บทที่ 2

ทฤษฎีระบบทรายกรองช้า

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 วิวัฒนาการของระบบ

ระบบทรายกรองช้า เป็นระบบที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ได้มีการค้นพบและนำมาใช้เป็นเวลานานแล้ว การใช้ทรายกรองได้มีการเริ่มต้นนำมาใช้ในรูปกิจการเป็นครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษ โดยในปี ค.ศ. 1791 (2) James Peacock's (1738-1814) ได้ทำการจดทะเบียนลิขสิทธิ์วิธีการใช้ทรายกรองเป็นครั้งแรก ต่อมาปี ค.ศ. 1804 (3) ที่ Paisley, Scotland John Gibb (1776-1850) ได้ประสบผลสำเร็จในการสร้างชั้นทรายกรองช้า (Slow sand filter bed) โดยประกอบเข้ากับถังตะกอนและวัสดุชนิดหยาบที่ใช้เป็นตัวกรอง (Roughing filter) สำหรับระบบทรายกรองช้าที่มีการพัฒนาและได้นำมาใช้ในรูปกิจการประปาเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1829 ที่ลอนดอน ประเทศอังกฤษ โดย James Simpson ได้เป็นผู้ออกแบบให้กับบริษัท ประปาเชลซี (Chelsea)

ในช่วงศตวรรษที่ 19 นี้เอง การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยระบบทรายกรองช้าได้มีการออกแบบก่อสร้างใช้ในกิจการประปาหลายแห่ง เป็นที่ยอมรับในด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ได้มาตรฐานและสามารถขจัดเชื้อโรคในน้ำได้ ซึ่งข้อพิสูจน์ดังกล่าวได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1892 ในประเทศเยอรมัน เมืองฮัมบูรก์ (Hamburg) และเมืองอัลโทนา (Altona) เป็นเมืองที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกัน ประชาชนของทั้งสองเมืองต่างก็ใช้น้ำจากแม่น้ำเอลเบ (Elbe) แต่วิธีการนำน้ำมาใช้บริการนั้นแตกต่างกันคือ เมืองฮัมบูรก์นำน้ำมาใช้โดยไม่ได้ผ่านการกรองเสียก่อนเพียงแต่ทำให้ตกตะกอนเท่านั้น ส่วนเมืองอัลโทนีนั้นน้ำที่นำมาใช้ได้มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยผ่านระบบการกรองเสียก่อน ผลกระทบที่เกิดจากแม่น้ำเนื่องจากค่ายผู้อพยพ ทำให้เมืองฮัมบูรก์มีประชาชนล้มตายมากกว่า 7,500 คน เนื่องจากโรคอหิวาต์ระบาด แต่ขณะเดียวกันประชาชนในเมืองอัลโทนีไม่เกิดโรคระบาดเลย จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้ทั่วโลกเชื่อว่าการกรองน้ำสามารถขจัดเชื้อโรคที่เกิดจากการติดต่อทางน้ำได้ (3)

ในเวลาต่อมาได้มีผู้คิดค้นการกรองน้ำแบบ mechanical gravity filter ขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1825 ในประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นจนใช้กันเป็นที่แพร่หลาย ระบบดังกล่าวในปัจจุบันก็คือ ระบบทรายกรองเร็ว (Rapid sand filter) ได้มีการจดทะเบียนลิขสิทธิ์เป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1899 ในประเทศอังกฤษ

สำหรับระบบทรายกรองช้านั้น ได้มีการพัฒนาส่วนประกอบอื่น ๆ เข้าเสริมเพื่อให้การใช้งานของระบบมีประสิทธิภาพและเหมาะสมดียิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งาน เช่น ในการออกแบบได้ใช้ Prefilter เข้าช่วยเพื่อลดปริมาณความขุ่นของน้ำดิบก่อนที่จะเข้าสู่ระบบทรายกรองช้า

2.2 หลักการทำงานของระบบ

ระบบการกรองที่ปล่อยให้น้ำผ่านชั้นตัวกรอง (Filter media) นั้นเป็นขบวนการทางฟิสิกส์และเคมีที่สามารถแยกเอาสารแขวนลอย (Suspended solids) และสารคอลลอยด์ (Colloids) ที่มีอยู่ปะปนในน้ำออกได้ โดยการผ่านน้ำที่มีสารเจือปนต่าง ๆ เหล่านี้ลงไปยังตัวกลางที่มีรูพรุน (Porous mediums) ซึ่งตามปกติจะใช้ทรายซึ่งหาได้ง่ายและมีความคงทน น้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ตามรูพรุน (pores) ของตัวกลางจนเต็มและไหลทะลุผ่านช่องว่างของรูพรุนนี้ไปได้โดยสารเจือปนที่มีอยู่ในน้ำจะติดค้างอยู่ตามช่องว่างของชั้นตัวกลาง (medium)

กลไกสำคัญในการที่ชั้นตัวกลางมีรูพรุน สามารถขจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำออกได้นั้น สามารถอธิบายสรุปได้เป็น 4 ประการดังนี้[4]

1. Mechanical straining
2. Sedimentation or adsorption
3. Biological metabolism
4. Electrolytic changes

Mechanical straining - เป็นกลไกทางฟิสิกส์ สารแขวนลอยหรือสารคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างรูพรุนของชั้นทรายจะติดค้างอยู่ในชั้นทรายกรอง[5]

Sedimentation or adsorption - เป็นกลไกทางเคมี ช่องว่างที่อยู่ในชั้นทราย เปรียบเสมือนแอ่งน้ำเล็ก ๆ ทำให้น้ำที่ไหลผ่านช่องว่างเหล่านี้จะมีความเร็วลดลงและเมื่อมีระยะเวลากักตัว (detention time) พอสมควร จะทำให้สารเจือปนที่มีอยู่ในน้ำเหล่านี้จับรวมตัวเป็นกลุ่ม (floc) กันขึ้นและตกตะกอน การตกตะกอนของ floc ที่เกิดขึ้นนี้มันจะจับตัวกับเม็ดทราย[6] และมีคุณสมบัติในการดูดซับอีกด้วย[7]

Biological metabolism - เป็นกลไกทางชีวเคมี น้ำที่ไหลผ่านชั้นทรายกรองชั่วระยะเวลาหนึ่ง ที่ผิวบนของชั้นทรายนี้จะเกิดเป็นเยื่อบาง ๆ ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กแผ่เต็มผิวของชั้นทราย แผ่นเยื่อนี้เรียกว่า "Schmutzdecke" หรือชั้นของชีวภาพ (Biological layer) ซึ่งแผ่นเยื่อนี้จะมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวคล้ายกาว ประกอบด้วยพวกสาหร่าย (algae) และสิ่งมีชีวิตในรูปต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น พวกแพลงตอนและบักเตรีบางชนิด เมื่อเวลาน้ำผ่านสิ่งเจือปน เช่น อนุภาคของเกลือแร่ สารอินทรีย์ แอลจีและบักเตรีบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จะถูกดักติดค้างอยู่บนเมือง เหนียวและถูกย่อยสลายตามธรรมชาติไปเป็นสารประกอบอย่างอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่แฝงอยู่ในชั้นเยื่อนี้[8]

Electrolytic changes - กลไกที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายได้ โดยทฤษฎีการแตกตัว (ionic theory) เมื่อสสาร 2 ชนิดที่มีประจุๆฟฟ้าต่างกันมันจะจับรวมตัวกันเป็นสารเคมีชนิดใหม่ขึ้น ดังนี้เม็ดทรายในชั้นทรายกรองที่มีประจุไฟฟ้าจะจับรวมตัวกับสารเจือปนที่มีขั้วประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันแล้วเป็นกลาง (neutral) ภายในระยะเวลาหนึ่งประจุไฟฟ้าของเม็ดทรายก็จะหมดไป ทำให้ต้องทำความสะอาดทรายกรอง[9]

ข้อเท็จจริงกลไกทั้ง 4 ประการนี้ แทบจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหรือในเวลาเดียวกัน ขบวนการของระบบทรายกรองช้าในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ พอสรุปได้ดังนี้

น้ำดิบที่ผ่านเข้าสู่ตัวกรองนี้จะถูกกักอยู่เหนือชั้นทรายกรองประมาณ 1-1.50 เมตร น้ำจะ

ค่อย ๆ ซึมผ่านชั้น Schmutzdecke ลงไป โดยน้ำส่วนที่อยู่เหนือชั้นทรายกรองนี้จะมีระยะเวลาพักตัวอยู่ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ทำให้สิ่งเจือปนในน้ำที่มีอนุภาคใหญ่จะตกตะกอน ส่วนอนุภาคขนาดเล็กก็จะจับรวมตัวกันเป็นกลุ่ม (floc) แล้วตกตะกอนและในตะกอนนี้จะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์บางชนิดที่เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตในชั้น Schmutzdecke

เมื่อน้ำผ่านเข้าสู่ชั้นทราย รูพรุนช่องว่างระหว่างเม็ดทรายซึ่งทำหน้าที่เสมือนตะแกรงจะกันไม่ให้อนุภาคของสารเจือปนที่มีขนาดใหญ่กว่าไหลผ่านไปได้ นอกจากนี้ ช่องว่างเล็ก ๆ ของเม็ดทรายจะมีแรงทางประจุไฟฟ้า (electrical charge) หรือแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี (chemical bonding) หรือปฏิกริยาของโมเลกุล (molecule activity) ที่เกิดขึ้นคอยช่วยดูดซึมสารที่มีอนุภาคขนาดเล็กและเชื้อโรคต่าง ๆ อีกด้วย ดังนี้จะทำให้ส่วนบนของชั้นทรายกรองมีสิ่งสกปรกติดค้างอยู่มาก

จากข้อสังเกตอีกประการหนึ่ง คือ น้ำที่ผ่านการกรองในระบบทรายกรองช้านี้ ปริมาณอ๊อกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำจะลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในชั้นทราย Schmutzdecke ได้นำเอาอ๊อกซิเจนในน้ำบางส่วนไปใช้เป็นพลังงาน[8]

2.3 <u>หลักเกณฑ์การออกแบบ</u>

ในการออกแบบระบบทรายกรองช้า มีข้อกำหนดและหลักเกณฑ์เพื่อใช้พิจารณาประกอบการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบดังนี้

2.3.1 <u>ปริมาณการผลิต</u>

กองประปาชนบท กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุขได้มีข้อกำหนดประกอบการออกแบบก่อสร้างระบบประปาชนบทไว้ดังนี้[1]

อายุการใช้งานของระบบ	=	10 ปี
อัตราการเพิ่มของประชากร	=	3 %
อัตราการใช้น้ำ	=	80 ลิตร/คน/วัน (ในเขตสุขาภิบาล)
	=	50 ลิตร/คน/วัน (หมู่บ้านทั่วไป)

ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน = 1.5xปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน

$$\text{ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดต่อชั่วโมง} = \frac{\text{4.0xปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน}}{24}$$

2.3.2 จำนวนถังกรอง

ก่อนอื่นจะต้องหาพื้นที่การกรองทั้งหมดเสียก่อน จากการที่ทราบปริมาณน้ำที่ต้องการผลิต (Q) และอัตราการกรอง (V_f) พื้นที่ใช้ในการกรองทั้งหมด (A) = Q/V_f เมื่อกำหนดขนาดและรูปร่างของถังกรองได้แล้ว ทำให้ทราบค่าพื้นที่ผิวหน้าของชั้นทรายกรองของแต่ละถังกรอง (S)

$$\text{ฉะนั้น จำนวนถังกรอง } (n) = \frac{A}{S}$$

แต่ในการดำเนินงานนี้จะต้องทำการก่อสร้างจำนวนถังกรองสำรองไว้อย่างน้อย 1 ถังกรอง ทั้งนี้เนื่องจากต้องเสียเวลาหยุดการใช้งานของถังกรองในขณะทำความสะอาดผิวหน้าทราย

2.3.3 ขนาดและรูปร่างของถังกรอง

โดยทั่วไปโครงสร้างของถังกรองมักจะก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กและรูปร่างของถังควรเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยขนาดของถังกรองควรมีพื้นที่หน้าตัดผิวทรายกรองไม่น้อยกว่า 100 ตารางเมตร[3] ส่วนความสูงของถังนั้นคิดได้จากผลรวมของความหนาของชั้นตัวกรองทั้งหมด ระยะความสูงของระบบระบายน้ำด้านล่างและระยะความสูงของน้ำเหนือผิวทรายกรอง นอกจากนี้จะต้องเผื่อระยะ freeboard ประมาณ 30 เซ็นติเมตร และขอบถังกรองควรสูงจากระดับพื้นดินอีกอย่างน้อย 15 เซ็นติเมตร เพื่อป้องกันลมพัดเอาสิ่งสกปรกลงในถังกรอง ความหนาของถังกรองจะต้องป้องกันน้ำซึมผ่าน (watertight) ในกรณีที่การก่อสร้างใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาของถังไม่ควรน้อยกว่า 15 เซ็นติเมตร[11]

2.3.4 ระดับน้ำเหนือผิวทรายกรอง

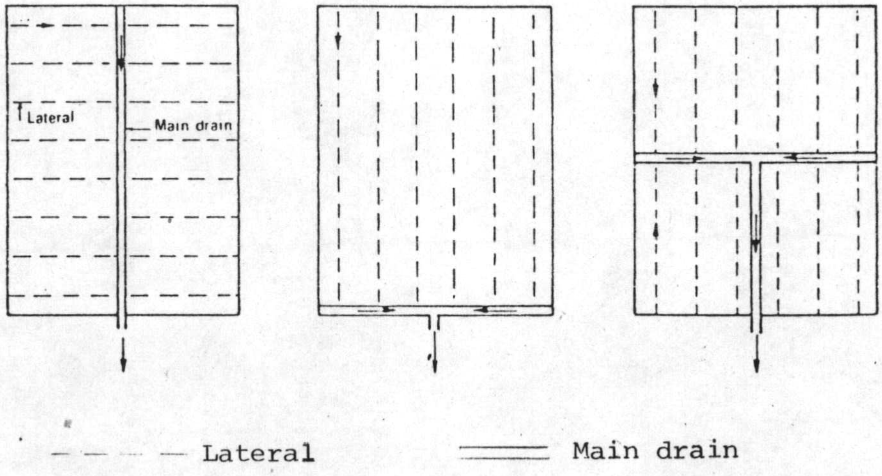
ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปเลือกใช้ค่าความสูงของระดับน้ำเหนือผิวทรายกรอง ระหว่าง 1.00 ถึง 1.50 เมตร[3]

2.3.5 ชั้นตัวกรอง (Filter bed)

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นกรองที่ละเอียดและชั้นกรองหยาบ โดยส่วนบนจะเป็นชั้นกรองละเอียด นิยมใช้ทรายเป็นตัวกรอง ขนาดของทรายที่ใช้มีค่า effective size 0.25 ถึง 0.35 ค่า uniformity coefficient $\ngtr 3$ ประกอบด้วยแคลเซี่ยมและแมกนีเซี่ยม $\ngtr$ 2 % as carbonates ความหนาของชั้นทรายกรองควรใช้ 0.60 ถึง 1.20 เมตร[10] สำหรับชั้นกรองหยาบด้านล่างที่รองรับชั้นทรายกรองนั้น โดยมากใช้กรวดขนาดต่าง ๆ แยกเรียงเป็น 3 ชั้น มีขนาดตั้งแต่ 2 มม. ถึง 25 มม. มีความหนาประมาณ 0.30-0.60 เมตร อัตราการกรองจะมีค่า 0.1-0.4 ม^3/ม^2/ชม.[3]

2.3.6 ระบบระบายน้ำใต้ชั้นกรอง

มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการกรอง การออกแบบก่อสร้างควรคำนึงถึงปัญหาการอุดตันที่จะเกิดขึ้น เพราะเมื่อได้ทำการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วไม่สามารถทำการตรวจสอบหรือบำรุงรักษาความสะอาดในภายหลัง รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบต่าง ๆ ของแบบการจัดระบบระบายน้ำด้านล่างของชั้นกรอง ประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ ส่วนระบายน้ำเมน (main drain) และส่วนระบายแยก (lateral drains) ในการก่อสร้างอาจจะทำพื้นคอนกรีตเป็นรางยาวแล้วใช้อิฐบล็อควางเรียงกันเป็นช่อง ทำหน้าที่เป็นส่วนระบายแยก ข้างบนใช้อิฐบล็อควางเรียงต่อกันเป็นแผ่น เว้นช่องระหว่างแผ่นประมาณ 1 เซ็นติเมตรเพื่อใช้รองรับชั้นกรวดอีกทีหนึ่ง หรือจะใช้ท่อเจาะเป็นรูพรุนวางเรียงห่าง ๆ กัน เป็นท่อรับน้ำที่ผ่านการกรองจากชั้นกรวดก็ได้ ตัวอย่างการจัดรูปแบบการระบายน้ำด้านล่าง ดูรูปที่ 2.1 ประกอบ



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการจัดระบบระบายน้ำใต้ชั้นตัวกรอง

2.3.7 ระบบควบคุมการกรอง

ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบควบคุมการกรอง ได้แก่ (ดูรูปที่ 2.2 ประกอบ)

(1) ท่อพร้อมประตูน้ำ นำน้ำดิบเข้าสู่ถังกรอง

(2) รางระบาย scum และสิ่งของที่ลอยอยู่ผิวน้ำเหนือชั้นทรายกรอง

(3) ท่อพร้อมประตูน้ำ ระบายน้ำส่วนบนผิวทรายกรอง

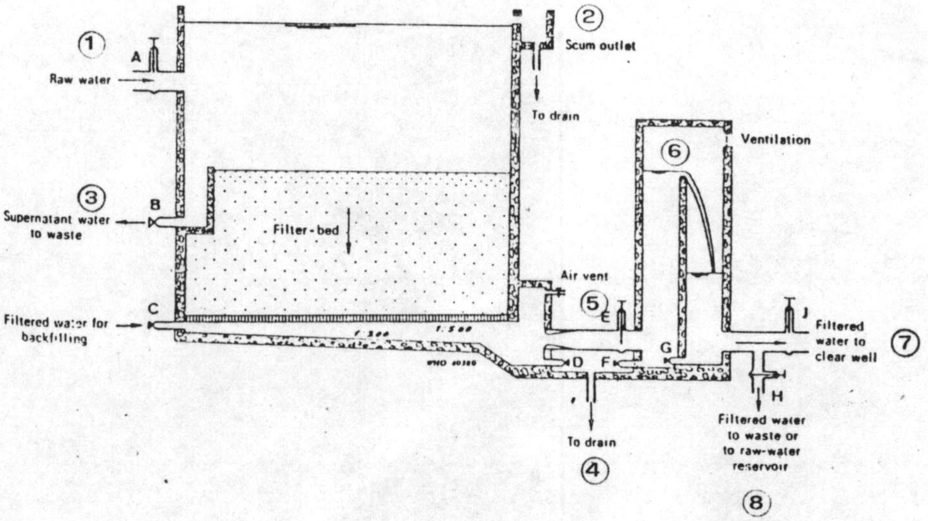
(4) ท่อพร้อมประตู ระบายน้ำส่วนที่อยู่ใต้ชั้นกรอง

(5) อุปกรณ์ควบคุมอัตราการกรอง

(6) ฝายควบคุมระดับน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าผิวทรายกรอง

(7) ท่อพร้อมประตูน้ำ ระบายน้ำที่ผ่านการกรองไปยังบ่อเก็บน้ำใส

(8) ท่อพร้อมประตูน้ำแยกจากท่อในข้อ 7 เพื่อระบายน้ำทิ้งหรือกลับเข้าสู่การกรองอีกครั้ง



รูปที่ 2.2 แสดงระบบควบคุมการกรอง

2.4 <u>ข้อควรคำนึงประกอบการพิจารณาออกแบบ</u>

ก่อนที่จะทำการออกแบบระบบทรายกรองช้านั้น ควรทำความเข้าใจในรายละเอียดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบเสียก่อนเพื่อให้การออกแบบและใช้งานได้ถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.4.1 <u>คุณภาพของน้ำดิบ</u> (quality of raw water)

น้ำดิบที่นำมาใช้ในระบบทรายกรองช้า ไม่ควรมีสารแขวนลอย (Suspended solid) และสารคอลลอยด์ (colloid) เจือปนอยู่มากนัก เพราะจะทำให้อายุการใช้งานของการกรอง (filter run) สั้น ต้องทำความสะอาดหน้าทรายกรองบ่อย คุณภาพของน้ำดิบที่เหมาะต่อการใช้ระบบทรายกรองช้าควรมีค่าเฉลี่ยของความขุ่น 10 mg/l-as SiO_2 หรือน้อยกว่า [(3)]

2.4.2 <u>ผลของสาหร่ายที่มีต่อการกรอง</u>[3]

การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายในชั้นน้ำเหนือทรายกรอง จะทำให้ปริมาณ O_2 เพิ่มขึ้นปริมาณ CO_2 ลดลง การเพิ่ม O_2 จะทำให้ช่วยในการย่อยสลายอินทรีย์สารปริมาณ CO_2ลดลงจะเป็นผลให้ $(HCO_3)_2$ แยกตัวออกเป็น CO_3และ CO_2ปริมาณ $(HCO_3)_2$ ลดลง จะลด Temporary hardness และสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำของ CO_3 จะตกตะกอน ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้เกิดการอุดตันต่อระบบกรอง นอกจากนี้ ชนิดของสาหร่ายก็มีความสำคัญเช่นกัน สาหร่ายชนิด filamentous จะช่วยให้การประสานตัวของ Schmutzdecke ดีขึ้น ช่วยให้สารแขวนลอยติดค้างอยู่ไม่ลงไปถึงชั้นตัวกรอง เป็นการปรับคุณภาพน้ำได้ดีขึ้น แต่ถ้าหากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมีมากจะทำให้เกิดฟองอากาศของอ๊อกซิเจนมีมากและอาจทำให้ชั้นของสาหร่ายที่คลุมอยู่หน้าผิวทรายกรองยกตัวลอยขึ้นพร้อมเม็ดทราย บางส่วนจะเกาะติดไปด้วย ก่อให้เกิดแรงต้านทานจองตัวกรองลดลง อัตราการกรองจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในบางครั้งจะเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นสาหร่ายชนิด diatoms จะทำให้การประสานตัวของ Schmutzdecke ไม่ดี หากมีสาหร่ายชนิดนี้มากจะทำให้การอุดตันของชั้นตัวกรองเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

เนื่องจากการเจริญเติบโตของสาหร่ายขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่าง ทำให้ไม่สามารถจะคาดการณ์ได้ จึงควรทำการศึกษาโดยการสร้างแบบหุ่นจำลองก่อนการพิจารณาออกแบบ

2.4.3 <u>ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดทรายกรอง, คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองและระยะเวลาที่ใช้กรอง</u>

จากจุดมุ่งหมายที่สำคัญของผู้ออกแบบ ได้แก่ ความต้องการน้ำที่ได้จากการกรองมีคุณภาพดีที่สุดและในขณะเดียวกันก็จะพยายามที่จะให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประหยัดที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ ได้มีข้อแนะนำบางประการที่สำคัญต่อการพิจารณาออกแบบ สรุปได้ดังนี้[3]

ก. ถ้าวัสดุตัวกรอง (filter medium) มีขนาดเล็กหรือละเอียดมากขึ้นเท่าใด (ในช่วงของค่าที่กำหนด) จะทำให้ได้น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณภาพดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างรูพรุนระหว่างเม็ดทรายมีขนาดเล็กลง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (gross surface area) ของตัวกรองอีกด้วย

ข. คุณภาพของน้ำจากการกรองโดยส่วนใหญ่จะขึ้นกับขนาดของตัวกรองที่ใช้ แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการกรอง

ค. ขนาดของเม็ดทรายกรองที่ใช้ไม่ควรให้มีขนาดเล็กกว่าค่าที่กำหนดหรือค่าที่ได้จากการทดลองศึกษา เพราะจะทำให้ระยะเวลาที่ใช้กรองสั้นลง ถ้าหากมีความต้องการที่จะเผื่อไว้เป็นค่าความปลอดภัย (safety) แล้ว ควรใช้วิธีเพิ่มความหนาของชั้นกรอง ไม่ควรใช้วิธีลดขนาดของเม็ดทรายกรอง

ง. ระยะเวลาที่ใช้กรองจะยิ่งสั้นลงเมื่อค่าอัตราการกรองสูงขึ้นและขนาดของตัวกรองที่ใช้มีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและเวลาในการทำความสะอาดมากขึ้น นอกจากนี้ คุณภาพของน้ำที่ได้จะลดต่ำลงเนื่องจากประสิทธิภาพของการกรองลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการทำความสะอาด

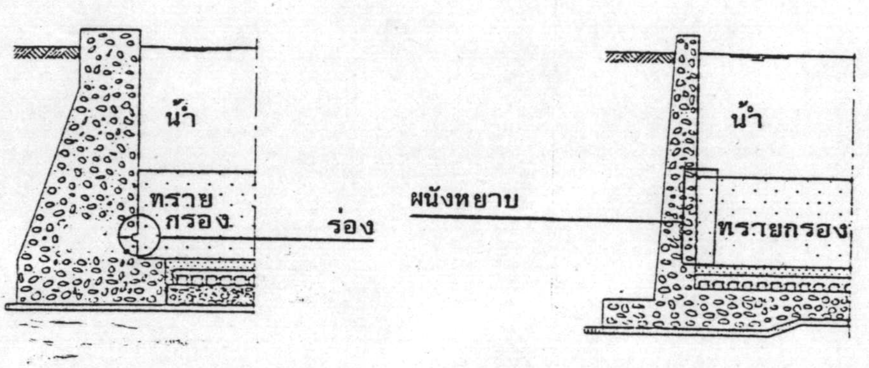
จ. ในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นมาก ควรใช้อัตราการกรองต่ำและถ้าต้องการให้ระยะเวลาที่ใช้กรองยาวนานแล้ว ผู้ออกแบบควรพิจารณาการใช้ Pretreatment เพื่อขจัดความขุ่นให้มีค่าน้อยลงก่อนเข้าระบบทรายกรองช้า ทั้งนี้ควรได้พิจารณาความถี่และระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำดิบประกอบการตัดสินใจในความจำเป็นที่ต้องใช้ Pretreatment ด้วย

007435

2.4.4 <u>การลัดวงจร</u> (short circuiting)

การลัดวงจรหรือการไหลผ่านของน้ำดิบตามแนวขอบผนังด้านในของตัวกรองโดยไม่ไหลผ่านชั้นตัวกรองซึ่งเป็นอันตรายต่อน้ำที่ออกจากระบบ การออกแบบโครงสร้างควรจะ

ได้พิจารณาหาทางป้องกันไว้ด้วย ในกรณีที่ผนังของตัวถังกรองมีความลาดเอียงแล้วจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นเพราะชั้นทรายจะอัดแน่นชิดขอบผนังได้ดี แต่ถ้าผนังของตัวถังกรองอยู่ในแนวดิ่งแล้ว มีความจำเป็นต้องสร้างสิ่งป้องกันขึ้น เช่น ทำร่องไว้ที่ผนังหรือแต่งผิวผนังให้หยาบ (ดูรูปที่ 2.3)

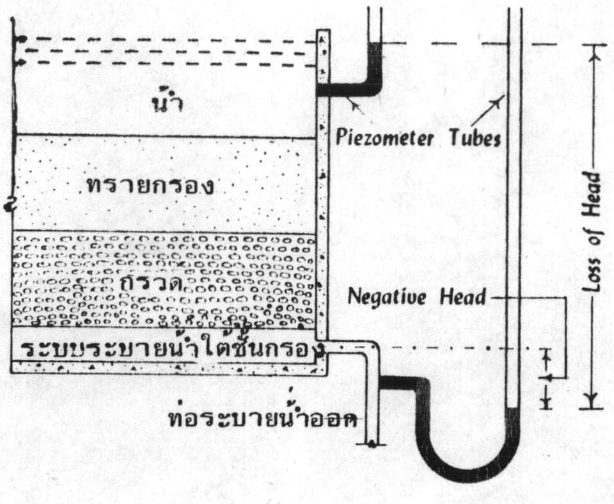


รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการป้องกันการรัดวงจรของชั้นตัวกรอง

2.4.5 Negative head

ชั้นตัวกรองเมื่อใช้งานไปได้ระยะหนึ่งจะทำให้ความต้านทาน (frictional resistance) ที่เกิดจากชั้นตัวกรองมีค่ามากกว่า static head ของน้ำเหนือชั้นทรายกรอง ทั้งนี้เนื่องจากการตกตะกอนของสารแขวนลอยในชั้นบนทรายกรองลึกประมาณ 10-15 ซม. ส่วนชั้นล่างจะเกิดสภาพคล้ายสูญญากาศ (vacuum) และน้ำจะถูกดูดขึ้นผ่านชั้นตัวกรองแทนที่จะถูกกรองผ่านลง ระดับน้ำในหลอดแก้วจะต่ำกว่าระดับเส้นศูนย์กลางของระบบการระบายน้ำด้านล่าง เป็นปรากฏการณ์ Negative head[9] (ดูรูปที่ 2.4)

ในการออกแบบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิด negative head โดยทั่วไปใช้ฝายควบคุมระดับน้ำในถังกรองไม่ให้มีระดับต่ำกว่าผิวหน้าทรายกรอง นอกจากนี้ยังได้ประโยชน์จากการใช้ฝายนี้ช่วยทำให้การกรองเป็นไปโดยอิสระไม่เกี่ยวข้องกับระดับเปลี่ยนแปลงของน้ำในถังพักน้ำใส และเป็นการเพิ่มปริมาณอ๊อกซิเจนให้กับน้ำ โดยที่น้ำจะไหลล้นผ่านฝายนี้สัมผัสกับอากาศ[3]



รูปที่ 2.4 แสดง Loss of head และ Negative head

2.5 <u>ข้อดีและข้อเสียของระบบทรายกรองช้า</u>

ข้อดีและข้อเสียของระบบทรายกรองช้า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบทรายกรองเร็ว สามารถสรุปได้ดังนี้

2.5.1 <u>ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและอุปกรณ์</u>

ระบบทรายกรองช้าเป็นระบบแบบง่าย ๆ ดังนั้น อุปกรณ์ควบคุมและเครื่องจักรกลที่ใช้จึงมีน้อยกว่าและไม่สลับซับซ้อนเหมือนระบบทรายกรองเร็ว แต่ต้องการพื้นที่ก่อสร้างตัวระบบมากกว่าในขณะที่กำลังการผลิตน้ำให้กับชุมชนใช้ในปริมาณที่เท่ากัย ดังนั้น ถ้าก่อสร้างในเขตที่ดินมีราคาถูกแล้วจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของระบบทรายกรองช้าถูกกว่าระบบทรายกรองเร็ว นอกจากยังง่ายต่อการก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง สามารถจัดหาได้ง่าย

2.5.2 <u>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน</u>

ระบบทรายกรองช้า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดอยู่ที่การรักษาทำความ

สะอาดชั้นทรายกรองเท่านั้น ในการทำความสะอาดนี้อาจจะใช้แรงคนหรือเครื่องจักรเข้าช่วยก็ได้ สำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา แรงงานของคนจัดหาได้ง่ายและถูก นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยสนับสนุนให้คนในท้องถิ่นมีงานทำเป็นการเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้ระบบทรายกรองช้าไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีอื่นเข้าช่วย จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานถูกกว่าระบบทรายกรองเร็วมาก

2.5.3 <u>การควบคุมการทำงาน</u>

เนื่องจากระบบทรายกรองช้าใช้หลักการแบบง่าย ๆ และการใช้งานสามารถยืดหยุ่นได้ ดังนั้น ผู้ควบคุมการทำงานไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และความชำนาญมากนัก ตรงข้ามกับระบบทรายกรองเร็วซึ่งมีระบบควบคุมการทำงานที่ยุ่งยากกว่า ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้และผ่านการอบรมมาควบคุมการทำงานของระบบ

2.5.4 <u>การบำรุงรักษา</u>

ขั้นตอนการดูแลรักษาของระบบทรายกรองช้าไม่มีอะไรยุ่งยากเพียงแต่ทำความสะอาดทรายกรองเท่านั้น สำหรับระบบทรายกรองเร็วเนื่องจากมีการใช้อุปกรณ์เครื่องจักมากทำให้การบำรุงรักษาซ่อมแซมจะต้องดูแลอยู่เป็นประจำ