บทที่ 6

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

การจำแนกค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำจืด

จากการศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำจืดจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลช และระบบการประปาสามารถจำแนกค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ออกเป็น 6 หมวด ดังนี้

1. หมวดค่าพลังงาน ได้แก่ ค่าไฟฟ้า และค่าพลังงาน โดยส่วนใหญ่จะเป็นค่าไฟฟ้าเกี่ยวกับการผลิตน้ำ ซึ่งใช้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์

2. หมวดค่าสารเคมี ค่าใช้จ่ายในหมวดนี้นับว่าเป็นวัตถุดิบโดยตรงในการผลิตน้ำจืด ปริมาณการใช้จะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณน้ำที่ผลิต คุณภาพของน้ำดิบ หากคุณภาพของน้ำดิบขุ่นมากหรือมีความเค็มมาก ก็ต้องใช้สารเคมีมากขึ้นตามไปด้วย

3. หมวดเงินเดือน ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้างที่จ่ายให้กับผู้บริหาร พนักงานที่ควบคุมการผลิต และพนักงานช่าง เป็นต้น

4. หมวดการเปลี่ยนทดแทนเมมเบรน หมวดนี้จะมีเฉพาะสำหรับระบบรีเวอร์สออสโมซิส เป็นระบบเดียวที่มีการใช้เยื่อเมมเบรน

5. หมวดค่าซ่อมบำรุงรักษา ได้แก่ ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่นเครื่องจักร เป็นต้น

6. หมวดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าโสหุ้ยการผลิต ค่าเงินตอบแทน ซึ่งหมายถึงค่าปฏิบัติงานล่วงเวลา ค่ารักษาพยาบาล ค่าเล่าเรียนบุตร เป็นต้น

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำจืด

จากผลการคำนวณหาต้นทุนการผลิตน้ำจืดต่อลูกบาศก์เมตร ของระบบรีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลชและน้ำประปาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6.1 จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแต่ละรายการ พบว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติสเตทเฟลช เท่ากับ 14.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และ 9.60 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของการประปาแต่ละเขตมีค่าแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ดังนี้

การประปาชลบุรี	0.81	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาบ้านบึง	0.67	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาพนัสนิคม	0.63	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาพัทยา	0.42	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาแหลมฉบัง	0.79	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาระยอง	0.51	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาประแสร์	0.86	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
การประปาบ้านฉาง	0.85	บาทต่อลูกบาศก์เมตร

พบว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรของการผลิตน้ำประปา มีค่าเฉลี่ย 0.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรในการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลจากทั้งสองระบบและการประปา จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีบทบาทในการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลมาก

จากตารางที่ 6.2 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนทั้งหมดในการผลิตน้ำจืดจากระบบต่าง ๆ พบว่า ในระบบรีเวอร์สออสโมซิส ต้นทุนเงินทุนเท่ากับ 13.33 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะต่ำกว่าต้นทุนเงินทุนของระบบมัลติสเตทเฟลช เท่ากับ 36.94 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต้นทุนเงินทุนของระบบมัลติสเตทเฟลช สูงกว่าระบบรีเวอร์สออสโมซิสเกือบเท่าตัว เนื่องจากระบบมัลติสเตทเฟลชต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมากกว่า วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุอย่างดี สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรดได้ ในทางกลับกัน ต้นทุนการดำเนินงานในระบบรีเวอร์สออสโมซิสจะสูงกว่า ซึ่งเท่ากับ 22.36 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ระบบมัลติสเตทเฟลชเท่ากับ 13.93 บาทต่อลูกบาศก์เมตร แต่อย่างไรก็ตาม ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำจืดต่อลูกบาศก์เมตรของระบบรีเวอร์สออสโมซิส ซึ่งเท่ากับ 35.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร มีต้นทุนถูกกว่าต้นทุนรวมของระบบมัลติสเตทเฟลช ซึ่ง

เท่ากับ 50.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.1

ส่วนต้นทุนรวมต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร ในการผลิตน้ำประปาของการประปาแต่ละเขตในพื้นที่ภาคตะวันออก ดังแสดงในตารางที่ 6.2 พบว่าการประปาเขตชลบุรีและเขตระยองมีต้นทุนรวมต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร ค่อนข้างต่ำ คือ 6.21 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และ 8.04 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เนื่องจากทั้งสองเขต เป็นเขตชุมชนขนาดใหญ่ มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น การประปาเขตชลบุรีและเขตระยอง มีกำลังการผลิตทั้งหมดสูงมาก เท่ากับ 40,902,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และ 14,980,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเงินลงทุนซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ ทำให้ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำประปาต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำ

สำหรับต้นทุนรวมต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร ในการผลิตน้ำประปาของการประปาพนัสนิคม พัทยา แหลมฉบัง และประแสร์ มีค่าเท่ากับ 17.58 18.09 14.94 และ 16.76 ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการประปาบ้านบึง มีต้นทุนรวมต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรสูงมาก คือ 43.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากกำลังการผลิตน้ำประปา เท่ากับ 408,800 ลูกบาศก์ต่อปี เมื่อเมื่อเทียบกับเงินลงทุนซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ เท่ากับ 120,944,000 บาท ทำให้ต้นทุนรวมในการผลิตน้ำประปาต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรมีค่าสูงกว่าการประปาเขตอื่นๆ ดังแสดงรายละเอียดของการคำนวนหาต้นทุนการผลิตในหน่วยลูกบาศก์เมตรของการประปาแต่ละเขตไว้ในภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุน

จากตารางที่ 6.3 เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุนการผลิต พบว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบรีเวอร์สออสโมซิส มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุด เท่ากับ 64.85 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายด้านการเปลี่ยนทดแทนเมมเบรน มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงรองมาเป็นอันดับที่ 2 เท่ากับ 21.74 เปอรเซนต์ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 10.50 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 1.57 เปอร์เซนต์ และค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับที่ 5 เท่ากับ 1.34 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.2 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนในการผลิตน้ำจืดโดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส

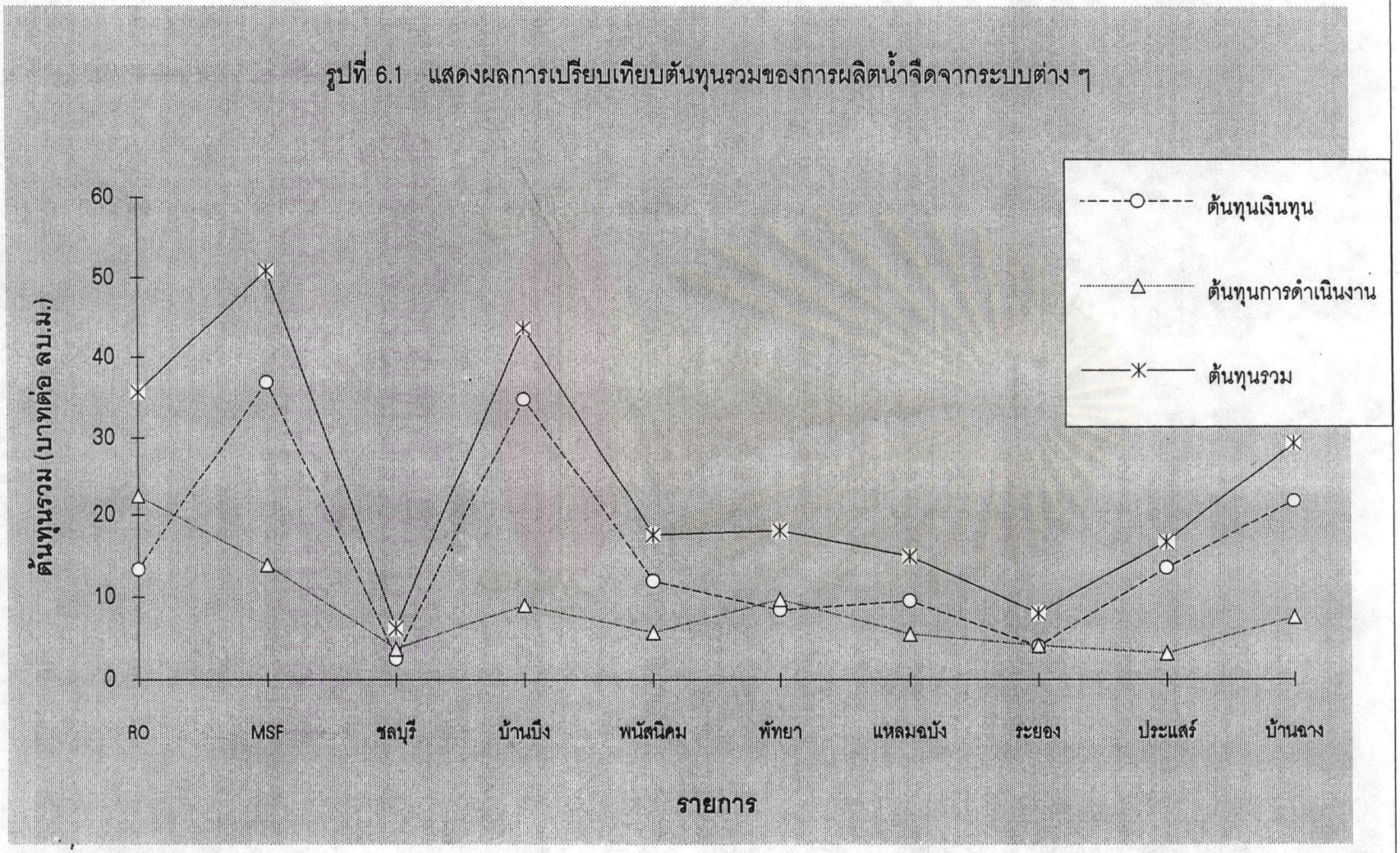
ตารางที่ 6.1 แสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนการดำเนินงานในการผลิตน้ำจืดจากระบบต่างๆ

รายการ	ต้นทุนต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศ์กเมตร)									
	RO	MSF	ชลบุรี	บ้านบึง	พนัสนิคม	พัทยา	แหลมฉบัง	ระยอง	ประแสร์	บ้านฉาง
ค่าไฟฟ้า	14.5	9.6	0.81	0.67	0.63	0.42	0.79	0.51	0.86	0.85
ค่าสารเคมี	0.3	0.3	0.54	0.53	1.86	0.57	0.67	0.7	0.48	0.86
ค่าแรงงาน	0.35	0.17	0.69	1.46	1.2	0.24	0.45	0.28	0.6	0.43
ค่าบำรุงรักษา	2.35	3.86	0.07	2.03	0.42	6.16	1.3	1.4	0.16	2.98
ค่าเปลี่ยนทดแทนเมมเบรน	4.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	-	-	1.57	4.33	1.53	2.31	2.23	1.19	0.04	2.42
รวม	22.36	13.93	3.68	9.02	5.64	9.7	5.44	4.08	2.14	7.54

ที่มา : จากการสรุปของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.1 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการผลิตน้ำจืดจากระบบต่าง ๆ



ตารางที่ 6.2 แสดงผลเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการผลิตน้ำจืดจากระบบต่างๆ

รายการ	ต้นทุนต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศ์กเมตร)									
	RO	MSF	ชลบุรี	บ้านบึง	พนัสนิคม	พัทยา	แหลมฉบัง	ระยอง	ประแสร์	บ้านฉาง
ต้นทุนเงินทุน	13.33	36.94	2.53	34.75	11.94	8.39	9.5	3.96	13.62	21.77
ต้นทุนการดำเนินงาน	22.36	13.93	3.68	9.02	5.64	9.7	5.44	4.08	3.14	7.54
ต้นทุนรวม	35.69	50.87	6.21	43.77	17.58	18.09	14.94	8.04	16.76	29.31

ที่มา : จากการสรุปของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 6.4 พบว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบมัลติสเตทเฟลช มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 68.92 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายด้านซ่อมบำรุงรักษา มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 27.71 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีมีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 2.15 เปอร์เซนต์ และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 1.22 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.3 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำจืดโดยวิธีมัลติสเตทเฟลช

จากตารางที่ 6.5 พบว่าค่าใช้จ่ายอื่นๆของการประปาชลบุรี มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 35.60 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 22.01 เปอร์เซนต์ ค่าซ่อมบำรุงรักษามีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 18.75 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 14.67 เปอร์เซนต์ และค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 8.97 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.4 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาชลบุรี

จากตารางที่ 6.6 พบว่าค่าใช้จ่ายอื่นๆของการประปาบ้านบึง มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 48.00 เปอร์เซนต์ ค่าซ่อมบำรุงรักษามีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 22.5188 เปอร์เซนต์ ค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 16.19 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 7.43 เปอร์เซนต์ และค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 5.88 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.5 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านบึง

จากตารางที่ 6.7 พบว่าค่าสารเคมีของการประปาพนัสนิคม มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 32.98 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายอื่นๆมีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 27.13 เปอร์เซนต์ ค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 21.28 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 11.17 เปอร์เซนต์ และค่าซ่อมบำรุงรักษา มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 7.45 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.6 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพนัสนิคม

จากตารางที่ 6.8 พบว่าค่าซ่อมบำรุงรักษาของการประปาพัทยา มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 63.51 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 23.81 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 5.88 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 4.33 เปอร์เซนต์ และค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 2.47 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.7 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพัทยา

จากตารางที่ 6.9 พบว่าค่าใช้จ่ายอื่นๆของการประปาแหลมฉบัง มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 40.99 เปอร์เซนต์ ค่าซ่อมบำรุงรักษา มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 23.90 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 14.52 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 12.32 เปอร์เซนต์ และค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 8.27 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.8 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาแหลมฉบัง

จากตารางที่ 6.10 พบว่าค่าซ่อมบำรุงรักษาของการประปาระยอง มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 34.31 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายอื่นๆมีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 29.17 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 17.16 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 12.50 เปอร์เซนต์ และค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 6.86 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.9 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาระยอง

จากตารางที่ 6.11 พบว่าค่าใช้จ่ายอื่นๆของการประปาประแสร์ มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 33.12 เปอร์เซนต์ ค่าพลังงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 27.39 เปอร์เซนต์ ค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 19.11 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 15.29 เปอร์เซนต์ และค่าซ่อมบำรุงรักษา มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 5.10 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.12 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาประแสร์

จากตารางที่ 6.12 พบว่าค่าซ่อมบำรุงรักษาของการประปาบ้านฉาง มีสัดส่วนของต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 39.52 เปอร์เซนต์ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับ 2 เท่ากับ 32.10 เปอร์เซนต์ ค่าสารเคมี มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 3 เท่ากับ 11.41 เปอร์เซนต์ ค่าไฟฟ้า มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมสูงเป็นอันดับที่ 4 เท่ากับ 11.27 เปอร์เซนต์ และค่าแรงงาน มีสัดส่วนต้นทุนต่อต้นทุนรวมเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 5.70 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.11 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านฉาง

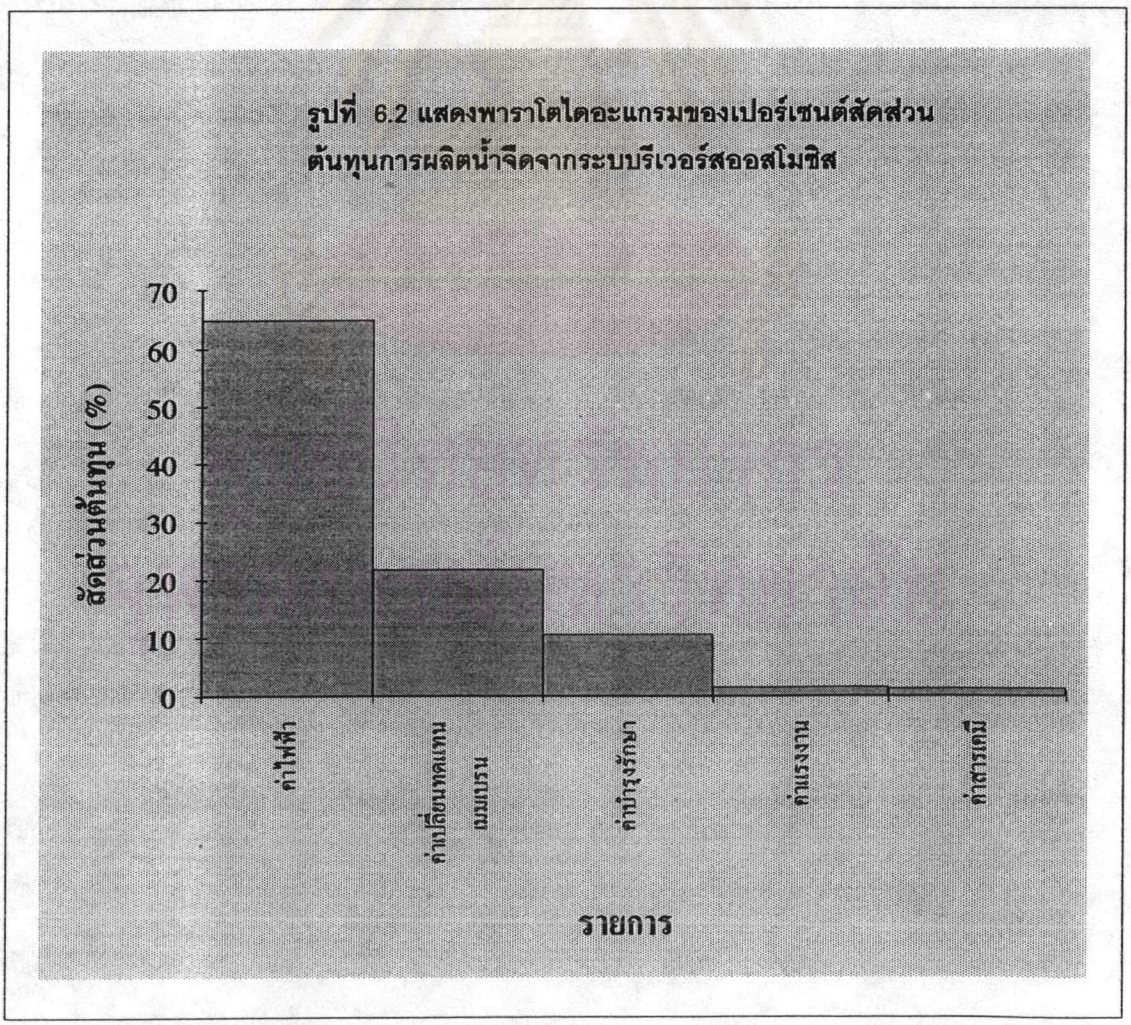
ผลจากการวิเคราะห์สัดส่วนขององค์ประกอบต้นทุน ทำให้ทราบได้ชัดเจนว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของทั้งสองระบบ มีสัดส่วนต้นทุนของต้นทุนรวมสูงที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า ค่าพลังงานมีบทบาทสูงมากต่อต้นทุนการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลจากทั้งสองระบบ

สำหรับระบบรีเวอร์สออสโมซิส ยังต้องคำนึงถึง ค่าใช้จ่ายด้านการเปลี่ยนเมมเบรนทดแทนอีกด้วย ซึ่งมีบทบาทต่อต้นทุนการผลิตน้ำจืดเป็นอันดับสอง รองจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เนื่องจากในปัจจุบันราคาของเยื่อเมมเบรน มีราคาแพงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตได้เอง แต่ในอนาคต หากประเทศไทยสามารถผลิตเยื่อเมมเบรนได้เอง และมีคุณภาพที่เหมาะสม อาจทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตน้ำจืดได้

สำหรับค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีของทั้งสองระบบ มีค่าสัดส่วนต้นทุนของต้นทุนรวมในการผลิตน้ำจืดน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แต่อย่างไรก็ตาม ต้นทุนค่าสารเคมีต่อลูกบาศก์เมตร ก็มีส่วนสำคัญในการผลิตน้ำจืดเช่นกัน ปริมาณการใช้สารเคมีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับคุณภาพของน้ำทะเล โดยเฉพาะค่าความขุ่นและค่าความเค็มของน้ำทะเล ที่นำเข้ามาในระบบการผลิต กรณีที่น้ำทะเลมีค่าความขุ่น และค่าความเค็มสูง องค์ประกอบต้นทุนค่าสารเคมีก็จะสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนของระบบรีเวอร์สออสโมซิส

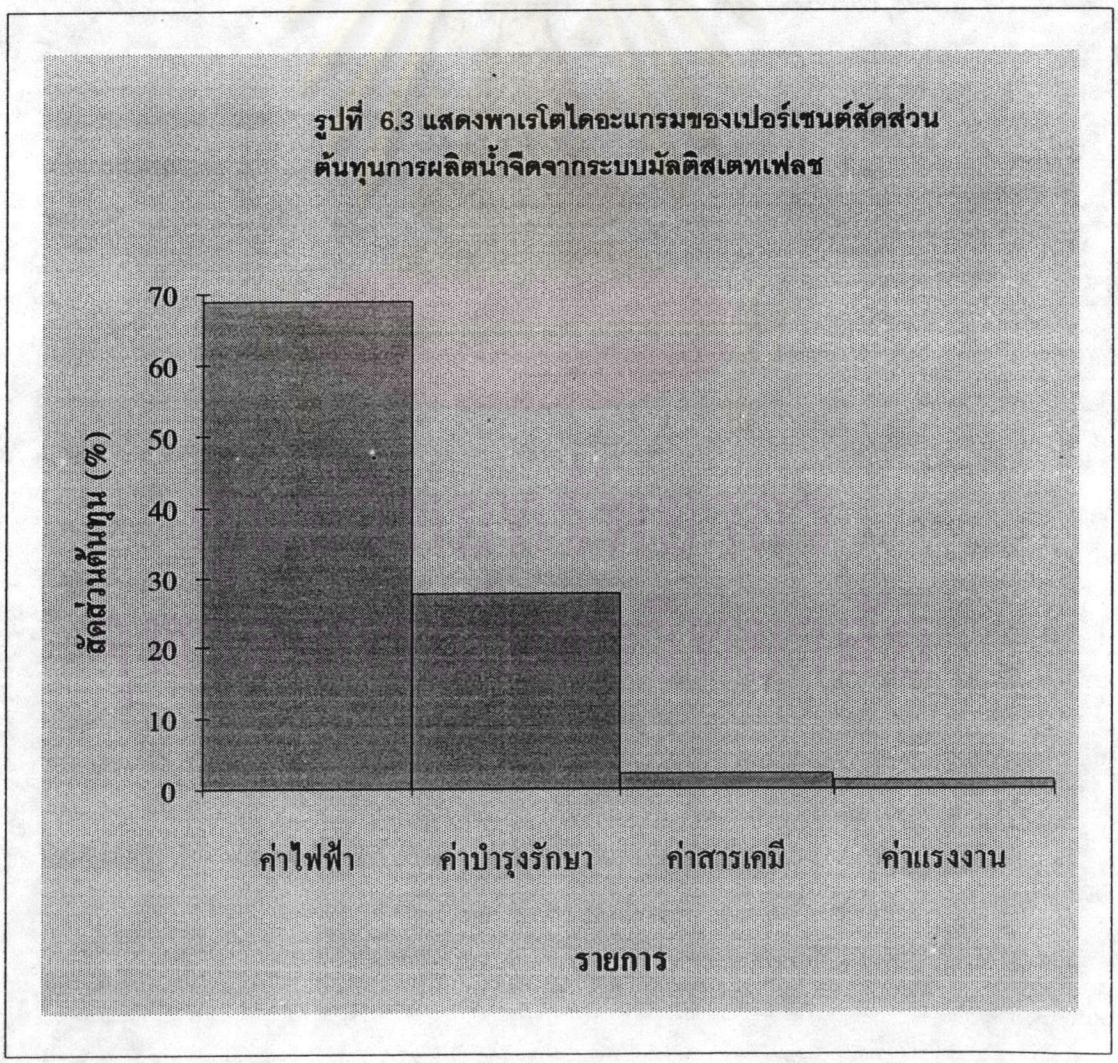
รายการ	ระบบรีเวอร์สออสโมซิส	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	14.5	64.85
ค่าสารเคมี	0.3	1.34
ค่าแรงงาน	0.35	1.57
ค่าบำรุงรักษา	2.35	10.5
ค่าเปลี่ยนทดแทนเมมเบรน	4.86	21.74
ต้นทุนรวม	22.36	100



รูปที่ 6.2 แสดงพาราโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำจืดจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์ สัดส่วนต้นทุนของระบบมัลติสเตทเฟลช

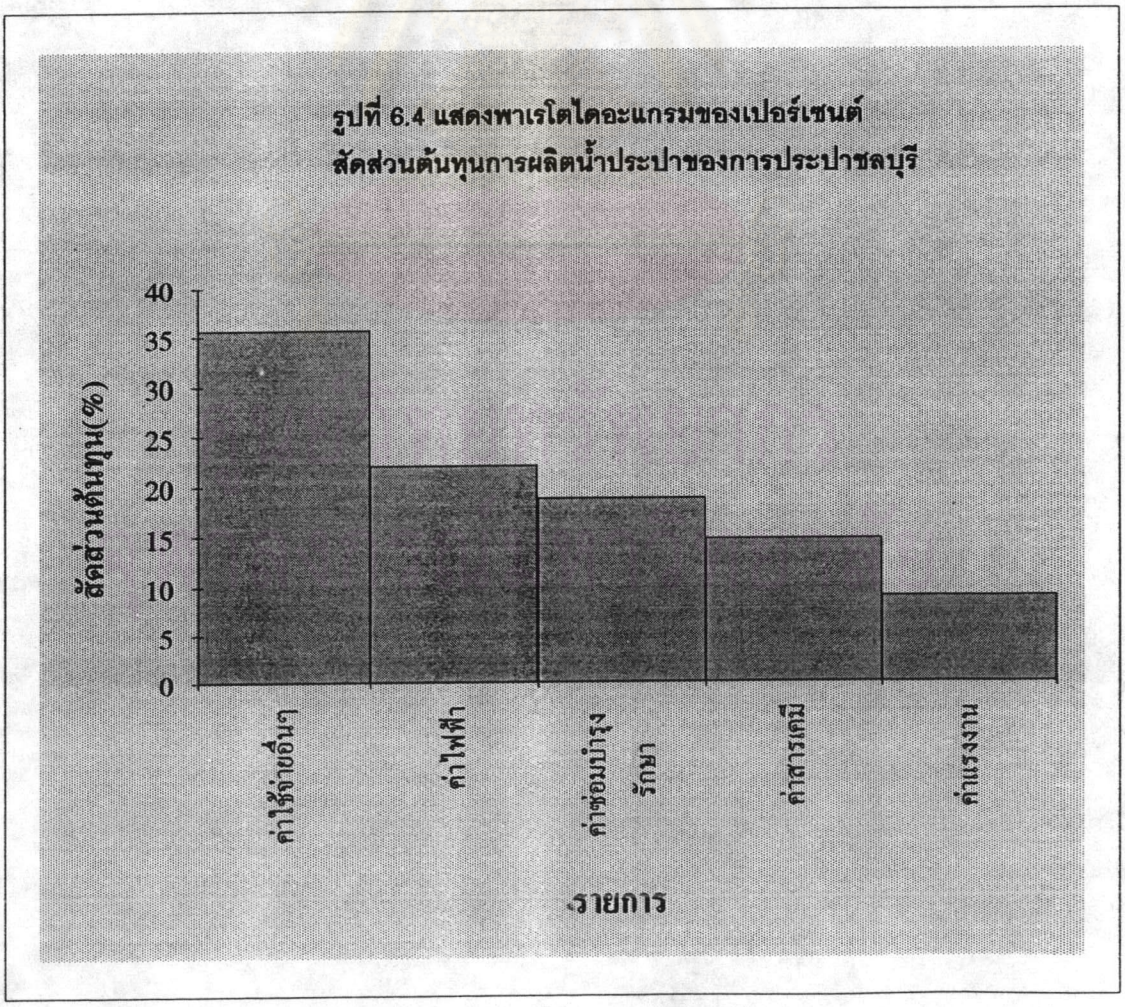
รายการ	ระบบมัลติสเตทเฟลช	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	9.6	68.92
ค่าสารเคมี	0.3	2.15
ค่าแรงงาน	0.17	1.22
ค่าบำรุงรักษา	3.86	27.71
ต้นทุนรวม	13.93	100



รูปที่ 6.3 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำจืดจากระบบมัลติสเตทเฟลช

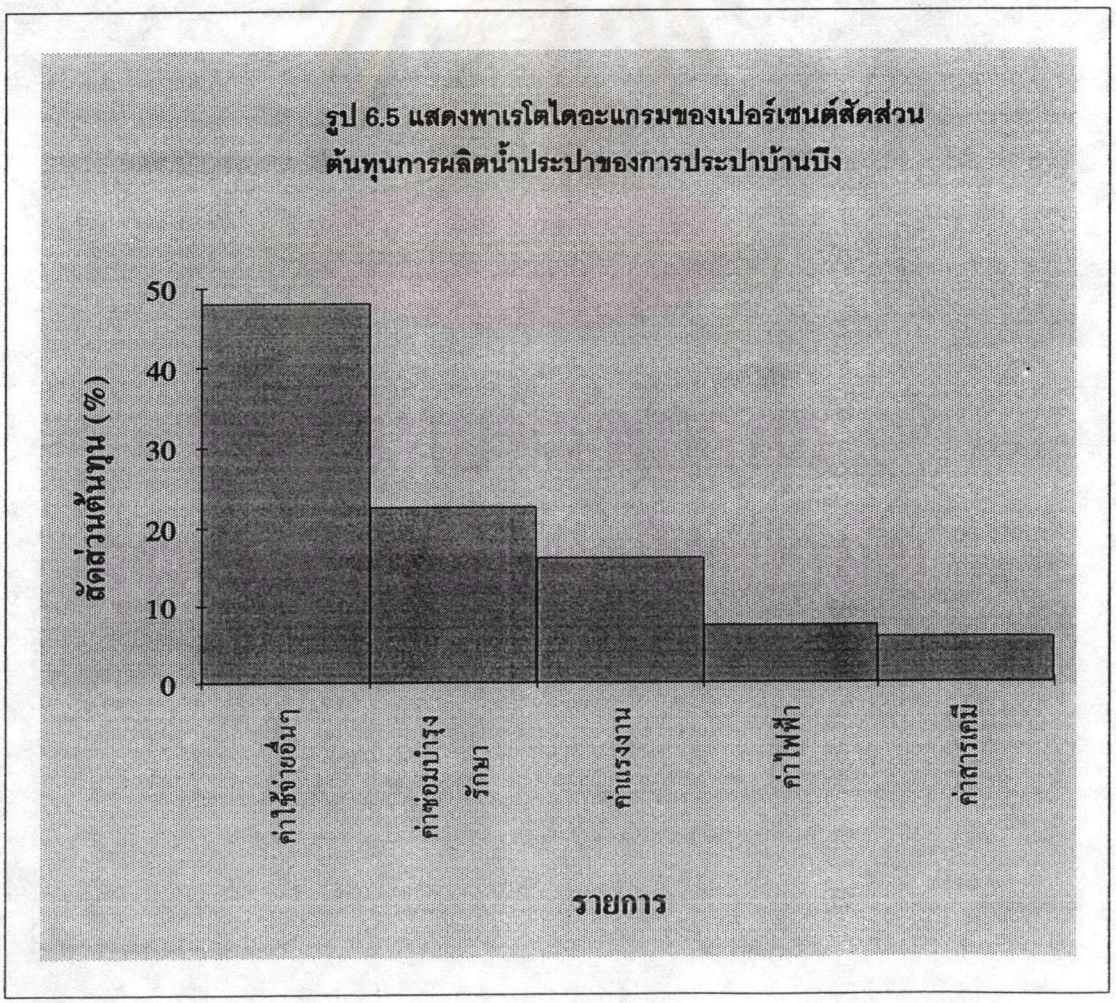
ตารางที่ 6.5 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาชลบุรี

รายการ	การประปาชลบุรี	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.81	22.01
ค่าสารเคมี	0.54	14.67
ค่าแรงงาน	0.33	8.97
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	0.69	18.75
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1.31	35.60
ต้นทุนรวม	3.68	100.00



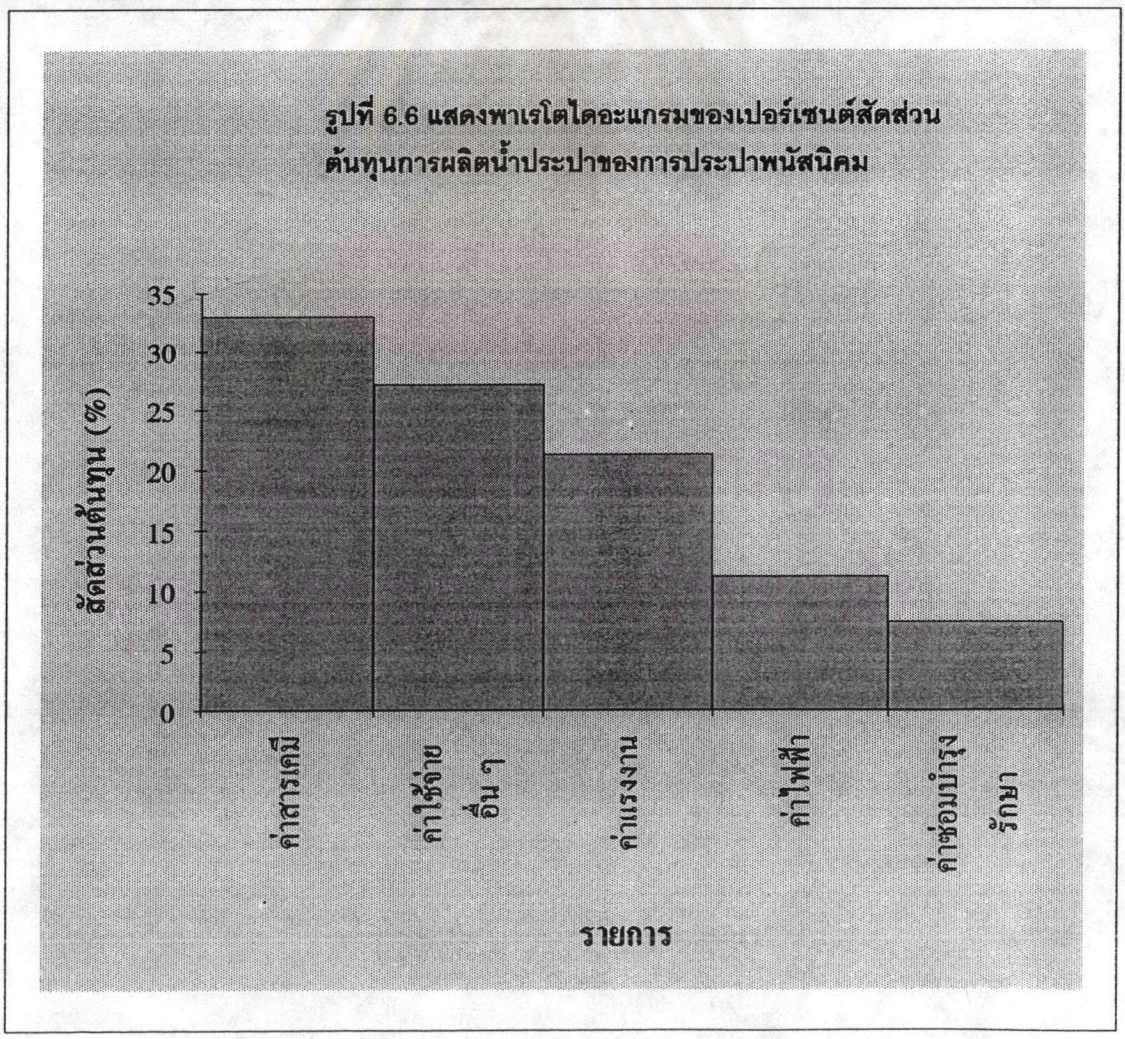
ตารางที่ 6.6 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์ สัดส่วนต้นทุนของการประปาบ้านบึง

รายการ	การประปาบ้านบึง	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.67	7.43
ค่าสารเคมี	0.53	5.88
ค่าแรงงาน	1.46	16.19
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	2.03	22.51
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	4.33	48.00
ต้นทุนรวม	9.02	100.00



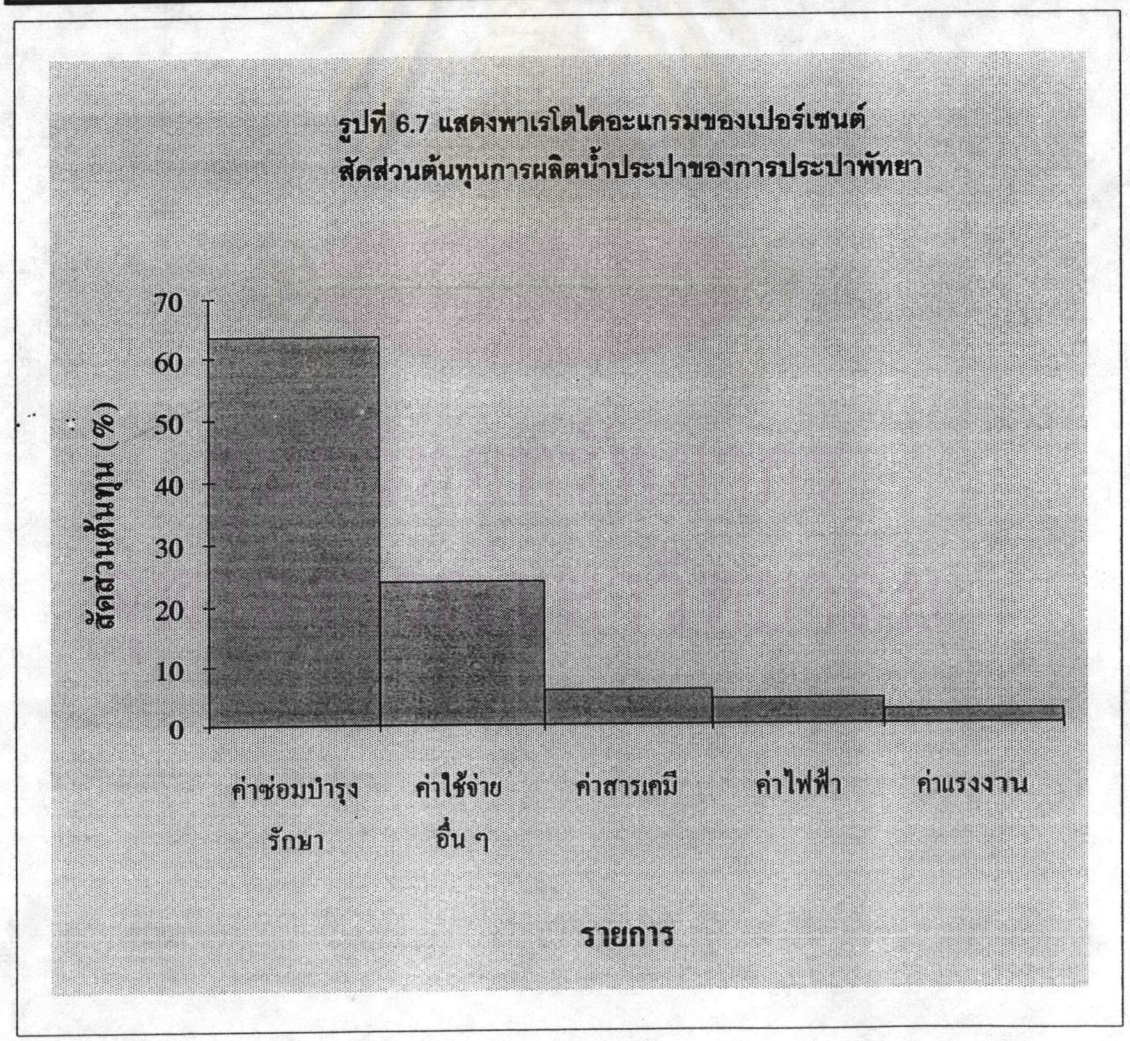
ตารางที่ 6.7 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาพนัสนิคม

รายการ	การประปาพนัสนิคม	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.63	11.17
ค่าสารเคมี	1.86	32.98
ค่าแรงงาน	1.2	21.28
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	0.42	7.45
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1.53	27.13
ต้นทุนรวม	5.64	100.00



ตารางที่ 6.8 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์ สัดส่วนต้นทุนของการประปาพัทยา

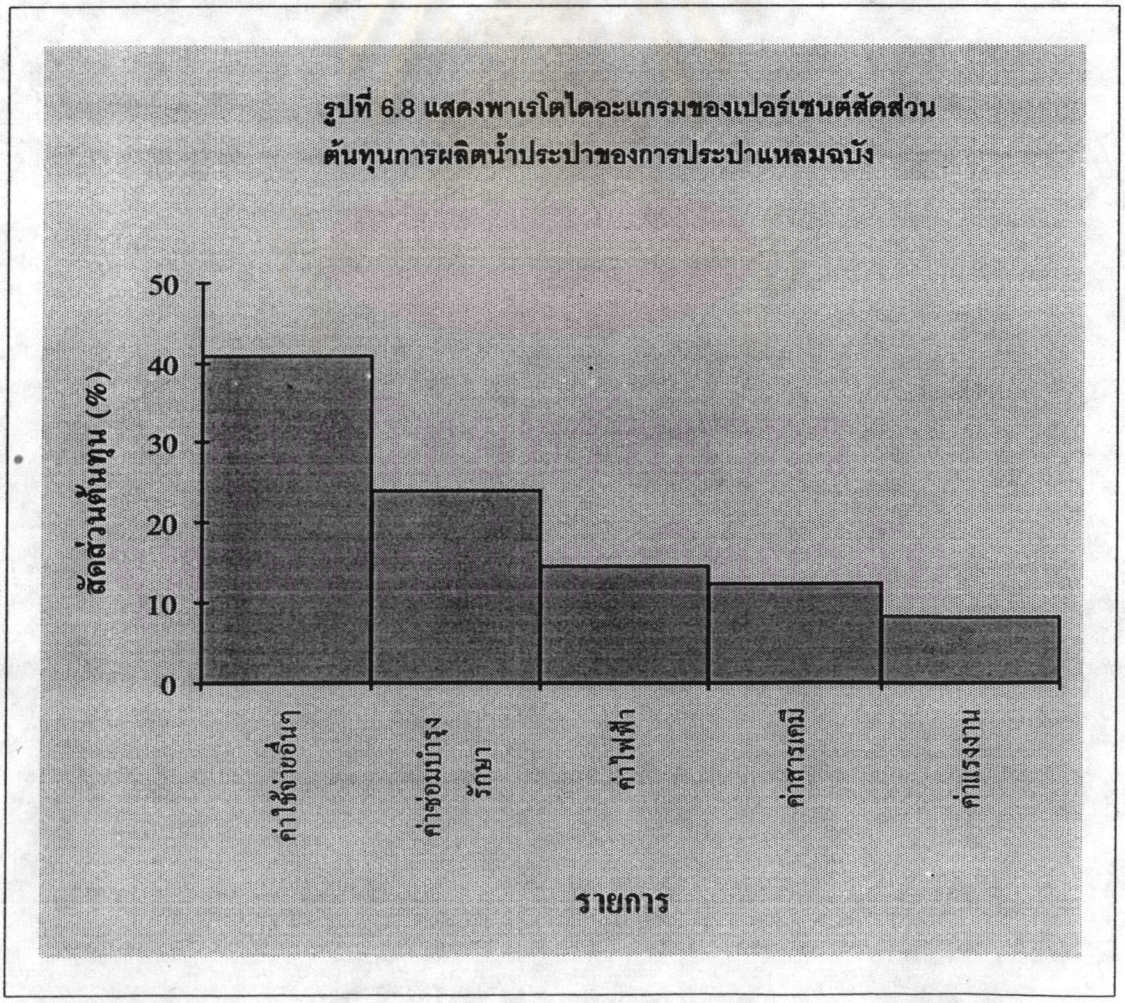
รายการ	การประปาพัทยา	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.42	4.33
ค่าสารเคมี	0.57	5.88
ค่าแรงงาน	0.24	2.47
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	6.16	63.51
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2.31	23.81
ต้นทุนรวม	9.7	100.00



รูปที่ 6.7 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาพัทยา

ตารางที่ 6.9 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาแหลมฉบัง

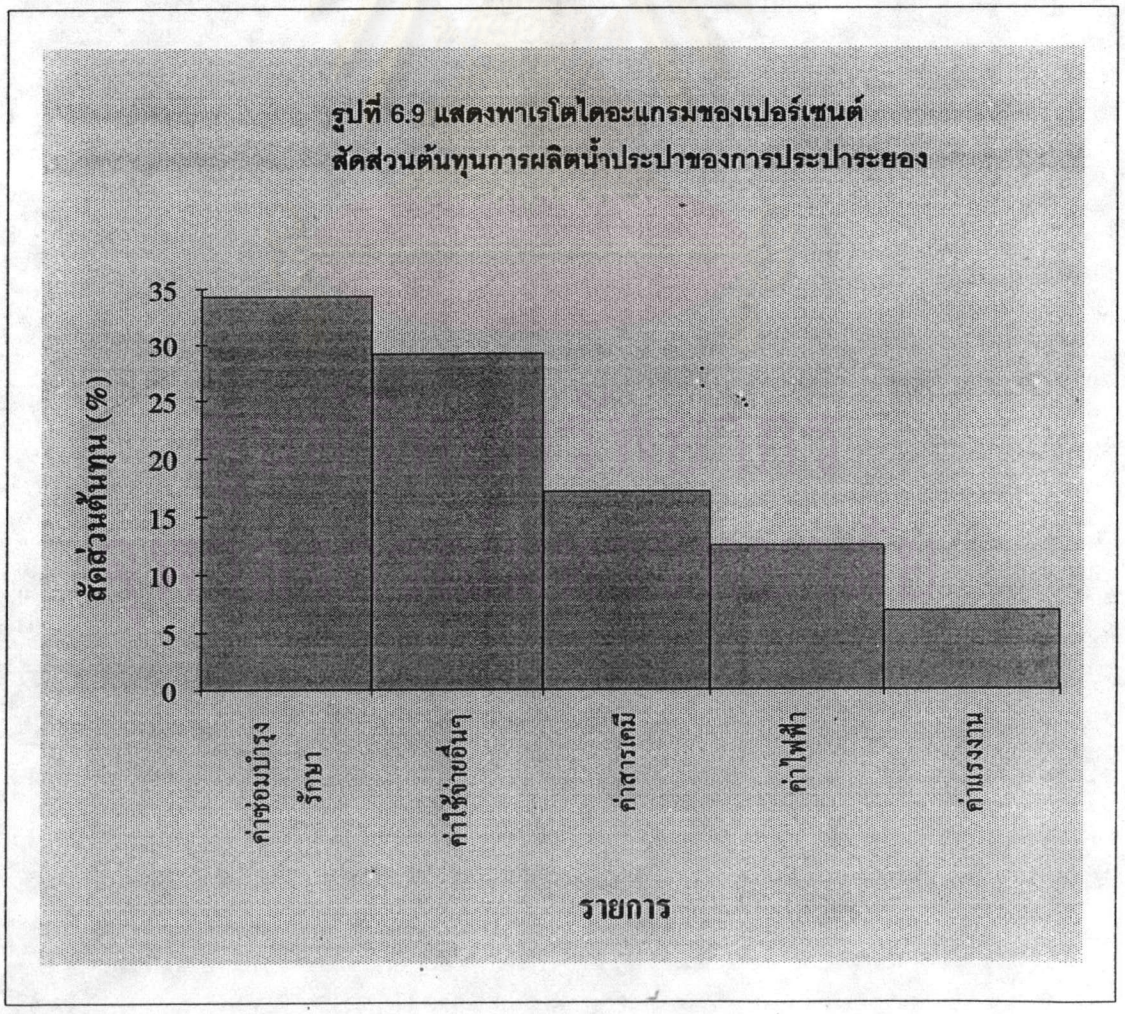
รายการ	การประปาแหลมฉบัง	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.79	14.52
ค่าสารเคมี	0.67	12.32
ค่าแรงงาน	0.45	8.27
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	1.3	23.90
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2.23	40.99
ต้นทุนรวม	5.44	100.00



รูปที่ 6.8 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาแหลมฉบัง

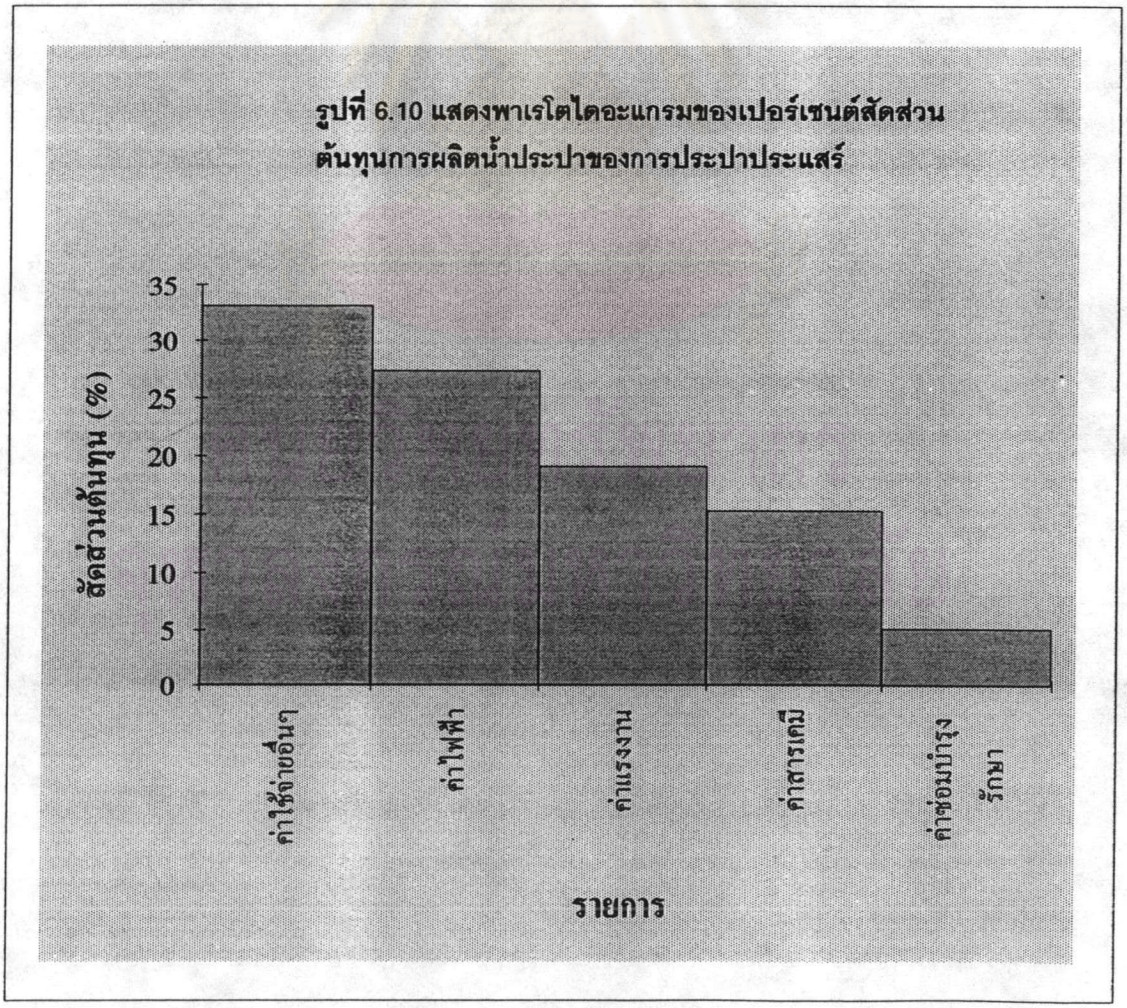
ตารางที่ 6.10 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์ สัดส่วนต้นทุนของการประปาระยอง

รายการ	การประปาระยอง	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.51	12.50
ค่าสารเคมี	0.7	17.16
ค่าแรงงาน	0.28	6.86
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	1.4	34.31
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1.19	29.17
ต้นทุนรวม	4.08	100.00



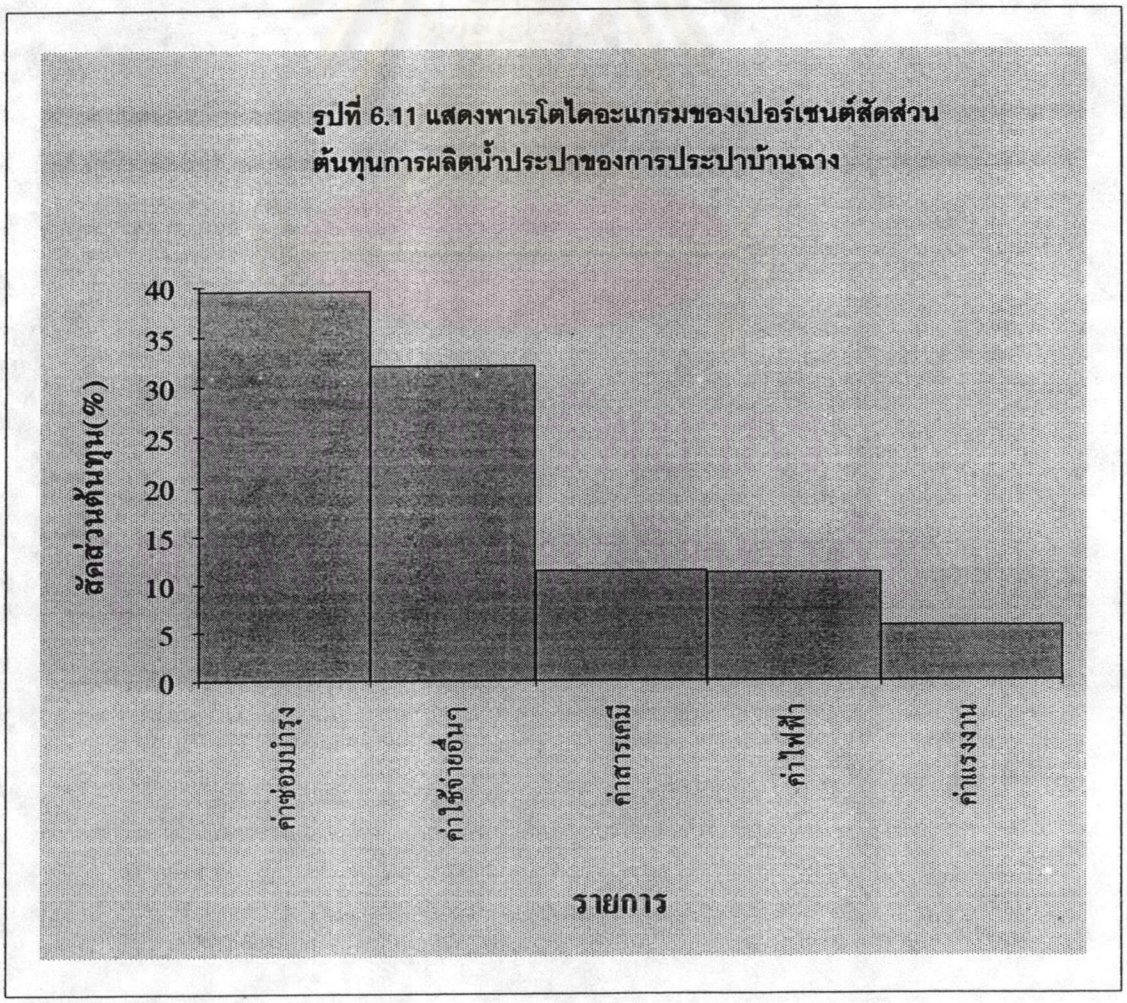
ตารางที่ 6.11 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์ สัดส่วนต้นทุนของการประปาประแสร์

รายการ	การประปาประแสร์	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.86	27.39
ค่าสารเคมี	0.48	15.29
ค่าแรงงาน	0.6	19.11
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	0.16	5.10
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1.04	33.12
ต้นทุนรวม	3.14	100.00



ตารางที่ 6.12 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนของการประปาบ้านฉาง

รายการ	การประปาบ้านฉาง	
	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลบ.ม.)	%สัดส่วนต้นทุน
ค่าไฟฟ้า	0.85	11.27
ค่าสารเคมี	0.86	11.41
ค่าแรงงาน	0.43	5.70
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	2.98	39.52
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2.42	32.10
ต้นทุนรวม	7.54	100.00



รูปที่ 6.11 แสดงพาเรโตไดอะแกรมของเปอร์เซนต์สัดส่วนต้นทุนการผลิตน้ำประปาของการประปาบ้านฉาง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุน

การตัดสินใจเลือกโครงการที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุน ซึ่งมีหลายวิธี คือ การหาค่าเงินต้นเทียบเท่าปีปัจจุบัน(Net Present Value) การหาค่าเงินเทียบเท่าจ่ายเท่ากันรายปี (Annual Cost) เป็นต้น เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกโครงการที่ดีที่สุด ในการวิเคราะห์งานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการหาค่าเงินเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปีของแต่ละโครงการ แล้วนำค่าตัวเลขมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้หลักเกณฑ์ว่า โครงการที่มีค่าเทียบเท่าของเงินจ่ายเท่ากันรายปีน้อยกว่า จะถือว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมมากกว่าในการตัดสินใจเลือก ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ จะทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบรีเวอร์สออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลช และการประปาบ้านบึง สาเหตุที่เลือกการประปาบ้านบึง เนื่องจากมีต้นทุนรวมต่อลูกบาศก์เมตรค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกัน

	รีเวอร์สออสโมซิส	มัลติสเตทเฟลช	การประปา
เงินลงทุน	130,000,000	600,000,000	120,944,000
อายุโครงการ	20	15	20
อัตราดอกเบี้ย (%)	12	12	12
กำลังการผลิต (m^3/ปี)	1,306,000	2,384,640	408,800

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ค่าเงินเทียบเท่าเป็นเงินลงทุนต่อปี = $130*10^6$ (A/P,12%,20)

= $(130*10^6)(0.1338)$

= $17.40*10^6$

ค่าพลังงานต่อปี = 12,393,940

ค่าสารเคมี = 391,800

ค่าแรงงาน = 457,100

ค่าซ่อมบำรุงรักษา = 3,069,100

ค่าเปลี่ยนทดแทนเมมเบรน = 6,347,160

รวม = 40,059,100

ระบบมัลติสเตทเฟลช

ค่าเงินเทียบเท่าเป็นเงินลงทุนต่อปี = $600*10^6$ (A/P,12%,15)

= $(600*10^6)(0.1468)$

= $88.09*10^6$

ค่าพลังงานต่อปี = 22,892,544

ค่าสารเคมี = 715,392

ค่าแรงงาน = 4,053,888

ค่าซ่อมบำรุงรักษา = 9,204,710

รวม = 124,956,530

ระบบการประปาบ้านบึง

ค่าเงินเทียบเท่าเป็นเงินลงทุนต่อปี = $120.94*10^6$ (A/P,12%,20)

= $(120.94*10^6)(0.1338)$

= $16.19*10^6$

ค่าพลังงานต่อปี = 282,072

ค่าสารเคมี = 216,664

ค่าแรงงาน = 596,848

ค่าซ่อมบำรุงรักษา = 829,864

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ = 1,921,360

รวม = 20,036,808

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุน โดยวิธีเปรียบเทียบเงินจ่ายเท่ากันรายปี ระหว่างระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบการประปาบ้านบึง พบว่าค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปีของระบบการประปาบ้านบึงน้อยกว่าปีละ 20,022,292 บาท แต่กำลังการผลิตน้อยกว่าระบบรีเวอร์สออสโมซิสประมาณ 3 เท่า เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันแล้ว การเลือกใช้ระบบรีเวอร์สออสโมซิส น่าจะเหมาะสมกว่า ทั้งนี้ควรพิจารณาปริมาณความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่นี้เป็นสำคัญ

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุน โดยวิธีเปรียบเทียบเงินจ่ายเท่ากันรายปี ระหว่างระบบรีเวอร์สออสโมซิสและระบบมัลติสเตทเฟลช พบว่าควรจะเลือกใช้ระบบรีเวอร์สออสโมซิส เพราะว่าค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปีน้อยกว่าปีละ 84,897,430 บาท ข้อดีประการที่หนึ่งของระบบรีเวอร์สออสโมซิส คือ เงินลงทุนมีค่าน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเงินลงทุนในระบบมัลติสเตทเฟลช ทำให้ระบบรีเวอร์สออสโมซิส น่าสนใจกว่าและง่ายกว่าในการตัดสินใจลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบข้อแตกต่าง

การพิจารณาเทคโนโลยีการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล ในที่นี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบรีเวอร์ออสโมซิส ระบบมัลติสเตทเฟลช และระบบการผลิตน้ำประปา โดยแยกพิจารณาเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ทำเลที่ตั้ง

ทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม ในการติดตั้งเครื่องผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธีรีเวอร์สออสโมซิสและวิธีมัลติสเตทเฟลช ควรติดตั้งในพื้นที่ที่ติดกับทะเล ไม่ควรห่างไกลจากชายฝั่งทะเลมากนัก หลีกเลี่ยงบริเวณผิวน้ำทะเลและบริเวณชายฝั่งทะเล เพื่อให้ได้น้ำดิบที่มีความสะอาดค่อนข้างมาก น้ำทะเลที่สูบเข้าในระบบควรใส สะอาด ปราศจากตะกอนหรือตะไคร่น้ำ ค่า TDS ของน้ำทะเลที่นำเข้าระบบควรอยู่ในช่วง 35000-45000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนระบบการประปาควรเลือกติดตั้งในพื้นที่ใกล้กับอ่างเก็บน้ำ

2. พื้นที่ติดตั้ง

ระบบมัลติสเตทเฟลช ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าระบบ รีเวอร์ออสโมซิส เกือบเท่าตัว กรณีที่พื้นที่มีราคาแพงหรือมีพื้นที่จำกัด ควรเลือกใช้ระบบรีเวอร์ออสโมซิส

3. สภาวะการดำเนินงาน

การเปรียบสภาวะในการดำเนินงานดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6.13

4. พลังงาน

เนื่องจากระบบมัลติสเตทเฟลช มีความต้องการพลังงานสูง (LP steam) ดังนั้นในกรณีที่มีพลังงานเหลือใช้ในระบบ จึงควรเลือกใช้ระบบมัลติสเตทเฟลช ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนการดำเนินงานได้ถึง 4.51 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

5. บุคลากร

ทั้งระบบรีเวอร์ออสโมซิส และระบบมัลติสเตทเฟลช เป็นระบบอัตโนมัติที่ง่ายต่อการทำงาน จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้บุคลากรจำนวนมาก แต่ควรมีความชำนาญเฉพาะด้าน ส่วนระบบการประปาต้องใช้บุคลากรมากกว่า เนื่องจากเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่

6. การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา สำหรับระบบมัลติสเตทเฟลชค่อนข้างสูง เนื่องจาก ระบบมัลติสเตทเฟลชมีการใช้กรดในระบบ การควบคุมปริมาณการเติมกรดค่อนข้างสำคัญต่อการทำงานของเครื่อง ขณะที่ระบบรีเวอร์ออสโมซิสมีเยื่อเมมเบรนซึ่งไวต่อสารคลอรีน และมีราคาแพง จึงเน้นการดูแลระบบการปรับปรุงสภาพน้ำก่อนเข้าระบบ

ตารางที่ 6.13 เปรียบเทียบสภาวะในการดำเนินงาน

รายละเอียด	มัลติสเตทเฟลช	รีเวอร์สออสโมซิส	น้ำประปา
1) กำลังการผลิต (m^3/d)	6,912	3,785	1,120
2) การแปรสภาพ(%)	17	30	100
3) TDS ของน้ำที่ใช้ (mg/l)	0.5-25	<500	<750
4) ไอน้ำความดันสูง ($Kcal/m^3$)	1,000	-	-
5) ไอน้ำความดันต่ำ ($Kcal/m^3$)	47,000	-	-
6) ไฟฟ้า (KWh/m^3)	1.6-2.6	7.9-10.6	0.45
7) อุณหภูมิสูงสุดในการดำเนินงาน(C)	68	35	35
8) ความดันในการดำเนินงาน (bar abs)	0.05-1.0	54-70	-
9) อุณหภูมิน้ำทิ้ง (C)	48.5	35	35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. ต้นทุนการผลิต

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตดังแสดงในตารางที่ 6.14 ต้นทุนเงินทุนของระบบมัลติสเตทเฟลชสูงกว่าต้นทุนเงินทุนของระบบรีเวอร์ออสโมซิส เนื่องจากระบบมัลติเสทเฟลชต้องใช้วัสดุที่มีราคาแพง สามารถทนกรดและอุณหภูมิสูงได้ แต่ต้นทุนการดำเนินงานไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับการประปาบ้านบึง มีต้นทุนเงินทุนสูงใกล้เคียงกับระบบมัลติสเตทเฟลช แต่ต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ

ตารางที่ 6.14 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต (หน่วย : บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

รายละเอียด	รีเวอร์สออสโมซิส	มัลติสเตทเฟลช	การประปาบ้านบึง
ต้นทุนเงินทุน	13.33	36.94	34.75
ต้นทุนการดำเนินงาน	22.36	13.93	9.02
รวม	35.69	50.87	43.77

8. คุณภาพน้ำ

คุณภาพของน้ำจืดที่ผลิตได้จากระบบมัลติสเตทเฟลช มีคุณภาพสูงกว่าน้ำจืดที่ผลิตได้จากระบบรีเวอร์สออสโมซิส ค่า TDS ประมาณ 0.5-25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำจืดจากระบบรีเวอร์ออสโมซิสมีค่า TDS ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้งสองระบบผลิตจากน้ำทะเลที่มีค่า TDS ใกล้เคียงกัน คือ ช่วง 35000 ถึง 45000 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมัลติสเตทเฟลชจึงเหมาะกับระบบที่ต้องการคุณภาพน้ำสูงมากมาก เช่น อุตสาหกรรมอิเลคโทรนิคส์

ดังแสดงในตารางที่ 6.15 แสดงเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำจืด

ตารางที่ 6.15 แสดงเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำจืด

รายการ	หน่วย	น้ำทะเล	น้ำทะเลเข้มข้น	MSF	RO
Total Dissolved Solid	ppm	40258	72880	0.6	192
pH		8.3	8.4	6.5	7.2
Conductivity	uS/cm	44000	62900	1.1	-
Chloride content as Cl	ppm	21300	40470	2.1	110.1
M-alkalinity as $CaCO_3$	ppm	110	166	5	-
Silica as Sio_2	ppm	4.8	5.2	0.019	-
T-hardness as $CaCO_3$	ppm	4650	7750	NIL	1.7
Ca-hardness as $CaCO_3$	ppm	700	1250	NIL	NIL
Sodium content as Na	ppm	-	-	NIL	NIL
Ammonia content as Na	ppm	0.2	-	NIL	NIL
Sulfate as SO_4	ppm	2525	3650	NIL	1.8
Total Iron as Fe	ppm	< 0.02	-	< 0.02	0.01
Dissolved Iron as Fe	ppm	-	-	-	-
$KMnO_4$ consumption	ppm	-	-	NIL	NIL
Free Residual Chlorine as Cl_2	ppm	NIL	-	NIL	NIL
Total suspended solids (TSS)	ppm	-	-	-	-
Magnesium	ppm	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย