

## บทที่ 4

### การดำเนินการวิจัย

#### 4.1 วิธีการวิจัย

การวิจัยได้กระทำโดยการสุ่มตัวอย่างมาตรฐานในพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำของ กปน. แล้วทำการเก็บตัวอย่างมาตรฐานมาทำการทดสอบ เพื่อหาความถูกต้องในห้องทดสอบ โดยจำลองสภาพการทดสอบในห้องทดสอบให้เหมือนกับสภาพที่เกิดขึ้นจริง ๆ มากที่สุด แต่ในทางปฏิบัติ การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในห้องทดสอบให้เหมือนกับสภาพความเป็นจริงทุกประการ เป็นเรื่องที่เป็นไปได้โดยยาก ดังนั้นในการศึกษาจึงกำหนดตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่สำคัญอันจะมีผลต่อการทดสอบเท่านั้น ตัวแปรดังกล่าวได้แก่ อัตราการใช้น้ำ อายุการใช้งาน ปริมาณน้ำใช้งาน คุณภาพน้ำ การพิจารณาถึงความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองได้พิจารณาจากการทดลองที่เกี่ยวข้องและการศึกษาความรู้โดยทั่วไปเกี่ยวกับมาตรวัดน้ำ ซึ่ง เหตุผลในการพิจารณาจะได้กล่าวโดยละเอียดในหัวข้อ 4.3.1

#### 4.2 การเก็บตัวอย่างมาตรฐานทดสอบ

วิธีการเก็บตัวอย่างมาตรฐาน เพื่อนำมาทำการทดสอบในห้องทดสอบได้ดำเนินการโดยการเลือกมาตรที่มีอายุการใช้งานตามที่กำหนดไว้จากทะเบียนมาตรวัดน้ำที่โรงงานมาตรวัดน้ำ ซึ่งการจัดทะเบียนมาตรจะจัดเรียงตามหมายเลขมาตรวัดน้ำ หลังจากได้มาตรตามอายุที่กำหนดแล้วจะนำมาตรวจสอบว่าอยู่ในพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำหรือไม่ ถ้าเป็นมาตรอยู่ในพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำจะทำหนังสือแจ้งต่อสำนักงานประปาสาขาขอทำการถอด เปลี่ยนมาตร เพื่อนำมาทดสอบ

การเก็บตัวอย่างมาตรฐาน เพื่อนำมาทดสอบในห้องทดสอบจะมียอดประกอบสำคัญที่ควรคำนึง คือ การกำหนดพื้นที่และการกำหนดตัวอย่างมาตรฐานทดสอบ

#### 4.2.1 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างมาตรฐาน

ในหัวข้อ 1.4 - ขอบข่ายของการศึกษาได้กำหนดพื้นที่ทดสอบมาตรฐาน เป็นพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำทั้งสามแห่งของ กปน. คือโรงกรองน้ำสามเสน โรงกรองน้ำธนบุรีและโรงกรองน้ำบางเขน แต่ในสภาพความเป็นจริงพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำและพื้นที่ที่ใช้น้ำจากบ่อบาดาลมิได้แยกกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้โรงกรองน้ำบางเขนได้เริ่มจ่ายน้ำประมาณ ปี พ.ศ. 2523 ทำให้พื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำก่อนปี พ.ศ. 2523 และหลังปี พ.ศ. 2523 แตกต่างกัน ในการเก็บตัวอย่างมาตรฐานที่เริ่มติดตั้งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 จะใช้พื้นที่ที่ขยายขึ้นใหม่เนื่องจากการดำเนินการของโรงกรองน้ำบางเขนรวมกันพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำเดิม คือโรงกรองน้ำสามเสนและโรงกรองน้ำธนบุรี ส่วนมาตรฐานที่ติดตั้งก่อนปี พ.ศ. 2523 จะกำหนดเฉพาะพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำสามเสนและโรงกรองน้ำธนบุรี เท่านั้นและเพื่อให้แน่ใจว่ามาตรฐานวัดน้ำนั้น เก็บมาจากพื้นที่ที่ใช้น้ำจากโรงกรองน้ำ จึงกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างมาตรฐานในบริเวณใกล้กับ โรงกรองน้ำหรือท่อจ่ายน้ำของ โรงกรองน้ำ

#### 4.2.2 จำนวนตัวอย่างมาตรฐานทดสอบ

จำนวนตัวอย่างมาตรฐานทดสอบจะเป็นตัวกำหนดความ เชื่อมั่นของผลการทดสอบ จำนวนมาตรฐานที่นำมาใช้ทดสอบมากจะทำให้ความ เชื่อมั่นในผลการทดสอบสูง แต่ต้อง ใช้ระยะเวลา และค่าใช้จ่าย ในการดำเนินการมาก

ในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาการวิจัย จึงทำการวิจัย โดยการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของมาตรฐานแต่ละชนิดเพื่อนำมาประกอบ ร่วมกับการวิเคราะห์หาความถูกต้องของมาตรฐานโดยตรง ผลสรุปของการวิจัยจะเป็นการ เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างมาตรฐานใบพัดและมาตรฐานลูกสูบ ด้วย เหตุผลดังกล่าวจึงได้กำหนดตัวอย่างมาตรฐานทดสอบให้เหมาะสมกับระยะเวลาการวิจัยและพิจารณาผลจากการวิเคราะห์การทดสอบ มาตรฐานว่ามีความสำคัญที่จะสรุปผลการวิจัยออกมาได้แน่ชัดหรือไม่ ซึ่งจำนวนตัวอย่างมาตรฐานทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

### 4.3 การดำเนินการทดสอบมาตรฐาน

การทดสอบมาตรฐานในห้องทดสอบ เพื่อหาความถูกต้องของมาตรวัดน้ำของ กปน. มีขั้นตอนของการวิจัยดังต่อไปนี้

#### 4.3.1 การพิจารณาและกำหนดตัวแปร

การหาความถูกต้องของมาตรวัดน้ำในห้องทดสอบจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดสอบ เพื่อกำหนดตัวแปรที่มีนัยสำคัญและตัดตัวแปรที่มีนัยสำคัญน้อยออก เพื่อให้การทดสอบมาตรฐานไม่ยุ่งยากและให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

##### 4.3.1.1 ตัวแปรที่มีนัยสำคัญ

ตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อการทดสอบมาตรฐานมีดังต่อไปนี้

#### 1. อัตราการไหลของน้ำ

อัตราการไหลของน้ำจะเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อความถูกต้องของมาตรวัดน้ำมาก ในการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความถูกต้องของมาตรวัดน้ำได้กำหนดอัตราการไหลทดสอบไว้ในตารางที่ 4.2 การกำหนดอัตราการไหลทดสอบตัวที่มีค่าน้อยที่สุดได้มาจากการพิจารณาสภาพการใช้น้ำของ กปน. (หัวข้อ 2.4) ที่อัตราการไหลเท่ากับ 3 ลิตร/นาที่ ซึ่งที่อัตราการไหล เท่ากับหรือมากกว่านี้มีจำนวนการใช้น้ำถึง 94 % ของอัตราการใช้น้ำทั้งหมด ดังนั้นในการกำหนดอัตราการไหลทดสอบ เริ่มต้นสำหรับมาตรขนาด  $\phi$  3/4" และ  $\phi$  1" จึงกำหนดเท่ากับ 3 ลิตร/นาที่ ส่วนมาตรขนาด  $\phi$  1/2" อัตราการใช้น้ำอาจน้อยลงเล็กน้อย จึงกำหนดอัตราการไหลทดสอบไว้เท่ากับ 2.5 ลิตร/นาที่

ส่วนอัตราการไหลทดสอบสูงสุดได้กำหนดตามขีดความสามารถของ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

#### 2. อายุการใช้งาน

อายุการใช้งานของมาตรจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะบอกได้ว่ามาตรแต่ละชนิดเมื่อนำไปใช้งานต่อเนื่องในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ความถูกต้องของมาตร

ตารางที่ 4.1 จำนวนมาตรฐานทดสอบแยกตามชนิด ขนาดและอายุการใช้งาน

ขนาด (นิ้ว)	อายุ (ปี)	มาตรใบพัด จำนวนหน่วย	มาตรลูกสูบ จำนวนหน่วย
$\frac{1}{2}$	0	48	48
$\frac{1}{2}$	1	48	48
$\frac{1}{2}$	3	48	48
$\frac{1}{2}$	5	12	12
$\frac{1}{2}$	6	12	12
3/4	0	48	48
3/4	1	48	48
3/4	3	48	48
1	0	18	18
1	1	18	18
1	3	18	18

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลทดสอบตามที่กำหนดไว้ซึ่งแยกตามขนาดมาตร

ขนาด (นิ้ว)	อัตราการไหลทดสอบ (ลิตร/นาที)						
$\frac{1}{2}$	2.5	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	
3/4	3.0	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	30.0
1	3.0	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	30.0

จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เนื่องจากในการเก็บตัวอย่างมาตรฐานให้มีอายุการใช้งานตามที่ได้กำหนดไว้พอดี เป็นไปได้ยาก จึงกำหนดความคลาดเคลื่อนของอายุการใช้งานของมาตรฐานเท่ากับ  $\pm 3$  เดือน สำหรับมาตรฐานอายุ 1 ปี และเท่ากับ  $\pm 6$  เดือนสำหรับมาตรฐานที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไป

### 3. ปริมาณน้ำใช้งาน

ปริมาณน้ำที่ผ่านมาตรฐานมากจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในมาตรฐานทำงาน ปริมาณน้ำที่ผ่านมาตรฐานมาก การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของมาตรฐานก็จะทำงานมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ เกิดการสึกหรอหรืออาจช่วยขจัดตะกอนที่ติดอยู่ภายในมาตรฐาน (ถ้าอัตราการไหลของน้ำมีค่าสูง) ซึ่งจะทำให้ความถูกต้องของมาตรฐานดีขึ้น ปริมาณน้ำใช้งานนี้จะแปรผันโดยตรงกับอายุการใช้งานของมาตรฐาน

### 4. คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสภาพการทำงานของมาตรฐาน ในการวิจัยนี้ได้กำหนดคุณภาพน้ำที่ผ่านมาตรฐานในระหว่างการใช้งาน เป็น "คุณภาพน้ำของ กปน." การศึกษาจึงเป็นการศึกษาถึงคุณภาพน้ำของ กปน. ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถูกต้องของมาตรฐานอย่างไร

#### 4.3.1.2 ตัวแปรที่มีนัยสำคัญน้อย

ตัวแปรที่มีนัยสำคัญน้อยที่จะกล่าวในหัวข้อนี้จะไม่นำมาพิจารณาต่อผลความถูกต้องของมาตรฐานวัดน้ำที่ได้จากการทดสอบ เนื่องจากมีนัยสำคัญน้อย ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

#### 1. มาตรฐานที่ กปน. จัดซื้อมาจากแหล่งผลิตคนละแหล่ง

มาตรฐานขนาดเล็กที่ใช้ในงานของ กปน. ถึงแม้จะมีอยู่ 2 ชนิด คือมาตรฐานใบพัดและมาตรฐานลูกสูบ แต่มาตรฐานแต่ละชนิดก็มาจากบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ กัน แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานแล้วพบว่า มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน นอกจากนี้มาตรฐานทุกชนิดที่ใช้ในงานของ กปน. จะต้องมีคุณสมบัติ เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในรายการข้อกำหนด (specification) ของ กปน. (ภาคผนวก-ค) ซึ่งในการศึกษานี้การแบ่งชนิดของมาตรฐานเพื่อทำการศึกษาจะเน้นในเรื่องของลักษณะการทำงานของมาตรฐาน

## 2. รุ่นของมาตร

การซื้อมาตรของ กปน. แม้จะมาจากแหล่งผลิตเดียวกัน แต่ก็ได้รับการผลิตมาต่างรุ่นกัน ซึ่ง เมื่อพิจารณาลักษณะของการทำงานพบว่า จะคล้ายกัน และมีคุณสมบัติ เป็นไปตามข้อกำหนดของ กปน. เหมือนกัน

## 3. คุณภาพน้ำทดสอบ

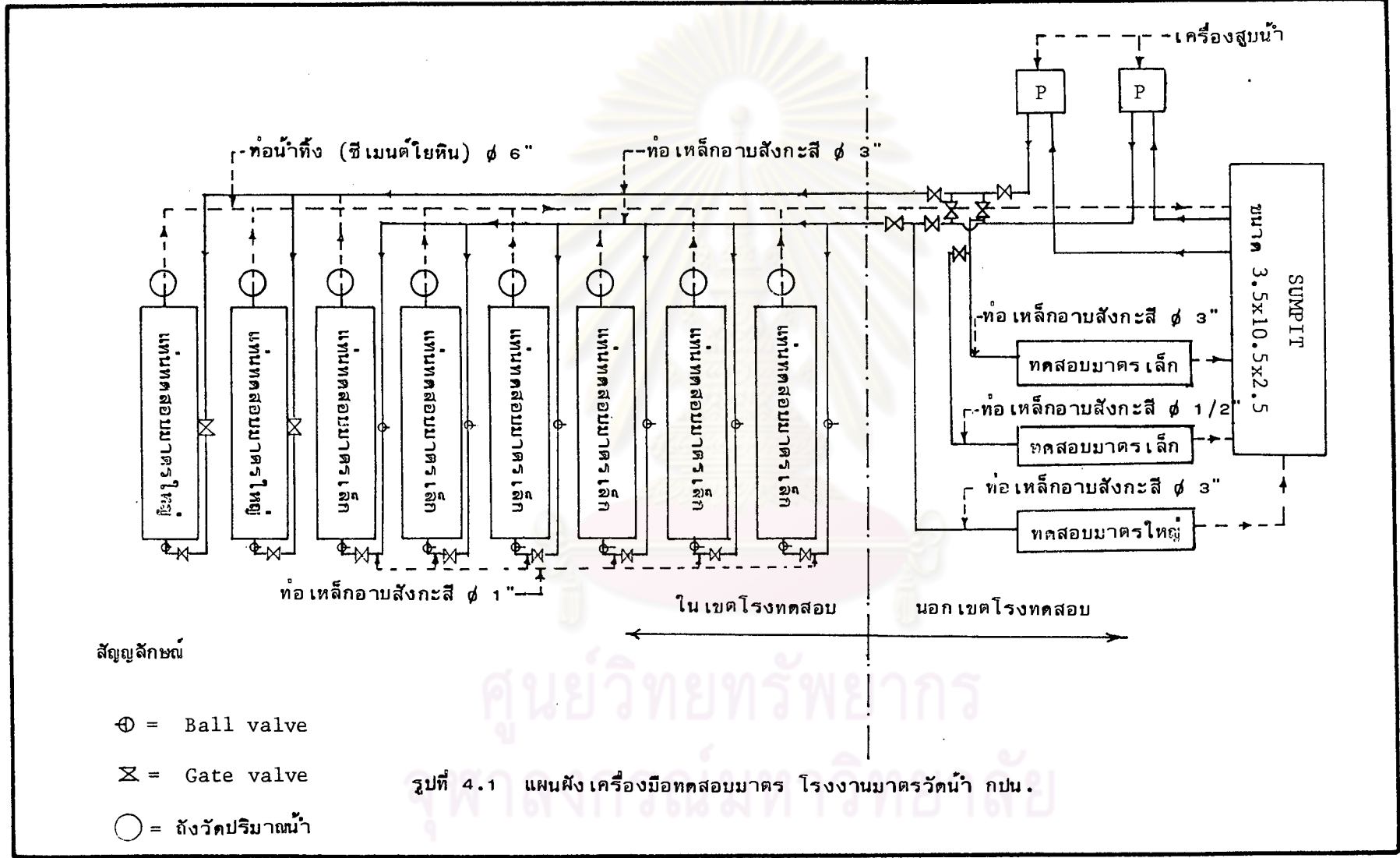
น้ำที่ใช้ในการทดสอบมาตร เป็นน้ำประปาของ กปน. แต่ คุณภาพน้ำทดสอบจะแตกต่างกับ "คุณภาพน้ำของ กปน." บ้าง เล็กน้อย เนื่องจากน้ำที่ใช้ในระบบ ส่งจ่ายน้ำอาจมีสนิม ตะกอน ฯลฯ เนื่องจากการกัดกร่อนท่อและการซ่อมแซมท่อป่นอยู่ แต่ผล ความแตกต่างจะมีผลต่อการทดสอบน้อย (ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.1.1 "คุณภาพน้ำของ กปน." เป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อสภาพการทำงานของมาตร แต่ผลที่เกิดขึ้นจะมีตัวแปรที่สำคัญคือระยะเวลาซึ่งจะทำให้สนิมหรือตะกอนที่ผ่าน เข้ามาในมาตรก่อตัวขึ้นในมาตร ทำให้สภาพการทำงานของมาตร เปลี่ยนแปลง แต่คุณภาพน้ำทดสอบที่กล่าวในข้อนี้ เป็นการ เปรียบเทียบกับ "คุณภาพน้ำของ กปน." ซึ่งการทดสอบจะใช้เวลานาน ดังนั้นคุณภาพน้ำทดสอบจึงจัด เป็นตัวแปรที่ไม่สำคัญ)

### 4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

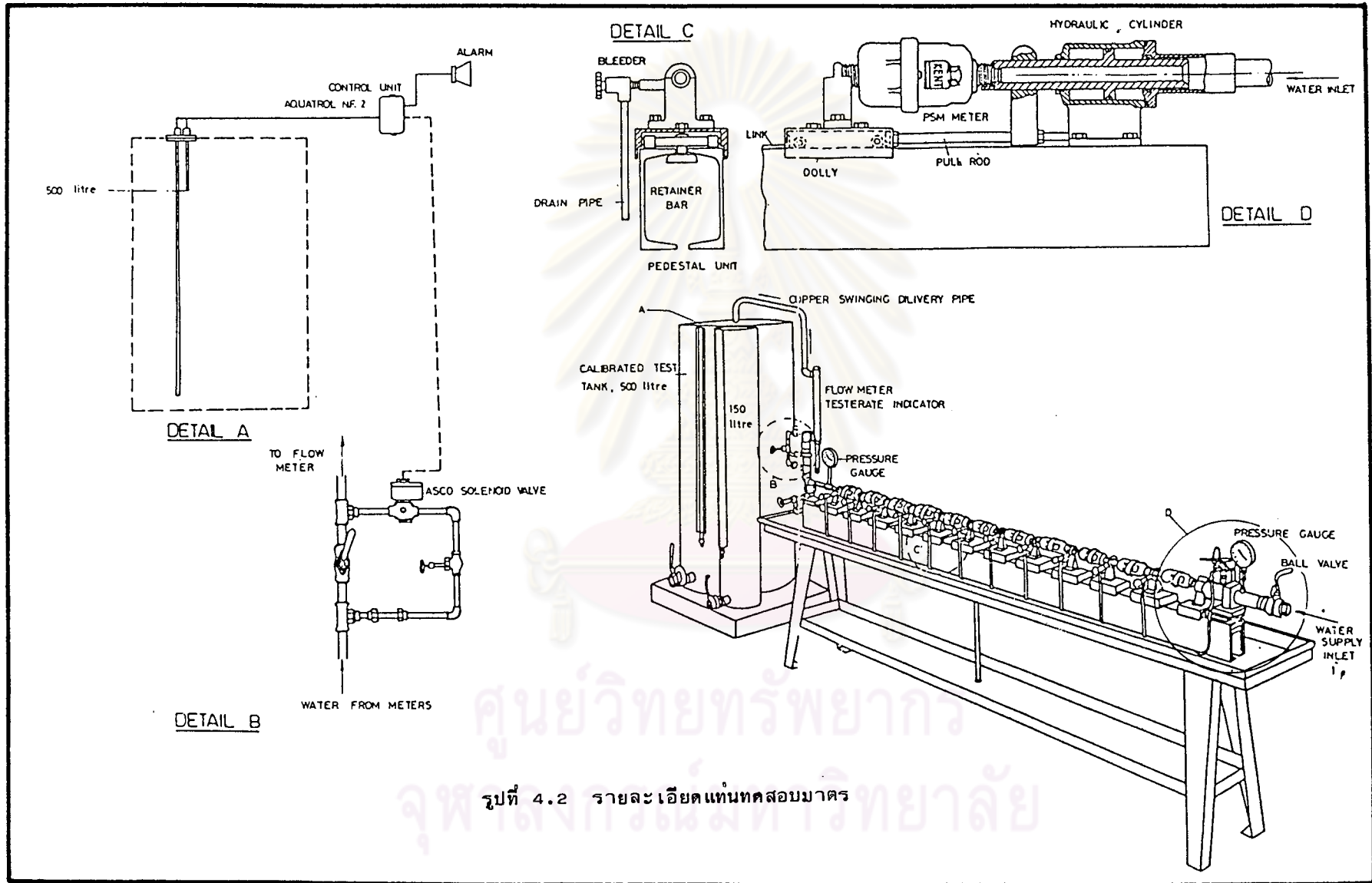
เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมาตร เกือบทั้งหมด (นอกจากนาฬิกาจับเวลา) เป็น เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมาตรวัดน้ำของ โรงงานมาตรวัดน้ำ กปน. ซึ่ง เครื่องมือส่วนใหญ่ เป็น เครื่องมือที่ได้มาตรฐานสำหรับการทดสอบมาตรวัดน้ำผลิตโดย บริษัท Ford Meter Box Co.

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมีดังต่อไปนี้ (รูป 4.1 ถึง รูป 4.3)

1. เครื่องสูบน้ำ เป็น เครื่องสูบน้ำแบบ centrifugal
2. ถังวัดปริมาณน้ำ (calibration tank) ขนาด 150 ลิตร  
( $\phi$  0.40x1.50 ม.)
3. แท่นทดสอบมาตร แสดงรายละเอียดในรูป 4.2 ซึ่งประกอบด้วย



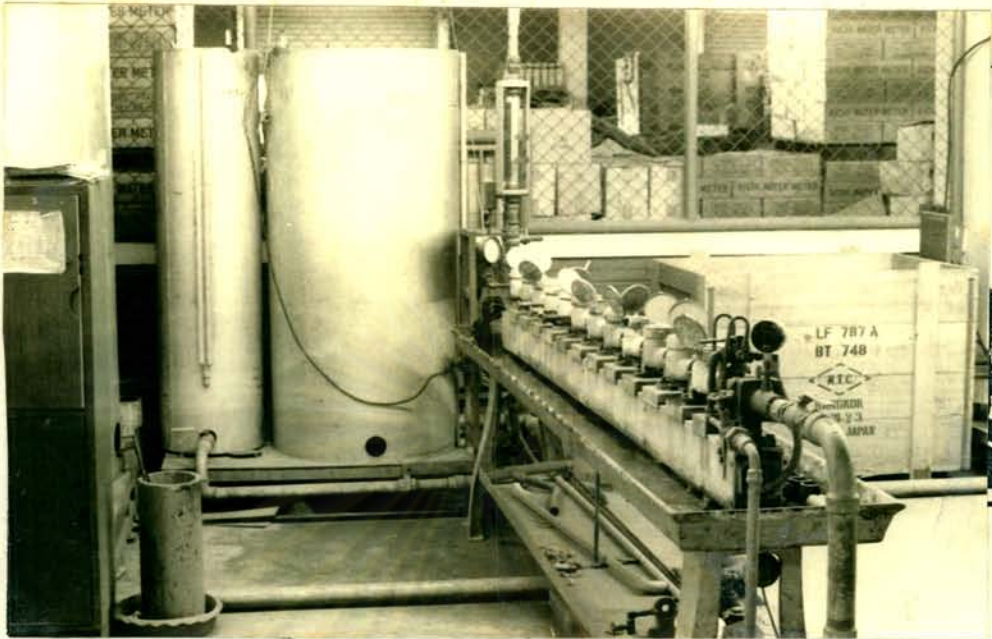
รูปที่ 4.1 แผนผังเครื่องมือทดสอบมาตรฐาน โรงงานมาตรวัดน้ำ กปน.



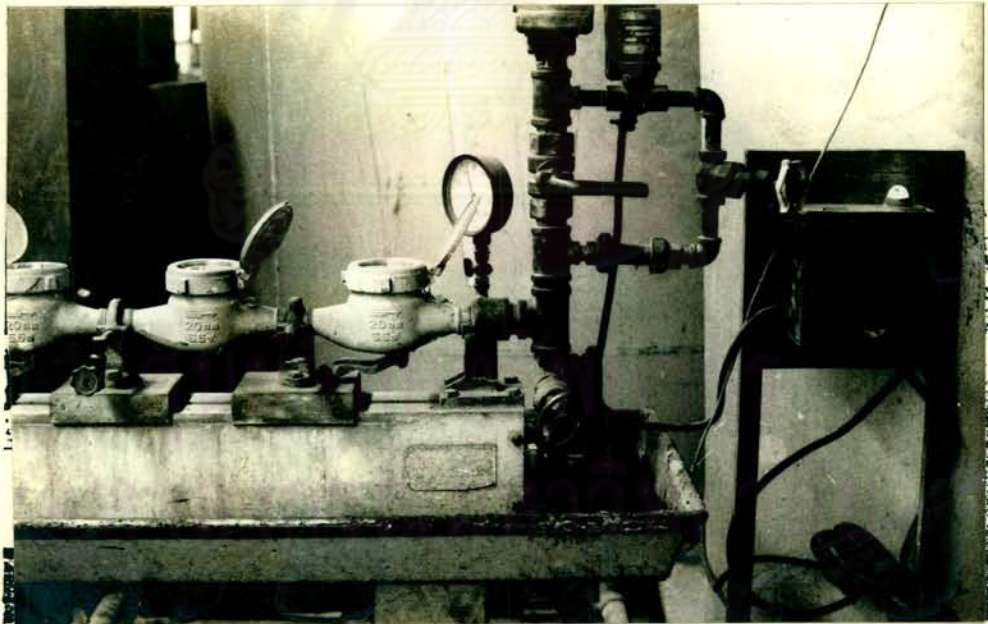
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 รายละเอียดแทนทดสอบมาตรฐาน





แท่นทดสอบมาตรฐาน



รูปขยาย เครื่องควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ

รูป 4.3 ชุดเครื่องมือทดสอบมาตรฐาน

- ก. ท่อน้ำ เข้าขนาด  $\phi$  1"
- ข. Ball Valve
- ค. เครื่องวัดความดัน (pressure gage)
- ง. ตัวควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ (Automatic Level Control)  
ทำหน้าที่เป็น Valve อัตโนมัติโดยจะปิดน้ำทันทีที่น้ำขึ้นถึงระดับที่ตั้งไว้
- จ. Testerate Indicator ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำโดยประมาณ
- ฉ. นาฬิกาจับเวลา

#### 4.3.3 ข้อกำหนดในการทดสอบ

ข้อกำหนดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำทดสอบ เท่ากับ 150 ลิตร

การกำหนดปริมาณน้ำทดสอบมาตรฐาน เป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการทดสอบมาตรฐาน ปริมาณน้ำทดสอบยิ่งมากจะทำให้ลดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการอ่านมาตรฐานและความคลาดเคลื่อนเนื่องจากถังทดสอบ การพิจารณาปริมาณน้ำทดสอบจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของตัวเลขบนหน้าปัดมาตรฐาน ความถูกต้องในการวัดปริมาณน้ำของมาตรฐานและถังทดสอบ

2. ความดันน้ำทดสอบอยู่ในช่วง 42-44 เมตร

ความดันน้ำทดสอบนี้เป็นไปตามสภาพของห้องทดสอบมาตรฐานของโรงงานมาตรฐานวัดน้ำของ กปน. การกำหนดความดันน้ำทดสอบสูงจะทำให้สามารถทดสอบมาตรฐานที่อัตราการไหลสูงได้

3. อุณหภูมิน้ำทดสอบอยู่ในช่วง 28-29 °C

4. อัตราการไหลทดสอบ

อัตราการไหลทดสอบของน้ำผ่านมาตรฐานได้กำหนดตามสภาพการใช้งานน้ำของ กปน. และขีดความสามารถของ เครื่องมือทดสอบ (ตามที่กล่าวในข้อ 1 หัวข้อ 4.3.1.1)

#### 4.3.4 วิธีการทดสอบมาตรฐาน

การทดสอบมาตรฐานแต่ละครั้งจะทำการทดสอบเป็นชุด (group test) โดยแต่ละชุดจะมีจำนวนมาตรฐานทดสอบเท่ากับ 12 ตัวอย่างสำหรับมาตรฐานขนาด  $\phi$  1/2" และ  $\phi$  3/4" ส่วนมาตรฐานขนาด  $\phi$  1" ทำการทดสอบได้ชุดละ 9 ตัวอย่าง ซึ่งจำนวนมาตรฐานแต่ละชุดขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวมาตรฐาน

การทดสอบมาตรฐานได้กระทำโดยการติดตั้งมาตรฐานบนแท่นทดสอบมาตรฐาน จากนั้นทำการจดบันทึกตัวเลขบนหน้าปัดมาตรฐาน แล้วจึงปล่อยน้ำให้ไหลผ่านมาตรฐานตามอัตราการไหลที่กำหนด เมื่อน้ำไหลจนถึงระดับที่ตั้งไว้ในถังทดสอบแล้ว (150 ลิตร) จึงจดบันทึกตัวเลขบนหน้าปัดมาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง การทดสอบมาตรฐานแต่ละอัตราการไหลจะทำการทดสอบ 2 ครั้ง

การทดสอบมาตรฐานใช้งานจะแตกต่างไปจากมาตรฐานใหม่ คือมาตรฐานที่ใช้งานแล้วจะต้องพยายามทดสอบมาตรฐานทันทีที่เก็บมาจากในสนามหรือถ้าต้องทิ้งไว้ก็ควร เป็นในระยะเวลาอันสั้น เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนที่ติดภายในชิ้นส่วนมาตรฐาน เกิดการแข็งตัวและก่อนการทดสอบควรจะแช่มาตรฐานในน้ำประมาณ 1-2 ชั่วโมง (ในการศึกษานี้ได้ติดตั้งมาตรฐาน เก็บที่ถอดมาจากสนามในแท่นทดสอบและเปิดน้ำให้ขังในตัวมาตรฐานไว้เป็นเวลา 1 คืน) การทดสอบมาตรฐานได้เริ่มทดสอบจากอัตราการไหลทดสอบน้อยไปหาอัตราการไหลทดสอบมาก ทั้งนี้เพราะที่อัตราการไหลทดสอบมาก ระบบการทำงานของมาตรฐานจะทำงานเร็วขึ้นทำให้สนิมหรือตะกอนที่ติดอยู่กับตัวมาตรฐานหลุดออก ซึ่ง เมื่อกลับมาทดสอบที่อัตราการไหลน้อยจะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพความเป็นจริง

#### 4.3.5 วิธีการคำนวณหาความถูกต้องของมาตรฐาน

วิธีการคำนวณหาความถูกต้องของมาตรฐานจะแสดงผลการคำนวณในรูปแบบของความคลาดเคลื่อนดังนี้

$$\text{ความคลาดเคลื่อน ( \% )} = \frac{(I_2 - I_1) - (Q_2 - Q_1)}{Q_2 - Q_1} \times 100$$

เมื่อ

$I_1$  = ปริมาณน้ำที่แสดงบนหน้าปัดของมาตรก่อนการทดสอบ (ลบ.ม.)

$I_2$  = ปริมาณน้ำที่แสดงบนหน้าปัดของมาตรหลังการทดสอบ (ลบ.ม.)

$Q_1$  = ระดับน้ำในถังทดสอบก่อนการทดสอบ (ลบ.ม.)

$Q_2$  = ระดับน้ำในถังทดสอบหลังการทดสอบ (ลบ.ม.)



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย