียกับสารอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาด้านสุขอนามัยเนื่องจากการแยกอุจจาระออกจากวัฏจักรของน้ำ
2.ในการผลิตปุ๋ยต้องใช้ต้นทุนทรัพยากรพลังงานสูง	2.เป็นการนำสารอาหาร(ฟอสฟอรัสและไนโตรเจน)กลับมาใช้เพื่อการเกษตรและประหยัทรัพยากร ,พลังงานกว่าการผลิตปุ๋ยเคมี
3.สูญเสียสารอาหาร(ฟอสฟอรัสและไนโตรเจน)เป็นจำนวนมากเนื่องจากการละลายและถูกชะล้างออกไป (มีเพียง30%เท่านั้นที่สามารถนำกลับมาใช้จากกากตะกอนน้ำเสียส่วนเกิน	3.เน้นการพิจารณาประหยัน้ำตลอดการใช้น้ำในระบบส้วม (แบบสูญญากาศ,การแยกอุจจาระปัสสาวะ หรือส้วมประหยัน้ำ (dry toilets)
4.เกิดการสะสมของสารอาหารในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)	4.การผลิตพลังงานโดยเฉพาะก๊าซชีวภาพ(biogas) แทนการบริโภคพลังงานเพียงอย่างเดียว
5.เป็นการบริโภคน้ำที่สูงมากเนื่องจากใช้ระบบแบบศูนย์รวม	5.ประหยัต้นทุนในการก่อสร้าง,การดำเนินการและการดูแลบำรุงรักษาว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบศูนย์รวมทั่วไป
ระบบสุขาภิบาลแบบแผนทั่วไป (Conventional Sanitation System)	ระบบสุขาภิบาลแบบยั่งยืน (Sustainable Sanitation System)
6.ต้องการต้นทุนและพลังงานในการก่อสร้างการดำเนินการและดูแลบำรุงรักษาสูง	6.ระบบสามารถปรับเข้ากับเงื่อนไขด้านท้องถิ่น เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม
7.ต้องใช้พลังงานสูงสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำเสีย	7.ง่ายในการดำเนินการและการดูแลบำรุงรักษา
8.จำนวนของของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่มีปริมาณสูงดังนั้นจึงต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกในการบำบัดที่มีราคาแพง อาทิเช่น เตาเผาและพื้นที่ฝังกลบ	- ;

ที่มา: Otter Wasser GmbH. Sustainable Sanitation Systems. [Online] <http://www.otterwasser.de/english/sane.htm#Principles>. (Access 7 December 2009)

1.3 กรอบงานสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน (Working Platform)

ในการดำเนินงานด้านสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่แหล่งกำเนิดมลพิษจนกระทั่งการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้จำเป็นต้องทำความเข้าใจ มิติด้านสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและกรอบงานไปด้วย

1.	การพัฒนาศักยภาพการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน
2.	คำเนิ่การจัดการด้านต้นทุนและเศรษฐศาสตร์การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน
3.	พลังงานทดแทน, การป้องกันน้ำใต้ดิน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
4.	ระบบการสุขาภิบาล, เทคโนโลยีทางเลือก, สุขลักษณะและสุขภาพ
5.	ระบบกระบวนการผลิตและความปลอดภัยด้านอาหารเพื่อความเป็นไปด้านการสุขาภิบาลที่มีประสิทธิภาพ
6.	สุขาภิบาลยั่งยืนสำหรับเมือง
7.	สุขาภิบาลชุมชน, โรงเรียน และพื้นที่ชนบท
8.	การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนในภาวะฉุกเฉินและการก่อสร้าง
9.	ดำเนินการการสุขาภิบาลให้เป็นเชิงพาณิชย์กรรม
10.	ให้ประชาชนเกิดความตระหนักในการดำเนินการเชิงพาณิชย์กรรมด้านการตลาดของสุขาภิบาล
11.	การดำเนินการและการดูแลบำรุงรักษาการสุขาภิบาลยั่งยืน
12.	สิทธิทางเพศกับการสุขาภิบาลยั่งยืน

ที่มา: Sustainable Sanitation Alliance <http://www.susana.org/images/documents/04-meetings/side-events/2009-singapore/01-en-panesar-introduction-susana-wts-singapore-2009.pdf>

การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (Ecological Sanitation)

“การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ” (Ecosan หรือ eco-san) หมายถึง การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนในมิติ ด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เป็นการนำสารอาหารที่อยู่ในอุจจาระและปัสสาวะจากมนุษย์มาใช้ประโยชน์เป็น อาหารของพืช หรือเป็นการเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการให้ผลผลิตทางการเกษตร มากกว่าการจัดการการสุขาภิบาลที่ไม่ได้นำอุจจาระและปัสสาวะมาใช้ประโยชน์

1.4 วัฏจักรสารอาหาร (Nutrient Cycle)

เป็นที่ทราบกันดีว่าบนโลกเรามีการไหลและหมุนเวียนของสารอาหารที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน (Nitrogen) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) และโปแทสเซียม (Potassium) และวัฏจักรอื่น ๆ ได้แก่ วัฏจักร คาร์บอน วัฏจักรกำมะถัน เป็นต้น แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องทราบและทำความเข้าใจถึงวัฏจักรเหล่านี้เพื่อทราบและ สรุปลักษณ์ของการนำของเสียที่ยังมีสารอาหารนำไปใช้ สำหรับวัฏจักรที่ควรทราบและนำเสนอ ดังนี้

1.4.1 วัฏจักรไนโตรเจน สัญลักษณ์ทางเคมีของไนโตรเจนคือ “N” ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ ของพืชโดยเป็นส่วนประกอบหลักทั้งทางโครงสร้างและเมตาบอลิซึม สัตว์กินพืชและผู้บริโภคเป็นธาตุที่สำคัญ ต่อสิ่งมีชีวิตในโลกนี้เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโนซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนทุกชนิดใน

สิ่งมีชีวิตและในบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2) ประมาณ 78% ซึ่งมากกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ ไนโตรเจนในรูปของก๊าซก็ไม่สามารถนำมาใช้ได้จำเป็นต้องเข้าสู่วัฏจักรโดยนำมาใช้ 2 รูปคือ แอมโมเนียม (ammonium : NH_4^+) และไนเตรต (Nitrate หรือ NO_3^-) ซึ่งขั้นตอนวัฏจักรไนโตรเจนมีอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

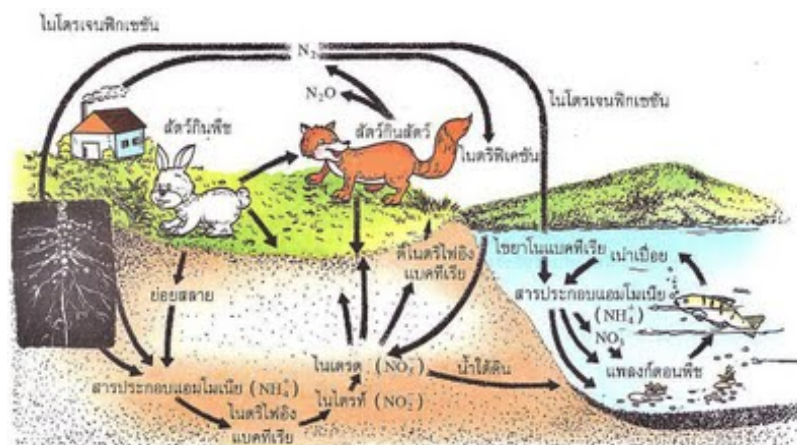
1. nitrogen fixation เนื่องจากพืชไม่สามารถนำไนโตรเจนที่อยู่ในอากาศมาใช้ได้จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรต์ (nitrite, NO_2) และไนเตรท (nitrate, NO_3) โดยผ่านกระบวนการ nitrogen fixation ต้องอาศัยแบคทีเรียพวก Rhizobium และ Azotobacter ที่อาศัยอยู่ตามปมของรากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ

2. assimilation เป็นขั้นตอนที่พืชนำไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทไปใช้ ส่วนสัตว์ก็จะมากินพืชต่อไป

3. ammonification ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นเมื่อพืชและสัตว์ตายลง หรือขับถ่ายของเสียออกมา จะได้สารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียในดินโดยอาศัยเชื้อราและแบคทีเรีย

4. nitrification ไนโตรเจนที่อยู่ในดินจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย (ammonia, NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นนี้สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจนำไปใช้ได้โดยตรง แต่ส่วนมากสิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไนไตรต์และไนเตรทก่อน โดยอาศัยแบคทีเรียพวก Nitrosomonas และ Nitrobacter

5. denitrification เป็นการเปลี่ยนไนเตรทให้กลับไปเป็นแก๊สไนโตรเจน โดยอาศัยแบคทีเรียพวก denitrifying bacteria ได้แก่ Pseudomonas



ที่มา <https://sites.google.com/site/science0152/18> เข้าถึงวันที่ 20 มีนาคม 2557

ภาพ วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

1.4.2 วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle) สัญลักษณ์ทางเคมีของฟอสฟอรัสคือ “P” ฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุสำคัญอีกชนิดหนึ่งในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในส่วนของเซลล์เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ยังจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและบำรุงรักษากระดูกและฟัน ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่มีในบรรยากาศ ดังนั้น วัฏจักรของฟอสฟอรัสจึงจำกัดอยู่ใน

ดินและในน้ำ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติน้อยมาก มีจำกัดในโลกใบนี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงถูกใช้หมุนเวียนในระบบนิเวศในปริมาณที่จำกัด และเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายชนิด วัฏจักรฟอสฟอรัสแตกต่างจากวัฏจักรของสารอื่นๆตรงที่สารนี้ไม่มีการหมุนเวียนสู่บรรยากาศเลย เพราะไม่อยู่ในสถานะที่เป็นแก๊ส จำกัดอยู่ในดินและในน้ำจึงเป็นวัฏจักรแบบที่มีการตกตะกอนของสาร (Sedimentary cycle) สำหรับฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจัดว่าเป็นปัจจัยจำกัด(Limiting factor) เพราะเกี่ยวข้องกับความสามารถของแหล่งน้ำ การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ ขั้นตอนของวัฏจักรฟอสฟอรัส มีดังนี้ ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจัดว่าเป็นปัจจัยจำกัด (Limiting factor) เพราะเกี่ยวข้องกับความสามารถของแหล่งน้ำ การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ แหล่งสำรองของฟอสฟอรัสไม่ได้อยู่ในอากาศ แต่อยู่ในหินอัคนี หินตะกอน เป็นเวลานับล้าน ๆ ปีแล้วถูกทำให้ผุพัง (Weathering) โดยอิทธิพลของลม น้ำ และอื่นๆ สลายตัวลงสู่ดินและน้ำ ผู้ผลิตจะดูดเข้าไปในรูปของโมโนฟอสเฟตไอออน (H_2PO_4^-) ไดฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และส่วนน้อยในรูปฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ผู้บริโภคก็ได้รับฟอสฟอรัสจากการบริโภคผู้ผลิตในรูปสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบของโปรโทพลาซึม เมื่อผู้บริโภคและพืชตายลงก็จะถูกย่อยสลายโดยฟอสฟาไทซิงแบคทีเรีย (Phosphatising bacteria) ได้ออกมาในรูปฟอสเฟตที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี นอกจากนี้ ยังได้จากสิ่งขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตหมุนเวียนกลับไปสู่ดินและน้ำ เพื่อเป็นสารอาหารของผู้ผลิตอีกครั้งหนึ่ง

1.4.3 กำมะถัน (Sulfur cycle) ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกรดอะมิโนบางชนิด ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในดิน มีบางส่วนอยู่ในรูปของแก๊ส เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) รวมตัวกับน้ำฝนกลายเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรืออยู่ในรูปของเกลือซัลเฟตในแหล่งน้ำต่างๆ พืชสามารถใช้ได้ในรูปของเกลือซัลเฟต โดยอาศัย sulfur bacteria เป็นแหล่งพลังงานในการเปลี่ยนกรดซัลฟิวริกไปเป็นเกลือซัลเฟตแหล่งกำมะถันที่สำคัญคือ สารประกอบอินทรีย์ซัลเฟตซึ่งได้มาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงย่อยสลายอินทรีย์สารหรือสิ่งขับถ่าย โดยการกระทำของราแอสเพอร์จิลลัส (Aspergillus) และรานิวโรสปอรา (Neurospora) เราเรียกกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์กลับสลายเป็นสารอนินทรีย์นี้ว่า “Mineralization”

กำมะถันที่พบโดยทั่วไป มักจะอยู่ในรูปสารประกอบต่างๆ เช่น

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ได้จากการเผาไหม้ของโรงงานอุตสาหกรรมปลดปล่อยสู่บรรยากาศ มีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ (ถ้ามีในอากาศ 5 มก./ลิตร ทำให้หลอดลมตีบ หืด) แต่ปริมาณ SO_2 จะลดลงเนื่องจากการชะล้างของฝนลงดินและน้ำ สัตว์น้ำก็จะได้รับสารประกอบกำมะถัน เมื่อตายลงก็ถูกย่อยสลายปลดปล่อยกำมะถันออกมาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์กับไอโชน

- ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดจากการลดออกซิเจนของสารอนินทรีย์ซัลเฟต โดยแบคทีเรียพวกไม่ใช้ออกซิเจน เช่น Desulfovibrio desulfuricans

- ซัลเฟต (SO_4) เป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สะสมอยู่ในดิน ปุ๋ยที่มนุษย์ให้แก่พืชและจากการกระทำของพวกแบคทีเรียไม่มีสี และแบคทีเรียกำมะถันที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้

วิจักรของกำมะถันมีอยู่ 2 วิจักร ได้แก่ วิจักรที่ไม่ผ่านผู้ผลิตและผู้บริโภคกับ วิจักรที่ผ่านผู้ผลิตและผู้บริโภค

2. Compendium of Sanitation Systems and Technologies (บทสรุปของระบบ

สุขาภิบาลและเทคโนโลยี) โดย Roland Schertenleib Eawag/Sandec, Jon Lane WSSCC

สำหรับเนื้อหาบทสรุปของระบบสุขาภิบาลและเทคโนโลยี ประกอบด้วย

2.1 บทนำ : กล่าวถึงเป้าหมายประสงค์และการนำไปใช้ของบทสรุปนี้ (Introduction : The Aim and use of this Compendium) โดยพื้นฐาน (Background) ที่กล่าวถึงเป้าหมายผู้ใช้งาน (Target User of the Compendium) วัตถุประสงค์ (Objective of the Compendium) , โครงสร้าง (Structure of the Compendium)

2.2 ส่วนที่ 1 : แม่แบบระบบ (Part 1 : System Templates) กล่าวถึงข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับระบบสุขาภิบาล (General Informations about Sanitation Systems) ผลิตภัณฑ์/ผลผลิต (Products),หน้าที่แต่ละกลุ่มฟังก์ชัน (Functional Groups) เทคโนโลยี (Technologies) และการใช้งานของแม่แบบระบบ (Using the System Templates) นอกจากนี้การบรรยายของแต่ละแม่แบบระบบ (Description of the System Templates)ได้แก่ :

System 1 : Single Pit System

System 2 : Waterless System with Alternating Pits

System 3 : Pour Flush System with Twin Pits

System 4 : Waterless System with Urine Diversion

System 5 : Blackwater Treatment System with Infiltration

System 6 : Blackwater Treatment System with Sewerage

System 7 : (Semi -) Centralized Treatment System

System 8 : Sewerage System with Urine Diversion

2.3 ส่วนที่ 2 : กลุ่มฟังก์ชันพร้อมข้อมูลเทคโนโลยีที่จัดทำประกอบด้วยแม่แบบระบบ (Part 2 : Functional Groups with Technology Information Sheets Reading the Technology Information Sheets) ดังนี้

Functional Groups	Technology Information Sheets
2.3.1 Functional Group U: User Interface	U1 : Dry Toilet
	U2 : Urine Diverting Dry Toilet (UDDT)
	U3 : Urinal
	U4 : Pour Flush Toilet
	U5 : Cistern Flush Toilet
	U6 : Urine Diverting Flush Toilet (UDFT)
2.3.2 Functional Group S : Collection and Storage/Treatment	S1 : Urine Storage Tank/Container
	S2 : Single Pit
	S3 : Single Ventilated Improved Pit (VIP)
	S4 : Double Ventilation Improved Pit (VIP)

	S5 : Fossa Alterna
	S6 : Twin Pits for Pour Flush
	S7 : Dehydration Vaults
	S8 : Composting Chamber
	S9 : Septic Tank
	S10: Anaerobic Baffled Reactor (ABR)
	S11: Anaerobic Filter
2.3.3 Functional Group C : Conveyance	S12: Anaerobic Biogas Reactor
	C1 : Jerrycan/tank
	C2 : Human-Powered Emptying and Transport
	C3 : Motorized Emptying and Transport
	C4 : Simplified Sewers
	C5 : Solids – Free Sewer
	C6 : Conventional Gravity Sewer
2.3.4 Functional Group T: (Semi-) Centralized Treatment	C7 : Tranfer Station (Underground Holding Tank)
	C8 : Sewer Discharge Station (SDS)
	T1 : Anaerobic Baffled Reactor (ABR)
	T2 : Anaerobic Filter
	T3 : Waste Stabillization Ponds (WSP)
	T4 : Aerated Pond
	T5 : Free – Water Surface Constructed Wetland
	T6 : Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland
	T7 : Vertical Flow Constructed Wetland
	T8 : Trickling Filter
	T9 : Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB)
	T10 : Activated Sludge
	T11 : Sedimentation/Thickening Ponds
	T12 : Unplanted Drying Beds
	T13 : Planted Drying Beds
	T14 : Co-Composting
	T15 : Anaerobic Biogas Reactor
2.3.5 Use and / or Disposal	D1 : Fill and Cover / Arborloo
	D2 : Appilcation of Urine
	D3 : Application of Dehydrated Faeces
	D4 : Application of Compost / Eco-Humus
	D5 : Irrigation
	D6 : Soak Pit
	D7 : Leach Field
	D8 : Aquaculture Ponds
	D9 : Floating Plant (Macrophyte) Pond
	D10: Warer Disposal / Groundwater (GW) Recharge)
	D11: Land Application of Sludge
	D12: Surface Disposal

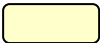
ผลิตผลจากสิ่งปฏิกูล (Products)

ผลผลิตที่เรียกว่า ‘wastes’ หรือ ‘resources’ บางผลผลิตอาจได้รับการขบถ่ายจากมนุษย์โดยตรง อาทิเช่น ปัสสาวะ (urine) และอุจจาระ (faeces) และอื่น ๆ ที่เป็นการทำงานจากเทคโนโลยีหรือสิ่งประดิษฐ์

ที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น การใช้ชักโครกหรือระบบการใช้ในการขับเคลื่อนสิ่งขับถ่ายลงไปตามท่อและระบบเก็บกักเพื่อทำการบำบัดสิ่งขับถ่ายที่ยังสดอยู่ยังมีศักยภาพในการแพร่กระจายเชื้อโรคให้เป็น “faecal sludge” หรือกากตะกอนสิ่งปฏิกูลสำหรับการออกแบบระบบสุขาภิบาลที่ดีเป็นสิ่งจำเป็นที่จะกำหนดทุกมวลสาร/ผลิตภัณฑ์ที่มีการไหลเข้ามา (Inputs) และออก (Outputs) ของแต่ละเทคโนโลยีสุขาภิบาลในระบบสินค้าอ้างอิงในข้อความนี้จะถูกอธิบายไว้ด้านล่าง

 **ปัสสาวะ (Urine)** เป็นของเสียที่เป็นของเหลวที่ผ่านกระบวนการทางเมตาบอลิซึมของร่างกาย หลังจากการลำเลียงเลือดดีที่มีสารอาหารและน้ำเข้าสู่เซลล์ร่างกายก็จะนำเลือดเหล่านี้ไปที่ไตเพื่อทำการฟอกและนำ ของเสียที่ออกมาในรูปของยูเรียและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ออกจากร่างกายโดยการขับทางปัสสาวะ ในที่นี้ผลิตภัณฑ์ปัสสาวะ (pure urine) ควรเป็นปัสสาวะที่ไม่ผสมกับน้ำหรือมีการปนเปื้อนอุจจาระ แต่ทั้งนี้และทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการบริโภคของมนุษย์ ปัสสาวะที่รวบรวมได้ในช่วงหนึ่งปี ประมาณ 500 ลิตร ประกอบด้วยไนโตรเจน 2-4 กิโลกรัม บางสภาวะก็ได้รับการยกเว้นอาจได้น้อยกว่านี้และปัสสาวะที่ออกมาจากร่างกายแล้วมักปราศจากเชื้อ

 **อุจจาระ (Faeces)** อ้างถึงสิ่งขับถ่ายที่เป็นกึ่งแข็งปราศจากปัสสาวะหรือน้ำปนเปื้อนใน 1 คน สามารถผลิตอุจจาระประมาณ 50 ลิตรต่อคนต่อปี สารอาหารที่พบจากอุจจาระพบว่ามีไนโตรเจน (N) 10%, ฟอสฟอรัส (P) 30 %, โพแทสเซียม (K) 12% และมีเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระ 107-109 (faecal coliforms) /100มิลลิลิตร (mL)

 **น้ำสำหรับชำระร่างกายภายหลังการขับถ่าย (Anal cleansing water)** เป็นน้ำที่รวบรวมภายหลังการใช้ทำความสะอาดเมื่อขับถ่ายเสร็จ ทั้งนี้ไม่รวมถึงวัสดุแห้งที่ใช้ทำความสะอาด เช่นกระดาษชำระ สำหรับปริมาณของน้ำชำระร่างกายภายหลังการขับถ่าย ที่รวบรวมได้อยู่ในช่วง 0.5 ลิตร-3 ลิตรต่อการทำความสะอาด L (per cleaning)

 **น้ำชะน้ำฝน (Stormwater)** เป็นคำทั่วไปที่ใช้กับปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่ามาจากหลังคา ถนนและพื้นผิวอื่น ๆ ก่อนที่จะไหลไปยังส่วนพื้นที่ต่ำเช่นท่อ รางระบายน้ำ หรือจะเรียกได้ว่าเป็นน้ำชะที่เกิดจากฝนตกที่ไม่ได้ซึมผ่านลงไปในดิน

 **น้ำซักล้าง (Greywater)** เป็นปริมาณรวมของน้ำที่เกิดจากการซักล้างในครัว และการซักเสื้อผ้า รวมทั้งน้ำอาบ แต่ทั้งนี้ยังมีร่องรอยจากสิ่งขับถ่ายที่เป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนเชื้อโรค น้ำเสียจากครัวเรือนประมาณ 60 % เป็นน้ำเสียจากการซักล้าง (Greywater) (ข้อมูลนี้มาจากครัวเรือนที่มีส้วมชักโครก) นอกนั้นเป็นน้ำเสียที่เป็นน้ำเสียที่มีเชื้อโรคและมีสารอาหารไนโตรเจนในปริมาณสูงหรือสิ่งขับถ่าย (blackwater) ประมาณ 10-20%

 **น้ำชักโครก (Flushwater)** เป็นน้ำที่ใช้สำหรับการลำเลียง/ขับเคลื่อนของเสียจากการขับถ่ายจากสุขภัณฑ์ไปยังระบบเก็บกักโดยลำเลียงด้วยระบบท่อ ซึ่งจะนำเข้าสู่ระบบบำบัดเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้เป็นแหล่งน้ำสำหรับชักโครกได้ ซึ่งใช้แทนแหล่งที่เป็นน้ำฝนและน้ำประปา

สารอินทรีย์ (Organics) ในที่นี้หมายถึงสารหรือสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ หรือเรียกว่า “ชีวมวล (biomass) หรือ ขยะสารอินทรีย์เขียว (green organic waste)” แม้ว่าบดสับนี้ชีวมวลจะเน้นไปที่สารอินทรีย์แต่ก็สามารถใช้กับวัสดุที่ยังไม่ตายหรือยังไม่ย่อยสลายได้เหมือนกัน ซึ่งไม่ได้จำกัดแต่เพียงแค่ว่าใบไม้ ใบหญ้า และของเสียจากตลาดเท่านั้น ในบางเทคโนโลยีใช้สารอินทรีย์เพื่อนำหลักการย่อยสลายนี้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การหมักกองหรือในภาชนะ (composting chambers)

วัสดุแห้งที่ใช้ทำความสะอาดภายหลังขบถ่าย (Dry Cleansing Materials) อาจเป็น กระดาษ (paper), เปลือกข้าวโพด (corn cobs), เศษผ้า (rags), ก้อนหิน (stones) หรือวัสดุที่มีคุณสมบัติแห้งที่ใช้ทำความสะอาดภายหลังการขบถ่าย (ใช้แทนน้ำ) ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้สำหรับวัสดุแห้งที่ใช้ทำความสะอาดภายหลังการขบถ่ายนี้ อาจจะถูกรวบรวมและนำไปกำจัดแยกต่างหาก ซึ่งสำคัญเป็นอย่างมากควรที่จะแยกให้ถูกสัญลักษณ์ สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อทำความสะอาดร่างกายโดยไม่ทิ้งลงในโถส้วมได้แก่ ผ้าอนามัย/ผ้าอนามัยแบบสอด ผ้าอ้อมสำเร็จรูป กระดาษอนามัยแบบเหนียว เช่น สำหรับเช็ดปาก เช็ดหน้า ยกเว้นกระดาษชำระ โดยทั่วไป

สิ่งปฏิกูล (Blackwater) เป็นส่วนผสมของอุจจาระและปัสสาวะและน้ำชักโครก รวมทั้งน้ำสำหรับทำความสะอาดภายหลังการขบถ่าย และวัสดุแห้งที่ใช้ทำความสะอาดภายหลังการขบถ่าย (อาทิเช่น กระดาษชำระ) สิ่งปฏิกูลมักจะมีเชื้อโรคโดยเฉพาะอุจจาระและที่สำคัญมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชในปัสสาวะ แต่ทั้งนี้จะต้องทำการเจือจางเสียก่อน

กากตะกอนอุจจาระ (Faecal Sludge) เป็นคำทั่วไปที่ใช้กับสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการย่อยสลายมาแล้ว มีทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง หรือผลจากระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูลหรือของเสียจากการขบถ่ายที่แหล่งกำเนิด องค์ประกอบของกากตะกอนอุจจาระจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับสถานสถานที่ตั้ง, ระบบชลประทาน, และระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูล ตัวอย่างเช่นแอมโมเนีย ($\text{NH}_4\text{-N}$) ในช่วง 300 – 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่โซฟยาคีตัวกลมสามารถเพิ่มจำนวนได้ถึง 60,000 ฟอง/ลิตร องค์ประกอบสิ่งปฏิกูลจะเป็นตัวกำหนดประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์

กากตะกอนน้ำเสีย (Treated Sludge) เป็นกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดที่ย่อยสลายแล้วหรือเป็นกากตะกอนอุจจาระที่มีความเสถียรภาพโดยที่ไม่ก่อให้เกิดเชื้อโรคหรือพยาธิสภาพ ประเทศสหรัฐมีหน่วยงานคุ้มครองด้านสิ่งแวดล้อม (The US Environmental Protection Agency หรือ USEPA) ที่มีเกณฑ์เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างระดับการบำบัดทำให้กากตะกอนมีความแตกต่างของกากตะกอนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ “กากตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้ว” นำมาใช้ในระบบแม่แบบและข้อมูลของเทคโนโลยีที่นำไปใช้ที่ระบุได้ว่ากากตะกอนนั้นมีระดับการบำบัดที่ไม่มีเชื้อโรคหรือพยาธิสภาพแล้ว นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นความรับผิดชอบของผู้ใช้องค์ประกอบที่มีคุณภาพและทำให้ความปลอดภัยของการนำไปใช้ในระดับท้องถิ่น

 **สิ่งขับถ่าย (Excreta)** ประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะที่ไม่ได้ผสมกับน้ำล้างใด ๆ สิ่งขับถ่ายมีขนาดเล็กในปริมาณของเหลว ที่มีสารอาหารและเชื้อโรคที่เข้มข้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุจจาระที่เป็นสถานะในรูปของแข็งกึ่งเหลว

 **น้ำอุจจาระสด (Brownwater)** ประกอบด้วยอุจจาระและน้ำชักโครก (ถึงแม้ว่าในทางปฏิบัติที่เกิดขึ้นจริงมีปัสสาวะปนเปื้อนมาด้วยและมี 70-80% ของปัสสาวะที่เกิดขึ้นทั้งหมดถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์) น้ำอุจจาระสด (Brownwater) เกิดขึ้นได้จากระบบส้วมที่มีการแยกปัสสาวะ (urine-diverting flush toilets) และปริมาณขึ้นกับปริมาณน้ำชักโครกที่ใช้ไปด้วย ปริมาณเชื้อก่อโรคหรือพยาธิสภาพและสารอาหารของที่เกิดขึ้นในอุจจาระมีปริมาณมากขึ้นหรือไม่ทำให้ลดระดับลงได้เพียงแค่เจือจางความเข้มข้นของอุจจาระลงจากน้ำชักโครกเท่านั้น

 **อุจจาระแห้ง (Dried faeces)** เป็นอุจจาระที่มีการอบให้แห้งที่อุณหภูมิสูง (ขจัดน้ำที่อุณหภูมิสูงและ pH สูง) จนกระทั่งกลายเป็นผงแห้ง เป็นกรรมวิธีที่ยังทำให้กากตะกอนยังคงอุดมไปด้วยสารอาหารซึ่งลดปริมาณความชื้น 75% โดยประมาณ ช่วยลดความเสี่ยงจากจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้หากนำไปใช้งานหากมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโต

 **ปัสสาวะที่ผ่านการเก็บ (Stored urine)** เป็นปัสสาวะที่ได้รับไฮโดรไลซ์ตามธรรมชาติเมื่อเวลาผ่านไป เช่นยูเรียได้รับการดัดแปลงโดยเอนไซม์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย ปัสสาวะที่เก็บไว้ 6 เดือนมีค่า pH ประมาณ 9 ข้อดีของการจัดเก็บปัสสาวะช่วยลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี

 **น้ำทิ้ง (Effluent)** เป็นคำทั่วไปสำหรับของเหลวที่ต้องผ่านการระดับบำบัดรักษาหรือเป็นการแยกของแข็งทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ออกไป ผ่านกระบวนการรวบรวม/สะสม และเข้าสู่เทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ (กึ่ง) ศูนย์รวม ขึ้นกับประเภทการบำบัด น้ำทิ้งจะต้องทำการบำบัดให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารซึ่งต้องผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดต่อไป

 **ปุ๋ยหมัก (Compost)/ดินเชิงนิเวศน์ EcoHumus** เป็นดินมีสีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำที่เป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยทั่วไปปุ๋ยหมัก (Compost)/ดินเชิงนิเวศน์ (EcoHumus) ได้รับการปรับปรุงให้เป็นดินที่ปลอดภัยจากเชื้อโรคและพยาธิสภาพพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์หรือเป็นวัสดุเสริมเพื่อนำไปใช้ทางการเกษตร แต่ทั้งนี้สารอาหารบางชนิดอาจหายไปเนื่องจากสถานะที่ไม่เสถียรภาพและไม่คงทน แต่ก็ยังอุดมไปด้วยสารอาหารหลักและสารอินทรีย์

 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นก๊าซที่ปล่อยออกมาจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยปกติ ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซมีเทน (50-75%) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (25-50%) และปริมาณที่แตกต่างกันของไนโตรเจน (nitrogen) , ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) , น้ำและส่วนประกอบอื่น ๆ

 **พืชอาหารสัตว์ (Forage)** อ้างอิงพืชน้ำหรือพืชอื่น ๆ ที่เจริญเติบโตได้และสิ่งปฏิกูลผ่านกระบวนการทำให้แห้ง (drying beds) หรือ ระบบบำบัดพื้นที่ชุ่มน้ำ (constructed wetlands) ซึ่งผลผลิตที่ได้/พืชจะถูกเก็บเกี่ยวไปเป็นอาหารสัตว์สำหรับปศุสัตว์

บทสรุปนี้ส่วนใหญ่ที่จะกล่าวถึงนี้เกี่ยวข้องกับระบบและเทคโนโลยีโดยตรงกับอุจจาระและไม่ได้อยู่ที่เฉพาะการบำบัดน้ำชก้างเพียงเท่านั้น รวมทั้งการจัดการ น้ำชะน้ำฝน (stormwater) แต่ยังแสดงให้เห็นเป็นเชิงประจักษ์ในแม่แบบระบบเทคโนโลยีที่ทำให้เข้าใจง่าย แต่จะไปได้อธิบายในรายละเอียดมาก

_ Morel A. and Diener S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland. Available free for download: www.eawag.ch

กลุ่มฟังก์ชัน (Functional Groups)

กลุ่มฟังก์ชัน (Functional Groups) เป็นการจัดกลุ่มของเทคโนโลยีที่ดำเนินการในระบบที่มีหน้าที่คล้ายคลึงกันหรือให้ทำงานสอดคล้องกัน มี 5 กลุ่มฟังก์ชันที่แตกต่างกันตามหน้าที่ที่จัดตั้งในระบบ โดยแต่ละกลุ่มฟังก์ชัน ดำเนินการทำงานตามที่กำหนดในแม่แบบ สำหรับบทสรุปนี้ทำให้เห็นข้อแตกต่างได้อย่างชัดเจน กลุ่มสีที่ใช้เฉพาะให้มีความโดดเด่นของแต่ละฟังก์ชัน ทำให้เข้าใจหลักการทำงานได้ง่าย เทคโนโลยีภายในแต่ละกลุ่มฟังก์ชันกำหนดเป็นรหัส ดังนี้ :

 **User Interface (Technologies U1–U6) : Red**

ส่วนติดต่อผู้ใช้หรือสัมผัสกับผู้ใช้(เทคโนโลยี U1-U6): สีแดง

 **Collection and Storage/Treatment (Technologies (S1–S12): Orange**

การเก็บรวบรวมและการเก็บรักษา /การบำบัด (เทคโนโลยี (S1-S12): สีส้ม

 **Conveyance (Technologies C1–C8) : Yellow**

พาหนะ (เทคโนโลยี C1-C8): สีเหลือง

 **(Semi-) Centralized Treatment (Technologies T1–T15): Green (กึ่ง) การบำบัดแบบ**

ศูนย์รวม (เทคโนโลยี T1-T15): สีเขียว

 **Use and/or Disposal (Technologies D1–D12): Blue การใช้และ / หรือการกำจัด (เทคโนโลยี D1-D12): สีฟ้า**

แต่ละเทคโนโลยีภายในกลุ่มฟังก์ชันที่กำหนดให้แต่ละกลุ่มฟังก์ชันต้องได้รับรหัสอ้างอิงด้วย ตัวอักษรและสีที่สอดคล้องกับกลุ่มฟังก์ชัน (อาทิเช่น (U) เป็นส่วนสัมผัสกับผู้ใช้)และจำนวน จากต่ำสุดไปสูงสุด ประมาณบ่งชี้ให้เห็นระบบแต่ละแม่แบบ (เช่น เศรษฐศาสตร์ สสาร และความเป็นมนุษย์) ฟังก์ชันของ เทคโนโลยี คือ :

U ส่วนติดต่อผู้ใช้หรือสัมผัสกับผู้ใช้ (User Interface (U)) บรรยายถึงประเภทของส่วน หัวส่วน รูปแบบของส่วนที่สัมผัสกับผู้ใช้ สุขภัณฑ์ หรือโถปัสสาวะ ส่วนนี้เป็นตัวชี้วัดได้สำหรับการเข้าถึงของผู้ใช้กับ ระบบการสุขาภิบาลหรือพูดกันง่าย ๆ ก็คือ เป็นตัวชี้วัดทางด้านสุขาภิบาล ในหลายกรณีทางเลือกของส่วน ติดต่อผู้ใช้หรือสัมผัสกับผู้ใช้ (User Interface) จะขึ้นกับความพร้อมของระบบน้ำ แต่ต้องทราบว่าระบบนี้ ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับน้ำซักล้างและน้ำชะน้ำฝน แต่เป็นการรับผลิตผลไปบำบัดต่อไปจากส่วนนี้

S ระบบรวบรวมและการเก็บรักษา/การบำบัด Collection and Storage/Treatment (S) อธิบายได้ถึงวิธีการของการเก็บรวบรวม,จัดเก็บรักษาและการบำบัดผลิตผลที่เกิดขึ้นจากส่วนที่สัมผัสการใช้งานนี้ รูปแบบการบำบัดที่ได้มาจากเทคโนโลยีเหล่านี้มักจะเป็นฟังก์ชันของการจัดเก็บ/ระบบเก็บกักและมักจะเป็น ส่วนรับมากกว่า โดยไม่ต้องมีการใช้ปัจจัยพลังงานมากในส่วนนี้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบำบัดแล้วโดย เทคโนโลยีนี้มีแนวโน้มว่าต้องผ่านการบำบัดเบื้องต้นจากที่บ้าน/อาคาร/แหล่งกำเนิดมาแล้ว

C ระบบท่อนำส่ง (Conveyance (C)) อธิบายถึงการขนส่งผลิตผลจากกลุ่มฟังก์ชันหนึ่งไปยังอีกกลุ่ม ฟังก์ชันหนึ่งถึงแม้ว่าผลิตผลอาจจะ เป็นกลุ่มฟังก์ชันที่ใช้ระยะเวลาสำหรับการลำเลียงขนส่งของเสียไปยังอีก กลุ่มฟังก์ชันหนึ่งแต่ก็นับได้ว่าระบบท่อนำส่งมีความสำคัญเป็นจุดว่างหรือจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบรวบรวมและเก็บ กัก/บำบัดและ(กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์รวม ดังนั้น เพื่อให้ง่าย ระบบท่อนำส่งจึงถูกจำกัด กับการขนส่ง ผลิตผลที่จุดนี้

T (กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์รวม (Semi-) Centralized Treatment (T) อ้างถึงเทคโนโลยีการ บำบัด ที่เหมาะกับกลุ่มผู้ใช้ที่มีขนาดใหญ่ (มีหลายครัวเรือน) สำหรับระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ/ การดูแลบำรุงรักษาระบบและการใช้พลังงานสำหรับเทคโนโลยีแต่ละฟังก์ชันในระบบนี้ค่อนข้างมากกว่า ระบบอื่น เทคโนโลยีแบ่งเป็น 2 กลุ่ม : เทคโนโลยี T1-T10 เป็นการบำบัดสิ่งปฏิกูลเบื้องต้น,ในขณะที่ เทคโนโลยี T11-T15 เป็นการบำบัดกากตะกอนเบื้องต้น

D การใช้ประโยชน์/หรือการบำบัด (D) อ้างถึงวิธีที่จะผลิตผลจากระบบกลับสู่สิ่งแวดล้อมโดยให้อยู่ใน รูปที่นำไปใช้ประโยชน์หรือลดความเสี่ยงจากการเป็นแหล่งเชื้อโรคหรือพยาธิสภาพ นอกจากนี้ผลผลิตยัง

สามารถหมุนเวียนนำกลับเข้ามาใช้ในระบบได้อีกด้วย (เช่นการใช้น้ำซักล้างจากการบำบัดนำมาใช้สำหรับการซักโครก

เทคโนโลยี (Technologies)

เทคโนโลยี (Technologies) หมายถึง โครงสร้างพื้นฐานเฉพาะเจาะจง,วิธีการ,หรือบริการที่ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีการเปลี่ยนรูปหรือการขนส่งผลิตผลไปยังกลุ่มฟังก์ชัน เทคโนโลยีมีความแตกต่างกันในกลุ่มฟังก์ชัน 6 และ 15ภายในกลุ่มฟังก์ชัน เทคโนโลยีสารสนเทศที่ตั้งอยู่ในส่วนที่ 2 อธิบายรายละเอียดของแต่ละเทคโนโลยีได้รับภายในแม่แบบของแต่ละระบบ

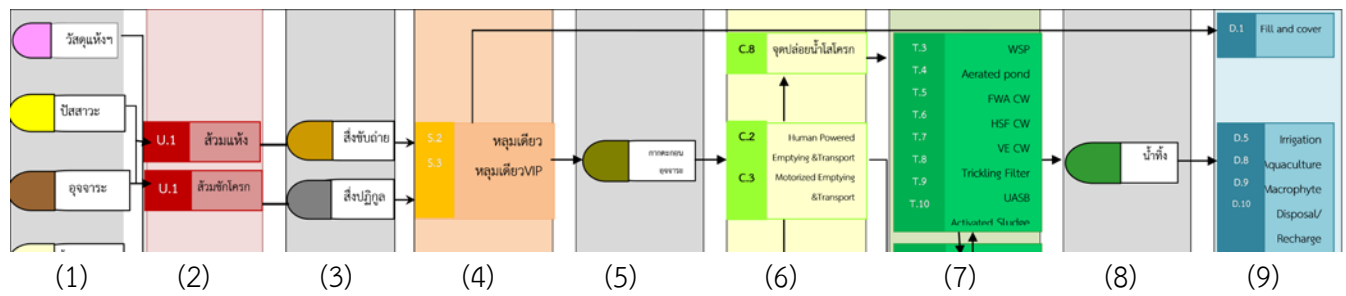
การใช้แม่แบบระบบ (System Templates)

แต่ละระบบเมทริกซ์ของกลุ่มฟังก์ชัน (พิจารณาตามคอลัมน์)และผลิตภัณฑ์ (พิจารณาตามแถว) มีการเชื่อมโยงกันในแต่ละกลุ่มฟังก์ชันจะระบุรหัสสีและรหัสเดียวกันเพื่อนำมาใช้ในแม่แบบตามที่ระบุในคู่มือเล่มนี้ แต่ละแม่แบบนำเสนอให้เห็นเทคโนโลยีทางเลือกที่เป็นตรรกะของการเชื่อมโยงที่เป็นทางออกของปัญหาและตามมาด้วยผลที่เกิดขึ้นหรือผลิตผล (พกลุ่มผลิตภัณฑ์หรือผลผลิต (พิจารณาตามแถว) ตรงจุดตัดกับกลุ่มฟังก์ชันที่เฉพาะเจาะจง (พิจารณาตามคอลัมน์)) แต่ละกลุ่มฟังก์ชันกำหนดให้เป็นรหัสสีโดยฟังก์ชันเดียวกันก็จะป็นรหัสสีเดียวกันแต่จะระบุหมายเลขแยกความแตกต่างของแต่ละเทคโนโลยี ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงระหว่างแม่แบบระบบและเอกสารข้อมูลข่าวสารด้านเทคโนโลยี เทคโนโลยีทั้งหมดที่อยู่ในแต่ละกลุ่มฟังก์ชันจะจัดให้กลุ่มโดยมีการกำหนดเป็นสีเดียว และรหัสตัวเลขในแต่ละกลุ่มฟังก์ชันจะอยู่ในแม่แบบระบบนำเสนอต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2 สำหรับรูป 3 เป็นตัวอย่างจากระบบหนึ่งในแม่แบบระบบ กล่องรหัสสีหาที่บระบุเทคโนโลยีซึ่งมีหลากหลายให้เลือกโดยแสดงหน้าที่แต่ละกลุ่มฟังก์ชัน ระบบแม่แบบระบบนี้แสดงให้เห็น 3 ผลผลิต/ผลิตภัณฑ์ (อุจจาระ,ปัสสาวะ และน้ำซักโครก) เพื่อนำเข้าสู่ส่วนที่เป็นฟังก์ชันส่วนสัมผัสผู้ใช้ (User Interface) เช่น ส้วมราดน้ำและบางครั้งก็เป็นโถปัสสาวะและกลายเป็นสิ่งปฏิกูล จากนั้นก็เข้าสู่ระบบกลุ่มฟังก์ชันที่เป็นรวบรวมและสะสม/บำบัด (The Collection and Storage/Treatment Functional Group) เพื่อทำการปรับเปลี่ยนสิ่งปฏิกูลในหลุมคู่ (Twin Pits) สำหรับส้วมราดน้ำ (Pour Flush)เพื่อเข้าสู่กระบวนการหมักให้กลายเป็นดินเชิงนิเวศน์และน้ำทิ้ง กระบวนการหมักให้กลายเป็นดินเชิงนิเวศน์จะใช้แรงงานมนุษย์ในการลำเลียงขนส่งหรือเปลี่ยนผ่านจะสุดท้ายก็จะนำไปใช้ประโยชน์ส่วนน้ำทิ้งก็เข้าสู่ระบบการซึมลงสู่ดิน (Disposal/Recharge) เส้นทางที่มีลูกศรใช้ในการเชื่อมโยงกับกลุ่มฟังก์ชันกับ ผลิตภัณฑ์/ผลผลิตที่เหมาะสมที่สุด สำหรับเส้นทางใช้ระบุหรือบ่งบอกถึงเส้นทางการไหลที่เป็นไปได้ทั้งนี้อาจไม่เสมอไปตามที่แนะนำ (รูป 4)

รูปที่ 2 ส่วนหัวแม่แบบของระบบที่มีรหัสสีสำหรับกลุ่มฟังก์ชัน



รูปที่ 3 แม่แบบระบบ: พิจารณาปัจจัยนำเข้าสู่ระบบตลอดจนการปรับเปลี่ยนในกลุ่มฟังก์ชัน

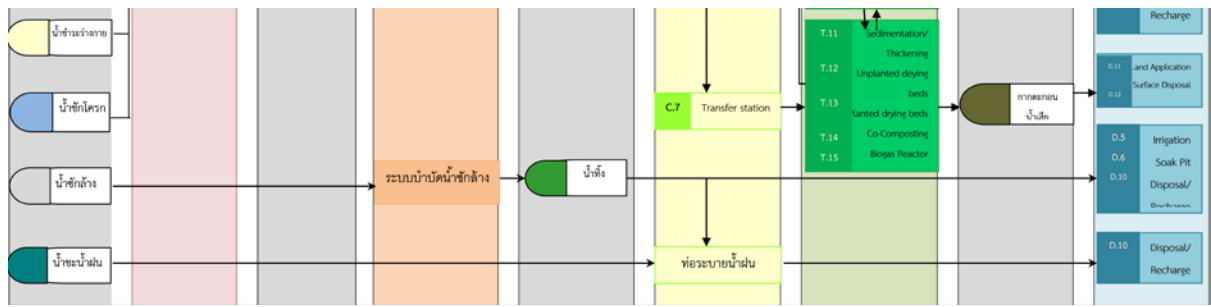


จากรูป (1) ผลิตผลทั้งสามนี้ (วัสดุแห้งที่ใช้ในการทำมาสะอาดร่างกาย,ปัสสาวะและอุจจาระ) นำเข้าสู่ (2) ฟังก์ชัน U “ส่วนสัมผัสผู้ใช้” (User Interface) ได้แก่ ส่วนแห้ง ส่วนชักโครก (3) จากนั้นผลผลิตที่เกิดขึ้นคือสิ่งขับถ่ายและสิ่งปฏิกูล เพื่อนำเข้าสู่ (4) กลุ่มฟังก์ชัน S การรวบรวมและสะสม/บำบัด (Collection and Storage/Treatment) ได้แก่ หลุมเดียว หลุมเดียวVIP จากนั้นปรับเปลี่ยนเข้าสู่ (5) กากตะกอนอุจจาระ (โข Fecalsludge) และน้ำทิ้ง (Effluent) สำหรับกากตะกอนอุจจาระบังมาเสถียรภาพทางเชื้อโรคเข้าสู่ (6) ระบบฟังก์ชันกลุ่ม C “ระบบขนส่ง/เคลื่อนย้าย/ท่อนำส่ง” (Conveyance) ซึ่งใช้แรงงานมนุษย์ (Human Powered Emptying & Transport)และเครื่องจักร(Motorized Emptying &Transport) ในการเคลื่อนย้ายขนส่งเข้าสู่(7) ฟังก์ชันกลุ่ม T “(กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์กลาง” ((Semi-) Centralized Treatment)) บำบัดกากตะกอนอุจจาระที่มีเทคโนโลยีการบำบัด ได้แก่ WSP ,Aerated pond ,FWA CW,HSF CW, VE CW, Trickling Filter, UASB, Activated Sludge (8) ปัจจัยนำเข้า/นำออกจากกระบวนการนี้ คือกากตะกอนน้ำเสีย และน้ำทิ้งและสุดท้ายเข้าสู่ (9) ฟังก์ชันกลุ่ม D “นำไปใช้หรือกำจัด” (Use and/or Disposal) ได้แก่ การนำไปใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตร การปรับปรุงดินหรือพื้นที่ เป็นต้น

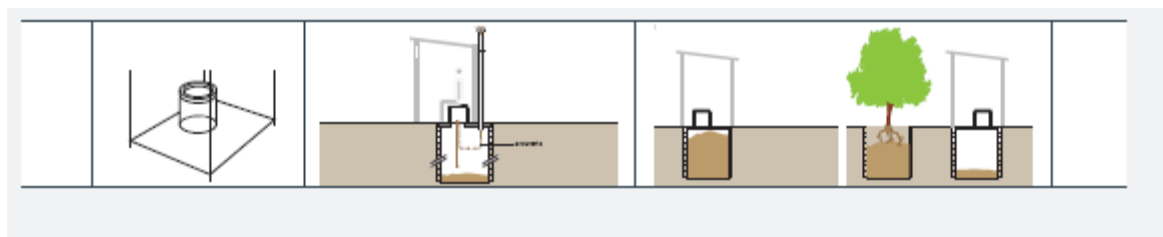
ขั้นตอนการเลือกระบบแม่แบบ (Steps for selecting a System Template):

- 1.จำแนกหรือระบุผลผลิต/ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดของเสีย ได้แก่ น้ำจากการชำระร่างกายหรือการทำมาสะอาดภายหลังการขับถ่ายหรือน้ำชักโครก
- 2.ระบุแม่แบบระบบที่มีกระบวนการตามที่จำแนกหรือระบุผลผลิตไว้ตั้งแต่แรก
- 3.แต่ละแม่แบบระบบจะมีเทคโนโลยีให้เลือกในแต่ละช่องกลุ่มฟังก์ชันซึ่งนำเสนอให้เห็นความแตกต่างเช่นสี กล้องข้อความ และความหนาของเส้นตามชุดเทคโนโลยี
- 4.เปรียบเทียบระบบในแต่ละระบบเทคโนโลยีโดยจัดลำดับความสำคัญเช่นข้อจำกัดเศรษฐศาสตร์ ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและการนำไปใช้

The schematic diagram illustrates the wastewater treatment process. It begins with four input streams: 'น้ำชะร่วจาก' (Yellow), 'น้ำชักโครก' (Blue), 'น้ำชักล้าง' (Grey), and 'น้ำชะน้ำฝน' (Dark Green). These streams enter a series of treatment units. The 'น้ำชักล้าง' stream goes through a 'ระบบบำบัดน้ำชักล้าง' (Orange) unit. The 'น้ำชักโครก' and 'น้ำชะน้ำฝน' streams go through a 'C.7 Transfer station' (Yellow). The 'น้ำชะร่วจาก' stream also enters the 'C.7 Transfer station'. The output of the 'C.7 Transfer station' goes to a 'T.11-T.15' unit (Green), which includes 'Settlement/Thickening', 'Unplanted drying beds', 'Unplanted drying beds', 'Co-Composting', and 'Biogas Reactor'. The output of the 'T.11-T.15' unit goes to a 'การกลั่นน้ำปัส' (Brown) unit. The output of the 'การกลั่นน้ำปัส' unit goes to a 'Recharge' unit (Blue). The 'น้ำชักล้าง' stream also goes directly to a '0.5 Irigation Soak Pit Disposal/Druckman' unit (Blue). The 'น้ำชะน้ำฝน' stream also goes directly to a '0.10 Disposal/Recharge' unit (Blue).



ระบบ 1 ระบบหลุมเดี่ยว (Single Pit System)

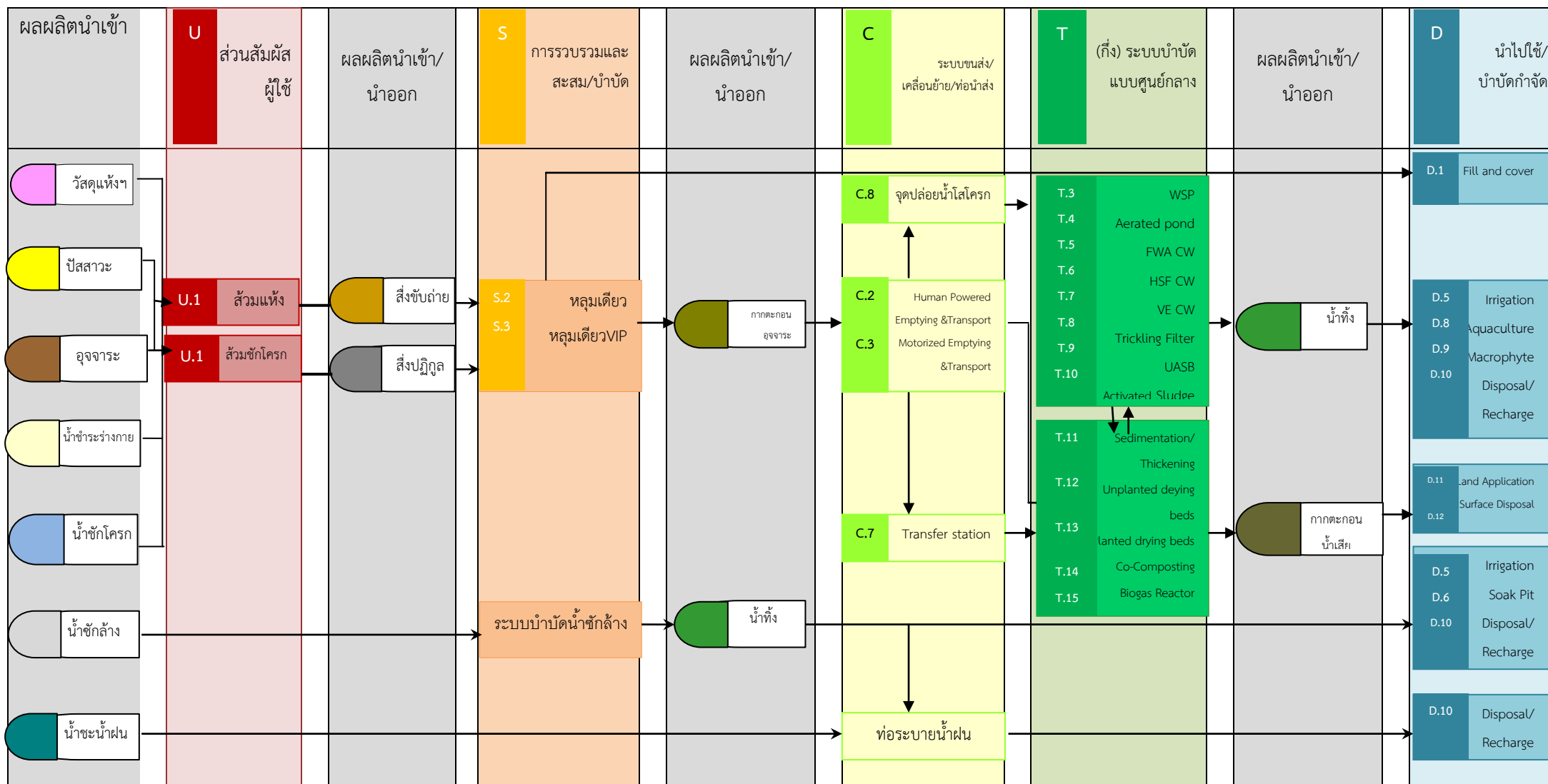


ระบบหลุมเดี่ยวถูกใช้สำหรับกักเก็บของเสียประเภทต่างๆ (ได้แก่ ปัสสาวะ อุจจาระ รวมทั้งวัสดุที่ใช้ทำความสะอาด) ซึ่งระบบนี้สามารถใช้หรือไม่ใช้ร่วมกับระบบที่ใช้น้ำในการขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลลงสู่ที่กักเก็บ (flushwater) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ที่ใช้งาน และความเหมาะสมของที่พักอาศัยระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูลนี้มีลักษณะการใช้งาน 2 แบบ คือ ส้วมแห้ง และส้วมแบบใช้น้ำ เมื่อหลุมที่กักเก็บใกล้เต็มและยังพอมีพื้นที่ว่างอยู่จะมีการใช้ดินและเศษไม้ใส่กลบปิดหลุม แล้วจึงทำการขุดหลุมเพื่อใช้ใหม่ หรืออาจมีการนำกากสิ่งปฏิกูลมาทำการบำบัดด้วยเทคโนโลยีบำบัดของเสียต่อไป โดยมีการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า The Conveyance Technologies ร่วมกับการใช้ Human Powered Emptying Transport สำหรับพวกากตะกอนดิน หรือใช้ Motorized E&T สำหรับพวกากากตะกอนของเหลว น้ำสกปรกต่างๆ

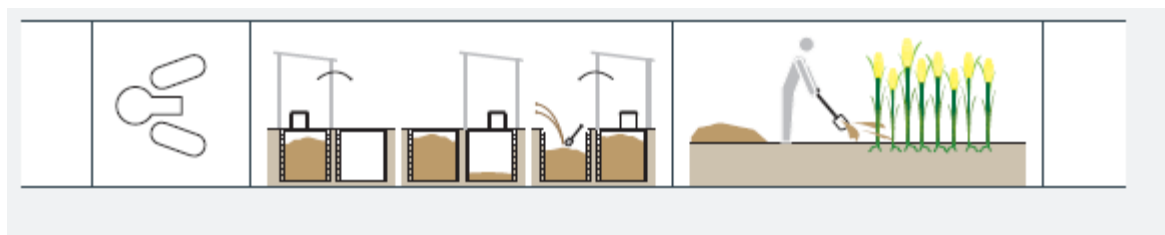
กากตะกอนสิ่งปฏิกูลจะถูกย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน หรือระบบสุญญากาศ (vacuum truck) ซึ่งตะกอนเหล่านี้น่าจะมีพหุคุณประโยชน์สูงมากก่อนที่จะบำบัด ฉะนั้นจึงยังไม่ควรสัมผัสหรือนำไปใช้ในการเกษตร โดยอาจมีการใช้ระบบบำบัดที่เรียกว่า semi-centralized treatment ซึ่งใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการกลบปิดหลุม วิธีการนี้จะทำให้หลุมบำบัดดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยอาหารสำหรับปลูกต้นไม้ได้ดีและยังรักษาสีแฉดล้อมอีกด้วย ตะกอนสิ่งปฏิกูลถูกเคลื่อนย้ายไปยัง ที่กักเก็บโดยอาศัยท่อน้ำทิ้ง ซึ่งท่อระบายน้ำจะต้องมีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะเจือจางกากตะกอนในการไหลลำเลียงผ่านท่อ เพื่อนำไปบำบัดในขั้นตอนต่อไป การใช้เทคโนโลยีการบำบัดแบบ semi- centralized treatment นี้สามารถที่จะใช้สำหรับการใช้งานทั้งที่เกี่ยวข้องกับการชลประทาน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปลูกพืชในน้ำ (บ่อ macrophyte) หรือ การชำระล้างร่างกายหรือเกี่ยวกับการเติมน้ำใต้ดิน เป็นต้น เมื่อพิจารณาระบบแบบนี้มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ยังพื้นที่ ชนบท และ ชานเมือง ซึ่งมีดิน ที่เหมาะสมสำหรับ การขุด และการดูดซับ น้ำเสียภายในหลุม ระบบนี้ควรที่จะเลือกทำเฉพาะพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างและหรือสามารถขุดหลุมใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง ระบบนี้ยังเหมาะสมที่สุดกับพื้นที่ ที่ไม่มีแนวโน้มที่จะ เกิดฝนตกหนักหรือน้ำท่วม เพราะอาจก่อให้เกิดการ overflow ของสิ่งปฏิกูลอย่างใดก็ได้ ระบบหลุมนี้ใช้ต้นทุนต่ำในการสร้างแต่อาจมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ขึ้นอยู่กับความลึกของหลุมและวิธีการกำจัดหรือบำบัด ถ้าลักษณะดินมีความเหมาะสม เช่น มีการดูดซึมที่ดี ความลึกของหลุมอาจจะขุด ลึกมาก (อาจมากกว่า 5 เมตร) และสามารถใช้ได้เป็นเวลาหลายปี (มากกว่า 30 ปี) โดยไม่ต้องกำจัด นอกจากนี้วัสดุของแข็งที่ใช้ทำความสะอาดทุกชนิดสามารถทิ้งลงไปหลุม ถึงแม้ว่าพวกมันอาจทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายช้าลง อย่างไรก็ตามอาจเป็นไปได้ว่าวัสดุของแข็งที่ใช้ทำความสะอาดควรจะแยกทิ้งต่างหากน่าจะดีกว่า

ระบบสุขาภิบาล 1 (Sanitation System 1) :

ระบบหลุมเดียว (Single pit System)



ระบบ 2 ระบบที่ไม่ใช้น้ำ “สลับหลุม” (Waterless System with Alternating Pits)



ระบบนี้ได้ออกแบบมาเพื่อผลิตปุ๋ยหมัก โดยใช้การสลับหลุม ซึ่งระบบไม่รองรับน้ำชำระ สิ่งที่น่าเข้าระบบสามารถรวมปัสสาวะ, อุจจาระ, สารอินทรีย์, น้ำชำระ และวัสดุทำความสะอาดแห้ง

สำหรับระบบนี้เป็นห้องน้ำแบบแห้งชนิดหนึ่ง ที่ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำในการทำงาน โดยน้ำชำระจะถูกเก็บไว้ให้น้อยที่สุดหรือไม่รวมลงในระบบนี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการรวมและเทคโนโลยีการจับเก็บหรือการบำบัด ส่วนวัสดุที่ทำความสะอาดแห้งสามารถเพิ่มหลุมในการจัดเก็บ ซึ่งควรแยกเก็บและนำไปกำจัดโดยตรง

สำหรับอุจจาระ มีการเก็บรวบรวมและเทคโนโลยีการจับเก็บหรือการบำบัด ได้แก่ double VIP , fossa alterna หรือ composting chamber โดยระบบการสลับหลุมนี้ทำให้สิ่งปฏิกูลมีโอกาสที่จะระบายน้ำออก, เกิดการย่อยสลาย และกลายเป็นสารอาหารอุดมด้วยสารอินทรีย์ที่ถูกสุกสุกซึ่งสามารถใช้ประโยชน์หรือกำจัดได้อย่างปลอดภัย

โดยในขณะที่มีหลุมหนึ่งเต็ม หลุมนั้นจะถูกปิดการใช้งานชั่วคราวเพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสามารถใช้งานหลุมนั้นได้อีกครั้ง ซึ่งในระหว่างนั้นจะใช้หลุมอื่นแทน และเมื่อหลุมเต็มอีก ก็จะมีการหมุนเวียนการใช้งานเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมและเทคโนโลยีการบำบัด สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดโดยคน สารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสามารถนำไปใช้ในการเกษตร ทั้งนี้หากมีความกังวลด้านคุณภาพ อาจนำไปหมักในสถานที่หมักโดยเฉพาะต่อไป

สำหรับระบบนี้จะแตกต่างจากระบบหลุมเดียว ด้วยเทคโนโลยีของระบบทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้พร้อมที่จะนำไปใช้งานหรือกำจัด โดยไม่ต้องผ่านระบบบำบัดอื่นอีก

ข้อควรพิจารณา

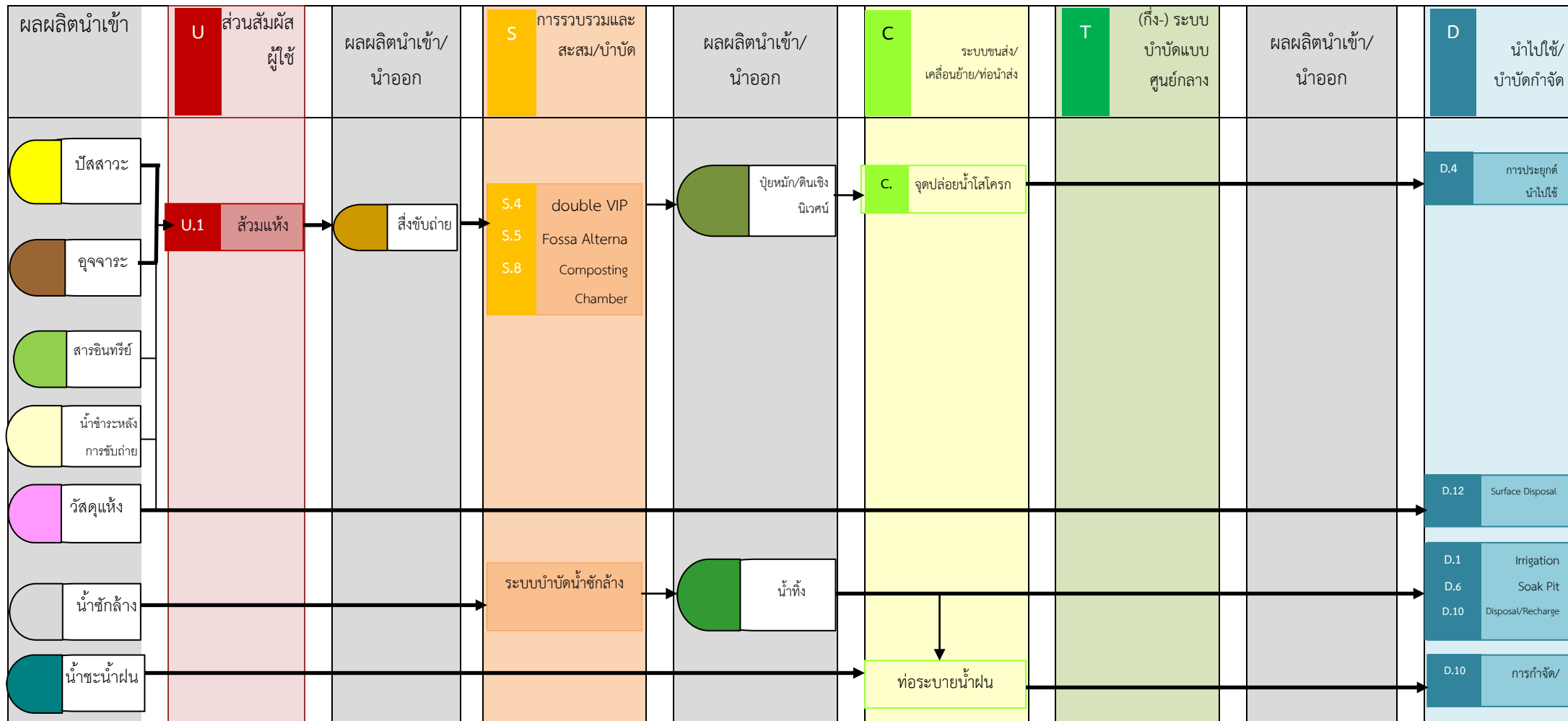
เนื่องจากระบบนี้เป็นแบบถาวรและสามารถใช้ไปเรื่อยๆ ด้วยเทคโนโลยีการสลับหลุม (ขณะที่ระบบหลุมเดียว เมื่อหลุมเต็มจำเป็นต้องปิดการใช้งาน) สามารถนำมาใช้ในพื้นที่จำกัด เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความหนาแน่น เครื่องจักรกลหรือรถบรรทุกไม่สามารถเข้าถึง

ประสิทธิภาพของระบบนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการกักเก็บ และเป็นแหล่งที่มีความเหมาะสมอย่างต่อเนื่องของดิน, แฉะหรือสารอินทรีย์ (ใบไม้, เศษหญ้า, แกลบ ฯลฯ) ที่มีอยู่ โดยกระบวนการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นและสามารถลดระยะเวลาการกักเก็บได้ หากสิ่งปฏิกูลมีมวลเบาและมีความชื้นไม่มากเกินไป ดังนั้นน้ำจึงจำเป็นต้องเก็บรวบรวมและนำไปบำบัดแยก เพราะหากมีความชื้นมากเกินไป จะทำให้หลุมมีช่องว่างของอากาศ และขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายลดลง

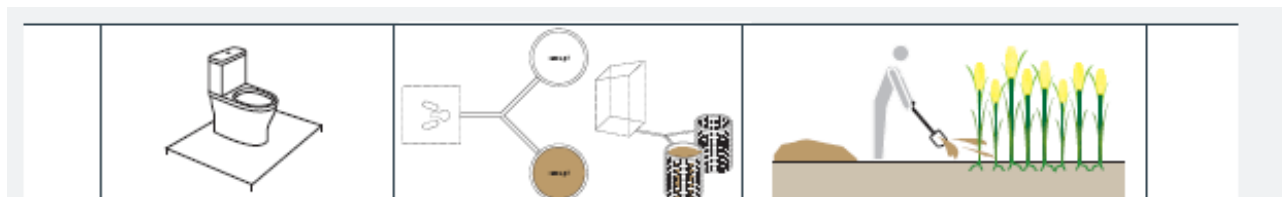
ระบบนี้เป็นระบบที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ และพื้นที่ซึ่งมีโอกาในการใช้สารชีวมิค โดยวัสดุทำความสะอาดแห้งสามารถทิ้งลงในหลุมได้กรณีเป็นสารจำพวกคาร์บอน เช่น กระจกชา๊ะระ, กระจกชาหนังสือพิมพ์, กระจกชาจากชังข้าวโพด ฯลฯ เนื่องจากอาจช่วยในกระบวนการย่อยสลายและการไหลเวียนของอากาศ

ระบบสุขาภิบาล 2 (Sanitation System 2) :

ระบบที่ไม่ใช้น้ำ “ส้วมหลุม” (Waterless System with Alternating Pits)



ระบบ 3 ระบบส้วมชักโครกแบบมีระบบเก็บกักหลุมคู่ (Pour Flush System with Twin Pits)



ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนของเสียหรือเรียกกันว่าส้วมแบบชักโครก (Pour Flush Toilet) โดยต่อเข้ากับระบบเก็บกักที่มีลักษณะเตาเป็นรูปแท่นหรือกระทะ (pedestal or squat pan) และมีถังหรือหลุมสำหรับหมักย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของเสียให้เป็นอิฐมวล ที่เป็ดินที่มีประโยชน์เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรหรือนำไปผสมเพื่อเพิ่มสารอาหารให้กับพืชหรือนำไปปรับปรุงดิน (soil amendment) หากระบบนี้มีปัญหาเรื่องระบบน้ำให้ดูระบบ 1 ,2 และ 4 ประกอบและประยุกต์ ระบบนี้สามารถนำไปใช้กับน้ำเสียที่เกิดจากการชักล้าง (greywater) จากครัวเรือนโดยไม่ต้องแยกระบบการจัดการของเสียจำพวกอุจจาระปัสสาวะออกจากกัน นั่นคือสามารถบำบัดร่วมกันได้ ปัจจัยนำเข้าระบบ ได้แก่ (inputs) อุจจาระ (Faeces), ปัสสาวะ (Urine), น้ำชักโครก (Flush – water), น้ำชำระภายหลังการขับถ่าย (Anal Cleansing Water), วัสดุสำหรับชำระล้าง (Dry Cleansing Material), และน้ำชำระล้าง (Greywater)

โถส้วมชักโครกที่เป็นแบบนั่งราบหรือแบบนั่งห้อยขา ((Pour Flush toilet) (U4)) โถปัสสาวะชายที่เป็นแบบชักโครก (Urinal (U3)) ระบบเก็บกักแบบหลุมคู่กับส้วมชักโครก (Twin Pits for Pour Flush (S6)) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้สำหรับรวบรวมและบำบัดสิ่งปฏิกูล (Black water) ภายหลังการขับถ่ายของมนุษย์ รูปแบบของส้วมหลุมคู่ที่ต่อท่อแยกมาจากส้วมทำด้วยวัสดุที่มีรูพรุนทำให้น้ำทิ้งแทรกซึมลงไปในดินในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนสะสมย่อยสลายได้ที่ด้านล่างของหลุม โดยมีระดับของท่อแตกต่างกัน หลุมที่ 1 รับสิ่งปฏิกูลและหลุมที่ 2 จะรับสิ่งหลงเหลืออื่น ๆ เมื่อหลุมที่หนึ่งเต็ม ระบบนี้ใช้ได้อย่างน้อย 2 ปี เมื่อหลุมที่สองเต็ม ก็กลับไปใช้หลุมที่ 1 โดยกำจัดกากตะกอนสิ่งปฏิกูลด้วยระบบบำบัดกากตะกอน สิ่งปฏิกูลเกิดขึ้นหลังจากใช้ระบบนี้ไปสองปีก็จะสุบหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ภายหลังจากเก็บกักสิ่งปฏิกูลโดยมีการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อลดเชื้อโรคและพยาธิสภาพระบบนี้เป็นระบบการกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ใช้แรงงานมนุษย์ ไม่เหมือนกับระบบแบบศูนย์รวมที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ต้องใช้พลังงานจากเครื่องจักรกล ระบบที่อล่าเสียงน้ำเสียที่ต้องใช้เทคโนโลยีและความรู้ด้านวิศวกรรม ระบบนี้อาศัยปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยนัยสำคัญของระบบนี้คืออัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์แต่ทั้งนี้ระบบดังกล่าวไม่จำเป็นต้องมีระบบขนส่งน้ำเสียหรือมีการบำบัดกากตะกอนที่ระบบบำบัด(กึ่ง)ศูนย์รวม แต่จะเป็นการบำบัดสิ่งปฏิกูลรวมทั้งน้ำชักล้างที่แหล่งกำเนิด/แบบที่ติดกับที่ วัสดุที่ใช้ทำความสะอาดภายหลังการขับถ่ายที่ไม่ใช่เช่น กระดาษหรือทิชชู (Dry Cleansing Materials) อาจเกิดปัญหาดูดตันกับส้วม

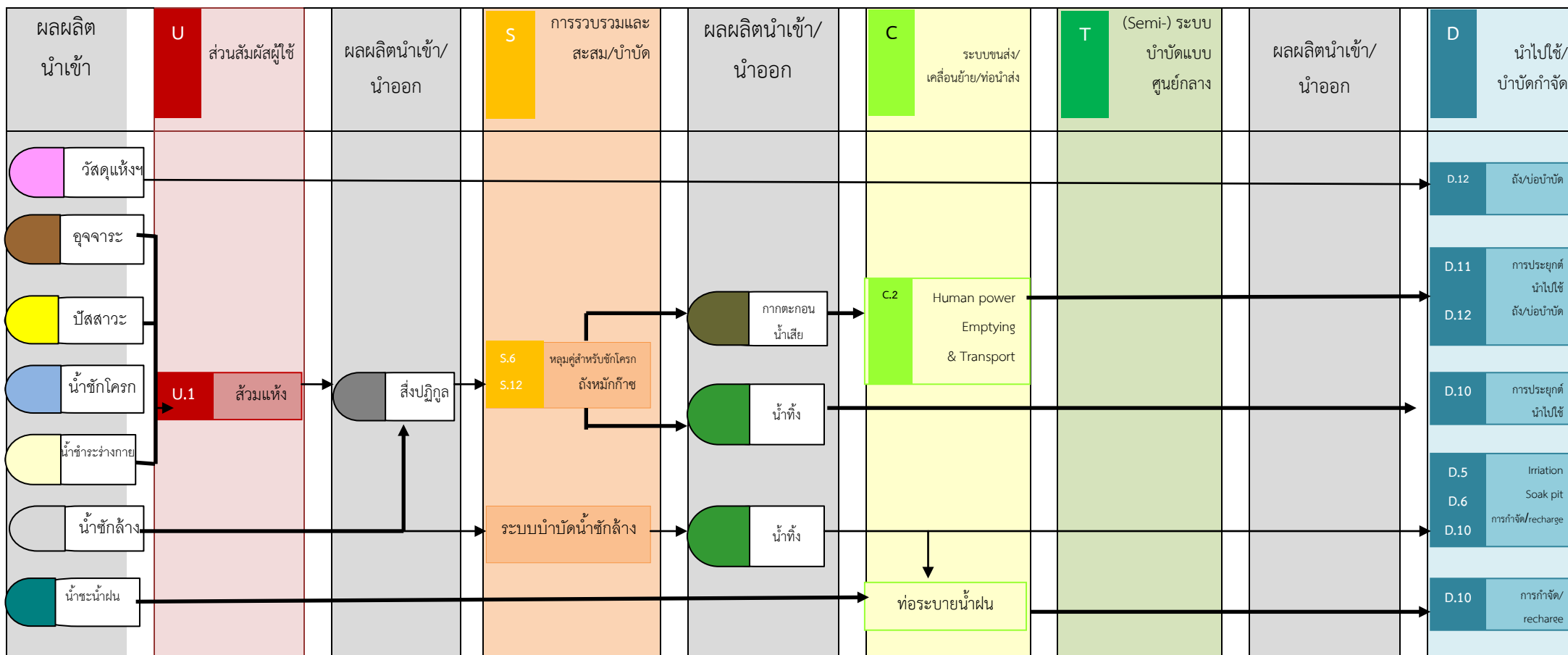
ชนิดนี้ และวัสดุที่ป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินซึมลงไปในส่วนที่เก็บกัก ดังนั้นจึงควรรวบรวมส่วนที่เป็นน้ำกับที่เป็นของแข็ง ดังแผนภาพ ถัง/บ่อกำจัด (Surface Disposal (D12)) อีกทางเลือกหนึ่งของการบำบัดสิ่งปฏิกูลที่สามารถรับสิ่งปฏิกูลได้โดยตรงคือ ถัง/บ่อปฏิกิริยาภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Biogas Reactor (S12))

ถังปฏิกิริยาจะทำงานได้ดีขึ้นเมื่อเติมมูลสัตว์เข้าไปและสารอินทรีย์ รวมทั้งน้ำเสียจากการชักล้าง ส่วนก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นใช้ทำอาหารและนำกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่เป็นวัสดุเสริมเพื่อการ ปรับปรุงดิน ผลผลิตที่เกิดขึ้นคือก๊าซชีวภาพ สามารถให้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับทำกับข้าวได้ นอกจากนี้กากตะกอนที่บำบัดแล้วก็สามารถนำไปใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร (The Application of Sludge (D11)) น้ำทิ้งที่ปล่อยโดยตรงมาจากส้วมชักโครกแบบมีระบบเก็บกักหลุมคู่ (Twin Pits for Pour Flush (S6)) น้ำจะซึมลงสู่ดินตรงที่หลุมติดตั้งทั้งสองหลุม. ดังนั้นระบบนี้ควรจะต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินต่ำ หรืออยู่ในพื้นที่สูง เพื่อลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนจากส้วมหลุม

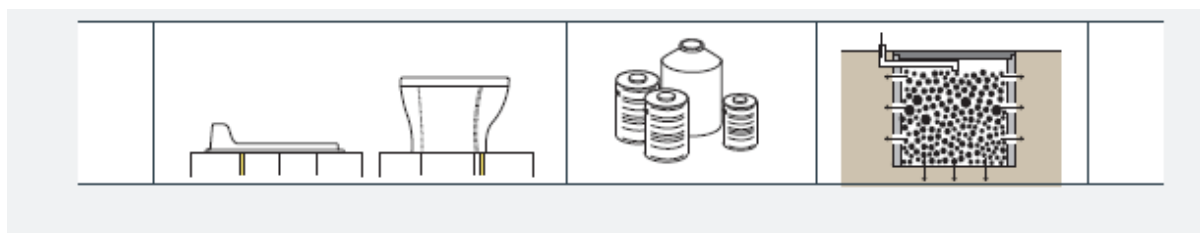
การพิจารณา (Considerations) เทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่พิจารณาระบบแบบปิดเป็นการรวบรวม/สะสมหรือบำบัดทั้งน้ำเสียและกากตะกอน (แบบเดียวกับระบบแบบบ่อเกรอะบ่อซึม) ทั้งนี้ขึ้นกับเกณฑ์การออกแบบที่ใช้โดยแบบสองหลุมนี้ ขึ้นกับสภาพของดิน ความชื้น อัตราการดูดซับของดินหรือพิจารณาการซึมของดิน ดินเหนียวไม่เหมาะกับการใช้ระบบแบบนี้ การสร้างระบบนี้ก็ควรที่จะคำนึงวัสดุการก่อสร้าง แต่ระบบนี้อาจจะไม่เป็นที่นิยมใช้ เพราะในบางสภาวะการณ์อาจใช้งานไม่ดีเท่าที่ควร ระบบนี้เหมาะกับพื้นที่ที่เป็นกิ่งเมืองและพื้นที่ชนบทโดยการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ เพราะพื้นที่นี้มีแหล่งของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ นั่นคือมีมูลสัตว์เพื่อเป็นสารอินทรีย์เสริมที่ช่วยให้เกิดปริมาณก๊าซได้มากขึ้นและสภาวะที่เอื้อต่อการย่อยสลายของก๊าซ นอกจากนี้ระบบนี้ควรให้ความสำคัญกับท่อส่งก๊าซ โดยเฉพาะรอยรั่ว การดูแลรักษาเพื่อไม่ให้เกิดการระเบิด สำหรับปัจจัยนำเข้าระบบที่กล่าวมาข้างต้น น้ำชำระภายหลังการขับถ่าย (anal cleansing with water) วัสดุสำหรับทำความสะอาดภายหลังการขับถ่าย (Dry cleansing materials) แต่สำหรับระบบนี้ควรแยกกำจัดต่างหากเพราะอาจมีปัญหาคัดตันในระบบ (D12)

ระบบสุขาภิบาล 3 (Sanitation System 3) :

ระบบส้วมชักโครกแบบมีระบบเก็บกักหลุมคู่ (Pour Flush System with Twin Pits)



ระบบ 4 : ระบบไม่ใช้น้ำด้วยวิธียูรีนไดเวอร์ชัน (Waterless System with Urine Diversion)



เป็นระบบที่ถูกออกแบบมาให้แยกปัสสาวะและอุจจาระเพื่อใช้ประโยชน์จากของเสียได้อย่างถูกสุขลักษณะ ระบบบ้ำบนี้สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่สูง ที่มีชั้นหินหรือขุดยาก, พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงหรือในพื้นที่ที่มีน้ำน้อย (water-scarce regions) ระบบนี้มีกลไกการทำงาน โดยใช้เทคโนโลยี 2 ระบบ นั่นคือ โถแบบแยกปัสสาวะ (Urine Diverting Dry Toilet (UDDT) (U2)) หรือ โถปัสสาวะชาย (Urinal (U3)) หากกล่าวถึงสมดุลมวลสาร มวลสารเข้าระบบนี้ก็คือ ของเสียจำพวกอุจจาระปัสสาวะ น้ำจากการชำระล้างภายหลังการขับถ่ายรวมทั้งสารเคมีที่ทำให้ความสะอาดร่างกายด้วย UDDTs ด้วยสำหรับวัสดุแห้งที่ใช้สำหรับทำความสะอาดภายหลังการขับถ่ายที่ทิ้งลงโถส่วนนั้นจะไม่มีผลกับระบบนี้แต่ทั้งนี้ควรแยกหรือรวบรวมออกไปจากส่วนที่รวบรวมปัสสาวะ UDDT (U2) และสามารถทิ้งได้โดยตรง ส่วนที่จะต้องนำของเสียไปบำบัด (Surface Disposal (D12)) Double Dehydration Vaults (S7) ใช้สำหรับรวบรวมและเก็บกักสิ่งปฏิกูล สำหรับส้วมหลุมที่ไม่ใช้น้ำประเภทนี้ไม่ควรให้น้ำสำหรับชำระภายหลังการขับถ่ายเล็ดลอดเข้าไปในระบบเก็บกัก/รวบรวมควรทำการแยกออกไปจากหลุมซึม (Soak Pit (D6)) ควรเก็บ สิ่งปฏิกูลในถังที่ปราศจากความชื้นถ้าเป็นไปได้ควรจัดการให้ถูกสุขลักษณะด้วย หมั่นตรวจเช็คสภาพว่าไม่มีรอยรั่วซึม รวมทั้งน้ำซึ่งจากการทำความสะอาด นอกจากนี้เพื่อการลดกลิ่น แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์นำโรคและปรับความชื้นจากตะกอนอุจจาระอาจประยุกต์ใช้กับขี้เถ้า, ปูนขาว หรือวัสดุที่ทำให้ลดความชื้นโรยผสมปิดปกคลุม รวมทั้งยังเป็นเพิ่มค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ซึ่งเป็นสภาวะที่ทำให้เชื้อโรคตาย ควรแยกระบบน้ำเสียจากการชักล้างโดยเด็ดขาด เพราะระบบนี้เป็นแบบส้วมหลุมที่ไม่ต้องการความชื้น แต่ต้องการสิ่งปฏิกูลที่เป็นอุจจาระในถังเก็บกักเท่านั้น ปัสสาวะที่แยกได้จากระบบนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ อาทิเช่น

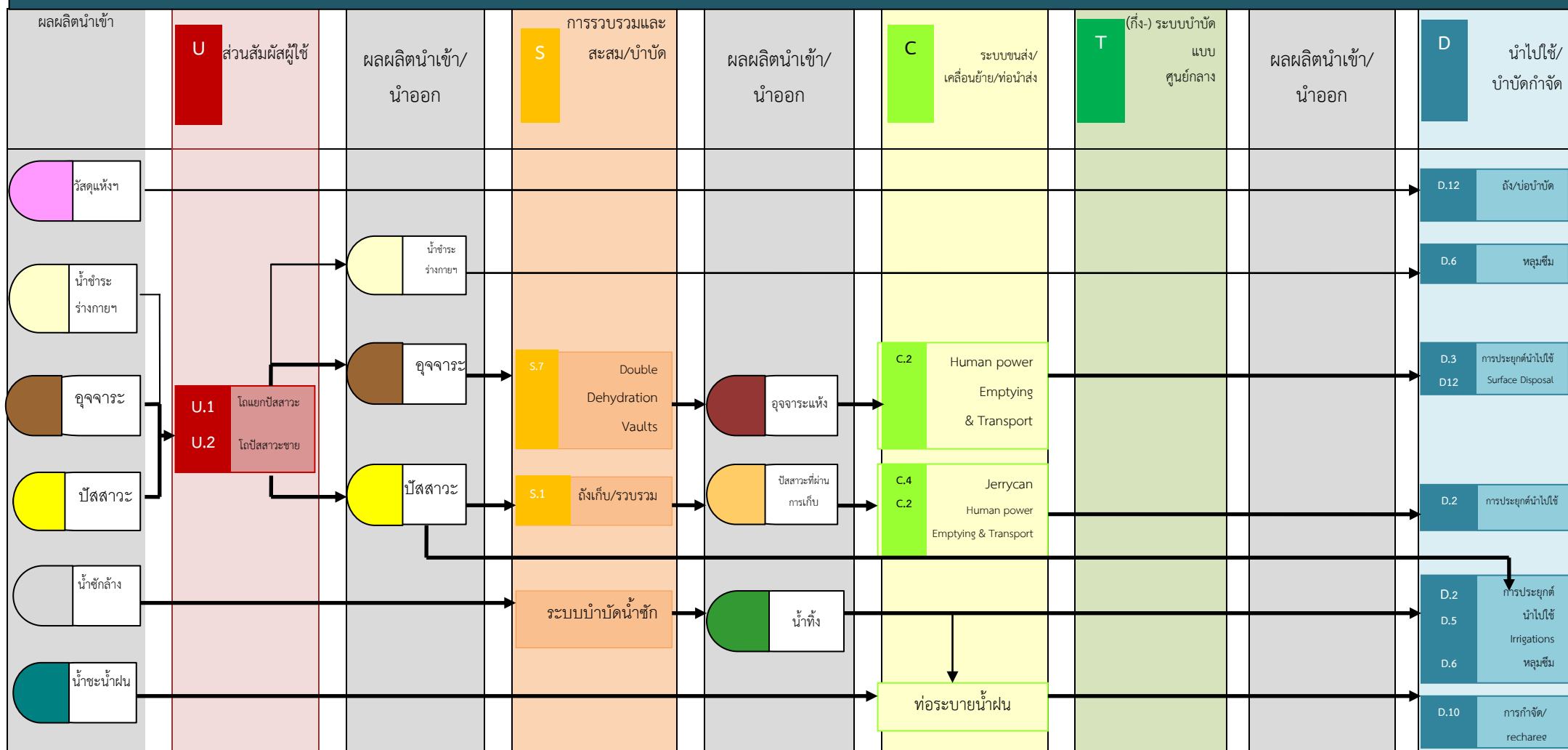
สิ่งปฏิกูลที่อยู่ในส่วนเก็บกักที่ผ่านการบำบัดแล้วนำไปใช้งานและขนส่งโดยแรงงานมนุษย์ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพ การเก็บสิ่งปฏิกูลจากสุขภัณฑ์โดยเทคโนโลยี the Jerry can (C1) or Moto - rized E&T (C3) Technologies คู่มือสำหรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งปฏิกูล/สิ่งขับถ่าย จากตะกอนอุจจาระและปัสสาวะใช้เกณฑ์มาตรฐานจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization (WHO)) มาพิจารณา โดยเฉพาะค่ามาตรฐานด้านเชื้อโรค ระบบนี้จะเกิดประสิทธิภาพการใช้งานได้ดีขึ้นกับระบบการแยกปัสสาวะและอุจจาระและนำกากตะกอนไปทำให้แห้งเพื่อให้เชื้อโรคหมดไป ระบบนี้อาจไม่คำนึงถึงการยอมรับจากผู้ใช้นักนักโดยสามารถนำไปใช้ได้ในการเกษตรและปรับให้เข้ากับวัฒนธรรมในบางประเทศที่มีการนำไปใช้ได้เหมาะสม แต่ทั้งนี้บางประเทศที่ใช้วัสดุแห้งสำหรับทำความสะอาดภายหลังการขับถ่ายก็ยังคงต้องมีการแยกออกไปจากระบบ โดยเฉพาะระบบส้วมแบบไม่ใช้น้ำในการขับเคลื่อนนี้และมีการนำสิ่งปฏิกูลไปใช้

ประโยชน์ด้วย น้ำสำหรับชำระล้างภายหลังการขับถ่ายก็ควรจะแยกออกไปทำความสะอาดเพราะเน้นว่าระบบนี้ต้องอยู่ในสถานะที่มีความชื้นน้อยที่สุดหรือแห้ง ซึ่งอาจพิจารณานำไปรวมอยู่กับกลุ่มน้ำซักล้างสำหรับปัสสาวะก็นำไปสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงหรืออาจจะเจือจางก่อนนำไปใช้ก็ได้พิจารณาตามความเหมาะสม

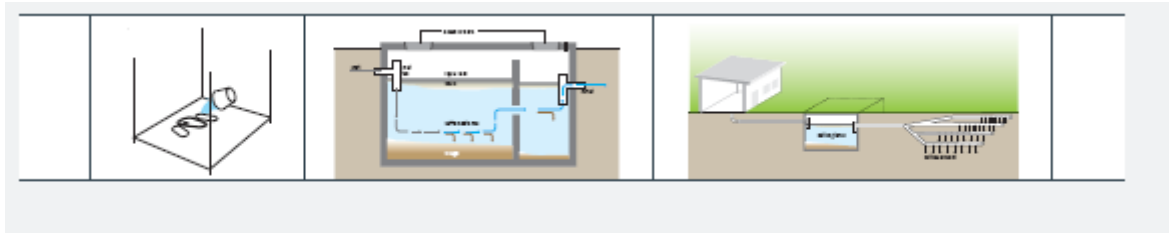
การพิจารณา UDFTs พบว่าต้นทุนสำหรับระบบนี้ค่อนข้างสูง ข้อเท็จจริงแล้วมีข้อจำกัดด้านการแข่งขันทางการตลาดเนื่องจากต้องใช้ปั๊มที่มีคุณภาพสูงเป็นระบบปั๊มคู่ ระบบท่อก็ใช้แบบแรงโน้มถ่วงซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแพง ระบบนี้เหมาะอย่างยิ่งกับผู้ใช้ที่ต้องการนำปัสสาวะไปใช้งานที่มีการแยกปัสสาวะออกมาจากสุขภัณฑ์โดยปราศจากการใช้น้ำในการชักโครก แต่นัยสำคัญของระบบนี้คือปราศจากน้ำในกลไกสามารถประยุกต์ใช้เข้ากับพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นและพื้นที่ที่เป็นกิ่งเมืองหากมีระบบการประปาที่ดีพอ หากจะนำไปใช้แยกปัสสาวะจริงจะต้องมีท่อต่อรับแยกปัสสาวะและมีส่วนรองรับเก็บกักตั้งแต่มาจากส่วนที่เป็นสุขภัณฑ์ หากเพิ่มส่วนนี้เข้าไปสามารถลดภาระสารอินทรีย์ที่มีมากเกินไปในระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบนี้มีข้อเสียคือหากพืชได้รับปริมาณสารอินทรีย์ที่ไม่เพียงพอ หรืออาจมีปัญหาเรื่องระบบการแยกท่อ การรวบรวมปัสสาวะหรือตัวระบบท่อเอง ปัญหากลิ่นตลอดจนพาหะนำโรคพวกแมลง เป็นต้น แต่ทั้งนี้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งของการจัดการของเสียและการบำรุงรักษาของเจ้าของบ้านเอง

ระบบสุขาภิบาล 4 (Sanitation System 4) :

ระบบไม่ใช้น้ำด้วยวิธียูรีนไดเวอร์ชัน (Waterless System with Urine Diversion)



ระบบ 5 : ระบบการบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยการกรอง (Blackwater Treatment System with Infiltration)



ระบบนี้เป็นระบบที่ต้องการการขับเคลื่อนสิ่งขับถ่ายด้วยน้ำโดยการใช้งานแบบชักโครก (flush toilet) เพื่อใช้สำหรับรวบรวมสิ่งปฏิกูล ระบบนี้เป็นระบบที่เหมาะสมกับการรวบรวมในปริมาณ สำหรับปัจจัยนำเข้าในระบบ (inputs) ได้แก่ อุจจาระ (Faeces), ปัสสาวะ (Urine), น้ำชักโครก (Flushwater), น้ำสำหรับชำระล้าง ภายหลังการขับถ่าย (Anal Cleansing Water), วัสดุแห้งสำหรับทำความสะอาดภายหลังการขับถ่าย (Dry Cleansing Materials) และน้ำชำระล้าง (Greywater) มีสุขภัณฑ์สองแบบที่ใช้ในส่วนสัมผัสกับผู้ใช้ (User Interface) คือ Pour Flush Toilet (U4) และ Cistern Flush Toilet (U5) ในส่วนนี้วัสดุแห้งที่ใช้ทำความสะอาด ภายหลังการขับถ่าย (Cleansing Materials) จะถูกแยกออกไปจากส่วนที่รวบรวมปัสสาวะ สามารถทิ้ง ลงไปในระบบได้โดยตรง (Surface Disposal (D12)) ส่วนที่สุขภัณฑ์ที่สัมผัสกับผู้ใช้จะเชื่อมกับระบบรวบรวม และเก็บกักสิ่งปฏิกูลโดยตรงโดยระบบที่ใช้ได้แก่ ระบบบ่อเกรอะบ่อซึม (Septic Tank (S9)), ระบบถังปฏิกิริยา ไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor (ABR) (S10)), หรือระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter (S11))

กระบวนการลดสารอินทรีย์หรือลดค่า BOD /ค่าการบริบูรณ์สารอินทรีย์และเชื้อโรคโดยอาศัยสภาวะ ไร้อากาศ (anaerobic processes) สามารถลดค่าเหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงไม่ควรปล่อยทิ้งสิ่งปฏิกูลหรือน้ำทิ้งลงไป โดยตรง นอกจากนี้ น้ำที่ชำระล้างก็ควรที่จะบำบัดรวมไปกับสิ่งปฏิกูลด้วย แต่ถ้าหากต้องการนำน้ำกลับมา ใช้ประโยชน์อาจต้องทำการแยกบำบัด น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นหลุมซึม (Soak Pit (D6)) หรือ สนามซึม (Leach Field (D7)) สำหรับเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่เพียงพอและสภาพดินที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำทิ้ง รวมไปถึง น้ำชะจากน้ำฝนที่ปล่อยให้มีการซึมลงสู่ดิน (Groundwater Recharge (D10)) ระบบนี้ควรพิจารณา ปริมาณน้ำทิ้งและศักยภาพของพื้นที่ที่จัดให้มีการกรองและซึมผ่านลงสู่ดินด้วย กากตะกอนอุจจาระที่เกิดขึ้น ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์จะใช้แรงงานมนุษย์ในการเคลื่อนย้ายขนส่ง (Human Powered E&T (C2) หรือ Motorized E&T (C3)) แต่กากตะกอนอุจจาระที่ได้ยังมีศักยภาพในการแพร่กระจายเชื้อโรคสูงหรือมี พยาธิสภาพของการก่อโรคจึงควรนำไปบำบัด เช่นหมักแล้วตากทำให้แห้ง คนงานหรือผู้สัมผัสกากตะกอนควร หลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงควรมีอุปกรณ์ป้องกันเช่นถุงมือ หน้ากาก รองเท้าบูธ เป็นต้น รวมทั้งในขณะที่ นำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรด้วย

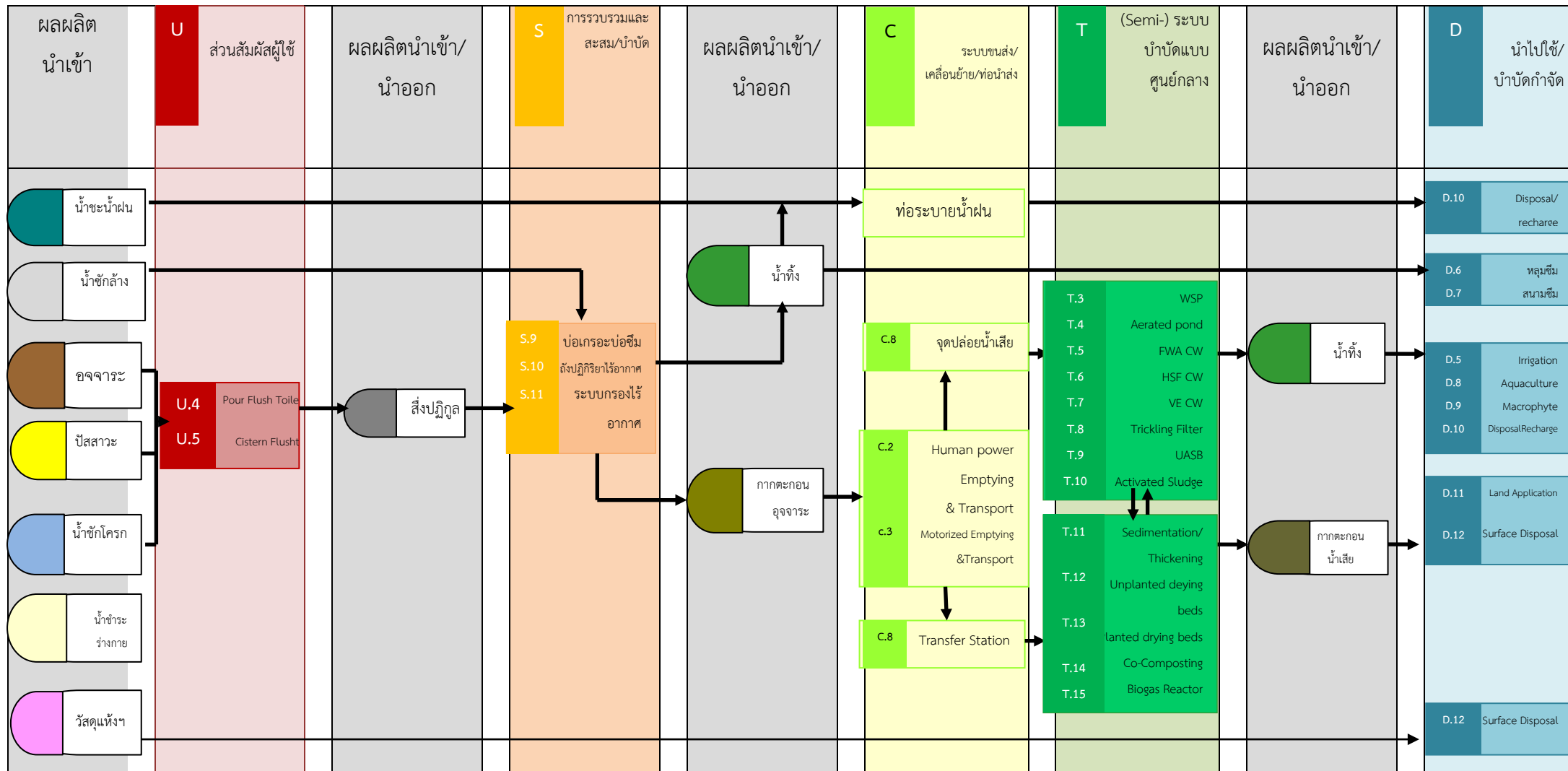
กากตะกอนอุจจาระที่เกิดขึ้นจากระบบนี้จะนำไปบำบัดในระบบบำบัดกากตะกอน (พิจารณา เทคโนโลยี T11 - T15)) กากตะกอนอุจจาระถูกปล่อย (Sewer Discharge Station (C8) หรือ Transfer

Station (C7)) จากการปล่อยลงสู่ท่อ กากตะกอนอุจจาระจะถูกบำบัดร่วมกับส่วนที่เป็นของเหลวในระบบท่อ (พิจารณา T1 - T10) กากตะกอนอุจจาระที่เข้าสู่ระบบท่อไปยังระบบบำบัดแบบ(กึ่ง) ศูนย์รวม ((Semi-) Centralized Treatment facility) อาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับค่าความสกปรกจึงต้องบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป จากสถานีพักน้ำเสียหรือส่งจ่ายน้ำเสีย ส่วนที่เป็นกากตะกอนอาจจะต้องมีที่บำบัดโดยเฉพาะ (เทคโนโลยี T11 - T15) เทคโนโลยีบำบัดแบบ(กึ่ง) ศูนย์รวม T1 - T15 ผลผลิตที่เกิดขึ้น คือน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนอุจจาระ ซึ่งต้องบำบัดก่อนนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ (Irrigation (D5)), พื้นที่การเกษตร (Aquaculture (D8)), บ่อน้ำสำหรับปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์(Macrophyte Pond (D9)) หรือ การปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือทิ้งให้ซึมลงสู่ใต้ดิน (Discharge to a water body or Recharge to groundwater (D10)) จากนั้นก็นำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุง (Land Application (D11) หรือ Surface Disposal (D12))

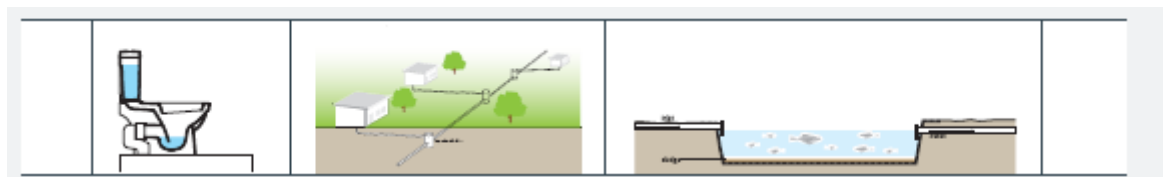
การพิจารณา (Considerations) ระบบนี้เหมาะกับพื้นที่จำนวนมากและราคาไม่แพง มีความเหมาะสมที่จะใช้กำจัดกากตะกอนโดยนำไปตากแดดให้แห้ง เพื่อนำไปจัดทำเป็นปุ๋ยหรือเตรียมเพื่อเป็นวัสดุเสริมสำหรับการปรับปรุงดินต่อไป ทั้งนี้ ให้มีสภาพทั้งภูมิศาสตร์และอากาศที่เหมาะสมต่อการใช้ระบบนี้ สามารถปรับการใช้งานในสภาพอากาศ ที่หนาวเย็นลงแม้ที่ที่มีพื้นดินปกคลุมด้วยน้ำแข็ง ระบบนี้ต้องการแหล่งน้ำที่มีระบบน้ำไหลต่อเนื่อง งบประมาณที่ใช้ลงทุนกับระบบนี้ก็ค่อนข้างมาก (เช่นการขุด ปรับพื้นที่หน้าดิน การติดตั้งอุปกรณ์ท่อ ระบบบำบัดและโรงเรือน) แต่ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสามารถใช้จำนวนครัวเรือนที่ใช้ในการออกแบบระบบขนาดใหญ่ที่มีผู้ใช้จำนวนมากหรือมีการใช้ระบบบำบัดแบบติดกับที่ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์รวมทั้งวัสดุแห้งที่ใช้ในการทำความสะดวกภายหลังการขับถ่ายที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย (Easily degradable Dry Cleansing Materials)

ระบบสุขาภิบาล 5 (Sanitation System 5) :

ระบบการบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยการกรอง (Blackwater Treatment System with Infiltration)



ระบบ 6 : ระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยระบบท่อน้ำโสโครก (Blackwater Treatment System with Sewerage)



คุณลักษณะของระบบนี้เป็นการกำจัดน้ำเสียและการย่อยของแข็งในน้ำเสียหรือของแข็งตกตะกอน (settleeable solids) จากสิ่งปฏิกูลโดยใช้เทคโนโลยีในระดับครัวเรือน โดยการใช้ระบบท่อน้ำอย่างง่ายในการที่จะรวบรวมและระบายน้ำทิ้งจากแต่ละบ้านไปยังระบบบำบัดแบบ (กึ่ง) ศูนย์รวม/ศูนย์กลาง ((Semi-) Centralized Treatment System) พิจารณาตามแผนภาพระบบ ดังนี้

1.ป้อนน้ำเข้าระบบนี้ (inputs) อุจจาระ (Faeces), ปัสสาวะ (Urine), น้ำชักโครก (Flush – water), น้ำชำระภายหลังการขับถ่าย (Anal Cleansing Water), วัสดุสำหรับชำระล้าง (Dry Cleansing Material), และน้ำชำระล้าง (Greywater)

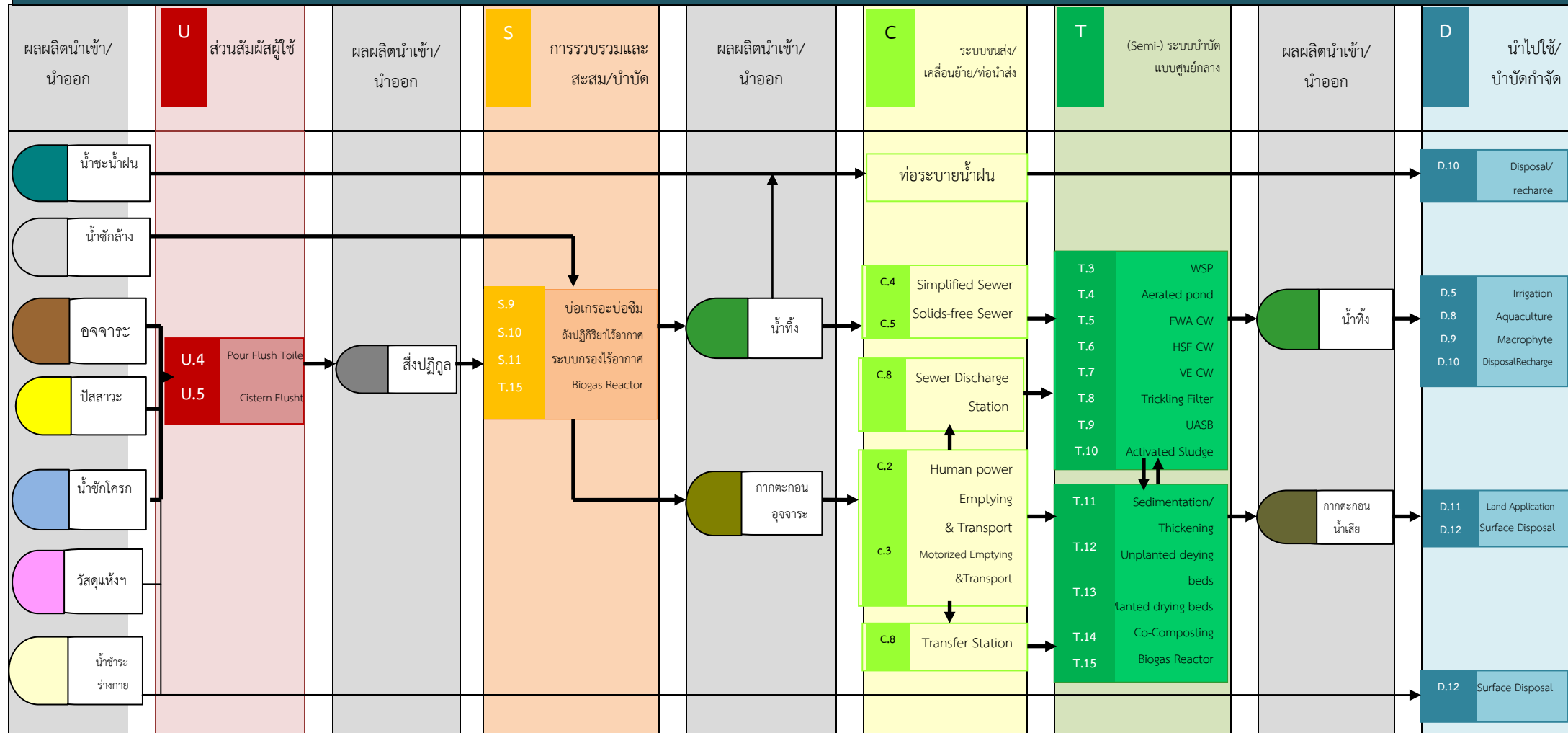
ระบบนี้มีความแตกต่างจากระบบที่ 5 : ระบบการบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยการกรอง (System 5: Blackwater Treatment System with Infiltration) ทั้งในเรื่องระบบการจัดการและกระบวนการตั้งแต่เกิดน้ำเสียจนเป็นน้ำทิ้งแล้วมีการรวบรวมหรือสะสมแล้วนำไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสีย มีสองเส้นทางที่มีน้ำทิ้งเกิดขึ้นจากระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือน ซึ่งคล้ายกับระบบที่ 5 น้ำทิ้งจะระบายเข้าสู่ท่อน้ำฝนเพื่อใช้และกำจัดหรือซึมลงสู่พื้นใต้ดิน Groundwater Recharge (D10) ซึ่งวิธีนี้ไม่แนะนำ น้ำทิ้งจากครัวเรือนจะมีการรวบรวมจากระบบบำบัดในครัวเรือนและส่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดซึ่งอาจจะไม่ผ่านมาตรฐานจะถูกส่งไปยังระบบบำบัดแบบ (กึ่ง) ศูนย์รวม ด้วยระบบท่อน้ำรวบรวมแบบอย่างง่าย (Simplified Sewer network (C4)) หรือระบบท่อระบายของแข็งตกตะกอน (Solids-Free Sewer network (C5)) ควรมีถังรับน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบท่อ หรือการใช้ระบบแบบติดกับที่ (onsite Technologies) นั้นเอง อาทิเช่น ถังปฏิกิริยาถังเกราะ (septic tanks) เพื่อบำบัดหรือลดค่าสารอินทรีย์ในระดับสูงจากแหล่งกำเนิดก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบศูนย์รวมหรือกึ่งศูนย์รวม พิจารณาน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบจะบำบัดโดยใช้เทคโนโลยีจาก T1 ถึง T10 และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบตั้งแต่ T1 ถึง T15 ทั้งนี้ น้ำทิ้งและกากตะกอนอุจจาระจะต้องนำไปบำบัดต่อไปก่อนนำไปใช้ประโยชน์หรือนำไปทิ้งก่อนออกสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำทิ้ง เช่นน้ำทิ้งที่ผ่านมาตรฐานน้ำไปใช้เพื่อการชลประทานการเกษตร (Irrigation (D5), Aquaculture (D8)), การเลี้ยงพืชน้ำ (Macrophyte Pond (D9)) หรือการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือให้ซึมลงสู่พื้นใต้ดิน (Discharge to a water body or Recharge to groundwater (D10)) และเทคโนโลยีการบำบัดกากตะกอน เช่น การปรับปรุงดินหรือพื้นที่ที่มีธาตุอาหารของพืชน้อย (Land Application (D11)) หรือการไถพรวนเพื่อกำจัดหน้าดินที่ไม่ต้องการ (Surface Disposal (D12))

การพิจารณา (Considerations) เป็นการพิจารณาน้ำทิ้งที่ส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย(กึ่ง)ศูนย์รวม ซึ่งเป็นระบบที่อยู่ในช่วงที่มีการลงทุนอยู่ในระดับปานกลางจนลงทุนมาก เป็นการพิจารณาโครงสร้างระบบตั้งแต่แบบติดกับที่ ระบบท่อ (พิจารณาแล้วว่าค่าใช้จ่ายในการติดตั้งท่อแบบอย่างง่าย (simplified sewer network) ถูกกว่าท่อแบบทั่วไป (conventional sewer network) หรือโครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) ตลอดจนค่าใช้จ่ายการดูแลบำรุงรักษา และซ่อมบำรุง ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพได้ต้องอาศัยตัวระบบหรือเดินระบบ ตลอดจนการดูแลบำรุงรักษาระบบท่อ และความรับผิดชอบที่จะปฏิบัติตามในแต่ละครัวเรือนระบบนี้เป็นระบบที่ราคาไม่แพงเข้าถึงทุกครัวเรือนที่ทุกบ้านหรือทุกอาคารต้องมีระบบการบำบัดจากแหล่งกำเนิด (หรือถังเกรอะ/ถังปฏิกิริยา) ที่มีคุณสมบัติย่อยสลายและลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากครัวเรือนไม่มีกากตะกอนหลุดออกมาด้วยและที่สำคัญไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

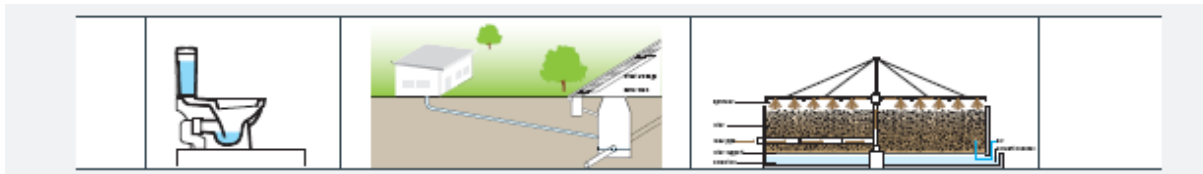
ที่สำคัญเป็นเรื่องของการจัดการ บางแห่งหรือบางประเทศจะให้เทศบาลหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (local government) เป็นผู้ดูแล ให้การบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียกับประชาชนและในพื้นที่บางรูปแบบระบบนี้สามารถแก้ไขปัญหของท้องถิ่นได้อย่างลงตัว (เช่น ในพื้นที่ชุมชนน้ำ) โดยต้องมีการวางแผนโครงการที่จะจัดการเดินระบบและการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพ ระบบนี้เหมาะสำหรับติดตั้งในชุมชนเมืองที่มีประชากรหนาแน่น พื้นที่ไม่มีที่ว่างพอเนื่องทุกบ้านมีระบบแบบติดกับที่และมีการต่อรวมไปยังระบบบำบัดน้ำเสียทุกพื้นที่ที่มีการใช้สอยหรือใช้ประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงหรือที่ลุ่มไม่เหมาะสมกับพื้นที่สูง มีแหล่งน้ำหรือชลประทานที่ตม้่น้ำใช้สอยตลอด นอกจากนี้ เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดที่เป็นของแข็งตกตะกอนน้ำจากการชำระล้าง และวัสดุที่ทิ้งลงส้วมที่ย่อยสลายได้ง่าย (Dry Cleansing Materials ในที่นี้คือกระดาษชำระ) อย่างไรก็ตามควรที่จะคำนึงถึงระยะเวลาของการย่อยสลายร่วมด้วย รวมทั้งไม่อุดตันในระบบหรือระบบเก็บกัก

ระบบสุขาภิบาล 6 (Sanitation System 6) :

ระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลด้วยระบบท่อน้ำโสโครก (Blackwater Treatment System with Sewerage)



ระบบ 7 : (กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์รวม/ศูนย์กลาง ((Semi-) Centralized Treatment System)



ระบบนี้เป็นระบบที่มีการระบายน้ำเสียที่เป็นสิ่งปฏิกูล (Blackwater) นำไปบำบัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบศูนย์รวม คุณลักษณะที่สำคัญของระบบนี้ก็คือไม่มีระบบรวบรวมหรือระบบเก็บกักที่ใช้บำบัดก่อนนำไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสีย พิจารณาตามแผนภาพระบบ ดังนี้

1. *ปัจจัยนำเข้าระบบนี้ (input products)* ได้แก่ อุจจาระ (Faeces), ปัสสาวะ (Urine), น้ำชักโครก (Flush – water), น้ำชำระภายหลังการขับถ่าย (Anal Cleansing Water), วัสดุสำหรับชำระล้าง, (Dry Cleansing Material), น้ำฝน (Stormwater), และน้ำชำระล้าง (Greywater)

2. *ผู้ใช้ (User Interface)* เทคโนโลยีส่วนที่ต้องสัมผัสกับผู้ใช้ ที่ใช้ในระบบนี้ก็คือ ส้วมราดน้ำ (Pour Flush Toilet (U4)) หรือ ส้วมชักโครกแบบมีถังน้ำยกสูง (Cistern Flush Toilet (U5)) วัสดุที่ใช้สำหรับล้างหรือทำความสะอาดจะนำมาใช้กับระบบนี้ได้แก่กระดาษชำระ ในส่วนนี้สามารถรวบรวมหรือคัดแยกเพื่อนำไปทิ้งหรือสามารถทิ้งในระบบโดยตรงลงในโถส้วมหรือสุขภัณฑ์ (Surface Disposal (D12)) สิ่งปฏิกูลที่จุดนี้หรือผ่านส่วนที่ต้องสัมผัสกับผู้ใช้ (User Interface) คือโถส้วม/สุขภัณฑ์ซึ่งจะต่อเข้าโดยตรงกับระบบบำบัดแบบ(กึ่ง)ศูนย์รวม ((Semi-) Centralized Treatment) โดยมีระบบท่อแบบอย่างง่าย (Simplified Sewer network (C4))ต่อเข้ากับระบบบำบัดหรือระบบท่อระบายน้ำเสียแบบท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewer network (C6))

3. *น้ำชำระล้าง (Greywater)* สามารถบำบัดร่วมกับสิ่งปฏิกูลได้ (Blackwater) นอกจากนี้ยังมีท่อระบายน้ำฝนที่รวบรวมน้ำชะน้ำฝนส่วนเกินและไหลลงระบบระบายน้ำเสียแบบท่อแรงโน้มถ่วง ระบบนี้ไม่มีระบบเก็บกักหรือมีการรวบรวมปฏิกูลก่อนเข้าบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียแบบศูนย์รวม เข้าใจง่ายๆ ก็คือทั้งน้ำชำระล้างและน้ำเสียจากสิ่งปฏิกูล ผ่านระบบท่อที่ไหลเข้าโดยตรงสู่ระบบบำบัด ระบบท่อที่ใช้ระบายน้ำเสียนี้จะมีการป้องกันไม่ให้มีการสะสมของกากตะกอนในท่อ สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้บำบัดร่วมด้วยกับการลำเลียงพิจารณา T1 ถึง T10 กากตะกอนอุจจาระที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีบำบัดแบบนี้ จะต้องนำไปบำบัดเสียก่อน ด้วยเทคโนโลยีการบำบัดสิ่งปฏิกูลเฉพาะ (พิจารณาเทคโนโลยีการบำบัดกากตะกอนอุจจาระ T11 ถึง T15) เทคโนโลยีการบำบัดแบบ (กึ่ง) ศูนย์รวมนี้ T11 ถึง T15 นี้

4. *ผลิตภัณฑ์ (Output product)* เป็นส่วนที่ได้จากระบบ ก็คือ น้ำทิ้ง และกากตะกอนอุจจาระ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้หรือนำไปกำจัด เช่นน้ำทิ้งที่ผ่านมาตรฐานนำไปใช้เพื่อการชลประทานการเกษตร (Irrigation (D5), Aquaculture (D8)), การเลี้ยงพืชน้ำ (Macrophyte Pond (D9)) หรือการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือให้ซึมลงสู่ใต้ดิน (Discharge to a water body or Recharge to groundwater (D10)) สำหรับการบำบัดกากตะกอนอุจจาระ เมื่อทำให้กากตะกอนแห้งแล้วก็นำไปปรับปรุง

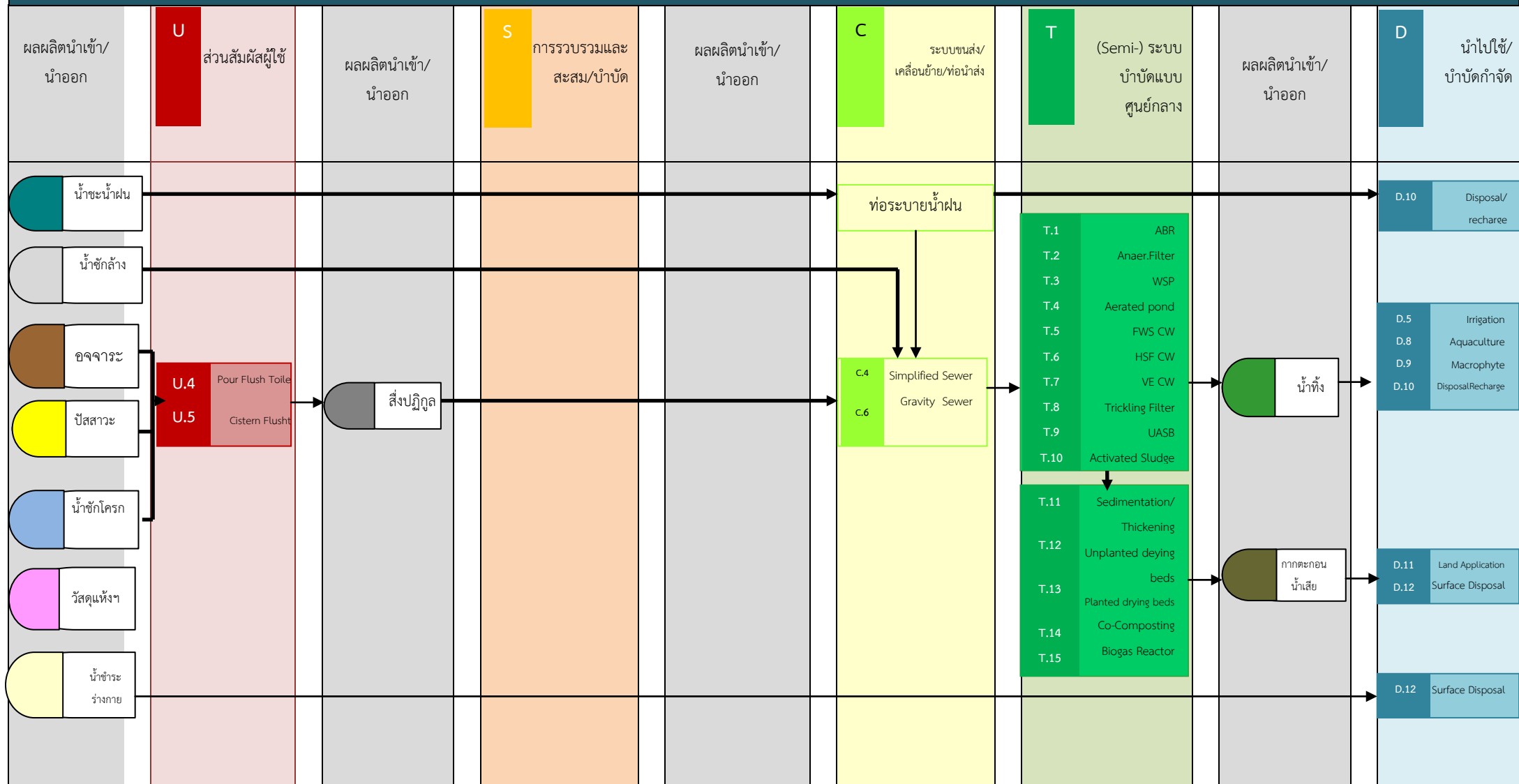
ดินหรือพื้นที่ที่มีธาตุอาหารของพืชน้อย (Land Application (D11)) หรือการไถพรวนเพื่อกำจัดหน้าดินที่ไม่ต้องการ (Surface Disposal (D12))

การพิจารณา (Considerations) พบว่าระบบนี้ใช้กับในเมืองค่อนข้างสูง เป็นระบบที่ระบายน้ำเสียแบบท่อแรงโน้มถ่วงซึ่งมีข้อเสียคือใช้พื้นที่กว้างในการขุดท่อหรือวางท่อและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งค่อนข้างแพงกว่าระบบระบายน้ำเสียที่ใช้ท่อแบบอย่างง่ายซึ่งใช้กันทั่วไปเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถูกกว่าแต่มีเงื่อนไขว่าการออกแบบต้องได้รับการอนุญาตก่อนการก่อสร้าง

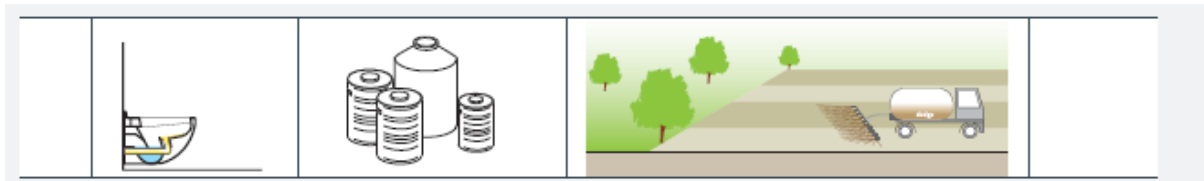
ระบบนี้เหมาะสำหรับในเมืองใหญ่ที่มีความพร้อมในการบริหารจัดการ มีการเก็บค่าธรรมเนียมรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายที่พร้อมจะก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและมีความพร้อมหรือความสามารถในการเดินระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบท่อที่ใช้ ระบบนี้ยังสามารถปรับให้เข้ากับความหนาแน่นของประชากรในเมืองที่เพิ่มขึ้นหรือที่เป็นพื้นที่กึ่งเมือง แต่ไม่เหมาะกับพื้นที่ในเขตชนบทเพราะจำเป็นต้องใช้ระบบประปา และมีการวางระบบท่อน้ำโสโครก ผู้ใช้น้ำหรือผู้ก่อมลพิษจะต้องการจ่าย/ชำระค่าบำบัดมลพิษจากการใช้น้ำเพื่อการเดินระบบและการดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบศูนย์รวม ทั้งนี้ในบางเมืองอาจหักค่าใช้จ่ายมาแล้วในรูปของภาษีจากผู้มีรายได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับประเภทของท่อระบายน้ำเสีย/น้ำโสโครกที่ใช้ ตลอดจนการจัดการโครงสร้างของการวางระบบท่อหรือการดูแลและความรับผิดชอบตั้งแต่ระดับสเกลใหญ่คือระดับเมือง ต่อมาคือชุมชน (ระบบท่ออย่างง่ายร่วมกับแบบท่อแรงโน้มถ่วง (simplified vs gravity), การเดินระบบของท่อและชุมชนเมือง (city-run vs community operated)) และระดับครัวเรือน

ระบบสุขาภิบาล 7 (Sanitation System 7) :

(กึ่ง) ระบบบำบัดแบบศูนย์รวม/ศูนย์กลาง ((Semi-) Centralized Treatment System)



ระบบ 8 : ระบบการแยก/โอนปัสสาวะโดยท่อน้ำโสโครก (Sewerage System with Urine Diversion)



ระบบน้ำโสโครกนี้เป็นระบบที่ใช้กันอยู่แล้ว แต่แตกต่างกันตรงที่เป็นระบบที่มีการใช้น้ำที่เป็นระบบชักโครกโดยแยกปัสสาวะออกมาจากโถ หรือที่เรียกว่า “Urine Diverting Flush Toilet (UDFT)” UDFT เป็นระบบพิเศษที่ช่วยให้ผู้ใช้ส้วมแยกของเสียจากการขับถ่ายได้สะดวก นั่นคือการแยกอุจจาระและปัสสาวะตลอดจนการรวบรวมน้ำปัสสาวะที่ปราศจากน้ำล้างที่ปนเปื้อน สำหรับส่วนที่แยกอุจจาระหรือ “Brownwater” ก็จะทำการชักโครกลงระบบต่อไป

พิจารณาตามแผนภาพระบบ ดังนี้

1. ปัจจัยนำเข้าระบบนี้ (inputs products) ได้แก่ อุจจาระ (Faeces), ปัสสาวะ (Urine), น้ำชักโครก (Flushwater), น้ำชำระภายหลังการขับถ่าย (Anal Cleansing Water), วัสดุติดสำหรับชำระล้าง (Dry Cleansing Material), น้ำฝน (Stormwater), และน้ำชำระล้าง (Greywater)

2. ผู้ใช้ (User Interface) หรือส่วนที่ต้องสัมผัสกับผู้ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ในส่วนนี้ ระบบชักโครกโดยแยกปัสสาวะออกมาจากโถชักโครก (Urine Diverting Flush Toilet : UDFT) (U6) และโถปัสสาวะชาย (Urinal) (U3) อย่างไรก็ตามระบบ UDFT สามารถใช้ได้ทั้งเพศหญิงและเพศชาย ถึงแม้ว่าเพศชายจะมีโถปัสสาวะอยู่แล้วก็ตาม ก็สามารถใช้ได้ร่วมกับระบบนี้ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งาน

3. น้ำชักโครกอุจจาระ (Brownwater) และ (ปัสสาวะ) จะแยกในขั้นตอนของเทคโนโลยีที่สัมผัสกับผู้ใช้ (User Interface) น้ำชักโครกอุจจาระจะเข้าสู่ระบบท่อน้ำโสโครกและถูกเก็บรวบรวมแล้วนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งศูนย์กลาง ((Semi-) Centralized Treatment facility) โดยต่อเข้ากับระบบระบายน้ำเสียแบบทั่วไปหรือแบบอย่างง่าย (Simplified Sewer network (C4)) หรือระบบระบายน้ำเสียแบบท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewer network (C6))

4. น้ำชักล้าง (Greywater) ถูกส่งไปยังท่อระบายน้ำเสียแต่ยังไม่ได้รับการบำบัด ในบางสถานะ แวดล้อม น้ำฝนที่ถูกชะล้างจะไหลลงไปยังท่อระบายน้ำแม้ว่าจะล้นจากรางระบายน้ำก็ตาม น้ำปัสสาวะจะถูกแยกออกไปตรงจุดที่สุกสัมผัสกับผู้ใช้งานโดยตรงโดยจะเชื่อมกับถัง/แทงก์สะสม (Storage Tank) (S1) และจากถังสะสมก็จะนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดโดยใช้แบบกระป๋องที่เรียกว่า “Jerry can” (C1) หรือที่เป็นกลลอน “Motorized E&T” (C3) สำหรับการนำน้ำปัสสาวะไปใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร (agricultural lands (D2))

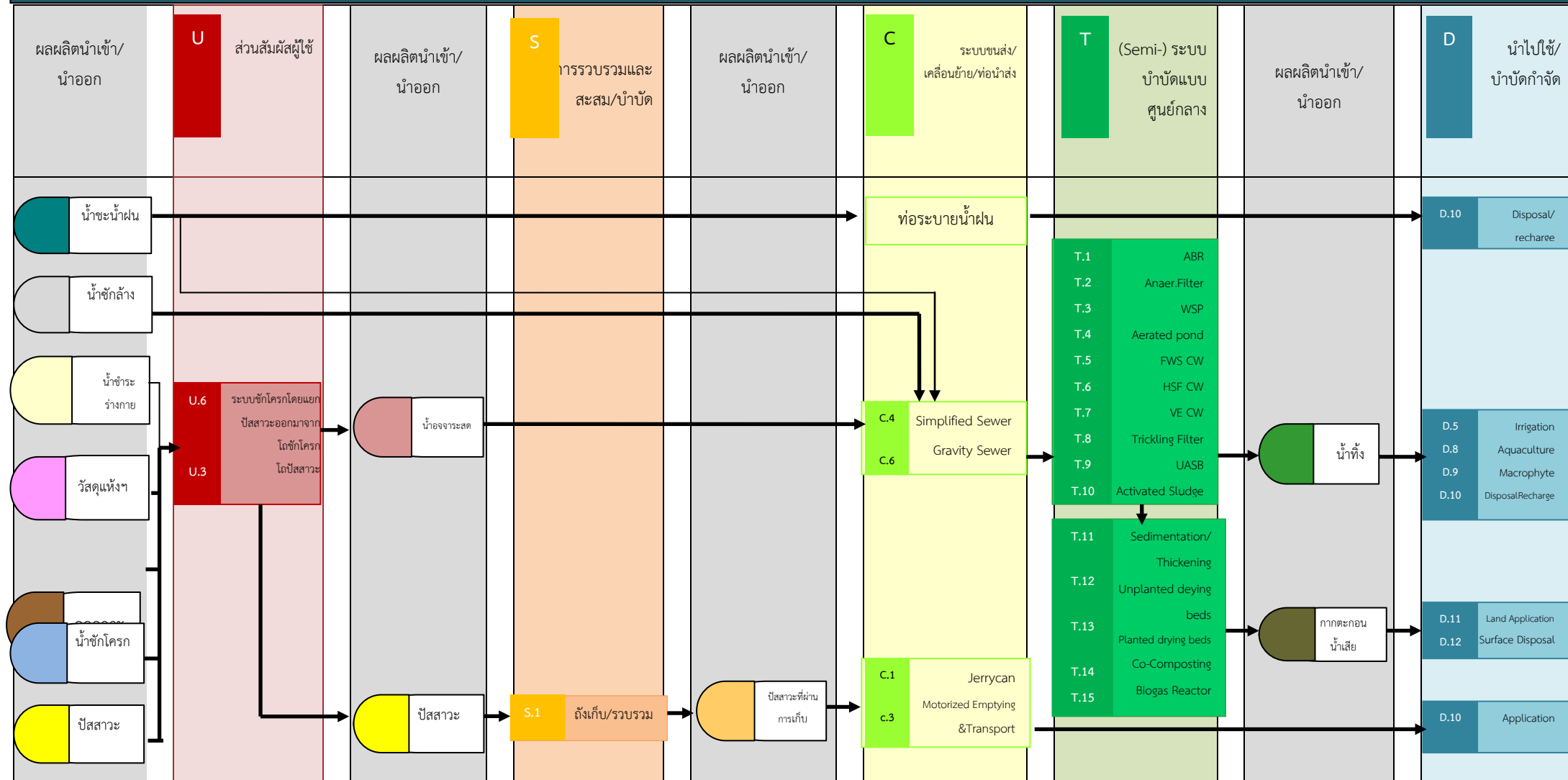
5. น้ำชักโครกอุจจาระ (Brownwater) ถูกนำไปบำบัดด้วยระบบแบบ (กึ่ง) ศูนย์กลาง โดยเลือกใช้เทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งจาก T1-T10 กากตะกอนอุจจาระ (Faecal Sludge) ที่เกิดขึ้นในระบบนี้

ควรจะต้องนำกากตะกอนไปบำบัด (Technologies T11 to T15) เพื่อการใช้ปรับปรุงพื้นที่/ดิน(Land Application) (D11) หรือการกำจัดด้วยเทคโนโลยี (Surface Disposal) (D12) จากแผนภาพเทคโนโลยีที่นำมาใช้บำบัดหรือกำจัดน้ำเสียหรือสิ่งขับถ่ายมนุษย์นี้จะถูกรวบรวมจากเทคโนโลยี T1-T10 รวมถึงระบบระบายน้ำ (D5), Aqua culture (D8), Macrophyte Pond (D9) หรือการปล่อยน้ำทิ้งไปยังแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือการปนเปื้อน/ไหลซึมลงสู่น้ำใต้ดิน(D10)

จากที่กล่าวมาข้างต้นการพิจารณา UDFTs เป็นระบบที่ไม่ธรรมดาและต้นทุนการใช้ระบบนี้ค่อนข้างสูง เป็นข้อเท็จจริงสำหรับข้อจำกัดของระบบนี้หากพูดในเชิงด้านการตลาดเนื่องจากระบบนี้ต้องใช้แรงดันสูงหรือปั๊มที่มีคุณภาพสูงหรือต้องมีระบบประปาถึงจะใช้เทคโนโลยีนี้ได้ นอกจากนี้การใช้ระบบระบายน้ำเสียแบบท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewers) ต้องใช้พื้นที่ขุดท่อค่อนข้างกว้างและค่าติดตั้งแพง แต่ระบบระบายน้ำเสียแบบท่ออย่างง่าย (Simplified Sewers) หรือระบบท่อทั่วไป เป็นระบบที่ประหยัดกว่าเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ถ้าหากแบบแปลนที่ออกแบบไว้ได้รับได้รับอนุญาตให้มีการก่อสร้างได้ ดังนั้นนัยสำคัญของระบบนี้ก็คือเป็นระบบของเสียจากการขับถ่ายที่ใช้น้ำในการขับเคลื่อนหรือระบบชักโครกเหมาะสำหรับความต้องการที่จะต้องนำของเสียไปใช้งานโดยเฉพาะปัสสาวะ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของท่อระบายน้ำเสียที่ใช้กับระบบนี้ด้วยและสามารถปรับใช้กับพื้นที่ในเมืองและชานเมืองหรือที่มีประชากรหนาแน่น และยังไม่เหมาะกับพื้นที่ในเขตชนบทเนื่องจากเป็นระบบชักโครกที่ต้องอาศัยแรงดันของน้ำค่อนข้างสูงประกอบกับข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรน้ำในบางพื้นที่ หรือมีอุปทานคงที่ของความต้องการน้ำเพื่อการใช้สอยและอาจต้องไม่ต้องกังวลหรือปัญหาเรื่องระบบท่อมานัก นอกจากนี้ยังอาจเป็นประโยชน์ต่อระบบบำบัดน้ำเสียในกรณีที่ต้องรับภาระบำบัดอินทรีย์ที่มีค่ามากกว่าออกแบบไว้โดยเฉพาะของเสียจากการขับถ่ายที่มีสารอาหารของพืช เพื่อลดไม่ให้เป็นมากจนเกินไปโดยเฉพาะปัสสาวะที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ก่อนที่จะรวมไปกับระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม ถ้าพืชยังได้รับสารอาหารจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเดิมก็จะเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชน้ำเช่น ผักตบชวา สาหร่าย ฯ ซึ่งระบบนี้อาจจะเพิ่มปัญหาต่อไปก็ได้ และขึ้นกับโครงสร้าง ระบบการจัดการประเภทของท่อระบายน้ำเสีย (โดยเฉพาะที่ใช้ในเมืองและชุมชนนั้นคือ ท่อแบบอย่างง่ายและแบบโน้มถ่วง) และวัสดุให้เลือกใช้หลากหลายชนิด และต้องอาศัยการดูแลบำรุงรักษาด้วย

ระบบสุขาภิบาล 8 (Sanitation System 8) :

ระบบการแยก/โอนปัสสาวะโดยท่อน้ำโสโครก (Sewerage System with Urine Diversion)



ส่วน 2 : การให้ข้อมูลหน้าที่เทคโนโลยีกลุ่มฟังก์ชัน

(Part 2: Functional Groups with Technology Information Sheets)

สำหรับแต่ละเทคโนโลยีที่บรรยายในระบบแม่แบบนี้ส่วนนี้ แต่ละระบบที่ระบุนี้จัดทำเป็นข้อสรุปที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานและข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือนี้ไม่ใช่เพื่อการออกแบบหรือการอ้างอิงทางเทคนิค แต่เป็นข้อมูลและแสดงให้เห็นถึงภาพรวมและจุดเริ่มต้นสำหรับการออกแบบในรายละเอียดต่อไป นอกจากนี้รายละเอียดยังช่วยให้นักวางแผนระบบและวิศวกรผู้ออกแบบได้เข้าใจรวมทั้งพิจารณารูปแบบที่ไม่ได้ออกแบบมาก่อนหน้านี้ แต่ละเทคโนโลยีที่แสดงจัดทำเป็นกลุ่มฟังก์ชันและรหัสแถบสีรหัสเป็นตัวอักษร (เช่น U ส่วนสัมผัสผู้ใช้) นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นกลุ่มฟังก์ชันที่เป็นเทคโนโลยี รูปที่ 5 ในหน้าต่อไปนี้นำเสนอและอธิบายตัวอย่างของหัวข้อแผ่นเทคโนโลยีสารสนเทศ

①		
S.9 Septic Tank		Applicable to: System 5,6 ②
Application Level ☐ ** Household ③ ☐ ** Neighbourhood ☐ City	Management Level ☐ ** Household ☐ ** Shared ④ ☐ Public	Input: ☐ Backwater ☐ Greywater ⑤ Output: ☒ Faecal Sludge ☒ Effluent ⑥

ภาพ 5 Heading and subheading of a Technology Information Sheet

หัวข้อทำเป็นแถบสี ตัวอักษรและรหัสตัวเลข รหัสสี (สีส้ม) และตัวอักษร (S) ที่กำหนดให้เป็นกลุ่มฟังก์ชันการรวบรวมและสะสม/บำบัด (Collection and Storage/Treatment (S))” ตัวเลข (9) เป็นเทคโนโลยีที่ 9 9th) ในกลุ่มฟังก์ชัน แต่ละเทคโนโลยีที่อธิบายมานี้รหัสสี,ตัวอักษรและหมายเลขรหัสเพื่อให้เข้าใจง่ายตลอดจนการอ้างอิงถึง

2) การประยุกต์ใช้กับระบบ 5,6 แสดงให้เห็นว่าแม่แบบระบบเทคโนโลยีที่สามารถพบในกรณีถึงบำบัดน้ำเสียที่เป็นระบบแบบติดกับที่ (ถังเกรอะ Septic Tank) พบในแม่แบบระบบ 5 และ 6 เท่านั้น สำหรับเทคโนโลยีอื่น ๆ อาจพบได้ในเพียงหนึ่งหรือในหลายระบบ

:

3) ระดับการใช้งาน มีสามระดับของพื้นที่ที่กำหนดไว้ภายใต้ หัวข้อนี้

- คราวเรือนแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับหนึ่งหรือผู้ประกอบการหลาย
- ย่านแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับหลายถึงหลายร้อยครัวเรือน

• เมืองที่แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมในระดับเมืองกว้าง (ทั้งหน่วยหนึ่งสำหรับเมืองทั้งเมืองหรือหลายหน่วยงานเป็นส่วนหนึ่งของเมืองหรือแต่ละครัวเรือน) ดาวจะใช้ในการระบุวิธีที่เหมาะสมในแต่ละระดับเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับ

- สองดาวหมายถึงการที่เหมาะสม
- ดาวดวงหนึ่งหมายถึงการที่เหมาะสมน้อยกว่า และ
- ไม่มีดาวหมายความว่าไม่เหมาะสม

มันขึ้นอยู่กับผู้ใช้บทสรุปในการตัดสินใจในระดับที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงว่าเขา / เธอกำลังทำงานอยู่บนกราฟิก 'งานระดับ' จะมีความหมายเป็นเพียงคำแนะนำคร่าวๆ ที่จะใช้ในขั้นตอนการวางแผนเบื้องต้น เทคโนโลยีในการทำงานของกลุ่ม User Interface ไม่รวมถึงระดับการใช้งานเนื่องจากพวกเขาสามารถใช้บริการเพียง จำกัด จำนวนคน

4) การบริหารจัดการระดับอธิบายถึงรูปแบบองค์กรที่มีการใช้ที่ดีที่สุดสำหรับการดำเนินงานและการบำรุงรักษา (O & M) ของเทคโนโลยีที่ได้รับ:

- แสดงให้เห็นว่าครัวเรือนในครัวเรือนเช่น ครอบครัวเป็นผู้รับผิดชอบ O & M ทั้งหมด
- ที่ใช้ร่วมกันแสดงให้เห็นว่ากลุ่มของผู้ใช้ (เช่นโรงเรียน, ผู้ค้าตลาดองค์กรชุมชนตาม) ถือว่า O & M ตัวเอง อย่างไรก็ตามหนึ่งโดยมั่นใจว่าบุคคลหรือคณะกรรมการจะเป็นผู้รับผิดชอบในนามของผู้ใช้ทั้งหมด อุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่ใช้ร่วมกันจะถูกกำหนดโดยความจริงที่ว่าชุมชนของผู้ใช้ตัดสินใจที่ได้รับอนุญาตให้ใช้สถานที่และสิ่งที่เป็นความรับผิดชอบของตน; มันเป็นกลุ่มของตัวเองที่กำหนดของผู้ใช้

• สาธารณะหมายถึงสถาบันหรือรัฐบาลสิ่งอำนวยความสะดวกการทำงาน O & M ทั้งหมดจะถูกสนับสนุนโดยหน่วยงานที่ดำเนินการสิ่งอำนวยความสะดวก โดยปกติผู้ใช้เพียงคนเดียวที่สามารถจ่ายสำหรับการให้บริการที่มีต่อการใช้งานที่ส่งสิ่งอำนวยความสะดวกของประชาชนถึงบำบัดน้ำเสียในตัวอย่างนี้สามารถจัดการได้ในทุกสามรูปแบบเทคโนโลยีในการทำงานของกลุ่ม User Interface 'ไม่รวมถึงระดับการบริหารจัดการตั้งแต่การบำรุงรักษาจะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ตามมาและไม่เพียง ส่วนติดต่อผู้ใช้

5) ปัจจัยการผลิต: หมายถึงสินค้าที่ไหลเข้าไปในเทคโนโลยีที่ได้รับ ไอคอนที่แสดงเป็นสินค้าที่สามารถ POS - sibly ไปสู่เทคโนโลยี แต่ไม่ทั้งหมดของพวกเขา MUST เข้าสู่เทคโนโลยี ในตัวอย่างนี้มอเตอร์และสีเทาน้ำสามารถประมวลผลโดยถึงบำบัดน้ำเสีย

6) ผลผลิต หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ไหลออกมาจากเทคโนโลยีที่ได้รับ ไอคอนแสดงสินค้าที่สามารถคาดว่าจะไหลออกมาของเทคโนโลยี ในตัวอย่างนี้ ถึงบำบัดน้ำเสียผลิตตะกอนอุจจาระและน้ำทิ้ง

U.1

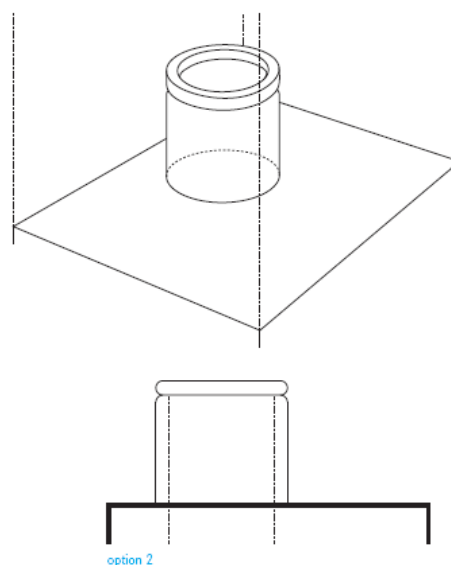
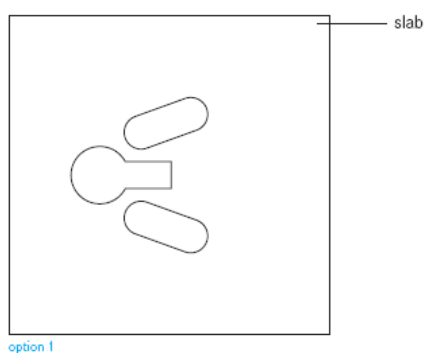
ส้วมแห้ง (Dry Toilet)

สามารถประยุกต์
ได้กับระบบ 1, 2

U.1

Inputs:  Faeces  Urine
 Anal Cleansing Water

Outputs:  Excreta



ส้วมแห้งเป็นส้วมที่ทำงานโดยไม่มีน้ำ ส้วมแห้งอาจเป็นฐานยกที่ผู้ใช้สามารถนั่งหรือผู้ใช้ส้วม
นั่งยองได้มากกว่าในทั้งสองกรณี ทั้งปัสสาวะและอุจจาระจะตกลงมาในรู

ในคู่มือนี้ส้วมแห้งหมายถึงอุปกรณ์ที่ผู้ใช้นั่งหรือนั่งยองในตำราเล่มอื่นส้วมแห้งอาจหมายถึงเทคโนโลยี
ที่หลากหลายหรือการรวมกันของเทคโนโลยี (โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลุม) ส้วมแห้งมักจะวางอยู่เหนือหลุม หากมี
การใช้หลุมสองหลุมแทนหรือพื้นควรได้รับการออกแบบในลักษณะที่สามารถยกและเคลื่อนย้ายจากหลุมหนึ่ง
ไปยังอีกหลุมหนึ่งได้พื้นหรือฐานฐานควรมีขนาดเหมาะสมกับหลุมเพื่อให้ทั้งปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งานและป้องกันน้ำ
ชะน้ำฝน จากการแทรกซึมหลุม (ซึ่งอาจทำให้มันล้นออกมา)

ความเหมาะสมกับความพอเพียง (Adequacy) ส้วมแห้งนั้นเกือบทุกคนใช้งานได้ง่ายเนื่องจากไม่
จำเป็นต้องแยกปัสสาวะและอุจจาระจึงเป็นทางเลือกที่สะดวกสบายและเป็นธรรมชาติที่สุด แทนและแผ่นนั่ง
ยองสามารถทำในท้องถิ่นด้วยคอนกรีต (หากมีทรายและซีเมนต์) แม้พิมพ์ไม้หรือโลหะสามารถใช้ในการผลิต
หลายหน่วยได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เมื่อส้วมแห้งถูกผลิตในท้องถิ่นสามารถออกแบบมาเป็นพิเศษ

เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ตามเป้าหมาย (เช่นห้องเล็กสำหรับเด็ก)อาจมีรุ่นไฟเบอร์กลาส
พอร์ชเลนและสแตนเลสซึ่งเหมาะสำหรับเกือบทุกสภาพอากาศ

ประเด็นด้านสุขภาพและการยอมรับ (Health Aspects/Acceptance)การนั่งยองเป็น
ตำแหน่งที่เป็นธรรมชาติสำหรับคนจำนวนมากดังนั้นแผ่นพื้นที่ได้รับการดูแลอย่างดีอาจเป็นทางเลือกที่ยอมรับ
ได้มากที่สุดแต่กลิ่นอาจเป็นปัญหาขึ้นอยู่กัเทคโนโลยีการเก็บและการเก็บรักษา / การบำบัดที่มีการเชื่อมต่อ
การดูแลบำรุงรักษา (Maintenance) พื้นผิวหนังหรือที่ยื่นควรทำความสะอาดให้แห้งเพื่อป้องกันการ
แพร่กระจายของเชื้อโรค/การติดโรคและเพื่อจำกัดกลิ่น ส้วมแห้งเป็นส้วมที่ไม่มีชิ้นส่วนกลไกดังนั้นส้วมแห้ง
จึงไม่จำเป็นต้องซ่อมแซมยกเว้นในกรณีที่มีรอยแตก

U.2 Urine Diverting Dry Toilet (UDDT)

Applicable to:
System 4

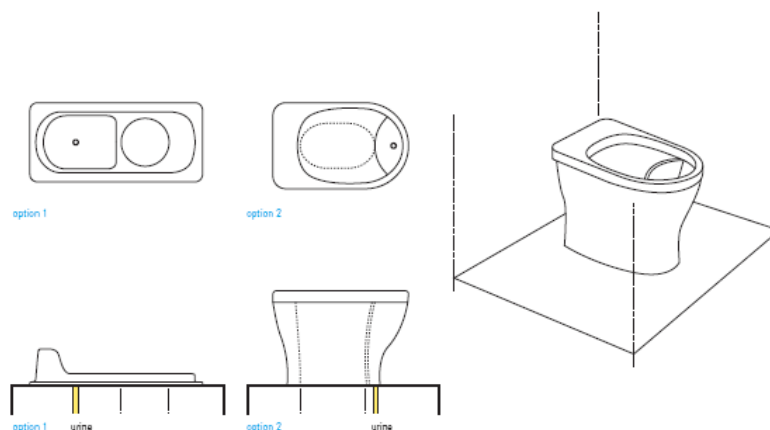
U.2

Inputs: Faeces Urine

Anal Cleansing Water

Outputs: Faeces Urine

Anal Cleansing Water



ระบบส้วมแบบแยกปัสสาวะโดยไม่ใช้น้ำ (A Urine Diverting Dry Toilet (UDDT)) เป็นส้วมที่มีจุดเด่นคือปราศจากการใช้น้ำและมีโถส้วมที่เตรียมให้ผู้ใช้งานแยกของเสียจากการขับถ่ายโดยแยกปัสสาวะและอุจจาระเป็นนัยสำคัญของระบบนี้ เพื่อการแยกประเภทสารอาหารโดยนำปัสสาวะที่มีธาตุอาหารสูงไปใช้โดยตรง สังเกตจากแผนภาพ สิ่งสำคัญที่ทำให้แน่ใจว่าทั้งสองส่วนนี้แยกจากกันก็คือ a) อุจจาระต้องไม่เข้าไปด้านใน ส่วนพื้นที่ของโถสุขภัณฑ์ที่รวบรวมปัสสาวะหรือเกิดการอุดตันอันเนื่องมาจากอุจจาระเข้าไปติดอยู่ในส่วนนี้ b) ปัสสาวะต้องไม่ลงไปในส่วนที่รองรับอุจจาระที่เป็นพื้นที่ส่วนที่แห้ง นอกจากนี้ยังมีแบบส้วมที่แยก ออกเป็น 3 หลุม เป็นหลุมที่เพิ่มขึ้นมาโดยใช้สำหรับล้างทำความสะอาดร่างกายภายหลังการขับถ่าย ซึ่งแยกออกมาจากหลุมที่รับเฉพาะปัสสาวะและอุจจาระ เพื่อให้อุจจาระที่แยกออกมานี้เหลือและแห้งไม่เปียกชื้นมากเกินไป โดยเฉพาะในช่วงของการทำความสะอาดควรตรวจสอบไม่ให้อุจจาระผสมกับน้ำหรือไม่ให้เปียกชื้นมากเกินไป เพราะระบบนี้ไม่ต้องการให้อุจจาระที่จะย่อยสลายมีความชื้นมากเกินไป ทั้ง ฐานส้วม (pedestal) และ ส่วนที่นั่งยอง (squat slab) องค์ประกอบที่เป็นส้วมเป็นนั่งยองนำไปใช้แยกปัสสาวะออกจากอุจจาระทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ใช้ด้วย

ความเหมาะสมกับความพอเพียง (Adequacy) ระบบ UDDT เป็นระบบที่ง่ายในการออกแบบและการใช้งาน เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างเป็นคอนกรีต หินกรวดหรือพลาสติก ระบบUDDT เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะประชากร ได้แก่ กลุ่มเด็กเล็ก กลุ่มบุคคลที่ใช้ส้วมนั่งยอง

ประเด็นด้านสุขภาพและการยอมรับ (Health Aspects/Acceptance) ระบบ UDDT นั้นไม่ง่าย หรือที่เห็นได้ชัดทันทีสำหรับการใช้งานในครั้งแรกผู้ใช้อาจเกิดความลังเลและใช้งานผิดพลาดเนื่องจากไม่ชัดเจนของ วัตถุประสงค์การใช้งาน เนื่องจากยังมีพฤติกรรมหรือเข้าใจว่าอุจจาระและปัสสาวะอยู่ในโถส้วม ซึ่งเป็น อุปสรรคต่อการใช้และรับเทคโนโลยีส้วมแบบนี้ หรือใช้งานได้ไม่เต็มที่ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการให้การศึกษา และการสาธิตการสร้างและใช้งานเพื่อความเข้าใจและการยอมรับเทคโนโลยีนี้

การดูแลบำรุงรักษา (Maintenance) นับว่าระบบ UDDT เป็นระบบดูแลรักษาและทำความสะอาด ได้ยากกว่าระบบประเภทอื่น เนื่องจากว่าระบบเองที่ไม่ต้องการใช้น้ำในการขับเคลื่อนและหลักการของระบบ คือต้องแยกของแข็งออกจากของเหลว หรือแยกอุจจาระและปัสสาวะออกจากกัน สำหรับการทำความสะอาด ให้ใช้ผ้าชุบน้ำหมาด ๆ เช็ด ส่วนตรงที่นั่งกับด้านในของโถ บางแห่งสามารถถอดนำมาล้างทำความสะอาดได้ ง่ายและสามารถทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึง ข้อจำกัดในการใช้งานระบบนี้คือไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับการ ใช้งานหรือสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้ทุกคนได้ เนื่องจากอาจประสบปัญหาจากหลักการของระบบนี้ที่ เป็นไปได้อย่างยากที่จะแยกของแข็งออกจากของเหลวได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งส่งผลให้ต้องทำความสะอาดและการ บำรุงรักษามากเป็นพิเศษ (การดูแลและการทำความสะอาดถี่ขึ้น)

อุจจาระที่หลุดเข้าไปในส่วนรวบรวมปัสสาวะทำให้เกิดการอุดตันและเป็นปัญหาในการทำความสะอาด รวมทั้งระบบที่นำส่งปัสสาวะอาจเกิดปัญหาอุดตันจึงต้องดูแลบำรุงรักษาด้วย เน้นย้ำว่าเทคโนโลยีนี้เป็น เทคโนโลยีที่ปราศจากการใช้น้ำ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังการใช้น้ำหรือไม่ราดน้ำลงในระบบ และสิ่งสำคัญคือ ระบบการเก็บอุจจาระต้องแห้ง รวมทั้งวัสดุที่เป็นโลหะที่ใช้สำหรับการก่อสร้างควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุ ประเภทนี้เนื่องจากเมื่อใช้งานนานไปอาจเป็นสนิมและมีการกัดกร่อน

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย:

*ระบบนี้ไม่ต้องการแหล่งน้ำหรือใช้น้ำเพื่อการขับเคลื่อนของเสีย

* หากมีการใช้งานและมีการดูแลบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง (เช่นการเก็บอุจจาระในระบบปิดและแห้ง) จะไม่มี ปัญหาเรื่องกลิ่นและพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน ฯ

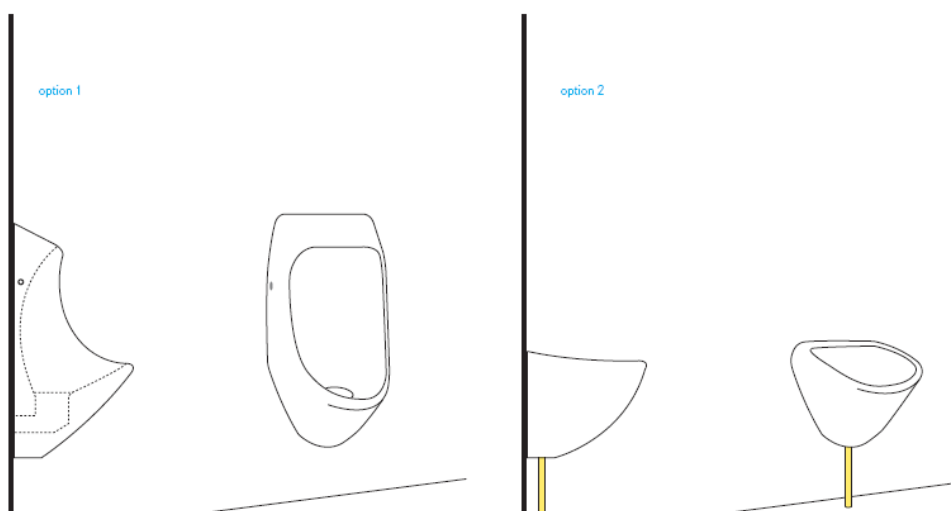
* สามารถสร้างและซ่อมแซมด้วยวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น

* ใช้ต้นทุนและดำเนินการต่ำ

* เหมาะสำหรับการใช้งานกับสุขภัณฑ์ส้วมทุกรูปแบบ อาทิเช่น ส้วมแบบนั่งราบ (sitters), ส้วมนั่งยอง (squatters)

* ควรให้ความรู้และสาธิตการใช้งานที่ถูกต้อง

* มีแนวโน้มว่าอาจเกิดการอุดตันจากอุจจาระและเกิดความชื้น ควรดูแลและบำรุงรักษาความสะอาด

U.3 UrinalApplicable to:
System 4, 8**U.3****Inputs:**  Urine  Flushwater**Outputs:**  Urine  Flushwater

โถปัสสาวะ (Urinal) ใช้ในการรวบรวม/รองรับสิ่งขับถ่ายที่เป็นปัสสาวะเท่านั้น โดยทั่วไปโถปัสสาวะใช้งานกับเพศชายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโถปัสสาวะสำหรับผู้หญิงยังคงได้รับการพัฒนา

โถปัสสาวะสำหรับผู้หญิง ประกอบด้วย (raised foot-steps) และ (sloped channel) หรือ พื้นที่รับปัสสาวะ (catchment area) สำหรับรวบรวมปัสสาวะ โถปัสสาวะสำหรับผู้ชาย มีทั้งที่เป็นแบบติดกับผนัง กำแพงลักษณะแนวตั้งหรือเป็นลักษณะแบบนั่งยอง โถปัสสาวะที่ใช้กันส่วนใหญ่จะใช้น้ำและเป็นระบบชักโครกแต่ทุกวันนี้แบบไม่ใช้น้ำกำลังเป็นที่นิยม

ความเหมาะสมกับความพอเพียง (Adequacy) โถปัสสาวะสามารถนำมาใช้ได้ทั้งกับระบบที่มีน้ำและไม่มีน้ำในการขับเคลื่อน โถปัสสาวะที่มีการใช้น้ำเพื่อการชักโครกใช้น้ำอยู่ที่ 8-12 ลิตร อย่างไรก็ตามรูปแบบในการใช้เพื่อการประหยัดพลังงานใช้น้ำอย่างน้อย 4 ลิตร เนื่องจากโถปัสสาวะเป็นนวัตกรรมที่ใช้เฉพาะกับการรับสิ่งขับถ่ายที่เป็นปัสสาวะ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับระบบการจัดการของเสียจากแหล่งกำเนิด โดยเฉพาะหากจะนำมาใช้แยกอุจจาระและปัสสาวะ ซึ่งจุดเด่นหรือคุณค่าของโถปัสสาวะที่ไม่ใช้น้ำจึงเป็นรูปแบบที่เฉพาะและซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือหากดูแลไม่ดีหรือการออกแบบตั้งแต่ก่อสร้างอาจเกิดกลิ่นเหม็นเป็นเหตุรำคาญ จึงควรมีเครื่องมือที่สามารถเชื่อมระหว่างท่อกับระบบรวบรวมปัสสาวะอาจจะเป็นถังหรือภาชนะอื่นๆที่ปิด/เก็บมิดชิดไม่เกิดการรั่วซึมหรือมีกลิ่นเหม็นออกมา ปัจจุบันมี โถปัสสาวะแบบไม่ใช้

น้ำแบบพกพาที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานเทศกาลใหญ่คอนเสิร์ตและการชุมนุมอื่น ๆ หรือใช้ในช่วงการปรับปรุงสถานที่ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขอนามัยและลดจำนวนจุดของน้ำเสียที่ปล่อยออกมา

ด้วยวิธีนี้ปริมาณมากของปัสสาวะสามารถเก็บรวบรวม (และใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งที่เหมาะสมมากขึ้นหรือเวลา) และห้องสุขาที่เหลือปัสสาวะ / อุจจาระสามารถลดหรือใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ประเด็นด้านสุขภาพและการยอมรับ (Health Aspects/Acceptance) โปปัสสาวะนั้นเป็นส่วนสัมผัสกับผู้ที่ใช้ที่สะดวกสบายและเป็นที่ยอมรับได้ง่าย ในบางกรณีข้อกำหนดของโปปัสสาวะนั้นมีประโยชน์ในการป้องกันการใช้ระบบแห้งในทางที่ผิด (อาทิเช่น ระบบส้วมแบบแยกปัสสาวะโดยไม่ใช้น้ำ หรือ UDDT) โปปัสสาวะแม้จะมีความเรียบง่ายในการก่อสร้างและการออกแบบ แต่ก็มีผลกระทบอย่างมากต่อความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชนเมื่อเพศชายสามารถเข้าถึงโปปัสสาวะซึ่งได้รับการสนับสนุนให้ละเว้นจากการปัสสาวะในที่สาธารณะซึ่งจะช่วยลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และช่วยให้เพศหญิงรู้สึกสะดวกสบายมากขึ้น เพศชายมักจะยอมรับโปปัสสาวะที่ไม่ใช้น้ำเนื่องจากไม่เรียกร้องให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

การดูแลบำรุงรักษา (Maintenance) การดูแลบำรุงรักษาง่าย แต่ควรทำบ่อยครั้ง แร่ธาตุและเกลืออาจสะสมอยู่ในท่อและบนพื้นผิวที่ปัสสาวะอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันการปรับขนาดน้ำที่เป็นกรดเล็กน้อยและ / หรือน้ำร้อนสามารถใช้ในการละลายแร่ธาตุใด ๆ ที่ก่อตัว ควรทำความสะอาดพื้นผิวทั้งหมดเป็นประจำ (โถส้วม พื้นและขั้นตอน) เพื่อป้องกันกลิ่นและลดการก่อตัวของของแข็ง

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย:

- + ไม่ต้องการแหล่งน้ำ
- + สามารถสร้างและซ่อมแซมด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่น
- + การลงทุนและต้นทุนการดำเนินงานต่ำ
- ไม่มีปัญหาจริงกับกลิ่นถ้าใช้และบำรุงรักษาได้อย่างถูกต้อง

อ้างอิง

1. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Water and Sanitation in Developing Countries. Compendium of Sanitation Systems and Technologies http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium_e/index_EN.

2. http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter1/chapter1_nitrogen1.htmg-
เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 มกราคม 2563

3.กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2556 จำนวน 10,000 เล่ม.พิมพ์ที่โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

4.[http://elearning.su.ac.th/elearning-](http://elearning.su.ac.th/elearning-uploads/libs/document/chap%202%20ecosystem_4736.pdf)
uploads/libs/document/chap%202%20ecosystem_4736.pdf เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 มกราคม 2563

คณะผู้จัดทำ

1.แพทย์หญิงพรรณพิมล วิปุลากร	อธิบดีกรมอนามัย
2.นายแพทย์ดนัย ธีวันดา	รองอธิบดีกรมอนามัย
3.นายสมชาย ตู้อั่ว	ผู้อำนวยการสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
4.นายประโชติ กราบกราน	หัวหน้ากลุ่มพัฒนาการสุขาภิบาล

แปลและเรียบเรียงโดย

นางสาวสัจฉา	ตรันเจริญ	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
-------------	-----------	------------------------