จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

การศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

ประเวศ เสรีเชษฐพงษ์
เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย
สุพจน์ พัฒนะศรี
พิชญ รัชฎาวงศ์
พิบูลย์ เกิดโภคทรัพย์
วรรณดารา อินทรปัญญา
จันทรวรรณ ตันเจริญ

มกราคม 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

"การศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย"

"Study of Sewage water Quality in the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University"

โดย

ประเวศ เสรีเชษฐพงษ์, เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย
สุพจน์ พัฒนะศรี, พิชญ รัชฎาวงศ์
พิบูลย์ เกิดโภคทรัพย์, วรรณดารา อินทรปัญญา, จันทรวรรณ ตันเจริญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มกราคม 2549

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ :

ชื่อโครงการ : โครงการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อผู้ร่วมวิจัย : ผศ. ประเวศ เสรีเชษฐพงษ์ (คณะทันตแพทยศาสตร์)

รศ.ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย (คณะทันตแพทยศาสตร์)

ดร. สุพจน์ พัฒนะศรี (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)

ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

นาย พิบูลย์ เกิดโภคทรัพย์ (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)

นางสาว จันทรวรรณ ตันเจริญ (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

นายวรรณดารา อินทรปัญญา (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี)

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมี 3 ประการ คือ เพื่อศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ เพื่อศึกษาวิจัยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ อันได้แก่ แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) และเพื่อศึกษาข้อมูลในเชิงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้วัสดุทางทันตกรรม สารเคมีและวัตถุอันตรายภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยกำหนดตำแหน่งที่จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดี จากอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะฯ จำนวน 10 จุด และกำหนดช่วงเวลาการเก็บด้วยวิธีการสุ่มวันละ 3 ครั้งเป็นเวลา 7 วันต่อเนื่อง โดยพิจารณาคัดเลือกจากช่วงระยะเวลาที่มีการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการทดลองและการให้บริการทางทันตกรรมหนาแน่นซึ่งคาดว่าในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และโลหะหนักสูงกว่าปกติ รวม 218 ตัวอย่าง เพื่อนำมาเป็นตัวแทนในการศึกษาวิจัยปริมาณโลหะหนักและคุณภาพน้ำ ภายใต้การควบคุมคุณภาพการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ จากนั้น นำเข้าสู่กระบวนการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้งจำนวน 8 พารามิเตอร์ และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักจำนวน 3 ชนิด ตาม The Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ตาม APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) และ WPCF (Water Pollution Control Federation) จากการสำรวจสถานที่เพื่อกำหนดจุดและวิธีการจัดเก็บตัวอย่างน้ำพบว่า

ภายในคณะฯ มีระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบเติมอากาศ (Biological aeration system) ประจำอาคารอยู่ 2 แห่ง คือ อาคารทันต 4 (คลินิกบริการทางทันตกรรม) และอาคารทันต 15 (อาคารสมเด็จย่า) จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ภายในคณะฯ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ยกเว้นค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทในน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม) และอาคารทันต 15 (อาคารสมเด็จย่า) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว และจากผลการศึกษาวิจัยพบว่าในแต่ละวันมีปริมาณโลหะหนักแตกต่างกันอย่างกระจัดกระจาย ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ ชนิดของโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตราย ลักษณะของการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการทดลอง การทำวิจัย และการให้บริการทางทันตกรรมในแต่ละวัน จึงทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง อีกทั้งระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ภายในคณะฯ ไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับใช้บำบัดโลหะหนัก จึงทำให้ปริมาณปรอทสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย แต่ยังไม่ถึงระดับความเป็นพิษ ส่วนคุณภาพน้ำทิ้งพบว่า ค่าเฉลี่ย BOD, FOG, ความเป็นกรด-เบส, ของแข็งตกตะกอน, ซัลไฟด์, TKN, ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของอาคารต่าง ๆ ภายในคณะฯ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ยกเว้นค่าเฉลี่ย BOD และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว การตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งไม่สามารถทำได้เนื่องจากภายในคณะฯ มีการระบายน้ำทิ้งแบบหลายจุดและหลายทิศทาง จึงได้ทำการประเมินปริมาณน้ำทิ้งจากการใช้น้ำประปาภายในคณะฯ

คำสำคัญ น้ำทิ้ง, น้ำเสีย, คุณภาพน้ำ, โลหะหนัก, แคดเมียม, ตะกั่ว, ปรอท, คณะทันตแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

Project Code:

Project Title: Study of Sewage water Quality in the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Investigators: Assist. Prof. Prawet Serichetaphongse (The Faculty of Dentistry)
Assoc. Prof. Dr. Em-on Benjavongkulchai (The Faculty of Dentistry)
Dr. Suphot Phattanasri (The Department of Chemical Engineering)
Dr. Pichaya Rachdawong (The Department of Environmental Engineering)
Mr. Piboon Kirdphoksap (The Department of Chemical Engineering)
Miss Jantarawan Tancharoen (The Department of Environmental Engineering)
Mr. Wannadara Intarapanya (The Department of Chemical Engineering)

The main objectives of researching the quality of sewage water in the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University consist of 3 points, that is to investigate the quality of sewage water from individual building, to analyze the amounts of heavy metals in sewage water from individual building such as cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg), and to study the data of environmental effects from the dental substances, chemicals, and hazardous substances within the department by sampling sewage water/wastewater and the running water from individual building from the ten given points and determining the times for random sampling as three times a day for 7 continuous days, by considering the peak periods of the laboratorial studies and the dental services, supposing that these periods have the higher consumptions of water, chemicals, and heavy metals than normal levels. There are totally 218 samples employed as samples in research studying for the amounts of heavy metals and the water quality under the quality controls for sampling and storage of water samples. Then, these samples would be introduced to analytical processes in laboratory to analyze the quality of sewage water/ wastewater of eight parameters and analyze the amounts of three heavy metals according to the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater according to APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), and

WPCF (Water Pollution Control Federation). As investigating the area for determining the sampling points and method, it is found that within the department there is the biological aeration wastewater treatment system equipped in two buildings, namely Building 4 (Dental-servicing clinic) and Building 15 (Somdej Ya). From the results of this research, it is found that the amounts of cadmium, lead, and mercury in sewage water from the various buildings stayed within the criteria of The Ministry of Science, Technology and Environment and the declaration of The Ministry of Industry except the mean amounts of mercury from Building 10 (Canteen), Building 5 (All Clinic), and Building 15 (Somdej Ya) were over the said criteria of the declaration. And it is found from the analytical data that the daily amounts of heavy metals were scatteredly, non-uniformly different depending on the consumed amounts and the types of heavy metals, chemicals, and hazardous substances; and the kinds of daily studying in the laboratories, the researches, and the dental services, resulting in the high standard deviations. In addition, the wastewater treatment system in the Faculty is not designed for treating the heavy metals, so the amount of mercury was a little higher than the said criteria but still not in the hazardous level. For the quality of sewage water, it is found that the average BOD, FOG, pH, the settleable solids, sulfide, TKN, the total dissolved solids, and the suspended solids from the independent buildings were under the criteria of the declaration of The Ministry of Science, Technology and Environment, but the average BOD and the total suspended solids from Building 10 (Canteen) were above the said criteria. And due to the Faculty of Dentistry had multi-direction, multi-outlet sewage, it is advised to average the amount of the wastewater from the amounts of fresh water used instead.

Key Words: sewage water, wastewater, water quality, heavy metals, cadmium, lead, mercury, The Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย เป็นโครงการวิจัยที่เกิดขึ้นจากการประสานความร่วมมือระหว่างศาสตร์ต่างสาขาวิชา โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะนำผลการศึกษาวิจัยมาใช้เป็นตัวบ่งชี้และประกอบการตัดสินใจจัดทำแผนงานการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงการกำหนดแนวทางการใช้ การเก็บรักษา และการกำจัดสารเคมีและวัตถุอันตราย

โครงการศึกษาวิจัยนี้ จะไม่สามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากคณะกรรมการบริหารกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มองเห็นความสำคัญของการทำวิจัยสถาบัน และส่งเสริมการทำวิจัยของคณาจารย์และบุคลากรในมหาวิทยาลัย ด้วยการอนุมัติเงินทุนวิจัยจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภชประจำปี 2547 และจากคณะทันตแพทยศาสตร์ ที่เปิดโอกาสให้เข้าทำวิจัยสถาบัน อันเป็นการแสดงถึงความเอาใจใส่และมุ่งมั่นที่จะแก้ไขปัญหาในเรื่องของระบบสาธารณสุขมวลชนภายในหน่วยงานอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ยังมีผู้อำนวยการฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ หัวหน้ากลุ่มห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ ผศ.ดร. มยุวา อารีกิจเสรี ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศิลปากร คุณสมพร วงศ์พรม กลุ่มห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คุณนภาพร เกิดโภคทรัพย์ สำนักงานนิสิตสัมพันธ์ คุณณพวัสส์ ธัมพิพิธ อดีตอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร วิทยาเขตลาดกระบัง คุณพรชัย ลือสุขประเสริฐ อดีตวิศวกรกรมทรัพยากรธรณี รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่เกี่ยวข้อง

สุดท้ายนี้ คณะผู้ร่วมวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยผู้ร่วมทำวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และภาควิชาวิศวกรรมเคมี) ขอขอบพระคุณหน่วยงาน หัวหน้าหน่วยงาน และทุกท่านที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และอำนวยความสะดวกแก่ผู้ทำวิจัยฯ เป็นอย่างดี มา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ประเวศ เสรีเชษฐพงษ์)

30 มกราคม 2549

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ii

Abstract iv

กิตติกรรมประกาศ vi

สารบัญ vii

สารบัญตาราง x

สารบัญรูป xii

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ข้อสมมุติฐานของการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 แนวความคิด กฎระเบียบ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 แนวความคิดและกฎระเบียบ 7

2.2 ทฤษฎี 9

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 21

3.1 การจัดเก็บและรักษาคุณภาพน้ำ 21

3.2 การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโลหะหนัก 24

3.3 ปริมาณน้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 28

3.4 การวิเคราะห์ค่าบีโอดี 28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.5 การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน 31
3.6 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส 32
3.7 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน 34
3.8 การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์ 34
3.9 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 36
3.10 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 37
3.11 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 39

บทที่ 4 ผลการวิจัย 41
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้ง 41
4.2 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักของอาคารต่าง ๆ จากผลการวิเคราะห์รายวัน 46
4.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด 49
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำดี 51
4.5 ค่าเฉลี่ยผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 53
4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด 65
4.7 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 68
4.8 ปริมาณน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 70

บทที่ 5 บทวิจารณ์และข้อเสนอแนะ 72
5.1 บทวิจารณ์ผลการทดลอง 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 77

เอกสารอ้างอิง 79

ภาคผนวก ก. นิยามศัพท์ 81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ข. ภาพการจัดเก็บและรักษาคุณภาพน้ำ 84
ข-1 การเก็บตัวอย่างน้ำ 85
ข-2 การรักษาคุณภาพน้ำ 105
ภาคผนวก ค. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ 112
ค-1 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก 113
ค-2 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 114
ภาคผนวก ง. ภาพการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ 119
ง-1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก 120
ง-2 เครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนัก 125
ง-3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 126
ภาคผนวก จ. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคณะทันตแพทยศาสตร์ 130
จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก 131
จ-2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 136
จ-3 ปริมาณการใช้น้ำประปา 142
ภาคผนวก ฉ. แบบแปลนแนวท่อระบายน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ 143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง 8
ตารางที่ 2-2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท 16
ตารางที่ ก-1 นิยามศัพท์ 82
ตารางที่ ก-1 นิยามศัพท์ (ต่อ) 83
ตารางที่ ค-1 การเจือจางน้ำเสียเพื่อหาค่าบีโอดี 117
ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ ... 131
ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 132
ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 133
ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 134
ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำดีของแต่ละอาคาร 134
ตารางที่ จ-3 สรุปผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 135
ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 136
ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 137
ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 138
ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 139
ตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดี ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ) 140

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ จ-5 สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 141
ตารางที่ จ-6 ปริมาณการใช้น้ำประปาภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์
ในปี พ.ศ. 2547 142

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 แผนภูมิกระบวนการศึกษาวิจัย 5

รูปที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 41

รูปที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 43

รูปที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 44

รูปที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 46

รูปที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 47

รูปที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 48

รูปที่ 4-7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) 49

รูปที่ 4-8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) 50

รูปที่ 4-9 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร 51

รูปที่ 4-10 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร 52

รูปที่ 4-11 ปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร 53

รูปที่ 4-12 ค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดีในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 54

รูปที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 55

รูปที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 57

รูปที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งตกตะกอนในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 58

รูปที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลไฟด์ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 60

รูปที่ 4-17 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 61

รูปที่ 4-18 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 62

รูปที่ 4-19 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร 64

หน้า

รูปที่ 4-20 คุณภาพของน้ำเสีย (ก่อนการบำบัด) และน้ำทิ้ง (หลังการบำบัด) ของอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) 66
รูปที่ 4-21 คุณภาพของน้ำเสีย (ก่อนการบำบัด) และน้ำทิ้ง (หลังการบำบัด) ของอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) 67
รูปที่ 4-22 คุณภาพน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 69
รูปที่ 4-23 ปริมาณการใช้น้ำประปาภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ 71
รูปที่ ข-1 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) 85
รูปที่ ข-2 รางน้ำ 85
รูปที่ ข-3 บ่อดักไขมัน 86
รูปที่ ข-4 การเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านบ่อดักไขมัน 86
รูปที่ ข-4 การเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านบ่อดักไขมัน (ต่อ) 87
รูปที่ ข-5 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม) 87
รูปที่ ข-6 บ่อพักน้ำ 88
รูปที่ ข-7 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ 89
รูปที่ ข-8 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 5 (คลินิกรวม) 89
รูปที่ ข-9 รางน้ำ 90
รูปที่ ข-9 รางน้ำ (ต่อ) 91
รูปที่ ข-10 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ 92
รูปที่ ข-11 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) 93
รูปที่ ข-12 รางน้ำ 93
รูปที่ ข-12 รางน้ำ (ต่อ) 94
รูปที่ ข-13 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ 95
รูปที่ ข-14 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) 96
รูปที่ ข-15 ระบบบำบัดน้ำเสีย (เติมอากาศ) 96
รูปที่ ข-16 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำก่อนการบำบัด 97

หน้า

รูปที่ ข-17 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำหลังการบำบัด 98
รูปที่ ข-18 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) 99
รูปที่ ข-19 บ่อพักน้ำ 99
รูปที่ ข-20 บ่อพักน้ำ 99
รูปที่ ข-21 การเก็บตัวอย่างจากปลายท่อระบายน้ำ 100
รูปที่ ข-22 ภาพด้านหลังอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) 101
รูปที่ ข-23 ท่อรวมน้ำทิ้งก่อนลงบ่อการบำบัด 101
รูปที่ ข-24 บ่อพักน้ำก่อนการบำบัด 101
รูปที่ ข-25 บ่อพักน้ำก่อนการบำบัด 102
รูปที่ ข-26 บ่อพักน้ำหลังการบำบัด 102
รูปที่ ข-27 การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อพักน้ำ 103
รูปที่ ข-28 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 14 (พรีคลินิก) 103
รูปที่ ข-29 บ่อพักน้ำ 104
รูปที่ ข-30 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ 105
รูปที่ ข-31 การเตรียมขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ 105
รูปที่ ข-32 การเก็บตัวอย่างน้ำ 106
รูปที่ ข-32 การเก็บตัวอย่างน้ำ (ต่อ) 107
รูปที่ ข-33 การแบ่งตัวอย่างน้ำขวดละ 1/3 ลิตร 107
รูปที่ ข-33 การแบ่งตัวอย่างน้ำขวดละ 1/3 ลิตร (ต่อ) 108
รูปที่ ข-34 การเก็บรักษาขวดเก็บตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็งที่ 4°C 108
รูปที่ ข-34 การเก็บรักษาขวดเก็บตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็งที่ 4°C (ต่อ) 109
รูปที่ ข-35 การปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ pH 2 109
รูปที่ ข-35 การปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ pH 2 (ต่อ) 110
รูปที่ ข-36 การเก็บตัวอย่างน้ำดีในวันสุดท้าย 111
รูปที่ ง-1 การตวงตัวอย่างน้ำ 120

หน้า

รูปที่ ง-2 การเติมกรดไนตริก 121
รูปที่ ง-3 การตั้งบนเตาให้ความร้อน 122
รูปที่ ง-4 การกรองสารด้วยขวดวัดปริมาตร 123
รูปที่ ง-5 การเก็บสารในขวดพอลิเอทิลีน 124
รูปที่ ง-6 Atomic Absorption Spectrophotometer Model UNICAM 989 QZ 125
รูปที่ ง-7 Mercury Analysis Tekran 2600 125
รูปที่ ง-8 การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี 126
รูปที่ ง-9 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน 126
รูปที่ ง-10 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส 127
รูปที่ ง-11 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน 127
รูปที่ ง-12 การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์ 128
รูปที่ ง-13 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 128
รูปที่ ง-14 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 129
รูปที่ ง-15 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 129
รูปที่ จ-1 แบบแปลนแนวท่อระบายน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ 144

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัญหามลภาวะเป็นพิษอันเนื่องจากพฤติกรรมของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลกและการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ อีกมากมาย ดังนั้นปัจจุบันประชาคมโลกจึงได้ตื่นตัวและให้ความสำคัญในเรื่องของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน รัฐบาลตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องดังกล่าวจึงได้ตราพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2535 [1] เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการควบคุมคุณภาพของสิ่งแวดล้อมภายในประเทศขึ้น

สิ่งแวดล้อมที่ดีเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องติดตามพัฒนาปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นสถาบันการศึกษาของรัฐที่มีบทบาทและภารกิจด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการให้บริการทางทันตกรรม ซึ่งจำเป็นต้องใช้วัสดุทางทันตกรรมที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตราย ในปริมาณสูง และถึงจะยังไม่มีรายงานว่าพบผู้เสียชีวิตจากการใช้วัสดุทางทันตกรรมที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตราย แต่ก็อาจส่งผลให้มีอัตราสารตกค้างและสารปนเปื้อนที่มาในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในคณะทันตแพทยศาสตร์และชุมชนใกล้เคียงได้ ดังนั้นการที่จะพัฒนาให้คณะทันตแพทยศาสตร์เป็นหน่วยงานตัวอย่างที่ให้ความสำคัญด้านสาธารณสุขมวลชน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเริ่มต้นทำการวิจัยสถาบัน โดยเริ่มจากดำเนินการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ เพื่อหาสมมุติฐานของปัญหาจากการใช้วัสดุทางทันตกรรม สารเคมี และวัตถุอันตราย จากนั้นสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยดังกล่าวไปใช้ประกอบการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาวการณ์ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ และยังสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญที่จะต้อง

กำหนดแนวทางการใช้ การเก็บรักษา การกำจัดสารเคมี และวัตถุอันตรายภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ รวมถึงการส่งเสริมให้มีการทำวิจัยเพื่อหาวัสดุทดแทนวัสดุทางทันตกรรมเดิมที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และนับเป็นบริบทเบื้องต้นที่จะได้จัดทำแผนและกำหนดแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2535 [1] ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ ณ จุดที่กำหนด เพื่อให้ทราบว่าคุณภาพน้ำทิ้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศ ณ วันที่ 10 มกราคม 2537 หรือไม่

2) เพื่อศึกษาวิจัยปริมาณโลหะหนัก สารเคมีและวัตถุอันตรายจากน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ เพื่อให้ทราบปริมาณโลหะหนัก สารเคมีและวัตถุอันตรายที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้ง ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) อันอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง

3) เพื่อศึกษาข้อมูลในเชิงผลกระทบจากการใช้วัสดุทางทันตกรรม สารเคมีและวัตถุอันตราย ซึ่งเกิดจากการทดลองวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการและการให้บริการทางทันตกรรม ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ และเพื่อเป็นการพัฒนาส่งเสริมรากฐานการวิจัยด้านการใช้วัสดุทางทันตกรรมในลำดับต่อไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) สำรวจสถานที่และกำหนดจุดที่ต้องการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ จำนวน 10 จุด ได้แก่

   1.1) อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)

   1.2) อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการทางทันตกรรม)

1.3) อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)

1.4) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)

1.5) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนทำการบำบัด

1.6) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังทำการบำบัด

1.7) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)

1.8) อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนทำการบำบัด

1.9) อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังทำการบำบัด

1.10) อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)

2) กำหนดประเภทของน้ำที่จะทำการจัดเก็บออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.1) น้ำเสีย

2.2) น้ำทิ้ง

2.3) น้ำดี (น้ำประปา)

3) กำหนดให้ทำการวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณโลหะหนักที่ใช้เป็นองค์ประกอบในด้านการเรียนการสอน การทำวิจัย และการให้บริการทางทันตกรรม อันได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท จากน้ำเสีย/น้ำทิ้ง โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม 2539 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน 2539

4) กำหนดให้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เพื่อหาคุณภาพของน้ำตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ การตรวจวัดค่า BOD, FOG, ความเป็นกรด-เบส, ของแข็งตกตะกอน, TKN, ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, ซัลไฟด์, และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

และสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศ ณ วันที่ 10 มกราคม 2537

5) กำหนดช่วงเวลาการเก็บด้วยวิธีการสุ่ม วันละ 3 ครั้ง (8.30 น., 12.30 น., และ 15.30 น.) เป็นเวลา 7 วันต่อเนื่อง (วันจันทร์ที่ 19 ถึง วันอาทิตย์ที่ 25 มกราคม 2547) โดยพิจารณาคัดเลือกจากช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการและการให้บริการทางทันตกรรมหนาแน่น ซึ่งคาดว่าในช่วงระยะเวลาดังกล่าวจะมีปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และโลหะหนักสูงกว่าปกติ

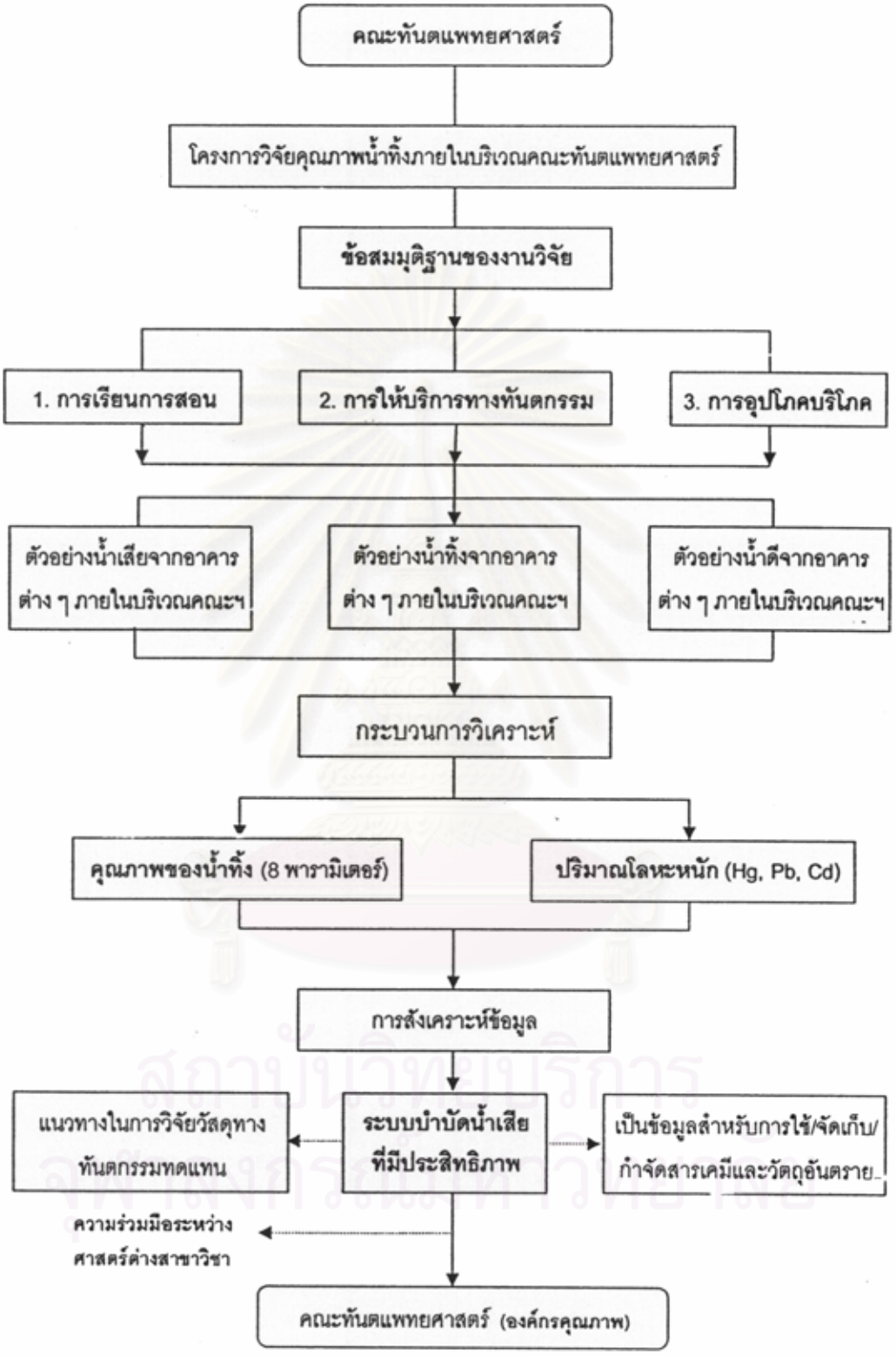
6) การตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้ง เนื่องจากภายในคณะฯ มีการระบายน้ำทิ้งแบบหลายจุดและหลายทิศทาง จึงได้ทำการประเมินปริมาณน้ำทิ้งจากปริมาณการใช้น้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

1.4 ข้อสมมุติฐานของการวิจัย

ข้อสมมุติฐานของโครงการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ คาดว่า ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะฯ น่าจะมีโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตรายปนเปื้อนอยู่อันเนื่องจาก 3 สาเหตุ ได้แก่

1. การเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการทดลอง
2. การให้บริการทางทันตกรรมภายในคลินิกทันตกรรม
3. การอุปโภคบริโภคภายในโรงอาหารและสำนักงาน

ดังนั้น จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้องศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ว่าในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของคณะฯ มีโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตรายปนเปื้อนอยู่จริง และสามารถทราบปริมาณโลหะหนัก สารเคมี และวัตถุอันตรายที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งอย่างถูกต้องแม่นยำ อันจะนำไปสู่การสำรวจและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม และสามารถกำหนดแนวทางการใช้ การเก็บรักษา และวิธีการกำจัดสารเคมีและวัตถุอันตราย รวมถึงการส่งเสริมให้มีการทำวิจัยเพื่อหาวัสดุทดแทนวัสดุทางทันตกรรม โดยมีกระบวนการศึกษาวิจัยดังแผนภูมิต่อไปนี้



รูปที่ 1-1 แผนภูมิกระบวนการศึกษาวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นการทำวิจัยสถาบัน เพื่อให้องค์กรสามารถพัฒนาตามสภาวการณ์และข้อเท็จจริง โดยเริ่มต้นจากการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จากนั้นจะได้นำข้อมูลดังกล่าวไปกำหนดแนวทางการใช้ การเก็บรักษา การกำจัด โลหะหนัก สารเคมีและวัตถุอันตราย รวมถึงกำหนดแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในคณะฯ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2535 [1]

2) นำข้อมูลที่ได้ไปศึกษาวิจัย เพื่อหาแนวทางในการลดปริมาณการใช้โลหะหนัก สาร เคมีและวัตถุอันตราย จากการเรียนการสอน การทดลองทางวิทยาศาสตร์ และการ ให้บริการทางทันตกรรม รวมถึงเป็นข้อมูลในเชิงวิชาการสำหรับการศึกษาวิจัยเพื่อหา วัสดุทดแทนวัสดุทางทันตกรรมเดิมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3) ได้ทราบสมมุติฐานของปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ คือ
   3.1) คุณภาพน้ำทิ้ง และปริมาณน้ำทิ้ง
   3.2) ปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้ง ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท
   3.2) สาเหตุและที่มาของน้ำเสีย

4) ใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและ สอดคล้องกับสภาพการณ์ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อ คุณภาพสิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง ด้วยการใช้งบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ

5) พัฒนาคณะทันตแพทยศาสตร์ให้เป็นหน่วยงานที่มีความพร้อมในเรื่องของระบบ สาธารณสุขมวลชนและตอบสนองต่อนโยบายของรัฐในเรื่องของคุณภาพสิ่งแวดล้อม

6) เกิดความร่วมมือระหว่างศาสตร์ต่างสาขาวิชา เพื่อประสานศาสตร์ต่าง ๆ อันจะก่อ ให้เกิดความก้าวหน้าทางวิชาการในเชิงคุณภาพ และเกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง

บทที่ 2

แนวความคิด กฎระเบียบ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิดและกฎระเบียบ

แนวความคิดที่จะทำการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เริ่มต้นจากพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 [1] กำหนดให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษมีหน้าที่ต้องก่อสร้าง ติดตั้งหรือจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย กอปรกับคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นสถาบันการศึกษาที่มีบทบาทและภารกิจในด้านการเรียนการสอน การวิจัย และมีโรงพยาบาลที่ให้บริการทางคลินิกทันตกรรม ซึ่งอยู่ภายใต้ระบบมาตรฐานโรงพยาบาลคุณภาพ (HA)

เกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุดในน้ำดีของแคดเมียม, ตะกั่ว และปรอท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน 2524 [5] และแก้ไขเพิ่มเติมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534 [6] กำหนดไว้ไม่เกิน 0.005, 0.05, และ 0.002 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศ ณ วันที่ 10 มกราคม 2537 [2], ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม 2539 [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน 2539 [4] สามารถสรุปค่าได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรด-เบส (pH)	5 - 9	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-เบสของน้ำ (pH Meter) [2]
ปริมาณบีโอดี (BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร	ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ [2]
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids)	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/ลิตร	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc) [2]
ปริมาณของแข็งตกตะกอน (Settleable Solids)	ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร	วิธีการกรวยอิมฮอฟ์ (Imholfcone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม ในเวลา 1 ชั่วโมง [2]
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	ไม่เกิน 500* มิลลิกรัม/ลิตร	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105°C ในเวลา 1 ชั่วโมง [2]
ปริมาณซัลไฟด์ (Sulfide)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร	วิธีการไตเตรต (Titrate) [2]
ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูปทีเคเอ็น (TKN)	ไม่เกิน 35 มิลลิกรัม/ลิตร	วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl) [2]
ปริมาณน้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร	วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน [2]
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma: ICP [3,4]
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร	
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร	Atomic Absorption Cold Vapour Technique [3,4]

* เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำตามปกติ

2.2 ทฤษฎี

2.2.1 น้ำเสีย [7]

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ปนเปื้อนมลสารหรือสิ่งเจือปนไม่พึงประสงค์อยู่ในปริมาณสูง จนกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและถูกระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดปัญหาการเน่าเสียแก่แหล่งรองรับน้ำ น้ำเสียแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) น้ำเสียชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมของชุมชน และมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ อาทิเช่น บ้านเรือน อาคารพาณิชย์ ตลาดสด ร้านอาหาร ภัตตาคาร สถานศึกษา โรงแรม โรงพยาบาล และศูนย์การค้า เป็นต้น

2) น้ำเสียอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งอุตสาหกรรม มีลักษณะต่างจากน้ำเสียชุมชนทั้งสีและกลิ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรมและกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในอุตสาหกรรมนั้น ๆ

น้ำเสียอุตสาหกรรมนี้อาจมีองค์ประกอบที่เป็นพิษ ปนเปื้อนโลหะหนักต่าง ๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม ไซยาไนด์ ซึ่งเป็นพิษกับแหล่งรองรับน้ำเสียอุตสาหกรรม และถ้าน้ำเสียอุตสาหกรรมนี้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เช่น คลอง แม่น้ำ ก็จะมีผลต่อคุณภาพชีวิตทั้งคน พืช และสัตว์ที่อาศัยแหล่งน้ำนั้นในการอุปโภคบริโภค และเกิดการสะสมสารพิษในห่วงโซ่อาหาร

3) น้ำเสียจากการเกษตร เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การเพาะปลูก น้ำเสียนี้มักปนเปื้อนยาฆ่าแมลง ปุ๋ย สารเคมีจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น ฟาร์มไก่ ซึ่งโดยมากมักเกิดจากการทำความสะอาดคอกสัตว์เลี้ยง โรงเรือน มีเศษอาหาร มูลสัตว์ น้ำเสียจึงมักมีกลิ่นและอาจมีเชื้อโรคปะปนมากับน้ำเสีย ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของแต่ละฟาร์ม

สิ่งเจือปนที่ทำให้คุณภาพน้ำกลายเป็นน้ำเสีย ได้แก่ สภาพความเป็นกรด-เบส น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด แอมโมเนีย ไนโตรเจน บีโอดี ของแข็งตกตะกอน ไฮโดรเจน-ซัลไฟด์ เป็นต้น ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ได้แก่ สี กลิ่น อุณหภูมิ ความขุ่น และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สี (Color)

ถ้าน้ำเสียมีสีปนเปื้อน จะทำให้น้ำนั้นเป็นที่รังเกียจ ไม่พึงประสงค์ ตัวอย่างของสีที่พบ เช่น น้ำตาล เทา ดำ แดง ม่วง เป็นต้น

- กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสียของโรงพยาบาลอาจเกิดจากน้ำเสียมีปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นในปริมาณสูง หรือเกิดจากยาที่ใช้ในกิจกรรมของโรงพยาบาลหรือสารเคมีที่เจือปนในน้ำเสีย

- อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำมีความสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาในน้ำ ถ้าน้ำเสียที่ปล่อยออกมามีอุณหภูมิสูง จะทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำน้อยลง มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาทางชีวภาพของน้ำเสียนั้น

- ความขุ่น (Turbidity)

น้ำเสียที่มีความขุ่นสูง ทำให้แสงผ่านสู่น้ำเสียน้อยเนื่องจากมีอนุภาคแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ และเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำก็ถูกทำลายได้น้อยลง

- ปริมาณของแข็ง (Solids)

ของแข็งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียอาจมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) คือ ของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ไม่จมตัวหรือตกตะกอน สามารถแยกออกได้โดยการกรอง ส่วนของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำเสียเป็นของแข็งที่ไม่อยู่ในรูปของสารละลาย มักมีประจุไฟฟ้าและตกตะกอนด้วยวิธีธรรมดาได้ยาก จึงเรียกว่า ของแข็งที่ละลายได้ (Dissolved solids) ส่วนของแข็งที่จมตัวหรือตกตะกอนได้ง่าย เรียกว่า Settleable solids

2) ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

ในน้ำเสียมีจุลินทรีย์ (Microorganism) ที่เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กซึ่งช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำนั้น ถ้าน้ำเสียมีจุลินทรีย์มาก จะทำให้น้ำนั้นขาดปริมาณออกซิเจนมาก

เป็นเหตุให้น้ำเน่าเสียมาก เนื่องจากจุลินทรีย์จะดึงออกซิเจนจากน้ำนั้นไปใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ แบคทีเรีย ซึ่งเป็นสัตว์เซลล์เดียวขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น และมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ทรงกลม (Coccus), แท่ง (Bacillus), แท่งโค้งงอ (Vibrio), หรือแท่งยาวเป็นเกลียว (Spirillum) รวมถึงโปรโตซัว รา สาหร่าย เป็นต้น

สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ปริมาณความต้องการออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำเสียสามารถหาค่าได้โดยการวัดปริมาณบีโอดี (Biochemical oxygen demand) คือ การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนในน้ำโดยแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในช่วงเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C นั่นคือ ถ้าน้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์สูง แบคทีเรียก็ต้องใช้ออกซิเจนมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น ปริมาณบีโอดีก็จะสูง (น้ำมีออกซิเจนน้อย) เกิดสภาพเน่าเสีย การหาปริมาณบีโอดีได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ค. ขั้นตอนการหาปริมาณบีโอดี

3) ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics)

ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียประกอบด้วยค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณน้ำมันและไขมัน ปริมาณซัลไฟด์ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโลหะหนัก เป็นต้น

- ความเป็นกรด-เบส (pH)

เป็นค่าที่บอกถึงลักษณะของน้ำเสียว่ามีสภาพเป็นกรดหรือเป็นเบส คือ ถ้าน้ำเสียมีสภาพเป็นกรด ค่า pH ของน้ำเสียจะน้อยกว่า 7 แต่ถ้าน้ำเสียมีสภาพเป็นเบส จะมีค่า pH มากกว่า 7 ส่วนน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7

- ปริมาณน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

น้ำมันและไขมันส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมในโรงอาหาร ไขมันเป็นสารที่ยากแก่การย่อยสลายโดยแบคทีเรีย น้ำมันและไขมันเป็นตัวปิดกั้นการถ่ายเทออกซิเจนที่ผิวน้ำกับอากาศ ทำให้ออกซิเจนจากอากาศถ่ายเทสู่น้ำไม่ได้ น้ำนั้นจึงขาดออกซิเจน น้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้อย อาจเป็น 1 หรือ 0 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นต้น

- ปริมาณซัลไฟด์ (Sulfide)

น้ำเสียส่วนใหญ่มักมีสารประกอบซัลไฟด์เกิดขึ้น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น หรือที่เรียกว่า แก๊สไข่เน่า จึงมีความจำเป็นต้องวัดปริมาณซัลไฟด์ในน้ำเสีย ซึ่งได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์

- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนเป็นสารที่แบคทีเรียในน้ำเสียใช้ในการเจริญเติบโต แต่ในน้ำเสียชุมชนจะมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินความต้องการของแบคทีเรีย ทำให้เกิดสาหร่ายในน้ำเสียนั้นมากขึ้น (Algae bloom) เป็นเหตุให้ตอนกลางคืนเกิดเป็นสภาพไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำทิ้งจึงจำเป็นต้องทราบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย เพื่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถควบคุมปริมาณไนโตรเจนในช่วงที่เหมาะสมได้ ซึ่งการหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้อธิบายไว้ในหัวข้อการหาไนโตรเจนทั้งหมดแล้ว

- ปริมาณโลหะหนัก

ถ้าน้ำเสียมีปริมาณโลหะหนักเจือปนอยู่ เช่น แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ก็จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืชได้ เนื่องจากแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงเมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ สัตว์ และพืช โดยมีรายละเอียดตามเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (2544) [7] ดังนี้

2.2.2 **ปริมาณโลหะหนัก** [8]

1) **แคดเมียม** (Cd)

แคดเมียมเป็นโลหะลำดับที่ 48 ของตารางธาตุซึ่งจะเป็นของแข็งสีเทาหรือโลหะสีเงินในภาวะปกติ แคดเมียมละลายได้ในกรดไนตริก แต่ไม่ละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดอยู่ที่ 321 และ 765°C ตามลำดับ สารนี้เป็นสารไวไฟ สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับกรดและให้แก๊สไวไฟ เช่น ไฮโดรเจน ออกมา แคดเมียมนี้ยังทำปฏิกิริยารุนแรงกับสารออกซิไดซ์อย่างแรง ดังนั้น จึงควรเก็บภายใต้แก๊สไนโตรเจน เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

ประโยชน์ของแคดเมียม คือ ใช้ผลิตแบตเตอรี่ ใช้ผลิตโลหะผสมอลูมิเนียมและทองแดง อะมัลกัม สารยับยั้งการกัดกร่อน และใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

- การสัมผัสทางผิวหนัง

  เมื่อสัมผัสทางผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง มีผื่นแดงที่ผิวหนัง

- การสูดดม

  แคดเมียมมีฤทธิ์กัดกร่อน เมื่อสูดดมเข้าไป จะเกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เจ็บคอ ไอ หายใจขัด

- การเข้าตา

  การสัมผัสดวงตาจะทำให้ระคายเคือง ตาแดง ปวดตา

- การกินหรือกลืนเข้าไป

  การกินหรือกลืนเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบย่อยอาหาร ทำให้ปวดท้อง ท้องร่วง คลื่นไส้ อาเจียน

- การก่อมะเร็งและความผิดปกติอื่น ๆ

  การสัมผัสเป็นเวลานาน ๆ หรือการสัมผัสซ้ำ ๆ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบเลือด ทำลายไต และทำให้ประสาทการรับรู้กลิ่นผิดปกติ ไอของสารทำให้เป็นโรคปอดอักเสบ อาจถึงขั้นเสียชีวิต และสารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง

2) ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่วเป็นโลหะลำดับที่ 82 ของตารางธาตุซึ่งในภาวะปกติ จะเป็นของแข็งสีน้ำเงิน-ขาว, เงิน, เทาเข้ม ตะกั่วไม่ละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดอยู่ที่ 327.4 และ 1,740°C ตามลำดับ สารนี้ปกติจะมีความเสถียรทางเคมี การเก็บควรเก็บห่างจากกรดแก่ เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟูริก และสารออกซิไดซ์อย่างแรง เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ตะกั่วไม่ติดไฟและไม่ช่วยให้ไฟติด แต่ผงตะกั่วที่ละเอียดมาก ๆ อาจลุกติดไฟและเผาไหม้ได้

ดังนั้น จึงควรเก็บในที่แห้งและเย็น ในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด อยู่ในบรรยากาศที่มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ หลีกเลี่ยงแหล่งความร้อนและแสงแดดโดยตรง

ประโยชน์ของตะกั่ว คือ ใช้ผลิตแบตเตอรี่ ดินระเบิด นิวเคลียร์ ใช้เป็นฉากกั้นรังสีเอ็กซ์ ใช้เคลือบสายเคเบิลไฟฟ้า ใช้ทำหลังคา ใช้ผลิตวัสดุควบคุมเสียง ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า รถยนต์ ใช้ในการเชื่อมโลหะด้วยทองเหลือง

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

- การสัมผัสทางผิวหนัง

  เมื่อสัมผัสสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ จะทำให้เกิดการระคายเคือง และสามารถดูดซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายน้อยมาก

- การสูดดม

  การหายใจเข้าไป จะทำให้ปวดศีรษะ เมื่อยล้า คลื่นไส้ ปวดท้อง ปวดข้อต่อ อาเจียน ท้องผูก นอนไม่หลับ ถ่ายอุจจาระเป็นเลือด หากเกิดการสะสมของตะกั่ว ทำให้เป็นโรคแพ้พิษตะกั่ว

- การเข้าตา

  การสัมผัสดวงตาจะทำให้ระคายเคือง น้ำตาไหล ตากะพริบเองไม่หยุด

- การกินหรือกลืนเข้าไป

  การกินหรือกลืนเข้าไปจะทำให้ปวดศีรษะ เมื่อยล้า คลื่นไส้ เป็นตะคริวในช่องท้องและข้อต่อ มีรสคล้ายโลหะในปาก อาเจียน ท้องผูก ถ่ายอุจจาระเป็นเลือด

- การก่อมะเร็งและความผิดปกติอื่น ๆ

  สารนี้เป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์ในกลุ่ม 2B (IARC) และในสัตว์ทดลองกลุ่ม A3 (ACGIH) ตะกั่วมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบการย่อยอาหาร ระบบการไหลเวียนโลหิต หัวใจ ไต การเจริญพันธุ์ รวมถึงพัฒนาการของทารกในครรภ์ สารนี้มีผลกระทบต่ออวัยวะเป้าหมาย ได้แก่ ตา กระเพาะอาหารและลำไส้ ระบบประสาทส่วนกลาง ไต เลือด เนื้อเยื่อในเหงือก

3) ปรอท (Hg)

ปรอทเป็นโลหะลำดับที่ 80 ของตารางธาตุซึ่งในภาวะปกติ จะเป็นของเหลวสีเงิน-ขาว ปรอทจะไม่ละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดอยู่ที่ -38.87 และ 356.7°C ตามลำดับ สารนี้จะมีความเสถียรทางเคมีในภาวะปกติของการใช้และการเก็บ เก็บในที่ที่มีการระบายอากาศเพียงพอ ไม่ควรเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเพราะทำให้เกิดไอพิษ ปรอทไม่ติดไฟและไม่ช่วยให้ไฟติด อย่าทิ้งลงในแหล่งน้ำหรือทางระบายน้ำ

ประโยชน์ของปรอท คือ ใช้ผลิตแบตเตอรี่ ผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี สารยับยั้ง ใช้ในเทคนิคการแยกสารด้วยไฟฟ้า และใช้ผลิตเทอร์โมมิเตอร์

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

- การสัมผัสทางผิวหนัง

  เมื่อสัมผัสทางผิวหนังจะสามารถดูดซึมผ่านผิวหนังได้ เป็นผื่นแดง และปวดแสบปวดร้อน

- การสูดดม

  เมื่อหายใจเข้าไป จะระคายเคืองทางเดินหายใจอย่างรุนแรง หายใจติดขัด เจ็บคอ ไอ เจ็บปวดแน่นหน้าอก ปวดศีรษะ กล้ามเนื้ออ่อนล้า หลอดลมและปอดอักเสบ

- การเข้าตา

  การสัมผัสดวงตาจะทำให้แสบไหม้ บวมแดงและเจ็บปวด ทำให้มองเห็นไม่ชัดเจน

- การกินหรือกลืนเข้าไป

  การกินหรือกลืนเข้าไปจะทำให้แสบไหม้ปาก หลอดอาหารเป็นแผล มีอาการปวดท้อง อาเจียนและท้องร่วง และทำให้หัวใจเต้นอ่อนลง

- การก่อมะเร็งและความผิดปกติอื่น ๆ

  สารนี้ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ความจำเสื่อม บุคลิกภาพและพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป กระเพาะอาหารและลำไส้ผิดปกติ เป็นผื่นแดง ทำลายสมองและไต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโลหะหนักทั้งสามชนิด สามารถสรุปได้ในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท

สมบัติ	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
ตารางธาตุลำดับที่	48	82	80
น้ำหนักโมเลกุล	112.4	207.19	200.59
สถานะปกติ	ของแข็ง	ของแข็ง	ของเหลว
สี	ผงสีเทาหรือโลหะสีเงิน	น้ำเงิน-ขาว, เงิน, เทาเข้ม	เงิน-ขาว
จุดหลอมเหลว (°C)	321	327.4	-38.87
จุดเดือด (°C)	765	1,740	356.7
ความถ่วงจำเพาะ	8.6	11.34	13.55
ความสามารถในการละลายน้ำ (ก./น้ำ 100 มล.)	ไม่ละลายที่ 20°C	ไม่ละลาย	ไม่ละลายที่ 20°C
กลิ่น	เฉพาะตัว	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น

ที่มา : Tchobanoglous and Burton (1991) [8]

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ (Stabilization Treatment System)

สำหรับโรงพยาบาลและชุมชนขนาดเล็กที่มีขนาดประชากรไม่มาก ควรเลือกระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological treatment system) ที่เหมาะสม ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการดำเนินงาน การบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น สำหรับประเทศไทย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติยังเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติเป็นระบบบำบัดที่อาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ในการช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่ซับซ้อน ระบบนี้นิยมใช้กับการบำบัดน้ำเสียชุมชน เช่น น้ำเสียจากโรงพยาบาลขนาดเล็กในประเทศไทย เพราะไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและง่ายต่อการดูแลรักษา ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาตินี้แบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ

1) บ่อไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Pond) เป็นบ่อที่สามารถรองรับน้ำเสียที่มีปริมาณบีโอดีสูงได้ดี เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก้นบ่อเป็นประเภทไม่ใช้อากาศซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็น ประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดี คือ ประมาณ 80 – 90% น้ำเสียที่ได้จะต้องผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดต่อไป

2) บ่อใช้อากาศ (Aerobic Pond) เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนที่ผิวหน้าของบ่อ และถ้ามีแสงแดดส่องถึง จะทำให้เกิดสาหร่ายภายในบ่อย ประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดี คือ ประมาณ 80 – 95%

3) บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond) เป็นบ่อที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบผสมของแบคทีเรียชนิดใช้อากาศ (Aerobic bacteria) ในตอนบนของบ่อ และแบคทีเรียชนิดไม่ใช้อากาศ (Anaerobic bacteria) ในส่วนก้นบ่อ โดยในเวลากลางวัน มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำที่ผิวหน้า ขณะเดียวกันแสงแดดก็ส่องถึง ทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศ ส่วนในเวลากลางคืนจะเกิดปฏิกิริยาแบบหมักซึ่งส่งกลิ่นเหม็น แต่พอรุ่งเช้า สาหร่ายจะสังเคราะห์แสง ให้ออกซิเจนกับน้ำ ทำให้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อีกครั้ง จัดได้ว่าเป็นระบบพึ่งพาอาศัยกันระหว่างแบคทีเรียที่ใช้อากาศ เช่น สาหร่าย และแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ

4) บ่อบ่ม (Maturation Pond) เป็นบ่อที่รองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อประเภทต่าง ๆ เพื่อให้สาหร่ายที่ปะปนมากับน้ำจมตัวลง ลดปริมาณแบคทีเรีย ฆ่าเชื้อโรค และทำให้น้ำใสสะอาดขึ้น ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำต่อไป ระบบนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 60 – 80%

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ เป็นระบบบำบัดทางชีวภาพที่อาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียเป็นอาหาร และให้ออกซิเจนแก่น้ำโดยการเติมอากาศ การเติมอากาศจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การเติมอากาศที่ผิวน้ำ (Surface Aeration) จะติดตั้งเครื่องเติมอากาศไว้บนทุ่นลอยหรือให้ถังเติมอากาศลอยอยู่บนผิวน้ำ

2) การเติมอากาศแบบเป่าอากาศ (Air Blower) จะใช้เครื่องอัดอากาศเป็นตัวจ่ายอากาศเข้าท่อและจ่ายอากาศออกที่หัวจ่ายอากาศหรือหัวฟู่ เพื่อให้น้ำเสียสัมผัสกับอากาศนานที่สุด

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศนี้เป็นระบบที่ใช้ในอาคารสมเด็จย่าและอาคารพรีคลินิก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับชุมชนขนาดเล็ก เช่น โรงพยาบาล ถือว่าการนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติมาประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสีย ยังมิได้รับความนิยมเนื่องจากความสะดวกในการดูแลรักษา และประหยัดงบประมาณและค่าใช้จ่าย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E. Emmanuel และคณะ [9] ได้ศึกษาการปลดปล่อยสารเคมีจากกิจกรรมต่าง ๆ ในแผนกทันตกรรมของโรงพยาบาล เนื่องจากแผนกทันตกรรมเป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านสาธารณสุขแก่ประชาชนทั่วไป ซึ่งมีความหลากหลายของการให้บริการเฉพาะทาง ผู้ป่วยที่มารับการบริการมักมีสาเหตุความเจ็บป่วยที่หลากหลาย เป็นเหตุให้เกิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนถูกปล่อยลงสู่แหล่งระบายน้ำทิ้งซึ่งประกอบด้วยเชื้อโรค ยาที่ใช้ในการบำบัดรักษา สารพิษ ผงซักฟอก สบู่ สารละลาย และโลหะหนัก เป็นต้น ในแต่ละวันมีน้ำเสียที่คณะทันตแพทยศาสตร์ต้องปล่อยทิ้งจากการบำบัดรักษาเป็นปริมาณมากถึง 100 ลิตร/คน/วัน

เนื่องจากน้ำเสียจากสถานพยาบาลมักประกอบด้วยของเสียที่เป็นตะกอน สารละลาย สารซักฟอก ยา ยาฆ่าเชื้อโรค แก๊สที่ไม่พึงประสงค์ สารพิษ สารกัดกร่อน โลหะหนัก และเชื้อโรค เป็นต้น จึงมีความจำเป็นต้องบำบัดขั้นต้น (Pretreatment) เพื่อให้น้ำเสียอยู่ในภาวะที่ยอมรับได้เสียก่อน จากนั้น จึงผ่านเข้าสู่การบำบัดขั้นที่สองต่อไป (Secondary treatment) จนกระทั่งได้เป็นน้ำทิ้งที่เป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จึงสามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

กระบวนการที่นิยมใช้ทางคลินิกหรือโรงพยาบาลต่าง ๆ ได้แก่

1. ระบบบำบัดที่แหล่งกำเนิด (On-Site Treatment System) ซึ่งได้แก่
   - 1.1 ระบบเติมอากาศ (Aeration System)
   - 1.2 ระบบบ่อเลี้ยงจุลชีพแบบเติมอากาศ (Activated Sludge System)
   - 1.3 ระบบชีวบำบัดอื่น ๆ

2. ระบบลำเลียงน้ำเสียโรงพยาบาลไปยังระบบบำบัดรวม (Discharge to a sewer conveying the wastewater from hospital to a central wastewater treatment system)

ระบบนี้ โรงพยาบาลต้องจัดเตรียมงบประมาณสำหรับการบำบัดน้ำทิ้งโรงพยาบาล และต้องคอยควบคุมน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยพิจารณาจาก

2.1 แยกส่วนน้ำมันและไขมันออกก่อน

2.2 ควบคุมน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ เช่น แยกน้ำปนเปื้อนรังสีและโลหะหนัก เช่น ปรอท และสารเคมีอันตรายออก โดยไม่ทิ้งปนไปกับน้ำที่จะส่งไปยังระบบบำบัดรวม

2.3 ต้องมีมิเตอร์วัดปริมาณน้ำเสียที่จะส่งไปยังระบบบำบัดรวม

2.4 ต้องนำน้ำเสียไปวิเคราะห์ความปนเปื้อน เพื่อทราบคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณบีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เป็นต้น

2.5 ต้องเตรียมค่าใช้จ่ายสำหรับระบบบำบัดส่วนกลาง

Emmanuel, E. และคณะ [10] จากการศึกษาถึงความเสี่ยงของระบบนิเวศวิทยาจากน้ำเสียโรงพยาบาลพบว่า น้ำเสียเหล่านี้มีสิ่งเจือปนอยู่หลายประเภทคละกัน นับตั้งแต่เชื้อโรค ยาที่ใช้บำบัดรักษา โลหะหนัก ผงซักฟอก ยาฆ่าเชื้อโรค จึงมีความจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้ง

พักตร์วิมล เพียรล้ำเลิศ และคณะ [11] ได้ศึกษาวิจัยในโครงการสำรวจการกำจัดน้ำเสียโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ทราบวิธีการกำจัดน้ำเสียที่ปฏิบัติกันอยู่ของโรงพยาบาลทั่วกรุงเทพมหานครในปัจจุบันทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน การวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลพื้นฐานเพื่อดูสมบัติน้ำทิ้งในส่วนของค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณของแข็งตกตะกอน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณซัลไฟด์ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณน้ำมันและไขมัน พบว่ารัฐบาลควรมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนเพื่อลดภาระให้กับโรงพยาบาลขนาดเล็กและขนาดกลางที่ไม่สามารถรับภาระค่าติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียได้ ส่วนน้ำเสียที่ไม่ผ่านระบบบำบัด ต้องพิจารณาว่าเป็นเพราะปัญหาทางเทคโนโลยีหรือการขาดความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี เพื่อหาวิธีปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพหรือให้ระบบทำงานได้ รวมถึงการให้ความรู้ความเข้าใจ ซึ่งต้องมีผู้รู้คอยให้คำแนะนำ และต้องมี

งบประมาณมาสนับสนุน และเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการจัดหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียของคณะทันตแพทยศาสตร์ต่อไป

ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์ [12] ได้ศึกษาปริมาณน้ำปรอทในน้ำทิ้งจากสถานทันตกรรมที่มีการให้บริการทางทันตกรรมมาก ๆ ได้แก่ คณะทันตแพทยศาสตร์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยมหิดล และโรงพยาบาลอีก 2 แห่ง คือ โรงพยาบาลศิริราช และโรงพยาบาลฟัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากท่อน้ำของสถานที่ดังกล่าวตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 16.30 น. จำนวน 6 ครั้งโดยห่างกันครั้งละ 90 นาที เป็นเวลา 7 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณปรอทด้วยอะตอมมิกเฟลมเลสแอบซอร์พชันสเปกโตรเมทรี พบว่าปริมาณปรอทในน้ำทิ้งของแต่ละแห่งมีจำนวนแตกต่างกัน ปริมาณค่าเฉลี่ยของปรอทจากน้ำทิ้งในสถานทันตกรรม 2 แห่ง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (0.005 มิลลิกรัม/ลิตร) นอกนั้นมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งไม่สัมพันธ์กับช่วงเวลาหรือวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย น้ำทิ้ง และน้ำดี ซึ่งดำเนินการวิเคราะห์โดยภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย น้ำทิ้ง และน้ำดี ซึ่งดำเนินการตรวจวัดโดยภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การจัดเก็บและรักษาคุณภาพน้ำ

การจัดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย น้ำทิ้ง และน้ำดี จะทำการจัดเก็บจากอาคารที่มีการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการทดลองและอาคารที่มีการให้บริการทางทันตกรรม ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์รวม 10 จุดดังนี้ (ภาคผนวก ข.)

1. อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)
2. อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการทางทันตกรรม)
3. อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)
4. อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)
5. อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนทำการบำบัด
6. อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังทำการบำบัด
7. อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)
8. อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนทำการบำบัด
9. อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังทำการบำบัด
10. อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)

โดยมีวิธีการจัดเก็บและรักษาคุณภาพน้ำตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. ระยะเวลาการจัดเก็บตัวอย่างน้ำ

1) 7 วันต่อเนื่อง

2) ช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำวันละ 3 ครั้ง คือ 8.30 น., 12.30 น., และ 15.30 น.

ข. จำนวนตัวอย่างที่ทำการจัดเก็บ

1) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง 10 จุด วันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน รวม 210 ครั้ง

2) เก็บตัวอย่างน้ำดี 8 จุด 1 วัน รวม 8 ครั้ง

ค. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) ขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำแบบมีฝาปิดทำด้วยพอลิเอทิลีนขนาด 1 ลิตร

2) บีกเกอร์

3) เทอร์โมมิเตอร์

4) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH Meter)

5) อุปกรณ์ดูดตัวอย่างน้ำทำด้วยพอลิเอทิลีน

6) หลอดหยดสารละลาย

7) ถุงมือยาง หน้ากากและแว่นตาป้องกันสารเคมีและวัตถุอันตราย

8) ถังน้ำแข็ง

9) น้ำแข็งชนิดบดละเอียด

10) น้ำยาล้างทำความสะอาด (Detergent)

ง. สารเคมี

1) น้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง

2) กรดไนตริก

3) สารละลายกรดไนตริก 2% โดยปริมาตร (ภาคผนวก ค-1)

จ. การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

ล้างทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ทุกชิ้นที่จะต้องสัมผัสกับตัวอย่างน้ำด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาด จากนั้นแช่ด้วยสารละลายกรดไนตริก 2% โดยปริมาตร นาน 30 นาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. วิธีการจัดเก็บตัวอย่างน้ำ

1) เตรียมขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำจุดละ 2 ขวด เพื่อส่งไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก 1 ขวด และส่งไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 1 ขวด
2) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งด้วยขวดพอลิเอทิลีน ณ จุดที่กำหนด จุดละ 1 ลิตร
3) เขย่าขวดเก็บตัวอย่างน้ำของแต่ละจุดให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่ลงในขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำขวดละ 1/3 ลิตร
4) ปิดขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่จะส่งไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้สนิท จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ภายในถังน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ 4°C
5) นำขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่จะส่งไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักมาปรับสภาพความเป็นกรด-เบส โดยเติมกรดไนตริกให้มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 2
6) ทำตามข้อ 2), 3), 4) และ 5) จนครบ 3 ครั้งตามที่กำหนด จากนั้น ส่งขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกวัน
7) ปฏิบัติตามข้อ 1), 2), 3), 4), 5) และ 6) จนครบ 7 วัน
8) ในวันสุดท้าย ให้เก็บตัวอย่างน้ำดีจากก๊อกน้ำด้วยขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ณ อาคารที่กำหนด อาคารละ 2 ขวด ทำตามข้อ 4) และข้อ 5) จากนั้น ส่งขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำดีไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ช. การควบคุมคุณภาพการเก็บ

1) อาคารที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อระบายน้ำของอาคาร แต่ถ้าไม่สามารถเก็บจากปลายท่อระบายน้ำของอาคารได้จะทำการเก็บจากบ่อพักน้ำประจำอาคารนั้น ๆ อาคารละ 1 จุด
2) อาคารที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อพักน้ำเสียก่อนการบำบัด และจากบ่อพักน้ำหลังการบำบัด รวมเป็น 2 จุด
3) น้ำดีเก็บจากท่อประปาของแต่ละอาคาร อาคารละ 1 จุด

3.2 การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโลหะหนัก

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักนี้ปฏิบัติตาม Standard Method 3110, AWWA [13]

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) ถ้วยพอลิเอทิลีนสำหรับเก็บตัวอย่าง
2) ไมโครปิเปตต์
3) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (Atomic Absorption Spectrophotometer)
4) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณปรอท
5) เตาให้ความร้อน (Heater)
6) กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
7) บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
8) กรวยกรอง
9) ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
10) กระดาษกรอง (Whatman No. 42)
11) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำแบบมีฝาปิดทำด้วยพอลิเอทิลีนขนาด 100 มิลลิลิตร
12) เครื่องตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก (Atomic Absorption Spectrophotometer UNICAM Model 989 QZ)
13) เครื่องตรวจวัดปริมาณปรอท (Mercury Analysis Model Tekran 2600)

ข. สารเคมี

1) น้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง
2) กรดไนตริก
3) สารละลายกรดไนตริก 2% โดยปริมาตร (ภาคผนวก ค-1)
4) สารละลายแบลงก์น้ำกลั่น (Distilled-Water Blank Solution) (ภาคผนวก ค-1)
5) สารละลายมาตรฐานแคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), และปรอท (Hg) 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาคผนวก ค-1)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ (Stannous Chloride) (ภาคผนวก ค-1)

7) สารละลายไฮดรอกซิลเอมีนไฮโดรคลอไรด์ (Hydroxylamine Hydrochloride) (ภาคผนวก ค-1)

8) สารละลายโบรมีนโมโนคลอไรด์ (Bromine Monochloride) (ภาคผนวก ค-1)

9) กรดไฮโดรคลอริก

10) น้ำยาล้างทำความสะอาด

ค. การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

ล้างทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ทุกชิ้นที่จะต้องสัมผัสกับตัวอย่างน้ำด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาด จากนั้นแช่ด้วยสารละลายกรดไนตริก 2% โดยปริมาตร นาน 30 นาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง

ง. การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

1) วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณแคดเมียมและตะกั่วตาม Standard Method 3030 E., AWWA [13]

1.1) ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์

1.2) เติมกรดไนตริกปริมาตร 5 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์

1.3) นำบีกเกอร์ตั้งบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งปริมาตรของสารละลายลดลงเหลือประมาณ 10 – 20 มิลลิลิตร หรือจนกว่าการย่อยจะสมบูรณ์ซึ่งสังเกตได้จากสีของสารละลายจะใสไม่มีสี (ระวังอย่าให้สารละลายแห้ง)

1.4) เจือจางสารละลายในบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง

1.5) รองรับสารละลายที่กรองได้ด้วยขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ทำสารละลายให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เขย่าให้เข้ากัน

1.6) เก็บสารละลายตัวอย่างที่ได้ในขวดพอลิเอทิลีนเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักต่อไป

2) วิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณปรอทตาม Standard Method 3030, AWWA [13]

2.1) กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.2) เติม BrCl ปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงไป แต่สำหรับตัวอย่างน้ำดีให้เติมลงไป 0.5 มิลลิลิตร ซึ่งหากสีเหลืองหายไป ให้เติม BrCl ลงไปอีกจนกว่าสีเหลืองจะปรากฏขึ้น โดยจะต้องปรากฏอยู่อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

2.3) เติม 0.2 มิลลิลิตรของ $NH_2OH{\cdot}HCl$ สีเหลืองของตัวอย่างจะหายไป ทิ้งให้ปฏิกิริยาการกำจัดธาตุฮาโลเจนเกิดจนสมบูรณ์ประมาณ 5 นาที

2.4) เก็บสารละลายตัวอย่างที่ได้ในขวดพอลิเอทิลีนเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณปรอทต่อไป

จ. วิธีการวิเคราะห์

1) การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมโดยใช้เทคนิค Graphite Furnace ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โมเดล UNICAM 989 QZ โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.56 พิโคกรัม

1.1) สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วย Atomic Absorbtion Spectrophotometer เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นสูงสุดเพียงความเข้มข้นเดียว จากนั้นเครื่องจะเจือจางสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นอื่นตามที่เรากำหนดซึ่งกำหนดช่วงความเข้มข้นที่ 1, 3, 5 และ 7 ไมโครกรัม/ลิตร โดยใช้สารละลายแบลงก์น้ำกลั่น

1.2) หลังจากทำกราฟมาตรฐานแล้ว จึงนำสารละลายตัวอย่างมาวัดปริมาณ

1.3) บันทึกค่าปริมาณแคดเมียมที่เครื่องอ่านได้

2) การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วโดยใช้เทคนิค Graphite Furnace ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โมเดล UNICAM 989 QZ โดยมี Detection Limit เท่ากับ 1.5 พิโคกรัม

2.1) สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นสูงสุดเพียงความเข้มข้นเดียว จากนั้นเครื่องจะเจือจางสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นอื่นตามที่เรากำหนดซึ่งกำหนดช่วงความเข้มข้นไว้ที่ 10, 20, 30 และ 40 ไมโครกรัม/ลิตร โดยใช้สารละลายแบลงก์น้ำกลั่น

2.2) หลังจากทำกราฟมาตรฐานแล้ว จึงนำสารละลายตัวอย่างมาวัดปริมาณ

2.3) บันทึกค่าปริมาณตะกั่วที่เครื่องอ่านได้

3) การวิเคราะห์ปริมาณปรอทโดยใช้เทคนิค Cold-Vapor Atomic Absorption ด้วยเครื่อง Mercury Analysis Tekran 2600 โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.1 พิโคกรัม

3.1) สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวัดปริมาณปรอท (Mercury Analyzer) เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 10, 20, 50 และ 100 นาโนกรัม/ลิตร โดยใช้สารละลายแบลงก์น้ำกลั่น

3.2) หลังจากทำกราฟมาตรฐานแล้ว จึงนำสารละลายตัวอย่างมาวัดปริมาณ

3.3) บันทึกค่าปริมาณปรอทที่เครื่องอ่านได้

ฉ. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

1) รักษาความสะอาดและระวังการปนเปื้อนทุกขั้นตอน

2) เก็บรักษาตัวอย่างน้ำภายในอุณหภูมิ 4°C

3) สอบเทียบเครื่องมือก่อนทำการวิเคราะห์

4) เตรียมตัวอย่างน้ำภายใน 2 วันหลังจากทำการเก็บตัวอย่าง

5) วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำภายใน 7 วันหลังจากทำการเตรียมตัวอย่าง

3.3 ปริมาณน้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

เนื่องจากเกือบทุกอาคารมีการระบายน้ำทิ้งแบบหลายทิศทาง จึงไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งของแต่ละอาคารได้ ต้องประเมินน้ำทิ้งจากปริมาณการใช้น้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์แทน (ตารางที่ จ-6)

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี

การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีนี้ปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 5210, AWWA [13] วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิ-กรัม/ลิตร โดยการเติมตัวอย่างน้ำในขวดบีโอดี ปิดจุกให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าออกได้ นำขวดไปเลี้ยงเชื้อภายใต้ภาวะที่กำหนดในเวลาที่จำกัด แล้ววัดปริมาณออกซิเจนในวันเริ่มต้นและปริมาณออกซิเจนละลายในวันที่ 5 (BOD_5) นำค่าความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนวันแรกและวันที่ 5 ไปคำนวณปริมาณบีโอดี

ก. การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี

นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้มาวิเคราะห์หาปริมาณบีโอดีทันทีโดยใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน ซึ่งมีความเหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีความสกปรก เช่น น้ำเสียโรงพยาบาล

ข. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) ขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้ว
2) บิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร
3) ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
4) ตู้เลี้ยงเชื้ออุณหภูมิ 20 ± 1°C
5) ดีโอมิเตอร์ YSI Model 57 โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ค. สารเคมี

1) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (ภาคผนวก ค-2)
2) สารละลายอัลคาไลน์ไอโอไดด์เอนไซม์ (ภาคผนวก ค-2)
3) กรดซัลฟูริก

4) น้ำแป้ง (ภาคผนวก ค-2)

5) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล (ภาคผนวก ค-2)

6) สารละลายมาตรฐานกลูโคส-กลูตามิกแอซิด (ภาคผนวก ค-2)

7) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (ภาคผนวก ค-2)

8) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (ภาคผนวก ค-2)

9) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ภาคผนวก ค-2)

10) สารละลายเฟอริกคลอไรด์ (ภาคผนวก ค-2)

ง. การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี

นำน้ำกลั่นที่ใส่สารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียซึ่งได้แก่ สารละลาย $MgSO_4$, $CaCl_2$, $FeCl_3$, และสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์แล้ว มาให้ออกซิเจนประมาณ 45 นาทีจนน้ำอิ่มตัวด้วยออกซิเจน ปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้เป็นกลางที่ 6.5 – 7.5 ด้วยสารละลาย 1 นอร์มัลของ H_2SO_4 หรือ NaOH

จ. วิธีวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีโดยการเจือจางตัวอย่างน้ำ

1) หาปริมาณบีโอดีของน้ำเสีย

2) หาปริมาณบีโอดีประมาณในหน่วยมิลลิกรัม/ลิตร = 60% (ของปริมาณบีโอดีที่ได้) นำไปเทียบค่าจากตารางที่ ค-1 ในภาคผนวก ค-2

3) เลือกค่าเปอร์เซ็นต์เจือจางที่คาดว่าจะให้ปริมาณบีโอดีอยู่ในช่วงที่กำหนด

4) ใส่ตัวอย่างน้ำเสียตามเปอร์เซ็นต์เจือจางลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร

5) เติมน้ำสำหรับใช้เจือจางในกระบอกตวงจนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร

6) กวนให้ตัวอย่างผสมกับน้ำอย่างทั่วถึง

7) ใช้สายยางดูดน้ำจากกระบอกตวงใส่ขวดบีโอดี 3 ขวด ปิดฝาจุกแก้วโดยมีน้ำหล่อไว้ที่ปากขวด

8) นำขวดบีโอดีที่ได้ในข้อ 7) ไปหาปริมาณดีโอทันที (DO_0) 1 ขวด นำอีก 2 ขวดไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C นาน 5 วัน จากนั้น นำมาวิเคราะห์หาปริมาณดีโอวันที่ 5 (DO_5)

9) เตรียมเปอร์เซ็นต์เจือจางตัวอย่างที่จะหาบีโอดีอีก 2 ความเข้มข้น คือ สูงกว่าและต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์เจือจางในข้อ 4) แล้วดำเนินการตามข้อ 4) ถึงข้อ 8)

ฉ. การควบคุมการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี

1) ขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตรที่ใช้วิเคราะห์ ต้องปิดจุกแก้วโดยมีน้ำหล่อที่ปากขวดเพื่อป้องกันอากาศเข้า/ออกในระหว่างเลี้ยงเชื้อ และครอบปากขวดด้วยถ้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ

2) การหาปริมาณบีโอดีของน้ำเจือจาง ต้องหาอย่างน้อย 1 ค่าในการทดลองแต่ละชุด

3) การหาปริมาณบีโอดีควรทำทันทีไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงนับจากเก็บตัวอย่าง

4) การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำบีโอดีควรอยู่ที่ 4°C

5) การปรับเทียบอุณหภูมิตู้เพาะเชื้อต้องให้เป็นไปตามมาตรฐาน คือ ต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 20 ± 1°C และอยู่ในที่มืดเพื่อไม่ให้เกิดการสังเคราะห์แสง

6) การปรับเทียบดีโอมิเตอร์ควรทำทุกครั้งก่อนใช้งานเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำเจือจางหัวเชื้อ

7) การตรวจสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำในการวิเคราะห์บีโอดีตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิกที่ให้ปริมาณบีโอดี 300 มิลลิกรัม/ลิตร ทำได้โดยการเติมสารละลายนี้ 6 มิลลิลิตร และหัวเชื้อ 2% ในขวดบีโอดี และเติมน้ำเจือจางให้เต็มทั้ง 2 ขวด นำขวดแรกมาหาปริมาณออกซิเจนละลายวันแรก (DO_0) และนำขวดที่สองไปเพาะเชื้อพร้อมกับน้ำตัวอย่าง 5 วัน แล้วนำมาวัดปริมาณออกซิเจนละลาย (DO_5) นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณบีโอดี สารละลายมาตรฐานควรมีปริมาณบีโอดี 198 มิลลิกรัม/ลิตร

<u>หมายเหตุ</u> ใช้ 2-chloro-6-trichloromethyl pyridine เป็นตัวยับยั้งการเกิดไนตริฟิเคชัน

ช. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(DO_0 - DO_5) \times 100}{\text{เปอร์เซ็นต์เจือจาง}} \qquad (3\text{–}1)$$

โดยที่ DO_0 = ปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำ ณ วันที่ทำการวัด $t = 0$ (มิลลิกรัม/ลิตร)

DO_5 = ปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำ ณ วันที่ทำการวัด t = 5 (มิลลิกรัม/ลิตร)

t = เวลา (วัน)

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมันปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 5520D, AWWA [13] โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) กรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมจุกเทฟลอน
2) เครื่องดูดสุญญากาศ
3) ชุดกรวยบุคเนอร์
4) เตาไฟฟ้าปรับอุณหภูมิได้
5) กระดาษกรอบ (Whatman No. 40)
6) แผ่นผ้ามัสลินขนาด 11 ซม.
7) ตู้อบ
8) ลูกแก้ว

ข. สารเคมี

1) สารละลายกรด HCl หรือสารละลายกรด H_2SO_4 ในอัตราส่วน 1:1
2) นอร์มัล-เฮกเซน
3) โซเดียมซัลเฟต
4) สารแขวนลอยช่วยกรอง (Diatomaceous-Silica Filter-Aid Suspension)

ค. วิธีวิเคราะห์

1) ปรับสภาพของตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ให้มี pH = 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) เตรียมการกรองโดยวางผ้ามัสลินบนจุดกรองแล้ววางกระดาษกรองไว้ข้างบน เทตัวกรอง 100 มิลลิลิตรลงบนที่กรอง แล้วเปิดเครื่องดูดสุญญากาศและล้างด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร

3) เทตัวอย่างน้ำในขวดลงบนตัวกรอง พร้อมเปิดเครื่องดูดสุญญากาศดูดตัวกรองจนแห้ง

4) ใช้คีมหยิบกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล

5) นำไปอบที่ 103°C นาน 30 นาที

6) นำชุดกลั่นนี้ไปอบที่ 103°C นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้น นำไปชั่งน้ำหนัก

7) นำข้อ 6) ใส่ในแก้ว

8) นำข้อ 5) ใส่ข้อ 7) ที่มีเฮกเซน 250 มิลลิลิตร

9) นำข้อ 7) ต่อเข้ากับอุปกรณ์ซอกเลต และกลั่นที่ความเร็ว 20 รอบ/ชั่วโมง นาน 4 ชั่วโมง

10) ทิ้งให้เย็น

11) เทเฮกเซนลงขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนัก กำหนดให้เป็น A กรัม

12) นำขวดรูปชมพู่นี้ไประเหยบนอ่างอังไอน้ำ

13) จากนั้น นำไปอบแห้งที่ 103°C นาน 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก กำหนดให้เป็น B กรัม

ง. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำมันและไขมัน (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \qquad (3\text{–}2)$$

โดยที่ A = น้ำหนักของขวดสกัดหลังการทดลอง (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักของขวดก่อนสกัด (มิลลิกรัม)

จ. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน

1) เตรียมชุดกลั่นที่จะใช้ทดลองให้มีน้ำหนักคงที่

2) นำตัวอย่างอ้างอิงที่เป็นน้ำมันและไขมันที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน มากลั่นย้อนกลับเพื่อหาปริมาณน้ำมัน (% Recovery)

3.6 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส

การวัดค่าความเป็นกรด-เบสนี้ปฏิบัติตาม Standard Method 4500–H(B), AWWA [13] ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ Metrohrm รุ่น 744 (Metrohm Siam Ltd.) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) พีเอชมิเตอร์ Metrohrm รุ่น 744 (Metrohm Siam Ltd.)
2) บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
3) น้ำกลั่น

ข. สารเคมี

สารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 4, 7, และ 9

ค. การเตรียมพีเอชมิเตอร์

1) ทำความสะอาดขั้วอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง
2) ปรับพีเอชมิเตอร์ด้วยสารละลายมาตรฐาน 4, 7, 9
3) ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดและเช็ดให้แห้งทุกครั้งก่อนใช้กับสารละลายแต่ละความเข้มข้น

ง. วิธีการวัด

1) เปิดพีเอชมิเตอร์
2) จุ่มอิเล็กโทรดในน้ำตัวอย่าง อ่านค่าและบันทึก
3) ล้างอิเล็กโทรดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้ง ก่อนจุ่มตัวอย่างอื่นต่อไป
4) เมื่อเสร็จการทดลอง ให้ทำความสะอาดขั้วอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วเก็บในสารละลายสำหรับพีเอชชนิดนั้น
5) ปิดพีเอชมิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. การควบคุมคุณภาพการวัดค่าความเป็นกรด-เบส

ให้ปรับเทียบมาตรฐาน 3 จุดกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าความเป็นกรด-เบสแน่นอน (three-point calibration) ได้แก่ ที่ค่าความเป็นกรด-เบส 4, 7, และ 9

3.7 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน (Sattleable solids, SS) ด้วยวิธี Imholfcone ปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 2540F (a. Volumetric), AWWA [13] โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

กรวยอิมฮอฟโคนขนาด 1 ลิตร

ข. วิธีทำ

1) เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี
2) เทตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตรลงในกรวยอิมฮอฟโคน (Imholfcone) ขนาด 1 ลิตร
3) ตั้งกรวยนี้ทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมงเพื่อให้ตกตะกอน
4) วัดปริมาตรของแข็งตกตะกอนที่ได้ ในหน่วยมิลลิลิตร/ลิตร

ค. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน

ผสมตัวอย่างให้เข้ากันดีแล้วเทตัวอย่างน้ำ 1 ลิตรใส่กรวยอิมฮอฟโคนที่เวลา 45 นาที ใช้แท่งแก้วเกลี่ยตะกอนที่อยู่รอบ ๆ อิมฮอฟโคนให้ลงไปนอนก้น แล้วทิ้งไว้ 15 นาทีจึงเก็บข้อมูล

3.8 การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์

การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์นี้ปฏิบัติตามวิธีไอโอไดเมตริกของ Standard Method 4500F, AWWA [13] โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) ขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร
2) บิวเรตต์ขนาด 25 มิลลิลิตร
3) ขวดรูปชมพู่ 500 มิลลิลิตร
4) กระดาษกรองจีเอฟซีขนาด 45 มิลลิเมตร
5) กรวยบุคเนอร์ 45 มิลลิเมตร
6) เครื่องดูดสุญญากาศ

ข. สารเคมี

1) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล
2) สารละลายมาตรฐานไอโอดีนเข้มข้น 0.025 นอร์มัล
3) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล
4) น้ำแป้ง
5) สารละลายสังกะสีอะซีเตต 2 นอร์มัล
6) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

ค. วิธีวิเคราะห์

1) เติมสารละลายสังกะสีอะซีเตต 0.45 มิลลิลิตรในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร
2) เติมตัวอย่างน้ำ 300 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีดังกล่าว
3) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล ปริมาณ 0.3 มิลลิลิตร
4) ปิดจุกขวดบีโอดีและเขย่าไม่ให้มีฟองอากาศภายในขวดบีโอดี แล้วทิ้งไว้ 30 นาที จน ZnS ตกตะกอนภายในขวด
5) รินส่วนน้ำใสทิ้ง
6) กรองผลึกผ่านกระดาษจีเอฟซี
7) นำผลึกใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
8) เติม 2 มิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มัล และ 10 มิลลิลิตรของสารละลายไอโอดีน เขย่าให้เข้ากัน ตัวอย่างน้ำจะมีสีเหลืองของไอโอดีน ถ้าไม่เกิด

สีเหลืองของไอโอดีน ให้เติมสารละลายไอโอดีนอีก 5 มิลลิลิตร (สารละลายไอโอดีน 1 มิลลิลิตร เท่ากับซัลไฟด์ 0.04 มิลลิลิตร)

9) ไตเตรตสารละลายในข้อ 8) ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ จดปริมาตรสารละลายโซเดียม-ไธโอซัลเฟตที่ใช้

ง. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{[(A\times B) - (C\times D)] \times 16000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \qquad (3\text{–}3)$$

โดยที่ A = ปริมาตรของสารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)

B = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มัล)

C = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

D = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัล)

จ. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ซัลไฟด์

หาค่านอร์มัลมาตรฐานที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานที่จะวิเคราะห์หาซัลไฟด์ด้วยวิธี Standardization

3.9 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ด้วยวิธีเจลดาลล์ (Kjeldahl) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร ปฏิบัติตาม Standard Method 4500 [13] โดยปริมาณทีเคเอ็น คือ ผลรวมของไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจน

$$TKN = \text{Organic N} + NH_3\text{-N} \qquad (3\text{–}4)$$

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้ว ควรวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนรวมทันที

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องย่อยสลายแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

2) ชุดกลั่นหาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ข. สารเคมี

1) สารเคมีสำหรับย่อยสลาย (ภาคผนวก ค-2)

2) ฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein Indicator) (ภาคผนวก ค-2)

3) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต (ภาคผนวก ค-2)

ค. วิธีวิเคราะห์

1) เติมสารละลายย่อยสลาย 50 มิลลิลิตรลงในตัวอย่างน้ำ 200 มิลลิลิตร นำไปย่อยจนได้สารละลายใสไม่มีควัน แล้วทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

2) ทำให้เป็นด่างโดยการเติม 50 มิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟตปริมาณ 50 มิลลิลิตร โดยมี 0.5 มิลลิลิตรของฟีนอล์พ-ทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปกลั่นในสารละลาย Indicating boric acid 50 มิลลิลิตร ให้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 150 มิลลิลิตร

3) นำส่วนที่กลั่นได้ไปไตรเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล H_2SO_4 ซึ่งที่จุดยุติ สีจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน จดปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

4) ทำแบลงก์ โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง แล้วดำเนินการตามข้อ 1) ถึงข้อ 3)

ง. การคำนวณ

$$\text{ทีเคเอ็น (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \qquad (3\text{–}5)$$

โดยที่ A = ปริมาตรของสารละลายกรด H_2SO_4 ที่ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายกรด H_2SO_4 ที่ใช้สำหรับแบลงก์ (มิลลิลิตร)

จ. การควบคุมคุณภาพการหาปริมาณไนโตรเจนรวมโดยวิธีทีเคเอ็น

ทำความสะอาดคอลัมน์ด้วยการกลั่นไล่ไนโตรเจนด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย นาน 1 ชั่วโมงก่อนการนำไปใช้งาน

3.10 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) ปฏิบัติตาม Standard Method 2540C [13] ด้วยวิธีระเหยแห้ง โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เตาอบที่มีอุณหภูมิในช่วง 103 – 105°C
2) เตาเผาที่มีอุณหภูมิในช่วง 550 – 600°C
3) กระดาษกรองจีเอฟซี (GF/C)
4) โถดูดความชื้น
5) ตาชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6) ถ้วยระเหย 100 มิลลิลิตร
7) ชุดอุปกรณ์อังไอน้ำ (Water bath)

ข. เตรียมวัสดุอุปกรณ์

1) นำถ้วยระเหยไปอบแห้งในตู้อบ 103 – 105°C นาน 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
2) นำถ้วยนี้ไปใส่ในโถดูดความชื้นสุญญากาศ เพื่อปล่อยให้เย็นจนอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

ค. วิธีทำการทดลอง

1) ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องด้วยตาชั่งไฟฟ้า กำหนดให้น้ำหนักเป็น A กรัม
2) กรองตัวอย่างน้ำปริมาณ 100 มิลลิลิตรด้วยกระดาษกรองจีเอฟซี ใส่ถ้วยกระเบื้องในข้อ 1)
3) นำถ้วยกระเบื้องนี้ไประเหยแห้งในชุดอังไอน้ำที่ 180 ± 2 °C นาน 1 ชั่วโมง
4) จากนั้น นำถ้วยกระเบื้องไปเข้าเตาอบที่ 180 ± 2 °C นาน 1 ชั่วโมง
5) นำถ้วยกระเบื้องนี้ไปใส่โถดูดความชื้นสุญญากาศ เพื่อทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
6) ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องด้วยตาชั่งไฟฟ้า กำหนดให้น้ำหนักเป็น B กรัม

ง. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \qquad (3\text{–}6)$$

โดยที่ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังผ่านการอบที่ 103 – 105°C (กรัม)

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและสารละลายหลังอบที่ 180 ± 2°C (กรัม)

จ. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

1) กวนตัวอย่างน้ำด้วยแท่งแม่เหล็กจนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนนำไปเทใส่ชุดกรอง

2) ทำความสะอาดกรวยกรองก่อนใช้งาน โดยการเปิดปั๊มและล้างระบบการกรองด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง แล้วเทน้ำล้างออกจากกรวยกรอง

ตัวอย่างที่ชั่งควรมีน้ำหนักคงที่ หรือมีค่าการเปลี่ยนแปลงจากการวัดครั้งก่อนน้อยกว่า 4% หรือ 0.5 มิลลิกรัม

3.11 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids, SS) นี้ปฏิบัติตาม Standard Method 2540-D, AWWA [13] ด้วยวิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เตาอบที่มีอุณหภูมิในช่วง 103 – 105°C

2) เตาเผาที่มีอุณหภูมิในช่วง 550 – 600°C

3) กระดาษกรองจีเอฟซี (GF/C)

4) โถดูดความชื้น

5) ตาชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

6) ชุดเครื่องดูดสุญญากาศ

ข. ขั้นตอนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์

1) อบกระดาษกรองจีเอฟซีที่ 103 – 105°C นาน 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

2) นำกระดาษกรองจีเอฟซีที่ผ่านขั้นตอนที่ 1) ไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

ค. วิธีการทดลอง

1) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองจีเอฟซีด้วยตาชั่งไฟฟ้า กำหนดให้น้ำหนักเป็น A กรัม

2) กรองตัวอย่างน้ำปริมาณ 100 มิลลิลิตร ด้วยกระดาษกรองจีเอฟซีในข้อ 1) พร้อมชุดกรองสุญญากาศ

3) นำกระดาษกรองในข้อ 2) ไปอบที่ตู้อบ 103 – 105°C นาน 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

4) จากนั้นนำกระดาษกรองนี้ไปใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

5) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองจีเอฟซี กำหนดให้น้ำหนักเป็น B กรัม

ง. การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิลิตร/ลิตร)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \qquad (3\text{–}7)$$

โดยที่ A = น้ำหนักกระดาษกรองที่ผ่านการอบที่ 103 - 105°C (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (กรัม)

จ. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

1) ล้างกรวยกรองให้สะอาดก่อนใช้งานโดยการเปิดปั๊มและล้างระบบการกรองด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง แล้วเทน้ำล้างออกจากกรวยกรอง

2) นำถ้วยระเหยที่สะอาดและแห้งสนิทดีแล้วเข้าเตาเผาที่ 550°C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จนอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

บทที่ 4

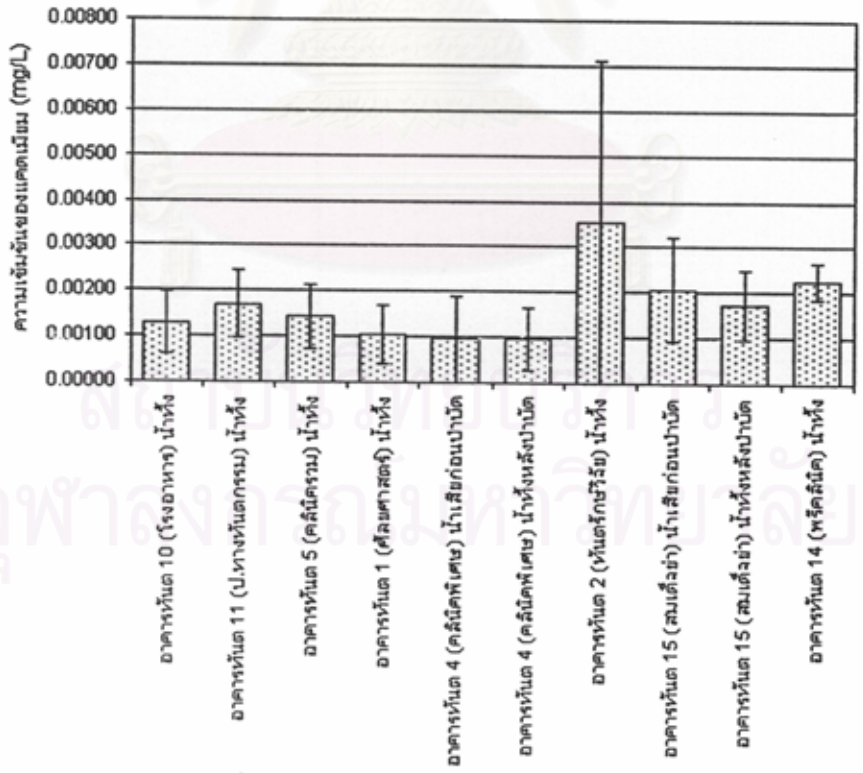
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), และปรอท (Hg) และคุณภาพน้ำทิ้งและน้ำดีจากอาคารที่มีการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ การทำวิจัย และการให้บริการทางทันตกรรม ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้ง

ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4-1, 4-2, 4-3

4.5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม



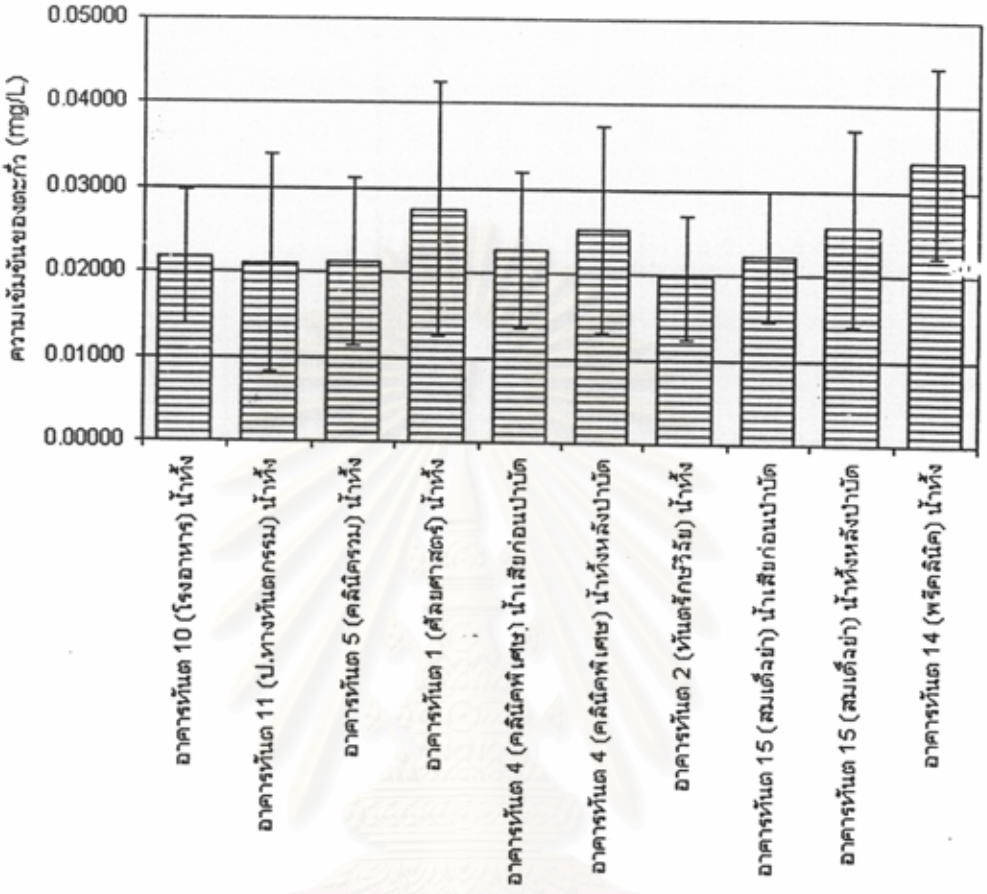
<u>รูปที่ 4-1</u> ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมใช้เทคนิค Graphite Furnace ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โมเดล UNICAM 989 QZ โดยมี Detection Limit สำหรับแคดเมียม = 0.56 พิโคกรัม

จากค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก), มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00128, 0.00170, 0.00144, 0.00103, 0.00095, 0.00096, 0.00353, 0.00207, 0.00173 และ 0.00225 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.00068, 0.00075, 0.00070, 0.00064, 0.00095, 0.00067, 0.00360, 0.00114, 0.00078 และ 0.00039 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ในตารางที่ จ-1) จะเห็นว่าปริมาณแคดเมียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) [4] ซึ่งกำหนดให้ปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว



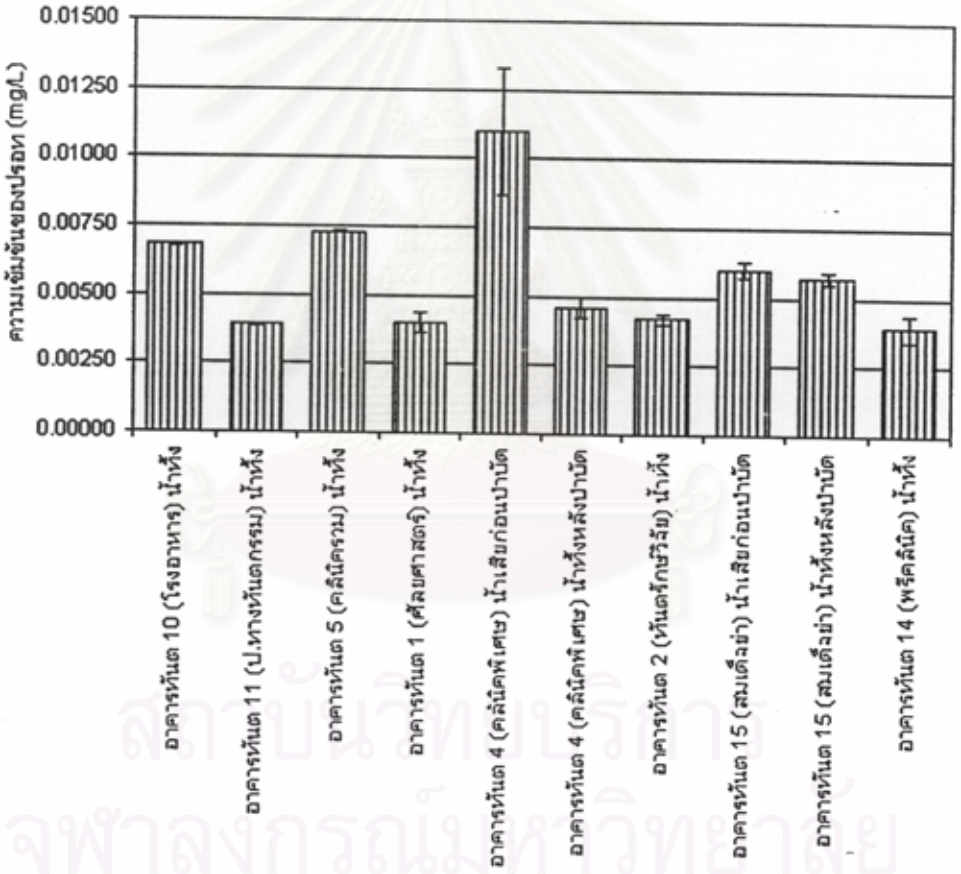
รูปที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วใช้เทคนิค Graphite Furnace ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โมเดล UNICAM 989 QZ โดยมี Detection Limit สำหรับตะกั่ว = 1.5 พิโคกรัม

จากค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลย-ศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02171, 0.02108, 0.02133, 0.02759, 0.02274, 0.02530, 0.01969, 0.02236, 0.02570

และ 0.03341 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.00795, 0.01295, 0.00992, 0.01497, 0.00915, 0.01211, 0.00719, 0.00768, 0.01148 และ 0.01105 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ในตารางที่ จ-1) จะเห็นว่าปริมาณตะกั่วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) [4] ซึ่งกำหนดให้ปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัม/ลิตร

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท



<u>รูปที่ 4-3</u> ค่าเฉลี่ยปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณปรอทใช้เทคนิค Cold-Vapor Atomic Absorption ด้วยเครื่อง Mercury Analysis Tekran 2600 โดยมี Detection Limit สำหรับปรอท = 0.1 พิโคกรัม

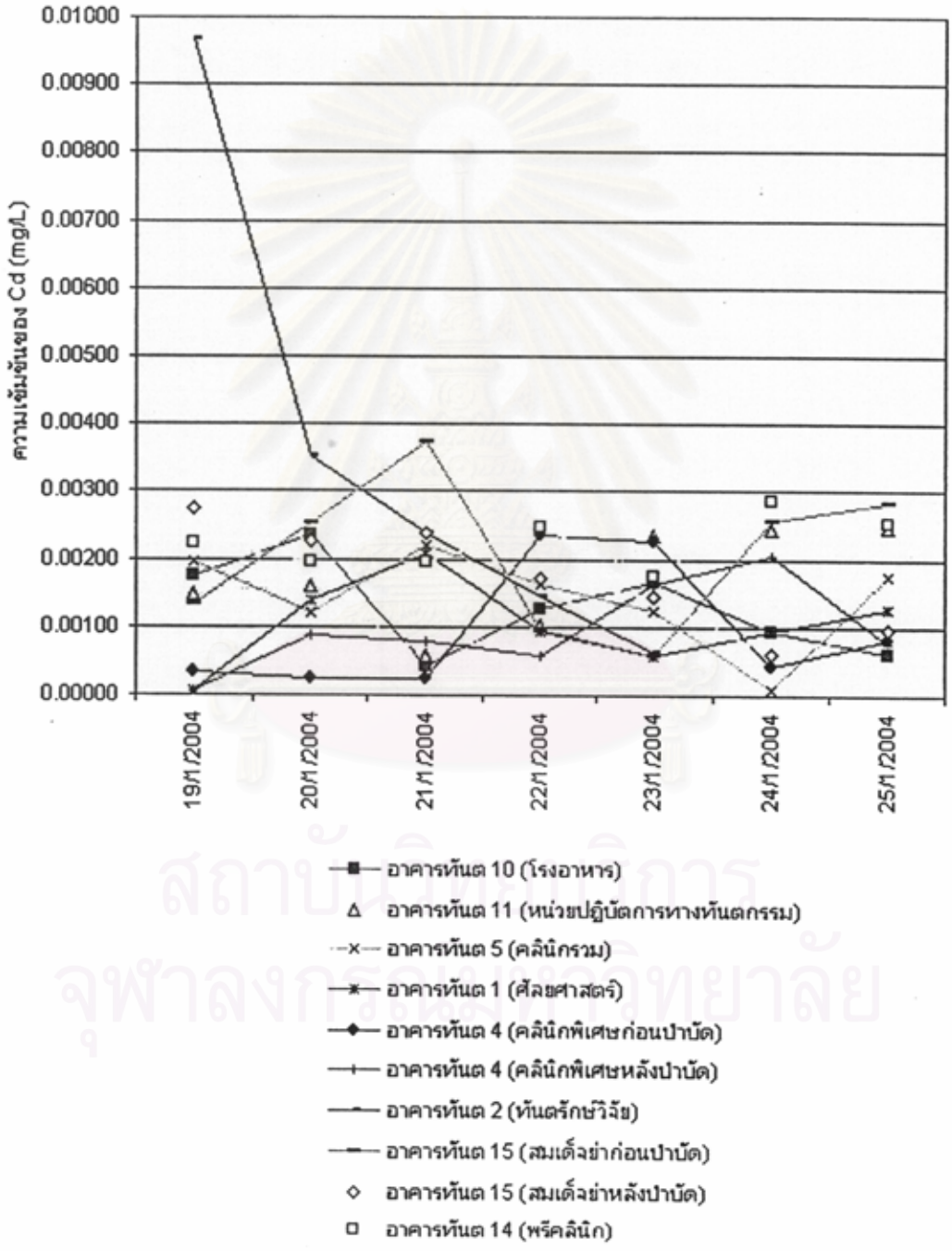
จากค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00390, 0.00400, 0.00460, 0.00420, และ 0.00390 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.00003, 0.00036, 0.00035, 0.00016, และ 0.00047 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ในตารางที่ จ-1) จะเห็นว่าปริมาณปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้

อาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 5 (คลีนิครวม), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00680, 0.00730, 0.01100, 0.00600, และ 0.00570 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.00003, 0.00004, 0.00231, 0.00030, และ 0.00024 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ในตารางที่ จ-1) จะเห็นว่าปริมาณปรอทสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) [4] กำหนดให้ปริมาณปรอทไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

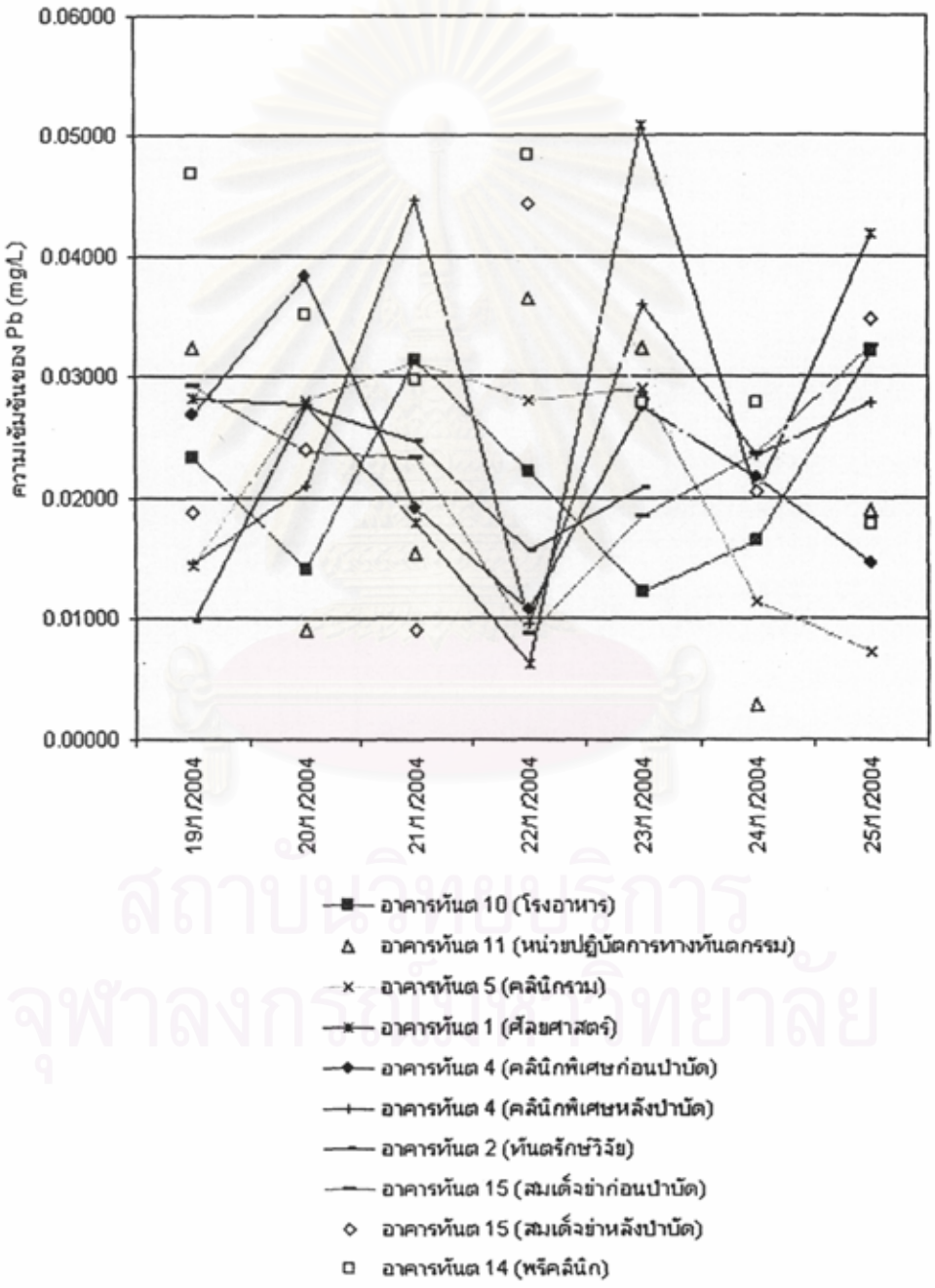
4.2 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักของอาคารต่าง ๆ จากผลการวิเคราะห์รายวัน

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของอาคารต่าง ๆ มาเขียนกราฟ จะสามารถเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักได้ดังนี้



รูปที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

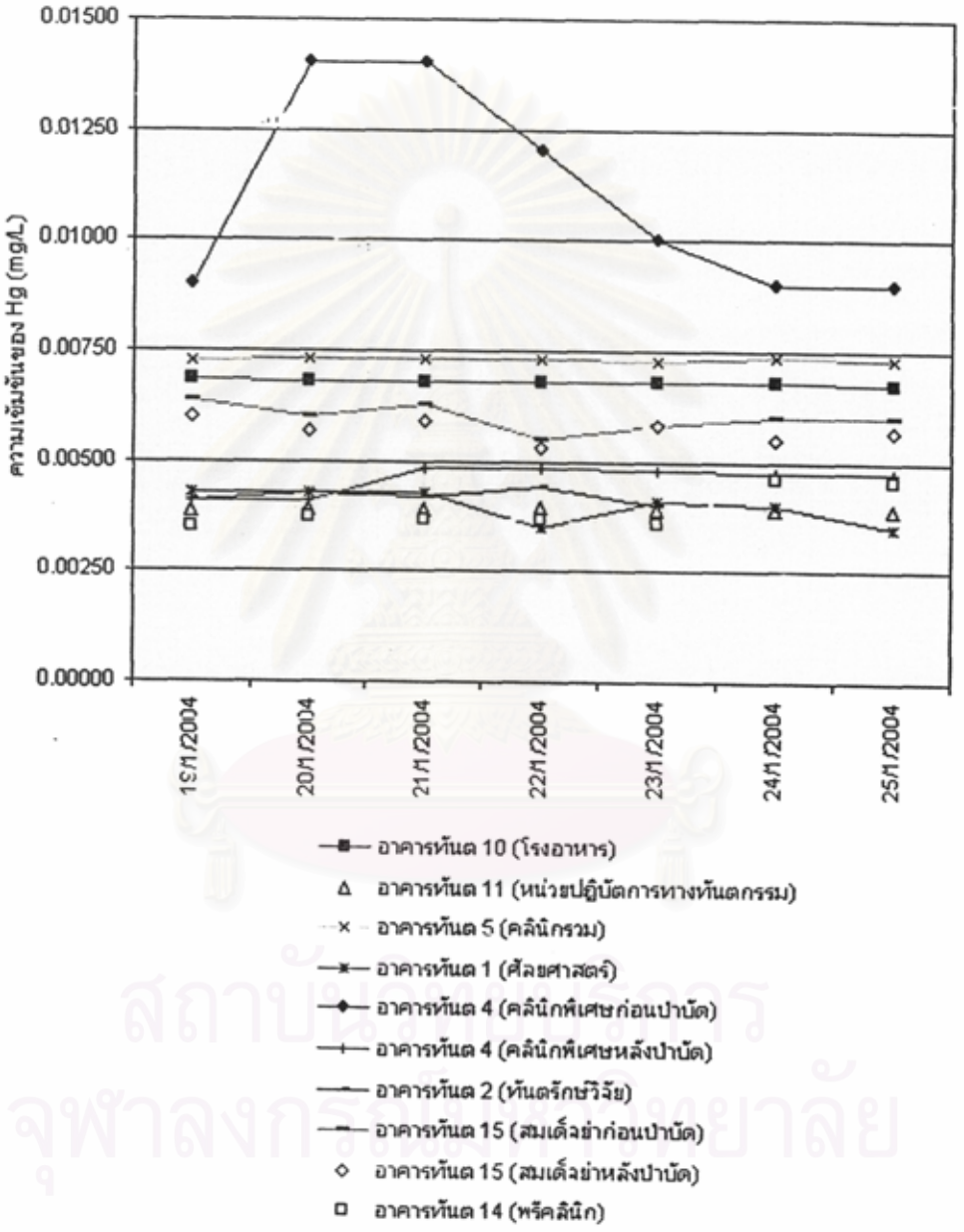
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 19 มกราคม 2547 อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) มีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.00967 มิลลิกรัม/ลิตร (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-1)



รูปที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 23 มกราคม 2547 อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) มีปริมาณตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.05085 มิลลิกรัม/ลิตร (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-1)

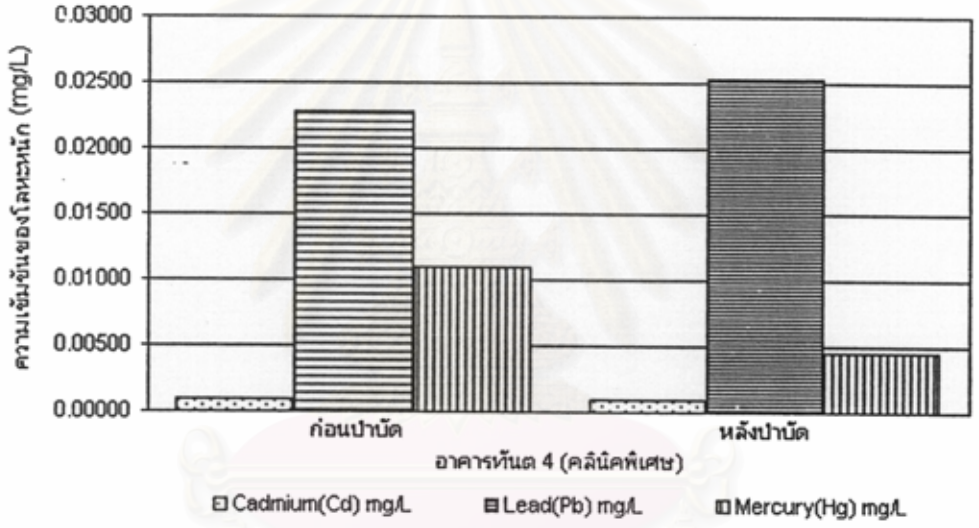


รูปที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 20 และ 21 มกราคม 2547 อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ ก่อนการบำบัด) มีปริมาณปรอทปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.01400 มิลลิกรัม/ลิตร (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-1)

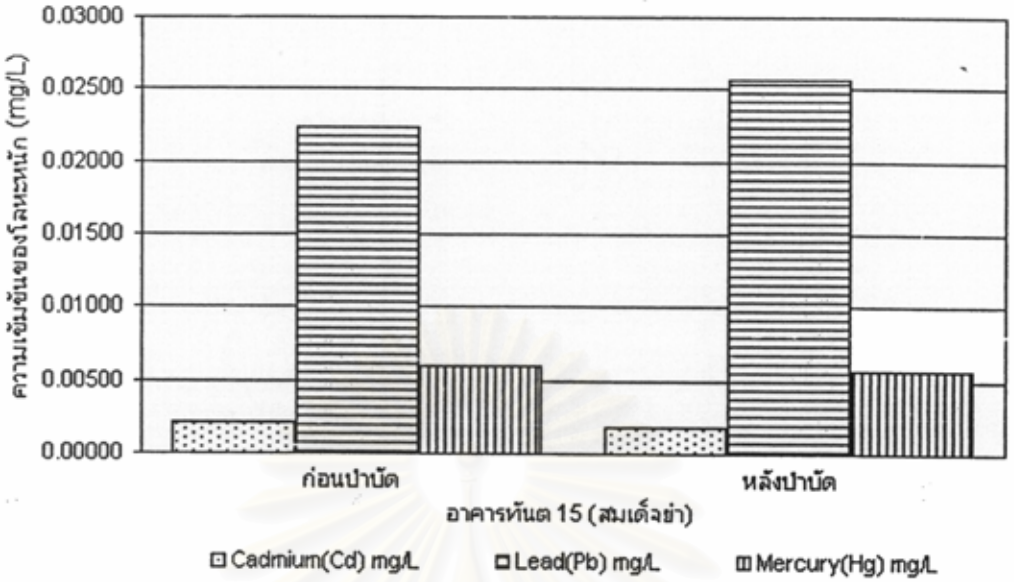
4.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด

เมื่อนำค่าปริมาณโลหะหนักก่อนและหลังการบำบัดของอาคารทันต 4 และอาคารทันต 15 มาเปรียบเทียบ จะได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4-7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) พบว่าหลังการบำบัดแคดเมียมแล้วมีปริมาณเพิ่มขึ้น 0.00001 มิลลิกรัม/ลิตร ตะกั่วมีปริมาณเพิ่มขึ้น 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และปรอทมีปริมาณลดลง 0.0064 มิลลิกรัม/ลิตร (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-3)



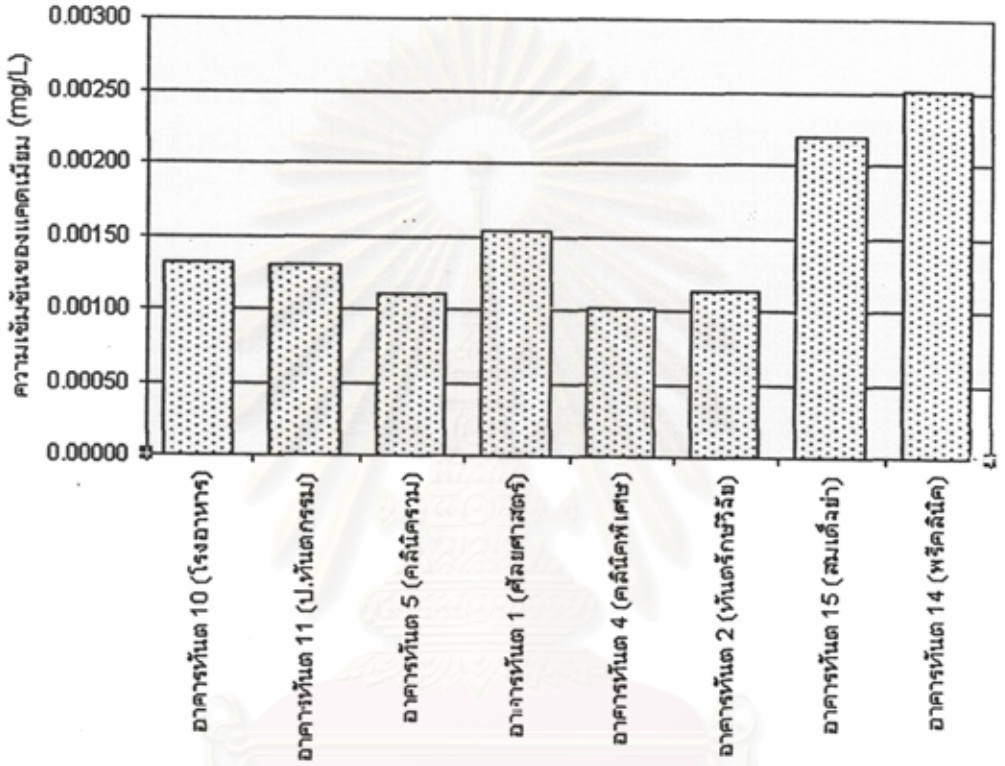
รูปที่ 4-8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) พบว่าหลังการบำบัดแคดเมียมแล้วจะมีปริมาณลดลง 0.00097 มิลลิกรัม/ลิตร ตะกั่วมีปริมาณเพิ่มขึ้น 0.00334 มิลลิกรัม/ลิตร และปรอทมีปริมาณลดลง 0.00030 มิลลิกรัม/ลิตร (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-3)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

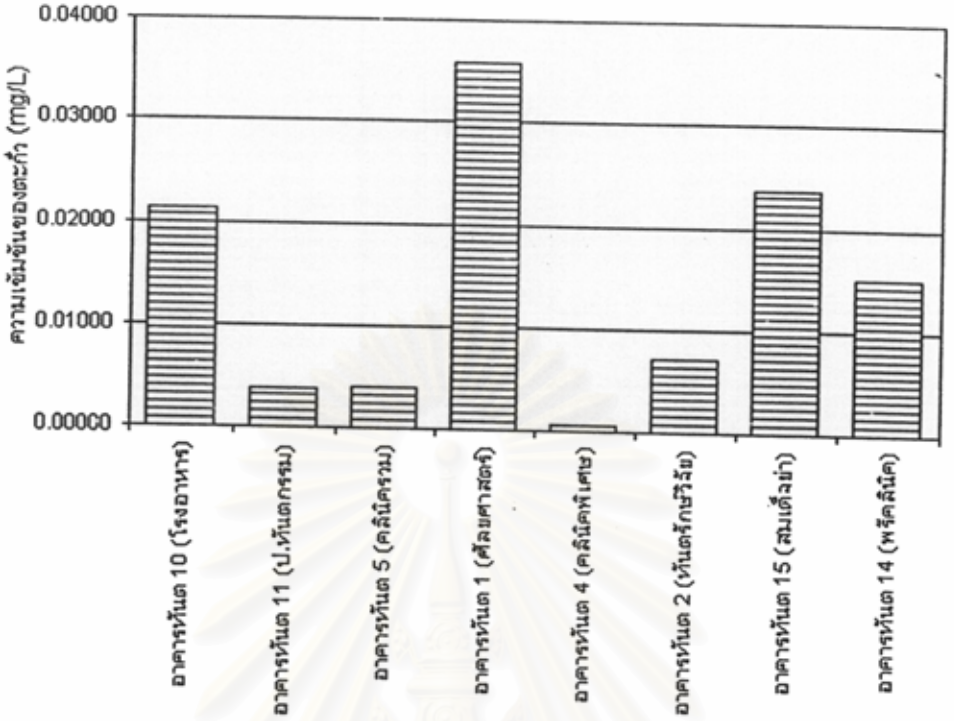
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำดี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในน้ำดี สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4-9 – 4-11 ตามลำดับ



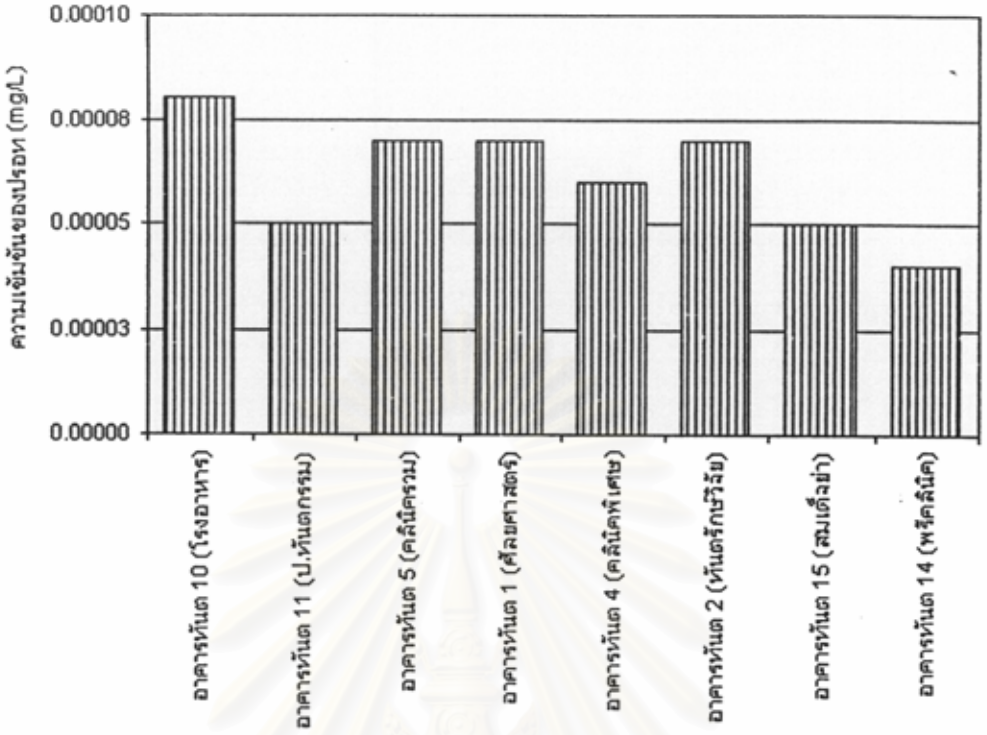
รูปที่ 4-9 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำดีของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ), อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า), และอาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเท่ากับ 0.00131, 0.00130, 0.00110, 0.00153, 0.00101, 0.00113, 0.00220 และ 0.00251 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-2) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) [5] และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) [6] กำหนดเกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุดในน้ำดีของแคดเมียมไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 4-10 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำดีของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม) อาคารทันต 5 (คลินิกรวม) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) และอาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเท่ากับ 0.02134, 0.00386, 0.00389, 0.03583, 0.00062, 0.00720, 0.02372 และ 0.01517 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-2) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) [5] และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) [6] กำหนดเกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุดในน้ำดีของตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร



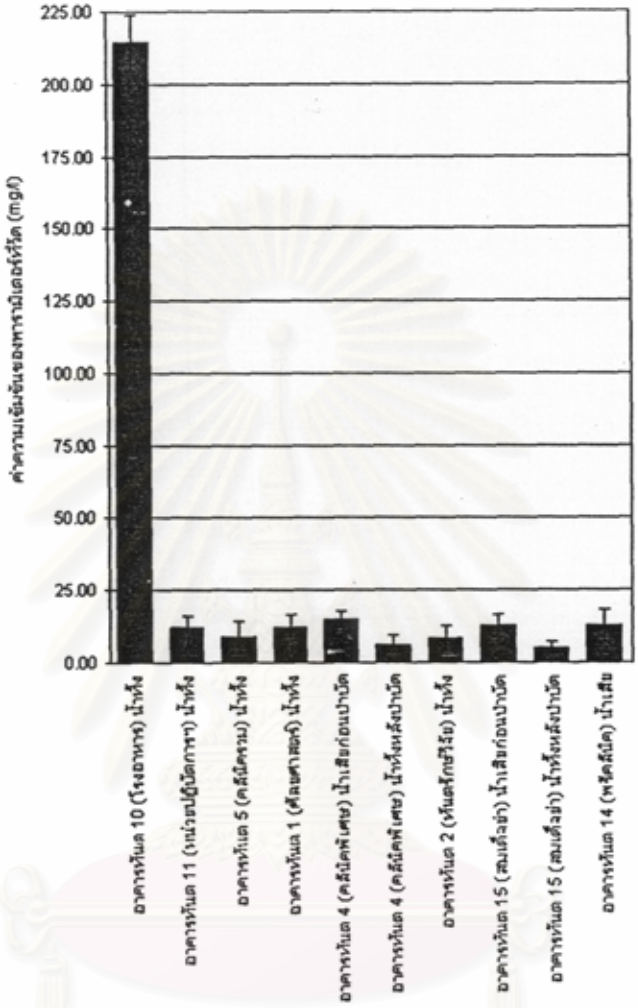
รูปที่ 4-11 ปริมาณปรอท (Hg) ในน้ำดีของแต่ละอาคาร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำดีของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม) อาคารทันต 5 (คลินิกรวม) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) และอาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเท่ากับ 0.00008, 0.00005, 0.00007, 0.00007, 0.00006, 0.00007, 0.00005 และ 0.00004 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-2) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) [5] และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) [6] กำหนดเกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุดในน้ำดีของปรอทไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัม/ลิตร

4.5 ค่าเฉลี่ยผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

ผลการตรวจวัดน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4-12

4.5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี



<u>รูปที่ 4-12</u> ค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดีในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

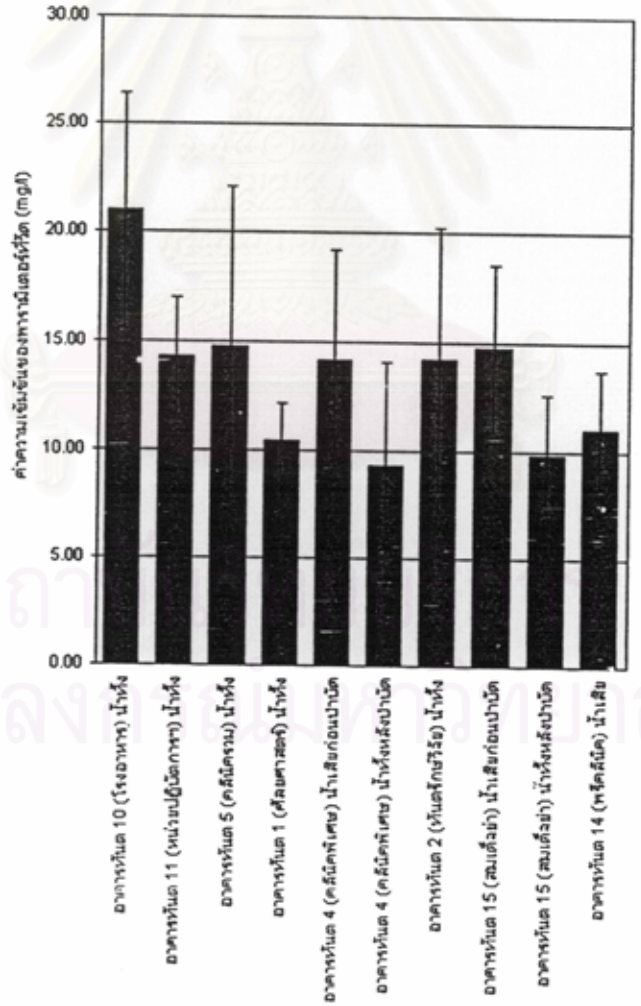
การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 5210, AWWA [13] วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

จากปริมาณบีโอดีในน้ำเสียและน้ำทิ้งจากอาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 12.29, 9.14, 12.14, 15.14, 6.29, 8.60, 12.86, 5.14, และ 12.71

มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.11, 5.64, 4.38, 2.73, 3.20, 4.34, 4.02, 2.19, และ 5.62 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) จะเห็นว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ส่วนอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) ของคณะทันตแพทยศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี 214.29 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.76 ซึ่งจะเห็นว่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ปริมาณบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร

4.5.2 ปริมาณน้ำมันและไขมัน



<u>รูปที่ 4-13</u> ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

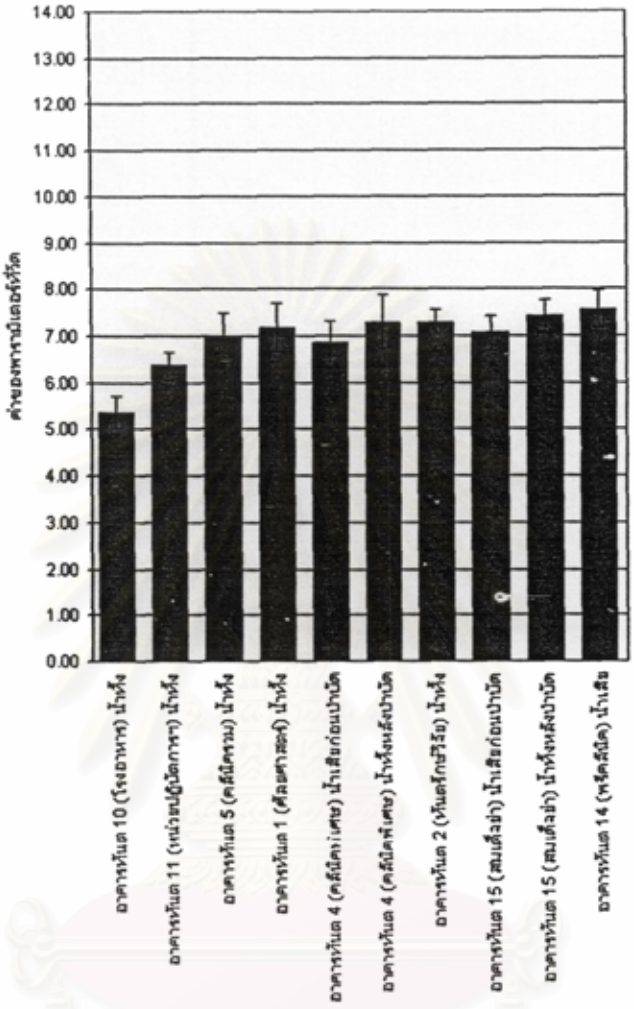
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมันปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 5520D, AWWA [13] โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร

จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสียและน้ำทิ้งจากอาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 14.29, 14.71, 10.43, 14.14, 9.29, 14.20, 14.71, 9.86, และ 11.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.69, 7.39, 1.72, 5.05, 4.79, 6.06, 3.82, 2.73 และ 2.71 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ส่วนอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมัน 21 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.45 พบว่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ปริมาณน้ำมันและไขมันไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.3 ค่าความเป็นกรด-เบส



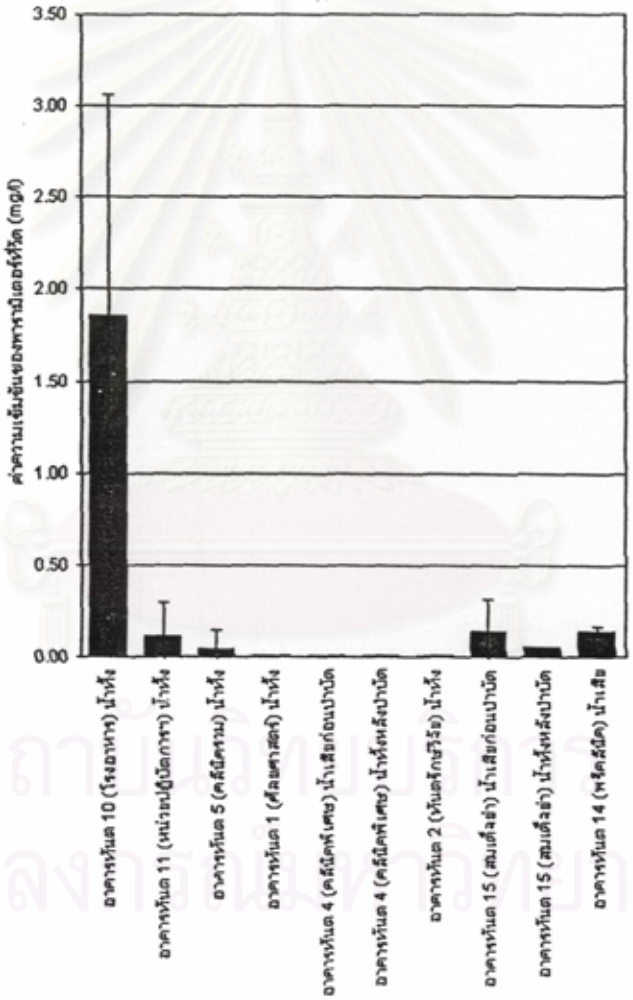
รูปที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวัดค่าความเป็นกรด-เบสปฏิบัติตาม Standard Method 4500–H(B), AWWA [13] ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ Metrohrm รุ่น 744 (Metrohm Siam Ltd.) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

จากค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสในน้ำเสียและน้ำทิ้งจากคณะทันตแพทยศาสตร์ อาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าความ

เป็นกรด-เบสเฉลี่ย 5.36, 6.36, 7.00, 7.19, 6.87, 7.29, 7.28, 7.06, 7.42 และ 7.57 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.35, 0.29, 0.49, 0.52, 0.43, 0.56, 0.27, 0.37, 0.34 และ 0.40 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] ที่กำหนดให้ค่าความเป็นกรด-เบสไว้ในช่วง 5 – 9

4.5.4 ปริมาณของแข็งตกตะกอน



รูปที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งตกตะกอนในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

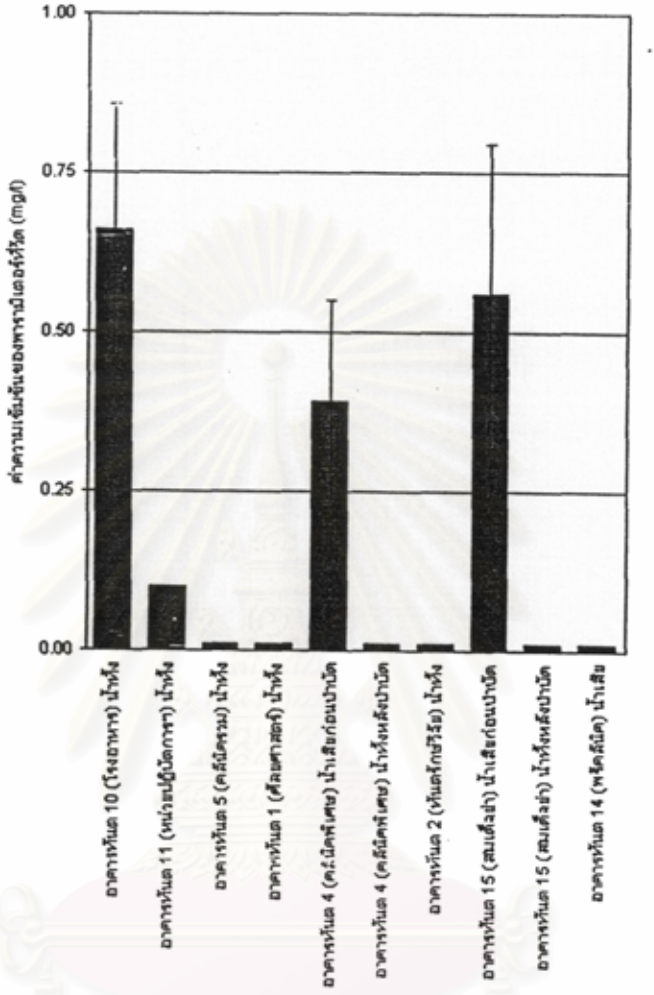
การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน (Sattleable solids, SS) ด้วยวิธี Imholf-cone ปฏิบัติตามขั้นตอนของ Standard Method 2540F (a. Volumetric), AWWA [13] โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

ของแข็งตกตะกอนในน้ำเสียและน้ำทิ้งมีลักษณะแยกตัว ตกตะกอนง่าย และสามารถเห็นได้ชัดเจน จากค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งตกตะกอนในน้ำทิ้งจากอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 1.86, 0.11, 0.04, ND, ND, ND, ND, 0.14, 0.05, 0.14 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.21, 0.19, 0.11, ND, ND, ND, ND, 0.18, 0.00, 0.02 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] ซึ่งกำหนดให้ค่าปริมาณของแข็งตกตะกอนไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

หมายเหตุ : ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.5 ปริมาณซัลไฟด์



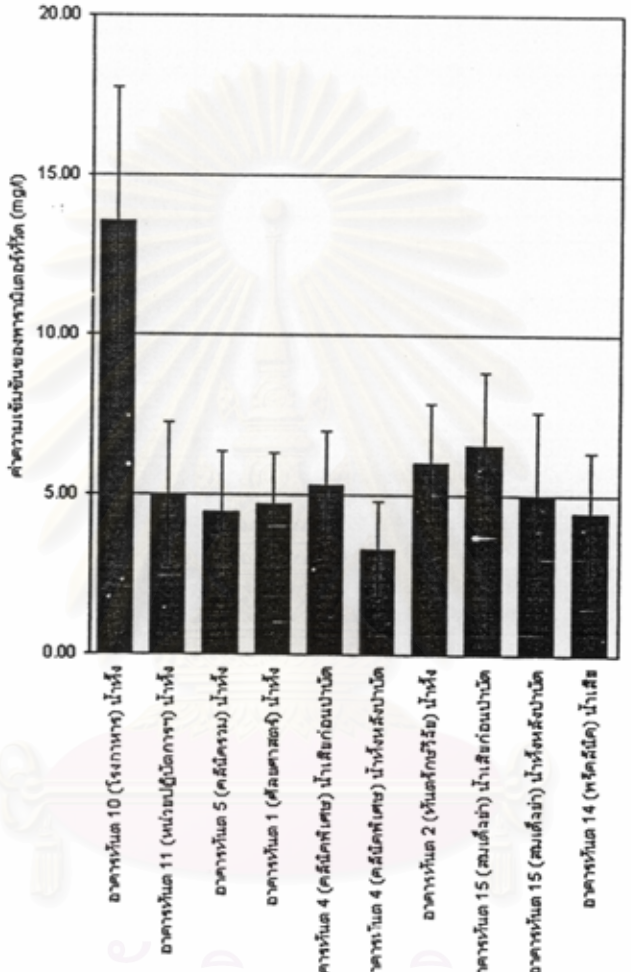
รูปที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลไฟด์ในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์นี้ปฏิบัติตามวิธีไอโอไดเมตริกของ Standard Method 4500F, AWWA [13] โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

จากค่าเฉลี่ยปริมาณซัลไฟด์ในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 0.66, 0.10, ND, ND, 0.39, ND, ND, 0.56, ND, ND มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.20, 0.00, ND, ND, 0.16, ND, ND, 0.23, ND, ND ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตาราง

ที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ปริมาณซัลไฟด์ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร

4.5.6 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น



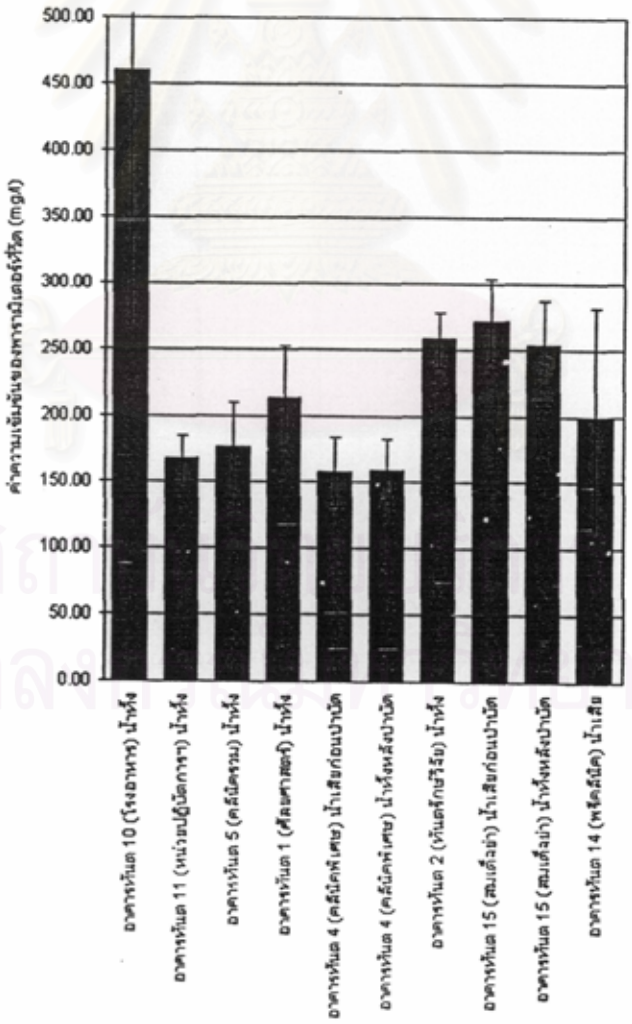
รูปที่ 4-17 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ด้วยวิธีเจล ดาลล์ (Kjeldahl) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร ปฏิบัติตาม Standard Method 4500 [13] โดยปริมาณทีเคเอ็น คือ ผลรวมของไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจน

จากค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1

(ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 13.57, 5.00, 4.43, 4.71, 5.29, 3.29, 6.00, 6.57, 5.00, 4.43 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.16, 2.24, 1.90, 1.60, 1.70, 1.50, 1.87, 2.30, 2.58, 1.90 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ค่าปริมาณไนโตรเจนไม่มากกว่า 35 มิลลิกรัม/ลิตร

4.5.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด



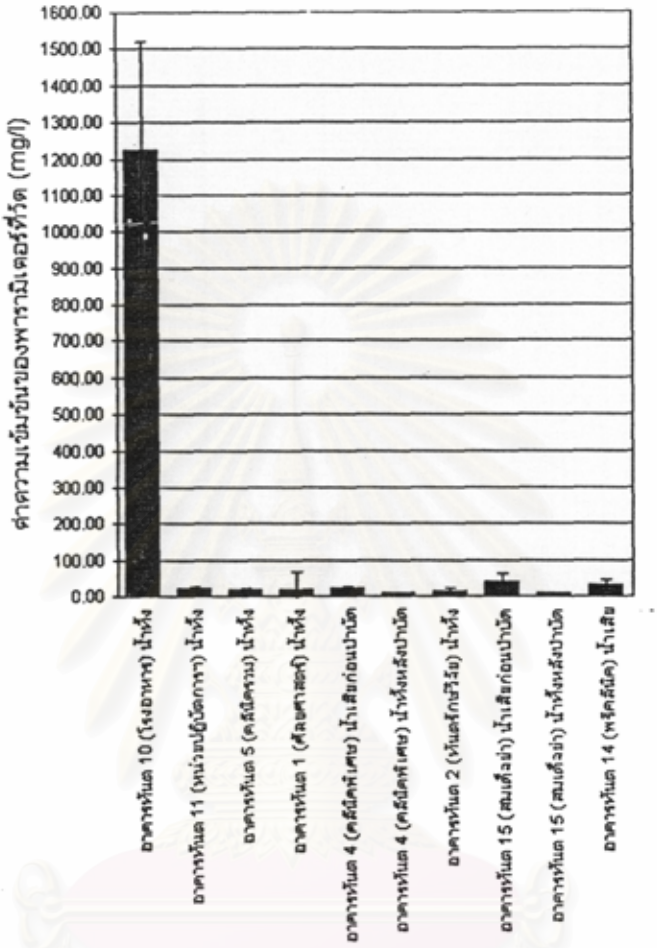
รูปที่ 4-18 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) ปฏิบัติตาม Standard Method 2540C [13] ด้วยวิธีระเหยแห้ง โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

จากค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร), อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการ ฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 459.86, 167.14, 176, 214.29, 157.71, 159.14, 258.20, 272.29, 254.00, 198.14 ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 192.18, 18.06, 38.23, 25.92, 23.05, 21.06, 31.26, 33.16, 84.01 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ค่าปริมาณสารละลายไม่มากกว่า 500 มิลลิกรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.8 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด



รูปที่ 4-19 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids, SS) นี้ ปฏิบัติตาม Standard Method 2540-D, AWWA [13] ด้วยวิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) โดยมี Detection Limit เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

จากค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสียและน้ำทิ้งของอาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ), อาคารทันต 5 (คลินิกรวม), อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์), อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด, อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย), อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด, อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) หลังการบำบัด, อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) มีค่าเฉลี่ย 24.29, 17.14, 20.00, 24.29, 10.00, 14.00, 40.00, 10.00, 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.08,

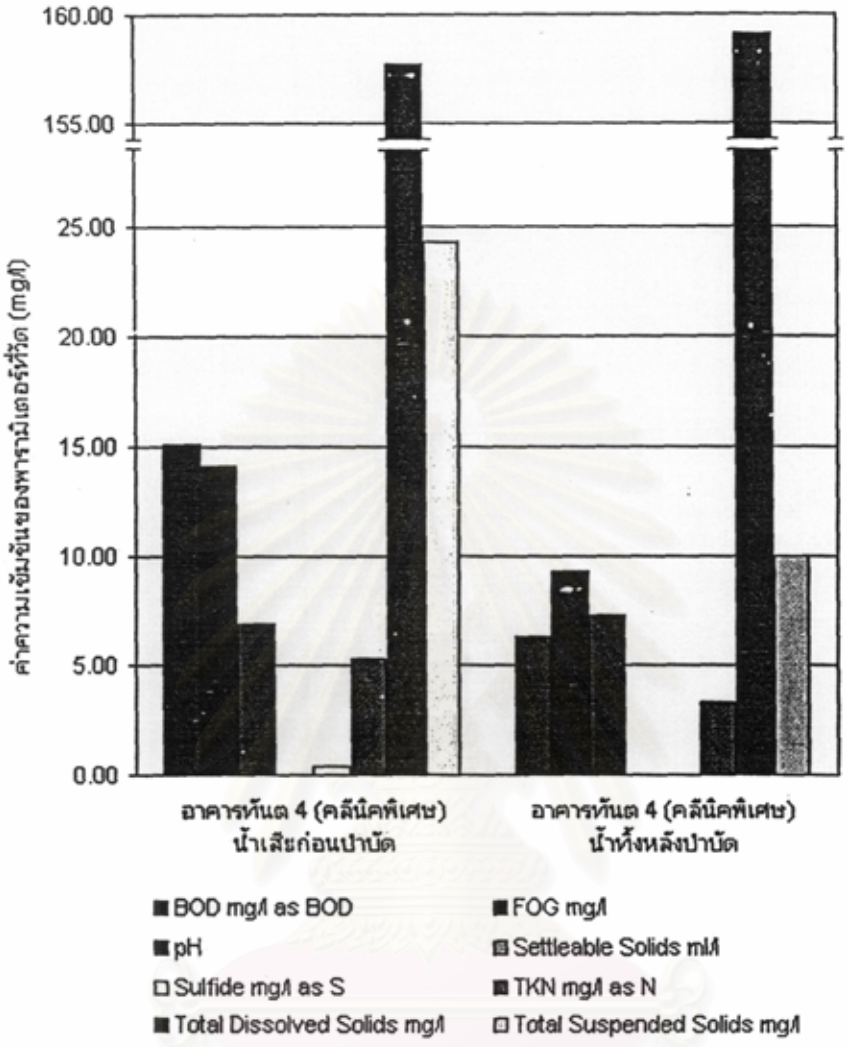
5.48, 47.25, 4.08, 0.00, 7.07, 24.49, 0.00, 16.73 ตามลำดับ (ดูรายละเอียดผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ จ-4) พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ส่วนของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) มีค่าเฉลี่ย 1225.71 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 294.38 พบว่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] กำหนดให้ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/ลิตร

4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด

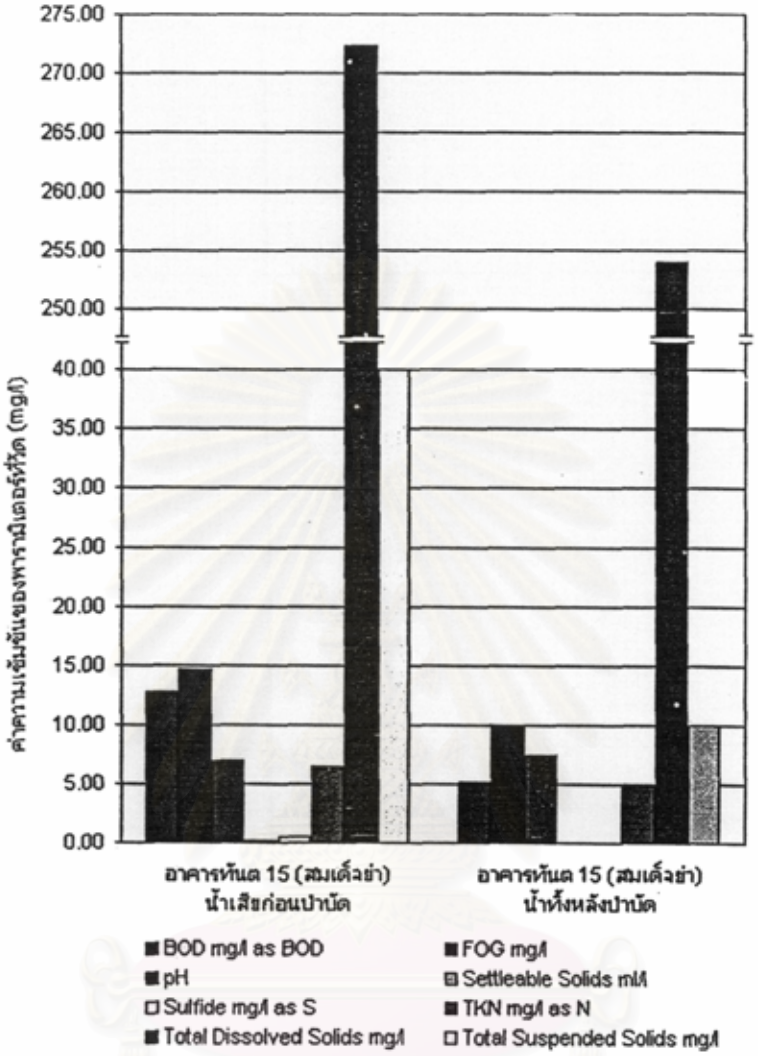
เมื่อนำค่าคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัดของอาคารทันต 4 และอาคารทันต 15 มาเปรียบเทียบ จะได้ดังรูปต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-20 คุณภาพของน้ำเสีย (ก่อนการบำบัด) และน้ำทิ้ง (หลังการบำบัด) ของอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี, ปริมาณน้ำมันและไขมัน, ค่าความเป็นกรด-เบส, ปริมาณของแข็งตกตะกอน, ปริมาณซัลไฟด์, ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด พบว่าค่าดังกล่าวทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง (ดูตารางที่ จ.4)



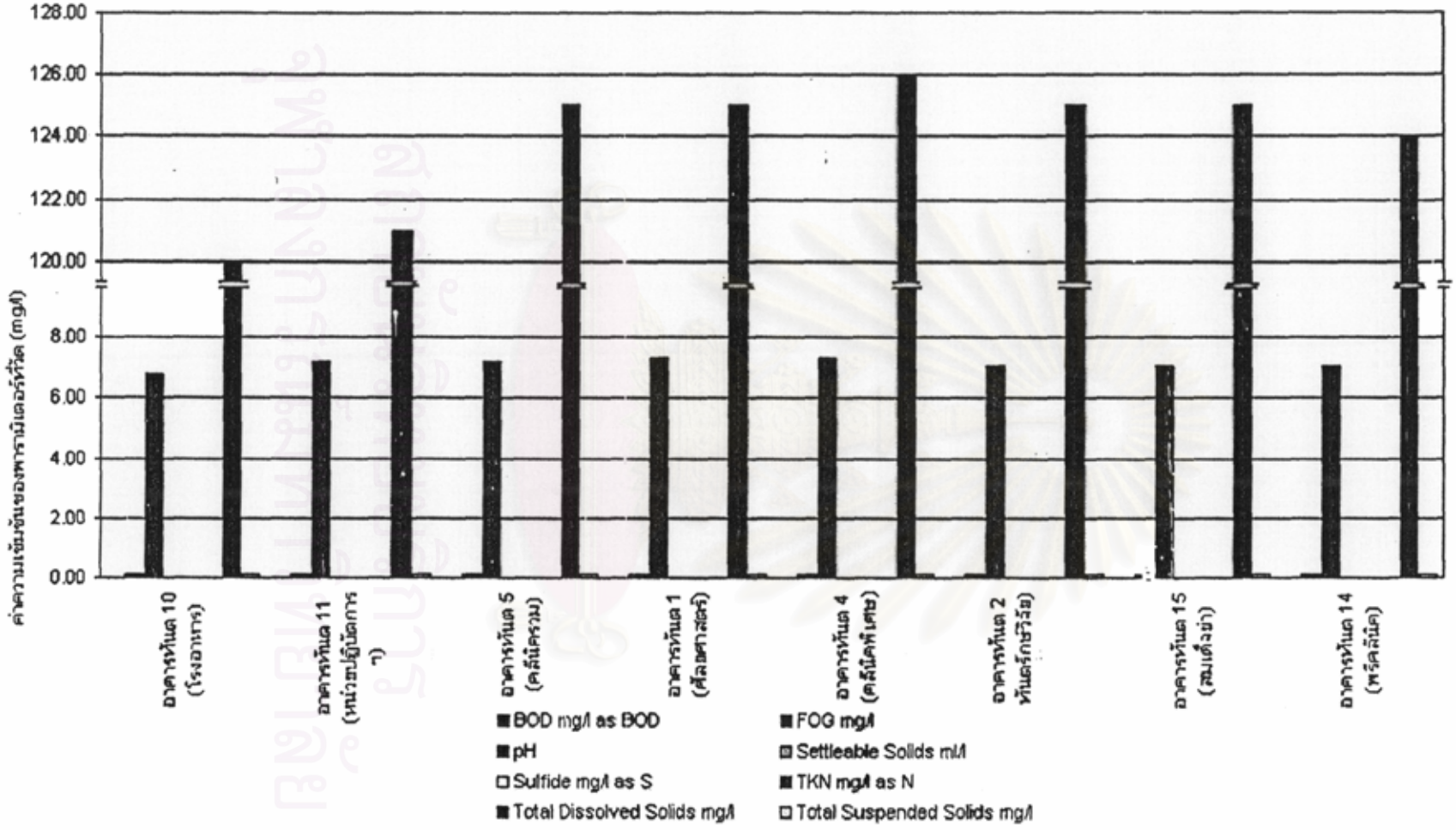
รูปที่ 4-21 คุณภาพของน้ำเสีย (ก่อนการบำบัด) และน้ำทิ้ง (หลังการบำบัด) ของอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี, ปริมาณน้ำมันและไขมัน, ค่าความเป็นกรด-เบส, ปริมาณของแข็งตกตะกอน, ปริมาณซัลไฟด์, ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด พบว่าค่าดังกล่าวทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง (ดูตารางที่ จ.4)

4.7 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดีของอาคารต่าง ๆ ภายในคณะทันตแพทยศาสตร์แสดงในภาคผนวก จ-3 และสรุปได้ในรูปที่ 4-22

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-22 คุณภาพน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดีของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติมาตรฐานน้ำทิ้งทุกค่า กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดีไม่สามารถตรวจวัดได้, ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันและไขมันไม่สามารถตรวจวัดได้, ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ย 7.14, ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งตกตะกอนไม่สามารถตรวจวัดได้, ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลไฟด์ไม่สามารถตรวจวัดได้, ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนไม่สามารถตรวจวัดได้, ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 124.00 มิลลิกรัม/ลิตร, ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่สามารถตรวจวัดได้

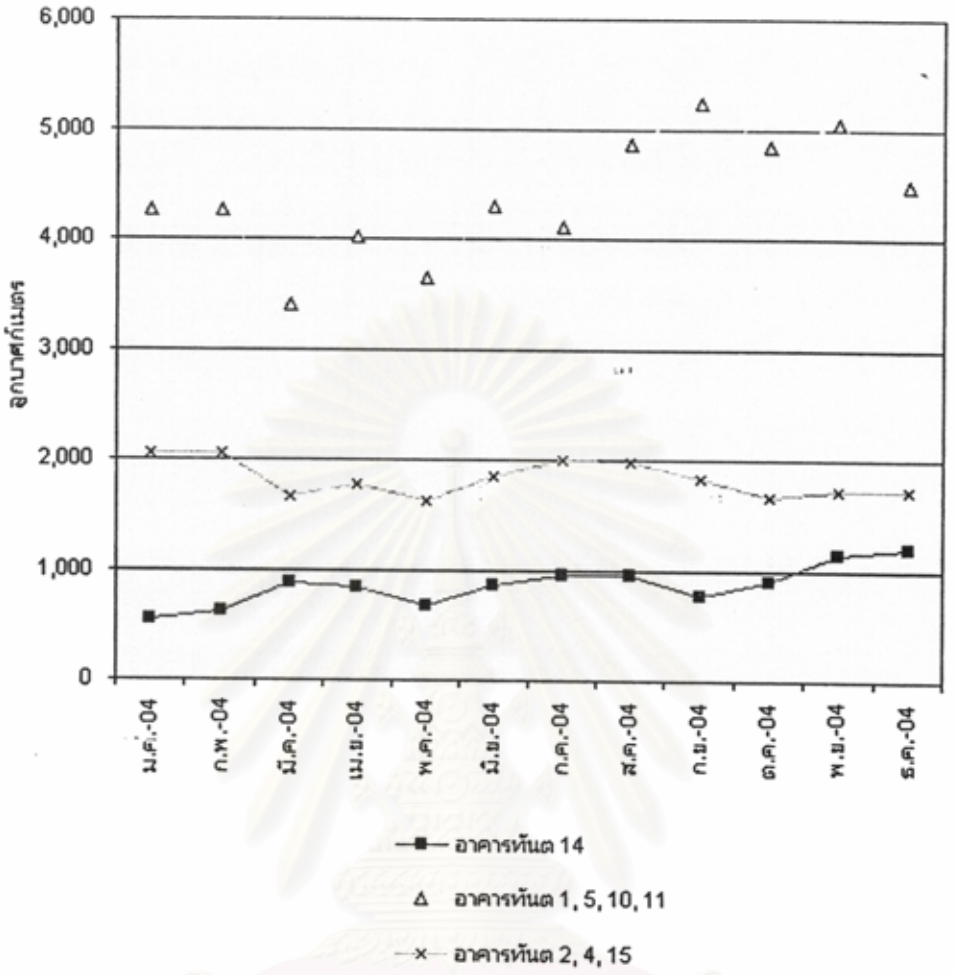
กล่าวโดยสรุปได้ว่า น้ำดีจากคณะทันตแพทยศาสตร์มีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี, ปริมาณน้ำมันและไขมัน, ความเป็นกรด-เบส, ปริมาณของแข็งตกตะกอน, ปริมาณซัลไฟด์, ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด, อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

4.8 ปริมาณน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

เนื่องจากคณะทันตแพทยศาสตร์มีการระบายน้ำทิ้งแบบหลายทิศทาง จึงไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งได้ ดังนั้น จำเป็นต้องประเมินปริมาณของน้ำทิ้งจากสถิติการใช้น้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์แทน

ผลการประเมินปริมาณน้ำทิ้งจากปริมาณการใช้น้ำประปาภายในคณะฯ สามารถสรุปได้ในรูปที่ 4-16 (ดูรายละเอียดในตารางที่ จ-6)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-23 ปริมาณการใช้น้ำประปาภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

5.1 บทวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้ง

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นสถาบันการศึกษาของรัฐที่มีบทบาทและภารกิจในด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการให้บริการทางคลินิกทันตกรรม จากภารกิจดังกล่าว คณะฯ จึงให้ความสำคัญในด้านสาธารณสุขมวลชนอย่างมาก และนำไปสู่การทำวิจัยสถาบัน โดยเริ่มจากการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ หรือไม่

เกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ในน้ำทิ้งของแคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม 2539 [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน 2539 [4] กำหนดไว้ไม่เกิน 0.03, 0.20 และ 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของปริมาณบีโอดีไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร, FOG ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร, ความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 5 – 9, ปริมาณของแข็งตกตะกอนไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณซัลไฟด์ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร, TKN ไม่มากกว่า 35 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่มากกว่า 500 มิลลิกรัม/ลิตร, และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่มากกว่า 30 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศ ณ วันที่ 10 มกราคม 2537 [2] ที่กำหนดไว้

เกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุดในน้ำดีของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน 2524 [5] และแก้ไขเพิ่มเติมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534 [6] กำหนดไว้ไม่เกิน 0.005, 0.05 และ 0.002 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

จากผลการสำรวจสถานที่เพื่อกำหนดจุดและวิธีการจัดเก็บตัวอย่างน้ำของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ พบว่า อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม) อาคารทันต 5 (คลินิครวม) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) และอาคารทันต 14 (พรีคลินิก) เป็นอาคารที่มีกิจกรรมด้านการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการทดลอง การทำวิจัย และให้บริการทางทันต-กรรม ส่วนอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) เป็นอาคารโรงอาหารที่มีกิจกรรมด้านการอุปโภคบริโภค ซึ่งทุกอาคารมีข้อจำกัดทางกายภาพคล้ายกัน คือ เป็นอาคารที่ปลูกสร้างและใช้งานมาเป็นเวลานาน ระบบสาธารณูปโภคชำรุดทรุดโทรมและไม่ได้มาตรฐาน มีการปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มเติมท่อระบายน้ำทิ้ง ทำให้การระบายน้ำของอาคารเป็นแบบหลายจุดและหลายทิศทาง (ดูแบบแปลนแนวท่อระบายน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ ในภาคผนวก ฉ-1) เช่น ระบายน้ำจากท่อน้ำทิ้งลงบริเวณใต้ตัวอาคาร ระบายน้ำจากท่อน้ำทิ้งลงสู่รางน้ำไปยังบ่อพักน้ำหรือผิวดิน และมีการระบายน้ำทิ้งด้วยวิธีการเชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำใต้ดินโดยตรง จึงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อระบายน้ำหลักของแต่ละอาคารได้ ซึ่งจากข้อจำกัดทางกายภาพดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุให้โลหะหนักที่ตรวจพบมีปริมาณมากหรือน้อยกว่าความเป็นจริง และยังทำให้ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งของคณะฯ ได้ ดังนั้น จึงต้องทำการประเมินปริมาณของน้ำทิ้งจากปริมาณการใช้น้ำประปาภายในคณะฯ แทน

ส่วนอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) และอาคารทันต 4 (คลินิกบริการทันตกรรมพิเศษ) เป็นอาคารที่มีการปรับปรุงและทำการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบเติมอากาศ (Biological aeration system) จึงทำให้สามารถกำหนดจุดที่จะทำการจัดเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อพักน้ำก่อนการบำบัด และน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำหลังการบำบัดได้

จากค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมและตะกั่วในน้ำทิ้งของทุกอาคาร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม [4] ซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้ไม่เกิน 0.03 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทพบว่าในน้ำทิ้งจากอาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้ ยกเว้นของอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) อาคารทันต 5 (คลินิกรวม) และอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่รับได้เล็กน้อย คือ 0.00680, 0.00730 และ 0.00570 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ยังไม่ถึงระดับความเป็นพิษ ซึ่งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [3] และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม [4] กำหนดค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า

1) ช่วงเวลาที่ทำการจัดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเป็นช่วงเวลาที่อาคารต่าง ๆ ดังกล่าว อยู่ระหว่างการให้บริการทางทันตกรรมหรือมีการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ และมีการใช้สารปรอทเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น เมื่อผ่านการชะล้างจึงมีการปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งสูงกว่าปกติ
2) อาคารที่ไม่สามารถจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อระบายน้ำของอาคารได้ จะต้องจัดเก็บจากบ่อพักน้ำประจำอาคารนั้น ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมและฟุ้งกระจายของปรอทที่อยู่ภายในบ่อพักน้ำได้
3) อาคารที่มีระบบบำบัดน้ำเสียจะจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อพักน้ำทิ้งหลังการบำบัด ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมและฟุ้งกระจายของปรอทภายในระบบบำบัดน้ำเสียได้
4) ระบบบำบัดน้ำเสียขาดการดูแลและบำรุงรักษา อาจเกิดการสะสมและปนเปื้อนจากตัวเครื่องจักรเอง และไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับการกำจัดโลหะหนัก

จากการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักของอาคารต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ในแต่ละวัน พบว่าในวันที่ 19 มกราคม 2547 อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) มีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อน

อยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.00967 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 23 มกราคม 2547 อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) มีปริมาณตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.05085 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 20 และ 21 มกราคม 2547 อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด มีปริมาณปรอทปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งสูงสุด คือ 0.01400 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป ผู้ออกแบบมักจะพิจารณาจากปริมาณสูงสุดของสารเคมีและวัตถุอันตรายที่จะต้องทำการบำบัด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในแต่ละวัน พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง ปริมาณโลหะหนักที่พบในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างกระจัดกระจาย ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า

1) ในแต่ละวันมีปริมาณการใช้โลหะหนัก สารเคมีและวัตถุอันตรายไม่เท่ากัน และไม่สัมพันธ์กันในแต่ละวัน
2) ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณการใช้โลหะหนัก ปริมาณการใช้สารเคมีและวัตถุอันตราย ลักษณะของการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการทดลอง การทำวิจัย และลักษณะการให้บริการทางทันตกรรมในแต่ละวัน

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดของอาคารอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) และอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) พบว่ามีปริมาณแคดเมียมไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก ปริมาณตะกั่วเพิ่มสูงขึ้น ส่วนปริมาณปรอทลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า

1) เกิดการสะสมและฟุ้งกระจายของโลหะหนักภายในระบบบำบัดน้ำเสีย
2) ระบบบำบัดน้ำเสียขาดการดูแลและบำรุงรักษา จึงอาจเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนจากเครื่องจักรภายในระบบบำบัดน้ำเสีย
3) ระบบบำบัดน้ำเสียไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับการกำจัดสารโลหะหนัก จึงไม่สามารถกำจัดสารโลหะหนักได้

จากผลการวิเคราะห์น้ำดีพบว่าปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท จากอาคารต่าง ๆ ดังกล่าว มีค่าต่ำกว่าปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำทิ้ง และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอนุโลม

สูงสุดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน 2524 [5] และแก้ไขเพิ่มเติมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534 [6]

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งโดยทั่วไปของคณะทันตแพทยศาสตร์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ตัวอย่างของน้ำทิ้งอาคารทันต 10 (โรงอาหาร) ปริมาณบีโอดีเฉลี่ย 214.29 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณน้ำมันและไขมันเฉลี่ย 21.00 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ย 1225.71 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งค่ามาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดให้ปริมาณบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณน้ำมันและไขมันไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สาเหตุที่น้ำทิ้งจากอาคารนี้มีปริมาณบีโอดี น้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ไม่เป็นไปตามมาตรฐานนั้น อาจเป็นไปได้ว่าเกิดจาก

1) น้ำทิ้งจากการประกอบกิจกรรมอาหารมีสารแขวนลอยหลุดมากับน้ำทิ้งในปริมาณมาก ดังผลที่ได้ในหัวข้อผลการทดลองค่าบีโอดี

2) ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงที่มีการประกอบอาหาร จึงมีผลให้น้ำทิ้งจากการประกอบอาหารในช่วงปฏิบัติการมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดสูง ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมประกอบอาหาร

ผลการทดลองน้ำทิ้งจากโรงอาหาร ณ เวลานั้นที่มีค่าบีโอดี น้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเกินค่ามาตรฐาน ไม่ถือว่าเป็นปัญหาใหญ่เพราะสามารถแก้ไขได้ง่ายโดยการโกยตะกอนก้นบ่อที่มีปริมาณมากทิ้งอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ สภาพรวมของระบบทั่วไปยังมีความปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์ทางน้ำเสียเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำทิ้งเพื่อนำไปใช้ประกอบการพัฒนาสิ่งแวดล้อมของคณะทันตแพทยศาสตร์ต่อไป

สรุปได้ว่า จากผลการศึกษาวิจัยตามวัตถุประสงค์ของโครงการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้งเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้ง และการศึกษาข้อมูลในเชิงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจาก

การใช้วัสดุทางทันตกรรม สารเคมีและวัตถุอันตรายภายในคณะฯ ทำให้ทราบว่าน้ำเสีย/น้ำทิ้งของอาคารต่าง ๆ ภายในบริเวณคณะฯ มีปริมาณโลหะหนัก สารเคมีและวัตถุอันตรายปนเปื้อนอยู่จริงตามข้อสมมุติฐาน คือ จากการนำน้ำดีไปใช้ในกิจกรรมด้านการเรียนการสอน จากการให้บริการทางทันตกรรมภายในห้องปฏิบัติการ และจากการอุปโภคบริโภค

โลหะหนักในน้ำทิ้งอาจมาจากการให้บริการผู้ป่วยโดยเฉพาะการอุดฟันด้วยอะมัลกัม หรือจากสารเคมีที่ใช้ด้านการเรียนการสอนและการทำวิจัย ในการให้บริการแก่ผู้ป่วย วัสดุทางทันตกรรมบางประเภทปัจจุบันยังมีส่วนผสมของโลหะหนัก ได้แก่ วัสดุอุดฟันชนิดอะมัลกัม วัสดุอุดฟันดังกล่าวมีส่วนผสมหลัก คือ เงิน และปรอทบริสุทธิ์ ในขณะทำการผสมวัสดุอุดฟันดังกล่าว ปรอทส่วนเกินจากการผสมจะถูกบีบทิ้งในภาชนะจำเพาะเพื่อนำไปทิ้งอย่างเป็นระบบ และวัสดุที่มีส่วนผสมถูกต้องจะถูกนำไปอุดฟันให้แก่ผู้ป่วย วัสดุดังกล่าวในปัจจุบันยังมีใช้อยู่ในทางทันตกรรมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงเรียนและในกระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากวัสดุดังกล่าวได้รับการยอมรับและใช้มาเป็นระยะเวลานานกว่า 100 ปี และมีราคาถูก ในขณะที่ทันตแพทย์อุดฟันหรือรื้อวัสดุอุดฟันเพื่อทำการอุดใหม่ วัสดุส่วนเกินจะถูกบ้วนทิ้งลงในอ่างบ้วนปาก และไหลไปรวมกับน้ำเสียของอาคาร

ธรรมชาติของโลหะหนักจะตกตะกอนและจับตัวกับสารอินทรีย์หรือตะกอนดินที่อยู่ก้นบ่อพักน้ำหรือท่อทางน้ำ หากทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินจากก้นบ่อพักน้ำมาศึกษาวิจัยอาจพบปริมาณโลหะหนักเพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการสะสมของปริมาณโลหะหนัก ประกอบกับเกือบทุกอาคารไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อของอาคารได้ จึงเป็นไปได้ว่าโลหะหนักที่มาในรูปของอะมัลกัมเมื่อออกจากปลายท่อจะตกลงไปรวมกับตะกอนดินทันที แต่ถ้าเมื่อใดที่มีปัจจัยอื่นมากระทำ เช่น ความร้อน ภาวะความเป็นกรด-เบส เป็นต้น โลหะหนักที่อยู่ในรูปของอะมัลกัม หรือโลหะหนักที่จับตัวกับสารอินทรีย์และตะกอนดิน ก็จะสามารถแตกตัวออกจากกันได้ จะมีก็แต่เพียงชิ้นเล็ก ๆ ที่สามารถฟุ้งกระจายไปตามน้ำได้เท่านั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีวิธีการแยก จัดเก็บ และกำจัดปรอทส่วนเกินอย่างเป็นระบบในขณะผสมวัสดุอุดฟันและการจัดการกากวัสดุที่ไม่ใช้แล้วหรือวัสดุที่รื้อจากฟันผู้ป่วย เพื่อไม่ให้มีการปนเปื้อนของ

ปรอทในน้ำเสีย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดมาตรการในทางปฏิบัติโดยเคร่งครัด เพื่อลดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

2) เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ภายในคณะฯ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบเติมอากาศ (Biological aeration system) ซึ่งไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับใช้บำบัดโลหะหนัก จึงทำให้ปริมาณปรอทสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย แต่ยังไม่ถึงระดับความเป็นพิษ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงควรทำการแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียก่อนที่จะทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ ไม่เช่นนั้นจะทำให้โลหะหนักมีปริมาณสะสมสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในคณะฯ และถ้าอนาคตน้ำทิ้งเหล่านี้ออกจากคณะฯ ก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกและชุมชนใกล้เคียง ซึ่งการแยกทิ้งโลหะหนักในภาชนะที่จัดเตรียมไว้แล้วนำไปกำจัดในภายหลังจะประหยัดและมีความยุ่งยากน้อยกว่ามาก

3) ควรมีการเก็บตัวอย่างน้ำไปตรวจสอบคุณภาพเป็นประจำหลังการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียภายในคณะฯ แล้ว

4) ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ภายในคณะฯ ควรได้รับการบำรุงรักษา ดูแลทำความสะอาดและตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานอย่างสม่ำเสมอ

5) ควรมีการออกแบบปรับปรุงท่อทางระบายน้ำ

6) การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตามคำแนะนำในบทที่ 2 ควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

6.1) ระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถแก้ไขและรองรับปัญหาที่คณะประสบอยู่ โดยนำผลจากการสังเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ

6.2) งบประมาณที่เหมาะสม

6.3) พื้นที่และบริเวณที่เหมาะสม

6.4) ผู้รับผิดชอบดูแลระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.

[2] ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศ ณ วันที่ 10 มกราคม 2537.

[3] ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม 2539.

[4] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน 2539.

[5] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน 2524.

[6] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (พ.ศ. 2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ประกาศ ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2534.

[7] เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS). (2544) ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ กรมควบคุมมลพิษ.

[8] Tchobanoglous, G. and Burton, F. L. (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. (3rd ed.) Singapore: McGraw-Hill. 1334 pages.

[9] Emmanuel, E. et al. (2005) "Fate of Glutaraldehyde in Hospital Wastewater and Combined Effects of Glutaraldehyde and Surfactants on Aquatic Organisms." Environment International 31: 399-406.

[10] Emmanuel, E.; Perrodin, Y.; Keek, G.; Blanchard, J. M.; and Vermande, P. (2005) "Ecotoxicological Risk Assessment of Hospital Wastewater: A Proposed Framework for Raw Effluents Discharging into Urban Sewer Network." *Journal of Hazardous Materials A117*: 1-11.

[11] พักตร์วิมล เพียรล้ำเลิศ, ธงชัย พรรณสวัสดิ์, วินัย สมบูรณ์, และจุไรรัตน์ สวัสดิภาพ (2540) การสำรวจการกำจัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[12] ชัชรี สุชาติล้ำพงศ์ และคณะ. (2536). การวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งของคณะทันตแพทย์ศาสตร์ และสถานทันตกรรม. ว.ทันต. 43(5): 276-285.

[13] Clesceri, L. S.; Greenberg, A. E.; and Eaton, A. D. (Eds.). (1998) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 20th Ed. Maryland: United Book Press.

[14] ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2540.

[15] กรมควบคุมมลพิษ. นโยบายป้องกันและขจัดมลพิษภายใต้นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540-59.

[16] ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2540). "คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย" พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (สวสท).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

นิยามศัพท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 นิยามศัพท์

ศัพท์	ความหมาย
สิ่งแวดล้อม	สิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ทำขึ้น [2,3]
คุณภาพของสิ่งแวดล้อม	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ อากาศ เสียง และสภาวะอื่น ๆ ของสิ่งแวดล้อม ซึ่งกำหนดเป็นเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม [2,3]
ผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ดุลยภาพของธรรมชาติ อันได้แก่ สัตว์ พืช และทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ และสิ่งที่มนุษย์ทำขึ้น ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีพของประชาชน และความสมบูรณ์สืบไปของมนุษยชาติ [2,3]
น้ำทิ้ง	น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2539 [2,3]
โลหะหนัก	โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร [2,3]
น้ำเสีย	ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น [2,3]
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)	หมายถึง ปริมาณความสกปรกของน้ำ โดยเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ [16]
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Suspended Solids, SS)	หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร) [16]
ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	หมายถึง ค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน [H^+] ในสารละลาย [16]
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)	หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และสามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อกรองของแข็งแขวนลอยออก แล้วเอาน้ำใสที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไประเหย จะได้ปริมาณของแข็ง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร) [16]

ตารางที่ ก-1 นิยามศัพท์ (ต่อ)

ซัลไฟด์ (Sulfide)	หมายถึง ค่าสารประกอบกำมะถันในน้ำทิ้ง [16]
น้ำมันและไขมัน (Fats, Oil and Grease, FOG)	หมายถึง ปริมาณน้ำมันและไขมันที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน สามารถละลายรวมกันได้ในตัวทำลาย [16]
ของแข็งตกตะกอน (Settleable Solids)	หมายถึง ปริมาณตะกอนที่จมตัวได้ดีเมื่อตั้งตัวอย่างน้ำทิ้งไว้นิ่ง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ลูกบาศก์เซนติเมตร/ลูกบาศก์เดซิเมตร/ชั่วโมง) [16]
ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)	หมายถึง ผลบวกระหว่างออร์กานิกไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่อยู่ในโปรตีนของพืชหรือสัตว์ หรือที่เกิดจากกระบวนการของสิ่งมีชีวิต [16]
ปรอท (Mercury, Hg)	ปรอทเป็นโลหะสีขาวคล้ายเงิน เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ สามารถทำให้เป็นของแข็งได้แต่เปราะที่อุณหภูมิปกติ ปรอทสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ ทำให้เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ง่ายขึ้น [2,3]
ตะกั่ว (Lead, Pb)	ตะกั่วเป็นโลหะอ่อน สีเทาเงินหรือแกมเงิน มีจุดหลอมเหลว 327°C แต่ในการเชื่อมบัดกรีใช้ผสมกับดีบุก ทำให้จุดหลอมเหลวลดลงเหลือ 200°C พบได้ทั่วไปในดิน หิน น้ำ พืช และอากาศ [2,3]
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	แคดเมียมเป็นโลหะหนัก มีสีขาว ฟ้า เป็นมันวาว มีลักษณะเนื้ออ่อน สามารถบิดโค้งงอได้และถูกตัดได้ง่ายด้วยมีด มักอยู่ในรูปแท่ง แผ่น เส้นลวด หรือเป็นผงเม็ดเล็ก ๆ [2,3]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

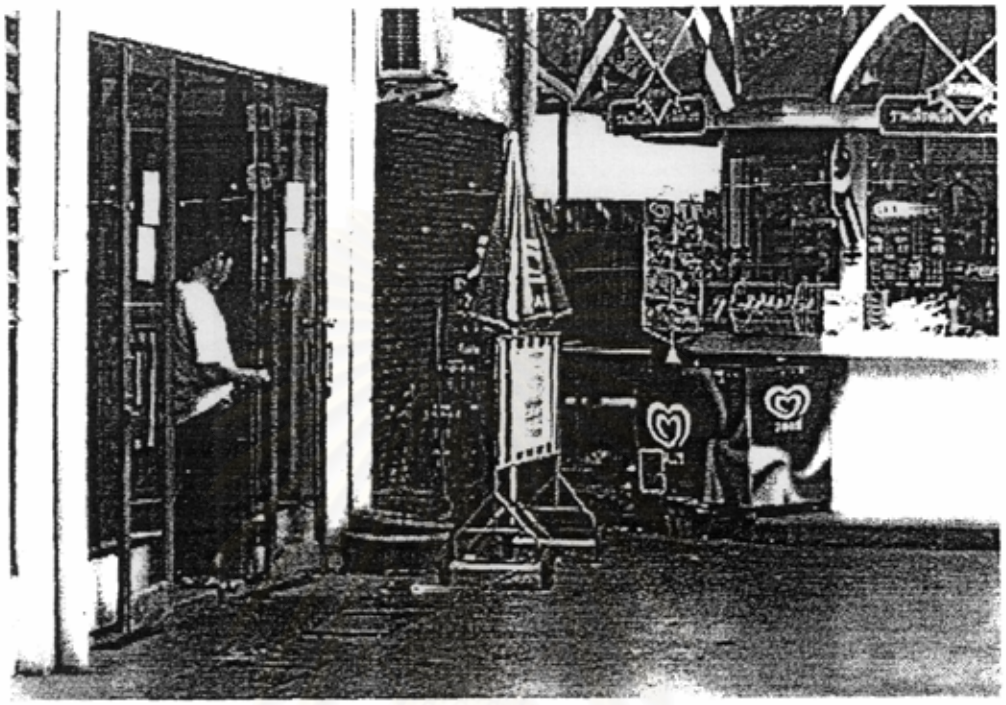
ภาคผนวก ข.

ภาพการจัดเก็บและรักษาคุณภาพน้ำ

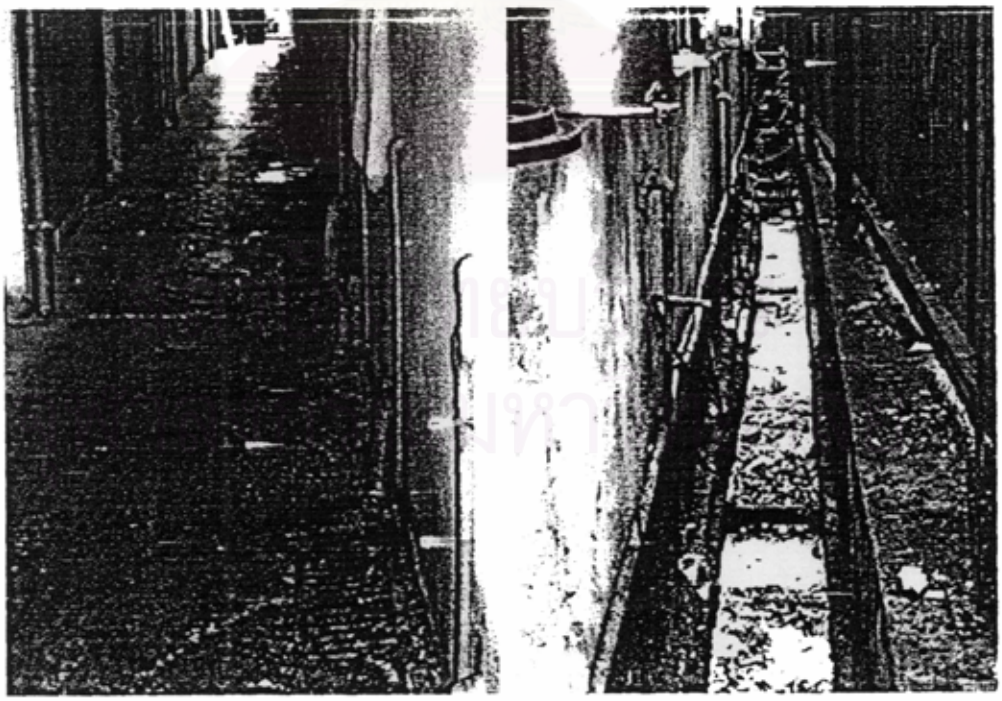
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

1) อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)



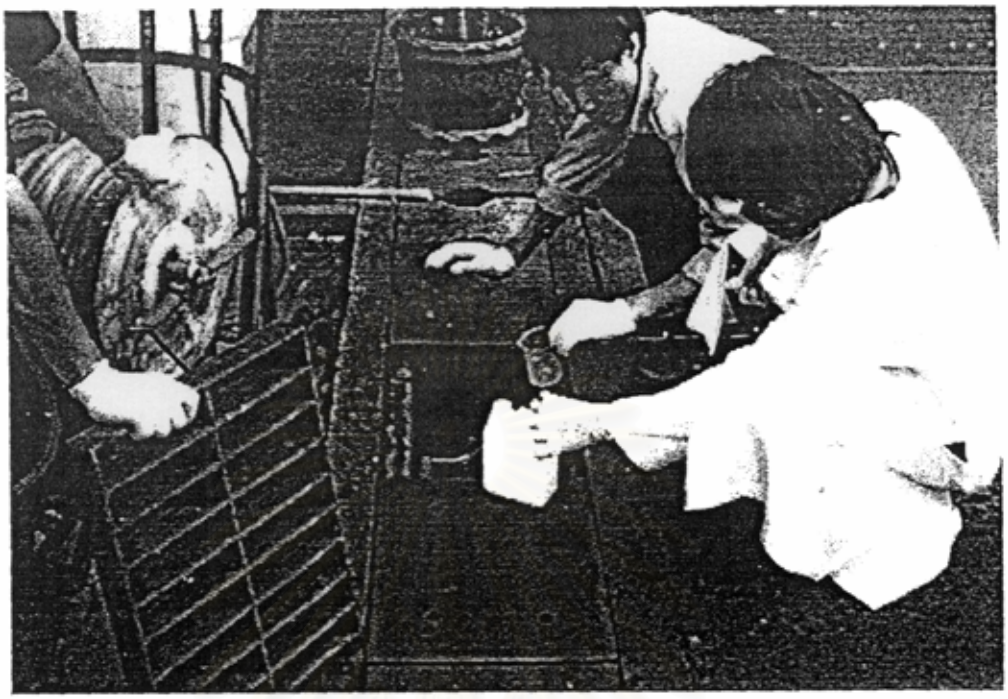
รูปที่ ข-1 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 10 (โรงอาหาร)



รูปที่ ข-2 รางน้ำ

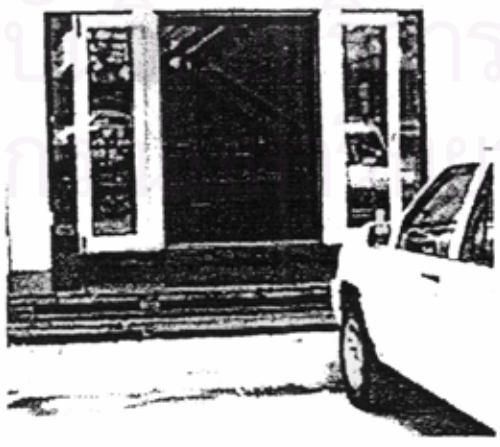
รูปที่ ข-3 บ่อดักไขมัน

รูปที่ ข-4 การเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านบ่อดักไขมัน

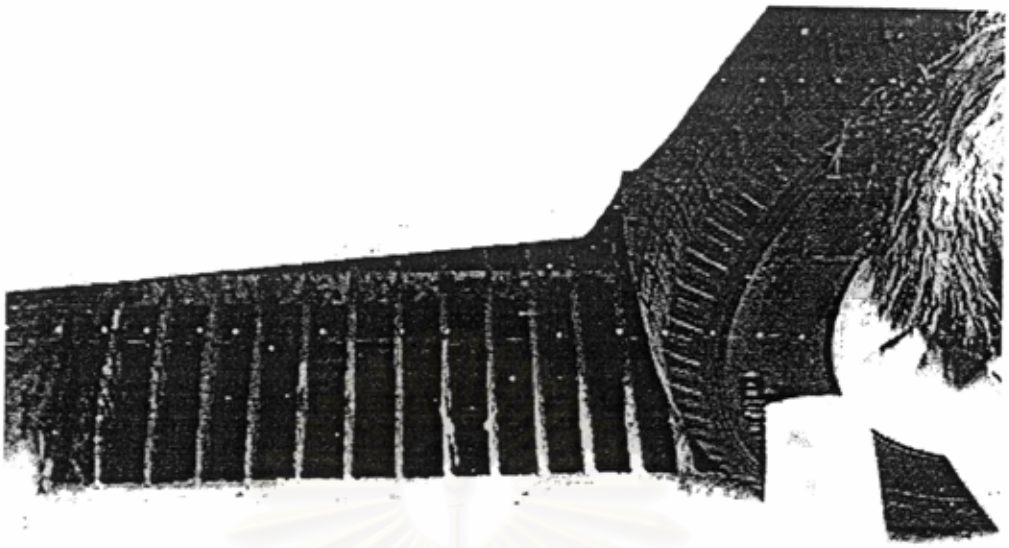


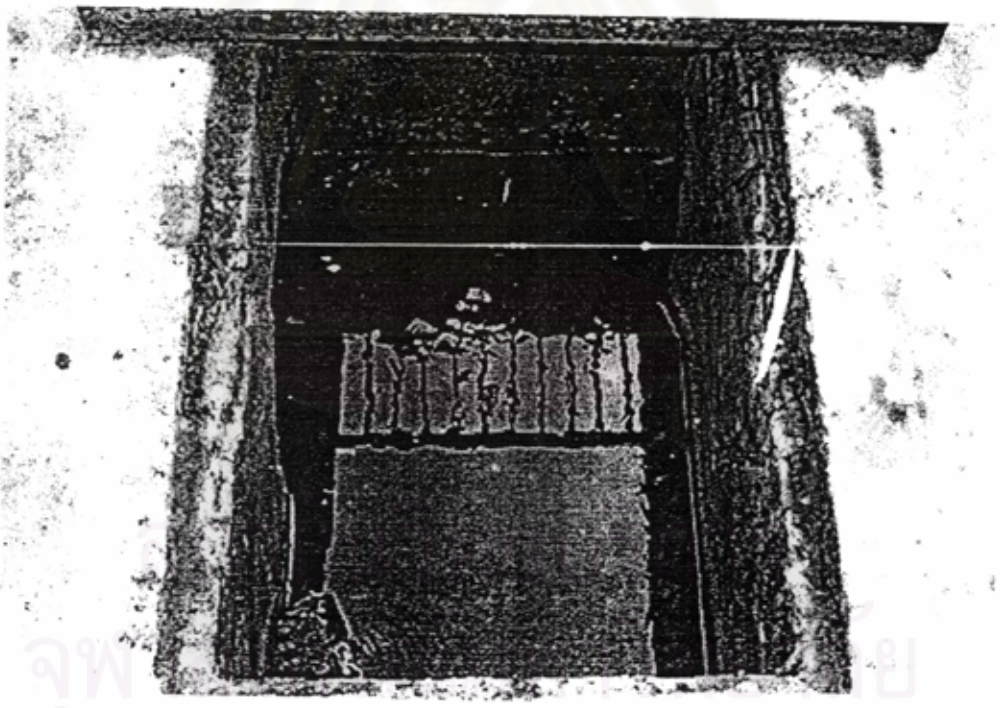
รูปที่ ข-4 การเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านบ่อดักไขมัน (ต่อ)

2) อาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม)

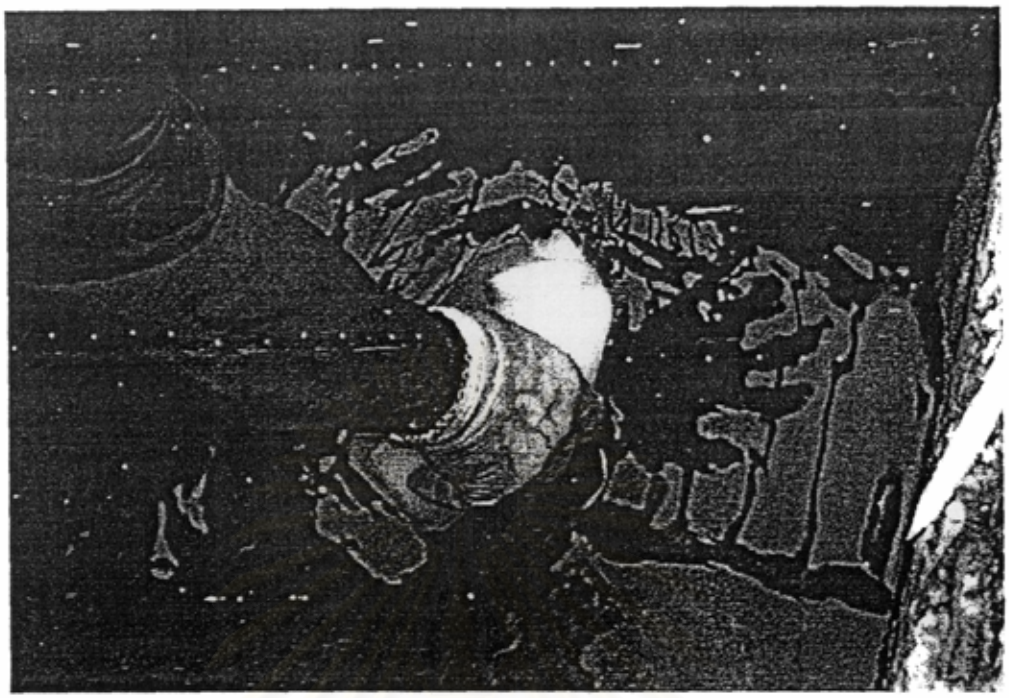


รูปที่ ข-5 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 11 (ปฏิบัติการทางทันตกรรม)





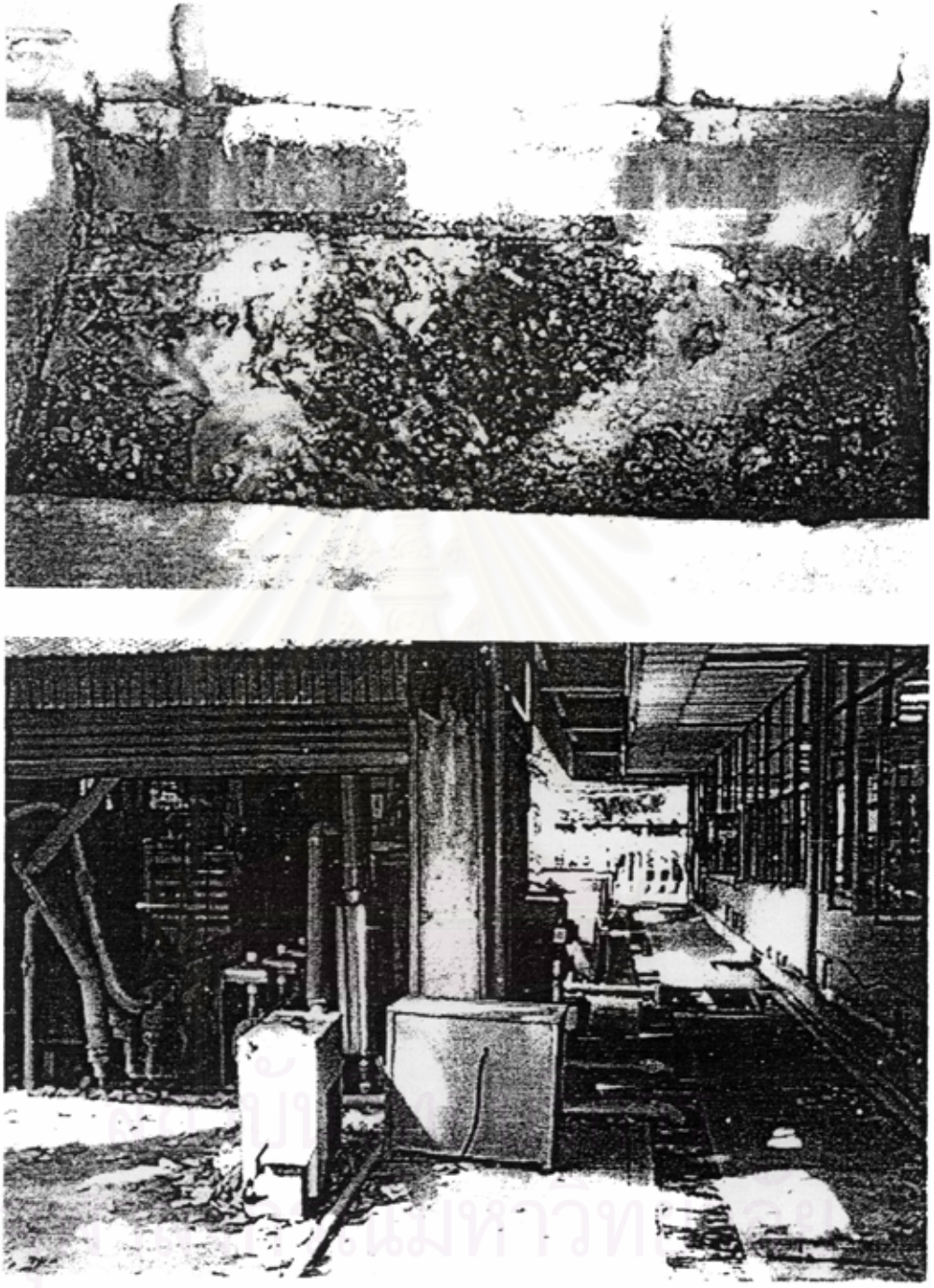
รูปที่ ข-6 บ่อพักน้ำ



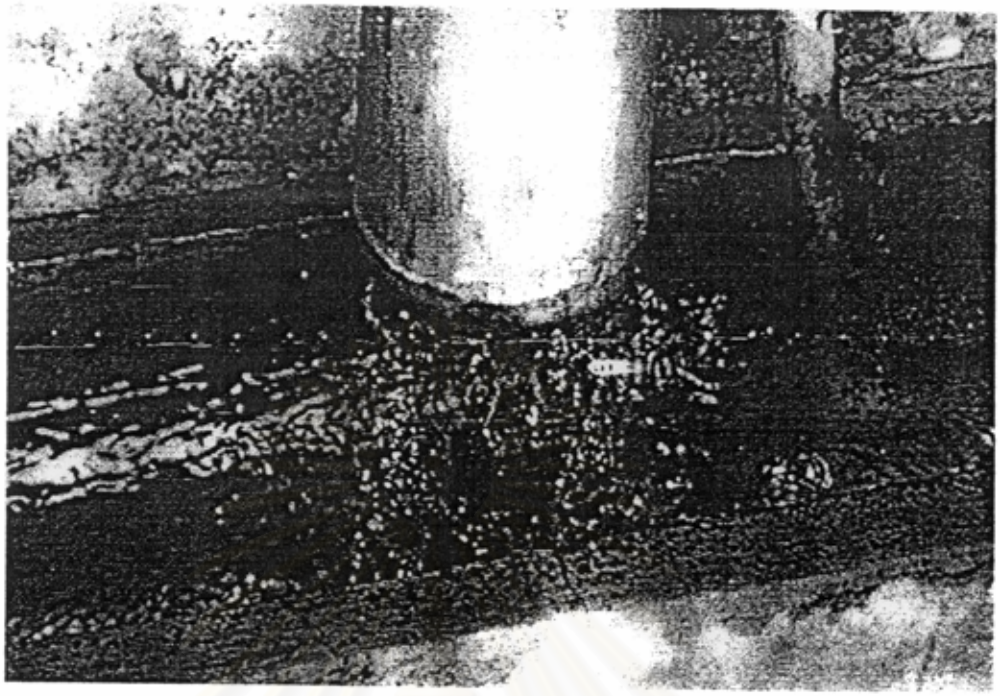
รูปที่ ข-7 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ

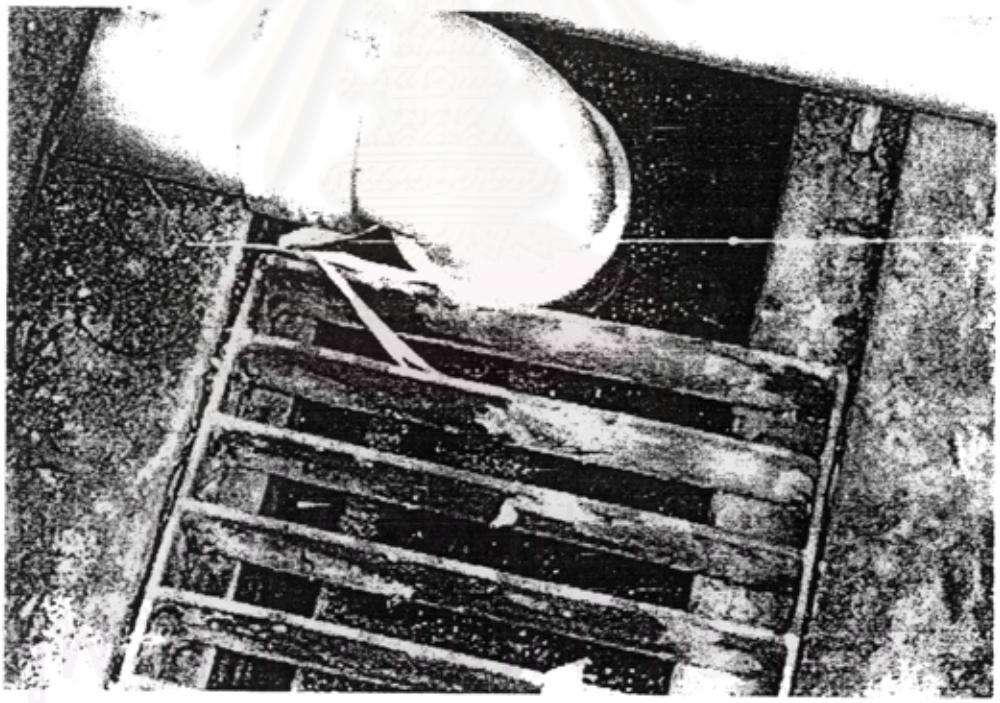
3) อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)

รูปที่ ข-8 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 5 (คลินิกรวม)

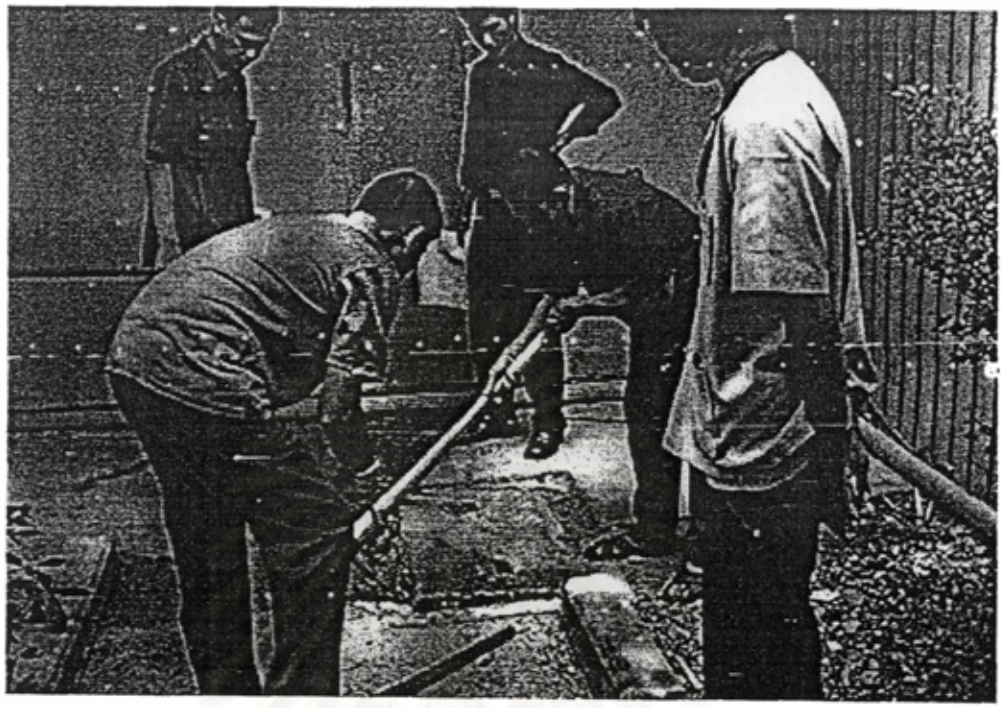


รูปที่ ข-9 รางน้ำ



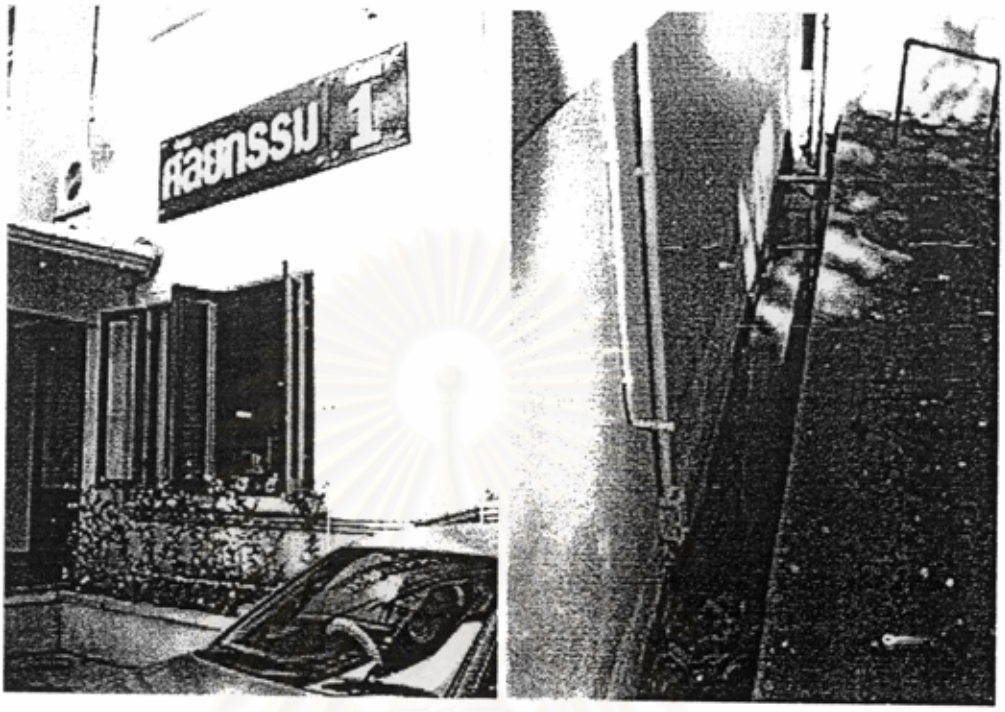


รูปที่ ฑ-9 รางน้ำ (ต่อ)



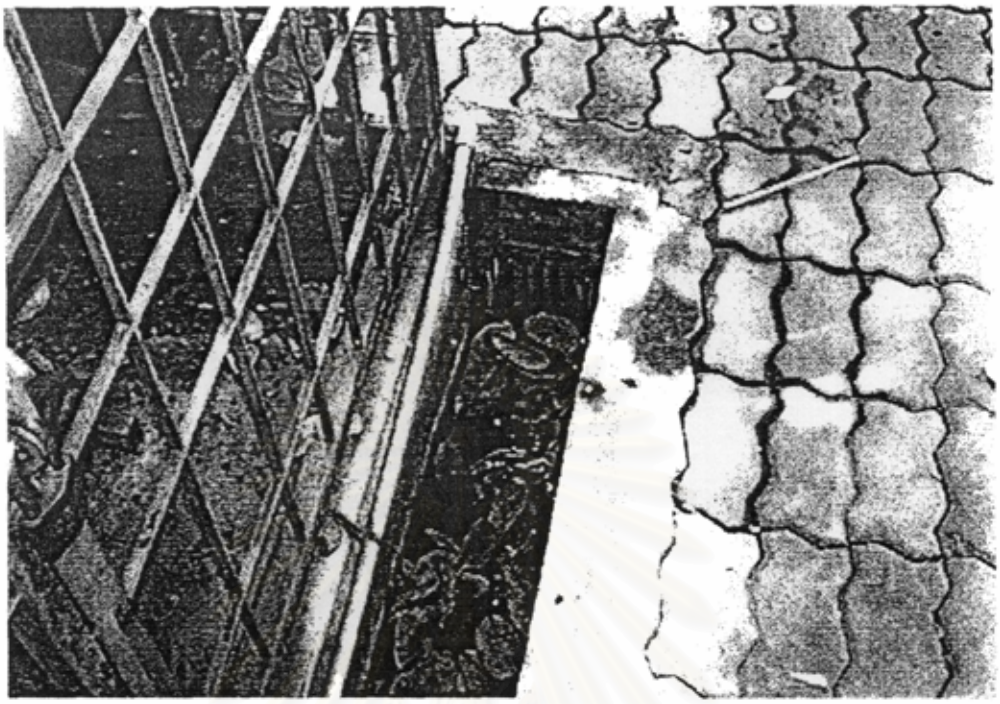
รูปที่ ข-10 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ

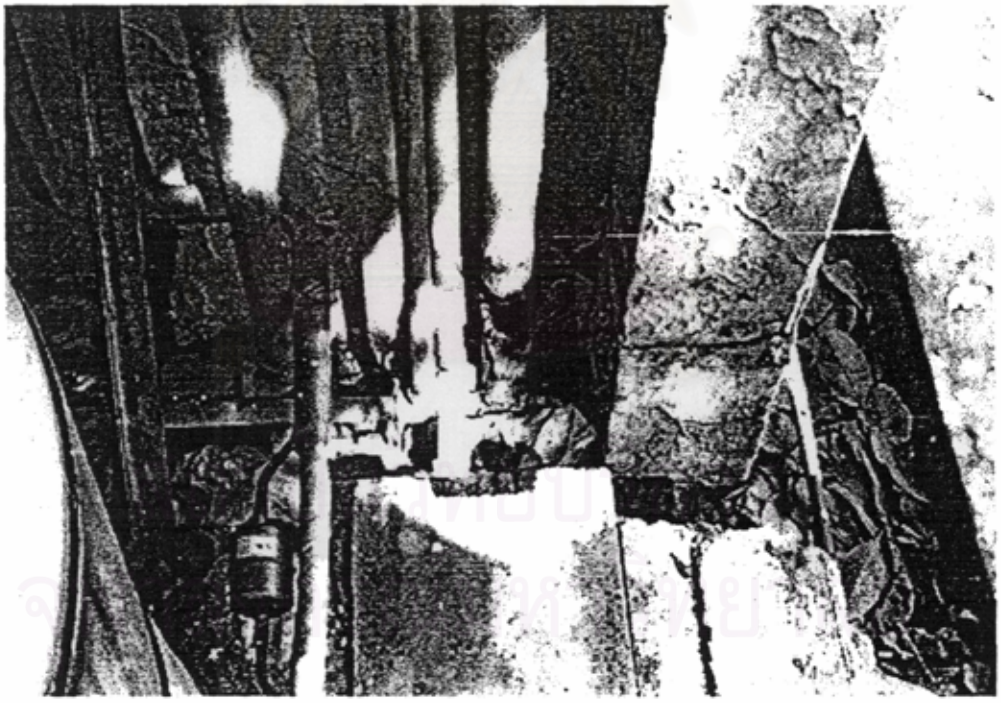
4) อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)



รูปที่ ข-11 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)

รูปที่ ข-12 รางน้ำ



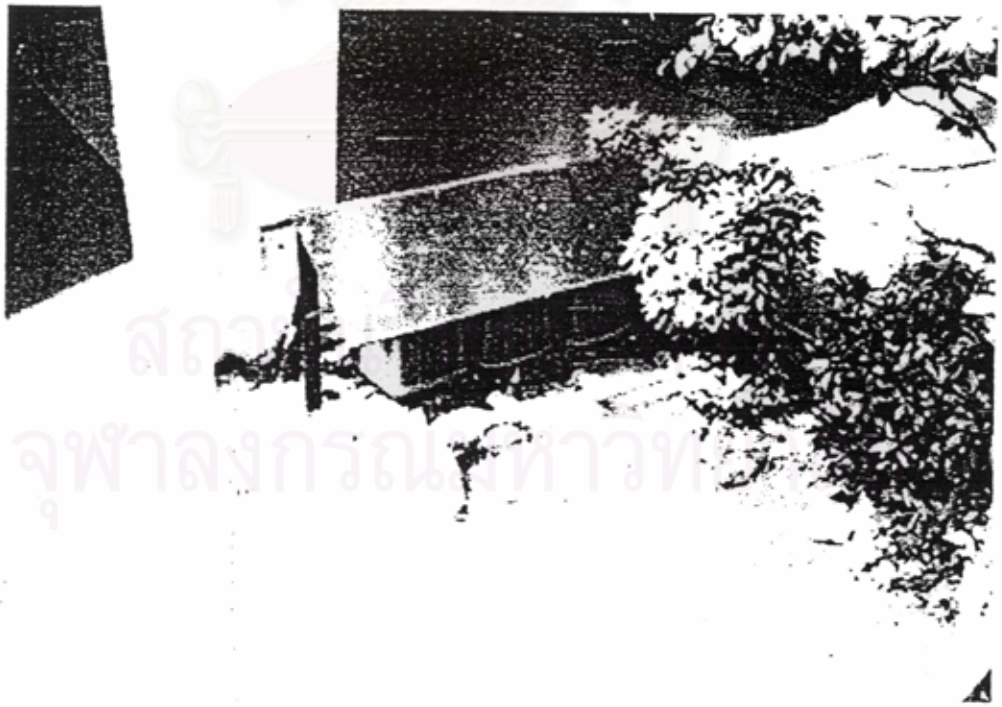


รูปที่ ข-12 รางน้ำ (ต่อ)

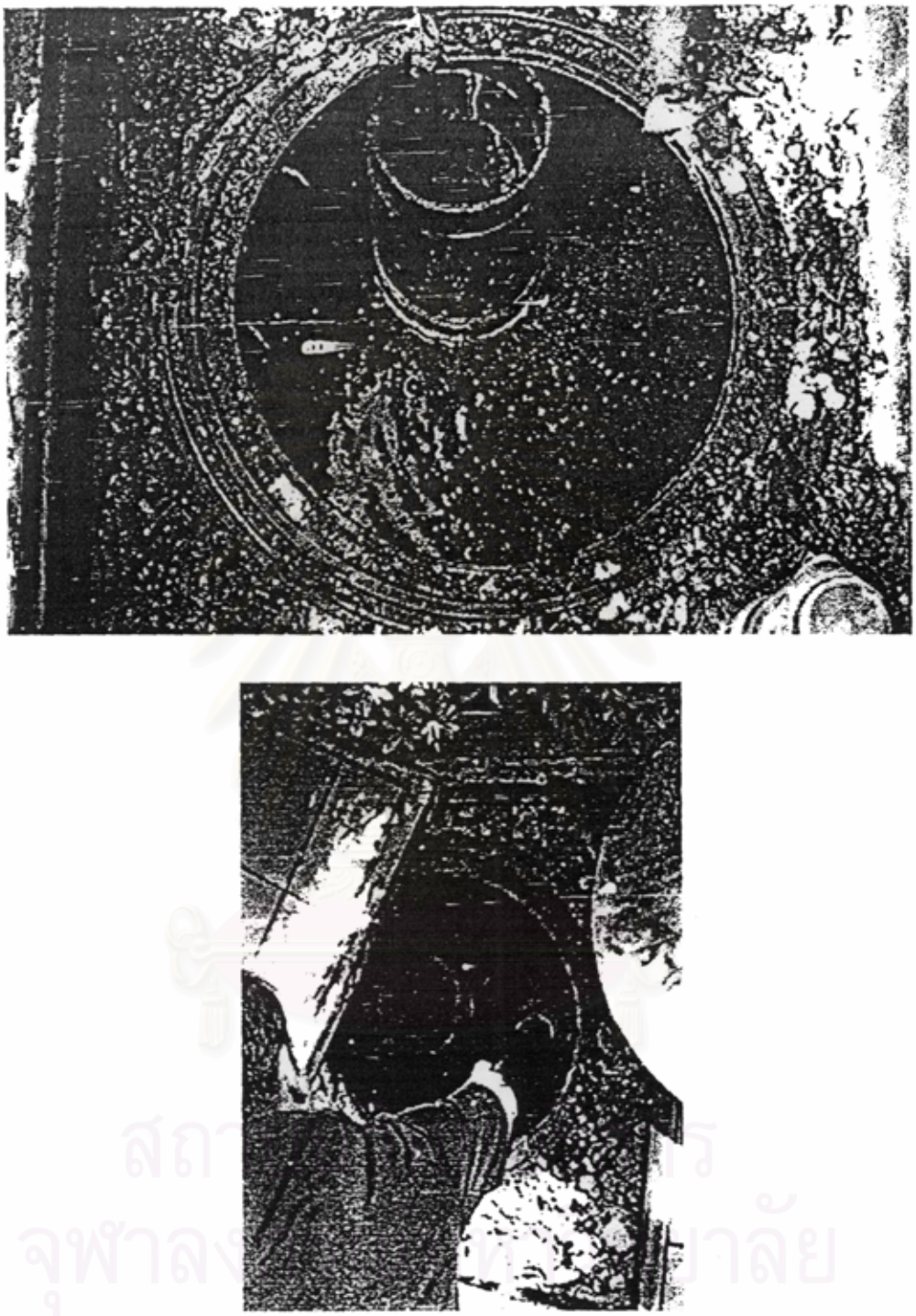
รูปที่ ข-13 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ

5) อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)

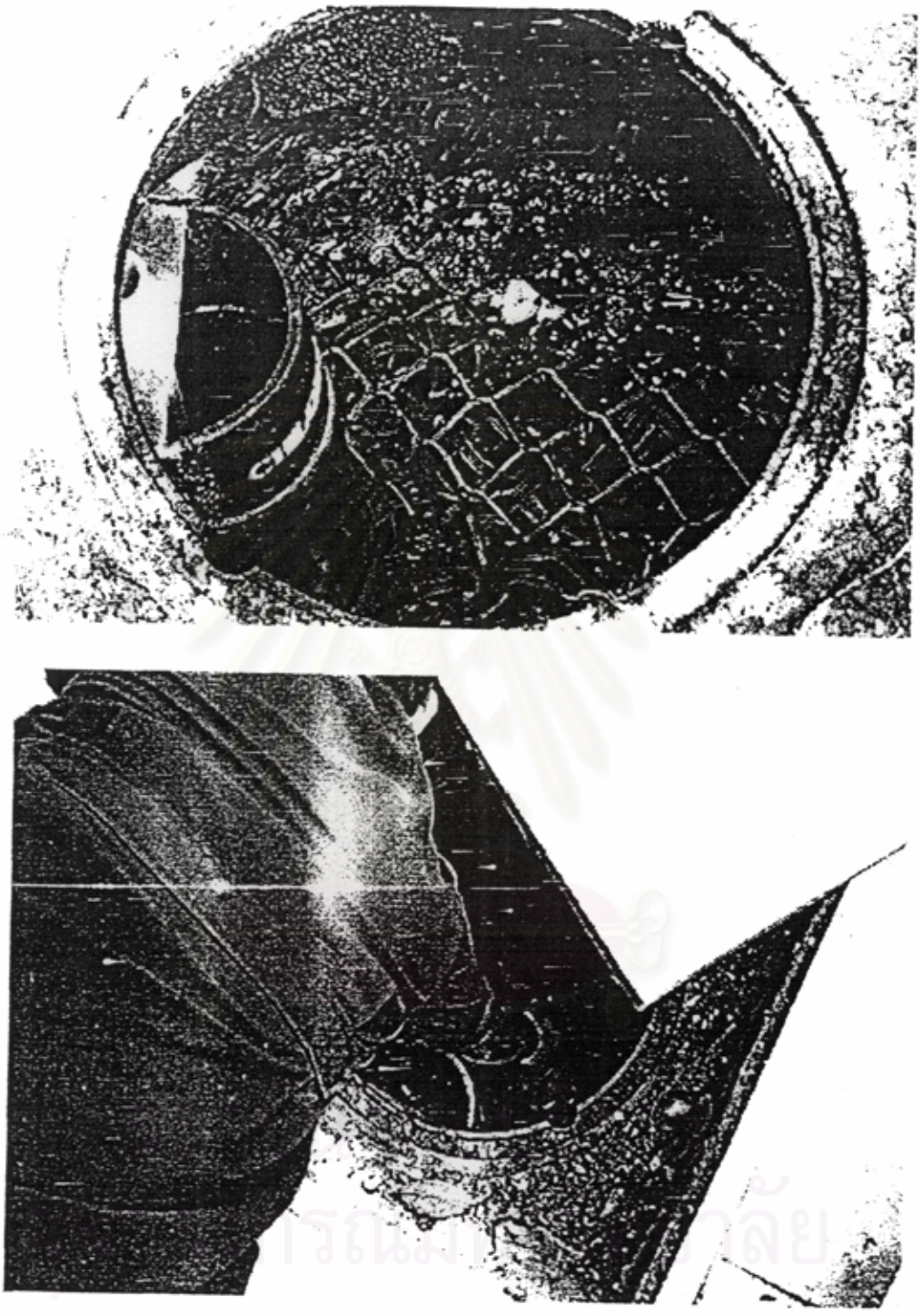
รูปที่ ข-14 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)



รูปที่ ข-15 ระบบบำบัดน้ำเสีย (เติมอากาศ)



รูปที่ ข-16 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำก่อนการบำบัด

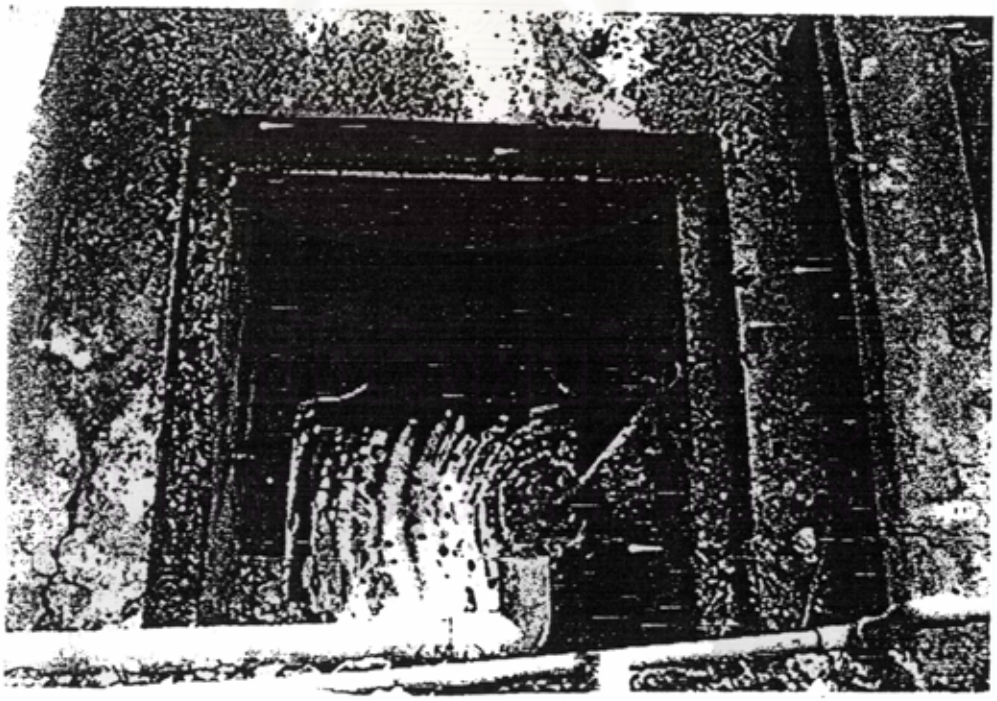


รูปที่ ข-17 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำหลังการบำบัด

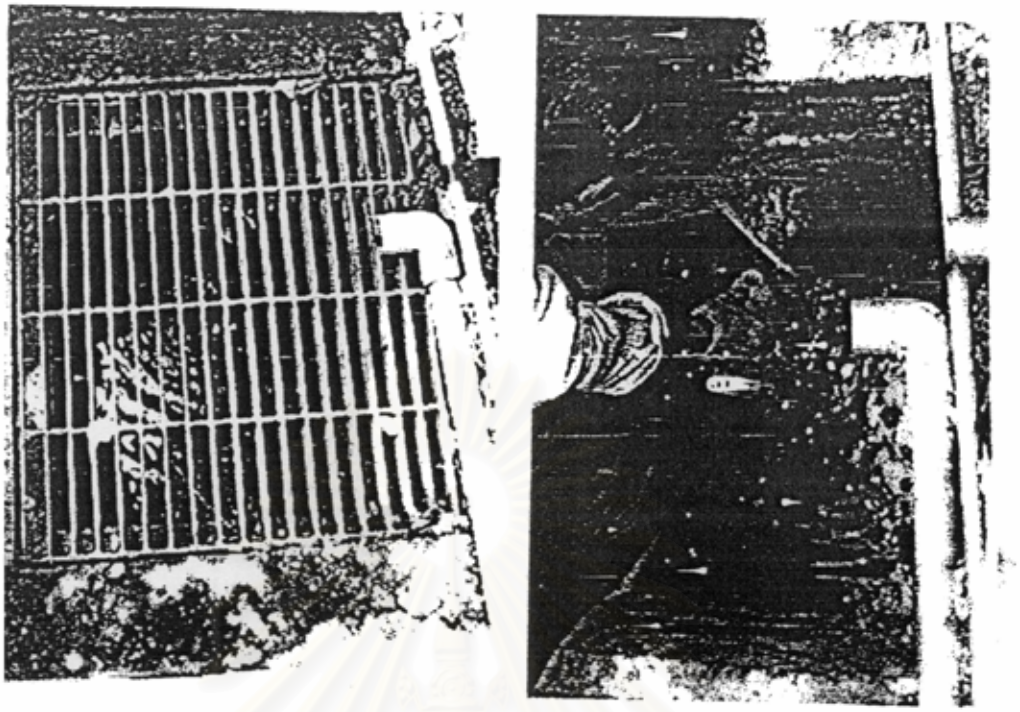
6) อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)

รูปที่ ข-18 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)

รูปที่ ข-19 บ่อพักน้ำ



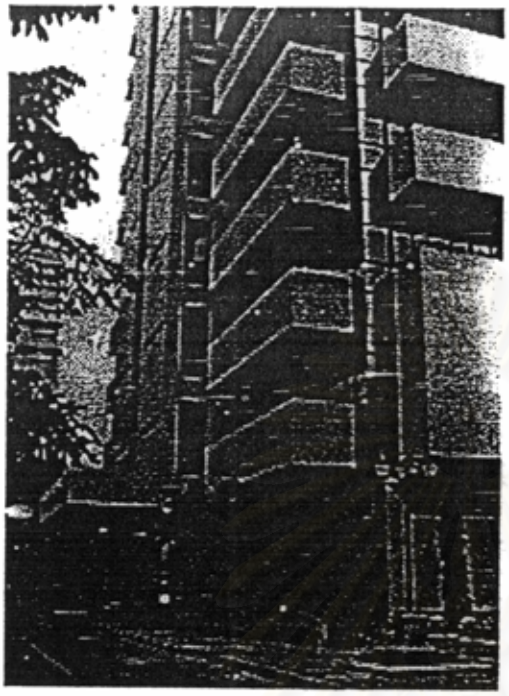
รูปที่ ข-20 บ่อพักน้ำ

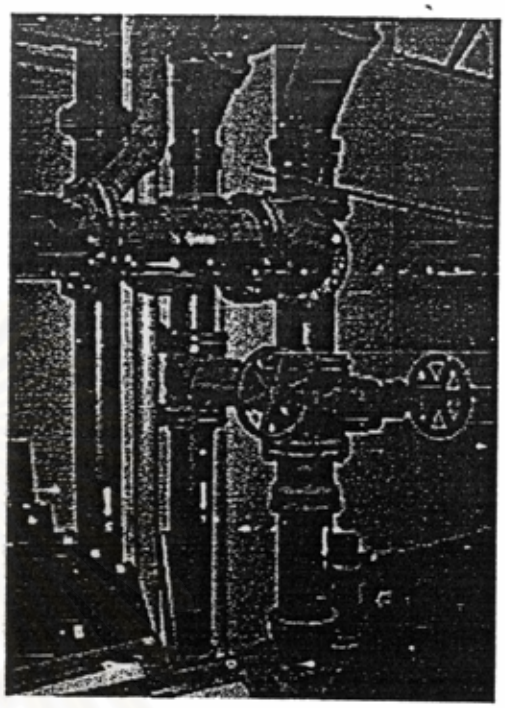


รูปที่ ข-21 การเก็บตัวอย่างจากปลายท่อระบายน้ำ

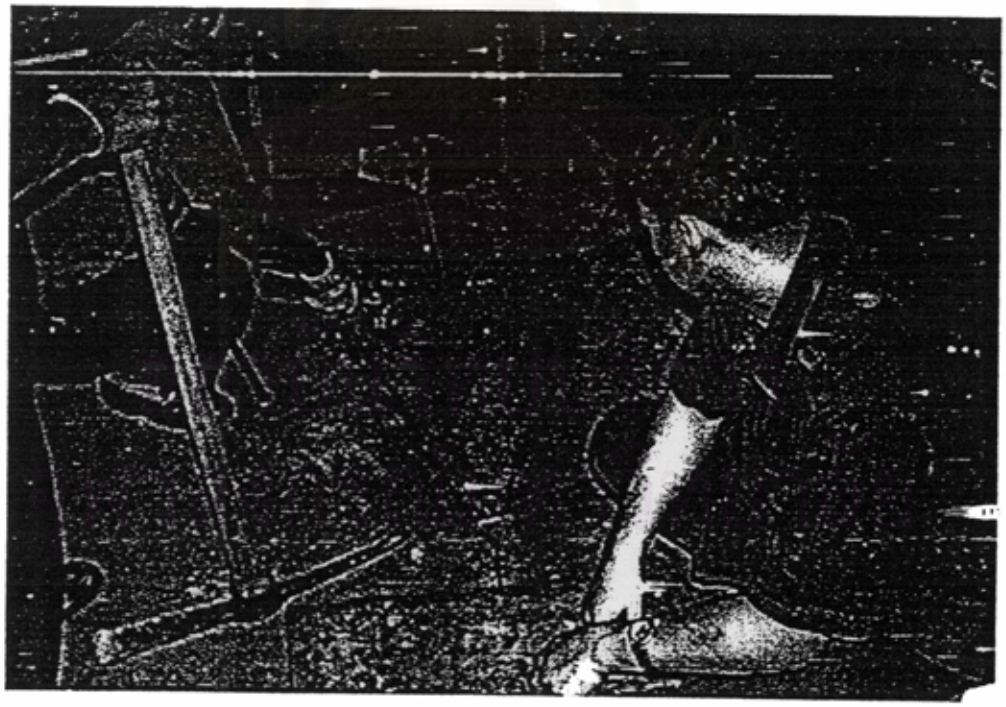
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) อาคารทันต 15 (อาคารสมเด็จย่า)

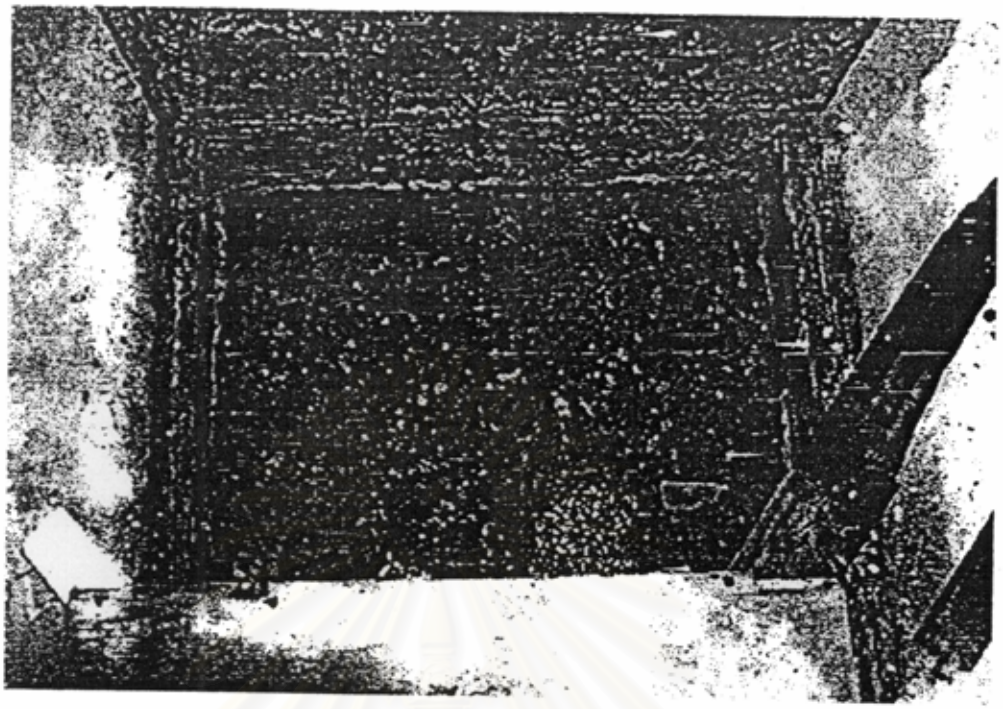




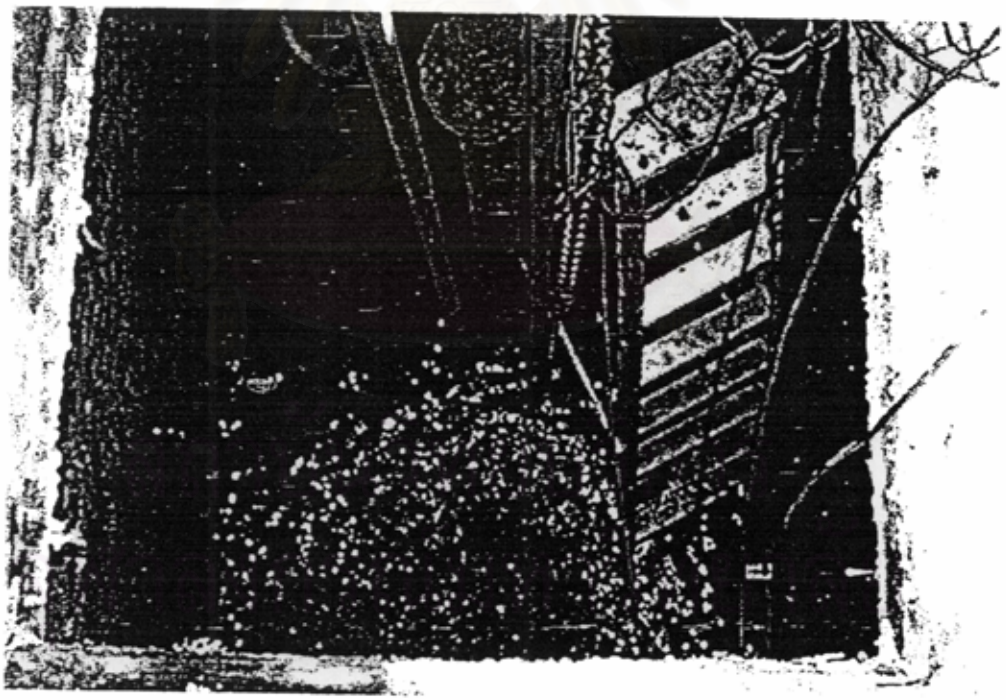
รูปที่ ข-22 ภาพด้านหลังอาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) รูปที่ ข-23 ท่อรวมน้ำทิ้งก่อนลงบ่อบำบัด



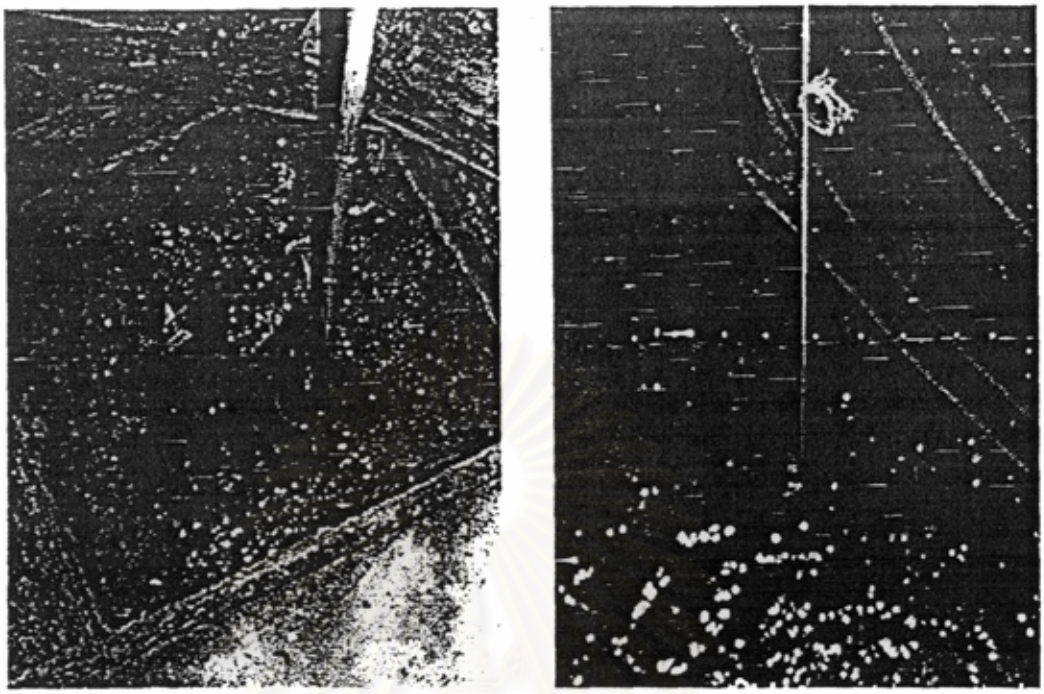
รูปที่ ข-24 บ่อพักน้ำก่อนการบำบัด



รูปที่ ข-25 บ่อพักน้ำก่อนการบำบัด



รูปที่ ข-26 บ่อพักน้ำหลังการบำบัด

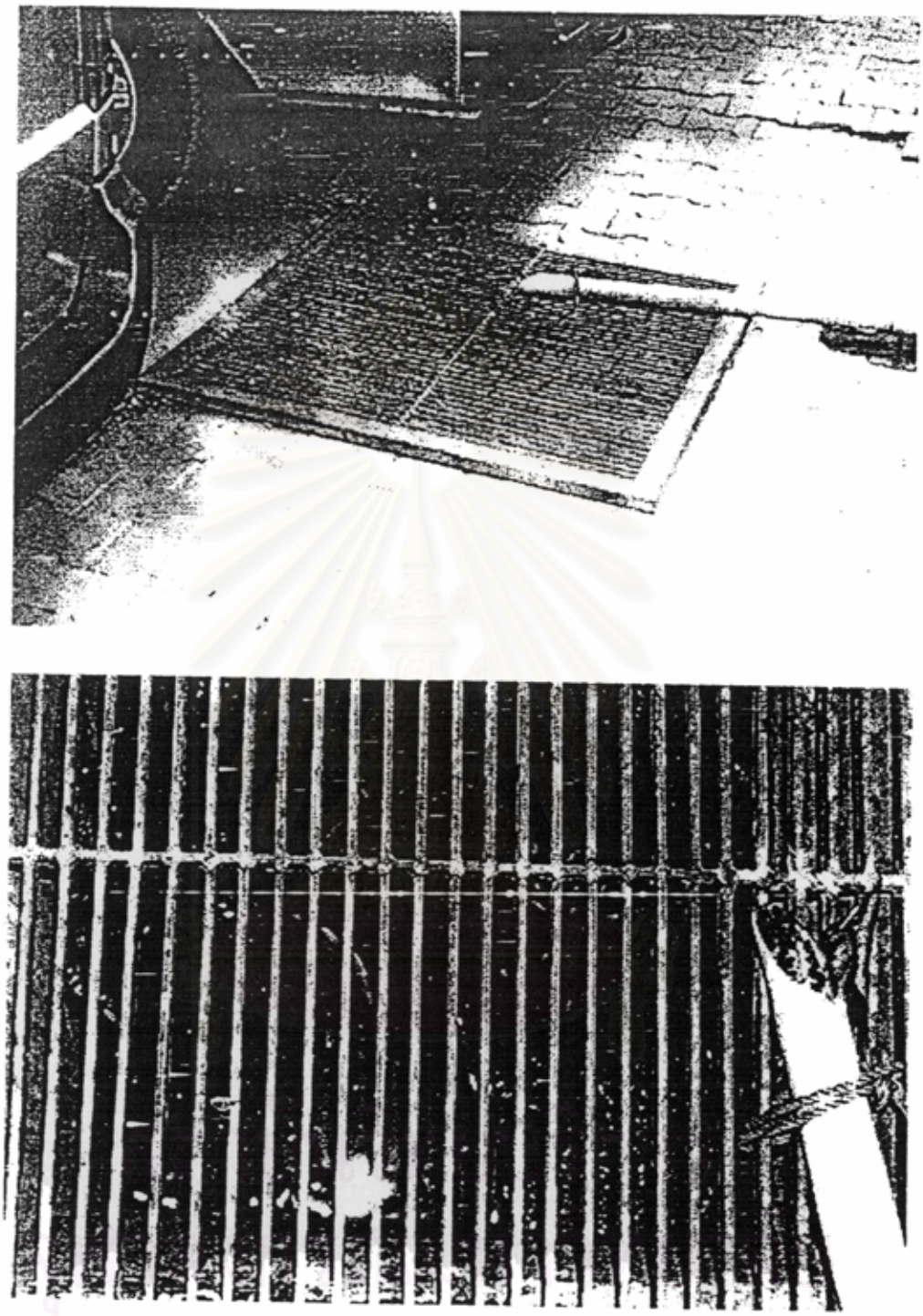


ก) ก่อนการบำบัด ข) หลังการบำบัด

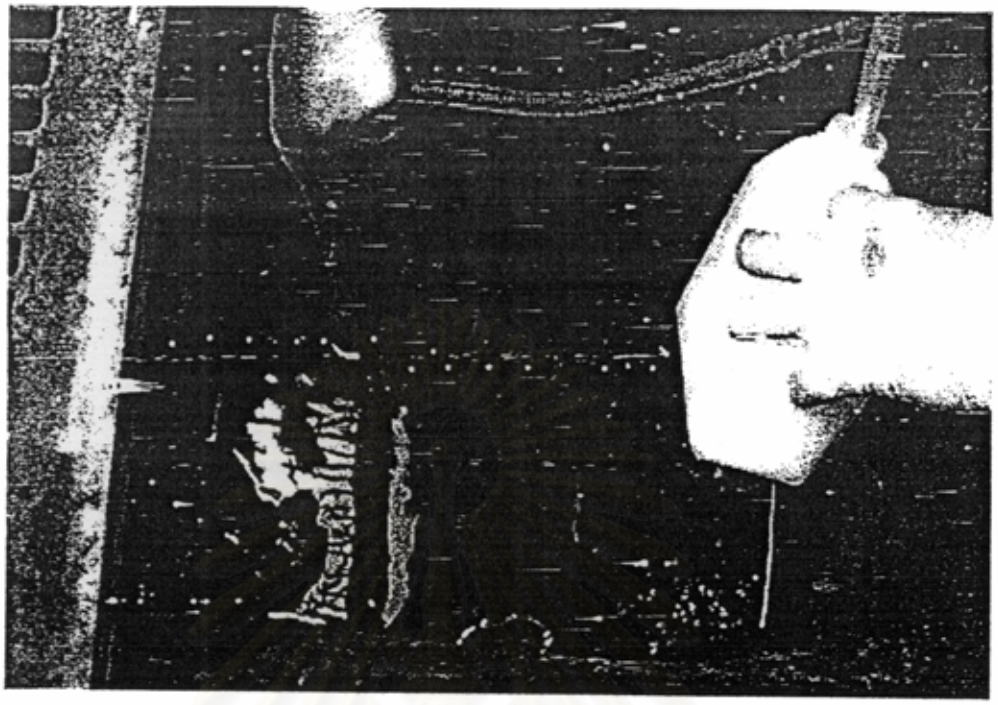
รูปที่ ข-27 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ

8) อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)

รูปที่ ข-28 ภาพด้านหน้าอาคารทันต 14 (พรีคลินิก)



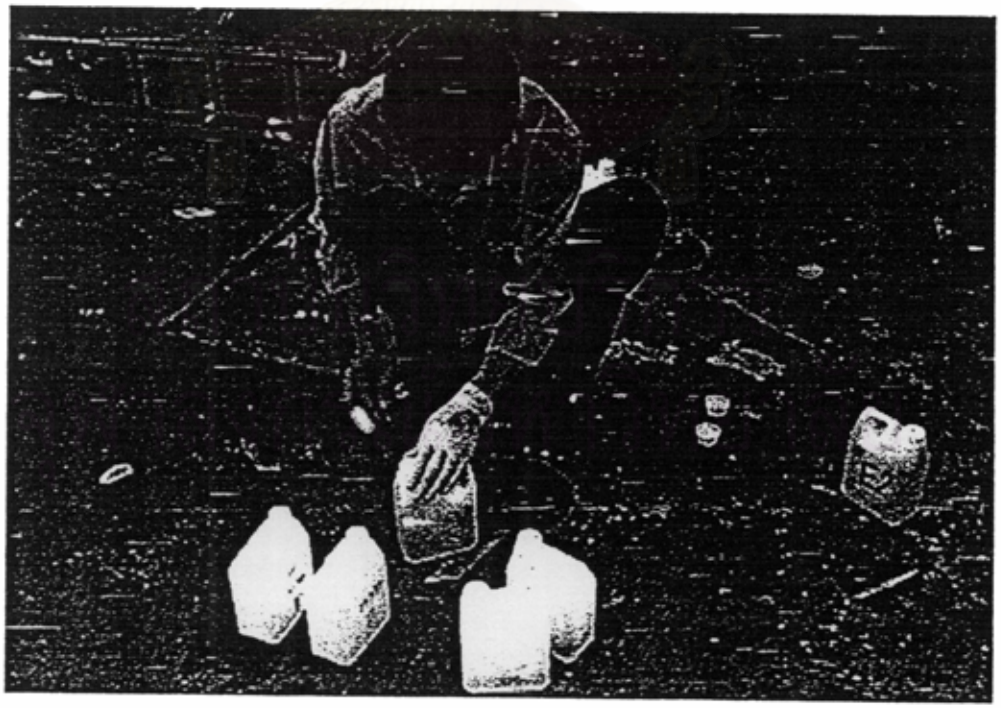
รูปที่ ข-29 บ่อพักน้ำ



รูปที่ ข-30 การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำ

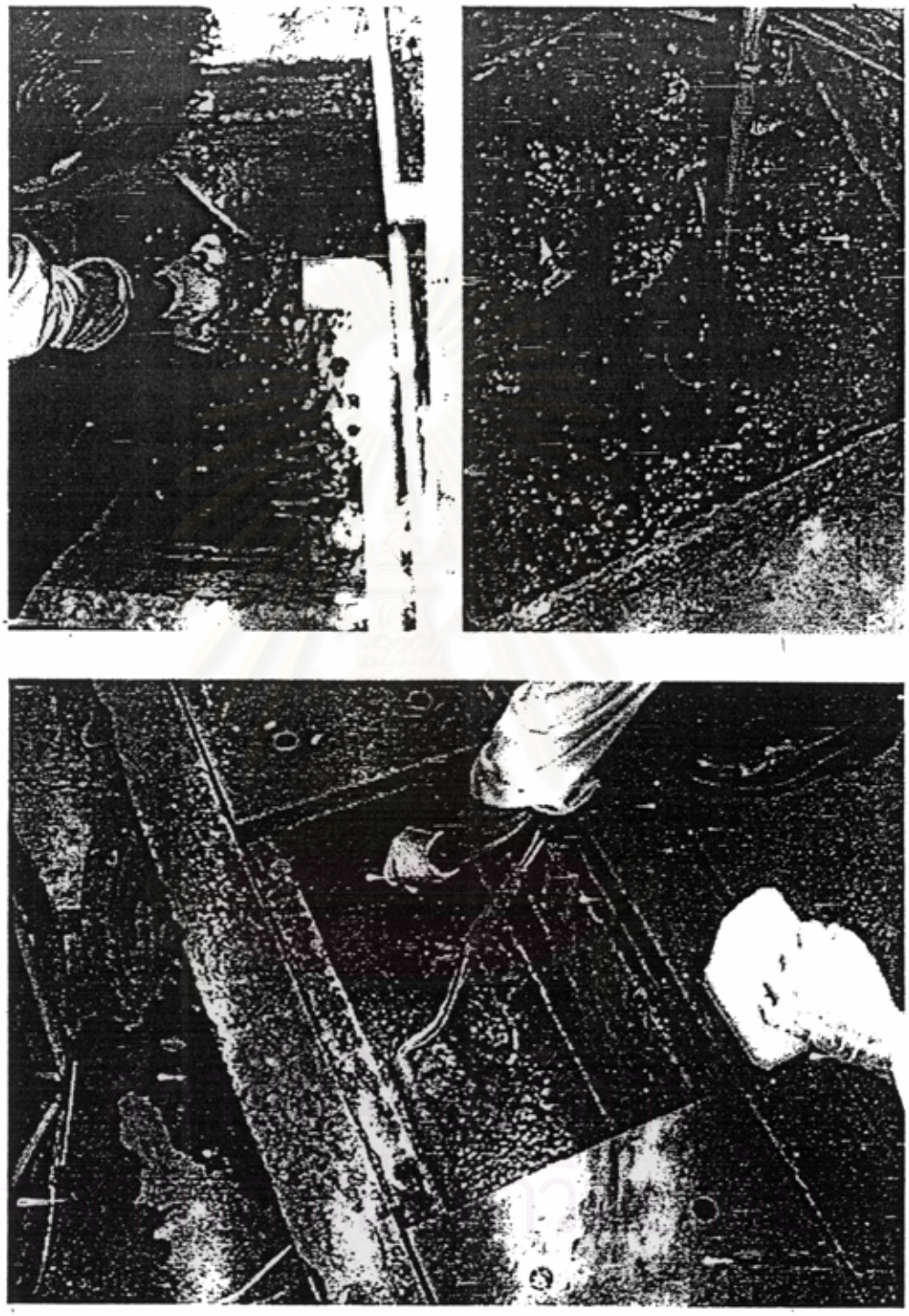
ข-2 การรักษาคุณภาพน้ำ

1) การเตรียมขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ



รูปที่ ข-31 การเตรียมขวดเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

2) การเก็บตัวอย่างน้ำ

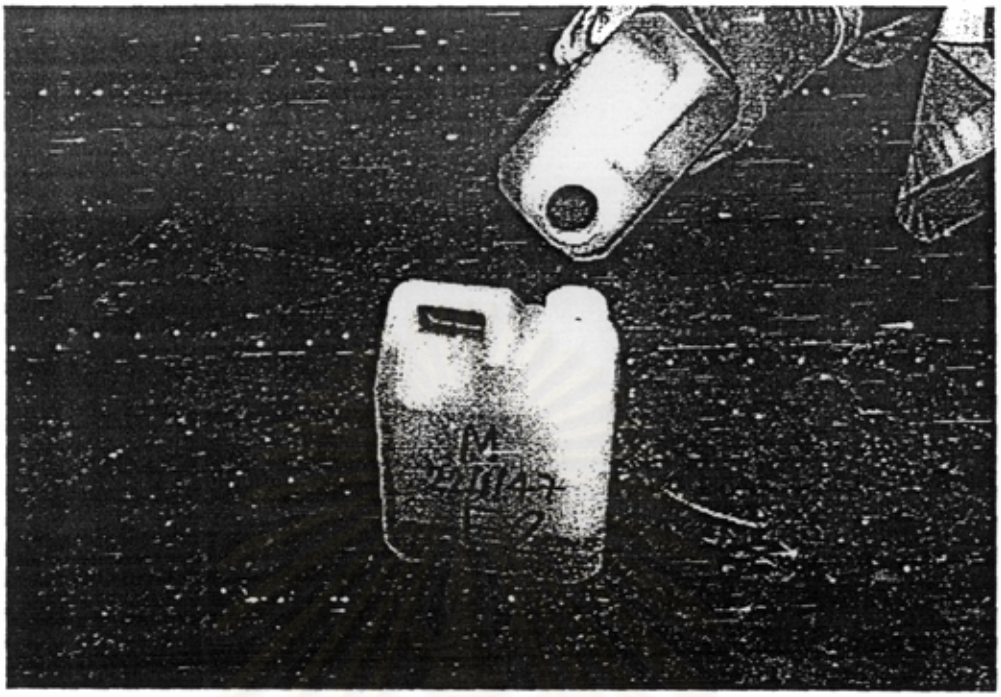


รูปที่ ข-32 การเก็บตัวอย่างน้ำ

รูปที่ ข-32 การเก็บตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

3) การแบ่งขวด

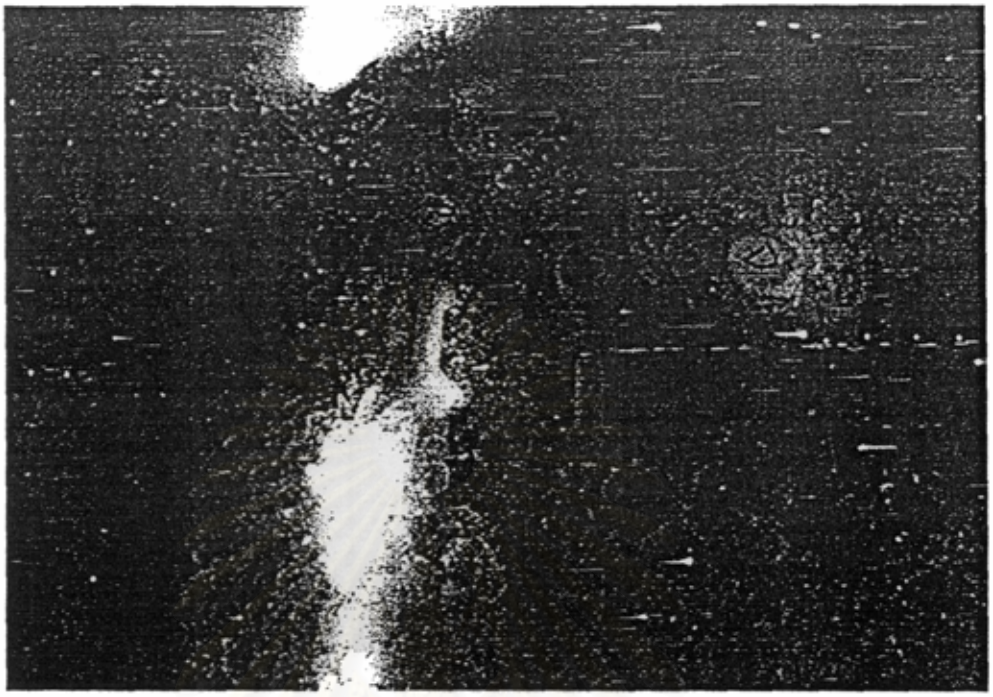
รูปที่ ข-33 การแบ่งตัวอย่างน้ำขวดละ 1/3 ลิตร



รูปที่ ข-33 การแบ่งตัวอย่างน้ำขวดละ 1/3 ลิตร (ต่อ)

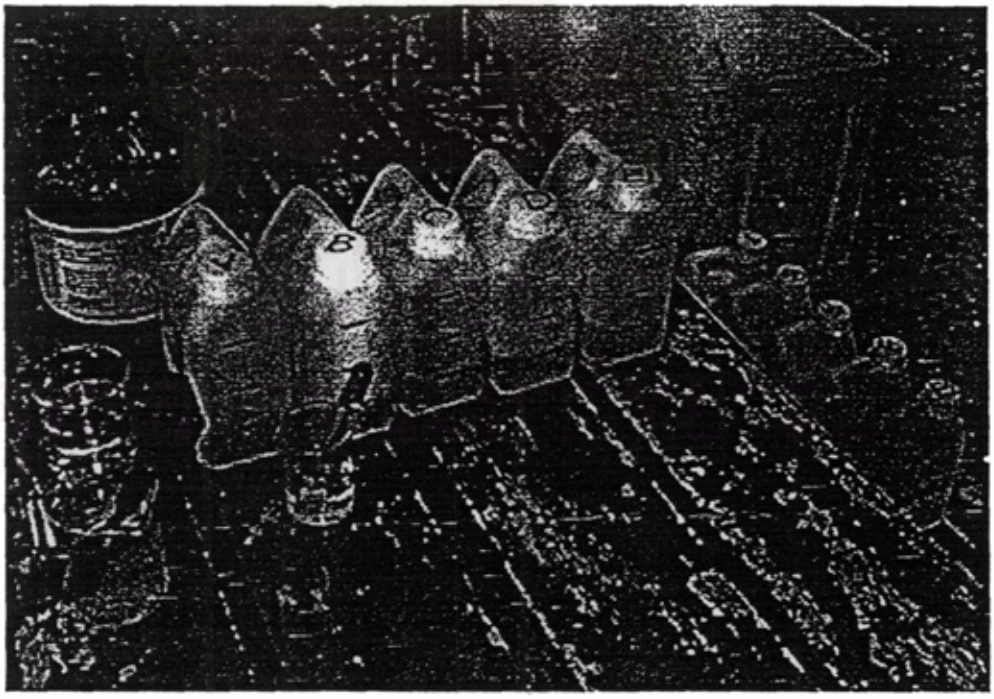
4) การเก็บรักษาไว้ในถังน้ำแข็งที่ 4°C

รูปที่ ข-34 การเก็บรักษาไว้ในถังน้ำแข็งที่ 4°C

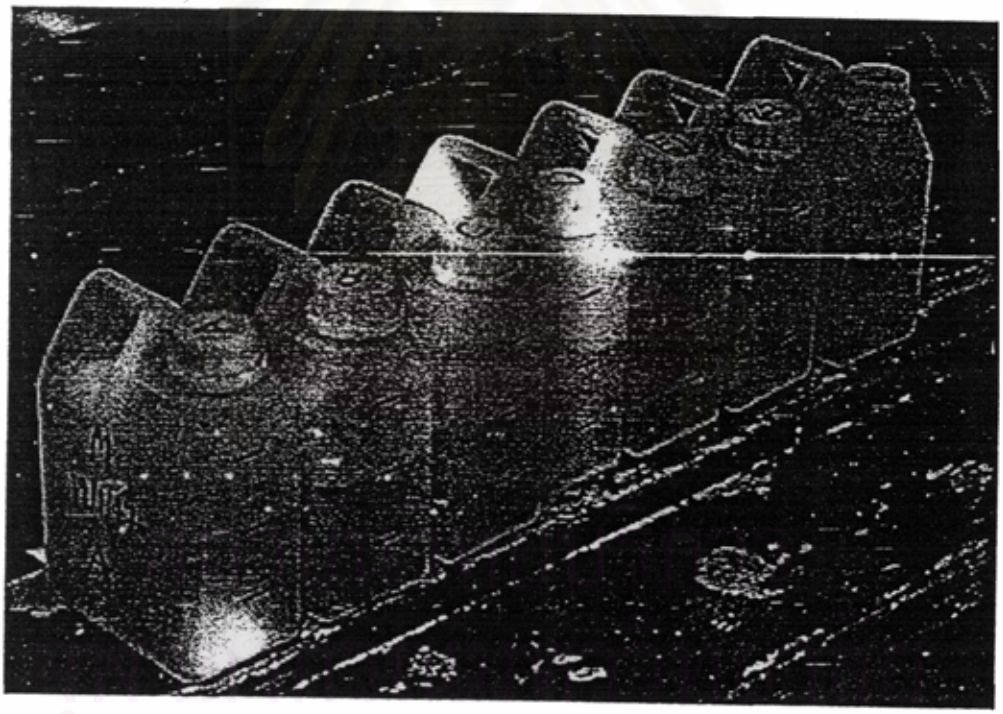


รูปที่ ข-34 การเก็บรักษาไว้ในถังน้ำแข็งที่ 4°C (ต่อ)

5) การปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ pH 2

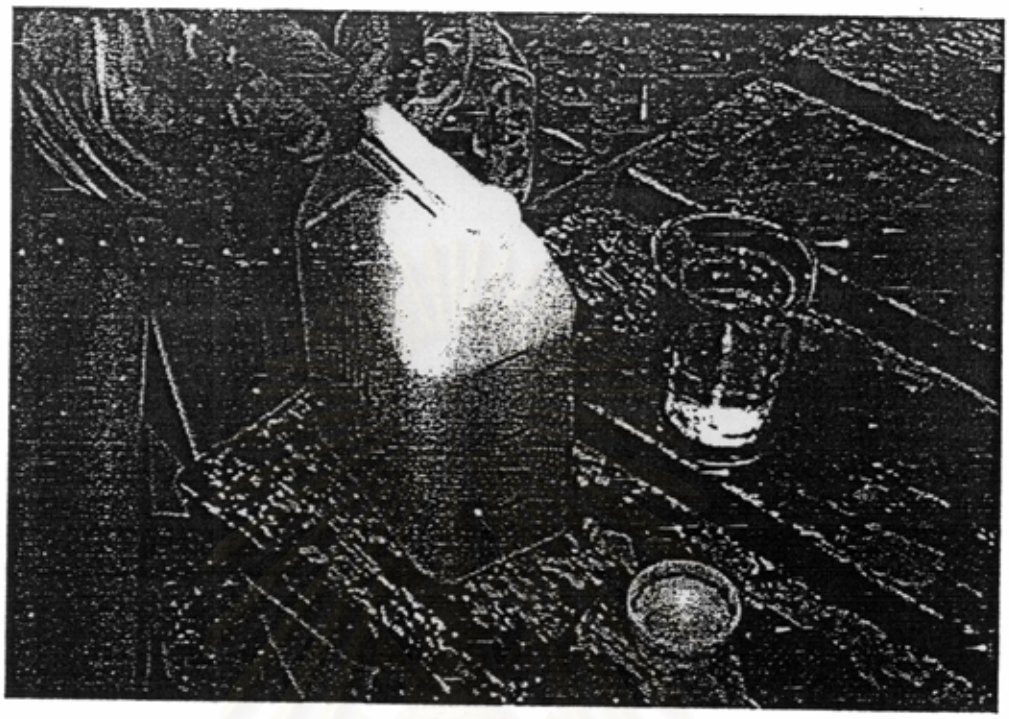


รูปที่ ข-35 การปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ pH 2



รูปที่ ข-35 การปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ pH 2 (ต่อ)

6) การเก็บตัวอย่างวันละ 3 เวลา 7 วัน วันสุดท้ายเก็บตัวอย่างน้ำดี 1 ครั้ง



รูปที่ ข-36 การเก็บตัวอย่างน้ำดีในวันสุดท้าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค-1 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก

การเตรียมสารละลายที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) สารละลายกรดไนตริก 2 เปอร์เซ็นต์ (2% Nitric Acid Solution) โดยปริมาตร

ปิเปตต์กรดไนตริก 20 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

2) สารละลายแบลงก์น้ำกลั่น

ปิเปตต์กรดไนตริก 1.5 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

3) สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัม/ลิตร (ความเข้มข้นสูงสุด)

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานแคดเมียม 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร มา 1.0 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

4) สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้น 80 ไมโครกรัม/ลิตร (ความเข้มข้นสูงสุด)

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร มา 4.0 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

5) สารละลายมาตรฐานปรอท ความเข้มข้น 100 นาโนกรัม/ลิตร (ความเข้มข้นสูงสุด)

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานปรอท 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร มา 10 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้น ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานปรอท 1 มิลลิกรัม/ลิตร มา 1 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้งเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานปรอทความเข้มข้น 100 นาโนกรัม/ลิตร

6) สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$)

ชั่ง $SnCl_2$ 15 กรัมใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไฮโดร-คลอริก 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้งให้เป็น 500 มิลลิลิตร

7) สารละลายไฮดรอกซิลเอมีนไฮโดรคลอไรด์ ($NH_2OH{\cdot}HCl$)

ชั่ง $NH_2OH{\cdot}HCl$ 7.5 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นชนิดกลั่น 3 ครั้ง 25 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วเก็บใส่ขวดพอลิเอทิลีน

8) สารละลายโบรมีนโมโนคลอไรด์ (BrCl)

ชั่ง BrCl 1.1 กรัม และ $KBrO_3$ 1.5 กรัมใส่ในบีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก 80 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ในขวดพอลิเอทิลีน

ค-2 การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ค-2.1 การวิเคราะห์ค่าบีโอดี

1) การเตรียมสารละลาย

1.1) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

ละลาย $MnSO_4{\cdot}4H_2O$ 480 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

1.2) สารละลายอัลคาไลน์ไอโอไดด์เอไซน์

ชั่ง NaOH 500 กรัม, NaI 135 กรัม และ NaN_3 10 กรัม แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

1.3) น้ำแป้ง

ชั่งแป้ง 16 กรัมและกรดซาลิไซลิก 2 กรัมใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นร้อนเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

1.4) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล

ละลาย $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 6.205 กรัม และ NaOH 0.4 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

1.5) สารละลายมาตรฐานกลูโคส-กรดกลูตามิก

ชั่งกลูโคส 150 มิลลิกรัม (ที่อบแห้ง 103°C นาน 1 ชั่วโมง) และกรดกลูตามิก 150 มิลลิกรัม (ที่อบแห้ง 103°C นาน 1 ชั่วโมง) แล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร

1.6) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ละลาย KH_2PO_4 8.5 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร จะได้สารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7.2

1.7) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

ละลาย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 22.5 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

1.8) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ละลาย $CaCl_2$ 27.5 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

1.9) สารละลายเฟอริกคลอไรด์

ละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_20$ 0.25 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

2) การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล

ละลาย $KH(IO_3)_2$ 812.4 มก. (ที่อบแห้งและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้ว) ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

3) การทำมาตรฐาน (Standardize) สารละลายวิเคราะห์หาบีโอดี

ชั่ง KI ประมาณ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 6 นอร์มัล ปริมาณ 1 มิลลิลิตรลงไป และเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดรต 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตโดยใช้น้ำแป้งเป็นตัวชี้จุดยุติ (ที่จุดยุติ สีจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี) บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน} = \text{0.025 นอร์มัลของโซเดียมไธโอซัลเฟต} \times \frac{\text{ปริมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ (20 ml)}}{\text{ปริมาตรการละลายของโปตัสเซียมไอโอเดรต (20 ml)}}$$

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าในการหาค่าความเข้มข้นมาตรฐานใช้สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 20 มิลลิลิตร แสดงว่าสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตมีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล

กรณีที่น้ำเสียมีค่าบีโอดีสูง จำเป็นต้องเจือจางให้ค่าบีโอดีอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าปริมาณออกซิเจนละลายในวันที่ 5 (BOD_5) การเจือจางน้ำเสียให้อยู่ในระดับที่จะหาค่า BOD_5 ได้ต้องอาศัยการเจือจางตามตารางที่ ค-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 การเจือจางน้ำเสียเพื่อหาค่าบีโอดี

ช่วงบีโอดีที่ประมาณได้	เปอร์เซ็นต์เจือจางน้ำเสีย	ปริมาณตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร) ที่นำมาเจือจางเป็น 1 ลิตร
20,000 - 70,000	0.01	0.1
10,000 - 35,000	0.02	0.2
4,000 - 14,000	0.05	0.5
2,000 - 7,000	0.1	1
1,000 - 3,500	0.2	2
400 - 1,400	0.5	5
200 - 700	1.0	10
100 - 350	2.0	20
40 - 140	5.0	50
20 - 70	10.0	100
10 - 35	20.0	200
4 - 14	50.0	500
0 - 7	100	1,000

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2540) [16]

ค-2.2 การวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น

1) สารเคมีสำหรับย่อยสลาย

ละลาย K_2SO_4 134 กรัมในน้ำ 650 มิลลิลิตร ผสมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 200 มิลลิลิตร และละลาย Red Mercury(II) Oxide·H_2O 2 กรัม ในกรดซัลฟูริก 3 โมล/ลิตร ผสมกัน แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2) ฟีนอลพ์ทาลีนอินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein Indicator)

ละลายพีนอล์พทาลีน 5 กรัมในเอทธานอล (C_2H_5OH) 95% จำนวน 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 500 มิลลิลิตร

3) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium Hydroxide-Sodium Thiosulphate)

ละลาย Sodium Hydroxide 500 กรัม และ Sodium Thiosulphate Penta-hydrate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

ค-2.3 การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

1) การเตรียมสารแขวนลอยช่วยกรอง (Diatomaceous-Silica Filter-Aid Suspension)

สารแขวนลอยกรอง ใช้ 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

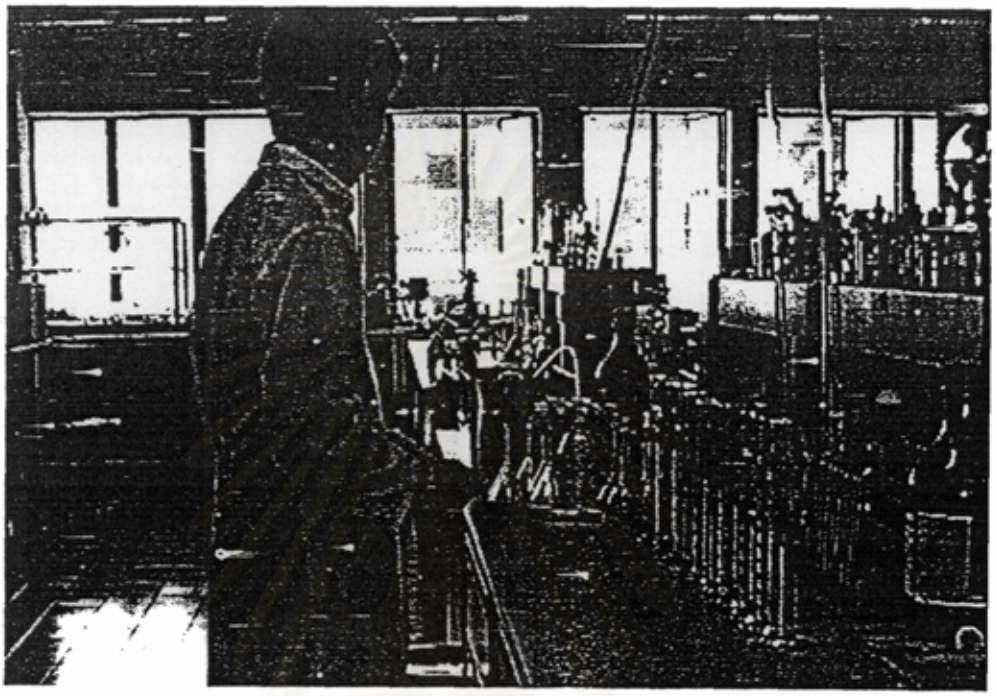
ภาคผนวก ง.

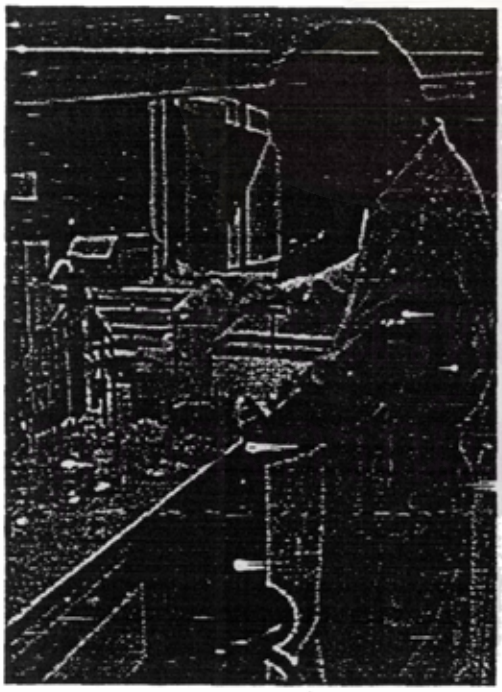
ภาพการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง-1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก

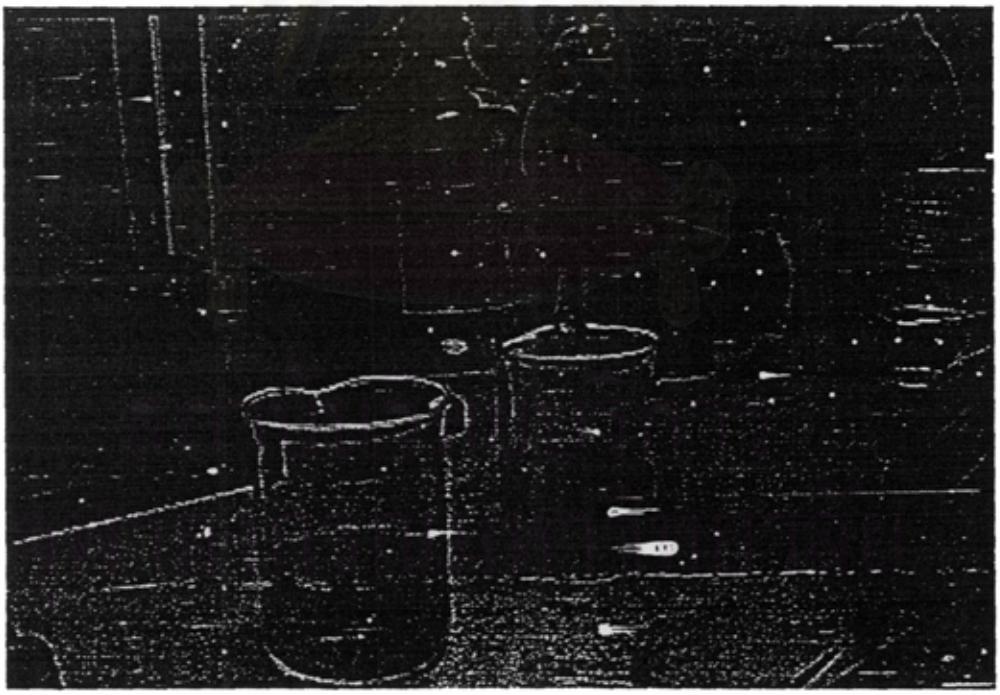
1) การตวงตัวอย่างน้ำ





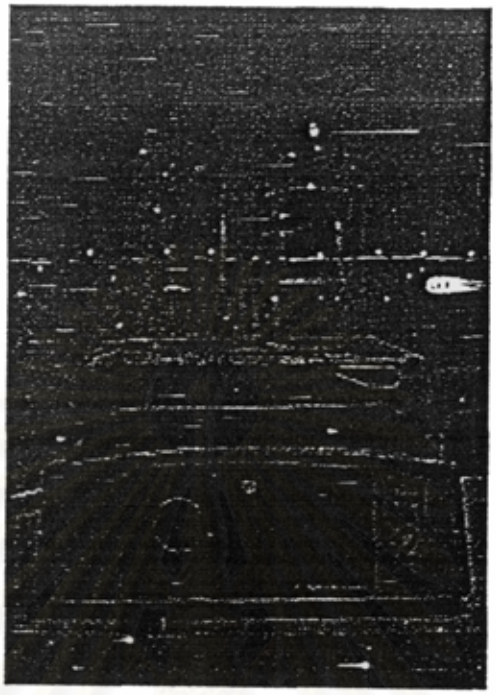
รูปที่ ง-1 การตวงตัวอย่างน้ำ

2) การเติมกรดไนตริก



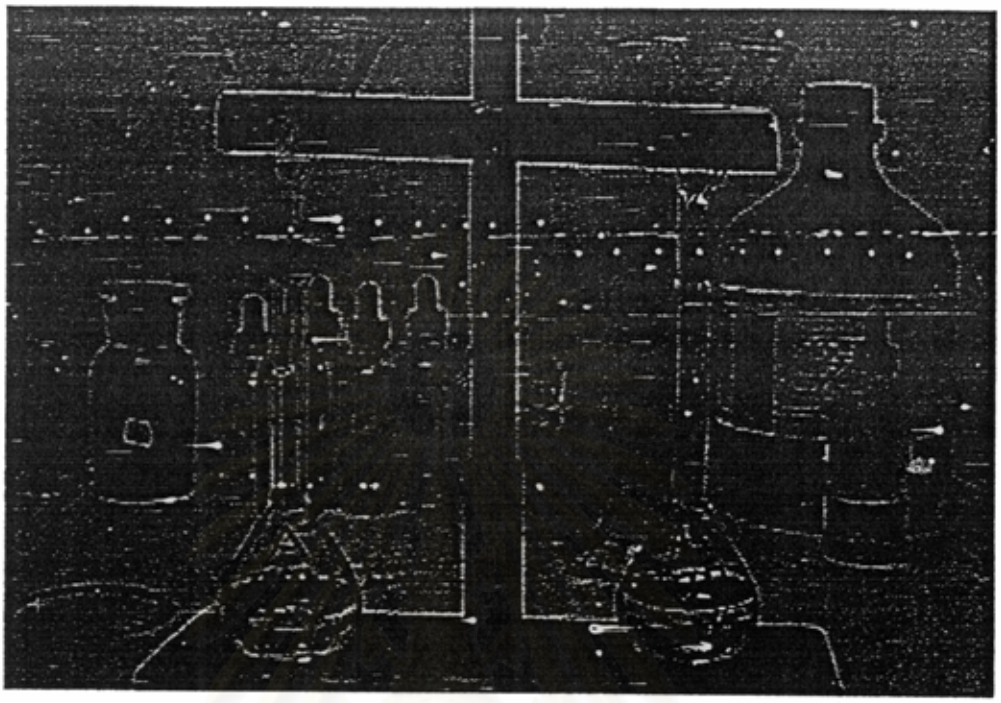
<u>รูปที่ ง-2</u> การเติมกรดไนตริก

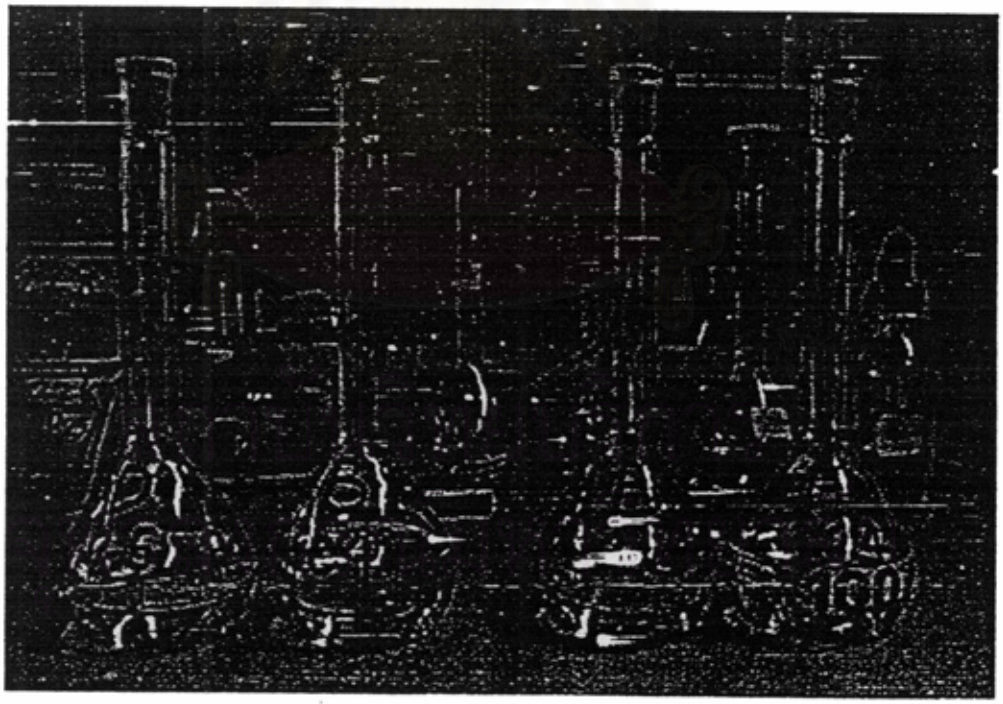
3) การให้ความร้อน



รูปที่ ง-3 การตั้งบนเตาให้ความร้อน

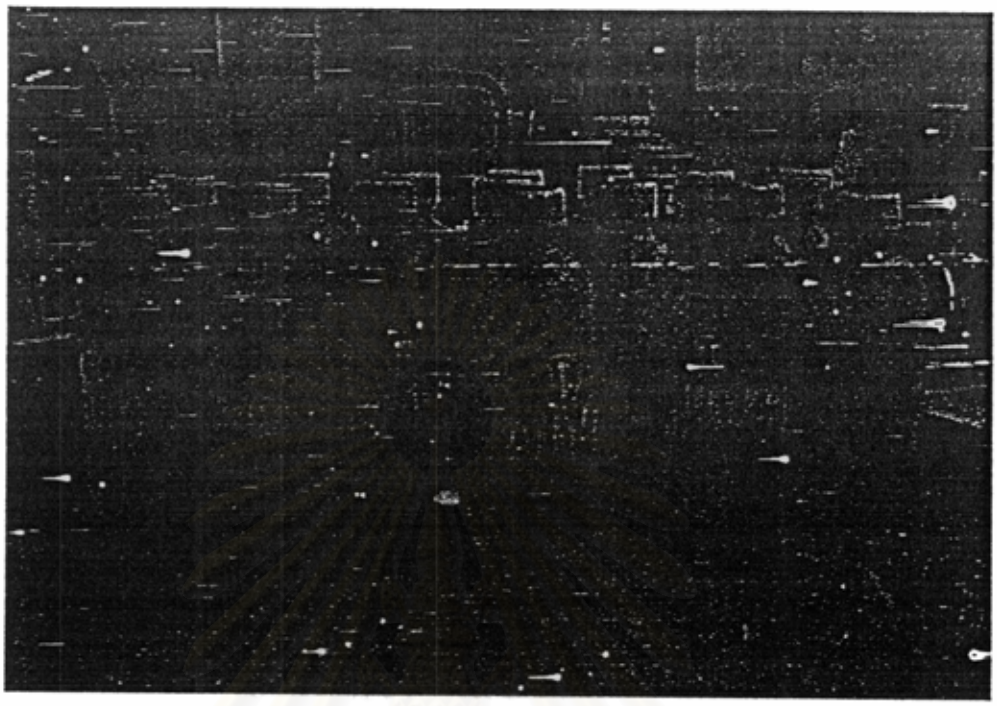
4) การกรองสารด้วยขวดวัดปริมาตร





รูปที่ ง-4 การกรองสารด้วยขวดวัดปริมาตร

5) การเก็บสารในขวดพอลิเอทิลีน

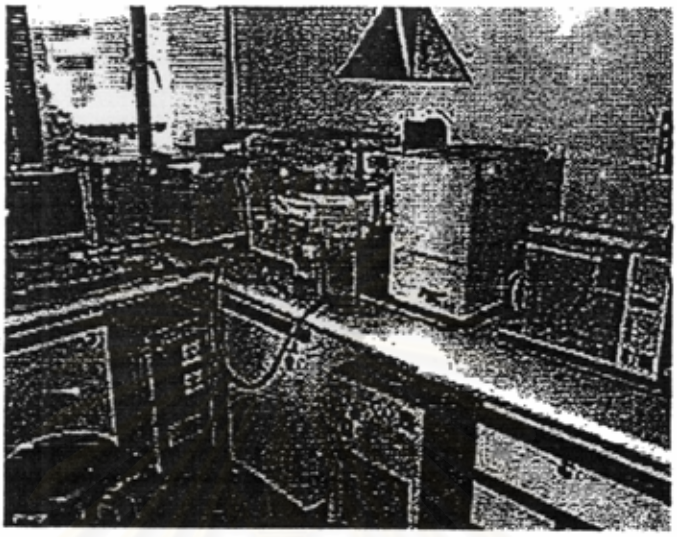


รูปที่ ง-5 การเก็บสารในขวดพอลิเอทิลีน

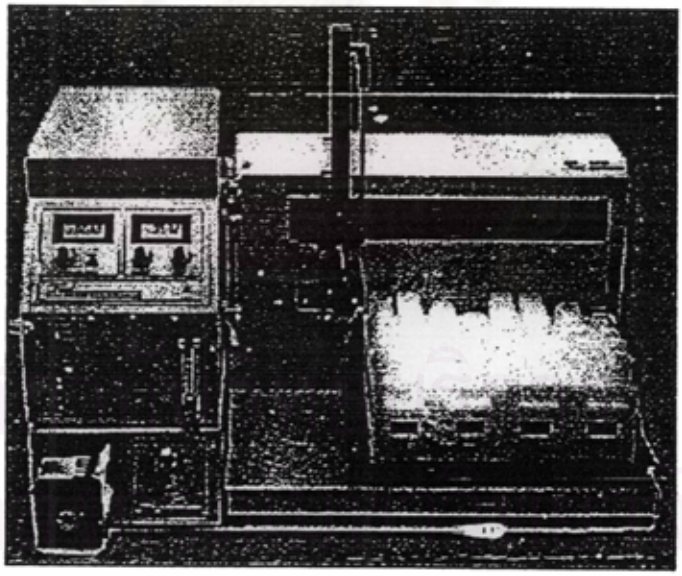
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง-2 เครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนัก

1) เครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนัก

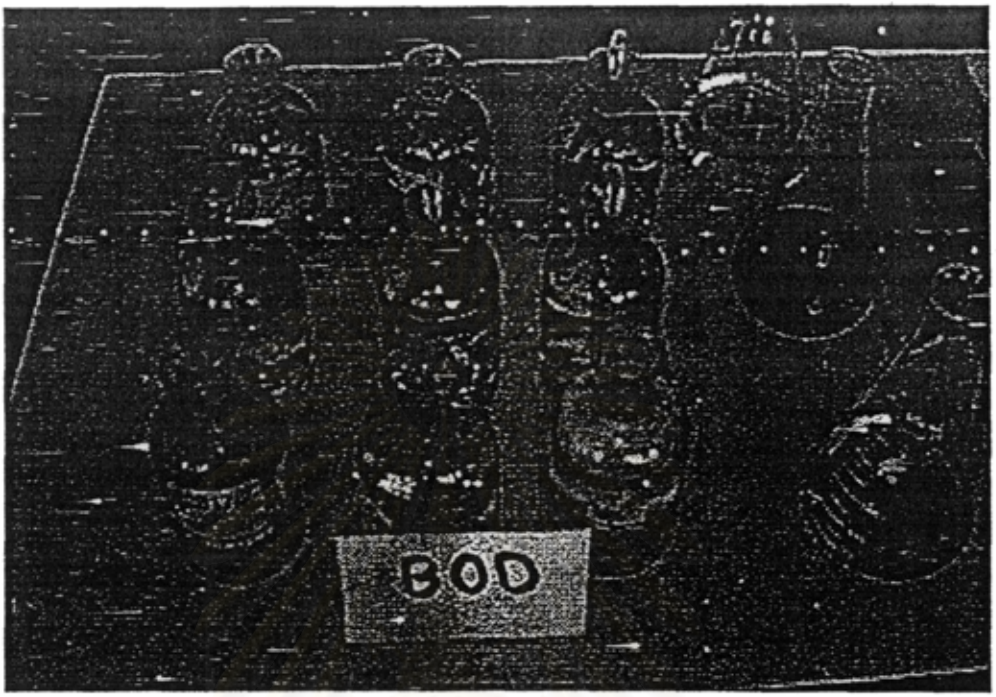


รูปที่ ง-6 Atomic Absorption Spectrophotometer Model UNICAM 989 QZ

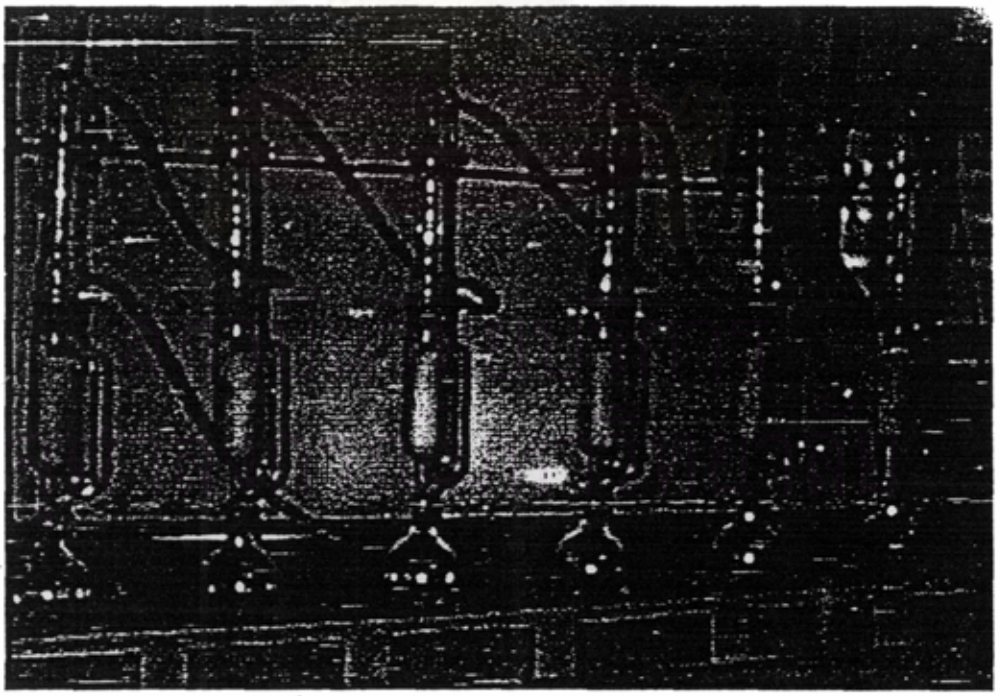


รูปที่ ง-7 Mercury Analysis Tekran 2600

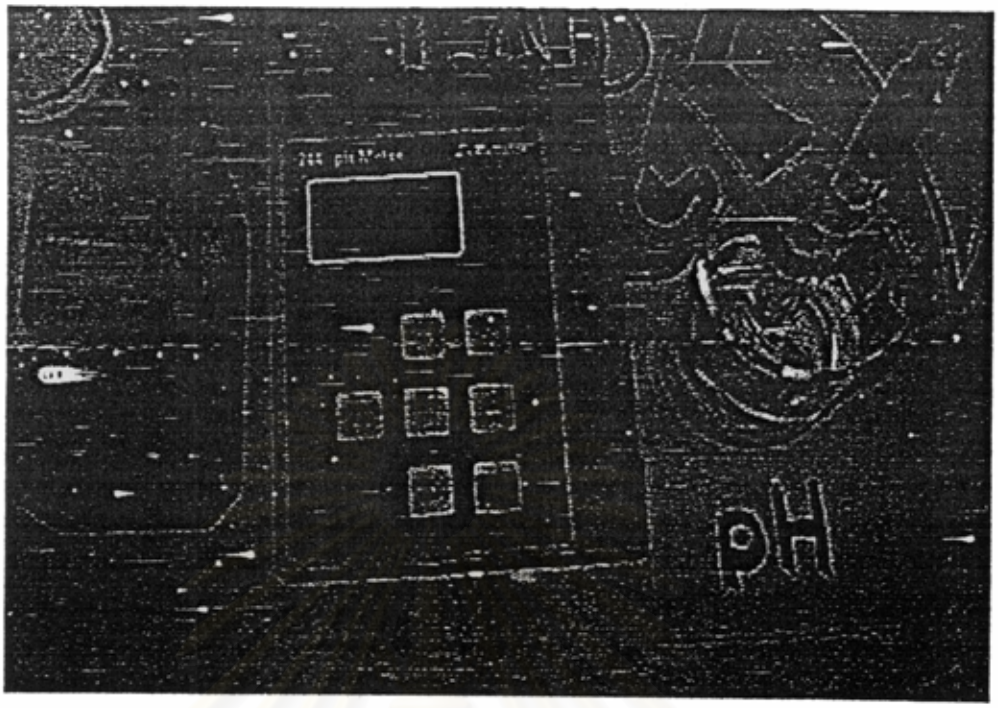
ง-3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



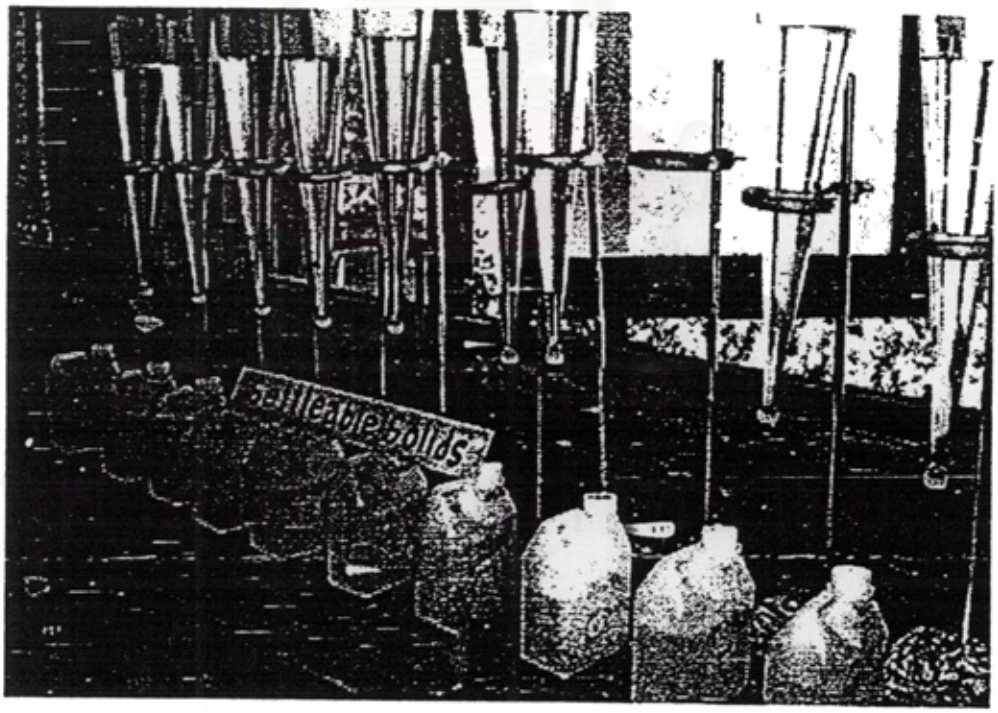
รูปที่ ง-8 การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี



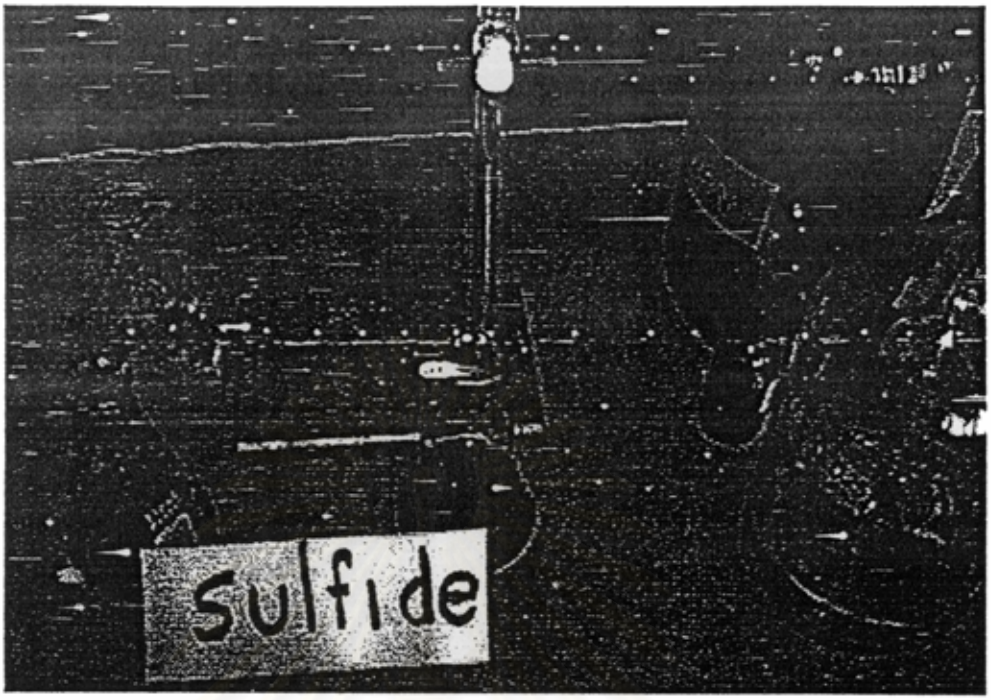
รูปที่ ง-9 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมัน



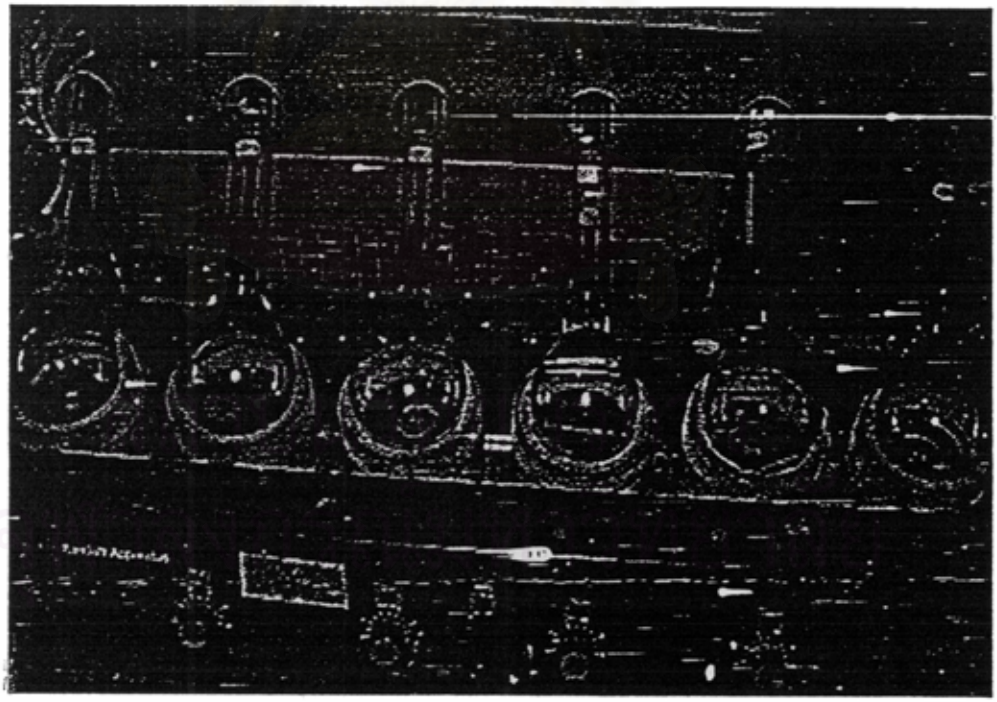
รูปที่ ง-10 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส



รูปที่ ง-11 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งตกตะกอน

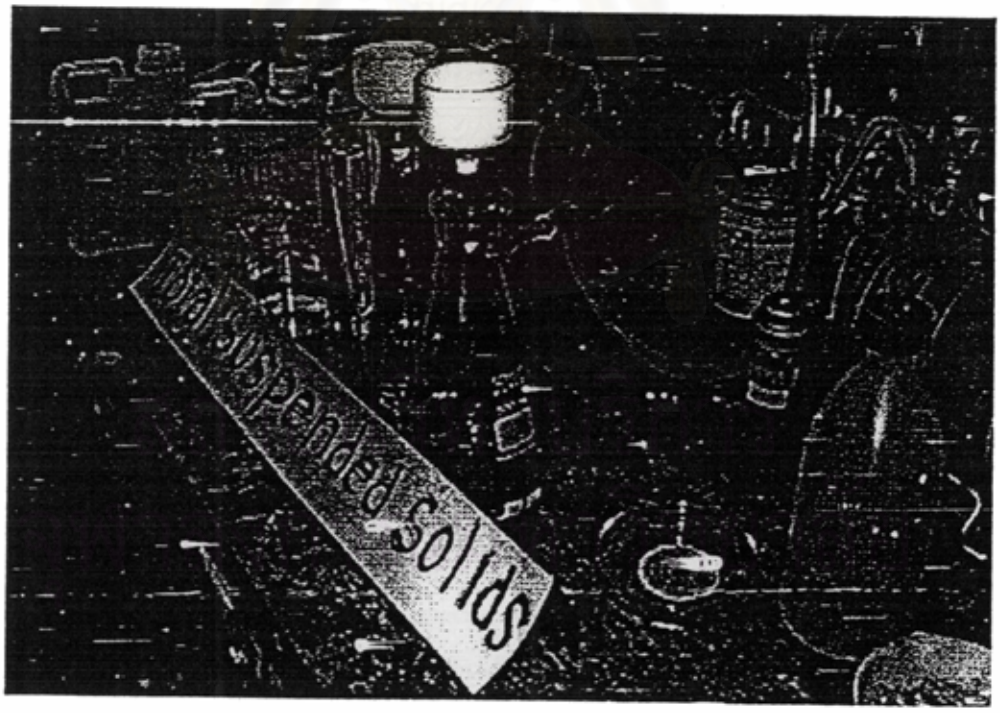


รูปที่ ง-12 การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์



รูปที่ ง-13 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

รูปที่ ง-14 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด



รูปที่ ง-15 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ภาคผนวก จ.

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคณะทันตแพทยศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคณะทันตแพทยศาสตร์

จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

จุดเก็บตัวอย่าง 0 (ตรงทางออก)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00176	0.02329	0.00685
20 ม.ค. 47	0.00234	0.01419	0.00682
21 ม.ค. 47	0.00043	0.03140	0.00679
22 ม.ค. 47	0.00126	0.02224	0.00680
23 ม.ค. 47	0.00165	0.01228	0.00680
24 ม.ค. 47	0.00094	0.01642	0.00679
25 ม.ค. 47	0.00060	0.03215	0.00676
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00128	0.02171	0.00680
ค่าเบี่ยงเบน	0.00068	0.00795	0.00003
จุดเก็บตัวอย่าง 1 (หน้าห้องปฏิบัติการเครื่องกรอ)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00148	0.03246	0.00385
20 ม.ค. 47	0.00161	0.00907	0.00391
21 ม.ค. 47	0.00056	0.01545	0.00390
22 ม.ค. 47	0.00102	0.03639	0.00395
23 ม.ค. 47	0.00234	0.03242	0.00389
24 ม.ค. 47	0.00245	0.00283	0.00391
25 ม.ค. 47	0.00246	0.01894	0.00390
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00170	0.02108	0.00390
ค่าเบี่ยงเบน	0.00075	0.01295	0.00003
จุดเก็บตัวอย่าง 5 (คลินิกรวม)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00197	0.01445	0.00725
20 ม.ค. 47	0.00121	0.02799	0.00731
21 ม.ค. 47	0.00220	0.03118	0.00731
22 ม.ค. 47	0.00163	0.02804	0.00730
23 ม.ค. 47	0.00124	0.02906	0.00725
24 ม.ค. 47	0.00008	0.01138	0.00735
25 ม.ค. 47	0.00175	0.00724	0.00731
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00144	0.02133	0.00730
ค่าเบี่ยงเบน	0.00070	0.00992	0.00004

ตารางที่ ฯ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง (ครั้งที่)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00007	0.02820	0.00430
20 ม.ค. 47	0.00140	0.02772	0.00430
21 ม.ค. 47	0.00208	0.01797	0.00430
22 ม.ค. 47	0.00093	0.00629	0.00350
23 ม.ค. 47	0.00057	0.05085	0.00410
24 ม.ค. 47	0.00092	0.02028	0.00400
25 ม.ค. 47	0.00127	0.04184	0.00350
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00103	0.02759	0.00400
ค่าเบี่ยงเบน	0.00064	0.01497	0.00036
จุดเก็บตัวอย่าง (ครั้งที่)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00032	0.02690	0.00900
20 ม.ค. 47	0.00023	0.03830	0.01400
21 ม.ค. 47	0.00025	0.01923	0.01400
22 ม.ค. 47	0.00235	0.01084	0.01200
23 ม.ค. 47	0.00226	0.02749	0.01000
24 ม.ค. 47	0.00043	0.02172	0.00900
25 ม.ค. 47	0.00080	0.01468	0.00900
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	0.00095	0.02274	0.01100
ค่าเบี่ยงเบน	0.00095	0.00915	0.00231
จุดเก็บตัวอย่าง (ครั้งที่)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00006	0.01460	0.00410
20 ม.ค. 47	0.00088	0.02101	0.00410
21 ม.ค. 47	0.00077	0.04466	0.00485
22 ม.ค. 47	0.00057	0.00950	0.00485
23 ม.ค. 47	0.00163	0.03592	0.00482
24 ม.ค. 47	0.00206	0.02348	0.00476
25 ม.ค. 47	0.00076	0.02795	0.00474
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00096	0.02530	0.00460
ค่าเบี่ยงเบน	0.00067	0.01211	0.00035

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

อาคารที่ 2 (ด้านทิศใต้)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00967	0.00967	0.00410
20 ม.ค. 47	0.00351	0.02764	0.00430
21 ม.ค. 47	0.00238	0.02471	0.00420
22 ม.ค. 47	0.00146	0.01560	0.00441
23 ม.ค. 47	0.00063	0.02081	0.00400
24 ม.ค. 47	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
25 ม.ค. 47	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00353	0.01969	0.00420
ค่าเบี่ยงเบน	0.00360	0.00719	0.00016
อาคารที่ 15 (ก่อนเข้าถังบำบัด)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00134	0.02927	0.00640
20 ม.ค. 47	0.00254	0.02379	0.00600
21 ม.ค. 47	0.00372	0.02335	0.00630
22 ม.ค. 47	0.00095	0.00882	0.00550
23 ม.ค. 47	0.00056	0.01846	0.00580
24 ม.ค. 47	0.00257	0.02373	0.00600
25 ม.ค. 47	0.00283	0.03259	0.00600
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	0.00207	0.02286	0.00600
ค่าเบี่ยงเบน	0.00114	0.00768	0.00030
อาคารที่ 15 (หลังบำบัด)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00274	0.01887	0.00600
20 ม.ค. 47	0.00227	0.02398	0.00570
21 ม.ค. 47	0.00238	0.00913	0.00590
22 ม.ค. 47	0.00173	0.04445	0.00530
23 ม.ค. 47	0.00146	0.02820	0.00580
24 ม.ค. 47	0.00060	0.02051	0.00550
25 ม.ค. 47	0.00095	0.03473	0.00570
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00173	0.02570	0.00570
ค่าเบี่ยงเบน	0.00078	0.01148	0.00024

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
	mg/L	mg/L	mg/L
19 ม.ค. 47	0.00224	0.04695	0.00350
20 ม.ค. 47	0.00196	0.03515	0.00372
21 ม.ค. 47	0.00196	0.02971	0.00368
22 ม.ค. 47	0.00247	0.04847	0.00366
23 ม.ค. 47	0.00176	0.02789	0.00360
24 ม.ค. 47	0.00286	0.02797	0.00460
25 ม.ค. 47	0.00252	0.01774	0.00455
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	0.00225	0.03341	0.00390
ค่าเบี่ยงเบน	0.00039	0.01105	0.00047

ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำดีของแต่ละอาคาร

ลำดับที่	อาคาร	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
		mg/L	mg/L	mg/L
1	อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)	0.00131	0.02134	0.00008
2	อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการทางทันตกรรม)	0.00130	0.00386	0.00005
3	อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)	0.00110	0.00389	0.00007
4	อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)	0.00153	0.03583	0.00007
5	อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)	0.00101	0.00062	0.00006
6	อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)	0.00113	0.00720	0.00007
7	อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า)	0.00220	0.02372	0.00005
8	อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)	0.00251	0.01517	0.00004
	ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำดีของทั้งคณะฯ	0.00151	0.01395	0.00006
	เกณฑ์มาตรฐานอนุโลมสูงสุด	0.005	0.05	0.002

ตารางที่ ข-3 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย/น้ำทิ้งของแต่ละอาคาร

ลำดับ	อาคาร	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
		mg/L	mg/L	mg/L
1	อาคารทันต 10 (โรงอาหาร) น้ำทิ้ง	0.00128	0.02171	0.00680
2	อาคารทันต 11 (ป.ทางทันตกรรม) น้ำทิ้ง	0.00170	0.02108	0.00390
3	อาคารทันต 5 (คลินิกรวม) น้ำทิ้ง	0.00144	0.02133	0.00730
4	อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์) น้ำทิ้ง	0.00103	0.02759	0.00400
5	อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) น้ำเสียก่อนทำการบำบัด	0.00095	0.02274	0.01100
6	อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) น้ำทิ้งหลังทำการบำบัด	0.00096	0.02530	0.00460
7	อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย) น้ำทิ้ง	0.00353	0.01969	0.00420
8	อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) น้ำเสียก่อนทำการบำบัด	0.00207	0.02236	0.00600
9	อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) น้ำทิ้งหลังทำการบำบัด	0.00173	0.02570	0.00570
10	อาคารทันต 14 (พรีคลินิก) น้ำทิ้ง	0.00225	0.03341	0.00390
	ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งของทั้งคณะฯ	0.00174	0.02448	0.00505
	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดที่รับได้	0.03	0.20	0.005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

[illegible]	BOD	COD	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l as N)	(mg/l as N)	ปริมาณ (mg/l)	ปริมาณ (MPN)
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	6.80	ND	ND	ND	120.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	215.00	30.00	4.90	2.00	0.24	14.00	332.00	1210.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	235.00	15.00	5.40	3.60	0.59	6.00	317.00	970.00
น้ำทิ้ง (21/1/47)	215.00	25.00	5.20	1.50	0.76	14.00	316.00	1230.00
น้ำทิ้ง (22/1/47)	210.00	17.00	5.00	3.00	0.76	18.00	236.00	1210.00
น้ำทิ้ง (23/1/47)	210.00	23.00	5.50	2.00	0.76	18.00	661.00	1000.00
น้ำทิ้ง (24/1/47)	205.00	21.00	5.60	0.10	0.76	11.00	749.00	1850.00
น้ำทิ้ง (25/1/47)	210.00	16.00	5.90	0.80	0.76	14.00	558.00	1110.00
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	214.29	21.00	5.36	1.86	0.66	13.57	459.86	1225.71
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	9.76	5.45	0.35	1.21	0.20	4.16	192.08	294.38
อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.20	ND	ND	ND	121.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	12.00	11.00	6.70	0.05	0.24	6.00	176.00	30.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	12.00	17.00	6.50	0.10	0.24	3.00	162.00	30.00
น้ำทิ้ง (21/1/47)	14.00	15.00	6.30	0.10	ND	7.00	140.00	30.00
น้ำทิ้ง (22/1/47)	9.00	12.00	6.30	0.50	0.24	2.00	148.00	ND
น้ำทิ้ง (23/1/47)	14.00	18.00	6.00	<0.01	ND	7.00	173.00	30.00
น้ำทิ้ง (24/1/47)	19.00	15.00	6.70	0.05	ND	7.00	181.00	20.00
น้ำทิ้ง (25/1/47)	6.00	12.00	6.00	<0.01	ND	3.00	190.00	30.00
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	12.29	14.29	6.36	0.11	0.10	5.00	167.14	24.29
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.11	2.69	0.29	0.19	0.00	2.24	18.06	4.08

หมายเหตุ ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

รายการที่ตรวจ	BOD	COD	pH	ปริมาณน้ำมันและไขมัน	สีและกลิ่น	ตะกอน	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด	ปริมาณของแข็งแขวนลอย
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l Pt-Co)	(ml/l)	(mg/l)	(mg/l)
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.20	ND	ND	ND	125.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	16.00	12.00	7.60	ND	ND	6.00	168.00	30.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	12.00	11.00	7.00	0.05	ND	4.00	168.00	20.00
น้ำทิ้ง (21/1/47)	8.00	17.00	6.70	ND	ND	3.00	183.00	20.00
น้ำทิ้ง (22/1/47)	4.00	15.00	6.80	0.20	ND	6.00	163.00	30.00
น้ำทิ้ง (23/1/47)	16.00	30.00	7.20	ND	ND	2.00	242.00	20.00
น้ำทิ้ง (24/1/47)	6.00	10.00	7.50	ND	ND	3.00	159.00	ND
น้ำทิ้ง (25/1/47)	2.00	8.00	6.20	ND	ND	7.00	149.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	9.14	14.71	7.00	0.04	ND	4.43	176.00	17.14
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.64	7.39	0.49	0.11	ND	1.90	33.80	5.48
อาคารทันต 1 (ศัลยศาสตร์)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.30	ND	ND	ND	125.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	5.00	8.00	8.10	ND	ND	6.00	227.00	100.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	17.00	10.00	7.00	ND	ND	4.00	190.00	ND
น้ำทิ้ง (21/1/47)	8.00	11.00	7.10	ND	ND	4.00	202.00	ND
น้ำทิ้ง (22/1/47)	16.00	9.00	7.20	ND	ND	6.00	180.00	30.00
น้ำทิ้ง (23/1/47)	12.00	12.00	7.30	ND	ND	7.00	238.00	10.00
น้ำทิ้ง (24/1/47)	15.00	13.00	7.40	ND	ND	3.00	235.00	ND
น้ำทิ้ง (25/1/47)	12.00	10.00	6.20	ND	ND	3.00	228.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	12.14	10.43	7.19	ND	ND	4.71	214.29	20.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.38	1.72	0.52	ND	ND	1.60	38.23	47.26

หมายเหตุ ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

Parameters	BOD	TSS	pH	Total Chromium	ฟีนอล	ไขมัน	ซัลไฟด์	ไซยาไนด์
	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)	(mg/L as C6H5OH)	(mg/L as HEM)	ปริมาณ (mg/L)	ปริมาณ (mg/L)
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) ก่อนการบำบัด								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.30	ND	ND	ND	126.00	ND
น้ำเสียก่อนบำบัด (19/1/47)	13.00	11.00	7.10	ND	0.59	6.00	140.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (20/1/47)	12.00	15.00	6.60	ND	0.24	6.00	137.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (21/1/47)	16.00	7.00	6.60	ND	0.59	7.00	135.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (22/1/47)	18.00	12.00	6.70	ND	0.42	6.00	136.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (23/1/47)	18.00	23 00	7.40	ND	0.42	2.00	183.00	20.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (24/1/47)	12.00	14.00	7.40	ND	0.24	6.00	188.00	ND
น้ำเสียก่อนบำบัด (25/1/47)	17.00	17.00	6.30	ND	0.24	4.00	185.00	30.00
ค่าเฉลี่ยน้ำเสียก่อนบำบัด	15.14	14.14	6.87	ND	0.39	5.29	157.71	24.29
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.73	5.05	0.43	ND	0.16	1.70	25.92	4.08
อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ) หลังการบำบัด								
น้ำทิ้งหลังบำบัด (19/1/47)	7.00	10.00	7.90	ND	ND	3.00	144.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (20/1/47)	4.00	11.00	7.30	ND	ND	3.00	143.00	10.00
น้ำทิ้งหลังบำบัด (21/1/47)	12.00	5.00	7.00	ND	ND	4.00	138.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (22/1/47)	8.00	6.00	7.20	ND	ND	6.00	138.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (23/1/47)	6.00	19.00	7.96	ND	ND	1.00	184.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (24/1/47)	5.00	7.00	7.40	ND	ND	3.00	184.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (25/1/47)	2.00	7.00	6.30	ND	ND	3.00	183.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้งหลังบำบัด	6.29	9.29	7.29	ND	ND	3.29	159.14	10.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.20	4.79	0.56	ND	ND	1.50	23.05	0.00

หมายเหตุ ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

[illegible]	BOD	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	ชนิดของจุลินทรีย์	ชนิดของจุลินทรีย์
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	126.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	5.00	9.00	7.50	ND	ND	6.00	259.00	30.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	6.00	10.00	7.20	ND	ND	3.00	259.00	40.00
น้ำทิ้ง (21/1/47)	8.00	18.00	7.00	ND	ND	6.00	242.00	ND
น้ำทิ้ง (22/1/47)	8.00	11.00	7.10	ND	ND	8.00	239.00	ND
น้ำทิ้ง (23/1/47)	16.00	23.00	7.62	ND	ND	7.00	292.00	ND
น้ำทิ้ง (24/1/47)	no sample	no sample	sample	no sample	no sample	no sample	no sample	no sample
น้ำทิ้ง (25/1/47)	no sample	no sample	sample	no sample	no sample	no sample	no sample	no sample
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	8.60	14.20	7.28	ND	ND	6.00	258.20	14.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.34	6.06	0.27	ND	ND	1.87	21.06	7.07
อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า) ก่อนการบำบัด								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	125.00	ND
น้ำเสียก่อนบำบัด (19/1/47)	16.00	15.00	7.50	0.05	0.76	5.00	257.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (20/1/47)	10.00	12.00	7.30	ND	0.24	6.00	254.00	90.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (21/1/47)	8.00	14.00	7.00	0.05	0.76	4.00	241.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (22/1/47)	8.00	19.00	7.10	0.40	0.76	6.00	240.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (23/1/47)	17.00	20.00	7.09	ND	0.59	6.00	297.00	ND
น้ำเสียก่อนบำบัด (24/1/47)	16.00	14.00	7.10	0.05	0.59	11.00	313.00	30.00
น้ำเสียก่อนบำบัด (25/1/47)	15.00	9.00	6.30	ND	0.24	8.00	304.00	30.00
ค่าเฉลี่ยน้ำเสียก่อนบำบัด	12.86	14.71	7.06	0.14	0.56	6.57	272.29	40.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.02	3.82	0.37	0.18	0.23	2.30	31.26	24.49

หมายเหตุ ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

ตารางที่ จ-4 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสีย/น้ำทิ้ง และน้ำดีภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ (ต่อ)

รายการตรวจ	BOD	TSS	pH	ซัลไฟด์	น้ำมันฯ	ฟีนอล	ซัลไฟด์	ซัลไฟด์
	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	ทั้งหมด (mg/L)	ที่ละลาย (mg/L)
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 15 (ตึกเก่า) หลังการบำบัด								
น้ำทิ้งหลังบำบัด (19/1/47)	5.00	12.00	7.70	0.05	ND	3.00	223.00	10.00
น้ำทิ้งหลังบำบัด (20/1/47)	2.00	11.00	7.90	ND	ND	5.00	233.00	10.00
น้ำทิ้งหลังบำบัด (21/1/47)	4.00	10.00	7.30	0.05	ND	2.00	233.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (22/1/47)	4.00	14.00	7.20	0.05	ND	4.00	222.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (23/1/47)	9.00	8.00	6.85	ND	ND	5.00	292.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (24/1/47)	6.00	8.00	7.50	ND	ND	10.00	292.00	ND
น้ำทิ้งหลังบำบัด (25/1/47)	6.00	6.00	7.50	ND	ND	6.00	283.00	10.00
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้งหลังบำบัด	5.14	9.86	7.42	0.05	ND	5.00	254.00	10.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.19	2.73	0.34	0.00	ND	2.58	33.16	0.00
อาคารทันต 14 (พรีคลินิก I)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	124.00	ND
น้ำทิ้ง (19/1/47)	2.00	7.00	7.60	0.20	ND	2.00	133.00	30.00
น้ำทิ้ง (20/1/47)	12.00	9.00	8.30	0.20	ND	6.00	375.00	60.00
น้ำทิ้ง (21/1/47)	18.00	14.00	7.20	0.20	ND	7.00	150.00	ND
น้ำทิ้ง (22/1/47)	16.00	14.00	7.20	0.20	ND	3.00	141.00	30.00
น้ำทิ้ง (23/1/47)	18.00	10.00	7.32	ND	ND	3.00	187.00	10.00
น้ำทิ้ง (24/1/47)	10.00	13.00	7.70	0.20	ND	6.00	177.00	30.00
น้ำทิ้ง (25/1/47)	13.00	10.00	7.70	ND	ND	4.00	224.00	20.00
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	12.71	11.00	7.57	0.14	ND	4.43	198.14	30.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.62	2.71	0.40	0.02	ND	1.90	84.01	16.73

หมายเหตุ ND = not detectable (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

ตารางที่ ๙-5 สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำภายในคณะทันตแพทยศาสตร์

Parameter	BOD	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ค่ามาตรฐานสูงสุดที่รับได้	ไม่มากกว่า 20	ไม่มากกว่า 20	5 ถึง 9	ไม่มากกว่า 0.5 mg/L	ไม่มากกว่า 1.0	ไม่มากกว่า 35	ไม่มากกว่า 500	ไม่มากกว่า 30
อาคารทันต 10 (โรงอาหาร)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	6.60	ND	ND	ND	120.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	214.29	21.00	5.36	1.66	0.66	13.57	459.86	1225.71
อาคารทันต 11 (หน่วยปฏิบัติการฯ)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.20	ND	ND	ND	121.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	12.29	14.29	6.36	0.11	0.10	5.00	167.14	24.29
อาคารทันต 5 (คลินิกรวม)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.20	ND	ND	ND	125.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	9.14	14.71	7.00	0.04	ND	4.43	176.00	17.14
อาคารทันต 1 (คัลยศาสตร์)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.30	ND	ND	ND	125.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	12.14	10.43	7.19	<0.01	ND	4.71	214.29	20.00
อาคารทันต 4 (คลินิกพิเศษ)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.30	ND	ND	ND	126.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสียก่อนบำบัด	15.14	14.14	6.87	ND	0.32	5.29	157.71	24.29
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้งหลังบำบัด	6.29	9.29	7.29	ND	ND	3.29	159.14	10.00
อาคารทันต 2 (ทันตรักษ์วิจัย)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	126.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	8.60	14.20	7.28	ND	ND	1.67	258.20	14.00
อาคารทันต 15 (สมเด็จย่า)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	125.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสียก่อนบำบัด	12.86	14.71	7.06	11.54	0.56	6.57	253.86	30.00
ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้งหลังบำบัด	5.14	9.86	7.42	0.05	ND	5.00	254.00	10.00
อาคารทันต 14 (พรีคลินิก)								
ค่าน้ำดี	ND	ND	7.10	ND	ND	ND	124.00	ND
ค่าเฉลี่ยน้ำเสีย	12.71	11.00	7.57	0.14	ND	4.43	198.14	30.00

จ-3 ปริมาณการใช้น้ำประปา

ตารางที่ จ-6 ปริมาณการใช้น้ำประปาภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2547

เดือน/ปี	เครื่องวัดเลขที่ (ลูกบาศก์เมตร)			
	20274	386870	675363	9651704
	อ. ทันต 45	อ. ทันต 1-5, 10, 11		อ. ทันต 2-4, 6-9
มกราคม 2547	551	4,265	ปิด	2,059
กุมภาพันธ์ 2547	610	4,266	ปิด	2,056
มีนาคม 2547	872	3,409	ปิด	1,672
เมษายน 2547	838	4,017	ปิด	1,768
พฤษภาคม 2547	673	3,649	ปิด	1,625
มิถุนายน 2547	868	4,304	ปิด	1,852
กรกฎาคม 2547	962	4,106	ปิด	1,996
สิงหาคม 2547	947	4,867	ปิด	1,976
กันยายน 2547	764	5,230	ปิด	1,831
ตุลาคม 2547	893	4,838	ปิด	1,669
พฤศจิกายน 2547	1,133	5,052	ปิด	1,723
ธันวาคม 2547	1,191	4,477	ปิด	1,716
รวม	10,298	52,480	ปิด	21,943
ปริมาณการใช้น้ำทั้งคณะฯ		84,721		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

แบบแปลนแนวท่อระบายน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ จ-1 แบบแปลนแนวท่อระบายน้ำทิ้งภายในบริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์