เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. "การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย" สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2524.

จรมัน ว่องวิทย์. "การรับโลหะหนักของหอยแมลงภู่" (Perna viridis (Lin.)) ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ชยากริต ศิริอุปถัมภ์. Atomic Absorption Spectrophotometry. เอกสารประกอบการบรรยายวิชา Research Equipment, Instrument V (089-505) ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2527.

ณรงค์ เชียงใหม่. มลพิษสิ่งแวดล้อม 248 หน้า สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 2525.

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ. "การเปลี่ยนแปลงของปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบน" ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520

นงนุช ศิริเดช. "พิษของปรอท." รามาธิบดี 12(2519) : 19-22.

พิชาญ ล่ำวงวงศ์. "การศึกษาการกระจายของสารตะกั่วและสารปรอทบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520.

พิมล เรียนวัฒนา และวิโรจน์ ปิยวัชพันธ์. "การหาปริมาณรวมของปรอทในปลาน้ำจืดด้วยวิธี Cold Vapor (flameless) Atomic Absorption Spectrophotometry" ใน รายงานการสัมมนาทางวิชาการเรื่องปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย (บัณฑิต จุลาศัย บรรณาธิการ) เอกสารหมายเลข 2 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2521

มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กอง. "มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม" สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2526.

รำไพ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา. สถิติการวิจัย. 282 หน้า. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอช-เอน การพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2526.

วิมลรัตน์ เกษมทรัพย์. "ปริมาณรวมของสารอินทรีย์และความจุรวมของซัลไฟด์ในดินตะกอนจากอ่าวไทย" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

สถิติ, ภาควิชา. คู่มือการใช้โปรแกรม Statistic with Daizy คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2527.

สุนิพนธ์ ภูมยางกูร. Gas Chromatography เอกสารประกอบการบรรยายวิชา Research Equipment, Instrument II (089-902) ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528

สมจิต วัฒนาชยากูร. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. 272 หน้า. สำนักพิมพ์ประกายพรึก, กรุงเทพฯ, 2524.

สมหญิง เหรียญไตรรัตน์ "บทบาทของหอยต่อเศรษฐกิจการประมงไทย" ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525

สุรพันธ์ บริสุทธิ์ "การแพร่กระจายของปรอทในแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงโรงงานผลิตโซดาไฟในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523

หิรัญรัตน์ สุวรรณนที "การวิเคราะห์เชิงปริมาณของเมธิลเมอคิวรีในปลา โดยวิธีกาซโครมาโตกราฟี ด้วยหัววัดชนิดอีเลคตรอนแคปเจอร์ ดีเทคเตอร์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524

อนุรักษ์ลำน้ำและชายฝั่งทะเล, ฝ่าย. "งานเจ้าพระยา 2525-2526" กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม หน้า 7-72 2526.

APHA, AWWA and WPCF. "Standard Method for the Examination of Water and Waste Water." 15th ed., P. 142, 164, 1980.

Bertine, J.D. The Modes of Association of Trace metals with Certain Component in the Sediment Cycle in Biogeochemistry of Estuarine Sediments, (UNESCO, ed.) pp.33-41. Imprimeric Floch, Mayene, France, 1976.

Bordovskiy , O.K. "Organic matter in marine sediments" J.Mar. Biol. 3(1965) : 3-14.

Clerck, R. De, Vanderstappen, R. and Vyncke, W. "Mercury Content of Fish and Shrimps Caught off the Belgian Coast" Ocean Management. 2(1974) : 117-126.

D'Itri, Frank M. Mercury in the aquatic ecosystem. in Bioassay Techniques and Environmental Chemistry, (Glass, Gary E. ed.) pp.2-70. Ann Arbor Science Publishers inc., Michican, 1975.

D'Itri, P.A. and D'Itri, F.M. Mercury Contamination. 311p., John Wiley & Sone, Inc., New York, 1977.

EPA. Method for Chemical Analysis of Water and Waste. pp. 121-130, USA., 1971.

Frei, R.W. and Hutzenger, O. (eds.) Analytical Aspects of Mercury and other Heavy Metals in the Environment. Vol.1. pp.1-45, Gordon and Breach Science Publishers, London, 1975.

Fujiki, M. and Tajima, S. Studies on the Methyl Mercury Formation in the Environment. in Studies on the health effects of alkylmercury in Japan. pp. 10-11. Environmental Agency, Japan, 1975.

Goulden, P.D. in Environmental Pollution Analysis. 209p. Heyden & Son Ltd., London, 1978.

Hartung, Rolf. (ed.) Environmental Mercury Contamination. pp.13-201. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan, 1974.

Jensen, S. and Jernelov, A. "Biological methylation of mercury in aquatic organisms." Nature. 223 (1969) : 753-754.

Jernelov, A. Conversion of Mercury Compound. in Chemical Fallout (Miller, M.W. and Berg, G.C. eds.) pp. 75-98. C.C. Thomas Publ., Springfield, Illinois, 1969.

_____. A new biochemical pathway for the methylation of mercury and some ecological implications. in Mercury, Mercurial and Mercaptants, (Miller, M.W. and Clarkson T. W. eds.) pp. 315-325 Charles C. Thomus Publisher, Springfield, Illinois, 1973.

_____. Factors in the Transformation of Mercury to Methylmercury in Environmental Mercury Contamination, (Hartung, R. ed.) pp. 167-172. Ann arbor Science publishers Inc., Michican, 1974.

Konrad, John G. Mercury Contents of Bottom Sediment from Wisconsin River and Lakes. in Environmental Mercury Contamination, (Hartung, R. ed.) pp. 52-57. Ann arbor science publishers Inc., Michican, 1974.

Krenkel P.A. (ed.) Heavy Metal in the aquatic Environment.352p. Pergomon Press, New York, 1975.

Lenihan, J. and Fletcher, W.W. (eds) Environmental and Man Vol.6. 163 p. Blackie & Son Limited, Glassgow and London, 1977.

Menasveta, P. and Cheevaparanapiwat, V. "Accumulation of Heavy Metal, DDT, and PCB's in Geen Mussels (Mytilus viridis Lin.), Mullets (Mugil dussumeru Val.) and Bottom Sediment Collected from the four River Mouth of Thailand." Final Report, Institute of Environment Research Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, pp.4-9, 34-35 and 50-53, 1979.

Menasveta, P. and Sawongwong, P. "Distribution of Heavy Metal in Chao Phraya River" in Seminar Proceeding of Pollution Problem of Heavy Metal in the Environment in Thailand, Chulalongkorn University. 1977.

Perkin-Elmer. Model 4000 Atomic Absorption Spectrophotometer and Printer Model PRS-10 Operator's Manual, p. 112. Norwalk, Connecticut , U.S.A.1980.

Perkin-Elmer & Co. Gm BH. MSH-10 Hydride System Operator's Manual. 109p. Bodenscewerk Urberlinger, Federal Republic of Germany. 1978.

Phamaceutical Society of Japan. Standard Method of Analysis for Hygienic Chemists. Kinbara Shuppan Co., Tokyo, 1973.

Reimer, R.S. and Krenkel, P.A., The kinetics of mercury adsorption an and desorption in sediments. J. Water Poll. Control Fed. 46, (2) 352 (1974).

Suckcharoen, S. "Mercury Accumulation in Ipomea aquatica(Forsk) near a Caustic Soda Plant Thailand" Water, Air, and Soil Pollution. 10(1978) : 451-455.

_____. "Occurence of Mercury in Machobrachium lonshesteri (de Man) (Crustacea, decapoda) in Thailand and Mercury Concentration of Terrestrial Vetgetation near a Caustic Soda Plant in Thailand" Bull. Envi. Cont. Tox. 24(1980) : 511-514 and 463-466.

Suckcharoen, S. and Lodenius, M. "Reduction of mercury pollution in the vicinity of a caustic soda plant in Thailand." Water, Air and Soil Pollution. 13 (1980) : 221-227.

Shimadzu. Electron Capture Detector ECD-RIA for Shimadzu Gas Chromatograph GC. RIA Series Instruction Manual pp.1-18. Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan.

Sumino, K. "Analysis of Organic Mercury Compound by Gas Chromatography, Part I Analytical and Extraction Method of Organic Mercury Compound." Kobe J. Med. Sci. 14(1968) : 115-130.

Warren, H.V., Delavanlt, R.C., and Barakso, J., "Some observations on the geochemistry of mercury as applied to prospecting," Econ. Geol. 61, 1010 (1966)

Westoo, G. "Determination of Methylmercury Compounds in Foodstuffs" Acta Chemica Scandinavica. 20 (1966) : 2131-2137.

_____. Discussion Methylmercury Analysis (K. Sumino) in Heavy Metals in the Aquatic Environment, (Krenkel, P.A. ed.) pp. 47-50. Pergomon Press, New York, 1975.

Wood, J.M. et al. "Synthesis of Methylmercury Compound by Extracts of a Methanogenic Bacterium." Nature. 220 (1968) : 173-174.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

สูตร $\overline{X} = \frac{\Sigma x}{N}$

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ΣX = ผลรวมของตัวอย่าง

N = จำนวนตัวอย่าง

2. การหาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

สูตร $S.D. = \frac{\Sigma (X-\overline{X})^2}{N-1}$

S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

3. การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation)

สูตร $R.S.D. = \frac{S.D.}{\overline{X}} \times 100\ \%$

R.S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของกลุ่มตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์วาเรียนส์ (Analysis of Variance)

4.1 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณสารปรอทรวมระหว่างจุดเก็บตัวอย่างฝั่งธนบุรี กลางแม่น้ำและฝั่งกรุงเทพฯ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง

สมมติฐาน $H_o : \overline{X}_1 = \overline{X}_2 = \overline{X}_3$

$H_i : \overline{X}_1 \neq \overline{X}_2 \neq \overline{X}_3$

$\overline{X}_1, \overline{X}_2, \overline{X}_3$ = ค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวมของจุดเก็บตัวอย่างฝั่งธนบุรี กลางแม่น้ำและฝั่งกรุงเทพฯ

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ F - value

$$F = \frac{\text{Mean square of samples means}}{\text{Mean square of individual}}$$

ถ้า F คำนวณน้อยกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวมของจุดเก็บตัวอย่างฝั่งธนบุรี ฝั่งกรุงเทพฯ และกลางแม่น้ำไม่แตกต่างกัน

F คำนวณมากกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวมของจุดเก็บตัวอย่างฝั่งธนบุรี ฝั่งกรุงเทพฯ และกลางแม่น้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

4.2 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เฉลี่ยในดินตะกอนตลอดลำน้ำของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง

สมมติฐาน $H_o : \overline{X}_1 = \overline{X}_2 = \overline{X}_3 = \overline{X}_4$

$H_i : \overline{X}_1 \neq \overline{X}_2 \neq \overline{X}_3 \neq \overline{X}_4$

$\overline{X}_1, \overline{X}_2, \overline{X}_3, \overline{X}_4$ = ค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ F-value

ถ้า F คำนวณน้อยกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน ไม่แตกต่างกัน

F คำนวณมากกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารประกอบ (สารปรอทอินทรีย์) ของเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

4.3 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เฉลี่ยในดินตะกอนตลอดปีของสถานีเก็บตัวอย่างต่าง ๆ

สมมติฐาน $H_o : \overline{X}_1 = \overline{X}_2 = ... = \overline{X}_{10}$

$H_i : \overline{X}_1 \neq \overline{X}_2 \neq ..... \neq \overline{X}_{10}$

$\overline{X}_1 - \overline{X}_{10}$ = ค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ในดินตะกอนจากสถานีเก็บตัวอย่าง 1-10

ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ค่าสถิติ F-value

ถ้า F คำนวณ น้อยกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของสถานีเก็บตัวอย่าง 1-10 ไม่แตกต่างกัน

ถ้า F คำนวณมากกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของสถานีเก็บตัวอย่าง 1-10 มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

5. การวิเคราะห์ Student's t-test

5.1 เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เฉลี่ยในดินตะกอนตลอดลำน้ำ แต่ละเดือนของการเก็บตัวอย่าง (ทดสอบความแตกต่างทีละคู่)

สมมติฐาน $H_o : \overline{X}_1 = \overline{X}_2$

$H_i : \overline{X}_1 \neq \overline{X}_2$

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Student's t-test แบบ 2 ทาง (two-tailed test)

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)\ S_2^2\ (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}{(n_1 + n_2) - 2}}}$$

$\bar{X}$ = ปริมาณเฉลี่ยของสารในแต่ละเดือน (ก, ข)

n = จำนวนตัวอย่างในแต่ละเดือน (ก, ข)

S^2 = ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (ค่าวาเรียนส์)

$$= \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

ถ้า t คำนวณน้อยกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เดือน ก และเดือน ข ไม่แตกต่างกัน

t คำนวณมากกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เดือน ก และเดือน ข แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

5.2 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) เฉลี่ยในดินตะกอนในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างตลอดปี (หาความแตกต่างทีละคู่)

สมมติฐาน $H_o : \bar{X}_1 = \bar{X}_2$

$H_i : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ student's t-test แบบ 2 ทาง (two-tailed test) ในทำนองเดียวกันกับ 5.1

ถ้า t คำนวณน้อยกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของสถานีเก็บตัวอย่าง ก และ ข ไม่แตกต่างกัน

t คำนวณมากกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าค่าเฉลี่ยของสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ของสถานีเก็บตัวอย่าง ก และ ข แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

6. การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression)

6.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ในดินตะกอนกับตัวแปรอิสระ (DO, pH, อุณหภูมิ) ตลอด

ลำน้ำในแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง โดยหาความสัมพันธ์ทีละคู่ และทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์เป็น 5 รูปแบบคือ

ก. Linear regression เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ในกรณีตัวแปรอิสระแปรผันในเชิงเส้น

$$\text{สมการ } y = A + Bx$$

$$\text{โดยที่ } B = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x . \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$A = \frac{\Sigma y - B\Sigma x}{n}$$

$$R = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{\sqrt{\left[n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\right]\left[n.\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\right]}}$$

y = ปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์)

x = ค่าของตัวแปรอิสระ

B = ค่าความลาดชัน (slope)

A = จุดตัดแกน y (y-intercept) หรือค่าคงที่

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ข. Logarithmic regression เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ในกรณีตัวแปรอิสระแปรผันในเชิงของ logarithmic

สมการของ log ฐาน 10, $y = A + B \log x$

log ฐาน e, $y = A + B \ln x$

การคำนวณค่า B, A, R แทนค่าเช่นเดียวกับ Linear regression แต่เปลี่ยนค่าของตัวแปรอิสระ (X) เป็น log x หรือ ln x เสียก่อน

ค. Exponential regression เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ในกรณีตัวแปรตามแปรผันในเชิงของ Exponential

สมการ $y = A \cdot e^{B.X}$

การคำนวณค่า B, A, R แทนค่าในสมการเช่นเดียวกับ Linear regression แต่เปลี่ยนค่าของปริมาณสารปรอท (y) เป็น ln y เสียก่อน

ง. Power regression เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ในกรณีตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแปรผันในเชิงยกกำลัง

สมการ $y = A.X^{B}$

การคำนวณค่า B, A, R แทนค่าในสมการเช่นเดียวกับ Linear regression แต่เปลี่ยนค่าของตัวแปรอิสระ (x) เป็น ln x และเปลี่ยนค่าของปริมาณสารปรอท (y) เป็น ln y ก่อน

ทดสอบระดับความเชื่อมั่นของสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) และความลาดชัน (B) โดยมีการตั้งสมมติฐาน

สมมติฐานของ R $H_o : R = 0$

$H_i : R \neq 0$

R = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับตัวแปรอิสระ

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ F-value

$$F = \frac{\text{Mean square (จากการคำนวณค่าความถดถอย)}}{\text{Mean square (ค่าเบี่ยงเบนจากสมการถดถอย)}}$$

ถ้า F คำนวณน้อยกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ

F คำนวณมากกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

สมมติฐานของความลาดชัน (B) $H_o : B = 0$

$H_i : B \neq 0$

B = ค่าความลาดชันของสมการความสัมพันธ์

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-value

$$t = \frac{B}{S_B}$$

$$S_B = \sqrt{S^2_{yx}/\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N}}$$

$$S^2_{yx} = \frac{\left[\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2/N\right] - (B)\ (\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{N})}{N - 2}$$

ถ้า t คำนวณน้อยกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าไม่มีความลาดชัน (เส้นขนานกับแกน x)

t คำนวณมากกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่าค่าความลาดชันเป็นจริงทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

ทั้งนี้ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สามารถสร้างสมการเป็นจริงได้ต้องพิจารณาค่า R และ B ประกอบกัน โดยที่การทดสอบด้วย F-value และ t-value ต้องยอมรับ H_i ทั้ง 2 กรณี ตัวแปรจึงจะมีความสัมพันธ์กันและสามารถสร้างสมการถดถอยที่เป็นจริงได้ที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

6.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ในดินตะกอนตลอดลำน้ำ ตลอดปีกับตัวแปรอิสระ (DO, pH และอุณหภูมิ)

โดยหาความสัมพันธ์ทีละคู่ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้ง 5 รูปแบบความสัมพันธ์ (Linear, log x, ln x, Exponential และ power)

สมมติฐานและการทดสอบเป็นเช่นเดียวกันกับ 6.1 และการวิเคราะห์สรุปผลก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับ 6.1 ด้วย

7. การวิเคราะห์ Multiple stepwise แบบ Forward selection

7.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ (DO, pH, อุณหภูมิ) กับตัวแปรตาม (สารปรอทรวมในดินตะกอน) ตลอดลำน้ำของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง

7.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ (DO, pH และอุณหภูมิ) กับตัวแปรตาม (สารปรอทรวมในดินตะกอน) ตลาดลำน้ำตลอดปี

7.3 เพื่อหาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ (DO, pH, อุณหภูมิ) กับตัวแปรตาม (สารปรอทอินทรีย์ในดินตะกอน) ตลอดลำน้ำของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง

7.4 เพื่อหาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ (DO, pH และอุณหภูมิ) กับตัวแปรตาม (สารปรอทอินทรีย์ในดินตะกอน) ตลอดลำน้ำตลอดปี

ในการวิเคราะห์นั้นเป็นการหาความสัมพันธ์ร่วมกันของตัวแปรอิสระ โดยเริ่มจากการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทรวมหรือปรอทอินทรีย์ (y) กับตัวแปรอิสระ (x) คือ DO, pH, อุณหภูมิ ตัวใดตัวหนึ่งซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูงสุดก่อนแล้วเรียงลำดับกันไปตามค่า R จากมากไปหาน้อยคือ

$$R_1 > R_2 > \ldots\ldots\ldots > R_n$$

แล้วสร้างสมการถดถอย $y = a + Bx$ (Linear regression)

โดยเริ่มที่ x ซึ่งให้ค่า R สูงก่อน โดยเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งตัวแปรจะได้สมการ Multiple linear regression เป็น

$$y = A_1 + B X_1$$

$$y = A_2 + B_1X_1 + B_2X_2$$

$$y = A_3 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3$$

ในการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ เช่น Logarithmic regression, Exponential regression และ Power regression นั้น สมการถดถอย จุดตัดแกน y ค่าความลาดชัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คำนวณดังที่กล่าวมาแล้วในการวิเคราะห์ Regression แล้วจึงนำค่าที่ได้มาพิจารณาความสัมพันธ์แล้วสร้างสมการถดถอยโดยเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งตัวแปรดังกล่าว ทั้งนี้จะได้รูปแบบของสมการขั้นสุดท้ายดังนี้

สมการ Multiple logarithmic regression

log ฐาน 10 : $y = A + B_1 \log X_1 + B_2 \log X_2 + B_3 \log X_3$

log ฐาน e : $y = A + B_1 \ln X_1 + B_2 \ln X_2 + B_3 \ln X_3$

สมการ Multiple power regression

$$y = A.X_1^{B_1}.X_2^{B_2}.X_3^{B_3}$$

สมการ Multiple exponential regression

$$y = A.e^{B_1.X_1+B_2.X_2+B_3.X_3}$$

โดยที่ y = ตัวแปรตาม

x = ตัวแปรอิสระ

A = จุดตัดแกน y (ค่าคงที่)

B = ค่าความลาดชัน

สำหรับการทดสอบความเป็นไปได้ของสมการถดถอยที่สร้างขึ้นต้องทำการทดสอบสมมติฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) และค่าความลาดชัน (B)

สมมติฐานของ R

กรณีมีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

H_o : $R_1 = 0$

H_i : $R_1 \neq 0$

กรณีมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว

H_o : $R_1 = R_2 = 0$

H_i : $R_1 \neq R_2 \neq 0$

กรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

H_o : $R_1 = R_2 = R_3 = 0$

H_i : $R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq 0$

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ F-value

ถ้า F คำนวณน้อยกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่า ปริมาณสาร ปรอทรวม (สารปรอทอินทรีย์) ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ

F คำนวณมากกว่า F ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่า ปริมาณสารปรอท รวม (สารปรอทอินทรีย์) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ นัยสำคัญค่าหนึ่ง

สมมติฐานของความคลาดเคลื่อน (B)

กรณีมีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

H_o : $B_1 = 0$

H_i : $B_1 \neq 0$

กรณีมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร

$$H_o : B_1 = B_2 = 0$$

$$H_i : B_1 \neq B_2 \neq 0$$

กรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

$$H_o : B_1 = B_2 = B_3 = 0$$

$$H_i : B_1 \neq B_2 \neq B_3 \neq 0$$

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ t-value

ถ้า t คำนวณน้อยกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_o) หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์ (เส้นขนานกับแกน x)

ถ้า t คำนวณมากกว่า t ตาราง (ยอมรับ H_i) หมายความว่า ค่าความสัมพันธ์เป็นจริงทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญค่าหนึ่ง

ทั้งนี้ การพิจารณาว่าจะสามารถรับสมการถดถอยดังกล่าวได้นั้นต้องพิจารณาค่า R และ B ประกอบกัน โดยการทดสอบทางสถิติต้องยอมรับ H_i ทั้งสองค่า จึงสามารถสร้างสมการถดถอยขึ้นได้

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงปริมาณสารปรอทรวมในดินตะกอนและค่าของตัวแปรอิสระในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของสถานีเก็บตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน

- ตารางแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Foward Stepwise ของสารปรอทรวมในดินตะกอนกับตัวแปรอิสระ ของเดือนกุมภาพันธ์ และตลอดลำน้ำทั้งปี

- กราฟแท่งแสดงปริมาณสารปรอทรวมในดินตะกอนของสถานีต่าง ๆ ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และ พฤศจิกายน

- รูปแสดง Histogram ของปริมาณสารปรอทรวมในดินตะกอนและตัวแปรอิสระ (DO, pH และอุณหภูมิ) ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารปรอทรวมและค่าของตัวแปรอิสระในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของสถานีเก็บตัวอย่าง (เดือนกุมภาพันธ์)

Station	Hg (µg/g)	pH	DO	Temp (°C)
C1-1	0.122	7.6	4.5	28.0
-2	0.140	7.5	4.5	28.0
-3	0.091	7.6	4.4	28.0
C2-1	0.084	7.5	4.3	28.0
-2	0.113	7.6	4.6	28.0
-3	0.112	7.8	6.3	28.0
C3-1	0.122	7.4	4.4	28.5
-2	0.133	7.2	5.2	29.0
-3	0.214	7.4	5.2	28.5
C4-1	0.044	7.4	4.4	31.0
-2	0.235	7.4	4.6	31.5
-3	0.159	7.2	4.0	30.0
C5-1	0.195	7.5	5.2	30.0
-2	0.133	7.4	4.4	29.0
-3	0.151	7.1	3.8	29.0
C6-1	0.116	7.2	5.2	28.5
-2	0.165	6.9	4.4	29.0
-3	0.155	7.2	3.4	29.0
C7-1	0.391	7.6	6.4	29.5
-2	0.186	7.3	4.4	30.0
-3	0.185	6.6	3.8	29.0
C8-1	0.234	7.1	4.2	29.5
-2	0.156	6.6	3.6	29.5
-3	0.328	6.3	3.2	29.0
C9-1	0.334	6.9	2.4	28.5
-2	0.182	6.9	3.4	29.5
-3	0.094	7.0	3.4	29.5
C10-1	0.215	7.0	3.4	29.5
-2	0.247	7.1	3.4	29.5
-3	0.499	7.1	3.8	29.0

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารปรอทรวมและค่าของตัวแปรอิสระในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของสถานีเก็บตัวอย่าง (เดือนพฤษภาคม)

station	Hg (µg/g)	pH	DO	Temp(°C)
C1 -1	0.149	7.5	3.3	22.5
-2	0.107	7.5	4.0	29.0
-3	0.120	7.2	2.6	28.0
C2 -1	0.172	7.6	2.8	27.5
-2	0.176	7.1	3.6	27.5
-3	0.129	7.5	3.2	27.5
C3 -1	0.193	7.2	2.1	30.0
-2	0.207	7.2	4.8	30.5
-3	0.200	7.3	2.2	31.0
C4 -1	0.116	7.0	1.2	30.0
-2	0.311	7.0	1.8	31.0
-3	0.121	6.9	2.1	32.0
C5 -1	0.171	7.1	1.1	30.5
-2	0.258	6.9	1.6	31.0
-3	0.245	7.2	2.5	31.0
c6 -1	0.314	7.2	1.6	31.0
-2	0.220	7.1	2.2	31.0
-3	0.238	7.1	2.6	31.0
c7 -1	0.307	7.1	1.0	30.5
-2	0.296	7.1	1.5	30.0
-3	0.220	7.0	1.2	30.5
C8 -1	0.224	7.0	2.2	30.0
-2	0.208	6.9	0.6	30.0
-3	0.322	7.0	0.8	30.0
C9-1	0.413	7.0	1.9	30.2
-2	0.474	6.8	1.0	29.7
-3	0.160	6.9	1.0	30.0
C10-1	0.312	6.9	1.8	30.0
-2	0.311	6.8	1.4	29.5
-3	0.299	6.9	1.1	29.9

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณสารปรอทรวม และค่าของตัวแปรอิสระในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของสถานีเก็บตัวอย่าง (เดือนสิงหาคม)

Station	Hg (µg/g)	pH	DO	Temp(°C)
C1 -1	0.129	7.9	44	31.0
-2	0.197	7.9	6.4	32.0
-3	0.194	7.9	5.6	32.0
C2 -1	0.217	7.8	5.4	31.0
-2	0.208	7.6	2.6	32.0
-3	0.190	7.6	2.7	32.0
C3 -1	0.191	7.5	3.2	32.0
-2	0.114	7.6	1.7	31.0
-3	0.169	7.3	2.1	32.0
C4 -1	0.100	7.7	2.0	31.0
-2	0.095	7.6	2.3	32.0
-3	0.183	7.5	4.2	32.0
C5 -1	0.101	8.0	1.6	31.0
-2	0.180	7.5	1.5	31.0
-3	0.261	7.5	3.7	32.0
C6 -1	0.312	7.4	1.3	31.0
-2	0.163	7.3	1.6	31.0
-3	0.200	7.3	1.9	32.0
C7 -1	0.175	7.6	1.7	32.0
-2	0.263	7.5	0.9	31.0
-3	0.167	7.9	1.1	32.0
C8 -1	0.196	7.3	1.2	30.0
-2	0.262	6.7	1.4	30.0
-3	0.217	7.4	0.7	32.0
C9 -1	0.256	6.6	1.3	31.0
-2	0.239	6.6	0.9	31.0
-3	0.228	6.7	0.9	30.0
C10 -1	0.207	7.4	1.2	31.0
-2	0.286	7.2	1.0	30.0
-3	0.253	6.8	0.9	30.0

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารปรอทรวมและค่าของตัวแปรอิสระในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของสถานีเก็บตัวอย่าง (เดือนพฤศจิกายน)

station	Hg (µg/g)	pH	DO	Temp (°C)
C1 -1	0.203	7	4.3	32.0
-2	0.213	8	4.3	32.0
-3	0.514	8	4.5	32.0
C2 -1	0.127	8	5.2	32.5
-2	0.161	7	4.2	31.5
-3	0.172	7	3.6	30.5
C3 -1	0.281	7	2.6	32.5
-2	0.239	8	2.8	32.0
-3	0.134	7	2.9	32.0
C4 -1	0.248	7	3.8	31.0
-2	0.164	7	3.5	32.0
-3	0.419	6	3.9	31.0
C5 -1	0.193	7	3.2	31.0
-2	0.100	7	3.9	31.0
-3	0.174	7	3.4	30.5
C6 -1	0.249	7	2.6	30.0
-2	0.181	7	2.7	31.0
-3	0.155	7	2.9	30.0
C7 -1	0.246	7	2.5	30.0
-2	0.348	7	2.5	30.5
-3	0.536	7	2.8	30.5
C8 -1	0.220	7	3.9	29.5
-2	0.155	6	2.0	29.0
-3	0.152	6	2.0	29.5
C9 -1	0.227	7	2.0	28.5
-2	0.178	6	1.8	29.0
-3	0.167	6	2.4	29.0
C10 -1	0.244	6	3.6	29.0
-2	0.473	6	2.0	29.0
-3	0.241	6	3.5	29.0

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward.Stepwise (Linear) ของเดือน กุมภาพันธ์

สถานี	สารประกอบรวม (ppm)	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO, มก./ล.)	pH	อุณหภูมิ (Temp, °ซ)	–
1	0.118	4.5	7.6	28.0	
2	0.103	5.1	7.6	28.0	
3	0.152	4.9	7.3	28.7	
4	0.146	4.3	7.3	30.8	
5	0.160	4.5	7.3	29.3	
6	0.145	4.3	7.1	28.8	
7	0.230	4.9	7.2	29.5	
8	0.239	3.7	6.7	29.3	
9	0.203	3.1	6.9	29.2	
10	0.320	3.5	7.1	29.3	

เริ่ม pH			เริ่ม pH และ DO				เริ่ม pH DO และ temp.					เริ่ม –					
B (pH)	R	C	B (pH)	B (DO)	R	C	B (pH)	B (DO)	B (temp)	R	C	B	B	B	B	R	C
-0.16 T=-2.506*	0.663 F=6.28*	1.31	-0.11 T=1.141	-0.03 T=-0.668	0.688 F=3.15	1.09	-0.99 T=-0.920	-0.03 T=-0.624	8.76×10^{-3} T=0.330	0.695 F=1.87	0.76	-	-	-	-	-	-

* มีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward.Stepwise (log x) ของเดือน กุมภาพันธ์

สถานี	สารประกอบรวม (ppm)	log ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	log pH	log อุณหภูมิ (Temp)	–
1	0.118	0.65	0.88	1.45	
2	0.103	0.71	0.88	1.45	
3	0.152	0.69	0.86	1.46	
4	0.146	0.63	0.86	1.49	
5	0.160	0.65	0.86	1.47	
6	0.145	0.63	0.85	1.46	
7	0.230	0.69	0.86	1.47	
8	0.239	0.57	0.83	1.47	
9	0.203	0.49	0.84	1.47	
10	0.320	0.54	0.85	1.47	

เพิ่ม log pH			เพิ่ม log pH และ log DO				เพิ่ม log pH log DO และ log Temp					เพิ่ม –					
B(log pH)	R	C	B(log pH)	B(log DO)	R	C	B(log pH)	B(log DO)	B(log temp.)	R	C	B	B	B	B	R	C
-2.56 * T=-2.473	0.658 * F=6.12	2.38	-1.78 T=-1.128	-0.26 T=-0.683	0.685 F=3.09	1.87	-1.56 T=-0.879	-0.26 T=-0.650	0.70 T=0.393	0.694 F=1.86	0.65	–	–	–	–	–	–

* มีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward.Stepwise (ln x) ของเดือน กุมภาพันธ์

สถานี	ล่ารปรอทรวม (ppm)	ln ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	ln pH	ln อุณหภูมิ (Temp.)	–
1	0.118	1.50	2.03	3.33	
2	0.103	1.63	2.03	3.33	
3	0.152	1.59	1.99	3.36	
4	0.146	1.46	1.99	3.43	
5	0.160	1.50	1.99	3.38	
6	01.45	1.46	1.96	3.36	
7	0.230	1.59	1.97	3.38	
8	0.239	1.31	1.90	3.38	
9	0.203	1.13	1.93	3.37	
10	0.320	1.25	1.96	3.38	

เพิ่ม ln pH			เพิ่ม ln pH และ ln DO				เพิ่ม ln pH ln DO และ ln Temp.					เพิ่ม –					
B (pH)	R	C	B (pH)	B (DO)	R	C	B (pH)	B (DO)	B (temp.)	R	C	B	B	B	B	R	C
-1.11 * T=-2.473	0.658 * F=6.12	2.38	-0.77 T=-1.128	-0.11 T=-0.683	0.685 F=3.09	1.87	-0.68 T=-0.879	-0.11 T=-0.650	0.31 T=0.393	0.694 F=1.86	0.65	–	–	–	–	–	–

* มีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward.Stepwise (Exponential) ของเดือนกุมภาพันธ์

สถานี	ln สารประกอบรวม (ppm)	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO, มก./ล.)	pH	อุณหภูมิ (Temp, °ซ)	–
1	-2.137	4.5	7.6	28.0	
2	-2.273	5.1	7.6	28.0	
3	-1.884	4.9	7.3	28.7	
4	-1.924	4.3	7.3	30.8	
5	-1.833	4.5	7.3	29.3	
6	-1.931	4.3	7.1	28.8	
7	-1.470	4.9	7.2	29.5	
8	-1.431	3.7	6.7	29.3	
9	-1.595	3.1	6.9	29.2	
10	-1.139	3.5	7.1	29.3	

เพิ่ม pH			เพิ่ม pH และ temp.				เพิ่ม pH temp. และ DO					เพิ่ม –					
B (pH)	R	C	B (pH)	B (temp.)	R	C	B (pH)	B (temp.)	B (DO)	R	C	B	B	B	B	R	C
-0.92 T=-3.125*	0.741 F=9.77*	129.02	-0.84 T=-2.478	0.07 T=0.580	0.755 F=4.65	9.87	-0.67 T=-1.328	0.07 T=0.547	-0.10 T=-0.470	0.765 F=2.83	4.48	–	–	–	–	–	–

* มีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward.Stepwise (power) ของเดือน กุมภาพันธ์

สถานี	ln สารปรอทรวม (ppm)	ln ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	ln pH	ln อุณหภูมิ (Temp)	—
1	-2.137	1.58	2.03	3.33	
2	-2.273	1.63	2.03	3.33	
3	-1.884	1.59	1.99	3.36	
4	-1.924	1.46	1.99	3.43	
5	-1.833	1.50	1.99	3.38	
6	-1.931	1.46	1.96	3.36	
7	-1.470	1.59	1.97	3.38	
8	-1.431	1.31	1.90	3.38	
9	-1.595	1.13	1.93	3.37	
10	-1.139	1.25	1.96	3.38	

เพิ่ม ln pH			เพิ่ม ln pH และ ln Temp.				เพิ่ม ln pH ln Temp. และ ln DO					เพิ่ม —					
B(ln pH)	R	C	B(ln pH)	B(ln Temp.)	R	C	B(ln pH)	B (ln Temp.)	B(ln DO)	R	C	B	B	B	B	R	C
-6.53 * T=-3.071	0.736 * F=9.43	62186.37	-5.88 * T=-2.416	2.21 T=0.639	0.753 F=4.57	10.91	-4.60 T=-1.271	2.25 T=0.617	-0.42 T=-0.505	0.764 F=2.81	1.36	—	—	—	—	—	—

* มีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

<u>หมายเหตุ</u> ค่า F ตาราง และ T ตารางในการวิเคราะห์ข้อมูลตารางที่ 5-9

1. การทดสอบค่า R โดยใช้ **F-value**

จำนวนตัวแปรอิสระ	df 1	df 2	F ตารางที่ α = 0.05	F ตารางที่ α = 0.01
1	1	5	5.32	11.26
2	2	7	4.74	9.55
3	3	6	4.76	9.78

2. การทดสอบค่า B โดยใช้ **t-value**

จำนวนตัวแปรอิสระ	df	t ตารางที่ $\frac{\alpha}{2}$ = 0.025	t ตารางที่ $\frac{\alpha}{2}$ =0.005
1	8	$\pm$ 2.306	$\pm$ 3.385
2	7	$\pm$ 2.365	$\pm$ 3.499
3	6	$\pm$ 2.447	$\pm$ 3.707

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ Multiple Forward Stepwise ของปรอทรวมในดินตะกอนกับตัวแปรอิสระ (DO, pH, และอุณหภูมิ) ตลอดลำน้ำทั้งปี

ก. รูปแบบ Linear regression

เพิ่ม DO			เพิ่ม DO และ pH				เพิ่ม DO, pH และ Temp.				
B(DO)	R	C	B(DO)	B(pH)	R	C	B(DO)	B(pH)	B(Temp.)	R	C
-0.02 T=-2.781**	0.411 F=7.74**	0.27	-0.02 T=-1.98	-0.04 T=-1.76	0.483 F=5.62**	0.55	-0.01 T=-1.264	-0.06 T=-2.203*	0.10 T=1.408	0.523 F=4.51**	0.27

ข. รูปแบบ Logarithmic regression (log ฐาน 10)

เพิ่ม log DO			เพิ่ม log DO และ log pH				เพิ่ม log DO, log pH และ log Temp.				
B(DO)	R	C	B(DO)	B(pH)	R	C	B(DO)	B(pH)	B(Temp.)	R	C
-0.12 T=-2.710*	0.402 F=7.34*	0.26	-0.09 T=-2.016	-0.66 T=-1.839	0.482 F=5.59**	0.82	-0.07 T=-1.354	-0.87 T=-2.272*	0.85 T=1.439	0.523 F=4.53**	-0.27

ค. รูปแบบ Logarithmic regression (log ฐาน e)

เพิ่ม ln DO			เพิ่ม ln DO และ ln pH				เพิ่ม ln DO, ln pH และ ln Temp.				
B(DO)	R	C	B(DO)	B(pH)	R	C	B(DO)	B(pH)	B(Temp.)	R	C
-0.05 T=-2.710*	0.402 F=7.34*	0.26	-0.04 T=-2.016	-0.29 T=-1.839	0.482 F=5.59**	0.81	-0.03 T=-1.354	-0.38 -2.272*	0.37 T=1.439	0.523 F=4.53**	-0.27

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ง. รูปแบบ Exponential regression

เพิ่ม DO			เพิ่ม DO และ pH				เพิ่ม DO, pH และ Temp.				
B(DO)	R	C	B(DO)	B(pH)	R	C	B(DO)	B(pH)	B(Temp.)	R	C
-0.11 T=-3.024**	0.461 F=10.27**	0.28	-0.08 T=-2.351*	-0.20 T=-1.879	0.503 F=7.24**	1.06	-0.05 T=-1.441	-0.29 T=-2.585*	0.08 T=1.954	0.592 F=6.47**	0.19

จ. รูปแบบ power regression

เพิ่ม ln DO			เพิ่ม ln DO และ ln pH				เพิ่ม ln DO, ln pH และ ln Temp.				
B(DO)	R	C	B(DO)	B(pH)	R	C	B(DO)	B(pH)	B(Temp.)	R	C
-0.28 T=-3.117**	0.451 F=9.72**	0.26	-0.22 T=-2.385*	-1.41 T=-1.980	0.529 F=7.19**	4.01	-0.15 T=-7.549	-1.97 T=-2.658*	2.27 T=1.990	0.593 F=6.50**	4.96×10^{-3}

* ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

** ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

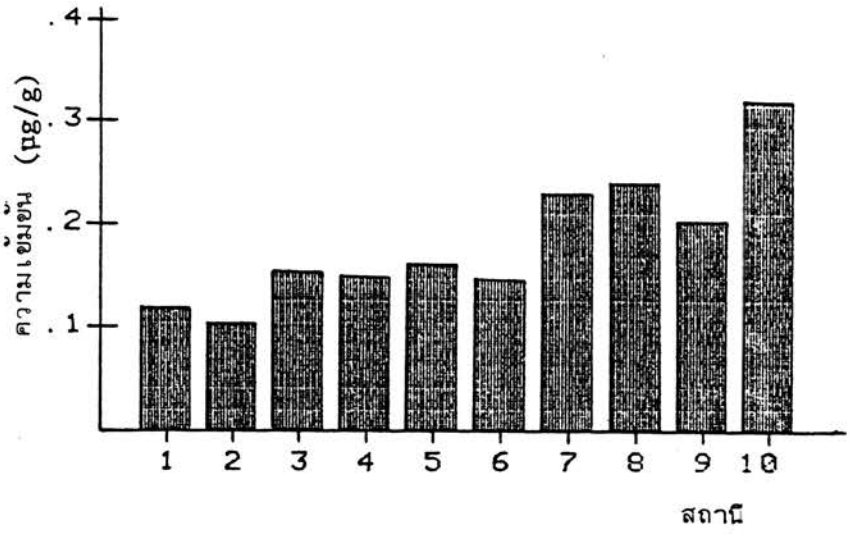
<u>หมายเหตุ</u> ค่า F ตาราง และ T ตารางในการวิเคราะห์ข้อมูลตารางที่ 10

1. การทดสอบค่า R โดยใช้ F-value

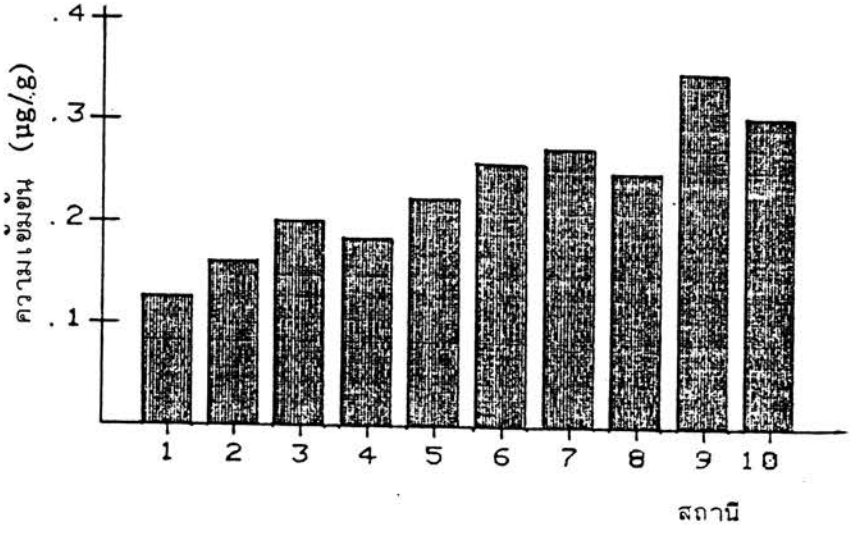
จำนวนตัวแปรอิสระ	df 1	df 2	Fตารางที่ $\alpha = 0.05$	F ตารางที่ $\alpha = 0.01$
1	1	38	9.10	7.35
2	2	37	3.23	5.23
3	3	36	2.86	4.38

2. การทดสอบค่า B โดยใช้ t-value

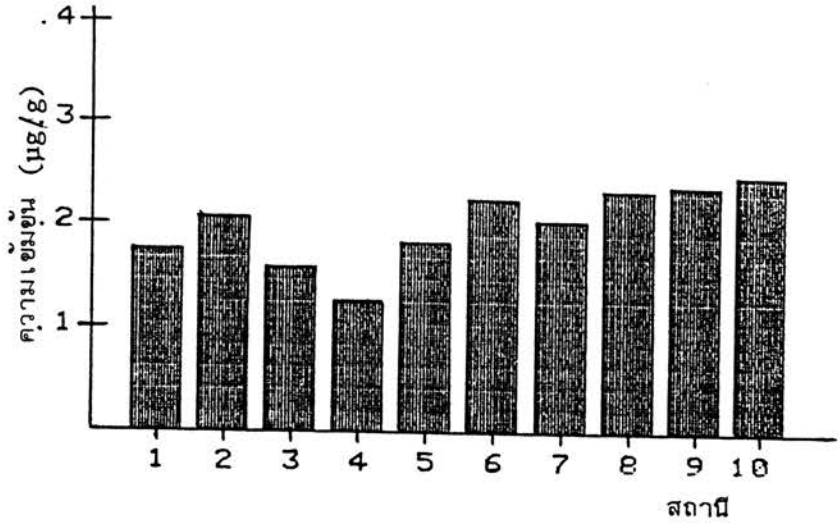
จำนวนตัวแปรอิสระ	df	tตารางที่ $\frac{\alpha}{2} = 0.025$	tตารางที่ $\frac{\alpha}{2} = 0.005$
1	38	$\pm$ 2.024	$\pm$ 2.712
2	37	$\pm$ 2.026	$\pm$ 2.716
3	36	$\pm$ 2.028	$\pm$ 2.720



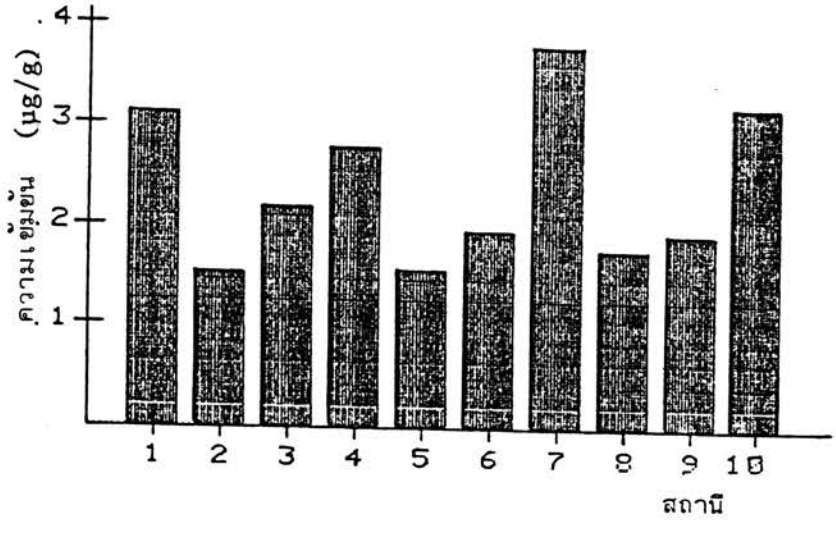
รูปที่ 1 ปริมาณสารปรอทรวมที่สถานีที่ ๑-๑๐ ใน เดือนกุมภาพันธ์



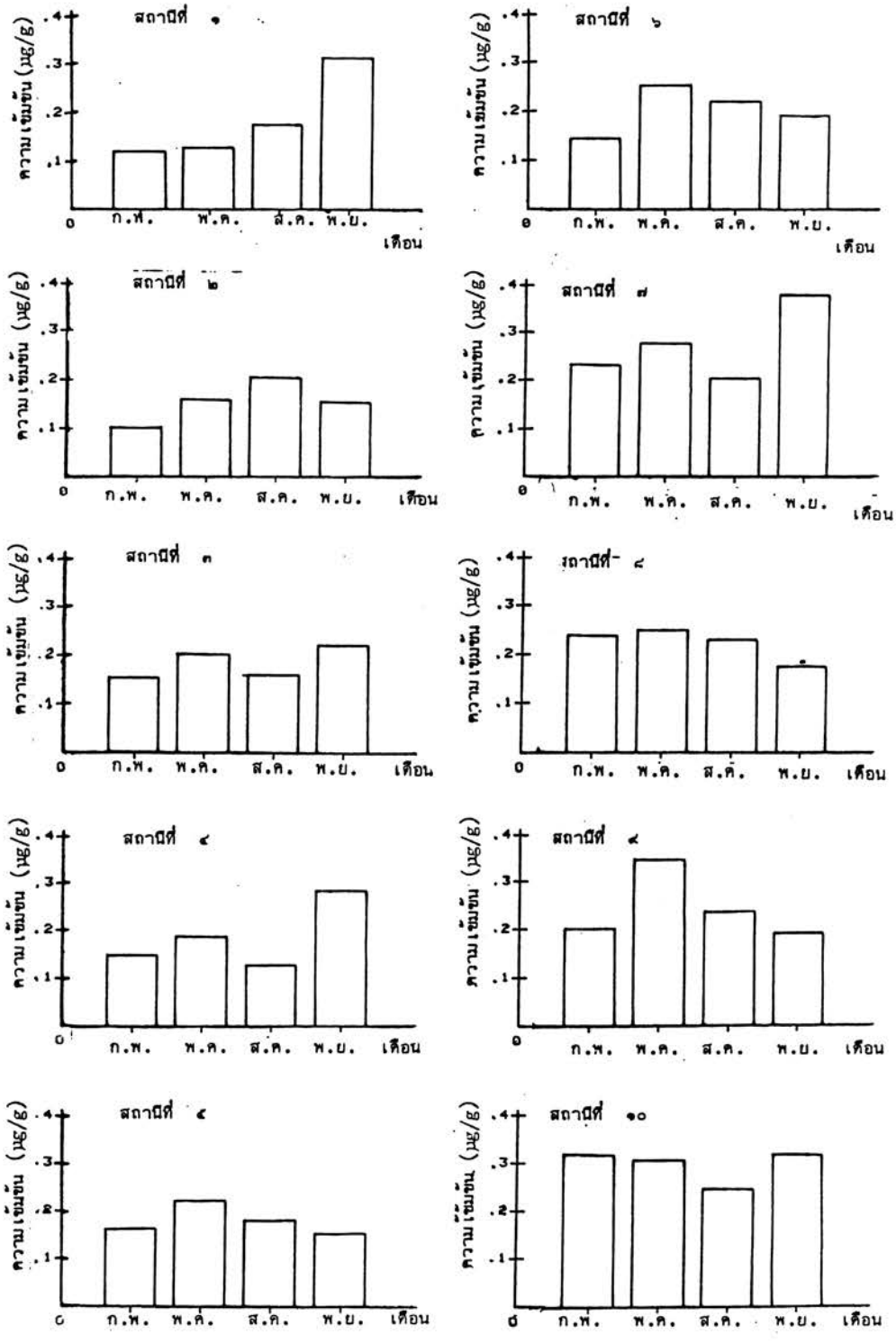
รูปที่ 2 ปริมาณสารปรอทรวมที่สถานีที่ ๑-๑๐ ใน เดือนพฤษภาคม



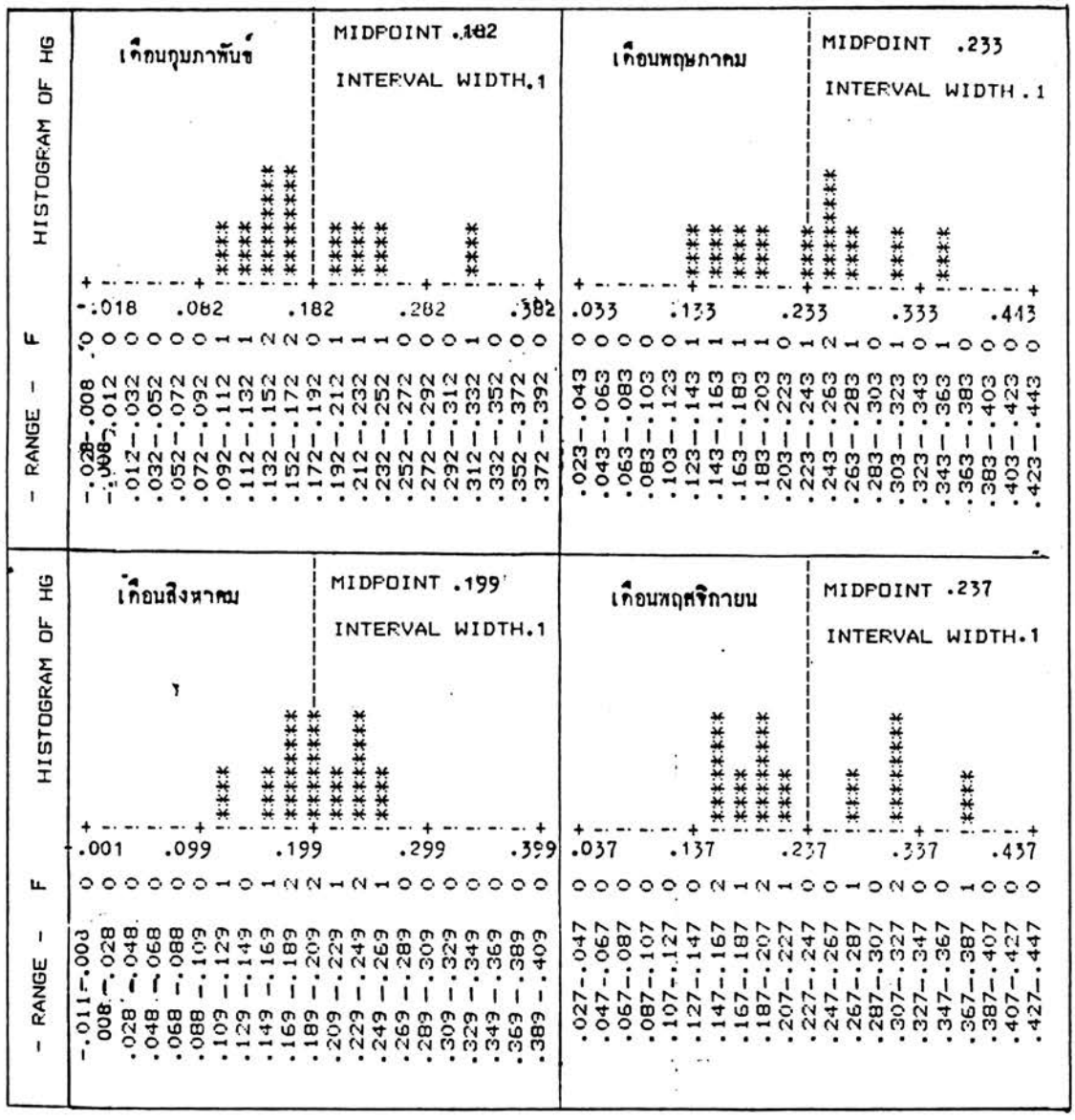
รูปที่ 3 ปริมาณสารปรอทรวมที่สถานีที่๑-๑๐ ใน เดือนสิงหาคม



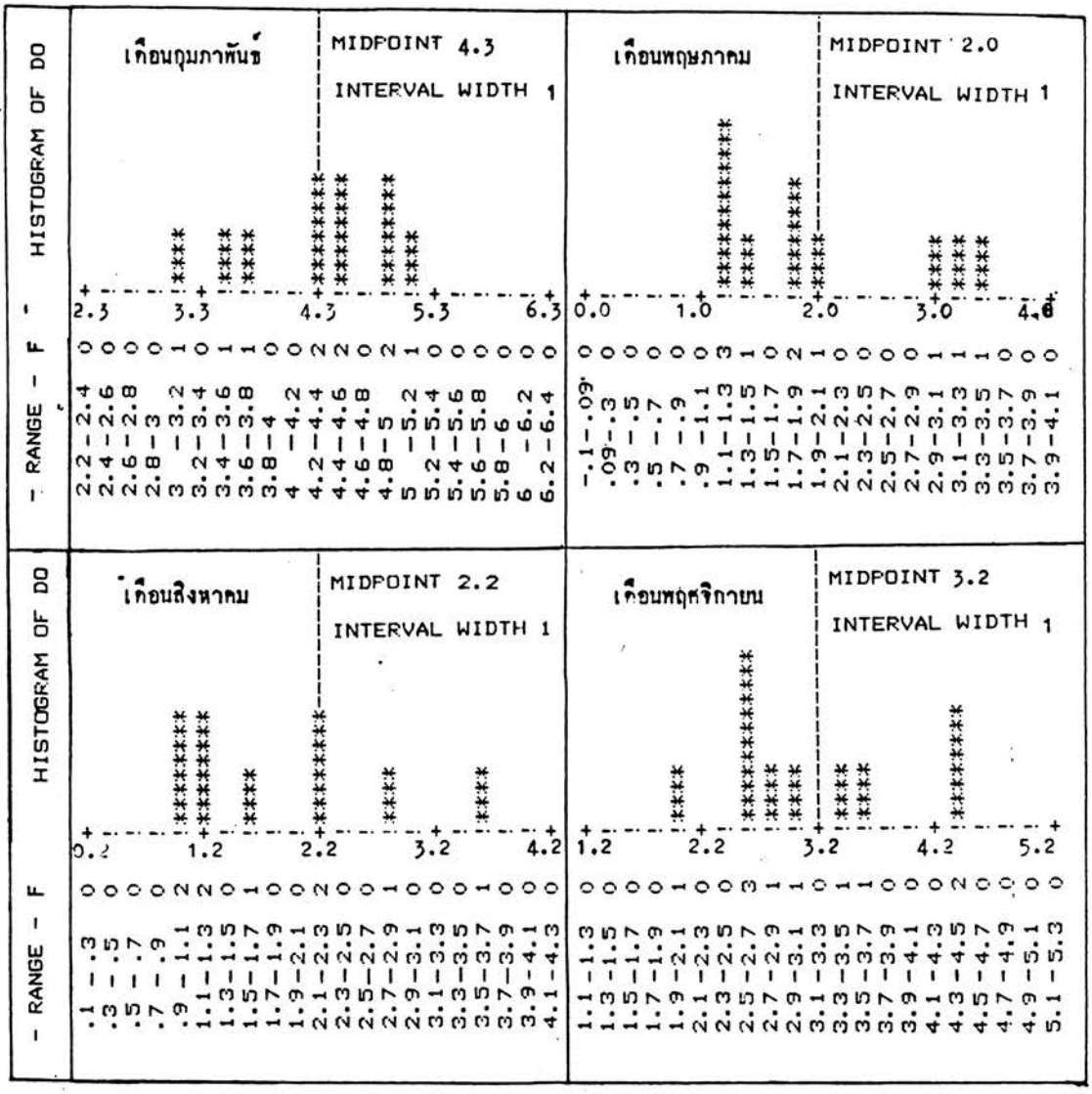
รูปที่ 4 ปริมาณสารปรอทรวมที่สถานีที่ ๑-๑๐ ใน เดือนพฤศจิกายน



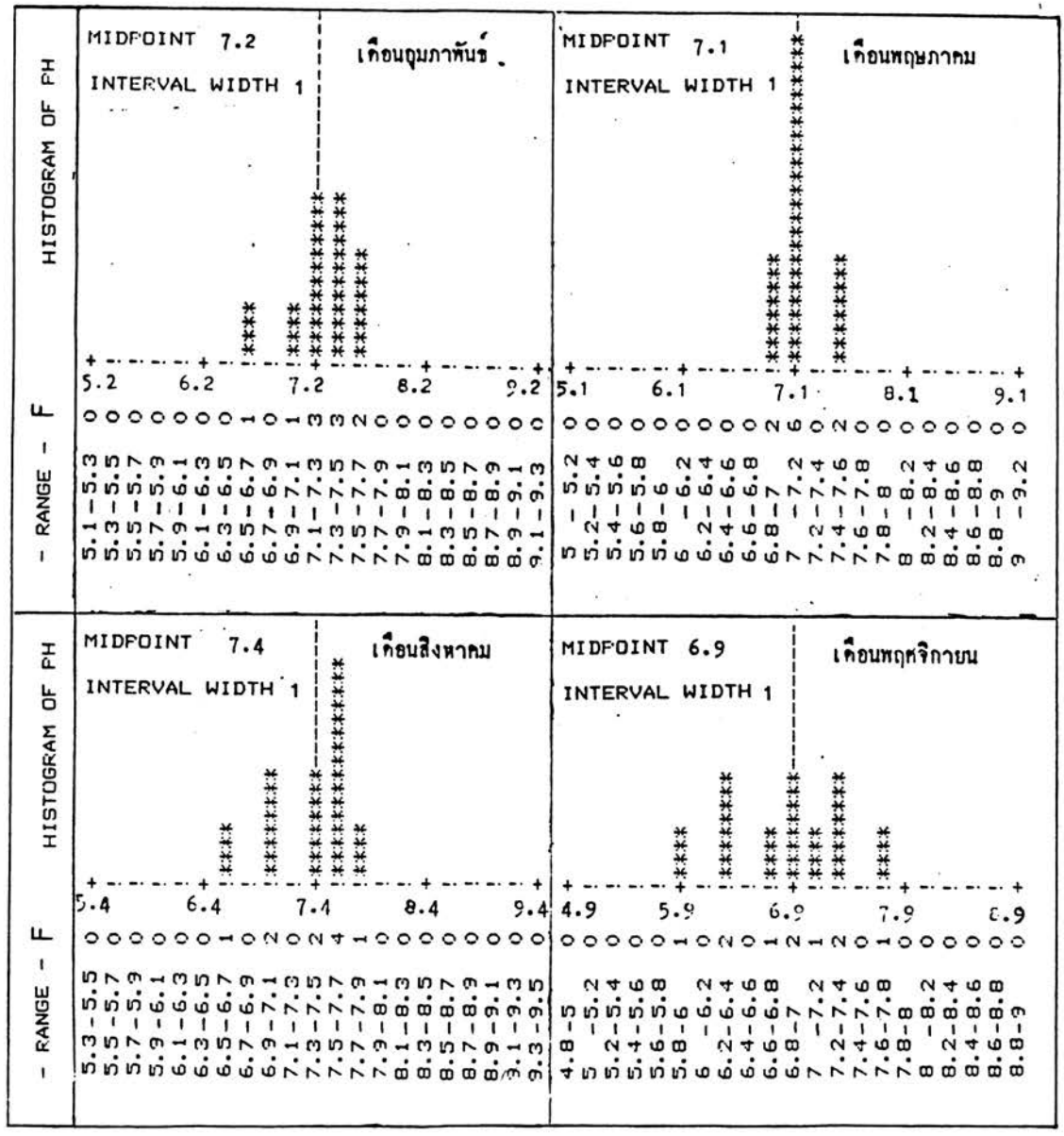
รูปที่ 5 แสดงปริมาณปรอท ณ สถานีต่าง ๆ ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน



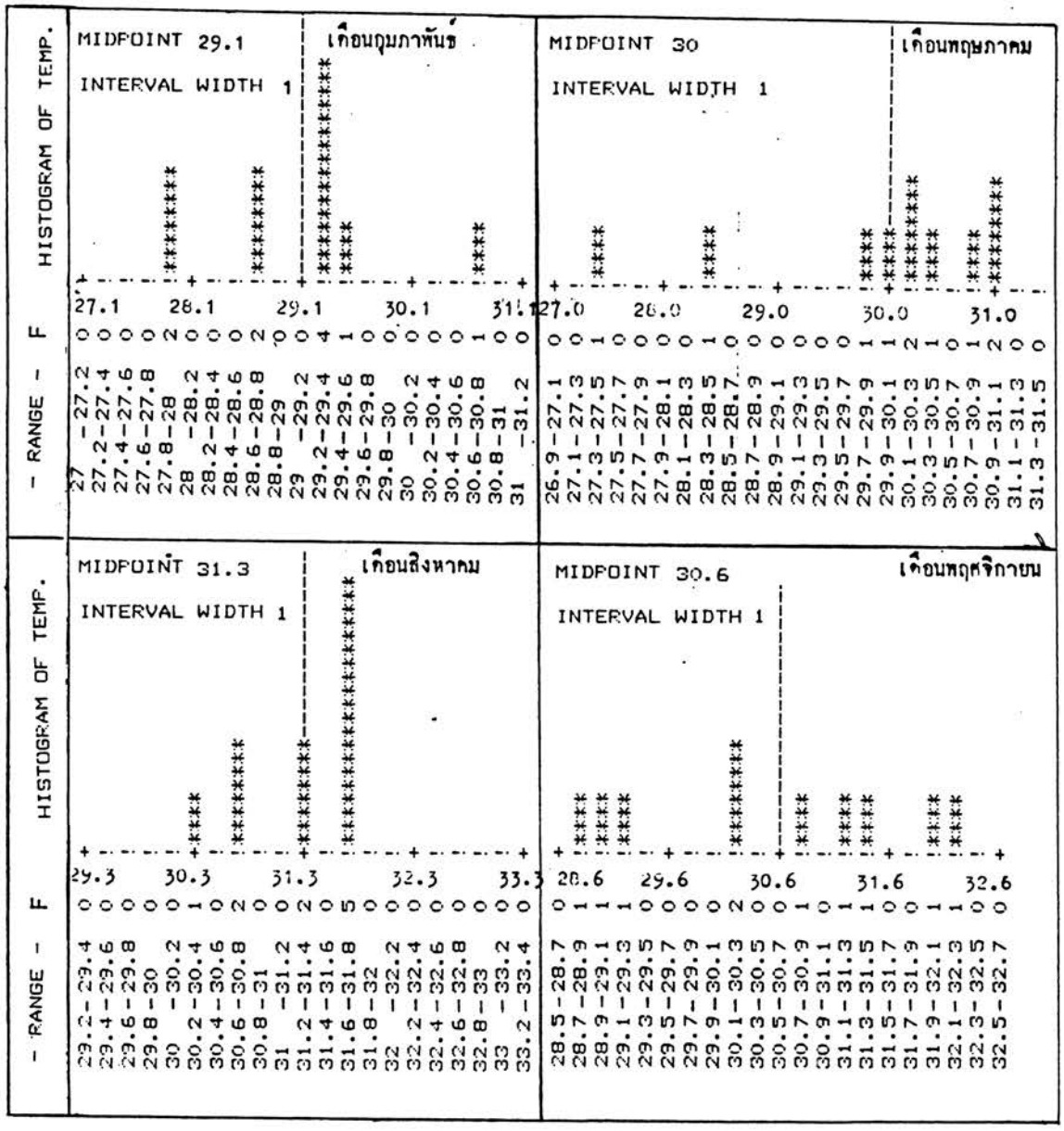
รูปที่ 6 แสดง Histogram ของปริมาณสารปรอทรวมในดินตะกอน เดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน



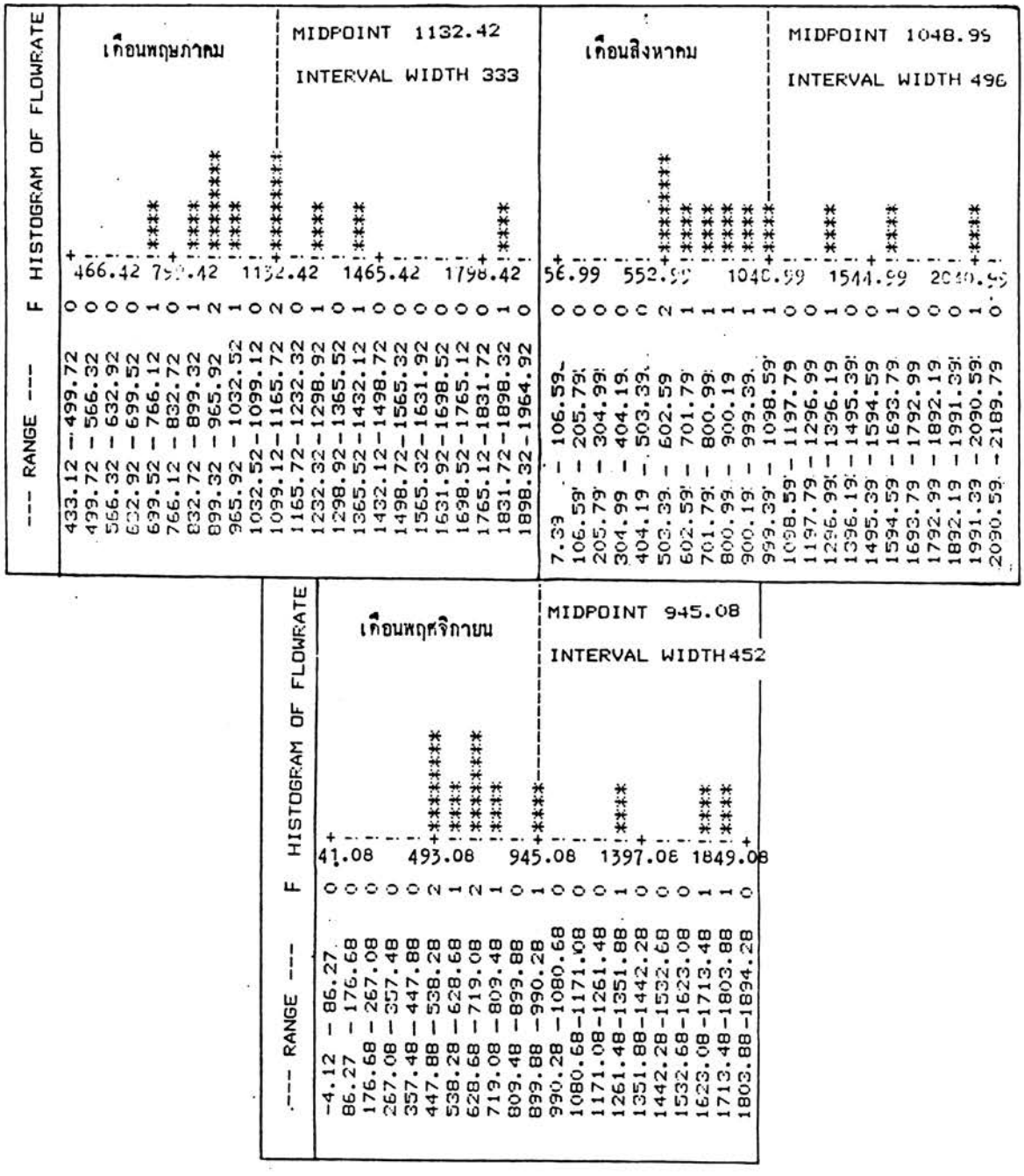
รูปที่ 7 แสดง Histogram ของออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน



รูปที่ 8 แสดง Histogram ของ pH ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน



รูปที่ 9 แสดง Historgam ของอุณหภูมิในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน



รูปที่ 10 แสดง Histogram ของอัตราการไหลของน้ำในเดือนพฤษภาคม เดือน เดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน

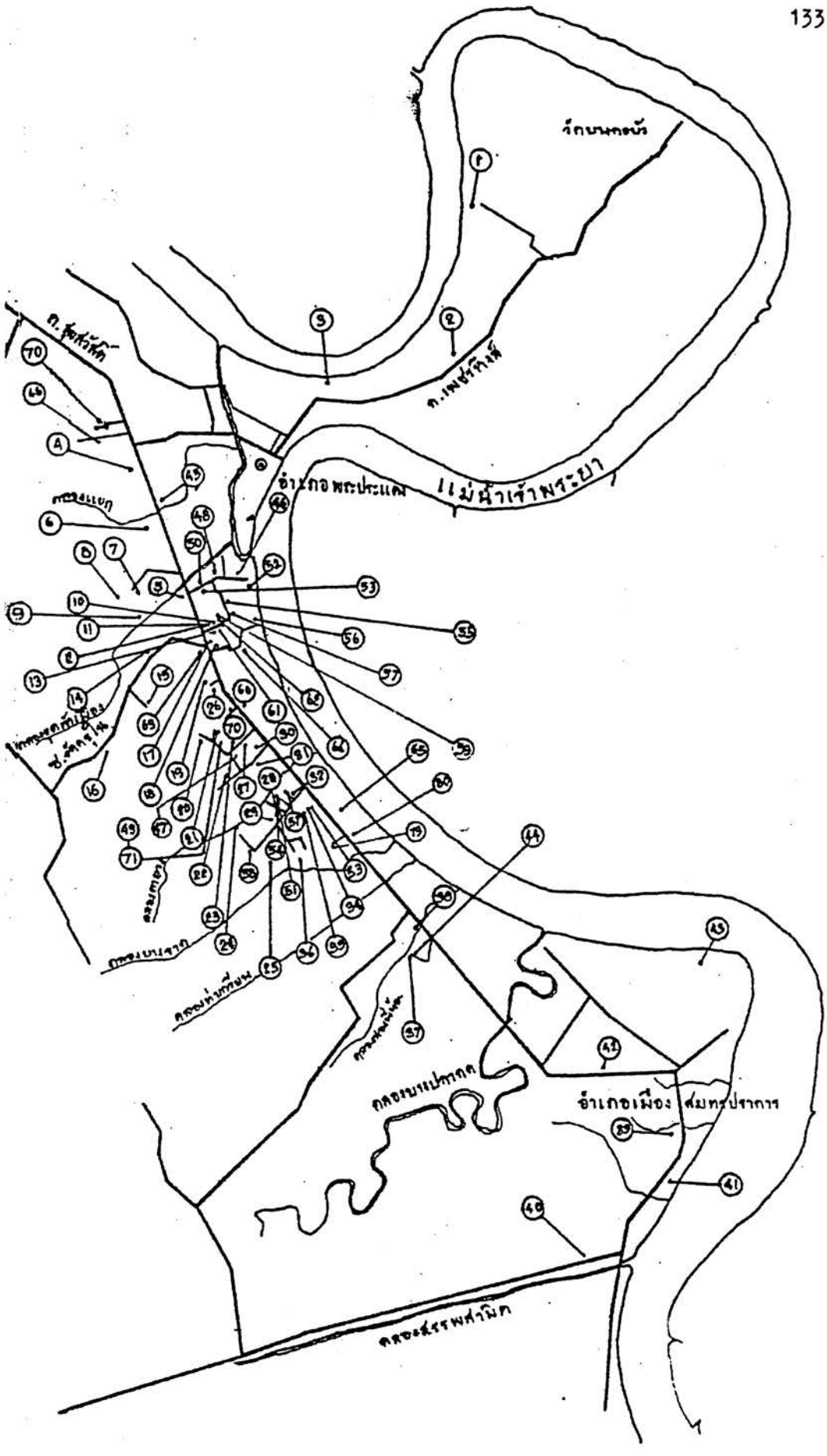
ภาคผนวก ค

- สมบัติบางประการของอนุภาคดินตะกอนกลุ่มขนาดต่าง ๆ ในระบบลำกล
- แผนที่ตั้งและชื่อโรงงานเขตสมุทรปราการฝั่งขวา และซ้าย

ตารางที่ 11 สมบัติเด่นบางประการของอนุภาค ดินตะกอนกลุ่มขนาดต่างๆ ในระบบสากล

ชื่อกลุ่มขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์,มม.	จำนวนอนุภาคโดยประมาณในหนึ่งกรัม*	เนื้อที่ผิวจำเพาะภายนอกโดยประมาณ* ตร. ซม./กรัม	ทัศนวิสัย (Visibility) ของแต่ละอนุภาค	ลักษณะเด่นทางฟิสิกส์	องค์ประกอบทางแร่
ทรายหยาบ (coarse sand)	0.2 –2.00	5.4×10^{2}	20.5	มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า	แต่ละอนุภาคมักเป็นเอกเทศ (ไม่เกาะยึดกับอนุภาคข้างเคียง) ซุย ไม่เหนียวปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ไม่ได้ และไม่พองตัวหรือหดตัว สากมือ	ประกอบด้วยแร่ quartz เป็นส่วนใหญ่อาจมีเศษหินปนอยู่บ้าง
ทรายละเอียด (fine sand)	0.02 –0.2	5.4×10^{5}	205	มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า	แต่ละอนุภาคมักเป็นเอกเทศ (ไม่เกาะยึดกับอนุภาคข้างเคียง) ซุย ไม่เหนียวปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ไม่ได้ และไม่พองตัวหรือหดตัว สากมือ	ประกอบด้วยแร่ quartz และแร่ feldspar เป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่จำพวก ferromagnesian ปนอยู่บ้าง
ซิลท์ (silt)	0.002–0.02	5.4×10^{8}	2,052	มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา	อ่อนนุ่มคล้ายแป้งผัดหน้าเกาะยึดกับอนุภาคข้างเคียงบ้างแต่น้อยมาก ปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้บ้าง และเหนียวเล็กน้อย	ประกอบด้วยแร่ quartz และแร่ feldspar เป็นส่วนใหญ่อาจมีแร่จำพวก ferromagnesian แร่ mica และแร่ดินเหนียว (clay mineral) บ้าง
ดินเหนียว (clay)	∠ 0.002	7.2×10^{11}	22,641	มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา พอจะมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์อีเล็กตรอน	เหนียวเหนอะหนะและปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้ดี เมื่อชุ่มเกาะยึดกันเป็นก้อนที่แข็งแกร่ง เมื่อแห้งพองตัวและหดตัวได้	ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่ quartz บ้าง

*คำนวณโดยถือว่าอนุภาคเป็นทรงกลม มีความหนาแน่น 2.65 กรัม/ลบ. และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับจุดกึ่งกลาง (midpoint) ของช่วงของเส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์



รูปที่ 11 แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานเยตสมุทรปราการฝั่งขวา

ตารางที่ 12 โรงงานเขตสมุทรปราการฝั่งขวา

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	สยามน้ำมันละหุ่ง[1]	น้ำมันละหุ่ง
2	ราชาการทอ[10]	ทอผ้า, ย้อมผ้า
3	อุตสาหกรรมน้ำมันรำไทยพัฒนา[10]	น้ำมันพืช
4	ลักกี้เท็กซ์ (รง 1)[1]	ทอผ้า, ปั่นด้าย
5	สยามบราเดอร์อุตสาหกรรม[6]	แห, อวน
6	ย้อมผ้าเม่งคิมกี่[10]	ฟอก, ย้อมผ้า
7	สหพลห้องเย็น[2]	ห้องเย็น
8	ง่วนเชียง[2]	ชีอิ๊ว, เต้าเจี้ยว
9	กนกภัณฑ์การพิมพ์[4]	พิมพ์ผ้า
10	ไทยสมุทรปราการการทอ	พิมพ์ผ้า
11	พระประแดงการทอ[8]	ทอผ้าขนหนู
12	นิวไทยรุ่งเรืองการทอ[4]	ทอผ้าขนหนู
13	เจริญการรีด[4]	รีด, ย้อมผ้า
14	อุตสาหกรรมนมอลาสก้า[1]	นม
15	อดิเรกการทอ[4]	ทอผ้า
16	เซ่อรี ฟูดอินดาสตี้[2]	เต้าหู้ ชีอิ๊ว
17	ตงฮวดการทอ[2]	ทอผ้า ย้อมด้าย
18	ฉือเชียมเฮงการทอ[4]	ทอผ้า ย้อมด้าย
19	ศรีวงษ์การทอ[4]	ทอผ้า ย้อมด้าย
20	ทอผ้าแสงไทย[1]	ทอผ้า ย้อมด้าย
21	เบญจกิจการย้อม[6]	ฟอก ย้อมผ้า
22	เอี่ยมเซ็งอินเตอร์เนชั่นแนล[9]	พรมอัด
23	พัฒนกิจอุตสาหกรรม[9]	ทอผ้า
24	ตั้งเซ่งฮก[2]	ทอผ้า
25	นำกาญจน์[6]	ทอผ้าขนหนู

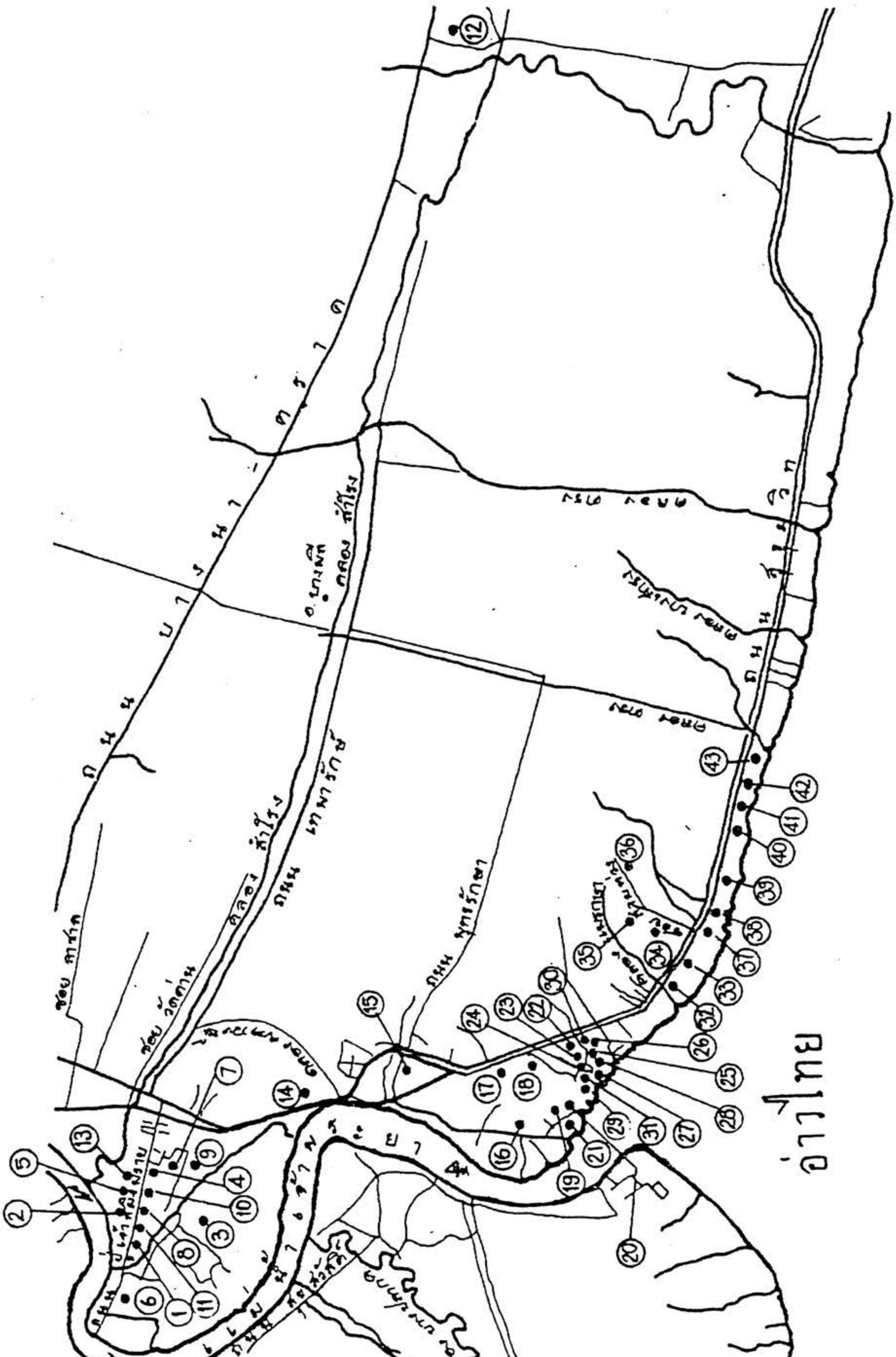
ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
26	สันติการทอ[6]	ทอผ้า
27	ไทยรุ่งทรัพย์การทอ[2]	ย้อมผ้ายืด
28	แฟนซีอุตสาหกรรมการทอ[6]	ทอผ้า
29	กิจเจริญการทอ[2]	ทอผ้าขนหนู
30	ทอผ้าวิเชียร[1]	ทอผ้า ย้อมด้าย
31	โล่ร่งไทย (1975)[4]	พิมพ์ผ้า
32	ก.ศรีไทยการทอ[4]	ทอผ้าขนหนู
33	ไทยรัตน์การทอ[6]	ทอผ้าขนหนู
34	ไทยอุดมการทอ[4]	ทอผ้าขนหนู
35	ผ้าขนหนูชินเอง[8]	ทอผ้าขนหนู
36	ไทยเบญจลุ่ยการทอ	ทอผ้าขนหนู
37	อุตสาหกรรมกระดาษนิวเซ็นจูรี[10]	กระดาษ
38	ธนวิบูลย์ผล (หลีฮง)[2]	ทอผ้า ย้อมผ้า
39	ศรีสยามฟอกย้อม[6]	ฟอก ย้อมผ้า
40	จินดารุ่งเรือง[6]	ฟอก ย้อมผ้า
41	อาหารไทยโภชนาอาหารทะเล[6]	ปลากระป๋อง
42	ย้อมและรีดเจริญกิจ[1]	ย้อมผ้า
43	ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช[1]	น้ำมันพืช
44	ธนวัฒน์การย้อม[2]	ย้อมผ้า
45	เตี่ยงง่วนฮวด[6]	ทอผ้า ย้อมด้าย
46	ไทยวิวัฒน์แคนแวสอุตสาหกรรม[10]	ผ้าใบ
47	ฟอกย้อมไทยนำ[2]	ฟอก ย้อมผ้า
48	สันติภาพ (1958) ฮั่วเพ้ง[10]	อาหารกระป๋อง
49	ชินไพบูลย์[5]	อาหารกระป๋อง

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
50	วงษ์แล่งการทอ[4]	ทอผ้า
51	ไทยมงคลการทอ[10]	ทอผ้าขนหนู
52	อายิโนะโมะโต๊ะ[1]	ผงชูรส
53	เซ็นจูรี่เท็กซ์ไทลส์[10]	ทอผ้า ย้อมผ้า
54	ลินทวีการทอ[2]	ทอผ้าขนหนู
55	เท็คนิคการทอ[6]	ทอผ้า
56	อุตสาหกรรมไทยชูรส[1]	ผงชูรส
57	สุยสวัสดิ์น้ำมันพืช[4]	น้ำมันพืช
58	ไทยนามอิมปอรัตเอ็กซ์ปอรัต[6]	ทอผ้าขนหนู
59	ไทยอารียการย้อม[4]	ย้อมผ้า
60	กรุงไทยปั่นด้าย[4]	ย้อมด้าย
61	ซี่กี่การทอ[1]	ทอผ้า ย้อมด้าย
62	ย้อมทอเอเซีย[10]	ฟอก ย้อมผ้า
63	สายวิวัฒน์อุตสาหกรรม[1]	ย้อมผ้ายืด
64	แล่งใต้[4]	ย้อมผ้ายืด
65	ไทยฟ้า[10]	ย้อมผ้ายืด
66	เซ่งไถ่[10]	สบู่
67	อุตสาหกรรมการทอพระประแดง[4]	ทอผ้า ย้อมด้าย
68	สหโรจน์การทอ[4]	ทอผ้า ย้อมด้าย
69	บางกอกการรีด[6]	รีดผ้า
70	โรงงานก๋วยเตี๋ยวนายโสภณ สุยเกษม	ก๋วยเตี๋ยว
71	อนันตชัย-แบตเตอรี่โกเบ	แบตเตอรี่
72	ไทยอาซาฮีโซดาไฟ	โซดาไฟ

ที่มา : กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526.



รูปที่ 12 แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานเขตสมุทรปราการฝั่งซ้าย

ตารางที่ 13 โรงงานเยตสมุทรปราการฝั่งซ้าย

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	กระดาษไทยสก๊อต[2]	กระดาษชำระ
2	กระดาษสหไทย[4]	กระดาษ
3	เซ็นทรัลอุตสาหกรรมกระดาษ[2]	กระดาษ
4	ไทยเจริญ[4]	ฟอกผ้า
5	พัตราภรณ์ไทยการย้อม[1]	พิมพ์ผ้า, ย้อมผ้า
6	รูเบียอุตสาหกรรม[1]	สบู่
7	นิมิตรอินเตอร์เนชั่นแนล[1]	ปลากระป๋อง
8	แสงสุขพาณิชย์ (1977)[1]	น้ำมันมะพร้าว
9	อุตสาหกรรมนมพระนคร[5]	นม
10	คาโออินดัสเทรียล[11]	สบู่, แชมพู
11	สิ่งเสริมไทยอุตสาหกรรม[4]	ฟอก, ย้อมผ้า
12	โรงงานผลิตภัณฑ์อาหาร[7]	ซีอิ๊ว, ปลากระป๋อง
13	สามัคคีการทอ[1]	ทอผ้า
14	เกียรติฟ้า[1]	ปลากระป๋อง
15	อุตสาหกรรมไทย[1]	นม
16	ไทยเทพรส[12]	ซีอิ๊ว
17	บีโอนี แบลงเกต อินดัสเตรียล[11]	ทอ, ย้อม
18	เส้าย่งเฮง[9]	ฟอก ย้อมผ้า
19	ยูเนียนเสรี[3]	ปลากระป๋อง
20	ไทยพัฒนากระดาษ[11]	กระดาษ
21	ไทยแลนด์ ฟิชเชอรี่ โคลด์ สตอเรจ[2]	ห้องเย็น
22	ชุนเฮงหลีการทอ[1]	ทอผ้า
23	ตั้งง่วนเฮงการทอ[1]	ฟอกผ้า ทอ

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
24	ค.ลีนไทยการทอ[1]	ทอผ้า
25	ป.แส่งทวีการทอ[2]	ทอผ้า, ย้อมด้าย
26	เอื้อยรรยงอุตสาหกรรม[4]	ย้อม, พิมพ์ผ้า
27	ประเสริฐชัย[2]	กลูโคส
28	ผ้าไทย[4]	ทอ ย้อมผ้า
29	ไทยลิลลี่ ทาวเอิล[4]	ทอ, ย้อม ผ้าห่ม
30	สากสพิมพ์ย้อม[4]	ย้อม, พิมพ์ผ้า
31	สามัคคีฟอกย้อม[4]	ฟอก, ย้อมผ้า
32	ธนไพศาล[6]	ย้อม, ฟอกผ้า
33	ไทยทรีคอท[4]	ฟอก, ย้อมผ้า
34	ซี พี ซี (ประเทศไทย)[5]	แยม มาการีน มักโรนี
35	โอเชียนนิคแคนเนอรี่[5]	ปลากระป๋อง
36	เอเชียไฟเบอร์[11]	ฟอก, ย้อมผ้า
37	ไทยแส่ตนดาร์ดอุตสาหกรรม[2]	ฟอก, ย้อมผ้า
38	อุตสาหกรรมกรุงเทพพิมพ์ย้อม[4]	ย้อม, พิมพ์ผ้า
39	โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย (1980)[11]	ฟอก, ย้อมผ้า
40	สักกี้เท็กซ์ (โรงงาน 2)[7]	ย้อม, พิมพ์ผ้า
41	ไพโรจน์ (ทั่งซังอะ)[2]	น้ำปลา
42	สักกี้เท็กซ์ (โรงงาน 3)[1]	ทอ, ย้อมผ้า
43	ยูเนียนอุตสาหกรรมสิ่งทอ[1]	ทอ, ย้อม, ฟอกผ้า

ที่มา : กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526.

หมายเหตุ ระบบบำบัดน้ำเสีย

1. Activated Sludge
2. Aerated Lagoon
3. Anaerobic Contact
4. Chemical Treatment
5. Oxidation Ditch
6. Pond
7. Activated Sludge + pond
8. Chemical Treatment + Activated Sludge
9. Chemical Treatment + Aerated Lagoon
10. Chemical Treatiment + Bio. Treatment
11. Chemical Treatment + pond
12. Oxidation Ditch + pond

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมาลี เลาลุทแล่น สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คึกษาศาสตร์) จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2520