ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการศึกษาการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียมูลสุกร โดยบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง และถังกรองทรายที่มีการไหลในแนวนอน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ ก 1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 1 (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำ)

วัน	เจดาลไนโตรเจน (มก./ล.)			แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)			ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (มก./ล.)			ความเป็นด่างรวม (มก./ล.-แคลเซียมคาร์บอเนต)		
	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	186.3	59.1	53.4	134.2	42.5	37.8	0.7	27.7	37.5	668.3	173.3	166.3
10	169.7	28.5	27.3	126.4	21.4	19.5	0.1	16.0	18.2	602.2	145.3	143.3
15	285.4	42.5	40.3	209.5	34.1	33.5	0.4	12.4	14.3	843.8	110.0	113.7
20	274.3	40.9	39.2	182.7	27.6	26.9	0.7	19.8	19.7	742.7	125.1	155.4
25	168.6	21.8	20.3	115.4	14.6	13.0	1.0	15.4	17.5	546.9	125.6	135.2
30	278.7	36.3	35.9	187.9	24.6	24.0	0.2	27.0	30.4	819.5	205.7	223.5
35	124.5	16.3	14.3	108.9	12.5	11.7	0.3	28.0	33.0	471.2	102.7	166.8
40	150.9	10.6	7.8	107.8	8.9	6.3	0.4	66.6	87.6	492.8	67.8	100.8
45	241.6	6.4	5.5	202.8	3.2	2.8	0.6	81.3	82.7	781.2	73.2	86.8
50*	167.9	6.4	3.2	117.0	3.3	2.3	1.2	81.9	62.0	653.4	42.2	66.0
55*	241.8	6.3	3.7	160.1	2.5	1.6	0.4	66.5	64.3	759.0	31.5	64.2
60*	317.7	7.4	3.4	191.7	3.5	1.3	0.6	71.7	68.2	1102.4	52.4	80.1
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	242.4	6.7	3.5	156.3	3.1	1.7	0.7	73.4	64.9	838.3	42.0	70.1

ตารางที่ ก 1(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 1 (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำ)

วัน	ซีโอดี (มก./ล.)			ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)			พีเอช			อุณหภูมิ (°C)		
	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	2212.2	629.8	594.2	570.2	109.8	100.2	7.1	6.7	6.7	28.9	25.9	26.5
10	1824.2	311.4	307.5	315.4	58.0	53.9	6.9	6.8	6.8	24.7	26.5	26.9
15	2678.7	384.1	342.1	570.3	92.4	90.3	7.2	6.5	6.5	27.4	26.8	26.9
20	2451.6	324.1	291.3	607.7	94.1	86.6	6.8	6.4	6.8	27.2	28.0	27.9
25	1895.6	185.4	165.9	460.2	64.7	61.7	7.1	6.5	6.7	26.2	27.8	27.6
30	3127.7	311.7	229.3	682.1	108.2	85.1	6.6	6.5	7.1	25.6	28.8	28.6
35	1396.8	119.8	86.1	314.0	41.5	37.2	7.2	6.2	6.8	27.3	27.6	28.2
40	1725.9	93.8	84.1	379.9	28.8	25.7	7.1	6.3	6.7	28.2	27.7	27.7
45	3210.1	73.2	69.4	642.2	38.6	34.1	6.8	6.1	6.4	26.9	27.7	27.9
50*	2227.2	72.8	53.8	681.8	21.4	19.3	6.9	5.9	6.5	26.0	26.4	26.8
55*	2717.5	54.3	51.0	760.6	24.7	21.0	6.8	5.8	6.5	26.7	25.9	25.8
60*	3121.5	42.3	26.3	761.1	12.4	10.3	7.2	5.9	6.5	26.5	26.8	26.8
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	2688.7	56.5	43.7	734.5	19.5	16.9	6.9	5.9	6.5	26.8	27.2	27.3

ตารางที่ ก 2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 2 (หมุนเวียนน้ำ 50%)

วัน	เจดาลไนโตรเจน (มก./ล.)				แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)				ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (มก./ล.)				ความเป็นด่างรวม (มก./ล.-แคลเซียมคาร์บอเนต)			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	258.6	157.0	6.3	2.6	161.6	86.3	3.4	1.0	1.3	20.0	30.3	30.0	434.8	231.3	22.9	28.2
10	314.2	197.1	4.5	2.1	114.8	58.8	0.6	0.3	0.2	7.4	11.0	11.0	1203.4	719.8	29.3	43.1
15	377.0	273.5	13.1	2.2	289.7	200.5	10.6	0.6	0.5	15.4	37.2	36.0	1454.1	1352.3	47.0	56.1
20	277.2	190.3	8.6	5.7	224.5	114.6	5.7	2.8	1.8	21.2	33.0	31.3	1250.0	542.5	24.3	62.0
25	227.3	131.2	7.0	4.5	187.1	91.5	4.8	4.6	0.4	38.2	77.2	62.6	900.0	700.0	26.7	67.4
30	397.9	178.3	5.8	5.0	260.7	123.5	3.3	1.8	0.5	32.2	70.0	59.2	1009.4	764.4	7.9	16.8
35	326.1	170.2	4.9	3.4	232.5	128.9	6.2	4.5	0.2	42.7	92.3	71.8	1121.3	571.3	39.0	40.9
40	350.2	188.7	6.4	5.2	255.2	153.2	9.6	8.9	0.7	37.5	84.7	64.1	1003.8	490.8	24.0	46.7
45	408.8	221.5	9.9	7.4	385.7	182.6	2.9	2.5	1.3	34.4	87.9	70.9	1382.4	700.2	65.5	79.1
50	539.6	358.4	14.9	9.5	383.6	210.0	9.9	6.3	1.0	36.5	84.8	65.2	1420.0	845.0	37.6	41.9
55	658.0	448.0	28.7	12.3	397.6	173.6	11.0	8.7	0.8	27.5	66.9	49.1	1879.0	1106.8	70.1	103.7
60	570.0	301.2	19.1	5.4	459.2	229.6	10.9	0.1	0.1	37.4	99.5	66.1	1700.0	1090.0	68.3	85.1
65	736.4	361.2	20.7	6.7	478.8	235.2	8.5	0.2	0.8	44.5	114.3	68.2	1780.0	1070.0	75.2	79.2
70	342.5	188.4	9.4	4.1	269.1	158.0	9.5	3.5	1.3	32.9	123.2	65.8	770.0	590.0	61.4	62.4
75	407.1	235.2	10.6	3.7	315.3	187.1	8.1	3.1	1.4	58.4	152.5	72.6	915.0	705.0	70.1	93.1
80*	344.4	207.2	7.2	4.2	246.2	112.0	6.0	2.3	0.7	25.1	131.8	51.3	910.0	750.0	63.6	74.9
85*	596.4	333.2	9.6	6.3	338.0	164.4	5.7	2.9	1.9	25.6	143.9	49.8	785.0	750.0	51.8	65.6
90*	329.1	182.5	6.4	4.0	272.3	162.2	3.8	2.0	1.1	24.3	135.9	51.9	1013.2	623.7	45.2	57.0
95*	510.8	276.2	8.1	4.9	432.2	268.4	5.3	2.7	1.3	40.6	175.4	65.1	1240.7	850.6	47.1	74.6
100*	318.4	187.3	5.8	3.7	240.2	135.8	3.5	2.3	0.8	22.4	124.5	45.4	1134.2	648.3	43.2	68.0
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	419.8	237.3	7.4	4.6	305.8	168.6	4.9	2.5	1.1	27.6	142.3	52.7	1016.6	724.5	50.2	68.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ ก 2(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 2 (ความเวียนน้ำ 50%)

วัน	ซีโอดี (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				พีเอช				อุณหภูมิ °C			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	1828.4	964.6	132.8	92.1	644.1	310.6	26.0	17.1	7.7	6.7	5.8	6.1	27.8	27.9	27.6	28.1
10	2766.6	1566.0	159.0	115.7	1046.3	674.4	26.1	22.9	7.7	7.4	6.1	6.2	28.5	28.6	28.3	28.6
15	3069.2	2208.0	198.1	139.5	1541.4	1013.3	22.2	16.1	7.3	7.3	5.8	6.4	25.6	26.2	26.1	25.8
20	2141.2	1185.1	107.7	76.8	815.6	584.1	34.9	26.8	7.3	7.3	5.3	6.7	28.0	28.2	28.1	27.6
25	1754.0	1007.6	82.1	74.6	848.5	439.4	37.1	34.2	7.1	7.0	5.6	6.1	23.7	26.0	26.2	26.8
30	3306.2	1801.0	137.2	125.5	1451.3	689.6	29.8	20.2	7.2	7.0	5.8	6.2	25.4	26.5	26.3	26.9
35	2570.5	1407.2	103.7	87.1	1258.8	613.7	42.2	37.0	7.2	6.9	5.7	6.4	25.8	26.0	26.1	26.3
40	2813.4	1612.2	86.4	64.2	1372.3	780.1	39.1	25.9	7.1	7.0	5.8	6.2	26.0	26.2	26.0	26.3
45	3702.6	2003.7	95.6	54.9	1638.1	942.4	38.6	34.3	7.3	7.1	6.0	6.7	24.6	25.2	24.8	25.0
50	4720.0	2600.0	128.0	60.0	1677.6	960.2	24.0	16.8	7.1	6.9	6.0	6.3	24.2	25.8	27.3	27.0
55	4640.0	2480.0	143.8	103.7	2009.2	1113.1	18.3	17.1	7.7	7.5	6.4	7.5	25.3	26.8	27.0	27.8
60	3840.0	2080.0	135.8	96.0	1904.7	1402.4	26.1	21.3	7.6	7.5	6.5	7.3	24.8	25.2	26.0	26.5
65	4640.0	2400.0	118.6	92.0	2287.5	1582.9	35.2	20.8	7.3	7.1	6.3	6.9	23.4	24.2	24.4	24.1
70	3608.7	1913.3	129.3	113.5	1395.2	732.8	54.3	50.9	7.3	7.2	6.6	7.8	24.3	27.7	26.7	29.9
75	3276.1	1795.1	124.6	102.4	1267.6	747.3	51.8	43.2	7.7	7.3	6.2	6.6	25.8	26.6	26.5	27.7
80*	3945.1	2122.4	118.0	88.9	1964.7	1022.1	32.3	26.0	7.0	6.9	6.1	6.8	25.3	27.9	28.4	30.3
85*	4603.2	2353.7	93.4	61.0	1468.5	687.2	19.4	12.8	6.9	6.9	6.3	7.3	20.3	21.8	23.0	22.8
90*	2341.4	1375.0	56.8	45.7	972.8	607.9	15.1	10.2	7.2	7.0	6.1	7.2	23.2	22.8	21.8	20.5
95*	3169.5	1688.9	90.2	82.1	1309.8	644.3	27.0	17.2	7.1	6.9	6.0	7.0	22.8	22.2	22.4	21.6
100*	2448.1	1416.4	112.0	92.4	1128.6	536.7	20.2	14.9	7.3	7.0	6.1	7.1	23.1	22.5	23.2	22.3
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	3301.5	1791.3	94.1	74.0	1368.9	699.6	22.8	16.2	7.3	7.1	6.0	6.7	24.9	25.7	25.8	26.1

ตารางที่ ก 3 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ (หมุนเวียนน้ำ 100%)

วัน	เจดาลไนโตรเจน (มก./ล.)				แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)				ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (มก./ล.)				ความเป็นด่างรวม (มก./ล.-แคลเซียมคาร์บอเนต)			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	312.5	125.6	8.1	6.7	241.1	132.1	8.3	5.1	0.5	15.2	52.8	32.6	797.5	489.2	87.1	145.9
10	342.2	183.5	9.5	6.0	264.1	142.5	8.3	5.5	1.2	16.8	78.2	43.1	846.2	495.7	66.3	150.6
15	268.8	137.9	6.9	5.3	186.9	114.5	7.2	4.9	0.7	20.9	72.3	38.7	817.5	539.1	131.6	184.1
20	367.4	201.4	12.5	9.7	273.2	159.5	9.7	7.3	0.2	18.2	83.2	46.2	910.8	573.4	124.1	212.9
25	360.7	186.4	10.5	7.9	275.7	152.4	9.4	7.0	0.2	24.6	91.8	42.2	1024.1	525.5	67.7	201.7
30	286.9	146.4	6.1	5.3	192.0	103.6	6.4	4.1	0.1	22.1	76.1	35.2	821.3	481.7	63.4	182.0
35	276.7	169.7	8.2	7.3	188.7	97.2	6.0	3.2	1.0	19.1	71.6	30.5	784.7	532.8	113.0	257.1
40	310.6	176.9	8.6	6.5	264.8	147.1	8.7	6.0	0.6	16.5	86.5	35.2	957.2	582.2	125.5	266.5
45	294.9	148.4	8.0	5.9	210.5	128.4	7.7	4.9	0.9	20.4	88.6	32.0	887.5	657.2	140.9	316.2
50	340.8	168.4	9.8	7.3	235.2	129.1	7.8	4.9	0.6	17.5	93.8	32.2	1057.2	594.2	92.4	270.9
55*	286.5	164.2	7.3	6.1	208.4	102.4	6.2	3.7	1.1	14.1	81.2	17.3	923.5	588.0	87.7	298.7
60*	298.1	142.4	6.3	4.8	227.6	124.4	7.3	4.1	0.8	8.6	82.4	16.8	984.1	661.3	134.5	284.1
65*	312.5	172.1	6.9	5.4	246.7	134.8	8.1	6.3	1.1	9.1	87.2	15.9	1024.5	654.8	122.7	350.9
70*	346.1	162.9	6.1	5.7	273.6	146.8	7.5	5.0	0.5	8.3	89.0	18.1	1245.8	681.4	82.5	302.1
75*	308.6	186.7	5.8	4.5	230.1	118.4	7.1	4.3	0.4	9.6	82.7	15.3	975.5	620.4	108.1	310.3
80*	310.8	179.5	8.7	6.4	227.5	121.1	6.8	4.5	0.1	7.7	75.5	13.3	1073.6	620.2	105.7	286.1
85*	334.2	182.3	7.5	6.6	251.1	134.1	7.2	5.7	1.3	7.5	74.3	16.2	996.8	635.8	90.5	256.0
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	313.8	170.0	7.8	5.8	237.9	126.0	7.2	4.8	0.8	9.3	81.7	16.1	1032.0	637.4	104.5	298.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ ก 3(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 3 (ร้อยละมูนเวียนน้ำ 100%)

วัน	ซีโอดี (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				พีเอช				อุณหภูมิ °C			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	1875.2	1024.4	43.1	31.5	723.5	375.5	18.0	13.2	7.1	6.7	6.0	6.4	25.6	25.7	27.1	267
10	2270.5	1160.0	49.2	27.0	834.1	410.0	18.5	12.3	7.4	6.4	5.6	6.1	24.6	25.4	27.0	26.5
15	1857.6	1072.6	51.4	24.6	764.8	398.4	19.0	11.6	7.0	6.8	5.8	6.6	25.3	26.4	27.1	26.9
20	2416.9	1347.3	68.5	32.5	846.0	486.3	22.1	13.3	7.1	6.8	6.0	6.5	25.0	24.7	25.2	24.3
25	2384.6	1246.4	58.1	29.6	870.9	461.7	20.4	14.1	6.8	6.6	5.7	6.2	24.8	25.3	26.5	25.7
30	2135.5	1216.8	45.3	28.6	764.8	376.0	12.5	7.5	7.2	6.4	5.7	6.2	24.6	25.3	26.8	26.5
35	2087.6	1037.9	50.1	34.3	742.6	420.0	21.3	15.4	6.9	6.7	5.6	6.4	24.3	24.3	24.3	24.2
40	2148.6	1102.0	45.1	25.4	952.4	476.8	14.6	10.3	6.8	6.5	5.7	6.4	25.2	24.9	24.8	24.7
45	1925.3	1107.4	44.3	26.2	605.0	321.0	14.5	10.1	7.0	6.7	5.8	6.5	25.6	25.4	25.6	25.3
50	2273.3	1231.6	38.6	22.5	820.9	431.6	16.4	11.0	7.1	7.0	6.1	6.7	25.9	26.3	26.6	26.6
55*	1761.3	981.3	45.2	32.9	648.2	324.1	12.0	8.6	7.1	7.0	5.9	6.9	24.5	25.3	25.3	25.2
60*	2010.3	1057.8	48.2	28.6	830.0	436.8	16.8	11.2	7.2	7.1	5.9	6.8	24.8	24.7	24.8	24.6
65*	1975.6	987.4	43.3	25.1	794.2	403.7	12.5	9.4	7.1	6.9	6.0	6.8	25.4	25.3	25.2	25.1
70*	2207.3	1212.9	72.6	51.4	924.8	482.6	21.6	14.0	7.1	7.0	5.8	6.8	26.0	26.1	26.2	26.2
75*	1925.8	987.6	50.1	36.5	846.5	432.0	15.0	9.8	7.1	6.9	5.7	6.9	26.2	26.0	26.5	26.4
80*	2046.9	1254.4	48.4	32.2	648.0	342.7	13.4	9.8	6.9	6.8	5.8	6.8	26.4	26.2	26.1	26.0
85*	2134.7	1102.3	50.2	35.7	768.3	376.3	13.6	10.1	7.2	7.0	6.0	6.9	25.8	26.3	26.5	26.5
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	2008.8	1083.4	51.1	34.6	780.0	399.7	15.0	10.4	7.1	7.0	5.9	6.8	25.6	25.7	25.8	25.7

ตารางที่ ก 4 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 4 (หมุนเวียนน้ำ 200%)

วัน	เจดาลไนโตรเจน (มก./ล.)				แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)				ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (มก./ล.)				ความเป็นด่างรวม (มก./ล.-แคลเซียมคาร์บอเนต)			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	287.4	116.4	40.2	32.5	224.3	94.1	32.5	28.2	0.3	13.6	21.0	19.9	942.1	413.5	216.7	219.0
10	296.7	120.4	41.0	32.7	236.9	96.3	33.1	30.0	0.7	13.7	25.1	21.5	976.4	468.5	247.3	255.5
15	335.0	134.1	43.2	35.8	280.3	113.1	36.7	31.5	0.5	16.3	33.1	25.2	1128.1	542.2	267.4	286.3
20	293.5	120.8	35.8	28.5	239.9	98.4	30.2	26.4	1.2	24.5	40.2	35.1	951.3	491.3	232.0	244.2
25	304.8	115.5	32.6	25.2	251.1	108.5	29.9	26.8	0.4	27.0	45.9	38.8	987.6	481.4	159.2	179.1
30	282.1	97.6	27.8	21.7	217.6	85.1	24.4	21.5	0.6	17.2	40.2	30.7	1037.4	421.4	154.8	180.5
35	271.5	88.4	24.3	20.7	195.0	65.1	17.6	14.2	1.2	23.5	39.6	32.9	892.6	416.3	211.1	231.8
40	250.5	93.5	23.5	18.6	176.1	70.3	17.2	13.8	0.3	16.7	34.7	29.2	824.6	439.0	199.8	214.3
45	352.2	137.2	32.7	31.3	295.6	128.4	32.2	28.7	0.3	21.5	53.2	37.1	1268.3	560.7	106.6	150.1
50	317.1	110.8	25.7	23.6	265.3	100.7	25.2	21.1	0.7	22.7	46.8	38.2	984.7	416.9	73.1	97.3
55	271.7	108.9	24.6	21.2	212.0	68.2	18.7	14.7	0.5	16.8	34.1	27.4	996.7	415.8	189.3	209.7
60	336.8	120.3	32.9	28.7	286.9	118.5	31.8	27.6	1.2	13.5	42.9	34.2	1146.7	532.7	145.2	169.8
65*	298.2	117.5	27.4	22.0	231.0	95.7	23.9	19.8	0.9	13.9	43.3	22.7	955.5	487.1	149.0	206.4
70*	264.6	89.2	22.0	18.8	198.2	84.1	21.9	17.8	0.4	13.5	40.2	21.4	924.8	428.1	140.7	200.0
75*	278.5	109.7	24.3	21.5	230.2	79.5	22.2	18.6	1.2	12.9	39.2	21.8	974.2	441.2	187.4	236.1
80*	372.7	142.9	31.8	26.8	297.7	97.3	26.3	22.2	1.0	15.3	43.7	24.0	1203.8	543.7	181.4	238.4
85*	290.1	94.7	24.8	21.5	227.1	84.2	20.2	16.3	0.6	13.1	40.7	22.7	980.3	480.1	189.0	232.1
90*	326.8	126.9	27.9	23.8	275.0	108.5	26.0	23.6	0.3	12.3	46.1	23.2	1154.2	519.8	116.7	181.0
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	305.1	113.5	26.4	22.4	243.2	91.5	23.4	19.7	0.7	13.5	42.2	22.6	1032.1	483.3	160.7	215.7

ตารางที่ ก 4(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองที่ 4 (หมุนเวียนน้ำ 200%)

วัน	ซีโอดี (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				พีเอช				อุณหภูมิ °C			
	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2	น้ำดิบ	น้ำเข้า	น้ำออก 1	น้ำออก 2
5	1857.5	713.7	152.8	128.3	828.6	293.8	32.5	20.9	6.9	6.5	5.9	6.3	26.7	26.5	26.4	26.5
10	2198.1	821.6	157.2	135.1	943.2	311.0	29.4	19.4	7.0	6.6	6.1	6.4	26.8	26.7	26.5	26.7
15	2317.8	850.2	158.9	128.8	962.1	340.9	30.2	20.1	7.0	6.7	5.9	6.6	26.7	26.5	26.4	26.5
20	1857.7	687.5	134.5	116.5	1185.4	405.3	31.3	23.8	6.9	6.8	6.0	6.8	26.6	26.5	26.3	26.6
25	1906.5	697.8	121.4	109.7	1079.3	390.3	28.7	21.0	7.1	6.7	5.8	6.6	26.8	26.7	26.4	26.7
30	2165.4	790.2	126.4	97.2	945.7	354.9	23.1	18.7	7.1	6.5	5.9	6.3	26.5	26.4	26.3	26.4
35	1864.7	672.0	120.8	94.8	869.2	315.7	17.1	12.3	6.9	6.4	5.8	6.3	26.4	26.5	26.2	26.4
40	1795.0	687.2	118.7	93.1	952.4	342.0	18.7	13.8	7.0	6.7	5.8	6.6	26.7	26.7	26.4	26.6
45	2441.3	902.7	138.4	120.8	847.1	285.1	15.3	12.4	7.1	6.8	6.0	6.8	26.8	26.6	26.5	26.7
50	2217.5	821.5	125.1	101.4	884.0	326.7	13.5	10.3	7.1	6.8	5.8	6.7	25.3	25.3	24.9	25.2
55	2157.1	762.8	119.7	98.7	765.8	276.4	16.2	11.4	6.9	6.8	5.7	6.7	2.4	24.5	24.3	24.4
60	2312.2	842.8	122.1	107.1	895.2	302.4	15.7	11.6	7.0	6.7	5.9	6.7	22.6	22.5	22.4	22.6
65*	2058.7	732.6	120.6	98.3	864.2	312.0	16.1	12.0	6.9	6.7	5.8	6.6	23.6	23.3	23.2	23.2
70*	1870.4	673.2	116.6	97.5	986.9	341.8	19.0	14.3	6.8	6.8	5.8	6.8	22.8	22.6	22.4	22.6
75*	1982.7	734.2	118.4	100.7	876.0	280.6	16.7	12.5	7.0	6.9	5.9	6.8	23.2	23.3	23.1	23.2
80*	2423.4	846.7	126.3	114.6	925.3	333.0	17.8	13.2	7.1	6.9	6.0	6.8	23.7	23.8	23.6	23.7
85*	2187.4	795.1	119.6	98.6	976.9	366.0	18.4	13.1	7.1	6.9	6.0	6.9	22.9	22.8	22.6	22.8
90*	2373.6	832.5	123.1	116.1	1087.5	356.1	22.7	21.0	6.9	6.9	5.8	6.8	23.8	23.6	23.5	2.6
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่*	2149.4	769.0	120.8	104.3	952.8	331.6	18.5	14.4	7.1	6.9	6.0	6.8	23.3	23.2	23.1	23.2

ภาคผนวก ข

การศึกษาโดยใช้สารตรวจจับร่องรอย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

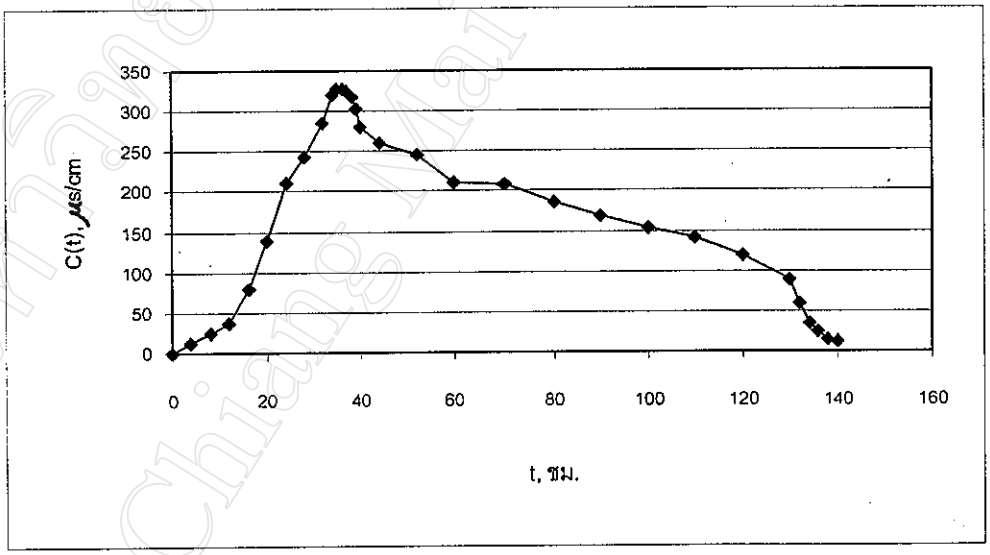
ข1. การศึกษาสารตรวจจับร่องรอย

จากการศึกษาโดยใช้สารตรวจจับร่องรอยโซเดียมคลอไรด์ที่ป้อนแบบสัญญาณกระตุกให้กับถังปฏิกิริยา ทำให้ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

เวลา : t, (ชม.)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	34	35	36	37	38	39
การนำไฟฟ้า : C(t),(µs/cm)	0	13	25	38	80	140	211	243	285	319	328	328	326	318	304

เวลา : t, (ชม.)	40	44	52	60	70	80	90	100	110	120	130	132	134	136	138	140
การนำไฟฟ้า : C(t), (µs/cm)	281	261	245	212	208	185	170	153	142	120	89	60	35	26	14	12

จากข้อมูลข้างต้นนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t, ชม. กับ C(t), µs/cm ได้ดังรูปที่ ข1



รูปที่ ข1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t, ชม. กับ C(t), µs/cm

Co = พื้นที่ใต้กราฟในรูปที่ ข1

= 22670

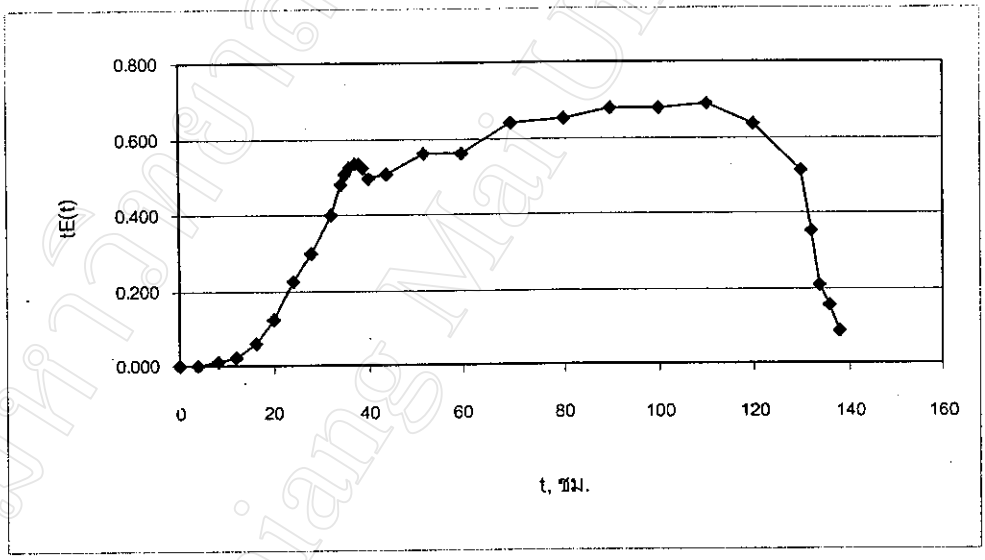
E(t) = C(t)/Co

เวลา : t, (ชม.)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	34	35	36	37	38	39
E(t)	0	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.011	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013
tE(t)	0	0.002	0.009	0.020	0.056	0.124	0.223	0.300	0.402	0.478	0.506	0.521	0.532	0.533	0.523

เวลา : t, (ชม.)	40	44	52	60	70	80	90	100	110	120	130	132	134	136	138	140
E(t)	0.012	0.012	0.011	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
tE(t)	0.496	0.507	0.562	0.561	0.642	0.653	0.675	0.675	0.689	0.635	0.510	0.349	0.207	0.156	0.085	0.074

นำค่า t, ชม. กับค่า tE(t) มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ ข2

พื้นที่ใต้กราฟ = เวลาเก็บกักน้ำ = 65.73 ชม. = 2.74 วัน หรือประมาณ 3 วัน



รูปที่ ข2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t, ชม. กับค่า tE(t) เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลาเก็บกักน้ำ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ค1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว

ตัวแบบ (Model) สมมติว่าเราสนใจที่จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร k ชุด ดังนั้นเราจึงมีตัวอย่าง k ชุด โดยสุ่มมาจากแต่ละชุดของประชากร และให้ตัวอย่างแต่ละชุดประกอบด้วยค่าสังเกต n_i (i = 1, 2,...,k) ดังนั้นจะได้ตัวแบบสำหรับค่าสังเกต y_{ij} แต่ละค่าดังนี้คือ

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \qquad (16)$$

$$i = 1, 2,..., k$$

$$k = 1, 2,..., k$$

ซึ่งหมายความว่า ค่าสังเกต y ตัวที่ j ในตัวอย่างชุดที่ i ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 (component) 3 ส่วน คือ

1. μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (grand mean) รวมทุกประชากร
2. T_i = อิทธิพลของทรีทเมนต์ (treatment effect) ของประชากร i
3. ε_{ij} = อิทธิพลของหน่วยทดลองที่ j ของทรีทเมนต์ที่ i เรียกว่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (random error term)

$$\mu_i = \frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \mu + T_i$$

$$\mu = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} \mu_i$$

$$T_i = \mu_i - \mu$$

$$\varepsilon_{ij} = y_{ij} - \mu_i = y_{ij} - \mu - T_i$$

ข้อสมมุติ

1. μ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เราไม่ทราบค่า
2. สำหรับ T_i เราอาจมีข้อสมมุติได้เป็น 2 อย่างคือ

2.1 ตัวแบบคงที่ (Fixed Model หรือ Model I) ซึ่งใช้ในกรณีที่ทรีทเมนต์ k ทรีทเมนต์ในการทดลองของเรา ประกอบเป็นประชากรทั้งหมดที่เราสนใจศึกษา T_i จะเป็นค่าคงที่ และ

$$\sum_{i=1}^{k} T_i = 0$$

2.2 ตัวแบบเชิงสุ่ม (Random Model หรือ Model II) ซึ่งใช้ในกรณีที่ทรีทเมนต์ k ทรีทเมนต์ในการทดลองของเราเป็นส่วนหนึ่ง หรือถูกสุ่มมาจากประชากรทั้งหมดที่เราสนใจ T_i จะเป็นตัวแปรสุ่มและ T_λ มีการกระจายแบบปกติและเป็นอิสระมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวน σ^2

3. ε_{ij} มีการกระจายแบบปกติและเป็นอิสระ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น σ^2

ตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียวอาจเขียนได้อีกรูปหนึ่งคือ

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \qquad (17)$$

ในเมื่อ

μ_i = ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ i

จะเห็นว่าสูตร (17) นี้เหมือนสูตร (16) เพราะ $\mu_i = \mu + T_i$

จากจุดประสงค์ที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร k ชุด เราเขียนเป็นสมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$

แต่เนื่องจากถ้าค่าเฉลี่ยค่านี้เท่ากัน μ_i แต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับ grand mean (μ) นั่นคือจะไม่มี treatment effects ดังนั้นเราจึงสามารถเขียนสมมุติฐานที่ต้องการทดสอบได้อีกรูปหนึ่ง คือ

$H_0: T_i = T_2 = \ldots = T_k = 0$

และมีสมมุติฐานแย้งคือ H_a: อย่างน้อย T_i หนึ่งตัวของ $T_i \neq 0$

ค1.1 การสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

สมมติข้อมูลที่รวบรวมมาได้แสดงไว้ในตารางที่ ค 1 กล่าวคือเรามีทรีทเมนต์ (ตัวอย่าง) k ชุด ตัวอย่างแต่ละชุดประกอบด้วยค่าสังเกต n_i ค่า

ตารางที่ ค 1 : ข้อมูลจาก one-factor model

ทรีทเมนต์					
	1	2	3.....k		
	y_{11} y_{12} . . . y_{1n1}	y_{21} y_{22} . . . y_{2n2}	y_{31} y_{32} . . . y_{3n3}	y_{k1} y_{k2} . . . y_{knk}	
ยอดรวม	$y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{3.}$..... $Y_{k.}$		$y...$
ค่าเฉลี่ย					

ถ้าให้เครื่องหมายจุด (.) แสดงถึงการรวมค่าทุกค่าใน subscript นั้นจะได้

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}, \quad \bar{y}_{i.} = \frac{y_{i.}}{n_i}$$

$$y_{..} = \sum_{i=1}^{k} y_{i.} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$$

$$\bar{y} = \frac{y_{..}}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

ความแปรปรวนจากตัวอย่างของข้อมูลทั้งชุด คือ รวมตัวอย่าง k ชุดเข้าด้วยกัน หาได้ในทำนองเดียวกับการหาความแปรปรวนจากตัวอย่างธรรมดา คือ

$$S^2_{Total} = \frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}..)^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i - 1}$$

ตัวเศษ คือค่าผลบวกกำลัง (sum of square) ของค่าสังเกตแต่ละค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของทั้งหมด เรียกว่า SS Total หาค่าได้จากสูตร

$$\text{SS Total} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(y - \bar{y}..)^2$$

ส่วนตัวส่วน คือจำนวนระดับความเป็นอิสระ (degree of freedom) ของ total ซึ่งเท่ากับจำนวนค่าสังเกตทั้งหมดลบหนึ่ง

จากค่า SS Total เราสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนตามสาเหตุของความแปรปรวน ส่วนแรกคือความแปรปรวนภายในทรีทเมนต์ (ตัวอย่าง) ซึ่งคือ ผลบวกกำลังสองของค่าสังเกตแต่ละค่าภายในทรีทเมนต์ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ เรียกว่า SS Within คำนวณได้จากสูตร

$$\text{SS Within} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$$

ซึ่งมีจำนวนระดับความเป็นอิสระ = $\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)$ เพราะว่าในแต่ละทรีทเมนต์มี n_i ค่า ซึ่งมีความเป็นอิสระอยู่ (n_i-1) ตัว แต่เรามีทรีทเมนต์ทั้งหมด k ทรีทเมนต์ ดังนั้นจะได้จำนวนระดับความเป็นอิสระ = $\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)$

ส่วนที่สอง คือความแปรปรวนระหว่างทรีทเมนต์ ซึ่งคือผลบวกกำลังสองของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด เรียกว่า SS Between คำนวณได้จากสูตร

$$\text{SS Between} = \sum_{i=1}^{k} n_i(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$$

ซึ่งจะมีจำนวนระดับความเป็นอิสระ = k-1 เพราะมี treatment อยู่ k ทรีทเมนต์

การแบ่ง SS Total ออกตามสาเหตุของความแปรปรวนนี้ จะต้องทำให้

SS Total = SS Within + SS Between

และในทำนองเดียวกัน ระดับความเป็นอิสระของ SS Within บวกกับระดับความเป็นอิสระของ SS Between รวมกัน ก็จะต้องเท่ากับระดับความเป็นอิสระของ SS Total ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตารางที่ ค 1 สรุปได้ดังตารางที่ ค 2 นี้

ตารางที่ ค 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ one-factor model (จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน)

Source of Variation	**Degree of Freedom**	**Sum of Square**	**Mean Square**
Between treatments	k-1	$\sum_{i=1}^{k} n_i(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	SS Between/k-1
Within treatments	$\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)$	$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	SS Within/ $\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)$
Total	$\sum_{i=1}^{k} n_i - 1$	$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	

ค2. การเปรียบเทียบภายหลัง

วิธีของ Scheffe' การเปรียบเทียบภายหลังโดยใช้วิธีของ Scheffe' นั้น เป็นวิธีที่ใช้ได้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนสมาชิกเท่าหรือไม่เท่ากันก็ได้ ซึ่งการเปรียบเทียบภายหลังโดยวิธีนี้เป็นการทดสอบในลักษณะที่เรียกว่า Simultaneous test คือเป็นการทดสอบที่สามารถทดสอบพร้อมๆ กันทีเดียว โดยที่ค่าของโอกาสของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ i ไม่เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะทดสอบกี่คำถามก็ตาม ตัวอย่างเช่นมีกลุ่มประชากร 3 กลุ่ม หลังจากที่ทดสอบสมมติฐานแล้วพบว่าอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มมีค่าเฉลี่ยต่างไปจากกลุ่มอื่นๆ ถ้าผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบภายหลังโดยใช้วิธีของ Scheffe' โดยกำหนดระดับของความมีนัยสำคัญที่ 0.05 ผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรทีละคู่ ดังนั้นจะต้องทดสอบทั้งหมด 3 คู่ ดังนี้คือ

$\Psi_1 = \mu_1 - \mu_2$

$\Psi_2 = \mu_1 - \mu_3$

$\Psi_3 = \mu_2 - \mu_3$

ในการทดสอบแต่ละคู่ใช้ระดับของความมีนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งจากการใช้เทคนิคการเปรียบเทียบภายหลังของ Scheffe' โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ i จากการทดสอบทั้ง 3 คู่ รวมทั้งหมดแล้วก็ยังคงเป็น 0.05 ไม่ใช่ 0.15 เหมือนกับที่ใช้การทดสอบเฉลี่ยทีละคู่ตั้งแต่ต้น

สมมติฐาน

$H_0: \Psi = 0$

$H_1: \Psi \neq 0$

สูตรที่ใช้คำนวณช่วงความเชื่อมั่นของ Ψ

$$\text{ช่วง } (1-\alpha)\% \text{ ของความเชื่อมั่นของ } \Psi = \hat{\Psi} \pm \sqrt{(J-1)\frac{F(1-\alpha)}{J-1, N-J}}\sqrt{\text{Var}(\hat{\Psi})}$$

$$\text{Var}(\hat{\Psi}) = \left(\sum_j \frac{c_j^2}{n_j}\right) MS_W$$

เมื่อ Ψ คือ ค่าของการเปรียบเทียบที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง

J คือ จำนวนกลุ่มประชากร

$F_{J-1,N-J}^{(1-\alpha)}$ คือ ค่าวิกฤติที่เปิดได้จากตารางการแจกแจงของ F

c_j คือ สัมประสิทธิของค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

n_j คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง j

MS_w คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

กฎของการตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 ถ้าศูนย์ไม่อยู่ในช่วงของ $(1-\alpha)\%$ ของความเชื่อมั่น และจะไม่ปฏิเสธ H_0 ถ้าศูนย์อยู่ในช่วงของ $(1-\alpha)\%$ ของความเชื่อมั่น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ค3. การทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Two independent sample test)

สมมุติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ หรือ $\mu_1 > \mu_2$ หรือ $\mu_1 < \mu_2$

ถ้ากลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มมีขนาดเท่ากัน ใช้ t-test ซึ่งเป็น Pooled variance t-test

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{s_p^2(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}} \sim t_{n_1+n_2-2}$$

เมื่อ $s_p^2 = \frac{(n_2 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$

ข้อตกลงเบื้องต้น

(1) กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มที่ได้รับการสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

(1) ค่าของข้อมูลแต่ละหน่วยนั้นเป็นอิสระต่อกัน

(2) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่ม

(3) ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

หมายเหตุ : การใช้สูตร Pooled variance t-test นั้น ข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากัน ในทางปฏิบัติผู้วิจัยไม่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ หรือไม่ แต่ถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน ($n_1 = n_2$) การทดสอบจะมีความคงทน (Test of robust) นั่นคือ ถึงแม้ว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I ที่เกิดจากการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Pooled variance t-test ก็ยังคงใกล้เคียงกับโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I ที่เกิดจากการทดสอบสมมติฐานที่ข้อมูลมีลักษณะเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าผลที่ได้จากการทดสอบใกล้เคียงกัน

ภาคผนวก ง

การหาการกระจายขนาดของทราย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ง1. การหาการกระจายขนาดของทราย (Size Distribution)

สุ่มตัวอย่างทรายที่ใช้ในการทดลอง แล้วมาทำ Sieve analysis เพื่อหาการกระจายของขนาดของทรายนั้น

ง1.1 การทำ Sieve analysis

นำเอาตัวอย่างทรายมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานต่างๆ ที่วางเรียงกันโดยให้ตะแกรงที่มีรูใหญ่อยู่ข้างบน เมื่อร่อนทรายผ่านตะแกรงต่างๆ เสร็จแล้วให้จดบันทึกน้ำหนักของทรายที่ติดค้างอยู่บนตะแกรงขนาดต่างๆ นั้น จากนั้นจึงคำนวณหาน้ำหนักสะสมของทรายที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิดแล้วคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสะสมของทรายที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิด แสดงในตารางที่ ง 1

ตารางที่ ง 1 ข้อมูลการทำ Sieve analysis

Sieve No.	ขนาดรูเปิด (มม.)	นน.ของทราย ที่ค้างบนตะแกรง (ก.)	% นน.ของทราย ที่ค้างบน ตะแกรง	% นน.สะสมของ ทรายที่ค้าง บนตะแกรง	%นน.สะสมของ ทรายที่มีขนาด เล็กกว่ารูเปิด
3/8″	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	36.45	2.73	2.73	97.27
8	2.36	155.12	11.62	14.36	85.64
16	1.18	321.39	24.08	38.44	61.56
30	0.60	362.21	27.14	65.58	34.42
50	0.30	347.46	26.04	91.62	8.38
100	0.15	103.83	7.78	99.40	0.60
200	0.07	7.29	0.55	99.94	0.06
pan	0.00	0.76	0.06	100	0.00

นำค่าขนาดของรูเปิดและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสะสมของทรายที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิดมาเขียนบนกราฟ probability โดยให้ขนาดของรูเปิดอยู่บนเสกลลอก และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสะสมของทรายที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิดอยู่บนเสกล probability ดังกราฟรูปที่ ง1

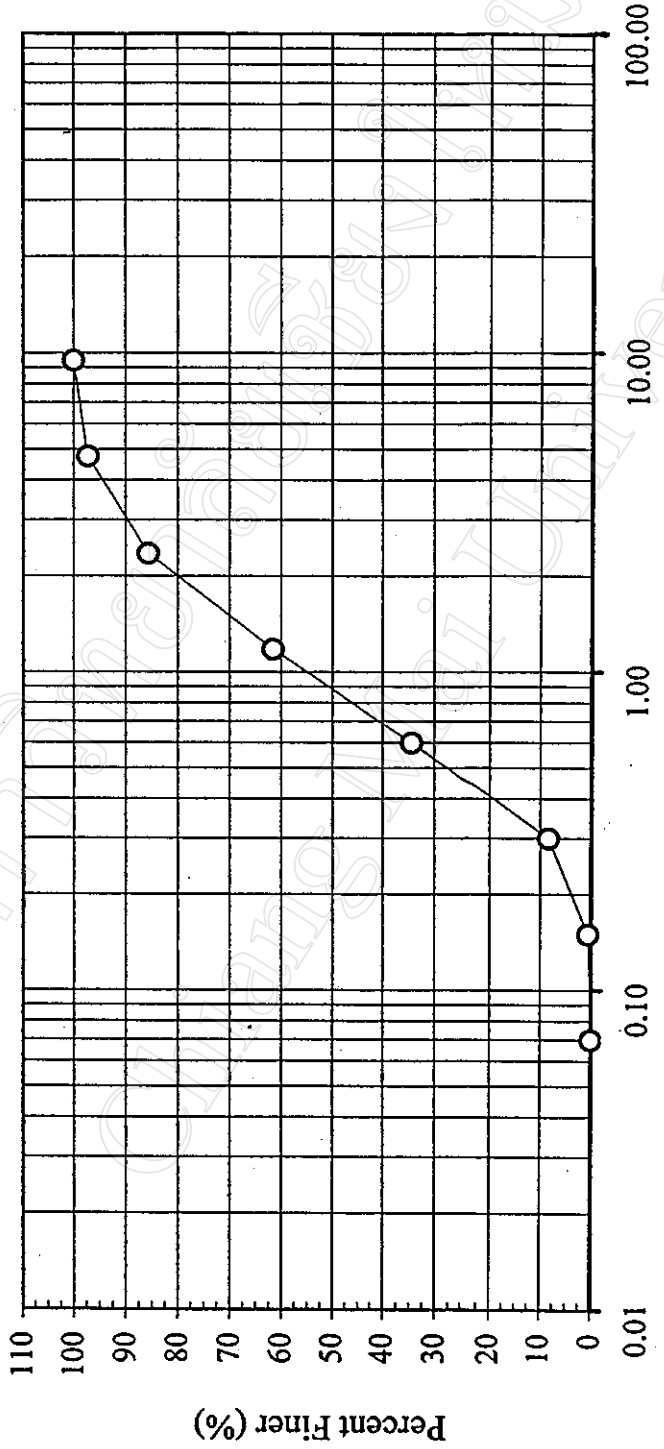
โดยที่ขนาดสัมฤทธิ์ (Effective Size) นั้นหมายถึงขนาดของทรายที่ 10% ของทรายทั้งหมดจะมีขนาดเล็กกว่านี้ : D_{10} ส่วนสัมประสิทธิของความไม่สม่ำเสมอนั้นจะมีค่าเท่ากับ D_{60}/D_{10}

อ่านค่าจากกราฟรูปที่ ง1 ได้ค่าดังต่อไปนี้

D10 = 0.32 มม.

D60 = 1.22 มม.

ดังนั้นสัมประสิทธิของความไม่สม่ำเสมอมีค่าเป็น 3.81



รูปที่ ง 1 กราฟระหว่างขนาดของรูเปิดของตะแกรงร่อนกับปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมของทรายที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวภิญญดา เนียมคำ
วัน เดือน ปี เกิด	23 กุมภาพันธ์ 2514
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี นนทบุรี ปีการศึกษา 2528
	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน จังหวัดนนทบุรี นนทบุรี ปีการศึกษา 2530
	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2535
ประสบการณ์ทำงาน	ปี พ.ศ.2536-2539 วิศวกร บริษัทพอลคอนซัลแตนท์ จำกัด

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University