สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวชลดา ซื่อสัตย์
นางสาวทศพร กาญจนา
นางสาววรรณวดี รัตนเกษมสุข

ปว.
ว221ค
2538
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....25399
วัน, เดือน, ปี.....9 ก.ค. 2539

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water quality of SIRINDHORN Swimming Pool King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CHOLADA SUASAT

TOTSAPORN KANCHANA

WANWADEE RATTANAKASENSUK

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	**คุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
โดย	**นางสาวชลดา ซื่อสัตย์**
	นางสาวทศพร กาญจนา
	นางสาววรรณวดี รัตนเกษมสุข
ภาควิชา	**ชีววิทยาประยุกต์**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น**

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล) หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล) ประธานกรรมการ

(อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น) กรรมการ

(อาจารย์อารี กังแฮ) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ คุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นักศึกษา นางสาวชลดา ซื่อสัตย์
นางสาวทศพร กาญจนา
นางสาววรรณวดี รัตนเกษมสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2538 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2539 จำนวน 20 ตัวอย่าง ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณสารแขวนลอย ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด , *Coliforms* , *E. coli* , *Staphylococcus aureus* และ *Pseudomonas aeruginosa* ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า คุณภาพน้ำมีแนวโน้มไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานข้อบังคับของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากค่าเฉลี่ยของพีเอชอยู่ในช่วง 7.18 - 7.70 ปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 594 - 941 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.042 - 0.178 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอรีนหลงเหลืออยู่ในช่วง 0.2802-0.4580 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังตรวจพบ *E. coli* , *S. aureus* และ *P. aeruginosa* ในจำนวน 5 , 3 และ 2 ตัวอย่างตามลำดับจากจำนวนตัวอย่างน้ำ 13 ตัวอย่าง ดังนั้นจึงควรเพิ่มการควบคุมดูแลคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำและแนะนำให้ผู้ใช้บริการปฏิบัติตามกฎระเบียบของสระว่ายน้ำให้เคร่งครัดยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Water quality of SIRINDHON Swimming Pool
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Name Cholada Suasat
Totsaporn Kanchana
Wanwadee Rattanakasemsuk

Special Project Advisor Wanchai Suthinoon

Department Applied Biology

Acadamic Year 1995

Abstract

The physical chemical and biological quallity of SIRINDHON swimming pool were studied. The number of twenty samples were collected during November 1995 to February 1996. These samples were analyzed for pH value , quantity of total solid , suspended solid , free residual chlorine , ammonia nitrogen , the total number of bacteria , ***Coliforms*** , ***E. coli*** , ***S. aureus and P. aeruginosa*** . The results of analyze revealed that water quanlity of SIRINDHON swimming pool were not up to standard of Bangkok Metropolitan,since, population mean of pH values were ranged between 7.18 and 7.70, quantity of total solid was between 594 and 941 milligramperlite , quantity of suspended solid was between 0.042 and 0.178 milligramperlite and quantity of free residual chlorine was between 0.2802 and 0.45803 . However ***E. coli*** , ***S. aureus*** and ***P. aeruginosa*** were found in number of 5, 3 and 2 sample , respectively ,from 13 samples , too .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่องนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์วันชัย สุทธินุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษซึ่งควบคุมดูแลการปฏิบัติการ ให้ข้อมูลเอกสารที่ใช้ประกอบการค้นคว้าที่เป็นประโยชน์ อาจารย์อุ่นเรือน ศิริวานิชกุลและอาจารย์อารี กังแฮที่กรุณาตรวจข้อผิดพลาดในโครงงานพิเศษฉบับนี้ อาจารย์พิศมัย ชัยรัตน์อุทัย และอาจารย์กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการดำเนินงาน ขอขอบคุณคุณสุรินทร์ ยุทธารักษ์ เจ้าหน้าที่ประจำสระว่ายน้ำ ที่กรุณาให้ข้อมูลต่าง ๆ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานและขอขอบใจคุณสุดารัตน์ นรากร ที่ช่วยเหลือในด้านการพิมพ์งาน ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณคลอรีนที่วัดได้เมื่อคุณหภูมิของน้ำ 20 องศาเซลเซียส ที่พีเอชต่าง ๆ	19
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ	39
4.2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี	44
4.3	การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและ ปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้าและช่วงเย็น	45
4.4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ	46
ค.1	ตาราง MPN	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างคลอรีนที่เติมลงไปกับคลอรีนหลงเหลือและคลอรีนที่ถูกแอมโมเนียดึงไปใช้	9
2.2	ตัวเลขที่เกิดขึ้นจริงที่สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง	10
2.3	ตัวเลขการลดลงของสารอินทรีย์ไนโตรเจนเมื่อมีการเติมคลอรีนลงไป	11
4.1	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	36
4.2	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	37
4.3	ปริมาณสารแขวนลอย	38
4.4	ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ	40
4.5	กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียไนโตรเจน	41
4.6	การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้า	42
4.7	การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเย็น	42
4.8	การเปรียบเทียบระหว่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้าและช่วงเย็น	43
ง.1	บริเวณทางเข้าสระว่ายน้ำ	61
ง.2	สภาพของสระว่ายน้ำ	61
ง.3	คลอรีนที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำ	62
ง.4	หม้อกรองที่ใช้ในการบำบัดน้ำ	62
ง.5	เครื่องดูดตะกอน	63
ง.6	เครื่องมือการตรวจสภาพน้ำประจำสระ	63
ง.7	ห้องอาบน้ำ	64
ง.8	อ่างล้างหน้า	64
ง.9	ห้องส้วม	65
ง.10	โถปัสสาวะ	65
ง.11	ที่ล้างเท้าก่อนลงสระว่ายน้ำ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.1	ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ	67
ข.2	อุปกรณ์ที่ใช้หาปริมาณของแข็งทั้งหมด	67
ข.3	อุปกรณ์ที่ใช้หาปริมาณสารแขวนลอย	68
ข.4	อุปกรณ์ที่ใช้หาปริมาณคลอรีนหลงเหลือ	68

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฆ
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 ลักษณะทั่วไปของสระว่ายน้ำ	2
2.2 คุณภาพน้ำและการรักษาความสะอาดสระว่ายน้ำ	3
2.3 การปรับสภาพน้ำและการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ	14
2.4 ลักษณะของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ	24
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	27
3.2 สารเคมี	27
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ	29
3.4 วิธีการทดลอง	
3.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ	30
3.4.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี	31
3.4.3 การวิเคราะห์ทางด้านชีวภาพ	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง	
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ	
4.1.1 ค่าความเป็นกรด - ด่าง	35
4.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด	37
4.1.3 ปริมาณสารแขวนลอย	38
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี	
4.2.1 ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ	40
4.2.2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน	41
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ข้อบังคับกรุงเทพมหานคร ฯลฯ	50
ภาคผนวก ข. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	55
ภาคผนวก ค. ตาราง MPN	58
ภาคผนวก ง. ลักษณะของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ	61
ภาคผนวก จ. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	67
เอกสารอ้างอิง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การว่ายน้ำเป็นกีฬาที่มีคนนิยมมากเพราะให้ความสนุกสนานและเป็นการออกกำลังกายที่ดีวิธีหนึ่ง ความนิยมได้มีมากขึ้นเป็นลำดับดังจะเห็นได้จากมีการก่อสร้างสระว่ายน้ำเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากตลอดเวลาสระว่ายน้ำที่มีการบริหารงานที่ดีสามารถสร้างกำไรและจูงใจให้มีผู้ใช้บริการมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการดูแลรักษาสระว่ายน้ำจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น ถ้าสระว่ายน้ำไม่ได้รับการดูแลรักษาเป็นอย่างดี อาจมีการปนเปื้อนของสารมลพิษซึ่งแบ่งได้3กลุ่ม คือ สารมลพิษทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ สารมลพิษทางกายภาพ ได้แก่ ฝุ่นละออง ไขมันที่ผิวหนัง สิ่งสกปรกที่ขับออกจากจมูก คอ รวมทั้งปัสสาวะและเหงื่อของผู้ใช้บริการ สารมลพิษทางเคมี ได้แก่ สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่วนสารมลพิษทางชีวภาพ ได้แก่ จุลินทรีย์ซึ่งอาจปนเปื้อนมาจากร่างกายของผู้ใช้บริการหรือสปอร์ของแบคทีเรียและราในอากาศที่ตกลงสู่สระ หากสระว่ายน้ำไม่ได้รับการดูแลควบคุมให้ได้มาตรฐาน ผู้ใช้บริการจะอยู่ในสภาวะเสี่ยงต่ออันตรายจากสารเคมีและการติดเชื้อ ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคหลายอย่าง เช่น การเกิดเยื่อบุตาอักเสบจากเชื้อ Chlamydia โรคกลากบริเวณแท้าซึ่งเกิดจากเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณพื้นรอบ ๆ สระและในห้องแต่งตัว การติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร รวมถึงการอักเสบของหูส่วนนอกที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและโปรโตซัว โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ไขสันหลังอักเสบจากเชื้ออมีบาชนิด ***Naegeria gruberi*** ซึ่งเป็นโรคร้ายแรงอาจถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจวิเคราะห์น้ำในสระว่ายน้ำว่ามีคุณภาพเหมาะสมไม่มีอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้บริการหรือไม่

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตและความปลอดภัยแก่ผู้ใช้บริการและนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสระว่ายน้ำตามข้อบังคับของกรุงเทพมหานครที่ได้กำหนดไว้

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาคุณภาพน้ำของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ ในวันที่มีผู้ใช้บริการมากที่สุด โดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ เป็นเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2538 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในปัจจุบันประชาชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของสุขภาพมากกว่าในอดีตซึ่งจะเห็นได้จากมีการสนับสนุนทางด้านกีฬา มีสถานที่ออกกำลังกาย และมีอาหารบำรุงสุขภาพในท้องตลาดมากขึ้น และการว่ายน้ำเป็นการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมประเภทหนึ่ง โดยเฉพาะในระดับเยาวชนแล้วจะได้รับการสนับสนุนส่งเสริมให้ว่ายน้ำกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้กีฬาชนิดนี้ก้าวขึ้นสู่ความนิยมมากขึ้นมาเป็นลำดับ

ธุรกิจการก่อสร้างสระว่ายน้ำที่จะใช้เป็นสถานที่รองรับการออกกำลังกาย ฝึกอบรมหรือใช้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจได้เพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ฉะนั้นสวัสดิภาพและความปลอดภัยในการใช้สระว่ายน้ำจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องได้รับความสนใจและเอาใจใส่เป็นพิเศษ สระว่ายน้ำที่ได้มาตรฐานต้องประกอบด้วยการออกแบบก่อสร้างสระว่ายน้ำและอาคารประกอบที่ถูกต้อง คุณภาพน้ำต้องได้มาตรฐานตามข้อบังคับของกรุงเทพมหานคร

2.1 ลักษณะทั่วไปของสระว่ายน้ำ (กองอนามัยสิ่งแวดล้อมและกรมพลศึกษา)

2.1.1 สุขลักษณะของสระว่ายน้ำ

บริเวณทั่วไปของสระว่ายน้ำ ควรมีการจัดวางสิ่งของต่าง ๆ ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่เกะกะกีดขวาง มองดูสะอาดสวยงาม ชวนให้เข้าไปใช้บริการ มีที่ว่างรอบขอบสระเพื่อเป็นทางเดินกว้างไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร มีอาคารประกอบสำหรับให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ มีที่สำหรับล้างเท้าตรงทางเข้าบริเวณสระว่ายน้ำ มีที่วางหรือเก็บรองเท้าก่อนเข้าภายในบริเวณสระว่ายน้ำ ลักษณะของสระว่ายน้ำสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหรือวัสดุที่มีความแข็งแรงน้ำซึมผ่านไม่ได้ พื้นและผนังเรียบ ทำความสะอาดง่าย รางระบายน้ำรอบสระทำความสะอาดง่าย ขนาดเพียงพอเพื่อรับน้ำล้นหรือมีบ่อพักน้ำล้นเพื่อสามารถรับน้ำล้นได้เพียงพอ บริเวณขอบสระและทางเดินรอบสระต้องไม่ลื่น น้ำไม่ขัง ทำความสะอาดง่ายสามารถป้องกันน้ำจากทางเดินไหลลงสู่สระได้

2.1.2 ลักษณะอาคารประกอบ

ตัวอาคารทำด้วยวัสดุมั่นคงแข็งแรง พื้นเรียบ น้ำซึมผ่านไม่ได้ ไม่ลื่น ทำความสะอาดง่าย พื้นลาดเอียงเล็กน้อย เพื่อการระบายน้ำที่ดี ห้องน้ำ ห้องส้วมสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน มีจำนวนอย่างน้อย 2 ที่ ใช้ได้ตลอดเวลา ทำความสะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้ปราศจากกลิ่นเหม็นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คราบสกปรก ที่อาบน้ำฝักบัวสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน มีจำนวนอย่างน้อย 2 ที่ สภาพดีสะอาด สามารถใช้ได้ตลอดเวลา ที่ปัสสาวะสำหรับเพศชายอย่างน้อย 2 ที่ สะอาดปราศจากกลิ่นเหม็นและคราบสกปรก อ่างล้างมือสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน มีจำนวนอย่างน้อย 2 ที่ ติดตั้งอยู่ในที่สะดวก สำหรับผู้ใช้บริการใช้ได้ มีน้ำใช้ตลอดเวลา พร้อมทั้งน้ำยาล้างมือและกระดาษชำระหรือผ้าเช็ดมือที่สะอาด เครื่องบริการน้ำดื่มที่สะอาดอย่างน้อย 1 ที่ ตั้งอยู่ในที่สังเกตเห็นได้ง่ายและรักษาความสะอาดอยู่เสมอ มีตู้เก็บของสำหรับผู้ใช้สระที่สะอาดและปลอดภัย มีหลอดไฟให้แสงสว่างเพียงพอทั่วบริเวณสระเพื่อมองเห็นชัดเจนในกรณีเปิดใช้สระในเวลากลางคืน

2.2 คุณภาพน้ำและการดูแลรักษาความสะอาดสระว่ายน้ำ

2.2.1 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในสระเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสระว่ายน้ำ โดยเฉพาะสระว่ายน้ำสาธารณะซึ่งมีผู้เข้ารับบริการจำนวนมาก ย่อมทำให้น้ำถูกแปดเปื้อนทั้งจากผู้ใช้บริการและจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

ในการศึกษาคุณภาพน้ำควรเรียนรู้คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำดังนี้

2.2.1.1 พีเอชกับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ

พีเอช(pH)หมายถึง หน่วยวัดความเข้มข้นของอิออนไฮโดรเจน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ สเกลวัดค่าพีเอชมีช่วงการวัดอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 โดยมีค่าพีเอช 7 เป็นค่าที่เป็นกลางซึ่งเป็นพีเอชของน้ำบริสุทธิ์ น้ำมีสูตรโมเลกุลเป็น H_2O คือมีอะตอมของไฮโดรเจนอยู่ 2 อะตอม เกาะอยู่กับอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม ในสภาวะปกติน้ำจะแตกตัวเป็นอิออนไฮโดรเจนที่มีประจุไฟฟ้าบวก ที่เหลือจากการแตกตัวก็จะมีประจุลบเรียกว่าอิออนไฮดรอกซี(OH^-)

อิออนไฮโดรเจนที่มีประจุบวกจะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งจะให้ค่าพีเอชต่ำกว่า 7 ดังนั้นยิ่งค่าพีเอชต่ำกว่า 7 มากเท่าใดน้ำก็จะยิ่งเป็นกรดมากขึ้นเท่านั้น ในทำนองเดียวกันอิออนไฮดรอกซี ซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบนั้นจะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นด่างและมีค่าพีเอชมากกว่า 7 ยิ่งค่าพีเอชมากกว่า 7 เท่าใด ก็แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นด่างมากขึ้นเท่านั้น น้ำบริสุทธิ์มีค่าพีเอชเป็นกลางก็เพราะว่ามีอิออนไฮโดรเจนเท่ากับอิออนไฮดรอกซีพอดี การเติมกรดลงไปจะทำให้อิออนไฮโดรเจนมีมากขึ้น แต่ถ้าเติมด่างหรือเบส อิออนไฮโดรเจนจะลดลง

น้ำในสระว่ายน้ำควรจะมีค่าพีเอชเป็น 7.5 หรือควรจะอยู่ในช่วง 7.2 ถึง 7.8 ถ้าค่าพีเอชของน้ำต่ำเกินไป (น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด) คลอรีนที่ใส่ลงไปจะสลายตัวเร็วจะมีการกัดกร่อนของคอนกรีตและส่วนที่เป็นโลหะที่สัมผัสน้ำ และจะทำให้มีอาการระคายเคืองเยื่อตา วิธีแก้ไม่ให้น้ำเป็นกรดมากเกินไปทำได้โดยการเติมผงโซดาแอช (Na_2CO_3) ลงไป แต่ถ้าค่าพีเอชของน้ำมีค่าสูง (น้ำมีฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นด่าง) ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนจะเสื่อมลงมาก มีตะไคร่และทำให้เยื่อตาระคายเคืองมากขึ้น สารเคมีที่ใช้แก้ความเป็นด่างของน้ำคือกรดเกลือ (HCl) หรือใช้โซเดียมไบซัลเฟต ($NaHSO_4$) แทนก็ได้ สภาพน้ำที่เป็นด่างอยู่นาน ๆ เกิดผลเสียมากกว่าสภาพน้ำซึ่งเป็นกรด คือจะทำให้เกิดความขุ่นและมีตะไคร่ อีกทั้งเกิดตะกรันหินปูนที่เกาะอยู่ตามพื้นซึ่งนอกจากไม่เป็นที่ต้องการแล้วการแก้ไขก็ทำได้ยาก

2.2.1.2 ค่าอัลคาไลนิตี้ของน้ำ (ณัฏฐภณ วนวงศ์สวัสดิ์ , 2529)

อัลลาไลนิตี้ (Alkalinity) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าจะต้องใช้กรดมากน้อยเพียงใดจึงจะทำให้น้ำเป็นกลาง หมายความว่า ค่าอัลคาไลนิตี้เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณอิออนที่มีประจุไฟฟ้าลบทั้งหมดที่ทำให้น้ำเป็นด่างอย่างเช่นอิออนไฮดรอกซี อิออนไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และอิออน คาร์บอเนต (CO_3^{-2}) เราไม่สามารถใช้ค่าพีเอชเพียงอย่างเดียวมากำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำได้ แต่ต้องอาศัยค่าอัลคาไลนิตี้ด้วยเพราะว่าอาจมีอิออนอื่นอีกไม่ใช่เฉพาะอิออนไฮดรอกซีเท่านั้นที่ทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นด่าง อย่างไรก็ตามอิออนอื่นที่กล่าวนั้นที่สำคัญที่สุดมีอยู่เพียง 2 ชนิดคือ อิออนไบคาร์บอเนตกับอิออนคาร์บอเนต อิออนเหล่านี้เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำ กล่าวคือความสามารถในการรักษาค่าพีเอชไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ๆ ดังนั้นความเป็นด่างที่แท้จริงต้องดูจากค่าอัลคาไลนิตี้รวมของน้ำ (Total alkalinity)

ค่าอัลคาไลนิตี้ของน้ำในสระว่ายน้ำควรมีค่าประมาณ 100 พีพีเอ็ม หรือควรอยู่ในช่วง 80 ถึง 200 พีพีเอ็ม สาเหตุที่ช่วงของค่านี้กว้างมากไม่มีค่าที่แน่นอนก็เพราะว่าค่านี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความกระด้างรวมของน้ำ และความเข้มอิออนรวมในน้ำนั้นอีกด้วย

ค่าอัลคาไลนิตี้นี้วัดได้ด้วยการใช้วิธีทางเคมี ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ทดสอบสำเร็จรูป (Test Kit) ซึ่งมีจำหน่ายโดยทั่วไป ถ้าค่าอัลคาไลนิตี้ต่ำเกินไปค่าพีเอชของน้ำก็จะเปลี่ยนแปลนเร็วไปตามสภาวะที่เปลี่ยนไปและอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดกร่อนเร็วขึ้น เนื่องจากน้ำที่มีค่าอัลคาไลนิตี้ต่ำจะกัดกร่อนคอนกรีตและโลหะได้มากขึ้นซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) หรือที่เรียกกันว่า " ผงฟู " (Baking Soda) ที่ใช้ทำขนมปังนั่นเอง แต่ถ้าค่าอัลคาไลนิตี้สูงเกินไปก็จะเกิดตะกรันของหินปูน น้ำจะขุ่นและอาจทำให้ค่าพีเอชสูงผิดปกติ การแก้ไขทำได้โดยใช้กรดเกลือหรือโซเดียมไบซัลเฟตที่ใช้ในการลดค่าพีเอชก็จะทำให้ค่าอัลคาไลนิตี้ลดได้เช่นกัน ในการซื้ออุปกรณ์ทดสอบเพื่อวัดค่าอัลคาไลนิตี้นี้ต้องระบุให้ชัดเจนด้วยว่าต้องการวัดค่าไลนิตี้รวม (Total alkalinity) ไม่ใช่ค่าอัลคาไลนิตี้คาร์บอเนต

2.2.1.3 ความกระด้างของน้ำ

ความกระด้างของน้ำเกิดจากอิออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกสองทั้งหลาย เช่น อิออน

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียม (Ca^{+2}) และอิออนแมกนีเซียม (Mg^{+2}) สำหรับอิออนเหล็กมีอยู่ 2 ชนิด คือ อิออนเฟอรัส (Fe^{+2}) และอิออนเฟอริก (Fe^{+3}) อิออนเฟอรัสไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความกระด้างของน้ำ และก็ไม่สามารถจะตรวจวัดได้ด้วยอุปกรณ์ทดสอบสำหรับวัดความกระด้างรวมในน้ำ ดังนั้นแม้น้ำจะถูกกำจัดความกระด้างออกหมดแล้วที่เรียกว่า น้ำอ่อน แต่ก็อาจมีอิออนของเหล็กปนอยู่อีกมากก็ได้ ส่วนอิออนเฟอริกมีส่วนทำให้น้ำกระด้าง ที่พีเอชประมาณ 7.5 อิออน เฟอรัสจะถูกออกซิเจนในอากาศและออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำทำปฏิกิริยาเป็นอิออนเฟอริก สำหรับอิออนแคลเซียมและอิออนแมกนีเซียมนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการควบคุมสมดุลความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เพราะว่าอิออนเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับอิออนคาร์บอเนตและอิออนไบคาร์บอเนต ได้แคลเซียมคาร์บอเนตกับแมกนีเซียมคาร์บอเนต ซึ่งไม่ละลายน้ำจึงตกตะกอนเกิดเป็นตะกรันหินปูนขึ้นมา การที่น้ำมีความกระด้างเกินไปนอกจากจะมีผลเสียโดยตรงที่ทำให้เกิดตะกรันหินปูนแล้วยังทำให้ค่าอัลคาไลนิตี้ลดลง ค่าพีเอชของน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสิ่งไม่ดี

หินปูนและตะกรันที่เกิดขึ้นนอกจากจะเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตแล้ว แคลเซียมและแมกนีเซียมออกไซด์ซึ่งปกติไม่มีอยู่ในน้ำแต่ติดมากับคลอรีนผงที่ใช้เติมเพื่อฆ่าเชื้อโรคนั้นก็เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งเพราะแคลเซียมและแมกนีเซียมออกไซด์จะจับกับน้ำกลายเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ซึ่งเป็นตะกอนเสียเอง การเลือกใช้คลอรีนจึงมีผลต่อความกระด้างและสมดุลความเป็นกรด-ด่างของน้ำได้เช่นกัน

น้ำในสระว่ายน้ำควรมีค่าความกระด้างรวม 125 พีพีเอ็ม หรืออยู่ในช่วง 50 พีพีเอ็มเป็นอย่างต่ำ และไม่เกิน 800 พีพีเอ็ม ถ้าหากความกระด้างสูงเกินไปก็สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้สารอินทรีย์ประเภทฟอสฟอเนต (Phosphonate) หรือสารประกอบอีดีทีเอ (EDTA : Ethylene Diamine Tetraactetate) เติมลงไป สารทั้งสองนี้เป็นตัวป้องกันการเกิดตะกรัน ด้วยการกำจัดความกระด้างของน้ำ และเป็นสารป้องกันการเกิดสนิมไปในตัวด้วย ซึ่งมีราคาแพงมาก จึงเหมาะกับกรณีต้องการกำจัดความกระด้างมาก ๆ

2.2.1.4 อิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม (ณัฏฐกณ วนวงศ์สวัสดิ์ , 2529)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อยู่ในอากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำ ถ้ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศละลายลงไปในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาได้ 2 ประเภท ปฏิกิริยาแรกได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของพีเอชของน้ำที่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน พบว่าค่าพีเอชของน้ำกลับเป็นด่างมากกว่าเป็นกรด ทั้ง ๆ ที่เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ จะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) ตามปฏิกิริยาดังนี้

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดคาร์บอนิคมีฤทธิ์เป็นกรดน่าจะทำให้พีเอชของน้ำต่ำลงมากกว่าที่จะทำให้สูงขึ้น แต่ผลไม่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากในสระว่ายน้ำนั้นมีสาหร่าย (algae)อาศัยอยู่ สาหร่ายเป็นพืชเล็ก ๆ ที่อาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีคลอโรฟิลและปรุงอาหารด้วยการสังเคราะห์แสง โดยใช้น้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ สาหร่ายเหล่านี้อาจปลิวมากับลม หรือนกพามาก็ได้ เมื่อสาหร่ายสังเคราะห์แสงจะจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาใช้ก่อนที่ก๊าซนั้นจะกลายเป็นกรดคาร์บอนิค และเมื่อมันตาย การสลายตัวของสาหร่ายที่ตายแล้วจะทำให้เกิดสภาพที่เป็นด่างขึ้นมาแทนที่ น้ำจึงมีพีเอชสูงขึ้นแทนที่จะต่ำลง ปฏิกิริยาอีกประเภทหนึ่งค่อนข้างซับซ้อนกว่าปฏิกิริยาแรก ปฏิกิริยานี้เกี่ยวข้องกับการที่อิออนแคลเซียมสามารถทำให้ค่าอัลคาไลนิตี้ลดลงได้เนื่องจากอิออนที่มีประจุลบ คือ อิออนไฮดรอกซี อิออนไบคาร์บอเนต และอิออนคาร์บอเนต อิออนที่มีจำนวนมากที่สุดคือ อิออนไบคาร์บอเนต ที่ค่าพีเอชประมาณ 7.2 หรือ 7.8 ซึ่งเป็นช่วงที่มีประจุไฟฟ้าบวกที่คุมความกระด้างของน้ำอยู่นั้น ปรากฏว่ามีอิออนแคลเซียมจำนวนมากที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอิออนไบคาร์บอเนต แต่จะผสมปนกันอยู่โดยต่างก็ละลายอยู่ในน้ำไม่ได้รวมกันตกตะกอนเป็นตะกรันอย่างหินปูนซึ่งส่วนมากเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต อิออนไบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในน้ำซึ่งมากกว่าอิออนลบอื่น ๆ นั้น ที่จริงได้มาจากการแตกตัวของกรดคาร์บอนิคซึ่งได้มาจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงในน้ำอีกทีตามปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$H_2O + H_2CO_3 \text{ (กรดคาร์บอนิค)} \qquad \text{------(2)}$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^- \text{ (อิออนไบคาร์บอเนต)} \qquad \text{------(3)}$$

ส่วนอิออนไบคาร์บอเนตจะมีบางส่วนที่แตกตัวต่อไปเป็นอิออนคาร์บอเนตตามสมการ

$$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^{2-} \text{ (อิออนคาร์บอเนต)} \qquad \text{------(4)}$$

ปฏิกริยาทั้งสามนี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันและทำให้ทุกอย่างสมดุลกันพอดีอย่างที่ควรจะเป็น ดังนั้นจะเห็นว่าถ้ามีอิออนแคลเซียมเพิ่มในน้ำ อิออนแคลเซียมก็จะไปจับกับอิออนคาร์บอเนตกลายเป็นหินปูน ทำให้อิออนไบคาร์บอเนตซึ่งเป็นต้นกำเนิดลดลงในขณะเดียวกันการละลายของก๊าซออกซิเจนสู่น้ำก็อาจจะไม่ทันที่จะสร้างอิออนไบคาร์บอเนตขึ้นมาแทนที่ ทำให้ค่าอัลคาไลนิตี้รวมลดลงได้เรื่อย ๆ ถ้ายังมีอิออนแคลเซียมเกินอยู่ ความจริงเกี่ยวกับปฏิกิริยานี้นับว่าสำคัญมากในกรณีที่ใช้คลอรีนผงฆ่าเชื้อค่าอัลคาไลนิตี้ลดลงเนื่องจากเป็นการเพิ่มแคลเซียมให้แก่น้ำ กระเทือนไปถึงการควบคุมพีเอชที่ยากขึ้นไปอีกเพราะความเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 มลภาวะในสระว่ายน้ำ (ณัฏฐภณ วนวงศ์สวัสดิ์ , 2529)

มลภาวะของน้ำในสระว่ายน้ำ เกิดจากการปนเปื้อนของสารมลพิษทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ มลพิษทางกายภาพ ได้แก่ ฝุ่นละออง สิ่งสกปรกต่าง ๆ ใบไม้ สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ โดยลมพาสิ่งต่าง ๆ ตกลงในสระว่ายน้ำ สารมลพิษที่มีความสำคัญและเป็นมลภาวะที่เกิดขึ้นมาก ได้แก่ เหงื่อและปัสสาวะของผู้ใช้บริการ สารมลพิษทางเคมี ได้แก่ สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำในสระว่ายน้ำ ส่วนสารมลพิษทางชีวภาพ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ที่บ่นเปื้อนมาจากร่างกายของผู้ใช้บริการหรือสปอร์ของแบคทีเรียและราในอากาศที่ตกลงมายังสระว่ายน้ำ ดังนั้นการดูแลสระว่ายน้ำให้ได้ผลดีและแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้จำเป็นต้องเรียนรู้ถึงสาเหตุและปฏิกิริยาทางเคมีของมลภาวะเหล่านี้เสียก่อน

2.2.2.1 เหงื่อ

ส่วนมากเป็นสารแอมโมเนียไนโตรเจนและมีสารอินทรีย์ไนโตรเจนปนอยู่เล็กน้อย ในการทดสอบปริมาณไนโตรเจนในเหงื่อคน พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม 17-1960 มิลลิลิตรต่อลิตร แบ่งเป็น

แอมโมเนียไนโตรเจน	10-342	มิลลิลิตรต่อลิตร
ยูเรียไนโตรเจน	84-1280	มิลลิลิตรต่อลิตร
กรดอะมิโนไนโตรเจน	10-80	มิลลิลิตรต่อลิตร

ปริมาณไนโตรเจนขึ้นอยู่กับบุคคลและอาหารที่กินเข้าไป และนักว่ายน้ำคนหนึ่ง ๆ อาจจะเสียเหงื่อได้อย่างมาก ประมาณ 950 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.2.2.2 ปัสสาวะ

ส่วนมากจะมีสารอินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าแอมโมเนียไนโตรเจน ในปัสสาวะของคนจะมีสารประกอบไนโตรเจน ดังต่อไปนี้

ยูเรียไนโตรเจน	ร้อยละ	86.9
แอมโมเนียไนโตรเจน	ร้อยละ	4.4
กรดยูริกไนโตรเจน	ร้อยละ	0.75
กรดอะมิโนไนโตรเจน	ร้อยละ	4.3

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า ส่วนประกอบที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุด ก็คือ ไนโตรเจนที่มีอยู่ในเหงื่อและปัสสาวะที่ถูกถ่ายลงในน้ำ ถ้าไม่มีสารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้ในน้ำแล้ว การเติมคลอรีนในสระว่ายน้ำจะเป็นเรื่องที่กระทำได้ง่ายเนื่องจากหากมีการเติมคลอรีนในปริมาณเริ่มต้นเท่าไรจะมีคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณเท่านั้นด้วย แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากคนที่เล่นน้ำต้องมีเหงื่อออกบ้าง ยูเรียไนโตรเจนและแอมโมเนียที่ออกมากับเหงื่อทำปฏิกิริยากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอรีนที่เติมลงไปทันที และปฏิกิริยาก็มีหลายขั้นตอน ทำให้ไม่สามารถกำหนดสูตรสำเร็จ หรือตั้งโปรแกรมการเติมคลอรีนลงในสระว่ายน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเหงื่อและปัสสาวะ รวมทั้งชนิดของสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมามีปริมาณไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับจำนวนคนและการรับประทานอาหารของคนที่มาเล่นน้ำ กับภูมิอากาศแถบนั้น ดังนั้นสระว่ายน้ำแต่ละแห่งจึงมีความต้องการปริมาณคลอรีนทั้งหมดไม่เท่ากัน จำเป็นจะต้องนำน้ำมาวิเคราะห์เพื่อหาคลอรีนที่เหมาะสม

แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโปคลอรัส ในช่วงเวลาสั้น ๆ (เป็นนาที) ก็สิ้นสุดปฏิกิริยา รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปกับปริมาณคลอรีนหลงเหลือที่วัดได้จริง กราฟที่เป็นเส้นตรงนั้น แสดงว่า เมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำมากเท่าใด ก็จะมีปริมาณคลอรีนเหลืออยู่เท่านั้น ถ้าไม่มีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียอยู่ในน้ำเลย ส่วนกราฟอีกเส้นหนึ่งแสดงให้เห็นว่า มีการใช้คลอรีนไปในการทำขัดแอมโมเนียก่อน โดยการใช้คลอรีนนั้นแบ่งเป็น 3 ขั้น คือ ขั้นที่เริ่มจากศูนย์ค่อย ๆ ขึ้นไปจนถึงยอดเนิน ซึ่งปฏิกิริยาระหว่าง แอมโมเนียกับคลอรีน มีดังนี้

$$HOCl + NH_3 \longrightarrow NH_2Cl + H_2O \qquad \text{------(5)}$$

NH_2Cl = โมโนคลอรามีน

ขั้นที่ 2 เป็นช่วงที่ลงจากยอดเนินมาที่จุดต่ำสุดของเส้นกราฟ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างโมโนคลอรามีนที่ได้จากขั้นที่ 1 กับคลอรีน ในช่วงนี้แม้ว่าจะเติมคลอรีนมากขึ้นแต่มีระดับคลอรีนหลงเหลือลดลงเร็วมากเนื่องจากแอมโมเนียและโมโนคลอรามีนต่างก็แย่งกันจับคลอรีนในการทำปฏิกิริยากัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$NH_2Cl + HOCl \longrightarrow NHCl_2 + H_2O \qquad \text{------(6)}$$

$NHCl_2$ = ไดคลอรามีน

โมโนคลอรามีนที่เกิดขึ้นในขั้นแรก สามารถฆ่าเชื้อโรคได้บ้าง แต่ก็เพียง 1 ใน 100 ของที่ถูกใช้ไปเท่านั้น โมโนคลอรามีนเหลือค้างอยู่ในสระได้เพราะสารตัวนี้เสถียร เมื่อถึงขั้นที่ 2 ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และผลการฆ่าเชื้อโรคดีขึ้นกว่าขั้นแรกมากเพราะว่าได้ไดคลอรามีนซึ่งมีฤทธิ์การฆ่าเชื้อประมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับกรดไฮโปคลอรัส เชื้อโรคจะถูกฆ่าในช่วงนี้ แต่ไดคลอรามีนที่ได้ในขั้นนี้มีกลิ่นเหม็นและมีความเสถียรอยู่บ้าง จึงควรเติมคลอรีนลงไปอีกให้ปฏิกิริยาผ่านขั้นนี้ไปเสีย เมื่อเติมคลอรีนลงไปจนกระทั่งวัดได้ว่ามีคลอรีนหลงเหลือในน้ำต่ำสุดแล้ว ก็เท่ากับว่ามาถึงจุดต่ำสุดของกราฟเส้นนี้แล้ว ที่จุดนี้มีโมโนคลอรามีน และไดคลอรามีนน้อยที่สุดด้วย จุดนี้เรียกว่าจุด

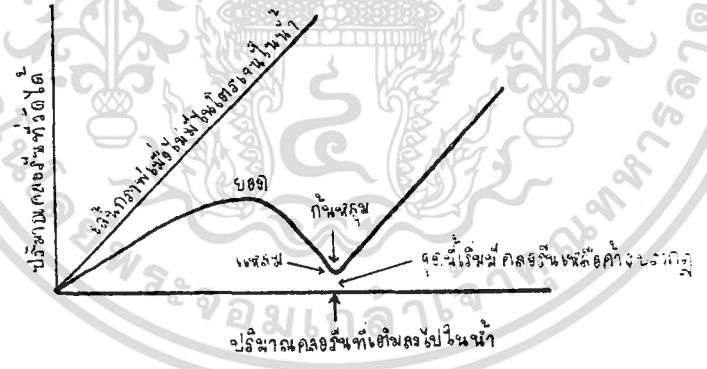
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรค (break point) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำแล้วรวมทั้งหมดเป็น 10 เท่าของแอมโมเนีย ในช่วงนี้จะเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 3 ได้เป็นไตรคลอรามีนตามสมการ

$$NHCl_2 + HOCl \longrightarrow NCl_3 + H_2O \qquad \text{------(7)}$$

NCl_3 = ไตรคลอรามีน

ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 นั้นจะไม่มีกรดไฮโปคลอรัสเหลือ คลอรีนที่วัดได้จะเป็นอิออนไฮโปคลอไรท์ เมื่อเติมคลอรีนมาถึงจุดที่วัดค่าคลอรีนหลงเหลือได้ต่ำที่สุด จะเริ่มมีกรดไฮโปคลอรัสเหลือออกมา ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเติมคลอรีนเกิน 100 เท่าของแอมโมเนียในน้ำแล้วเท่านั้น ในช่วงนี้ต้องระวังมากเพราะถ้าเติมคลอรีนเกินไปจะมีไตรคลอรามีน ไตรคลอรามีนไม่เสถียรเมื่อถูกแสงแดดจะสลายตัวเร็ว แต่ถ้ามีคลอรีนในช่วงนี้มากเกินไป ก็จะสลายตัวไม่ทันกับที่เกิดขึ้นมา ผลก็คือ น้ำมีกลิ่นเหม็นชวนให้เวียนศีรษะและระคายเคืองเยื่อตามาก



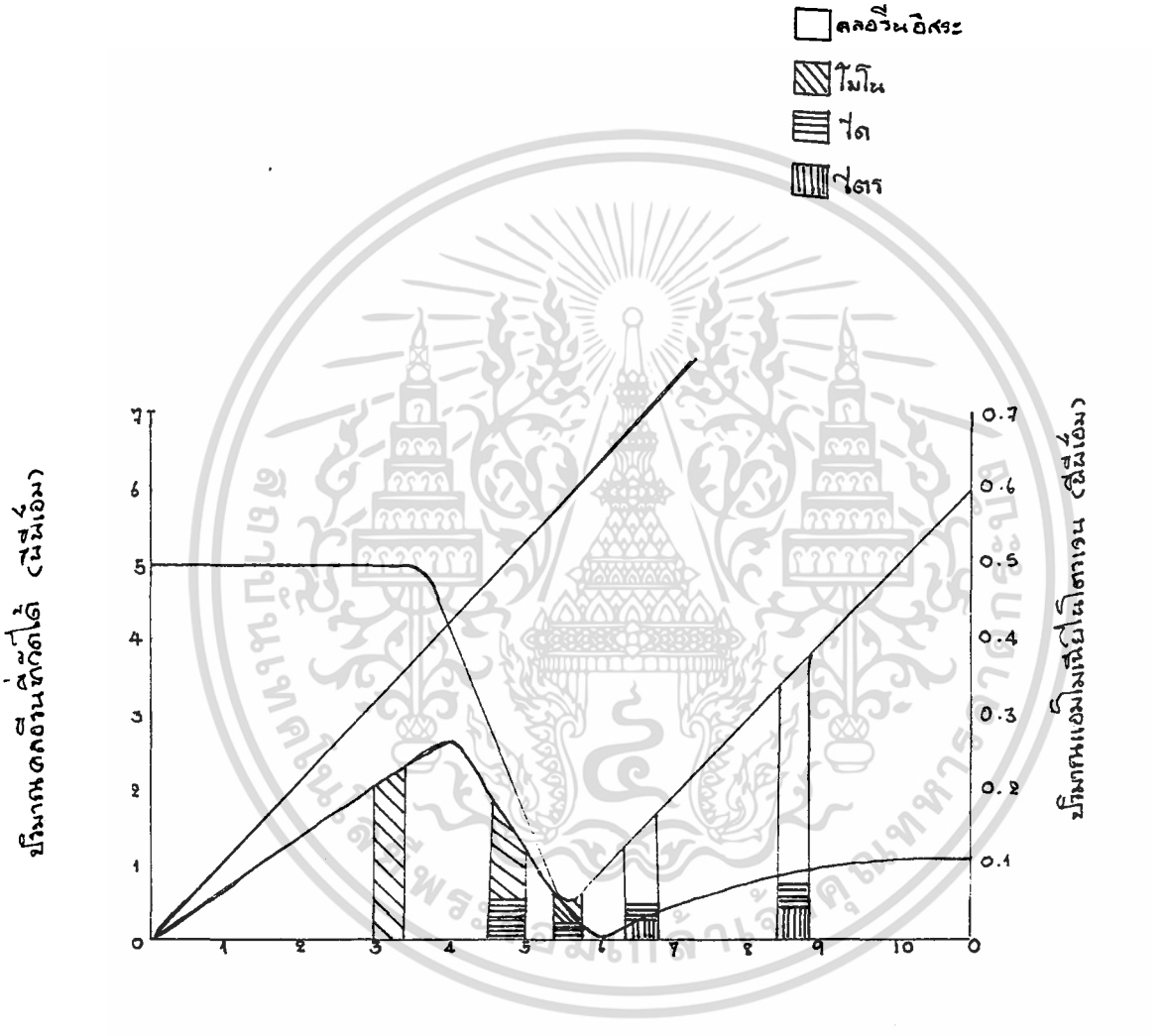
<u>รูปที่ 2.1</u> ความสัมพันธ์ระหว่างคลอรีนที่เติมลงไปกับคลอรีนหลงเหลือและคลอรีนที่ถูกแอมโมเนียดึงไปใช้

จากรูปที่ 2.1 พบว่าเมื่อเลยจากจุดเบรคไป เติมคลอรีนลงไปเท่าไรก็มีเหลือเท่านั้นเพราะกราฟพุ่งขึ้นขนานกับกราฟเส้นแรกอีก แสดงว่าแอมโมเนียหมดแล้ว

สาเหตุที่ทำให้การเติมคลอรีนมีปัญหาที่สุดก็คือสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งส่วนมากมาจากบีสสาวะดังที่กล่าวแล้ว จากรูปที่ 2.3 เส้นกราฟกรณีที่มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำนั้นจะไม่แหลมเท่ารูปที่ 2.2 หมายความว่าจะมีไตรคลอร์และไดคลอร์ของสารอินทรีย์ไนโตรเจนมากและพบว่า

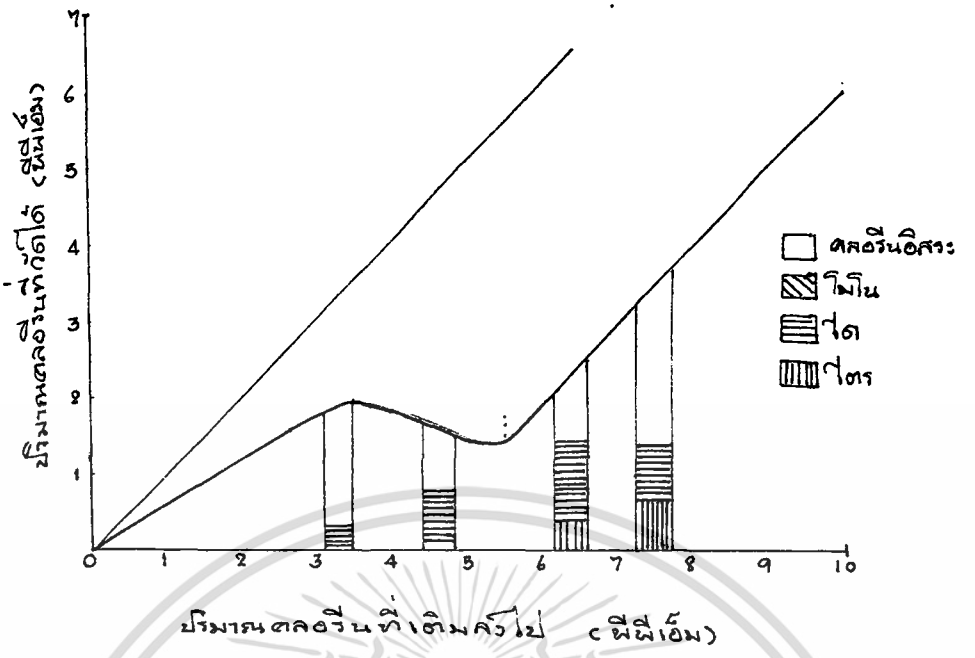
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอรีนในรูปกรดไฮโปคลอรัสแรงไม่พอที่จะทำลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็ว เมื่อเทียบกับแอมโมเนีย ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้นในน้ำและระคายเคืองตาอย่างรุนแรงซึ่งกำจัดได้ยาก เนื่องจากมีความเสถียรทำให้ไดคลอรามีนที่เกิดจากแอมโมเนียเสถียรขึ้นอีก ไดคลอรามีนที่เหลือค้างจัดเป็นอาหารของสาหร่ายทำให้เกิดมลพิษขึ้นได้



รูปที่ 2.2 ตัวเลขที่เกิดขึ้นจริงที่สระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง (พีเอช 8 ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง เหลือแอมโมเนียไนโตรเจน 0.5 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตัวเลขการลดลงของสารอินทรีย์ไนโตรเจนเมื่อมีการเติมคลอรีนลงไป (พีเอช 7.8 ทิ้งไว้นาน 12 ชั่วโมงเหลือแอมโมเนียไนโตรเจน 0.3 พีพีเอ็มและสารอินทรีย์ไนโตรเจน 0.3 พีพีเอ็ม)

2.2.2.3 เชื้อจุลินทรีย์และเชื้อโรคต่าง ๆ

ในสระว่ายน้ำเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคติดต่อหลายชนิดที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้บริการ โรคที่สามารถถ่ายทอดกันและติดต่อกันได้เท่าที่พบประจำในสระว่ายน้ำได้แก่ โรคเยื่อบุตาอักเสบและโรคตาแดงที่เกิดจากไวรัส โรคโพรงอากาศอักเสบ (sinusitis) โรคต่อมทอนซิลอักเสบ (tonsillitis) จาก *Streptococci* และ *Staphylococci* ซึ่งแพร่กระจายไปโดยน้ำมูกของผู้มีเชื้อเหล่านี้ โรคลำไส้อักเสบบางชนิด จากเชื้อโรคบางชนิดหรือเชื้อไวรัสที่ผู้ใช้บริการกลืนลงไปพร้อมกับน้ำในสระว่ายน้ำขณะเล่นน้ำ โรคผิวหนังบางชนิด เช่น โรคเรื้อนกวางและแผลเปื่อย (eczema) ที่เกิดจากเชื้อ Koch bacillus โรคเยื่อหุ้มสมองหรือไขสันหลังอักเสบจากเชื้ออมีบาชนิด ***Naegeria gruberi*** ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ โรคผิวหนังบางชนิด เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งอยู่ตามง่ามนิ้วเท้าและหูดที่เกิดจากเชื้อ papilloma virus อาจติดต่อมายังผู้ใช้บริการในขณะที่เดินอยู่บริเวณรอบสระน้ำ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำความสะอาด และฆ่าเชื้อโรคบริเวณรอบสระน้ำเป็นประจำทุกวัน

2.2.3 ปัญหาต่าง ๆ ที่พบในสระว่ายน้ำและการแก้ไข

2.2.3.1 น้ำมีสี

ก. สีแดง

สีแดงในน้ำเกิดจากออกไซด์ของเหล็กซึ่งอาจเกิดจากการที่น้ำมีค่าพีเอชต่ำจนกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา

กร่อนท่อเหล็กต่าง ๆ หรือในน้ำประปาที่ใช้มีเหล็กผสมอยู่มาก ถ้าน้ำมีความเข้มข้นของเหล็กเกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้น้ำเกิดสีได้ น้ำที่จ่ายออกมาจากท่อส่วนใหญ่จะใสและไม่มีสี แต่จะเกิดสีขึ้น เมื่อเหล็กถูกออกซิไดส์โดยคลอรีนหรือออกซิเจนในอากาศ สามารถกำจัดเหล็กออกจากน้ำใหม่ที่จะใส่ทดแทนโดยการกำจัดเหล็กออกจากถังพักน้ำ (surge tank) ด้วยการใส่คลอรีน จากนั้นจึงสูบไปกรองให้ตะกอนเหล็กตกค้างอยู่บนชั้นทราย

ข. สีน้ำตาล

สีน้ำตาลมักเกิดจากการตกอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำและน้ำในสระมีค่าคลอรีนหลงเหลือต่ำ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยทำซุปเปอร์คลอริเนชั่น (Super Chlorination) คือ การใส่คลอรีนลงไปในปริมาณสูง เพื่อให้มีคลอรีนตกค้างไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงนี้ห้ามเปิดใช้สระเพราะอาจเป็นอันตรายได้

ค. สีเขียว

สีเขียวในน้ำเกิดจากสาหร่าย (algae) โดยเฉพาะถ้าพบว่ามีคลอรีนหลงเหลือต่ำ การแก้ไขทำได้โดยการทำซุปเปอร์คลอริเนชันในอัตรา 20 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในสภาพที่น้ำมีฤทธิ์เป็นกรดหรือใช้คอปเปอร์ซัลเฟตละลายน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ใส่ลงไปตามข้างสระในอัตรา 5 - 20 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทิ้งให้ตกตะกอนแล้วจึงทำความสะอาดพื้นสระ ทั้งสองกรณีนี้จะต้องไม่เปิดใช้สระในขณะทำการฆ่าสาหร่าย

สำหรับการป้องกันไม่ให้มีสาหร่ายเกิดขึ้นใหม่ทำได้โดยการเติมคอปเปอร์ซัลเฟตลงไปในน้ำ หมุนเวียนในอัตรา 1 - 2 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้เครื่องสูบจ่ายสารเคมีจ่ายเป็นครั้งคราว

2.2.3.2 เครื่องกรองทรายมีประสิทธิภาพต่ำ

เครื่องกรองทรายมีประสิทธิภาพต่ำและมีช่วงระยะเวลาทำงานได้น้อยลง อาจเกิดจากการรวมตัวของทรายเป็นก้อนเรียกว่า " mud balls " ทำให้การล้างย้อน (back washing) ไม่ได้ผล รวมทั้งอาจพบว่ามีทรายหลุดเข้าไปในสระได้อีกด้วย วิธีแก้ไขทำได้โดยการเปิดฝาเครื่องกรองแล้วระบายน้ำทิ้งออกให้มีระดับต่ำกว่าชั้นทราย ใช้ตราดขูดทรายชั้นบนเพื่อให้ทรายกระจายทั่วถัง จากนั้นใช้โซดาไฟราดให้ทั่วผิวหน้าของชั้นทราย ขณะที่ผิวหน้าของทรายแห้งมิฉะนั้นจะเกิดก๊าซพิษซึ่งเป็นอันตราย ปิดฝาเครื่องกรองแล้วจึงเปิดน้ำให้มีระดับสูงกว่าชั้นทรายประมาณ 5 เซนติเมตร ทิ้งให้สารเคมีทำปฏิกริยาประมาณ 4-6 ชั่วโมง ทำการล้างย้อนชั้นทราย แล้วล้างต่อไปอีก 10 นาที ก็สามารถใช้งานได้ตามปกติ อีกกรณีหนึ่งอาจเกิดจากหินปูนซึ่งมีมากในน้ำกระด้างเกาะอยู่ที่เม็ดทรายจนทำให้เสียคุณสมบัติในการกรองน้ำ ซึ่งแก้ไขได้โดยใช้กรดเกลือหรือโซเดียมไบซัลเฟตที่ผิวหน้าโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการแก้ปัญหา mud balls รวมทั้งอาจเพิ่มการล้างด้วยผงซักฟอกเพื่อกำจัดน้ำมันและเครื่องสำอางต่าง ๆ ด้วยก็จะดียิ่งขึ้น ถ้าพบว่าทรายมีหินปูนอยู่มากและไม่ปรุพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรเปลี่ยนทรายใหม่ทั้งหมด การล้างด้วยกรดนี้จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจจะเกิดการกัดกร่อนถังและระบบท่อได้

2.2.3.3 ความขุ่น

น้ำที่มีความขุ่นแก้ไขได้โดยใช้การกรอง ซึ่งการกรองออกโดยเครื่องกรองทรายบางครั้งใช้ไม่ได้ผล เนื่องจากชั้นทรายมีช่องว่างใหญ่กว่าขนาดของสารแขวนลอย การแก้ปัญหาทำได้โดยการใส่สารส้มลงไปในน้ำก่อนเข้าเครื่องกรองเพื่อให้เกิดวุ้นเหนียวจับอนุภาคขนาดเล็กและค้างอยู่ที่ผิวหน้าของชั้นทราย ทำให้การกรองมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในการใช้สารส้มให้ได้ผลดีนั้นควรมีค่า พีเอชประมาณ 7.4 - 7.6 ปกติจะใส่สารส้มในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ หลังจากการล้างย้อนชั้นทรายกรองเพื่อให้เกิดเป็นฟิล์มเคลือบอยู่ที่ผิวทรายก่อนที่จะเริ่มทำงานในวงจรใหม่ การใส่สารส้มทำได้โดยการใช้เครื่องสูบจ่ายสารเคมีส่งเข้าท่อก่อนเข้าถังกรอง หรือใส่เป็นก้อนลงไปในตะกร้าสกิมเมอร์(skimmer)หรือเครื่องกรองทรายชั้นแรก(prefilter)ก็ได้ ปริมาณการเติมสารส้มที่เหมาะสมจะต้องทดลองหาจากสภาพใช้งานจริง โดยทั่วไปใช้ 0.6 - 1.2 กิโลกรัมต่อตารางเมตรของเครื่องกรองต่อ 8 ชั่วโมง และควรใช้ค่าความเข้มข้นของสารละลายสารส้มร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ถ้าน้ำมีเหล็กผสมอยู่มาก เมื่อทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนจะเกิดปฏิกริยาทางเคมี ทำให้เหล็กตกตะกอนเป็นสีแดง การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการโปรยหรือราดสารส้มไปบนผิวน้ำและทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกริยาและตกตะกอนตลอดคืน จากนั้นจึงดูดทำความสะอาดพื้นสระในตอนเช้า

การเติมสารส้มลงไปในน้ำจะเกิดกรดกำมะถันเป็นผลพลอยได้ออกมาด้วย ทำให้น้ำเป็นกรดและค่าพีเอชลดลง ดังนั้นจึงต้องเติมโซดาแอชลงไปในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อสารส้ม 1 กิโลกรัม เพื่อรักษาพีเอชให้คงที่

2.2.4 การดูแลรักษาความสะอาดของสระว่ายน้ำ แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.2.4.1 ตัวสระว่ายน้ำและอาคารประกอบ

ก. จะต้องจัดให้มีอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับใช้ในการทำความสะอาดสระว่ายน้ำโดยเฉพาะไว้ประจำสระ

ข. ต้องทำความสะอาดบริเวณสระและอาคารประกอบรวมถึงที่สำหรับล้างเท้าทุกวันหลังจากปิดการใช้สระว่ายน้ำแล้ว

ค. จัดทำป้ายแสดงกฎข้อบังคับสำหรับผู้ใช้สระว่ายน้ำ รวมทั้งต้องมีการสอดส่องดูแลให้ผู้ใช้บริการปฏิบัติตามกฎอย่างเคร่งครัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 น้ำในสระว่ายน้ำ

ก. จะต้องจัดให้มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อตรวจสอบปริมาณคลอรีนและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำไว้ประจำสระ

ข. จัดให้มีผู้ที่มีความรู้ความสามารถควบคุมดูแลปรับปรุงคุณภาพน้ำในสระให้คงอยู่ในมาตรฐาน

ค. น้ำที่จะนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ในสระจะต้องผ่านการปรับสภาพน้ำให้ได้มาตรฐานปราศจากเชื้อโรคต่าง ๆ และสิ่งสกปรกทางกายภาพ

ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่มีผู้ใช้บริการ ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ จะจมลงที่พื้นสระ ดังนั้นในตอนเช้าก่อนที่จะเปิดใช้สระจะต้องทำความสะอาดโดยใช้เครื่องดูดตะกอนสำหรับสระว่ายน้ำโดยเฉพาะ บางกรณีอาจมีคลอรีนหลงเหลือเหลืออยู่น้อย ทำให้มีสาหร่ายเกิดขึ้นตามผนังและขอบสระได้ ดังนั้นต้องทำความสะอาดโดยใช้แปรงเสียก่อนแล้วจึงใช้สารเคมีฆ่าสาหร่าย

2.3 การปรับสภาพน้ำและการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ

2.3.1 การปรับสภาพน้ำ

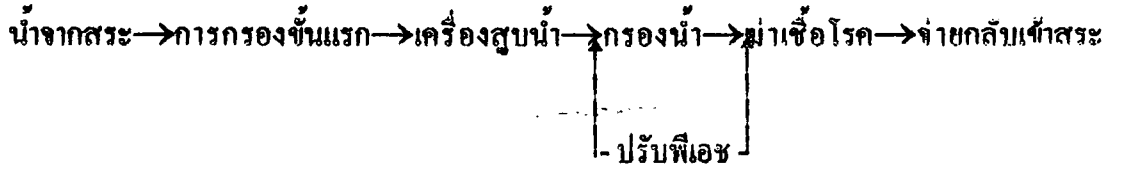
ในการปรับสภาพน้ำ ตัวแปรที่เราต้องคำนึงถึงคุณภาพได้แก่ การปราศจากเชื้อโรค ความกระด้างของน้ำ และค่าอัลคาไลนิตี้ของน้ำซึ่งมีผลต่อพีเอชของน้ำ ความขุ่น ปริมาณของแข็งทั้งหมด และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคและปริมาณที่หลงเหลือละลายอยู่ในน้ำ

ในการปรับสภาพและปรุงแต่งน้ำในสระว่ายน้ำจะต้องคำนึงถึงระบบหมุนเวียนน้ำ (water circulation system) ซึ่งมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานเป็นอย่างมาก เมื่อตัดสินใจใช้แบบใดแล้วจะทำการแก้ไขภายหลังได้ลำบาก ดังนั้น จึงควรศึกษาข้อดีและข้อเสียของแต่ละระบบเสียก่อน

น้ำที่สูบหมุนเวียนจากสระส่งไปโรงบำบัดน้ำและไหลกลับมาเข้าสระใหม่นั้นจะต้องจ่ายเข้าทางก้นสระและน้ำที่ไหลออกอย่างน้อยครึ่งหนึ่งจะต้องล้นออกทางผิวน้ำของสระ การที่กำหนดให้น้ำไหลออกทางด้านผิวน้ำนี้เพื่อจะได้กำจัดความสกปรกซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่ผิวน้ำให้ไหลออกไปกับน้ำที่ส่งไปเข้าระบบทำความสะอาดต่อไปเร็ว โดยไม่เกิดการผสมและแพร่กระจายความสกปรกไปทั่วทั้งสระเหมือนระบบซึ่งส่งน้ำเข้าทางข้างสระและออกทางปลายสระเมื่อมีผู้ใช้บริการข่อมทำให้น้ำในสระเกิดการปนเปื้อนได้หลายทางตั้งแต่เหงื่อที่ออกระหว่างการว่ายน้ำซึ่งอาจจะสูงถึง 950 มิลลิลิตรต่อคน ฝุ่นละอองที่มีในอากาศ เชื้อโรคต่าง ๆ จากผู้ใช้บริการที่เป็นพาหะ รวมทั้งอาจมีผู้ปัสสาวะลงไปในสระว่ายน้ำสูงถึงร้อยละ 40 ของผู้ใช้บริการสระว่ายน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการสูบน้ำจากสระมาทำความสะอาดเสียก่อนแล้วจึงหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหลักที่ใช้ในการทำความสะอาดน้ำประกอบด้วยการกรองให้น้ำใสและการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งมีอยู่หลายขั้นตอนดังนี้



ระบบทำความสะอาดน้ำส่วนใหญ่ ประกอบด้วย

1. <u>การกรองขั้นแรก</u> น้ำที่ไหลออกจากสระ ถ้าเป็นระบบหมุนเวียนน้ำแบบรางน้ำล้นรอบสระจะต้องไหลมาเข้าถังเก็บกักน้ำเสียก่อน ถ้าเป็นระบบซึ่งท่อน้ำออกอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำก็สามารถต่อท่อมาได้โดยตรง เครื่องกรองขั้นแรก (prefilter หรืออาจจะใช้ชื่ออื่น เช่น straner,hair catcher) จะติดตั้งเอาไว้ทางด้านท่อดูดน้ำก่อนเข้าเครื่องสูบน้ำเพื่อป้องกันมิให้เศษขยะ ไม้ ใบไม้ เส้นผม ฯลฯ ผ่านเข้าไปทำอันตรายเครื่องสูบน้ำและเครื่องกรองน้ำ เครื่องกรองขั้นแรกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นตะแกรงกลมคล้ายตะกร้า ถอดออกมาทำความสะอาดได้ง่าย ขนาดของเครื่องกรองขั้นแรกขึ้นอยู่กับ ปริมาณการสูบน้ำหมุนเวียน ซึ่งเลือกใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

2. <u>เครื่องสูบน้ำ</u> จำนวนและขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นอยู่กับอัตราการสูบน้ำหมุนเวียน ส่วนความดันของเครื่องสูบน้ำจะต้องสามารถสูบน้ำผ่านระบบท่อและเครื่องกรองน้ำและส่งกลับไปใช้ในสระได้ตามอัตราการไหลที่ต้องการ

3. <u>การกรองน้ำ</u> ในการกรองน้ำนิยมใช้เครื่องกรองทราย(sand filter) ชนิดเครื่องกรองทรายแบบใช้ความดัน (pressure sand filter) เนื่องจากน้ำมีความขุ่นต่ำ จึงทำให้สามารถใช้อัตราการกรองที่สูงได้โดยอยู่ในช่วง 15-40 เมตรต่อชั่วโมง (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง) หรือประมาณ 6-16 แกลลอนต่อนาที-ตารางฟุต และใช้ทรายกรองละเอียด

ข้อสำคัญในการใช้เครื่องกรองทราย ได้แก่ การที่ต้องใส่สารเคมีลงไปเพื่อรวมอนุภาค (coagulate) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากรูและช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมีขนาดใหญ่กว่าสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำ ดังนั้นถ้าไม่มีสารเคมีลงไปเพื่อรวมตะกอนให้ใหญ่ขึ้นแล้ว อนุภาคขนาดเล็กสามารถไหลผ่านเครื่องกรองออกไปได้อีก ทำให้น้ำไม่ใสเท่าที่ต้องการ สารเคมีที่ใช้ได้แก่ สารส้ม (alum) โดยการใช้เครื่องสูบสารเคมีส่งเข้ามาผสมในเส้นท่อ

ในกรณีที่ไม่มีการใส่สารส้มลงไป เพื่อช่วยในการกรองจะทำให้ตะกอนและสารอินทรีย์มีมาก เมื่อเราใส่คลอรีนลงไปเพื่อฆ่าเชื้อโรคก็ต้องใช้ปริมาณที่สูง เนื่องจากคลอรีนส่วนหนึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และตะกอนต่าง ๆ ซึ่งในสภาวะเช่นนี้จะทำให้คุณภาพของน้ำเลวลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น เมื่อคลอรีนรวมตัวกับสารอินทรีย์จะเกิดสารประกอบที่เป็นพิษ เช่น ไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane) ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา

2.3.2 การฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ

กระบวนการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ ถือว่าเป็นกระบวนหลักที่สำคัญที่สุดกระบวนการหนึ่งในการทำความสระว่ายน้ำ โดยมีการสูบน้ำมาหมุนเวียนผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคอย่างต่อเนื่องเพื่อให้น้ำมีคุณภาพได้ตามมาตรฐาน วัตถุประสงค์หลักในการฆ่าเชื้อโรคมีทั้งเพื่อสุขภาพของผู้ใช้บริการและความสวยงามของสระว่ายน้ำ โดยปกติแล้วกระบวนการที่ใช้กันมากในการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำมี 3 วิธี ได้แก่ การใช้คลอรีน การใช้อนุพันธ์ของคลอรีน และการใช้โอโซน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดโดยต่อไป

2.3.2.1. การใช้คลอรีน

คลอรีนที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดีและมีราคาถูก จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในสระว่ายน้ำ การนำไปใช้งานมีหลายรูปแบบ โดยคลอรีนฆ่าเชื้อโรคแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

ก. ก๊าซคลอรีน

คลอรีนนี้จะอยู่ในรูปคลอรีนเหลวบรรจุท่อเหล็กกล้า เมื่อปล่อยสู่บรรยากาศจะกลายเป็นก๊าซอย่างรวดเร็วและกลายเป็นน้ำ การใช้คลอรีนในรูปนี้จะมีความเข้มข้นสูงและประหยัดที่สุด แต่เนื่องจากราคาอุปกรณ์ในการติดตั้งสูง จึงไม่นิยมใช้ในสระขนาดเล็ก

ก๊าซคลอรีนที่บรรจุอยู่ในถังภายใต้ความดันถูกส่งออกมาผสมน้ำและส่งไปผสมกับน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว ปกติถังที่บรรจุก๊าซคลอรีนมักจะติดตั้งเอาไว้บนเครื่องชั่ง เพื่อตรวจสอบน้ำหนักของก๊าซคลอรีนที่ใช้ไปในแต่ละวัน

ข. คลอรีนน้ำ ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite : NaOCl)

เป็นสารละลายสีเหลืองอมเขียว มีปริมาณคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 10-15 ละลายน้ำได้ดี การใช้คลอรีนน้ำนี้สามารถใช้ได้ทั้งแบบสูบจ่ายด้วยเครื่องสูบทางเคมีหรือเทลงสระโดยตรง สารละลายที่ขายในท้องตลาดจะผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อป้องกันการสูญเสียคลอรีนในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นเมื่อใส่ลงไปในสระจึงจะทำให้น้ำมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น

ค. คลอรีนผง ได้แก่ แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium hypochlorite : $Ca(OCl)_2$)

เป็นผงสีขาวมีปริมาณคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 70 ละลายน้ำได้บางส่วนเมื่อละลายคลอรีนผงลงในน้ำจะเกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นจึงต้องมีถังอีกใบหนึ่งสำหรับถ่ายเฉพาะน้ำใสเพื่อใช้เครื่องสูบสารเคมีจ่ายไปใช้งาน มิฉะนั้นตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตจะอุดตันระบบท่อจ่ายเกิดเป็นตะกรัน (scale) เกาะอยู่ตามผนังและพื้นสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ถ้าต้องการลดการสะสมตัวของตะกรันแคลเซียมคาร์บอเนตในสระว่ายน้ำ สามารถทำได้โดยการใส่โซเดียมคาร์บอเนตลงไปในถังเดียวกับแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ผลจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเปลี่ยนแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ไปเป็นโซเดียมไฮโปคลอไรท์ซึ่งไม่ก่อให้เกิดตะกรัน แต่ก็จะต้องทิ้งให้ตกตะกอนและใช้เฉพาะน้ำส่วนที่ใสเท่านั้น ส่วนตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตก็จะต้องนำไปทิ้งเช่นกัน

ง. <u>กลอรีนเสถียร</u> มี 2 ชนิด คือ

4.1 *ไตรคลอร์ หรือ คลอรีน 90* (Trichloroisocyanuric acid) มีปริมาณคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 85 ละลายน้ำได้ดี

4.2 *ไดคลอร์ หรือคลอรีน60* (Sodiumdichloroisocyanuric acid)มีปริมาณคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ ร้อยละ 60 ละลายน้ำได้ดีสารประกอบพวกไซยานูเรตซึ่งก็คือไตรคลอร์และไดคลอร์นี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของกรดไซยานูริกซึ่งละลายได้ดี มีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย แต่เนื่องจากไซยานูเรตมีราคาแพงกว่าคลอรีนรูปอื่น ๆ มาก ดังนั้นในตอนเริ่มแรกจึงมักจะใส่กรดไซยานูริกลงไปในน้ำก่อนประมาณ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันการสูญเสียคลอรีนหลงเหลือเนื่องจากถูกรังสียูวีของแสงแดด โดยเฉพาะในวันที่มีอากาศร้อนจะเกิดการสูญเสียคลอรีนถึงร้อยละ 70 ถ้าไม่มีการเติมกรดไซยานูริกลงไปก่อน ในกรณีที่ต้องใช้ไซยานูเรตจะต้องควบคุมให้มีค่าคลอรีนหลงเหลือเหลืออยู่ประมาณ 1 - 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถฆ่าสาหร่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้เหมาะสำหรับสระขนาดเล็กเท่านั้นเพราะเสียค่าใช้จ่ายสูง

คลอรีนทั้ง 4 ชนิดนี้แม้จะให้ผลในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้พอสมควร แต่ว่าผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดแตกต่างกัน เมื่อใส่คลอรีนลงน้ำจะมีค่าความต้องการคลอรีน(chlorine demand) เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำและทำปฏิกิริยาออกซิไดส์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ถ้าใส่คลอรีนลงไปมากเกินพอก็จะมีค่าคลอรีนหลงเหลือ(chlorine residual) ที่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่มาปนเปื้อนน้ำในสระได้ใหม่ โดยมีทั้งที่อยู่ในรูปของคลอรีนหลงเหลืออิสระ (free residual chlorine) ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคสูงและที่อยู่ในสารประกอบคลอรีนหลงเหลือ(combined residual chlorine) ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคน้อยลง ดังนั้นจึงต้องทำการเติมคลอรีนลงไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของคลอรีนตกค้างให้มีค่าที่พอเหมาะ ปริมาณที่เติมนั้นไม่แน่นอนเพราะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ แสงแดด อุณหภูมิ และจำนวนผู้มาใช้บริการ

ในการควบคุมระบบจะต้องให้มีค่าคลอรีนอิสระเหลืออยู่ประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จะต้องไม่เกิน 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเข้มข้นของคลอรีนทั้งหมด(Total chlorine) จะต้องมากกว่าคลอรีนอิสระไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร สิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับคลอรีน ได้แก่

เคมีพื้นฐานของการเติมคลอรีน

ก๊าซคลอรีนเมื่อถูกเติมลงในน้ำจะทำปฏิกิริยาได้กรด2ชนิดคือกรดไฮโปคลอรัส(HOCl)และกรดเกลือ(HCl) ตามสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25399

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl \qquad \text{——(8)}$$

หลังจากเติมก๊าซคลอรีนแล้ว สภาพน้ำจะเป็นกรดเนื่องจากกรดเกลือที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาเคมีนั้นเป็นกรดแก่ ดังนั้นค่าพีเอชและค่าอัลคาไลนิตี้ของน้ำจะลดต่ำลง

คลอรีนน้ำและคลอรีนผง เมื่อทำปฏิกริยากับน้ำ จะทำให้เกิดกรดไฮโปคลอรัสกับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือด่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ตามสมการต่อไปนี้

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH \qquad \text{——(9)}$$

$$Ca(OCl)_2 + H_2O \rightarrow HOCl + Ca(OH)_2 \qquad \text{——(10)}$$

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าใช้คลอรีนน้ำหรือคลอรีนผงจะทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชและค่าอัลคาไลนิตี้ของน้ำจะสูงขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับก๊าซคลอรีน แต่สิ่งที่เหมือนกันที่คลอรีนทั้ง 3 ชนิดให้ออกมาเมื่อทำปฏิกริยากับน้ำคือ กรดไฮโปคลอรัสซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้ดีและเรียกกันว่า " คลอรีนอิสระที่ใช้ประโยชน์ได้ (free available chlorine) "

กรดไฮโปคลอรัสไม่เสถียรสามารถแตกตัวต่อไปเป็นอิออน 2 ชนิด คือ อิออนไฮโดรเจนกับอิออนไฮโปคลอไรท์ ตามสมการต่อไปนี้

$$HOCl \rightarrow H^+ + OCl^- \qquad \text{——(11)}$$

อิออนไฮโปคลอไรท์มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในสระได้น้อยกว่ากรดไฮโปคลอรัสถึง 80-300 เท่า หากนำอิออนไฮโปคลอไรท์มาทำปฏิกริยากับกรดก็จะได้กรดไฮโปคลอรัสที่ฆ่าเชื้อได้ดี ที่พีเอชต่ำ ๆ จะมีกรดไฮโปคลอรัสมากทำให้มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เพราะเหตุนี้จึงต้องเติมกรดลงไปด้วยหากใช้คลอรีนน้ำหรือคลอรีนผงในการฆ่าเชื้อโรค ดังที่กล่าวมาแล้วว่าคลอรีนทั้งสองชนิดนี้เมื่อทำปฏิกริยากับน้ำจะได้ด่างออกมาด้วยทำให้กรดไฮโปคลอรัสที่ออกมาเหลือน้อยเพราะกลายเป็นไฮโปคลอไรท์ การฆ่าเชื้อโรคจึงไม่ได้ผล แม้ว่าเครื่องมือวัดปริมาณคลอรีนในน้ำแสดงปริมาณคลอรีนในน้ำ แต่เป็นการวัดปริมาณกรดไฮโปคลอรัสกับไฮโปคลอไรด์อิออนรวมกันเสมอ จึงไม่ทราบว่าฤทธิ์การฆ่าเชื้อโรคที่แท้จริงเป็นเท่าไรจนกว่าจะทราบว่าในน้ำที่มีการเติมคลอรีนเท่าไร เมื่อทราบค่าพีเอชแล้วนำมาเปรียบเทียบค่าดูว่า มีกรดไฮโปคลอรัสเหลือร้อยละเท่าไรจะทำให้ทราบว่าฤทธิ์การฆ่าเชื้อโรคเหลืออยู่ร้อยละเท่าไร ซึ่งสรุปเป็นตัวเลขได้ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณคลอรีนที่วัดได้เมื่ออุณหภูมิของน้ำเป็น 20 องศาเซลเซียส ที่พีเอชต่างๆ

ค่าพีเอช	HOCl (%)	OCl (%)	TOTAL (%)
4.0	100.0	0	100
6.0	96.8	3.2	100
7.0	75.2	24.8	100
7.5	49.1	50.8	100
8.0	23.2	76.1	100
9.0	2.9	97.1	100
11.0	0.0	100.0	100

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้จะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อค่าพีเอชของน้ำเพิ่มขึ้นที่พีเอช 7.5 จะเหลือฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคเพียงร้อยละ 49 เท่านั้น ควรเสริมคลอรีนลงในสระว่ายน้ำจนกระทั่งมีคลอรีนที่ใช้ประโยชน์ได้ คือ กรดไฮโปคลอรัสเหลืออยู่ 1 ถึง 1.5 พีพีเอ็ม แต่ถ้ามาพิจารณาค่าพีเอชแล้วจะเห็นว่า แม้จะเติมคลอรีนมากจนกระทั่งวัดค่าคลอรีนรวมได้ 3 พีพีเอ็มแล้วก็ตาม หากค่าพีเอชของน้ำเป็น 7.8 ถึง 8 จะกลับพบว่าฤทธิ์การฆ่าเชื้อโรคน้อยกว่าเมื่อวัดค่าคลอรีนทั้งหมดได้เพียง 1 พีพีเอ็ม แต่พีเอชของน้ำเป็น 7.2 ถึง 7.5 ให้ได้ตลอดเวลาจึงไม่ต้องเติมคลอรีนมาก การเติมคลอรีนมากขนาด 3 พีพีเอ็ม นั้นทำให้เกิดผลข้างเคียงอีกอย่างหนึ่งคือ ทำให้มีกลิ่นของคลอรีนฉุนขึ้นจนเป็นที่น่ารังเกียจ ดังนั้นจึงต้องควบคุมค่าพีเอชในสระว่ายน้ำเป็น 7.2 ถึง 7.5 ตลอดเวลา วิธีที่จะควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงนี้ได้มีวิธีเดียว คือใช้ปั๊มจ่ายน้ำยาเคมีอัตโนมัติที่มีการวัดพีเอชของน้ำ และสั่งการจ่ายน้ำยาเคมีสำหรับปรับสภาพกรดหรือด่างของน้ำโดยอัตโนมัติ เพื่อคำนวณปริมาณคลอรีนในน้ำได้ง่ายขึ้น

สำหรับสระว่ายน้ำที่ใช้ก๊าซคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคนั้น พีเอชของน้ำที่เป็นกรดมีผลทำให้กรดไฮโปคลอรัส เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งการสลายตัวของกรดไฮโปคลอรัสเกิดจากก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำ น้ำในสระว่ายน้ำที่ใช้ก๊าซคลอรีนจะใสและน่าลงเล่นกว่าน้ำที่ใช้คลอรีนแบบอื่น ทั้งนี้เพราะว่าในสภาพที่เป็นกรด กรดไฮโปคลอรัส จะสลายตัวให้ก๊าซออกซิเจนทำให้มีออกซิเจนในน้ำมากขึ้น ตามสมการต่อไปนี้

$$2HOCl \longrightarrow 2HCl + O_2 \qquad \text{——(12)}$$

ข้อเสียในการใช้ก๊าซคลอรีน นอกจากจะเกี่ยวกับการใช้คลอรีนในปริมาณที่มากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้คลอรีนชนิดอื่น เนื่องจากพีเอชต่ำลงทำให้กรดไฮโปคลอรัสสลายไปเร็วแล้ว อีกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งคือ พีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นผลจากการสลายตัวของกรดไฮโปคลอรัส ทำให้ได้กรดเกลือมากขึ้น การติดตั้งระบบควบคุมพีเอช อัตโนมัตินับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น การปรับพีเอชของน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคโดยใช้ก๊าซคลอรีนทำได้โดยเติมโซดาแอชลงไปผลที่ได้คือเกลือแกง (NaCl)ตามสมการ

$$2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2 \quad \text{--------(13)}$$

ส่วนกรณีการใช้คลอรีนน้ำหรือคลอรีนผงซึ่งจะทำให้น้ำเป็นด่างนั้นก็ปรับพีเอชได้โดยใช้กรดเกลือ หรือโซเดียมไบซัลเฟต ก็ได้ ตามสมการ

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O \quad \text{-------(14)}$$

$$Ca(OH)_2 + HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O \quad \text{-------(15)}$$

หรือ $NaOH + NaHSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$ --------(16)

หรือ $Ca(OH)_2 + 2NaHSO_4 \rightarrow CaSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O$ -------(17)

สำหรับไตรคลอร์และไดคลอร์นั้นเริ่มเข้ามาแพร่หลายในบ้านเมืองเราแล้วและเป็นที่ยอมรับกัน แม้ว่าจะราคาแพงกว่าคลอรีนชนิดอื่นมากก็ตาม โดยเฉพาะไตรคลอร์ เนื่องจากไตรคลอร์ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะทำให้น้ำมีพีเอชต่ำลงซึ่งคล้ายก๊าซคลอรีน ในสระว่ายน้ำบางแห่งมักจะใช้วิธีการเติมคลอรีนแบบผงหรือน้ำซึ่งจะทำให้น้ำเป็นด่าง มาใช้ร่วมกับแบบไตรคลอร์ในลักษณะวันเว้นวัน โดยคิดว่าจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในสมดุล คือน้ำจะเป็นกรดหนึ่งวันและเป็นด่างหนึ่งวันสลับกันไป ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้องนอกจากนี้หลังจากใช้ไตรคลอร์และไดคลอร์จะทำให้น้ำในสระว่ายน้ำเต็มไปด้วยกรดไอโซไซยานูริค ซึ่งจะไปจับกับคลอรีนที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ทั้งสามชนิดที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคหมดไปก่อน จึงต้องเปลี่ยนน้ำในสระใหม่ก่อนที่จะเปลี่ยนการใช้คลอรีนจากแบบอื่นมาเป็นไตรคลอร์หรือไดคลอร์ ดังนั้นจึงควรใช้ก๊าซคลอรีนสลับกับการใช้คลอรีนน้ำเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการใช้ปรับค่าพีเอช สำหรับไดคลอร์นั้นมีข้อดีคือไม่ทำให้น้ำเปลี่ยนแปลงสภาพไม่ว่าจะเป็นพีเอชหรือความกระด้าง แต่มีปัญหาในการใช้งานมาก เพราะไดคลอร์ทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำได้มากมายหลายชนิดไม่เลือกประเภท เนื่องจากมีซาตุโซเดียม เป็นส่วนประกอบอยู่ ซาตุโซเดียมนี้ไวต่อปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสารอินทรีย์ที่ทำลายสุขภาพได้ และสารอินทรีย์ที่ได้นี้ไม่สามารถทำลายได้ นอกจากนี้ทั้งไดคลอร์และไตรคลอร์ต่างก็เป็นสารอินทรีย์จึงต้องมีการเติมกรดไอโซไซยานูริกลงไปในภาชนะบรรจุด้วย เรียกว่าเป็น " แตรีเออร์ " กรดไอโซไซยานูริกนี้จะทำให้ไดคลอร์และไตรคลอร์ไม่ถูกทำลายโดยแสงแดดอัลตราไวโอเลต ซึ่งกรดไอโซไซยานูริกไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาจากการใช้คลอรีน

ถึงแม้ว่าคลอรีนจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง การใช้งานง่ายและมีราคาถูก แต่คลอรีนก็มีข้อเสียดังนี้

1. ก่อให้เกิดสารพิษภัยมะเร็งที่เรียกว่า ไตรฮาโลมีเทนส์ (THM) หรือฮาโลฟอร์ม ซึ่งพบเกือบทุกแห่งที่มีการใช้คลอรีนในน้ำ สารนี้สามารถสะสมในร่างกายได้เป็นเวลา 10-30 ปี จึงจะแสดงอาการมะเร็ง(Shy and strube.1980) และพบว่าก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในยีนพันธุกรรม

2. การเกิดคลอโรฟีนอลในน้ำ ซึ่งอาจพบฟีนอลถึง 1 พีพีเอ็มในน้ำ เมื่อฟีนอลทำปฏิกิริยากับคลอรีนแล้วจะได้คลอโรฟีนอลถึงแม้จะมีปริมาณน้อยเพียง 1 พีพีบี (1 ส่วนใน1000 ล้านส่วน) ก็ตาม คลอโรฟีนอลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นคล้ายกลิ่นไอโอโดฟอร์ม

ความต้องการคลอรีนในปริมาณสูงเพื่อทำปฏิกริยา เมื่อในน้ำมีสารประกอบแอมโมเนียสิ้นเปลืองคลอรีนมาก ถูกใช้ในเวลาอันรวดเร็วและก่อให้เกิดคลอรีนรวม ในลักษณะนี้จะทำให้ เกิดการคงระดับคลอรีนต่ำ ๆ ในน้ำเช่น 0.1 พีพีเอ็ม ในน้ำประปาทำได้ยาก ดังนั้นนอกจากจะก่อให้เกิดคลอรีนในปริมาณมากแล้วยังทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทนได้มากด้วย จึงไม่ควรเติมคลอรีนในกรณีเช่นนี้

สมการแสดงการเกิดคลอรามีน

$$NH_4 + HOCl \rightarrow NH_2Cl : \text{Monochloramine} \quad \text{------(18)}$$

$$NH_4 + 2HOCl \rightarrow NHCl_2 : \text{Dichloramine} \quad \text{------(19)}$$

4. การใช้คลอรีนเมื่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าสูง การแตกตัวของสารประกอบคลอรีนในน้ำจะให้อนุมูลอิสระ 2 ชนิด คือ กรดไฮโปคลอรัสและคลอไรท์อิออน ดังนั้นไม่ว่าจะใช้คลอรีนแก๊ส คลอรีนน้ำโซเดียมไฮโปคลอไรท์หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ เมื่อละลายในน้ำแล้วจะได้สมดุลเคมีซึ่งขึ้นโดยตรงกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนี้

$$Cl_2 \rightarrow HOCl \rightarrow OCl^- \quad \text{-------(20)}$$

กรดไฮโปคลอรัสในน้ำจะมีฤทธิ์การออกซิไดส์สูงเช่นเดียวกับคลอรีน ขณะที่ไฮโปคลอไรท์อิออนจะมีฤทธิ์อ่อนกว่า 10-20 เท่า หรือแทบไม่มีประสิทธิภาพใดเลย

5. คลอรีนไม่สามารถคงสภาพในน้ำได้ยาวนาน กล่าวคือในเวลาอันสั้น คลอรีนหลงเหลือในน้ำที่ป้องกันการติดเชื้อจะหมดไป

6. คลอรีนไม่สามารถทำลายเชื้อไวรัสได้หากความเข้มข้นไม่เพียงพอ และสามารถทำลายเชื้อราได้ แต่ต้องใช้เวลานาน

7. ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนจะได้ผลดีต้องควบคุมพีเอชให้ได้ช่วง 3-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คลอรีนจะสามารถละลายได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นในวันที่อุณหภูมิของน้ำต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการละลายน้ำได้น้อย

ข้อควรระวังหลังจากเติมคลอรีนในปริมาณสูงแล้วต้องห้ามไม่ให้คนลงว่ายน้ำทันที เวลาที่เหมาะจะเติมคลอรีนควรเป็นเวลากลางคืนเมื่อไม่มีผู้ลงเล่นน้ำแล้ว ขณะที่ใส่คลอรีนเข้มข้นลงในน้ำใหม่ ๆ การทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในน้ำไม่หมด จะมีความเข้มข้นสูงซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา ระบบทางเดินหายใจ และระบบทางเดินอาหาร ดังนั้น จึงควรมีระบบควบคุมตรวจสอบปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำทุกวัน และควบคุมให้มีปริมาณอยู่ในช่วงที่กำหนด หาก คลอรีนอิสระในน้ำมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนด สามารถจะเติมคลอรีนปริมาณน้อยลงไปได้ โดยทั่วไปที่สระว่ายน้ำมักมีชุดเครื่องมือและสารเคมีสำหรับตรวจสอบปริมาณคลอรีนในน้ำไว้ใช้ประจำ สารที่ใช้คือสารละลายออร์โธโทลิดีน (orthotoluidine) มีชื่อทางการค้าว่า "OTO" เมื่อหยดสารละลายลงในตัวอย่างน้ำ จะมีสีเหลือง เทียบสีที่เกิดขึ้นกับแถบสีมาตรฐาน จะทราบปริมาณของคลอรีนได้ คลอรีนในสระว่ายน้ำถูกทำลายได้ด้วยรังสีอุลตราไวโอเล็ต เป็นผลให้เกิดการสูญเสียคลอรีนประมาณ 2 ส่วนในล้านส่วน ในเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยเติมสารป้องกันการสลายตัวของคลอรีนตกค้าง ได้แก่กรดไซอนูริกลงในน้ำประมาณ 25-30 ส่วนในล้านส่วนก่อนเติมคลอรีน สารนี้เมื่อทำปฏิกริยากับคลอรีนทั้งในรูปก๊าซ และไฮโปคลอไรท์ จะได้สารประกอบคลอรีเนเต็ดไซอะนูเรต (Chlorinated cyanurate) ซึ่งมีความคงตัวสูงหรือถ้าใช้คลอรีนในรูปของสารประกอบคลอริเนเต็ดไอโซไซอะนูเรต (Chlorinated isocyanurate) โดยตรง แล้วเติมกรดไซอะนูริกลงไปด้วย จะทำให้มีความคงตัวมากขึ้น นอกจากนี้กรดไฮโปคลอรัสที่ได้จากสารประกอบคลอรีเนเต็ดไอโซไซอะเรตยังมีความสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดีเท่ากับคลอรีนรูปอื่น

2.3.2.2. การใช้โอโซน

โอโซนเป็นก๊าซสีฟ้าอ่อน ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนสามอะตอมในหนึ่งโมเลกุล (O_3) ต้องเตรียมขึ้นและใช้ในทันที แม้แต่เชื้อที่ฆ่ายาก เช่น อมีบา เมื่อใช้กับสระว่ายน้ำจะทำให้มีสีฟ้า จุดเด่นของโอโซนได้แก่การที่ไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อน ไม่ทำให้เกิดกลิ่นและรส

ในการผลิตโอโซนจะใช้อากาศหรือออกซิเจนให้ไหลผ่านขั้วไฟฟ้า (electrodes) กระแสสลับสองขั้วซึ่งมีความต่างศักย์ประมาณ 10,000 - 20,000 โวลท์ และจะใช้ฉนวน(dielectric) หุ้มขั้วไฟฟ้าเพื่อป้องกันการเกิดอาร์ค (arc) ก็จะได้ก๊าซโอโซนออกมา ความเข้มข้นของโอโซนที่ผลิตขึ้นจากอากาศจะมีค่าประมาณ 10-20 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และใช้พลังงานในการผลิตประมาณ 20-30 วัตต์ ชั่วโมงต่อกรัมของโอโซนที่ผลิตได้

การใส่โอโซนลงไปเพื่อทำความสะอาดน้ำทำได้สองวิธี คือใส่ก่อนและหลังการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองน้ำ (pre-ozonation and post-ozonation) หรือใช้ฆ่าเชื้อโรคเฉพาะน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (post-ozonation) โอโซนที่ใส่ลงไปก่อนการกรองน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ (oxidizer) ทำให้ใช้สารเคมีน้อยลงและกำจัดสารอินทรีย์ นอกจากนั้นยังเป็นการให้ออกซิเจนแก่น้ำและเกิดไนตริฟิเคชั่นในเครื่องกรอง ทำให้ลดค่าแอมโมเนียลงได้บางส่วน

ในกรณีที่ใส่โอโซนลงไปในน้ำหลังจากการกรองจะทำหน้าที่เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยจะต้องควบคุมให้มีค่าความเข้มข้นของโอโซนในถังปฏิกิริยาประมาณ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีระยะเวลาสัมผัสไม่ต่ำกว่า 4 นาที หลังจากนั้นจะต้องทำการกำจัดโอโซนออกจนหมดโดยวิธีกลหรือฟิสิกส์-เคมี ก่อนที่จะปล่อยน้ำกลับไปเข้าสระ

การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซนเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง แต่ราคาค่าดำเนินการยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับกันได้ เมื่อเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของโอโซนกับคลอรีนจะพบว่าโอโซนสามารถฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ดี โดยใช้ค่าความเข้มกว่าคลอรีนมาก

2.3.2.3. การใช้โบรมีน

โบรมีนเป็นธาตุกลุ่มเดียวกับคลอรีนที่เรียกว่ากลุ่มฮาโลเจน มีสถานะเป็นของเหลว มีกลิ่นฉุน กัดกร่อนโลหะในการใช้โบรมีนฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำจะต้องควบคุมให้มีค่าความเข้มข้นอย่างต่ำ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ควบคุมพีเอชระหว่าง 7.8 - 8.2 ข้อดีของการใช้โปรมีนได้แก่ มีการกัดกร่อนผิวหนังและเนื้อเยื่อน้อยกว่าคลอรีน

การนำโบรมีนมาใช้ มีสองวิธี คือเตรียมขึ้น ณ จุดที่ใช้ โดยทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนและโปแตสเซียมโบรไมด์ ผลที่เกิดขึ้นจะได้โบรมีน อีกวิธีคือการใช้เครื่องเติมโบรมีนสำเร็จรูปที่เรียกว่า " Di - Halo Brominator " ซึ่งเป็นถังบรรจุสารประกอบทางเคมี เมื่อละลายน้ำจะให้โบรมีน โบรมีนอาจจะเติมลงไปในน้ำก่อนหรือหลังกรองก็ได้

ปัจจุบันมีการนำสารเคมีและวิธีการฆ่าเชื้อโรคแบบอื่น ๆ มาใช้ในสระว่ายน้ำ แต่ยังมีการใช้ไม่มากนัก เช่น คลอรีนไดออกไซด์ ไอโอดีน (iodine) คลอรามีน (choramines) ประจุเงินและทองแดง (electrolytic copper and silver ions) คลอโรไซยาไนด์ (chlorocyanides) แสงอุลตร้าไวโอเลต (ultraviolet light)

สารเคมีและวิธีการเหล่านี้โดยหลักการแล้วสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในการนำมาใช้กับสระว่ายน้ำ ดังนั้น จึงไม่แนะนำให้ใช้สำหรับสระว่ายน้ำสาธารณะ ซึ่งมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ลักษณะของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

สระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ ได้มีการจัดสถานที่ให้ถูกสุขลักษณะดังนี้

1. บริเวณทั่วไปของสระว่ายน้ำ จัดวางสิ่งของต่าง ๆ เป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่เกะกะกีดขวาง มองดูสะอาดชวนเข้าไปใช้บริการ

2. มีที่ว่างรอบขอบสระเพื่อเป็นทางเดินกว้างประมาณ 5 - 10 เมตร

3. มีอาคารประกอบการสำหรับให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ

4. มีที่สำหรับล้างเท้าตรงทางเข้าบริเวณสระว่ายน้ำ

5. มีที่วางหรือเก็บรองเท้าก่อนเข้าภายในบริเวณสระว่ายน้ำ

2.4.2 ลักษณะอาคารประกอบ

1. สร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กแล้วปูทับด้วยกระเบื้องสีฟ้า

2. รางระบายน้ำรอบสระทำความสะอาดง่าย มีขนาดเพียงพอเพื่อรับน้ำล้น มีตำแหน่งและหน้าที่ดังนี้

ทิศตะวันออก-ตะวันตก (ด้านความกว้าง) รางน้ำล้นสำหรับระบายน้ำในสระและถ่มน้ำลาย มีตะแกรงครอบ

ทิศเหนือ-ใต้ (ด้านความยาว) รางน้ำล้นสำหรับระบายน้ำในสระและถ่มน้ำลาย

3. ทางเดินรอบสระเป็นหินขัดหยาบ

ทางเดินด้านความยาวของสระกว้าง 5 เมตร

ทางเดินด้านความกว้างของสระกว้าง 10 เมตร

4. ขนาดของสระว่ายน้ำ

ความกว้าง 20 เมตร ความยาว 50 เมตร

ความลึก - ระยะลึกที่สุดลึก 1.6 เมตร

- ระยะตื้นที่สุดลึก 1.3 เมตร

5. ห้องน้ำ-ห้องส้วมสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกันผู้ชายจำนวน 2 ที่ ผู้หญิงจำนวน 2 ที่ ใช้ได้ตลอดเวลา สภาพดี มีกระดาษชำระพร้อม

6. ที่ดาบน้ำฝักบัวสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน ผู้ชาย 6 ที่ ใช้การไม่ได้ 1 ที่ ผู้หญิง 3 ที่

7. อ่างล้างมือสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน ผู้ชายจำนวน 1 ที่ ผู้หญิงจำนวน 2 ที่ ติดตั้งอยู่ในที่สะดวกสำหรับผู้ใช้บริการใช้ได้และมีน้ำใช้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แสงสว่าง มีหลอดไฟ 2 ดวง อยู่ทางด้านบนของอาคารประกอบ แสงไฟพร้อมส่องลงไปยังสระว่ายน้ำแต่ไม่มีไฟใต้น้ำจึงไม่สามารถเปิดให้บริการเวลากลางคืนได้

9. มีบริการขายขนมและเครื่องดื่ม

2.4.3 การรักษาความสะอาด

1. จัดทำป้ายแสดงกฎข้อบังคับสำหรับผู้ใช้สระว่ายน้ำ

2. มีห้องน้ำ - ห้องส้วมสำหรับเพศชายและเพศหญิงแยกกัน สำหรับผู้ใช้บริการ ชำระล้างร่างกายก่อนและหลังการเล่นน้ำในสระว่ายน้ำ

3. มีการเปลี่ยนน้ำล้างเท้าตรงทางเข้าบริเวณสระว่ายน้ำทุกวัน หลังจากปิดบริการแล้ว

4. มีการโรยผงคลอรีนเพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำทุกครั้งหลังจากปิดบริการ

5. มีการใช้สารส้มในกรณีที่น้ำมีสภาพความขุ่นสูงโดยทำการประเมินความขุ่นด้วยสายตา

6. มีการปิดบริการทุกวันจันทร์เพื่อทำความสะอาดสระว่ายน้ำ โดยมีการดูดตะกอนบริเวณก้นสระ ขอบสระและโรยผงคลอรีนในขั้นสุดท้าย

7. มีการบำบัดน้ำดิบที่ได้มาจากน้ำบาดาลก่อนนำมาใช้ในสระว่ายน้ำ โดยการผ่านหม้อกรองซึ่งภายในบรรจุทรายขนาดต่าง ๆ กัน เรียงเป็นชั้น ๆ ในถังกรอง

8. มีชุดเครื่องมือชื่อ OTO สำหรับตรวจสภาพน้ำในสระว่ายน้ำประจำสระโดยมีการตรวจสอบปริมาณคลอรีนตกค้างและค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งมีน้ำยาทดสอบและหลอดสำหรับเทียบสี

2.4.4 ระบบความปลอดภัย

1. มีเจ้าหน้าที่คอยดูแลสระว่ายน้ำ ซึ่งมีความชำนาญในการว่ายน้ำและสามารถให้การปฐมพยาบาลได้ อยู่ประจำสระว่ายน้ำตลอดเวลาในขณะที่เปิดใช้บริการ

2. มีอุปกรณ์สำหรับช่วยเหลือเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น เช่น เชือก ห่วงยาง โฟม

2.4.5 ระบบหมุนเวียนน้ำ

มีการสูบน้ำจากใต้ดินซึ่งก็คือ น้ำบาดาลนั่นเอง เก็บไว้ยังถังเก็บน้ำ น้ำบาดาลที่สูบเก็บไว้นี้จะถูกส่งต่อไปยังบ่อพักน้ำดิบ โดยระดับน้ำในบ่อพักน้ำดิบและสระว่ายน้ำจะอยู่ในระดับเดียวกัน หากน้ำในสระว่ายน้ำลดลง น้ำในบ่อพักน้ำดิบก็จะลดลงด้วย ทำให้ระบบลูกลอยที่อยู่ระหว่างถังเก็บน้ำกับบ่อพักน้ำดิบเปิด มีผลทำให้น้ำบาดาลจากถังเก็บน้ำไหลผ่านท่อเข้าไปยังบ่อพักน้ำดิบจนระดับน้ำในสระว่ายน้ำและบ่อพักน้ำดิบเท่ากัน วาล์วจึงปิดไม่มีการส่งน้ำบาดาลเข้าบ่อพักน้ำดิบอีก นอกจากนี้บ่อพักน้ำดิบยังมีการรับน้ำล้นจากรอบ ๆ สระว่ายน้ำเพื่อวนกลับไปใช้ใหม่ น้ำที่อยู่ในบ่อพักน้ำดิบจะถูกกรองโดยผ่านถังกรองทรายทั้งสองถังซึ่งมีการทำงานแยกกัน โดยผ่านน้ำจากด้านบนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดสีชาขนาด 300 และ 1000 มิลลิลิตร
2. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
3. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
4. กระดาษกรองเบอร์ 1
5. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C
6. เครื่องดูดอากาศ
7. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
8. โถดูดความชื้น (desciceter)
9. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
10. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucible)
11. อ่างน้ำร้อน (water bath)
12. กรวยกรอง (buchner funnel)
13. จานให้ความร้อน (hot plate)
14. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
15. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)
16. หลอดดักก๊าซ (durham tube)
17. เข็มเขี่ยเชื้อ (loop)
18. เครื่องแก้วต่าง ๆ

3.2 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

<u>การเตรียม</u> : โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 25 กรัม ในน้ำกลั่นที่ทำการต้มเดือดมาใหม่ ๆ ปริมาณ 1 ลิตรแล้วหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยโพแทสเซียมไบไอโอเดต ($KH(IO_3)_2$) หลังจากตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ เติมคลอโรฟอร์ม 2-3 มิลลิลิตร เพื่อลดการย่อยสลายของโซเดียมไธโอซัลเฟต เนื่องจากแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ของ 0.1 นอร์มัลโซเดียมไธโอซัลเฟต

นำน้ำกลั่นมา 80 มิลลิลิตร เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1 มิลลิลิตรพร้อมคนและโปแตสเซียมไบไอโอเดตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล 10.0 มิลลิลิตร และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 1 กรัม ไตเตรตทันทีด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสีเหลืองของไอโอดีนที่ถูกขับออกมาเกือบหายหมดเติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร ไตเตรตต่อจนสีน้ำเงินหายไป

ความเข้มข้นโซเดียมไธโอซัลเฟต(นอร์มัลลิตี้) = 1 / มิลลิลิตรของโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

2. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ร้อยละ 10

การเตรียม : ชั่งโซเดียมไธโอซัลเฟต 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น

4. โพแทสเซียมไอโอไดชนิดเกล็ด [Potassium iodide (KI crystal)]

5. สารละลายมาตรฐานโปแทสเซียมไบไอโอเดต ($KH(IO_3)_2$) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียม : ละลายโปแทสเซียมไบไอโอเดต ($KH(IO_3)_2$) 3.249 กรัม ในน้ำกลั่นเติมน้ำจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท

6. สารละลายแป้งอินดิเคเตอร์

การเตรียม : ละลายแป้งมัน 5 กรัม ในน้ำเย็นเล็กน้อยแล้วเทลงในน้ำที่กำลังเดือด 1000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ค้างคืนรินแต่ส่วนใส เก็บโดยการเติมกรดซาลิไซลิก 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

7. สารละลายมาตรฐานไอโอดีนเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียม : ละลายโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 40 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมไอโอดีนชนิดเกล็ด (I_2) 13 กรัม คนจนละลายเติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

การหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ของ 0.1 นอร์มัลไอโอดีน

ปิเปตสารละลายอาร์ซีไนต์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล 50 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปกรวยทิเทรตด้วยสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

8. สารละลายมาตรฐานไอโอดีนเข้มข้น 0.0282 นอร์มัล

การเตรียม : ละลายโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 25 กรัม ในน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วเติมสารละลายไอโอไดด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล ตามที่ได้คำนวณไว้ เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.0282 นอร์มัลลงไป เติมน้ำจนได้ปริมาตร 1 ลิตร หาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ก่อนใช้ทุกครั้ง โดยใช้สารละลายอาร์ซีไนต์ 5-10 มิลลิลิตร ตามวิธีทำในข้อ 9 เก็บในขวดที่มืด

9. สารละลายมาตรฐานอาร์ซีไนต์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียม : ชั่งอาร์ซีนิคไตรออกไซด์ (As_2O_3) 4.95 กรัม ในขวดชั่ง เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วชั่งขวดชั่งอีกครั้ง ทำให้เปียกด้วยน้ำกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 กรัม และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร. เขย่าขวดเพื่อให้อาร์ซีนิคไตรออกไซด์ละลาย เติมน้ำจนได้ 250 มิลลิลิตรทำให้เย็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทั้งหมด เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

ความเข้มข้น (นอร์มัลลิตี้) = กรัมของอาร์ซีนิคไตรออกไซด์ / 49.455

10. สารละลายซิงค์ซัลเฟต (Zinc sulphate)

การเตรียม : ละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) 100กรัมในน้ำกลั่นเติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

11. สแตบิไลเซอร์ รีเอเจนท์ (Stabilizer reagent)

การเตรียม EDTA รีเอเจนท์ : ละลายไดโซเดียมเอทิลลีนไดเอมีนเตตระอะซีเตรตไดไฮเดรต (disodium ethylenediamine tetraacetate dihydrate) 50 กรัม ในน้ำ 60 มิลลิลิตร ซึ่งมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ละลายอยู่ ถ้าไม่ละลายให้ใช้ความร้อนช่วยแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เจือจางให้ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

12. เนสเลอร์ รีเอเจนท์ (Nessler reagent)

การเตรียม : ละลายเมอร์คิวรี่ไอโอไดด์ (HgI_2) 100 กรัม และ โปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 70 กรัมในน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ เติมส่วนผสมนี้ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 160 กรัม ที่ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เจือจางจนได้ 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ไม่ให้ถูกแสง

13. สารละลายสต๊อคแอมโมเนีย (Stock ammonia solution)

การเตรียม : ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (anhydrous NH_4Cl) 3.819 กรัมในน้ำกลั่น เจือจางให้ได้ 1 ลิตร สารละลายนี้ 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 1 มิลลิกรัมไนโตรเจน เท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมแอมโมเนีย

14. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

การเตรียม : เจือจางสารละลายข้อ 13 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร

15. สารละลายเปปโตน ร้อยละ 10 (Stock peptone solution 10%)

การเตรียม : เปปโตน (peptone) 10 กรัม เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

16. สารละลายเปปโตนร้อยละ 0.5

การเตรียม : ปิเปตสารละลาย ข้อ 1 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA)
2. Lauryl Tryptose Broth
3. Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)
4. EC medium
5. Eosin Methylene Blue (EMB agar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Nutrient Agar (NA)

7. Mannitol Salt Agar

8. Asparagine Broth

9. Acetamide Broth

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ

1. การวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง

1.1 นำน้ำมาประมาณ 20 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์

1.2 วัดค่าความเป็นกรด - ด่างโดยใช้พีเอชมิเตอร์

2. การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids : TS)

2.1 นำชามกระเบื้องมาล้างให้สะอาด อบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก

2.2 นำตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตรลงในครูซิเบิล นำไประเหยให้แห้งบนอ่างน้ำร้อน

2.3 นำไปอบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 4-5 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด(มิลลิกรัม/ลิตร) = [ปริมาณของแข็ง * 1000] / ปริมาตรน้ำตัวอย่าง

3. การหาปริมาณสารแขวนลอย (Suspended solid : SS)

3.1 อบกระดาษกรองใยแก้ว GF/C ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator) นำไปชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง (A)

3.2 เลือกปริมาตรน้ำที่จะให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยอย่างน้อย 2.5 มิลลิกรัม โดยไม่รวมน้ำหนักกระดาษกรอง

3.3 วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ แล้วใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดกับกรวยบุคเนอร์

3.4 เทตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองโดยอาศัยแรงดูดช่วย จากนั้นใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ตกค้างอยู่ข้างกรวยจนหมด กรองน้ำออกให้แห้ง

3.5 ใช้ปากคีบจับกระดาษกรองใส่จานเพาะเชื้อ (plate) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองอีกครั้ง (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร) = [น้ำหนักตะกอนB-A*100] / ปริมาตรน้ำตัวอย่าง

3.4.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. การหาปริมาณคลอรีนหลงเหลือ (Total available residual chlorine) โดยวิธี Iodometric (1) method

1.1. นำตัวอย่างน้ำปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปรับพีเอชให้ได้ 3.0 - 4.0

1.2 เติมโปแทสเซียมไอโอไดด์ 1 กรัม เขย่าให้เข้ากันจนได้สารละลายสีเหลือง (อาจเติมน้ำกลั่นเพื่อเพิ่มปริมาตรได้)

1.3 นำไปไตเตรตด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสีเหลืองของไอโอดีนในสารละลายที่เกิดขึ้นจางลงจนเกือบหมด

1.4 เติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจนได้สารละลายสีน้ำเงิน

1.5 ไตเตรตต่อไปด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสีน้ำเงินหายไปได้สารละลายใสไม่มีสี

การไตเตรต blank

ทำวิธีเดียวกับการไตเตรตตัวอย่างน้ำ แต่ให้ใช้น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างน้ำ

การคำนวณ

สำหรับการหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (standardize) สารละลายคลอรีนที่ใช้

มิลลิกรัม/มิลลิลิตร คลอรีน = [(A+-B)*N*35.45 / ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

สำหรับการหาค่าคลอรีนอิสระทั้งหมด (Total available chlorine) ในน้ำตัวอย่าง

มิลลิกรัม/ลิตร คลอรีน = [(A+-B)*N*35455 / ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

เมื่อ A = มิลลิลิตรของโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรต blank (อาจเป็น +/- ก็ได้)

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไธโอซัลเฟตเป็นนอร์มัลลิตี้

2. การหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนโดยวิธีการเทียบสี (Nesslerization method)

2.1 เติมสารละลายซิงค์ซัลเฟต 1 มิลลิลิตร ในน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับพีเอชให้ได้10.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4-0.5 มิลลิลิตร โดยใช้พีเอชมิเตอร์ ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาทีจนกระทั่งตกตะกอน ได้น้ำส่วนใสอยู่ข้างบน แยกส่วนน้ำใสโดยการกรองหรือใช้การเหวี่ยง (Centrifuge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำน้ำให้เกิดสี : นำน้ำส่วนใสที่ได้จากการกำจัดสิ่งเจือปนแล้ว มาเติม น้ำยา EDTA 1 หยด (0.05 มิลลิลิตร) เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตน้ำยาเนสเลอร์ 2 มิลลิลิตร เติมลงไปผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกริยาอย่างสมบูรณ์อย่างน้อย 10 นาที (ถ้าปริมาณแอมโมเนียน้อยมากให้ใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที) หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำไปวัดค่าความเข้มข้น (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร

การสร้างกราฟมาตรฐาน

ก. นำขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร 10 ใบ

ขวดที่ 1 ใส่น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียจนถึงขีดเรียกว่า รีเอเจนท์แบลงค์

ขวดที่ 2-10 ใส่สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 0.5 , 1.0 ,1.5 , ... มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย (NH_3-N) จนปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

ข. ใส่น้ำยา EDTA (Stabilizer EDTA) ปริมาณเท่ากับที่ใส่ในตัวอย่างน้ำ

ค. เติมน้ำยาเนสเลอร์ (Nessler's reagent) เท่ากับที่ใส่ในตัวอย่างน้ำ ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาเท่ากับตัวอย่างน้ำ

ง. นำสารละลายในแต่ละหลอดไปวัดการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร โดยใช้เซลขนาด 1 เซนติเมตร

จ. อ่านปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ในตัวอย่างน้ำ จากกราฟมาตรฐาน

หมายเหตุ เมื่อมีการเตรียมสารละลายน้ำยาเนสเลอร์ (Nessler's reagent) ใหม่ควรสร้างกราฟมาตรฐานใหม่ทุกครั้ง

3.4.3 การวิเคราะห์ทางด้านชีวภาพ

1. การตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total plate count)

1.1 ทำการ pour plate technique โดยใช้อัตราการเจือจางถึง 10^{-2} ทำ 3 ซ้ำ ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate count agar)

1.2 บ่มที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน

1.3 นับจำนวนโคโลนีในช่วง 30-300 โคโลนี บันทึกผล

2. การตรวจหา Coliforms และ *E. coli* โดยวิธี Multiple Tube Technique

ขั้นตรวจสอบสมมุติฐาน (Presumptive test)

2.1 ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl Tryptose broth ลงในหลอดทดลองที่มีหลอดดักก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดว่ำอยู่ จำนวน 15 หลอด โดยใส่ให้ท่วมหลอดดักก๊าซ ทำ 3 อัตราการเจือจาง 10,1,0.1 อัตราการเจือจางละ 5 หลอด

2.2 ดูดอัตราการเจือจางของตัวอย่างน้ำลงในหลอดอาหารหลอดละ 1 มิลลิลิตร ที่อัตราการเจือจาง 1 และ 0.1 และหลอดละ 10 มิลลิลิตร ที่อัตราการเจือจาง 10

2.3 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

2.4 ตรวจผล

ผลบวก : มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ

ขั้นยืนยันของโคลิฟอร์ม (Confirmed test of Coliforms)

2.5 ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อBGLB(Brillian green lactose brile broth)ลงในหลอดทดลองที่มีหลอดดักก๊าซตว่ำอยู่ ใส่อาหารให้ท่วมหลอดดักก๊าซ

2.6 เติมเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกจากขั้นตรวจสอบสมมุติฐาน (Presumptive test) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB

2.7 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

2.8 ตรวจผล

ผลบวก : มีก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.9 นำเชื้อจากหลอดที่เกิดก๊าซ มา steak ลงบน EMB agar

2.10 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

2.11 ตรวจผล

ผลบวก : พบโคโลนีมีสีดำตรงกลาง แววาว หรือโคโลนีสีชมพูขั้นสมบูรณ์ของโคลิฟอร์ม

2.16 นำเชื้อที่ให้ผลบวกจากขั้นยืนยัน(Confirmed test) มา steak ลงบนหลอดอาหารเอียง NA (Nutrient agar) หรือ เพาะเชื้อลงใน Lauryl Tryptose Broth

2.17 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

2.18 ตรวจผล

ผลบวก : หลอดอาหารแข็งเอียง NA แล้วนำเชื้อมาย้อมแกรม (Gram stain) เพื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ลักษณะเชื้อมีรูปร่างเป็นแท่ง (rod) ติดสีแดง

: Lauryl tryptose broth :- เกิดก๊าซขึ้นในหลอดดักก๊าซ

ขั้นยืนยันของ *E. coli* (Confirmed test of *E. coli*)

2.12 ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ EC medium ลงให้ท่วมหลอดดักก๊าซที่อยู่ในหลอดทดลอง

2.13 เติมเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกจากขั้นตรวจสอบสมมุติฐาน 1 มิลลิลิตร ลงใน อาหาร EC medium ที่เตรียมไว้

2.14 บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำร้อน 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 ตรวจผล

ผลบวก : เกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

3. การตรวจหา *Staphylococcus aureus* โดยวิธีการทดสอบทางชีวเคมี

3.1 ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ Giolitti-Cantoni broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองจำนวน 15 หลอด โดยทำ 3 อัตราการเจือจาง 10,1,0.1 ใช้อัตราการเจือจางละ 5 หลอด นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

3.2 ดูดอัตราการเจือจางที่ใช้ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ หลอดละ 1 มิลลิลิตร ยกเว้นที่อัตราการเจือจาง 10 ให้ใส่หลอดละ 10 มิลลิลิตร

3.3 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

3.4 ตรวจผล โดยหลอดที่ให้ผลบวกอาหารจะขุ่น

3.5 นำเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกมาทำการ streak ลงบน Mannital Salt agar ที่เติมไข่แดง

3.6 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

3.7 ตรวจผล ผลบวกจะได้โคโลนีที่มีสีเหลืองรอบโคโลนี มีลักษณะทึบแสง

4. การตรวจหา *Pseudomonas aeruginosa* โดยวิธีการทดสอบทางชีวเคมี

4.1 ใส่อาหาร Asparagine broth 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองจำนวน 15 หลอด โดยทำ 3 อัตราการเจือจาง 10,1,0.1 ใช้อัตราการเจือจางละ 5 หลอด นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)

4.2 ดูดอัตราการเจือจางที่ใช้ลงใน Asparagine broth หลอดละ 1 มิลลิลิตร ในอัตราการเจือจาง 1,0.1 และหลอดละ 10 มิลลิลิตร ในอัตราการเจือจาง 10

4.3 นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

4.4 ตรวจผลภายใต้ long-wave U.V. light (black light)

ผลบวก : พบเม็ดสีเขียวเรืองแสง

4.5 นำเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Acetamide broth และนำเชื้อดีกส่วนมา steak บน Acetamide agar slants

4.6 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24-36 ชั่วโมง

4.7 ตรวจผล

ผลบวก : อาหารเลี้ยงเชื้อจะมีสีม่วง เนื่องจากมีกรดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยเก็บตัวอย่างน้ำในวันเสาร์หรืออาทิตย์ซึ่งเป็นวันที่มีผู้ใช้บริการมากที่สุด เริ่มเก็บตัวอย่างน้ำตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2538 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539 ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีในหนังสือ Standard method for the examination of water and wastewater โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำมา โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH meter ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 7.18 - 7.70 และพบว่าแต่ละค่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมาตรฐานข้อบังคับของกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 7.2 - 8.4 (แต่ควรอยู่ในช่วง 7.2 - 7.8) ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้จากสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ มีค่าต่ำกว่ามากดังกล่าว ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก

1. คลอรีนที่สระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นสารประกอบคลอรีนเต็ดไอโซไซยานูเรต ซึ่งมีชื่อว่าไตรคลอโรไอโซไซยานูเรต (trichloroisocyanurate) คลอรีนชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออนทำให้น้ำมีสมบัติเป็นกรด การเติมคลอรีนในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ นี้มีปริมาณไม่แน่นอน เนื่องจากผู้ดูแลสระใช้การกะปริมาณ ดังนั้นปริมาณคลอรีนจึงมีค่าไม่แน่นอนในแต่ละวัน

2. การใช้สารส้มในการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกรอง สารส้มที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับน้ำในสระว่ายน้ำได้เป็นกรดกำมะถัน ทำให้น้ำมีความเป็นกรดมากขึ้นและค่าพีเอชต่ำลง แสดงปฏิกิริยาดังนี้

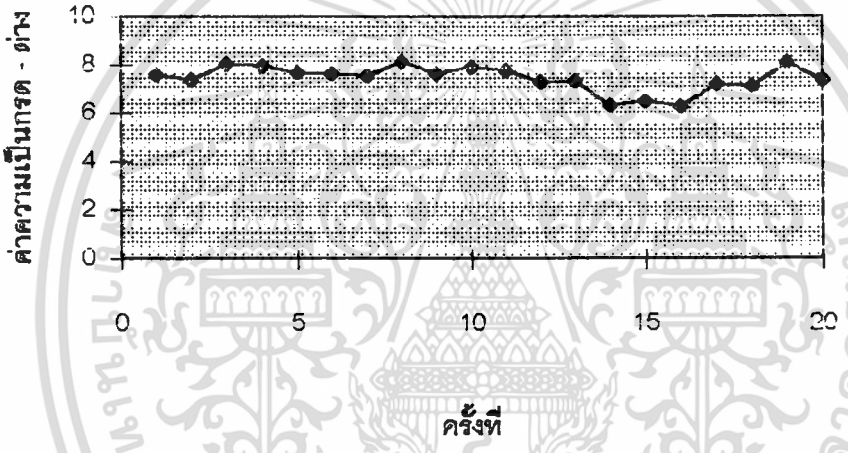
$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 \qquad \text{——(21)}$$

การที่ค่าพีเอชของน้ำในสระต่ำกว่ามาตรฐานนี้ทำให้น้ำมีความเป็นกรดสูง ก่อให้เกิดการกัดกร่อนระบบท่อ เครื่องกรองและเกิดการผุกร่อน เช่น การผุกร่อนของเหล็กเกิดปัญหาน้ำมีสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อบุตาของผู้ใช้บริการอีกด้วย หากค่าพีเอชต่ำถึง 3 น้ำในสระว่ายน้ำจะส่งกลิ่นเหม็น

การแก้ปัญหานี้ ทำได้โดยการเติมโซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3)หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เพื่อเพิ่มความเป็นด่างของน้ำในสระ แต่การเติมโซเดียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณมากเกินไปจะมีผลทำให้น้ำในสระมีลักษณะขาวขุ่นคล้ายน้ำนมซึ่งต้องใช้เวลานาน 2-3 สัปดาห์ในการแก้ไขให้น้ำในสระใสดังเดิม ดังนั้นจึงต้องควบคุมให้มีปริมาณสารส้มต่อปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตที่สมดุลย์กัน โดยปรกติใช้อัตราส่วนของสารส้มต่อโซเดียมคาร์บอเนตเท่ากับ 1 ต่อ 1 กิโลกรัม และรักษาค่าพีเอชของน้ำในสระให้คงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 4.1 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

การคำนวณทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าความเป็นกรด - ด่าง

เมื่อไม่ทราบค่า σ ขนาดตัวอย่างเล็ก (n < 30)

ขีดจำกัดบน $= \bar{x} + t\frac{S}{\sqrt{n}}$ ขีดจำกัดล่าง $= \bar{x} - t\frac{S}{\sqrt{n}}$

จากการคำนวณได้ดังนี้

$\bar{x} = 7.4405$, $t = 2.093$, $s = 0.5527$

$\bar{x} \pm t\frac{S}{\sqrt{n}} = 7.4405 \pm 0.2586 = 7.18 < \mu < 7.70$ (μ คือค่าเฉลี่ยประชากร)

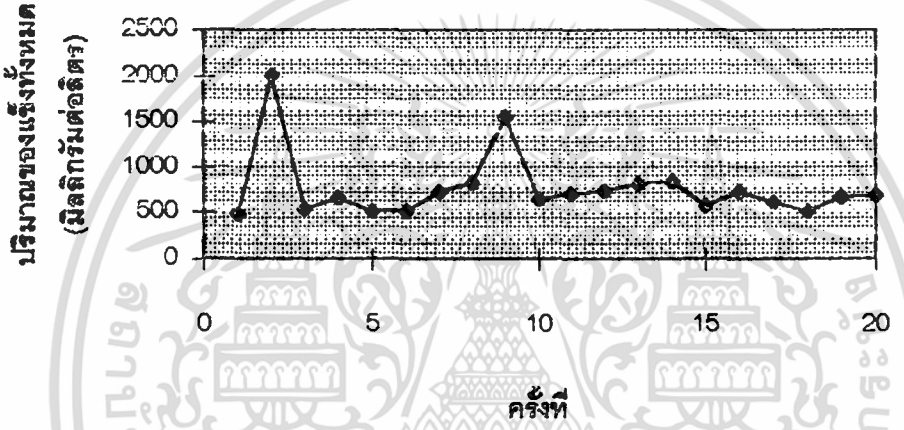
นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.18 - 7.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid : TS)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0594 - 0.0941 กรัมต่อ100 มิลลิลิตรหรือ 594 - 941 มิลลิกรัมต่อลิตร

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในสระว่ายน้ำมีความสำคัญน้อยมากเพราะยากที่จะแปรผลออกมาด้วยความแน่นอน นอกจากนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดมิได้ถูกกำหนดให้มีค่ามาตรฐานตามข้อกำหนด แต่เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณสิ่งเจือปนทั้งหมดในน้ำว่ามีมากหรือน้อยแค่ไหนเพียงใด



รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

การคำนวณทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid : TS) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส

เมื่อไม่ทราบค่า σ ขนาดตัวอย่างเล็ก (n < 30)

$$\text{ขีดจำกัดบน} = \bar{x} + t\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad \text{ขีดจำกัดล่าง} = \bar{x} - t\frac{S}{\sqrt{n}}$$

จากการคำนวณจะได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดดังนี้

$\bar{x} = 767.55$, $t = 2.093$, $s = 370.7049$

$\bar{x} \pm t\frac{S}{\sqrt{n}} = 0.0767 \pm 173.4932 = 594.0568 < \mu < 941.0432$ (μ คือค่าเฉลี่ยประชากร)

นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 594.0568 - 941.0432 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

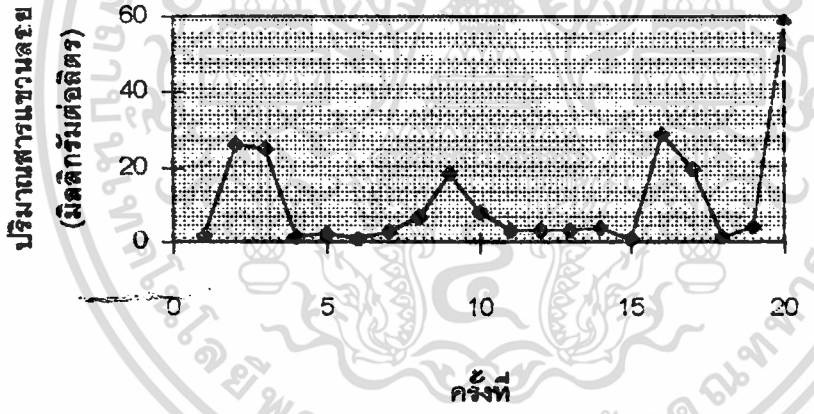
4.1.3 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended solid : SS)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยของน้ำได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0042 - 0.0178 กรัมต่อลิตรหรือ 0.042 - 0.178 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณสารแขวนลอย หมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารแขวนลอยมีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำและแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องกรอง

การมีปริมาณสารแขวนลอยสูงนั้นอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากประสิทธิภาพของเครื่องกรองไม่สมบูรณ์ คือ เกิดการอุดตันของชั้นทราย นอกจากนี้ถังกรองที่สระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ เดิมใช้งานได้ 2 เครื่อง แต่ในช่วงที่ทำการวิจัยนี้เป็นช่วงที่ถังกรองเสีย 1 เครื่องจึงเหลือเพียง 1 เครื่องที่ใช้งานได้ ทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลง ดังนั้นปริมาณสารแขวนลอยในสระว่ายน้ำจึงมีปริมาณสูง

การแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยใช้สารส้มเพื่อจับอนุภาคต่าง ๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำให้เป็นกลุ่ม ทำให้กรองได้ง่ายและควรทำความสะอาดถังกรองโดยการล้างย้อนกลับ(back washing)อย่างสม่ำเสมอเพื่อลดการอุดตันของชั้นทรายและดำเนินการซ่อมแซมเครื่องกรองให้ใช้งานได้ตามปกติ



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณสารแขวนลอยของน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

การคำนวณทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของปริมาณสารแขวนลอย (SS)

เมื่อไม่ทราบค่า σ ขนาดตัวอย่างเล็ก (n < 30)

ขีดจำกัดบน $= \bar{x} + t\frac{S}{\sqrt{n}}$ ขีดจำกัดล่าง $= \bar{x} - t\frac{S}{\sqrt{n}}$

จากการคำนวณจะได้ปริมาณของสารแขวนลอย ดังนี้

$\bar{x} = 11$, $t = 2.093$, $s = 14.6278$

$\bar{x} \pm t\frac{S}{\sqrt{n}} = 11 \pm 6.8459 = 4.1541 < \mu < 17.8459$ (μ คือค่าเฉลี่ยประชากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 4.1541 - 17.8459 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ

ครั้งที่	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	7.60	479	1.8
2	8.05	2007	26.1
3	7.70	540	25.0
4	7.63	653	1.5
5	8.12	511	2.4
6	7.65	522	0.9
7	7.91	730	2.8
8	7.80	830	6.4
9	7.28	1554	18.5
10	7.34	644	8.0
11	6.32	700	3.2
12	6.51	736	3.1
13	6.25	822	3.1
14	7.40	849	3.7
15	7.94	571	0.8
16	7.37	723	29.1
17	7.54	610	19.5
18	7.20	513	1.5
19	7.10	669	4.1
20	8.10	688	58.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

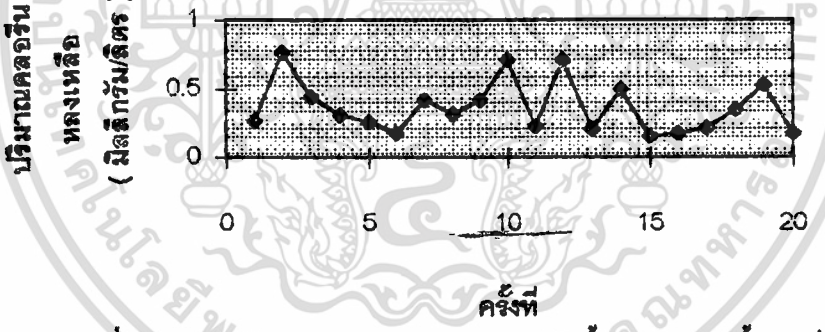
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี

4.2.1 ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนหลงเหลือได้ผลแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.2802 - 0.4580 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าแต่ละค่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมาตรฐานข้อบังคับของกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 1.0 - 2.0 (ถ้าใช้คลอรีนประเภทไอโซไซยานูเรต)

การเติมคลอรีน (Chlorination) หมายถึง การเติมสารประกอบคลอรีนหรือก๊าซคลอรีนลงในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค โดยการฆ่าเชื้อโรคขึ้นกับปัจจัย 2 ประการคือความเข้มข้นของคลอรีนและระยะเวลาสัมผัสในทางปฏิบัติ เมื่อคลอรีนแตกตัวในน้ำจะให้กรดไฮโปคลอรัสมากกว่าคลอไรท์ ไอออนซึ่งกรดไฮโปคลอรัสจะให้ผลในการฆ่าเชื้อที่ดี ดังนั้นการวัดปริมาณคลอรีนหลงเหลือจึงเป็นการวัดปริมาณคลอรีนที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค

ปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้าจะมีปริมาณสูงกว่าในช่วงเย็น และการลดต่ำลงของคลอรีนยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารเจือปนในน้ำ เช่น แอมโมเนียไนโตรเจน



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณคลอรีนหลงเหลือของน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ

การคำนวณทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของปริมาณคลอรีนหลงเหลือ

เมื่อไม่ทราบค่า σ ขนาดตัวอย่างเล็ก (n < 30)

ขีดจำกัดบน $= \bar{x} + t\frac{S}{\sqrt{n}}$ ขีดจำกัดล่าง $= \bar{x} - t\frac{S}{\sqrt{n}}$

จากการคำนวณจะได้ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ ดังนี้

$\bar{x} = 0.3691$, $t = 2.093$, $s = 0.1899$

$\bar{x} \pm t\frac{S}{\sqrt{n}} = 0.3691 \pm 0.0889 = 0.2802 < \mu < 0.4580$ (μ คือค่าเฉลี่ยประชากร)

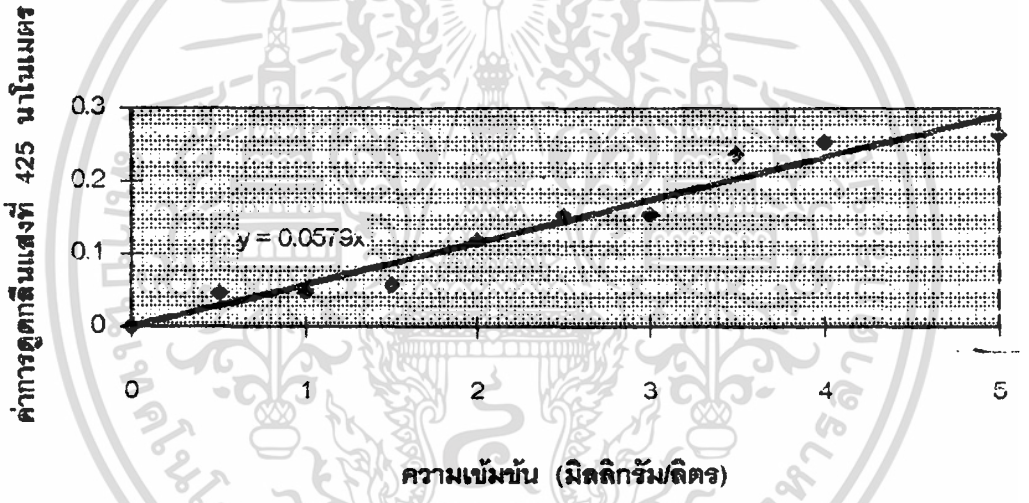
นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอรีนหลงเหลืออยู่ในช่วง 0.2802 - 0.4580 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

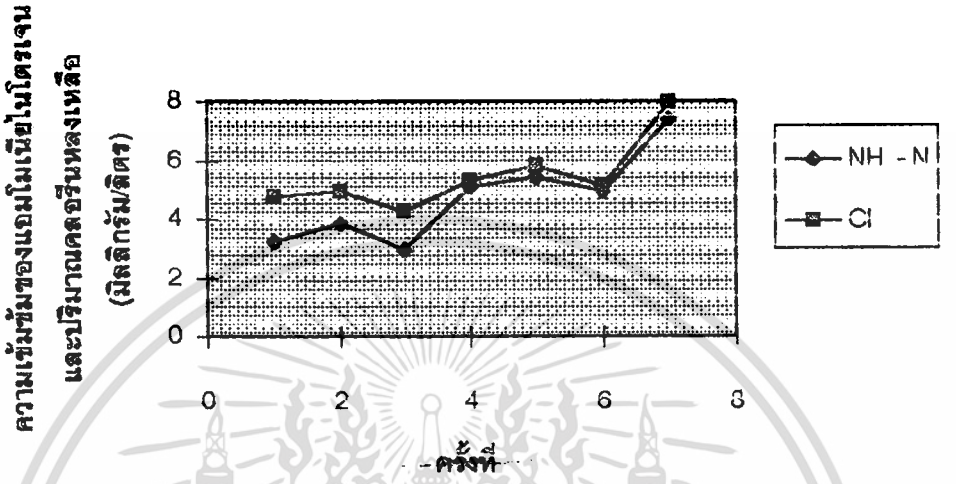
ทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณคลอรีนหลงเหลือ พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าปริมาณคลอรีนหลงเหลือ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนได้ผลแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.8

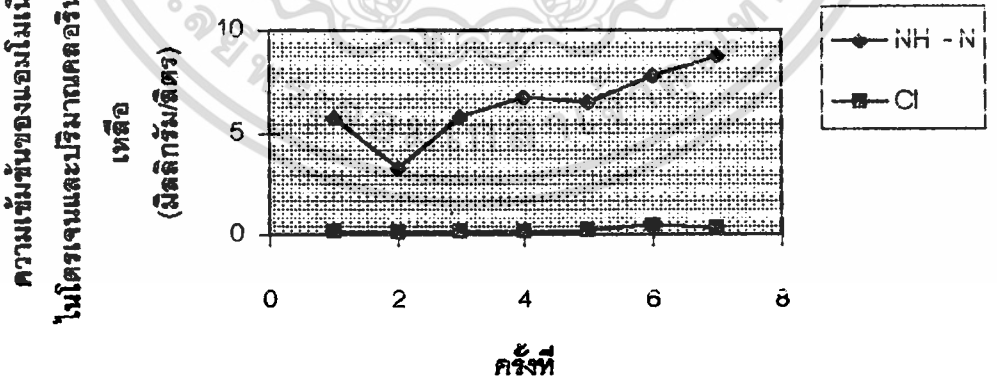


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟมาตรฐานของแอมโมเนียไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

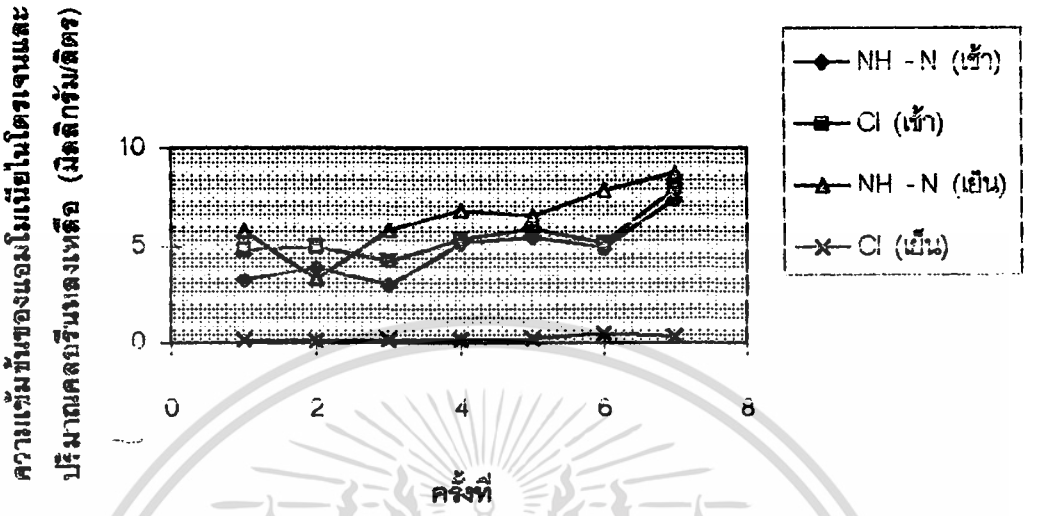


รูปที่ 4.6 แสดงค่าการเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้า



รูปที่ 4.7 แสดงค่าการเปรียบเทียบระหว่างแอมโมเนียไนโตรเจนและ ปริมาณคลอรีน หลงเหลือในช่วงเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้า - เย็น

จากรูปที่ 4.6 ถึงรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเช้าจะมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำกว่าในช่วงเย็น สาเหตุมาจากในช่วงเช้ามีจำนวนคนลงเล่นน้ำน้อยกว่าช่วงเย็น ซึ่งแหล่งของแอมโมเนียไนโตรเจนมีอยู่ในเหงื่อ ปัสสาวะของผู้ใช้บริการ ดังนั้นจึงพบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยกว่าช่วงเย็น

ช่วงเช้ามีปริมาณคลอรีนหลงเหลือมากและมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อย ในทางกลับกัน ช่วงเย็นมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือน้อยและมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมาก ซึ่งสารทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันดังนี้ คลอรีนเมื่อใส่ลงในสระว่ายน้ำ จะแตกตัวดังสมการ

$$2H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HOCl + 2H^+ \qquad \text{——(22)}$$

ซึ่งกรดไฮโปคลอรัส(HOCl) นี้มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรคและมีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารเจือปนในน้ำ โดยเฉพาะสารประกอบแอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้สารประกอบคลอรามีนและคลอโรไนโตรเจนตามลำดับ ซึ่งสารสองชนิดนี้จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อและมีผลให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคต่ำกว่ากรดไฮโปคลอรัสมาก แสดงให้เห็นว่า ถ้ามีแอมโมเนียไนโตรเจนมากจะทำให้มีปริมาณคลอรีนหลงเหลือน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขทำได้โดย เติมคลอรีนให้มีปริมาณคลอรีนหลงเหลือมากเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำและมีปริมาณอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี

ครั้งที่	ปริมาณคลอรีนหลงเหลือ (mg./l.)
1	0.2734
2	0.4430
3	0.2657
4	0.1773
5	0.3190
6	0.4254
7	0.7090
8	0.2316
9	0.7090
10	0.2127
11	0.4963
12	0.1595
13	0.1772
14	0.7631
15	0.3130
16	0.1772
17	0.4225
18	0.2215
19	0.3545
20	0.5317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณคลอรีนหลงเหลือในช่วงเช้าและช่วงเย็น

ครั้งที่	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนช่วงเช้า	ปริมาณคลอรีนหลงเหลือช่วงเช้า	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนช่วงเย็น	ปริมาณคลอรีนหลงเหลือช่วงเย็น
1	3.247	4.7857	5.734	0.1772
2	3.8687	4.963	3.3161	0.0985
3	2.9706	4.254	5.8204	0.182
4	5.1123	5.3175	6.7703	0.1595
5	5.4231	5.8492	6.5112	0.2304
6	4.9396	5.14052	7.8238	0.4963
7	7.4093	7.9762	8.7219	0.3369

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

4.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 49 - 25,200 โคโลนี ซึ่งไม่สามารถที่จะบอกได้ว่า น้ำในสระว่ายน้ำมีจำนวนจุลินทรีย์มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เนื่องมาจากมาตรฐานของกรุงเทพมหานครไม่ได้ระบุเอกไว้และไม่สามารถหามาตรฐานของสระว่ายน้ำจากแหล่งอื่น ๆ มาทำการเปรียบเทียบได้

4.3.2 จำนวนโคลิฟอร์ม (Coliforms)

Coliforms เป็นแบคทีเรียที่พบมากในลำไส้ของมนุษย์จะถูกขับออกมาจากร่างกายทางอุจจาระโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่าพันล้านเซล / คน / วัน

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 13 - 920 โคโลนี ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรุงเทพมหานครกำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ใช้บริการไม่ค่อยรักษาความสะอาดของร่างกาย

4.3.3 เชื้อ *Escherichia coli*

จากผลการวิเคราะห์พบเชื้อ ***Escherichia coli*** 5 ตัวอย่างจากตัวอย่างน้ำ 13 ตัวอย่าง ซึ่งในเกณฑ์มาตรฐานของกรุงเทพมหานครต้องไม่พบ

เชื้อ ***Escherichia coli*** เป็นแบคทีเรียรูปท่อน แกรมลบ เป็น **faecitative anaerobic** สามารถหมักน้ำตาลแลกโตสได้กรดและก๊าซ เป็นเชื้อที่พบในระบบทางเดินอาหาร(**normal flora**)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสัตว์เลือดอุ่นเท่านั้น การพบเชื้อนี้ในสระว่ายน้ำอาจเนื่องมาจากผู้ใช้บริการถ่ายอุจจาระในส้วมแล้วชำระล้างไม่สะอาด ดังนั้นทางสระว่ายน้ำควรแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ผู้ใช้บริการปฏิบัติตามกฎของสระว่ายน้ำอย่างเข้มงวด

4.3.4 เชื้อ *Staphylococcus aureus*

จากผลการวิเคราะห์พบเชื้อ ***Staphylococcus aureus*** 3 ตัวอย่างจากจำนวนตัวอย่างน้ำ 13 ตัวอย่าง ซึ่งในเกณฑ์มาตรฐานต้องไม่พบเชื้อนี้

เชื้อ ***Staphylococcus aureus*** เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปกลม และเป็น normal flora ของผิวหนัง,เยื่อบุของสัตว์เลือดอุ่น ทำให้เกิดหนอง,ฝีและเยื่อบุอักเสบได้โดยเชื้อเหล่านี้จะสร้างเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น Streptodornase ทำลายเซลโดยย่อยสลาย DNA , leukocidin ทำลายเม็ดเลือดขาวมีผลทำให้ร่างกายติดเชื้อได้ง่าย หากผู้ใช้บริการกลืนน้ำในสระว่ายน้ำขณะเล่นน้ำ อาจทำให้เกิดอาการท้องเสียได้

4.3.5 เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*

จากผลการวิเคราะห์พบเชื้อ ***Pseudomonas aeruginosa*** 2 ตัวอย่างจากจำนวนตัวอย่างน้ำ 13 ตัวอย่าง ซึ่งในเกณฑ์มาตรฐานต้องไม่พบเชื้อนี้

เชื้อ ***Pseudomonas aeruginosa*** เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน เคลื่อนที่ได้ เจริญได้ดีในที่มีออกซิเจน เป็น normal flora ในน้ำและดิน ทำให้เกิดโรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ , บาดแผลสด และแผลไฟไหม้ น้ำที่ตรวจพบเชื้อชนิดนี้ แสดงว่าน้ำนั้นมีการปนเปื้อนจากดินหรือน้ำสกปรกที่มาจากภายนอกสระว่ายน้ำ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

ครั้งที่	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	Coliforms (MPN/100ml)	*E. coli*	*S. aureus*	*P.aeruginosa*
1	*	920	/	/	/
2	70	13	-	-	-
3	100	220	-	-	-
4	250	540	/	/	/
5	*	*	-	-	-
6	1070	130	-	-	-
7	*	*	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	Coliforms (MPN/100ml)	*E. coli*	*S. aureus*	*P.aeruginosa*
8	252	33	/	-	-
9	49	*	-	-	-
10	25200	920	-	-	-
11	*	26	/	-	-
12	142	540	/	/	-
13	450	350	-	-	-

* = ไม่สามารถนับได้ / = พบ - = ไม่พบ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพไม่สามารถสรุปเป็นค่าทางสถิติที่แน่นอนได้ เนื่องจากจำนวนตัวอย่างน้อยเกินไป แต่จากการสอบถามบริษัทที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับสระว่ายน้ำและการควบคุมคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำ ซึ่งก็คือ บริษัทโพรมิเน้นท์ ฟลูอิด คอนโทรล พบว่าค่าที่มีความสำคัญและต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณคลอรีนหลงเหลือ หากค่าทั้งสองนี้ไม่เป็นไปตามข้อบังคับของกรุงเทพมหานคร แสดงว่าน้ำในสระว่ายน้ำมีคุณภาพไม่ดี ซึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพครั้งนี้ยังตรวจพบเชื้อ ***Escherichia coli*** , ***Staphylococcus aureus*** และ ***Pseudomonas aeruginosa*** ซึ่งในข้อบังคับของกรุงเทพมหานครไม่ควรพบเชื้อเหล่านี้ นอกจากนี้จำนวนโคลิฟอร์มมากกว่า 10 MPNต่อ 100 มิลลิลิตร อีกด้วย แสดงให้เห็นว่า น้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ มีแนวโน้มว่าคุณภาพของน้ำไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำจากสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯที่เปิดบริการอยู่ในขณะนี้ไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานตามข้อบังคับของกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถประมาณล่วงหน้าได้ว่า ในแต่ละวันมีจำนวนผู้ใช้บริการเท่าไรและคลอรีนที่เติมลงไปมีปริมาณเท่าไร นอกจากนี้ความสะอาดของผู้ใช้บริการในแต่ละวันยังไม่เหมือนกันอีกด้วย แต่ควรมีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานข้อบังคับของกรุงเทพมหานครมากที่สุด จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด - ด่างและปริมาณคลอรีนหลงเหลือไม่เป็นไปตามมาตรฐาน รวมทั้งยังตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่กำหนดไม่ให้มีในน้ำ คือ ***Escherichia coli*** , ***Staphylococcus aureus*** และ ***Pseudomonas aeruginosa*** ตรวจพบ 5 , 3 และ 2 ตัวอย่างตามลำดับจากจำนวนตัวอย่างน้ำ 13 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ นี้ ไม่ได้รับการดูแลและควบคุมคุณภาพที่ดีพอและในช่วงเก็บผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ทางสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ เกิดปัญหาหลายประการ เช่น หม้อกรองเสีย และคุณภาพของน้ำดิบไม่ดี ดังนั้นจึงควรให้มีการปรับปรุงแก้ไขและควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อให้ได้มาตรฐานตามข้อบังคับของกรุงเทพมหานคร

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้คุณภาพของน้ำในสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นจึงควรให้มีการปรับปรุงแก้ไขโดย

1. ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำและทำความสะอาดสระว่ายน้ำเป็นประจำสม่ำเสมออย่างน้อยที่สุดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการดูแลควบคุมคุณภาพน้ำในสระ และเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ

1.1 ในแต่ละวันควรบันทึกคุณภาพน้ำ , ปริมาณคลอรีนที่เติมลงในสระว่ายน้ำ วัดค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณคลอรีนหลงเหลือโดยใช้ชุดเครื่องมือประจำสระแล้วบันทึกไว้อย่างสม่ำเสมอ

1.2 การทำความสะอาดสระว่ายน้ำในวันจันทร์ ควรทำอย่างสม่ำเสมอและเอาใจใส่ให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ควรเพิ่มปริมาณคลอรีนให้มากขึ้นเพื่อให้มีปริมาณคลอรีนหลงเหลือเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานและมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีขึ้น

1.4 ควรใช้หม้อกรองที่มีประสิทธิภาพดี มีการเปลี่ยนทรายในหม้อกรองทุก 2 - 3 ปี และทำการตรวจสภาพของหม้อกรองอย่างสม่ำเสมอ

2. จัดอบรมเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสะอาด และโรคติดต่อจากสระว่ายน้ำให้แก่ผู้ดูแลสระว่ายน้ำ

3. ควบคุมดูแลให้ผู้ใช้บริการปฏิบัติตามกฎระเบียบของสระอย่างเคร่งครัด อาจจัดบอร์ดแสดงความรู้เกี่ยวกับโรคที่เกิดจากน้ำในสระว่ายน้ำไม่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ผู้ใช้บริการปฏิบัติตามกฎระเบียบของสระด้วยความเต็มใจ

4. กระทรวงสาธารณสุขควรออกข้อบังคับให้มีการตรวจสอบน้ำในสระว่ายน้ำอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำและเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ ดังนั้นสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพฯ ควรมีงบประมาณในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำเพื่อให้น้ำมีคุณภาพดีอยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อบังคับกรุงเทพมหานคร
ว่าด้วยหลักเกณฑ์การประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพ
ประเภทการจัดตั้งสระว่ายน้ำ
พ.ศ. 2530

โดยที่เป็นการสมควรออกข้อบังคับกรุงเทพมหานครว่าด้วยหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการ ประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพ ประเภทการจัดตั้งสระว่ายน้ำเพื่อจัดระเบียบควบคุมการประกอบกิจการประเภทนี้ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน มีมาตรการป้องกันเหตุเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนและอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่เข้าไปใช้บริการ

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 6 และข้อ 14 แห่งข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยหลักเกณฑ์การประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพ พ.ศ. 2519 ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครจึงออกข้อบังคับไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ข้อบังคับนี้เรียกว่า "ข้อบังคับกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยหลักเกณฑ์การประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพ ประเภทการจัดตั้งสระว่ายน้ำ พ.ศ. 2530 "

ข้อ 2 ข้อบังคับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 3 บรรดาระเบียบ ข้อบังคับ ประกาศ หรือคำสั่งอื่นใดที่กำหนดไว้แล้วในข้อบังคับนี้หรือซึ่งขัดหรือแย้งกับข้อบังคับนี้ ให้ใช้ข้อบังคับนี้แทน

ข้อ 4 ในข้อบังคับนี้

"สระว่ายน้ำ" หมายความว่าสระว่ายน้ำที่เปิดให้บริการแก่ประชาชนทั่วไปหรือประชาชนเฉพาะกลุ่มโดยเรียกเก็บค่าบริการหรือค่าตอบแทนเพื่อการค้าไม่ว่าโดยตรงหรือโดยอ้อม

" ผู้ใช้บริการ " หมายความว่า ผู้ที่ลงว่ายน้ำหรือเล่นน้ำในสระว่ายน้ำ

" ส่วนตื้น " หมายความว่า สระว่ายน้ำส่วนที่มีความลึกจากผิวน้ำถึงพื้นสระว่ายน้ำไม่มากกว่า 1.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" ส่วนลึก " หมายความว่า สระว่ายน้ำส่วนที่มีความลึกจากผิวน้ำถึงพื้นสระว่ายน้ำมากกว่า 1.5 เมตร

" ระบบน้ำหมุนเวียน " หมายความว่า ระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำโดยการนำน้ำล้นผ่านเครื่องบำบัดคุณภาพน้ำแล้วกลับมาใช้อีก

" อาคารประกอบ " หมายความว่า อาคารซึ่งสร้างไว้เพื่อให้ผู้ใช้บริการได้ใช้อาบน้ำผลัดเปลี่ยนเสื้อผ้า แต่งตัวและเก็บของ ตลอดจนห้องสุขา และอ่างล้างมือ

" บริเวณสระว่ายน้ำ " หมายความว่า สระว่ายน้ำ รวมตลอดถึงที่ว่างรอบขอบสระว่ายน้ำซึ่งใช้เป็นทางเดิน

ข้อ 5 ต้องจัดสถานที่ประกอบกิจการสระว่ายน้ำ ดังนี้

5.1 ให้มีที่ว่างรอบขอบสระว่ายน้ำเพื่อเป็นทางเดินไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร โดยวัดจากขอบในของสระว่ายน้ำ

5.2 ให้มีอาคารประกอบสำหรับให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ

5.3 ให้มีที่สำหรับล้างเท้าอยู่ตรงทางเข้าบริเวณสระว่ายน้ำ เพื่อให้ผู้ใช้บริการล้างเท้าก่อนเข้าบริเวณสระว่ายน้ำ

5.4 ให้มีที่วางหรือเก็บรองเท้าของผู้ใช้บริการก่อนเข้าบริเวณสระว่ายน้ำ

ข้อ 6 สระว่ายน้ำต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

6.1 สร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหรือวัสดุที่มีความแข็งแรง น้ำซึมไม่ได้ พื้นและผนังเรียบ ทำความสะอาดง่าย

6.2 มีรางระบายน้ำรอบสระว่ายน้ำ เพื่อรับน้ำล้นที่มีลักษณะทำความสะอาดง่าย และขนาดเพียงพอเพื่อรับน้ำล้น หรือมีบ่อพักน้ำล้นเพื่อให้สามารถรับน้ำล้นเพียงพอ

6.3 ขอบสระว่ายน้ำและทางเดินรอบสระว่ายน้ำต้องไม่ลื่น น้ำไม่ขัง ทำความสะอาดง่ายและสามารถป้องกันน้ำจากทางเดินไหลลงสู่สระว่ายน้ำ

ข้อ 7 อาคารประกอบต้องมีลักษณะ ดังนี้

7.1 อาคารประกอบ ต้องทำด้วยวัสดุมั่นคงแข็งแรง พื้นเรียบ น้ำซึมไม่ได้ ไม่ลื่น ทำความสะอาดง่าย พื้นลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อการระบายน้ำที่ดี แยกกันเป็นสัดส่วนระหว่างชายและหญิง และต้องจัดให้มีจำนวนสุขภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

		หญิง (ที่)	ชาย (ที่)
ที่อาบน้ำฝักบัว	อย่างน้อย	2	2
ส้วม	อย่างน้อย	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปัสสาวะ	อย่างน้อย	-	2
อ่างล้างมือ	อย่างน้อย	2	2

7.2 ให้มีน้ำดื่มที่สะอาดอย่างน้อย 1 ที่ ตั้งอยู่ในที่สังเกตเห็นได้ง่ายและต้องรักษาความสะอาดเสมอ

7.3 ในกรณีที่มีการเปิดใช้สระว่ายน้ำในเวลากลางคืน ต้องจัดให้มีแสงสว่างเพียงพอทั่วบริเวณสระว่ายน้ำเพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจน

7.4 ให้มีตู้เก็บของสำหรับผู้ใช้สระว่ายน้ำ

ข้อ 8 น้ำในสระว่ายน้ำต้องมีคุณภาพ ดังนี้

8.1 น้ำต้องใสสะอาด

8.2 ในกรณีที่ใช้คลอรีนน้ำต้องมีปริมาณคลอรีนคงเหลือไม่น้อยกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรและไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในขณะที่มีผู้ใช้สระว่ายน้ำ และต้องมีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจหาปริมาณคลอรีนหลงเหลือทุกวัน แล้วจัดทำเป็นสถิติไว้ให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้

กรณีที่ใช้ระบบฆ่าเชื้อวิธีอื่นต้องได้มาตรฐานตามที่กรุงเทพมหานครเห็นสมควร

8.3 น้ำต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่น้อยกว่า 7.2 และไม่มากกว่า 8.4 ในขณะที่มีผู้ใช้สระว่ายน้ำ และให้มีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดค่าดังกล่าวทุกวันแล้วจัดทำเป็นสถิติไว้ให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้

8.4 คุณสมบัติทางชีววิทยา

8.4.1 ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (Coliform Bacteria) น้อยกว่า 10 ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Numbers)

8.4.2 ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli)

8.4.3 ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

มีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์ทางชีววิทยาอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง การเก็บตัวอย่างต้องทำอย่างน้อย 2 จุด คือ ส่วนลึกและส่วนตื้น ในขณะที่มีผู้ใช้สระว่ายน้ำมากที่สุด แล้วจัดทำเป็นสถิติให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้

8.5 น้ำมีอัตราการหมุนเวียน (Turnover rate) ผ่านระบบน้ำหมุนเวียนหมดทั้งสระว่ายน้ำ ภายในเวลาไม่เกิน 8 ชั่วโมง

ข้อ 9 การรักษาความสะอาดสระว่ายน้ำ ต้องปฏิบัติดังนี้

9.1 จัดให้มีการทำความสะอาดบริเวณสระว่ายน้ำ และที่สำหรับล้างเท้าทุกวันหลังจากปิดการใช้สระว่ายน้ำแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2 จัดให้มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับใช้ทำความสะอาดสระว่ายน้ำโดยเฉพาะไว้ประจำสระว่ายน้ำ เช่น เครื่องดูดตะกอน เป็นต้น

9.3 ถ้ามีสิ่งสกปรกที่มองเห็นได้ ให้รีบกำจัดออกทันที

9.4 จัดให้มีป้ายแสดงกฎข้อบังคับสำหรับผู้ใช้สระว่ายน้ำ มีข้อความอย่างน้อยดังนี้

9.4.1 ต้องสวมชุดว่ายน้ำที่สะอาดในการลงใช้สระว่ายน้ำ

9.4.2 จำนวนสูงสุดผู้ใช้สระว่ายน้ำ

9.4.3 ต้องชำระล้างร่างกายก่อนลงใช้สระว่ายน้ำทุกครั้ง และห้ามทำสระว่ายน้ำสกปรก

9.4.4 ผู้เป็นโรคตาแดง ผิวหนัง หวัด หูเป็นน้ำหนวก หรือโรคติดต่ออื่น ๆ ห้ามใช้สระว่ายน้ำ

9.4.5 กำหนดเวลาเปิด-ปิด สระว่ายน้ำ

9.5 จัดให้มีผู้มีความรู้ความสามารถควบคุมดูแลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำให้อยู่ในมาตรฐาน

9.6 จัดให้มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อตรวจสอบปริมาณคลอรีน (ในกรณีที่ใช้คลอรีน) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำไว้ประจำสระว่ายน้ำ

ข้อ 10 ห้ามมิให้นำสัตว์ทุกชนิดเข้าไปในบริเวณสระว่ายน้ำ และหรืออาคารประกอบ

ข้อ 11 การจัดระบบความปลอดภัย ต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

11.1 ในกรณีที่ใช้คลอรีน การเติมคลอรีนห้ามใช้วิธีเทผงปูนคลอรีนหรือคลอรีนน้ำลงในสระว่ายน้ำโดยตรงในขณะที่มีผู้ใช้ สระว่ายน้ำ

11.2 จัดให้มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย ซึ่งมีความชำนาญในการว่ายน้ำและสามารถให้การปฐมพยาบาลได้ ผลัดเปลี่ยนกันเพื่อดูแลความปลอดภัยและช่วยเหลือผู้ใช้บริการเมื่อเกิดอุบัติเหตุประจำอยู่ตลอดเวลาที่สระว่ายน้ำเปิดบริการ

11.3 กระดานกระโดดน้ำ จะต้องเป็นกระดานสำหรับกระโดดน้ำที่ได้มาตรฐาน พื้นกระดานกระโดดต้องปูด้วยแผ่นยางกันลื่น (Corrugated sheet rubber) ความสูงของกระดานกระโดดต้องมีความสัมพันธ์กับความลึกของน้ำบริเวณที่ใช้กระโดดน้ำที่กำหนด คือ

ความสูงของกระดานกระโดดเหนือระดับผิวน้ำ (เมตร)	ความลึกของน้ำอย่างน้อย (เมตร)
0.30 - 0.90	2.10
0.90 - 1.50	2.40
1.50 - 2.40	2.70
2.40 - 3.00	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นสระว่ายน้ำในร่มต้องมีที่ว่างเหนือกระดานสำหรับกระโดดน้ำ ความสูงไม่น้อยกว่า 4.00 เมตร

11.4 จัดให้มีห้องปฐมพยาบาลพร้อมชุดปฐมพยาบาลไว้ประจำสระว่ายน้ำ และปิดประกาศวิธีการปฐมพยาบาลช่วยคนจมน้ำไว้ในบริเวณสระว่ายน้ำ

11.5 จัดให้มีอุปกรณ์ประจำสระว่ายน้ำ ดังนี้

11.5.1 ไม้ช่วยชีวิตหรือวัตถุอื่นใด ยาวไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร มีน้ำหนักเบาอย่างน้อย 1 อัน วางไว้ที่ปลายลู่ส่วนลึก

11.5.2 ห่วงชูชีพ เช่น ยางในรถยนต์ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 15 นิ้ว ผูกไว้กับเชือกยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของสระว่ายน้ำ

11.5.3 โฟมช่วยชีวิต (Kick Board) อย่างน้อย 2 อัน

11.5.4 เครื่องช่วยหายใจ สำหรับเด็กและผู้ใหญ่อย่างละ 1 เครื่อง อุปกรณ์ดังกล่าวต้องวางไว้ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนและนำมาใช้ได้ทันที

11.6 มีโทรศัพท์สายตรงไว้ใช้ในบริเวณสระว่ายน้ำ และแจ้งหมายเลขของสถานที่สำคัญ ๆ ไว้ เช่น โรงพยาบาล สถานีตำรวจ ที่ทำการของการไฟฟ้านครหลวง เป็นต้น

11.7 แสดงความลึกของสระว่ายน้ำไว้ให้เห็นชัดเจน

ข้อ 12 สระว่ายน้ำที่มีก่อนข้อบังคับนี้ใช้บังคับ ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานครมีอำนาจผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อบังคับนี้ได้ในระยะเวลาที่เห็นสมควร

ประกาศ ณ วันที่ 26 กันยายน 2530

จำลอง ศรีเมือง

(พล.ต. จำลอง ศรีเมือง)

ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ

1. Lauryl Tryptose Broth

Tryptose	20.0 กรัม
Lactose	5.0 กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	2.75 กรัม
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	2.75 กรัม
Sodium chloride (NaCl)	5.0 กรัม
Sodium lauryl sulfate	0.1 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 6.3

2. Plate Count Agar (Tryptone Glucose Yeast Agar)

Tryptone	5.0 กรัม
Yeast extract	2.0 กรัม
Glucose	1.0 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชเป็น 7.0

3. Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (Levine's Modification)

Peptone	10.0 กรัม
Lactose	10.0 กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	3.5 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Eosin Y	0.4 กรัม
Methylene blue	0.065 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

พีเอชภายหลังการสเตอไรส์แล้วควรเป็น 7.1 สีอาจจะหายไปในระหว่างการสเตอไรส์แต่จะกลับมาอย่างเดิมเมื่อสารละลายเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Brilliant Green Lactose Bile Broth

Peptone	10.0 กรัม
Lactose	10.0 กรัม
Oxgall	20.0 กรัม
Brilliant green	0.0133 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

พีเอชภายหลังการสเตอไรส์แล้วควรเป็น 7.2

5. EC Medium

Tryptose or trypticase	20.0 กรัม
Lactose	5.0 กรัม
Bile salts mixture or bile salts No.3	1.5 กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	4.0 กรัม
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	1.5 กรัม
Sodium chloride (NaCl)	5.0 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 6.9

6. Mannital Salt Agar

Beef extract	2.5 กรัม
Peptone	10.0 กรัม
Manital	10.0 กรัม
Sodium chloride (NaCl)	75.0 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 7.4

7. Aspraragine Broth

Aspraragine	3.0 กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	1.0 กรัม
Magnesium sulfate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 6.9-7.2

8. Acetamide Broth

Acetamide	10.0 กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	1.39 กรัม
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	0.73 กรัม
Magnesium sulfate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5 กรัม
Sodium chloride (NaCl)	5.0 กรัม
Phenol red	0.012 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 6.9 -7.2

9. Giolitti-Cantoni Broth Base

Tryptone	10.0 กรัม
Beef extract	5.0 กรัม
Yeast extract	5.0 กรัม
Mannitol	20.0 กรัม
Sodium chloride	5.0 กรัม
Lithim chloride	5.0 กรัม
Glycine	1.2 กรัม
Sodium pyruvate	3.0 กรัม
Distilled water	1.0 ลิตร

ภายหลังจากการสเตอไรส์แล้วควรมีพีเอชประมาณ 6.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ค.1 ตาราง MPN

Combination of Positives	Tubes per Dilution = 5		
	MPN Index/ 100 mL	95 % Confidence Limits	
		Lower	Upper
0-0-0	< 2		
0-0-1	2	< 0.5	7
0-1-0	2	< 0.5	7
0-2-0	4	< 0.5	11
1-0-0	2	< 0.5	7
1-0-1	4	< 0.5	11
1-1-0	4	< 0.5	11
1-1-1	6	< 0.5	15
1-2-0	6	< 0.5	15
2-0-0	5	< 0.5	13
2-0-1	7	1	17
2-1-0	7	1	17
2-1-1	9	2	21
2-2-0	9	2	21
2-2-1	-		
2-3-0	12	3	28
3-0-0	8	1	19
3-0-1	11	2	25
3-0-2	-		
3-1-0	11	2	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Combinations of Positives	Tubes per Dilution = 5		
	MPN Index/ 100 ml.	95 % Confidence Limits	
		Lower	Upper
3-1-1	14	4	34
3-1-2	-		
3-2-0	14	4	34
3-2-1	17	5	46
3-2-2	-		
3-3-0	-		
3-3-1	-		
3-3-2	-		
3-3-3	-		
4-0-0	13	3	31
4-0-1	17	5	46
4-1-0	17	5	46
4-1-1	21	7	63
4-1-2	26	9	78
4-2-0	22	7	67
4-2-1	26	9	78
4-3-0	27	9	80
4-3-1	33	11	93
4-4-0	34	12	93
5-0-0	23	7	70
5-0-1	31	11	89
5-0-2	43	15	110
5-1-0	33	11	93
5-1-1	46	16	120
5-1-2	63	21	150
5-2-0	49	17	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Combination of Positives	Tubes per Dilution = 5		
	MPN Index/ 100 ml.	95 % Confidence Limits	
		Lower	Upper
5-2-1	70	23	170
5-2-2	94	28	220
5-3-0	79	25	190
5-3-1	110	31	250
5-3-2	140	37	340
5-3-3	180	44	500
5-4-0	130	35	300
5-4-1	170	43	490
5-4-2	220	57	700
5-4-3	280	90	850
5-4-4	350	120	1,000
5-5-0	240	68	750
5-5-1	350	120	1,000
5-5-2	540	180	1,400
5-5-3	920	300	3,200
5-5-4	1,600	640	5,800
5-5-5	> 2,400		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

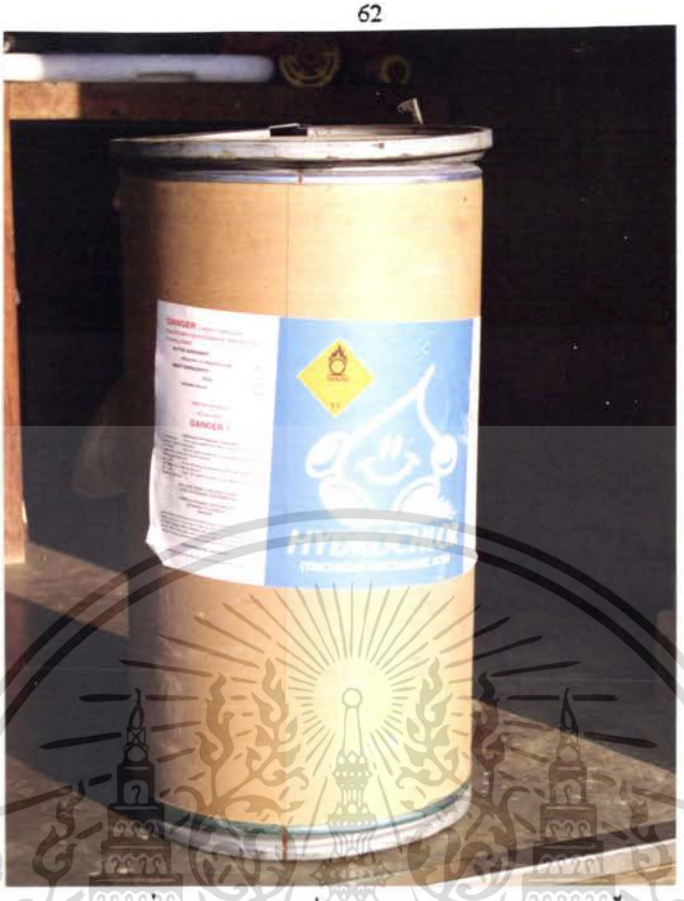
ภาคผนวก ง.

ลักษณะของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ

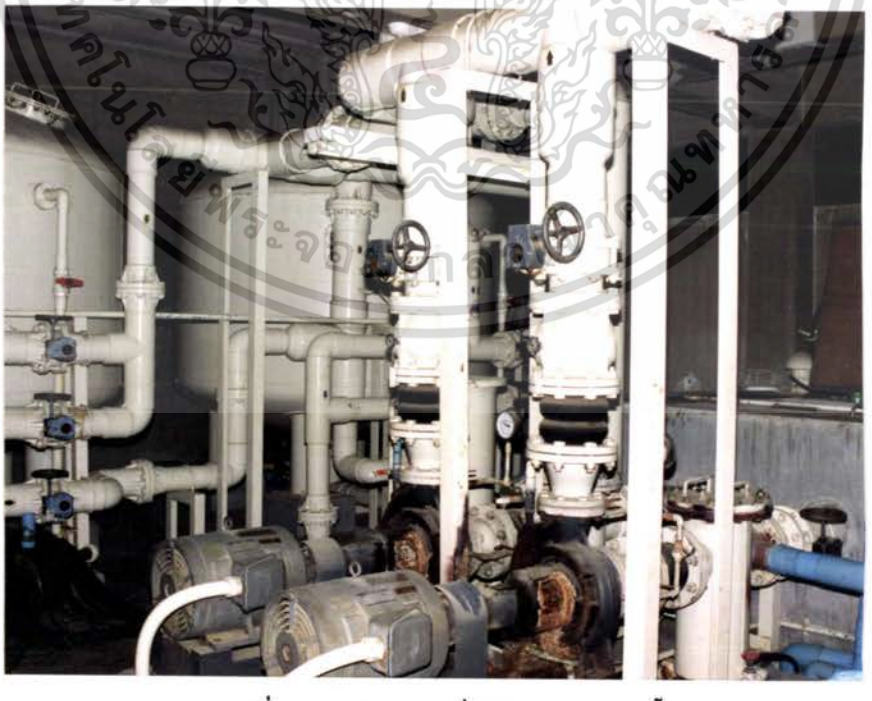
รูปที่ ง.1 ทางเข้าสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ

รูปที่ ง.2 สภาพของสระว่ายน้ำสมเด็จพระเทพ ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



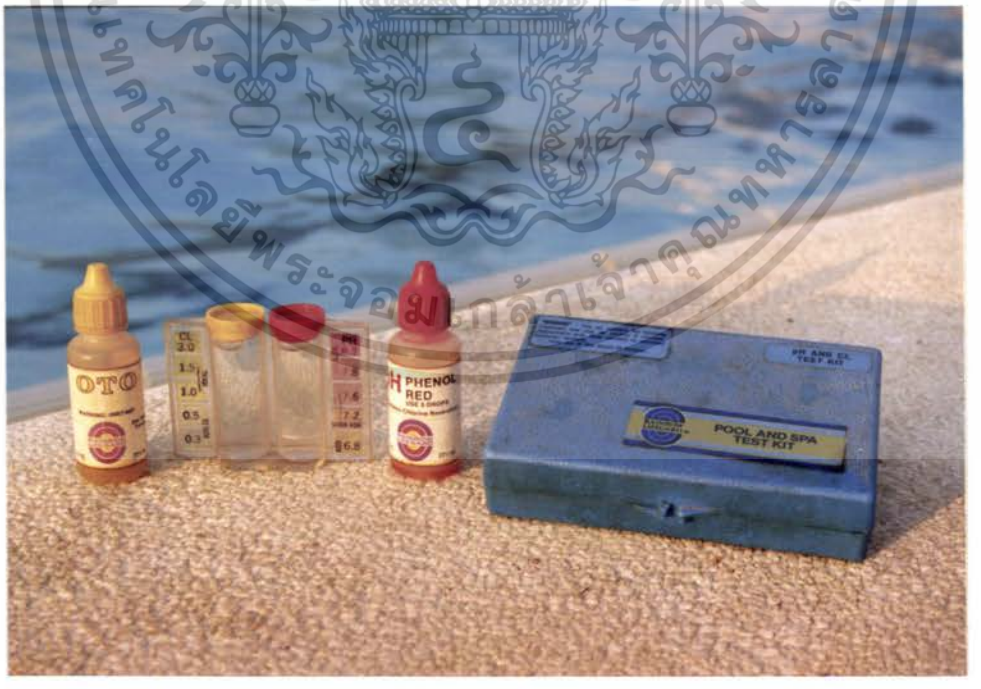
รูปที่ ง.3 คลอรีนที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำ



รูปที่ ง.4 หม้อกรองที่ใช้ในการบำบัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.5 เครื่องดูดตะกอน



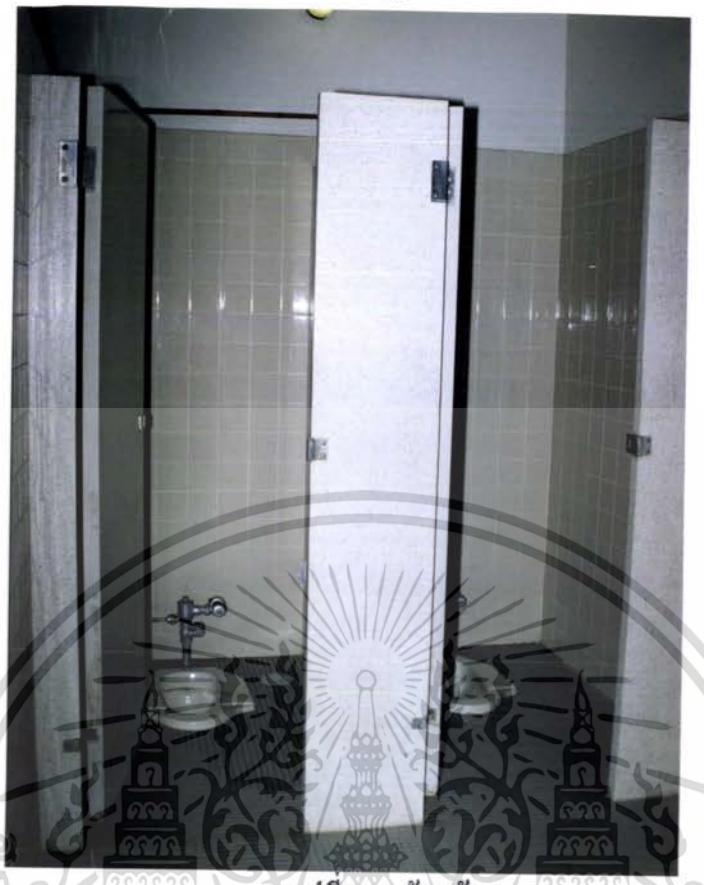
รูปที่ ง.6 เครื่องมือการตรวจสภาพน้ำประจำสระว่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.7 ห้องอาบน้ำ

รูปที่ ง.8 อ่างล้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.9 ห้องส้วม

รูปที่ ง.10 โถปัสสาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.11 ที่ล้างเท้าก่อนลงสระว่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

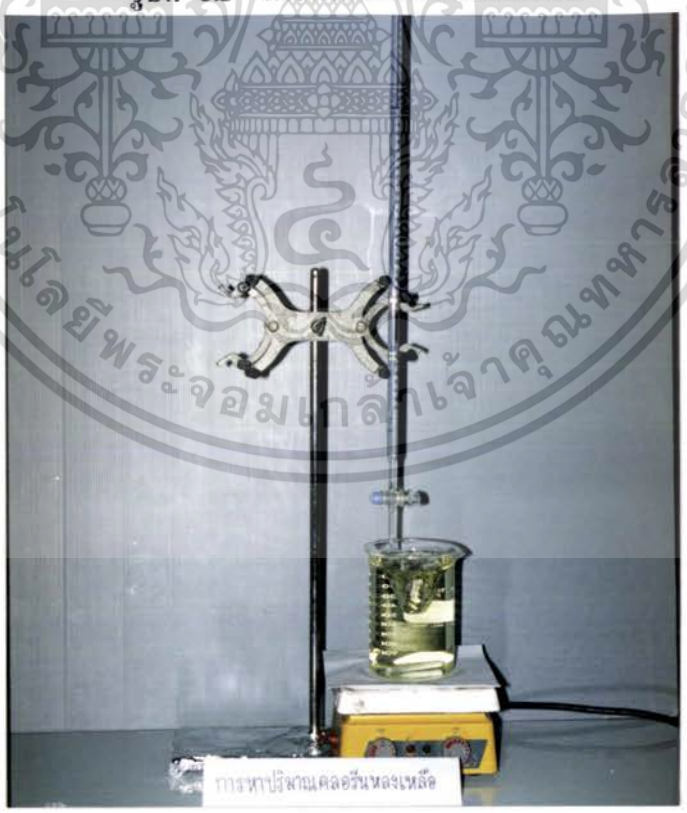
อุปกรณ์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

รูปที่ จ.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

รูปที่ จ.2 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.3 การหาปริมาณสารแขวนลอย



รูปที่ จ.4 การหาปริมาณคลอรีนหลงเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ราชกิจจานุเบกษา. 2530. ข้อบังคับกรุงเทพมหานครว่าด้วยหลักเกณฑ์การประกอบการค้าซึ่งเป็นที่รังเกียจหรืออาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพประเภทการจัดตั้งสระว่ายน้ำ พ.ศ. 2530 เล่มที่ 104. ตอนที่ 205. ลงวันที่ 14 ตุลาคม 2530.

กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522. *เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์*. ภาควิชาสุขาภิบาล วิศวกรรม. คณะสาธารณสุขศาสตร์.มหาวิทยาลัยมหิดล.

เชิดศักดิ์ ธีระบุตร, 2535. *โรคติดต่อที่เกิดจากสระว่ายน้ำ*. สมาคมกีฬาเวชศาสตร์แห่งประเทศไทย. ปีที่ 5. ฉบับที่ 1. (ก.พ.), 51-53.

นาลจิรา ภัทรรังรองและคณะ . 2532. *คุณภาพน้ำจากสระว่ายน้ำในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา*. วารสารวิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์. ปีที่ 11. ฉบับที่ 1. มค.-มิย.

ณัฏฐาภณ วนวงศ์สวัสดิ์, 2529. *การดูแลและปรุงแต่งน้ำในสระว่ายน้ำและประปาโดยวิธีทางเคมี*. วารสารเทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ. มีค. 100-116.

บัญญัติ สุขศรีนาม (รศ.) . 2532. *จุลชีววิทยา เล่ม 1*. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพ ฯ. 354 หน้า.

วนิดา จิตต์หมั่น, 2533. *มาตรฐานของสระว่ายน้ำบ้านเราเข้าขั้นหรือยัง*. วารสารนิกส์. ปีที่ 1. ฉบับที่ 10. มค. 70-71.

วีรชัย โชควิญญู, 2530. *เทคนิคการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรีย*. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535. *คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. WORLD ENVIRONMENT CENTER. กรุงเทพฯ.

สุขใจ ชูจันทร์ (ผศ.), 2535. *ปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร*. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 68หน้า.

สุรพล สายพานิช, 2531. *ระบบสุขาภิบาลของสระว่ายน้ำ*. วิศวกรรมสาร (ฉบับพิเศษ วิศวกรรมกับคอมพิวเตอร์). ปีที่ 41. ฉบับที่ 2. 47-53.

สุรพล สายพานิช, 2531. *ระบบสุขาภิบาลของสระว่ายน้ำ*. วิศวกรรมสาร (ฉบับพิเศษ วิศวกรรมกับคอมพิวเตอร์). ปีที่ 41. ฉบับที่ 3. 80-84.

APHA. AWWA and WPCF, 1991. *"Standard Methods for the Examination of water and wastewater,"* 13 th edition, American Public Health Association, Inc. N.Y.

James et al. 1993. *"Comparision of free and total chlorine measurement methods in wastewater"*. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้