บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

การออกแบบระบบจ่ายน้ำนั้น จะต้องให้ได้น้ำที่อยู่ในระบบท่อมีความดันที่พอเหมาะ และมีปริมาณน้ำที่เพียงพอตลอดเวลา ไม่เพียงเท่านั้น ยังต้องการน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งาน และสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ ที่มีใช้อยู่ในห้องน้ำ จำเป็นที่จะต้องมีอัตราการไหลและความดันของน้ำที่เหมาะสมกับเครื่องสุขภัณฑ์นั้นๆ เพื่อสามารถใช้เครื่องสุขภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ทำให้เกิดเสียงดังขึ้นขณะที่ใช้งาน

ระบบจ่ายน้ำสำหรับอาคาร จะมีหัวข้อที่ควรทราบ เพื่อนำความรู้ไปใช้ในการพิจารณาออกแบบระบบจ่ายน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- แหล่งและคุณภาพของน้ำ
- การผลิตน้ำ
- อัตราการใช้น้ำ
- ระบบแจกจ่ายน้ำ

หัวข้อทั้งหมดนี้วิศวกรออกแบบระบบท่อภายในอาคาร ควรที่จะต้องทราบและเข้าใจเพื่อสามารถทำให้การออกแบบระบบแจกจ่ายน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น วิศวกรออกแบบระบบต้องทราบเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เพื่อเลือกใช้วัสดุของท่อน้ำได้อย่างถูกต้อง

2.1 แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ

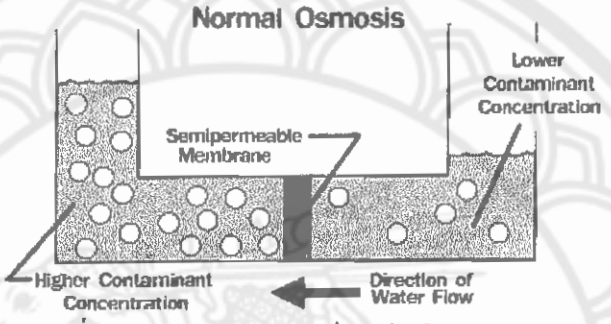
การจัดหาน้ำดิบที่จะส่งจ่ายเข้าสู่ระบบ

ระบบที่ทำการออกแบบ เป็นระบบที่นำน้ำที่เหลือทิ้ง จากการกรองด้วยกระบวนการ รีเวอร์ส ออสโมซิสมาใช้ในระบบส่งจ่ายน้ำ เพื่อนำไปชำระล้างเครื่องสุขภัณฑ์ โดยผ่านวาล์วน้ำล้าง เพราะฉะนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึงการออกแบบระบบกรองน้ำ และ คุณสมบัติของน้ำที่จะนำไปใช้ ซึ่งข้อมูลทั้งสองนี้จำเป็นที่จะต้องทราบเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในขั้นตอนออกแบบระบบท่อต่อไป

2.1.1 หลักการทำงานของโรงกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ความหมายของรีเวอร์สออสโมซิส

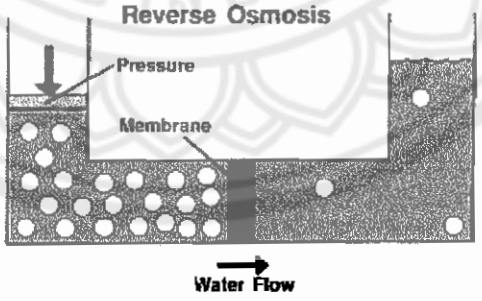
รีเวอร์สออสโมซิส เป็นขบวนการที่ใช้แยกอิออน สารประกอบและสารละลายต่างๆ ออกจากน้ำ โดยใช้เยื่อเมมเบรน (Membrane) เป็นตัวกลาง ตามปรกติ ออสโมซิส จะเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำจากสารละลายที่เจือจาง ไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง โดยผ่านได้เฉพาะโมเลกุลเท่านั้นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ออสโมซิส (Osmosis)

ที่มา : http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2003/20/05.php

แต่ระบบรีเวอร์สออสโมซิสจะเป็นไปในทางกลับกัน กล่าวคือ โมเลกุลของน้ำจะต้องเคลื่อนที่จากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ผ่านเมมเบรนกลับไปยังสารละลายที่เจือจาง ซึ่งวิธีดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องอาศัยแรงดันที่สูงที่ได้จากเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง ในการอัดโมเลกุลของน้ำดังรูปที่ 2.2



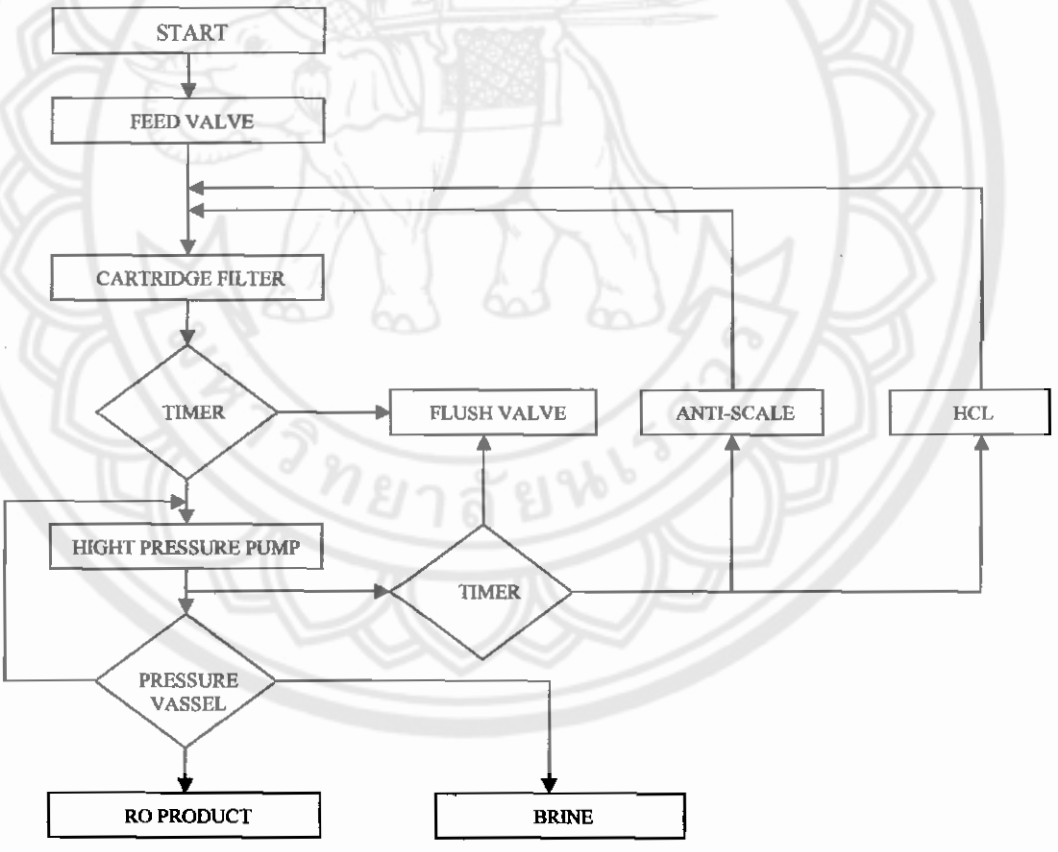
รูปที่ 2.2 แสดงปรากฏการณ์รีเวอร์ออสโมซิส (Reverse Osmosis)

ที่มา : http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2003/20/05.php

กลไกในการกำจัดเกลือแร่ ของการกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส

เครื่องกรองน้ำจะมีแผ่นเมมเบรน 2 ชั้น และหนาประมาณ 100 ไมครอนชั้นบนซึ่งติดอยู่กับน้ำดิบ เป็นส่วนที่มีเนื้อแน่นแต่บาง ชั้นนี้หนาเพียง 0.2 ไมครอน เมมเบรนชั้นบนนี้มีความสำคัญมาก เพราะทำหน้าที่กำจัดเกลือแร่และสารอินทรีย์ ชั้นล่างมีเนื้อพรุนและหนามาก เป็นโครงสร้างรองรับ และขนส่งน้ำบริสุทธิ์จากชั้นบนไปยังท่อภายใน น้ำดิบถูกสูบอัดเข้าเครื่องกรองด้วยแรงดันสูง และกระจายไปทั่วทั้งผิวหน้าของแผ่นเมมเบรน การไหลของน้ำต้องเป็นแบบที่มีความปั่นป่วน (Turbulent Flow) ทั้งนี้เพื่อรักษาความสะอาดของเมมเบรน น้ำบริสุทธิ์ถูกบีบให้ซึมผ่านเมมเบรนและไหลไปรวมกันภายในท่อตรงกลางเรียกว่า "Permeate หรือ Product" ส่วนน้ำที่ไม่ผ่านเยื่อเมมเบรนจะไหลออกทางปลายอีกด้านหนึ่งเป็นน้ำความเข้มข้นสูงเรียกว่า "Concentrate หรือ Brine"

การทำงานของเครื่องกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของการกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส

จากรูปที่ 2.3 ระบบการกรองน้ำจะเริ่มต้นโดยใช้น้ำดิบจากน้ำประปาของการนิคมอุตสาหกรรมป้อนเข้าสู่ระบบโดยวาล์วป้อนน้ำ (Feed valve) ผ่านการกรองแบบหยาบด้วยแผ่นกรองคาทริดจ์ (Cartridge filter) และถูกสูบอัดให้มีความดันสูงด้วย ปั๊มความดันสูง และผ่านเครื่องกรองที่ท่อความดัน (Pressure vassel) จะได้น้ำสะอาดออกมาเป็นผลผลิต (RO Product) และได้น้ำที่เหลือจากการกรอง (Brine) ซึ่งน้ำส่วนนี้จะต้องส่งให้กับการนิคมอุตสาหกรรมเพื่อทำการบำบัดต่อไป

การออกแบบพื้นฐานของระบบกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ระบบจะจ่ายน้ำเข้า (Supply Water)	24 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นน้ำบริสุทธิ์ (RO Water)	18 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
น้ำทิ้ง (Brine Water)	6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
น้ำล้างชั้นกรองแบบหยาบ (Back Wash)	6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

คุณภาพของน้ำที่ได้จากการกรอง

น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองแล้วจะต้องถูกเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารเจือปนที่มีอยู่ในน้ำทั้งน้ำที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการกรอง และน้ำที่เป็นน้ำทิ้ง เพื่อเปรียบเทียบกับกฎหมาย ที่ว่าด้วยคุณภาพของน้ำ ทั้งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และน้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์น้ำ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

2.2 การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำ

การส่งจ่ายน้ำจะต้องมีการออกแบบระบบที่เหมาะสมเพื่อที่จะส่งจ่ายน้ำไปใช้ได้อย่างเพียงพอ และทั่วถึง ด้วยความดันและอัตราการไหลที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยที่ระบบจะต้องไม่มีแรงดันและอัตราการไหลที่มากเกินไปจนก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ประกอบระบบได้

2.2.1 ขั้นตอนในการหาขนาดของท่อน้ำ

ระบบท่อต้องได้รับการออกแบบให้สามารถจ่ายน้ำให้กับเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์อย่างเพียงพอ ตัวประกอบอื่นๆ ที่จะมีผลต่อขนาดของท่อ ก็คือ

1. ความดันของแหล่งน้ำ
2. ความดันที่ต้องการของเครื่องสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์แต่ละชนิด
3. ความดันลดภายในท่ออันเนื่องมากจากความสูง และความเสียดทาน
4. ข้อจำกัดเกี่ยวกับความเร็วของน้ำภายในท่อ เพื่อป้องกันเสียงและการสึกกร่อน โดยเฉพาะความเร็วสูงจะมีผลต่อการสึกกร่อนที่บ่าของวาล์วเป็นอย่างมาก
5. อัตราความต้องการน้ำของระบบทั้งหมด

โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนการหาขนาดของท่อน้ำควรจะเป็นดังต่อไปนี้

1. รวมจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ของท่อหลักหรือท่อแยกที่ต้องการ
2. หาอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่อาจจะเป็นไปได้
3. หาขนาดของท่อหลักหรือท่อแยก โดยให้ความเร็วของน้ำ ภายในท่อไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที ความเร็วของท่อน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 2.4 เมตรต่อวินาที
4. หาขนาดของท่อย่อย ส่วนขนาดของท่อที่จะต่อเข้ากับเครื่องสุขภัณฑ์ให้เป็นไปตามขนาดที่ผู้ผลิตแนะนำ
5. คำนวณหาความดันลดสูงสุดของท่อเมนหรือท่อแยก เพื่อให้ในการจัดความดันของน้ำให้แก่ระบบ โดยทั่วไปแล้วความดันลดลงสูงจะอยู่ไกลจากแหล่งความดันของน้ำที่สุด
6. ถ้าความดันลดในระบบสูงเกินไปจนไม่เหมาะสมทางหลักเศรษฐศาสตร์หรือเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ต้องใช้ขนาดของเครื่องสูบน้ำใหญ่เกินไป ความดันของน้ำไม่พอ เป็นต้น ก็ให้กลับมาปรับขนาดท่อแล้วทำการคำนวณตามขั้นตอนเดิม จนกว่าจะได้ความดันลดที่พอเหมาะ ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรระบบท่อโดยเฉพาะโดยปกติแล้วขั้นตอนนี้มักจะไม่มีความจำเป็นสำหรับที่มีความชำนาญในการออกแบบระบบท่อแล้ว

2.2.2 การประมาณการปริมาณน้ำ

วิธีการประมาณการ

มีอยู่หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. **วิธีที่ประมาณจากจำนวนผู้ใช้ กล่าวคือ คิดจากปริมาณน้ำที่ใช้ในวันหนึ่งๆ**
2. **วิธีที่ประมาณจากชนิดและจำนวนของเครื่องสุขภัณฑ์**
3. วิธีที่อาศัยเวลาและอัตราการไหลประกอบเข้ากับหน่วยสุขภัณฑ์สำหรับน้ำประปา
4. วิธีที่ใช้การให้น้ำหนักหน่วยสุขภัณฑ์สำหรับประปา

นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นๆ อีก เช่น วิธีที่ใช้การจำลองสภาพการใช้งานและวิธีคำนวณโดยอาศัยทฤษฎีของความเป็นไปได้ในจำนวนคนที่ใช้เครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ พร้อมกันในเวลาหนึ่งๆ ซึ่งเป็นวิธีการทางทฤษฎีมากกว่าทางปฏิบัติ

วิธี 1 ถึง 4 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีที่อาศัยการประมาณจากจำนวนผู้ใช้น้ำ

วิธีคำนวณปริมาณน้ำไหลจากปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน ซึ่งคำนวณได้จากจำนวนผู้ใช้โดยไม่จำเป็นต้องทราบถึงชนิดและจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์ จึงนับได้ว่าเป็นวิธีที่เหมาะในการออกแบบหยาบๆ ข้างต้น ในกรณีที่ทราบจำนวนผู้ใช้หรือจำนวนผู้ครอบครองอาคารอยู่เป็นประจำก็จะยึดถือตัวเลขในการคำนวณ ในกรณีที่ไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน ก็อาจหาได้จากพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

พื้นที่ใช้สอยของอาคารนั้นหมายถึงพื้นที่ทั้งหมดของอาคารหลังจากที่ได้หักเอาพื้นที่ที่เป็นทางเดิน บันได ห้องเก็บของสำหรับห้องน้ำ ฯลฯ ออกแล้ว นั่นก็คือหมายถึงพื้นที่จริงๆ ของแต่ละชั้นของอาคาร ซึ่งตามสถิติจะตกประมาณ 55 - 70 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด และจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับสภาพของที่ตั้งของอาคาร ความต้องการของเจ้าของ และการพิจารณาอย่างอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะเป็นอาคารประเภทเดียวกันก็ตาม

ปริมาณน้ำไหลคำนวณได้ด้วยวิธีนี้ ปกติจะใช้สำหรับหาขนาดของถังน้ำต่างๆ เช่น ถังน้ำบนดิน บนหลังคา และในการคำนวณหาขนาดของเครื่องจักร อุปกรณ์ เช่น เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น ในการหาขนาดของท่อ ปริมาณน้ำไหลที่หาได้ด้วยวิธีนี้จะใช้สำหรับการหาขนาดของท่อน้ำหลัก **เท่านั้น จะไม่นำใช้ในการหาขนาดท่อทั้งหมดภายในอาคาร – ระบบข่ายท่อภายในอาคาร**

2. วิธีที่ประมาณจากชนิดและจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์

วิธีนี้อาศัยการพิจารณาอัตราการใช้เครื่องสุขภัณฑ์พร้อมๆกันในช่วงเวลาหนึ่งช่วงเวลาใด รวมถึงปริมาณน้ำไหลต่อนาทีของเครื่องสุขภัณฑ์และจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการหาปริมาณน้ำและจะใช้วิธีนี้ก็ต่อเมื่อทราบจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์และสภาพการใช้งานซึ่งจะถือว่าเหมือนกับอาคารที่อยู่อาศัยหรืออาคารขนาดเล็ก

3. วิธีที่คำนวณจากอัตราเวลาและหน่วยสุขภัณฑ์สำหรับระบบจ่ายน้ำ

วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้มาจากการศึกษาเป็นระยะเวลาอันยาวนานของคณะอนุกรรมการการประปา(ประธาน : มร.ฟูมิกิ กิจานิ) ซึ่งขึ้นอยู่กับคณะกรรมการมาตรฐานวิชาชีพการเดินท่อ (Plumbing Code Committee) (ประธาน: มร. ตาเกโอะ มอริมูระ, 1967-1976) แต่งตั้งโดยสมาคมวิศวกรรมการทำความร้อน การปรับอากาศ และการสุขาภิบาลแห่งประเทศญี่ปุ่น (The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan) วิธีนี้ได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีหนึ่งในการหาขนาดท่อ ตีพิมพ์ในข้อแนะนำทางเทคนิค "HASS 206-1976, Plumbing Codc" ซึ่งเป็นมาตรฐานอันหนึ่งของสมาคมดังกล่าว

4. วิธีที่ใช้การให้น้ำหนักหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit)

ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดเพราะใช้วิธีการนี้ในการคำนวณหาขนาดท่อ วิธีการประมาณปริมาณน้ำใช้ของอาคารด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับวิธีการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ โดยเฉพาะการคำนวณออกแบบขนาดท่อน้ำภายในอาคาร เพราะเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมากนัก และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรออกแบบมากเท่ากับสามวิธีที่แล้ว
วิธีนี้สร้างขึ้นโดย Roy B. Hunter เมื่อปี ค.ศ. 1924 ซึ่งพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด เช่น ใช้เวลากี่วินาทีต่อการเปิดก๊อกน้ำเพื่อการซักผ้า เป็นต้น
2. จำนวนครั้งในการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ เช่น พิจารณาการใช้อ่างล้างมือกี่ครั้งในแต่ละวัน เป็นต้น
3. อัตราการไหลของน้ำจากเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด เช่น มีปริมาณน้ำไหลออกจากก๊อกรดน้ำสนามหญ้ากี่ลิตรต่อนาที เป็นต้น
4. **ปริมาณน้ำใช้ทั้งหมดต่อการใช้เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุดในหนึ่งครั้ง เช่น มีปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไป สำหรับการล้างมือแต่ละครั้งกี่ลิตร เป็นต้น**

ปัจจัยต่างๆข้างบนนี้ได้ถูกพิจารณามาแล้ว สำหรับการประมาณหาปริมาณน้ำใช้ด้วยวิธีที่ 2 แต่ Hunter ได้พัฒนาข้อมูลเหล่านี้ออกมาเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนเครื่องสุขภัณฑ์กับปริมาณน้ำใช้สูงสุดที่ต้องการ ซึ่งผลออกมามีปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารมากเกินไปทำให้ไม่เป็นการประหยัดสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบระบบท่อน้ำของอาคาร ดังนั้น Hunter จึงได้พัฒนาออกมาเป็นค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit) ซึ่งได้พิจารณาว่า เครื่องสุขภัณฑ์ไม่ได้ถูกใช้พร้อมกันทั้งอาคาร โดยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยสุขภัณฑ์กับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้ ซึ่งจะเป็นค่าออกแบบระบบจ่ายน้ำต่อไป

ตารางที่ 2.1 ได้แสดงค่าหน่วยสุขภัณฑ์ของแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์ ถ้าต้องการทราบค่าหน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้แสดงไว้ในตารางนี้ ให้วิศวกรออกแบบพิจารณาเปรียบเทียบกับเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีอยู่ ในตารางนี้ว่ามีชนิดไหนที่มีปริมาณน้ำใช้ และอัตราไหลของน้ำใช้เท่าๆกันหรือใกล้เคียงที่สุด และข้อมูลของตารางที่ 2.1 ยังได้แบ่งลักษณะการใช้อาคารออกเป็นอาคารประเภทสาธารณะ เช่น โรงแรม โรงเรียน สโมสร ฯลฯ และอาคารประเภทส่วนตัว เช่น อาคารพักอาศัยต่างๆ คอนโดมีเนียม ฯลฯ

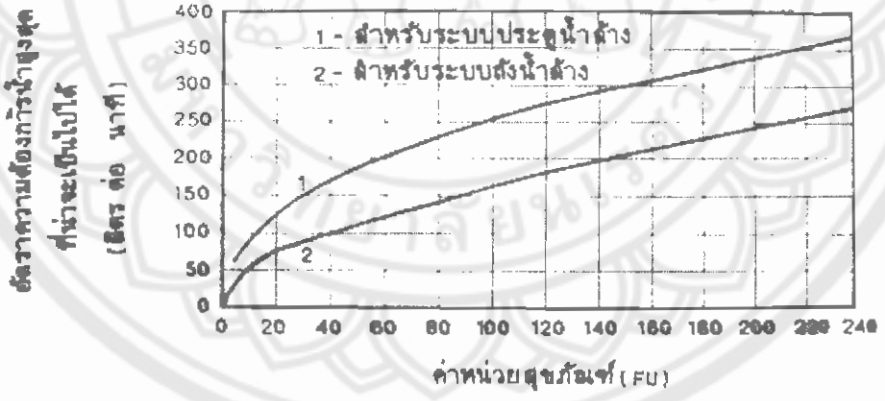
ตารางที่ 2.1 ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิด

เครื่องสุขภัณฑ์	ลักษณะการใช้อาคาร	ประเภทของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้	ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)
โถส้วม	สาธารณะ	ประตูน้ำล้าง	10
โถส้วม	สาธารณะ	ถังน้ำล้าง	5
โถปัสสาวะแบบยืน	สาธารณะ	ประตูน้ำล้าง	10
โถปัสสาวะแบบเป็นแถว	สาธารณะ	ประตูน้ำล้าง	5
โถปัสสาวะแบบเป็นแถว	สาธารณะ	Angle valve	3
อ่างล้างมือ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	1.5
อ่างอาบน้ำ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	3
ฝักบัว	สาธารณะ	วาล์วผสม	3
เครื่องซักผ้าขนาด 3.5 กก.	สาธารณะ	อัตโนมัติ	2.25
เครื่องซักผ้าขนาด 7 กก.	สาธารณะ	อัตโนมัติ	3
อ่างล้างทั่วไป	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	2.25
อ่างล้างในครัว	โรงแรม และภัตตาคาร	ก๊อกน้ำ	3
โถส้วม	ส่วนตัว	ประตูน้ำล้างหน้า	6

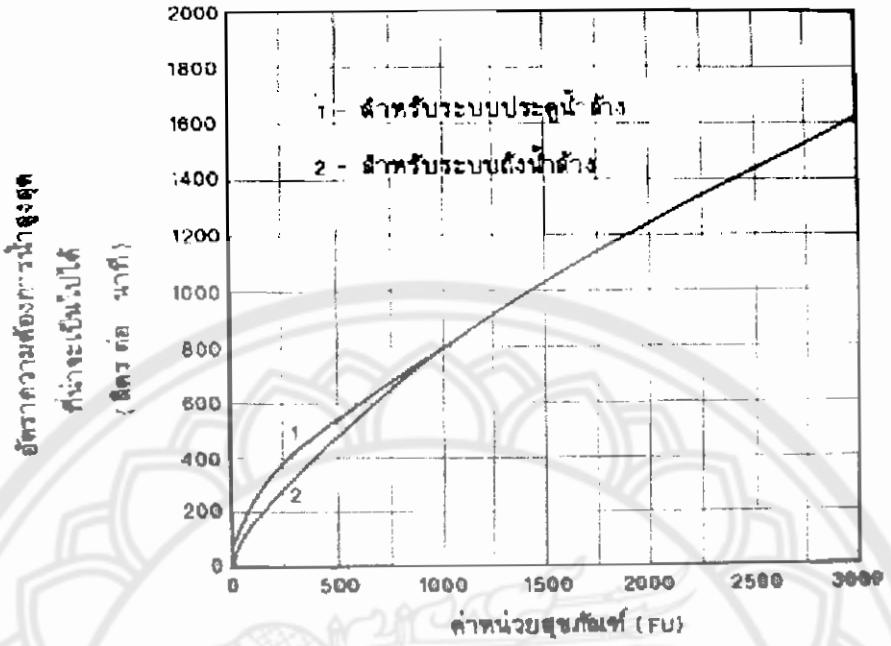
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิด

เครื่องสุขภัณฑ์	ลักษณะการใช้อาคาร	ประเภทของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้	ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)
โถส้วม	ส่วนตัว	ถังน้ำล้าง	3
อ่างล้างมือ	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	0.75
อ่างอาบน้ำ	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	1.5
ฝักบัว	ส่วนตัว	วาล์วผสม	1.5
ห้องอาบน้ำ (คิดรวมๆกัน)	ส่วนตัว	ประตูน้ำล้าง	8
ห้องอาบน้ำ (คิดรวมๆกัน)	ส่วนตัว	ถังน้ำล้าง	6
อ่างล้างในครัว	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	1.5
อ่างซักผ้า	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	2.25
อ่างรวม	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	2.25
เครื่องซักผ้าขนาด 3.5 กก.	ส่วนตัว	อัตโนมัติ	1.5

เมื่อทราบจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์แล้ว สามารถประมาณอัตราการใช้น้ำโดยเทียบจากกราฟที่ 2.1 และ 2.2



กราฟที่ 2.1 แสดงค่าอัตราการไหลในหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆ แบบระเอียด



กราฟที่ 2.2 แสดงค่าอัตราการไหลในหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆ

กราฟที่ 2.1 และกราฟที่ 2.2 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยสุขภัณฑ์กับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้ โดยกราฟที่ 2.1 จะมีค่าหน่วยสุขภัณฑ์ตั้งแต่ 0 – 240 และกราฟที่ 2.2 จะมีค่าหน่วยสุขภัณฑ์ตั้งแต่ 0 ถึง 3000 จะเห็นได้ว่าในกราฟจะมีเส้นกราฟอยู่ 2 เส้น เส้นที่หนึ่งแทนระบบท่อน้ำที่ใช้ประตูน้ำล้าง (Flush Value) ในอาคารเป็นส่วนใหญ่ และอีกเส้นหนึ่งแทนระบบท่อน้ำที่ใช้ถังน้ำล้าง (Flush Tank) ในอาคารเป็นส่วนใหญ่ สาเหตุที่ต้องแยกออกเป็นกราฟ 2 เส้น เพราะโถส้วมเป็นเครื่อง สุขภัณฑ์ที่ใช้น้ำมากที่สุดเครื่องหนึ่งของอาคารทั่วไปโดยมากแล้ว กราฟที่ 2.1 นิยมใช้กับการออกแบบระบบท่อน้ำของอาคารขนาดเล็กที่มีค่าสุขภัณฑ์น้อยกว่า 240 เพื่อเพิ่มความละเอียดแม่นยำกว่า สำหรับกราฟที่ 2.2 นิยมใช้กับการออกแบบระบบท่อน้ำของอาคารขนาดใหญ่ ที่มีค่าหน่วยสุขภัณฑ์มากกว่า 240 ขึ้นไป

สำหรับข้อมูลของตารางที่ 2.2 เป็นข้อมูลที่พัฒนามาจากกราฟที่ 2.1 และ 2.2 โดยแสดงออกมาเป็นตัวเลขที่สามารถนำมาใช้ในทันที โดยไม่จำเป็นต้องอ่านค่าจากในกราฟ

ตารางที่ 2.2 ค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆ

ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (ลิตรต่อนาที)		ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (ลิตรต่อนาที)	
	ระบบประตูน้ำล้าง	ระบบน้ำล้าง		ประตูน้ำล้าง	ระบบน้ำล้าง
5	57	35	450	508	435
8	84	49	500	538	473
10	102	55	550	565	507
12	108	61	600	592	541
14	115	64	650	620	576
16	121	68	700	647	610
18	127	71	750	674	644
20	133	74	800	697	673
25	144	82	850	719	702
30	159	88	900	742	730
35	167	94	950	764	759
40	174	100	1000	787	787
45	182	106	1125	848	848
50	189	110	1250	908	908
60	205	121	1375	960	960
70	220	133	1500	1011	1011
80	232	144	1625	1062	1062
90	244	155	1750	1113	1113
100	256	165	1875	1164	1164
110	266	175	2,000	1215	1215
120	277	182	2,125	1266	1266
130	284	190	2,250	1317	1317
140	292	199	2,375	1368	1368
150	303	205	2,500	1419	1419
160	312	216	2,625	1471	1471

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆ

ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (ลิตรต่อนาที)		ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (ลิตรต่อนาที)	
	ระบบประตูน้ำล้าง	ระบบน้ำล้าง		ประตูน้ำล้าง	ระบบน้ำล้าง
170	321	220	2,750	1522	1522
180	329	231	2,875	1579	1579
190	338	238	3,000	1635	1635
200	346	246	4,000	1987	1987
210	353	250	5,000	2245	2245
220	360	261	6,000	2434	2434
230	367	265	7,000	2593	2593
240	375	270	8,000	2718	2718
250	382	284	9,000	2820	2820
275	400	303	10,000	2911	2911
300	416	322			
350	447	360			
400	477	397			

เมื่อได้จำนวนสุขภัณฑ์แต่ละชนิดของอาคารก็จะได้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit) จากตารางที่ 2.1 แล้วจึงนำค่าหน่วยสุขภัณฑ์นี้มาอ่านค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้จากตารางที่ 2.2 แต่ปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารที่ได้รับนี้อาจมีค่ามากเกินไป ยิ่งมีค่าหน่วยสุขภัณฑ์มากเท่าใด ก็ยิ่งจะทำให้ค่าปริมาณน้ำที่ใช้ที่หาได้มามากกว่าค่าความเป็นจริงมากเท่านั้น ดังนั้นในการออกแบบขนาดท่อน้ำภายในอาคารถ้าใช้ปริมาณน้ำใช้จากตารางที่ 2.2 โดยตรงจะทำให้ขนาดท่อน้ำที่ออกแบบไว้ จะมีขนาดเท่าท่อที่ใหญ่เกินไป เป็นการไม่ประหยัด เพื่อให้การออกแบบขนาดท่อภายในอาคารได้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงควรใช้ใช้ค่าตัวคูณลดสำหรับค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆ และประเภทของอาคารแต่ละชนิด

ซึ่งตารางที่ 2.3 จะได้แสดงค่าตัวคูณลด สำหรับค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่างๆและประเภทของอาคารแต่ละชนิด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นวิศวกรออกแบบระบบท่อภายในอาคารจำเป็นต้องอาศัยการตัดสินใจ เพราะแม้ว่าอาคารจะเป็นประเภทเดียวกัน เช่น โรงแรม แต่ปริมาณการใช้น้ำอาจแตกต่างกันก็ได้ ดังนั้นข้อมูลในตารางที่ 2.3 เป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ ซึ่งวิศวกรออกแบบระบบท่ออาจนำมาดัดแปลงให้เข้ากับสภาพการใช้น้ำของอาคารนั้น โดยอาจพิจารณาถึงสภาพสังคม เศรษฐกิจของชุมชนที่ตั้งของอาคารด้วย และปัจจัยอื่นๆ

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวคูณสำหรับค่าสุขภัณฑ์ต่างๆ และประเภทของอาคารแต่ละชนิด

หน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความ[ก] ต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้ (ลิตรต่อนาที)	อาคารประเภท 1[ข]		อาคารประเภท 2[ค]	
		ค่าตัวคูณลด	ปริมาณน้ำใช้สำหรับการออกแบบ (ลิตรต่อนาที)	ค่าตัวคูณลด	ปริมาณน้ำใช้สำหรับการออกแบบ (ลิตรต่อนาที)
0 – 400	477	1.00	477	1.00	477
401 – 600	592	0.90	535	0.87	515
601 –1200	884	0.77	680	0.64	565
1201 – 1500	1011	0.74	750	0.63	635
1501 – 2000	1215	0.70	850	0.61	740
2001 – 2500	1419	0.69	980	0.60	850
2501 – 3000	1635	0.68	1110	0.59	965
3001 – 4000	1987	0.65	1290	0.58	1155
4001 – 5000	2245	0.64	1435	0.56	1255
5001 – 6000	2434	0.63	1535	0.56	1365
6001 – 8000	2718	0.62	1685	0.56	1520
8001 -10000	2911	0.61	1775	0.55	1600

[ก] ค่านี้ได้จากตารางที่ 2.2 ซึ่งมาจากกราฟของ Hunter

[ข] อาคารประเภท 1 คือ โรงแรม โรงพยาบาล

[ค] อาคารประเภท 2 คือ โรงเรียน มหาวิทยาลัยที่ไม่มีหอพัก อาคารสำนักงาน

2.2.3 ความดันและความเร็วของน้ำ

ความดันที่ต่ำหรือสูงไปต่างก็เป็นปัญหาในการจ่ายน้ำเช่นกัน เพราะทำให้เกิดความไม่สะดวกและอาจถึงกับทำให้เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ชำรุดเสียหายได้ โดยทั่วไปมาตรฐานความต้องการจะมีค่าประมาณ 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าความดันสถิตสูงสุดควรที่ประมาณ 4.0 - 5.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (บางโอกาส 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับโรงแรมหรืออพาทเมนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้เครื่องสุขภัณฑ์จะทำงานไม่ปกติเว้นแต่น้ำจะมีความดันถึงความชั้นต่ำที่ต้องการ ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความดันมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ

ตารางที่ 2.4 ระดับความดัน และอัตราการไหลของน้ำที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้สำหรับเครื่องสุขภัณฑ์

ชนิดเครื่องสุขภัณฑ์	ระดับความดัน (เมตรของน้ำ)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)
อ่างซักผ้า	5.6	20
อ่างล้างมือ	3.6	15
อ่างล้างชาม (ตามบ้าน)	5.6	17
อ่างล้างชาม (ร้านอาหาร)	5.6	25
อ่างอาบน้ำ	3.6	30
ฝักบัว	8.6	20
เครื่องซักผ้า	3.6	15
ก๊อกน้ำทั่วไป	3.6	20
เครื่องล้างจาน	3.6	15
โถส้วม (ประตูน้ำล้าง, Flush Valve)	7.2 – 14.3	150
โถส้วม (ถังน้ำล้าง, Flush Tank)	3.6	15
โถปัสสาวะ (ประตูน้ำล้าง)	10.2	55
โถปัสสาวะ (Angle Valve)	3.6	15

น้ำไหลเร็วเกินไปอาจะทำให้เกิดน้ำกระแทกได้ ซึ่งทำให้เกิดเสียงและความสั่นสะเทือน หรือเกิดการสึกกร่อนภายในท่อได้ ทำให้อายุการใช้งานลดน้อยลง โดยปกติค่ามาตรฐานความเร็วจะอยู่ระหว่าง 0.9 - 1.2 เมตรต่อวินาที ซึ่งถือว่าเหมาะสมและไม่ควรสูงเกินพิกัด 1.5 - 2.0 เมตรต่อวินาที ดังนั้นในการหาขนาดท่อ ไม่ควรใช้ค่าความเร็วเกิน 2.0 เมตรต่อวินาที เมื่อเร็วๆนี้ได้มีความ

พยายามในหลายๆประเทศที่จะลดขนาดท่อโดยเพิ่มความเร็ว ซึ่งจะทำได้หรือไม่สำเร็จเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคตเป็นอย่างมาก ในทำนองตรงกันข้ามความเร็วต่ำก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับผุกร่อนเป็นสนิมการเกิดตะกรัน หรือการมีคุณภาพน้ำที่เลวลงด้วย

2.2.4 ท่อความดัน (Pressure Pipe)

ท่อความดันในที่นี้หมายถึง การไหลของของเหลวที่อยู่ภายในท่อเป็นแบบไหลเต็มท่อและมีความดันภายในท่อด้วย ซึ่งจะต้องพิจารณาเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวกับผิวภายในท่อ โดยอาศัยความรู้ของกลศาสตร์ของไหล จำเป็นต้องใช้สมการของ Darcy, Moody Diagram และสมการของเบอร์นูลลี่ (Bernoulli) มาพิจารณาร่วมกัน โดยใช้วิธี Trial-and-Error มาทำการคำนวณออกแบบท่อความดัน จึงมีผู้สร้างสมการที่นิยมเรียกว่า Empirical Equations ขึ้นมาเพื่อนช่วยคำนวณออกแบบท่อความดันได้ง่ายขึ้น ทำให้เกิดสมการ Hazen-Williams และสมการ Manning ขึ้นมา ความละเอียดของสมการ Hazen-Williams และสมาการ Manning มีมาก จะได้ผลใกล้เคียงกับทฤษฎี ซึ่งเป็นที่ยอมรับสำหรับการคำนวณออกแบบท่อความดัน ในทางปฏิบัติสมการ Hazen-Williams เป็นสมการที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับการคำนวณออกแบบความดันท่อ เพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้นจะได้แสดงสมการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น

สมการ (2 - 1) คือ Empirical Equation

$$V = C R^{x} S^{y} \qquad (2\text{-}1)$$

สมการ (2-2) คือ สมการของ Hazen-Williams

$$V = 0.849\, C R^{0.63} S^{0.54} \qquad (2\text{-}2)$$

สมการ (2-3) คือสมการ Hazen-Williams ที่พิจารณาว่าของเหลวเต็มท่อที่มีรูปหน้าตัดเป็นวงกลม

$$Q = 0.278\, C D^{2.63} S^{0.53} \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ : v = ความเร็วของการไหล หน่วย เมตรต่อวินาที

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระ (ดูข้อมูลจากตารางที่ 2.5), ไม่มีหน่วย

R = Hydraulic Radius = A/P_w หน่วย ตารางเมตรต่อเมตร

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ หน่วย ตารางเมตร

P_w = เส้นรอบรูปของหน้าตัดท่อ เฉพาะที่ของเหลวสัมผัสกับผิวท่อ หน่วย เมตร

S = ความลาดของ EGL (Energy Grade line) หน่วย เมตรต่อเมตร

Q = อัตราไหลของเหลว หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ หน่วย เมตร

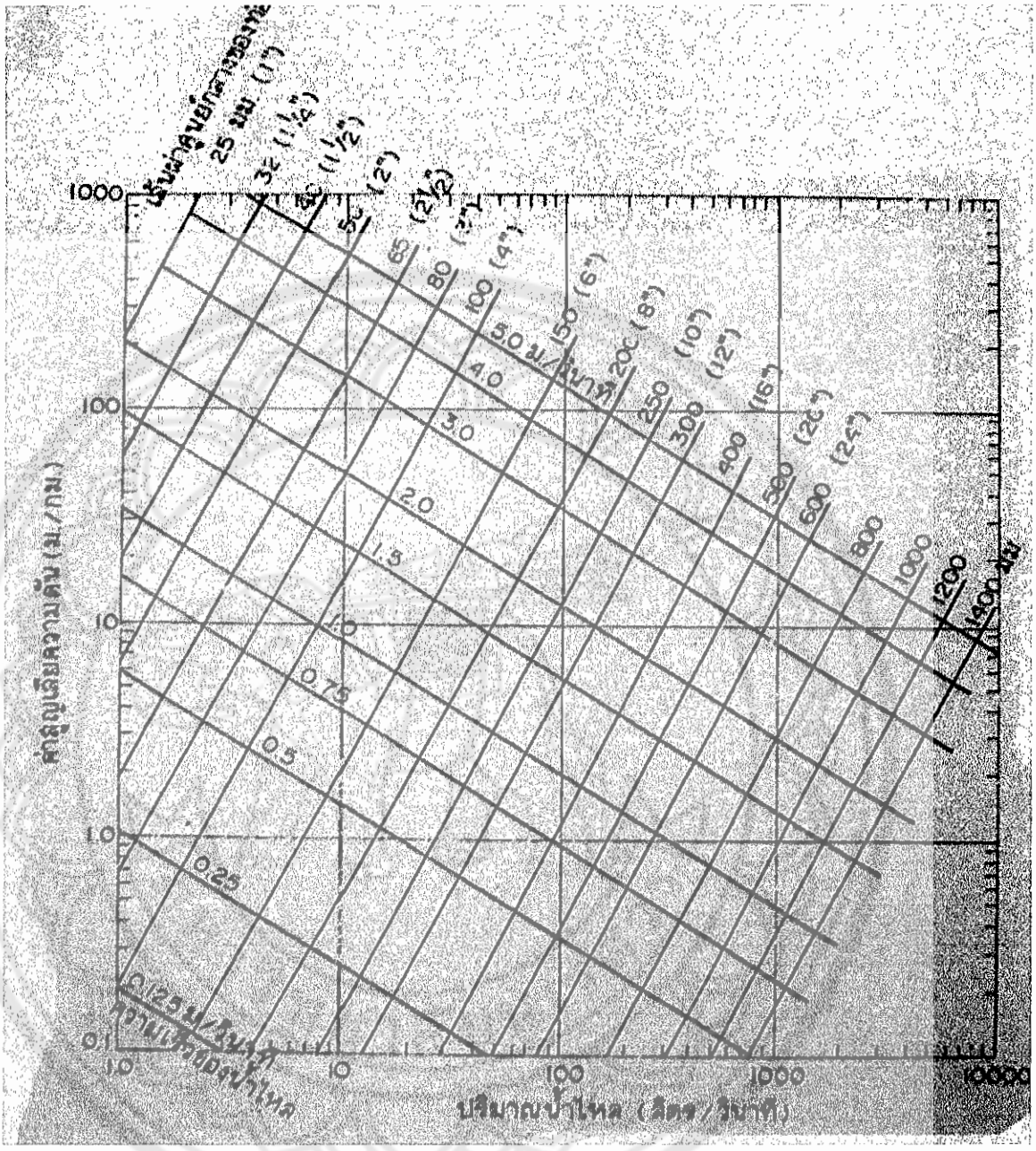
x, y = ค่าคงที่ที่ได้รับการวิเคราะห์และทดลอง

ตารางที่ 2.5 ค่าของ C ในสมการ Hazen-Williams

ชนิดของท่อความดัน	C
ท่อที่มีผิวในเรียบมาก เช่น ท่อพลาสติก	140 - 150
ท่อเหล็กใหม่	130
ท่อคอนกรีต	120
ท่อเหล็กเก่า	100
ท่อเหล็กเก่ามากๆ	60-80

2.2.5 กราฟเพื่อคำนวณออกแบบท่อ

ในการคำนวณออกแบบต่างๆ ที่ได้กล่าวข้างต้น จำเป็นต้องใช้สูตคำนวณที่ยุ่งยากและต้องใช้วิธี Trial and Error เพื่อการเลือกขนาดท่อ ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานที่ต้องการความรวดเร็ว และความถูกต้อง จึงมีการใช้กราฟลักษณะต่างๆ ของสมการ Hazen-Williams และ Manning ที่มีใช้กันในทางปฏิบัติ เพื่อการคำนวณออกแบบท่อ ดังแสดงในกราฟที่ 2.3



กราฟที่ 2.3 กราฟจากสมการของ Hazen – Williams

2.2.6 การคำนวณหาค่าสูญเสียความดันทั้งหมด

การคำนวณค่าสูญเสียความดันทั้งหมด (h_L) เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก วิธีนี้จะใช้สมการ Hazen-Williams เพื่อคำนวณหาค่าความดันพลังงานทั้งหมด โดยจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ของท่อ เช่น ท่องอ วาล์ว เป็นต้น เป็นขนาดความยาวของท่อ ที่นิยมเรียกว่า ความยาวสมมูลของท่อ (Equivalent length) จากตารางที่ 2.6 เมื่อได้ค่าความยาวสมมูลของท่อแล้ว จึงนำมารวมกันกับความยาวของท่อจริงๆ ในระบบท่อ ทำให้ได้ค่าที่คำนวณมาได้ จากนั้นจึงนำมาแทนค่าในสมการ Hazen-Williams ทำให้ได้ค่าการสูญเสียความดันทั้งหมด

ตารางที่ 2.6 ความยาวสมมูลของอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของท่อ

อุปกรณ์ต่างๆ ของท่อ	ความยาวสมมูลของท่อขนาดต่างๆ (เมตร)									
	ขนาดของท่อ									
	(มิลลิเมตร.)									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
	(นิ้ว)									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6
ข้องอ 45°	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.6
ข้องอ 90° ปกติ	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.7	2.1	2.6	3.3	5.6
ข้องอ 90° รัศมียาว	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.8
ข้องอ 180 °	1.1	1.5	1.9	2.4	3.0	3.8	4.9	6.0	7.5	11
สามตา 90° (Tee 90°)										
น้ำไหลตรง	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.8
น้ำไหลแยกออก	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	3.0	3.6	4.5	6.4	9.0
Gate Valve	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2
Globe Valve	4.5	6.0	7.5	11	14	17	20	24	38	50
Check Valve	1.2	1.6	2.0	2.5	3.1	4.0	4.6	5.7	7.6	12
Angle Valve	2.4	3.6	4.5	5.4	6.6	8.4	10	12	17	24
เพิ่มขนาดท่อทันใด										
d/D = 1/4	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**0.9**	**1.2**	**1.7**	**2.1**	**2.6**	**3.3**	**5.6**
d/D = 1/3	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.9**	**1.0**	**1.4**	**1.7**	**1.9**	**2.6**	**4.0**
d/D = 3/4	**0.1**	**0.2**	**0.2**	**0.3**	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1.2**

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) ความยาวสมมูลของอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของท่อ

อุปกรณ์ต่างๆ ของท่อ	ความยาวสมมูลของท่อขนาดต่างๆ (เมตร)									
	ขนาดของท่อ									
	(มิลลิเมตร.)									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
	(นิ้ว)									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6
ลดขนาดท่อทันใด										
d/D = 1/4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.6
d/D = 1/3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.6	2.2
d/D = 3/4	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2

คำนวณหาค่าสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อโดยสมการ Hazen-Williams

$$h_f = 6.82(\frac{v}{C})^{1.85}\frac{L}{D^{1.167}} \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อจัดรูปใหม่โดยแทนค่าสมการของการต่อเนื่อง (Equation of continuity) Q = VA จะได้ดังสมการ

$$h_f = 6.82(\frac{Q}{0.7853C})^{1.85}\frac{L}{D^{4.867}} \qquad (2\text{-}5)$$

ในเมื่อ h_f = ค่าสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ หน่วย เมตรของน้ำ

Q = อัตราการไหลของน้ำภายในท่อ หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

v = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ หน่วย เมตรต่อวินาที

C = ค่าสัมประสิทธิ์ ของ Hazen-Williams พิจารณาจากความขรุขระของผิวภายในท่อ ไม่มีหน่วย

L = ความยาวของท่อ หน่วย เมตร

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ หน่วย เมตร

2.2.7 ความดันรวมที่เครื่องสูบน้ำต้องการ (Required total pump head)

ในการจะให้น้ำไหลไปในระบบท่อ เครื่องสูบน้ำจะต้องสามารถเอาชนะความต้านทาน ความเสียดทาน ความต้านทานเฉพาะแห่ง และความดันสถิตที่ต้องการ ความดันที่เครื่องสูบน้ำต้องการ เป็นดังนี้

$$H_t = h_f + h_d + h_m + h_s + h_z \qquad (2\text{-}6)$$

โดยที่

$$h_{lt} = h_f + h_m + h_z \qquad (2\text{-}7)$$

ดังนั้นจะได้

$$H_t = h_{lt} + h_d + h_s \qquad (2\text{-}8)$$

เมื่อ H_t = ความดันรวมที่ปั๊มต้องการ หน่วย เมตรของน้ำ

h_f = ความต้านทานความเสียดทานท่อตรง หน่วย เมตรของน้ำ

h_d = ความต้านทานเฉพาะแห่งในท่อ หน่วย เมตรของน้ำ

h_z = การสูญเสียความดันเนื่องจากความสูง หน่วย เมตรของน้ำ

h_m = ความต้านทานของอุปกรณ์ หน่วย เมตรของน้ำ

h_{lt} = ความต้านทานภายในท่อรวมหน่วย เมตรของน้ำ

h_s = ความดันสถิต หน่วย เมตรของน้ำ

2.2.8 ประสิทธิภาพและกำลังงานของเครื่องสูบน้ำ

กำลังงานที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำคือ ผลคูณของมวลของน้ำที่ต้องการสูบกับระยะสูบขึ้น แต่ไม่เพียงแค่นี้ ส่วนมากมอเตอร์จะใช้เป็นเครื่องขับตัวเครื่องสูบน้ำ ดังนั้นการคำนวณหากำลังงานที่ต้องการสูบจริงๆนั้น คือกำลังงานที่มอเตอร์ หรือเครื่องยนต์อื่นๆ ขับเคลื่อนให้แก่เครื่องสูบน้ำ โดยแต่ละขั้นตอนจะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากสาเหตุต่างๆ ทำให้ประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนมีไม่ถึงมีไม่ถึง 100 % โดยมีประสิทธิภาพของตัวเครื่องสูบน้ำประมาณ 60 ถึง 58 % และประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั่วไป จะมีประมาณ 80 ถึง 96 % เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกัน จะได้ประสิทธิภาพรวม ซึ่งเท่ากับประสิทธิภาพของตัวเครื่องสูบน้ำ คูณด้วยประสิทธิภาพของมอเตอร์ **ดังนั้นจะได้ประสิทธิภาพรวมประมาณ 48 ถึง 82 % จากข้อมูลของผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำบ่งว่าถ้าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำตกลงกว่า 40 % ควรนำไปซ่อมแซม หรือทำการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำใหม่**

สูตรคำนวณหากำลังงานที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำ โดยจะแสดงสูตร ไว้ในสมการ (2-9)

$$HP = \frac{Qh}{102E} \qquad (2\text{-}9)$$

HP = แรงม้า (Horsepower) ของเครื่องสูบน้ำ

Q = อัตราสูบน้ำ หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

h = TDH, ม.

E = ประสิทธิภาพรวมของเครื่องสูบน้ำ (0.48 ถึง 0.82)

2.2.9 อุปกรณ์ประกอบระบบท่อ

1. เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการส่งน้ำจากที่ต่ำไปที่สูงกว่า โดยต้องให้มีปริมาณการไหลและความดันของน้ำที่สูบส่งไปมีเพียงพอ เครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องที่เปลี่ยนจากพลังงานกลไกเป็นพลังงานของไหล สำหรับก๊าซหรืออากาศ ก็ใช้หลักการเช่นเดียวกัน

- เครื่องส่งน้ำ โดยเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานกล ⟶ พลังงานของไหลเรียกว่า เครื่องสูบน้ำ
- เครื่องส่งก๊าซหรืออากาศ โดยเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานกล ⟶ พลังงานของไหลเรียกว่า พัดลม เครื่องเป่า เครื่องอัด

เครื่องสูบน้ำที่ต้องการใช้ควรมีขนาด และประเภทที่เหมาะสมกันงาน เพื่อจะได้ประสิทธิภาพของเครื่องสูงที่สุด และมีค่าดำเนินการต่ำสุด โดยปรกติขนาดของเครื่องสูบน้ำที่นิยมเลือกใช้กันคือ สมการรับปริมาณน้ำใช้สูงสุดรวมกับปริมาณน้ำดับเพลิง ที่มีความดันของน้ำในท่อส่งพอเพียง ก่อนที่จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำควรที่จะได้ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่ควรพิจารณาในการเลือกเครื่องสูบน้ำ

1. ความสามารถในการสูบน้ำ ด้วยปริมาณสูงสุด
2. ความดันของน้ำในท่อมีพอเพียงสำหรับสภาพต่ำสุด ปรกติ และสูงสุด
3. ควรสร้าง Pump Characteristics Curves ของเครื่องสูบน้ำ และ System Curves ของระบบสูบจ่ายน้ำ สำหรับสภาพจริงที่ได้เลือกไว้
4. **คุณลักษณะของน้ำได้แก่ อุณหภูมิ pH สารละลายเคมีต่างๆ สารตะกอนแขวนลอย เป็นต้น**
5. **พิจารณาความดันน้ำ ความเร็วของน้ำ ขนาดท่อ และความยาวของท่อดูด**
6. **ประเภทของพลังงานที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานจากน้ำมัน ฯลฯ**

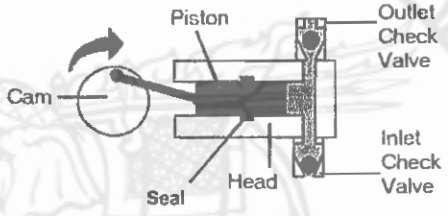
ป
TD
480.A
ว2668
2548
17 มี.ค. 2551

7. ขนาดกว้าง ยาว สูง และน้ำหนักของเครื่องสูบน้ำที่เลือกออกแบบไว้ เพื่อจะได้นักหอสมุด ออกแบบห้องเครื่องสูบน้ำได้อย่างเหมาะสม

การเลือกเครื่องสูบน้ำ

การเลือกเครื่องสูบน้ำมีปัจจัยต่างๆที่ควรพิจารณา ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว สามารถสรุปการเลือกเครื่องสูบน้ำสำหรับงานประเภทต่างๆ

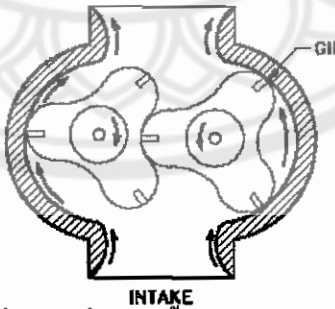
เครื่องสูบน้ำประเภท Reciprocating Pump มีราคาค่อนข้างสูง และยากต่อการบำรุงรักษา เครื่องสูบน้ำแบบนี้นิยมใช้กับเครื่องที่ต้องการสูบน้ำขึ้นสูงมากๆ และน้ำต้องใสไม่มีตะกอน ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องสูบน้ำแบบ Reciprocating Pump

ที่มา : http://www.lcresources.com/resources/getstart/2b01.htm

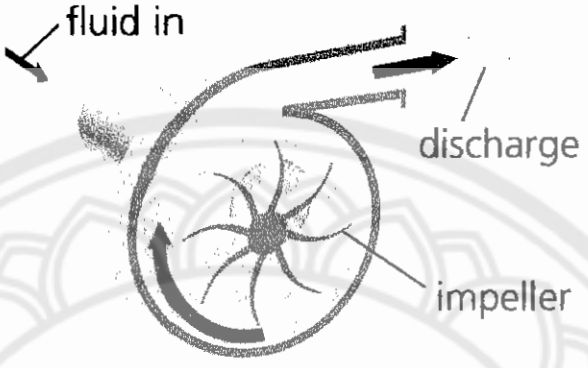
เครื่องสูบน้ำประเภท Rotary Pump มีราคาค่อนข้างสูง และยากต่อการบำรุงรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสูบน้ำประเภท Reciprocating Pump โดยมากนิยมใช้กับงานที่มีขนาดเล็กคือ มีอัตราสูบต่ำ ต้องการสูบน้ำขึ้นไม่สูง และต้องมีลักษณะใสด้วย ดังนั้นจึงนิยมใช้กับงานระบบส่งน้ำขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องสูบน้ำแบบ Rotary Pump

ที่มา : http://www.tpub.com/content/doe/h1018v1/css/h1018v1_118.htm

เครื่องสูบน้ำประเภทหอยโข่ง เป็นเครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถสูบน้ำด้วยอัตราสูบที่มาก สูบน้ำขึ้นได้สูง และสามารถสูบน้ำที่มีตะกอนมากๆ ได้ เช่น พวกน้ำฝนจากบ่อพัก น้ำทิ้งจากอาคาร ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

ที่มา : http://www.yourdictionary.com/images/ahd/jpg/A4pump.jpg

เมื่อได้ทราบความสามารถในการทำงานของเครื่องสูบน้ำต่างๆ แล้ว ต่อไปนี้เป็นหลักการทั่วไปที่ใช้ในการเลือกเครื่องสูบน้ำ โดยมีระบบการเลือกขั้นต้น และการเลือกขั้นสุดท้าย

การเลือกขั้นต้น

การเลือกขั้นต้นเป็นขั้นตอนแรกที่วิศวกรควรคำนึงถึงก่อน โดยมีข้อควรพิจารณาต่างๆดังนี้

1. คุณลักษณะของน้ำ เช่น มีความข้นมากน้อยเพียงใด มีเศษตะกอนมากหรือไม่ เป็นต้น
2. ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อัตราการสูบสูงสุด
3. สภาพในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เช่น ความดันที่ต้องการให้มี อัตราสูบสูงสุด อัตราสูบต่ำสุด เป็นต้น
4. ลักษณะในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงความดันที่ต้องการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสูบน้ำ
5. ลักษณะของการขับเคลื่อนในเครื่องสูบน้ำ เช่น เครื่องยนต์ เครื่องมอเตอร์ เป็นต้น
6. ปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้ว เช่น ตำแหน่งของสถานีสูบน้ำ จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ใช้ เลือกใช้บ่อเปียก บ่อแห้ง ใช้เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มน้ำ เป็นต้น

การเลือกขั้นสุดท้าย

การเลือกขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่วิศวกรจะตัดสินใจเลือกเครื่องสูบน้ำ โดยพิจารณาจากขั้นตอนแรกในรายละเอียดเพิ่มขึ้น มีการติดต่อสื่อสารกับตัวแทนจำหน่ายเครื่องสูบน้ำ หรือผู้ผลิตโดยตรง และปรึกษาเจ้าของโครงการด้วย ข้อที่ควรพิจารณาในการเลือกขั้นสุดท้ายมีดังนี้

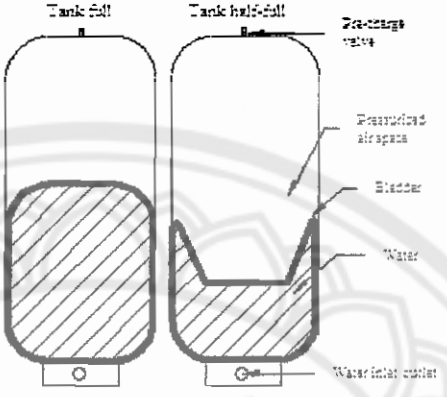
1. **คำนวณค่าต่างๆที่อาจเป็นไปได้ของปริมาณน้ำ ของความดันที่ต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องสูบน้ำที่จะเลือก**
2. **จัดทำแบบขั้นต้นของแปลนเครื่องสูบน้ำ และเขียนข้อกำหนดขั้นต้นของเครื่องสูบน้ำ พร้อมราคาประมาณการของการก่อสร้าง และค่าติดตั้งของระบบสูบน้ำ**
3. **แสดงให้เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนรับทราบเกี่ยวกับราคาก่อสร้างและเหตุผลของการเลือกเครื่องสูบน้ำ รับฟังความคิดเห็นจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเพื่อให้เห็นชอบกันทั้งสองฝ่าย**
4. **เมื่อตกลงกับเรียบร้อยแล้วระหว่างวิศวกรออกแบบ เจ้าของโครงการและผู้แทนจำหน่ายเครื่องสูบน้ำ จากนั้นวิศวกรจึงได้ออกแบบรูปทางวิศวกรรมของเครื่องสูบน้ำแล้วจึงได้เริ่มเขียนข้อกำหนดของแบบสถานีสูบน้ำ**

2. ถังอัดความดัน (Pressure Tank)

ถังอัดความดันเป็นระบบเพิ่มความดันของน้ำในท่อประปาอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ โดยเฉพาะเมื่อไม่สามารถติดตั้งถังน้ำบนหลังคาได้ อาจด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่น บนหลังคาไม่มีพื้นที่สำหรับวางถังน้ำบนหลังคาได้ เป็นต้น ในยุโรป ระบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายกับอาคารทั่วๆ ไป ซึ่งดูเหมือนจะไม่มีเหตุผลอะไรเป็นพิเศษ นอกจากเป็นเพราะผู้ออกแบบเลือกที่จะทำเช่นนั้น ในประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกามีระบบนี้ใช้น้อยมาก ส่วนมากจะใช้ระบบนี้ระบบภายในอาคารสำหรับพักอาศัยลักษณะการทำงานของระบบนี้มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เครื่องสูบน้ำจะทำการสูบน้ำจากชั้นพื้นดินเข้าสู่ถังอัดความดันที่มีอากาศบรรจุอยู่
2. ถังอัดความดันจะมีความดันอากาศภายในถังค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงระดับความดันที่กำหนดไว้ เครื่องสูบน้ำก็หยุดทำงานโดยอัตโนมัติด้วยระบบควบคุมความดัน
3. น้ำจากถังอัดความดันจะถูกจ่ายไปยังตำแหน่งต่างๆของอาคารที่ได้เดินท่อประปาไปถึง
4. **เมื่อน้ำถูกใช้ไประยะเวลาหนึ่ง ความดันของน้ำในท่อประปาก็จะลดลงระดับหนึ่งจนถึงระดับความดันที่ตั้งไว้ เครื่องสูบน้ำก็จะเริ่มทำงานอีกครั้งด้วยระบบอัตโนมัติ โดยปกติจะตั้งไว้อยู่ในช่วงความดัน 10 ถึง 15 ม. ของน้ำ**

5. ระบบนี้จะมีการอัดอากาศด้วยเครื่องอัดอากาศเข้าภายในถังอัดความดันด้วย จนมีขนาดความดันภายในถังอัดความดันถึงระดับที่ต้องการ บางเครื่องจะมีระบบอัดอากาศเข้าไป



ภายในถังโดยไม่ต้องติดตั้งเครื่องอัดอากาศแยกออกจากถัง

รูปที่ 2.7 ถังอัดความดัน

ที่มา : http://www.a1wellservice.com/3faq.htm

จากรูปที่ 2.7 ในระบบนี้อากาศที่อัดอยู่ภายในถังจะลดความดันลงทีละน้อยๆ ในขณะที่น้ำถูกใช้ไป ขณะเดียวกันอากาศก็หลุดออกไปกับน้ำด้วย ควรออกแบบให้ปริมาตรอากาศมีไม่เกิน 60 - 70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรของถังอีก 30 – 40เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นปริมาตรของน้ำถ้าความดันอากาศก่อนมีการอัด มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ และพิกัดเปลี่ยนแปลงความดันอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาตรน้ำมีผลในการใช้งานจะมีค่าประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรของถังน้ำ ดังนั้น จึงจำต้องใช้ถังที่มีปริมาตรขนาดใหญ่มากจึงจะมีน้ำเก็บกักไว้ได้ตามต้องการ และควรจะมีการอัดความดันอากาศเป็นการล่วงหน้าด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ข้อดีและข้อเสียของระบบมีดังนี้

ข้อดี

1. ได้ประโยชน์จากการที่ไม่ต้องมีถังน้ำบนหลังคาทั้งในด้านความสวยงามและในด้านโครงสร้างอาคาร
2. บำรุงรักษาง่าย เพราะสามารถติดตั้งภายในห้องเครื่องสูบน้ำ
3. ค่าลงทุนต่ำกว่ากรณีของถังบนหลังคาตึก

ข้อเสีย

1. **ความดันเปลี่ยนแปลงอย่างน้อย 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมากกว่ากรณีของถังบนหลังคาซึ่งมีความดันเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามาก อันอาจจะทำให้ใช้น้ำ ได้รับความไม่สะดวกและอาจจะทำให้การควบคุมอุณหภูมิของน้ำทำได้ลำบากในกรณีที่มีการใช้ถังอัดอากาศควบคู่ไปกับการทำน้ำให้ร้อนแบบร้อนทันที**
2. เนื่องจากอากาศในถังอัดความดันจะลดลงทีละน้อยๆ จึงจำเป็นจะต้อง ระบายน้ำออกจากถังเป็นระยะๆ เพื่อให้อากาศเข้าไปอยู่ในถังใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำต้องใช้เครื่องอัดอากาศที่ทดงานโดยอัตโนมัติช่วยในกรณีนี้ ได้มีการผลิตเครื่องเติมอากาศให้กับถังอัดความดันแบบอัตโนมัติขึ้นจำหน่ายแล้ว
3. เมื่อเปรียบเทียบกับถังบนหลังคา ถ้าจะเก็บกักน้ำให้ได้ปริมาตรเท่ากัน จะต้องใช้ถังขนาดใหญ่มาก และเครื่องอุปกรณ์ก็จะทวีความยุ่งยากมากขึ้นตามไปด้วย จึงอาจจะต้องถือเอาถังอัดความดันนี้ ในอันที่จริงก็คือ เครื่องควบคุมการทำงานของน้ำโดยอัตโนมัตินั่นเอง ในประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา มีแนวโน้มที่จะให้ถังอัดความดันเป็นส่วนหนึ่งของระบบความคุมการทำงานเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้วข้างต้น
4. ในระบบนี้น้ำซึ่งมีอยู่ในปริมาณน้อยทำให้เครื่องสูบน้ำต้องทำงานบ่อยครั้ง ทำให้เกิดความสึกหรอเร็ว ดังนั้นในประเทศญี่ปุ่นจึงใช้ระบบนี้เกือบเฉพาะแต่ในบ้านส่วนตัวเท่านั้น

3. ท่อพลาสติก (Plastic Pipes)

ท่อพลาสติกได้รับความนิยมกันมากในปัจจุบัน ทั้งนี้จากคุณสมบัติของท่อ อาทิ มีหนักเบา ต้านทานกรดด่าง มีความทนทานไม่เป็นสนิม ทั้งไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นๆ สามารถให้การไหลอย่างสะดวกกว่าท่อชนิดอื่นต้านทานการสึกกร่อนได้ ท่อบางชนิดอ่อนพอที่จะขนย้ายและติดตั้งได้ง่าย น้ำหนักเบาราคาต่ำด้วย

ท่อพลาสติกที่ผลิตขึ้นภายในประเทศไทย และได้รับเครื่องหมายมาตรฐานจากสำนักงานมาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดขนาดคุณสมบัติของท่อ พี วี ซี (PVC) **โดยแยกลักษณะงานและการนำไปใช้คือนำมาใช้ร้อยสายไฟฟ้า สายโทรศัพท์กำหนดไว้เป็นท่อสีเหลืองอ่อน สำหรับที่ใช้เป็นท่อน้ำสะอาด ดื่มได้ เป็นท่อสีน้ำเงิน ท่อสีเทา เพื่อนำมาใช้กับงานเดินท่อในงานอุตสาหกรรมหรืองานชลประทาน เป็นต้น**

ชนิดของท่อพลาสติก

สามารถแยกท่อพลาสติกออกได้ดังนี้

1. ท่อเอบีเอส (ABS = Acrylonitrile – Butadiene – Styrene) เป็นท่อพลาสติกชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์ต่อท่อ เพื่อใช้กับการเดินท่อระบายน้ำเสีย และท่ออากาศ ท่อชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ระดับของการผลิต พิกัดที่ 40 ต้องการใช้กับงานบทบัญญัติการเดินท่อในอาคาร

2. ท่อพีวีซี (PVC = Polyvinyl- Chloride) ใช้เป็นท่อที่ต้านแรงดัน เมื่อนำไปใช้กับการเดินท่อน้ำจ่ายเข้าอาคาร งานระบายน้ำด้านชลประทานและการส่งแก๊สธรรมชาติ อย่างไรก็ตามมักนำไปใช้ในงานเดินท่อ DWV (Drain , Waste, Vent) หรือท่อระบาย , ท่อน้ำเสีย และท่ออากาศ ท่อพีวีซี สามารถต้านแรงกระทบกระแทกได้สูง รับแรงดึงได้สูงและด้วยลักษณะที่ยอดเยี่ยมคือต้านทานภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ ทั้งสามารถต้านทานการสึกกร่อน อันเนื่องมาจากวัตถุเคมีที่เป็นกรดและด่างไว้อย่างสูงด้วย ท่อ พีวีซี ได้ผลิตออกมามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3/8 นิ้ว ถึง 16 นิ้ว

3. ท่อซีพีวีซี (CPVC = Chlorinated Polyvinyl Chloride) เป็นการผลิตท่อพลาสติกชนิดใหม่ที่ใช้อยู่ ในการเดินท่อน้ำร้อน การเดินท่อสารเคมี มีอัตราการต้านทานความร้อนได้ 180 องศาฟาเรนไฮต์ ในแรงดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งมากกว่าอัตราปกติของท่อ พีวีซี ต้านทานความร้อนได้เพียง 37 องศาฟาเรนไฮต์ ในแรงดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่ากัน

4. ท่อพีอี (PE = Polyethylene) ใช้มากในงานเดินท่อแก๊สธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดในการใช้กับการเดินท่อน้ำสะอาดในอาคาร อาจเรียกใช้ในสามลักษณะของความแข็งของท่อชนิดเนื้ออ่อน, เนื้อแข็งปานกลาง, และเนื้อแข็ง โดยเฉพาะชนิดเนื้อแข็ง ควรนำไปใช้กับงานเดินท่อในอาคารได้

5. ท่อเอสอาร์ (SR = Styrene - Rubber) ท่อชนิดนี้ได้นำมาใช้กับการเดินท่อในถังบ่อเกรอะท่อระบายน้ำเสีย, ท่อระบายน้ำฝน, ท่อระบายน้ำโสโครกใต้ดิน, และงานอื่นที่การติดตั้งใต้ดิน

จึงสรุปได้ว่า ชนิดของท่อ พีวีซี , เอบีเอส , พีอี และเอสอาร์ ทั้งหมดทำขึ้นเป็นท่อพลาสติก 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ต่อท่อต่างๆด้วย อาจมีท่อพลาสติกชนิดพิเศษที่ผลิตขึ้นมาด้วย ด้วยจุดมุ่งหมายพิเศษออกออกไป อาทิ ท่อ พีพี (PP = Polypropylene) ใช้เป็นท่อสารเคมี, ท่อพีบี (PB = Polybutylene) เป็นท่อพลาสติกที่มีคุณสมบัติที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับท่อพีอี (PE) แต่เพิ่มความต้านทานความร้อนให้มากยิ่งขึ้นด้วย และชนิดสุดท้ายคือท่อ พีโอ (PO = Polyolefin) ใช้เป็นท่อน้ำเสียต้านทานการสึกกร่อนได้ดีโดยเฉพาะ

เนื่องจากท่อพลาสติกมีให้เลือกใช้อยู่หลายชนิด จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการต่อท่อที่แตกต่างกันโดยเฉพาะการต่อด้วยข้อต่อที่ใช้การพิเศษ และมีเกลียวอาจอาจใช้ต่อร่วมกับท่อชนิดอื่นด้วย

การเลือกใช้ท่อพลาสติก

เป็นท่อพลาสติกที่มีความอ่อนตัว นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายลักษณะงานอาทิ เป็นท่อน้ำในอาคาร ท่อแก๊ส ท่อส่งน้ำในสนาม และระบบระบายน้ำต่างๆ แสดงให้เห็นว่า ด้วยลักษณะเบาและเป็นท่อที่อ่อนตัวได้ จึงถูกเลือกใช้งานต่างๆ เสมอ

ท่อพีอีและอุปกรณ์ (HIGH DENSITY POLYETHYLENE AND FITTINGS)

คุณสมบัติทั่วไป

1. นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ท่อพีอีจะต้องเป็นตามมาตรฐาน DIN 8074 DIN 8075
2. ท่อพีอีต้องออกแบบให้สามารถทนความดันใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 1.0 เมกะปาสกาลที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และต้องทำจากสาร Hight Density Polyethylene ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานตามมาตรฐาน DIN 8075
3. ขนาดและมิติของท่อพีอีต้องเป็นไปตามมาตรฐาน DIN 8074
4. ท่อพีอีต้องเป็นแบบปลายเรียน (plain end) ทั้งสองข้าง

อุปกรณ์ท่อ (Fitting)

1. อุปกรณ์ท่อต้องทำด้วยวัสดุเช่นเดียวกับท่อพีอี และความหนาเป็นไปตามการออกแบบของผู้ผลิต แต่ต้องหนาไม่น้อยกว่าความหนาของท่อพีอี
2. ท่อโค้ง (Bend) สามทาง (Tee) Stub end จะต้องผลิตโดยผู้ผลิตอุปกรณ์ข้อต่อพีอีโดยเฉพาะ และต้องผลิตจากวัตถุดิบชนิดเดียวกับท่อ
3. รายละเอียดของปลายท่ออาจเป็นแบบต่อเนื่องด้วยวิธี Butt Fusion Welding หรืออาจเป็นแบบต่อเชื่อมแบบหน้าจานโดยใช้ Stub end และ Backing Ring
4. Backing Ring ต้องทำจากเหล็กหล่อ

ข้อต่อ (Joint)

1. นอกจากจะกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว การต่อเชื่อมท่อพีอีต้องเป็นแบบ Butt Fusion Welding หรือการต่อเชื่อมแบบหน้าจาน โดยใช้ Stub end และ Backing Ring ให้เป็นไปตามการออกแบบของผู้ผลิต
2. การต่อเชื่อมแบบ Butt – Fusion Melt Flow Index ของวัสดุที่ใช้ทำท่อและอุปกรณ์ที่นำมาต่อจะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.5
3. ความหนาและการเจาะรู Bucking Ring ให้เป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO 13

การทดสอบ

การทดสอบท่อพีอีให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน DIN 8075

การใช้งานที่เหมาะสม

ท่อน้ำดื่มที่ฝังดินทั่วไปที่ต้องการคุณสมบัติในด้านการหดตัว (Flexible) และทนทานต่อการกัดกร่อน และท่อประปาภายในอาคาร

4. วาล์ว

วาล์วเป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่นำมาติดตั้งกับระบบท่ออุตสาหกรรม เพื่อบังคับการไหล เปลี่ยนทิศทางการไหล ควบคุมอัตราการไหล ปิดเปิดการไหล ลด เพิ่มความกดดันและบังคับให้ไหลในทิศทางเดียว มีหลายชนิดที่ให้เลือกใช้อย่างเหมาะสมกับงาน กรณีเกิดการรั่วของท่อต้องปิดวาล์ว เพื่อหยุดการไหลจึงจะทำการซ่อมแซมได้

หน้าที่ของวาล์ว

วาล์วแต่ละชนิดที่ผลิตขึ้นมาใช้งานเฉพาะและเหมาะสมที่สุด ถึงแม้จะคล้ายคลึงกันก็ตาม หน้าที่ต่างๆของวาล์วมีดังนี้

1. เปิดและปิดกั้นการไหล วาล์วส่วนใหญ่จะมีหน้าที่ปิด-เปิดการไหลเท่านั้น ไม่เหมาะกับการใช้งานกรณีอื่นๆ เกทวาล์วเหมาะสมที่สุดกับหน้าที่เพราะได้ออกแบบบ่ากดและลิ้นให้น้ำไหลผ่านเต็มที่เมื่อปิด ทำให้ความต้านทานการไหลไม่มาก ความกดดันที่วาล์วสูญเสียต่ำและจะไม่นำมาใช้บังคับการไหลของน้ำ

2. บังคับการไหล ใช้บังคับการไหลของน้ำเพื่อลดปริมาณและยังใช้เปลี่ยนทิศทางการไหลได้ด้วย วาล์วที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ โกล์บวาล์ว (Globe Valve) และแองเกิลวาล์ว (Angle value) การออกแบบบ่าจะช่วยให้การไหลเปลี่ยนทิศทางเมื่อผ่านเรือนวาล์ว ทำให้ความต้านทานภายในเรือนวาล์วสูง ลิ้นของวาล์วออกแบบมาให้บังคับการไหลได้แต่ไม่ค่อยนิยม หากมีขนาดเกิน 12 นิ้ว เพราะจะเกิดความยุ่งยากในการปิด-เปิดเมื่อใช้กับท่อที่อยู่ภายใต้ความกดดัน

3. ป้องกันการไหลกลับ เช็ควาล์ว (Check Valve) หรือลิ้นกันหลับ จะใช้ทำหน้าที่นี้เพื่อป้องกันการไหลกลับของของไหลในท่อ ชนิดธรรมดาที่นำมาใช้มีสองแบบ คือ แบบเหวี่ยง (Swing check) และแบบยก (Lift check) การไหลในท่อจะทำให้วาล์วนี้เปิดออก เมื่อของไหลเปลี่ยนทิศทาง (ไหลกลับ) วาล์วนี้จะปิดโดยอัตโนมัติ ตามกฎทั่วไปเช็ควาล์วแบบเหวี่ยงใช้คู่กับเกทวาล์วแบบแยกใช้คู่กับโกล์บวาล์ว

4. บังคับความกดดัน ใช้กับระบบท่อเมื่อจำเป็นต้องลดความกดดันเข้ามา เพื่อให้ได้ความดันตรงกับที่จะใช้งาน วาล์วนี้ไม่เพียงแต่จะลดความกดดันเท่านั้น แต่จะรักษาความกดดันเอาไว้ให้คงที่อีกด้วย การขึ้นลงของความกดดันเข้าสู่วาล์วบังคับความกดดันไม่คงที่ก็ตามแต่ แม้จะไม่มีผลต่อความกดดันด้านออกจากวาล์วออกแต่อย่างใด

5. ระบายความกดดัน หม้อต้มน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนอาจเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากความกดดันเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเกินไป ต้องติดตั้งวาล์วนิรภัย (Safety value) หรือวาล์วระบายความกดดัน (Relicf valves) ปรกติจะใช้แบบสปริงกด (Spring loaded) ซึ่งจะเปิดเองโดยอัตโนมัติเมื่อความ

กดดันเกินพิกัดและปิด เมื่อความกดดันลดลงถึงระดับกำหนดไว้ วาล์วนิรภัยปรกติจะใช้กับท่อไอน้ำ ลม และก๊าซ ส่วนวาล์วระบายความกดดันจะใช้กับของเหลว

ประเภทวาล์ว

วาล์วที่ใช้กับระบบท่ออุตสาหกรรม แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. ชนิดธรรมดา (Basic type of valves) เป็นวาล์วที่นิยมใช้กันทั่วๆไปกับระบบท่อมีรูปทรงที่ไม่ซับซ้อน

2. วาล์วชนิดพิเศษ (Special type of valves) ลักษณะการทำงานหรือชนิดของลิ้นก็คล้ายกับชนิดแรกแต่ออกแบบรูปร่างให้พิเศษออกไปเพื่อความเหมาะสมกับการใช้งาน

การเลือกใช้วาล์ว

การเลือกใช้วาล์วให้เหมาะสมกับสภาพใช้งานทั้งความกดดัน อุณหภูมิ ชนิดของไหล และสภาพแวดล้อมไม่ควรเลือกโดยวิธีเดาสุ่ม เพราะจะเกิดปัญหาและเสี่ยงต่อความเสียหายในระบบท่อโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการเลือกใช้วาล์วต้องดูรายละเอียด และข้อกำหนดเลือกใช้จากคำแนะในหนังสือคู่มือผู้ผลิตวาล์วนั้นๆ

ก่อนการเลือกใช้วาล์วต้องทราบข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาพิจารณาประกอบ เช่น ความกดดัน อุณหภูมิ ในการติดตั้งสูงหรือต่ำเท่าใด ชนิดของไหลผ่านวาล์วสภาพการทำงานหนักหรือปานกลาง ความสูงของพื้นที่ติดตั้ง ซึ่งส่วนนี้จะมีผลต่อการเลื่อนขึ้นลงของก้านวาล์ว ขนาดท่อ การถอดประกอบท่อเพื่อการตรวจสอบ หรือสำรวจดูบ่อยครั้งหรือไม่ ตำแหน่งติดตั้ง การแตกเสียหายของระบบท่อ จากปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นปัญหาที่ต้องนำมาพิจารณาอย่างรอบคอบ ก่อนทำการเลือกวาล์วจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติการทำงานของวาล์ว วัสดุความแข็งแรงต้องสัมพันธ์กับการใช้งาน ชนิดของการต่อประกอบกับท่อที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งความยาวของวาล์ว การเลือกวาล์วควรพิจารณาหลายชนิด หลายขนาด เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

วัสดุวาล์ว

วาล์วที่ใช้กับระบบท่อทำจากบรอนซ์ ทองเหลือง เหล็กเหนียวหล่อ เหล็กหล่อโลหะทริม **พลาสติกแข็ง พลาสติกอ่อน หรือโลหะอื่นๆ ที่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง บางครั้งวาล์วตัวเดียวอาจมีวัสดุหลายชนิดประกอบกันมากกว่าสองชนิด เช่น เรือนวาล์วทำจากเหล็กหล่อ ส่วนลิ้นหรือฝาปิดกั้นอาจทำจากบรอนซ์หล่อ มีประเก็นตัวโอทำด้วยยาง และแหวนอัดทำจากพลาสติกเทปล่อนประกอบวาล์วมาตรฐานจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ¼ -12 นิ้ว ส่วนความยาว กว้าง และสูงไม่**

กำหนดมาตรฐาน วาล์วปรกติจะทำเกลียวด้านใน ส่วนวาล์วพลาสติกจะทำเกลียวด้านนอกเพื่อให้ต่อกับนอตขันอัดแน่นต่อกับท่อได้

ก่อนจะซื้อวาล์วจะต้องทราบวัสดุวาล์วก่อน เพื่อจะได้เลือกให้มีความเหมาะสมกับความกดดัน อุณหภูมิ และสภาพการใช้งาน เพราะวัสดุวาล์วแต่ละชนิดมีพิกัดการใช้งานแตกต่างกัน การเลือกวาล์วไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดปัญหาการใช้งาน ความปลอดภัย และสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ รายละเอียดการเลือกใช้วาล์วตามชนิดวัสดุเป็นดังนี้

1. บรอนซ์ บรอนซ์ไอน้ำ (Steam bronze) เป็นโลหะเจือของทองแดง ดีบุก ตะกั่ว และสังกะสีใช้กันแพร่หลายในการทำวาล์ว และข้อต่อทนต่ออุณหภูมิได้ไม่เกิน 232 องศาเซลเซียส บรอนซ์พิเศษ เป็นวัสดุเจือทองแดงสูง ใช้เป็นเครื่องมืองานท่อที่อยู่ภายใต้ความกดดันสูง และอุณหภูมิไม่เกิน 287 องศาเซลเซียส

2. เหล็กเหนียว ปรกติจะทำอยู่ 3 เกรด คือ Cast iron, Ferro steel และ High tensile iron โลหะเหล่านี้ถูกเลือกใช้งานอุณหภูมิไม่เกิน 232 องศาเซลเซียส Cast iron ปรกติจะใช้ทำวาล์วขนาดเล็กมีหน้าตัดบาง Ferro steel แข็งกว่า Cast iron ใช้ทำวาล์วที่มีความหนาผนังปานกลาง High-tensile iron ที่มีกำลังสูงและใช้ทำวาล์วขนาดใหญ่

3. เหล็กหล่ออบเหนียว ใช้ทำวาล์วที่ต้องการคุณสมบัติทนต่อความกดดัน แข็งแรงและมีความเหนียวเหมาะกับระบบท่อที่มีความเค้นหรือแรงดันและการกระแทกของของไหลสูง

4. เหล็กกล้า เลือกใช้กับงานที่มีอุณหภูมิและความกดดันสูง สภาพการทำงานที่มีทั้งแรงกระทำภายในและนอกสูง ไม่สามารถใช้วาล์วที่ทำจากบรอนซ์และเหล็กได้ มีกำลังและความเหนียวสูงมีความต้านทานต่อการขยายตัวการสั่นสะเทือน การกระแทก อุณหภูมิต่ำและความเสียหายที่เกิดจากไฟไหม้ วาล์วเหล็กกล้ามีชนิดมีหลายชนิด เช่น หล่อ ตีขึ้นรูป และโลหะเจือ เพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

5. เหล็กหล่อเหนียว เป็นเหล็กหล่อชนิดโนดูล่าร์ ซึ่งมีกราไฟท์เป็นรูปทรงกลม มีกำลังสูงและความเหนียวทนต่อการกัดกร่อนประมาณว่าเท่ากับเหล็กหล่อสีเทามีกำลังเป็น 3 เท่าหรือมากกว่า

6. เหล็กกล้าไม่เป็นสนิม เหล็กกล้าไม่เป็นสนิมความต้านทานการกร่อนสูง กำลังสูงและทนต่อการสึกหรอเหมาะกับทำผิวบ่ากด ก้านวาล์วและลิ้นใช้กับงานที่ต้องการความคงทนต่อการกัดกร่อนสึกหรอและเป็นออกไซด์

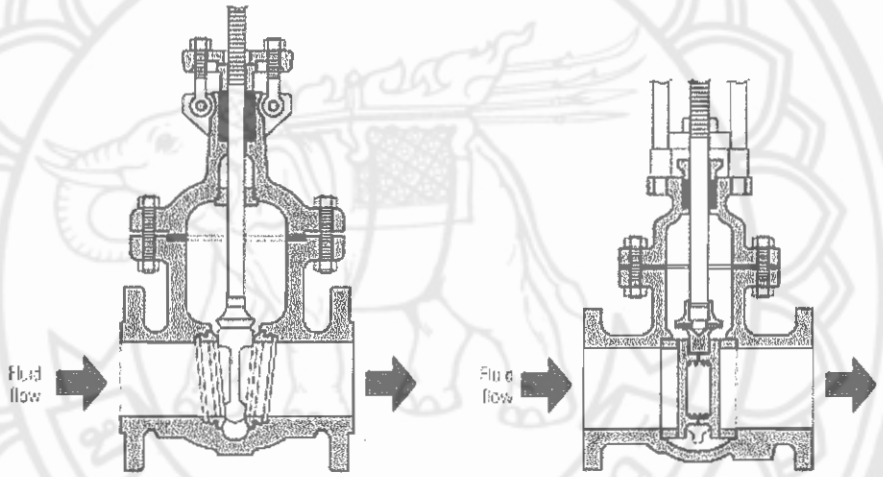
ชนิดของวาล์ว

วาล์วที่นำมาติดตั้งกับระบบท่อหลายชนิด ดังนี้

- **เกทวาล์ว (Gate valves)**
- **โกล์บวาล์ว (Globe valves)**
- **บอลวาล์ว (Ball valves)**
- แองเกิลวาล์ว (Angle valves)
- **เช็ควาล์ว (Check valves)**
- **คอร์ก๊อก (Core cocks)**
- **วาล์วลดความกดดัน (Pressure reducing valves)**
- วาล์วระบายความกดดัน (Relief valves)

เกทวาล์ว

เกทวาล์วเป็นวาล์วที่ถูกนำมาใช้งานมากที่สุด เพราะมันสามารถให้การไหลอย่างอิสระและปิดกั้นของไหลได้แน่นสนิท ซึ่งหมายถึงว่ามันปิดและเปิดได้เต็มที่ตลอดช่องการไหล ดังรูปที่ 2.8



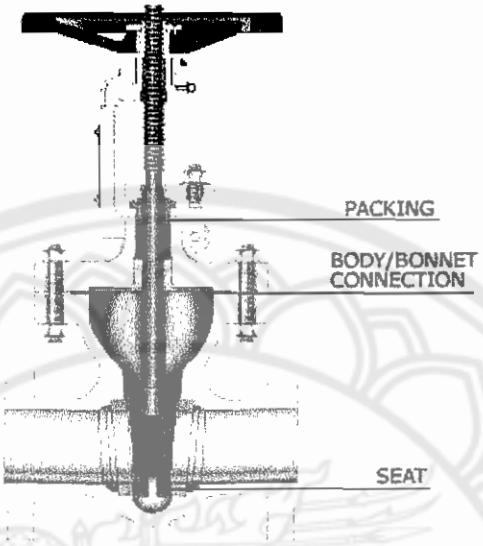
รูปที่ 2.8 การไหลของน้ำผ่านเกทวาล์ว

ที่มา : www.spiraxsarco.com/ learn/html/6_1_01.htm

เกทวาล์วเหมาะกับงานที่เปิดช่องทางการไหลกว้างการไหลจะเคลื่อนผ่านเป็นเส้นตรง และไม่เกิดการต้านทานขณะเปิดกลไกยกลิ้น หรือลิ่ม (Wedge) ขึ้นเต็มที่บ่ากด (seating) จะทำมุมฉากกับเส้นการไหลและเรือนวาล์ว ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งว่าไม่ควรเปิดวาล์วเป็นธรอทลิ่ง (throttling) หรือมีการเปิดและปิดลิ้นบางส่วน (หรี่วาล์ว) เพื่อบังคับการไหลเพราะจะเป็นสาเหตุของการสึกหรอ และสั่นสะเทือนที่อาจทำให้ลิ้นเสียหายเกิดการสั่นสะเทือน มีเสียงดัง เนื่องจากการไหลปั่นป่วนของน้ำ การปิดและเปิดวาล์วบ่อยๆ ในระบบท่อความดันและความเร็วไหลสูงจะเกิดการสึกหรอของผิวบ่ากดและกัดเซาะตรงด้านล่างของทางน้ำไหลผ่าน

เกทวาล์วส่วนใหญ่จะมีลิ้นทรงรูปลิ่มและปิดสัมผัสโดยตรงกับบ่ากดเรียว การเปลี่ยนหน้าสัมผัสหรือซ่อมแซมจึงทำไม่ได้ง่ายๆ เกทวาล์วจึงออกแบบไว้ไม่ใช้เป็นธรอทลิ่งหรือปิดเปิด

บ่อยๆ เกทวาล์วอาจมีรูปทรงแตกต่างกันทั้งเรือนวาล์ว ฝาครอบ และก้านวาล์ว ส่วนประกอบของเกทวาล์วดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เกทวาล์ว

ที่มา : http://www.valvediagnostics.com/leakage/gate/index.htm

ความดันใช้งานของเกทวาล์ว

เกทวาล์วที่จะต่อประกอบกับท่อมีแบบเกลียว หน้าแปลน และแบบเชื่อมการต่อวาล์วแบบใช้หน้าแปลนต้องหมุนรองเพื่อป้องกันการหย่อนและ การบิดเสียรูป เกทวาล์วที่ทำจากวัสดุบรอนซ์มีขนาดจาก ¼ นิ้ว, 3/8 นิ้ว, ½ นิ้ว, ¾ นิ้ว, 1นิ้ว, 1 ¼ นิ้ว, 1 ½ นิ้ว และ 3 นิ้ว สามารถใช้กับท่อไอน้ำที่มีความกดดันตั้งแต่ 125, 150, 175 หรือ 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความกดดันที่เลือกใช้นี้จะเปลี่ยนแปลงไปหาอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เกทวาล์วขนาดใหญ่จะทำจากเหล็กหล่อและเหล็กกล้า

สำหรับเกทวาล์วชนิดต่อด้วยหน้าแปลน อัตรารับความกดดันได้ก็คล้ายกับหน้าแปลน เช่น 150 lh raised face valves มีอัตราการรับความดันได้เท่ากับหน้าแปลน อัตรา 150 - lb raised face valves, 300 lb raised face valves. มีอัตรารับความดันได้ 300 lb raised face valves.

วาล์วจะมีหน้าสัมผัสเดียวกับหน้าแปลน เช่น raised face, ring foint, tongue-and-groove ฯลฯ อัตราความกดดันใช้งานของวาล์วมี 7 ระดับดังนี้ คือ 150, 300, 400, 600, 900, 1,500 และ 2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

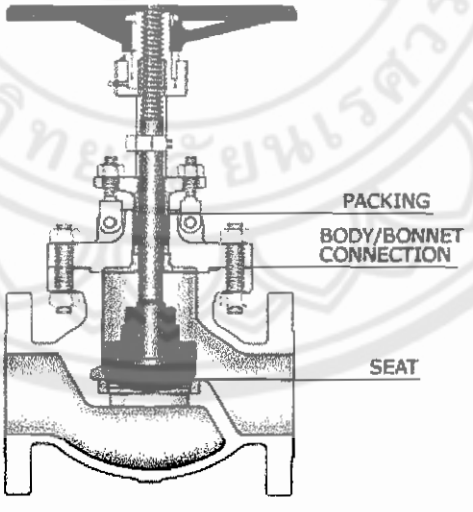
ข้อแนะนำในการติดตั้งเกทวาล์ว

เกทวาล์วปรกติจะถูกตั้งอยู่ในแนวดิ่งแต่ก็สามารถติดตั้งในตำแหน่งใดๆ ได้เช่นกัน แต่อย่าให้เกินกว่ามุม 90 มือหมุนของวาล์วอย่าหันคว่ำลงควรอยู่ในแนวดิ่งด้านบนเสมอ เมื่อติดตั้งวาล์วในแนวนอน ถ้าคว่ำมือหมุนจะทำให้กีดขวางและเกะกะขณะปฏิบัติงาน

โกล์บวาล์ว

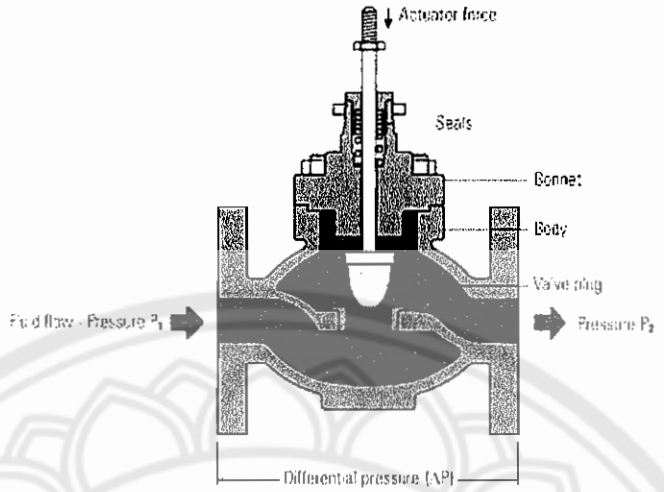
เป็นวาล์วชนิดกดอัดปิด เปิดการไหลบังคับการไหลเพื่อควบคุมปริมาณน้ำ บ่าลิ้นของโกล์บวาล์วจะตั้งฉากกับการไหลทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการไหล และมีความกดดันลดมากเนื่องจากการปั่นป่วนของน้ำ ดังนั้นการเลือกใช้ติดตั้งควรพิจารณาเรื่องกดดันลดเป็นสำคัญ

โกล์บวาล์ว มาตรฐานส่วนใหญ่จะเป็นก้านเลื่อนเกลียวใน ส่วนแบบโย๊ค มีเฉพาะวาล์วขนาดใหญ่ บ่าลิ้นและลิ้นปรกติจะซ่อมแซมและเปลี่ยนใหม่ได้ขณะที่วาล์วยังติดตั้งอยู่กับระบบท่อ การกัดเซาะของบ่าลิ้นมีน้อยเพราะว่าบ่าลิ้นและลิ้นสัมผัสกันอยู่ตลอดเวลาก่อนจะเปิดให้มีการไหลผ่าน เมื่อหรี่วาล์วมากๆ จะมีผลให้ความเร็วไหล และอัตราเร่งของไหลสูงจนเกิดการกัดเซาะที่ผิวบ่าลิ้นและก้านลิ้น ซึ่งเรียกว่าการเกิด Wire-drawing ข้อดีอีกอันของโกล์บวาล์ว มีช่วงระยะห่างระหว่างลิ้นกับบ่าลิ้น จึงปิดด้วยมือได้รวดเร็ว ข้อเสียมีความกดดันลดมาก ช่องว่างภายในจำกัด เป็นกระเป๋ามีซอกมุมมาก ทำให้การไหลผ่านวาล์วไม่ค่อยเต็มที่และรวดเร็ว โกล์บวาล์ว เหมาะกับระบบท่อน้ำ ลม ก๊าซ น้ำมัน และไอน้ำ การไหลของน้ำผ่านโกล์บวาล์วและส่วนประกอบของโกล์บวาล์วแสดงไว้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โกล์บวาล์ว

ที่มา : http://www.valvediagnostics.com/leakage/globe/



รูปที่ 2.11 การไหลของน้ำผ่านโกล์บวาล์ว

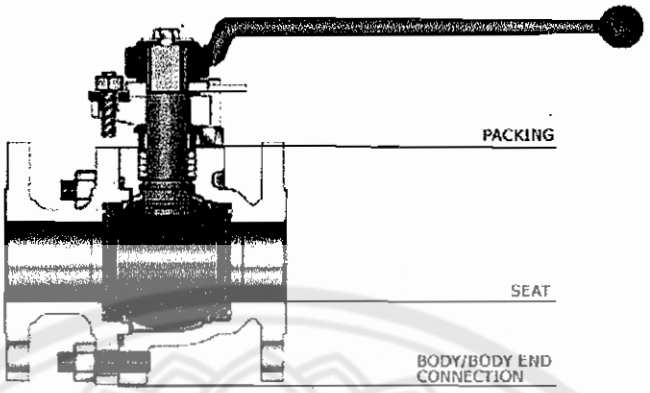
ที่มา : http://www.spiraxsarco.com/learn/modules/6_1_01.asp

การใช้งานของโกล์ววาล์ว

โกล์บวาล์วจะนำมาใช้กับระบบท่อน้ำ ลม ก๊าซ น้ำมัน และไอน้ำ เป็นวาล์วควบคุมใช้เปิดเต็มที่หรือเพียงบางส่วน เพื่อบังคับการไหล วาล์วจากวัสดุทองเหลืองบรอนซ์ เหล็กกล้าหรือหล่อ วาล์วทองเหลือง บรอนซ์จะมีขนาด 1/8 นิ้ว, ¼ นิ้ว, 3/8 นิ้ว, ½ นิ้ว, ¾ นิ้ว, 1 นิ้ว, 1 ¼ นิ้ว, 1 ½ นิ้ว, 2 นิ้ว, 2 ½ นิ้ว และ 3 นิ้ว ใช้งานกับความกดดัน 125, 150, 250 และ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับขนาดไม่เกิน 6 นิ้ว ใช้กับความกดดันได้ 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนเรือนวาล์วทำจากทองเหลือง โลหะทริม (Brass trimmed iron body) มีขนาด 2-6 นิ้ว

บอลวาล์ว

วาล์วชนิดนี้จะใช้ปิด เปิดการไหลและบังคับการไหลได้ โดยไม่ทำให้เกิดธรอทลิ่งภายในวาล์วนำมาใช้เมื่อต้องการความรวดเร็วในการปิด เปิด มีส่วนประกอบไม่มากจึงต้องฟิตแน่น ไม่ให้ช่องว่างไม่ติดขัดต้องการแรงหมุนเปิดน้อย ซีลรั่วไหลได้ด้วยตัวเอง การปิดหรือเปิดให้หมุน มือหมุนไป 90 องศา ซึ่งทิศทางการหมุนความดันใช้งานดูจากก้านหมุนเมื่อเปิดเต็มที่จะมีความต้านทานการไหลต่ำ ถ้าไม่ทำงานอยู่ภายใต้สภาพวิกฤติเกินไปอาจใช้บอลบังคับการไหลได้ ช่างท่อสุขภัณฑ์นิยมทำบอลวาล์วมาติดตั้งกับท่อน้ำแทนเกทวาล์ว หรือโกล์วาล์ว และระบบท่อก๊าซแรงดันต่ำเพราะสะดวกต่อการใช้หลายประการ ส่วนประกอบของบอลวาล์วแสดงไว้ดังรูปที่ 2.12



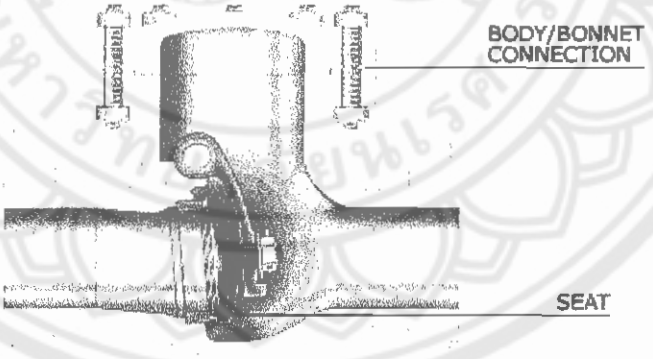
รูปที่ 2.12 บอลวาล์ว

ที่มา : www.valvediagnostics.com/ leakage/ball/

เช็ควาล์ว

มีหน้าที่ป้องกันการไหลกลับของเหลวหรือก๊าซในระบบท่อบางทีอาจเรียกว่า Non-return valves ซึ่งไม่เหมือนกับเกทวาล์ว เพราะทำงานได้อัตโนมัติไม่มีมือหมุนคือจะปิดเอง เมื่อมีแรงดึงดูดของโลกและการไหลกลับ เช็ควาล์วส่วนใหญ่ติดตั้งอยู่ตำแหน่งแนวนอน แต่อาจมีบางชนิดจะออกแบบให้ติดตั้งในแนวดิ่งได้เรือนวาล์วและลิ้นทำจากวัสดุหลายชนิด เช็ควาล์วแบ่งออกได้ 2 ชนิดใหญ่ คือ

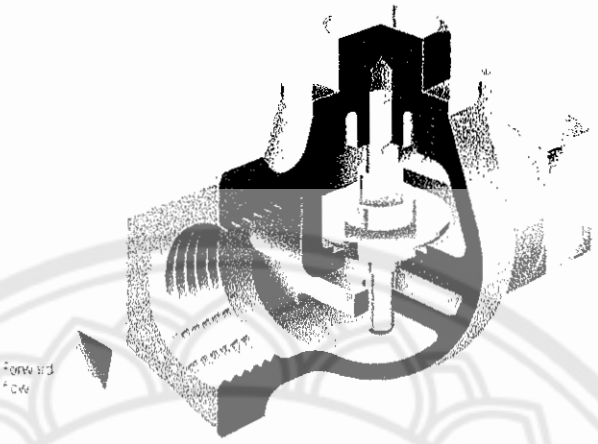
1. เช็ควาล์วเหวี่ยง (Swing check valves)



รูปที่ 2.13 เช็ควาล์วแบบเหวี่ยง

ที่มา : http://www.valvediagnosties.com/leakage/check/

2. เช็ควาล์วยก (Life check valve)



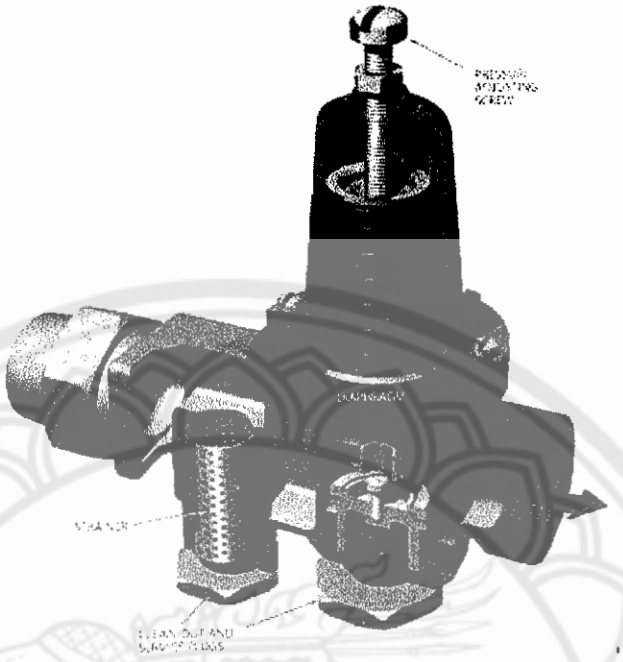
รูปที่ 2.14 เช็ควาล์วแบบยก

ที่มา : www.spiraxsarco.com/ learn/html/12_3_01.htm

วาล์วลดความกดดัน

ออกแบบเพื่อใช้กดดันสูงในทางเข้าให้มีความกดดันทางออกต่ำโดยอัตโนมัติ บางทีเรียกว่าวาล์วลดความกดดัน (Pressure reducing valves) วาล์วนี้จะถูกติดตั้งเข้ากับระบบจ่ายที่มีความกดดันสูงเกินปรกติของอุปกรณ์ท่อ (เกินกว่า 414 กิโลปาสกาล) วาล์วจะติดตั้งใกล้จุดทางเข้าของระบบที่ต้องการลดความกดดันในอาคารขนาดใหญ่จะติดตั้งเฉพาะจุดเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องสุขภัณฑ์ ถ้ามีเครื่องทำน้ำร้อนติดตั้งควรใช้วาล์วลดความกดดันต่ำก่อนเข้าเครื่อง ให้ตรงกับที่ระบุให้ เช่น เครื่องขนาดเล็กมีความดันที่ปลอดภัยเพียง 207 กิโลปาสกาล เท่านั้น เมื่อติดตั้งวาล์วลดความดันบนท่อจ่ายน้ำเข้าสู่อุปกรณ์ทำน้ำร้อนแบบใดก็ตามจะต้องประกอบวาล์วนิรภัยร่วมด้วยเสมอ โดยติดตั้งอยู่ระหว่างวาล์วลดความกดดันและเครื่องทำน้ำร้อนเพื่อป้องกันการระเบิด

ตามมาตรฐานงานท่อสุขภัณฑ์จะกำหนดให้ใช้วาล์วลดความกดดันเสมอเมื่อน้ำในระบบมีความกดดันเกิน 483-586 กิโลปาสกาล (70-85 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) วาล์วลดความกดดันที่ใช้กับระบบจ่ายน้ำเป็นชนิดไดอะแฟรม (diaphragm type) ดังรูป ที่ 2.15



รูปที่ 2.15 วาล์วบังคับความกดดัน

ที่มา : http://www.boltonpoint.org/images/Pressure_Reducing_Valve.jpg

หลักการทำงานของไดอะแฟรมวาล์วคือ ความกดดันต่ำจะอยู่บนพื้นที่ใหญ่คือบนไดอะแฟรมส่วนความกดดันสูงจะอยู่ที่ด้านพื้นที่เล็กคือ ใต้ลิ้นของวาล์ว ความกดดันจากสปริงจะกดไดอะแฟรมเปิดอยู่จนกระทั่งความกดดันที่ปากทางออกมีมากพอจะดันไดอะแฟรมขึ้นกดสปริง ทำให้ปลั๊ก (plug) ที่ด้านล่างยกขึ้นจากบ่าลิ้นเพื่อหรี่วาล์วปรับอัตราการไหลให้เพียงพอเพื่อลดความกดดันตรงทางออก ความกดดันตรงทางออกจะกำหนดด้วยการตั้งสปริง ลิ้นและบ่าลิ้นสามารถถอดเปลี่ยนได้

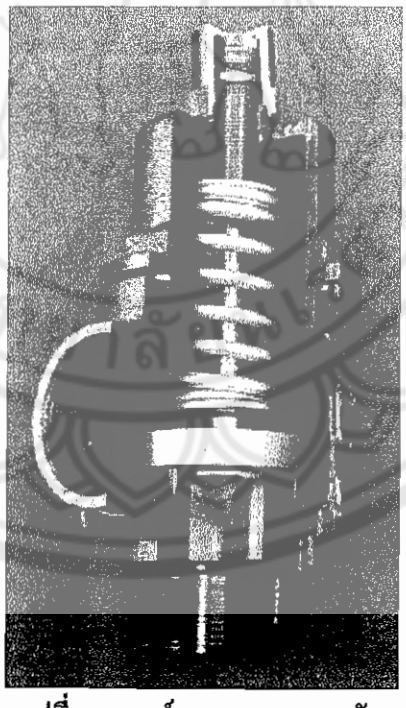
วาล์วระบายความกดดัน

เป็นอุปกรณ์นิรภัยอัตโนมัติที่นำมาติดตั้งเพื่อป้องกันอุณหภูมิ ความกดดันหรือทั้งสองอย่างสูงเกินไป เช่นติดตั้งบนเครื่องทำน้ำร้อน เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนเกิน และการระเบิด วาล์วระบายความกดดันมีสองแบบ คือ ระบายเมื่อความกดดันเกินเท่านั้น หรือระบายเมื่ออุณหภูมิและความกดดันเกิน เรียกว่าวาล์ว T&T และนิยมใช้กันแพร่หลายกับเครื่องทำน้ำร้อน ในอาคารบาง แบบอาจติดตั้งกับเครื่องทำน้ำร้อนขนาดใหญ่ ที่ใช้งานอุตสาหกรรม

วาล์วควบคุมหรือระบายความกดดันแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

1) pop safety relief valve
2) Relief valve
3) Safety relief valve

ตำแหน่งทำงานปรกติของวาล์วระบายความกดดันจะปิดอยู่ที่ทางเข้าภายในบ่ากด บ่ากดจะถูกปิดโดยสปริงซึ่งถูกตั้งตามความต้องการ ถ้าความดันเกินกว่าที่ตั้งไว้วาล์วจะเปิดและยังคงเปิดอยู่จนกระทั่งความกดดันออกของวาล์วต่ำลง ทางออกของวาล์วจะมีขนาดใหญ่กว่าทางเข้า เหตุผลก็คือต้องการให้ความกดดันบนทางออกของวาล์วต่ำกว่าทางด้านเข้า เมื่อวาล์วเปิดความกดดันจะลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นดังรูป



รูปที่ 2.15 วาล์วระบายความกดดัน

ที่มา : http://www.bayporttechnical.com/cut-away_valves.htm

วาล์วควบคุม

วาล์วชนิดนี้เป็นวาล์วที่ได้ออกแบบเพื่อควบคุมการไหลผ่านของเหลวและก๊าซ กลไกการทำงานอาจเป็นประเภทโกล์วาล์ว แต่บางทีก็ใช้เป็นประเภทบอลวาล์ว หรือวาล์วผีเสื้อ และวาล์วลักษณะอื่นๆด้วยเหมือนกัน วาล์วควบคุมนี้จะปรับการไหลผ่านโดยการเปิดหรือปิดสัดส่วนหรือยอมให้ไหลผ่านเพียงเล็กน้อยตามสัญญาณกระตุ้นที่วาล์วได้รับ สัญญาณกระตุ้นมาจากแรงลม ระบบอีเล็กทรอนิกส์ ไฮดรอลิกส์ หรือ อีเล็กทรอ-ไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุมขนาดเล็ก อาจมีระบบการทำงานด้วยแรงคน แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่จะต้องควบคุมการทำงานด้วยแรงลมหรือไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุม (Control valve) ประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐานสองส่วน คือ

- ส่วนการบังคับวาล์ว (actuator or motor operator)
- ส่วนที่เป็นเรือนวาล์ว (Valve body)

วาล์วควบคุมจะทำงานด้วยการกระตุ้น จากผลต่างความกดดัน ในแนวเส้นท่อ ซึ่งเกิดขึ้นได้ด้วยการใส่หน้าแปลนออริฟิซ โดยค่าแสดงผลต่างความกดดันนี้ด้วยเกจวัดความดัน วาล์วควบคุมอาจนำไปใช้ควบคุมระดับของเหลวในถัง โดยการต่อท่อลมเข้ากับตัวควบคุมระดับของเหลวและวาล์ว ตัวควบคุมระดับของเหลวจะมีตัวรับรู้ระดับ (Sensor) ของเหลวติดไว้ในถัง และประกอบเข้ากับเครื่องมือวัดที่ด้านนอกถัง ลมจากท่อจะผ่านเข้าสู่เครื่องมือวัด และไหลต่อไปยังวาล์วควบคุมอีกทีหนึ่ง เมื่อระดับของเหลวในถังเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง วาล์วควบคุมจะปิดและเปิดอัตโนมัติ วาล์วควบคุมมี 2 ชนิด คือ ชนิดก้านเลื่อนขึ้นด้วยลม (air to lift stem) และชนิดก้านเลื่อนลงด้วยลม (air to lower stem) ส่วนการบังคับวาล์วปิด-เปิดลิ้นจะเป็นแบบไดอะแฟรม ภายในกล่องไดอะแฟรมมีแผ่นผ้าไดอะแฟรมประกอบอยู่ เมื่อรับความกดดันจากลม จะเกิดแรงกดต่อสปริง สปริงจะเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อเปิดหรือปิดวาล์ว ถ้าความกดดันลมกระทำใต้แผ่นไดอะแฟรมเรียกว่าการกระตุ้นกลับ (reverse acting actuators) เมื่อเพิ่มความกดดันลม ใต้แผ่นไดอะแฟรม ก้านวาล์วจะถูกยกขึ้น ลิ้นจะเปิดการไหล แต่ถ้าก้านวาล์วเลื่อนลง วาล์วจะปิด

ฟลัชวาล์ว

เป็นวาล์วที่ใช้กับเครื่องสุขภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่แบ่งออกได้ 2 ชนิดดังนี้

1. ชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm) การทำงานมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อวาล์วอยู่ในตำแหน่งปิด **เซกเมนต์ (segment) ไดอะแฟรมจะแบ่งวาล์วออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่างและส่วนบน โดยมีความกดดันน้ำบนไดอะแฟรมเท่ากันทั้งสองด้านแต่การกระทำที่ทำต่อพื้นที่หน้าตัด ไดอะแฟรมส่วนบนจะสูงกว่าเพื่อคงให้ไดอะแฟรมปิดอยู่ได้ไม่รั่วไหลผ่านลิ้นลงสู่โถ**

เมื่อผลักคันโยกในทิศทางใดจะมีผลให้แกนดันก้านลิ้น (plunger) ผลักก้านลิ้น ระบายความกดดันและทำให้น้ำไหลออกจากห้องด้านบน (upper chamber) ความกดดันน้ำในห้องด้านบนลดต่ำลงกว่าความกดดันที่ห้องด้านล่าง ชั้นล่างจะถูกยกขึ้นจากบ่าลิ้นทำให้น้ำไหลสู่ทางออกของวาล์วไปยังเครื่องสุขภัณฑ์ที่ต้องการล้าง ขณะวาล์วทำงานนี้จำนวนเล็กน้อยจะไหลผ่านรูเบี่ยงน้ำ (by pass port) ผ่านไดอะแฟรมสู่บากดเพื่อปิดวาล์ว รูเบี่ยงน้ำในไดอะแฟรมมีขนาดเล็กมากซึ่งอาจเกิดการอุดตันกับสิ่งสกปรกหรือเม็ดทรายมีผลทำให้ฟลัชวาล์วต่อเนื่องไม่หยุด จนกระทั่งสิ่งสกปรกหลุดออก หากรูนี้ถูกปิด น้ำไม่สามารถเข้าสู่ห้องด้านบนของวาล์วได้ความกดดันระหว่างห้องส่วนบนกับส่วนล่างเท่ากันการล้างก็จะไม่หยุดไหล จากเหตุผลดังกล่าวถ้ามีสิ่งสกปรกในน้ำควรเลือกใช้วาล์วชนิดลูกสูบแทน

2. ชนิดลูกสูบ (Piston) วาล์วจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนบนและส่วนล่าง (upper and lower chamber) ความกดดันน้ำที่จ่ายเข้าห้องสูบทั้งสองจะเท่ากันแต่จะมีความกดดันที่กระทำต่อพื้นที่ด้านบนลูกสูบจะมากกว่าทั้งนี้เพื่อคงให้วาล์วปิดอยู่บนบ่าลิ้นได้โดยไม่มีน้ำไหลผ่านการกดดันโดยยกเพียงเบาๆ ในทิศทางใดจะผลักเอาแกนดันก้านลิ้น และผลักก้านลิ้นระบายความกดดันต่อ ทำให้น้ำจากห้องสูบส่วนบนไหลลงสู่ห้องสูบด้านล่าง ความกดดันด้านบนจะต่ำกว่าขณะเดียวกันก็จะมีความดันมากเกิดขึ้นทันที ทำให้ลูกสูบถูกยกออกจากบ่ากดหลักกว่าความกดดันน้ำที่ห้องสูบด้านล่าง น้ำจะดันลูกสูบให้ลอยขึ้นจากการกดบ่าลิ้น และไหลลงสู่ทางออกของฟลัชวาล์วเพื่อชำระล้างต่อไป ขณะที่วาล์วทำงานนี้น้ำจำนวนเล็กน้อยอันหนึ่งจะไหลผ่านรูระเบียงเข้าสู่ห้องสูบด้านบน น้ำจะค่อยๆเต็มห้องสูบ ขณะเดียวกันลิ้นก็เคลื่อนที่ลงมาเรื่อยๆ จนน้ำเต็มห้องสูบความกดดันน้ำที่กระทำต่อพื้นที่ด้านบนจะมากกว่าด้านล่าง ลูกสูบจะปิดบ่าลิ้นอีกครั้งหนึ่ง การล้างลิ้นสุด ฟลัชวาล์วที่นำมาติดตั้งมี 2 แบบ คือ ติดนอกผนังและฝังในผนัง วิธีล้างใช้มือกดล้างเท้าเหยียบ โฟโตอีเล็กตริกเซนเซอร์ หรือรีโมทคอนโทรล

ฟลัชวาล์วอัตโนมัติ

วาล์วจะทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งติดตั้งแทนมือกดปิดน้ำ มอเตอร์จะถูกต่อด้วยกลไกตั้งเวลาไฟฟ้า และจะทำการเปิดล้างเมื่อถึงช่วงเวลากำหนดไว้อุปกรณ์ตั้งเวลาสามารถปรับได้โดยอาจให้ล้างทุกๆชั่วโมงหรือน้อยกว่านี้ รวมทั้งไม่ใช้ในวันหยุดประจำสัปดาห์ด้วย

5. เครื่องสุขภัณฑ์

โถส้วมแบบนั่งยอง

โถส้วมแบบนั่งยอง (Squatting or Thailand Closet) เป็นโถที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายประเทศไทย เพราะความเคยชินต่อการนั่งสุขาชนิดนี้มาก่อน มีวิธีที่ไม่ยุ่งยาก สะดวกต่อการใช้ราคาถูกจำนวนน้ำที่ใช้ชำระล้างแต่ละครั้งไม่เปลือง การทำความสะอาดง่าย โถส้วมจะรองรับสิ่งปฏิกูลจากการขับถ่ายและถูกชำระล้างผ่านท่อเข้าสู่บ่อเกรอะเป็นถังทำจากคอนกรีตเพื่อนักและย่อยสลายสิ่งปฏิกูลเหล่านั้นให้เป็นน้ำและโคลนตม น้ำในบ่อเกรอะจะถูกส่งไปยังบ่อซึมหรือจัดทำท่อระบายลงสู่ท่อสาธารณะอีกครั้งหนึ่งที่เป็นส่วนโคลนตม เมื่อนานวันเข้าจะเต็มถังจำเป็นต้องดูดหรือสูบออกไปทิ้งยังสถานบำบัดน้ำเสีย

โถส้วมนั่งยองจะมีส่วนงอด้านล่างเพื่อดักน้ำไว้ป้องกันก๊าซเสียกลับเข้าสู่อาคาร โถนั่งยองที่ทำจากวัสดุซีเมนต์และลงหินขัดมีข้อเสียคือ ดูดซึมน้ำได้มากสิ่งโสโครกจะถูกสะสมอยู่ภายในนานๆ วันเข้าเกิดกลิ่นเหม็นยากแก่การขจัด วัสดุดินเผาเคลือบชนิดเออร์แทนแวร์ หรือพอสเลนมีผิวมันดูดซึมความชื้นต่ำ ชำระล้างง่าย สะอาดเหมาะกว่าชนิดที่กล่าวมา โถส้วมชนิดนี้มี 2 แบบคือ แบบยกขอบสูงจากพื้น และแบบฝังติดกับพื้น โถส้วมแต่เดิมจะติดตั้งอยู่บนฝาบ่อเกรอะที่เก็บสิ่งปฏิกูล โดยไม่แยกจากกัน แล้วสร้างห้องสุขาครอบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสะดวกต่อการสร้างแต่ไม่นิยมในเวลาต่อมา เนื่องจากไม่ถูกสุขลักษณะ เพราะไม่สามารถนำสิ่งปฏิกูลที่อยู่ภายในบ่อเกรอะไปขจัดได้สะดวก เมื่อส้มเต็มยากต่อการแก้ไข

ปัจจุบันจะใช้วิธีแยกบ่อเกรอะ และบ่อซึมไว้นอกอาคารแล้วต่อท่อจากด้านล่างที่วางโถส้วมภายในห้อง ออกไปยังบ่อเกรอะอีกทีหนึ่งจากบ่อเกรอะจะต่อท่อสู่บ่อซึม และบนบ่อเกรอะจะต้องจัดท่อระบายก๊าซเสียที่เกิดจากการย่อยของเชื้อจุลินทรีย์ออก ป้องกันการเกิดแรงดันภายในชำระล้างไม่สะดวก น้ำไหลเข้าอาจล้นท่วมโถส้วม มีความสกปรก

การทำความสะอาดโถส้วมนั่งยอง

ระบบการล้างโถส้วมนั่งยองมี 3 วิธี

1. ใช้การตักน้ำล้าง เป็นวิธีการที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในอาคารอยู่อาศัยทั่วไป การตักล้างใช้ขันหรือภาชนะอื่นๆ ปริมาณการตักล้างไม่แน่นอนจะล้างจนกระทั่งโถสะอาด

2. ใช้ฟลัชวาล์ว การล้างด้วยวิธีนี้สะดวกกว่าวิธีแรกเพียงแต่ใช้มือกดปุ่มหรือคันโยกอุปกรณ์ล้างก็จะปล่อยน้ำผ่านจากท่อลงสู่วาล์วและช่องภายในโถส้วม การล้างด้วยฟลัชวาล์วจะมีระบบท่อจ่ายน้ำขนาดไม่ต่ำกว่า 1 นิ้ว และมีความกดดันสูงพอกับการทำงานของวาล์วเหมาะกับอาคารสาธารณะ พาณิชย์ สถานที่ราชการทั่วไป

3. ใช้ฟลัชแท็งก์หรือถังพักน้ำ น้ำที่ใช้ล้างจะถูกสะสมอยู่ภายในถังพักซึ่งติดตั้งอยู่เหนือโถส้วมมีกลไกยกลงน้ำลงสู่โถส้วม และควบคุมน้ำในถังเหมาะกับอาคารที่มีความกดดันน้ำ ในระดับต่ำ ท่อจ่ายน้ำเล็กกว่า 2 นิ้ว เช่น อาคารสาธารณะพาณิชย์ โรงเรียน สถานที่ราชการ โรงพยาบาล ฯลฯ

อุปกรณ์ประกอบกับโถส้วม

อุปกรณ์ทั้งหลายที่นำมาติดตั้งเข้ากับโถส้วมเพื่อการใช้งานและให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีส่วนประกอบอยู่หลายชนิดดังนี้

1. อุปกรณ์ล้างโถส้วม การล้างโถส้วมนั่งราบจะใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ฟลัชแท็งก์หรือถังพักน้ำระดับสูง หรือต่ำ (high-up or low-down tank) ฟลัชวาล์ว (direct-flushing values) หรือถังนิวแมติก (Pneumatic tanks)

2. **ฟลัชวาล์ว** (Flushometer values) จะถูกนำมาติดตั้งล้างโถส้วม น้ำจะถูกจ่ายผ่านวาล์วในปริมาณที่พอเหมาะกับการล้าง แต่ละครั้งอาศัยความกดดันน้ำจากท่อโดยตรงเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการล้าง ปริมาณน้ำแน่นอน ใช้กับโถส้วม โถปัสสาวะ ฟลัชวาล์วจะถูกนำมาใช้กับอาคารโรงพยาบาล อาคารพาณิชย์ อาคารสาธารณะอื่นๆ เพราะการทำงานล้างรวดเร็ว บำรุงรักษาง่ายฟลัชวาล์วเหมาะกับโถส้วมชนิดไซฟอนเจต ฟลัชวาล์วสามารถทำงานได้ในช่วงเวลา 3 – 10 วินาที ประสิทธิภาพของวาล์วจะขึ้นอยู่กับการทำงานของชิ้นส่วนจำนวนไม่กี่ชิ้นภายในวาล์ว โดยอาศัยหลักการทำงานที่เท่ากันของความกดดันสองด้านของลิ้นระบายความกดดัน (relief values) ที่อยู่ภายในตัวของวาล์ว วาล์วจะปิดเองโดยอัตโนมัติ ความกดดันน้ำที่ต้องการใช้กับฟลัชวาล์วเปลี่ยนไปตามชนิดของโถส้วมดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ความกดดันน้ำที่ต้องการใช้กับฟลัชวาล์ว

	หน่วยบรรยากาศ (Bar)	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI)
โถส้วมชนิดไซฟอนเจตตั้งพื้น	1.03	15
โถส้วมชนิดโบล์วเอาท์ตั้งพื้น	1.38	20
โถส้วมชนิดไซฟอนเจตแขวนผนัง	1.38	20
โถส้วมชนิดโบว์ลเอาท์แขวนผนัง	1.72	25

ฟลัชวาล์วจะมีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับความกดดันน้ำ คือ แบบมาตรฐาน และแบบความกดดันต่ำโดยจะต้องมีความกดดันน้ำสำหรับใช้ในการติดตั้งฟลัชวาล์วแบบมาตรฐานน้อยที่สุด 1.7 ลิตรต่อวินาที และ 1.4 ลิตรต่อวินาที สำหรับแบบความกดดันต่ำ และความกดดันน้ำ

ในท่อเข้าต่ำสุดแบบมาตรฐาน 0.7 บาร์สูงสุด 7.0 บาร์ แบบความกดดันน้ำต่ำสุด 0.4 บาร์ ปริมาณการจ่ายน้ำออกจากฟลัชวาล์วที่ความกดดันใช้งานปกติราว 11 – 19 ลิตร ขนาดท่อจ่ายน้ำที่ใช้กับวาล์ว 1 นิ้ว ถ้าความกดดันสูงเกินไป ควรติดตั้งวาล์วลดความกดดันหรือจะใช้ แผ่นวงกลมเจาะรูสอดเข้าไปในท่อจ่ายน้ำ

โถปัสสาวะ

โถปัสสาวะแบบแขวนฝาผนัง เหมาะกับอาคารสาธารณะทั่วไปที่มีพื้นที่ติดตั้งจำกัดโถจะมีขนาดเล็กกว่าใช้ท่อดักกลิ่นชนิดตัวพีขนาด 2 นิ้ว รวมอยู่ในตัวเดียวกัน ช่องระบายออกจะประกอบด้วยรูขนาดเล็กหลายๆ รูตรงด้านล่างส่วนต่ำสุด โถปัสสาวะชนิดนี้จะมีอัตราหน่วยสุขภัณฑ์ 4 หน่วย ดังนั้นท่อนะบายน้ำเท่ากับ 2 นิ้ว และท่อระบายอากาศ 1 ¼ นิ้ว

ขนาดท่อสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการทดสอบการใช้งานแล้ว จนเป็นที่ยอมรับว่าสามารถใช้สอยได้เป็นที่พอใจ ฉะนั้นขนาดท่อประปาที่จ่ายให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดจึงได้รับการกำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้อย่างเพียงพอเมื่อมีแรงดันในเส้นท่ออย่างเหมาะสม ขนาดท่อที่เล็กที่สุดซึ่งแนะนำให้ใช้สำหรับเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดควรมีขนาดดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ขนาดท่อสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ

ชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์	ขนาดท่อ มม. (นิ้ว)
Drinking fountain (น้ำพุดื่ม)	10 (3/8)
Dishwasher (เครื่องล้างชาม)	15 (1/2)
Kitchen sink (อ่างล้างสำหรับครัว)	15 (1/2)
Lavatory (อ่างล้างมือ)	15 (1/2)
Shower (ฝักบัวอาบน้ำ)	15 (1/2)
Urinal (angle valve) (โถปัสสาวะชาย)	15 (1/2)
Urinal (flush valve)	20 (3/4)
Water closet (flush tank) (โถส้วม)	15 (1/2)
Water closet (flush valve)	**25 (1)**
Hose bibb (ก๊อกสนาม)	**15 (1/2)**
Service sink (อ่างซักล้าง)	**20 (3/4)**

สำหรับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ที่มิได้ระบุเอาไว้ ก็อาจจะถือขนาดท่อโดยการเปรียบเทียบอัตราความต้องการน้ำกับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีอัตราน้ำคล้ายคลึงกัน

2.3 การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่ กระแส เงินสด รับจากโครงการ สามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่าย ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจาก โครงการที่ขอ รับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุน เพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทน ที่เท่ากันทุกปี การหาค่าระยะเวลาคืนทุนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. Static method

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}}$$

2. Dynamic method

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ค่าระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static method จะให้งวดเวลาคืนทุน เร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่า แบบสะสม จากมูลค่าปัจจุบัน ของ ต้นทุน พลังงานที่ประหยัดได้ ซึ่งคิดอัตราลดค่า (discount rate) ในการเลือก โครงการ ค่า PB จะแสดงให้เห็นว่า ต้องใช้เวลานาน เพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็ว โครงการ ก็จะน่าสนใจ วิธีดังกล่าว จะมีข้อเสีย ในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจ ถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนกายหลังมากกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วก็ได้ ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการประเมินโครงการ ของกองทุนฯ สามารถนำมาใช้ พิจารณาได้เนื่องจาก ลักษณะโครงการที่ขอการสนับสนุน จะให้ผลการประหยัดพลังงาน ที่เท่ากันตลอดอายุ ของโครงการ