

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO ANALYSES ON
HEAVY METAL EROSIONAL AND DEPOSITIONAL RATE IN
THE MIDDLE PART OF SONGKHLA LAKE BASIN, SOUTHERN THAILAND



Mr. Rottana Ladachart

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Environmental Management

(Interdisciplinary Program)

Graduated School

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copy right of Chulalongkorn University

การประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์อัตราการกร่อน
และการสะสมตัวของโลหะหนักในพื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ภาคใต้ของประเทศไทย



นายโรธนา ลดาชาติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

500566

โรธนา ลดาชาติ : การประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์อัตราการกร่อน และการสะสมของโลหะหนักในพื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ภาคใต้ของประเทศไทย (APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO ANALYSES ON HEAVY METAL EROSIONAL AND DEPOSITIONAL RATE IN THE MIDDLE PART OF SONGKHLA LAKE BASIN, SOUTHERN THAILAND) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร.ปัญญา จารุศิริ, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ 170 หน้า

การวิจัยในครั้งนี้ได้มุ่งประเด็นหลักที่ว่าหากทะเลสาบตอนกลางมีการตื่นเงิน และมีความจำเป็นต้อง ขุดลอกนั้น ตะกอนในทะเลสาบจะมีคุณภาพเป็นอย่างไร หากมีการขุดลอกขึ้นมาจะส่งผลกระทบต่อสภาพ สิ่งแวดล้อมหรือไม่ รวมถึงการวิเคราะห์เพื่อหาแหล่งการปนเปื้อนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกัน และแก้ไขการปนเปื้อนในอนาคตต่อไป การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน คือ การวิเคราะห์ อัตราการสะสมตัวรวมถึงปริมาณโลหะหนักของตะกอนแต่ละชั้นตะกอนท้องทะเลสาบ และการวิเคราะห์อัตรา การพังทลายหน้าดิน และปริมาณรวมถึงการกระจายตัวของโลหะหนักที่น่าสนใจในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยประยุกต์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ได้จัดทำในรูปแบบของแผนที่ชนิดต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ แผนที่การชะล้างพังทลายของหน้าดิน และแผนที่การกระจายตัวและการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งในลุ่ม น้ำและในทะเลสาบสงขลา จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำตอนกลางมีการชะล้างสูงสุดในบริเวณภูเขาสูงทาง ตะวันตกของพื้นที่ โดยมีอัตราการชะล้างเฉลี่ยประมาณ 26 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 1.64 มม ต่อปี และยังพบว่า มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินกระจายตัวอยู่ในพื้นที่แตกต่างกัน และเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานดินเพื่อ การเกษตรพบว่า ค่าโลหะหนักในดินซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่จะต้องทำ การปรับปรุง และมีบางธาตุที่ต้องทำการเฝ้าระวัง แต่เมื่อเทียบกับค่าโลหะหนักในตะกอนท้องน้ำแล้ว พบว่ามี โลหะบางตัวมีค่าเกินมาตรฐานที่และจำเป็นต้องทำการจัดการ คือสารหนู และตะกั่ว ซึ่งกระจายตัวตาม ธรรมชาติอยู่ในบริเวณเชิงเขาด้านตะวันตก โดยเฉพาะบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา สำหรับอัตราการสะสมตัว ของทะเลสาบสงขลา มีอัตราอยู่เฉลี่ย 0.37 มม ต่อปี แต่ผลการวิเคราะห์โลหะหนักของตะกอนทะเลสาบพบว่า ตะกอนส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนของปริมาณโลหะหนักต่ำกว่ามาตรฐานการขุดลอกของฮ่องกง มีเพียงส่วนน้อย มาก (<0.05%) ที่ค่าสูงกว่ามาตรฐาน โดยพบว่าปากแม่น้ำที่ถูกการปนเปื้อนมากที่สุดคือ ปากแม่น้ำอ่าวบาเต็ง โดยมีการปนเปื้อนของ สารหนู ตะกั่ว และสังกะสีสูง และชั้นตะกอนที่มีการปนเปื้อนแตกต่างกันออกไปตามแต่ ลักษณะของตะกอน และพบว่าค่าโลหะหนักเหล่านี้มีกำเนิดมาจากทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของ มนุษย์ ทำให้สรุปได้ว่าสามารถขุดลอกทะเลสาบได้ และตะกอนบางชั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิง อุตสาหกรรม

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนิสิต.....โรธนา ลดาชาติ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4689682420: MAJOR: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD: HEAVY METAL/SOIL EROSION/LAKE SEDIMENT/SONGKHLA LAKE

ROTTANA LADACHART: APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO ANALYSES ON HEAVY METAL EROSIONAL AND DEPOSITIONAL RATE IN THE MIDDLE PART OF SONGKHLA LAKE BASIN, SOUTHERN THAILAND. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. PUNYA CHARUSIRI, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. CHAKKAPHAN SUTTHIRAT, Ph.D.

The aim of this study is based mainly on the scenario that if the middle part of Songkhla Lake (SKL) becomes shallow and requires excavation, what the lake sediments would be quantitatively, and whether or not the dug sediments will affect to the environment. Additionally, sources of contamination in the concerned catchment area need to be identified in order to protect and remediate the contamination in the future. The study is divided into two fold – viz. rate and amounts of soil erosion from the SKL catchment area, rate and amounts of sediment deposition in lake, and concentrations and distribution of heavy metals in soils, stream sediments, and lake sediments. All of the data were analyzed with the application of geographic information system (GIS). The results of the analyses were shown as several kinds of maps. The important maps are soil erosion map, maps showing distributions and contaminations of heavy metals both in the Songkhla Lake and its catchment area. Results indicate that the maximum erosion has been found in areas nearby the mountains in the west part of the SKL area with the average rate of 26 tons/ha/yr or 1.64 mm/yr. It is also discovered that contamination of heavy metals varies from places to places. However, comparison was made with the agricultural standard, it is found that none of the heavy metal contents in soils are naturally occurred and do not exceed those of the standards for remediation. Only some elements in stream sediments i.e. As and Pb, which have been distributed naturally in the southern part of western highland and mountains, need to be carefully followed up. For the SKL sedimentation, it is discovered that sediments have been deposited at the average rate of about 0.37 mm/yr. The results of heavy metal analyses on SKL sediments reveal that most sediments contain the heavy metals quantitatively lower than those of the Hong Kong standard for lake excavation. Only the very small amount (<0.05%) shows the values higher than the standard. Therefore it is concluded that the SKL sediments can be excavated without any environmental problem and some specific sediment layers can be extracted for industrial proposes.

Field of study.....Environmental Management....

(Interdisciplinary Program)

Academic Year 2007

Student Signature.....

Advisor's Signature.....

Co-advisor's Signature.....

R. Ladachart

Punya

C. S. Suttirat

ACKNOWLEDGEMENTS

Grateful acknowledgement is sincerely given to Associate Professor Dr. Punya Charusiri, thesis advisor and Assistance Professor Dr. Chakkaphan Sutthirath, thesis co-advisor for their guidance encouragement and criticism through out this study including for reading the manuscripts.

Thanks are extended to Associate Professor Ken-ichiro Hisada (Graduated School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan) for his support in much of scientific thinking to this thesis and author's life time study in Japan. It is also expressed sincerely thanks to Japan Student Services Organization (JASSO) for scholarship to research in Japan

The special thanks are extended to Department of Mineral Resources for providing all of the data and information in the thesis.

Thanks are also extended to all professors and students in Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Finally, deeply sincerely thanks to National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM) for financial support of this thesis.

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT IN THAI.....	i
ABSTRACT IN ENGLISH.....	ii
ACKNOWLEDGEMENTS.....	iii
TABLE OF CONTENTS.....	iv
LIST OF FIGURES.....	vi
LIST OF TABLES.....	xiv
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 General Statement.....	1
1.2 Objectives.....	2
1.3 Hypothesis.....	2
1.4 Scope of the Study.....	3
1.5 Expected Results.....	4
1.6 Research Methodology.....	6
CHAPTER II LITERATURE REVIEW.....	13
2.1 Sources and Transportation of Heavy Metals.....	13
2.2 Lake Sediment and Heavy Metals Deposition.....	17
2.3 Soil Erosion.....	33
2.4 GIS Applications to Lake and Watershed Management.....	24
2.5 Scale Factor in Analysis.....	36
CHAPTER III SOIL EROSION AND HEAVY METALS DISTRIBUTION IN CATCHMENT AREA.....	40
3.1 Soil Erosion.....	42
3.2 Heavy Metals Distribution.....	58

	Page
3.3 Heavy Metals Variation.....	77
3.4 Conclusions.....	90
CHAPTER IV SEDIMENT DEPOSITION AND HEAVY METALS DISTRIBUTION IN LAKE.....	91
4.1 Lithological and Stratigraphic Analysis.....	96
4.2 Rate of Deposition.....	109
4.3 Heavy Metals Distribution.....	120
4.4 Conclusions.....	137
CHAPTER V DISCUSSIONS.....	138
5.1 Rates of Sedimentation and soil Erosion.....	138
5.2 Sources and Transportation of Heavy Metals.....	139
5.3 Heavy Metal Contaminations.....	141
CHAPTER VI CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	154
6.1 Conclusions.....	154
6.2 Recommendations.....	156
REFERENCES.....	157
BIOGRAPHY.....	170

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 1.1	The study area: Middle part of Songkhla Lake Catchment area	5
Figure 1.2	Flowchart shows the methodology for this study	12
Figure 2.1	Diagram showing the concept of pollution. Pollutions reach the target area by transportation from a source area.....	14
Figure 2.2	Diagram showing the natural and anthropogenic factors that influence source and transport of sediment-associated substances (Laubel, 2004).....	14
Figure 2.3	Critical source areas have a high risk for transport (after Laubel, 2004).....	16
Figure 2.4	Delivery pathways for sediment and sediment associated substances of diffuse sources (Laubel, 2004)	16
Figure 2.5	The example of the vertical variation of sediment, heavy metal, and dating of the selected cores from Tolo Harbour. A: Downcore variations in Cu, Zn, Pb, Cr, and Ni for five cores. B : Cs-137 in core showing peak values and their corresponding inferred dates. C : Sediment logs for cores shown in 'A' and 'B' (Owen and Sandhu, 2000).....	18
Figure 2.6	The example of the lateral variation of heavy metal distribution in Tolo Harbour. Data in mg/kg.....	20

Figure 2.7	Common types of soil erosion (UNDP SANE, 2000).....	28
Figure 2.8	Gully erosion evidences (A) along the Dolores River in Colorado's Paradox Valley near Bedrock. (B) at the North America (http://www.earthscienceworld.org)	29
Figure 2.9	GIS and its related software systems as components of GIS (Sgzen,2002)	32
Figure 2.10	Phases of a GIS (after Sgzen, 2002).....	33
Figure 2.11	Questions which a well-built GIS should answer (Sgzen, 2002).....	33
Figure 2.12	Three views of GIS (ESRI, 2004).....	35
Figure 2.13	GIS integrate many of spatial data (ESRI, 2004).....	35
Figure 2.14	A flowchart showing an example of GIS model using ArcGIS9.0 (ESRI,2004)..	37
Figure 2.15	Scale of analysis and minor.....	39
Figure 3.1	R-value map used for RUSLE analysis of the SKL study area.....	44
Figure 3.2	K-value map used for the RUSLE analysis of the SKL study area.....	46

Figure 3.3	Flow accumulation map used for RUSLE analysis of SKL study area.....	47
Figure 3.4	LS-value map used for RUSLE analysis of the SKL study area.....	48
Figure 3.5	C-value map of the year 1981 used for the RUSLE analysis of SKL study area.....	52
Figure 3.6	C-value map of the year 2002 used for the RUSLE analysis of SKL study area.....	53
Figure 3.7	Soil erosion map year 1981 derived from the RUSLE of SKL study area.....	54
Figure 3.8	Soil erosion map year 2002 derived from the RUSLE of SKL study area.....	55
Figure 3.9	Histogram and cumulative curve of heavy metals in soil in the study area.	60
Figure 3.10	Histogram and cumulative curve of heavy metals in stream sediments in the study area.	62
Figure 3.11	Hillshade map showing location and value of arsenic (As) in soil of the SKL study area.....	64

Figure 3.12	Hillshade map showing location and value of chromium (Cr) in soil of the SKL study area.....	65
Figure 3.13	Hillshade map showing location and value of copper (Cu) in soil of the SKL study area.....	66
Figure 3.14	Hillshade map showing location and value of Nickel (Ni) in soil of the SKL study area.	67
Figure 3.15	Hillshade map showing location and value of lead (Pb) in soil of the SKL study area.	68
Figure 3.16	Hillshade map showing location and value of zinc (Zn) in soil of the SKL study area.	69
Figure 3.17	Hillshade map showing location and value of arsenic (As) in stream sediments of the SKL study area.	70
Figure 3.18	Hillshade map showing location and value of chromium (Cr) in stream sediments of the SKL study area.	71
Figure 3.19	Hillshade map showing location and value of copper (Cu) in stream sediments of the SKL study area.	72
Figure 3.20	Hillshade map showing location and value of nickel (Ni) in stream sediments of the SKL study area.	73

Figure 3.21	Hillshade map showing location and value of lead (Pb) in stream sediments of the SKL study area.	74
Figure 3.22	Hillshade map showing location and value of zinc (Zn) in stream sediments of the SKL study area.	145
Figure 4.1	Landsat image covering the Songkhla Lake study area showing geography and location of major stream channels.....	92
Figure 4.2	Landform unit covering the Songkhla Lake study area showing geography.....	93
Figure 4.3	Landsat TM5 and bathymetry map of the Songkhla Lake study area.	94
Figure 4.4	Landsat TM5 and bathymetry map with drillhole of the Songkhla Lake study area.....	97
Figure 4.5	Aerial photo (A) showing geography of the coastal area and location of drillholes in Area 1 and Area 2 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	98
Figure 4.6	Aerial photo (A) showing physiography of the coastal area and location of drillholes in Area 1 and Area 2 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	99

Figure 3.21	Hillshade map showing location and value of lead (Pb) in stream sediments of the SKL study area.	74
Figure 3.22	Hillshade map showing location and value of zinc (Zn) in stream sediments of the SKL study area.	143
Figure 4.1	Landsat image covering the Songkhla Lake study area showing geography and location of major stream channels.....	92
Figure 4.2	Landform unit covering the Songkhla Lake study area showing geography.....	93
Figure 4.3	Landsat TM5 and bathymetry map of the Songkhla Lake study area.	94
Figure 4.4	Landsat TM5 and bathymetry map with drillhole of the Songkhla Lake study area.....	97
Figure 4.5	Aerial photo (A) showing geography of the coastal area and location of drillholes in Area 1 and Area 2 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	98
Figure 4.6	Aerial photo (A) showing physiography of the coastal area and location of drillholes in Area 1 and Area 2 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	99

Figure 4.7	Interpretation map (A) from Aerial photo (Figure 4.9) showings major landforms of the coastal area nearby Area 1 and Area 2 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand (D).Also show area location of drillholes.....	100
Figure 4.8	Stratigraphic logs showing lithology of the drill holes in Area 1 of the SKL study area.....	100
Figure 4.9	Fence diagram interpreted form Stratigraphic correlation in Figure 4.11 in Area 1 of the SKL study area.....	102
Figure 4.10	Stratigraphic logs showing lithology of the drill holes in Area 1 of the SKL study area.	102
Figure 4.11	Fence diagram interpreted form Stratigraphic correlation in Figure 4.11 in Area 1 of the SKL study area.....	104
Figure 4.12	Aerial photo (A) showing physiography of the coastal area and location of drillholes in Area 3(B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	105
Figure 4.13	Interpretation map (A) from Aerial photo (Figure 4.9) showings major landforms of the coastal area nearby Area 3(B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand (D).Also show area location of drillholes.....	106

Figure 4.14	Arial photo with drillhole locations and water level measuring sites in Area 3 (B) of the Songkhla Lake study area.....	107
Figure 4.15	Stratigraphic logs showing lithology of the drill holes in Area 3 of the SKL study area.....	107
Figure 4.16	Fence diagram interpreted form Stratigraphic correlation in Figure 4.14 in Area 3 of the SKL study area.	109
Figure 4.17	Aerial photo (A) showing physiography of the coastal area and location of drillholes in Area 4 (B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand.....	110
Figure 4.18	Interpretation map (A) from Aerial photo (Figure 4.28) showings major landforms of the coastal area nearby Area 4(B) of the Songkhla Lake study area (C), Southern Thailand (D).Also show area location of drillholes.....	111
Figure 4.19	Arial photo with drillhole locations and water level measuring sites in Area 4 (B) of the Songkhla Lake study area.....	112
Figure 4.20	Stratigraphic logs showing lithology of the drill holes in Area 4 of the SKL study area.....	112
Figure 4.21	Stratigraphy of drillhole no. B-01 with TL-dating data.....	117

Figure 4.22	Fence diagram showing heavy metal distribution (ppm) in area 1 of the SKL study area. A=As, B=Cr, C=Cu, D=Ni, E=Pb, and F=Zn concentrations.....	122
Figure 4.23	Fence diagram showing heavy metal distribution (ppm) in Area 2 of the SKL study area. A=As, B=Cr, C=Cu, D=Ni, E=Pb, and F=Zn concentrations.....	124
Figure 4.24	Fence diagram showing heavy metal distribution (ppm) in Area 3 of the SKL study area. A=As, B=Cr, C=Cu, D=Ni, E=Pb, and F=Zn concentrations.....	126
Figure 4.25	Fence diagram showing heavy metal distribution (ppm) in Area 4 of the SKL study area. A=As, B=Cr, C=Cu, D=Ni, E=Pb, and F=Zn concentrations.....	128
Figure 4.26	Variation of heavy metal concentrations (ppm) in sedimentary layer of Area 1 the SKL study area; Layer 1 = organic clay, Layer 2 = light brown clay, Layer 3 = greenish grey clay, Layer 4 = red grey clay, Layer 5 = light brown to yellow clay.....	130
Figure 4.27	Variation of heavy metal concentrations (ppm) in sedimentary layer of Area 1 the SKL study area; Layer 1 = light brown clay, Layer 2 = greenish grey clay, Layer 3 = red grey clay, Layer 4 = light brown to yellow clay, and Layer 5= greenish grey clay.....	131

Figure 4.28	Variation of heavy metal concentrations (ppm) in sedimentary layer of Area 1 the SKL study area; Layer 1 = greenish grey clay, Layer 2 = light brown to yellow clay.....	132
Figure 4.29	Variation of heavy metal concentrations (ppm) in sedimentary layer of Area 1 the SKL study area; Layer 1 = organic clay, Layer 2 = light brown clay, and Layer 3 = greenish grey clay.....	133
Figure 5.1	Part of soil erosion of the world.....	138
Figure 5.2	Map showing distribution of heavy metal in stream sediments with locations of contents higher than target (yellow) and intervention (orange) values of Dutch's standard.....	144
Figure 5.3	Map showing distribution of heavy metal in soils with locations of contents higher than target (yellow) and intervention (orange) values of Dutch's standard.....	145
Figure 5.4	Map showing the change in soil erosion for the year 1981 and 2002 of the SKL study area. Note that the higher changes are located at the foot of Nakorn Si Thammarat Range: Granitic terrain.....	146
Figure 5.5	Map of the SKL study area showing arsenic concentrations that higher than Target (yellow) and Intervention (red) value of Hong Kong's standard.....	149

Figure 5.6	Map of the SKL study area showing copper concentrations that higher than Target (yellow) and Intervention (red) value of Hong Kong's standard.....	150
Figure 5.7	Map of the SKL study area showing lead concentrations that higher than Target (yellow) and Intervention (red) value of Hong Kong's standard.....	151
Figure 5.8	Map of the SKL study area showing zinc concentrations that higher than Target (yellow) and Intervention (red) value of Hong Kong's standard.....	152

LIST OF TABLES

	Page
Table 3.1 Selected C-value collected from several literature used for this study.....	50
Table 3.2 Rates of soil erosion in subcatchment areas of the SKL study area.....	51
Table 3.3 Comparison of measured soil erosion rates in different areas with predicted soil erosion in SKL study area	52
Table 3.4 Summary of heavy metal data in soils.....	60
Table 3.5 Summary of heavy metal data in stream sediment.....	60
Table 3.6 Heavy metals in stream sediment in each catchment area is the Songkhla Lake catchment area.....	82
Table 3.7 Heavy metals in soil in each catchment area is the Songkhla Lake catchment area.	83
Table 3.8 Relationship between heavy metals in stream sediment and landform.	84
Table 3.9 Relationship between heavy metals in soil and landform.	85
Table 3.10 Relationship between heavy metals in stream sediment and rock type.	86

Table 3.11	Relationship between heavy metals in soil and rock type.	87
Table 3.12	Relationship between heavy metals in stream sediment and land use.	88
Table 3.13	Relationship between heavy metals in stream sediment and land use.	89
Table 4.1	Results of the TL-dating in the study area.....	115
Table 4.2	Rates of sedimentation in the study area using by TL-dating.....	116
Table 4.2	Statistic of the Heavy metal variation Area 1 to 4.....	120
Table 4.3	Statistic of the Heavy metal variation by sedimentary layer.....	121
Table 5.1	The contamination level of trace elements (maximum permitte levels) in rural soils of the world from various literatures.....	142
Table 5.2	Dutch standards for soil contamination assessment: Target values and soil remediation intervention values for selected metals have been expressed as concentrations in a standard soil (10% organic matter, 25% clay). From Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM, 2001).....	142
Table 5.3	Detailed of heavy metal contents of the SKL study area in comparison with those of the Dutch's standard of heavy metals contamination.	143

Table 5.4	Hong Kong standards for dredged sediment planning: Target values and sediment remediation intervention values for selected metals in sediment have been expressed as concentrations in standard sediment.....	148
Table 5.5	The heavy metals in stream sediment and soil of SKL study area in comparison with those of the Dutch's standard of heavy metals contamination.....	148