บทที่ 2

การสำรวจเอกสารและแนวสมมติฐาน

2.1 ระบบพรีฟิลเตอร์

ก่อนที่จะมีการแนะนำระบบถังทรายกรอง เร็ว(Rapid sand filtration) ในปี ค.ศ. 1885 [4] ที่อเมริกา ระบบถังทรายกรองช้า ซึ่งอาจจะมีการกรองเร็วก่อน โดยใช้สารกรองชนิดต่างๆ เช่น กรวด ขัง-ข้าวโพด เปลือกถั่วเผา ฯลฯ เป็นระบบที่ใช้โดยทั่วไปในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าระบบการกรองที่มีถังกรองมากกว่าหนึ่ง หรือที่เรียกว่า series filtration หรือ Double filtration จะได้รับความนิยมน้อยลง แต่ในเมืองใหญ่ ๆ บางแห่ง เช่น ใน London ประเทศอังกฤษ และยุโรปตะวันออก ก็ยังมีการใช้ระบบการกรองเช่นนี้ และเป็นที่ยอมรับกันว่า เป็นระบบที่ทำงานได้ผลดี ในการผลิตน้ำสะอาดในการอุปโภค บริโภค โดยเฉพาะน้ำดิบที่มีความขุ่นและแอลจีสูง พรีฟิล-เตอร์จะใช้เป็นตัวกำจัดความขุ่น และแอลจีก่อนที่จะผ่านไปสู่ถังทรายกรองช้า

ระบบพรีฟิลเตอร์ที่ใช้กันส่วนใหญ่จะใช้สารกรองหยาบต่าง ๆ เป็นตัวกรอง ทำหน้าที่คล้ายกับถังทรายกรองเร็วก่อนที่จะเข้าระบบถังทรายกรองช้า นอกจากนี้ยังมีการใช้ระบบกรองชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นพรีฟิลเตอร์ ที่ใช้กันมี

1. Peuch - Chabal degrossiscurs
2. Slow - Sand filters
3. Rapid Sand filters
4. Microstraining

ในปี 1966 Pescod และปี 1968 Skeat et. al.[13] ได้รายงานเกี่ยวกับการกรองอย่างหยาบที่ใช้กันได้สรุปว่า Peuch-Chabal filters

ซึ่งเป็นระบบการกรองที่ใช้สารกรองตั้งแต่อย่างหยาบคือ กรวด จนกระทั่งถึงอย่างละเอียดคือ ทรายเป็นลำดับมา ได้ผลดังนี้คือ อัตราของการกรองจะลดลงตามขนาดของสารกรอง คุณภาพของน้ำที่กรองได้ดี แต่ราคาในการลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง

ในปี 1955 Van de Vloed[13] ได้รายงานว่า ขบวนการที่ใช้เมมเบรน เช่น ระบบ Microstraining ประสิทธิภาพในการกรองจะเป็นทางกายภาพเท่านั้น คือ ขึ้นอยู่กับขนาดของรูของเมมเบรน ไม่มีขบวนการทางชีวภาพเกิดขึ้น

2.2 <u>การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพรีฟิลเตอร์</u>

ในปี ค.ศ. 1920 ที่เมือง ลุสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา[4] มีผลรายงานว่า เครื่องกรองเร็วสามารถกำจัดแอลจีจากน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ได้เกือบทั้งหมด ผลดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาขบวนการกรองสองชั้น (double - filtration) ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในแง่ของการลงทุนและค่าดำเนินการด้วย เราสามารถทำความสะอาดพรีฟิลเตอร์ได้ง่ายกว่าเครื่องกรองเร็วธรรมดามาก และถ้าหากมีการควบคุมระบบได้อย่างถูกต้องแล้ว จะสามารถยืดอายุการกรองของเครื่องกรองเร็วได้อย่างมากด้วย

ในลอนดอน ประเทศอังกฤษ[4] การใช้ระบบพรีฟิลเตอร์ก่อนที่จะเข้าระบบถังทรายกรองช้า เป็นระบบที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมีระบบพรีฟิลเตอร์ 95 ชุด ปริมาณน้ำที่ผลิต 300 ล้านแกลลอน/วัน โดยไม่มีการใช้กรรมวิธีโคแอกกูเลชัน และได้สรุปผลของการใช้พรีฟิลเตอร์ ซึ่งมีการควบคุมเป็นอย่างดีว่าสามารถกำจัดไดอะตอมได้ผลโดยประมาณดังนี้

Asterionella	90%	หรือมากกว่า
Synedra	85%	" "
Cyclotella	75%	" "

สำหรับเครื่องกรองที่ทำความสะอาดไม่ดีพอ การกำจัดไดอะตอมอาจลดลงเหลือเพียง 50% พรีฟิลเตอร์ที่ติดตั้งที่เมืองซูริค ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ สามารถแก้ปัญหาอายุการกรองที่ลดลงของเครื่องทรายกรองช้า อันเนื่องจาก **Oscillatoria** ได้

Hazen (5) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไมโครสเตรนเนอร์เป็นพรีฟิลเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวกรองตัวแรกเพื่อกำจัดความขุ่น และสาหร่าย เขาได้สรุปว่า ปัญหาของระบบทรายกรองก็คือ การเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องของแอลจี การใช้พรีฟิลเตอร์ที่มีอัตราการกรองสูง ซึ่งอาจจะใช้ทรายหยาบเป็นสารกรองสามารถกำจัดความขุ่น และแอลจีได้เกือบหมด พร้อมทั้งสามารถเพิ่มอัตราการกรองของถังทรายกรองช้าได้ถึง 2.5 เท่า

Ridley (13) ได้แสดงถึงความประหยัดสำหรับการใช้ถังทรายกรองช้าในเมื่อมีการใช้พรีฟิลเตอร์ก่อน โดยศึกษาเปรียบเทียบระบบผลิตน้ำประปา 3 แห่ง ในกรุงลอนดอนพบว่า ระบบที่มีถังทรายกรองเร็วและไมโครสเตรนเนอร์เป็นพรีฟิลเตอร์ก่อนจะเข้าถังทรายกรองช้า มีอัตราการผลิตน้ำประปาเพิ่มขึ้น 2.5–4 เท่า ของระบบที่ไม่ใช้พรีฟิลเตอร์ และปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นสำหรับการล้างย้อนถังทรายกรองเร็วและไมโครสเตรนเนอร์เพิ่มขึ้นเพียง 1.15–1.62% และ 1.64–2.03% ตามลำดับ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่น้ำดิบมีการเจริญเติบโตของแอลจีสูง

Jaksirinont (10) ศึกษาการกรองโดยใช้สารกรองสองชนิดร่วมกัน คือใช้ **Pea gravel** $\frac{1}{4}$–$\frac{3}{8}$ นิ้ว ลึก 80 ซม. อยู่เหนือเปลือกข้าวเผาลึก 20 ซม. สามารถกำจัดบักเตรี ได้ถึง 99% หลังจาก **Operate** ไป 10 ซม. แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นยังไม่ดีนัก และ **Pea gravel** จะทำหน้าที่คล้ายกับพรีฟิลเตอร์ เพื่อลดภาระในการกรองของชั้นเปลือกข้าวเผา โดยมีอัตราการกรอง 1.25 $ม.^3/ม.^2$ – ชม. และช่วงเวลาของการกรอง 140 ชม. สำหรับความขุ่นของน้ำไม่เกิน 400 **JTU.** พร้อมทั้งเสนอแนะว่า

ใยมะพร้าวลึก 100 ซม. สำหรับน้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 400 JTU. ในช่วงอัตราการกรองเดียวกัน สามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นเหลือเพียง 1 JTU.

Low [11] ศึกษาเกี่ยวกับ two-stage filtration โดยการใช้ใยมะพร้าวเป็นสารกรองในการกรองครั้งแรก สรุปผลว่าสามารถลดความขุ่นของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และระบบ two-stage filtration สามารถผลิตน้ำได้ความใส และสีตามมาตรฐานของ WHO

Coarse media filtration

Suter [18] ได้ใช้บ่อขนาด 12*19 เมตรที่ก้นบ่อใส่ทรายกรองขนาด 1 มม. หนา 15 ซม. กรองน้ำจากแม่น้ำ Illinois ที่มีความขุ่นน้อยกว่า 100 JTU. เมื่อทำการ Operate อยู่ 3 ปี พบว่าต้องเปลี่ยนทรายปีละ 2 ครั้ง เนื่องจากตะกอนดินจากแม่น้ำไปอุดตันในชั้นทราย จากนั้นได้ทดลองเปลี่ยนจากทรายเป็น Pea gravel ขนาด 4-5 มม. ลึก 6 นิ้ว พบว่าประสิทธิภาพในการลดความขุ่นของน้ำจะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันอัตราในการกรองจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ Coarse gravel แทนทราย

Heiple [6] ได้ศึกษาการใช้ Pilot plant ในการลดความขุ่นของน้ำผิวดินธรรมดา ใช้กรวดเป็นสารกรอง โดยไม่ต้องมีระบบอื่นๆ ก่อนหน้าถังกรอง กรวดที่ใช้มีขนาด 0.5-0.25 นิ้ว ลึก 16 นิ้ว อัตราการกรอง 0.1 gpm/ft.^{2} และประสิทธิภาพในการลดความขุ่นมีมากกว่า 50% และถึง 90% เป็นครั้งคราว จากการทดลองเป็นเวลา 7 เดือน การกรองชนิดนี้สามารถลดจำนวนบักเตรีทั้งหมดลงอย่างน้อย 50% โดยทั่วๆไปประสิทธิภาพของการกรองจะดีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นไม่สูงนัก ความลึกของชั้นกรวดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการกรองด้วย

Sevilia [14] ได้แสดงให้เห็นว่า coarse grain filtration สามารถลดความขุ่นได้มากกว่า 90% การลดความขุ่นของน้ำที่กรองได้ขึ้นกับความขุ่นของน้ำตัวอย่างที่ใช้ จากการทดลองใช้ Pea gravel ขนาด $\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{16}$ นิ้ว (4.8-9.6 มม.) ด้วยอัตราการกรอง 0.25-2.5 $ม.^3/ม.^2$-ชม. น้ำดิบมีค่าความขุ่นระหว่าง 100-300 JTU. ในช่วงเวลาการกรองนานถึง 71 ชม. และที่ความขุ่น 1,200-1,600 JTU. ช่วงเวลาในการกรองประมาณ 14 ชม. เขาได้สรุปว่าในอัตราการกรองต่ำๆประมาณ 0.25 $ม.^3/ม.^2$-ชม. และค่าความขุ่นต่ำๆ จะสามารถลดความขุ่นได้ถึง 90% ช่วงเวลาในการกรองมากกว่า 24 ชม.

Thanh และ Ouano [20] รายงานว่าพรีฟิลเตอร์แบบน้ำไหลตามแนวนอน (horizontal flow prefilter) สามารถลดความขุ่นได้ 60-70% แต่ไม่สามารถลดค่าความกระด้าง และความเป็นด่างของน้ำลงไปได้ และจำเป็นต้องปิดฝาถังทั้งพรีฟิลเตอร์ และถังทรายกรองเร็ว ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงแมลงหรือสัตว์อื่นๆ ซึ่งอาจจะตกลงไป ในที่ๆ น้ำดิบมีความขุ่นและแอลจีสูง สามารถใช้พรีฟิลเตอร์แบบใช้กาบมะพร้าว กรวด หินปูน เป็นสารกรอง ลดลงได้ ก่อนจะผ่านน้ำนั้นเข้าสู่เครื่องกรองอัตราต่ำ ข้อดีของพรีฟิลเตอร์ที่มีการไหลตามแนวนอนก็คือจะเกิดทั้งการกรอง และการตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงไปพร้อมๆ กัน เป็นการลดสารแขวนลอยลงไปได้ด้วย

Sivakumar [15] ศึกษาเครื่องกรองตามแนวนอน (horizontal filter) ใช้หินปูนเป็นสารกรอง สรุปได้ว่าอัตราการกรองที่เหมาะสมในเทอมประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ยคือ 0.34 $ม.^3/ม.^2$-ชม. สำหรับความขุ่นต่ำ (35 JTU.) และ 0.19 $ม.^3/ม.^2$-ชม. ที่ความขุ่นสูง (150 JTU.)

010564

2.3 ทฤษฎีของการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง

การกรองเป็นกรรมวิธีทางกายภาพและเคมี สำหรับแยกตะกอนแขวนลอย และ colloid ออกจากน้ำ โดยผ่านน้ำเข้าไปในชั้นทราย หรือตัวกลางอื่น ๆ ที่มีช่องว่าง สิ่งสกปรกจะถูกทิ้งไว้ในช่องว่างและน้ำจะไหลผ่านออกมา

กลไกของการกรองน้ำที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย(8)

1. Mechanical straining.
2. Sedimentation absorbtion.
3. Electrical effect.
4. Biological changed.

สำหรับกลไกในการกรองน้ำโดยใช้ Coarse media นั้นมีผู้เสนอแนวคิดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

Hazen (14) ได้สรุปว่า ช่องว่างของตัวกลางจะทำหน้าที่เป็น Sedimentation basin เมื่อน้ำไหลผ่านตัวกลาง จะทำให้ความเร็วลดลง พวกสารแขวนลอยจะตกตะกอนในช่องว่างเหล่านี้

Huisman และ Wood (9) กล่าวว่า การกรอง (Screening) เป็นเรื่องเป็นไปไม่ได้สำหรับ Coarse grained prefilter แต่เมื่อเข้ามาในตัวกลาง Particle ใหญ่ ๆ จะตกตะกอนและจะจับ Particles เล็ก ๆ ลงมาด้วย ทำให้เกิดชั้นบาง ๆ คล้ายวุ้นจับที่ media (gelateneons layer) ชั้นที่เกิดขึ้นนี้จะสามารถจับพวก Impurities เมื่อผ่านชั้นนี้

สำหรับ electrical effect เกิดจาก electrochemical force และ Van der waal's force ใช้อธิบายได้โดยทั่วไป สำหรับ

sand filtering media แต่ไม่เพียงพอที่จะอธิบายได้ใน coarse media filtration

เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นของ media จนเกิดชั้นบาง ๆ ของสิ่งที่มีชีวิต ซึ่งเรียกว่า "Schmutzdecke" หรือชั้นของสิ่งมีชีวิต "Biological layer" หรือ "Dirty skin" ลักษณะเป็นเมือกข้นคล้ายกาวประกอบด้วย algae ที่มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย และสิ่งมีชีวิตในรูปอื่น ๆ มากมาย รวมทั้ง Plankton และ Bacteria เมื่อน้ำไหลผ่านพวกสิ่งสกปรกจะถูกจับโดยเมือกข้น ๆ เหล่านี้ และอนุภาคขนาดใหญ่ของเกลือแร่ สารอินทรีย์ แอลจีทั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว จุลินทรีย์ที่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิต และ parasites ก็จะถูกกักอยู่ในชั้นนี้ด้วย และจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบอย่างอื่นที่ไม่เป็นอันตรายโดยสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่แฝงในชั้นนี้เอง กลไกนี้อาจจะเรียกได้ว่าเป็นกลไกทางชีวเคมีได้

อย่างไรก็ตาม Deb [2] ได้อธิบายว่า ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการกรองเป็นเรื่องซับซ้อนมาก กลไกในการกำจัดต่าง ๆ ไม่ได้เกิดจากกลไกอย่างไรอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว และอาจจะเกิดขึ้นประกอบกันหลาย ๆ อย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย