บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 วิธีวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในการทดสอบมาตรวัดน้ำตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3.4 ซึ่งได้ทำการทดสอบมาตรแบบเป็นชุด (group test) การวิเคราะห์ผลการทดสอบจึงได้ทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนของมาตรและอัตราการไหลเป็นชุดเช่นกัน ดังแสดงในตารางภาคผนวก-ก1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและอัตราการไหลที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรแต่ละชุดจะนำไปเขียนเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของมาตรและอัตราการไหล ดังแสดงไว้ในภาคผนวก-ก2 จากเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรแต่ละชุด ผู้วิจัยได้สร้างเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมาตรตามชนิด ขนาดและอายุการใช้งาน ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูป 5.1-5.6

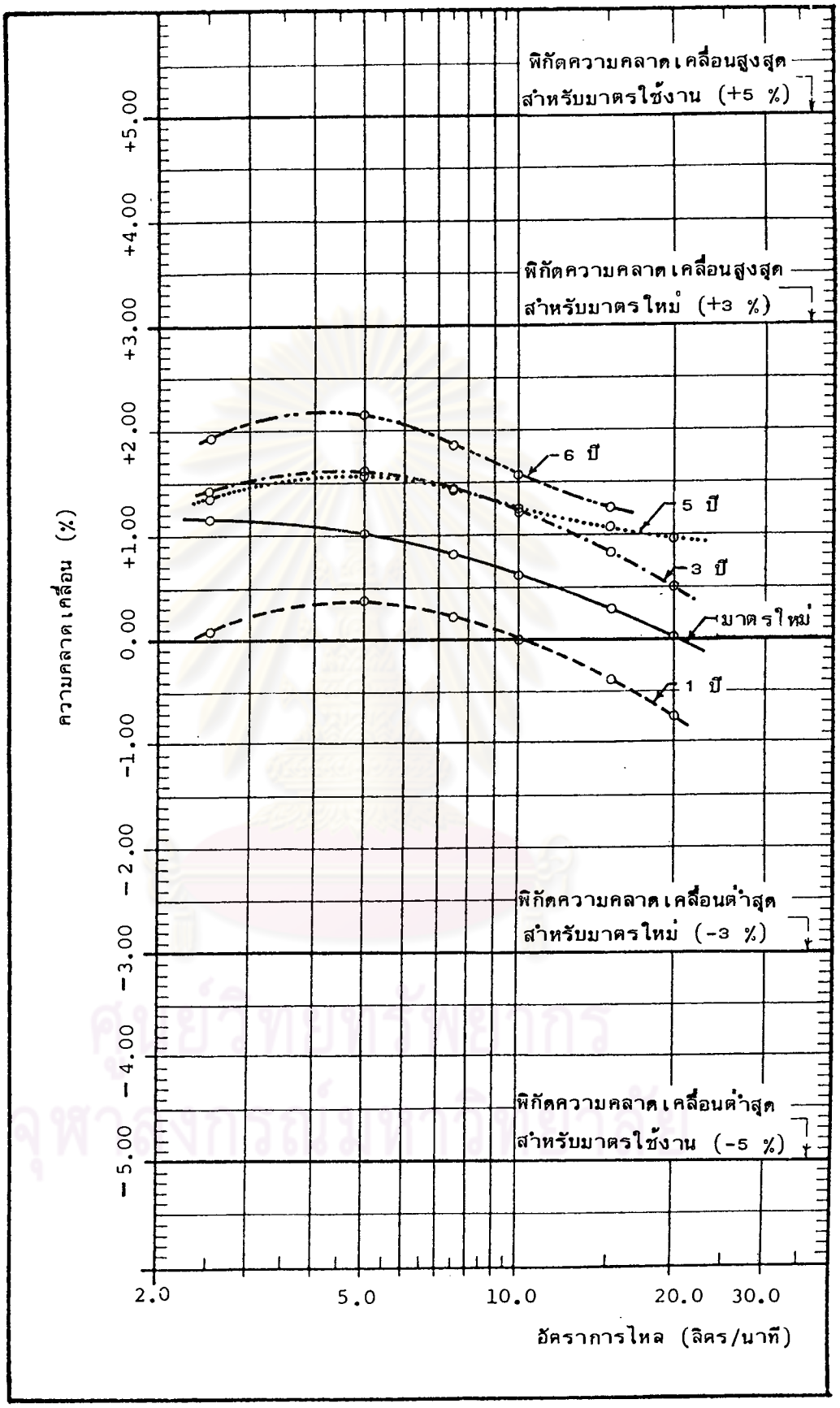
5.2 ผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน

ผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของมาตรลูกสูบและมาตรใบพัดได้แสดงไว้ในรูป 5.1-5.6 จากรูปดังกล่าวได้นำมาอธิบายในเชิงเปรียบเทียบความถูกต้องของมาตรระหว่างมาตรใบพัดและมาตรลูกสูบตามขนาดและอายุการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 5.1-5.3

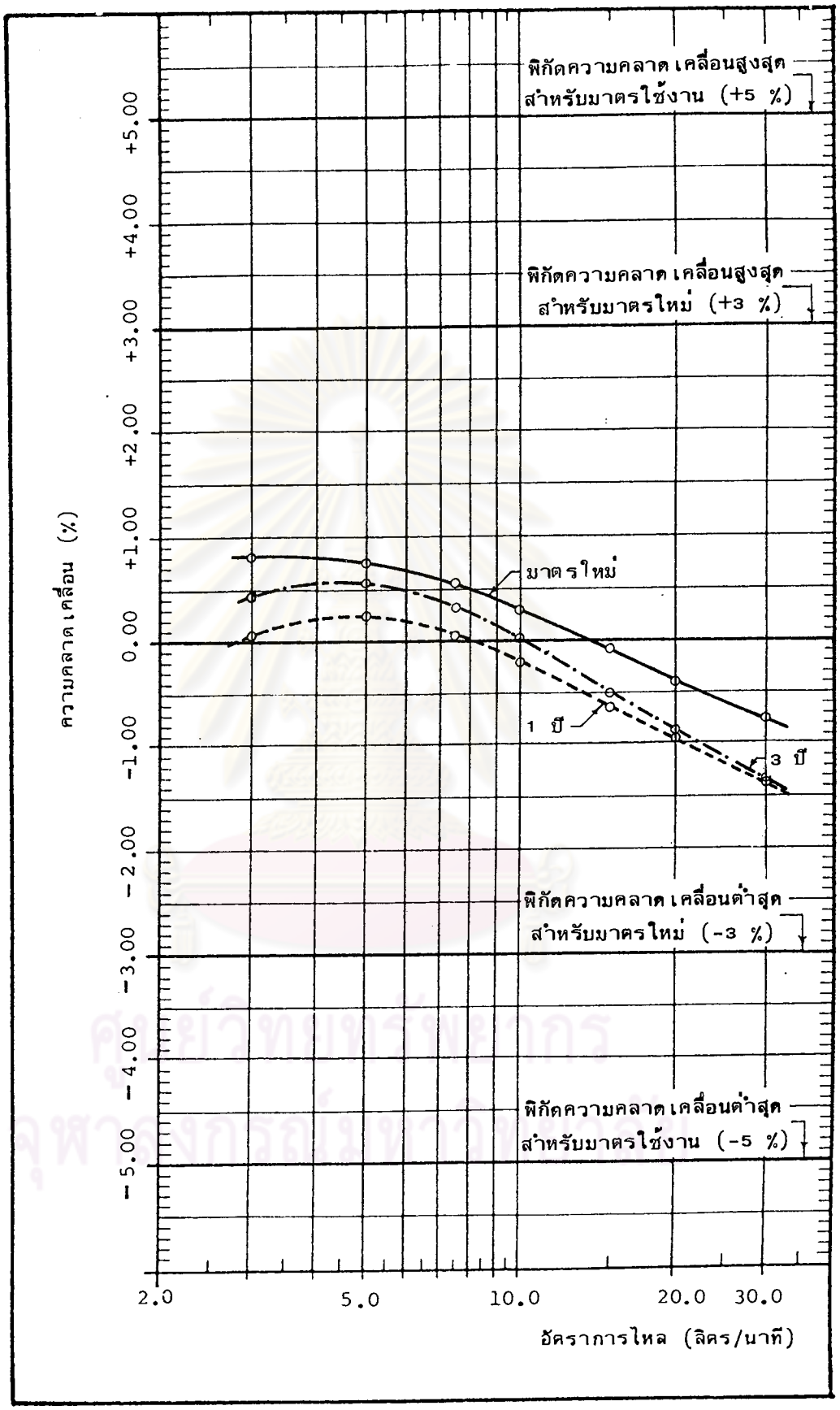
5.3 ผลการตรวจสอบระบบการทำงานภายในของมาตร

มาตรลูกสูบ

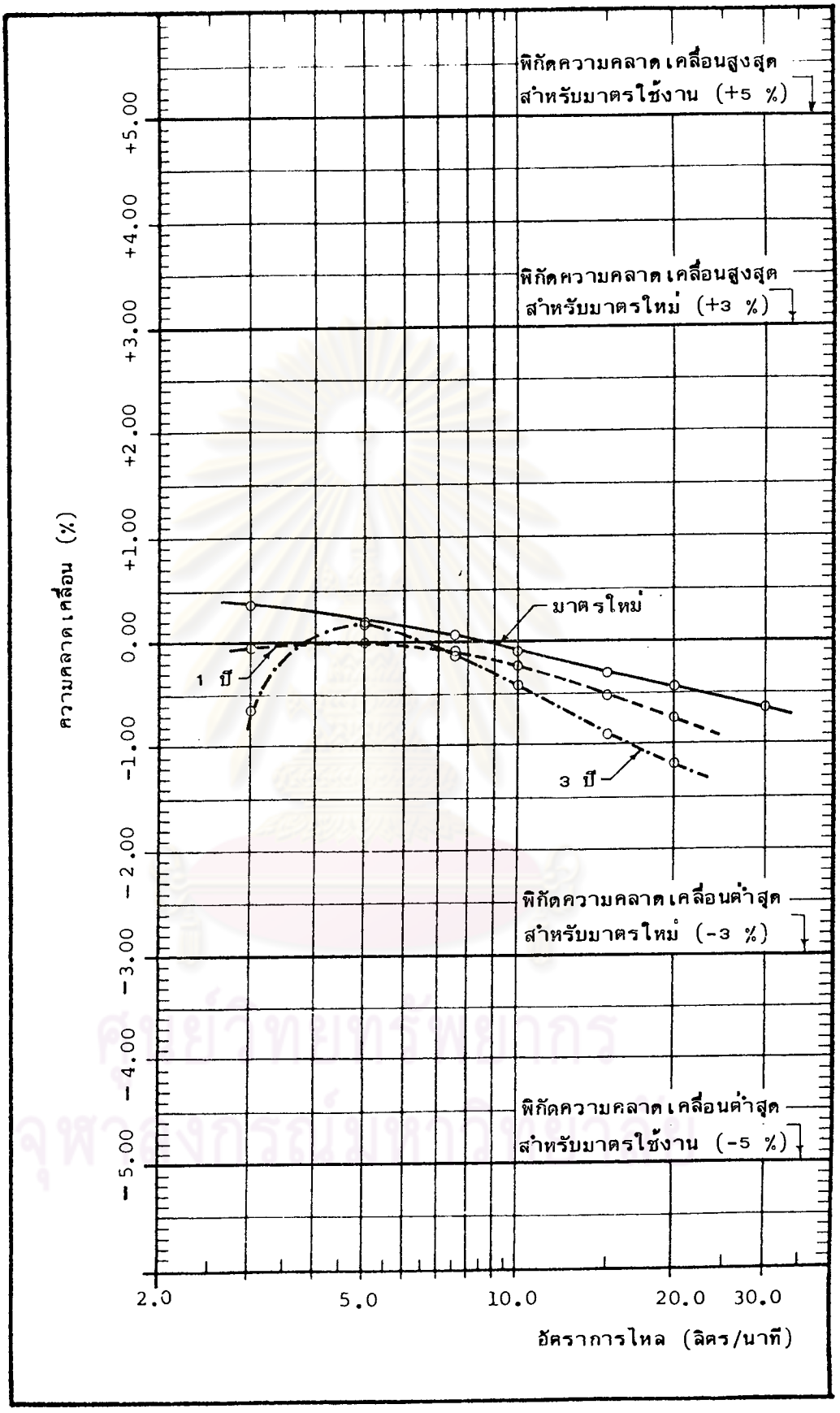
จากการศึกษาระบบการทำงานภายในมาตร โดยการถอดมาตรบางส่วน (ประมาณ 40 ตัวอย่าง) พบว่ามาตรลูกสูบที่ติดตั้งให้กับผู้ใช้น้ำของ กปน. จะมีตะกอนหรือสนิมที่ปนมากับน้ำ (ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2) เกาะอยู่ตามผิวผนังภายนอกภายในของลูกสูบและผิวภายในของกระบอกสูบ (ด้านสัมผัสกับลูกสูบ - ดังแสดงในรูป 5.7) ทำให้แรง



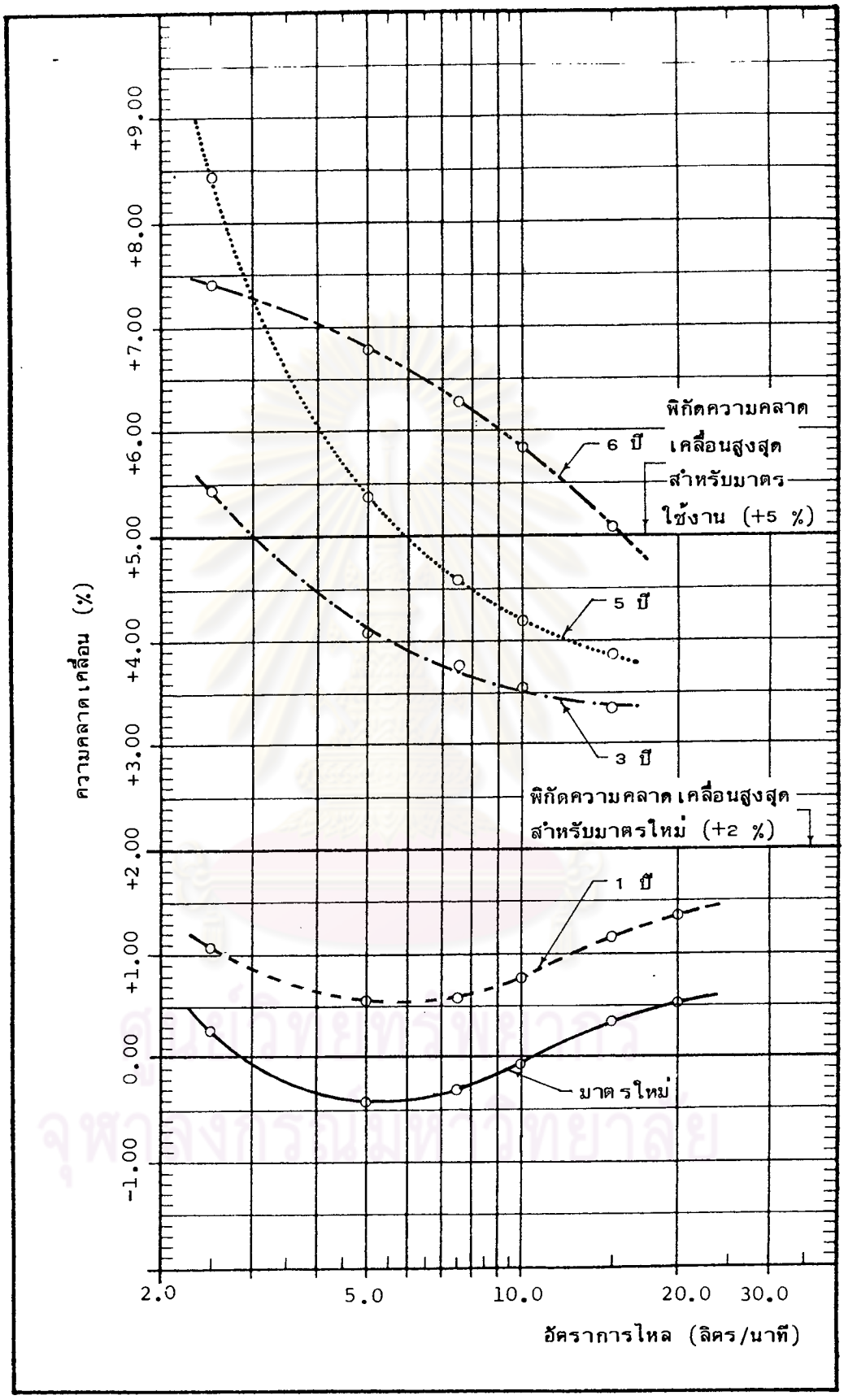
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรลูกสูบขนาด ϕ 1/2"



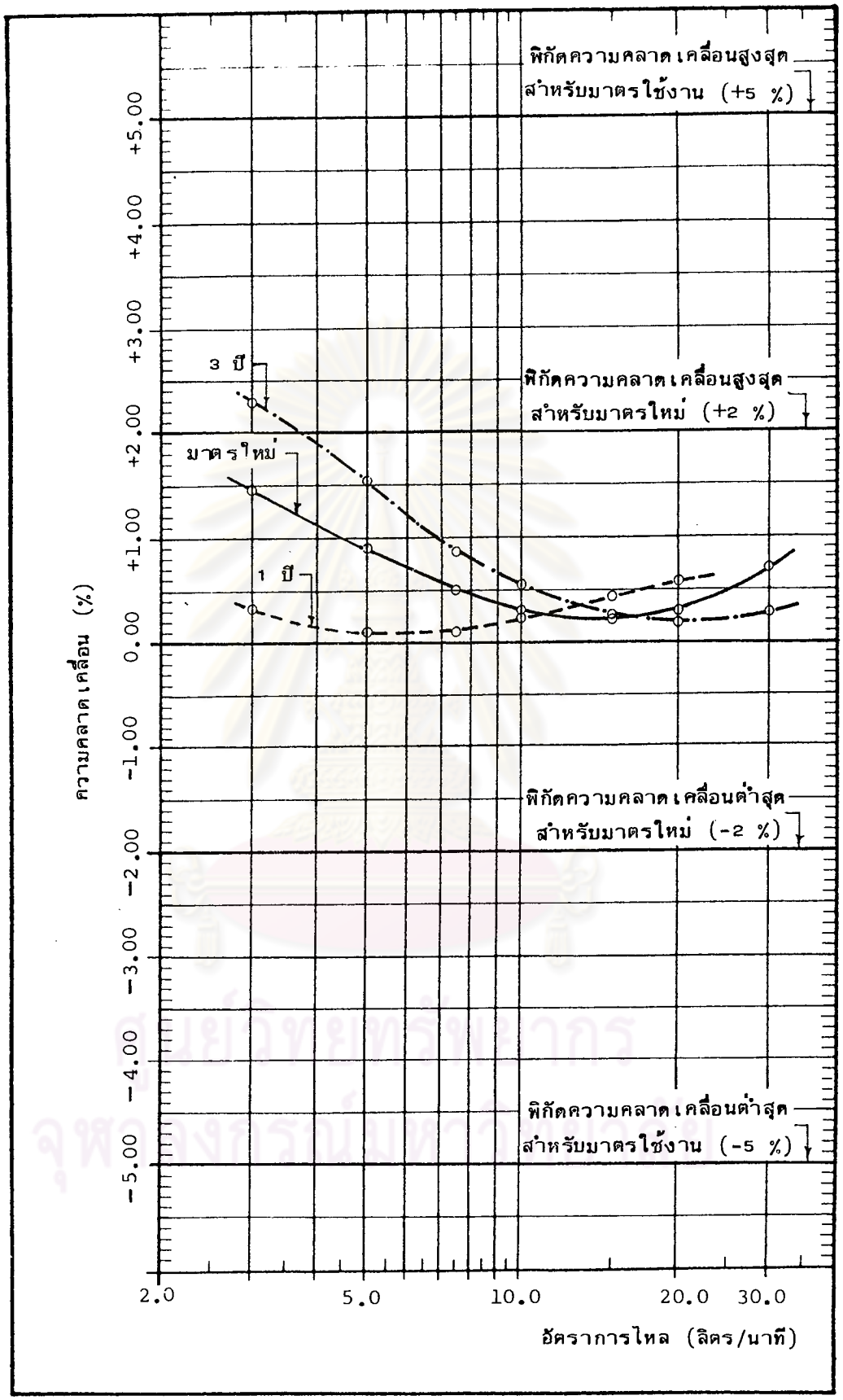
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรลูกสูบขนาด ϕ 3/4"



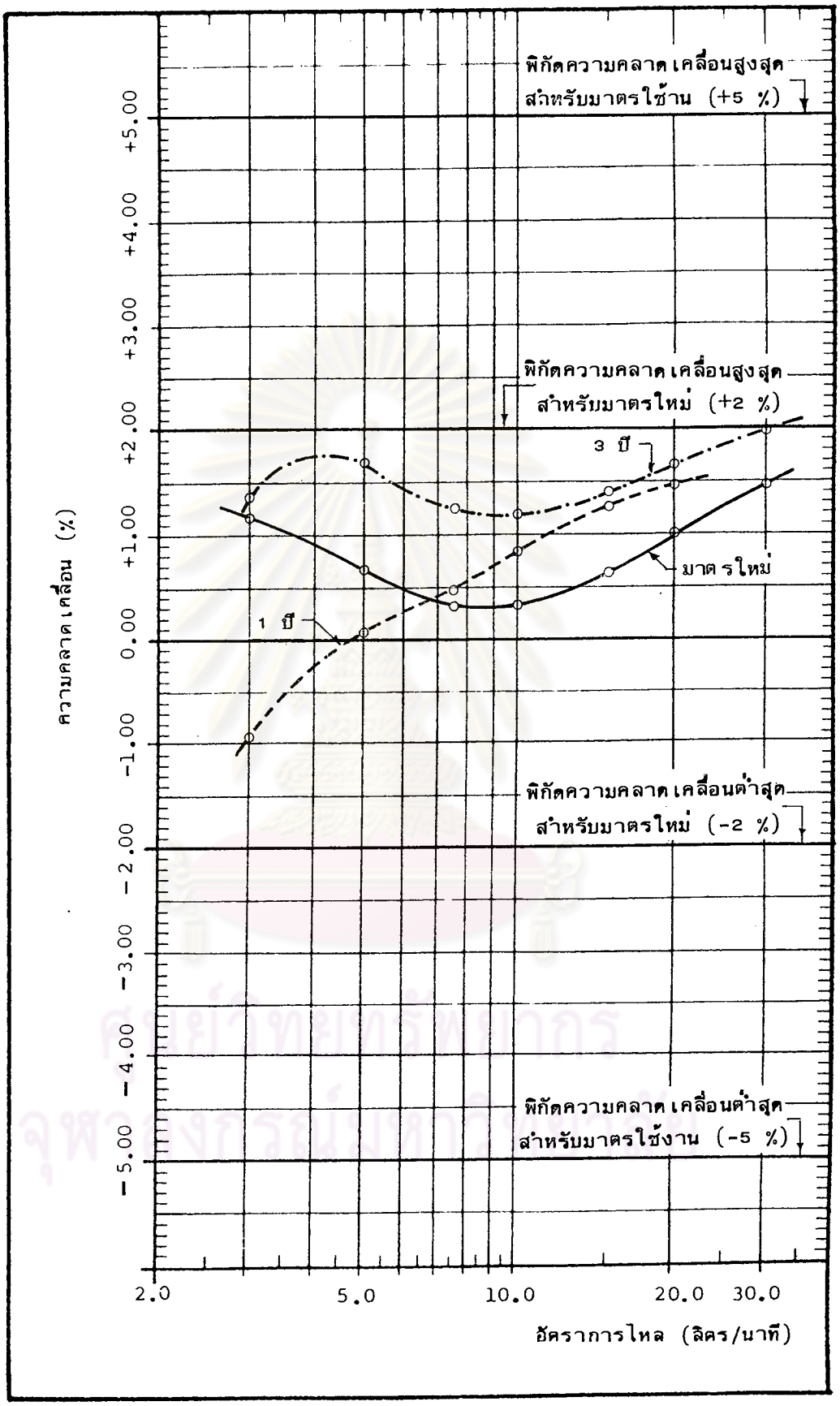
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรลูกสูบขนาด ϕ 1"



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรใบพัดขนาด ϕ 1/2"



รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรใบพัดขนาด ϕ 3/4"



รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนของมาตรใบพัดขนาด ϕ 1"

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของมาตรใบพัดและมาตรลูกสูบขนาด ϕ 1/2"

ขนาดมาตร (นิ้ว)	อายุ (ปี)	มาตรลูกสูบ	มาตรใบพัด
ϕ 1/2"	มาตรใหม่	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.0 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.2 % (ที่ 2.5 ลิตร/นาที) นั้นคือในช่วงอัตราการไหลทดสอบนี้มาตรจะวัดปริมาณน้ำได้มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบ้าง โดยมาตรจะเดินช้าลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น (รูป 5.1)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.4 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.6 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) นั้นคือในช่วงอัตราการไหลทดสอบนี้ มาตรจะอ่านปริมาณน้ำได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมาตร (รูป 5.4)
	1 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.8 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.8 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) และจะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ (รูป 5.1)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.5 % (ที่ 6.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.4 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) และจะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่ (รูป 5.4)
	3 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.5 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.7 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) และจะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่และมาตรอายุ 1 ปี (รูป 5.1)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +3.7 % (ที่ 15 ลิตร/นาที) ถึง +5.5 % (ที่ 2.5 ลิตร/นาที) และเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 1 ปี (รูป 5.4)
	5 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +1.0 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.6 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) และจะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 3 ปี ที่อัตราการไหล 7.5-20.0 ลิตร/นาที (รูป 5.1)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +3.8 % (ที่ 15.0 ลิตร/นาที) ถึง +8.4 % (ที่ 2.5 ลิตร/นาที) และมาตรจะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 3 ปี (รูป 5.4)
	6 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +1.3 % (ที่ 15.0 ลิตร/นาที) ถึง +2.2 % (ที่ 4.0 ลิตร/นาที)และจะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 5 ปี (รูป 5.1)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +5.0 % (ที่ 15.0 ลิตร/นาที) ถึง+7.4 % (ที่ 2.5 ลิตร/นาที) และมาตรจะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 5 ปี (รูป 5.4)

61

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของมาตรใบพัดและมาตรลูกสูบ ขนาด ϕ 3/4"

ขนาดมาตร (นิ้ว)	อายุ (ปี)	มาตรลูกสูบ	มาตรใบพัด
ϕ 3/4"	มาตรใหม่	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.8 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.8 % (ที่ 3.0 ลิตร/นาที) โดยมาตรจะเดินช้าลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น (รูป 5.2) และลักษณะของเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนจะคล้ายกับของขนาด ϕ 1/2"	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.2 % (ที่ 15 ลิตร/นาที) ถึง +1.5 % (ที่ 3.0 ลิตร/นาที) (รูป 5.5) และลักษณะของเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนจะคล้ายกับของขนาด ϕ 1/2"
	1 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -1.4 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.3 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) และจะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ (รูป 5.2)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.1 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.6 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) โดยที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 3.0 ถึง 12.0 ลิตร/นาที จะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ แต่ที่อัตราการไหลตั้งแต่ 12.0-20.0 ลิตร/นาที จะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่ (รูป 5.5)
	3 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -1.3 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.6 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) โดยจะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 1 ปี แต่เดินช้ากว่ามาตรใหม่ (รูป 5.2)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.2 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +2.3 % (ที่ 3.0 ลิตร/นาที) โดยที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 3.0-17.0 ลิตร/นาที มาตรจะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่ แต่ที่อัตราการไหล 17.0-30.0 ลิตร/นาที มาตรจะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ (รูป 5.5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของมาตรใบพัดและมาตรลูกสูบ ขนาด ϕ 1"

ขนาดมาตร (นิ้ว)	อายุ (ปี)	มาตรลูกสูบ	มาตรใบพัด
ϕ 1"	มาตรใหม่	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.7 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.4 % (ที่ 3.0 ลิตร/นาที) โดยมาตรจะเดินช้าลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น (รูป 5.3) และลักษณะของเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนจะคล้ายกับของขนาด ϕ 1/2" และ ϕ 3/4"	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.3 % (ที่ 7.5 และ 10.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.5 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที) (รูป 5.6) และลักษณะของเส้นกราฟความคลาดเคลื่อนจะคล้ายกับของขนาด ϕ 1/2" และ ϕ 3/4"
	1 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.8 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.0 % (ที่ 4.0 ลิตร/นาที) และมาตรจะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ (รูป 5.3)	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -1.0 % (ที่ 3.0 ลิตร/นาที) ถึง +1.5 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) (รูป 5.6) และที่อัตราการไหล 3.0-7.0 ลิตร/นาที จะเดินช้ากว่ามาตรใหม่ แต่ที่อัตราการไหล 7.0-30.0 ลิตร/นาที จะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่
	3 ปี	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -1.2 % (ที่ 20.0 ลิตร/นาที) ถึง +0.2 % (ที่ 5.0 ลิตร/นาที) และจะเดินช้ากว่ามาตรใหม่และมาตรอายุ 1 ปี นอกจากที่ช่วงอัตราการไหล 4.0-7.0 ลิตร/นาที จะเดินเร็วกว่ามาตรอายุ 1 ปี แต่ยังช้ากว่ามาตรใหม่	ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +1.2 % (ที่ 10.0 ลิตร/นาที) ถึง +2.0 % (ที่ 30.0 ลิตร/นาที)และจะเดินเร็วกว่ามาตรใหม่และมาตรอายุ 1 ปี

ตารางที่ 5.4 อัตราการใช้น้ำตามขนาดและอายุการใช้งานของมาตร

ขนาด	ชนิด	อายุการใช้งานประมาณ (ปี)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (ปี)	อัตราการใช้น้ำ ลบ.ม/เดือน
ϕ 1/2"	มาตรลูกสูบ	1	1.17	25.55
		3	2.93	36.24
		5	5.26	38.50
		6	6.11	32.76
		เฉลี่ย	-	31.84
	มาตรใบพัด	1	1.16	40.72
		3	3.00	38.53
		5	5.00	40.00
		6	5.86	47.69
		เฉลี่ย	-	40.47
	ทั้งสอง	เฉลี่ย	-	36.15(1.21)*
ϕ 3/4"	มาตรลูกสูบ	1	1.04	20.68
		3	3.05	29.47
		เฉลี่ย	-	25.08
	มาตรใบพัด	1	1.04	38.98
		3	3.00	27.55
		เฉลี่ย	-	33.27
	ทั้งสอง	เฉลี่ย	-	29.17 (0.97)*
ϕ 1"	มาตรลูกสูบ	1	1.07	108.45
		3	2.91	99.58
		เฉลี่ย	-	104.02
	มาตรใบพัด	1	1.20	45.10
		3	2.83	88.11
		เฉลี่ย	-	66.61
	ทั้งสอง	เฉลี่ย	-	85.31 (2.84)*

* ลบ.ม/วัน

สภาพระบบการทำงานภายในของมาตรลูกสูบใหม่

สภาพระบบการทำงานภายในของมาตรลูกสูบ อายุการใช้งาน 6 ปี

รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบระบบการทำงานของมาตรลูกสูบใหม่กับมาตรที่ใช้งานแล้ว

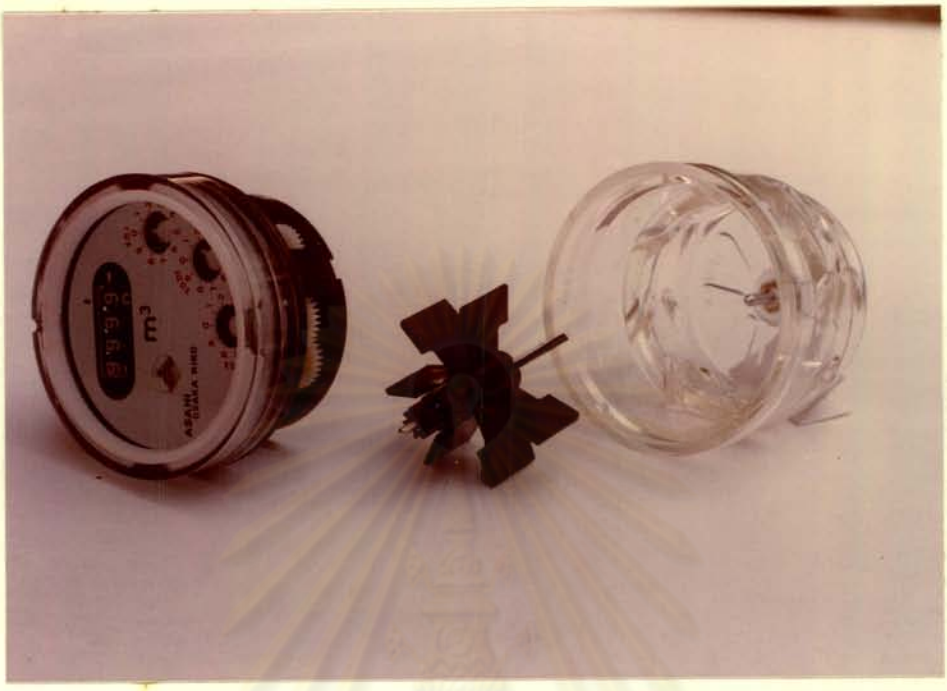
เสียดทานต้านทานการหมุนของลูกสูบเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้มาตรวัดปริมาณน้ำได้น้อยกว่าปริมาณน้ำที่ผ่านมาตรหรือเรียกว่ามาตรเดินช้า แต่ในขณะเดียวกันผลของการเกาะตัวของสนิมบริเวณผิวของกระบอกสูบและลูกสูบจะทำให้ปริมาตรของลูกสูบและกระบอกสูบที่ใช้วัดปริมาณน้ำในแต่ละรอบของการหมุนของลูกสูบมีค่าน้อยกว่าปริมาณเดิมที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะทำให้มาตรวัดปริมาณน้ำได้มากกว่าความเป็นจริง

จะเห็นว่าผลของตะกอนที่เกาะตัวตามผิวด้านในของลูกสูบและกระบอกสูบจะทำให้มาตรมีโอกาสทั้งเดินเร็วขึ้นหรือเดินช้าลง จากผลการวิเคราะห์เส้นกราฟความคลาดเคลื่อนประกอบกับอัตราการใช้น้ำ (แสดงในตารางที่ 5.4) พบว่ามาตรที่มีอัตราการใช้น้ำน้อยมาตรจะเดินช้าลง เนื่องจากอัตราการใช้น้ำน้อยจะทำให้การทำงานของมาตรคือการหมุนของลูกสูบภายในกระบอกสูบที่ทำให้เกิดการขัดสีกันระหว่างผิวสัมผัสของลูกสูบและกระบอกสูบเกิดขึ้นน้อย ทำให้อัตราการเกาะเพิ่มของตะกอนมีมากกว่าการหลุดออกเนื่องจากการขัดสีกันระหว่างผิวสัมผัสของลูกสูบและกระบอกสูบ จึงทำให้แรงเสียดทานต้านทานการหมุนของลูกสูบมีมากด้วย เหตุนี้จึงทำให้มาตรที่มีอายุการใช้งาน 1 ปี ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำน้อยกว่ามาตรอายุ 3 ปี (แสดงในตารางที่ 5.4) จึงเดินช้ากว่ามาตรใหม่และมาตรอายุ 3 ปีหรือมากกว่า

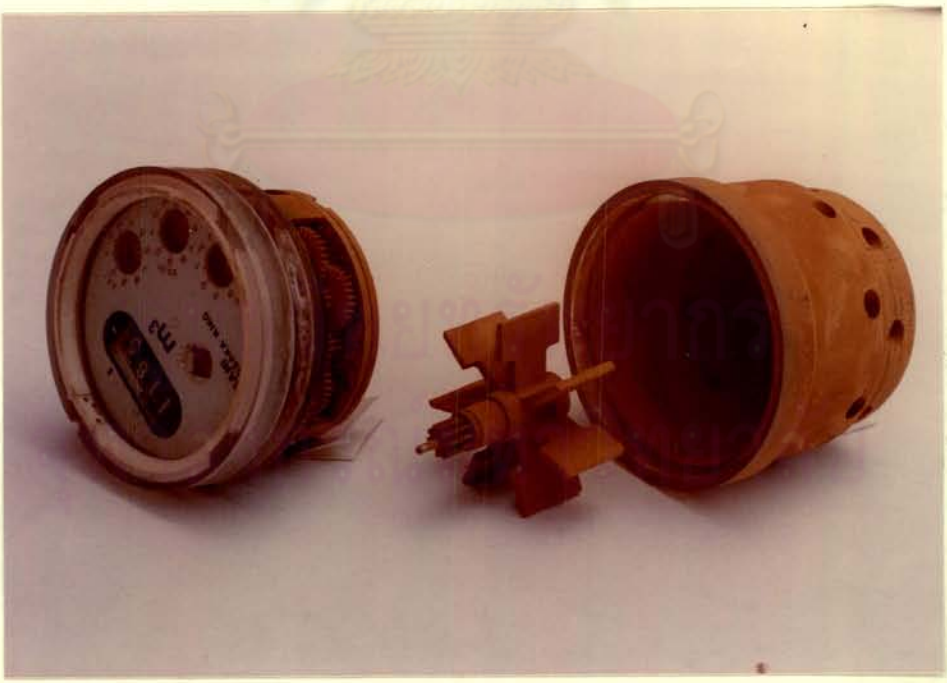
และเนื่องจากการเกาะตัวของตะกอนดังกล่าวทำให้มาตรมีโอกาสทั้งเดินเร็วขึ้นหรือเดินช้าลงพร้อมกัน จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงความคลาดเคลื่อนตามอายุการใช้งานของมาตรลูกสูบมีน้อย โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงในทางเร็วขึ้น เมื่อมาตรมีอายุการใช้งานมากขึ้นและอัตราการไหลของน้ำผ่านมาตรมีค่าสูง

<u>มาตรใบพัด</u>

จากการศึกษาสภาพการทำงานภายในของมาตรโดยการถอดมาตรบางส่วน (ประมาณ 40 ตัวอย่าง) พบว่ามาตรใบพัดที่ติดตั้งให้กับผู้ใช้น้ำของ กปน. จะมีตะกอนหรือสนิมที่ปนมากับน้ำเกาะอยู่ตามปากทางน้ำเข้ามาตร (รูป 5.8) ทำให้พื้นที่หน้าตัดของการไหลของน้ำลดลง ความเร็วของน้ำที่พุ่งเข้ากระทบใบพัดจะมากขึ้น (เมื่ออัตราการไหลคงที่) ทำให้แรงดันของน้ำที่กระทำต่อใบพัดเพิ่มมากขึ้น มาตรจึงเดินเร็วขึ้นและเนื่องจากทางน้ำ



สภาพระบบการทำงานภายในของมาตรใบพัดใหม่



สภาพระบบการทำงานภายในของมาตรใบพัด อายุการใช้งาน 3 ปี

รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบระบบการทำงานของมาตรใบพัดใหม่กับมาตรที่ใช้งานแล้ว

เข้าของมาตรขนาด ϕ 1/2" มีขนาดเล็กกว่ามาตรขนาด ϕ 3/4" และ ϕ 1" จึงทำให้เปอร์เซนต์การลดของพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำเข้ามาตรของมาตรขนาด ϕ 1/2" มีมากกว่ามาตรขนาด ϕ 3/4" และ ϕ 1" ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความคลาดเคลื่อนของมาตรขนาด ϕ 1/2" จึงมีมากกว่ามาตรขนาด ϕ 3/4" และ ϕ 1" นอกจากนี้ยังพบสนิมหรือตะกอนเกาะอยู่ระหว่างแกนใบพัดกับร่องแกนใบพัดที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานต้านทานการหมุนของใบพัด ซึ่งจำนวนตะกอนนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำและอัตราการใช้น้ำเป็นสำคัญ เนื่องจากถ้าอัตราการใช้น้ำมาก การหมุนของใบพัดที่ทำให้เกิดการขัดสีกันระหว่างแกนใบพัดกับร่องแกนใบพัดก็จะมีมากทำให้สนิมหรือตะกอนที่ติดอยู่หลุดออก แรงเสียดทานต้านทานการหมุนของใบพัดก็จะน้อยลง

อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ได้มาจากการสังเกต/ตรวจสอบระบบการทำงานของมาตรที่ใช้งานแล้วเปรียบเทียบกับมาตรใหม่เท่านั้น การหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ระบบการทำงานของมาตรเปลี่ยนแปลงจึงควรที่จะมีการทดสอบเพิ่มเติมดังจะได้กล่าวในหัวข้อ 6.2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย