ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness)

นายวุฒิพล เล้าอรุณ*

ความกระด้างของน้ำเกิดจากธาตุโลหะที่อยู่ในสภาพไอออนที่มีประจุบวก (Cation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพไอออนที่มีประจุ +2 เช่น แคลเซียมไอออน(Ca^{2+}), แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นต้น และอาจมีธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก(II)ไอออน(Fe^{2+}), แมงกานีส(II)ไอออน(Mn^{2+}) และ สทรอนเซียมไอออน (Sr^{2+}) แต่มีอยู่ในปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของ Ca^{2+} และ Mg^{2+}

สาเหตุที่น้ำมีความกระด้าง เกิดจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ หรือที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์บนชั้นหน้าดินของแบคทีเรียรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก(Carbonic acid)ซึ่งเป็นกรดอ่อนเมื่อไหลซึมไปสัมผัสกับชั้นหินที่เป็นด่าง โดยเฉพาะชั้นหินปูนซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) เป็นองค์ประกอบหลักจะละลายหินปูนมากับน้ำทำให้มีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} มากขึ้นส่งผลให้ความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้น

ดังนั้น คำจำกัดความของความกระด้างของน้ำจะแทนค่าด้วยความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยจะแสดงในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l as $CaCO_3$) อย่างไรก็ตามถ้าไอออนตัวอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมากก็จะต้องคิดรวมด้วย โดยสามารถจัดแบ่งระดับคุณลักษณะของน้ำตามความกระด้างดังนี้

ตารางที่1 ตารางแสดงเกณฑ์ความกระด้างของน้ำ

เกณฑ์ความกระด้างของน้ำ	**ปริมาณความกระด้างของน้ำ(mg/l as $CaCO_3$)**
น้ำอ่อน	0-75
น้ำค่อนข้างกระด้าง	75-150
น้ำกระด้าง	150-300
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 300

ความกระด้างไม่มีผลเชิงลบต่อสุขภาพ จึงไม่มีการกำหนดค่าสูงสุดของความกระด้าง ในเกณฑ์แนะนำองค์การอนามัยโลก มาตรฐานอุตสาหกรรม(มอก.) มาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

*วท.บ.(เคมี)นักวิทยาศาสตร์ 5 ส่วนตรวจสอบเฝ้าระวัง(น้ำประปา) กองวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำประสบการณ์ด้านคุณภาพน้ำ พ.ศ.2538 - ปัจจุบัน

เกณฑ์ปกติในกระบวนการผลิตน้ำประปาผลิตจ่ายจะควบคุมความกระด้างสุดท้ายอยู่ในช่วง 70 ถึง 120 mg/l as$CaCO_3$ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเส้นท่อและเพื่อประโยชน์ในการซักล้าง หากความกระด้างน้อยกว่านี้จะเกิดการกัดกร่อนสูงเนื่องจากเป็นน้ำอ่อน และความกระด้างสูงสบู่จะไม่เกิดฟองทำให้สิ้นเปลืองสบู่

<u>ประเภทของความกระด้าง</u>

ความกระด้างในน้ำที่มีอยู่ทุกประเภท จะรวมเรียกว่า ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) แบ่งตามไอออนที่มีอยู่ในน้ำได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบ่งตามไอออนประจุลบที่มีอยู่ในน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท
   1.1. ความกระด้างคาร์บอเนต หรือความกระด้างชั่วคราว (Carbonate Hardness or Temporary Hardness) ซึ่งได้แก่ คาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) โดยส่วนใหญ่ในน้ำจะเป็นจำพวก HCO_3^- ซึ่งเมื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถกำจัดความกระด้างประเภทนี้ได้ (เมื่อถูกความร้อนจะตกตะกอนกลายเป็นหินปูน)
   1.2. ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต หรือความกระด้างถาวร (Non-Carbonate Hardness or Permanent Hardness) ซึ่งได้แก่ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งความกระด้างประเภทนี้จะไม่สามารถถูกกำจัดได้ ต้องใช้วิธีทางเคมีในการแก้ไข

ในกรณีที่น้ำนั้นมีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} น้อยแต่มีปริมาณของโซเดียมไอออน (Na^+) สูงมากเพียงพอก็จะทำให้น้ำนั้นไม่เป็นฟองกับสบู่ได้ เรียกว่า ความกระด้างเทียม (Pseudo Hardness)

2. แบ่งตามไอออนประจุบวกในน้ำ ส่วนใหญ่เป็น Ca^{2+} เรียกว่า Calcium Hardness และ Mg^{2+} เรียกว่า Magnesium Hardness

<u>ความสัมพันธ์ของ ความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity) และ ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness)</u>

ในน้ำธรรมชาติทั่วไปซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ค่า Alkalinity ก็คือค่า Carbonate Hardness (HCO_3^- , CO_3^{2-}) สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง Alkalinity และ Hardness ได้ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1

เมื่อ Total Alkalinity $<$ Total Hardness

Carbonate Hardness (mg/l) = Total Alkalinity (mg/l)

Non-Carbonate Hardness (mg/l) = Total Hardness (mg/l) – Carbonate Hardness (mg/l)

เงื่อนไขที่ 2

เมื่อ Total Alkalinity $\geq$ Total Hardness

Carbonate Hardness (mg/l) = Total Hardness (mg/l)

Non-Carbonate Hardness (mg/l) = 0

<u>กระบวนการกำจัดความกระด้าง</u>

1) การกำจัดความกระด้างของน้ำด้วยปูนขาว-เถ้าโซดา(โซดาซักผ้า) (Lime-soda ash softening)

เนื่องจาก Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นสารส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดความกระด้าง วิธีการนี้จะใช้หลักการของปฏิกิริยาการก่อตะกอน(Precipitation) เพื่อทำให้สารทั้งสองเป็นของแข็งแยกตัวออกจากน้ำโดยทำให้ Ca^{2+} อยู่ในรูป $CaCO_3$(s) และ Mg^{2+}อยู่ในรูป $Mg(OH)_2$ (s) ดังปฏิกิริยา

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow CaCO_3(s)$$

และ

$$Mg^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

ด้วยวิธีการนี้ สารเคมีสำคัญที่เราเติมลงไปในน้ำคือ

- CO_3^{2-} จะมาจากเถ้าโซดา(โซดาซักผ้า) (soda ash) ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า Sodium Carbonate (Na_2CO_3)
- OH^- ได้มาจาก น้ำปูนขาว ซึ่งก็คือ Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$) แต่ในทางปฏิบัติ เราจะใช้ผงปูนขาว (Calcium oxide: CaO) มาผสมน้ำให้ละลายได้ $Ca(OH)_2$

ในการก่อตะกอน $CaCO_3$ ค่า pH ของน้ำจะต้องสูงถึง 10.3 ในขณะที่การก่อตะกอนของ $Mg(OH)_2$ จะต้องใช้ค่า pH สูงถึง 11 นอกจากนั้น ถ้าน้ำมีสาร Alkalinity (HCO_3^- หรือ CO_3^{2-}) ไม่เพียงพอต่อการก่อตะกอนของ $CaCO_3$ จะต้องมีการเติม CO_3^{2-} ลงไปในน้ำ ซึ่งได้แก่เถ้าโซดานั่นเอง (Na_2CO_3) จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการกำจัดความกระด้าง Non-Carbonate Hardness สูงกว่า Carbonate Hardness มาก เนื่องจากต้องเติม Na_2CO_3 เพิ่มลงไป ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงยินยอมให้มี Non-Carbonate Hardness อยู่ในน้ำได้บ้าง ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ นั่นก็คือ อยู่ในช่วงน้ำอ่อนถึงน้ำกระด้างปานกลาง

วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดต่างๆและค่อนข้างยุ่งยาก ไม่สามารถกำจัดความกระด้างได้ทั้งหมด (100%) เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น

- น้ำที่ผ่านการเติมปูนขาว (Calcium oxide: CaO) และเถ้าโซดา (soda ash: Na_2CO_3) หากไม่มีการปรับค่า pH ให้เหลือประมาณ 8.6 จะเกิดการตกตะกอนของ $CaCO_3$ ทำให้เกิดเป็นตะกรันบนเม็ดทรายในกระบวนการกรอง หรือเกิดการอุดตันในเส้นท่อ ต้องมีกระบวนการเติม

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดค่า pH ให้เหลือประมาณ 8.6 เพื่อเป็นการป้องกันการตกตะกอนของ $CaCO_3$

- ค่าความกระด้างต่ำสุดที่ได้จากวิธีนี้จะอยู่ที่ประมาณ 30 mg/l as $CaCO_3$

โดยปกติในน้ำประปาจะยอมให้ความกระด้างสุดท้ายอยู่ในช่วง 70 ถึง 120 mg/l as$CaCO_3$ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเส้นท่อและเพื่อประโยชน์ในการซักล้าง แต่สำหรับอุตสาหกรรมที่มีหม้อต้ม อาจจะต้องมีการกำจัดเพิ่มให้เหลือความกระด้างน้อยกว่านี้อีกป้องกันการสินเปลืองเชื้อเพลิงและการระเบิดเมื่อมีการอุดตัน

2) การทำน้ำอ่อนด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

การแลกเปลี่ยนไอออนเป็นกระบวนการทางเคมีที่ซึ่งมีการแลกไอออนแบบย้อนกลับได้ระหว่างตัวกลางของแข็งและของเหลว วัสดุที่เป็นสารแลกเปลี่ยนไอออน ได้แก่ ซีโอไลท์ (Zeolites) หรือเรซิน (Resin) โดยปกติแล้ว เรซินสังเคราะห์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าซีโอไลท์ โดยจะมีความสามารถสูงกว่าและใช้เกลือสำหรับ Regeneration น้อยกว่า แต่เรซินก็มีราคาแพงมากกว่าด้วยเช่นกัน

ในการทำงานด้วยวิธีนี้ น้ำกระด้างจะไหลผ่านถัง (หรือหลอด) ที่บรรจุด้วยสารแลกเปลี่ยนไอออน(ซีโอไลท์ (Zeolites) หรือเรซิน (Resin)) Ca^{2+} และ Mg^{2+} ที่ทำให้เกิดความกระด้างในน้ำก็จะแลกเปลี่ยนกับไอออนที่อยู่บนสารแลกเปลี่ยนไอออนนั้น (โดยปกติจะเป็นโซเดียม) ดังตัวอย่างสมการเคมี

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2R \longleftrightarrow CaR + 2NaHCO_3$$

โดยที่ R เป็นวัสดุของสารแลกเปลี่ยนไอออน จากปฏิกิริยาเคมีข้างต้น จะเห็นได้ว่า แคลเซียม (หรือแมกนีเซียม) จะถูกกำจัดออกจากน้ำและถูกแทนที่ด้วยโซเดียมในปริมาณสมมูลเคมีที่เท่ากัน ในขณะที่ค่า Alkalinity ของน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง การแลกเปลี่ยนไอออนนี้จะทำให้เกิดการกำจัดความกระด้างของน้ำได้ 100% จนกระทั่งสมรรถนะ (Capacity) ของสารแลกเปลี่ยนฯ หมดลง หรือที่เรียกกันว่าเกิดการอิ่มตัว ก็จะไม่มีการกำจัดความกระด้างของน้ำ ณ จุดนี้ซึ่งเรียกว่า จุด Breakthrough ต้องฟื้นประสิทธิภาพ(Regeneration) ด้วยน้ำเกลือหรือน้ำที่มีปริมาณ Na^+ สูง เพื่อให้ไอออนของความกระด้างหลุดออกจากสารแลกเปลี่ยนไอออน ดังปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออน

$$CaR + 2NaCl \longleftrightarrow Na_2R + CaCl_2$$

จะเห็นได้ว่ากระบวนการกำจัดความกระด้างทั้งสองวิธีมีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมา ในการจะเลือกใช้วิธีใดนั้นจะต้องคำนึงถึงความจำเป็นในการใช้น้ำว่าใช้ในกิจการใด เช่น ถ้าใช้ในอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อต้มไอน้ำควรเป็นน้ำที่ไม่มีความกระด้าง ในน้ำประปาควรเป็นน้ำกระด้างปานกลางเพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเส้นท่อและเพื่อประโยชน์ในการซักล้าง

<u>ปัญหาต่างๆที่เกิดจากน้ำกระด้าง</u>

- ทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ เครื่องทำความร้อน ท่อน้ำร้อน เครื่องใช้ในครัว ฯลฯ
- เกิดตะกอนแข็งเกาะติดผิววัสดุต่าง ๆ เมื่อได้รับความร้อนพอเพียง
- ทำให้การซักฟอกไม่มีฟอง เกิดความสิ้นเปลืองน้ำมากกว่าปกติ ในขณะอาบน้ำ ฟองสบู่เกิดได้ยาก
- หากเป็นน้ำดื่มจะมีรสแปลกไปสำหรับผู้บริโภคที่ยังไม่คุ้นรส
- เกิดสีเหลืองติดบนเสื้อผ้าหากซักล้างด้วยความร้อน

<u>ประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม</u>

ในน้ำที่มีความกระด้างเท่ากับว่ามีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ด้วย ซึ่งถ้าร่างกายบริโภคน้ำที่มีความกระด้างเล็กน้อยก็จะได้รับแคลเซียมและแมกนีเซียมด้วย จะมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

- น้ำประปาจะยอมให้ความกระด้างสุดท้ายอยู่ในช่วง 70 ถึง 120 mg/l as$CaCO_3$ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเส้นท่อ
- ประโยชน์ในการซักล้างช่วยไม่ให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำในการซักล้าง

แคลเซียม

- ป้องกันโรคหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจมีความไวเป็นพิเศษต่อการขาดแคลเซี่ยม ถ้าร่างกายขาดแคลเซียมจะทำให้หัวใจทำงานหนักอาจเกิดโรคหัวใจได้
- ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง(Co-Factor)ให้กับเอนไซม์หลายชนิดในร่างกายมนุษย์
- ช่วยรักษาสมดุลกรดด่างในร่างกาย
- ช่วยป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน

แมกนีเซียม

- แมกนีเซียมจะทำงานร่วมกับแคลเซียมในการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ
- ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง(Co-Factor)ให้กับเอนไซม์ ซึ่งมีหน้าที่เผาผลาญอาหาร แป้ง น้ำตาล และไขมัน
- เป็นองค์ประกอบของเลซิติน(Lecitin) ป้องกันไม่ให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น
- ป้องกันการเกิดนิ่วเนื่องจากการจับตัวของแคลเซียมออกซาเลต (Calcium Oxalate) ในไตและในถุงน้ำดี

ผลกระทบต่อสุขภาพของความกระด้าง

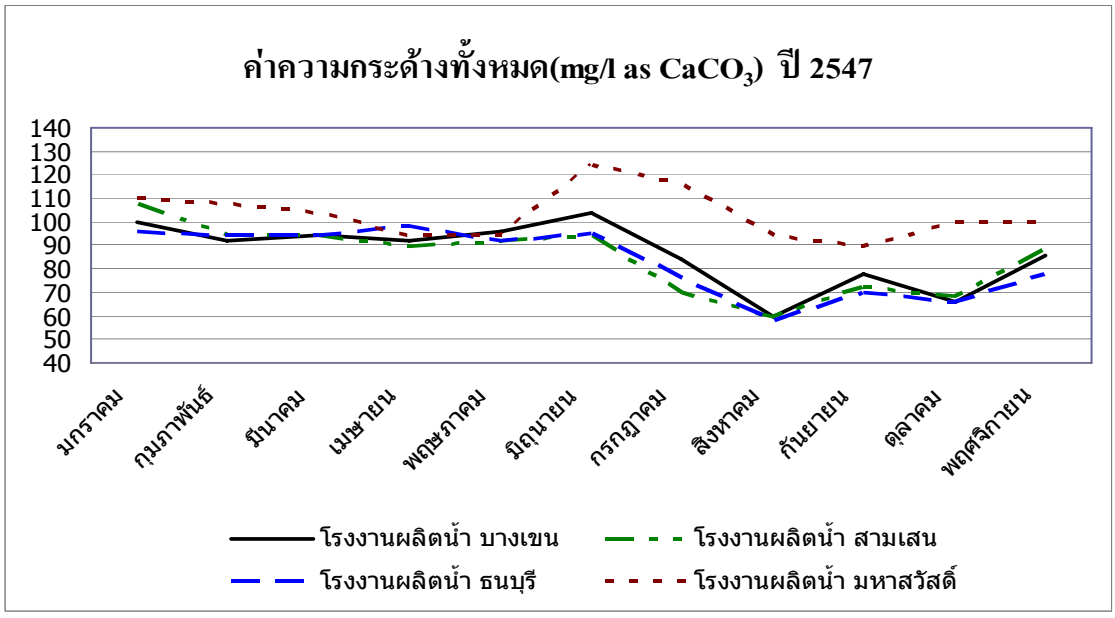
ความกระด้างไม่มีผลเชิงลบต่อสุขภาพ ผู้บริโภคมักได้รับข้อมูลไม่ถูกต้องจากผู้ขายเครื่องกรองน้ำว่าจะทำให้เกิดตะกรันในร่างกายโดยเฉพาะในไตทำให้เป็นนิ่วได้ ความจริงคือความกระด้างมีสารแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพดังที่กล่าวข้างต้น และอุณหภูมิในร่างกาย 37° เซลเซียสไม่เพียงพอให้ความกระด้างเปลี่ยนรูปเป็นตะกรัน การเป็นนิ่วเกิดจากกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย(Metabolism)ผิดปกติจากการได้รับสารอาหารไม่สมดุล

<u>ความกระด้างทั้งหมดที่พบในน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำต่างๆของการประปานครหลวงในปี 2547-ปัจจุบัน</u>

การประปานครหลวงตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำจากโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวงอยู่เป็นประจำ ความกระด้างทั้งหมดเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่ตรวจสอบ ดังตารางแสดงค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน

ตารางที่ 2 ค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ปี 2547

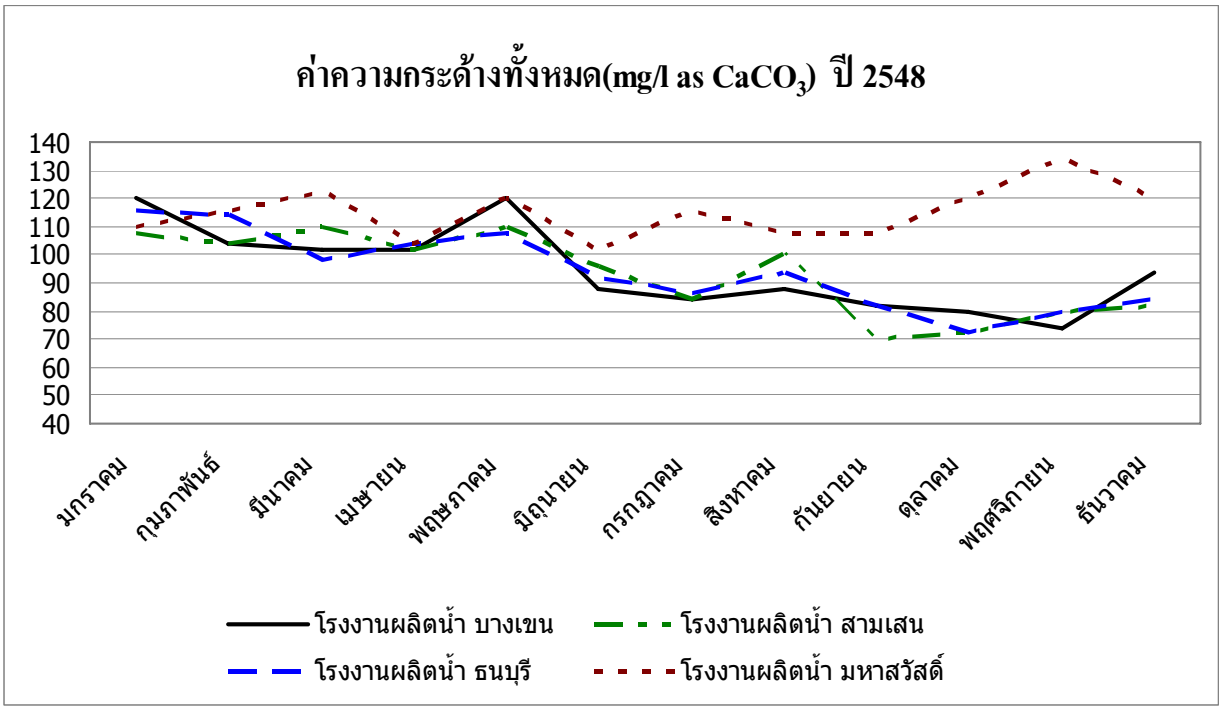
เดือน	โรงงานผลิตน้ำ			
	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
มกราคม	100	108	96	110
กุมภาพันธ์	92	94	94	108
มีนาคม	94	94	94	104
เมษายน	92	90	98	94
พฤษภาคม	96	92	92	94
มิถุนายน	104	94	95	124
กรกฎาคม	84	70	76	116
สิงหาคม	60	60	58	94
กันยายน	78	72	70	90
ตุลาคม	66	68	66	100
พฤศจิกายน	86	88	78	100
ธันวาคม	-	-	-	-
ค่าต่ำสุด	**60**	**60**	**58**	**90**
ค่าสูงสุด	**104**	**108**	**98**	**124**
ค่าเฉลี่ย	**87**	**85**	**83**	**103**



กราฟรูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมดของโรงงานผลิตน้ำ ปี พ.ศ. 2547

ตารางที่ 3 ค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ปี 2548

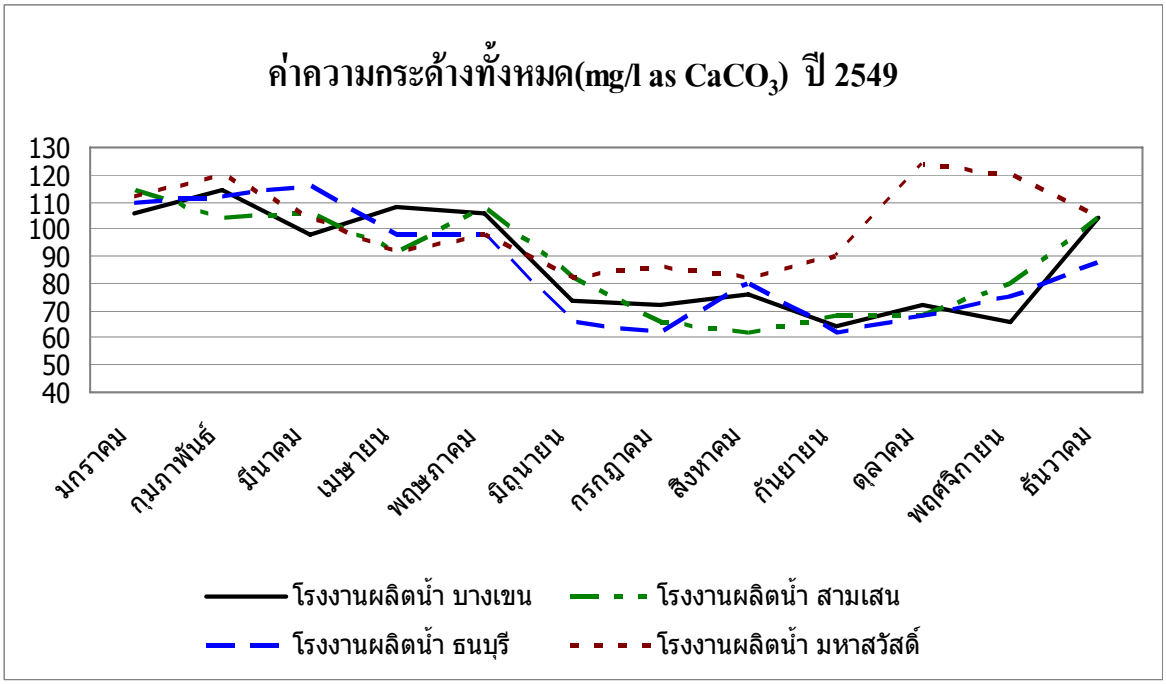
เดือน	โรงงานผลิตน้ำ			
	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
มกราคม	120	108	116	110
กุมภาพันธ์	104	104	114	116
มีนาคม	102	110	98	122
เมษายน	102	102	104	104
พฤษภาคม	120	110	108	120
มิถุนายน	88	96	92	102
กรกฎาคม	84	84	86	116
สิงหาคม	88	100	94	108
กันยายน	82	70	82	108
ตุลาคม	80	72	72	120
พฤศจิกายน	74	80	80	134
ธันวาคม	94	82	84	120
ค่าต่ำสุด	**74**	**70**	**72**	**102**
ค่าสูงสุด	**120**	**110**	**116**	**134**
ค่าเฉลี่ย	**95**	**93**	**94**	**115**



กราฟรูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมดของโรงงานผลิตน้ำ ปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 4 ค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ปี 2549

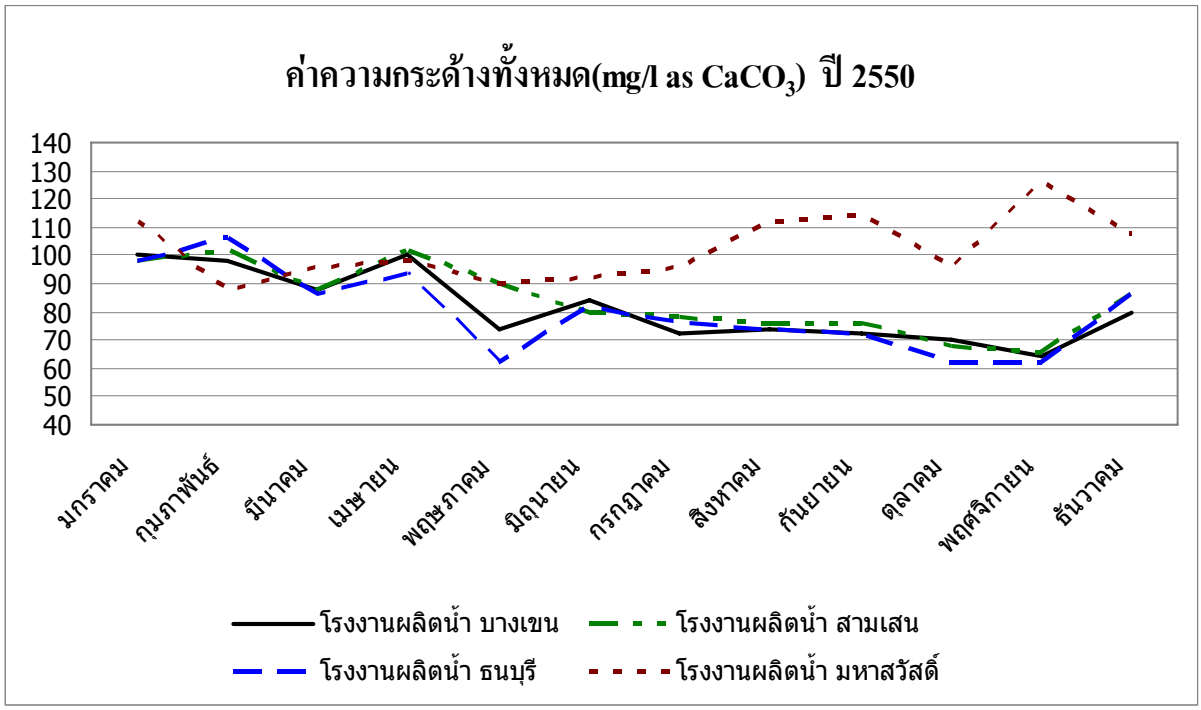
เดือน	โรงงานผลิตน้ำ			
	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
มกราคม	106	114	110	112
กุมภาพันธ์	114	104	112	120
มีนาคม	98	106	116	104
เมษายน	108	92	98	92
พฤษภาคม	106	108	98	98
มิถุนายน	74	82	66	82
กรกฎาคม	72	66	62	86
สิงหาคม	76	62	80	82
กันยายน	64	68	62	90
ตุลาคม	72	68	68	124
พฤศจิกายน	66	80	-	120
ธันวาคม	104	104	88	104
ค่าต่ำสุด	**64**	**62**	**62**	**82**
ค่าสูงสุด	**114**	**114**	**116**	**124**
ค่าเฉลี่ย	**88**	**88**	**86**	**101**



กราฟรูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมดของโรงงานผลิตน้ำ ปี พ.ศ. 2549

ตารางที่ 5 ค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ปี 2550

เดือน	โรงงานผลิตน้ำ			
	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
มกราคม	100	98	98	112
กุมภาพันธ์	98	102	106	88
มีนาคม	88	88	86	96
เมษายน	100	102	94	98
พฤษภาคม	74	90	62	90
มิถุนายน	84	80	82	92
กรกฎาคม	72	78	76	96
สิงหาคม	74	76	74	112
กันยายน	72	76	72	114
ตุลาคม	70	68	62	96
พฤศจิกายน	64	66	62	126
ธันวาคม	80	86	86	108
ค่าต่ำสุด	**64**	**66**	**62**	**88**
ค่าสูงสุด	**100**	**102**	**106**	**126**
ค่าเฉลี่ย	**81**	**84**	**80**	**102**



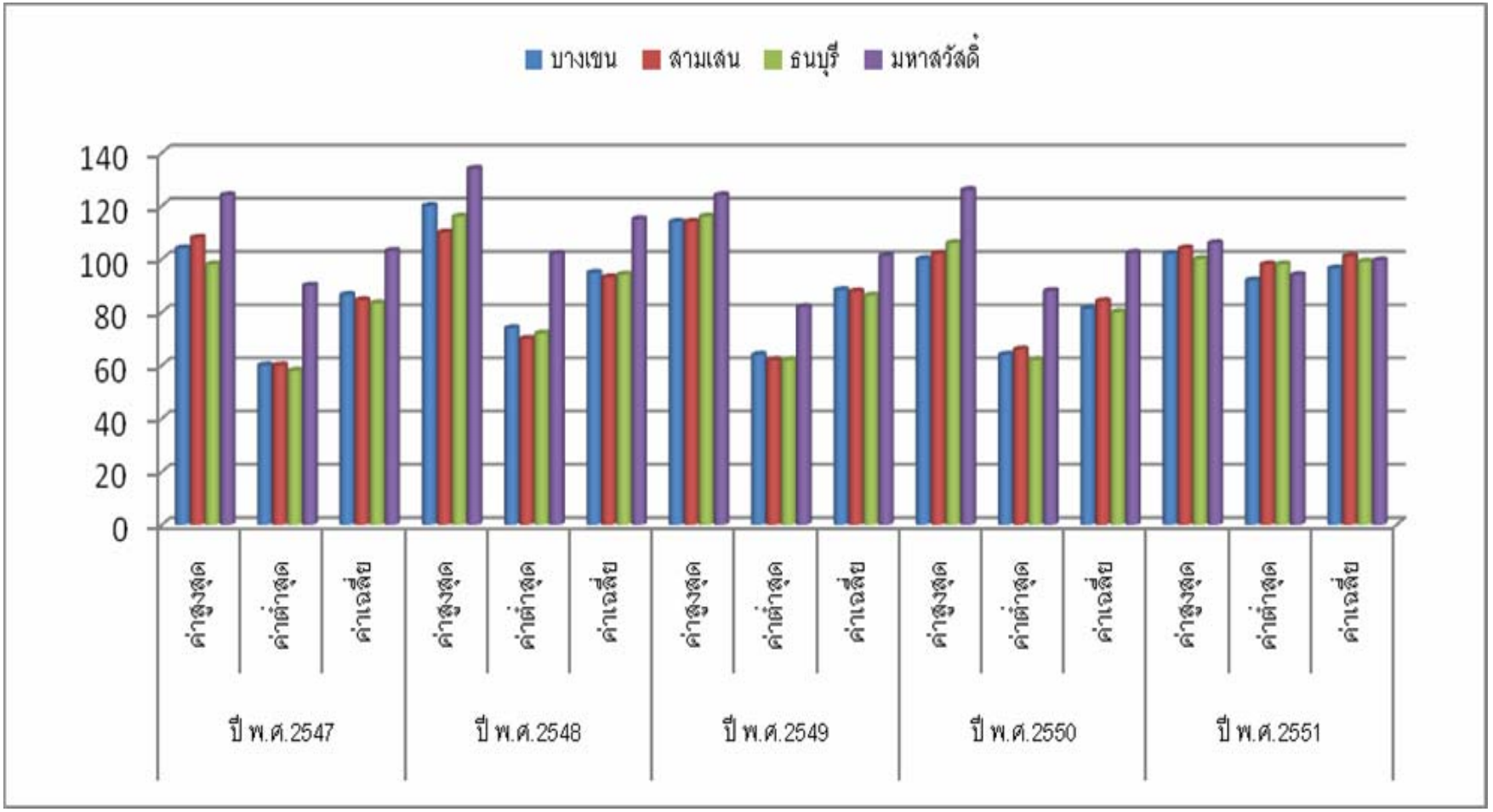
กราฟรูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมดของโรงงานผลิตน้ำ ปี พ.ศ. 2550

ตารางที่ 6 ค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ปี 2551

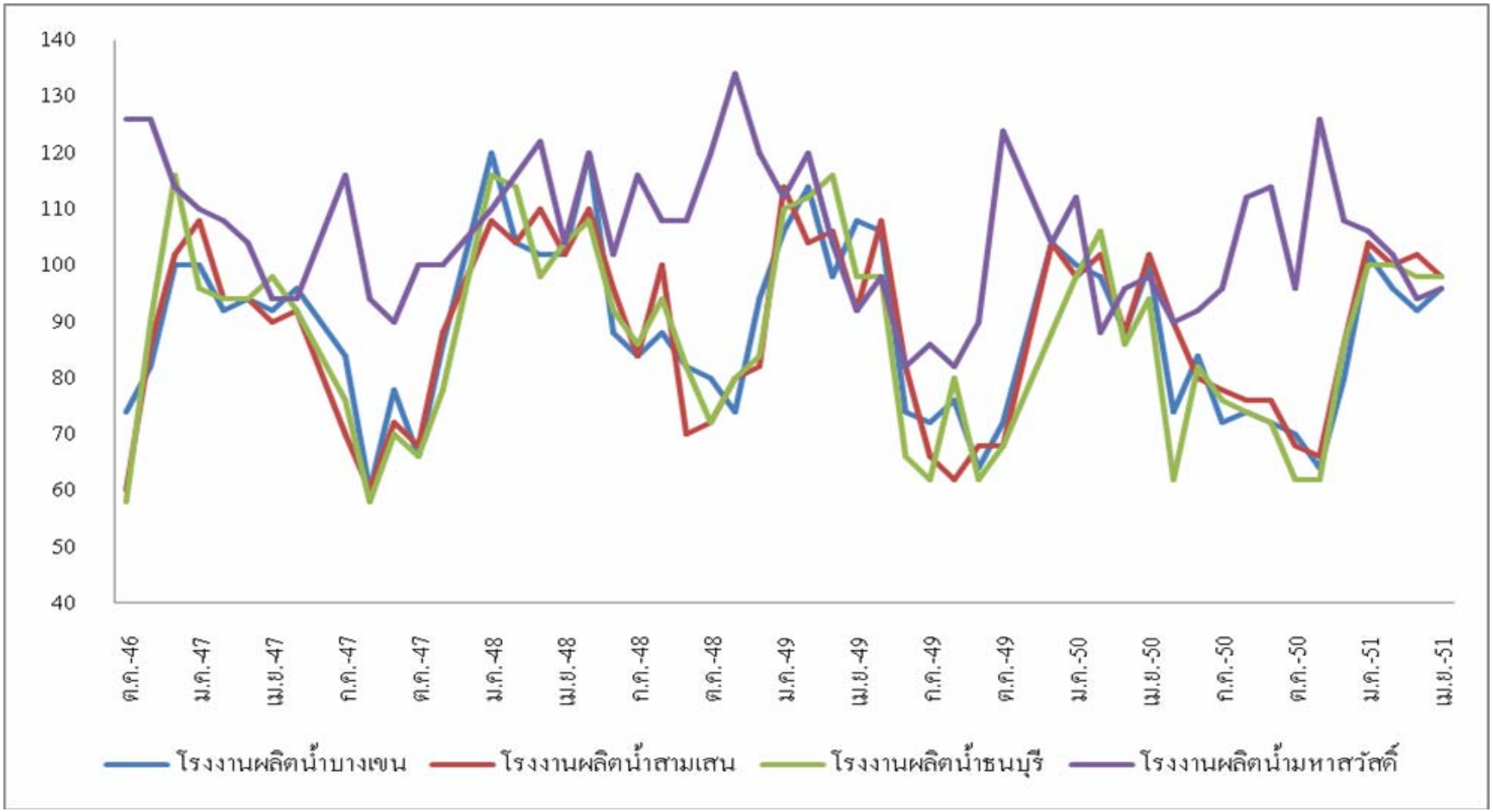
เดือน	โรงงานผลิตน้ำ			
	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
มกราคม	102	104	100	106
กุมภาพันธ์	96	100	100	102
มีนาคม	92	102	98	94
เมษายน	96	98	98	96
พฤษภาคม	100	92	94	96
ค่าต่ำสุด	**92**	**98**	**94**	**94**
ค่าสูงสุด	**102**	**104**	**100**	**106**
ค่าเฉลี่ย	**97**	**99**	**98**	**99**

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมดเป็นค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยแยกตามปี พ.ศ.

ค่าความกระด้างทั้งหมด (mg/l as CaCO3)		โรงงานผลิตน้ำ			
		บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์
ปี พ.ศ.2547	ค่าต่ำสุด	60	60	58	90
	ค่าสูงสุด	104	108	98	124
	ค่าเฉลี่ย	87	85	83	103
ปี พ.ศ.2548	ค่าต่ำสุด	74	70	72	102
	ค่าสูงสุด	120	110	116	134
	ค่าเฉลี่ย	95	93	94	**115**
ปี พ.ศ.2549	ค่าต่ำสุด	64	62	62	82
	ค่าสูงสุด	114	114	116	124
	ค่าเฉลี่ย	88	88	86	101
ปี พ.ศ.2550	ค่าต่ำสุด	64	66	62	88
	ค่าสูงสุด	100	102	106	126
	ค่าเฉลี่ย	81	84	**80**	102
ปี พ.ศ.2551 (ม.ค.- เม.ย. 51)	ค่าต่ำสุด	92	92	94	94
	ค่าสูงสุด	102	104	100	106
	ค่าเฉลี่ย	97	99	98	99



กราฟรูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมด ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยแยกตามปี พ.ศ.



กราฟที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมด(mg/l as $CaCO_3$) ของโรงงานผลิตน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - ปัจจุบัน

จากข้อมูลที่ได้แสดงมาข้างต้นจะพบว่าค่าความกระด้างทั้งหมดของโรงงานผลิตน้ำบางเขน โรงงานผลิตน้ำสามเสน และโรงงานผลิตน้ำธนบุรี จะมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปในทิศทางเดียวกันเนื่องจากแหล่งน้ำดิบที่ใช้มาจากแหล่งน้ำเดียวกันคือแม่น้ำเจ้าพระยา ในส่วนของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์จะเห็นว่าค่าความกระด้างทั้งหมดจะมีค่าสูงกว่าโรงงานผลิตน้ำอื่นๆเนื่องจากใช้น้ำดิบคนละแหล่งน้ำคือใช้น้ำจากแม่น้ำแม่กลอง และจากข้อมูลความกระด้างทั้งหมดโดยภาพรวมจะพบว่าน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวงจัดเป็นน้ำค่อนข้างกระด้าง คือ ความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 80 -115 mg/l as $CaCO_3$ (จากตารางที่ 7 ข้อมูลค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน และสามารถค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของการประปานครหลวง www.mwa.co.th หัวข้อความรู้กิจการประปา หมวดคุณภาพน้ำ)

<u>คำถามที่พบบ่อยเกี่ยวกับความกระด้างในน้ำประปา</u>

ข้อมูลจากเว็บไซต์ของการประปานครหลวง www.mwa.co.th หัวข้อความรู้กิจการประปา หมวดถาม-ตอบ คุณภาพน้ำ

- **ถาม** ต้มน้ำประปาแล้วมีตะกอน และมีตะกรันเกาะรอบกาน้ำ ถ้าดื่มน้ำไม่ต้มจะมีอันตรายต่อร่างกายหรือไม่

ตอบ น้ำปกติทั่วไปจะมีความกระด้างเล็กน้อย เมื่อน้ำต้มจะเกิดตะกรัน หรือตะกอนของ $CaCO_3$ (หินปูน) ให้เห็นปริมาณจะมากน้อยขึ้นอยู่กับความกระด้างของน้ำ โดยปกติควรมีความกระด้าง 80-100 mg/l องค์การอนามัยโลกไม่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกาย โดยปกติอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ไม่สามารถทำให้น้ำที่มีความกระด้างเกิดตะกอนหรือตะกรันอุดตันอวัยวะต่างๆ ได้ การดื่มน้ำที่ต้มแล้ว หรือไม่ต้มจะไม่มีอันตรายต่อร่างกาย

- **ถาม** ดื่มน้ำประปาแล้วเป็นโรคนิ่วหรือไม่

ตอบ สาเหตุที่แท้จริงของการเกิดโรคนิ่วในทางเดินปัสสาวะ เกิดจากการรวมตัวของเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำปัสสาวะ อาจจะเป็นเกลือฟอสเฟต เกลือคาร์บอเนตของแคลเซียม หรือแมกนีเซียม หรืออาจจะเป็นกรดยูริค หรือแคลเซียมออกซาเลท โดยปกติน้ำปัสสาวะสามารถละลายผลึกของเกลือเหล่านี้ได้ แต่ถ้ามีความไม่สมดุลเกิดขึ้น เกลือพวกนี้จะตกตะกอน และเกาะรวมตัวเป็นก้อนนิ่วได้ ปัจจัยอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดนิ่วได้ คือ การดื่มน้ำน้อยเกินไป การบริโภคอาหารที่มีสารฟอสเฟตต่ำ บริโภคอาหารที่มีสารออกซาเลท และยูริคเป็นต้น (อาหารที่มีฟอสเฟตสูงคือ เนื้อ นม ไข่ ถั่ว อาหารที่มีออกซาเลทสูงคือ ผักโขม ผักติ้ว หน่อไม้ ผักแต้ว และพืชผักหลายชนิดที่นิยมบริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาหารที่มียูริคสูงคือ เครื่องในสัตว์ สัตว์ปีก ยอกผักอ่อนบางชนิด)

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522, เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และ การวิเคราะห์, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท สารมวลชน จำกัด.

ไพศาล วีรกิจ, 2545, การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด.

สมศักดิ์ วรคามิน, 2549, Water for life, พิมพ์ครั้งที่ 5, บริษัท สามเจริญพาณิยย์ (กรุงเทพฯ) จำกัด.

อัญชลี กลัดภิบาล และคณะ, 2540, ประวัติความเป็นมาของระบบการประปาในประเทศไทย พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับน้ำประปา และมาตรฐานน้ำประปา.