บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห "เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์" บริษัท ประยูรวงศ์ จำกัด กรุงเทพ ฯ พ.ศ. 2522

ธรรมนัส ชื่นเสนาะ และหทัยรัตน์ แซ่หลี "การกำจัดน้ำเสียจากกองขยะอ่อนนุช" รายงานการศึกษา งานโรงงานกำจัดน้ำเสียอ่อนนุช, กองโรงงานกำจัดน้ำเสีย สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพ ฯ พ.ศ. 2528

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายงาน "การศึกษาความเหมาะสมของระบบกำจัดน้ำเสียจากกองขยะ" พ.ศ. 2530

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ "การกำจัดความกระด้างด้วยวิธีตกผลึก" วิศวกรรมการประปาเล่ม 2, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2527

วีรวรรณ ปัทมาภิรัต "การศึกษาคุณลักษณะของ Leachate จากที่ทิ้งขยะบริเวณชอยอ่อนนุชและการบำบัดทางชีววิทยา" โครงการวิจัย เลขที่ 93-ER-2528, ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2530

สุรี ขาวเธียร และคณะ "การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะหนองแขมโดยวิธีเคมี" วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม 11(1) 1-5 พ.ศ. 2532

ภาษาอังกฤษ

APHA - AWWA - WPCF, "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater." 16th ed., APHA., Washington, D.C. 1268 p. 1985

Boyle, W.C. & Ham, R.K. "The Treatability of leachate from Sanitary Landfills" Proc. 27th Industrial Waste Conf., Purdue Univ., Lafayette., Ind. Eng. Ext Series 141 Part 2, 687-704 (1972)

_____ "Bilogical Treatability of Landfill Leachate", J. Wat. Poll. Contr. Fed. , Vol. 45, pp. 380-392, 1974

Cameron, R.D. "The Effects of Solids Waste Landfill Leachates on Received Water", British Columbia Water and Waste Association Conference, April 1975

Chian, E.S.K. & Dewall, F.B. "Saintary Landfill Leachates and Their Treatment", J. ASCE, Vol. 102, pp. 441-431, 1976

Cook, E.N. & Foree, E.G. "Aerobic Biostabilization of Sanitary Landfill Leachate", J. Wat. Poll. Contr. Fed. , Vol. 46, No. 2, pp. 380-392, 1974

David, W.G. "Biological - Chemical Treatment of Landfill Leachate", M.Sc. Thesis, Dept. of Civil Eng., The University of British Columbia. , 1981

Esparza, Amodor "Entrainment de la Pollution Dans les Eaux Urbaines ou Industriclles par Preciptiation des Carbonates de Calcium" Le Diplome de Docteur de3e cycle, A L'Institute National des Sciences Appliquees de Toulouse, 1978

Fear, G.L and Jonston, J. "The solubility of Calcium carbonate in Certain Aqueous Solution at 25 C." , J.A.Chem Soc., 1929

Ho, S., et al "Chemical Treatment of Leachate from sanitary landfills" J. Wat. Poll. Contr. Fed., Vol. 46, pp, 1776-1791 (1974)

Ikeguchi, T. "Landfill Technology to control groundwater and surface water pollution". Lecture note of environmental engineering course, Tokyo. 36 p. , 1988

_____ "Monitoring of Environmental Pollution caused by Municipal landfills" Malaysia-Japan Meeting on the Industrial-Municipal Solid Waste Management. Kuala Lumpur. 32 p. , 1988

Keenan , J.D., Steiner , R.L. & Fungaroli A.A. , "Landfill leachate treatment." J. Wat. Poll Contr. Fed. Vol .56, No. 1 (January 1984)

Larson, T.E. and Buswell, A.M. "Calcium carbouate Saturation Index and Alkalinity Interpretation" J.AWWA 34, 1967

Loewenthal, R.E. & Marais, G.V.R. "Carbonate Chemistry of Aquatic systems" : Theory & Application Vol. 1, Michigam : Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1972

Metcalf and Eddy , 2nd ed., "Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse." Tata Mc. Graw Hill. New-Delhi. 1979

Robinson , H.D. and Maris , P.J. "Leachate from Domestic Waste : Generation, Compostion, and Treatment",Water Research Center, Technical Report TR 108. , 1979

Sakai, Y. "Technical note on solid waste". Bangkok Metropolitan Administration. Japan International Co-operation Agency. 1988.

Shien, J.B. "Treatability Studies Using Powdered peat to Treat High Strength of Leachate", Mid. Report, Dept. of Envi Eng.,Taiwan University, R.O.C., 1986

Steiner, et al. , "Demonstration of a Leachate TreatmentPlant", U.S. National Technical Information Service, Springfield , Va, PB/269/505, 1979

Van Fleet, S.R. et al. "Discussion, Aerobic Biostabilization of S.L.F. Leachate", J. Wat. Poll. Contr. Fed. Vol. 46, pp. 2611-2612., 1974

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การสำรวจแหล่งของ Leachate ที่ทิ้งขยะซอยอ่อนนุช

แหล่งที่ทิ้งขยะบริเวณซอยอ่อนนุช ตั้งอยู่ที่สุขุมวิทซอย 77 วัดกระทุ่มเสือปลา ตำบลประเวศ เขตพระโขนง จัดเป็นโรงกำจัดขยะ (Composting plant) 2 โรง สามารถกำจัดขยะได้วันละ 640 ตัน กำจัดโดยการกลบฝังวันละ 520 ตัน (ธรรมนัส , 2528) ปริมาณขยะส่วนที่เหลือจะถูกนำไปกองทิ้งไว้กลางแจ้ง (Open dump) เพื่อรอให้มีการย่อยสลายเองตามธรรมชาติ จากการสำรวจข้อมูลและคำนวณของ กทม. พื้นที่กำจัดขยะในซอยอ่อนนุชมีพื้นที่ประมาณ 93 เฮกแตร์ (929,600 ม^2) พื้นที่เดิมเป็นที่ต่ำ เป็นหนองน้ำ ไคลนตม ไม่ได้นำมาใช้เป็นประโยชน์ทางเกษตรกรรม ลักษณะดินเป็นดินเหนียว บริเวณนี้เริ่มทำการกำจัดขยะตั้งแต่ปี 2507 เมื่อขยะส่วนที่เหลือจากการกำจัดถูกทิ้งทับถมกันมากขึ้นจึงทำให้เกิดเป็นกองภูเขาขยะขึ้น สามารถมองเห็นได้ แหล่งที่เกิดน้ำเสียในบริเวณโรงกำจัดขยะซอยอ่อนนุช สามารถแบ่งได้เป็น

ก. <u>น้ำเสียที่เกิดจากขยะสด</u>

ขยะที่เหลือจากการกำจัดจะนำมากองทิ้งไว้ที่บริเวณ B และ C ในรูปที่ ผ.1 ขยะเหล่านี้จะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลชีพในกองขยะเมื่อมีความชื้น ในฤดูร้อนน้ำที่ไหลจากการกองขยะจะไม่ค่อยมีความเข้มข้นมากนัก เนื่องจากความชื้นน้อยแต่จะมีสีดำ ถ้าในหน้าฝนจะมี Leachate ไหลออกมามาก และจะมีสีตั้งแต่น้ำตาลแก่จนถึงดำ

ข. <u>น้ำเสียที่เกิดจากขยะที่ผ่านการหมักใน Composting plant มาแล้ว</u>

ขยะที่ผ่านการหมักแล้วจะถูกนำมากองไว้กลางแจ้งเพื่อรอการทำเป็นปุ๋ย แต่เนื่องจากโรงงานปุ๋ยไม่สามารถจะรับได้ทั้งหมดจึงทำให้เกิดการย่อยสลายโดยบักเตรีต่อไปเช่นเดียวกันเมื่อมีความชื้นหรือเมื่อถึงฤดูฝน น้ำฝนจะชะล้างกองขยะที่ผ่านการหมักมาแล้วนี้ ทำให้เกิดน้ำเสียเน่าขังสะสมไว้มากขึ้นแต่ปริมาณความเข้มข้นที่เกิดจากบริเวณนี้จะน้อยกว่าน้ำเสียที่เกิดจากขยะสด แต่สียังคงดำและมีความเข้มข้นสูงอยู่

ค. น้ำเสียที่เกิดจากขยะที่ทำการกลบฝังแล้ว (Leachate from landfill site)

เมื่อขยะถูกถมจนเต็มในหลุมแล้ว บางครั้งจะกองขึ้นสูงกว่าระดับดินแล้วจึงกลบด้วยดินอีกที่หนึ่ง ทำให้เห็นเป็นเนินเขาอาจสูงถึง 15 เมตร เมื่อมีฝนตกน้ำจะซึมผ่านชั้นดินชะเอาความสกปรกจากกองขยะ บางส่วนจะซึมผ่านกองขยะไหลออกจากบริเวณฐานของภูเขาขยะนี้ไหลสู่ที่ต่ำกว่า

ง. น้ำเสียที่เกิดจากการล้างรถขยะ

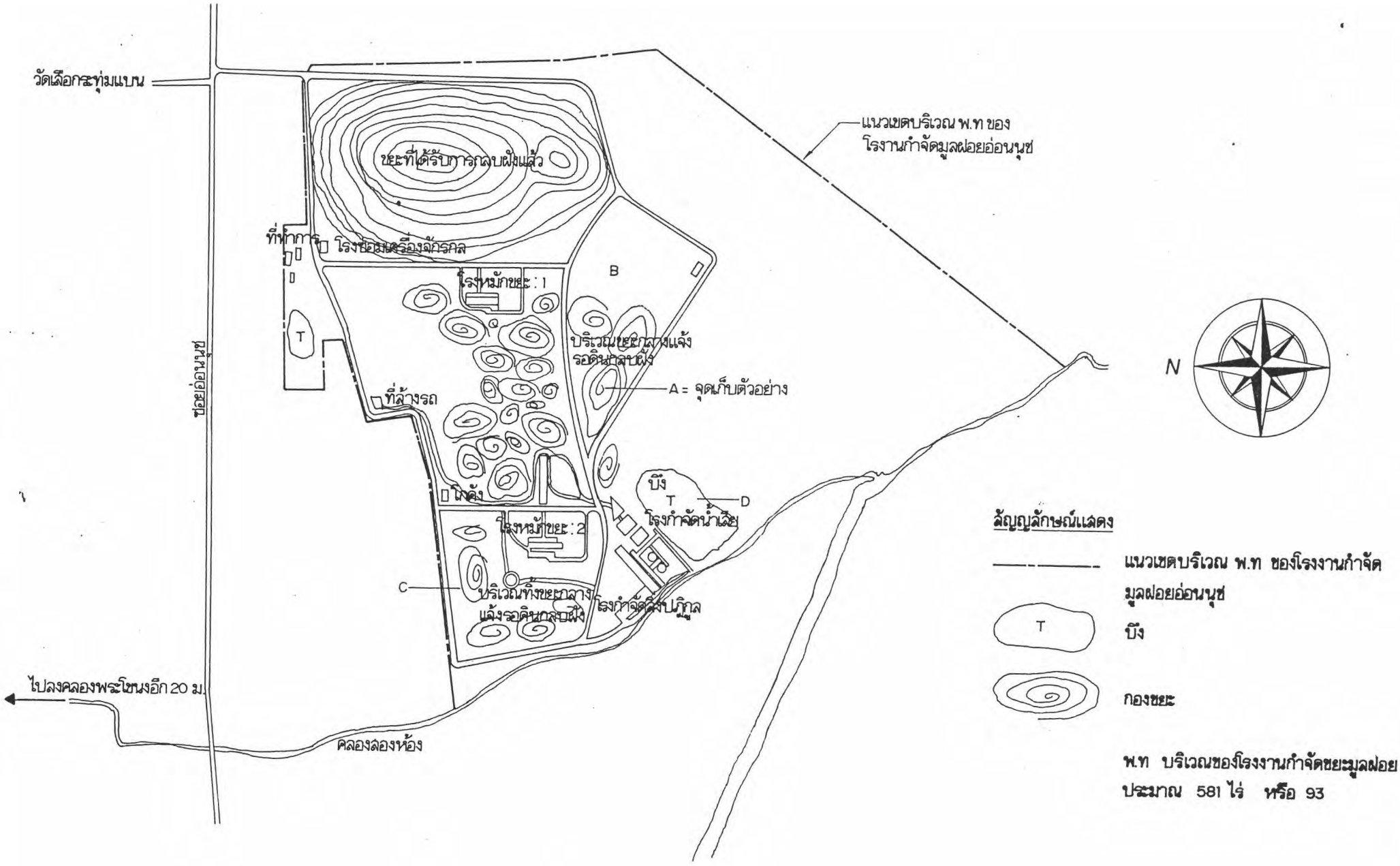
รถขนขยะมีประมาณ 170 คันต่อวัน แต่ละวันเมื่อเลิกงานแล้วจะถูกล้างทำความสะอาด น้ำที่ใช้ถ้วเฉลี่ย 2 ม^{3}ต่อวัน น้ำเสียที่มาจากการนี้จะประมาณ 340 ม^{3}ต่อวัน ซึ่งจะถูกส่งไปรับการบำบัดที่โรงกำจัดน้ำเสียที่ B ต่อไป

หลังจากสำรวจบริเวณที่ทิ้งขยะที่ชอยอ่อนนุชแล้ว เห็นว่าจุด A เป็นบริเวณต่ำซึ่งน้ำจากกองขยะ B จะไหลมารวมกันอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเลือกจุด A เป็นจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณจุด C จะมีแอ่งเป็นที่ต่ำ น้ำจากกองขยะจะไหลมารวมอยู่ได้เหมือนกัน แต่อาจมีน้ำจากโรงกำจัดขยะมาปนบ้างในฤดูฝน ดังนั้นจึงเห็นว่าถ้าเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากจุด C จะไม่น่าเป็นตัวแทนของ Leachate อย่างเดียว

จ. อุปกรณ์และการเก็บตัวอย่าง Leachate

ใช้กระป๋องพลาสติกขนาด 10 ลิตร เป็นอุปกรณ์ในการตัก Leachate จากบ่อที่จุด A ตักใส่ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร จนเต็มแล้วปิดฝา เนื่องจาก Leachate มีการย่อยสลายโดยจุลชีพในอัตราที่ช้ามาก และเนื่องจากปริมาณมาก ตัวอย่างน้ำเสียจึงไม่ได้เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

สำหรับขยะในกรุงเทพมหานคร ได้เคยเก็บตัวอย่างขยะที่บ่อรับขยะโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช เมื่อปี 2522-2523 ได้ผลดังตารางที่ ผ.1 และ ผ.2



รูปที่ ผ.1 พื้นที่บริเวณโรงงานกำจัดมูลฝอยซอยอ่อนนุช

ตารางที่ ผ.1 องค์ประกอบทางฟิสิกส์ของขยะมูลฝอยอ่อนนุชในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

ชนิดของขยะ	% น้ำหนักของขยะแห้ง		
	ฤดูฝน (เฉลี่ย)	ฤดูแล้ง (เฉลี่ย)	อัตราส่วน ความแตกต่าง
1. ชนิดเผาไหม้ไฟได้	73.7	69.2	6.633*
– กระดาษ	18.8	17.2	0.564
– เส้นใย	4.8	4.1	0.617
– ผักและผลไม้	17.3	15.6	0.943
– ไม้แลใบไม้	19.5	19.7	0.004
– พลาสติก	10.2	10.4	0.061
– ยางและหนัง	3.1	2.2	0.657
2. ชนิดไม่ไหม้ไฟ	18.0	24.1	15.202**
– เหล็ก	4.0	4.9	1.483
– โลหะอื่นๆ	0.3	0.4	0.414
– แก้ว	4.8	6.1	2.961
– หินและกระดูก	8.4	12.3	10.756**
– Dry cells	0.5	0.4	–
3. อื่นๆ	8.3	6.7	1.354
รวม	100.0	100.0	–

ตารางที่ ผ.1 องค์ประกอบทางฟิสิกส์ของขยะมูลฝอยอ่อนนุชในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ต่อ)

ชนิดของขยะ	ความชื้น		
	ฤดูฝน (เฉลี่ย)	ฤดูแล้ง (เฉลี่ย)	อัตราส่วน ความแตกต่าง
1. ชนิดเผาไหม้ไฟได้	63.0	69.2	6.633*
- กระดาษ	57.5	17.2	0.564
- เส้นใย	50.1	4.1	0.617
- ผักและผลไม้	74.8	15.6	0.943
- ไม้แลใบไม้	64.7	19.7	0.004
- พลาสติก	43.9	10.4	0.061
- ยางและหนัง	14.2	2.2	0.657
2. ชนิดไม่ไหม้ไฟ	13.9	24.1	15.202**
- เหล็ก	4.9	4.9	1.483
- โลหะอื่นๆ	0.7	0.4	0.414
- แก้ว	1.8	6.1	2.961
- หินและกระดูก	24.1	12.3	10.756**
- Dry cells	-	0.4	-
3. อื่นๆ	46.3	6.7	1.354
รวม	57.5	100.0	-
ความหนาแน่น (กก./ลิตร) (Bulk Density)	0.30	0.28	0.667

หมายเหตุ : Criteria for rejection

* 5% significance level : F (1.90 ; 0.05) = 4.17

** 1% significance level : F (1.90 ; 0.01) = 7.56

ที่มา : ธรรมนัส ชื่นเสนาะ, 2528

ตารางที่ ผ.2 องค์ประกอบทางทางเคมีของขยะมูลฝอยอ่อนนุชในฤดูฝนและฤดูแล้ง

1. องค์ประกอบทางเคมีของ Ground sample			
องค์ประกอบ (% น้ำหนัก)	ฤดูฝน (เฉลี่ย)	ฤดูแล้ง (เฉลี่ย)	อัตราส่วน ความแตกต่าง
ชนิดเผาไหม้ไฟได้	83.3	77.3	11.618*
C	45.54	42.86	6.462*
H	6.87	6.50	1.982
N	1.17	0.877	–
O	28.84	26.17	2.934
S	0.213	0.142	–
Cl	0.645	0.739	–
	16.7	22.7	11.218**

ตารางที่ ผ.2 องค์ประกอบทางทางเคมีของขยะมูลฝอยอ่อนนุชในฤดูฝนและฤดูแล้ง (ต่อ)

2. องค์ประกอบทางเคมีของขยะเปียก			
องค์ประกอบ (% น้ำหนัก)	ฤดูฝน (เฉลี่ย)	ฤดูแล้ง (เฉลี่ย)	อัตราส่วนความแตกต่าง
ชนิดเผาไหม้ไฟได้	27.8	26.8	0.380
C	15.3	14.3	0.112
H	2.29	3.97	0.028
N	0.39	0.30	–
O	9.57	8.99	0.989
S	0.07	0.04	–
Cl	0.22	0.26	–
เถ้า	14.7	16.5	5.36
ปริมาณความชื้น			
Lower clorific value (kcal/kg)	1.133	1.134	0.000

หมายเหตุ : Criteria for rejection

* 5% significance level : F (1.19 ; 0.05) = 4.38

** 1% significance level : F (1.19 ; 0.01) = 8.18

ที่มา : ธรรมนัส ชื่นเสนาะ, 2528

ตารางที่ ผ.3 คุณลักษณะของน้ำขยะจากกองขยะอ่อนนุช

Characteristics	Unit	Range
pH	–	7.9–8.6
Alkalinity	mg/l as $CaCo_3$	1,000–8,900
COD	mg/l	1,930–8,820
BOD_5	mg/l	150–1,230
TKN	mg/l	575–1,700
phosphate	mg/l	22.5
Suspend soilds	mg/l	110–2,410
Color	Pt-Co	3,500–22,500
PCB	mg/l	0.6–0.7
Chromium VI	mg/l	1
Mercury	mg/l	3.8–4.5

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2529

ตารางที่ ผ.4 คุณลักษณะของน้ำขยะในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

คุณสมบัติ	น้ำเสียจากกองขยะอ่อนนุช (หน่วย มก./ล.)		น้ำเสียจากกองขยะหนองแขม (หน่วย มก./ล.)	
	ต.ค.31- ส.ค.32	ต.ค.32- มิ.ย.33	ต.ค.31- ส.ค.32	ต.ค.32 - มิ.ย.33
อุณหภูมิ (ซ)	29.8	27.4	28.6	28.3
พีเอช	8.3	7.8	8.4	7.8
ค่าความเป็นด่าง (มก./ล)	5,198.3	3,225	7,875	4,615
บีโอดี (มก./ล)	257.9	236.3	222	311
ซีโอดี (มก./ล)	2,849.8	2,104.6	6,201	4,178.4
เคดาห์ลไนโตรเจน (มก./ล)	681.8	560.4	735.6	686.5
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล)	257.6	303.3	121.3	505
สารของแข็งทั้งหมด (มก./ล)	9,335	8,257.5	15,242	12,199.5
ของแข็งที่ระเหยได้ทั้งหมด (มก./ล)	2,788.7	1,995.5	4,899	3,491
ตะกอนที่เหลืออยู่ (มก./ล)	7,372.6	6,260.5	10,850.2	8,708.5

ที่มา : กองวิชาการ สำนักรักษาความสะอาด (2533)

ตารางที่ ผ.5 คุณลักษณะของน้ำเสียจากกองขยะชอยอ่อนนุช (วีรวรรณ ปัทมาภิรัต, 2531)

Characteristics	Concentration range	
pH	7.0 - 8.5	mg/l
TS	3,275.0 - 21,541.6	mg/l
TVS	958.0 - 8176.0	mg/l
TSS	81.9 - 2732.0	mg/l
TVSS	61.7 - 1015.4	mg/l
TOC	750.0 - 2875.0	mg/l
COD	900.7 - 9214.6	mg/l
BOD_5	178.2 - 1881.1	mg/l
TKN	298.7 - 2198.6	mg/l
Organic - N	101.2 - 440.3	mg/l as NH_3 - N
NH_3 - N	197.5 - 1758.3	mg/l as NH_3 - N
Total phospate	18.4 - 69.5	mg/l
Total Alkalinity	850.0 - 9150.0	mg/l as $CaCO_3$
Volatile Fatty acids	110.0 - 912.7	mg/l as CH_3COOH
Chloride	97.6 - 2355.4	mg/l
Sulphate	42.7 - 340.2	mg/l
Fat, Oil & Grease	575.0 - 2176.4	mg/l
Polychlorinated Biphenyl (PCB)	<0.7	ppb
Chromium	<1.0	mg/l
Mercury	3.8 - 4.7	mg/l
Color	2,550.0 - 45450.0	Pt-CO.
Conductivity	$0.575x10^4$ - $4.2x10^4$	Mmhos/cm.
Odor	Barthy Smell - ammoniacal	

ตารางที่ ผ.6 คุณลักษณะของน้ำเสียจากกองขยะ (Steiner และคณะ 1971)

Characteristics	Concentration range*
Iron	200 - 1,700
Zinc	1 - 135
Phosphate	5 - 130
Sulphate	25 - 500
Chloride	100 - 2,400
Sodium	100 - 3,800
Nitrogen	20 - 500
Hardness as $CaCO_3$	200 - 5,250
COD	100 - 51,000
Toral residue	1,000 - 45,000
pH	4.0 - 8.5

หมายเหตุ : ทุกค่ามีหน่วยเป็น mg/l นอกจากค่า pH

ตารางที่ ผ.7 คุณลักษณะของน้ำเสียจากกองขยะ (Cook & Force, 1974)

Characteristics	Concentration, mg/l
pH (avg.)	5.4
SS	550.0
Alkalinity, as $CaCO_3$	3,280
Acidity, as $CaCO_3$	1,580
COD	15,800
BOD_5	7,100
TKN	280
NH_3 - N	10
Hitrate	19
Total P	13
Colour	450
Iron	240
Calcium	1,200
Nagnesium	170
Chloride	540
Conductivity (Mmhos/cm)	5,800

ตารางที่ ผ.8 คุณลักษณะของน้ำเสียจากกองขยะ (Keenam และคณะ, 1984)

Characteristics	Concentration, mg/l
SS	686
DS	13,563
COD	18,488
BOD_5	12,468
Alkalinity, as $CaCO_3$	5,479
Acidity, as $CaCO_3$	5,331
Mg	499
Ca	929
Chloride	4,264
Sulphate	645
Phosphate	2.15
Ammonia - N	705
Kjeldahl - N	748
Sodium	1,310
Potassium	906
Cadmium	0.08
Chromium	0.28
Copper	0.44
Iron	376.0
Nickel	1.91
Lead	0.82
Zinc	22.0
Mercury	0.006

ตารางที่ ผ.9 คุณลักษณะของน้ำเสียที่มาจาก Domestic landfill site (Robinson & Maris, 1985)

Characteristics	Leachate 1 (used in initial experiment	Leachate 2 (recent waste)	Leachate 3 (aged waste)
pH	5.95	6.21	7.45
SS	204	539	101
VSS	112	223	58
COD	5028	23,300	1,160
BOD_5	3035	11,900	260
VFN as CH_3COOH	340	1,180	< 5
Ammonia - N	76	790	370
Organic - N	76	10	10
Phosphate	0.42	0.73	1.4
Nitrate - N	< 0.5	3.0	< 1
Nitrite - N	< 0.02	0.06	< 0.05
Chloride	233	1,315	2,080
sodium	140	960	1,300
Magnesium	37	252	185
Potassium	117	780	590
Chromium	0.14	0.56	0.40
Manganese	22.8	26.5	2.15
Iron	102	540	22.5
Nickel	0.18	0.57	0.09
Copper	0.08	0.12	0.03
Zinc	17.6	21.5	0.37
Cadmiun	< 0.005	0.031	0.008
Lead	0.13	0.40	0.14

ตารางที่ ผ.10 ศักยภาพของน้ำขยะต่อปัญหามลภาวะของน้ำผิวดิน

Parameter	Effect	Associated Problems
BOD	oxygen depletion	septic condition, discoloration, taste and odor problems
Iron	rust-colored stains	discoloration, slime growths on stream bottom, taste and odor problems
pH reduction	increased toxicity	potential problems for domestic use, irrigation, and stock watering downstream
Nitrogen	ditto	ditto
Metals	ditto	ditto
Organics	ditto	ditto
pH increase	metal precipitation	blanking of stream bottom, long term toxicity
Calcium	increased hardness	interference with domestic use
Magnesium	ditto	ditto
Nitrogen	algal blooms	interference with domcstic and recreational use
Phosphorus	ditto	ditto
Color	discoloration	reduced photosynthesis and oxygen depletion, esthetically unpleasant

ที่มา : Takeshi Ikeguchi, 1988.

ตารางที่ ผ.11 ศักยภาพของน้ำขยะต่อปัญหามลภาวะของน้ำใต้ดิน

Parameter	Effect	Associated Problems
BOD	oxygen depletion	discoloration, taste and odor problems
Iron	rust-colored stains	staining of cloths and fixture, taste and odor problems
pH change	increased toxicity	possible problems for domestic use, irrigation, and stock watering
Nitrogen	ditto	ditto
Metals	ditto	ditto
Organics	ditto	ditto
increase	metal	possible aquifierclogging
pH	precipitation	
Total	attenuation and	aquifier clogging, possible
solids	build-up	later desorption
		desorption
Fluoride	high fluoride levels	mottled teeth
Selenium	Toxicity	possible toxicity to human
Color	discoloration	esthetically unpleasant

ที่มา : Takeshi Ikeguchi, 1988.

ภาคผนวก ข

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการลดพีเอชให้เท่ากับ 8.3

จากสมการ

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

$$CaCO_3 + CO_2 \longrightarrow H_2O + Ca(HCO_3)_2$$

จะเห็นได้ว่า ต้องใช้ CO_2 2 โมเลกุล ในการทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ และเปลี่ยนไปเป็น $Ca(HCO_3)_2$

1) ช่วงที่เปลี่ยน $Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3$

CO_2 (mg/l) = 44/100 x [Hydroxide alkalinity (mg/l as $CaCO_3$)]

2) ช่วงที่เปลี่ยน $CaCO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$

CO_2 (mg/l) = 44/100 x [Carbonate alkalinity (mg/l as $CaCO_3$)]

เนื่องจาก น้ำหนักโมเลกุล CO_2 = 44 ,

น้ำหนักโมเลกุล $CaCO_3$ = 100 ,

ทำการวัดค่า Alkalinity ได้เท่ากับ 2550 mg/l

ดังนั้น CO_2 (mg/l) = 88/100 x 2550

= 2240 mg/l

โดยที่ CO_2 44 g จะมีปริมาตร 22.4 ลิตร

Co_2 2.24 g จะมีปริมาตร 1.14 ลิตร

ดังนั้น ต้องใช้ CO_2 เท่ากับ 1.14 ลิตร

ส่วนจากการทดลอง จะได้ค่า

CO_2 ที่ใช้ในการลดพีเอชเท่ากับ 8.3 ปริมาตร เท่ากับ 2.5 ลิตร

ปริมาณ H_2SO_4 ที่ต้องใช้ในการลดพีเอชเท่ากับ 8.3

จากสมการ

$$2\ CaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + Ca(HCO_3)_2$$

จะเห็นว่า ต้องใช้ H_2SO_4 1/2 ไมเลกุลในการทำปฏิกิริยา
ดังนั้น ปริมาณ H_2SO_4 ที่ต้องใช้มีดังนี้

H_2SO_4 = 98/100 x 1/2 x [Hydroxide alkalinity]
= 49/100 x 2550 mg/l
= 1249.5 mg/l

จากการทดลอง
ใช้ H_2SO_4 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 152 มิลลิลิตร/ 1 ลิตร น้ำที่นำมาลดพีเอช

ดังนั้น H_2SO_4 1 N , 1 ลิตร เท่ากับ 98 กรัม
H_2SO_4 0.1 N , 1 ลิตร เท่ากับ 9.8 กรัม
H_2SO_4 0.1 N , 0.152 ลิตร เท่ากับ 9.8 x 0.152 = 1.48 กรัม

ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

ค่าใช้จ่ายของสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกองขยะ

สมมติว่าต้องการ ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี เท่ากับ 69 %
ประสิทธิภาพในการกำจัด สี เท่ากับ 95.60 %
ประสิทธิภาพในการกำจัด ของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 60 %

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้มีดังนี้

$Ca(OH)_2$ 10 กก.ต่อ ลบ.ม.น้ำเสีย
CO_2 5330 ลิตร = 10.47 กก.

ค่าใช้จ่ายของสารเคมี มีดังนี้

$Ca(OH)_2$ = 10 กก. x 1.50 บาทต่อกก. = 15 บาท
CO_2 = 10.47 กก. x 5 บาทต่อกก. = 52 บาท

ดังนั้น รวมค่าใช้จ่ายของสารเคมีเท่ากับ 67 บาทต่อลบ.ม.น้ำเสีย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ผ.1 ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 1

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 30 กรัม กวนช้า 10 นาที ตกตะกอน 30 นาที	1	3250	966.76
	3	3250	998.99
	5	3250	894.25
	7	3250	930.51
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	1	7500	350
	3	7500	360
	5	7500	345
	7	7500	380
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	1	28.00	
	3	29.00	
	5	28.00	
	7	26.00	

ตารางที่ ผ.1 (ต่อ) ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 1

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 40 กรัม กวนช้า 10 นาที ตกตะกอน 30 นาที	1	3250	955.67
	3	3250	982.51
	5	3250	870.32
	7	3250	910.51
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	1	7500	340
	3	7500	340
	5	7500	315
	7	7500	375
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	1	30.00	
	3	29.00	
	5	29.00	
	7	29.00	

ตารางที่ ผ.2 ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 2

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	เวลาที่ใช้ในการกวนช้า (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 30 กรัม กวนเร็ว 5 นาที ตกตะกอน 30 นาที	5	3250	938.56
	10	3250	882.17
	15	3250	926.48
	20	3250	910.37
	เวลาที่ใช้ในการกวนช้า (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	5	7500	400
	10	7500	355
	15	7500	355
	20	7500	375
	เวลาที่ใช้ในการกวนช้า (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	5	27.27	
	10	28.00	
	15	28.57	
	20	28.57	

ตารางที่ ผ.2 (ต่อ) ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 2

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 40 กรัม กวนเร็ว 5 นาที ตกตะกอน 30 นาที	5	3250	910.72
	10	3250	842.56
	15	3250	905.34
	20	3250	920.56
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	5	7500	380
	10	7500	350
	15	7500	350
	20	7500	375
	เวลาที่ใช้ในการกวนเร็ว (นาที)	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	5	26.88	
	10	25.00	
	15	31.25	
	20	31.25	

ตารางที่ ผ.3 ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 3

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 30 กรัม กวนเร็ว 5 นาที กวนช้า 10 นาที ตกตะกอน 30 นาที	11.0	3250	1506.12
	11.5	3250	1200.14
	12.0	3250	1082.96
	12.5	3250	729.10
	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	11.0	7500	750
	11.5	7500	625
	12.0	7500	500
	12.5	7500	230
	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	11.0	33.28	
	11.5	32.00	
	12.0	30.00	
	12.5	22.63	

ตารางที่ ผ.3 (ต่อ) ค่าซีโอดี, สี, ปริมาณตะกอนของการทดลองชุดที่ 3

วันที่ทำการทดลอง 4/8/35

ทำการทดลองตามเงื่อนไข	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีเข้าระบบ	ซีโอดีออกจากระบบ
น้ำขยะ 500 มิลลิลิตร $Ca(OH)_2$ 40 กรัม กวนเร็ว 5 นาที กวนช้า 10 นาที ตกตะกอน 30 นาที	11.0	3250	1465.89
	11.5	3250	1115.32
	12.0	3250	1066.79
	12.5	3250	670.39
	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
	11.0	7500	650
	11.5	7500	525
	12.0	7500	200
	12.5	7500	175
	พีเอช	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น (ปริมาณตะกอน/ปริมาตรน้ำ)	
		ปริมาณตะกอน (%)	
	11.0	32.46	
	11.5	32.25	
	12.0	30.00	
	12.5	24.30	

ตารางที่ ผ.4 แสดงค่าซีโอดีรวม ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีละลายเข้าระบบ	ซีโอดีละลายออกจากระบบ
16/10/35	2.5	2101.3	1490.87
16/10/35	5	2101.3	1087.86
16/10/35	8	2101.3	745.33
16/10/35	10	2101.3	645.92
17/10/35	15	2101.3	620.73
17/10/35	20	2101.3	601.68
17/10/35	25	2101.3	590.16
17/10/35	30	2101.3	580.74
18/10/35	40	2101.3	557.03
18/10/35	50	2101.3	539.25
18/10/35	60	2101.3	530.64
18/10/35	80	2101.3	521.48

ตารางที่ ผ.5 แสดงค่าซีโอดีละลาย ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีละลายเข้าระบบ	ซีโอดีละลายออกจากระบบ
16/10/35	2.5	1750	1639.43
16/10/35	5	1750	1050.39
16/10/35	8	1750	595.02
16/10/35	10	1750	583.45
17/10/35	15	1750	570.13
17/10/35	20	1750	565.70
17/10/35	25	1750	560.21
17/10/35	30	1750	543.65
18/10/35	40	1750	531.38
18/10/35	50	1750	526.58
18/10/35	60	1750	525.65
18/10/35	80	1750	518.43

ตารางที่ ผ.6 แสดงค่าสี ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม } Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สี เข้าระบบ	สี ออกจากระบบ
16/10/35	2.5	3750	1000
16/10/35	5	3750	650
16/10/35	8	3750	190
16/10/35	10	3750	165
17/10/35	15	3750	165
17/10/35	20	3750	160
17/10/35	25	3750	150
17/10/35	30	3750	170
18/10/35	40	3750	105
18/10/35	50	3750	95
18/10/35	60	3750	85
18/10/35	80	3750	75

ตารางที่ ผ.7 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม } Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีละลายเข้าระบบ	ซีโอดีละลายออกจากระบบ
16/10/35	2.5	250	153.53
16/10/35	5	250	126.75
16/10/35	8	250	112.53
16/10/35	10	250	100.13
17/10/35	15	250	90.32
17/10/35	20	250	88.45
17/10/35	25	250	89.05
17/10/35	30	250	82.47
18/10/35	40	250	85.63
18/10/35	50	250	87.51
18/10/35	60	250	85.42
18/10/35	80	250	83.68

ตารางที่ ผ.8 แสดงค่าบีโอดี, ซีโอดีที่ถังกวนช้า, ซีโอดีที่ถังตกตะกอน ของแข็งแขวนลอยที่ถังกวนช้า, ของแข็งแขวนลอยที่ถังตกตะกอน ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		บีโอดีเข้าระบบ	บีโอดีออกจากระบบ
16/10/35	10	100	17
18/10/35	50	100	15
	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีที่ถังกวนช้า	ซีโอดีที่ถังตกตะกอน
16/10/35	10	658.42	645.92
18/10/35	50	550.42	539.25
	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ของแข็งแขวนลอยที่ถังกวนช้า	ของแข็งแขวนลอยถังตกตะกอน
16/10/35	10	190.43	100.13
18/10/35	15	150.59	87.51

ตารางที่ ผ.9 แสดงค่าสีที่ถังกวนช้า, สีที่ถังตกตะกอน, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้, ปริมาตรตะกอนและความเข้มข้นตะกอน ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงแรก

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สี ที่ถังกวนช้า	สี ที่ถังตกตะกอน
16/10/35	10	190	165
18/10/35	50	110	95

	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ มล./นาที	ค่าปริมาตรตะกอน ปริมาตรตะกอนต่อปริมาตรน้ำ %	ความเข้มข้นตะกอน ก./ล.
16/10/35	2.5	200	8.33	–
16/10/35	5	400	8.88	–
16/10/35	8	600	9.44	–
16/10/35	10	800	10.55	205.36
17/10/35	15	1000	11.11	–
17/10/35	20	1200	11.66	236.44
17/10/35	25	1400	12.22	–
17/10/35	30	1500	14.44	–
18/10/35	40	1700	14.44	270.23
18/10/35	50	2000	16.11	–
18/10/35	60	2300	16.66	–
18/10/35	80	2500	16.66	–

ตารางที่ ผ.10 แสดงค่าซีโอดีรวม, ซีโอดีละลาย ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงสอง

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีรวมเข้าระบบ	ซีโอดีรวมออกจากระบบ
16/10/35	5	2101.3	995.43
16/10/35	10	2101.3	622.22
17/10/35	20	2101.3	595.72
17/10/35	30	2101.3	570.82
18/10/35	50	2101.3	533.33
18/10/35	80	2101.3	515.43
	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ซีโอดีละลายเข้าระบบ	ซีโอดีละลายออกจากระบบ
16/10/35	5	1750	950.63
16/10/35	10	1750	580.60
17/10/35	20	1750	567.43
17/10/35	30	1750	540.38
18/10/35	50	1750	525.48
18/10/35	80	1750	512.32

ตารางที่ ผ.11 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย, สี ที่วัดได้ในการทดลองชุดที่ 4 ช่วงสอง

วันที่ทำการทดลอง	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น มก./ล.	
		ของแข็งแขวนลอยเข้าระบบ	ของแข็งแขวนลอยออกจากระบบ
16/10/35	5	250	111.07
16/10/35	10	250	101.41
17/10/35	20	250	84.65
17/10/35	30	250	80.13
18/10/35	50	250	84.13
18/10/35	80	250	84.42
	ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ $\frac{\text{กรัม}Ca(OH)_2}{\text{ลิตรของน้ำเสีย}}$	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้เป็น Pt-Co	
		สีเข้าระบบ	สีออกจากระบบ
16/10/35	5	3750	600
16/10/35	10	3750	155
17/10/35	20	3750	110
17/10/35	30	3750	100
18/10/35	50	3750	90
18/10/35	80	3750	75

ประวัติผู้วิจัย

นายสุภัทร วาณิชย์กุล เกิดเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2509 ที่จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2530 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรม-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2531