



การพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงาน
แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานลมแบบพกพา

สำนักหอสมุด

Development of Portable Drinking Water and Electricity Generation by Using
Solar and Wind Energy Hybrid System

คณะผู้วิจัย สังกัด

ดร. ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงศ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.สุขฤดี สุขใจ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นาย คงฤทธิ์ แม่นศิริ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นาย รัฐพร เงินมีศรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร
พ.อ. สมศักดิ์ แสงศักดิ์	กรมการทหารช่าง
พ.อ. ไหวจน์ พิณรุ	กรมการทหารช่าง
พ.ท. ณรงค์ฤทธิ์ โฉมนาค	กรมการทหารช่าง
ร.อ. ชาลี วารินทร์	กรมการทหารช่าง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

รับลงทะเบียน 11 พ.ค. 2561

เลขทะเบียน 1038683

เลขเรียกหนังสือ ๑ 75

๘10

๐๖๖๖

๖๖๖๖

โครงการทุนพัฒนาศักยภาพนักวิจัยด้านยุทธโปกรณ์เพื่อเพิ่มศักยภาพของกองทัพ
และการป้องกันประเทศ
ประจำปีงบประมาณ 2560

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณลักษณะน้ำดิบ.....	4
2.2 คุณสมบัติน้ำสะอาด.....	5
2.3 การกรองน้ำ.....	6
2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องกรองน้ำแบบต่างๆ	11
2.5 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้.....	15
2.5.1 การประยุกต์เซลล์แสงอาทิตย์	15
2.5.2 อุปกรณ์ประกอบรวมในระบบเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.6 ระบบผลิตน้ำดื่มของทหาร.....	21

บทที่ 3 การพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์

3.1 การออกแบบต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์.....	24
3.1.1 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	24
3.1.2 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด	25
3.2 การพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน.....	26
3.2.1 การเลือกเทคโนโลยีการกรองน้ำ.....	28
3.3 เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีระบบกรองน้ำ	32
3.4 การทดสอบต้นแบบระบบกรองน้ำ.....	33
3.5 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน.....	34
3.5.1 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	34
3.5.2 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด	44

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบระบบต้นแบบทั้งสองระบบ ๑.....	57
4.1.1 คุณภาพน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบ ๑ ผลิตได้.....	57
4.2 วิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่ 58	
4.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมวด. 61	
4.4 การทดสอบปริมาณน้ำที่ระบบต้นแบบ ๑ ผลิตได้	63
4.5 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบต้นแบบ ๑ ทั้งสอง.....	64
4.5.1 ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์ของระบบแบบหมู่.....	64
4.5.2 ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์ของระบบแบบหมวด	65

สารบัญ (ต่อ)

4.6	ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน	65
4.6.1	ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	65
4.6.2	ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด	67
4.7	อายุการใช้งานระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน.....	70
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ		
5.1	สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	72
5.1.1	สรุปผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่.....	72
5.1.2	สรุปผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบหมวด.....	72
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	73
	เอกสารอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก ก: รูปภาพกิจกรรมในการทดสอบระบบต้นแบบฯ		
ภาคผนวก ข: ผลการทดสอบน้ำ		
ภาคผนวก ค: รายละเอียดแบบระบบต้นแบบฯ		



รายการรูปภาพ

รูปที่ 1 แสดงขนาดและกระบวนการกรองสิ่งปลอมปนในน้ำ.....	7
รูปที่ 2 หลักการของระบบกรองน้ำ.....	7
รูปที่ 3 แสดงปรากฏการณ์ osmosis และ Reverse osmosis.....	10
รูปที่ 4 แสดงลักษณะระบบกรอง RO.....	10
รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างไส้กรอง RO.....	11
รูปที่ 6 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	17
รูปที่ 7 ค่ากระแสไฟฟ้า – แรงดันไฟฟ้า เมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน.....	17
รูปที่ 8 แรงดันไฟฟ้า – กระแสไฟฟ้าเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน.....	21
รูปที่ 9 การต้มน้ำเพื่อบริโภคของทหาร.....	22
รูปที่ 10 ผงไดอะโตไมต์ (Diatomite).....	22
รูปที่ 11 ชุดประปาสนามขนาด 6,000 ลิตรต่อชั่วโมง.....	23
รูปที่ 12 ชุดประปาสนามที่พัฒนาโดยกรมทหารช่างที่ 21.....	23
รูปที่ 13 concept ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	25
รูปที่ 14 concept ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด.....	26
รูปที่ 15 ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน.....	27
รูปที่ 16 เทคโนโลยีการกรองน้ำที่นำมาพิจารณา.....	28
รูปที่ 17 เครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จรูป.....	29
รูปที่ 18 ระบบกรองน้ำเทคโนโลยี RO.....	29
รูปที่ 19 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Alkaline และ RO.....	30
รูปที่ 20 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ RO.....	30
รูปที่ 21 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี UV และ RO.....	31
รูปที่ 22 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ UV.....	31
รูปที่ 23 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี RO, Nano และ UV.....	32
รูปที่ 24 รูปแบบการถอดประกอบระบบกรองน้ำ.....	32
รูปที่ 25 รูปแบบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....	33
รูปที่ 26 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	34
รูปที่ 27 ส่วนประกอบของระบบผลิตพลังงาน (Energy Source).....	35
รูปที่ 28 ส่วนประกอบของระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage).....	35
รูปที่ 29 ส่วนประกอบของระบบกรองน้ำ (Water Treatment).....	35
รูปที่ 30 รูปแบบกระเป๋าสะพายป่า.....	37
รูปที่ 31 ช่องน้ำเข้า-น้ำออก ช่องน้ำทิ้ง และช่องสำหรับเก็บสายไฟ.....	38
รูปที่ 32 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา.....	39
รูปที่ 33 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter).....	40
รูปที่ 34 เครื่องควบคุมการประจุ (Charger).....	40
รูปที่ 35 แบตเตอรี่ (Battery storage).....	41
รูปที่ 36 ปุ่มสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรง.....	42
รูปที่ 37 ระบบกรองน้ำรูปแบบต่างๆ ที่ใช้ในระบบ.....	42

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 38 หลักการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน	43
รูปที่ 39 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด.....	44
รูปที่ 40 ส่วนประกอบของระบบผลิตพลังงาน (Energy Source).....	45
รูปที่ 41 ส่วนประกอบของระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage).....	46
รูปที่ 42 ส่วนประกอบของระบบกรองน้ำ (Water Treatment).....	46
รูปที่ 43 กระเป๋าสไลแวงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่.....	48
รูปที่ 44 กระเป๋าสไลแวงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา.....	49
รูปที่ 45 กระเป๋าสไลแวงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา.....	49
รูปที่ 46 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพาเมื่อใช้งาน.....	50
รูปที่ 47 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Bidirectional Inverter).....	50
รูปที่ 48 เครื่องควบคุมการประจุ (Charger).....	51
รูปที่ 49 กระเป๋าติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....	51
รูปที่ 50 แบตเตอรี่ (Battery storage).....	52
รูปที่ 51 ระบบผลิตน้ำดื่ม.....	53
รูปที่ 52 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา.....	54
รูปที่ 53 รูปแบบการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด... 55	55
รูปที่ 54 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมู่ (11 คน).....	56
รูปที่ 55 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมวด (44 คน).....	56
รูปที่ 56 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบ	59
รูปที่ 57 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่.....	61
รูปที่ 58 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่ (ต่อ).....	61
รูปที่ 59 จากผลการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มทั้งหมด 10 หัวข้อ ซึ่งประกอบด้วย	62
รูปที่ 60 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมวด.....	62
รูปที่ 61 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่ (ต่อ).....	63
รูปที่ 62 สัดส่วนต้นทุนของผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	67
รูปที่ 63 สัดส่วนต้นทุนของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด ... 70	70

รายการตาราง

ตารางที่ 1	STANDARD WATER QUALITY PARAMETERS/เกณฑ์มาตรฐานของค่าต่างๆของน้ำทุกชนิด.....	5
ตารางที่ 2	เปรียบเทียบขั้นตอนในการกรองน้ำ	6
ตารางที่ 3	ช่องว่างพลังงานของซิลิกอนกับอนุภาคน้ำ	19
ตารางที่ 4	เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีระบบกรองน้ำ.....	33
ตารางที่ 5	ส่วนประกอบของระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับทหาร 1 หมู่.....	36
ตารางที่ 6	ส่วนประกอบหลักของระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับทหาร 1 หมวด.....	45
ตารางที่ 7	รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบฯ	47
ตารางที่ 8	รายละเอียดของกระเป๋าสําหรับระบบ 1 หมวด.....	48
ตารางที่ 9	เกณฑ์การประเมินของระบบต้นแบบ ฯ	57
ตารางที่ 10	ตารางผลการตรวจสอบน้ำของระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่ม ฯ ทั้งสองระบบ.....	58
ตารางที่ 11	ผลการตรวจน้ำดิบตามธรรมชาติ	60
ตารางที่ 12	ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมู่ผลิตได้.....	63
ตารางที่ 13	ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมวดผลิตได้	64
ตารางที่ 14	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าของระบบต้นแบบสำหรับทหาร 1 หมู่.....	64
ตารางที่ 15	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าของระบบต้นแบบสำหรับทหาร 1 หมวด.....	65
ตารางที่ 16	ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	66
ตารางที่ 17	ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด.....	68
ตารางที่ 18	ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่.....	71
ตารางที่ 19	ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

องค์การอนามัยโลก (WHO) ประเมินการว่าบนโลกของเรานี้ มีคนตายเนื่องจากเกี่ยวข้องกับโรคที่ติดเชื้อมากับน้ำถึง 25,000 คน (Water Borne Disease) ต่อวัน และในบางปีที่มีความแห้งแล้งอาจถึง 50,000 คนต่อวัน จากสถิติโรคที่เกิดจากการติดเชื้อจากน้ำมีผู้ป่วยเป็นโรคท้องร่วงเนื่องจากน้ำจำนวน 88 รายจากผู้ป่วยทั้งหมด (ทั้งคนใช้นอกและคนใช้ใน) 100 ราย (เท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์) ร้อยละ 25 ของเตียงในโรงพยาบาล เป็นคนป่วยเนื่องจากโรคที่เกิดจากการติดเชื้อจากน้ำซึ่งทั้งหมดเป็นเหตุผลหนึ่งที่ว่าทำไมเราจึงต้องระวังอันตรายจากน้ำดื่มที่ปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ ทำไมเราถึงต้องเร่งหาเทคโนโลยีที่ดีที่สุดในการคายูติธรรมเพื่อป้องกันตนเองและครอบครัว ให้ปลอดภัยจากโรคที่มาจกน้ำ เพราะน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อชีวิตคน พืช และสัตว์มากที่สุด เนื่องจากน้ำสามารถนำมาบริโภค เพื่อการดำรงชีวิตและการมีน้ำดื่มสะอาดที่เพียงพอเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อชีวิตมนุษย์ แต่ในกรณีฉุกเฉินบางกรณีก็ไม่สามารถที่จะจัดหา น้ำดื่มที่สะอาดได้พอเพียง เช่น น้ำท่วมใหญ่ เกิดภัยพิบัติต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นหลายหน่วยงานในระดับประเทศตระหนักถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำที่สะอาด เพื่อการ บริโภค อุปโภค เพื่อรองรับในสถานการณ์ต่างๆ กองทัพอไทยมีภารกิจในการปกป้องประเทศและยังมีภารกิจในการช่วยเหลือประชาชนเมื่อเกิดสภาวะไม่ปกติขึ้นในประเทศ เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม อุบัติภัยต่าง ๆ อย่างเช่นในช่วงปลายปี พ.ศ. 2554 มีภัยพิบัติ น้ำท่วมหนักที่สุดในรอบกว่า 70 ปี ปริมาณน้ำได้ทำให้เกิดผลกระทบร้ายแรงต่อประชาชน มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจำนวน 65 จังหวัดจาก 76 จังหวัดของประเทศไทย มีประชากรได้รับผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำสะอาดประมาณ 4,405,315 คน จาก 1,590,346 ครัวเรือน และในปี 2558 ต่อเนื่องมาถึงปี 2559 ได้เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงและปริมาณน้ำฝนที่มีน้อยกว่าปกติ จึงเกิดภาวะภัยแล้งทำให้ขาดแคลนน้ำในการอุปโภค บริโภค กองทัพอไทยก็เป็นอีกหนึ่งหน่วยงานหนึ่ง ที่ออกมาช่วยเหลือประชาชนในปัญหาการขาดแคลนน้ำดังกล่าว ในภารกิจของกองทัพอไทยไม่ว่าจะเป็นการปกป้องประเทศหรือช่วยเหลือประชาชน น้ำสะอาดเพื่อการ บริโภค และอุปโภค เป็นปัจจัยสี่ในการดำรงชีวิต ดังนั้นการจัดหา น้ำที่สะอาดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในภารกิจของกองทัพอไทยไม่ว่าจะเป็นทางด้านทหารที่ต้องปฏิบัติภารกิจในการออกพื้นที่ เช่น การลาดตระเวนในพื้นที่ห่างไกล ภารกิจต่าง ๆ ในพื้นที่ห่างไกล จำเป็นต้องมีการบรรทุกหรือขนน้ำดื่ม น้ำและน้ำใช้ไปด้วย จนทำให้เกิดความยากลำบากในการเดินทาง หรือการไปทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เหล่านั้น

จากปัญหาดังกล่าววิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ร่วมกับ กรมการทหารช่าง ค่ายภาณุรังษี จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มสะอาดเคลื่อนที่ เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของกองทัพอไทยโดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ประกอบด้วย 1. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับทหาร 1 หมู่ (11 คน) 2. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบพกพาสำหรับทหาร 1 หมวด (44 คน) ซึ่งระบบผลิตน้ำดื่มต้องมีความสามารถกรองน้ำจากแหล่งน้ำหลายประเภทประกอบด้วย น้ำบนผิวดิน น้ำบาดาล และน้ำทะเล เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ นอกจากนั้นระบบต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อการอเนกประสงค์ได้เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้าสำหรับระบบสื่อสารต่าง ๆ เป็นต้น ในการทำภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพอไทย ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ในระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพราะในกรณีที่กองทัพอไทยจำเป็นต้องไปทำภารกิจในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ หรือยากต่อการเข้าถึงก็สามารถที่จะมีน้ำดื่ม และไฟฟ้าใช้จากระบบ

ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ไม่ว่าจะเป็นที่บนภูเขา ทะเล ระบบก็จะสามารถทำงานได้ หรือในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ในตอนกลางคืนก็สามารถที่จะผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้ในกรณีที่มีศักยภาพ ระบบกรองน้ำและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมสามารถที่แยก ส่วนประกอบง่ายต่อการพกพาไปในพื้นที่ต่าง ๆ และมีความสามารถที่จะกรองน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค และ อุปโภค เพื่อใช้ในกิจกรรมของกองทัพไทยในทุกพื้นที่ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบพกพาสำหรับ 1 หมู่ทหาร (11 คน) และ 1 หมวดทหาร (44 คน) ที่สามารถแยกส่วนประกอบและสามารถพกพาไปได้ทุกที่ โดยมีน้ำหนักไม่มากเกินไป

2. เพื่อพัฒนาต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ๆ เพื่อใช้ในกิจกรรมของกองทัพที่สามารถผลิตน้ำได้ตามมาตรฐานจากแหล่ง น้ำบนผิวดิน น้ำบาดาล และน้ำทะเล หรือ ครอบคลุม น้ำจืด น้ำกลั่น และ น้ำทะเล

3. เพื่อพัฒนาต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ๆ เพื่อใช้ในกิจกรรมของกองทัพที่สามารถผลิตไฟฟ้าใช้เนกประสงค์ ๆ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ไฟฟ้าสำหรับระบบติดต่อสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ทั้ง DC และ AC สำหรับทหาร 1 หมู่ (กำลังไฟฟ้าสูงสุด 100 วัตต์) และสำหรับทหาร 1 หมวด (กำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,500 วัตต์)

4. ขยายผลของงานวิจัยโดยการผลิตระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบพกพาเพิ่ม เพื่อให้กองทัพไว้ใช้งานในภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพ โดยแบ่งออกเป็น ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนก ประสงค์ ๆ สำหรับหมู่ 2 ระบบ และ ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ๆ สำหรับหมวด 1 ระบบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตน้ำสะอาดที่ได้มาตรฐาน ออกแบบระบบผลิตน้ำสะอาดแบบพกพาจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ที่สามารถแยกส่วนและพกพาไปได้ทุกที่โดยที่มีน้ำหนักไม่มากเกินไป

2. พัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ที่มีแหล่งพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ที่สามารถผลิตน้ำดื่มที่ได้มาตรฐานจากแหล่งน้ำบนผิวดิน น้ำบาดาล และน้ำทะเล และระบบที่สามารถที่จะจ่ายไฟฟ้าเพื่อใช้เนกประสงค์ได้ เช่น ระบบไฟแสงสว่าง ไฟฟ้าสำหรับระบบสื่อสาร เป็นต้น สำหรับระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์จะมีสองแบบประกอบด้วย 1. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับทหาร 1 หมู่ 2. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับทหาร 1 หมวด

3. ทดสอบระบบต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบพกพา โดยจะจำแนกการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1. การทดสอบปริมาณและคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้ 2. สมรรถนะของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานลมและไฟฟ้าอเนกประสงค์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

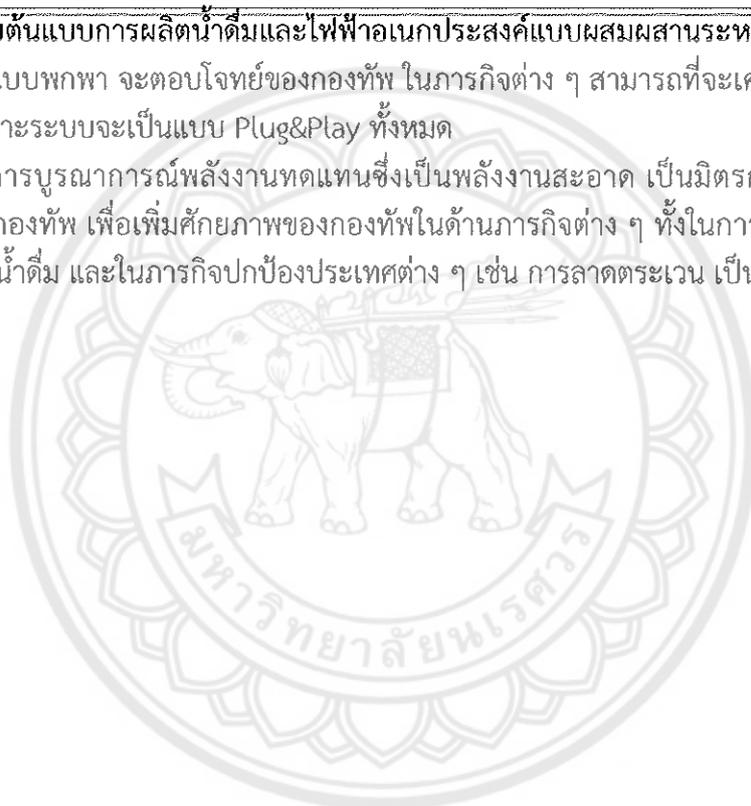
1. ได้ระบบผลิตน้ำดื่มที่ได้มาตรฐานและสามารถผลิตน้ำดื่มได้ครอบคลุมทุกแหล่งน้ำประกอบด้วย แหล่งน้ำผิวดิน น้ำบาดาล และ น้ำทะเล ง่ายต่อการเคลื่อนที่ และสามารถพกพาไปได้ทุกพื้นที่ของประเทศไทย ทั้งแบบหมู่และแบบหมวด

2. ได้ต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ที่สามารถผลิตน้ำดื่มที่สะอาดและได้มาตรฐาน และยังสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานอเนกประสงค์ได้ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง พัดลม หรือ ไฟฟ้าสำหรับระบบ ติดต่อสื่อสาร เป็นต้น

3. ได้ต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ๆ ที่ใช้พลังงานสะอาดแบบผสมผสานระหว่าง พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าทั้งสองเป็นแบบพกพา และง่ายต่อการติดตั้งและ เคลื่อนย้าย

4. ระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลมแบบพกพา จะตอบโจทย์ของกองทัพ ในภารกิจต่าง ๆ สามารถที่จะเคลื่อนย้ายได้สะดวก ง่าย ต่อการติดตั้ง เพราะระบบจะเป็นแบบ Plug&Play ทั้งหมด

5. เป็นการบูรณาการพลังงานทดแทนซึ่งเป็นพลังงานสะอาด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาใช้กับ ยุทธโศปกรณ์ของกองทัพ เพื่อเพิ่มศักยภาพของกองทัพในด้านภารกิจต่าง ๆ ทั้งในการช่วยเหลือประชาชนใน กรณีที่ขาดแคลนน้ำดื่ม และในภารกิจปกป้องประเทศต่าง ๆ เช่น การลาดตระเวน เป็นต้น



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณลักษณะน้ำดิบ

เมื่อมองจากนอกโลกน้ำปกคลุม 71% บนพื้นผิวโลกและเป็นปัจจัยสำคัญต่อชีวิต แต่ปริมาณน้ำกว่า 96.5% ในมหาสมุทร โดยน้ำอีก 1.7% เป็นน้ำบาดลในน้ำใต้ดินที่ ดั้งนั้น น้ำบนโลกเพียง 1.8% เป็นน้ำจืด พบในแม่น้ำ ทะเลสาบ และชั้นบรรยากาศ ซึ่งคุณลักษณะของน้ำแยกออกเป็น

1) น้ำทะเล : มีความเค็มเกิดจากเกลือหรือแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในมวลน้ำ แร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำทะเลในปริมาณมาก ได้แก่ โซเดียม คลอไรด์ แมกนีเซียม ซัลเฟต แคลเซียม โบแทสเซียม หน่วยวัดความเค็มของน้ำทะเลคือ “ส่วนต่อล้านส่วน” (ppm) โดยปกติความเค็มของน้ำทะเลมีค่าเฉลี่ยประมาณ 35,000 ppm หมายความว่าน้ำทะเล ล้านส่วนจะมีเกลือหรือแร่ธาตุปลอมปนถึง 35,000 ส่วน โดยสัดส่วนจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล ปริมาณน้ำฟ้า อัตราการระเหย ตำแหน่งที่ตั้ง และระยะทางที่ห่างจากปากแม่น้ำหรือชายฝั่ง ความเป็นกรดต่างน้ำทะเล ส่วนมากน้ำทะเลมีค่าความเป็นกรดต่างที่ pH 8 หากน้ำทะเลบริเวณใดมีการละลายคาร์บอนไดออกไซด์มากน้ำทะเลก็จะมีค่าเป็นกรด มาก และหากบริเวณใดที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงในน้ำทะเลสูงหรือมีการใช้คาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำมาก ก็จะทำให้ค่าเป็นต่างมากขึ้น

2) น้ำบาดาล : เกิดจากน้ำผิวดิน ที่ซึมผ่านชั้นดินต่างๆจนไปถึงชั้นดินหรือชั้นหินที่ไม่ซึมน้ำ และเกิดการสะสมอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินเป็นกรด ททรายหิน ปริมาณของน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินดังกล่าวจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝนและลดปริมาณลงในฤดูแล้ง น้ำบาดาลจะมีการถ่ายเทระดับได้เช่นเดียวกับน้ำผิวดิน มนุษย์นำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์โดยการเจาะบ่อบาดาล โดยทั่วไปน้ำบาดาลจะมีคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์ดี กล่าว คือ มีความใสสะอาดจากเชื้อปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารไม่มีกลิ่น ทั้งนี้เนื่องจากชั้นของดิน จะเป็นตัวกรองที่สกัดกั้นความขุ่นของเชื้อโรคจุลินทรีย์ไว้ขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินลงไป แต่คุณสมบัติทางด้านเคมี เช่น แร่ธาตุและสารละลายต่างๆ จะมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำลายที่ดี ในขณะที่ซึมผ่านชั้นดินลงไป ก็จะละลายเอาแร่ธาตุและสารในชั้นดินปะปนลงไปด้วย ดังนั้นน้ำจากบ่อน้ำบาดาลจะพบว่ามีความใสสะอาดปราศจากเชื้อโรค แต่ก็มีปริมาณของแร่ธาตุและสารละลายต่างๆเจือปนอยู่ในน้ำแตกต่างกันไปโดยทั่วไปจะพบธาตุเหล็กและหินปูน โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่คงที่ โดยทั่วไป น้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมีค่าสิ่งเจือปนประมาณมากกว่า 1,000 ppm ขึ้นกับพื้นที่และมีค่าความเป็นกรด - ต่าง ในความเป็นกลางหรือ PH 7

3) น้ำผิวดิน : ส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง น้ำผิวดินนี้จะรวมทั้งน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ดังจะเห็นได้จากลำธารหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปีไม่ว่าจะมีฝนตกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำห้วยหรือลำน้ำ ในระหว่างฤดูแล้งเป็นน้ำที่สะสมไว้ใต้ดินและซึมซับมาตลอดเวลาที่ฝนไม่ตก การไหลนองบนพื้นดิน ทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปต่างๆ กัน น้ำผิวดินอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์สูง ปริมาณเกลือแร่ในน้ำอาจมีมากหรือน้อย นอกจากนี้น้ำฝนยังชะล้างสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรมให้ไหลมาปนเปื้อนในน้ำผิวดิน สารพิษเหล่านี้ ได้แก่ โลหะหนัก ในเทรตฟอสเฟต ยาฆ่าแมลง เป็นต้น หรือโรงงานอุตสาหกรรม ต่างๆ ซึ่งปล่อยน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารพิษหลายชนิดก็จะไหลมาปนเปื้อนอยู่ในน้ำผิวดินได้เช่นกัน โดยทั่วไปน้ำผิวดิน

จะมีปริมาณเหล็กเหล็กและแมงกานีสเพียงเล็กน้อย และปลอมปนสูงมากๆ มากกว่า 2,000 ppm และค่าความเป็นกรด - ต่างไม่คงที่ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำนั้นๆ

2.2 คุณสมบัติดิน้ำสะอาด

จากคุณลักษณะของน้ำกล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าน้ำดิบนั้นไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรงจำเป็นต้องมีการกรองคัดแยกสิ่งเจือปนในน้ำต่างๆ ออกไม่ว่าจะเป็น ตะกอน ความขุ่น สี กลิ่น เชื้อโรค สารเคมี และแร่ธาตุที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายออกเสียก่อนโดย คุณสมบัติของน้ำสะอาดตามมาตรฐานมีค่าดังนี้

ตารางที่ 1 STANDARD WATER QUALITY PARAMETERS/เกณฑ์มาตรฐานของค่าต่างๆของน้ำทุกชนิด

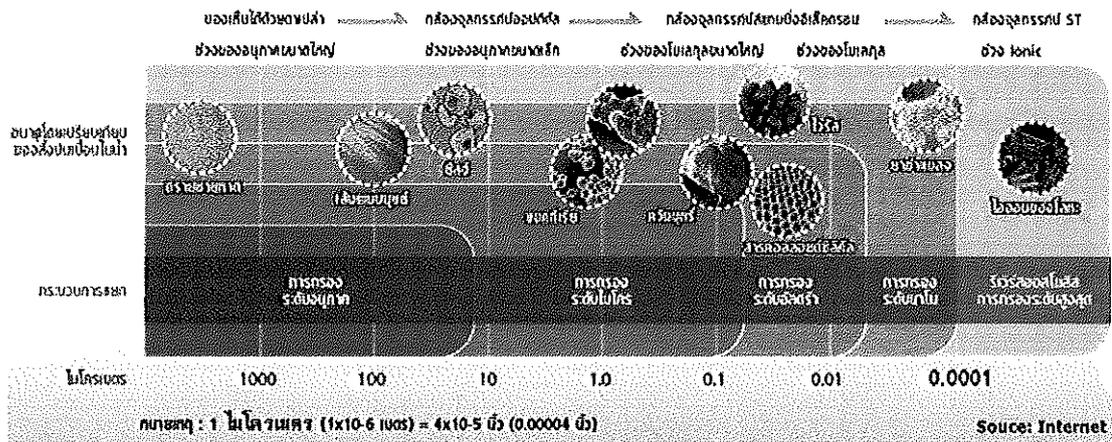
พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำดื่ม ของ WHO (ปี 2527)	คุณภาพน้ำ บริโภคในชนบท	คุณภาพน้ำประปา กรมอนามัย (ปี 2543)
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
สี (Color)	Pt Co	15	15	15
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	5	10	10
ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่ เหลือจากการระเหย (TDS)	mg/L (ppm)	1,000	1,000	1,000
ความกระด้าง (Hardness)	mg/L (ppm)	500	300	500
เหล็ก (Fe)	mg/L (ppm)	0.3	0.5	0.5
แมงกานีส (Mn)	mg/L (ppm)	0.1	0.3	0.3
ทองแดง (Cu)	mg/L (ppm)	1	1	1
สังกะสี (Zn)	mg/L (ppm)	5	5	3
ตะกั่ว (Pb)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.03
โครเมียม (Cr)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.05
แคดเมียม (Cd)	mg/L (ppm)	0.005	0.005	0.003
สารหนู (As)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.01
ปรอท (Hg)	mg/L (ppm)	1	1	1
ซัลเฟต (SO4)	mg/L (ppm)	400	400	250
คลอไรด์ (Cl)	mg/L (ppm)	250	250	250
ไนเตรท (No3 as N)	mg/L (ppm)	10	10	50
ฟลูออไรด์ (F)	mg/L (ppm)	1.5	1	0.7
คลอรีนอิสระตกค้าง	mg/L (ppm)	-	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5 ***
โคลิฟอร์ม	mpm/100 ml	0	10	0

2.3 การกรองน้ำ

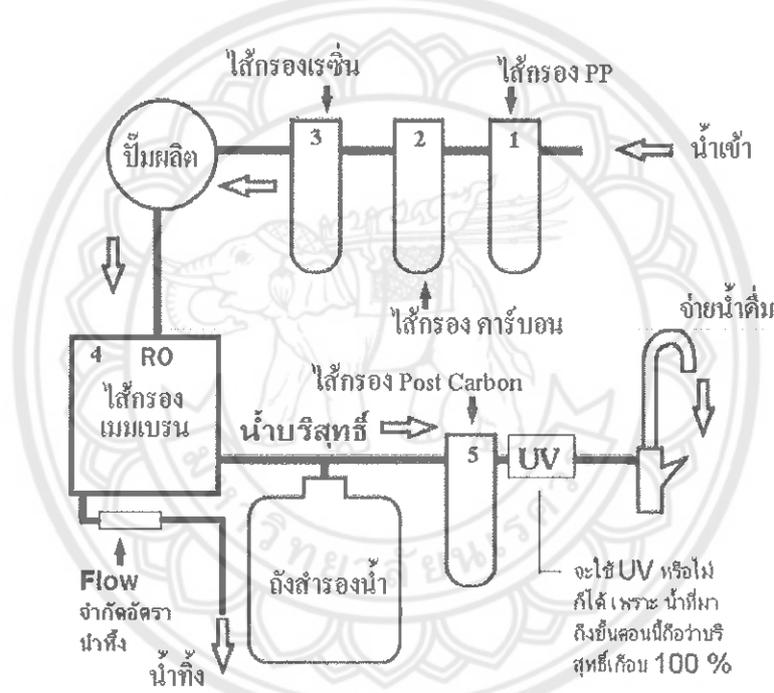
สิ่งเจือปนที่มากับน้ำนั้นมีความหลากหลายชนิดหลายขนาดการเลือกกระบวนการกรองน้ำแต่ละชนิดจึงควรเลือกจากจุดประสงค์และความเหมาะสมในการใช้เทียบกับความละเอียดสูงสุดของระกรองซึ่งต้องคำนึงถึงคุณภาพน้ำดิบที่จะกรองว่าจะมีสิ่งใดเจือปนและจะใช้ระบบกรองแบบใดเพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการจากน้ำให้ได้คุณภาพน้ำสะอาดตามมาตรฐานที่ยอมรับ โดยพอสรุป ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขั้นตอนในการกรองน้ำ

ขั้นตอนการกรอง	ระบบกรองน้ำ	สิ่งที่ต้องการกำจัดหรือคัดแยกออกจากรน้ำ
1. ขั้นต้น (ลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นตา)	<ul style="list-style-type: none"> - การเติมสารคลอรีน - กรองทราย หรือแอนทราไซท์ - กรองคาร์บอน (ถ่านกัมมันต์) - กรองเรซิน - กรองใยสังเคราะห์ที่มีความละเอียดขนาด 5.00 ไมครอน 	<ul style="list-style-type: none"> - กำจัดเชื้อโรคจุลชีพและตะไคร่ - สำหรับกรองตะกอนเหล็ก ที่มีมากในน้ำบาดาล - กรองสี กลิ่น กำจัดกลิ่นคลอรีน และสารอินทรีย์ ที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น แก๊สไข่เน่า ผงซักฟอก ฟีนอล สารไฮโดรคาร์บอน - สำหรับกำจัด แคลเซียม แมกนีเซียม - สามารถดักจับฝุ่นสิ่งสกปรกที่ ปะปนมากับน้ำและสารแขวงลอย เช่น โคลน ทราย หินปูน สนิมเหล็ก ที่อาจหลงเหลือก่อนเข้ากรองชั้นกลาง
2. ขั้นกลาง (แร่ธาตุที่อันตรายและเชื้อโรคขนาดเล็กมาก)	<ul style="list-style-type: none"> - กรองอัลต้า ฟิวเดชั่นเมมเบรน (UF) - กรองรีเวอร์ออสโมซิส (RO) 	<ul style="list-style-type: none"> - กรองเมมเบรนที่มีความละเอียด 0.01 ไมครอน สามารถกรองกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่แขวงอยู่ในน้ำ ตลอดจน ไวรัส และแบคทีเรีย น้ำจึงสะอาดบริสุทธิ์ และยังคงไว้ซึ่งแร่ธาตุต่างๆ - กรองเมมเบรนที่มีความละเอียดถึง 0.0001 ไมครอน สามารถกรองสารละลายต่างๆในน้ำ เช่น สารตะกั่ว สารปรอท สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ ไวรัส และแบคทีเรียโดยถูกกำจัดออกได้สูงสุดถึง 97% รวมทั้งเกลือและแร่ธาตุต่างจากน้ำทะเล
3. ขั้นปลาย (ปรับปรุงคุณภาพและรสชาติของน้ำ)	<ul style="list-style-type: none"> - กรองคาร์บอน (ถ่านกัมมันต์) หรือเติมแร่ธาตุที่จำเป็นปรับปรุงคุณภาพน้ำ - เติมก๊าซโอโซน (Ozone) หรือแสงอัลตราไวโอเลต (UV) 	<ul style="list-style-type: none"> - ปรับปรุงคุณภาพและรสชาติของน้ำขั้นตอนสุดท้าย โดยการจัดกลิ่น สี ก๊าซ ปรับปรุงรสชาติค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ - กำจัดเชื้อโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะเชื้อ Ecoli ที่อาจปนอยู่ในถังเก็บน้ำสะอาด



รูปที่ 1 แสดงขนาดและกระบวนการกรองสิ่งปลอมปนในน้ำ



รูปที่ 2 หลักการของระบบกรองน้ำ

หลักการการกรองน้ำสะอาด

- ขั้นต้น (ลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นตา) ในถังเก็บน้ำดิบจะมีการเติมสารครอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ และถูกปั๊มน้ำดันให้ผ่านไส้กรอง PP หรือถังกรองทราย หรือแอนทราไซท์เพื่อกรองเอาตะกอน และโลหะหนักออก ต่อด้วยกรองคาร์บอน เพื่อลด สี กลิ่น ของน้ำดิบ ก่อนผ่าน กรองเรซิน เพื่อกำจัดหินปูนแคลเซียม และแมกนีเซียมออก
- ขั้นกลาง (แร่ธาตุที่อันตรายและเชื้อโรคขนาดเล็กมาก) คือการใช้แรงดันให้น้ำประมาณ 150 PSI (สำหรับน้ำบาดาลหรือน้ำผิวดิน), 800 PSI (สำหรับน้ำทะเล) ผ่านเยื่อเมมเบรน (Membrane) ที่มีความสามารถสามารถในการกรองได้ละเอียดถึง 0.0001 ไมครอน หรือเล็กกว่าเส้นผมถึง 500,000 เท่า (เส้นผม=50 ไมครอน) สามารถกรองได้ถึง ไอออนและโมเลกุลของสารละลายที่อยู่ในน้ำ ดังนั้น จึงมีเพียง น้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถ ผ่านเยื่อเมมเบรน (Membrane) ได้ ระบบ RO จึงสามารถป้องกัน สารตกค้าง และเชื้อโรคได้

อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถพิสูจน์ ได้ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ทาง ฟิสิกส์, เคมี, พิษวิทยาและ จุลชีววิทยา โดยกรณีน้ำทิ้งของ RO กรณีของน้ำบาดาลและน้ำผิวดินสามารถนำไปใช้งานอุปโภคต่อได้เนื่องจากมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำปะปา ซึ่งหากเป็นน้ำทะเลก็จะเป็นน้ำที่มีความเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสามารถปล่อยลงสู่ทะเลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อท้องทะเล

- ชั้นปลาย (ปรับปรุงคุณภาพและรสชาติของน้ำ) ให้น้ำสะอาดกรองคาร์บอน (ถ่านกัมมันต์) ปรับปรุงคุณภาพและรสชาติของน้ำชั้นตอนสุดท้าย โดยการกำจัดกลิ่น สี ก๊าซ ปรับปรุงรสชาติค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ โดยการเติมสารโซดาแอซ (ผลิตจากเปลือกหอยทะเล) และกำจัดเชื้อโรคต่างๆ โดยเฉพาะเชื้อ Ecoli ที่อาจปนอยู่ในถังเก็บน้ำสะอาด โดยการเติมก๊าซโอโซนหรือแสงอัลตราไวโอเล็ต

ชนิดของเครื่องกรองน้ำ

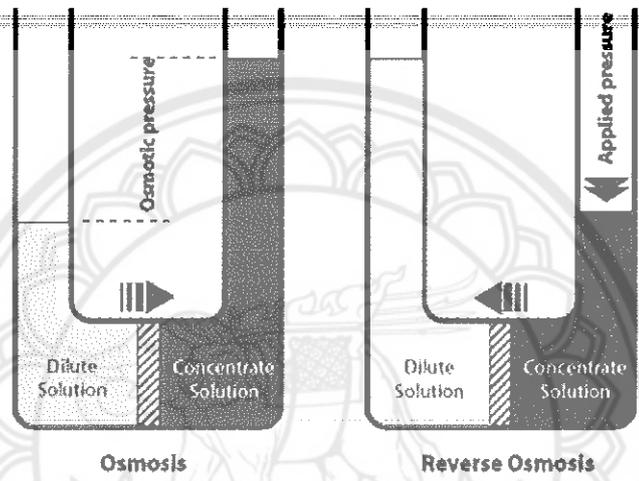
1. แบบ Reverse Osmosis (RO) ไม่ใช้สารเคมีหรือไฟฟ้า โดยผลลัพธ์ที่ออกมาประมาณ 99.9% เป็นน้ำที่ปราศจากสิ่งเจือปน แต่ข้อเสียคือ เกลือแร่ถูกกรองออกไป 99% เช่นกัน ไม่เหมาะสำหรับดื่มสักเท่าไร เหมาะสำหรับสถานที่หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการใช้น้ำที่มีเกลือแร่หรือน้ำกระด้าง
2. แบบ Distillation คือแบบกลั่นแล้วทำให้เดือดเกิดเป็นไอน้ำ จากนั้นทำไอน้ำให้เย็นลง กลับมาเป็นน้ำกลั่น น้ำกลั่นนี้ไม่มีสารตกค้างและไม่มีเกลือแร่ 100%
3. แบบ Carbon Block ใช้ผงถ่านบดอัดเป็นก้อนเป็นตัวกรองน้ำ มีคุณสมบัติคือกรองเชื้อจุลินทรีย์และสารปนเปื้อนได้ เหมาะที่จะใช้ควบกับแบบที่ 1 และ 2 ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า และเกลือแร่มีในน้ำตามปกติ แต่อายุการใช้งานจะสั้นมาก
4. แบบ Granular Activated Carbon (GAC) เหมือนแบบที่ 3 แต่ผงถ่านโตกว่า
5. แบบ Ceramic มีรูเล็กๆให้น้ำผ่านมีประสิทธิภาพสูง การใช้ซีรามิกกำลังเป็นที่นิยมเพราะสามารถล้างและนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ทำให้ประหยัด
6. แบบใช้ Ozone มีอุปกรณ์เพื่อใช้ทำอากาศธรรมดาให้กลายเป็นโอโซน (Ozone Generator) โอโซนมีพลังในการทำปฏิกิริยากับเชื้อจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำได้แรงมาก มีประสิทธิภาพ ทำให้น้ำดูใสสะอาด และรสชาติดี เครื่องกรองน้ำแบบใช้โอโซนต้องใช้ไฟฟ้าและมักใช้ร่วมกับเครื่องกรองน้ำชนิดใช้ถ่าน
7. แบบใช้รังสี Ultraviolet โดยอาศัยตะเกียงไฟฟ้าที่แผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยมีคลื่นความถี่ระหว่าง 200-300 นาโนเมตร รังสีนี้จะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้หมด ยกเว้นเชื้อโรคจะซ่อนตัวอยู่กับผนังของทำให้ไม่ถูกรังสี เครื่องกรองน้ำแบบนี้มักนิยมใช้ร่วมกับเครื่องกรองน้ำชนิดใช้ถ่าน

ในปัจจุบัน RO ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งใน ยุโรป อเมริกา และเอเชีย ส่วนในประเทศไทยเราเป็นที่รู้จักและนิยมใช้มาประมาณ 15 ปีแล้ว เป็นเครื่องกรองน้ำที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า สามารถแก้ปัญหาต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส เป็นการกรองละเอียดที่สุดที่มีอยู่ใน เมมเบรน RO ทำหน้าที่เหมือนเป็นชั้นกั้นเกลือ ละลายน้ำและ โมเลกุลอนินทรีย์สารทุกชนิดเช่นเดียวกับโมเลกุลของสารอนินทรีย์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณมากกว่า 100 แต่โมเลกุลน้ำลอด ผ่านเข้าไป ใน เมมเบรน ได้อย่างสะดวกและรวมตัวเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ ซึ่งปกติเกลือที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดได้ 95 %ถึงมากกว่า 99% มีการประยุกต์ ใช้งาน RO มากมายหลายวิธี เช่นการกำจัดเกลือแร่ของน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยสำหรับทำน้ำดื่มการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในกระบวนการ ทำอาหาร และเครื่องดื่ม การแยกสารปฏิชีวนะ การทำน้ำบริสุทธิ์สำหรับดื่มในบ้าน และใช้ในกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ RO ได้บ่อยครั้งในการผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง มากๆ สำหรับในการผลิตยา หรือในห้องปฏิบัติการอีกด้วยการติดตั้ง ROก่อนชุดเครื่องกรองแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange: IX) จะทำให้ลดต้นทุนการดำเนินงาน และความถี่ของการ ฟื้นฟู สภาพ

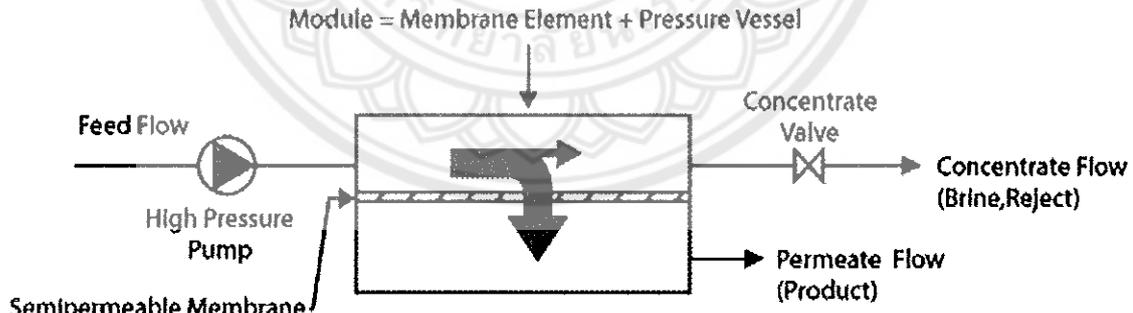
ระบบ IX ลงไปได้มาก ซึ่งปกติแรงดันที่ใช้อัดน้ำผ่านเมมเบรนสำหรับ RO อยู่ในช่วง 14 บรรยากาศ (200 PSI) สำหรับน้ำกร่อยถึง 69 บรรยากาศ (1,000 PSI) สำหรับน้ำทะเลกระบวนการ ทำอาหาร และเครื่องดื่ม การแยกสารปฏิชีวนะ การทำน้ำบริสุทธิ์สำหรับดื่มในบ้าน และใช้ในกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ RO ได้บ่อยครั้งในการผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงมากๆ สำหรับในการผลิตยา หรือในห้องปฏิบัติการ อีกด้วยการติดตั้ง RO ก่อนชุดเครื่องกรองแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange: IX) จะทำให้ลดต้นทุน การดำเนินงาน และความถี่ของการ ฟื้นฟู สภาพระบบ IX ลงไปได้มาก ซึ่งปกติแรงดันที่ใช้อัดน้ำ ผ่านเมมเบรนสำหรับ RO อยู่ในช่วง 14 บรรยากาศ (200 PSI) สำหรับน้ำกร่อยถึง 69 บรรยากาศ (1,000 PSI) สำหรับน้ำทะเล และเครื่องดื่ม การแยกสารปฏิชีวนะ การทำน้ำบริสุทธิ์สำหรับดื่มในบ้าน และใช้ในกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ RO ได้บ่อยครั้งในการ ผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงมากๆ สำหรับในการผลิตยา หรือในห้องปฏิบัติการอีกด้วยการติดตั้ง RO ก่อนชุดเครื่องกรองแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange: IX) จะทำให้ลดต้นทุนการดำเนินงาน และความถี่ของการ ฟื้นฟู สภาพระบบ IX ลงไปได้มาก ซึ่งปกติแรงดันที่ใช้อัดน้ำผ่านเมมเบรนสำหรับ RO อยู่ในช่วง 14 บรรยากาศ (200 PSI) สำหรับน้ำกร่อยถึง 69 บรรยากาศ (1,000 PSI) สำหรับน้ำทะเล ระบบการกรองที่อาศัยหลักการย้อนกลับของ ขบวนการ Osmosis ขบวนการดังกล่าวคือปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ ที่น้ำจากสารละลายที่มีความเข้มข้น น้อยกว่า ซึมผ่านเยื่อบาง ๆ ไปหาสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า วิธีการทดลองในขั้นแรกเติมน้ำเกลือและ น้ำในระดับที่เท่ากันน้ำจะซึมผ่านเยื่อบาง ๆ (Membrane) ไปยังน้ำเกลือ ทำให้น้ำเกลือมีระดับสูงขึ้นและน้ำมี ระดับลดลง ระดับที่แตกต่างนี้เราเรียกว่า แรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ในทางกลับกันถ้าเราเพิ่ม แรงดันด้านน้ำเกลือให้มากกว่า แรงดัน ออสโมติก จะทำให้น้ำในน้ำเกลือซึมผ่านเยื่อเมมเบรน (Membrane) มายังด้านน้ำ ที่มีความเข้มข้นน้อย น้ำเกลือซึ่งมีความเข้มข้นของสารละลายสูงจะเข้มข้นมากขึ้น เมื่อน้ำผ่านเยื่อ เมมเบรนออกไป จึงต้องมีการระบายน้ำเข้มข้นออกทั้ง จะเป็นการชะล้างเอาสิ่งสกปรกที่ติดผิวหน้าของแผ่นเยื่อ เมมเบรนออกด้วย แต่สำหรับระบบกร่อนน้ำกร่อย น้ำเค็มและน้ำทะเล นั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากต้อง ลงทุนสูงและต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ สำหรับการปรนนิบัติบำรุง (Preventive Maintenance) ระบบกร่อนน้ำ อาทิ การล้างกรอง การคืนสภาพเรซิน ล้างไส้กรอง RO และการเติมสารปรับปรุงคุณภาพน้ำ สามารถให้ระบบทำได้อัตโนมัติแทบจะเรียกว่าระบบกร่อนน้ำไม่จำเป็นต้องมีผู้ดูแลตลอดเวลา (Unman) และ ระบบยังมีความทนทานต่อการชำรุดและขึ้นสนิมเนื่องจากผลิตจากวัสดุที่ทนทานและคุณภาพสูงนั่นเอง

หลักการทำงานของกรองเมมเบรน จะเห็นได้ว่า RO และ UF นั้นสามารถกรองได้ละเอียดที่สุดและ ยังเป็นตัวหลักที่ทำให้น้ำสะอาดมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดแต่ต้องการใช้พลังงาน ไฟฟ้าในการทำงานซึ่งกรอง RO และ UF นั้นใช้หลักการใช้ความดันสูงดันน้ำดิบผ่านเยื่อเมมเบรนให้เหลือเฉพาะ โมเลกุลของน้ำโดย REVERSE OSMOSIS (RO) เป็นการกรองรูปแบบหนึ่งซึ่งพัฒนาขึ้นราวปลาย 1950 ถึงช่วง ต้น 1960 โดยในตอนแรกถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานการกำจัดเกลือ (desalination) ออกจากน้ำทะเลหรือน้ำ กร่อย จากนั้นจึงมีการพัฒนาใช้ในหลายๆด้านมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำ คุณภาพสูงใน อุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ประหยัดพลังงานและมลพิษต่ำ โดยในช่วงแรกนั้นเทคโนโลยีการผลิตเมมเบรนยังไม่ดีเหมือนทุกวันนี้ ต่อมาจึงค่อยมีการพัฒนาเพื่อให้เมมเบรนมีความสามารถสูงขึ้นและเหมาะสมกับ งาน เฉพาะด้านมากขึ้น จึงทำให้การกรองด้วยระบบ RO จัดได้ว่าเป็นการกรองที่ละเอียดที่สุดเท่าที่มีในปัจจุบัน โดยขนาดการกรองอยู่ประมาณ 0.0001 ไมครอน เมมเบรนสามารถกรองเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำรวมถึง สารอินทรีย์ที่มีขนาด โมเลกุลใหญ่ ส่วนโมเลกุลของน้ำสามารถผ่านเมมเบรนได้อย่างอิสระ น้ำที่กรองผ่านเมมเบรนจึงมีไอออนหรือเกลือแร่ต่ำ ซึ่งอัตราการกำจัดไอออนออกโดยเมมเบรนนั้นทำได้ 95 – 99% โดยประมาณ ระบบกรอง RO มีการใช้งานอย่างกว้างขวางมาก เช่นการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเลหรือน้ำกร่อย การผลิตน้ำ

เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารและเครื่องดื่ม การกรองน้ำเพื่อใช้ดื่มในบ้านที่พักอาศัย นอกจากนี้ยังมีการใช้งานผลิตน้ำบริสุทธิ์ป้อน boiler เช่นในอุตสาหกรรมพลังงาน หรือน้ำบริสุทธิ์ในอุตสาหกรรมผลิตยา และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น โดยหลักการทำงาน RO มีแนวคิดจากปรากฏการณ์ osmosis (ภาพขวา) ปกติที่น้ำจะแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านซึ่งกั้นอยู่ตรงกลางโดยแพร่จากด้านที่ สารละลายมีความเข้มข้นต่ำไปด้านที่สารละลายมีความเข้มข้นสูง (น้ำเปล่าจะเพิ่มออสโมซิสไปที่น้ำเกลือ) ส่วนต่างระดับที่เกิดขึ้นเรียกว่า “แรงดันออสโมติก” (ภาพขวา) ถ้าใส่แรงดันทางฝั่งสารละลายความเข้มข้นสูงให้มากกว่าแรงดันออสโมติก น้ำจะแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านกลับไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำจึงเรียกว่าภาคกลับของออสโมซิส (Reverse osmosis) ด้วยวิธีนี้เราจึงสามารถผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์ทางเกลือแร่สูงขึ้นได้ จากน้ำที่มีเกลือแร่ละลายอยู่เดิม โดยที่เยื่อเลือกผ่านให้น้ำผ่านได้แต่ไม่ให้เกลือผ่าน

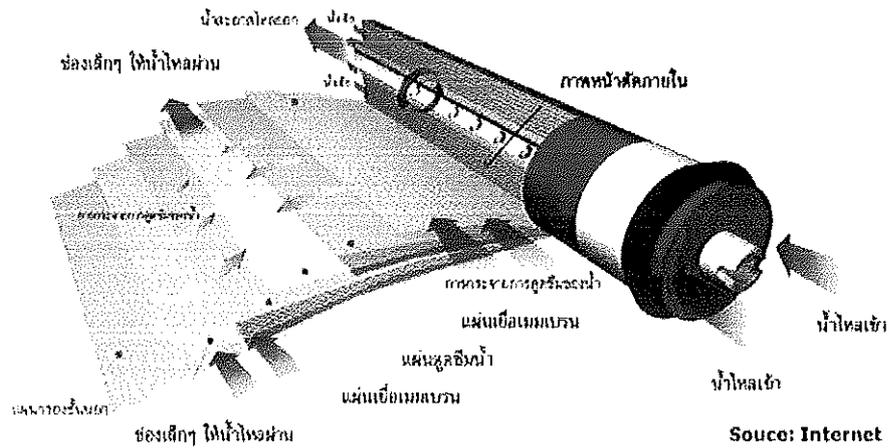


รูปที่ 3 แสดงปรากฏการณ์ osmosis และ Reverse osmosis



รูปที่ 4 แสดงลักษณะระบบกรอง RO

น้ำถูกเพิ่มแรงดันโดย High Pressure Pump ก่อนที่จะผ่านระบบกรอง RO เมื่อน้ำผ่านเมมเบรนจะแยกออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่มีเกลือต่ำหรือก็คือน้ำ RO ในทางเทคนิคเรียกว่า “Permeate” ส่วนน้ำที่ไหลผ่านเมมเบรนออกไปทาง Concentrate Valve คือน้ำทิ้งที่มีเกลือสูง ในทางเทคนิคเรียกน้ำส่วนนี้ว่า “Concentrate” หรือ “Reject” ก็ได้ ซึ่งสาเหตุที่ต้องมีน้ำทิ้งก็เพราะป้องกันเกลือแร่ที่ไม่สามารถผ่านเมมเบรนไปได้นั้นสะสมตัวจนความเข้มข้นถึงจุดตกผลึก ทำให้เมมเบรนสูญเสียพื้นที่การทำงานบางส่วนหรือทั้งหมดแล้วแต่กรณี



รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างไส้กรอง RO

2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องกรองน้ำแบบต่างๆ

แบบ Reverse Osmosis (RO)

ข้อดี

1. สามารถประหยัดสารเคมีได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเคมีทั่วไป ในระบบเคมีจะต้องใช้กรดและด่างจำนวนมากมาเจือเนอเรต นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อม ส่วนระบบ RO. จะใช้สารเคมีน้อยมาก ต้นทุนการผลิตน้ำจะตกอยู่ที่ค่าไฟของปั้มน้ำ ซึ่งกินไฟมากเพราะความดันสูง แต่เมื่อเทียบกับราคาสารเคมีแล้วยังถูกกว่ามาก
2. สามารถทำให้น้ำบริสุทธิ์โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะของน้ำก่อน (no phase change) เหมือนอย่างวิธีการกลั่นน้ำทั่วไป
3. ระบบ RO. ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่กี่อย่างจึงเป็นระบบที่กะทัดรัด เช่น ปั้มน้ำ มอเตอร์ วาล์ว มาตรวัดอัตราการไหล เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (conductivity meter) เกจวัดความดัน ฯลฯ
4. ช่างคุมเครื่องจักรไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือ เพียงแต่ผ่านการอบรมเพียงระยะเวลาสั้นๆก็สามารถคุมเครื่องได้ อุปกรณ์อัตโนมัติจะช่วยให้การควบคุมง่ายขึ้น

ข้อจำกัด

- ข้อจำกัดในเรื่องความดัน โดยปกติถ้าเป็นน้ำทะเลจะต้องใช้ความดัน 800 ถึง 1,000 PSI และสำหรับน้ำกร่อยธรรมดา จะใช้ความดันไม่เกิน 400 ถึง 600 PSI ซึ่งในแง่ของการปฏิบัติแล้ว เราจะใช้ความดัน 200 PSI เหนือความดันออสโมซิส (Osmosis Pressure) ดังนั้นระบบ RO จึงไม่สามารถใช้กับการแยกน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงมากๆได้ เพราะโครงสร้างของเนื้อเยื่อจะไม่สามารถรับแรงดันมากเกินไปได้
- ข้อจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าสู่ระบบ เนื้อเยื่อแบบ ทินฟิล์ม คอมโพสิท (Thin Film Composite) ถ้าป้อนน้ำที่มีอุณหภูมิเกินกว่านี้จะมีปัญหาเรื่องเนื้อเยื่ออัดตัวแน่น (compaction) เป็นเหตุให้สารละลายเล็ดลอดออกมาได้มากขึ้น ดังนั้นถ้ามีอุณหภูมิสูงเกินไปจะต้องลดอุณหภูมิลงก่อน
- ข้อจำกัดเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน เนื้อเยื่อที่ใช้ในระบบ RO. จะเสื่อมคุณภาพเร็วมาก หากสัมผัสกับน้ำมัน หรือ จารบี จึงจำเป็นต้องกำจัดไขมันใดๆ ออกอย่างเด็ดขาด

แบบใช้รังสี Ultraviolet (UV)

ข้อดี

1. ปลอดภัย : การกรองน้ำด้วยรังสียูวีไม่ได้ใช้สารเคมีใดๆ แม้กระทั่งคลอรีน หรือทำอันตรายกับน้ำดื่มเอง
2. ปลอดภัยและดี : ยูวีไม่ได้ทำให้เพิ่มรสชาติหรือกลิ่นเข้าไปในน้ำดื่ม
3. ประสิทธิภาพยอดเยี่ยม : เป็นหนึ่งในด้านการฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายได้ถึง 99.99%
4. ไม่เปลืองพลังงาน : ใช้กำลังไฟเท่ากับการเปิดหลอดไฟกำลัง 60 วัตต์
5. ค่าซ่อมบำรุงต่ำ : แค่ต้องการเปลี่ยนไส้หลอดยูวีเพียงปีละหนึ่งครั้งเท่านั้น

ข้อจำกัด

การกรองน้ำด้วยรังสียูวีนั้นไม่เพียงพอวัตถุประสงค์หลักของน้ำดื่ม นั่นเป็นเพราะรังสียูวีจะมีผลกระทบต่อเชื้อโรคและแบคทีเรีย รังสียูวีไม่ได้มีผลกับคลอรีน โลหะหนัก หรือสารอินทรีย์ระเหยง่าย(VOC) การกรองในระบบยูวีส่วนใหญ่จะทำงานคู่กับระบบการดูดซึมแบบย้อนกลับ(Reverse Osmosis) เพื่อที่จะทำให้ขั้นตอนการกรองน้ำมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงสุดถ้าคุณมีการเลือกใช้น้ำให้เหมาะสมกับการใช้งานภายในบ้านของคุณพบกับความพึงพอใจและปลอดภัยสูงสุด ต้องเริ่มจากขนาดของเครื่องกรองน้ำที่เหมาะสม และที่ตรงกับจุดที่น้ำสามารถไหลผ่านท่อหลักต่อการใช้งานหนึ่งครั้ง

แบบกรอง Ultra Filtration (U.F.) หรือ อัลตราฟิลเทรชั่น

ข้อดี

1. ใช้กรองแบคทีเรียได้อย่างสมบูรณ์ และยังคงรักษาแร่ธาตุต่างๆไว้ เช่น โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต
2. ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า เพราะไม่ใช้ปั๊มเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำผ่านไส้กรองของ UF สามารถใช้แรงดันน้ำปกติจากท่อประปาหรือจากปั๊มน้ำในบ้านได้เลย
3. ไม่เกิดของเสียจากระบบการกรอง ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม
4. ติดตั้งง่าย ไม่ต้องเดินสายไฟฟ้า ไม่มีปั๊มน้ำและถังเก็บน้ำความดัน และไม่มีน้ำทิ้งจากระบบ
5. ใช้ไส้กรองเมมเบรนแบบ UF ที่มีลักษณะเป็นเส้น ผิวมีรูพรุน ผลิตจากวัสดุโพลีเอทิลีน (PE) มีรูพรุนประมาณ 01 ไมครอน ไส้กรองมีพื้นที่การกรองสูง สามารถดักจับตะกอนได้มาก ทำหน้าที่กรองตะกอนขนาดเล็กและเชื้อโรค เช่น ฝุ่น แบคทีเรีย และไวรัส น้ำที่ผ่านไส้กรองมีความละเอียดสูง ไม่มีเชื้อโรค และยังคงแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย
6. น้ำที่กรองได้ ค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หรือมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น
7. ไส้กรองของ UF ในขั้นตอนที่ 4 หรือ Hollow Fiber มีราคาถูกกว่าไส้กรองเมมเบรนของ RO

ข้อจำกัด

น้ำที่ผ่านเครื่องกรอง UF เมื่อนำไปต้มจะยังมีชีวะตกค้างอยู่

คุณสมบัติของไส้กรองน้ำชนิดต่างๆ

ไส้กรองน้ำ เป็นสิ่งสำคัญที่สุดในเครื่องกรองน้ำของทุกรุ่นทุกยี่ห้อ ตัวเครื่องกรองทำหน้าที่เป็นโครง แต่คุณสมบัติการกรองจะขึ้นอยู่กับไส้กรองน้ำ ซึ่งไส้กรองน้ำแต่ละแบบก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับว่ามันบรรจุด้วยสารอะไร หรือมีความสามารถในการกรองขนาดไหน หลักการทำงานของไส้กรอง มี 2 แบบ คือ แบบกรองโดยน้ำต้องทะลุผ่านไส้กรอง เช่น กรองหยาบ(PP) และแบบที่น้ำผสมทำปฏิกิริยากับสารกรอง เช่น เร

จีน โดยหน่วยความสามารถในการกรองเราเรียกว่า ไมครอน ยิ่งถ้าไส้กรองที่มี ไมครอนน้อย แสดงว่ากรองได้ละเอียดเช่น ไส้กรองเซรามิก กรองได้ 0.3ไมครอน ไส้กรอง RO membrane กรองได้ 0.0001ไมครอน แสดงว่า ไส้กรอง RO membrane กรองได้สะอาดกว่านั่นเอง

ไส้กรองหยาบ Sediment (PP)

ไส้กรองPP ทำมาจากเส้นใย Polypropylene ที่มีขนาดเล็ก มันพื้นจนมีความสามารถในการกรองและขนาดที่ต้องการ มีความละเอียดของรู ที่นิยมสำหรับน้ำดื่ม อยู่ที่ 1-10ไมครอน ที่นิยมมากที่สุดคือ 5ไมครอน มักจะถูกนำมากรองที่ขั้นตอนแรก เพื่อทำการกรอง ผง ฟุ้ง สารแขวงลอย สนิมเหล็ก โคลน และสิ่งสกปรกต่างๆที่มากับน้ำ เป็นไส้กรองที่สำคัญมากอีกไส้หนึ่ง เพราะจะทำการกรองเบื้องต้นให้เครื่องกรองน้ำ และลดการอุดตันของไส้กรองลำดับถัดไป ควรเปลี่ยนไส้กรอง PP บ่อยๆ เพราะราคาถูกสุด จะทำให้ไส้กรองอื่นๆอยู่ได้นานขึ้น

: อายุการใช้งาน ประมาณ 3 เดือน

ไส้กรองน้ำ คาร์บอนบล็อก CTO (Carbon Block : Reduce Chlorine Taste & Odor)

ไส้กรองคาร์บอนบล็อก CTO (ย่อมาจาก Chlorine Taste & Odor) เป็นการนำเอาคาร์บอนมาอัดแท่งแล้วพันด้วยตาข่าย เพื่อเพิ่มความสามารถในการกรองน้ำ โดยคาร์บอนมีคุณสมบัติใส่การ ดูด ซับ กลิ่น สี สารเคมี คลอรีน และสิ่งสกปรกต่างๆ โดยคาร์บอนบล็อกจะช่วยทั้งกรอง และทำหน้าที่ของสารคาร์บอนด้วยในตัว คาร์บอนถือว่าเป็นสารกรองที่มีความสำคัญที่สุดในระบบกรองปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็ระบบไหน รุ่นไหน ยี่ห้ออะไร ก็จะต้องมีคาร์บอนในส่วนประกอบของเครื่องกรองน้ำทุกชนิด

: อายุการใช้งาน ประมาณ 3-6 เดือน

ไส้กรองน้ำ เกร็ดคาร์บอน GAC (Granular Activated Carbon)

ไส้กรองเกร็ดคาร์บอน (GAC) เป็นไส้กรองที่บรรจุคาร์บอนไว้ในกระบอกแต่ไม่ได้อัดแท่ง คุณสมบัติเด่นคือ ทำให้พื้นผิวของคาร์บอนสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้น เพราะเกร็ดคาร์บอนจะคลุกเคล้าเข้ากับน้ำ ทำให้ความสามารถของคาร์บอนได้ทำหน้าที่เต็มที่ในการดูดซับคลอรีน สี สารเคมีต่างๆ แต่ความสามารถในการกรองจะสู้คาร์บอนบล็อกไม่ได้ เหมาะกับบ้านที่ต้องการลดปัญหากลิ่นของคลอรีน

: อายุการใช้งาน ประมาณ 3-6 เดือน

ไส้กรองน้ำ เรซิน (Resin)

ไส้กรองเรซิน จะช่วยเรื่องการลดปริมาณหินปูน ช่วยให้น้ำไม่กระด้าง โดยหลักการทำงานคือ แลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดสารละลายจำพวกหินปูน (Ca แคลเซียม และ Mg แมกนีเซียม) แล้วจะทำการปล่อยประจุที่เป็น Na โซเดียม ให้กับน้ำ ทำให้น้ำมีปริมาณหินปูนลดลง ลดการเกิดนิ่ว ทำให้น้ำไม่กระด้าง และผลทางอ้อมคือทำให้น้ำมีรสชาติหวานและมีความนุ่มนวลในการดื่ม เรซินมีความจำเป็นสำหรับน้ำดิบที่เป็นน้ำกระด้าง เช่น น้ำบาดาล น้ำกร่อย เพื่อช่วยลดปริมาณหินปูนในระบบ การดูแลรักษาเรซิน คือการล้างเรซินด้วยน้ำเกลือ

: อายุการใช้งาน ประมาณ 3-6 เดือน

ไส้กรองน้ำ เซรามิก (Ceramic)

ไส้กรองเซรามิก เป็นไส้กรองทำที่จากเซรามิก นำมาอัดแท่ง ซึ่งคุณสมบัติของเซรามิกคือ มีช่องว่างระหว่างเนื้อเซรามิก ประมาณ 0.1-0.3 ไมครอน ซึ่งสามารถกรองเชื้อแบคทีเรียได้ และมีข้อดีอีกข้อ คือสามารถนำมาล้างทำความสะอาดได้ ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนไส้กรองบ่อยๆ เป็นไส้กรองที่นิยมในสมัยก่อนที่จะมีระบบ RO สังเกตคือ น้ำดื่มบรรจุขวดในถังขุนหรือขวดขุน (ยังมีให้เห็นอยู่ในบางพื้นที่) ส่วนมากจะมาจากการกรองของระบบเซรามิก

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

ไส้กรองน้ำไมโคร (MF: Micro Filtration Membrane)

ไส้กรองไมโครฟิวเตรชัน (MF) เป็นไส้กรองที่มีความสามารถในการกรองอยู่ที่ 0.1-10 ไมครอน ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Membrane) ชนิด Micro-Filtration Membrane สามารถแยกสิ่งสกปรกและสารแขวนลอยต่างๆได้ดี มีน้ำหนักเบา ทำความสะอาดผิวภายนอกได้ง่าย คุณสมบัติใกล้เคียงเซรามิก

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

ไส้กรองน้ำยูเอฟ (UF: Ultra Filtration Membrane)

เป็นไส้กรองที่มีความสามารถกรอง 0.01-0.03 ไมครอน ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Membrane) ชนิด Ultra Filtration Membrane เป็นระบบกรองน้ำที่ดีรองจากระบบ nano และ RO สามารถกรองเชื้อแบคทีเรียได้ดี แต่ยังไม่ถึงขั้นกรองเชื้อไวรัส เป็นอีกหนึ่งระบบกรองที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

ไส้กรองน้ำนาโน (NF: Nano Filtration)

ไส้กรองน้ำระบบ Nano Filtration มีความสามารถในการกรอง ประมาณ 0.001 ไมครอน ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Membrane) ชนิด Nano Filtration Membrane ระบบ Nano ได้ถูกนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม แต่ในระบบกรองน้ำยังมีไม่มาก เพราะเนื่องด้วยมีความสามารถในการกรองที่สูงแต่ไม่มีระบบน้ำทิ้ง จึงทำให้ไส้กรองตันง่ายกว่าระบบ UF หรือระบบ RO ที่มีการทิ้งน้ำ แต่ในอนาคตอาจเห็นเครื่องกรองน้ำระบบนี้มากขึ้น

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

ไส้กรองน้ำอาร์โอ (RO: Reverse Osmosis)

ไส้กรองน้ำ RO, Reverse Osmosis เป็นไส้กรองที่ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Membrane) ชนิด RO Filtration Membrane เป็นระบบกรองน้ำที่มีความละเอียดและสะอาดมากที่สุดในปัจจุบัน ด้วยความสามารถในการกรองถึง 0.0001 ไมครอน ซึ่งสามารถกรองได้ถึงระดับไวรัส ทำให้ได้น้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรค ด้วยว่าไส้กรองมีรูเล็กมาก (เล็กกว่าเส้นผม 500,000 เท่า) ทำให้ต้องมีปั้มน้ำในตัว เพื่ออัดน้ำผ่านไส้กรอง RO โดยน้ำที่ออกมา จะมีน้ำดีประมาณ 40-50% และน้ำทิ้งประมาณ 50-60% ระบบ RO นี้ นิยมมากในการมาทำน้ำดื่มบรรจุขวด, อุตสาหกรรมยา, เครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความสะอาดของน้ำ

ในอดีตเครื่องกรองน้ำ RO มีราคาสูงมาก แต่ในปัจจุบันราคาถูกลงมาก เพราะมีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลกทำให้มีราคาต้นทุนที่ถูกลง จนกระทั่งมีการโจมตีจากบางส่วน ว่าสะอาดเกินไปเพราะกรองแร่ธาตุออกจนหมด

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1-1.5 ปี

ไส้กรองน้ำ UV (Ultra Violet)

ชุด UV ไม่ได้ช่วยเรื่องกรองน้ำ แต่หน้าที่คือฆ่าเชื้อโรค โดยหลอด UV จะทำหน้าที่ผลิตแสง Ultra Violet ที่มีความสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆได้ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส เหมาะสำหรับ ระบบกรองที่ไม่สามารถจัดการเชื้อไวรัสได้ เช่น ระบบ 3-5 ขั้นตอนธรรมดา, เซรามิก, MF, UF, NF เป็นต้น โดยสามารถติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปได้ แต่สำหรับ ระบบ RO ไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้งเพราะระบบ RO สามารถกรองได้ถึงระดับไวรัสอยู่แล้วทำให้ไม่เห็นความแตกต่างกันมากนัก

: อายุการใช้งาน ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เมื่อหลอดเสื่อม หรือขาดก็ต้องเปลี่ยน หลักการเหมือนหลอดไฟนีออนที่ใช้ตามบ้าน

ไส้กรองน้ำโพสคาร์บอน (Post Carbon)

ไส้กรอง Post Carbon เป็นไส้กรองขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำมาดื่ม ไม่ได้มีส่วนในการกรองให้น้ำสะอาด แต่เน้นเรื่องปรับรสชาติ น้ำ ซึ่งทำมาจากคาร์บอนและบรรจุอยู่ในแคปซูล (Inline) โดยหน้าที่หลักคือ ปรับสภาพน้ำ ปรับ PH และปรับ รสชาติของน้ำก่อนที่เราจะนำมาดื่ม

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

ไส้กรองน้ำแร่ (Mineral)

ไส้กรองน้ำแร่ ทำหน้าที่คล้ายไส้กรอง Post Carbon แต่เพิ่มเติมแร่ธาตุเข้าไปด้วย เป็นส่วนเพิ่มเติมเข้ามาสำหรับผู้ที่ต้องการดื่มน้ำแร่ และต้องการดูแลสุขภาพร่างกายเป็นพิเศษ แต่อย่างไร มนุษย์ได้รับแร่ธาตุจากน้ำน้อยมากๆ เมื่อเทียบกับการรับประทานอาหารในแต่ละวัน ดังนั้นจึงเป็นความเชื่อของแต่ละบุคคล

: อายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี

2.5 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้

2.5.1 การประยุกต์เซลล์แสงอาทิตย์

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีตัวกลางในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่ง เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) มีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ก็สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System) และการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับไฟฟ้าของการไฟฟ้า (Grid Connected System)

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System)

เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าตัวอย่างเช่น ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ระบบไฟฟ้าสนามตามทางเดิน เป็นต้น

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับไฟฟ้าของการไฟฟ้า (Grid Connected System)

เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้และสามารถจ่ายคืนให้กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าได้ ซึ่งระบบมีความเสถียรภาพมาก การทำงานของระบบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าในเวลากลางวัน ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V, 50 Hz จ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน กรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากเกินความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน ไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าโดยผ่านมิเตอร์ขาย ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้านหรือในเวลากลางคืน ระบบก็จะนำไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าภายในบ้านอย่างเพียงพอโดยผ่านมิเตอร์ซื้อ

2.5.2 อุปกรณ์ประกอบรวมในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

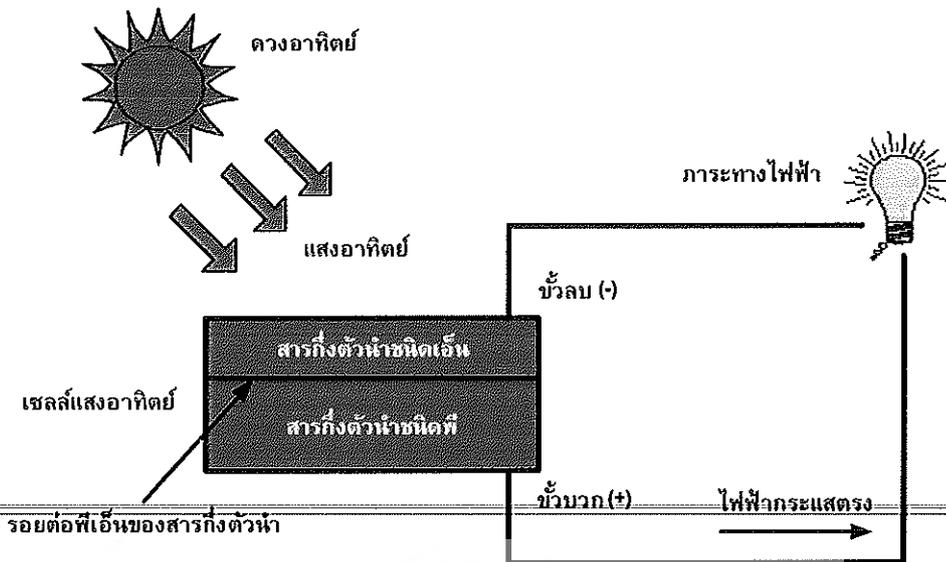
อุปกรณ์ประกอบรวมในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์คือ สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้าได้ โดยไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปประกอบไปด้วยรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งส่วนใหญ่คือซิลิคอนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เรียกรอยต่อนี้ว่ารอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดพาหะทางไฟฟ้าขึ้นสองชนิดคือ อิเล็กตรอน (ประจุลบ) และ โฮล (ประจุบวก) สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อพีเอ็นจะแยกอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นให้ไหลไปทางขั้วลบและ แยกโฮลให้ไหลไปทางขั้วบวก มีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง ดังนั้นเมื่อเราต่อขั้วดังกล่าวเข้ากับภาระทางไฟฟ้า (เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง) ก็จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในวงจร

เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ที่สภาวะวงจรเปิดและไม่มีภาระทางไฟฟ้า ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและ ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ (พื้นที่หน้าตัด) และยังขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น เซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงานขนาดพื้นที่หน้าตัด 160 ตารางเซนติเมตร จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 2 วัตต์ ที่สภาวะความเข้มแสงอาทิตย์ประมาณ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร และเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ลดต่ำลงเหลือประมาณ 400 วัตต์ต่อตารางเมตร เซลล์แสงอาทิตย์นี้ก็จะผลิตไฟฟ้าได้เพียงประมาณ 0.8 วัตต์

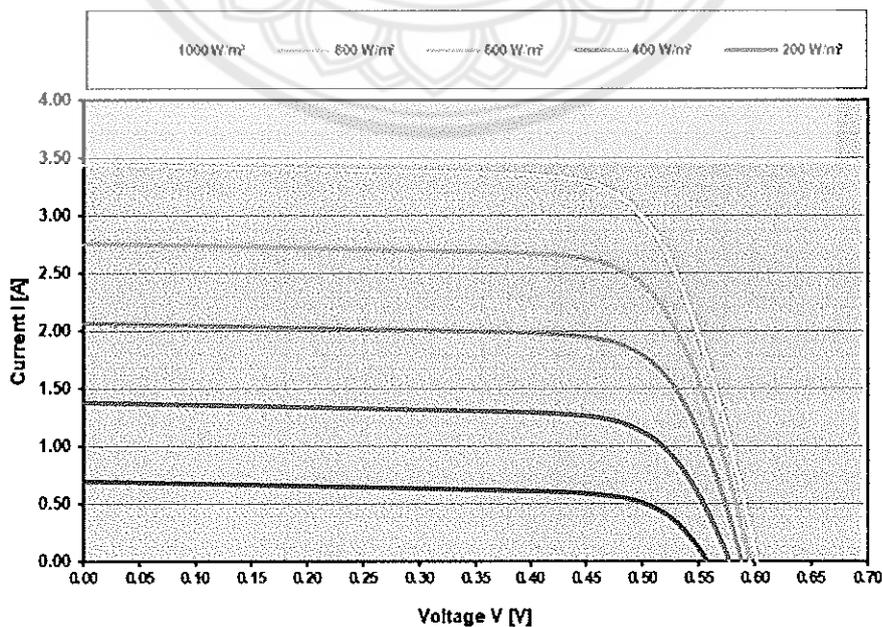


รูปที่ 6 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ (Effect of Irradiation)

ความสัมพันธ์ของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานแสง (I_{ph}) ค่ากระแสไฟฟ้่าลัดวงจร (I_{sc}) จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง คือ แปรผันตามค่ารังสีดวงอาทิตย์

เมื่ออธิบายถึงวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะรูปร่างของตัวแปรต่าง ๆ ในกราฟ เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรถัด (V_{oc}) อ้างถึงแรงดันไฟฟ้าที่ข้ามจากข้างในไดโอดเมื่อกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานแสง รวมทั้งหมดเคลื่อนที่ผ่าน เหมือนกราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ และขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรถัด (V_{oc}) และการตอบสนองค่ารังสีดวงอาทิตย์ ตรงกันข้ามกับตัวแปรต่าง ๆ ของไดโอด เมื่อค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่ำลงส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงด้วย เมื่อไรก็ตามที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรถัดก็จะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ค่ากระแสไฟฟ้า - แรงดันไฟฟ้า เมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน

ผลของอุณหภูมิต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

กระแสไฟฟ้าลัดวงจรสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$I_{sc} = \eta_e (1 - r) (1 - e^{-\alpha}) q n_{ph}(E_g)$$

เมื่อ η_e	คือ	ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนคู่อิเล็กตรอน - โฮลให้เป็นกระแสไฟฟ้า
r	คือ	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ผิวด้านรับแสงของเซลล์
α	คือ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของเซลล์แสงอาทิตย์ (cm^{-1})
l	คือ	ระยะทางที่โฟตอนในแสงอาทิตย์ที่สารกึ่งตัวนำซึ่งมีช่องว่างพลังงานเท่ากับสามารถดูดกลืนได้ $\text{photon}/\text{cm}^2.\text{sec}$
$e^{-\alpha}$	คือ	สัดส่วนของโฟตอนที่ทะลุผ่านเซลล์ต่อโฟตอนที่ตกกระทบทั้งหมด
E_g	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ (eV)

เมื่อพิจารณาช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำจะพบว่าช่องว่างพลังงานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดังสมการ

$$E_g(T) = E_{g0} - \frac{\gamma T^2}{T + \beta}$$

เมื่อ E_{g0}	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1.16 eV
$E_g(T)$	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิใดๆ (eV)
γ	คือ	ค่าคงที่เฉพาะสารกึ่งตัวนำใดๆ สำหรับซิลิกอน = 7.02×10^{-4} eV/K
β	คือ	ค่าคงที่เฉพาะของสารกึ่งตัวนำใดๆ สำหรับซิลิกอน = 1,108 K

เมื่ออุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้นช่องว่างพลังงานจะลดลงสำหรับซิลิกอนช่องว่างพลังงานจะลดลงประมาณ 2.3×10^{-4} eV/K ดังนั้นจำนวนโฟตอนที่มีพลังงานมากกว่าช่องว่างพลังงานจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าของช่องว่างพลังงานของซิลิกอนที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งจะพบว่าช่องว่างพลังงานของซิลิกอนจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 - 70 ° C ด้วยเหตุนี้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรจึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยขณะที่อุณหภูมิเซลล์สูงขึ้น ในทางปฏิบัติอาจจะถือว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรก็ได้

ตารางที่ 3 ช่องว่างพลังงานของซิลิกอนกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (°C)	ช่องว่างพลังงาน (eV)
25	1.115
30	1.114
35	1.129
40	1.111
45	1.110
50	1.108
55	1.107
60	1.105
65	1.104
70	1.103

ผลของอุณหภูมิต่อแรงดันไฟฟ้าวงจรถัด

แรงดันไฟฟ้าวงจรถัดสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$V_{oc} = qN_c N_v A_p \left[\frac{1}{N_A \sqrt{\tau_n}} + \frac{1}{N_D \sqrt{\tau_p}} \right] e^{-E_g / KT}$$

โดยที่

$$\sqrt{\tau_n} = \frac{L_n}{\sqrt{D_n}}$$

$$\sqrt{\tau_p} = \frac{L_p}{\sqrt{D_p}}$$

$$N_c = 2 \left[\frac{2\pi m_e * KT}{h^2} \right]^{3/2}$$

$$N_v = 2 \left[\frac{2\pi m * KT}{h^2} \right]^{3/2}$$

เมื่อ	N_c	คือ	ความหนาแน่นประสิทธิผลของสถานะอิเล็กตรอนในแถบตัวนำ (Effective density of state conduction band) (cm^{-3})
	N_v	คือ	ความหนาแน่นประสิทธิผลของสถานะโฮลในแถบวาเลนซ์ (Effective density of state in valence band) (cm^{-3})
	D_n	คือ	ค่าคงที่ของการแพร่ของอิเล็กตรอน (Electron diffusion constant) (cm^2/sec)

D_p	คือ	ค่าคงที่ของการแพร่ของโฮล (Hole diffusion constant) (cm^2/sec)
L_n	คือ	ระยะแพร่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี (Electron diffusion length) (cm)
N_D	คือ	ความหนาแน่นของดอเนอร์ (cm^{-3})
N_A	คือ	ความหนาแน่นของแอกเซ็ปเตอร์ (cm^{-3})
A_p	คือ	พื้นที่หน้าตัดของรอยต่อ (m^2)
m_e	คือ	มวลประสิทธิภาพของอิเล็กตรอน (Electron effective mass) (kg)
m_h	คือ	มวลประสิทธิภาพของโฮล (Hole effective mass) (kg)
h	คือ	ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck constant) (J-sec)

จำนวนอิเล็กตรอนหรือโฮลในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์เป็นไปตามสมการ

$$n_i^2 = N_c N_v e^{-E/kT}$$

จากสมการสามารถเขียน V_{oc} ใหม่ได้ดังนี้

$$V_{oc} = qA_p n_i^2 \left[\frac{D_n}{N_A L_n} / \frac{D_p}{N_D L_p} \right]$$

ค่า n_i^2 สำหรับซิลิกอนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดังสมการ

$$n_i^2 = 1.54 \times 10^{33} T^{33} 10^{-6080/T}$$

ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น n_i , L_n และ L_p จะเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มของ n_i จะมากกว่าการเพิ่มของ L_n และ L_p ซึ่งเป็นผลให้กระแสอิ่มตัวย้อนกลับเพิ่มขึ้น เมื่อกระแสอิ่มตัวย้อนกลับมากขึ้นค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะลดลง

V_{oc} จะลดลงประมาณ 0.4 % / K

ผลของอุณหภูมิต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุด

กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$P_m = P_m(\text{STC}) [1 - 0.005(T_{\text{cell}} - 25)]$$

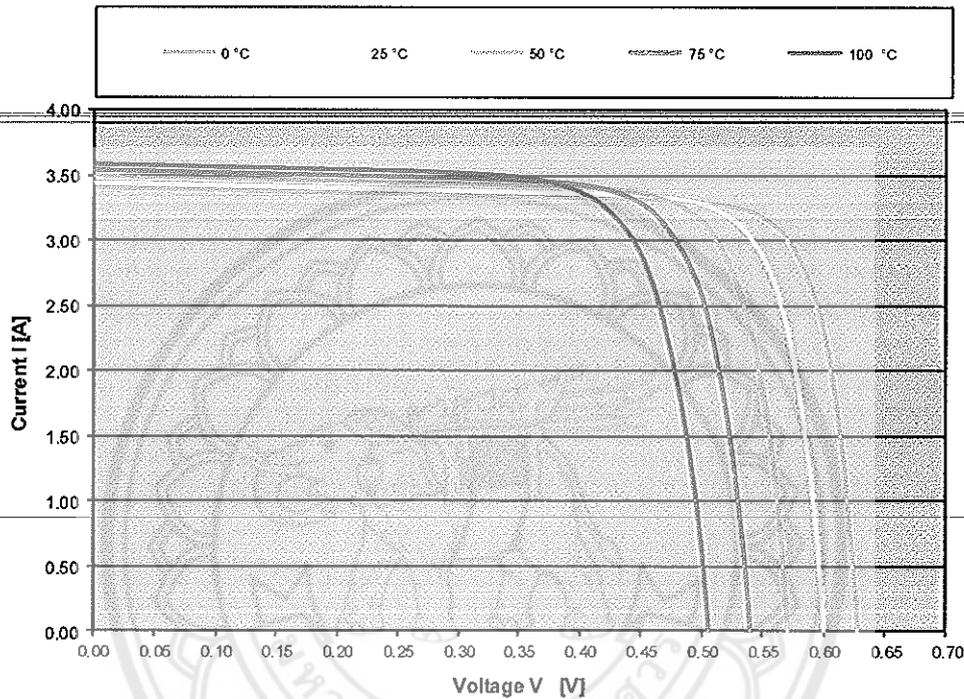
เมื่อ $P_m(\text{STC})$ คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐาน (W)

T_{cell} คือ อุณหภูมิของเซลล์ ($^{\circ}\text{C}$)

ดังนั้นถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 50 W เมื่อนำมาใช้งานที่อุณหภูมิของเซลล์ 55 °C กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเหลือ 34 W ในกรณีของประสิทธิภาพสูงสุดจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดังสมการ

$$\eta_m = \eta_m(STC) [1 - 0.003(T_{cell} - 25)]$$

กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.4 – 0.5 % / K

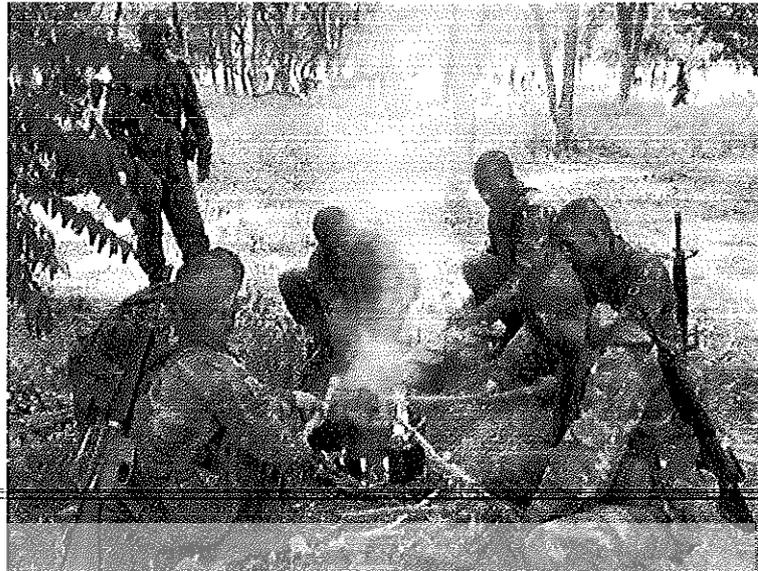


รูปที่ 8 แรงดันไฟฟ้า – กระแสไฟฟ้าเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน

2.6 ระบบผลิตน้ำดื่มของทหาร

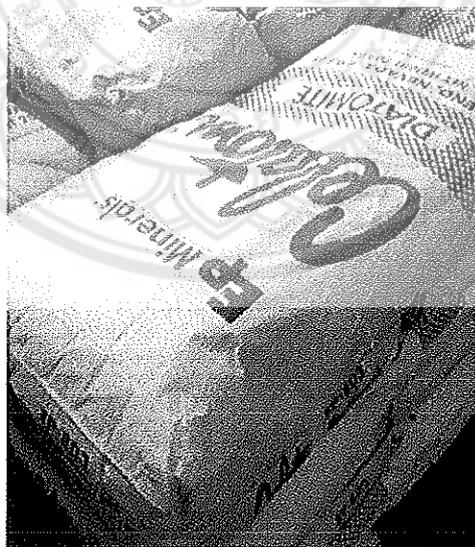
สำหรับการผลิตน้ำดื่มของทหารในการทำภารกิจนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการทำภารกิจต่างๆ ของทหาร ซึ่งตามปกตินั้นในพื้นที่ที่ทหารทำภารกิจต่างๆ นั้นส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นที่ทุรกันดาร ซึ่งการหาน้ำดื่มที่สะอาดบริสุทธิ์นั้นแทบไม่มีทางจะเป็นไปได้ การที่ทหารจะนำน้ำดังกล่าวมาอุปโภค บริโภคนั้นจะต้องนำน้ำมาทำการปรับปรุงให้มีความสะอาดก่อน ในกรณีนี้หน้าที่จัดหาสะอาดให้แก่หน่วยทหารอื่นๆ นั้น **ทหารช่าง** เป็นหน่วยที่ให้การดูแลและให้การสนับสนุนเรื่องนี้ ซึ่งยุทธโศปกรณ์ที่ทหารช่างใช้ในการทำน้ำให้สะอาดนั้นจะเรียกว่า **อุปกรณ์ชุดประปาสนาม** เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนน้ำที่หาได้ในพื้นที่ทำภารกิจให้เป็นน้ำที่สะอาดสามารถนำมาใช้อุปโภค บริโภคได้

ในอดีตนั้นทหารไม่มีเทคโนโลยีในการกรองน้ำการทำน้ำดิบให้สะอาดเพื่อนำไปใช้ในการบริโภคนั้นทำได้โดยการต้ม ซึ่งปัญหาของการต้มน้ำเพื่อใช้ในการบริโภค คือ ปริมาณน้ำที่ได้น้อยไม่เพียงพอต่อการบริโภค ซึ่งโดยปกติทหารต้องดื่มน้ำวันละ 1500 - 4000 cc ปัญหาของการต้มอีกส่วนหนึ่งคือต้องใช้พลังงานมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่ผลิตได้ สูญเสียเวลาและทรัพยากร ที่สำคัญคือมีปัญหาต่อการปกปิดและซ่อนพรางของทหาร



รูปที่ 9 การตม่น้ำเพื่อบริโภคของทหาร

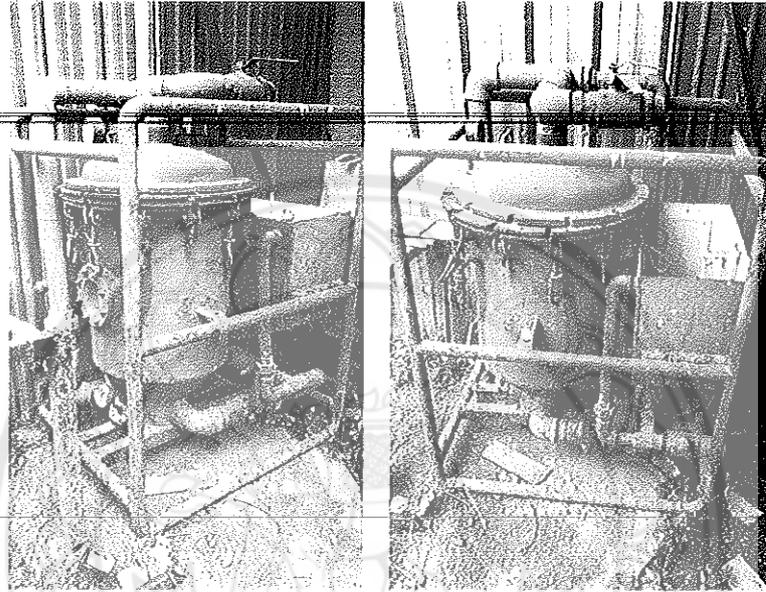
ต่อมาทหารได้มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้การกรองน้ำผ่านวัสดุที่มีความพรุน เช่น ทราย กรวด สาลี ฯลฯ ซึ่งก็ยังไม่สะอาดเพียงพอและไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำผงไดอะโตไมต์ (Diatomite) ดังรูปที่ 10 มาใช้เป็นสารในการกรองน้ำ ซึ่งข้อดีของไดอะโตไมต์เมื่อเปรียบเทียบกับสารกรองอื่นๆ คือ ดีกว่าทรายเพราะมีน้ำหนักเบา พกพาและขนย้ายได้สะดวก ที่สำคัญคือไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีใดๆ เพราะสิ่งสำคัญของการกรองน้ำนั้นจะต้องกรองสิ่งสกปรกและกำจัดเชื้อโรคได้ แต่การกรองน้ำระบบดังกล่าวยังไม่สามารถทำน้ำให้สะอาดปราศจากเชื้อโรคได้ทุกชนิด



รูปที่ 10 ผงไดอะโตไมต์ (Diatomite)

ปัจจุบันกองทัพบกไทยได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือทางทหารจากกองทัพสหรัฐอเมริกาในเรื่องเทคโนโลยีและยุทธโศปกรณ์ในการพัฒนาชุดประปาสนาม เพื่อให้ทหารสามารถผลิตน้ำดื่มได้สะอาดและมีปริมาณเพียงพอ ซึ่งปัจจุบันชุดประปาสนามของกรมการทหารช่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันประกอบด้วย

- o ชุดประปาสนามขนาด 1,500 แกลลอนต่อชั่วโมง ติดตั้งบนรถยนต์ รยบ. 2.5 ตัน เป็นชุดที่ปลดประจำการจากสหรัฐอเมริกาแล้วส่งมอบให้ไทย
- o ชุดประปาสนามขนาด 1,500 แกลลอนต่อชั่วโมง ชื่อ “สเตลล่า” เป็นชุดที่สั่งซื้อจากประเทศอังกฤษ
- o ชุดประปาสนามขนาด 3,000 แกลลอนต่อชั่วโมง จากสหรัฐอเมริกา
- o ชุดประปาสนามขนาด 6,000 ลิตรต่อชั่วโมง จากสหรัฐอเมริกา
- o ชุดประปาสนามขนาด 3,000 แกลลอนต่อชั่วโมง ที่พัฒนาขึ้นเอง ชื่อ “กช.01”



รูปที่ 11 ชุดประปาสนามขนาด 6,000 ลิตรต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 11 พบว่าชุดประปาสนามของกรมทหารช่างดังกล่าวจะเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ต้องมีรถลากสำหรับลากระบบกรองน้ำโดยเฉพาะ ทั้งนี้ส่วนประกอบของเครื่องกรองน้ำจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ เครื่องดูดน้ำ (ปั้มน้ำ) ส่วนกรองน้ำ และส่วนค่าเชื้อโรค ซึ่งหลังงานที่ใช้ในการดูดน้ำจะเป็นเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งสิ้นเปลืองพลังงานมาก แต่ก็ทำให้ได้น้ำดื่มปริมาณมากเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีชุดประปาสนามที่พัฒนาโดยกรมทหารช่างที่ 21 ที่สามารถผลิตน้ำได้ 3,000 แกลลอนต่อชั่วโมง ที่พัฒนาขึ้นเองดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ชุดประปาสนามที่พัฒนาโดยกรมทหารช่างที่ 21

บทที่ 3

การพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์

3.1 การออกแบบต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์

ระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแบบพกพา ต้องมีความสามารถในการผลิตน้ำดื่มได้จากทุกแหล่งน้ำทั้งน้ำบนผิวดิน น้ำบาดาล และน้ำทะเล ซึ่งแบ่งออกเป็นสองประเภทประกอบด้วย

1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ เป็นระบบผลิตน้ำดื่มด้วยระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้สำหรับทหาร 1 หมู่ จำนวน 11 นาย

2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด เป็นระบบผลิตน้ำดื่มด้วยระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมแบบพกพา เพื่อใช้สำหรับทหาร 1 หมวด จำนวน 44 นาย

ซึ่งรายละเอียดในการออกแบบและหลักการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มต้นแบบทั้งสองประเภทยังมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้สำหรับทหาร 1 หมู่ ประกอบด้วยทหารจำนวน 11 นาย ซึ่งในการออกแบบได้กำหนดให้เป็นกระเปาะสะพายหลังน้ำหนักรวมแล้วไม่เกิน 10 กิโลกรัม เพื่อให้เป็นระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ขนาดเล็กที่ทหาร 1 นาย สามารถนำติดตัวเดินทางไปทำภารกิจในพื้นที่ต่างๆ ได้ เช่น การออกลาดตระเวน ช่วยเหลือประชาชน หรือภารกิจฉุกเฉินต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลไม่มีแหล่งน้ำดื่มที่สะอาดและเป็นพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง ซึ่งระบบสามารถผลิตน้ำดื่มได้ประมาณ 10 ลิตร/ชั่วโมง เพื่อผลิตน้ำดื่มได้เพียงพอสำหรับทหาร 1 หมู่ หรือทหารจำนวน 11 นาย โดยระบบสามารถใช้ได้กับแหล่งน้ำดิบทุกประเภทโดยเฉพาะแหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดิน ทั้งนี้ในการออกแบบระบบนั้นคุณภาพน้ำที่ระบบผลิตได้ต้องสะอาดได้มาตรฐานน้ำดื่ม อีกทั้งยังต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อการใช้งานอเนกประสงค์ต่างๆ ได้ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อสารได้ ทั้งระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 100 วัตต์ ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้มาจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน โดยเป้าหมายของระบบนอกจากจะสามารถผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แล้ว ยังต้องสามารถพกพาได้สะดวกและส่วนประกอบต้องสามารถประกอบและแยกส่วนได้ ไม่ยุ่งยาก สามารถใช้งานพร้อมทั้งดูแลรักษาระบบได้ง่ายและเมื่อต้องการใช้งานก็สามารถประกอบระบบมาต่อกันแบบ Plug&Play ดังรูปที่ 13 ซึ่งส่วนประกอบของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ประกอบด้วย

1) ระบบกรองน้ำ (Water purification system): ประกอบด้วย ชุดกรองน้ำ ป้อนน้ำ (ทั้งแบบมอเตอร์และป้อนน้ำที่ใช้มือ) พร้อมทั้งถังเก็บน้ำดื่มสำหรับทหารทั้งน้ำดิบและน้ำสะอาด

2) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (PV system): แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีขนาดกำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 120 วัตต์ พร้อมทั้งระบบสะสมพลังงาน

3) ระบบเปลี่ยนรูปไฟฟ้าสำหรับไฟฟ้าอเนกประสงค์ (Power conversion unit): เป็นชุดเปลี่ยนรูปไฟฟ้า เช่น เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) และเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge controller)

ว 15
610
01323
2560
1038623

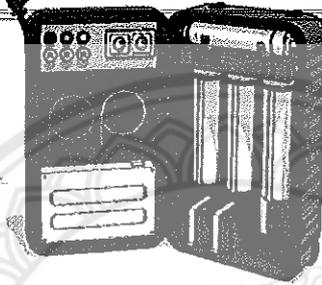


ระบบผลิตน้ำดื่ม: 10 ลิตร / ชั่วโมง สำหรับหอสมุด
สามารถใช้ไฟฟ้าอเนกประสงค์ได้ 120

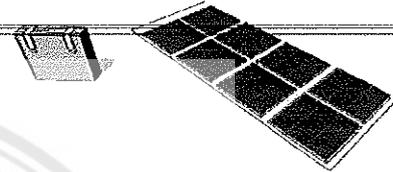
การเคลื่อนย้าย



ระบบผลิตน้ำดื่ม



ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์
แสงอาทิตย์



รูปที่ 13 concept ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

3.1.2 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

ระบบผลิตน้ำดื่มด้วยระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมแบบพกพา เพื่อใช้สำหรับทหาร 1 หมวด ประกอบด้วยทหารจำนวน 44 นาย เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ ซึ่งในการออกแบบได้กำหนดให้เป็นกระเป๋าลากที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย อุปกรณ์หลักของระบบประกอบด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ระบบสะสมพลังงาน อุปกรณ์ควบคุมและเปลี่ยนพลังงานและระบบผลิตน้ำดื่มให้เพียงพอกับทหาร 1 หมวด หรือทหารจำนวน 44 นาย เพื่อใช้สำหรับทำภารกิจต่างๆ ที่ได้รับมอบหมายของทหาร 1 หมวด เช่น การออกลาดตระเวน การช่วยเหลือประชาชน หรือภารกิจฉุกเฉินต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงและไม่มีแหล่งน้ำดื่มที่สะอาดไว้ใช้บริโภค ซึ่งระบบต้องสามารถผลิตน้ำดื่มได้ประมาณ 50 ลิตร/ชั่วโมง โดยระบบสามารถใช้ได้กับแหล่งน้ำดิบทุกประเภทโดยเฉพาะแหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดินประเภทต่างๆ เช่น น้ำจืด น้ำกร่อยหรือน้ำทะเล ทั้งนี้ในการออกแบบระบบนั้นคุณภาพน้ำที่ระบบผลิตได้ต้องสะอาดได้มาตรฐานน้ำดื่ม อีกทั้งยังต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อการใช้งานอเนกประสงค์ต่างๆ ได้ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อสารได้ ทั้งระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 1,500 วัตต์ ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ได้มาจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพาหรือระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลและมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงานโดยเป้าหมายของระบบนอกจากจะสามารถผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แล้ว ยังต้องสามารถพกพาได้สะดวกและส่วนประกอบต้องสามารถประกอบและแยกส่วนได้ ไม่ยุ่งยาก สามารถใช้งานพร้อมทั้งดูแลรักษาระบบได้ง่าย โดยเมื่อต้องการใช้งานก็สามารถนำแต่ละระบบมาประกอบเข้าด้วยกันแบบ Plug&Play ดังรูปที่ 14 ซึ่งส่วนประกอบของระบบผลิตน้ำดื่มด้วยระบบผลิตไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมแบบพกพาเพื่อใช้สำหรับทหาร 1 หมวด มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ประกอบด้วย

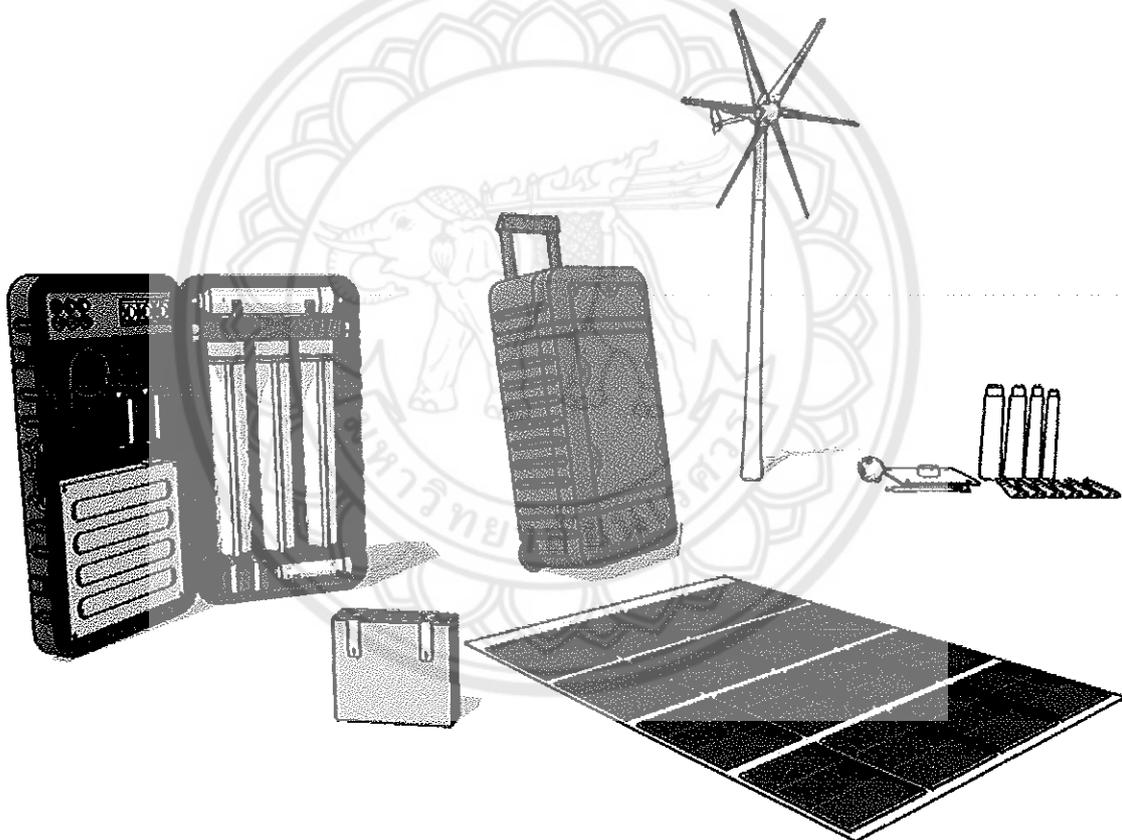
1) ระบบกรองน้ำ (Water purification system): ประกอบด้วย ชุดกรองน้ำ ป้อนน้ำ (ทั้งแบบมอเตอร์และป้อนน้ำที่ใช้มือ) พร้อมทั้งถังเก็บน้ำดื่มสำหรับทหารทั้งน้ำดิบและน้ำสะอาด

2) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (PV system): แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีขนาดกำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 500 วัตต์

3) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา (Wind power system): กังหันลมแบบพกพามีขนาดกำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 300 วัตต์

4) ระบบสะสมพลังงาน (Energy storage system): ระบบสะสมพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่มีขนาดไม่น้อยกว่า 48V 50Ah

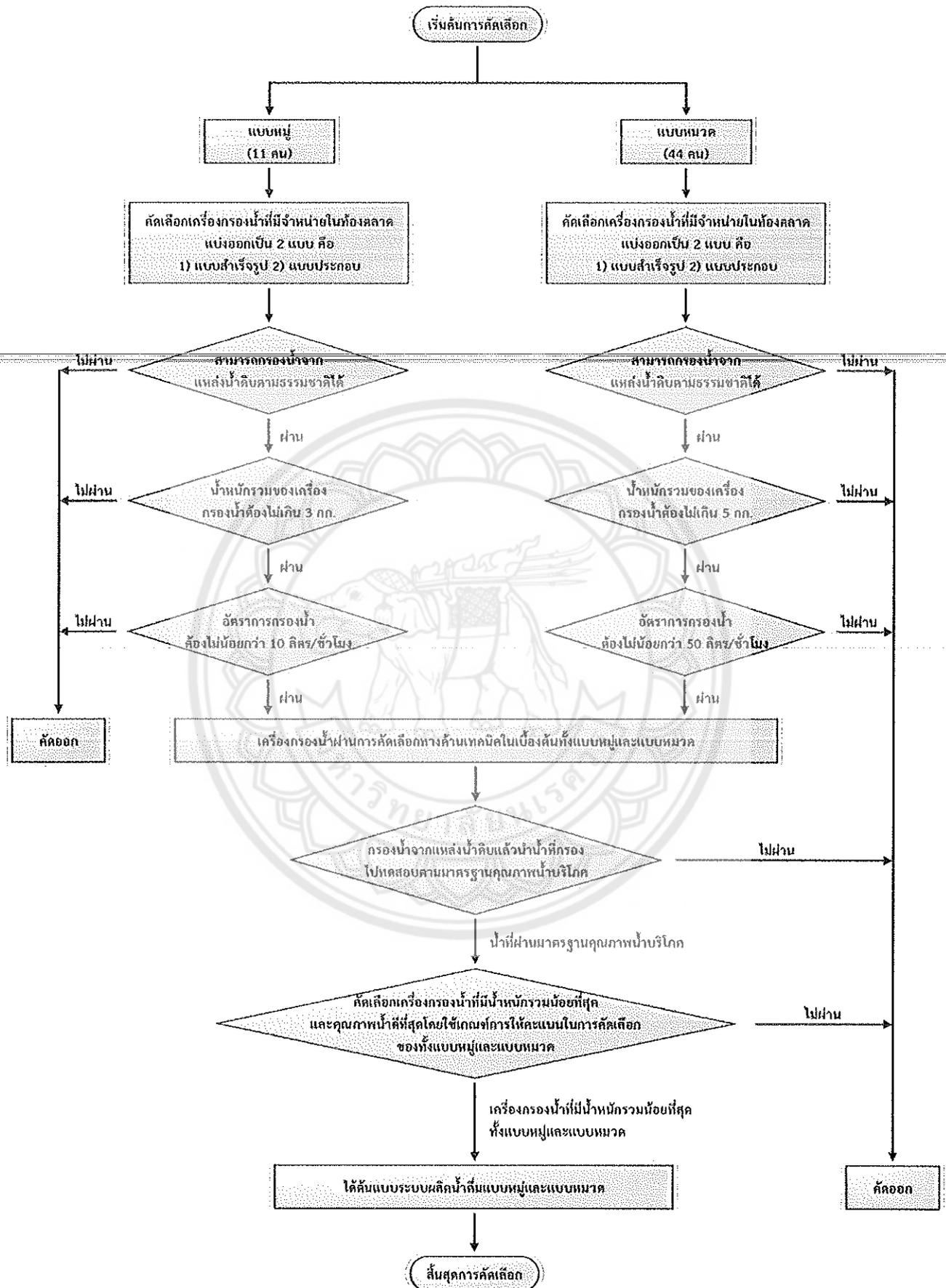
5) ระบบเปลี่ยนรูปไฟฟ้าสำหรับไฟฟ้าอเนกประสงค์ (Power conversion unit): เป็นชุดเปลี่ยนรูปไฟฟ้า เช่น เครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) และเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge controller)



รูปที่ 14 concept ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

3.2 การพัฒนาระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน

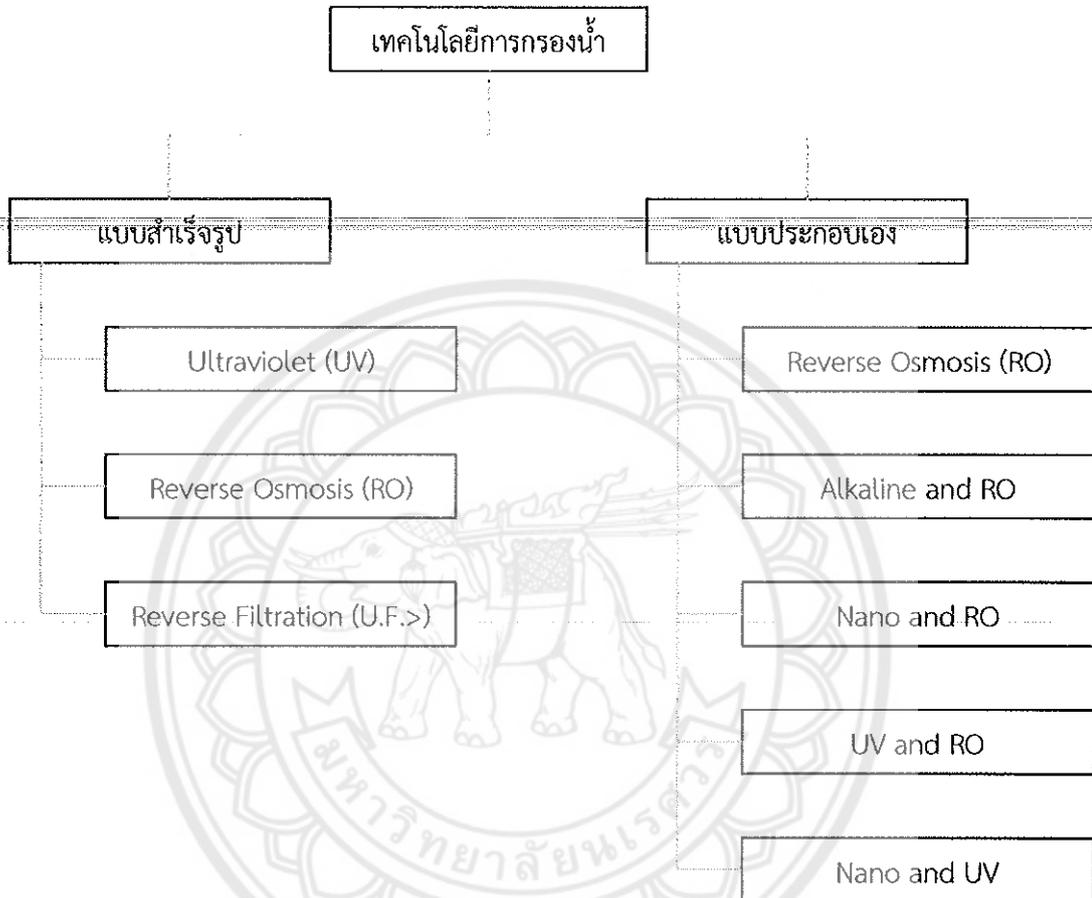
ขั้นตอนการพัฒนาระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานที่ 2 ประเภท มีขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน

3.2.1 การเลือกเทคโนโลยีการกรองน้ำ

ทำการเลือกเทคโนโลยีเครื่องกรองน้ำและไส้กรองน้ำที่มีในท้องตลาดปัจจุบัน ตามข้อกำหนดทางด้านเทคนิค ที่ผ่านตามกฎที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วยคุณภาพน้ำดื่ม (Drinking Water) ปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง (Flowrate) และน้ำหนัก (weight) โดยเทคโนโลยีเครื่องกรองน้ำจะแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ประกอบด้วยเครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและเครื่องกรองน้ำที่ประกอบเอง

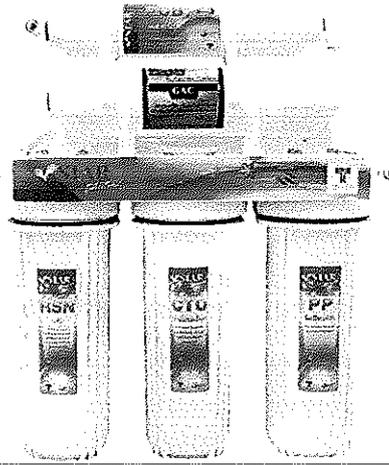


รูปที่ 16 เทคโนโลยีการกรองน้ำที่นำมาพิจารณา

○ เทคโนโลยีการกรองน้ำแบบสำเร็จรูป

เทคโนโลยีการกรองน้ำแบบสำเร็จรูปเป็นระบบกรองน้ำสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นการนำไส้กรองน้ำประเภทต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุดกรองน้ำ โดยเทคโนโลยีระบบกรองที่คณะวิจัยคัดเลือกมาทดสอบดังแสดงในรูปที่ 17 ประกอบด้วย 3 ระบบหลักดังนี้

- 1) ระบบ Ultraviolet (UV)
- 2) ระบบ Reverse Osmosis (RO)
- 3) ระบบ Reverse Filtration

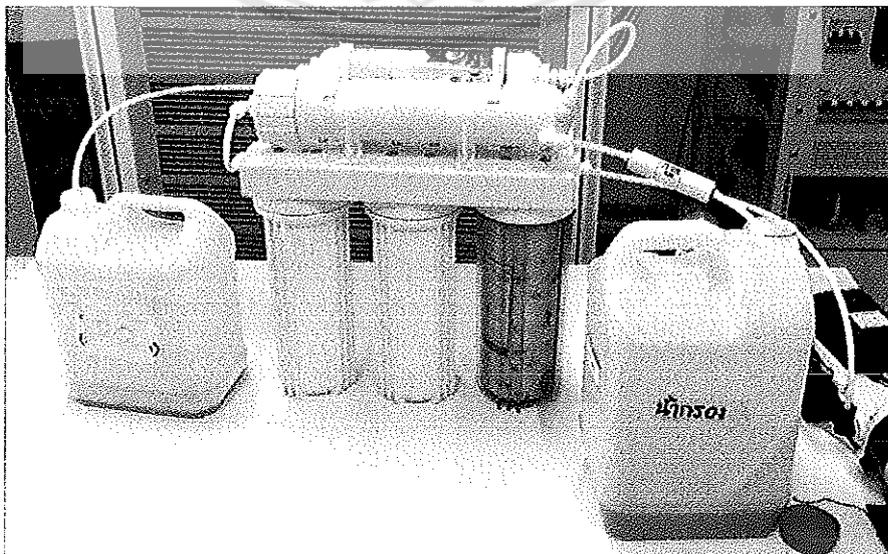


รูปที่ 17 เครื่องกรองน้ำแบบสำเร็จรูป

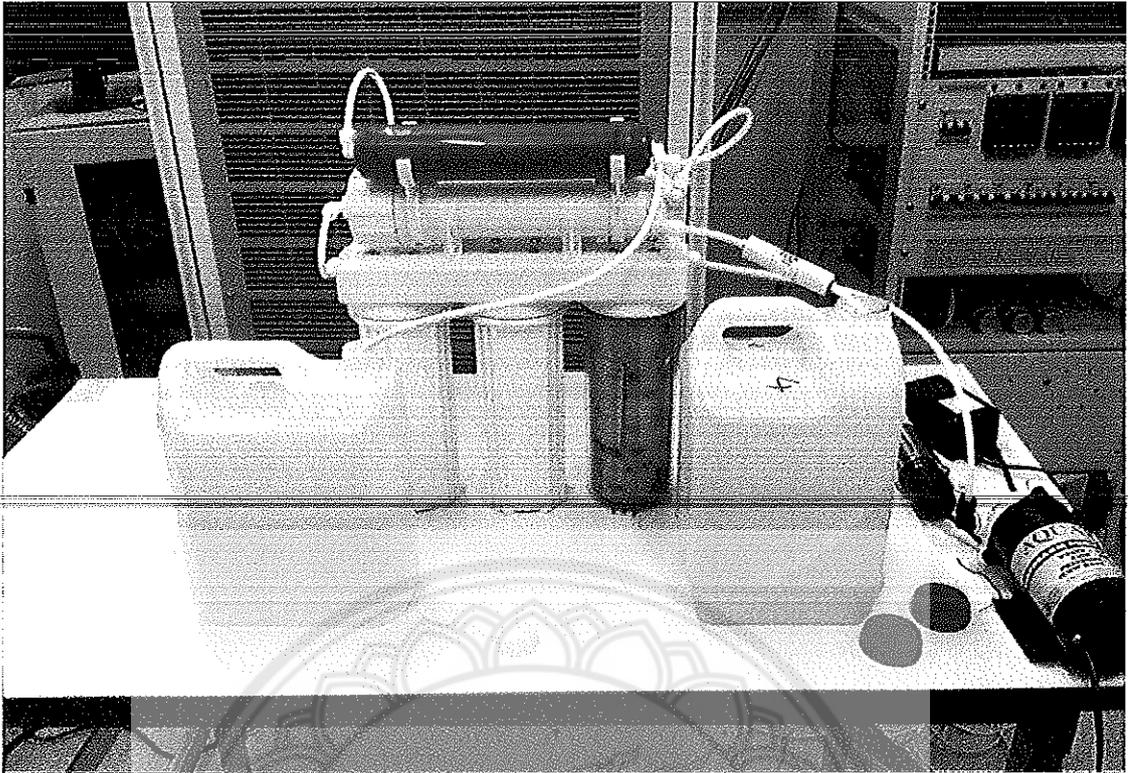
○ เทคโนโลยีการกรองน้ำแบบประกอบเอง

เทคโนโลยีการกรองน้ำแบบประกอบเองเป็นระบบกรองน้ำที่นำไส้กรองน้ำประเภทต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ระบบกรองน้ำที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มและเกณฑ์ที่คณะวิจัยตั้งไว้เพื่อให้ได้ระบบกรองน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานทั้งในส่วนของ คุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำที่ระบบผลิตได้ น้ำหนักของระบบกรองน้ำต้องมีน้ำหนักไม่มากเกินไป และต้องง่ายต่อการประกอบ ติดตั้ง โดยเครื่องกรองน้ำที่ประกอบขึ้นเองเพื่อนำมาทดสอบประกอบด้วย 5 ระบบหลักดังนี้

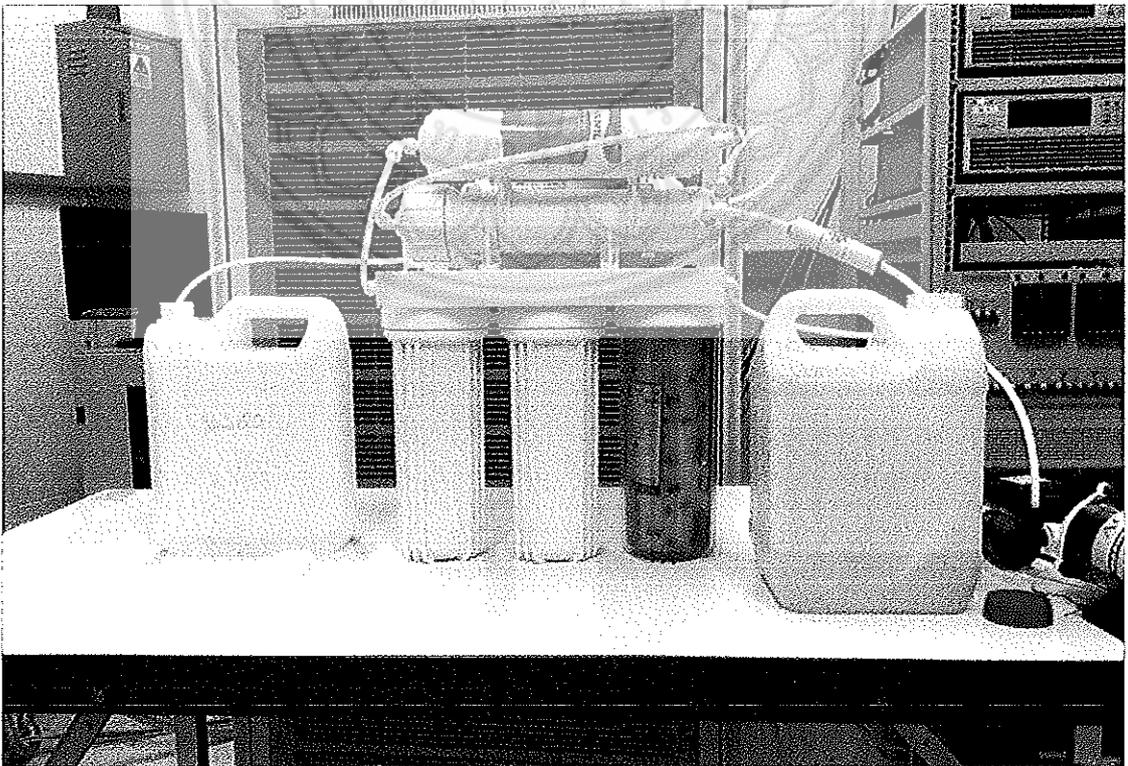
- 1) ระบบกรองน้ำเทคโนโลยี RO
- 2) ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Alkaline และ RO
- 3) ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ RO
- 4) ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี UV และ RO
- 5) ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ UV
- 6) ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี RO, Nano และ UV



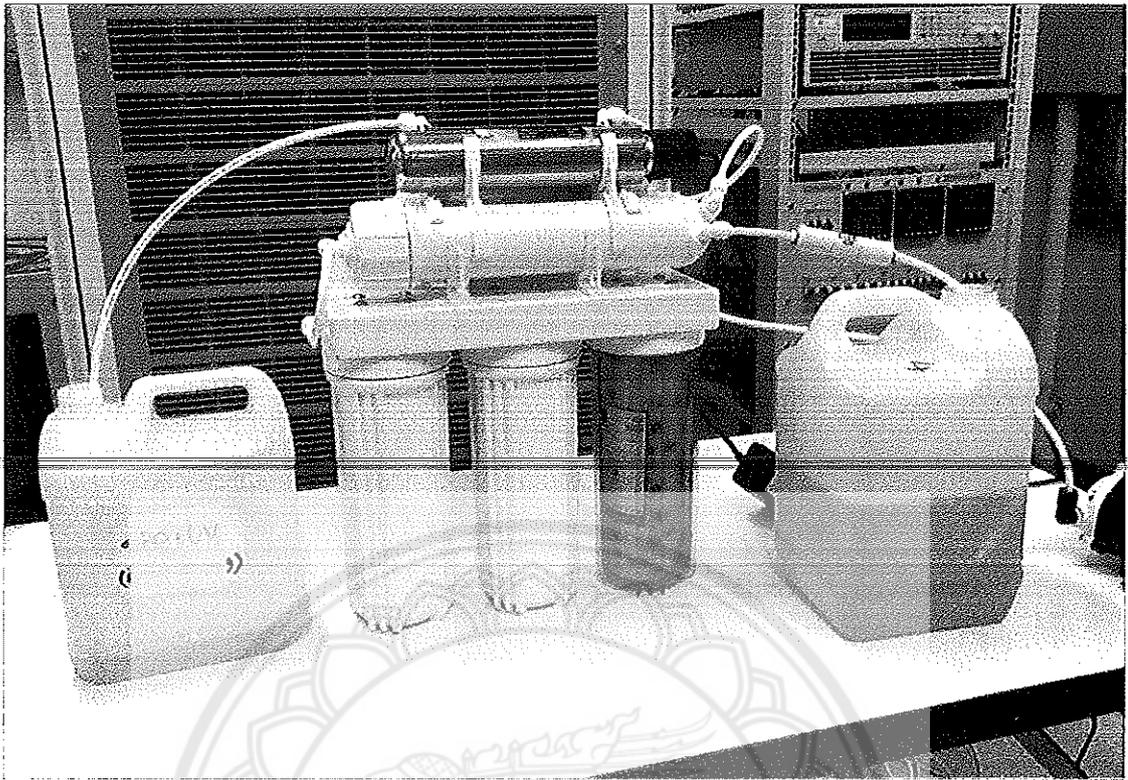
รูปที่ 18 ระบบกรองน้ำเทคโนโลยี RO



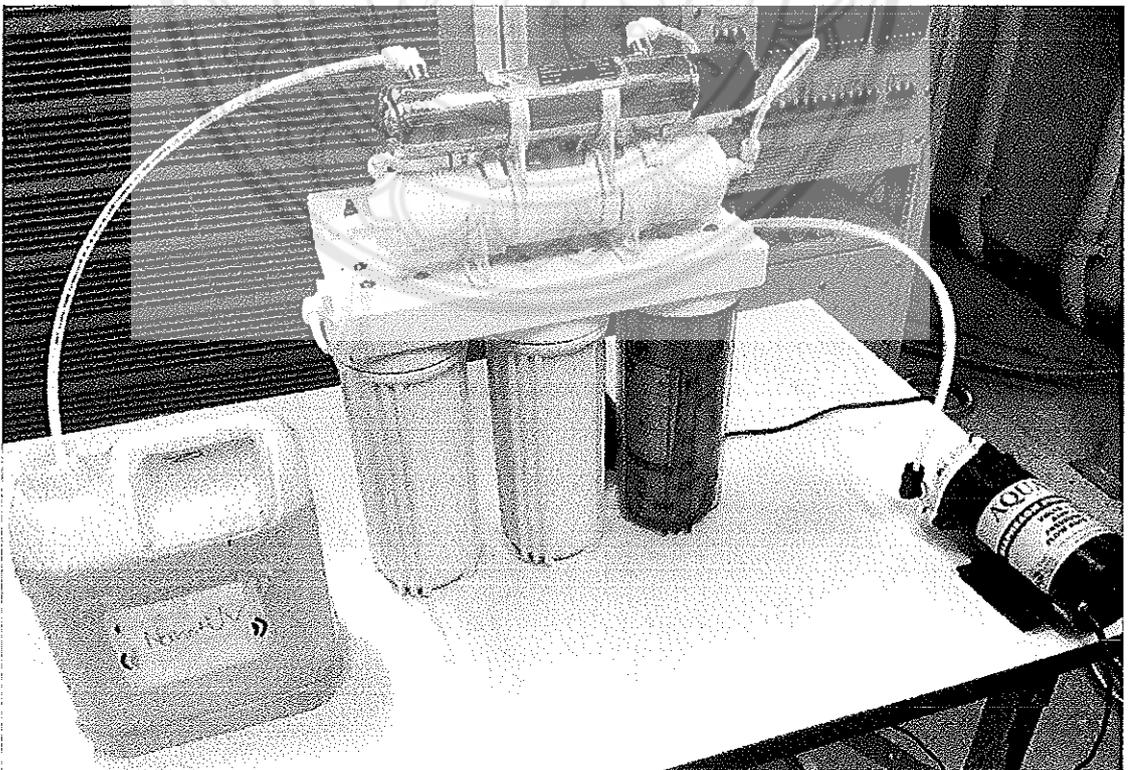
รูปที่ 19 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Alkaline และ RO



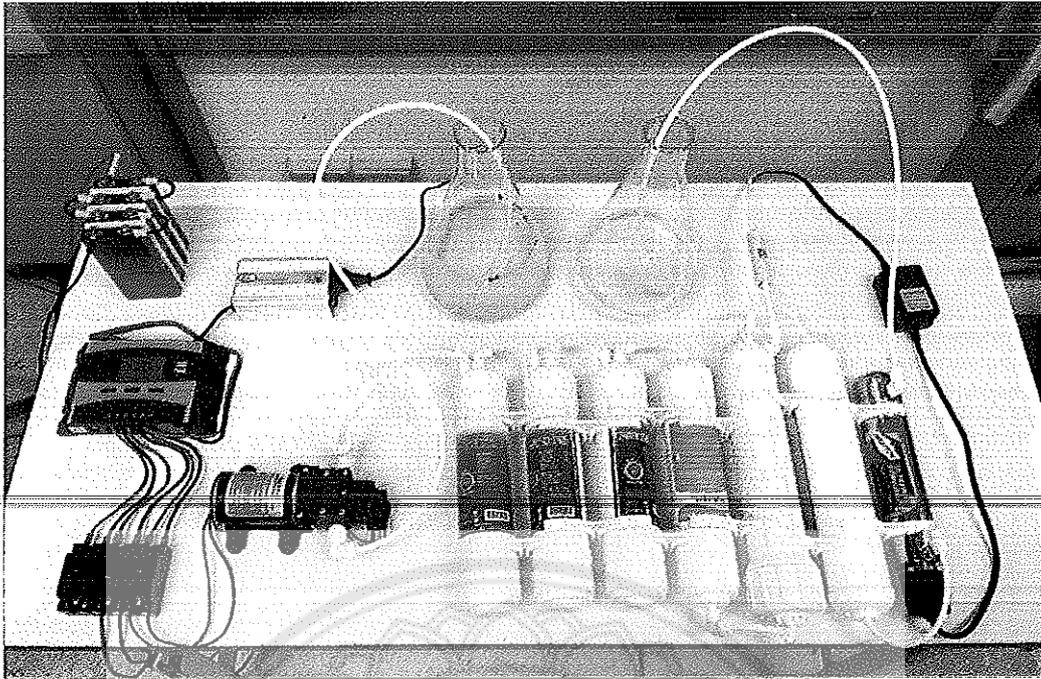
รูปที่ 20 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ RO



รูปที่ 21 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี UV และ RO



รูปที่ 22 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี Nano และ UV



รูปที่ 23 ระบบกรองน้ำแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี RO, Nano และ UV



รูปที่ 24 รูปแบบการถอดประกอบระบบกรองน้ำ

3.3 เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีระบบกรองน้ำ

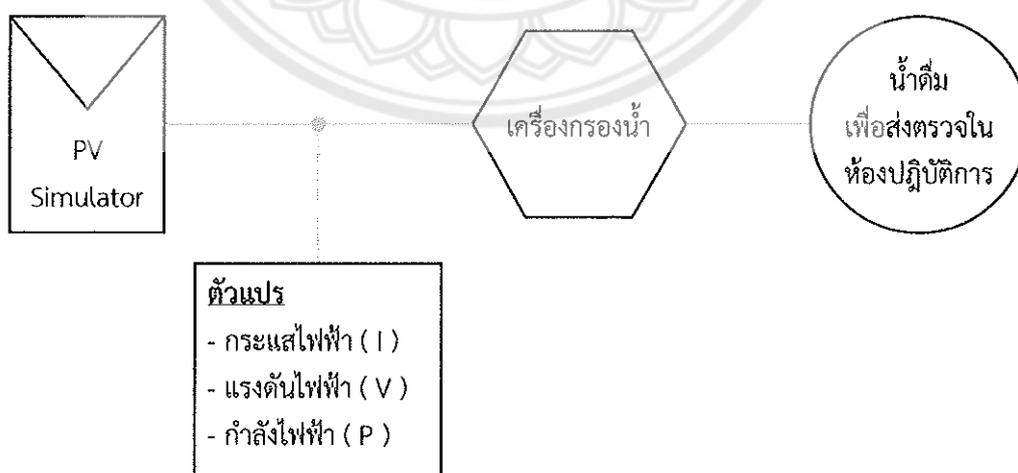
คณะผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีระบบกรองน้ำที่ออกแบบเพื่อให้ได้ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานตามวัตถุประสงค์ของโครงการประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีระบบกรองน้ำ

ลำดับ	เกณฑ์	รายละเอียด
1	คุณภาพน้ำ	คุณภาพน้ำต้องผ่านมาตรฐานน้ำดื่ม ประกอบด้วย 1) มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2) มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบริโภค องค์การอนามัยโลก 3) คุณภาพน้ำบริโภค กระทรวงสาธารณสุข
2	ปริมาณการผลิตน้ำดื่มต่อชั่วโมง (Flow Rate)	1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ จำนวน 11 นาย อัตราการไหลต้องไม่น้อยกว่า 10 ลิตร/ชั่วโมง 2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด จำนวน 44 นาย อัตราการไหลต้องไม่น้อยกว่า 50 ลิตร/ชั่วโมง
3.	น้ำหนัก	1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ จำนวน 11 นาย น้ำหนักโดยรวมต้องไม่เกิน 10 กิโลกรัม/ระบบ 2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด จำนวน 44 นาย น้ำหนักโดยรวมต้องไม่เกิน 50 กิโลกรัม/ระบบ

3.4 การทดสอบต้นแบบระบบกรองน้ำ

ทำการทดสอบต้นแบบระบบกรองน้ำในห้องทดสอบ โดยนำดิบมาทำการทดสอบการทำงานของระบบ เพื่อนำน้ำที่ได้มาทดสอบคุณภาพน้ำและปริมาณน้ำที่ระบบผลิตได้ โดยในการทดสอบจะประกอบด้วยระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Simulator) ซึ่งสามารถจำลองพฤติกรรมการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เป็นตัวจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบกรองน้ำที่นำมาทดสอบ ซึ่งผลจากการทดสอบจะได้ปริมาณไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบกรองน้ำ น้ำที่ผ่านระบบกรองน้ำจะถูกส่งไปตรวจในห้องปฏิบัติการที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยรูปแบบการทดสอบแสดงดังรูปที่ 25



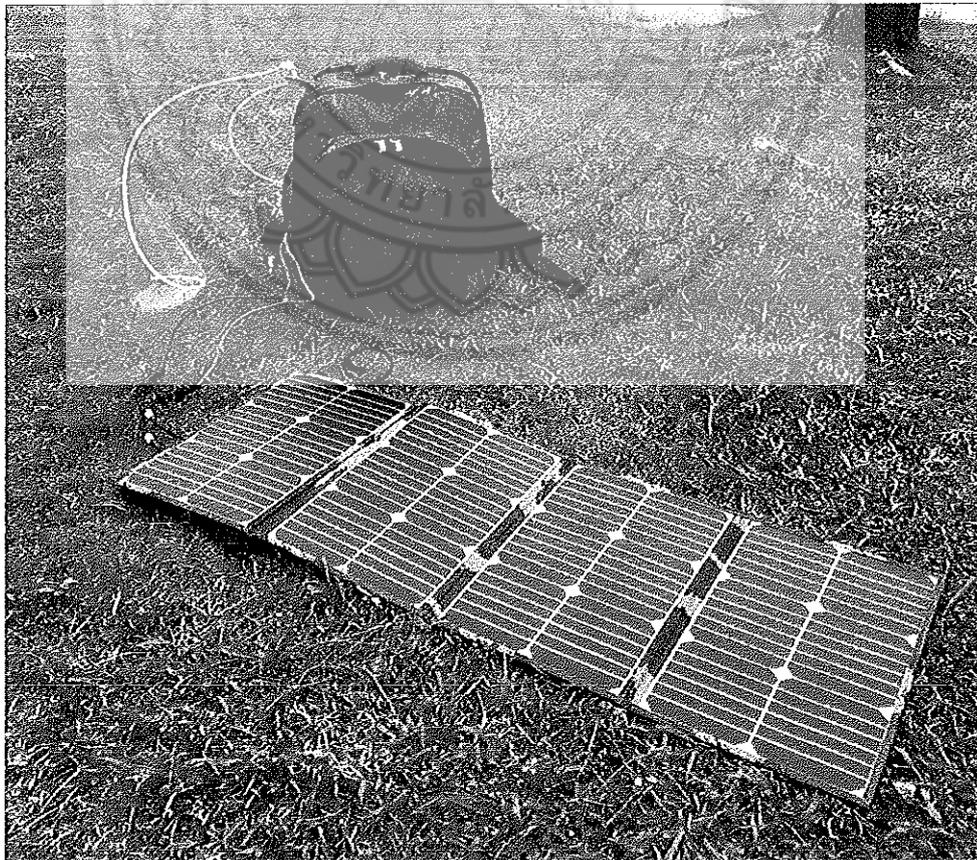
รูปที่ 25 รูปแบบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.5 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน

หลังจากทำการทดสอบต้นแบบระบบกรองน้ำรูปแบบต่างๆ ตามข้อ 3.3 คณะผู้วิจัยจึงได้ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานทั้ง 2 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ จำนวน 11 นาย 2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด จำนวน 44 นาย โดยแต่ละระบบมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ สำหรับทหาร 11 คน เป็นระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ขนาดเล็กๆ ในรูปแบบของกระเป๋าสะพายป่า มีน้ำหนักโดยรวมไม่เกิน 10 กิโลกรัม (kg) สามารถพกพาไปใช้งานได้โดยทหาร 1 นาย เพื่อนำไปใช้ในการทำภารกิจต่างๆ ของทหาร เช่น การออกลาดตระเวน ช่วยเหลือประชาชน หรือภารกิจฉุกเฉินต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ไม่มีไฟฟ้าและน้ำดื่มที่สะอาดเพื่อบริโภค ระบบสามารถผลิตน้ำดื่มได้ปริมาณเฉลี่ยประมาณ 10 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้บริโภคสำหรับทหาร 1 หมู่ จำนวน 11 นาย และคุณภาพน้ำผ่านมาตรฐานน้ำดื่มตามเกณฑ์ที่คณะผู้วิจัยได้ตั้งไว้ในข้อ 3.3 ทำให้ทหารที่ใช้งานมีสุขภาพที่ดี อีกทั้งยังมีระบบไฟฟ้าเพื่อการใช้งานอเนกประสงค์ต่างๆ ได้ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อสารได้ ทั้งระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 100 วัตต์ ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้มาจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงานให้กับระบบ โดยรูปแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ แสดงดังรูปที่ 26

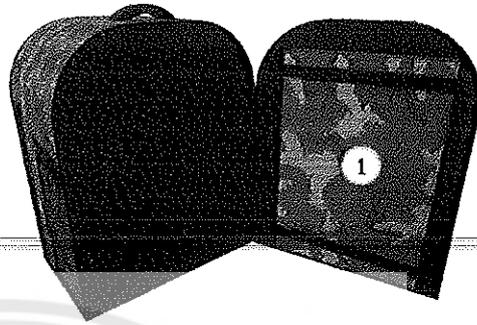


รูปที่ 26 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ เป็นรูปแบบกระเป๋าสะพายบ่ามีส่วนประกอบออกเป็น 3 ระบบหลัก ซึ่งติดตั้งอยู่ในกระเป๋าประกอบด้วย ระบบผลิตพลังงาน (Energy Source), ระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage) และระบบกรองน้ำ (Water Treatment) มีรายละเอียดดังรูป

Energy Source

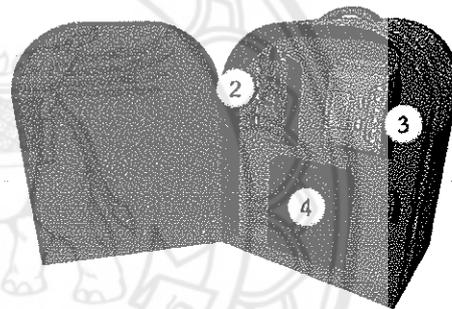
- (1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 27 ส่วนประกอบของระบบผลิตพลังงาน (Energy Source)

Energy Storage

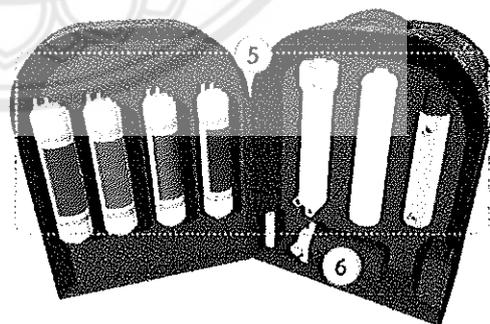
- (2) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า
(3) เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่
(4) แบตเตอรี่



รูปที่ 28 ส่วนประกอบของระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage)

Energy Storage

- (5) ชุดระบบกรองน้ำ
(6) ปืนสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 29 ส่วนประกอบของระบบกรองน้ำ (Water Treatment)

ส่วนประกอบของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ กำหนดให้มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 10 กิโลกรัม โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ประกอบและน้ำหนักของระบบ ต้นแบบแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับทหาร 1 หมู่

ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวน	หน่วย	น้ำหนัก/ หน่วย (กก.)	น้ำหนักรวม (กก.)
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ขนาด 120 W	1	ชุด	1.52	1.52
2	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	1	ชุด	0.22	0.22
3	เครื่องควบคุมการประจุ (Charger)	1	ชุด	0.23	0.23
4	ระบบสะสมพลังงาน (Battery storage)	1	ชุด	2.17	2.17
5	ชุดระบบกรองน้ำแบบประกอบเอง อัตราการไหลไม่น้อยกว่า 10 ลิตร/ชม.	1	ชุด	5.20	5.20
6	อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ประกอบด้วย 6.1 กระจ่างปะปา 6.2 ป้อน้ำมือ 6.3 ถังสำหรับเก็บน้ำดิบและน้ำสะอาด 6.4 วัสดุไฟฟ้าอื่นๆ	1	ชุด	0.45	0.45
รวมน้ำหนักทั้งระบบ					9.78

รายละเอียดส่วนประกอบของต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ มีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละส่วนดังนี้

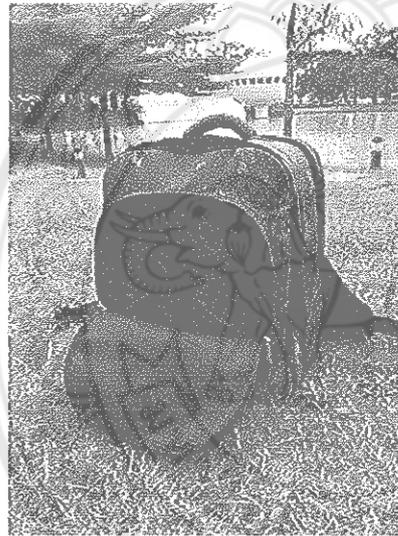
○ กระจ่างปะปา

กระจ่างปะปาสำหรับติดตั้งระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ ใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานมีช่องสำหรับใส่อุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วย ช่องใส่ระบบกรองน้ำ ช่องใส่ระบบผลิตไฟฟ้าและระบบสะสมพลังงาน ช่องใส่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และช่องใส่อุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังมีช่องสำหรับท่อน้ำเข้า-น้ำออก และท่อน้ำทิ้งสำหรับระบบกรองน้ำ RO นอกจากนี้ยังมีช่องสำหรับเก็บสายไฟเพื่อใช้เชื่อมต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในการออกแบบกระจ่างปะปาได้นำข้อมูลความต้องการและการใช้งานจริงจากทหารที่ใช้งานมาใช้ในการออกแบบ เพื่อให้กระจ่างปะปาที่ออกแบบตรงตามความต้องการมีสะดวกสบายต่อการใช้งานให้ดีที่สุด เพราะในการใช้งานจริงทหารจะต้องสะพายกระจ่างปะปาเพื่อไปทำภารกิจในพื้นที่ห่างไกลต้องเดินทางเป็นระยะทางไกลและยากลำบาก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงออกแบบให้กระจ่างปะปาสำหรับระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานเหมาะสม สะดวกสบายและทนทานต่อการใช้งานมากที่สุด โดยรูปแบบของกระจ่างปะปาแสดงดังรูปที่ 30 และรูปที่ 31



รูปด้านหน้า

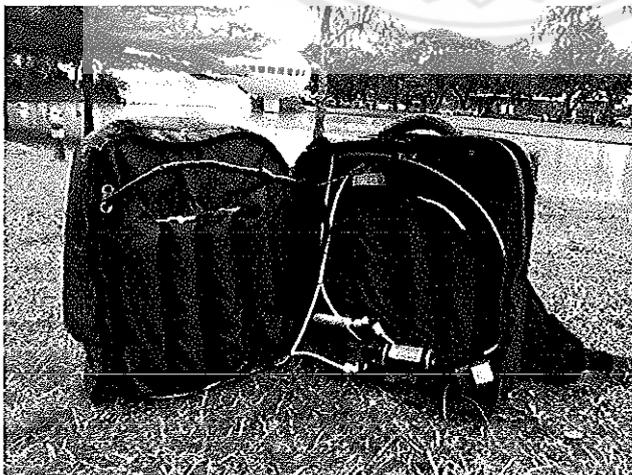
รูปด้านหลัง



ช่องใส่อุปกรณ์ต่างๆ



ช่องใส่ระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่

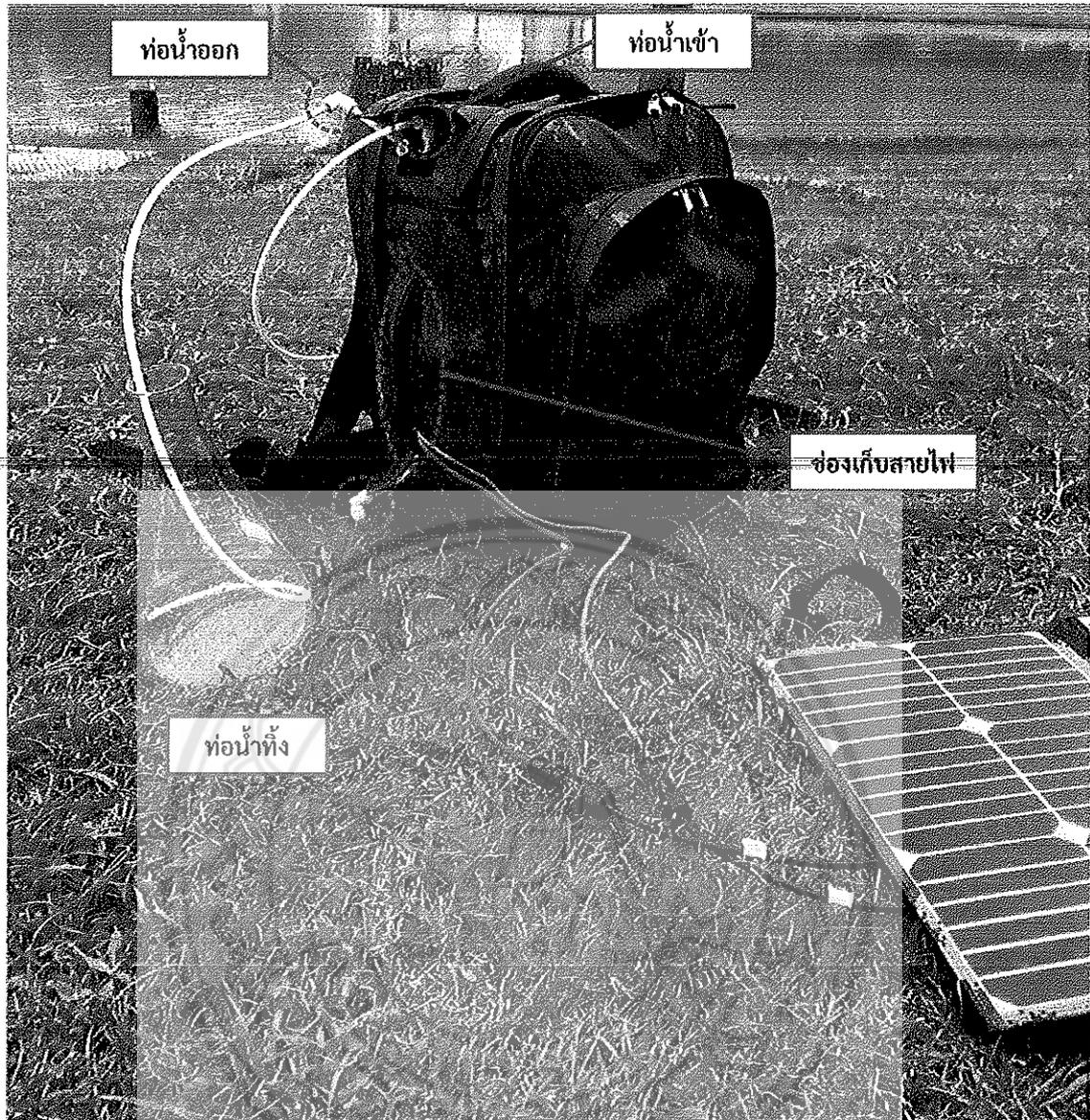


ช่องใส่ระบบกรองน้ำและปั๊มสูบน้ำ



ช่องใส่แผงเซลล์แสงอาทิตย์

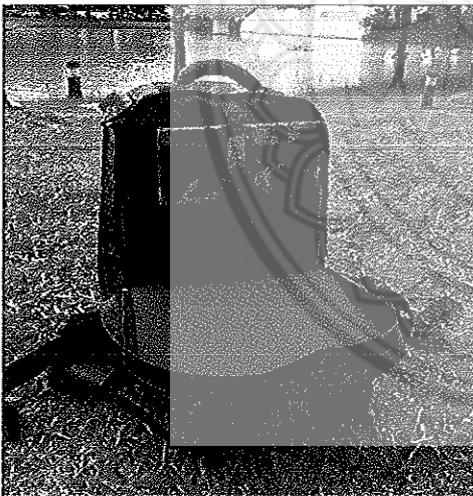
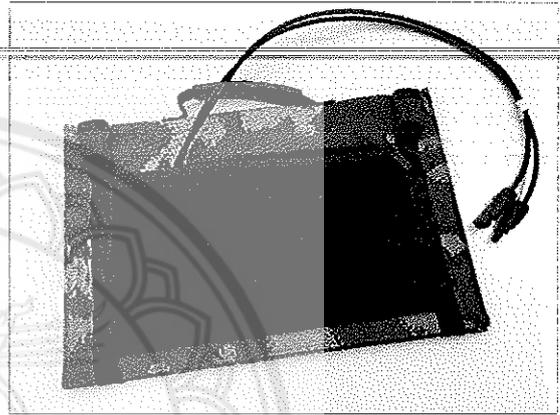
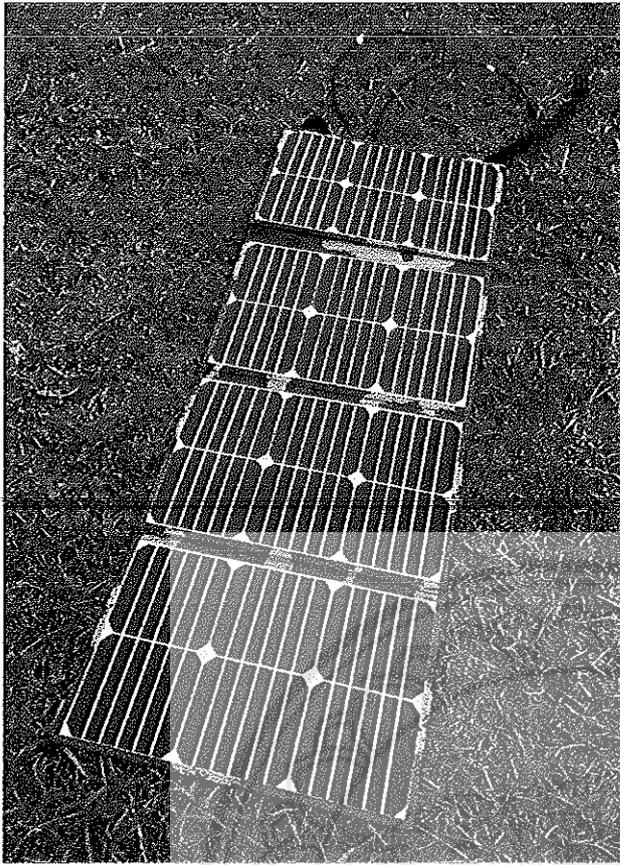
รูปที่ 30 รูปแบบกระเป๋าสะพายป่า



รูปที่ 31 ช่องน้ำเข้า-น้ำออก ช่องน้ำทิ้ง และช่องสำหรับเก็บสายไฟ

○ แผงเซลล์แสงอาทิตย์

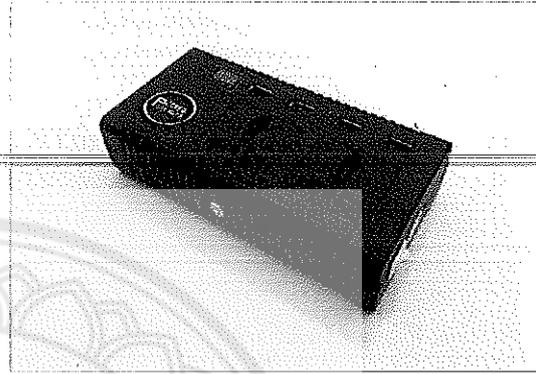
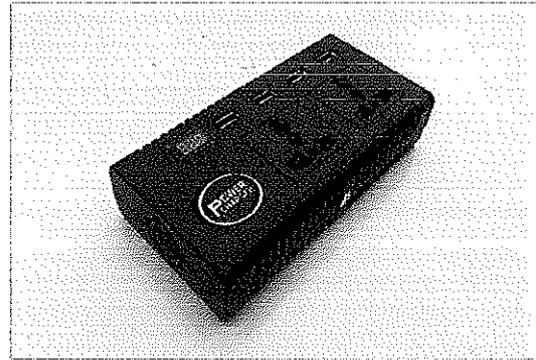
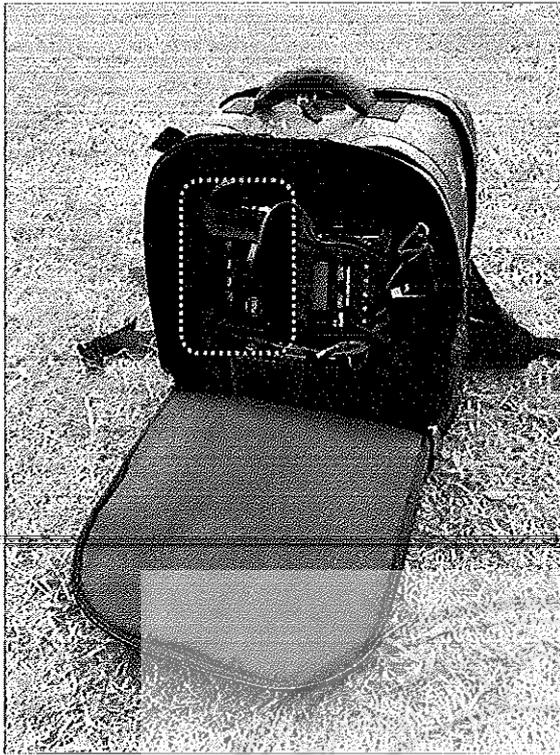
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้มีขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ซึ่งเป็นแบบพกพา สามารถพับเก็บและขนย้ายไปใช้งานในที่ต่างๆ ได้ และสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้โดยเพิ่มจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเชื่อมต่อใช้ Connector ชนิด MC4 ซึ่งสามารถม้วนเก็บไว้ในช่องเก็บสายไฟ ในการเชื่อมต่อโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อพับเก็บจะมีขนาด 30 ซม. x 45 ซม.หนา 2.5 ซม. มีน้ำหนัก 1.52 กก. และเมื่อกางแผงออกเพื่อใช้งานจะมีขนาด 116 ซม. x 45 ซม. ซึ่งสามารถเก็บไว้ในกระเป๋าสะพายได้สูงสุด 2 ชุด ดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา

○ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

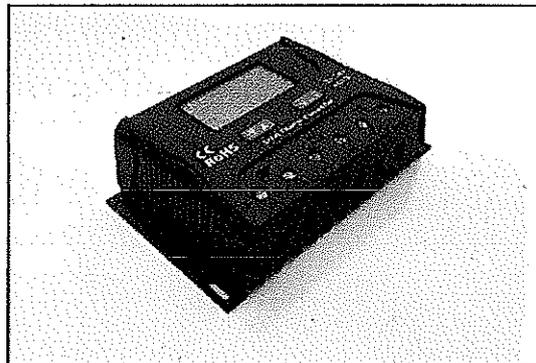
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ใช้เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบพกพาซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งสามารถจ่ายไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่เกิน 100 วัตต์ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อสาร หรือจ่ายให้กับระบบปั๊มและระบบกรองน้ำที่ติดตั้งอยู่ภายใน ซึ่งขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีขนาดเล็กเพียง 10 ซม. x 8 ซม.หนา 3.5 ซม. โดยจะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าสะพายดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

○ เครื่องควบคุมการประจุ

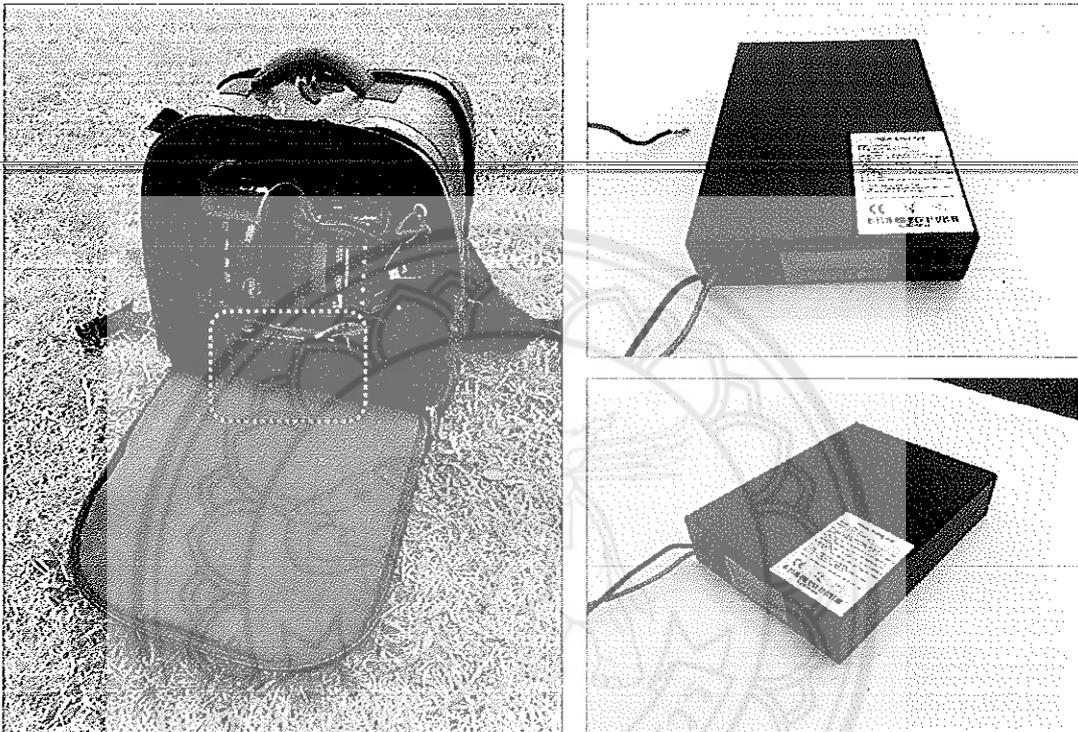
เครื่องควบคุมการประจุ (Charger) ทำหน้าที่ควบคุมการประจุแบตเตอรี่พร้อมทั้งควบคุมการจ่ายไฟเมื่อมีภาระทางไฟฟ้า ซึ่งขนาดของเครื่องควบคุมการประจรมีขนาดเพียง 15.5 ซม. x 10 ซม.หนา 5 ซม. โดยจะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าสะพายดังรูปที่ 34



รูปที่ 34 เครื่องควบคุมการประจุ (Charger)

○ แบตเตอรี่

ระบบสะสมพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery storage) ใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่มีการสั่งทำเฉพาะซึ่งมีความจุสูงและน้ำหนักเบา ดูแลรักษาและใช้งานง่าย เพื่อใช้เก็บพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และนำมาใช้ในเวลากลางคืนหรือเวลาที่ไม่มีแสงแดด โดยแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 12V 15Ah และขนาดของแบตเตอรี่เพียง 20 ซม. x 15 ซม. หนา 4.5 ซม. โดยแบตเตอรี่จะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าสะพายดังรูปที่ 35



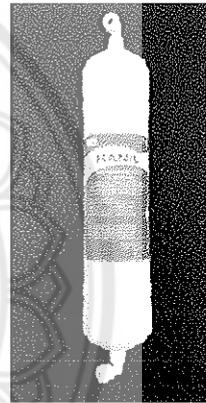
รูปที่ 35 แบตเตอรี่ (Battery storage)

○ ชุดระบบกรองน้ำแบบประกอบเอง

ระบบผลิตน้ำดื่มเป็นการใช้ชุดระบบกรองน้ำแบบประกอบเอง โดยจะมีปั๊มสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12V 2.1A ดังรูปที่ 36 เพื่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำดิบมาผ่านระบบกรองที่ติดตั้งอยู่ในกระเป๋าสะพาย โดยระบบกรองน้ำประกอบด้วยระบบกรองหยาบ ระบบกรองแบบ RO ระบบกรองแบบ Nano ระบบกรองกลิ่นและระบบ UV ดังรูปที่ 37 ซึ่งระบบกรองทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยน้ำที่ผ่านระบบกรองจะได้น้ำสะอาดที่ผ่านมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ไม่น้อยกว่า 10 ลิตร/ชม. ซึ่งเพียงพอต่อการใช้ในการบริโภคสำหรับทหาร 1 หมู่ หรือจำนวน 11 นาย

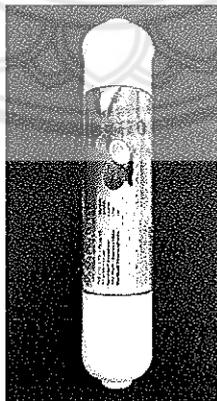
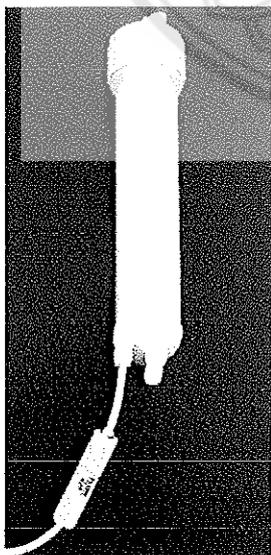


รูปที่ 36 ปั่นสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรง



ระบบกรองหยาบ

ระบบกรอง Nano



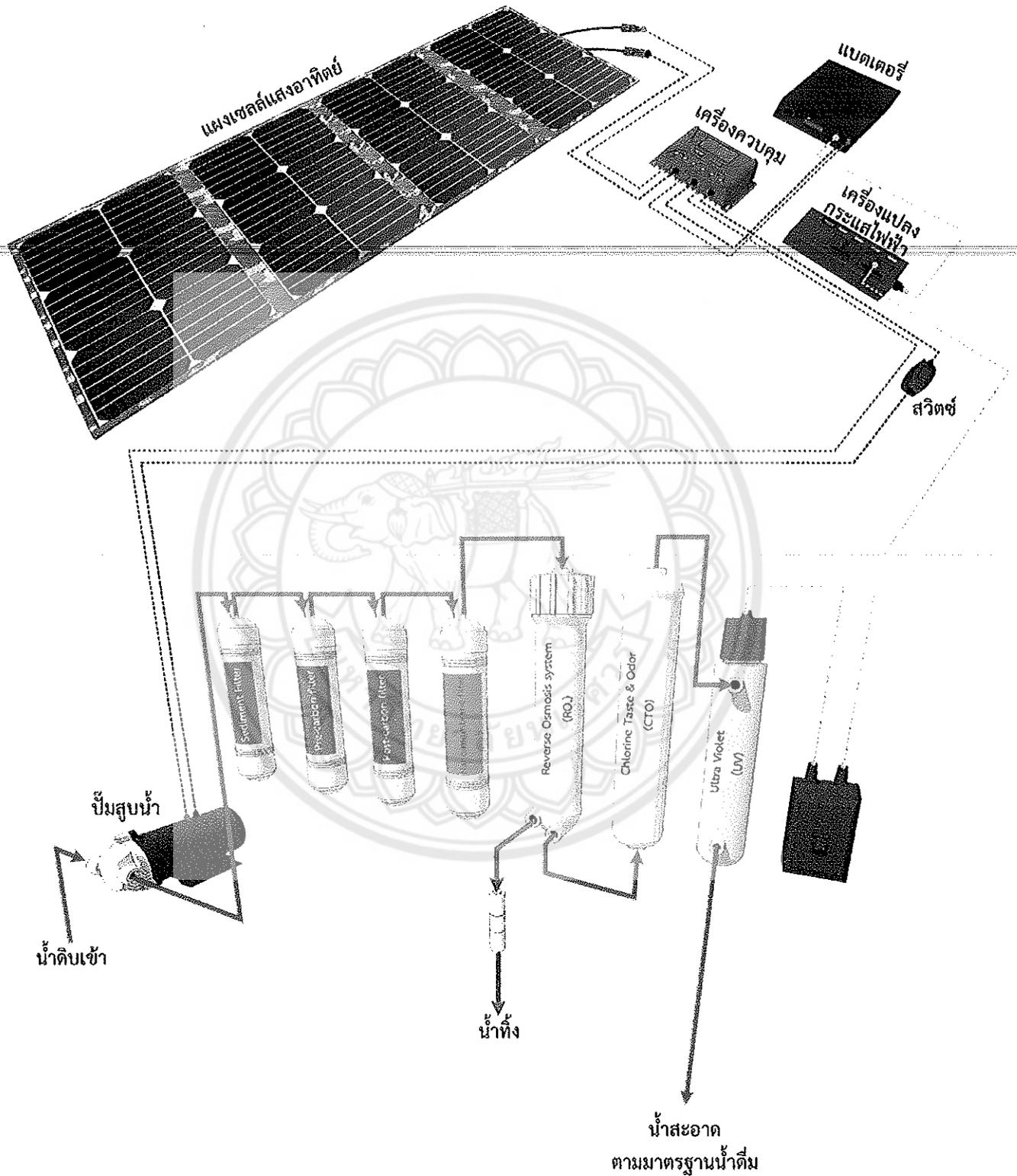
ระบบกรองกลั่น

ระบบ UV

ระบบกรอง RO

รูปที่ 37 ระบบกรองน้ำรูปแบบต่างๆ ที่ใช้ในระบบ

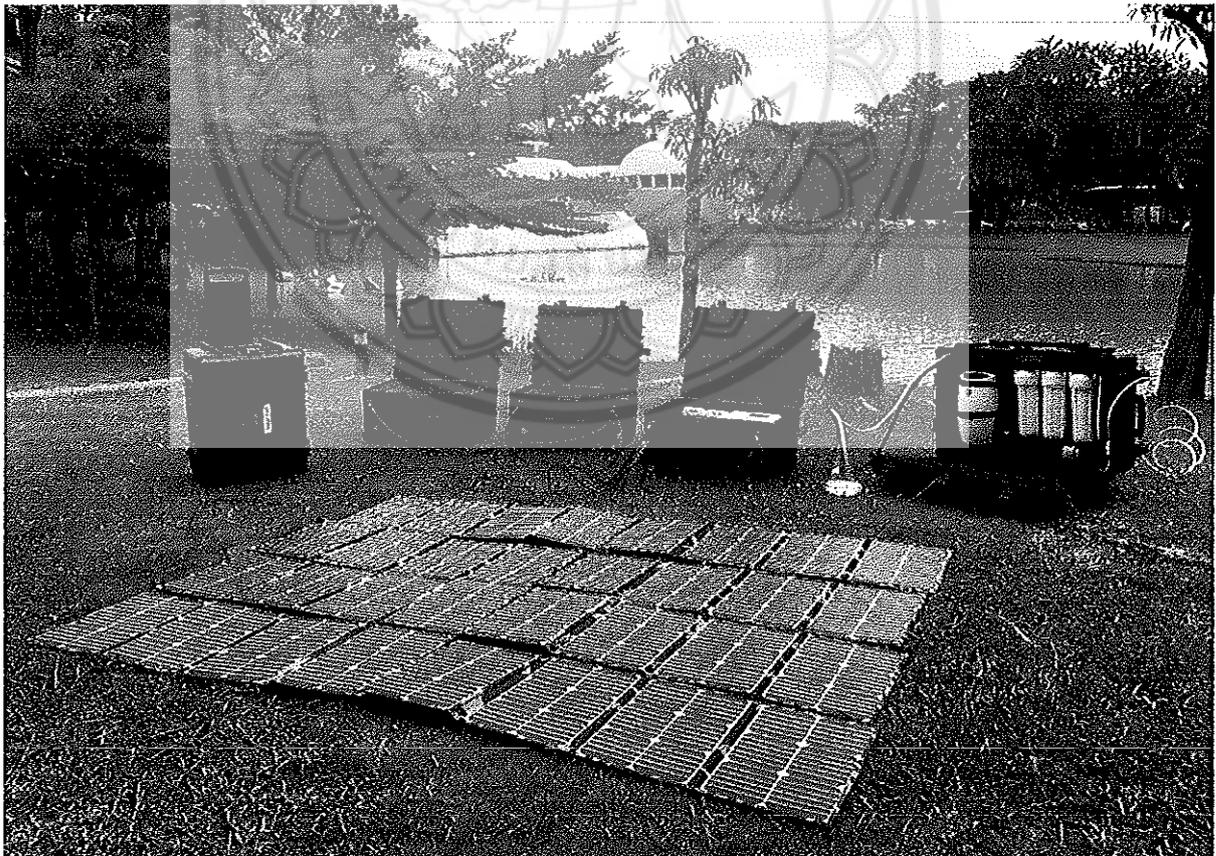
หลักการการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ มีรายละเอียดการทำงานดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 หลักการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน สำหรับทหาร 1 หมู่

3.5.2 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด สำหรับทหาร 44 คน เป็นระบบผลิตน้ำดื่มด้วยระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมแบบพกพา ซึ่งประกอบด้วยกระเป๋าลากที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย โดยแต่ละกระเป๋าดัดตั้งอุปกรณ์หลักของระบบ ประกอบด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา ระบบสะสมพลังงาน อุปกรณ์ควบคุมและเปลี่ยนพลังงานและระบบผลิตน้ำดื่ม ซึ่งรวมทั้งหมด 7 กระเป๋า ซึ่งสามารถพกพาไปใช้งานให้เพียงพอกับทหาร 1 หมวด หรือทหารจำนวน 44 นาย ในการทำภารกิจต่างๆ ของทหาร เช่น การออกลาดตระเวน ช่วยเหลือประชาชน หรือภารกิจฉุกเฉินต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ไม่มีไฟฟ้าและน้ำดิบที่สะอาดเพื่อบริโภค ระบบสามารถผลิตน้ำดื่มได้ปริมาณเฉลี่ยประมาณ 50 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้บริโภค โดยสามารถใช้ได้กับแหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดินประเภทต่างๆ เช่น น้ำจืด น้ำกร่อยหรือน้ำทะเลและคุณภาพน้ำผ่านมาตรฐานน้ำดื่มตามเกณฑ์ที่คณะวิจัยได้ตั้งไว้ในข้อ 3.3 ทำให้ทหารที่ใช้งานมีสุขภาพที่ดี อีกทั้งยังมีระบบไฟฟ้าเพื่อการใช้งานอเนกประสงค์ต่างๆ ได้ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อสารได้ ทั้งระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 1,500 วัตต์ ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ได้มาจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา อีกทั้งระบบยังสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงานเพื่อใช้ในเวลาที่ไม่มีแสงแดด ซึ่งระบบถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก สามารถเชื่อมต่อเข้ากันได้แบบ Plug&Play โดยรูปแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด แสดงดังรูปที่ 39

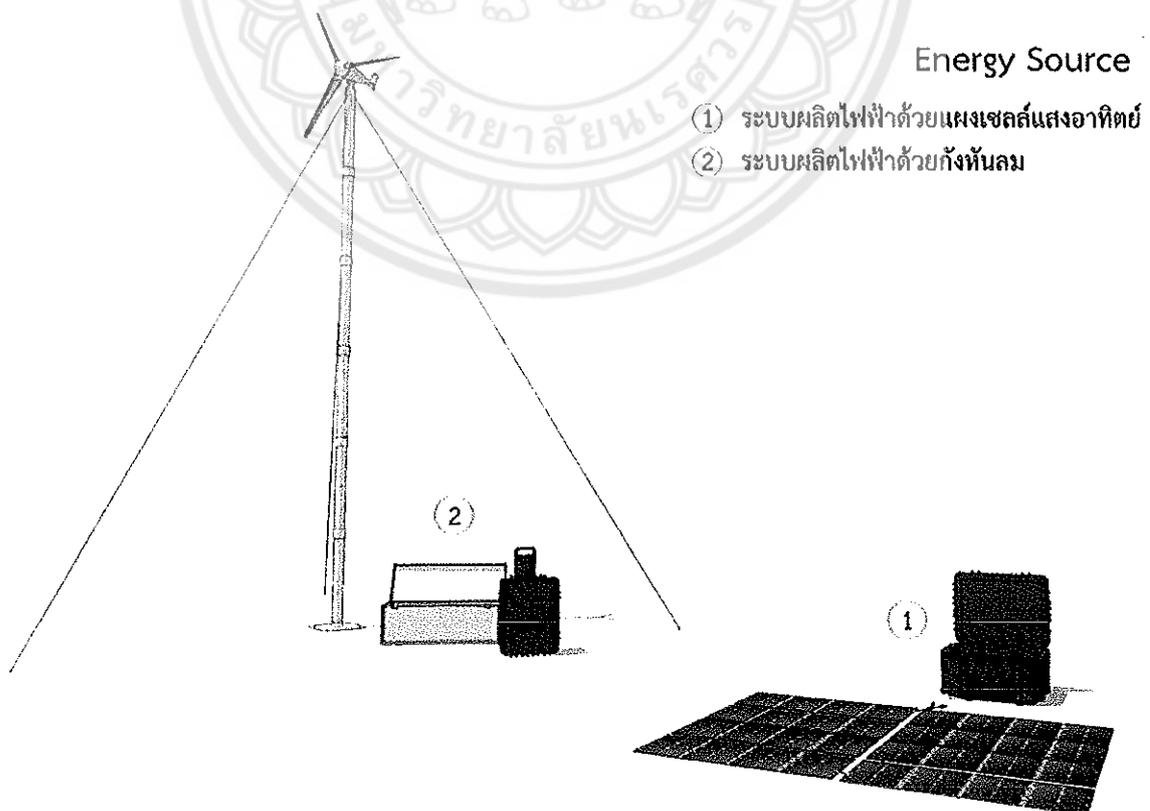


รูปที่ 39 ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด แบ่งส่วนประกอบออกเป็น 3 ระบบหลักประกอบด้วย ระบบผลิตพลังงาน (Energy Source), ระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage) และระบบกรองน้ำ (Water Treatment) ประกอบด้วย 7 กระเป๋หลัก รายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบหลักของระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับทหาร 1 หมวด

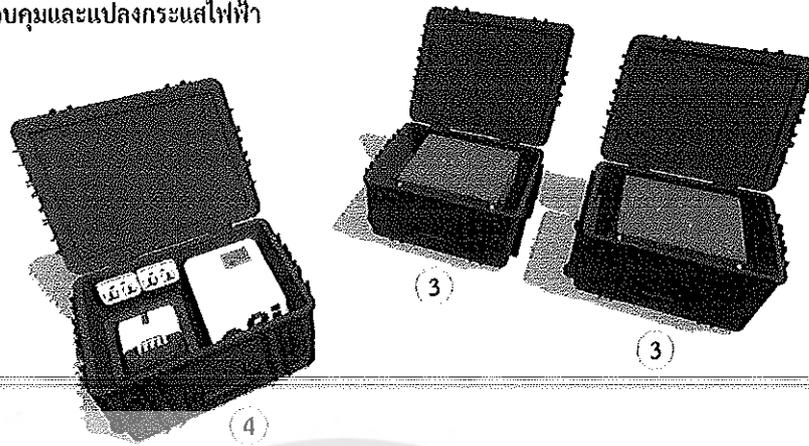
ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวนกระเป๋า
ระบบผลิตพลังงาน (Energy Source)		
1	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1
2	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม ประกอบด้วย	2
	2.1) กิ่งใส่กังหันลม จำนวน 1 กระเป๋า	
	2.2) กิ่งใส่เสาและอุปกรณ์ประกอบกังหันลม จำนวน 1 กระเป๋า	
ระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage)		
3	ระบบสะสมพลังงาน	2
4	ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า	1
ระบบกรองน้ำ (Water Treatment)		
5	ระบบกรองน้ำ	1
รวมจำนวนทั้งหมด		7



รูปที่ 40 ส่วนประกอบของระบบผลิตพลังงาน (Energy Source)

Energy Storage

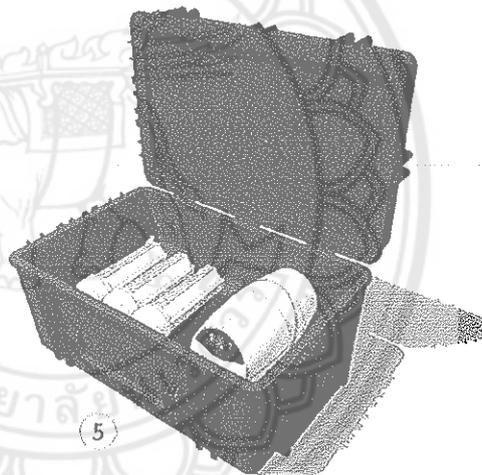
- ③ ระบบสะสมพลังงาน
- ④ ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 41 ส่วนประกอบของระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage)

Water Treatment

- ⑤ ระบบกรองน้ำ



รูปที่ 42 ส่วนประกอบของระบบกรองน้ำ (Water Treatment)

ทั้งนี้ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด ในแต่ละกระเป๋าคือจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละกระเป๋าคือสามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้เมื่อต้องใช้งาน โดยรายละเอียดของอุปกรณ์และส่วนประกอบหลักของระบบดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบฯ

ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวน	หน่วย
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ขนาด 120 W	8	ชุด
2	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Bidirectional Inverter)	1	ชุด
3	เครื่องควบคุมการประจุ (Charger)	1	ชุด
4	ระบบสะสมพลังงาน (Battery storage)	2	ชุด
5	ชุดระบบกรองน้ำแบบประกอบเอง อัตราการไหลไม่น้อยกว่า 50 ลิตร/ชม.	1	ชุด
6	ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind turbine) ขนาด 300 W พร้อมเสาเหล็กชุบสังกะสีกันสนิม ขนาดความสูงรวม 6.00 ม.	1	ชุด
7	อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ประกอบด้วย 6.1 กระเป๋าสตางค์พลาสติกแข็งมีล้อ 6.2 ป้อน้ำมือ 6.3 ถังสำหรับเก็บน้ำดิบและน้ำสะอาด 6.4 วัสดุไฟฟ้าอื่นๆ	1	ชุด

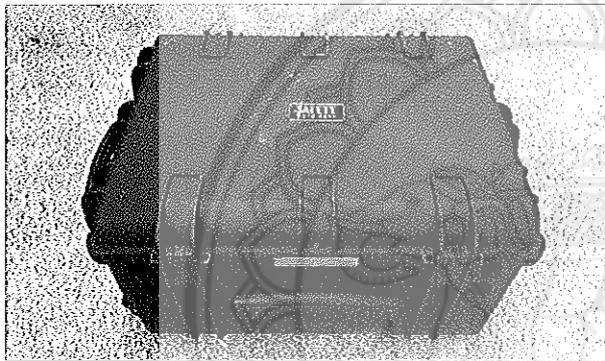
โดยส่วนประกอบของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด มีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละส่วนดังนี้

○ กระเป๋า

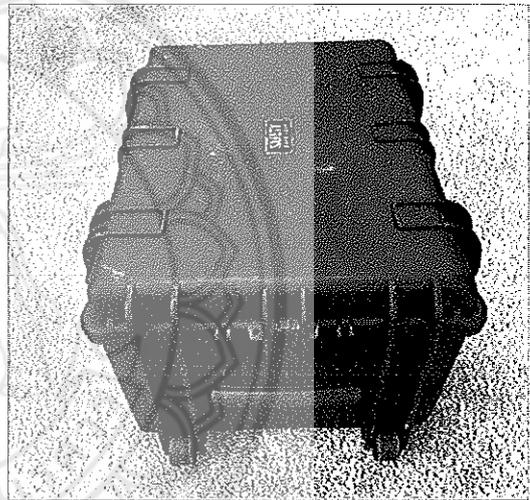
กระเป๋าที่ใช้สำหรับระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด เป็นกระเป๋าสตางค์พลาสติกแข็งมีล้อลาก ซึ่งตัวกระเป๋าทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน ป้องกันน้ำ มีมือจับที่แข็งแรงสามารถยกและลากไปใช้ในพื้นที่ยุทกันดารได้ดี ซึ่งในการออกแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด โดยขนาดของกระเป๋าจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และระบบที่ติดตั้งภายใน ซึ่งในการออกแบบกระเป๋าได้นำข้อมูลความต้องการและการใช้งานจริงจากทหารที่ใช้งานมาใช้ในการออกแบบ เพื่อให้รูปแบบของกระเป๋าตรงตามความต้องการและมีสะดวกสบายต่อการใช้งานให้ดีที่สุด เพราะในการใช้งานจริงทหารจะต้องนำกระเป๋าเพื่อไปใช้ในการทำภารกิจในพื้นที่ห่างไกลต้องเดินทางเป็นระยะทางไกลและยากลำบาก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงออกแบบให้กระเป๋าสำหรับระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานมีความเหมาะสม สะดวกสบายและทนทานต่อการใช้งานมากที่สุด ซึ่งที่ใช้สำหรับระบบนี้มีทั้งหมด 7 กระเป๋า แต่ละกระเป๋าจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบแตกต่างกัน และเมื่อต้องการใช้งานก็สามารถนำมาเชื่อมต่อกลับในรูปแบบ Plug&Play ได้ รายละเอียดของกระเป๋าแสดงดังตารางที่ 8 โดยรูปแบบของกระเป๋าแสดงดังรูปที่ 43 และรูปที่ 44

ตารางที่ 8 รายละเอียดของกระเป๋าสำหรับระบบ 1 หมวด

ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวน กระเป๋า (ใบ)	ขนาดของกระเป๋า กว้าง x ยาว x สูง (ซม.)
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์	1	65 x 50 x 36.5
2	เครื่องควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า	1	65 x 50 x 36.5
3	ระบบสะสมพลังงาน	2	65 x 50 x 36.5
4	ชุดระบบกรองน้ำแบบประกอบเอง อัตราการไหลไม่น้อยกว่า 50 ลิตร/ชม.	1	80 x 50 x 36.5
5	ระบบกักเก็บลมผลิตไฟฟ้า	1	65 x 50 x 36.5
6	เสาปักกักเก็บลมเหล็กชุบสังกะสีกันสนิม ขนาดความสูงรวม 6.00 ม.	1	115 x 40 x 45



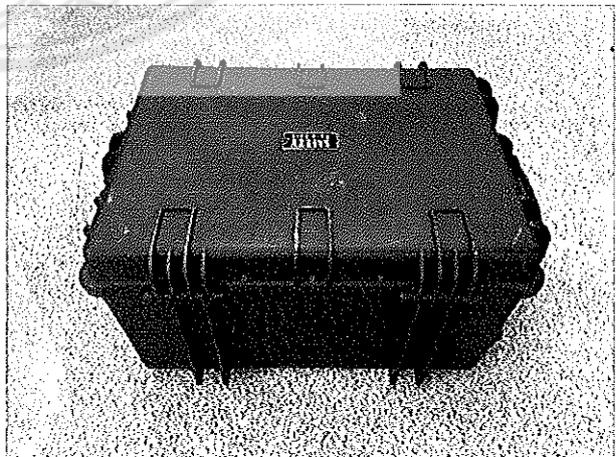
รูปด้านหน้า



รูปด้านข้าง

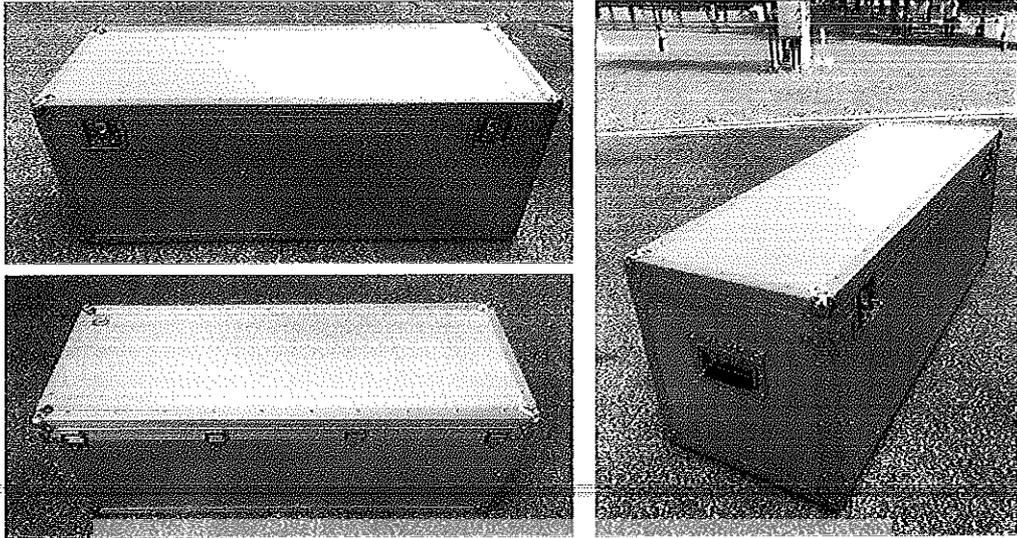


มือจับสำหรับลาก



รูปด้านหลัง

รูปที่ 43 กระเป๋าใส่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่
กักเก็บลมผลิตไฟฟ้าและระบบกรองน้ำ



รูปที่ 44 กระเป๋าใส่เสาทั้งหันลมทั้งหันลม

○ แผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้มีขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ต่อแผง เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ใน 1 กระเป๋าจะบรรจุแผงเซลล์จำนวน 8 ชุด กำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 960 วัตต์ ซึ่งแต่ละแผงสามารถพับเก็บและขนย้ายไปใช้งานในที่ต่างๆ ได้ และสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้โดยเพิ่มจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเชื่อมต่อใช้ Connector ชนิด MC4 ซึ่งสามารถม้วนเก็บไว้ในช่องเก็บสาย ในการเชื่อมต่อโดยแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อพับเก็บจะมีขนาด 30 ซม. x 45 ซม.หนา 2.5 ซม. มีน้ำหนัก 1.52 กก./แผง และเมื่อกางแผงออกเพื่อใช้งานจะมีขนาด 116 ซม. x 45 ซม. ซึ่งสามารถเก็บไว้ในกระเป๋าสะพายได้สูงสุด 8 ชุด



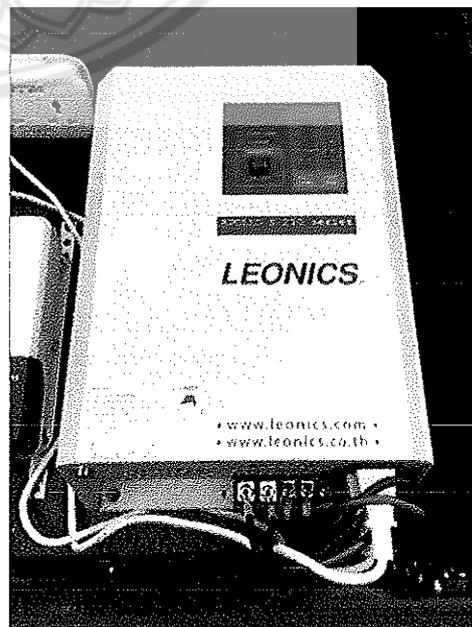
รูปที่ 45 กระเป๋าใส่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา



รูปที่ 46 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพาเมื่อใช้งาน

○ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

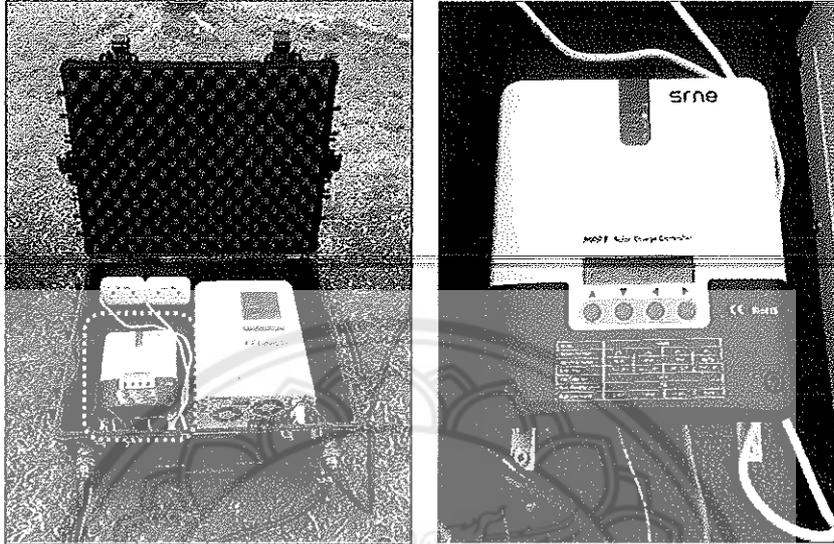
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Bidirectional Inverter) ใช้เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบพกพา ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งสามารถจ่ายไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่เกิน 1,500 วัตต์ เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อสาร หรือจ่ายให้กับระบบปั๊มและระบบกรองน้ำที่ติดตั้งอยู่ภายใน ซึ่งขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีขนาด 26.5 ซม. x 33 ซม. หนา 16.5 ซม. โดยจะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าตั้งรูปที่ 47



รูปที่ 47 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Bidirectional Inverter)

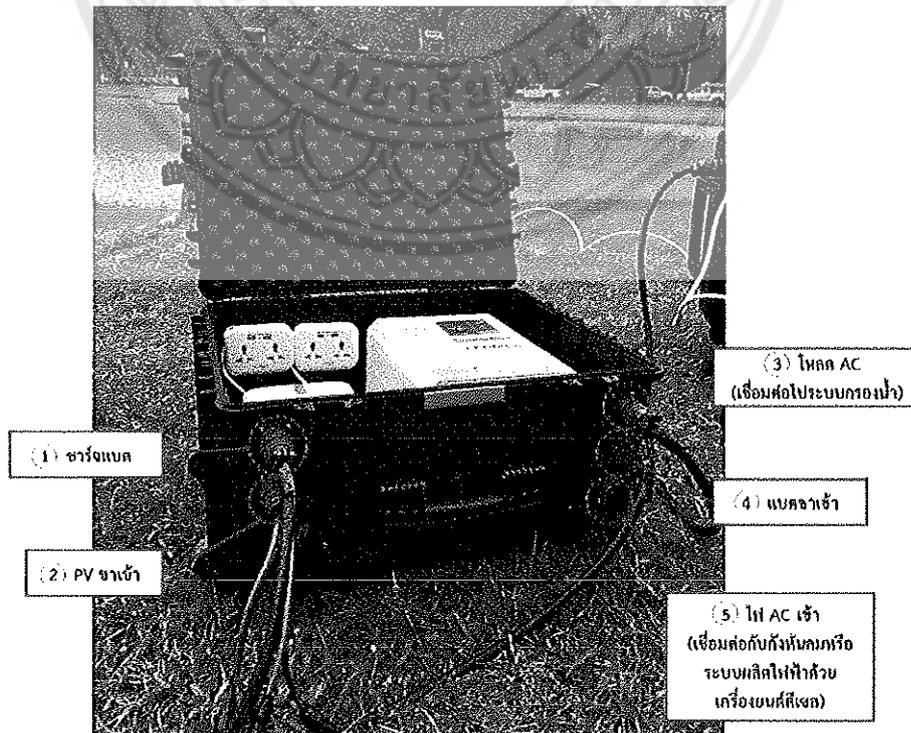
○ เครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุ (Charger) ทำหน้าที่ควบคุมการประจุแบตเตอรี่พร้อมทั้งควบคุมการจ่ายไฟเมื่อมีภาระทางไฟฟ้า ซึ่งขนาดของเครื่องควบคุมการประจุมีขนาดเพียง 18 ซม. x 22.5 ซม. หนา 8 ซม. โดยจะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าสะพายดังรูปที่ 48



รูปที่ 48 เครื่องควบคุมการประจุ (Charger)

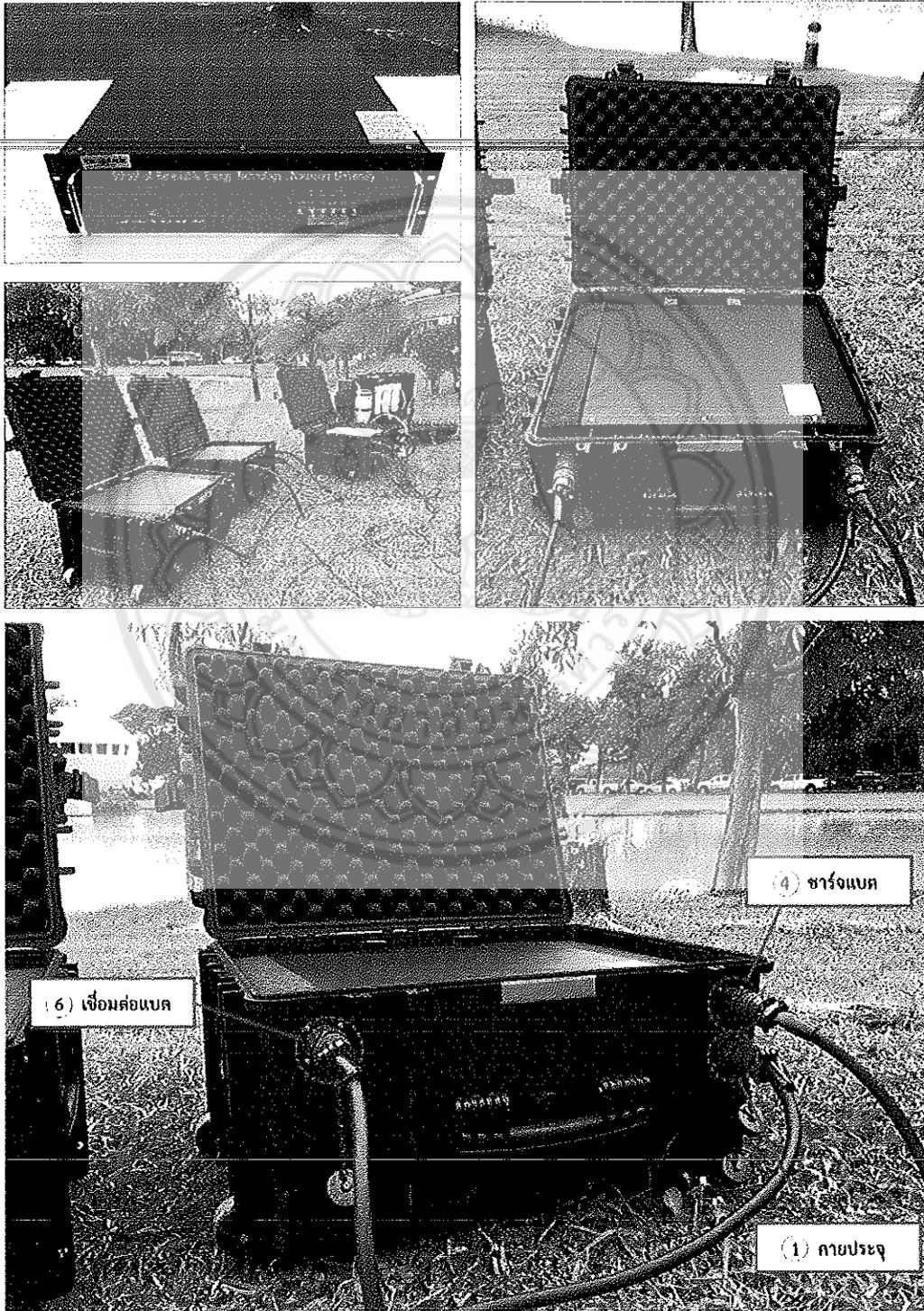
กระเป๋าสำหรับเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบสามารถใช้งานได้ง่าย สามารถเชื่อมต่อกับระบบกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้โดยต่อเข้ากับปลั๊กได้จากภายนอกกระเป๋าได้ ดังรูปที่ 49



รูปที่ 49 กระเป๋าติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

○ แบตเตอรี่

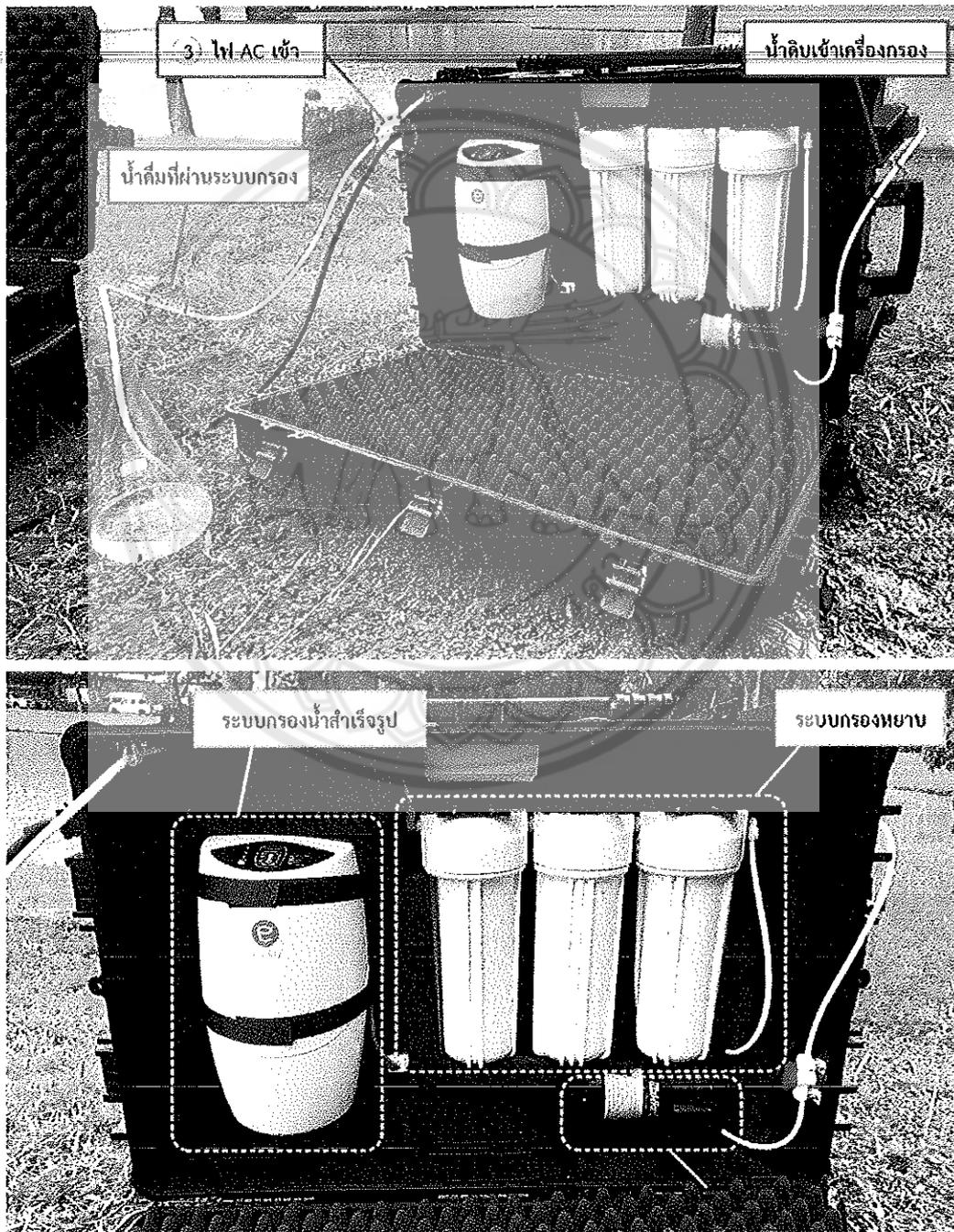
ระบบสะสมพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery storage) ใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่มีการสั่งทำเฉพาะซึ่งมีความจุสูง ดูแลรักษาและใช้งานง่าย เพื่อใช้เก็บพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมและนำมาใช้ในเวลากลางคืนหรือเวลาที่ไม่มีแสงแดด โดยแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 48V 50Ah จำนวน 2 ชุด ซึ่งขนาดของแบตเตอรี่เท่ากับ 45 ซม. x 40 ซม. หนา 13 ซม. สามารถใช้งานได้นานต่อเนื่อง โดยแบตเตอรี่จะติดตั้งอยู่ในกระเป๋าดังรูปที่ 50



รูปที่ 50 แบตเตอรี่ (Battery storage)

○ ชุดระบบผลิตน้ำดื่ม

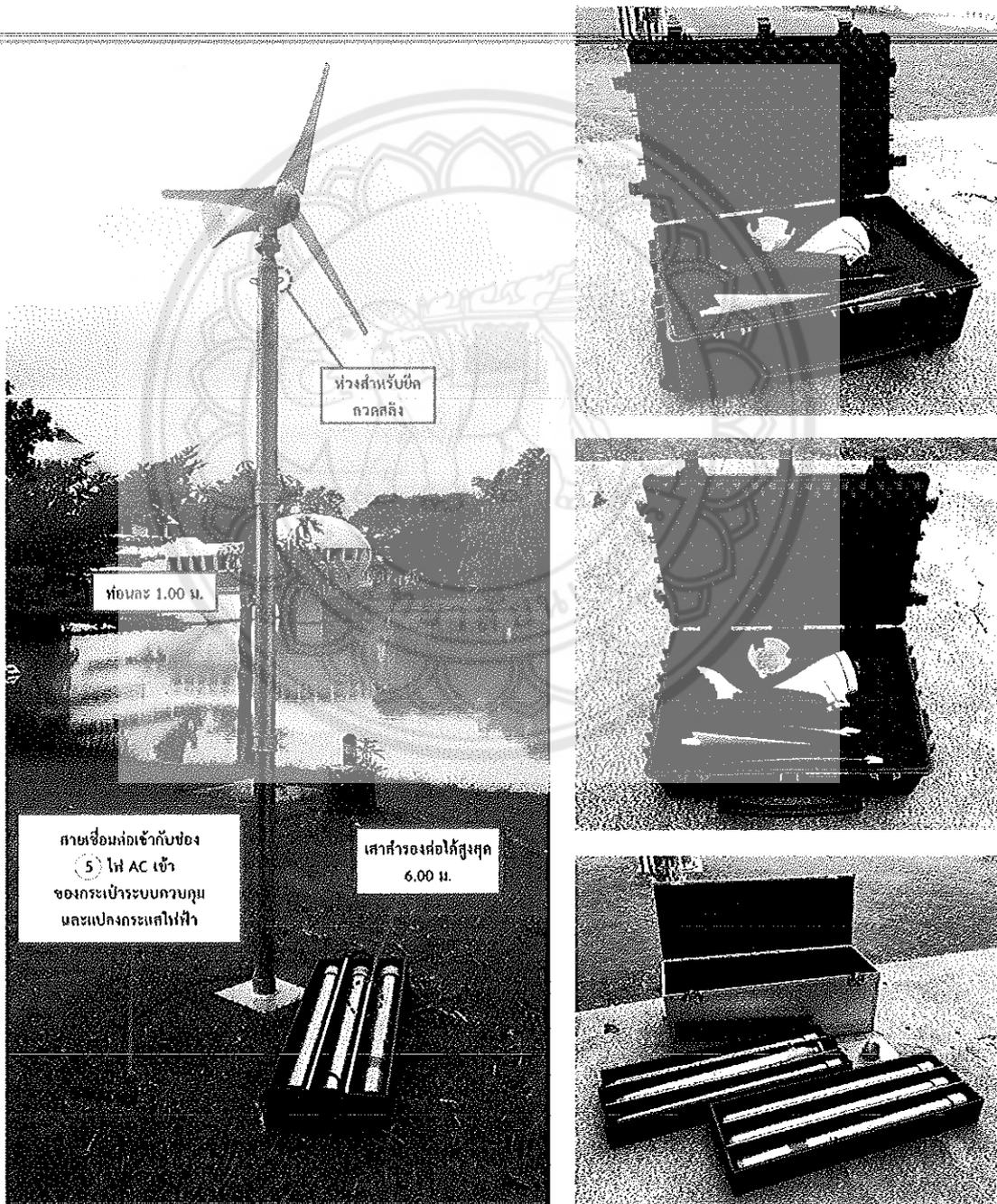
ระบบผลิตน้ำดื่มเป็นการใช้ชุดระบบกรองน้ำแบบสำเร็จรูปร่วมกับระบบกรองหยاب โดยจะมีปั้มสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24V 1.2A เพื่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำดิบมาผ่านระบบกรองที่ติดตั้งอยู่ในกระเป่าสะพาย โดยระบบกรองน้ำประกอบด้วยระบบกรองหยابเพื่อกรองตะกอนต่างๆ จากแหล่งน้ำดิบก่อนแล้วจึงผ่านเครื่องกรองแบบสำเร็จรูป ที่สามารถกรองละเอียดได้และยังฆ่าเชื้อโรคที่ปะปนมากับน้ำได้ด้วยระบบ UV ซึ่งระบบกรองทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน น้ำที่ผ่านระบบกรองจะได้น้ำสะอาดที่ผ่านมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ไม่น้อยกว่า 50 ลิตร/ชม. ซึ่งเพียงพอต่อการใช้ในการบริโภคสำหรับทหาร 1 หมวด หรือจำนวน 44 นาย รูปแบบของระบบกรองน้ำแสดงดังรูปที่ 51



รูปที่ 51 ระบบผลิตน้ำดื่ม

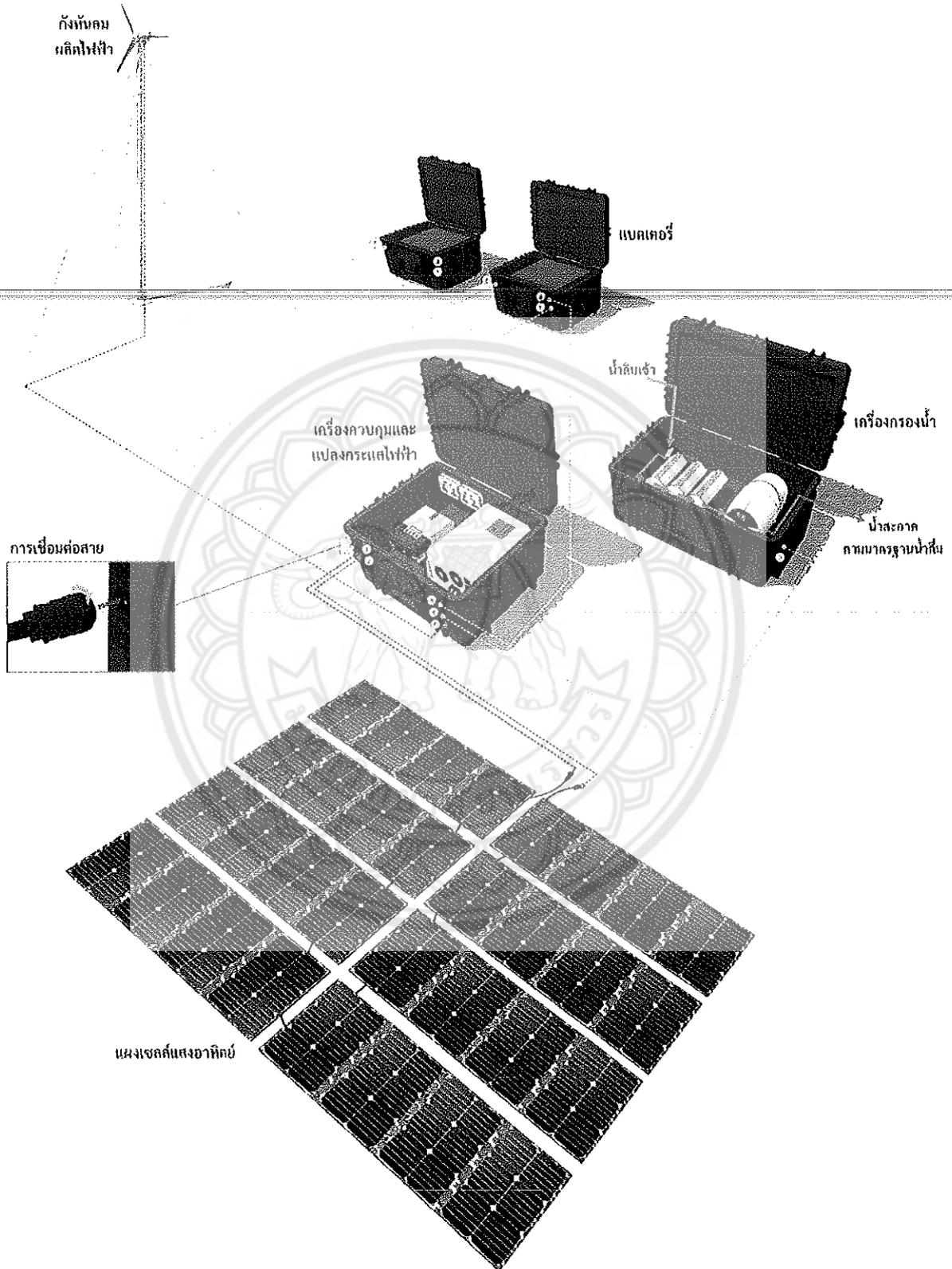
○ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา (Wind turbine) ขนาดกำลังผลิตรวม 300 วัตต์ สามารถถอดประกอบได้ พร้อมเสาเหล็กชุบสังกะสีกันสนิมขนาดความสูงรวม 6.00 ม. สามารถถอดประกอบได้ เป็น 6 ท่อน ท่อนละ 1.00 ม. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพาจะใช้ในช่วงเวลาหรือพื้นที่ที่ไม่มีแสงแดดแต่มีศักยภาพพลังงานลมเพียงพอ โดยเสาแต่ละท่อนสามารถต่อกันได้โดยใช้เกียร์วหมุนเพื่อต่อเสาแต่ละท่อน และมีมือตั้งเสาแล้วจะยึดเสาด้วยลวดสลิง 3 จุด ยึดกับพื้นดินเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ช่อง AC input เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ต่อไป ซึ่งกระเป่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบ่งออกเป็น 2 ใบ ประกอบด้วยกระเป่าเก็บกังหันลมผลิตไฟฟ้า และกระเป่าเก็บเสาเหล็กชุบสังกะสีกันสนิมกังหันลมและอุปกรณ์เชื่อมต่อดังรูปที่ 52



รูปที่ 52 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบพกพา

รูปแบบการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด
มีรายละเอียดการทำงานดังรูปที่ 53

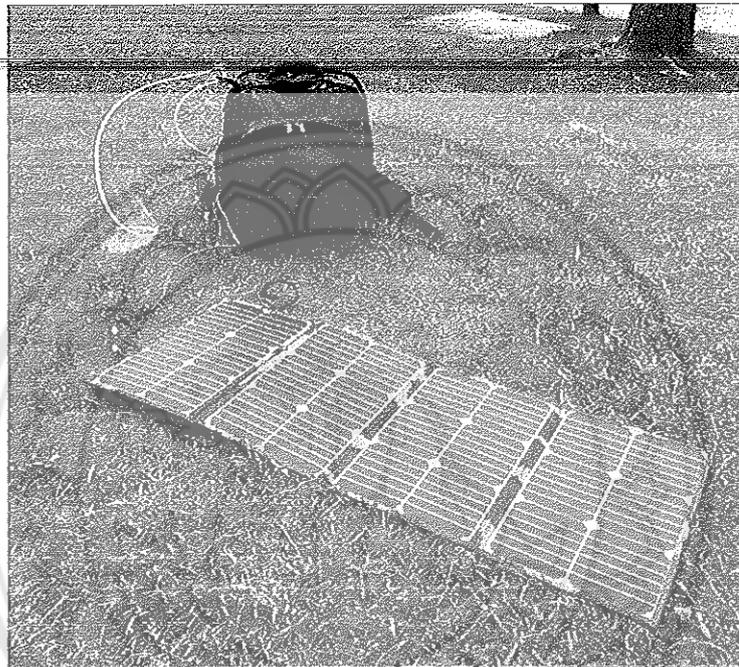


รูปที่ 53 รูปแบบการทำงานของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 คณะวิจัยได้ทำการออกแบบระบบให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และได้พัฒนาระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดสองระบบ ประกอบด้วย 1. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบพกพาสำหรับทหาร 1 หมู่ (11 คน) 2. ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบพกพาสำหรับทหาร 1 หมวด (44 คน) ทั้งสองระบบ แสดงดังรูปที่ 54 และ รูปที่ 55 ตามลำดับ



รูปที่ 54 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมู่ (11 คน)



รูปที่ 55 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมวด (44 คน)

ระบบต้นแบบทั้งสองระบบ ๑ จะถูกทดสอบทั้งสองส่วน ประกอบด้วย 1. การทดสอบปริมาณและคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้ 2. สมรรถนะของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานลมและไฟฟ้าอเนกประสงค์ ซึ่งระบบต้นแบบทั้งสองระบบ ๑ จะต้องผ่านเกณฑ์ดังสรุปในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินของระบบต้นแบบ ๑

ลำดับ	เกณฑ์	รายละเอียด
1	คุณภาพน้ำ	คุณภาพน้ำดื่มต้องผ่านมาตรฐาน 4) มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 5) มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบริโภค องค์การอนามัยโลก 6) คุณภาพน้ำบริโภค กระทรวงสาธารณสุข
2	ปริมาณการผลิตน้ำดื่มต่อชั่วโมง (Flow Rate)	3) แบบหมู่ 11 คน อัตราการไหลต้องไม่น้อยกว่า 10 ลิตร/ชั่วโมง 4) แบบหมวด 44 คน อัตราการไหลต้องไม่น้อยกว่า 50 ลิตร/ชั่วโมง
3.	น้ำหนัก	3) แบบหมู่ 11 คน น้ำหนักโดยรวมต้องไม่เกิน 10 กิโลกรัม/ระบบ 4) แบบหมวด 44 คน น้ำหนักโดยรวมต้องไม่เกิน 50 กิโลกรัม/ระบบ

4.1 ผลการทดสอบระบบต้นแบบทั้งสองระบบ ๑

ผลการทดสอบระบบต้นแบบ ๑ ประกอบด้วย 3 ส่วน ตามเกณฑ์การประเมิน คือ 1. คุณภาพน้ำ 2. ปริมาณการผลิตน้ำดื่มต่อชั่วโมง (อัตราการไหล Flo Rate) 3. น้ำหนักของระบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบ ๑ ผลิตได้

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มสำหรับระบบกรองน้ำหลายประเภทดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ก่อนที่จะได้ต้นแบบการผลิตน้ำดื่มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองระบบ ๑ ซึ่งขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มเป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบน้ำ และส่งทดสอบ ณ ศูนย์ทดสอบวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งผลที่ได้จะถูกพิจารณาและวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานการผลิตน้ำดื่มดังนี้

1. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบริโภค องค์การอนามัยโลก
3. คุณภาพน้ำบริโภค กระทรวงสาธารณสุข

ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มจากต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มทั้งสองระบบ ๑ เปรียบเทียบกับน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำที่มีความสกปรกและค่ามาตรฐานน้ำดื่มที่สามารถบริโภคตามมาตรฐานที่ได้กล่าวไว้แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 10

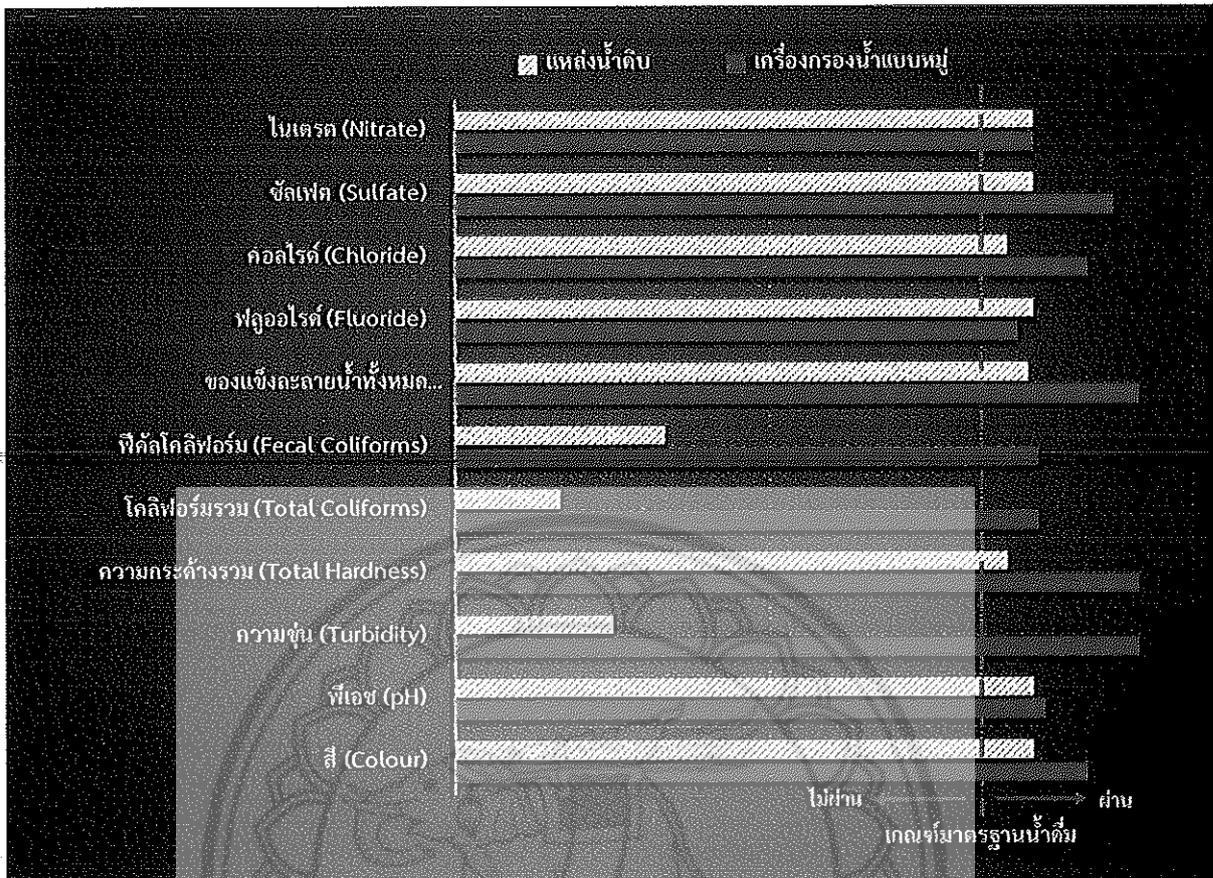
ตารางที่ 10 ตารางผลการตรวจสอบน้ำของระบบต้นการผลิตน้ำดื่ม ๆ ทั้งสองระบบ

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม	แหล่งน้ำดิบ	ระบบกรองน้ำ (แบบหมู่)	ระบบกรองน้ำ (แบบหมวด)
1	สี (Colour)	หน่วยสี	ไม่เกิน 15	น้อยกว่า 5	น้อยกว่า 5	น้อยกว่า 5
2	พีเอช (pH)	-	6.5 – 8.5	7.61	7.92	7.99
3	ความขุ่น (Turbidity)	NTU	ไม่เกิน 5	124	4.61	4.25
4	ความกระด้างรวม (Total Hardness)	Mg/L CaCO ₃	ไม่เกิน 500	73.0	80.0	78.0
5	โคลิฟอร์มรวม (Total Coliforms)	MPN/ 100 ml	ต้องตรวจไม่พบ	1,600	ไม่พบ	ไม่พบ
6	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliforms)	MPN/ 100 ml	ต้องตรวจไม่พบ	23.0	ไม่พบ	ไม่พบ
7	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	mg/L	ไม่เกิน 1,000	131.6	98.4	114
8	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/L	ไม่เกิน 0.7	ไม่พบ	0.551	0.171
9	คลอไรด์ (Chloride)	mg/L	ไม่เกิน 250	77.0	1.81	2.26
10	ซัลเฟต (Sulfate)	mg/L	ไม่เกิน 250	3.17	4.25	33.4
11	ไนเตรต (Nitrate)	mg/L	ไม่เกิน 50	ไม่พบ	0.009	0.001

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบทั้งสองระบบฯ สามารถแยกวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำดื่มได้ดังนี้

4.2 วิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่

น้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่ 11 คน ได้ถูกตรวจสอบตามมาตรฐานการผลิตน้ำดื่มพบว่า ระบบต้นแบบดังกล่าว ๆ สามารถผลิตน้ำบริโภคได้ตามมาตรฐานน้ำบริโภคทั้งสามมาตรฐานประกอบด้วย 1. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบริโภค องค์การอนามัยโลก 3. คุณภาพน้ำบริโภคกระทรวงสาธารณสุข ดังแสดงในรูปที่ 56



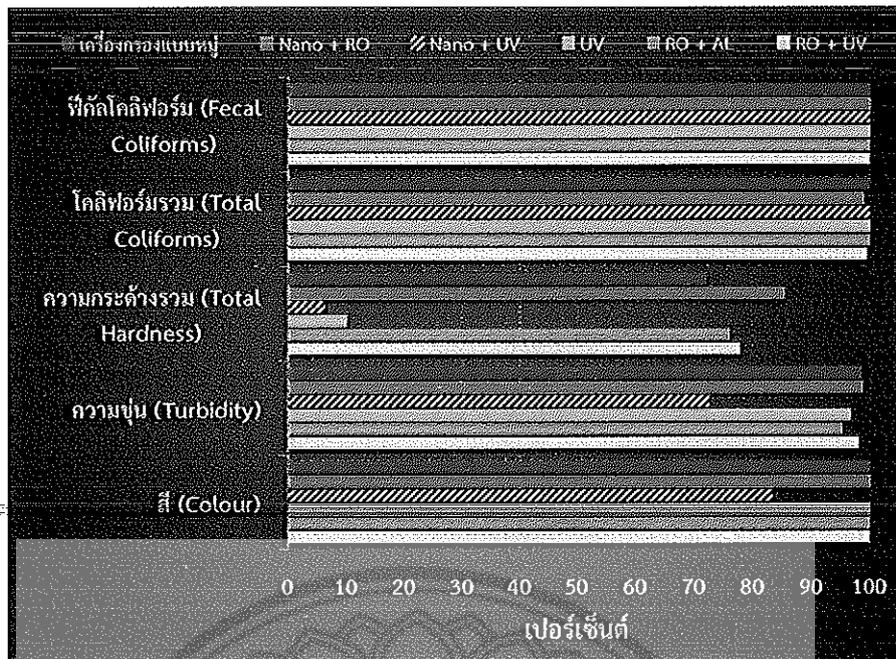
รูปที่ 56 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบ

จากรูปที่ 56 เมื่อวิเคราะห์ถึงคุณภาพน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบหมูผลิตได้พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่าเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด และนอกจากนี้ทางทีมวิจัยได้ใช้น้ำดิบตามธรรมชาติมาใช้ในการกรอง ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำดิบที่มีน้ำเสียจากโรงพยาบาลมาเป็นน้ำตัวอย่างจึงส่งผลให้มีปริมาณค่า ฟลูออไรด์สูงกว่าปกติ แต่ก็มีในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ ซึ่งรายละเอียดของน้ำดิบก่อนการกรองนั้นมีรายละเอียดดังตารางที่ 11

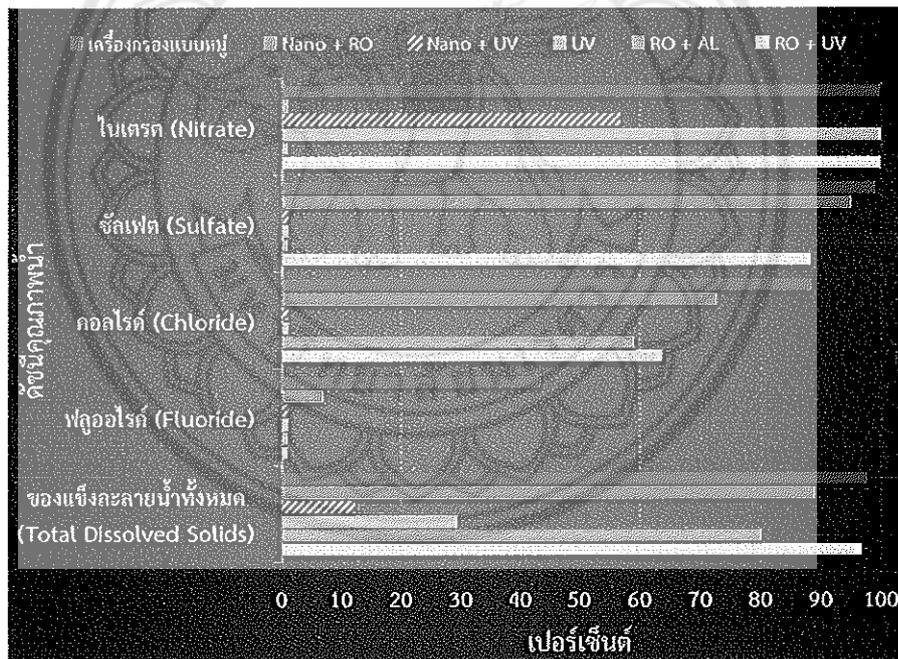
ตารางที่ 11 ผลการตรวจน้ำดิบตามธรรมชาติ

ลำดับ	รายการทดสอบ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน		เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 ²	น้ำดิบ
			มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ¹			
			เกณฑ์ที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด		
1	สี (Colour)	แพลทินัม - โคบอลต์	5	15	< 15	90
2	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	6.5 - 8.5	6.76
3	ความขุ่น (Turbidity)	NTU	5	20	< 5	24.40
4	ความกระด้างรวม (Total Hardness as CaCO ₃)	mg/L CaCO ₃	< 300	500	< 500	109
5	ของแข็งละลายน้ำ	mg/L	< 600	1,200		162.90
6	ไนเตรต (NO ₃)	mg/L	< 45	45	< 50	0.088
7	ฟลูออไรด์ (F)	mg/L	< 0.7	1.0	< 0.7	0.200
8	คลอไรด์ (Cl)	mg/L	< 250	600	< 250	5.38
9	ซัลเฟต (SO ₄)	mg/L	< 200	250	< 250	0.897
10	โครีฟอร์มรวม	MPN/100 ml			ต้องตรวจไม่พบ	1600
11	ฟิคัลโครีฟอร์ม	MPN/100 ml			ต้องตรวจไม่พบ	

แต่ในหัวข้อนี้ใช้น้ำดิบที่มีน้ำเสียจากโรงพยาบาลมาเป็นน้ำตัวอย่างจึงส่งผลให้มีปริมาณค่า ฟลูออไรด์ สูงกว่าปกติ แต่ก็มีในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ นอกจากนี้ น้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์ได้ถูกเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเครื่องกรองน้ำแต่ละชนิดที่มีในท้องตลาด พบว่า ระบบต้นแบบเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่รวมหลายเทคโนโลยีเข้าด้วยกันสามารถกรองน้ำมีคุณภาพโดยรวมดีกว่าเทคโนโลยีต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 57 และ รูปที่ 58



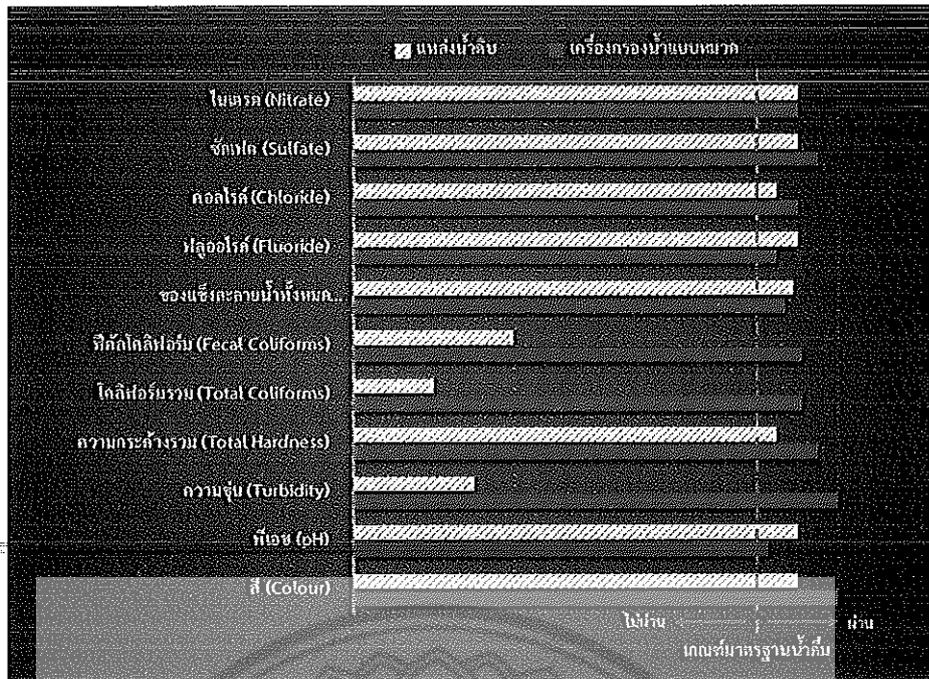
รูปที่ 57 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่



รูปที่ 58 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่ (ต่อ)

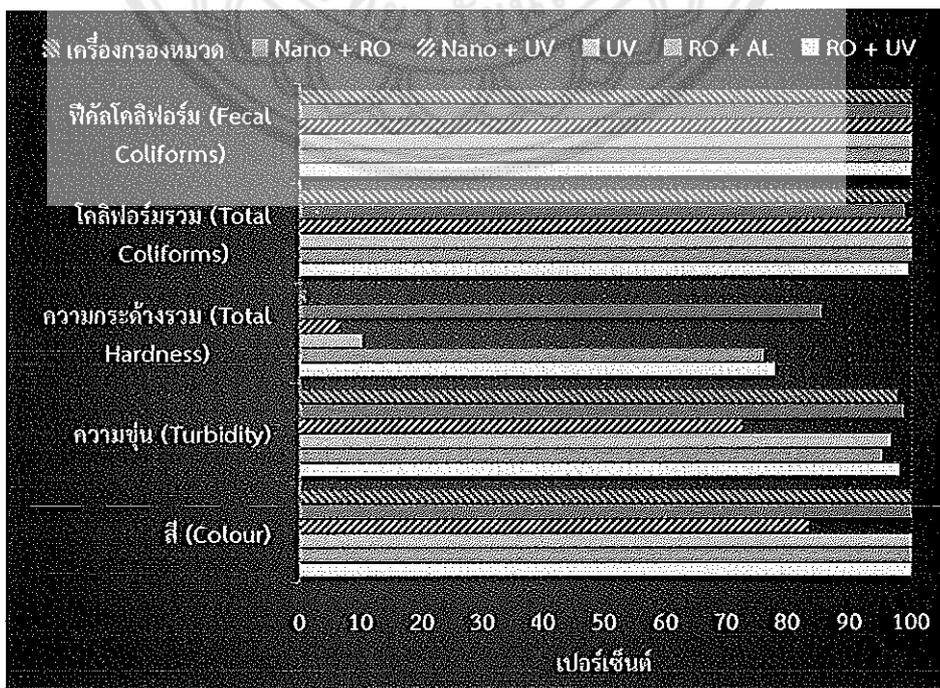
4.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมวด

น้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมวดที่ใช้บริโภคทั้งหมด 44 คน ได้ถูกตรวจสอบตามมาตรฐานการผลิตน้ำดื่มพบว่า ระบบต้นแบบดังกล่าว สามารถผลิตน้ำดื่มได้ตามมาตรฐานน้ำบริโภคทั้งสามมาตรฐานประกอบด้วย 1. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มบริโภค องค์การอนามัยโลก 3. คุณภาพน้ำบริโภค กระทรวงสาธารณสุข ดังแสดงในรูปที่ 59

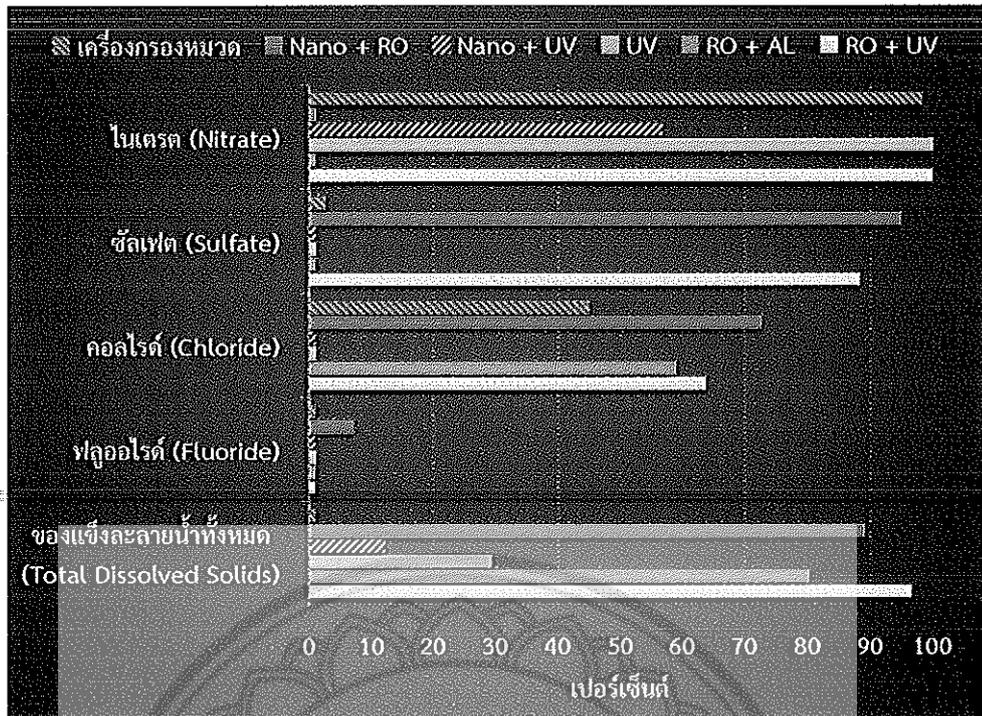


รูปที่ 59 จากผลการทดสอบคุณภาพน้ำดื่มทั้งหมด

จากรูปที่ 59 เมื่อวิเคราะห์ถึงคุณภาพน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบหมุนผลิตได้พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่าเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด จะมีเฉพาะฟลูออไรด์ ที่มีค่าเกินมาตรฐาน แต่จะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.2 นอกจากนี้ น้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานได้ถูกเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเครื่องกรองน้ำแต่ละชนิดที่มีในท้องตลาด พบว่า ระบบต้นแบบเครื่องกรองน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่รวมหลายเทคโนโลยีเข้าด้วยกันประกอบด้วย เครื่องกรองหยาบ และเครื่องกรองน้ำแร่ สามารถกรองน้ำมีคุณภาพโดยรวมดีกว่าเทคโนโลยีต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 60 และ รูปที่ 61



รูปที่ 60 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมวก



รูปที่ 61 ความสามารถในการกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำแบบหมู่ (ต่อ)

4.4 การทดสอบปริมาณน้ำที่ระบบต้นแบบ ๓ ผลิตได้

ปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบผลิตน้ำดื่มพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองระบบ ๓ ผ่านเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ๓ ดังนี้ ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมู่ (11 คน) สามารถผลิตน้ำดื่มเฉลี่ยได้ 68.64 ลิตรต่อชั่วโมง และระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับหมวด (44 คน) สามารถผลิตน้ำดื่มเฉลี่ยได้ 80.95 ลิตรต่อชั่วโมงดังแสดงในตารางที่ 12 และตารางที่ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมู่ผลิตได้

เครื่องกรองน้ำแบบหมู่ (11 คน)			
ครั้งที่	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	ปริมาณน้ำต่อชั่วโมง
1	1	52	69.23
2	1	55	65.45
3	1	51	70.59
4	1	53	67.92
5	1	50	72.00
6	1	54	66.67
ปริมาณน้ำเฉลี่ย			68.64

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับหมวดผลิตได้

เครื่องกรองน้ำแบบหมวด (44 คน)			
ครั้งที่	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	ปริมาณน้ำต่อชั่วโมง
1	1	45	80.00
2	1	48	75.00
3	1	40	90.00
4	1	48	75.00
5	1	42	85.71
6	1	45	80.00
ปริมาณน้ำเฉลี่ย			80.95

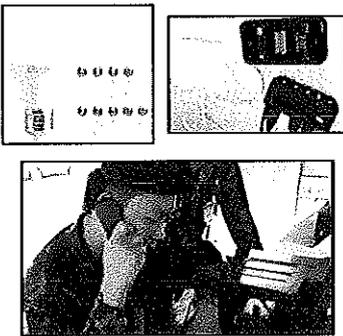
4.5 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบต้นแบบ ฯ ทั้งสอง

ระบบต้นแบบต้นทั้งสองแบบ ฯ นอกจากสามารถผลิตน้ำดื่มได้แล้วอีกวัตถุประสงค์หนึ่งคือ ต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อใช้ในภารกิจต่างๆ ของทหารได้ ซึ่งความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าของระบบต้นแบบมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์ของระบบแบบหมู่

ระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่มีระบบเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่ภายในซึ่งประกอบด้วย 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 W 2. ระบบเก็บสะสมพลังงานด้วยลิเทียมไอออนแบบเตอรีขนาด 12 V ความจุ 15 Ah หรือ 180 Wh 3. เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ขนาด 20 A 4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 120 W ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายใช้ให้กับระบบกรองน้ำใช้แรงดัน 12 V ส่วนระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเพื่อใช้กับไฟฟ้าอเนกประสงค์ใช้ระดับแรงดัน 220 V (AC) ซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปสำหรับประเทศไทย ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์นั้นคณะวิจัยกำหนดค่าสูงสุดไว้ที่ 100 วัตต์ เพื่อความปลอดภัยและอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าสรุปออกเพื่อความเข้าใจง่าย ๆ ทั้งปริมาณการใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า และ ระยะเวลาที่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ต่อครั้งในกรณีที่แบตเตอรี่เต็ม ดังแสดงในตารางที่ 14

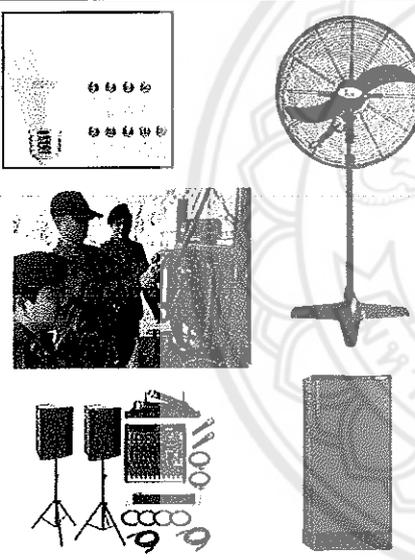
ตารางที่ 14 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าของระบบต้นแบบสำหรับทหาร 1 หมู่

เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (W)			
	20	40	60	100
	1. หลอด LED 5 W ได้ 4 หลอด 2. หลอด LED 10 W ได้ 2 หลอด 3. Charge มือถือ ได้ 2 เครื่อง	1. หลอด LED 5 W ได้ 8 หลอด 2. หลอด LED 10 W ได้ 4 หลอด 3. Charge มือถือ ได้ 4 เครื่อง 4. เครื่องเสียงระบบสื่อสาร 1 เครื่อง	1. หลอด LED 5 W ได้ 12 หลอด 2. หลอด LED 10 W ได้ 6 หลอด 3. Charge มือถือ ได้ 6 เครื่อง 4. เครื่องเสียงระบบสื่อสาร 1 เครื่อง	1. หลอด LED 5 W ได้ 20 หลอด 2. หลอด LED 10 W ได้ 10 หลอด 3. Charge มือถือ ได้ 10 เครื่อง 4. เครื่องเสียงระบบสื่อสาร 2 เครื่อง 5. หัตถถม 2 เครื่อง
ระยะเวลาที่ใช้ได้ (ชั่วโมง)	7.5	3.75	2.5	1.5

4.5.2 ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์ของระบบแบบหมวด

ระบบต้นแบบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบหมวดสำหรับทหาร 44 คน มีระบบเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่ภายในซึ่งประกอบด้วย 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 960 W 2. ระบบเก็บสะสมพลังงานด้วยลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ขนาด 48 V ความจุ 50 Ah หรือ 2.4 kWh จำนวนทั้งหมด 2 ชุด ความจุรวมทั้งหมด 4.8 kWh 3. เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ขนาด 30 A 4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางขนาด 1000 W (AC to DC และ DC to AC) ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายใช้ให้กับระบบกรองน้ำใช้แรงดัน 12 V ส่วนระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเพื่อใช้กับไฟฟ้าอเนกประสงค์ใช้ระดับแรงดัน 220 V (AC) ซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปสำหรับประเทศไทย ความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าอเนกประสงค์นั้นคณะวิจัยกำหนดค่าสูงสุดไว้ที่ 1,000 วัตต์ เพื่อความปลอดภัยและอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าสรุปเพื่อความเข้าใจง่าย ๆ ทั้งปริมาณการใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า และ ระยะเวลาที่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ต่อครั้งในกรณีที่แบตเตอรี่เต็ม ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าของระบบต้นแบบสำหรับทหาร 1 หมวด

เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (W)			
	100	300	600	1000
	เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ เช่น <ul style="list-style-type: none"> - หลอดไฟแสงสว่าง - ตู้เย็น - เครื่องเสียงสนาม - ถักลมโอน้ำ - ที่รี - และอื่น ๆ ที่กำลังไฟรวมไม่เกิน 1000 วัตต์ 			
ระยะเวลาที่ใช้ได้ (ชั่วโมง)	20.00	6.67	3.33	2.00
เพิ่มแบตเตอรี่เสริม (ชั่วโมง)	40.00	13.33	6.67	4.00

4.6 ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน

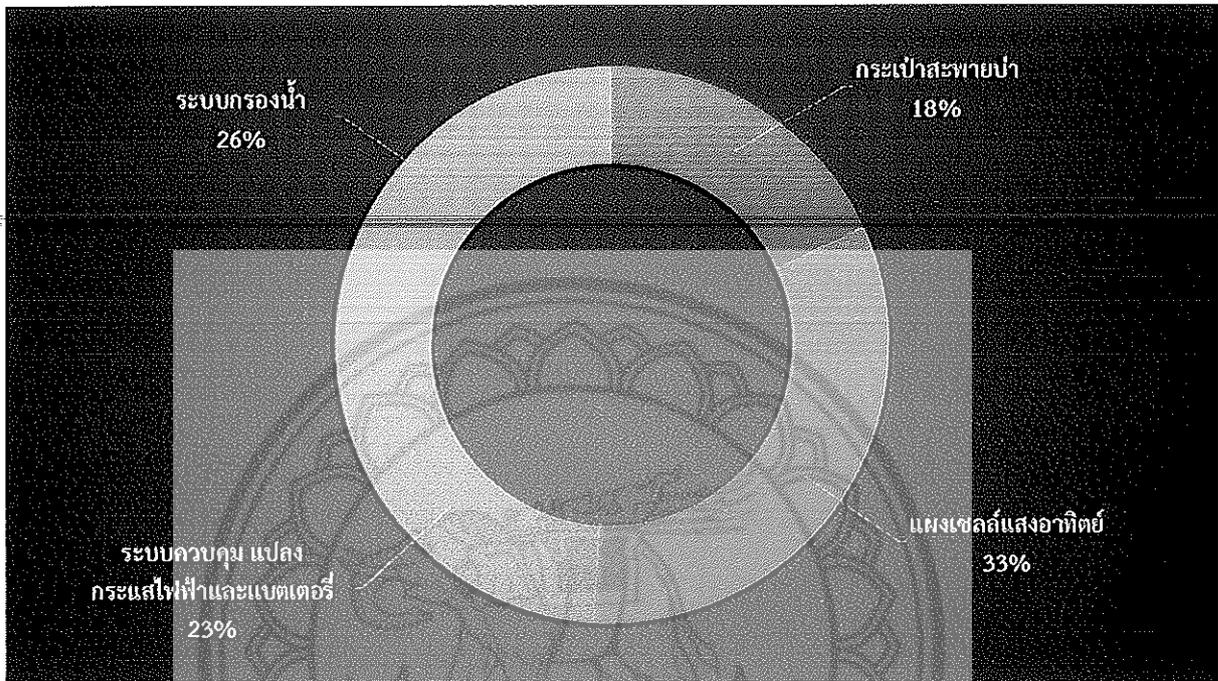
4.6.1 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

รายละเอียดต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่ ซึ่งเป็นรูปแบบกระเปาะเป้สะพายป่าด้านในของกระเปาะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ 1. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2. ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้าพร้อมแบตเตอรี่ 3. ระบบกรองน้ำ ซึ่งรายละเอียดต้นทุนของวัสดุ อุปกรณ์ ในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังตารางที่ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวมราคา (บาท)
1	กระเป๋าสะพាយป่าสำหรับระบบฯ	-	-	1	กระเป๋	5,500.00	5,500.00
2	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เมื่อพับ) น้ำหนัก 1.52 กก.	-	-	1	ชุด	10,000.00	10,000.00
3	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 200 วัตต์ 12VDC to 220V 5V 4 Port USB ขนาด 15.5x7.8x3.3 ซม.	CMCC Power Inverter	12V 200W	1	เครื่อง	1,600.00	1,600.00
4	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 12V/24V 30A ขนาด 16.4x10.3x4.7 ซม. น้ำหนัก 0.39 กก.	PWM	30A	1	เครื่อง	1,850.00	1,850.00
5	แบตเตอรี่ ขนาด 12V 15Ah ขนาด 20x15x4.5 ซม.	-	-	1	ชุด	3,500.00	3,500.00
6	สวิตช์	-	-	1	อัน	45.00	45.00
7	ปั๊มแรงดัน 12VDC 5.1LPM 1.4GPM 80PSI น้ำหนัก 1.18 กก.	Seaflo	SFDP1-014-080-220	1	ตัว	990.00	990.00
8	กรองน้ำชนิด Sediment Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	300.00	300.00
9	กรองน้ำชนิด Pre-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	300.00	300.00
10	กรองน้ำชนิด Post-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	300.00	300.00
11	กรองน้ำชนิด Nano membrane Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	700.00	700.00
12	กรองน้ำชนิด Reversr Osmosis system (RO.)	C.C.K.	-	1	ชุด	1,420.00	1,420.00
13	กรองน้ำชนิด Chlorine Taste & Odor (CTO)	C.C.K.	IL-12W-C-EZ	1	กระบอก	300.00	300.00
14	กรองน้ำชนิด Ultra Violet (UV)	Treatton	-	1	ชุด	1,600.00	1,600.00
15	สายน้ำ 2 หุน	-	-	10	ม.	25.00	250.00
16	วาร์ว เปิด-ปิด น้ำ	-	-	2	อัน	60.00	120.00
17	หัวกรองปลายท่อดูดน้ำ	-	-	1	อัน	100.00	100.00
18	อุปกรณ์อื่นๆ	-	-	1	เหมา	1,500.00	1,500.00
รวมราคา						30,375.00	

รายละเอียดต้นทุนของระบบดังตารางที่ 16 สามารถนำมาแบ่งสัดส่วนของระบบได้ดังรูปที่ 62 ซึ่งจากข้อมูลพบว่าสัดส่วนต้นทุนของระบบที่มีราคาแพงที่สุดคือส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีสัดส่วนร้อยละ 33 ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สั่งทำเฉพาะเพื่อให้สามารถหับงอได้ มีความแข็งแรงทนทานและน้ำหนักเบา รองลงมาคือส่วนของระบบกรองน้ำ และระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้าพร้อมแบตเตอรี่ สัดส่วนคือส่วนของกระเป๋าสะพายป่า ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 26, 23 และ 18 ตามลำดับ



รูปที่ 62 สัดส่วนต้นทุนของผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

4.6.2 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

รายละเอียดต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด ซึ่งใช้สำหรับทหารจำนวน 44 นาย เป็นระบบขนาดใหญ่ทำให้ในการออกแบบต้องแบ่งออกเป็นระบบย่อยเป็นกระเป๋าลากที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถเคลื่อนย้ายไปในพื้นที่ต่างๆ ได้ ซึ่งมี 3 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วยกระเป๋าสไลด์แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 กระเป๋า และกระเป๋าสไลด์กังหันลมผลิตไฟฟ้า 1 กระเป๋า พร้อมกับกระเป๋าสไลด์เสาและอุปกรณ์ยึดกังหันลมจำนวน 1 กระเป๋า ส่วนที่ 2 ระบบควบคุมและระบบสะสมพลังงานประกอบด้วย ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 กระเป๋า และระบบแบตเตอรี่จำนวน 2 กระเป๋า ส่วนที่ 3. ประกอบด้วยระบบกรองน้ำจำนวน 1 กระเป๋า ซึ่งรายละเอียดต้นทุนของวัสดุ อุปกรณ์ ในแต่ละส่วนมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวมราคา (บาท)
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์							
1	กระเป๋าพลาสติกมีล้อ ขนาด 65x50x36.5 ซม.	Safety Hard Case	-	1	ชุด	8,700.00	8,700.00
2	สายไฟพร้อมหัว Connector ยาว 1.00 ม.	-	-	4	เส้น	1,648.00	6,592.00
3	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เมื่อพับ) น้ำหนัก 1.52 กก.	-	-	8	ชุด	10,000.00	80,000.00
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม							
4	กระเป๋าพลาสติกมีล้อ ขนาด 65x50x36.5 ซม. (ใส่กังหันลมผลิตไฟฟ้า)	Safety Hard Case	-	1	ชุด	8,700.00	8,700.00
5	กังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ ชนิด 3 โป๊พ พร้อมสายไฟ+ หัว Connector ยาว 10.00 ม.	VEVOR	CXF-300W	1	ชุด	35,000.00	35,000.00
6	กระเป่าลูมิเนียม ขนาด 115x40x45 ซม.	-	-	1	ชุด	7,550.00	7,550.00
7	เสากังหันลมเหล็กกลมชุบสังกะสีกันสนิม ชนิดถอดประกอบได้ ท่อนละ 1 ม. จำนวน 6 ท่อน พร้อมฐานเสาเหล็กชุบสังกะสี + หมุดยึดฐาน + ลวดสลิงยึดเสา	-	-	1	ชุด	15,000.00	15,000.00
ระบบแบตเตอรี่							
8	กระเป๋าพลาสติกมีล้อ ขนาด 65x50x36.5 ซม.	Safety Hard Case	-	2	ชุด	8,700.00	17,400.00
9	หัว Connector พร้อมฝาปิดกันน้ำ	-	-	6	ชุด	642.00	3,852.00
10	แบตเตอรี่ ขนาด 48V 50Ah ขนาด 45x40x13 ซม.	-	-	2	ชุด	22,000.00	44,000.00

ตารางที่ 17 ต้นทุนระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวมราคา (บาท)
ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า							
11	กระเป๋าสถิตมีล้อ ขนาด 65x50x36.5 ซม.	Safety Hard Case	-	1	ชุด	8,700.00	8,700.00
12	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Bidirectional Inverter Apollo S-210 series ขนาด 1kW / Input 220V 1 Phase	Leonics	S-213C	1	เครื่อง	22,000.00	22,000.00
13	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ Solar Charge Controller MPPT with LCD Display 12V/24V 30A	SRNE	30A	1	เครื่อง	7,900.00	7,900.00
14	หัว Connector พร้อมฝาปิดกันน้ำ	-	-	5	ชุด	642.00	3,210.00
15	ปลั๊กไฟ 2 ช่อง พร้อม USB 2 Port สายยาว 1 ม.	Anitech	H102	2	อัน	380.00	760.00
ระบบกรองน้ำ							
16	กระเป๋าสถิตมีล้อ ขนาด 80x50x36.5 ซม.	Safety Hard Case	-	1	ชุด	13,000.00	13,000.00
17	หัว Connector พร้อมฝาปิดกันน้ำ	-	-	1	ชุด	642.00	642.00
18	เบรกเกอร์ 15A	-	-	1	ชุด	110.00	110.00
19	ปั๊มแรงดัน 24VDC 1.2A 150GPD 80PSI	Uni-pure	-	1	ตัว	1,950.00	1,950.00
20	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Ceramic Filter	-	-	1	กระบอก	990.00	990.00
21	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Carbon Filter	-	-	1	กระบอก	750.00	750.00
22	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Resin Filter	-	-	1	กระบอก	790.00	790.00
23	เครื่องกรองน้ำ eSpring	Amway	eSpring	1	ชุด	37,500.00	37,500.00
24	สายน้ำ 2 หุน	-	-	15	ม.	25.00	375.00
25	วาล์ว เปิด-ปิด น้ำ	-	-	2	อัน	60.00	120.00
26	หัวกรองปลายท่อดูดน้ำ	-	-	1	อัน	100.00	100.00
27	อุปกรณ์อื่นๆ	-	-	1	เหมา	3000.00	3,000.00
รวมราคา						328,691.00	

เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด พบว่าต้นทุนที่สูงสุดของระบบคือส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สั่งทำเฉพาะเพื่อให้สามารถพับงอได้ มีความแข็งแรงทนทานและน้ำหนักเบาเป็นสัดส่วนร้อยละ 29 รองลงมาคือส่วนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม ระบบกรองน้ำ ระบบควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า และสุดท้ายคือระบบแบตเตอรี่ โดยมีสัดส่วนร้อยละ 20, 18, 13 และ 10 ตามลำดับ มีรายละเอียดดังรูปที่ 63



รูปที่ 63 สัดส่วนต้นทุนของระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

4.7 อายุการใช้งานระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสาน

อายุการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นนั้นมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะไส้กรองซึ่งมีอายุการใช้งานขึ้นอยู่กับความถี่ในการใช้งาน ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบอุปกรณ์และการทำงานของระบบเป็นประจำ เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้คืออยู่เสมอ ซึ่งรายละเอียดอายุการใช้งานของอุปกรณ์แสดงดังตาราง 18 และตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย	อายุการใช้งาน
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เมื่อพับ)	-	-	1	ชุด	20 ปี
2	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 200 วัตต์ 12VDC to 220V 5V 4 Port USB	CMCC Power Inverter	12V 200W	1	เครื่อง	5 - 7 ปี
3	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 12V/24V 30A	PWM	30A	1	เครื่อง	5 - 7 ปี
4	แบตเตอรี่ ขนาด 12V 15Ah	-	-	1	ชุด	3 - 5 ปี
5	ปั๊มแรงดัน 12VDC 5.1LPM 1.4GPM 80PSI	Seaflo	SFDP1-014-080-220	1	ตัว	3 - 5 ปี
6	กรองน้ำชนิด Sediment Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	3 - 6 เดือน
7	กรองน้ำชนิด Pre-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	3 - 6 เดือน
8	กรองน้ำชนิด Post-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	1 ปี
9	กรองน้ำชนิด Nano membrane Filter	KWPTC	-	1	กระบอก	1 ปี
10	กรองน้ำชนิด Reversr Osmosis system (RO.)	C.C.K.	-	1	ชุด	1 - 1.5 ปี
11	กรองน้ำชนิด Chlorine Taste & Odor (CTO)	C.C.K.	IL-12W-C-EZ	1	กระบอก	1 ปี
12	กรองน้ำชนิด Ultra Violet (UV)	Treatton	-	1	ชุด	1 ปี หรือ เมื่อหมดขนาด

ตารางที่ 19 ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

ลำดับ	รายละเอียดอุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย	อายุการใช้งาน
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เมื่อพับ)	-	-	8	ชุด	20 ปี
2	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Bidirectional Inverter Apollo S-210 series ขนาด 1kW / Input 220V 1 Phase 50/60Hz/ Battery Input 48V	Leonics	S-213C	1	เครื่อง	5 - 7 ปี
3	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ Solar Charge Controller MPPT with LCD Display 12V/24V 30A	SRNE	30A	1	เครื่อง	5 - 7 ปี
4	แบตเตอรี่ ขนาด 48V 50Ah	-	-	2	ชุด	3 - 5 ปี
5	ปั๊มแรงดัน 24VDC 1.2A 150GPD 80PSI	Uni-pure	-	1	ตัว	3 - 5 ปี
6	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Ceramic Filter	-	-	1	กระบอก	1 ปี
7	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Carbon Filter	-	-	1	กระบอก	3 - 6 เดือน
8	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Resin Filter	-	-	1	กระบอก	3 - 6 เดือน
9	เครื่องกรองน้ำ eSpring	Amway	eSpring	1	ชุด	1 ปี
10	กัณฑ์ผลิตไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ ชนิด 3 โขงัด พร้อมสายไฟ+หัว Connector	VEVOR	CXF-300W	1	ชุด	10 - 15 ปี

สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

น้ำดื่มที่สะอาดตามมาตรฐานและไฟฟ้าอเนกประสงค์มีความสำคัญต่อภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพเป็นอย่างยิ่ง เช่น การลาดตระเวนในพื้นที่กั้นตาร ภารกิจกู้ภัย ช่วยผู้ประสบภัยต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นในโครงการการวิจัยนี้ได้ **พัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่ และพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบหมวด** ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) งบวิจัยทางด้านยุทธโธปกรณ์เพื่อพัฒนาศักยภาพของกองทัพและการป้องกันประเทศ ปีงบประมาณ 2560 ซึ่งสรุปผลการดำเนินโครงการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 สรุปผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่

ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่ สามารถผ่านเกณฑ์ที่คณะวิจัยได้ตั้งขึ้นมีทั้งหมด 3 ข้อ 1. คุณภาพน้ำดื่มที่ระบบฯ ผลิตได้ 2. ปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง และ 3. น้ำหนักของระบบ ฯ จากผลการทดสอบระบบสามารถสรุปได้ดังนี้ ระบบต้นแบบ ฯ สามารถที่จะผลิตน้ำดื่มได้ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ข้อ ซึ่งระบบต้นแบบ ฯ สามารถที่จะผลิตน้ำดื่มได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ทั้ง 3 มาตรฐาน ประกอบด้วย 1. มาตรฐานน้ำดื่มของ WHO (2527) 2. มาตรฐานน้ำบริโภคชนบท และ 3. คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย (ปี 2543) ซึ่งน้ำที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบ ฯ ได้รับการทดสอบจาก ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และระบบต้นแบบ ฯ ยังสามารถผ่านเกณฑ์ที่ 2 คือ ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบ ฯ ผลิตได้ จากผลการทดสอบระบบต้นแบบ ฯ สามารถผลิตน้ำดื่มได้เฉลี่ย 68.64 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมากกว่าวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ที่ 10 ลิตรต่อชั่วโมง และระบบต้นแบบ ฯ ได้ผ่านเกณฑ์ข้อสุดท้ายคือน้ำหนักต้องไม่เกิน 10 กิโลกรัม ระบบต้นแบบมีน้ำหนัก 9.8 กิโลกรัม จากผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์แบบหมู่ ทำได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้และตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ฯ ดังนั้นกองทัพสามารถที่จะนำระบบต้นแบบ ฯ ดังกล่าว ไปใช้ในการกิจต่าง ๆ ของกองทัพให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ โดยระบบดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อทหารที่ดื่มน้ำจากระบบ ฯ อีกทั้งยังสามารถใช้ไฟฟ้าได้พอเพียงต่อความต้องการของทหาร 1 หมู่

5.1.2 สรุปผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบหมวด

ต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานแบบหมวด สามารถผ่านเกณฑ์ที่คณะวิจัยได้ตั้งขึ้นมีทั้งหมด 3 ข้อ 1. คุณภาพน้ำดื่มที่ระบบฯ ผลิตได้ 2. ปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง และ 3. น้ำหนักของระบบ ฯ จากผลการทดสอบระบบสามารถสรุปได้ดังนี้ ระบบต้นแบบ ฯ สามารถที่จะผลิตน้ำดื่มได้ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ข้อ ซึ่งระบบต้นแบบ ฯ สามารถที่จะผลิตน้ำดื่มได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ทั้ง 3 มาตรฐาน ประกอบด้วย 1. มาตรฐานน้ำดื่มของ WHO (2527) 2. มาตรฐานน้ำบริโภคชนบท และ 3. คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย (ปี 2543) ซึ่งน้ำที่ผลิตได้จากระบบต้นแบบ ฯ ได้รับการทดสอบจาก ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และระบบต้นแบบ ฯ ยังสามารถผ่านเกณฑ์ที่ 2 คือ ปริมาณน้ำดื่มที่ระบบต้นแบบ ฯ ผลิตได้ จากผลการทดสอบระบบต้นแบบ ฯ สามารถผลิตน้ำดื่มได้เฉลี่ย 85.71 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมากกว่าวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ที่ 50 ลิตรต่อชั่วโมง และระบบต้นแบบ ฯ ได้ผ่าน

เกณฑ์ข้อสุดท้ายคือน้ำหนักต้องไม่เกิน 50 กิโลกรัมต่อชิ้น ซึ่งส่วนประกอบของระบบต้นแบบ ฯ แต่ละชิ้นมี น้ำหนักไม่เกิน 50 กิโลกรัม จากผลการพัฒนาต้นแบบระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าเอนกประสงค์แบบผสมผสาน แบบหมวด ทำได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้และตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ดังนั้นกองทัพสามารถที่จะนำระบบ ต้นแบบ ฯ ดังกล่าว ไปใช้ในภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ โดยระบบดังกล่าวไม่ก่อให้เกิด อันตรายต่อทหารที่ดื่มน้ำจากระบบ ฯ อีกทั้งยังสามารถใช้ไฟฟ้าได้พอเพียงต่อความต้องการของทหาร 1 หมู่

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบต้นแบบ ฯ ทั้ง 2 ระบบ ฯ สามารถทำได้ตามวัตถุประสงค์โครงการ ฯ จึงควรมีการขยายผลและ พัฒนาให้ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อภารกิจของกองทัพ เช่น การลาดตระเวนในพื้นที่กันดาร ภารกิจกู้ภัย ช่วย ผู้ประสบภัยต่าง ๆ เป็นต้น
2. ปริมาณการผลิตน้ำดื่มของระบบต้นแบบทั้งสองระบบ ฯ ขึ้นอยู่กับขนาดและประสิทธิภาพของปั้มน้ำ ถ้าหากได้ปั้มน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบา ก็จะทำให้ระบบต้นแบบ ฯ มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตาม
3. ควรมีการวิจัยต่อยอดและขยายผลเพื่อให้ระบบต้นแบบทั้งสอง ฯ ถูกนำไปใช้งานได้จริง ฯ ต่อไป สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

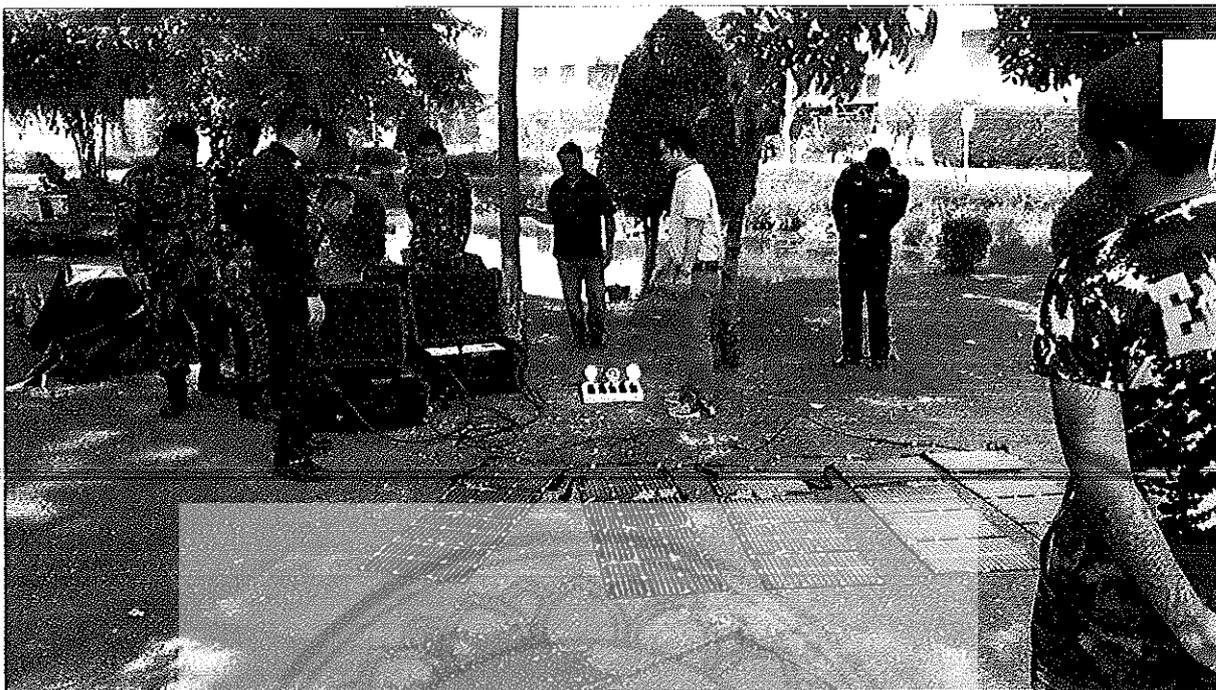


เอกสารอ้างอิง

1. เอมอร์ คล่องแคล่ว. (2551). การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล. กองวิเคราะห์น้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรุงเทพมหานคร.
2. มรุพัชร จำนงค์วงศ์ , ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล (2547) เครื่องต้นแบบระบบการกรองแบบนาโน สำหรับผลิตน้ำดื่มชุมชน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. Monique H. Vingerhoeds , Mariska A. Nijenhuis-de Vries, Nienke Ruepert, Harmen van der Laan, Wender L.P. Bredie, Stefanie Kremer. Sensory quality of drinking water produced by reverse osmosis membrane filtration followed by remineralization. *Water Research*, Volume 94, 2016, Pages 42–51
4. A. Abejón, A. Garea , A. Irabien. Arsenic removal from drinking water by reverse osmosis: Minimization of costs and energy consumption. *Separation and Purification Technology*, Volume 144, 2015, Pages 46–53
5. Murat Gökçek, Öznur Begüm Gökçek, Technical and economic evaluation of freshwater production from a wind-powered small-scale seawater reverse osmosis system (WP-SWRO). *Desalination*, Volume 381, 2016, Pages 47–57
6. K. Senthil, S. Narasimhan, S. Narasimhan. Optimal operation of reverse osmosis plant driven by solar power without batteries. *Computer Aided Chemical Engineering*, Volume 31, 2012, Pages 1442–1446
7. Abdul Jabbar, N. Khalifa. Evaluation of different hybrid power scenarios to Reverse Osmosis (RO) desalination units in isolated areas in Iraq. *Energy for Sustainable Development* 15 (2011), Page 49–54.



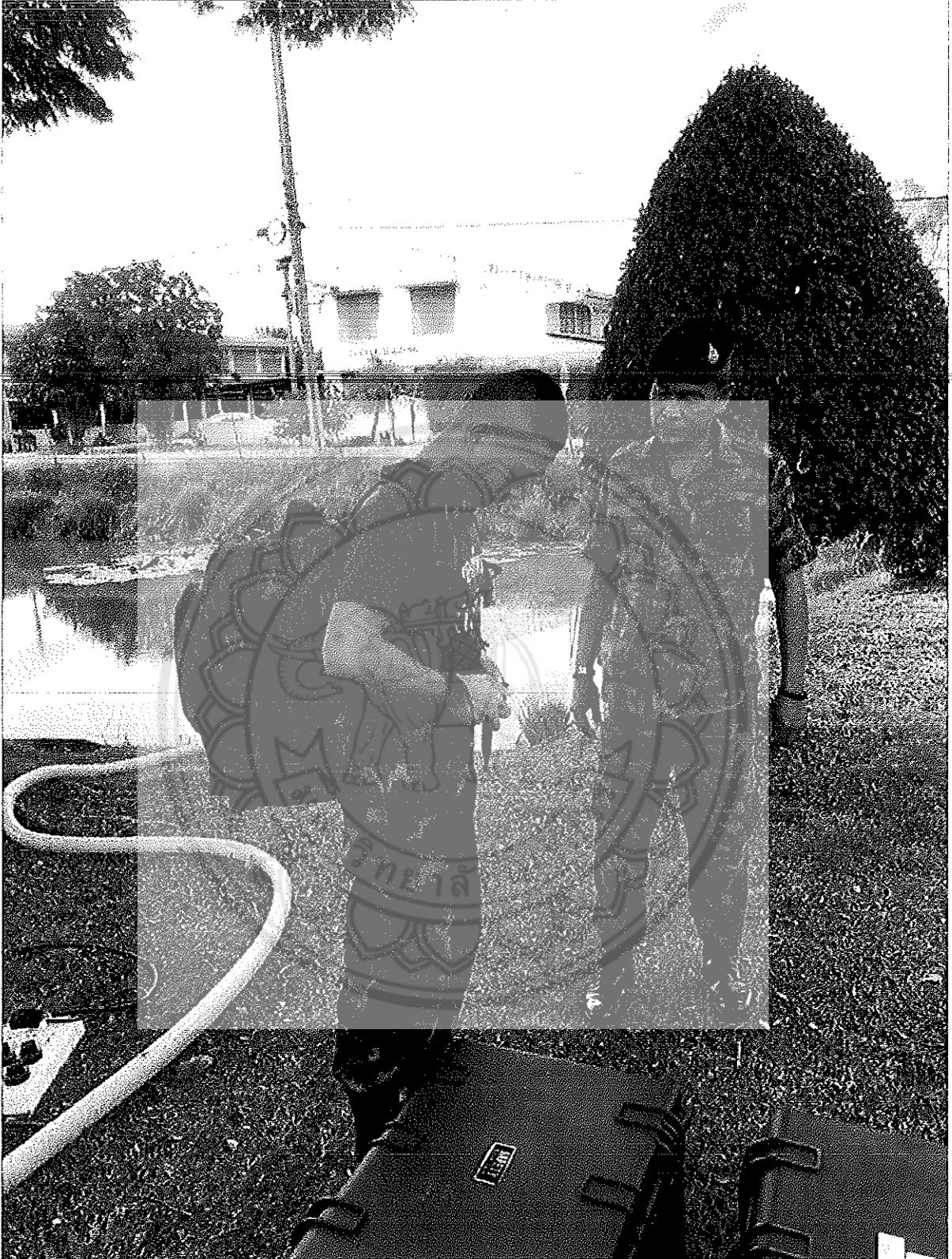
ภาคผนวก ก : รูปภาพกิจกรรมในการทดสอบระบบต้นแบบ ฯ



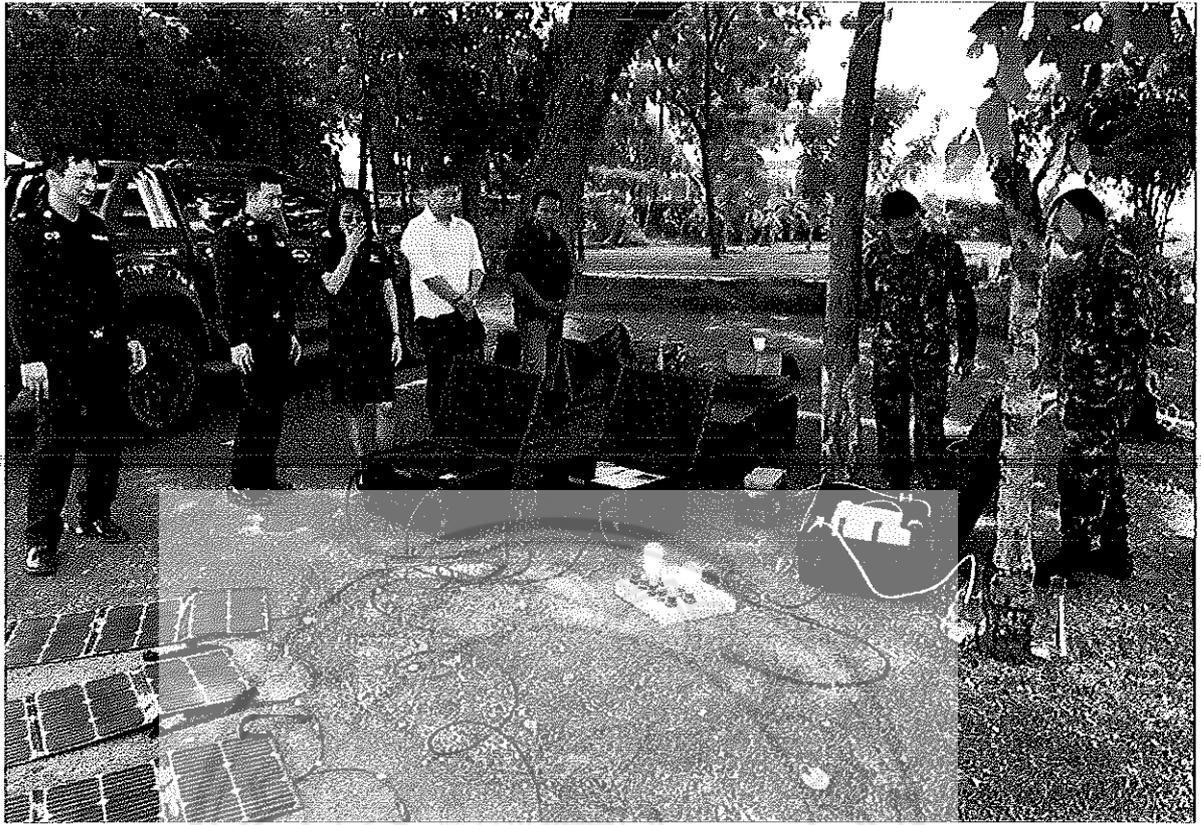
ทดสอบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าเนกประสงค์



ทดสอบการผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าเนกประสงค์



การทดสอบกระเปาะเครื่องกรองน้ำแบบหมุน



การทดสอบกรองน้ำและใช้ไฟฟ้าอเนกประสงค์ไปพร้อมกันพร้อมรับฟังความเห็นจากผู้ใช้งาน





ภาคผนวก ข: ผลการทดสอบน้ำ

มหาวิทยาลัยนเรศวร



ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา (CE TESTING CENTRE)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ที่ ENV361/61.

4 กันยายน 2561

เรื่อง ขอส่งผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เรียน ผู้อำนวยการ วิทยาลัยพลังงานทดแทน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ จำนวน 3 ตัวอย่าง

ตามที่ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มีความประสงค์ให้ ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ ทำการทดสอบคุณภาพน้ำ จำนวน 3 ตัวอย่าง ในโครงการทดสอบคุณภาพน้ำ นั้น
บัดนี้ ทางศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการ
วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยผลทดสอบตามสิ่งที่ส่งมาด้วยพร้อมหนังสือ ฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์)
รักษาการ ผู้อำนวยการศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธา

CE.RP.03.Rev.01(18-04-60)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์		มหาวิทยาลัยรัตนนคร		งานที่ 340 / 2561
รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ						แผ่นที่ 1 / 6
ผู้ขอทดสอบ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน	โครงการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ				ผู้ทดสอบ
สถานที่ตั้งโครงการ	ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	ชนิดของน้ำที่ทดสอบ		น้ำกรอง		ผู้ตรวจสอบผล
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง	เครื่องกรองเล็ก	ลักษณะของน้ำที่นำมาทดสอบ		ใส		วิศวกรตรวจสอบผล
ตัวอย่างที่	1	ผู้ตรวจสอบ		นางสาวนิภาวรรณ จันทะคุณ		วิศวกรตรวจสอบผล
วันที่รับตัวอย่าง	30 สิงหาคม 2561	ผู้ช่วยทดสอบ		=		
วันที่ทำการทดสอบ	30 สิงหาคม - 4 กันยายน 2561	หน่วย		มาตรฐานคุณภาพน้ำ		วิธีวิเคราะห์
วันที่รายงานผล	4 กันยายน 2561	ค่าที่ทดสอบ				
ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย		มาตรฐานคุณภาพน้ำ		วิธีวิเคราะห์
1	สี (Colour)	แพลทินัม-โคบอลต์		ไม่เกิน 15		Visual Comparison Method
2	พีเอช (pH)	-		6.5-8.5		pH meter
3	ความขุ่น (Turbidity)	NTU		ไม่เกิน 5		Nephelometric method
4	ความกระด้างรวม (Total Hardness)	mg/L CaCO ₃		ไม่เกิน 500		EDTA Titration method
5	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved solids)	mg/L		ไม่เกิน 1,000		Total TDS Dried at 103-105°C
6	ไนเตรต (Nitrate)	mg/L		ไม่เกิน 50		Hydrazine method
7	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/L		ไม่เกิน 0.7		SPANDS method
8	คลอไรด์ (Chloride)	mg/L		ไม่เกิน 250		Mercuric Nitrate method
9	ซัลเฟต (Sulfate)	mg/L		ไม่เกิน 250		Turbidimetric method
10	โคลิฟอร์มรวม (Total Coliforms)	MPN/100 ml		ไม่พบ		Multiple-Tube Fermentation
11	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliforms)	MPN/100 ml		ไม่พบ		Multiple-Tube Fermentation

หมายเหตุ เอกสารรับรองเฉพาะน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
 แหล่งที่มา : มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาได้ พ.ศ.2553 (กรมอนามัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์		มหาวิทยาลัยรัตนนคร		งานที่ 340 / 2561
รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ						แผ่นที่ 2 / 6
<p>ผู้ขอทดสอบ วิทยาลัยตั้งถิ่นฐานทดแทน สถานที่ตั้งโครงการ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง เครื่องกรองเล็ก ตัวอย่างที่ 1 วันที่รับตัวอย่าง 30 สิงหาคม 2561 วันที่ทำการทดสอบ 30 สิงหาคม - 4 กันยายน 2561 วันที่รายงานผล 4 กันยายน 2561</p>						
โครงการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ						
ชนิดของน้ำที่ทดสอบ น้ำกรอง						
ลักษณะของน้ำที่นำมาทดสอบใส						
วิธีการตรวจสอบผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวัลย์ คมิตชัยเดชา						
ผู้ทดสอบ นางสาวนิภาวรรณ จันทร์คณ						
ผู้ช่วยทดสอบ =						
ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำ	ค่าที่ทดสอบ	วิธีการหาผล	
12	แมงกานีส (Mn)	mg/L	ไม่เกิน 0.3	0.012	AAS	
13	แคดเมียม (Cd)	mg/L	ไม่เกิน 0.003	ไม่พบ	AAS	
14	โครเมียม(Cr)	mg/L	ไม่เกิน 0.05	ไม่พบ	AAS	
15	ทองแดง (Cu)	mg/L	ไม่เกิน 1.0	0.001	AAS	
16	ตะกั่ว (Pb)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS	
17	สังกะสี (Zn)	mg/L	ไม่เกิน 3.0	ไม่พบ	AAS	
18	เหล็ก (Fe)	mg/L	ไม่เกิน 0.5	0.025	AAS	
19	สารหนู (As)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS	
20	ปรอท (Hg)	mg/L	ไม่เกิน 0.001	ไม่พบ	AAS	

หมายเหตุ เอกสารรับรองเฉพาะน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
 แหล่งที่มา : มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาได้ พ.ศ.2553 (กรมอนามัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์		มหาวิทยาลัยนครสวรรค์		งานที่ 340 / 2561
รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ						แผ่นที่ 4 / 6
ผู้ขอทดสอบ วิทยาลัยพลังงานทดแทน		โครงการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ				ผู้ทดสอบ
สถานที่ตั้งโครงการ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก		ชนิดของน้ำที่ทดสอบ น้ำกร่อย				ผู้ตรวจสอบ
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง เครื่องกรองใหญ่		ลักษณะของน้ำที่นำมาทดสอบใส				วิชาการตรวจสอบผล
ตัวอย่างที่ 2		ผู้ช่วยทดสอบ				วิชาการตรวจสอบผล
วันที่รับตัวอย่าง 30 สิงหาคม 2561		ผู้ช่วยทดสอบ				
วันที่ทำการทดสอบ 30 สิงหาคม - 4 กันยายน 2561		ผู้ช่วยทดสอบ				
วันที่รายงานผล 4 กันยายน 2561		ผู้ช่วยทดสอบ				
ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำ	ค่าที่ทดสอบ	วิธีวิเคราะห์	
12	แมงกานีส (Mn)	mg/L	ไม่เกิน 0.3	ไม่พบ	AAS	
13	แคดเมียม (Cd)	mg/L	ไม่เกิน 0.003	ไม่พบ	AAS	
14	โครเมียม (Cr)	mg/L	ไม่เกิน 0.05	ไม่พบ	AAS	
15	ทองแดง (Cu)	mg/L	ไม่เกิน 1.0	0.001	AAS	
16	ตะกั่ว (Pb)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS	
17	สังกะสี (Zn)	mg/L	ไม่เกิน 3.0	ไม่พบ	AAS	
18	เหล็ก (Fe)	mg/L	ไม่เกิน 0.5	0.133	AAS	
19	สารหนู (As)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS	
20	ปรอท (Hg)	mg/L	ไม่เกิน 0.001	ไม่พบ	AAS	

หมายเหตุ เอกสารรับรองเฉพาะนี้ตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
 แหล่งที่มา : มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ.2553 (กรมอนามัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์		มหาวิทยาลัยนครสวรรค์		งานที่ 340 / 2561	
รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ						แผ่นที่ 5 / 6	
ผู้ขอทดสอบ วิทยาลัยพลังงานทดแทน		โครงการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ		โครงการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ		ผู้ทดสอบ	
สถานที่ตั้งโครงการ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก		ชนิดของน้ำที่ทดสอบ น้ำดื่ม		ผู้ช่วยตรวจสอบ ดร.วิลาวัลย์ คณิตชัยเดช		ผู้ตรวจสอบ	
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง น้ำผิวดิน		ลักษณะของน้ำที่นำมาทดสอบ ชื้น		นางสาวนิภาวรรณ จันทร์คุณ		วิชากรตรวจสอบผล	
ตัวอย่างที่ 3		วันที่รับตัวอย่าง 30 สิงหาคม 2561		ผู้ช่วยทดสอบ =			
วันที่ทำการทดสอบ 30 สิงหาคม - 4 กันยายน 2561							
วันที่รายงานผล 4 กันยายน 2561							
ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำ	ค่าที่ทดสอบ	วิธีการหาค่า		
1	สี (Colour)	แพลทินัม-โคบอลต์	ไม่เกิน 15	<5	Visual Comparison Method		
2	พีเอช (pH)	-	6.5-8.5	7.61	pH meter		
3	ความขุ่น (Turbidity)	NTU	ไม่เกิน 5	124	Nephelometric method		
4	ความกระด้างรวม (Total Hardness)	mg/L CaCO ₃	ไม่เกิน 500	73.0	EDTA Titration method		
5	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved solids)	mg/L	ไม่เกิน 1,000	131.6	Total TDS Dried at 103-105°C		
6	ไนเตรต (Nitrate)	mg/L	ไม่เกิน 50	ไม่พบ	Hydrazine method		
7	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/L	ไม่เกิน 0.7	ไม่พบ	SPANDS method		
8	คลอไรด์ (Chloride)	mg/L	ไม่เกิน 250	77.0	Mercuric Nitrate method		
9	ซัลเฟต (Sulfate)	mg/L	ไม่เกิน 250	3.17	Turbidimetric method		
10	โคลิฟอร์มรวม (Total Coliforms)	MPN/100 ml	ไม่พบ	1,600	Multiple-Tube Fermentation		
11	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliforms)	MPN/100 ml	ไม่พบ	23.0	Multiple-Tube Fermentation		

หมายเหตุ เอกสารรับรองเฉพาะน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

แหล่งที่มา : มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ.2553 (กรมอนามัย)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์		มหาวิทยาลัยนเรศวร		งานที่ 340 / 2561	
รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ						แผ่นที่ 6 / 6	
ผู้ขอทดสอบ		วิทยาลัยพลังงานทดแทน		โครงการ		ตรวจสอบคุณภาพน้ำ	
สถานที่ตั้งโครงการ		ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก		ชนิดของน้ำที่ทดสอบ		น้ำดิบ	
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง		น้ำผิวดิน		ลักษณะของน้ำที่นำมาทดสอบ		ขุ่น	
ตัวอย่างที่		3		วิธีการตรวจสอบผล		ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ คณิศชัยเดชา	
วันที่รับตัวอย่าง		30 สิงหาคม 2561		ผู้ทดสอบ		นางสาวนิภาวรรณ จันทร์ละออง	
วันที่ทำการทดสอบ		30 สิงหาคม - 4 กันยายน 2561		ผู้ช่วยทดสอบ =			
วันที่รายงานผล		4 กันยายน 2561		หน่วย		ค่าที่ทดสอบ	
ลำดับ		ดัชนีคุณภาพน้ำ		มาตรฐานคุณภาพน้ำ		วิธีการระเห	
12	แมงกานีส (Mn)	mg/L	ไม่เกิน 0.3	0.005	AAS		
13	แคดเมียม (Cd)	mg/L	ไม่เกิน 0.003	ไม่พบ	AAS		
14	โครเมียม(Cr)	mg/L	ไม่เกิน 0.05	ไม่พบ	AAS		
15	ทองแดง (Cu)	mg/L	ไม่เกิน 1.0	0.020	AAS		
16	ตะกั่ว (Pb)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS		
17	สังกะสี (Zn)	mg/L	ไม่เกิน 3.0	0.050	AAS		
18	เหล็ก (Fe)	mg/L	ไม่เกิน 0.5	1.65	AAS		
19	สารหนู (As)	mg/L	ไม่เกิน 0.01	ไม่พบ	AAS		
20	ปรอท (Hg)	mg/L	ไม่เกิน 0.001	ไม่พบ	AAS		

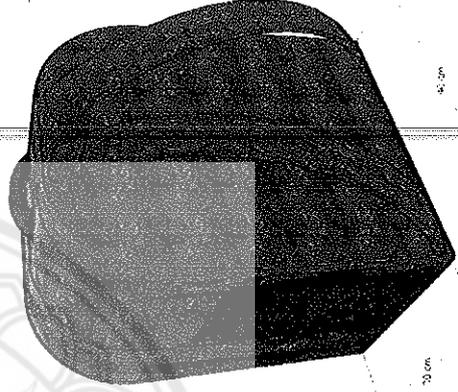
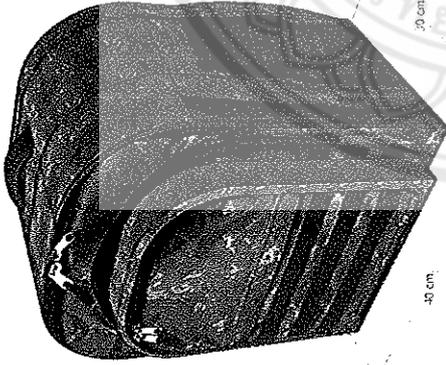
หมายเหตุ เอกสารรับรองเฉพาะน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
 แหล่งที่มา : มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดีมีดี พ.ศ.2553 (กรมอนามัย)



ภาคผนวก ค: รายละเอียดแบบระบบต้นแบบฯ

ค.1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

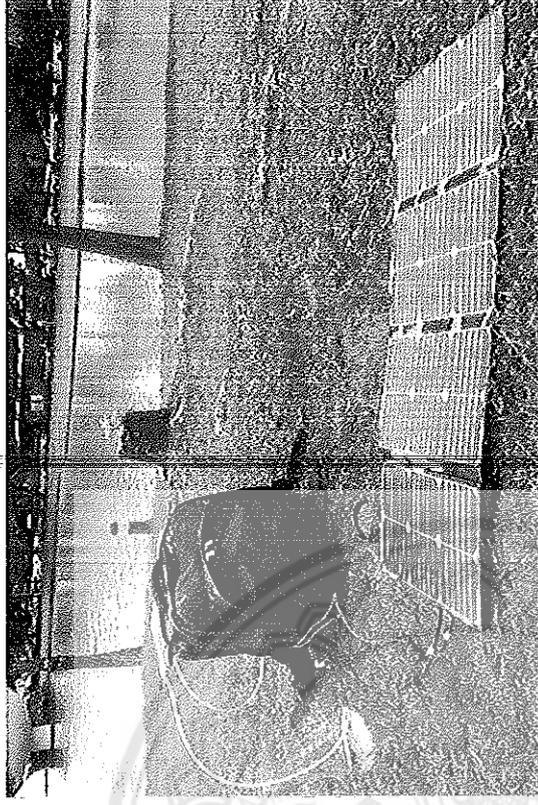
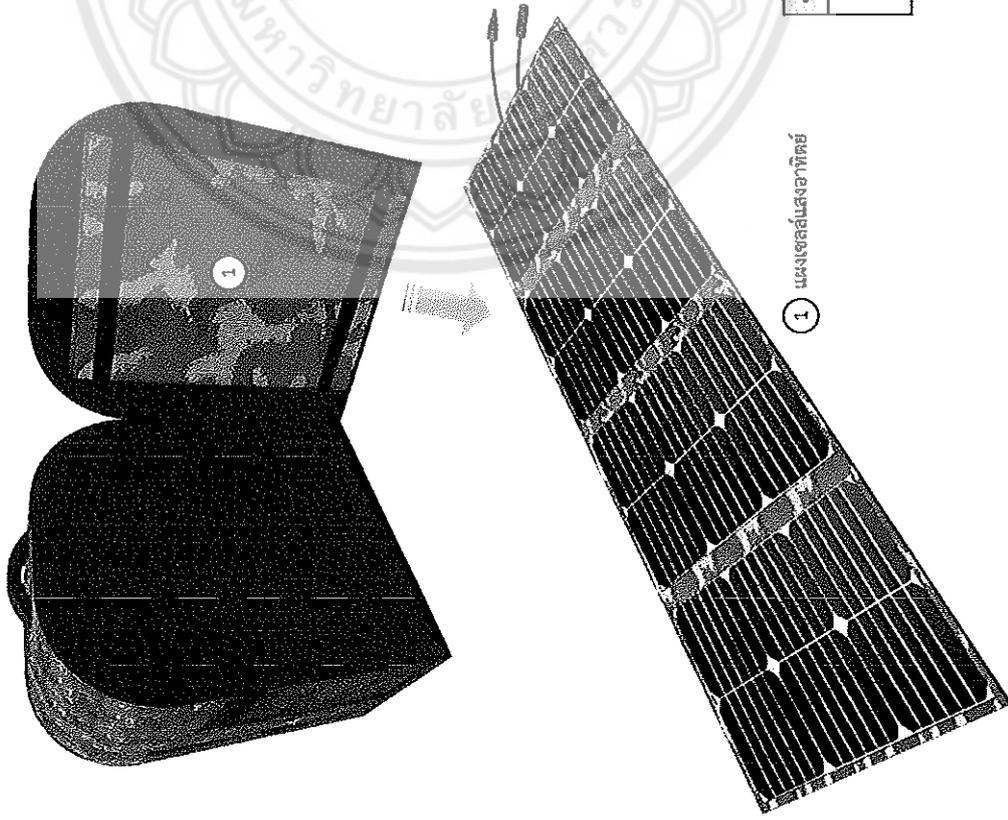
รูปด้านหน้า



รูปด้านหลัง

ค.1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมู่

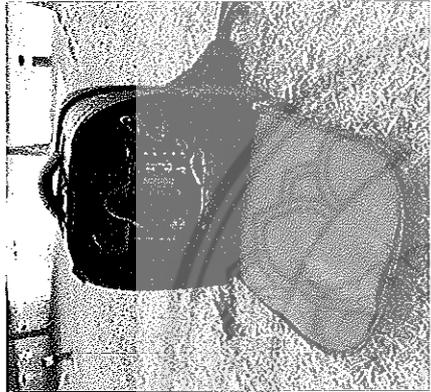
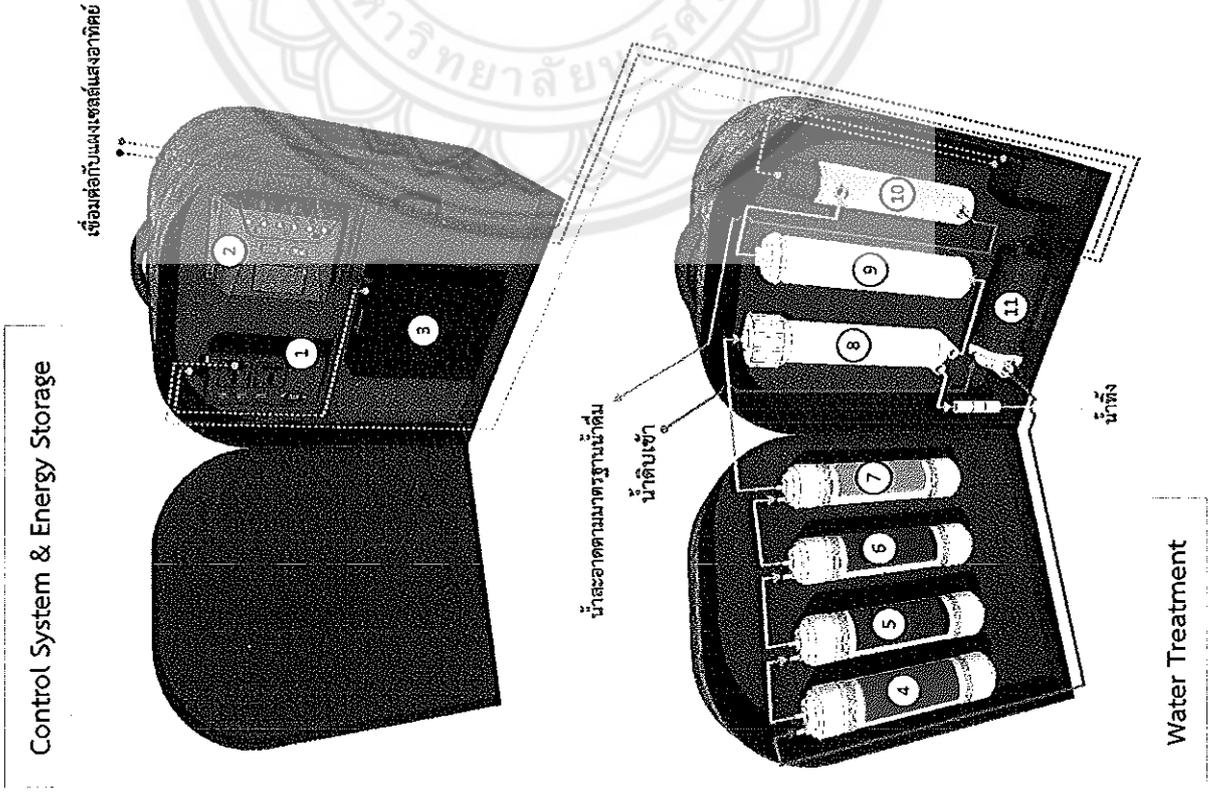
Energy Source



ตารางแสดงรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์	ชื่อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพหุพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เซ็ทพัน) น้ำหนัก 1.52 กก.	-	-	1	ชุด

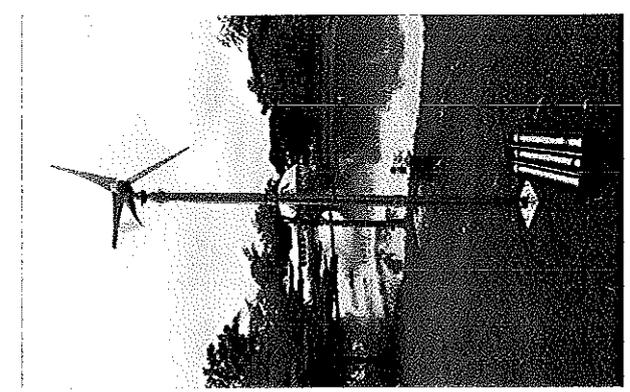
ค.1) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับพกพา 1 หน่วย



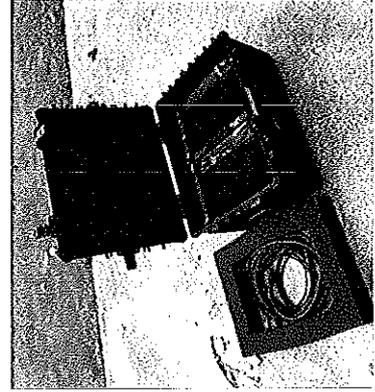
ตารางแสดงรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์	ชื่อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย
1	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 200 วัตต์ 12VDC to 220V 5V 4 Port USB ขนาด 15.5x7.8x3.3 ซม.	CMCC Power Inverter	12V 200W	1	เครื่อง
2	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 12V/24V 30A ขนาด 16.4x10.3x4.7 ซม. น้ำหนัก 0.39 กก.	PWM	30A	1	เครื่อง
3	แบตเตอรี่ ขนาด 12V 15Ah ขนาด 20x15x4.5 ซม.	-	-	1	ชุด
4	กรองน้ำชนิด Sediment Filter	KWPTC	-	1	กระบอก
5	กรองน้ำชนิด Pre-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก
6	กรองน้ำชนิด Post-carbon Filter	KWPTC	-	1	กระบอก
7	กรองน้ำชนิด Nano membrane Filter	KWPTC	-	1	กระบอก
8	กรองน้ำชนิด Reverse Osmosis system (RO)	C.C.K	-	1	ชุด
9	กรองน้ำชนิด Chlorine Taste & Odor (CTO)	C.C.K	-	1	กระบอก
10	กรองน้ำชนิด Ultra Violet (UV)	Treatton	IL-12W-C-EZ	1	ชุด
11	ปั๊มแรงดัน 12VDC 5.1LPM 1.4GPM 80PSI น้ำหนัก 1.18 กก.	Seaflo	SFDP1-014-080-220	1	ตัว

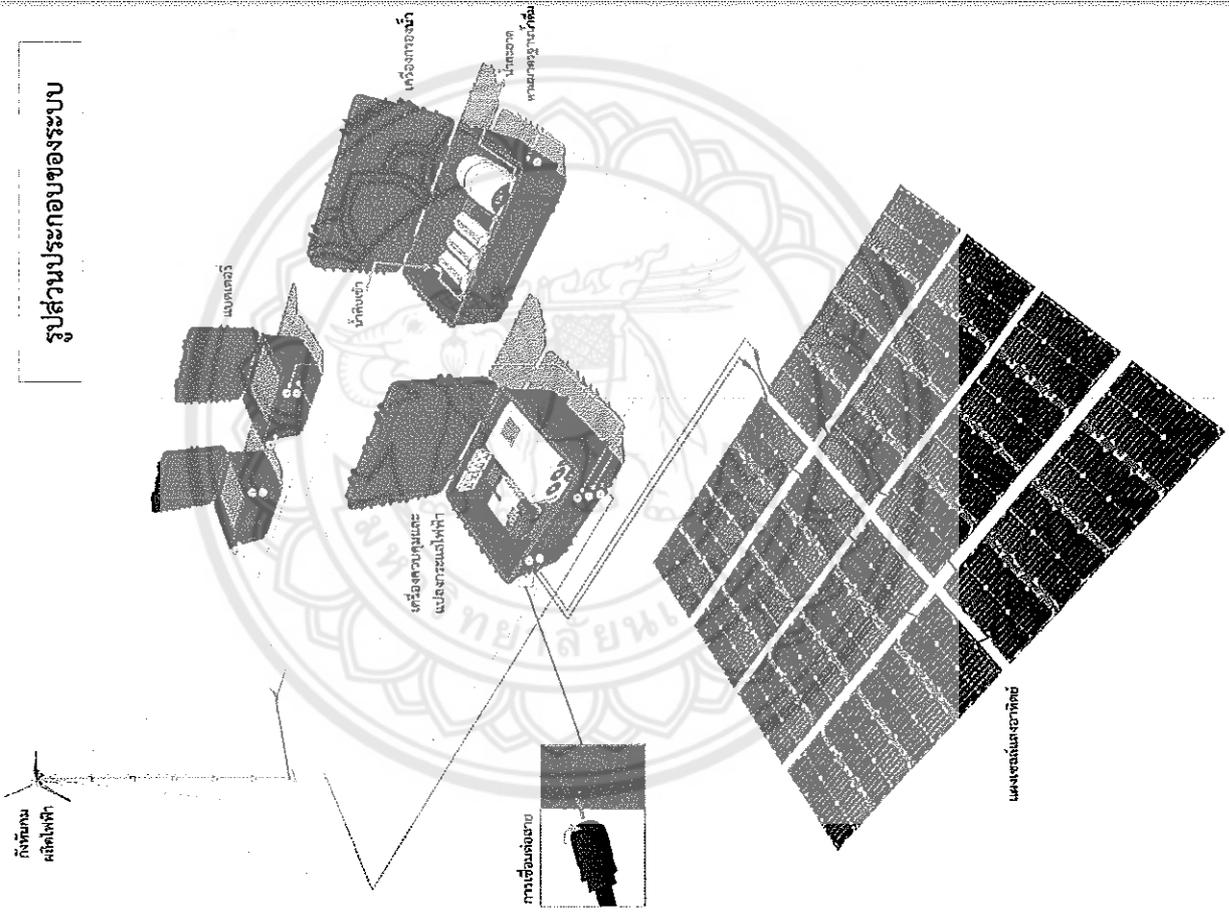
ค.2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด



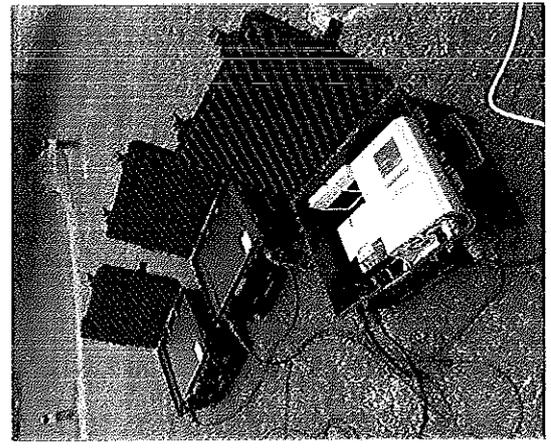
กังหันลมผลิตไฟฟ้า



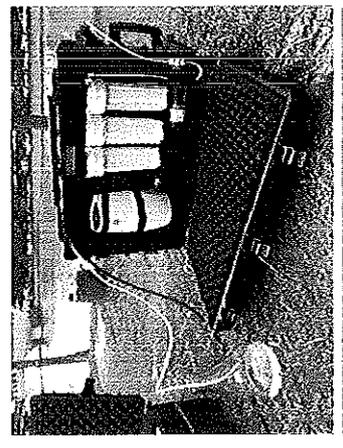
แผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปส่วนประกอบของระบบ

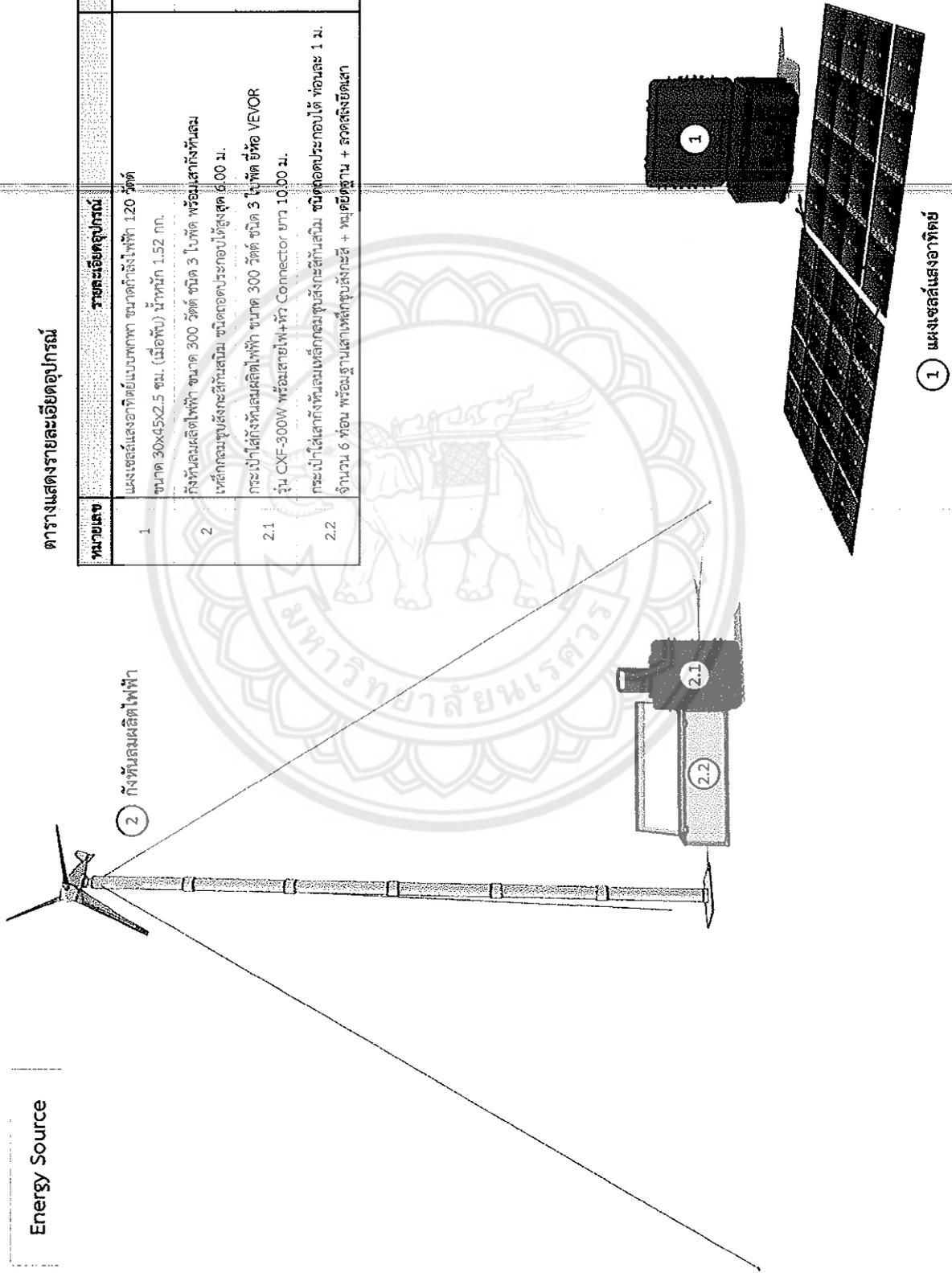


เครื่องควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า และแบตเตอรี่



ระบบกรองน้ำ

ค.2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด



ตารางแสดงรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์	ชื่อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพกพา ขนาดกำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ขนาด 30x45x2.5 ซม. (เมื่อพับ) น้ำหนัก 1.52 กก.	-	-	8	ชุด
2	กังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ ชนิด 3 ใบพัด พร้อมเสาตั้งพื้นลม เหล็กกลมชุบสังกะสีกันสนิม ชนิดถอดประกอบได้สูงสุด 6.00 ม.	-	-	1	ระบบ
2.1	กระป๋องใส่กังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ ชนิด 3 ใบพัด ยี่ห้อ VEVOR รุ่น CXF-300W พร้อมสายไฟ+หัว Connector ยาว 10.00 ม.	-	-	1	ชุด
2.2	กระป๋องใส่เสาตั้งลมเหล็กกลมชุบสังกะสีกันสนิม ชนิดถอดประกอบได้ ท่อนละ 1 ม. จำนวน 6 ท่อน พร้อมฐานเสาเหล็กชุบสังกะสี + หมุดยึดฐาน + ราวค้ำตั้งยึดเสา	-	-	1	ชุด

ค.2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับทหาร 1 หมวด

Control System & Energy Storage



เชื่อมต่อกับระบบกรองน้ำ
ช่อง (3) 1พ AC เข้า

เชื่อมต่อกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า (2)

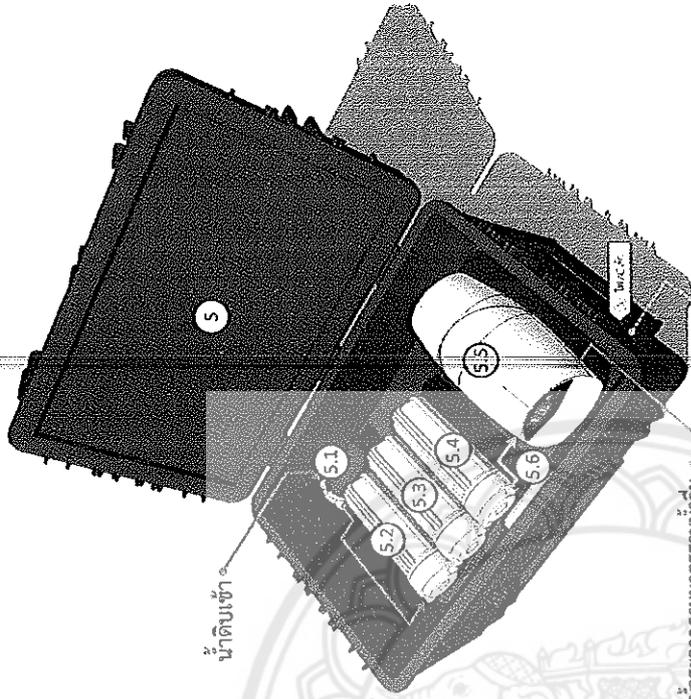
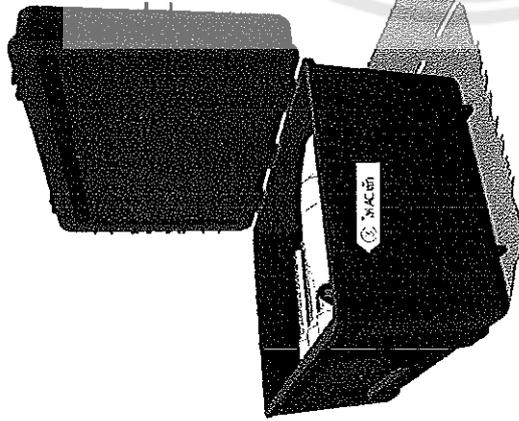
เชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (1)

ตารางแสดงรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์	ชื่อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย
3	แบตเตอรี่ ขนาด 48V 50Ah ขนาด 45x40x13 ซม.	-	-	2	ชุด
4	กระป๋องใส่ระบบควบคุมและประจุแบตเตอรี่ ประกอบด้วย	-	-	1	ระบบ
4.1	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Bidirectional Inverter Apollo S-210 series ขนาด 1kW / Input 220V 1 Phase 50/60Hz / Battery Input 48V	Leonics	S-213C	1	เครื่อง
4.2	เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ Solar Charge Controller MPPT with LCD Display 12V/24V 30A	SRNE	30A	1	เครื่อง
4.3	ปลั๊กไฟ 2 ช่อง พร้อม USB 2 Port สายยาว 1 ม.	Anitech	H102	2	อัน

ค.2) ระบบผลิตน้ำดื่มและไฟฟ้าอเนกประสงค์แบบผสมผสานสำหรับอาคาร 1 หน่วยงาน

Water Treatment



น้ำสะอาดตามมาตรฐานดื่ม
เชื่อมต่อกับเครื่องควบคุมและแปลงกระแสไฟฟ้า (4)
ช่อง (3) โพล AC)

ตารางแสดงรายละเอียดอุปกรณ์

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์	ชื่อ	รุ่น	จำนวน	หน่วย
5	กระเป๋าสื่อระบบกรองน้ำ ประกอบด้วย	-	-	1	ระบบ
5.1	ปั๊มแรงดัน 24VDC 1.2A 150GPD 80PSI	Uni-pure	-	1	ตัว
5.2	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Ceramic Filter	-	-	1	กระบอก
5.3	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Carbon Filter	-	-	1	กระบอก
5.4	กระบอกกรองน้ำพร้อมไส้กรอง Resin Filter	-	-	1	กระบอก
5.5	เครื่องกรองน้ำ eSpring	Amway	eSpring	1	ชุด
5.6	เบรกเกอร์ 15A	-	-	1	ชุด