หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ผลของการศึกษาทดลองทั้งหมด สรุปสาระที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพในการกำจัดของ Trickling filter นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ อันได้แก่ Hydraulic loading, Organic loading, Depth, Size of media และอื่น ๆ อีกได้แก่ อุณหภูมิ, การถ่ายเทอากาศ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 กับ Hydraulic loading ที่ผ่าน และค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 กับ Organic loading ของ Gravel trickling filter ที่ใช้ในการทดลองนี้ ค่าของ Hydraulic loading และ Organic loading มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของระบบมาก กล่าวคือ การเพิ่มของ Hydraulic loading rate ช่วง 1.08-4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ และการเพิ่มของ Organic loading ช่วง 84 - 400 $g.BOD_5m^{-3}day^{-1}$ ทำให้ลดค่าประสิทธิภาพในการกำจัดของ Trickling filter อันได้แก่ค่าของ BOD_5, COD และ Nitrogen

3. ที่ Hydraulic loading rate สูง ๆ ที่ใช้ใน Trickling filter ทั้งสองชนิดของตัวกลางที่ใช้จะเห็นว่าที่ Hydraulic loading rate 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ประมาณ 81% สำหรับ Filter ที่ใช้ตัวกลางขนาด 1" - 2" Gravel และ ได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ประมาณ 73% สำหรับ Filter ที่ใช้ตัวกลางขนาด 2" - 3" Gravel จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ของ 1" - 2" Gravel filter ดีกว่า 2" - 3" Gravel filter

4. แบบค่าของการกำจัด COD นั้นเหมือนกับแบบค่าของการกำจัด BOD_5 ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของประสิทธิภาพการกำจัด COD กับ Hydraulic loading

และ COD loading จะคล้ายกับค่าที่ได้จากการกำจัด BOD_5 ด้วย กล่าวคือที่ Hydraulic loading 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด CODประมาณ 70% สำหรับ 1" - 2" Gravel filter และได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด COD ประมาณ 64% สำหรับ 2" - 3" Gravel filter

5. การเพิ่มของ Hydraulic loading มีผลทำให้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด Nitrogen ลดลงของทั้งสอง Trickling filter ที่ทดลองและพบว่าประสิทธิภาพการกำจัด Nitrogen ของ 1" - 2" Gravel filter ให้ผลดีกว่า 2" - 3" Gravel filter ที่ความสูงและ Hydraulic loading เท่ากัน กล่าวคือ ที่ Hydraulic loading rate 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ สำหรับ 1" - 2" Gravel filter ให้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด Nitrogen ประมาณ 78% และสำหรับ 2" - 3" Gravel filter ให้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด Nitrogen ประมาณ 71%

6. สำหรับค่าของประสิทธิภาพในการกำจัด Suspended solids เป็นแบบคล้ายกับประสิทธิภาพการกำจัดของ Nitrogen โดยที่เพิ่ม Hydraulic loading จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด Suspended solids ลดลงและจากการทดลองพบว่าที่ Hydraulic loading 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัด Suspended solids ของ 1" - 2" Gravel filter ประมาณ 78% ส่วน 2" - 3" Gravel filter มีประมาณ 74%

7. ค่าของ Dissolved oxygen จะน้อยลงถ้าประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ลดลง นั่นหมายถึงเป็นการเพิ่ม Hydraulic loading กล่าวคือสำหรับ 1" - 2" Gravel filter ช่วง Hydraulic loading เพิ่มจาก 1.08 ถึง 4.32$m^3m^{-3}day^{-1}$ ค่าของ Dissolved oxygenจะลดลงจาก 3.88 ถึง 2.85 $mg.l^{-1}$

8. การเจริญเติบโตของ Biomass บนผิวตัวกลางที่ความลึกต่าง ๆ ของ Filter พบว่ามีลักษณะแบบเดียวกับค่าของการกำจัด BOD_5 กล่าวคือถ้าค่าของ Biomass เพิ่มมากขึ้นก็แสดงค่าการกำจัด BOD_5 มากขึ้นด้วยสำหรับความลึกของ Filterที่ทดลอง ค่าของ Biomass จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยตามความลึกและจะมีมากที่ความลึกประมาณ 0.9 เมตร และจะค่อย ๆ ลดลงไปตามความลึกที่เพิ่มขึ้นอีก ช่วง Hydraulic loading

1.08 - 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ มีค่าของ Biomass ระหว่าง 0.29 - 2.28 $g.kg^{-1}$ stone สำหรับ 1" - 2" Gravel filter และ มีค่า Biomass ระหว่าง 0.15 - 1.95 $g.kg^{-1}$ Stone สำหรับ 2" - 3" Gravel filter

9. สิ่งมีชีวิตที่พบใน Filter นั้น จะพบพวก Protozoa, Rotifer ในบริเวณส่วนล่างของ Filter และที่ Effluent ของ Filter พวก Paramoecium จะพบมาก และพวก Psychoda flies จะพบมากมายตามส่วนบนของ Filter จำนวน Psychoda larvae และพวก Worms มีอยู่กระจายทั่วไปตลอดความลึกของ Filter ซึ่งจะเกาะอยู่บนผิวของหินตัวกลางนั้น

10. ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ที่คำนวณได้จากสูตรของ NRC, ECKENFELDER และ GALLER and GOTAAS มีค่าใกล้เคียงกับผลของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ที่ได้จากการทดลอง แต่ค่าที่คำนวณได้จากสูตรของ ECKENFELDER จะให้ผลใกล้เคียงกับการทดลองมากที่สุด เพราะว่าค่า Hydraulic loading rate และ Depth เป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญในการกำจัดซึ่งตรงกับสูตรของ ECKENFELDER จะเห็นได้ว่าค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ออกตอนช่วงแรก ๆ ประมาณหนึ่งในสามของความสูง จะลดลงเร็วมากประมาณ 30 - 50% สำหรับ Hydraulic loading rate 1.08 - 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ที่ใส่ผ่านไป

11. ค่าของประสิทธิภาพการกำจัดที่คำนวณได้จากสูตรของ NRC เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง เพราะสูตรของ NRC พิจารณาถึง BOD_5 loading กับ Hydraulic loading รวมกัน ส่วนค่าของประสิทธิภาพการกำจัดที่คำนวณได้จากสูตรของ GALLER and GOTAAS ก็เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง เนื่องจากสูตรนี้เกี่ยวพันกับตัวแปรหลายตัวซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของ Filter อาทิเช่น Hydraulic loading, Depth, BOD_5 loading, Temperature และ จะเห็นได้ว่าที่ Hydraulic loading rate $1.08m^3m^{-3}day^{-1}$ สำหรับ 2" - 3" Gravel filter จากการทดลองได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ประมาณ 84% จากสูตรของ NRC ได้ค่าประมาณ 87% จากสูตรของ GALLER and GOTAAS ได้ค่าประมาณ 79% และจากสูตรของ ECKENFELDER ได้ค่าประมาณ 85%

12. สูตรของ VELZ ไม่สามารถใช้ได้กับ Filter ที่ทดลองเพราะพบว่าค่าของประสิทธิภาพที่คำนวณได้จากสูตรนี้มีค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดลองมาก เนื่องจากสูตรนี้ไม่ได้คิดถึงผลของ Hydraulic loading ซึ่งนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญตัวหนึ่งในการกำหนดค่าประสิทธิภาพการกำจัดของ Trickling filterจะเห็นได้ว่าสำหรับ 1" - 2" Gravel filter ที่ Hydraulic loading rate 4.32 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ได้ค่าประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ประมาณ 73% จากการทดลองส่วนจากสูตรของ VELZ ได้ประมาณ 90%

13. ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ที่ได้จากการคำนวณของสูตร TEN STATES ก็พบว่ามีค่าแตกต่างไปจากค่าที่ได้จากการทดลองมาก เนื่องจากว่าสูตรนี้ใช้กับการมี Recirculation และพิจารณาค่า Influent concentration โดยไม่พิจารณาถึงค่าตัวแปรอื่นที่มีความสำคัญต่อการกำจัดเลย จะเห็นได้ว่า สำหรับ 2" - 3" Gravel filter ที่ Hydraulic loading rate 1.08 $m^3m^{-3}day^{-1}$ ได้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 จากการทดลองประมาณ 84% ส่วนจากสูตรได้ประมาณ 67%

14. สูตรของ LAMB and OWEN ที่คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ของ Filter ได้ค่ามากกว่าผลที่ได้จากการทดลองมากเพราะเนื่องจากอุณหภูมิและ Specific surface area นั่นเอง จากสูตรจะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิสูงอย่างประเทศไทยเรา ค่าของ BOD_5 effluent จะน้อยลงกว่าที่เป็นจริงและถ้า Specific surface area มากขึ้น ค่าของ BOD_5 effluent ก็จะน้อยลงเช่นกัน อย่างเช่นที่ Hydraulic loading rate 2.16 $m^3m^{-3}day^{-1}$สำหรับ 1" - 2"Gravel filter จากการทดลองได้ค่า BOD_5 effluent ประมาณ 14 $mg.l^{-1}$และได้ค่า BOD_5 effluent ที่คำนวณได้จากสูตรมีค่าประมาณ 2.8$mg.l^{-1}$ ทำให้ค่าของประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ที่คำนวณได้จากสูตรจึงมีค่ามากกว่าค่าของผลที่ได้จากการทดลองมาก

15. ค่าของ Reaction Rate Constant "K" ของน้ำโสโครกจากบ้านเรือนของโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ ที่นำมาทดลองมีค่าประมาณ $0.141day^{-1}$ โดยได้จากการคำนวณและเขียนกราฟ

16. สรุปสูตรของ Mathematical model ของ Trickling filter ที่ทดลองได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{L_e}{L_i} = e^{-0.0088A_vD/Q_s^{0.23}}$$ สำหรับ 1" - 2" Gravel media filter

และ $$\frac{L_e}{L_i} = e^{0.0133A_vD/Q_s^{0.25}}$$ สำหรับ 2" - 3" Gravel media filter

จะเห็นว่าค่าของ Removal rate constant "K_s" สำหรับ 1" - 2" Gravel media filter มีค่าเท่ากับ 0.0088 ส่วน 2" - 3" Gravel media filter มีค่าเท่ากับ 0.0133 ซึ่งค่าของ K_s ที่ได้จาก Filterทั้งสองนั้นควรจะมีค่าเท่ากันแต่จากการทดลองได้ค่าไม่เท่ากันอาจจะเป็นเนื่องมาจากการ Growth ของ Slime ไม่กระจายสม่ำเสมอทั่วไป ทำให้ค่าของ Specific surface area ที่นำมาใช้นั้นผิดไปจากที่ควรเป็น

17. จากตัวอย่างของการคำนวณได้ค่า $Y = 0.356 X - 4.713$, $R = 0.92$ และ $\sigma_b = 0.049$ ได้ค่า R^2 ซึ่งเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (Coefficient of determination) มีค่าเท่ากับ 0.85 หมายความว่าในรูปสมการนี้ X หรือ COD เป็นสิ่งอธิบายความสัมพันธ์ในลักษณะนี้ได้ถึง 85 % ส่วนอีก 15 % ที่อธิบายไม่ได้ ยอมขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานนี้ ใช้เป็นเครื่องชี้ได้ว่าค่าของสัมประสิทธิ์ที่ประมาณขึ้นนี้มีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานยิ่งน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเปลี่ยนอิสระ ก็แสดงว่าค่าของสัมประสิทธิ์มีนัยสำคัญมาก การทดสอบค่าของสัมประสิทธิ์ว่ามีนัยสำคัญเพียงใด ให้พิจารณาดูจากค่าของ t ที่คำนวณได้ เปรียบเทียบกับค่าของ t ที่ได้จากตาราง จะเห็นว่า

จากการคำนวณได้ $t = \frac{0.356}{0.049} = 7.26$

จากตารางได้ $t = 1.812$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95, d.f = 10

จะเห็นว่าค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า t ที่ได้จากตาราง ดังนั้นแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเปลี่ยนอิสระซึ่งมีค่า 0.356 เป็นค่าที่มีนัยสำคัญ