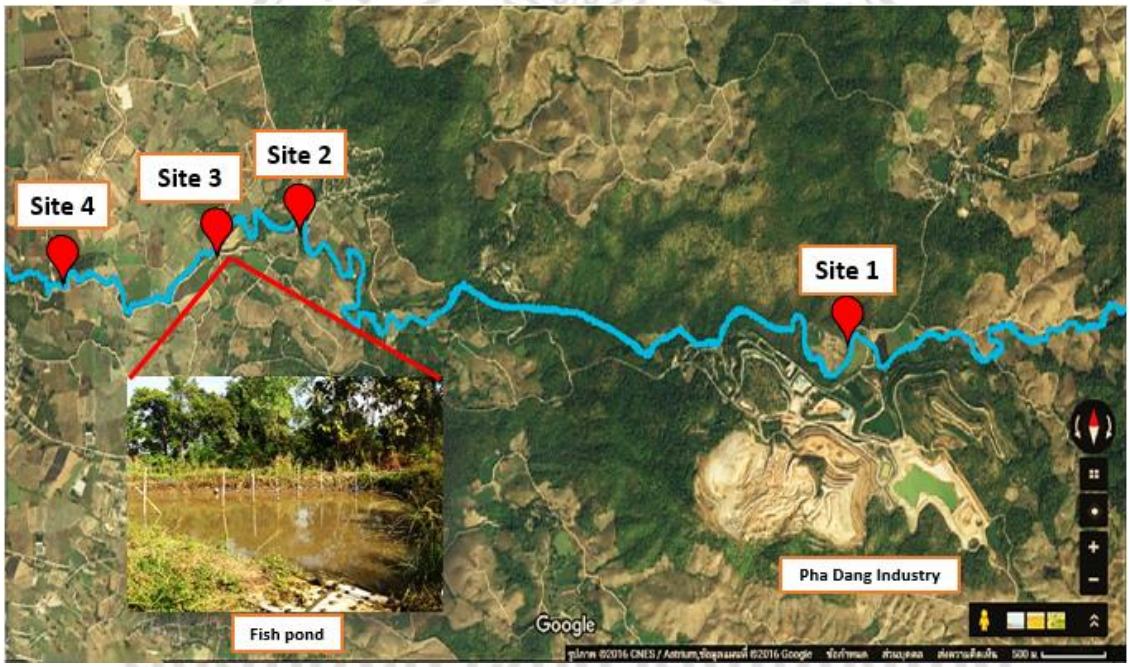
ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณลำห้วยแม่ตาว

บริเวณพื้นที่ตั้งจุดการศึกษาลำห้วยแม่ตาวโดยทำการศึกษาออกเป็น 4 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 เป็นส่วนที่อยู่เหนือเหมือง จุดที่ 2 เป็นส่วนที่ติดกับเหมือง และจุดที่ 3, 4 เป็นส่วนที่อยู่ท้ายเหมืองอีก 2 จุด ตามลำห้วยแม่ตาว ได้แก่



ภาพที่ 7.1 แผนที่ตามลำห้วยแม่ตาวจากจุดการศึกษาที่ 1 ถึงจุดการศึกษาที่ 4

ภาพที่ 7.2 Site 1 เป็นส่วนที่อยู่เหนือเหมืองอยู่ในพื้นที่ของหมู่บ้านถ้ำเสือ เป็นบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ภาพที่ 7.3 Site 2 เป็นส่วนที่ใกล้กับเหมืองสังกะสีที่อยู่ในพื้นที่ของหมู่บ้านพะเด๊ะ เป็นส่วนที่มีน้ำไหลผ่านจากเหมืองลงสู่หมู่บ้าน

ภาพที่ 7.4 Site 3 เป็นส่วนที่อยู่ท้ายเหมืองอยู่ในพื้นที่ของหมู่บ้านแม่ตาว เป็นบริเวณลำน้ำที่อยู่ใกล้กับบ่อเลี้ยงปลา

ภาพที่ 7.5 Site 4 เป็นส่วนที่อยู่ท้ายเหมืองอยู่ในหมู่บ้านแม่ตาว เป็นบริเวณลำน้ำที่อยู่ถัดมาจากจุดที่ 3 และเป็นลำน้ำที่เข้าสู่หมู่บ้าน

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี (APHA, AWWA, WEF,1992)

1. การวัดอุณหภูมิและพีเอชของน้ำ (Water temperature and pH measurement)

วิธีการ

1. ข้อมูลของ pH ควรจะวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นได้หลังจากเก็บตัวอย่าง แต่นิยมที่จะวิเคราะห์ในขณะเก็บตัวอย่างมากกว่า
   ถ้าต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ในการเก็บตัวอย่างให้เก็บน้ำให้เต็มขวดตัวอย่างและปิดให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้าไป เพราะถ้าปล่อยให้ตัวอย่างน้ำสัมผัสอากาศจะทำให้ค่า pH เปลี่ยนไป
2. ให้ปรับ (calibrate) Electrode system โดยใช้ Buffer solution โดยปรับค่า pH ให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่า pH ของ Buffer solution ที่สุด ($\pm$0.05 pH)
3. เท Buffer solution ลงใน Beaker ขนาด 50 ml ในปริมาณที่พอเพียงที่จะท่วม Electrodes และทำการปรับค่า pH โดยจุ่ม Electrode ลงไป เขย่าเบาๆ อ่านและปรับค่าให้ได้ pH ตาม Buffer solution
4. ล้างด้วยน้ำกลั่น เช็ดด้วยกระดาษชำระที่สะอาด จุ่ม Electrode ลงในตัวอย่าง และเขย่า Electrode เบาๆ (อาจต้องใช้ magnetic stirrer ช่วย) เพื่อให้ตัวอย่างมีการผสมกันดี บันทึกค่า pH และอุณหภูมิ ทำการวัดซ้ำจนได้ค่าแตกต่างน้อยกว่า 0.1 pH
5. ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น และแช่ไว้ในน้ำกลั่นหลังจากเลิกใช้ ต้องระวังอย่าให้น้ำที่หล่อ Electrode แห้ง

2. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen analysis)

สารเคมี

1. กรดกำมะถันเข้มข้น (concentrated sulfuric acid)
2. สารละลาย Manganous sulfate
   ละลาย $MnSO_4.4H_2O$ 480 g (หรือ $MnSO_4.2H_2O$ 400 g หรือ $MnSO_4.H_2O$ 364 g) ในน้ำ กลั่น กรอง และเติมน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 ml สารละลายนี้ไม่ควรจะเกิดสี เมื่อเติมลงไปในสารละลาย Acidified potassium iodide ที่มีน้ำแป้งเป็น Indicator

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. สารละลาย Alkali-iodide azide reagent

สำหรับน้ำที่มี DO ที่จุดอิ่มตัวหรือต่ำกว่า ให้ละลาย NaOH 500 g (หรือ KOH 700 g) + Nal 135 g (หรือ Kl 150 g) ในน้ำกลั่น 250 ml เติม NaN_3 10 g ซึ่งละลายแล้วในน้ำกลั่น 40 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 ml (สารละลายนี้ไม่ควรเกิดสีกับน้ำแป้งเมื่อทำสารละลายให้เจือจางพร้อมทั้งทำให้เป็นกรดแล้ว)สำหรับน้ำที่มี DO สูงกว่าจุดอิ่มตัว ให้ละลาย NaN_3 10 g ในน้ำกลั่น 500 ml เติม NaOH 480 g และ NaI 750 g เขย่าจนละลายหมด (สารละลายจะมีสีขาวขุ่นเนื่องจาก Na_2CO_3 ระวังอย่าเติมกรดในสารละลายนี้ เพราะจะทำให้เกิดควันของ hydrazoic acid ซึ่งเป็นพิษ)

4. น้ำแป้ง (Starch solution)

นำผงแป้ง 2 สี และ Salicylic acid 2 g มาละลายในน้ำกลั่นที่ร้อน ทำให้เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายมาตรฐาน Sodium thiosulfate (0.025 M)

ละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 g ในน้ำกลั่น เติม 6H NaOH ลงไป 1.5 ml (หรือผลึก NaOH 0.4 g) ทำให้เจือจางเป็นปริมาตร 1,000 ml นำสารละลายนี้ไปไตเตรทเพื่อเทียบค่ากับสารละลายมาตรฐาน Potassium bi-iodate

6. สารละลายมาตรฐาน Potassium hi-iodate (0.025M)

ละลาย $KH(IO_3)_2$ 812.4 mg ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml

7. วิธีการเทียบค่ามาตรฐาน (standardization) ของสารละลาย Sodium thiosulfate (0.025M) กับ Potassium bi-iodate (0.025M)

7.1 ละลาย KI 2 g (ไม่มี iodate เจือปน) ในขวดรูปชมพู่ด้วยน้ำกลั่น 100-150 ml

7.2 เติม H_2SO_4 เข้มข้น 6N 1 ml (หรือ 2-3 หยด)

7.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐาน Potassium bi-iodate เติมลงไป 20 ml ทำให้เจือจางเป็น 200 ml

7.4 ไตเตรทด้วยสารละลาย Sodium thiosulfate เพื่อกำจัดไอโอดีนออกไป จนกระทั่งได้สารละลายสีฟางข้าวหรือเหลืองซีด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7.5 เติมน้ำแป้ง 1 mL และไตเตรทต่อไปทีละหยดจนสีน้ำเงินจางหายไป ถ้าสารละลาย $Na_2S_2O_3$ มีความเข้มข้น 0.025M จะใช้สารละลายนี้ 20.0 ml พอดี

วิธี Azide Modification

1. เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวดบีโอดี จากระดับความลึกที่ต้องการโดยไม่ให้มีฟองอากาศ และปิดฝาขวด ให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ
2. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 ml (ห้ามเขย่าขวด) และสารละลาย Alkali-iodide azide reagent 1 ml
3. ปิดฝา เขย่าจนได้ตะกอน 2/3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งและทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2/3 ของสารละลายใหม่
4. เติม conc. H_2SO_4 1 ml ปิดฝา เขย่าจนตะกอนละลายหมด
5. นำสารละลายจาก (4) มา 100 ml ไตเตรทด้วย 0.025M $Na_2S_2O_3$ จนได้สีเหลืองซีด
6. เติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
7. ไตเตรทต่อไปเรื่อยๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไป
8. คำนวณ

DO (mg/l) = จำนวน ml ของสารละลายมาตรฐาน 0.025M $Na_2S_2O_3$ x 2

3. การวิเคราะห์ไบโอเคมิคัลออกซิเจนดีแมนด์ (Biochemical Oxygen Demand Analysis)

วิธีการ

วิธี Azide Modification

1. ล้างขวด BOD ด้วยน้ำจากบริเวณเก็บตัวอย่าง
2. เก็บน้ำตัวอย่าง 3 ขวด ด้วยขวด BOD ใส ที่ระดับความลึก 30 cm ปิดฝาใต้น้ำ โดยไม่ให้มีฟองอากาศ
3. วิเคราะห์ DO ทันที โดยวิธี Azide modification ให้เป็น DO_1
4. เก็บน้ำตัวอย่างอีก 3 ขวด ด้วยขวด BOD สีดำ ที่ระดับความลึกและเวลาเดียวกับข้อ 2.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เก็บใน Incubator ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน

6. นำมาวิเคราะห์หา DO ให้เป็น DO_2

7. คำนวณจากสูตร

$$BOD_5 \text{ (mg/l)} = DO_1 - DO_2$$

เมื่อ DO_1 = DO ของน้ำจากขวด BOD ใส (mg/l)

DO_2 = DO ของน้ำที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน จากขวด BOD สีดำ (mg/l)

4. วิธีวิเคราะห์ไนเตรตไนโตรเจน (spectrophotometer รุ่น DR 2000)

ใช้ Method 8039 Nitrate HR (0.0-30.0 mg/l NO_3-N)

วิธี Cadmium Reduction Method (Powder Pillow or Accu Vac Ampuls)

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วย GF/C ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml. ใส่ในขวดชมพู่ 150 ml.
2. ตั้งค่าการดูดกลืนแสง โปรแกรม 355 โดยกด 355 กด READ/ENTER และหมุนไปที่ความยาวคลื่น 500 nm กด READ/ENTER
3. นำน้ำตัวอย่าง 25 ml ใส่ใน cell เติม Nitra Ver5 Nitrate Reagent Powder Pillow ลงไป กด SHIFT กด TIMER แล้วเขย่า เครื่องจะเริ่มทำการจับเวลา 1 นาที
4. เมื่อเครื่องเตือนครบกำหนด 1 นาที กด SHIFT กด TIMER อีกครั้ง เครื่องจะเริ่มทำการจับเวลา 5 นาที ปล่อยสารตั้งทิ้งไว้
5. ระหว่างรอ นำน้ำกลั่น 25 ml ใส่ cell เพื่อให้เป็น blank เมื่อเครื่องเตือนครบกำหนด 5 นาที นำ blank ใส่เครื่อง กด Zero เครื่องจะทำการ Set Zero
6. เมื่อเครื่องขึ้น 0.00 mg/l N-NO_3^-H จึงย้าย blank ออก แล้วนำน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่เครื่องกด READ/ENTER อ่านค่าบันทึกผล

5. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน (spectrophotometer รุ่น DR 2000)

ใช้ Method 8038 Nitrogen, Ammonia (0.0-2.50 mg/l NH_3-N)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธี Nessler Method (EPA Approved – Distillation is required)

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วย GF/C ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml. ใส่ในขวดรูปชมพู่ 150 ml
2. ตั้งค่าการดูดกลืนแสง โปรแกรม 380 โดยกด 380 กด READ/ENTER และหมุนไปที่ความยาวคลื่น 425 nm กด READ/ENTER
3. นำน้ำตัวอย่าง 25 ml ใส่ใน flask และใช้น้ำ Deionized เป็น blank ใส่ใน flask อีกใบ
4. เติม Mineral Stabilizer ลงใน flask ละ 3 หยด เขย่า
5. เติม Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent ลงใน flask ละ 3 หยด เขย่า
6. ปิเปต Nessler Reagent ลงใน flask ละ 1 ml กด SHIFT กด TIMER เขย่า เครื่องจะเริ่มทำการจับเวลา 1 นาที ขณะรอนำสารทั้ง 2 ใส่ลงใน cell ละอัน
7. เมื่อเครื่องเตือนครบเวลา 1 นาที ใส่ blank ลงในเครื่อง กด Zero เครื่องจะทำการ Set Zero
8. เมื่อเครื่องขึ้น 0.00 mg/L N-NH3 Ness ย้าย blank ออกแล้วนำ cell ที่ใส่น้ำตัวอย่างเข้าไปในเครื่อง กด READ/ENTER อ่านค่าบันทึกผล

6. วิธีวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต (spectrophotometer รุ่น DR 2000)

ใช้ Method 8048 Phosphorus, Reactive (0.00-2.50 mg/L $PO^{3-}4$)

วิธี Phos Ver 3 (หรือ Ascorbic Acid) Method

1. ก่อนทำการวิเคราะห์ทุกครั้งควรล้างแก้วที่จะใช้ด้วย HCl 10% กรองน้ำตัวอย่างด้วย GF/C ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml. ใส่ในขวดรูปชมพู่ 150 ml.
2. ตั้งค่าการดูดกลืนแสง โปรแกรม 490 ด 490 กด READ/ENTER และหมุนไปที่ความยาวคลื่น 890 mm กด READ/ENTER
3. นำน้ำตัวอย่าง 25 ml ใส่ใน cell เติมผง Phos Ver3 Phosphate เขย่าทันที (ถ้ามีฟอสเฟตน้ำจะเป็นสีน้ำเงิน) กด SHIFT กด TIMER เครื่องทำการจับเวลา 2 นาที
4. นำน้ำตัวอย่างอีก 25 ml เป็น blank ใส่ลงใน cell

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เมื่อเครื่องเตือนครบกำหนด 2 นาที นำน้ำตัวอย่างที่เป็น blank ใส่ในเครื่อง กด Zero เครื่องจะทำการ Set Zero เมื่อเครื่องขึ้น 0.00 mg/L PO^{3-}_4-P V นำน้ำตัวอย่างที่เติมผง Phos Ver3 Phosphat เรียบร้อยแล้วใส่ลงในเครื่อง แล้วกด READ/ENTER อ่านค่าแล้วบันทึกผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 7.1 วันเดือนปี : 28 สิงหาคม 2558 (ฤดูฝน) สภาพอากาศ : ท้องฟ้าโปร่งและมีแดด พื้นที่ : อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Site	Time	Temp		pH	EC	TDS	DO	BOD_5	Nutrient			Plant	Velocity		
		air	water						N	A	P				
1	14.22	24	29.2	5.42	382	204	8.4	0.8	0.7	0.10	0.18	ผักหนาม	3.02		
16°40'0"N				5.48	385	205	8.4					บอน	4.32		
98°40'0"E				5.48	385	205	8.2					ผักกูด	3.82		
441 m															
2	15.56	28	27	6.30	414	220	7.8	0.7	0.6	0.17	0.16	ผักหนาม	2.27	2.41	2.26
16°40'22"N				6.30	414	220	7.8					บอน	2.00	2.25	2.10
98°37'32"E				6.30	413	220	8.0					ผักกูด	2.00	2.31	1.98
246 m															
3	16.45	29.5	25	6.29	420	225	7.6	2.1	0.6	0.18	0.13	ผักหนาม	3.47		
16°40'18"N				6.30	423	225	7.6					บอน	3.73		
98°37'10"E				6.30	422	225	7.4					ผักกูด	3.13		
240 m															
4	17.45	27	26	5.87	420	232	7.4	1.7	0.3	0.17	0.10	ผักหนาม	1.88	3.70	2.33
16°40'12"N				5.84	438	233	7.6					บอน	1.77	3.47	2.43
98°36'28"E				5.82	437	233	7.6					ผักกูด	1.75	3.29	2.48
231 m															
บ่อปลา	17.15	29	31.2	7.20	309	165	11.4	5.0	1.5	0.88	0.09	ผักหนาม	–		
16°40'18"N				7.20	312	166	11.4					บอน	–		
98°37'10"E				7.05	312	165	11.4					ผักกูด	–		
240 m															

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 7.2 วันเดือนปี : 30 ตุลาคม 2558 สภาพอากาศ : ฟ้าครึ้ม มีฝนเล็กน้อย และมีแดดในบางพื้นที่ พื้นที่ : อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Site	Time	Temp		pH	EC	TDS	DO	BOD_5	Nutrient			Plant	Velocity
		air	water						N	A	P		
1	14.45	26.5	26.6	7.23	273	137	7.4	1.5	2.1	0.22	0.20	ผักหนาม	9.71
16°40'0"N				7.23	274	137	7.2					บอน	9.73
98°40'0"E				7.23	274	137	7.2					ผักกูด	9.53
441 m													
ฝนตก													
2	14.13	28.5	26.6	7.71	413	206	7.8	0.3	1.3	0.10	0.27	ผักหนาม	3.23
16°40'22"N				7.78	413	205	7.8					บอน	3.51
98°37'32"E				7.82	412	206	7.6					ผักกูด	3.53
246 m													
3	13.36	28	26.2	7.61	421	210	6.8	1.0	1.0	0.11	0.18	ผักหนาม	4.33
16°40'18"N				7.73	422	211	7.2					บอน	4.86
98°37'10"E				7.76	422	211	7.2					ผักกูด	4.91
240 m													
4	13.05	29	26.5	7.60	427	213	7.4	0.9	1.1	0.10	0.37	ผักหนาม	4.46
16°40'12"N				7.50	426	214	7.4					บอน	4.50
98°36'28"E				7.67	428	214	7.4					ผักกูด	4.45
231 m													
บ่อปลา	13.52	29	31.3	7.95	403	203	8.4	2.4	1.8	0.10	0.04	ผักหนาม	–
16°40'18"N				7.85	399	201	8.6					บอน	–
98°37'10"E				7.96	404	202	8.4					ผักกูด	–
240 m													

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 7.3 วันเดือนปี : 23 ธันวาคม 2558 (ฤดูแล้ง) สภาพอากาศ : ฟ้าโปร่ง มีเมฆเล็กน้อย และมีแดด พื้นที่ : อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Site	Time	Temp		pH	EC	TDS	DO	BOD_5	Nutrient			Plant	Velocity
		air	water						N	A	P		
1	13.38	29.0	25.0	7.23	469	234	7.8	1.0	0.9	0.10	0.43	ผักหนาม	13.55
16°40'0"N				7.20	468	234	7.8					บอน	12.38
98°40'0"E				7.23	469	234	7.8					ผักกูด	11.01 *(1m)
441 m													
ฝนตก													
2	14.36	31.0	24.5	7.88	622	311	8.4	0.8	2.5	0.11	0.43	ผักหนาม	2.85
16°40'22"N				7.85	622	311	8.4					บอน	2.90
98°37'32"E				7.88	624	312	8.4					ผักกูด	2.68
246 m													
3	15.01	32.5	24.1	7.72	624	312	8.0	0.6	1.3	0.10	0.32	ผักหนาม	7.75
16°40'18"N				7.84	627	313	8.2					บอน	7.14
98°37'10"E				7.85	628	314	8.2					ผักกูด	7.75
240 m													
4	15.45	27.2	25.2	7.84	640	320	8.2	0.9	1.1	0.11	0.34	ผักหนาม	7.09
16°40'12"N				7.87	643	321	8.2					บอน	7.36
98°36'28"E				7.77	643	321	8.2					ผักกูด	7.47
231 m													
บ่อปลา	15.30	32.5	29.7	8.05	626	318	8.8	2.5	1.1	0.12	0.20	ผักหนาม	–
16°40'18"N				8.07	636	318	9.0					บอน	–
98°37'10"E				8.05	638	319	8.8					ผักกูด	–
240 m													

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.4 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 1 (28 สิงหาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	°C	29.2	1.017
2. pH	-	5.5	1.435
3. Conductivity	µS/cm	384	1.368
4. Saturated oxygen	%	117	2.479
5. BOD_5	mg/L	0.8	2.507
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.10	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	0.7	1.570
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.18	1.454
CI	-	-	57

* Fairly clean

ตารางที่ 7.5 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 2 (28 สิงหาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	°C	27	1.141
2. pH	-	6.3	1.529
3. Conductivity	µS/cm	414	1.353
4. Saturated oxygen	%	104	2.512
5. BOD_5	mg/L	0.7	2.509
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.17	1.952
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	0.6	1.572
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.16	1.474
CI	-	-	67

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.6 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 3 (28 สิงหาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	25	1.232
2. pH	-	6.3	1.529
3. Conductivity	µS/cm	422	1.351
4. Saturated oxygen	%	95	2.512
5. BOD_5	mg/L	2.1	2.447
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.18	1.945
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	0.6	1.572
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.13	1.503
CI	-	-	72

* Fairly clean

ตารางที่ 7.7 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 4 (28 สิงหาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	26	1.189
2. pH	-	5.8	1.472
3. Conductivity	µS/cm	432	1.349
4. Saturated oxygen	%	97	2.512
5. BOD_5	mg/L	1.7	2.472
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.17	1.952
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	0.3	1.578
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.10	1.533
CI	-	-	69

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.8 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่เป็นบ่อปลา (28 สิงหาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	31.2	0.857
2. pH	-	7.2	1.585
3. Conductivity	µS/cm	311	1.368
4. Saturated oxygen	%	160	2.267
5. BOD_5	mg/L	5.0	2.168
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.88	1.692
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.5	1.550
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.09	1.541
CI	-	-	37

* Polluted

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.9 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 1 *ฝนตกเล็กน้อย (30 ตุลาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	°C	26.6	1.161
2. pH	-	7.2	1.585
3. Conductivity	µS/cm	274	1.373
4. Saturated oxygen	%	96	2.512
5. BOD_5	mg/L	1.5	2.482
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.22	1.916
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	2.1	1.534
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.2	1.434
CI	-	-	66

* Fairly clean

ตารางที่ 7.10 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 2 (30 ตุลาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	°C	26.6	1.161
2. pH	-	7.8	1.563
3. Conductivity	µS/cm	413	1.353
4. Saturated oxygen	%	102	2.512
5. BOD_5	mg/L	0.3	2.512
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.10	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.3	1.555
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.27	1.366
CI	-	-	66

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.11 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 3 (30 ตุลาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	26.2	1.180
2. pH	-	7.7	1.571
3. Conductivity	µS/cm	422	1.347
4. Saturated oxygen	%	93	2.500
5. BOD_5	mg/L	1.0	2.502
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.11	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.0	1.563
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.18	1.454
CI	-	-	71

* Fairly clean

ตารางที่ 7.12 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 4 (30 ตุลาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	26.5	1.166
2. pH	-	7.6	1.576
3. Conductivity	µS/cm	427	1.351
4. Saturated oxygen	%	96	2.512
5. BOD_5	mg/L	0.9	2.504
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.1	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.1	1.560
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.37	1.278
CI	-	-	62

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.13 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่เป็นบ่อปลา *น้ำเต็มบ่อ (30 ตุลาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	31.3	0.843
2. pH	-	7.9	1.554
3. Conductivity	µS/cm	402	1.355
4. Saturated oxygen	%	118	2.475
5. BOD_5	mg/L	2.4	2.426
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.10	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.8	1.542
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.04	1.573
CI	-	-	52

* Moderate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.14 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 1 (23 ธันวาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	25.0	1.232
2. pH	-	7.2	1.585
3. Conductivity	µS/cm	469	1.343
4. Saturated oxygen	%	102	2.512
5. BOD_5	mg/L	1.0	2.502
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.10	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	0.9	1.565
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.43	1.236
CI	-	-	64

* Fairly clean

ตารางที่ 7.15 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 2 (23 ธันวาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	24.5	1.252
2. pH	-	7.9	1.554
3. Conductivity	µS/cm	623	1.310
4. Saturated oxygen	%	106	2.510
5. BOD_5	mg/L	0.8	2.507
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.11	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	2.5	1.522
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.43	1.236
CI	-	-	60

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.16 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 3 (23 ธันวาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	24.1	1.267
2. pH	-	7.8	1.563
3. Conductivity	µS/cm	626	1.310
4. Saturated oxygen	%	101	2.512
5. BOD_5	mg/L	0.6	2.510
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.10	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.3	1.555
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.32	1.320
CI	-	-	67

* Fairly clean

ตารางที่ 7.17 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่ 4 (23 ธันวาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	25.2	1.223
2. pH	-	7.8	1.563
3. Conductivity	µS/cm	642	1.305
4. Saturated oxygen	%	104	2.512
5. BOD_5	mg/L	0.9	2.504
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.11	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.1	1.560
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.34	1.303
CI	-	-	64

* Fairly clean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.18 คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวจุดที่เป็นบ่อปลา *น้ำเต็มบ่อ (23 ธันวาคม 2558)

Parameter	Unit	Measured values	Value from conversion (q_j^{wi})
1. Water temperature	^oC	29.7	0.984
2. pH	-	8.1	1.531
3. Conductivity	µS/cm	633	1.307
4. Saturated oxygen	%	122	2.461
5. BOD_5	mg/L	2.5	2.418
6. Ammonium (NH_4^+-N)	mg/L	0.12	1.995
7. Nitrate (NO_3^--N)	mg/L	1.1	1.560
8. Ortho-phosphate	mg/L	0.20	1.434
CI	-	-	52

* Moderate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.19 ตารางของค่าการวัด sub-index (q) (Chantara, 2005)

O_2 - S.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.149	1.150	1.152	1.158	1.167	1.181	1.199	1.219	1.241	1.263
10	1.286	1.308	1.330	1.351	1.371	1.391	1.410	1.429	1.446	1.464
20	1.480	1.497	1.513	1.528	1.544	1.559	1.574	1.589	1.604	1.620
30	1.635	1.650	1.666	1.681	1.697	1.713	1.729	1.745	1.762	1.779
40	1.796	1.813	1.830	1.847	1.865	1.882	1.900	1.918	1.935	1.953
50	1.971	1.988	2.006	2.023	2.041	2.058	2.075	2.092	2.109	2.125
60	2.141	2.157	2.173	2.189	2.204	2.219	2.234	2.248	2.262	2.276
70	2.290	2.303	2.315	2.328	2.340	2.351	2.363	2.374	2.384	2.394
80	2.404	2.413	2.422	2.431	2.439	2.447	2.455	2.462	2.469	2.476
90	2.482	2.489	2.495	2.500	2.506	2.512	2.512	2.512	2.512	2.512
100	2.512	2.512	2.512	2.512	2.512	2.512	2.510	2.507	2.505	2.502
110	2.500	2.497	2.494	2.491	2.488	2.485	2.482	2.479	2.475	2.472
120	2.468	2.465	2.461	2.457	2.453	2.449	2.444	2.440	2.436	2.431
130	2.426	2.421	2.417	2.412	2.406	2.401	2.396	2.391	2.386	2.380
140	2.374	2.369	2.363	2.358	2.352	2.346	2.341	2.335	2.329	2.324
150	2.318	2.312	2.307	2.302	2.296	2.291	2.286	2.281	2.276	2.272
160	2.267	2.263	2.259	2.255	2.252	2.249	2.246	2.243	2.241	2.239
170	2.237									

WT

	0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	1.445									
10	1.445									
14	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445	1.445
15	1.444	1.444	1.444	1.444	1.444	1.444	1.444	1.444	1.443	1.443
16	1.443	1.442	1.442	1.442	1.441	1.441	1.441	1.440	1.440	1.439
17	1.439	1.438	1.438	1.437	1.436	1.436	1.435	1.434	1.433	1.432
18	1.432	1.430	1.429	1.427	1.426	1.424	1.422	1.421	1.419	1.418
19	1.416	1.414	1.412	1.411	1.409	1.407	1.405	1.404	1.402	1.400
20	1.398	1.396	1.394	1.392	1.390	1.388	1.386	1.383	1.381	1.379
21	1.377	1.374	1.372	1.369	1.367	1.364	1.362	1.359	1.356	1.354
22	1.351	1.348	1.345	1.342	1.339	1.335	1.332	1.329	1.325	1.321
23	1.318	1.314	1.310	1.305	1.301	1.297	1.292	1.287	1.282	1.276
24	1.271	1.267	1.263	1.259	1.256	1.252	1.248	1.244	1.240	1.236
25	1.232	1.228	1.223	1.219	1.215	1.211	1.206	1.202	1.198	1.193
26	1.189	1.184	1.180	1.175	1.170	1.166	1.161	1.156	1.151	1.146
27	1.141	1.136	1.131	1.126	1.121	1.116	1.110	1.105	1.100	1.094
28	1.089	1.083	1.077	1.072	1.066	1.060	1.054	1.048	1.042	1.036
29	1.030	1.023	1.017	1.011	1.004	0.998	0.991	0.984	0.977	0.970
30	0.963	0.956	0.949	0.942	0.934	0.926	0.918	0.909	0.901	0.891
31	0.881	0.870	0.857	0.843	0.825	0.802	0.768	0.691		
32	0.0									

Conductivity

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	1.346	1.356	1.363	1.368	1.371	1.373	1.375	1.376	1.377	1.378
100	1.379	1.379	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.379
200	1.379	1.378	1.378	1.377	1.376	1.375	1.374	1.373	1.372	1.371
300	1.370	1.369	1.367	1.366	1.365	1.363	1.362	1.360	1.359	1.357
400	1.355	1.354	1.352	1.350	1.348	1.346	1.344	1.342	1.341	1.339
500	1.336	1.334	1.332	1.330	1.328	1.326	1.324	1.322	1.319	1.317
600	1.315	1.313	1.311	1.308	1.306	1.304	1.301	1.299	1.297	1.295
700	1.292	1.290	1.288	1.285	1.283	1.281	1.278	1.276	1.274	1.272
800	1.270	1.267	1.265	1.263	1.261	1.259	1.257	1.255	1.253	1.250
900	1.248	1.247	1.245	1.243	1.241	1.239	1.237	1.235	1.234	1.232
1000	1.230	1.228	1.227	1.225	1.224	1.222	1.220	1.219	1.217	1.216
1100	1.214	1.213	1.212	1.210	1.209	1.207	1.206	1.205	1.203	1.202
1200	1.201	1.199	1.198	1.197	1.195	1.194	1.193	1.192	1.191	1.189
1300	1.188	1.187	1.186	1.185	1.184	1.183	1.182	1.181	1.180	1.179
1400	1.178	1.178	1.177	1.176	1.176	1.175	1.175	1.175	1.175	1.175
1500	1.175									

pH

	0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
3	0.0	0.930	1.006	1.042	1.073	1.100	1.124	1.147	1.168	1.189
4	1.208	1.226	1.244	1.261	1.278	1.294	1.309	1.325	1.339	1.354
5	1.368	1.382	1.396	1.409	1.422	1.435	1.447	1.460	1.472	1.484
6	1.495	1.507	1.518	1.529	1.540	1.550	1.560	1.568	1.574	1.579
7	1.583	1.585	1.585	1.585	1.584	1.581	1.576	1.571	1.563	1.554
8	1.543	1.531	1.518	1.505	1.492	1.479	1.466	1.452	1.438	1.424
9	1.409	1.395	1.380	1.364	1.349	1.333	1.317	1.300	1.283	1.266
10	1.249	1.231	1.213	1.195	1.176	1.157	1.138	1.119	1.099	1.078
11	1.057	1.034	1.009	0.980	0.943	0.887	0.85	0.79	0.7	0.6
12	0.0									

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

BOD_5

	0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	2.512	2.512	2.512	2.512	2.511	2.511	2.510	2.509	2.507	2.504
1	2.502	2.498	2.495	2.491	2.487	2.482	2.477	2.472	2.466	2.460
2	2.454	2.447	2.440	2.433	2.426	2.418	2.411	2.403	2.394	2.386
3	2.377	2.368	2.359	2.350	2.340	2.330	2.321	2.311	2.300	2.290
4	2.280	2.269	2.258	2.247	2.236	2.225	2.214	2.202	2.191	2.179
5	2.168	2.156	2.144	2.132	2.120	2.108	2.096	2.083	2.071	2.059
6	2.047	2.034	2.022	2.010	1.997	1.985	1.973	1.960	1.948	1.936
7	1.923	1.911	1.899	1.887	1.875	1.863	1.851	1.840	1.828	1.817
8	1.805	1.794	1.783	1.772	1.761	1.750	1.740	1.729	1.719	1.709
9	1.699	1.690	1.680	1.671	1.662	1.653	1.644	1.636	1.628	1.619
10	1.611	1.604	1.596	1.588	1.581	1.574	1.567	1.560	1.553	1.547
11	1.540	1.534	1.527	1.521	1.515	1.509	1.502	1.496	1.490	1.484
12	1.478	1.472	1.466	1.460	1.453	1.447	1.441	1.434	1.428	1.421
13	1.415	1.408	1.402	1.395	1.388	1.381	1.375	1.368	1.361	1.355
14	1.348	1.342	1.336	1.330	1.325	1.320	1.315	1.311	1.308	1.306
15	1.304									

NH_4-N

	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.1	1.995	1.995	1.995	1.984	1.976	1.968	1.960	1.952	1.945	1.938
0.2	1.930	1.923	1.916	1.910	1.903	1.897	1.891	1.884	1.879	1.873
0.3	1.867	1.862	1.857	1.852	1.847	1.843	1.838	1.834	1.830	1.826
0.4	1.822	1.819	1.815	1.812	1.809	1.806	1.803	1.800	1.797	1.795
0.5	1.792	1.790	1.787	1.785	1.782	1.780	1.778	1.776	1.773	1.771
0.6	1.769	1.766	1.764	1.761	1.759	1.756	1.753	1.750	1.747	1.743
0.7	1.740	1.736	1.732	1.727	1.722	1.717	1.712	1.706	1.702	1.701
0.8	1.700	1.699	1.698	1.697	1.696	1.695	1.694	1.693	1.692	1.692
0.9	1.691	1.690	1.689	1.688	1.687	1.686	1.685	1.684	1.683	1.682

	0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
1	1.681	1.672	1.663	1.654	1.645	1.636	1.626	1.617	1.608	1.599
2	1.589	1.580	1.571	1.562	1.553	1.544	1.535	1.526	1.517	1.508
3	1.499	1.490	1.481	1.473	1.464	1.456	1.447	1.439	1.431	1.423
4	1.415	1.408	1.400	1.393	1.386	1.380	1.373	1.367	1.361	1.355
5	1.350	1.345	1.340	1.335	1.331	1.327	1.324	1.320	1.317	1.315
6	1.313	1.310	1.307	1.304	1.301	1.298	1.294	1.291	1.288	1.285
7	1.282	1.279	1.277	1.274	1.272	1.269	1.267	1.264	1.262	1.259
8	1.257	1.255	1.253	1.251	1.249	1.247	1.244	1.242	1.240	1.238
9	1.236	.	.	.	.	.	.	.	.	.

NO_3-N

	0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	1.585	1.583	1.581	1.578	1.576	1.574	1.572	1.570	1.567	1.565
1	1.563	1.560	1.558	1.555	1.553	1.550	1.548	1.545	1.542	1.540
2	1.537	1.534	1.531	1.528	1.525	1.522	1.519	1.516	1.513	1.510
3	1.507	1.503	1.500	1.497	1.493	1.489	1.486	1.482	1.477	1.473
4	1.469	1.465	1.461	1.456	1.452	1.448	1.443	1.439	1.435	1.430
5	1.426	1.422	1.417	1.413	1.408	1.404	1.400	1.395	1.391	1.387
6	1.382	1.378	1.374	1.370	1.366	1.361	1.357	1.354	1.350	1.346
7	1.342	1.339	1.335	1.332	1.329	1.326	1.323	1.320	1.318	1.315
8	1.313	.	.	.	.	.	.	.	.	.

$o\text{-}PO_4\text{-}P$

	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	1.585	1.583	1.580	1.577	1.573	1.568	1.562	1.556	1.549	1.541
0.1	1.533	1.524	1.514	1.503	1.493	1.484	1.474	1.464	1.454	1.444
0.2	1.434	1.425	1.415	1.405	1.395	1.386	1.376	1.366	1.357	1.348
0.3	1.338	1.329	1.320	1.312	1.303	1.295	1.286	1.278	1.271	1.263
0.4	1.256	1.249	1.243	1.236	1.230	1.225	1.220	1.215	1.210	1.206
0.5	1.202	1.199	1.196	1.193	1.190	1.187	1.185	1.183	1.181	1.179
0.6	1.178	1.176	1.175	1.173	1.172	1.171	1.170	1.168	1.167	1.166
0.7	1.164	1.163	1.162	1.160	1.159	1.157	1.155	1.153	1.152	1.150
0.8	1.148	1.146	1.144	1.142	1.140	1.138	1.136	1.134	1.132	1.130
0.9	1.128	1.126	1.124	1.123	1.121	1.120	1.119	1.118	1.117	1.116
1.0	1.114	1.112	1.110	1.109	1.107	1.106	1.104	1.103	1.102	1.100
1.1	1.098	1.097	1.095	1.094	1.092	1.090	1.088	1.086	1.084	1.082
1.2	1.080	1.078	1.076	1.074	1.071	1.068	1.066	1.063	1.061	1.059
1.3	1.056	1.053	1.051	1.050	1.049	1.047	1.045	1.044	1.042	1.040

All rights reserved

ตารางที่ 7.20 เกณฑ์คุณภาพน้ำ (Chantara, 2005)

Class	Rang of chemical index	Site classification
1	>83	Very clean
1-2	73 - 83	Clean
2	56 - 73	Fairly clean
2-3	44 – 56	Moderate
3	27 – 44	Polluted
3-4	17 – 27	Heavily polluted
4	<17	Very heavily polluted

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมีในการวิเคราะห์แคดเมียม

1. เตรียมกรดเปอร์คลอริกและกรดไนตริกอัตราส่วน 2:1

- เทกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น($HClO_4$) 70% 40 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร ในตู้ดูดควัน

- เทกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) 65% 20 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่มีกรดเปอร์คลอริกอยู่ แล้วใช้แท่งแก้วคนผสมให้เข้ากัน

2. การเตรียมแบลงค์ (blank) 0.01 M HNO_3

- เตรียมจากกรดไนตริกเข้มข้น 65%

$$\boxed{M = \frac{10\ x\ \%}{Mw}}$$

$$= \frac{10\ x\ 65}{63}$$

$$M = 10.32\ M$$

- เตรียม 1 L (1000 ml)

$$\boxed{N_1V_1 = N_2V_2}$$

$$10.32\ V_1 = 0.01\ (1000)$$

$$V_1 = 0.97\ ml$$

- ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ de-ionized

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

3.1 เตรียมจาก stock standard solution เข้มข้น 1000 ppm ของแคดเมียม แล้วเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐาน stock standard solution เข้มข้น 100 ppm

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

- ดูดสารละลายมาตรฐานแคดเมียม ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 10 ml ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

- ปรับสารละลายให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วย 0.01 M HNO_3 เพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 100 ppm

การคำนวณค่าความเข้มข้นของแคดเมียมจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS

ความเข้มข้นที่ได้จากเครื่อง AAS = Y mg/l ; mg/l = mg/kg

ใน 1000 ml มีแคดเมียมอยู่ Y mg/l

ถ้า 25 ml มีแคดเมียม $\frac{Y \times 25}{1000}$ mg/l ; 25 ml คือ ปริมาตรที่ย่อย(ของเหลว)

Ex. ดินตะกอน น้ำหนัก 0.5 g

ดินตะกอน 0.5 g มีแคดเมียม $\frac{Y \times 25}{1000}$ mg/l

ถ้าดินตะกอน 100 g มีแคดเมียม $\frac{Y \times 25 \times 1000}{1000 \times 0.5} = \boxed{\frac{Y \times 25}{0.5}}$ mg/kg

* เป็นการคำนวณย้อนกลับการย่อยตัวอย่างที่เราต้องการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.21 น้ำหนักแห้งของพืชที่เก็บตามลำห้วยแม่ตาวในเดือนสิงหาคม

site	plant	dry weight (g)	
		shoot	root
1	*L. spinosa*	37.28	22.97
	D. esculentum	78.13	151.06
	C. esculenta	26.20	48.41
2	*L. spinosa*	41.22	75.59
	D. esculentum	24.05	51.07
	C. esculenta	52.91	55.45
3	*L. spinosa*	49.94	67.11
	D. esculentum	45.00	73.43
	C. esculenta	77.60	76.90
4	*L. spinosa*	22.07	30.71
	D. esculentum	66.73	134.09
	C. esculenta	74.78	74.66

ตารางที่ 7.22 น้ำหนักแห้งของพืชที่เก็บตามลำห้วยแม่ตาวในเดือนธันวาคม

site	plant	dry weight (g)	
		shoot	root
1	*L. spinosa*	23.84	37.34
	D. esculentum	28.79	20.64
	C. esculenta	6.41	20.05
2	*L. spinosa*	13.43	29.21
	D. esculentum	11.24	18.63
	C. esculenta	39.05	75.33
3	*L. spinosa*	10.33	54.90
	D. esculentum	21.97	66.19
	C. esculenta	56.02	88.11
4	*L. spinosa*	13.21	10.59
	D. esculentum	27.95	73.11
	C. esculenta	9.29	32.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.23 น้ำหนักแห้งของพืชที่เก็บในบ่อ

month	plant	dry weight (g)	
		shoot	root
Aug	*L. spinosa*	20.93	26.13
	D. esculentum	34.19	55.97
	C. esculenta	22.44	48.48
Oct	*L. spinosa*	1.96	22.50
	D. esculentum	3.17	15.94
	C. esculenta	1.44	60.06
Dec	*L. spinosa*	2.21	28.99
	D. esculentum	15.44	39.10
	C. esculenta	1.18	31.13

ตารางที่ 7.24 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในผักหนามตามลำห้วยแม่ตาว

site	Plant (mg/kg)					
	L. spinosa					
	Wet season			Dry season		
	total	shoot	root	total	shoot	root
1	1.19	1.33	0.95	1.1	1.02	1.15
2	119.75	121.57	110.833	107.91	113.52	105.33
3	72.01	73.32	71.033	74.33	92.13	70.98
4	114.82	115.4	114.4	82.12	102.02	57.3

ตารางที่ 7.25 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในผักกูดตามลำห้วยแม่ตาว

site	Plant (mg/kg)					
	D. esculentum					
	Wet season			Dry season		
	total	shoot	root	total	shoot	root
1	2.22	2.32	2.167	1.34	1.32	1.37
2	10.6	7.68	11.967	5.42	2.1	7.42
3	6.61	5.73	7.15	5.08	1.33	1.72
4	25.79	12.95	32.183	8.31	1.45	10.93

ตารางที่ 7.26 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในบอนตามลำห้วยแม่ตาว

site	Plant (mg/kg)					
	C. esculenta					
	Wet season			Dry season		
	total	shoot	root	total	shoot	root
1	1.81	1.47	2	0.72	0.68	0.73
2	6.47	3.57	9.233	3.76	1.37	4.9
3	6.16	1.93	10.433	6.9	1.87	10.1
4	6.32	3.03	9.617	4.05	2.68	4.46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.27 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในพืชแต่ละชนิดในบ่อ

month	Plant (mg/kg)								
	L. spinosa			*D. esculentum*			*C. esculenta*		
	total	shoot	root	total	shoot	root	total	shoot	root
June	0.054	0.059	0.051	0.041	0.036	0.043	0.037	0.027	0.04
August	4.75	5.183	4.4	2.86	1.567	3.65	5.57	1.917	7.267
October	4.14	4.933	4.067	2.51	2.383	2.533	2.84	1.9	6.65
December	2.91	4.3	2.8	1.89	0.267	2.533	2.83	0.5	2.92

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.28 ค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง ครั้งที่ 1 (28 สิงหาคม 2558)

Site	Water (mg/l)	Plant (mg/kg)						Soil (mg/kg)
		Shoot			Root			
		ผักหนาม	ผักกูด	บอน	ผักหนาม	ผักกูด	บอน	
1	0.001	1.65	2.55	1.40	1.40	2.20	2.10	1.25
	0.001	0.90	2.10	1.40	0.90	2.15	2.05	1.35
	0.002	1.45	2.30	1.60	0.55	2.15	1.85	0.75
2	0.002	122.40	6.35	3.95	113.60	13.20	9.10	23.35
	0.008	143.25	7.35	3.35	106.20	10.20	10.00	32.40
	0.007	99.05	9.35	3.40	112.70	12.50	8.60	26.65
3	0.005	74.55	5.60	1.80	70.25	6.50	11.10	13.65
	0.010	71.60	5.95	2.20	35.75	7.90	10.05	29.10
	0.017	73.80	5.65	1.80	107.10	7.05	10.15	13.95
4	0.010	130.10	12.60	3.05	110.90	27.70	8.20	31.70
	0.018	112.60	12.75	2.05	112.30	33.50	10.25	19.10
	0.020	103.50	13.50	4.00	120.00	35.35	10.40	18.95
บ่อปลา	0.005	5.00	1.20	2.05	4.70	3.95	6.95	13.25
	0.003							6.65
	0.010							5.35
	0.010	5.45	1.65	1.60	4.15	3.40	6.75	8.85
	0.021							5.95
	0.022							5.45
	0.025	5.10	1.85	2.10	4.35	3.60	8.10	7.00
	0.026							5.90
	0.026							3.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.29 ค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง ครั้งที่ 2 (30 ตุลาคม 2558)

Site	Water (mg/l)	Plant (mg/kg)						Soil (mg/kg)
		Shoot			Root			
		ผักหนาม	ผักกูด	บอน	ผักหนาม	ผักกูด	บอน	
บ่อปลา	0.004	5.55	2.05	1.80	5.50	2.40	9.65	8.55
	0.001							9.55
	0.000							7.90
	0.008	5.70	2.25	1.90	2.65	2.85	4.65	9.30
	0.003							6.80
	0.003							7.95
	0.007	3.55	2.85	2.00	4.05	2.35	5.65	8.70
	0.012							5.70
	0.011							6.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.30 ค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง ครั้งที่ 3 (23 ธันวาคม 2558)

Site	Water (mg/l)	Plant (mg/kg)						Soil (mg/kg)
		Shoot			Root			
		ผักหนาม	ผักกูด	บอน	ผักหนาม	ผักกูด	บอน	
1	0.004	1.20	1.30	0.75	1.46	1.40	0.70	0.25
	0.004	0.31	0.95	0.75	0.45	1.30	0.50	0.45
	0.005	1.55	1.70	0.55	1.54	1.40	1.00	0.40
2	0.005	138.95	2.10	1.35	115.50	3.50	4.45	23.75
	0.002	106.65	2.20	1.70	81.70	6.80	4.55	44.65
	0.005	94.95	2.00	1.05	118.80	11.95	5.70	21.50
3	0.006	88.75	2.45	1.75	66.60	0.45	10.90	25.30
	0.007	88.15	0.80	2.05	66.20	2.10	10.00	28.50
	0.006	99.50	0.75	1.80	80.15	2.60	9.40	9.95
4	0.006	93.95	0.35	2.90	54.75	5.50	3.00	5.15
	0.000	103.00	0.80	2.55	54.25	8.60	6.13	8.35
	0.009	109.10	3.20	2.60	62.90	18.70	4.25	5.40
บ่อปลา	0.006	4.40	0.20	0.45	2.60	3.25	2.95	5.40
	0.005							5.65
	0.006							5.15
	0.005	4.20	0.15	0.55	2.65	1.65	2.92	1.35
	0.000							1.65
	0.002							1.60
	0.002	4.30	0.45	0.50	3.15	2.70	2.89	4.05
	0.003							3.30
	0.003							4.35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.31 ค่า Bioaccumulation factor (BF) และ Transfer factor (TF)

site	Plants	BF		TF
		water	sediment	
Mae Tao brook	*L. spinosa*	11865.93	4.66	1.2
	D. esculentum	1343.93	1.15	0.63
	C. esculenta	892.38	0.69	0.65
Pond	*L. spinosa*	617.46		1.31
	D. esculentum	382.42		0.49
	C. esculenta	541.21		0.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.32 ค่าการปนเปื้อนแคดเมียมในแต่ละตัวอย่างในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำห้วยแม่ตาว

Sites	Cadmium							
	Wet season							
	Water (mg/l)	Sediment (mg/kg)	Plant (mg/kg)					
			L. spinosa		*D. esculentum*		*C. esculenta*	
			Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
1	0.001±0.001	1.116±0.321	1.333±0.388	0.950±0.427	2.317±0.225	2.167±0.029	1.467±0.115	2.000±0.132
2	0.005±0.003	27.467±4.580	121.567±22.112	110.833±4.038	7.683±1.528	11.967±1.570	3.567±0.333	9.233±0.709
3	0.011±0.006	18.900±8.835	73.317±1.533	71.033±35.681	5.733±0.189	7.150±0.705	1.933±0.231	10.433±0.580
4	0.016±0.005	23.250±7.318	115.400±13.519	114.400±4.900	12.950±0.482	32.183±3.991	3.033±0.975	9.617±1.229
Sites	Dry season							
	Water (mg/l)	Sediment (mg/kg)	Plant (mg/kg)					
			L. spinosa		*D. esculentum*		*C. esculenta*	
			Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
1	0.004±0.001	0.370±0.104	1.020±0.639	1.150±0.608	1.320±0.375	1.370±0.058	0.680±0.115	0.730±0.252
2	0.004±0.002	29.970±12.766	113.520±22.790	105.330±0.010	2.100±0.100	7.420±4.259	1.370±0.325	4.900±0.695
3	0.006±0.001	21.250±9.916	92.130±6.387	70.980±7.941	1.330±0.967	1.720±1.125	1.870±0.161	10.100±0.755
4	0.005±0.005	6.300±1.780	102.017±7.623	57.300±4.856	1.450±1.532	10.930±6.902	2.680±0.189	4.460±1.576

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

ตารางมาตรฐานปริมาณโลหะหนักและคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 7.33 ปริมาณโลหะหนักในดินธรรมชาติ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ชนิดโลหะหนัก	มาตรฐานโลหะหนักในดิน	อ้างอิง
ตะกั่ว (pb)	ไม่เกิน 420	USDA NRCS (2000)
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 840	USDA NRCS (2000)
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 85	USDA NRCS (2000)
โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 3,000	USDA NRCS (2000)
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 7,500	USDA NRCS (2000)
แมงกานีส (Mn)	น้อยกว่า 2 ถึง 7,000	US EPA (2003 b)
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 4,300	USDA NRCS (2000)
ซีลีเนียม (Se)	ไม่เกิน 100	USDA NRCS (2000)
เหล็ก (Fe)	20,000-550,000	Bodek et al (1988, cited after US EPA, 2003 a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7.34 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินโดยกรมควบคุมมลพิษ (2537)

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/]ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1.อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
2.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter)ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
3.ออกซิเจนละลาย (DO)[2/]	มก./ล.	P20	ธ	6.0	4.0	2.0	-	Azide Modification
4.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2.0	4.0	-	Azide Modificationที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
5.ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5.0			-	Cadmium Reduction
6.แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5			-	Distillation Nesslerization
7.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
8.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
9.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
10.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ	0.005* 0.05**			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
11.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration

หมายเหตุ : [1/]กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

[2/] ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	
ประเภทแหล่งน้ำ	**การใช้ประโยชน์**
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ 7.35 มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2539

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
ความเป็นกรดด่าง	-	-
สี	แพลตตินัมโคบอลท์	ไม่เกิน 15
ความขุ่น	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100
ความกระด้าง	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
เหล็ก	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.1
ทองแดง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3
ตะกั่ว	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
โครเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.003
สารหนู	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
ปรอท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.001
ซัลเฟต	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
คลอไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
ไนเตรท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
อีโคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.7
ฟีนอล	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ซิลิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
เงิน	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
อลูมิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.07
นิเกิล	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.02

ที่มา: Guidelines for drinking – water quality (WHO, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวหทัยภัทร วิรัตน์เกษม

วัน เดือน ปีเกิด 5 พฤศจิกายน 2533

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา เมื่อปี 2551

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จาก ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีอุตสาหกรรม - เครื่องมือวิเคราะห์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2555

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved