บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปเป็นคู่มือการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน แผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ตารางคำนวณขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ตารางวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง การวิเคราะห์ความคุ้มทุน และเกณฑ์ในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ดังนี้

5.1 ปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ได้แก่

(1) จำนวนผู้ใช้อาคาร สำหรับการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานนี้กำหนดจำนวนผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมต่อระบบ คือ จำนวนตั้งแต่ 1 ถึง 50 คน

(2) ปริมาณน้ำใช้ ค่ากำหนดปริมาณน้ำใช้สำหรับการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน คือ 280 ลิตร/คน-วัน

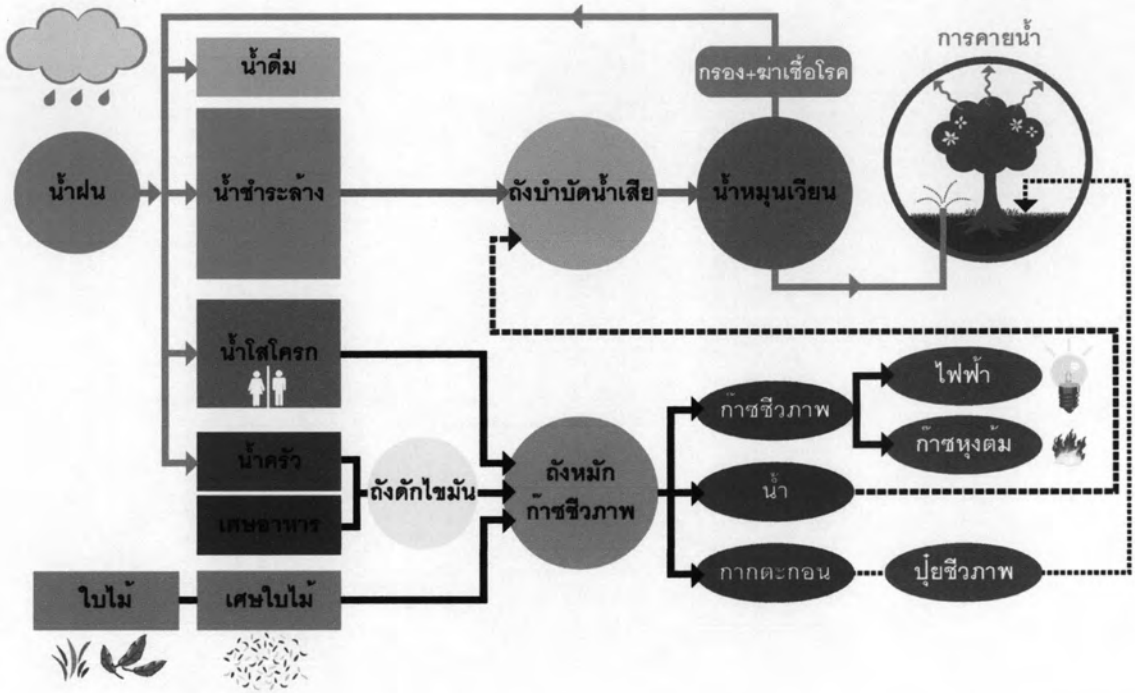
(3) ปริมาณน้ำเสีย สำหรับการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานนี้ได้ทำการแบ่งน้ำเสียออกเป็นสามส่วน คือ ปริมาณน้ำเสียจากการชำระล้างทั่วไป น้ำเสียส่วนนี้ถูกแยกเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ปริมาณน้ำโสโครก และปริมาณน้ำเสียจากครัว ซึ่งน้ำโสโครกและน้ำเสียจากครัวนี้จะเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับสร้างพลังงานทดแทนพลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม

(4) ปริมาณน้ำฝน ที่ตกลงมาบนพื้นที่สำหรับออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำประปาได้ ในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและจำนวนทั้งหมดวันที่ฝนตกส่งผลต่อขนาดพื้นที่รับน้ำฝนและขนาดถังเก็บกักน้ำฝน

(5) ปริมาณขยะ ได้แก่ อุจจาระ ปัสสาวะ เศษอาหาร และเศษใบไม้ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับสร้างพลังงานทดแทนพลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม

(6) ปริมาณการใช้พลังงาน ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานก๊าซหุงต้ม ซึ่งพลังงานบางส่วนสามารถถูกทดแทนได้ด้วยพลังงานก๊าซชีวภาพโดยการแปลงค่าพลังงานจากการคำนวณโดยตรง

5.2 แผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน



ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

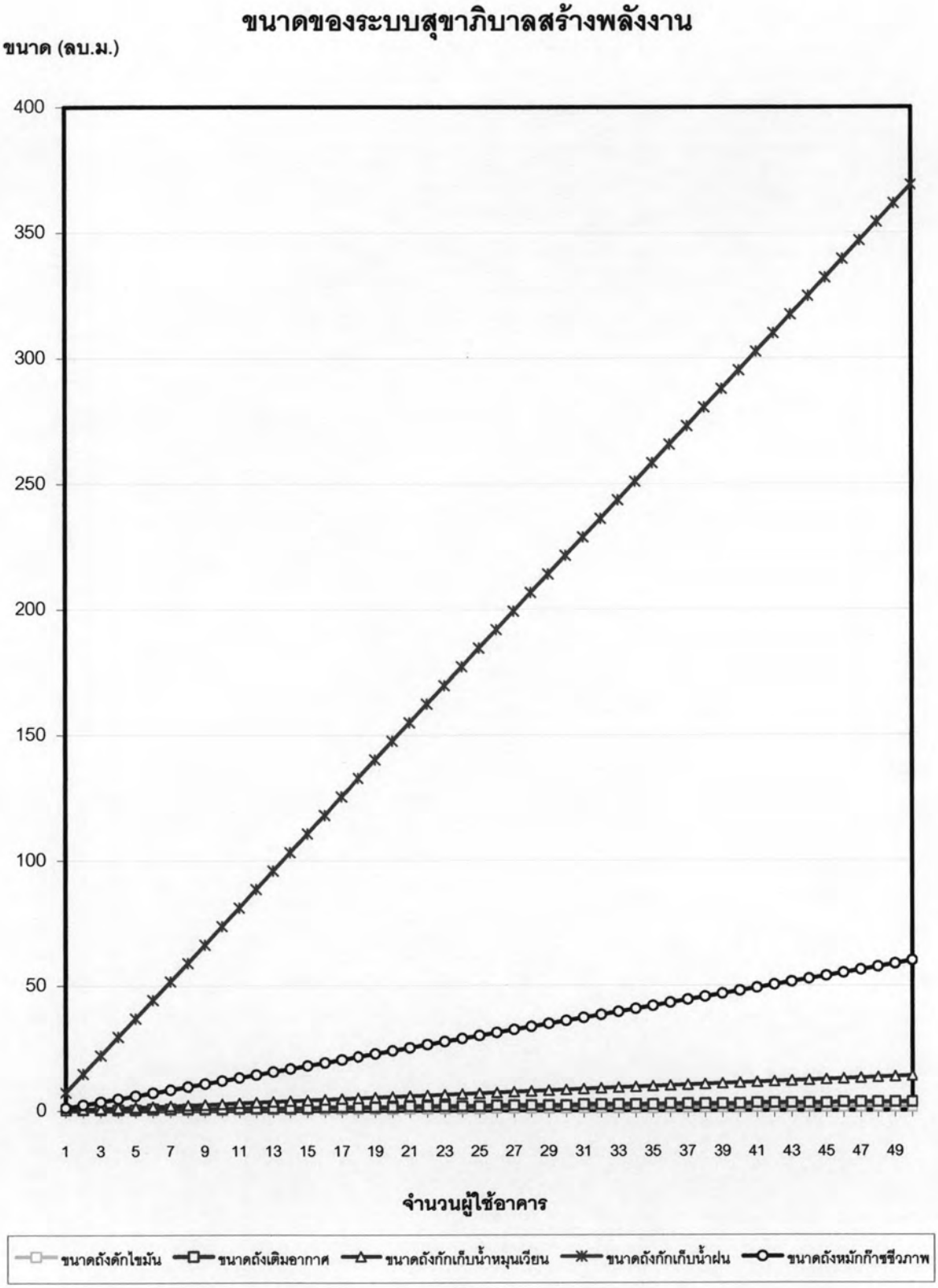
5.3 ตารางคำนวณขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ขนาดถังบำบัดน้ำเสีย		ขนาดถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังกักเก็บน้ำฝน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)
	ขนาดถังดักไขมัน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)			
1	0.15	0.35	0.28	7.38	1.20
2	0.15	0.35	0.56	14.76	2.40
3	0.15	0.35	0.84	22.14	3.60
4	0.15	0.35	1.12	29.52	4.80
5	0.15	0.35	1.40	36.90	6.00
6	0.30	0.70	1.68	44.28	7.20
7	0.30	0.70	1.96	51.66	8.40
8	0.30	0.70	2.24	59.04	9.60
9	0.30	0.70	2.52	66.42	10.80
10	0.30	0.70	2.80	73.80	12.00
11	0.45	1.05	3.08	81.18	13.20
12	0.45	1.05	3.36	88.56	14.40
13	0.45	1.05	3.64	95.94	15.60
14	0.45	1.05	3.92	103.32	16.80
15	0.45	1.05	4.20	110.70	18.00
16	0.60	1.40	4.48	118.08	19.20
17	0.60	1.40	4.76	125.46	20.40
18	0.60	1.40	5.04	132.84	21.60
19	0.60	1.40	5.32	140.22	22.80
20	0.60	1.40	5.60	147.60	24.00
21	0.75	1.75	5.88	154.98	25.20
22	0.75	1.75	6.16	162.36	26.40
23	0.75	1.75	6.44	169.74	27.60
24	0.75	1.75	6.72	177.12	28.80
25	0.75	1.75	7.00	184.50	30.00
26	0.90	2.10	7.28	191.88	31.20
27	0.90	2.10	7.56	199.26	32.40
28	0.90	2.10	7.84	206.64	33.60

ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน (ต่อ)

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ขนาดถังบำบัดน้ำเสีย		ขนาดถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังกักเก็บน้ำฝน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)
	ขนาดถังดักไขมัน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)			
29	0.90	2.10	8.12	214.02	34.80
30	0.90	2.10	8.40	221.40	36.00
31	1.05	2.45	8.68	228.78	37.20
32	1.05	2.45	8.96	236.16	38.40
33	1.05	2.45	9.24	243.54	39.60
34	1.05	2.45	9.52	250.92	40.80
35	1.05	2.45	9.80	258.30	42.00
36	1.20	2.80	10.08	265.68	43.20
37	1.20	2.80	10.36	273.06	44.40
38	1.20	2.80	10.64	280.44	45.60
39	1.20	2.80	10.92	287.82	46.80
40	1.20	2.80	11.20	295.20	48.00
41	1.35	3.15	11.48	302.58	49.20
42	1.35	3.15	11.76	309.96	50.40
43	1.35	3.15	12.04	317.34	51.60
44	1.35	3.15	12.32	324.72	52.80
45	1.35	3.15	12.60	332.10	54.00
46	1.50	3.50	12.88	339.48	55.20
47	1.50	3.50	13.16	346.86	56.40
48	1.50	3.50	13.44	354.24	57.60
49	1.50	3.50	13.72	361.62	58.80
50	1.50	3.50	14.00	369.00	60.00



ภาพที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

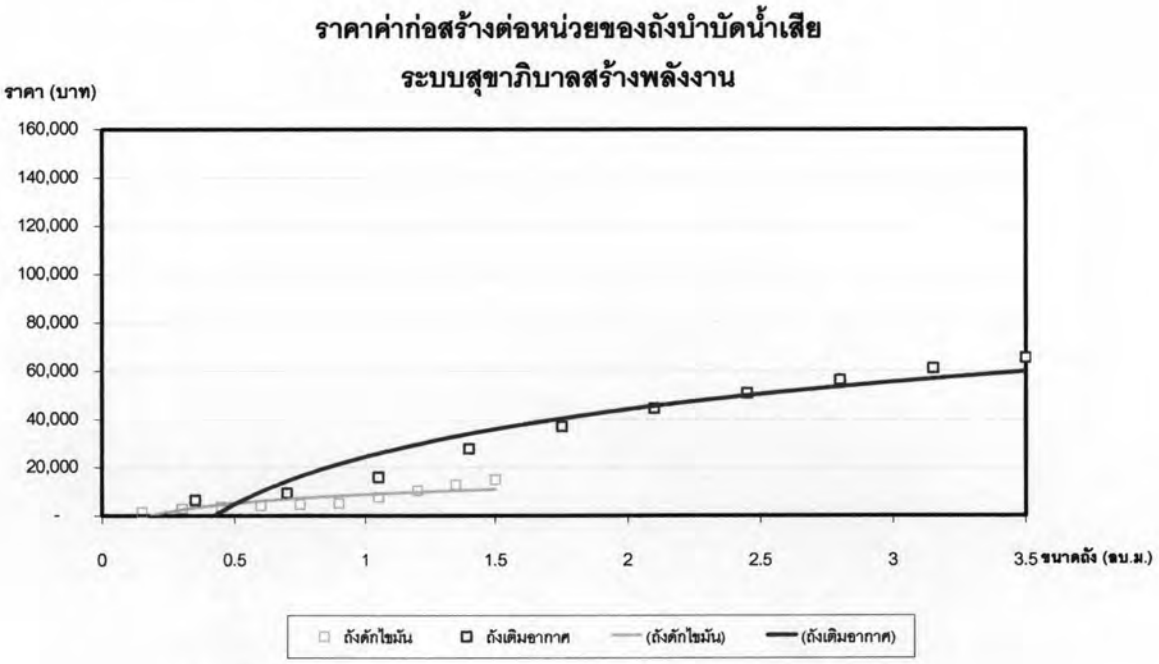
5.4 ตารางวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง

ตารางที่ 5.2 แสดงวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง

องค์ประกอบ	ปริมาตร (ลบ.ม.)	ค่าก่อสร้างต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.)	รวมราคาค่าก่อสร้าง (บาท)	อุปกรณ์ติดตั้ง	ค่าอุปกรณ์ติดตั้ง (บาท)	ราคารวม (บาท)	ราคารวม (บาท)
ถังบำบัดน้ำเสีย							
- ถังดักไขมัน	A_1	X_1	A_1X_1	-อุปกรณ์เติมเชื้อแบคทีเรียชีวภาพแบบหยดอัตโนมัติ -ท่อน้ำ+ข้ออ่อน	Y_1	$A_1X_1+Y_1$	$(A_1X_1+Y_1)+20\%$
- ถังเติมอากาศ	A_2	X_2	A_2X_2	-ปั๊มลม 40-60W -ท่อน้ำ+ข้ออ่อน	Y_2	$A_2X_2+Y_2$	$(A_2X_2+Y_2)+20\%$
ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน	A_3	X_3	A_3X_3	-ท่อน้ำ+ข้ออ่อน	Y_3	$A_3X_3+Y_3$	$(A_3X_3+Y_3)+20\%$
ถังกักเก็บน้ำฝน	A_4	X_4	A_4X_4	-ท่อน้ำ+ข้ออ่อน	Y_4	$A_4X_4+Y_4$	$(A_4X_4+Y_4)+20\%$
ถังหมักก๊าซชีวภาพ	A_5	X_5	A_5X_5	-ใบพัดกวนผสม -ท่อน้ำ+ข้ออ่อน	Y_5	$A_5X_5+Y_5$	$(A_5X_5+Y_5)+20\%$
รวมราคาค่าก่อสร้าง	A	X	AX		Y	AX+Y	(AX+Y)+20%

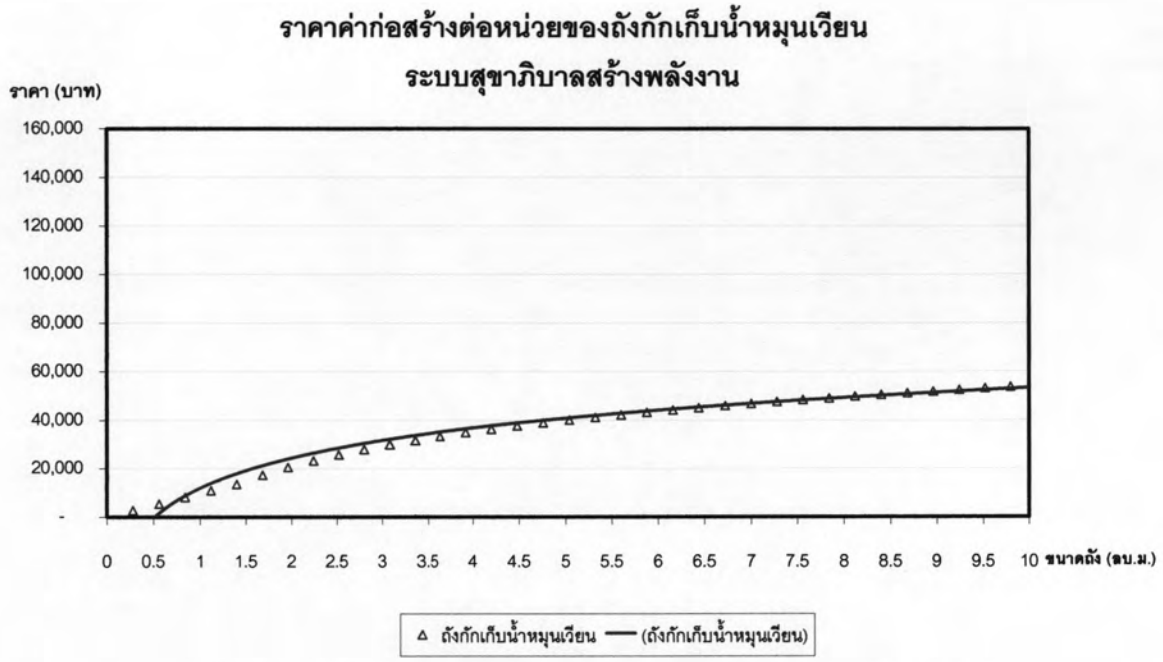
โดยสามารถหาค่า X ได้จากกราฟดังต่อไปนี้

กราฟแสดงค่า X_1 และ X_2



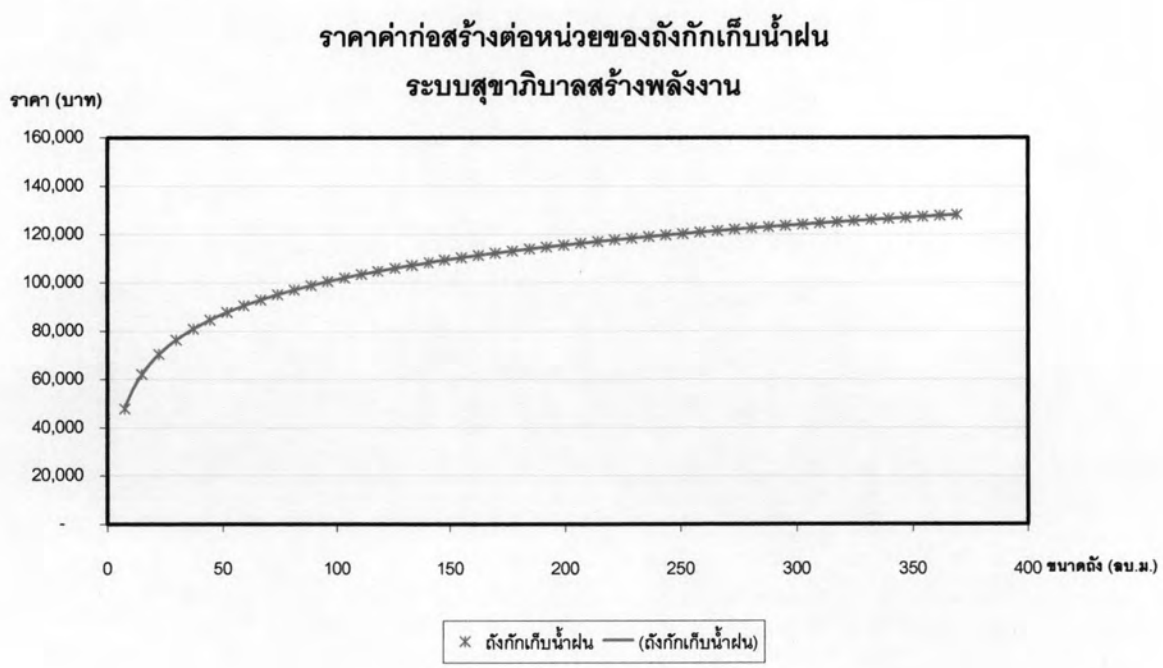
ภาพที่ 5.3 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังบำบัดน้ำเสีย

กราฟแสดงค่า X_3



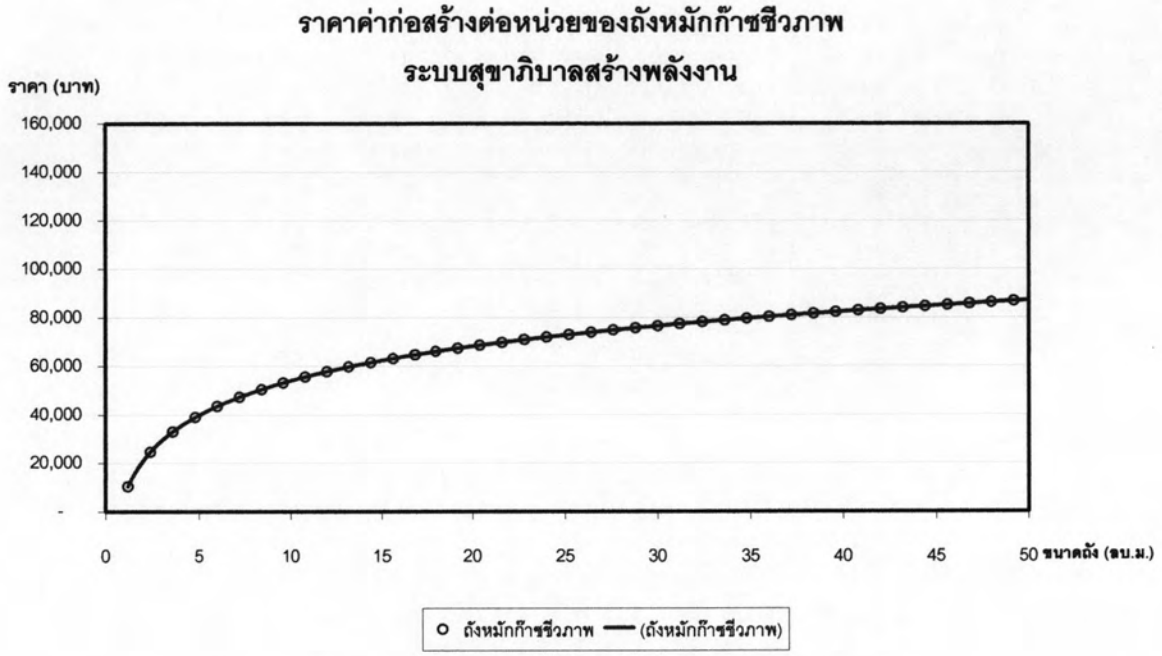
ภาพที่ 5.4 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน

กราฟแสดงค่า X_4



ภาพที่ 5.5 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักเก็บน้ำฝน

กราฟแสดงค่า X_5



ภาพที่ 5.6 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักหมักก๊าซชีวภาพ

และสามารถสรุปราคาค่าก่อสร้างของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานได้ดังนี้

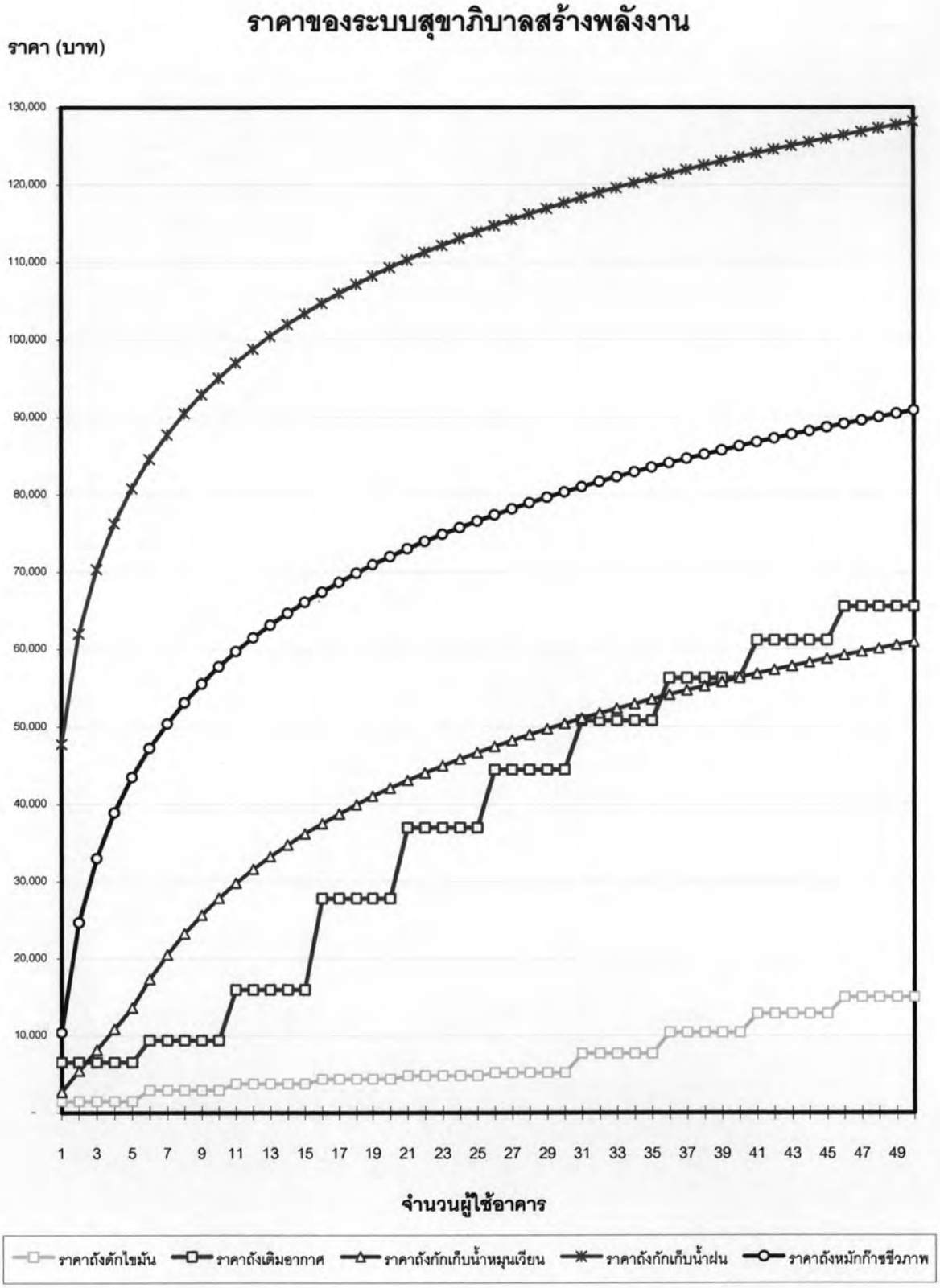
ตารางที่ 5.3 แสดงราคาค่าก่อสร้างของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ถังบำบัดน้ำเสีย		ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน (บาท)	ถังกักเก็บน้ำฝน (บาท)	ถังหมักก๊าซชีวภาพ (บาท)	รวม (บาท)
	ถังดักไขมัน (บาท)	ถังเติมอากาศ (บาท)				
1	1,502	6,548	2,720	47,762	10,434	68,965
2	1,502	6,548	5,441	62,006	24,678	100,174
3	1,502	6,548	8,161	70,338	33,010	119,559
4	1,502	6,548	10,881	76,250	38,922	134,103
5	1,502	6,548	13,601	80,836	43,507	145,994
6	2,926	9,400	17,348	84,582	47,254	161,510
7	2,926	9,400	20,516	87,750	50,422	171,014
8	2,926	9,400	23,260	90,494	53,166	179,246
9	2,926	9,400	25,680	92,915	55,586	186,507
10	2,926	9,400	27,845	95,080	57,752	193,003
11	3,760	15,954	29,804	97,038	59,710	206,266
12	3,760	15,954	31,592	98,826	61,498	211,631
13	3,760	15,954	33,237	100,471	63,143	216,565
14	3,760	15,954	34,760	101,994	64,666	221,134
15	3,760	15,954	36,178	103,412	66,084	225,387
16	4,351	27,788	37,504	104,738	67,410	241,792
17	4,351	27,788	38,750	105,984	68,656	245,529
18	4,351	27,788	39,924	107,159	69,831	249,053
19	4,351	27,788	41,036	108,270	70,942	252,386
20	4,351	27,788	42,090	109,324	71,996	255,549
21	4,809	36,968	43,092	110,327	72,998	268,194
22	4,809	36,968	44,048	111,283	73,954	271,062
23	4,809	36,968	44,962	112,196	74,868	273,803
24	4,809	36,968	45,836	113,071	75,743	276,427
25	4,809	36,968	46,675	113,909	76,581	278,943
26	5,184	44,468	47,481	114,715	77,387	289,236
27	5,184	44,468	48,257	115,491	78,163	291,563
28	5,184	44,468	49,004	116,238	78,910	293,805

ตารางที่ 5.3 แสดงราคาค่าก่อสร้างของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน (ต่อ)

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ถังบำบัดน้ำเสีย		ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน (บาท)	ถังกักเก็บน้ำฝน (บาท)	ถังหมักก๊าซชีวภาพ (บาท)	รวม (บาท)
	ถังดักไขมัน (บาท)	ถังเติมอากาศ (บาท)				
29	5,184	44,468	49,725	116,960	79,631	295,968
30	5,184	44,468	50,422	117,656	80,328	298,058
31	7,689	50,809	51,096	118,330	81,002	308,927
32	7,689	50,809	51,748	118,982	81,654	310,884
33	7,689	50,809	52,381	119,615	82,287	312,781
34	7,689	50,809	52,994	120,228	82,900	314,621
35	7,689	50,809	53,590	120,824	83,496	316,408
36	10,434	56,302	54,169	121,403	84,075	326,382
37	10,434	56,302	54,732	121,966	84,638	328,072
38	10,434	56,302	55,280	122,514	85,186	329,716
39	10,434	56,302	55,814	123,048	85,720	331,317
40	10,434	56,302	56,334	123,568	86,240	332,878
41	12,854	61,148	56,841	124,076	86,747	341,666
42	12,854	61,148	57,336	124,571	87,243	343,151
43	12,854	61,148	57,820	125,054	87,726	344,602
44	12,854	61,148	58,292	125,527	88,199	346,019
45	12,854	61,148	58,754	125,989	88,660	347,405
46	15,019	65,482	59,206	126,440	89,112	355,259
47	15,019	65,482	59,648	126,882	89,554	356,585
48	15,019	65,482	60,081	127,315	89,987	357,883
49	15,019	65,482	60,504	127,739	90,410	359,154
50	15,019	65,482	60,919	128,154	90,826	360,400

หมายเหตุ : ราคานี้ยังไม่รวมราคาค่าที่ดิน



ภาพที่ 5.7 กราฟแสดงราคาของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

5.5 การวิเคราะห์ความคุ้มทุน โดยวิเคราะห์จากราคาค่าก่อสร้าง เทียบกับค่าน้ำประปาค่าไฟฟ้า และค่าก๊าซหุงต้ม ที่ไม่ต้องจ่ายให้ส่วนกลาง

จากค่าลงทุนก่อสร้างที่ได้จากตารางแสดงราคาค่าก่อสร้างของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายรับที่ได้จากตารางแสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนที่ประหยัดได้ต่อคนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน สามารถวิเคราะห์ความคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ได้ดังนี้

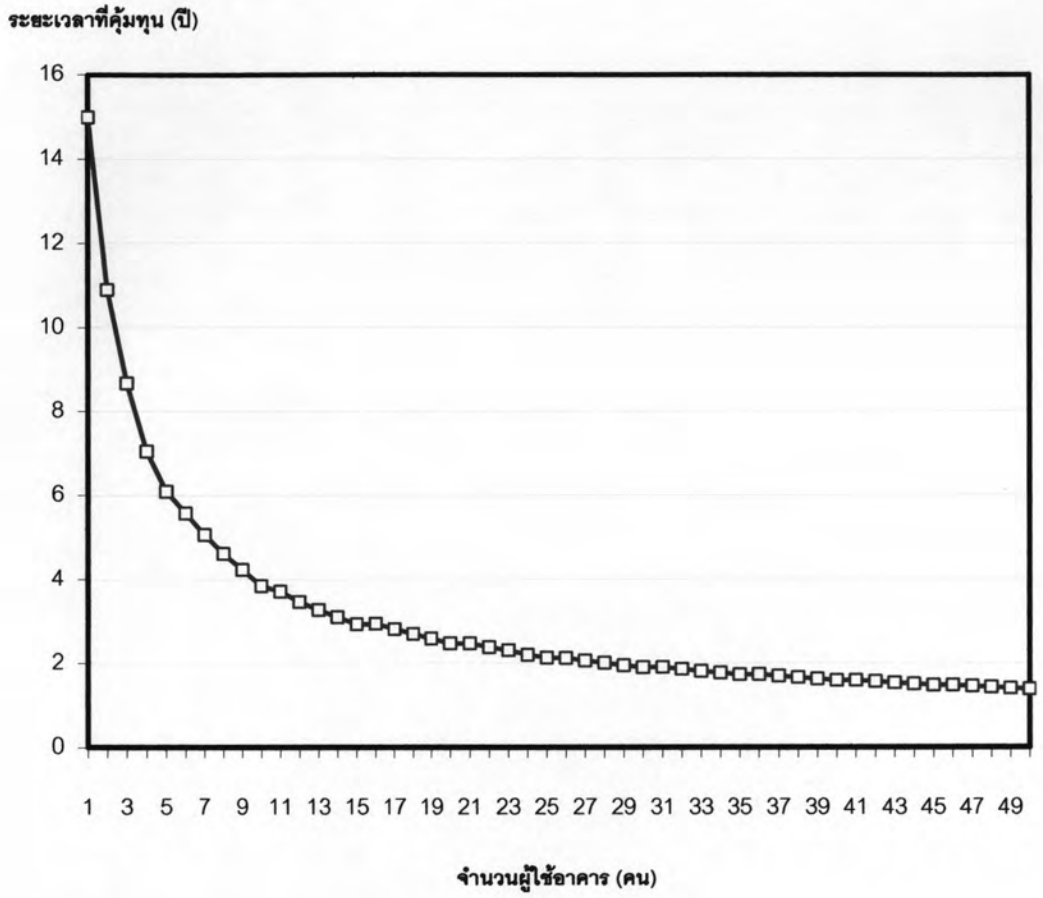
ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ค่าลงทุนก่อสร้าง (บาท)	รายรับต่อเดือน (บาท)	จำนวนเดือนที่คุ้มทุน	จำนวนปีที่คุ้มทุน
1	68,965	383.33	179.91	14.99
2	100,174	766.66	130.66	10.89
3	119,559	1,149.99	103.97	8.66
4	134,103	1,588.36	84.43	7.04
5	145,994	1,999.80	73.00	6.08
6	161,510	2,417.58	66.81	5.57
7	171,014	2,820.51	60.63	5.05
8	179,246	3,246.40	55.21	4.60
9	186,507	3,678.93	50.70	4.22
10	193,003	4,192.90	46.03	3.84
11	206,266	4,643.76	44.42	3.70
12	211,631	5,101.56	41.48	3.46
13	216,565	5,526.69	39.19	3.27
14	221,134	5,951.82	37.15	3.10
15	225,387	6,420.00	35.11	2.93
16	241,792	6,848.00	35.31	2.94
17	245,529	7,276.00	33.75	2.81
18	249,053	7,704.00	32.33	2.69
19	252,386	8,132.00	31.04	2.59
20	255,549	8,619.40	29.65	2.47
21	268,194	9,050.37	29.63	2.47
22	271,062	9,481.34	28.59	2.38

ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน (ต่อ)

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ค่าลงทุนก่อสร้าง (บาท)	รายรับต่อเดือน (บาท)	จำนวนเดือนที่คุ้มทุน	จำนวนปีที่คุ้มทุน
23	273,803	9,912.31	27.62	2.30
24	276,427	10,483.44	26.37	2.20
25	278,943	10,920.25	25.54	2.13
26	289,236	11,357.06	25.47	2.12
27	291,563	11,793.87	24.72	2.06
28	293,805	12,230.68	24.02	2.00
29	295,968	12,667.49	23.36	1.95
30	298,058	13,104.30	22.75	1.90
31	308,927	13,541.11	22.81	1.90
32	310,884	13,977.92	22.24	1.85
33	312,781	14,414.73	21.70	1.81
34	314,621	14,851.54	21.18	1.77
35	316,408	15,288.35	20.70	1.72
36	326,382	15,725.16	20.76	1.73
37	328,072	16,161.97	20.30	1.69
38	329,716	16,598.78	19.86	1.66
39	331,317	17,035.59	19.45	1.62
40	332,878	17,472.40	19.05	1.59
41	341,666	17,909.21	19.08	1.59
42	343,151	18,346.02	18.70	1.56
43	344,602	18,782.83	18.35	1.53
44	346,019	19,219.64	18.00	1.50
45	347,405	19,656.45	17.67	1.47
46	355,259	20,093.26	17.68	1.47
47	356,585	20,530.07	17.37	1.45
48	357,883	20,966.88	17.07	1.42
49	359,154	21,403.69	16.78	1.40
50	360,400	21,840.50	16.50	1.38

กราฟแสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน



ภาพที่ 5.8 กราฟแสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

กราฟข้างต้นนี้แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ซึ่งสรุปได้จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าลงทุนก่อสร้างกับค่าใช้จ่ายรายเดือนที่ประหยัดได้ ของระบบสุขาภิบาลสำหรับที่พักอาศัยที่มีจำนวนผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 1 ถึง 50 คน

5.6 เกณฑ์ในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

(1) ออกแบบผสานระบบถังบำบัดน้ำเสีย ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน ถังกักเก็บน้ำฝน และห้องเครื่องงานระบบสุขาภิบาล เป็นโครงสร้างฐานรากของอาคาร

(2) ออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ และถังหมักใบไม้ ไว้ภายนอกอาคาร โดยเชื่อมต่อโดยสะดวกกับห้องส้วม ห้องครัว และเครื่องปั่นไฟฟ้า

(3) ระดับฐานของระบบควรสูงกว่าระดับน้ำใต้ดินอย่างน้อย 0.50 เมตร

(4) ควรมีพื้นที่สำหรับรับน้ำฝนอย่างต่ำ 5 ตารางเมตรต่อคน

(5) มีถังเก็บน้ำสูงสำหรับพักน้ำฝนและน้ำหมุนเวียน ก่อนจ่ายไปยังสุขภัณฑ์ต่างๆ ด้วยแรงโน้มถ่วง

(6) อุณหภูมิของน้ำแต่ละส่วนควรอยู่ในช่วง 37-40 องศาเซลเซียส

(7) ควรเลือกทำเลที่ตั้งบริเวณชานเมืองหรือทำเลที่ใกล้เคียง เนื่องจากราคาที่ดินถูกกว่าในเมืองและเหมาะสมต่อวิถีชีวิตแบบชุมชนเมือง สามารถจัดสรรที่ดินเพื่อการจัดวางระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานได้อย่างเหมาะสม

(8) การออกแบบส่วนครัว ควรมีหัวเตา 2 ขนาด ขนาดใหญ่สำหรับหุงต้มโดยใช้ก๊าซชีวภาพ และขนาดปกติสำหรับหุงต้มโดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นตัวสำรอง

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ คือการนำคู่มือการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานมาประยุกต์ใช้สร้างต้นแบบระบบสุขาภิบาลที่สามารถสร้างพลังงาน และหมุนเวียนพลังงานได้เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงาน

ต้นแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ที่สามารถใช้ประโยชน์จากผลผลิตของระบบได้ทุกส่วนและทุกสถานะ ทั้งของเหลว ของแข็ง และก๊าซ ซึ่งได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ของส่วนต่างๆ ไว้ดังนี้

ตารางที่ 5.5 การใช้ประโยชน์จากผลผลิตของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

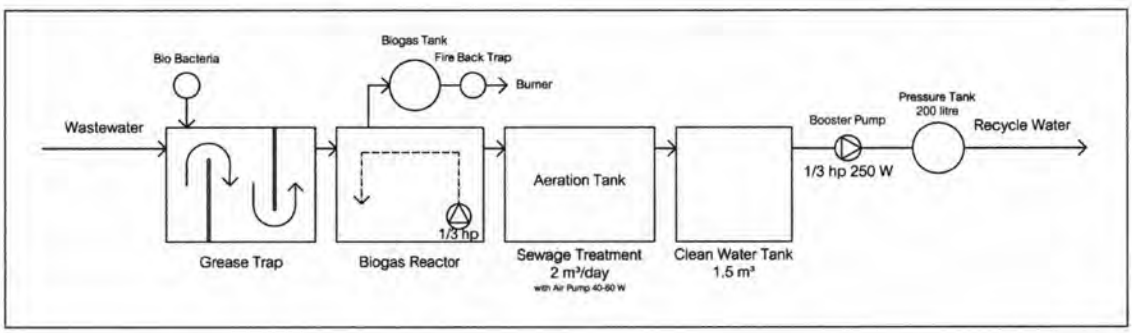
ผลผลิต	การใช้ประโยชน์
น้ำเสีย	หมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ทดแทนน้ำประปา รดน้ำต้นไม้ และใช้ต้นไม้เป็นตัวช่วยทำความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมด้วยการคายน้ำ ระบายความร้อนจากตัวระบายลมร้อนของเครื่องปรับอากาศ สร้างสุนทรียภาพส่งเสริมสถาปัตยกรรมด้วยการสะท้อนเงา
กากตะกอน	นำกากตะกอนที่ได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพมาทำเป็นปุ๋ยชีวภาพบำรุงต้นไม้ให้เจริญงอกงาม กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียถูกย่อยสลายจนหมดโดยแบคทีเรียชีวภาพ
ก๊าซชีวภาพ	ทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพได้อย่างคุ้มค่าที่สุด ทดแทนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งต้องใช้ก๊าซเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องยนต์ปั่นไฟ จึงอาจมีการสูญเสียของพลังงาน และที่สำคัญต้องมีการลงทุนก่อสร้างระบบปั่นไฟสูง ทดแทนพลังงานในการปรับอากาศที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) โดยใช้ความร้อนแปลงเป็นความเย็น

และทำการออกแบบต้นแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย ที่มีผู้พักอาศัยจำนวน 5 คน ออกแบบโดยประยุกต์ใช้คู่มือการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานผสานกับระบบวิศวกรรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรม รายละเอียดของการออกแบบประกอบด้วย แผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาล ขนาดของระบบสุขาภิบาล และรูปลักษณ์ของอาคาร ซึ่งได้แก่ ผังฐานราก ผังพื้นชั้นที่ 1 ผังพื้นชั้นที่ 2 ผังหลังคา และรูปตัด ดังนี้

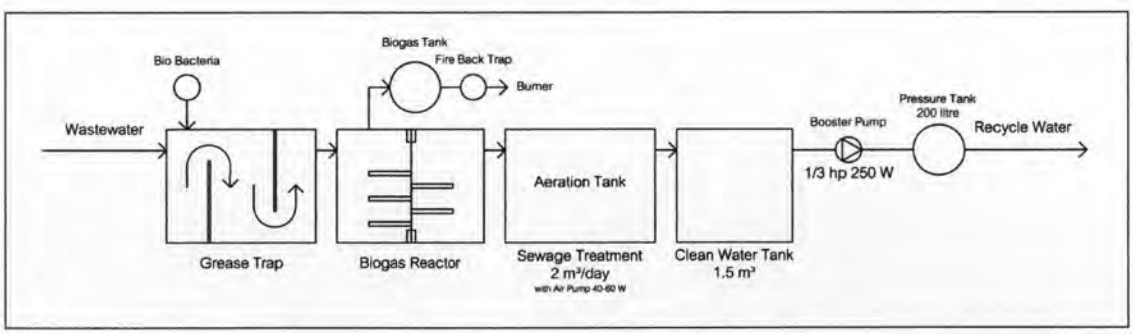
แผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาล ซึ่งได้นำเสนอสองรูปแบบเป็นทางเลือก

รูปแบบที่ 1 คือ เลือกใช้ถังหมักก๊าซชีวภาพที่กวนผสมสารตั้งต้นด้วยวิธีสูบกลับแบบคลองวนเวียน ซึ่งต้องใช้เครื่องสูบน้ำเสียขนาด 1/3 แรงม้า, 250 วัตต์

รูปแบบที่ 2 คือ เลือกใช้ถังหมักก๊าซชีวภาพที่กวนผสมสารตั้งต้นด้วยใบพัด โดยใช้แรงลมหรือใช้แรงคน ในการหมุนกวน เป็นการออกกำลังกายแบบแอบแฝงที่ไม่ต้องเสียพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 5.9 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน รูปแบบที่ 1



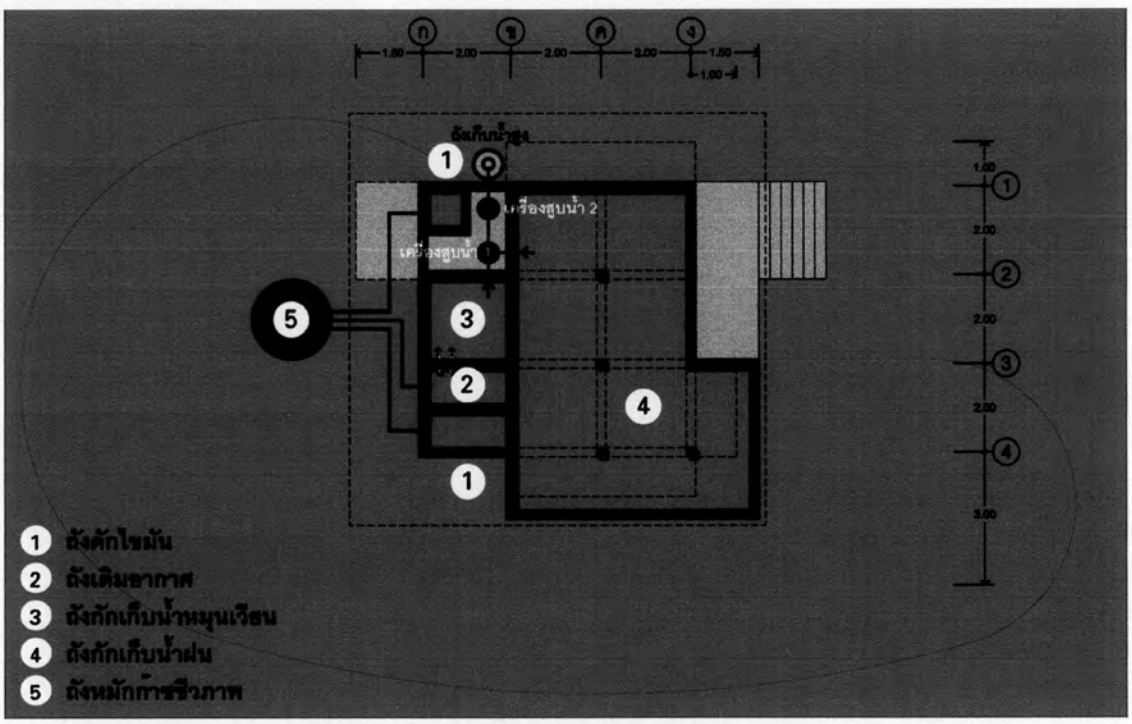
ภาพที่ 5.10 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน รูปแบบที่ 2

ขนาดของระบบสุขาภิบาล

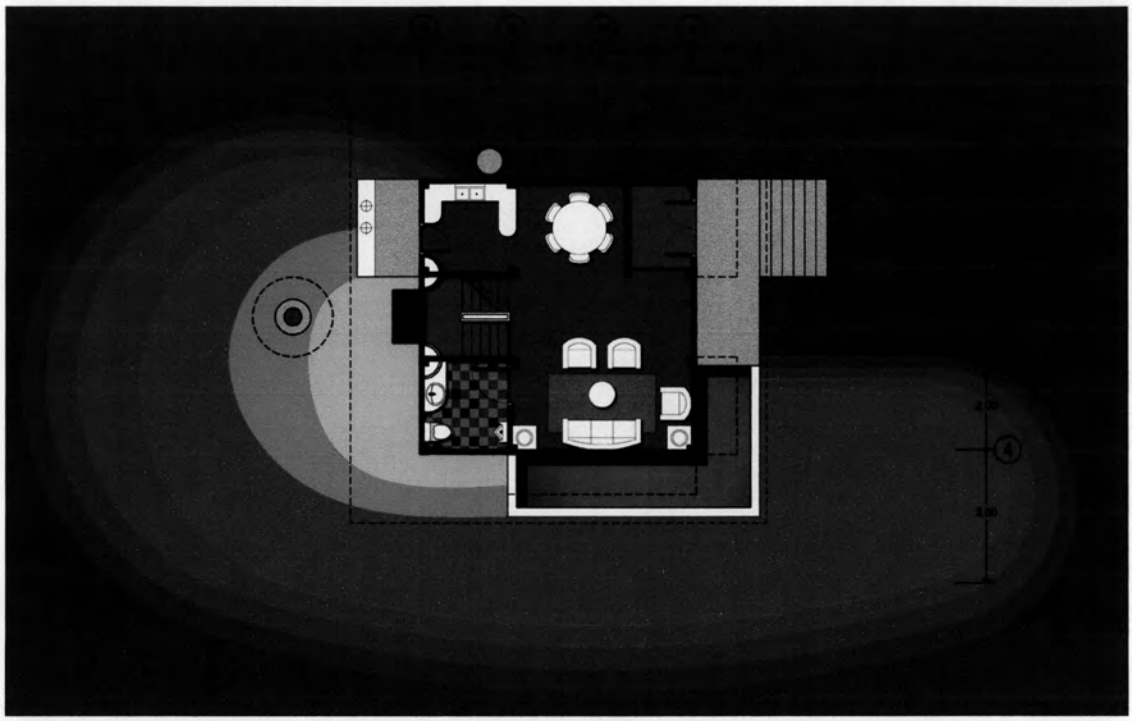
ตารางที่ 5.6 แสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน

จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)	ขนาดถังบำบัดน้ำเสีย		ขนาดถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังกักเก็บน้ำฝน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)
	ขนาดถังดักไขมัน (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดถังเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)			
5	0.15	0.35	1.40	36.90	6.00

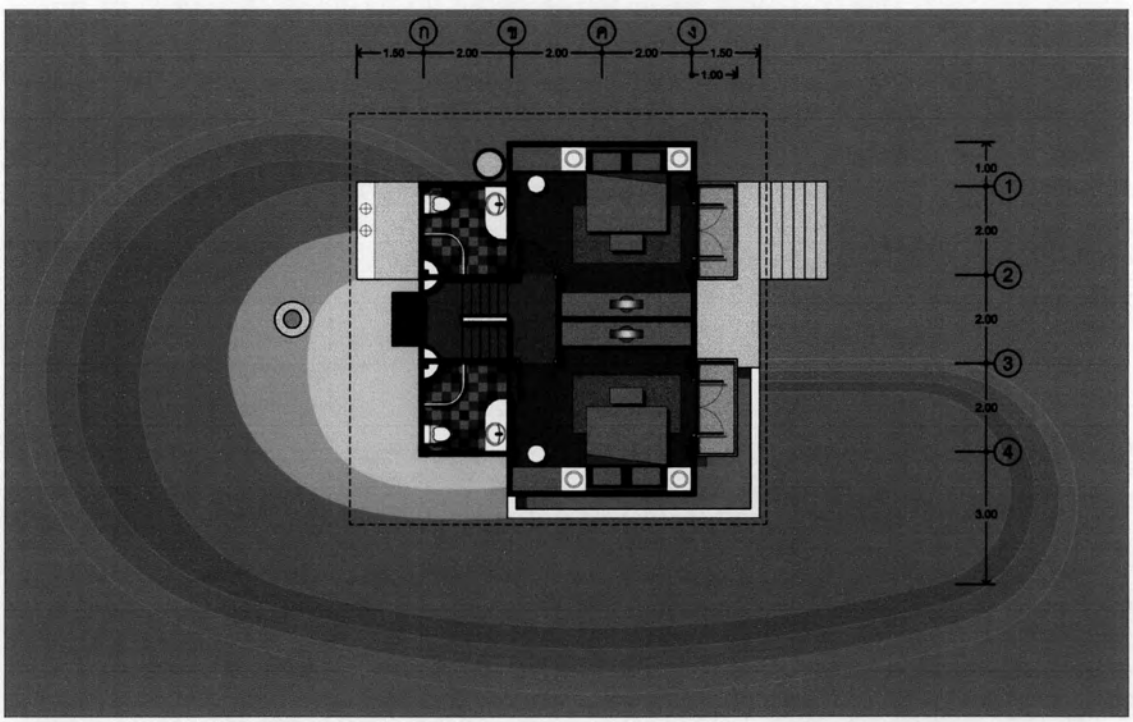
รูปลักษณ์ของอาคาร



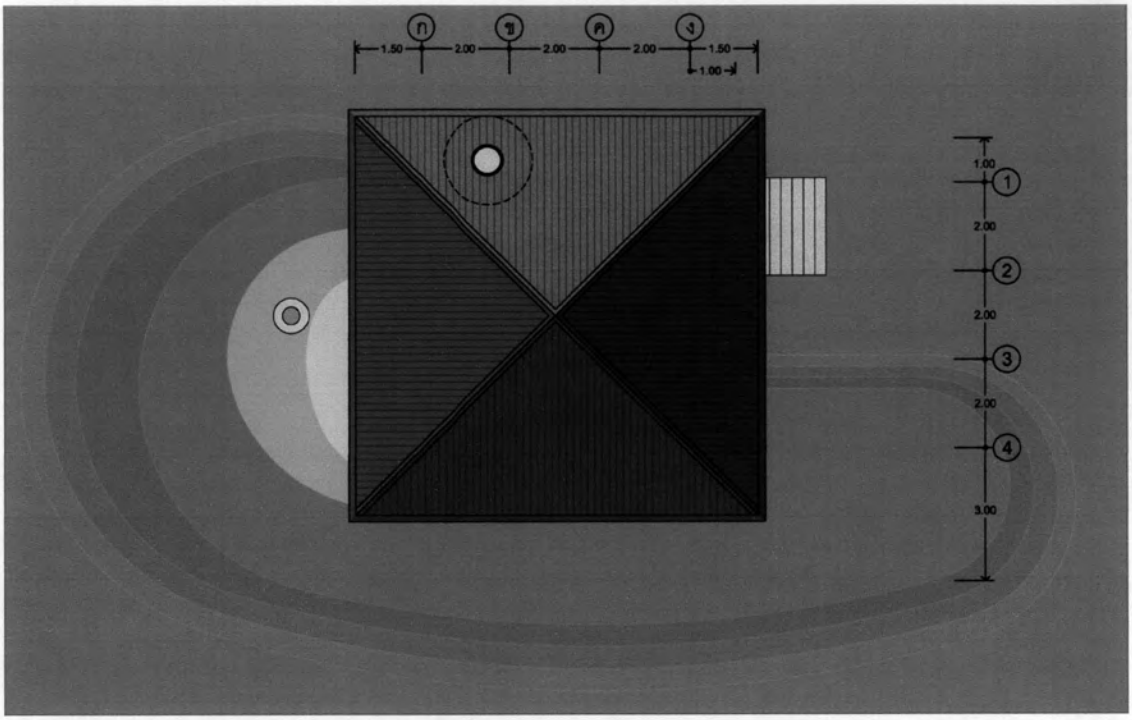
ภาพที่ 5.11 ผังฐานราก



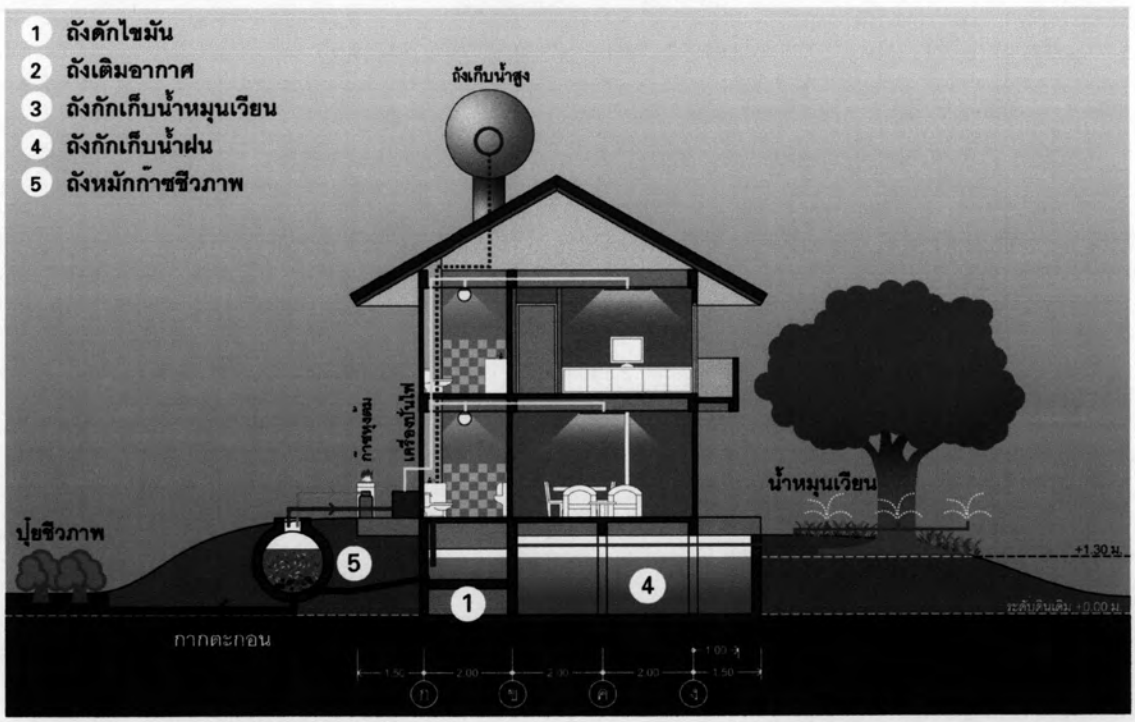
ภาพที่ 5.12 ผังพื้นชั้นที่ 1



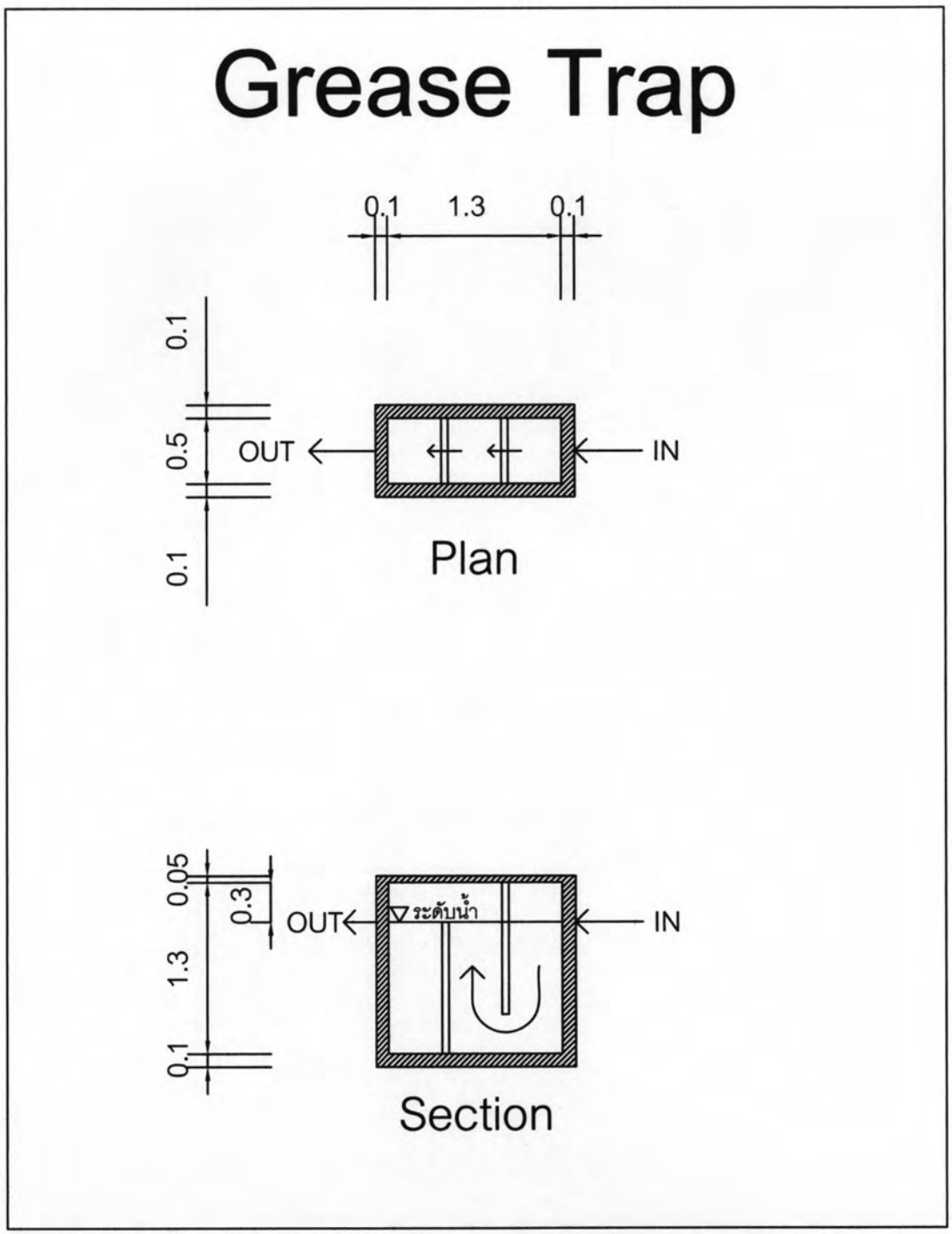
ภาพที่ 5.13 ผังพื้นชั้นที่ 2



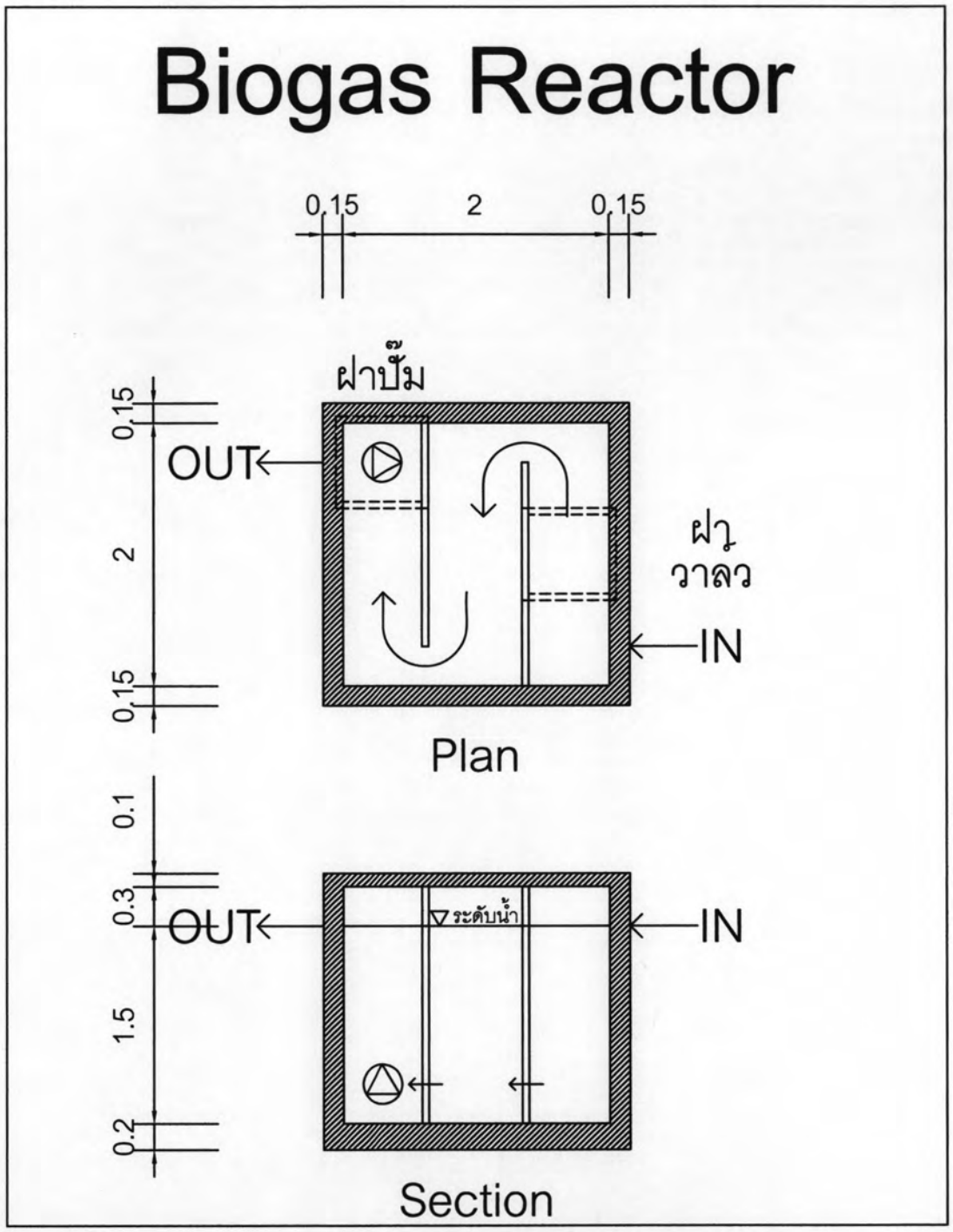
ภาพที่ 5.14 ผังหลังคา



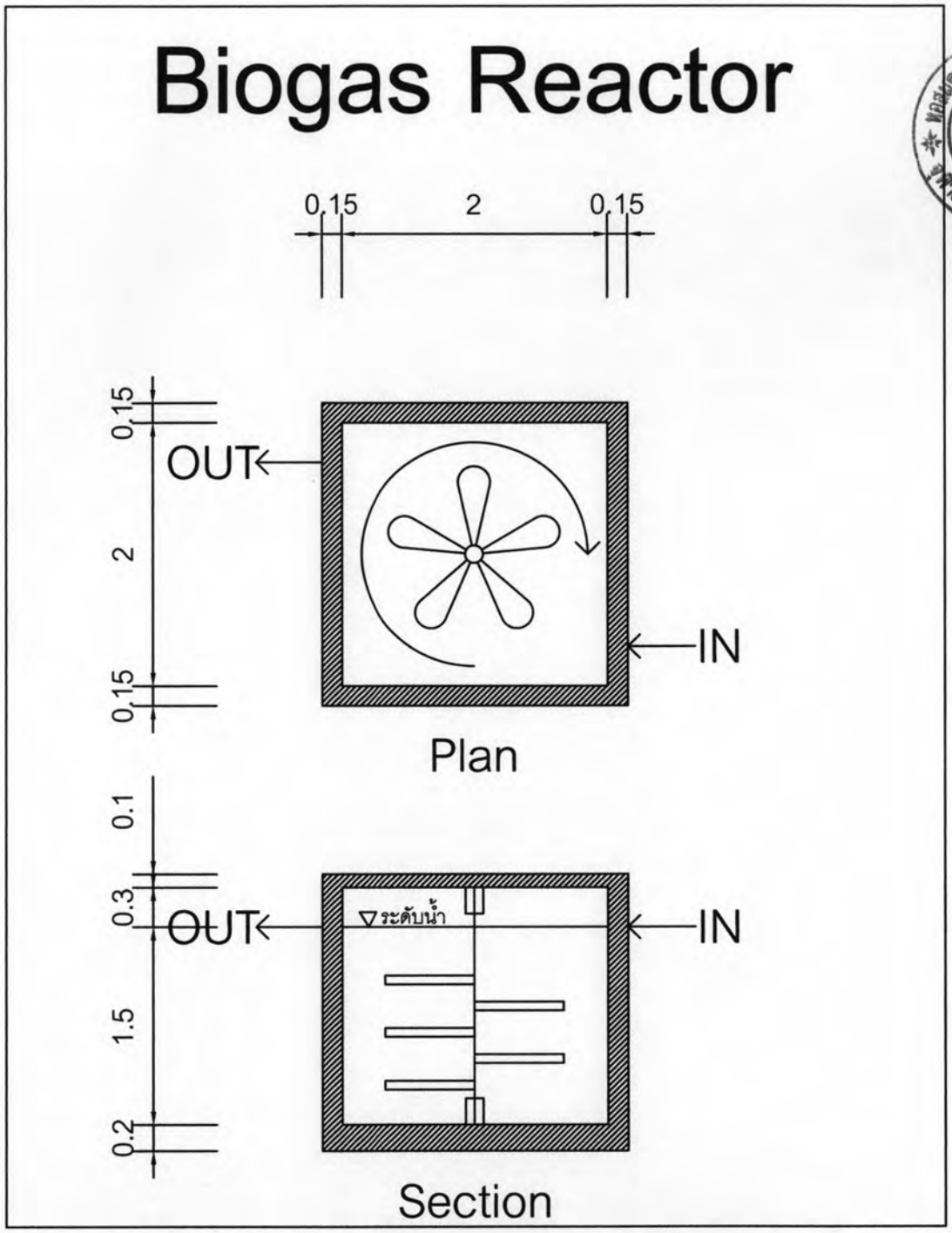
ภาพที่ 5.15 รูปตัด



ภาพที่ 5.16 แปลนและรูปตัดถังดักไขมัน



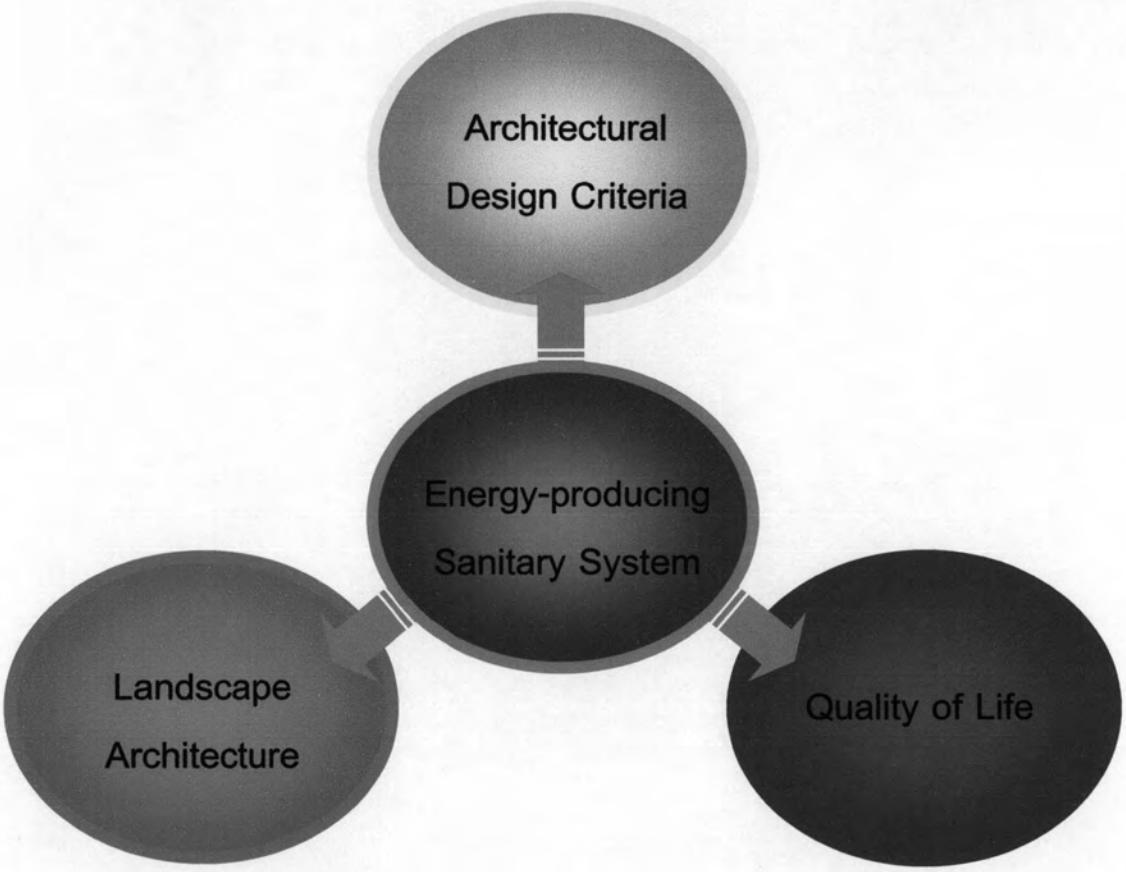
ภาพที่ 5.17 แปลนและรูปตัดถังหมักก๊าซชีวภาพ รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 5.18 แปลนและรูปตัดถังหมักก๊าซชีวภาพ รูปแบบที่ 2

สรุปผลการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

จากการออกแบบระบสุขาภิบาลสร้างพลังงานในงานวิจัยชิ้นนี้ สามารถสรุปอิทธิพลที่มีต่อแนวความคิดในด้านต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 5.19 ผลกระทบของการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน

เกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design Criteria)

1. การวางระบบสุขาภิบาลสำหรับบ้านพักอาศัย

- เปลี่ยนแนวคิดในการวางระบบสุขาภิบาลสำหรับบ้านพักอาศัย ยกตัวอย่างเช่น มีเปลี่ยนการจัดลำดับของระบบสุขาภิบาล ไม่ต้องมีบ่อพักน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

2. การจัดรูปแบบและตำแหน่งการใช้งาน

- สำหรับการจัดรูปแบบและตำแหน่งการใช้งานในส่วนต่างๆของบ้านพักอาศัย ตั้งแต่เริ่มขั้นตอนการออกแบบ ต้องคำนึงถึงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลเป็นหลัก

3. รูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม

- ความสูงของชั้นระบบสุขาภิบาลที่ต้องอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน และความสูงของอาคารที่ตั้งอยู่บนฐานระบบสุขาภิบาล รวมถึงความสูงของถังเก็บน้ำสูง ส่งผลให้การออกแบบรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมเปลี่ยนไป

การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม (Landscape Architecture)

1. การเลือกชนิดของต้นไม้สำหรับปลูกในบ้าน

- ถ้าต้องการก๊าซชีวภาพเพิ่ม เลือกต้นไม้ที่มีจำนวนใบมาก เพื่อให้ได้จำนวนเศษใบไม้ที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพมากขึ้น

- ถ้าต้องการน้ำเพิ่ม เลือกต้นไม้ที่มีปริมาณน้ำในใบมาก เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำจากการย่อยเศษใบไม้ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมากขึ้น

คุณภาพชีวิต (Quality of Life)

1. วิถีการดำรงชีวิต

- การเลือกรับประทานอาหารที่มีเส้นใยอาหารสูง เป็นการเพิ่มปริมาณอุจจาระ ส่งผลให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้น

- การออกกำลังกายโดยการหมุนแกนกวนถังหมักก๊าซชีวภาพ แทนการใช้มอเตอร์หรือปั๊มน้ำ นอกจากเป็นการลดการใช้พลังงานในการกวนผสมสารตั้งต้นแล้ว ยังมีส่วนช่วยส่งเสริมสุขภาพร่างกายให้แข็งแรงด้วย

2. ทัศนคติการใช้ชีวิต

- ทุกสรรพสิ่งในธรรมชาติล้วนเป็นของมีค่าที่เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด เช่น เศษขยะ เศษอาหาร เศษใบไม้ อุจจาระ หรือปัสสาวะ จึงทำให้เราเห็นคุณค่าของสิ่งต่างๆ และหาประโยชน์จากสิ่งเหล่านั้นให้ได้มากที่สุด และคุ้มค่าที่สุด

3. สภาพแวดล้อม

- ระบบนี้ไม่ปล่อยน้ำเสียทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถหมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้ และหากขยายผลต่อไปในหลายๆชุมชน จะส่งผลให้สภาพแหล่งน้ำธรรมชาติดียิ่งขึ้น

- ระบบนี้ไม่ปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่ชั้นบรรยากาศ แต่นำก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบมาเป็นพลังงานทดแทน

ข้อเสนอแนะ

1) ระบบสุขาภิบาลสามารถสร้างพลังงานได้อีกหลายรูปแบบ รูปแบบการสร้างพลังงานที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมต่อการวิจัยต่อไป คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้ความต่างศักย์ของอิเล็กตรอนระหว่างส่วนที่เป็นกรดและเป็นด่าง

2) การออกแบบอาคารที่ใช้ระบบทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ และการคายน้ำของต้นไม้ ทดแทนระบบปรับอากาศจากเครื่องปรับอากาศทั่วไป สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากกว่ากึ่งหนึ่งของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปกติ

3) การประยุกต์ใช้ระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานกับการออกแบบห้องน้ำเคลื่อนที่ สำหรับแก้ปัญหาน้ำท่วมและปัญหาการขาดแคลนน้ำ

4) งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการสร้างชุมชนยั่งยืน (Sustainable Concept) เพื่อก้าวสู่โลกอนาคตที่อยู่ได้ด้วยแนวคิดแห่งความพอเพียง