

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



248673



รายงานการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

A Study on Efficiency of Solar Energy Distillation System for
Wastewater Contaminated Heavy Metal

โดย

ดร.ดร.เจริญ คุ้มประจักษ์

ดร.ดร.ศิริวัฒน์ เจริญช่วย คุ้มประจักษ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ธันวาคม ๒๕๕๓

๖๐ ๐๒๕๕๗๔๑

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



248673

รายงานการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

A Study on Efficiency of Solar Energy Distillation System for Wastewater Contaminated Heavy Metal

โดย

ผศ.ดร.เสรีย์ ตู้ประกาย

อ.ดร.สิรวัดก์ เรืองช่วย ตู้ประกาย



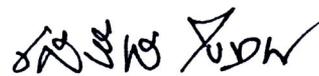
ธันวาคม ๒๕๕๓

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อธิการบดี ม.ร. ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มณี อัครวานนท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะกรรมการส่งเสริมการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานในการให้ทุน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กุลยา โอตาคะ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับผู้ที่ให้คำแนะนำ รวมถึงให้ข้อชี้แนะ และสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย นักศึกษาโครงการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และอาจารย์ เจ้าหน้าที่อีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวในที่นี้

หากงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ ผู้วิจัยขอมอบความดีนี้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน



(ผศ.ดร. เสรีย์ ตู้ประกาย)

หัวหน้าโครงการวิจัย



(อ.ดร. สิริวัฑก์ เรืองช่วย ตู้ประกาย)

นักวิจัยในโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพของระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่อคณะวิจัย ผศ.ดร.เสริย์ ตู้ประกาย และอ.ดร.สิรวัดธ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย

ปี พ.ศ. 2553

248673

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบอย่างง่ายโดยอิงด้านเดียวเป็น 4 แบบ ระบบกลั่นแบบที่ 1 มีความยาว 0.25 เมตร กว้าง 0.25 เมตร ฝาครอบกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร เอียงลาดด้านเดียวทำมุม 14 องศา ประกอบด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ ด้านหน้าสูง 0.150 เมตร ด้านหลังสูง 0.215 เมตร ระบบกลั่นแบบที่ 2 มีความยาว 0.25 เมตร กว้าง 0.25 เมตร ฝาครอบกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร เอียงลาดด้านเดียวทำมุม 45 องศา ประกอบด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ ด้านหน้าสูง 0.150 เมตร ด้านหลังสูง 0.215 เมตร ระบบกลั่นแบบที่ 3 มีความยาว 2.0 เมตร กว้าง 0.5 เมตร สร้างจากสแตนเลส และ ฝาครอบกระจกใสหนา 4 มิลลิเมตร เอียงลาดด้านเดียวทำมุม 14 องศา ระบบกลั่นแบบที่ 4 มีความยาว 0.65 เมตร กว้าง 0.40 เมตร สร้างจากสแตนเลส และ ฝาครอบกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร เอียงลาดด้านเดียวทำมุม 20 องศา พบว่าระบบการกลั่นแบบ 3 ให้ค่าปริมาณน้ำกลั่นเฉลี่ยที่มากที่สุด ที่ 2.088 ลิตร/ตารางเมตร-วัน ($L/m^2\text{-day}$) น้ำกลั่นที่ได้จากระบบกลั่นเป็นน้ำกลั่นไม่พบของแข็ง และเมื่อวิเคราะห์โลหะหนักจำนวน 22 ชนิด พบว่าโลหะหนักจำนวน 16 ชนิด ไม่สามารถตรวจพบ (ND) โลหะหนักอีก 6 ชนิดตรวจพบว่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายกำหนด

ABSTRACT

Research Title A Study on Efficiency of Solar Energy Distillation System for Wastewater Contaminated Heavy Metal

Research's Name Asst. Prof. Dr. Seree Tuprakay and Dr. Sirawan Ruangchuay Tuprakay

Research's Year 2010

248673

This research studies on efficiency of solar energy distillation system for wastewater contaminated heavy metal. Solar still is designed by 4 simple types solar water still basin protocol to reduce volume of wastewater contaminated heavy metal. The type 1 model has dimension of length 0.25 m, width 0.25 m and was equipped with a 14 degree inclined thickness 5 mm glass cover, with black acrylic plates on its at the back height 0.215 m and the front height 0.15 m, the type 2 model has dimension of length 0.25 m, width 0.25 m and was equipped with a 45 degree inclined thickness 3 mm glass cover, with black acrylic plates on its at the back height 0.215 m and the front height 0.150 m, the type 3 model has dimension of length 2.0 m, width 0.5 m The type 3 model are made of stainless still and was equipped with a 14 degree inclined thickness 4 mm glass cover. The type 4 model has dimension of length 0.65 m, width 0.40 m the type 4 model are made of stainless still and was equipped with a 20 degree inclined thickness 3 mm glass cover. The type 3 model shown that maximum average daily distillation rates were 2.088 liters per square meters. It was shown that the distillate produced was free from solids, 16 element heavy metals were not detectable, 6 element heavy metals not miss standard.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
คำขอบคุณ	ก
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
- ความสำคัญของปัญหา	1
- วัตถุประสงค์	2
- ขอบเขตงานวิจัย	2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
- แสงอาทิตย์และชั้นบรรยากาศของโลก	3
- การระเหย (Evaporation)	8
- เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	10
- ประเภทของเสียจากห้องปฏิบัติการ	19
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	25
- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	25
- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
- วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	27
- วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	28
- แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง	28

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	29
- ปริมาณของเสียอันตราย	29
- การออกแบบระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	29
- ประสิทธิภาพของระบบกลั่นน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	34
- ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์	45
- อุณหภูมิผิวระเหยและผิวกลั่นตัวกับความเข้มรังสีอาทิตย์และอัตราการกลั่น	47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
- สรุปผลการวิจัย	49
- ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
- ข้อมูลจากทดลอง	54
ประวัติผู้วิจัย	131

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2-1	อิทธิพลของมุมตกกระทบรังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของการกระจายของพลังงานต่าง ๆ ในเครื่องกลั่นน้ำ	15
ตารางที่ 2-2	ค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ที่จังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย	18
ตารางที่ 4-1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลองห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์	30
ตารางที่ 4-2	ปริมาณของเสียอันตรายที่รวบรวมไว้ในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม (สำรวจเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2553)	31
ตารางที่ 4-3	ข้อปรับปรุงระบบจากแบบที่ 1	35
ตารางที่ 4-4	ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณของค่าตัวแปร และประสิทธิภาพการกำจัด แบบที่ 2	36
ตารางที่ 4-5	ปริมาณโลหะหนักในน้ำกลั่นที่รวบรวมในวันที่ 8-23 มีนาคม 2547	37
ตารางที่ 4-6	ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณของค่าตัวแปร และประสิทธิภาพการกำจัด ระบบแบบที่ 3	39
ตารางที่ 4-7	การปรับค่าความเป็น กรด-เบสและเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็น กรด-เบส	39
ตารางที่ 4-8	ค่าปริมาณ โลหะหนักแคดเมียม ตะกั่ว และ โครเมียมของน้ำเสียปนเปื้อน โลหะหนัก (วันที่ 16 ธันวาคม 2552)	40
ตารางที่ 4-9	ปริมาณ โลหะหนักในน้ำกลั่นที่รวบรวมในวันที่ 12 ธ.ค. 2552 ถึง 18 ม.ค. 2553	41
ตารางที่ 4-10	เปรียบเทียบอัตราการกลั่นเฉลี่ยของระบบกลั่นทั้ง 4 แบบ	44
ตารางที่ ผ-1	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 1 สิงหาคม 2553)	54
ตารางที่ ผ-2	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 17 สิงหาคม 2553)	64
ตารางที่ ผ-3	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 29 สิงหาคม 2553)	73
ตารางที่ ผ-4	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 8 ตุลาคม 2553)	84
ตารางที่ ผ-5	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 30 กันยายน 2553)	89
ตารางที่ ผ-6	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 9 ตุลาคม 2553)	94

	หน้า	
ตารางที่ ผ-7	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 1 ตุลาคม 2553)	100
ตารางที่ ผ-8	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 10 ตุลาคม 2553)	104
ตารางที่ ผ-9	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 14 ตุลาคม 2553)	110
ตารางที่ ผ-10	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 15 ตุลาคม 2553)	115
ตารางที่ ผ-11	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 25 ตุลาคม 2553)	119
ตารางที่ ผ-12	ข้อมูลการบันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูล (วันที่ 23 ตุลาคม 2553)	122
ตารางที่ ผ-13	ปริมาณน้ำกลั่นสะสม (วันที่ 5 – 18 มกราคม 2548)	127
ตารางที่ ผ-14	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2) (วันที่ 5 – 18 มกราคม 2548)	129
ตารางที่ ผ-15	การทดลองระเหยน้ำเสียด้วยระบบแบบที่ 4 (การทดลองครั้งที่ 4-1)	129
ตารางที่ ผ-16	การทดลองระเหยน้ำเสียด้วยระบบแบบที่ 4 (การทดลองครั้งที่ 4-2)	129
ตารางที่ ผ-17	การทดลองระเหยน้ำเสียด้วยระบบแบบที่ 4 (การทดลองครั้งที่ 4-3)	130
ตารางที่ ผ-18	อัตราการกลั่นที่ผลต่างของอุณหภูมิระเหยกับอุณหภูมิกลั่นตัวในระบบ แบบที่ 4	130

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 2-1	ความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ	3
ภาพที่ 2-2	รังสีจากดวงอาทิตย์เมื่อตกกระทบวัตถุ	6
ภาพที่ 2-3	องค์ประกอบและปริมาณของรังสีจากวัสดุสีดำที่อุณหภูมิ 27 °C	7
ภาพที่ 2-4	ปริมาณรังสีอินฟราเรดช่วง 2- 15 μm ผ่านชนิดพลาสติก	7
ภาพที่ 2-5	กระบวนการในการเกิดการระเหยของน้ำ	8
ภาพที่ 2-6	หลักการพื้นฐานของการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์	10
ภาพที่ 2-7	องค์ประกอบเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์	11
ภาพที่ 2-8	เครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ (สำรวจและคณะ, 2008)	11
ภาพที่ 2-9	ส่วนประกอบเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์	13
ภาพที่ 2-10	การกระจายของพลังงาน	14
ภาพที่ 2-11	การออกแบบเครื่องกลั่นอย่างง่าย	15
ภาพที่ 2-12	เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบผิวดิ่ง	16
ภาพที่ 2-13	เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Portable Tilt Solar Still	17
ภาพที่ 2-14	เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Simple Multiple Wick	17
ภาพที่ 3-1	เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	26
ภาพที่ 3-2	ระบบวัดความเข้มแสงSkyeรุ่นSKS 1110	26
ภาพที่ 3-3	ระบบบันทึกข้อมูล	27
ภาพที่ 3-4	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง	28
ภาพที่ 4-1	เครื่องระเหยระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1	32
ภาพที่ 4-2	เครื่องระเหยระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2	32
ภาพที่ 4-3	เครื่องระเหยระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3	33
ภาพที่ 4-4	เครื่องระเหยระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 4	33
ภาพที่ 4-5	อัตราการผลิตจากระบบกลั่นแบบที่ 1	34
ภาพที่ 4-6	ปริมาณน้ำกลั่นสะสมที่รวบรวมได้ในแต่ละวันของการทดลองระบบแบบ 2	36

ภาพที่ 4-7	อัตราการกลั่นจากระบบกลั่นแบบที่ 2	36
ภาพที่ 4-8	อัตราการกลั่นจากระบบกลั่นแบบที่ 3	38
ภาพที่ 4-9	ความเสียหายของระบบกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 3	39
ภาพที่ 4-10	เปรียบเทียบการเกิดตะกอนจากน้ำเสียในการปรับค่า pH	40
ภาพที่ 4-11	อัตราการกลั่นจากระบบกลั่นแบบที่ 4	42
ภาพที่ 4-12	ความเสียหายของระบบกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 4-1	42
ภาพที่ 4-13	การเคลือบโพลีเมอร์ของระบบกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 4-2	43
ภาพที่ 4-14	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในหน่วย W/m^2 (12 ก.พ. 2547 และ 13 ก.พ. 2547)	45
ภาพที่ 4-15	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในหน่วย W/m^2 (5 – 13 ม.ค. 2548)	46
ภาพที่ 4-16	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในหน่วย W/m^2 (28 ก.ค. – 11 ส.ค. 2553)	46
ภาพที่ 4-17	อุณหภูมิผิวระเหยและผิวกลั่นตัวกับความเข้มรังสีอาทิตย์ (1 ส.ค. 2553)	47
ภาพที่ 4-18	ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิผิวระเหยและผิวกลั่นตัวกับอัตราการกลั่น	48

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

μm	= ไมโครเมตร
$^{\circ}\text{C}$	= องศาเซลเซียส
P_{vapor}	= ความดันไอของน้ำ
P_{atm}	= ความดันบรรยากาศ
E	= อัตราการระเหย (Rate of Evaporation)
C	= สัมประสิทธิ์การผสม (Mixing Coefficient)
e_w	= ความดันไอน้ำอิ่มตัว (Saturation Vapor Pressure)
e_a	= ความดันไอของอากาศเหนือผิวน้ำ
Q_{solar}	= พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเครื่องกลั่น
Q_{rf1}	= พลังงานที่ สะท้อนกลับครั้งแรกบนฝาปิด
Q_{ab1}	= พลังงานที่ฝาปิดดูดเอาไว้ครั้งแรก
Q_{rf2}	= พลังงานที่สะท้อนกลับครั้งที่สองในถาดน้ำ
Q_{rl}	= พลังงานเนื่องจากการแผ่รังสีของน้ำร้อนในถาดน้ำ
Q_e	= พลังงานที่ใช้ในการระเหยตัวของน้ำในถาด
Q_{cl}	= พลังงานที่ใช้ในการพาความร้อนภายในเครื่องกลั่น
Q_{ground}	= พลังงานที่สูญเสียทางด้านล่างของถาดน้ำ
Q_{sides}	= พลังงานที่สูญเสียทางผนังของเครื่องกลั่น
Q_{leakage}	= พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากรั่วไหลของไอน้ำ
$Q_{\text{unaccounted}}$	= พลังงานที่สูญเสียทางอื่น ๆ
$\text{k-Wh.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$	= กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน
$\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$	= เมกกะจูลต์ต่อตารางเมตรต่อวัน
N	= เหนือ
E	= ตะวันออก
MLVSS	= Mixed Liquor Volatile Suspended Solids
MLSS	= Mixed Liquor Suspended Solids
$\text{mL/ m}^2\text{-day}$	= มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน
ppb	= ส่วนในร้อยล้านส่วน
W/m^2	= วัตต์ต่อตารางเมตร

Ag	= เงิน (Silver)
Al	= อลูมิเนียม (Aluminum)
B	= โบรอน (Boron)
Ba	= แบเรียม (Barium)
Bi	= บิสมัท (Bismuth)
Ca	= แคลเซียม (Calcium)
Cd	= แคดเมียม (Cadmium)
Co	= โคบอลต์ (Cobalt)
Cr	= โครเมียม (Chromium)
Cu	= ทองแดง (Copper)
Fe	= เหล็ก (Iron)
Ga	= แกลเลียม (Gallium)
In	= อินเดียม (Indium)
K	= โพแทสเซียม (Potassium)
Li	= ลิเทียม (Lithium)
Mg	= แมกนีเซียม (Magnesium)
Mn	= แมงกานีส (Manganese)
Na	= โซเดียม (Sodium)
Ni	= นิกเกิล (Nickel)
Pb	= ตะกั่ว (Lead)
Sr	= สตรอนเตียม (Strontium)
Zn	= สังกะสี (Zinc)