

ภาคผนวก ก.

การวัดปริมาณสารหนูโดยวิธี **Colourimetry Molybdenum Blue**

การวัดปริมาณสารหนูโดยวิธี Colourimetry Molybdenum Blue

วิธีการวัดปริมาณสารหนู โดยใช้เครื่อง spectrophotometer เป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป หลักการของวิธีนี้คือ การทำให้สารหนูทำปฏิกิริยากับ ammonium molybdate ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน blue complex ซึ่งมีสีน้ำเงินขึ้นมา แล้ววัดสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ความเข้มข้นของสีจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณสารหนูที่มีอยู่ในน้ำ วิธีนี้วัดค่าได้ตั้งแต่ 1 µg As ขึ้นไป

อุปกรณ์และสารเคมี

- 1) เครื่อง spectrophotometer ของ Shimudzu UV-1601, Japan
- 2) สารละลาย potassium iodate 0.17 M
- 3) Hydrochloric acid 1 N
- 4) Mixed Reagent ประกอบไปด้วย
 - 4.1 Sulphuric acid 5 N
 - 4.2 Ammonium molybdate 40 g/L
 - 4.3 Ascorbic acid 0.1 M
 - 4.4 Potassium antimonyl tartrate 1 mgSb/ml

ผสม 5 N sulphuric acid 125 ml และ ammonium molybdate 37.5 ml เข้าด้วยกัน แล้วเติมสารละลาย ascorbic acid 75 ml และ potassium antimonyl tartrate 12.5 ml โดย mixed Reagent นี้สามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

- 5) Reducing Reagent ประกอบด้วย
 - 5.1 สารละลาย sodium metabisulfite 14% w/w
 - 5.2 สารละลาย sodium thiosulfate 1.4% w/w
 - 5.3 สารละลายกรด sulfuric acid 5 N

ผสมสารละลายกรด 5 N sulfuric acid 20 ml และ sodium metabisulfite 40 ml เข้าด้วยกัน การผสมควรจะทำอย่างช้าๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองที่มากจากการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วเติมสารละลาย sodium thiosulfate 40 ml ผสมเข้าด้วยกัน ปริมาณ reducing reagent ที่เตรียมนี้เพียงพอสำหรับ 20 ตัวอย่าง และสามารถแช่เย็นเก็บไว้ได้นาน 24 ชั่วโมง

วิธีวิเคราะห์ปริมาณ Trivalent และ Pentavalent arsenic

1) ปิเปตตัวอย่างน้ำ 40 ml ลงใน flask ขนาด 125 ml จำนวน 9 ขวด โดยแบ่งตัวอย่างเพื่อทำ oxidized 3 ขวด ทำ untreated 3 ขวด และ reduced 3 ขวด การเตรียมสารละลายดังกล่าวเป็นการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

2) ตัวอย่าง oxidized

เติม 1 M hydrochloric acid 1 ml แล้วหยดสารละลาย 0.17 M potassium iodate 0.05 ml ทำการผสมให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาอย่างน้อย 2 นาที จากนั้นเติม mixed reagent 4 ml แล้วเขย่าผสมทันที

3) ตัวอย่าง untreated

เติม mixed reagent 4 ml เขย่าผสมทันที แล้วเติมสารละลาย 0.17 M potassium iodate 0.05 ml หลังจากผสมแล้วเติม 1 M hydrochloric acid 1 ml

สำหรับตัวอย่าง oxidized และ untreated หลังจากผสมสารเคมีต่างๆ แล้ว ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง เพื่อให้สีที่เกิดขึ้นมีความเสถียร หลังจากนั้นจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 865 นาโนเมตร

4) ตัวอย่าง reduced

เติม reducing agent 4 ml ผสม แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง แล้วเติม mixed reagent 4 ml รอ 15 นาที เพื่อให้เกิดสีโดยสมบูรณ์ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 865 นาโนเมตร

5) ปิเปตน้ำ DI 40 ml ลงในแต่ละ erlenmeyer flasks ขนาด 125 ml จำนวน 9 ขวด แล้วทำการทดลองดังเช่นที่กล่าวมาแล้ว เพื่อเป็น blank

การคำนวณหาปริมาณสารหนู

จากการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าปริมาณของตัวอย่าง reduced จะมากกว่าปริมาณของตัวอย่าง oxidized และ untreated จึงต้องทำ dilution correction เพื่อให้ได้ค่าดูดกลืนแสงที่ถูกต้องโดยสามารถหาได้จาก

$$\frac{\text{ปริมาตรสุทธิตัวอย่าง reduced}}{\text{ปริมาตรสุทธิตัวอย่าง oxidized หรือ untreated}} = 48 \text{ ml} / 45 \text{ ml} = 1.067$$

หลังจากทำ dilution correction ค่าการดูดกลืนแสงของ blank จะถูกนำมาลบเพื่อหาค่า corrected absorbance(C.A.)

$$C.A.(oxidized) = Abs(oxidized) - Abs(oxidized\ blank)$$

$$C.A.(untreated) = Abs(untreated) - Abs(Untreated\ Blank)$$

$$C.A.(reduced) = Abs(reduced \times 1.067) - Abs(reduced\ blank)$$

โดยปริมาณของ arsenite, arsenate และ total arsenic สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Arsenite = [C.A.(oxidized) - C.A.(untreated)] \times Abs.factorAs(III)$$

$$Arsenate = [C.A.(untreated) - C.A.(reduced)] \times Abs.factorAs(V)$$

$$Total\ arsenic = arsenite + arsenate$$

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบความหนาแน่นแบบมาตรฐาน

ผลการทดสอบความหนาแน่นแบบมาตรฐาน

การทดสอบความหนาแน่นแบบมาตรฐาน (standard proctor compaction test) คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของดิน โดยจะใช้ mold โลหะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.6 มม. สูง 116.4 มม. ปริมาตรเท่ากับ 944 ซม.³ ซึ่งยึดติดกับฐานได้และมีปลอกสูง 50.8 มม. และ rammer โลหะหนัก 2.5 กก. มีเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัด 50.8 มม. ระยะตกกระแทก 305 มม.

วิธีการทดสอบ จะนำดินที่ผ่านการผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. แล้ว มาผสมน้ำจำนวนหนึ่ง แล้วกระทุ้งใน mold ด้วย rammer โดยแบ่งดินเป็น 3 ชั้น เท่าๆ กันโดยประมาณ แต่ละชั้นกระทุ้ง 25 ครั้ง แล้วปาดผิวดินให้เรียบเสมอบน mold จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนัก และคำนวณหาความหนาแน่นเปียก (wet density) ได้จากสูตร $p_{wet} = \frac{M}{V}$ และนำดินส่วนหนึ่งไปหาปริมาณความชื้น (w) ก็จะคำนวณหาความหนาแน่นแห้ง (dry density) ได้จากสูตร $p_d = \frac{p_{wet}}{1+w}$

โดยกำหนดให้ p_{wet} = ความหนาแน่นเปียก

p_d = ความหนาแน่นแห้ง

M = มวลของดินทั้งหมด

V = ปริมาตรของดินทั้งหมด

w = $\frac{\text{น้ำหนักของน้ำ}}{\text{น้ำหนักของดิน}}$

ทำเช่นเดียวกันนี้ประมาณ 6 ครั้ง โดยแต่ละครั้งเพิ่มปริมาณน้ำขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะได้ค่าความชื้นและความหนาแน่นแห้งของดินชุดหนึ่ง นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งของดิน เรียกว่า compaction curve ที่จุดยอดของ curve จะเรียกว่า ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (max dry density) ณ จุดนี้ความหนาแน่นแห้งของดินสูงสุด จะทำให้น้ำซึมผ่านช้า

ผลการทดสอบดินทั้ง 3 ชุดตัวอย่างที่จะใช้ทดลองด้วยวิธี column leaching test เป็นดังนี้

| | |
|-----------------|------------------------------|
| 1. ชนิดตัวอย่าง | ดินเหนืองแร่ 100 % w/w |
| ชนิดการบดอัด | <u>standard proctor test</u> |
| ปริมาตรของ mold | 944.56 ลบ.ซม. |

Water Content Determination

| sample no. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| wet soil + can g. | 273.41 | 295.59 | 246.91 | 225.88 | 307.46 | 249.73 |
| dry soil + can g. | 266.31 | 281.85 | 231.05 | 207.36 | 276.63 | 221.36 |
| wt. of can g. | 15.73 | 14.68 | 13.53 | 13.24 | 17.11 | 13.25 |
| wt. of water g. | 7.10 | 13.74 | 15.86 | 18.52 | 30.83 | 28.37 |
| wt. of dry soil g. | 250.58 | 267.17 | 217.52 | 194.12 | 259.52 | 208.11 |
| water content % | 2.83 | 5.14 | 7.29 | 9.54 | 11.88 | 13.63 |

Density Determination

| | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| wet soil + mold g. | 7238.00 | 7309.00 | 7388.00 | 7513.00 | 7492.00 | 7417.00 |
| wt of mold g. | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 |
| wt of soil in mold g. | 2443.00 | 2514.00 | 2593.00 | 2718.00 | 2697.00 | 2622.00 |
| wet density g/cc | 2.59 | 2.66 | 2.75 | 2.88 | 2.86 | 2.78 |
| dry density g/cc | 2.52 | 2.53 | 2.56 | 2.63 | 2.56 | 2.45 |

Optimum water content = 9.54 %

Maximum dry density = 2.63 g/cc.

กำหนดให้น้ำหนักดินเหนืองแร่ที่ต้องใช้ใน mold = 3300 g

ดังนั้นน้ำหนักน้ำที่จะใช้ผสมคือ
$$= 3300 \times \frac{9.54}{100} = 315 \text{ g}$$

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| 2. ชนิดตัวอย่าง | ดินเหนียวแร่ผสมดินลูกรัง 20 % w/w |
| ชนิดการบดอัด | <u>standard proctor test</u> |
| ปริมาตรของ mold | 944.56 ลบ.ซม. |

Water Content Determination

| sample no. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| wet soil + can g. | 242.71 | 256.86 | 275.85 | 351.05 | 244.21 | 251.83 |
| dry soil + can g. | 233.73 | 242.29 | 257.33 | 323.74 | 223.21 | 227.58 |
| wt. of can g. | 14.31 | 15.03 | 11.07 | 14.83 | 14.84 | 14.23 |
| wt. of water g. | 8.98 | 14.57 | 18.52 | 27.31 | 21.00 | 24.25 |
| wt. of dry soil g. | 219.42 | 227.26 | 246.26 | 308.91 | 208.37 | 213.35 |
| water content % | 4.09 | 6.41 | 7.52 | 8.84 | 10.08 | 11.37 |

Density Determination

| | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| wet soil + mold g. | 7013.00 | 7356.50 | 7539.00 | 7656.00 | 7619.00 | 7550.00 |
| wt of mold g. | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 |
| wt of soil in mold g. | 2218.00 | 2562.00 | 2744.00 | 2861.00 | 2824.00 | 2755.00 |
| wet density g/cc | 2.35 | 2.71 | 2.91 | 3.03 | 2.99 | 2.92 |
| dry density g/cc | 2.26 | 2.55 | 2.71 | 2.78 | 2.73 | 2.62 |

Optimum water content = 8.84 %

Maximum dry density = 2.78 g/cc

กำหนดให้น้ำหนักดินเหนียวแร่ผสมดินลูกรัง 20 % w/w ที่ต้องใช้ใน mold = 3,300 g

ดังนั้นน้ำหนักน้ำที่จะใช้ผสม = $3,300 \times \frac{8.84}{100} = 292 \text{ g}$

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| 3. ชนิดตัวอย่าง | ดินเหนียวแร่ผสมเถ้าลอย 10% w/w |
| ชนิดการบดอัด | <u>standard proctor test</u> |
| ปริมาตรของ mold | 944.56 ลบ.ซม. |

Water Content Determination

| sample no. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| wet soil + can g. | 275.30 | 234.52 | 253.07 | 251.93 | 289.00 | 249.73 |
| dry soil + can g. | 263.90 | 222.50 | 237.40 | 233.69 | 265.75 | 227.58 |
| wt. of can g. | 14.20 | 14.23 | 13.62 | 13.89 | 13.21 | 14.23 |
| wt. of water g. | 11.40 | 12.02 | 15.67 | 18.24 | 23.25 | 22.15 |
| wt. of dry soil g. | 249.70 | 208.27 | 223.78 | 219.80 | 252.54 | 213.35 |
| water content % | 4.57 | 5.77 | 7.00 | 8.30 | 9.21 | 10.38 |

Density Determination

| | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| wet soil + mold g. | 7197.00 | 7323.00 | 7447.00 | 7551.00 | 7508.00 | 7447.00 |
| wt of mold g. | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 | 4795.00 |
| wt of soil in mold g. | 2402.00 | 2528.00 | 2652.00 | 2756.00 | 2713.00 | 2652.00 |
| wet density g/cc | 2.54 | 2.68 | 2.81 | 2.92 | 2.87 | 2.81 |
| dry density g/cc | 2.43 | 2.53 | 2.63 | 2.70 | 2.63 | 2.55 |

Optimum water content = 8.30 %

Maximum dry density = 2.70

กำหนดให้น้ำหนักดินเหนียวแร่ผสมเถ้าลอย 10 % w/w ที่ต้องใช้ใน mold = 3300 g

ดังนั้นน้ำหนักน้ำที่จะใช้ผสม = $3300 \times \frac{8.30}{100} = 274 \text{ g}$

ภาคผนวก ค.

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลอง

ตารางภาคผนวก ค-1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินและวัสดุก่อนทดลอง

| พารามิเตอร์ | วัสดุคลุมดิน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------|---------|-----------|------|-----------|----------|----------|-----------|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|----------|----------|-----------|--------|
| | ดินหมืองแร่ | | | | | ดินลูกรัง | | | | | หินปูนฝุ่น | | | | | ปูนขาว | | | | | ถั่วลอย | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| pH | 7.60 | 7.56 | 7.64 | 7.60 | 0.03 | 5.04 | 4.93 | 5.08 | 5.02 | 0.06 | 8.96 | 9.00 | 8.99 | 8.98 | 0.02 | 12.57 | 12.55 | 12.61 | 12.58 | 0.02 | 12.10 | 12.13 | 12.08 | 12.10 | 0.02 |
| EC | 78.50 | 70.60 | 73.60 | 74.23 | 3.26 | 20.50 | 19.90 | 19.20 | 19.87 | 0.53 | 157.10 | 155.90 | 156.40 | 156.47 | 0.49 | 9630.00 | 9840.00 | 10070.00 | 9850.00 | 179.69 | 37600.00 | 39600.00 | 37900.00 | 38366.00 | 880.66 |
| OM | 0.55 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.01 | 0.59 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.01 | 4.06 | 4.21 | 4.15 | 4.14 | 0.06 | 18.18 | 18.49 | 18.15 | 18.27 | 0.15 | 5.15 | 4.95 | 4.88 | 4.99 | 0.11 |
| TotalAs | 77.76 | 78.32 | 78.04 | 78.04 | 0.23 | 20.96 | 21.12 | 21.02 | 21.03 | 0.07 | 13.08 | 13.01 | 13.03 | 13.04 | 0.03 | 1.23 | 1.14 | 1.20 | 1.19 | 0.04 | 12.98 | 13.15 | 12.87 | 13.00 | 0.12 |
| TotalFe | 3513.29 | 3492.3 | 3506.29 | 3503.96 | 8.73 | 15503.2 | 15356.98 | 15313.99 | 15391.38 | 80.98 | 20.48 | 18.26 | 22.70 | 20.48 | 1.81 | 1.60 | 1.03 | 1.20 | 1.28 | 0.24 | 3870.50 | 3884.92 | 3858.00 | 3871.14 | 11.00 |
| TotalCa | 280.85 | 278.27 | 274.83 | 277.98 | 2.47 | 52.00 | 53.00 | 51.50 | 52.17 | 0.62 | 101022.90 | 101191.03 | 101192.46 | 101135.46 | 79.60 | 112450.47 | 112643.32 | 112531.92 | 112541.90 | 79.05 | 75742.9 | 75906.99 | 75763.4 | 75804.43 | 73.00 |

ตารางภาคผนวก ค-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูเมื่อผสมวัสดุคลุมดินต่อดินเหมืองแร่

| อัตราส่วนผสม (%w/w) | ซ้ำ | วัสดุคลุมดิน (มก./กก.) | | | |
|---------------------|-----------|------------------------|------------|--------|---------|
| | | ดินลูกรัง | หินปูนฝุ่น | ปูนขาว | เถ้าลอย |
| 0 | 1 | 3.40 | 2.88 | 3.24 | 3.28 |
| | 2 | 4.12 | 3.28 | 2.96 | 3.60 |
| | 3 | 3.68 | 3.84 | 3.80 | 4.40 |
| | \bar{X} | 3.73 | 3.33 | 3.33 | 3.76 |
| | SD | 0.30 | 0.39 | 0.35 | 0.47 |
| 2 | 1 | 3.36 | 3.40 | 2.56 | 2.64 |
| | 2 | 3.40 | 3.56 | 2.88 | 2.52 |
| | 3 | 3.64 | 2.80 | 2.48 | 2.48 |
| | \bar{X} | 3.47 | 3.25 | 2.64 | 2.55 |
| | SD | 0.12 | 0.33 | 0.17 | 0.07 |
| 4 | 1 | 2.92 | 3.36 | 2.48 | 2.00 |
| | 2 | 2.36 | 3.12 | 2.44 | 2.24 |
| | 3 | 2.40 | 3.48 | 2.52 | 2.08 |
| | \bar{X} | 2.56 | 3.32 | 2.48 | 2.11 |
| | SD | 0.26 | 0.15 | 0.03 | 0.10 |
| 6 | 1 | 2.12 | 2.96 | 2.44 | 1.96 |
| | 2 | 2.80 | 3.40 | 2.48 | 1.68 |
| | 3 | 2.52 | 2.92 | 1.96 | 1.96 |
| | \bar{X} | 2.48 | 3.09 | 2.29 | 1.87 |
| | SD | 0.28 | 0.22 | 0.24 | 0.13 |
| 8 | 1 | 2.16 | 2.76 | 2.32 | 1.24 |
| | 2 | 2.56 | 3.36 | 2.00 | 1.12 |
| | 3 | 2.24 | 3.04 | 2.36 | 1.04 |
| | \bar{X} | 2.32 | 3.05 | 2.23 | 1.13 |
| | SD | 0.17 | 0.25 | 0.16 | 0.08 |
| 10 | 1 | 1.52 | 3.16 | 2.04 | 0.60 |
| | 2 | 1.76 | 3.28 | 1.92 | 0.60 |
| | 3 | 1.16 | 3.44 | 2.24 | 0.56 |
| | \bar{X} | 1.48 | 3.29 | 2.07 | 0.59 |
| | SD | 0.25 | 0.11 | 0.13 | 0.02 |

ตารางภาคผนวก ค-3 ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูโดยวัสดุคลุมดินทั้ง 4 ชนิด (ร้อยละ)

| วัสดุคลุมดิน | อัตราส่วนผสมดินหมืองแร่และวัสดุคลุมดิน (%w/w) | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| ดินลูกรัง | 6.97 | 31.37 | 33.51 | 37.80 | 60.32 |
| หินปูนฝุ่น | 2.40 | 0.30 | 7.21 | 8.41 | 1.20 |
| ปูนขาว | 20.72 | 25.53 | 31.23 | 33.03 | 37.84 |
| เถ้าลอย | 32.18 | 43.88 | 50.27 | 69.95 | 84.31 |

ตารางภาคผนวก ค-4 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยดินลูกรัง (มก./ก.)

| เวลา (นาที) | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
|----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 10 | 1.91 | 2.27 | 2.10 | 2.09 | 0.15 | 1.75 | 1.91 | 1.81 | 1.85 | 0.07 | 0.87 | 1.12 | 1.02 | 1.00 | 0.10 |
| 30 | 2.31 | 2.15 | 1.96 | 2.14 | 0.15 | 1.87 | 1.93 | 2.00 | 1.91 | 0.05 | 1.19 | 1.10 | 1.11 | 1.14 | 0.04 |
| 60 | 1.91 | 2.42 | 2.32 | 2.22 | 0.22 | 2.04 | 1.87 | 1.91 | 1.93 | 0.07 | 1.21 | 1.06 | 1.20 | 1.16 | 0.07 |
| 90 | 2.30 | 2.38 | 2.25 | 2.31 | 0.05 | 2.07 | 1.93 | 2.10 | 1.97 | 0.07 | 1.19 | 1.17 | 1.21 | 1.19 | 0.02 |
| 120 | 2.36 | 2.36 | 2.36 | 2.36 | 0.00 | 1.86 | 2.21 | 1.90 | 2.09 | 0.16 | 1.31 | 1.24 | 1.27 | 1.27 | 0.03 |
| 240 | 2.47 | 2.32 | 2.35 | 2.38 | 0.06 | 2.20 | 2.13 | 2.38 | 2.15 | 0.11 | 1.35 | 1.29 | 1.27 | 1.30 | 0.03 |
| 360 | 2.40 | 2.30 | 2.45 | 2.38 | 0.06 | 2.09 | 2.32 | 2.14 | 2.24 | 0.10 | 1.36 | 1.32 | 1.30 | 1.33 | 0.02 |
| 480 | 2.31 | 2.35 | 2.48 | 2.38 | 0.07 | 2.30 | 2.20 | 1.43 | 2.23 | 0.39 | 1.30 | 1.33 | 1.26 | 1.30 | 0.03 |
| 900 | 2.50 | 2.40 | 2.36 | 2.42 | 0.06 | 2.31 | 2.15 | 2.28 | 2.20 | 0.07 | 1.24 | 1.31 | 1.27 | 1.27 | 0.03 |
| 1440 | 2.49 | 2.36 | 2.40 | 2.41 | 0.05 | 2.07 | 2.27 | 1.99 | 2.20 | 0.12 | 1.28 | 1.30 | 1.32 | 1.30 | 0.02 |

ตารางภาคผนวก ค-5 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยถ้ำลอย (มก./ก.)

| เวลา (นาที) | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
|----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 10 | 1.20 | 1.02 | 1.08 | 1.10 | 0.08 | 1.36 | 1.39 | 1.43 | 1.39 | 0.03 | 2.30 | 2.23 | 2.28 | 2.27 | 0.03 |
| 30 | 0.95 | 0.80 | 0.79 | 0.85 | 0.08 | 1.51 | 1.42 | 1.49 | 1.47 | 0.04 | 2.36 | 2.43 | 2.38 | 2.39 | 0.03 |
| 60 | 0.92 | 0.97 | 0.95 | 0.95 | 0.02 | 1.53 | 1.57 | 1.49 | 1.53 | 0.04 | 2.40 | 2.47 | 2.43 | 2.44 | 0.03 |
| 90 | 0.99 | 0.83 | 0.96 | 0.93 | 0.07 | 1.79 | 1.72 | 1.75 | 1.75 | 0.03 | 2.49 | 2.41 | 2.44 | 2.45 | 0.03 |
| 120 | 0.94 | 0.87 | 1.11 | 0.97 | 0.10 | 1.90 | 1.85 | 1.92 | 1.89 | 0.03 | 2.50 | 2.43 | 2.45 | 2.46 | 0.03 |
| 240 | 1.28 | 1.25 | 1.41 | 1.31 | 0.07 | 2.27 | 2.12 | 2.20 | 2.20 | 0.06 | 2.42 | 2.47 | 2.53 | 2.47 | 0.04 |
| 360 | 1.62 | 1.71 | 1.54 | 1.62 | 0.07 | 2.51 | 2.46 | 2.42 | 2.46 | 0.03 | 2.49 | 2.40 | 2.47 | 2.46 | 0.04 |
| 480 | 1.47 | 1.53 | 1.51 | 1.50 | 0.03 | 2.45 | 2.51 | 2.49 | 2.48 | 0.03 | 2.47 | 2.45 | 2.51 | 2.48 | 0.02 |
| 900 | 1.54 | 1.43 | 1.50 | 1.49 | 0.05 | 2.45 | 2.40 | 2.43 | 2.43 | 0.02 | 2.50 | 2.47 | 2.45 | 2.47 | 0.02 |
| 1440 | 1.50 | 1.40 | 1.46 | 1.45 | 0.04 | 2.50 | 2.40 | 2.41 | 2.43 | 0.05 | 2.45 | 2.50 | 2.49 | 2.48 | 0.02 |

ตารางภาคผนวก ก-6 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Freundlich ของดินลูกรัง

| ตัวอย่างที่ | log (Cf) | | | | | | | | | | | | | | | log q | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 1 | 0.47 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.03 | 0.68 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.02 | 1.02 | 0.92 | 0.95 | 0.97 | 0.04 | 2.80 | 2.70 | 2.77 | 2.75 | 0.04 | 2.75 | 2.66 | 2.73 | 2.71 | 0.04 | 2.66 | 2.50 | 2.61 | 2.59 | 0.07 |
| 2 | 0.74 | 0.68 | 0.70 | 0.70 | 0.02 | 0.96 | 0.92 | 0.97 | 0.95 | 0.02 | 1.44 | 1.51 | 1.48 | 1.48 | 0.03 | 3.04 | 3.01 | 3.11 | 3.05 | 0.04 | 3.09 | 3.00 | 2.95 | 3.01 | 0.06 | 2.72 | 2.63 | 2.77 | 2.70 | 0.06 |
| 3 | 1.20 | 1.11 | 1.26 | 1.19 | 0.06 | 1.35 | 1.42 | 1.38 | 1.38 | 0.03 | 1.78 | 1.69 | 1.70 | 1.72 | 0.04 | 3.38 | 3.29 | 3.33 | 3.33 | 0.03 | 3.31 | 3.25 | 3.27 | 3.28 | 0.02 | 3.12 | 2.98 | 3.10 | 3.07 | 0.06 |
| 4 | 1.44 | 1.41 | 1.49 | 1.45 | 0.03 | 1.66 | 1.64 | 1.71 | 1.67 | 0.03 | 1.81 | 1.91 | 1.89 | 1.87 | 0.04 | 3.42 | 3.47 | 3.55 | 3.48 | 0.05 | 3.46 | 3.38 | 3.40 | 3.41 | 0.03 | 3.35 | 3.21 | 3.29 | 3.28 | 0.06 |
| 5 | 1.66 | 1.62 | 1.60 | 1.62 | 0.02 | 1.78 | 1.73 | 1.71 | 1.74 | 0.03 | 2.10 | 1.99 | 2.01 | 2.03 | 0.05 | 3.65 | 3.52 | 3.63 | 3.60 | 0.06 | 3.62 | 3.50 | 3.56 | 3.56 | 0.05 | 3.31 | 3.42 | 3.39 | 3.37 | 0.05 |

ตารางภาคผนวก ก-7 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Freundlich ของถ้ำลอย

| ตัวอย่างที่ | log (Cf) | | | | | | | | | | | | | | | log q | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 1 | 1.18 | 1.10 | 1.08 | 1.12 | 0.04 | 0.71 | 0.60 | 0.68 | 0.67 | 0.05 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 2.52 | 2.48 | 2.40 | 2.47 | 0.05 | 2.68 | 2.73 | 2.60 | 2.71 | 0.05 | 2.80 | 2.75 | 2.79 | 2.78 | 0.02 |
| 2 | 1.38 | 1.25 | 1.29 | 1.31 | 0.05 | 0.89 | 0.81 | 0.98 | 0.89 | 0.07 | 0.50 | 0.41 | 0.47 | 0.46 | 0.04 | 2.90 | 2.84 | 2.87 | 2.87 | 0.02 | 3.09 | 2.98 | 3.00 | 3.02 | 0.05 | 3.12 | 3.02 | 3.07 | 3.07 | 0.04 |
| 3 | 1.60 | 1.68 | 1.59 | 1.62 | 0.04 | 1.24 | 1.27 | 1.20 | 1.24 | 0.03 | 0.86 | 0.78 | 0.80 | 0.81 | 0.03 | 3.24 | 3.13 | 3.10 | 3.16 | 0.06 | 3.35 | 3.29 | 3.20 | 3.31 | 0.06 | 3.43 | 3.31 | 3.38 | 3.37 | 0.05 |
| 4 | 1.83 | 1.76 | 1.72 | 1.77 | 0.05 | 1.31 | 1.38 | 1.40 | 1.36 | 0.04 | 1.04 | 0.94 | 1.02 | 1.00 | 0.04 | 3.44 | 3.30 | 3.35 | 3.36 | 0.06 | 3.57 | 3.47 | 3.40 | 3.50 | 0.07 | 3.59 | 3.52 | 3.50 | 3.54 | 0.04 |
| 5 | 1.95 | 2.12 | 1.90 | 1.99 | 0.09 | 1.67 | 1.59 | 1.57 | 1.61 | 0.04 | 1.34 | 1.22 | 1.28 | 1.28 | 0.05 | 3.41 | 3.48 | 3.35 | 3.41 | 0.05 | 3.53 | 3.63 | 3.59 | 3.60 | 0.04 | 3.68 | 3.70 | 3.61 | 3.66 | 0.04 |

ตารางภาคผนวก ค-8 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Langmuir ของดินลูกรัง

| ตัวอย่างที่ | 1/q | | | | | | | | | | | | | | | 1/Cf | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 1 | 1.84 | 1.74 | 1.77 | 1.79 | 0.04 | 1.99 | 1.91 | 1.96 | 1.95 | 0.03 | 2.51 | 2.55 | 2.66 | 2.57 | 0.07 | 0.41 | 0.32 | 0.38 | 0.37 | 0.04 | 0.21 | 0.20 | 0.25 | 0.22 | 0.02 | 0.17 | 0.10 | 0.07 | 0.11 | 0.04 |
| 2 | 0.89 | 0.92 | 0.86 | 0.89 | 0.02 | 1.03 | 0.93 | 1.00 | 0.98 | 0.04 | 2.06 | 2.03 | 1.99 | 2.02 | 0.03 | 0.20 | 0.25 | 0.14 | 0.20 | 0.04 | 0.19 | 0.09 | 0.05 | 0.11 | 0.06 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| 3 | 0.54 | 0.40 | 0.46 | 0.47 | 0.06 | 0.48 | 0.50 | 0.57 | 0.52 | 0.04 | 0.87 | 0.80 | 0.85 | 0.84 | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| 4 | 0.30 | 0.33 | 0.37 | 0.33 | 0.03 | 0.43 | 0.40 | 0.35 | 0.39 | 0.03 | 0.51 | 0.52 | 0.56 | 0.53 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| 5 | 0.29 | 0.26 | 0.20 | 0.25 | 0.04 | 0.29 | 0.27 | 0.24 | 0.27 | 0.02 | 0.48 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

ตารางภาคผนวก ค-9 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Langmuir ของถ้ำลอย

| ตัวอย่างที่ | 1/q | | | | | | | | | | | | | | | 1/Cf | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-----------|------|
| | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | | pH 4 | | | | | pH 7 | | | | | pH 12 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | 3 | \bar{X} | SD |
| 1 | 3.45 | 3.30 | 3.35 | 3.37 | 0.06 | 2.01 | 1.94 | 1.96 | 1.97 | 0.03 | 1.72 | 1.68 | 1.62 | 1.67 | 0.04 | 0.10 | 0.06 | 0.09 | 0.08 | 0.02 | 0.19 | 0.25 | 0.20 | 0.21 | 0.02 | 0.98 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.04 |
| 2 | 1.41 | 1.29 | 1.38 | 1.36 | 0.05 | 1.03 | 0.94 | 0.88 | 0.95 | 0.06 | 0.81 | 0.90 | 0.84 | 0.85 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.13 | 0.18 | 0.09 | 0.13 | 0.04 | 0.37 | 0.35 | 0.29 | 0.34 | 0.03 |
| 3 | 0.66 | 0.72 | 0.69 | 0.69 | 0.02 | 0.49 | 0.41 | 0.52 | 0.48 | 0.04 | 0.46 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.02 | 0.19 | 0.13 | 0.16 | 0.16 | 0.02 |
| 4 | 0.47 | 0.41 | 0.45 | 0.44 | 0.02 | 0.38 | 0.30 | 0.25 | 0.31 | 0.05 | 0.31 | 0.21 | 0.35 | 0.29 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| 5 | 0.34 | 0.44 | 0.39 | 0.39 | 0.04 | 0.28 | 0.21 | 0.25 | 0.25 | 0.03 | 0.20 | 0.21 | 0.25 | 0.22 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.02 |

ตารางภาคผนวก ค-10 ผลการทดสอบการชะละลาย (column leaching test)

| เวลา (ชั่วโมง) | ชะละลายด้วย deionized water | | | | | | | | | | | | ชะละลายด้วย K ₂ SO ₄ 0.05 โมล | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|-------|-----------|------|---|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|-------|-----------|------|
| | pH | | | | | | | | | | | | pH | | | | | | | | | | | |
| | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | |
| | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD |
| 3 | 8.45 | 8.21 | 8.33 | 0.12 | 8.22 | 7.98 | 8.10 | 0.12 | 11.95 | 11.89 | 11.92 | 0.03 | 8.20 | 8.31 | 8.26 | 0.06 | 8.32 | 8.29 | 8.31 | 0.02 | 11.48 | 11.57 | 11.53 | 0.04 |
| 6 | 7.91 | 7.69 | 7.80 | 0.11 | 8.27 | 8.41 | 8.34 | 0.07 | 11.80 | 11.75 | 11.78 | 0.03 | 8.20 | 8.26 | 8.23 | 0.03 | 8.46 | 8.57 | 8.52 | 0.05 | 11.69 | 11.47 | 11.58 | 0.11 |
| 9 | 8.74 | 8.68 | 8.71 | 0.03 | 7.57 | 7.59 | 7.58 | 0.01 | 11.79 | 11.73 | 11.76 | 0.03 | 8.70 | 8.41 | 8.56 | 0.14 | 8.41 | 8.50 | 8.46 | 0.04 | 11.54 | 11.87 | 11.71 | 0.17 |
| 12 | 7.80 | 7.75 | 7.78 | 0.02 | 7.71 | 7.64 | 7.68 | 0.04 | 12.02 | 12.09 | 12.06 | 0.04 | 8.42 | 8.57 | 8.50 | 0.08 | 8.21 | 8.27 | 8.24 | 0.03 | 11.78 | 12.02 | 11.90 | 0.12 |
| 15 | 7.68 | 7.79 | 7.74 | 0.06 | 7.38 | 7.26 | 7.32 | 0.06 | 12.12 | 11.98 | 12.05 | 0.07 | 7.44 | 7.27 | 7.36 | 0.09 | 8.05 | 8.14 | 8.10 | 0.04 | 11.79 | 12.05 | 11.92 | 0.13 |
| 18 | 7.04 | 7.21 | 7.13 | 0.08 | 7.39 | 7.33 | 7.36 | 0.03 | 12.12 | 11.99 | 12.06 | 0.06 | 7.56 | 7.88 | 7.72 | 0.16 | 8.01 | 7.68 | 7.85 | 0.17 | 11.84 | 12.01 | 11.93 | 0.09 |
| 24 | 7.69 | 7.71 | 7.70 | 0.01 | 7.21 | 7.29 | 7.25 | 0.04 | 12.10 | 12.06 | 12.08 | 0.02 | 7.47 | 7.36 | 7.42 | 0.05 | 7.51 | 7.47 | 7.49 | 0.02 | 11.97 | 12.08 | 12.03 | 0.05 |
| 30 | 7.32 | 7.27 | 7.30 | 0.03 | 7.19 | 7.21 | 7.20 | 0.01 | 12.14 | 12.03 | 12.09 | 0.06 | 7.61 | 7.68 | 7.65 | 0.03 | 7.62 | 7.59 | 7.61 | 0.02 | 11.98 | 12.09 | 12.04 | 0.05 |
| 36 | 7.39 | 7.41 | 7.40 | 0.01 | 7.09 | 7.23 | 7.16 | 0.07 | 11.97 | 12.06 | 12.02 | 0.04 | 8.26 | 8.30 | 8.28 | 0.02 | 7.09 | 7.41 | 7.25 | 0.16 | 12.02 | 12.10 | 12.06 | 0.04 |
| 42 | 7.24 | 7.32 | 7.28 | 0.04 | 7.10 | 7.14 | 7.12 | 0.02 | 12.10 | 11.96 | 12.03 | 0.07 | 8.27 | 8.16 | 8.22 | 0.05 | 7.74 | 7.54 | 7.64 | 0.10 | 12.11 | 12.15 | 12.13 | 0.02 |
| 48 | 7.07 | 7.01 | 7.04 | 0.03 | 7.18 | 7.14 | 7.16 | 0.02 | 12.04 | 12.19 | 12.12 | 0.08 | 8.24 | 8.39 | 8.32 | 0.08 | 7.41 | 7.50 | 7.46 | 0.04 | 12.12 | 12.02 | 12.07 | 0.05 |
| 54 | 7.02 | 6.87 | 6.95 | 0.07 | 7.53 | 7.50 | 7.52 | 0.02 | 12.10 | 12.13 | 12.12 | 0.02 | 8.30 | 8.34 | 8.32 | 0.02 | 7.22 | 7.31 | 7.27 | 0.04 | 12.06 | 12.10 | 12.08 | 0.02 |
| 60 | 7.37 | 7.16 | 7.27 | 0.10 | 7.32 | 7.41 | 7.37 | 0.04 | 12.12 | 12.16 | 12.14 | 0.02 | 8.25 | 8.37 | 8.31 | 0.06 | 7.20 | 7.11 | 7.16 | 0.04 | 11.91 | 12.01 | 11.96 | 0.05 |
| 66 | 7.41 | 7.43 | 7.42 | 0.01 | 7.22 | 7.09 | 7.16 | 0.06 | 12.11 | 12.21 | 12.16 | 0.05 | 8.24 | 8.29 | 8.27 | 0.02 | 7.14 | 7.09 | 7.12 | 0.02 | 12.07 | 12.16 | 12.12 | 0.04 |

ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

| เวลา (ชั่วโมง) | ชะละลายด้วย deionized water | | | | | | | | | | | | ชะละลายด้วย K ₂ SO ₄ 0.05 โมล | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|-----------|----|-----------|------|-----------|----|--------|--------|-----------|-----|---|-------|-----------|-----|-----------|-------|-----------|-----|--------|--------|-----------|------|
| | EC (μs/cm) | | | | | | | | | | | | EC (μs/cm) | | | | | | | | | | | |
| | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | |
| | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD |
| 3 | 1421 | 1407 | 1414 | 7 | 1604 | 1638 | 1621 | 17 | 72749 | 72651 | 72700 | 49 | 25040 | 24960 | 25000 | 40 | 11780 | 11620 | 11700 | 80 | 424100 | 425900 | 425000 | 900 |
| 6 | 1466 | 1484 | 1475 | 9 | 1421 | 1371 | 1396 | 25 | 114110 | 113890 | 114000 | 110 | 25900 | 25700 | 25800 | 100 | 16730 | 16690 | 16710 | 20 | 302200 | 301800 | 302000 | 200 |
| 9 | 1187 | 1169 | 1178 | 9 | 1104 | 1120 | 1112 | 8 | 110120 | 110080 | 110100 | 20 | 26100 | 25900 | 26000 | 100 | 18460 | 18300 | 18380 | 80 | 229500 | 230500 | 230000 | 500 |
| 12 | 1109 | 1095 | 1102 | 7 | 754 | 728 | 741 | 13 | 41350 | 41250 | 41300 | 50 | 25950 | 26050 | 26000 | 50 | 23860 | 23940 | 23900 | 40 | 191900 | 191300 | 191600 | 300 |
| 15 | 1091 | 1099 | 1095 | 4 | 515 | 531 | 523 | 8 | 36400 | 35600 | 36000 | 400 | 26290 | 26110 | 26200 | 90 | 25200 | 25000 | 25100 | 100 | 162000 | 161400 | 161700 | 300 |
| 18 | 841 | 829 | 835 | 6 | 369 | 355 | 362 | 7 | 39690 | 39710 | 39700 | 10 | 26450 | 26350 | 26400 | 50 | 25800 | 26200 | 26000 | 200 | 141000 | 139200 | 140100 | 900 |
| 24 | 679 | 689 | 684 | 5 | 244 | 262 | 253 | 9 | 31700 | 31500 | 31600 | 100 | 26700 | 26500 | 26600 | 100 | 25950 | 26250 | 26100 | 150 | 125900 | 127100 | 126500 | 600 |
| 30 | 579 | 597 | 588 | 9 | 184 | 168 | 176 | 8 | 37400 | 37600 | 37500 | 100 | 26590 | 26410 | 26500 | 90 | 26000 | 26200 | 26100 | 100 | 113000 | 114600 | 113800 | 800 |
| 36 | 369 | 357 | 363 | 6 | 143 | 151 | 147 | 4 | 47450 | 47350 | 47400 | 50 | 26500 | 26300 | 26400 | 100 | 26100 | 25900 | 26000 | 100 | 104900 | 103900 | 104400 | 500 |
| 42 | 361 | 347 | 354 | 7 | 157 | 131 | 144 | 13 | 47100 | 46900 | 47000 | 100 | 26420 | 26180 | 26300 | 120 | 26000 | 25800 | 25900 | 100 | 95900 | 94700 | 95300 | 600 |
| 48 | 318 | 328 | 323 | 5 | 156 | 142 | 149 | 7 | 28700 | 28900 | 28800 | 100 | 26620 | 26380 | 26500 | 120 | 26100 | 25900 | 26000 | 100 | 90500 | 89700 | 90100 | 400 |
| 54 | 310 | 302 | 306 | 4 | 152 | 146 | 149 | 3 | 28810 | 28590 | 28700 | 110 | 26490 | 26310 | 26400 | 90 | 25900 | 26100 | 26000 | 100 | 82300 | 79900 | 81100 | 1200 |
| 60 | 300 | 284 | 292 | 8 | 156 | 146 | 151 | 5 | 24490 | 24310 | 24400 | 90 | 26440 | 26360 | 26400 | 40 | 26100 | 25900 | 26000 | 100 | 74120 | 72280 | 73200 | 920 |
| 66 | 250 | 232 | 241 | 9 | 122 | 113 | 117 | 5 | 22440 | 22360 | 22400 | 40 | 26490 | 26310 | 26400 | 90 | 25950 | 26050 | 26000 | 50 | 75700 | 75300 | 75500 | 200 |

ตารางภาคผนวก ค-8 (ต่อ)

| เวลา (ชั่วโมง) | ชะละลายด้วย deionized water | | | | | | | | | | | | ชะละลายด้วย K ₂ SO ₄ 0.05 โมล | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|------|-----------|------|---|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|------|-----------|------|
| | As (mg/L) | | | | | | | | | | | | As (mg/L) | | | | | | | | | | | |
| | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | | ดินเหมืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | |
| | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD |
| 3 | 0.66 | 0.60 | 0.63 | 0.03 | 0.41 | 0.38 | 0.40 | 0.01 | 0.56 | 0.46 | 0.51 | 0.05 | 0.60 | 0.53 | 0.57 | 0.03 | 0.25 | 0.17 | 0.21 | 0.04 | 7.01 | 5.53 | 6.27 | 0.74 |
| 6 | 0.92 | 0.81 | 0.87 | 0.06 | 0.40 | 0.47 | 0.44 | 0.04 | 0.69 | 0.73 | 0.71 | 0.02 | 0.31 | 0.18 | 0.25 | 0.07 | 0.19 | 0.14 | 0.16 | 0.02 | 4.19 | 3.01 | 3.60 | 0.59 |
| 9 | 1.08 | 1.12 | 1.10 | 0.02 | 0.61 | 0.55 | 0.58 | 0.03 | 0.70 | 0.74 | 0.72 | 0.02 | 0.09 | 0.20 | 0.15 | 0.06 | nd | nd | nd | nd | 4.01 | 3.02 | 3.52 | 0.49 |
| 12 | 1.30 | 1.28 | 1.29 | 0.01 | 0.78 | 0.68 | 0.73 | 0.05 | 0.35 | 0.23 | 0.29 | 0.06 | 0.19 | 0.11 | 0.15 | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 2.19 | 2.07 | 2.13 | 0.06 |
| 15 | 1.30 | 1.36 | 1.33 | 0.03 | 0.92 | 0.88 | 0.90 | 0.02 | 0.40 | 0.30 | 0.35 | 0.05 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.01 | nd | nd | nd | nd | 3.05 | 1.81 | 2.43 | 0.62 |
| 18 | 1.37 | 1.47 | 1.42 | 0.05 | 1.09 | 0.99 | 1.04 | 0.05 | 0.38 | 0.34 | 0.36 | 0.02 | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.01 | nd | nd | nd | nd | 2.04 | 1.62 | 1.83 | 0.21 |
| 24 | 1.19 | 1.09 | 1.14 | 0.05 | 1.02 | 0.93 | 0.97 | 0.05 | 0.20 | 0.17 | 0.19 | 0.02 | 0.10 | 0.14 | 0.12 | 0.02 | nd | nd | nd | nd | 2.12 | 1.85 | 1.99 | 0.13 |
| 30 | 1.19 | 1.31 | 1.25 | 0.06 | 0.81 | 0.78 | 0.80 | 0.02 | 0.20 | 0.27 | 0.24 | 0.04 | 0.20 | 0.07 | 0.13 | 0.07 | nd | nd | nd | nd | 1.97 | 1.72 | 1.85 | 0.13 |
| 36 | 1.17 | 1.26 | 1.22 | 0.05 | 1.10 | 0.91 | 1.01 | 0.10 | 0.21 | 0.26 | 0.24 | 0.02 | 0.19 | 0.09 | 0.14 | 0.05 | nd | nd | nd | nd | 1.08 | 1.25 | 1.17 | 0.09 |
| 42 | 1.40 | 1.57 | 1.48 | 0.08 | 0.87 | 0.94 | 0.90 | 0.03 | 0.38 | 0.21 | 0.29 | 0.08 | 0.19 | 0.16 | 0.17 | 0.02 | nd | nd | nd | nd | 1.40 | 1.85 | 1.63 | 0.22 |
| 48 | 1.48 | 1.53 | 1.50 | 0.02 | 0.77 | 0.90 | 0.83 | 0.07 | 0.20 | 0.26 | 0.23 | 0.03 | 0.24 | 0.28 | 0.26 | 0.02 | nd | nd | nd | nd | 1.56 | 1.32 | 1.44 | 0.12 |
| 54 | 1.52 | 1.60 | 1.56 | 0.04 | 0.91 | 0.89 | 0.90 | 0.01 | 0.07 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.17 | 0.12 | 0.14 | 0.02 | nd | nd | nd | nd | 1.19 | 1.28 | 1.24 | 0.04 |
| 60 | 1.71 | 1.80 | 1.76 | 0.04 | 1.21 | 0.99 | 1.10 | 0.11 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.21 | 0.28 | 0.25 | 0.04 | nd | nd | nd | nd | 1.18 | 1.30 | 1.24 | 0.06 |
| 66 | 1.60 | 1.65 | 1.62 | 0.03 | 0.92 | 0.86 | 0.89 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.14 | 0.24 | 0.19 | 0.05 | nd | nd | nd | nd | 1.04 | 1.21 | 1.13 | 0.08 |

nd = non detected

ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

| เวลา (ชั่วโมง) | ชะละลายด้วย deionized water | | | | | | | | | | | | ชะละลายด้วย K ₂ SO ₄ 0.05 โมล | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|----|-----------|----|---|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------|----|-----------|----|
| | Fe (mg/L) | | | | | | | | | | | | Fe (mg/L) | | | | | | | | | | | |
| | ดินเหนืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | | ดินเหนืองแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | |
| | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD |
| 3 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | / | / | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 6 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.07 | 0.11 | 0.09 | 0.02 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 9 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 12 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 15 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 18 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | nd | nd | / | / | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 24 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.08 | 0.12 | 0.10 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 30 | 0.07 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 36 | 0.09 | 0.17 | 0.13 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | / | / | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | / | / |
| 42 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | / | / | 0.14 | 0.09 | 0.12 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 48 | 0.02 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | nd | nd | / | / | 0.21 | 0.18 | 0.19 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 54 | 0.02 | 0.08 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.15 | 0.23 | 0.19 | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 60 | 0.02 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.28 | 0.14 | 0.21 | 0.07 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | nd | nd | / | / |
| 66 | 0.03 | 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | nd | nd | / | / | 0.18 | 0.25 | 0.21 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | nd | nd | / | / |

nd = non detected

ตารางภาคผนวก ค-8 (ต่อ)

| เวลา (ชั่วโมง) | ชะละลายด้วย deionized water | | | | | | | | | | | | ชะละลายด้วย K ₂ SO ₄ 0.05 โมล | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|-----------|-----|-----------|------|-----------|-----|--------|--------|-----------|------|---|------|-----------|-----|-----------|------|-----------|-----|--------|--------|-----------|------|
| | Ca (mg/L) | | | | | | | | | | | | Ca (mg/L) | | | | | | | | | | | |
| | ดินเหมือนแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | | ดินเหมือนแร่ | | | | ดินลูกรัง | | | | ถ้ำลอย | | | |
| | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD | 1 | 2 | \bar{X} | SD |
| 3 | 12.0 | 10.4 | 11.2 | 0.8 | 20.4 | 22.9 | 21.6 | 1.2 | 795.0 | 723.0 | 759.0 | 36.0 | 54.0 | 49.1 | 51.5 | 2.5 | 70.5 | 65.5 | 68.0 | 2.5 | 2450.0 | 2378.0 | 2414.0 | 36.0 |
| 6 | 13.5 | 11.2 | 12.3 | 1.2 | 31.4 | 32.9 | 32.1 | 0.7 | 1150.0 | 1300.0 | 1225.0 | 75.0 | 39.1 | 42.4 | 40.8 | 1.6 | 65.1 | 60.9 | 63.0 | 2.1 | 1320.0 | 1174.0 | 1247.0 | 73.0 |
| 9 | 11.0 | 10.2 | 10.6 | 0.4 | 25.2 | 21.7 | 23.5 | 1.8 | 1335.0 | 1525.0 | 1430.0 | 95.0 | 32.6 | 36.6 | 34.6 | 2.0 | 61.1 | 65.0 | 63.0 | 2.0 | 1012.0 | 878.0 | 945.0 | 67.0 |
| 12 | 11.4 | 9.8 | 10.6 | 0.8 | 15.0 | 10.4 | 12.7 | 2.3 | 455.0 | 367.0 | 411.0 | 44.0 | 31.0 | 34.8 | 32.9 | 1.9 | 40.2 | 30.2 | 35.2 | 5.0 | 820.0 | 712.0 | 766.0 | 54.0 |
| 15 | 9.3 | 7.1 | 8.2 | 1.1 | 23.0 | 31.1 | 27.0 | 4.1 | 378.0 | 240.0 | 309.0 | 69.0 | 32.9 | 37.0 | 34.9 | 2.0 | 19.3 | 12.0 | 15.7 | 3.6 | 1320.0 | 1404.0 | 1362.0 | 42.0 |
| 18 | 7.1 | 7.5 | 7.3 | 0.2 | 4.6 | 2.0 | 3.3 | 1.3 | 360.0 | 250.0 | 305.0 | 55.0 | 30.4 | 28.0 | 29.2 | 1.2 | 10.3 | 6.4 | 8.4 | 2.0 | 605.0 | 505.0 | 555.0 | 50.0 |
| 24 | 5.9 | 4.6 | 5.3 | 0.7 | 3.7 | 2.0 | 2.9 | 0.9 | 390.0 | 286.0 | 338.0 | 52.0 | 28.3 | 34.2 | 31.3 | 3.0 | 20.1 | 12.6 | 16.3 | 3.7 | 550.0 | 414.0 | 482.0 | 68.0 |
| 30 | 4.8 | 2.6 | 3.7 | 1.1 | 2.1 | 1.1 | 1.6 | 0.5 | 400.0 | 374.0 | 387.0 | 13.0 | 29.6 | 33.9 | 31.7 | 2.1 | 9.9 | 11.1 | 10.5 | 0.6 | 460.0 | 390.0 | 425.0 | 35.0 |
| 36 | 3.2 | 2.2 | 2.7 | 0.5 | 2.1 | 1.4 | 1.7 | 0.3 | 510.0 | 422.0 | 466.0 | 44.0 | 29.3 | 26.5 | 27.9 | 1.4 | 10.2 | 6.2 | 8.2 | 2.0 | 345.0 | 423.0 | 384.0 | 39.0 |
| 42 | 3.3 | 2.5 | 2.9 | 0.4 | 3.5 | 2.0 | 2.8 | 0.7 | 530.0 | 446.0 | 488.0 | 42.0 | 24.6 | 20.0 | 22.3 | 2.3 | 24.3 | 25.4 | 24.8 | 0.5 | 506.0 | 426.0 | 466.0 | 40.0 |
| 48 | 2.5 | 4.0 | 3.2 | 0.7 | 1.8 | 1.1 | 1.4 | 0.4 | 345.0 | 245.0 | 295.0 | 50.0 | 24.0 | 29.0 | 26.5 | 2.5 | 29.9 | 27.2 | 28.5 | 1.3 | 340.0 | 316.0 | 328.0 | 12.0 |
| 54 | 3.0 | 2.7 | 2.8 | 0.1 | 6.5 | 9.8 | 8.2 | 1.7 | 322.0 | 184.0 | 253.0 | 69.0 | 24.6 | 27.2 | 25.9 | 1.3 | 20.5 | 12.6 | 16.5 | 3.9 | 764.0 | 680.0 | 722.0 | 42.0 |
| 60 | 2.7 | 1.8 | 2.2 | 0.4 | 2.2 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 290.0 | 340.0 | 315.0 | 25.0 | 26.9 | 24.0 | 25.4 | 1.4 | 11.1 | 8.4 | 9.7 | 1.3 | 312.0 | 274.0 | 293.0 | 19.0 |
| 66 | 2.4 | 1.8 | 2.1 | 0.3 | 1.9 | 1.3 | 1.6 | 0.3 | 260.0 | 292.0 | 276.0 | 16.0 | 20.1 | 22.3 | 21.2 | 1.1 | 9.5 | 6.8 | 8.1 | 1.4 | 272.0 | 240.0 | 256.0 | 16.0 |



ภาพประกอบภาคผนวก ค-1 ดินปนเอนสารหนู



ภาพประกอบภาคผนวก ค-2 ดินลูกรัง



ภาพประกอบภาคผนวก ค-3 หินปูนฝุ่น



ภาพประกอบภาคผนวก ค-4 เต้าลอย



ภาพประกอบภาคผนวก ค-5 ปุ๋ยขาว