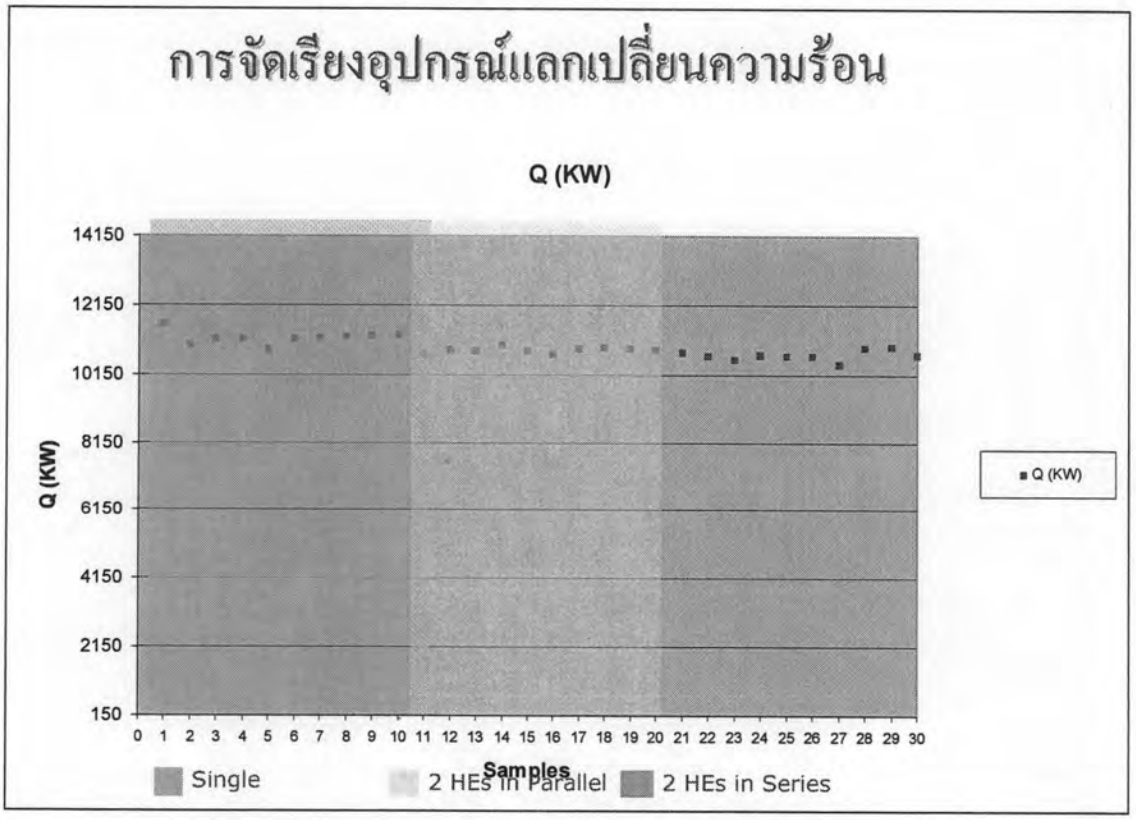
บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทสุดท้ายจะกล่าวถึงบทสรุปของการทดลองและเสนอข้อเสนอแนะ เพื่ออาจมีประโยชน์ในการปรับการทดลอง เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

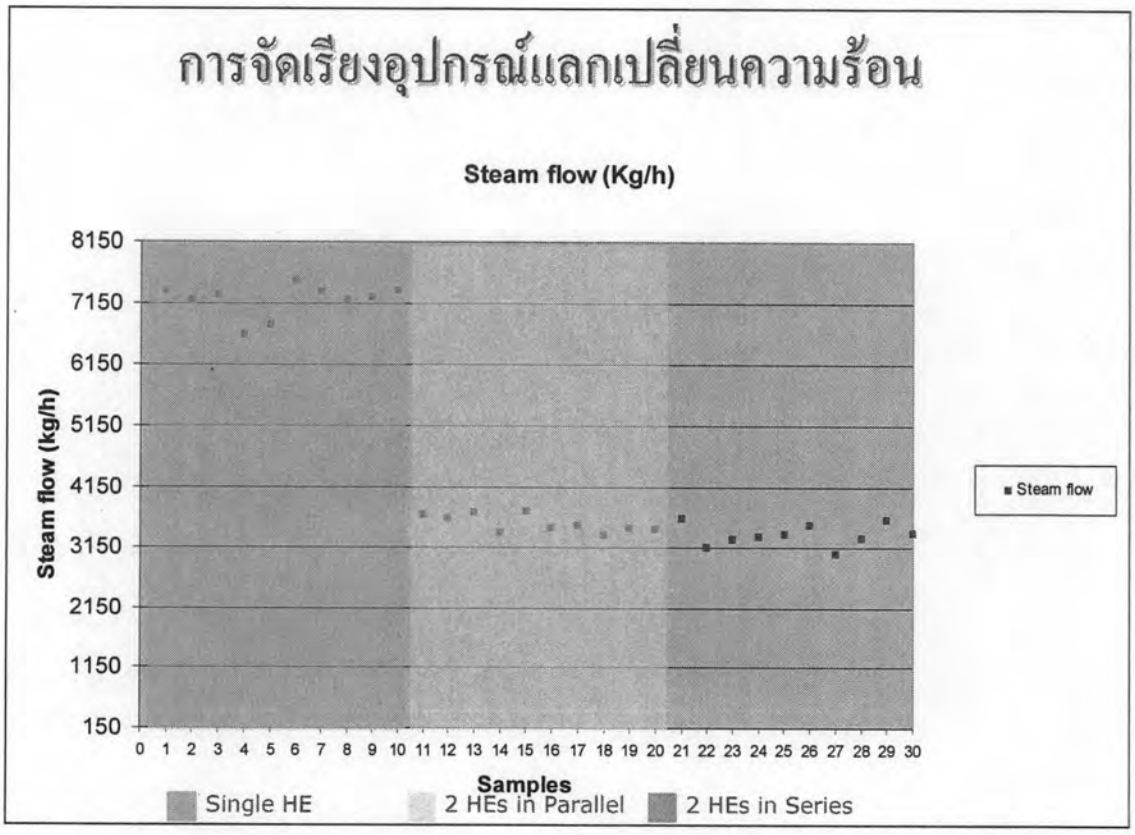
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1. ผลการเดินเครื่องในการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 3 แบบให้ค่าพลังงานความร้อนเท่า ๆ กัน แสดงถึงค่าพลังงานที่ Stripper column ต้องใช้ไม่ว่าการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบใดต้องการพลังงานความร้อนเท่า ๆ กัน



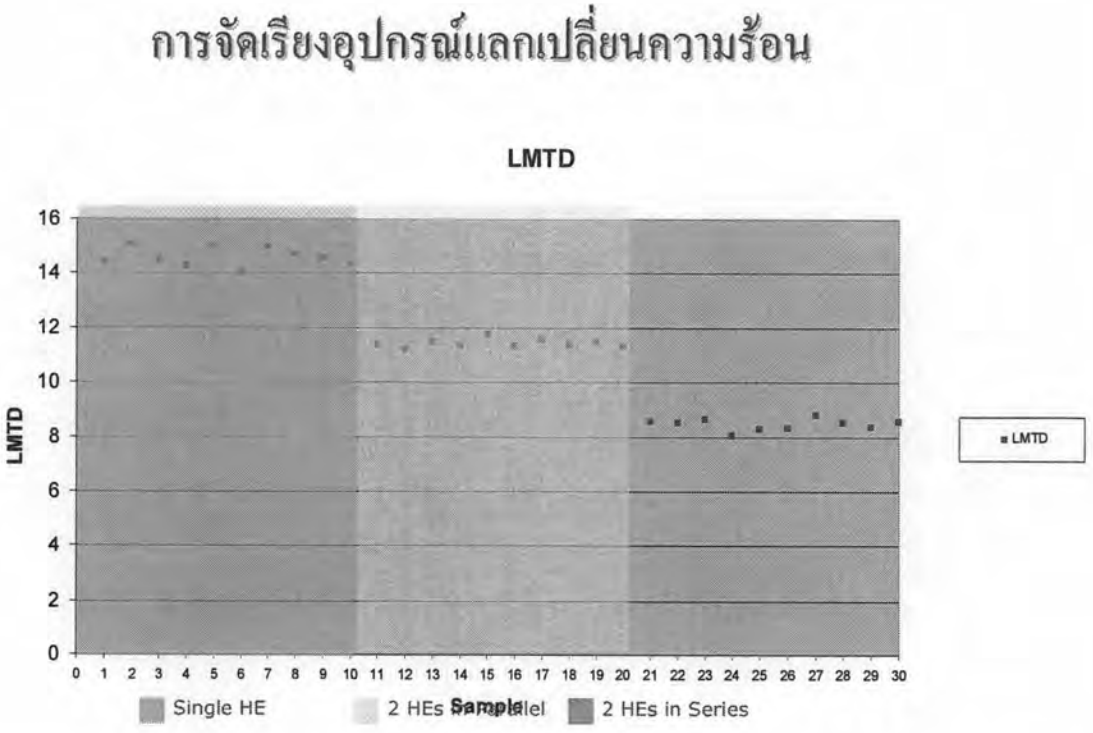
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนในการจัดเรียงอุปกรณ์แบบต่าง ๆ

2. ผลการเดินเครื่องในการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบใช้ 1 เครื่องสำรอง 1 เครื่อง ที่ Reboiler ใช้ปริมาณไอน้ำมากกว่าการเดินเครื่องแบบจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบขนานและแบบอนุกรมประมาณ 3,500 – 4,000 กิโลกรัมไอน้ำต่อชั่วโมง แสดงว่าพลังงานส่วนที่ต้องใส่เพิ่มเข้ามา มาจากการให้ความร้อนแก่น้ำที่ป้อนเข้า Striper column เมื่อคิดว่าปริมาณความร้อนที่ต้องการของ Stripper column เท่ากัน



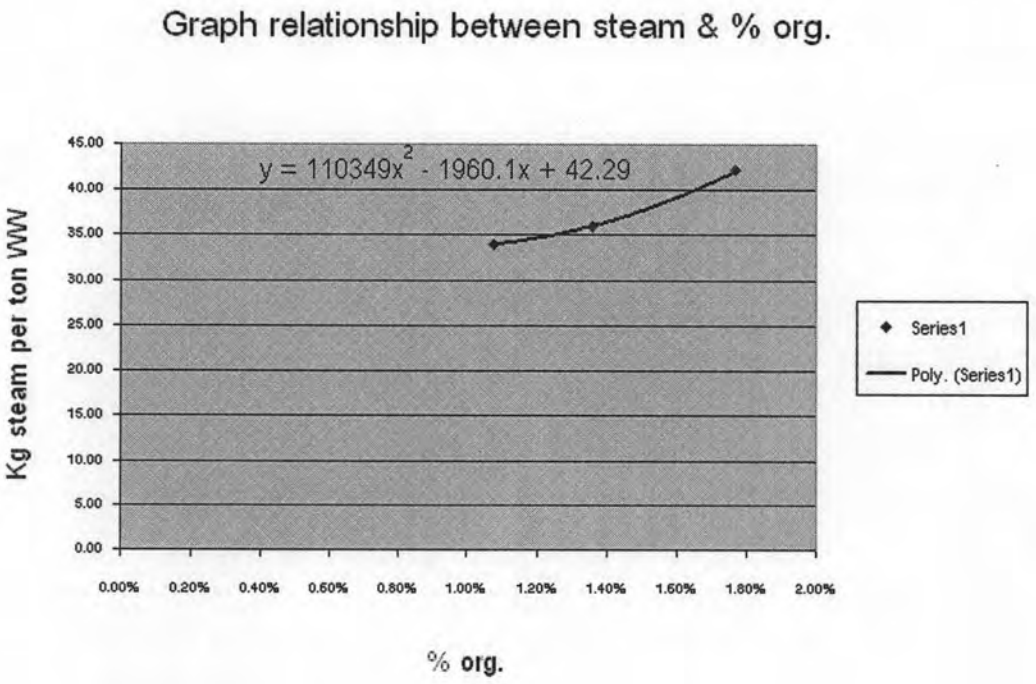
รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไอน้ำในการจัดเรียงอุปกรณ์แบบต่าง ๆ

3. เมื่อพิจารณาถึงค่า LMTD จะเห็นได้ว่า ในการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบใช้ 1 เครื่องสำรอง 1 เครื่องให้ค่า LMTD สูงที่สุด = 14.58 แบบขนานให้ค่า LMTD รองลงมา = 11.40 และแบบอนุกรมให้ค่า LMTD ต่ำที่สุด = 9.74



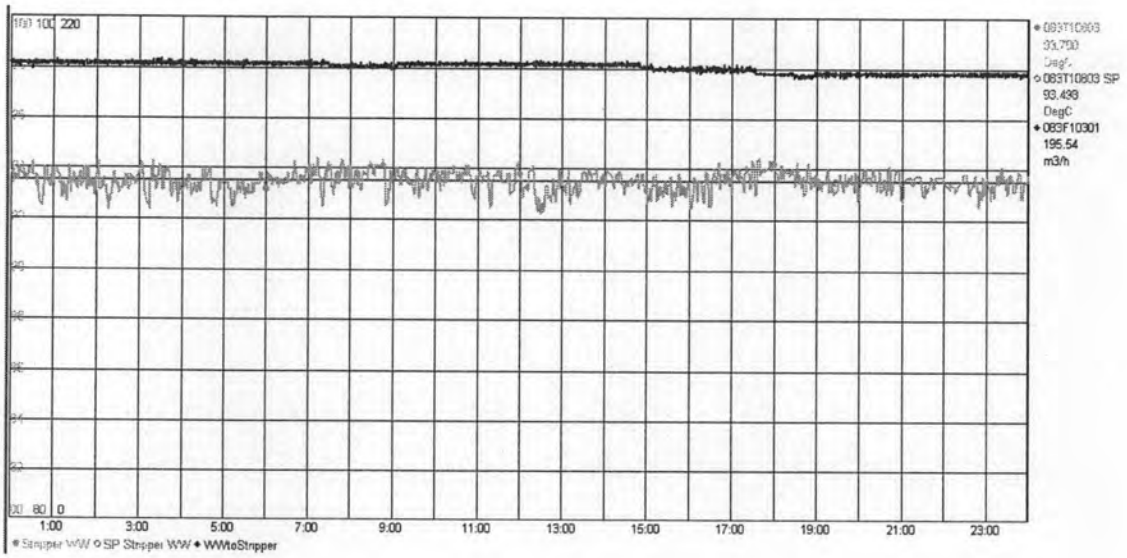
รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิล็อกในการจัดเรียงอุปกรณ์แบบต่าง ๆ

4. ในการทดลองการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบอนุกรมให้ผลดีที่สุดคือปริมาณการใช้ไอน้ำต่ำที่สุดและอุณหภูมิน้ำออกจาก Bottom ของ Stripper column ต่ำที่สุด เป็นการประหยัดไอน้ำและน้ำหล่อเย็น
5. การใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 2 เครื่องพร้อมกัน ทำให้ปริมาณการใช้ไอน้ำลดลง เพราะเหมือนกับใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 2 เท่า
6. ปริมาณ สารอินทรีย์ ที่ปนมากับน้ำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการใช้ไอน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อันเนื่องมาจากปริมาณค่าความจุความร้อนของสารอินทรีย์มีค่าต่ำกว่าน้ำเสียเมื่อปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณการใช้ไอน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยดังแสดงได้ดังกราฟ



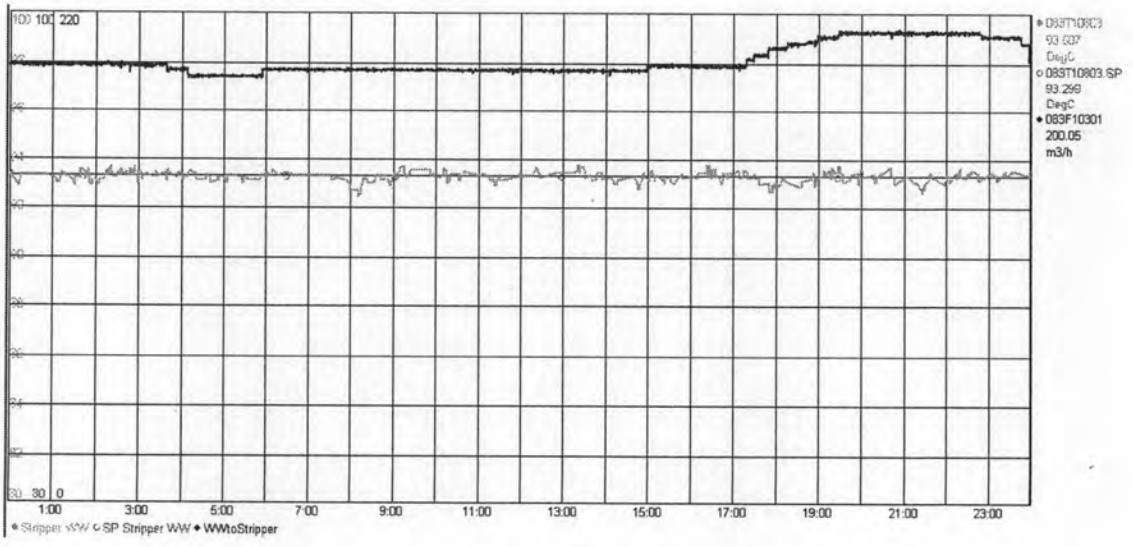
รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Solvent และ อัตราส่วนการใช้ไอน้ำ

7. จากการเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมการเดินเครื่อง Stripper column จากจากเดิมควบคุมอัตราการการป้อนไอน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิยอดหอมาเป็นการใช้อัตราส่วยปริมาณไอน้ำต่อปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าสรุปได้เป็นดังกราฟ โดยจะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิยอดหอก่อนการเปลี่ยนแปลงการควบคุมมีค่าแกว่งจากค่าควบคุมมากกว่าค่าหลังการเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุม



รูปที่ 5.5 ผลการบันทึกกราฟการเดินเครื่องแบบการควบคุมการใช้ไอน้ำแบบเดิม

กราฟแสดงการควบคุมแบบใช้การควบคุมวาล์วไอน้ำที่ป้อนเข้า Reboiler โดยนำอุณหภูมิของยอดหอมาเป็นตัวสั่งการทำงานของวาล์วไอน้ำ



รูปที่ 5.6 การควบคุมวาล์วไอน้ำโดยการใช้ค่าอัตราส่วนของไอน้ำต่อน้ำที่ป้อนเข้า

8. ในการเปลี่ยนการควบคุมการป้อนไอน้ำเข้า Reboiler ของ Stripper column จากเดิมควบคุมอัตราการการป้อนไอน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิยอดหอมาเป็นการใช้อัตราส่วยปริมาณไอน้ำต่อปริมาณน้ำเสียป้อนเข้า สามารถลดความแตกต่างของอุณหภูมิจากค่าควบคุมได้ จากเดิมเฉลี่ยเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย 0.36 องศาเซลเซียส เหลือ 0.09 องศาเซลเซียส แสดงถึงปริมาณการป้อนไอน้ำแกว่งออกจากค่าเป้าหมายน้อยลง ทำให้ประหยัดไอน้ำในส่วนที่ต้องป้อนเกินไปได้เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนปริมาณไอน้ำต่อปริมาณปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 15.88 โดยผลที่ได้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 16.65 และต่ำสุดเท่ากับ 13.96
9. จากการศึกษา ปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกระบวนการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ Stripper column ตั้งแต่ส่วนการเปลี่ยนการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มาถึงการเปลี่ยนแปลง วิธีการควบคุมวาล์วไอน้ำโดยการใช้ค่าอัตราส่วนของไอน้ำต่อน้ำที่ป้อนเข้าแทนแบบเดิม สามารถประหยัดปริมาณการใช้ไอน้ำได้ 22.16 กิโลกรัม ต่อปริมาณน้ำป้อนเข้า 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นประหยักไอน้ำได้ถึง 58.4 เปอร์เซ็นต์ (จาก เฉลี่ย 37.93 กิโลกรัม ต่อปริมาณน้ำป้อนเข้า 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง เหลือ 15.77 กิโลกรัม ต่อปริมาณน้ำป้อนเข้า 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง) ซึ่งถ้าคิดเป็นปริมาณไอน้ำที่ประหยัดได้ต่อปี ถ้าคิดว่า 1 ปี เดินเครื่อง 8,000 ชั่วโมง เท่ากับ ประมาณ 33,683 ตัน ไอน้ำต่อปี

ข้อเสนอแนะหลังการทดลอง

1. ในการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ Solvent ที่มาพร้อมกับน้ำเสียจะทำให้ปริมาณการใช้ไอน้ำเพิ่มมากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งเราสามารถลดปริมาณ ของSolvent ที่มาพร้อมกับน้ำเสียได้โดยการลดความเร็วของน้ำเสียจากหน่วยปฏิกิริยาที่ส่งมายังถังพัก (Stripper feed tank) ลง เพื่อให้ของเหลวในถังไม่ถูกรบกวนและแยกชั้นดีขึ้น และอาจทำการย้าย Suction ของปั๊มให้อยู่ห่างจาก จุดต่อระหว่างชั้นน้ำกับชั้น Solvent เพิ่มมากขึ้น หรืออาจทำการขยายขนาดของถังพัก (Stripper feed tank) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มเวลาในการแยกชั้นที่ดีขึ้น

2. ในการทดลองหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียป้อนเข้า Stripper column เป็นการทดลองที่ทดลองในช่วงไม่มีการผลิต ทำให้ไม่มีน้ำเสียใหม่จากการผลิตเข้ามาสู่ถังป้อนและป้อนเข้ามาสู่หน่วยบำบัดน้ำเสีย ทำให้สามารถกำหนดและป้อน Solvent มากกว่าปริมาณ Solvent ปกติ ได้ (ป้อน 1-2 % โดยปกติไม่เกิน 0.2%) โดยไม่มีผลกระทบต่อการผลิต ในการใช้งานจริงอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาสมการที่ละเอียดและมีความใกล้เคียงการดำเนินการจริงมากขึ้นในปัจจุบัน

3. ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย เข้า Stripper column เท่ากัน ที่อัตราการไหลปกติ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งพบว่าการต่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบขนาน ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะลดลง และความดันลดเพิ่มขึ้น และเกิดแผ่นฟิล์มมาแทรกระหว่างแผ่น Plate อันเนื่องมาจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเกิด Fouling จากที่ปริมาณน้ำเสียโดนแบ่งครึ่งให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 2 เครื่อง ทำให้ความเร็วของน้ำเสียที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนลดลงมาก การเลือกลักษณะการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบอนุกรม จึงเป็นทางเลือกเพื่อเพิ่มความเร็วน้ำที่วิ่งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Reynolds number เพิ่ม) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถใช้งานได้นานขึ้น

4. ค่าอัตราส่วนไอน้ำต่อตันปริมาณน้ำเสียที่ได้เท่ากับ 15.88 อาจไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Solvent ที่ปนมากับน้ำเสีย และเงื่อนไขของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน