บทที่ 3

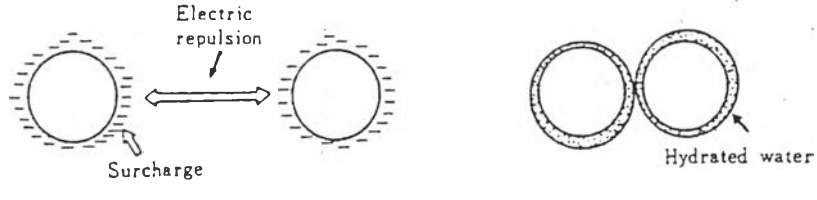
ทฤษฎี แนวความคิด การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

3.1 ทฤษฎีการกรองตรง(Direct Filtration)

การกรองตรง เป็นการกรองซึ่งอาจเตรียมน้ำก่อนกรองหรือไม่ก็ได้ โดยไม่ต้องผ่านหน่วยตกตะกอน ก่อนเข้าสู่หน่วยการกรอง นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาวิจัยการกรองตรงกับเครื่องกรองชั้นเดียว(single media) หรือแบบสองชั้น(dual media) พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจยิ่ง Adin(1)วิจัยกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองแบบสองชั้น พบว่าสามารถกำจัดสารแขวนลอยได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องใช้ หน่วยสมานตะกอนและตกตะกอน การกรองตรงมีข้อจำกัดอยู่บ้าง Kawamura(2)รายงานว่า การกรองตรงเหมาะกับน้ำดิบที่มีความขุ่นไม่สูงนัก ไม่ควรเกิน 10 FTU ทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ทฤษฎีการรวมตะกอน(Coagulation)

การที่สารแขวนลอยมีความคงตัว(Stability)อยู่ได้ เป็นเพราะ 2 สาเหตุใหญ่คือ เกิดแรงผลักโดยประจุไฟฟ้าสถิตของสารแขวนลอยซึ่งมีประจุลบเอง และการที่โมเลกุลของน้ำห่อหุ้มสารแขวนลอยไว้โดยรอบเป็นการลดโอกาสรวมตัวกัน



รูปที่ 3.1ก แรงผลักโดยประจุไฟฟ้าสถิตของสารแขวนลอยเอง
3.1ข โมเลกุลน้ำห่อหุ้มสารแขวนลอย

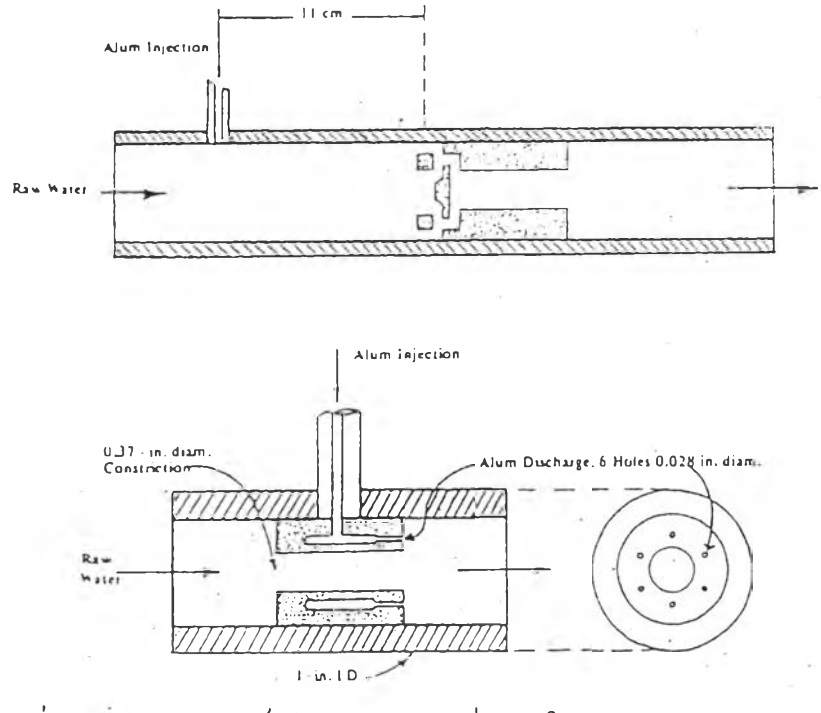
การรวมตะกอนเป็นขบวนการสำคัญในการทำให้สารแขวนลอย

ถูกทำลายความคงตัวและรวมตัวกัน เพื่อง่ายต่อการตกตะกอน หรือกรองออก ตามความต้องการ ขั้นตอนที่สำคัญของการรวมตะกอนมี 2 ลำดับ คือ การกวนเร็ว(Rapid Mix) และการกวนช้า(Slow Mix)

1) การกวนเร็ว

การกวนเร็วเป็นกระบวนการทำลายเสถียรภาพของสารแขวนลอยจนทำให้เกิดการรวมตัวกัน โดยอาศัย 2 กลไกหลัก คือกลไกการดูดติดผิวและทำลายประจุ(Destabilization) และกลไกแบบกวาด(Sweep Coagulation) พารามิเตอร์ที่ใช้แสดงคือ ค่าความปั่นป่วน(G) กับเวลา(t) G ที่เหมาะสมไม่น้อยกว่า 300 วินาที$^{-1}$, t ไม่เกิน 1 นาที

การกวนเร็วโดยใบพัดมีประสิทธิภาพในการทำลายเสถียรภาพจำกัด เนื่องจากต้องใช้ t 10-30 วินาที ได้ G ประมาณ 300 วินาที$^{-1}$ ในสภาวะทำลายเสถียรภาพที่เหมาะสม t จะอยู่ระหว่าง 10^{-4} - 1 วินาที การฉีดสารรวมตะกอนในเส้นท่อ(Chemical Injection Nozzle) โดยสร้างความปั่นป่วนในท่อแบบต่างๆ เช่นแบบ Orifice หรือ Venturi Tube ใช้เวลาในการกวนผสมน้อยกว่า 1 วินาที เป็นรูปแบบการกวนเร็วที่เหมาะสมอีกวิธีหนึ่ง(รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 การกวนเร็วโดยสร้างความปั่นป่วนในท่อแบบ Orifice (Vrale and jorden(3))

2) การกวนช้า

เป็นขั้นตอนต่อจากการกวนเร็ว เพื่อสร้างโอกาสสัมผัสระหว่างกันของสารแขวนลอย ขบวนการสมานตะกอนทั่วไปเกิดขึ้น 3 รูปแบบคือ

2.1) ออโธไคเนติก (Orthokinetic Floccula--tion) เกิดในขณะที่ของเหลวเคลื่อนที่จนอยู่ในสภาวะการกวน ความเร็วในการเคลื่อนที่จะแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งและเวลา ทำให้อนุภาคที่เคลื่อนที่ไปกับน้ำมีความเร็วแตกต่างกัน จึงเกิดการชนกันและสมานตัวกันในที่สุด การสมานตะกอนแบบนี้เกิดขึ้นมากในการผลิตน้ำประปาทั่วๆไป

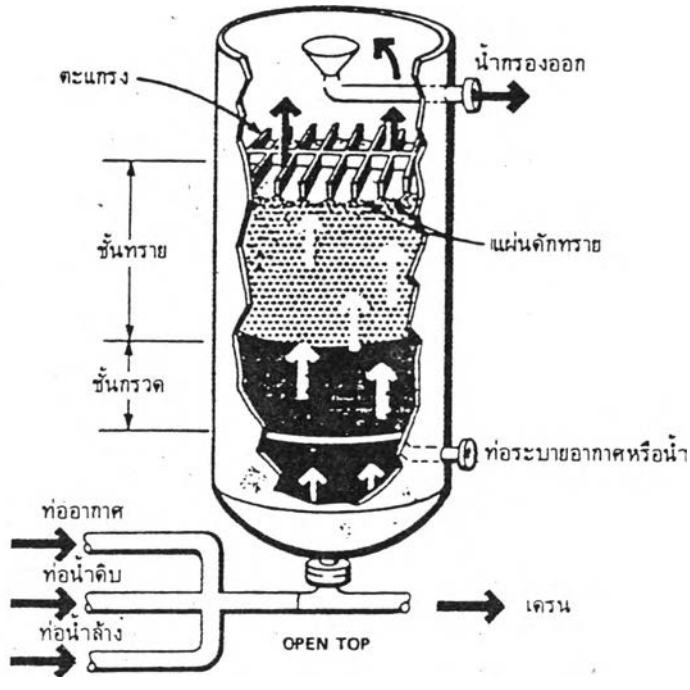
2.2) เพอริไคเนติก (Perikinetic Flocculation) เป็นการเคลื่อนที่โดยความร้อนแปรรูปเป็นพลังงานจลน์ ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่แบบสุ่ม และชนกันแบบสุ่ม การสมานตะกอนแบบนี้มีบทบาทน้อยในการผลิตน้ำประปา

2.3) การจมตัวด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ในสภาวะสถิตย์(Static) เช่น การตกตะกอนในถังตกตะกอน จะเกิดการชนกันและสมานตะกอนในขณะที่กำลังตกตะกอน

เช่นเดียวกันกับการกวนเร็ว G และ t เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงสภาวะการกวน Andrew-Villegas & Letterman(3) ได้ทดลองสมานตะกอนด้วยสารส้มกับน้ำดิบ คาโอลิน พบว่า G ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-50 วินาที$^{-1}$, t ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-30 นาที โดยระบุว่าค่า t ที่มากกว่านี้ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสมานตะกอนแต่อย่างไร

3.2 เครื่องกรองแบบไหลขึ้น

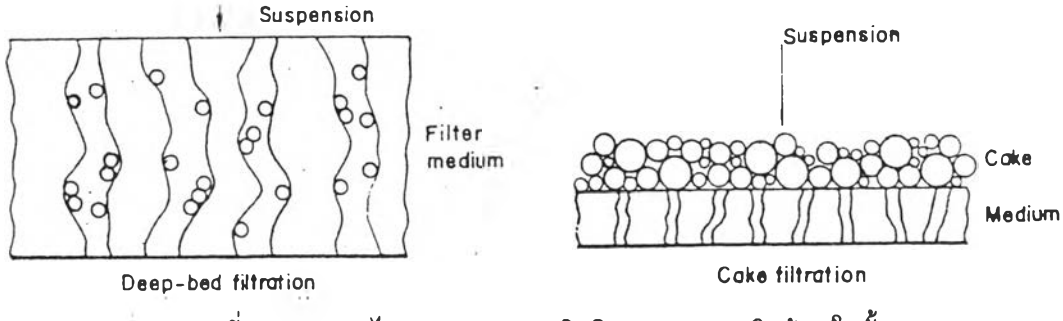
นักวิจัยหลายท่าน ได้รายงานว่า เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นมีอายุการกรองมากกว่าเครื่องกรองลงแบบทั่วไป 2 ถึง 3 เท่า ที่ความขุ่นน้ำหลังตกตะกอน 3-6 FTU. อัตรากรอง 10-15 ม/ชม.(Kawamura(2)) ส่วนIves(6)รายงานว่ากรองได้นานกว่า 1.2-2.0 เท่า



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นแบบที่นิยมใช้ มีตะแกรงและแผ่นดักทรายติดตั้งบนชั้นกรอง

3.2.1 ทฤษฎีการกรองเร็ว

การกรองเร็วเป็นกระบวนการดักจับอนุภาคหรือตะกอนด้วยวิธีทางกายภาพ และเคมี มีลักษณะการกรอง 2 แบบ คือ การกรองติดผิว(Straining)หรือแบบเค็ก เป็นการกรองอนุภาคหรือตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า ช่องว่างระหว่างสารกรองจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารรวมตะกอน และการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง(Deep bed filtration) เป็นการกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าช่องว่างระหว่างสารกรอง(รูปที่ 3.4)

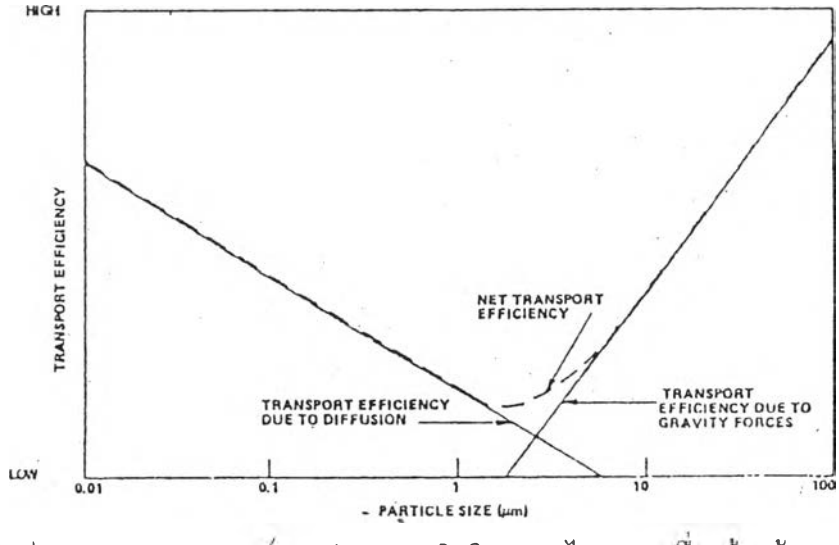


รูปที่ 3.4 กลไกการกรองแบบติดผิว และ แบบติดค้างในชั้นกรอง

การกรองน้ำเสียขั้นที่ 3 และน้ำดีสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมักเป็นแบบติดผิว ส่วนการกรองแบบติดค้างในชั้นกรองจะเกิดขึ้นในการกรองน้ำประปา O'melia(7)รายงานว่า ขบวนการกำจัดความขุ่นโดยสารกรองแบบติดค้างในชั้นกรองสามารถอธิบายได้จากกลไกการเคลื่อนย้าย(Transport Mechanism) ซึ่งเป็นกระบวนการทาง พิสิกส์-เคมี และกลไกดูดติด(Attachment Mechanism) ซึ่งเป็นกลไกทางพิสิกส์-เคมี Ives(6)มีความเห็นสนับสนุนว่า กลไกการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเมื่อ อนุภาคแขวนลอยถูกทำให้หลุดออกจากเส้นทางน้ำเข้าหาเม็ดสารกรอง และหลังจากนั้นจึงเกิดกลไกดูดติดเมื่ออนุภาคเข้าใกล้เม็ดสารกรองนั้น

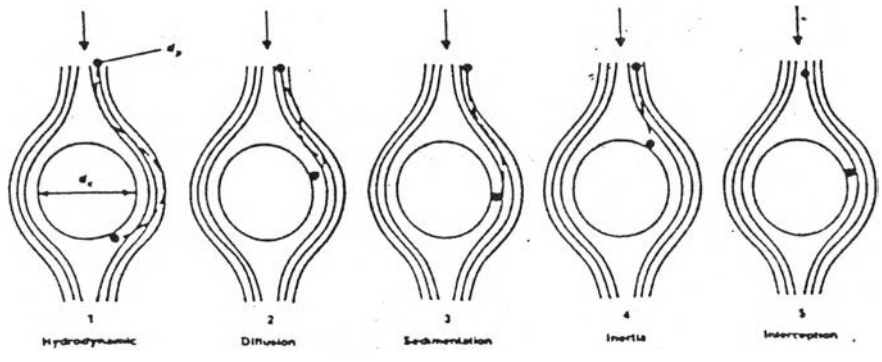
1) กลไกการเคลื่อนย้าย

กลไกการเคลื่อนย้ายสามารถอธิบายได้ 3 รูปแบบหลัก (Ives(7)) ได้แก่ การแพร่กระจาย(Diffusion) เป็นการเคลื่อนย้ายเนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่แบบสุ่ม(Random Brownion) จะเกิดมากขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1 ไมครอน การตกตะกอน(Sedimentation) ซึ่งเป็นผลมาจาก แรงดึงดูดโลกทำให้อนุภาคมีความเร็วในการตกตะกอนมากจนสามารถแยกตัวออกจากเส้นทางน้ำ(Steam line) การตกตะกอนจะเกิดมากขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมครอน Yao et al.(9)รายงานว่า เมื่อพิจารณาทั้ง 2 กลไกนี้ พบว่าขนาดอนุภาค 1 ไมครอน มีประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายต่ำที่สุด(รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพกลไกการเคลื่อนย้ายกับขนาดอนุภาคสารแขวนลอย(Sank(10))

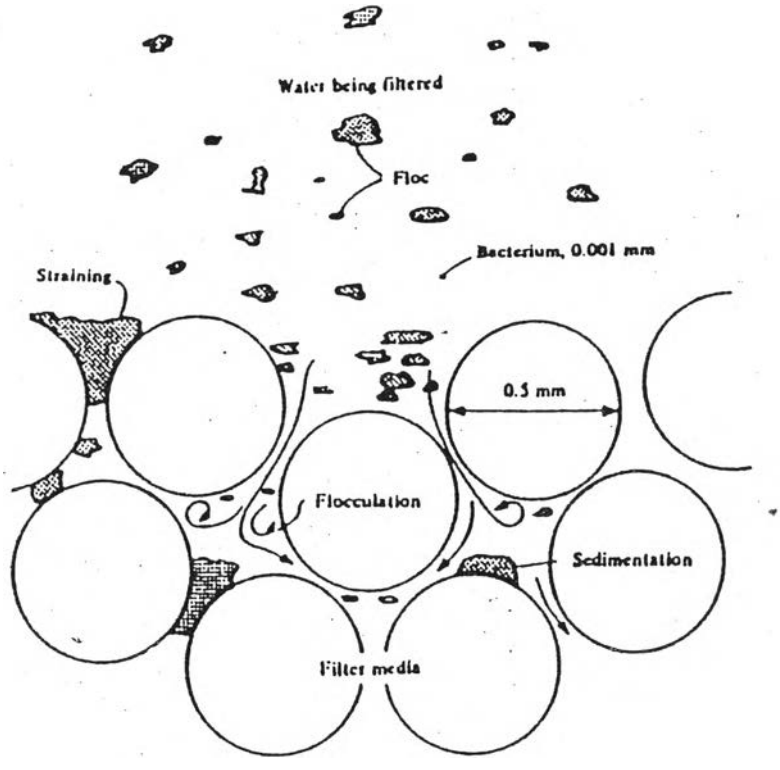
กลไกการเคลื่อนย้ายรูปแบบที่ 3 คือกลไกการแย่ง(Inter--ception) เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่มากับเส้นทางน้ำ เข้าใกล้เม็ดสารกรองจนมีระยะที่จะถูกดูดติดได้ นอกจากกลไกที่สำคัญทั้ง 3 แล้วยังมีกลไกที่มีอิทธิพลต่อการกรองเพียงเล็กน้อย ได้แก่ กลไกชลศาสตร์(Hydrodynamic) และกลไกความเฉื่อย(Inertia) (รูปที่ 3.5)



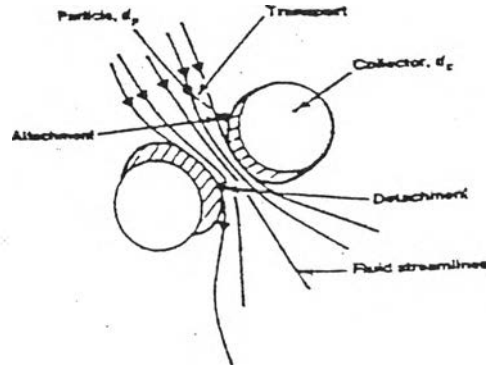
รูปที่ 3.6 กลไกการเคลื่อนย้ายของการกรอง(Amirtharajah(11))

2) กลไกการดูดติดสารแขวนลอย

การดักจับอนุภาคโดยสารกรองต้องอาศัยกลไกการเคลื่อนย้ายนำพาเอาอนุภาคเล็กๆจากเส้นทางน้ำพาเข้าใกล้ผิวหน้าของสารกรอง เมื่ออนุภาคเข้าใกล้ผิวหน้าสารกรองมากขึ้น แรงระหว่างผิวหน้าจะทำให้เกิดการดูดติด ระหว่างผิวสารกรองกับสารแขวนลอย ซึ่งเกี่ยวเนื่องมาจากแรงต่างๆ คือ แรงประจุไฟฟ้าสถิต(Electro static interaction), แรงแวนเดอวาอ์ล(Landon Vander Waals) หรือ แรงที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี(Surface Chemical Interaction) เนื่องจากแรงลาก (drag force)เกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นการดูดติดสารแขวนลอยจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าปราศจากแรงแวนเดอวาอ์ลดึงดูดสารแขวนลอยเข้าหาเม็ดสารกรอง(Amirtharaj(11))



รูปที่ 3.7 กลไกการดูดติดสารแขวนลอย



รูปที่ 3.8 กลไกการกรอง และกลไกการหลุด(Amirtharajah(11))

นอกจากกลไกการเคลื่อนที่ และกลไกการดูดติดสารแขวนลอยแล้ว ยังมีกลไกที่สำคัญอีก นั่นคือ กลไกการหลุด(Detachment Mechanism) การหลุดของอนุภาคออกจากสารกรองขึ้นอยู่กับ ข้อจำกัดของความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนของอนุภาคที่สะสมระหว่างช่องว่างของสารกรองนั้น การเพิ่มความเร็วยิ่งขึ้นเป็นผลทำให้อนุภาคหลุดออกได้มากขึ้น ดังนั้นการกำจัดอนุภาคจึงเกิดขึ้นได้น้อยลง เมื่อความเร็วของการไหลเพิ่มขึ้น(Ives(8)) การเพิ่มความเร็วในระบบอัตรากรองคงที่ Ivesอธิบายว่าเมื่ออนุภาคสะสมมากขึ้นในช่องว่าง ทำให้ช่องว่างแคบลง ความเร็วในการไหลจึงเพิ่มขึ้น และเมื่อแรงลากเพิ่มถึงจุดที่เท่ากับแรงดึงดูด(Adhesive Force) อนุภาคจะเริ่มหลุดออกจากสารกรองชั้นแรกๆ ผ่านเข้าไปยังชั้นถัดไป จนกระทั่งหลุดออกจากชั้นกรองในที่สุด ซึ่งเรียกว่าความขุ่นหลุดลอด(Break Through Turbidity)

3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกรอง

3.3.1 สารกรอง(Filter Media)

สารกรองที่นิยมในการกรองน้ำแบบทั่วไป คือทรายซิลิกา(Sili--ca Sand), ถ่านแอนทราไซด์(Anthracite), หินปูน(Calcium Carbonate) และถ่านคาร์บอน(Activated Carbon)

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิด, ขนาด, ส.ป.ส.ความสม่ำเสมอของสารกรองที่นิยมใช้กับเครื่องกรองแบบทั่วไป

ชนิด Fil. Media	ขนาดสัมฤทธิ์(E.S) (Effective Size)	สปส.ความสม่ำเสมอ(U.C.) (Uniformity of coefficient)
ทรายละเอียด(Silica Sand)	0.45-0.60	1.60-2.00
ถ่านแอนทราไซด์(Anthracite)	0.65-0.76	1.85
หินปูน(Limestone)	0.33-0.68	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.00
ถ่านคาร์บอน(Activated Carbon)	0.35-0.50	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.00

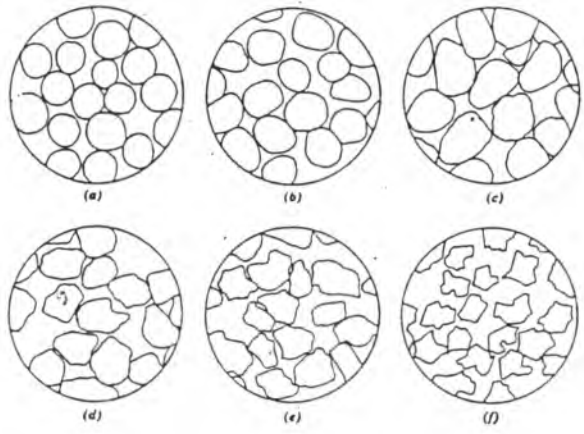
ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะทรายกรอง ทรายที่นิยมใช้คือ ทรายซิลิกาที่มีคุณภาพดี กล่าวคือจะต้องไม่มีหินปูน(Limestone) ซึ่งมีเนื้ออ่อนและละลายน้ำได้ดีปะปนอาจทดสอบได้โดยการ แช่กรดเกลือเข้มข้นเป็นเวลา 24 ชม. ถ้าน้ำหนักหายไปเกิน 5% ถือว่าใช้ไม่ได้ สำหรับขนาดนั้น Pereraสรุปว่าการเปลี่ยนขนาดทรายให้ใหญ่ขึ้นจะทำให้หัวน้ำสูญเสียลดลง และให้อายุการกรองนานขึ้น

Degremont(11) แนะนำ ทรายขนาดสัมฤทธิ์ ที่ใช้กับเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลงเครื่องกรองที่ใช้แรงดันสูง เช่น ทรายขนาด 0.3-0.5 มม.ใช้อัตรากรองได้สูง 25-50 ม./ชม.(น้ำใช้สำหรับสระว่ายน้ำ) ใช้กรองน้ำดิบความขุ่นน้ำดิบไม่เกิน 100 NTU, ทรายขนาด 0.6-0.8มม.ใช้อัตรากรอง 20-25 ม./ชม.ใช้กรองน้ำดิบความขุ่นไม่เกิน 50 NTU, ทรายขนาด 0.9-1.35 มม.ใช้อัตรากรอง 15-20 ม./ชม.ใช้กรองน้ำดิบความขุ่นน้อยๆ, ทรายขนาด 1.35-2.5 มม. นิยมใช้กรองน้ำเสียชั้นที่ 3 หรือใช้เป็นชั้นรองทรายกรองขนาด 0.4-0.5 มม., ส่วนกรวดขนาด 3-25 มม. นิยมใช้เป็นชั้นรอง

สำหรับเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น แนะนำให้ใช้ทรายขนาด 0.5-2.0 มม. ความลึกชั้นกรอง 1.8-2.0 ม. ที่อัตรากรองประมาณ 5 ม./ชม.

Fair(14) แนะนำขนาดทรายกรองที่ใช้กับ เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลง ขนาดทรายกรอง 0.45 มม.หรือใหญ่กว่า ส.ป.ส.ความสม่ำเสมอไม่เกิน 1.5 ส่วนความลึก 75 ซม. ชั้นกรวดรองลึกไม่เกิน 45 ซม.

นอกจาก ทรายขนาดสัมฤทธิ์ และ ส.ป.ส.ความสม่ำเสมอแล้วยังมีค่าพารามิเตอร์แสดง คุณลักษณะของสารกรองอีก ได้แก่ ดัชนีความกลม(ψ) และรูปร่าง(S) (รูปที่ 3.9)



Description	Sphericity, ψ	Shape Factor, S	Typical Porosity, f
(a) Spherical	1.00	6.0	0.38
(b) Rounded	0.98	6.1	0.38
(c) Worn	0.94	6.4	0.39
(d) Sharp	0.81	7.4	0.40
(e) Angular	0.78	7.7	0.43
(f) Crushed	0.70	8.5	0.48

รูปที่ 3.9 การบอกความกลมของสารกรองด้วย ψ และ S (Fair(14))
S = Shape factor, ψ = ดัชนีความกลม

3.3.2 การเตรียมน้ำก่อนการกรอง

ในการผลิตน้ำประปา การเตรียมน้ำก่อนกรองเป็นขั้นตอนที่สำคัญ Kawamura(2)รายงานว่า การทำลายเสถียรภาพของสารแขวนอยเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตน้ำให้มีคุณภาพดี หากไม่มีการเตรียมน้ำที่ดี แม้กรองด้วยอัตรากรองที่น้อยกว่า 4.8 ม./ชม.ก็ไม่สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพดีได้ เช่นเดียวกัน พรชัย(15)รายงานผลวิจัยเครื่องกรองแบบหลายชั้น กรองน้ำดิบความขุ่นไม่เกิน Ø.5 NTU โดยไม่เตรียมน้ำก่อนกรอง พบว่ามีประสิทธิภาพการกรองมีเพียง 40% แต่เมื่อใช้สารส้มเตรียมน้ำก่อนกรอง พบว่าสามารถกำจัดความขุ่นได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การวิจัยของ Robeck et. al. (16) สรุปว่า การเตรียมน้ำก่อนกรองที่ดีเมื่อใช้อัตรากรอง 4.8-14.7 ม./ชม. จะได้คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองใกล้เคียงกัน

สารรวมตะกอนที่ยังคงนิยมใช้กัน ในการผลิตน้ำประปาจากอดีตจนถึงปัจจุบันหลายๆประเทศยังคงใช้สารส้ม Bauman and Cleasby(1)รายงานว่าปริมาณสารส้มเพียง 5-10 มก./ล. ก็มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการกรองตรงกับน้ำดิบความขุ่นต่างๆ

3.3.3 ความขุ่นน้ำดิบ

สารแขวนลอยได้แก่ ดินละเอียด, อินทรีย์สาร, อนินทรีย์สาร ต่างก็เป็นตัวขัดขวางทางเดินของแสง อนุภาคคอลลอย์เป็นสารแขวนลอยมีช่วงขนาด 0.001 -1 ไมครอน สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานานๆ ปริมาณสารแขวนลอยเหล่านี้ สามารถวัดได้ เป็นค่าความขุ่น(turbidity) ที่ระดับต่างๆ ในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะพบ คาโอลินแขวนลอยอยู่เสมอ Culp(16)รายงานการวิจัยว่า ผงดินคาโอลินที่แขวนลอยอยู่ ในน้ำมีค่า BEC(Base exchange capacity)แคบ ซึ่งทำให้สังเกตุเหตุการเปลี่ยน แปลงได้ดี เมื่อใช้ปริมาณสารส้มรวมตะกอนเพียงเล็กน้อย Culpสรุปผลการกรองตรง กับน้ำดิบด้วยว่า เหมาะที่จะให้กรองน้ำดิบที่มีความขุ่นและสีน้อยกว่า 25 หน่วย, น้ำดิบที่มี สีน้อยๆ ความขุ่นสูงไม่ควรเกิน 200 หน่วย และน้ำดิบที่มีความขุ่นน้อยๆ สีมากไม่ควรเกิน 100 หน่วย Kawamura(18)รายงานว่า การกรองตรงเหมาะกับน้ำดิบความขุ่นระหว่าง 5-10 หน่วย

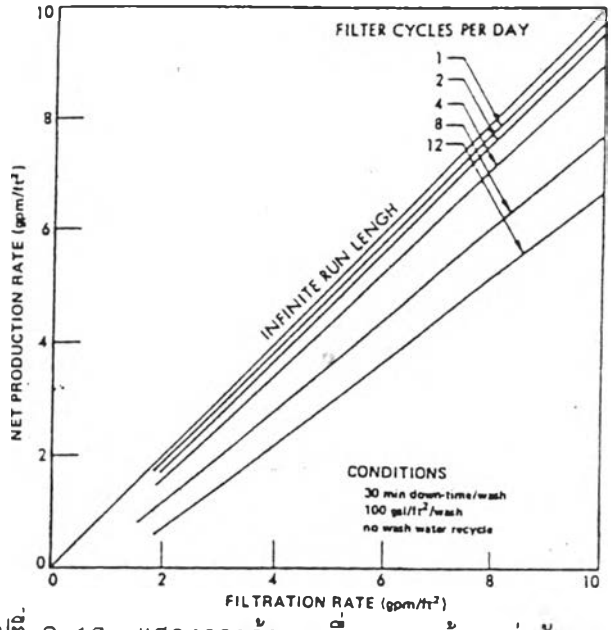
3.3.4 ความขุ่นน้ำกรอง

มาตรฐานที่กำหนดตวามขุ่นน้ำที่ผ่านการกรอง มีหลายมาตรฐาน และหลายสถาบันที่กำหนด สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา 3 สถาบันที่สำคัญ ได้กำหนด ค่าความขุ่นที่ยอมรับได้ดังนี้(WHO(19))

องค์การสหประชาชาติ(WHO)	กำหนดความขุ่นไม่เกิน	1 NTU
การประปาสหรัฐอเมริกา(AWWA)	"	1 NTU
การประปานครหลวง(MWWA)	"	5 NTU

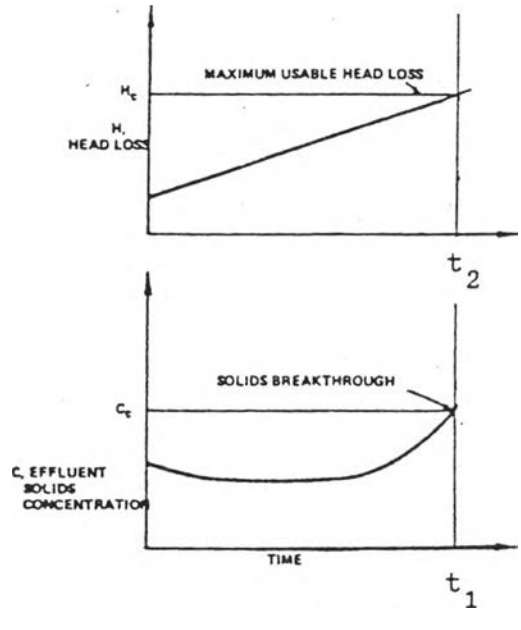
3.3.5 อายุการกรอง

โดยปกติอายุการกรองควรอยู่ในช่วง 12-48 ชม.(Fair(14)) ถ้าอายุการกรองนานเกินไป อาจเกิดปฏิกิริยาเคมี, ชีวะ ขึ้นในชั้นกรอง เช่น การตกผลึก ของหินปูนอย่างช้าๆ จนเกิดการรวมตัวจับกับทรายเป็นก้อน หรือเกิดการเจริญเติบโตของจุ ลินทรีย์ขึ้น เครื่องกรองน้ำบางครั้งอาจใช้กรองโดยล้างย้อนวันละ 1-2 ครั้ง โดยให้ ปริมาตรน้ำกรองไม่แตกต่างจากการล้างย้อนน้อยกว่าวันละ 1-2 ครั้งต่อวัน(รูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.10 แสดงการล้างเครื่องกรองน้อยกว่าวันละ 1-2 ครั้ง ไม่ช่วยทำให้ผลิตน้ำได้ปริมาณมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ในทางทฤษฎีในการใช้งานเครื่องกรองที่เหมาะที่สุด(optimal) ควรจะมี อายุการกรองโดยหัวน้ำสูญเสียสูงสุด(t_1) เท่ากับ อายุการกรองโดยความขุ่นหลุดลอด(t_2) (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 เครื่องกรองที่มี $t_1 = t_2$

3.3.6 หัวน้ำสูญเสีย

Fair(14)ได้แนะนำหลักเกณฑ์การออกแบบการใช้งาน เครื่องกรองแบบทั่วไป ควรมีระดับหัวน้ำสูญเสียเริ่มต้น(Initial Head Loss) ประมาณ 0.30 ม. จนถึงหัวน้ำสูญเสียสูงสุด(Final Maximum Head Loss) 2.45-2.75 ม.

3.3.7 การล้างย้อน

นักวิจัยหลายท่านได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับ การล้างย้อนในทัศนะต่างๆดังนี้ Camp(19)รายงานว่า สารกรองที่ใช้งานแล้ว จะทำความสะอาดได้ดีโดยล้างย้อนในอัตราที่เพียงพอ แรงที่ล้างตะกอน ส่วนใหญ่หลุดออกได้เนื่องจากแรงเฉือน(Shearing force) Fujita(20) มีความคิดเห็นตรงกันข้ามว่า การทำความสะอาดสารกรอง เกิดขึ้นเนื่องจากการสัมผัสกันระหว่างเม็ดสารกรองมากกว่าแรงเฉือน Kawamura(18)รายงานว่า การล้างย้อนด้วยน้ำร่วมกับการเป่าอากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งเครื่องกรองน้ำประปาและน้ำเสีย ได้มีการทดลองวิจัยกรองน้ำจากแม่น้ำ Missisipi และล้างย้อนด้วยน้ำจากแม่น้ำร่วมกับการเป่าอากาศ พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ(Haney and Steimle(21)) ส่วนปริมาณน้ำล้างย้อน Fair(14) แนะนำว่า เครื่องกรองเร็วที่เหมาะสมควรใช้น้ำล้างย้อน 1-6 %ของปริมาตรน้ำกรอง

3.4 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษาวิจัยในเรื่อง การกรองตรง ที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักเป็นการทดลอง การกรองตรงกับเครื่องกรองแบบสองชั้นแบบไหลลง(Dual Media) หรือเครื่องกรองชั้นเดียวแบบไหลลง(Single Media) และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานผลิตน้ำประปาได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ในทางตรงกันข้ามการศึกษาวิจัยการกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นที่ผ่านมาค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในแถบประเทศที่มีแหล่งวัตถุดิบแอนทราไซด์มาก ในบางประเทศไม่มีวัตถุดิบดังกล่าว จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบธรรมชาติที่หาได้ง่ายและราคาถูก นั่นก็คือทรายกรองโดยนำมาใช้ประโยชน์ในการกรองให้ได้สมรรถนะที่ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งในการผลิตน้ำประปา หรือกำจัดน้ำเสีย สำหรับการวิจัยที่สำคัญของเครื่องกรองแบบไหลขึ้นมีดังต่อไปนี้

015749

Haney & Steimle(21) ทดลองสมรรถนะของเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น เรียกว่า L'Eau Claire Process ประกอบด้วยหินกรองขนาด 32-38 หนา 15 มม., หินกรองขนาด 6.25-9.5 มม. หนา 15 ซม. และทรายขนาดสัมฤทธิ์ 1.8 มม., ส.ป.ส.ความสม่ำเสมอ 1.11 หนา 90 ซม., ทรายขนาดสัมฤทธิ์ 0.95 มม. หนา 90 ซม.(รวมชั้นกรองหนา 213 ซม.)โดยติดตะแกรงเหล็กบนผิวทรายชั้นบนสุด ใช้โพลิเมอร์เป็นสารรวมตะกอน ที่อัตราการกรอง 15 ม./ชม. สรุปผลการทดลองพบว่า

1) ที่อัตรากรอง 15 ม./ชม.ปริมาณสารโพลิเมอร์0.5-7.5 มก./ล.หัวน้ำสูญเสียสูงสุด 8.8 ม.(29 ฟุต) อายุการกรอง 3.5-34.5 ชม.

2) ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอยู่ระหว่าง 41-91%โดยใช้เวลาไม่เกิน 15 นาที ในการลดความขุ่นน้ำดิบจนได้ต่ำกว่า 1 NTU

3) สรุปว่าเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น สามารถนำไปใช้ผลิตน้ำสะอาด จากน้ำผิวดินที่มีความขุ่นไม่มากได้อย่างเหมาะสม

ภิญโญ ธรรมศิริ(20) ทดลองวิจัยโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น โดยผ่านการเตรียมน้ำก่อนกรองทรายกรอง ES 1.2 มม., UC 1.6, ชั้นกรองหนา 80 ซม. กรองน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา ความขุ่นน้ำเฉลี่ยหลังตกตะกอน 50 ถึง70 JTU ที่อัตรากรอง 100-500 ม./วัน(4.16-20.8 ม./ชม.) สรุปผลการวิจัยดังนี้

1) ที่อัตรากรอง 10.41 ม./ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 70%

ที่อัตรากรอง 20.83 ม./ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 60%

2) หัวน้ำสูญเสียสูงสุดไม่เกิน 0.96 เท่าของความหนาชั้นทราย

3) อัตรากรองที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 8.33-16.66 ม./ชม.

4) ปริมาณน้ำล้างย้อนประมาณ 2.5% ของน้ำกรอง

Perera(9) ทดลองเปรียบเทียบเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นกับแบบไหลลง น้ำดิบคาโอลิน 100 มก./ล. ที่อัตรากรอง 5,10,15,20 ม./ชม.ขนาดทรายสัมฤทธิ์ 0.595-0.841 มม. ชั้นกรองหนา 12.5 ซม. ถึง 32.5 ซม. สรุปผลการทดลองได้ดังนี้คือ

1) เครื่องกรองแบบไหลขึ้นมีหัวน้ำสูญเสียน้อยกว่าแบบไหลลงอย่างมีนัยสำคัญที่สภาวะเดียวกัน

2) อายุการกรองแบบไหลขึ้นยาวนานกว่าแบบไหลลงอย่างมีนัยสำคัญที่สภาวะเดียวกัน

3) เครื่องกรองแบบไหลขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงพอ ต่อการใช้งานหลังจากเริ่มกรองน้ำ 30 นาที