



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและ
ท่อพีพีอาร์ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย

Comparative Study of Plumbing System Design Using PVC and PPR Pipe
in Project of Concordian International School

จัดทำโดย

นาย ณัฐภณ ราชเดิม 5811100025

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 3 ปีการศึกษา 2560

หัวข้อโครงการ

การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและ
ท่อพีพีอาร์ในโครงการ โรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย

Comparative Study of Plumbing System Design Using PVC and PPR
Pipe in Project of Concordian International School

รายชื่อผู้จัดทำ

นายณัฐภณ ราชเคิม 5811100025

ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2560

2559

คณะกรรมการการสอบโครงการ

.....
(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย) อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์ ชูตระกูล สิริไพบูลย์) กรรมการกลาง

.....
(อาจารย์ ชานิดา พิชยานนท์) กรรมการกลาง

.....
(ผศ.ดร.มารุจ ติมปะวัฒนะ) ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

ชื่อโครงการ	: การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและท่อพีไฟาร์ ในโครงการ โรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย
ชื่อนักศึกษา	: นาย ณัฐภณ ราชเดิม
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย
ระดับการศึกษา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา	: 3/2560

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการออกแบบหาขนาดท่อของระบบประปาโดยใช้ประเภทท่อพีวีซี และประเภทท่อพีไฟาร์ที่ใช้ในโครงการก่อสร้างอาคาร โรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย โดยเลือกใช้วิธีการสร้างตารางคำนวณหาขนาดท่อพีวีซีและท่อพีไฟาร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและสรุปการเลือกใช้ประเภทท่อ ทำการเขียนสูตรการคำนวณหาขนาดท่อในโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป เพื่อความถูกต้อง รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย และเลือกท่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ผลจากการศึกษาผลของการคำนวณหาขนาดท่อประปาในโครงการก่อสร้างอาคาร โรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย พบว่าขนาดของท่อพีไฟาร์และท่อพีวีซีมีขนาดใกล้เคียงกันแต่ต่างกันที่ คุณสมบัติของท่อแต่ละประเภท และได้เลือกใช้ท่อประเภทพีไฟาร์เพราะเปรียบเทียบกับประเภทท่อพีวีซีแล้วมีการใช้งานได้ดีกว่า ทนทานมากกว่าพบว่า หลังจากใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปทำให้การคำนวณหาขนาดท่อ ใช้เวลาที่สั้นลง สาเหตุที่ทางโครงการเลือกใช้ท่อประปาประเภทท่อพีไฟาร์เพราะว่ามีอายุการใช้งานได้นานถึง 50 ปี มากกว่าท่อประปาประเภทท่อพีวีซีที่มีอายุการใช้งานได้เพียง 10 ปีเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงท่อ ถึงแม้ว่าท่อประเภทนี้จะมีราคาที่สูงกว่าท่อพีวีซีประมาณ 62%

คำสำคัญ : การศึกษาเปรียบเทียบ,การออกแบบ,ระบบท่อประปา,ท่อพีวีซี,ท่อพีไฟาร์

Project Title : Comparative Study of Plumbing System Design Using PVC and PPR
Pipe in Project of Concordian International School

By : Nuttapon Ratchadrem

Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Mechanical Engineering

Faculty : Engineering

Semester / Academic Year : 3/2017

Abstract

This study has objectives to design the pipe size of the water supply system by use PVC pipe type and PPR pipe type. The location is at the construction of the Concordian International School building site by choosing a method to calculate the size of PVC pipe and PPR pipe. Using the program and summary, the researcher selected the pipe type and wrote a formula to calculate the pipe size in the calculation program for accuracy, quickness, save expenses and select the appropriate pipe to use.

The results found that the sizes of PPR pipes and PVC pipes were similar but had different properties for each type of pipe and choose the PPR pipe type was preferred because it compares with PVC pipe type and is better and more durable. The reason to choose PPR pipe was because it lasts 50 years longer than a PVC pipe, which has a lifetime of only 10 years. This choice also saves costs on pipe maintenance even though this type of pipe is 62% more expensive than PVC pipes.

Keywords : Comparative Study , Plumbing System , Design , PVC , PPR Pipe

Approved by


กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษาณบริษัท เอ็มอี ชิสเท็ม จำกัด ตั้งแต่วันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2560 ส่งผลทำให้นาย ณิชฎณ ราชเดิม นักศึกษาคณะวิศวกรรมเครื่องกลได้รับความรู้อีกทั้งประสบการณ์ทำงานต่าง ๆ ที่มีค่ามากสำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1.นาย สุพจน์ สุดกรยุทธ | ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการบริษัท |
| 2.นาย หัตถชัย สุวรรณกิจ | ตำแหน่ง Project Engineer |
| 3.นาย ปรีดา โยนพันธ์ | ตำแหน่ง หัวหน้าช่าง |
| 4.นาย ธวัชชัย สืบเพ็ง | ตำแหน่ง หัวหน้าช่าง |
| 5.ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย | อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจ |

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

นาย ณิชฎณ ราชเดิม ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทารายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย ณิชฎณ ราชเดิม

3 กุมภาพันธ์ 2560

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการ	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	3
2.1.1 ทฤษฎีกลศาสตร์ของไหล	3
2.1.2 ของไหลสามารถคงรูปได้อยู่สองสถานะ	3
2.1.3 การสูญเสียจากการไหลภายในท่อ	4
2.1.4 รูปแบบการไหล(Flow Pattern)	4
2.1.5 สมการต่อเนื่อง(Continuity Equation)	5
2.1.6 การออกแบบระบบท่อวิศวกรรม	7
2.1.7 อัตราการไหลและแรงดันที่ใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ โครงข่ายท่อจ่ายน้ำ	7
2.1.8 ขนาดและพิสัยของท่อ	8
2.1.9 ความหนาท่อ	10
2.1.10 มาตรฐานการเพิ่มอัตราส่วน(Standard Dimension Ratio)	10
2.1.11 ทฤษฎีท่อพลาสติก	11
2.1.12 ท่อพีวีซี	11
2.1.13 ท่อพีอีอาร์	12
2.1.14 การเชื่อมท่อพลาสติก	13

2.1.15 ทฤษฎีการคำนวณโปรแกรมสำเร็จรูป	15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	16
2.2.1 งานวิจัยการประเมินระบบคุณภาพท่อน้ำประปา	16
2.2.2 งานวิจัยระบบผลิตคุณภาพน้ำประปาผิวดิน	16
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมสำเร็จรูป	17
2.2.4 งานวิจัยการสร้างโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป	18
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	19
3.2 ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	20
3.3 รูปแบบการจัดองค์กร	20
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	21
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	21
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	21
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	21
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	31
3.9 วิธีการสร้างตารางและการใช้สูตรในสำเร็จรูป	32
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	
4.1 การคำนวณหาขนาดท่อ	36
4.2 การถอดจำนวนสุขภัณฑ์ห้องน้ำชั้น 4	38
4.3 แสดงการถอดจำนวนสุขภัณฑ์	39
4.4 การคำนวณเพื่อตรวจสอบขนาดท่อจริงโดยโปรแกรมการคำนวณสำเร็จรูป	45
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน	46
5.2 ข้อเสนอแนะระหว่างปฏิบัติงาน	51
บรรณานุกรม	52
ประวัติผู้จัดทำ	53

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	2
ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อในระบบ DN และ NPS	9
ตารางที่ 3.1 ตารางความต้องการน้ำ และหน่วยสุขภัณฑ์ของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ	23
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง FU, GPM, l/s และ m^3/hr .	24
ตารางที่ 4.1 ความต้องการน้ำ และหน่วยสุขภัณฑ์ของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ	36
ตารางที่ 4.2 อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (Hunter's Curve)	37
ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบอัตราการไหลภายในท่อพีวีซีและท่อพีอีอาร์	46
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิท่อพีวีซีและท่อพีอีอาร์	47
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบราคาท่อพีอีอาร์	48
ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบราคาท่อพีวีซี	48
ตารางที่ 5.5 คุณสมบัติท่อพีอีอาร์	49
ตารางที่ 5.6 คุณสมบัติท่อพีวีซี	49
ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติท่อ	50

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1.5 สมการการไหลต่อเนื่อง	6
รูปที่ 2.1.12 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride - PVC)	12
รูปที่ 2.1.13 ท่อพีอีอาร์ (Polypropylene Random Copolymer)	13
รูปที่ 2.1.14 น้ำยาประสานท่อพีวีซี	13
รูปที่ 2.1.12.1 ข้อต่อแหวนยาง	14
รูปที่ 2.1.13.3 เครื่องเชื่อมแผ่นความร้อนขนาด 20-63 มิลลิเมตร	15
รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด	19
รูปที่ 3.2 โลโก้ตรา บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด	19
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในบริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด	20
รูปที่ 3.4 รูปแสดงแบบแปลน	21

รูปที่ 3.5 รูปขยายแบบสถาปัตยกรรมห้องน้ำชั้น4 อาคารสระว่ายน้ำ	22
รูปที่ 3.6 แบบที่จะทำการถอดแบบ	25
รูปที่ 3.7 แบบแสดงท่อน้ำประปาโดยใช้ท่อพีวีซี	26
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟิฟอาร์Class SDR11(PN10)	29
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟิฟวีซีClass (13.5)	30
รูปที่ 3.10 การเลือกพื้นที่ใส่เส้นตาราง	32
รูปที่ 3.11 การใส่รูปแบบเส้นขอบ	33
รูปที่ 3.12 การเลือกใส่เส้นขอบทั้งหมด	33
รูปที่ 3.13 การเลือกช่องที่จะรวมให้เป็นช่องเดียว	34
รูปที่ 3.14 เลือกช่องที่จะใส่สูตรแสดงผลลัพธ์	34
รูปที่ 3.15 เลือกช่องที่เราจะนำมาคำนวณในสูตร	35
รูปที่ 3.16 การพิมพ์ข้อความ	35
รูปที่ 4.2 แบบแสดงท่อน้ำประปาโดยใช้ท่อฟิฟอาร์	38
รูปที่ 4.3กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟิฟอาร์Class SDR11(PN10) และบอกขนาดท่อ	43
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟิฟวีซีClass (13.5) และบอกขนาดท่อ	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันในบ้านเรือนและตามอาคารต่าง ๆ มีระบบท่อ มากมายแต่ที่พบเห็นได้โดยทั่วไปก็คือท่อพีวีซี ท่อพีวีซีเป็นท่อหลักๆที่นำไปใช้เป็นท่อประปา ท่ออากาศท่อน้ำทิ้งและท่อโสโครกในระบบสุขาภิบาล

ปัจจุบันตามบ้านเรือนที่พักอาศัยหรือตามในอาคารสูง ผู้คนทั่วไปก็มักจะเห็นระบบท่อต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นท่อไฟ ที่เอาไว้อุ้มสายไฟต่าง ๆ หรือที่เรานั้นพบเห็นได้ชินตาก็คือท่อพีวีซี เป็นท่อพีวีซีนั่นอาจจะเป็ท่อน้ำดีบ้าง ท่อน้ำทิ้งในระบบสุขาภิบาลบ้างก็ตาม ความก้าวหน้าและเทคโนโลยีทำให้มีการพัฒนาท่อแบบอื่นมาซึ่งใช้งานในลักษณะเดียวกัน เปลี่ยนแปลงจำพวกวัสดุที่ผลิตนั้นก็คือท่อพีไฟอาร์ หลายคนยังอาจไม่คุ้นกับชื่อของท่อนี้เพราะเพิ่งเข้ามาตลาดทางด้านวัสดุก่อสร้างได้ไม่นาน ลักษณะการใช้งานก็ไม่แตกต่างกัน ยังเป็นตัวเลือกในการใช้งานสำหรับคนที่จะเลือกใช้ท่อได้อีกด้วย

จากฝึกสหกิจศึกษาตาม โครงการสหกิจศึกษาของกระผมได้เลือกทำหัวข้อเรื่องว่า การออกแบบและเลือกใช้ท่อพีวีซีและท่อพีไฟอาร์ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดียน บางนา ทางบริษัทที่ผมฝึกสหกิจศึกษานั้นได้มารับเหมางานระบบที่นี้ และได้มอบหมายให้ผมได้มีส่วนร่วมการออกแบบระบบสุขาภิบาลท่อน้ำทิ้งและท่อประปา โดยที่ระบบน้ำดีหรือระบบประปาใช้ท่อพีไฟอาร์และระบบท่อน้ำทิ้งหรือท่อโสโครกได้ใช้ท่อพีวีซี แต่ในบางที่ระบบน้ำดีอาจจะใช้ท่อพีวีซีเนื่องจากมีราคาที่ถูกลงกว่าท่อพีไฟอาร์ เทียบราคาท่อพีไฟอาร์กับท่อพีวีซีต่อเส้น ท่อพีไฟอาร์มีราคาสูงมากกว่าท่อพีวีซีต่อ 1 เส้น มากกว่า 5 เท่า ของราคาท่อพีวีซี ถึงราคาจะแพงอายุการใช้งานก็ใช้ได้ นานมากกว่าท่อพีวีซี ส่วนท่อพีวีซีหาซื้อได้ง่ายได้ง่ายกว่าหาซื้อได้ตามร้านวัสดุก่อสร้างส่วนท่อพีไฟอาร์นั้นบางร้านยังไม่ค่อยมีการนำมาขายกันมากนัก ท่อพีไฟอาร์ยังไม่เป็นที่นิยมกันมากนักเพราะเพิ่งตลาดเข้ามาในแวดวงวัสดุก่อสร้างได้ไม่ถึง10ปี เพื่อการศึกษาหาขนาดท่อน้ำประปา ไม่ต้องเสียค่าซื้อโปรแกรมในราคาที่สูง เนื่องจากปัจจุบันฟังก์ชันในการคำนวณหาขนาดท่อนั้นมีมากมาย ผมเลยได้ทำตารางคำนวณหาปริมาณท่อ ท่อพีวีซีและท่อพีไฟอาร์ เพื่อให้เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ได้ออกแบบและหาขนาดท่อ โดยที่ไม่ต้องไปซื้อ โปรแกรมคำนวณที่มีราคาแพง แล้วยังประหยัดเวลาในการคำนวณเนื่องจากตามโครงการก่อสร้างใหญ่ๆที่มีพวกระบบท่อเยอะๆมักจะใช้เวลาในการคำนวณหาปริมาตรในท่อนาน เนื่องจากในปัจจุบันฟังก์ชันในการคำนวณนั้นมีมากมาย เราเลยได้ทำตารางคำนวณไว้เพื่อให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายและทำให้สะดวกแก่ที่จะเอาไว้ออกแบบระบบ

ท่ออีกด้วย ในการคำนวณมือนั้นมักจะมีการผิดพลาดมากกว่า การทำให้โปรแกรมมันเลยรวดเร็วเกิดความแม่นยำมากขึ้น สำหรับคนที่ไม่ใช่

วิศวกรที่จะมาตรวจสอบการคำนวณนั้นสามารถที่จะคำนวณได้โดยเบื้องต้น

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1.2.1 ออกแบบเพื่อหาขนาดของท่อของระบบประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและท่อพีพีอาร์ที่ใช้ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย

1.2.2 สร้างตารางคำนวณหาขนาดท่อพีวีซีและท่อพีพีอาร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาเฉพาะท่อPVC CLASS(13.5)และท่อPPR (SDR11 PN10) ที่ใช้ในห้องน้ำชั้น 3 อาคารสระว่ายน้ำ โครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย

1.3.2 ทำการออกแบบเฉพาะห้องน้ำชั้น 4 อาคารสระว่ายน้ำ เนื่องจากชั้น1-3 มีTropical ขนาดห้องเหมือนกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รู้การทำงานของระบบท่อประปาในอาคารขนาดใหญ่

1.4.2 ได้รู้ถึงการสูญเสียของแรงดันในท่อ

1.4.3 ได้ตารางคำนวณขนาดท่อที่สามารถใช้กับท่อพีวีซีและท่อพีพีอาร์ได้

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ก.ย.60	ต.ค.60	พ.ย.60	ธ.ค.60
1.ศึกษาโครงการ	←→			
2.รวบรวมข้อมูลโครงการ	←→			
3.วิเคราะห์โครงการ		←→		
4.ทดสอบและสรุปผล			←→	
5.จัดทำโครงการ	←→			→

ตาราง 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการศึกษา

2.1.1 ทฤษฎีกลศาสตร์ของไหล

กลศาสตร์ของไหล มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตประจำวัน รวมถึงในทางอุตสาหกรรมด้วย เครื่อง อำนวยความสะดวกเครื่องจักรต่างๆ และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้น ก็จะประกอบไปด้วยของไหลแทบทั้งสิ้น เช่นเครื่องปรับอากาศระบบน้ำ เป็นต้น กลศาสตร์ของไหลนี้จึงมีความจำเป็นสำหรับการ คำนวณการออกแบบ ระบบเพื่อให้มีการนำไปใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม

ของไหล (Fluid) หมายถึง สสารที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงเค้นเฉือน ซึ่งนั่นหมายความว่าเมื่อใดที่มีแรงเค้นเฉือนมากระทำของไหลจะเกิดการขยับตัว และเปลี่ยนรูปร่างไป เช่น เมื่อเทของไหลลงในภาชนะของไหลจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างต่อเนื่องไปชั่วขณะหนึ่งเป็นเพราะรูปร่างของของไหลในขณะนั้นไม่สอดคล้องกับรูปร่างของภาชนะจึงทำให้เกิดแรงเค้นเฉือนขึ้นภายในของเหลว กระบวนการปรับตัวนี้จะดำเนินต่อเนื่อง ไปจนกระทั่งแรงเค้นเฉือนหายไป ซึ่งก็คือสภาวะที่ของไหลมีรูปร่างเหมือนกับภาชนะ บริเวณผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับภาชนะจะมีแต่แรงเค้นตั้งฉากเท่านั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือในขณะของไหลเคลื่อนที่จะต้องมีแรงเค้นเฉือน เกิดขึ้นในทางตรงกันข้ามหากของไหลไม่มีการเคลื่อนที่ ที่สภาวะนั้นจะไม่มีแรงเค้นเฉือนกระทำอยู่เลย

2.1.2 ของไหลสามารถคงรูปอยู่ได้ในสองสถานะ

ของเหลว (Liquid) มีรูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ แต่จะมีขอบเขตแบ่งระหว่างตัวมันเองกับของไหลอื่นอย่างชัดเจน เรียกว่า “ ผิวอิสระ ” (Free Surface) ตัวอย่างเช่น ถ้ำน้ำของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะแล้วตั้งไว้บนโลก ของเหลวชนิดนั้นจะมีผิวอิสระที่แบ่งระหว่างตัวมันเองกับอากาศและผิวอิสระนั้นจะวางตัวในแนวราบเสมอ นอกจากนี้ของเหลวยังมีคุณสมบัติที่ยากต่อการบีบอัดเนื่องจากระยะห่างระหว่างโมเลกุลค่อนข้างน้อย (มากกว่าของแข็ง แต่น้อยกว่าก๊าซ)

ก๊าซ (Gas) มีรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ โดยมีลักษณะแพร่กระจายไปทั่วภาชนะ ไม่มีผิวอิสระและถูกบีบอัดได้ง่ายกว่าของเหลว เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างโมเลกุลมากกว่าของเหลว

2.1.3 การสูญเสียจากการไหลภายในท่อ

การเปลี่ยนแปลงความดันมีอิทธิพลต่อการไหลในท่อมมาก การเปลี่ยนแปลงความดันอาจเกิดจาก เปลี่ยนแปลงระดับของท่อ ความเร็วของของไหลในท่อและแรงเสียดทาน

การสูญเสียความดัน (Pressure Losses) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ความดันในท่อเกิดการเปลี่ยนแปลง การสูญเสียความดันสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

Major Losses เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทานภายในท่อ

การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)

การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

Minor Losses เกิดจากการที่ของไหลไหลผ่านสิ่งกีดขวางต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น Gate Valve, Elbow ท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่คงที่และทางแยกต่าง ๆ

2.1.4 รูปแบบการไหล (Flow Pattern)

ประกอบด้วย เส้นการไหล (Streamline) คือเส้นที่แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามการไหล เมื่อ พิจารณาเส้นการไหลของอนุภาคทั้งหมดก็จะได้เส้นการไหลจำนวนมากซึ่งรูปแบบการไหลที่มีเส้น การไหลประกอบกันจำนวนมากนี้เรียกว่า สนามการไหล

ลำการไหล (Stream Tube) คือกลุ่มของเส้นการไหล

เส้นทางการไหล (Path Line) คือเส้นที่แสดงให้เห็นถึงทิศทางของความเร็วของอนุภาคใดอนุภาคหนึ่งในช่วงเวลานั้น

ในการไหลคงตัว เส้นการไหลและเส้นทางการไหลจะเป็นเส้นเดียวกัน เพราะอนุภาคเคลื่อนที่ตามเส้นการไหล และเส้นการไหลนี้ก็แสดงถึงทิศทางของการเคลื่อนที่ของอนุภาคในเวลาเดียวกันด้วยในทางตรงกันข้าม การไหลไม่คงตัวนั้นเวกเตอร์ความเร็วที่จุดต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เส้นการไหลจึงเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ ทำให้เส้นการไหลกับเส้นทางการไหลแตกต่างกันออกไป ปริมาตรควบคุม (Control Volume) คือขอบเขต

ปริมาตรจำกัดในสนามการไหลที่กำหนดขึ้นเพื่อพิจารณาคคุณสมบัติการไหลเฉพาะในปริมาตรควบคุมเท่านั้น โดยปริมาตรควบคุมสามารถ นำมาเพื่อวิเคราะห์การไหลได้คือ สมการสภาพต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน

การไหลหนึ่งมิติ (One - Dimensional Flow) คือการไหลตามเส้นการไหลใด ๆ ที่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการไหล เช่น ความดัน ความเร็ว และอื่น ๆ เฉพาะในทิศทางของเส้นการไหลเท่านั้น

การไหลสองมิติ (Two - Dimensional Flow) คือการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติใน 2 ระนาบ เช่น การไหลผ่านฝาย

การไหลสามมิติ (Three-Dimensional Flow) คือ การไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้ง 3 แกนเป็นการไหลโดยทั่วไปตามธรรมชาติ

2.1.5 สมการต่อเนื่อง (Continuity Equation)

ความดัน (Pressure) หรือบางครั้งอาจเรียกว่า “แรงดัน” คือแรง ขับเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในระบบ มีหน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่ เช่น PSI, Bar, kPA, ksc เป็นต้น “ความดันสูญเสีย (Pressure Drop)” คือ ความดันที่ถูกทำให้ลดลงเนื่องจากความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์ที่ของเหลวไหลผ่านในทางวิศวกรรม เรานิยมพิจารณาความดันของน้ำในรูปแบบของความสูงน้ำเรียกว่า เฮด (Head) หรือบางครั้งเรียกว่า “หัวน้ำ” ในทำนองเดียวกัน เราอาจพิจารณา “Pressure Loss” ได้ในรูปแบบของ “Head Loss” เช่นกัน

แรงเสียดทาน (Friction) คือ แรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นกับของเหลวได้เช่นเดียวกัน ซึ่งแรงเสียดทานในเส้นท่อจะ มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความหนืด (Viscosity), ความขรุขระ หรือความหยาบของผิวท่อ (Pipe Roughness) และ ความเร็วเฉลี่ยในการไหลในเส้นท่อ (Velocity)

อัตราการไหล (Flow Rate) คือ ปริมาณการเคลื่อนย้ายของเหลวจากที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่งในช่วงเวลาใด ๆ มีหน่วยเป็น ปริมาตรต่อเวลา เช่น ลบ.ม./ชม, ลิตร/วินาที, แกลลอน/นาที เป็นต้น การไหลก่อให้เกิดแรงเสียดทานในเส้น ท่อ และการไหลมีความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่หน้าตัด และความเร็วในการ ไหล โดยสมการพื้นฐานที่สำคัญคือ

$$\text{อัตราการไหล (Q)} = \text{ความเร็วในการไหล (V)} \times \text{ขนาดพื้นที่หน้าตัด (A)}$$

อัตราการไหล (Flow Rate หรือ Discharge) คือ ปริมาณของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใด ๆ ที่กำหนดต่อหนึ่งหน่วยเวลาซึ่งอัตราการไหลมีอยู่ 3 ประเภท คือ

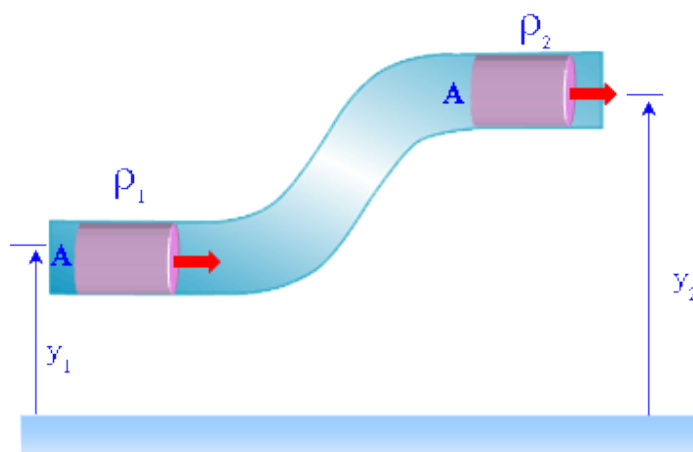
- 1) อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow Rate): Q มีสมการทั่วไป ดังนี้

$$Q = AV$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล

Q คือ หน่วยของอัตราการไหลในระบบ SI คือ m^3/s และในระบบอังกฤษ คือ ft^3/s



(1)

รูปที่ 2.1.5 สมการการไหลต่อเนื่อง

2. อัตราการไหลเชิงน้ำหนัก (Weight Flow Rate): Q_W มีสมการทั่วไป ดังนี้

$$Q_W = YQ \quad (2)$$

เมื่อ Y คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล หน่วยของอัตราการไหลในระบบ SI คือ N/s และในระบบอังกฤษ คือ lb/s

2) อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate): มี Q_M สมการทั่วไป ดังนี้

$$Q_M = \rho Q = \rho AV$$

หน่วยของอัตราการไหลในระบบ SI คือ kg/s และในระบบอังกฤษ คือ slug/s สมการการไหลต่อเนื่องในการไหลคงตัวมีมิติเดียว ดังภาพที่ 2.1 เป็นการประยุกต์ใช้หลัก อนุรักษ์มวลสาร คือ ภายในขอบเขตจำกัดมวลสารจะไม่มี การสูญหาย

ความต่างระดับของของเหลวที่ปลายของท่อดูดและท่อจ่าย หรือ Static Head และพลังงานที่สูญเสียไปในการไหลผ่านระบบเนื่องจากความฝืดใน เส้นท่อ (Friction Head Loss) รวมถึงการสูญเสียในอุปกรณ์ของ ระบบท่อ และการสูญเสียอื่น ๆ (Minor Head Loss) เช่น การสูญเสียที่ ปากทางเข้าและทางออก การสูญเสียที่ช่วงต่อที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อ เป็นต้น การสูญเสียพลังงานส่วนนี้รวมเรียกว่า เสดความฝืด (Friction Head)

2.1.6 การออกแบบระบบท่อวิศวกรรม (Engineer Piping System Design)

ระบบท่อส่งของเหลวเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบงานทางวิศวกรรม ระบบท่อส่งของเหลวพบได้ตั้งแต่ในเครื่องจักรต่างๆ ไปจนถึงในอาคารและในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบท่อส่งของเหลวมีหน้าที่ส่งของเหลวจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่นการส่งน้ำไปใช้งานทั่วไป ส่งน้ำไปหล่อเย็นเครื่องจักร หรือ ส่งไอน้ำไปใช้งานในกระบวนการผลิตเป็นต้น การออกแบบระบบท่อนั้นให้เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ระบบงานทางวิศวกรรมต่างๆ ทำงาน ได้อย่างถูกต้อง

การออกแบบระบบท่อไม่ใช่แค่เพียงกำหนดขนาดท่อให้เหมาะสมเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วย การเลือกชนิดของท่อ และอุปกรณ์ประกอบ กำหนดเส้นทางการเดินท่อ และวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมด้วยดังนั้นบทนี้จึงขอกล่าวถึงแนวคิดโดยรวมในการออกแบบระบบท่อโดยเริ่มมองการออกแบบ ระบบท่อเหมือนกับการออกแบบระบบทางกลทั่วไปซึ่งวิศวกรเครื่องกลสามารถมององค์ประกอบ ของปัญหาเป็นสามส่วนคือ ต้นทาง ระบบ และ ผู้ใช้งานที่ปลายทาง ซึ่งหากเป็นงาน ออกแบบเครื่องจักร เราจะเริ่มมองที่ปลายทางว่าต้องการอะไร เช่นต้องการแรงบิดและความเร็ว เท่าใด แล้วมาเลือกว่าสามารถจัดต้นกำลังเป็นอย่างไรบ้าง แล้วจึงออกแบบระบบเพลาเฟืองทด หรือ ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆตรงกลางให้เชื่อมโยงส่งถ่ายกำลังไปยังปลายทางได้ตามที่ต้องการ

2.1.7 อัตราการไหลและแรงดันที่ใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์โครงข่ายท่อจ่ายน้ำ

ในการออกแบบวิเคราะห์และควบคุมระบบจ่ายน้ำประปาจำเป็น จะต้องคาดคะเนการปริมาณการใช้น้ำประปา ของพื้นที่จ่ายน้ำต่าง ๆ ตาม สถิติการใช้น้ำเฉลี่ย (Average Daily Demand) ของกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ จากสถิติข้อมูลที่ผ่านมา โดยในการออกแบบ และวิเคราะห์มักจะใช้ค่าความต้องการการใช้น้ำสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Demand) ซึ่งหาค่าได้จากการนำข้อมูลสถิติการใช้น้ำเฉลี่ยรายวันมาพิจารณาหาค่า การใช้น้ำในวันที่มีการใช้น้ำสูงสุด ซึ่งมีค่าประมาณ 1.5 เท่าของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เป็นค่าในการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา และส่วนในการ ออกแบบท่อที่จ่ายน้ำให้แก่ผู้ใช้น้ำโดยตรง มักจะใช้ค่าอัตราการใช้น้ำสูงสุด รายชั่วโมง (Maximum Hourly Demand) ซึ่งหาค่าได้จากการ พิจารณาสถิติการใช้น้ำรายชั่วโมงในชั่วโมงที่มีการใช้น้ำสูงสุดในรอบปีมี ค่าประมาณ 2.25 เท่าของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้ ต่อเนื่องตลอดทั้งปี ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงอัตราการขยายตัวของชุมชนใน ช่วงเวลาที่พิจารณาออกแบบด้วย

2.1.8 ขนาดและพิสัยของท่อ

ในการออกแบบท่อผู้ออกแบบไม่สามารถระบุขนาดได้อย่างอิสระ เนื่องจากผู้ผลิตจะผลิตท่อมาตามขนาดมาตรฐานซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเป็นมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของท่อ ระบบการกำหนดขนาดท่อที่ใช้มาแต่ดั้งเดิมคือระบบ สำหรับกำหนดขนาดท่อเหล็ก (Iron Pipe Size - IPS) ซึ่งระบบนี้กำหนดขนาดท่อตามเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเป็นหน่วยนิ้ว เช่น IPS 6 คือท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 6 นิ้ว ภายหลังมีการผลิตท่อที่มีความหนาต่างกัน ระบบ การกำหนดขนาดท่อจึงเปลี่ยนไปอ้างอิงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และมีการให้รหัสสำหรับความ หนาของท่อเป็น Standard (STD), Extra Strong (XS) Or Extra Heavy (XH). Double Extra Strong (XXS) Or Double Extra Heavy (XXH) ซึ่งต่อมาได้มีการผลิตท่อที่มีความหนาหลากหลายขึ้น อีกจึงมีการเปลี่ยนระบบการให้ขนาดท่อเป็นขนาดระบุ (Nominal Pipe Size - NPS) และใช้ขนาดท่อ (Schedule - SCH) ระบบ NPS ระบุขนาดท่อเป็นขนาดประมาณในหน่วยนิ้ว เช่น NPS 2 คือท่อที่มี เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.375 นิ้ว ซึ่งในท่อที่มีขนาดตั้งแต่ NPS 12 ลงไปจะมีเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายนอกใหญ่กว่าขนาดระบุขณะที่ท่อขนาดตั้งแต่ 14 นิ้วขึ้นไปจะมีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายนอกเท่ากับขนาดระบุส่วนเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายในจะแปรเปลี่ยนตามความหนาของ ท่อ ซึ่งท่อที่มีขนาดท่อสูงๆหมายถึงท่อที่มีความหนามากก็จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กกว่าท่อที่มีขนาดท่อดำ

การระบุขนาดท่อในระบบเมตริก จะระบุเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (Diameter nominal - DN) โดยเส้นผ่านศูนย์กลางระบุจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เช่น DN 50 มีความหมายเหมือน NPS

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อในระบบ DN และ NPS

NPS (นิ้ว)	DN (มม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (มม.)
1/8	-	10.3
1/4	6	13.7
3/8	10	17.1
1/2	15	21.34
3/4	20	26.67
1	25	33.4
1-1/4	32	42.16
1-1/2	40	48.26
2	50	60.32
2-1/2	65	73.02
3	80	88.9
3-1/2	90	101.6
4	100	114.3
5	125	141.3
6	150	168.3
8	200	219.1
10	250	273
12	300	323.9
14	350	355.6
16	400	406.4
18	450	457.2

NPS (นิ้ว)	DN (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)
20	500	508
22	550	558.8
24	600	609.6
26	650	660.4
28	700	711.2
30	750	762
32	800	812.8
34	850	863.6
36	900	914.4
40	1000	1016

2.1.9 ความหนาท่อ

การระบุความหนาของท่อในปัจจุบันนิยมระบุเป็นสเกลูล โดยเรียงจากบางไปหนาได้ดังนี้ สเกลูล 5, 5S, 10, 10S, 20, 20S, 30, 40, 40S, 60, 80, 80S, 100, 120, 140 และ 160 สำหรับ สเกลูลที่มีอักษร S ตามหลังจะมีความหนาเป็นไปตามมาตรฐาน ASME B36.19M โดยจะใช้สำหรับ ท่อสแตนเลส เป็นหลัก ซึ่งท่อตามมาตรฐานเก่าที่ความหนาปานกลางหรือ STD จะมีความหนา เทียบเท่ากับท่อ สเกลูล(Schedule) 40

ตัวเลขสเกลูลเป็นค่าประมาณจากสมการ

$$\text{ความหนาท่อ} \approx 1000 \frac{P}{S}$$

เมื่อ P คือความดันใช้งาน และ S คือความเค้นที่วัสดุยอมรับได้

2.1.10 มาตรฐานการเพิ่มอัตราส่วน(Standard Dimension Ratio)

SDR = (เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก / ความหนาของท่อ) เป็นวิธีการบอกความหนาท่อที่นิยมใช้ในท่อพลาสติก เช่น SDR11 หมายความว่าท่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเป็น 11 เท่าของ ความหนา ซึ่งท่อที่มีค่า SDR สูง หมายความว่า เป็นท่อบางรับความดันได้ต่ำกว่าท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอกเท่ากันแต่มี SDR ต่ำกว่า

2.1.11 ท่อพลาสติก

ท่อพลาสติกเป็นท่อที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบันทั้งในการส่งของเหลวทั่วไป อุตสาหกรรมเคมีอุตสาหกรรมยาการส่งเชื้อเพลิงเหลว และ เชื้อเพลิงก๊าซ และ ในระบบน้ำเสียได้ ดิน เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากท่อพลาสติกมีราคาถูก มีความแข็งแรงทนทานเพียงพอต่อการใช้งานทั่วไป และ ทนต่อการกัดกร่อนโดยสารเคมีหลายประเภท

ข้อดีที่สำคัญของท่อพลาสติกคือ

1. ทนต่อการกัดกร่อนของสิ่งปฏิกูลดี
2. สามารถผลิตมาให้ความยาวต่อเนื่องมากๆ
3. น้ำหนักเบา
4. ผิวท่อราบลื่น
5. ราคาถูก

ข้อเสียคือ

1. มีความอ่อนตัวทำให้ต้องมีจุดรับท่อดีกว่าท่อชนิดอื่น
2. ไม่ทนต่อแสงอาทิตย์ (ยกเว้นท่อที่เติมสารป้องกัน UV)
3. ไม่ทนต่อสารทำลาย
4. ไม่ทนไฟ
5. รับความดันได้น้อยเมื่ออุณหภูมิสูง
6. พลาสติกบางชนิดจะผลิตก๊าซ หรือ กว้นที่มีพิษเมื่อเกิดการเผาไหม้

ท่อพลาสติกมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันโดยแบ่งเป็นประเภทหลักสองประเภทคือ เทอร์โมเซต (Thermoset - TS) และเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic - TP) พลาสติกแบบเทอร์โมเซตจะมีลักษณะแข็งอย่างถาวรขึ้นรูปใหม่ไม่ได้เช่น อีพอกซี(Epoxy) เมลามีน (Melamine) และ เฟโนลิก (Phenolics) ส่วนเทอร์โมพลาสติกจะนิ่มและละลายเมื่ออุณหภูมิสูง และ กลับมาแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง สามารถหลอมละลายและขึ้นรูปใหม่ได้ ท่อพลาสติกส่วนใหญ่เป็นวัสดุแบบเทอร์โมพลาสติกได้แก่

2.1.12ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride - PVC)

พีวีซีเป็นพลาสติกที่แข็งแรงที่สุด และ ใช้งานมากที่สุดแต่ไม่ทนต่อสารละลายมีใช้ทั้งในงานท่อที่ต้องรับความดัน และท่อที่ไม่รับความดัน เป็นท่อที่ NSF ขอมรับให้ใช้เป็นท่อส่งน้ำดื่มได้ ใช้ใน งานส่งน้ำประปา และ ท่อน้ำเสียอุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 65°C ในต่างประเทศมีระดับความหนาที่ 40 และ 80 มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุตั้งแต่ DN15 ถึง DN500 การต่อท่อขนาด 40 จะใช้ข้อต่อสวมและกาวประสาน หรือใช้ข้อต่อสวมเร็วที่มีซิลิโคนในตัว ส่วนขนาด 80 จะสามารถใช้การต่อแบบเกลียวได้ด้วย ท่อชนิดนี้จะไม่ติดไฟแต่ขณะถูกเผาจะเกิดก๊าซที่เป็นพิษ มีการผลิตท่อพีวีซีที่ทน

ความร้อนได้สูงขึ้นเรียกว่า ซีพีวีซี (Chlorinated Polyvinyl Chloride - CPVC) ซึ่งได้รับการเพิ่มสารคลอรีนในโครงสร้างเพื่อทำให้ทนอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90°C



รูปที่ 2.1.12 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride - PVC)

ท่อ PVC ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน มอก. 17-2532 (ส่วนใหญ่เป็นสีฟ้า หรือสีขาว) เป็นท่อที่นิยมนำมาใช้ในงานสุขาภิบาลในอาคาร รหัส PVC-5, PVC-8.5 และ PVC-13.5 เป็นการระบุถึงความสามารถในการรับแรงดันของท่อ มีหน่วยเป็น bar หรือ kg/cm² ซึ่งหากใช้งานเป็นท่อประปาหรือท่อที่รับแรงดัน จะใช้ท่อ PVC-8.5 และ PVC-13.5 ส่วนท่อน้ำทิ้งที่ไม่ต้องรับแรงดันสามารถใช้ท่อ PVC-5 ได้ ท่อ PVC เหมาะสำหรับการใช้งานภายในอาคารหรือในที่ร่มเท่านั้น ไม่ควรใช้กับภายนอก อาคารที่ต้องสัมผัสกับแสงแดด

2.1.13 ท่อพีพีอาร์

ท่อพีพีอาร์มีความทนทานต่อสารประกอบซัลเฟอร์และทนต่อตัวทำละลายประเภทออร์แกนิก ที่สุดในบรรดาพลาสติกทั้งหมดมีความแข็งแรงน้อยกว่าท่อพีวีซีเล็กน้อย มีคุณสมบัติที่ดีกว่าท่อพีอีในย่าน อุณหภูมิสูง มักใช้ในงานท่อน้ำทิ้งจากห้องทดลอง นอกจากนี้ในท่อที่ไม่มีการเติมเม็ดสีก็ยังใช้ในงานส่งน้ำบริสุทธิ์ด้วย มีระดับความหนาที่เสถียร 40 และ 80 การต่อท่อทำเหมือนท่อพีวีซี และยังมีการต่อแบบใช้ความร้อน (Heat Fusion) ด้วย ปัจจุบันมีการพัฒนาท่อ PP-R (Polypropylene Random Copolymer) ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ดีขึ้นเหมาะสมสำหรับการใช้งานระบบท่อน้ำประปา ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำเย็น และงานท่อประเภทอื่น ๆ



รูปที่ 2.1.13 ท่อพีพีอาร์ (Polypropylene Random Copolymer)

2.1.14 การเชื่อมต่อท่อพลาสติก

2.1.14.1 กาวเชื่อมประสาน

น้ำยาประสานท่อพีวีซีผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่มอก. 1032-2534 มีคุณสมบัติพิเศษสามารถใช้ต่อท่อ ทั้งระบบที่รับความดันและท่อไม่รับความดัน น้ำยาจะละลายเนื้อพีวีซีที่ท่อและข้อต่อ เมื่อดันท่อเข้ากับข้อต่อที่มีลักษณะเอียงเล็กน้อยเนื้อท่อและข้อต่อจะกลายเป็นเนื้อเดียวกันทำให้มีความแข็งแรง



รูปที่ 2.1.14 น้ำยาประสานท่อพีวีซี

2.1.12.2 ข้อต่อแหวนยาง

ท่อ PVC ชนิดต่อด้วยแหวนยาง เป็นท่อ PVC ชนิดแข็งหัวท่อด้านหนึ่งแข็งแรงเป็นพิเศษและบานสำหรับใช้กับแหวนยางเพื่อต่อต่อกับท่อ หรือใช้ข้อต่อแหวนยางผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1131-2535 เพื่อต่อกับท่อตรง แหวนยางตัดปัญหาการรั่วซึม ยางเป็นแบบ Hip Up Rubber Ring Socker จึงป้องกันไม่ให้แหวนยางหลุดออกเมื่อสอดท่อเข้าไปมีระดับคุณภาพ 5 8.5 และ 13.5 ท่อและข้อต่อผ่านการทดสอบความดันที่ 3.6 เท่า (Short-Term Hydrostatic Pressure Test) ของ ความดันใช้งาน (Working Pressure) และสามารถทนทานต่อความดันไม่ต่ำกว่า 2.1 เท่า (Long-Term Hydrostatic Pressure Test) ของความดันใช้งานตลอดระยะเวลา 50 ปี



รูปที่ 2.1.12.2 ข้อต่อแหวนยาง

2.1.13.3 การต่อด้วยความร้อน

การเชื่อมท่อด้วยความร้อนเป็นเทคนิคที่ให้ความร้อนแก่ท่อที่จะทำการเชื่อม พร้อม ๆ กันทั้งสองด้านที่แผ่นความร้อนจนพลาสติกหลอมที่บริเวณผิวแต่ละด้านเอาแผ่นความร้อนออกและอัดผิวสัมผัสทั้งสองด้านโดยควบคุมความดันและเวลาในการเย็นตัวของพลาสติกจะได้รอยเชื่อมที่เป็นเนื้อเดียวกันและยังสามารถรับแรงต่าง ๆ ได้เหมือนกับท่อก่อนทำการเชื่อม อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการเชื่อมท่อด้วยวิธีนี้คือแผ่นความร้อนที่ทำหน้าที่เพิ่ม อุณหภูมิของปลายท่อที่จะทำเชื่อมให้ถึงอุณหภูมิที่ต้องการสำหรับการเชื่อมการเชื่อมท่อด้วยความร้อนนี้ สามารถใช้กับท่อพีอีพีอาร์และท่อเอชดีพีอีซึ่งเป็นท่อที่มีเนื้อพลาสติกอ่อน ความแข็งแรงของรอยเชื่อม จึงขึ้นกับตัวแปรต่อไปนี้ - อุณหภูมิของแผ่นความร้อน (Heater Plate Temperature) - ความกลมและการเรียงตัวของท่อ (Ovality And Alignment) - ความดันบริเวณผิวสัมผัสในการเชื่อม (Interface Pressure) - ความกว้างของแถบเชื่อม (Bead Width) - ระยะเวลาที่ให้ความร้อน (Heat Soak Time) - ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะ (Changeover Time)



รูปที่ 2.1.13.3 เครื่องเชื่อมแผ่นความร้อนขนาด 20-63 มิลลิเมตร

2.1.16 ทฤษฎีการคำนวณโปรแกรมสำเร็จรูป

จุดประสงค์ของการนำสูตรมาซ้อนสูตร เพื่อให้สูตรๆเดียวสามารถคำนวณให้ผลลัพธ์ได้โดยทันที โดยไม่ต้องพึ่งพาสูตรในเซลล์อื่น ๆ ทำให้เกิดประโยชน์ดังนี้

- ช่วยกำจัดเซลล์ที่ต้องใช้เพื่อสร้างสูตร
- ช่วยให้ค้นหาเซลล์สูตรได้ง่ายเนื่องจากสูตรถูกนำมารวมกันไว้เพียงทีเดียว
- หากมีจำนวนเซลล์ที่มีสูตรยาวๆจำนวนไม่มากนัก จะทำให้ file มีขนาดเล็กลง เนื่องจากไม่ต้องเปลืองเซลล์หรือ Sheet เพื่อแยกเก็บสูตร และช่วยให้คำนวณรวดเร็วยิ่งขึ้น

ส่วนข้อเสียของการสร้างสูตรซ้อนสูตรคือ สร้างยาก และทำให้แก้ไขสูตรภายหลังยากขึ้นจึงต้องเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียดังกล่าวนี้เสมอ หากสร้างเองใช้เองแก้ไขเองคงไม่ต้องห่วงหนัก แต่ทำสร้างสูตรแล้วทิ้งไว้ให้คนอื่นแก้ไข คงต้องลืมนั่นไปเลยว่า จะเริ่มแก้ไขยังงัยกันดี ส่วนมากมักสร้างสูตรกันขึ้นมาใหม่เลย

หลักการสร้างสูตรซ้อนสูตร

1. ควรรวมกลุ่มของสูตรซึ่งคำนวณเป็นลำดับต่อเนื่องกันไว้เป็นสูตรเดียว และแยกขั้นตอนซึ่งไม่ต่อเนื่องออกเป็นอีกหนึ่งสูตร
2. ควรแยกสูตรออกให้ทำงานกันค่าซึ่งมีความหมายสมบูรณ์ในขั้นนั้น ๆ และง่ายต่อการตรวจสอบว่า ลำดับการคำนวณขึ้นใดผิดพลาด จะได้สะดวกต่อการแก้ไขให้ถูกต้อง
3. อย่ารวมทุกขั้นตอนของการคำนวณไว้ในสูตรๆเดียวจนยาวเกินไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.2.1 งานวิจัยการประเมินระบบคุณภาพเพื่อน้ำประปา[3]

การศึกษานี้เพื่อประเมินการควบคุมและดูแลระบบผลิตประปาหมู่บ้าน คุณภาพน้ำประปา และการบริหารงานกิจการประปาของคณะกรรมการบริหาร โดยทำการการสุ่มตัวอย่างระบบผลิตประปาทั้งสิ้น 110 แห่ง และใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของคณะกรรมการและผู้ดูแลระบบ เก็บตัวอย่าง น้ำน้ำประปาเพื่อตรวจวัดคุณภาพ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้กำหนดพารามิเตอร์คือ ความเป็นกรด-ด่าง สีความขุ่น ของแข็งละลาย ความกระด้าง เหล็ก

คลอไรด์ ไนเตรต โคลิฟอร์มและฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ปี พ.ศ. 2543 ของกรมอนามัย พบว่า คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้าน 48% ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโดยคณะกรรมการบริหารกิจการ ประปาอยู่ในระดับพอใช้ ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านยังขาดความรู้ความเข้าใจในการดูแลระบบเพราะขาด การได้รับการอบรมการผลิตประปาที่ถูกต้อง ดังนั้นจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

2.2.2 งานวิจัยระบบผลิตคุณภาพน้ำประปาผิวดิน[4]

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ 5 แห่งได้แก่ ระบบประปา บ้านตาลิน บ้านหนองไผ่ บ้านคลองกำลัง บ้านคลองลาน และบ้านโคกเจริญ และเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำประปาผิวดิน โดยส่งตัวอย่างน้ำประปาไปตรวจวิเคราะห์ ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลชีววิทยา ที่สถาบันสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประชากรกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ดูแลระบบประปาในห้าหมู่บ้าน ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบล

หนองบัว อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ แบบประเมิน และการตรวจสอบของห้องทดลองในสถาบันสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า การปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบประปาทั้งห้าหมู่บ้านอยู่ในระดับต่ำ โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42.28 เมื่อทดสอบคุณภาพของน้ำประปาทั้งห้าแห่ง ปรากฏว่าผ่านเกณฑ์ด้านกายภาพ และเคมี ด้านจุลชีววิทยาไม่ผ่านเกณฑ์ และพบปริมาณแบคทีเรียทุกตัวอย่างที่ส่งตรวจ และไม่พบปริมาณคลอรีนหลงเหลือในแหล่งผู้ใช้น้ำทุกระบบประปา

2.2.3งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมสำเร็จรูป[5]

ศักดิ์สิทธิ์วัชรรัตน์(2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย ทางการศึกษาผลการวิจัย พบว่า 1) พัฒนาได้ชุดโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัย ทางการศึกษาจำนวน 23 โปรแกรม ในรูปแบบข้อมูล Microsoft Excel 2003 และ 2007 2) ชุดโปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบกับเอกสารตาราง โปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS For Windows ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเที่ยงตรงมีประสิทธิภาพ 3)การประเมินคุณภาพของชุดโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ของมูลงานวิจัยทางการศึกษาจากการทดลองใช้ชุดทดลองทั้งสองชุด อยู่ในระดับมากมาก 4) ความต้องการใช้ชุดโปรแกรมกับงานวิจัยทางการศึกษาของครูผู้ทดลองใช้ทั้งสองระยะมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 5)ครูผู้ทดลองใช้ทั้งสองมีระยะมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการใช้โปรแกรม Microsoft Excel เรื่องตารางการคำนวณ โดยใช้แบบฝึกทักษะ ของนักศึกษาสาขาการตลาดระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่2 วิทยาลัยเทคโนโลยีพาณิชยและบริหารธุรกิจ 2)เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาการตลาดระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่2 วิทยาลัยเทคโนโลยีพาณิชยและบริหารธุรกิจ ต่อการใช้แบบฝึกทักษะ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่นักศึกษาสาขาการตลาดระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 จำนวน 20คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ชุดฝึกทักษะการใช้โปรแกรม Microsoft Excel เรื่องตารางการคำนวณ จำนวน 3 ชุด แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการพัฒนาทักษะการใช้โปรแกรม Microsoft Excel เรื่องตารางการคำนวณ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่1) การหาค่าสถิติพื้นฐาน คือร้อยละค่าเฉลี่ย (X) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) และหาความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่า t-test (Dependent Sample)

ผลการวิจัย 1. จากการวิจัยพบว่า นักศึกษาสาขาการตลาดระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 จำนวน 20 คน วิทยาลัยเทคโนโลยีพาณิชยและบริหารธุรกิจ ทำแบบฝึกหัด โปรแกรม โปรแกรม Microsoft Excel เรื่องตารางคำนวณก่อนใช้ชุดฝึกทักษะ มีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 6 และ คะแนนสูงสุดเท่ากับ 13 คะแนน คิดค่าเฉลี่ย (x) เท่ากับ 9.27 คะแนน ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.148 และหลังจากการใช้ชุดฝึกทักษะแล้วให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งตารางการคำนวณ พบว่าคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 13 คะแนน คะแนนสูงสุดเท่ากับ 20 คะแนน มีค่าเฉลี่ย (x) เท่ากับ 16.73คะแนน ได้ค่าเบี่ยงเบน (S.D.) เท่ากับ 1.737 และการทดสอบสมมติฐาน โดยการใช้สถิติ t-test พบว่า ค่า t จากการคำนวณมีค่าเป็น 19.116 ส่วนค่า t ที่เปิดตาราง ณ ระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ + 0.05 มีค่าเป็น 1.812จากการค่าค่าแห่งความอิสระที่ + 10 (df = 10)

2.2.4งานวิจัยการสร้างโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป[6]

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคโนโลยีอิมบิอุเอฟ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักศึกษารวมทั้งสิ้น 30 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 เป็นกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม สุ่มในกลุ่มได้วิทยาลัยเทคโนโลยีอิมบิอุเอฟ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1. แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาคอมพิวเตอร์เพื่องานอาชีพ เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาคอมพิวเตอร์เพื่องานอาชีพ เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ 4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัย พบว่า 1. ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้กับนักศึกษาพบว่ามีความเท่ากับ 86.22/81.50 มีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 2. นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป มีความพึงพอใจในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด 51/34 หมู่ 7 ถนน บางนา-ตราด ตำบล บางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัด สมุทรปราการ 10540

รายละเอียดบริษัท : รับเหมาก่อสร้างงานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง

โทรศัพท์ : 02-0605048



รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด



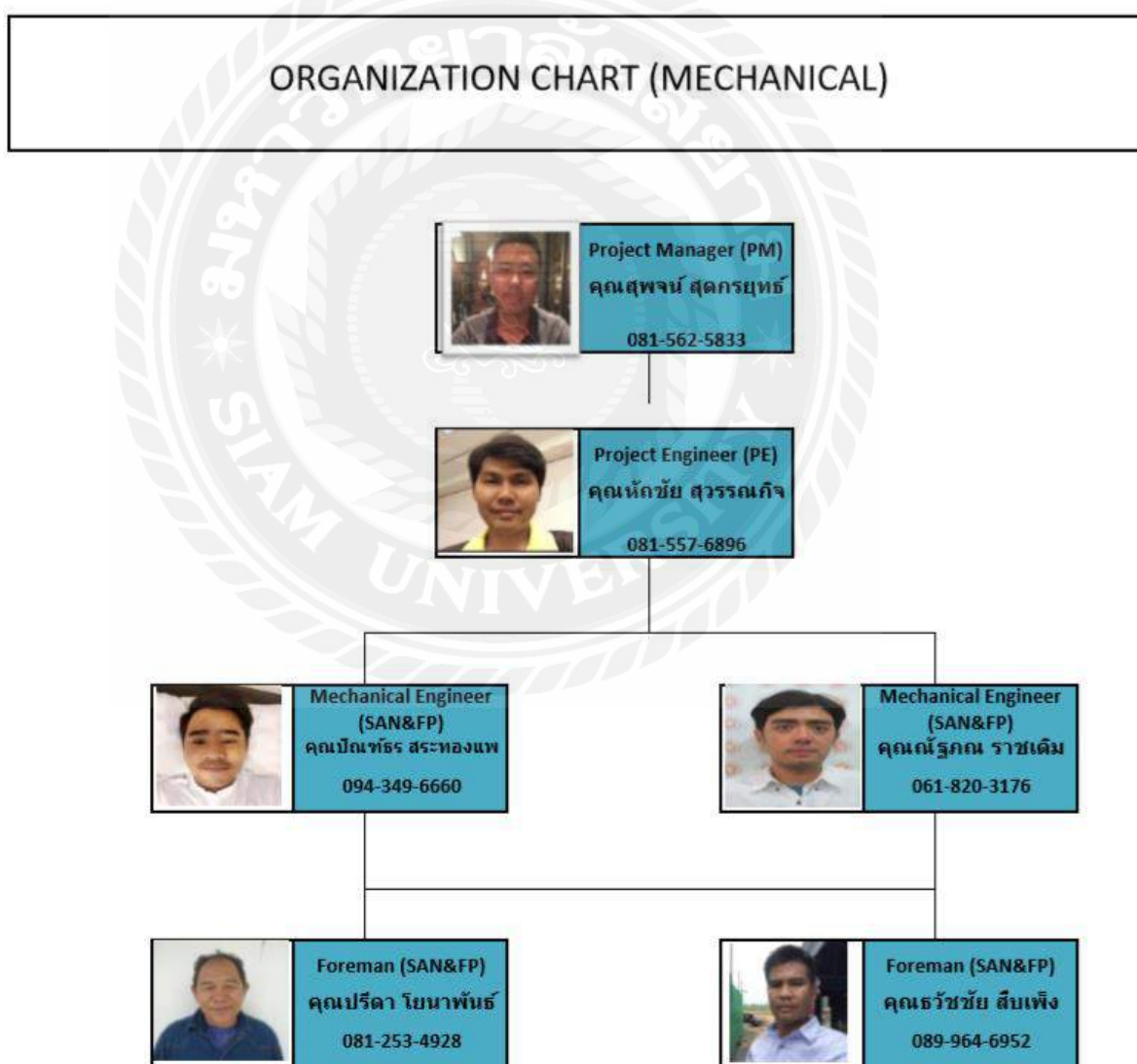
รูปที่ 3.2 โลโก้ตราบริษัท

3.2 ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด ก่อตั้งเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ.2553 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บริการด้านงานระบบดับเพลิง ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบไฟฟ้า โครงสร้างเหล็ก รวมถึงระบบสาธารณูปโภค ในโรงงานและอาคารทั่วไป โดยทีมงานที่มีประสบการณ์ และ ความชำนาญ นำเสนองานที่มีคุณภาพและดีที่สุดให้แก่ลูกค้าโดยคำนึงถึงความพอใจของลูกค้าเป็นสำคัญ ด้วยความมุ่งมั่นนี้เราจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาองค์กรให้เป็นองค์กรชั้นนำที่มีระบบจัดการและ ดำเนินการกิจการที่มีประสิทธิภาพ มีความโปร่งใส สามารถตรวจสอบได้ง่าย

3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร

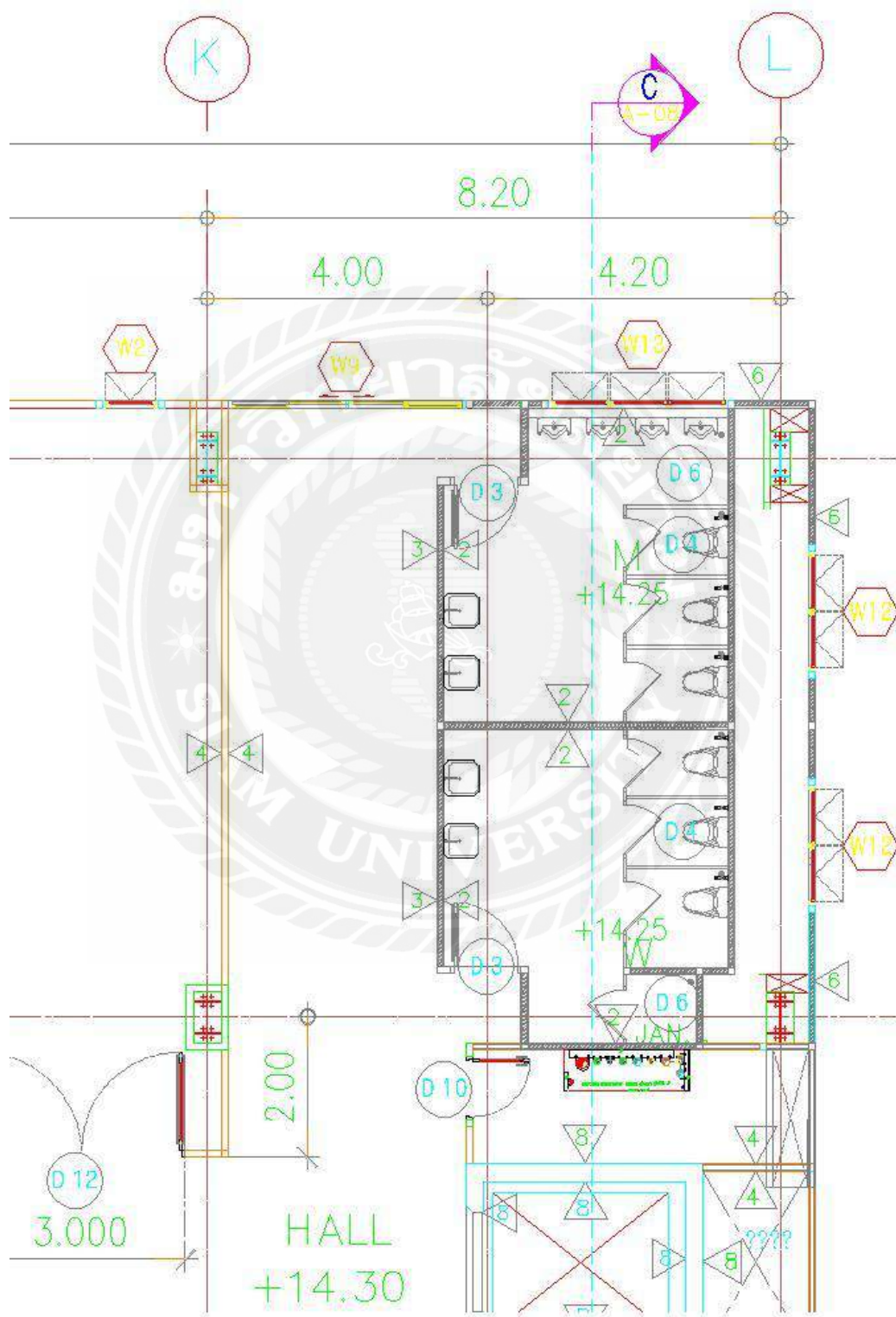
บริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในบริษัท เอ็มอี ซิสเต็ม จำกัด

3.7.2 แบบขยายแบบห้องน้ำ

ศึกษาแบบสถาปัตยกรรมของห้องน้ำชั้น 4 อาคารระว่ยน้ำที่เราจะออกแบบท่อประปา



รูปที่ 3.5 รูปขยายแบบสถาปัตยกรรมห้องน้ำชั้น 4 อาคารระว่ยน้ำ

3.7.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อน้ำประปา

ขั้นตอนสำคัญในการออกแบบระบบน้ำประปาคือการประมาณอัตราการใช้น้ำ ซึ่งในกรณีของอาคารธุรกิจทั่วไปหรืออาคารสาธารณะ การใช้น้ำประปาส่วนใหญ่จะใช้น้ำในห้องน้ำเป็นหลัก นอกนั้นก็จะมีการใช้ใน ห้องครัว รดน้ำต้นไม้ ห้องซักผ้า สระว่ายน้ำ และอื่น ๆ โดยอัตราการใช้น้ำประปาในห้องน้ำจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร และจำนวนสุขภัณฑ์

Fixture	Ty of supply control	Occupancy	Cold	Hot	total
Water Closet	Flush Valve	Public	10.0	-	10.0
Water Closet	Flush Tank	Public	5.0	-	5.0
Urinal	1-in Flush Valve	Public	10.0	-	10.0
Urinal	3/4-in Flush Valve	Public	5.0.	-	5.0
Urinal	Flush Tank	Public	3.0	-	3.0
Lavatory	Faucet	Public	1.5	1.5	2.0
Spray	Faucet	Public	2.25	-	3.0
Bathtub	Faucet	Public	3.0	3.0	4.0
Shower Head	Mixing Valve	Public	3.0	3.0	4.0
Service Sink	Faucet	Offices, Etc.	2.25	2.25	3.0
Kitchen Sink	Faucet	Hotel, Restaurant	3.0	3.0	4.0
Drinking Fountain	3/8-in Valve	Offices, Etc.	0.25	-	0.25
Water Closet	Flush Valve	Private	6.0	-	6.0
Water Closet	Flush Tank	Private	3.0	-	3.0
Lavatory	Faucet	Private	0.75	0.75	1.0
Bathtub	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Shower Stall	Mixing Valve	Private	1.5	1.5	2.0
Kitchen Sink	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Laundry Trays (1 to 3)	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Combination Fixture	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Dishwashing Machine	Automatic	Private	-	1.0	1.0
Laundry Trays (3.5 kg)	Automatic	Private	1.5	1.5	2.0
Laundry Trays (3.5 kg)	Automatic	Public or General	2.25	2.25	3.0
Laundry Trays (7 kg)	Automatic	Public or General	3.0	3.0	4.0

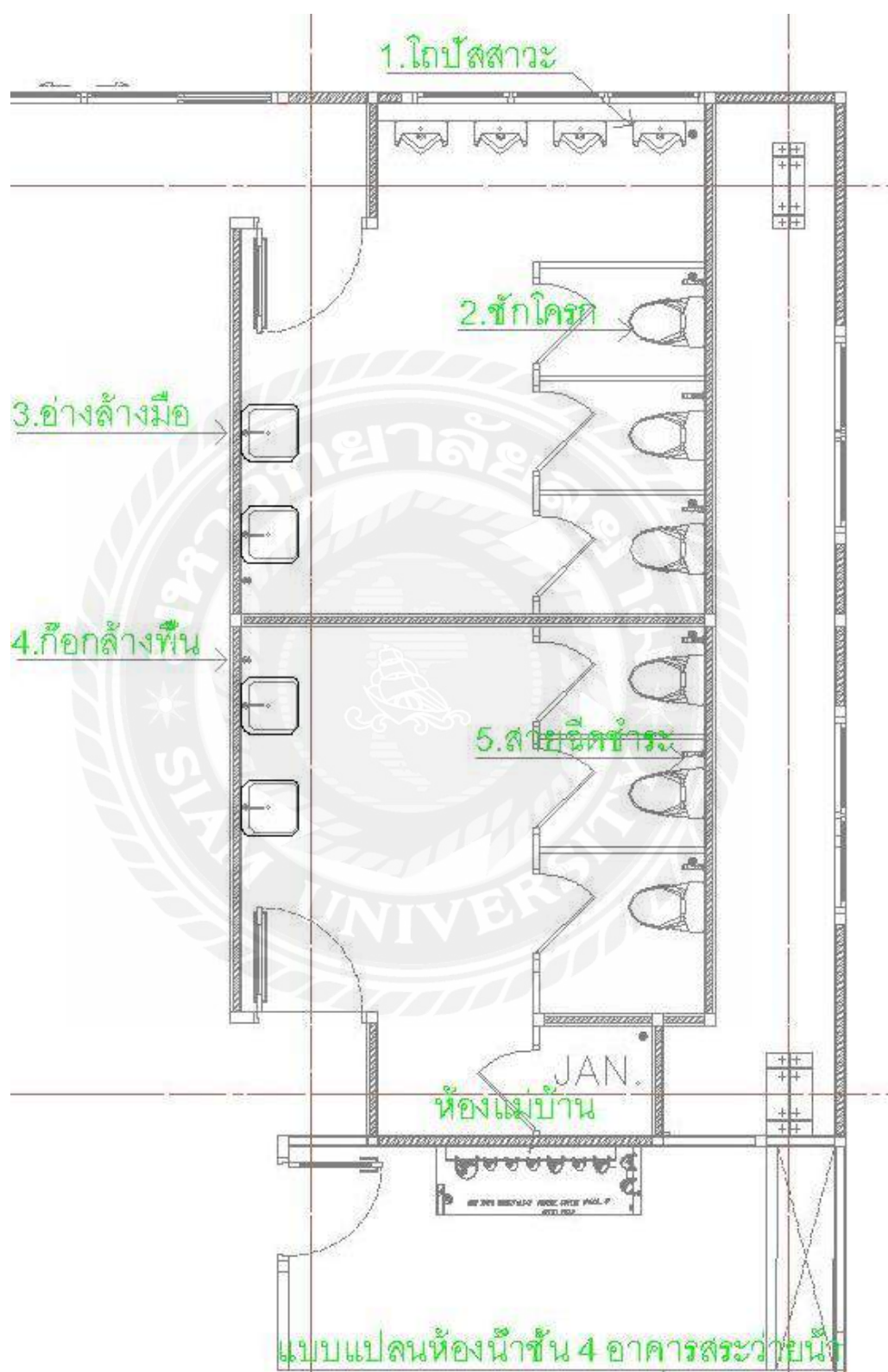
ตาราง 3.1 ความต้องการน้ำ และหน่วยสุขภัณฑ์ของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ

3.7.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง FU ,GPM ,l/s และ $m^3/hr.$

Supply Systems Predominantly For Flush Tank			
Load (Water-Supply Fixture Units)	Demand GPM	Flow (l / s)	Flow ($m^3/hr.$)
6	5	0.315	1.136
8	6.5	0.410	1.467
10	8	0.504	1.817
12	9.2	0.580	2.089
14	10.4	0.656	2.362
16	11.6	0.731	2.634
18	12.8	0.807	2.907
20	14	0.883	3.180
25	17	1.072	3.861
30	20	1.261	4.542
35	22.5	1.419	5.110
40	24.8	1.564	5.633
45	27	1.703	6.132
50	29	1.829	6.587
60	32	2.018	7.268
70	35	2.207	7.950
80	38	2.397	8.631
90	41	2.586	9.312
100	43.5	2.744	9.880
120	48	3.028	10.902
140	52.5	3.311	11.925
160	57	3.595	12.947
180	61	3.848	13.855
200	65	4.100	14.764
225	70	4.415	15.900
250	75	4.731	17.035

ตาราง 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง FU, GPM, l/s และ $m^3/hr.$

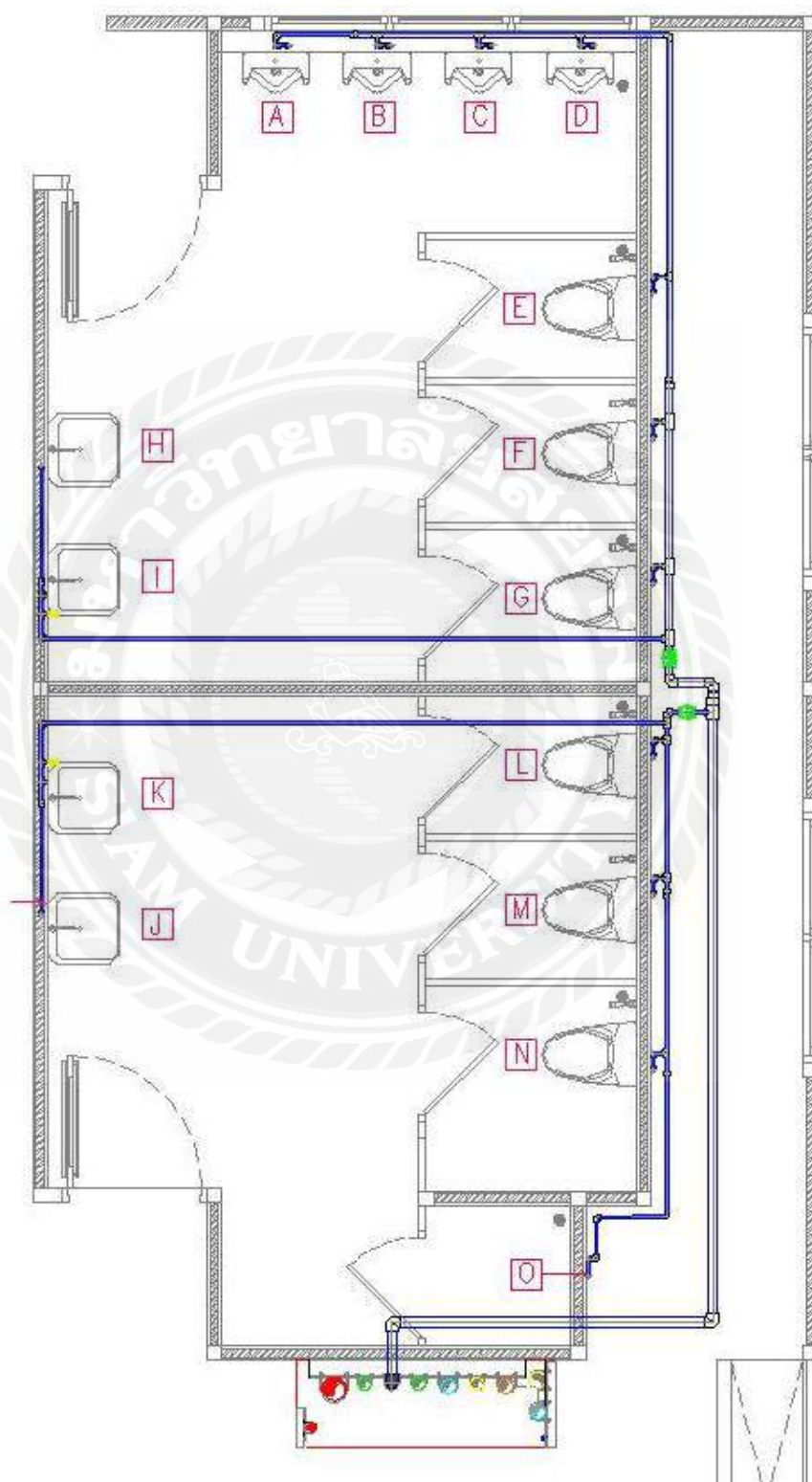
3.7.5 แบบห้องน้ำที่เราจะทำการถอดความต้องการน้ำ



รูปที่ 3.6 แบบที่เราจะทำการถอดแบบ

3.7.6 การถอดFixture Units ห้องน้ำชั้น 4

ตัวอย่าง 3.7.6.1 ยกตัวอย่างการใช้ท่อประปา ชนิดท่อพีพีอาร์



รูปที่ 3.7 แบบแสดงท่อน้ำประปาโดยใช้ท่อพีวีซี

3.7.7 แสดงการถอดจำนวนสุขภัณฑ์

ห้องน้ำชั้น 4 อาคารสรวายน้ำ โดยอ้างอิงจากตารางความต้องการน้ำ ตาราง 3.1

ลำดับสุขภัณฑ์	สุขภัณฑ์	จำนวน Fixture Units	ค่า GPM
<u>Line 1.</u>			
A.	Urinal 1	= 3 FU	
A.-B.	Urinal 2	= 6 FU	= 5 GPM
A.-B.-C.	Urinal 3	= 9 FU	= 8 GPM
A.-B.-C.-D.	Urinal 4	= 12 FU	= 9.2 GPM
A.-B.-C.-D.-E	Urinal 4+Water Closet1+Spray 1	= 19.25 FU	= 14 GPM
A.-B.-C.-D.-E.-F.	Urinal 4+Water Closet 2+Spray 2	= 26.5 FU	= 20 GPM
A.-B.-C.-D.-E.-F.-G.	Urinal 4+Water Closet 3+Spray 3	= 33.75 FU	= 22.5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{22.5 \times 3.79}{60} = 1.42 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.42 \times 101.9}{28.3} = 5.11 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Line 2.

H.	Lavatory 1	= 1.5 FU	
H.-I.	Lavatory 2	= 3 FU	= 5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{5 \times 3.785}{60} = 0.32 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.32 \times 101.9}{28.3} = 1.14 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Line 3.

Line1+Line2	= 33.75 FU + 3 FU	= 36.75 FU	= 24.8 GPM
-------------	-------------------	------------	------------

$$\text{Flow PPR} = \frac{24.8 \times 3.79}{60} = 1.56 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.56 \times 101.9}{28.3} = 5.63 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Line 4.

O.	Lavatory 1	= 1.5 FU	
O.-N.	Lavatory 1+Water Closet 1+Spray 1	= 8.75 FU	= 8 GPM
O.-N.-M.	Lavatory 1+Water Closet 2+Spray 2	= 16 FU	= 11.6 GPM
O.-N.-M.-L.	Lavatory 1+Water Closet 3+Spray 3	= 23.25 FU	= 17 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{17 \times 3.79}{60} = 1.07 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.07 \times 101.9}{28.3} = 3.86 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Line 5.

K.	Lavatory 1	= 1.5 FU
K.-J.	Lavatory 2	= 3 FU

$$\text{Flow PPR} = \frac{5 \times 3.79}{60} = 0.32 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.32 \times 101.9}{28.3} = 1.14 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Line 6.

$$\text{Line 3+Line 4+Line 5} = 36.75 \text{ FU} + 23.25 \text{ FU} + 3 \text{ FU} = 63 \text{ FU} = 35 \text{ GPM}$$

$$\text{Flow} = \frac{35 \times 3.79}{60} = 2.21 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow} = \frac{2.21 \times 101.9}{28.3} = 7.95 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

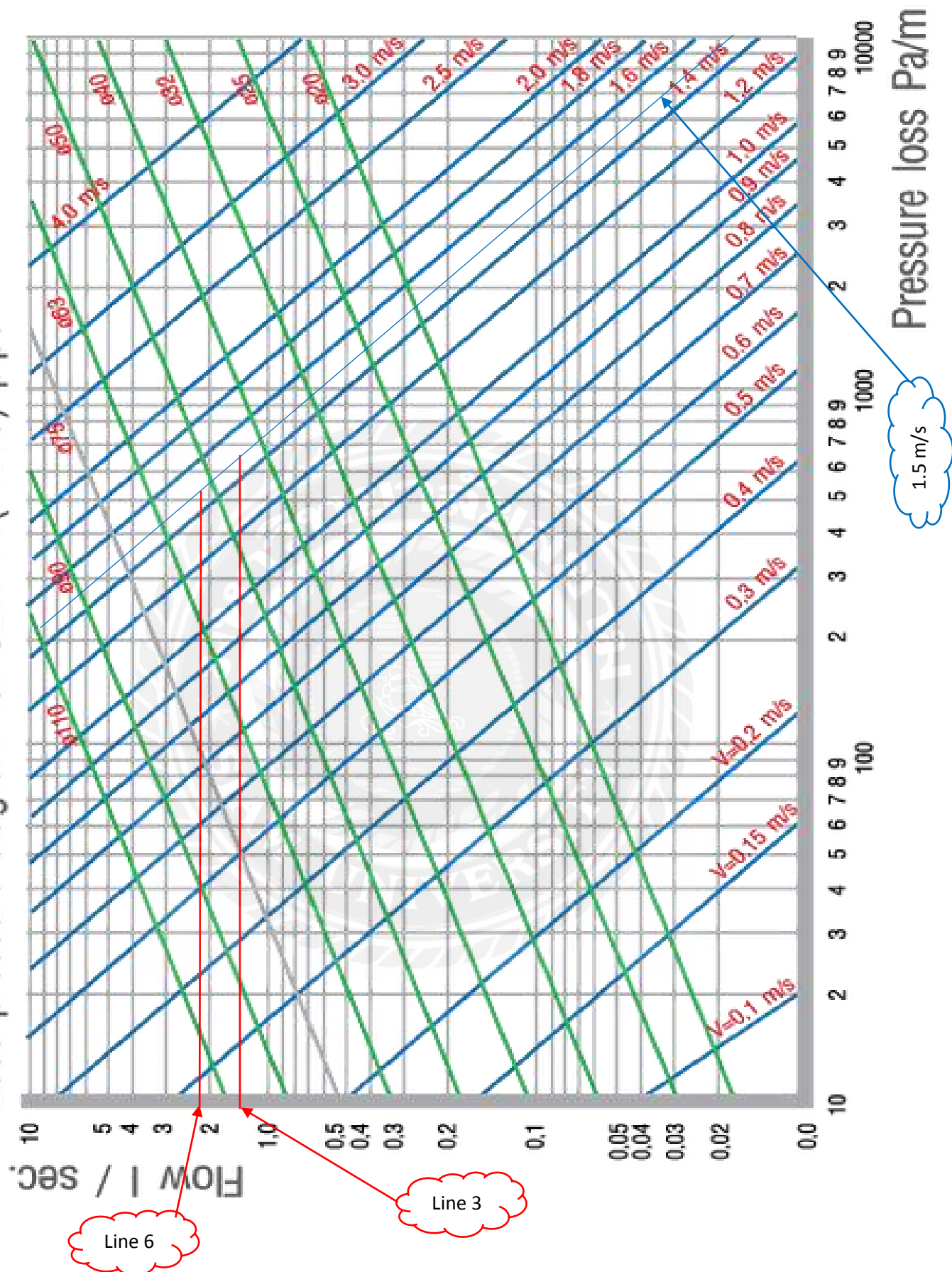
ถ้านำไปเทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR Line 3 = 1.56 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1-1/2"

ถ้านำไปเทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC Line 3 = 5.63 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1-1/4"

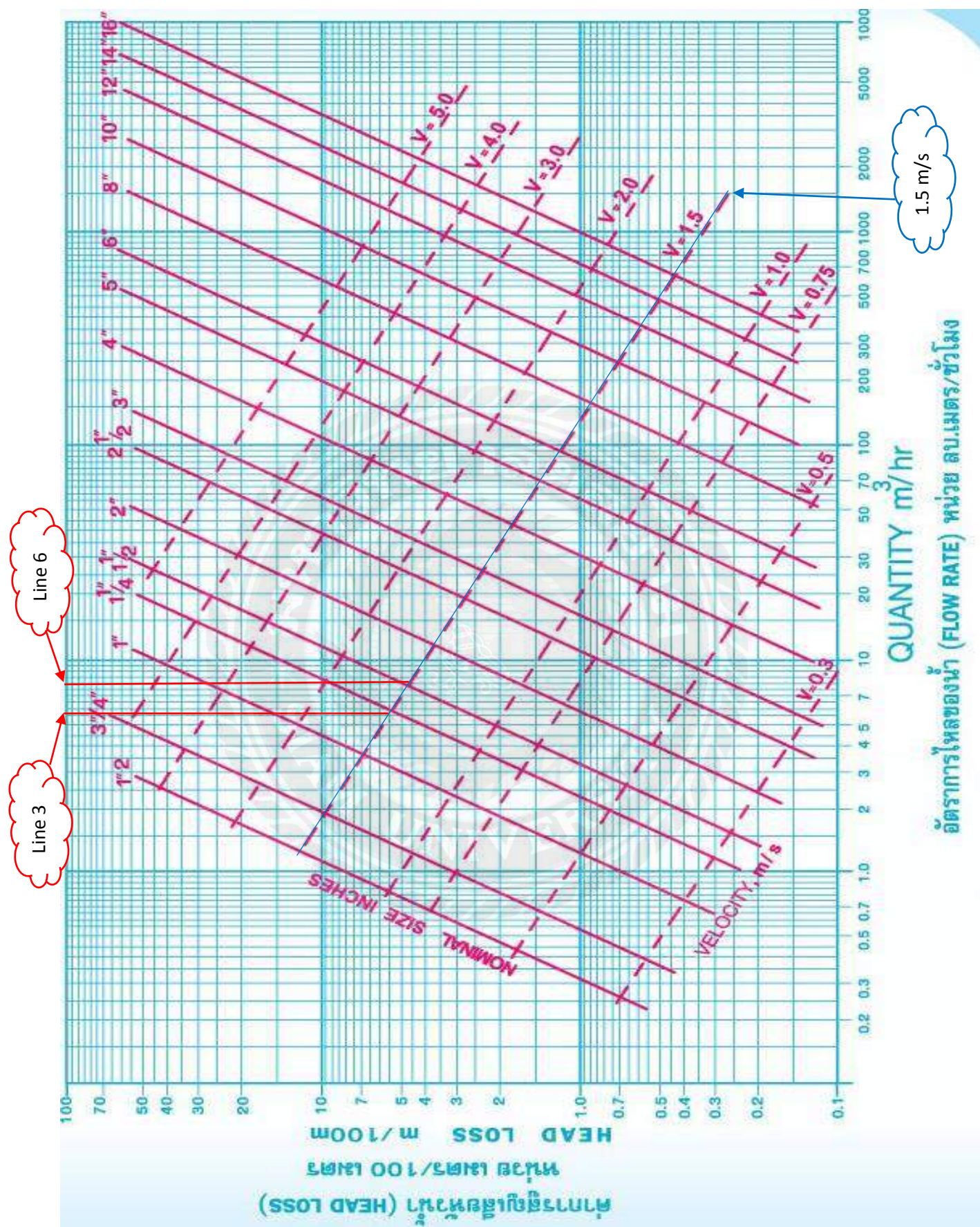
ถ้านำไปเทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR Line 6 = 2.21 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 2"

ถ้านำไปเทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC Line 6 = 7.95 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 2"

Loss pressure diagram for SDR 11(PN10) pipe



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟุตสำหรับ Class SDR 11(PN10)



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียท่อพีวีซี Class (13.5)

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำโครงการ โดยใช้เครื่องฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
เช่น

Hardware

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ACER KG241Q
2. เครื่องปริ้น HP
3. กล้องถ่ายรูปดิจิทัล Cannon IXUS
4. เครื่องคิดเลข OLYMPIA

โปรแกรมสำเร็จรูป

1. โปรแกรม Microsoft Word 2013
2. โปรแกรม Microsoft Excel 2013
3. โปรแกรม AUTO CAD 2016



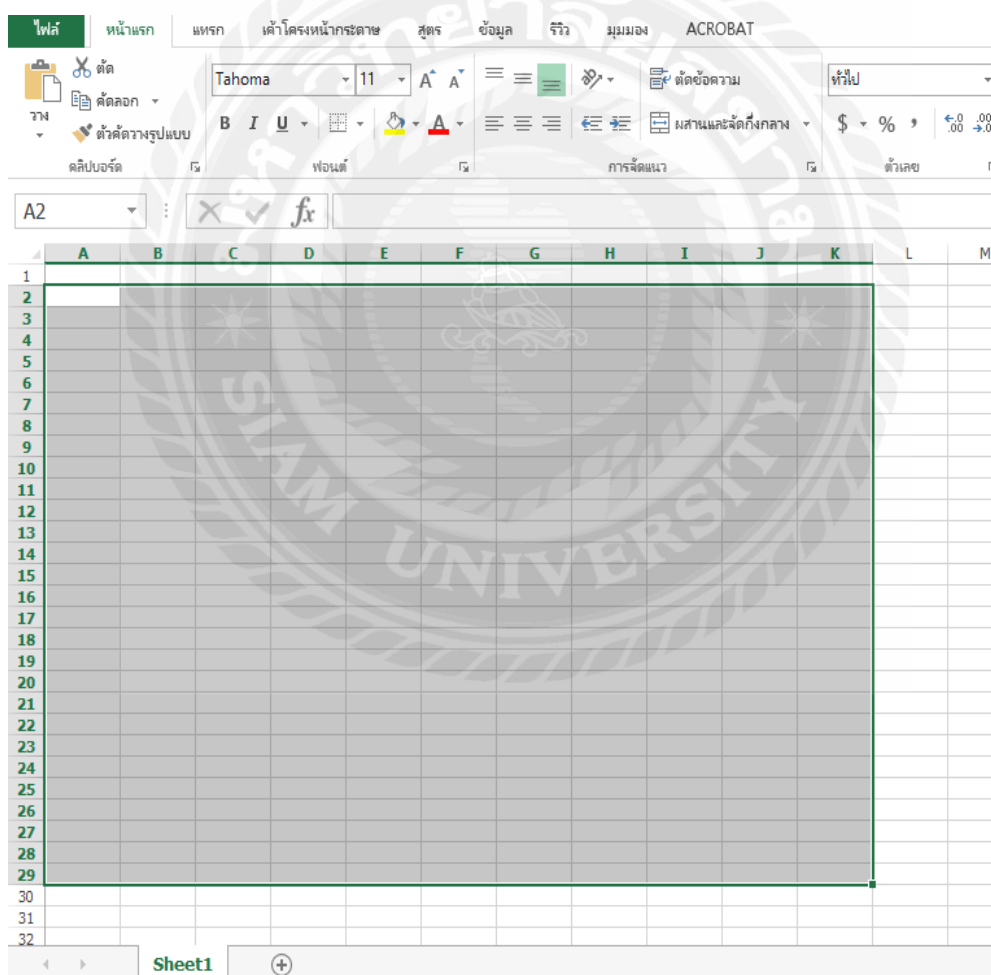
3.9 วิธีการสร้างตารางและการใช้สูตรใน Excel

วิธีการสร้างตารางและการใช้สูตรใน Excel ก็สามารถใช้สูตรทั่วไปเพื่อบวก คูณ หาค่า และลบค่าที่เป็นตัวเลขอย่างน้อยหนึ่งค่าขึ้นไปได้ ยังสามารถใช้ฟังก์ชันสูตรรวมอัตโนมัติ เพื่อหาผลรวมหาค่าได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใส่สูตรใด ๆ ด้วยตนเอง เมื่อสร้างสูตรแล้วสามารถเติมสูตรลงในเซลล์ที่ต่อเนื่องกันได้โดยไม่ต้องสร้างสูตรเดียวกันซ้ำ

ขั้นตอนการสร้างตารางและการใช้สูตร

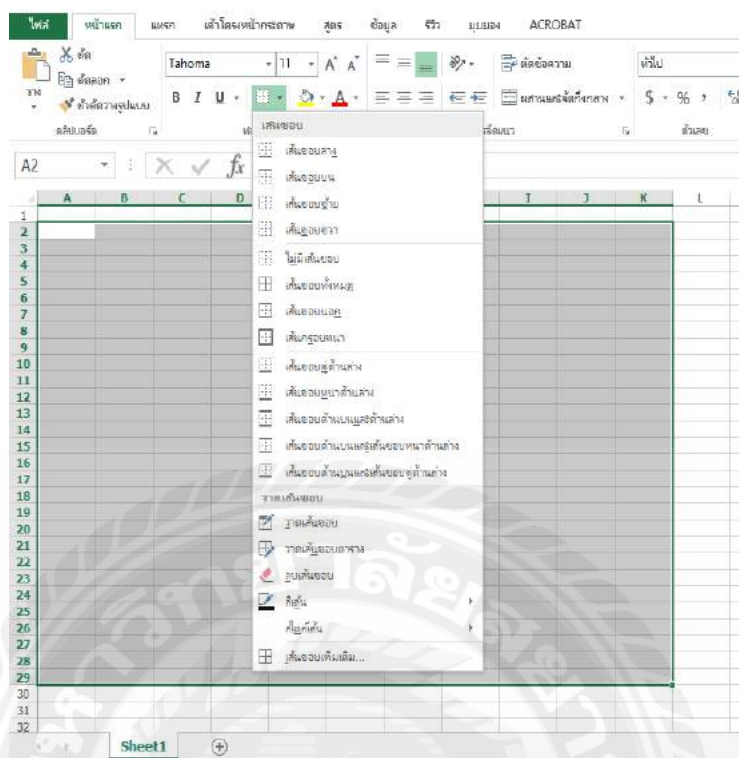
10.1. การใช้เส้นสร้างตาราง

ในโปรแกรม Excel การสร้างตารางสำคัญมาก และการกำหนดเส้นตารางสามารถกำหนดให้ออกมาได้หลายลักษณะ ดังนี้ คลิกเมาส์กำหนดขนาดของตารางที่เราต้องการสร้าง



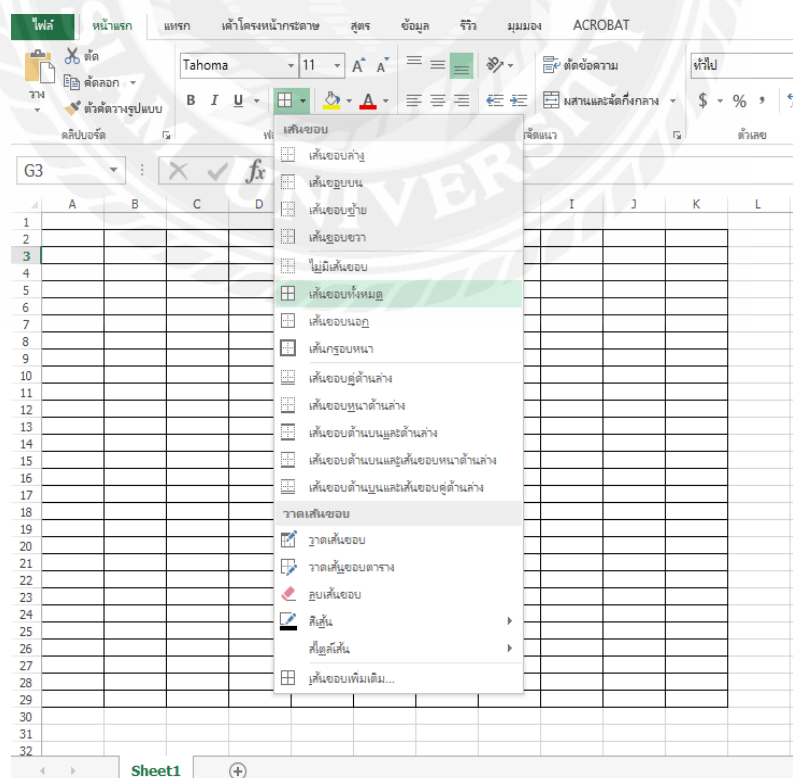
รูปที่ 3.10 การเลือกพื้นที่ใส่เส้นตาราง

10.2 คลิกที่ไอคอน เส้นขอบ จะมีการกำหนดเส้นให้หลายลักษณะขึ้นมาให้เลือกใช้



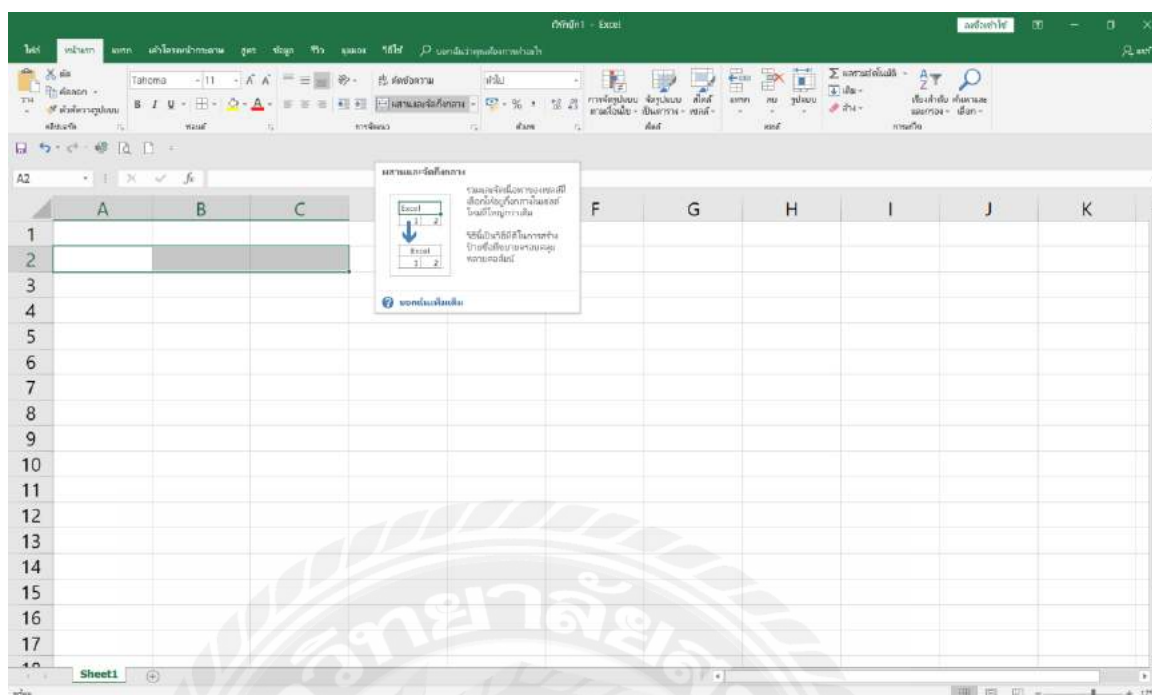
รูปที่ 3.11 การใส่รูปแบบเส้นขอบ

10.3 เลือก เส้นขอบทั้งหมดทุกเส้น



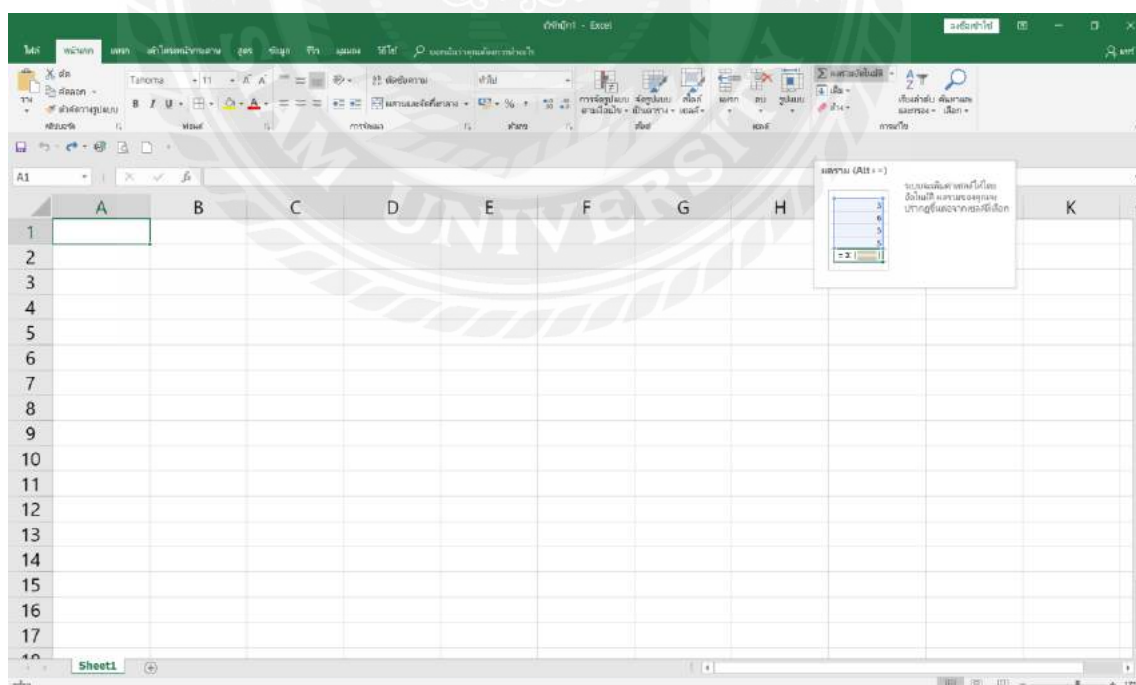
รูปที่ 3.12 การเลือกใส่เส้นขอบทั้งหมด

10.4 การเลือกช่องที่จะรวมให้เป็นช่องเดียว



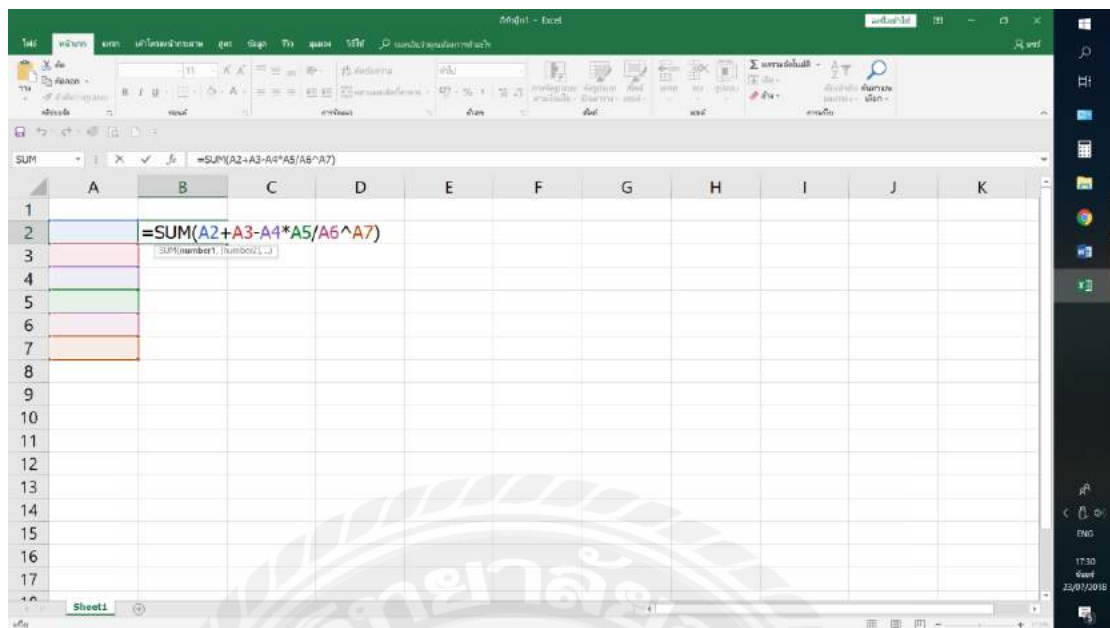
รูปที่ 3.13 การเลือกช่องที่จะรวมให้เป็นช่องเดียว

10.5 เลือกช่องที่จะใส่สูตรแสดงผลลัพธ์



รูปที่ 3.14 เลือกช่องที่จะใส่สูตรแสดงผลลัพธ์

10.6 เลือกช่องที่เราจะนำมาคำนวณในสูตร



รูปที่ 3.15 เลือกช่องที่เราจะนำมาคำนวณในสูตร

10.7 พิมพ์ข้อความลงในช่องเพื่อบรรยายข้อความที่บอกค่าที่เราต้องการ

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	HAZEN-WILLIAMS FORMULA							
2		P_f	=	$4.52Q^{1.85}$	Hazen William Formula			
3				$C^{1.85} d^{4.87}$				
4		Friction loss in pipe					0.0508	psi/m
5	P_f	Friction loss in pipe (psi/ft)					0.015487805	
6	Q	Flow in pipe (gpm)					125	GPM
7	C	Friction loss coefficient of pipe					150	For PVC
8	d	Actual internal diameter of pipe (inches)					2.993033326	inches
9								
10								

รูปที่ 3.16 การพิมพ์ข้อความ

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 การคำนวณหาขนาดท่อ

สำรวจสุขภัณฑ์ที่ใช้น้ำทั้งหมดและประเภทของสุขภัณฑ์ เทียบกับตารางความต้องการน้ำ และหน่วยสุขภัณฑ์ของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ (ลักษณะงานที่ใช้น้ำนี้เป็น Cold Water)

Fixture	Ty of supply control	Occupancy	Cold	Hot	total
Water Closet	Flush Valve	Public	10.0	-	10.0
Water Closet	Flush Tank	Public	5.0	-	5.0
Urinal	1-in Flush Valve	Public	10.0	-	10.0
Urinal	3/4-in Flush Valve	Public	5.0	-	5.0
Urinal	Flush Tank	Public	3.0	-	3.0
Lavatory	Faucet	Public	1.5	1.5	2.0
Spray	Faucet	Public	2.25	-	3.0
Bathtub	Faucet	Public	3.0	3.0	4.0
Shower Head	Mixing Valve	Public	3.0	3.0	4.0
Service Sink	Faucet	Offices, etc.	2.25	2.25	3.0
Kitchen Sink	Faucet	Hotel, Restaurant	3.0	3.0	4.0
Drinking fountain	3/8-in Valve	Offices, etc.	0.25	-	0.25
Water Closet	Flush Valve	Private	6.0	-	6.0
Water Closet	Flush Tank	Private	3.0	-	3.0
Lavatory	Faucet	Private	0.75	0.75	1.0
Bathtub	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Shower Stall	Mixing valve	Private	1.5	1.5	2.0
Kitchen Sink	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Laundry Trays (1 to 3)	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Combination Fixture	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Dishwashing Machine	Automatic	Private	-	1.0	1.0
Laundry Trays (3.5 kg)	Automatic	Public or General	2.25	2.25	3.0
Laundry Trays (7 kg)	Automatic	Public or General	3.0	3.0	4.0

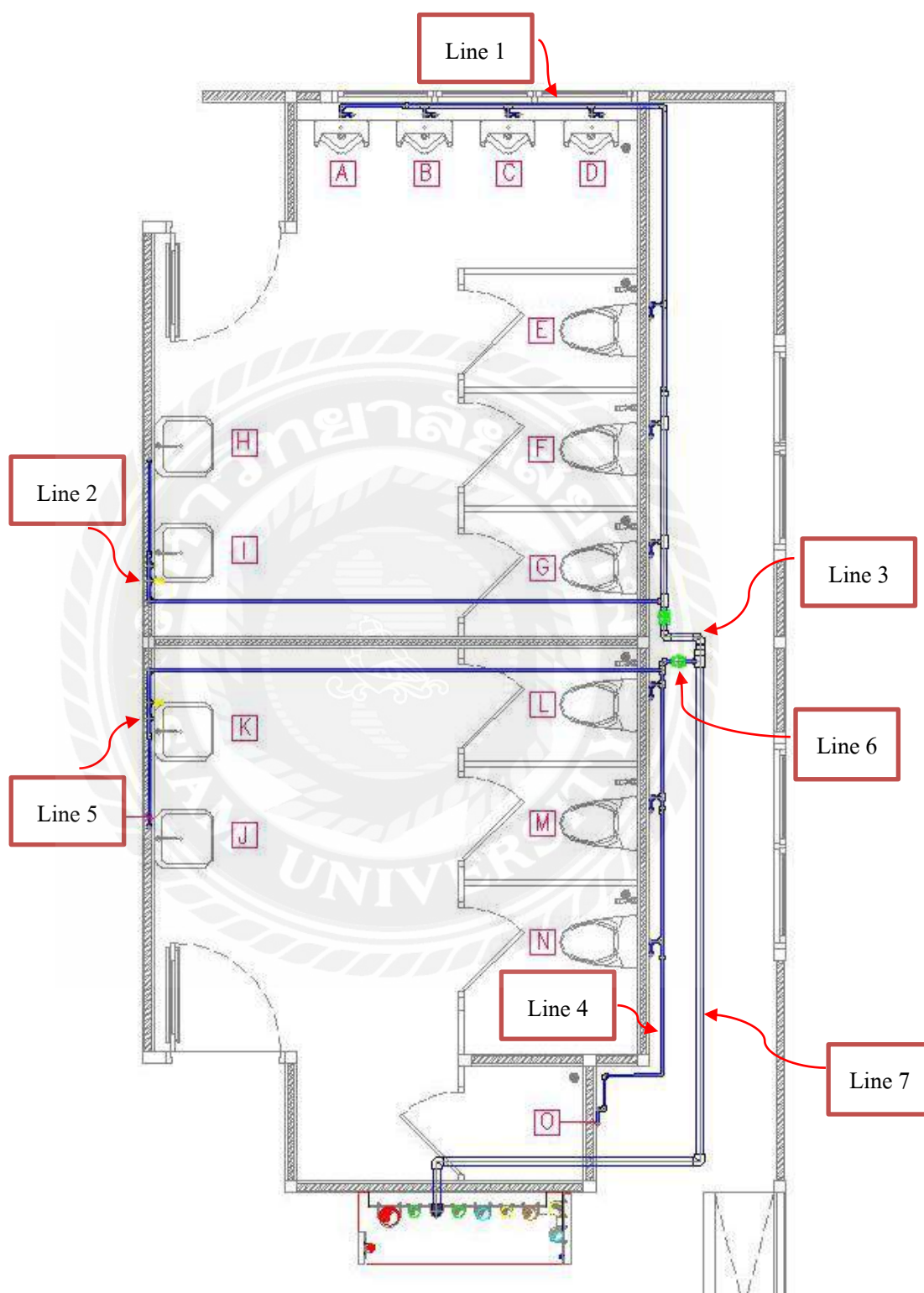
ตาราง 4.1 ความต้องการน้ำ และหน่วยสุขภัณฑ์ของอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ

Supply Systems Predominantly For Flush Tank			
Load (Water-Supply Fixture Units)	Demand GPM	Flow (l / s)	Flow (m ³ / hr.)
6	5	0.315	1.136
8	6.5	0.410	1.467
10	8	0.504	1.817
12	9.2	0.580	2.089
14	10.4	0.656	2.362
16	11.6	0.731	2.634
18	12.8	0.807	2.907
20	14	0.883	3.180
25	17	1.072	3.861
30	20	1.261	4.542
35	22.5	1.419	5.110
40	24.8	1.564	5.633
45	27	1.703	6.132
50	29	1.829	6.587
60	32	2.018	7.268
70	35	2.207	7.950
80	38	2.397	8.631
90	41	2.586	9.312
100	43.5	2.744	9.880
120	48	3.028	10.902
140	52.5	3.311	11.925
160	57	3.595	12.947
180	61	3.848	13.855
200	65	4.100	14.764
225	70	4.415	15.900
250	75	4.731	17.035

ตาราง 4.2 อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (Hunter's Curve)

4.2 การถอดFixture Unitsห้องน้ำชั้น 4

ยกตัวอย่างการใช้ท่อประปา ชนิดท่อพีพีอาร์



รูปที่ 4.2 แบบแสดงท่อน้ำประปาโดยใช้ท่อพีพีอาร์

4.3 แสดงการถอดจำนวนสุขภัณฑ์

ห้องน้ำชั้น 4 อาคารสระว่ายน้ำ โดยอ้างอิงจากตารางความต้องการน้ำ ตาราง 3.2ลำดับ

ลำดับสุขภัณฑ์ สุขภัณฑ์ จำนวน Fixture Units ค่า GPM

4.3.1 Line 1.

4.3.1.1 A. Urinal 1 = 3 FU = 2 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{2 \times 3.79}{60} = 0.13 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.13 \times 101.9}{28.3} = 0.45 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.= 0.17 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.= 0.45 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.1.2 A,B Urinal 2 = 6 FU = 5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{5 \times 3.79}{60} = 0.32 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.32 \times 101.9}{28.3} = 1.14 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.-B.= 0.36 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.-B.= 1.14 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.1.3 A,B,C, Urinal 3 = 9 FU = 8 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{8 \times 3.79}{60} = 0.50 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.50 \times 101.9}{28.3} = 1.82 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.-B.-C.= 0.50 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.-B.-C.= 1.81 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

4.3.1.4 A,B,C,D Urinal 4 = 12 FU = 9.2 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{9.2 \times 3.79}{60} = 0.60 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.58 \times 101.9}{28.3} = 2.10 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.-B.-C.-D.= 0.58 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.-B.-C.-D.= 2.01 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1"

4.3.1.5 A,B,C,D,E Urinal 4+Water Closet 1+Spray 1 = 19.25 FU = 14 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{14 \times 3.79}{60} = 0.88 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.88 \times 101.9}{28.3} = 3.18 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.-B.-C.-D.-E.= 0.88 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.-B.-C.-D.-E.= 3.18 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1"

4.3.1.6 A, B,C,D,E,F Urinal 4+Water Closet 2+Spray 2 = 26.5 FU = 20 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{20 \times 3.79}{60} = 1.26 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.26 \times 101.9}{28.3} = 4.54 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR A.-B.-C.-D.-E.-F.= 1.26 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC A.-B.-C.-D.-E.-F.= 4.54 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

4.3.1.7 A,B,C,D,E,F,G Urinal 4+Water Closet 3+Spray 3 = 33.75 FU = 22.5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{22.5 \times 3.79}{60} = 1.42 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.41 \times 101.9}{28.3} = 5.11 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

4.3.2 Line 2.

4.3.2.1 H Lavatory 1 = 1.5 FU = 2 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{2 \times 3.79}{60} = 0.13 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.17 \times 101.9}{28.3} = 0.45 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR H.= 0.13 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC H.= 0.45 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.2.2 H,I Lavatory 2 = 3 FU = 5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{5 \times 3.79}{60} = 0.32 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.32 \times 101.9}{28.3} = 1.14 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR H.-I.= 0.32 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC H.-I.= 1.14 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.3 Line 3.

43.3.1 Line1+Line2 = 33.75 FU + 3 FU = 36.75 FU = 24.8 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{24.8 \times 3.79}{60} = 1.56 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.56 \times 101.9}{28.3} = 5.63 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR Line1+Line2 = 1.56 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC Line1+Line2= 5.63 m³/hr. .จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

4.3.4 Line 4.

4.3.4.1 O Lavatory 1 = 1.5 FU = 2 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{2 \times 3.79}{60} = 0.13 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.17 \times 101.9}{28.3} = 0.45 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR O.= 0.13 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC O.= 0.45 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.4.2 O,N Lavatory 1+Water Closet 1+Spray 1 = 8.75 FU = 8 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{8 \times 3.79}{60} = 0.50 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.50 \times 101.9}{28.3} = 1.81 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR O.-N.= 0.50 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC O.-N.= 1.82 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

4.3.4.3 O,N,M Lavatory 1+Water Closet 2+Spray 2 = 16 FU = 11.6 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{11.6 \times 3.79}{60} = 0.73 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.73 \times 101.9}{28.3} = 2.63 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR O.-N.-M.= 0.73 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC O.-N.-M.= 2.63 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1"

4.3.4.4 O,N,M,L Lavatory 1+Water Closet 3+Spray 3 = 23.25 FU = 17 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{17 \times 3.79}{60} = 1.07 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.07 \times 101.9}{28.3} = 3.86 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR O.-N.-M.-L.= 1.07 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC O.-N.-M.-L.= 3.86 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

4.3.5 Line 5.

4.3.5.1 K Lavatory 1 = 1.5 FU = 2 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{2 \times 3.79}{60} = 0.13 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.13 \times 101.9}{28.3} = 0.45 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR K.= 0.13 l/s จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC K.= 0.45 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.5.2 K,J Lavatory 2 = 3 FU = 5 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{5 \times 3.79}{60} = 0.32 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{0.32 \times 101.9}{28.3} = 1.14 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR K.-J.= 0.32 l/s

จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 3/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC K.-J.= 1.14 m³/hr.

จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1/2"

4.3.6 Line 6.

4.3.6.1 Line4+Line5 = 23.25 FU + 3 FU = 26.25 FU = 17 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{17 \times 3.79}{60} = 1.07 \text{ l/s}$$

$$\text{Flow PVC} = \frac{1.07 \times 101.9}{28.3} = 3.86 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR Line4 +Line5 = 1.07 l/s

จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC Line4 +Line5 = 3.86 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 1 1/4"

4.3.7 Line 7.

4.3.7.1 Line3+Line6 = 36.75 FU + 26.25 FU = 63 FU = 35 GPM

$$\text{Flow PPR} = \frac{35 \times 3.79}{60} = 2.21 \text{ l/s}$$

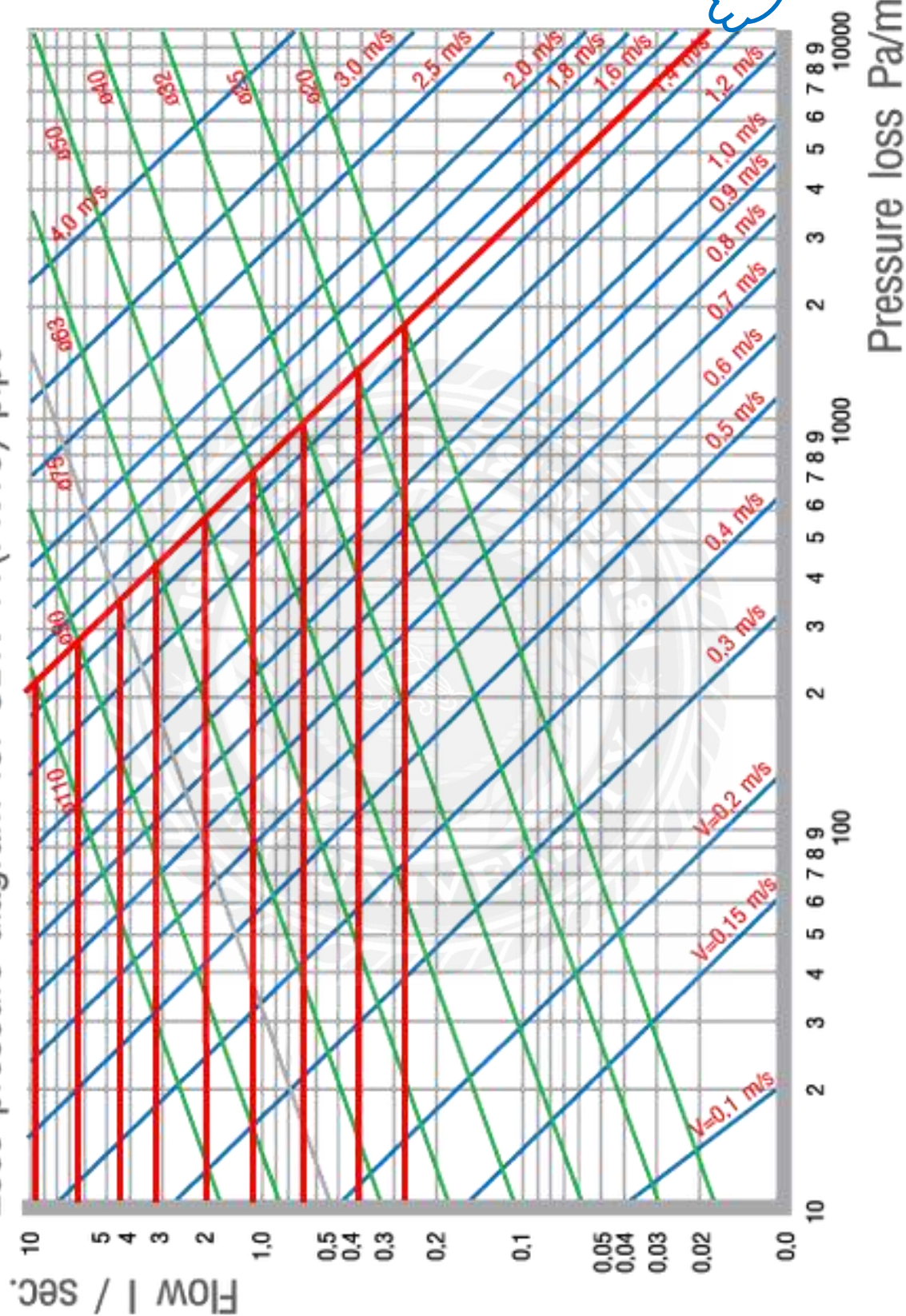
$$\text{Flow PVC} = \frac{2.21 \times 101.9}{28.3} = 7.95 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PPR Line4 +Line5 = 2.21 l/s

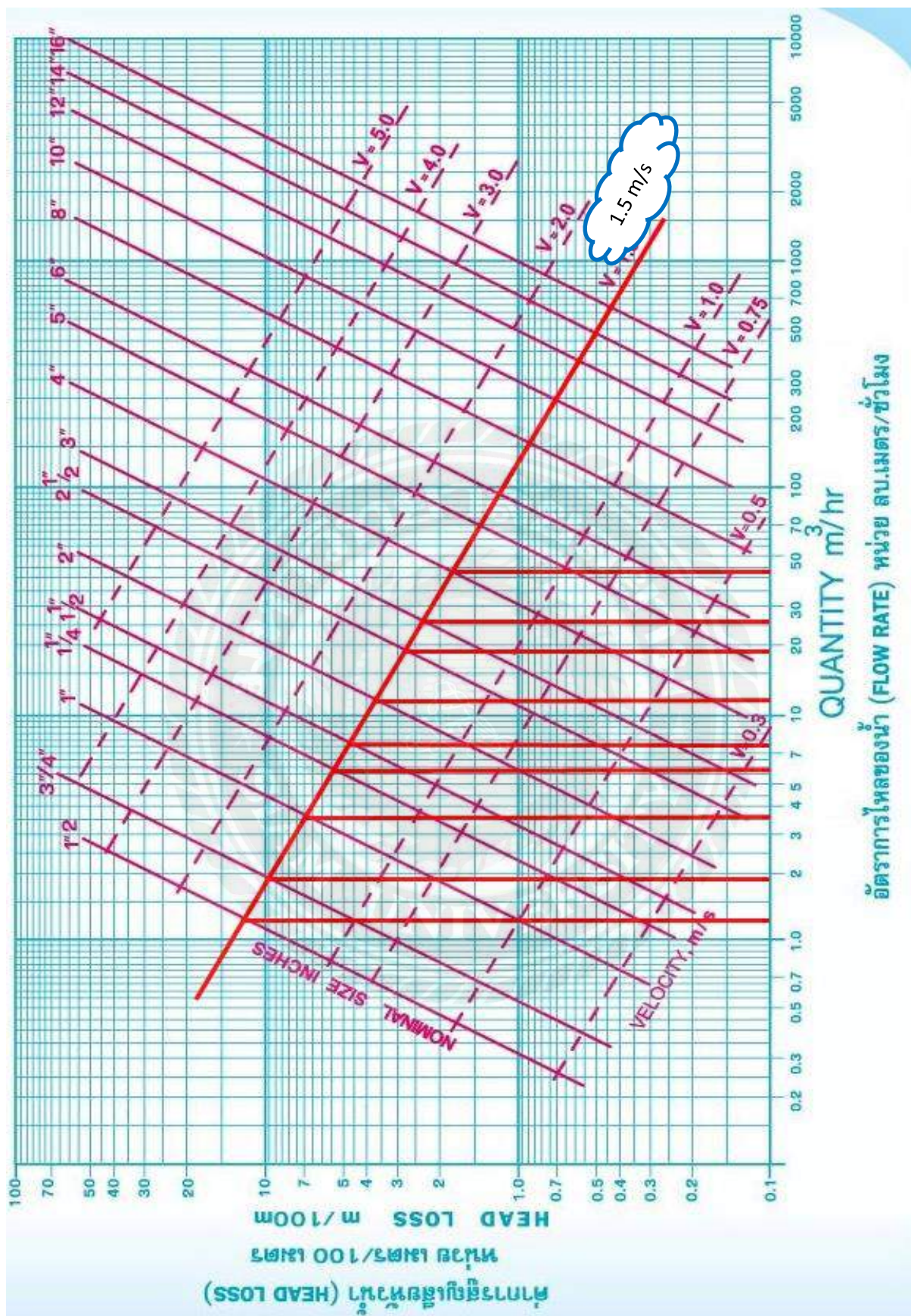
จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 2"

เทียบกับตารางกราฟหาขนาดท่อ PVC Line4 +Line5 = 7.95 m³/hr. จะได้ขนาดท่อ = ท่อ 2"

Loss pressure diagram for SDR 11(PN10) pipe



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียต่อฟุตสำหรับ Class SDR 11 (PN10) และบอกขนาดท่อ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงดันสูญเสียท่อพีวีซี Class (13.5) และบอกขนาดท่อ

4.4 การคำนวณเพื่อตรวจสอบขนาดท่อจริง โดยโปรแกรมการคำนวณสำเร็จรูป Excel

4.3.1 ในการคำนวณหาขนาดท่อจริงจะใช้สูตร Hazen-William Formula

Dt = เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดท่อจริง (mm.)

Q = อัตราความต้องการน้ำสูงสุด GPM (l/s)

C = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Safety Factor)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดในอุดมคติ (mm.)

$$Dt = \frac{4.52 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}}$$

Flow in pipe (gpm)	Q	35
Friction loss coefficient of pipe	C	1.5
Diameter hypotesis (mm.)	D	2.0236
Actual diameter (mm.)		49.55281616

รูปที่ 3.8 ตารางการคำนวณหา Actual Diameter โดยโปรแกรมการคำนวณสำเร็จรูป

4.3.2 วิธีการใช้โปรแกรมการคำนวณสำเร็จรูป Excel

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ เทียบจากตาราง

กราฟแสดงแรงดันสูญเสียท่อพีอีอาร์ Class SDR11(PN10) และบอกขนาดท่อ

กราฟแสดงแรงดันสูญเสียท่อพีวีซี Class (13.5) และบอกขนาดท่อ

Q = มาจากตารางความต้องการน้ำสูงสุดของสุขภัณฑ์ FU เทียบเป็น GPM

C = แรงเสียดทานภายในท่อ(ท่อแต่ละชนิดจะมีแรงเสียดทานต่างกันหรือใกล้เคียงกันตามชนิดของวัสดุที่ทำ เช่น เหล็ก พลาสติก ฯ)

Dt = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาดจริงที่ได้ (ท่อขนาดจริงอาจจะไม่มีขนาดมาตรฐานในการซื้อขาย หรือผลิต แต่จะใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่กว่าแทน)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

ในการออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2560 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม 2560 ทำให้ทราบถึงหลักการการทำงานของระบบสุขาภิบาลและได้ทราบถึงการเลือกใช้ท่อและทราบถึงคุณสมบัติที่แตกต่างของท่อแต่ละชนิดเพื่อให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์ที่สุดโดยใช้ตารางการคำนวณที่ได้ทำขึ้นมาทำให้ได้ความรู้ทางวิศวกรรมด้านกลศาสตร์มาใช้ในการทำการคำนวณหาอัตราการไหลของปริมาตรและยังได้รับความรู้ในด้านการออกแบบและเขียนแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ควบคู่กับการฝึกสหกิจศึกษาอีกด้วย

ตาราง 5.1 การเปรียบเทียบอัตราการไหลภายในท่อพีวีซีและท่อพีอีอาร์

Supply Systems Predominantly For Flush Tank					
Load (Water-Supply Fixture Units)	Demand GPM	Flow (l / s)	Flow (m ³ / hr.)	ท่อ PPR	ท่อ PVC
6	5	0.315	1.136	1/2"	1/2"
8	6.5	0.410	1.467	1/2"	1/2"
10	8	0.504	1.817	3/4"	1/2"
12	9.2	0.580	2.089	3/4"	3/4"
14	10.4	0.656	2.362	3/4"	3/4"
16	11.6	0.731	2.634	1"	3/4"
18	12.8	0.807	2.907	1"	3/4"
20	14	0.883	3.180	1"	3/4"
25	17	1.072	3.861	1"	1"
30	20	1.261	4.542	1 1/4"	1"
35	22.5	1.419	5.110	1 1/4"	1"
40	24.8	1.564	5.633	1 1/4"	1 1/4"
45	27	1.703	6.132	1 1/4"	1 1/4"
50	29	1.829	6.587	1 1/4"	1 1/4"
60	32	2.018	7.268	1 1/2"	1 1/4"
70	35	2.207	7.950	1 1/2"	1 1/2"

80	38	2.397	8.631	1 1/2"	1 1/2"
90	41	2.586	9.312	1 1/2"	1 1/2"
100	43.5	2.744	9.880	1 1/2"	1 1/2"
120	48	3.028	10.902	1 1/2"	1 1/2"
140	52.5	3.311	11.925	2"	1 1/2"
160	57	3.595	12.947	2"	2"
180	61	3.848	13.855	2"	2"
200	65	4.100	14.764	2"	2"
225	70	4.415	15.900	2"	2"
250	75	4.731	17.035	2 1/2"	2"
275	80	5.046	18.171	2 1/2"	2"
300	85	5.362	19.037	2 1/2"	2 1/2"
400	105	6.623	23.850	2 1/2"	2 1/2"
500	125	7.885	28.393	3"	3"
750	170	10.724	38.614	4"	3"
1000	280	13.121	47.246	4"	4"

ตาราง 5.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิท่อพีพียาร์และท่อพีวีซี

ขนาดท่อ	ท่อ พีพียาร์ (MPa)	ท่อ พีวีซี (MPa)
1/2"	2.511	4.637
3/4"	3.326	2.638
1"	3.388	2.018
1 1/4"	3.304	1.662
1 1/2"	3.326	1.319
2"	3.323	1.048
2 1/2"	3.386	0.861
3"	3.457	0.723
4"	3.375	0.589
6"	3.360	0.407

ตาราง 5.3 เปรียบเทียบราคาท่อพีพีอาร์

ราคาท่อพีพีอาร์ Class SDR 11(PN10)

Size (inch)	ราคา (บาท)
D20 (1/2")	140
D25 (3/4")	184
D32 (1")	304
D40 (1 1/4")	452
D50 (1 1/2")	720
D63 (2")	1148
D75 (2 1/2")	1608
D90 (3")	2248
D110 (4")	3336
D125 (5")	5268
D160 (6")	9800

ราคาข้างต้นอ้างอิงราคาจาก Price List บริษัท ก.ไพศาลรามอินทรา จำกัด

ตาราง 5.4 เปรียบเทียบราคาท่อพีวีซี

ราคาท่อพีวีซี Class (13.5)

Size (inch)	ราคา (บาท)
1/2"	53.00
3/4"	64.00
1"	101.00
1-1/4"	132.00
1-1/2"	170.00
2"	260.00
2-1/2"	430.00
3"	600.00
4"	965.00
5"	1455.00
6"	2050.00

ราคาข้างต้นอ้างอิงราคาจาก Price List บริษัท ก.ไพศาลรามอินทรา จำกัด

ตาราง 5.5 คุณสมบัติท่อพีอีอาร์ Class SDR 11(PN10)

ขนาดท่อ PPR (in)	เส้นผ่านศก.ภายใน (mm)	ความหนา (mm)	ปริมาตรน้ำ (l/m)	น้ำหนัก(Kg/m)
1/2"	15.4	2.3	0.186	0.115
3/4"	20.4	2.3	0.327	0.164
1"	26.2	2.9	0.539	0.267
1-1/4"	32.6	3.7	0.835	0.412
1-1/2"	40.8	4.6	1.308	0.638
2"	51.4	5.8	2.076	1.010
2-1/2"	61.4	6.8	2.962	1.420
3"	75.6	8.2	4.256	2.030
4"	90	10.0	6.364	3.010
6"	130.8	14.6	13.443	6.401

ตาราง 5.6 คุณสมบัติท่อพีวีซี Class(13.5)

ขนาดท่อ PVC (in)	เส้นผ่านศก.ภายใน(mm)	ความหนา (mm)	ปริมาตรน้ำ (l/m)	น้ำหนัก(Kg/m)
1/2"	17.0	2.5	0.235	0.220
3/4"	21.0	2.5	0.342	0.265
1"	28.0	3.0	0.637	0.418
1-1/4"	35.8	3.1	1.022	0.543
1-1/2"	41.0	3.5	1.332	0.700
2"	51.4	4.3	2.077	1.075
2-1/2"	65.2	5.4	3.367	1.713
3"	76.2	6.4	4.617	2.375
4"	97.8	8.1	7.590	3.750
6"	141.6	11.7	15.910	8.093

5.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติท่อ

คุณสมบัติ ของวัสดุ	ท่อพีอีอาร์ SDR11 PN10	ท่อพีวีซี Class 13.5	หมายเหตุ
1.อายุการใช้งานของท่อ	50 ปี	10 ปี	ท่อพีวีซีอาจมีการซ่อม บำรุงในช่วงระยะ 10 ปี
2.แรงดันในท่อที่ทนได้	20 Bar	13.5 Bar	
3.อุณหภูมิที่รับได้	95 C	60 C	
4.ราคาเปรียบเทียบ	ราคาแพงกว่าท่อพีวีซี 62%	ราคาถูกกว่าท่อพีอี อาร์ 62%	
5.คุณภาพวัสดุ	มีการหย่อนเหี่ยวไม่ แตกหักเมื่อโดน กระแทก	ไม่ทนทานต้องแรง กระแทก	
6.วิธีการติดตั้ง	ใช้เครื่องเชื่อมความ ร้อน	ใช้น้ำยาประสาน	
7.ระบบท่อน้ำร้อน	อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 95 C	อุณหภูมิใช้งานไม่ เกิน 60 C	
8.การซ่อมบำรุง	สามารถซ่อมแซมได้ เมื่อโดนสว่าน แก่เปิด ผิวกระเบื้องโดยไม่ ต้องรื้อผนัง	ต้องรื้อกระเบื้องและ ผนังเมื่อท่อโดนตะปู	

สรุปการเลือกใช้ท่อในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย

สาเหตุที่ทำให้ทางโครงการเลือกใช้ท่อประปาประเภทท่อพีอีอาร์นี้ เนื่องจากทางเจ้าของโครงการได้ดูถึงระยะการใช้งานของท่อเพราะว่ามีอายุการใช้งานได้นานถึง 50 ปี มากกว่าท่อประปาประเภทท่อพีวีซีที่มีอายุการใช้งานได้เพียง 10 ปีเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงท่อ ถึงแม้ว่าท่อประเภทนี้จะมีราคาที่สูงกว่าท่อพีวีซีประมาณ 62% จะได้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการดูแลรักษาในระยะยาว

5.2 ข้อเสนอแนะระหว่างการทำงาน

5.1 ในการศึกษาครั้งต่อไป ห้องน้ำชั้น 4 อาคารสระว่ายนํ้า โครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย ข้อมูลจะสมบูรณ์แบบได้ ต้องมีการติดตั้งเสร็จสิ้นพร้อมทั้งใช้ระยะเวลาในการใช้งานจริงและจัดเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานของท็อฟวิซี Class (13.5)

5.2 การศึกษาต่อยอด การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท็อฟวิซี และท็อฟฟิอาร์ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย จะสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นหากมีศึกษาเปรียบเทียบกับตึกอื่น ๆ ในโครงการ



บรรณานุกรม

- ชั้นดร ออวะลา. (2553). *Fluid Mechanics*. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ปรีดา หล๊ะ. (2557). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างตารางคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2. สารนิพนธ์หลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. สงขลา.
- เพ็ญนภา สุภารัตน์. (2560). การพัฒนาทักษะการใช้โปรแกรม Microsoft Excel. เข้าถึงได้จาก <http://www.payaptechno.ac.th>
- ยุภาพร อำนาจ. (2557). การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาหมู่บ้านในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. อุบลราชธานี: สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. (2541). การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณ เพ็ชรรัตน์. (2560). การศึกษาระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาผิวดิน. เข้าถึงได้จาก <http://kklhealth.igetweb.com>

ประวัติผู้จัดทำ



รหัสนักศึกษา	5811100025
ชื่อ-นามสกุล	นาย ณิชฎณ ราชเดิม
อีเมล	Nuttapon.rat@siam.edu
เบอร์โทรศัพท์	086-7695152
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขา	เครื่องกลต่อเนื่อง 2 ปี
ที่อยู่	50/159 ม.5 ถ.พุทธมณฑลสาย 5 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกะทู้มแบน สมุทรสาคร 74130
ผลงาน	การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและ ท่อพีพีอาร์ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดีย