



มอธ. 092 - 0002 - 0966  
การทดลองความเร็วเรือกับหลักไมล์มาตรฐาน

**มาตรฐานงานช่าง กรมอุทการเรือ**

มอร. 092 - 0002 - 0966

การทดลองความเร็วเรือกับหลักไมล์มาตรฐาน

แก้ไขครั้งที่ ..... ๑ ..... เมื่อ ..... ก.ย.๖๖ .....  
แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....  
แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....



ประกาศกรมอุตุนิยมวิทยา  
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่างกรมอุตุนิยมวิทยา  
พ.ศ. ๒๕๖๖

อาศัยอำนาจความในข้อ ๗.๓ และข้อ ๑๒ แห่งระเบียบกรมอุตุนิยมวิทยา ว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา จึงกำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา หมายเลข มอธ. ๐๙๒-๐๐๐๒-๐๙๖๖ การทดลองความเร็วเรือกับหลักไมล์มาตรฐาน ไว้ดังรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๑๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๖

พลเรือตรี

(กริช ชันธอุบล)

เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา

มอ. 092 – 0002 – 0966

## มาตรฐานงานช่างกรมอุทหาเรือ การทดลองความเร็วเรือกับหลักไมล์มาตรฐาน

### 1. เอกสารอ้างอิงและคำแนะนำทางช่างที่อ้างอิง

- 1.1 The British ship Research Association, B.S.R.A. REPORT NS.56, Procedure for Measured – Mile Trials, Prince Consort House, London, 1964
- 1.2 น.ท.วีรวัฒน์ กลัดอำ และ น.ต.พิสันต์ รัตนภูเพ็ชร, การปฏิบัติและการเตรียมการสำหรับการทดลองเรือในทะเล, กรมยุทธศึกษาทหารเรือ, 2530
- 1.3 International System Organization, ISO 3046/1, Reciprocation internal combustion engines – Performance – Part 1: Standard reference conditions and Declarations of power, fuel consumption and lubricating consumption, 1986
- 1.4 Sea Trial Analysis JIP, Recommended Practice for Speed Trials, 2006.
- 1.5 ITTC 7.5-04-01-01.1, Recommended Procedures and Guidelines: Preparation and Conduct of Speed/Power Trials, 2014.

### 2. การแจกจ่าย

ดูรายการ “การแจกจ่าย” ท้ายเล่ม

### 3. ความมุ่งหมาย

ปัจจุบันกรมอุทหาเรือได้ทำการต่อเรือใหม่เพื่อใช้ในราชการกองทัพเรือ และมีการดัดแปลงเรือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเรืออยู่เสมอ ซึ่งเมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ จะต้องทำการทดสอบทดลองเรือในทะเล ซึ่งรวมถึงการทดลองความเร็วเรือ ในการนี้ อร. จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานเพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เป็นเป้าหมายและหลักในการปฏิบัติ จึงได้กำหนดมาตรฐานฉบับนี้ขึ้นเพื่อให้การซ่อม สร้างและดัดแปลงเรือของ อร. มีความถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากล เหมาะสมกับการนำไปใช้ในกองทัพเรือต่อไป

### 4. ขอบเขต

มาตรฐานฉบับนี้ใช้ได้กับการทดลองความเร็วของเรือใน ทร. ทุกประเภทและทุกขนาด หัวข้อต่างๆ ในมาตรฐานฉบับนี้ประกอบด้วย

1. ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องจดบันทึกและเครื่องมือที่ใช้ในการวัด
2. ปัจจัยต่างๆ ที่ต้องควบคุมระหว่างทำการทดลอง
3. การกำหนดเส้นทางและโปรแกรมการทดลอง
4. ขั้นตอนการปฏิบัติในการทดลองความเร็วเรือ
5. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## 5. กล่าวโดยทั่วไป

การทดลองความเร็วเรือ คือ การทดสอบทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเรือที่ระวางขับน้ำหรือสภาวะเรือที่กำหนด ในด้านของความเร็ว กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และรอบเพลลาใบจักร โดยการแล่นเรือที่ความเร็วรอบเครื่องต่างๆ บนเส้นทางที่กำหนดไว้สำหรับการทดลองความเร็ว เส้นทางดังกล่าว มักจะมีระยะทางเท่ากับ 1 ไมล์ทะเล และอยู่ระหว่างแนวเล็งที่เรียกว่า หลักไมล์ทดลองความเร็วสองแนว ซึ่งในการแล่นเรือจะต้องรักษาให้เรือมีความเร็วคงที่ และแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์จะต้องทำการแล่นทดลองทั้งไปและกลับ โดยใช้มุมทางเสื่อให้น้อยที่สุด ทั้งนี้ จะต้องควบคุมปัจจัยและสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อความคาดเคลื่อนให้เกิดน้อยที่สุด

## 6. วัตถุประสงค์ของการทดลองความเร็วเรือ

6.1 เพื่อทราบประสิทธิภาพของเรือในด้านของความเร็วเรือ เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และความเร็วรอบเพลลาใบจักร ภายใต้สภาวะเรือ (เช่น ระวางขับน้ำ ค่าทริมเรือ) ที่ได้รับการออกแบบไว้หรือกำหนดไว้ในสัญญา

6.2 เพื่อจัดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างการทดลองอันจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการลากเรือจำลองใน Tank test

6.3 เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญบางประการ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานเรือในอนาคต

## 7. ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องจัดบันทึกและเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

7.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสภาพตัวเรือ ที่จะต้องจัดบันทึกก่อนออกจากท่า

ค่าพารามิเตอร์	เครื่องมือวัด	หน่วยวัด
ค่ากินน้ำลึก (หัว-กลาง-ท้าย)	Draft mark	เมตร (m)
ระวางขับน้ำ (Displacement)	อ่านค่าจาก Hydrostatic curve	ตัน (Ton)
เส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาใบจักร	ข้อมูลจากผู้ผลิต	มิลลิเมตร (mm)
วัสดุที่ใช้ทำเพลลาใบจักร	ข้อมูลจากผู้ผลิต	
ปริมาณของเหลวในถังต่างๆ	เซนเซอร์วัดระดับของเหลว / Sounding tape	ลิตร (Litre) / ตัน (Ton)

7.2 ค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องจัดบันทึกก่อนเริ่มการทดลอง ณ พื้นที่ทดลอง ด้วยเครื่องมือที่ได้รับการปรับเทียบแล้ว

ค่าพารามิเตอร์	เครื่องมือวัด	หน่วยวัด
พิกัดพื้นที่ทดลอง	DGPS (Differential Global Positioning System)	องศา (Deg)
อุณหภูมิอากาศ	เทอร์โมมิเตอร์	องศาเซลเซียส (°C)
ความกดอากาศ	บารอมิเตอร์	mm/Hg
ระดับความลึกน้ำ	เครื่องหยั่งน้ำ (Echo sounder) / แผนที่เดินเรือ	เมตร (m)
อุณหภูมิน้ำ	เทอร์โมมิเตอร์ / CDT Sensor (Conductivity Density Temperature Sensor)	องศาเซลเซียส (°C)
ความถ่วงจำเพาะน้ำ	เครื่องวัดความเค็ม / CDT Sensor	Kg/m <sup>3</sup>
ทิศทางการลม	เครื่องวัดทิศทางลม	องศา (Deg)
ความเร็วลม	เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)	น็อต (Knot)

สภาวะทะเล (Sea state)	เครื่องวัดความเร็วลม และ Wave buoy / Radar / Lidar	
ปริมาณของเหลวในถังต่างๆ	เซนเซอร์วัดระดับของเหลว, Sounding tape	ลิตร (Litre) / ตัน (Ton)

7.3 ค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องจดบันทึกขณะทำการทดลอง ในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์หรือ Propulsion Control Lever (PCL) ที่ทำการทดสอบ ด้วยเครื่องมือที่ได้รับการปรับเทียบแล้ว ทั้งขาไปและกลับ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์หรือ PCL

ค่าพารามิเตอร์	เครื่องมือวัด	หน่วยวัด
ระยะทาง	DGPS (Differential Global Positioning System)	ไมล์ทะเล (Nm)
ความเร็วเรือ (SOG)	DGPS	น็อต (Knot)
แรงบิดของเพลลาไบจกร	เครื่องวัดแรงบิดเพลลา (Shaft torque meter)	กิโลนิวตัน-เมตร (kNm)
ความเร็วรอบเพลลาไบจกร	เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)	รอบต่อนาที (RPM)
กำลังที่เพลลาไบจกร	เครื่องวัดแรงบิดเพลลา / คำนวณจากแรงบิดและความเร็วรอบเพลลาไบจกร	กิโลวัตต์ (kW)
มุมพิทช์ไบจกร	ข้อมูลจากแผงควบคุม	เปอร์เซ็นต์ (%)
มุมหางเสือ	ข้อมูลจากแผงควบคุม	องศา (Deg)
เวลาที่ใช้	นาฬิกาจับเวลา / GPS	วินาที (Sec)
กำลังของเครื่องยนต์	ข้อมูลจากแผงควบคุม	กิโลวัตต์ (kW)
ทิศหัวเรือ	เข็มทิศไยโร	องศา (Deg)
ทิศทางลมสัมพันธ์	เครื่องวัดทิศทางลม	องศา (Deg)
ความเร็วลมสัมพันธ์	เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)	น็อต (Knot)
ทิศทางและความสูงคลื่น	Wave buoy / Radar / Lidar	องศา (Deg), เมตร (m)

## 8. ปัจจัยต่างๆ ที่ต้องควบคุมระหว่างทำการทดลอง

8.1 ปรับแต่งเรือให้มีระวางขับน้ำตรงตามที่กำหนดในสัญญาหรือตามข้อตกลง โดยให้มีการคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2% ในกรณีที่จะนำผลการทดลองลากเรือจำลองมารวมพิจารณาเปรียบเทียบ ค่าระวางขับน้ำของเรือจะต้องไม่แตกต่างจากเรือจำลองเกิน 2%

8.2 ปรับแต่งทริมเรือให้ตั้งตรง (Even keel) โดยให้มีการคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1% จากค่ากินน้ำลึกกลางลำ หากกรณีที่จะทดลองเรือในสภาวะที่เรือมีอาการทริม ให้มีการคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3% จากค่าทริมของการทดลองเรือจำลอง และให้ Bulbous bow มีการจมเท่ากับการทดลองเรือจำลอง

8.3 ควรทำความสะอาดห้องเรือและไบจกรก่อนทำการทดลอง เพื่อกำจัดเพรียงและพืชใต้น้ำที่เกาะห้องเรือ

8.4 ไม่ควรทดลองความเร็วเรือ หากสภาพท้องทะเลมี Sea state มากกว่า 2 และลมมีความเร็วตั้งแต่ 15 น็อต ขึ้นไป

8.5 ความลึกน้ำที่น้อยที่สุดสำหรับการทดลองความเร็วเรือ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้ โดยให้เลือกใช้ค่าที่สูงกว่า

$$h = 3\sqrt{B \cdot T} \quad \text{และ} \quad h = 2.75 \frac{V_s^2}{g}$$

โดยที่  $h$  = ความลึกน้ำที่น้อยที่สุด (m)

$B$  = ความกว้างแนวน้ำ (m)

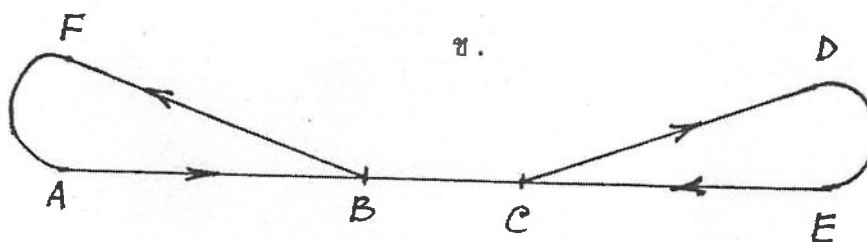
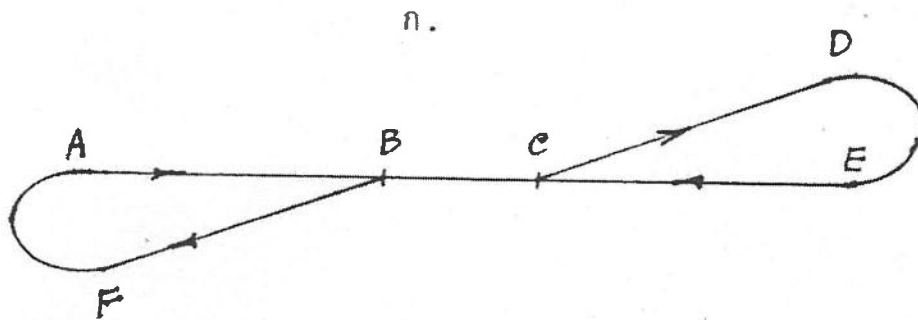
$T$  = ค่ากินน้ำลึก (m)

$V_s$  = ความเร็วเรือ (m/s)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

### 9. การกำหนดเส้นทางและโปรแกรมการทดลอง

9.1 การทดลองความเร็วเรือจะต้องทำบนเส้นทางและตำบลที่เดียวกัน เพื่อให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และควรกำหนดทิศทางการเล่นตามคลื่นและทวนคลื่น โดยเส้นทางที่เรือเล่นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรก คือส่วนแล่นเข้า เป็นส่วนของเส้นทางที่เรือใช้ปรับให้มีความเร็วคงที่เตรียมพร้อมสำหรับการจับเวลาวัดความเร็ว ส่วนที่สอง คือส่วนจับความเร็ว ระยะทางของส่วนนี้มักจะยาวเท่ากับ 1 ไมล์ทะเล ซึ่งขณะที่เรือแล่นอยู่บนเส้นทางส่วนนี้จะต้องมีความเร็วคงที่ตลอดเวลา และห้ามทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ ส่วนที่สาม คือส่วนเลี้ยวออก เรือจะใช้หางเสือเลี้ยวออกจากเข็มจับความเร็ว แล้วแล่นไปเลี้ยวกลับมาเข้าเส้นทาง "แล่นเข้า" สำหรับการทดลองความเร็วในทิศทางตรงกันข้าม ตามที่แสดงในรูปที่ 1 ก. และ ข.



รูปที่ 1 เส้นทางสำหรับการแล่นทดลองความเร็ว

- AB = เส้นทาง “แล่นเข้า” ของการทดลองขาไป
- BC = ส่วนของเส้นทางที่ใช้จับความเร็ว (ระยะทาง 1 ไมล์ทะเล)
- CDE = เส้นทาง “เลี้ยวออก” ของการทดลองขาไป
- EC = เส้นทาง “แล่นเข้า” ของการทดลองขากลับ
- BFA = เส้นทาง “เลี้ยวออก” ของการทดลองขากลับ

9.2 เพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเรือและกำลังเครื่องยนต์ (Speed-Power Curve) จะต้องทำการทดลองแล่นเรือไป - กลับ ในทิศทางตรงกันข้าม ที่ความเร็วรอบเครื่องต่างๆ ตามหลักการดังต่อไปนี้

9.2.1 ในการทดลองเรือลำแรกของชุดเรือ จะต้องทดลองแล่นเรือไป - กลับ อย่างน้อย 4 รอบ ซึ่งประกอบด้วย

- การแล่นไป - กลับ 2 รอบ ด้วยกำลังเครื่องยนต์ตามกำหนดในสัญญา (โดยปกติจะทดลองที่ 100% MCR) และควรทำการทดลองช่วงกลางวันเพื่อให้สามารถมองเห็นสภาวะทะเลได้ชัดเจน
- การแล่นไป - กลับ อย่างน้อย 2 รอบ ด้วยกำลังเครื่องยนต์ที่แตกต่างกัน ซึ่งอยู่ระหว่าง 65 - 100% MCR

9.2.2 หากผลการทดลองของเรือลำแรกของชุดเรือเป็นที่ยอมรับ เรือลำอื่นๆ ของชุดเรื่อนั้นสามารถปรับลดจำนวนรอบในการทดลองแล่นเรือไป - กลับ เหลืออย่างน้อย 2 รอบได้ ซึ่งประกอบด้วย

- การแล่นไป - กลับ 1 รอบ ด้วยกำลังเครื่องยนต์ตามกำหนดในสัญญา
- การแล่นไป - กลับ 1 รอบ ด้วยกำลังเครื่องยนต์หนึ่ง ระหว่าง 65 - 100% MCR

## 10. ขั้นตอนการปฏิบัติในการทดลองความเร็วเรือ

### 10.1 ก่อนนำเรือออกจากท่า

10.1.1 ตรวจสอบระวางขับน้ำและสถานะความเอียงเรือ จากค่ากินน้ำลึกหัว กลาง และท้ายเรือ กราบขวา - ซ้าย

10.1.2 วัดปริมาณ นม.ชพ.และน้ำจืดในถัง

10.1.3 จัดบันทึกข้อมูลอื่นๆ ตามตารางในข้อ 7.1

### 10.2 เมื่อถึงพื้นที่ทดลอง

10.2.1 วัดปริมาณ นม.ชพ.และน้ำจืดในถังอีกครั้ง เพื่อใช้คำนวณหาค่าระวางขับน้ำเรือจริงก่อนเริ่มทดลอง

10.2.2 ตรวจสอบและจัดบันทึกสถานะคลื่นลม สภาวะของน้ำทะเลและอากาศ ณ พื้นที่ทดลองตามตารางในข้อ 7.2

### 10.3 ขณะทำการทดลอง

10.3.1 นำเรือแล่นเข้าเส้นทางและเข็มที่กำหนดไว้ ด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์หรือ Propulsion Control Lever (PCL) คงที่ ตามโปรแกรมการทดลอง โดยให้แล่นขนานกับแนวหลักไม้มาตรฐาน ทั้ง 2 คู่ (คู่ในทะเลและคู่บนชายฝั่งเกาะ) เป็นระยะทางที่เพียงพอให้รอบเพลลาไบจักร แรงบิดเพลลาไบจักรและความเร็วเรือคงที่ก่อนเข้าหลักไม้คู่แรก (จุดเริ่มจับเวลา)

10.3.2 เริ่มจับเวลาเมื่อเรือแล่นผ่านหลักไม้คู่แรก ระหว่างการจับเวลาห้ามปรับแต่งความเร็วรอบเครื่องยนต์หรือ Propulsion Control Lever (PCL) และไม่ควรปรับแต่งหางเสือเกิน 3 องศา

10.3.3 เลิกจับเวลาเมื่อเรือแล่นผ่านหลักไม้คู่ที่สอง



10.3.4 รักษาเข็มและความเร็วเรือให้คงที่ ตั้งแต่ก่อนเข้าหลักไมล์คู่แรก จนกระทั่งเรือแล่นเลยหลักไมล์คู่ที่สองไปเล็กน้อย จึงเลี้ยวเรือออกแล้วตีวงกลับมายังเส้นทางเดิมในทิศทางตรงกันข้าม เพื่อทำการจับเวลาในขากลับอีกครั้ง

10.3.5 จัดบันทึกข้อมูลต่างๆ ตามตารางในข้อ 7.3

10.3.6 ทำการทดลองทั้งขาไปและกลับเช่นนี้ในทุกๆ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่กำหนดไว้ ตามโปรแกรมการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลองขาไป - กลับในแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์หรือ Propulsion Control Lever (PCL)

10.3.7 หากการทดลองเที่ยวใดที่ได้ผลไม่น่าเชื่อถือ ควรทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

## 11. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

11.1 การวิเคราะห์เบื้องต้น ควรทำระหว่างการทดลอง โดยการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่/ ความเร็วรอบเพลลาใบจักร และความเร็วเรืออย่างคร่าวๆ เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่บันทึกนั้น มีความใกล้เคียงกับกราฟ Performance curve ออกแบบ หรือผลการทดลองลากเรือจำลองหรือไม่ หากการทดลองเที่ยวใดที่ได้ผลไม่น่าเชื่อถือควรทดลองซ้ำอีกครั้ง

11.2 การวิเคราะห์อย่างละเอียด ควรกระทำทันทีหลังจากเรือกลับเข้าเทียบท่าแล้ว โดยผลการวิเคราะห์ที่ต้องการ คือ

ก. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ และความเร็วเรือ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อการใช้งานเรือทางยุทธการในอนาคต

ข. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่เพลลาใบจักร (Shaft power) และความเร็วเรือ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ทางการออกแบบ

ค. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเพลลาใบจักร และความเร็วเรือ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ทางการออกแบบ

11.3 เพื่อให้ผลการทดลองมีความแม่นยำมากขึ้น อาจมีการคำนวณแก้ค่าความคลาดเคลื่อน (Correction) อันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น

- ประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อน (Propulsion Efficiency)
- กระแสลม
- กระแสน้ำ
- คลื่น
- ความดันของน้ำบริเวณพื้นทดลอง
- อุณหภูมิและค่าความเค็มของน้ำ

หมายเหตุ หากไม่สามารถทำการทดลองกับหลักไมล์มาตรฐานได้ สามารถใช้ GPS ของเรือในการกำหนดตำแหน่งและระยะทางในการทดลองความเร็วเรือ

การแจกจ่าย

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
กพช.อร.		
จก.กพช.อร.	1	
ผ.วิชาการ กวจพ.กพช.อร.	1	
ห้องสมุด กวจพ.กพช.อร.	5	
กคภ.กพช.อร.	2 (รวมต้นฉบับ)	
กผช.อร.		
กผงร.กผช.อร.	1	
กอร.กผช.อร.	1	
กอก.กผช.อร.	1	
กอฟ.กผช.อร.	1	
อธบ.อร.		
กผป.อธบ.อร.	1	
กงน.อธบ.อร.	1	
อจปร.อร.		
ห้องสมุด อจปร.อร.	3	
กพ.อจปร.อร.		
คป.อจปร.อร.		
กผป.อจปร.อร.	1	
กพท.อจปร.อร.		
กอบ.อจปร.อร.	1	
กพต.อจปร.อร.	1	
กคภ.อจปร.อร.	1	
กชส.อจปร.อร.		
กรก.อจปร.อร.	1	
กรล.อจปร.อร.	1	
กบต.อจปร.อร.	1	
กบก.อจปร.อร.		

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
ORM.		
กจก.ORM.	1	
กพ.ORM.	1	
กบ.ORM.	1	
กผป.ORM.	1	
กคภ.ORM.	1	
กรก.ORM.	1	
กรล.ORM.	1	
กฟฟ.ORM.	1	
กสน.ORM.		
กพด.ORM.		
GRS.		
กผกช.GRS.	1	
กงน.GRS.	1	
RS.		
กงน.RS.	1	
RP.		
กงน.RP.	1	