บทที่ 5

ความหนาของชั้นกันซึม

5.1 ชั้นกันซึมตามมาตรฐานของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

การนำดินเหนียวบดอัดมาใช้เป็นชั้นกันซึมตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) ได้กำหนดว่าต้องมีอัตราการไหลซึมต่ำและให้มีความหนาของชั้นดินเหนียวบดอัดประมาณ 60 cm และต้องมีค่า K ไม่เกิน 1 x 10^{-7} cm/s ตามที่ได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในข้อ 2.1 ในบทที่ 2 โดยข้อกำหนดดังกล่าวถูกใช้ในการออกแบบชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัดในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ซึ่งดินเหนียวที่นำมาบดอัดเป็นชั้นกันซึมนี้มีคุณสมบัติในดินที่แตกต่างกันตามแหล่งที่มา คุณสมบัติของดินเหนียวที่มีผลต่อการออกแบบชั้นกันซึมที่เหมาะสม คือ ค่า K, ค่า R และ ค่า D ดังนั้นชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัดต้องมีการหาความหนาที่เหมาะสมตามคุณสมบัติของดินเหนียวนั้นๆด้วย

5.2 การวิเคราะห์ความหนาของชั้นกันซึม

5.2.1 การออกแบบความหนาของชั้นกันซึม

การออกแบบความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม สำหรับการใช้ทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียวสงขลา สามารถทำได้โดยมีหลักการว่า ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่จะเคลื่อนที่ผ่านชั้นกันซึมออกไปสู่ชั้นดินด้านล่าง จะต้องไม่มากกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานของน้ำใต้ดิน (C_{Std} , ตารางที่ 5.1) ดังนั้นจากข้อมูลความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) ซึ่งก็คือความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย, เวลาในการเคลื่อนที่ และพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ในบทที่ 4 ค่าความหนาที่เหมาะสม สามารถคำนวณได้โดย ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดความหนาของชั้นกันซึม (L) ให้มีค่าเท่ากับ 60 cm ตามที่มาตรฐานกำหนด และกำหนดให้เวลา (t) ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสารละลายโลหะหนัก เท่ากับ 100 ปี

2) หาค่า P_L (Peclet Number) และ T_R (Time Factor)

$$P_L = \frac{V_S z}{D}$$

$$T_R = \frac{V_S t}{Rz}$$

ตารางที่ 5.1 ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (C_0) และค่าความเข้มข้นมาตรฐาน (C_{Std}) จากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

แหล่งข้อมูล		โลหะหนัก							
		Cadmium (mg/L Cd)	**Chromium** (mg/L Cr)	**Chromium (Hexavalent)** (mg/L)	**Chromium Total** (mg/L Cr)	**Chromium Trivalent** (mg/L)	**Lead** (mg/L Pb)	**Nickel** (mg/L Ni)	**Zinc** (mg/L Zn)
ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย	สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร (ข้อมูลในเดือนมกราคม-มีนาคม 2546)	< 0.01	-	-	< 0.05	-	< 0.05	< 0.05	-
	การบำบัดน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบของเทศบาลนครอุดรธานีด้วยสารโพลีเฟอร์เฟอร์ริคซัลเฟต (ธวัชชัย วิเชียรเครือ, 2544)	0.276	-	-	-	-	4.550	-	0.743
	รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดเพื่อปรับปรุงระบบกำจัดมูลฝอยเทศบาลนครขอนแก่น มีนาคม 2541 (เทศบาลนครขอนแก่น, 2541 อ้างถึงใน ไพฑูรย์ พรหมเทศ, 2545)	< 0.02	< 0.07	-	-	-	< 0.05	-	0.57
	เทศบาลนครนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ข้อมูลในเดือนมกราคม 2546)	< 0.0005	-	< 0.02	-	0.14	0.0023	< 0.002	0.017
	USEPA, 1986	0 – 0.375	0.02 - 18	-	-	-	0.001 – 1.44	-	0.6 - 220
มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ. 2543 (C_{Std})		< 0.003	-	< 0.05	-	-	< 0.01	< 0.02	< 5.0

เมื่อค่า D และ R เป็นพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของสารละลายโลหะหนักในดินที่ได้จากบทที่ 4 , V_s คือ ความเร็วของการไหลซึม มีค่าเท่ากับ $\frac{Ki}{n}$, i คือ ความชันทางคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ $\frac{h_L}{(h_L + L)}$ โดย H_L คือ ความสูงของน้ำชะมูลฝอย (Leachates) หรือสารละลายโลหะหนักเหนือชั้นกันซึมในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 30 cm ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย USEPA

3) หาค่า C_t/C_0 (Normalized Effluent Concentration) โดยแทนค่า P_L และ T_R ในสมการที่ 2.11

4) หาค่าความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่ไหลผ่านชั้นกันซึมลงไปสู่ดินด้านล่าง (C_L) โดยคูณค่า C_t/C_0 ที่ได้จากข้อ 3 ด้วย $C_{0\ of\ leachates}$ เมื่อ $C_{0\ of\ leachates}$ เป็นค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบพล็อต Breakthrough แล้วเปรียบเทียบค่า C_L กับค่ามาตรฐานความเข้มข้น (C_{Std}) จากมาตรฐานน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 5.1)

5) เพื่อหาความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม ในกรณีที่ C_L ในข้อ 4 มากกว่า C_{Std} หมายความว่า ความหนาของชั้นกันซึม (L) น้อยเกินไป ต้องมีการเพิ่มความหนา เพื่อให้ค่า C_L ใกล้เคียงกับค่า C_{Std} และทำในทางตรงกันข้ามถ้า C_L น้อยกว่า C_{Std}

5.2.2 ผลการหาความหนาของชั้นกันซึม

ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า C_L/C_0 ของโลหะหนักกับเวลาของดินทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ดินลูกรังคอหงส์และดินเหนียวเกาะยอกับสารปนเปื้อนได้แสดงในภาพประกอบที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

ความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นกันซึมลงสู่ดินด้านล่าง (Effluent Concentration, C_L) จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย (C_0) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใส่ข้อมูลความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจาก 5 แหล่งด้วยกัน (ตารางที่ 5.1) คือ (1) สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร (2) เทศบาลอุดรธานี (3) เทศบาลนครขอนแก่น (4) เทศบาลนครหาดใหญ่ และ (5) USEPA (1986) และเนื่องจากข้อมูลจากทั้ง 4 แหล่งในประเทศไทยมีความหลากหลาย จึงใช้วิธีการทางสถิติจัดการกับข้อมูล กล่าวคือ สำหรับข้อมูลความเข้มข้นของโลหะหนักในประเทศไทย ได้เลือกใช้ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าเฉลี่ย (Average) ของความเข้มข้นของข้อมูลทั้ง 4 แหล่ง

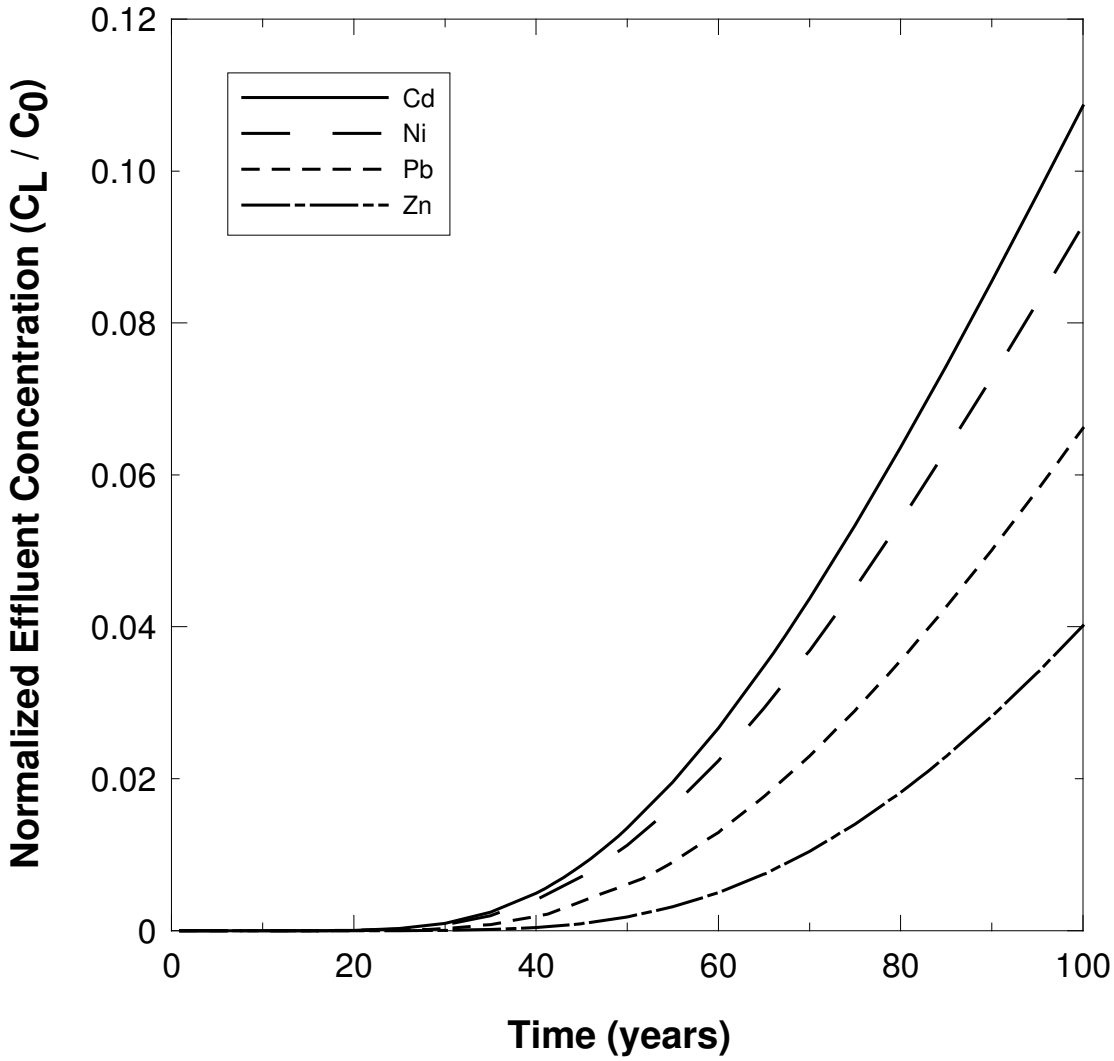
ค่า C_L ที่คำนวณได้จากการใช้ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 3 ค่า อันได้แก่ ค่าความเข้มข้นสูงสุดในน้ำชะมูลฝอยในประเทศไทย ($C_{0\ max}$) , ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในน้ำชะ

มูลฝอยในประเทศไทย ($C_{0\ avg}$) และค่าความเข้มข้นสูงสุดของ USEPA ของสารละลายโลหะหนัก 5 ชนิด (Cr, Cd, Ni, Pb และ Zn) และดิน 3 ชนิด (ทรายผสมเบนโทไนต์, ดินลูกรังคอหงส์และดินเหนียวเกาะยอ) ที่มีความหนา 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 5.4 ถึง 5.17 ค่า Effluent Concentration (C_L) ในภาพประกอบที่ 5.4 ถึง 5.17 ได้จากการคูณค่า C_L/C_0 ในภาพประกอบที่ 5.1 ถึง 5.3 ด้วยค่า $C_{0\ max}$, $C_{0\ avg}$ หรือ $C_{0\ USEPA}$ นอกจากนั้นแล้ว ในภาพประกอบที่ 5.4 ถึง 5.17 ยังมีการแสดงค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ยอมรับได้ สำหรับสารละลายโลหะหนักในน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 5.1) เพื่อใช้ประกอบการเปรียบเทียบกับค่า C_L ด้วย

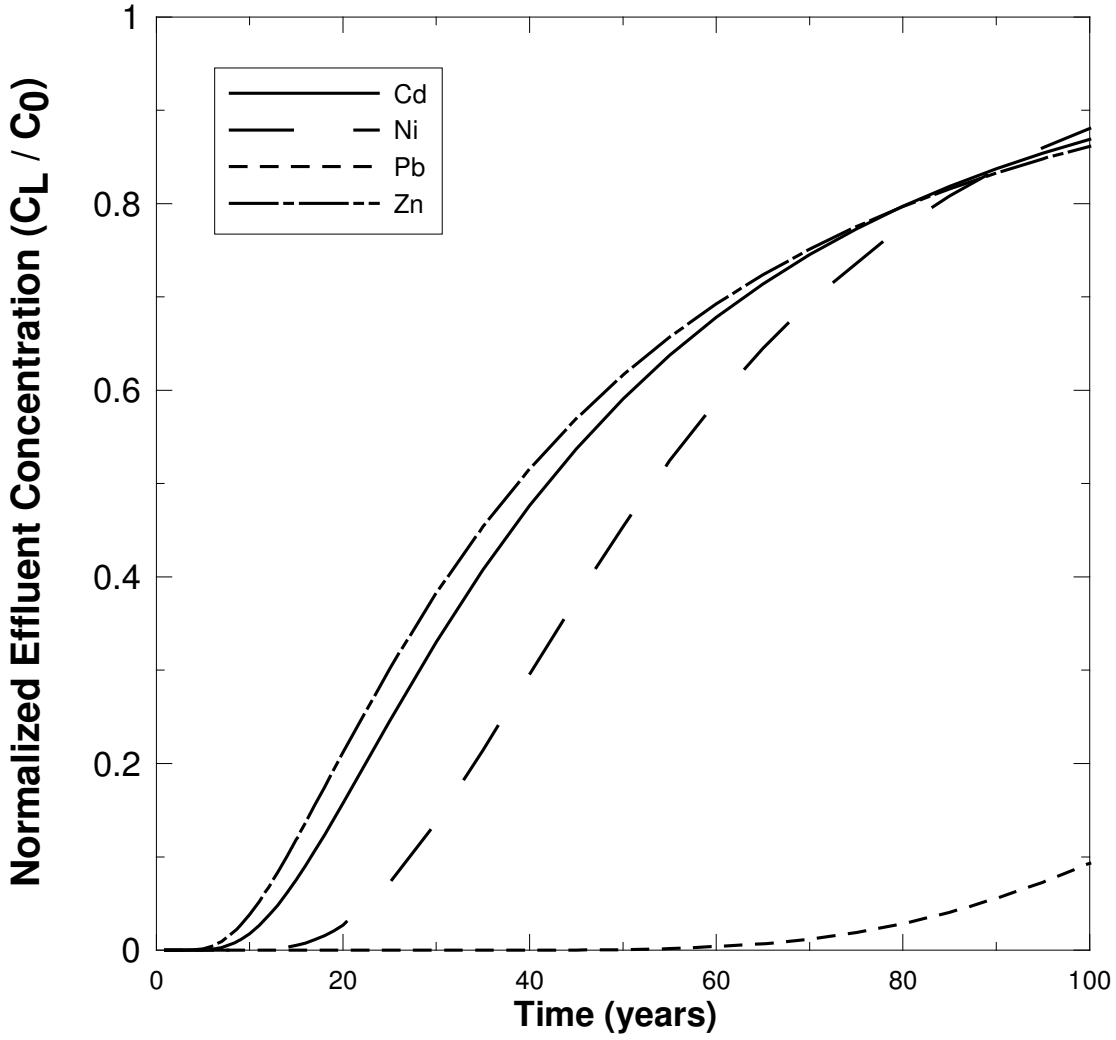
สำหรับชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm เมื่อใช้ข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทยและ USEPA (1986) ในการคำนวณ ข้อมูลในตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ Cr, Cd, Ni, Pb และ Zn ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอ ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 100 ปี ที่ค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานน้ำใต้ดิน ดังนั้นชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอจึงเหมาะกับสารละลายทุกชนิด

ผลการค่าความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัดทั้ง 3 ชนิด เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาในการออกแบบชั้นกันซึมเท่ากับ 100 ปี โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย และ USEPA (1986) ในการคำนวณ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 โดยพบว่า ความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมมีค่าอยู่ในช่วง 66 cm ถึง 129 cm และ 72 cm ถึง 271 cm สำหรับทรายผสมเบนโทไนต์และดินลูกรังคอหงส์ ตามลำดับ ในขณะที่ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอมีความหนาที่เหมาะสมต่ำกว่า 60 cm ที่ 5 cm ถึง 29 cm อย่างไรก็ตามความหนาที่น้อยเกินไป (เช่น ที่ 5 cm) อาจจะมีปัญหาในการก่อสร้างและความไม่สมบูรณ์ในการก่อสร้างอาจนำไปสู่การรั่วของชั้นกันซึมได้ ซึ่งไม่แนะนำให้มีชั้นกันซึมที่บางกว่า 30 cm

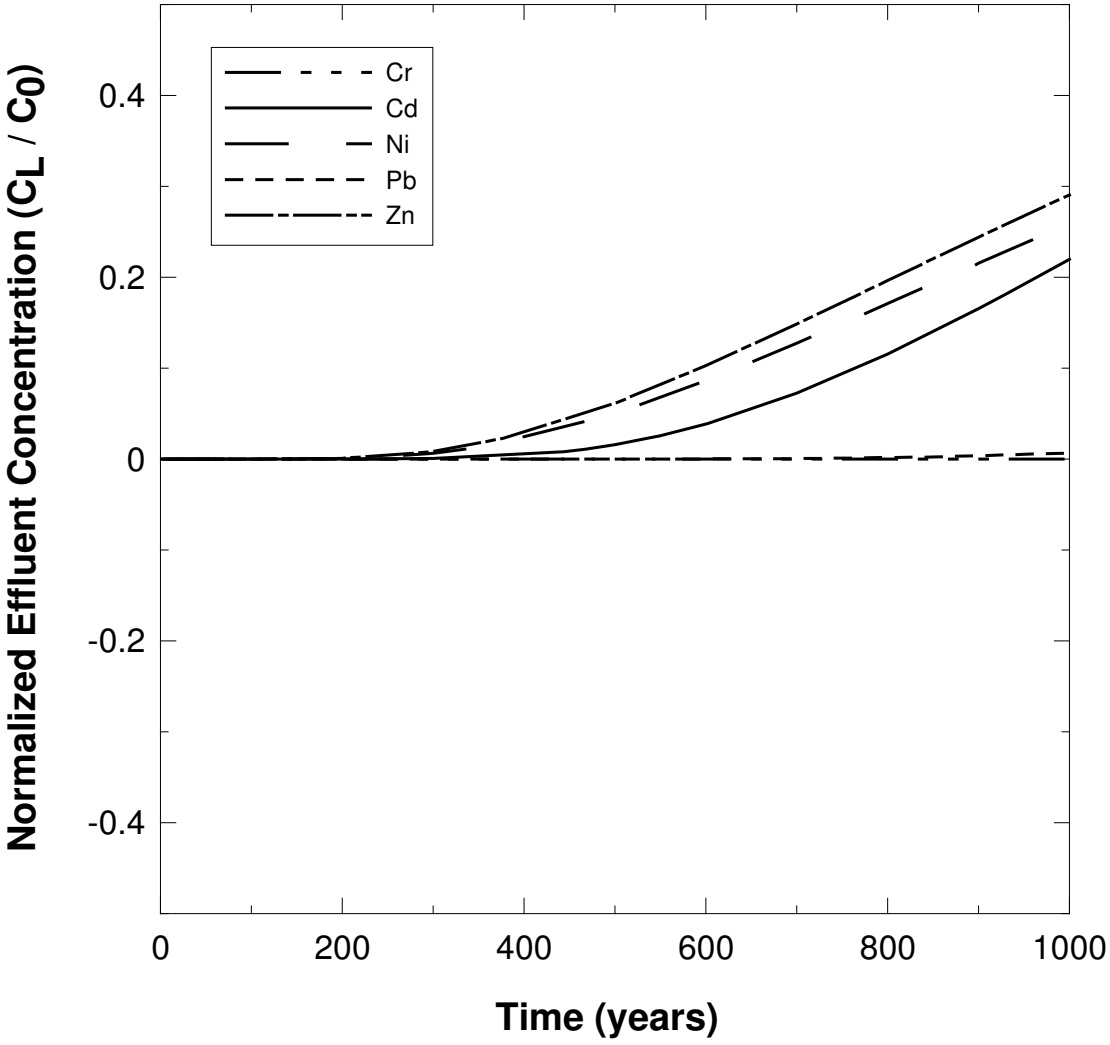
ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.2 และ 5.3 แสดงให้เห็นว่า การใช้ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% และดินลูกรังคอหงส์ สำหรับเป็นชั้นกันซึมหนา 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถลดการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยลงสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะเวลา 100 ปีได้ ดังนั้นควรมีการใช้ผ้าพลาสติกปูที่พื้นด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัดทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างสถานที่ฝังกลบมูลฝอย สำหรับการใช้ดินเหนียวเกาะยอเพื่อเป็นชั้นกันซึม เมื่อมีค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยเท่ากับข้อมูลจากตารางที่ 5.1 พบว่า ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนาประมาณ 30 cm สามารถลดการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมได้



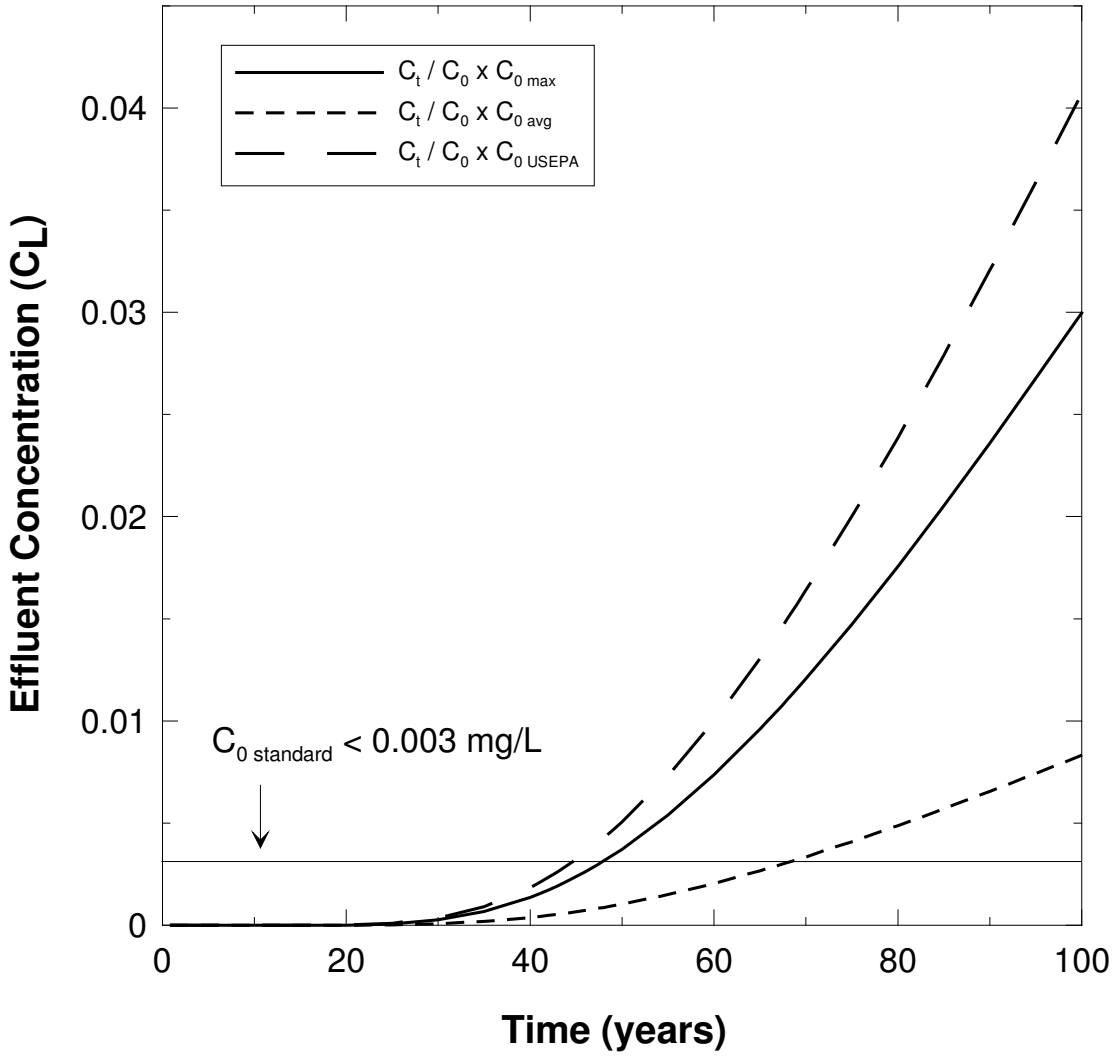
ภาพประกอบที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized Effluent Concentration (C_L/C_0) กับเวลาของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ที่มีความหนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized Effluent Concentration (C_L/C_0) กับเวลาของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized Effluent Concentration (C_L/C_0) กับเวลาของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm



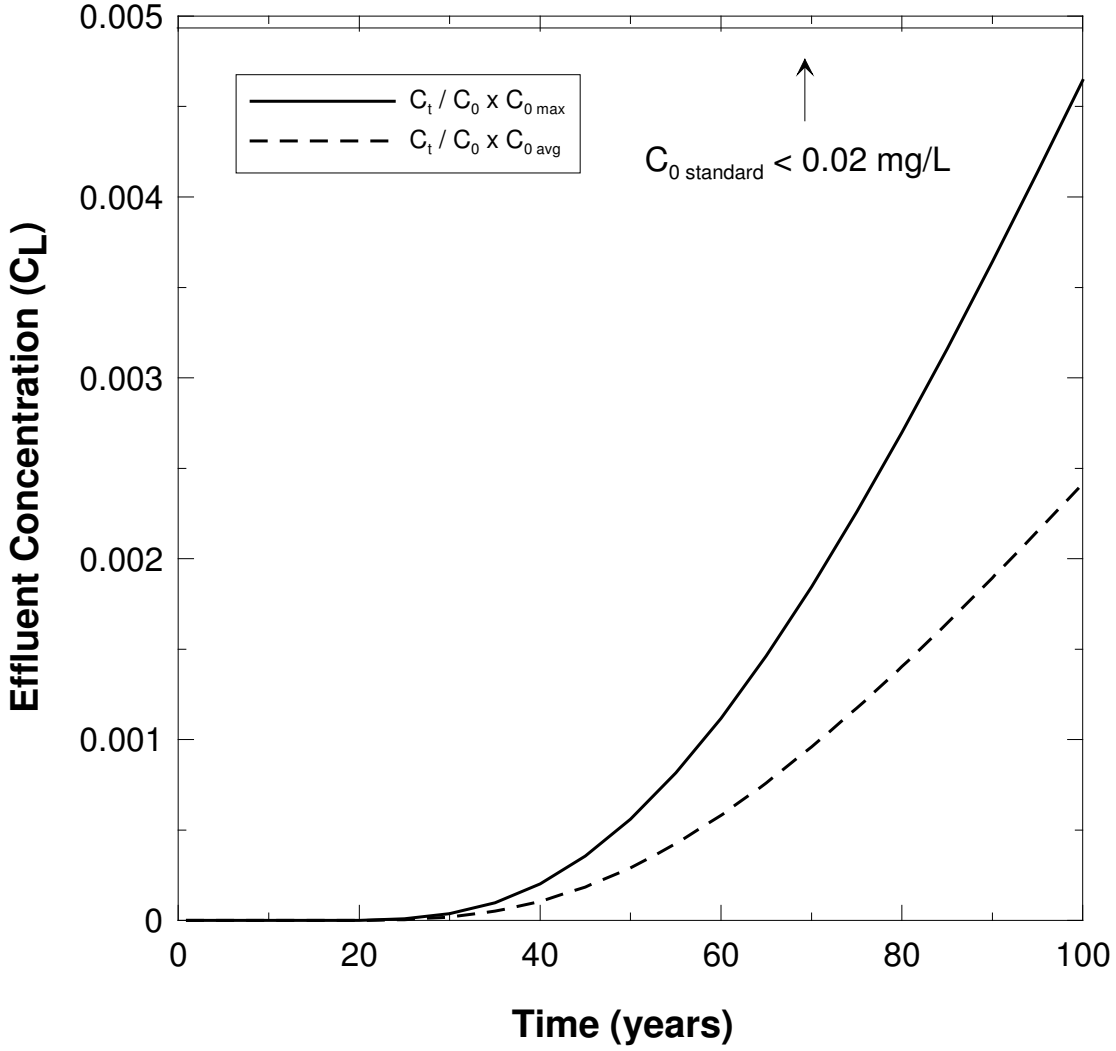
หมายเหตุ $C_t/C_0 \times C_{0\ max}$ หมายถึง C_t/C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1)

$C_t/C_0 \times \mathbf{C_{0\ avg}}$ หมายถึง C_t/C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1)

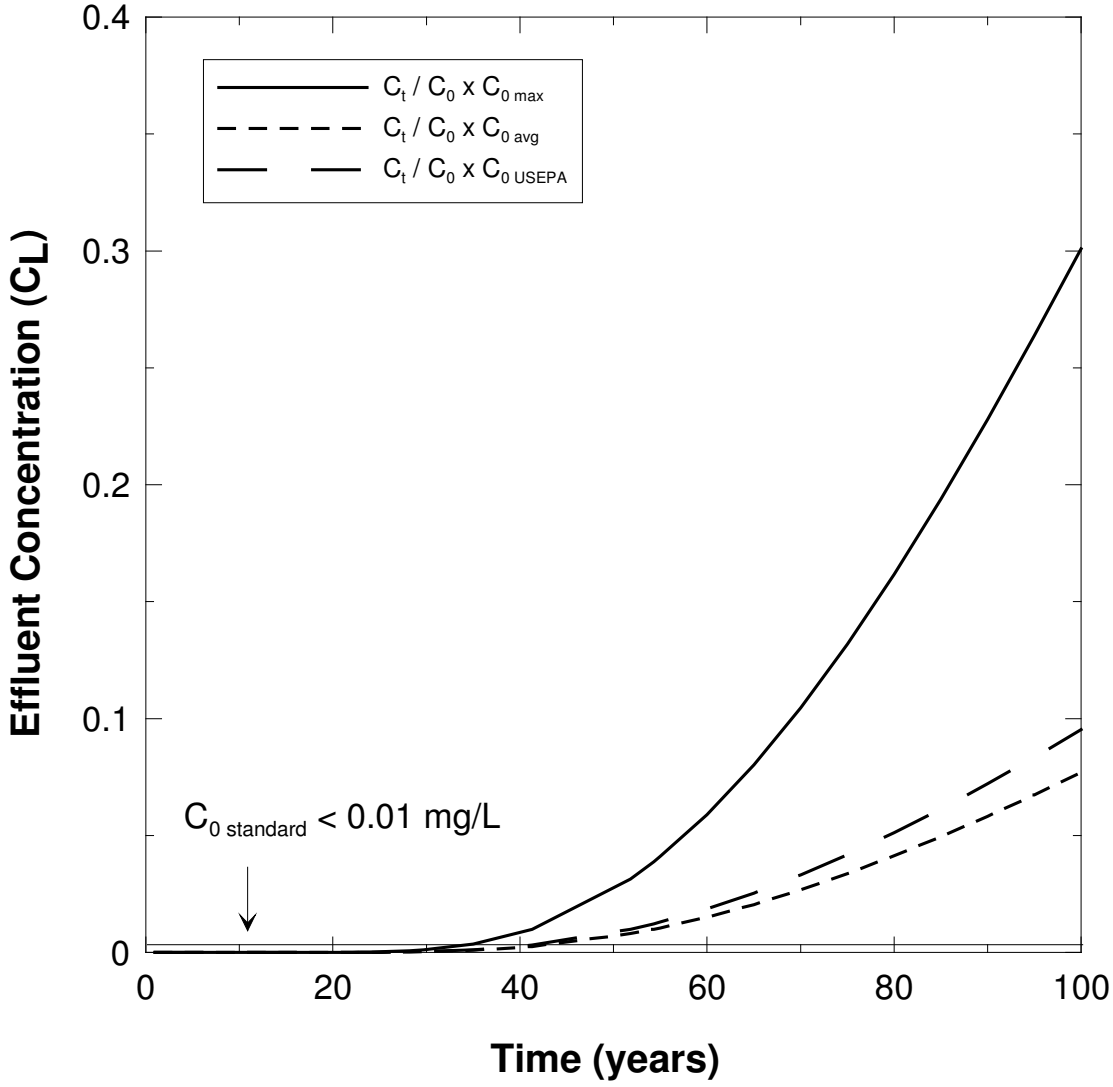
$C_t/C_0 \times \mathbf{C_{0\ USEPA}}$ หมายถึง C_t/C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูลของ USEPA (1986) (ตารางที่ 5.1)

$\mathbf{C_{0\ Std}}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นของ Cd ตามมาตรฐานน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 5.1)

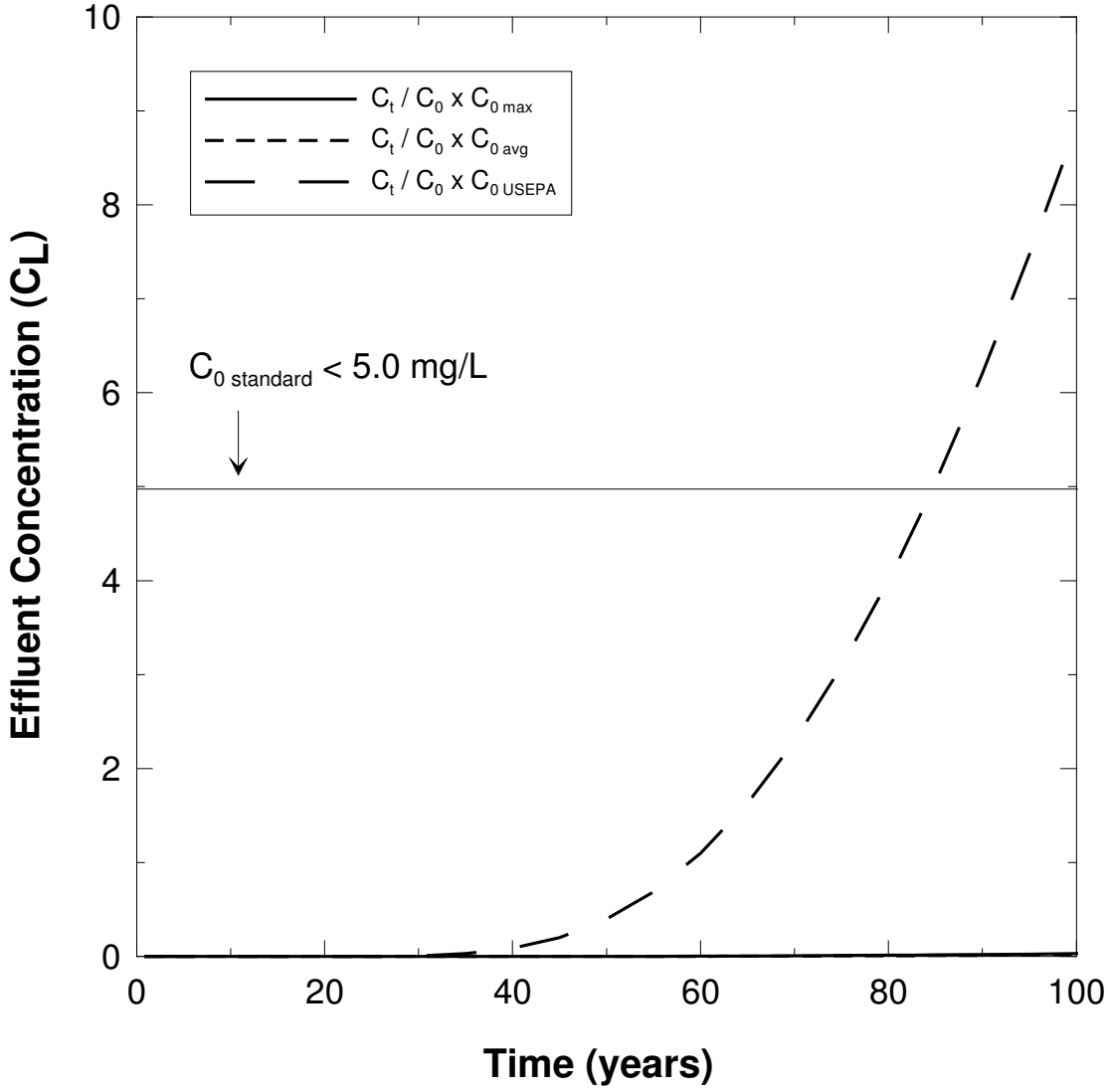
ภาพประกอบที่ 5.4 ระยะเวลาที่ Cd ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



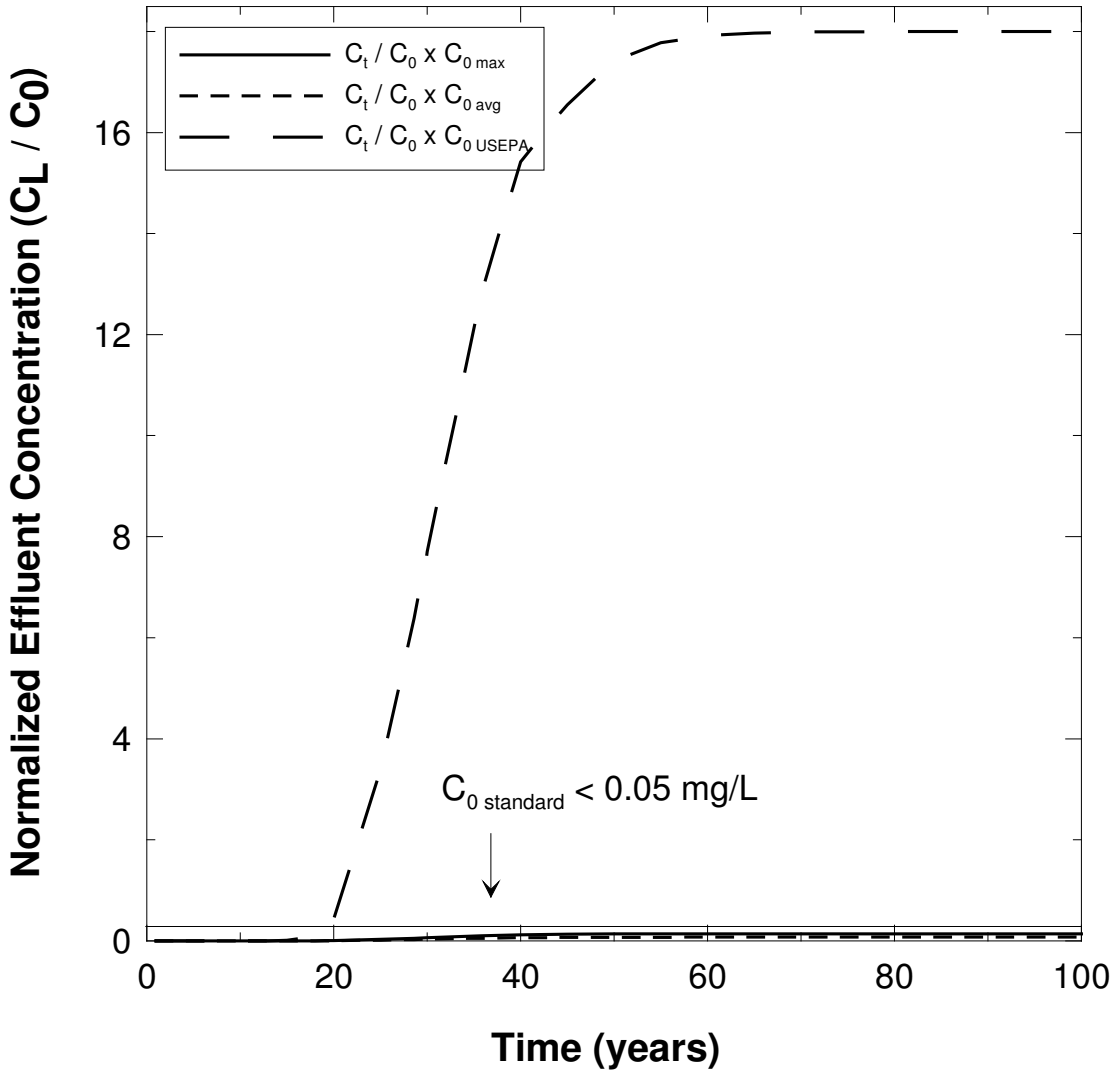
ภาพประกอบที่ 5.5 ระยะเวลาที่ Ni ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



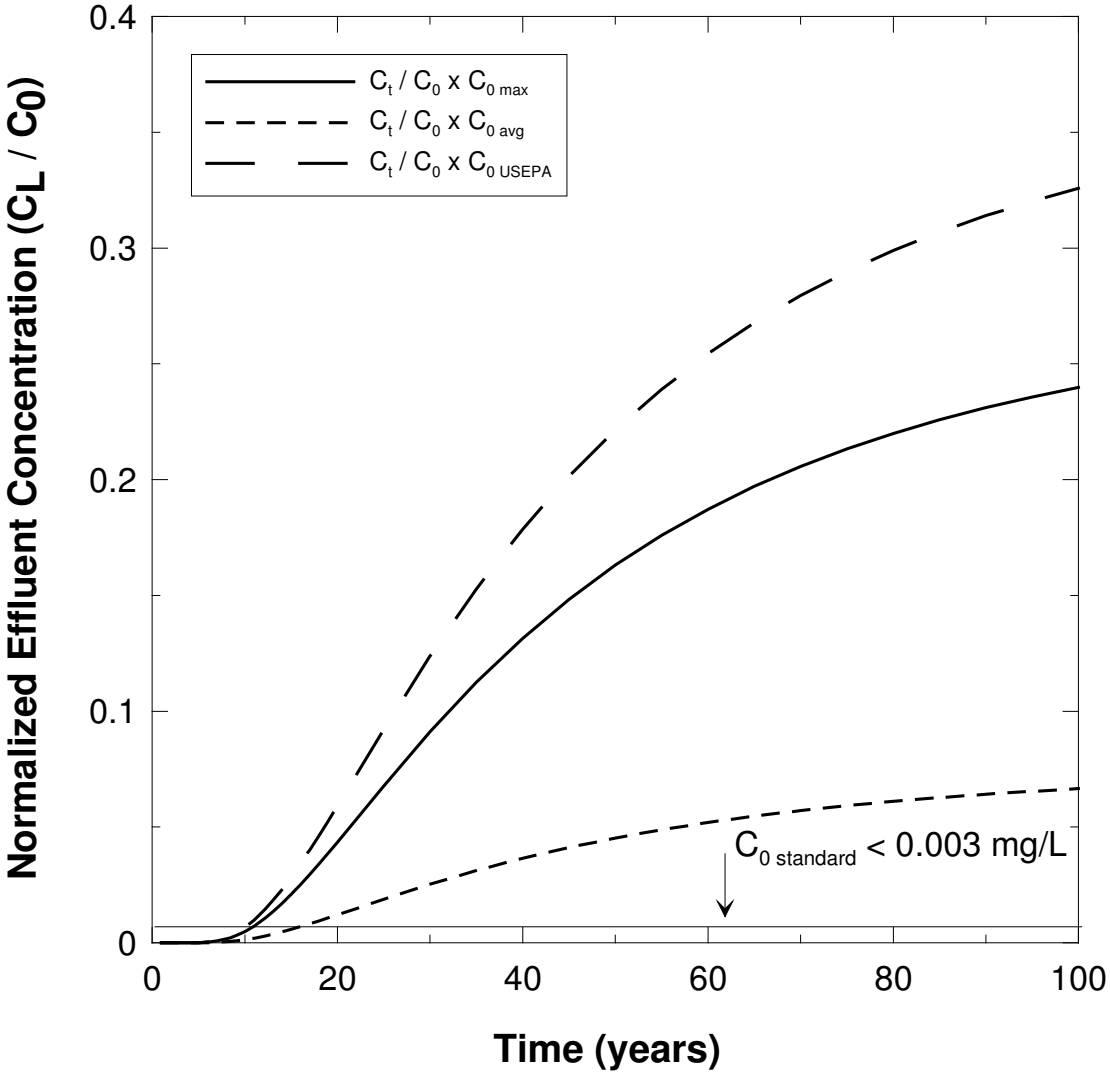
ภาพประกอบที่ 5.6 ระยะเวลาที่ Pb ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



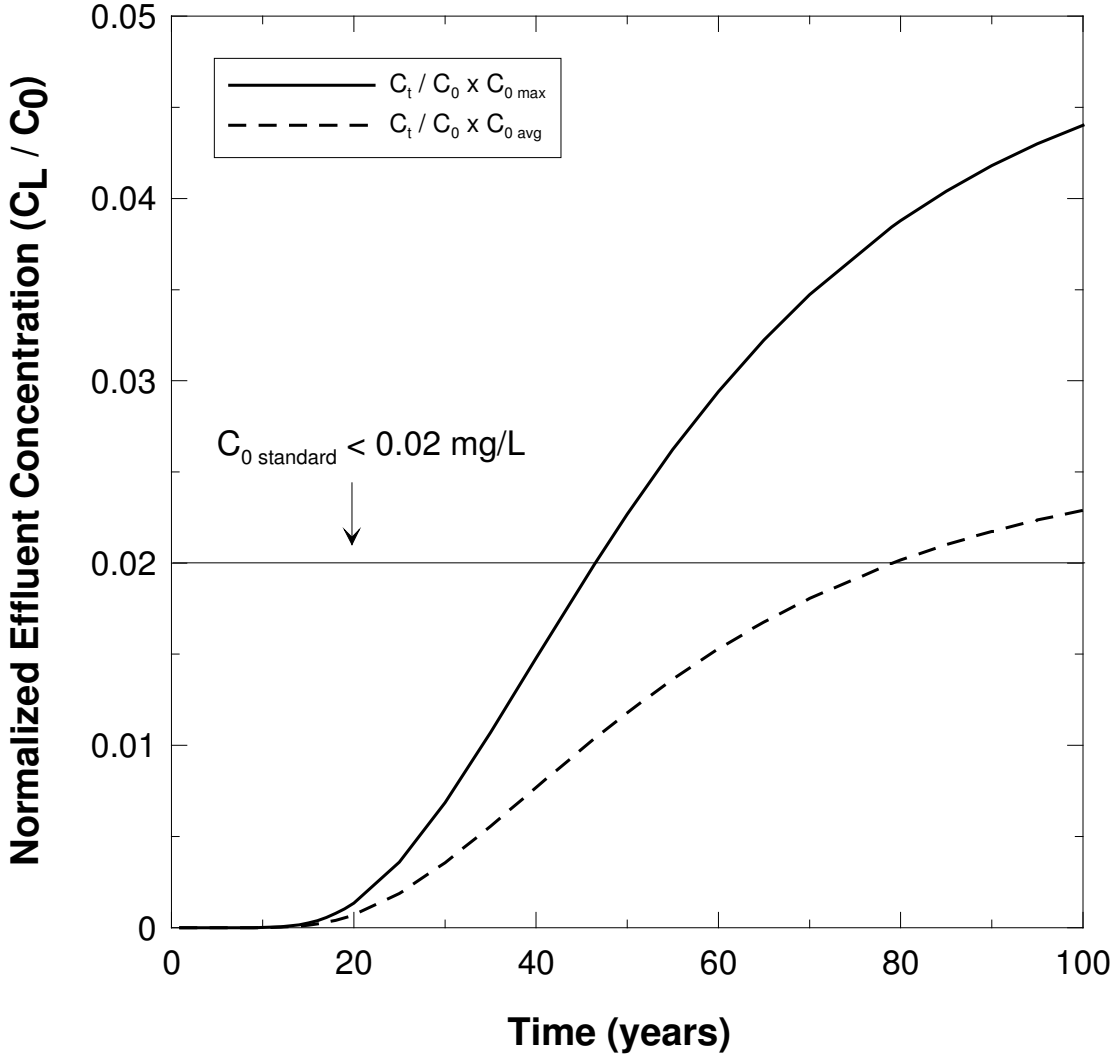
ภาพประกอบที่ 5.7 ระยะเวลาที่ Zn ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



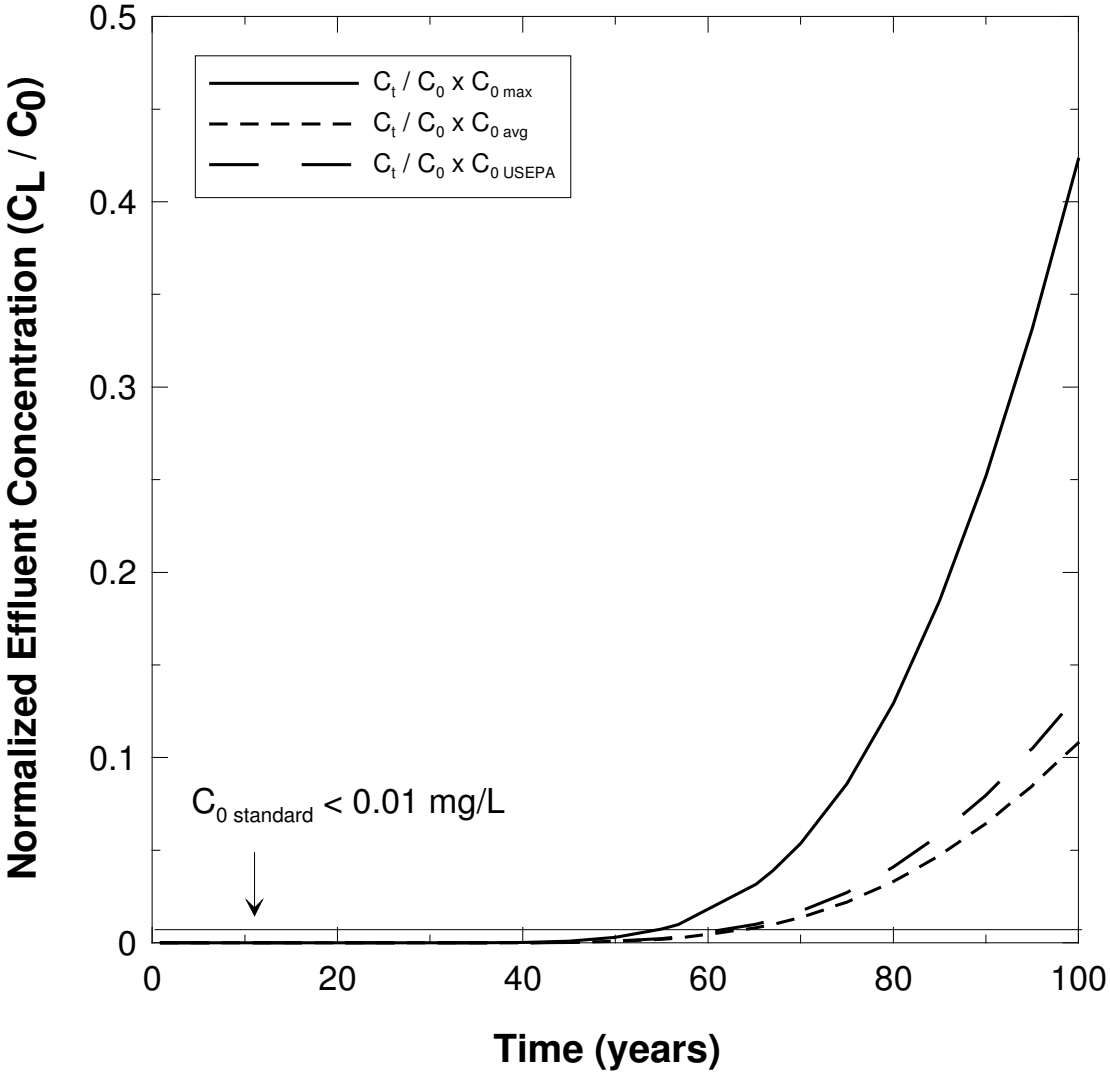
ภาพประกอบที่ 5.8 ระยะเวลาที่ Cr ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



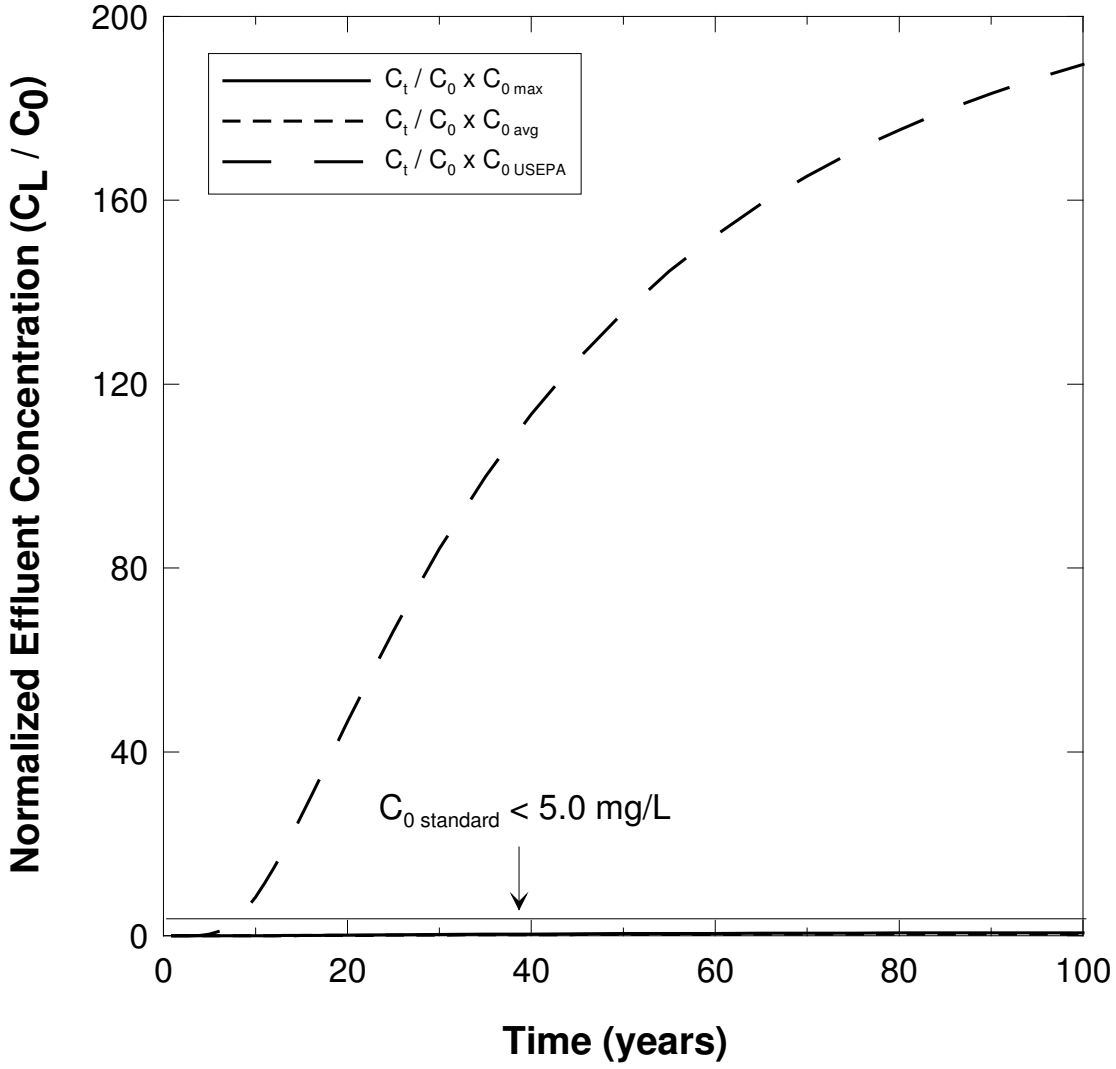
ภาพประกอบที่ 5.9 ระยะเวลาที่ Cd ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



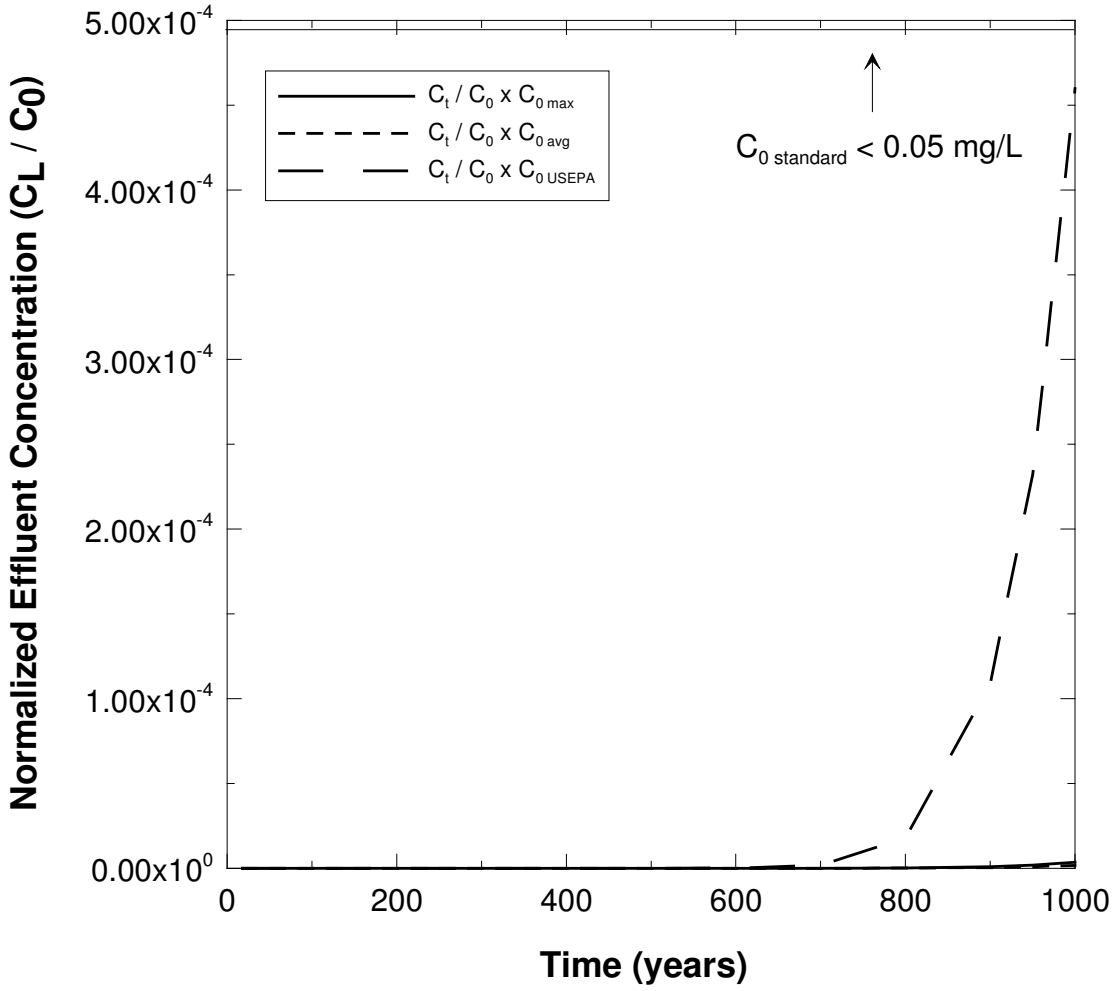
ภาพประกอบที่ 5.10 ระยะเวลาที่ Ni ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



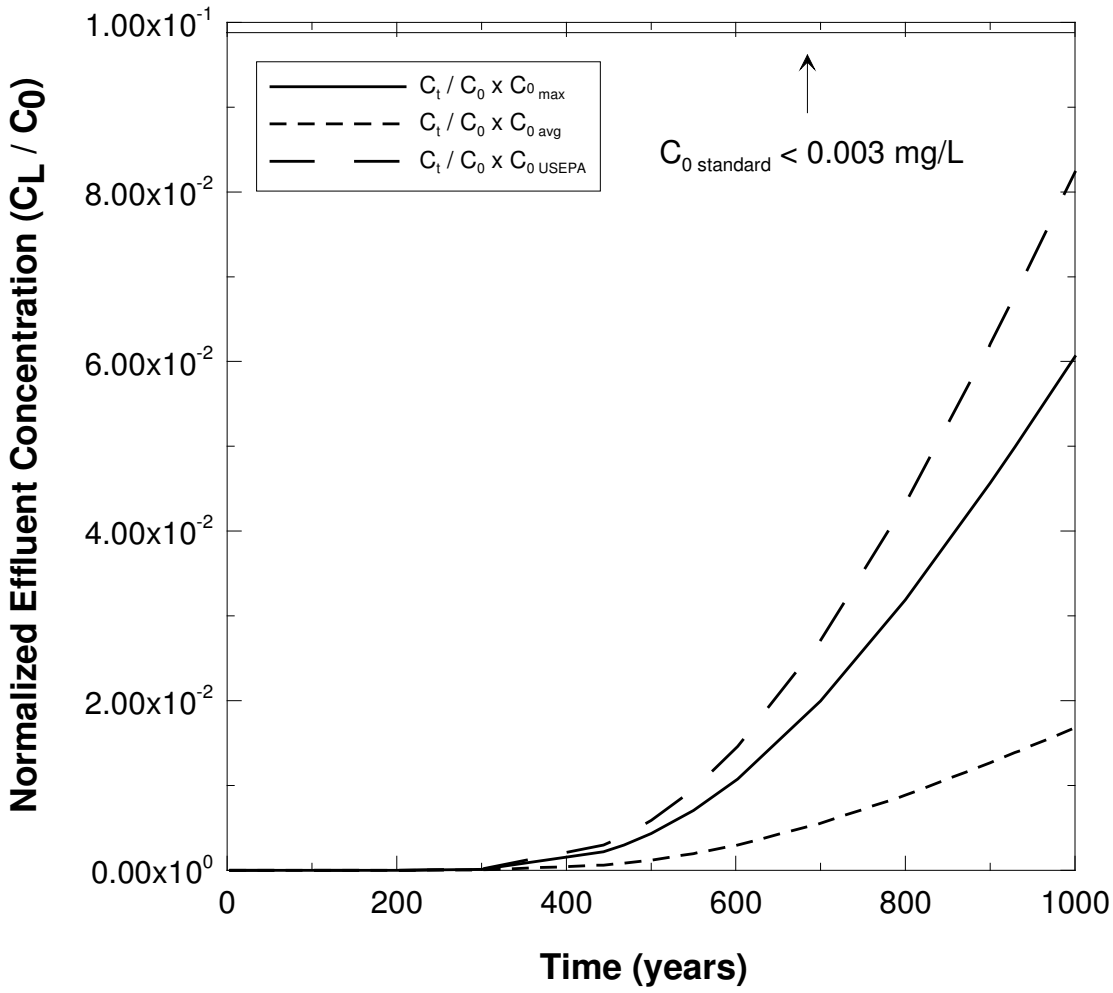
ภาพประกอบที่ 5.11 ระยะเวลาที่ Pb ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



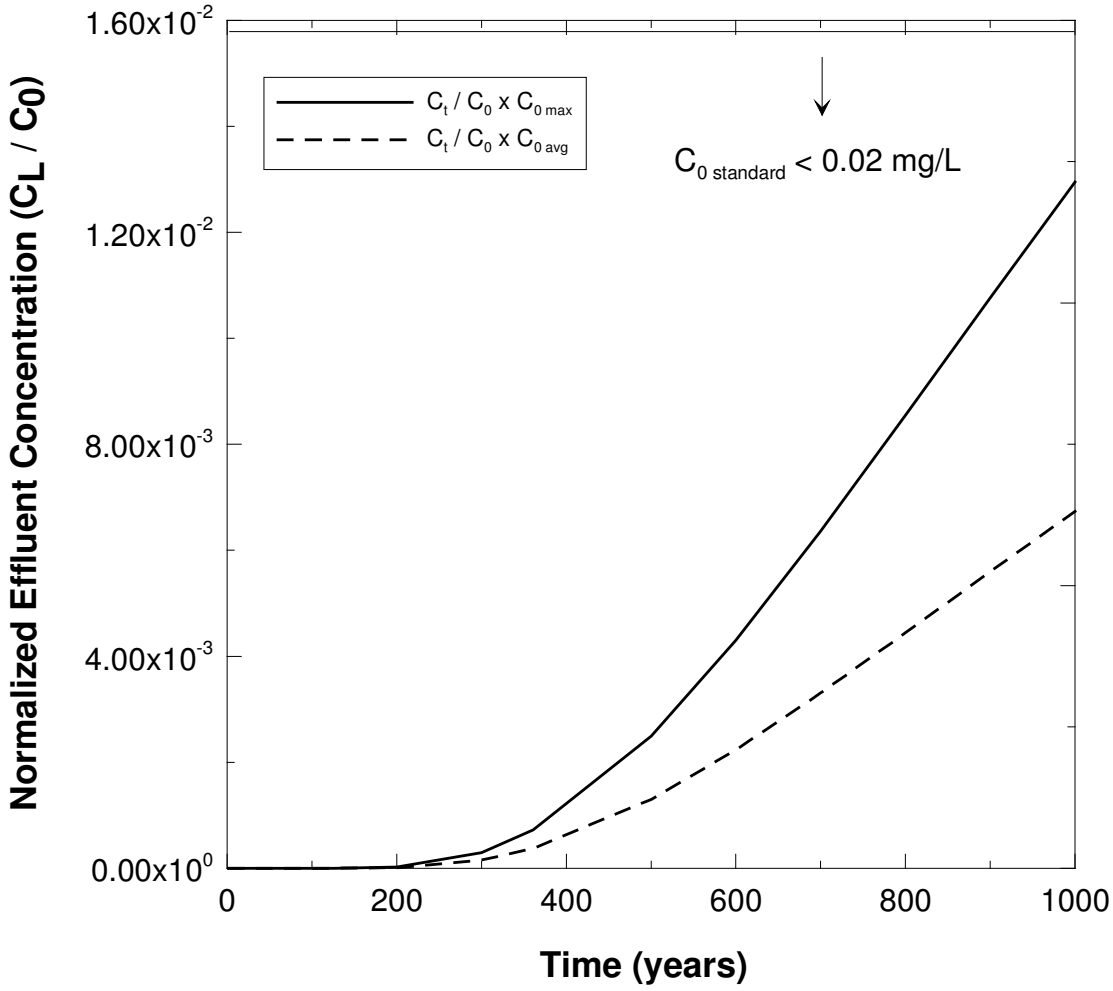
ภาพประกอบที่ 5.12 ระยะเวลาที่ Zn ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



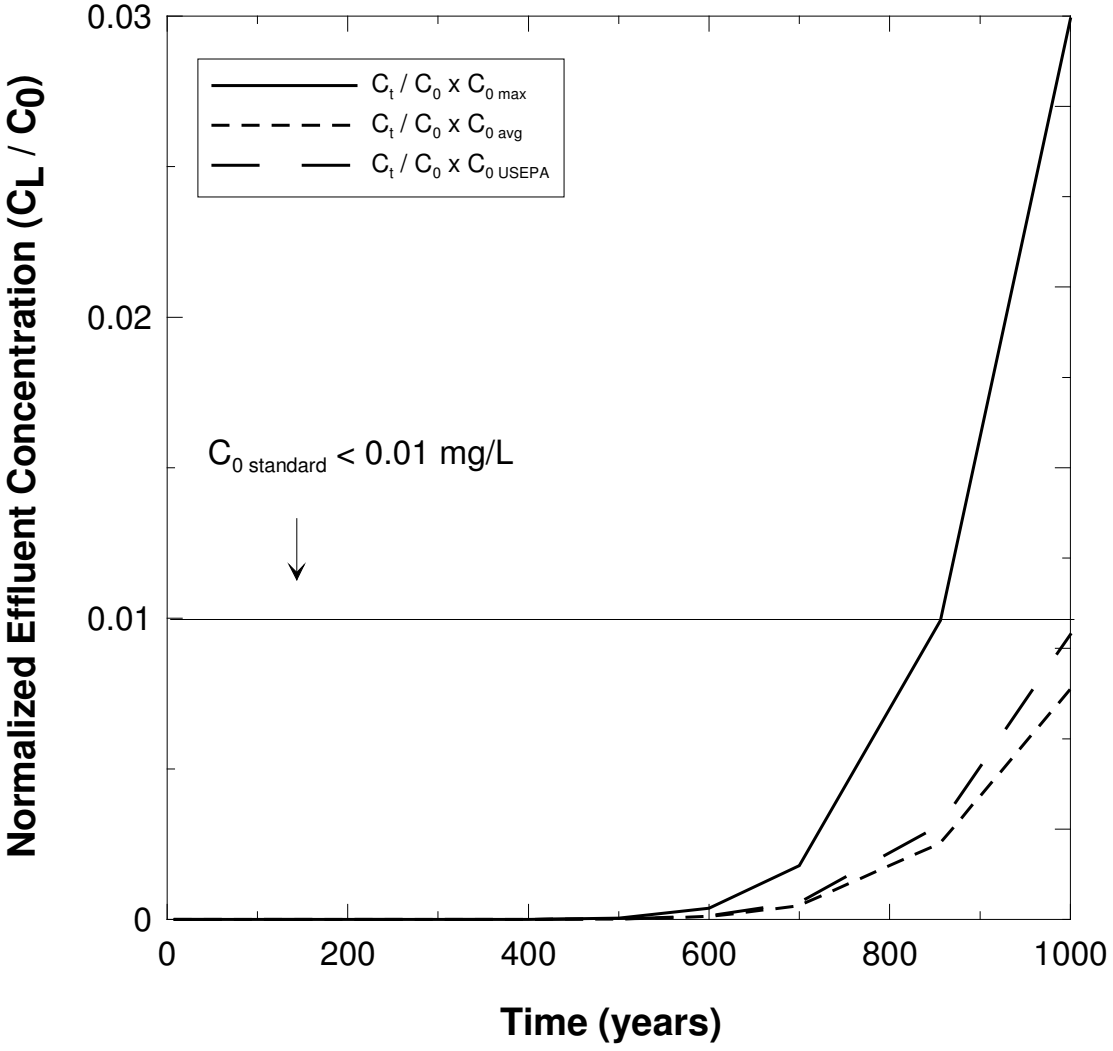
ภาพประกอบที่ 5.13 ระยะเวลาที่ Cr ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



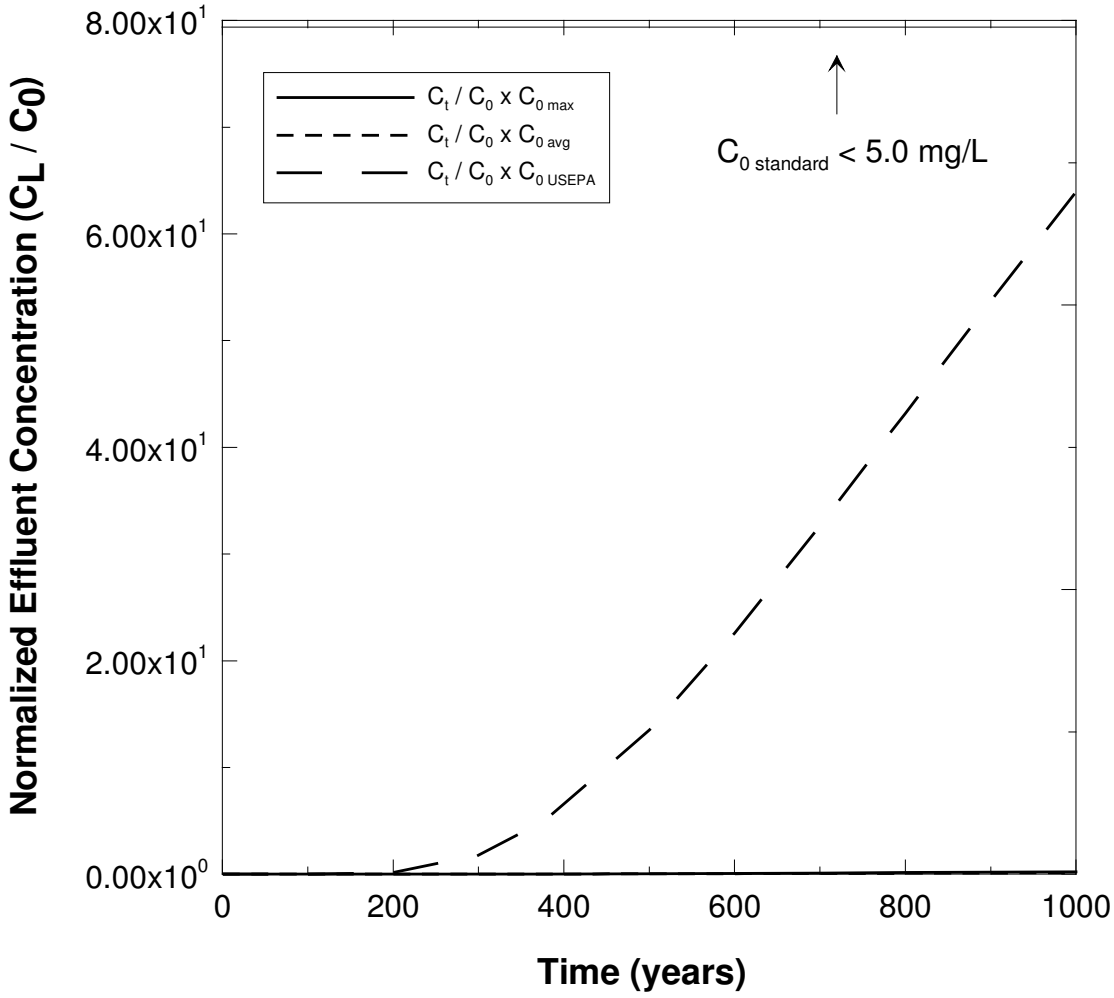
ภาพประกอบที่ 5.14 ระยะเวลาที่ Cd ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



ภาพประกอบที่ 5.15 ระยะเวลาที่ Ni ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



ภาพประกอบที่ 5.16 ระยะเวลาที่ Pb ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



ภาพประกอบที่ 5.17 ระยะเวลาที่ Zn ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

ตารางที่ 5.2 จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐาน เมื่อกำหนดค่าความหนาของชั้นกันซึมให้เท่ากับ 60 cm

a) ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%			
โลหะหนัก	**จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cd	47.4	67.4	44.2
Ni	270.2	810.8	-
Pb	41.3	54.5	51.8
Zn	> 1,000	> 1,000	84.7
b) ดินลูกรังคอหงส์			
โลหะหนัก	**จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cd	8.9	12.2	8.4
Ni	46.4	79	-
Pb	56.8	67	65.2
Zn	> 1,000	> 1,000	8.6
c) ดินเหนียวเกาะยอ			
โลหะหนัก	**จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cr	4,333	6,636	1,572
Cd	468	602	444
Ni	1,351	3,001	-
Pb	856	1,042	1,008
Zn	> 5,000	> 5,000	377

หมายเหตุ $C_{0\ max}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจาก สถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่ง ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)

$C_{0\ avg}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่ง ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)

$C_{0\ USEPA}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูลของ USEPA (1986) (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.3 ค่าความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมเมื่อกำหนดให้เวลาในการออกแบบชั้นกันซึมเท่ากับ 100 ปี

a) ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%			
โลหะหนัก	**ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cd	90	75	93
Ni	34	17	-
Pb	96	83	85
Zn	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	66
b) ดินลูกรังคอหงส์			
โลหะหนัก	**ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cr	197	173	271
Cd	246	213	223
Ni	104	73	-
Pb	85	77	78
Zn	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	249
c) ดินเหนียวเกาะยอ			
โลหะหนัก	**ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)**		
	$C_{0\ max}$	$C_{0\ avg}$	$C_{0\ USEPA}$
Cr	7	5	14
Cd	26	22	27
Ni	14	8	-
Pb	19	17	17
Zn	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	7 (ต่ำกว่านี้ได้)	30

หมายเหตุ $C_{0\ max}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจาก สถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)

$C_{0\ avg}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)

$C_{0\ USEPA}$ หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูลของ USEPA (1986)(ตารางที่ 5.2)