บทที่ 2

การสำรวจเอกสาร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 ประเภทของการกรองเร็ว

วิธีการกรองเร็วมี 2 ลักษณะคือ

1. การกรองโดยตรง (Direct Filtration) ไม่ต้องมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยขบวนการโคแอกกูเลชั่นและตกตะกอน การกรองโดยตรงอาจมีการเติมสารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรองหรือไม่ก็ได้
2. การกรองน้ำที่ผ่านขบวนการโคแอกกูเลชั่นและตกตะกอนมาแล้ว

การกรองโดยตรงที่ไม่ใช้สารเคมี การกรองแบบนี้จำเป็นต้องให้แน่ใจว่าคุณภาพของน้ำไม่แปรปรวนและต้องไม่ขุ่นจนเกินไป มิฉะนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอุดตันเร็วและได้น้ำที่มีคุณภาพเลว อัตรากรองอาจสูงได้ตั้งแต่ 4 – 25 เมตร/ชม. (1.6 – 10.2 แกลลอน/ตารางฟุต–นาที)

การกรองโดยตรงที่ใช้สารเคมี การใส่สารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง ต้องให้แน่ใจว่าเกิดการกวนเร็ว (Rapid Mixing) ก่อนมีการกรองเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะการเติมสารเคมีก็เพื่อทำลายความคงตัว (Destabilization) ของความขุ่น เป็นผลให้การดูดติดผิวระหว่างความขุ่นกับสารกรองหรือความขุ่นกับความขุ่นเกิดขึ้นได้แน่นอน ดังนั้นสารเคมีที่นิยมจึงเป็นโคแอกกูแลนท์ต่าง ๆ เช่น สารส้ม ปริมาณสารส้มที่ใช้อยู่ในช่วง 2 – 10 มก/ล.และไม่ใช้สูงกว่า 15 มก/ล. ทั้งนี้เพราะจะไปทำให้ชั้นทรายเหนียวและจับกันมากเกินไปจนเป็นเหตุให้อุดตันเร็วและล้างได้ยาก ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องมีการปรับพีเอชก่อนหรือเติมโคแอกกูแลนท์เอด (Coagulant Aid) เช่น ใช้ Cationic Polymer (โพลีเมอร์ที่มีประจุบวก) สารโพลีเมอร์อาจเติมตามลำพังก็ได้ จะช่วยให้การกรองน้ำได้ผลดีขึ้น เช่น ทำให้สามารถกรองได้นานโดยไม่อุดตัน หรือกรองได้เร็วขึ้น แต่ก็มักมีข้อเสียคือ ทำให้การล้างเครื่องกรองทำได้ยากขึ้น การใช้แรงลมหรือฉีดน้ำที่ผิวหน้าของชั้นกรองเพื่อช่วยการขัดสีของเม็ดทรายมักเป็นสิ่งจำเป็นในกรณีนี้

อัตรากรองขึ้นอยู่กับความขุ่นในน้ำดิบและคุณภาพน้ำที่ต้องการ โดยปกติการกรองเพื่อผลิตน้ำดื่มหรือน้ำประปามักใช้อัตราประมาณ 4 – 10 เมตร/ชม. (1.6–4 แกลลอน/ตารางฟุต–นาที) แต่ถ้าต้องการกรองเพื่อใช้ในสระว่ายน้ำ อาจใช้อัตราสูงได้ถึง 40–60 เมตร/ชม. (16– 24 แกลลอน/ตารางฟุต–นาที)

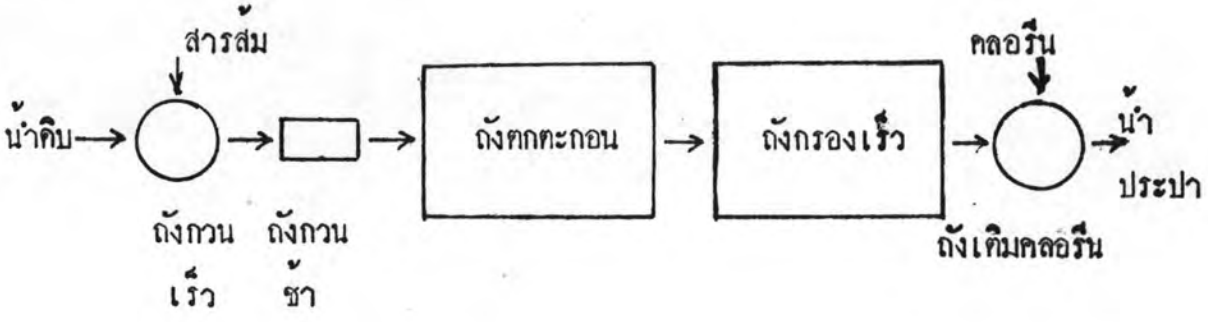
เงื่อนไขสำคัญของวิธีกรองโดยตรงแบบใช้สารเคมีก็เป็นเช่นเดียวกับวิธีกรองโดยตรงแบบไม่ใช้สารเคมี กล่าวคือ น้ำดิบต้องมีความขุ่นต่ำและมีสีน้อยมากตลอดทั้งปี

โรงงานผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็วจนอาจถือได้ว่าเครื่องกรองแบบนี้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของอุตสาหกรรมผลิตน้ำก็ว่าได้ เครื่องกรองดังกล่าวมักมีทรายเป็นสารกรองและมีการเรียงขนาดจากละเอียดไปหาหยาบ น้ำไหลจากบนลงล่างเสมอ นอกจากเวลาล้างเครื่องกรอง

2.2 <u>บทบาทและตำแหน่งของเครื่องกรองน้ำในโรงงานประปา</u>

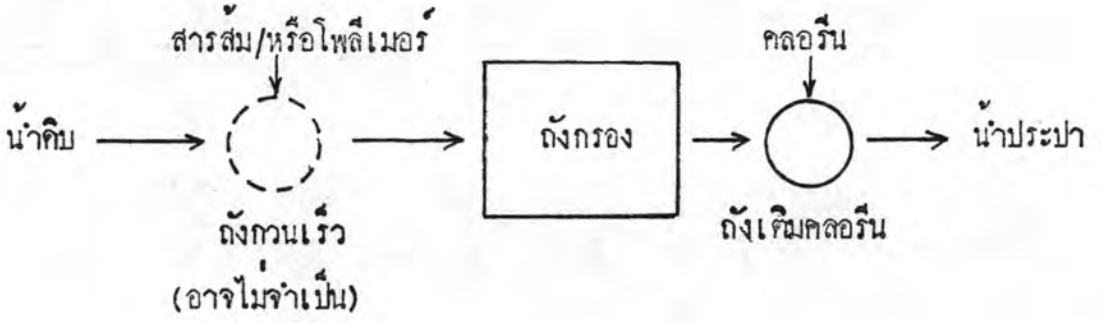
เครื่องกรองน้ำเป็นส่วนประกอบร่วมที่มีความสำคัญสำหรับโรงงานประปาส่วนใหญ่ ระบบประปาที่ใช้เครื่องกรองอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.2.1 <u>ระบบประปาแบบธรรมดา</u> ระบบประเภทนี้เป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุด ประกอบด้วยถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรองเร็ว และถังเติมคลอรีน น้ำดิบมีความขุ่นปานกลางหรือสูง (ดูภาพที่ **2.1**)



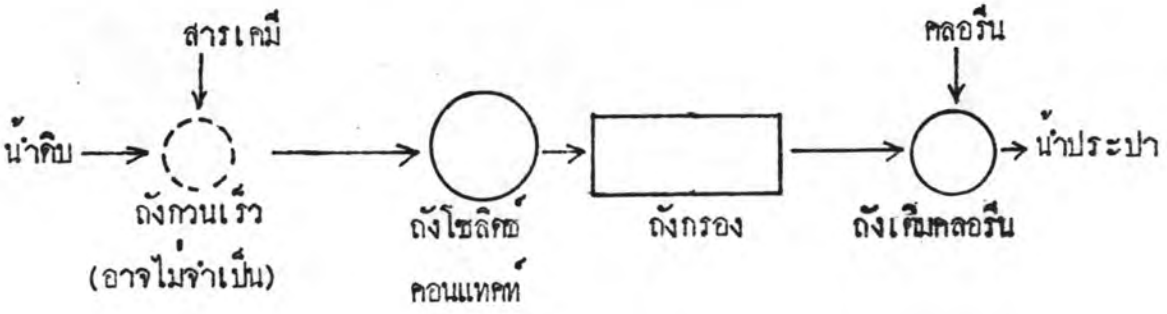
ภาพที่ 2.1 ระบบประปาแบบธรรมดา

2.2.2 <u>ระบบประปาแบบกรองโดยตรง</u> ระบบนี้เหมาะสำหรับใช้กับแหล่งน้ำดิบที่มีความขุ่นต่ำตลอดทั้งปี ขบวนการโคแอกกูเลชั่นและตกตะกอนไม่จำเป็นต้องมี ดังนั้นส่วนประกอบของระบบนี้จึงมีเฉพาะถังกรองและถังเติมคลอรีน การเติมสารโคแอกกูแลนท์/หรือโพลีเมอร์จะช่วยให้การกรองได้ผลดียิ่งขึ้น สารเคมีอาจเติมเข้าเส้นท่อที่นำน้ำเข้าเครื่องกรองหรืออาจมีถังกวนเร็วสำหรับผสมสารเคมีกับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง (ดูภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ระบบประปาแบบกรองโดยตรง

2.2.3 <u>ระบบประปาที่มีถังโซลิดซ์คอนแทคท์</u> (Solids Contact) ระบบนี้เหมาะสำหรับน้ำดิบที่มีความกระด้างสูงเกินไป และจำเป็นต้องกำจัดออกด้วยสารเคมี (เช่น ปูนขาว โซดาแอช) ส่วนประกอบของระบบนี้โดยหลักการแล้วคล้ายคลึงกับระบบประปาแบบธรรมดา เพียงแต่ว่าถังกวนเร็ว ถังกวนช้า และถังตกตะกอน ถูกออกแบบเป็นพิเศษให้รวมอยู่ในถังเดียวกันหมด ถังใบนี้คือ Solids Contact Tank . หรือ Solids Contact Clarifier ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบนี้



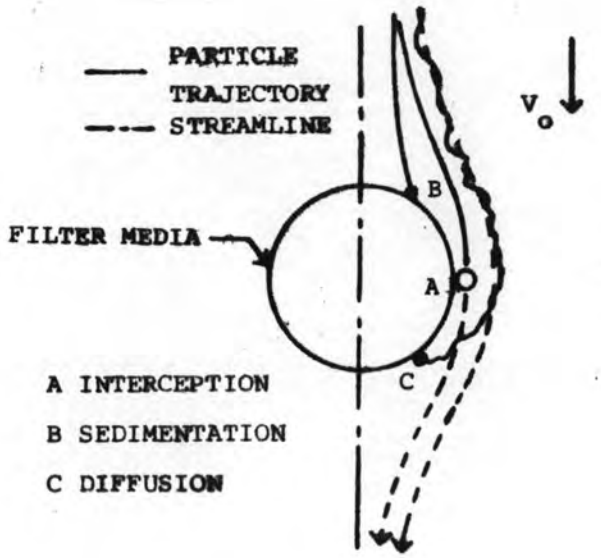
ภาพที่ 2.3 ระบบประปาแบบใช้ถังโซลิดซ์คอนแทคท์

2.3 กลไกของการกรองน้ำ

การกรองน้ำเป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยหรือคอลลอยด์ในน้ำมาไว้บนสารกรองหรือมาไว้ที่ช่องว่างระหว่างสารกรอง ดังนั้นกลไกในการกรองน้ำจึงเกี่ยวข้องกับวิธีการเคลื่อนย้าย (Transport) สารแขวนลอยในน้ำให้เข้าไปหาสารกรองซึ่งอยู่นิ่ง ๆ และวิธีการทำให้สารแขวนลอยเกาะจับอยู่กับสารกรอง หรือสิ่งที่ติดอยู่บนสารกรองก่อนแล้ว (Attachment)

2.3.1 กลไกเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาสารกรอง (Transport Mechanism)

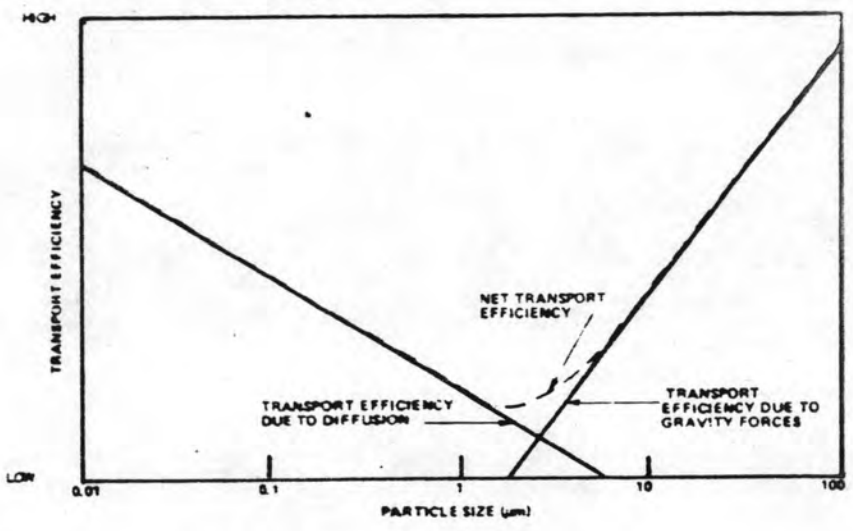
ในกรณีของการกรองผ่านชั้นทรายหรือสารกรองอื่น สารแขวนลอยเคลื่อนที่เข้าสารกรองได้ 2 วิธี (ดูภาพที่ 2.4) วิธีแรกเป็นการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของสารที่มีขนาด



ภาพที่ 2.4 กลไกในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำเข้าหาสารกรอง

เล็กกว่า 1 ไมครอน และเป็นการเคลื่อนที่ในระดับโมเลกุลที่เกิดจากการแพร่กระจายแบบบราวเนียน (Brownion Diffusion) วิธีที่สองเป็นการเคลื่อนที่ตามเส้นทางการไหลของน้ำ สารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน จะวิ่งเบียดเข้าหาสารกรอง (Interception)

ในขณะที่ผ่านช่องว่างขนาดเล็ก นอกจากนี้สารแขวนลอยขนาดใหญ่ยังอาจตกตะกอนในทิศทางนี้ ที่เคลื่อนที่เข้าหาสารกรองได้ ขนาดและการกระจายขนาด (Size Distribution) ของสารแขวนลอยมีความสำคัญต่อกลไกเคลื่อนย้ายเป็นอย่างมาก (ภาพที่ 2.5) กล่าวคือ เมื่อขนาดของสารแขวนลอยเล็กกว่า 1 ไมครอน ประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายจะแปรผกผันกับขนาด นั่นคือการแพร่กระจายทำให้สารขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้มากกว่า และมีโอกาสวิ่งเข้าหาสารกรองได้มากกว่าสารขนาดใหญ่ เมื่อสารที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน มีการแพร่กระจายในระดับโมเลกุลน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญ ขนาดและน้ำหนักของสารแขวนลอยจะเข้ามามีบทบาทสำคัญใน



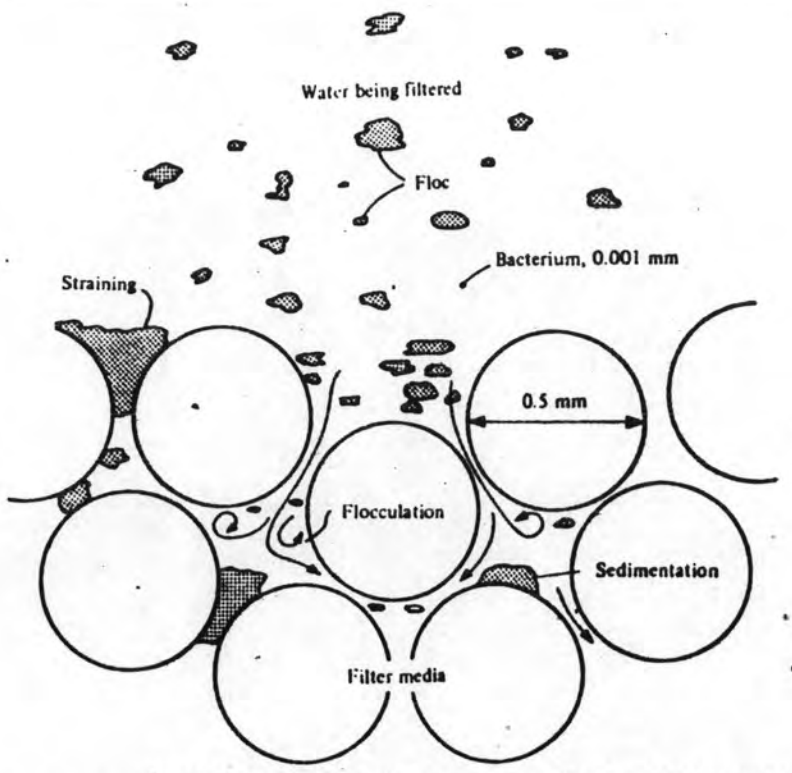
ภาพที่ 2.5 ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยขึ้นอยู่กับขนาด

การสร้างกลไกแบบตกตะกอนและดักค้าง (Interecption) ดังนั้น ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายจึงแปรตรงกับขนาดของสารแขวนลอย ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ทั้งนี้เนื่องจากขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากและมีปริมาตรมาก จึงตกตะกอนหรือดักค้างสารกรองได้ง่าย ตามที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า สารแขวนลอยที่มีขนาดประมาณ 1 ไมครอน กรองออกได้ยากกว่าสารขนาดอื่น

2.3.2 กลไกจับสารแขวนลอย (Attachment Mechanism) สารแขวนลอยขนาดใหญ่อาจตกตะกอนและเกาะติดอยู่บนสารกรอง หรืออาจตกค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง ทำให้สามารถกรองออกจากน้ำได้ อย่างไรก็ตามปรากฏว่าเครื่องกรองสามารถกำจัดคอลลอยด์ขนาดเล็กออกจากน้ำได้ด้วย ซึ่งกลไกทางกายภาพเพียงลำพังไม่น่ากระทำได้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การกรองน้ำต้องอาศัยกลไกแบบที่ใช้ในขบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วย กลไกดังกล่าวคือ การดูดติดผิว (adsorption) และทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ให้เป็นกลาง (Charge Neutralization) การดูดติดผิวเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้คอลลอยด์สามารถเกาะจับอยู่บนสารกรอง หรือบนสิ่งอื่นที่จับบนสารกรองอยู่ก่อนแล้ว อย่างไรก็ตาม สารกรองและคอลลอยด์มักมีประจุลบทั้งคู่ จึงต้องมีการทำลายประจุไฟฟ้าของสารตัวใดตัวหนึ่งก่อน หรือของทั้งคู่เพื่อมิให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุเดียวกัน ในกรณีของการกรองน้ำนับว่าแตกต่างจากกรณีของโคแอกกูเลชั่น เนื่องจากคอลลอยด์อยู่ในน้ำ ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านชั้นกรองซึ่งอยู่กับที่ ทำให้สามารถทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ก่อนผ่านเข้าชั้นกรองได้ หรือถ้าเปลี่ยนประจุของคอลลอยด์ให้เป็นประจุบวกก่อนผ่านเข้าชั้นกรองก็จะได้ผลในการกรองมากยิ่งขึ้น เพราะการที่สารกรองและคอลลอยด์มีประจุต่างกัน เป็นการส่งเสริมการดูดติดผิวให้เกิดขึ้นได้อย่างเหนียวแน่น การเติมสารส้มหรือสารโพลีเมอร์เพื่อช่วยการกรองโดยตรง (Direct Filtration) ก็เป็นการทำลายประจุของคอลลอยด์และ/หรือเปลี่ยนประจุลบให้เป็นประจุบวก ดังนั้น จึงช่วยทำให้การกรองน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในบางครั้ง คอลลอยด์ต่าง ๆ อาจรวมตัวกันเป็นฟล็อค ทำให้มีขนาดใหญ่จนสามารถตกตะกอนเป็นสารกรองหรือติดค้างอยู่ในระหว่างช่องว่าง

เมื่อกล่าวมาถึงขณะนี้ พอสรุปได้ว่า การกรองสารแขวนลอยขนาดเล็กและใหญ่ออกจากน้ำ อาศัยกลไก 2 ชุด ซึ่งแตกต่างกัน สารแขวนลอยขนาดใหญ่หรือฟล็อคที่แข็งแรงสามารถตกตะกอนบนสารกรองหรือติดค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง จึงแยกออกจากน้ำได้ ส่วนสารแขวนลอยขนาดเล็ก ต้องอาศัยแรงที่เกิดจากการแพร่กระจาย (Diffusion Forces) และมีกลไกดูดติดผิวซึ่งมีการทำลายประจุลบให้เป็นกลาง และ/หรือเปลี่ยนประจุลบให้เป็นบวก

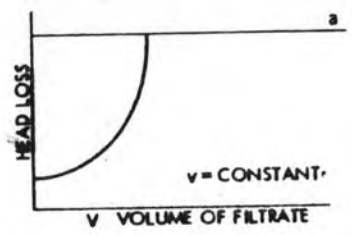
ภาพที่ 2.6 แสดงถึงกลไกแบบต่าง ๆ ของการกรองน้ำที่ทำให้สามารถกำจัดสารแขวนลอยได้



Schematic diagram illustrating straining, flocculation, and sedimentation actions in a rapid sand filter.

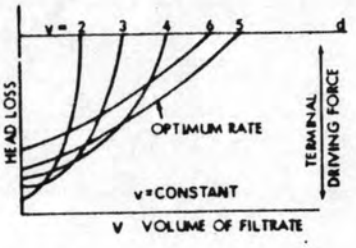
ภาพที่ 2.6 กลไกของการกรองน้ำในเครื่องกรองแบบทรายกรองเร็ว

การกำจัดสารแขวนลอยด้วยกลไกทั้ง 2 แบบ มีผลต่อการกรองน้ำไม่เหมือนกัน การตกตะกอนและการติดค้าง ซึ่งเป็นกลไกทางกายภาพน่าจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของชั้นกรองหรือที่ความลึกไม่เกิน 2 – 3 นิ้ว จากผิวหน้า ทำให้มีชั้นตะกอนปกคลุมปิดผิวบนของชั้นกรอง ลักษณะเช่นนี้ทำให้การสูญเสียเฮดเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (ดูภาพที่ 2.7) กราฟของการสูญเสียเฮดจะเป็น



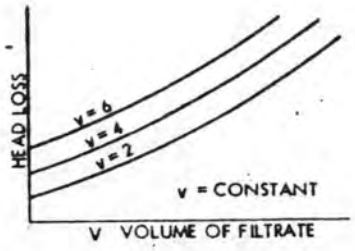
ภาพที่ 2.7 รูปแบบของการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองที่มีการกรองแบบติดผิว (Surface Filtration)

เส้นโค้งแบบกะทะหวาย เครื่องกรองน้ำที่มีการกรองเป็นแบบติดผิว (คล้ายกับเครื่องกรองแบบใช้แผ่นกรอง) จะมีการสูญเสียเฮดเป็นแบบดังแสดงในภาพที่ 2.7 ทำให้อุดตันเร็ว ดังนั้นจึงไม่ใช่ลักษณะของเครื่องกรองที่ดี ถ้าหากเกิดขึ้นควรพยายามหลีกเลี่ยงโดยเพิ่มอัตรากรองให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มแรงผลักดันให้สารแขวนลอยสามารถแทรกตัวเข้าภายในชั้นกรองได้ลึกมากขึ้น ดังนั้น การเพิ่มอัตรากรองในกรณีนี้ทำให้ผลิตน้ำได้มากขึ้น และรูปร่างของกราฟแสดงการสูญเสียเฮดจะเปลี่ยนไปดังแสดงในภาพที่ 2.8

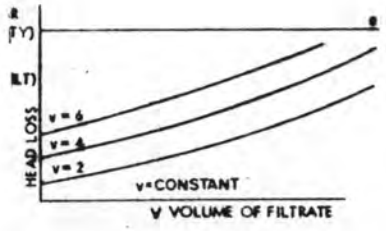


ภาพที่ 2.8 การเพิ่มอัตรากรองทำให้สามารถชลออัตราการเพิ่มของการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองที่มีกลไกแบบติดผิวและสามารถผลิตน้ำได้มากขึ้น

เครื่องกรองที่ทำงานได้ดีและมีอายุไม่สั้นเกินไป ควรกำจัดสารแขวนลอยด้วยกลไกทั้งแบบกายภาพและเคมี (การดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้า) เนื่องจากวิธีนี้ทำให้การกรองเกิดขึ้นได้ลึกและทั่วทั้งชั้นกรอง การสูญเสียเฮดจึงเกิดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้กราฟของการสูญเสียเฮดเป็นเส้นตรงหรือมีความโค้งน้อย (ดูภาพที่ 2.9)



ก. เครื่องกรองทราย



ข. เครื่องกรองแบบ 2 ชั้นสอง (ทราย + ถ่าน)

ภาพที่ 2.9 ลักษณะการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองซึ่งการกำจัดความขุ่นเกิดขึ้นได้ลึกลงไปในชั้นกรอง จะเห็นได้ว่าเครื่องกรองแบบ 2 ชั้นกรองได้ผลดีกว่าเครื่องกรองแบบธรรมดา

สำหรับในกรณีที่การกรองไม่ได้ผลเพราะไม่ได้มีการเตรียมน้ำก่อนกรองหรือสาเหตุอื่น ๆ ทำให้สารแขวนลอยสามารถทะลุผ่านชั้นกรองไปได้ กราฟของการสูญเสียเฮด (เมื่ออัตรากรองมีค่าคงที่) จะเป็นเส้นโค้งแบบกะทะคว่ำ (ตรงกันข้ามกับภาพที่ 2.7) ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าต้องเตรียมน้ำก่อนกรองให้เหมาะสม และสิ่งที่ควรกระทำคือ เติม Filter aid (เช่น สารโพลีเมอร์ หรือสารส้ม ฯลฯ) ให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง

ในระหว่างการกรองน้ำ สารแขวนลอยอาจหลุดออกมาจากถังกรองได้ด้วยกลไกที่เรียกว่า Detachment กลไกนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีตะกอนบางส่วนเกาะจับอย่างหลวม ๆ บนสารกรอง เมื่อชั้นกรองมีความฝืดเพิ่มขึ้นหรืออุดตันมากขึ้น แรงที่เกิดจากการไหลของน้ำจะมีค่าสูงตามด้วย ทำให้ตะกอนหลุดออกจากชั้นกรองได้ การเพิ่มอัตรากรองอย่างกระทันหันทำให้ได้น้ำขุ่น เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงกลไกแบบ detachment นักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งมีความเชื่อว่ากลไกแบบ detachment เกิดขึ้นเนื่องจากพื้นที่ว่างบนสารกรองถูกใช้ไปจนเกือบหมด ทำให้

สารแขวนลอยมีโอกาสเกาะติดผิวชั้นกรองได้น้อย การวิ่งของสารแขวนลอยออกจากชั้นกรองจึงมีมาก

2.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำ

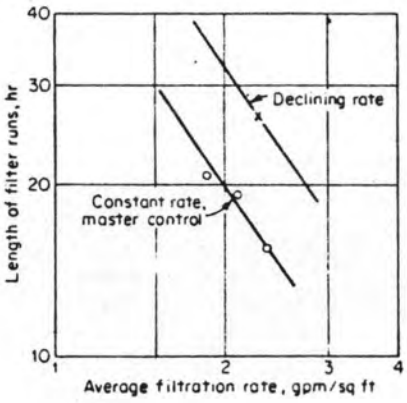
2.4.1 การเตรียมน้ำก่อนกรอง (Pretreatment)

เนื่องจากการกรองน้ำมิใช่เป็นขบวนการทางกายภาพเพียงอย่างเดียว การกรองน้ำดิบที่มีความขุ่นโดยตรง จึงมักไม่ให้น้ำใสเท่าที่ควรแม้จะใช้อัตรากรองต่ำมากก็ตาม ความขุ่นบางส่วนเท่านั้นที่ติดค้างอยู่ในชั้นกรอง และจะมีความขุ่นลอดผ่านชั้นกรองได้เสมอ การที่เป็นเช่นนี้มีสาเหตุมาจากข้อเท็จจริงที่มีสารแขวนลอยและสารกรองมักมีประจุลบทั้งคู่ผลักซึ่งกันและกัน ดังนั้นโอกาสในการสัมผัสและเกาะติดกันจึงมีไม่มาก การเตรียมน้ำก่อนกรองซึ่งได้แก่ การทำโคแอกกูเลชั่น เพื่อทำลายประจุลบของสารแขวนลอยและเปลี่ยนให้เป็นประจุบวก จึงมีความสำคัญต่อการกรองน้ำเป็นอย่างยิ่ง การทำลายประจุของสารกรองก็อาจได้ผลเช่นเดียวกับการทำลายประจุของสารแขวนลอย แต่ปฏิบัติได้ยากกว่า

นักวิจัยได้พบว่า การกรองน้ำในอัตรา 2 – 6 กล/นาที – ตร.ฟุต (5–15 เมตร/ชม.) ให้กับน้ำที่เตรียมไว้ก่อน จะให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าไม่มีการเตรียมน้ำก่อนกรอง แม้จะใช้อัตรากรองต่ำกว่า 2 กล/นาที – ตร.ฟุต ก็ไม่สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพดีได้

2.4.2 ความแปรปรวนของอัตรากรอง

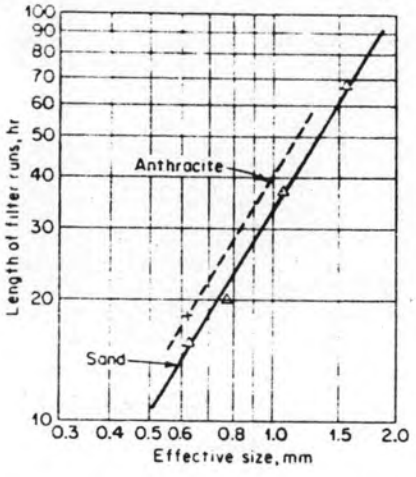
อัตรากรองที่แปรปรวนอย่างกระทันหัน เป็นต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพของน้ำลดต่ำได้มาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมรักษาระดับของอัตรากรองให้คงที่ตลอดเวลาด้วยอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่า ไม่มีความจำเป็นที่ต้องรักษาอัตรากรองให้คงที่เสมอไป การกรองในอัตราที่ลดลงอย่างสม่ำเสมอและมีแบบแผน (Declining Rate Filtration) ก็สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูงได้เช่นกัน และยังอาจผลิตน้ำได้มากกว่าด้วย (ดูภาพที่ 2.10)



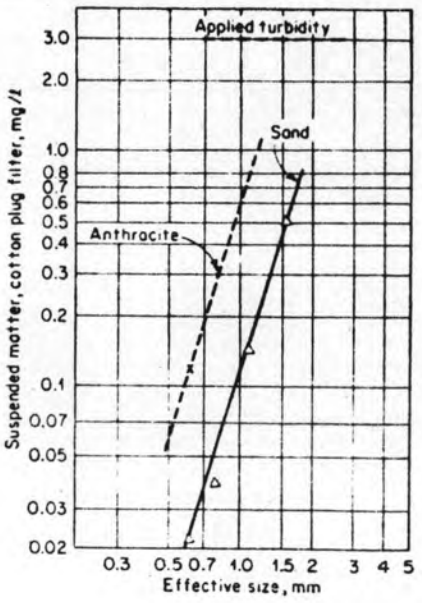
ภาพที่ 2.10 การกรองน้ำแบบอัตราลดสามารถผลิตน้ำได้มากกว่าการกรองแบบอัตราคงที่

2.4.3 <u>ขนาดของสารกรอง</u>

สารกรองเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถใช้กำหนดสมรรถนะของเครื่องกรองได้เป็นอย่างดี การใช้สารกรองขนาดเล็ก เช่น ทรายจะผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูง แต่ต้องสูญเสียเฮดมาก ทำให้อายุกรองสั้น (ดูภาพที่ 2.11 และ 2.12) แต่ถ้าใช้สารกรองหยาบ เช่น แอนทราไซต์



2.11 อิทธิพลของขนาดของ สารกรองที่มีต่ออายุของการกรอง



2.12 อิทธิพลของขนาดของสารกรองที่มีต่อความใสของน้ำที่กรองได้

(Antgracite) จะมีการสูญเสียเฮดต่ำแต่กรองน้ำได้ไม่ใส อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางวิทยาการกรองน้ำในปัจจุบันช่วยทำให้วิศวกรได้ประโยชน์จากข้อเท็จจริงดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่น ใช้ Filter aid เช่น สารส้มหรือโพลีเมอร์ ช่วยให้ชั้นกรองที่มีขนาดใหญ่สามารถกรองน้ำได้ใส และมีการสูญเสียเฮดต่ำ หรือในกรณีที่มี available head มาก ๆ (เช่น ถังกรองแบบให้ความดัน) เราก็สามารถใช้สารกรองขนาดเล็กได้ เป็นต้น

2.4.4 <u>อัตราล้างย้อน</u> (Back wash Rate)

อัตราล้างย้อนมีความสำคัญต่อการกรองน้ำ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการเลือกขนาดสารกรองและกำหนดสมรรถนะของเครื่องกรองน้ำด้วย สารกรองขนาดใหญ่และมี ถ.พ.สูง ต้องการอัตราล้างย้อนสูง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก ดังนั้นในบางครั้งเมื่ออัตราล้างย้อนมีข้อจำกัด ขนาดของสารกรองก็ถูกกำหนดไปอย่างอัตโนมัติ เครื่องกรองที่ล้างไม่พอเพียง ทำให้มีการสะสมของสารแขวนลอยและสิ่งสกปรกอื่นจนกระทั่งเกิด Mud Ball และปัญหาอื่น ๆ จะไม่สามารถผลิตน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

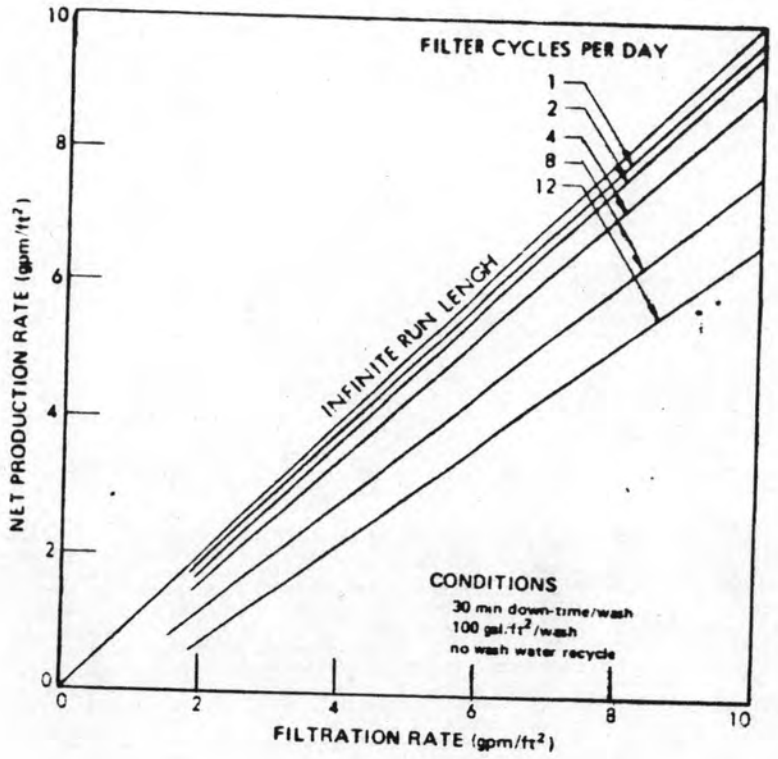
2.4.5 <u>คุณภาพของน้ำดิบ</u> น้ำดิบที่เข้าเครื่องกรองมีความสำคัญในการกำหนดว่าต้องมีการทำความสะอาดหรือเตรียมน้ำก่อนกรองหรือไม่ โดยปกติ ถ้าน้ำดิบมีความขุ่นไม่เกิน 20–50 หน่วย การกรองอาจเป็นแบบกรองโดยตรง (direct Filtration) ที่ไม่ต้องมีการลดความขุ่นก่อนเข้าถังกรอง แต่สำหรับน้ำที่ขุ่นกว่านั้น ควรมีการกำจัดความขุ่นออกก่อน ด้วยขบวนการโคแอกกูเลชั่นและการตกตะกอน จากนั้นจึงนำน้ำเข้าเครื่องกรอง

2.4.6 <u>ความหนาของชั้นกรอง</u> ข้อเท็จจริงที่ว่า การสูญเสียเฮดส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ระดับประมาณ 3 นิ้ว ลึกจากผิวชั้นทราย ทำให้ดูเหมือนว่ามีเพียงความลึก 3 นิ้วเท่านั้นที่ใช้ในการกรอง จึงมักมีคำถามว่า ชั้นกรองจะหนาเพียง 3 นิ้ว ได้หรือไม่ คำตอบคือ ไม่ได้ เนื่องจากความหนาของชั้นกรองเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดโอกาสสัมผัสระหว่างสารแขวนลอยและสารกรอง ซึ่งมีความสำคัญต่อสมรรถนะของการกรองน้ำเป็นอย่างมาก การพัฒนาเครื่องกรองหลาย ๆ แบบใน

ช่วงเวลาที่ผ่านมา ก็มีความมุ่งหมายประการหนึ่งคือ พยายามใช้ประโยชน์จากความหนาทั้งชั้นของสารกรอง วิศวกรพอมีความรู้อยู่บ้างว่า ถ้าเตรียมน้ำให้สารแขวนลอยมีประจุบวก การกรองน้ำอาจเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งความลึก

2.4.7 <u>อายุของเครื่องกรองน้ำ</u> การกรองน้ำทำให้มีสารแขวนลอยสะสมอยู่ในชั้นกรองเพิ่มขึ้นตามเวลา ในขณะเดียวกันทำให้มีช่องว่างระหว่างสารกรองลดน้อยลง จึงมีความฝืดและต้านทานไหลของน้ำ เฮดจะต้องพอเพียงจึงจะรักษาอัตรากรองให้คงที่ได้ ในระหว่างการกรองจึงมักสังเกตุเห็นได้ว่า ระดับน้ำในถังกรองจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ เพื่อให้มีเฮดพอเพียงนั้น อย่างไรก็ตามเมื่อกรองน้ำถึงจุดหนึ่งแล้ว เช่น ระดับน้ำในถังกรองถึงจุดสูงสุดหรือน้ำกรองเริ่มขุ่นเป็นต้น จำเป็นต้องล้างเครื่องกรองเสมอ โดยปกติถังกรองควรมีอายุประมาณ 18 – 36 ชม. ถ้าอายุกรองสั้นเกินไป ต้องล้างบ่อยทำให้เสียเวลาและน้ำในการล้าง (ต้องใช้น้ำกรองล้างเสมอ) แต่ถ้าอายุนานเกินไปก็ไม่ดี เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีและชีวอาจเกิดขึ้นได้ในชั้นกรองหรือบนผิวกรอง ทำให้เกิดผลเสียหายในภายหลัง การล้างเครื่องกรองวันละครั้งเป็นการป้องกันมิให้ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นได้ถึงจุดสุดท้าย ปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นกับชั้นกรองได้แก่ การตกผลึกของหินปูนที่อยู่ในที่อิ่มตัวด้วยหินปูน หินปูนอาจเป็นตัวประสานจนทำให้ชั้นทรายจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ อีกตัวอย่างหนึ่งเกิดขึ้นกับการกรองเหล็กออกจากน้ำ เหล็กเฟร์ริคในชั้นกรองอาจสลายตัวกลายเป็นเหล็กเฟร์รัสได้ใหม่ด้วยอำนาจของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำกรองแล้วมีเหล็กติดออกไปด้วย การเกิดสาหร่ายสีเขียวก็เป็นอีกตัวอย่างของปฏิกิริยาชีวะที่อาจเกิดขึ้นกับถังกรองได้ ถ้ามีการล้างเครื่องกรองไม่พอเพียง เครื่องกรองที่มีอายุยาวเกินไปนอกจากจะมีข้อเสียดังกล่าวแล้ว ยังไม่สามารถผลิตน้ำได้มากกว่าเครื่องกรองที่ล้างวันละครั้งอย่างมีนัยสำคัญ (ดูภาพที่ 2.13)

010375



ภาพที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตน้ำกับอายุของเครื่องกรองที่อัตรากรองต่าง ๆ

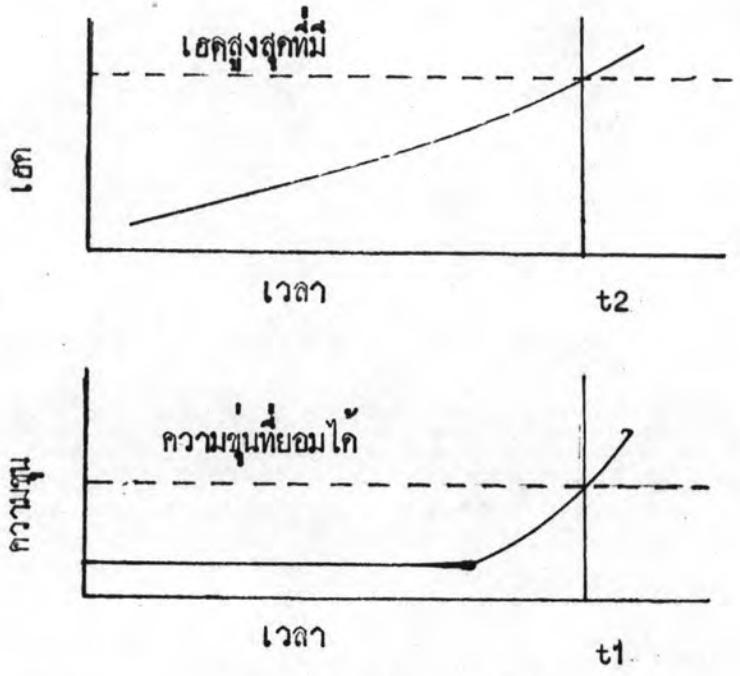
จะเห็นได้ว่า การล้างเครื่องกรองน้อยกว่าวันละ 1 – 2 ครั้ง ไม่ช่วยทำให้ผลิตน้ำได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การหมดอายุของชั้นกรองอาจสังเกตุได้จากน้ำกรองที่ขุ่น หรือระดับน้ำในถังกรองที่สูงจนถึงระดับสูงสุด แต่ในบางครั้งอาจกำหนดเวลาล้าง เช่น ทุก 24 ชม. โดยไม่คำนึงถึงพารามิเตอร์ทั้งสองที่กล่าว

ถ้าให้ t_1 = เวลาของการกรองน้ำจนมีการรั่วของความขุ่นเกิดขึ้นถึงระดับที่ยอมได้

t_2 = เวลาของการกรองน้ำจนหมด available head ซึ่งวัดจากจุดน้ำออกจนถึงระดับสูงสุดของถังกรองที่ยอมให้น้ำขึ้นถึง หรือมีการสูญเสียเฮดจนถึงระดับสูงสุด

เครื่องกรองที่ออกแบบและทำงานได้อย่างเหมาะสมที่สุด (Optimal) จะต้องมี $t_1 = t_2$ (ดูภาพที่ 2.14) แต่ในทางปฏิบัติสภาวะดังกล่าวยากจะเป็นจริง และเกิดขึ้น



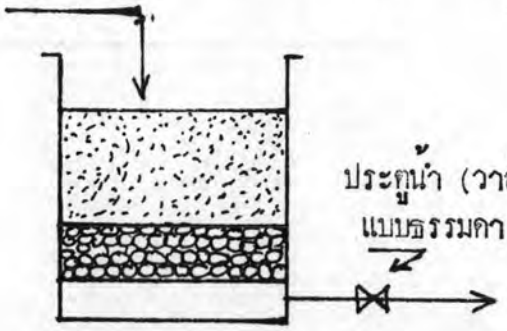
ภาพที่ 2.14 เครื่องกรองน้ำที่มี $t_1 = t_2$

ดังนั้นในการออกแบบมักตั้งเป้าหมายให้ t_2 น้อยกว่า t_1 ซึ่งหมายความว่า ถังกรองจะหมด available head หรือมีการสูญเสียเฮดจนถึงระดับสูงสุด แต่น้ำที่กรองได้ยังไม่ขุ่น การที่เป็นเช่นนี้มีความมุ่งหมายให้มีความปลอดภัยในทางสาธารณสุขต่อผู้ใช้น้ำมากที่สุด

2.5 <u>ระบบควบคุมการกรองน้ำแบบต่าง ๆ</u>

2.5.1 <u>การกรองน้ำที่ใช้เครื่องควบคุมอัตรากรอง</u> (Constant Rate and Constant level) โดยปรกติ เครื่องกรองมีอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับควบคุมอัตรากรองน้ำเสมอ หน้าที่ของอุปกรณ์ควบคุมเหล่านี้คือป้องกันมิให้อัตรากรองน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เกิดผลเสียต่อการกรองน้ำ เช่น กรองเร็วไปจนไม่สามารถกำจัดความขุ่นได้ เป็นต้น เครื่องควบคุมยังอาจใช้กระจายน้ำจำนวนเท่า ๆ กันให้กับเครื่องกรองหลายตัวที่ต่อกันอย่างขนาน และอาจใช้จำกัดปริมาณสูงสุดของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกรองแต่ละตัว

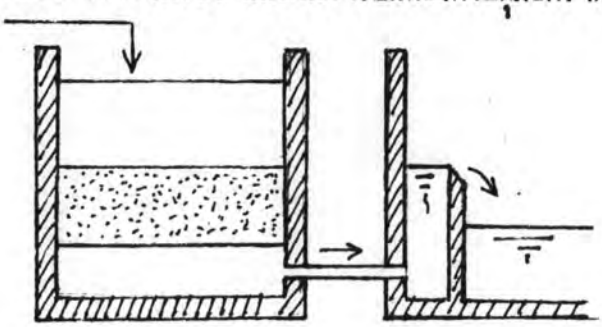
อุปกรณ์ควบคุมอัตรากรองสำหรับเครื่องกรองขนาดเล็ก อาจเป็นวาล์วหรือประตูน้ำชนิดธรรมดา ติดไว้ที่ทางน้ำกรองออก (ดูภาพที่ 2.10) วิธีควบคุมเช่นนี้เป็นแบบที่ตรงไปตรงมาที่สุด แต่ไม่ใช่วิธีควบคุมที่เชื่อถือได้มากนัก ในระยะแรกการกรองเกิดได้ง่ายเพราะชั้นกรองสะอาด จึงต้องหรี่วาล์วมาก ๆ เพื่อมิให้อัตรากรองสูงเกินไป และเพื่อมิให้ชั้นกรองแห้ง เมื่อเวลาผ่านไป



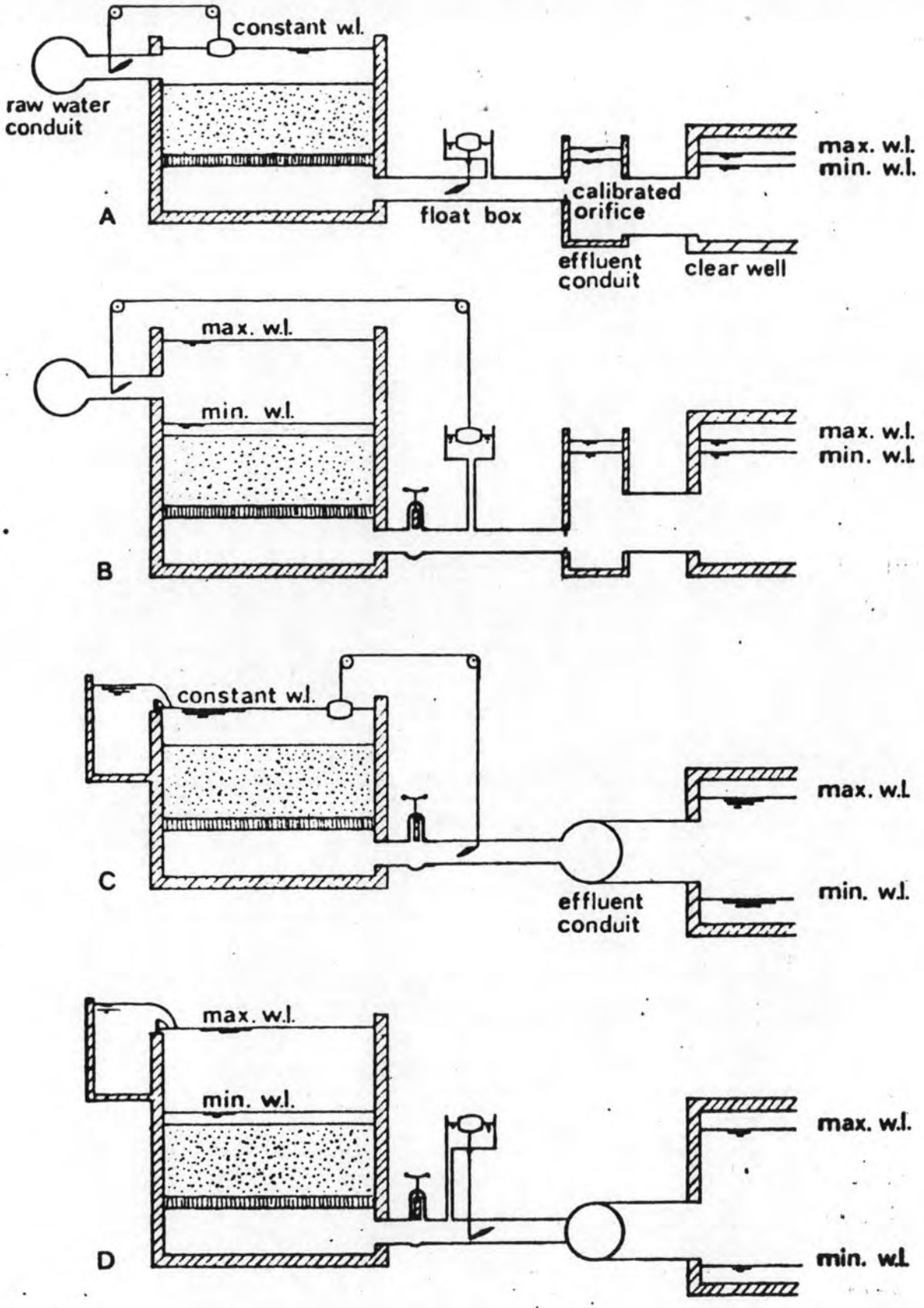
ภาพที่ 2.15 การควบคุมเครื่องกรองแบบง่ายที่สุด

ผู้ควบคุมต้องถอยเปิดวาวล์วให้กว้างขึ้นเพื่อให้กรองน้ำได้ทัน จะเห็นได้ว่าผู้ควบคุมต้องหมั่นมาตรวจเครื่องกรองเพื่อปรับตำแหน่งของวาล์วให้อยู่ในที่เหมาะสม เพื่อเป็นการลดภาระของผู้ควบคุมเครื่องกรองให้เหลือน้อย จึงมีการนำเอาระบบอัตโนมัติต่าง ๆ มาใช้ ภาพที่ 2.16 เป็นตัวอย่างของการควบคุมเครื่องกรองแบบอัตโนมัติด้วยระบบสวิทลูกลอย สำหรับโรงงานประปาขนาดใหญ่ นิยมใช้เครื่องควบคุมอัตรากรองแบบเว็นจูรี่ (ดูภาพ 2.17) ซึ่งสามารถปรับอัตรากรองให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาอย่างอัตโนมัติตามระดับที่ได้กำหนดและตั้งไว้โดยผู้ควบคุมเครื่องควบคุมแบบเว็นจูรี่เป็นเครื่องมือหลายอย่างรวมกัน กล่าวคือ เป็นทั้งเครื่องวัดอัตราไหล (อัตรากรอง) รวมกับประตูน้ำที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่กรองแล้วให้ออกจากเครื่องกรองตามอัตราที่ต้องการ

แนวทางปฏิบัติในปัจจุบัน มักนิยมยกทางน้ำออกให้อยู่กว่าชั้นกรอง (ดูภาพที่ 2.18) ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาในเรื่องชั้นกรองแห้งโดยไม่เจตนา การควบคุมอัตรากรองกระทำได้โดยการควบคุมอัตราน้ำที่ไหลเข้าเครื่องกรอง และไม่จำเป็นต้องควบคุมอัตราที่น้ำไหลออกจากเครื่องกรอง



ภาพที่ 2.18 การยกทางน้ำออก (Filter Effient) ให้สูงกว่าผิวบนของชั้นกรอง ทำให้มีน้ำท่วมชั้นกรองเสมอ และยังทำให้ Negative Headloss ไม่เกิดขึ้น



A en B - upstream water level control,downstream rate control.
C en D - upstream rate control,downstream water level control.
A en C - constant raw water level,variable filtered water level.
B en D - variable raw water level,constant filtered water level.

ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการควบคุมการกรองน้ำด้วยวาล์วลูกลอย

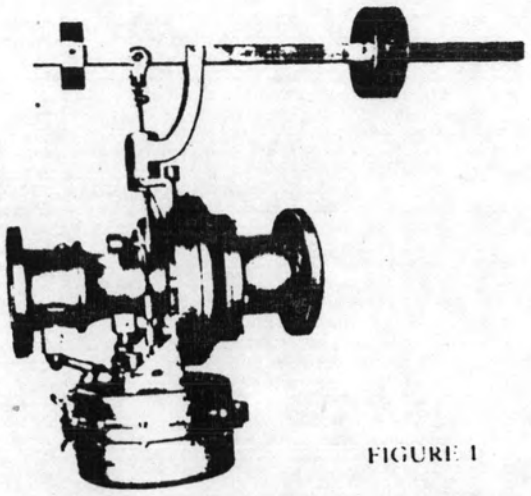
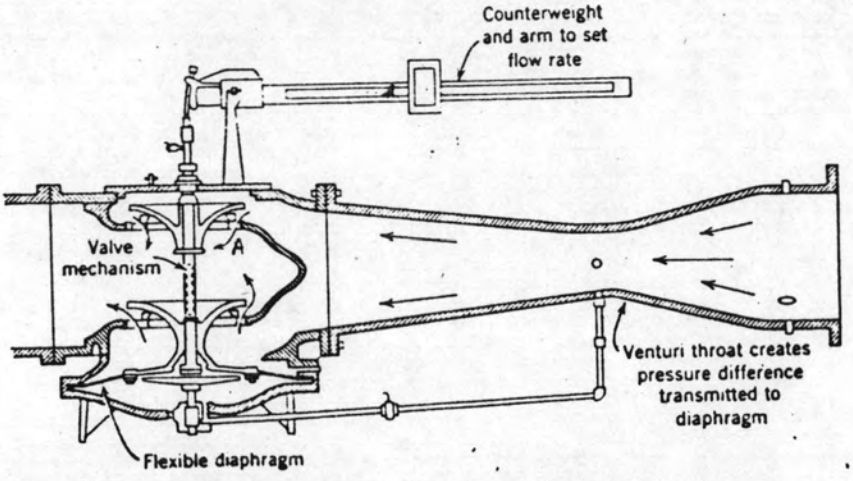


FIGURE 1



. Rate of flow controller. (*Simplex Valve and Meter Company.*)

ภาพที่ 2.17 เครื่องควบคุมอัตรากรองน้ำแบบอัตโนมัติ

เลย ลักษณะเช่นนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมอัตรากรองแบบเวินจูรี่ หรือแบบอัตโนมัติอื่น ๆ ที่มักมีราคาแพงและเสียง่าย

2.5.2 <u>การกรองน้ำแบบ</u> Influent Flow Splitting

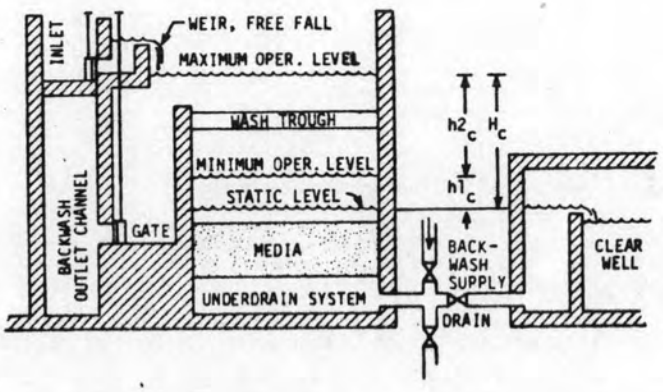
เนื่องจากประตูน้ำแบบอัตโนมัติมักขัดข้องและเสีย จึงได้มีการคิดหาวิธีควบคุมการกรองน้ำที่ไม่ต้องใช้ประตูน้ำแบบนี้ แต่สามารถกรองน้ำได้ในอัตราคงที่ วิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลเรียกว่าแบบ Influent Flow Splitting โดยการวางตำแหน่งของทางน้ำออกของเครื่องกรองให้อยู่สูงจากชั้นกรอง และโดยการกระจายน้ำเข้าเครื่องกรองทุกตัวในอัตราเดียวกัน เราสามารถกรองน้ำได้ในอัตราคงที่ถ้าอัตราน้ำเข้ามีค่าคงที่ (การควบคุมอัตราน้ำเข้าให้คงที่มักกระทำได้ไม่ยาก) ภาพที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปของเครื่องกรองที่ทำงานด้วยหลักการดังกล่าวนี้ มีข้อสังเกตุว่าระดับน้ำของเครื่องกรองแบบนี้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและเครื่องกรองแต่ละตัวจะมีระดับน้ำไม่เท่ากัน โดยจะมีระดับต่ำสุดอยู่ที่ระดับของทางน้ำออกของเครื่องกรอง เมื่อแรงต้านทานในชั้นกรองสูงขึ้น ระดับน้ำจะสูงตามไปด้วยเพื่อให้สามารถกรองน้ำได้ในอัตราเดิม

เมื่อถึงเวลาต้องหยุดการกรองน้ำเพื่อทำความสะอาด หรือเมื่อนำเอาเครื่องกรองกลับมาใช้ใหม่ภายหลังจากการล้างแล้ว ระดับน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลงในเครื่องกรองที่กำลังทำงานอยู่ การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองน้ำจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และนิ่มนวล ทำให้มีผลกระทบต่อการกรองน้ำน้อยที่สุด

ข้อเสียของการกรองน้ำแบบนี้ อยู่ที่การสูญเสียความสูงสำหรับกรองน้ำ อันเนื่องมาจากการยกระดับของทางน้ำออกของเครื่องกรองให้อยู่สูงกว่าชั้นกรองน้ำ

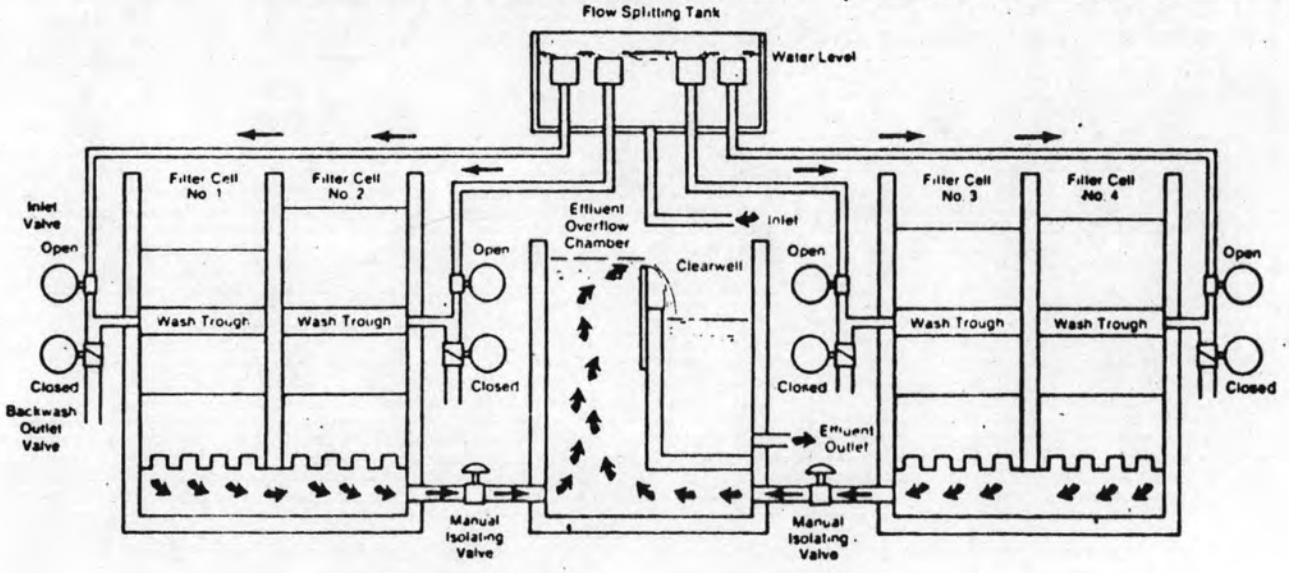
2.5.3 <u>การกรองน้ำด้วยอัตราลดลง</u> (Declining Rate Filtration)

การกรองน้ำแบบที่มีอัตราลดลงมีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบกระจายน้ำเข้าเครื่องกรอง (Influent Flow Splitting) และจัดว่าเป็นแบบที่ดีที่สุดในขณะนี้สำหรับควบคุมเครื่องกรองน้ำธรรมดา การกรองน้ำแบบนี้มีข้อดีทุกอย่างของแบบกระจายน้ำเข้า และมีข้อดีบาง



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. การกระจายน้ำให้กับเครื่องกรองกระทำโดยใช้วิธีให้น้ำลน ผ่านเวียร์เข้าเครื่องกรองโดยตรง



ข. การกระจายน้ำเข้าเครื่องกรอง ทำโดยให้น้ำลนเข้า และไหลไปตามท่อเข้าเครื่องกรอง การควบคุมน้ำเข้าเครื่องกรอง สามารถกระทำได้ง่าย แต่ออกแบบยาก

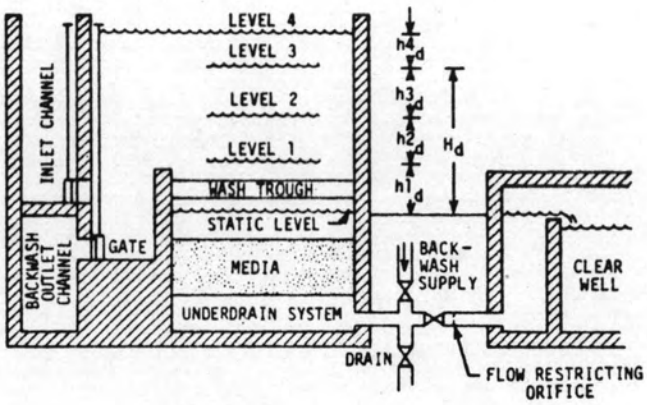
ภาพที่ 2.19 เครื่องกรองที่ควบคุมแบบ Influent Flow Splitting

อย่างเหนือกว่าด้วย ภาพที่ 2.20 เป็นลักษณะที่จำเป็นของเครื่องกรองน้ำที่ควบคุมแบบที่มีอัตรากรองลดลง ขอให้สังเกตุความคล้ายคลึงระหว่างภาพนี้กับภาพที่ 2.19ก สิ่งที่แตกต่างกันอยู่ที่ตำแหน่งและวิธีวางท่อน้ำเข้า (หรือทางน้ำเข้า) สู่เครื่องกรอง ข้อแตกต่างอีกข้อคือ เครื่องกรองทุกตัวจะมีระดับน้ำเท่ากันถึงแม้ว่าอัตรากรองจะแตกต่างกันก็ตาม

เครื่องกรองทุกตัวที่กำลังกรองน้ำจะมีระดับน้ำเดียวกันตลอดเวลา การที่เป็นเช่นนี้ได้เพราะระบบทางน้ำเข้าประกอบด้วยท่อหรือรางขนาดใหญ่ที่สามารถรับน้ำมาส่งให้กับเครื่องกรองทุกตัวได้ โดยมีการสูญเสียหัวความดันน้อยที่สุด และเป็นผลให้มีแรงต้านทานต่อการไหลของน้ำเข้าเครื่องกรองน้อยที่สุดด้วย และเพื่อป้องกันมิให้อัตรากรองมีค่าสูงเกินไป การติดตั้งเพื่อเติมความต้านทานต่อการกรองน้ำอาจเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

เนื่องจากมีระดับน้ำร่วมกัน เครื่องกรองแต่ละตัว จึงกรองน้ำได้ในอัตราที่แปรผันกับความฝืดของชั้นกรอง ในขณะที่การกรองน้ำดำเนินไป อัตรากรองของเครื่องกรองที่สกปรกที่สุดจะลดลงเร็วที่สุด ทำให้เครื่องกรองอื่น ๆ ต้องกรองน้ำด้วยอัตราเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ทดแทนส่วนที่ลดลงของเครื่องกรองที่สกปรกที่สุด พร้อม ๆ กันนี้ระดับน้ำก็จะสูงขึ้นเพื่อให้เครื่องกรองได้แรงขับดันเพิ่มขึ้นและสามารถกรองน้ำได้เพิ่มตามที่กล่าวไปแล้ว การที่ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลให้อัตรากรองของเครื่องกรองที่สกปรกที่สุดเพิ่มตามด้วย ด้วยเหตุนี้การลดลงของอัตรากรองอันเนื่องมาจากการอุดตันจึงเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ

การควบคุมเครื่องกรองน้ำเช่นนี้ ทำให้อัตรากรองลดลงอย่างช้า ๆ ไปจนถึงเวลาที่ต้องล้างเครื่องกรอง ลักษณะเช่นนี้มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำที่กรองได้น้อยที่สุด



ภาพที่ 2.20 เครื่องกรองน้ำที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลง

2.6 ประสบการณ์ในการใช้เครื่องกรองแบบอัตรากรองลดลง

ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำที่ได้จากการกรองมากมาย แต่มีเพียงไม่กี่ผลงานที่ตีพิมพ์เกี่ยวกับสมรรถนะทางชลศาสตร์ของเครื่องกรองในช่วงหลัง ๆ ของ ค.ศ.1950 Aultman (16) และ Baylis (17) รายงานผลการศึกษาครั้งแรกเกี่ยวกับบทบาทของเครื่องควบคุมอัตรากรองที่มีต่อคุณภาพของน้ำที่กรองได้ หลังจากนั้น Robck และ Kreissl (24) Rogers (25,26) และ Tuepker (27) ได้เสนอผลงานเกี่ยวกับผลเสียของการเปลี่ยนอัตราเร็วในการกรองต่อคุณภาพน้ำที่ได้ สิ่งต่างๆ ที่ค้นพบสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ความแปรปรวนของอัตรากรอง มักเป็นผลเนื่องมาจากการทำงานที่ไม่ได้ผลของเครื่องควบคุมอัตรากรอง

2. การเพิ่มอัตรากรองให้กับเครื่องกรองที่กำลังทำงานอยู่ มีผลเสียคือทำให้ความขุ่นหลุดออกจากเครื่องกรอง คุณภาพของน้ำกรองจึงเลวลง เมื่อมีการเพิ่มอัตรากรอง

3. ปริมาณความขุ่นของสารที่ผ่านทะลุเครื่องกรองออกมา เนื่องจากอัตราเร็วของน้ำเพิ่มขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับของน้ำ และความรวดเร็วของอัตราเร็วของน้ำที่เพิ่มขึ้น และชนิดของน้ำที่จะเข้าเครื่องกรอง แต่แทบจะไม่ขึ้นกับช่วงเวลาที่อัตราความเร็วของน้ำเพิ่มขึ้นเลย

4. ถ้ามีสารแขวนลอยจำนวนมากสะสมอยู่ในสารกรองมากเท่าใด ก็จะมีผลเสียต่อคุณภาพของน้ำที่กรองได้มากเท่านั้น ซึ่งทั้งนี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอัตราความเร็วของการกรองนั้นเอง

5. เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้อัตราเร็วของการกรองเพิ่มจะต้องทำโดยค่อย ๆ เปลี่ยนอัตราเร็วให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย โดยใช้เวลาอย่างน้อย 10 นาที เพื่อป้องกันให้เกิดผลเสียน้อยที่สุด

6. เครื่องควบคุมอัตรากรองต้องมีความสามารถในการทำให้อัตรากรองที่ผิดจาก

ระดับปกติกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อย่างนิ่มนวล และไม่ทำให้น้ำกรองมีคุณภาพเลวลง

7. ดังที่กล่าวไปแล้ว สามารถทำให้ความขุ่นของน้ำลดน้อยหรือหมดไปโดยการเติม Polyelectrolytes ให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก Polyelectrolytes ช่วยสนับสนุนโคแอกกูเลชั่นในชั้นกรองให้เกิดได้ผลยิ่งขึ้น (ดูตอนที่ 2.3)

Baylis (18) เสนอรายงานเกี่ยวกับการทดลองกรองน้ำโดยไม่ใช้เครื่องควบคุมอัตราเร็ว ปรากฏว่าคุณภาพของน้ำที่กรองได้โดยการควบคุมแบบอัตราความเร็วลดลง (declining rate) จะไม่ดีหรือเลวกว่าการกรองโดยใช้อัตราเร็วคงที่ (Constant rate) แต่เครื่องกรองที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลง สามารถกรองน้ำได้มากกว่า

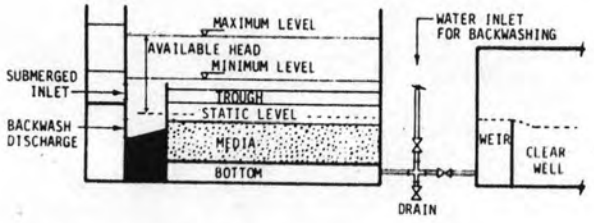
Hudson (22) ได้ทำการทดลองคล้ายคลึงกันที่ Wyandotte, Mich และพบว่าเครื่องกรองแบบอัตราความเร็วที่ลดลง จะมีระยะเวลาในการกรองของเครื่องกรองได้ยาวกว่า และคุณภาพของน้ำที่กรองได้จะดีกว่าด้วย

Aultman (16) ได้รายงานการก่อสร้างเครื่องกรองน้ำที่ Ventura; Calif ซึ่งไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมอัตราความเร็วและในปี ค.ศ.1963 Hudson (23) ได้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดตำแหน่งเครื่องกรองแบบอัตรากรองลดลงในโรงงานที่ Poughkeepsie N.K. และยังได้เรียกร้องความสนใจให้ใช้อริฟิช (orifice) ติดตั้งกับท่อน้ำออกของตัวเครื่องกรองเพื่อลดไม่ให้ระดับขึ้น ๆ ลง ๆ อย่างรวดเร็ว

Tuepker (27) ได้ทำการศึกษาโดยใช้สภาวะในการทำทดลองแบบต่าง ๆ ห้าแบบด้วยกัน ซึ่งผลได้แสดงให้เห็นว่าการใช้อัตรากรองความเร็วที่ลดลง (declining rate) มีข้อดีกว่าการใช้อัตรากรองคงที่ (Constance rate)

ในปี ค.ศ.1968 และ 1972 Hudson (20, 21) ได้อธิบายเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ Taipei Water Works ในไต้หวัน ซึ่งมีโรงงานที่ถอดเครื่องควบคุมอัตรากรอง (rate of flow Controllers) แล้วเปลี่ยนเป็นการทำงานแบบอัตราความเร็วที่ลดลง (declining rate operation) นอกจากนั้น เขายังได้หยิบยกระบบสองระบบของการเดินเครื่องกรองขึ้นมา

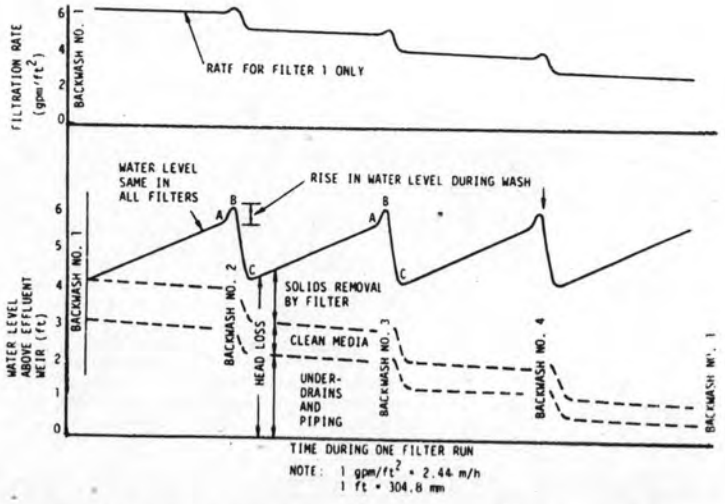
พิจารณาคือ ระบบอัตรากรองคงที่และแบบอัตรากรองลดลง ซึ่งระบบนี้เครื่องกรองถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ด้วยท่อจ่ายน้ำรวม (influent header) และท่อนำเข้าแต่ละตัวจะเข้าในเครื่องกรองในระดับที่ต่ำกว่า ระดับน้ำต่ำสุดในขณะกรองและท่อน้ำออก (outlets) จะต่อเข้ากับอ่างเก็บน้ำใส (clear well) ซึ่งจะมีทำนบ (weir) เพื่อปรับระดับน้ำกรองให้อยู่เหนือผิวของสารกรอง (media) ภาพที่ (2.21) ในการทำงานแบบนี้ระดับน้ำจะเท่า ๆ กันหมดในแต่ละเครื่องกรอง เครื่องกรองที่สะอาดที่สุดจะมีอัตราการกรองสูงที่สุด ส่วนเครื่องกรองที่สกปรกที่สุดอัตราการกรองจะต่ำที่สุด



—Typical Arrangement of DRF System

ภาพที่ 2.21 ระบบเครื่องกรองแบบอัตรากรองลด

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและอัตรากรองของเครื่องกรอง 4 ตัว ที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลงจะเป็นไป ดังแสดงในภาพที่ 2.22 ระดับน้ำที่สำคัญมี 3 ระดับ คือ ระดับ A,B และ C เครื่องกรองที่สะอาดจะมีระดับอยู่ต่ำ ส่วนเครื่องกรองที่สกปรกจะมีระดับน้ำสูงขึ้น



—Filtration Rate, Head Loss and Water Level During One Filter Run in DRF Plant Having Four Filters

ภาพที่ 2.22 อัตราการกรอง, การสูญเสียเฮดและระดับน้ำระหว่างเครื่องกรองหนึ่งตัวทำงานในระบบอัตรากรองลด ซึ่งโรงกรองต้องมีเครื่องกรอง 4 ตัว

ที่ระดับ A จะเป็นระดับที่เครื่องกรอง 1 ตัว จะถูกการล้างย้อน (backwash) ระหว่างมีการล้างย้อนเครื่องกรองตัวหนึ่ง เครื่องกรองที่เหลือจะต้องรับปริมาณน้ำซึ่งเครื่องกรองนั้นโดยรับ ดังนั้นเครื่องกรองที่เหลือจะมีระดับน้ำเพิ่มขึ้นสูงที่สุดระดับหนึ่งก่อน ที่จะนำตัวที่ล้างย้อนกลับเข้ามาใส่เพื่อใช้งาน ระดับที่สูงขึ้นนี้คือ ระดับ B ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับน้ำก่อนล้างย้อนอัตราเร็วในการกรอง จำนวนของเครื่องกรองทั้งหมดและระยะเวลาระหว่างล้างย้อน เมื่อเครื่องกรองที่ถูกล้างย้อนแล้วถูกนำกลับไปใช้ เครื่องกรองตัวนี้จะมีอัตรากรองสูงกว่าก่อนที่จะนำไปล้างย้อน ดังนั้นน้ำที่กรองได้จะสูงขึ้นเท่าน้ำเข้า ทำให้ระดับของน้ำต่ำลงมาที่ระดับ C

ถึงแม้ว่า Hudson(23) จะได้เรียกร้องความสนใจในเรื่องจำกัดอัตรากรองน้ำในเครื่องกรองที่เพิ่งล้างก็ตาม ก็ยังมีโรงงานหลายแห่งสร้างขึ้นในอเมริกาใต้ โดยไม่มีตัวจำกัดการไหลดังที่ Arboleda ได้เสนอไว้ในปี ค.ศ. 1974

Gregory และ Yadav ในปี ค.ศ.1979 ได้ทำการวิจัยในอังกฤษ โดยเปรียบเทียบปฏิบัติการของระบบอัตรากรองลด(declimimg-rate system) ที่มี 4 เครื่องกรองและระบบอัตรากรองคงที่ (Constant-rate filter)ทั้ง 2 แบบนี้ได้ถูกใช้ในแม่น้ำสองชนิด ซึ่งได้รับการกำจัดด้วยการทำความขุ่นจับกันเป็นตะกอน(alum coagulation) และทำให้ตกตะกอน (Sedimentation) แล้ว เขาได้สรุปว่าในระบบอัตรากรองลดลงจะได้น้ำที่มีคุณภาพดีกว่าและอายุการใช้งานของเครื่องกรองจะยาวกว่าเมื่อใช้ระบบอัตรากรองคงที่ จากผลการทดลองน้ำจากแม่น้ำสองชนิดนี้ได้สนับสนุนพฤติกรรมทางชลศาสตร์ ซึ่ง Hudson ได้คิดไว้ในรูปที่ 2.22

แม้จะมีการใช้การกรองแบบอัตราลดลง (Declining-rate filtration) อย่างกว้างขวางในระยะ 10 ปีนี้ แต่การที่จะปรับปรุงโรงงานที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น หรือออกแบบสร้างโรงงานใหม่ที่ดีขึ้นนั้น ต้องอาศัยคำตอบของปัญหาบางปัญหา ซึ่งปัจจุบันนี้คำตอบเหล่านั้นยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้นัก

2.7 <u>ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมแบบอัตรากรองลดลง</u>

<u>ข้อดีของวิธีควบคุมกรองน้ำแบบที่มีอัตราลดลง</u>

1. น้ำที่ได้มีคุณภาพดีกว่า
2. Headloss จะต่ำกว่าที่ระยะเวลาทำงานของเครื่องกรองเท่ากัน
3. ถ้ามีการไหลเพิ่มขึ้นในโรงกรอง อัตราเร็วการกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเรียบกว่าควบคุมกรองน้ำแบบระดับน้ำคงที่ นอกจากนั้นคุณภาพของน้ำที่กรองได้จะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับควบคุมกรองน้ำแบบระดับน้ำคงที่
4. อุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องกรองไม่ต้องมี ไม่ต้องเสียเงินซื้อ ดูแลรักษาง่าย
5. เครื่องมือวัดอัตราการไหลและเครื่องมือวัด Headloss ไม่จำเป็นต้องใช้ สำหรับแต่ละเครื่องกรอง Headloss สามารถดูได้จากระดับน้ำในเครื่องกรอง

6. น้ำที่กรองออกมาได้ไหลล้นข้าม weir หรือท่อน้ำออก ระดับน้ำจะอยู่เหนือระดับชั้นทรายในเครื่องกรองเสมอ และไม่มี negative Pressure (ต่ำกว่า atmospheric) เกิดขึ้นในเครื่องกรอง

7. เนื่องจากไม่มีตัวควบคุมน้ำที่ออก ดังนั้นเป็นไปไม่ได้ที่จะมีการเปลี่ยนไปมาของอัตราการกรอง (Filtration rate) ไม่ว่าจะจงใจหรืออุบัติเหตุ ซึ่งจะเป็นผลให้ไม่มีอัตราการกรองเพิ่มขึ้นอย่างกระทันหัน หรือทำให้คุณภาพของน้ำที่กรองต่ำลง

<u>ข้อเสียของวิธีควบคุมกรองน้ำแบบที่มีอัตราลดลง</u>

1. ต้องการความลึกของ Filter box สูงกว่า Conventional plant ซึ่งเป็นการ design เพื่อให้ทางน้ำออก(outlet) อยู่ต่ำกว่า filter และเพื่อเป็นไปตามอิทธิพลของ negative pressureอย่างไรก็ตามถ้าสามารถกำจัด negative pressure จากConventional plantข้อเสียอันนี้จะหมดไป

2. ต้องการตัวเตือนระดับของน้ำสูง (high level alarm)ในกรณีที่ผู้ operate ไม่ได้ล้าง filter เมื่อถึงเวลา ทั้งนี้เป็นการป้องกันไม่ให้มีระดับน้ำในเครื่องกรองสูงเกินไป

3. เนื่องจากไม่มีตัวควบคุมอัตรากรองของตัวเครื่องกรองทั้งหมด ดังนั้นความสามารถของเครื่องกรองน้ำในการรับน้ำที่ไหลเข้าเพิ่มขึ้น ต้องขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมรอบคอบแค่ไหน เพราะจะได้คุณภาพของน้ำต่ำลง