

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การทิ้งขยะและองค์ประกอบของขยะ

การทิ้งขยะเป็นองค์ประกอบส่วนแรกในกระบวนการจัดการขยะที่พิจารณาเฉพาะทางเทคนิค การวางระบบการกำจัดขยะจะได้ผลดีเพียงใดนั้นขึ้นกับความเข้าใจในลักษณะของการทิ้งขยะในแต่ละชุมชนนั้นๆ เป็นสำคัญ หากได้ข้อมูลในขั้นต้นนี้ผิดพลาดแล้ว อาจทำให้การตัดสินใจเลือกวิธีการในองค์ประกอบต่อไปผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ต้องทราบข้อมูลของการทิ้งขยะของสถานที่นั้นๆ ให้มากที่สุด

2.1.1 แหล่งที่มาและชนิดของขยะ

เนื่องจากชนิดของขยะมักมีความแตกต่างกันไปตามกิจการที่ทำให้เกิดขยะขึ้น ดังนั้นการจัดแบ่งแหล่งที่มาจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องขึ้นกับลักษณะการใช้พื้นที่ดิน และการแบ่งเขตเมืองเพื่อกิจการต่างๆ การจัดแบ่งแหล่งที่มาของขยะ นั้นทำได้หลายรูปแบบ แบบที่นิยมกันมากได้แก่ การแบ่งตามประเภทดังนี้ 1) ที่อยู่อาศัย 2) ย่านธุรกิจ 3) เทศบาล 4) อุตสาหกรรม 5) ที่สาธารณะ 6) การประปาและกำจัดน้ำทิ้ง 7) เกษตรกรรม รายละเอียดของกิจกรรมตลอดจนชนิดของขยะ สำหรับแหล่งที่มาแต่ละแหล่งแสดงไว้ใน ตารางที่ 2.1

2.1.2 ชนิดของขยะ

คำว่า “ขยะ” (Solid Waste) เป็นเป็นคำทั่วไปที่รวมถึงขยะทุกประเภทที่มาจากแหล่งขยะที่เกิดขึ้นจะเป็นสิ่งของที่ไร้ประโยชน์แล้วสำหรับผู้ทิ้ง แต่ในบางครั้งอาจเป็นประโยชน์ได้สำหรับผู้อื่นที่สามารถนำไปใช้ได้ในรูปแบบต่างๆ ในขยะประกอบด้วยขยะชนิดต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน

ตาราง 2.1 ประเภทกิจกรรม หรือ สถานที่ ของแหล่งที่มาแต่ละแหล่ง พร้อมทั้งชนิดของขยะที่เกิดขึ้น

แหล่งที่มา	ประเภทของกิจกรรม หรือสถานที่	ชนิดของขยะ
ที่อยู่อาศัย	บ้านพักเดี่ยว ห้องแถว อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม ฯลฯ	เศษอาหาร ขยะแห้ง ขี้เถ้า ขยะพิเศษ
ย่านธุรกิจ	ร้านค้า ภัตตาคาร ตลาด สำนักงาน โรงแรม โรงพิมพ์ อุ้งช่อมรด โรงพยาบาล สถาบันการศึกษา ฯลฯ	เศษอาหาร ขยะแห้ง ขยะพิเศษ ขยะจากการทำลายตึก และการก่อสร้าง ขยะพิเศษ สารพิษ (ในบางแห่ง)
เทศบาล *	เช่นเดียวกับที่อยู่อาศัยและย่านธุรกิจ	เช่นเดียวกับที่อยู่อาศัยและย่านธุรกิจ
อุตสาหกรรม	การก่อสร้าง โรงทอผ้า การกลั่นน้ำมัน โรงเลื่อย การทำเหมืองแร่ โรงงานผลิตสินค้าชนิดต่างๆ	เศษอาหาร ขยะแห้ง ขยะพิเศษ ขยะจากการทำลายตึก และการก่อสร้าง ขยะพิเศษ สารพิษ
ที่สาธารณะ	ถนน ตรอกซอย ที่จอดรถ สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ ชายหาด สถานที่ท่องเที่ยว ฯลฯ	ขยะพิเศษ ขยะแห้ง
การประปาและกำจัดน้ำทิ้ง	โรงประปา โรงกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชน โรงพยาบาล และอุตสาหกรรม	กากตะกอนจากขบวนการกำจัด
เกษตรกรรม	ไร่ นา สวนผัก-ผลไม้ ฟาร์มโคนม ฟาร์ม-สัตว์ฯ ฯลฯ	ผัก-ผลไม้ที่เน่าเปื่อย ขยะจากผลผลิตทางการเกษตร ขยะแห้ง สารพิษ

*โดยทั่วไปแล้ว “เทศบาล” ย่านที่อยู่อาศัย และย่านธุรกิจรวมกัน

เศษอาหาร (Food Wastes หรือ Garbage) ได้แก่ เศษผ้า ผลไม้ และเนื้อสัตว์ที่เหลือทิ้งจากการเตรียมอาหาร การปรุงอาหาร และการบริโภคแล้ว คุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของขยะชนิดนี้คือ จะย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้เร็วมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออากาศร้อนและการเน่าเปื่อยของขยะชนิดนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้น

ขยะแห้ง (Rubbish) ได้แก่ ขยะจากอาคารบ้านเรือนที่แยกเศษอาหาร และขยะที่เน่าเปื่อยได้ง่ายออกแล้ว ขยะชนิดนี้จะประกอบด้วยวัสดุทั้งที่เผาไหม้ได้ และ ไม่เผาไหม้ วัสดุที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ พลาสติก ยาง หนังสือ เครื่องเรือน กิ่งไม้ และเศษใบไม้ ส่วนวัสดุที่ไม่เผาไหม้ เช่น แก้ว กระเบื้อง กระป๋องบรรจุอาหาร โลหะอื่นๆ

ขี้เถ้าและสารตกค้าง (Ashes and Residues) ได้แก่ วัสดุที่หลงเหลืออยู่จากการเผาไหม้ของไม้ ถ่านหิน หรือ ขยะที่เผาได้

ขยะจากการทำลายตึกและการก่อสร้าง (Demolition and Construction Wastes) เช่น หิน ฝุ่น คอนกรีต อิฐ ปูน ไม้ โลหะต่างๆ และอุปกรณ์ในการต่อท่อ น้ำ และสายไฟ

ขยะพิเศษ (Special Wastes) ได้แก่ ขยะที่ได้จากการกวาดถนน จากถังขยะริมถนนที่ผู้คนที่เดินผ่านไปมาทิ้งไว้ สัตว์ที่ตายแล้ว และรถที่หมดสภาพใช้วิ่งไม่ได้แล้ว

ขยะจากการประปาและโรงบำบัดน้ำเสีย (Treatment Plant Wastes) ได้แก่กากตะกอนที่ทิ้งออกจากระบบประปาและระบบบำบัดน้ำเสียมีลักษณะเป็นโคลนตะกอน

ขยะจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastes) ได้แก่ขยะที่เหลือจากขบวนการทางการเกษตรกรรมทั้งหลาย เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวพืช ผัก ผลไม้ การเลี้ยงสัตว์

สารพิษ (Hazardous Wastes) ได้แก่สารใดๆที่เป็นโทษต่อชีวิตมนุษย์ พืชและสัตว์ ทั้งแบบเฉียบพลัน หรือในระยะยาว สารเหล่านี้พบในหลายรูปแบบ เช่น สารเคมีอันตราย วัตถุระเบิด สารไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสี

2.2 คุณสมบัติของขยะ

ในการวางแผนการจัดการขยะ ตลอดจนการออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้ในการกำจัดขยะอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลของคุณสมบัติของขยะ ณ แหล่งนั้นๆ

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ข้อมูลของคุณสมบัติทางกายภาพของขยะมีส่วนสำคัญมากทั้งในการพิจารณาเลือกและวางแผนดำเนินการใช้เครื่องมือในการกำจัด การประเมินความเป็นไปได้ของการนำวัสดุและพลังงานกลับมาใช้ใหม่จากขยะ และการวิเคราะห์และออกแบบระบบกำจัด คุณสมบัติทางกายภาพของขยะที่จะกล่าวถึง ได้แก่ ส่วนประกอบของวัสดุต่างๆ ในขยะ ปริมาณความชื้น และความหนาแน่นของขยะ

ส่วนประกอบของวัสดุ ขยะจากชุมชนทั่วไปแล้วประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดในปริมาณต่างกักันดังแสดงในตาราง 2.2 ค่าที่แสดงไว้ในตาราง 2.2 นี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อวางระบบการจัดการขยะจากแหล่งต่างๆ ได้หากปริมาณส่วนประกอบไม่ใช่ว่าปัจจัยวิกฤตของการออกแบบระบบนั้น ซึ่งการใช้ตาราง 2.2 แทนการวิเคราะห์ข้อมูลจริงๆจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางระบบได้เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามปริมาณส่วนประกอบของขยะจากแต่ละแหล่งจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสถานที่ สภาพเศรษฐกิจ และปัจจัยอื่นๆ ด้วยเหตุนี้ในการณิที่การ

จัดการขยะจากแหล่งใดจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของส่วนประกอบของขยะเป็นปัจจัยที่สำคัญแล้ว การวิเคราะห์ส่วนประกอบของขยะเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แท้จริงเฉพาะของแหล่งนั้นๆ จึงเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่ง

การวิเคราะห์หาส่วนประกอบ การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของขยะ จะต้องเลือกใช้วิธีการที่ให้ข้อมูลซึ่งเชื่อถือได้ว่าเป็นค่าใกล้เคียงความจริง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการเก็บตัวอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์ ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกสถานที่เพื่อเก็บตัวอย่างมี 2 ปัจจัยคือ 1) สภาพเศรษฐกิจสังคม และ 2) ประเภทที่อยู่อาศัย ขนาดของตัวอย่างของขยะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าที่เชื่อถือได้ทางสถิติ ควรมีค่าปริมาณไม่น้อยกว่า 100 กิโลกรัม และวิธีการที่จะแบ่งขยะให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการคือ เมื่อได้ขยะจากจุดต่างๆ มารวมกันในปริมาณที่มากพอแล้ว (ไม่น้อยกว่า 200 กิโลกรัม) ให้แบ่งออกเป็นสี่ส่วน เลือกมาส่วนหนึ่งแล้วแบ่งออกเป็นสี่ส่วน ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ปริมาณประมาณ 100 กิโลกรัม ซึ่งจะเป็นตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบต่อไป

ตาราง 2.2 ส่วนประกอบของขยะจากเมืองต่างๆ ในเอเชีย เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยทั่วไป

ส่วนประกอบ	ปริมาณโดยน้ำหนัก (%)						
	ค่าเฉลี่ย ทั่วไป	กรุงเทพฯ	ฮ่องกง	จาการ์ตา	เซอูล	ไต้หวัน	สิงคโปร์
	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
เศษอาหาร	15	44.0	9.4	60.0	-	24.6	4.6
กระดาษ	44	24.6	32.5	2.0	4	7.5	43.1
พลาสติก	3	-	-	-	-	-	-
ยาง	0.5	-	-	-	-	-	-
เศษผ้า	2	3.0	9.6	-	-	3.7	9.3
หนัง	0.5	-	-	-	-	-	-
กิ่งไม้ใบหญ้าจากการ	12	-	-	-	-	-	-
ทำสวน	-	-	-	-	-	-	-
ไม้	2	-	-	-	0.6	-	-
แก้ว	8	-	9.7	2.0	0.2	2.8	1.3
กระป๋องอาหาร	6	-	-	-	-	-	-
โลหะเหล็ก	2	1.0	2.0	2.0	0.4	1.1	3.0
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	1	-	-	-	-	-	-
ฝุ่นขี้เถ้า อิฐ และอื่นๆ	4	8.3	24.5	25.0	91.7	56.8	28.7

2.2.1.1 ปริมาณความชื้น

โดยทั่วไปแล้วจะระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในปริมาณโดยน้ำหนักของขยะ เปียกหรือแห้ง แล้วแต่กรณี ปริมาณความชื้นจากขยะชุมชนแสดงดังตารางที่ 2.3 สมการที่ใช้หาปริมาณความชื้นคือ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100$$

เมื่อ a = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างขยะ

b = น้ำหนักตัวอย่างเดิมหลังจากอบแห้งแล้ว

ตาราง 2.3 ปริมาณความชื้นของส่วนประกอบของขยะจากชุมชน

ส่วนประกอบ	ความชื้น , เปอร์เซนต์	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
เศษอาหาร	50-80	70
กระดาษ	4-10	6
กระดาษแข็ง	4-8	5
พลาสติก	1-4	2
ยาง	1-4	2
เศษผ้า	6-15	10
หนัง	8-12	10
กิ่งไม้ ใบหญ้า จากการทำสวน	30-80	60
ไม้	15-40	20
แก้ว	1-4	2
กระป๋องอาหาร	2-4	3
โลหะเหล็ก	2-6	3
โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	2-4	2
ฝุ่น จี๊เส้า อีฐ และอื่น	6-12	8
ขยะรวมจากชุมชน	15-40	20

2.2.1.2 ความหนาแน่น

ข้อมูลความหนาแน่นของขยะมูลฝอยเป็นข้อมูลที่สำคัญมากในการประเมินค่าน้ำหนักและปริมาณของขยะมูลฝอยที่ต้องจัดการ ตาราง 2.4 แสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไป ส่วนตาราง 2.5 แสดงค่าเฉลี่ยทั่วไปของความหนาแน่นของส่วนประกอบของขยะมูลฝอยแต่ละส่วน โดยขยะมูลฝอยไม่ถูกอัดแน่นมาก่อน เนื่องจากความหนาแน่นของขยะมูลฝอยจะแปรเปลี่ยนไปมากตามสภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล และระยะเวลาที่ขยะถูกทิ้งในถัง ดังนั้นการเลือกให้ค่าความหนาแน่นจากข้อมูลเก่าๆ จึงควรพิจารณาให้รอบคอบก่อน โดยทั่วไปแล้วขยะมูลฝอย จากชุมชนถ่ายจากรถอัดขยะ (Compaction Vehicles) มักมีความหนาแน่นประมาณ 180-420 กก./ลบ.ม. โดยค่าเฉลี่ยทั่วไปมีประมาณ 300 กก./ลบ.ม.

ตาราง 2.4 ความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปของขยะจำแนกตามแหล่งที่มา

แหล่งที่มา	ความหนาแน่น กก./ลบ.ม.	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
บ้านพักอาศัย (ขยะไม่อัด)		
ขยะแห้ง	90-180	130
กิ่งไม้ใบไม้จากการทำสวน	60-150	100
ฝุ่น จี๊เส้า	650-830	740
บ้านพักอาศัย (ขยะอัด)		
ในรถอัดขยะ	180-450	300
ขยะฝังกลบ (ถูกอัดอย่างธรรมดา)	360-500	450
ขยะฝังกลบ (ถูกอัดอย่างดี)	600-746	600
บ้านพักอาศัย (ขยะผ่านการแปรรูปเบื้องต้น)		
อัดเป็นฟ่อน	600-1,070	710
บดแต่ไม่อัด	120-270	220
บดแล้วอัด	650-1,070	770
ธุรกิจ-อุตสาหกรรม (ขยะไม่อัด)		
เศษอาหาร (เปียก)	470-950	540
ขยะแห้งชนิดเผาไหม้ได้	90-150	120
ขยะแห้งชนิดไม่เผาไหม้	100-360	300

ตาราง 2.5 ความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปของส่วนประกอบขยะซึ่งไม่ถูกอัดมาก่อน

แหล่งที่มา	ความหนาแน่น กก./ลบ.ม.	
	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป
เศษอาหาร	128-480	288
กระดาษ	32-120	82
กระดาษแข็ง	32-80	50
พลาสติก	32-120	64
ยาง	96-192	128
เศษผ้า	32-96	64
หนังสือ	96-256	160
กิ่งไม้ใบหญ้าจากการทำสวน	64-224	104
ไม้	128-320	240
แก้ว	160-480	194
กระป๋องอาหาร	48-160	88
โลหะเหล็ก	128-1120	320
โลหะไม่ใช่เหล็ก	64-240	160
ฝุ่น ขี้เถ้า อิฐ และอื่นๆ	320-960	480

2.3 อัตราการทิ้งขยะ

ข้อมูลซึ่งจำเป็นในการออกแบบระบบกำจัดขยะ คือปริมาณของขยะที่ต้องกำจัด ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงอัตราการทิ้งขยะในแง่มุมต่างๆ ดังนี้

1. การวัดปริมาณของขยะมูลฝอย
2. ค่าเฉลี่ยทั่วไป

2.3.1 การวัดปริมาณของขยะมูลฝอย

ปริมาณของขยะสามารถวัดได้ใน 2 รูปแบบคือปริมาตร และน้ำหนัก แต่การวัดปริมาตรในบางครั้งจะให้ค่าปริมาณที่เห็นไม่เด่นชัดนักเช่น ขยะซึ่งไม่ได้อัดเลยหรืออัดด้วยแรงมาน้อยต่างกัน แม้จะมีปริมาตรเท่ากัน ก็จะมีน้ำหนักที่แตกต่างกัน ดังนั้นการระบุปริมาณของขยะในรูปแบบของปริมาตรของขยะที่ต้องขนส่งไประยะทางไกล ๆ ในรูปแบบของน้ำหนักยังสอดคล้องต้องเป็นการจำกัดน้ำหนักบรรทุกของถนนบางสายด้วย

2.3.2 ค่าเฉลี่ยทั่วไป

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ค่าอัตราการทิ้งขยะมูลฝอยของแหล่งที่มาที่ต่างกัน หรือแม้จะเป็นแหล่งที่มาประเภทเดียวกันแต่ต่างสถานที่กัน อาจจะมีค่าที่แตกต่างกันไป ซึ่งแสดงว่าอัตราการทิ้งขยะมูลฝอย และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของเมืองต่างๆ ในเอเชีย ค่าเหล่านี้อาจนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบระบบการกำจัดขยะมูลฝอยของเมืองต่างๆ อย่างคร่าวๆ ได้

2.4 การจัดการขยะ

2.4.1 การเก็บขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาวิธีการเก็บขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดได้แก่

1. ประเภทของถังขยะที่ใช้
2. สถานที่ตั้งถังขยะ
3. สุขอนามัย
4. วิธีการรวบรวมขนขยะมูลฝอยที่ใช้ในชุมชนนั้น

2.4.2 ประเภทถังขยะ

โดยปรกติแล้วการพิจารณาเลือกใช้ชนิดและขนาดของถังขยะที่ใช้ในอาคารจะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะของขยะมูลฝอยนั้นๆ ความถี่ในการเก็บรวบรวมขนไป และขนาดที่ตั้งถังขยะ ประเภทและขนาดของถังขยะที่นิยมใช้ในการเก็บขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด แสดงดังตารางที่ 2.6 โดยมีลักษณะการใช้งานดังตารางที่ 2.7 และตัวอย่างชนิดถังขยะแสดงในรูปที่ 2.1-2.2

ตาราง 2.6 ประเภทและขนาดของภาชนะที่นิยมใช้ในการเก็บขยะ ณ แหล่งเกิด

ประเภท	ความจุ			ขนาด (เมตร)
	หน่วย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ยทั่วไป	
ขนาดเล็ก				
ถังทำด้วยพลาสติก หรือ เหล็กชุบสังกะสี	ลิตร	75-150	120	ϕ 0.5 x ส0.7
ถุงกระดาษ				
ธรรมดา	ลิตร	75-200	120	ก0.4 x น0.3 x ส1.0
เหนียวพิเศษ	ลิตร	75-200	120	ก0.4 x น0.3 x ส1.1
ถุงพลาสติก	ลิตร	75-200	120	ก0.45 x น0.4 x ส1.0
ขนาดกลาง				
ถัง	ลบ.ม.	0.8-8	3	ก1.1 x ย1.8 x ส1.65
ขนาดใหญ่				
ถังในรูปแบบต่างๆ				
ถังเหล็ยมฝาเปิด	ลบ.ม.	10-40	+	ก2.4 x ย 6.0 x ส1.8
ใช้กับเครื่องอัดขยะ	ลบ.ม.	15-30	+	ก2.4 x ย 5.5 x ส1.8
ติดตั้งเครื่องอัดขยะในตัว	ลบ.ม.	15-30	+	ก2.4 x ย 6.7 x ส2.4
ถังชนิดมีปุ่มพ่วง				
ถังเหล็ยมฝาเปิด	ลบ.ม.	15-40	+	ก2.4 x ย 6.0 x ส3.7
ติดตั้งเครื่องอัดขยะในตัว	ลบ.ม.	15-40	+	ก2.4 x ย 7.3 x ส3.7

* ϕ = เส้นผ่าศูนย์กลาง

ก = ความกว้าง

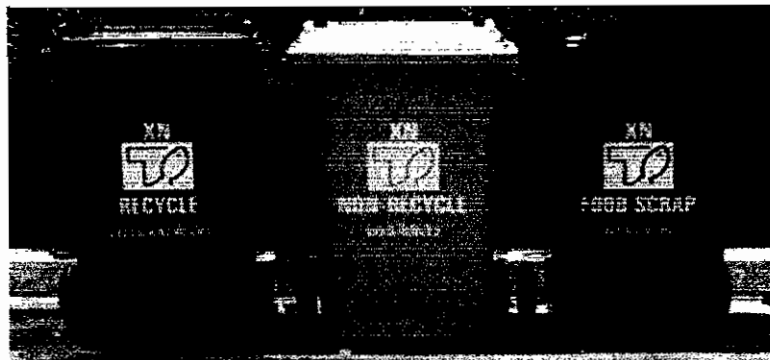
น = ความหนา

ย = ความยาว

ส = ความสูง + ขนาดจะแปรเปลี่ยนไปตามประเภทของขยะ และสภาพท้องถิ่น

ตาราง 2.7 ลักษณะการใช้งานและข้อจำกัดของภาษาที่ใช้ในการเก็บขยะ ณ แหล่งเกิด

ประเภทของภาษา	ลักษณะการใช้งาน	ข้อจำกัด
ขนาดเล็ก ถังพลาสติกหรือ เหล็กชุบสังกะสี อลูมิเนียม	แหล่งเกิดที่ปริมาณขยะไม่มากนักเช่นบ้านพักอาศัยริมทางเดินในสวนสาธารณะ ใช้ภายในถังได้ นิยมใช้ที่อยู่อาศัยทุกแบบอาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้ตามลำพัง หรือภายในถังได้ และใช้บรรจุขยะเปียกได้ดี	ภาษาประเภทนี้ไม่ทนทานและสภาพจะไม่มั่นคงเมื่อใช้ไปนานๆ น้ำหนักของภาษาทำให้ไม่สะดวกในการขนถ่ายขยะและขนาดไม่ใหญ่พอที่จะรับขยะชิ้นใหญ่ๆ ได้ ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น อลูมิเนียมอาจทำให้เกิดความสกปรกและสภาพไม่มั่นคง หากขาดตามข้างถนน และเนื่องจากพลาสติกมีน้ำหนักเบาและไม่ย่อยสลาย ดังนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดในภายหลังได้
ขนาดกลาง ถังขยะทั่วไป	เหมาะกับแหล่งที่มีขยะปริมาณปานกลางและอาจมีขยะชิ้นใหญ่ๆ เช่น ย่านที่อยู่อาศัยที่หนาแน่น ย่านพาณิชย์และย่าน	ขนาดค่อนข้างใหญ่ มีน้ำหนักมาก การขนถ่ายขยะไม่สะดวกนัก
ขนาดใหญ่ ถังเหล็กฝาเปิด ถังเหล็กฝาปิดชนิดใช้กับเครื่องอัดขยะ	เหมาะกับแหล่งที่มีขยะปริมาณมากและชิ้นใหญ่ ในย่านพาณิชย์ และอุตสาหกรรมบริเวณดังกล่าวจะต้องให้รถขนขยะเข้าถึงได้โดยตรง เหมาะกับแหล่งที่มีขยะปริมาณมากๆ บริเวณที่ตั้งจะต้องให้รถขนขยะเข้าถึงได้โดยตรง	ค่าใช้จ่ายลงทุนสูง ค่าใช้จ่ายลงทุนสูง และถ้าขยะถูกอัดมากเกินไป การถ่ายขยะออกจะทำได้ยาก



รูป 2.1 ถังขยะแบบมีล้อเลื่อน
(ที่มา <http://www.mitpaibul.net>)



รูป 2.2 ถังขยะแบบมีฝาแวกทรงกลมขนาดใหญ่
(ที่มา <http://www.mitpaibul.net>)

นอกจากการใช้ถังขยะแล้ว ปัจจุบันนิยมใช้ถุงกระดาษ หรือถุงพลาสติกในการเก็บขยะมูลฝอยกันมากขึ้น และเมื่อบรรจุขยะมูลฝอยเต็มแล้ว ถุงที่ใช้บรรจุถูกทิ้งไปพร้อมขยะมูลฝอยเลย การใช้ถุงนี้สะดวกทั้งผู้ทิ้งขยะมูลฝอยและเจ้าหน้าที่ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการรวบรวมขนขยะมูลฝอยไป และยังทำให้การรวบรวมมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้นด้วย แต่ข้อเสียของการใช้ถุงคือในบางครั้งถุงอาจฉีกขาดทำให้ขยะมูลฝอยไหลทะลักออกมา และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ขนย้ายถุงขยะได้ ถ้าขยะมูลฝอยนั้นเป็นเศษแก้ว หรือเศษวัสดุอื่นที่มีคม ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ในกรณีที่ระบบการจัดการขยะมูลฝอยนั้นมีการคืนรูปหรือแปลงรูปขยะมูลฝอยก่อนกำจัดขั้นสุดท้ายทำให้ขั้นตอนในการจัดการยุ่งยากขึ้นเล็กน้อย เพราะจะต้องฉีกถุงก่อนจึงจะคืนรูปหรือแปลงรูปขยะมูลฝอยนั้นๆ ได้

2.4.3 สถานที่ตั้งถังขยะ

ในระหว่างที่รอการรวบรวมขนไปนั้น ถังขยะที่ใช้ในเขตบ้านพักอาศัย มักตั้งไว้ในที่สะดวกที่สุดในการรวบรวมขนไปเช่น หลังบ้าน ริมถนน ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นกับระบบวิธีการรวบรวมขนขยะมูลฝอยของชุมชนนั้นๆ อย่างไรก็ตามถังขยะไม่ควรวางบนดินโดยตรง แต่ควรมีฐานคอนกรีตรองอยู่เพื่อความสะดวกและสวยงาม หรืออาจใช้วิธีแขวนถังขยะให้ลอยจากพื้นด้วยแกนเสา 2 ข้างก็ได้ ส่วนตำแหน่งที่ตั้งสำหรับเขตบ้านพักอาศัยนั้นมักกำหนดโดยหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการรวบรวมขน แต่สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารพาณิชย์นั้นควรจะต้องมีการพิจารณาร่วมกันระหว่างเจ้าของสถานที่และเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการรวบรวมขนว่าควรจะเป็นตำแหน่งไหนเพื่อให้การรวบรวมขนขยะมูลฝอยมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.4.4 การแปรรูป ณ แหล่งเกิด

วัตถุประสงค์ของการแปรรูปขยะมูลฝอยคือเพื่อ

1. ลดปริมาณ
2. เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
3. คั้นรูปวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.5 การรวบรวมขนขยะมูลฝอย

การวางแผนรวบรวมขนขยะมูลฝอยในเขตชุมชนที่อาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่นให้มีประสิทธิภาพที่ดีเป็นปัญหาที่ยุ่งยากและซ้ำซ้อนมาก เพราะขยะมูลฝอยจะเกิดขึ้น ณ ทุกจุดของเมืองไม่ว่าเป็นบ้านพักอาศัย อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้ง ถนน สวนสาธารณะหรือแม้แต่พื้นที่ว่าง และยิ่งเมืองโตขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งเป็นปัญหาค่อการวางแผนมากขึ้น

เนื่องจากระบบรวบรวมขนขยะมูลฝอยเป็นองค์ประกอบส่วนที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ ในระบบการจัดการขยะมูลฝอย คือประมาณ 60-80% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังนั้นถ้าปรับปรุงระบบการรวบรวมขนได้อย่างมีประสิทธิภาพจริง ๆ แล้วจะลดค่าใช้จ่ายของระบบการจัดการลงได้อย่างมากทีเดียว ในปัจจุบันได้มีผู้พยายามนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวางแผนกันมากขึ้น ซึ่งได้ผลดีมาก เพราะระบบรวบรวมขนส่วนใหญ่จะยุ่งยากเกินกว่าจะใช้เครื่องคิดเลขธรรมดาช่วย

2.5.1 การบริการการรวบรวมขน

การรวบรวมขนดังที่กล่าวมาแล้วหมายถึง ขบวนการตั้งแต่การเก็บขยะมูลฝอยจากแหล่งต่างๆ เขารถขยะ แล้วขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานีปลายทางซึ่งอาจเป็นสถานขนถ่าย หรือสถานีกำจัดขยะมูลฝอยขั้นสุดท้าย จนกระทั่งถึงการขนถ่ายขยะมูลฝอยออกจากรถขยะด้วย ในขบวนการที่กล่าวมานี้ วิธีการขนส่งและขนถ่ายขยะมูลฝอยจะเหมือนกันในเกือบทุกระบบการรวบรวมขน แต่วิธีการบริการเก็บขยะจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ สถานที่ และวิธีการเก็บขยะ ณ แหล่งเกิด ซึ่งจำแนกถึงวิธีการแบบต่างๆ

ย่านที่อยู่อาศัย วิธีการบริการรวบรวมขนขยะมูลฝอยจากย่านที่อยู่อาศัย จะขึ้นกับประเภทของอาคาร ดังนั้นจะพิจารณาแยกแยะระหว่างการรวบรวมขนสำหรับอาคารเดี่ยว และสำหรับอาคารกลางและสูง

อาคารเดี่ยว วิธีที่นิยมใช้ในการบริการรวบรวมขนขยะมูลฝอยบริเวณอาคารเดี่ยวได้แก่

1. แบบหน้าบ้าน
2. แบบถังรวม
3. แบบส่งออก – ส่งกลับ
4. แบบส่งออก
5. แบบถึงบ้าน

การบริการหน้าบ้านนั้น เมื่อถึงวันที่รถขยะจะมาเก็บขยะ เจ้าของบ้านจะต้องนำถังขยะจากบ้านมาวางบนริมทางหน้าบ้านตน เพื่อให้พนักงานเก็บขนขยะประจำรถมาถ่ายขยะไปใส่รถ แล้วตั้งถังขยะเปล่าคืนไว้ได้ และเจ้าของบ้านจะต้องเก็บคืนเองจนกว่าจะถึงวันที่รถขยะไปใส่รถ แล้วตั้งรถขยะเปล่าคืนไว้ให้ และเจ้าของบ้านจะต้องเก็บคืนเองจนกว่าจะถึงวันที่รถขยะจะมาเก็บใหม่ในครั้งถัดไป การบริการแบบถังรวมเป็นระบบที่ตั้งถังรวมไว้ตามจุดต่างๆ ของชุมชน เจ้าของบ้านนำขยะมูลฝอยจากบ้านตนมาทิ้งไว้ในถังรวมนี้ และรถขยะจะมาเก็บขยะมูลฝอยที่ถังรวมนี้โดยไม่ต้องติดต่อกับเจ้าของบ้านเลย วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้ในหมู่บ้านจัดสรรมาก การบริการแบบส่งออก-ส่งกลับ จะมีพนักงานชุดหนึ่งต่างจากพนักงานประจำรถขยะเพื่อขนถ่ายขยะใส่รถ พนักงานชุดนี้มีหน้าที่ยกถังขยะที่บรรจุขยะมูลฝอยจากบ้านไปส่งให้พนักงานประจำรถและนำถังขยะเปล่าไปตั้งคืนไว้ที่เดิม ส่วนวิธีแบบส่งออกจะเหมือนแบบส่งออก – ส่งกลับ ต่างกันเฉพาะเจ้าของบ้านจะต้องนำถังขยะเปล่ากลับคืนไปเอง วิธีสุดท้ายคือ แบบถึงบ้านนั้นพนักงานประจำรถขยะจะเข้าไปถ่ายขยะมูลฝอยจากถังขยะถึงในบ้านเลย

วิธีการขนถ่ายขยะมูลฝอยเข้าสู่รถขยะทำได้ทั้งแบบใช้เครื่องและแบบใช้คน วิธีที่ นิยมใช้ ได้แก่

1. ยกถังขยะขึ้นเทขยะมูลฝอยใส่รถขยะโดยตรง
2. ใช้เครื่องยกขนาดเล็กเพื่อยกถังขยะขึ้นเทขยะมูลฝอยใส่รถขยะ
3. ถ่ายขยะมูลฝอยจากถังขยะตามบ้านต่างๆ ใส่ถังใบใหญ่ แล้วจึงยกถังใบใหญ่ไปเทใส่รถขยะอีกทอดหนึ่ง

ในกรณีที่รถขยะมีช่องเปิดสำหรับเทขยะมูลฝอยใส่อยู่ต่ำ พนักงานอาจยกถังขยะขึ้นเทขยะมูลฝอยใส่รถได้โดยตรง แต่หากช่องเปิดอยู่ทางด้านบนของตัวรถซึ่งนิยมใช้ทั่วไปในประเทศไทย จะต้องมีพนักงานประจำอยู่ด้านบนหนึ่งคน และพนักงานทางด้านล่างจะช่วยส่งถังให้คนทางด้านบน เพื่อรับไปเทขยะมูลฝอยออก แล้วส่งถังขยะเปล่าคืนให้คนทางด้านล่าง รถขยะบางแบบจะมีเครื่องมือช่วยยกติดตั้งกับตัวรถเลย

อาคารกลางและสูงและ ย่านพาณิชย์ – อุตสาหกรรม การบริการรวบรวมขนขยะมูลฝอยในอาคารพาณิชย์ใหญ่ๆ มักใช้ภาชนะใบใหญ่ ซึ่งมีล้อเลื่อนสำหรับเข็นไปมาได้ตั้งอยู่ชั้นล่างของอาคาร และการขนย้ายขยะมูลฝอยจากจุดต่างๆ ของอาคาร ไปรวมกันที่ภาชนะนั้นมิได้หลายลักษณะ เช่น การใช้ลิฟต์ส่งของขนส่งขยะมูลฝอย จากชั้นต่างๆ มายังชั้นล่าง หรือพนักงานใช้ถังใบใหญ่ไปขนถ่ายขยะจากชั้นต่างๆ ภาชนะใบใหญ่ซึ่งตั้งอยู่ที่ชั้นล่างอาจเป็นแบบถังธรรมดา หรือแบบติดเครื่องอัดในตัว เพื่ออัดขยะมูลฝอยให้เป็นมัดแล้วกองรวมกันไว้เพื่อขนย้ายใส่รถขยะต่อไป การขนถ่ายขยะมูลฝอยจากภาชนะใบใหญ่แบบธรรมดาสู่รถขยะนั้นทำได้โดยเข็นภาชนะไปรถขยะ แล้วใช้เครื่องมือยกภาชนะขึ้น

2.6 ประเภทของระบบ

การแบ่งประเภทของระบบการรวบรวมขน อาจทำได้หลายวิธี โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ กันเช่นวิธีการดำเนินงานเครื่องมือที่ใช้ ประเภทของขยะมูลฝอยในที่นี้พิจารณาจากวิธีการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบตู้กระบะลาก (Hauled Container System)
2. ระบบถังขยะประจำที่ (Stationary Container System)

ระบบตู้กระบะลากเป็นระบบซึ่งภาชนะที่ใช้บรรจุขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดจะถูกลากไปขนถ่ายยังสถานีปลายทาง ซึ่งอาจเป็นสถานีขนถ่ายหรือสถานีกำจัดขยะมูลฝอยขั้นสุดท้ายโดยตรง ส่วนระบบถังขยะประจำที่ใช้วิธีขนถ่ายขยะมูลฝอยจากภาชนะ ณ แหล่งเกิดเข้าสู่รถขยะและภาชนะจะถูกส่งคืนกลับที่เดิม โดยไม่ถูกลากไปดังระบบแรก

2.6.1 เครื่องมือที่ใช้ในระบบตู้กระบะลาก

ระบบตู้กระบะลากเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับแหล่งที่ปริมาณของขยะมูลฝอยในแต่ละวัน สูงๆ เพราะระบบนี้จะใช้ภาชนะที่เก็บขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดขนาดใหญ่คงแสดงขนาดในตาราง ที่ 2.8 การใช้ภาชนะขนาดใหญ่ (ตู้กระบะ) มีข้อดีหลายประการ คือ

1. ลดเวลาที่ใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด
2. แทนที่จะใช้ถังขยะใบเล็ก ซึ่งต้องใช้หลายใบในการเก็บขยะมูลฝอย ซึ่งมีปริมาณมาก จะใช้ตู้กระบะเพียงใบเดียวซึ่งทำให้ผู้เป็นระเบียบเรียบร้อยดีกว่า

3. ในกรณีที่ขยะมูลฝอยเป็นชิ้นใหญ่การดำเนินงานสะดวกกว่า เนื่องจากตู้กระบะมีขนาดใหญ่การทิ้งขยะมูลฝอยมักเป็นการทิ้งลง ไปโดยไม่มีเครื่องมือช่วยในกดอัดหรือเกลี่ยขยะมูลฝอยใน กระบะ การใช้ตู้กระบะจึงไม่ได้ผลคุ้มค่าเท่าที่ควร เพราะอาจทิ้งขยะมูลฝอยลงในตู้กระบะได้ สะดวกเพียงด้านหนึ่ง หรือมุมหนึ่งของตู้กระบะเท่านั้น

เมื่อด้านนั้นหรือมุมนั้นของตู้กระบะมีขยะมูลฝอยเต็มแล้ว จะไม่สามารถทิ้งขยะมูลฝอยลง ไปได้อีก ทั้งๆที่ในกระบะมีที่ว่างเหลืออยู่มาก วิธีการแก้ อาจทำได้โดยต่อทางลาด หรือบันไดชนิด ย้ายที่ได้ เพื่อให้สามารถเข้าทิ้งขยะมูลฝอยได้ทุกมุมของตู้กระบะ อย่างไรก็ตามการใช้งานของตู้ กระบะอาจวัดได้โดยพิจารณาอัตราส่วนปริมาตรขยะมูลฝอยที่ทิ้งได้ต่อปริมาตรของตู้กระบะ

การดำเนินงานในระบบต้องการเพียงรถลากหนึ่งคันพร้อมคนขับเท่านั้น ในการลากตู้ กระบะแต่ละตู้จำเป็นต้องวิ่งรถไป – กลับ จากแหล่งเกิด ถึงสถานีปลายทางทุกครั้ง ดังนั้นขนาดของ ตู้กระบะ และปริมาตรใช้งานของตู้กระบะจึงเป็นปัจจัยที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบ เพิ่มขึ้นหรือ ลดลง และยังขยะมูลฝอยในตู้กระบะถูกอัดได้มากเท่าไรจะยังทำให้ค่าใช้จ่ายของทั้งระบบถูกลง ยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.8 ขนาดความจุของภาชนะบรรจุขยะมูลฝอยที่ใช้กับรถขยะแบบต่างๆ

แบบของรถขยะ	ลักษณะของภาชนะบรรจุขยะที่ใช้	ความจุของภาชนะ ลบ.ม.
ระบบตู้กระบะลาก		
รถยกขนาดเล็ก	ใช้กับเครื่องอัดประจำที่	5-9
รถยกขนาดใหญ่	ตู้สี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ ฝาเปิดบนใช้กับเครื่องอัดประจำที่ติดตั้งเครื่องประจำที่ติดตั้งเครื่องอัดในตัว	9-38 12-30 15-30
รถพ่วง	ตู้พ่วง ฝาเปิดบน ตู้พ่วงปิดพร้อมติดตั้งเครื่องอัดในตัว	12-30 15-30
ระบบถังขยะประจำที่		
รถอัดและขนถ่ายขยะด้วยเครื่อง	ตู้เปิดบน	0.8-6
รถอัดและขนถ่ายขยะด้วยคน	ถังขยะเหล็กชุบสังกะสี และพลาสติก ถังขยะทั้งแบบกระดาส และพลาสติก	75-200

รถที่ใช้ลากตู้กระบะมี 3 แบบคือ 1.รถยกขนาดเล็ก 2.รถยกขนาดใหญ่ 3.รถพ่วง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.5 และรูปที่ 2.3 และ 2.4

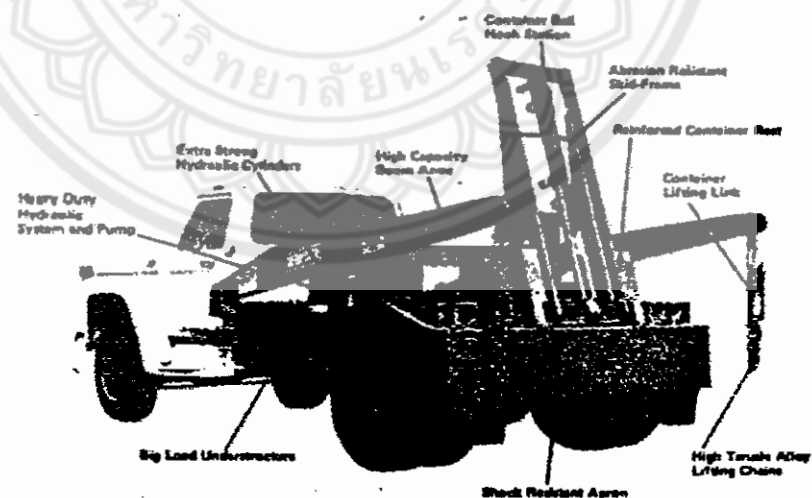
รถยกขนาดเล็ก ใช้สำหรับลากตู้กระบะซึ่งไม่ใหญ่มากนัก เป็นระบบที่ค่อนข้างเก่าและตั้งแต่มีรถอัดขยะใช้ รถแบบนี้ก็ไม่นิยมใช้ นอกจากจะใช้รวบรวมขยะมูลฝอยขึ้นใหญ่หรือขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะขนส่งโดยรถอัดขยะ

รถยกขนาดใหญ่ เหมาะที่จะใช้บรรทุกตู้กระบะขนาดใหญ่ที่บรรจุขยะมูลฝอยจากแหล่งที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากๆ การถ่ายขยะมูลฝอยออกจากตู้กระบะสามารถทำได้โดยเอียงโครงเหล็กที่รองรับตู้กระบะอยู่ด้วยระบบไฮดรอลิค จะเห็นว่าตู้กระบะที่ใช้กับรถประเภทนี้มีหลายแบบและหลายขนาด แต่ละแบบเหมาะสำหรับขยะมูลฝอยต่างๆ กันเช่น แบบตู้ฝาเปิดเหมาะสำหรับบรรทุกขยะจากการก่อสร้าง เศษโลหะชิ้นใหญ่ๆ หรือขยะอื่นๆ ซึ่งมีขนาดใหญ่และไม่สามารถอัดได้ ส่วนตู้กระบะที่ใช้กับเครื่องอัดนิยมใช้บรรทุกขยะมูลฝอยจากอาคารพาณิชย์ใหญ่ อพาร์ทเมนต์และสถานีส่งขยะมูลฝอย รถแบบนี้เป็นที่นิยมใช้มากโดยเฉพาะบริษัทเอกชนที่รับจ้างขนขยะมูลฝอยในต่างประเทศ

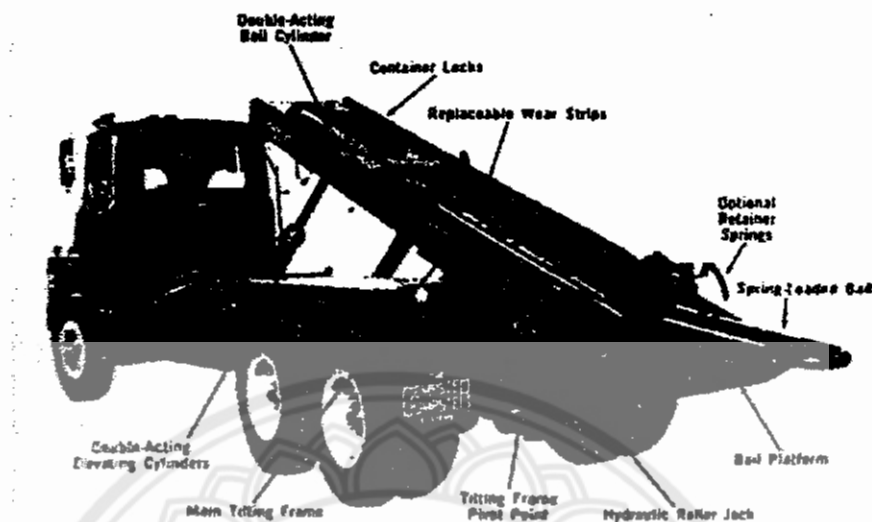
ตาราง 2.9 รายละเอียดของรถขยะแต่ละแบบ

แบบรถ	ความจุที่บรรจุขยะ ลบ.ม.	ขนาดของรถขยะ				วิธีการถ่ายขยะออก
		ความจุ ลบ.ม.	กว้าง ม.	สูง ม.	ยาว ม.	
ระบบตู้ขยะลาก						
รถยกขนาดเล็ก	5-9	8	2.4	2.0-2.5	2.8-3.8	ไหลออกทางกันกระเบที่เปิดออก
รถยกขนาดใหญ่	9-38	23	2.4	2.0-2.3	5.6-7.6	ไหลออกโดยการเอียงกระบะขึ้น
รถพ่วง	12-30	30	2.4	2.3-3.8	5.6-11.4	ไหลออกโดยการเอียงกระบะขึ้น
ระบบถังขยะประจำที่						
รถอัด (ขนถ่าย ขยะด้วยเครื่อง)						
ขนถ่ายทางด้านหน้า	15-35	23	2.4	3.6-3.8	6.1-7.4	เครื่องกวาดด้วยระบบไฮดรอลิก
ขนถ่ายทางด้านหลัง	8-28	23	2.4	3.4-3.8	5.6-6.6	เครื่องกวาดด้วยระบบไฮดรอลิก
รถอัด (ขนถ่ายขยะ ด้วยคน)	8-23	15	2.4	3.2-3.4	5.3-5.8	เครื่องกวาดด้วยระบบไฮดรอลิก
ขนถ่ายทางด้านข้าง	8-28	28	2.4	3.4-3.8	6.1-7.6	เครื่องกวาดด้วยระบบไฮดรอลิก
ขนถ่ายทางด้านหลัง	8-23	15	2.4	3.2-3.4	5.3-5.8	เครื่องกวาดด้วยระบบไฮดรอลิก

* ความยาวของรถตั้งแต่หน้ารถจนถึงท้ายรถ หรือ ท้ายตู้กระบะ



รูป 2.3 รถยกขนาดเล็ก



รูป 2.4 รถยกขนาดใหญ่

2.6.2 เครื่องมือที่ใช้ในระบบถังขยะประจำที่

ระบบถังขยะประจำที่เป็นระบบที่ใช้ในการรวบรวมขยะมูลฝอยได้ทุกประเภท โดยระบบจะถูกปรับไปตามประเภทและปริมาณของขยะมูลฝอยนั้นๆ และจะต้องคำนึงถึงจำนวนจุดที่ตั้งถังขยะด้วย ระบบนี้จะใช้รถขยะตระเวนเก็บขยะมูลฝอยตามจุดต่างๆ แล้วอัดไปเรือขยะจนกระทั่งรถเต็ม จึงไปยังสถานีปลายทาง เครื่องมือที่ใช้ในระบบนี้มี 2 แบบ คือ รถอัดขยะที่ขนถ่ายขยะมูลฝอยจากถังด้วยเครื่อง และภาชนะที่ใช้

รถอัดขยะที่ขนถ่ายด้วยเครื่องถังขยะที่ใช้กับระบบนี้มีขนาดตั้งแต่ประมาณ 0.8 ลบ.ม. จนถึง 6 ลบ.ม. เป็นขนาดใหญ่พอๆกับตู้กระเบที่ไว้กับรถยกขนาดเล็กทีเดียว การใช้ถังขยะขนาดเล็กจะมีข้อดีกว่าการใช้ถังขนาดใหญ่หลายประการ เช่นความคล่องตัวในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ปริมาณการใช้งานของถังเล็กจะสูงกว่าถังใหญ่ การเคลื่อนย้ายถังเพื่อความสะดวกในการใช้งานทำได้ง่ายขึ้น

อย่างไรก็ตามการใช้รถแบบนี้มีข้อจำกัดบางประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือไม่เหมาะที่จะบรรทุกขยะมูลฝอยประเภทที่น้ำหนักมากๆ หรือชิ้นใหญ่ เพราะอาจทำให้รถซึ่งมีระบบที่ยู่งยากพอสมควรเสียหายได้

รถอัดขยะที่ขนถ่ายด้วยคน รถแบบนี้นิยมใช้รวบรวมขยะมูลฝอยจากย่านที่พักอาศัยซึ่งมีจำนวนจุดที่ต้องขนถ่ายขยะมากมาย และแต่ละจุดมีปริมาณขยะไม่มากนักซึ่งใช้เวลาในการขนถ่ายเพียงสั้นๆ นอกจากนี้แล้วยังเหมาะที่จะใช้ระบบนี้ในบริเวณที่เป็นซอย หรือถนนเล็กๆ ซึ่งรถเข้าไม่ถึงด้วย

การจัดกำลังคน จำนวนพนักงานที่ต้องใช้ในการรวบรวมขยะมูลฝอยจะขึ้นกับทั้งวิธีการบริการ และระบบการรวบรวมขนดังนี้

ระบบตู้กระบะลาก โดยส่วนใหญ่แล้วระบบนี้จะใช้พนักงานเพียงคนเดียวทำหน้าที่ทุกอย่าง คือ ขับรถ เกี่ยวตู้กระบะที่บรรจุขยะมูลฝอยเต็มแล้วเข้ากับรถลาก ขนถ่ายขยะมูลฝอยออกจากตู้กระบะ และปลดตู้กระบะออกไว้ที่เดิม แต่ในบางระบบโดยเฉพาะกับการเดินเครื่องทั้งหลายของรถ และผู้ช่วยจะช่วยเหลือใช้หรือปลดโซ่ที่ใช้เกี่ยวกับตู้กระบะ และอาจช่วยงานอื่นอีกเล็กน้อย

ระบบถังขยะประจำที่ (แบบขนถ่ายขยะด้วยเครื่อง) กำลังคนที่ใช้จะเหมือนกับระบบ ตู้กระบะลาก คือ ใช้คนขับเพียงคนเดียว หรืออาจมีผู้ช่วยอีก 1-2 คน ในกรณีที่มิผู้ช่วย คนขับจะช่วยเหลือผู้ช่วยในการเข็นถังขยะมายังรถขยะ และเข็นคืนกลับที่เดิม แต่หากถังขยะตั้งอยู่ในชอกชอยซึ่งรถเข้าไม่ถึงอาจต้องใช้ผู้ช่วย 2 คน เข็นถังขยะในขณะที่คนขับนั่งประจำในรถ

ระบบถังขยะประจำที่ (แบบขนถ่ายขยะด้วยคน) ดังรูปที่ 2.5 ระบบนี้ใช้กำลังคนตั้งแต่ 1-3 คน แล้วแต่วิธีการบริการ การบริการแบบหน้าบ้านและถังรวม อาจใช้พนักงานเพียงคนเดียวได้ แต่การบริการแบบอื่นต้องใช้พนักงานมากกว่า 1 คน จึงจะทำงานได้ ในการวางระบบควรจะต้องคำนึงถึงการให้คนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดด้วย โดยเฉพาะระบบซึ่งใช้พนักงานเพียงคนเดียวเป็นระบบที่ควรให้ความสนใจมาก ในปัจจุบันมีผู้พยายามประดิษฐ์เครื่องมือให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น การออกแบบรถขยะซึ่งขนถ่ายขยะทางด้านข้างจะเพิ่มความสะดวก ของคนขับที่จะลงมาทำหน้าที่เทขยะมูลฝอยใส่รถด้วย



รูป 2.5 รถขยะที่ขนถ่ายขยะด้วยคน

2.7 การวิเคราะห์ระบบรวบรวมขน

ในการวิเคราะห์ระบบรวบรวมขนเพื่อกำหนดแบบและจำนวนของรถขยะ และกำลังคนที่ต้องใช้ ก่อนอื่นจะต้องแยกงานทั้งหมดในการรวบรวมเป็นกิจกรรมย่อยๆ ก่อนแล้วหาข้อมูลต่างๆ เพื่อการออกแบบจากกิจกรรมย่อยนั้น ข้อมูลที่ใช้อาจเป็นข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยทั่วไปจากงานวิจัยหรือจากหนังสือ หรืออาจเป็นข้อมูลที่ต้องวิเคราะห์สำหรับเฉพาะแห่ง ข้อมูลที่สำคัญมากในการวิเคราะห์ระบบได้แก่ เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมย่อย

จากการวิเคราะห์ระบบดำเนินงานรวบรวมขนขยะมูลฝอยไม่ว่าเป็นระบบตู้กระเบาะลากหรือระบบถังขยะประจำที่ พบว่าระบบสามารถแยกได้เป็น 4 กิจกรรมย่อย คือ

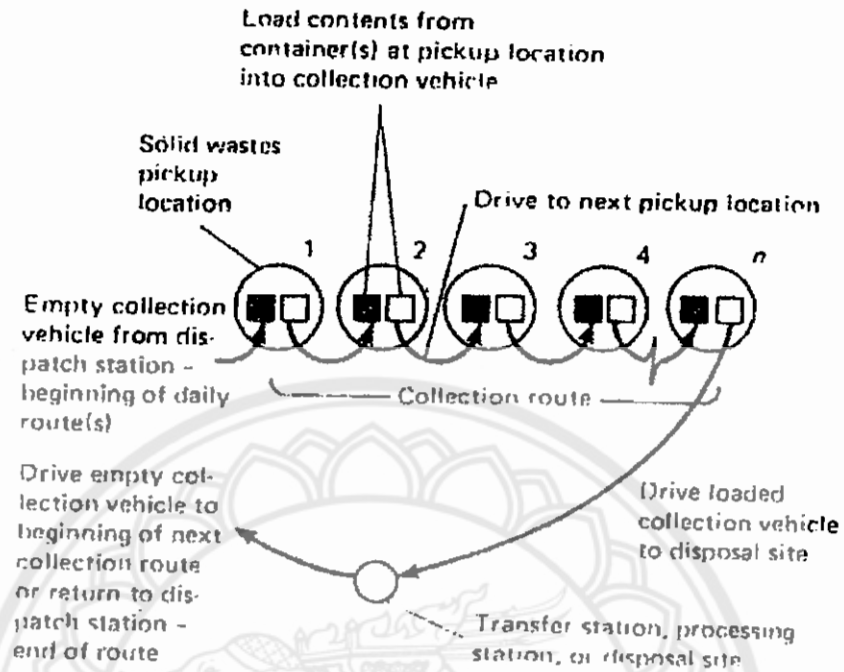
1. ขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด (Pick up)
2. การขนส่ง (haul)
3. กิจกรรมทั้งหลาย ณ สถานีปลายทาง (At-site)
4. กิจกรรมอื่น (off-route)

2.7.1 การขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด

นิยามของคำนี้ขึ้นกับระบบการรวบรวมขนขยะมูลฝอยดังนี้

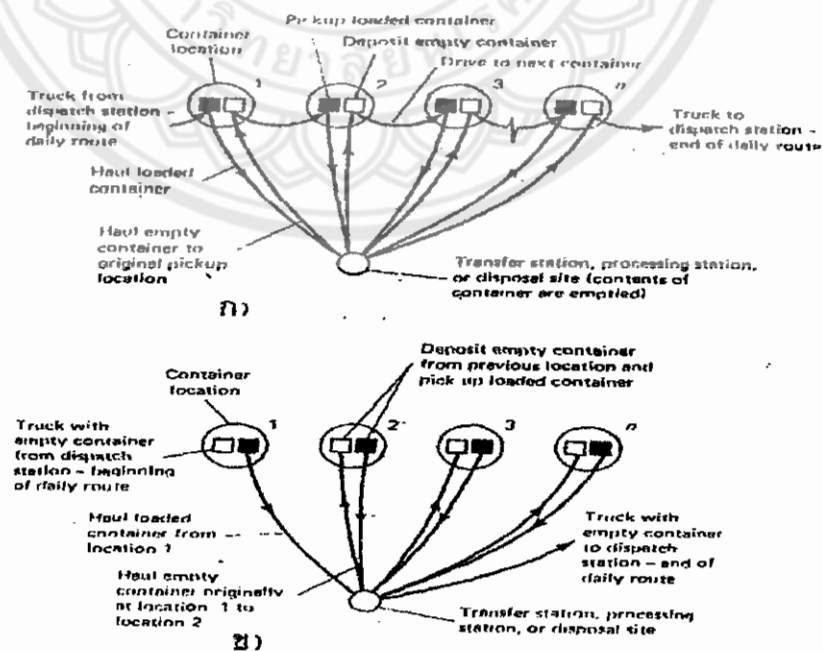
1. สำหรับระบบตู้กระเบาะลาก วิธีธรรมดา เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด หมายถึง เวลาที่ใช้ในการปลดตู้กระเบาะเปล่าที่ได้ถ่ายขยะมูลฝอย ออกแล้วไว้ยังที่ตั้งเดิมและเวลาที่ขับรถจากที่ตั้งตู้กระเบาะใบเก่าไปยังที่ตั้งตู้กระเบาะใบใหม่ รวมกับเวลาที่ใช้ในการเกี่ยวตู้กระเบาะที่บรรจุขยะมูลฝอยแล้วเข้ากับตัวรถ ส่วนวิธีเปลี่ยนตู้ เวลาที่ใช้ในกิจกรรมนี้หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเกี่ยวตู้กระเบาะที่บรรจุขยะมูลฝอยแล้วเข้ากับตัวรถและปลดตู้กระเบาะที่ถ่ายขยะมูลฝอยออกแล้วไว้ยังที่ตั้งตู้จุดถัดไป ดังรูปที่ 2.6

2. สำหรับระบบถังขยะประจำที่ เวลาที่ใช้ในกิจกรรมนี้หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้โดยเริ่มต่อรถขยะหยุด ณ ที่ตั้งถังขยะจุดแรก จนกระทั่งขนถ่ายถังขยะใบสุดท้ายของการรวบรวมขนที่เขavnั้นเสร็จ ดังรูปที่ 2.7



รูป 2.6 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานของระบบตู้กระยะลาก

ก. วิธีธรรมดา ข. วิธีเปลี่ยนตู้



รูป 2.7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานของระบบถังขยะประจำที่

15 ก.พ. 2550

5040488

TD
789
75
0135ก
2549

25



สำนักหอสมุด

2.8 การขนส่ง

นิยามของคำนี้ขึ้นกับระบบการรวบรวมขนขะมูลฝอยดังนี้

1. สำหรับระบบตู้กระเบลาเวลาในการขนส่ง ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการขนลากตู้กระเบลาที่บรรจุขยะมูลฝอยจากที่ตั้งไปยังสถานีปลายทาง รวมกับ เวลาที่ใช้ในการขนลากตู้กระเบลาเปล่ากลับไปที่ตั้งที่กำหนด

2. สำหรับระบบถังขยะประจำที่ เวลาในการขนส่ง หมายถึงเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปยังสถานีปลายทาง โดยเริ่มนับเวลาจากขนถ่ายถังขยะใบสุดท้ายของการรวบรวมขนเทียวนั้นๆ เสร็จหรือ รถขยะเต็ม รวมกับเวลาที่เริ่มออกเดินทางจากสถานีปลายทางไปยังถังขยะใบแรกที่ต้องขนถ่ายในการรวบรวมขนเทียต่อไป

กิจกรรม ณ สถานีปลายทาง เวลาที่ใช้ที่สถานีปลายทาง หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่รอขยะเริ่มมาถึงสถานีปลายทางจนกระทั่งรถขยะเริ่มออกจากสถานีปลายทาง

กิจกรรมอื่น เวลาที่ใช้กิจกรรมย่อยนี้ หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในกิจกรรมที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการรวบรวมขนขะมูลฝอยโดยตรง กิจกรรมนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่จำเป็น และประเภทสูญเปล่า ซึ่งเวลาที่ใช้ในกิจกรรมทั้ง 2 ประเภทนี้จะถูกพิจารณาไปด้วยกัน เพราะถือว่าเวลาจะกระจายเฉลี่ยไปเท่าๆกันตลอดเวลาของทั้งระบบ

กิจกรรมประเภทที่จำเป็นนี้แม้ว่าจะไม่ใช่กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมขนขะมูลฝอยโดยตรง แต่เป็นกิจกรรมเสริมที่ขาดไม่ได้ เวลาที่ใช้กิจกรรมเหล่านี้ได้แก่

1. เวลาที่ใช้ในการตรวจรถขยะเข้า – ออก ในตอนเช้า
2. เวลาในการขับรถจากโรงรถไปยังที่ตั้งตู้กระเบลาหรือถังขยะจุดแรกในตอนเช้า และจากที่ตั้งตู้กระเบลาหรือถังขยะจุดสุดท้ายไปยังโรงรถในตอนเย็น

3. เวลาที่เสียไปในกรณีที่เกิดติด

4. เวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องมือและอุปกรณ์

ส่วนกิจกรรมสูญเปล่าได้แก่ การใช้เวลาในการเฝ้าเฝ้า เช่นรับประทานอาหารเช้ายามกินที่กำหนด พุดคุยกับเพื่อน พักรับประทานอาหารน้นนอกเวลาที่กำหนด เป็นต้น

2.8.1 ระบบตู้กระเบลา (HCS)

เวลาที่ใช้ในการรวบรวมขนขะมูลฝอยต่อเทีย ซึ่งหมายถึงเวลาที่ใช้ในการรวบรวมขนต่อตู้กระเบลา มีค่าเท่ากับผลรวมของเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะ ณ แหล่งเกิด การขนส่งและกิจกรรมที่สถานีขนถ่าย ถูณด้วย ค่าคงที่ที่เทียเนื่องกับกิจกรรมอื่น ดังเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{HCS} = (P_{HCS} + s + h) / (1-W) \quad (1)$$

เมื่อ

T_{HCS} = เวลาที่ใช้ในการรวบรวมขนขยะมูลฝอยระบบตู้กระบะลากต่อ
เที่ยวชม./เที่ยว

P_{HCS} = เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะ ณ แหล่งเกิดต่อเที่ยว ชม./เที่ยว

s = เวลาที่สถานีขนถ่ายต่อเที่ยว, ชม./เที่ยว

h = เวลาในการขนส่งต่อเที่ยว, ชม./เที่ยว

w = อัตราส่วนของกิจกรรมอื่น

เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะ ณ แหล่งเกิด และที่สถานที่ปลายทางในระบบนี้จะมีค่าคงที่
ค่อนข้างคงที่ ส่วนเวลาในการขนส่งจะขึ้นกับความเร็วของรถและระยะทางในการขนส่ง ซึ่ง
ความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวสามารถเขียนได้ดังสมการ 2

$$h = a + bx \quad (2)$$

เมื่อ

h = เวลาในการขนส่ง, ชม./เที่ยว

a = ค่าคงที่, ชม./เที่ยว

b = ค่าคงที่, ชม./กม.

x = ระยะทางขนส่งไป – กลับ, กม./เที่ยว

จากที่กล่าวมา จะสามารถหาจำนวนของตู้กระบะของขยะมูลฝอยที่จะขนลากไปยังสถานี
ปลายทางในแต่ละวัน โดยรถหนึ่งคันได้ดังนี้

$$N_d = (1-w) H / (P_{HCS} + s + a + bx) \quad (3)$$

เมื่อ

N_d = จำนวนเที่ยวหรือตู้กระบะที่ขนลากได้ต่อวัน, เที่ยว / วัน

H = ช่วงเวลาทำการในแต่ละวัน, ชม./วัน

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ข้อมูลอีกอันหนึ่งจำเป็นต้องทราบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวน
รถขยะและแรงงานที่ต้องใช้ คือเวลาที่ใช้ในการรวบรวมขนต่อสัปดาห์ ซึ่งหาได้จากสมการ 4

$$D_w = t_w (P_{HCS} + s + a + bx) / [(1-w)H] \quad (4)$$

เมื่อ

D_w = เวลาที่ใช้ต่อสัปดาห์, วัน / สัปดาห์

t_w = จำนวนเที่ยวในการขนขยะต่อสัปดาห์ และต้องเป็นเลขลงตัว ,
เที่ยว / สัปดาห์ หากไม่ทราบค่า t_w จะสามารถประมาณได้จากปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยปัด
เศษค่า N_w

$$N_w = V_w / (cf) \quad (5)$$

เมื่อ

N_w = จำนวนเที่ยวต่อสัปดาห์, เที่ยว / สัปดาห์

V_w = อัตราการทิ้งขยะมูลฝอยต่อสัปดาห์, ลบ.ม. / สัปดาห์

c = ขนาดเฉลี่ยของตู้กระบะ, ลบ.ม. / เที่ยว

f = อัตราส่วนเฉลี่ยของการใช้งานของตู้กระบะโดยน้ำหนัก

$$= \frac{e(n_i f_i)}{e(n_i)}$$

n_i = จำนวนของตู้กระบะในขนาดหนึ่งๆ

f_i = อัตราส่วนของการใช้งานของตู้กระบะ โดยน้ำหนักของตู้

กระบะขนาดนั้นๆ

ค่า t_w ที่ได้จากการปัดเศษ N_w นี้ ถ้าเป็นการปัดเศษทั้งในทางปฏิบัติหมายความว่า จะมีตู้
กระบะบางตู้ที่ต้องบรรจุขยะมูลฝอยมากกว่าปกติ และถ้าเป็นการปัดเศษขึ้นนั่นคือตู้กระบะบางตู้จะ
มีขยะมูลฝอยน้อยกว่าปกติ

เมื่อได้ค่า D_w แล้ว หากต้องการหาจำนวนรถขยะที่จำเป็นต้องใช้ สามารถหาได้โดยหาร D_w
ด้วยจำนวนวันทำการในแต่ละสัปดาห์ และปัดเศษขึ้นหากมีเศษเหลือ เช่น ถ้า $D_w / 5 = 0.7, 1.2$ และ
3.7 จะต้องใช้รถ 1, 2 และ 4 คันตามลำดับ แต่กรณีที่ต้องปัดเศษขึ้นเช่นนี้จะสามารถปรับระบบการ
รวบรวมขนให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้โดยใช้ตู้กระบะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และลดความถี่ในการ
รวบรวมขนลง

2.8.2 ระบบถังขยะประจำที่ (SCS)

เนื่องจากในระบบนี้มีวิธีการ 2 แบบ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมาก ดังนั้นจะแยกอธิบาย
ในแต่ละแบบดังนี้

การขนถ่ายขยะด้วยเครื่อง เวลาที่ใช้ในการรวบรวมขนขยะมูลฝอยแต่ละเที่ยวหาได้จาก

$$T_{scs} = (P_{scs} + s + a + bx) / (1 - w) \quad (6)$$

เมื่อ

- T_{scs} = เวลาในการรวบรวมขนในแต่ละเที่ยว, ชม./เที่ยว
 P_{scs} = เวลาในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดในแต่ละครั้ง, ชม./เที่ยว
 s = เวลาที่ใช้ ณ สถานีปลายทางต่อเที่ยว, ชม./เที่ยว
 a = ค่าคงที่, ชม./เที่ยว
 b = ค่าคงที่, ชม./กม.
 x = ระยะทางในการขนส่งไป-กลับ ยังสถานีปลายทาง, กม./เที่ยว
 w = อัตราส่วนของกิจกรรมอื่น

ความแตกต่างระหว่างสมการ อยู่ที่ว่าเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด ในระบบถึงขยะประจำที่ ค่า P_{scs} เป็น

$$P_{scs} = C_i(uc) + (n_p - 10)(abc) \quad (7)$$

เมื่อ

- C_i = จำนวนของถังขยะที่ต้องขนถ่ายในแต่ละเที่ยว, ถัง/เที่ยว
 uc = เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยในการขนถ่ายขยะมูลฝอยแต่ละถัง, ชม./ถัง
 n_p = จำนวนจุดขนถ่ายขยะมูลฝอยในแต่ละเที่ยว, จุดขนถ่าย/เที่ยว
 abc = เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยในการขับรถระหว่างจุดขนถ่าย, ชม./จุดขนถ่าย

เช่นเดียวกับในระบบตู้ขยะค่า abc สามารถหาได้จากสมการ 2 โดยแทนค่า x ด้วยระยะทางระหว่างจุดขนถ่าย

สำหรับจำนวนของถังขยะที่จะขนถ่ายได้ในแต่ละเที่ยวของการรวบรวมขนจะขึ้นกับความจุของรถขยะและอัตราการอัด

$$C_i = vr/(cf) \quad (8)$$

เมื่อ

- v = ปริมาตรของรถขยะ, ลบ.ม./เที่ยว
 r = อัตราการอัด
 c = ปริมาตรของถังขยะ, ลบ.ม./ถัง
 f = อัตราส่วนการใช้งานของถังขยะโดยน้ำหนัก

ส่วนจำนวนเที่ยวในการรวบรวมขนขยะมูลฝอยต่อสัปดาห์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี

$$N_w = V_w / vt \quad (9)$$

เมื่อ

N_w = จำนวนเที่ยวในการรวบรวมขนต่อสัปดาห์, เที่ยว/สัปดาห์

V_w = อัตราการทิ้งขยะมูลฝอยต่อสัปดาห์, ลบ.ม./สัปดาห์

เวลาที่ต้องใช้ในการรวบรวมขนในแต่ละสัปดาห์ หาได้จาก

$$D_w = [(N_w) P_{scs} + t_w (s + a + bx)] / [(1-w)H] \quad (10)$$

เมื่อ

D_w = เวลาในการรวบรวมขนต่อสัปดาห์, วัน / สัปดาห์

t_w = ค่าคงตัวของ N_w โดยการปิดเศษขึ้น โดยคิดจากความเป็นจริงว่าแม้รถขยะในเที่ยวสุดท้ายจะบรรทุกไม่เต็ม ก็จำเป็นต้องไปยังสถานีปลายทาง

H = เวลาทำการในแต่ละวัน, ชม./วัน

ในกรณีที่พิจารณาแล้วว่า ในแต่ละวันไม่จำเป็นต้องรวบรวมขนขยะมูลฝอยให้ครบเที่ยวคือ อาจหยุดงานก่อนที่รถขยะจะเต็ม หรือถ้าเลิกงานในตอนเย็นหากรถขยะไม่เต็มก็ไม่จำเป็นต้องไปขนถ่ายขยะที่สถานีปลายทาง ถ้าเป็นกรณีเช่นนี้ จะสามารถหาขนาดของรถขยะที่มีต้องใช้ได้โดยสมมติขนาดของรถขยะที่มีจำนวนอยู่มา 2-3 ค่า แล้วคำนวณหา D_w ของรถขยะแต่ละขนาดจากสมการ 10 จากนั้นพิจารณาขนาดของรถขยะที่เหมาะสม จากการเปรียบเทียบแรงงานที่ต้องใช้สำหรับรถขยะแต่ละขนาด ยกตัวอย่างเช่น ในระบบที่ใช้พนักงานคนเดียว ถ้าใช้รถอัดขนาด 16 ลบ.ม. จะใช้แรงงาน 2.2 คน – วัน / สัปดาห์ และถ้าใช้รถอัดขนาด 22 ลบ.ม. ใช้แรงงาน 2.0 คน – วัน/สัปดาห์ กรณีนี้ควรเลือกใช้รถอัดขนาด 22 ลบ.ม. เพราะในทางปฏิบัติแล้ว มักจ้างพนักงานเป็นรายวัน ดังนั้นการจ่ายค่าแรงจึงต้องจ่ายทั้งวัน แม้ทำงานไม่ครบวัน (0.2 วัน) ก็ตาม แต่ถ้าวางแผนระบบให้การรวบรวมขนทำครบเที่ยวทุกวัน การหาขนาดของรถขยะที่เหมาะสมใช้สมการ 11 ดังนี้

$$H = N_d (p_{scs} + s + a + bx) / (1-w) \quad (11)$$

เมื่อ

N_d = จำนวนเที่ยวในการรวบรวมขนต่อวัน, เที่ยว / วัน

การหาขนาดของรถขยะที่เหมาะสม ทำได้โดยสมมติค่า N_p ขึ้น 2-3 ค่า แล้วแทนในสมการ (12) เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดในแต่ละเที่ยว (P_{scs}) และ หาขนาดของรถขยะสำหรับแต่ละค่า N_p ที่สมมติขึ้น จากนั้นเลือกขนาดของรถขยะที่เหมาะสมจากขนาดที่มีจำนวน และ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ ซึ่งอาจเลือกขนาดที่เหมาะสมได้มากกว่า 1 ค่า ถ้าขนาดที่เลือกได้มีขนาดเล็กกว่าที่คำนวณได้จะต้องหาเวลาที่ใช้จริงๆ ในแต่ละวันใหม่

เมื่อได้แรงงานที่ต้องใช้และจำนวนเที่ยวต่อวันสำหรับแต่ละขนาดของรถขยะที่เลือกไว้ในขั้นแรกแล้ว ให้เลือกขนาดที่เหมาะสมที่สุดจากขนาดที่ใช้ราคา - ประสิทธิภาพดีที่สุด เช่น ถ้าการขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานปลายทางซึ่งอยู่ไกลๆ รถขนาดใหญ่ที่จะขนขยะมูลฝอยได้หมดภายใน 1 เที่ยว/วัน อาจจะเหมาะกว่ารถขนาดเล็กกว่า แต่ต้องขน 2 เที่ยว/วัน เพราะถ้าใช้รถขนาดเล็กอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงกว่ามาก

การขนถ่ายขยะด้วยคน สำหรับระบบนี้ ซึ่งนิยมใช้ในเขตที่พักอาศัยและใช้เวลาส่วนใหญ่ในการหยุดขนถ่ายขยะมูลฝอยตามจุดต่างๆ ในการวิเคราะห์หาปริมาณแรงงานที่ใช้ และขนาดที่เหมาะสมของรถขยะ จะต้องทราบจำนวนจุดขนถ่ายขยะมูลฝอยในแต่ละเที่ยวก่อน

$$N_p = 60 P_{scs} n / t_p \quad (12)$$

เมื่อ

N_p = จำนวนจุดขนถ่ายต่อเที่ยว, จุดขนถ่าย / เที่ยว

P_{scs} = เวลาในการขนถ่ายแต่ละเที่ยว (หาได้จากสมการ 10) , ชม./เที่ยว

n = จำนวนของพนักงาน

t_p = เวลาในการขนถ่ายแต่ละจุดขนถ่าย, คน - นาที / จุดขนถ่าย

ส่วนเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายขยะมูลฝอยในแต่ละจุดขนถ่าย (t_p) จะขึ้นกับจำนวนของถังขยะในแต่ละจุด และวิธีการบริการว่าบริการขนขยะมูลฝอยให้เจ้าของบ้านจากใด ซึ่งระบุเป็นตัวเลขในค่าของเปอร์เซ็นต์ที่บริการให้ถึงในบ้านและ t_p นี้รวมเวลาที่ใช้ในการขับรถระหว่างจุดขนถ่ายด้วย

$$t_p = 0.72 + 0.18 (C_n) + 0.014 (PRH) \quad (13)$$

C_n = ค่าเฉลี่ยของจำนวนถังที่แต่ละจุดขนถ่าย

PRH = เปอร์เซ็นต์การให้บริการ(แบบถึงบ้านคิดเป็น 100%)

2.9 การกำหนดเส้นทางในการรวบรวมขน

หลังจากที่ทราบว่าจะต้องใช้เครื่องมือแบบใด จำนวนเท่าไร และให้ปริมาณแรงงานทั้งหมดเท่าไรแล้ว สิ่งต่อไปที่ต้องทำคือการกำหนดเส้นทางในการรวบรวมขน เพื่อให้การดำเนินงานของระบบมีประสิทธิภาพที่สุด วิธีการกำหนดเส้นทางนั้นใช้วิธีลองผิดลองถูก ไม่มีวิธีการที่เฉพาะแน่นอนแต่อย่างใด คือลองกำหนดเส้นทางไว้หลายๆ แบบแล้วทดสอบดูว่าเส้นทางใดจะให้ประสิทธิภาพในการดำเนินงานดีวกัันและเมื่อได้ลองปฏิบัติแล้วยังคงปรับเส้นทางต่อไปเรื่อยๆ เพื่อให้ประสิทธิภาพดีขึ้นอีก

อย่างไรก็ตามในการกำหนดเส้นทาง จะต้องพิจารณาปัจจัยต่อไปนี้ประกอบด้วย

1. นโยบายและกฎข้อบังคับต่างๆ ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมขนขยะมูลฝอย เช่น จุดขนถ่ายขยะมูลฝอย ณ แหล่งเกิด ความถี่ในการรวบรวมขน ฯลฯ
2. สภาพของระบบรวบรวมขนที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น จำนวนพนักงาน แบบของรถขยะที่ใช้
3. ถ้าเป็นไปได้ การวางแผนรวบรวมขนในแต่ละเที่ยว ควรให้จุดขนถ่ายเริ่มต้นและจุดขนถ่ายสุดท้ายอยู่ใกล้ถนนสายหลัก และให้สภาพธรรมชาติ หรือสิ่งกีดขวางที่สร้างไว้แล้วเป็นเส้นแบ่งเขตการรวบรวมขนของแต่ละเส้นทาง
4. ในเขตพื้นที่ที่เป็นเนิน การกำหนดเส้นทางควรให้จุดเริ่มต้นอยู่บนยอดเนินแล้ววิ่งแะรับขนถ่ายขยะมูลฝอยมาตามทางลง
5. เส้นทางที่กำหนดไว้ ควรให้จุดขนถ่ายสุดท้ายอยู่ใกล้สถานีปลายทางที่สุด
6. ในบริเวณที่การจราจรคับคั่ง ควรจะกำหนดช่วงเวลาการรวบรวมขนให้พ้นช่วงรถติดให้มากที่สุดเช่น ตอนเช้าตรู่
7. การขนถ่ายขยะมูลฝอยในบริเวณที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากๆ ควรทำในช่วงแรกของวัน เพื่อประโยชน์ในการจัดการขยะมูลฝอยขั้นต่อไป
8. การวางแผนรวบรวมขนขยะมูลฝอย จากจุดที่ตั้งถังขยะที่มีความถี่ในการรวบรวมขนเหมือนกัน แต่ตั้งอยู่กระจัดกระจาย และมีปริมาณขยะมูลฝอยไม่มากนัก ควรจัดให้อยู่ในเส้นทางเที่ยวเดียวกัน หรือในวันเดียวกัน

2.10 การกำจัดขยะ

การกำจัดมูลฝอย (Solid waste disposal) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของระบบจัดการมูลฝอย มูลฝอยที่ได้รวบรวมมาและไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกแล้ว จะต้องนำมากำจัดเพื่อให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การกำจัดมูลฝอยบางวิธีก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ ดังนั้นวิธีการกำจัดมูลฝอยที่ถูกต้องจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสัตว์เช่น ทำให้เกิดแหล่งอาหาร แหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์ และแมลงที่เป็นพาหะของโรค เช่น หนู แมลงวัน ยุง แมลงสาบ และสุนัข เป็นต้น
- 2) ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนแก่แหล่งน้ำและพื้นดิน
- 3) ไม่เป็นสาเหตุของความเดือดร้อนรำคาญ อันเนื่องมาจากเสียง กลิ่น คว้น ผง และฝุ่นละออง
- 4) ไม่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหายน้อยที่สุด

2.10.1 การใช้ประโยชน์ของพื้นที่หลังการฝังกลบ

ข้อได้เปรียบอันหนึ่งของการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบคือ พื้นที่ที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเรียบร้อยแล้ว จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี ในบางกรณีทำให้ราคาที่ดินสูงขึ้นด้วย เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการใช้ที่ดินมีผลกระทบต่อกรอบแบบและการดำเนินงานการฝังกลบ ดังนั้นจึงต้องวางวัตถุประสงค์ไว้ล่วงหน้าก่อนว่าเมื่อฝังกลบแล้วจะใช้ที่ดินนั้นทำอะไร เช่นถ้าจะใช้เป็นสวนสาธารณะ หรือสนามกอล์ฟจะต้องวางแผนการปลูกต้นไม้เป็นอย่างดีเป็นขั้นตอนไปตามบริเวณส่วนที่ได้กลบเรียบร้อยแล้ว เป็นต้น

2.10.2 ข้อพิจารณาเลือกวิธีฝังกลบ

1. การจัดหาสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรับมูลฝอยของชุมชนได้เป็นเวลา 15-20 ปี ตั้งอยู่ในระยะห่างจากตัวเมือง ไม่มีปัญหาระดับใต้ดินและไม่มีชุมชนอยู่บริเวณใกล้เคียง
2. การเลือกสถานที่กำจัดจะต้องประชาสัมพันธ์ ทำความเข้าใจด้านเทคนิคและประสานงานกับชุมชนในท้องถิ่น ให้ยอมรับวิธีการกำจัดมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบนี้ เพื่อป้องกันการต่อต้านจากประชาชนท้องถิ่น
3. ปัญหาในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะน้ำชะมูลฝอย (Leachate) จะต้องติดตั้งระบบท่อรวบรวมน้ำเสียบริเวณกันหลุมฝังกลบและจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ การป้องกันปัญหากลิ่นรบกวน แมลงหรือพาหะนำโรคต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงานประจำวัน จะต้องควบคุมป้องกันให้ผลกระทบน้อยที่สุด รวมทั้งการออกแบบวางแผนการระบายน้ำภายในสถานที่ฝังกลบที่มีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดินในบริเวณใกล้เคียง

4. การพิจารณาก๊าซมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง หรือผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากการย่อยสลายของมูลฝอยจะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งเกิดขึ้นสูงสุดในปีที่ 2 หรือ ปีที่ 3 หลังจากฝังกลบมูลฝอยแล้ว

5. ควรวางแผนการใช้ที่ดินหลังจากใช้ฝังกลบมูลฝอยแล้วไว้ล่วงหน้า เช่น ใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ โดยทั่วไปมูลฝอยที่บดอัดในหลุมและถูกย่อยสลายตามธรรมชาติแล้วและระบายก๊าซมีเทนออกไปประมาณปีที่ 5 ภายหลังเสร็จสิ้นการฝังปริมาณก๊าซมีเทนจะลดลง

2.10.3 วิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

วิธีการที่นิยมใช้ในการฝังกลบขยะมูลฝอย มี 3 วิธี คือ 1) แบบพื้นที่ (Area) 2) แบบร่อง (Trench) และ 3) แบบบ่อ ทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาเป็นวิธีการที่ใช้กับขยะมูลฝอยซึ่งไม่เป็นได้แปลงรูปมาก่อน

1.แบบพื้นที่ วิธีนี้ใช้สำหรับในบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสมที่จะขุดเป็นร่องทิ้งขยะมูลฝอยการดำเนินงานจะต้องทำในลักษณะที่ทิ้งขยะมูลฝอยและเกลี่ยเป็นแถวยาว ซึ่งกว้างประมาณ 3-7 ม. ไปบนดินเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาประมาณ 40-70 ซม. แล้วอัดก่อนจะทิ้งชั้นถัดไป แล้วไปแล้วอัดใหม่กันไปเรื่อยๆ จนได้ความหนาประมาณ 2-3 ม. ซึ่งต้องกะประมาณให้ครบวันพอดีจากนั้นกลบดินบนชั้นขยะมูลฝอยหนาประมาณ 15-30 ซม. ทุกครั้งก่อนเลิกงาน ดินที่ใช้กลบนี้อาจขุดมาจากสถานที่อื่นหรือขุดจากบริเวณข้างเคียงในสถานี่ฝังกลบนั่น ขยะมูลฝอยที่อัดและกลบเรียบร้อยแล้วในแต่ละจุดเรียกว่า ช่องฝังกลบ (Cell)

สำหรับสถานี่ฝังกลบซึ่งมีปริมาณของดินกลบอยู่น้อย วิธีลาดเอียง (Ramp Method) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของแบบพื้นที่จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด การเกลี่ยและอัดขยะมูลฝอยในวิธีลาดเอียงจะทำเช่นเดียวกับที่อธิบายไว้ในแบบพื้นที่ ยกเว้นการกลบ ดินที่ใช้กลบจะกวาดรากฐานของการขยะมูลฝอยขึ้นกลบ หากดินที่มีอยู่มีปริมาณไม่พอ จะต้องขุดมาจากที่อื่นเช่นกัน

2.แบบร่อง การฝังกลบแบบร่อง เหมาะจะใช้ในสถานี่ฝังกลบซึ่งมีดินที่มีลักษณะที่ใช้เป็นดินกลบได้และชั้นดินที่มีความหนาพอสมควร วิธีการเริ่มต้นจะใช้รถขุดพื้นดินเป็นร่องยาว 30-100 ม. กว้าง 5-8 ม. และลึก 2 ม. ดินที่ขุดขึ้นมากองไว้ด้านข้างของร่องเป็นเขื่อนดินเมื่อขุดร่องได้ขนาดตามต้องการแล้ว จึงทิ้งขยะมูลฝอยลงในร่อง เกลี่ยเป็นชั้นบางๆ ประมาณ 45-60 ซม. แล้วอัดก่อนจะทิ้งชั้นต่อไปแล้วอัดใหม่เป็นชั้นทับกันไปเรื่อยๆ จนได้ความสูงของชั้นขยะมูลฝอยตามต้องการ ความยาวของร่องที่ทิ้งขยะในแต่ละวันควรให้ความสูงของชั้นขยะมูลฝอยได้ตามที่กำหนดพอดี ทั้งนี้จะต้องมีความยาวพอที่จะให้รถขยะมาถ่ายขยะมูลฝอยลงได้พร้อมกันอย่างเพียงพอด้วย มิฉะนั้นจะเกิดการสูญเปล่าในการรอคิวของรถขยะ ดินที่จะใช้กลบขยะมูลฝอยในตอนเย็นก่อนเลิก

งานของแต่ละวันอาจขุดมาจากพื้นที่ดินทางด้านข้าง เพื่อทำเป็นร่องถัดไปหรืออาจขุดจากดินที่อยู่บริเวณถัดไปในร่องเดียวกัน เพื่อเตรียมเป็นร่องสำหรับทิ้งขยะมูลฝอยในวันรุ่งขึ้น

3.แบบบ่อ สถานที่ที่มีลักษณะเป็นหลุมบ่อขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดใหญ่อาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือคนขุด เช่น หุบเขา ห้วย บ่อขี้มดิน บ่อเหมือง ฯลฯ เหมาะสมที่จะใช้ฝังกลบขยะมูลฝอยด้วยวิธีแบบนี้มาก เทคนิคในการทิ้งและอัดขยะมูลฝอยในบ่อแต่ละอาจแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของสถานที่นั้นๆ คุณสมบัติของดินกลบ สภาพชั้นดินและน้ำที่บนดินและใต้ดินในบริเวณนั้น และถนนเข้า-ออก

ถ้าพื้นที่ของบ่อหรือห้วยที่ใช้เป็นสถานี่ฝังกลบมีสภาพค่อนข้างราบ การฝังกลบในชั้นแรกอาจใช้วิธีแบบร่องดังที่กล่าวในหัวข้อก่อน และเมื่อฝังในชั้นแรกเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มฝังกลบในชั้นถัดขึ้นมา โดยจะใช้วิธีการอัดขยะเข้ากับสันบ่อหรือห้วยด้วยความลาดเอียง เพื่อให้อัดขยะได้แน่นขึ้น โดยวิธีการนี้ในบางแห่งสามารถอัดขยะได้จนมีความหนาแน่นสูงถึง 780 กก / ลบ.ม. สำหรับสถานี่ฝังกลบซึ่งเป็นห้วย จะต้องเริ่มฝังกลบขยะมูลฝอยจากปลายน้ำไปยังต้นน้ำ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดน้ำขังหลังบริเวณฝังกลบได้

การฝังกลบขยะมูลฝอยในบ่อหรือห้วยนี้ ควรให้หลังของบริเวณฝังกลบชันสุดท้ายอยู่เหนือระดับพื้นดินในบริเวณข้างเคียงเล็กน้อย สำหรับการทรุดตัวของขยะมูลฝอยในบริเวณฝังกลบ

2.10.4 การฝังกลบขยะมูลฝอยที่บดแล้ว

วิธีนี้ไม่ได้ใช้กันแพร่หลายนัก แต่จากการทดลองใช้ในหลายๆ แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า เป็นวิธีที่ให้ผลดีพอสมควร การฝังกลบขยะมูลฝอยที่บดแล้วนี้ไม่จำเป็นต้องกลบดินทุกวัน หลังจากเกลี่ยและอัดขยะมูลฝอยในแต่ละวันแล้วจะปล่อยเปิดไว้โดยไม่กลบดิน ในวันถัดมาจะทิ้งและอัดขยะมูลฝอยทับลงไปอีก ทำเช่นนี้ทุกวันจนได้ความสูงของขยะมูลฝอยตามที่กำหนดแล้ว จึงกลบดินทุกครั้งสุดท้ายเพื่อการใช้ประโยชน์ของที่ดินต่อไป จากเท่าที่ได้ทดลองปฏิบัติมาพบว่าแม้จะไม่กลบดินในแต่ละวัน ก็ไม่มีปัญหาในเรื่องกลิ่นและการปลิวของขยะมูลฝอยที่มีเศษอาหารปนอยู่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์และบดอัดแล้วได้ การบดขยะมูลฝอยก่อนการอัดนี้ทำให้ขยะมูลฝอยถูกอัดได้แน่นขึ้นกว่าที่ยังไม่บดถึง 35 %

วิธีนี้มีข้อได้เปรียบมากในกรณีที่ใช้ในสถานที่ที่มีปริมาณดินกลบจำกัด อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบในการเลือกใช้ด้วย ได้แก่ 1) ค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้นในการติดตั้งเครื่องบดและเครื่องประกอบอื่น 2) ถึงแม้ว่าจะใช้วิธีนี้ ขยะมูลฝอยที่บดไม่ได้ ยังจำเป็นต้องฝังกลบด้วยวิธีอื่นที่กล่าวมาแล้วอยู่และ 3) การเปิดขยะมูลฝอยที่บดอัดไว้ไม่กลบดินทำให้ปริมาณน้ำชะขยะเพิ่มขึ้นและเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ซึ่งอาจเป็นปัญหาได้ในบางแห่ง

2.10.5 ผลจากขบวนการฝังกลบ

เพื่อให้การวางแผน และออกแบบการฝังกลบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นภายในบริเวณฝังกลบหลังจากที่ขยะมูลฝอยถูกฝังกลบไปก่อนแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในนั้นเป็นทั้งทางชีวะ เคมี และการภาพ ซึ่งได้แก่ 1) การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยทั้งแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ 2) การออกซิเดชันของสารเคมีในขยะมูลฝอย 3) การเคลื่อนที่ของก๊าซที่เกิดขึ้นหนีออกจากบริเวณฝังกลบ และเคลื่อนไปทางด้านข้างตามชั้นขยะมูลฝอยที่ฝังกลบนั่น 4) การเคลื่อนที่ของน้ำภายในขยะมูลฝอย 5) การละลายและชะสารอินทรีย์ และ อนินทรีย์ในขยะมูลฝอยโดยน้ำที่ไหลผ่าน และ 6) การทรุดตัวของบริเวณฝังกลบ จากที่กล่าวมานี้ทั้งหมด จะกล่าวถึงเฉพาะปัจจัยที่สำคัญและควรพิจารณาเป็นพิเศษในหัวข้อถัดไป

2.10.6 การย่อยสลายในบริเวณฝังกลบ

การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยที่ถูกฝังกลบนั่นจะเป็นแบบใช้อากาศในตอนแรก โดยใช้ออกซิเจนจากอากาศที่แทรกตัวอยู่ตามช่องว่างภายในบริเวณฝังกลบ ต่อมาเมื่อออกซิเจนที่มีอยู่ทั้งหมด การย่อยสลายจะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้อากาศและจะเป็นแบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งในแบบใช้อากาศ และแบบไม่ใช้อากาศ ได้มาจากเชื้อที่มีอยู่ในดินที่ไถกลบขยะมูลฝอยนั่นเอง ภายใต้สภาพปรกติพบว่าอัตราการย่อยสลายซึ่งวัดจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น จะสูงที่สุดในช่วง 2 ปีแรก หลังจากนั้นจะย่อยสลายช้าลงๆ เป็นเวลาต่อไปอีก 25 ปี หรือมากกว่านั้น แต่สำหรับขยะมูลฝอยที่อัดแน่น และกักน้ำซึมได้เป็นอย่างดี พบว่าแม้เวลาจะผ่านไปเป็นปีๆ หลังจากการฝังกลบ ขยะมูลฝอยจะยังคงสภาพเดิมโดยไม่ถูกย่อยสลายเลย