การจัดการทรัพยากรโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า: กรณีศึกษาเครื่องกลั่นน้ำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

The Resource Management with Value Engineering Technique: Case Study Water Distillation RMUTL-Tak Campus

นฤมล กูลศิริศรีตระกูล[1] สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล[2] ปาจรีย์ ชูประยูร[3*] สินเดิม ดีโต[3] และ เพ็ญพร วินัยเรืองฤทธิ์[3]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ [3]อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

บทคัดย่อ

น้ำสะอาดที่ใช้ในการอุปโภค บริโภค มีปริมาณน้อยลงและไม่เพียงพอ เนื่องจากประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังถูกปนเปื้อนด้วยมลพิษต่างๆ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีการผลิตน้ำกลั่นเพื่อใช้ในการปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีเครื่องกลั่นที่ใช้ มีการปล่อยน้ำทิ้งเป็นปริมาณมาก ดังนั้น คณะผู้วิจัยสนใจประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมคุณค่าเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำดังกล่าว โดยการศึกษาเก็บข้อมูล วิเคราะห์การทำงานของเครื่องกลั่นน้ำ และออกแบบระบบหมุนเวียนน้ำทิ้งซึ่งใช้ในกระบวนการหล่อเย็นมาใช้ใหม่ ผลการดำเนินงานพบว่า ก่อนปรับปรุงได้น้ำกลั่นปริมาณ 3.7 ลิตร/ชั่วโมง และมีปริมาณน้ำทิ้ง 140.3 ลิตร/ชั่วโมง และหลังการปรับปรุงระบบ ได้น้ำกลั่นปริมาณ 3.82 ลิตร/ชั่วโมง และไม่มีน้ำทิ้ง เมื่อศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ค่าน้ำประปาและค่าไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 394.23 บาท/เดือน และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 114.16 เดือน (9 ปี 6 เดือน 3 วัน)

Abstract

Pure water was consumed and insufficient that causes from the population continuous increasing. The water was contaminated with some pollutants. The most of science laboratory produced only the distillation water for experimental learning. In present, distillation technology was released a lot of wastewater. Therefore, a research group interested in applies to use value engineering for water resource management. This research collected the data, analysis of distillation water process, and designed of renewable wastewater for cooling process. The results shown that before improve system a distillation water and wastewater were found 3.7 l/h, and 140.3 l/h, respectively. For after improve system a distillation water was found only 3.82 l/h, and without wastewater. Furthermore, economical study found that the cost of water and electric were saved 394.23 bath/month when compared with old system. And the payback period was 114.16 month (9 years 6 months 3 days). Hence, the applied value engineering for water resource management could be saved wastewater 100 percent.

คำสำคัญ : ทรัพยากรน้ำ น้ำกลั่น วิศวกรรมคุณค่า
Keywords : Water Resource, Distillation Water, Value Engineering

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ korbua142@gmail.com โทร. 08 6657 7036

1. บทนำ

จากการที่ประชากรโลกกำลังเพิ่มขึ้น เศรษฐกิจของโลกขยายตัว ความรู้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้มีการใช้ทรัพยากรมากและสิ้นเปลืองขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือทรัพยากรที่มีอยู่ร่อยหรอเสื่อมโทรมลง จึงจำเป็นต้องมีการจัดหาทรัพยากรที่มีคุณภาพเหมาะสมให้เพียงพอ ประชากรจะต้องรู้จักใช้ทรัพยากร คือใช้ให้ได้ในระยะเวลานานมากที่สุด มีความสูญเสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์น้อยที่สุด ขณะเดียวกันสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรนั้นให้คุ้มค่ามากที่สุด หรือเรียกว่าการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ทั้งนี้จะต้องก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วย การจัดการทรัพยากรเป็นวิธีการที่สำคัญวิธีการหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะต้องมีนโยบายในการควบคุมการใช้ทรัพยากรอย่างฉลาด คำนึงถึงผลได้ผลเสียให้ถี่ถ้วน ตามหลักวิชาการอย่างมีประสิทธิภาพถูกจังหวะและความต้องการของสังคม ทั้งนี้เพราะทรัพยากรเป็นมรดกที่ธรรมชาติให้ไว้ เพื่อมนุษย์ได้ใช้ในการดำรงชีวิต จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าถึงการใช้ทรัพยากร เพื่อมิให้ทรัพยากรนั้นหมดไปอย่างรวดเร็ว อนึ่งการจัดการทรัพยากรนั้นมีหลายวิธี อาทิเช่น การใช้กระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) การใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology: CT) และอีกวิธีหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยม คือ การใช้หลักการ “วิศวกรรมคุณค่า” (Value Engineering: VE) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สำคัญสำหรับการปรับปรุง เพื่อลดการใช้ทรัพยากรหรือลดต้นทุน เป็นการคิดค้นเสาะหาประโยชน์การใช้งานที่ควรได้รับจากสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุงและมุ่งลดต้นทุน โดยการมองที่ประโยชน์การใช้งาน (Functional Approach) ได้แก่ การเสริมสร้างความตระหนักในความสำคัญของทรัพยากร รู้จักสำรวจตรวจตราเพื่อลดการสูญเปล่า การบริหารจัดการที่ดี การปรับปรุงกระบวนการผลิต การนำของเสียมาใช้ประโยชน์ ฯลฯ

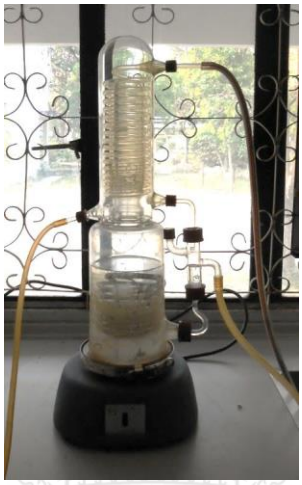
สำหรับทรัพยากรน้ำนั้นโครงการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศได้นำเสนอไว้ว่า “พื้นที่ 2 ใน 3 ของโลกปกคลุมด้วยน้ำ แม้ว่าจะมีน้ำอยู่อย่างมากมายบนโลก แต่น้ำจืดซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์กลับมีน้อยมาก หากสมมติว่าน้ำทั้งหมดบนโลกเท่ากับ 100 ลิตร จะเป็นน้ำทะเล 97 ลิตร ที่เหลืออีกเกือบ 3 ลิตรเป็นน้ำแข็ง จะมีน้ำจืดที่เราสามารถใช้บริโภคอุปโภคได้เพียง 3 มิลลิลิตรเท่านั้น” (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2550) ทรัพยากรน้ำจึงเป็นทรัพยากรหนึ่งที่สำคัญเพราะมีอยู่อย่างจำกัด และจำเป็นต่อการดำเนินชีวิต ปัจจุบันประชากรโลกกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงขึ้น ขณะเดียวกันน้ำยังเป็นทรัพยากรที่ต้องใช้เป็นจำนวนมากในภาคอุตสาหกรรม และการเกษตร ซึ่งมีปัญหาสำคัญคือ การกระจายของทรัพยากรน้ำในท้องถิ่นต่างๆ บางแห่งมีน้ำมากเกินไป ในขณะที่บางแห่งไม่มีหรือขาดแคลนน้ำ เกิดภาวะภัยแล้ง สืบเนื่องมาจากผลของการเกิดสภาวะโลกร้อน (Global warming) นอกจากนี้น้ำที่ใช้บริโภคในปัจจุบันยังมีสารมลพิษปนเปื้อนมากขึ้น ฉะนั้นการหาวิธีการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง คือควรช่วยกันใช้น้ำอย่างมีคุณค่า ลดการสูญเสียของน้ำที่มิได้ใช้ประโยชน์ เพื่อรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าไว้ให้ลูกหลานของเราได้ใช้สืบต่อไปในอนาคต

ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก มีการกลั่นน้ำเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการชีววิทยา และห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ โดยใช้เครื่องกลั่นน้ำชนิดที่ใช้น้ำในกระบวนการควบแน่น ซึ่งน้ำทิ้งที่จากกระบวนการควบแน่นยังไม่มีการจัดการหรือใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาระบบการกลั่นน้ำในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โดยใช้หลักการวิศวกรรมคุณค่าเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำทิ้งดังกล่าว โดยที่เครื่องกลั่นน้ำยังคงสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพดังเดิม

2. วิธีการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยนี้มุ่งจัดการทรัพยากรน้ำทิ้งจากกระบวนการควบแน่นของเครื่องกลั่นน้ำยี่ห้อ SCHOOT รุ่น D 8200 ประจำห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โดยใช้หลักการวิศวกรรมคุณค่า เพื่อเป็นการนำน้ำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าโดยที่เครื่องกลั่นน้ำยังคงสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพดังเดิม รายละเอียดการดำเนินงานแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำยี่ห้อ SCHOOT รุ่น D 8200 พบว่า ในการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำเวลา 1 ชั่วโมง จะได้น้ำกลั่น 3.7 ลิตร และจะมีน้ำที่ใช้ในกระบวนการควบแน่น ซึ่งจะไหลผ่านเครื่องกลั่นน้ำแล้วปล่อยทิ้ง 140.3 ลิตรต่อ 1 ชั่วโมง ในการกลั่นน้ำหนึ่งครั้งจะต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง จะทำให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้งเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เกิดการสูญเสียน้ำ



รูปที่ 1 เครื่องกลั่นน้ำ

2.2 ออกแบบระบบนำน้ำทิ้งกลับมาหมุนเวียนใหม่โดยตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำที่ต้องสูญเสียไปและต้นทุนในการผลิตน้ำกลั่นที่สูง จึงนำหลักวิศวกรรมคุณค่าเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบระบบหมุนเวียนน้ำ

2.3 ติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- แทงค์น้ำสำหรับรองรับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ เพื่อพักน้ำไว้จนอุณหภูมิของน้ำลดลงประกอบด้วยแทงค์น้ำในห้องปฏิบัติการและแทงค์น้ำที่สูงซึ่งมีขนาดต่างกัน แล้วจึงมีการนำน้ำหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่โดยผ่านระบบปั๊มน้ำไปพักไว้แทงค์น้ำที่สูง
- ปั๊มน้ำสำหรับนำน้ำไปพักไว้แทงค์น้ำที่สูงเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยการไหลจากที่สูงตามธรรมชาติ
- กล่องควบคุมการทำงานสำหรับควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำที่สัมพันธ์กับระดับน้ำในแทงค์พักน้ำรวมถึงการเปิด-ปิดของวาล์วควบคุมการไหลของน้ำเติมเข้าสู่ระบบและการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำ
- แทงค์น้ำกลั่นเพื่อรองรับน้ำกลั่นสำหรับการใช้ในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 2 แทงค์น้ำหมุนเวียนในระบบ

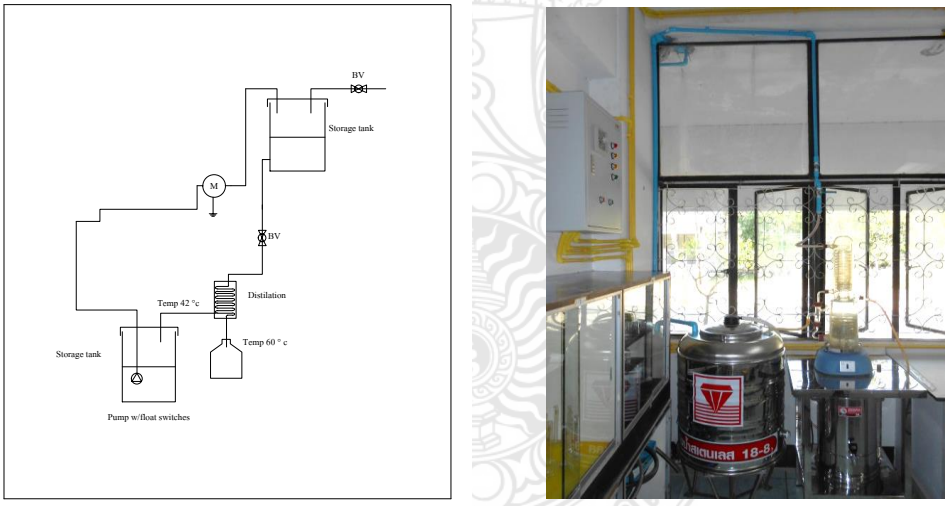
รูปที่ 3 ปั๊มหมุนเวียนน้ำและกล่องควบคุม

2.4 ทดลองใช้งาน ทดสอบพิสูจน์ วิเคราะห์ข้อมูล และปรับปรุงแก้ไขระบบ

2.5 ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

2.5.1 เปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของน้ำกลั่นก่อนและหลังการติดตั้งระบบ

2.5.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากระบบที่พัฒนาขึ้น มาเทียบกับค่าใช้จ่ายในระบบเดิม โดยทำการเปรียบเทียบทั้งในส่วนของต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ได้แก่ ค่าวัสดุของระบบ และต้นทุนแปรผัน (Available Cost) ได้แก่ ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เมื่อทำการติดตั้งระบบแล้ว และทำการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง จะต้องใช้เวลานานเท่าใด เพื่อให้ทราบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงเทียบกับต้นทุนในการดำเนินงาน



ก. ระบบที่ทำการออกแบบ ข. ระบบที่ติดตั้ง

รูปที่ 4 ระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การปรับปรุงกระบวนการกลั่นน้ำในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า ได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบนำน้ำทิ้งจากเครื่องกลั่นน้ำยี่ห้อ SCHOOT รุ่น D 8200 กลับมาหมุนเวียนใช้ในกระบวนการกลั่นน้ำใหม่ และมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ผลการทดลองการกลั่นน้ำหลังการปรับปรุงระบบ

ผลการผลิตน้ำกลั่นของระบบที่มีการหมุนน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง สามารถผลิตน้ำกลั่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 ลิตร/ชั่วโมง แสดงดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการกลั่นน้ำหลังการปรับปรุง

เวลา (ชั่วโมง)	ครั้งที่ (ลิตร)			ค่าเฉลี่ย (ลิตร)
	1	2	3	
1	3.86	3.87	3.85	3.86
2	3.88	3.84	3.86	3.86
3	3.86	3.86	3.87	3.86
4	3.8	3.81	3.8	3.80
5	3.76	3.78	3.79	3.78
6	3.78	3.78	3.78	3.78
เฉลี่ย				3.82

3.2 ผลการเปรียบเทียบการกลั่นน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการกลั่นน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

ระบบหมุนเวียนน้ำ	ปริมาณ (ลิตร/ชั่วโมง)		
	น้ำเข้าระบบ	น้ำกลั่น	น้ำทิ้ง
ก่อนติดตั้ง	144	3.70	140.3
หลังติดตั้ง	3.82	3.82	0

ผลการผลิตน้ำกลั่นของระบบที่มีการหมุนน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่โดยเครื่องกลั่นน้ำสามารถทำงานได้ตามปกติลดน้ำทิ้งได้เป็นศูนย์และผลิตน้ำกลั่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งระบบเดิมผลิตน้ำกลั่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ลิตร/ชั่วโมง และปล่อยน้ำทิ้ง 140.3 ลิตร/ชั่วโมง

3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

- ค่าน้ำประปา

ระบบการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำเดิมมีการใช้น้ำประปาแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำที่ผ่านเครื่องกลั่นแล้วผลิตเป็นน้ำกลั่นจำนวน 3.7 ลิตร/ชั่วโมง และน้ำทิ้งจากกระบวนการกลั่นจำนวน 140.3 ลิตร/ชั่วโมง เครื่องกลั่นน้ำทำงานวันละ 6 ชั่วโมง พบว่าใน 1 วัน จะได้น้ำกลั่น 22.2 ลิตร และมีน้ำที่ปล่อยทิ้ง 841.8 ลิตร ดังนั้นในการทำงาน 22 วัน/เดือน จะได้น้ำกลั่น 488.4 ลิตร และจะมีน้ำทิ้ง 18,519.6 ลิตร ค่าน้ำประปาราคา ยูนิตละ 18.18 บาท (1 ยูนิต = 1000 ลิตร)

ระบบเดิมมีการใช้น้ำประปา 19,008 ลิตร/เดือน (488.4+18,519.6) หรือ 19.008 ยูนิต คิดเป็นค่าน้ำ 408.26 บาท/เดือน ระบบพัฒนามีการใช้น้ำเริ่มต้น 250 ลิตร คิดเป็น 4.54 บาท และในระบบหมุนเวียนมีการใช้น้ำประปา 504.24 ลิตร/เดือน หรือ 0.5042 ยูนิต คิดเป็นค่าน้ำ 9.17 บาท/เดือน ดังนั้นระบบที่พัฒนาสามารถประหยัดค่าน้ำได้ 408.26 บาท/เดือน

- ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าในการศึกษานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ค่าไฟฟ้าจากเครื่องกลั่นน้ำ และค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำในระบบที่พัฒนาขึ้นมา (ค่าไฟฟ้าราคา ยูนิตละ 3.6796 บาท)

1. ค่าไฟฟ้าของเครื่องกลั่นน้ำ

เครื่องกลั่นน้ำ 3000 วัตต์ ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง คิดเป็น 18 ยูนิต ($3000 \times 6 \times 10^{-3}$) ในการทำงาน 22 วัน/เดือน มีการใช้ไฟฟ้าจำนวน 396 ยูนิต คิดเป็นค่าไฟฟ้า 1,457.12 บาท/เดือน

2. ค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำขนาด 80 วัตต์ ในการกลั่นน้ำ 6 ชั่วโมงจะทำงานทุกๆ 0.67 ชั่วโมง ดังนั้นปั๊มจะทำงานทั้งหมด 9 ครั้ง และในการทำงานแต่ละครั้งปั๊มน้ำจะทำงาน 0.083 ชั่วโมง ฉะนั้นใน 1 วัน ปั๊มน้ำจะทำงาน 0.75 ชั่วโมง ในการทำงาน 22 วัน/เดือน จะใช้ไฟจำนวน 1.32 ยูนิต ($80 \times 0.75 \times 22 \times 10^{-3}$) คิดเป็นค่าไฟฟ้า 4.86 บาท/เดือน

ในส่วนของข้อมูลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาข้างต้นทั้งก่อนและหลังปรับปรุงระบบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายก่อนและหลังปรับปรุงระบบ

รายการค่าใช้จ่าย	ระบบเดิม	ระบบที่พัฒนาขึ้น
ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) (บาท)		
- ค่าพัฒนาระบบ	-	50,000
- ค่าน้ำประปาเริ่มต้น	-	4.54
ต้นทุนแปรผัน (Available cost) (บาท/เดือน)		
- ค่าน้ำประปา	408.26	9.17
- ค่าไฟฟ้าเครื่องกลั่นน้ำ	1,457.12	1,457.12
- ค่าไฟฟ้าเครื่องปั๊มน้ำ	-	4.86
รวม	1,865.38	1,471.15
ค่าใช้จ่ายประหยัดได้ (บาท/เดือน)	394.23	

หมายเหตุ - คิดมูลค่าซาก 10% ของการลงทุน เท่ากับ 5,000 บาท
- ไม่คิดอัตราดอกเบี้ยของเงินลงทุน

คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน = (50,000 -5,000) + 4.54
= 45,004.54 บาท
เงินที่ประหยัดได้ = 394.23 บาท/เดือน
ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน/เงินที่ประหยัดต่อเดือน
= 45,004.54/394.23
= 114.16 เดือน

ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 114.16 เดือน (9 ปี 6 เดือน 3 วัน)

4. สรุป

จากหลักการวิศวกรรมคุณค่าสามารถนำมาใช้จัดการทรัพยากรน้ำ โดยการนำน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการกลั่นน้ำในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก มาหมุนเวียนใช้ใหม่โดยประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำยังคงเดิม เป็นการลดความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกระบวนการกลั่นน้ำได้ ซึ่งในการวิจัยทำโดยการศึกษากระบวนการกลั่นน้ำเบื้องต้นของเครื่องกลั่นน้ำยี่ห้อ SCHOOT รุ่น D 8200 พบว่า ในการกลั่นน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะได้น้ำกลั่นเฉลี่ย 3.7 ลิตร และมีน้ำที่ใช้ในกระบวนการหล่อเย็น ซึ่งจะปล่อยทิ้งเฉลี่ย 140.3 ลิตรต่อชั่วโมง ดังนั้นจึงได้ออกแบบสร้าง ทดลองใช้งาน และปรับปรุงระบบหมุนเวียนน้ำทิ้งดังกล่าว พบว่า หลังการติดตั้งระบบจะได้ปริมาณน้ำกลั่นเฉลี่ย 3.82 ลิตรต่อชั่วโมง และไม่มีน้ำเหลือทิ้ง เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ค่าน้ำประปาเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม การติดตั้งอุปกรณ์ระบบหมุนเวียนสามารถประหยัดค่าน้ำประปาได้เดือนละ 399.07 บาท ค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำที่ติดตั้ง 4.86บาท/เดือน ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายที่จะประหยัดได้ในแต่ละเดือนเท่ากับ 394.23 บาท เมื่อคิดระยะเวลาคืนทุน พบว่า สามารถคืนทุนได้ในเวลา 114.16 เดือน (9 ปี 6 เดือน 3 วัน)

ข้อเสนอแนะ

4.1 จากการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลานานขึ้นอุณหภูมิของน้ำในระบบสูงขึ้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำลดลง ซึ่งควรปรับปรุงระบบโดยเพิ่มระบบลดอุณหภูมิ หรือระบายอากาศ หรือทำความเย็นให้กับน้ำในกระบวนการ

4.2 จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุน พบว่า จะคืนทุนได้ต้องใช้ระยะเวลายาวนาน เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในระบบหมุนเวียนมีมูลค่าสูง สามารถปรับปรุงได้โดยการเปลี่ยนวัสดุจากสแตนเลสเป็นไฟเบอร์กลาส หรืออื่นๆ เพื่อทำให้ต้นทุนที่ใช้ลดลง

4.3 ระบบหมุนเวียนน้ำสามารถเพิ่มหรือลดขนาดได้ตามความเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการหล่อเย็น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสภาวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ที่สนับสนุนทุนวิจัยและขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ที่สนับสนุนสถานที่และปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2550. http://www.thaiscience.com.

เอกดนัย กอกิมพงษ์. 2550. เครื่องกลั่นน้ำ. **วารสาร LAB.TODAY** ฉบับที่ 41 (มิถุนายน).

http://www.brinstrument.com/fractional-distillation/spinning_band_distillation.html

อังสนา ฉั่วสุวรรณ. **Reagent water: น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ**.
http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_10_2546_reagent_water.pdf.

“American Society for Testing and Materials”, **Annual book of ASTM standards section 11**. volume 11.01, Philadelphia, PA : the society, 1999, P104-106.

“Standard methods for the Examination of Water and waste water”, 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1998, P136 – 138.

เลิศชัย ระตะนะอาพร. **2550. การบริหารวิศวกรรมคุณค่า:VEM**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระชัย โรจนพิสุทธิ์. 2542. **การลดและควบคุมต้นทุนการผลิตโดยเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ**. กลุ่มวิชาการวิศวกรรม, กองเพิ่มผลผลิตอุตสาหกรรม.

ดุสิต คำพันธุ์. 2552.**การวิเคราะห์และศึกษาจุดคุ้มทุนในการติดตั้งแอร์คอมเพรสเซอร์เพิ่มเติมในโรงงานผลิตสารเคมี กรณีศึกษา บริษัทพูแรคประเทศไทยจำกัด**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นเรศ ลื่นลม. 2548. **การนำน้ำเหลือทิ้งจากการกรองด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิสกลับมาใช้ใหม่**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2550. **http://www.mew6.com/composer/package/package_63.php**

อรรคเจตต์ อภิชจรศิลป์และปริญญ์ บุญกนิษฐ. **2550. การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (1-2)**. Engineering today 5.

เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล และมีชัย เรามานะชัย. 2547. **รากฐานของวิศวกรรมคุณค่าVE**, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

ดร.วิสาขา ภู่จินดา. 2550. **การประยุกต์หลักการ VE เพื่อการประหยัดพลังงาน**. คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, สถาบัน บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2546. **แนวทางใหม่ในการบริหารจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม**. สำนักพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ห้างหุ้นส่วนจำกัด, นานาสิ่งพิมพ์, กรุงเทพฯ.

“VE ได้ผลไม่ใช่เพียงแค่ไฟไหม้ฟาง ติดใจใช้ต่อเนื่องกว่า 80%”. **สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม**, 2548, http://www.lie.or.th

อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2523. **การประยุกต์วิศวกรรมคุณค่าในอุตสาหกรรมการผลิต**. www.researchgate.net/publication/27806367

ธนากร เลาหรัชตธานินทร์ และคณะ. 2550**. การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิต ตัวยึดปั๊มหัวฉีด**. http://www.ie.eng.dpu.ac.th

กองฝึกอบรม, 2545. **กรณีศึกษา 010 หลักการลดต้นทุนพลังงานด้วยการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า**. กรมพัฒนาพลังงาน ทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ,

สุริยะ เกตุแก้ว พิษณุ ไพรดำและอรดี พฤติศรัณยนนท์. 2550. **การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า: กรณีศึกษา เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดหมุนเร็วแบบทุ่นลอย**. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. http://www.ie.eng.dpu.ac.th

จุฑากาญจน์ ดวงตาดำ. 2551. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและวิศวกรรมคุณค่า**. http://www3.eng.psu.ac.th/pec/6/pec6/paper/IE/PEC6OR120.pdf

เชื้อพรหม มหาผล, 2550. **การอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการบริหารจัดการ**. Engineering Today, พฤษภาคม.

http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/fluid_mech/head_loss.htm

จันทกานต์ ทวีกุล, **215-241 กลศาสตร์ของไหล 1** เอกสารประกอบการเรียน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.