6-Output ที่ได้จากโครงการฯ

1. ผู้วิจัยได้ความต่อเนื่องของงานวิจัยที่สนใจทำร่วมกับนักวิจัยพี่เลี้ยง และได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีเมมเบรนกับนักวิจัยต่างประเทศขณะที่ไปนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย ในหัวข้อเรื่อง Influence of water compositions and conditioning on flux enhancement in an immersed membrane system ในงาน **IWA International Conference of Particle separation** ระหว่างวันที่ 8-12 กรกฎาคม 2550 ณ เมืองตูลูส สาธารณรัฐฝรั่งเศส

2. ผู้วิจัยได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ จากโครงการฯ นี้ คือ

SRIDANG Choksuchart, P., Grasmick A., Puetpaiboon, U., 2008, Influence of water compositions and conditioning on flux enhancement in an immersed membrane system, **Separation Science and Technology,** vol 43: 1-13. **(Impact factor เท่ากับ 00.824)**

3. ได้สภาวะที่เหมาะสมและสมรรถนะในการเดินระบบเยื่อกรองระดับอัลตราฟิลเตรชั่นที่มีแผ่นเยื่อกรองแบบจมตัวในการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง ได้สภาวะที่เหมาะสมพิจารณาจากค่าฟลักซ์วิกฤตที่ได้ภายใต้สภาวะการเดินระบบที่ไม่ปรับสภาพ และปรับสภาพด้วยสารสร้างตะกอน และผงถ่านกัมมันต์ มีการเติมและไม่เติมอากาศในตัวอย่างน้ำป้อนทั้งสอง คือ

- กรณีน้ำผิวดิน เพื่อให้ได้สมรรถนะการกรองที่สูง ค่าฟลักซ์ที่สูง ควรมีการเติมสารสร้างตะกอน และชนิดที่เหมาะสมที่สุด คือ เฟอริกคลอไรด์ที่ค่าที่เหมาะสม คือ 20 mg/L หรือ กรณีต้องการประหยัดค่าสารเคมีสามารถเติมได้ที่ค่าต่ำกว่าที่เหมาะสมได้ คือ 10 mg/L แต่ค่าฟลักซ์ลดลงประมาณร้อยละ15 ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเติมอากาศเพื่อป้องกันหรือลดการเกิดฟาวลิ่ง เนื่องจากมีอัตราการเกิดฟาวลิ่งต่ำ คือ 0.008 mbar/sec ซึ่งต่ำกว่าในสภาวะที่ไม่มีการเติมเฟอริกคลอไรด์ประมาณ 4 เท่าตัว และการล้างฟื้นสภาพทำได้ง่ายด้วยวิธีทางไฮโดรไดนามิกส์ก็สามารถฟื้อสภาพเยื่อกรองให้มีค่าการซึมผ่านได้ของน้ำเท่ากับในเมมเบรนสะอาดก่อนกรอง ส่วนคุณภาพน้ำหลังกรองที่มีการเติมเฟอริกคลอไรด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตต่อการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำได้ แต่ราคาถูกกว่าสารละลายโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ ขณะที่หากไม่เติม น้ำที่กรองได้จะมีสารอินทรีย์ธรรมชาติคงอยู่เท่าเดิม คุณภาพน้ำกรองที่มีการเติมเฟอร์คลอไรด์ นั้น คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ค่าการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 nm และค่าความเข้มข้นของกรดฮิวมิกต่ำกว่าในชุดการทดลองอื่น

- กรณีน้ำทิ้งหลังบำบัด เพื่อให้ได้สมรรถนะการกรอง ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม และคุณภาพน้ำทิ้งหลังบำบัดที่ผ่านระบบสามารถนำกลับไปเป็นน้ำหมุนเวียนใช้ใหม่ หรือ น้ำใช้ทั่วไป ควรมีควรมีการเติมสารดูดติดผิว คือ ผงถ่านกัมมันต์ที่ปริมาณ 500 mg/L แม้ว่าการเติมสารดูดติดผิวและการเติมอากาศไม่ส่งผลทำให้ค่าฟลักซ์วิกฤตเพิ่มสูงขึ้น แต่มีผลโดยตรงต่อการลดค่ากรดฮิวมิกในตัวอย่างได้มากกว่าสภาวะที่ไม่เติม โดยมีกรดฮิวมิกเหลือค้างในน้ำเพอมิเอทระหว่าง 0.5-1.7 mg/L ซึ่งลดลงกว่าร้อยละ80 และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังกรองอยู่ในเกณฑ์ดี และมีผลใกล้เคียงกับค่าคุณภาพน้ำที่ไม่เติมสารดูดติดผิว คือ ค่าค่าปริมาณสีทั้งหมดและค่าโปรตีน มีค่าน้อยมากจนเครื่องไม่สามารถตรวจวัดได้และค่าความขุ่นต่ำกว่า 1NTU เช่นเดียวกัน

4. **ได้ข้อมูลเรื่องอิทธิพลและสภาวะทางไฮโดรไดนามิกส์ที่มีต่อสมรรถนะ และ** ประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งพบว่า

- กรณีน้ำผิวดิน ผลของการเติมอากาศกรณีที่ไม่มีและมีการปรับสภาพด้วยสารสร้างตะกอนของสารละลายเฟอริกคลอไรด์ หรือ สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตหรือสารส้ม ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าฟลักซ์วิกฤตอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เมื่อเพิ่มอัตราการเติมอากาศสูงขึ้นในตัวอย่างน้ำผิวดินที่ปรับสภาพด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์พบว่ามีผลเชิงบวกต่อการเพิ่มขึ้นค่าฟลักซ์วิกฤตในระดับหนึ่ง

- กรณีน้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง ผลของการเติมอากาศที่ปริมาตรต่างๆ ไม่ส่งผลให้ค่าฟลักซ์วิกฤตเพิ่มขึ้นทั้งในสภาวะที่มีการเติมและไม่เติมผงถ่านกัมมันต์

5 ได้สาเหตุของฟาวลิ่งและอัตราการเกิดฟาวลิ่งในชุดเยื่อกรองระดับอัลตราฟิลเตรชั่นในชุดการทดลองที่สภาวะต่างๆ ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง ดังนี้

- กรณีน้ำผิวดิน ขั้นตอนการล้างด้วยเทคนิคทางไฮโดรไดนามิกส์ ได้แก่ การเติมอากาศให้ความปั่นป่วนสูงบริเวณชุดเยื่อกรองที่อัตรา 100 L/min–นาน 1 และ5 นาที การล้างชุดกรองด้วยน้ำกลั่น กรองไหลเอื่อยที่ผิวเยื่อกรอง นาน 1 นาที และการล้างย้อนด้วยน้ำกลั่น กรองที่อัตราการกรองย้อน 15 L/h/m^2 – นาน 15 และ 30 นาที สามารถลดและกำจัดฟาวลิ่งแบบผันกลับได้ ซึ่งเป็นชั้นเค้กสะสมบนผิวหน้าเมมเบรนกรณีที่ไม่มีและมีการเติมสารสร้างตะกอนได้ประมาณร้อยละ10-30 เมื่อกรองที่ค่าสูงกว่าและต่ำกว่าค่าฟลักซ์วิกฤต 50% ขณะฟาวลิ่งแบบไม่สามารถผันกลับได้จากการสะสม และดูดติดภายในรูกรองของสารอินทรีย์ละลายน้ำ อนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งการใช้สารเคมีที่เป็นกรดซิตริกและด่างของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ล้างย้อนด้วยกรดซิตริก 0.1 N ที่อัตราการกรองย้อน 15 L/h/m^2 –นาน 1 และ 2 ชั่วโมง และ แช่ชุดเยื่อกรองและล้างย้อนด้วยสารละลายด่างของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N –นาน 1 และ 2 ชั่วโมง) นั้น ลดค่า

ความต้านทานหลังสิ้นสุดการล้างเท่ากับเมมเบรนสะอาดก่อนใช้ทำการกรองเพิ่มขึ้นประมาณกว่าร้อยละ 50 ซึ่งต้องปรับเพิ่มความเข้มข้นและระยะเวลาการล้างด้วยสารเคมี 2 ชนิดดังกล่าว

- กรณีน้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง นั้น สาเหตุของฟาวลิ่งที่เกิดขึ้นจากที่ผันกลับได้และไม่สามารถผันกลับได้ ซึ่งแบบหลังเป็นสาเหตุหลักมากกว่าที่ทำให้ค่าความต้านทานคงเหลือค้างอยู่มาก โดยผลจากการล้างด้วยสารเคมีนั้นค่าความต้านทานลดลงเล็กน้อยอีกประมาณร้อยละ 6-18 ซึ่ง สาเหตุจากการสะสมของฟาวลิ่งแบบไม่สามารถผันกลับได้ของสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำส่งผลให้ค่าความต้านทานสูงกว่าในเมมเบรนสะอาดประมาณร้อยละ 40-60 ในชุดการทดลองที่ไม่เติมสารดูดดิดผิวที่ค่าฟลักซ์สูงและต่ำกว่าค่าฟลักซ์วิกฤต 50% ซึ่งต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมีและระยะเวลาในการล้างให้ยาวนานขึ้น และการเติมผงถ่านกัมมันต์เป็นการปรับสภาพน้ำทิ้งหลังบำบัดฯ แล้ว ที่ทำให้ลดระดับของฟาวลิ่งแบบไม่สามารถผันกลับได้ ทำให้การล้างด้วยเทคนิคทางไฮโดรไดนามิกส์และล้างด้วยสารเคมีสามารถฟื้นสภาพชุดเมมเบรนได้สมบูรณ์

6 ได้สาเหตุของฟาวลิ่งและอัตราการเกิดฟาวลิ่งในชุดเยื่อกรองระดับอัลตราฟิลเตรชั่นในชุดการทดลองที่สภาวะค่าฟลักซ์คงที่ที่ 30 L/h/m^2 ไม่เติมอากาศ ของสารป้อนที่เป็น Model suspension (สารละลายกรดฮิวมิก สารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์ สารแขวนลอยผงถ่านกัมมันต์ และสารผสมสองชนิด) พบว่า ค่าอัตราเร็วของการเกิดฟาวลิ่ง (dTMP/dt) สูงสุดเมื่อกรองสารละลายกรดฮิวมิกความเข้มข้น 10 mg/L มีค่า 1.12 mbar/s เมื่อกรองที่ค่าฟลักซ์คงที่ที่ 30 L/h/m^2 และไม่มีการเติมอากาศ ซึ่งเป็นสูงกว่าประมาณ 10 เท่าตัวเทียบกับค่าอัตราเร็วฟาวลิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อกรองกรดฮิวมิกความเข้มข้น 5 mg/L และการกรองสารแขวนลอยอนุภาคที่ความเข้มข้นสูงของเบนโทไนต์และผงถ่านกัมมันต์ นั้น การเปลี่ยนแปลงของค่าความดันส่งผ่านเมมเบรนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นกราฟลักษณะเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าเกิดชั้นเค้กสะสมที่ผิวหน้าเมมเบรน และค่าอัตราเร็วการเกิดฟาวลิ่งสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของอนุภาคขณะกรองเพิ่มขึ้น และการผสมสารละลายกรดฮิวมิกซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กรวมกับสารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์/ผงถ่านกัมมันต์ ทำให้อัตราเร็วการเกิดฟาวลิ่งสูงกว่าเมื่อกรองสารแขวนลอยเพียงชนิดเดียว

ฟาวลิ่งแบบผันกลับได้ เป็นชนิดของฟาวลิ่งที่พบเมื่อกรองสารแขวนลอยเดี่ยวของอนุภาคเบนโทไนต์และผงถ่านกัมมันต์ ขณะที่ระดับของค่าความต้านทานคงเหลือค้างในเมมเบรนขณะล้างชุดกรองเมื่อกรองสารละลายกรดฮิวมิก หรือ สารผสมระหว่างสารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์ ผงถ่านกัมมันต์ กับ กรดฮิวมิก พบว่า มีค่าความต้านทานคงเหลือค้างสูง ซึ่งสามารถฟื้นสภาพชุดเมมเบรนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ค่าความต้านทานเมมเบรนสุดท้ายใกล้เคียงหรือเท่ากับเมมเบรนสะอาดก่อนกรอง เมื่อใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นั่นแสดงว่า เป็นฟาวลิ่งแบบผันกลับไม่ได้