เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

การประปานครหลวง. รายงานประจำปี 2535-36. กรุงเทพมหานคร: การประปานครหลวง, 2535-36.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2526.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. วิศวกรรมคุณค่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: หจก. เอช-เอน การพิมพ์, 2531.

_____.การวิเคราะห์คุณค่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: หจก. เอช-เอน การพิมพ์, 2531.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. วิศวกรรมการประปา. เล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2526.

ไกมล คีวะบวร, เชาวยุทธ พรพิมลเทพ และสุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. การประปาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ธนะการพิมพ์,2534.

สุรินทร์ เศรษฐมานิตและทาเคโอะ มอริมูระ. วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ,2527.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐและจันทนา จันทโร. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2536.

พันทิพา สุนทราชน. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรามคำแหง,2534.

สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์. กลศาสตร์ของไหลเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: หจก. เอช-เอน การพิมพ์,2529.

ธำรง ธรรมเกษม. พิธีเปิดพระบรมราชานุสาวรีย์ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว 8 ม.ค. 2535. กรุงเทพมหานคร,2535.

ภาษาอังกฤษ

Douglas M. Covesidine. Process Instrument and Controls Handbook. 2nd endition. California: McGraw-Hill Book Co., 1957.

Stresster, V.L. and Wylie E.B. fluid Mechanics. 6th edition. New York: McGraw - Hill Book Co., 1975.

International Organization for Standardization. Meassurement to water Flow in closed conduits - Meters for potable water 1. 1st edition. Switzerland: 1972.

American Water Works Association. Water Meters. New York: 1962.

____. Cold Water Meters - Displacement Type, Bronze main Case and Cold Water Meters - Turbine Type, For Customer Service. Colorado: 1990.

____. Test Cold - Water Meters. Colorado: 1990.

Longwell, P.A. Mechanics of Fluid Flow. New York: McGraw - Hill Co., 1966.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ประวัติการประปานครหลวงและการผลิตจ่ายน้ำประปา

ประวัติการประปานครหลวง

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ได้มีพระราชดำริการหาน้ำบริโภคสำหรับประชาชนในเขตพระนคร เพื่อให้บรรดาพสกนิกรของพระองค์ มีความเป็นอยู่ถูกสุขลักษณะ ปราศจากโรคภัยร้ายแรง ด้วยทรงเล็งเห็นว่าในขณะนั้นประชาชนทั่วไปยังคงใช้น้ำซึ่งปราศจากความสะอาดบริสุทธิ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีระดับต่ำทำให้น้ำทะเลเข้ามาถึง น้ำจะมีรสกร่อย ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค และน้ำก็มีแนวโน้มที่จะทวีความสกปรกเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากสภาพการขยายตัวของชุมชน และบ้านเมือง ซึ่งจะทำให้สภาพการใช้น้ำจากแม่น้ำลำคลองเป็นบ่อเกิดของโรคระบาดได้ ประกอบกับได้ทรงพบเห็นความเจริญก้าวหน้า ในด้านวิทยากรต่าง ๆ ของการผลิตน้ำจากต่างประเทศ เมื่อครั้งเสด็จประพาสยุโรปปี พ.ศ. 2440 ในการนี้ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้กรมสุขาภิบาลเป็นหน่วยงานรับสนองพระราชดำริ

ครั้นปี พ.ศ. 2452 เมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม รัตนโกสินทร์ศก 128 ได้ประกาศพระบรมราชโองการทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้กรมสุขาภิบาลจัดการที่จะนำน้ำมาใช้ในพระนครตามแบบอย่างที่สมควรแก่ภูมิประเทศ การที่จะต้องทำนั้นคือ

1. ให้ตั้งที่ทำการขังน้ำที่คลองเชียงราก แขวงเมืองปทุมธานี อันเป็นที่พ้นเขตน้ำเค็มขึ้นถึงทุกฤดู

2. ให้ขุดคลองแยกจากที่ขังน้ำนั้น เป็นทางลงมาถึงริมคลองสามเสน ฝั่งเหนือแนวทางรถไฟ

3. ตั้งโรงสูบขึ้น ณ ตำบลนั้น สูบน้ำขึ้นขังยังที่เก็บและกรองตามวิธีให้น้ำสะอาดบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งซึ่งจะเป็นเชื้อโรค แล้วจำหน่ายน้ำไปในที่ต่าง ๆ ตามควรแก่ท้องที่ของเขตพระนคร

กิจการอย่างนี้ ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เรียกตามภาษาสันสกฤต เพื่อจะให้เป็นคำสั้น ๆ ว่า "การประปา" โดยได้ก่อสร้างถาวรวัตถุที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

1. เริ่มขุดคลองรับน้ำ จากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เหนือวัดสามแล แขวงเมืองปทุมธานีเมื่อปลายเดือนกันยายน พ.ศ. 2452

2. เริ่มฝังท่อจำหน่ายน้ำตลอดทั่วพระนคร ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2454 ใช้เวลารวมเสร็จสิ้น 2 ปีเต็ม

3. ก่อสร้างอาคารเพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องกวนสารส้มและเครื่องกรองน้ำ รวมทั้งถังพักน้ำ และถังขังน้ำบริสุทธิ์ขึ้นที่ตำบลสามเสน และถังสูงช่วยแรงส่งน้ำรูปหอคอย 2 ถังขึ้นที่ตำบลบ้านบาตร สี่แยกวรจักร ถนนบำรุงเมือง แล้วเสร็จในปี พ.ศ.2475

รูปที่ 7.1 สถานที่ทำการประปานครหลวง

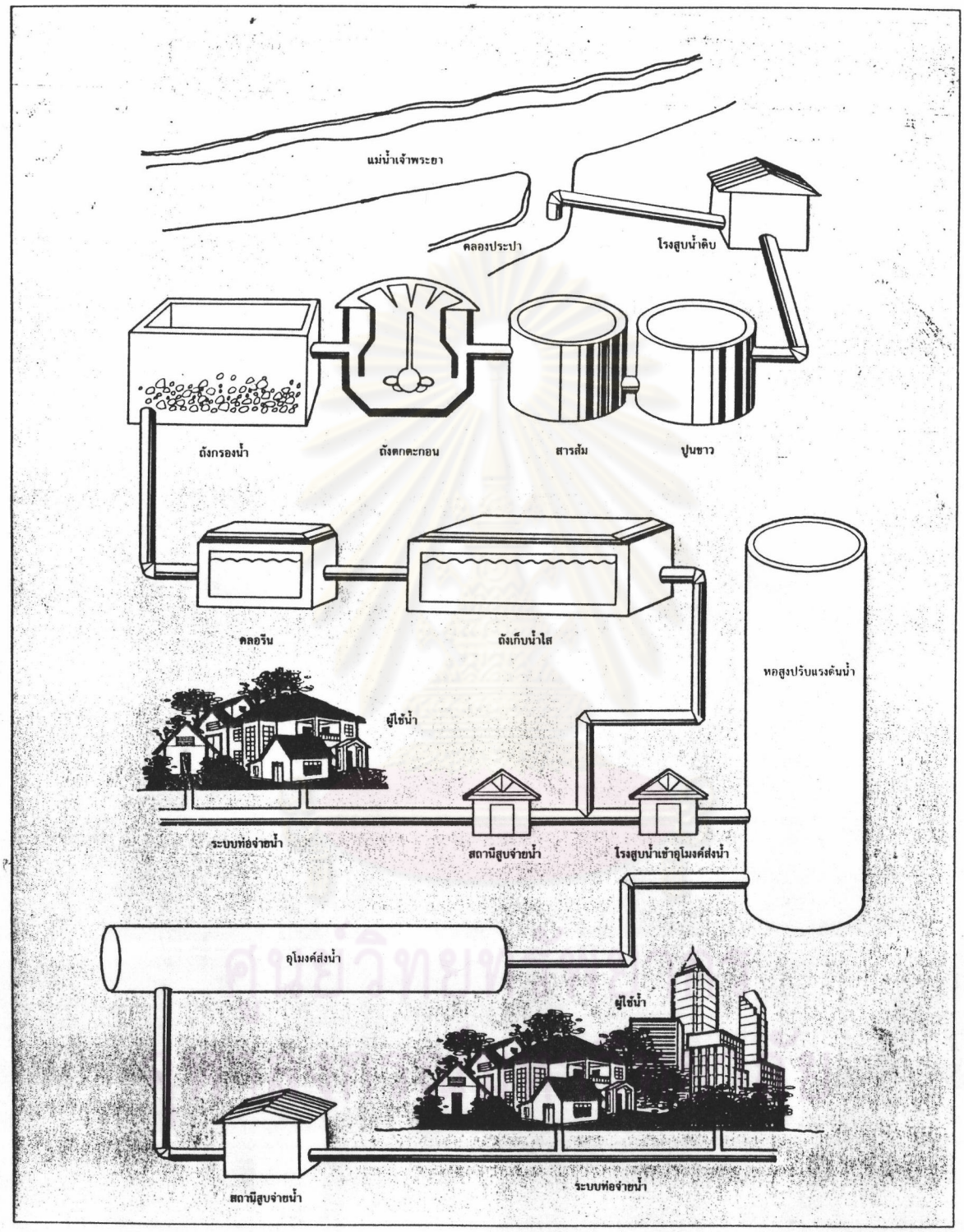
แหล่งที่มา: พิธีเปิดพระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว, 8 ม.ค. 2535

"การประปานครหลวง" ได้กระทำพิธีเปิดขึ้นอย่างเป็นทางการโดยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2457 โดยมีเจ้าพระยายมราชเสนาบดีกระทรวงนครบาลเป็นผู้กล่าวรายงานกิจการประปาในสมัยนั้น ทำให้ประชาชนในกรุงเทพฯ เริ่มมีน้ำประปาใช้ครั้งแรก

สำหรับการจำหน่ายน้ำให้แก่ประชาชนทั่วไป จำหน่ายลูกบาศก์เมตรละ 25 สตางค์โดยใช้มาตรวัดน้ำเป็นเครื่องวัดปริมาณการใช้น้ำ ในการติดตั้งคราวแรกมีผู้ขอใช้น้ำประมาณ 400 ราย และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เป็น 3,000 ราย ในปี พ.ศ. 2465 และเพิ่มเป็น 1,139,299 ราย ในปี พ.ศ. 2536

<u>แหล่งน้ำดิบสำหรับการประปานครหลวง</u>

การประปานครหลวง ได้ใช้น้ำดินในการผลิตน้ำประปา จากแม่น้ำเจ้าพระยา ด้วยอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/วินาที หรือประมาณวันละ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีสถานีสูบน้ำดิบอยู่ที่สำแล จังหวัดปทุมธานี เป็นจุดชักน้ำซึ่งอยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 90 กิโลเมตร น้ำดิบจากสำแลจะผ่านคลองประปาเป็นระยะทางประมาณ 18 กิโลเมตร ถึงโรงงานผลิตน้ำบางเขน ซึ่งผลิตน้ำได้วันละ 2.3 ล้านลูกบาศก์เมตร และส่งต่อไปอีก 12 กิโลเมตร ไปยังโรงงานผลิตน้ำสามเสน ซึ่งผลิตน้ำได้วันละ 600,000 ลูกบาศก์เมตร น้ำดิบส่วนหนึ่งจะสูบจากคลองประปาบริเวณบางซื่อ ผ่านท่อส่งน้ำดิบไปยังโรงงานผลิตน้ำธนบุรี ซึ่งจะผลิตน้ำได้วันละ 180,000 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนั้นยังมีการใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาอีก 0.6 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ที่โรงงานผลิตน้ำเสริม (Mobile Plant) บริเวณสะพานพระรามหกเพื่อผลิตน้ำวันละ 50,000 ลูกบาศก์เมตร ในส่วนของการใช้น้ำบาดาลปัจจุบันมีการสูบใช้ทั้งระบบส่วนกลางและระบบประปาอิสระเป็นปริมาณน้ำประมาณ 114,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน และยังมีโรงงานผลิตน้ำเสริมที่คลองทวีวัฒนามาผลิตน้ำอีกรวม 10,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน รวมแล้วการประปานครหลวงผลิตน้ำทั้งหมดวันละ 3.25 ล้านลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 7.2 กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา

แหล่งที่มา: รายงานประจำปี 2536 การประปานครหลวง

<u>กระบวนการผลิตน้ำประปา</u>

โรงงานผลิตน้ำทุกแห่ง จะมีหลักการในการผลิตน้ำประปาเป็นอย่างเดียวกันทุกแห่ง คือ

1. การตกตะกอน

การทำให้ตกตะกอนนั้นจะใช้สารเคมี และสารเคมีที่ใช้ ได้แก่ สารส้ม จะใช้ปริมาณ 10 – 80 มิลลิกรัม/ลิตร ปูนขาวในอัตรา 0 – 10 มิลลิกรัม/ลิตร และสารช่วยตกตะกอนจะใช้ในบางครั้งประมาณ 0.25 – 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองในห้องวิเคราะห์

สารเหล่านี้จะถูกเติมลงในน้ำดิบ หรือน้ำคลองก่อนถูกส่งเข้าไปยังถังตกตะกอน ถังตกตะกอนจะประกอบไปด้วยเครื่องกวน เพื่อให้สารเหล่านี้รวมตัวกับความขุ่นเกิดเป็นเม็ดตะกอนใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้นตกลงสู่ก้นถัง ตะกอนเหล่านี้จะถูกระบายไปทิ้งยังบ่อทิ้งตะกอนและนำไปกำจัดอีกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าตะกอนเหล่านี้จะไม่มีสารพิษ หรือสิ่งที่เป็นมลพิษเจือปนอยู่ก็ตาม

ส่วนน้ำที่ตกตะกอนแล้วจะเหลือแต่น้ำใส แต่อาจยังมีตะกอนละเอียดปนอยู่บ้างจะถูกส่งไปยังถังกรองน้ำ เพื่อกรองเอาตะกอนละเอียดเหล่านี้ออกรวมทั้งแบคทีเรียส่วนหนึ่งถูกกำจัดไปโดยการตกตะกอนแต่ยังไม่หมด

2. การกรอง

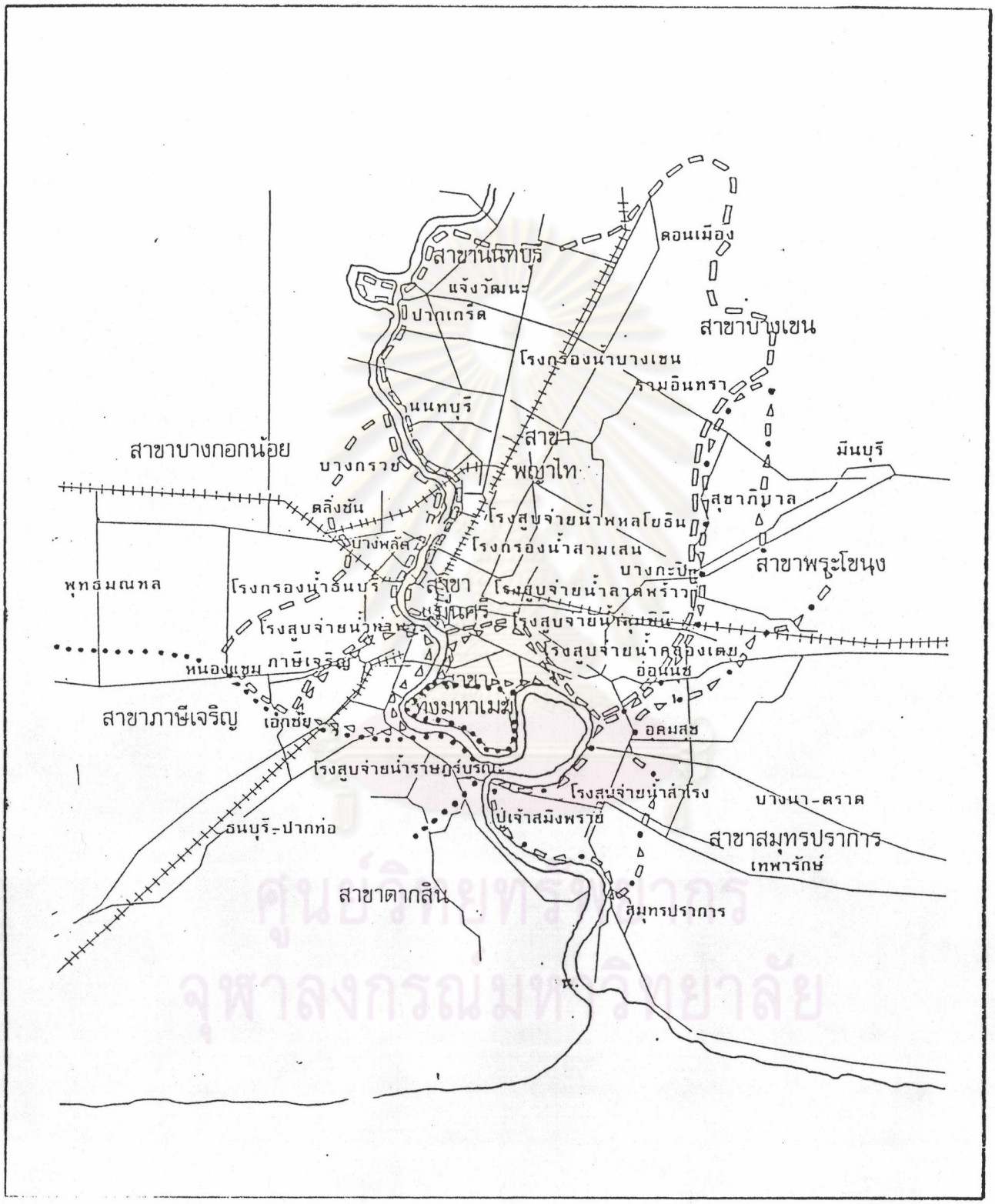
ส่วนใหญ่ถังกรองจะมีทรายเป็นสารกรองหลัก และอาจมีถ่านแอนทราไซท์เป็นสารกรองเพิ่มขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้การกรองน้ำมีประสิทธิภาพกว่าถังกรองทรายธรรมดา ถังกรองแบบนี้เรียกว่าถังกรองสองชั้น จะกรองความขุ่นของน้ำที่ไหลมาจากถังตกตะกอนที่มีความขุ่น 5 – 7 หน่วย ให้เหลือเพียง 0.5 หน่วย และไม่เกิน 2 หน่วย น้ำที่ได้จะใสจนไม่เห็นความขุ่นหรือเม็ดตะกอนหลงเหลืออยู่เลย รวมทั้งสามารถกำจัดแบคทีเรียต่าง ๆ ที่ติดมากับน้ำออกได้ถึง 98% และที่เหลือ 1 – 2% จะถูกส่งไปยังขบวนการฆ่าเชื้อ

3. การฆ่าเชื้อ

ในการที่น้ำยังอาจมีเชื้อโรคตกค้างอยู่ จะถูกกำจัดโดยใช้คลอรีน ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้ออย่างสูงสุด เนื่องจากมีปริมาณสารคงเหลือที่สามารถติดไปกับน้ำได้ ทำ

ให้เมื่อมีการปนเปื้อนในการสูบจ่ายคลอรีนเหล่านี้ จะฆ่าเชื้อโรคที่แปลกปลอมเข้ามา ทำให้น้ำประปาที่ผลิตออกไปสะอาดปลอดภัยใช้บริโภคได้ ปริมาณคลอรีนที่ใช้ประมาณ 3.0 - 3.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสารคลอรีนที่ตกค้างจะให้มีประมาณ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร และที่ปลายทางจะต้องให้คงที่ไว้ที่ค่าประมาณ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้มั่นใจว่าน้ำประปาที่ให้บริการถึงมือประชาชนสะอาด และปลอดภัยปราศจากเชื้อโรค แม้ว่าบางครั้งกลิ่นของมันจะทำให้ผู้บริโภครู้สึกรังเกียจก็ตาม แต่นั่นหมายถึงคุณภาพที่มั่นใจได้ของน้ำประปา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.3 แสดงพื้นที่จ่ายน้ำ การประปานครหลวง

แหล่งที่มา: รายงานประจำปี 2535 การประปานครหลวง

การสูบจ่ายน้ำประปา

น้ำประปาที่ผลิตได้จะถูกสูบจ่ายไปยังประชาชน โดยอุโมงค์ส่งน้ำที่ออกจากโรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยแยกออกเป็น 2 ทาง คือ ไปตามใต้ถนนประชาชื่นที่ลึกไปใต้ดิน 23 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3.40 – 2.00 เมตร ไปยังสถานีรถไฟหัวลำโพง ส่วนหนึ่งจะแยกไปทางสี่พระยาเพื่อส่งไปยังสามแยกท่าพระ โดยลอดใต้แม่น้ำเจ้าพระยา และอีกส่วนหนึ่งจะวางไปใต้ถนนพระราม 4 ไปยังสวนลุมพินีเลยไปถึงซอยบ้านกล้วยใต้ อุโมงค์อีกเส้นหรืออาจจะเรียกว่าท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.20 – 2.00 เมตร วางลึกลงไปใต้ดิน 6.00 เมตร จะออกจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนไปทางถนนวิภาวดีรังสิต แล้วเลียบไปตามถนนรัชดาภิเษกไปบรรจบกับอุโมงค์เส้นแรกที่ซอยบ้านกล้วยใต้ และอุโมงค์ส่งน้ำนี้จะแยกส่งไปตามถนนทางรถไฟสายปากน้ำสายเก่าไปยังสำโรง จ.สมุทรปราการ โดยมีการสร้างสถานีรับน้ำจากอุโมงค์ และสูบจ่ายน้ำให้ประชาชนอีกต่อหนึ่ง โดยส่งไปตามท่อประธาน และท่อจ่ายน้ำ สถานีสูบจ่ายน้ำเหล่านี้จะมีเป็นระยะ ๆ ตามแนวที่อุโมงค์ส่งน้ำผ่านไป ได้แก่

1. สถานีสูบจ่ายน้ำบางเขน ตั้งอยู่ในบริเวณโรงงานผลิตน้ำบางเขน จ่ายน้ำได้ วันละ 500,000 ลูกบาศก์เมตร

2. สถานีสูบจ่ายน้ำพหลโยธิน ตั้งอยู่ที่ถนนสุทธิสาร จ่ายน้ำได้ วันละ 460,000 ลูกบาศก์เมตร

3. สถานีสูบจ่ายน้ำท่าพระ ตั้งอยู่ที่สามแยกท่าพระ จ่ายน้ำได้ วันละ 310,000 ลูกบาศก์เมตร

4. สถานีสูบจ่ายน้ำลุมพินี ตั้งอยู่ที่ถนนราชดำริ จ่ายน้ำได้ วันละ 260,000 ลูกบาศก์เมตร

5. สถานีสูบจ่ายน้ำคลองเตย ตั้งอยู่ที่ซอยบ้านกล้วยใต้ จ่ายน้ำได้วันละ 300,000 ลูกบาศก์เมตร

6. สถานีสูบจ่ายน้ำสำโรง ตั้งอยู่ที่ถนนรถไฟสายปากน้ำ จ่ายน้ำได้วันละ 300,000 ลูกบาศก์เมตร

7. สถานีสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว ตั้งอยู่ที่ซอยลาดพร้าว 86 จ่ายน้ำได้วันละ 270,000 ลูกบาศก์เมตร

8. สถานีสูบจ่ายน้ำราษฎร์บูรณะ ตั้งอยู่ที่ถนนพระรามที่ 2 รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายน้ำได้ประมาณวันละ 130,000 ลูกบาศก์เมตร

9. สถานีสูบจ่ายน้ำ บริเวณโรงงานผลิตน้ำสามเสน เป็นโรงสูบน้ำขนาดเล็กหลายโรง ประกอบกันโดยได้รับน้ำจากโรงงานผลิตน้ำสามเสน และสูบจ่ายออกรอบบริเวณโรงงานผลิตน้ำสามเสนรวมกันในอัตราสูบจ่ายประมาณวันละ 700,000 ลูกบาศก์เมตร

10. สถานีสูบจ่ายน้ำธนบุรี ตั้งอยู่ในโรงงานผลิตน้ำธนบุรี ถนนจรัญสนิทวงศ์ รับน้ำจากโรงงานผลิตน้ำธนบุรี มีอัตราการสูบจ่ายได้ประมาณวันละ 200,000 ลูกบาศก์เมตร

11. โรงงานผลิตน้ำขนาดเล็ก และโรงงานผลิตน้ำเสริมเพื่อเสริมในระบบรอบนอก เช่น ที่มีนบุรี หนองจอก บริเวณเชิงสะพานพระรามหก และบางบัวทอง สามารถผลิต และจ่ายน้ำได้ในอัตรารวมกันวันละประมาณ 80,000 ลูกบาศก์เมตร

12. บ่อบาดาลเสริม ในจุดที่น้ำจากโรงงานผลิต และสถานีสูบจ่ายต่าง ๆ ไปไม่ถึง จะมีระบบบ่อบาดาลเสริม รวมอัตราสูบจ่ายประมาณวันละ 130,000 ลูกบาศก์เมตร

<u>การควบคุมคุณภาพน้ำ</u>

เพื่อให้ประชาชนมั่นใจ ในคุณภาพน้ำประปา ทางการประปานครหลวง ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำ ตั้งแต่น้ำดิบในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่จังหวัดชัยนาทลงมาถึงกรุงเทพมหานคร และในคลองประปาเป็นประจำ เพื่อตรวจการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และสำรวจสิ่งแวดล้อม ที่จะทำให้คุณภาพน้ำดิบเลวลง เพื่อหาทางป้องกันและแก้ไข โดยร่วมมือกับกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงคมนาคม กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ กรุงเทพมหานคร กระทรวงมหาดไทย กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงสาธารณสุข สำนักงบประมาณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และการประปานครหลวง

การควบคุมคุณภาพน้ำ ในระบบผลิต มีการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 4 ชั่วโมง เพื่อความมั่นใจว่าน้ำที่ผลิตถูกต้องตามหลักการ มีการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสม มีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานน้ำดื่มทุกประการ

ในระบบจ่าย มีการสุ่มตัวอย่างจากประชากร 10,000 คน/ตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์ พบว่าไม่มีโลหะหนักหรือสารพิษเจือปนอยู่ในน้ำประปาแม้แต่ตัวเดียว ความปลอดภัยจากเชื้อโรคต่าง ๆ มีถึง 99.89% ฉะนั้น อาจมีในบางครั้งที่น้ำประปามีสิ่งแปลกปลอม เนื่องจากการซ่อมท่อแตกทั่วเจือปนเข้าไป แต่ก็เป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อเปิดน้ำระบายทิ้งแล้วจะหมดไป

การวางแผนการในอนาคตที่จะมีการนำน้ำจากแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำแม่กลองมาผลิตเป็นน้ำประปา ทางกองควบคุมคุณภาพน้ำได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลแหล่งน้ำเหล่านั้นจนมั่นใจว่าจะนำน้ำมาผลิตได้เพียงพอ และมีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานน้ำดื่มของมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ของกระทรวงอุตสาหกรรมทุกประการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 7.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเคมีและฟิสิกส์ของน้ำประปาที่ผลิต – จ่ายจากโรงงานบางเขน

คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ	มาตรวัดน้ำดื่ม		คุณสมบัติของน้ำประปาผลิตจากโรงงานบางเขน (เฉลี่ย)
	ของ WHO	ของการประปานครหลวง	
1. ปริมาณไนเตรท	45 mg/1	45 mg/1	0.5 – 10 mg/1
2. ปริมาณสารแคลเซียม	75 mg/1	75 mg/1	25 – 27 mg/1
3. ปริมาณสารคลอไรด์	200 mg/1	250 mg/1	13 – 15 mg/1
4. ปริมาณสารฟลูออไรด์	1.5 mg/1	0.7 mg/1	0.2 – 0.3 mg/1
5. ความกระด้างในรูป CaCo	100 mg/1	300 mg/1	75 – 86 mg/1
6. ปริมาณสารเหล็ก	0.3 mg/1	0.5 mg/1	0.01 – 0.05 mg/1
7. ปริมาณสารแมงกานีส	0.4 mg/1	0.3 mg/1	0.01 – 0.03 mg/1
8. ปริมาณสารแมกนีเซียม	0.1 mg/1	50 mg/1	5.2 – 6.5 mg/1
9. ปริมาณซัลเฟตในรูป SO	200 mg/1	200 mg/1	10.0 – 12.5 mg/1
10. ปริมาณสารละลายได้ทั้งหมด	500 mg/1	500 mg/1	125 – 160 mg/1
11. ความขุ่น	5 หน่วย *	5 หน่วย *	2 หน่วย
12. สี	5 หน่วย **	10 หน่วย **	ไม่มีสี
13. กลิ่น	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่มีกลิ่น
14. pH	7.0 – 8.5	6.5 – 8.5	7.0 – 80.

* หน่วยความขุ่น การประปานครหลวง Jackson Turbidity Unit

** หน่วยของสี การประปานครหลวง Platinum-Cobolt Scale

แหล่งที่มา: การประปานครหลวง, พิธีเปิดพระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว, 8 ม.ค. 2535 (กรุงเทพฯ :2535), หน้า 36.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 7.2 ปริมาณมาตรวัดน้ำที่มีการผลิตและนำเข้ามาใช้ในประเทศไทยพ.ศ. 2532 - 2536

ปี พ.ศ.	เขตนครหลวง	เขตภูมิภาค	รวม
2532	109,044	77,811	186,855
2533	203,382	196,201	372,583
2534	264,330	296,170	560,500
2535	111,982	247,595	259,577
2536 ผลิตในประเทศ	185,150	142,958	350,676
นำเข้า	22,568		

หมายเหตุ เขตภูมิภาค หมายถึงมาตรวัดน้ำที่ได้มีการทดสอบความเที่ยงตรงแล้วในเขตต่าง ๆ ดังนี้

1. เขตนครปฐม
2. เขตอยุธยา
3. เขตพระประแดง

แหล่งที่มา : กองชั่ง ตวง วัด กระทรวงพาณิชย์

ตาราง 7.3 ปริมาณมาตรวัดน้ำรวมของการประปานครหลวงเปรียบเทียบกับปริมาณมาตรวัดน้ำขนาด ∅ 1/2"

ปี พ.ศ.	มาตรวัดน้ำ ขนาด 1/2 นิ้ว	มาตรวัดน้ำ ขนาดอื่น	รวม	หมายเหตุ
2527	353,038	166,449	519,487	
2528	402,215	200,052	602,267	
2529	439,347	220,313	659,660	
2530	483,503	237,862	721,365	
2531	532,730	257,430	790,160	
2532	586,476	279,927	866,673	
2533	644,339	305,072	949,411	
2534	692,744	334,879	1,027,623	
2535	728,477	362,518	1,090,995	
2536	755,946	383,353	1,139,299	

แหล่งที่มา : การประปานครหลวง, รายงานประจำปี 2536 (กรุงเทพมหานคร, 2536), หน้า 78 - 79

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดสอบความเ ที่ยงตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	51	101	200	2	1	0
	2	51	98	200	2	- 2	0
	3	52	102	199	4	2	- 0.5
ใบพัด ก	1	50	96	197	0	- 4	- 1.5
	2	48	97	198	- 4	- 3	- 1
	3	49	96	196	- 2	- 4	- 2
ใบพัด ข	1	48	102	204	- 4	2	2
	2	49	100	199	- 2	0	- 0.5
	3	49	101	203	- 2	1	1.5

ตาราง 1 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด Ø 1/2" ที่ความขุ่น 8NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	49	100	202	- 2	0	1
	2	52	99	200	4	- 1	0
	3	50	100	202	0	0	1
ใบพัด ก	1	48	100	200	- 4	0	0
	2	48	100	196	- 4	0	- 2
	3	48	98	200	- 4	- 1	0
ใบพัด ข	1	52	100	206	4	0	3
	2	50	99	200	0	- 1	0
	3	52	99	203	4	- 1	1.5

ตาราง 2 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด ∅ 1/2" ที่ความขุ่น 12NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	49	100	201	- 2	0	0.5
	2	51	99	200	2	- 1	0
	3	49	101	201	- 2	1	0.5
ใบพัด ก	1	50	89	196	0	- 2	- 2
	2	48	97	196	- 4	- 3	- 2
	3	49	99	201	- 2	- 1	0.5
ใบพัด ข	1	50	102	205	0	2	2.5
	2	50	100	201	0	0	0.5
	3	49	100	203	- 2	0	1.5

ตาราง 3 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด ∅ 1/2" ที่ความขุ่น 18NIU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	50	101	200	0	1	0
	2	52	99	199	4	- 1	- 0.5
	3	50	100	201	0	0	0.5
ใบพัด ก	1	49	98	198	- 2	- 2	- 1
	2	48	98	195	- 4	- 2	- 2.5
	3	49	98	199	- 2	- 2	- 0.5
ใบพัด ข	1	48	103	204	- 4	3	2
	2	49	100	201	- 2	0	0.5
	3	49	102	202	- 2	2	1

ตาราง 4 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด Ø 1/2" ที่ความขุ่น 24NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	49	101	201	- 2	1	- 0.5
	2	52	100	200	4	0	0
	3	50	100	202	0	0	1
ใบพัด ก	1	50	99	195	0	- 1	- 2.5
	2	48	98	195	- 4	- 2	- 2.5
	3	50	98	198	0	- 2	- 1
ใบพัด ข	1	51	102	206	2	2	3
	2	50	99	200	0	- 1	0
	3	50	101	205	0	1	2.5

ตาราง 5 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด Ø 1/2" ที่ความขุ่น 35NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	50	101	200	0	1	0
	2	49	100	199	- 2	0	- 0.5
	3	50	101	200	0	1	0
ใบพัด ก	1	49	100	197	- 2	0	- 1.5
	2	48	99	195	- 4	- 1	- 2.5
	3	49	100	196	- 2	0	- 2
ใบพัด ข	1	51	103	191	2	3	- 4.5
	2	51	101	186	2	0	- 7
	3	51	102	195	0	2	- 2.5

ตาราง 6 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด Ø 1/2" ที่ความขุ่น 58NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	49	101	201	- 2	1	0.5
	2	48	100	199	- 4	0	- 0.5
	3	49	102	200	- 2	2	0
ใบพัด ก	1	50	99	199	0	1	- 0.5
	2	47	98	195	- 6	- 2	- 2.5
	3	49	98	198	- 2	- 2	- 1
ใบพัด ข	1	49	102	190	- 2	2	- 5
	2	50	99	185	0	- 1	- 7.5
	3	51	100	193	2	0	- 3.5

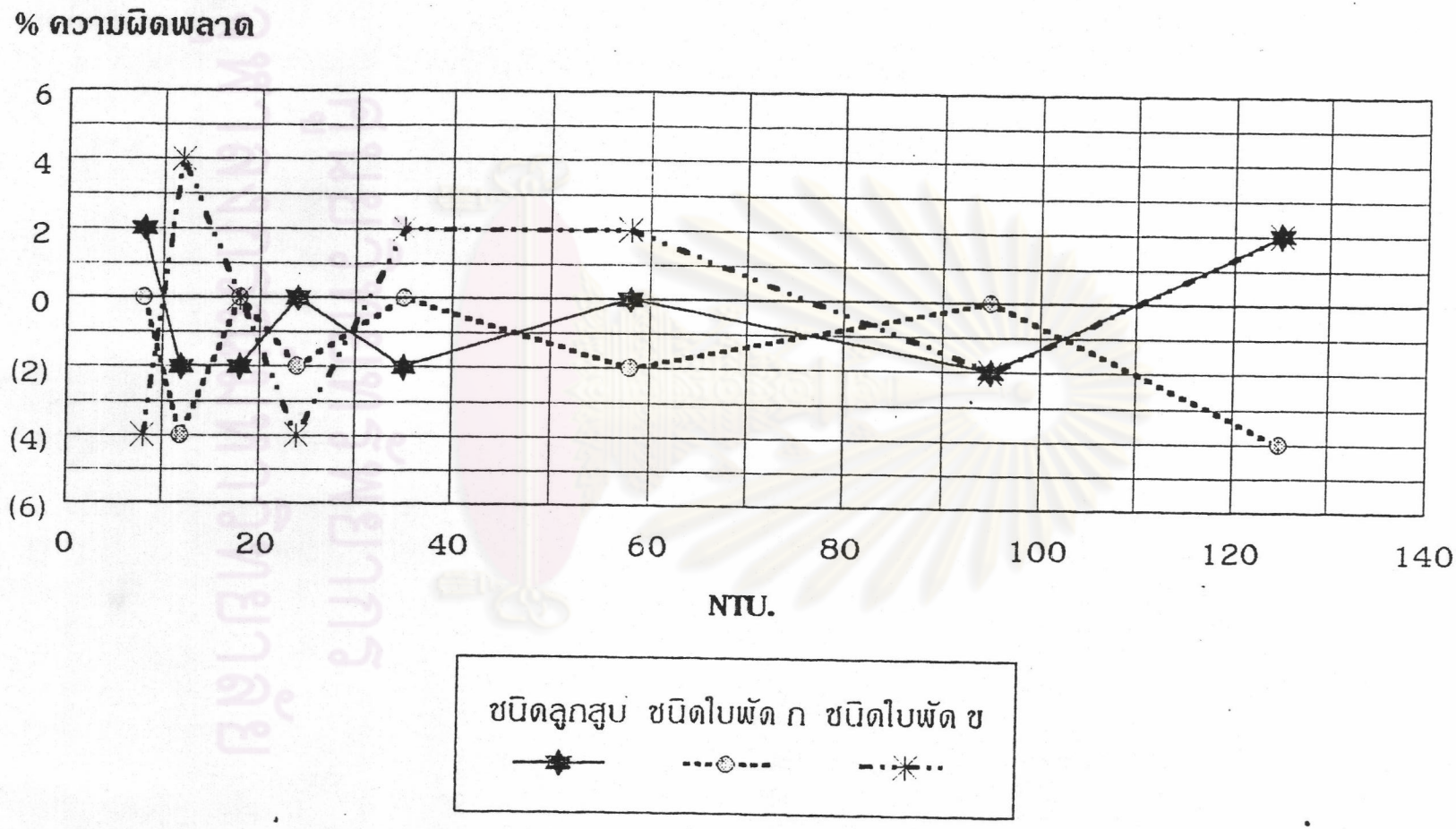
ตาราง 7 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด ø 1/2" ที่ความขุ่น 95NTU

ชนิดมาตร	ลำดับที่	ที่อัตราไหล 1 ลิตร/นาที ทดสอบ 50 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 10 ลิตร/นาที ทดสอบ 100 ลิตร (ลิตร)	ที่อัตราไหล 25 ลิตร/นาที ทดสอบ 200 ลิตร (ลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (± %)		
					ที่ 1 ลิตร/นาที	ที่ 10 ลิตร/นาที	ที่ 25 ลิตร/นาที
ลูกสูบ	1	51	101	201	2	1	0.5
	2	51	99	200	2	- 1	0
	3	51	101	201	2	1	0.5
ใบพัด ก	1	50	97	195	0	- 3	- 2.5
	2	48	98	196	- 4	- 2	- 2
	3	49	98	194	- 2	- 2	- 3
ใบพัด ข	1	51	102	189	2	2	- 5.5
	2	50	99	185	0	- 1	- 7.5
	3	50	101	192	0	1	- 4

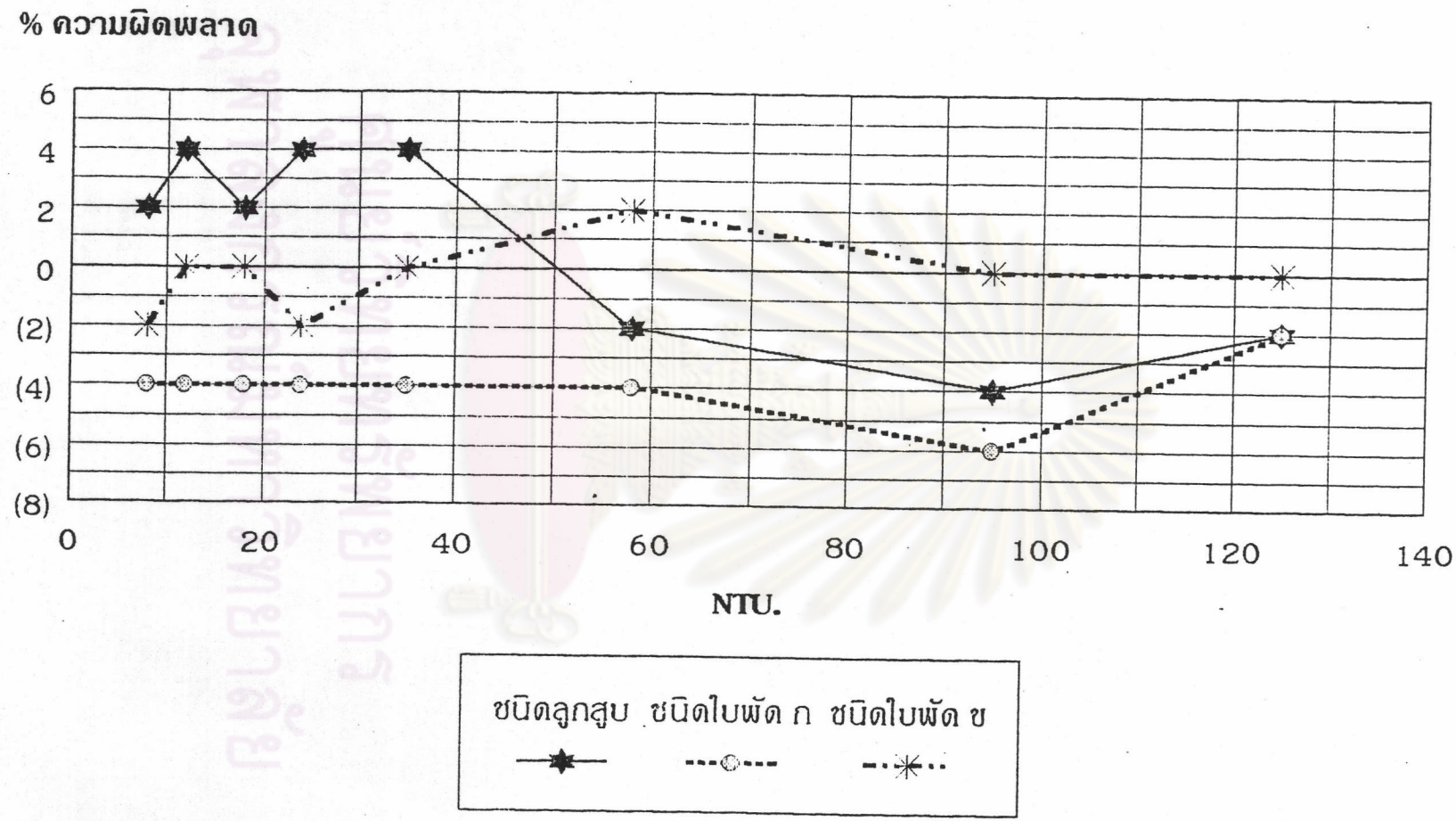
ตาราง 8 แสดงการทดสอบมาตรวัดน้ำใหม่ขนาด Ø 1/2" ที่ความขุ่น 125NTU

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

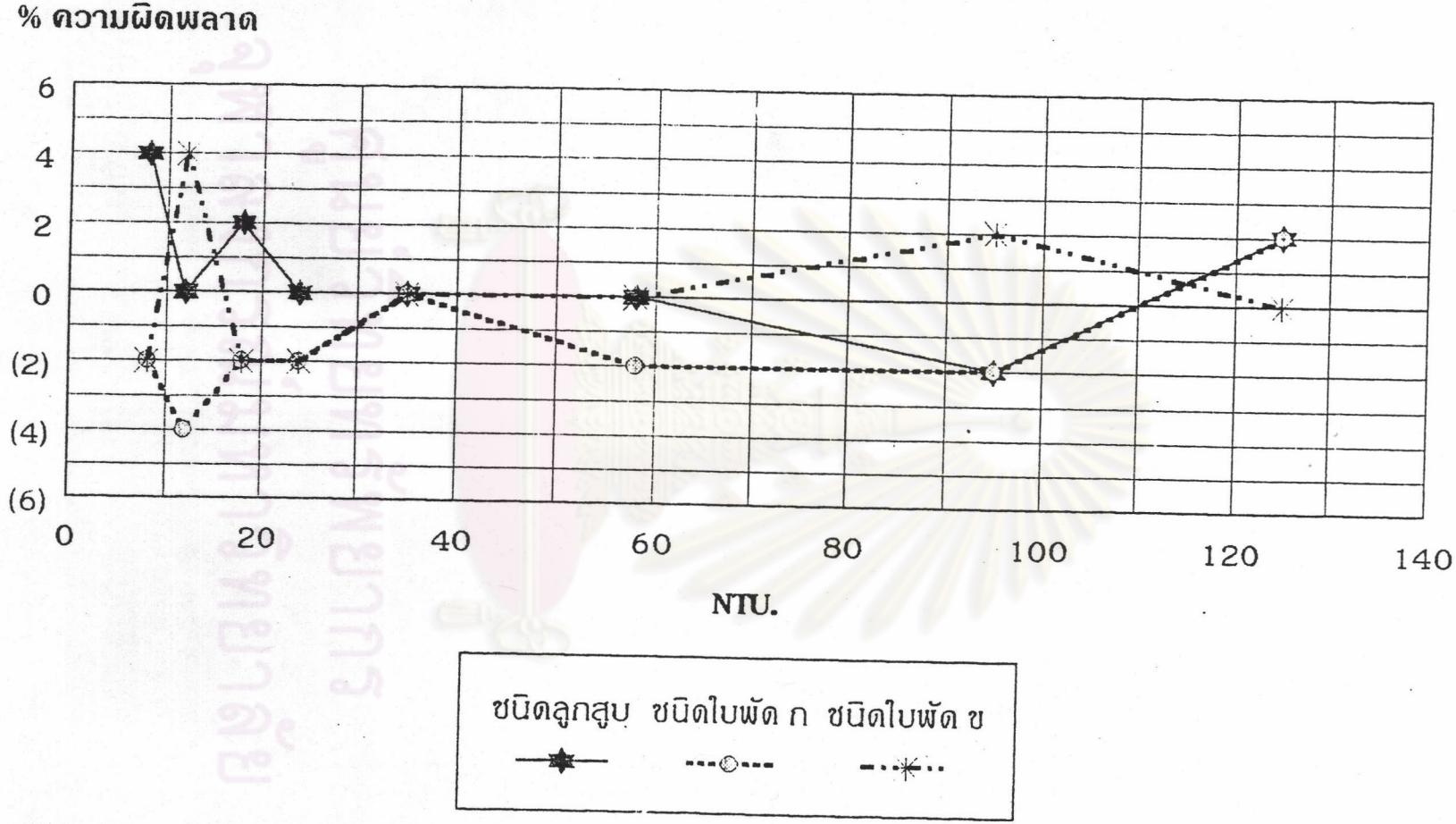
อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 1)

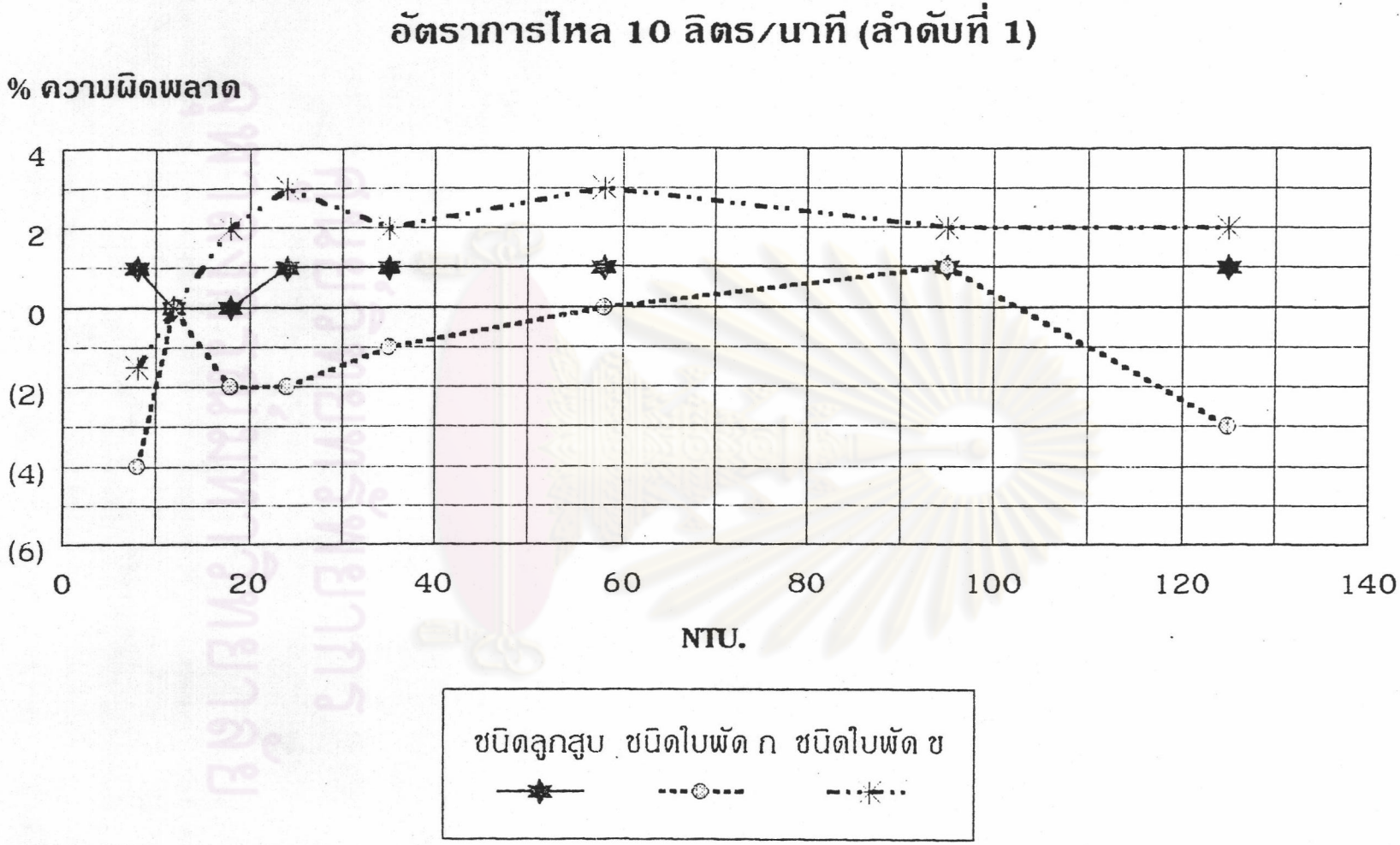


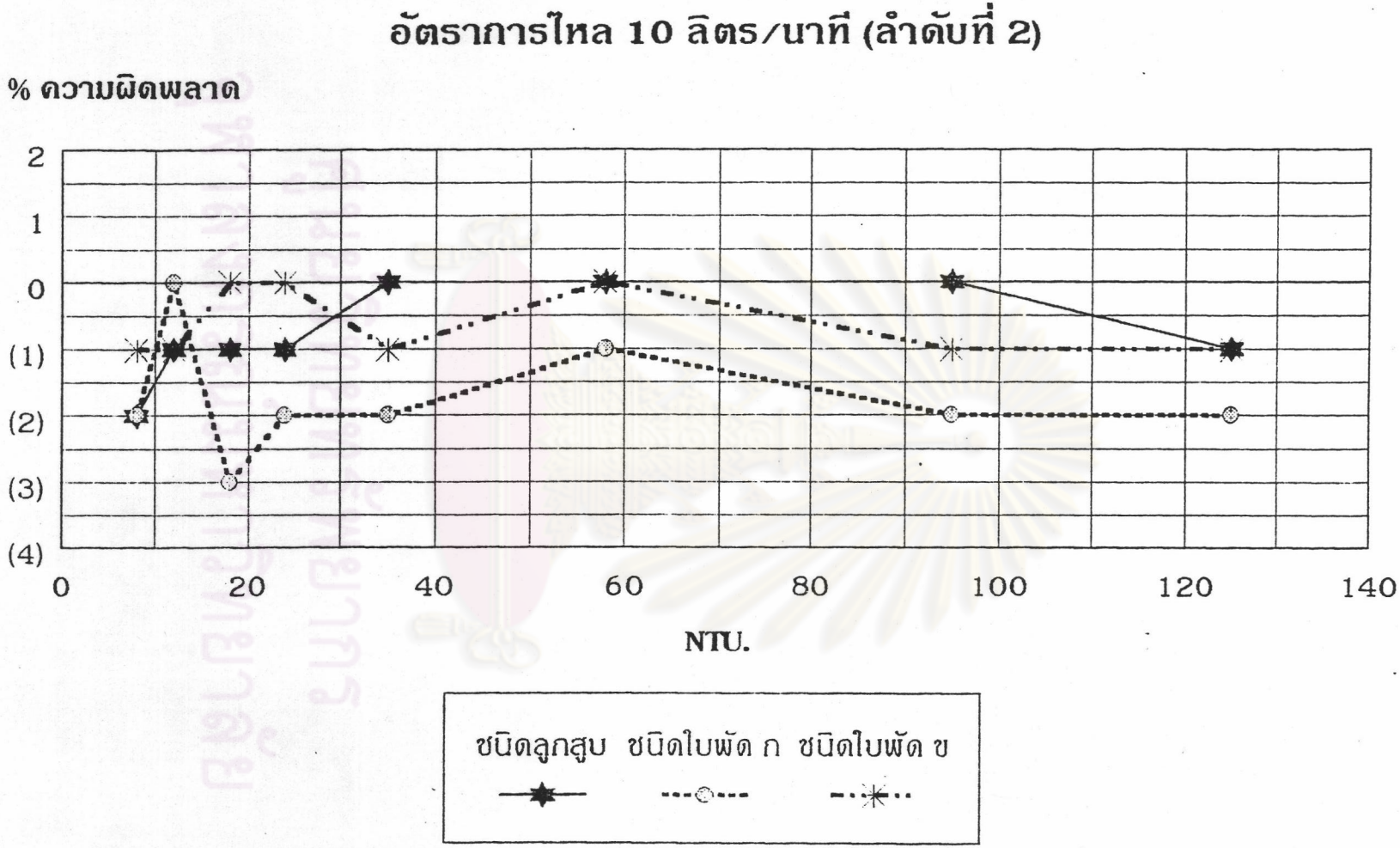
อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 2)



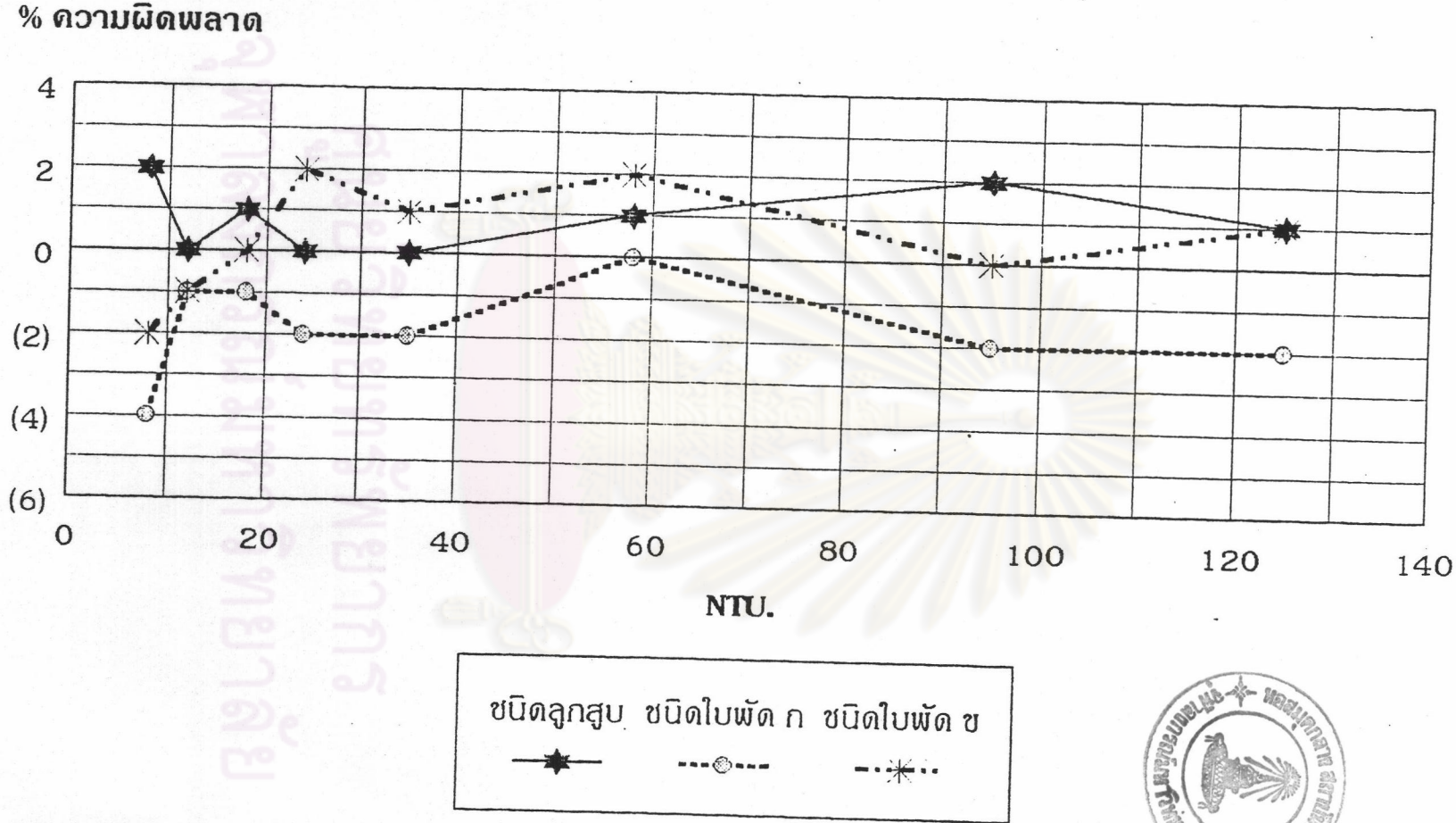
อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 3)

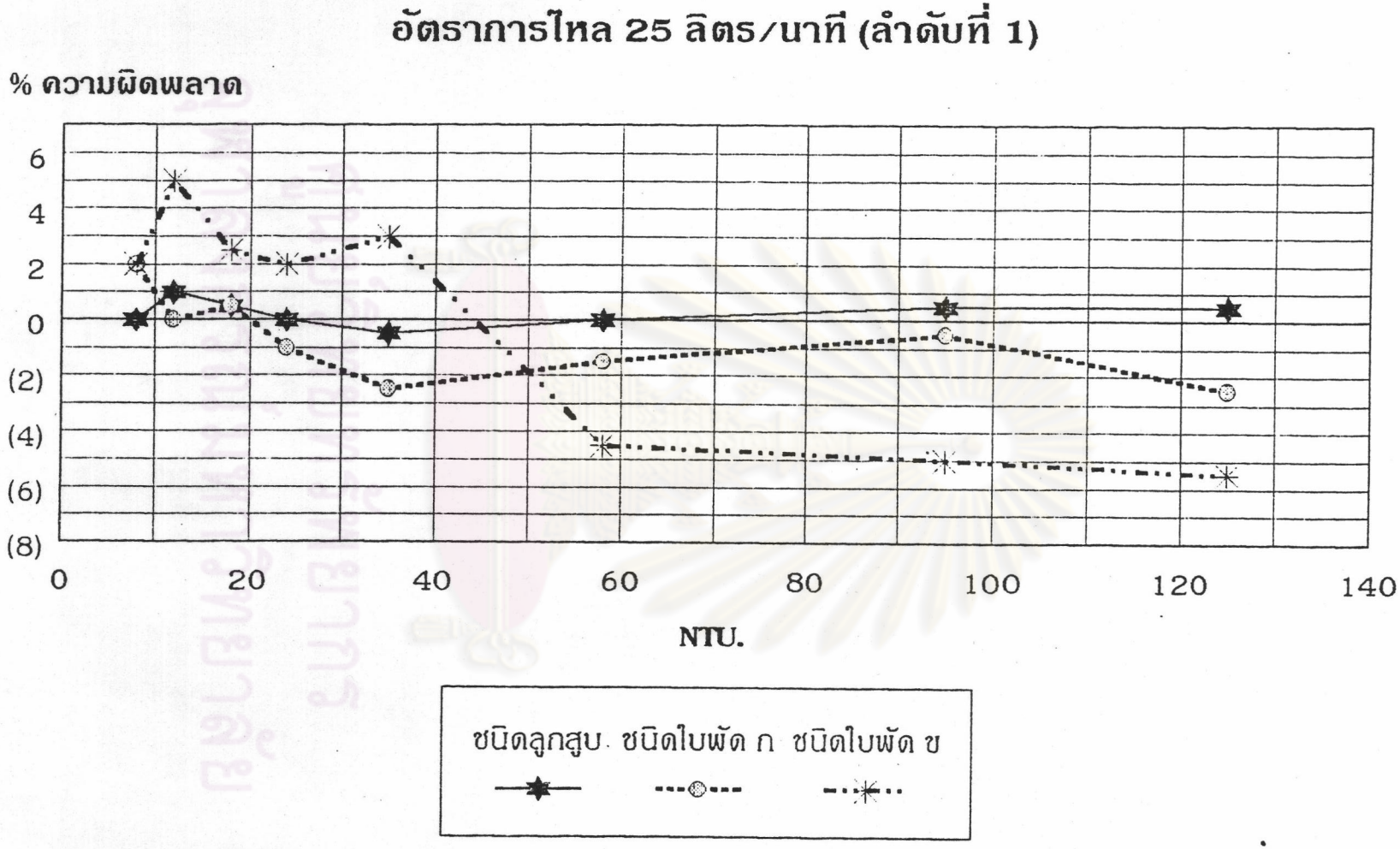



อัตราการไหล 10 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 1)
% ความผิดพลาด
4
2
0
(2)
(4)
(6)
0
20
40
60
80
100
120
140
NTU.
ชนิดลูกสูบ
ชนิดใบพัด ก
ชนิดใบพัด ข

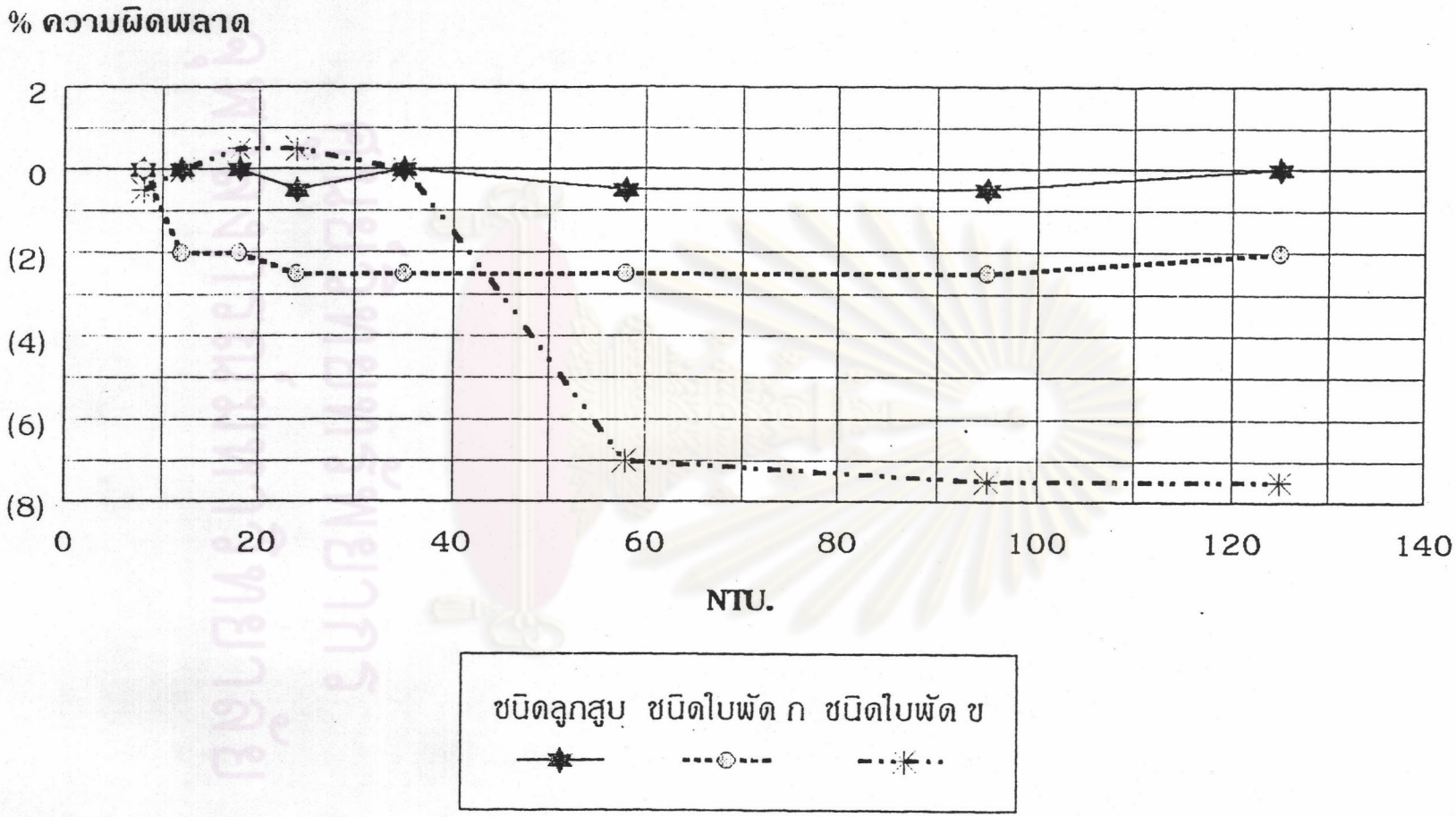

อัตราการไหล 10 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 2)
% ความผิดพลาด
2
1
0
(1)
(2)
(3)
(4)
0
20
40
60
80
100
120
140
NTU.
ชนิดลูกสูบ
ชนิดใบพัด ก
ชนิดใบพัด ข

อัตราการไหล 10 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 3)

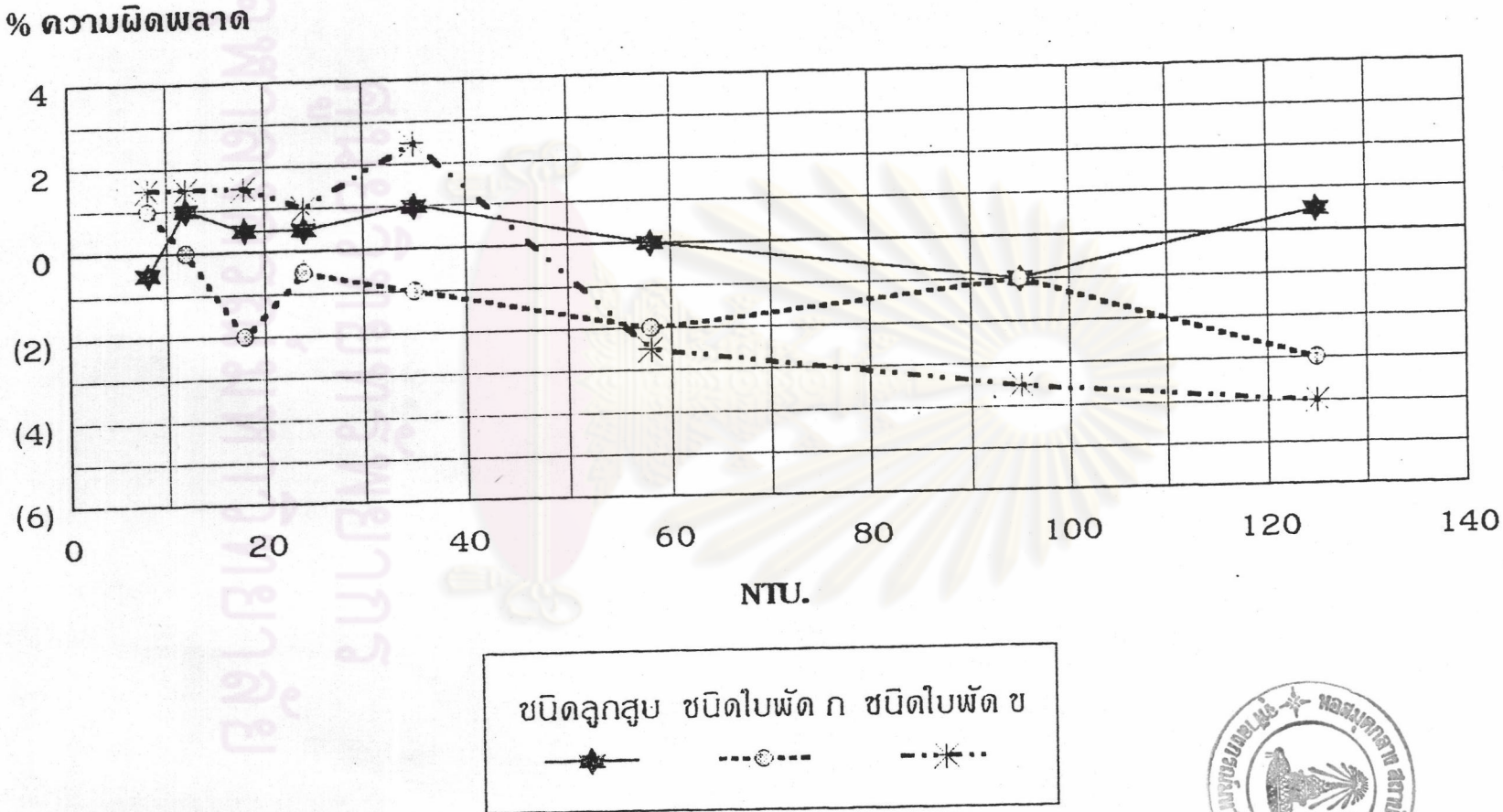



อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 1)
% ความผิดพลาด
6
4
2
0
(2)
(4)
(6)
(8)
0
20
40
60
80
100
120
140
NTU.
ชนิดลูกสูบ
ชนิดใบพัด ก
ชนิดใบพัด ข

อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 2)



อัตราการไหล 25 ลิตร/นาที (ลำดับที่ 3)



หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ ANOVA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
data data3;
   input ser er @@;
cards;
```

OBS	SER	ER
1	1	2.0
2	1	0.0
3	1	4.0
4	1	2.0
5	1	4.0
6	1	4.0
7	1	2.0
8	1	0.0
9	1	0.0
10	1	0.0
11	1	2.0
12	1	4.0
13	1	2.0
14	1	0.0
15	1	2.0
16	1	0.0
17	1	2.0
18	1	2.0
19	1	2.0
20	1	0.0
21	1	2.0
22	1	2.0
23	1	0.0
24	1	2.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25	1	1.0
26	1	4.0
27	1	2.0
28	1	0.0
29	1	0.0
30	1	0.0
31	1	0.0
32	1	2.0
33	1	2.0
34	1	1.0
35	1	2.0
36	1	3.0
37	1	1.0
38	1	1.0
39	1	2.0
40	1	1.0
41	1	0.0
42	1	3.0
43	1	1.0
44	1	1.0
45	1	2.0
46	1	1.0
47	1	3.0
48	1	2.0
49	1	0.0
50	1	1.5
51	1	2.0
52	1	1.0
53	1	0.0
54	1	3.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

55	1	0.5
56	1	2.0
57	1	2.5
58	1	0.0
59	1	1.0
60	1	2.0
61	1	0.5
62	1	2.5
63	1	3.0
64	1	0.0
65	1	1.5
66	1	4.5
67	1	0.5
68	1	0.5
69	1	5.0
70	1	0.5
71	1	2.5
72	1	5.5
73	2	2.0
74	2	4.0
75	2	2.0
76	2	4.0
77	2	4.0
78	2	0.0
79	2	2.0
80	2	4.0
81	2	0.0
82	2	4.0
83	2	4.0
84	2	2.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

85	2	4.0
86	2	4.0
87	2	0.0
88	2	2.0
89	2	4.0
90	2	2.0
91	2	4.0
92	2	6.0
93	2	0.0
94	2	2.0
95	2	4.0
96	2	0.0
97	2	2.0
98	2	3.0
99	2	0.0
100	2	1.0
101	2	0.0
102	2	1.0
103	2	1.0
104	2	3.0
105	2	0.0
106	2	1.0
107	2	2.0
108	2	0.0
109	2	0.0
110	2	2.0
111	2	1.0
112	2	0.0
113	2	1.0
114	2	0.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

115	2	0.0
116	2	2.0
117	2	1.0
118	2	1.0
119	2	2.0
120	2	1.0
121	2	0.0
122	2	1.0
123	2	0.5
124	2	0.0
125	2	2.0
126	2	0.0
127	2	0.0
128	2	2.0
129	2	0.5
130	2	0.5
131	2	2.5
132	2	0.5
133	2	0.0
134	2	2.5
135	2	0.0
136	2	0.5
137	2	2.5
138	2	7.0
139	2	0.5
140	2	2.5
141	2	7.5
142	2	0.0
143	2	2.0
144	2	7.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

145	3	4.0
146	3	2.0
147	3	2.0
148	3	0.0
149	3	4.0
150	3	4.0
151	3	2.0
152	3	2.0
153	3	2.0
154	3	0.0
155	3	2.0
156	3	2.0
157	3	0.0
158	3	0.0
159	3	0.0
160	3	0.0
161	3	2.0
162	3	0.0
163	3	2.0
164	3	2.0
165	3	2.0
166	3	2.0
167	3	2.0
168	3	0.0
169	3	2.0
170	3	4.0
171	3	1.0
172	3	0.0
173	3	1.0
174	3	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

175	3	1.0
176	3	1.0
177	3	0.0
178	3	0.0
179	3	2.0
180	3	2.0
181	3	0.0
182	3	2.0
183	3	1.0
184	3	1.0
185	3	0.0
186	3	2.0
187	3	2.0
188	3	2.0
189	3	0.0
190	3	1.0
191	3	2.0
192	3	1.0
193	3	0.5
194	3	2.0
195	3	1.5
196	3	1.0
197	3	0.0
198	3	1.5
199	3	0.5
200	3	0.5
201	3	1.5
202	3	0.5
203	3	0.5
204	3	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

205	3	1.0
206	3	1.0
207	3	0.0
208	3	2.0
209	3	2.5
210	3	0.0
211	3	1.0
212	3	3.5
213	3	0.5
214	3	3.0
215	3	4.0
216	3	2.5

```
;
proc glm;
   class ser;
   model er = ser;
   means ser/duncan;
run;
```

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
SER	3	1 2 3

Number of observations in data set = 216

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ER

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.14814815	3.57407407	1.60	0.2034
Error	213	474.40277778	2.22724309		
Corrected Total	215	481.55092593			

R-Square	C.V.	Root MSE	ER Mean
0.014844	92.898368	1.4923951	1.60648148

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ER

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SER	2	7.14814815	3.57407407	1.60	0.2034

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SER	2	7.14814815	3.57407407	1.60	0.2034

General Linear Models Procedure

Level of	ER		
SER	N	Mean	SD
1	72	1.62500000	1.36802006
2	72	1.81944444	1.87516301
3	72	1.37500000	1.13754740

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: ER

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 213 MSE= 2.227243

Number of Means	2	3
Critical Range	0.4941173	.51959466

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	SER
A	1.819	72	2
A			
A	1.625	72	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

General Linear Models Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	SER
A			
A	1.375	72	3

```
data data8;
   input typ spd ntu er @@;
cards;
```

OBS	TYP	SPD	NTU	ER
1	1	1	1	2.0
2	1	1	1	2.0
3	1	1	1	4.0
4	1	2	1	1.0
5	1	2	1	2.0
6	1	2	1	2.0
7	1	3	1	0.0
8	1	3	1	0.0
9	1	3	1	0.5
10	2	1	1	0.0
11	2	1	1	4.0
12	2	1	1	2.0
13	2	2	1	4.0
14	2	2	1	3.0
15	2	2	1	4.0
16	2	3	1	1.5
17	2	3	1	1.0
18	2	3	1	2.0
19	3	1	1	4.0
20	3	1	1	2.0
21	3	1	1	2.0
22	3	2	1	2.0
23	3	2	1	0.0
24	3	2	1	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25	3	3	1	2.0
26	3	3	1	0.5
27	3	3	1	1.5
28	1	1	2	2.0
29	1	1	2	4.0
30	1	1	2	0.0
31	1	2	2	0.0
32	1	2	2	1.0
33	1	2	2	0.0
34	1	3	2	1.0
35	1	3	2	0.0
36	1	3	2	1.0
37	2	1	2	4.0
38	2	1	2	4.0
39	2	1	2	4.0
40	2	2	2	0.0
41	2	2	2	0.0
42	2	2	2	1.0
43	2	3	2	0.0
44	2	3	2	2.0
45	2	3	2	0.0
46	3	1	2	4.0
47	3	1	2	0.0
48	3	1	2	4.0
49	3	2	2	0.0
50	3	2	2	1.0
51	3	2	2	1.0
52	3	3	2	3.0
53	3	3	2	0.0
54	3	3	2	1.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

55	1	1	3	2.0
56	1	1	3	2.0
57	1	1	3	2.0
58	1	2	3	0.0
59	1	2	3	1.0
60	1	2	3	1.0
61	1	3	3	0.5
62	1	3	3	0.0
63	1	3	3	0.5
64	2	1	3	0.0
65	2	1	3	4.0
66	2	1	3	2.0
67	2	2	3	2.0
68	2	2	3	3.0
69	2	2	3	1.0
70	2	3	3	2.0
71	2	3	3	2.0
72	2	3	2	0.5
73	3	1	3	0.0
74	3	1	3	0.0
75	3	1	3	2.0
76	3	2	3	2.0
77	3	2	3	0.0
78	3	2	3	0.0
79	3	3	3	2.5
80	3	3	3	0.5
81	3	3	3	1.5
82	1	1	4	0.0
83	1	1	4	4.0
84	1	1	4	0.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

85	1	2	4	1.0
86	1	2	4	1.0
87	1	2	4	0.0
88	1	3	4	0.0
89	1	3	4	0.5
90	1	3	4	0.5
91	2	1	4	2.0
92	2	1	4	4.0
93	2	1	4	2.0
94	2	2	4	2.0
95	2	2	4	2.0
96	2	2	4	2.0
97	2	3	4	1.0
98	2	3	4	2.5
99	2	3	4	0.5
100	3	1	4	4.0
101	3	1	4	2.0
102	3	1	4	2.0
103	3	2	4	3.0
104	3	2	4	0.0
105	3	2	4	2.0
106	3	3	4	2.0
107	3	3	4	0.5
108	3	3	4	1.0
109	1	1	5	2.0
110	1	1	5	4.0
111	1	1	5	0.0
112	1	2	5	1.0
113	1	2	5	0.0
114	1	2	5	0.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

115	1	3	5	0.5
116	1	3	5	0.0
117	1	3	5	1.0
118	2	1	5	0.0
119	2	1	5	4.0
120	2	1	5	0.0
121	2	2	5	1.0
122	2	2	5	2.0
123	2	2	5	2.0
124	2	3	5	2.5
125	2	3	5	2.5
126	2	3	5	1.0
127	3	1	5	2.0
128	3	1	5	0.0
129	3	1	5	0.0
130	3	2	5	2.0
131	3	2	5	1.0
132	3	2	5	1.0
133	3	3	5	3.0
134	3	3	5	0.0
135	3	3	5	2.5
136	1	1	6	0.0
137	1	1	6	2.0
138	1	1	6	0.0
139	1	2	6	1.0
140	1	2	6	0.0
141	1	2	6	1.0
142	1	3	6	0.0
143	1	3	6	0.5
144	1	3	6	0.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

145	2	1	6	2.0
146	2	1	6	4.0
147	2	1	6	2.0
148	2	2	6	0.0
149	2	2	6	1.0
150	2	2	6	0.0
151	2	3	6	1.5
152	2	3	6	2.5
153	2	3	6	2.0
154	3	3	8	5.5
155	3	3	8	7.5
156	3	3	8	4.0
157	3	1	6	2.0
158	3	1	6	2.0
159	3	1	6	0.0
160	3	2	6	3.0
161	3	2	6	0.0
162	3	2	6	2.0
163	3	3	6	4.5
164	3	3	6	7.0
165	3	3	6	2.5
166	1	1	7	2.0
167	1	1	7	4.0
168	1	1	7	2.0
169	1	2	7	1.0
170	1	2	7	0.0
171	1	2	7	2.0
172	1	3	7	0.5
173	1	3	7	0.5
174	1	3	7	0.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

175	2	1	7	0.0
176	2	1	7	6.0
177	2	1	7	2.0
178	2	2	7	1.0
179	2	2	7	2.0
180	2	2	7	2.0
181	2	3	7	0.5
182	2	3	7	2.5
183	2	3	7	1.0
184	3	1	7	2.0
185	3	1	7	0.0
186	3	1	7	2.0
187	3	2	7	2.0
188	3	2	7	1.0
189	3	2	7	0.0
190	3	3	7	5.0
191	3	3	7	7.5
192	3	3	7	3.5
193	1	1	8	2.0
194	1	1	8	2.0
195	1	1	8	2.0
196	1	2	8	1.0
197	1	2	8	1.0
198	1	2	8	1.0
199	1	3	8	0.5
200	1	3	8	0.0
201	1	3	8	0.5
202	2	1	8	0.0
203	2	1	8	4.0
204	2	1	8	2.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
205     2     2     8     3.0
206     2     2     8     2.0
207     2     2     8     2.0
208     2     3     8     2.5
209     2     3     8     2.0
210     2     3     8     3.0
211     3     1     8     2.0
212     3     1     8     0.0
213     3     1     8     0.0
214     3     2     8     2.0
215     3     2     8     1.0
216     3     2     8     1.0
;
 proc  anova;
   class typ spd ntu;
   model er = typ spd ntu  typ*spd  typ*ntu typ*spd*ntu;
   mean typ/duncan;
   run;
```

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TYP	3	1 2 3
SPD	3	1 2 3
NTU	8	1 2 3 4 5 6 7 8

Number of observations in data set = 216

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: ER

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	71	278.19675926	3.91826421	2.77	0.0001
Error	144	203.35416667	1.41218171		
Corrected Total	215	481.55092593			

R-Square	C.V.	Root MSE	ER Mean
0.577710	73.972376	1.1883525	1.60648148

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: ER

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TYP	2	37.12731481	18.56365741	13.15	0.0001
SPD	2	19.50925926	9.75462963	6.91	0.0014
NIU	7	14.84137159	2.12019594	1.50	0.1713
TYP*SPD	4	58.76851852	14.69212963	10.40	0.0001
TYP*NIU	14	21.52390619	1.53742187	1.09	0.3726
TYP*SPD*NIU	42	126.42638889	3.01015212	2.13	0.0005

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: ER

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 144 MSE= 1.412182

Number of Means	2	3
Critical Range	.39345181	.41373871

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TYP
A	1.924	72	2
A	1.875	72	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Analysis of Variance Procedure

Duncan Grouping	Mean	N	TYP
B	1.021	72	1

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดสอบมาตรอายุครบ 8 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขา ทุ่งมหา เมฆ

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	เฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	เฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	61	25.42	26.13				46	19.17	1
0.5	ใบพัด ก.	240	11	4.58	61.45	21	8.75	11.05	22	9.17	1
0.5	ใบพัด ข.	240	3	1.25	61.33	6	2.50	10.33	19	7.92	1
0.5	ลูกสูบ	240	31	12.92	16.13				32	13.33	25
0.5	ใบพัด ก.	240	14	5.83	29.46	21	8.75	10.26	11	4.58	25
0.5	ใบพัด ข.	240	9	3.75	34.05	5	2.08	7.60	18	7.50	25

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา ทุ่งมหาเมฆ

สาขา นนทบุรี

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	42	17.50	46.19				63	26.25	1
0.5	ใบพัด ก.	240	8	3.33	58.50	60	25	77.99	32	13.33	1
0.5	ใบพัด ข.	240	3	1.25	60.00	97	40.42	11.61	15	6.25	1
0.5	ลูกสูบ	240	20	8.33	18.30				50	20.83	25
0.5	ใบพัด ก.	240	17	7.08	31.15	47	19.58	11.40	16	6.67	25
0.5	ใบพัด ข.	240	3	1.25	66.33	69	28.75	10.30	13	5.42	25

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา นนทบุรี

สาขา บางกอกน้อย

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	47	19.58	43.19				108	45.00	1
0.5	ใบพัด ก.	240	5	2.08	49.60	40	16.67	11.30	12	5.00	1
0.5	ใบพัด ข.	240	5	2.08	31.25	75	31.25	10.27	13	5.42	1
0.5	ลูกสูบ	240	19	7.92	28.74				79	32.92	25
0.5	ใบพัด ก.	240	6	2.50	41.67	35	14.58	11.93	11	4.58	25
0.5	ใบพัด ข.	240	5	2.08	60.90	55	22.92	9.54	11	4.58	25

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา บางกอกน้อย

สาขา ตากสิน

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	480	82	17.08	26.95				47	9.79	1
0.5	ใบพัด ก.	480	16	3.33	36.63	117	24.38	15.68	15	3.13	1
0.5	ใบพัด ข.	480	9	1.88	42.89	58	12.08	8.93	12	2.50	1
0.5	ลูกสูบ	480	43	8.96	11.95				23	4.79	25
0.5	ใบพัด ก.	480	15	3.13	38.10	110	22.92	14.62	4	0.83	25
0.5	ใบพัด ข.	480	7	1.46	54.78	44	9.18	9.32	11	2.29	25

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา ตากสิน

สาขา บางเขน

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	เฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	เฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	58	24.17	42.41				58	24.17	1
0.5	ใบพัด ก.	240									1
0.5	ใบพัด ข.	240									1
0.5	ลูกสูบ	240	29	12.08	19.24				31	12.92	25
0.5	ใบพัด ก.	240									25
0.5	ใบพัด ข.	240									25

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา บางเขน

สาขา พญาไท

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	46	19.17	21.00				22	9.17	1
0.5	ใบพัด ก.	240	13	5.42	21.85	61	25.42	10.13	29	12.08	1
0.5	ใบพัด ข.	240	5	2.08	28.20	34	14.17	9.29	10	4.17	1
0.5	ลูกสูบ	240	29	12.08	8.70				10	4.17	25
0.5	ใบพัด ก.	240	8	3.33	32.56	42	21.67	9.92	14	5.83	25
0.5	ใบพัด ข.	240	4	1.67	40.50	20	8.33	9.10	9	3.75	25

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา พญาไท

สาขา พระโขนง

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	35	14.58	34.91				48	20.00	1
0.5	ใบพัด ก.	240	12	5.00	25.50	150	62.50	20.91	8	3.33	1
0.5	ใบพัด ข.	240	1	0.42	26.00	87	36.25	15.66	15	6.25	1
0.5	ลูกสูบ	240	19	7.92	16.08				50	20.83	25
0.5	ใบพัด ก.	240	2	0.83	30.75	162	67.50	18.95	4	1.67	25
0.5	ใบพัด ข.	240	3	1.25	53.83	73	30.48	13.48	13	5.42	25

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา พระโขนง

สาขา ภาษีเจริญ

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	34	14.17	33.82				37	15.42	1
0.5	ใบพัด ก.	240	5	2.08	54.80	72	30.00	10.58	13	5.42	1
0.5	ใบพัด ข.	240	5	2.08	47.50	32	13.33	11.25	13	5.42	1
0.5	ลูกสูบ	240	20	8.33	21.13				26	10.83	25
0.5	ใบพัด ก.	240	10	4.17	32.75	44	18.33	11.24	3	1.25	25
0.5	ใบพัด ข.	240	5	2.08	36.50	16	6.67	15.13	12	5.00	25

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา ภาษีเจริญ

สาขา แม้นศรี

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	63	26.25	17.9				40	16.67	1
0.5	ใบพัด ก.	240									1
0.5	ใบพัด ข.	240									1
0.5	ลูกสูบ	240	47	19.58	11.02				28	11.67	25
0.5	ใบพัด ก.	240									25
0.5	ใบพัด ข.	240									25

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขา แม้นศรี

สาขา สมุทรปราการ

เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	240	51	21.25	46.55				51	21.25	1
0.5	ใบพัด ก.	240	15	6.25	46.13	77	32.08	12.57	13	5.42	1
0.5	ใบพัด ข.	240	6	2.50	64.00	172	71.67	10.16	14	5.83	1
0.5	ลูกสูบ	240	16	6.67	25.84				39	16.25	25
0.5	ใบพัด ก.	240	9	3.75	38.94	89	37.08	11.30	5	2.08	25
0.5	ใบพัด ข.	240	4	1.67	52.75	102	42.50	10.98	13	5.42	25

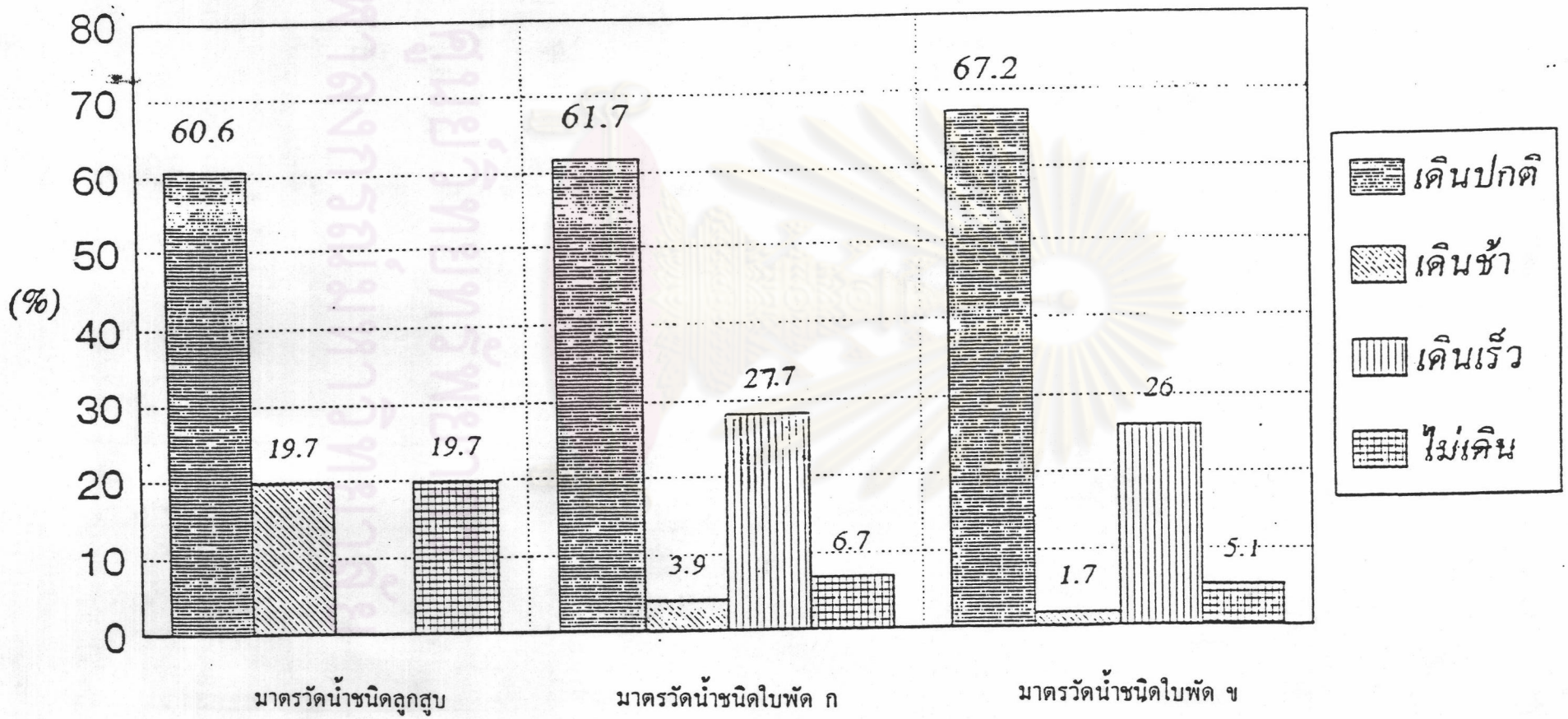
ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี สาขาสมุทรปราการ

รวมทุกสาขา

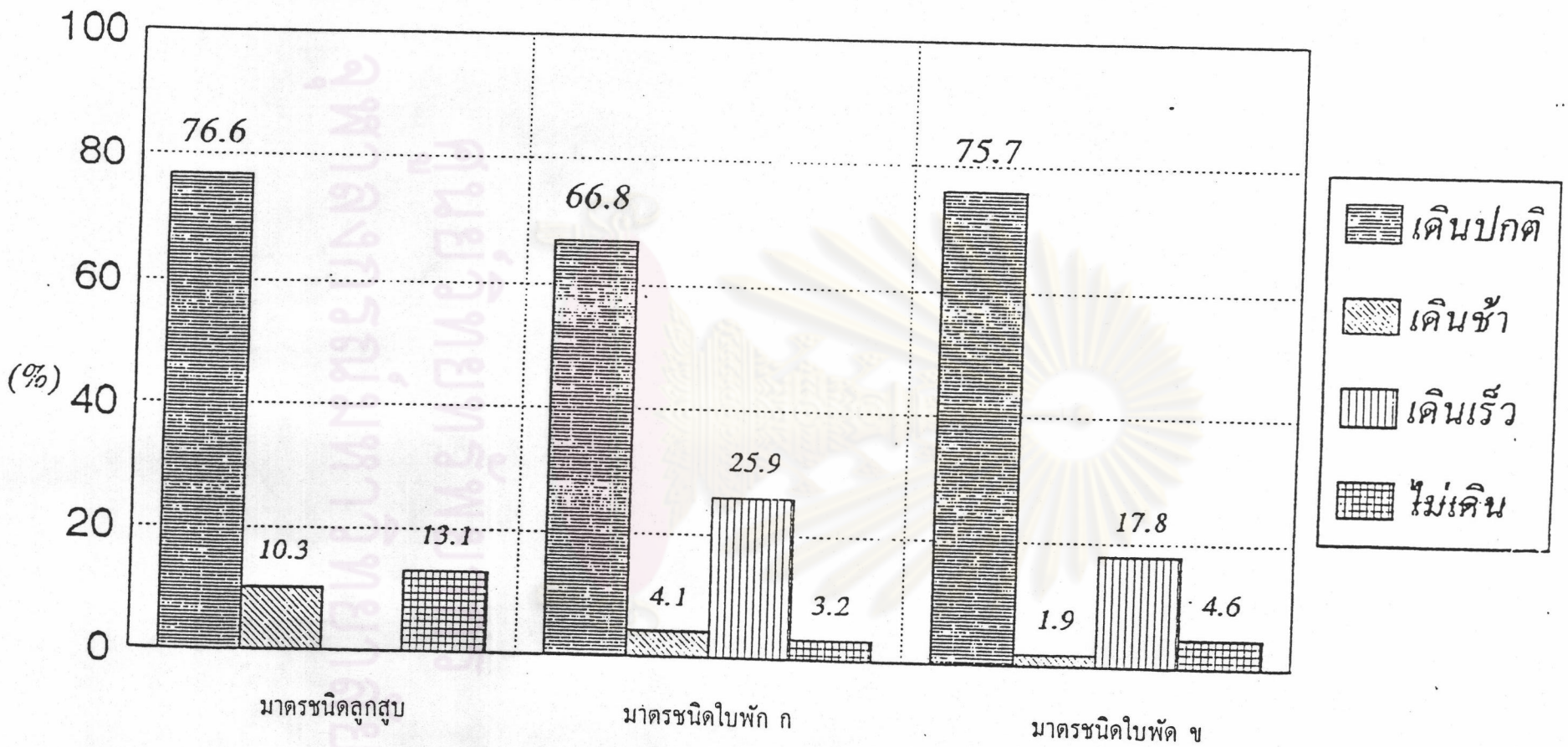
เส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ชนิด	จำนวนที่ทดสอบ (เครื่อง)	มาตรเดินผิดปกติ								ปริมาณน้ำปริมาณน้ำที่ทดสอบ (ลิตร/นาที)
			ช้า			เร็ว			ไม่เดิน		
			จำนวนที่เดินช้า	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลช้า/เครื่อง	จำนวนที่เดินเร็ว	คิดเป็นร้อยละ	ร้อยละเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลเร็ว/เครื่อง	จำนวนที่ไม่เดิน	คิดเป็นร้อยละ	
0.5	ลูกสูบ	2640	519	19.66	33.91				520	19.70	1
0.5	ใบพัด ก.	2160	85	3.94	44.31	598	27.69	21.68	144	6.67	1
0.5	ใบพัด ข.	2160	37	1.71	45.15	561	25.97	10.94	111	5.14	1
0.5	ลูกสูบ	2640	273	10.34	17.71				345	13.07	25
0.5	ใบพัด ก.	2160	89	4.12	39.42	560	25.93	12.45	68	3.15	25
0.5	ใบพัด ข.	2160	40	1.85	49.96	384	17.78	10.68	100	4.63	25

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดสอบมาตรใช้แล้วอายุ 8 ปี รวมทุกสาขา

ผลการทดสอบความเที่ยงตรงมาตรวัดน้ำขนาด 1/2" ที่มีอายุการใช้งาน 8 ปี
ที่อัตราไหลน้ำทดสอบ 1 ลิตร/นาที



ผลการทดสอบความเที่ยงตรงมาตรวัดน้ำขนาด 1/2" ที่มีอายุการใช้งาน 8 ปี
ที่อัตราไหลน้ำทดสอบ 25 ลิตร/นาที



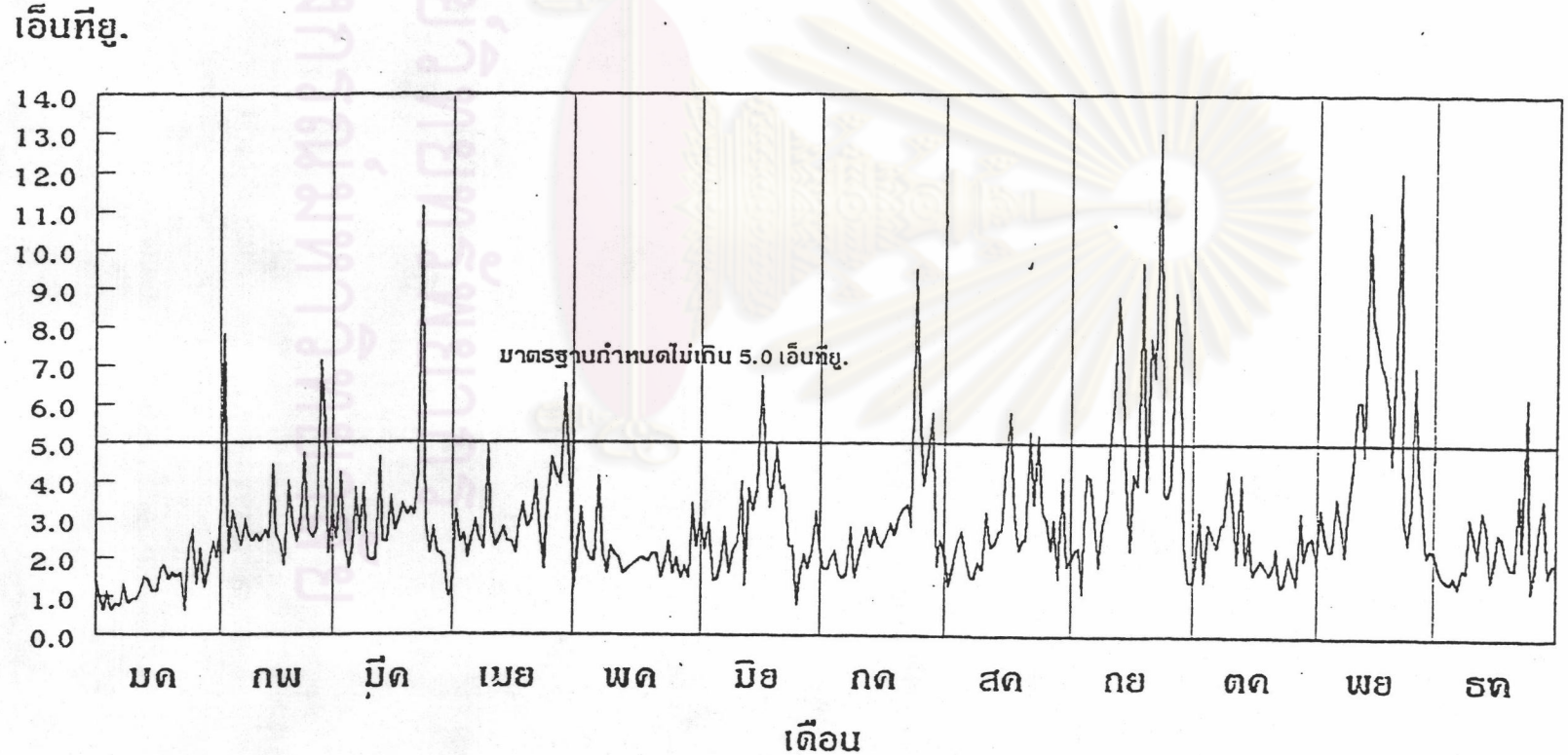
ภาคผนวก จ

ข้อมูลความขุ่นน้ำประปา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

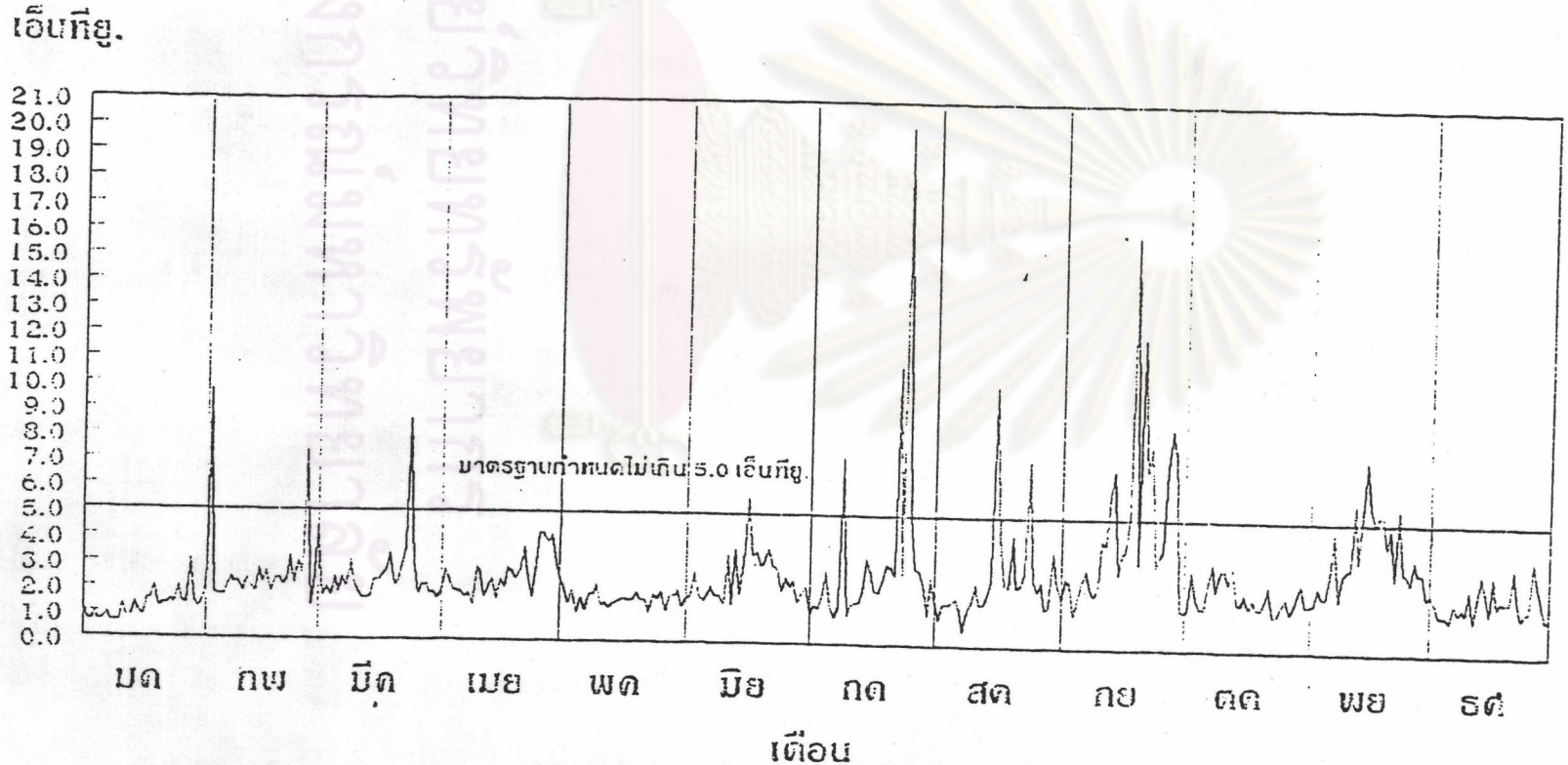
รูปที่ 1. ความขุ่นของน้ำประปา รส1

ในช่วงปี 2536



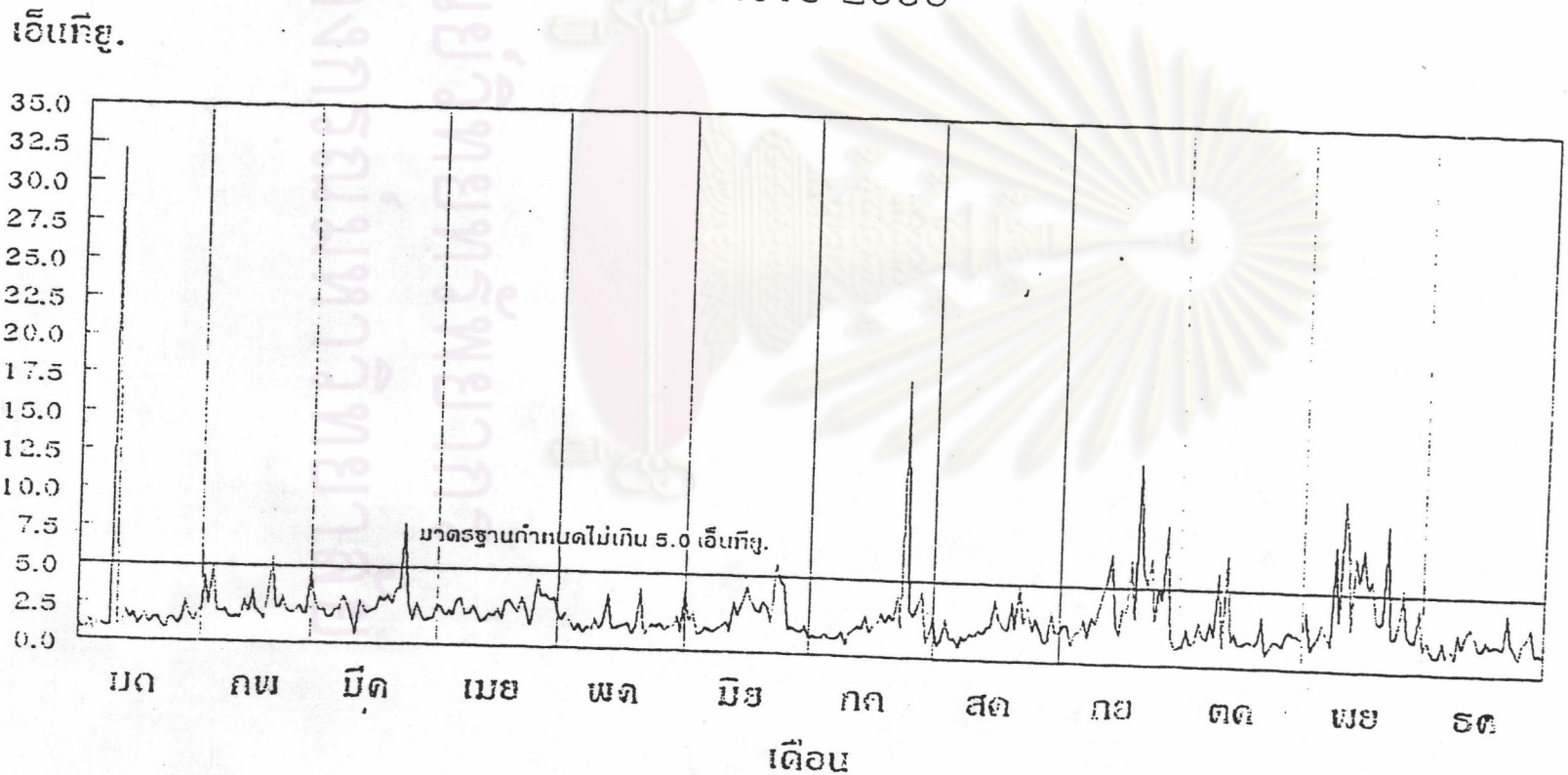
รูปที่ 2. ความขุ่นของน้ำประปา รส2

ในช่วงปี 2536



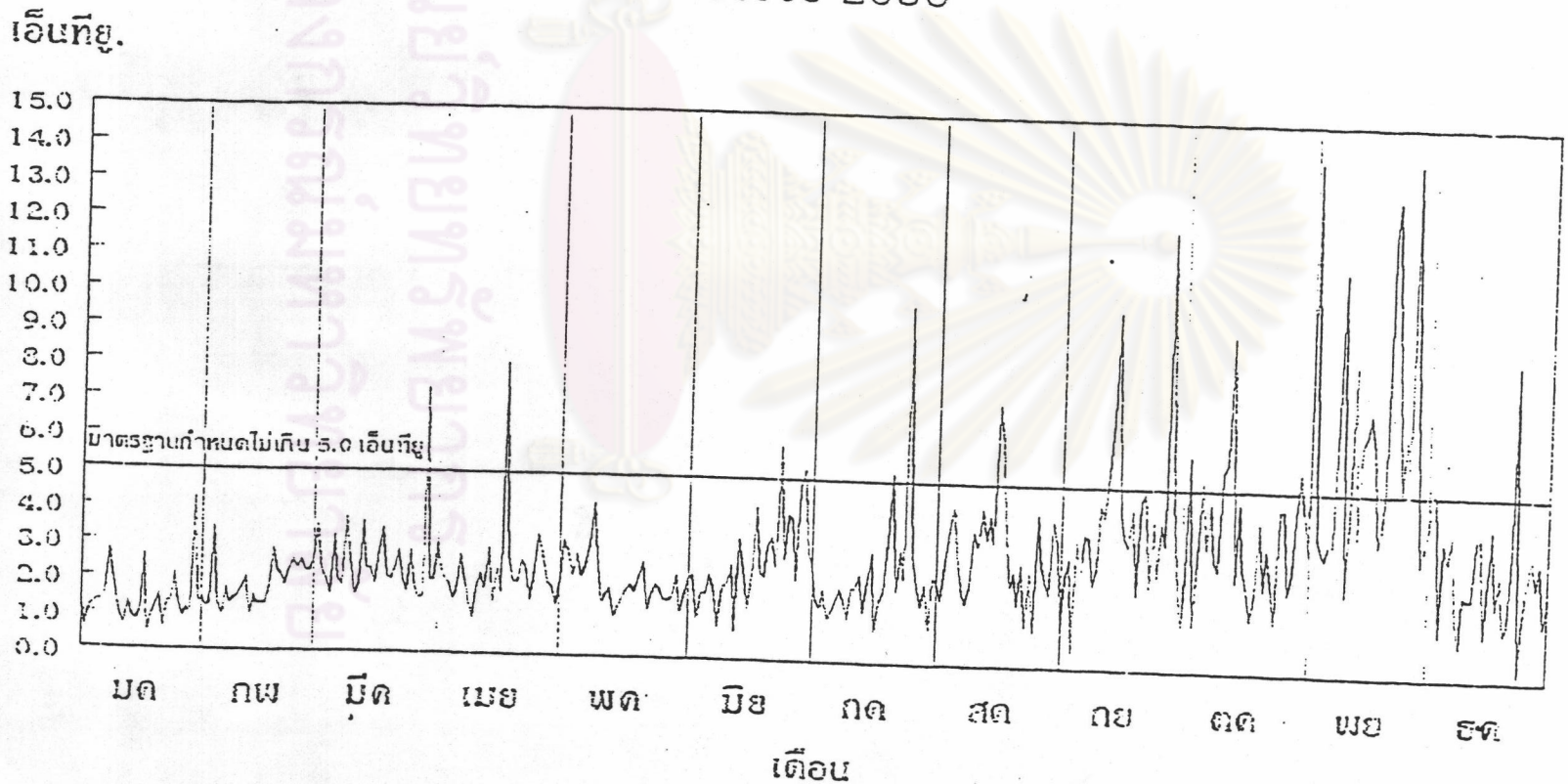
รูปที่ 3. ความขุ่นของน้ำประปา รส-2ก.

ในช่วงปี 2536



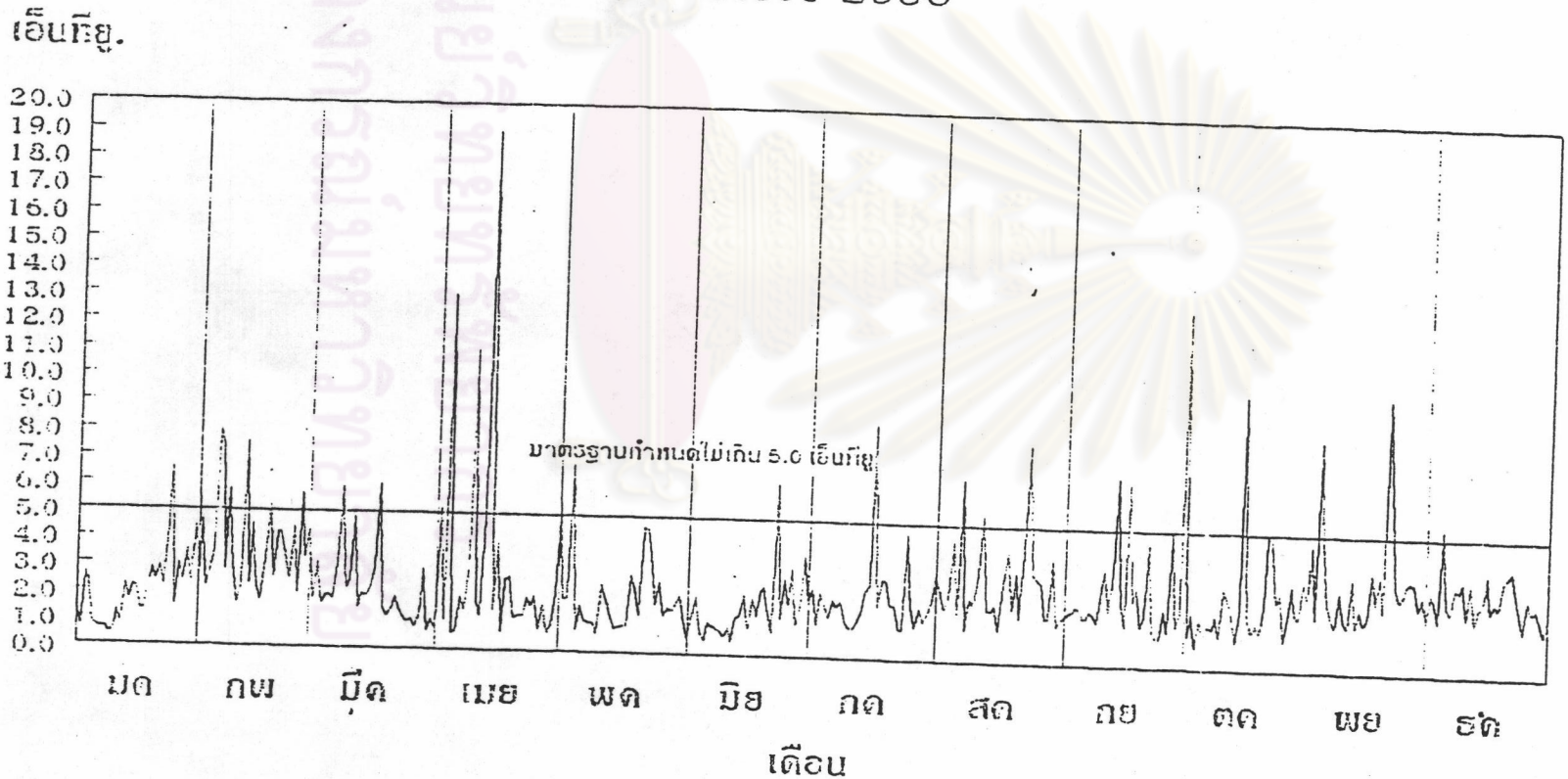
รูปที่ 4. ความขุ่นของน้ำประปา รส3

ในช่วงปี 2536



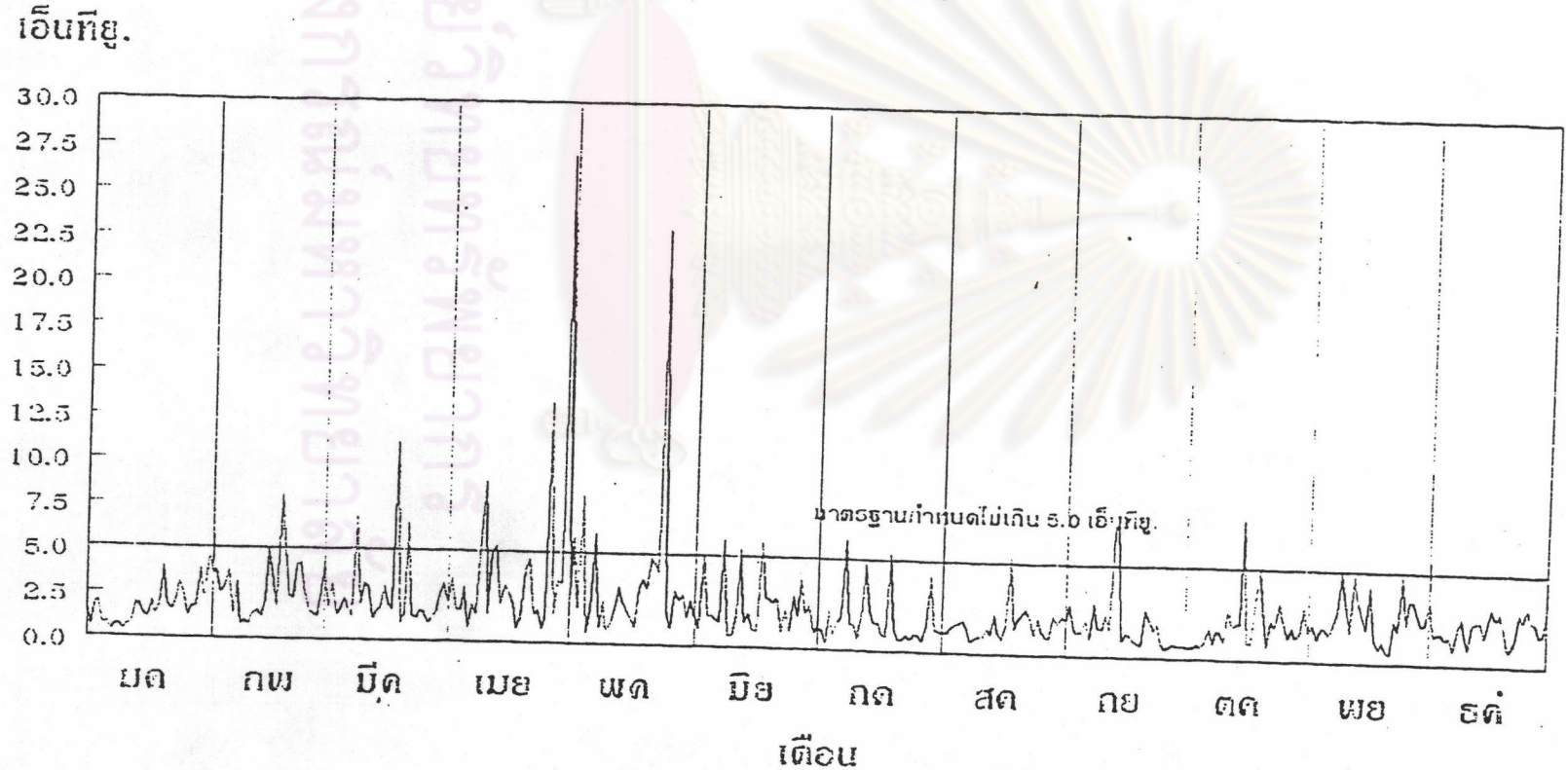
รูปที่ 5. ความขุ่นของน้ำประปา รส5

ในช่วงปี 2536



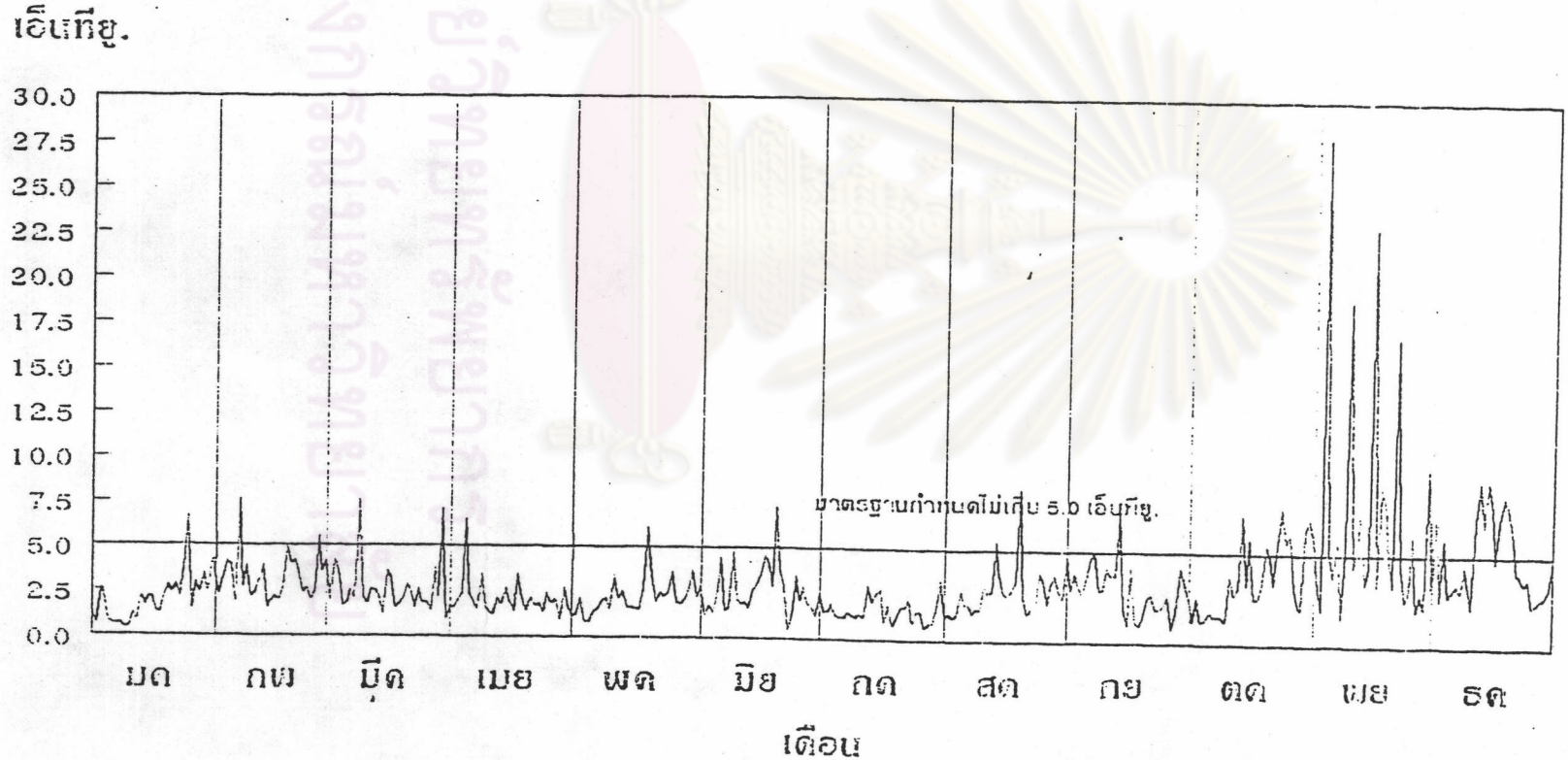
รูปที่ 6. ความขุ่นของน้ำประปา รส8

ในช่วงปี 2536



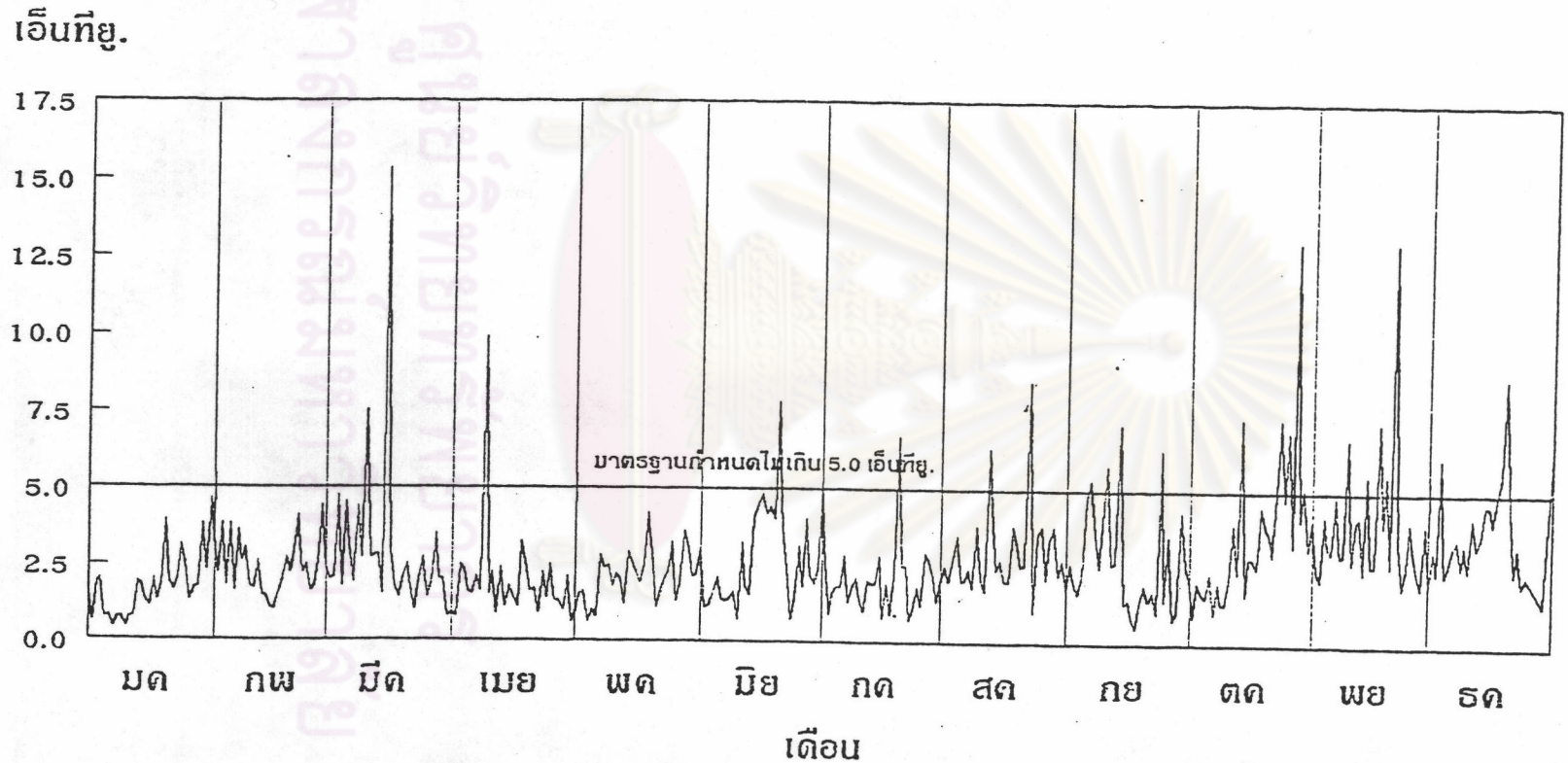
รูปที่ 7. ความขุ่นของน้ำประปา รส7

ในช่วงปี 2536



รูปที่ 8. ความขุ่นของน้ำประปา รส10

ในช่วงปี 2536



ภาคผนวก ฉ

Specification of Water Meters

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY

SPECIFICATION : ON WM 001/4 FOR WATER METERS

TYPE : DISPLACEMENT

SIZES : 1/2 INCH THROUGH 1 1/2 INCH.

SECTION 1 - GENERAL

Sec. 1.1 - Scope

This section covers the supply and delivery to the Metropolitan Waterworks Authority, Bangkok, Thailand of positive displacement nutating-disc or oscillating piston type water meters for Waterworks service, in accordance with the following specified requirements of design, capacity, operating conditions, materials and workmanship.

Sec. 1.2 - General Design

The general design of meters submitted under these Specifications shall be of the positive displacement nutating-disc or oscillating piston type of which the discs and pistons displace or carry over a fixed puantity of water for each nutation or oscillation when operated under the positive pressure. The drive from the measuring chamber to the register may be of the direct mechanical drive type provided with suitable sealing against water leakage to the exterior of the meter or of the magnetic drive type provided with suitable protection of the magnetic drive against externally applied magnetic fields, conditioned under horse shoe-shape magnet, having magnetic flux density of not less than 5,000 lines/cm^2. (total line of flux = 25,000 lines).

The meters shall be designed to register in cubic meters. Preference will be given to meters which can be speedily assembled and disassembled, with a minimum of locating positions and joints.

SECTION 2 - CAPACITY AND SIZE

Sec. 2.1 - Capacity and Head Loss

The meters shall meet the performance condition specified in Table I.

Sec. 2.2 - Size of Meter

The size of meter given in Table I - Column 1 is in terms of the minimum bore of the inlet and outlet flange or spud connections of the meter.

Sec. 2.3 - Overall Length with Union Type Couplings Fitted 1/2 in., 3/4 in., 1 in.Sizes

The overall length of the meter union type couplings fitted at the inlet and outlet connections shall be in accordance with the lengths and tolerances specified in Table II - Column 2 and shall be measured at the extreme ends of both couplings.

SECTION 3 - DETAILED DESIGN, MATERIALS AND MARKINGS

Sec. 3.1 - Spuds and Flanges

The inlet and outlet spuds or flanges shall be 180 apart and located in the same horizontal plane. The flanges and body of 1 1/2 in. meters shall be casted in one piece.

Flanges shall be drilled for bolt holes in accordance with ISO/R 2084 PN 10 "Flanges".

Sec. 3.2 - Materials

All parts shall be manufactured from materials which are capable of successfully resisting the conditions to which they will be exposed when installed on services connected to the MWA Water Supply. The meters will be exposed to weather and sunlight.

These parts of meters shall be made of the following materials:

- body of meters shall be copper alloy.
- casing of measuring chambers shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.
- casing of register chambers shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.
- lids shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.

All copper alloys specified in these Specifications shall have copper content of not less than 57 %. The Tenderer shall submit a certification of copper content of the alloy acceptable to the Authority. Castings shall not be repaired in any manner before submission to the Authority.

Sec. 3.3 - Markings

The size of the meter in mm. or inch. and the capacity in m^3./hr. may be engraved or casted on the exterior surface of the meter or plate sticked on the counter. The direction of flow arrow shall be engraved or casted on the exterior surface of the meter.

Each meter shall be stamped on a suitable prepared surface, free of paint etc., the abbreviation of the title of the Metropolitan Waterworks Authority "MWA" and a serial number as later instructed by the Authority. The serial number shall identify the individual meter as well as the year of delivery to the Authority, and the name of the manufacturer shall be casted in a suitable exterior surfaces.

The Authority will specify the colour to be painted on the exterior surface of the meter body at the time of signing the Contract.

Sec. 3.4 - Body Screws, Bolts. Nuts and Washers

All body screws, bolts, nuts and washers shall be manufactured from a copper alloy material and shall be designed to permit rapid fitting and removal.

Sec. 3.5 - Strainers & Sealings

Strainers shall be manufactured from corrosion resistant materials. The strainers shall not deform under service conditions and shall be easily removed for cleaning purposes. The total area of apertures in the strainers shall be at least double the area of the bore of the inlet coupling.

Meters shall be provided with a suitable device for sealing the meter with the seal fo the Authority.

Sec. 3.6 - Companion Flanges for 1 1/2 in. Meters

Companion flanges shall be supplied for mater of flanged outlet connections and shall be machined on the faces.

The companion flange shall be provided with an 1 1/2 in. B.S.P. internal thread.

Sec. 3.7 - Copulings for 1/2 in., 3/4 in. and 1 in. Meters.

Coupling shall be manufactured from copper alloy. A jointing washer of approved material shall be provided. The tail piece shall be threaded with a B.S.P. external thread of size equal to the specified size of the meter to which it is fitted.

This type of connection can also be applied to 1 1/2 in. meter.

Sec. 3.8 - Register

Register shall be provided with straight line reading dials for cubic meters indicating. The registers that indicate cubic meters shall not have any multiplying factor. The maximum indication of the digits and the minimum capacity of the registers, indicating in cubic meters, shall be as given in Table II - Column 3 and 4. A different in colour between the figures indicating cubic meters and parts of a cubic meter shall be provided.

The registers shall be of dry dial type or sealed and filled with a lubricating fluid type with pressure compensating device and sealed in order that the dials is clear and readable at all time. Within two years after acceptance of the meters any defect occurred in the register dials such as condensation, etc. and such defect created difficulty in the reading of the dial those meters shall be sent to the Supplier and/or his agent for corrective or repairing to the condition satisfactory and with no additional cost to the Authority. In the case there are other meters of same model and supplied under the same Contract of the defect meters which are not installed yet the Supplier and/or his agent shall take back and replace or correct all of these unused meters to comply with the Contract. If the Supplier and/or his agent can not supply the new one or correct these meters in the reasonable time, upon the notice of the Authority, the Supplier and/or his agent shall pay back the money which had been received from the Authority with the interest in the amount of 15 percent per year from the date the money received.

Sec. 3.9 - Measuring Chambers

Measuring Chambers shall be made of a copper alloy or of an approved non-metallic material and they shall be removable from the mater casing. The measuring chambers shall be truly and smoothly machined on the bearing jointing surfaces and the calibrations, in accordance with the specified rates of flow and accuracy in Table I, shall be maintained at the specified working pressure test of 10.00 kg/cm^2.

Sec. 3.10 - Pistons and Discs

The piston and disc shall be made of high-grade vulcanized hard rubber or other material equivalent in performance and stability. The piston and disc spindles shall be securely fastened in the pistons and shall be concentric and true to the working surfaces.

SECTION 4 - WATER TEMPERATURE RANGE AND REGISTRATION ACCURACY

Sec. 4.1 - Water Temperature Range

The meters shall be capable of registering the volume of water passed through the meters in accordance with the rates of flow and accuracy requirements of these Specifications when the water passed through the meter is not more than 40 ^{o}C

Sec. 4.2 - Registration Accuracy

The quantity of water registered at the meter dial shall be not less than 97 percent and not more than 103 percent of the quantity of water actually passed through the meter while the meter is being tested within the test flow limits specified in Table I - Column 4, and throughout the temperature range specified in Sec. 4.1.

SECTION 5 - PRESSURE TEST

Meters supplied under these Specifications shall operate without leakage or damage to any part at a working pressure of 10.00 kg/cm^2.

SECTION 6 - PERFORMANCE O METERS IN SERVICE

Meters shall show no defects in materials or workmasship for a period of two years guarantee period from the date of acceptance. During this two years period, the Supplier shall replace and/or repair the defective meters at no additional cost to the Authority. The Supplier shall take those meters within 15 days after receiving the notification and return them within 30 days from the date of receiving the defective meters.

The Supplier shall bear all costs of replacement and/or repair of the defective meters including the transportation cost for delivering the meters from and to the Authority. In case the detects occur after installation, the Supplier shall compensate all costs of instalation and disconnection of the meters to the Authority.

SECTION 7 - REJECTION OF METERS

The meters which do not comply with these Specifications shall be rejected. In case that the rejected meters are proved out to be more than 15 percents of the meters delivered, the whole lot shall be rejected and in this case the Authority reserves the right to disqualify the meters of that model in the future procurements.

SECTION 8 - SAMPLE METERS

The Tenderer shall submit a sample at no cost to the Authority, for each size and model of meter intended to be supplied under these Specifications. The Authority reserves the right to dismantle the sample meter without any claims of costs by the Tenderers.

The sample meters shall be affixed with the name of the Tenderer, the number of tender invitation and the date of submittal.

The sample meters submitted by the Successful Tenderer will be retained by the Authority. The return of other sample meters will be in the same manner as those specified for the return of Tender Securities. The Authority will not be responsible for the less or damages of the sample maters.

SECTION 9 - CERTIFICATES OF TESTS AND GENERAL INFORMATION ON METERS SUBMITTED

The Tenderer shall submit to the Authority with the tender, certificates or documents received from the Authority or a recognized institute certifying that the model and size of the meters intended to be supplied have passed the accelerated endurance test as stated hereafter or any other comparable test acceptable to the Authority.

The accelerated endurance test should cover the following items respectively.

(1) The first accuracy test in accordance with Sec. 4.2 "Registration Accuracy" of these Specifications or equivalent.

(2) Discontinuous test consists of passing a volume of water at normal flowrate for 100,000 interruption numbers. The duration of pauses is 15 sec. and the period of operation at test flowrate is 15 sec.

(3) Final accuracy test in the same manner as item (1)

Failure to submit the said certificate will result in disqualification of the Tender.

The manufacturing certificates are also required with the graphs covering accuracy and loss of head tests of the meters submitted.

All necessary information as to the design and manufacture of the meters intended to be supplied under these Specifications shall be submitted with the Tender.

Drawings showing details of the main external dimensions of the body, coupling or flange where applicable, shall also be submitted with the Tender.

SECTION 10 - SPARE PARTS

The Tenderer shall submit & price quotation of all parts of the meter. The ratio of the total cost of all parts of a meter to the cost of the whole unit of the meter shall not exceed unity. The recommendation from the manufacturer indicating the percentage of each item of the spare parts to be retained shall also be provided.

The price quotation shall be firm and the Authority reserves the right to purchase some or all items of parts and to any amount during the life of the Contract. The Supplier shall deliver the spare parts to the Authority within 120 days after receiving the notice to purchase from the Authority.

SECTION 11 - PACKING

Water meter and their appurtenances shall be packed together and supplied in wooden container. The containers that have gross weight including water meters more than 50 kilograms shall have pallet for being carried by fork-lift. A container shall contain only one size of water meter.

Each container shall bear the following information in English:

- Name and address of consignee.
- Quantity and nature of the contents.
- Size.
- Weight.
- No. of contract and installment.
- Year of manufacture.
- Serial number of meters.

SECTION 12 - TRANSPORTING AND DELIVERY

Supplier shall deliver, unload, open/expose for inspection as required by the Authority and stack all water maters and appurtenances at the storage sites to be designated by the Authority.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Displacement Type

TABLE I

1	2	3	4
METER SIZE	MINIMUM CAPACITY AT MAXIMUM HEAD LOSS	MAXIMUM HEAD LOSS	TEST FLOW LIMITS
mm.	m3./hr.	kg/cm2.	litres per hour
13 (1/2 in.)	3.0	1.0	30 - 3,000
19 (3/4 in.)	5.0	1.0	50 - 5,000
25 (1 in.)	7.0	1.0	70 - 7,000
38 (1 1/2 in.)	11.0	1.0	110 - 11,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Displacement Type

TABLE II

1	2	3	4
METER SIZE	Overall Length Between ends of Fitted Coupling ± 2.5 mm.	Maximum Indication of Initial Dial	Minimum Capacity of Register
mm.	mm.	m^3.	m^3.
13 (1/2 in.)	248	0.01	9,999
19 (3/4 in.)	311	0.01	9,999
25 (1 in.)	381	0.01	9,999
38 (1 1/2 in.)	*	0.01	99,999

* Not specified

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Engineering Standard Division

February 1986

METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY

SPECIFICATION : NO WM 002/3 FOR WATER METERS

TYPE : TURBINE

SIZES : 1/2 INCH THROUGH 1 1/2 INCH.

SECTION 1 - GENERAL

Sec. 1.1 - Scope

This section covers the supply and delivery to the Metropolitan Waterworks Authority, Bangkok, Thailand of turbine type water meters for Waterworks service, in accordance with the following specified requirements of design, capacity, operating conditions, materials and workmanship.

Sec. 1.2 - General Design

The General design of meters submitted under these Specifications shall be of the turbine type operated by force of flowing water striking the blades. The flow of water in measuring chamber shall be of multiple jet type. The drive from the measuring chamber to the register may be of the direct mechanical drive type or of the magnetic drive against externally applied magnetic fields, conditioned under horse shoe-shape magnet, having magnetic flux density of not less than 5,000 lines/cm^2. (total line of flux = 25000 lines).

Preference will be given to meters of the interchangeable machanism type i.e. meters in which the complete operating or calibrating mechanism can be withdrawn from the meter body for maintenance without the necessity for removal of the complete meter body from the service connections. The meters shall be designed to register in cubic meters.

SECTION 2 - CAPACITY AND SIZE

Sec. 2.1 - Capacity and Head Loss

The meters shall meet the performance condition specified in Table I.

Sec. 2.2 - Size of Meter

The size of meter given in Table I - Column 1 is in terms of the minimum bore of the inlet and outlet flange or spud connections of the meter.

Sec. 2.3 - Overall Length with Union Type Couplings Fitted 1/2 in., 3/4 in., 1 in. Sizes

The overall length of the meter union type couplings fitted at the inlet and outlet connections shall be in accordance with the lengths and tolerances specified in Table II - Column 2 and shall be measured at the extreme ends of both couplings.

SECTION 3 - DETAILED DESIGN, MATERIALS AND MARKINGS

Sec. 3.1 - Spuds and Flanges

The inlet and outlet spuds or flanges shall be 180 apart and located in the same horizontal plane. The flanges and body of 1 1/2 in. meters shall be casted in one piece.

Flanges shall be drilled for bolt holes in accordance with ISO/R 2084 PN 10 "Flanges".

Sec. 3.2 - Materials

All parts shall be manufactured from materials which are capable of successfully registing the conditions to which they will be exposed when installed on services connected to the MWA Water Supply. The meters will be exposed to weather and sunlight.

Turbine Type

These parts of meters shall be made of the following materials:

- body of meters shall be copper alloy.

- casing of measuring chambers shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.

- casing of register chambers shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.

- lids shall be copper alloy or suitable synthetic polymer.

All copper alloy or suitable synthetic oplymer. have copper content of not less than 57 %. The Tenderer shall submit a certification of copper content of the alloy acceptable to the Authority. Castings shall not be repaired in any manner before submission to the Authority.

Sec. 3.3 - Markings

The size of the meter in mm. or inch. and the capacity in m^3./hr. may be engraved or casted on the exterior surface of the meter or plate sticked on the counter. The direction of flow arrow shall be engraved or casted on the exterior surface of the meter.

Each meter shall be stamped on a suitably prepared surface, free of paint etc.. The abbreviation of the title of the Metropolitan Waterworks Authority "MWA" and a serial number as later instructed by the Authority. The serial number shall identify the individual meter as well as the year of delivery to the Authority, and the name of the manufacturer shall be casted in a suitable exterior surfaces.

The Authority will specify the colour to be painted on the exterior surface of the meter body at the time of signing the Contract.

Sec. 3.4 - Body Screws, Bolts, Nuts and Washers

All body screws, bolts, nuts and washers shall be manufactured from a copper alloy material and shall be designed to permit rapid fitting and removal.

Sec. 3.5 - Strainers & Sealing

Strainers shall be manufactured from a corrosion resistant materials. The strainers shall not deform under service conditions and shall be easily removed for cleaning purposes.

Maters shall be provided with a suitable device for sealing the meter with the seal of the Authority.

Sec. 3.6 - Companion Flanges for 1 1/2 in. Meters

Companion flanges shall be supplied for meter outlet connections and shall be machined on the faces.

The companion flanges shall be provided with an 1 1/2 in. B.S.P. internal thread.

Sec. 3.7 - Couplings for 1/2 in., 3/4 in. and 1 in. Meters

Coupling shall be manufactured from copper alloy. A jointing washer of approved material shall be provided. The tail piece shall be threaded with a B.S.P. external thread of size equal to the specified size of the meter to which it is fitted.

This type of connection can also be applied to 1 1/2 in. meter.

Sec. 3.8 - Register

Register shall be provided with straight line reading dials for cubic meters indicating. The registers that indicate cubic meters shall not have any multiplying factor. The maximum indication of the digits and the minimum capacity of the registers, indicating in cubic

meters, shall be as given in Table II - Column 3 and 4. A different in colour between the figures indicating cubic meters and parts of a cubic meter shall be provided.

The registers shall be of dry dial type or sealed and filled with a lubricating fluid type with pressure compensating device and sealed in order that the dials is clear and readable at all time. Within two years after acceptance of the meters any defect occurred in the register dials such as condensation, etc. and such defect created difficulty in the reading of the dial those meters shall be sent to the Supplier and/or his agent for corrective or repairing to the condition satisfactory and with no additional cost to the Authority. In the case there are other meters of same model and supplied under the same Contract of the defect meters which are not installed yet the Supplier and/or his agent shall take back and replace or correct all of these unused meters to comply with the Contract. If the Supplier and/or his agent can not supply the new one or correct these meters in the reasonable time, upon the notice of the Authority, the Supplier and/or his agent shall pay back the money which had been received from the Authority with the interest in the amount of 15 percent per year from the date the money received.

Sec. 3.9 - Calibrating Section

Any provision for calibration adjustment is not necessary, but if any, it shall be provided within the body.

Sec. 3.10 - Measuring Chambers or Cages

Measuring chambers shall be made of a copper alloy or of an approved non-metallic material and they shall be removable from the meter casing. The measuring chambers shall be truly and smoothly

machined on the bearing and jointing surfaces and the calibrations, in accordance with the specified working pressure test of 10.00 kg/cm^2.

The measuring chambers shall be self-contained units firmly seated and easily detached and removed from the main case.

Sec. 3.11 - Turbines

A Turnine shall be made of vulcanized hard rubber or other suitable synthetic polymer having sufficient rigidity and strength to operate at the rated capacity of the meter, and shall be as near the specific gravity of water as possible. Measuring turbines having revolving spindles shall rotate on spindles supported by bushings or replaceable bearing. Turbines which rotate on stationary spindles shall also have bushing or replaceable bearing.

SECTION 4 - WATER TEMPERATURE RANGE AND REGISTRATION ACCURACY

Sec. 4.1 - Water Temperature Range

The meters shall be capable of registering the volume of water passed through the meters in accordance with the rates of flow and accuracy requirements of these Specifications when the water passed through the meter is not more than 40 $^{\circ}$C

Sec. 4.2 - Registration Accuracy

The quantity of water registered at the meter dial shall be ± 2 percent and ± 5 percent of the quantity of water actually passed through the meter while the meter is being tested within the test flow limits specified in Table I - Column 4 and 5 respectively and throughout the temperature range specified in Sec. 4.1.

SECTION 5 - PRESSURE TEST

Meters supplied under these Specifications shall operate whthout leakage or damage to any part at a working pressure of 10.00 kg/cm^2.

SECTION 6 - PERFORMANCE OF METERS IN SERVICE

Meters shall show no defects in materials or workmanship for a period of two years guarantee period from the date of acceptance. During this two years period, the Supplier shall replace and/or repair the defective meters at no additional cost to the Authority. The Supplier shall take those meters within 15 days after receiving the notification and return them within 30 days from the date of receiving the defective meters.

The Supplier shall bear all costs of replacement and/or repair of the defective meters including the transportation cost for delivering the meters from and to the Authority. In case the defects occur after installation, the Supplier shall compensate all costs of installation and disconnection of the meters to the Authority.

SECTION 7 - REJECTION OF METERS

The meters which do not comply with these Specifications shall be rejected. In case that the rejected meters are proved out to be more than 15 percents of the meters delivered, the whole lot shall be rejected and in this case the Authority reserves the right to disqualify the meters of that model in the future procurements.

SECTION 8 - SAMPLE METERS

Turbine Type

The Tenderer shall submit a sample at no cost to the Authority, for each size and model of meter intended to be supplied under these Specifications. The Authority reserves the right to dismantle the sample meter without any claims of costs by the Tenderers.

The sample meters shall be affixed with the name of the Tenderer, the number of tender invitation and the date of submittal.

The sample meters submitted by the Successful Tenderer will be retained by the Authority. The return of other sample meters will be in the same manner as those specified for the return of Tender Securities. The Authority will not be responsible for the less or damages of the sample maters.

SECTION 9 - CERTIFICATES OF TESTS AND GENERAL INFORMATION ON METERS SUBMITTED

The Tenderer shall submit to the Authority with the tender, certificates or documents received from the Authority or a recognized institute certifying that the model and size of the meters intended to be supplied have passed the accelerated endurance test as stated hereafter or any other comparable test acceptable to the Authority.

The accelerated endurance test should cover the following items respectively.

(1) The first accuracy test in accordance with Sec. 4.2 "Registration Accuracy" of these Specifications or equivalent.

(2) Discontinuous test consists of passing a volume of water at normal flowrate for 100,000 interruption numbers. The duration of pauses is 15 sec. and the period of operation at test flowrate is 15 sec.

(3) Final accuracy test in the same manner as item (1)

Failure to submit the said certificate will result in disqualification of the Tender.

The manufacturing certificates are also required with the graphs covering accuracy and loss of head tests of the meters submitted.

All necessary information as to the design and manufacture of the meters intended to be supplied under these Specifications shall be submitted with the Tender.

Drawings showing details of the main external dimensions of the body, coupling or flange where applicable, shall also be submitted with the Tender.

SECTION 10 - SPARE PARTS

The Tenderer shall submit & price quotation of all parts of the meter. The ratio of the total cost of all parts of a meter to the cost of the whole unit of the meter shall not exceed unity. The recommendation from the manufacturer indicating the percentage of each item of the spare parts to be retained shall also be provided.

The price quotation shall be firm and the Authority reserves the right to purchase some or all items of parts and to any amount during the life of the Contract. The Supplier shall deliver the spare parts to the Authority within 120 days after receiving the notice to purchase from the Authority.

SECTION 11 - PACKING

Water meter and their appurtenances shall be packed together and supplied in wooden container. The containers that have gross weight including water meters more than 50 kilograms shall have pallet for being carried by fork-lift. A container shall contain only one size of water meter.

Each container shall bear the following information in English:

- Name and address of consignee.
- Quantity and nature of the contents.
- Size.
- Weight.
- No. of contract and installment.
- Year of manufacture.
- Serial number of meters.

SECTION 12 - TRANSPORTING AND DELIVERY

Supplier shall deliver, unload, open/expose for inspection as required by the Authority and stack all water maters and appurtenances at the storage sites to be designated by the Authority.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Turbine Type

TABLE I

1	2	3	4	5
METER SIZE	MINIMUM CAPACITY AT MAXIMUM HEAD LOSS	MAXIMUM HEAD LOSS	MAXIMUM TEST FLOW LIMITS AT ± 2% ACCURACY	MINIMUM TEST FLOW LIMITS AT ± 5% ACCURACY
mm.	m^3./hr.	kg/cm^2	litres per hour	litres per hour
13 (1/2 in.)	3.0	1.0	150 - 3,000	45
19 (3/4 in.)	5.0	1.0	250 - 5,000	75
25 (1 in.)	7.0	1.0	350 - 7,000	105
38 (1 1/2 in.)	11.0	1.0	500 - 11,000	150

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายสุนทร องสุพันธ์กุล เกิดวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ.2510 ที่อำเภอ สวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา พ.ศ. 2532

ปัจจุบันเป็นพนักงานบริษัท สุทีนพ จำกัด ในตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายการตลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย