



การออกแบบท่อระบายน้ำเสียในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

DRAINAGE SYSTEM IN BUILDING DESIGN BY MICROCOMPUTER



นางสาว อารีรัตน์ โคลิ

MISS. ARÉERAT KHOSRI

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

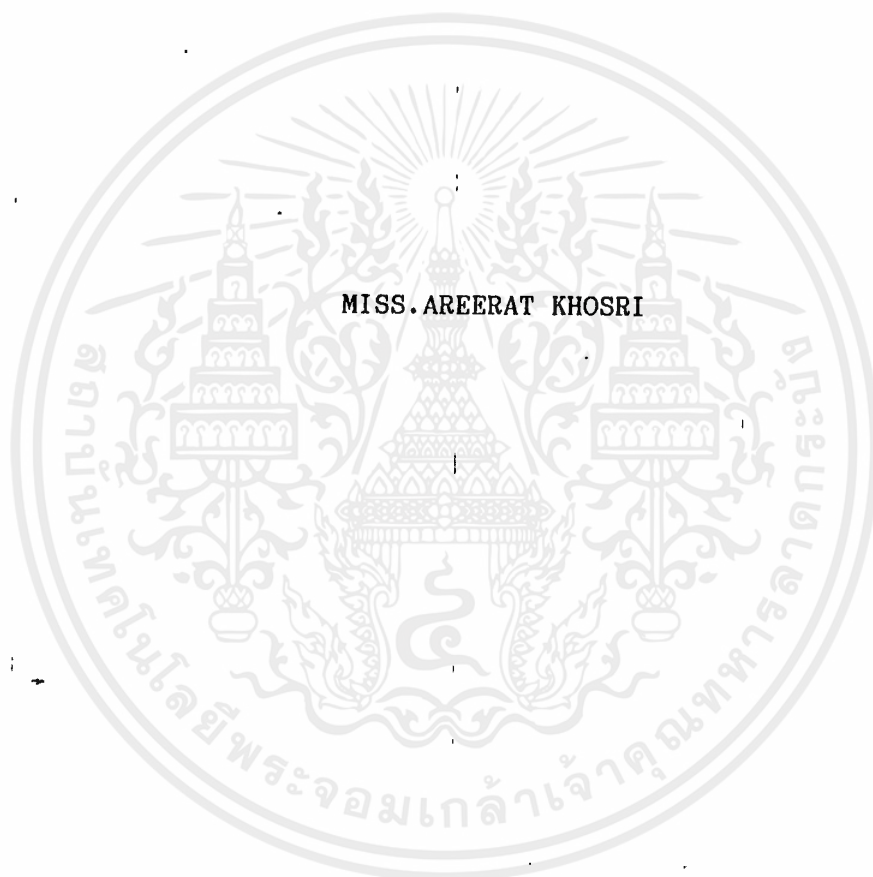
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนี้อยู่

032488

DRAINAGE SYSTEM IN BUILDING DESIGN BY MICROCOMPUTER



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การออกแบบท่อระบายน้ำในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

นักศึกษา นางสาวอารีรัตน์ โคลี่ รหัสประจำตัว 32.1425

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุวัฒน์ ภิรเศรษธุ์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
พ.ศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ
ดร.ศรีกรีช ธีรัฐมาศ
อ.ศักดิ์ชัย สกานพวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ. 2535

หัวข้อโครงการพิเศษ	การออกแบบท่อระบายน้ำเสียในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์
นักศึกษา	นางสาวอารีรัตน์ ใจสี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุวัฒน์ กิระเศรษฐ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2535

บทคัดย่อ

งานโครงการพิเศษนี้เป็นการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ สำหรับช่วยวิศวกรให้สามารถออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสีย และนี้พร้อมทั้งบ่อบำบัดได้ในเวลาที่สั้นและถูกต้องทางชลศาสตร์มากที่สุด ในการใช้โปรแกรมการออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสียและนี้พื่อนี้ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลพื้นฐานให้เครื่องได้รับรู้ก่อน ข้อมูลพื้นฐานนี้ได้แก่ ข้อมูลความถี่ฝน เป็นต้น

ผลของการศึกษานี้จะทำให้ได้โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่วิศวกรสามารถนำไปใช้ได้เลยในการใช้ขนาดของท่อชนิดต่างๆในส่วนต่างๆของอาคาร

Project Title DRAINAGE SYSTEM IN BUILDING DESIGN BY MICROCOMPUTER
Student MISS.AREERAT KHOSRI
Project Adviser Mr.SUWAT THIRASET
Level of Study Bachelor of Engineering in Construction Engineering
Department Civil Engineering Faculty of Engineering King
Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year 1992

ABSTRACT

The purpose of this study is to write a software programme with the view to assist engineers to minimize time consumed in the drainage process so as to attain a proper design of sanitary and storm drainage. The design also assumed conformance to theory of hydraulics. In using the mentioned program, the users must feed in basic information such as rainfall intensity etc.

The result of this study will enable engineers to attain the programme that greatly assists in effective design and determination of drainage system.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์ เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุวัฒน์ ภิรเศรษร์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และคำแนะนำที่มีประโยชน์มากมาย จนกระทั่งผลงานชิ้นนี้สำเร็จ ตลอดจนเพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือที่มหาวิทยาลัยพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำ

น.ส.อารีรัตน์ าศลี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	2
2.1 วัตถุประสงค์.....	2
2.2 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	2
2.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการโครงการพิเศษ.....	3
2.4 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการพิเศษ.....	3
3. ทฤษฎี.....	4
3.1 หลักการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย.....	6
3.2 หลักการออกแบบท่อระบายอากาศ.....	12
3.3 หลักการออกแบบท่อระบายน้ำฝน.....	14
3.4 หลักการออกแบบบ่อบำบัด.....	20
4. การออกแบบระบบระบายน้ำเสียโดยการคำนวณ.....	38
5. การออกแบบระบบระบายน้ำเสียโดยไมโครคอมพิวเตอร์.....	53
6. วิธีการใช้โปรแกรม.....	61
7. สรุปวิธีการและข้อเสนอแนะ.....	84
7.1 สรุปหลักการและวิธีการ.....	84
7.2 ข้อเสนอแนะการใช้โปรแกรมนี้.....	84
7.3 ข้อเสนอแนะงานศึกษาค้นคว้า.....	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง	86
----------------------	----



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	หน่วยสุขภัณฑ์สำหรับการระบายน้ำ.....	9
ตารางที่ 3.2	หน่วยสุขภัณฑ์สำหรับการระบายน้ำต่อเนื่อง.....	10
ตารางที่ 3.3	ขนาดท่อระบายน้ำโสโครกภายในและภายนอกอาคาร.....	11
ตารางที่ 3.4	จำนวนสุขภัณฑ์สูงสุดของท่อแยกและท่อตั้ง.....	12
ตารางที่ 3.5	ขนาดและความยาวของท่ออากาศ.....	13
ตารางที่ 3.6	พื้นที่รับน้ำฝนเป็นตาราง เมตร ซึ่งสามารถระบายน้ำออกโดยท่อ ในแนวตั้งขนาดต่างๆ.....	18
ตารางที่ 3.7	พื้นที่รับน้ำฝนเป็นตาราง เมตร ซึ่งสามารถระบายน้ำออกโดยท่อ ในแนวนอนขนาดต่างๆ.....	19
ตารางที่ 3.8	ตัวอย่างลักษณะของน้ำเสียจากอาคารพักอาศัย.....	21
ตารางที่ 3.9	พื้นที่ก่อสร้างโดยประมาณสำหรับระบบ activated sludge.....	27
ตารางที่ 4.1	ปริมาณของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ.....	44
ตารางที่ 4.2	Comminutor Selection.....	46

สารบัญรูป

รูปที่ 3.1	การคำนวณพื้นที่รับน้ำฝนในแนวตั้ง.....	17
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างแผนผังแสดงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารสูง.....	28
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย และการกำจัดตะกอนส่วนเกิน.....	30
รูปที่ 3.4	การจัดลักษณะการไหลของน้ำในถัง เต็มอากาศเพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนวิธี การทำงานของระบบในแบบต่างๆ.....	32



บทที่ 1

บทนำ

การจัดทำระบบระบายทั้งน้ำฝนและน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญสำหรับกลุ่มประชากรทุกระดับ นับตั้งแต่ขนาดระดับตำบลไปจนถึง เมืองใหญ่ขนาด เชียงใหม่หรือกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เนื่องจากระบบระบายน้ำพาบน้ำที่น้ำเสียหรือน้ำฝนที่ออกจากสถานที่ซึ่งไม่ต้องการ ไปยังจุดปล่อยที่ยอมรับได้ เช่น แม่น้ำ คลองหรือแม้กระทั่งท่อระบายประธาณที่ใกล้ที่สุด ภายใในเวลาที่จักไม่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและความสะดวกต่อประชาชน

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

โดยปกติการออกแบบท่อระบายน้ำนี้กระทำได้ไม่ยากนัก วิศวกรเพียงแต่คำนวณหาขนาดท่อและความลาดของท่อ ทว่าการออกแบบท่อระบายน้ำทางปฏิบัติ วิศวกรต้องกระทำการคำนวณเช่นนี้นับเป็นร้อยหรือพันครั้ง จึงเป็นเรื่องยุ่งยาก รวมทั้งน่าเบื่อเนื่องจากเป็นงานซ้ำซาก ทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการคำนวณด้วยมือสูง ถ้าออกแบบผิดพลาดโดยใช้ขนาดท่อใหญ่เกินไปก็ทำให้ไม่ประหยัด แต่ถ้าใช้ขนาดท่อเล็กเกินไปอาจทำให้ น้ำไหลไม่ทันและ เกิดอาการเอ่อท่วม ซึ่งยังผลให้เกิดความเสียหายตามมามากมายได้

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตการทำงานพิเศษ

การทำงานพิเศษเรื่องการออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสียและระบายน้ำฝนในอาคารโดยไมโครคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำงานพิเศษ ขั้นตอน และวิธีดำเนินการโครงการพิเศษ และความสำคัญ หรือประโยชน์ที่จะได้รับดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทำงานพิเศษมีดังนี้

2.1.1 เพื่อทำโปรแกรมซอฟต์แวร์ สำหรับช่วยวิศวกรที่สามารถออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสียและระบายน้ำฝนได้ในเวลาที่สั้นและถูกต้องทางหลักศาสตร์มากที่สุด

2.1.2 เพื่อช่วยป้องกันความผิดพลาดของการออกแบบระบบระบายน้ำ อันเนื่องมาจากการคำนวณด้วยมือ

2.1.3 เพื่อให้ผลที่วิศวกรสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อทางวิศวกรรมการระบายน้ำ สำหรับการปรับปรุงระบบระบายน้ำให้ดียิ่งขึ้น

2.2 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้กล่าวคือ ทำให้มีความคล่องตัวในการทำงานมากขึ้น ขอบเขตของโครงการพิเศษจึงครอบคลุมการใช้งานไว้ดังนี้

2.2.1 สามารถออกแบบท่อระบายน้ำเสีย ,ท่อระบายอากาศ ,ท่อระบายน้ำฝนและบ่อบำบัดในอาคารได้

2.2.2 ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการศึกษาโครงการพิเศษ

2.2.3 โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษา PASCAL

2.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการโครงการพิเศษ

การดำเนินการโครงการพิเศษมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.3.1 ศึกษาค้นคว้าวิธีการออกแบบระบบระบายน้ำ และบ่อน้ำบาดาลทางทฤษฎี รวมทั้งรายละเอียดต่างๆที่มีการออกแบบโดยระบบใดบ้าง

2.3.2 ศึกษาภาษา pascal ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต

2.3.3 สรุปผลการดำเนินการโครงการพิเศษ

2.4 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการพิเศษ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการพิเศษคือ

2.4.1 ได้โปรแกรมที่วิศวกรสามารถนำไปออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำและบ่อน้ำบาดาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกต่อการใช้งาน

2.4.2 วิศวกรสามารถนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบระบายน้ำและบ่อน้ำบาดาล

บทที่ 3

ทฤษฎี

น้ำที่ระบายมาจากเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้น้ำ จะต้องได้รับการระบายออก จากอาคารโดยเร็ว เพื่อส่งต่อไปยังโรงกักน้ำเสียหรือจุดที่เหมาะสมต่อการปล่อยทิ้ง มิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดกลิ่นและแก๊ส ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบการระบายน้ำ ภายในอาคารประกอบด้วยท่อระบายน้ำ และท่ออากาศ (vent pipe) ระบบท่อระบายน้ำ หมายถึงระบบท่อทั้งหมดที่ติดตั้งขึ้นมาเพื่อ ระบายน้ำเสีย น้ำฝน หรือน้ำทิ้งอื่นๆไปยังแหล่ง กักน้ำเสีย ระบบท่ออากาศประกอบด้วยท่อที่ใช้สำหรับอากาศผ่านเข้า หรือออกจากระบบ ท่อระบายน้ำ หรือช่วยให้อากาศหมุนเวียนอยู่ภายในท่อระบายน้ำเพื่อรักษาที่ดักกลิ่น (trap seal) ของเครื่องสุขภัณฑ์เอาไว้ ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำภายในอาคารควรจะใช้ ท่อขนาดเล็กที่สุดที่สามารถพาหน้ำได้จุดมุ่งหมาย การออกแบบนี้จะต้องอาศัยความรู้และการ แก้ปัญหาทางด้าน hydraulic และ pneumatic ของระบบท่อซึ่งยังไม่มีสูตรสำเร็จที่จะใช้ งานได้ดีตามลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นการออกแบบระบบท่อระบายน้ำจึงต้องอาศัยเกณฑ์การ เดินท่อภายในอาคารต่างๆ (plumbing codes) และประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้ออกแบบ และในบางโอกาสก็ต้องใช้ผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการตรวจสอบระบบที่ใช้งาน อยู่จริงด้วย

ท่อในระบบการระบายน้ำ

ท่อในระบบการระบายน้ำที่สมบูรณ์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ท่อระบายน้ำ ที่ดักกลิ่น และท่ออากาศ ทั้ง 3 ส่วนนี้ยังแยกออกเป็นท่อแบบต่างๆกันตามลักษณะของการใช้งาน คำจำกัดความของท่อแบบต่างๆ คือ

Soil Pipe มีชื่อเรียกว่าท่อน้ำโสโครก หมายถึง ท่อที่ใช้ในการระบายมูลของมนุษย์ เช่น น้ำโสโครกที่ระบายจากโถส้วม โถปัสสาวะ เป็นต้น ท่อน้ำโสโครกที่อยู่แนวตั้ง เรียกว่า soil stack และท่อน้ำโสโครกแนวนอนเรียกว่า branch soil pipe หรือ

ท่อแยกของท่อน้ำโสโครก

Waste Pipe มีชื่อเรียกว่าท่อน้ำเสีย หมายถึง ท่อที่ใช้ในการระบายน้ำเสียอื่นๆ ซึ่งไม่มีมูลของมนุษย์อยู่ด้วย ท่อที่ใช้สำหรับการระบายน้ำจากอ่างล้างชาม อ่างล้างมือ อ่างซักผ้า อ่างอาบน้ำ ผักบัวอาบน้ำ เครื่องซักผ้า จัดได้ว่าเป็นท่อน้ำเสีย ท่อน้ำเสียที่เดินในแนวตั้ง เรียกว่า waste stack และท่อน้ำเสียในแนวนอน เรียกว่า branch soil pipe หรือท่อแยกของท่อน้ำเสีย

Building Drain หรือ house drain หมายถึง ท่อที่อยู่ต่ำสุดในระบบท่อระบายน้ำ ซึ่งรับน้ำมาจากท่อน้ำโสโครก ท่อน้ำเสีย หรือท่อระบายน้ำอื่นๆที่อยู่ภายในอาคาร และส่งน้ำเหล่านี้ต่อไปยัง building sewer โดยปกติส่วนของ building drain จะนับเฉพาะส่วนของท่อระบายน้ำในส่วนล่างสุดของอาคารจนถึงส่วนที่ยาวพ้นอาคารออกมาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น

Building Sewer หรือ house sewer หมายถึง ส่วนของท่อในแนวระดับที่ต่อจาก building drain และรับน้ำจาก building drain เพื่อส่งต่อไปยังแหล่งกำจัดน้ำเสีย หรือ จุดปล่อยออกที่เหมาะสมต่อไป

Building Storm Drain หรือ house storm drain หมายถึง ท่อที่อยู่ต่ำสุดในระบบท่อระบายน้ำฝน (storm drain) น้ำที่ผิวหน้าของอาคาร (surface water) และน้ำที่ไหลเสียอื่นๆเช่น น้ำจากกระเบื้อง น้ำทิ้งจากท่อระบายความร้อน เป็นต้น building storm drain นี้จะนับเฉพาะท่อที่ระบายน้ำดังกล่าวจากอาคารและยาวจนพ้นอาคารออกมาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น

Building Storm Sewer หรือ house storm sewer หมายถึง ท่อในแนวระดับที่รับน้ำต่อจาก building storm drain เพื่อส่งต่อไปยังท่อระบายน้ำสาธารณะ หรือ จุดปล่อยทิ้งที่เหมาะสมต่อไป

Building Subdrain หมายถึง ท่อในระบบการระบายน้ำส่วนที่ไม่สามารถระบายน้ำออกไปยัง building sewer ได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก เช่น ท่อระบายน้ำต่างๆที่อยู่บนชั้นใต้ดิน ซึ่งต้องใช้เครื่องสูบน้ำช่วยในการระบายน้ำออกไปนอกอาคาร เป็นต้น

Vent Pipe หรือท่ออากาศ เป็นท่อที่ต่ออยู่กับท่อระบายน้ำใกล้ที่ดักกลิ่น หรือต่ออยู่กับท่อน้ำอื่นๆของท่อระบายน้ำ เพื่อจุดประสงค์ในการรักษาความดันภายในระบบท่อระบายน้ำ

ให้มีการแปรเปลี่ยนให้น้อยที่สุด โดยการจับให้อากาศผ่านเข้าและออกจากท่อระบายน้ำได้ ท่ออากาศควรต่อออกไปนอกอาคารและให้อยู่สูงกว่าอาคารอย่างน้อย 150 มม. หรือยื่นออกไปนอกอาคารมากพอที่จะ ไม่มีกลิ่นรบกวน ท่ออากาศนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง โดยแยกออกไปตามลักษณะการเดินท่อ

Trap หรือที่ดักกลิ่น เป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำคั่งอยู่ (water seal) โดยอาศัยอยู่ในท่อระบายน้ำ เพื่อป้องกันมิให้อากาศหรือแก๊สภายในท่อระบายน้ำกลับเข้ามาในอาคารได้ แต่จะไม่ขัดขวางต่อการระบายน้ำ ที่ดักกลิ่นของเครื่องสุขภัณฑ์จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถให้เศษผงไหลออกไปได้ดี
- มีผิวภายในเรียบ
- ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวเพื่อการทำงานดักกลิ่น
- มีน้ำอยู่ภายในที่ดักกลิ่นได้สูงอย่างน้อย 50 มม.
- มีช่องสำหรับเปิดทำความสะอาดได้

3. หลักการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย

การระบายน้ำทิ้ง (ซึ่งรวมทั้ง waste pipe และ soil pipes) ภายในห้องน้ำหรือในแต่ละชั้นของอาคารสูงใช้หลักการออกแบบเหมือนอาคารโดยทั่วไป จะแตกต่างกันเพียงระบบในการเดินท่อรวมและการต่อของท่อเมนต่างๆ

การไหลของน้ำในท่อระบายน้ำแนวตั้ง

ท่อระบายน้ำในแนวระดับมักจะต่อกับท่อระบายน้ำในแนวตั้งด้วย sanitary tee เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำส่วนที่ไหลเข้าสู่ท่อในแนวตั้งจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วในท่อแนวระดับ ทำให้เกิดการดูดอากาศภายในจนที่เกิด siphonage ณ ที่ดักกลิ่นของเครื่องสุขภัณฑ์ดังกล่าวมาแล้วได้ นอกเสียว่าจะมีการออกแบบท่ออากาศในระบบท่อระบายน้ำอย่างถูกต้องเท่านั้น ถ้าความเร็วของน้ำในท่อตั้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วิศวกรระบบท่อก็จะต้องถามตัวเองว่า "จะมีการป้องกันอย่างไรที่กันท่อตั้งของอาคารสูงๆให้พ้นจากการกระแทกของน้ำที่ไหลลงมาด้วยความเร็วที่สูงมาก จนอาจจะทำให้เกิดการแตกหักของท่อส่วนล่างได้"

แต่เราโชคดีที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมิได้เป็น เช่นนี้ การไหลของน้ำในท่อตั้งที่มาจาก การระบายน้ำได้รับการค้นพบโดย ดร.รอย บี ฮันเตอร์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

เมื่อน้ำที่ระบายจากท่อแนวระดับเข้าสู่ท่อแนวตั้ง ความเร็วของน้ำจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วง โดยปกติแล้วระบบท่อระบายน้ำจะไม่ได้รับการออกแบบที่น้ำไหลเต็มท่อ เมื่อน้ำไหลไปจนท่อตั้งได้สักระยะหนึ่ง น้ำก็จะจับเป็นแผ่นบางๆรอบๆภายในของท่อตั้ง โดยมีอากาศอยู่ตรงแกนกลาง แผ่นน้ำรอบๆท่อนี้จะค่อยๆเพิ่มความเร็วขึ้น จนกระทั่งถึงความเร็วหนึ่ง แรงเสียดทานที่ผนังท่อก็จะเท่ากับแรงโน้มถ่วง ดังนั้นถ้าไม่มีน้ำไหลเข้ามาเพิ่มอีกแล้ว น้ำภายในท่อตั้งก็จะไหลลงไปด้วยความเร็วที่คงที่ ด้วยเหตุนี้จึงไม่เกิดการกระแทกอย่างรุนแรงที่กันท่อ ความเร็วนี้เรียกว่า terminal velocity ซึ่งสามารถประมาณได้จากสูตรง่ายๆ คือ

$$V_t = 1.95(q/d)^{2/5}$$

$$L_t = 0.171 V_t^2$$

เมื่อ V_t = terminal velocity ในท่อตั้ง m/s

L_t = terminal length ที่วัดจากตำแหน่งที่น้ำไหลเข้าท่อตั้ง m

q = อัตราการไหล lpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อตั้ง มม.

ในกรณีที่มีน้ำจากท่อแนวระดับอื่นๆไหลเข้ามาเพิ่มในท่อตั้งอีก น้ำก็ยังคงติดอยู่ที่ผนังของท่อแต่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเสียดทานของอากาศตรงแกนกลางทำให้น้ำกลายเป็นแผ่น (diaphragm) ชั่วครวที่หน้าตัดของท่อ และแผ่นน้ำนี้จะเคลื่อนลงไปจนกระทั่งความดันของอากาศที่เพิ่มขึ้นภายในท่อทำให้อากาศนี้แตกออก แล้วก็จะเกิดขึ้นใหม่อีกซ้ำๆกันเรื่อยๆ ปรากฏการณ์เช่นนี้มีผลให้เกิดการแปรเปลี่ยนความดันภายในระบบท่อระบายน้ำด้วย จากการทดลองของ Roy B. Hunter สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มม. แผ่นน้ำนี้จะเกิดขึ้นเมื่อท่อตั้งมีน้ำอยู่ระหว่าง 1/4 ถึง 1/3 ของท่อ

จากการคำนวณ จะพบว่าน้ำในท่อตั้งมีความเร็วถึง terminal velocity ภายในระยะทาง 3 เมตร ถึง 10 เมตร จากจุดที่น้ำเข้าสู่ท่อตั้ง ข้อสรุปที่สำคัญจากการค้นพบนี้ก็คือ ความเร็วของน้ำที่กันท่อตั้งของอาคารที่มีความสูง 100 ชั้น จะเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วที่กันท่อของอาคารขนาด 3 ชั้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

หน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Units)

การหาขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศเป็นเรื่องที่ค่อนข้างลำบาก เพราะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นค่อนข้างจะซับซ้อน โดยทั่วไปแล้วท่อระบายน้ำภายในอาคารจะได้รับการออกแบบมาให้ปริมาณน้ำเสียที่ไหลไปภายในท่อมียังประมาณ 1/4 ของท่อเท่านั้น ดังนั้นการไหลของน้ำเสียจึงมีความดันเท่ากับบรรยากาศ และอาศัยแรงโน้มถ่วงช่วยให้เกิดการระบายน้ำได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลักการออกแบบระบบท่อระบายน้ำจะต้องแตกต่างไปจากระบบท่อประปาซึ่งไหลไปด้วยความดันในเส้นท่อ ด้วยเหตุนี้ การออกแบบระบบท่อระบายน้ำภายในอาคารจึงต้องอาศัยผลจากการทดลอง ประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้ออกแบบเป็นหลัก ผลเหล่านี้ได้ถูกรวบรวมขึ้นมาเป็นเกณฑ์การออกแบบระบบท่อ เพื่อให้มีความคล่องตัวในการออกแบบยิ่งขึ้น

ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำ และท่ออากาศได้ใช้ "หน่วยสุขภัณฑ์" แทนอัตราการระบายน้ำที่ท่อจะต้องรับ หน่วยสุขภัณฑ์นี้ถือเอาอัตราการใช้น้ำของ เครื่องสุขภัณฑ์เป็นระยะๆ เป็นหลักและ โดยการเทียบอัตราการใช้น้ำระหว่าง เครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ หน่วยสุขภัณฑ์ของ เครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งจะนำไปใช้ในการค้นหาขนาดท่อที่เหมาะสมแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 สำหรับชนิดของ เครื่องสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้กำหนดเอาไว้ในตารางก็ให้ประมาณหน่วยสุขภัณฑ์ โดยเทียบกับ เครื่องสุขภัณฑ์ที่มีอัตราการใช้น้ำใกล้เคียงกันหรือใช้ค่าที่ผู้ผลิตแนะนำ หรืออาจประมาณค่าได้โดยอาศัยตารางที่ 3.2 ประกอบ

งานกรณีที่มีอุปกรณ์ซึ่งมีการระบายน้ำต่อเนื่องกันอยู่เกือบตลอดเวลา เช่น น้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ น้ำเสียที่ใช้เครื่องสูบน้ำสูบน้ำจากชั้นใต้ดินเข้ามายัง building drain เป็นต้น ก็จะแนะนำให้ใช้อัตราการไหล 0.06 lps (1 gpm) ต่อ 2 หน่วยสุขภัณฑ์

ตารางที่ 3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับกระบายน้ำ



ชนิดของหน่วยสุขภัณฑ์	หน่วยสุขภัณฑ์	ขนาดเล็กสุดของ ที่ตัดกลั่น มม.
อ่างอาบน้ำ (BT:Bathtub)	2	40
อ่างอาบน้ำ (BT)	3	50
บิเดท์ (โถบัสสาวะหญิง)(BD=Bidet)	3	40
อ่างซักล้าง(sink)	3	40
อ่างล้างชามพร้อมที่บิดเศษอาหาร	4	40
น้ำพุดื่ม(DF :Drinking Fountain)	0.5	25
เครื่องล้างชาม(ตามบ้าน)	2	40
ช่องระบายน้ำที่พื้น(FD : Floor drain)	1	50
อ่างล้างในครัว(KS : Kitchen sink)	2	40
อ่างล้างมือ(LAV : Lavatory)	1	30
อ่างล้างมือ(LAV)	2	40
ฝักบัวอาบน้ำ(SD : Shower drain)	2	50
โถบัสสาวะชาย(angle valve)(UR)	4	40
โถบัสสาวะชาย(flush valve)(UR)	8	80
โถส้วม(flush tank)(WC)	4	80
โถส้วม(flush valve)(WC)	8	80

ตารางที่ 3.2 หน่วยสุญกัณฑ์สำหรับการระบายน้ำต่อเนื่อง

ขนาดท่อระบาย มม.	หน่วยสุญกัณฑ์	ขนาดท่อระบาย มม.	หน่วยสุญกัณฑ์
ไม่ต่ำกว่า 30	1	65	4
40	2	80	5
50	3	100	6

การกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำแนวดิ่งและแนวนอน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า การไหลของน้ำภายในท่อระบายน้ำเป็นปัญหาที่ค่อนข้างจะซับซ้อน การกำหนดขนาดท่อระบายน้ำที่ใหญ่เกินไปทำให้เกิดความสิ้นเปลือง ส่วนท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้เกิดการระบายน้ำไม่เพียงพอ และอาจจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ขนาดของท่อระบายน้ำที่ให้ไว้ในตารางที่ 3.3 และ 3.4 เป็นผลมาจากทฤษฎีและประสบการณ์ที่ผู้ใช้ได้ผลดีมาแล้ว ซึ่งมีข้อคำนึงมาจากหลายสิ่งต่อไปนี้

1. จำนวนของ เครื่องสุญกัณฑ์ในระบบที่อาจจะใช้พร้อมกัน
 2. ในภาวะการใช้งานตามปกติ ท่อระบายน้ำควรมีอยู่เพียง 1/4 ของท่อเท่านั้น
 3. ส่วนของท่อที่เหลือจากการระบายน้ำตามปกตินี้ใช้เป็นส่วนเหลือเผื่อเอาไว้ในกรณีที่มีการใช้น้ำมากกว่าการใช้งานตามปกติ
 4. ให้ใช้ท่อขนาดเล็กที่สุด ซึ่งจะสามารถระบายน้ำได้รวดเร็วพอและไม่ก่อให้เกิดการอุดตันได้ง่าย
 5. หลีกเลี่ยงความดันสูงภายในท่อตรงส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากับท่อแนวดิ่ง เพื่อที่จะรักษา trap seal ของเครื่องสุญกัณฑ์
- โดยทั่วไปแล้วความลาดเอียงของท่อแนวนอน จะเป็นตัวกำหนดความเร็วของน้ำภายในท่อ ความเร็วของน้ำที่ระบายควรจะไม่ต่ำกว่า 0.6m/s (2fps) ทั้งนี้เพื่อให้เกิด

การโกรกของน้ำ (scouring action) ในการพาเอาเศษผงต่างๆภายในท่อไปด้วยความลาดเอียงของท่อระบายน้ำนี้มักจะถูกจำกัดด้วยความยาวของท่อและ เนื่องในการจัดความลาดเอียง ดังนั้นการใส่ท่อระบายในแนวนอนที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการจึงไม่เป็นผลดี การออกแบบทั่วไปมักจะให้ความลาดเอียง ของท่อประมาณ 2% แต่ถ้าไม่สามารถจะทำได้ก็จะ

ตารางที่ 3.3 ขนาดท่อระบายน้ำที่สโรครกภายในและภายนอกอาคาร

ขนาดท่อ มม.	ความลาดเอียง			
	1:200	1:100	1:50	1:25
50			21	26
65			24	31
80		20	27	36
100		180	216	250
125		390	480	575
150		700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
375	7000	8300	10000	12000

ต้องไม่ให้ความลาดเอียงน้อยกว่า 1% ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้นสำหรับท่อน้ำสโรครกในแนวนอนจากจุดสวมแล้ว ในทางปฏิบัติจะต้องไม่เล็กกว่า 100 มม. ถึงแม้ว่าในตารางที่ 3.3 และ 3.4 จะอนุญาตให้ใช้ขนาดเล็กกว่านี้ได้ก็ตาม ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ส่วนท่อน้ำสโรครกในแนวดิ่ง (soil stack) จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 80 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 จำนวนสุขภัณฑ์สูงสุดของท่อแยกและท่อตั้ง

ขนาดท่อ มม.	ท่อแยก แนวระดับ	ท่อตั้งยาว ไม่เกิน 3 ชั้น	ท่อตั้งยาวเกิน 3 ชั้น	
			ตลอดท่อ	แต่ละชั้น
30	1	2	2	1
40	3	4	8	2
50	6	10	24	6
65	12	20	42	9
80	20	30	60	16
100	160	240	500	90
125	360	540	1100	200
150	620	960	1900	350
200	1400	2200	3600	600
250	2500	3800	5600	1000
300	3900	6000	8400	1500
375	7000			

3.2 หลักการออกแบบท่อระบายอากาศ

หน้าที่ของท่อระบายอากาศก็คือ การจัดการให้มีการไหลของอากาศเข้าหรือออกจากท่อระบายน้ำได้ เพื่อลดความดันแปรเปลี่ยนภายในท่อระบายน้ำให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อรักษาความที่ดักกลิ่นเอาไว้ นอกจากนี้ยังเป็นท่อสำหรับระบายแก๊สต่างๆ ภายในท่อระบายน้ำออกไปสู่บรรยากาศตามหน้าที่ที่เหมาะสมด้วย Plumbing Code ได้กำหนดขนาดของท่ออากาศทั่วไปตามจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ และความยาวของท่ออากาศ ดังแสดงในตารางที่ 3.5 อยางไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ตาม เราสามารถที่จะถือเป็นหลักได้ว่าขนาดของท่ออากาศใดๆจะต้องไม่เล็กกว่าครึ่งหนึ่งของท่อระบายน้ำที่ท่ออากาศต่ออยู่ แต่จะต้องไม่เล็กกว่า 30 มม.

ตารางที่ 3.5 ขนาดและความยาวของท่ออากาศ

ขนาด ท่อ ระบายน้ำ มม.	FU	ขนาดท่ออากาศ มม.										
		30	40	50	65	80	100	125	150	200		
		ความยาวสูงสุดของท่ออากาศ เมตร										
30	2	9										
40	8	15	45									
40	10	9	30									
50	12	9	23	60								
50	20	8	15	45								
65	42		9	30	90							
80	10		9	30	60	180						
80	30			18	60	150						
80	60			15	24	120						
100	100			10	30	80	300					
100	500			6	21	55	210					
125	200				10	24	107	300				
125	500				9	21	90	270				
125	1100				6	15	60	210				
150	350				8	15	60	120	390			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ต่อ

ขนาด ท่อ ระบายน้ำ มม.	FU	ขนาดท่ออากาศ มม.								
		30	40	50	65	80	100	125	150	200
		ความยาวสูงสุดของท่ออากาศ เมตร								
150	620				5	9	38	90	330	
150	960					7	30	76	300	
150	1900					6	21	60	210	
200	600						15	45	250	390
200	1400						12	30	120	360
200	2200						8	24	107	330
200	3600							18	76	240
250	1000							23	38	300
250	2500							15	30	150
250	3800							9	24	107
250	5600							8	18	76

3.3 หลักการออกแบบท่อระบายน้ำฝน

อัตราการตกของฝน และพื้นที่ของหลังคาที่รองรับน้ำฝนเป็นตัวกำหนดว่าจะต้องใช้ท่อระบายน้ำฝนขนาดเท่าใด และช่องระบายน้ำฝนจำนวนกี่ช่อง ถ้าใช้ช่องระบายน้ำฝนขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนช่องระบายน้ำฝนย่อมจะลดลง ในกรณีของหลังคาแบน การการใช้ช่องระบายน้ำฝนขนาดใหญ่จำนวนน้อยจะทำให้ผลการระบายน้ำฝนไม่ดีเท่ากับการใช้ช่องระบายน้ำฝนขนาดเล็กลง แต่มีจำนวนมากขึ้น เพราะจะช่วยให้การตกค้างของน้ำฝนอยู่เป็นหย่อมๆ ลดน้อยลง เพื่อลดการตก

ค้ำของน้ำฝนที่เหลือน้อยที่สุด จึงควรที่จะใช้ช่องระบายน้ำฝนอย่างน้อย 2 ช่อง สำหรับการระบายน้ำฝนจากหลังคาที่มีพื้นที่ไม่เกิน 1000 ตารางเมตร ส่วนที่เกิน 1000 ตารางเมตร ควรจะมีช่องระบายน้ำฝนอย่างน้อยหนึ่งช่องต่อ 1000 ตารางเมตร จำนวนช่องระบายน้ำฝนนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของหลังคา ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องเป็นผู้กำหนดเพื่อที่ระบบสามารถระบายน้ำฝนได้ดี

พื้นที่รับน้ำฝนจากอาคารสูง เช่น หลังคา คาดฟ้า ระเบียง ทางเดิน จะต้องมีการระบายน้ำฝนลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ โดยมีรางระบายหรือท่อรับน้ำจากจุดรวมน้ำฝนต่างๆ เพื่อส่งไปเข้าท่อรับน้ำในแนวตั้งลงสู่ระดับพื้นดินและระบายออกจากอาคาร หากบริเวณที่รับน้ำฝนอยู่ต่ำกว่าท่อระบายน้ำจะต้องมีบ่อรวมน้ำฝนและใช้เครื่องสูบน้ำอย่างน้อย 2 เครื่องสูบน้ำออก

ปกติพื้นที่รับน้ำฝนจะคิดจากพื้นที่ในแนวราบ แต่ถ้ามีผนังกั้นในแนวตั้ง และรับน้ำเข้ามา รวมกันพื้นที่ที่คำนวณได้ในแนวราบ หากที่มีปริมาณของน้ำฝนที่จะต้องระบายมากขึ้นจึงต้องเพิ่มพื้นที่รับน้ำในแนวตั้ง โดยคำนวณตามรูปที่ 3.1 เมื่อทราบพื้นที่รับน้ำรวม ปริมาณน้ำฝนที่ตก และ อัตราความลาดเอียงของท่อรับน้ำในแนวนอน ก็สามารถเลือกขนาดของท่อระบายน้ำในแนวตั้งได้ตามตารางที่ 3.6 และท่อระบายน้ำในแนวนอนตามตารางที่ 3.7

การต่อท่อระบายน้ำฝนจากชั้นที่ต่ำกว่าหลังคาเข้าท่อเมนในแนวตั้งซึ่งรับน้ำมาจากชั้นสูงกว่าจะต้องต่อด้วยข้อต่อวาย (Y) ที่จุดต่ำกว่าระดับท่อในแนวนอน (ที่รับน้ำฝนในชั้นนั้น) 0.6 ม. หรือหากจะต้องต่อเข้ากับท่อรับน้ำรวมในแนวนอน ก็จะต้องต่อที่จุดซึ่งห่างจากจุดเปลี่ยนทิศทางการไหลของท่อเมนจากแนวตั้งมาอยู่ในแนวนอนไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร

ท่อระบายน้ำฝนควรมีอย่างน้อยสองท่อ และมีท่อรับน้ำสิ้นลูกเดินอีกด้วย โดยท่อฉุกเฉินนี้ควรระบายออกที่ถนนหรือทางเท้าโดยตรง เพื่อป้องกันกรณีที่ท่อระบายน้ำชั้นล่างอุดตันที่ปากท่อรับน้ำฝนจะต้องมีตะแกรงกันผงซึ่งมีพื้นที่ของช่องเปิดไม่น้อยกว่าสองเท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อรับน้ำนั้น อนึ่งหากไม่จำเป็นจริงๆไม่ควรใช้ท่อขนาด 50 มม. เพราะเกิดการอุดตันได้ง่าย

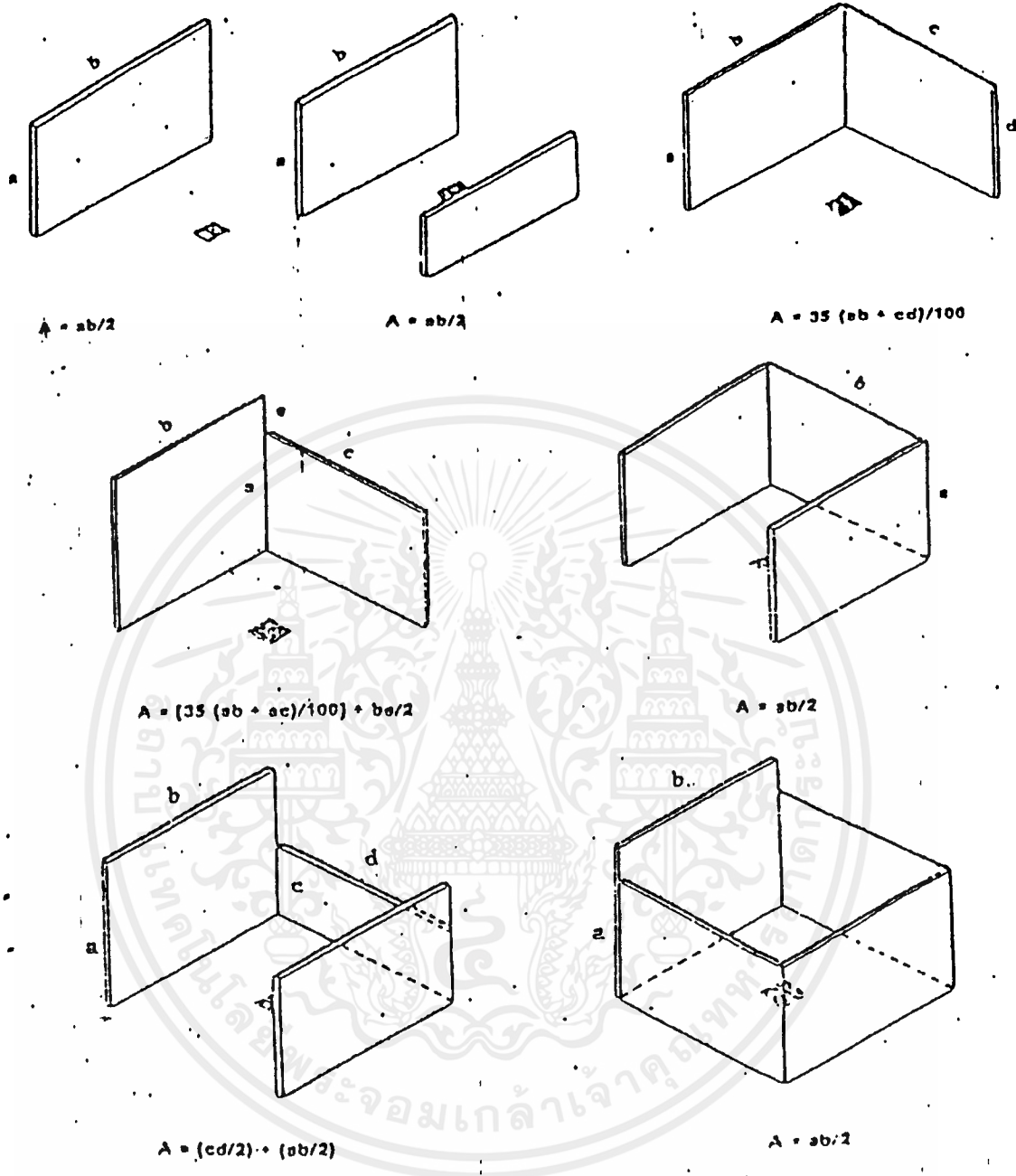
สำหรับในอาคารสูงท่อระบายน้ำฝนมักจะต่อยาวตรงลงมาในแนวตั้ง จนถึงระดับระบายน้ำที่พื้นดินซึ่งมีระยะทางยาว หากให้มีการยึด - ทดตัวของท่อมากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากผู้ออกแบบมิได้คำนึงถึงในเรื่องนี้จะทำให้เกิดรอยร้าวและน้ำรั่วซึมขึ้นที่ช่องรับน้ำที่หลังคา ดังนั้นปลายบนสุดของท่อที่จะต่อกับช่องรับน้ำควรใช้ flexible connection

หรือ expansion joint หรือต่อเป็นช่องอ้อมไม่ให้เกิดแรงดันที่ช่องรับน้ำโดยตรง

ในกรณีที่ท่อระบายน้ำสาธารณะรับน้ำฝนได้ไม่ทัน และน้ำได้ใช้ประโยชน์ที่ชั้นดาดฟ้าของอาคารนั้น วิศวกรสามารถออกแบบระบบระบายน้ำฝนแบบควบคุมปริมาณการไหล เพื่อประหยัดค่าท่อ และบรรเทาการเกิดน้ำท่วมถนนในระยะที่ฝนตกได้ โดยเก็บน้ำฝนส่วนหนึ่งเอาไว้บนพื้นที่รับน้ำ และค่อยๆปล่อยลงท่อทั้งหมดภายในเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ต้องแจ้งให้สถาปนิก และวิศวกรโครงสร้างทราบด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคุณนำไปใช้



$A =$ พื้นที่รับน้ำหนักแนวตั้งที่เปลี่ยนามีค่าเท่ากับพื้นที่แนวราบ
 รูปที่ 3.1 การคำนวณพื้นที่รับน้ำหนักแนวตั้ง

ตารางที่ 3.6 พื้นที่รับน้ำฝนเป็นตารางเมตร ซึ่งสามารถระบายน้ำออกโดยท่ออันแนวดิ่ง
ขนาดต่าง ๆ

ปริมาณ ฝนตก	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำอันแนวดิ่ง (มม.)					
	50	80	100	125	150	200
25	265	815	1710	3215	5015	10775
50	130	410	855	1600	2510	5390
75	90	270	570	1070	1670	3590
100	65	205	425	805	1255	2695
125	50	165	340	645	1005	2155
150	45	135	285	535	835	1795
175	35	115	245	460	715	1540
200	30	100	215	400	625	1345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 พื้นที่รับน้ำฝนเป็น m^2 ซึ่งสามารถระบายน้ำออกโดยท่อในแนวนอนขนาดต่างๆ

ความลาดเอียง	ขนาดท่อระบายน้ำในแนวนอน	ปริมาณน้ำฝนที่ตกสูงสุด (มม./ชม.)				
		50	75	100	125	150
1:100	80	150	100	75	60	50
	100	350	235	175	140	115
	125	620	415	310	250	205
	150	995	660	495	400	330
	200	2135	1425	1070	855	705
	250	3845	2565	1925	1540	1280
	300	5185	4125	3095	2475	2050
1:50	80	215	145	110	85	70
	100	490	330	245	195	165
	125	875	585	440	350	290
	150	1405	935	700	560	470
	200	3030	2020	1515	1210	1010
	250	5425	3620	2715	2170	1805
1:25	80	305	215	155	120	100
	100	700	465	350	280	230
	125	1240	825	620	495	415
	150	2000	1270	995	795	665
	200	4275	2845	2130	1710	1425
	250	7690	5130	3845	3090	2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 หลักการออกแบบบ่อบำบัด

การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารสูง จะต้องพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. กฎหมายเกี่ยวกับระบบสุขาภิบาลของอาคาร เช่น เทศบัญญัติที่ใช้บังคับบนเขตก่อสร้างนั้น
2. ปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสีย
3. ตำแหน่งที่ตั้งและเนื้อที่ใช้งาน
4. ประสิทธิภาพการบำบัด
5. ความแน่นอนในการใช้งาน
6. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการซ่อมบำรุง
7. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง
8. เหตุการณ์รื้อราคาที่จะเกิดขึ้น

ผู้ออกแบบจะต้องหาข้อมูลจากสถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง และเจ้าของงาน เพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

ปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

การหาปริมาณน้ำเสียคำนวณได้จากปริมาณการใช้น้ำประปาของอาคาร โดยคิดว่าน้ำเสียที่ทิ้งออกมาจะมีค่าประมาณร้อยละ 85 - 90 ของปริมาณการใช้น้ำประปา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำว่าสูญเสียออกไปมากหรือน้อยเพียงใด

ปริมาณการไหลของน้ำเสียสูงสุดบางช่วง คำนวณได้จากหน่วยสุขภัณฑ์ fixture unit ทั้งหมดภายในอาคารซึ่งคำนวณได้จากตาราง 3.1 จากนั้นจึงหาปริมาณน้ำเสียสูงสุดซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นได้จากรูปที่ 3.2

ลักษณะสมบัติของน้ำเสียขึ้นอยู่กับแหล่งที่ตั้ง เช่นน้ำเสียจากภัตตาคารจะมีค่าความสกปรกสูงส่วนน้ำเสียจากโรงภาพยนตร์จะมีค่าความสกปรกต่ำ เป็นต้น ตัวอย่างลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากอาคารพักอาศัยได้แสดงเอาไว้ในตารางที่ 3.8 ซึ่งแสดงค่าของมลสารทั้งที่เป็นน้ำหนัก และความเข้มข้น

สำหรับอาคารซึ่งมีระบบน้ำทิ้งแบบสองท่อ คือแยกท่อ soils เพื่อรับน้ำทิ้งจากส้วม และท่อบัสสาวะ และท่อ wastes รับน้ำที่เหลือจากส่วนอื่นๆจะตกให้ค่าความเข้มข้นของมลสารในท่อ soils สูงกว่าในท่อ wastes

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างลักษณะของน้ำเสียจากอาคารพักอาศัย

มลสาร	มวลของมลสารที่ทิ้ง กรัม/คน/วัน	ความเข้มข้น มก./ล.
Total Solids	115 - 170	680 - 1000
Volatile Solids	65 - 85	380 - 500
Suspended Solids	35 - 50	200 - 290
Volatile Suspended Solids	25 - 40	150 - 240
BOD ₅	35 - 50	200 - 290
COD	115 - 125	680 - 730
Total Nitrogen	6 - 17	35 - 100
Ammonia	1 - 3	6 - 19
Nitrites and Nitrates	< 1	< 1
Total Phosphorus	3 - 5	18 - 29
Phosphate	1 - 4	6 - 24
Total Coliforms	-	10 ¹⁰ - 10 ¹²
Fecal Coliforms	-	10 ⁸ - 10 ¹⁰

ขบวนการที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ขบวนการที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การบำบัดขั้นแรก เพื่อเอามลสารที่กำจัดได้ง่ายออกโดยวิธีทางฟิสิกส์ เช่น ตะ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

scum

2. ต้องมีท่อ หรือ baffle กันที่ช่องน้ำเข้า และช่องน้ำออก เพื่อป้องกันตะกอนลอยและตะกอนก้นถังหลุดออกไปกับน้ำออก

3. ต้องมีปริมาตรเก็บกักตะกอนลอย และตะกอนที่ก้นถังอย่างเพียงพอ เพื่อมาให้น้ำออกนอกถังในระยะ เวลาอันสั้น

4. ต้องมีท่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้น เช่น มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกจากถัง

การจะแบ่งถังออกเป็นสองส่วน เพื่อให้มีการตกตะกอนได้ดีขึ้น โดยปริมาตรของถังส่วนหลังจะมีค่าระหว่าง $1/3$ ถึง $1/2$ เท่าของถังส่วนแรก ส่วนการแบ่ง Septic tank ออกมากกว่าสองส่วนไม่นิยมมาใช้กัน

ขบวนการแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ เป็นที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และใช้เนื้อที่ก่อสร้างน้อย หลักการทำงานจะใช้จุลชีพชนิดที่ใช้ออกซิเจนอิสระทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทั้งที่อยู่ในรูปของของแข็ง ตะกอนแขวนลอย และที่ละลายอยู่ในน้ำโดยจุลชีพจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มลอยอยู่ในถัง เต็มอากาศซึ่งส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดและมีเครื่องให้อากาศ (aerator) ทำงานอยู่ตลอดเวลา จากนั้นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วและตะกอนจุลชีพจะไหลไปเข้าถังตกตะกอนเพื่อแยกเอาตะกอนจุลชีพกลับมายังถัง เต็มอากาศใหม่ ส่วนน้ำใสจะไหลออกจากระบบเพื่อฆ่าเชื้อโรคและทิ้งลงท่อระบายน้ำสาธารณะต่อไป

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารสูงส่วนใหญ่มักจะมีอัตราการไหลของน้ำเสียไม่เกิน 1000 ลบ.ม./วัน นิยมออกแบบให้ทำงานในช่วง extended aeration เพื่อที่จะได้เกิดตะกอนจุลชีพส่วนเกินที่จะต้องกำจัดต่อไปที่มีปริมาณน้อย การสร้าง septic tank ก่อนที่จะเข้าถัง เต็มอากาศ สามารถลดความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย และกำจัดเศษผงซึ่งมากับน้ำเสียได้เป็นอย่างดี ทำให้ไม่เกิดปัญหาการอุดตันในเส้นท่อและเครื่องสูบน้ำต่างๆ

การทำงานของระบบสามารถเลือกใช้เป็นแบบให้น้ำไหลต่อเนื่อง (continuous flow) โดยให้น้ำเสียไหลเข้าถัง เต็มอากาศ และไหลต่อไปยังถังตกตะกอนตามปริมาณ

การไหลของน้ำเสียหรือทํางานแบบ ' เดิมเข้า - สูบออก โดยให้น้ำเสียไหลเข้ามาถึง เดิมอากาศ (ซึ่งจะมีอยู่อย่างน้อย 2 ถัง) และเป่าอากาศให้ออกซิเจนจนน้ำเสียเต็มถัง จึงหยุดเครื่อง เป่าอากาศ และ เปลี่ยนส่งน้ำเสียไปเข้าถัง เดิมอากาศอีกถังหนึ่ง' หลังจากหยุดเครื่อง เป่าอากาศเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง น้ำในส่วนบนซึ่งผ่านการบำบัดโดยจุลชีพแล้ว จะถูกสูบออกไปทิ้ง และ เริ่มรับน้ำเสียเข้ามาใหม่

ถัง เดิมอากาศควรมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียได้ประมาณ 24 ชั่วโมง และมีค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในถัง เดิมอากาศไม่น้อยกว่า 1 - 2 มก./ล. เครื่องเดิมอากาศสามารถใช้งานได้ทั้งแบบเป่าอากาศ (diffused air aerator) แบบพัดที่ผิวน้ำ (surface aerator) หรือแบบใต้น้ำ (submersible aerator) ก็ได้

ขบวนการแผ่นชีวหมุน (Rotating Biological Contactor)

ขบวนการแผ่นชีวหมุนมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษหลายชื่อเช่น rotating biological reactor, rotating biological contactor หรือ biodisc เป็นขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่ใช้แผ่นฟิล์มจุลชีพ ซึ่งเกาะอยู่กับแผ่นพลาสติก (ตัวกลาง) เป็นรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เมตร โดยจะจมอยู่ในน้ำประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิว และส่วนที่เหลือจะอยู่ในอากาศ แผ่นพลาสติกซึ่งใช้เป็นตัวกลางนี้จะวางซ้อนกันห่างประมาณ 1.5-2.5 ซม. และหมุนด้วยความเร็ว 1 - 2 รอบ/นาที เมื่อแผ่นพลาสติกหมุนลงไปในน้ำเสีย น้ำก็จะติดขึ้นมาด้วยและไหลตกลงไปใหม่ ทำให้เกิดการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ จุลชีพที่เกาะอยู่กับแผ่นหมุนก็จะได้ออกซิเจนทั้งโดยตรงจากอากาศและโดยทางอ้อมจากการไหลของน้ำและในน้ำในถังปฏิกรณ์

แผ่นฟิล์มจุลชีพซึ่งติดอยู่กับตัวกลางและลอยอยู่ในน้ำนี้จะเป็นตัวลดมวลสารอินทรีย์ทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลาย (dissolved) หรือคอลลอยด์ (colloids) เมื่อระบบทํางานต่อไปแผ่นฟิล์มชีวจะหนาขึ้น ทำให้ชั้นภายในที่ติดอยู่กับแผ่นพลาสติกขาดออกซิเจนเกิดการเน่าหลุดออกมาอยู่ในน้ำ และไหลออกไปกับน้ำออก (effluent) จากนั้นก็จะเกิดแผ่นชีวใหม่ขึ้นมาทดแทนต่อไป

ขบวนการแผ่นชีวหมุนมีประสิทธิภาพในการทํางานสูงใช้เนื้อที่ก่อสร้างน้อย ควบคุมการทํางานได้ง่าย และใช้พลังงานน้อย เพียงประมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับระบบ

activated sludge นอกจากนี้ระบบบำบัดน้ำเสียในอาคารสูง ส่วนใหญ่มักจะอยู่ใต้อาคาร ซึ่งไม่ต้องสร้างหลังคาคลุมทากั้ประหยัดค่าก่อสร้าง ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับอาคารสูงหลายประการ แต่เนื่องจากเป็นระบบใหม่ที่ยังไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้กันในประเทศไทย ทากั้ผู้ออกแบบมีข้อมูลน้อย และไม่แน่ใจในการทากั้งาน

การฆ่าเชื้อโรค

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีจุลชีพซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (pathogenic organisms) เหลืออยู่ จำเป็นต้องทากั้การฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้ก่อนที่จะทิ้งออกจากระบบ

เนื่องจากเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำมีหลายชนิด และแต่ละชนิดก็สามารถทนต่อสารเคมีได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นการหาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคจึงใช้วัดจากแบคทีเรียที่เป็นตัวชี้เฉพาะ (indicator bacteria) เช่น total หรือ fecal coliform หรืออาจจะใช้วัดค่าความเข้มข้นของสารเคมี ที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคว่ายังคงมีเหลืออยู่หรือไม่ก็ได้

สารเคมีที่นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อโรคได้แก่ คลอรีน ไฮโดรเจน ไดออกไซด์ และโอโซน โดยให้สารเคมีผสมกับน้ำเสียในถังฆ่าเชื้อโรคเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที และให้ความเข้มข้นของสารเคมีอิสระ เหลืออยู่ในน้ำออก เพื่อให้แน่ใจว่าเชื้อโรคได้ถูกฆ่าแล้วเป็นส่วนใหญ่

การเลือกระบบที่เหมาะสม

ปัจจัยประการแรกที่ต้องพิจารณาในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ กฎหมายที่ใช้บังคับในเขตก่อสร้างนั้น สำหรับกรุงเทพฯได้มีข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ด้านการสุขาภิบาลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียอยู่สองข้อคือ

" ข้อ 87 นี้ใช้แล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ตลาดสด กัดอาคาร อาคารชุด หอพัก และอาคารที่เกี่ยวข้องกับการค้าที่นำรังเกียจ ซึ่งมีการระบายน้ำใช้แล้วจากกิจการนั้นต้องมีระบบกักน้ำใช้แล้วก่อนจะระบายลงสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ "

" ข้อ 90 ส้วมต้องเป็นชนิดชำระสิ่งปฏิกูลด้วยน้ำลงบ่อเกรอะ บ่อซึม การสร้างส้วมภายในระยะ 20 เมตร จากเขตคูคลองสาธารณะ ต้องสร้างเป็นส้วมถังเก็บชนิดน้ำซึมไม่ได้ "

สำหรับอาคารสูงซึ่งมักจะ เป็นอาคารที่พักอาศัย อาคารสำนักงานและอาจจะ มีกั้ตต

การรวมอยู่ด้วย ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจึงต้องประกอบด้วย

1. น้ำจากส้วมและที่ปัสสาวะ จึงต้องต่อเข้าถังเซพติก หากน้ำเสียนี้อาจจะมีปริมาณน้อย เช่น ไม่เกิน 5-10 ลบ.ม./วัน และมีที่มากพออาจจะใช้เป็นลานซึม หรือบ่อซึมก็ได้ แต่ถ้ามีปริมาณน้ำเสียมากไม่สามารถซึมลงใต้ดินได้ทันทีก็ต้องส่งไปบำบัดต่อยังระบบบำบัดขั้นที่สองต่อไป

2. น้ำเสียจากส่วนอื่นๆ รวมทั้งน้ำเสียที่ผ่าน septic tank แล้ว แต่ไม่สามารถซึมลงดินได้ จะต้องส่งไปเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อกำจัดมลสารต่างๆออก เช่น ระบบ activated sludge หรือ ระบบแผ่นชีวหมุน เพื่อให้บำบัดน้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีพอที่จะไม่ทำความเดือดร้อนเมื่อทิ้งลงไปในท่อระบายน้ำสาธารณะ

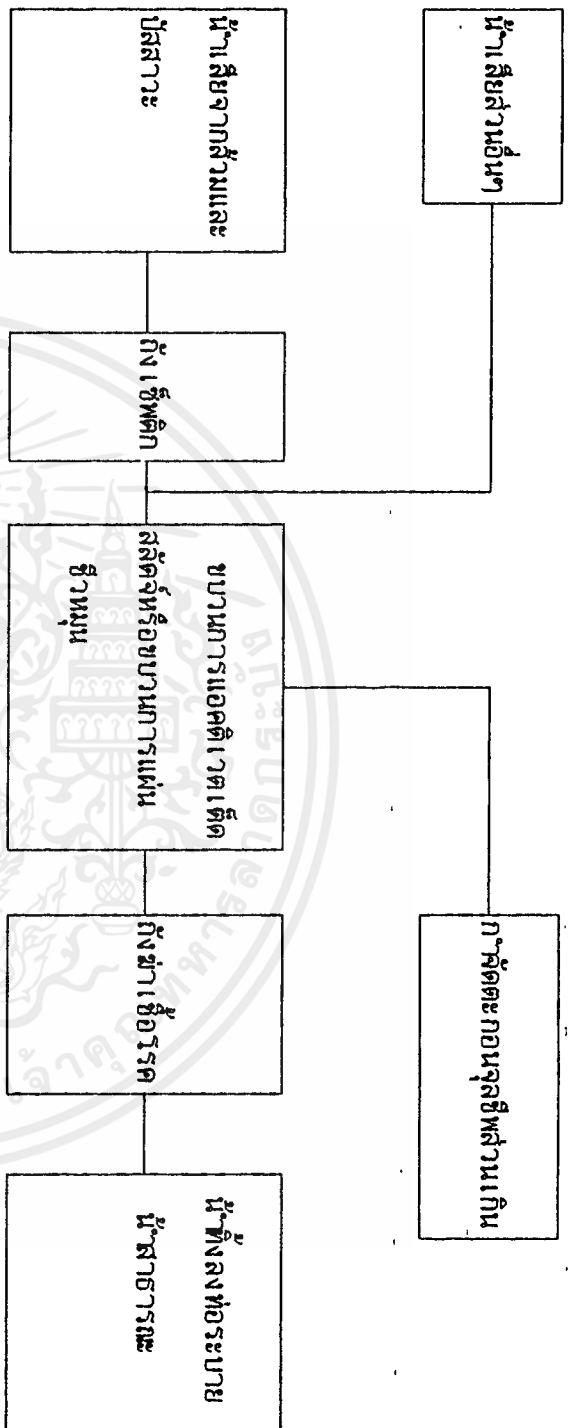
ปัจจัยต่อมาได้แก่ความแน่นอนในการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการซ่อมบำรุง ระบบส่วนใหญ่ที่ใช้ได้แก่ระบบ activated sludge ซึ่งผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้หลายแบบและมีความคล่องตัวมาก แต่ก็พบว่าระบบแผ่นชีวหมุนมีข้อดีกว่าทุกกรณี ยกเว้นราคาค่าก่อสร้างจะแพงกว่าประมาณร้อยละ 30

นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังต้องพิจารณาด้านความเหมาะสมเกี่ยวกับสถานที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ความสูงของสถานที่ที่ได้กำหนดให้ พื้นที่ใช้งาน ระดับของระบบเมื่อเทียบกับระดับดิน เป็นต้น โดยทั่วไป ระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องใช้ความสูงสุทธิ ระหว่าง 5 - 6 เมตร และพื้นล่างสุดไม่ควรอยู่ต่ำกว่า -3.0 เมตรจากพื้นดิน เพื่อให้สามารถไหลผ่านไปยังถังต่างๆ และออกจากระบบได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำช่วย ตารางที่ 3.9 แสดงพื้นที่ใช้งานของระบบ activated sludge (ไม่รวม septic tank) ตามปริมาณของน้ำเสีย โดยกำหนดให้มีความสูงสุทธิของบริเวณก่อสร้างไม่น้อยกว่า 6 เมตร สำหรับระบบแผ่นชีวหมุนคงใช้พื้นที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.9 พื้นที่ก่อสร้างโดยประมาณสำหรับระบบ activated sludge และถังฆ่าเชื้อโรคตามปริมาณของน้ำเสีย โดยกำหนดความสูงสุทธิไม่น้อยกว่า 6 เมตร (ไม่รวมระบบอื่นๆ เช่นบ่อดักไขมัน septic tank)

ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	พื้นที่ก่อสร้างโดยประมาณ(ตร.ม.)
50	60
100	100
200	180
300	240
500	400
750	500
1000	600

ตัวอย่างแผนผังแสดงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแสดงเอาไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแผนผังแสดงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบตะกอนเร่ง สำหรับบำบัดน้ำเสียในอาคารสูง

กระบวนการที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

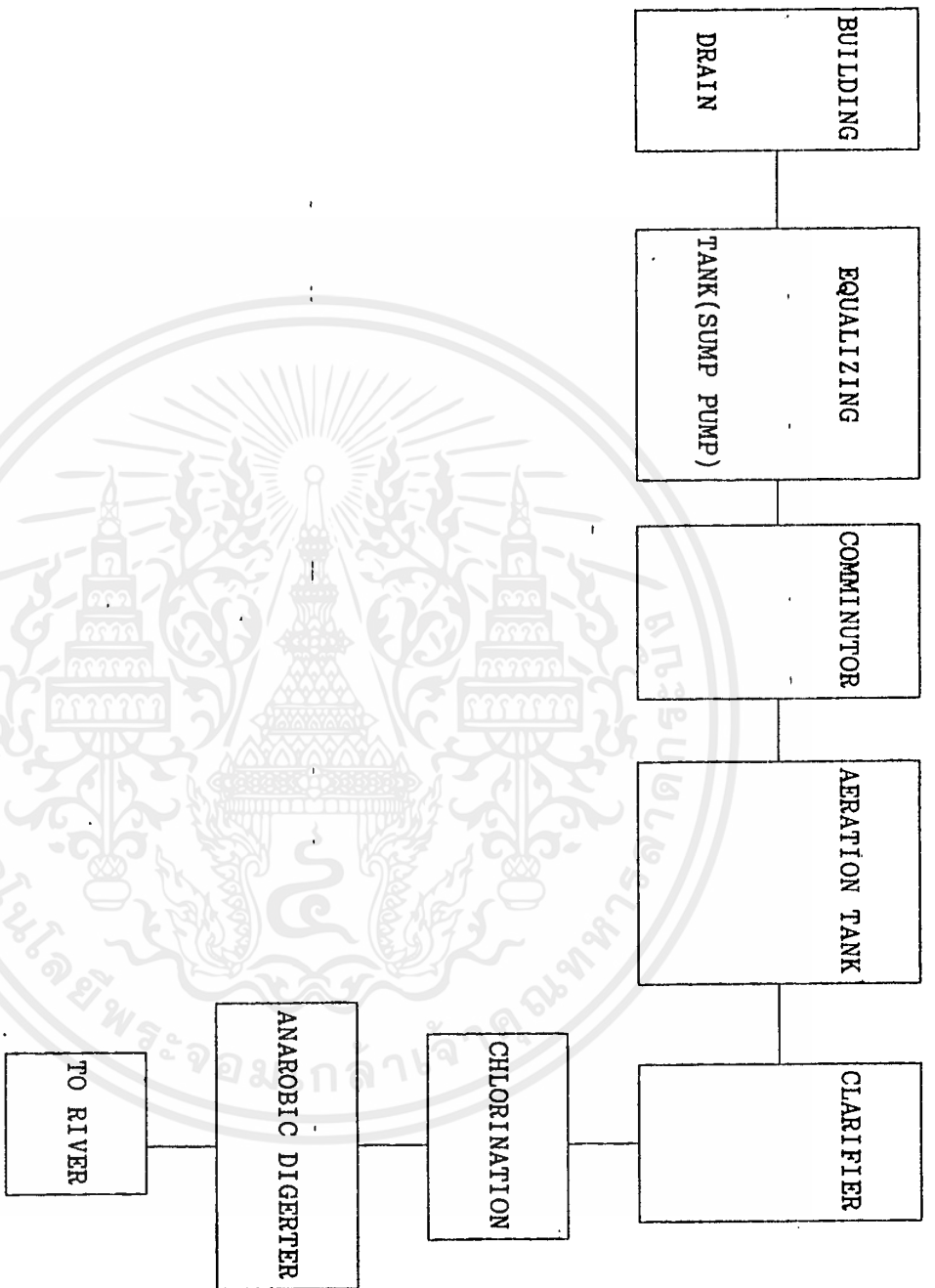
านการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการตะกอนเร่ง สามารถแบ่งลักษณะการทำงานของกระบวนการย่อยออกได้เป็น 3 ประเภทคือ การบำบัดขั้นแรก (primary treatment) การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) และการฆ่าเชื้อโรคนี้ที่ผ่านการบำบัดแล้วก่อนที่จะปล่อยทิ้งสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ ซึ่งงานการเลือกรูปแบบของกระบวนการและรูปร่างของถังต่างๆ ยังขึ้นอยู่กับเครื่องจักรและวิธีการควบคุมการทำงานของระบบที่ใช้อีกด้วย รูปที่ 1 เป็นตัวอย่างแสดงขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสีย และการกำจัดตะกอนส่วนเกิน

กระบวนการบำบัดขั้นแรก

วัตถุประสงค์ของการบำบัดขั้นแรก ได้แก่ การแยกเอาเศษของแข็งตะกอนหนัก และตะกอนเบาต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียก่อนที่จะส่งไปเข้ากระบวนการต่อ ๆ ไป ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาในด้านการทำงานได้ เช่น บ่อดักไขมัน (grease trap) ตะแกรงกรองผง (screen) เครื่องตัดขยะ (comminutor) ถังแยกทราย (grit chamber) ถังเติมอากาศขั้นแรก (preaeration tank) เป็นต้น

ในบางกรณีอาจจะออกแบบเป็นถังแยกทรายโดยการเป่าอากาศ (aerated grit chamber) ซึ่งจะสามารถทําหน้าที่ทั้งแยกทราย เติมอากาศขั้นแรก และแยกไขมันที่เหลืออกอยู่ได้ในถังใบเดียวกัน

ก่อนที่จะมีการแก้ไขระเบียบปฏิบัติของกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้กล่าวเอาไว้ว่า หัวข้อที่ 2 ผู้ออกแบบจะต้องออกแบบบ่อเกรอะตามที่ได้ระบุเอาไว้ในกฎหมาย โดยมีลักษณะเป็นถังเซปติก (septic tank) | ซึ่งจะทําหน้าที่เป็นถังตกตะกอนขั้นแรก (primary clarifier) รวมทั้งถังแยกทรายและถังย่อยตะกอนที่จมอยู่กันถังไปด้วยในตัว ซึ่งก็พบว่า มีประโยชน์และใช้งานได้ดี โดยน้ำที่ผ่านถังเซปติกแล้ว จะมีค่าบีโอดีลดลงและมีตะกอนแขวนลอยต่ำ แต่จะต้องมีการเติมอากาศขั้นแรก (preaeration) ที่ดีเพื่อป้องกันกลิ่นรบกวน



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย และการกำจัดตะกอนส่วนเกิน

ปริมาณน้ำเสียของอาคารสูงส่วนใหญ่จะมีค่าไม่เกิน 3,800 ลบ.ม/วัน ดังนั้น จึงควรใช้กระบวนการบำบัดแบบอัตราการบำบัดต่ำ (low rate or extended aeration) เพื่อจะได้ไม่ต้องมีถังตกตะกอนชั้นแรก เป็นการตัดปัญหาในการกำจัดตะกอนสด นอกจากจะใช้ถัง เช็พดิกดั่ง ได้กล่าวมาแล้ว

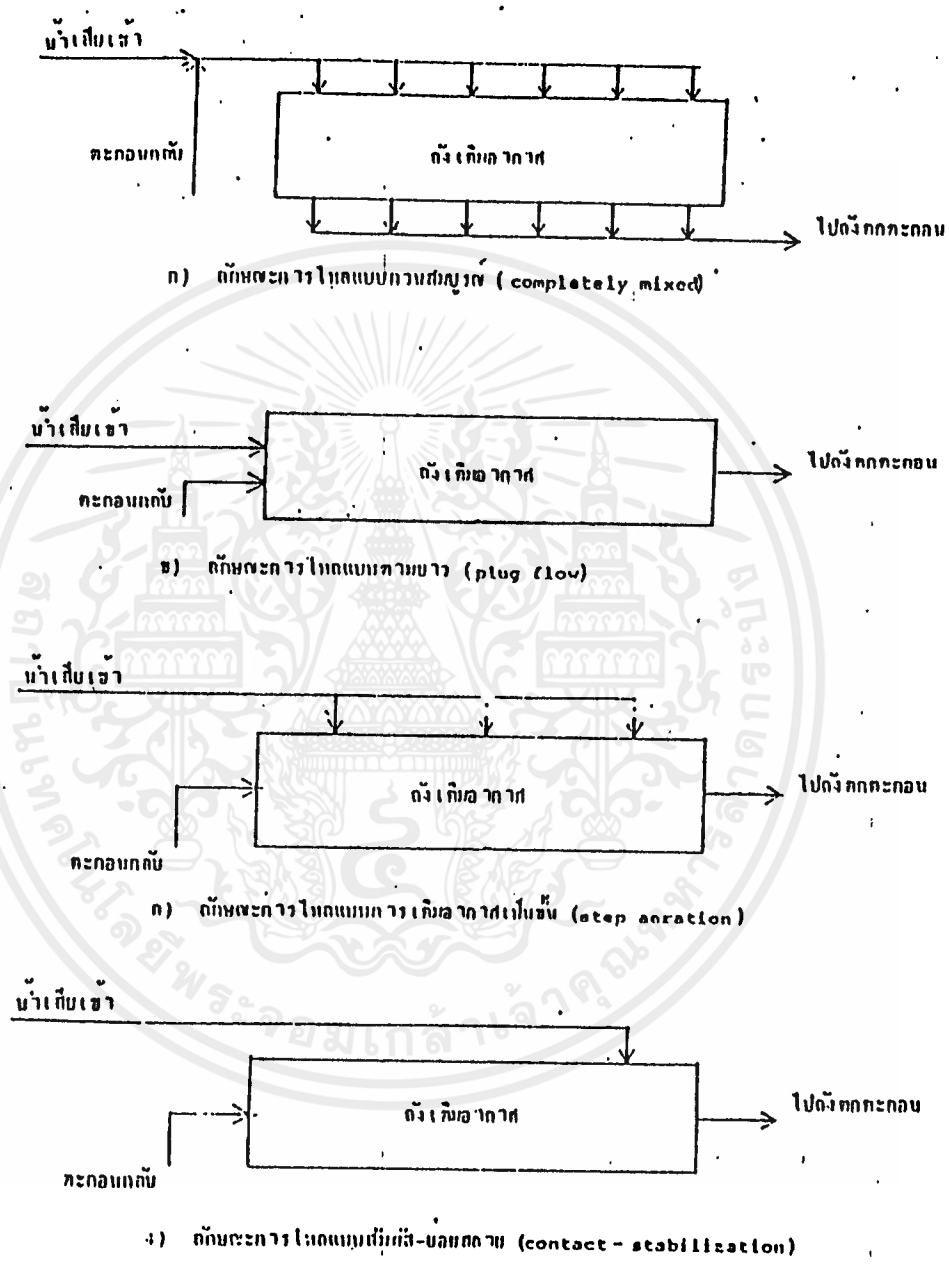
กระบวนการบำบัดขั้นที่สอง

กระบวนการบำบัดขั้นที่สองซึ่งได้แก่ กระบวนการตะกอนเร่ง (activated sludge process) ประกอบด้วย ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนชั้นสอง ปกติจะออกแบบให้จุลินทรีย์ทำงานในช่วงอัตราการบำบัดต่ำ (low rate or extended aeration) เพื่อจะได้ไม่ต้องกำจัดตะกอนสดจากถังตกตะกอนชั้นแรก และระบบมีความแน่นอนในการทำงานสูง โดยเฉพาะในการที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ มากดั่ง เช่นในอาคารสูง

การออกแบบถังเติมอากาศซึ่งเป็นหัวใจของระบบ ควรจะคำนึงถึงความคล่องตัวในการควบคุมการทำงาน โดยสามารถเพิ่มปริมาณการบำบัดน้ำเสียหรือเปลี่ยนการทำงานของระบบได้ เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการควบคุมการทำงานที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ปริมาตรของถังเติมอากาศคำนวณจากค่าอายุของตะกอน (sludge age) หรือจากอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) โดยควรมีอายุของตะกอนไม่ต่ำกว่า 20 วัน หรือมีค่าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ไม่เกิน 0.1 กก.บีโอดี/กก. MLVSS-วัน ความลึกของถังเติมอากาศขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอาคาร และความสามารถของเครื่องเติมอากาศที่ใช้ ส่วนรูปร่างของถังเติมอากาศควรจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีด้านยาว ๆ กว่าด้านกว้างมากที่สุดเท่าที่พื้นที่จะอำนวย แต่ไม่ควรต่ำกว่าสามเท่า ทั้งนี้ เพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนการควบคุมการทำงานได้หลายแบบในการแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของถังเติมอากาศ ซึ่งได้แก่ รูปร่างและลักษณะการไหลของน้ำเสีย และจุดปล่อยตะกอนที่สลับกลับมาจากกันถังตกตะกอน ก็เป็นส่วนที่จะทำให้สามารถควบคุมการทำงานในระบบในแบบต่าง ๆ กันได้ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของระบบ เช่น ปัญหาตะกอนไม่จมตัว (bulking) หรือการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์ ฯลฯ เป็นต้น การเปลี่ยนวิธีการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่งให้เป็นแบบต่างๆ

(modified processes) สามารถทำได้ง่าย เพียงแต่เดินท่อส่งน้ำเสียและท่อสูบลมกลับเตรียมเอาไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ดังแสดงงานรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การจัดลักษณะการไหลของน้ำก้นถังเติมอากาศเพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนวิธีการทำงานของระบบแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4.ก) แสดงลักษณะการไหลแบบกวนสมบูรณ์ (completely mixed) โดยส่งน้ำเสียและตะกอนกลับมาเข้าที่ริมถัง เต็มอากาศตามยาวด้านหนึ่งแล้วมีรางหรือท่อรับน้ำอยู่ที่ริมผนังของถัง เต็มอากาศอีกด้านหนึ่ง ลักษณะการไหลแบบนี้จะทำให้ น้ำเสียที่เข้าระบบถูกเจือจางทันที เป็นผลให้สามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้เป็นปริมาณสูง รวมทั้งมีความต้องการออกซิเจนสม่ำเสมอตลอดถัง เต็มอากาศรวมทั้งยังสามารถรับสารพิษและอัตราการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์อย่างรวดเร็วได้ดีอีกด้วย แต่ก็มีข้อเสีย คือ ตะกอนจมตัวได้ไม่ดี ซึ่งหากพบปัญหานี้จะต้อง เปลี่ยนวิธีการทำงานเป็นแบบอื่นแทน

รูปที่ 3.4.ข) แสดงลักษณะการไหลแบบตามยาว (plug flow) โดยน้ำเสียและตะกอนกลับจะส่งมาเข้าที่หัวถัง เต็มอากาศด้านหนึ่ง และออกอีกด้านหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะเป็นลักษณะการไหลแบบโบราณซึ่งต้อง เต็มอากาศเป็นปริมาณมากที่หัวถัง แต่ก็ได้ตะกอนเร่งซึ่งมีลักษณะจมตัวได้ง่าย และสามารถบำบัดน้ำเสียที่ย่อยยาก ๆ ได้ดี

รูปที่ 3.4.ค) เป็นการปรับปรุงกระบวนการจากแบบไหลตามยาว เพื่อแก้ไขปัญหาคาออกซิเจนที่หัวถัง เต็มอากาศ จึงปล่อยน้ำเสียเข้าถัง เต็มอากาศหลายจุดตามความยาวของถัง ตะกอนที่สูกลับจะส่งเข้าที่หัวถัง เต็มอากาศเพียงจุดเดียว ลักษณะการไหลแบบนี้พบว่าตะกอนจมตัวได้ดีและควบคุมการให้ออกซิเจนได้ดีกว่าการไหลแบบตามยาว แต่จะมีค่าความเข้มข้นของตะกอนเร่งลดลงตามลำดับจากหัวถังจนถึงปลายถัง เนื่องจากเกิดการเจือจางจากน้ำเสียที่ปล่อยเข้าตามจุดต่างๆ

รูปที่ 3.4.ง) แสดงลักษณะการไหลแบบสัมผัส-ย่อยสลาย (contact stabilization) โดยการส่งน้ำเสียเข้าที่ปลายถัง เต็มอากาศและส่งตะกอนกลับเข้าที่หัวถัง เต็มอากาศ วิธีการแบบนี้พบว่าสามารถใช้บำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้ดี อีกทั้งยังเป็นเทคนิคในการเพิ่มขีดความสามารถของถัง เต็มอากาศให้สามารถรับปริมาณน้ำเสียได้มากกว่าแบบอื่นๆ ถึงสามเท่าตัว และตะกอนเร่งของกระบวนการนี้ก็สามารถตกตะกอนได้อีกด้วย

สำหรับระบบเต็มอากาศจะต้อง เลือกให้เหมาะสมกับสภาพและสถานที่ตั้งของโรงบำบัดน้ำเสีย ถ้าเป็นห้องปิดควรใช้ระบบเป่าอากาศลงไปใต้น้ำ หรือใช้เครื่องกลเต็มอากาศแบบจมน้ำ (submersible aerator) เพราะหากใช้เครื่องกลเต็มอากาศที่ผิวน้ำ (mechanical surface aerator) จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องละอองน้ำ และการถ่ายเทอากาศ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาด้านประสิทธิภาพในการเติมออกซิเจนและการกวน ข้อจำกัดในด้านความลึกของน้ำ เสียงรบกวน อายุการใช้งาน และการซ่อมบำรุงประกอบ

ถังตกตะกอนชั้นที่สอง (secondary clarifier) หากก่อสร้างภายใน บริเวณของอาคารสูง มักจะถูกจำกัดพื้นที่หรือขอบเขตด้วยระยะของเสาหรือผนังต่างๆ ทำให้ ต้องออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำก็อาจจะ ใช้ถังตกตะกอนซึ่งไม่มีเครื่องกวาดตะกอน โดยสร้างให้กันถังเอียงตามมุม 60 องศา แต่ถ้า อัตราการไหลของน้ำเสียมีมากก็จำเป็นต้องใช้เครื่องกวาดตะกอนชนิดดูดจากกันถังตกตะกอน โดยตรง เพราะถ้าใช้วิธีกวาดตะกอนมารวมกันที่กันถังสับตะกอนจะต้องสร้างกันถังให้มีความ ลาดเอียงและเป็นหลุมลึก โดยเฉพาะถ้าก่อสร้างที่ชั้นนำตื้นดินอาจจะมีปัญหาที่ไปเกี่ยวข้องกับ ระดับฐานราก รวมทั้งหาพื้นที่ที่จะก่อสร้าง เป็นหลุมลึกไปกว่าระดับที่ก่อสร้างชั้นนำตื้นดินได้ยาก ถังตกตะกอนชั้นสองควรมีความลึกของน้ำไม่ต่ำกว่า 3.5 เมตร และควรมีอย่างน้อยสองถัง

กระบวนการฆ่าเชื้อโรค

แนวทางปฏิบัติ วิธีฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียที่ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ การใช้คลอรีน ซึ่งใช้ได้ในรูปแบบของก๊าซและสารละลาย ข้อดีของการใช้ในรูปแบบของก๊าซก็คือ เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการใช้ในรูปแบบของสารละลายหลายเท่า ส่วนข้อเสียก็คือ มีอันตรายมากกว่าและจะต้อง ขออนุญาตการมีเอาไว้ในครอบครองจากทางราชการ ห้องที่เก็บหรือผสมคลอรีนควรเป็น ห้องที่แยกอยู่เป็นอิสระจากห้องอื่น และควรอยู่ที่ระดับผิวดิน มีประตูเปิดออกจากในห้องสู่ ภายนอกห้อง ช่องระบายอากาศต้องอยู่ที่ระดับต่ำเพราะก๊าซคลอรีนหนักกว่าอากาศ ถ้าใช้ ก๊าซคลอรีนควรมีหน้าฉากป้องกันไอพิษเพื่อใช้ในกรณีที่เกิดก๊าซรั่ว

ผนังของถังที่ใช้ผสมคลอรีนกับน้ำเสีย (chlorine contact tank) ต้องทา หรือหุ้มด้วยสารที่สามารถทนการกัดกร่อนของคลอรีนได้ ถังควรมีลักษณะปิดทั้งหมด และใน บริเวณนั้นจะต้องมีระบบระบายอากาศที่ดีพอ

กระบวนการบำบัดแบบไม่ต่อเนื่อง

ในบางกรณีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ต่อเนื่อง (batch) อาจจะ เหมาะสม เช่น อาคารที่มีผู้ใช้งานเฉพาะในเวลากลางวัน หรือถึงแม้จะมีการใช้งานตลอดวันก็ สามารถใช้ระบบบำบัดน้ำแบบไม่ต่อเนื่องได้ แต่ต้องมีถังปฏิกริยาอย่างน้อยสองถัง เพื่อสลับ

กันทํานซึ่งเรียกว่า sequencing batch reactor (SBR) ในกระบวนการแบบนี้จะใช้ถังปฏิกริยาเป็นทั้งถังเติมอากาศและถังตกตะกอน โดยในช่วงรับน้ำเสียเข้ามาบำบัดจะเป่าอากาศเพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนที่ก้นถัง เป็นเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ระบายหรือสูบน้ำบางส่วนบนออก แล้วจึงเริ่มส่งน้ำเสียเข้าไปบำบัดและทำการเป่าอากาศใหม่สลับกัน เช่นนี้ ข้อมูลที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้พบว่า สามารถทํานได้ดีและใช้เนื้อที่ก่อสร้างน้อยกว่าแบบที่ทํานต่อเนื่องต่างๆไป แต่ต้องการควบคุมการทํานที่ยุ่งยากกว่า

การกำจัดตะกอนส่วนเกิน

ถ้าระบบสามารถควบคุมทํานที่ค่าอายุตะกอนเกิน 20 วันได้ การกำจัดตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) ซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก็สามารถทำได้ง่ายเพียงแต่เพิ่มความเข้มข้น โดยใช้ถังเก็บตะกอนทํานน้ำที่เป็น gravity thickener แล้วสูบน้ำตะกอนที่ก้นถังไปเข้าเครื่องแยกน้ำออกจากตะกอน (sludge dewatering machine) ทําตะกอนสามารถบรรจุถุงเป็นขยะ หรือใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพของดิน

ในกรณีที่ค่าอายุของตะกอนต่ำกว่า 20 วัน จะทําให้ตะกอนส่วนเกินยังสามารถนำได้ต่อ จำเป็นต้องทํางานหนักซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งแบบ aerobic digester หรือ anaerobic digester แบบดังปิดทั้งหมดจะต้องระวังก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น เพราะเป็นก๊าซไวไฟ และต้องมี vacuum breaker และ pressure release valve สำหรับใช้ป้องกันการสูบน้ำตะกอนเข้าและ/หรือออกจากถัง

ความลึกของถัง และ ระดับการไหลของน้ำในระบบ

วิศวกรผู้ออกแบบต้องกำหนดระดับและความลึกของถังต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียให้ผู้ร่วมงานสาขาอื่นได้ทราบตั้งแต่เริ่มการทําน โดยเฉพาะสถาปนิก และวิศวกรโครงสร้าง

โดยทํานไป สถานที่ก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสียจะเป็นบริเวณที่สามารถขยายเพื่อประกอบธุรกิจได้ยาก เช่น ชั้นใต้ดินบริเวณที่ใกล้ที่สุด บริเวณใต้บันไดหรือทางรถวิ่งขึ้นลง เป็นต้น ถ้าโรงบำบัดน้ำเสียตั้งอยู่ที่ระดับต่ำกว่าจุดปล่อยน้ำเสีย ก็ควรออกแบบให้ทําน

ระบบทั้งหมดไหลจากกระบวนการย่อยต่างๆต่อกันไปได้ตามธรรมชาติ จนกระทั่งถึงกระบวนการสุดท้าย ซึ่งหากไม่สามารถไหลออกทางระบายน้ำสาธารณะได้เอง ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำช่วยเพียงจุดเดียว

เพื่อความสะดวกในการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่อยู่ภายในโครงสร้างของอาคาร เรามักจะกำหนดให้ระดับกันดั้มของทุกถังอยู่ที่ระดับเดียวกัน ดังนั้นการเริ่มต้นควรหาระดับต่ำสุดและสูงสุดจึงต้องเริ่มจากการกำหนดที่ความลึกของน้ำในถังตกตะกอนชั้นสองซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.5 เมตร แล้วคำนวณทางชลศาสตร์เพื่อหาค่าความสูญเสียความสูงของก้นน้ำ (head loss) ของกระบวนการที่ทำงานก่อนและหลังจากถังตกตะกอนจนครบทุกถัง ก็จะทราบถึงระดับของน้ำของถังต่างๆในระบบ

ตามปกติค่าความสูญเสียของน้ำของกระบวนการตกตะกอนเร่ง ตั้งแต่ น้ำเสียเข้าจนออกจากระบบมีค่าประมาณ 1.5 - 2.5 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลของน้ำเสียชนิดและขนาดของท่อและ เครื่องจักรอุปกรณ์ ตลอดจนรูปแบบของกระบวนการต่างๆ

เมื่อทราบถึงระดับน้ำในถังต่างๆเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปได้แก่การกำหนดระดับของเพดานของถัง หรือระยะจากระดับน้ำจนถึงฝ้าถ้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ออกแบบว่า มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เนื้อที่สำหรับการซ่อมบำรุงและการดูแลรักษาเท่าใดเป็นหลักการแล้วเราสามารถก่อสร้างช่องเปิดเข้าไปในถังต่างๆได้ ทั้งจากด้านบนและด้านข้าง ถ้าเป็นช่องเข้าทางด้านบนก็ควรจะมีความสูงประมาณ 2 เมตรจากระดับทางเดิน ถ้าเป็นช่องเข้าทางด้านข้างก็ควรมีระยะไม่ต่ำกว่า 1 เมตรโดยนับระยะจาก freeboard สำหรับผนังของถัง เดิมอากาศถ้าเข้าทางด้านข้างควรมีระยะ freeboard ไม่ต่ำกว่า 1 เมตร เพื่อป้องกันคลื่นและฟอง

จากประสบการณ์พบว่า หากก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสียอยู่ภายในอาคารควรจะมี ความสูงจากพื้นถึง เพดานในส่วนนี้ไม่ต่ำกว่า 6.5 เมตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่มี เครื่องจักรและต้องการการบำรุงรักษาสูง

การระบายอากาศ

ความสำคัญของการระบายอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้ง

ลักษณะของการออกแบบ และ เครื่องจักรที่ใช้ ถ้าออกแบบเป็นถัง เปิดออกสู่บรรยากาศภายนอก และ แยกถังต่างๆ ออกเป็นอิสระ ก็สามารถจัดการระบายอากาศตามธรรมชาติได้ เพียงแต่ต้องระวัง เรื่องกลิ่น ไอน้ำ และ ฟองที่อาจจะรบกวนบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น แต่หากเป็นระบบซึ่งก่อสร้างปิดมิดชิดก็จำเป็นต้องมีระบบระบายอากาศที่ดีพอ

ขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาจะ เกิดก๊าซหลายชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ฯลฯ นอกจากนั้นยังมีละอองน้ำ ฟอง สารเคมี เช่นคลอรีน รวมทั้งความร้อนจากเครื่องจักร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบระบายอากาศให้เพียงพอ ปริมาณการถ่ายเทอากาศซึ่งคำนวณจากปริมาตรของอากาศในห้องควรไม่ต่ำกว่า 15 ครั้ง/ชั่วโมง (15 air change per hour)

ถ้าใช้ระบบเป่าอากาศในถังเติมอากาศ ควรจะดูดอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาใช้ เพราะถ้าหากใช้อากาศภายในห้องจะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงและพบว่า มีการหมุนเวียนของอากาศไม่ดีเท่าที่ควร ปริมาณของอากาศส่วนที่ดูดเข้ามานี้จะต้องนำไปเพิ่มขึ้นจากอัตราการถ่ายเทอากาศของห้องตามปกติ

อากาศที่ระบายออกจากระบบควรปล่อยออกที่จุดสูงสุดของอาคาร หรือในบริเวณที่ไม่ก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญต่ออาคารของเราเองและอาคารใกล้เคียง ซึ่งในการนี้จะต้อง เตรียมช่องท่อ เพื่อเอาไว้ตามสมควรด้วย

หน้าที่ของส่วนต่างๆที่ออกแบบในระบบ ACTIVATED SLUDGE

1. EQUALIZING TANK มีหน้าที่ในการทำให้เศษของแข็ง เข้าไปในขบวนการต่างๆ ด้วยอัตราเร็วคงที่
2. COMMUNTOR มีหน้าที่ในการแยกเอาเศษของแข็งตะกอนหนักและตะกอนเบาต่างๆออกจากน้ำเสียก่อนที่ส่ง เข้าไปในขบวนการ
3. AERATION TANK มีหน้าที่ในการเติมอากาศให้กับขบวนการ
4. CLARIFIER มีหน้าที่ในการตกตะกอน
5. CHLORINATION มีหน้าที่ในการฆ่าเชื้อโรค
6. ANAROBIC DIGESTER มีหน้าที่ในการกำจัดตะกอนส่วนเกิน

บทที่ 4

การออกแบบระบบระบายน้ำเสียโดยการคำนวณ

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 18 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ จงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU	ชั้น	FU	ชั้น	FU
1	250	7	150	13	150
2	200	8	200	14	150
3	150	9	150	15	150
4	150	10	200	16	150
5	150	11	150	17	150
6	150	12	200	18	150

hor = ท่อแยกแนวระดับ

air = ท่ออากาศ

sum = ผลรวมสุขภัณฑ์

drain = ท่อระบายน้ำเสโครก

ver = ท่อตั้ง

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการคำนวณด้วยมือจะได้ผลเป็นดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
18	150	100	80	150	200	150	100	80
17	150	100	80	300	200	150	100	80
16	150	100	80	450	200	150	100	80
15	150	100	80	600	200	125	125	100
14	150	100	80	750	200	150	125	100
13	150	100	80	900	200	150	125	100
12	200	125	100	1100	200	150	125	100
11	150	100	80	1250	200	150	150	125
10	200	125	100	1450	250	150	150	125
9	150	100	65	1600	250	150	150	125
8	200	125	80	1800	250	150	150	125
7	150	100	65	1950	250	150	200	125
6	150	100	65	2100	250	150	200	125
5	150	100	65	2250	250	125	200	125
4	150	100	65	2400	250	125	200	125
3	150	100	50	2550	300		250	125
2	200	125	65	2750	300		250	125
1	250	125	65	3000	300		250	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 3 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ จงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU
1	300
2	400
3	250

เมื่อทำการคำนวณด้วยมือจะได้ผลเป็นดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
3	250	125	65	250	200	100	125	65
2	400	150	80	650	200	100	150	80
1	300	125	65	950	200	100	150	80

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 4 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ จงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU
1	300
2	480
3	400
4	450

เมื่อทำการคำนวณด้วยมือจะได้ผลเป็นดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
4	450	150	100	450	200	100	100	65
3	400	150	80	850	200	100	150	100
2	480	150	80	1330	200	100	200	100
1	300	125	65	1630	250	125	200	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

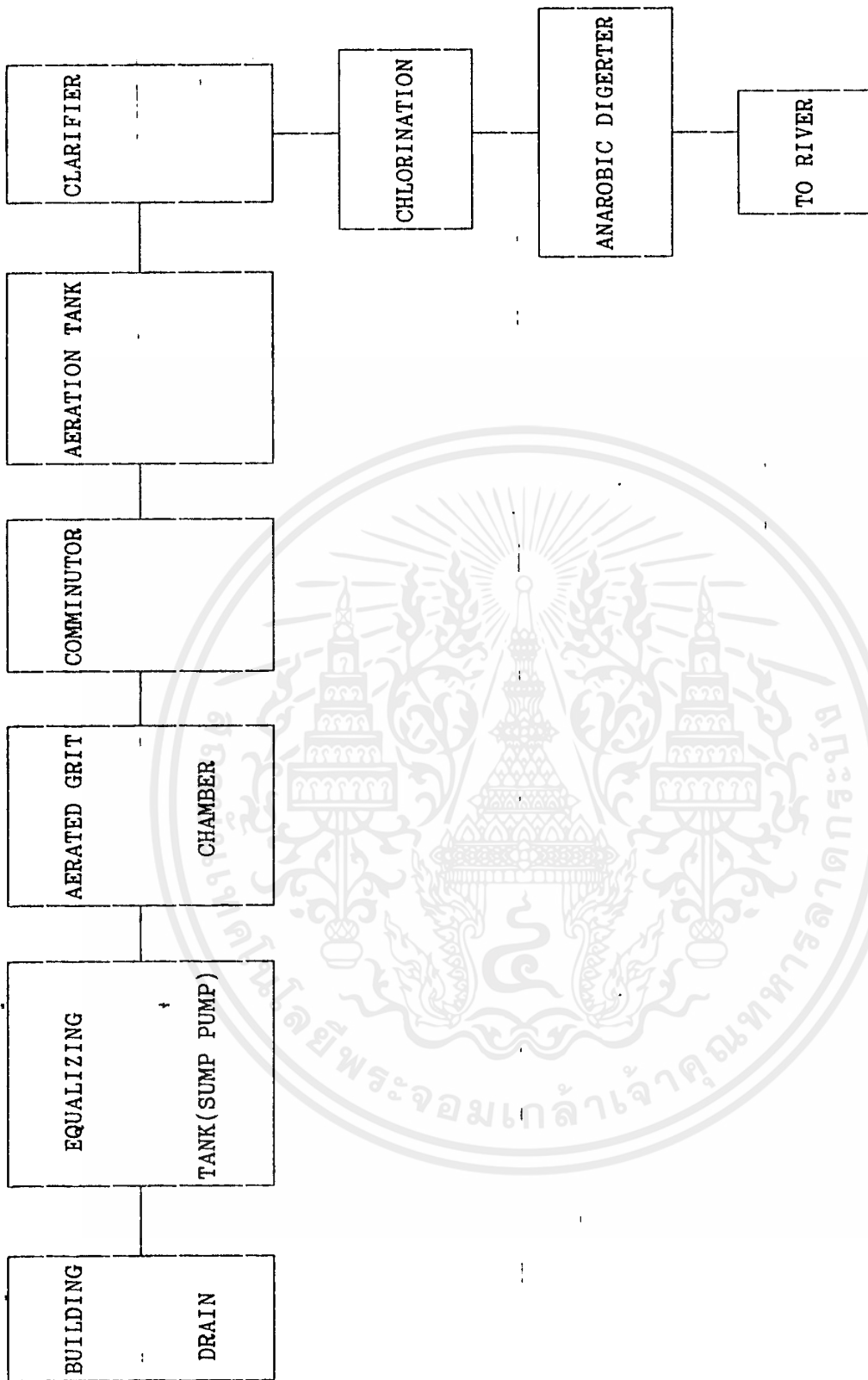
จงออกแบบขนาดท่อน้ำฝนในแนวดิ่ง และแนวนอน โดยกำหนดให้ดังต่อไปนี้
 พื้นที่หลังคาในแนวดิ่ง 200 ตารางเมตร
 พื้นที่หลังคาในแนวนอน 150 ตารางเมตร
 ความลาดเอียงของหลังคา 1 : 50
 ปริมาณฝน 150 มม./ชม.

ขนาดท่อน้ำฝนในแนวดิ่ง เท่ากับ 100 มิลลิเมตร
 ขนาดท่อน้ำฝนในแนวนอน เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง

จงออกแบบขนาดท่อน้ำฝนในแนวดิ่ง และแนวนอน โดยกำหนดให้ดังต่อไปนี้
 พื้นที่หลังคาในแนวดิ่ง 400 ตารางเมตร
 พื้นที่หลังคาในแนวนอน 420 ตารางเมตร
 ความลาดเอียงของหลังคา 1 : 50
 ปริมาณฝน 75 มม./ชม.

ขนาดท่อน้ำฝนในแนวดิ่ง เท่ากับ 100 มิลลิเมตร
 ขนาดท่อน้ำฝนในแนวนอน เท่ากับ 125 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

จงออกแบบระบบบำบัดระบบ Activated Sludge ของโรงพยาบาลที่มี 110เตียง ในการหา Q จากตารางดังนี้ โดยมีระยะห่าง ระหว่างบ่อ building drain และ equalizing tank เท่ากับ 25 เมตร

ตาราง 4.1 ปริมาณของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ

แหล่ง	หน่วย	ปริมาณของน้ำทิ้ง ลิตร/หน่วยวัน
อาคารสำนักงาน	คน	70
โรงพยาบาล	เตียง	1000
โรงแรม	ห้อง	200
โรงเรียน	นักเรียน	150
หอพัก	คน	340
ศูนย์การค้า	คน	100

$$Q = 110 \times 1000 / 1000 = 100 \text{ CMD}$$

คุณสมบัติของน้ำเสีย

$$\text{PH} = 7 - 7.2$$

$$\text{อุณหภูมิ} = 25 - 30 \text{ องศาเซลเซียส}$$

$$\text{สารแขวนลอย (suspended solid)} = 160 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD} = 130 \text{ mg/l}$$

$$\text{PO}_4 = 7.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_3\text{-N} = 8.2 \text{ mg/l}$$

$$\text{Organic-N} = 4.8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Settleable solids} = 5 \text{ mg/l/hr}$$

$$\text{SVI (sludge volume index at 30 minute)} = 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัด

$$\text{BOD} = 20 \text{ mg/l}$$

$$\text{SS} = 22 \text{ mg/l}$$

1. ออกแบบ EQUALIZING TANK

ออกแบบ PUMP เวลาในการสูบลอด 24 ชม. เป็นการไหลอย่างต่อเนื่อง

สำหรับ Areobic Treatment BOD:N:P = 100:5:1

จำนวนของ E.Q. tank ที่จะใช้ (ปกติจะใช้ 2 ตัวหรือมากกว่า) 2

จำนวนเวลาการไหลเข้าของน้ำเสีย (อยู่ในช่วง 6-8 ชม.) ใน 1 วัน 6

ความลึกประสิทธิภาพ (2-6 เมตร) 2.5

ปริมาตรที่ต้องการเท่ากับ $6 \times 110 / 24 = 27.5 \text{ m}^3$

พ.ท.ที่ต้องการในแนวดิ่งเท่ากับ $27.5 / 2.5 = 11 \text{ m}^2$

พ.ท.ที่ต้องการในแนวดิ่งของ E.Q.tank แต่ละตัวเท่ากับ $11 / 2 = 5.50 \text{ m}^2$

อัตราส่วน BOD:N:P สำหรับ aerobic treatment = 100:5:1

$$\text{BOD} = 130 \text{ mg/l}$$

$$\text{N} = 8.2 + 4.8 = 13 \text{ mg/l}$$

$$\text{P} = 7.5 / 3.066 = 2.44 \text{ mg/l}$$

N,P เพียงพอ

PH ของน้ำเสียเท่ากับ 7.2 ไม่ต้องการปรับค่า PH

2. ออกแบบ Comminution

$$Q = 110 \text{ cmd} = 110 \times 10^3 / 3.785 = 29062.1 \text{ gal/day}$$

hourly peaking factor(2-4) 4

$$\text{maximum hourly flow rate} = 29062.1 \times 4 = 116248.4 \text{ gal/day}$$

Drum Diameter = 7 inch

Drum RPM = 56

Slot Width = 1/4 inch

Horse Power = 1/4

ตารางที่ 4.2 Comminutor Selection

Maximum hourly Rates of flow	Drum Diameter	Drum Rpm	slot width	Horse Power
0.09	4 "	56	1/4"	1/4
0.24	7 "	56	1/4"	1/4
0.36	7 "	56	1/4"	1/4
1.08	10 "	45	1/4"	1/2
2.4	15 "	37	1/4"	3/4
6.1	25 "	25	3/8"	1-1/2
11.1	25 "	25	3/8"	1-1/2
24.0	36 "	15	3/8"	2

3. ออกแบบ Aeration Tank

BOD loading rate = 1 kg/m^3 at aeration tank per day

90% of the BOD is to be removed

1. Calculate total influent BOD in kg/d

$$\text{Total BOD} = 110 \times 130 / 1000 = 14.30 \text{ kg/d}$$

2. Determine the volume of aeration tank

$$\text{volume} = 14.30 / 1.00 = 14.30 \text{ m}^3$$

3. Determine BOD in the effluent

$$\text{BOD in the effluent} = 130 - 0.9 \times 130 = 13.00 \text{ mg/l}$$

$$\text{Total BOD removed} = 0.9 \times 14.30 = 12.87 \text{ mg/l}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Determine the hydraulic loading rate

$$\text{HLR} = 110 / 14.30 = 8.46 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ per day}$$

5. Determine the Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS) concentration

Assume sludge solid loading = 0.3 kg BOD/kg dried activated sludge per day

$$\text{MLSS} = 1000 / 0.3 = 3333.33 \text{ g/m}^3$$

6. Determine the return sludge concentration (X_r)

$$\text{SVI} = 100 \text{ mL/g}$$

$$X_r = 10^6 / 100 = 10000.00 \text{ mg/l}$$

7. Determine total excess sludge produced

$$(dx) = Y(ds) - K_d(X)$$

$$Y = \text{yield coefficient (0.6 - 1.2)}$$

$$ds = \text{BOD}_5 \text{ removed per m}^3 \text{ of aeration tank volume per day}$$

$$k_d = \text{endogenous coefficient, d}^{-1} (0.03-1)$$

$$\text{excess sludge production per m}^3 \text{ of aeration tank volume per day} = 1(12.87) / 14.30 = 0.9 \text{ kg/m}^3 \text{ per day}$$

$$\text{Total excess sludge produced} = 0.9 \times 14.30 = 12.89 \text{ kg/d}$$

8. Determine the volume of sludge wasted

$$\begin{aligned} \text{Volume of the sludge wasted} &= 12.89 \times 100 / (1 \times 1000) \\ &= 1.29 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

9. Determine the quantity of return sludge

$$\begin{aligned} \text{Total excess sludge produced} &= 0.9 \times 14.30 / 10000 \times 10^{-3} \\ &= 1.29 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

$$\text{Recirculation ratio} = 3300 / (10000 - 3300) = 0.5$$

$$\text{Quantity of return sludge} = 110 \times 0.5 / 24 = 2.29 \text{ m}^3/\text{hr}$$

10. Calculate total oxygen required

O_w = oxygen consumption of wastewater

r = ratio of oxygen transfer to waste to the oxygen transfer to tap water

O_t = oxygen consumption of tap water

Y' = yield coefficient (0.3 - 0.6)

k_d' = endogenous coefficient (0.07 - 0.2)

oxygen consumption of wastewater

$$= 0.5 \times 12.89 / 14.30 + 0.1 \times 3.3$$

$$= 0.78 \text{ kg o/m}^3 \text{ per day}$$

$$\text{Total oxygen required} = 0.78 \times 14.30 = 11.20 \text{ kg/d}$$

11. calculate the actual air supply

Since every m^3 of air contains 280 g of oxygen

$$\text{Air required} = 11.20 \times 1000 / 280 = 40.01 \text{ m}^3 \text{ of air per day}$$

Assume that the efficiency of oxygen transfer by the aeration system is 6%

$$\text{Actual quantity of air to be supplied} = 40.01 / 0.06$$

$$= 666.77 \text{ m}^3 \text{ of air/d}$$

$$\text{Actual air supplied} = 666.77 / 110$$

$$= 6.06 \text{ m}^3 \text{ air/m}^3 \text{ of wastewater}$$

$$= 666.77 / 12.89$$

$$= 51.81 \text{ m}^3 \text{ air/kg BOD removed}$$

$$= 666.77 / 14.30$$

$$= 46.63 \text{ m}^3 \text{ air/m}^3 \text{ of aeration tank per d}$$

$$= 16.63 / 24$$

$$= 1.94 \text{ m}^3 \text{ air/m}^3 \text{ of aeration tank per hr}$$

12. Determine the number of diffuser required

Use fine - bubble aeration which can supply 30 m^3 air per hour per diffuser

$$\text{No. of diffuser} = 666.77 / (24 \times 30) = 0.93$$

4. ออกแบบ CLARIFER

$$\text{Surface Loading Rate (SLR)} = 1.0 - 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}(\text{use } 1.0)$$

$$Q \text{ actual} = 110 - 0.1 \times 110 = 99 \text{ CMD}$$

area (horizontal) of clarifier required

$$= 99 \times 1 / 24 = 4.13 \text{ m}^2$$

Note

Design number of clarifier = 2 for safety

5. ออกแบบ Chlorination

$$\text{Detention time in contacting tank} = 15 - 30 \text{ min } 20$$

$$\text{disinfectant dose} = 2-8 \text{ mg/l } 6$$

$$\text{Volume of contacting tank} = 110 \times 20 / (24 \times 60)$$

$$= 1.53 \text{ m}^3$$

$$\text{concentration of chlorine solution} = 20 \text{ g/l}$$

$$\text{chlorine flow rate} = 110 \times 6 / (20 \times 10^3)$$

$$= 0.03 \text{ m}^3/\text{d}$$

volume chlorine solution tank

$$= 1 \text{ day consumption of chlorine solution}$$

$$= 0.03 \times 1 = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{consumption rate of calcium chloride} = 100 \times 0.033 \times 20 / 65$$

$$= 1.02 \text{ kg/d}$$

Amount of calcium chloride in storage should generally

contains no less than 10 days consumption.

$$\text{capacity} \geq 10 \times 1.02 = 10.15 \text{ kg (storage)}$$

6. ออกแบบ Anaerobic Digester

1. Raw sludge characteristics:

Concentration of solids = 5.0 %

Fixed solids = 35 %

Volatile solids = 65 %

2. Detention period = 45d

3. 70% of the volatile material is converted to liquids or gas

4. Specific gravity of organic material in the sludge = 1.20

5. Specific gravity of inorganic material in the sludge = 2.60

6. At the end of the 45 day digestive period, the digested sludge has a moisture content of 85%

7. Raw sewage contains 350 mg/l of suspended solids

S_v = Specific gravity of volatile solids (organic solids)

S_f = Specific gravity of fixed solids (inorganic solids)

P_v = Percent volatile solids

$$\text{specific gravity of sludge} = \frac{100S_vS_f}{100S_v + P_v(S_f - S_v)}$$

$$= \frac{100(1.2)(2.6)}{100(1.2) + 65(2.6 - 1.2)}$$

$$= 1.48$$

$$\text{weight of dry solids} = 110 \times 350 \times 0.9 \times 1000 / 1000$$

$$= 34650.00 \text{ g}$$

Volume of the raw sludge collected each day

$$= \frac{34650}{1.0} \left[\frac{100(1.0) + 85(1.47 - 1)}{(100-85)(1.48)(1.0)} \right]$$

$$= 219,780 \text{ cm}^3$$

$$= 219.78 \text{ L/day}$$

Amount of dry solids entering = 34650 g/day

Amount remaining at end of 45 days

$$= 34650 - 34650(0.65)(0.7)$$

$$= 18884.25 \text{ g/day}$$

$$\text{specific gravity of digested sludge} = \frac{100S_v S_f}{100S_v + P_v(S_f - S_v)}$$

$$P_v = 0.65 \times 0.70 \times 100 = 45.5$$

$$\text{specific gravity of digested sludge} = 1.70$$

$$\text{specific gravity of digested sludge} = \frac{100 \times 1.2 \times 2.6}{100(1.2) + 45.5(2.66 - 1.2)}$$

Volume of digested sludge

$$= 18884.25 \frac{100 \times 1 + 90(1.7 - 1.0)}{1(100 - 90)(1.7)(1)}$$

$$= 18108 \text{ CMD}$$

$$= 181.08 \text{ L/d}$$

Volume of digester

$$V_f = \text{Volume per day of fresh sludge}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_d = volume of digested sludge after time

$$\begin{aligned}
 v &= [V_f - \frac{2}{3}(V_f - V_d)]t \\
 &= [219.78 - \frac{2}{3}(219.78 - 181.08)] \times 45 \\
 &= 8729.06 \text{ L}
 \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบระบบระบายน้ำเสียโดยไมโครคอมพิวเตอร์

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 18 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ จึงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU	ชั้น	FU	ชั้น	FU
1	250	7	150	13	150
2	200	8	200	14	150
3	150	9	150	15	150
4	150	10	200	16	150
5	150	11	150	17	150
6	150	12	200	18	150

hor = ท่อแยกแนวระดับ

air = ท่ออากาศ

sum = ผลรวมสุขภัณฑ์

drain = ท่อระบายน้ำโสโครก

ver = ท่อตั้ง

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คอมพิวเตอร์คำนวณ จะได้ผลดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
18	150	100	80	150	200	150	100	80
17	150	100	80	300	200	150	100	80
16	150	100	80	450	200	150	100	80
15	150	100	80	600	200	125	125	100
14	150	100	80	750	200	150	125	100
13	150	100	80	900	200	150	125	100
12	200	125	100	1100	200	150	125	100
11	150	100	80	1250	200	150	150	125
10	200	125	100	1450	250	150	150	125
9	150	100	65	1600	250	150	150	125
8	200	125	80	1800	250	150	150	125
7	150	100	65	1950	250	150	200	125
6	150	100	65	2100	250	150	200	125
5	150	100	65	2250	250	125	200	125
4	150	100	65	2400	250	125	200	125
3	150	100	50	2550	300		250	125
2	200	125	65	2750	300		250	125
1	250	125	65	3000	300		250	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 3 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวน
หน่วยสุขภัณฑ์ จงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU
1	300
2	400
3	250

เมื่อใช้คอมพิวเตอร์คำนวณจะได้ผลดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
3	250	125	65	250	200	100	125	65
2	400	150	80	650	200	100	150	80
1	300	125	65	950	200	100	150	80

ตัวอย่าง

อาคารสำนักงานขนาดความสูง 4 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 3.0 เมตร และมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ จงกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศที่เหมาะสม

ชั้น	FU
1	300
2	480
3	400
4	450

เมื่อใช้คอมพิวเตอร์คำนวณจะ ได้ผลดังนี้

ชั้นที่	FU	hor	air	sum	drain	air	ver	air
4	450	150	100	450	200	100	100	65
3	400	150	80	850	200	100	150	100
2	480	150	80	1330	200	100	200	100
1	300	125	65	1630	250	125	200	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

จงออกแบบขนาดท่อนี้ฝนานแนวตั้ง และแนวนอน โดยกำหนดให้ดังต่อไปนี้
 พื้นที่หลังคาแนวตั้ง 200 ตารางเมตร
 พื้นที่หลังคาแนวนอน 150 ตารางเมตร
 ความลาดเอียงของหลังคา 1 : 50
 ปริมาณฝน 150 มม./ชม.

ขนาดท่อนี้ฝนานแนวตั้ง เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ขนาดท่อนี้ฝนานแนวนอน เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง

จงออกแบบขนาดท่อนี้ฝนานแนวตั้ง และแนวนอน โดยกำหนดให้ดังต่อไปนี้
 พื้นที่หลังคาแนวตั้ง 400 ตารางเมตร
 พื้นที่หลังคาแนวนอน 420 ตารางเมตร
 ความลาดเอียงของหลังคา 1 : 50
 ปริมาณฝน 75 มม./ชม.

ขนาดท่อนี้ฝนานแนวตั้ง เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ขนาดท่อนี้ฝนานแนวนอน เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง

จงออกแบบระบบบำบัดระบบ ACTIVATED SLUDGE ของโรงพยาบาลที่มี 110
 เตียง โดยมีระยะห่างระหว่างบ่อ building drain และ equalizing tank เท่ากับ
 25 เมตร

คุณสมบัติของน้ำเสีย

PH = 7 - 7.2

อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส

สารแขวนลอย(suspended solid) = 160 มิลลิกรัม/ลิตร

BOD(soluble) = 130 มิลลิกรัม/ลิตร

PO4 = 7.5 มิลลิกรัม/ลิตร

NH3-N = 8.2 มิลลิกรัม/ลิตร

Organic-N = 4.8 มิลลิกรัม/ลิตร

Settleable solids = 5 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง

SVI(sludge volume index at 30 minute) = 100

คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัด

BOD(require) = 20 มิลลิกรัม/ลิตร

สารแขวนลอย = 22 มิลลิกรัม/ลิตร

1. Equalizing tank

จำนวนของ equalizing tank ที่ใช้ 2

จำนวนเวลาการไหลเข้าของน้ำเสีย 6.0E+00

ความลึกประสิทธิภาพ 2.5E+00

ปริมาตร equalizing tank ที่ต้องการ เท่ากับ 2.8E+01 ลูกบาศก์เมตร

พื้นที่ที่ต้องการ(ในแนวตั้ง) ของ equalizing แต่ละตัว เท่ากับ 5.5E+00 m²

กำลังของเครื่องสูบน้ำ เท่ากับ 3.1E-01 กิโลวัตต์

2. Comminution

hourly peaking factor 4

maximum hourly flow rate = 1.2E-01 Mgal/day

Drum Diameter = 7 inch

Drum RPM = 56

Slot Width = 1/4 inch

Horse Power = 1/4

3. Aeration Tank

volume aeration tank = $1.4E+01m^3$

BOD in the effluent = $1.3E+01mg/l$

Total BOD removed = $1.3E+01mg/l$

HLR = $8.5E+00m^3/m^3$ per day

MLSS = $3.3E+03g/m^3$

X_r = $1.0E+04mg/l$

excess sludge production per m^3 of aeration tank volume per day
= $9.0E-01kg/m^3$ per day

Total excess sludge produced = $1.3E+01kg/d$

Volume of the sludge wasted = $1.3E+00m^3/d$

total excess sludge produced = $1.3E+00m^3/d$

Recirculation ratio = $5.0E-01$

Quantity of return sludge = $2.3E+00m^3/h$

oxygen consumption of wastewater = $7.8E-01kg\ o/m^3$ per day

Total oxygen required = $1.1E+01kg/d$

Air required = $4.0E+01m^3$ of air per day

Actual quantity of air to be supplied = $6.7E+02m^3$ of air/d

Actual air supplied = $6.1E+00m^3$ air/ m^3 of wastewater

= $5.2E+01m^3$ air/kg BOD removed

= $4.7E+01m^3$ air/ m^3 of aeration tank per d

= $1.9E+00m^3$ air/ m^3 of aeration tank per h

No. of diffuser = $9.3E-01$

4. Clarifier

area (horizontal) of clarifier required = $4.1E+00m^2$

Design number of clarifier = 2 for safety

5. Chlorination

detention time in contacting tank = $2.0E+01$

disinfectant dose = $6.0E+00$

Volume of contacting tank = $1.5E+00m^3$

chlorine flow rate = $3.3E-02m^3/d$

volume chlorine solution tank = $3.3E-02M^3$

consumption rate of calcium chloride = $1.0E+00kg/d$

capacity $\geq 1.0E+01kg$ (storage)

6 Anaerobic Digester

specific gravity of sludge = $1.5E+00$

weight of dry solids = $3.5E+04g$

Volume of the raw sludge collected each day $2.2E+02L/day$

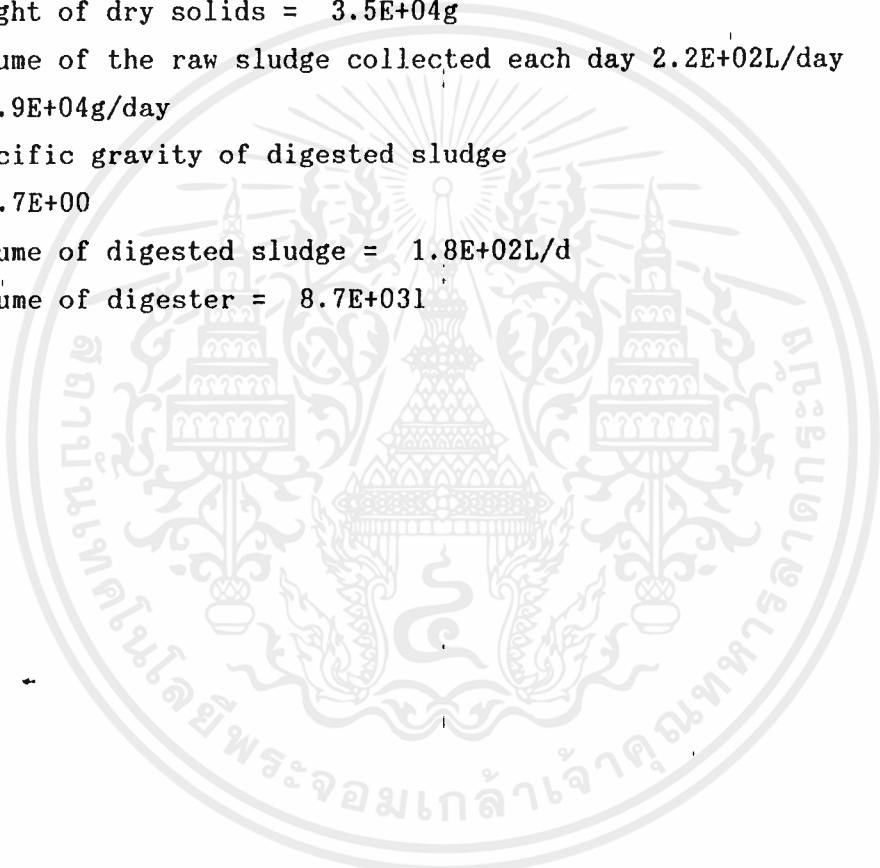
= $1.9E+04g/day$

specific gravity of digested sludge

= $1.7E+00$

volume of digested sludge = $1.8E+02L/d$

volume of digester = $8.7E+03l$



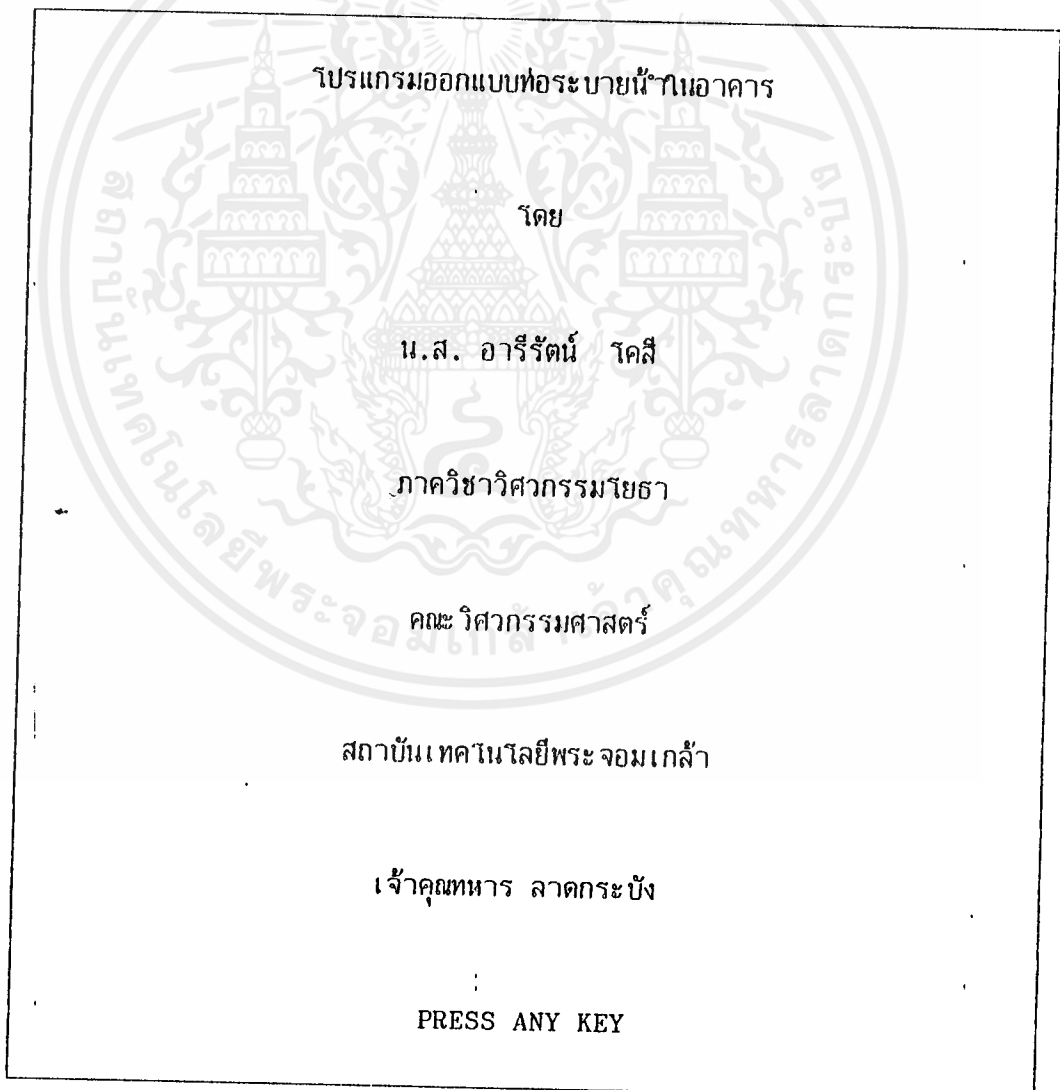
บทที่ 6

วิธีใช้โปรแกรม

การเริ่มใช้โปรแกรมออกแบบท่อระบายน้ำเสีย

ขั้นตอน

1. ใส่แผ่น Disk ที่มีโปรแกรมออกแบบท่อระบายน้ำใน Drive A:
2. ทดสอบ Boot Dos
3. ให้ป้อน Date และ Time
4. เข้าภาษาไทย โดยเรียก Thai ของ โปรแกรม cu word
5. เรียก Drainage
 - จากนั้นจะปรากฏ จอภาพดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกดคีย์จะปรากฏ Menu ดังนี้

<p>เมนูเลือกการทํานาน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ออกแบบ 2. พิมพ์ข้อมูลทางหน้าจอ 3. พิมพ์ข้อมูลทาง เครื่องพิมพ์ 4. เลิกการทํานาน <p>เลือกรายการ _____</p>

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1,2,3 หรือ 4 แล้วกด Enter

หมายเลข 1 ออกแบบ ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำในอาคาร

หมายเลข 2 พิมพ์ข้อมูลทางหน้าจอ ใช้ในการพิมพ์ผลข้อมูลออกหน้าจอ

หมายเลข 3 พิมพ์ข้อมูลทาง เครื่องพิมพ์ ใช้ในการพิมพ์ผลข้อมูลทาง เครื่องพิมพ์

หมายเลข 4 เลิกการทํานาน ใช้ในการออกจากโปรแกรมออกแบบท่อระบายน้ำในอาคาร

1. การใช้ Menu 1 ออกแบบ

<p>เมนูออกแบบ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เปิดเพิ่มข้อมูลใหม่ 2. แก้ไขเพิ่มข้อมูลเก่า 3. กลับสู่เมนูเลือกการทํานาน <p>เลือกรายการ 1</p> <p>ใส่ชื่อไฟล์ข้อมูล Example แล้วกด Enter</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1,2 หรือ 3 แล้วกด Enter

หมายเลข 1 เปิดเพิ่มข้อมูลใหม่ ใช้ในการออกแบบรายการใหม่ ถ้าเขียนชื่อเพิ่มข้อมูลใหม่ เครื่องจะเก็บรายการออกแบบใหม่ทับไป

หมายเลข 2 แก้ไขเพิ่มข้อมูลเก่า ใช้ในการแก้ไขรายการออกแบบของเดิม

หมายเลข 3 กลับสู่เมนูเลือกการทำงาน ใช้ในการออกจากโปรแกรม

1.1 เมื่อใส่ชื่อเพิ่มข้อมูลแล้ว โปรแกรมจะแสดง

เมนูรายการออกแบบ

1. ออกแบบท่อระบายน้ำเสียและอากาศ
2. ออกแบบท่อระบายน้ำฝน
3. ออกแบบบ่อบำบัด
4. กลับสู่เมนูออกแบบ

เลือกรายการ _____

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1,2,3 หรือ 4 แล้วกด Enter

หมายเลข 1 ออกแบบท่อระบายน้ำเสียและอากาศ ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย

หมายเลข 2 ออกแบบท่อระบายน้ำฝน ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำฝน

หมายเลข 3 ออกแบบบ่อบำบัด ใช้ในการออกแบบบ่อบำบัด

1.1.1 เมื่อเลือกหมายเลข 1 ออกแบบท่อระบายน้ำเสียและอากาศ
โปรแกรมจะแสดง

เมนูเลือกวิธีการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย

1. การออกแบบโดยใช้หน่วยสุขภัณฑ์ (FU)
2. การออกแบบโดยใช้จำนวนสุขภัณฑ์
3. กลับสู่เมนูรายการออกแบบ

เลือกรายการ ____

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1, 2 หรือ 3 แล้วกด Enter

หมายเลข 1. การออกแบบโดยใช้หน่วยสุขภัณฑ์ (FU) ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย โดยผู้ใช้งานจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)

หมายเลข 2. การออกแบบโดยใช้จำนวนสุขภัณฑ์ ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย โดยผู้ใช้งานจำนวนสุขภัณฑ์

- เมื่อเลือกหมายเลข 1 การออกแบบโดยใช้จำนวนหน่วยสุข-
ภัณฑ์ โปรแกรมจะแสดง

เมนูเลือกวิธีการออกแบบท่อระบายน้ำเสีย

1. การออกแบบโดยใช้หน่วยสุขภัณฑ์ (FU)
2. การออกแบบโดยใช้จำนวนสุขภัณฑ์
3. กลับสู่เมนูรายการออกแบบ

เลือกรายการ 1

จำนวนชั้นของอาคาร ____

1. เมื่อใส่จำนวนชั้นของอาคาร โปรแกรมจะแสดง

การคำนวณชั้นที่
จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ของชั้นที่ $_ = _$

2. เมื่อใส่จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ โปรแกรมจะแสดง

การออกแบบขนาดท่อแยกแนวระดับ
ขนาดท่อแยกแนวระดับ = $_$

PRESS ANY KEY

โปรแกรมจะบอกขนาดท่อแยกแนวระดับ

3. เมื่อกดคีย์ โปรแกรมจะแสดง

การหาขนาดของท่ออากาศ
ความยาวสูงสุดของท่ออากาศ (เมตร)
ท่ออากาศขนาด

PRESS ANY KEY

โปรแกรมจะบอกขนาดท่ออากาศของท่อแยกแนวระดับ

4. เมื่อกดคีย์ โปรแกรมจะแสดง

จำนวนผลรวมของหน่วยสุขภัณฑ์เท่ากับ $_$

PRESS ANY KEY

5. เมื่อกดคีย์ โปรแกรมจะแสดง

การออกแบบท่อระบายน้ำโสโครก

เลือกความลาดเอียง

1. 1 : 200
2. 1 : 100
3. 1 : 50
4. 1 : 25
5. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ 1

การออกแบบขนาดท่อระบายน้ำโสโครก

ขนาดท่อระบายน้ำโสโครก ความลาดเอียง 1 : 200 = _____

PRESS ANY KEY

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1,2,3,4 หรือ 5 โปรแกรมจะให้ผู้
 ผู้ใช้เลือกความลาดเอียงของท่อระบายน้ำโสโครก
 โปรแกรมจะบอกขนาดท่อระบายน้ำโสโครก และ จะบอกถึงความลาด
 เอียง ที่ผู้ใช้เลือก กรณีนี้ผู้ใช้เลือก 1 คือ ความลาดเอียง 1 : 200

6. เมื่อกดคีย์ โปรแกรมจะแสดง

การหาขนาดของท่ออากาศ

ความยาวสูงสุดของท่ออากาศ(เมตร)

ท่ออากาศขนาด

PRESS ANY KEY

โปรแกรมจะบอกขนาดท่ออากาศของท่อระบายน้ำโสโครก

7. เมื่อกดคีย์ โปรแกรมจะแสดง

การออกแบบท่อระบายน้ำโสโครก

เลือกความลาดเอียง

1. 1 : 200
2. 1 : 100
3. 1 : 50
4. 1 : 25
5. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ _____

ผู้ใช้โปรแกรมกดคีย์ 5 แล้วกด Enter โปรแกรมจะแสดง

การออกแบบท่อคัง

เลือกจำนวนชั้น

1. ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น
2. ความยาวเกิน 3 ชั้น
3. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ _____

หมายเลข 1 ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น หมายถึงการออกแบบท่อคังที่อยู่
านชั้นที่ 1 ถึง ชั้นที่ 3

หมายเลข 2 ความยาวเกิน 3 ชั้น หมายถึงการออกแบบท่อคังที่อยู่ตั้ง
แต่ชั้นที่ 3 ขึ้นไป

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1,2 หรือ 3 แล้วกด Enter

7.1 เมื่อเลือก 1 คือ ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น โปรแกรมจะ

แสดง

การออกแบบท่อดิ่ง

เลือกจำนวนชั้น

1. ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น
2. ความยาวเกิน 3 ชั้น
3. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ 1

การออกแบบขนาดท่อดิ่ง

ขนาดท่อดิ่ง ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น = _____

PRESS ANY KEY

โปรแกรม จะบอกขนาดท่อดิ่งความยาวไม่เกิน 3 ชั้น

7.2 เมื่อเลือก 2 ความยาวเกิน 3 ชั้น โปรแกรมจะแสดง

การออกแบบท่อดิ่ง

เลือกจำนวนชั้น

1. ความยาวไม่เกิน 3 ชั้น
2. ความยาวเกิน 3 ชั้น
3. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ 2

เลือกความยาวท่อ

1. ความยาวตลอดท่อ
2. ความยาวแต่ละชั้น
3. เลิกการทำงาน

เลือกรายการ 1

การออกแบบขนาดท่อดิ่ง

ขนาดท่อดิ่ง = _____

PRESS ANY KEY

ทุกชั้น

ชั้น

หมายเลข 1 ความยาวตลอดท่อ หมายถึง ความยาวของท่อดิ่งตลอดท่อ

หมายเลข 2 ความยาวแต่ละชั้น หมายถึง ความยาวของท่อดิ่งในแต่ละ

สามารถเลือกรายการโดยกดคีย์ 1, 2 หรือ 3 แล้วกด Enter โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ เลือกลักษณะความยาวของท่อดิ่ง

- เมื่อเลือกหมายเลข 2 การออกแบบโดยใช้จำนวนสุกัณฑ์

โปรแกรมจะแสดง

เมนูเลือกวิธีการออกแบบที่อธิบายไว้เสีย

1. การออกแบบโดยใช้น้ำสุกัณฑ์ (FPU)
2. การออกแบบโดยใช้น้ำจำนวนสุกัณฑ์
3. กลับสู่เมนูรายการออกแบบ

เลือกรายการ 2

จำนวนชั้นของอาคาร _____

1. เมื่อใส่จำนวนชั้นของอาคาร โปรแกรมจะแสดง

รายการสุขภัณฑ์

1. อ่างอาบน้ำ(BT)
2. บิเดท์ (โถปัสสาวะหญิง)(BD:Bidet)
3. อ่างซึกล้าง (Sink)
4. อ่างล้างชามพร้อมที่บดเศษอาหาร
5. น้ำพุดื่ม(DF:Drinking Fountain)
6. เครื่องล้างชาม(ตามบ้าน)
7. ช่องระบายน้ำที่พื้น(FD:Floor Drain)
8. อ่างล้างในครัว(KS:Kitchen sink)
9. อ่างล้างมือ(LAV)
10. ฝักบัวอาบน้ำ(SD:Shower drain)
11. โถปัสสาวะชาย(angle valve)(UR)
12. โถปัสสาวะชาย(flush valve)(UR)
13. โถส้วม(flush tank)(WC)
14. โถส้วม(flush valve)(WC)
15. เลือกรายการ

2. เมื่อเลือกจำนวนสุขภัณฑ์ โปรแกรมจะแสดง

จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ของชั้นที่ _____

มีค่าเท่ากับ

PRESS ANY KEY

ขั้นต่อไปเหมือนกับ การออกแบบโดยใช้จำนวนสุขภัณฑ์

1.2.2 เมื่อเลือกหมายเลข 2 ออกแบบที่ระบายน้ำฝน โปรแกรมจะ
แสดงดังนี้

โปรแกรมออกแบบที่ระบายน้ำฝน

รายการออกแบบ

1. ออกแบบที่น้ำฝนในแนวตั้ง
2. ออกแบบที่น้ำฝนในแนวนอน
3. กลับสู่เมนูเลือกการคำนวณ

เลือกรายการ _____

หมายเลข 1 ออกแบบที่น้ำฝนในแนวตั้ง ใช้ในการคำนวณออกแบบที่
น้ำฝนในแนวตั้ง โดยคิดพื้นที่ตามทฤษฎี บทที่ 3

หมายเลข 2 ออกแบบที่น้ำฝนในแนวนอน ใช้ในการออกแบบที่น้ำฝน
ในแนวนอน โดยคิดพื้นที่ตามลักษณะของหลังคา

- เมื่อเลือกหมายเลข 1 ออกแบบที่น้ำฝนในแนวตั้ง โปรแกรมจะ
แสดง ดังนี้

1. โปรแกรมจะถามพื้นที่หลังคานแนวตั้ง กรอกเลขเป็นจำนวนเต็ม

ออกแบบท่อน้ำฝนในแนวตั้ง

พื้นที่หลังคานแนวตั้ง (ตาราง เมตร) 200

เลือกอัตราฝน

1. 25 มม./ชม.

2. 50 มม./ชม.

3. 75 มม./ชม.

4. 100 มม./ชม.

5. 125 มม./ชม.

6. 150 มม./ชม.

7. 175 มม./ชม.

8. 200 มม./ชม.

9. กลับสู่เมนูออกแบบท่อระบายน้ำฝน

เลือกรายการ _____

ขนาดของท่อระบายน้ำฝนในแนวตั้ง =

- เมื่อเลือกหมายเลข 2 ออกแบบท่อน้ำฝนในแนวนอน โปรแกรมจะ
แสดง ดังนี้

1. โปรแกรมจะถามพื้นที่หลังคานแนวนอน กรอกเลขเป็นจำนวนเต็ม

ออกแบบท่อน้ำฝนในแนวนอน

พื้นที่หลังคานแนวนอน (ตาราง เมตร) _____

2. เมื่อใส่พื้นที่หลังคานานแนวนอน โปรแกรมจะแสดง

ออกแบบท่อน้ำฝนแนวนอน
พื้นที่หลังคานานแนวนอน (ตาราง เมตร) _____

เลือกความลาดเอียง

1. 1 : 100
2. 1 : 50
3. 1 : 25
4. กลับสู่เมนูออกแบบท่อระบายน้ำฝน

เลือกรายการ _____

3. เมื่อเลือกความลาดเอียง โปรแกรมจะแสดง

เลือกอัตราฝน

1. 50 มม./ชม.
2. 75 มม./ชม.
3. 100 มม./ชม.
4. 125 มม./ชม.
5. 150 มม./ชม.
6. กลับสู่เมนูออกแบบท่อระบายน้ำฝน

เลือกรายการ _____

ขนาดของท่อระบายน้ำในแนวนอน =

1.2.3 เมื่อเลือกออกแบบบ่อบำบัด โปรแกรมจะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบบำบัดโดยวิธี ACTIVATED SLUDGE

รายการชนิดอาคาร

1. อาคารสำนักงาน
2. โรงพยาบาล
3. โรงแรม
4. โรงเรียน
5. หอพัก
6. ศูนย์การค้า
7. ที่อยู่อาศัย (บ้าน)

เลือกรายการ

เมื่อเลือกรายการประเภทของอาคารแล้ว โปรแกรมจะถามจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในอาคารเหล่านั้น

Q cmd

คุณสมบัติของน้ำเสีย

PH = 7 - 7.2

อุณหภูมิ = 25 - 30 องศาเซลเซียส

สารแขวนลอย (suspended solid) = 160 mg/l

BOD = 130 mg/l

PO₄ = 7.5 mg/l

NH₃-N = 8.2 mg/l

Organic-N = 4.8 mg/l

Settleable solids = 5 mg/l/hr

SVI (sludge volume index at 30 minute) = 100

คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัด

BOD = 20 mg/l

ss = 22 mg/l

PRESS ANY KEY

โปรแกรมจะบอกถึงข้อจำกัดของระบบ Activated Sludge , คุณสมบัติของน้ำเสีย และคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัด

1. EQUALIZING TANK

ออกแบบ PUMP เวลาในการสูบตลอด 24 ชม. เป็นการไหลอย่างต่อเนื่อง

สำหรับ Areobic Treatment BOD:N:P = 100:5:1

จำนวนของ EQ TANK ที่จะใช้ (ปกติจะใช้ 2 ตัวหรือมากกว่า) _

จำนวนเวลาการไหลเข้าของน้ำเสีย (อยู่ในช่วง 6-8 ชม.) ใน 1 วัน _

ความลึกประสิทธิภาพ (2-6 เมตร) _

ปริมาตรที่ต้องการเท่ากับ m^3

พ.ท.ที่ต้องการในแนวดิ่งเท่ากับ m^2

พ.ท.ที่ต้องการในแนวดิ่งของ EQ TANK แต่ละตัวเท่ากับ m^2

อัตราส่วน BOD:N:P สำหรับ aerobic treatment = 100:5:1

BOD = 130 mg/l

N = 13 mg/l

P = 2.44 mg/l

N, P เพียงพอ

PH ของน้ำเสียเท่ากับ 7.2 ไม่ต้องการปรับค่า PH

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบ EQ TANK โปรแกรมจะบอกถึง คุณสมบัติด้านส่วนที่
ใช้ในการออกแบบ SUMP PUMP โดย จะให้ผู้ใช้งานป้อนจำนวนของ SUMP PUMP ที่จะใช้ ,
จำนวนเวลาการไหลเข้าของน้ำเสีย ใน 1 วัน และความลึกของ SUMP PUMP ที่สา
มารถที่จะสร้างได้ เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จ จะได้ปริมาตรที่ต้องการในการสร้าง SUMP PUMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออกแบบ Comminution

hourly peaking factor(2-4)

maximum hourly flow rate = Mgal/day

Drum Diameter = inch

Drum RPM =

Slot Width = inch

Horse Power =

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ Comminution โปรแกรมจะแสดงให้ผู้เลือกใช้
Hourly peaking factor ทาให้ได้ขนาดของ Comminution ออกมา

3. ออกแบบ Aeration Tank

BOD loading rate = 1 kg/m^3 at aeration tank per day

90% of the BOD is to be removed

1. Calculate total influent BOD in kg/d

Total BOD = kg/d

2. Determine the volume of aeration tank

volume = m^3

3. Determine BOD in the effluent

BOD in the effluent = mg/l

Total BOD removed = mg/l

4. Determine the hydraulic loading rate

HLR = m^3/m^3 per day

5. Determine the Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)

concentration

Assume sludge solid loading = $0.3 \text{ kg BOD/kg dried}$

activated sludge per day

MLSS = g/m^3

6. Determine the return sludge concentration (X_r)

SVI = mL/g

X_r = mg/l

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบ Aeration Tank มีทั้งหมด 12 ขั้นตอน ผลการคำนวณ
ในแต่ละขั้นตอนมาจากคุณสมบัติของน้ำเสียของต้นโปรแกรมซึ่งเป็นข้อกำหนดของระบบ

Activated sludge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aeration Tank(cont)

7. Determine total excess sludge produced

excess sludge production per m^3 of aeration tank volume
per day = kg/m^3 per day

Total excess sludge produced = kg/d

8. Determine the volume of sludge wasted

Volume of the sludge wasted = m^3/d

9. Determine of the quantity of return sludge

Total excess sludge produced = m^3/d

Recirculation ratio =

Quantity of return sludge = m^3/hr

10. Calculate total oxygen required

oxygen consumption of wastewater = $kg\ o/m^3$ per day

Total oxygen required = kg/d

PRESS ANY KEY

Aeration Tank(cont)

11. calculate the actual air supply

Since every m^3 of air contains 280 g of oxygen

Air required = m^3 of air per day

Assume that the efficiency of oxygen transfer by the aeration system is 6%

Actual quantity of air to be supplied = m^3 of air/d

Actual air supplied = m^3 air/ m^3 of wastewater

= m^3 air/kg BOD removed

= m^3 air/ m^3 of aeration tank per d

= m^3 air/ m^3 of aeration tank per hr

12. Determine the number of diffuser required

Use fine - bubble aeration which can supply 30 m^3 air per hour per diffuser

No. of diffuser =

PRESS ANY KEY

4. ออกแบบ CLARIFIER

Surface Loading Rate (SLR) = $1.0 - 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$ (use 1.0)

area (horizontal) of clarifier required = m^2

Note

Design number of clarifier = 2 for safety

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบ CLARIFIER จากคุณสมบัติข้างต้น ท้าให้ได้พื้นที่ของ

Clarifier ออกมา

5. ออกแบบ Chlorination

Detention time in contacting tank = 15 - 30 min _

disinfectant does = 2-8 mg/l _

Volume of contacting tank = m^3

concentration of chlorine solution = 20 g/l

chlorine flow rate = m^3/d

volume chlorine solution tank = m^3

consumption rate of calcium chloride = kg/d

Amount of calcium chloride in storage should generally contains no less than 10 days consumption.

capacity \geq kg (storage)

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบ Chlorination โปรแกรมจะให้ผู้ใช้งาน

Detention time in contacting tank และ disinfectant does และจาก

คุณสมบัติข้างต้น ท้าให้ได้ขนาดของถังใส่คลอรีนออกมา

6. ออกแบบ Anaerobic Digester

1. Raw sludge characteristics:

Concentration of solids = 5.0 %

Fixed solids = 35 %

Volatile solids = 65 %

2. Detention period = 45d

3. 70% of the volatile material is converted to liquids or gas

4. Specific gravity of organic material in the sludge = 1.20

5. Specific gravity of inorganic material in the sludge = 2.60

6. At the end of the 45 day digestive period, the digested sludge has a moisture content of 85%

7. Raw sewage contains 350 mg/l of suspended solids

specific gravity of sludge =

weight of dry solids = g

Volume of the raw sludge collected each day L/day

Amount remaining at end of 45 days = g/day

specific gravity of digested sludge =

Volume of digester sludge = L/d

Volume of digester =

PRESS ANY KEY

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการออกแบบ Anaerobic digester มีทั้งหมด เป็น 7 ขั้นตอน จากคุณสมบัติข้างต้น ทำให้ได้ ปริมาตรของตัวย่อยสลาย (digester) ออกมา

2. การใช้ Menu 2 และ 3 พิมพ์ข้อมูลทางหน้าจอ และเครื่องพิมพ์

ใส่ชื่อข้อมูล

สรุปวิธีการและ ข้อเสนอแนะ

การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบระบบท่อระบายน้ำนั้น ก่อให้เกิดความรวดเร็วและถูกต้อง ทำให้ประหยัดเวลาในการออกแบบ สำหรับงานศึกษานี้สามารถสรุปวิธีการและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

7.1 สรุปหลักการและวิธีการ

1. วิธีการออกแบบระบบท่อในที่นี้โดยจะแบ่งการออกแบบระบบท่อระบายน้ำได้ 3 ประเภท
 - 1.1 ระบบท่อระบายน้ำเสีย
 - 1.2 ระบบท่อระบายอากาศ
 - 1.3 ระบบท่อระบายน้ำฝน
2. วิธีการออกแบบนี้มีการออกแบบบ่อบำบัดระบบตะกอนเร่ง
3. การเขียนโปรแกรมใช้ภาษาปาสคาล และภาษาไทยของ cu writer

7.2 ข้อเสนอแนะการใช้โปรแกรมนี้

ข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรมนี้สามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. วิศวกรผู้ใช้เครื่องจะต้องมีความรู้ด้านวิศวกรรมการระบายน้ำ และต้องมีหรือทราบข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นแก่การคำนวณมาก่อน เช่น ความถี่ฝน ขนาดพื้นที่ ซึ่งอาจจะหา มาจากการทำการสำรวจเองหรือหาจากหน่วยงานของทางราชการ
2. การป้อนข้อมูลจะต้องถูกต้อง เพราะถ้าป้อนข้อมูลผิดเข้าไปในเครื่องๆ จะทำการคำนวณตามข้อมูลที่ผิด ซึ่งจะทําให้ผลลัพธ์ที่ได้ผิดไปด้วย
3. เนื่องจากโปรแกรมนี้แสดงผลออกมาเป็นภาษาไทย ดังนั้น การใช้โปรแกรมต้องเรียก THAI.com จาก CU WRITER ก่อน

7.3 ข้อเสนอแนะงานศึกษาต่อไป

งานการออกแบบบ่อบำบัดมีอยู่หลายวิธี หลายกรณี ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า อัตราการไหลของน้ำเสีย และค่า BOD ซึ่งถ้ามีสิ่งใดเปลี่ยนแปลงทำให้ระบบการออกแบบเปลี่ยนไป ซึ่งโปรแกรมออกแบบบ่อบำบัดที่เขียนมาเป็นระบบตะกอนเร่ง ที่ส่วนใหญ่ออกแบบในอาคารพักอาศัยโดยทั่วไป ซึ่ง FIXED ทั้งค่า BOD และ Q ดังนั้นสำหรับการพัฒนาโปรแกรมนี้ น่าที่จะศึกษาและเขียนโปรแกรมให้ ทั้ง ค่า BOD และ Q เปลี่ยนแปลงได้



หนังสืออ้างอิง

1. เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, ดร. , "วิศวกรรมการกักน้ำเสีย", มิตรนราการพิมพ์, 122 หน้า, 2532.
2. ชัชวาล ยนต์หงส์, "แนะนำภาษา Pascal โดย Turbo Pascal", สำนักพิมพ์ไอเดีย สโตร์, 319 หน้า, 2532.
3. ทาเคโอะ มอริมูระ และ สุรินทร์ เศรษฐมานิต, ศาสตราจารย์ ดร., "วิศวกรรมการเดินท่อภายในอาคาร การออกแบบ ติดตั้ง และการบำรุงรักษา", บริษัท สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด, 373 หน้า, 2535.
4. นุกูล กระจาย , " การเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูลด้วย เทอร์โบปาสคาล", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 494 หน้า, 2535.
5. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศนา , "เรียนรู้ ภาษาปาสคาล ด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0 - 5.0", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 273 หน้า, 2532.
6. พิกพ สุนทรสมัย , รศ.ดร., "วิศวกรรมการเดินท่อและติดตั้ง เครื่องสุขภัณฑ์ ", บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, 371 หน้า, 2534.
7. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ , ดร., " การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร ", บริษัท เอเชียเพรส จำกัด, 296 หน้า, 2535.
8. สุรศักดิ์ สงวนพงษ์, " เทคนิคการเขียนโปรแกรมขั้นสูง แอดวานซ์เทอร์โบปาสคาล - version 4 " ,บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , 199หน้า, 2532.
9. Brian L. Goodman , " DESIGN HANDBOOK OF WASTWATER SYSTEMS : DOMESTIC INDUSTRIAL COMMERCIAL ", TECHNOMIC PUBLISHING CO., INC, 159 P, 1988.
10. KRIENGSAK UDOMSINROT, "WASTWATER ENGINEERING DESIGN CALAULATION" 'MITRNARA PRINTING , 204p, 1989.