



ความสามารถในการหมุนเวียนใช้ใหม่ของกากของเสียจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย
ของเทศบาลเมืองสงขลา เพื่อการนำมาเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย
The Capability to Recycle Solid Waste Residues from Songkhla Municipality
Landfill Site for Utilization as a Solid Waste Cover Material

สุวรรณพร สิทธิถาวรทรัพย์
Suwannaporn Sittithavonsub

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Master of Science Thesis in Environmental Management
Prince of Songkla University
2542

Order Key.....18416
BIB Key.....156100

๑
เลขหมู่.....TD791.5 ๙45 ค(1)
เลขทะเบียน.....1512
F 8/ ๒๕.๒. 2542

ชื่อวิทยานิพนธ์ ความสามารถในการหมุนเวียนใช้ใหม่ของกากของเสียจากพื้นที่ฝังกลบ
 มูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา เพื่อการนำมาเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย
 ผู้เขียน นางสาวสุวรรณพร สิทธิถาวรทรัพย์
 สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
 ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ในขั้นต้นได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา โดยศึกษาลักษณะการฝังกลบและลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมี (ค่าความหนาแน่น ความชื้น พีเอช คาร์บอน ของแข็งที่ระเหยได้ เจลคาล์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน ไนโตรทีไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮโดรคลอไรด์ โฟแทสเซียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเทต และโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว) ของวัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี พบว่าลักษณะการฝังกลบวัสดุเก่าของเทศบาลเมืองสงขลาไม่ได้เป็นไปตามรูปแบบการฝังกลบที่คงที่สม่ำเสมอ มีการใช้ทรายเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยและมีความหนาแน่นแต่ละชั้นไม่สม่ำเสมอ ทางด้านลักษณะสมบัติทางกายภาพ พบว่ามีองค์ประกอบมูลฝอยที่แตกต่างกันในแต่ละปี สำหรับทางด้านเคมี พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 และ 8 ปี มีองค์ประกอบของมลสารที่แสดงให้เห็นว่ามีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นตามลำดับอายุ เว้นแต่ในอายุ 9 ปี พบว่ายังคงพบองค์ประกอบในรูปสารอินทรีย์อยู่สูง และจากการศึกษาโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม และตะกั่ว พบว่ามีตะกั่วเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดจากน้ำที่สกัดจากวัสดุเก่าโดยใช้น้ำสกัดที่พีเอช 5 7 และ 8 พบว่าค่าซีไอดีมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการฝังกลบมากขึ้นในทุกพีเอช ยกเว้นในอายุการฝังกลบที่ 9 ปี สำหรับค่าฟอสฟอรัสที่สกัดได้พบว่ามีลักษณะคล้ายค่าซีไอดีแต่มีความแตกต่างกันระหว่างปีน้อยกว่าค่าซีไอดี

จากข้อมูลเบื้องต้นได้ทำการเลือกวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 9 ปี มาทดสอบโดยนำมาบรจรร่วมกับดินที่ซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยโดยเรียงเป็นชั้น ๆ ด้วยความหนาแน่นเช่นเดียวกับในสถานที่ฝังกลบ ซึ่งมีหน้ารูปแบบที่แตกต่างกัน ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว รูปแบบที่ 2 ใช้ดินเพียงชนิดเดียว รูปแบบที่ 3 ใช้ดินและวัสดุเก่าจาก

พื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง รูปแบบที่ 4 ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง และรูปแบบที่ 5 ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับทรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (มีลักษณะคล้ายแซนวิช) ทั้ง 5 รูปแบบดังกล่าวจะใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบแบบผสมที่ไม่ได้แยกขนาด นอกจากนี้ยังมีการบรรจุเลียนแบบรูปแบบที่ 3 และ 5 อีกครั้ง โดยบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 1 เซนติเมตรแทนวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบแบบผสมดังกล่าว เพื่อทดสอบถึงลักษณะสมบัติทางด้านการซึมผ่านของน้ำ การดูดซับของน้ำ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและลักษณะสมบัติทางด้านเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุที่ทดสอบในแบบจำลอง (ค่าพีเอช ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี เจลดาสไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโลหะหนัก เช่น ปรอท แคลเมียม ตะกั่ว) พบว่ารูปแบบที่มีการบรรจุด้วยวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร และดิน ด้วยสัดส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร และโดยทั้งสองส่วนของปริมาตรดินที่บรรจุ จะอยู่ด้านบนและล่างของวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร ตามลำดับ (มีลักษณะคล้ายแซนวิช) มีผลทำให้การซึมผ่านของน้ำและปริมาณน้ำที่ซึมผ่านต่ำกว่ารูปแบบอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านมีการปลดปล่อยสารมลพิษออกมาต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ดินเป็นวัสดุปิดกลบเพียงชนิดเดียว ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพการนำไปใช้เป็นวัสดุปิดกลบในสถานที่ฝั่งกลบได้ โดยการนำไปใช้แทนดิน

Thesis Title The Capability to Recycle Solid Waste Residues from Songkhla
 Municipality Landfill Site for Utilization as a Solid Waste Cover
 Material
Author Miss Suwannaporn Sittitavonsub
Major Program Environmental Management
Academic Year 1998

Abstract

This research project was conducted to investigate aged waste residues from Songkhla Municipality landfill site. Physico-chemical properties (density, moisture content, pH, carbon content, volatile solid content, total kjeldahl nitrogen, ammonia-nitrogen, nitrate-nitrogen and nitrite-nitrogen, phosphorus extracted by ammonium fluoridehydrochloric acid , potassium extracted by ammonium acetate and heavy metal in terms of mercury, cadmium and lead) of waste residues aged 2, 5, 7, 8 and 9 year old were investigated. The results obtained suggested that covering material had not been used in a consistent pattern during operation of the landfill site. Sand has been used as covering material and it's thickness was inconsistent. The physical properties of aged waste samples from each disposal year were found to differ. The chemical characteristics of 2, 5, 7 and 8 year old samples contained components showed a relationship between age and degradation. The older sample is the less of the degradable component remained. However, the 9 year old sample contained a high amount of organic components. Lead concentrations in the 9 year old samples were found to be higher than mercury and cadmium. In addition, chemical oxygen demand (COD) and total phosphorus (TP) of liquid extracted from waste residues with water adjusted to pH 5, 7 and 8 were investigated. The results obtained show that the COD value decreased when the age of waste residue samples was older. However, the extract from the 9 year old sample was shown to have a high COD level as a result of

the high amount of organic components present. Total phosphorus content of the extract showed a similar trend to the COD profile.

The 9 year old residue was further investigated in small scale experiments. The aged waste sample and covering material (soil) were packed in to columns using 5 patterns. The first column was packed with aged waste residue alone. The second column was packed with covering material (soil) alone. The third column was packed with a 1 : 1 ratio of soil on the top and aged waste residue on the bottom. The fourth column was packed with a 1 : 3 ratio of soil on the top and aged waste residue on the bottom. The fifth column was packed with a 1 : 1 ratio of soil and aged waste residues with the aged waste residue located in the middle in a sandwich pattern. Experiments were repeated for the third and fifth columns by replacing waste residues with segregated residues; in one case with a particle size greater than 1 cm and in another with a particle size less than 1 cm. The percolation and adsorption of water through the media in each column was observed. Chemical characteristics such as pH, suspended solids, Biochemical Oxygen Demand (BOD), COD, total kjeldahl nitrogen, total phosphorus and heavy metals (mercury, cadmium and lead) of filtrate samples obtained from each column were determined. The results indicated that the column packed in a sandwich pattern, (1 : 1 ratio of soil and aged waste residue with a particle size bigger than 1 cm with the aged waste residue located in the middle of the column) gave lowest percolation of water. Chemical characteristics of the filtrate from this column were shown to be similar to the filtrate from the column filled with soil alone. The results imply that the 9 year old waste residue has the potential to be used as a daily covering material at the landfill site.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความสามารถให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง จากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ ดร. สมทิพย์ ด้านธีรวิทย์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คือ อาจารย์เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ และอาจารย์ ดร. วิเชียร จาญพจน์ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์จรรย์ ด้านสวัสดิ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ นิลนนท์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาในการสอบ เสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมศักดิ์ มณีพงศ์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณ คุณวีระ อินทรกุล นายช่างวิศวกรโยธา เทศบาลเมืองจังหวัดสงขลา ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการเก็บตัวอย่าง และรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล

ขอขอบคุณ ละม่อม ยอดแก้ว และสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะเต่า อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างมูลฝอย

ขอขอบคุณ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม และภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อเกี่ยวกับสถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณทิตยา แซ่อึ้ง ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ในการใช้ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งคุณนรภัทร์ ทวงเดชะ และพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดในที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และพี่ ๆ รวมทั้งคุณจิรพัฒน์ อ่อนเกตุพล ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกาย และกำลังใจสำคัญด้วยดีมาตลอด ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุวรรณพร สิทธิถาวรทรัพย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(11)
รายการตารางผนวก.....	(14)
รายการภาพประกอบ.....	(17)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	5
วัตถุประสงค์.....	14
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
ขอบเขตการวิจัย.....	14
2. วิธีการวิจัย.....	15
วัสดุ.....	15
อุปกรณ์.....	17
วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
3. ผลการวิจัย.....	30
ลักษณะการฝังกลบของพื้นที่ฝังกลบที่ศึกษา.....	30
ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย.....	30
เทศบาลเมืองสงขลา	
ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย.....	37
เทศบาลเมืองสงขลา	

สารบาญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่สกัดได้ จากการสกัดวัสดุเก่าจาก.....	39
พื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดที่เลข 5 7 และ 8	
ผลการศึกษากาารซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ และลักษณะ.....	42
สมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ	
4. บทวิจารณ์.....	75
การศึกษาลักษณะการฝังกลบวัสดุของเทศบาลเมืองสงขลา.....	75
การศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย.....	76
เทศบาลเมืองสงขลา	
การศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย.....	79
เทศบาลเมืองสงขลา	
การศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่สกัดได้ จากการสกัดวัสดุเก่าจากพื้นที่.....	80
ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดที่เลข 5 7 และ 8	
การศึกษากาารซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ และลักษณะ.....	80
สมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ	
การคัดเลือกอายุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพื่อนำมาให้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย.....	87
การนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์.....	89
แนวคิดเชิงปฏิบัติการเบื้องต้นของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไปใช้เพื่อ.....	90
เป็นเนื้อวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่	
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	95
บทสรุป.....	95
ลักษณะการฝังกลบวัสดุเก่าของเทศบาลเมืองสงขลา.....	95
ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย.....	95
ผลการศึกษากาารนำวัสดุเก่ามาทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	95
ศักยภาพในการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์.....	96
อายุของการฝังกลบวัสดุเก่าที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์.....	97

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงปริมาณมูลฝอยที่ทางเทศบาลเมืองสงขลารับผิดชอบในการฝังกลบ และ.....3 อัตราการเพิ่มในปี พ.ศ. 2532-2538	
2 การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองสงขลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2559.....4	
3 แสดงลักษณะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองสงขลา ในปี พ.ศ. 2539.....8	
4 แสดงการประเมินความเหมาะสมของดินชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย.....12	
5 แสดงการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ..... 23	
6 แสดงเงื่อนไขการทดลอง และรูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบในชุดทดลองต่าง ๆ.....25 ทั้ง 3 การทดลอง	
7 แสดงวิธีการวิเคราะห์ด้านเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ.....29	
8 แสดงลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ.....35 2 5 7 8 และ 9 ปี	
9 แสดงลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ และน้ำที่สกัดได้จาก.....41 วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี รวมทั้งวัสดุที่ใช้ปิดกลบ (ทราย)	
10 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของการซึมของน้ำที่ซึม.....44 ผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1	
11 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน.....45 ต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1	
12 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ.....47 ต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1	
13 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของตัวแปรทางเคมีของ.....50 น้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1	
14 แสดงค่าโลหะหนักของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....54	
15 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของการซึมของน้ำที่ซึมผ่าน.....55 วัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2	

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
29 แสดงการเปรียบเทียบค่าการซึมจากผลการทดลองในครั้งนี้อยู่กับค่าสัมประสิทธิ์.....85 การซึมของดินชนิดต่าง ๆ	
30 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำชะมูลฝอยโดยทั่วไป และน้ำชะ.....89 วัสดุเก่าที่ได้จากการศึกษา	
31 การดำเนินการและข้อดีข้อเสียของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์.....92	

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุ.....104 ทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
2 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการ.....105 ทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
3 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....106 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
4 แสดงปริมาณเจลดาลห้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ.....107 ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
5 แสดงปริมาณแคดเมียม และตะกั่วของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....108 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
6 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุ.....109 ทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
7 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการ.....110 ทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
8 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....111 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
9 แสดงปริมาณเจลดาลห้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ.....112 ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
10 แสดงปริมาณตะกั่วของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)..113	
11 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุ.....114 ทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
12 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการ.....115 ทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
13 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....116 (น้ำชะที่พีเอช 5)	

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
14 แสดงปริมาณเจลาตลันในโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ.....116 ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ.....117 ต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
16 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่.....118 ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1(น้ำชะที่พีเอช 5)	
17 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการ.....119 ทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
18 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลาตลันในโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่.....120 ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
19 แสดงผลการคำนวณปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ.....121 ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)	
20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูด.....122 ซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
21 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำ.....123 ที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
22 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการ.....124 ทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
23 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลาตลันในโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำ.....125 ที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
24 แสดงผลการคำนวณปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุ.....126 ทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)	
25 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ.....127 ต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
26 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	128
27 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	129
28 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลดาล์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)	129
29 แสดงค่าการซึมของดินและทราย เพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึม	130

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงความเหมาะสมของดินที่ใช้กัลบมูลฝอย.....	12
2 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกองมูลฝอยที่ฝังกลบไว้ตามระยะเวลาที่ผ่านมา.....	13
3 แสดงสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ทำการศึกษา.....	16
4 แสดงลักษณะทรายที่ทางเทศบาลใช้เป็นวัสดุปิดกัลบมูลฝอย.....	18
5 แสดงลักษณะดินที่ใช้ในการทดลอง.....	18
6 ลักษณะของอุปกรณ์จำลองที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	19
7 แสดงพื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ.....	21
8 แสดงสภาพขณะทำการเก็บตัวอย่างมูลฝอยเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ.....	22
9 แสดงบริเวณฝังกลบวัสดุเก่าที่มีอายุ 2 ปี บนพื้นที่ฝังกลบวัสดุเก่าอายุ 3-5 ปี.....	31
10 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 ปี.....	31
11 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 5 ปี.....	31
12 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 7 ปี.....	32
13 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 8 ปี.....	32
14 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 9 ปี.....	33
15 แสดงองค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี.....	36
16 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	44
17 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	45
18 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	47
19 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	51
20 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	51
21 แสดงค่าบีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	52
22 แสดงค่าซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	52
23 แสดงค่าเจลดาลที่ไนโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	53
24 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1.....	53

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
25 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	55
26 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	57
27 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	58
28 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	61
29 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	61
30 แสดงค่าบีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	62
31 แสดงค่าซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	62
32 แสดงค่าเจลดาลห์ไนโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	63
33 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2.....	63
34 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	66
35 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	68
36 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	69
37 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	72
38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	72
39 แสดงค่าบีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	73
40 แสดงค่าซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	73
41 แสดงค่าเจลดาลห์ไนโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	74
42 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3.....	74
43 แสดงการปลดปล่อยมลสารซีโอดีในน้ำสกัดที่พีเอช 5 7 และ 8 ของ วัสดุเก่า.....	88
จากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี	
44 แสดงการปลดปล่อยมลสารฟอสฟอรัสในน้ำสกัดที่พีเอช 5 7 และ 8 ของ.....	88
วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี	
45 แสดงการใช้ประโยชน์ของการนำวัสดุจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเก่าเพื่อยึดอายุการ.....	94
ใช้พื้นที่ฝังกลบ	

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยเฉพาะแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 6 และ 7 ได้มีการกำหนดเมืองหลักและเมืองศูนย์กลางความเจริญในภูมิภาค ทำให้ประเทศไทยมีเมืองขนาดใหญ่ในภูมิภาคเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ ตามมา สำหรับผลกระทบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ปัญหาภาวะมลพิษด้านมูลฝอยและการกำจัดมูลฝอย ยิ่งเมืองที่มีขนาดใหญ่และมีพลเมืองมากเท่าใด ปัญหาเรื่องนี้ก็จะหนักมากขึ้นเท่านั้น (ทวิสิทธิ์ อิศรเดช, 2536)

สำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีในการกำจัดมูลฝอยนั้น จะขึ้นอยู่กับประเภทของมูลฝอย เป็นสำคัญ วิธีการกำจัดมูลฝอยที่ผ่านการพิสูจน์จนเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาสุขภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดีนั้น ได้แก่ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) การเผาในเตา (Incineration) และการหมักทำปุ๋ย (Composting) ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละที่ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533)

ปัญหาการเพิ่มขึ้นของปริมาณมูลฝอยในปัจจุบันไม่ได้เกิดขึ้นเพียงจังหวัดใดจังหวัดหนึ่งเท่านั้น แต่ได้เกิดขึ้นทั่วประเทศไทย สำหรับการกำจัดมูลฝอยนั้นพบว่าในปัจจุบันหลายจังหวัดยังคงใช้วิธีการเทกองกลางแจ้งรวมถึงการฝังกลบ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวส่วนใหญ่ยังคงดำเนินการแบบไม่ถูกหลักสุขาภิบาล โดยอาจทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินจากน้ำชะมูลฝอย นอกจากนี้ในพื้นที่ที่มีพื้นที่กำจัดมูลฝอยที่ใกล้จะเต็มนั้น ก็ยังมีปัญหาในการหาพื้นที่ฝังกลบใหม่ ซึ่งมักพบว่าอาจต้องประสบกับปัญหาความขัดแย้งกับชุมชนบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง เหตุการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ได้เกิดขึ้นหลายแห่ง เนื่องจากมีมูลฝอยเกิดขึ้นทุกวันและจำเป็นที่จะต้องกำจัดโดยเร็ว เป็นปัญหาสำคัญที่ทางเทศบาลจะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน และหาวิธีการเพื่อใช้พื้นที่ฝังกลบที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถฝังกลบมูลฝอยได้มากและยาวนานขึ้น

จากสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยซึ่งเป็นเขตร้อนชื้น จึงทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายของสารอินทรีย์เป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว และเมื่อพิจารณาถึงสภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

ที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนมากนั้นก็ย่อมเกิดการย่อยสลายอินทรีย์สารตลอดเวลา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารไปเป็นก๊าซ น้ำ และสารที่เสถียรขึ้น เช่น ฮิวมัส (Humus) เป็นต้น ซึ่งสารเสถียรที่ได้นี้อาจจะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อปิดกลบมูลฝอยได้อีก

สำหรับการดำเนินงานด้านการกำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา ซึ่งมีมูลฝอยมาจากหลายแหล่ง ได้แก่ ย่านที่อยู่อาศัยและธุรกิจ มีปริมาณ 61.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่น 0.327 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มูลฝอยจำนวนนี้เป็นมูลฝอยแห้ง เช่น กระดาษ พลาสติก เศษวัสดุของใช้ที่ชำรุด เศษเสื้อผ้า เป็นต้น มูลฝอยบริเวณท่าเรือ มีประมาณ 20.00 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่น 0.410 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มูลฝอยจำพวกนี้เป็นมูลฝอยเปียก ได้แก่ เศษปลา เปลือกกุ้ง กระดองปลาหมึก ซึ่ปลาหมึก เป็นต้น และมูลฝอยบริเวณตลาดสด มีประมาณ 18.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่น 0.330 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มูลฝอยชนิดนี้เป็นมูลฝอยเปียกและแห้งปนกัน เช่น กระดาษห่อของกินของใช้ เศษผักผลไม้ เปลือกข้าวโพด ใบตอง เปลือกทุเรียน เป็นต้น ทางเทศบาลได้เลือกวิธีการฝังกลบมูลฝอย (Landfill) บนเนื้อที่ 200 ไร่ ณ หมู่ที่ 2 ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งมีระยะห่างจากเทศบาลเมืองสงขลา ประมาณ 13 กิโลเมตร โดยเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 มีระยะเวลาในการฝังกลบเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2530-2534 ระยะที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2535-2539 ระยะที่ 3 ระหว่าง พ.ศ. 2540-2544 และระยะที่ 4 ระหว่าง พ.ศ. 2545-2549 (Intarakul, V., 1993) และถึงแม้ทางเทศบาลเมืองสงขลาจะมีแผนในการใช้หรือดำเนินการฝังกลบมูลฝอยบนพื้นที่ดังกล่าวจนถึงปี พ.ศ. 2549 ก็ตาม แต่เจ้าหน้าที่ของทางเทศบาลก็ยังคาดการณ์ว่าพื้นที่ฝังกลบดังกล่าวไม่เพียงพอ และจะเต็มก่อนแผนที่ได้กำหนดไว้ เพราะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังได้แสดงค่าอัตราการเพิ่มปริมาณมูลฝอยในตาราง 1

จากการศึกษาของ Faculty of Environmental Management Establishment Program (1996) พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของมูลฝอยจากเทศบาลเมืองสงขลา มีอัตราเพิ่มขึ้นทุกปี ในระยะหลัง นอกจากนี้ทางเทศบาลยังต้องรับดำเนินการกำจัดมูลฝอย ทั้งในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาล เช่น สุขาภิบาลสิงหนคร และพื้นที่ตำบลเขาปู่ช้าง รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม (ตาราง 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sinclair Knight and Partners, Pty Ltd., et al. (1983) ที่ว่าปริมาณมูลฝอยจากเทศบาลเมืองสงขลาเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร และการขยายตัวของเศรษฐกิจซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีกเรื่อย ๆ ในอนาคต และสอดคล้องกับการศึกษาคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองสงขลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2559 ในรายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบกำจัดมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา

ตาราง 1 แสดงปริมาณมูลฝอยที่ทางเทศบาลเมืองสงขลารับผิดชอบในการฝังกลบ และอัตราการเพิ่ม
เพิ่มในปี พ.ศ. 2532-2538

ปี	ปริมาณ (ตันต่อวัน)			อัตราการเพิ่ม (%โดยน้ำหนัก)
	มูลฝอยในเขตเทศบาล	มูลฝอยนอกเขตเทศบาล	รวม	
2532	56.0	-	56.0	-
2533	60.0	-	60.0	+7.1
2534	57.0	0.5	57.5	-4.2
2535	61.0	2.0	63.0	+9.6
2536	66.0	3.6	69.6	+10.5
2537	74.0	6.9	80.9	+16.2
2538	79.0	16.1	95.1	+17.6

ที่มา : Prince of Songkla University, Faculty of Environmental Management

Establishment Program, 1996

ของบริษัทสยามเทคกรุ๊ป จำกัด (2540) ที่พบว่าอัตราการเกิดมูลฝอยต่อประชากรต่อวันจะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกปี (ตาราง 2) และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมูลฝอยที่ตกค้างประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของมูลฝอยทั้งหมดที่ยังไม่สามารถจัดเก็บได้หมด เนื่องจากทางเทศบาลประสบกับปัญหาเครื่องมือและเครื่องใช้ไม่เพียงพอ ซึ่งถ้าหากทางเทศบาลมีการจัดเก็บมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์แล้วจะทำให้มูลฝอยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นถึง 10-20 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลาอาจกล่าวได้ว่าจะต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ฝังกลบในอนาคตอย่างแน่นอน (วิระ อินทรกุล, 2538) จึงควรจะมีแนวทางที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝังกลบให้ได้มากและยาวนานที่สุด และจากสภาพการฝังกลบที่ดำเนินการอยู่นี้ ทางเทศบาลไม่มีการปูพื้นหลุมฝังกลบด้วยวัสดุกันซึมที่ดีพอ ประกอบกับการใช้ทรายในบริเวณพื้นที่ฝังกลบ (พื้นที่ฝังกลบอยู่ห่างจากชายฝั่งทะเล 300-400 เมตร) เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย (Cover material) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมในการใช้ปิดกลบมูลฝอยเพราะทรายมีค่าอัตราการซึมของน้ำสูง จึงอาจมีผลทำให้เกิดน้ำชะมูลฝอยลงสู่ชั้นดินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำใต้ดิน ที่สอดคล้องกับการศึกษาของ นรพัทธ์ ทรงเดชะ (2540) ที่พบว่าน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบของเทศบาลเมือง

ตาราง 2 การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองสงขลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2559

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	อัตราการเกิดมูลฝอย (กิโลกรัมต่อคนต่อวัน)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ตันต่อวัน)
2540	113,455	0.739	83.84
2541	114,816	0.767	88.06
2542	116,194	0.796	92.49
2543	117,589	0.825	97.01
2544	118,999	0.853	101.51
2545	120,427	0.882	106.22
2546	121,872	0.910	110.90
2547	123,335	0.939	115.81
2548	124,815	0.968	120.82
2549	126,313	0.996	125.81
2550	127,829	1.025	131.02
2551	129,362	1.054	136.35
2552	130,915	1.082	141.65
2553	132,486	1.111	147.19
2554	134,075	1.139	152.71
2555	135,685	1.168	158.48
2556	137,313	1.197	164.36
2557	138,960	1.225	170.23
2558	140,628	1.254	176.35
2559	142,315	1.283	182.59

ที่มา : บริษัท สยามเทคกรุ๊ป จำกัด, 2540

สงขลาเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนมลสารของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 และ 10 เมตร ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ต่อชุมชนในบริเวณใกล้เคียงที่ต้องอุปโภคและบริโภคน้ำใต้ดิน

อนึ่งแม้ว่าการฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลา จักต้องประสบปัญหาดังกล่าวอยู่บ้าง แต่ยังคงพบว่าหากเปรียบเทียบกับการกำจัดมูลฝอยที่ได้มีการดำเนินการในหลายพื้นที่ ซึ่งเป็นแบบ Open dumping ก็กล่าวได้ว่ามีสภาพที่ดีกว่าเพราะก่อให้เกิดปัญหาประเด็นด้านสุขภาพและเหตุเดือดร้อนรำคาญน้อยลง เพราะมูลฝอยที่ถูกกำจัดนั้นได้มีการฝังกลบประจำวัน สำหรับการฝังกลบประจำวันนั้นหากทำให้มีประสิทธิภาพแล้ว พบว่าต้องมีวัสดุปิดกลบที่นำมาใช้อย่างเพียงพอ แต่จากสภาพการดำเนินการของสถานที่กำจัดมูลฝอยบางแห่ง หากมีสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มมักจะพบว่าขาดแคลนวัสดุปิดกลบ ซึ่งต้องจัดซื้อจากแหล่งอื่น ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงขึ้น และหากบางหน่วยงานที่รับผิดชอบ ไม่สามารถจัดหางบประมาณในการซื้อวัสดุปิดกลบได้ ก็จะทำให้ไม่สามารถที่จะดำเนินการปิดกลบมูลฝอยได้ ซึ่งนับเป็นปัญหาหนึ่งของปัจจัยที่เอื้อให้การกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีฝังกลบไม่บรรลุประสิทธิภาพของการดำเนินการ ฉะนั้นหากมีช่องทางเลือกให้มีการใช้วัสดุที่มีศักยภาพในการนำมาปิดกลบมูลฝอยได้เพิ่มขึ้น ก็สามารถบรรเทาปัญหาการปฏิบัติงานในพื้นที่ฝังกลบได้ และจากสมมุติฐานที่ว่ามูลฝอยในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์เมื่อมีการฝังกลบไปนาน ๆ แล้วก็น่าจะได้มีการย่อยสลายจนเกิดสารเสถียรขึ้นซึ่งมีลักษณะคล้ายดิน รวมทั้งในส่วนของวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พลาสติก ก็อาจคงสภาพอยู่ได้ ซึ่งน่าจะมีคุณสมบัติกันการซึมได้บ้าง และอาจจะมีศักยภาพในการนำมาใช้แทนวัสดุปิดกลบมูลฝอยประจำวันได้บ้าง และจากการที่เทศบาลเมืองสงขลาได้ออกแบบพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยมีตำแหน่งที่ชัดเจนตามระยะเวลาการฝังกลบที่สามารถแบ่งอายุของการฝังกลบได้ค่อนข้างแน่นอน จึงทำให้ผู้ศึกษามีแนวคิดที่จะศึกษาถึงศักยภาพการใช้ประโยชน์ของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ เช่น การนำมาเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย โดยใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลามาศึกษาเพื่อเป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้คาดหวังว่าผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถสะท้อนให้เห็นข้อสรุปเบื้องต้นของศักยภาพที่จะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ได้ภายหลัง โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยซึ่งอาจมีผลต่อการช่วยยืดอายุการใช้พื้นที่ฝังกลบให้ยาวนานขึ้น อันเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการฝังกลบในบริเวณพื้นที่ที่ขาดแคลนวัสดุปิดกลบและมีพื้นที่ฝังกลบที่จำกัดได้

การตรวจเอกสาร

ราชบัณฑิตยสถาน (2530) ได้แปลความหมายของคำว่า "ขยะ" และ "มูลฝอย" ดังนี้

"ขยะ" (ขยะหยะ)	เป็นนาม หยากเยื่อ มูลฝอย
"มูลฝอย"	เป็นนาม เศษของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ

ซึ่งทั้งสองคำมีความหมายที่ตรงกัน คือ "หยากเยื่อ" การใช้คำว่า "ขยะ" หรือ "มูลฝอย" จึงไม่มีความแตกต่างกัน "ขยะ" ไม่ได้ใช้อย่างเป็นทางการในภาษากฎหมาย เป็นคำเรียกทั่ว ๆ ไป ของนักวิชาการหรือชาวบ้าน "มูลฝอย" มักใช้อย่างเป็นทางการ เช่น ในภาษากฎหมาย คำว่า "ขยะ" เป็นคำกลางที่คนทั่วไปเข้าใจดี การใช้คำว่า "ขยะ" หรือ "มูลฝอย" จึงมีความหมายอย่างเดียวกัน

1. ปริมาณมูลฝอย

JICA (1981) ศึกษาอัตราการผลิตมูลฝอยตามชนิดของแหล่งกำเนิด ปริมาณมูลฝอย จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมนั้น ๆ และมีอัตราการผลิตมูลฝอยที่แตกต่างกันตามชนิดของ แหล่งกำเนิด เช่น อาคารบ้านเรือน มีอัตราผลิตประมาณ 315 กรัมต่อคนต่อวัน ประกอบด้วย ที่พัก อาศัย และธุรกิจส่วนตัว 296 และ 343 กรัมต่อคนต่อวัน ตามลำดับ ประเภทอาคารสำนักงาน 32 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โรงพยาบาล 660 กิโลกรัมต่อโรงต่อวัน โรงแรม 2.9 กิโลกรัมต่อห้อง ต่อวัน ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ 26 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โรงเลื่อย 315 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และจากตลาด 320 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

2. องค์ประกอบของมูลฝอย

2.1 องค์ประกอบมูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา ซึ่ง Sinclair Knight and Partners, Pty Ltd., et al. (1983) ได้ศึกษาองค์ประกอบมูลฝอย โดยแบ่งเป็น 2 แหล่ง คือ

2.1.1 แหล่งที่เป็นย่านธุรกิจและร้านอาหาร พบว่ามีเศษอาหาร กระดาษ พลาสติก โลหะ ผ้า แก้ว และอื่น ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียกได้ 76.07 7.14 5.36 0.72 0.71 0.36 และ 9.64 ตามลำดับ และมีความหนาแน่น (Bulk density) 0.211 กิโลกรัมต่อลิตร

2.1.2 แหล่งที่พักอาศัย พบว่ามีเศษอาหาร กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ ผ้า ยาง และอื่น ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียกได้ 47.22 14.45 8.89 6.11 3.33 2.78 1.11 และ 16.11 ตามลำดับ มีความหนาแน่น 0.135 กิโลกรัมต่อลิตร

ค่าเฉลี่ยการเกิดมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองสงขลา ซึ่งรวมทั้งเศษ ปลาหมึก มีค่าเท่ากับ 0.67 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน แต่ถ้าไม่รวมเศษปลาหมึกจะมีค่าเฉลี่ยการเกิด มูลฝอยเท่ากับ 0.58 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ปริมาณมูลฝอยเฉลี่ย 30.40-36.00 ตันต่อวัน มีความ หนาแน่น 0.344 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มีการเก็บรวบรวมมูลฝอย 16-18 เที่ยวต่อวัน ในปี ค.ศ. 1982 พบว่ามีปริมาณมูลฝอยเท่ากับ 170 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ 62,100 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

จากการศึกษาของ Prince of Songkla University, Faculty of Environmental Management Establishment Program (1996) พบว่าปริมาณมูลฝอยเฉลี่ยแต่ละปี ตั้งแต่ปี

พ.ศ.2532-2538 คือ 20,560 21,720 21,043 23,139 25,400 29,526 และ 34,697 ตัน ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยแต่ละวันเป็น 56.00 60.00 57.50 63.00 69.60 80.90 และ 95.10 ตัน ตามลำดับ และพบว่าอัตราการเพิ่มปริมาณมูลฝอยทั้งหมดต่อปี ที่ส่งไปยังพื้นที่ฝังกลบ ในปี พ.ศ. 2533-2538 อยู่ในช่วง 7.10-17.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรในเขตเทศบาลเมืองสงขลา และการเพิ่มขึ้นของมูลฝอยรอบ ๆ เขตเทศบาลเมือง รวมทั้งมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเช่นกัน และมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บขนของเทศบาลเมืองสงขลา จากการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยเฉพาะในเขตเทศบาลเมืองสงขลา พบว่ามีเศษอาหาร กระดูก กระดาษ พลาสติก และเศษไม้ใบหญ้ามาก พบว่ามีองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้สูงกว่าองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก ได้ดังนี้ คือ 70.14 และ 24.85 ตามลำดับ และพบว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร และน้อยกว่า 1 เซนติเมตรมี 5.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก

สำหรับการศึกษามูลฝอยทางด้านกายภาพ พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ย 296.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้น 53.07 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก ส่วนทางด้านเคมีพบว่ามีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส คาร์บอน เท่ากับ 1.22 0.142 และ 41.24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 3

3. น้ำชะมูลฝอย (Leachate)

น้ำชะมูลฝอย คือ น้ำเสียจากกองมูลฝอย ซึ่งมีสารอินทรีย์ อนินทรีย์ และของแข็งอื่น ๆ ปนอยู่ ทั้งในรูปของสารละลายและตะกอนแขวนลอย ลักษณะของน้ำชะมูลฝอยในแต่ละแห่งแตกต่างกันไปตามลักษณะและองค์ประกอบของมูลฝอย ประกอบกับปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านมา ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อน้ำชะมูลฝอย ได้แก่

3.1 สภาพภูมิอากาศ บริเวณที่ฝนตกมาก จะทำให้มีน้ำชะมูลฝอยมาก

3.2 ลักษณะของพื้นที่ดิน ถ้าให้น้ำไหลซึมผ่านเข้าไปในกองมูลฝอยได้ ก็จะทำให้มีน้ำชะมูลฝอยมากด้วย ดังนั้นในการฝังกลบต้องปรับปรุงพื้นที่ และหันเหทิศทางการให้น้ำฝนให้ไหลไปนอกบริเวณที่ฝังกลบ

3.3 ลักษณะของดิน ถ้าดินเป็นทรายหรือดินร่วนปนทรายจะทำให้ให้น้ำฝนซึมลงไปหามูลฝอยได้มาก ดังนั้นในการฝังกลบจึงต้องทำให้พื้นที่ลาดเฉียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อไม่ให้ น้ำขังอยู่ ส่วนบนของบริเวณที่ฝังกลบ

3.4 การปลูกหญ้าคลุมดิน จะช่วยทำให้น้ำฝนซึมลงไปสู่มูลฝอยที่ฝังกลบได้น้อยลง

ตาราง 3 แสดงลักษณะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองสงขลา ในปี พ.ศ. 2539

ลักษณะมูลฝอย	ค่าเฉลี่ย
1. องค์ประกอบที่เผาไหม้ได้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก)	
- กระดาษ	12.41
- เศษอาหาร	40.27
- เศษผ้า	2.15
- เศษไม้ และหญ้า	5.08
- พลาสติก	8.90
- ยาง	1.29
- หนัง	0.04
2. องค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก)	
- โลหะที่เป็นเหล็ก	0.25
- โลหะที่ไม่เป็นเหล็ก	0.27
- แก้ว	2.89
- หิน และเศษกระเบื้อง	4.18
- กระดูก	17.26
3. องค์ประกอบอื่นๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก)	
- ขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร	2.87
- ขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร	2.14
รวมทั้งสิ้น	100.00
4. ลักษณะทางด้านกายภาพ และเคมี	
- ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	292.67
- ความชื้น (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก)	55.83
- ปริมาณของแข็ง (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก)	44.17
- ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	25.76
- ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	74.24
- ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	1.22
- ปริมาณฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	0.142
- ปริมาณคาร์บอน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	41.24

ที่มา : Prince of Songkla University, Faculty of Environmental Management

Establishment Program (1996)

นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว น้ำที่เป็นส่วนประกอบของมูลฝอย ก็เป็นส่วนสำคัญอันหนึ่งที่จะทำให้มีน้ำชะมูลฝอยมากหรือน้อย ดังนั้นต้องพยายามหลีกเลี่ยงการนำของเสียที่เป็นของเหลวไปฝังกลบ (ปริดา แยมเจริญวงศ์, 2531)

มูลฝอยที่ทำการฝังกลบ โดยทำการบดอัดปิดทับด้วยวัสดุปิดกลบแล้ว จะเกิดการย่อยสลายเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง โดยเฉพาะที่เป็นอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) อัตราการย่อยสลายมูลฝอยของประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อน การย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าประเทศที่มีอากาศหนาว การย่อยสลายโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นในช่วง 3-5 ปีแรก ซึ่งในกระบวนการย่อยนั้นจะทำให้เกิดก๊าซ และน้ำเสียขึ้น โดยเฉพาะน้ำเสียที่เกิดขึ้นนั้นมาจาก 2 ส่วนด้วยกัน คือ ปริมาณน้ำฝน กับปริมาณน้ำชะมูลฝอย โดยปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้ จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความหนาแน่นในการบดอัดมูลฝอยและวัสดุปิดกลบ ความลาดเอียงของพื้นผิวฝังกลบ และชนิดของดินที่ใช้เป็นวัสดุปิดกลบ (สุพจน์ ไล่หัววัชรินทร์, 2531)

ในส่วนของศึกษาน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากน้ำฝนนั้น จำเป็นต้องทราบปริมาณและคุณภาพน้ำฝนในบริเวณนั้น ๆ จากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนของอุตุนิยมหาวิทยาลัยได้ฝั่งตะวันออกจังหวัดสงขลา (ม.ป.ป.) พบว่าจังหวัดสงขลาในปี พ.ศ. 2533-2539 มีปริมาณฝนสูงสุดต่อวัน (Maximum daily rainfall) ดังนี้ คือ

วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 105.50 มิลลิเมตร

วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2534 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 193.20 มิลลิเมตร

วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2535 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 132.50 มิลลิเมตร

วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2536 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 159.90 มิลลิเมตร

วันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 101.30 มิลลิเมตร

วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 231.30 มิลลิเมตร

วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 71.10 มิลลิเมตร

ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนสูงสุดต่อวันในปี พ.ศ. 2533-2539 รวม 7 ปี เท่ากับ 142.10 มิลลิเมตร สำหรับการศึกษาคคุณภาพน้ำฝนทางด้านค่าพีเอชของสาธารณสุขจังหวัดสงขลาปี พ.ศ. 2540 ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดสงขลา พบว่าอยู่ระหว่าง 5.40-7.10 และจากการทดสอบค่าพีเอชน้ำฝนในปี 2541 พบว่ามีค่าระหว่าง 5.50-5.70 ซึ่งมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง สำหรับค่าพีเอชของน้ำฝนในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ศึกษาโดยสิทธิชัย ศรีมีชัย (2535) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 4.71-6.80 ซึ่งมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด จากข้อมูลทางด้านปริมาณและคุณภาพ

ภาพน้ำฝนที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น มีสภาพคล้ายคลึงกับน้ำฝนทั่ว ๆ ไป คือมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดอ่อนและจะมีผลต่อการชะล้างมลสารออกมาได้ดีกว่า สำหรับปริมาณน้ำฝนนั้นพบว่าในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสูง จะทำให้เกิดปริมาณน้ำชะมูลฝอยสูงตามด้วยเช่นกัน จากการศึกษาปริมาณและลักษณะของก๊าซและน้ำชะมูลฝอยจากแบบจำลองการฝังกลบมูลฝอยสองชั้นของสมใจ กาญจนวงศ์และคณะ (2540) พบว่าปริมาณน้ำชะมูลฝอยจะแปรเปลี่ยนตามปริมาณน้ำฝนที่เติมลงไป โดยน้ำฝนจะถูกกักอยู่ในชั้นมูลฝอยในช่วงเวลาหนึ่ง และมลสารในน้ำชะมูลฝอยจะมีค่าสูงขึ้นหลังจากฝนตก เนื่องจากความชื้นในชั้นมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการย่อยสลายสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Moore, R. ; Dahl, K. and Yazdani, R. (1977) ที่พบว่าปริมาณน้ำชะมูลฝอยมีประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนเทียมที่เติมลงไปในช่วง 35 วันแรก และอีก 20 วันต่อมา พบว่ามีปริมาณน้ำชะมูลฝอยประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนเทียมที่เติมลงไป และหลังจากนั้นจนถึงวันที่ 71 ของการทดลอง พบว่ามีปริมาณน้ำชะมูลฝอยเพิ่มขึ้นเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนเทียมที่เติมลงไป

4. การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill)

เป็นวิธีการทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำจัดมูลฝอยที่พื้นดินอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล โดยไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญและอันตรายต่อสุขภาพรวมทั้งสิ่งแวดล้อม ด้วยการเทมูลฝอยลงไปเกลี่ยให้กระจาย บดทับให้แน่น แล้วใช้ดินหรือวัสดุอย่างอื่นที่มีดินปนอยู่ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ กลบแล้วบดทับให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งวิธีฝังกลบมูลฝอยทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

4.1 แบบถมที่ (Area method) เป็นการฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่ที่เป็นหลุมเป็นบ่อหรือเป็นที่ต่ำอยู่ก่อนแล้ว และต้องการถมให้พื้นที่แห่งนั้นสูงขึ้นกว่าระดับดินเดิม

4.2 การขุดเป็นร่อง (Trench method or cut and fill method) เป็นการกำจัดมูลฝอยแบบฝังกลบในพื้นที่ราบ ซึ่งเป็นที่สูงอยู่แล้วและไม่ต้องการที่จะให้พื้นที่แห่งนั้นสูงเพิ่มขึ้นไปอีก หรือสูงขึ้นไม่มากนัก แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ใช้พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยได้จำนวนมาก ๆ (ปรีดา เข้มเจริญวงศ์, 2531)

5. วัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้ปิดกลบมูลฝอย (Suitability of cover material)

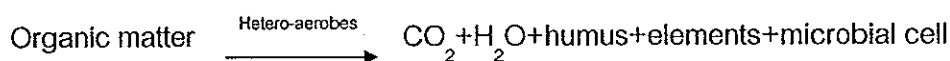
วัสดุหรือดินที่ใช้ปิดกลบมูลฝอยในการกำจัดแบบฝังกลบนับว่ามีความสำคัญมาก ในการพิจารณาความเหมาะสมของดินที่ใช้ปิดกลบมูลฝอย จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการป้องกันปัญหาการไหลซึมของน้ำ การระบายน้ำ การป้องกันการแพร่เชื้อ และความสะดวกในการทำงานของเครื่องจักร เพราะช่วยป้องกันปัญหาน้ำเสียที่ซึมผ่านชั้นมูลฝอยที่บดอัดแล้ว ไม่ให้เกิด

ขึ้นมากเกินไป ช่วยในการระบายน้ำผิวดินในชั้นบนสุด และช่วยให้เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้สะดวกในการขุดและการบดอัด ซึ่งดินแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมในการใช้ปิดกคลุมผืนดินแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 4 (พัชรี หอวิจิตร, 2531) สำหรับลักษณะดินทั่ว ๆ ไปจะประกอบไปด้วยสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียว (Clay) อนุภาคทรายแป้ง (Silt) และอนุภาคทราย (Sand) ดินที่มีสัดส่วนของอนุภาคดังกล่าวนี้ถ้ามากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะไม่ดี หรือไม่เหมาะสมสำหรับใช้ปิดกคลุมผืนดิน ซึ่ง Sinclair Knight and Partners, Pty Ltd., et al. (1983) ศึกษาพบว่าดินที่มีค่าการซึมผ่านน้ำน้อยกว่า 10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาทีในสภาวะที่ 95 เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นแห้งสูงสุด เป็นดินที่เหมาะสมในการปิดกคลุมผืนดิน และได้ศึกษาพบว่ามีดินชุดทุ่งหญ้า ดินชุดरणอง และดินชุดพะโต๊ะ เป็นดินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลา ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ปิดกคลุมผืนดิน โดยมีสัดส่วนของอนุภาคทั้ง 3 ชนิดอยู่ภายในเส้นแวงา ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (สุพจน์ โล่ห์วัชรินทร์, 2531)

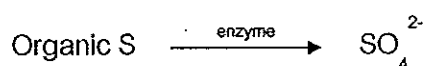
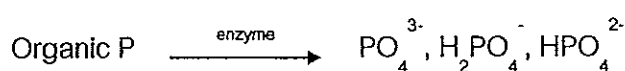
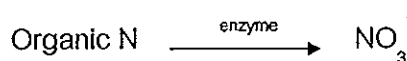
6. การเปลี่ยนแปลงของมูลฝอยที่ถูกฝังกลบอยู่ในดิน

มูลฝอยที่ถูกฝังกลบอยู่ในดิน จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในช่วงแรกมูลฝอยถูกอัดให้แน่น จุลินทรีย์ที่มีอยู่จะช่วยย่อยสลายพวกสารอินทรีย์อย่างช้า ๆ อาจเป็นเวลานานหลายปี ทำให้ปริมาตรของมูลฝอยลดลงจากเดิมประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อการย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์แล้ว ส่วนที่เป็นน้ำจากองค์ประกอบของมูลฝอยหรือน้ำจากภายนอก จะละลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในมูลฝอยแล้วไหลลงสู่ด้านล่าง ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดิน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีที่เกิดขึ้นภายในกองมูลฝอยที่ถูกอัดแน่นอยู่ในดินนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ในระยะแรกที่มีออกซิเจนปนอยู่จะมีการย่อยสลายเป็นแบบแอโรบิก (Aerobic) โดยจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่คาร์บอนในสารอินทรีย์จะถูกปล่อยออกมาในรูป CO_2 บางส่วนจะรวมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530) ดังสมการ



ส่วน N, P และ S ซึ่งเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ ถูกเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ตามสมการโดยย่อ คือ

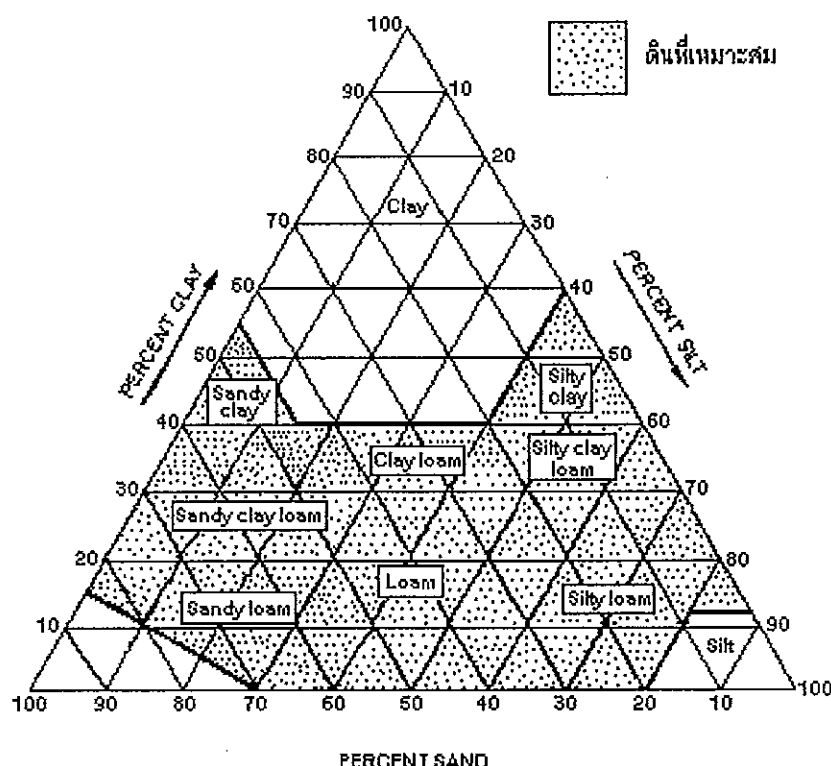


ตาราง 4 แสดงการประเมินความเหมาะสมของดินชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุปิดกคลุมมูลฝอย

ประโยชน์	ชนิดดิน					
	กรวดปนดิน			ทรายปนดิน		
	กรวด	ตะกอนและดินเหนียว	ทราย	ตะกอนและดินเหนียว	ดินตะกอน	ดินเหนียว
1. กันแมลงและหนูกัดหรือเจาะ	G	F-G	G	P	P	P
2. กันแมลงวันที่ใช้ในมูลฝอย	P	F	P	G	G	E ⁺
3. กันน้ำซึมเข้าในที่ฝังกลบ	P	F-G	P	GE	GE	E ⁺
4. กันก๊าซที่อาจมีระเหยออกมา	P	F-G	P	GE	GE	E ⁺
5. กันการปลิวของมูลฝอย	E	E	E	E	E	E
6. ปลูกหญ้าหรือพืชอื่นข้างได้	P	G	P-F	E	GE	F-G
7. ใช้ทำกองระบายก๊าซที่เกิดขึ้น	E	P	G	P	P	P

ชนิดดิน : E = ดีมาก G = ดี F = พอใช้ P = ไม่ดี

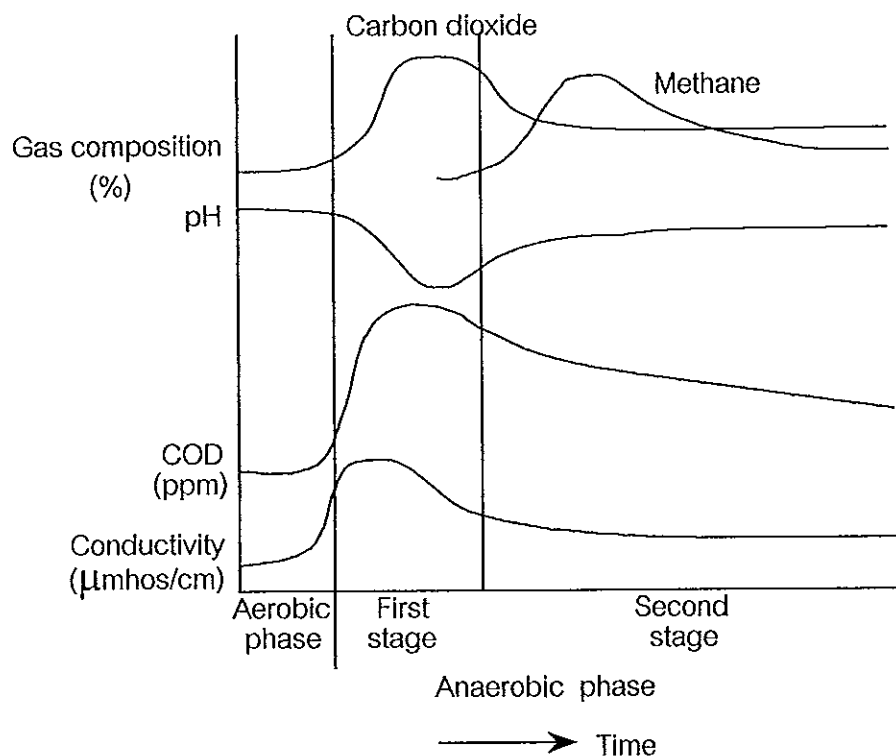
+ : เฉพาะกรณีที่ดินไม่มีรอยแตกกระแหง



ภาพประกอบ 1 แสดงความเหมาะสมของดินที่ใช้กคลุมมูลฝอย

ที่มา : สุพจน์ ไส่หวัชรินทร์, 2531

ต่อจากนั้นออกซิเจนจะถูกใช้จนหมดจึงมีการย่อยสลายเป็นแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic) ซึ่งจะเกิดกรดอินทรีย์ (Organic acid) มากขึ้น และจะทำปฏิกิริยากับโลหะ ทำให้เกิด Metallic ions และเกลือละลายลงไปในน้ำ กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำลดลง ซึ่งอยู่ระหว่าง 4-5 และจะเป็นอันตรายต่อ Methane forming bacteria ดังนั้นในระยะนี้จะมีก๊าซเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่มีค่าซีไอดีสูงมาก ในระยะที่สองจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ทำให้ได้ก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นด้วย ค่าพีเอชจะสูงขึ้นจนเป็นกลาง คือ ประมาณ 7-8 ทำให้ค่าซีไอดีลดลง ปริมาณก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนของ Methane forming bacteria และองค์ประกอบมูลฝอยประกอบกัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น พีเอชของดิน ลักษณะดิน การถ่ายเทอากาศของดิน ปริมาณธาตุอาหาร และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน รวมทั้งลักษณะและองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นสำคัญ และมีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ดังแสดงในภาพประกอบ 2 (ปรีดา แย้มเจริญวงศ์, 2531)



ภาพประกอบ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกองมูลฝอยที่ฝังกลบไว้ตามระยะเวลาที่ผ่านไป

ที่มา : ปรีดา แย้มเจริญวงศ์, 2531 อ้างจาก Waste age, 1986

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีบางชนิดของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบต่างกัน
2. เปรียบเทียบผลการซึมผ่านของน้ำ เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ รวมถึงการชะล้างออกของสารมลพิษบางชนิด ระหว่างการใช้วัสดุเก่ากับดินที่ใช้ปิดกลบมูลฝอย ในรูปแบบการเรียงตัวของชั้นวัสดุเก่าต่าง ๆ เพื่อใช้ประเมินศักยภาพของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้เพื่อทดแทนดิน ซึ่งอาจมีประโยชน์ในการชี้ให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพื่อนำมาใช้ใหม่ โดยเฉพาะการใช้เพื่อเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลเบื้องต้นของการศึกษาวิจัยเพื่อที่จะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป เช่น การนำไปปรับสภาพดิน หรือการนำไปเป็นปุ๋ย เป็นต้น
2. ได้ข้อมูลพื้นฐานของการใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ในการที่จะนำเอาไปใช้วางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดการระบบการกำจัดมูลฝอยแบบฝังกลบ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหพื้นที่ฝังกลบเต็มก่อนกำหนด หรือช่วยเพิ่มระยะเวลาการฝังกลบ

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ทั้งนี้ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่รับผิดชอบโดยเทศบาลเมืองสงขลา ณ บริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอยแบบฝังกลบ หมู่ที่ 2 ตำบลเกาะเต่า อำเภอเมือง จังหวัดสงขลาเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยศึกษาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีบางชนิดของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุต่างกัน เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย และการนำไปปรับสภาพดินหรือนำไปเป็นปุ๋ย และมีการศึกษาทดลองโดยนำเอาตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ (พิจารณาจากคุณสมบัติที่ตรวจสอบได้รวมถึงอายุการฝังกลบ) ไปทำการทดลองต่อในห้องปฏิบัติการภายใต้เงื่อนไขของการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการใช้ดิน เพื่อดูถึงประสิทธิภาพในการซึมผ่าน และการชะล้างออกของสารมลพิษบางชนิด โดยผลที่ได้จะนำไปพิจารณาเพื่อประเมินถึงการนำเอาวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อการทดแทนวัสดุที่เป็นดิน ซึ่งใช้เป็นวัสดุฝังกลบมูลฝอย

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ ทรายที่ใช้เป็นวัสดุปิดกลบ ดินที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ และสารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างทางด้านเคมี

1. วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ

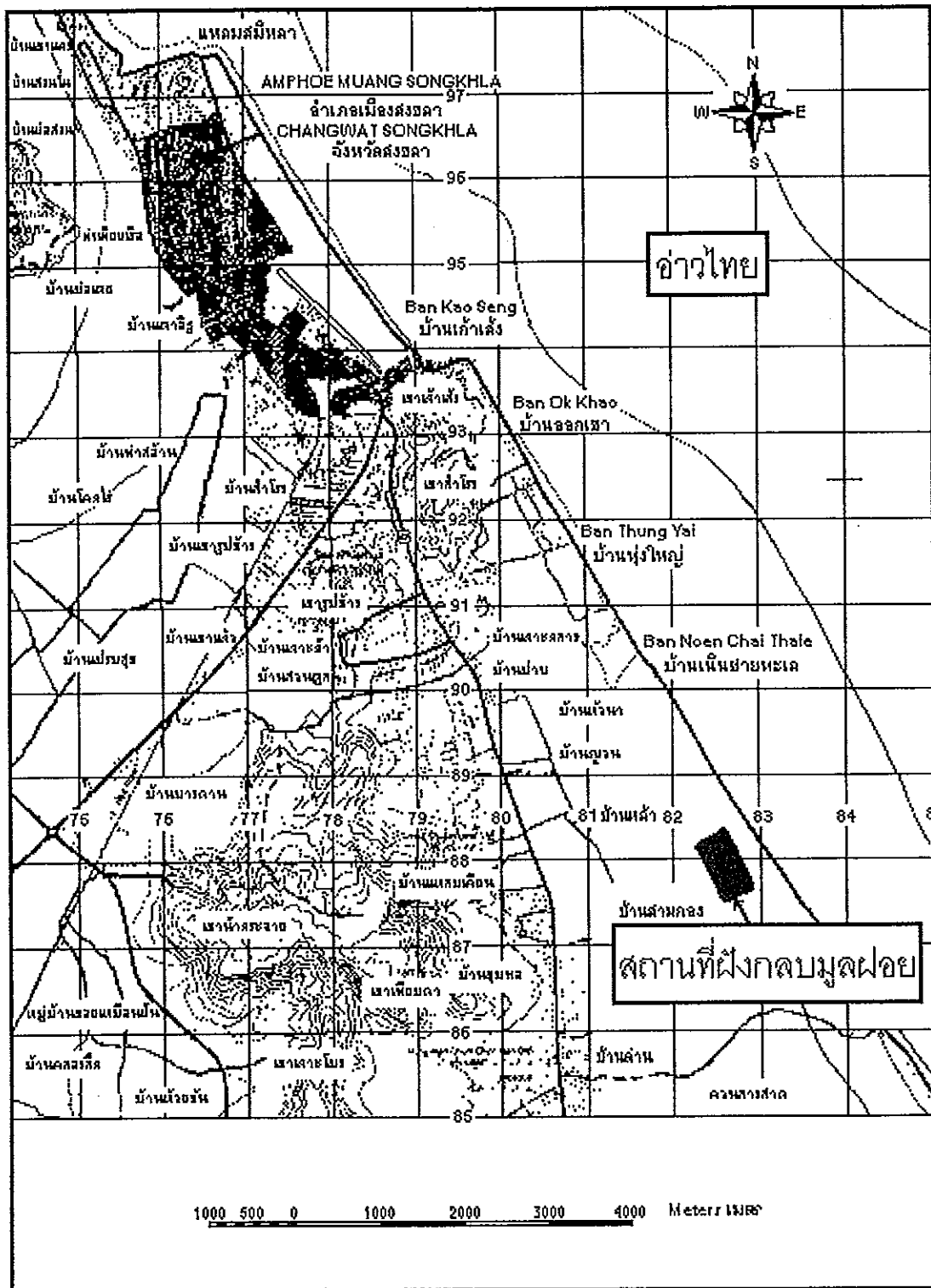
ตัวอย่างวัสดุเก่าที่ใช้ในการศึกษา ได้ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่ผ่านการฝั่งกลบแล้ว 2 5 7 8 และ 9 ปี ตามลำดับ จากสถานที่กำจัดมูลฝอยแบบฝั่งกลบของเทศบาลเมืองสงขลา หมู่ที่ 2 ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (ภาพประกอบ 3)

2. ทราย

ตัวอย่างทรายที่ใช้ในการศึกษา ได้นำทรายที่ทางเทศบาลใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยในสถานที่ฝั่งกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ภาพประกอบ 4)

3. ดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษา ได้ใช้ตัวอย่างดินซึ่งเก็บมาจากบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยจากการศึกษาแผนที่ดินพบว่าเป็นดินชุดพะโต๊ะ จัดอยู่ใน Great soil group : Red Yellow Podzolic soils เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ดินบนลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ส่วนดินล่างตอนบน มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลแก่ถึงสีเหลืองปนแดง ถัดจากชั้นนี้ลงไปในระดับความลึก 50-100 เซนติเมตร จะพบชั้นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนเศษหิน เศษหินนี้จะปนอยู่กับเนื้อดินมีปริมาณมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร และจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก ชั้นนี้มีสีพื้นเป็นสีแดงปนเหลือง และจะแดงขึ้นตามระดับความลึก ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด โดยสรุปแล้วดินชุดนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตาม



ภาพประกอบ 3 แสดงสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ทำการศึกษ

ธรรมชาติต่ำ (พัฒนาที่ดิน, กรม, กองสำรวจดิน, 2524) ซึ่งลักษณะดินดังกล่าวได้มีการนำไปใช้ปิดกคลุมผืนดินหลายที่ในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ก่อนหน้าการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างดินและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ทราบคุณสมบัติดินที่มีความเฉพาะตัว และจากการวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อดินในห้องปฏิบัติการโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์จากคณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2539) พบว่าตัวอย่างดินที่จะนำมาใช้ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ซึ่งมีองค์ประกอบของ Sand 49.62 เปอร์เซ็นต์ Silt 17.57 เปอร์เซ็นต์ และ Clay 32.81 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าการซึมน้ำเท่ากับ 1.22×10^{-3} เซนติเมตรต่อวินาที (ภาพประกอบ 5) และเมื่อเปรียบเทียบในแง่องค์ประกอบของดินจะพบว่า จัดเป็นวัสดุที่สามารถนำไปปิดกคลุมผืนดินได้

4. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

ใช้สารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ (ระบุในภาคผนวก)

อุปกรณ์

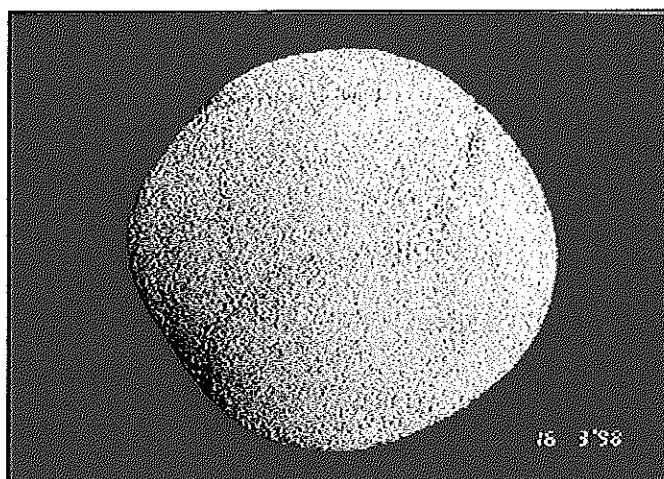
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ อุปกรณ์สำหรับใช้เป็นแบบทดลองในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ และน้ำชะวัสดุเก่าทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

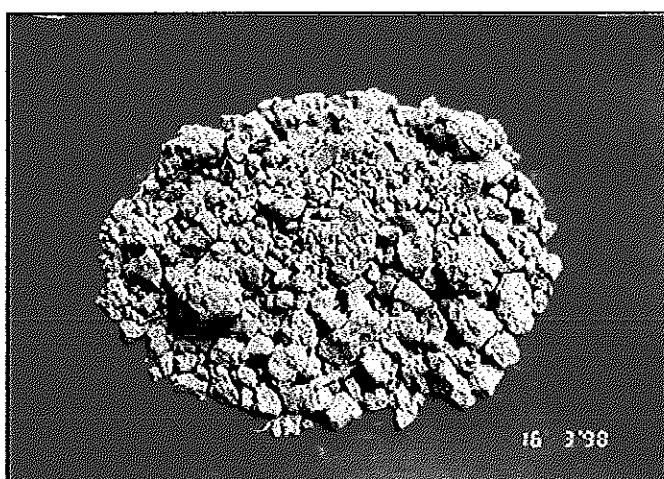
อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในภาคสนาม ได้แก่ ตาชั่ง แผ่นพลาสติก เข่ง บังเกอร์ เสียม พลั่ว จอบ คราด ชะแลง และอีเตอร์

2. อุปกรณ์สำหรับใช้เป็นแบบจำลองเพื่อทดลองในห้องปฏิบัติการ

แบบจำลองที่ใช้เพื่อการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นอุปกรณ์รูปทรงกระบอกทำด้วยพลาสติก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร บริเวณก้นถึงติดตั้งแผ่นพลาสติกซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว รวม 45 รูทั่วแผ่นพลาสติก แล้วรองด้วยผ้าขาวบางอีกชั้นหนึ่ง ก่อนที่จะทำการบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและวัสดุปิดกคลุมผืนดิน (ดิน) ที่ใช้ทดลอง และด้านล่างของภาชนะที่ใช้บรรจุวัสดุทดสอบ ได้ติดตั้งภาชนะเพื่อรองรับน้ำชะล้างวัสดุ รายละเอียดของอุปกรณ์การทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบ 6



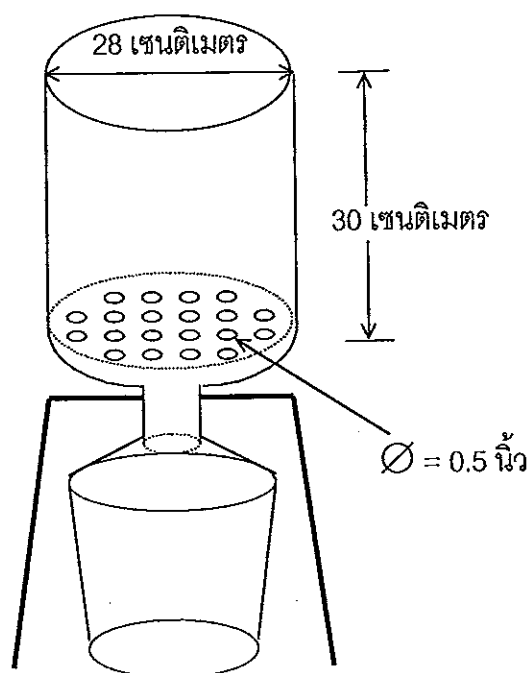
ภาพประกอบ 4 แสดงลักษณะทรายที่ทางเทศบาลใช้เป็นวัสดุปิดกมลมูลฝอย



ภาพประกอบ 5 แสดงลักษณะดินที่ใช้ในการทดลอง

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและน้ำชะวัสดุเก่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ของ YSI INCORPORATED รุ่น 3500
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ของ SHIMADZU รุ่น UV 1601
- เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flamephotometer) ของ CORNING รุ่น 410
- เตาเผา (Muffle furnace) ของ GALLENKAMP
- ตู้อบความชื้น (Oven) ของ MEMMERT
- ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส ของ HOTPACK



ภาพประกอบ 6 ลักษณะของอุปกรณ์จำลองที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ

- เตาไฟฟ้า (Hot plate)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าซีไอดี
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าบีไอดี
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าตะกอนแขวนลอย
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
- เครื่องแก้วที่จำเป็นอื่น ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยได้ทำการศึกษาและวางแผนงาน ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิจากการสำรวจภาคสนาม และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องจากเอกสารต่าง ๆ รวมถึงการสอบถามจากผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการฝังกลบ เพื่อรับทราบข้อมูลเบื้องต้นของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลเมืองสงขลา โดยที่สภาพของสถานที่การฝังกลบมูลฝอยนี้สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนตามระยะเวลาการฝังกลบ มีความสูงของชั้นฝังกลบประมาณ 1.5

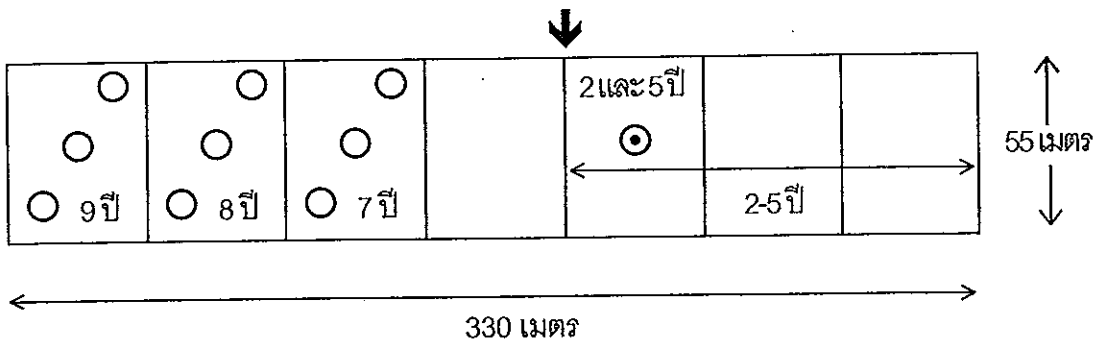
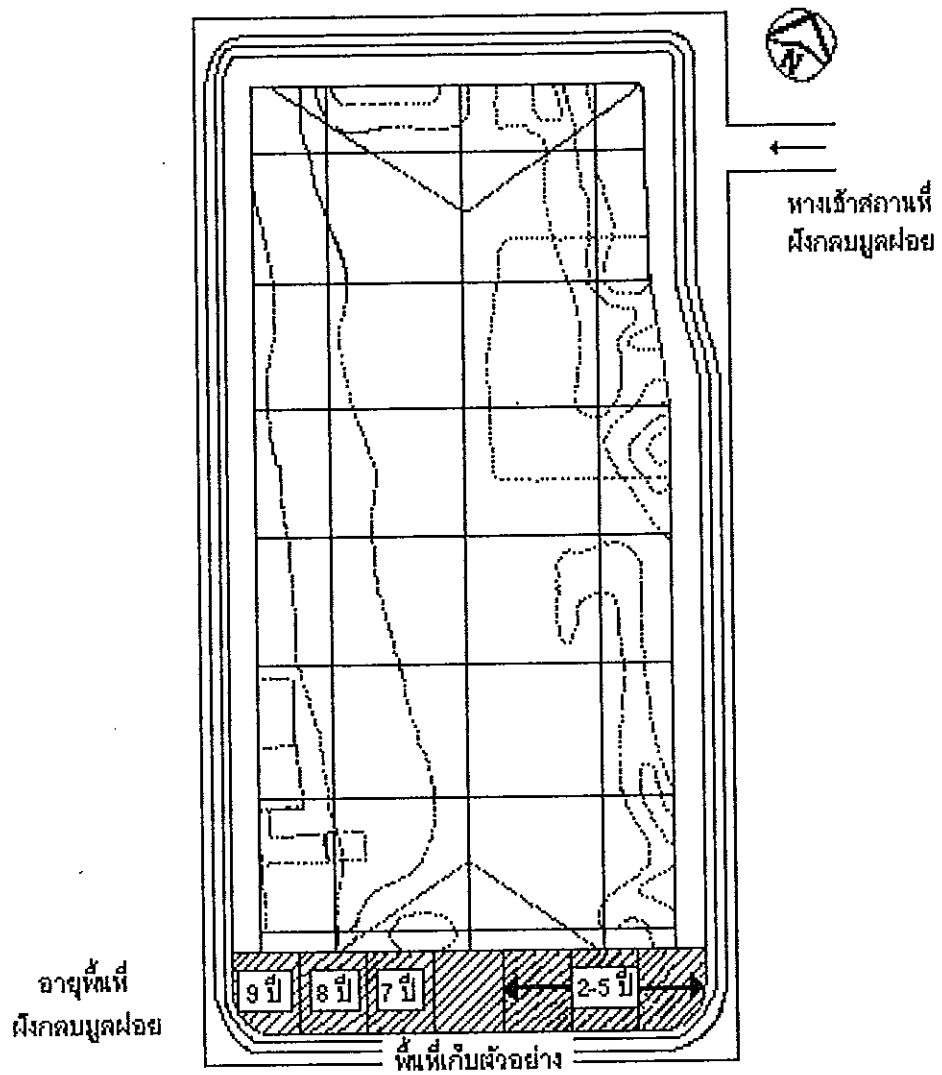
เมตร ความสูงของชั้นวัสดุปิดกมลประมาณ 10-20 เซนติเมตร ในพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 5 7 8 และ 9 ปี สำหรับพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 ปี พบว่าการฝังกลบไม่เป็นไปตามแบบแผนเดิม กล่าวคือจะฝังกลบทับพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 5 ปี

1.2 วางแผนการเก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ มีดังนี้ คือ

1.2.1 การเลือกพื้นที่เก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ทำการเลือกบริเวณที่มีการฝังกลบไปแล้ว 2-9 ปี (ภาพประกอบ 7) ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 330 เมตร X 55 เมตร (18,150 ตารางเมตร) หรือประมาณ 2,593 ตารางเมตร ของแต่ละปีที่ฝังกลบ

1.2.2 การเลือกจุดเก็บ เลือกเก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุแตกต่างกัน 1-3 ปี ได้แก่ พื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี ซึ่งในพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 7 8 และ 9 ปี จะทำการเก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ 3 จุดตามแนวเส้นทแยงมุมของพื้นที่ฝังกลบในแต่ละปีที่ระดับความลึก 1 เมตร แล้วนำมาผสมรวมกันเพื่อเป็นตัวแทนในปีนั้น ๆ สำหรับพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 และ 5 ปี ทำการเก็บในจุดเดียวกันเพียง 1 จุดซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางของพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 5 ปี ทั้งนี้เพราะทางเทศบาลได้ฝังกลบมูลฝอยอายุ 2 ปีไว้บนมูลฝอยอายุ 5 ปี จึงมีข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่าง การดำเนินการจึงได้เก็บที่ระดับความลึกต่างกัน คือ วัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 2 ปี จะเก็บที่ระดับความลึก 10-100 เซนติเมตรจากผิวนบน ส่วนวัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 5 ปี จะเก็บที่ระดับความลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร

1.2.3 การกำหนดวิธีเก็บและปริมาณที่เก็บตัวอย่าง สำหรับพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 7 8 และ 9 ปี ใช้วิธีการขุดด้วยอุปกรณ์ คือ จอบและเสียม เพื่อเปิดบริเวณหน้าหลุมที่เปิดด้วยวัสดุปิดกมลออกประมาณ 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นขุดหลุมให้มีขนาดกว้าง X ยาว X ลึกเท่ากับ 1 X 1 X 1 ลูกบาศก์เมตร (ภาพประกอบ 8) นำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ขุดขึ้นมาได้ มาทำการชั่งน้ำหนัก คำนวณหาค่าความหนาแน่นในขณะที่ฝังกลบ และเก็บวัสดุเก่าที่ได้ขึ้นมาจุดละ 40-50 กิโลกรัม คลุกผสมให้เข้ากันบนแผ่นพลาสติกที่สะอาด ซึ่งจะได้ตัวอย่าง 120-150 กิโลกรัมเป็นตัวแทนของแต่ละปี เพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีต่อไป สำหรับพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 และ 5 ปี ทำการเก็บในจุดเดียวกันแต่ต่างระดับความลึก โดยในพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 ปี จะทำการเปิดบริเวณหน้าหลุมออกประมาณ 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นขุดหลุมให้มีขนาดกว้าง X ยาว X ลึกเท่ากับ 2 X 2 X 1 ลูกบาศก์เมตร เก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ หลังจากนั้นขุดต่อไปที่ระดับความลึกกว่า 1 เมตรจากระดับผิวของพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งเป็นชั้นฝังกลบที่มีอายุ 5 ปี แล้วเก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยเก็บตัวอย่างปีละประมาณ 10 กิโลกรัม เพราะวัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 2 ปีมี



- หมายถึง จุดเก็บตัวอย่าง
- ⊙ หมายถึง จุดเก็บตัวอย่างที่เป็นจุดเดียวกัน แต่ต่างระดับความลึก (ด้านบน = 2 ปี)
(ด้านล่าง = 5 ปี)

ภาพประกอบ 7 แสดงพื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ



ภาพประกอบ 8 แสดงสภาพขณะทำการเก็บตัวอย่างมูลฝอยเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

ความชื้นสูงและมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวเนื่องจากเกิดการหมักอยู่ จึงทำให้เกิดปัญหามากในการขุดเก็บตัวอย่าง และจากการที่วัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 5 ปี อยู่ได้มูลฝอยเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 2 ปี จึงทำให้มีปัญหาในการเก็บตัวอย่างด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงทำการเก็บเพียงปีละ 10 กิโลกรัมเท่านั้น แล้วคลุกผสมกันภายในปีนั้น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ นอกจากนี้ได้เก็บวัสดุปิดกลบที่ทางเทศบาลใช้ปิดกลบมูลฝอย (ทราย) มาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีด้วยเช่นกัน

1.3 การวิเคราะห์วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี

1.3.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ทำการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นในขณะฝังกลบ หลังจากนั้นหาค่าความชื้น (ตาราง 5) และแยกประเภทองค์ประกอบทางกายภาพ โดยรายงานปริมาณองค์ประกอบของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปียก ดังนี้ คือ

1.3.1.1 แยกองค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก ซึ่งได้แก่ พลาสติก โฟม ยาง ผ้า ไม้ กระดาษ หนัง กระดูกและเปลือกหอย และโลหะ

1.3.1.2 แยกองค์ประกอบที่ย่อยไม่ได้ ซึ่งได้แก่ แก้ว กระจกและหิน

1.3.1.3 แยกองค์ประกอบของของเสียอันตราย ได้แก่ ถ่านไฟฉาย

1.3.1.4 แยกองค์ประกอบอื่นๆ (Miscellaneous component) ที่มีขนาดมากกว่า และน้อยกว่า 1 เซนติเมตร

ตาราง 5 แสดงการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

พารามิเตอร์	รายละเอียดและวิธีการวิเคราะห์
<u>การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ</u>	
1. ความหนาแน่น (Density)	โดยการหาสัดส่วนของมวลวัสดุเก่าที่ชั่งได้เป็นกิโลกรัม ต่อปริมาตรที่ชั่งได้ 1 ลูกบาศก์เมตร
2. องค์ประกอบ	โดยวิธี Hand sorting
3. ค่าความชื้น (Moisture content)	อบที่อุณหภูมิ 75 -100 °C 3-4 วัน (ไพศาล ผดุงศิริกุล, 2535)
<u>การวิเคราะห์ทางด้านเคมี</u>	
1. ค่าพีเอช (pH)	ใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ โดยให้อัตราส่วนโดยน้ำหนักตัวอย่าง : น้ำ เท่ากับ 1 : 2.5 (Mclean, E., 1986)
2. เจลดาหล์ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen (APHA, AWWA and WEF, 1992)
3. แอมโมเนียไนโตรเจน	Titrimetric method (APHA, AWWA and WEF, 1992)
4. ไนโตรที่ไนโตรเจน และ ไนเตรทไนโตรเจน	Devada's alloy method (APHA, AWWA and WEF, 1992)
5. ฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลาย แอมโมเนียมไนเตรดไฮโดรคลอริก	Ammonium fluoride-HCl extraction (Dewis, J. and Freitas, F., 1970)
6. โฟสเฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลาย แอมโมเนียมอะซิเตต	Ammonium acetate extraction (Dewis, J. and Freitas, F., 1970)
7. คาร์บอน	หาค่าเปอร์เซ็นต์แฉ่า (ไพศาล ผดุงศิริกุล, 2535)
8. ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้	หาค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอน (ไพศาล ผดุงศิริกุล, 2535)
9. โลหะหนัก (แคดเมียม ปรอท และ ตะกั่ว)	โดยวิธีย่อยด้วยกรดไนตริก และกรดเปอร์คลอริก และตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP (Okamoto, K., 1982)






1.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ นำตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาอบแห้งและบดให้ละเอียด นอกจากนี้ได้นำวัสดุปิดกมลมูลฝอย (ทราย) มาทำการวิเคราะห์หาลักษณะสมบัติทางเคมีด้วยเช่นกัน ดังมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง 5 อนึ่งนอกจากจะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีแล้ว ยังได้นำมาทำการสกัดด้วยน้ำที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 5 7 และ 8 ของตัวอย่างที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี โดยสัดส่วนการสกัดทำด้วยอัตราส่วนของวัสดุเก่าต่อน้ำสกัดเท่ากับ 1 ต่อ 30 สำหรับตัวอย่างที่มีอายุ 5 7 8 และ 9 ปี สำหรับวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 ปี จะสกัดด้วยอัตราส่วนของวัสดุเก่าต่อน้ำสกัดเท่ากับ 1 ต่อ 50 เนื่องจากมีความเข้มข้นของมลสารสูงกว่า จากนั้นทำการสกัดโดยการเขย่านาน 1 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 42) นำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าซีไอดี และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังแสดงรายละเอียดของการวิเคราะห์ในตาราง 7

1.4 พิจารณาผลจากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมี ที่ได้จากข้อ 1.3 เช่น ค่าสภาพเสถียรในการถูกย่อยสลาย และความสามารถในการปลดปล่อยมลสารออกมา ได้แก่ ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ พรอท ตะกั่ว แคดเมียม และความเข้มข้นของมลสารในรูปซีไอดี และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำสกัดจากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ เพื่อเลือกใช้เป็นตัวอย่างที่จะนำไปทำการทดลองในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ใหม่ ทั้งนี้จะเน้นถึงการนำมาเพื่อใช้เป็นวัสดุปิดกมลมูลฝอยโดยศึกษาเปรียบเทียบกับดิน ซึ่งการศึกษามีรายละเอียดดังนี้






นำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งได้แก่วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ 9 ปี มาเพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ทั้งนี้พิจารณาจากลักษณะองค์ประกอบของวัสดุที่เป็นอยู่ และอายุการฝังกลบ) การทดลองได้ดำเนินการโดยนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ และตัวอย่างดินเพื่อใช้ควบคู่กับวัสดุเก่าในการทดลองในแบบจำลอง มาบรรจุเรียงเป็นชั้น ๆ ลงในภาชนะรูปทรงกระบอก ดังมีรายละเอียดของการบรรจุแสดงในตาราง 6 โดยทำการทดลองรูปแบบละ 1 ชั้น เนื่องจากเป็นการทดลองระดับ Small scale เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ และหากมีแนวโน้มความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงแล้ว จะต้องทำการศึกษาทดลองในระดับ Pilot scale อีกครั้งเพื่อให้ทราบถึงผลที่ได้รับ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ได้แบ่งเป็น 3 การทดลอง การบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ จะบรรจุด้วยความหนาแน่น 780 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เป็นค่าความหนาแน่นของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่คำนวณได้จากการศึกษา

ตาราง 6 แสดงเงื่อนไขการทดลอง และรูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบในชุดทดลองต่าง ๆ ทั้ง 3 การทดลอง

การทดลองที่	การเติมน้ำให้กับระบบ และ วัสดุเก่าที่ใช้ทดลอง	รูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบ
1	- ใช้น้ำซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5 - ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ แบบรวมในทุกรูปแบบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอย่างเดียว  2. ใช้ดินอย่างเดียว  3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของ วัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของ วัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ ฝังกลบ (รูปแบบแซนวิช) 



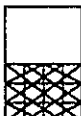
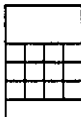
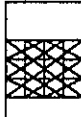
หมายเหตุ : ความหนาแน่นในการบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแบบรวมและดิน คือ 780 และ 1,230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงเงื่อนไขการทดลอง และรูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบในชุดทดลองต่าง ๆ ทั้ง 3 การทดลอง (ต่อ)

การทดลองที่	การเติมน้ำให้กับระบบ และ วัสดุเก่าที่ใช้ทดลอง	รูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบ
2	- ใช้น้ำซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 - ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ แบบรวมในทุกรูปแบบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอย่างเดียว  2. ใช้ดินอย่างเดียว  3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของ วัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของ วัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ ฝังกลบ (รูปแบบแซนวิช) 

หมายเหตุ : ความหนาแน่นในการบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแบบรวมและดิน คือ 780 และ 1,230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงเงื่อนไขการทดลอง และรูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบในชุดทดลองต่าง ๆ ทั้ง 3 การทดลอง (ต่อ)

การทดลองที่	การเติมน้ำให้กับระบบ และวัสดุเก่าที่ใช้ทดลอง	รูปแบบการบรรจุวัสดุทดสอบ
3	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้น้ำซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5 - ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแบบรวมในรูปแบบที่ 1 - ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ได้คัดแยกขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 1 เซนติเมตร ในรูปแบบที่ 2-5 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแบบรวม โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแบบรวมอยู่ด้านล่าง  2. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ด้านล่าง  4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ (รูปแบบแซนวิช)  5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ (รูปแบบแซนวิช) 

หมายเหตุ : ความหนาแน่นในการบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 ซม. มากกว่า 1 ซม. และ ดิน คือ 1,365 663 และ 1,230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

จากพื้นที่ฝั่งกลบจริง) สำหรับการทดลองที่ 1 และ 2 แต่สำหรับการทดลองที่ 3 ได้ทำการบรรจุวัสดุเก่าที่มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 1 เซนติเมตร ด้วยความหนาแน่น 663 และ 1,365 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และสำหรับการบรรจุดินจะบรรจุด้วยความหนาแน่น 1,230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เป็นค่าความหนาแน่นของดินซึ่งได้จากการศึกษาจากบริเวณของสถานที่ดินเดิม) จากนั้นทำการเติมน้ำให้กับระบบทั้ง 3 การทดลอง (ตาราง 6) คือ การทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่มีการปรับค่าพีเอชเท่ากับ 5 และการทดลองที่ 2 ใช้น้ำที่มีการปรับค่าพีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งได้ทดสอบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่เหมือนกัน 5 รูปแบบ สำหรับการทดลองที่ 3 ใช้น้ำที่มีการปรับค่าพีเอชเท่ากับ 5 แต่ทดสอบภายใต้เงื่อนไขการใช้งาน 5 รูปแบบที่ต่างจากการทดลองที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลขององค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบต่อการนำมาใช้งาน

สำหรับการเติมน้ำในแบบจำลองเพื่อทดลอง จะดำเนินการเติมทุกวัน ๆ ละ 8 ลิตร โดยค่าอัตราการเติมน้ำให้กับระบบนี้ คิดเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่ตกลงมาในจังหวัดสงขลา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการหาปริมาตรของรูปทรงกระบอก โดยที่รัศมีของรูปทรงกระบอกเท่ากับ 13.75 เซนติเมตร และปริมาณน้ำฝนสูงสุดต่อวันเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2533-2539 เท่ากับ 14.21 เซนติเมตร (อุตุนิยมวิทยภาคใต้ฝั่งตะวันออกจังหวัดสงขลา, ม.ป.ป.) จากผลการคำนวณนี้จะได้ปริมาณน้ำฝนประมาณ 8 ลิตรที่ต้องเติมในแบบจำลอง เริ่มทำการบันทึกผลการซึมน้ำซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (วัดระดับน้ำที่ลดลงจากที่เติมลงไป ซึ่งผ่านชั้นวัสดุทดสอบทันทีหลังจากที่เติมน้ำให้กับระบบในแต่ละวัน) รอให้น้ำไหลซึมลงมาแล้วทำการเก็บน้ำที่ไหลซึมที่ปลายด้านล่างของแต่ละชุดทดลองมาหาปริมาตรทุกวัน ทำการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน (ปริมาณน้ำที่สามารถซึมผ่านวัสดุทดสอบได้ในระยะเวลา 1 วัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำที่เติมให้ระบบ) และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน (ปริมาณน้ำที่ไม่สามารถซึมผ่านเพราะถูกวัสดุทดสอบดูดซับเอาไว้ในระยะเวลา 1 วัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำที่เติมให้ระบบ) หลังจากนั้นนำน้ำที่ไหลซึมนี้ไปทดสอบหาปริมาณมลสารต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ค่าพีเอชของแข็งแขวนลอย ซีไอดี บีไอดี เจลคาล์นไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโลหะหนัก เช่น ปรีออกแคดเมียม และตะกั่ว (ตาราง 7) ในแต่ละการทดลองจะทำการเติมน้ำให้กับระบบต่อเนื่องติดต่อกันประมาณ 10-20 วัน สำหรับกรณีที่ระบบไม่สามารถรับปริมาณน้ำที่เติมลงไป 8 ลิตรได้เนื่องจากเกิดการอุดตันนั้น จะทำการเติมน้ำอย่างต่อเนื่องประมาณ 1 ลิตร ทุก ๆ วัน และบันทึกปริมาณน้ำที่สามารถไหลผ่านลงไปได้เท่านั้น หลังจากนั้นดำเนินการเก็บน้ำที่ไหลซึมนี้ไปทดสอบเช่นเดียวกับรูปแบบปกติ

ตาราง 7 แสดงวิธีการวิเคราะห์ด้านเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. ฟิเอช	ใช้เครื่องฟิเอชมิเตอร์
2. ซีไอดี	Dichromate digestion method (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2525)
3. บีไอดี	Azide modification method (APHA, AWWA and WEF, 1992)
4. เจลดาล์ไนโตรเจน	Total Kjeldahl Nitrogen (APHA, AWWA and WEF, 1992)
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Persulfate digestion method (APHA, AWWA and WEF, 1992)
6. ของแข็งแขวนลอย	Gravimetric method (APHA, AWWA and WEF, 1992)
7. โลหะหนัก (แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว)	Nitric acid digestion และตรวจวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP (APHA, AWWA and WEF, 1992)

3. การวิเคราะห์และประเมินผล พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการใช้ประโยชน์ของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบผลของการทดลองที่ได้จากข้อ 2

บทที่ 3

ผลการวิจัย

ลักษณะการฝังกลบของพื้นที่ฝังกลบที่ศึกษา

พบว่า การฝังกลบของพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลาในช่วง 6-9 ปี เป็นไปตามแบบแผน (จากการให้ข้อมูลของผู้รับผิดชอบด้านการฝังกลบ) คือฝังกลบตามลำดับปี ซึ่งมีพื้นที่ 2,593 ตารางเมตรในแต่ละปี แต่หลังจากนั้นพบว่าวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 ปี มีการฝังกลบที่ไม่เป็นไปตามรูปแบบเดิมที่ได้ดำเนินการมา กล่าวคือ การฝังกลบจะทับบนพื้นที่เก่าที่มีอายุ 3-5 ปี (ภาพประกอบ 9) ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถขุดลึกได้ในระดับเดียวกับวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในอายุการฝังกลบอื่น ๆ (ภาพประกอบ 10-11) นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบการดำเนินการในทุกอายุการฝังกลบนั้น ทางเทศบาลได้ใช้ทรายจากในบริเวณพื้นที่ฝังกลบซึ่งอยู่ห่างจากชายฝั่งทะเล 300-400 เมตรเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย จึงทำให้เกิดเป็นชั้นของมูลฝอยและทรายสลับกัน การปิดกลบในแต่ละชั้นพบว่ามีความหนาของชั้นปิดกลบไม่สม่ำเสมอ ทรายจะแทรกกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อมูลฝอย ดังแสดงในภาพประกอบ 12-14

Sinclair Knight and Partners, Pty Ltd., *et al.* (1983) และบริษัทสยามเทคกรุ๊ป จำกัด, (2540) ได้ทำการเจาะดินในบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมาทดสอบ พบว่าเป็นดินทรายซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุปิดกลบ เนื่องจากทำให้น้ำระเหยมูลฝอยปนเปื้อนลงไปยังชั้นของน้ำใต้ดินได้ง่าย และจากการตรวจสอบระดับน้ำจากปอดตรวจสอบน้ำใต้ดิน พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีความลึกอยู่ในช่วง 1.2 ถึง 1.5 เมตร ซึ่งถือว่ามีความลึกน้อยมาก ดังนั้นในสภาพปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าสถานที่กำจัดมูลฝอยแห่งนี้มีแนวโน้มก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังรายงานการศึกษาของ นรพัทธ์ ทวงเดชะ (2540)

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา

ได้ทำการศึกษาวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ดังนี้ (ตาราง 8 และภาพประกอบ 15)



ภาพประกอบ 9 แสดงบริเวณฝังกลบวัสดุเก่าที่มีอายุ 2 ปี บนพื้นที่ฝังกลบวัสดุเก่าอายุ 3-5 ปี



ภาพประกอบ 10 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 ปี



ภาพประกอบ 11 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 5 ปี



ภาพประกอบ 12 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 7 ปี



ภาพประกอบ 13 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 8 ปี



ภาพประกอบ 14 แสดงสภาพวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 9 ปี

1. องค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก

องค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก ได้แก่ พลาสติก โฟม ยาง ผ้า ไม้ กระดาษ หนังสือ กระดุกและเปลือกหอย โลหะ พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีองค์ประกอบประเภทนี้เท่ากับ 32.35 11.73 24.14 27.36 และ 45.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบประเภทนี้มีปริมาณสูงเป็นอันดับสองรองจากองค์ประกอบอื่น ๆ และพบว่าในอายุการฝังกลบที่ 9 ปี จะมีองค์ประกอบประเภทนี้สูงที่สุดโดยเฉพาะยาง ผ้า ไม้ กระดุกและเปลือกหอย รวมทั้งโลหะ เนื่องจากมีไม้จำพวกกะลามะพร้าว ท่อนไม้ และไม้ที่มีลักษณะย่อยสลายช้าอยู่เป็นปริมาณสูง แต่พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 5 ปี จะมีองค์ประกอบประเภทนี้ต่ำที่สุด ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการผันแปรของข้อมูลองค์ประกอบวัสดุจากพื้นที่ฝังกลบเก่า แม้ว่าพยายามเก็บตัวอย่างแบบ Composite sample ก็ตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพและลักษณะของมูลฝอยที่ฝังกลบในพื้นที่ฝังกลบนั้น ๆ นั้นเอง

2. องค์ประกอบที่ย่อยไม่ได้

องค์ประกอบที่ย่อยไม่ได้ ได้แก่ แก้ว กระเบื้องและหิน พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีองค์ประกอบประเภทนี้เท่ากับ 2.98 4.90 3.41 5.04 และ 11.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในทุกอายุการฝังกลบจะมีองค์ประกอบนี้สูงเป็นอันดับสาม และพบว่าในอายุการฝังกลบที่ 9 ปีจะมีองค์ประกอบประเภทนี้สูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการทิ้งเศษแก้ว กระเบื้องและหินมากในช่วงนั้น แต่อย่างไรก็ตามในอายุการฝังกลบที่ 7 ปี พบว่ามีองค์ประกอบประเภทนี้ต่ำกว่าปีที่ 5

3. องค์ประกอบของของเสียอันตราย

พบเพียงถ่านไฟฉายชนิดเดียว ในอายุการฝังกลบที่ 8 และ 9 ปี เท่านั้น คือ 0.25 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. องค์ประกอบอื่น ๆ

พบว่าปริมาณสูงเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร และองค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยพบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 จะมีองค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร เท่ากับ 54.24 67.68 67.59 61.30 และ 41.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงในทุกอายุการฝังกลบ ลักษณะในส่วนขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตรนี้ พบว่าส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยทราย ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ทรายเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย จึงทำให้พบองค์ประกอบประเภทนี้สูงที่สุด แต่จากปริมาณที่พบในแต่ละปีมีปริมาณไม่เท่ากัน อาจจะเป็นเพราะสภาพการฝังกลบในแต่ละชั้นของวัสดุปิดกลบมีการดำเนินการที่ไม่คงที่จึงทำให้ความหนาและบางของชั้นปิดกลบแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณขององค์ประกอบในส่วนนี้แตกต่างกันไปด้วย สำหรับองค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร ในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 จะมีเท่ากับ 10.43 15.69 4.86 6.05 และ 2.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลักษณะขององค์ประกอบในส่วนนี้มีข้อสังเกตว่าประกอบด้วยเศษจากการย่อยสลาย และเศษวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งยากต่อการจำแนกประเภท จากข้อมูลที่สำรวจได้พบว่าช่วงอายุการฝังกลบหลัง จะพบองค์ประกอบส่วนนี้ได้มากกว่า

5. ความหนาแน่นของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 7 8 และ 9 ปี เป็นดังนี้ คือ 800 671 และ 780 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน (สำหรับอายุการฝังกลบ 2 และ 5 ปี ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากมีอุปสรรคการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ จึงไม่สามารถทำการหาข้อมูลในส่วนนี้ได้)

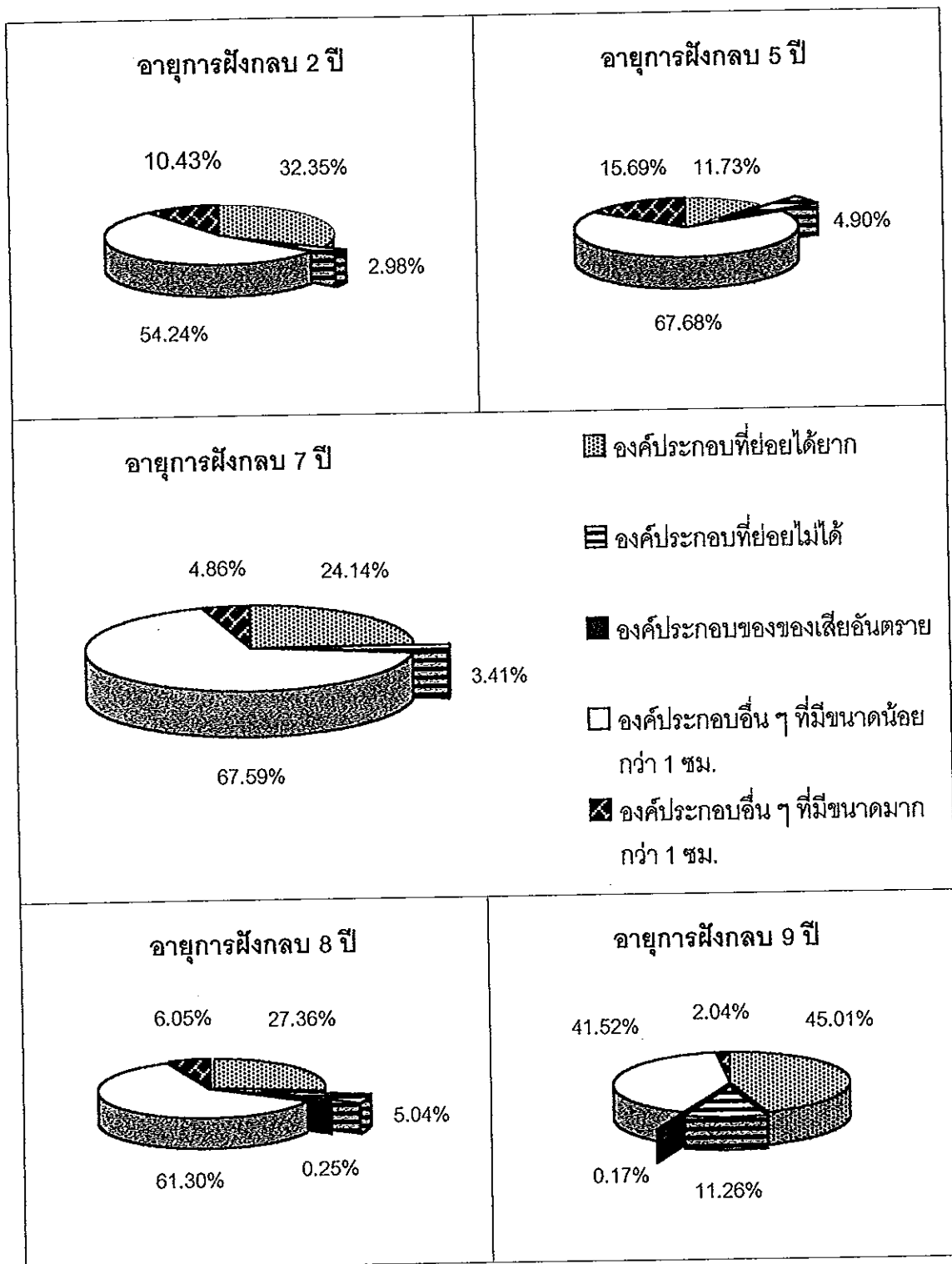
6. ค่าความชื้น

พบว่าวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี มีค่าความชื้น เท่ากับ 34.62 26.92 10.90 12.80 และ 10.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าสูงที่สุดในอายุการฝังกลบ 2 ปี และต่ำสุดในอายุการฝังกลบ 7 และ 9 ปี ซึ่งสอดคล้องกับสภาพของมูลฝอยที่เก็บได้ กล่าวคือ วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 ปี จะมีสภาพค่อนข้างสด มีกลิ่นเหม็นจัด แต่ในตัวอย่างมูลฝอยที่มีอายุมากขึ้นจะแห้งและมีกลิ่นน้อย อนึ่ง สำหรับวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 8 ปี พบว่ามีความชื้นสูงกว่าในวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 7 และ 9 ปี เล็กน้อยเนื่องจากในวันที่เก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 7 และ 9 ปีนั้นไม่มีฝนตก แต่ก่อนวันเก็บวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 8 ปีมีฝนตก จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุเก่าในอายุ 8 ปี มีค่าสูงกว่าปีที่ 9 และ 7 เล็กน้อย

ตาราง 8 แสดงลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี

ประเภท	อายุการฝังกลบ (ปี)					วัสดุที่ใช้ปิดกลบ (ทราย)
	2	5	7	8	9	
องค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ย่อยได้ยาก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)						
- พลาสติก	7.30	5.89	9.08	10.12	5.86	-
- โฟม	0.27	0.00	0.25	0.13	0.11	-
- ยาง	0.19	0.08	0.18	0.76	0.98	-
- ผ้า	0.21	1.05	0.16	1.12	3.93	-
- ไม้	12.52	2.94	9.60	9.33	28.81	-
- กระดาษ	9.39	1.34	0.95	1.40	0.23	-
- หนังสือ	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	-
- กระจุกและเปลือกหอย	0.79	0.00	0.57	0.88	1.18	-
- โลหะ	1.68	0.43	3.35	3.60	3.91	-
รวม	32.35	11.73	24.14	27.36	45.01	-
องค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ย่อยไม่ได้ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)						
- แก้ว	1.36	1.96	1.96	3.62	4.42	-
- กระเบื้องและหิน	1.62	2.94	1.45	1.42	6.84	-
รวม	2.98	4.90	3.41	5.04	11.26	-
องค์ประกอบของของเสียอันตราย (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)						
- ถ่านไฟฉาย	0.00	0.00	0.00	0.25	0.17	-
รวม	0.00	0.00	0.00	0.25	0.17	-
องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)						
- ขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร	54.24	67.68	67.59	61.30	41.52	-
- ขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร	10.43	15.69	4.86	6.05	2.04	-
รวม	64.67	83.37	72.45	67.35	43.56	-
รวมทั้งสิ้น	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	-	-	800	671	780	-
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	34.62	26.92	10.90	12.80*	10.90	5.77

* หมายถึง มีฝนตกก่อนวันเก็บตัวอย่างล่วงหน้า 1 วัน



ภาพประกอบ 15 แสดงองค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา

ได้ทำการศึกษาวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี และวัสดุที่ใช้ปิดกลบในพื้นที่ฝังกลบ (ทราย) ดังแสดงได้ในตาราง 9 หน้า 41

1. ค่าพีเอช

พบว่าค่าพีเอช 8.38 7.81 7.29 7.47 และ 7.13 ในอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปีตามลำดับ ในอายุการฝังกลบ 2 ปี พบว่ามีค่าพีเอชสูงที่สุดคือ 8.38 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามูลฝอยยังอยู่ในช่วงการย่อยสลาย โดยเฉพาะอาจอยู่ในช่วงระยะปลายของเทอร์โมฟิลิค (Thermophilic stage) จนถึงระยะต้นของคูลลิ่งดาวน์ (Cooling down stage) เพราะมีค่าพีเอช ระหว่าง 8.0-9.0 และในอายุการฝังกลบ 5 7 8 และ 9 ปี มีค่าพีเอชอยู่ในช่วงระยะแมทิวริง (Maturing stage) เพราะมีค่าพีเอชระหว่าง 7.0-8.0 (Gray, *et al.*, 1971, quoted in Danteravanich, S., 1989) อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่สามารถได้ อาจกล่าวได้ว่าในปีการฝังกลบที่มากขึ้นวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบจะมีค่าความเป็นกลางถึงต่างมากขึ้น (สนใจ กาญจนวงศ์ และคณะ, 2540)

2. คาร์บอน

พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีคาร์บอนเท่ากับ 36.53 43.54 24.27 44.92 และ 43.28 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบที่ 9 ปี พบว่ามีค่าสูงซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลด้านกายภาพที่พบว่ามีองค์ประกอบพวกที่ย่อยได้ยากโดยเฉพาะไม้ที่อยู่สูง

3. ค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้

พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี มีค่าเท่ากับ 65.75 78.36 43.68 80.85 และ 77.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างสูง เพราะมีองค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก เช่น พลาสติก ไม้ และกระดาษค่อนข้างสูงซึ่งแสดงว่าวัสดุเก่านี้ยังมีสภาพของการนำไปเผาไหม้ได้ นอกจากนี้พบว่าค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ในแต่ละปีฝังกลบเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าคาร์บอน

4. องค์ประกอบไนโตรเจน

4.1 เจลดาลหีไนโตรเจน พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีค่าเท่ากับ 6.23 4.13 3.43 3.78 และ 4.69 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบที่ 2 ปี จะมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบน้อยที่สุด การย่อยสลายอาจยังไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ตรวจพบว่ามีปริมาณเจลดาลหีไนโตรเจนสูงกว่าปีอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาใน

อายุการฝังกลบที่ 5 7 8 และ 9 ปี พบว่า ค่าไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 3.43-4.69 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หนึ่งในอายุการฝังกลบที่ 9 ปีมีค่าเจลดาลที่ไนโตรเจนสูงกว่าปีที่ 5-8 สาเหตุเกิดขึ้นเพราะองค์ประกอบของวัสดุที่ได้ในปีที่มีอายุ 9 ปีนั้นยังคงประกอบไปด้วยองค์ประกอบในส่วนที่ย่อยสลายได้ยากอยู่เป็นปริมาณสูงโดยเฉพาะไม้ ดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อข้างต้น

4.2 อินทรีย์ไนโตรเจน พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีค่าเท่ากับ 6.020 3.556 3.150 3.472 และ 4.298 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มค่าอินทรีย์ไนโตรเจนมีลักษณะเช่นเดียวกับเจลดาลที่ไนโตรเจนที่ตรวจพบได้ แต่จากข้อมูลที่ได้ศึกษาได้ อาจกล่าวได้ว่าไนโตรเจนที่ตรวจพบในตัวอย่างที่ได้จากวัสดุจากพื้นที่ฝังกลบนั้นจะอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนมากที่สุด

4.3 แอมโมเนียไนโตรเจน พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี มีค่าเท่ากับ 0.168 0.252 0.140 0.140 และ 0.168 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบ 5 ปีมีค่าสูงที่สุด และจากการศึกษาของ Karnchanawong, S., et al. (1997) พบว่ามูลฝอยในชั้นล่าง ๆ จะมีการย่อยสลายได้ช้าเพราะขาดก๊าซออกซิเจนในการช่วยย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนไปเป็นก๊าซแอมโมเนียจะเกิดขึ้นที่ชั้นบน ๆ ของพื้นที่ฝังกลบ เนื่องจากว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในชั้นที่ลึก ๆ มีค่าต่ำซึ่งจุลินทรีย์ไนตริไฟอิงไม่ชอบสภาวะนี้ นอกจากนี้การฝังกลบที่มีอายุ 5 ปีได้อยู่ได้อายุการฝังกลบ 2 ปี ทำให้ลดการระเหยของก๊าซแอมโมเนียลง จึงทำให้พบแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าในอายุการฝังกลบ 2 ปี ซึ่งอยู่ด้านบนและมีสภาพเป็นต่างที่ทำให้ก๊าซแอมโมเนียระเหยไปบ้าง แต่ก็ถูกชะออกมาในปริมาณสูงกว่าปีที่ 7 และ 8 ซึ่งมีสภาพค่อนข้างเป็นกลางสำหรับในอายุการฝังกลบที่ 9 ปี พบว่ายังมีค่าสูง เนื่องจากมีการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์

4.4 ไนโตรที่ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีค่าเท่ากับ 0.056 0.070 0.056 0.042 และ 0.056 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

5. ค่าฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ในกรดไฮโดรคลอริก

พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีค่าเท่ากับ 2.04 1.70 1.87 1.30 และ 1.22 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบที่ 2 ปีจะมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากอายุการฝังกลบน้อย จึงมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ ทำให้พบว่ามีค่าสูง และเมื่อพิจารณาในอายุการฝังกลบที่ 7 8 และ 9 ปี พบว่า มีแนวโน้มค่าฟอสฟอรัสลดลงตามลำดับ

6. โฟลทเฮลเซียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต

พบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 ปี จะมีค่าเท่ากับ 5.60 1.45 0.16 0.10 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบที่ 2 ปีจะมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากอายุการฝังกลบน้อย จึงมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ และเมื่อพิจารณาในอายุการฝังกลบที่ 5 7 8 และ 9 ปี พบว่ามีแนวโน้มค่าโฟลทเฮลเซียมลดลง แต่ในปีการฝังกลบที่ 9 ปีมีค่าสูงเนื่องจากมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์และมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่บ้างจึงทำให้ตรวจพบว่ามีโฟลทเฮลเซียมอยู่สูงกว่าปี 5-8 เล็กน้อย

7. โลหะหนัก

7.1 ตะกั่ว ในอายุการฝังกลบ 2 ปี พบว่าตรวจไม่พบตะกั่ว โดยวิธีการวิเคราะห์มีค่าดีเทคชันลิมิต 7.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับอายุการฝังกลบที่ 5 7 8 และ 9 ปี จะมีตะกั่วเท่ากับ 41.025 34.482 98.592 และ 38.372 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งในอายุการฝังกลบที่ 8 ปี จะมีค่าสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางกายภาพที่ตรวจพบถ่านไฟฉายในระหว่างการแยกองค์ประกอบ

7.2 แคดเมียม พบในอายุการฝังกลบที่ 9 ปีเท่านั้น คือ 1.998 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับในอายุการฝังกลบ 2 5 7 และ 8 ปี ตรวจไม่พบ โดยมีค่าดีเทคชันลิมิตเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง การตรวจพบแคดเมียมในตัวอย่างปีที่ 9 จะสอดคล้องกับข้อมูลองค์ประกอบของวัสดุเก่าที่ศึกษาได้เช่นกัน กล่าวคือ พบองค์ประกอบพวกถ่านไฟฉายในตัวอย่างปีที่ 9

7.3 ปรอท พบว่าในทุกอายุการฝังกลบ ตรวจไม่พบ โดยที่ค่าดีเทคชันลิมิต คือ 15.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุที่ใช้สำหรับปิดกลบในพื้นที่ฝังกลบ (ทราย) ซึ่งยังไม่ได้มีการนำไปใช้นั้น พบว่ามีค่าต่ำที่สุดทุกค่า (ตาราง 9 หน้า 41)

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่สกัดได้ จากการสกัดวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 7 และ 8

ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 7 และ 8 โดยการเขย่านาน 1 ชั่วโมงและกรองด้วยกระดาษกรอง

1. ค่าซีไอดี

พบว่า น้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปีด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 มีค่าซีไอดี ดังนี้ คือ 1,042 483 278 237 และ 321 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในน้ำสกัดพีเอช 7 มีค่าดังนี้ คือ 1,028 417 252 203 และ 263 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในน้ำสกัดพีเอช 8 มีค่าดังนี้ คือ 1,158 420 252 211 และ 292 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของน้ำที่สกัดได้ทั้ง 3 พีเอช พบว่า ในอายุการฝังกลบ 2 ปี มีค่าสูงที่สุดเนื่องจากเป็นวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบน้อย การย่อยสลายอาจไม่สมบูรณ์และอาจจะมีสิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ จึงทำให้มีค่าซีไอดีสูง เมื่อพิจารณาในอายุการฝังกลบ 5 7 และ 8 ปี พบว่าแนวโน้มของค่าซีไอดีจะลดลงตามลำดับ แต่ในอายุการฝังกลบ 9 ปีมีค่าสูงกว่าปีที่ 7 และ 8 เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ย่อยได้ยากจำพวก ไม้ ผ้า เป็นต้น อยู่ในปริมาณสูงดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.1

2. ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

พบว่า น้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปีด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดดังนี้ คือ 0.0692 0.0625 0.0272 0.0243 และ 0.0268 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในน้ำสกัดพีเอช 7 มีค่าดังนี้ คือ 0.0748 0.0724 0.0371 0.0294 และ 0.0339 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในน้ำสกัดพีเอช 8 มีค่าดังนี้ คือ 0.0843 0.0659 0.0304 0.0287 และ 0.0304 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมของทุกอายุการฝังกลบในแต่ละพีเอชของน้ำที่ใช้สกัด พบว่าน้ำที่ได้จากการสกัดวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำที่ใช้สกัดพีเอช 5 7 และ 8 มีความแตกต่างกันเล็กน้อย รวมทั้งพบว่าแนวโน้มของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในอายุการฝังกลบ 2 5 7 และ 8 ปี มีค่าลดลงตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามอายุของการฝังกลบที่มากขึ้น โดยอาจเป็นไปได้ว่าในอายุการฝังกลบ 2 ปียังมีฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่ในตัววัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบสูง แต่เมื่อพิจารณาในอายุการฝังกลบ 9 ปี พบว่ามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงใกล้เคียงกับอายุการฝังกลบ 7 ปี เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ย่อยได้ยากและย่อยไม่ได้สูง

สำหรับการวิเคราะห์ค่าซีไอดี และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่สกัดได้จากวัสดุที่ใช้ในการปิดกลบในพื้นที่ฝังกลบ (ทราย) พบว่ามีค่าต่ำ ดังแสดงในตาราง 9

จากผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในช่วงแรกนี้ พบว่าในปีที่มีอายุการฝังกลบ 9 ปี จะมีองค์ประกอบที่ย่อยได้ยากและย่อยไม่ได้สูงที่สุด มีองค์ประกอบของเสียอันตรายผสมอยู่ และองค์ประกอบอื่นๆ ต่ำที่สุด รวมทั้งมีความชื้นต่ำด้วย

ตาราง 9 แสดงลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ และน้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี รวมทั้งวัสดุที่ใช้ปิดกลบ (ทราย)

พารามิเตอร์	อายุการฝังกลบ (ปี)					วัสดุที่ใช้ปิดกลบ (ทราย)
	2	5	7	8	9	
พีเอช	8.38	7.81	7.29	7.47	7.13	4.56
ค่าคาร์บอน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	36.53	43.54	24.27	44.92	43.28	0.36
ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	65.75	78.36	43.68	80.85	77.89	0.64
ค่าเจดคาลในไตรเจน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	6.23	4.13	3.43	3.78	4.69	0.14
ค่าอินทรีย์ในไตรเจน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	6.020	3.556	3.150	3.472	4.298	0.140
ค่าแอมโมเนียในไตรเจน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	0.168	0.252	0.140	0.140	0.168	0.042
ค่าไนเตรทในไตรเจนและไนโตรที่ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	0.056	0.070	0.056	0.042	0.056	0.014
ฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมในกรดไฮโดรคลอริก (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	2.04	1.70	1.87	1.30	1.22	0.01
โพแทสเซียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	5.60	1.45	0.16	0.10	0.20	0.00
ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	nd*	41.025	34.482	98.592	38.372	nd*
แคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	nd*	nd*	nd*	nd*	1.998	nd*
ปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
ค่าซีไอดีในน้ำสกัด - พีเอช 5	1042	483	278	237	321	124
(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) - พีเอช 7	1028	417	252	203	263	38
- พีเอช 8	1158	420	252	211	292	72
ค่าฟอสฟอรัสในน้ำสกัด - พีเอช 5	0.0692	0.0625	0.0272	0.0243	0.0268	0.0029
(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) - พีเอช 7	0.0748	0.0724	0.0371	0.0294	0.0339	0.0046
- พีเอช 8	0.0843	0.0659	0.0304	0.0287	0.0304	0.0057

หมายเหตุ : nd* = non-detected

ซึ่งค่าดีเทคชันลิมิตของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 50 1 และ 100 พีพีบี ตามลำดับ โดยใช้ตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่อบแห้ง 0.2 กรัมมาย่อยและปรับปริมาตรให้ได้ 30 มิลลิลิตร หรือค่าดีเทคชันลิมิตของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 7.50 0.15 และ 15.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

สำหรับลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 9 ปี พบว่ามีค่าพีเอชเป็นกลาง ค่าฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ในกรดไฮโดรคลอริกต่ำที่สุด ค่าโพแทสเซียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตตอยู่ในระดับต่ำ และอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าสูงอยู่ เพราะมีองค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก เช่น ฝ้าย ยาง และไม้ที่ยังไม่ย่อยสลาย ในปริมาณสูง จึงทำให้ค่าคาร์บอนสูง และจากปัจจัยเหล่านี้จึงทำให้อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่าในวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบน้อยกว่า ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัสดุเก่าที่มีอายุ 9 ปีนี้ อาจจะยังมีการย่อยสลายต่อไปได้อีก นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่สกัดได้จากน้ำที่ใช้สกัดพีเอช 5 7 และ 8 ในวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี พบว่าในอายุการฝังกลบ 9 ปีมีค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าปีที่ 8 และ 7 ซึ่งข้อมูลนี้สะท้อนให้เห็นว่า แม้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบจะมีอายุนานแต่การย่อยสลาย อาจจะยังไม่เสถียรที่สุดได้ ทั้งนี้เกิดจากความแตกต่างกันในแง่ของวัสดุที่ได้ฝังกลบในแต่ละปีนี้อาจไม่เหมือนกันจึงทำให้ได้ลักษณะสมบัติทางเคมีในรูปน้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 9 ปีที่ศึกษาได้ มีค่าสูงกว่าอายุ 8 และ 7 ปี และด้วยข้อสังเกตที่ศึกษาพบว่า วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุมากที่สุดคือ 9 ปี แต่ยังคงแสดงสภาพว่าอาจมีค่าการชะล้างของมลสารออกมาได้มากกว่าปีที่มีอายุการฝังกลบน้อยกว่า ถึงแม้ว่าในอายุการฝังกลบที่น้อยกว่าจะมีลักษณะสมบัติแสดงว่ามีค่าเสถียรของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ดีกว่าก็ตาม การทดลองในช่วงที่สองจึงได้เลือกใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 9 ปีมาศึกษาต่อ โดยคาดหวังว่าจะได้ข้อมูลเบื้องต้นของการชะล้างมลสารของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุนาน ๆ ได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งการทดลองในขั้นต่อไปนี้ได้ใช้น้ำที่ใช้ชะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ที่มีสภาพใกล้เคียงน้ำฝน และน้ำที่เกิดจากการหมักของตัววัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในระยะแรก คือจะมีสภาพเป็นกรดและกรดอ่อน ที่ซึ่งสามารถกัดกร่อนโลหะได้ดีกว่าสภาพที่เป็นด่าง และทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในด้านโลหะหนักของน้ำชะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบต่อน้ำใต้ดินสูงได้ในภายหลัง การทดลองในช่วงหลังนี้ จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบน้ำที่ถูกระหว่างวัสดุทดสอบในแบบจำลองที่คาดว่าจะนำมาใช้ปิดกลบมูลฝอยด้วยน้ำที่ใช้ชะที่มีค่าพีเอช 5 และ 7

ผลการศึกษาการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ และลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ

ในการทดลองแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ ได้ดำเนินการทดสอบน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบในแบบจำลองที่เกิดจากน้ำที่มีค่าพีเอช 5 และ 7 โดยมีรูปแบบทั้งหมด 5 รูปแบบ ดังได้

แสดงในตาราง 6 หน้า 25 (การทดลองที่ 1 และ 2) เพื่อศึกษาถึงการซึมซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตร ต่อวินาที เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน และเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน สำหรับ ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลอง ได้ศึกษาถึงของแข็งแขวนลอย ทีเอช บีไอดี ซีไอดี เจลตาลหีโนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด รวมทั้งโลหะหนัก ซึ่งได้แก่ ปรอท ตะกั่วและแคดเมียม ทั้งนี้ได้คำนวณลักษณะสมบัติทางเคมีที่ศึกษาได้ในเทอมของค่ามวลสารที่มี หน่วยเป็นน้ำหนักต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน

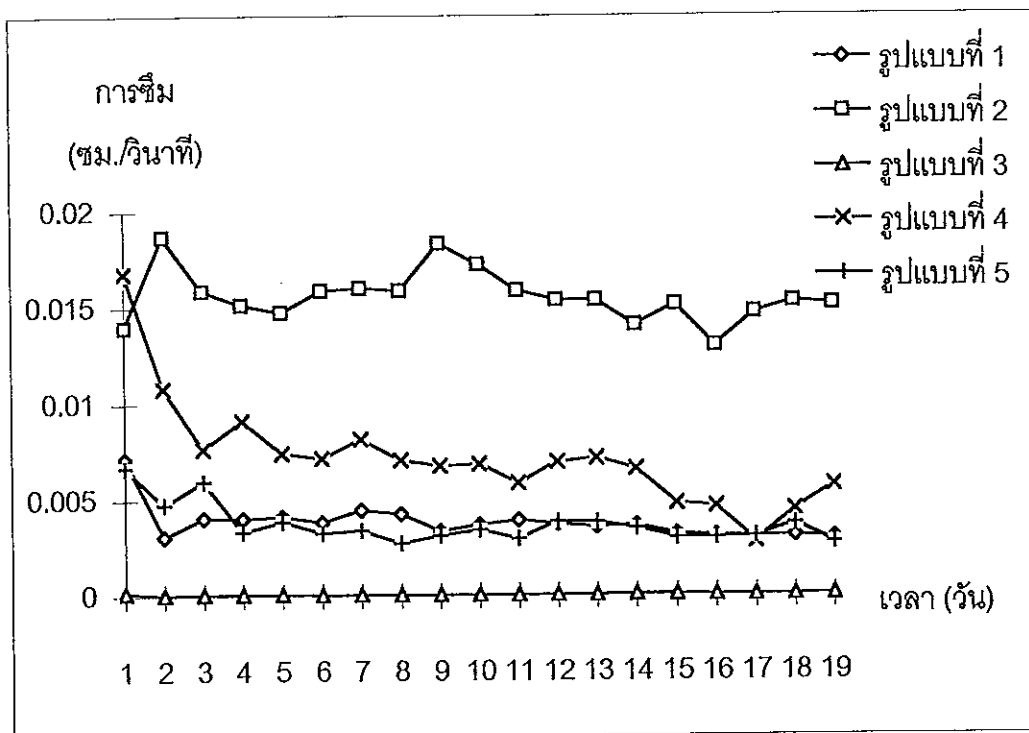
1. การทดลองที่ 1 กรณีใช้น้ำที่พีเอช 5

1.1 การซึม พบว่ารูปแบบควบคุมที่ 1 และ 2 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบเพียงชนิด เดียวและดินเพียงชนิดเดียว ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกัน โดยที่รูปแบบที่ 1 มีค่าต่ำกว่ารูปแบบที่ 2 ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่ารูปแบบที่ใช้ในการทดลองอาจจะเกิดการผันผวนจากการบรรจุวัสดุที่ใช้ ทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากดินย่อมจะมีช่องว่างในอนุภาคน้อยกว่าวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ แต่กลับให้ ค่าการซึมผ่านที่สูงกว่า และสำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 มีค่าการซึมอยู่ระหว่างรูปแบบที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะรูปแบบที่ 5 นั้นพบว่ามีค่าการซึมใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 1 สำหรับรูปแบบที่ 3 มีค่าการ ซึมต่ำที่สุดอาจเกิดจากการอัดแน่นของวัสดุทดสอบ จึงทำให้มีการซึมผ่านของน้ำต่ำสุด ดังแสดงใน ตาราง 10 และภาพประกอบ 16

1.2 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน พบว่าทุกรูปแบบในช่วง 1-3 วันแรก มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ ซึมผ่านต่อรอบวันต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัสดุทดสอบในแบบจำลองมีการดูดซับน้ำไว้ในตัวเอง ระยะเวลาในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นเกิดการอิ่มตัว จึงปล่อยให้ น้ำไหลผ่านออกมา (Karnchanawong, S., et al., 1997) ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้จะคล้ายคลึงกับที่รายงานโดย สมใจ กาญจนวงศ์ และคณะ, 2540 ซึ่งได้ศึกษาปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำ ฝนที่ชะผ่านมูลฝอย โดยผลการศึกษาได้กล่าวว่ น้ำฝนจะถูกกักอยู่ในชั้นมูลฝอยในชว่เวลาหนึ่ง เพราะมีลักษณะการดูดซับน้ำและปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในรูปแบบที่ 1 2 4 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันใกล้เคียงกัน ปริมาณน้ำชะมูลฝอยจะแปรเปลี่ยน ตามปริมาณน้ำที่เติมลงไป แต่สำหรับรูปแบบที่ 3 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากรูปแบบที่ 3 มีค่าการซึมน้ำต่ำที่สุด ซึ่งมีผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึม ผ่านต่อรอบวันต่ำตามไปด้วยและมีผลทำให้เกิดการดูดซับและปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ช้ากว่ารูป แบบอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงท้าย (มากกว่า 13 วัน) พบว่าปริมาณน้ำที่ซึม ผ่านจากชั้นวัสดุทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับรูปแบบอื่น ดังแสดงในตาราง 11 และภาพประกอบ 17

ตาราง 10 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

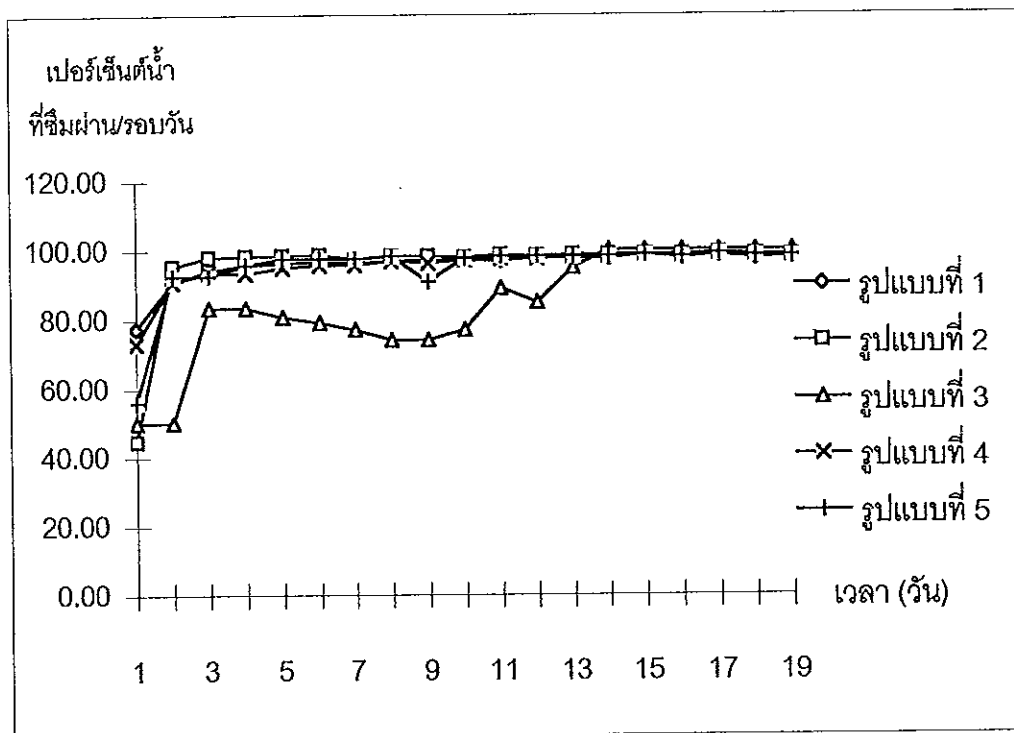
รูปแบบที่	การซึม (ซม./วินาที)		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.00299-0.00714	0.00381 ± 0.00093	24.28
2	0.01299-0.01869	0.01557 ± 0.00138	8.86
3	0.000018-0.00018	0.00005 ± 0.00003	66.94
4	0.0028-0.01681	0.00720 ± 0.00293	40.70
5	0.00272-0.00669	0.00369 ± 0.00105	28.53



ภาพประกอบ 16 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 11 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	77.38-98.63	95.69 ± 4.78	5.00
2	44.75-99.13	95.42 ± 12.30	12.89
3	50.00-100.00	84.07 ± 15.51	18.45
4	73.00-98.88	95.34 ± 5.83	6.11
5	56.00-99.00	94.85 ± 9.70	10.23



ภาพประกอบ 17 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

1.3 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน พบว่ารูปแบบที่ 1 2 4 และ 5 มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่ำและใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันสูงและใกล้เคียงกัน สำหรับรูปแบบที่ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงที่สุดในช่วงแรกของการทดลองเนื่องจากเกิดการซึมผ่านได้ดี น้ำส่วนหนึ่งจึงถูกดูดซับไว้นาน ซึ่งมีผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ ดังแสดงในตาราง 12 และภาพประกอบ 18 อย่างไรก็ตามในช่วงท้ายของการทดลอง (หลังจาก 13 วัน) เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับในรูปแบบที่ 3 จะใกล้เคียงรูปแบบอื่น ๆ เพราะเกิดการอิ่มตัวจึงปล่อยให้น้ำไหลผ่านออกมาใกล้เคียงกัน

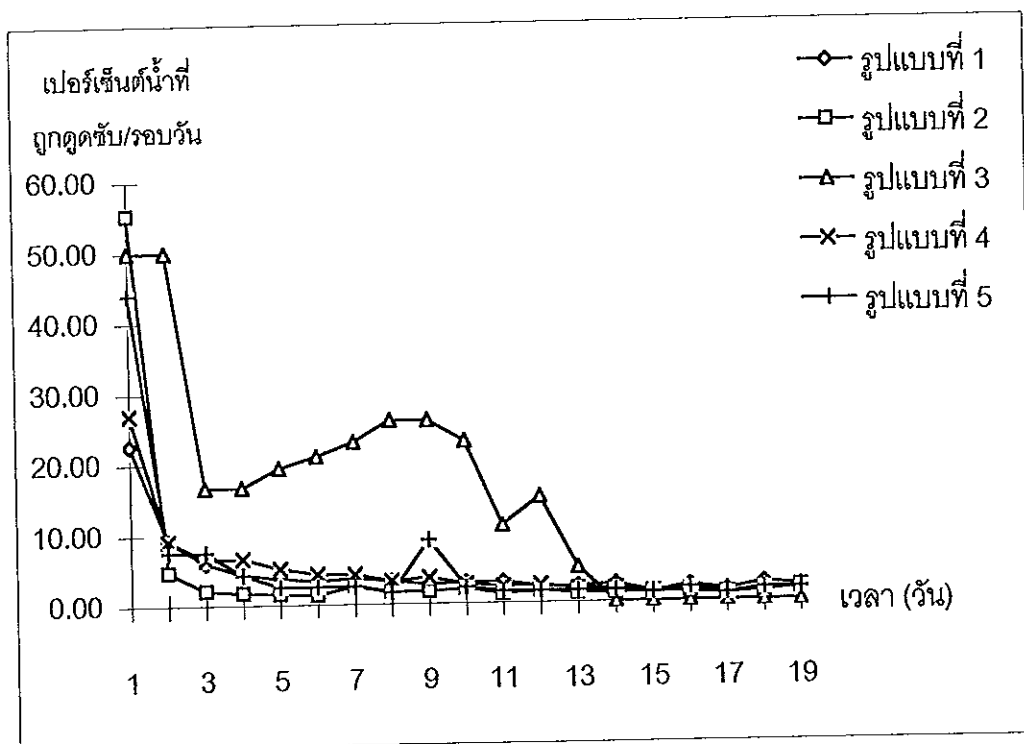
1.4 ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ชะผ่านวัสดุทดสอบ ซึ่งได้แก่

1.4.1 ค่าพีเอช เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช พบว่าทุกรูปแบบในช่วง 2-3 วันแรกจะมีค่าต่ำ จากนั้นจะเริ่มสูงขึ้นเล็กน้อยและคงที่แต่ส่วนใหญ่ยังคงต่ำกว่า 7 ยกเว้นในรูปแบบที่ 3 และเมื่อพิจารณาถึงค่าพีเอชในรูปแบบควบคุม คือ รูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียวมีค่าพีเอชสูงกว่าเพราะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ให้มีลักษณะเป็นต่างเล็กน้อย แต่ดินในรูปแบบที่ 2 จะมีค่าความเป็นกรดสูงกว่า เมื่อน้ำชะผ่านจึงพบว่ามีค่าพีเอชต่ำกว่ารูปแบบที่ 1 สำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 มีค่าพีเอชอยู่ระหว่างรูปแบบควบคุมทั้งสอง และค่อนข้างเกาะกลุ่มกันมาก เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีการบรรจุทั้งวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและดิน สำหรับรูปแบบที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.23 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอุดตัน ทำให้น้ำสัมผัสกับเนื้อวัสดุทดสอบได้นานกว่าและมีปริมาณน้ำที่สามารถซึมผ่านได้น้อย จึงส่งผลให้ค่าพีเอชสูงกว่ารูปแบบอื่น ดังแสดงในตาราง 13 และภาพประกอบ 19

1.4.2 ของแข็งแขวนลอย ในรูปแบบควบคุมคือรูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียวมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ประกอบด้วยทรายและชิ้นส่วนวัสดุเก่าที่มีขนาดใหญ่ แต่รูปแบบที่ 2 ซึ่งบรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียวจึงทำให้มีค่าของแข็งแขวนลอยสูงที่สุด เนื่องจากดินมีอนุภาคเล็กและสามารถถูกชะล้างออกมาได้ สำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 มีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่างกลางของรูปแบบควบคุมทั้งสอง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีการบรรจุทั้งวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและดิน โดยที่รูปแบบที่ 4 มีค่าของแข็งแขวนลอยน้อยกว่ารูปแบบที่ 5 เนื่องจากไม่มีชั้นดินอยู่ด้านล่าง จึงทำให้มีการชะล้างออกน้อย สำหรับรูปแบบที่ 3 มีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอัดแน่นของวัสดุทดสอบจึงทำให้การไหลของน้ำอุดตัน เป็นผลให้น้ำที่ชะลงมามีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำ (ตาราง 13 และภาพประกอบ 20) เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงแรก พบว่าทุกรูปแบบมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและเริ่มคงที่ในวันที่ 7 หลังจากการชะด้วยน้ำ

ตาราง 12 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	1.38-22.63	4.31 ± 4.78	110.87
2	0.88-55.25	4.58 ± 12.30	268.59
3	0.00-50.00	15.93 ± 15.51	97.35
4	1.13-27.00	4.66 ± 5.83	125.10
5	1.00-44.00	5.15 ± 9.70	188.42



ภาพประกอบ 18 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

1.4.3 ปริมาณมลสารอินทรีย์ ได้ทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและซีโอดี โดยค่าบีโอดีมีค่าต่ำกว่าซีโอดีทุกรูปแบบ โดยสัดส่วนของบีโอดีต่อซีโอดีอยู่ในช่วง 0.072-0.124 แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่ชะออกมาส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายมากกว่า เพราะว่ามีผลย่อยที่สะสมอยู่เป็นเวลานานจะมีค่าบีโอดีและซีโอดีต่ำ โดยค่าบีโอดีมีเพียงร้อยละ 22.4 ของค่าซีโอดีเท่านั้น (Robinson and Mavis, 1985) เมื่อพิจารณาปริมาณมลสารอินทรีย์ในทุกรูปแบบพบว่ามีความเข้มข้นเล็กน้อยโดยเฉพาะค่าซีโอดี แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป กล่าวโดยสรุปจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณมลสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอยจะมีค่าสูงในช่วงแรก และหลังจากนั้นจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (Karnchanawong, S., et al., 1997) สำหรับรูปแบบควบคุม คือรูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 มีปริมาณมลสารอินทรีย์สูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากมีการบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว จึงมีการชะล้างสิ่งสกปรกออกมาจากรูปแบบอื่น ในขณะที่รูปแบบที่ 2 มีปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำกว่า เนื่องจากบรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว โดยจะพบว่ามีค่าต่ำกว่าประมาณ 3 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำที่ชะวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว สำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 มีปริมาณมลสารอินทรีย์อยู่ระหว่างรูปแบบควบคุมทั้งสอง เนื่องจากบรรจุทั้งวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและดิน ซึ่งรูปแบบที่ 5 มีปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำกว่ารูปแบบที่ 4 เล็กน้อย เนื่องจากมีส่วนผสมของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ระหว่างกลางชั้นดิน จึงทำให้ดินดูดซับความสกปรกไว้ สำหรับรูปแบบที่ 3 พบว่ามีปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำใกล้เคียงกับรูปแบบควบคุมที่ 2 ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพการอัดแน่นของวัสดุทดสอบที่ทำให้การไหลของน้ำเกิดการอุดตัน ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านได้จึงน้อยกว่ารูปแบบอื่น ส่งผลให้ปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำกว่ารูปแบบอื่น ๆ ดังแสดงในตาราง 13 และภาพประกอบ 21-22

1.4.4 ปริมาณมลสารอาหาร ได้ทำการวิเคราะห์ค่าเจลดาล์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด เมื่อพิจารณาในรูปแบบควบคุม คือ รูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 มีปริมาณมลสารอาหารสูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว จึงมีการชะล้างออกมาจากรูปแบบอื่น และรูปแบบที่ 2 มีปริมาณมลสารอาหารต่ำกว่ารูปแบบที่ 1 4 และ 5 แต่สูงกว่ารูปแบบที่ 3 เล็กน้อย สำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 มีปริมาณมลสารอาหารอยู่ระหว่างกลางรูปแบบควบคุมทั้งสอง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีการบรรจุทั้งวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและดิน ซึ่งรูปแบบที่ 5 มีปริมาณมลสารอาหารต่ำกว่ารูปแบบที่ 4 เนื่องจากมีส่วนผสมของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบอยู่ระหว่างกลางชั้นดินจึงมีการชะล้างน้อยกว่าเพราะถูกดูดซับด้วยดินไว้ โดยเฉพาะค่าเจลดาล์ไนโตรเจนในช่วงแรกมีค่าขึ้นลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการดูดซับไนโตรเจนของดินไม่สม่ำเสมอ เพราะอนุภาคดินมีช่องว่างอยู่ แต่ต่อมามีค่าค่อนข้างคงที่เพราะดิน

มีการอัดตัวแน่นขึ้น สำหรับรูปแบบที่ 3 พบว่ามีปริมาณมลสารอาหารต่ำที่สุดนั้น เป็นผลมาจากสภาพการอัดตัวของวัสดุทดสอบซึ่งมีผลทำให้การไหลของน้ำอุดตัน ดังนั้นปริมาณน้ำที่สามารถซึมผ่านได้จึงน้อยกว่ารูปแบบอื่น ส่งผลให้ปริมาณมลสารอาหารต่ำกว่ารูปแบบอื่น ดังแสดงในตาราง 13 และภาพประกอบ 23-24

1.4.5 ค่าโลหะหนัก ได้ทำการวิเคราะห์หาปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม พบว่าปรอทในน้ำชะวัสดุทดสอบในทุกรูปแบบมีค่าต่ำกว่าค่าที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (ดีเทคชันลิมิต) คือ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร (พีพีบี) สำหรับตะกั่ว พบว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งเป็นรูปแบบควบคุม มีการชะตะกั่วออกมาในช่วงวันแรก ๆ หลังจากนั้นจะตรวจพบน้อยลง ส่วนรูปแบบที่ 2 ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน แต่ค่าที่ตรวจพบน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 ในรูปแบบที่ 3 ตรวจพบตะกั่วในวันแรกของการทดลองแต่มีค่าน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 และ 2 แต่ในวันที่ 7 ของการศึกษาจะตรวจพบว่ามีตะกั่วค่อนข้างสูง ในรูปแบบที่ 4 ตรวจไม่พบตะกั่วในน้ำชะวัสดุทดสอบในช่วงแรกที่มีการถูกชะ แต่จะพบในช่วงหลัง ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าค่าที่ตรวจพบในรูปแบบอื่น ๆ สำหรับรูปแบบที่ 5 พบว่าตะกั่วในน้ำชะจะพบได้ในตาราง 13 ช่วงหลัง ๆ เช่นเดียวกับรูปแบบที่ 4 ซึ่งรูปแบบที่ 3 4 และ 5 เกิดจากการสะสมของตะกั่วในน้ำชะระหว่างชั้นของวัสดุทดสอบและถูกระบายออกมาในช่วงหลัง

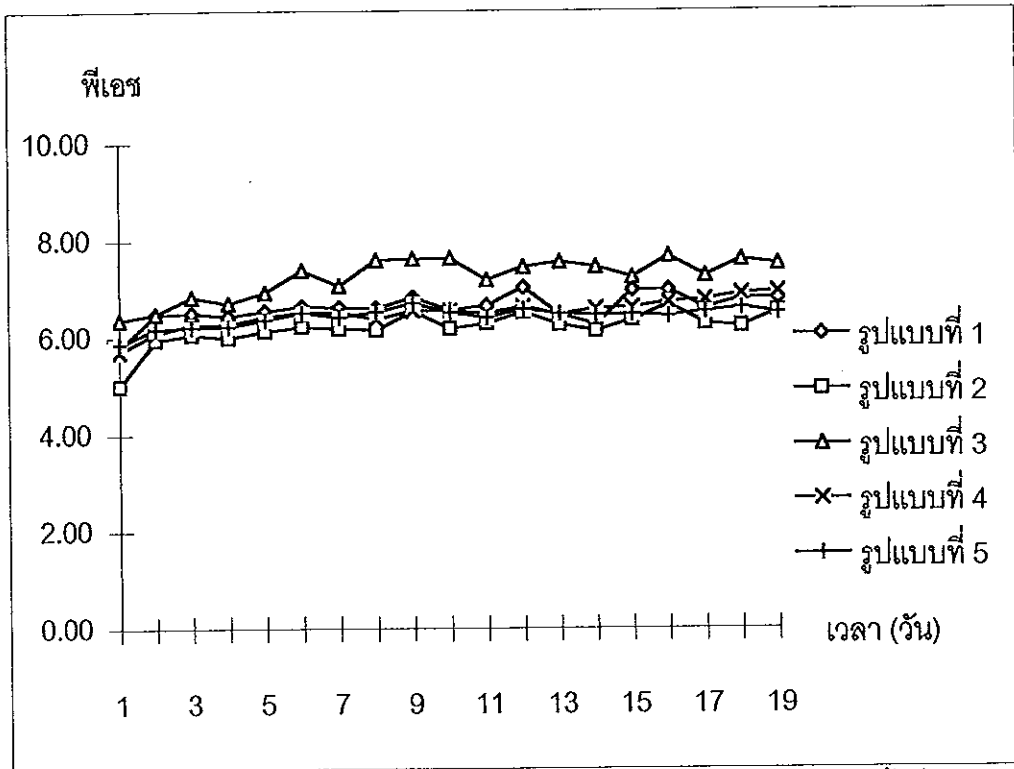
สำหรับแคดเมียมนั้นพบว่าเป็นรูปแบบที่ 1 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่าที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (ดีเทคชันลิมิต) คือ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร (พีพีบี) ในรูปแบบที่ 2 ซึ่งบรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียวสามารถตรวจพบได้ในวันแรกของการชะและไม่พบอีกเลยในวันที่ 3 และ 7 ของการศึกษา ในรูปแบบที่ 4 พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 คือพบในวันแรกของการชะด้วยน้ำ แต่ในวันหลัง ๆ จะไม่พบ ซึ่งรูปแบบของการตรวจพบแคดเมียมในรูปแบบที่ 2 และ 4 จะต่างกับรูปแบบที่ 5 ซึ่งไม่พบในวันแรกของการชะด้วยน้ำ แต่พบสูงสุดในวันที่ 3 ซึ่งเกิดจากการสะสมของแคดเมียมในน้ำชะระหว่างชั้นของวัสดุทดสอบและถูกระบายออกมาในช่วงหลัง ดังแสดงในตาราง 14

2. การทดลองที่ 2 กรณีใช้น้ำที่พีเอช 7

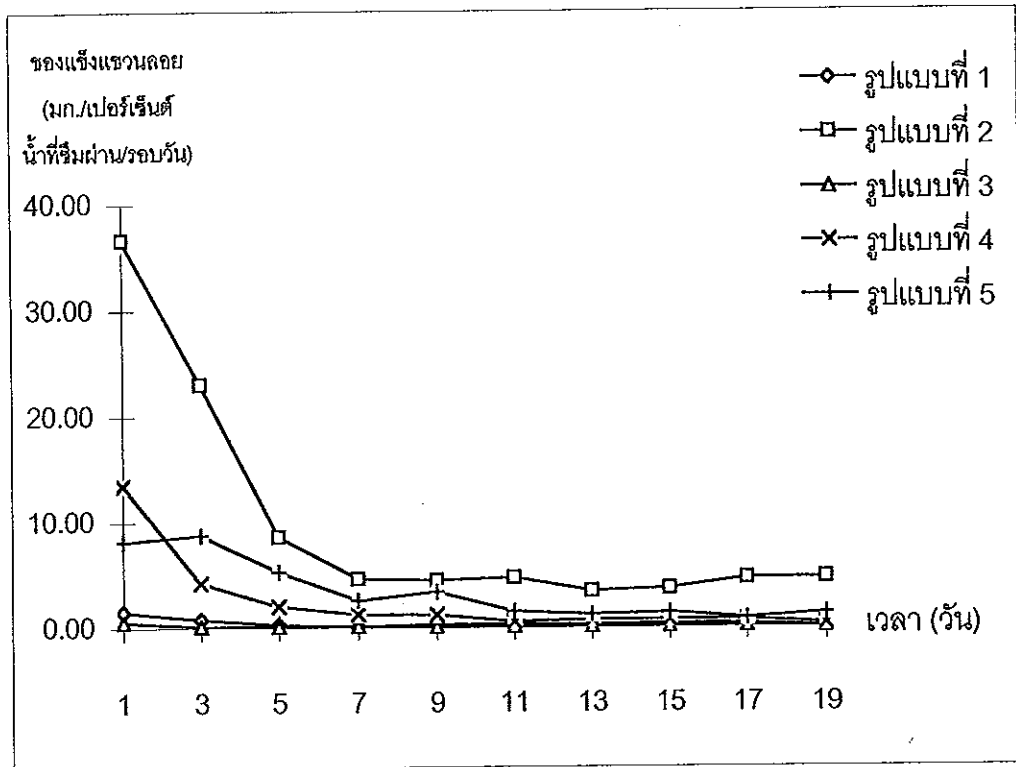
2.1 การซึม พบว่ารูปแบบควบคุมที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกัน โดยที่รูปแบบที่ 1 มีค่าการซึมสูงกว่ารูปแบบที่ 2 ซึ่งค่าการซึมในช่วงแรกจะสูงและค่อย ๆ ลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 แล้วพบว่ารูปแบบที่ 1 ของการทดลองนี้มีค่าสูงกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากสภาพของช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นวัสดุทดสอบในทั้ง 2 การทดลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากสภาพขององค์ประกอบของวัสดุที่ใช้มีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างสูง สำหรับรูปแบบที่ 2 ในการทดลองนี้มีลักษณะคล้ายกันกับรูปแบบที่ 1 คือมีค่าการซึมในช่วงแรกสูง และค่อย ๆ ลดลง และหลังจากที่ทำการเติมน้ำทุกวัน พบว่าทำให้ดินเกิดการอัดแน่นมากขึ้น จึงมีผลทำให้ค่าการซึมลดลงต่างจาก

ตาราง 13 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของตัวแปรทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

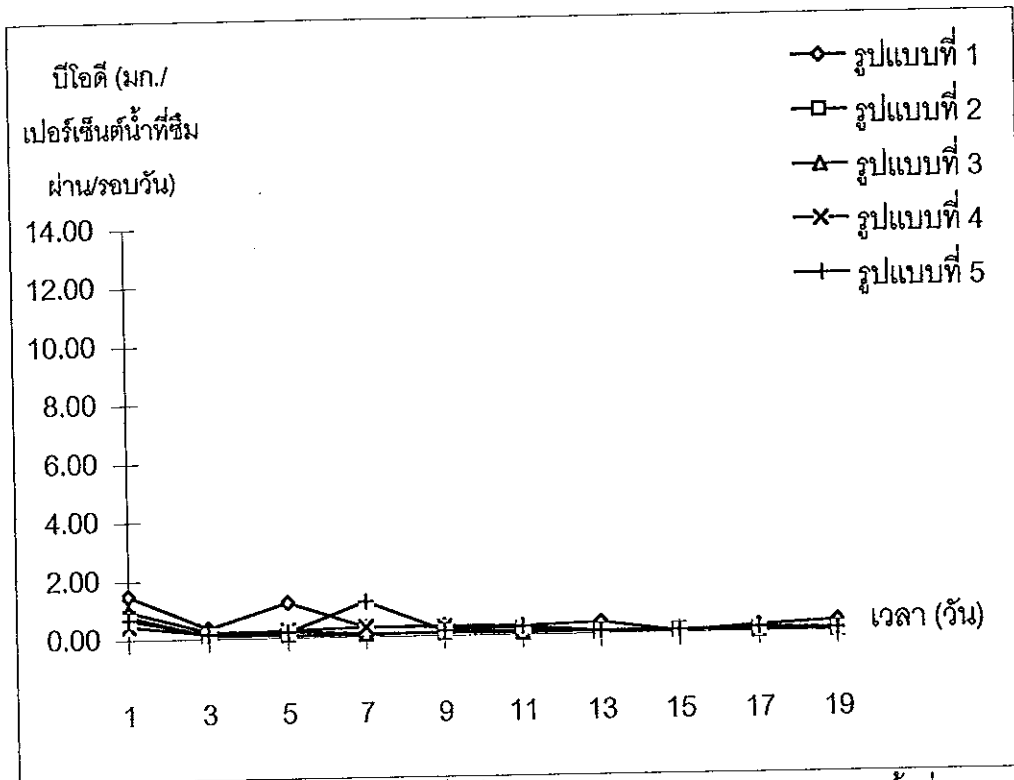
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					พีเอช	
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.01-1.53	0.39±0.45	116.87	5.78-7.02	6.60±0.28	4.27
2	3.35-36.60	9.80±11.11	113.41	5.00-6.67	6.19±0.34	5.57
3	0.01-0.52	0.08±0.16	183.91	6.36-7.66	7.23±0.40	5.54
4	0.32-13.44	2.47±4.02	162.95	5.71-6.93	6.49±0.28	4.31
5	0.80-8.75	3.40±2.98	87.58	5.87-6.70	6.41±0.19	2.90
มลสารอินทรีย์			ปริมาณซีไอดี (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)			
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.04-1.49	0.51±0.46	90.78	2.37-13.56	5.24±3.73	71.08
2	0.06-0.80	0.16±0.22	135.59	0.41-4.13	1.67±1.36	81.51
3	0.03-0.96	0.20±0.28	139.34	0.52-7.37	1.61±2.07	128.91
4	0.05-0.46	0.20±0.14	68.60	1.79-4.06	2.77±0.81	29.34
5	0.08-1.19	0.31±0.36	115.33	1.07-4.96	2.66±1.52	57.33
มลสารอาหาร			ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)			
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.09-0.34	0.17±0.08	44.50	0.56-0.70	0.62±0.05	8.22
2	0.04-0.15	0.07±0.04	56.62	0.05-0.31	0.13±0.11	82.09
3	0.01-0.05	0.02±0.01	46.25	0.06-0.71	0.16±0.20	126.96
4	0.01-0.13	0.08±0.04	58.71	0.40-0.74	0.53±0.11	21.06
5	0.01-0.15	0.08±0.05	57.99	0.12-0.37	0.21±0.09	43.72



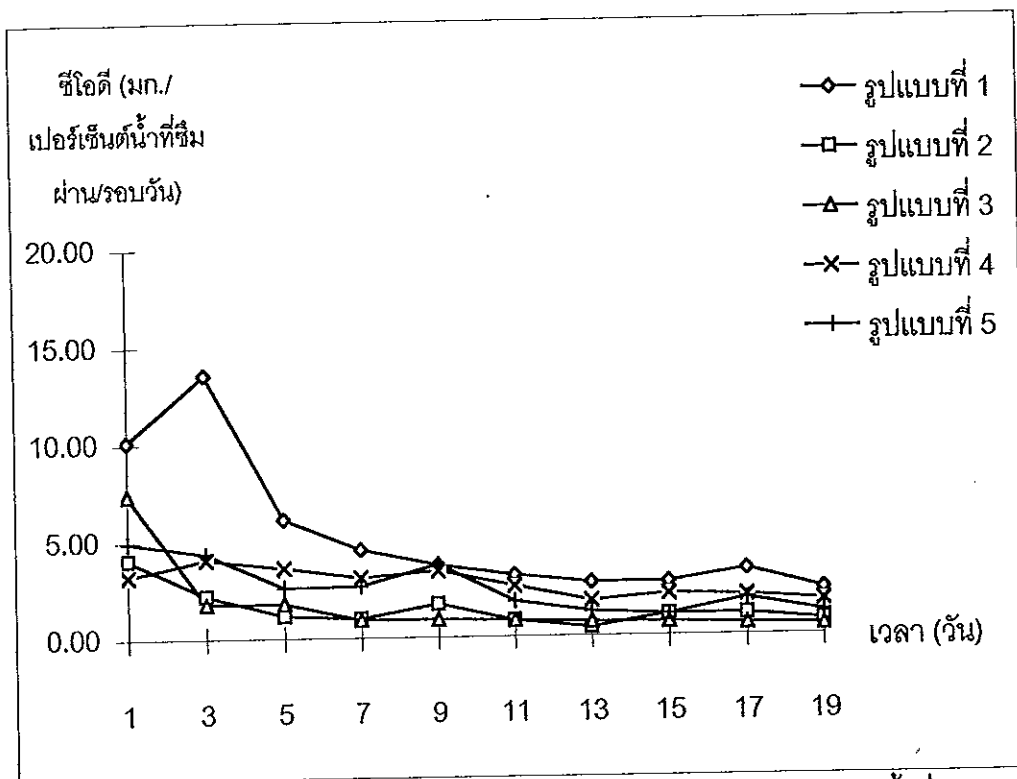
ภาพประกอบ 19 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึ่มผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1



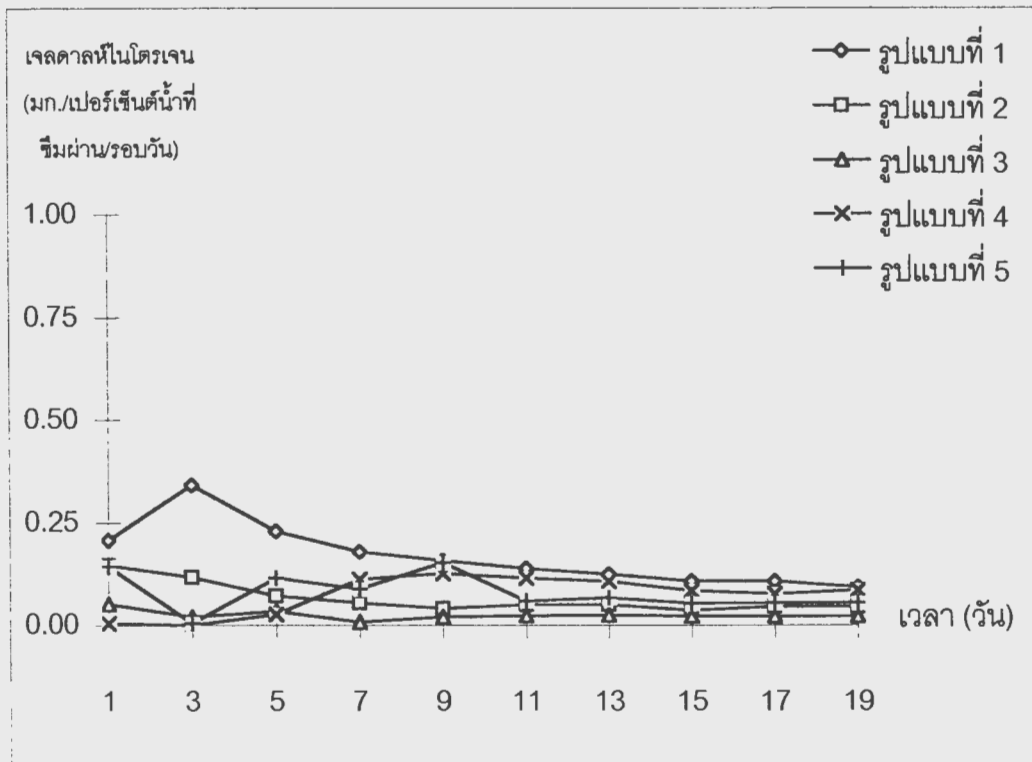
ภาพประกอบ 20 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึ่มผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1



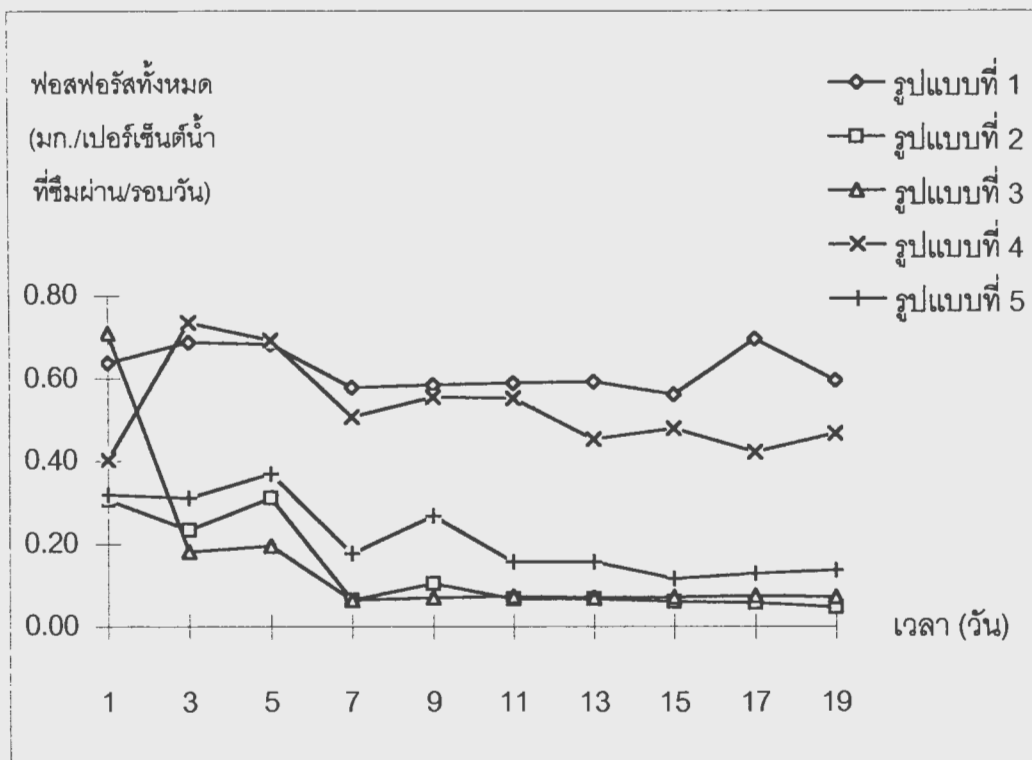
ภาพประกอบ 21 แสดงค่าไนไตรต์ของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 22 แสดงค่าไนไตรต์ของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 23 แสดงค่าเจลดาลฮีในโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 24 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 1

ตาราง 14 แสดงค่าโลหะหนักของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1

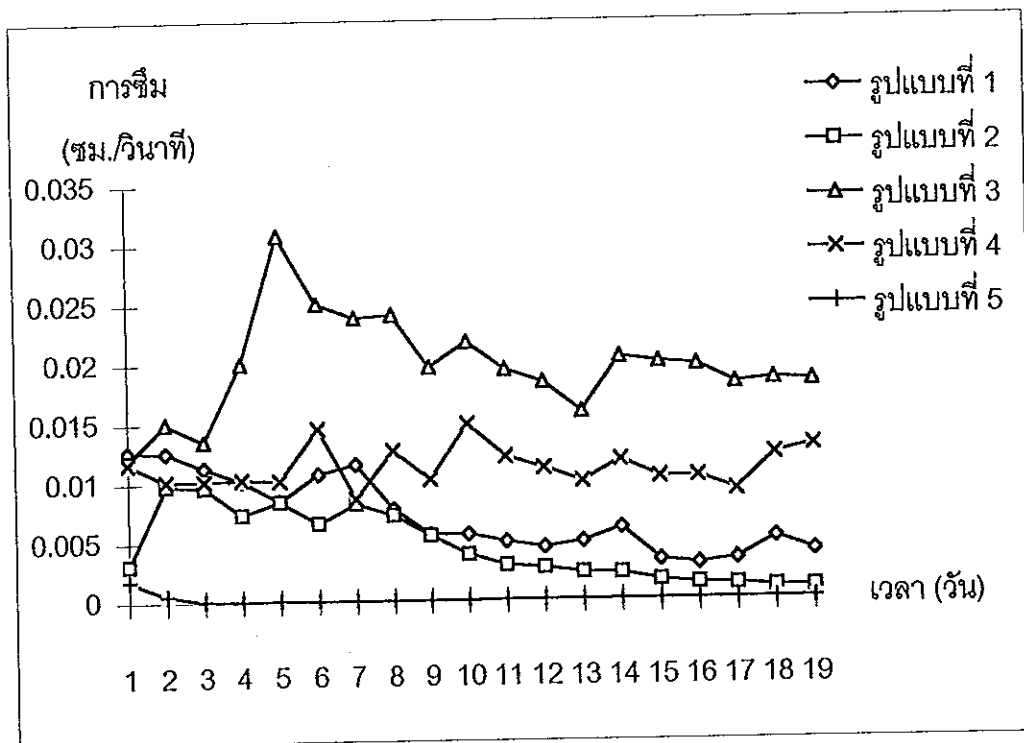
แบบจำลองที่	โลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)								
	ตะกั่ว			แคดเมียม			ปรอท		
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 7	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 7	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 7
1	1.470	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
2	1.262	nd*	nd*	0.102	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
3	0.191	nd*	0.673	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
4	0.821	nd*	4.959	0.291	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
5	nd*	nd*	4.653	nd*	0.793	0.107	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non-detected

การทดลองที่ 1 โดยจะเห็นว่าการทดลองที่ 2 ที่ใช้ดินเพียงชนิดเดียวนั้นจะได้ค่าการซึมน้อยกว่าในการทดลองที่ 1 ประมาณ 3 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้จะมีการบรรจุดินด้วยความหนาแน่นที่เท่ากัน แต่อาจมีผลต่อโครงสร้างของช่องว่างในชั้นดินที่ต่างกัน อันมีผลทำให้เกิดค่าการซึมที่แตกต่างกันของรูปแบบที่ 2 ในการทดลองทั้ง 2 นี้ จากค่าการซึมที่แตกต่างกันนี้ทำให้มีคำถามว่าขนาดของภาชนะที่ใช้บรรจุมีผลต่อการบรรจุ แล้วทำให้การทดสอบการซึมของดินผิดไปหรือไม่ จึงได้ทำการพิสูจน์การซึมอีกครั้ง โดยการใช้ทรายแทนดิน ทั้งนี้มีลักษณะร่วนและมีขนาดเท่า ๆ กันมากกว่าตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งผลการทดสอบพบว่าได้ค่าการซึมใกล้เคียงกัน (ภาคผนวก ข) จึงสามารถสรุปได้ว่าดินที่นำมาใช้น่าจะมีโครงสร้างของช่องว่างในชั้นดินที่ต่างกันจริง แม้ว่าจะมีการบรรจุให้เท่ากันภายใต้ความหนาแน่นเดียวกันก็ตาม สำหรับรูปแบบที่ 3 พบว่ามีค่าการซึมสูงกว่ารูปแบบอื่น แต่ในช่วงแรกมีค่าการซึมต่ำเพราะเกิดจากช่องว่างถูกอุดตันในช่วงแรกและเมื่อมีการไหลผ่านของน้ำ ก็ทำให้น้ำพาเอาวัสดุขนาดเล็กที่อุดตันช่องว่างนั้นออกไป จึงทำให้ช่วงหลังมีช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้น มีผลทำให้มีค่าการซึมสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 พบว่ามีค่าสูงกว่า เนื่องจาก การทดลองนี้ไม่เกิดการอัดแน่นของวัสดุทดสอบจึงทำให้ค่าที่ได้สูงกว่า และสำหรับรูปแบบที่ 4 ก็มีค่าการซึมสูงเป็นอันดับสองรองจากรูปแบบที่ 3 แต่เนื่องจากมีปริมาณดินน้อยกว่ารูปแบบที่ 3 จึงมีการไหลซึมน้อยกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 พบว่ามีค่าสูงกว่า เช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 สำหรับรูปแบบที่ 5 ของการทดลองนี้พบว่ามีค่าการซึมต่ำที่สุดอาจเกิดจากการอัดแน่นของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ จึงทำให้มีการซึมผ่านของน้ำต่ำ ซึ่งเหมือนกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 ดังแสดงในตาราง 15 และภาพประกอบ 25

ตาราง 15 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

รูปแบบที่	การซึม (ชม./วินาที)		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.00301-0.01258	0.00713 ± 0.00335	46.89
2	0.00098-0.00980	0.00453 ± 0.00311	68.71
3	0.01351-0.03077	0.01969 ± 0.00431	21.90
4	0.00860-0.01481	0.01122 ± 0.00167	14.86
5	0.00001-0.00178	0.00014 ± 0.00041	284.27



ภาพประกอบ 25 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

2.2 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน พบว่าทุกรูปแบบในช่วงแรกมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันต่ำ เนื่องจากวัสดุทดสอบในแบบจำลองมีการดูดซับน้ำไว้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นเกิดการอิมดัมและปล่อยน้ำให้ไหลผ่านออกมาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ในรูปแบบที่ 1 2 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันใกล้เคียงกัน เพราะมีลักษณะการดูดซับน้ำและปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปแบบที่ 1 2 4 5 ในการทดลองที่ 1 แต่สำหรับรูปแบบที่ 5 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากรูปแบบที่ 5 มีค่าการซึมน้ำต่ำที่สุด จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันต่ำตามไปด้วย ซึ่งทำให้เกิดการดูดซับและปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ช้ากว่ารูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้มีลักษณะการปล่อยน้ำออกมาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 ดังแสดงในตาราง 16 และภาพประกอบ 26

2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน พบว่ารูปแบบที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่ำและใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันสูงและใกล้เคียงกัน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปแบบที่ 1 2 4 และ 5 ในการทดลองที่ 1 สำหรับรูปแบบที่ 5 มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงที่สุด เนื่องจากเกิดการซึมผ่านได้ต่ำ น้ำส่วนหนึ่งจึงถูกดูดซับไว้นานซึ่งมีผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 ดังแสดงในตาราง 17 และภาพประกอบ 27

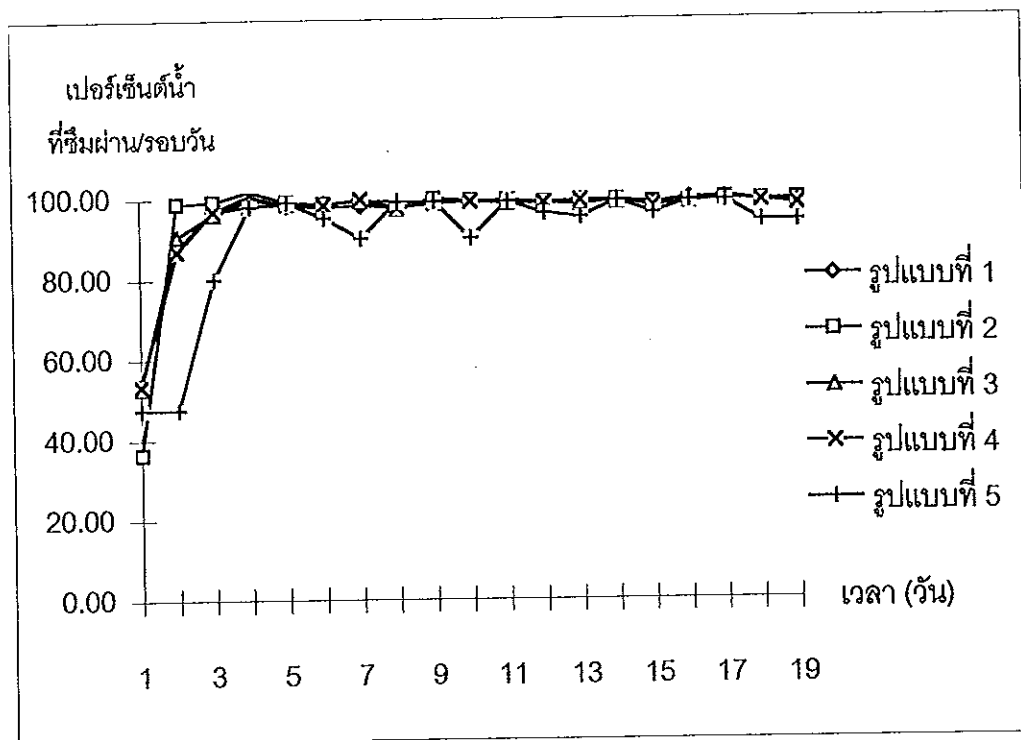
2.4 ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ชะผ่านวัสดุทดสอบ ซึ่งได้แก่

2.4.1 ค่าพีเอช (ตาราง 18 และภาพประกอบ 28) เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชแล้ว พบว่ามีผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทั้งรูปแบบที่ 1 และ 2 สำหรับรูปแบบที่ 3 และ 4 มีค่าพีเอชอยู่ระหว่างกลางของรูปแบบควบคุมทั้งสองเช่นเดียวกัน แต่รูปแบบที่ 5 พบว่ามีค่าพีเอชสูงสุดเฉลี่ย 7.51 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการดูดตัน ทำให้น้ำสัมผัสกับเนื้อวัสดุทดสอบได้นานและมีปริมาณน้ำที่สามารถซึมผ่านได้น้อย จึงส่งผลให้ค่าพีเอชสูงกว่ารูปแบบอื่น ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตที่เกิดจากการใช้น้ำพีเอช 7 วัสดุทดสอบในแบบจำลองนั้นว่าน้ำชะที่ได้มีค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 7 ซึ่งมีช่วงเฉลี่ยคล้ายคลึงกับการทดลองที่ 1 ที่ใช้น้ำชะพีเอช 5 และมีข้อสังเกตว่าหากชุดรูปแบบทดสอบที่เกิดการดูดตันจะทำให้น้ำชะมีค่าพีเอชที่สูงกว่า ดังแสดงในภาพประกอบ 19 และ 28 ของการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.4.2 ของแข็งแขวนลอย (ตาราง 18 และภาพประกอบ 29) พบว่ารูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่าเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 สำหรับรูปแบบที่ 3 และ 4 มีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่างกลางของรูปแบบควบคุมทั้ง 2 โดยรูปแบบที่ 4 มีค่าของแข็งแขวนลอยน้อยกว่ารูปแบบที่ 3

ตาราง 16 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

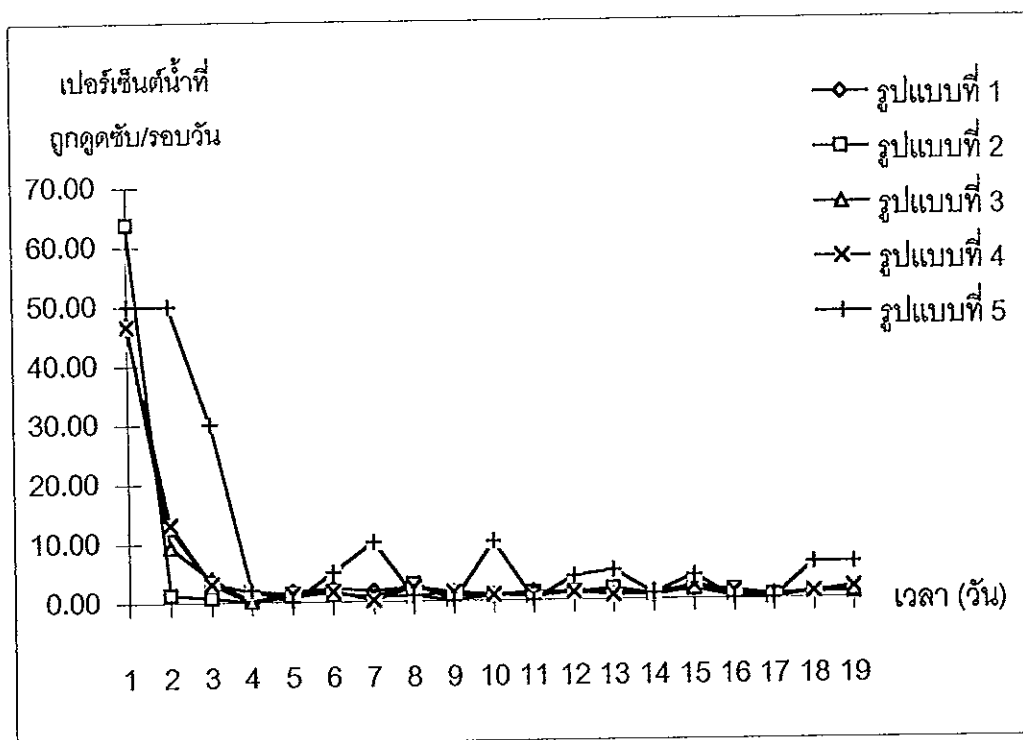
รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	53.63-100.00	95.76 ± 10.56	11.03
2	36.25-100.00	95.70 ± 14.42	15.07
3	52.88-99.88	95.89 ± 10.61	11.06
4	53.38-100.00	95.64 ± 10.61	11.10
5	47.50-99.00	90.32 ± 15.80	17.50



ภาพประกอบ 26 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

ตาราง 17 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.00-46.38	4.28 ± 10.55	246.64
2	0.00-63.75	4.39 ± 14.39	327.90
3	0.13-47.13	4.11 ± 10.61	258.45
4	0.00-46.63	4.37 ± 10.61	242.83
5	0.00-50.00	9.68 ± 15.77	162.87



ภาพประกอบ 27 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

เนื่องจากมีปริมาณดินต่ำกว่า จึงมีการชะล้างออกน้อย สำหรับรูปแบบที่ 5 พบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอัดแน่นของวัสดุทดสอบจึงทำให้การไหลของน้ำอุดตันเป็นผลให้น้ำที่ชะลงมา มีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 และมีข้อสังเกตว่าหากชุดรูปแบบทดสอบที่เกิดการอุดตันจะทำให้มีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำ ดังแสดงในภาพประกอบ 20 และ 29 ของการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

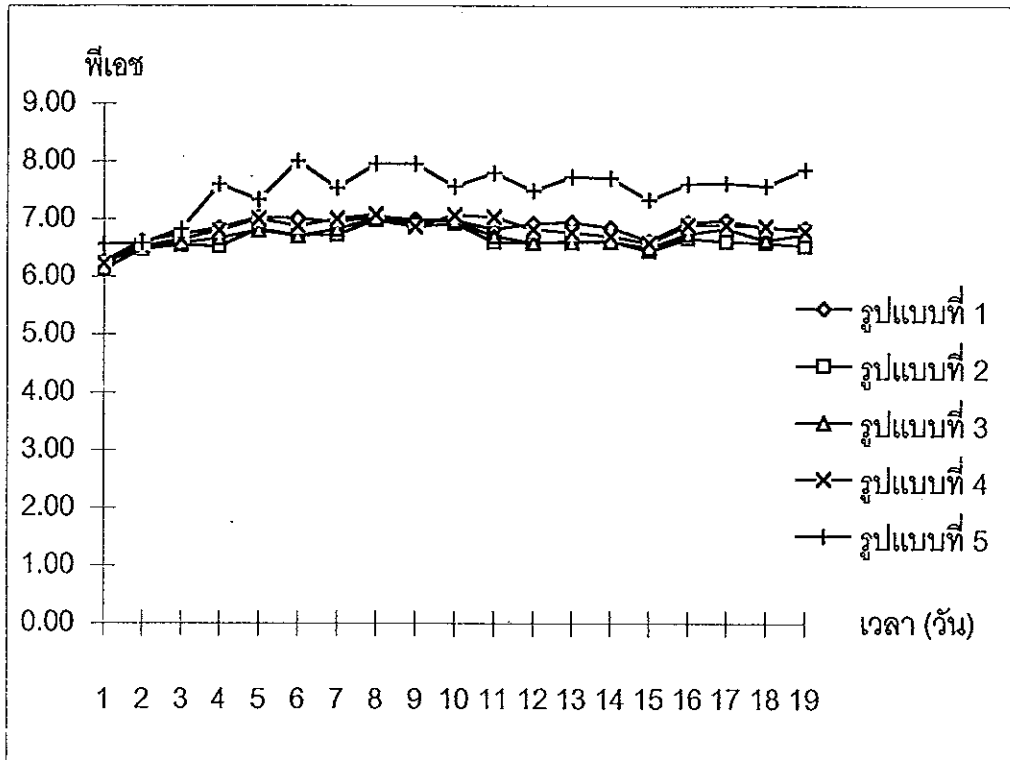
2.4.3 ปริมาณมลสารอินทรีย์ (ตาราง 18 และภาพประกอบ 30-31) ได้ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยพบว่าค่าสัดส่วนของบีโอดีต่อซีโอดีอยู่ในช่วง 0.050-0.140 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่ชะออกมาส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยส่วนที่ย่อยสลายได้ยากมากกว่า และเมื่อพิจารณาในรูปแบบควบคุม คือ รูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 มีปริมาณมลสารอินทรีย์ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 3 และ 4 ถึงแม้ว่าจะมีส่วนผสมของเนื้อวัสดุทดสอบน้อยกว่าก็ตาม ก็สามารถที่จะชะล้างความสกปรกออกมาได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 มีปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำกว่าเนื่องจากบรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว สำหรับรูปแบบที่ 5 พบว่าปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอัดแน่นของวัสดุทดสอบ จึงทำให้การไหลของน้ำอุดตัน เป็นผลให้น้ำที่ชะลงมา มีปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำที่สุด ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นข้อสังเกตให้เห็นว่ารูปแบบทดสอบที่เกิดการอุดตันจะทำให้มีค่าของมลสารอินทรีย์ต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้น้ำชะพีเอช 7 ทำให้ปริมาณมลสารอินทรีย์ต่ำกว่าการใช้น้ำชะพีเอช 5

2.4.4 ปริมาณมลสารอาหาร (ตาราง 18 และภาพประกอบ 32-33) พบว่าในรูปแบบที่ 1 2 และ 4 มีผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่พบว่ารูปแบบที่ 5 ของการทดลองนี้มีผลเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอัดแน่นของวัสดุทดสอบ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้น้ำชะพีเอช 7 จะทำให้มีค่าปริมาณมลสารอาหารต่ำกว่าการใช้น้ำที่มีค่าพีเอช 5 เล็กน้อย

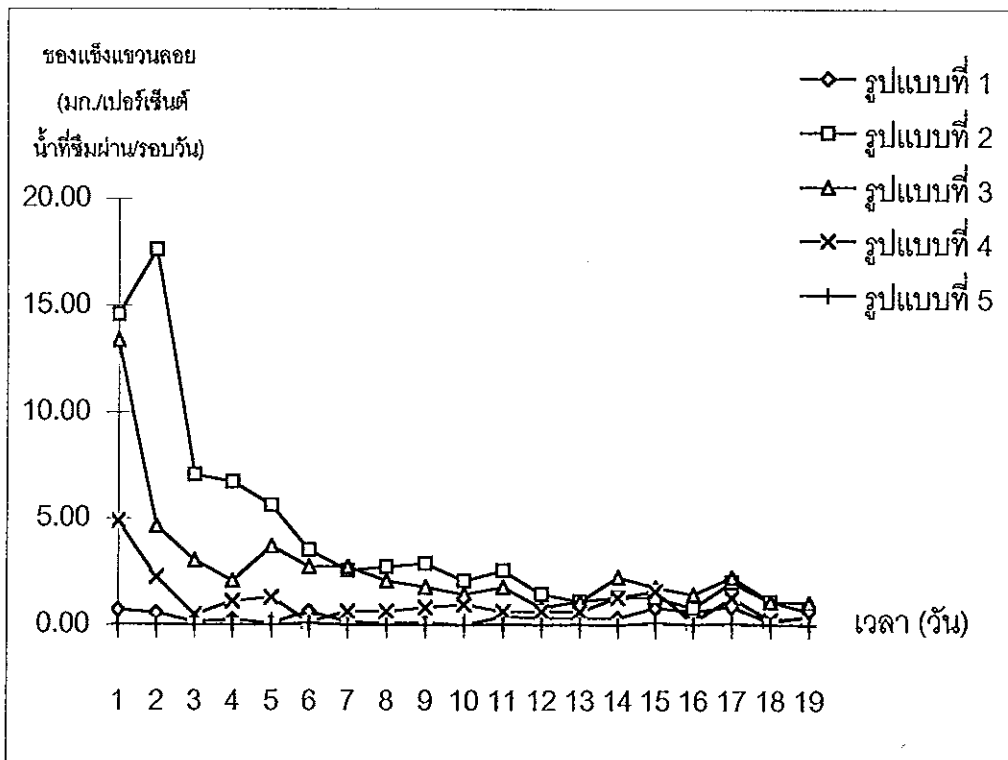
2.4.5 ค่าโลหะหนัก ได้ทำการวิเคราะห์หาปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม พบว่าตรวจไม่พบปรอท (ดีเทคชันลิมิต คือ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในทุกรูปแบบ สำหรับตะกั่ว พบว่ารูปแบบที่ 1 มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เมื่อมีการชะน้ำผ่านวัสดุทดสอบในแบบจำลองหลายวัน เนื่องจากบรรจุด้วยเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว และอาจจะมีตะกั่วที่ถูกชะล้างออกมาได้บ้างในช่วงแรกสูง จึงทำให้มีค่าตะกั่วสูง แต่หลังจากนั้นไม่สามารถถูกชะล้างออกมาได้มากนัก จึงตรวจพบได้น้อยลงตามลำดับ ในรูปแบบที่ 2 พบตะกั่วในน้ำชะวัสดุทดสอบจากแบบจำลองอย่างไม่สม่ำเสมอ โดยในช่วงแรกพบว่ามีค่าต่ำ แต่หลังจากนั้นมีค่าสูงขึ้นและต่ำลงอีกครั้งเนื่องจากในช่วงแรกอาจจะมีตะกั่วที่สามารถถูกชะล้างออกมาได้น้อย แต่หลังจากนั้นสามารถถูกชะล้างออกมาได้มากขึ้น

ตาราง 18 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของตัวแปรทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

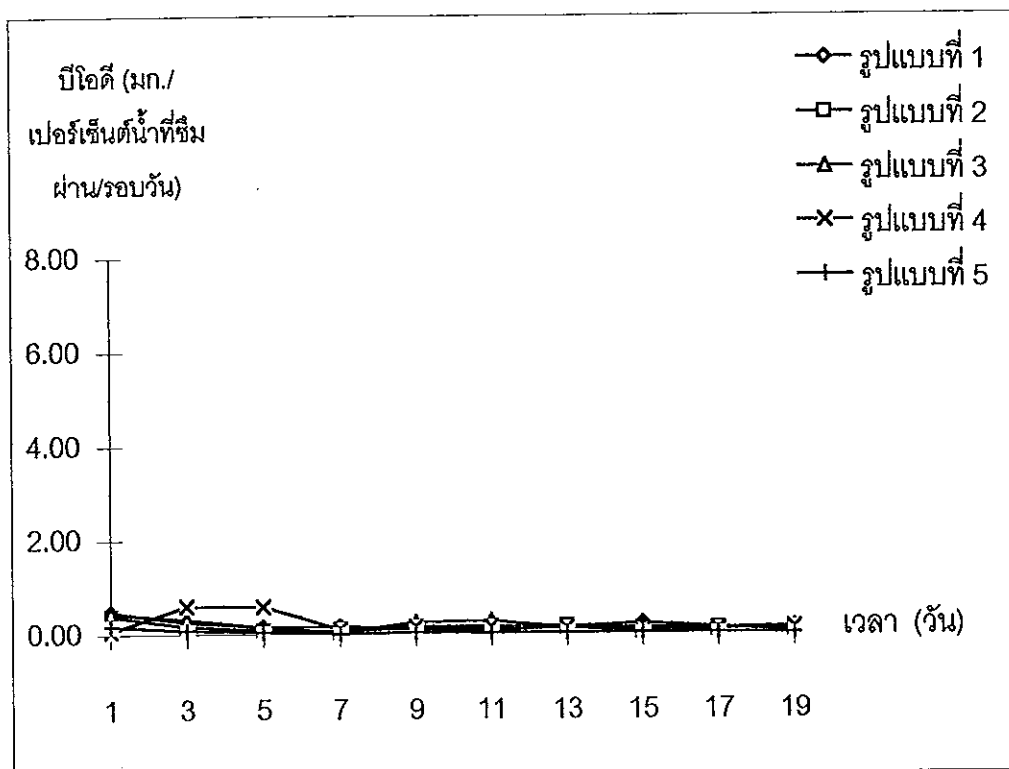
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				พีเอช		
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.01-0.72	0.37±0.27	73.27	6.27-7.05	6.86±0.19	2.74
2	0.64-17.60	4.08±4.65	114.08	6.14-6.98	6.63±0.19	2.87
3	0.80-13.36	2.69±2.76	102.64	6.24-7.01	6.70±0.19	2.78
4	0.16-4.88	1.06±1.07	100.85	6.24-7.08	6.82±0.21	3.07
5	0.01-0.08	0.03±0.03	112.35	6.57-8.00	7.51±0.43	5.67
มลสารอินทรีย์ ปริมาณบีโอดี (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				ปริมาณซีโอดี (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)		
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.06-0.47	0.18±0.12	67.70	2.37-6.67	3.63±1.13	31.24
2	0.05-0.39	0.14±0.10	70.39	0.01-3.64	1.00±0.83	83.79
3	0.03-0.45	0.20±0.12	63.86	0.89-4.55	2.47±1.12	45.17
4	0.04-0.60	0.20±0.21	104.86	1.85-6.06	3.48±1.21	34.74
5	0.01-0.18	0.04±0.05	139.84	0.08-2.09	0.72±0.50	69.76
มลสารอาหาร ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)		
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.01-0.22	0.12±0.07	55.82	0.37-0.88	0.59±0.11	19.21
2	0.03-0.23	0.07±0.06	82.07	0.03-0.23	0.08±0.05	62.64
3	0.02-0.16	0.09±0.04	43.00	0.24-0.46	0.33±0.05	15.35
4	0.02-0.23	0.12±0.06	46.19	0.38-0.63	0.48±0.07	14.24
5	0.01-0.03	0.02±0.01	35.28	0.01-0.03	0.01±0.01	50.23



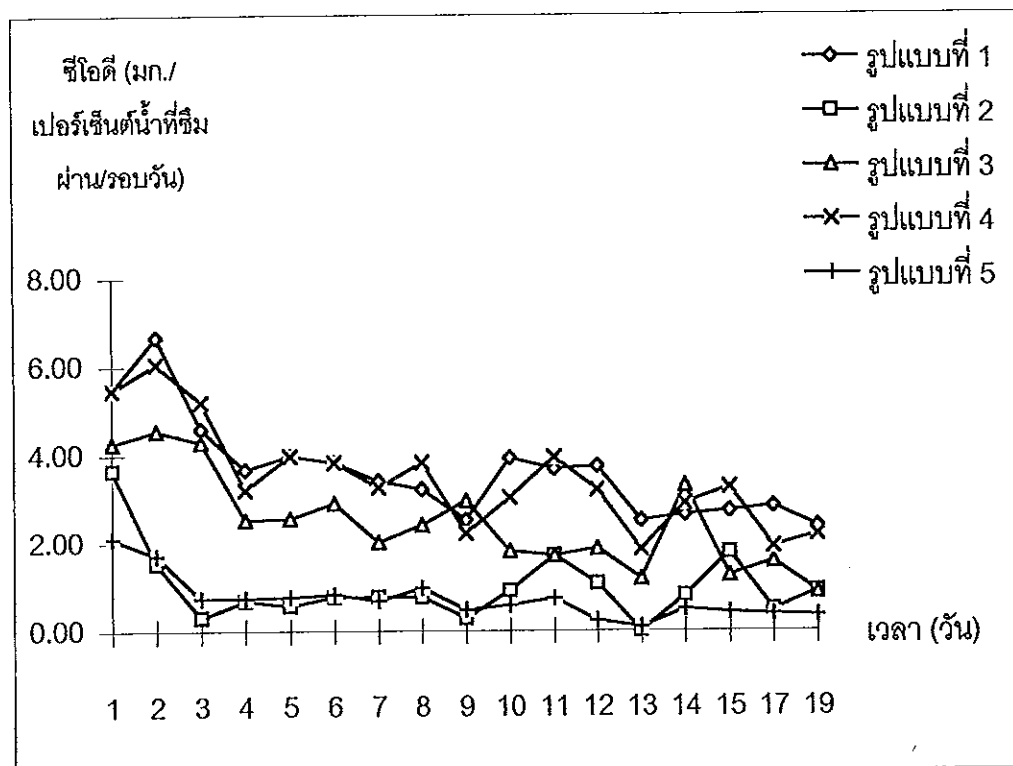
ภาพประกอบ 28 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2



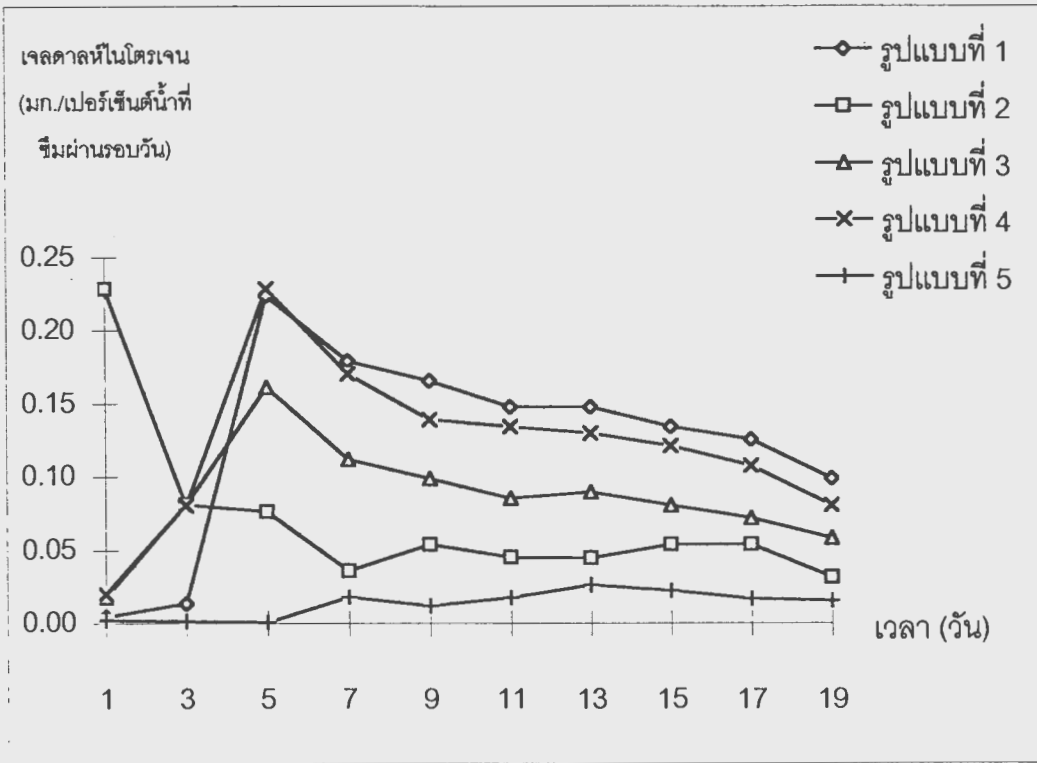
ภาพประกอบ 29 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2



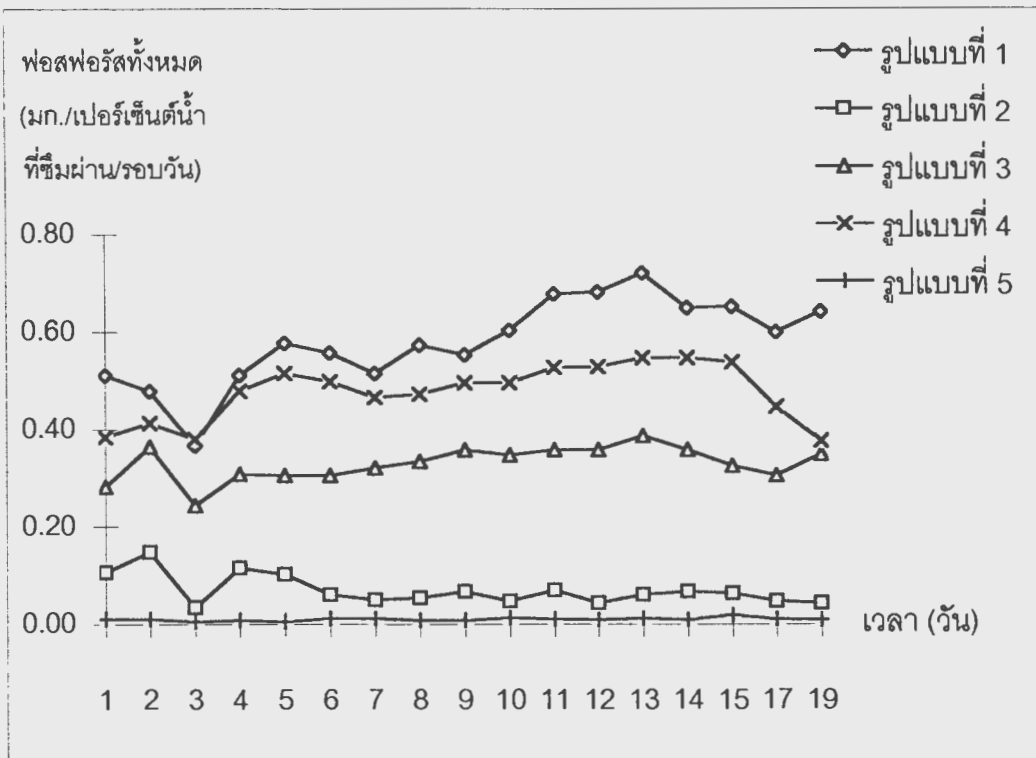
ภาพประกอบ 30 แสดงค่าบิโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 31 แสดงค่าซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 32 แสดงค่าเจลดาล์ไนโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 33 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 2

ประกอบกับผลจากตะกอนที่ออกมาค่อนข้างน้อยในช่วงหลัง จึงทำให้ตรวจพบตะกั่วได้ต่ำ ในรูปแบบที่ 3 ตะกั่วมีแนวโน้มลดลงและมีค่าน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 เนื่องจากรูปแบบที่ 3 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลง จึงทำให้ตะกั่วที่ติดมากับอนุภาคดินลดลงเช่นกัน และนอกจากนี้รูปแบบที่ 3 ยังใช้เนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีค่าน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 สำหรับรูปแบบที่ 4 พบว่าตะกั่วมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลาที่สังเกตการณ์ และนอกจากนี้ยังมีค่าตะกั่วที่สูงกว่ารูปแบบที่ 3 ในช่วงหลังเนื่องจากรูปแบบที่ 4 นี้ประกอบด้วยเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ 75 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในช่วงหลังสูงกว่ารูปแบบที่ 3 สำหรับรูปแบบที่ 5 พบว่าแนวโน้มของตะกั่วค่อนข้างลดลงแต่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งช่วงหลังมีค่าตะกั่วสูงกว่าช่วงกลางเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบที่ 5 มีปริมาณตะกั่วน้อยกว่ารูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากมีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำที่สุด จึงทำให้ตะกั่วที่ติดอยู่กับอนุภาคดินไม่สามารถถูกชะล้างออกมาได้

สำหรับแคดเมียมนั้นตรวจไม่พบในทุกรูปแบบ (ดีเทคชันลิมิต คือ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร) และจากการที่ค่าโลหะหนักมีค่าไม่สม่ำเสมอในรูปแบบต่าง ๆ ก็เนื่องจากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่นำมาบรรจุไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน ถึงแม้จะมีการคลุกเคล้าก่อนบรรจุและมีการแบ่งตัวอย่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบลงในแบบจำลองเป็นไปอย่างดีแล้วก็ตามก็อาจจะทำให้องค์ประกอบของวัสดุแตกต่างกันได้ในรายละเอียดของสิ่งปนเปื้อนทางเคมี ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 แสดงค่าโลหะหนักของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2

แบบจำลองที่	โลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)								
	ตะกั่ว			แคดเมียม			ปรอท		
	วันที่ 1	วันที่ 11	วันที่ 21	วันที่ 1	วันที่ 11	วันที่ 21	วันที่ 1	วันที่ 11	วันที่ 21
1	5.383	3.944	0.614	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
2	2.306	6.118	0.466	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
3	5.337	3.337	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
4	3.881	4.925	6.358	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
5	1.116	0.099	0.439	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non-detected

จากการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่า การทดลองที่ 1 เกิดการอุดตันในรูปแบบที่ 3 และการทดลองที่ 2 เกิดการอุดตันในรูปแบบที่ 5 ซึ่งทั้งสองรูปแบบที่เกิดการอุดตันนี้มีผลทำให้ลดค่ามลสารต่าง ๆ ให้น้อยกว่ารูปแบบอื่น ๆ ทั้งที่มีการจัดเรียงตัวของเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบและดิน

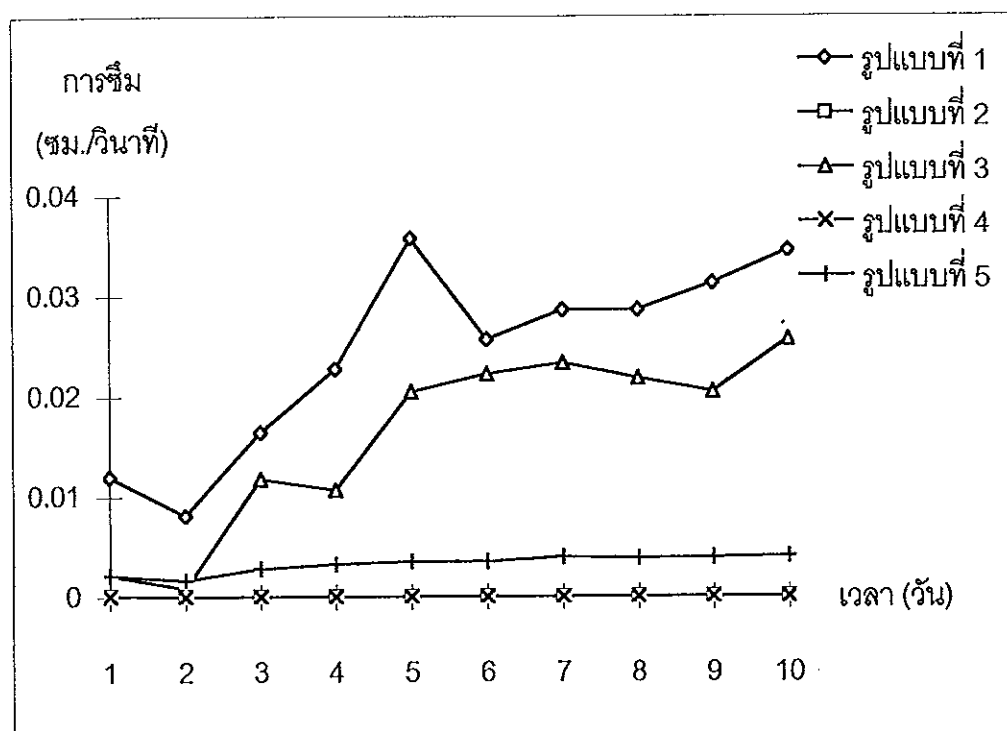
แตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่ารูปแบบการจัดเรียงตัวของวัสดุทดสอบในแบบจำลองนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีผลต่อการลดปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการชะผ่านของน้ำในเนื้อวัสดุทดสอบในแบบจำลองได้อย่างชัดเจน เพียงแต่มีแนวโน้มว่าหากมีการใช้เนื้อวัสดุจากพื้นที่ฝังกลบมากขึ้นก็มีโอกาสชะเอาสิ่งปนเปื้อนจากวัสดุเก่าได้มากขึ้นดังผลที่ได้จากค่าบีไอดี ซีไอดี เจลดาล์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดในการทดลองที่ 1 และ 2 อนึ่งสาเหตุของการอุดตันอาจเนื่องมาจากการเรียงตัวของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีชิ้นส่วนขนาดใหญ่เล็กไม่เท่ากัน ซึ่งได้แก่ ชิ้นส่วนพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการซึมผ่านของน้ำ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการออกแบบการทดลองครั้งต่อมา โดยทำการแยกขนาดวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร (เศษวัสดุที่สามารถผ่านตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตรได้ทั้งหมด) และขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร (เศษวัสดุที่ไม่สามารถผ่านตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตรทั้งหมด) แล้วทำการบรรจุเลียนแบบรูปแบบที่ 3 และ 5 ในการทดลองที่ 1 และ 2 แต่แตกต่างกันในแง่ของเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีการแยกขนาดออกเป็น 2 ขนาดดังกล่าว บรรจุวัสดุเก่าที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตรด้วยความหนาแน่น 1,365 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตรด้วยความหนาแน่น 663 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับดินบรรจุด้วยความหนาแน่นเดิม (1,230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ทำการเติมน้ำพีเอช 5 ทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อดูผลที่เกิดขึ้น โดยเก็บข้อมูลผลการทดลองเช่นเดิม ซึ่งได้ผลดังนี้

3. การทดลองที่ 3 กรณีการจัดเรียงวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดต่างกัน

3.1 การซึม พบว่า รูปแบบที่ 1 ซึ่งมีการบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบผสมกับดินในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร มีการซึมสูงกว่ารูปแบบอื่น เนื่องจากอาจเกิดช่องว่างระหว่างเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาก จึงทำให้น้ำซึมผ่านได้เร็ว สำหรับรูปแบบที่ 3 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร และดินในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร พบว่ามีการซึมสูง เนื่องจากเกิดช่องว่างระหว่างวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดเล็กซึ่งประกอบไปด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่จึงทำให้เกิดการซึมค่อนข้างสูง ส่วนรูปแบบที่ 5 มีการบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบชนิดเดียวกับรูปแบบที่ 3 แต่ต่างกันที่รูปแบบการบรรจุ โดยรูปแบบที่ 5 มีดินบรรจุทั้งด้านบนและล่าง พบว่าทำให้ค่าการซึมน้อยกว่ารูปแบบที่ 3 เนื่องจากดินที่ปิดกั้นทั้งด้านบนและล่างมีส่วนในการลดการซึมน้ำ สำหรับรูปแบบที่ 2 และ 4 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร และดินในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร พบว่ามีค่าการซึมต่ำที่สุด เนื่องจากเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดใหญ่ เช่น พลาสติก จะถูกกดทับและซ้อนกัน ทำให้เกิดการปิดกั้น และอุดตันการไหลของน้ำได้ ดังแสดงในตาราง 20 และภาพประกอบ 34

ตาราง 20 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

รูปแบบที่	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	0.00810-0.03704	0.026348 ± 0.009733	36.94
2	0.00001-0.00010	0.000023 ± 0.000024	104.72
3	0.00083-0.02564	0.017154 ± 0.008641	50.37
4	0.00001-0.00010	0.000025 ± 0.000023	93.47
5	0.00165-0.00437	0.003434 ± 0.000852	24.80



ภาพประกอบ 34 แสดงค่าการซึมของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

3.2 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน พบว่าแนวโน้มในช่วงแรกของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันในทุกรูปแบบมีค่าต่ำ เนื่องจากวัสดุทดสอบในแบบจำลองมีการดูดซับน้ำไว้ระยะหนึ่ง แต่หลังจากนั้นเกิดการอิ่มตัว และปล่อยน้ำให้ไหลผ่านออกมาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และ 2 สำหรับรูปแบบที่ 1 2 3 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันใกล้เคียงกัน เพราะมีลักษณะการดูดซับน้ำ และปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่รูปแบบที่ 4 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากรูปแบบที่ 4 มีค่าการซึมน้ำค่อนข้างต่ำสุด จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันมีค่าต่ำสุดตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดการดูดซับและปล่อยน้ำให้ไหลออกมาได้ช้ากว่ารูปแบบอื่น ๆ และมีลักษณะการปล่อยน้ำออกมาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ ดังแสดงในตาราง 21 และภาพประกอบ 35

3.3 เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน พบว่ารูปแบบที่ 1 2 3 และ 5 มีค่าต่ำและใกล้เคียงกัน เนื่องจากการที่มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันสูงและใกล้เคียงกัน จึงมีการดูดซับน้ำไว้ น้อย สำหรับรูปแบบที่ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงที่สุด เนื่องจากเกิดการซึมผ่านได้ต่ำ น้ำส่วนหนึ่งจึงถูกดูดซับไว้นาน ซึ่งมีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันสูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ ดังแสดงในตาราง 22 และภาพประกอบ 36

3.4 ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ชะผ่านวัสดุทดสอบ ซึ่งได้แก่

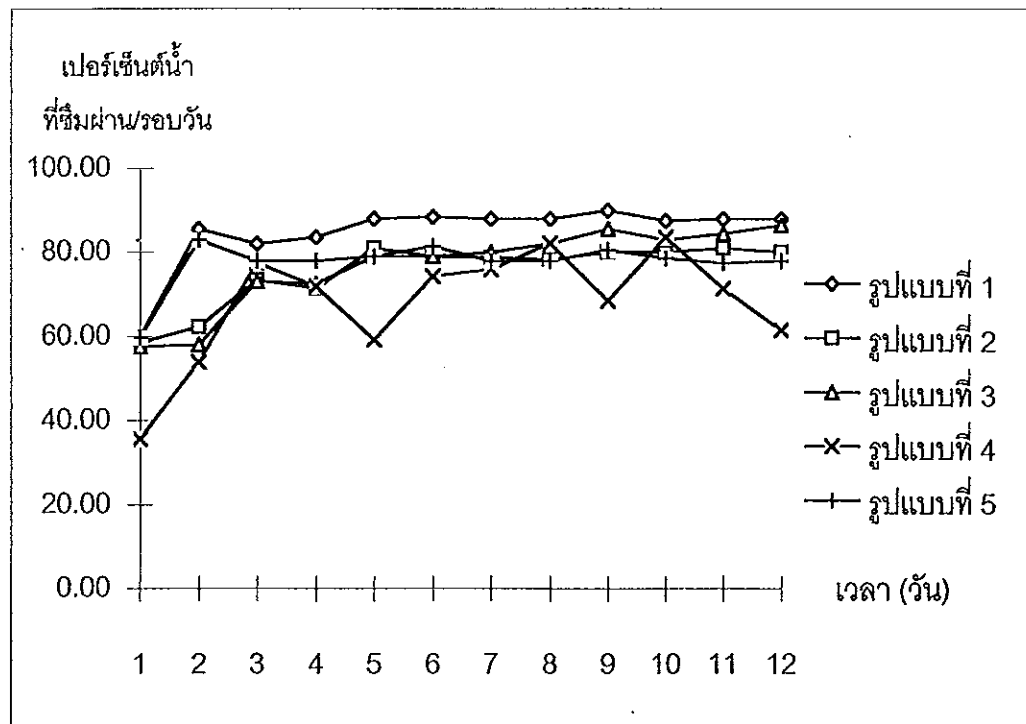
3.4.1 ค่าพีเอช เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มค่าพีเอชแล้วพบว่าทุกรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.08-7.70 ซึ่งรูปแบบที่ 3 จะมีค่าเฉลี่ยของพีเอชตลอดเวลาทดสอบมากที่สุดคือ 7.70 และรูปแบบที่ 5 จะให้ค่าพีเอชเฉลี่ยน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้วัสดุจากพื้นที่ฝั่งกลบที่คล้ายคลึงกันแต่ต่างรูปแบบของการบรรจุ ก็สามารถทำให้ค่ามลสารที่เกิดขึ้นในน้ำชะล้างนี้แตกต่างกัน โดยพบว่าการบรรจุแบบแชนวิชจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำชะใกล้เคียงค่าพีเอชที่เป็นกลางได้มากกว่า ดังแสดงในตาราง 23 และภาพประกอบ 37

3.4.2 ของแข็งแขวนลอย พบว่า รูปแบบที่ 1 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบแบบผสมจัดเรียงตัวกับดินในลักษณะคล้ายกับรูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 และ 2 สำหรับรูปแบบที่ 2-5 มีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำ เนื่องจากอาจเกิดการอัดแน่นของตัววัสดุทดสอบ จึงทำให้เกิดลักษณะการกรองขึ้น มีผลทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยน้อย ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และ 2 ในรูปแบบที่มีการอุดตันเกิดขึ้น ดังแสดงในตาราง 23 และภาพประกอบ 38

3.4.3 ปริมาณมลสารอินทรีย์ ได้ทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและซีโอดีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และ 2 และเมื่อพิจารณาค่าบีโอดีพบว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากองค์

ตาราง 21 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

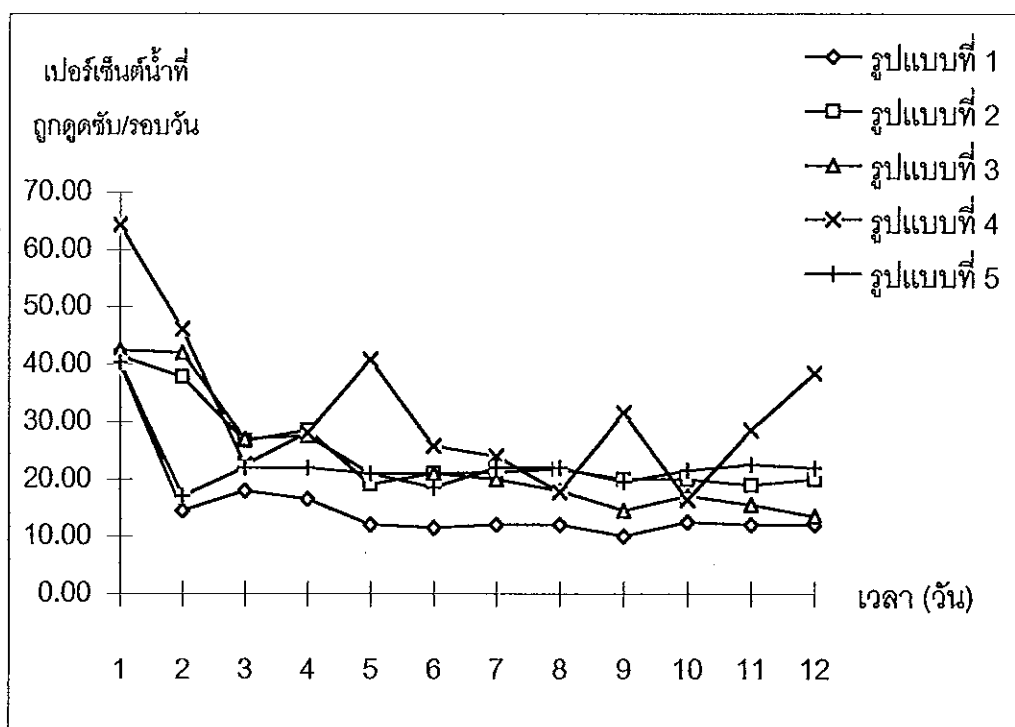
รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	59.75-90.00	84.73 ± 8.18	9.66
2	58.48-81.00	75.29 ± 7.62	10.12
3	57.50-86.50	76.71 ± 9.88	12.88
4	35.66-83.57	67.97 ± 13.58	19.98
5	59.63-83.00	77.47 ± 5.87	7.58



ภาพประกอบ 35 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

ตาราง 22 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์การกระจายของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ ต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

รูปแบบที่	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน		
	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย
1	10.00-40.25	15.27 ± 8.18	53.59
2	19.00-41.52	24.71 ± 7.62	30.85
3	13.50-42.50	23.29 ± 9.88	42.41
4	16.43-64.34	32.03 ± 13.58	42.42
5	17.00-40.38	22.53 ± 5.87	26.06



ภาพประกอบ 36 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

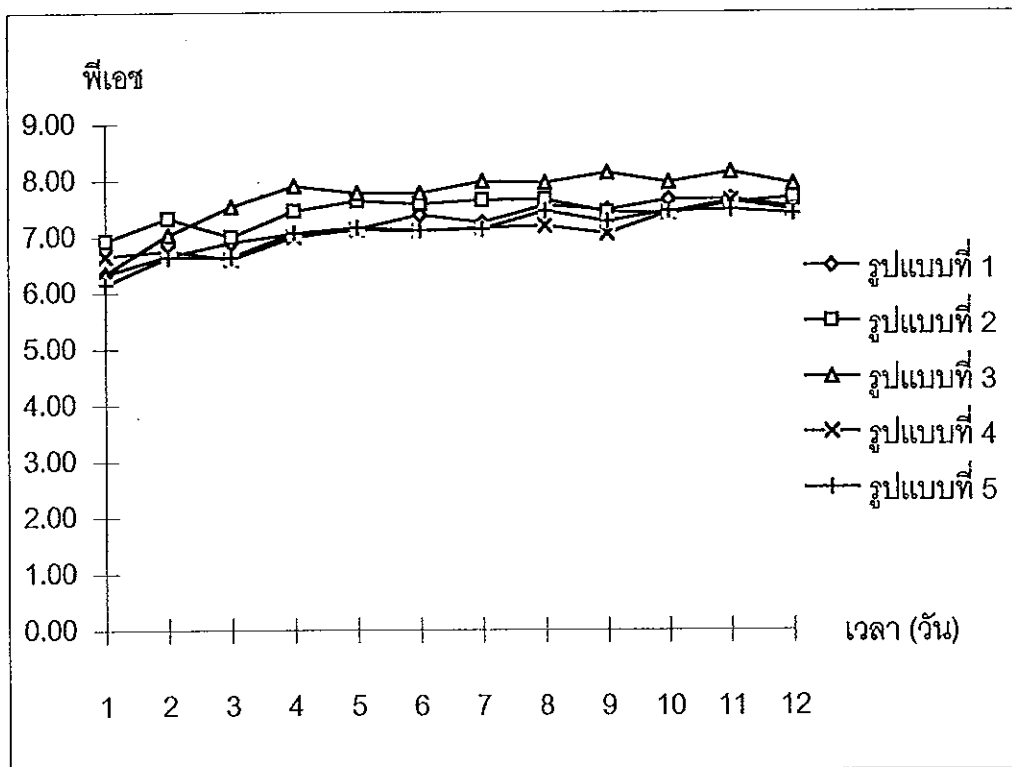
ประกอบของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่บรรจุในแต่ละรูปแบบมีลักษณะต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่ในรูปแบบที่ 2 เป็นวัสดุประเภทที่เป็นสารย่อยได้ยาก เช่น พลาสติก เศษไม้ เป็นต้น ทำให้การชะล้างเกิดขึ้นได้น้อยกว่า จึงทำให้ค่าบีโอดีออกมาแตกต่างกัน สำหรับค่าซีโอดี พบว่ารูปแบบที่ 3 และ 5 มีค่าสูงและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่เป็นวัสดุขนาดเล็ก ถึงแม้ประกอบด้วยทรายแต่ก็มีสารอินทรีย์อยู่ ซึ่งน่าจะเกิดจากการย่อยสลายสะสมอยู่บ้างจึงทำให้ได้ค่าซีโอดีที่สูงกว่า แต่รูปแบบที่ 3 พบว่ามีค่าซีโอดีสูงกว่ารูปแบบที่ 5 ซึ่งรูปแบบที่ 5 มีดินบรรจุทั้งด้านบนและล่าง (แซนวิช) อาจมีผลช่วยกรองค่าซีโอดีได้ จึงทำให้รูปแบบที่ 5 พบค่าซีโอดีต่ำกว่ารูปแบบที่ 3 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ารูปแบบของการจัดเรียงตัว เช่น รูปแบบที่มีดินบรรจุทั้งด้านบนและล่าง มีผลต่อการลดปริมาณมลสารอินทรีย์ได้เช่นกัน ดังแสดงในตาราง 23 และภาพประกอบ 39-40

3.4.4 ปริมาณมลสารอาหาร ได้ทำการวิเคราะห์ค่าเจลดาล์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำชะวัสดุทดสอบ พบว่าค่าเจลดาล์ไนโตรเจนมีรูปแบบไม่ชัดเจน โดยพบว่ารูปแบบที่ 5 มีค่าต่ำที่สุด สำหรับรูปแบบที่ 3 และ 5 พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่เหมือนกันแต่มีการจัดเรียงต่างกัน สำหรับรูปแบบที่ 2 และ 4 ก็มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดใกล้เคียงกัน แต่รูปแบบที่ 3 และ 5 มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่ารูปแบบที่ 2 และ 4 เนื่องจากรูปแบบที่มีการบรรจุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร จะมีความสกปรกสูงกว่า เพราะสามารถถูกชะล้างออกมาได้ง่าย สำหรับการจัดเรียงตัวในรูปแบบต่าง ๆ สามารถกล่าวได้ว่ารูปแบบของการจัดเรียงตัว เช่น รูปแบบที่มีดินบรรจุทั้งด้านบนและล่าง มีผลต่อการลดปริมาณมลสารอาหารโดยเฉพาะค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้เช่นกัน ดังแสดงในตาราง 23 และภาพประกอบ 41-42 ซึ่งค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำที่ชะได้นี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับค่าซีโอดี

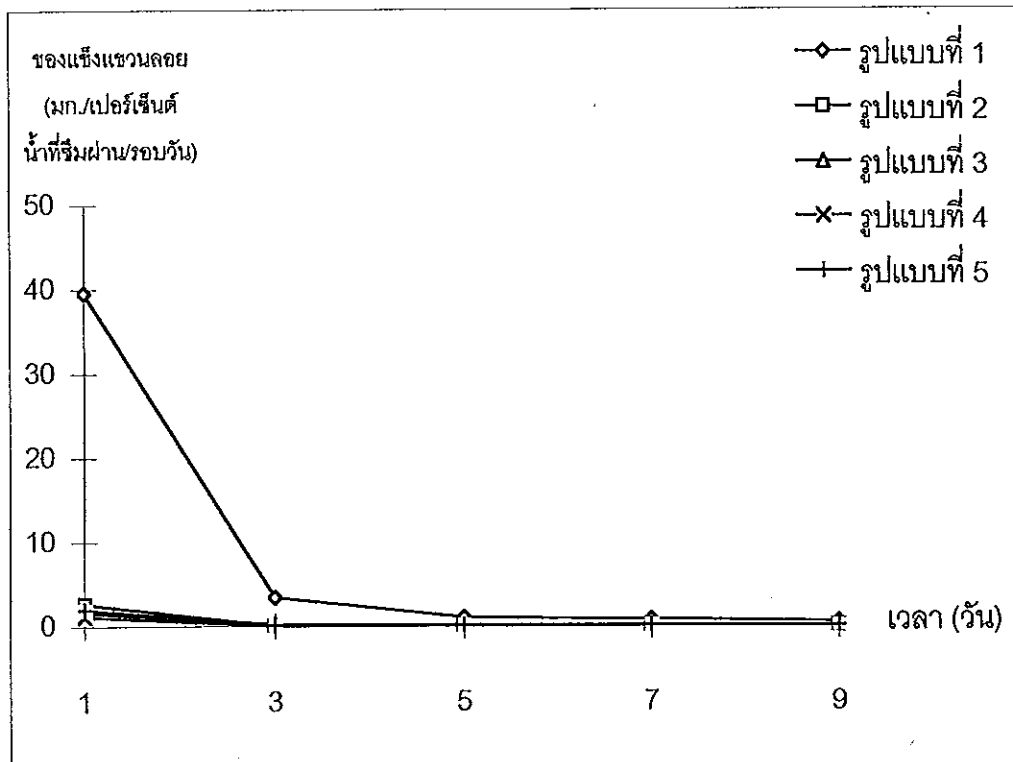
3.4.5 ค่าโลหะหนัก ได้ทำการวิเคราะห์หาปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม ซึ่งตรวจไม่พบในทุกรูปแบบ (ดีเทคชันลิมิต คือ 100 50 และ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ)

ตาราง 23 แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การกระจายของตัวแปรทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3

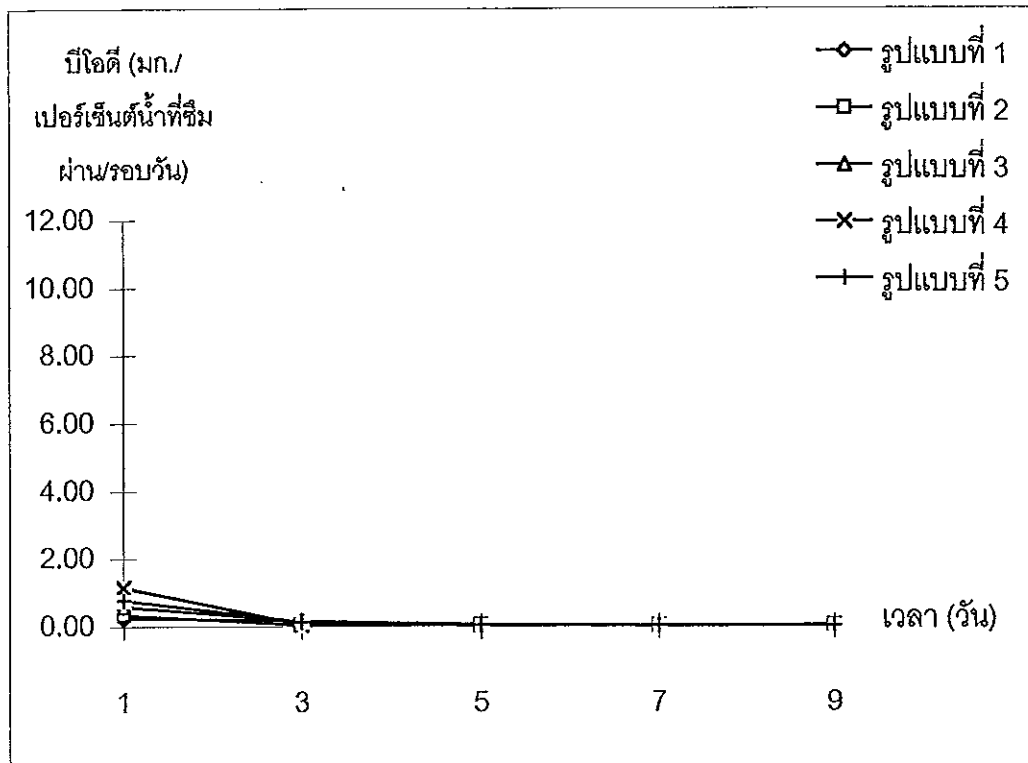
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				พีเอช			
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	
1	0.4500-39.5147	9.0201±17.0865	189.43	6.33-7.67	7.21±0.42	5.83	
2	0.0004-2.6851	0.5410±1.1986	221.55	6.93-7.69	7.45±0.25	3.40	
3	0.0100-1.5862	0.3832±0.6763	176.49	6.35-8.14	7.70±0.52	6.76	
4	0.0003-1.1477	0.2331±0.5113	219.36	6.60-7.63	7.10±0.32	4.51	
5	0.0200-1.9478	0.4296±0.8492	197.70	6.15-7.47	7.08±0.41	5.79	
มลสารอินทรีย์		ปริมาณมีไอดี (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)			ปริมาณซีไอดี (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)		
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	
1	0.01-0.25	0.09±0.11	118.63	0.74-6.74	2.15±2.60	121.29	
2	0.01-0.34	0.08±0.14	170.14	0.41-5.40	1.70±2.10	123.12	
3	0.01-0.59	0.17±0.25	145.22	1.58-11.48	4.05±4.26	105.23	
4	0.02-1.16	0.25±0.50	199.49	0.42-3.77	1.26±1.42	112.48	
5	0.01-0.77	0.19±0.33	170.36	0.99-10.16	3.22±3.96	122.89	
มลสารอาหาร		ปริมาณแคลดาร์ทีนไนโตรเจน (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)			ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก.ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)		
รูปแบบที่	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	ค่าต่ำสุดและสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การกระจาย	
1	0.0011-0.0089	0.0030±0.0033	110.69	0.0203-0.1259	0.0474±0.0451	95.11	
2	0.0007-0.0927	0.0196±0.0408	207.83	0.0185-0.1735	0.0559±0.0663	118.73	
3	0.0001-0.0375	0.0121±0.0154	127.49	0.0785-0.3632	0.1597±0.1223	76.60	
4	0.0007-0.1646	0.0339±0.0731	215.50	0.0061-0.0483	0.0170±0.0177	104.41	
5	0.0011-0.0045	0.0018±0.0015	83.41	0.0332-0.2170	0.0894±0.0775	86.73	



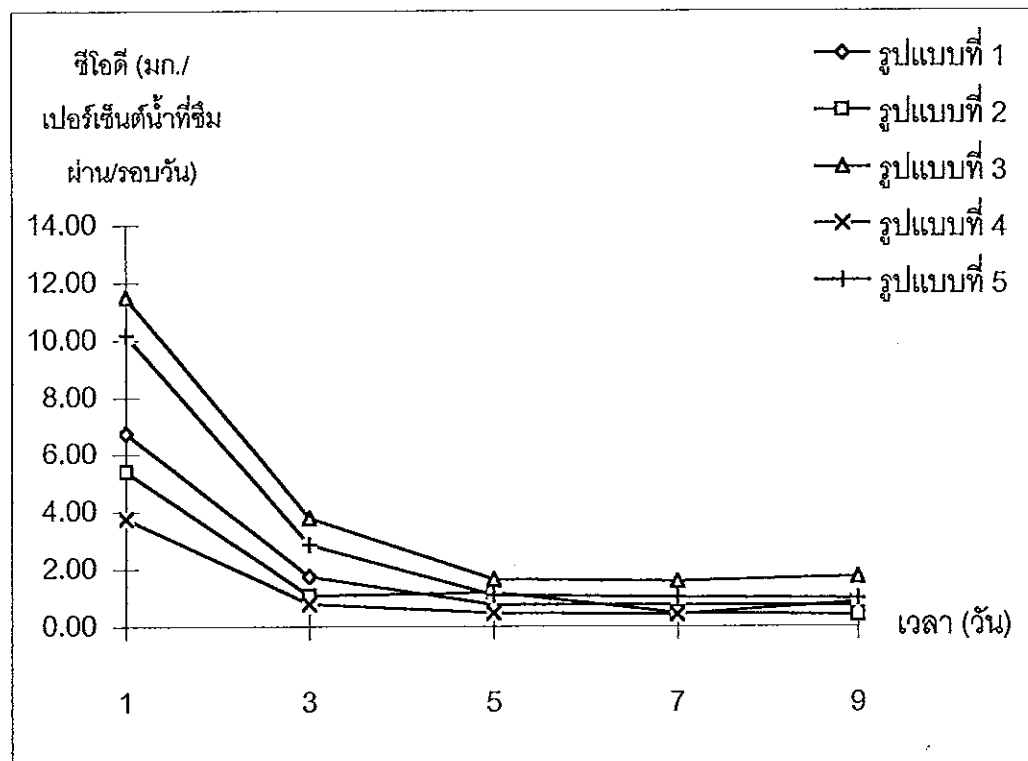
ภาพประกอบ 37 แสดงค่าพีเอชของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3



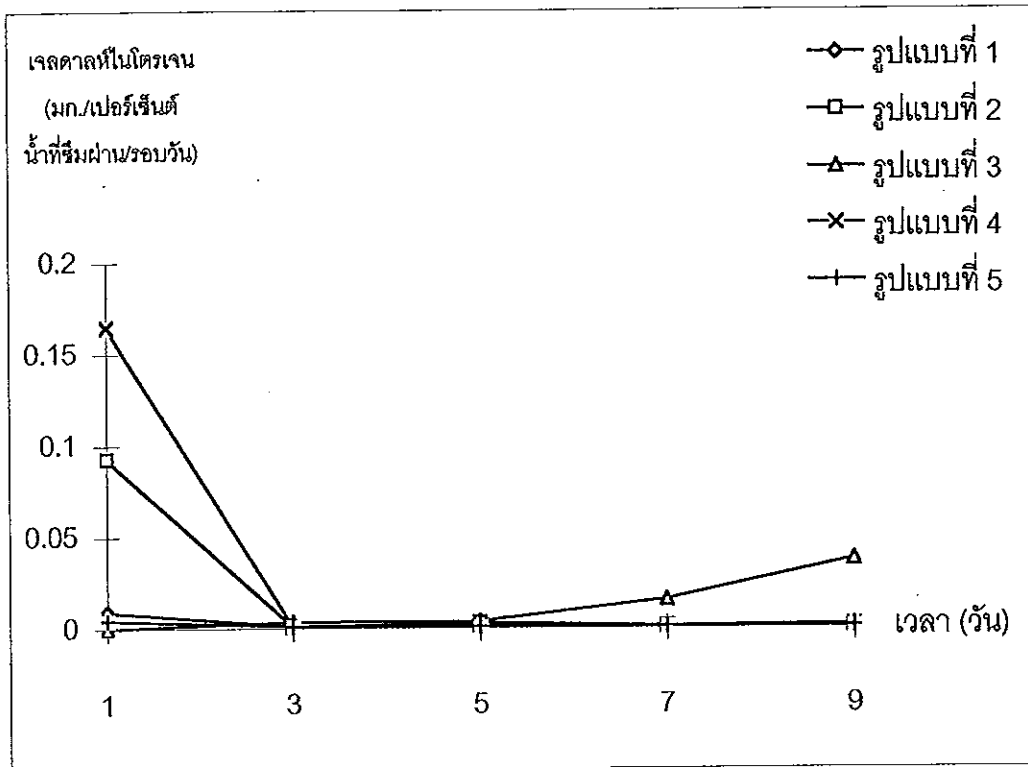
ภาพประกอบ 38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3



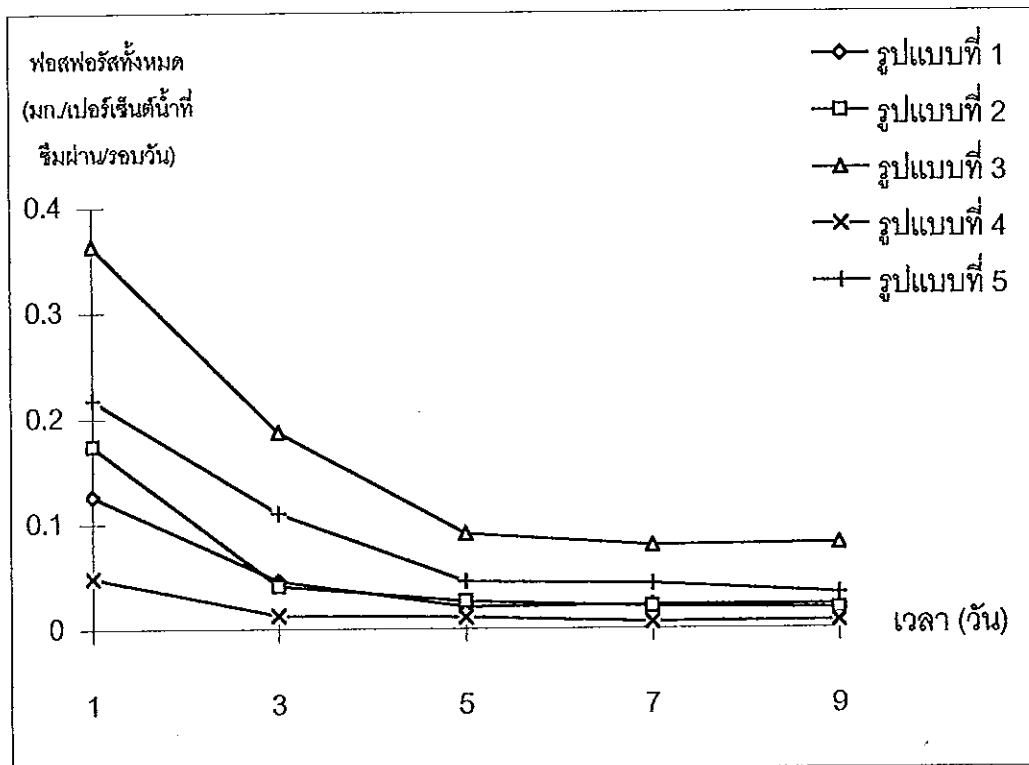
ภาพประกอบ 39 แสดงค่าบีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3



ภาพประกอบ 40 แสดงค่าซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3



ภาพประกอบ 41 แสดงค่าเจลดาล์ไนโตรเจนของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 3



ภาพประกอบ 42 แสดงค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 3

บทที่ 4

บทวิจารณ์

การศึกษาลักษณะการฝังกลบวัสดุของเทศบาลเมืองสงขลา

ทางเทศบาลได้มีแผนการแบ่งพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยรวมทั้งออกแบบรูปแบบ และวิธีการฝังกลบไว้แล้ว แต่ในทางปฏิบัติจริงพบว่าการดำเนินการฝังกลบของชั้นมูลฝอยต่าง ๆ อาจขึ้นอยู่กับข้อจำกัดและศักยภาพการทำงานของเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ จึงทำให้ข้อมูลที่ทำ การขุดเจาะดูถึงชั้นการฝังกลบของมูลฝอยในแต่ละปี พบว่าการดำเนินการในขั้นตอนของการฝัง กลบของแต่ละชั้นมูลฝอยไม่ได้ดำเนินการไปในลักษณะที่มีรูปแบบคงที่มากนัก ดังข้อมูลที่พบว่ามี การใช้ทรายเป็นวัสดุปิดกลบ และการปิดกลบในแต่ละชั้นของมูลฝอยมีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่ง สังเกตได้ดังแสดงในภาพประกอบ 14 โดยชั้นการฝังกลบมูลฝอยไม่คงที่ บางจุดบาง บางจุดหนา การใช้วัสดุปิดกลบมูลฝอยก็ทำนองเดียวกัน มีความหนาบางไม่เท่ากัน วัสดุปิดกลบมูลฝอยค่อนข้างกระจายไปทั่วเนื้อมูลฝอย บางครั้งมีการแยกชั้นไม่ชัดเจน การใช้วัสดุปิดกลบในชั้นสุดท้าย (Final cover) พบว่าบางประมาณ 10-20 เซนติเมตร ซึ่งการฝังกลบที่ถูกหลักสุขาภิบาลนั้นจะต้อง มีความหนา 60 เซนติเมตร สำหรับสาเหตุของการใช้วัสดุปิดกลบค่อนข้างบางนั้น พบว่ามีผลมา จากผู้ปฏิบัติงาน เพราะจะเกิดความสะดวกในการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ฝังกลบ เนื่องจากมี การใช้วัสดุที่เป็นทรายเป็นวัสดุปิดกลบ และหากมีการใช้ทรายปิดกลบที่หนามากก็จะทำให้เครื่อง จักรวิ่งไม่สะดวก ดังนั้นจึงได้ลดความหนาของชั้นวัสดุปิดกลบมูลฝอยลง อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกต ว่า หากมีการใช้วัสดุปิดกลบไม่สม่ำเสมอคงที่ตลอดเวลาการฝังกลบ ก็อาจทำให้เกิดปัญหาผล กระทบด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมตามมาได้ จากข้อมูลที่ศึกษาเบื้องต้นนี้ แสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติ งานปิดกลบในพื้นที่จริงนั้น จำต้องให้ความสำคัญในการดูแลให้เกิดการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง ตามรูปแบบวิธีการฝังกลบที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงจะต้องรับทราบปัญหาและพัฒนาแก้ไขปัญหา จึง จะทำให้เกิดการฝังกลบมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพต่อไป

การศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา

การสำรวจองค์ประกอบของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่ศึกษาได้ พบว่าวัสดุเก่าที่ขุดขึ้นมาทั้งหมดมาจาก 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ จากมูลฝอยที่ฝังกลบ และวัสดุปิดกลบ (ทราย) จึงมีผลทำให้องค์ประกอบในส่วนอื่น ๆ ที่ไม่สามารถจำแนกได้มีสัดส่วนที่สูง ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 3 อนึ่งภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่าองค์ประกอบในส่วนที่ร่วนซุยและไม่สามารถจำแนกประเภทได้ (ขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร) จะประกอบไปด้วยทรายซึ่งเป็นวัสดุปิดกลบที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นหากหักส่วนประกอบในส่วนนี้ออกไป จะทำให้ได้ค่าองค์ประกอบที่นำมาจากส่วนที่เป็นมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ ซึ่งเมื่อทำการหักค่าในสัดส่วนดังกล่าวออก และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหลืออยู่ใหม่จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบวัสดุเก่าที่กล่าวได้ว่ามาจากมูลฝอย ดังแสดงข้อมูลในตาราง 24 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบที่ย่อยได้ยากในอายุการฝังกลบที่ 2 7 8 และ 9 อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นอายุการฝังกลบปีที่ 5 มีค่าต่ำกว่าเท่าตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้จะฝังกลบมูลฝอยไปเป็นระยะเวลา 2-9 ปีนั้น ในส่วนขององค์ประกอบที่ย่อยได้ยากก็ยังคงอยู่และจะปรากฏในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวอย่างที่มีอายุการฝังกลบ 5 ปีนั้น จะเห็นว่าข้อมูลในส่วนนี้ต่ำกว่าค่าอื่น อาจสืบเนื่องมาจากตัวแทนในขณะเก็บตัวอย่างมาศึกษายังไม่ดีพอ (ทั้งนี้เกิดจากข้อจำกัดในด้านความลึกและความยากในการเก็บตัวอย่าง) จึงมีผลทำให้ค่าที่ได้แปรปรวนไปจากตัวอย่างปีอื่น ๆ บ้าง สำหรับองค์ประกอบที่ย่อยไม่ได้ในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 8 และ 9 มีการกระจายแต่ยังอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และองค์ประกอบของของเสียอันตรายจะพบในปีที่ 8 และ 9 แต่ไม่พบในปีที่ 2 5 และ 7 สำหรับในด้านองค์ประกอบอื่น ๆ ในอายุการฝังกลบที่ 2 7 และ 8 อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบของวัสดุเก่าที่คำนวณได้ว่ามาจากมูลฝอยนั้น พบว่าค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งสิ่งนี้สะท้อนให้เห็นได้ว่าสืบเนื่องมาจากลักษณะมูลฝอยสดที่ทำการฝังกลบในแต่ละปีที่ผ่านมา ย่อมมีองค์ประกอบและปริมาณแตกต่างกัน ดังเช่นข้อมูลที่แสดงในตาราง 25 ซึ่งเห็นได้ว่าองค์ประกอบมูลฝอยสดในแต่ละปีมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมูลฝอยมีลักษณะที่เป็นของผสมที่หลากหลาย องค์ประกอบของมูลฝอยส่วนใหญ่จะไม่คงที่ แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะการใช้ จึงทำให้ข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละปีที่ศึกษาได้มีสัดส่วนที่แตกต่างกันไป

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาวัสดุเก่าที่ขุดขึ้นมาทั้งหมด และพิจารณาเฉพาะในส่วนขององค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่าปริมาณค่อนข้างสูง สาเหตุ

ตาราง 24 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของเนื้อวัสดุที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี โดย
ไม่คิดองค์ประกอบในส่วนที่คาดว่ามาจากวัสดุปิดกลบ

ประเภท	อายุการฝังกลบ (ปี)				
	2	5	7	8	9
องค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ย่อยได้ยาก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)					
- พลาสติก	15.95	18.22	28.02	26.15	10.02
- โฟม	0.59	0.00	0.77	0.34	0.19
- ยาง	0.42	0.25	0.56	1.96	1.67
- ผ้า	0.46	3.25	0.49	2.89	6.72
- ไม้	27.36	9.10	29.62	24.11	49.26
- กระดาษ	20.52	4.15	2.93	3.62	0.39
- หนัง	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
- กระดุกและเปลือกหอย	1.73	0.00	1.76	2.27	2.02
- โลหะ	3.67	1.33	10.34	9.3	6.69
รวม	70.70	36.3	74.49	70.69	76.96
องค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ย่อยไม่ได้ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)					
- แก้ว	2.97	6.06	6.05	9.35	7.56
- กระเบื้องและหิน	3.54	9.10	4.47	3.67	11.70
รวม	6.51	15.16	10.52	13.02	19.26
องค์ประกอบของของเสียอันตราย (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)					
- ถ่านไฟฉาย	0.00	0.00	0.00	0.66	0.29
รวม	0.00	0.00	0.00	0.66	0.29
องค์ประกอบอื่น ๆ ขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)					
- องค์ประกอบอื่น ๆ	22.79	48.54	14.99	15.63	3.49
รวม	22.79	48.54	14.99	15.63	3.49
รวมทั้งสิ้น	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

เนื่องจากการปฏิบัติงานในการฝังกลบของเทศบาลเมืองสงขลานั้นได้ใช้ทรายเป็นวัสดุปิดกลบใน
ทุกอายุการฝังกลบที่ศึกษา จึงทำให้พบในปริมาณสูง

ในด้านความหนาแน่นของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบพบว่าความหนาแน่นค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้ง 3 ตัวอย่างที่แตกต่างอายุการฝังกลบ (ปี 7 8 และ 9) แต่ส่วนใหญ่ยังต่ำกว่า 1,000
กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แม้ว่าจะมีการใช้เครื่องจักรชนิดเดียวกันดำเนินการฝังกลบตลอดทั้งสาม

ตาราง 25 แสดงองค์ประกอบมูลฝอยที่สำรวจใน ปี พ.ศ. 2525 ปี พ.ศ. 2539 และปี พ.ศ. 2540

องค์ประกอบมูลฝอย (เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนักเปียก)	ปี พ.ศ.				
	2525 ¹		2539 ²	2540 ³	
	ย่านการค้า	บ้านเรือน	มูลฝอยรวม	มูลฝอยรวม	ตลาดสด
1. เศษอาหาร	76.07	47.22	40.27	22.40	48.00
2. พลาสติก	5.36	8.89	8.90	10.60	10.00
3. ยาง	0.00	1.11	1.29	4.20	4.70
4. ผ้า	0.71	2.78	2.15	4.5	1.8
5. ไม้	0.00	0.00	5.08	12.00	3.10
6. กระดาษ	7.14	14.45	12.41	14.70	20.00
7. หนัง	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
8. กระดุก	0.00	0.00	17.26	0.00	0.00
9. โลหะ	0.72	3.33	0.52	8.40	4.10
10. แก้ว	0.36	6.11	2.89	16.00	1.70
11. หิน	0.00	0.00	4.18	0.00	0.00
12. อื่น ๆ	9.64	16.11	5.01	7.20	6.6
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ที่มา : ¹Sinclair Knight and Partners et al., Pty Ltd. *et al.*, 1983.

²Prince of Songkla University, Faculty of Environmental Management Establishment Program, 1996.

³บริษัทสยามเทคกรุ๊ป จำกัด, 2540.

อายุการฝังกลบ และจากการใช้ทรายเป็นวัสดุปิดกลบอาจมีผลทำให้ไม่สามารถฝังกลบด้วยความหนาแน่นมากกว่านี้ได้ เนื่องจากทรายทำให้เครื่องจักรดำเนินการไม่สะดวก จึงบังคับมูลฝอยไม่สะดวกด้วยเช่นกัน ในด้านความชื้นพบว่าทุกอายุการฝังกลบมีความชื้นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากบริเวณที่ฝังกลบเป็นพื้นที่ใกล้ทะเลมีดินทรายเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ จึงทำให้ชั้นของวัสดุค่อนข้างแห้งเพราะทรายมีลักษณะไม่อุ้มน้ำจึงทำให้มีการซึมผ่านของน้ำระเหยมูลฝอยค่อนข้างสูง จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ความชื้นของวัสดุต่ำกว่าพื้นที่ฝังกลบค่อนข้างต่ำ

การศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา

ลักษณะสมบัติทางเคมี พบว่าค่าพีเอชของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมีสภาพเป็นไปตามอายุการฝังกลบ กล่าวคือ ในอายุการฝังกลบ 2 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงการย่อยสลายเทียบเท่ากับระยะปลายของเทอร์โมฟิลิค จนถึงระยะต้นของคูลิ่งดาวน์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 8.0-9.0 และในอายุการฝังกลบ 5 7 8 และ 9 ปี มีค่าพีเอชอยู่ในช่วงระยะเมทาเวิร์จ ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.0-8.0 (Gray, et al., 1971, quoted in Danteravanich, S., 1989) ค่าคาร์บอนมีความแตกต่างกันในแต่ละอายุการฝังกลบ เนื่องจากปริมาณและประเภทของมูลฝอยที่ฝังกลบมีลักษณะแตกต่างกัน รวมทั้งสภาวะในการย่อยสลายของพื้นที่ฝังกลบเกิดขึ้นในอัตราที่ไม่เท่ากัน ทำให้ปริมาณคาร์บอนที่หลงเหลืออยู่มีความแตกต่างกันไป สำหรับปริมาณสารที่เผาไหม้ได้พบว่ามีค่าค่อนข้างสูงในทุกอายุการฝังกลบ ยกเว้นอายุการฝังกลบที่ 5 ปีมีค่าต่ำที่สุดเป็นผลมาจากองค์ประกอบมูลฝอยที่เผาไหม้ได้มีปริมาณน้อยดังแสดงในตาราง 8 หน้า 35 ทางด้านองค์ประกอบไนโตรเจน ซึ่งได้แก่ เจลดาลท์ ไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละปี โดยยิ่งอายุการฝังกลบน้อยจะมีค่าองค์ประกอบไนโตรเจนสูง และอายุมากจะมีค่าองค์ประกอบไนโตรเจนต่ำลงตามลำดับ เนื่องมาจากความแตกต่างของปฏิกิริยาในการแปรเปลี่ยนรูปของสารไนโตรเจนเกิดขึ้นในลักษณะที่ต่างกัน มูลฝอยที่มีอายุการฝังกลบนานย่อมถูกย่อยสลายได้มากกว่า สารไนโตรเจนย่อมถูกปรับให้อยู่ในสภาพเสถียรมากขึ้น จึงทำให้พบองค์ประกอบไนโตรเจนน้อยลงเมื่ออายุมูลฝอยมากขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าวัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 9 ปี จะมีองค์ประกอบไนโตรเจนสูง เนื่องจากการย่อยสลายของอินทรีย์สารยังไม่สมบูรณ์ ทำให้มีองค์ประกอบในส่วนที่ย่อยได้ยากอยู่เป็นปริมาณสูง ดังแสดงในตาราง 8 (ปริมาณไม้) สำหรับค่าฟอสฟอรัสพบว่ามีค่าแตกต่างกันในอายุการฝังกลบที่ต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าที่ต่ำในช่วง 1.22-2.04 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าโพแทสเซียมพบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส โดยอยู่ในช่วง 0.20-5.60 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สำหรับโลหะหนักซึ่งได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท พบว่ามีตะกั่วเป็นส่วนใหญ่ คือ พบในอายุการฝังกลบ 5 7 8 และ 9 ปี โดยอยู่ในช่วง 34.482-98.592 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งปีที่พบมากคืออายุการฝังกลบที่ 8 ปี ทั้งนี้เกิดจากตัวอย่างที่ศึกษามีองค์ประกอบประเภทแบคทีเรียอยู่ นอกจากนี้ยังพบแคดเมียมปริมาณเล็กน้อยคือ 1.998 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในอายุการฝังกลบที่ 9 ปีเท่านั้น ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบนี้คงจะมาจากแบคทีเรียที่ได้ถูกฝังกลบในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ดังข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยที่ตรวจพบว่ามีแบคทีเรียในตัวอย่าง

วัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 9 ปี แต่จากการศึกษาครั้งนี้ตรวจไม่พบปรอท ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีปริมาณน้อยมากในเนื้อวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

การศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่สกัดได้ จากการสกัดวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 7 และ 8

ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่สกัดได้พบว่าค่าซีไอดีของทุกอายุการฝังกลบมีค่าแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการฝังกลบมากขึ้นในทุกพีเอช ยกเว้นอายุการฝังกลบ 9 ปีมีค่าซีไอดีสูงขึ้นเล็กน้อยในทุกพีเอช อาจเนื่องจากการย่อยสลายยังไม่เสถียรที่สุดจึงมีการปลดปล่อยมลสารออกมา นอกจากนี้ค่าซีไอดีในน้ำสกัดที่เป็นกรดจะสามารถสกัดสาร COD ได้มากกว่าน้ำสกัดที่เป็นกลาง อาจเป็นเพราะสภาพที่เป็นกรดสามารถชะล้างมลสารได้ดีกว่าสภาพที่เป็นกลาง สำหรับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่าในช่วงเริ่มแรกมีค่าสูงและมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการหมักมากขึ้น (Danteravanich, S., 1989) ในทุกพีเอช ยกเว้นอายุการฝังกลบ 9 ปี ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับค่าซีไอดี คือ การย่อยสลายยังไม่เสถียรที่สุดจึงมีการปลดปล่อยมลสารออกมาบ้างเล็กน้อย แต่ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยกว่าค่าซีไอดี

การศึกษาการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ และลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ

1. การซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ

จากข้อมูลโดยภาพรวมทั้งหมดของการทดลอง ดังแสดงในตาราง 26-28 พบว่ารูปแบบที่ 3 ในการทดลองที่ 1 มีค่าการซึมต่ำที่สุด แต่ในการทดลองที่ 2 พบว่ารูปแบบที่ 5 มีค่าการซึมต่ำที่สุด เป็นการแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของการจัดเรียงตัวระหว่างดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีผลทำให้การซึมผ่านลดลง แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดเรียงตัวที่ 3 หรือ 5 รูปแบบใดมีผลทำให้ค่าการซึมลดลงได้ดีที่สุด จึงได้ทำการทดลองที่ 3 ซึ่งมีการแยกขนาดองค์ประกอบที่น้อยกว่าและมากกว่า 1 เซนติเมตร แล้วทำการบรรจุเลียนแบบรูปแบบที่ 3 และ 5 ของการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งจากผลการศึกษาในการทดลองที่ 3 พบว่ารูปแบบที่มีการใช้วัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตรให้ค่าการซึมต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะของวัสดุที่ทำกรบรรจุนั้นมีผลต่อการซึม โดยถ้าบรรจุวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตรกับดินด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 1 จะทำให้ค่าการซึมต่ำที่สุด สำหรับทางด้านเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวันพบว่า มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าการซึม กล่าวคือจะมีค่าต่ำที่สุดในรูปแบบที่ 3 ของการทดลองที่ 1 และในรูปแบบที่ 5 ของการทดลองที่ 2 รวมทั้งรูปแบบที่ 2 และ 4 (ใช้วัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1

ตาราง 26 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการซึม (เซนติเมตรต่อวินาที) ของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองที่ 1 2 และ 3

รูปแบบ	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)		
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
1. ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอย่างเดียว	3.81×10^{-3}	7.13×10^{-3}	-
2. ใช้ดินอย่างเดียว	1.56×10^{-2}	4.53×10^{-3}	-
3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	5.00×10^{-5}	1.97×10^{-2}	2.63×10^{-2}
4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	7.20×10^{-3}	1.12×10^{-2}	-
5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบน และล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	3.69×10^{-3}	1.40×10^{-4}	-
6. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	2.30×10^{-5}
7. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	1.72×10^{-2}
8. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	2.50×10^{-5}
9. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	3.43×10^{-3}

ตาราง 27 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน ของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองที่ 1 2 และ 3

รูปแบบ	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน		
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
1. ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอย่างเดียว	95.69±4.78	95.76±10.56	-
2. ใช้ดินอย่างเดียว	95.42±12.30	95.70±14.42	-
3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	84.07±15.51	95.89±10.61	84.73±8.18
4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	95.34±5.83	95.64±10.61	-
5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	94.85±9.70	90.32±15.80	-
6. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	75.29±7.62
7. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	76.71±9.88
8. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	67.97±13.58
9. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	77.47±5.87

ตาราง 28 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน ของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองที่ 1 2 และ 3

รูปแบบ	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน		
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
1. ใช้วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอย่างเดียว	4.31±4.78	4.28±10.55	-
2. ใช้ดินอย่างเดียว	4.58±12.30	4.39±14.39	-
3. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	15.93±15.51	4.11±10.61	15.27±8.18
4. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 3 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	4.66±5.83	4.37±10.61	-
5. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	5.15±9.70	9.68±15.77	-
6. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	24.71±7.62
7. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรของวัสดุทั้งสอง โดยดินอยู่ด้านบน และวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบอยู่ด้านล่าง	-	-	23.29±9.88
8. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	32.03±13.58
9. ใช้ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ (รูปแบบแซนวิช)	-	-	22.53±5.87

เซนติเมตร) ในการทดลองที่ 3 และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน พบว่ามีลักษณะผกผันกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน โดยมีค่าสูงในรูปแบบที่ 3 ของการทดลองที่ 1 และรูปแบบที่ 5 ของการทดลองที่ 2 รวมทั้งรูปแบบที่ 2 และ 4 ของการทดลองที่ 3

สำหรับรูปแบบควบคุม คือ รูปแบบที่ 1 (วัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบชนิดเดียว) และ 2 (ดินชนิดเดียว) พบว่ารูปแบบที่ 1 ในการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าการซึมแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากวัสดุเก่าที่บรรจุมีการยุบตัวต่างกันเล็กน้อย แต่รูปแบบที่ 2 กลับพบว่ามีค่าการซึมต่างกันในทุกการทดลอง (การทดลองที่ 1 และ 2) ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างของช่องว่างในชั้นดินที่ต่างกันจึงทำให้ค่าการซึมแตกต่างกัน ซึ่งหากรูปแบบการทดสอบใด (รูปแบบที่ 3-5 ในการทดลองที่ 1 และ 2 และรูปแบบที่ 2-5 ในการทดลองที่ 3) มีค่าการซึมอยู่ระหว่างนี้ก็สามารที่จะนำมาพิจารณาในการใช้เป็นตัววัดปิดกั้นมูลฝอยใหม่ได้ แต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาถึงลักษณะสมบัติทางด้านเคมีของน้ำที่ซึมผ่านด้วยเช่นกัน สำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 ในการทดลองที่ 1 และรูปแบบที่ 3 และ 4 ในการทดลองที่ 2 พบว่ามีค่าการซึมใกล้เคียงกัน

จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน และ เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน พบว่ารูปแบบการบรรจุต่าง ๆ ให้ค่าแตกต่างกัน เหตุผลอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยความผันแปรของขนาดของคัพประกอบของวัสดุที่ใช้ โดยที่หากมีองค์ประกอบชิ้นใหญ่ก็จะส่งผลทำให้ค่าการซึมต่ำได้ ทั้งนี้เพราะวัสดุที่ชิ้นใหญ่นั้นยังสามารถกันซึมได้ด้วยเพราะประกอบด้วยพลาสติก จึงทำให้น้ำซึมผ่านได้ค่อนข้างยาก มีผลทำให้ได้ผลดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

เมื่อนำค่าการซึมจากการทดลองในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การซึมของดินชนิดต่าง ๆ ของพัชรี หอวิจิตร (2531) ดังแสดงในตาราง 29 พบว่ารูปแบบที่ไม่เกิดการอัดแน่น จะมีค่าการซึมใกล้เคียงกับทรายละเอียด แต่สำหรับรูปแบบที่เกิดการอัดแน่นและอุดตันการไหลของน้ำ พบว่ามีค่าการซึมใกล้เคียงกับทรายปนดินตะกอนและดินตะกอน ซึ่งได้แก่รูปแบบที่มีการใช้ดินร่วมกับวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอย จากข้อมูลที่เปรียบเทียบเฉพาะค่าการซึมนี้ ทำให้เกิดข้อสังเกตได้ในเบื้องต้นนี้ว่า การใช้ดินร่วมกับวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบเพื่อปิดกั้นมูลฝอย อาจทำให้ได้ผลใกล้เคียงกับการใช้ทรายปนดินตะกอนหรือดินตะกอน เมื่อคำนึงถึงคุณสมบัติในด้านการซึมผ่านของน้ำ อนึ่งหากพิจารณาในแง่การนำมาปฏิบัติจริง เมื่อมีการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบมาใช้เป็นวัสดุปิดกั้นมูลฝอย ก็อาจพบกับจุดด้อยบางประการ อาทิเช่น ไม่สามารถกันวัสดุปลิวได้มากนัก การกันแมลงและหนูอาจไม่สามารถบรรลุผลได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนที่ต้องคำนึงถึงอย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ใช้ร่วมกันของวัสดุทั้งสอง อาจจะทำให้ข้อด้อยหรือจุดอ่อนของการใช้วัสดุดังกล่าวเพื่อปิดกั้นมูลฝอยน้อยลงได้ โดยการใช้ดินปิดกั้นทับลงบนวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบ

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบค่าการซึมจากผลการทดลองในครั้งนี้ กับค่าสัมประสิทธิ์การซึม
ของดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดดิน	สัมประสิทธิ์การซึม, K (เซนติเมตรต่อวินาที) ¹	ผลการศึกษา ²		
		การทดลองที่ 1 รูปแบบที่	การทดลองที่ 2 รูปแบบที่	การทดลองที่ 3 รูปแบบที่
ทรายหยาบ	4.6×10^{-1}	-	-	-
ทรายเม็ดกลาง	1.2×10^{-1}	-	-	-
ทรายผสมกรวด	1.2×10^{-1}	-	-	-
ทรายละเอียด	4.63×10^{-3}	1, 4, 5	1, 2	5
ทรายปนดินตะกอนและกรวด	4.63×10^{-4}	-	-	-
ทรายปนดินตะกอน	1.16×10^{-4}	-	5	-
ดินตะกอน	5.78×10^{-5}	3	-	2, 4
ดินเหนียวปนทราย	5.78×10^{-6}	-	-	-
ดินเหนียวปนดินตะกอน	1.16×10^{-6}	-	-	-
ดินเหนียว	1.16×10^{-7}	-	-	-
*รูปแบบที่ไม่สามารถจัดอยู่ในค่า K		2	3, 4	1, 3

ที่มา : ¹พัชรีย์ หอวิจิตร, 2531

²ผลการศึกษาในครั้งนี้

มูลฝอย (ดินอยู่ด้านบนตลอด)

2. ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ พบว่ารูปแบบที่เกิดการอัดแน่นของวัสดุทดสอบและมีค่าการซึมต่ำนั้น มีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง ในการทดลองที่ 3 รูปแบบที่ 2 และ 4 มีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกัน โดยรูปแบบที่ 4 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบที่ 3 และ 5 ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงค่าของแรงแขวนลอยพบว่ารูปแบบที่ 3 และ 5 ในการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกิดการอัดแน่นดังกล่าว มีค่าของแรงแขวนลอยต่ำที่สุด สำหรับในการทดลองที่ 3 พบว่ารูปแบบที่ 4 มีค่าของแรงแขวนลอยต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการอัดแน่นของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดใหญ่ เมื่อพิจารณาถึงค่าปริมาณมลสารอินทรีย์พบว่ารูปแบบที่ 3 5 และ 4 ในการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ จะให้ผลการชะล้างของสารอินทรีย์ในรูปของซีไอดีต่ำที่สุด ยกเว้นในรูปแบบที่ 4 ของการทดลองที่ 3 จะให้ค่าบีไอดีไม่ต่ำเท่าใดนัก และเมื่อพิจารณาถึงค่าปริมาณมลสารอาหารก็

พบว่ามียุทธศาสตร์เช่นเดียวกับค่าปริมาณมลสารอินทรีย์ในการทดลองที่ 1 และ 2 สำหรับในการทดลองที่ 3 พบว่ารูปแบบที่ 4 มีค่าปริมาณมลสารอาหาร (ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต่ำที่สุด แต่ค่าเจลดาลหีนโตรเจนไม่ต่ำเท่าใดนัก และเมื่อพิจารณาถึงค่าโลหะหนัก พบว่ามีการปลดปล่อยออกมาไม่สม่ำเสมอและมีค่าค่อนข้างต่ำ

สำหรับรูปแบบควบคุม คือ รูปแบบที่ 1 และ 2 พบว่ารูปแบบที่ 1 ในการทดลองที่ 1 และ 2 มีการปลดปล่อยมลสารออกมาสูงเพราะเป็นวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพียงชนิดเดียว แต่รูปแบบที่ 2 มีการปลดปล่อยมลสารออกมาต่ำมาก ยกเว้นค่าของแข็งแขวนลอยที่ถูกชะออกมาสูง เนื่องจากโครงสร้างของเนื้อดินมีขนาดเล็กมากจึงสามารถชะผ่านออกมาจากแบบจำลองได้ค่อนข้างสูง ซึ่งหากรูปแบบการทดลองใดมีค่าการชะมลสารออกมาต่ำใกล้เคียงกับรูปแบบควบคุมนี้ (รูปแบบที่ 2 ในการทดลองที่ 1 และ 2) ก็สามารถที่จะนำมาพิจารณาในการใช้เป็นวัสดุปิดกั้นมูลฝอยใหม่ได้ และสำหรับรูปแบบที่ 4 และ 5 ในการทดลองที่ 1 พบว่าในรูปแบบที่ 5 ซึ่งมีลักษณะคล้ายแซนวิช จะมีการซึมและปลดปล่อยมลสารออกมาน้อยกว่า เนื่องจากมีลักษณะการบรรจุเป็นแบบแซนวิช และมีอัตราส่วนที่น้อยกว่า สำหรับรูปแบบที่ 3 และ 4 ในการทดลองที่ 2 พบว่ารูปแบบที่ 3 มีการปลดปล่อยมลสารออกมาน้อยกว่า เนื่องจากมีการบรรจุด้วยอัตราส่วนที่น้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรนี้จะทำให้การปลดปล่อยมลสารออกมามากกว่าด้วยเช่นกัน

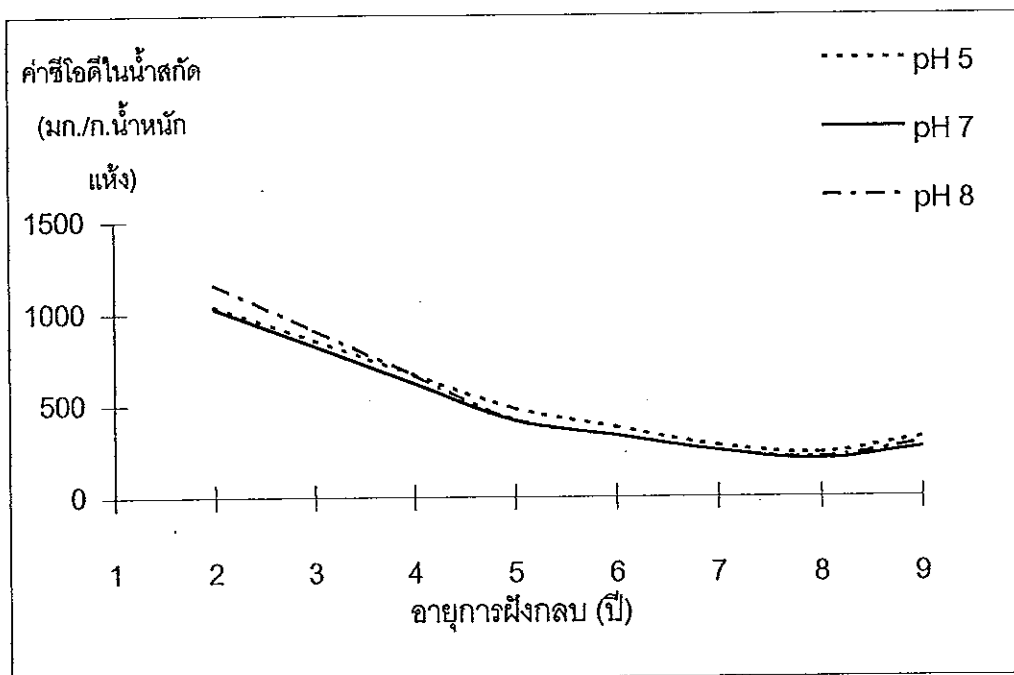
จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะสมบัติทางเคมี ซึ่งได้แก่ค่าพีเอช ของแข็งแขวนลอย ปริมาณมลสารอินทรีย์ และปริมาณมลสารอาหาร พบว่ารูปแบบที่มีค่าการซึมต่ำเนื่องจากเกิดการอัดแน่นของวัสดุทดสอบจะมีผลต่อลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำชะวัสดุเก่า โดยทำให้ปลดปล่อยมลสารออกมามากกว่ารูปแบบอื่น ๆ ดังที่ปรากฏผลในการทดลองที่ 1 2 และ 3 และจากผลการทดลองที่ 3 ซึ่งพบว่ารูปแบบที่ 4 ซึ่งบรรจุด้วยวัสดุเก่าที่มีขนาดใหญ่และมีการจัดเรียงตัวแบบแซนวิชจะมีการปลดปล่อยมลสารออกมาต่ำที่สุด อนึ่งสำหรับโลหะหนักในน้ำชะวัสดุเก่า พบว่ามีค่าไม่แน่นอนตลอดระยะเวลาที่สังเกต (20 วัน) และมีรูปแบบที่ไม่เป็นไปในแนวเดียวกับมลสารชนิดอื่นดังที่กล่าวมาแล้ว สาเหตุของการที่ได้ค่าการชะโลหะหนักออกมาไม่คงที่ คงขึ้นกับกลไกการชะล้างของโลหะหนักที่ซับซ้อนกว่ามลสารชนิดอื่น อาทิเช่น อาจมีกลไกด้านการถูกดูดซับที่ง่ายกว่า จึงมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยของโลหะหนักไม่สม่ำเสมอ และอีกประการหนึ่งจากการทดลองครั้งนี้ พบว่าได้ใช้ดินซึ่งมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นวัสดุปิดกั้นประจำวันของมูลฝอย แต่ก็พบว่าดินดังกล่าวนั้นยังสามารถปลดปล่อยโลหะหนักออกมาได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับวัสดุเก่าด้วย โดยเฉพาะตะกั่ว จึงสรุปได้ในระดับการทดลองครั้งนี้ว่า รูปแบบที่มีการบรรจุด้วยดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของ

ปริมาณดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่า (รูปแบบเช่นวิช) ทำให้เกิดการอัดแน่น และแสดงผลการทดสอบที่ดีที่สุดคือ มีค่าการซึมและการปลดปล่อยมลสารต่าง ๆ ออกมาได้ต่ำที่สุด และการปลดปล่อยมลสารนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับรูปแบบควบคุมที่บรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบน่าจะมีศักยภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่ในสถานที่ฝังกลบได้ โดยนำไปใช้ทดแทนการใช้ดิน

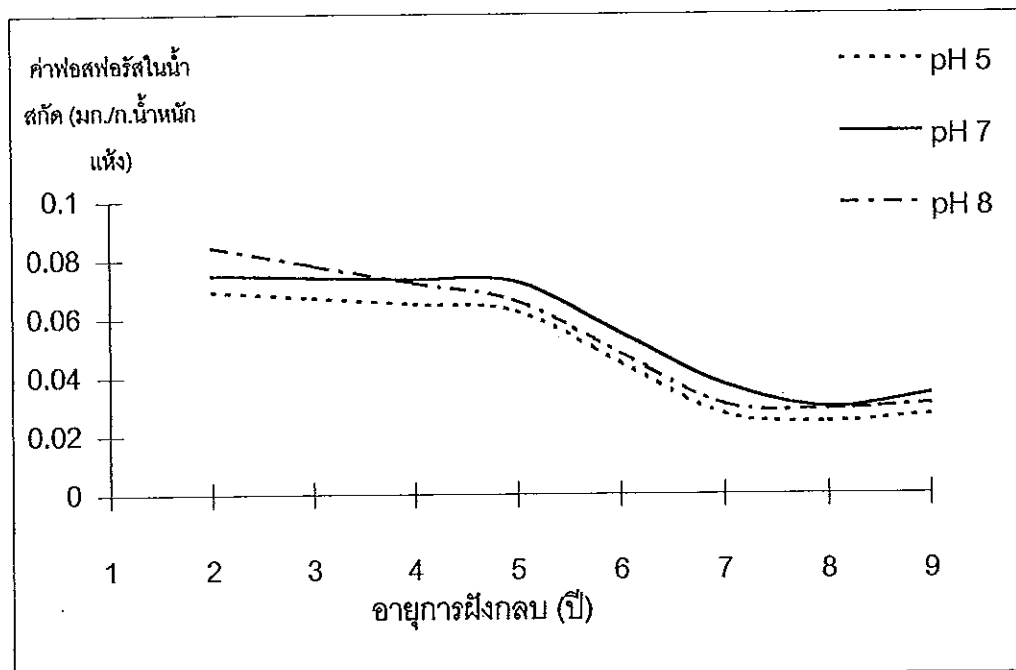
การคัดเลือกอายุวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอย

จากผลการทดลองในช่วงแรกที่ศึกษาถึงลักษณะของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบพบว่าการย่อยสลายของเศษวัสดุในพื้นที่ฝังกลบบางปีไม่สมบูรณ์ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ สืบเนื่องจากองค์ประกอบของตัวมูลฝอยที่มีสภาพแตกต่างกันในแต่ละปี ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการย่อยสลายของวัสดุเป็นอันมาก จากการวิจัยพบว่าในปีที่มีอายุการฝังกลบสูงอาจจะพบว่ามีส่วนที่ยังสามารถย่อยสลายได้อยู่ค่อนข้างสูง เนื่องมาจากว่าองค์ประกอบของมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นเศษไม้ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ที่ถูกฝังในระยะแรก แต่จากการทดสอบน้ำที่สกัดจากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบแล้วพบว่าในปีการฝังกลบที่ 7 8 และ 9 มีการปลดปล่อยมลสารจากเนื้อวัสดุน้อยกว่าอายุ 2 และ 5 ปี ซึ่งแสดงรูปแบบหรือแนวโน้มให้เห็นว่าในปีที่มีอายุการฝังกลบสูงขึ้น ความสามารถในการปลดปล่อยมลสารจะเกิดน้อยลง ในจุดนี้ทำให้เห็นว่าแนวโน้มการปลดปล่อยมลสารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออายุการฝังกลบมากกว่า 5 ปีขึ้นไป (ดังแสดงในภาพประกอบ 43-44) ฉะนั้นหากมีการนำวัสดุเก่ามาใช้ให้เป็นประโยชน์ อาทิเช่น การนำไปใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่ก็สามารถแนะนำในเบื้องต้นได้ว่า การที่จะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบนี้ไปใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่นั้นควรจะนำวัสดุที่มีอายุการฝังกลบมากกว่า 5 ปีเป็นต้นไป มาใช้เป็นวัสดุปิดกลบเพราะจะมีความเสี่ยงในการปลดปล่อยมลสารน้อยกว่า

สำหรับมลสารต่าง ๆ ที่ชะล้างออกมาจากวัสดุเก่าที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยจริง ๆ (ตาราง 30) ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดเมื่อนำไปใช้จริงนั้นเกิดขึ้นได้น้อยมาก เพราะมลสารที่ออกมาในปริมาณมาก ๆ นั้นจะมาจากส่วนมูลฝอยสดมากกว่า และหากมีการออกแบบระบบการฝังกลบมูลฝอย รวมทั้งรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไปกำจัดต่อไป ก็อาจกล่าวได้ว่าแทบจะไม่มีผลกระทบเลยในส่วนของมลภาวะที่เกิดจากการชะออกจากเนื้อวัสดุเก่าที่ใช้แทนวัสดุปิดกลบ



ภาพประกอบ 43 แสดงการปลดปล่อยมลสารซีโอติในน้ำสกัดที่พีเอช 5 7 และ 8
ของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี



ภาพประกอบ 44 แสดงการปลดปล่อยมลสารฟอสฟอรัสในน้ำสกัดที่พีเอช 5 7 และ 8
ของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุ 2 5 7 8 และ 9 ปี

ตาราง 30 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำชะมูลฝอยโดยทั่วไป และน้ำชะวัสดุ
เก่าที่ได้จากการศึกษา

ตัวแปรทางเคมี	น้ำชะมูลฝอย ¹	น้ำชะวัสดุเก่า ²
พีเอช	5.3-8.5	5.7-8.1
ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	200-3,000	0-496
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2,000-30,000	0.37-24.00
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3,000-45,000	8.25-189.20
เจลดาล์ไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วย		0.00-3.75
- อินทรีย์ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10-600	
- แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10-800	
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1-70	0.42-17.73

ที่มา : ¹พัชรี หอวิจิตร, 2531

²ผลการศึกษาในครั้งนี้

การนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาองค์ประกอบและลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในช่วงแรกนั้น พบว่าข้อมูลพื้นฐานที่ได้ หากนำมาเพื่อใช้เป็นเหตุผลของการที่จะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์ สามารถสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้คือ

1. ในส่วนรวมของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

ในส่วนรวมของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ (อายุมากกว่า 5 ปี) ที่ยังไม่ได้แยกขนาดขององค์ประกอบนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุปิดกลบ เนื่องจากมีส่วนผสมขององค์ประกอบที่มีขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร ค่อนข้างสูง จึงทำให้ค่าการซึมของน้ำสูงตามไปด้วย แต่ถ้ามีการแยกองค์ประกอบและนำมาใช้ควบคู่กับดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการปิดกลบแล้วก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และเมื่อพิจารณาในแง่ของการนำมาใช้เป็นปุ๋ย พบว่าไม่เหมาะสมนักเนื่องจากมีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำ แต่อาจนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงสภาพดินได้ (Soil conditioner) โดยเฉพาะในส่วนที่ร่วนซุย และนอกจากนี้ยังพบว่ายังมีโลหะหนักผสมอยู่ จึงมีข้อแนะนำว่า หากมีการแยกประเภทมูลฝอยก่อนการฝังกลบ โดยเฉพาะการนำเอาของเสียอันตรายออก

ไปก่อนแล้วก็จะอาจทำให้คุณภาพของวัสดุเก่าในพื้นที่ฝังกลบมีการปนเปื้อนด้วยโลหะหนักน้อยลง และสามารถที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุที่ปรับปรุงสภาพดินที่มีคุณภาพได้ดีขึ้น

2. องค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตรของวัสดุเก่า

องค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตรของวัสดุเก่าที่มีอายุมากกว่า 5 ปี (จากการร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาด 1 เซนติเมตร) สามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุปิดกลบมูลฝอยประจำวันได้ โดยอาจใช้ควบคู่กับดิน (ที่เหมาะสมในการปิดกลบมูลฝอย) ในลักษณะที่เป็นแบบแซนวิชดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งเมื่อทดสอบถึงการชะล้างมลสารของวัสดุปิดกลบนี้แล้ว พบว่ามีการปลดปล่อยมลสารออกมาต่ำและใกล้เคียงกับค่ามลสารที่ชะดินที่เป็นวัสดุปิดกลบเพียงชนิดเดียว จึงกล่าวได้ว่าอาจมีความเสี่ยงค่อนข้างต่ำในด้านผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุนี้ทดแทนดิน

3. องค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตรของวัสดุเก่า

องค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตรของวัสดุเก่าที่มีอายุมากกว่า 5 ปี (จากการร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาด 1 เซนติเมตร) สามารถนำไปใช้ปิดกลบในส่วนการปิดกลบครั้งสุดท้าย โดยเป็นการลดการใช้ดินลงได้ปริมาณหนึ่ง และอาจช่วยทำให้การปลูกพืชคลุมดินท้ายสุดเกิดได้ง่ายขึ้น เพราะมีแร่ธาตุที่พืชต้องการอยู่บ้าง สำหรับในการแยกขนาดขององค์ประกอบด้วยตะแกรงนั้นสามารถทำการแยกได้ง่าย เนื่องจากวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบนี้มีลักษณะค่อนข้างแห้งจึงไม่เกาะตัวกันมากนัก ดังนั้นในการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบนี้ไปใช้ประโยชน์โดยผ่านการร่อนก่อน จึงเป็นการไม่ยากเกินไปที่จะปฏิบัติในสภาพที่เป็นจริงในพื้นที่ฝังกลบ

แนวคิดเชิงปฏิบัติการเบื้องต้นของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไปใช้เพื่อเป็นเนื้อวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่

จากการวิเคราะห์น้ำชะวัสดุทดสอบในรูปแบบที่ 1 4 และ 3 ของการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งมีการบรรจุวัสดุเก่าด้วยปริมาตรที่ลดลงดังนี้ คือ 100 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของความสูง ตามลำดับ พบว่าถ้าหากมีส่วนผสมของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมากจะทำให้มีการชะออกของมลสารได้มากตามส่วนของการบรรจุ และนอกจากนี้ยังขึ้นกับสภาพของน้ำที่มีสมบัติเป็นกรดและกลาง โดยพบว่าสภาพกรดจะมีการชะมลสารมากกว่าสภาพที่เป็นกลาง รวมถึงค่าการซึมซึ่งพบว่าในบางครั้งมีผลที่ดีกว่าหรือใกล้เคียงกับวัสดุที่เป็นดินชนิดเดียว (หากมีการใช้วัสดุเก่าที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีองค์ประกอบจำพวกพลาสติกอยู่เป็นปริมาณมาก) ดังนั้นในการนำไปใช้เพื่อเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่ จึงควรมีการปรับใช้ดังนี้ คือ

- การนำไปใช้เป็น Daily covering material และ intermediate covering material ซึ่งปกติได้ออกแบบให้มีความสูง 15-30 เซนติเมตร สามารถนำรูปแบบที่ทดสอบแล้วได้ผลมาใช้เพื่อลดปริมาณชั้นดินที่จะใช้ โดยใช้วัสดุเก่าและดินร่วมกันในอัตราส่วนของดินและวัสดุเก่าคือ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร และทำการจัดเรียงตัวแบบแซนวิช (เช่น 7.5 ต่อ 15 ต่อ 7.5 เซนติเมตร ของชั้นดิน : วัสดุเก่า : ดิน) ทั้งนี้หากต้องการให้ได้ผลดีควรเลือกใช้วัสดุเก่าในส่วนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยพลาสติก แต่อย่างไรก็ตามอาจจะต้องประสบกับความยากลำบากในขณะปิดกลบบ้าง เพราะหากมีพลาสติกเป็นปริมาณมากจะทำให้บดอัดได้ยากขึ้น สำหรับทางแก้ไข คือ ไม่ทำให้ความหนาของวัสดุเก่าสูงมากเกินไป และใช้ดินโรยหน้าเพื่อทำให้การบดอัดง่ายขึ้น

- การนำไปใช้เป็น Final covering material ซึ่งมีความสูง 60 เซนติเมตร สามารถนำส่วนที่ร่วนซุยจากวัสดุเก่าไปใช้ในอัตราส่วนของดินและวัสดุเก่า คือ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรเช่นกัน และอาจปรับระดับชั้นดิน วัสดุเก่าและดินในขณะปิดกลบให้มีความหนาเป็น 15 30 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติอาจพบปัญหาได้บ้างในด้านศักยภาพ หรือความสามารถบดอัดที่แท้จริง การแก้ไขจึงต้องพิจารณาคล้าย ๆ ปัญหาข้างต้นดังที่กล่าวมา หากเมื่อมีการนำไปดำเนินการจริงก็อาจมีข้อดีข้อเสียของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ในสภาพจริงซึ่งข้อดีข้อเสียที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้ดังตาราง 31

สำหรับแนวคิดของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำไปเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พื้นที่ฝังกลบได้จริงหรือไม่นั้น ในที่นี้จะทำการเสนอตัวอย่างการนำวัสดุเก่าไปใช้เพื่อช่วยยืดอายุการใช้พื้นที่ฝังกลบ รวมถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดภาระงานในส่วนของกาจัดหาวัสดุปิดกลบได้ ดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

1. เงื่อนไขของการคำนวณ

เงื่อนไขของสภาพพื้นที่และการใช้งานของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ ได้แก่

- พื้นที่ที่ใช้ฝังกลบมีขนาด 320,000 ตารางเมตร (800 ม. X 400 ม.)
- กำหนดอายุการใช้งาน 20 ปี
- การฝังกลบใช้พื้นที่เฉลี่ย 16,000 ตารางเมตรต่อปี (เท่ากันทุก ๆ ปีตลอด 20 ปี)
- ใช้ดินที่นำมาจากแหล่งอื่นเพื่อเป็นวัสดุปิดกลบในช่วง 1-10 ปีแรกของการดำเนินงาน
- ความสูงรวมของชั้นฝังกลบ (ชั้นมูลฝอยและชั้นวัสดุปิดกลบ) 3 เมตรต่อปี
- ชั้น Final covering มีความหนา 60 เซนติเมตร
- ใช้วัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 10 ปีขึ้นไป เพื่อเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่

ตาราง 31 การดำเนินการและข้อดีข้อเสียของการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์

การดำเนินการ	ข้อดี	ข้อเสีย/ข้อจำกัด
1. ชุดวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบขึ้นมา		- ต้องใช้เครื่องจักรกลในการขุด - อาจมีปัญหาเรื่องฝุ่น
2. การร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตร ซึ่งจะได้องค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่าและน้อยกว่า 1 เซนติเมตร	- สามารถใช้ส่วนที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร ไปเป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่ ในส่วนของ Daily covering material ตลอดจนนำส่วนที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ไปเป็น Final covering material โดยนำไปปิดกลบด้านบนของหลุมฝังกลบมูลฝอย ซึ่งหากมีการนำทั้ง 2 ส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ใหม่ ก็จะมีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พื้นที่ฝังกลบได้ โดยจะลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการหาวัสดุปิดกลบที่ต้องการ (กรณีที่ขาดวัสดุปิดกลบ และต้องมีการจัดหาจากที่อื่น) - นำไปเป็นวัสดุที่ปรับสภาพดินได้ โดยเฉพาะในส่วน of วัสดุเก่าที่ร่อนแล้วมีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร	- ต้องลงทุนในเรื่องการแยกองค์ประกอบของวัสดุเก่า เช่น อุปกรณ์และแรงงาน - วัสดุที่ใช้ อาจไม่มีคุณสมบัติครบทุกประการของวัสดุปิดกลบมูลฝอยที่ดีที่สุด โดยเฉพาะทางด้าน การกันซึม - ไม่เหมาะสมที่จะนำไปเป็นปุ๋ย เนื่องจากมีธาตุอาหาร (N P และ K) ค่อนข้างต่ำ และมีองค์ประกอบของโลหะหนัก ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภายหลังได้ หากมีการดำเนินการในการใช้ประโยชน์อย่างไม่รัดกุมหรือเหมาะสม
3. การไม่ได้ร่อนแยกขนาด ซึ่งจะมีส่วนของวัสดุเก่าและวัสดุที่ใช้ปิดกลบผสมกันอยู่	- ไม่มีค่าใช้จ่ายในด้านการดำเนินการแยกวัสดุเก่า	- มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการใช้เป็นวัสดุปิดกลบและการนำไปเป็นวัสดุปรับสภาพดิน

- องค์ประกอบวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบที่ดำเนินการในช่วง 1-10 ปีแรก ที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร มี 60 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้งหมด โดยน้ำหนักเปียก และมีความหนาแน่นใกล้เคียง 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร
- แยกขนาดให้มีขนาดน้อยกว่า และมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยการร่อนด้วยตะแกรง
- นำส่วนวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร มาใช้เป็นวัสดุปิดกลบประจำวัน โดยมีสัดส่วนของวัสดุเก่าต่อมูลฝอยสด คือ 1 ต่อ 3 และส่วนที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร มาเป็นวัสดุปิดกลบท้ายสุด โดยการนำมาใช้นี้ จะเริ่มดำเนินการเมื่อทำการฝังกลบไปได้ 10 ปี (ในช่วง 10 ปีแรกยังใช้รูปแบบเดิม คือ นำดินมาจากแหล่งอื่นทั้งหมดเพื่อเป็นวัสดุปิดกลบ)

2. การคำนวณ

2.1 ในแต่ละปีของวัสดุเก่าที่มีความสูง 3 เมตร จากพื้นที่ฝังกลบที่ฝังกลบในช่วง 1-10 ปีแรก จะประกอบด้วยปริมาณของวัสดุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยวัดเป็นความหนาได้ ดังนี้

- วัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร หนา = 1.8 เมตร (3 เมตร X 0.6)
- วัสดุเก่าที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร หนา = 1.2 เมตร (3 เมตร X 0.4)

2.2 ในการดำเนินการปิดกลบช่วงปีที่ 11-20 ปี จะใช้วัสดุปิดกลบที่นำมาจากวัสดุเก่าที่ดำเนินการในช่วง 1-10 ปีแรกของการฝังกลบ ฉะนั้นสามารถคำนวณได้ว่าในความสูง 3 เมตรของพื้นที่ฝังกลบต่อปี ประกอบด้วย

- ชั้นปิดกลบสุดท้ายซึ่งมีความหนา = 0.6 เมตร
- ชั้นมูลฝอยมีความหนา = 1.8 เมตร (2.4 เมตร X $\frac{3}{4}$)
- ชั้นวัสดุปิดกลบประจำวัน = 0.6 เมตร (2.4 เมตร X $\frac{1}{4}$)

2.3 ในการดำเนินการฝังกลบช่วงปีที่ 11-20 หากนำวัสดุเก่ามาใช้เป็นวัสดุปิดกลบมูลฝอยใหม่ ดังเงื่อนไขที่ตั้งไว้ สามารถคำนวณได้ว่า ในแต่ละปีการฝังกลบของวัสดุเก่าที่ดำเนินการในช่วงปีที่ 1-10 นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปิดกลบมูลฝอยใหม่ (ปีที่ 11-20) ได้ดังนี้ คือ

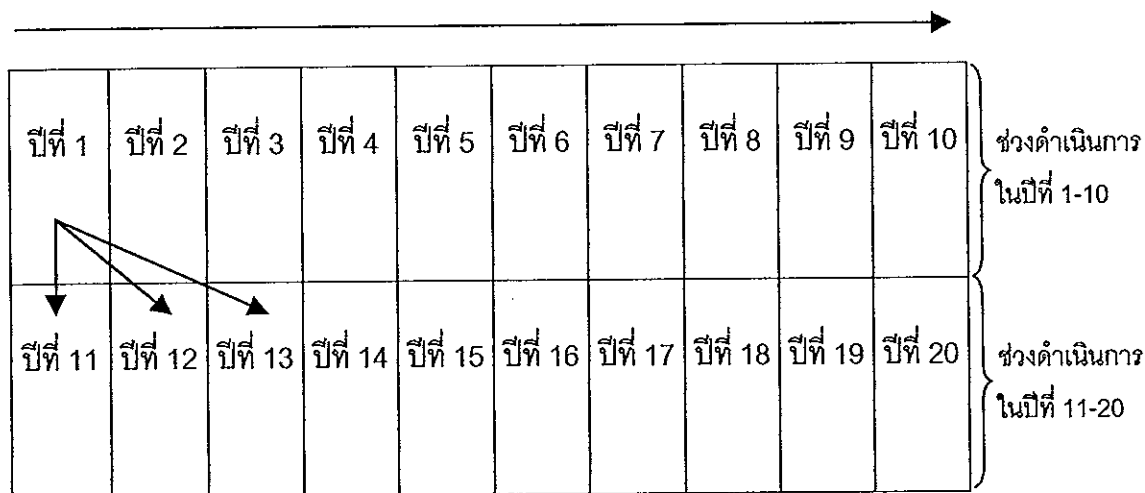
- วัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร ซึ่งใช้เป็นวัสดุปิดกลบประจำวันสามารถใช้งานได้ประมาณ 3 ปี (1.8 เมตร/0.6 เมตร)
- วัสดุเก่าที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ซึ่งใช้เป็นวัสดุปิดกลบท้ายสุดสามารถใช้งานได้ประมาณ 2 ปี (1.2 เมตร/0.6 เมตร)

นั่นคือ สามารถสรุปได้ว่าการดำเนินการปิดกลบช่วงปีที่ 11-20 เมื่อทำการปิดกลบ มูลฝอยในพื้นที่เป็นระยะเวลา 3 ปี สามารถทำให้เกิดพื้นที่ว่างจากหลุมฝังกลบมูลฝอยเดิมที่ ดำเนินการในช่วง 1-10 ปี ได้อีก 1 หลุมเป็นอย่างต่ำ

3. ข้อสรุป

เมื่อพิจารณาการดำเนินการตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึงปีที่ 20 นั้นพบว่า จะทำให้เกิดพื้นที่ว่าง (จากพื้นที่เดิมที่ดำเนินการในช่วงปีที่ 1-10) ขึ้นอีกประมาณ 3 หลุมการฝังกลบ ซึ่งสามารถใช้ฝัง กลบมูลฝอยได้ต่ออีก 3 ปีเป็นอย่างต่ำ หรืออาจกล่าวได้ว่าสามารถยืดอายุการฝังกลบจาก 20 ปีไป เป็น 23 ปีได้ รวมถึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของงานจัดหาดินปิดกลบจากแหล่งอื่น ใน ระยะการดำเนินการฝังกลบช่วง 11-20 ปี ดังสรุปเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ฝังกลบ ใน ภาพประกอบ 45

จุดเริ่มต้นและทิศทางการใช้พื้นที่



ภาพประกอบ 45 แสดงการใช้ประโยชน์ของการนำวัสดุจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเก่าเพื่อยืดอายุ การใช้พื้นที่ฝังกลบ

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

ลักษณะการฝังกลบวัสดุเก่าของเทศบาลเมืองสงขลา

พบว่ามีการใช้วัสดุปิดกบที่เป็นทรายและมีความหนาของชั้นปิดกบแตกต่างกันอย่างมาก แสดงให้เห็นถึงการปิดกบที่ดำเนินการอย่างไม่คงที่ในการใช้วัสดุปิดกบในขณะดำเนินการ

ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

พบว่าทางด้านกายภาพจะมีองค์ประกอบมูลฝอยที่แตกต่างกันในแต่ละปี เนื่องจากมีลักษณะมูลฝอยที่ถูกนำมาฝังกลบแตกต่างกัน นอกจากนี้พบว่าปริมาณทรายค่อนข้างสูงเนื่องจากดินบริเวณนั้นเป็นดินทราย สำหรับทางด้านเคมีพบว่าในอายุการฝังกลบที่ 2 5 7 และ 8 ปีมีวัสดุตกค้างที่แสดงให้เห็นว่าเกิดการย่อยสลายเป็นไปตามอายุการฝังกลบ แต่ในอายุการฝังกลบที่ 9 ปี พบว่ายังมีวัสดุอินทรีย์สารเหลืออยู่มาก อาจเกิดจากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังตรวจพบว่าปนเปื้อนด้วยโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่ว ในด้านการสกัดหาค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่สกัดได้จากวัสดุเก่าที่มีอายุการฝังกลบ 2 5 7 8 และ 9 ปี ด้วยน้ำสกัดพีเอช 5 7 และ 8 พบว่าค่าซีไอดีมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการฝังกลบมากขึ้นในทุกพีเอช ยกเว้นอายุการฝังกลบ 9 ปี อาจเนื่องจากการย่อยสลายยังไม่เสถียรที่สุด จึงมีการปลดปล่อยมลสารออกมาสำหรับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่ามีลักษณะคล้ายกับค่าซีไอดี แต่ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยกว่าค่าซีไอดี

ผลการศึกษาการนำวัสดุเก่ามาทดลองในห้องปฏิบัติการ

จากผลการศึกษาการนำวัสดุเก่ามาทดลองในห้องปฏิบัติการโดยดูค่าการซึมเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับ และทางด้านเคมีของน้ำที่ซึมผ่านเมื่อมีการผ่านชั้นของวัสดุเก่าในรูปแบบต่าง ๆ โดยถือรูปแบบควบคุมที่บรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบทดสอบเหล่านี้ ทั้งทางด้านลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมี และ

รวมถึงรูปแบบที่มีการใช้ดินในปริมาณที่น้อยที่สุด พบว่าการจัดเรียงตัวระหว่างดินและวัสดุเก่าที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนการบรรจุ 1 ต่อ 1 โดยครึ่งหนึ่งของปริมาตรดินที่บรรจุจะอยู่ด้านบนและล่าง สำหรับตรงกลางบรรจุด้วยวัสดุเก่า (รูปแบบแซนวิช) มีผลทำให้การซึมผ่านของน้ำต่ำที่สุด เพราะลักษณะของวัสดุเก่าที่ประกอบด้วยเศษวัสดุชิ้นใหญ่ เช่น พลาสติก เป็นต้น ทำให้น้ำซึมผ่านได้ค่อนข้างยาก สำหรับลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำที่ซึมผ่าน พบว่ารูปแบบที่มีค่าการซึมผ่านของน้ำต่ำจะมีผลทำให้ปลดปล่อยมลสารออกมาต่ำ ซึ่งเป็นการแสดงผลการทดสอบที่ดี คือ มีค่าการซึมและการปลดปล่อยมลสารต่าง ๆ ออกมาได้ต่ำที่สุด และการปลดปล่อยมลสารนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดดังกล่าวข้างต้นแล้ว (รูปแบบควบคุมที่บรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนวัสดุปิดกั้นมลพิษ (ดิน) ได้อีกครั้ง หากมีการเลือกนำไปใช้ฝังกลบด้วยวิธีที่เหมาะสมอันทำให้เป็นการใช้แทนการใช้ดินเพียงชนิดเดียวได้ และมีผลทำให้ยืดอายุการใช้งานของพื้นที่ฝังกลบได้มากขึ้น รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการซื้อดินมาใช้ปิดกั้น ในกรณีที่พื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนั้น ๆ มีข้อจำกัดในการหาดินเพื่อใช้ปิดกั้นมลพิษ

ศักยภาพในการนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์

จากผลการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุเก่า ตลอดจนการทดลองในห้องปฏิบัติการถึงรูปแบบของการเรียงตัวของวัสดุและการซึมผ่านของน้ำ ทำให้สามารถกล่าวได้ว่ามีศักยภาพที่จะนำวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. วัสดุเก่าที่ยังไม่ได้แยกขนาดขององค์ประกอบนั้นอาจไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุปิดกั้นและใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงได้ เนื่องจากมีส่วนผสมของทรายค่อนข้างสูงจึงอาจทำให้ค่าการซึมของน้ำสูง นอกจากนี้มีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำ ผสมกับมีเศษวัสดุขนาดใหญ่ที่ไม่ย่อยสลายในปริมาณสูง เช่น พลาสติก เป็นต้น
2. ในส่วนขององค์ประกอบที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร จากวัสดุเก่าที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบ พบว่ามีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุปิดกั้นมลพิษใหม่ที่มีดิน (ที่เหมาะสมในการปิดกั้นมลพิษ) ใช้ควบคู่กันในลักษณะที่เป็นแบบแซนวิชได้ เพราะมีคุณสมบัติด้านการซึมและมลสารที่ถูกชะออกมามีความสัมพันธ์กับการใช้ดินเป็นวัสดุปิดกั้นอย่างเดียว
3. ในส่วนขององค์ประกอบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 เซนติเมตรของวัสดุเก่าที่ขุดได้จากพื้นที่ฝังกลบมลพิษ พบว่าอาจนำมาใช้ปิดกั้นในส่วนการปิดกั้นครั้งสุดท้ายได้

อายุของการฝังกลบวัสดุเก่าที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์

เมื่อพิจารณาอายุที่มีการฝังกลบมูลฝอย เพื่อจะนำวัสดุเก่ามาใช้ประโยชน์ใหม่นั้น พบว่าอาจเลือกพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุการฝังกลบไปแล้วมากกว่า 5 ปีมาใช้ เพราะมีความเสี่ยงในการปลดปล่อยมลสารน้อยกว่า

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบข้อเสนอแนะที่ควรจะศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป ได้แก่

1. เสนอให้มีการศึกษาวัดค่าจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยอื่นเพิ่มเติม เพื่อประโยชน์ของการได้ข้อมูลของข้อมูลทางด้านวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในประเทศไทย ในการนำไปใช้เพื่อพัฒนาออกแบบเพิ่มเติมประสิทธิภาพพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในภาพรวมต่อไปในอนาคต
2. เสนอให้มีการศึกษาใช้แบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในภาคสนาม (Pilot scale) โดยมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อทดสอบซ้ำรวมถึงเพิ่มการศึกษาโดยการนำไปทดลองกับมูลฝอยจริง ๆ เพื่อดูถึงผลที่เกิดขึ้นก่อนนำไปประยุกต์ใช้จริงในระดับปฏิบัติการ
3. ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีและกายภาพ เฉพาะในส่วนที่ร่วนซุยที่ได้จากวัสดุเก่าที่ขุดจากพื้นที่ฝังกลบ และศึกษาประเมินวิธีการที่จะทำให้เกิดการปรับสภาพให้มีคุณลักษณะการเป็นปุ๋ยได้มากขึ้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป
4. กลไกและเงื่อนไขของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ : ประยูรวงศ์.

เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัย. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.

กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2533. แนวทางการจัดการมูลฝอยสำหรับชุมชนเมืองและเมืองศูนย์กลางความเจริญในภูมิภาค. กรุงเทพฯ.

ทวีสิทธิ์ อิศรเดช. 2536. "ปริมาณตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และสารหนูในปุ๋ยหมักไทยเทศจากขยะของเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา)

นรพีทธิ์ ทองเดชะ. 2540. "การปนเปื้อนของมลสารบางชนิดในน้ำใต้ดินบริเวณกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบที่ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมืองจังหวัดสงขลา", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

ปรีดา แย้มเจริญวงศ์. 2531. การจัดการขยะมูลฝอย. ขอนแก่น : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. 2530. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : ราชบัณฑิตยสถาน.

พัชรี หอวิจิตร. 2531. การจัดการขยะมูลฝอย. ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัฒนาที่ดิน, กรม, กองสำรวจที่ดิน. 2524. รายงานการสำรวจดินจังหวัดสงขลา ฉบับที่ 156.

กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไพศาล ผดุงศิริกุล. 2535. "การสุ่มและวิเคราะห์ตัวอย่างมูลฝอย", ใน การฝึกอบรมหลักสูตรระยะ (การวิเคราะห์ขยะ) ณ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยี ปทุมธานี 17-28 สิงหาคม 2535. หน้า 4-1 ถึง 4-22. กรุงเทพมหานคร : กองจัดการสารอันตราย และกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ.

วีระ อินทรกุล. นายช่างวิศวกรโยธา. 2538. ผู้ให้สัมภาษณ์, 14 พฤศจิกายน 2538.

สงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัย. คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. 2539. คู่มือปฐพีวิทยาเบื้องต้น.

สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมใจ กาญจนวงศ์ และคณะ. 2540. "ปริมาณและลักษณะของก๊าซและน้ำชะมูลฝอยจากแบบ จำลองการฝังกลบมูลฝอยสองชั้น", ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ สวสท. 2540/EEAT 1997 Equivalency 1997 18-23 พฤศจิกายน 2540 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์. หน้า 26-37. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สยามเทคกรุ๊ป จำกัด, บริษัท. 2540. โครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด ระบบกำจัดมูลฝอยเทศบาลเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา พฤศจิกายน 2540.

กรุงเทพมหานคร.

สิทธิชัย ศรีมีชัย. 2535. "การศึกษาคุณภาพน้ำฝนในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา",

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์. (สำเนา)

สุพจน์ โสฬ์วัชรินทร์. 2531. "การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีกลบฝังดินอย่างถูกหลักสุขาภิบาล", ใน การ ฝึกอบรมทางวิชาการเรื่องการจัดการมูลฝอย.

อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออกจังหวัดสงขลา. ม.ป.ป. "เอกสารแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2533-2539". สงขลา : อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก. (สำเนา)

APHA, AWWA and WEF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. NewYork : American Public Health Association.

Danteravanich, S. 1989. "Evaluation of the Behaviour of Bangkok Municipal Solid Waste Composting Process", M.Sc. Asian Institute of Technology. (Unpublished)

Dewis, J. and Freitas, F. 1970. Physical and Chemical Methods of Soil and Water Analysis. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Intarakul, V. 1993. "Municipal Solid Waste Management in Songkhla", In Proceeding of the Workshop on Waste Management for Sustainable Development. BP Grand Tower Hotel Hat Yai Thailand. 4-7 May 1993. pp. 1-27 Songkhla : Prince of Songkla University and Griffith University.

JICA. 1981. The Bangkok Solid Waste Management Study in Thailand : Interim Report. Bangkok, Thailand.

Karnchanawong, S. ; Ikeguchi, T. ; Karnchanawong, S. and Koottatep, S. 1997. "Leachate Characteristics Variation Over Waste Layer Depth in Simulated Landfill in Tropical Country", In Proceedings of the Thirteenth International Conference on Solid Waste Technology and Management : Volume 2 November 16-19 1997. Philadelphia, USA.

- Mclean, E. 1986. "Soil pH and Lime Requirement", In Methods of Soil Analysis Part 2, pp.199-223. Wisconsin USA : American Society of Agronomy.
- Moore, R. ; Dahl, K. and Yazdani, R. 1997. "Hydraulic Characteristic of Municiple Solid Waste : Findings of the Yolo County Bioreactor Landfill Project", In Proceedings of the Thirteenth International Conference on Solid Waste Technology and Management : Volume 2 November 16-19 1997. pp. 8A. Philadelphia, U.S.A.
- Okamoto K. 1982. Preparation Analysis and Certification of Pond Sediment Certified Reference Material. Tbaraki : The National Institute for Environmental Studies.
- Prince of Songkla University, Faculty of Environmental Management Establishment Program. 1996. Quantity and Characteristics of Solid Wastes in Hat Yai and Songkhla Municipalities : August 1996. Songkhla.
- Robinson, H. and Maris, P. 1985. "The Treatment of Leachate from Domestic Waste in Landfill Sites", J. Wat. Poll. Contr. Fed. 57,1(Jan 1985), 41-50.
- Sinclair Knight and Partners, Pty Ltd. *et al.* 1983. Feasibility Studies for Regional Cities Development, Final Report April 1983, Volume 6 Songkhla. Bangkok.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก ประกอบด้วย

- ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำชะวัสดุทดสอบ ทั้ง 3 การทดลองในตารางผนวก 1-14
- ตารางแสดงผลการคำนวณลักษณะสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำชะวัสดุทดสอบ ทั้ง 3 การทดลองในตารางผนวก 15-28

ตารางผนวก 1 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1
(น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)					ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.00714	0.01399	0.00018	0.01681	0.00669	6190	3580	2000	5840	4480	1810	4420	2000	2160	3520
2	0.00311	0.01869	3.00E-05	0.01081	0.00475	7260	7620	2000	7270	7400	740	380	2000	730	600
3	0.00407	0.01587	5.60E-05	0.00766	0.00596	7520	7830	1000	7480	7400	480	170	200	520	600
4	0.00404	0.01515	5.60E-05	0.00913	0.00333	7650	7860	1000	7470	7660	350	140	200	530	340
5	0.00413	0.01475	5.60E-05	0.00743	0.00385	7700	7880	1290	7590	7800	300	120	310	410	200
6	0.00384	0.01587	1.80E-05	0.00717	0.00327	7730	7890	790	7650	7800	270	110	210	350	200
7	0.00447	0.0160	3.50E-05	0.00816	0.00338	7700	7790	770	7660	7800	300	210	230	340	200
8	0.00426	0.01587	3.00E-05	0.00704	0.00272	7740	7860	740	7740	7870	260	140	260	260	130
9	0.00337	0.01835	3.20E-05	0.00676	0.00313	7780	7860	740	7700	10000	220	140	260	300	1000
10	0.00368	0.01724	3.60E-05	0.00687	0.00343	7760	7830	770	7780	7820	240	170	230	220	180
11	0.00392	0.01587	3.50E-05	0.00586	0.00295	7760	7900	890	7810	7870	240	100	110	190	130
12	0.00374	0.01538	3.80E-05	0.00697	0.00385	7820	7870	850	7800	7870	180	130	150	200	130
13	0.00355	0.01538	4.00E-05	0.00714	0.00382	7820	7900	950	7850	7870	180	100	50	150	130
14	0.00365	0.01408	5.60E-05	0.00659	0.00351	7800	7900	1000	7850	7870	200	100	0	150	130
15	0.00319	0.01515	5.60E-05	0.00478	0.00300	7890	7900	1000	7890	7900	110	100	0	110	100
16	0.00311	0.01299	4.30E-05	0.00461	0.00298	7820	7900	1000	7870	7850	180	100	0	130	150
17	0.00306	0.01471	4.90E-05	0.00280	0.00305	8860	7930	1000	7910	7920	140	70	0	90	80
18	0.00308	0.01527	4.90E-05	0.00445	0.00373	7800	7890	1000	7900	7860	200	110	0	100	140
19	0.00299	0.01515	5.60E-05	0.00573	0.00273	7830	7850	1000	7860	7860	170	150	0	140	140

ตารางผนวก 2 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	พีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	5.78	5.00	6.36	5.71	5.87	1	19	460	13	168	102
2	6.48	5.95	6.49	6.09	6.17	3	10	288	8	53	110
3	6.51	6.05	6.83	6.27	6.21	5	3	108	3	25	66
4	6.44	5.99	6.70	6.26	6.23	7	1	57	4	15	32
5	6.54	6.12	6.92	6.43	6.36	9	3	55	3	14	30
6	6.64	6.22	7.37	6.52	6.50	11	3	58	1	6	18
7	6.61	6.17	7.06	6.50	6.41	13	2	42	1	8	14
8	6.59	6.15	7.59	6.37	6.52	15	4	45	3	8	17
9	6.82	6.53	7.61	6.55	6.70	17	3	57	5	8	10
10	6.56	6.18	7.63	6.54	6.51	19	0	58	1	4	16
11	6.65	6.28	7.18	6.49	6.40						
12	7.02	6.50	7.44	6.62	6.57						
13	6.47	6.25	7.55	6.47	6.48						
14	6.25	6.12	7.44	6.58	6.45						
15	6.96	6.34	7.23	6.61	6.47						
16	6.97	6.67	7.66	6.72	6.42						
17	6.60	6.27	7.26	6.77	6.52						
18	6.78	6.21	7.58	6.88	6.59						
19	6.80	6.52	7.49	6.93	6.49						

ตารางผนวก 3 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำระเหยที่เลข 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	18.50	10.00	24.00	5.75	8.50	1	125.856	51.072	184.224	40.128	62.016
3	4.50	1.30	20.00	2.00	2.00	3	169.446	27.330	148.098	51.016	54.660
5	15.00	1.10	14.00	3.25	2.50	5	75.852	14.448	111.972	45.150	32.508
7	4.00	0.80	12.00	4.00	15.00	7	56.448	12.348	91.728	38.808	33.516
9	4.50	1.60	11.00	3.75	1.60	9	46.124	21.446	90.474	42.576	33.907
11	3.75	1.60	7.00	3.00	3.50	11	39.514	10.308	80.746	32.642	22.334
13	5.00	1.00	10.00	0.90	1.00	13	34.600	5.190	72.660	22.490	15.570
15	0.50	1.00	9.00	0.75	1.10	15	34.560	13.440	69.120	26.880	13.440
17	2.50	1.00	3.75	1.10	1.90	17	37.294	13.650	58.500	25.350	23.400
19	4.50	1.20	3.25	0.60	1.10	19	29.696	9.280	51.968	22.272	14.848

ตารางผนวก 4 แสดงปริมาณเจลดาลหีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลดาลหีไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	2.576	1.848	1.288	0.056	1.792	1	7.93	3.85	17.73	5.04	3.98
3	4.256	1.456	1.708	0.000	0.056	3	8.59	2.91	15.00	9.24	3.89
5	2.856	0.896	2.128	0.336	1.456	5	8.51	3.89	12.22	8.67	4.63
7	2.240	0.672	0.728	1.400	1.120	7	7.20	0.79	6.26	6.34	2.22
9	1.960	0.504	1.948	1.568	1.386	9	7.28	1.28	6.87	6.91	2.42
11	1.736	0.616	2.352	1.456	0.728	11	7.36	0.83	7.20	6.91	1.93
13	1.568	0.616	2.464	1.344	0.840	13	7.40	0.83	7.00	5.65	1.93
15	1.344	0.448	2.240	1.064	0.672	15	7.04	0.75	7.12	6.02	1.44
17	1.197	0.560	2.184	0.952	0.672	17	7.69	0.71	7.44	5.28	1.61
19	1.176	0.560	2.184	1.064	0.672	19	7.44	0.59	7.16	5.81	1.69

ตารางผนวก 5 แสดงปริมาณแคดเมียม และตะกั่วของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำระเหยที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลิตร)					ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัมต่อลิตร)					ปริมาณปรอท (ไมโครกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	18.370	15.780	4.780	10.260	nd*	nd*	1.280	nd*	3.640	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
3	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	9.910	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
7	nd*	nd*	67.310	61.990	58.160	nd*	nd*	nd*	nd*	1.340	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non detected

โดยที่ค่าดีเทคชั่นลิเมตรของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 50 1 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางผนวก 6 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2
(น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)					ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.01263	0.00312	0.01186	0.01166	0.00178	4290	2900	4230	4270	950	3710	5100	3770	3730	1050
2	0.01258	0.00980	0.01501	0.01018	0.00052	6990	7900	7250	6950	950	1010	100	750	1050	1050
3	0.01128	0.00965	0.01351	0.01017	0.00003	7750	7940	7680	7750	800	250	60	320	250	200
4	0.01015	0.00730	0.02000	0.01026	0.00002	8050	8140	7990	7850	980	0	0	10	150	20
5	0.00844	0.00840	0.03077	0.01015	0.00003	7850	7920	7880	7890	990	150	80	120	110	10
6	0.01070	0.00658	0.02500	0.01449	0.00001	7820	7880	7900	7860	950	180	120	100	140	50
7	0.01149	0.00816	0.02381	0.00860	0.00002	7850	7940	7930	7980	900	150	60	70	20	100
8	0.00775	0.00722	0.02401	0.01266	0.00002	7810	7770	7930	7810	990	190	230	70	190	10
9	0.00557	0.00546	0.01961	0.01020	0.00002	7920	7990	7880	7880	990	80	10	120	120	10
10	0.00560	0.00385	0.02174	0.01481	0.00002	7940	7930	7920	7920	900	60	70	80	80	100
11	0.00494	0.00296	0.01942	0.01212	0.00003	7880	7900	7890	7950	990	120	100	110	50	10
12	0.00446	0.00276	0.01835	0.01111	0.00003	7900	7900	7890	7900	960	100	100	110	100	40
13	0.00495	0.00231	0.01587	0.01000	0.00003	7900	7850	7940	7940	950	100	150	60	60	50
14	0.00608	0.00228	0.02041	0.01176	0.00003	7950	7930	7900	7930	990	50	70	100	70	10
15	0.00335	0.00162	0.02000	0.01031	0.00003	7870	7880	7850	7820	960	130	120	150	180	40
16	0.00301	0.00135	0.01970	0.01036	0.00003	7970	7890	7940	7900	990	30	110	60	100	10
17	0.00336	0.00122	0.01818	0.00922	0.00003	7970	7960	7950	8015	990	30	40	50	0	10
18	0.00518	0.00105	0.01852	0.01220	0.00003	7920	7920	7920	7910	940	80	80	80	90	60
19	0.00404	0.00098	0.01835	0.01290	0.00003	7920	7930	7890	7850	940	80	70	110	150	60

ตารางผนวก 7 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำระเหยที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ค่าพีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	6.27	6.14	6.24	6.24	6.57	1	9.00	182.00	167.00	61.00	2.00
2	6.61	6.48	6.53	6.53	6.58	2	7.00	220.00	58.00	28.00	2.00
3	6.74	6.55	6.58	6.65	6.82	3	2.00	88.00	38.00	6.00	1.00
4	6.85	6.53	6.67	6.80	7.60	4	3.00	84.00	26.00	14.00	1.00
5	7.02	6.83	6.80	7.00	7.34	5	1.00	70.00	46.00	16.00	1.00
6	7.01	6.71	6.70	6.88	8.00	6	8.00	44.00	34.00	2.00	8.00
7	6.95	6.72	6.83	7.00	7.53	7	2.00	32.00	34.00	8.00	1.00
8	7.05	6.98	7.01	7.08	7.96	8	1.00	34.00	26.00	8.00	0.00
9	6.99	6.87	6.97	6.87	7.96	9	1.00	36.00	22.00	10.00	1.00
10	6.98	6.93	6.97	7.07	7.57	10	0.00	26.00	18.00	12.00	0.00
11	6.82	6.60	6.70	7.04	7.80	11	5.00	32.00	22.00	8.00	2.00
12	6.92	6.58	6.59	6.82	7.49	12	4.00	18.00	10.00	8.00	1.00
13	6.95	6.63	6.60	6.77	7.74	13	4.00	14.00	14.00	8.00	2.00
14	6.86	6.63	6.61	6.70	7.71	14	4.00	16.00	28.00	16.00	1.00
15	6.63	6.45	6.50	6.59	7.34	15	10.00	16.00	22.00	20.00	11.00
16	6.95	6.67	6.75	6.90	7.61	16	8.00	10.00	18.00	2.00	3.00
17	6.98	6.61	6.84	6.90	7.62	17	11.00	25.00	28.00	16.00	8.00
18	6.85	6.59	6.64	6.88	7.58	18	2.00	14.00	14.00	3.00	1.70
19	6.85	6.54	6.74	6.79	7.86	19	5.00	8.00	13.00	5.00	1.00

ตารางผนวก 8 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำระเหยที่เลข 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	5.90	4.90	5.65	0.90	9.00	1	68.33	45.55	53.14	68.33	104.72
3	3.30	2.10	3.90	7.55	8.05	2	83.34	18.94	56.82	75.76	85.04
5	1.90	1.07	1.92	7.33	4.41	3	57.36	3.83	53.54	65.01	73.52
7	2.08	0.63	0.37	1.13	0.64	4	45.70	8.57	31.42	39.98	74.26
9	1.18	1.69	3.01	1.85	2.74	5	49.56	7.08	31.86	49.56	76.11
11	0.75	1.50	3.45	1.85	0.70	6	47.70	9.54	36.25	47.70	82.04
13	1.75	2.05	1.55	1.55	1.80	7	42.55	9.67	25.14	40.61	67.69
15	2.75	1.40	1.45	0.46	1.25	8	40.15	9.56	29.94	47.80	97.51
17	1.50	1.35	1.33	1.00	1.05	9	31.38	3.69	36.92	27.69	48.00
19	1.10	0.65	1.75	1.50	0.50	10	49.04	11.32	22.63	37.72	58.47
						11	45.86	21.29	21.29	49.14	73.71
						12	46.59	13.31	23.30	39.94	23.30
						13	31.35	0.00	14.85	23.10	8.25
						14	32.92	9.88	41.15	36.21	49.38
						15	34.06	22.27	15.72	40.61	41.92
						17	35.28	5.88	19.60	23.52	37.24
						19	29.82	11.18	11.18	27.96	37.28

ตารางผนวก 9 แสดงปริมาณเจลดาลที่ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลดาลที่ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.056	2.856	0.224	0.250	0.104	1	6.38	1.32	3.53	4.79	0.59
3	0.168	1.008	1.008	1.008	0.112	2	5.98	1.85	4.55	5.16	0.59
5	2.800	0.952	2.016	2.856	0.056	3	4.59	0.42	3.04	4.75	0.59
7	2.240	0.448	1.400	2.128	1.792	4	6.38	1.44	3.85	5.98	0.83
9	2.072	0.672	1.232	1.736	1.176	5	7.20	1.28	3.81	6.42	0.59
11	1.848	0.560	1.064	1.680	1.736	6	6.96	0.75	3.81	6.22	1.16
13	1.848	0.560	1.120	1.624	2.632	7	6.42	0.63	4.02	5.81	1.12
15	1.680	0.672	1.008	1.512	2.240	8	7.16	0.67	4.18	5.89	0.79
17	1.568	0.672	0.896	1.344	1.680	9	6.91	0.83	4.47	6.18	0.75
19	1.232	0.392	0.728	1.008	1.540	10	7.53	0.59	4.34	6.18	1.28
						11	8.47	0.87	4.47	6.59	1.00
						12	8.51	0.55	4.47	6.59	0.96
						13	9.00	0.75	4.83	6.83	1.16
						14	8.10	0.83	4.47	6.83	0.87
						15	8.14	0.79	4.06	6.71	1.81
						17	7.49	0.59	3.81	5.49	1.04
						19	8.06	0.55	4.38	4.79	1.00

ตารางผนวก 10 แสดงปริมาณตะกั่วของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลิตร)					ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัมต่อลิตร)					ปริมาณปรอท (ไมโครกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	67.300	28.830	66.720	48.520	55.790	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
11	49.300	76.480	41.710	61.560	9.880	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
21	7.670	5.830	nd*	79.480	43.850	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non detected

โดยที่ค่าดีเทคชันลิมิตของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 50 1 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางผนวก 11 แสดงค่าการซึม ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านและน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3
(น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)					ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน (มิลลิลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.01198	0.00010	0.00220	0.00010	0.00214	4780	3310	4600	1890	4770	3220	2350	3400	3410	3230
2	0.00810	0.00002	0.00083	0.00002	0.00165	1710	790	1160	700	1660	290	480	840	600	340
3	0.01639	0.00002	0.01176	0.00001	0.00279	820	660	730	620	780	180	240	270	180	220
4	0.02273	0.00002	0.01064	0.00001	0.00324	835	500	725	575	780	165	200	275	225	220
5	0.03571	0.00002	0.02041	0.00002	0.00348	880	510	790	800	790	120	120	210	550	210
6	0.02564	0.00001	0.02222	0.00002	0.00348	885	395	790	780	815	115	105	210	270	185
7	0.02857	0.00001	0.02326	0.00002	0.00397	880	410	800	760	780	120	110	200	240	220
8	0.02857	0.00001	0.02174	0.00001	0.00383	880	360	820	740	780	120	100	180	160	220
9	0.03125	0.00001	0.02041	0.00002	0.00389	900	440	855	685	805	100	110	145	315	195
10	0.03448	0.00001	0.02564	0.00002	0.00405	875	400	830	585	785	125	100	170	115	215
11	0.03571	0.00001	0.02500	0.00002	0.00431	880	405	845	500	775	120	95	155	200	225
12	0.03704	0.00002	0.02174	0.00001	0.00437	880	440	865	400	780	120	110	135	250	220

ตารางผนวก 12 แสดงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	พีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	6.33	6.93	6.35	6.65	6.15	1	496.00	47.05	20.00	21.86	24.50
2	6.65	7.32	7.03	6.75	6.63	3	170.00	1.21	10.00	1.11	5.00
3	6.89	7.00	7.53	6.60	6.63	5	100.00	0.38	7.00	0.30	4.00
4	7.05	7.45	7.90	6.99	7.06	7	76.00	0.10	5.00	0.09	4.00
5	7.13	7.63	7.77	7.12	7.16	9	45.00	0.06	1.00	0.02	2.00
6	7.38	7.58	7.77	7.10	7.11						
7	7.24	7.65	7.97	7.16	7.13						
8	7.55	7.66	7.95	7.19	7.45						
9	7.47	7.44	8.13	7.05	7.27						
10	7.66	7.40	7.96	7.43	7.45						
11	7.67	7.60	8.14	7.63	7.47						
12	7.52	7.69	7.93	7.47	7.40						

ตารางผนวก 13 แสดงปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	3.17	6.00	7.50	22.00	9.67	1	84.600	94.652	144.760	71.832	127.840
3	8.25	2.50	8.00	3.67	6.50	3	87.032	83.559	189.200	60.748	141.900
5	3.25	3.33	5.00	2.25	4.00	5	75.200	130.044	165.440	58.489	109.040
7	0.75	1.33	1.25	2.10	1.25	7	76.752	65.520	159.120	53.119	102.960
9	0.83	1.67	2.67	2.00	0.67	9	74.400	65.100	172.980	62.659	98.500

ตารางผนวก 14 แสดงปริมาณเจลดาลที่ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลดาลที่ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.112	1.624	0.000	3.136	0.056	1	1.58	3.04	4.58	0.92	2.73
3	0.056	0.056	0.168	0.056	0.056	3	2.29	3.20	9.31	0.96	5.47
5	0.224	0.350	0.392	0.224	0.112	5	2.03	2.89	9.03	1.34	4.50
7	0.112	0.140	1.568	0.112	0.112	7	2.28	2.90	7.90	0.76	4.23
9	0.168	0.112	3.752	0.112	0.112	9	2.26	2.94	8.03	0.54	3.32

ตารางผนวก 15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำทะเลที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.0071	0.0140	0.0002	0.0168	0.0067	77.38	44.75	50.00	73.00	56.00	22.63	55.25	50.00	27.00	44.00
2	0.0031	0.0187	0.0000	0.0108	0.0048	90.75	95.25	50.00	90.88	92.50	9.25	4.75	50.00	9.13	7.50
3	0.0041	0.0159	0.0001	0.0077	0.0060	94.00	97.88	83.33	93.50	92.50	6.00	2.13	16.67	6.50	7.50
4	0.0040	0.0152	0.0001	0.0091	0.0033	95.63	98.25	83.33	93.38	95.75	4.38	1.75	16.67	6.63	4.25
5	0.0041	0.0148	0.0001	0.0074	0.0039	96.25	98.50	80.63	94.88	97.50	3.75	1.50	19.38	5.13	2.50
6	0.0038	0.0159	0.0000	0.0072	0.0033	96.63	98.63	79.00	95.63	97.50	3.38	1.38	21.00	4.38	2.50
7	0.0045	0.0160	0.0000	0.0082	0.0034	96.25	97.38	77.00	95.75	97.50	3.75	2.63	23.00	4.25	2.50
8	0.0043	0.0159	0.0000	0.0070	0.0027	96.75	98.25	74.00	96.75	98.38	3.25	1.75	26.00	3.25	1.63
9	0.0034	0.0184	0.0000	0.0068	0.0031	97.25	98.25	74.00	96.25	90.91	2.75	1.75	26.00	3.75	9.09
10	0.0037	0.0172	0.0000	0.0069	0.0034	97.00	97.88	77.00	97.25	97.75	3.00	2.13	23.00	2.75	2.25
11	0.0039	0.0159	0.0000	0.0059	0.0030	97.00	98.75	89.00	97.63	98.38	3.00	1.25	11.00	2.38	1.63
12	0.0037	0.0154	0.0000	0.0070	0.0039	97.75	98.38	85.00	97.50	98.38	2.25	1.63	15.00	2.50	1.63
13	0.0036	0.0154	0.0000	0.0071	0.0038	97.75	98.75	95.00	98.13	98.38	2.25	1.25	5.00	1.88	1.63
14	0.0037	0.0141	0.0001	0.0066	0.0035	97.50	98.75	100.00	98.13	98.38	2.50	1.25	0.00	1.88	1.63
15	0.0032	0.0152	0.0001	0.0048	0.0030	98.63	98.75	100.00	98.63	98.75	1.38	1.25	0.00	1.38	1.25
16	0.0031	0.0130	0.0000	0.0046	0.0030	97.75	98.75	100.00	98.38	98.13	2.25	1.25	0.00	1.63	1.88
17	0.0031	0.0147	0.0000	0.0028	0.0031	98.44	99.13	100.00	98.88	99.00	1.56	0.88	0.00	1.13	1.00
18	0.0031	0.0153	0.0000	0.0045	0.0037	97.50	98.63	100.00	98.75	98.25	2.50	1.38	0.00	1.25	1.75
19	0.0030	0.0152	0.0001	0.0057	0.0027	97.88	98.13	100.00	98.25	98.25	2.13	1.88	0.00	1.75	1.75

ตารางผนวก 16 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1
(น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	พีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	5.78	5.00	6.36	5.71	5.87	1	1.53	36.60	0.52	13.44	8.16
2	6.48	5.95	6.49	6.09	6.17	3	0.80	23.01	0.10	4.22	8.75
3	6.51	6.05	6.83	6.27	6.21	5	0.24	8.60	0.05	2.00	5.25
4	6.44	5.99	6.70	6.26	6.23	7	0.08	4.58	0.04	1.20	2.55
5	6.54	6.12	6.92	6.43	6.36	9	0.24	4.41	0.03	1.12	3.30
6	6.64	6.22	7.37	6.52	6.50	11	0.24	4.63	0.01	0.48	1.45
7	6.61	6.17	7.06	6.50	6.41	13	0.16	3.35	0.01	0.64	1.12
8	6.59	6.15	7.59	6.37	6.52	15	0.32	3.59	0.03	0.64	1.36
9	6.82	6.53	7.61	6.55	6.70	17	0.27	4.57	0.05	0.64	0.80
10	6.56	6.18	7.63	6.54	6.51	19	0.01	4.65	0.01	0.32	1.28
11	6.65	6.28	7.18	6.49	6.40						
12	7.02	6.50	7.44	6.62	6.57						
13	6.47	6.25	7.55	6.47	6.48						
14	6.25	6.12	7.44	6.58	6.45						
15	6.96	6.34	7.23	6.61	6.47						
16	6.97	6.67	7.66	6.72	6.42						
17	6.60	6.27	7.26	6.77	6.52						
18	6.78	6.21	7.58	6.88	6.59						
19	6.80	6.52	7.49	6.93	6.49						

ตารางผนวก 17 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	1.49	0.80	0.96	0.46	0.68	1	10.12	4.06	7.37	3.21	4.96
3	0.36	0.10	0.24	0.16	0.16	3	13.56	2.18	1.78	4.06	4.35
5	1.20	0.09	0.22	0.26	0.20	5	6.08	1.15	1.78	3.61	2.59
7	0.32	0.06	0.12	0.32	1.19	7	4.53	0.99	0.92	3.10	2.67
9	0.36	0.13	0.11	0.30	0.18	9	3.70	1.72	0.90	3.41	3.73
11	0.30	0.13	0.07	0.24	0.28	11	3.16	0.82	0.81	2.60	1.79
13	0.40	0.08	0.10	0.07	0.08	13	2.76	0.41	0.73	1.80	1.25
15	0.04	0.08	0.09	0.06	0.09	15	2.75	1.07	0.69	2.14	1.07
17	0.23	0.08	0.04	0.09	0.15	17	3.37	1.09	0.59	2.03	1.87
19	0.36	0.10	0.03	0.05	0.09	19	2.37	0.74	0.52	1.79	1.19

ตารางผนวก 18 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลาตินในโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1
(น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลาตินในโตรเจน (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่าน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.21	0.15	0.05	0.01	0.14	1	0.64	0.31	0.71	0.40	0.32
3	0.34	0.12	0.02	0.01	0.01	3	0.69	0.23	0.18	0.74	0.31
5	0.23	0.07	0.03	0.03	0.12	5	0.68	0.31	0.19	0.69	0.37
7	0.18	0.05	0.01	0.11	0.09	7	0.58	0.06	0.06	0.51	0.18
9	0.16	0.04	0.02	0.13	0.15	9	0.58	0.10	0.07	0.55	0.27
11	0.14	0.05	0.02	0.12	0.06	11	0.59	0.07	0.07	0.55	0.16
13	0.13	0.05	0.02	0.11	0.07	13	0.59	0.07	0.07	0.45	0.16
15	0.11	0.04	0.02	0.08	0.05	15	0.56	0.06	0.07	0.48	0.12
17	0.11	0.04	0.02	0.08	0.05	17	0.70	0.06	0.07	0.42	0.13
19	0.09	0.04	0.02	0.09	0.05	19	0.59	0.05	0.07	0.47	0.14

ตารางผนวก 19 แสดงผลการคำนวณปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 1 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					ปริมาณปรอท (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	1.470	1.262	0.191	0.821	nd*	nd*	0.102	nd*	0.291	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
3	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	0.793	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
7	nd*	nd*	0.673	4.959	4.653	nd*	nd*	nd*	nd*	0.107	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non detected

โดยที่ค่าดีเทคชันลิมิตของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 50 1 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางผนวก 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ

ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีไอเอช 7)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.01263	0.00312	0.01186	0.01166	0.00178	53.63	36.25	52.88	53.38	47.50	46.38	63.75	47.13	46.63	50.00
2	0.01258	0.00980	0.01501	0.01018	0.00052	87.38	98.75	90.63	86.88	47.50	12.63	1.25	9.38	13.13	50.00
3	0.01128	0.00965	0.01351	0.01017	0.00003	96.88	99.25	96.00	96.88	80.00	3.13	0.75	4.00	3.13	30.00
4	0.01015	0.00730	0.02000	0.01026	0.00002	100.63	101.75	99.88	98.13	98.00	0.00	0.00	0.13	1.88	2.00
5	0.00844	0.00840	0.03077	0.01015	0.00003	98.13	99.00	98.50	98.63	99.00	1.88	1.00	1.50	1.38	0.00
6	0.01070	0.00658	0.02500	0.01449	0.00001	97.75	98.50	98.75	98.25	95.00	2.25	1.50	1.25	1.75	5.00
7	0.01149	0.00816	0.02381	0.00860	0.00002	98.13	99.25	99.13	99.75	90.00	1.88	0.75	0.88	0.25	10.00
8	0.00775	0.00722	0.02401	0.01266	0.00002	97.63	97.13	99.13	97.63	99.00	2.38	2.88	0.88	2.38	1.00
9	0.00557	0.00546	0.01961	0.01020	0.00002	99.00	99.88	98.50	98.50	99.00	1.00	0.13	1.50	1.50	0.00
10	0.00560	0.00385	0.02174	0.01481	0.00002	99.25	99.13	99.00	99.00	90.00	0.75	0.88	1.00	1.00	10.00
11	0.00494	0.00296	0.01942	0.01212	0.00003	98.50	98.75	98.63	99.38	99.00	1.50	1.25	1.38	0.63	0.00
12	0.00446	0.00276	0.01835	0.01111	0.00003	98.75	98.75	98.63	98.75	96.00	1.25	1.25	1.38	1.25	4.00
13	0.00495	0.00231	0.01587	0.01000	0.00003	98.75	98.13	99.25	99.25	95.00	1.25	1.88	0.75	0.75	5.00
14	0.00608	0.00228	0.02041	0.01176	0.00003	99.38	99.13	98.75	99.13	99.00	0.63	0.88	1.25	0.88	1.00
15	0.00335	0.00162	0.02000	0.01031	0.00003	98.38	98.50	98.13	97.75	96.00	1.63	1.50	1.88	2.25	4.00
16	0.00301	0.00135	0.01970	0.01036	0.00003	99.63	98.63	99.25	98.75	99.00	0.38	1.38	0.75	1.25	0.00
17	0.00336	0.00122	0.01818	0.00922	0.00003	99.63	99.50	99.38	100.19	99.00	0.38	0.50	0.63	0.00	0.00
18	0.00518	0.00105	0.01852	0.01220	0.00003	99.00	99.00	99.00	98.88	94.00	1.00	1.00	1.00	1.13	6.00
19	0.00404	0.00098	0.01835	0.01290	0.00003	99.00	99.13	98.63	98.13	94.00	1.00	0.88	1.38	1.88	6.00

ตารางผนวก 21 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2
(น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ค่าพีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	6.27	6.14	6.24	6.24	6.57	1	0.72	14.56	13.36	4.88	0.04
2	6.61	6.48	6.53	6.53	6.58	2	0.56	17.60	4.64	2.24	0.04
3	6.74	6.55	6.58	6.65	6.82	3	0.16	7.04	3.04	0.48	0.01
4	6.85	6.53	6.67	6.80	7.60	4	0.24	6.72	2.08	1.12	0.01
5	7.02	6.83	6.80	7.00	7.34	5	0.08	5.60	3.68	1.28	0.01
6	7.01	6.71	6.70	6.88	8.00	6	0.64	3.52	2.72	0.16	0.08
7	6.95	6.72	6.83	7.00	7.53	7	0.16	2.56	2.72	0.64	0.01
8	7.05	6.98	7.01	7.08	7.96	8	0.08	2.72	2.08	0.64	0.01
9	6.99	6.87	6.97	6.87	7.96	9	0.08	2.88	1.76	0.80	0.01
10	6.98	6.93	6.97	7.07	7.57	10	0.01	2.08	1.44	0.96	0.01
11	6.82	6.60	6.70	7.04	7.80	11	0.40	2.56	1.76	0.64	0.02
12	6.92	6.58	6.59	6.82	7.49	12	0.32	1.44	0.80	0.64	0.01
13	6.95	6.63	6.60	6.77	7.74	13	0.32	1.12	1.12	0.64	0.02
14	6.86	6.63	6.61	6.70	7.71	14	0.32	1.28	2.24	1.28	0.01
15	6.63	6.45	6.50	6.59	7.34	15	0.80	1.28	1.76	1.60	0.11
16	6.95	6.67	6.75	6.90	7.61	16	0.64	0.80	1.44	0.16	0.03
17	6.98	6.61	6.84	6.90	7.62	17	0.88	2.00	2.24	1.28	0.08
18	6.85	6.59	6.64	6.88	7.58	18	0.16	1.12	1.12	0.24	0.02
19	6.85	6.54	6.74	6.79	7.86	19	0.40	0.64	1.04	0.40	0.01

ตารางผนวก 22 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อวัน)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.47	0.39	0.45	0.07	0.18	1	5.47	3.64	4.25	5.47	2.09
3	0.26	0.17	0.31	0.60	0.08	2	6.67	1.52	4.55	6.06	1.70
5	0.15	0.09	0.15	0.59	0.04	3	4.59	0.31	4.28	5.20	0.74
7	0.17	0.05	0.03	0.09	0.01	4	3.66	0.69	2.51	3.20	0.74
9	0.09	0.14	0.24	0.15	0.03	5	3.96	0.57	2.55	3.96	0.76
11	0.06	0.12	0.28	0.15	0.01	6	3.82	0.76	2.90	3.82	0.82
13	0.14	0.16	0.12	0.12	0.02	7	3.40	0.77	2.01	3.25	0.68
15	0.22	0.11	0.12	0.04	0.01	8	3.21	0.76	2.40	3.82	0.98
17	0.12	0.11	0.11	0.08	0.01	9	2.51	0.30	2.95	2.22	0.48
19	0.09	0.05	0.14	0.12	0.01	10	3.92	0.91	1.81	3.02	0.58
						11	3.67	1.70	1.70	3.93	0.74
						12	3.73	1.06	1.86	3.20	0.23
						13	2.51	0.01	1.19	1.85	0.08
						14	2.63	0.79	3.29	2.90	0.49
						15	2.72	1.78	1.26	3.25	0.42
						17	2.82	0.47	1.57	1.91	0.37
						19	2.37	0.89	0.89	2.19	0.35

ตารางผนวก 23 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลดาล์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2
(น้ำชะที่พีเอช 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลดาล์ในโตรเจน (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.01	0.23	0.02	0.02	0.01	1	0.51	0.11	0.28	0.38	0.01
3	0.01	0.08	0.08	0.08	0.01	2	0.48	0.15	0.36	0.41	0.01
5	0.22	0.08	0.16	0.23	0.01	3	0.37	0.03	0.24	0.38	0.01
7	0.18	0.04	0.11	0.17	0.02	4	0.51	0.12	0.31	0.48	0.01
9	0.17	0.05	0.10	0.14	0.01	5	0.58	0.10	0.30	0.51	0.01
11	0.15	0.04	0.09	0.13	0.02	6	0.56	0.06	0.30	0.50	0.01
13	0.15	0.04	0.09	0.13	0.03	7	0.51	0.05	0.32	0.46	0.01
15	0.13	0.05	0.08	0.12	0.02	8	0.57	0.05	0.33	0.47	0.01
17	0.13	0.05	0.07	0.11	0.02	9	0.55	0.07	0.36	0.49	0.01
19	0.10	0.03	0.06	0.08	0.02	10	0.60	0.05	0.35	0.49	0.01
						11	0.68	0.07	0.36	0.53	0.01
						12	0.68	0.04	0.36	0.53	0.01
						13	0.72	0.06	0.39	0.55	0.01
						14	0.65	0.07	0.36	0.55	0.01
						15	0.88	0.23	0.46	0.63	0.03
						17	0.60	0.05	0.25	0.45	0.01
						19	0.64	0.04	0.35	0.38	0.01

ตารางผนวก 24 แสดงผลการคำนวณปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 2 (น้ำระเหยที่พีไอเอช 7)

เวลา (วัน)	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					ปริมาณปรอท (ไมโครกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	5.383	2.306	5.337	3.881	1.116	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
11	3.944	6.118	3.337	4.925	0.099	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
21	0.614	0.466	nd*	6.358	0.439	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*

หมายเหตุ : nd* = non detected

โดยที่ค่าดีเทคชันลิมิตของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เท่ากับ 50 1 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางผนวก 25 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการซึม เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านและเปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวันของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ
ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	การซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน					เปอร์เซ็นต์น้ำที่ถูกดูดซับต่อรอบวัน				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.01198	0.00010	0.00220	0.00010	0.00214	59.75	58.48	57.50	35.66	59.63	40.25	41.52	42.50	64.34	40.38
2	0.00810	0.00002	0.00083	0.00002	0.00165	85.50	62.20	58.00	53.85	83.00	14.50	37.80	42.00	46.15	17.00
3	0.01639	0.00002	0.01176	0.00001	0.00279	82.00	73.33	73.00	77.50	78.00	18.00	26.67	27.00	22.50	22.00
4	0.02273	0.00002	0.01064	0.00001	0.00324	83.50	71.43	72.50	71.88	78.00	16.50	28.57	27.50	28.13	22.00
5	0.03571	0.00002	0.02041	0.00002	0.00348	88.00	80.95	79.00	59.26	79.00	12.00	19.05	21.00	40.74	21.00
6	0.02564	0.00001	0.02222	0.00002	0.00348	88.50	79.00	79.00	74.29	81.50	11.50	21.00	21.00	25.71	18.50
7	0.02857	0.00001	0.02326	0.00002	0.00397	88.00	78.85	80.00	76.00	78.00	12.00	21.15	20.00	24.00	22.00
8	0.02857	0.00001	0.02174	0.00001	0.00383	88.00	78.26	82.00	82.22	78.00	12.00	21.74	18.00	17.78	22.00
9	0.03125	0.00001	0.02041	0.00002	0.00389	90.00	80.00	85.50	68.50	80.50	10.00	20.00	14.50	31.50	19.50
10	0.03448	0.00001	0.02564	0.00002	0.00405	87.50	80.00	83.00	83.57	78.50	12.50	20.00	17.00	16.43	21.50
11	0.03571	0.00001	0.02500	0.00002	0.00431	88.00	81.00	84.50	71.43	77.50	12.00	19.00	15.50	28.57	22.50
12	0.03704	0.00002	0.02174	0.00001	0.00437	88.00	80.00	86.50	61.54	78.00	12.00	20.00	13.50	38.46	22.00

ตารางผนวก 26 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และการคำนวณค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3
(น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	พีเอช					เวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	6.33	6.93	6.35	6.65	6.15	1	39.5147	2.6851	1.5862	1.1477	1.9478
2	6.65	7.32	7.03	6.75	6.63	3	3.3802	0.0154	0.2000	0.0144	0.1000
3	6.89	7.00	7.53	6.60	6.63	5	1.0000	0.0034	0.0700	0.0024	0.0400
4	7.05	7.45	7.90	6.99	7.06	7	0.7555	0.0007	0.0497	0.0007	0.0400
5	7.13	7.63	7.77	7.12	7.16	9	0.4500	0.0004	0.0100	0.0003	0.0200
6	7.38	7.58	7.77	7.10	7.11						
7	7.24	7.65	7.97	7.16	7.13						
8	7.55	7.66	7.95	7.19	7.45						
9	7.47	7.44	8.13	7.05	7.27						
10	7.66	7.40	7.96	7.43	7.45						
11	7.67	7.60	8.14	7.63	7.47						
12	7.52	7.69	7.93	7.47	7.40						

ตารางผนวก 27 แสดงผลการคำนวณปริมาณบีโอดีและซีโอดีของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					เวลา (วัน)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.25	0.34	0.59	1.16	0.77	1	6.74	5.40	11.48	3.77	10.16
3	0.16	0.03	0.16	0.05	0.13	3	1.73	1.06	3.78	0.79	2.84
5	0.03	0.03	0.05	0.02	0.04	5	0.75	1.18	1.65	0.46	1.09
7	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	7	0.76	0.46	1.58	0.42	1.03
9	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	9	0.74	0.41	1.73	0.85	0.99

ตารางผนวก 28 แสดงผลการคำนวณปริมาณเจลดาล์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ซึมผ่านวัสดุทดสอบ ในการทดลองครั้งที่ 3 (น้ำชะที่พีเอช 5)

เวลา (วัน)	ปริมาณเจลดาล์ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)					เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่ซึมผ่านต่อรอบวัน)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5		รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5
1	0.0089	0.0927	0.0001	0.1646	0.0045	1	0.1259	0.1735	0.3632	0.0483	0.2170
3	0.0011	0.0007	0.0034	0.0007	0.0011	3	0.0455	0.0408	0.1862	0.0124	0.1094
5	0.0022	0.0032	0.0039	0.0018	0.0011	5	0.0203	0.0261	0.0903	0.0107	0.0450
7	0.0011	0.0010	0.0156	0.0009	0.0011	7	0.0227	0.0204	0.0785	0.0061	0.0423
9	0.0017	0.0007	0.0375	0.0015	0.0011	9	0.0226	0.0185	0.0803	0.0073	0.0332

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข การแสดงผลการพิสูจน์เพื่อยืนยันค่าการซึมของรูปแบบที่บรรจุด้วยดินเพียงชนิดเดียว โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบที่บรรจุด้วยทรายเพียงชนิดเดียว ซึ่งประกอบด้วย

- ตารางแสดงค่าการซึมของดินและทราย เพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึม
- ผลและสรุปผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึมของดินและทราย

ตารางผนวก 29 แสดงค่าการซึมของดินและทราย เพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึม

วันที่	ค่าการซึม (เซนติเมตรต่อวินาที)			
	ดิน	ดิน	ทราย	ทราย
1	0.040000	0.010309	0.018692	0.011173
2	0.026316	0.012579	0.010471	0.009259
3	0.019231	0.010638	0.010582	0.008621
4	0.018519	0.009852	0.011364	0.008130
5	0.015038	0.008333	0.009950	0.008403

ผลและสรุปผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึมของดินและทราย

การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึมของดินและทรายนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ Mann-Whitney U-test จากผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึมของดินทั้งสองครั้ง พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าการซึมของดิน ยังคงมีความแตกต่างกัน อันเนื่องจากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการซึมของทรายทั้งสองรูปแบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ทรายซึ่งมีขนาดของวัสดุใกล้เคียงกัน และง่ายต่อการบรรจุนั้นไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าการซึมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าการซึมที่แตกต่างกันของดินอาจเกิดขึ้นได้เพราะองค์ประกอบและโครงสร้างของดินที่นำมาบรรจุนั้นอาจแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะบรรจุดินอย่างดีภายใต้ความหนาแน่นที่เท่ากันก็ตาม ก็อาจทำให้เกิดค่าความแตกต่างของค่าการซึมได้บ้าง

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์ดินและวัสดุเก่าจากพื้นที่ฝังกลบ

1. วิธีการวิเคราะห์ค่าความชื้น (ไพศาล ผดุงศิริกุล, 2535)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักภาตโลหะเปล่า แล้วบันทึกน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างที่สุ่มมาได้ใส่ในภาต ชั่งน้ำหนักรวมภาต บันทึกน้ำหนักไว้
3. นำภาตที่ใส่ตัวอย่างนี้ไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วันหรือจนกระทั่งตัวอย่างแห้งสนิท แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ค่าปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}}$$

2. วิธีการวิเคราะห์ค่าปริมาณคาร์บอน (ไพศาล ผดุงศิริกุล, 2535)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่บดและอบแห้งมาอบในตู้ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ตู้ดูดความชื้นเพื่อปล่อยให้เย็น
2. ชั่งน้ำหนักด้วยตวงทนความร้อน บันทึกค่า
3. ชั่งตัวอย่างที่อบแล้วใส่ในถ้วยตวงประมาณ 3-6 กรัม นำเข้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600-650 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
4. ปล่อยให้เย็น แล้วใส่ตู้ดูดความชื้นประมาณ 1-2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าที่ได้

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอน} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้}}{1.8}$$

1.8

3. วิธีการวิเคราะห์ค่าพีเอช (McClean, 1986)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่มีน้ำหนักเปียกมา 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์

2. เติมน้ำที่ปรับค่าพีเอช 7 มา 25 กรัม คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว แล้ววางให้ตกตะกอน 30 นาที

3. คนอีกครั้ง แล้วจุ่มอิเล็กโทรดลงไปประมาณ 30 นาที แล้วอ่านค่าพีเอช บันทึกผล

4. วิธีการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย โดยวิธีไตเทรต (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม ละลายเมทิลเรด 200 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และละลายเมทิลส้มบลู 100 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกันเตรียมทุกเดือน

2. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตร เจือจางไปเป็น 1 ลิตร เตรียมทุกเดือน

3. สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ เติม NaOH 0.01 นอร์มัล 88 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมเตตราบอเรต 0.025 โมลาร์ 500 มิลลิลิตร (ละลาย $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ที่อบแห้ง 5.0 กรัม หรือ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 9.5 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร) แล้วเจือจางจนได้ 1 ลิตร

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 0.02 นอร์มัล เจือจางสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มัล 200 มิลลิลิตร ไปเป็น 1 ลิตร

การหาค่ามาตรฐานของสารละลายกรดซัลฟูริก

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 นอร์มัล ชั่ง Na_2CO_3 ที่แห้งสนิท (โดยอบที่ 200 องศาเซลเซียส) 1.06 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ ๆ (ปิดฝาแล้วทำให้เย็น) จนได้ปริมาตร 1 ลิตร สารละลายนี้มีอายุหนึ่งสัปดาห์

2. เมทิลเรดอินดิเคเตอร์ ละลายเมทิลเรด 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น จนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ตูดสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 นอร์มัล 25 มิลลิลิตร ใส่ในฟลasks ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. หยดเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 5 หยด เขย่าให้ผสมกันจนได้สารละลายสีเหลือง

3. ไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนเป็น

สีชมพู

4. นำส่วนผสมทั้งหมดไปต้มจนเดือดเป็นเวลาประมาณ 3 นาที เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้หมด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอีกครั้งหนึ่ง

5. ไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ต่อไปอีกจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอีกครั้งหนึ่ง

6. บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ทั้งหมดที่ใช้ไป

$$\text{ความเข้มข้นของ H}_2\text{SO}_4 \text{ (นอร์มัล)} = \frac{0.02 \times 25}{\text{ปริมาตรของ H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดและอบแห้งแล้ว 1 กรัม เติมน้ำลงไปเจือจางให้ได้ 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 25 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 9.5 ด้วย NaOH 6 นอร์มัล ใส่เม็ดแก้วเล็กน้อย
3. นำขวดใส่สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ไปรองไว้ที่ปลายหลอดของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดจุ่มอยู่ในกรด
4. นำตัวอย่างตัวอย่างที่ปรับ pH ได้ 9.5 มาใส่ในขวดกลั่น (Kjeldahl flask) ขนาด 800 มิลลิลิตร และนำเข้าต่อกับเครื่องกลั่น กลั่นสารละลาย จนได้ของเหลว 100 มิลลิลิตร
5. นำไปไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีม่วง

การคำนวณ

$$\text{ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน มิลลิกรัมต่อกก.} = \frac{(A-B) \times 280}{\text{จำนวนกรัมน้ำหนักแห้ง}}$$

โดยที่ A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ของ blank มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

5. วิธีการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Total Kjeldahl Nitrogen (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม
2. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก

3. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล
4. สารละลายเมอร์คิวริกซัลเฟต ละลาย HgO (red) 8 กรัม ใน H_2SO_4 6 นอร์มัล 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายสำหรับย่อย ละลาย K_2SO_4 134 กรัม ในน้ำ 650 มิลลิลิตร และ H_2SO_4 เข้มข้น 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายเมอร์คิวริกซัลเฟต 25 มิลลิลิตร เจือจางสารละลายให้ได้ 1 ลิตร เก็บในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต ละลาย NaOH 500 กรัม และ $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น และเจือจางไปเป็น 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดและอบแห้งแล้ว 1 กรัม เติมน้ำลงไปให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายสำหรับย่อย 100 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้วเล็กน้อย
3. นำขวดกลั่นไปย่อยจนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติมน้ำ 300 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โซเดียมไฮโอซัลเฟต 100 มิลลิลิตร
5. นำขวดใส่สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ไปรองไว้ที่ปลายหลอดของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดจุ่มอยู่ในกรด
6. กลั่นสารละลายจนได้ของเหลว 250 มิลลิลิตร
7. นำไปไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีม่วง

การคำนวณ

เช่นเดียวกับการคำนวณหาแอมโมเนียไนโตรเจน

6. วิธีการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธีลดออกซิเจนด้วยดีวาร์ดาส์อัลลอย (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล
3. ผงดีวาร์ดาส์อัลลอย (Devarda's alloy) ที่มี Cu 50 เปอร์เซ็นต์, Al 45 เปอร์เซ็นต์ และ Zn 5 เปอร์เซ็นต์
4. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน

5. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน

6. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดและอบแห้งแล้ว 1 กรัม เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายบอริค 25 มิลลิลิตรปรับ pH ให้ได้ 9.5 ด้วย NaOH 6 นอร์มัล ใส่เม็ดแก้ว
3. กลั่นล้างแอมโมเนียไนโตรเจน โดยให้ได้ปริมาตร 250-300 มิลลิลิตร
4. หลังจากนั้นนำขวดกลั่น ที่มีของเหลวเหลืออยู่มาเติมผงดีวาร์ดาส์อัลลอย 1 กรัม
5. เติมน้ำจนได้ปริมาตรรวม 350 มิลลิลิตร
6. นำขวดใส่สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ไปรองไว้ที่ปลายหลอดของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดจุ่มอยู่ในกรด
7. กลั่นสารละลายจนได้ของเหลว 250 มิลลิลิตร
8. นำไปไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีม่วง

การคำนวณ

เช่นเดียวกับการคำนวณหาแอมโมเนียไนโตรเจน

7. วิธีการวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต (Dewis and Freitas, 1970)

สารเคมี

1. สารสกัดแอมโมเนียมอะซีเตต 1.0 นอร์มัล (pH 7.0 ± 0.1) เจือจางกรดกลาเซียลอะซีติก (Glacial acetic acid) 600 มิลลิลิตร และแอมโมเนีย (sp.gr. 0.91, 25 เปอร์เซ็นต์ NH_3) 750 มิลลิลิตร ให้เป็น 10 ลิตร ถ้า pH ต่ำกว่า 6.9 หรือมากกว่า 7.1 ให้ปรับด้วยแอมโมเนีย หรือ กรดอะซีติก
2. สารสกัดแอมโมเนียมอะซีเตต 2.0 นอร์มัล (pH 7.0 ± 0.1) เจือจางกรดกลาเซียลอะซีติก 600 มิลลิลิตร และแอมโมเนีย (sp.gr. 0.91, 25 เปอร์เซ็นต์ NH_3) 750 มิลลิลิตร ให้เป็น 5 ลิตร ถ้า pH ต่ำกว่า 6.9 หรือมากกว่า 7.1 ให้ปรับด้วยแอมโมเนีย หรือ กรดอะซีติก

3. สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1000 พีพีเอ็ม ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อบแห้ง 1.907 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร

4. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 พีพีเอ็ม ในสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต 1.0 นอร์มัล เจือจางสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ 1000 พีพีเอ็ม ที่นำมา 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิลิตร ไปเป็น 1 ลิตร และเติมสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต 2.0 นอร์มัล 500 มิลลิลิตร ลงไปในแต่ละขวด

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดและอบแห้ง 5 กรัม ใส่ลงใน เอลเลนเมเยอร์ฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารสกัดแอมโมเนียมอะซีเตต 1.0 นอร์มัล 100 มิลลิลิตร
3. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที
4. กรองด้วยกระดาษกรอง
5. นำสารละลายที่ผ่านการกรอง ไปตรวจวัดค่าโพแทสเซียม ด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ ซึ่งต้องปรับเครื่องด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ 0-25 พีพีเอ็ม ในสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต 1.0 นอร์มัล หลังจากนั้นจึงใช้สารละลายที่สกัดได้ซึ่งจะตรวจหาค่าโพแทสเซียม มาตรวจวัดและบันทึกค่าที่ได้

การคำนวณ

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่างที่อบแห้ง = 20A พีพีเอ็ม

โดยที่ A คือค่าที่ได้จากการตรวจวัดสารละลายที่สกัดได้

หมายเหตุ : วิธีนี้จะครอบคลุมในช่วง 0-500 พีพีเอ็ม

8. วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยแอมโมเนียมฟลูออไรด์ในกรดไฮโดรคลอริก (Dewis and Freitas, 1970)

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (Ammonium fluoride) 1 นอร์มัล ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ 37 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร
2. กรดไฮโดรคลอริก 5 นอร์มัล
3. สารสกัดแอมโมเนียมฟลูออไรด์ 0.03 นอร์มัล ในกรดไฮโดรคลอริก 0.10 นอร์มัล (Bray II) เจือจางสารละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ 1 นอร์มัล 300 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก 5 นอร์มัล 200 มิลลิลิตร ไปเป็น 10 ลิตร

4. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate) 1เปอร์เซ็นต์ ใน H_2SO_4 4 นอร์มัล ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 10 กรัม ในน้ำอุ่น 250 มิลลิลิตร ทำให้เย็น และเจือจาง H_2SO_4 เข้มข้น 112-113 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร ทำให้เย็น หลังจากนั้นนำสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดตผสมลงใน H_2SO_4 ทำให้เย็น เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ (Stannous chloride) 0.1 โมลาร์ ละลายเกลือสแตนนัสคลอไรด์ 2.26 กรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

6. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 500 พีพีเอ็ม ละลาย KH_2PO_4 ที่อบแห้ง 2.197 กรัม หรือ $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 2.873 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

7. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 พีพีเอ็ม เจือจางสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 500 พีพีเอ็ม 50 มิลลิลิตร ไปเป็น 250 มิลลิลิตร

8. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 พีพีเอ็ม เจือจางสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 พีพีเอ็ม 5 10 15 20 และ 25 มิลลิลิตร ตามลำดับไปเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้อัตราส่วนของตัวอย่าง และสารที่ใช้สกัด 1 : 10 ใส่ในเออเลนเมเยอร์ฟลาส
2. เขย่าโดยใช้เวลา 30 วินาที
3. กรองด้วยกระดาษกรอง
4. นำสารที่สกัดได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารที่ใช้สกัด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 35 มิลลิลิตร เขย่า 1 ชั่วโมง หรือตั้งทิ้งไว้หนึ่งคืน
5. เติมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 5 มิลลิลิตร ใช้น้ำล้างปากขวดให้ไหลลงในขวด และเขย่าโดยไม่ต้องปิดจุก
6. ใส่สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปิดจุกเขย่าแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้ 10-20 นาที
7. เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 1 2 3 4 และ 5 พีพีเอ็ม อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร และดำเนินการตามข้อ 4-6
8. นำสารละลายเหล่านี้ไปวัดปริมาณฟอสฟอรัส ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

การคำนวณ

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างที่อบแห้ง = $G.R/A$ พีพีเอ็ม

โดยที่ G = ค่าฟอสฟอรัสแต่ละค่า มีหน่วยเป็นไมโครกรัม

A = ปริมาณสารที่สกัดได้ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

R = อัตราส่วนของสารที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร) กับตัวอย่างที่อบแห้ง (กรัม)

9. วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก โดยวิธีย่อยด้วยกรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริก (Okamoto Kensaka, 1982)

สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น
2. กรดไนตริกเจือจาง 1 : 1
3. กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น
4. กระดาษกรองหมายเลข 42

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดและอบแห้งแล้ว 0.2 กรัม เติมกรดไนตริกเจือจาง 1 : 1 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร
2. ย่อยบนเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
3. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ย่อยต่อจนเหลือปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จีดล้างด้วยน้ำดีไอออไนซ์เล็กน้อย
4. เติมกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยต่อจนเกิดควันขาว หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
5. เติมกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ย่อยต่อจนเหลือปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จีดล้างด้วยน้ำดีไอออไนซ์เล็กน้อย
6. กรองผ่านกระดาษกรองหมายเลข 42 ที่ล้างด้วยกรด
7. นำส่วนที่กรองได้ปรับปริมาตรให้ได้ 30 มิลลิลิตร
5. นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย (APHA, AWWA and WEF, 1992)

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาศกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
2. เลือกปริมาณตัวอย่างน้ำ ที่จะได้ปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัม
3. วางกระดาศลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาศกรองให้เปียก เพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
5. กรองน้ำตัวอย่างโดยอาศัยแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ
6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด
7. ปิดเครื่องดูดอากาศ คีบกระดาศกรองใส่ภาชนะทนไฟ นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในตู้อบประมาณ 1 ชั่วโมง
8. ทิ้งให้เย็นลงจนเท่าอุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น บันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย มิลลิกรัมต่อลิตร} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

โดยที่ A = น้ำหนักกระดาศกรองหลังการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักกระดาศกรองก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

2. วิธีการวิเคราะห์ค่าบีโอดี โดยวิธี Azide Modification (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. น้ำกลั่นบริสุทธิ์ คุณภาพสูง ปราศจากคลอรีน คลอรามีน ความเป็นกรด-ด่าง และสารอินทรีย์ มีทองแดงปนได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ ละลาย KH_2PO_4 8.5 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้ควรมีค่า pH 7.2
3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ละลาย $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลาย CaCl_2 ที่อบแห้ง 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

6. สารละลายกรดและด่าง 1 นอร์มัล สำหรับใช้ปรับค่า pH

7. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ละลาย $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 480 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรองแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

8. สารละลายอัลคาไล ไฮโดรอกไซด์ โซเดียม ละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม หรือ KI 150 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร เสร็จแล้วเติม NaN_3 10 กรัม ที่ละลายในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร

9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

10. น้ำแข็ง ละลายแข็งมัน 2 กรัม และกรดซาลิซิลิก 0.2 กรัม ในน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน

11. สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล ใช้ในการไตเตรท ละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติม NaOH 6 นอร์มัล 1.5 มิลลิลิตร แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร ทำการ สแตนด์ไดไรซ์ (Standardize) สารละลายนี้ด้วยสารละลายมาตรฐานโบไอโอเดต ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

12. สารละลายมาตรฐานโบไอโอเดต 0.025 นอร์มัล ละลาย $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 812.4 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

การหาค่ามาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ด้วยสารละลายมาตรฐานโบไอโอเดต

1. ละลาย KI 2 กรัม ในขวดแก้วเฮอเลนเมเยอร์ฟลาส ด้วยน้ำกลั่น 100-150 มิลลิลิตร

2. เติม H_2SO_4 6 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายมาตรฐานโบไอโอเดต 0.025 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร

4. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร

5. ไตเตรทไอโอดีนที่ถูกขับออกมาด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.02 นอร์มัล โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ถ้าสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตมีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัลพอดี ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรทจะเท่ากับ 20.0 มิลลิลิตรพอดี หากไม่พอดีให้ปรับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ให้มีความเข้มข้นแน่นอนเป็น 0.025 นอร์มัล

วิธีการเตรียม

1. การเตรียมน้ำสำหรับใช้เชื้อจาง

- 1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่ต้องการใช้ 1 ลิตร ใส่ลงในถังที่สะอาด
- 1.2 เติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเพอริคลอไรด์ ตามลำดับ ใช้สารละลายแต่ละชนิด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำเชื้อจาง 1 ลิตร
- 1.3 เป่าอากาศที่สะอาด เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำเชื้อจางเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

2. การควบคุมคุณภาพน้ำเชื้อจาง

- 2.1 รินน้ำกลั่นที่ใช้เชื้อจางเท่านั้น ใส่ลงในขวด บีโอดี 2 ขวด ปิดจุกแล้วเอาขวดหนึ่ง incubate ที่ 20 องศาเซลเซียส ส่วนอีกขวดหนึ่งหาปริมาณ DO ทันที

3. วิธีการเชื้อจาง

- 3.1 เลือกเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างในการเชื้อจางที่คาดว่าจะให้ค่า บีโอดี อยู่ในช่วงที่กำหนด แล้วจึงเลือกเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเชื้อจางที่สูงกว่า และต่ำกว่าที่อยู่ติดกันอีก 2 ชั้น ดังนั้นจึงต้องรู้ค่า บีโอดี โดยประมาณก่อน

3.2 เติมตัวอย่างน้ำจำนวนที่ต้องการ ในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร โดยพยายามอย่าให้มีฟองอากาศ แล้วจึงเติมน้ำเชื้อจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.3 ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน อย่าให้มีฟองอากาศ

3.4 ค่อย ๆ รินใส่ขวด บีโอดี 3 ขวด ปิดจุก นำไปเก็บในตู้ Incubator ที่ 20 องศาเซลเซียส 2 ขวด เป็นเวลา 5 วัน ที่เหลือนำไปหาค่า DO โดยวิธี Azide Modification ทันทีเพื่อทราบค่า DO ที่จุดเริ่มต้น (D1)

3.5 ทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 3.2-3.4 สำหรับเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเชื้อจางที่ต่ำกว่า และสูงกว่าตามลำดับ

4. การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่า บีโอดี

4.1 ผลที่น่าเชื่อถือ และจะใช้คำนวณต่อไปได้นั้น จะต้องมียค่า DO เหลืออยู่อย่างน้อย 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะทำให้ค่า บีโอดี ที่คำนวณออกมาได้ถูกต้องที่สุด

วิธีการวิเคราะห์

1. จากตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในขวดบีโอดี 300 มิลลิลิตร เติมสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต 1 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายอัลคาไลไฮโดรไดคัลไฮไดรด์ ตามลงไปทันที 1 มิลลิลิตร ให้ปลายหลอดจมอยู่ในน้ำตัวอย่าง
3. ปิดจุก ระวังอย่าให้มีฟองอากาศติดอยู่ในขวด จับขวดคว่ำลงเขย่าแบบพลิกฝ่ามือ ให้ขวดตั้งขึ้นและคว่ำลง สลับกันอย่างน้อย 15 ครั้ง หลังจากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน
4. รอจนได้น้ำใสส่วนบนประมาณ 100 มิลลิลิตร ค่อย ๆ เปิดจุกแล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงทันที 1 มิลลิลิตร ให้กรดไหลลงไปตามคอขวด
5. ปิดจุกค่อย ๆ เขย่า จนกระทั่งตะกอนละลายหมด
6. ตวงสารละลายที่ได้ 201 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสค์ขนาด 500 มิลลิลิตร (ปริมาตรจำนวนนี้จะแทนปริมาตรของน้ำตัวอย่างจริง ๆ 200 มิลลิลิตร เนื่องจากปริมาตรของตัวอย่างน้ำถูกแทนที่ด้วยน้ำยาทั้งหมด 2 มิลลิลิตร ที่เติมลงไป ดังนั้นปริมาตรที่จะนำมาเพื่อไตเตรทจึงควรเป็น $200 \times 300 / (300 - 2) = 201$ มิลลิลิตร
7. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนได้สีเหลืองอ่อน ๆ
8. เติมน้ำแป้ง 1-2 มิลลิลิตร และไตเตรทจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

การคำนวณ

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร = ค่า DO 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ในน้ำตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร)

บีโอดี₅ (เมื่อไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

$$\text{ค่า บีโอดี}_5 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} = (D1 - D2) / P$$

โดยที่ D1 = ค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันแรก (มิลลิกรัมต่อลิตร)

D2 = ค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันที่ 5 (มิลลิกรัมต่อลิตร)

P = อัตราส่วนของ การเจือจางตัวอย่างน้ำ

3. วิธีการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยวิธีย่อยด้วยไดโครเมต (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2525)

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มัล ละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่อบแห้ง 12.259 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร เติมกรดซัลฟามิก 120 มิลลิกรัม เพื่อกำจัดการขัดขวางของไนไตรท์ไนโตรเจน
2. สารละลายกรดซัลฟูริก ละลาย Ag_2SO_4 22 กรัม ลงใน H_2SO_4 เข้มข้น 4 กก. ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน

3. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.10 นอร์มัล ละลาย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในน้ำกลั่น เติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำให้เย็น เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

การหาค่ามาตรฐานของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ดูดสารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไดโครเมตมา 10.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น ไตเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

$$\text{นอร์มัลลิตีของ(FAS)} = \frac{\text{ปริมาณ } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (มิลลิลิตร)} \times 0.25}{\text{ปริมาณ (FAS) ที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

4. เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ ละลาย 1-10 พีแวนโทลีนโมโนไฮเดรต 1.485 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

5. ผงเมอร์คิวรีซัลเฟต

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสำหรับหาค่าซีโอดีขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติม HgSO_4 0.4 กรัม และเม็ดแก้วเล็กน้อย
3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 5 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ ผสมและทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติมสารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร
5. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
6. นำขวดต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ เปิดน้ำหล่อเย็น
7. เปิดเตาให้ความร้อน ทำการรีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ผสมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 140 มิลลิลิตร

8. ไตเทรตไดโครเมตที่มากเกินไปพอ ด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.10 นอร์มัล โดยใช้เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จุดยุติ คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$\text{ค่าCOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times 8.000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

โดยที่ A = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไตเทรตกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไตเทรตกับน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

$N =$ นอร์มัลลิตีของสารละลายมาตรฐานเฟอริสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

4. วิธีการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Total Kjeldahl Nitrogen (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม
2. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก
3. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล
4. สารละลายเมอร์คิวริกซัลเฟต ละลาย HgO (red) 8 กรัม ใน H_2SO_4 6 นอร์มัล 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายสำหรับย่อย ละลาย K_2SO_4 134 กรัม ในน้ำ 650 มิลลิลิตร และ H_2SO_4 เข้มข้น 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายเมอร์คิวริกซัลเฟต 25 มิลลิลิตร เจือจางสารละลายให้ได้ 1 ลิตร เก็บในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไธโอซัลเฟต ละลาย NaOH 500 กรัม และ $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น และเจือจางไปเป็น 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ตัวอย่างน้ำ 250 มิลลิลิตร ใส่ในขวดกลั่นขนาด 800 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้วเล็กน้อย
2. เติมสารละลายสำหรับย่อย 50 มิลลิลิตร
3. นำขวดกลั่นไปย่อยจนเกิดควันขาว จนมีปริมาตร 25-50 มิลลิลิตร และย่อยต่ออีก 30 นาที จนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
4. เที่ยงขวดกลั่นแล้วค่อยๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โซเดียมไธโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร
5. นำขวดกลั่นไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่น
6. นำขวดใส่สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ไปรองไว้ที่ปลายหลอดของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายหลอดจุ่มอยู่ในกรด
7. กลั่นสารละลายจนได้ของเหลว 250 มิลลิลิตร
8. นำไปไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีเขียว ไปเป็นสีม่วง

การคำนวณ

$$\text{ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times 280}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

โดยที่

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล ของแบลงค์ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

5. วิธีการวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธีย่อยด้วยสารละลายเปอร์ซัลเฟต (APHA, AWWA and WEF, 1992)

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟธาไลน์อินดิเคเตอร์
2. สารละลายกรดซัลฟูริก เจือจาง H_2SO_4 เข้มข้น 300 มิลลิลิตร ไปเป็น 1 ลิตร
3. ผงแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต $(NH_4)_2S_2O_8$ หรือ ผงโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต $(K_2S_2O_8)$
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล
5. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (I) ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น 175 มิลลิลิตร เจือจาง H_2SO_4 เข้มข้น 280 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร
6. สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ (I) ละลาย $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 2.5 กรัม ในกลีเซอรอล 100 มิลลิลิตร นำไปต้ม และคนอย่างรวดเร็วให้ละลาย
7. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ละลาย KH_2PO_4 ที่อบแห้ง 219.5 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้ 1 มิลลิลิตร = 50 ไมโครกรัม $PO_4^{3-}-P$
8. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 0, 40, 100, 200 และ 600 ไมโครกรัมต่อลิตร นำสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร = 50 ไมโครกรัม $PO_4^{3-}-P$ มา 20 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้มีฟอสฟอรัส 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากข้างต้นมา 0 2 5 10 และ 30 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ดังนั้นสารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเป็น 0 40 100 200 และ 600 ไมโครกรัมต่อลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมฟีนอล์ฟธาไลน์อินดิเคเตอร์ 1 หยด จนสารละลายเป็นสีแดง

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก ลงไปจนสารละลายไม่มีสี แล้วจึงเติมอีก 1 มิลลิลิตร
4. ใส่ผงแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0.4 กรัม หรือผงโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต $(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8)$ 0.5 กรัม
5. นำสารละลายไปต้มให้ความร้อน 30-40 นาที จนเหลือปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้เย็น เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 30 มิลลิลิตร
6. เติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด และสะเทินด้วย NaOH 1 นอร์มัล ให้เป็นสีชมพูอ่อน
7. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ซึ่งสารละลายอาจตกตะกอน ให้เขย่าแรง ๆ
8. นำไปทำให้เกิดสีด้วยสารละลายสแตนด์สแตนดาร์ด (I) โดยเติมสารละลายแอมโมเนียมลิบดต (I) 4 มิลลิลิตร และสารละลายสแตนด์สแตนดาร์ด (I) 0.5 มิลลิลิตร (10 หยด) ผสมให้เข้ากัน
9. เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 0 40 100 200 600 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ใส่ในฟลาสปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร และดำเนินการตามข้อ 10-11
10. ทำการวัดสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 690 นาโนเมตร ภายในเวลา 10-12 นาที

6. วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก โดยวิธีย่อยด้วยกรดไนตริก (APHA, AWWA and WEF, 1992) การเก็บรักษาตัวอย่าง

โดยการเติมกรดไนตริก เพื่อให้ $\text{pH} < 2$ ซึ่งมักจะใส่กรดประมาณ 1.5 มิลลิลิตรต่อลิตร (แต่อาจจะใช้ 5 มิลลิลิตร ถ้าน้ำตัวอย่างเป็นบัฟเฟอร์) เก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ปริมาตรตัวอย่าง 50-100 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และเมื่อดแกวเล็กน้อย
2. ย่อยบนเตาไฟฟ้า จนเหลือปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร เติมกรดได้ถ้าจำเป็น จนสารละลายใส ระวังอย่าให้สารละลายแห้ง
3. ล้างข้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น และกรอง
4. นำส่วนที่กรองได้ใส่ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP