



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำปีการศึกษาที่ 2  
วันที่ 6 พฤษภาคม 2559  
วิชา 224-432 Hazardous Waste Management

ปีการศึกษา 2558  
เวลา 9.00-12.00 น.  
ห้องสอบ A200

**คำชี้แจง**

- ข้อสอบทั้งหมดมี 6 ข้อ รวม 100 คะแนน
- ข้อสอบมี 15 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
- ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้ E ทุกกรณี
- ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก
- ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น
- ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
- ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงพอต่อการคิดคำนวณให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม
- อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

ตารางแสดงคะแนนสอบปลายภาค

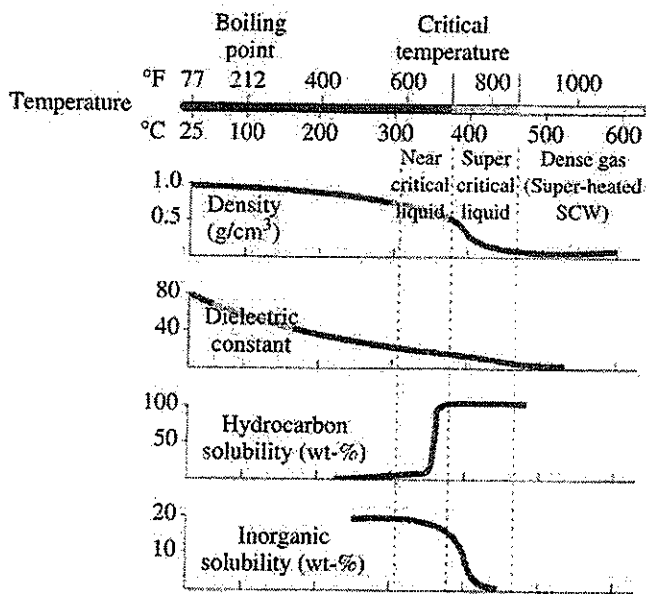
ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	23	
2	18	
3	18	
4	14	
5	7	
6	20	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์  
ผู้ออกข้อสอบ  
พฤษภาคม 2559

ข้อที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (23 คะแนน)

1-1 กระบวนการ air stripping และ steam stripping แตกต่างกันอย่างไรร จงอธิบาย (3 คะแนน)

1-2 จงอธิบายว่า supercritical fluid คืออะไร และอธิบายการใช้ supercritical fluid ดังภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (3 คะแนน)



1-3 กระบวนการ chemical oxidation ใช้สารอะไรในการดำเนินการฟื้นฟูฟากของเสียอันตราย และใช้ค่าใดกำหนดการเกิดปฏิกิริยา chemical oxidation ฟากของเสียอันตรายจงอธิบาย (3 คะแนน)

1-5 จงใช้ Freundlich adsorption isotherm และ กราฟ Freundlich adsorption isotherm ที่กำหนดให้หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ต้องการต่อวัน ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสาร xylenes ความเข้มข้นเท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50,000 ลิตรต่อวัน กำหนดให้น้ำที่ผ่านการบำบัดต้องมีความเข้มข้นของ xylenes น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (7 คะแนน)

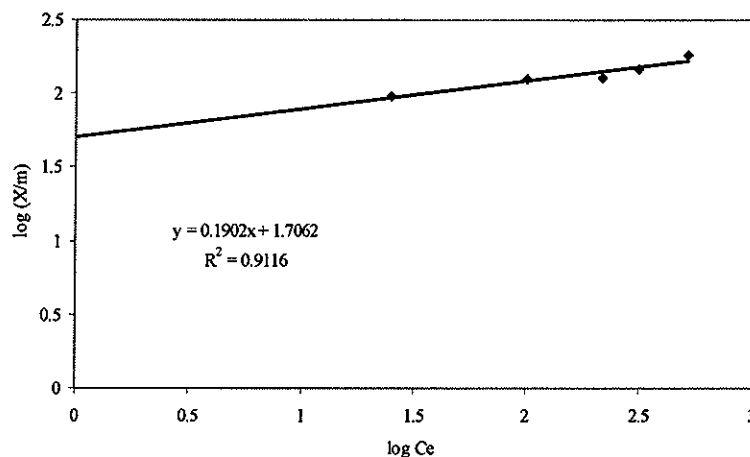
กำหนดให้ 1. Freundlich Isotherm

$$\frac{x}{m} = X = K C_e^{1/n} \quad (1)$$

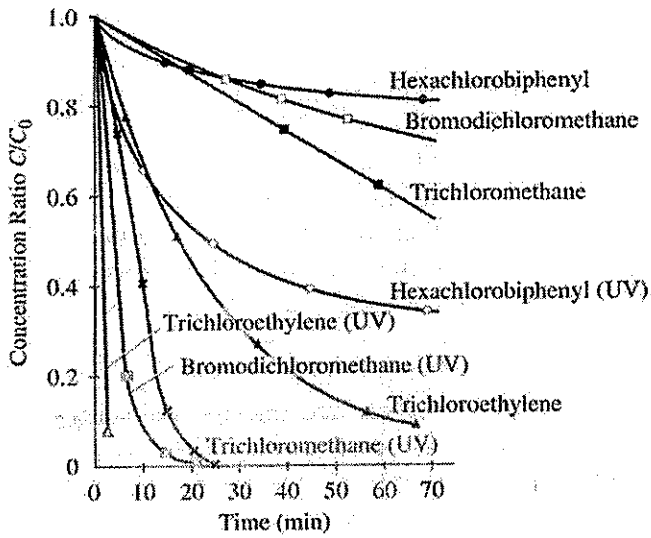
$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

เมื่อค่า  $n$  คือค่าความชันของ กราฟ Freundlich Isotherm  
ค่า  $K$  หาได้จากกราฟ เมื่อจุดตัดแกน  $Y$  มีค่าเท่ากับ  $\log K$

2. กราฟ Freundlich Isotherm



1-6 การใช้โอโซนอย่างเดียวและการใช้โอโซนร่วมกับ UV เพื่อบำบัดสารกลุ่ม Chlorinated hydrocarbon แสดงดังกราฟด้านล่าง จงตอบคำถามต่อไปนี้ (7 คะแนน)



Chlorinated organic by ozone with and without UV radiation

Note: At pH 6-7 Ozone dose rate = 1.2 mg/L-min

- กรณีที่ใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว (ดังแสดงในกราฟที่กำกับด้วยอักษร Trichloromethane) เพื่อบำบัดสาร Trichloromethane 500  $\mu\text{g/L}$  ในน้ำบาดาลที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 1000 L/min จงหาประสิทธิภาพสูงสุด (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดได้และปริมาณโอโซนที่ต้องใช้ (kg/day)
- กรณีที่ใช้โอโซนร่วมกับ UV [ดังแสดงในกราฟที่กำกับด้วยอักษร Trichloromethane (UV)] เพื่อบำบัดสาร Trichloromethanes 500  $\mu\text{g/L}$  ในน้ำบาดาลที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 1000 L/min เมื่อต้องการประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ต้องใช้ปริมาณโอโซนอย่างน้อยที่สุดเท่าไร (kg/day)
- เปรียบเทียบปริมาณโอโซนที่ใช้จากทั้งสองกรณี

**ข้อที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (18 คะแนน)**

2-1 สาร Petroleum Refinery ถูกนำไปบำบัดโดยกระบวนการ Land Treatment โดยทำการเทสาร 50 ตันความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ลงในพื้นที่ขนาดกว้าง 50 เมตร ยาว 50 เมตร ลึก 0.1 เมตร หลังจากทิ้งไว้ 365 วันพบว่าความเข้มข้นลดลงเหลือ 1 เปอร์เซ็นต์ จงหา (1) Degradation rate constants (2) ระยะเวลาครึ่งชีวิตในการย่อยสลาย Petroleum Refinery (10 คะแนน)

**กำหนดให้** ค่าความหนาแน่นของดินมีค่าเท่ากับ  $1,540 \text{ kg/m}^3$

2-2 กำหนดให้ Plume ของน้ำบาดาลปนเปื้อน Trichloroethylene (TCE) 20 mg/L ไหลสู่หมู่บ้านซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเท่ากับ 500 m ด้วยความเร็ว 0.1 m/day ในชั้นใต้ผิวดินที่มีความพรุนเท่ากับ 0.4 โดยชาวบ้านในหมู่บ้านดังกล่าวใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริโภค การฟื้นฟูตามธรรมชาติมีอัตรา (k) 0.005/day และมาตรฐานน้ำบาดาลกำหนดให้ค่า TCE ต้องน้อยกว่า 5  $\mu\text{g/L}$  จงหาว่ากรณีที่บำบัดตามธรรมชาติผู้บริโภคจะดื่มน้ำที่มีค่า TCE สูงกว่ามาตรฐานหรือไม่ และในกรณีที่ค่า TCE มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานต้องทำการเติมอากาศให้ค่าอัตราการฟื้นฟู (k) มีค่าเท่าไร ค่า TCE ถึงจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (8 คะแนน)

กำหนดให้ การย่อยสลายเป็นประเภท First order approximation ดังสมการ  $\ln C = \ln C_0 - kt$

## ข้อที่ 3 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (18 คะแนน)

3-1. การเผาไหม้ของเสียอันตรายที่อยู่ในสถานะ ก๊าซ ของเหลว และ ของแข็ง ต้องใช้เตาเผา หรือ อุปกรณ์ประเภทใดเฉพาะบ้าง  
จงอธิบาย (3 คะแนน)

3-2 จงอธิบายความหมายของ Higher explosive limit (HEL) และ Lower explosive limit (LEL) ตลอดจนแนะนำว่าในการทำงาน  
ต้องควบคุมให้ก๊าซมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงใด (2 คะแนน)

3-3 กากของเสียอันตรายดังแสดงในตารางด้านล่างถูกนำมาเผาในเตาเผาที่ 2200 °F และ 50% excess air และมีเวลาในเตาเผา  
เท่ากับ 2.3 วินาที Principal Organic Hazardous Constituents (POHCs) ในกากของเสียอันตรายได้แก่ Benzene,  
Tetrachlorophenol และ Toluene อัตราการไหลของก๊าซในเตาเผา มีค่าเท่ากับ 37,500 dscfm (dry standard cubic feet per  
meter) ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนใน Flue gas มีค่าเท่ากับ 7.0%

Compound	Formula	MW	Inlet, lb/h	Outlet, lb/h
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	1025	0.087
Tetrachlorophenol	C <sub>6</sub> HOHCl <sub>4</sub>	231.9	760	0.056
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.10	756	0.091
Hydrochloric acid	HCl	36.45	0	4.3
Particulates				20.3

- จงหาค่า Destruction and removal efficiency (DRE) ของสารอินทรีย์ทุกสาร
- จงหาว่าค่าต่อไปนี้ผ่านมาตรฐานหรือไม่
  - POHCs
  - HCl
  - เตาเผาผ่านมาตรฐานหรือไม่ (8 คะแนน)

**กำหนดให้**

Federal performance standard สำหรับใช้เพื่อควบคุมมลพิษจากเตาเผาซากของเสียอันตราย

- Emission of HCl---4 lb/hour or 99% control. RCRA regulation will be probably changed to risk based limits for HCl and chlorine.
- Destruction and removal efficiency--- The incinerator must demonstrate its capability to achieve a 99.99% DRE on one more selected Principal Organic Hazardous Constituents a supervised Trial Burn DRE is defined as:

$$DRE = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \times 100$$

เมื่อ DRE คือ destruction and removal efficiency (%)  
 $W_{in}$  คือ mass feed rate of a particular POHC  
 $W_{out}$  คือ mass emission rate of a particular POHC



3-4 จงออกแบบขนาดเตาเผาของเสียอันตรายแบบ Rotary Klin เพื่อใช้เผาซากของเสียอันตรายแบบ ดังต่อไปนี้ (5 คะแนน)

Compound	Formula	MW	Inlet, lb	Heating value Btu/lb
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	100	18900
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.10	100	18440

#### กำหนดให้

Nominal heat release ของ Rotary Klin มีค่าเท่ากับ 17,500 Btu/(h-ft<sup>3</sup>)

เวลาในการเผาไหม้เท่ากับ 6.5 นาที

Rotary Klin โดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 – 10 ft และยาวประมาณ 25 -35 ft

**ข้อที่ 4** จงตอบคำถามต่อไปนี้ (14 คะแนน)

4-1 จงอธิบายว่าทำไม Cement Based Stabilization จึงได้รับความนิยม (3 คะแนน)

4-2 การปรับเสถียรดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักหลายชนิดมีวิธีการดำเนินการอย่างไร และการหาค่าประสิทธิภาพที่ใช้ในการออกแบบต้องดำเนินการอย่างไร (3 คะแนน)

4-3 จากการสำรวจสถานที่ปนเปื้อนกากของเสียอันตรายแห่งหนึ่ง กว้าง 100 เมตร ยาว 300 เมตร และลึก 2 เมตร วิศวกรได้ตัดสินใจที่จะใช้กระบวนการ *In situ vitification* ในการจัดการจากการศึกษาพบว่าต้องใช้ไฟฟ้า 1000 kWh/tonne จงหาว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไร (kWh) ในการดำเนินการตลอดจนระยะการทรุดตัวของดินหลังจากการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วและปริมาตรดินที่ต้องการในการถมให้พื้นที่กลับสู่สภาพเดิม (8 คะแนน)

**กำหนดให้**

ดินในพื้นที่ศึกษามีค่า Total density เท่ากับ  $1.9 \text{ g/cm}^3$ ; ความพรุนเท่ากับ 0.4

ข้อที่ 5 จงวาดรูปแสดงระบบการฝังกลบกากของเสียอันตราย โดยในรูปต้องแสดงถึงชั้นต่างๆของระบบ Liner และชั้นต่างๆ ของระบบ Cover ตลอดจนอธิบายว่าการฝังกลบกากของเสียอันตรายนั้นมีการดำเนินการเหมือนและต่างจากการดำเนินการฝังกลบกากของเสียชุมชนอย่างไร และการติดตามเมื่อเลิกใช้งานหลุมแล้วต้องดำเนินการอย่างไร (7 คะแนน)

## ข้อที่ 6 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (20 คะแนน)

ข้อที่ 1: ข้อใดไม่ใช่การบำบัดด้วยวิธี advanced oxidation

- 1 : Fenton's reagent
- 2 : Ozone
- 3 : UV
- 4 : Activated Carbon

ข้อที่ 2: การบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อนไม่สามารถกำจัดโดยสารเคมีชนิดใด

- 1 : โซเดียมไฮดรอกไซด์
- 2 : โซเดียมไฮโปคลอไรท์
- 3 : โซเดียมคลอไรด์
- 4 : ปูนขาว

ข้อที่ 3: กระบวนการหลังการเผาโดยเตาเผา (Incinerator) เศษเถ้าที่เหลือต่างๆ จากกระบวนการเผาคควรมีการจัดการอย่างไร

- 1 : ฝังกลบลงดิน
- 2 : ฝังกลบอย่างปลอดภัย
- 3 : เผาอีกครั้งจนได้เถ้าสีขาว
- 4 : นำไปผ่านน้ำกลั่น

ข้อที่ 4: โลหะหนักควรกำจัดอย่างไร

- 1 : Recovery
- 2 : Landfill
- 3 : Incineration
- 4 : Chemical fixation

ข้อที่ 5: ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกำจัดของเสียหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ใช้แล้ว

- 1 : บดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วผสมกับปูนซีเมนต์ หล่อเป็นก้อนแข็ง จากนั้นนำไปฝังกลบแบบปลอดภัย
- 2 : นำไปแยกปรอท และฟอสฟอรัสออก จากนั้นบดแก้วให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปหลอมใช้ใหม่
- 3 : นำไปเผาที่เตาเผาของเสียอันตราย จากนั้นนำกากไปฝังกลบแบบปลอดภัย
- 4 : แยกปรอทออก จากนั้นนำไปเผาที่เตาเผาของเสียอันตราย

ข้อที่ 6: ข้อใดเป็นการกำจัดน้ำเสียปนเปื้อนไซยาไนด์ จากเหมืองทอง ที่เหมาะสมที่สุด

- 1 : การไล่ด้วยไอน้ำ (Air Stripping)
- 2 : การออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation)
- 3 : การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Adsorption)
- 4 : การกำจัดด้วยถังกรองชีวภาพ (Bio Filtration)

ข้อที่ 7: การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Adsorption) เหมาะสมในการกำจัดสารมลพิษในข้อใด

- 1 : สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ
- 2 : โลหะหนัก
- 3 : DNAPLs ในน้ำ
- 4 : ไซยาไนด์ในน้ำเสีย

ข้อที่ 8: Afterburner ในเตาเผา Rotary Kiln ของเตาเผาขยะอันตรายมีไว้เพื่ออะไร

- 1 : เพื่อกำจัด CO
- 2 : เพื่อกำจัด HCl
- 3 : เพื่อกำจัด CO<sub>2</sub>
- 4 : เพื่อกำจัดก๊าซพิษต่างๆ จากการเผาให้เหลือเพียง H<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub>

ข้อที่ 9: เตาเผาปูนซีเมนต์เป็นเตาเผาประเภทใด

- 1 : เตาเผาแบบแผงตะแกรงกล (Mechanism Stoker Incinerator)
- 2 : เตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidized Bed Incinerator)
- 3 : เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)
- 4 : เตาเผาแบบแผงตะแกรงหมุน (Rotary Grate Stoker Incinerator)

ข้อที่ 10: ข้อใดเป็นการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตยาว และมีระดับความแรงรังสีสูงที่เหมาะสมที่สุด

- 1 : ตกตะกอนเคมี แล้วฝังกลบแบบปลอดภัย
- 2 : เผาให้สลายตัวที่อุณหภูมิสูง ภายใต้แรงดันสูง
- 3 : ดูดซับด้วย Activated Carbon ที่เคลือบด้วย Silver Nitrate
- 4 : ทำเสถียรด้วยคอนกรีตแล้วฝังกลบแบบปลอดภัย

ข้อที่ 11: ข้อใดเป็นการบำบัดพื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายแบบที่ทำในพื้นที่ (in-situ remediation)

- 1 : Supercritical fluid extraction
- 2 : Incineration
- 3 : Soil vapor extraction
- 4 : มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ

ข้อที่ 12: การบำบัดดินที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายด้วยกระบวนการทางชีววิทยาคือข้อใด

- 1 : อัดอากาศลงไปใต้ดินเพื่อไล่ของเสียอันตรายออก
- 2 : เพิ่มอุณหภูมิใต้ดินเพื่อให้ของเสียอันตรายระเหยขึ้นมา
- 3 : เติมอาหารและอากาศลงใต้ดินเพื่อให้แบคทีเรียกำจัดของเสียอันตราย
- 4 : สูบอากาศใต้ดินที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายออกมาบำบัด

ข้อที่ 13: ข้อใดเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound: VOC)

- 1 : Pump and Treat
- 2 : Vertical Barrier Wall
- 3 : Soil Vapor Extraction (SVE)
- 4 : Horizontal Barrier

ข้อที่ 14 : ข้อใดไม่จัดเป็นกลไกการปรับเสถียรและทำเป็นก้อนแข็ง

- 1 : Macroencapsulation และ Microencapsulation
- 2 : Adsorption และ Absorption
- 3 : Precipitation
- 4 : Vaporization

ข้อที่ 15: ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการปรับเสถียรและทำเป็นก้อนแข็งโดยใช้ซีเมนต์

- 1 : ไม่เหมาะกับกากปนเปื้อนโลหะหนัก
- 2 : ไม่เหมาะกับกากปนเปื้อนสารทำละลายอินทรีย์
- 3 : ไม่สามารถบำบัดกรดได้
- 4 : ไม่เหมาะกับกากที่มีความชื้นสูง

ข้อที่ 16: สารในข้อใดต่อไปนี้ ที่ไม่สามารถใช้เป็นตัวประสาน (binder) ในการทำเสถียรและทำให้เป็นก้อน (stabilization/solidification) ได้

- 1 : ซีเมนต์
- 2 : ดินเหนียว
- 3 : ใ้ถ้ำลอยถ่านหิน
- 4 : ZEOLITE

ข้อที่ 17 : สารที่ใช้ทำก้อนแข็งแบบใดที่ไม่เหมาะสมสำหรับสารกัมมันตรังสี

- 1 : ซีเมนต์
- 2 : เทอร์โมพลาสติก
- 3 : ปูนขาว
- 4 : Vitrification

ข้อที่ 18: สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญมากที่สุดในการฝังกลบของเสียอันตรายคือข้อใด

- 1 : ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น
- 2 : การทรุดตัวของพื้นที่หลังการฝังกลบ
- 3 : การปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน
- 4 : กลิ่น และพาหะนำโรค

ข้อที่ 19: ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ Secure Landfill

- 1 : ชั้นฝังกลบต้องสูงกว่าระดับน้ำใต้ดินอย่างน้อย 10 ฟุต
- 2 : ชั้นฝังกลบต้องปูด้วยแผ่น HDPE อย่างน้อย 2 ชั้น
- 3 : บนชั้นฝังกลบต้องปูด้วยแผ่น flexible-membrane lining
- 4 : ถูกทุกข้อ

ข้อที่ 20: ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการปิดทับหลุมฝังกลบ

- 1 : ช่วยลดปริมาณน้ำชะกากของเสีย
- 2 : ช่วยป้องกันกลิ่น
- 3 : ช่วยป้องกันการกัดเซาะ
- 4 : ช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลาย