

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “ ระบบสุขภาพ ”

นายสิทธิ เจริญพินิจนันท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....75543
วัน,เดือน,ปี.....- 6 พ.ย. 2550

b.....118.40195
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ : บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง"ระบบสุขาภิบาล"
COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
BUILDING SANITATION
นักศึกษา : นายสิทธิ เจริญพินิจนันท์ รหัส 47035031
ที่ปรึกษา : อาจารย์ พัสตราภรณ์ มีศิริ
คณะ : ศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม
ภาควิชา : ศึกษาศาสตร์สถาปัตยกรรม
สาขาวิชา : สถาปัตยกรรม

.....
ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คณะกรรมการตรวจปริญญาานิพนธ์ได้ตรวจพิจารณาและ
เห็นชอบแล้วจึงอนุมัติปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมบัณฑิต ประจำปีการศึกษา 2549

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล)

..... ประธานคณะกรรมการ
(ดร. คุ่มพงษ์ หนูบรรจง)

..... กรรมการ
(รศ. สุรศักดิ์ กังขาว)

..... กรรมการ
(ผศ. สมพล ดำรงเสถียร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

..... กรรมการ

(ผศ. เบญจวรรณ อุบลศรี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ สมิทธิ์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ สันติ กวินวงศ์ไพบูลย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ทศพร ไสตาบรรล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ พัศตราภรณ์ มีศิริ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ณรัชย์ จันเสน)

..... กรรมการและเลขานุการ

(อาจารย์ ชูเกียรติ แซ่ตั้ง)

..... กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

(อาจารย์ อัครพงศ์ อนุพันธุ์พงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์	: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง"ระบบสุขาภิบาล" COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON BUILDING SANITATION
นักศึกษา	: นายสิทธิ เจริญพินิจนันท์ รหัส 47035031
ที่ปรึกษา	: อาจารย์ พัสตราภรณ์ มีศิริ
คณะ	: คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม
ภาควิชา	: คุรุศาสตร์สถาปัตยกรรม
สาขาวิชา	: สถาปัตยกรรม

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล"ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้สร้างหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวน 3 หน่วยคือ

1. แหล่งและทรัพยากรน้ำ
2. ระบบจ่ายน้ำ
3. ปริมาณน้ำใช้

โดยวิธีการดำเนินการวิจัย เป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิต บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ รวมถึง ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหาวิชา โดยการวางแผนการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) มีขั้นตอนดังนี้

- กำหนดเนื้อหาและจัดประสบการณ์เป็นหมวดหมู่
- แบ่งเนื้อหารายวิชาออกเป็นหน่วยย่อย
- กำหนดหัวข้อเรื่อง
- กำหนดมโนทัศน์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน
- กำหนดแบบการประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "ระบบสุชาภิบาล" เป็นโปรแกรมช่วยในการเรียน การสอนโดยการออกแบบให้ผู้เรียนไม่สามารถข้ามขั้นตอนในการเรียนในรอบแรกได้ และเมื่อ ผู้เรียนกลับมาศึกษาใหม่อีกครั้ง ผู้เรียนจะเริ่มเนื้อหาโดยไม่ต้องทำแบบทดสอบอีก ซึ่งลักษณะของ บทเรียนแบบนี้เรียกว่า "บทเรียนแบบเส้นตรง" คือ ผู้เรียนจะต้องเรียนตามลำดับบทเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ นักศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี สาขา สถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา จำนวน 20 คน และนักศึกษา ในระดับชั้นปริญญาตรี สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 คน โดยให้นักศึกษาเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยทำ แบบทดสอบทุกหน่วย หลังจากจบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้วให้ทำแบบทดสอบท้าย บทเรียนอีกครั้ง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และสรุปผล

ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์ประกอบ อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุชาภิบาล สามารถให้ความรู้ความเข้าใจกับนักศึกษา ได้ผลการทดลองตาม เกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ สามารถให้ความรู้กับ นักเรียนระดับปริญญาตรีในชั้นปีที่ 2 สาขาสถาปัตยกรรม ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ มาตรฐานที่กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการปริญญาโทฉบับนี้ได้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยการให้คำแนะนำ ปรีกษาจาก ผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท ที่ปรึกษาโครงการและที่ปรึกษาร่วมโครงการ ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและแนะแนวทางต่าง ๆ ที่เป็น ประโยชน์ในการศึกษา

- | | |
|------------------------|--|
| อ. พัสตราภรณ์ มีศิริ | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำแนะนำที่ดีมาตลอด ระยะเวลาที่ทำโครงการ |
| อ. เบญจวรรณ อุบลศรี | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการที่ให้คำแนะนำที่ดีมา ตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการ |
| อ. ผดุงชัย ภูพัฒน์ | ให้คำแนะนำในการทำแบบทดสอบและการประมวลผล ข้อมูล |
| อ. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม | ให้คำแนะนำในการทำแบบทดสอบ |
| อ. อรรถพร ฤทธิเกิด | ให้คำแนะนำและตรวจสอบในด้านการผลิตสื่อ |
- และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจ คำแนะนำ รวมทั้งช่วยกันทำงานประสบผลสำเร็จ

สิทธิ เจริญพินิจนันท์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญแผนภูมิ	ช
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	6
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย	7
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การศึกษานักลัทธิ	9
2.2 การศึกษาประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
2.3 การศึกษาความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	19
2.4 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	27
2.5 การศึกษาการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	32
2.6 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	41
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน	58
4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน	62
4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับบทเรียนปกติ	63
4.4 การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน	64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย	66
5.2 สมมุติฐานการวิจัย	67
5.3 วิธีดำเนินการวิจัย	67
5.4 สรุปผลการวิจัย	69
5.5 อภิปรายผล	69
5.6 ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	
ภาคผนวก ข แบบประเมินสื่อการสอน	
ภาคผนวก ค จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	
ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ภาคผนวก ฉ เนื้อหาบทเรียน	
ภาคผนวก ช รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	
ภาคผนวก ซ หนังสือราชการและขอความอนุเคราะห์	
ภาคผนวก ฌ บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการแบ่งหน่วยการสอนของเนื้อหาวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1	15
ตารางที่ 2.2	แสดงการกำหนดการสอนตามเนื้อหาวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1	17
ตารางที่ 2.3	แสดงรายชื่อสถานศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่เปิด การเรียน-การสอน ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม	18
ตารางที่ 3.1	แสดงการวัดระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียนจากการวิเคราะห์หัวข้อ ประสงค์เชิงพฤติกรรม	46
ตารางที่ 3.2	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณ ภาพสื่อด้านเนื้อหา	50
ตารางที่ 3.3	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณ ภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	51
ตารางที่ 3.4	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณ ภาพด้านแบบทดสอบ	52
ตารางที่ 4.1	แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน	60
ตารางที่ 4.2	แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน	60
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาลของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	61
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1	62
ตารางที่ 4.5	แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2	62
ตารางที่ 4.6	แสดงค่าความต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม ตัวอย่าง 2 กลุ่ม	62
ตารางที่ 4.7	แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนนบท เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2	63
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	63
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนจำ นวน 40 คน	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพ	45
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงภาพหลักการวางจุดสนใจในงาน (Focus Point)

36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาไทยในยุคปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้า และกำลังก้าวเข้าสู่ยุคปฏิรูปการศึกษาซึ่งในขบวนการ ในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับอิทธิพลมาจากแนวความคิดของนักจิตวิทยาเชิงทดลองในกลุ่มมนุษยนิยม (วุฒิชัย ประสานสอย , 2543)

ปัจจุบันเป็นยุคสารสนเทศซึ่งใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีคมนาคม ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม เช่น ระบบโทรศัพท์ผ่านเคเบิลใยแก้ว (Fiber Optics) หรือผ่านดาวเทียม การสื่อสารทางโทรศัพท์ผ่านระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบธนาคารอัตโนมัติ (On-line Banking) และอื่น ๆ ซึ่งการพัฒนาสิ่งต่างๆ เหล่านี้จำเป็นจะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร โดยมีการจัดการที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพที่ไม่จำกัดอยู่เฉพาะในวงของธุรกิจ สังคมและการอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่สามารถประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้โดยไร้ขอบเขตขึ้นอยู่กับการสร้างสรรคขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการศึกษา ซึ่งในปัจจุบันการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด ๔ แนวการจัดการศึกษา มาตรา ๒๒ ได้กล่าวถึงการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนสามารถพัฒนา ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ กระทรวงศึกษาธิการ (2542 : 17) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการศึกษาต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยผู้เรียนจะต้องศึกษาด้วยตนเองตามความสนใจและความถนัดมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้โดยรู้จักคิดวิเคราะห์และมีวิจารณญาณในการเลือกสื่อที่มีคุณภาพได้ที่สำคัญก็คือต้องคำนึงถึงสิทธิของผู้เรียนที่จะเรียนได้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่ความสามารถของผู้เรียนจะอำนวยให้ ดังนั้นบทบาทของครูผู้สอนที่ทำหน้าที่สอนในห้องเรียนเหมือนในสมัยก่อนดูจะลดลงและเปลี่ยนแปลงไป แต่จะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาเสนอแนะช่วยเหลือแก้ปัญหา ตลอดจนนำเสนอสื่อต่าง ๆ ให้กับผู้เรียน

คอมพิวเตอร์นับว่าเป็นนวัตกรรมอย่างหนึ่งซึ่งนำมาใช้ในวงการศึกษาสามารถใช้ได้ทั้งด้านการบริหารใช้ในด้านการเรียนการสอนที่เรียกว่า Computer Based Instruction: CBI คือการ

1.1.2.2 แบบสาขา (Branching Programming) เป็นบทเรียนที่โยงระหว่างหน่วยถึงกันได้ตามความต้องการ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหน่วยต่างๆ ที่จัดไว้ตามระดับความสามารถของ ตนเองได้

1.1.3 ประเภทของ CAI

บทเรียน CAI จำแนกได้ 7 ประเภท ดังนี้

1.1.3.1 แบบฝึกทักษะและแบบฝึกหัด (Drill and Practice)

1.1.3.2 แบบเจรจา (Dialogue)

1.1.3.3 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

1.1.3.4 แบบเกมส์การสอน (Games)

1.1.3.5 แบบแก้ปัญหาต่างๆ (Problem Solving)

1.1.3.6 การค้นพบสิ่งใหม่ๆ (Investigation)

1.1.3.7 แบบการทดสอบ (Testing)

รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบสุขภาพ" นี้ใช้รูปแบบของการสอน, การฝึกหัด, การค้นพบและการทดสอบโดยนำเอารูปแบบทั้งสี่อย่างนี้มารวมประยุกต์กันเป็นบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ

1.1.4 คุณลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างบทเรียน CAI

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นำมาใช้สร้างบทเรียน CAI ประยุกต์มาจากโปรแกรมนำเสนอผลงาน (Presentation Software) ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1.1.4.1 โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพนิ่ง (Slide Presentation Software)

1.1.4.2 โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว (Animation Presentation Software)

1.1.4.3 โปรแกรมสื่อผสม (Multimedia or Interactive Video)

โปรแกรมภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรมสื่อผสม เป็นสื่อในการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ต้องมีโปรแกรม (Software) และอุปกรณ์ (Hardware) เพิ่มมากขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

1.1.5 การสร้างบทเรียน CAI ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1.1.5.1 สร้างภาพ (Graphic) ได้

1.1.5.2 สร้างอักษร (Text) ได้

1.1.5.3 นำเสนอบทเรียนแบบต่อเนื่องได้

1.1.5.4 ทำแบบทดสอบได้

1.1.5.5 ขั้นตอนของการออกแบบบทเรียน CAI

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปเป็นหลักในการออกแบบเรียน CAI เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด โดยกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne คือ

1. การได้รับความสนใจ (Gain Attention)
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective)
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)
4. การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)
5. ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guided Learning)
6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses)
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
8. ทดสอบความรู้ (Assess Performance)
9. การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

โดยที่ขั้นตอนของ Gagne เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้คล่องตัวและเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ ตลอดจนสามารถประยุกต์เข้ากับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" สำหรับระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล"

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.3.2 หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาเรื่อง "ระบบสุขภาพ" ซึ่งเป็นหน่วยหนึ่งในแผนการสอนอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ตามหลักสูตรในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม โดยเลือกรายการสอนเรื่อง "ระบบสุขภาพ" ซึ่งเป็นเนื้อหาในหน่วยที่ 1 จากทั้งหมด 6 หน่วย ในรายวิชานี้

1.4.2 ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

1.4.3 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2548 สาขาวิชาช่างเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยคือ

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ วิธีการสอนโดยที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.4.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบสุขภาพ"

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1.5.1 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึงความแตกต่างทางด้านอายุ เพศ เศรษฐกิจ อากรมณ์สังคม รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

1.5.2 ผู้เรียนนั้นจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรมมาก่อนแล้ว

1.5.3 นักศึกษาที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ยังไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน และต้องตั้งใจเรียน และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้วยความตั้งใจ เพิ่มความสามารถด้วยตนเอง

1.5.4 คะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จะชี้ให้เห็นถึงความสามารถทางการเรียนวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบสุขภาพ"

1.5.5 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเป็นแบบเพื่อสอน (Tutorial) โดยใช้โปรแกรม Macromedia Author ware 7 บนเครื่อง IBM PC 486 หรือสูงกว่า มีหน่วยความจำตั้งแต่ 64 เมกะไบต์ขึ้นไป ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 98 Thai Second Edition , Microsoft Windows ME Thai , Microsoft Windows XP

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาเรื่อง ระบบสุขภาพและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบ มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาแต่ละคน โดยรูปแบบการดำเนินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นแบบเส้นตรงผู้เรียนสามารถเข้าสู่รายการเลือกได้ตลอดเวลา แสดงผลคะแนนได้ สามารถบันทึกชื่อ เลขที่ วัน เวลาที่ใช้ในการเรียน คะแนนแต่ละข้อของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ รายงานผลได้ทั้งบนจอคอมพิวเตอร์และปริ้นเตอร์

แบบฝึกหัด หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความก้าวหน้าทางการเรียน ในระหว่างที่ผู้เรียน เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "ระบบสุขภาพ"

แบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับประเมินผลนักเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง "ระบบสุขภาพ" เป็นแบบปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผ่านการหาคุณภาพของแบบทดสอบแล้ว โดยตัวเลือกจะถูกสุ่มด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง แบบประเมินที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของกลุ่มตัวอย่าง จากการทำแบบทดสอบ เรื่อง "ระบบสุขภาพ" หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และจากการเรียนปกติโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม หลักสูตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 80/80 หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน ซึ่ง

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มในแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (E_1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มในแบบทดสอบหลังเรียน (E_2)

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ จึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.7.1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของสื่อ

1.7.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) และสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ

1.7.1.2 ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อความสมบูรณ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) โดยวางแผนการผลิตแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยกำหนดขั้นตอนดังนี้

- กำหนดเนื้อหาและจัดประสบการณ์เป็นหมวดหมู่
- แบ่งเนื้อหารายวิชาออกเป็นหน่วยย่อย
- กำหนดหัวเรื่อง
- กำหนดมโนทัศน์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน
- กำหนดแบบการประเมินผล

1.7.1.3 สร้างแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และจัดทำคู่มือการสอน

1.7.1.4 นำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน

- ทดลองแบบ 1:1 เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง
- ทดลองแบบกลุ่มเล็กเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน
- ทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง

1.7.2 ทดลองใช้สื่อ

1.7.2.1 หาประสิทธิภาพของแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์มาตรฐานและวิเคราะห์ผล

- หาค่า Pre-test
- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หาค่าของ Post-test
- หาค่า T-test
- 1.7.2.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
- 1.7.2.3 นำเสนอผลงานการวิจัย

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.8.1 เป็นการเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ ในการปรับปรุงระบบ และวิธีสอน ให้บรรลุตามความมุ่งหมายของแผนการศึกษาแห่งชาติ
- 1.8.2 ผลของการวิจัย จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการ การเรียนการสอน ทางด้านสถาปัตยกรรม ให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพเศรษฐกิจ สังคมของประเทศ
- 1.8.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ที่สร้างขึ้น จะเป็นแนวทางในการ พัฒนาการเรียนการสอนทางสถาปัตยกรรมและสาขาอื่นๆ ในโอกาสต่อไป
- 1.8.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ที่สร้างขึ้นจะเป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง กับการศึกษาได้มองเห็นประโยชน์ และมีความสนใจที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ขึ้นเอง หรือนำเอาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ที่มีผู้สร้างขึ้นแล้วไปใช้ เพื่อทำให้การ สอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- 1.8.5 เป็นการรวบรวมเนื้อหาวิชาไว้เพื่อจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าทางด้าน สถาปัตยกรรมในโอกาสต่อไป
- 1.8.6 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เป็นการเสนอแนะวิธีการสอนอีก วิธีหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสอนได้
- 1.8.7 เป็นการแนะแนวทางในการทำปริญญาโทอีกประเภทหนึ่งของภาควิชาครุ ศาสตร์อุตสาหกรรม
- 1.8.8 เป็นการเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนทางด้านครุศาสตร์ อุตสาหกรรม ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถก้าวทันวิทยาการใหม่ๆ ได้
- 1.8.9 จะได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล” สำหรับการ สอนวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาหลักสูตร

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำหลักสูตรในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมมาเป็นแนวทางการศึกษา

2.1.1 การศึกษาหลักสูตร ระดับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

2.1.1.1 หลักการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลเป็นผู้นำในการจัดการศึกษาและพัฒนากำลังคนปฏิบัติการ ให้มีความชำนาญด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี มีคุณภาพตามมาตรฐานสากลภายใต้การบริหาร จัดการที่เป็นอิสระรวมทั้งพัฒนางานสู่ความเป็นเลิศ และสร้างคุณค่าให้กับสังคม

2.1.1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ผลิตนักศึกษา งานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานสากล สอดคล้องกับความต้องการของประเทศและสังคมโลก
- 2) เป็นสถาบันการศึกษาที่มุ่งสู่ความเป็นเลิศด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี
- 3) พัฒนากำลังคนด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี สนองความต้องการของสังคม
- 4) พัฒนาสถาบันฯ ให้มีขีดความสามารถในการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าทางวิชาชีพและเทคโนโลยี
- 5) ทำนุบำรุงศาสนา ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมไทยและรักษาสีงแวดล้อม

หลักสูตรระดับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เน้นให้นักศึกษาที่ศึกษา มีความรู้และความเชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี โดยให้มีความก้าวหน้าทันสมัย และตอบสนองต่อความต้องการทางสังคม

2.1.2 จุดประสงค์ของหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม: สถ.บ. (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม)

2.2.2.1 หลักการ สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม: สถ.บ. (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม) เน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และทักษะในการทำงานเกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีต่างๆ ได้แก่ การออกแบบสถาปัตยกรรม เทคโนโลยีการก่อสร้าง เทคโนโลยีประกอบอาคาร การควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคาร คอมพิวเตอร์ เพื่อการออกแบบและเขียนแบบ วางแผนและจัดการงานก่อสร้าง โดยเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจทักษะในการจัดการโครงการก่อสร้าง โดยคำนึงถึงการควบคุมต้นทุน การควบคุมเวลา และการควบคุมคุณภาพของงานก่อสร้างให้สำเร็จได้อย่างมั่นคงปลอดภัย เพื่อเสริมศักยภาพบุคลากรขององค์กรอุตสาหกรรม ก่อสร้างให้สามารถปฏิบัติงานผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพทัดเทียมกับอุตสาหกรรมก่อสร้างในระดับสากล

2.2.2.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อผลิตสถาปนิกที่มีความรู้และทักษะเฉพาะด้านเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
- 2) เพื่อผลิตบุคลากรด้านสถาปัตยกรรมที่มีความรู้ ความสามารถสอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ เทคโนโลยี และความต้องการของตลาดแรงงาน
- 3) เพื่อผลิตสถาปนิกที่มีความสำนึกในจรรยาบรรณแห่งอาชีพ รับผิดชอบต่อนานาชาติและสังคม

จุดประสงค์ของหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ได้เน้นให้นักศึกษาที่ศึกษา มีความรู้ความเข้าใจ และทักษะในการทำงานเกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีต่าง ๆ เฉพาะด้าน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมได้

2.1.3 รายวิชาสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

โครงสร้างรายวิชาที่จะต้องศึกษาตามหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1

01-120 -001	การพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม	3(3-0-3)
01-320-101	ภาษาอังกฤษ 1	3(3-0-3)
13-011-132	แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์	3(3-0-3)
01-620-001	นันทนาการ	1(0-2-1)
12-900-101	ภาพร่าง	2(1-3-1)
12-900-102	การจัดองค์ประกอบศิลป์	2(1-3-1)
12-900-103	ออกแบบเบื้องต้น	3(1-6-2)
12-900-104	เขียนแบบเบื้องต้น	3(1-6-2)

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2

01-320 -102	ภาษาอังกฤษ 2	3(3-0-3)
13-080-040	ฟิสิกส์ทั่วไป	3(2-3-3)
01-610-001	พลศึกษา	1(0-2-1)
13-011-133	แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์2	3(3-0-3)
12-900-105	เทคนิคการเขียนแบบ	2(1-3-1)
12-110-101	ออกแบบสถาปัตยกรรม1	4(2-6-4)
12-120-121	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 1	3(1-6-2)
12-170-171	สำรวจ	2(1-3-1)

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1

01-320-010	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร	3(3-0-3)
12-160-161	เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์	3(1-4-2)
12-900-206	ประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม 1	2(2-0-2)
12-110-202	ออกแบบสถาปัตยกรรม 2	4(2-6-4)
12-120-222	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 2	3(1-6-2)
12-130-231	กลศาสตร์โครงสร้าง	2(2-0-2)
12-140-243	เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	2(2-0-2)
12-900-208	ภูมิสถาปัตยกรรมขั้นพื้นฐาน	2(1-3-1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2

01-210-004	เทคนิคการสื่อความหมาย	3(3-0-3)
12-900-207	ประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม 2	2(2-0-2)
12-110-203	ออกแบบสถาปัตยกรรม 3	4(2-6-4)
12-120-223	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 3	3(1-6-2)
12-130-232	โครงสร้างไม้และเหล็ก	2(2-0-2)
12-140-241	<u>อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1</u>	<u>2(2-0-2)</u>
12-110-213	ตกแต่งภายใน	2(1-3-2)
12-180-280	สถาปัตยกรรมไทย 1	2(1-3-2)

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1

01-220-001	จิตวิทยาทั่วไป	3(3-0-3)
12-110-304	ออกแบบสถาปัตยกรรม 4	4(2-6-4)
12-120-324	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 4	3(1-6-2)
12-130-333	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 1	2(2-0-2)
12-110-311	แนวความคิดในการออกแบบ 1	2(2-0-3)
12-140-342	อุปกรณ์ประกอบอาคาร 2	2(2-0-2)
12-160-362	คอมพิวเตอร์เพื่องานออกแบบและเขียนแบบ 1	3(2-3-3)

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2

12-110-305	ออกแบบสถาปัตยกรรม 5	4(2-6-4)
12-120-325	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 5	3(1-6-2)
12-130-334	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 2	2(2-0-2)
12-110-312	แนวความคิดในการออกแบบ 2	2(2-0-3)
12-140-344	การควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคาร	3(2-3-3)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	3(x-x-x)
xx-xxx-xxx	วิชาเลือกเสรี	2(x-x-x)

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1

12-110-406	ออกแบบสถาปัตยกรรม 6	4(2-6-4)
------------	---------------------	----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12-120-426	เทคโนโลยีการก่อสร้าง 6	3(1-6-2)
12-110-415	การวางแผนโครงการ	2(1-3-2)
12-150-451	การประมาณราคา	2(2-0-3)
12-150-452	การวิเคราะห์โครงการ	2(1-3-1)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	3(x-x-x)
xx-xxx-xxx	วิชาเลือกเสรี	2(x-x-x)

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2

01-130-002	เศรษฐศาสตร์ทั่วไป	3(3-0-3)
12-110-407	ออกแบบสถาปัตยกรรม 7	4(2-6-4)
12-110-414	การวางแผนเมือง 1	2(1-3-2)
12-150-453	การปฏิบัติวิชาชีพ	2(-2-0-3)
12-140-344	การควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคาร	3(2-3-3)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	3(x-x-x)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	3(x-x-x)

ปีการศึกษาที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 1

12-110-508	ออกแบบสถาปัตยกรรม 8	4(2-6-4)
12-110-509	โครงการวิทยานิพนธ์	2(1-3-2)
12-150-555	สัมมนา	2(-1-2-2)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	3(x-x-x)
12-xxx-xxx	วิชาเลือก	2(x-x-x)
xx-xxx-xxx	วิชาเลือกเสรี	2(x-x-x)

ปีการศึกษาที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 2

12-110-510	วิทยานิพนธ์	10(0-20-10)
------------	-------------	-------------

ที่มา : หลักสูตรระดับปริญญาตรี 2548 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ภาควิชา
เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ลักษณะรายวิชาที่ใช้ในการวิจัย

2.1.4.1 รหัสและชื่อวิชา	12-140-241 อุปรกรณ์ประกอบอาคาร 1
2.1.4.2 สภาพรายวิชา	วิชาชีพบังคับ ในระดับปริญญาตรี
2.1.4.2 ระดับรายวิชา	ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2
2.1.4.4 พื้นฐาน	12-120-121 เทคโนโลยีก่อสร้าง 1
2.1.4.5 เวลาศึกษา	36 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 0 คาบต่อสัปดาห์ และ นักศึกษาจะต้องใช้เวลาศึกษานอกเวลา 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
2.1.4.6 จำนวนหน่วยกิต	2 หน่วยกิต
2.1.4.7 จุดประสงค์รายวิชา	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการจัดการน้ำใช้และการกำจัดน้ำเสีย 2. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการระบายน้ำในอาคารและนอกอาคาร 3. มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบปรับอากาศและการระบายสำหรับอาคาร 4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์ 5. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร
2.1.4.8 คำอธิบายรายวิชา	

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับระบบการจัดการน้ำใช้และการกำจัดน้ำเสีย การระบายน้ำในอาคารและนอกอาคาร ระบบปรับอากาศ และการระบายสำหรับอาคาร ระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์ และการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" มีเนื้อหาเป็นส่วนของรายวิชาอุปรกรณ์ประกอบอาคาร 1 (12-140-241) ซึ่งจะใช้กับนักศึกษาในระดับชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 หลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

2.1.5 การกำหนดขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาเนื้อหา รายวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาล มีเนื้อหาแบ่งตามรายสัปดาห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งหน่วยการสอนของเนื้อหาวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1

หน่วยที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	ระบบน้ำใช้ 1.1 หลักการเบื้องต้น 1.2 สัญลักษณ์และค่าของระบบท่อ 1.3 วัสดุที่ใช้ทำท่อ 1.4 การกระแทกของน้ำ 1.5 ระบบการจ่ายน้ำใช้ 1.6 ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร	6	-
2	ระบบการกำจัดน้ำเสีย 2.1 หลักการกำจัดน้ำเสีย 2.2 ชนิดและประเภทของถังบำบัด 2.3 หลักการกำจัดน้ำเสียจากชุมชน 2.4 ระบบกำจัดน้ำเสียที่นิยมใช้	4	-
3	การระบายน้ำภายในและภายนอกอาคาร 3.1 การระบายน้ำทิ้ง 3.2 ระบบท่อน้ำทิ้ง	4	-
4	ระบบการปรับอากาศและการระบายอากาศสำหรับอาคาร 4.1 ประวัติความเป็นมา 4.2 หลักการทำความเย็น 4.3 ชนิดและประเภทของเครื่องปรับอากาศ 4.4 หลักการระบายอากาศ	8	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงการแบ่งหน่วยการสอนของเนื้อหาวิชา อุปรกรณ์
ประกอบอาคาร 1

หน่วยที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
5	4.5 ชนิดและประเภทของพัดลมดูดอากาศ	4	-
	ระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์		
	5.1 ความสำคัญของการขนส่งในอาคาร		
	5.2 ส่วนประกอบระบบบันไดเลื่อน		
	5.3 ชนิดและประเภทของระบบลิฟต์		
6	5.4 ส่วนประกอบของระบบลิฟต์	2	-
	การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร		
	6.1 หลักการทำงานเบื้องต้น		
	6.2 ประเภทของอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์		
	6.3 การนำมาใช้งาน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงการกำหนดการสอนตามเนื้อหา วิชาอุปกรณ์ประกอบ
อาคาร 1

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนคาบ	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	ปฐมนิเทศและแนะนำรายวิชา	2	-
2	ระบบน้ำใช้	2	-
3	ระบบน้ำใช้	2	-
4	ระบบน้ำใช้	2	-
5	ระบบกำจัดน้ำเสีย	2	-
6	ระบบกำจัดน้ำเสีย	2	-
7	ระบบระบายน้ำในอาคาร	2	-
8	ระบบระบายน้ำในอาคาร	2	-
9	สอบกลางภาค	-	-
10	ระบบปรับอากาศ	2	-
11	ระบบปรับอากาศ	2	-
12	ระบบระบายอากาศ	2	-
13	ระบบระบายอากาศ	2	-
14	ระบบบันไดเลื่อน	2	-
15	ระบบลิฟต์	2	-
16	อุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ในอาคาร	2	-
17	ทบทวนเนื้อหา	2	-
18	สอบปลายภาค	-	-

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" เป็นบทเรียนที่อยู่ในหน่วยที่ 1 จากทั้งหมด 6 หน่วย ซึ่งเนื้อหาที่ใช้ทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นส่วนหนึ่งของหน่วยการเรียนเรื่อง "ระบบน้ำใช้" คือ เรื่องระบบการจ่ายน้ำใช้ และเรื่องปริมาณน้ำใช้ในอาคาร เป็นคาบทฤษฎี 2 คาบ จัดอยู่ในลำดับที่ 4 ของแผนการสอนรายวิชานี้

75543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การศึกษาเนื้อหารายวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล”

การศึกษาเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะแบ่งเป็นของการทบทวนบทเรียน และส่วนเนื้อหาบทเรียน คือ เรื่องระบบการจ่ายน้ำใช้ และเรื่องปริมาณน้ำใช้ในอาคาร ซึ่งจะเป็นเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับ แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ , ระบบจ่ายน้ำประปา, ระบบท่อประปาภายในอาคาร และการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

2.2 การศึกษาประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 การศึกษาประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาเรื่องระบบการปกครองและประชากรศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดลักษณะด้านต่างๆที่เกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมายและประชากร ที่จะนำมาใช้ในการทำการวิจัย โดยที่การศึกษา จะเน้นไปที่ลักษณะพื้นฐาน สภาพความเป็นอยู่และสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามหัวข้อ ดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงรายชื่อสถานศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่เปิดการเรียน-การสอน ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

ลำดับที่	สถานศึกษา	หลักสูตร	สาขาวิชา
1.	ภาคกลาง วิทยาเขตนนทบุรี	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
2.	วิทยาเขตศาลายา	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
3.	วิทยาเขตอุเทนถวาย	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
4.	ศูนย์กลางธัญบุรี	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
5.	ภาคใต้ วิทยาเขตภาคใต้	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
6.	ภาคเหนือ วิทยาเขตพายัพ	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
7.	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ปริญญาตรี	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

ที่มา : สรุปรายชื่อสถานศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย

- ประชากร หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

- กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สถานศึกษาละ 40 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

2.3 การศึกษาความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 การศึกษาการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3.1.1 การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยสอนในภาคทฤษฎี

การเรียนการสอนสมควรให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการได้เห็น ได้ยิน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนวิชาด้านสถาปัตยกรรม ควรมีส่วนประกอบที่สามารถแสดงภาพนิ่ง เสียง หรือภาพยนตร์ได้จึงทำให้การช่วยสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.2 การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในกิจกรรมการศึกษา

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการศึกษานี้ ครูศึกษานอกจากจะเกี่ยวกับการเรียนการสอนแล้ว ยังต้องเกี่ยวข้องกับการบริหารทางการศึกษาอีกด้วย การที่คอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติในการประมวลข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก คอมพิวเตอร์จึงสามารถนำมาใช้ได้ผล กับการสอนวิชาทางด้านสถาปัตยกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ รวมทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดระเบียบและคิดคำนวณข้อมูลทางการบริหารอีกด้วย

2.3.2 ข้อได้เปรียบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบการเรียนการสอน

เนื่องจากข้อได้เปรียบของตำราเรียนเมื่อเทียบกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction Lesson) นั้นมีอยู่บ้าง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ไม่ยากนัก เนื่องจากเป็นเรื่องที่ทุกท่านทราบกันคืออยู่แล้ว ดังนั้นในส่วนที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเน้นเฉพาะข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่าง ๆ เมื่อเทียบกับตำราเรียนเท่านั้น

- ด้านสีสันทน การพัฒนาทางด้านสีสันทนให้มีความสวยงาม จึงเริ่มกันอย่างจริงจัง ตัว Monitor สี ถูกพัฒนาให้มีความละเอียดสูงพอกับจอภาพ (Monitor) ขาว – ดำ หรือที่เรียกกันว่า จอ

Monochrome ตัวฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือแผงวงจร (Card) ที่ใช้ควบคุมการให้สีบนจอภาพก็ได้รับการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ จนปัจจุบันนี้สามารถแสดงสีได้นับร้อย ๆ สี การใช้สี ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้หลายลักษณะจะเป็นสีของพื้นหลัง (Background) พื้นหน้า (Foreground) และสีของกรอบนอกจากนั้นในเรื่องของการสลับสี การเปลี่ยนสีจะเป็นสีของตัวอักษรหรือกราฟก็ก็สามารถทำได้บทเรียนที่มีสีสนับสนุนดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่าสีขาวดำ

- ด้านกราฟิก ด้วยการพัฒนาทางด้าน ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ software ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถที่จะสร้างภาพประกอบบทเรียนได้ไม่ยากนัก ซึ่งนอกจากผู้เขียนโปรแกรมจะสร้างไว้ให้แล้ว

การสร้างตำราเรียนในปัจจุบันได้พัฒนาขึ้นมากการใช้ภาพ หรือกราฟิกประกอบคำอธิบายเนื้อหาเมื่ออยู่เกือบทุกเล่ม หากเปรียบเทียบกับ การสร้างภาพ และกราฟิกในไมโครคอมพิวเตอร์ ข้อได้เปรียบนั้นไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ถ้ามองในแง่ของการที่ผู้เรียนสามารถสร้างภาพได้เอง และที่สำคัญที่สุดคือ การทำให้ภาพเคลื่อนไหวแล้ว ไมโครคอมพิวเตอร์ได้เปรียบในข้อนี้มาก เรียนจากตำราซึ่งมีภาพ และคำอธิบายที่ละขั้นตอนมีภาพหลาย ๆ ภาพและคำอธิบายยาวติดกันหลาย ๆ บรรทัด กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเคลื่อนไหวของการผสมสารเคมีจากหลอดแก้วหนึ่งไปยังอีกหลอดแก้วหนึ่ง สีของสารเคมีที่เปลี่ยนไป รวมทั้งขั้นตอนของคำอธิบายซึ่งปรากฏจอภาพเป็นช่วง ๆ ตามการทดลอง จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง และยังซับซ้อนเท่าไรคอมพิวเตอร์ก็ได้เปรียบมากกว่านั้น

- ด้านการศึกษารายบุคคล นักการศึกษาส่วนมากเชื่อและเห็นค่าของการศึกษารายบุคคล ซึ่งหากผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองแล้ว การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ความเชื่อในแง่ nàyยังเป็นเพียงความเชื่อเท่านั้น เพราะในสภาพการจริงทั้งนักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสอนคือครู ไม่สามารถที่จะกระทำตามความเชื่อของตนเองได้

- ด้านกิจกรรมร่วม เป็นที่ยอมรับในวงของนักศึกษา การเรียนรู้ที่ดำเนินผู้เรียนควรจะได้มีโอกาสร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน บทเรียนคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบในด้านนี้ไม่มีข้อสงสัย เพราะตามลักษณะของบทเรียนนั้นจะเป็นการพูดคุยระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะมีโอกาสเลือก ตัดสินใจ หรือแสดงความเห็นของตนเองได้ด้วย การ INPUT ข้อมูลทางแป้นพิมพ์ หรือทางอุปกรณ์ช่วยอย่างอื่น ๆ ซึ่งในตำราเรียนนั้นทำไม่ได้ดีเท่า

- ด้านความรู้สึก ด้วยอิทธิพลจากการที่ได้ยินได้ฟัง หรือได้เห็นจากสิ่งพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ ภาพยนตร์บันเทิง และสารคดีต่าง ๆ เกี่ยวกับมนุษย์คอมพิวเตอร์หรือความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ทำให้คนส่วนมากเกิดความรู้สึกกลัว ๆ ว่าคอมพิวเตอร์คือมนุษย์คนหนึ่งที่แฝงอยู่ในรูปเครื่องมือหรือหุ่นยนต์

- ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedbacks) ในลักษณะของการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ การให้ข้อมูลย้อนกลับถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะบอกให้ผู้เรียนได้ทราบ ว่าสิ่งที่ตนเองทำหรือตอบไปนั้นถูกหรือผิดอย่างไรแล้ว การให้ข้อมูลย้อนกลับยังเป็นตัวช่วยตัวเสริมแรงอีกทางหนึ่งด้วย ในด้านกราฟิกหรือภาพก็เช่นกัน ข้อมูลย้อนกลับอาจถูกสร้างให้เป็นภาพ เช่น ภาพใบหน้าที่ยิ้มเมื่อตอบถูก ใบหน้าบึ้งเมื่อตอบผิด หรือใช้เป็นสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่สื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ นอกจากนี้แล้วยังใช้เทคนิคอื่น ๆ เช่น ต่อภาพที่ละส่วนเมื่อตอบถูกจนกระทั่งต่อภาพให้สมบูรณ์ เมื่อตอบถูกครบเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือการกำหนดเป้าหมายที่จะต้องไปให้ถึงโดยการตอบคำถามให้ถูกต้อง เช่น การตั้งเป้าหมายว่าต้องไปให้ถึงหลุมทรัพย์ เป็นต้น

- ด้านกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ในการวิจัยถึงสาเหตุที่ทำให้เด็กจึงชอบเล่นเกมคอมพิวเตอร์ และเกมคอมพิวเตอร์ชนิดใดที่เด็กชอบเล่นมากที่สุดพบว่าความอยากรู้อยากเห็นเป็นสิ่งจูงใจสำคัญ ประการหนึ่งที่ทำให้เกิดความชอบและความสนใจ เป็นหนังสือแบบเรียนเมื่อผู้เรียนอยากจะรู้ว่าหน้าต่อไป บทต่อไป จะเป็นเรื่องอะไร จะจบลงอย่างไร หรือจะมีภาพอะไร เด็กสามารถที่จะเปิดดูได้ แต่หากเป็นคอมพิวเตอร์เด็กไม่สามารถ จะเขาได้และการที่ไม่สามารถรู้ว่าจะเฟรมต่อไปจะเป็นอะไร จะมีเนื้อหาอย่างไร ภาพอย่างไร มีเสียง มีสี หรือไม่เหล่านี้เองจะช่วยให้ผู้เรียนตั้งใจศึกษาในเนื้อหาและสิ่งที่จะปรากฏขึ้นในจอภาพ

2.3.3 ประโยชน์ของการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อการศึกษา

ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา มีดังนี้

1. ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองตามความเร็วของตัวผู้เรียน ทำให้สามารถควบคุมอัตราการเร่งได้ด้วยตนเอง
2. การตอบสนองที่รวดเร็วของคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรง ที่รวดเร็วด้วย
3. อาจจัดทำโปรแกรมให้มีบรรยากาศที่น่าชื่นชม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนช้าได้ สามารถเอาชนะใจคนตรี สีสัน กราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ดูเหมือนของจริงและน่าเร้าใจ ในการทำการฝึกปฏิบัติ หรือสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี
4. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทำให้การเรียนแบบเอกัตบุคคลเป็นไปได้ได้อย่างง่ายดาย ซึ่งครูผู้สอนสามารถออกแบบให้เรียนได้โดยลำพัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้
6. ความไม่แปลกของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มความสนใจ ความตั้งใจของผู้เรียนมากขึ้น
7. คอมพิวเตอร์ให้การสอนที่เชื่อถือได้แก่ผู้เรียนที่ไม่เกี่ยวกับผู้สอนแต่อย่างไร
8. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะช่วยให้การเรียนรู้มีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีประสิทธิภาพในแง่ที่ลดเวลา และลดค่าใช้จ่าย และประสิทธิผลในแง่ที่ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย

2.3.4 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์กันได้ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียนตามห้องเรียนปกติ คอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูล que ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ทันทีซึ่งเป็นการช่วยเสริมแรงแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละบทเรียนจะมีตัวอักษร ภาพกราฟฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเสียง การใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถจำแนกรูปแบบต่าง ๆ 7 ประเภท ดังนี้

2.3.4.1 การสอน (Tutorial Instruction) บทเรียนในแบบการสอนจะเป็นโปรแกรมการสอนที่เสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อย ๆ แก่ผู้เรียนในรูปแบบของข้อความ ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกัน แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถาม เมื่อผู้เรียนให้คำตอบนั้นจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับทันที แต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามนั้นซ้ำและยังผิดอีกจะมีการให้เนื้อหาเพื่อทบทวนใหม่จนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก แล้วจึงให้ตัดสินใจว่ายังคงเรียนในเนื้อหาบทนั้นอีกหรือจะเรียนในบทใหม่ต่อไป บทเรียนการสอนนี้นับว่าเป็นบทเรียนขั้นพื้นฐานของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอบทเรียนในรูปแบบของบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา โดยสามารถใช้สอนได้ในแทบทุกสาขาวิชานับตั้งแต่ด้านมนุษยศาสตร์ไปจนถึงวิทยาศาสตร์และเป็นบทเรียนที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง เพื่อการเรียนรู้ด้านกฎเกณฑ์ หรือทางด้านวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2.3.4.2 การฝึกหัด (Drills and Practice) บทเรียนในการฝึกหัดเป็น โปรแกรมที่ไม่มีการเสนอเนื้อหาความรู้แก่ผู้เรียนก่อน แต่จะมีการให้คำถาม หรือแก้ปัญหาที่ซ้ำแล้วซ้ำเล่า เพื่อให้ผู้เรียนตอบแล้วมีการให้คำตอบที่ถูกต้อง เพื่อการตรวจสอบยืนยันหรือแก้ไข และพร้อมกับการให้คำถามหรือปัญหาต่อไปอีก จนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาที่ซ้ำจนถึง

ระดับนำพอใจ ดังนั้น ในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอด และมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นร่อยางดีมาก่อนแล้ว จึงสามารถตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหาได้ โปรแกรมบทเรียนการฝึกหัดนี้ จะสามารถใช้ได้ในหลายสาขาวิชาทั้งทางด้านคณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การเรียนคำศัพท์ และการแปลภาษา เป็นต้น

2.3.4.3 สถานการณ์จำลอง (Simulation) การสร้างโปรแกรมบทเรียนที่เป็นสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนซึ่งจำลองความเป็นจริงโดยตัดรายละเอียดต่าง ๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้ผู้เรียนได้มาศึกษานั้น เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พบเห็นภาพจำลองของเหตุการณ์เพื่อการฝึกทักษะ และการเรียนรู้ได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงภัยหรือค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของ โปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองอาจประกอบไปด้วยการเสนอความรู้ข้อมูลการแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญและความคล่องตัว และการให้เข้าถึงซึ่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ในบทเรียนจะประกอบไปด้วยสิ่งทั้งหมดเหล่านี้หรือมีเพียงอย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ ในโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองจะมีโปรแกรมบทเรียนย่อยแทรกอยู่ด้วย ได้แก่ โปรแกรมการสาธิต (demonstration) โปรแกรมนี้ไม่ใช่เป็นการสอนเหมือนโปรแกรมการสอนแบบธรรมดา ซึ่งเป็นการเสนอเนื้อหาความรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนทำกิจกรรม แต่โปรแกรมการสาธิตเป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเท่านั้น เช่น ในการเสนอสถานการณ์จำลองของระบบสุริยะจักรวาลว่ามีดาวพฤหัสบดีหรือเสาร์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ในโปรแกรมนี้อาจมีการสาธิตแสดงการหมุนรอบตัวเองของดาวพฤหัสบดีเหล่านั้นและการหมุนรอบดวงอาทิตย์ให้ชมด้วยดังนี้ เป็นต้น

2.3.4.4 เกมเพื่อการสอน (Instructional Games) การใช้เกมเพื่อการเรียนการสอนกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ได้โดยง่าย เราสามารถใช้เกมในการสอนและเป็นสื่อที่จะให้ความรู้แก่ผู้เรียนได้เช่นกันในเรื่องของกฎเกณฑ์ แบบแผนของระบบ กระบวนการทัศนคติ ตลอดจนทักษะต่าง ๆ นอกจากนี้การใช้เกมยังช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ดีขึ้น และช่วยมิให้ผู้เรียนเกิดอาการเหม่อลอย หรือฝันกลางวันซึ่งเป็นอุปสรรคในการเรียน เนื่องจากมีการแข่งขันกันจึงทำให้ผู้เรียนต้องตื่นตัวอยู่เสมอ รูปแบบโปรแกรมบทเรียนของเกมเพื่อการสอนคล้ายคลึงกับบทเรียนสถานการณ์จำลอง แต่แตกต่างโดยการเพิ่มบทบาทของผู้แข่งขันเข้าไปด้วย

2.3.4.5 การค้นพบ (Discovery) การค้นพบเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิด

ลองดูหรือโดยวิธีการจัดระบบเข้ามาช่วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อมูลที่ดีที่สุด

2.3.4.6 การแก้ปัญหา (Problem – Solving) เป็นการให้ผู้เรียนฝึกคิด การตัดสินใจโดยมีการกำหนดเกณฑ์นั้น โปรแกรมเพื่อการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ โปรแกรมที่ให้ผู้เรียนเขียนเอง และโปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้วเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาถ้าเป็นโปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหา และเขียนโปรแกรม สำหรับการแก้ปัญหานั้นโดยที่คอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณ และหาคำตอบที่ถูกต้องในกรณีนี้คอมพิวเตอร์ จึงเป็นเครื่องช่วย เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุถึงทักษะ ของการแก้ปัญหาโดยการคำนวณข้อมูล และจัดการสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้ แต่ถ้าเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมที่ผู้เขียนไว้แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณ ในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้นเอง

2.3.4.7 การทดสอบ (Tests) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบ มิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้นแต่ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่า ๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียน มาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน หรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจกว่า พร้อมกันนั้นก็อาจเป็นการสะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนที่จะนำความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการตอบอีกด้วย (กิตานันท์ . 2536 : 187 – 191)

รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “ระบบสุขภาพภิบาล” นี้ใช้รูปแบบของการสอน (Tutorial Instruction), การฝึกหัด (Drills and Practice) และการทดสอบ (Tests) โดยนำเอา รูปแบบทั้งสามอย่างนี้มารวมประยุคต์กันเป็นบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียน ประสบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนแบบปกติ

ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่เด่น ๆ หลายประการ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อดีดังนี้

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระ กำหนดหน้าไปตามอัตราการเรียนรู้ของตน ผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้เร็วก็ไม่ต้องรอนคนอื่นด้วยความเบื่อหน่าย ราคาถูก ส่วนผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้ช้าก็ไม่ประสบปัญหาตามบทเรียนไม่ทัน ไม่วิตกต่อความรู้สึกของคนอื่น ๆ จึงมีความสบายใจในการเรียน
2. ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ตามที่ตนต้องการ ไม่จำเป็นต้องกำหนดเวลาตายตัว
3. ในบทเรียนที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถเลือกบทเรียนที่มีความเหมาะสมกับความต้องการและหรือสอดคล้องกับระดับความสามารถของตน คอมพิวเตอร์จะจดจำคำตอบของผู้เรียนให้คะแนนคำตอบ แล้วจัดให้ได้เรียนบทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนคนนั้น
4. ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับ (feedback) ทันทีเป็นความเข้าใจความเข้าใจและการเรียนรู้
5. สามารถใช้เทคนิคที่ดึงดูดความสนใจได้หลาย ๆ เทคนิคอย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะใช้เทคนิคเดียวกัน เช่น การแสดงด้วยเส้นกราฟ ดนตรี การใช้สี การใช้ภาพเคลื่อนไหว การใช้เสียงและการพูดตอบโต้กับผู้เรียน เป็นต้น
6. สามารถทำกิจกรรมที่ซับซ้อน จำลองสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทดลองกับข้อมูลหลายชนิด หลายแบบ แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ คำนวณได้อย่างแม่นยำ จึงช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางและลุ่มลึก
7. เหมาะสำหรับการสอนทักษะที่เป็นงานเสี่ยงอันตรายในระยะต้น ๆ ของการฝึกทักษะนั้น เช่น การควบคุมการจราจร การขับเครื่องบิน เป็นต้น
8. เหมาะที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตจริง เช่น สภาวะไร้น้ำหนัก ความเฉื่อย เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้การจำลองสถานการณ์คอมพิวเตอร์เสนอบทเรียนโดยปราศจากอารมณ์ ไม่มีความเหน็ดเหนื่อย ไม่แสดงอาการเบื่อหน่าย

ปัญหาในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

มีนักศึกษาบางท่านแสดงความคิดเห็นว่า การเรียนจากคอมพิวเตอร์จะทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหาการติดต่อสื่อสารกับคนอื่น ๆ การใช้คอมพิวเตอร์สอนเกี่ยวกับจริยธรรม จะไม่ได้ผลเป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นเป็นวิธีหนึ่งของการสอนซึ่งไม่ได้นำมาใช้แทนครูทั้งหมด เช่นเดียวกับถึงแม้ว่าจะมีตำราเรียนที่ดีเยี่ยม แต่ก็ยังจำเป็นต้องใช้ครูสอนอยู่ในปัจจุบัน

สื่อและเทคโนโลยีการสอน

สื่อการสอนหมายถึง สิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้ช่วยในการเรียนรู้ สื่อการสอนรู้จักกันในชื่อของโสตทัศนวัสดุ ซึ่งเป็นการเรียกในลักษณะของสิ่งของ หรือเครื่องมือสำหรับสอน ปัจจุบัน สื่อการสอนมิได้จำกัดอยู่แต่เพียงเฉพาะในเรื่องของเครื่องมือ เช่น กระดานดำ เครื่องเทปบันทึกเสียงตลอดจนโทรทัศน์และคอมพิวเตอร์เท่านั้น

คุณลักษณะของผู้สร้างบทเรียน

เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพดีเยี่ยม จึงควรเกิดจากความร่วมมือกันระหว่างบุคลากร 3 ฝ่าย คือผู้เชี่ยวชาญวิชา นักออกแบบการสอน และนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญวิชาจะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาและความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียน นักออกแบบการสอน จะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการวางแผนการสอนอย่างมีระบบและการไหลลื่นการเรียนรู้ในระหว่างที่มีกระบวนการสอน ส่วนนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะอธิบายถึงสมรรถภาพของคอมพิวเตอร์ว่าจะทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามผู้เชี่ยวชาญวิชาและนักออกแบบการสอนได้วางแผนเอาไว้ กรณีที่จะทำการสร้างบทเรียนโดยบุคคลคนเดียวไม่ได้ทำเป็นกลุ่มคณะ ผู้สร้างบทเรียนจะต้องดำเนินบทบาททั้งสามด้านดังกล่าวนี้ จึงจะช่วยให้สามารถสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการสอนได้

2.4 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คุณลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างบทเรียน CAI

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นำมาใช้สร้างบทเรียน CAI ประยุกต์มาจากโปรแกรมนำเสนอผลงาน (Presentation Software) ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1. โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพนิ่ง (Slide Presentation Software)
2. โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว (Animation Presentation Software)
3. โปรแกรมสื่อผสม (Multimedia or Interactive Video)

โปรแกรมภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรมสื่อผสม เป็นสื่อในการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ต้องมีโปรแกรม (Software) และอุปกรณ์ (Hardware) เพิ่มมากขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

การศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นประกอบด้วยโปรแกรมหลายโปรแกรมด้วยกัน คือ

2.4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม 3D STUDIO MAX 5 ,6

ความสามารถของโปรแกรม 3D Studio MAX ใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิกทั้งในแบบภาพนิ่งและภาพ ANIMATION ให้กับวัตถุต่างๆ มีลักษณะเป็น 3 มิติคือ มีทั้งความกว้าง ความยาวและความลึกส่งผลให้ภาพที่ออกมาสมจริงสมจัง และบางครั้งเหนือความเป็นจริง เช่น ภาพบรรยากาศใต้น้ำ บรรยากาศในอวกาศ เป็นต้น ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมอื่นได้

- โปรแกรม MAYA 4.0

MAYA เป็นโปรแกรม คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างรูปทรง 3 มิติ (MODEL) ที่มีความสมบูรณ์ อีกทั้งโปรแกรมยังมีชุดคำสั่งมากมาย สามารถใช้งานได้สะดวก แต่ข้อเสียก็คือ ต้องทำงานกับระบบปฏิบัติการ (OPERATION SYSTEM) WINDOWS 2000 เท่านั้น

- โปรแกรม LIGHT WAVE 7.0

LIGHT WAVE เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้าง 3 มิติ (MODEL) ที่มีความสามารถสูงโปรแกรมหนึ่งเนื่องจากมีคำสั่งที่รับแต่งรูปในระดับ POLYGON จึงทำให้รูปทรง 3 มิติ ที่ได้ มีความสวยงามสมจริงมาก แต่ตัวโปรแกรมเองย่อมมีข้อด้อย นั่นคือต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการ (OPERATION SYSTEM) WINDOWS 2000 เท่านั้นอีกทั้งในขั้นตอนการทำงาน ก็ค่อนข้างยุ่งยากมาก

- โปรแกรม ULEAD cool 3d

ULEAD cool 3D เป็นโปรแกรมเฉพาะด้านที่ต้องการสร้าง text 3D และสามารถแปลงเป็นไฟล์ .gif ได้ด้วย e ไฟล์ gif คือ file movie clip ที่มีการเคลื่อนไหวของภาพและมีขนาดไม่ใหญ่มาก

โปรแกรมทางด้าน 3 มิติที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ได้แก่ โปรแกรม 3D STUDIO MAX และ ULEAD cool 3d เนื่องจากคุณลักษณะของทั้งสองโปรแกรมนี้นี้เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันในการทำงาน Presentation เพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้ง่ายและเป็นโปรแกรมที่มีความคุ้นเคยในการใช้งานมากกว่าโปรแกรม 3 มิติอื่น ๆ

2.4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพ 2 มิติ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม ADOBE PHOTOSHOP 7.0, CS

PHOTOSHOP เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพตกแต่งภาพ 2 มิติ สามารถสร้างภาพได้ทั้งแบบ VECTOR และ RASTOR สามารถ EXPORT ไฟล์ ได้หลายรูปแบบเช่น JPEG GIF PSD เป็นต้น ตัวโปรแกรมเองมีการสร้างชุดข้อมูลสำเร็จรูป จึงทำให้ใช้งานได้ง่าย มีลูกเล่น (EFFECT) เพื่อใช้ในการตกแต่งภาพมากมาย

- โปรแกรม COREL DRAW 11, 12

COREL DRAW โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างและตกแต่งภาพ 2 มิติ อีกทั้งยังมีลูกเล่นในการสร้าง TEXT EFFECT ในลักษณะต่าง ๆ มากมาย การปรับแต่งและใช้งานค่อนข้างง่ายมีการสามารถในการแปลงไฟล์เช่นเดียวกับโปรแกรม PHOTOSHOP ตัวโปรแกรมเองเหมาะสำหรับสร้างงานด้วย TEXT DUCOMMENT ดังนั้นข้อเด่นคือการจัด มากกว่าตกแต่งภาพ

- โปรแกรม ACDSEE 6.0

ACDSEE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการ PREVIEW ภาพต่างๆ ในลักษณะของ SLIDE แต่ในตัวโปรแกรมเอง และก็มี PLUGINS ที่ใช้ในการตกแต่งภาพ IMPORT และ EXPORT ภาพได้หลายแบบ ถึงตัว PLUGINS เอง จะแต่งภาพได้น้อยแต่ก็มีประโยชน์ ในการตกแต่งภาพที่ไม่ต้องการลูกเล่น (EFFECT) สะดวกต่อการใช้งานรวดเร็วและสวยงาม

- โปรแกรม IDEA WORKS 3D VECTA (3D) STANDALONE

VECTA STANDALONE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงไฟล์ ภาพ3DS (ไฟล์ที่เป็นโมเดล 3 มิติ) ให้เป็นภาพ 2 มิติ ที่สวยงามและสมบูรณ์ ตัวโปรแกรมเองสามารถภาพ 2 มิติ แบบปกติและสามารถ สร้างเป็นแบบ ANIMATION ได้อีกด้วย (AVI, SWF)

โปรแกรมทางด้าน 2 มิติที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ได้แก่ โปรแกรม ACDSEE 8.0, COREL DRAW 12 และ ADOBE PHOTOSHOP 7.0 เนื่องจากคุณลักษณะของ COREL DRAW และ ADOBE PHOTOSHOP เป็นโปรแกรมที่ใช้ค่อนข้างง่ายและสะดวก ไม่ว่าจะเป็นการแต่งภาพ การจัด Chart และมีลูกเล่นในการทำงานหลากหลาย ส่วนโปรแกรม ACDSEE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเรียกดูภาพ และปรับแต่งภาพอย่างง่าย ซึ่งโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้การทำงานเกี่ยวกับการปรับแต่งภาพ จัดกราฟฟิก

2.4.3 โปรแกรมที่ใช้ในสร้างภาพเคลื่อนไหว มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม MACROMEDIA FLASH MX, MX 2004

ความสามารถของโปรแกรม Macromedia Flash เป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างเว็บได้เป็นอย่างดี อีกทั้งความสามารถของโปรแกรมที่สามารถสร้างงานแบบเป็นเว็บ Multimedia ที่สมบูรณ์แบบ กำหนดงานแบบภาพเคลื่อนไหว อีกทั้งมีความคล่องตัวในการสร้างเว็บอิสระไม่สลับซับซ้อนจนเกินไป

- โปรแกรม SWISH MAX 2.0

SWISH MAX 2.0 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างงาน PRESENTATION ANIMATION ที่ใช้ง่ายสะดวกลูกเล่นมีมากมาย ส่วนใหญ่จะใช้กับ TEXT FILE และสำหรับทำ TEXT ANIMATION มาก สามารถ IMPORT - EXPORT ได้หลายรูปแบบ

- โปรแกรม MACROMEDIA DIRECTOR 7-8

ความสามารถของโปรแกรม Macromedia Director โปรแกรมทำงานในเชิงกราฟิก ประกอบด้วยรูปภาพกราฟิก เสียงและการเขียนสคริปต์สำเร็จรูป โปรแกรม Macromedia Director เป็นซอฟต์แวร์สำหรับสร้าง Interactive Media สำหรับงานด้าน Presentation, CD – ROM และ Internet โดยการนำภาพเสียง และวีดีโอเข้ามารวมกัน แล้วการกำหนดทำงานของสื่อต่างๆที่นำเข้ามา (Behavior) เพื่อให้สามารถตอบโต้กับผู้ใช้ได้ (Interactive)

- โปรแกรม MACROMEDIA AUTHORWARE 7.0

ความสามารถของโปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมนำเสนอชิ้นงานที่น่าสนใจคล้ายกับ Power Point แต่ต่างกันที่โปรแกรมนี้ สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ดี เช่น การนำเสนอในผลงานต่างๆ บทเรียนสำเร็จรูป บทเรียนการ์ตูน เกมต่างๆ สร้างแบบทดสอบได้และเหมาะกับการนำเสนอผลงานหลาย ๆ ประเภท

- โปรแกรม ULEAD VIDEO EDITOR

ULEAD VIDEO EDITOR เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว ที่มีประสิทธิภาพ สามารถตัดต่อไฟล์ ได้หลายรูปแบบ เป็นต้น ข้อเด่นคือรูปแบบและลักษณะการใช้งานที่ง่ายและสะดวก

โปรแกรมทางด้านภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ได้แก่ โปรแกรม MACROMEDIA FLASH MX, SWISH MAX และ MACROMEDIA AUTHORWARE เนื่องจาก ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นบทเรียนที่มีเนื้อหา ภาพประกอบและภาพเคลื่อนไหว ซึ่งโปรแกรมที่ใช้แต่ละโปรแกรมก็จะมีลักษณะการทำงาน ลูกเล่นของโปรแกรม แตกต่างกันไป แต่มีผลลัพธ์ที่ออกมาคล้าย ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าต้องการใช้โปรแกรมใด ตามแต่ความถนัด

2.4.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเสียงประกอบ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม VCD CUTTER

VCD CUTTER เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตัดเสียง โดยหลักแล้วโปรแกรมใช้เพื่อตัดต่อ ซึ่งเป็นการตัดต่อเสียงหรือนำเสียงมาต่อกัน แต่ก็มีตัวช่วยสำหรับแปลงให้เป็นไฟล์เสียงต่าง ๆ ได้ด้วย ซึ่งใช้ง่ายสะดวกและรวดเร็ว

- โปรแกรม SOUND RECORD

เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างเสียงจากภายนอก เช่น การพูดบรรยาย ซึ่งจะต้องพูดผ่าน ไมโครโฟน เครื่องบันทึกเสียง จุดเด่นคือ สามารถใช้งานง่ายสะดวก แต่ก็มีข้อด้อยคือคุณภาพของเสียงไม่ค่อยชัดเจน

- โปรแกรม ULEAD SOUND EDITOR

ULEAD SUND EDITOR เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงไฟล์เสียง ตัดต่อเพิ่มเติม ใส่เสียงต่างๆ จุดเด่นคือ มีลูกเล่นค่อนข้างมาก จุดด้อยคือการใช้งานค่อนข้างสลับซับซ้อนมาก

- โปรแกรม MP3 TO WAVE CONVERTOR

MP3 TO WAVE CONVERTOR เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับแปลงไฟล์ MP3 ไปเป็นไฟล์ซึ่ง จะทำให้เสียงของเรามีขนาดไฟล์ที่เล็กลง เมื่อเอาไปใช้งานและคุณภาพก็ไม่ได้ด้อยลงไปเลย จุดเด่นคือการใช้งานที่ค่อนข้างง่าย

- โปรแกรม GOLDWAVE

GOLDWAVE คือโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างเสียง บันทึกเสียง และปรับแต่งเสียง ซึ่งลักษณะไฟล์เสียงที่ได้จะเป็นไฟล์ MP 3 และ ไฟล์ WAVE ซึ่งทำให้เสียงของเรามีขนาดไฟล์ที่เล็ก จากคุณสมบัติของตัวโปรแกรมเอง กรณีที่ต้องการคุณสมบัติต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความคมชัดของเสียง ระยะเวลาในการแสดงเสียงผู้ใช้งานสามารถกำหนดและศึกษาได้ด้วยตัวเองซึ่งคงจะเป็นการยากเกินไป เพื่อให้ได้เสียงที่มีคุณภาพที่ดีต่อไป

โปรแกรมทางการสร้างเสียงที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ได้แก่ โปรแกรม VCD CUTTER และโปรแกรม SOUND RECORD ซึ่งทั้งสองโปรแกรมนี้อีกมีลักษณะการใช้งานที่ค่อนข้างง่าย ไม่ว่าจะเป็นในด้านการบันทึกเสียงและการตัดต่อเสียงอย่างง่าย ๆ และแปลงเป็นไฟล์เสียงได้อย่างสะดวก

2.4.5 การเลือกโปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ประยุกต์สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีหลายบริษัทสร้างขึ้นและมีการพัฒนาอยู่เสมอจึงคุณสมบัติคล้ายคลึงกันแต่จะต่างกันเฉพาะรูปแบบเช่น Macromedia Authorware, Macromedia Flash, PC – Storyboard เป็นต้น

ซึ่งในการพิจารณาเลือกโปรแกรมที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นควรคำนึงถึงหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้
2. สร้างภาพได้ง่าย
3. สร้างตัวอักษรภาษาไทย – อังกฤษได้
4. นำเสนอบทเรียนต่อเนื่องด้วยเทคนิคต่างๆได้
5. จับภาพจากโปรแกรมอื่นได้
6. นำโปรแกรมอื่นมาต่อรวมได้
7. สร้างแบบทดสอบและวัดผลได้ในตัวของโปรแกรมเอง

จากการวิเคราะห์และทดสอบใช้โปรแกรม โปรแกรมที่น่าจะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Macromedia Authorware ซึ่งเป็นคุณสมบัติครบถ้วน ง่ายต่อการพัฒนาและสามารถสร้างแบบทดสอบ ประมวลผลสอบได้ในโปรแกรมเอง อีกทั้งยังสามารถต่อรวมใช้กับโปรแกรมอื่นได้

2.5 การศึกษาการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียน CAI ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. สร้างภาพ (Graphic) ได้
2. สร้างอักษร (Text) ได้
3. นำเสนอบทเรียนแบบต่อเนื่องได้
4. ทำแบบทดสอบได้
5. การจำและนำไปใช้

ขั้นตอนของการออกแบบบทเรียน CAI

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปเป็นหลักในการออกแบบเรียน CAI เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด โดยกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne คือ

1. การได้รับความสนใจ (Gain Attention) เป็นการสร้างบทเริ่มต้นของกิจกรรมที่เรียนนั่นเอง โดยผู้เรียนสนใจเนื้อหาบนจอภาพไม่ว่าจะอยู่ที่แป้นพิมพ์
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective) จะช่วยให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาและรู้เค้าโครงของเนื้อหาอีกด้วย เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนโดยผู้เรียนจะสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาในส่วนใหญ่ได้ ซึ่งจะมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) ไม่จำเป็นต้องทำแบบทดสอบเสมอไป แต่จะใช้วิธีการประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนในรูปแบบต่าง ๆ ก็ได้ เช่น พูดคุย ซักถาม เป็นต้น
4. การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การเสนอภาพที่เกี่ยวกับเนื้อหาประกอบคำพูดที่สั้น ง่าย ได้ใจความชัดเจน จะเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การอาศัยภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจดจำได้ดีกว่าการใช้คำพูดหรืออ่านเพียงอย่างเดียว
5. ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guided Learning) หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาโดยเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่
6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses) หลายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ต่างก็มีความสอดคล้องในลักษณะสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ในแง่ของการเรียน ผู้เรียนควรมีโอกาสร่วมกันคิดและร่วมกันฝึกปฏิบัติให้เกิดทักษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) เป็นการช่วยสร้างความสนใจและเป็นการบอก ว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่จุดไหน ห่างจากเป้าหมายเพียงใด

8. ทดสอบความรู้ (Assess Performance) จะเห็นการทดสอบก่อนเรียนระหว่างเรียนช่วง ทำยของบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวัดค่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุดเท่าใด เพื่อจะได้เตรียมตัวใน โอกาสต่อไป

9. การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) เป็นขั้นตอนของการสรุป เฉพาะประเด็นสำคัญรวมทั้งข้อเสนอนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถาม ปัญหาก่อนจบบทเรียน

การสอน 9 ขั้นตอนของ Gagne เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้คล่องตัวและเป็น ประโยชน์ต่อการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ ตลอดจนสามารถประยุกต์เข้ากับ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งในอนาคตบทบาทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเข้า มามีความสำคัญในวงการศึกษา

2.5.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบสุขภาพ" ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับดังนี้

2.5.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ และวิธีการสร้างบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ศึกษาจาก วารสาร ตำรา ผลงานที่เกี่ยวข้อง และคู่มือการใช้โปรแกรม สำเร็จรูปต่างๆ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 98, 2000, XP, me เพื่อใช้เป็นสื่อนำเสนอเนื้อหา ทฤษฎีวิชาเทคโนโลยีประกอบอาคาร เรื่อง "ระบบสุขภาพ" โดยใช้เวลาประมาณ 100 นาที

2.5.1.2 ศึกษาเนื้อหาจากในหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวดำเนินการ จุดประสงค์ของกลุ่มวิชาชีพ และคำอธิบายรายวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบ สุขภาพ" ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็น วิชาบังคับและกำหนดให้นักศึกษาได้ศึกษา

เนื้อหาที่จัดในรายวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง เรื่อง "ระบบสุขภาพ" จัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่น่าสนใจเรื่องหนึ่ง ในรายวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ทั้งนี้จาก การศึกษาเนื้อหาได้สัมพันธ์กับการเรียน ตามหลักสูตร เรื่อง "ระบบสุขภาพ" ซึ่งตัวผู้ทำการศึกษา วิจัยเองเล็งเห็นว่า การสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรเห็นกระบวนการที่เกิดขึ้น จริงๆ จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ปัญหา คือ เนื้อหาที่เป็นการบรรยายและรูป

ภาพนิ่งประกอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ดังนั้น การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากการเป็นการจำลองให้ผู้เรียนเห็นลักษณะของธรรมชาติที่เกิดขึ้นจริง และบางสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ อีกประการหนึ่ง คือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการประหยัดเวลาในกระบวนการเรียนการสอนของทั้งผู้เรียน และผู้สอนด้วย

การวิเคราะห์ผู้เรียน ผู้เรียนเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

การวิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นส่วนย่อย จากการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเนื้อหาแยกเป็นหัวข้อ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

- ส่วนทบทวนบทเรียน
 - 1) หลักการเบื้องต้น
 - 2) สัญลักษณ์และคำย่อของระบบท่อ
 - 3) วัสดุที่ใช้ทำท่อ
 - 4) การกระแทกของน้ำ (Water Hammer)
- 1. ระบบการจ่ายน้ำใช้
 - แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ
 - ระบบแจกจ่ายน้ำประปา
 - ระบบท่อประปาภายในอาคาร
- 2. ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร
 - อัตราการใช้ประปา
 - การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" นี้เป็นบทเรียนที่อยู่ในหน่วยที่ 1 จากทั้งหมด 6 หน่วยการเรียนของวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ซึ่งเนื้อหาที่ใช้ทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นส่วนหนึ่งของหน่วยการเรียนเรื่อง "ระบบน้ำใช้" โดยผู้ทำการวิจัยแบ่งเนื้อหาเป็นส่วนของการทบทวนบทเรียนและส่วนตัวเนื้อหาบทเรียน คือ เรื่องระบบการจ่ายน้ำใช้ และเรื่องปริมาณน้ำใช้ในอาคาร ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 100 นาที โดยจัดอยู่ในสัปดาห์ที่ 4 จากแผนการสอน 18 สัปดาห์ของรายวิชานี้

จิตวิทยาของสี (COLOR PSYCHOLOGY)

ในเลือกใช้สีกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักการและศึกษาถึงความรู้สึกของมนุษย์ที่มีต่อสีแต่ละสีเสียก่อน ซึ่งการเลือกสีถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ ถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่จะช่วยเสริมสร้างความน่าสนใจให้กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ และเป็นส่วนช่วยกระตุ้นในการรียกร้องการที่จะเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

ตัวอย่างสีที่มีปฏิกิริยาต่อความรู้สึกของมนุษย์โดยตรง

สีเทา	ให้ความรู้สึกเคร่งขรึม สุขภาพ ผู้ดี เรียบร้อย เงียบสงัด
สีดำ	ให้ความรู้สึก ลึกลับ มีด ทุกข์โศก น่ากลัว ให้ความแข็งแรง มีพลัง
สีขาว	ให้ความรู้สึกตื่นเต้น เร้าใจ ตีใจ สนุก อันตราย เบิกบาน ต้อนรับ อบอุ่น รบกวนไม่สบายแทรกอยู่
สีแดง	ให้ความรู้สึก เบี้ยว ร่าเริง ตีใจ มีอำนาจ ชักจูง ความมั่นคง
สีม่วง	ให้ความรู้สึก มั่งคั่งสมบูรณ์ ความสวย ความสุข ตืออัน ทำทวย กระตุ้น ความหวาน ความอบอุ่น กระตือรือร้น ร้อน ุร้าย แรงกล้า
สีน้ำเงิน	ให้ความรู้สึกสุขภาพ ถ่อมตน หนักแน่น เยือกเย็น สุขุม ปลอดภัย
สีส้ม	ให้ความรู้สึก ในด้านความรัก ความเศร้า สง่างาม คงสภาพ มีฐานะันตร ศักดิ์ ลึกลับ มั่นคง
สีเขียว	ให้ความรู้สึก ร่าเริง สดชื่น กระชุ่มกระชวย สุขุม เยือกเย็น สันติ

การศึกษาลักษณะของสีที่มีผลต่อความรู้สึก

สีแดง	ให้ความรู้สึกมั่นคงสมบูรณ์ ขวนลุ่มหลง การใช้สกุลสีแดง เพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้เป็นตัวเด่น สีแดงไม่เพียงทำให้รู้สึกตื่นเต้นเท่านั้น แต่ยังให้ ความรู้สึกเร้าใจได้เหมือนกัน นอกจากนั้นยังสามารถจะเป็นภัยทางด้าน จิตวิทยาได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น จุดที่เป็นปุ่ม ทางออก ปิด คำเตือน เป็น ต้น
สีเหลือง	ให้ความรู้สึกร่าเริง สดใส สีเหลืองอ่อนจะให้ความรู้สึกของความสะอาด ความสว่าง สีเหลืองเข้มมากจะทำให้สมองเกิดความหงุดหงิดได้ สีเหลือง ที่ใกล้ไปทางสีส้ม จะมองดูคล้ายของเทียม เร้าความสนใจไม่น้อย สี เหลืองเนย (BUTTER YELLOW) จะทำให้รู้สึกว่างว้างขึ้น สีเหลืองเขียว (YELLOW GREEN) ช่วยให้เย็น สบายตามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สีเขียวก ไม่ทำให้หลงตาเวลามอง ไม่ควรใช้กับสีแดงในจำนวนที่เท่ากัน สีเขียวให้ความสดชื่น กระชุ่มกระชวยเสมอ และใช้หักสายตาได้โดยธรรมชาติ จะใช้สีเขียวเป็นสีที่ส่งเสริมทุกๆสีให้ดูสดใสขึ้น สีเขียวสมควรใช้ในการสร้างความรู้สึกสงบ
- สีน้ำเงิน สีน้ำเงินเข้มให้ความรู้สึกสงบ และลึกกลับ น้ำเงินอ่อน เช่นน้ำเงินหรือฟ้าที่มีความสดใสของสีเขียวอยู่ด้วย แม้ว่าจะปราศจากตัวสีเขียวก็ตาม แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มาก ก็จะทำให้รู้สึกลืด ไม่เบิกบาน
- สีกลุ่มดำ เทา ขาว เรียกว่าสีเอกรงค์ ไม่ควรใช้รวมกันระหว่างแม่สี(น้ำเงิน เหลือง แดง)
- สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาด บริสุทธิ์ จะใช้ในส่วนที่เป็นความรู้สึกปกติ ซึ่งรู้สึกเรียบร้อย สดชื่น
- สีดำ การใช้สีดำบ้าง ขาวบ้าง ในพื้นที่ร่วมกับสีอื่นๆ จะทำให้เกิดความรู้สึกกระปรี้กระเปร่า และทำให้เกิดความมีชีวิตชีวา ร่าเริง ใช้เป็นตัวช่วยสร้างความสนใจ และกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวได้

การจัดองค์ประกอบภาพ

1	0	2
	4	
2	0	3

ภาพที่ 2.1 แสดงภาพหลักการวางจุดสนใจในงาน (Focus Point)

ตำแหน่งหมายเลข 0 เป็นตำแหน่งที่ไม่ควรวางองค์ประกอบที่ต้องการเน้นเพราะเป็นตำแหน่งที่สายตาคนเราส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญนัก อาจเป็นเพราะอยู่ในช่วงครึ่ง ๆ กลาง ๆ ของภาพ ซึ่งลดแรงดึงดูดทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งหมายเลข 1 เรามักจะชินกับพฤติกรรมกรรมการอ่านหนังสือที่ต้องกวาดสายตาจากมุมซ้ายบนลงไปมุมขวาล่าง ตำแหน่งหมายเลข 1 จึงเป็นส่วนที่คนส่วนใหญ่เห็นเป็นอันดับแรกในหน้าหนังสือหรือภาพ

ตำแหน่งหมายเลข 2 เป็นตำแหน่งที่มีพลังในการดึงดูดสายตา มีความเฉียบ (Sharpening) จึงเหมาะกับการจัดวางองค์ประกอบที่ต้องเน้น เนื่องจากตำแหน่งมุมของภาพนั้นเรียกร่องความสนใจจากสายตาของผู้ชมได้ดี

ตำแหน่งหมายเลข 3 เป็นตำแหน่งที่สำคัญอีกตำแหน่งหนึ่งสืบเนื่องมาจากตำแหน่งที่ 1 เพราะเป็นตำแหน่งสุดท้ายที่คนส่วนใหญ่กวาดสายตาตามอง

ตำแหน่งหมายเลข 4 ความรู้สึกโดยทั่วไปของคนส่วนใหญ่ มักให้ตำแหน่งกลางภาพเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญที่สุดในงาน ถึงจะไม่เป็นจุดเรียกร่องสายตาเท่ากับจุด 1, 2 และ 3 แต่ก็เป็นที่รวมสายตาของผู้ชมที่มีต่องาน

ซึ่งจากผลการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสีและลักษณะของสีที่มีผลต่อความรู้สึก เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการออกแบบหน้าจอบทเรียนเป็นอย่างมาก ทั้งเรื่องของความสวยงามและการสื่อความหมาย ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจของงาน นอกจากการเลือกสีแล้วสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือการวางโครงสร้าง แต่ไม่ใช่เพียงการเลือกสีเพียงอย่างเดียว องค์ประกอบอื่น ๆ ในบทเรียนจะต้องมีหลักในการนำมาใช้ร่วมกัน ซึ่งก็คือการจัดองค์ประกอบ โดยในการนำมาจัดวางให้อยู่รวมกันแล้วดูดี สวยงามและสื่อความหมาย

2.6. การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- นภ คงดี (2544) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบขนส่งแนวตั้ง ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

ด้านความสมบูรณ์ของเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี เข้าใจง่าย รูปภาพที่ใช้นำเสนอมีปริมาณที่เหมาะสม ความสัมพันธ์ของรูปภาพกับการบรรยายอยู่ในเกณฑ์ดี ความเหมาะสมของเนื้อหาเข้ากันได้กับบทเรียน รวมทั้งมีการทำอนิเมชันเพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจ

- คมศักดิ์ แตนทอง (2544) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง สัดสวน มนุษย์กับการกำหนดพื้นที่ใช้สอย ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

ด้านความสมบูรณ์ของเนื้อหา อธิบายได้รวบรัด การใช้รูปภาพประกอบกับเนื้อหา มีความเหมาะสม แต่ยังคงขาดในเรื่องของการใช้ภาพเคลื่อนไหวที่ยังมีน้อยเกินไป สีและกราฟิกที่ใช้ในบทเรียนมีความน่าสนใจ ในส่วนของแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหา

- วรวิมล ถาวรธรรมรัตน์ (2545) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คอนกรีตของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ปรากฏว่า บทเรียนโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/88) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 80/80

ด้านความสมบูรณ์ของเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก มีเนื้อหาบทเรียนครบถ้วน มีการอธิบายที่เข้าใจง่าย การใช้รูปภาพประกอบมีความเหมาะสม และการใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบในการอธิบายช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับบทเรียน การใช้สีและขนาดตัวอักษรดูสบายตา มีการใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบกับเนื้อหาทั้งบทเรียน

- สุรศักดิ์ แซ่ลิ้ม (2546) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การวางผังอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ปรากฏว่า

บทเรียนโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (76/88) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 80/80

ด้านความสมบูรณ์ของเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี รูปภาพที่ใช้นำเสนอมีปริมาณที่เหมาะสม ภาพเคลื่อนไหวและปุ่มต่าง ๆ ที่ใช้ในบทเรียนสื่อออกมาให้เข้าใจได้ง่าย การใช้กราฟิกในการนำเสนอเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เข้าใจได้ง่าย

- วิภาวรรณ สิงห์พริง (2542 : ม.เกษตรศาสตร์) ได้ทำการสร้างสื่อการสอนวิชาสมการอนุพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Author ware เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้นักศึกษาที่ติดตามการเรียนการสอนวิชา สมการอนุพันธ์ ในห้องเรียนไม่ทัน การนำโปรแกรม Author ware มาใช้ เนื่องจากว่าเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับผู้ใช้ (User) โดยสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี เมื่อนำมาใช้ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนวิชาสมการอนุพันธ์ จึงทำให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับโปรแกรมในจุดต่าง ๆ ได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียนการสอนนี้ ปรากฏว่าระหว่างศึกษาจบแต่ละบท จากสื่อการเรียนนี้มีผลการเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 77.17 และเมื่อทำการทดสอบหลังจากศึกษาด้วยสื่อการเรียนการสอนนี้ ผลการทดสอบได้เฉลี่ยร้อยละ 81.33 โดยกำหนดประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ 75/75

- อมรเดช ตีนาน (2544 : ม.เกษตรศาสตร์) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการขยายพันธุ์พืช ระหว่างนักเรียนที่มีระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่างกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการขยายพันธุ์พืช มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 81.77/80.83 เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มนักเรียนที่มีระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมสูงและต่ำ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และเมื่อเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีระดับคะแนนสะสมสูงต่ำ พบว่าไม่แตกต่างกัน

- ชีระ ไสภณจิตต์ (2543 : พระจอมเกล้าธนบุรี) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องวิธีเขียนแบบภาพตัด วิชาเขียนแบบเครื่องกล 2 (APM 152) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 52 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.30/81.02 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้และผลการทดสอบก่อนการเรียนและหลังเรียนของนักศึกษา ปรากฏว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น

- ไพรซ์มพล บุญช่วย (2535) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีการเสนองานภาพ 3 มิติ ต่างกัน 2 แบบ ทำการทดลองกับนักศึกษา 2536 จำนวน 70 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ systematic sampling ผลการวิจัยปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบภาพ ชี้นำงาน 3 มิติ แบบหมุนสูงกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบภาพชี้นำงาน 3 มิติ แบบคงที่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

- ธรรมบุญ นิลวรรณ (2537) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ความแตกต่างทางการเรียนของนักเรียนที่มีบุคลิกภาพต่าง โดยใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการเขียนภาพฉาย เรื่องการเขียนภาพไอโซเมตริกที่มีส่วนโค้งวงกลมประกอบกลุ่มทดลองให้นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 วิชาออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคพายัพ (เจ็ดยอด) เชียงใหม่ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2537 ซึ่งไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน 90 คน แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบบุคลิกภาพ m.p.i. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มปรากฏผลดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของกลุ่มบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (กลุ่มทดลองที่ 1) สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ที่มีบุคลิกภาพแบบปกติ (กลุ่มทดลองที่ 2) และสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่มีบุคลิกภาพแบบเก็บตัว (กลุ่มทดลองที่ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 หรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของกลุ่มบุคลิกภาพปกติ (กลุ่มทดลองที่ 2) แตกต่างจากกลุ่มบุคลิกภาพเก็บตัว (กลุ่มทดลองที่ 3) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 หรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบว่า การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประสบผลสำเร็จเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่สิ่งที่ในแต่ละบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความแตกต่างกันก็คือ วิธีการอธิบายเนื้อหา การจัดองค์ประกอบ การใช้สีสรรที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) วัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส (12-140-241) เรื่อง "ระบบสมาชิกบาล" ตามหลักสูตรในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมมาเป็นแนวทางการศึกษา คือ

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา และนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส 12-240-241 ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 40 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สถานศึกษาละ 20 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.2.2 แบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส (12-140-241) เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับดังนี้

3.2.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จาก วารสาร ตำรา ผลงานที่เกี่ยวข้อง และคู่มือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 98, 2000, XP, ME เพื่อใช้เป็นสื่อนำเสนอเนื้อหาทฤษฎีวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" โดยใช้เวลา 100 นาที

3.2.1.2 ศึกษาเนื้อหาในหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวดำเนินการ จุดประสงค์ของกลุ่มวิชาชีพ และคำอธิบายวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส (12-140-241) เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นวิชาชีพสาขาวิชาและกำหนดให้นักศึกษาได้ศึกษา

เนื้อหาที่จัดในวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส (12-140-241) เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" จัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่น่าสนใจเรื่องหนึ่ง ในวิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ทั้งนี้จากการศึกษาเนื้อหาได้สัมพันธ์กับการเรียน ตามหลักสูตร เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" ซึ่งตัวผู้ทำการวิจัยเองเล็งเห็นว่า การสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรเห็นจากของจริงจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ปัญหาคือเนื้อหาที่เป็นการบรรยายและรูปภาพหนึ่งประกอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ดังนั้น การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง เรื่อง "ระบบสุขาภิบาล" จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากการเป็นการจำลองให้ผู้เรียนเห็นสถานะเสมือนของจริง อีกประการหนึ่ง คือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการประหยัดเวลาในกระบวนการเรียนการสอนของทั้งผู้เรียน และผู้สอนด้วย

วิเคราะห์ผู้เรียน ผู้เรียนเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

วิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นส่วนย่อย จากการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล” ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเนื้อหาแยกเป็นหัวข้อ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

- ส่วนบททวนบทเรียน
 - 1 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุขาภิบาล
 - 2 สัญลักษณ์และคำย่อของระบบสุขาภิบาล
 - 3 วัสดุที่ใช้ทำท่อ
 - 4 การกระแทกของน้ำ (Water Hammer)

- ส่วนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. แหล่งและคุณภาพของน้ำ
 - แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ
2. ระบบการจ่ายน้ำใช้
 - ระบบแจกจ่ายน้ำประปา
 - ระบบท่อประปาภายในอาคาร
3. ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร
 - อัตราการใช้ น้ำประปา
 - การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

3.2.1.3 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จากการประมวลการสอน ความคาดหวังให้ผู้เรียน เกิดกระบวนการเรียนรู้และทักษะต่าง ๆ หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว ดังนี้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับแหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำได้
2. นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับระบบแจกจ่ายน้ำประปา
3. นักศึกษาคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารได้

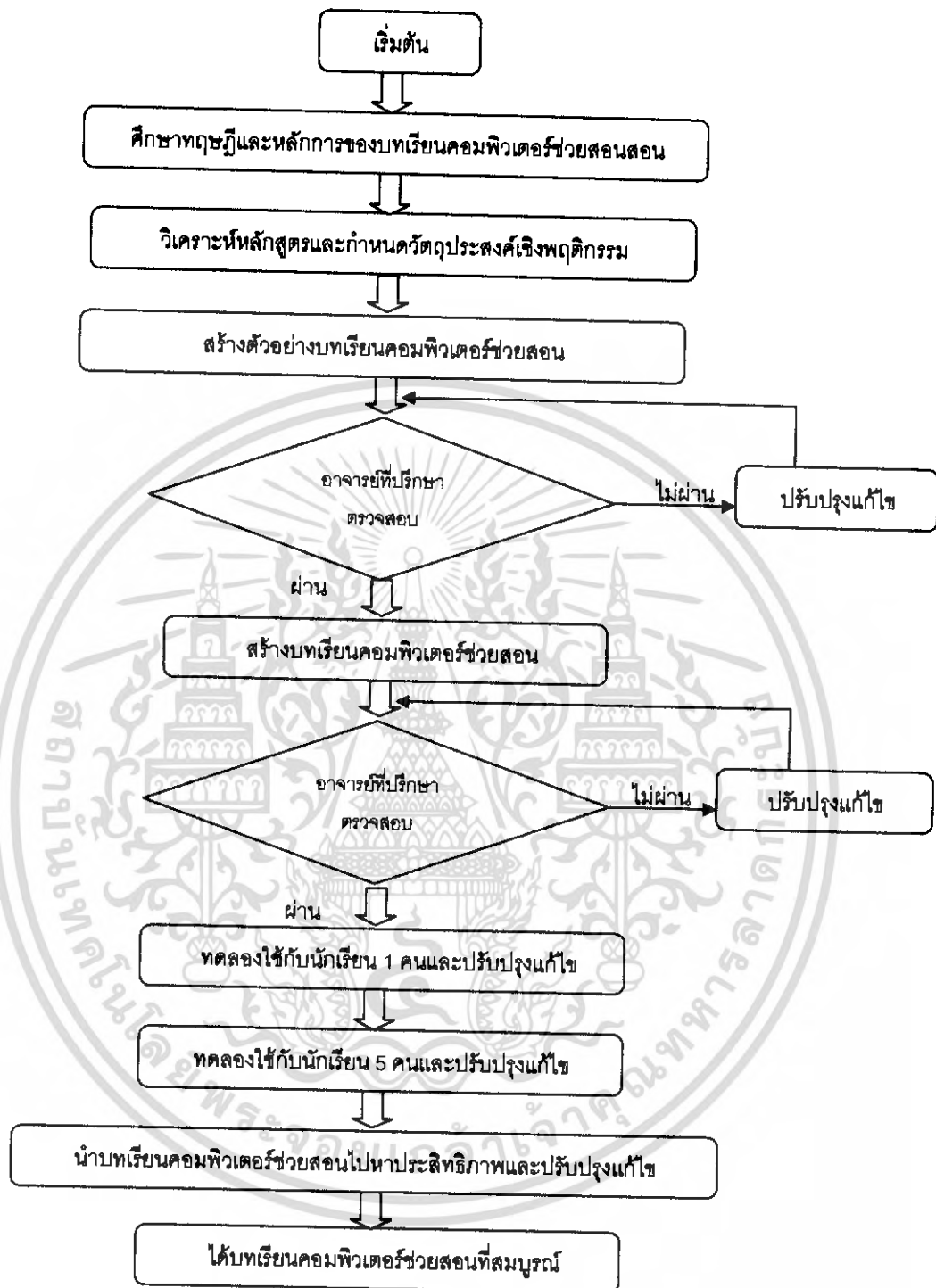
3.2.1.4 นำเนื้อหามาเขียน STORY BOARD เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินเรื่องของเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นจะนำเสนอโดยแบ่งเนื้อหารายละเอียดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เรียงลำดับตามเนื้อหาหัวข้อ กำหนดภาพ และการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยสร้างเป็นแผนผังว่าจะให้บทเรียนมีการทำงานแบบใด แล้วนำ STORY BOARD ไปให้

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสม เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ถูกต้อง

3.2.1.5 วิธีการสร้างบทเรียน

1. ออกแบบในการนำเสนอ ผู้วิจัยได้เลือกการนำเสนอแบบเชิงเส้น (LINEAR PROGRAM) ซึ่งบทเรียนจะเป็นลักษณะ TUTORIAL ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาบทเรียน และแบบทดสอบ
2. สร้างแผนภูมิการนำเสนอ (FLOW PRESENTATION CHART) เพื่อแสดงรูปแบบและลำดับขั้นการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนำเสนอเนื้อหาที่ได้กำหนดรูปแบบไว้แล้วมาเขียนกรอบเนื้อหา ทีละกรอบโดยเขียนเป็นบทสคริปต์ไว้ก่อน
3. นำเนื้อหาบทสคริปต์ที่กำหนดไว้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะทำการสร้างจริง
4. จัดหาเสียงประกอบ ภาพนิ่ง และโปรแกรมที่สนับสนุนการสร้างบทเรียน
5. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขภาพ โดยอาศัยโปรแกรม MICROMEDIA AUTHORWARE 7 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
6. จัดทำเอกสารคู่มือสำหรับการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับผู้เรียน และผู้ควบคุมระบบคอมพิวเตอร์
7. นำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่ออาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโทและผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อหาข้อบกพร่อง และแก้ไขจนสมบูรณ์
8. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์แล้วไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.2.2.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาบทเรียน แล้วสร้างตารางวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบทดสอบ ให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรม

3.2.2.3 ในการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้พิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง เพื่อสร้างข้อสอบให้มีความครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาเป็นผู้ประเมิน และแก้ไข ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการวัดระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์	พฤติกรรมที่จะวัด			จำนวนข้อ	น้ำหนักร้อยละ
	รู้-จำ	เข้าใจ	นำไปใช้		
1. นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับแหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำได้	2	3	-	5	20
2. นักศึกษาอธิบายระบบการจ่ายน้ำใช้	4	4	2	10	40
3. นักศึกษาคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารได้	5	2	3	10	40
รวม	11	9	5	25	100

การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ยึดหลักการทำแบบทดสอบ โดยการวิเคราะห์จากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาบทเรียน ซึ่งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เป็นคำว่าการอธิบาย จะใช้วิธีในการวัดผลได้โดยการออกแบบทดสอบที่เกี่ยวกับ การวัดความรู้ - ความจำ การวัดความเข้าใจ และการนำไปใช้ ส่วนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เป็นคำว่าการคำนวณ จะเน้นการวัดผลไปที่การนำไปใช้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แบบทดสอบนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่าควรจะใช้การทดสอบแบบใดให้เหมาะสมกับการวัดผลการเรียนรู้

จากตารางการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อนำไปสู่การสร้างจำนวนข้อสอบ ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถสรุปเป็นจำนวนข้อสอบ ตามลักษณะการวัดผลดังต่อไปนี้

- | | |
|---------------------|--------------|
| 1) วัดความรู้ความจำ | จำนวน 11 ข้อ |
| 2) วัดความเข้าใจ | จำนวน 9 ข้อ |
| 3) การนำไปใช้ | จำนวน 5 ข้อ |
| รวมทั้งหมด | จำนวน 25 ข้อ |

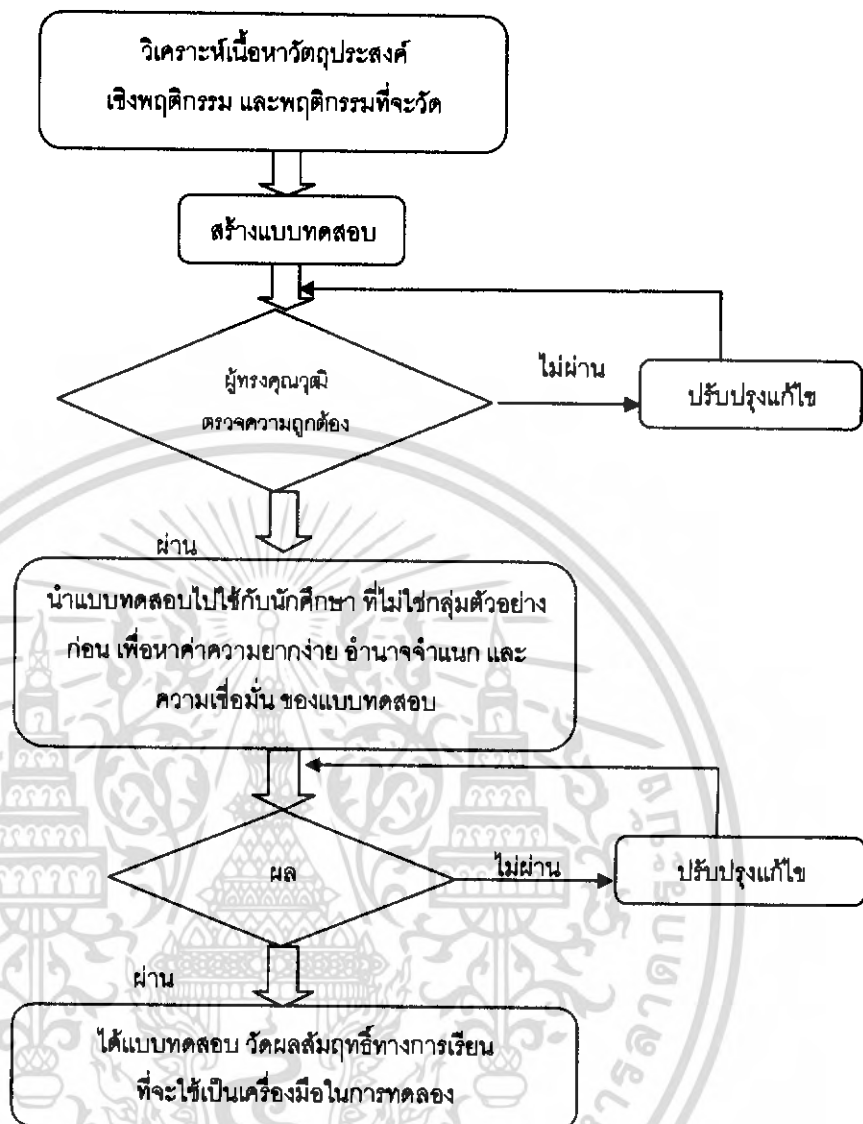
3.2.2.4 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยให้ครอบคลุมเนื้อหา และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน จำนวน 25 ข้อ

3.2.2.5 นำแบบทดสอบไปหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน โดยกำหนดคะแนนความสอดคล้อง คือ ข้อที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้คะแนนเท่ากับ +1 ถ้าไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้คะแนนเท่ากับ -1 และถ้าไม่แน่ใจจะให้คะแนนเท่ากับ 0 นำผลที่ได้ไปคำนวณหา ค่าความสอดคล้อง (IOC)

3.2.2.6 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของข้อสอบ ถ้าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง +0.8 ถึง +1 หมายความว่าข้อสอบทั้ง 20 ข้อ มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2.2.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ที่โรงเรียนวิชาอุปการณประกอบอาคาร 1 และการตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ข้อที่ไม่ตอบ หรือข้อที่ตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกในข้อเดียวกัน ให้ 0 คะแนน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.2.2.8 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (ค่า p) ค่าอำนาจจำแนก (ค่า r) ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกที่เป็นบวกไม่น้อยกว่า 0.20 และคัดเลือกข้อสอบไว้ใช้เป็นแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ นำไปหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 8.60



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินสื่อการสอน โดยได้แบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตามขั้นตอนดังนี้โดยกำหนดหัวข้อที่จะประเมิน แล้วออกแบบการประเมินสื่อ ทั้งด้านเนื้อหา และเทคนิคการผลิตสื่อ ได้แบ่งเรื่องที่ประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา และการนำเสนอ
2. ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
3. ด้านเวลา

การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้นำบทเรียนด้านเนื้อหาที่ผสมบูรณไว้เรียบร้อยแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และด้านเวลาเพื่อพัฒนาความเหมาะสมด้านคุณภาพ โดยเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5	=	คุณภาพดีมาก
ระดับ 4	=	คุณภาพดี
ระดับ 3	=	คุณภาพปานกลาง
ระดับ 2	=	คุณภาพพอใช้
ระดับ 1	=	คุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ

คะแนนเฉลี่ย	4.55 – 5.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.55 – 4.54	หมายถึง	มีคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	2.55 – 3.54	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง

3.2.4 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพลําไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการผลิตสื่อและด้านแบบทดสอบ จำนวน 3

ท่าน ทำการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อเปรียบเทียบเป็นคะแนนแบบอิงเกณฑ์ ได้ผลของเกณฑ์เป็นการแสดงความคิดเห็น สรุปได้ผลตามที่แสดงในตารางที่ 3.2, 3.3 และตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อด้านเนื้อหา

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	✓				
1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา	✓				
1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา		✓			
1.4 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา		✓			
1.5 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	✓				
2. รูปร่างและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปร่างกับคำบรรยาย	✓				
2.2 ความถูกต้อง และเหมาะสมของภาษาที่ใช้		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.4 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ			✓		
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา		✓			
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด		✓			
รวม	20	28	3	0	0
ค่าเฉลี่ยรวม	4.25				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1) อ. พัศตราภรณ์ มีศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ
คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา		✓			
1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบหรือวิธีการสอน		✓			
1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา		✓			
1.4 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.5 เนื้อหาเหมาะสมในการใช้คอมพิวเตอร์	✓				
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง		✓			
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านการสื่อความหมาย			✓		
2.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.4 ความเหมาะสมของสี ที่ใช้ในการนำเสนอ		✓			
2.5 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา		✓			
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด		✓			
รวม	10	40	3	0	0
ค่าเฉลี่ยรวม	4.07				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1) ผศ. อรรถพร ฤทธิเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ
คุณภาพด้านแบบทดสอบ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1.ความสอดคล้องของเนื้อหาวิชากับจุดประสงค์ของการเรียนรู้	✓				
2.ความถูกต้องของข้อสอบ		✓			
3.ความเหมาะสมของการใช้ภาษา		✓			
4.ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์	✓				
ค่าเฉลี่ยรวม	4.50				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1) ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์

3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ได้มีการดำเนินการดังนี้

3.3.1 ทำหนังสือขออนุญาตจากบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เพื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 ติดต่อทางสถาบัน เพื่อขออนุญาตทำการทดลองเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการวิจัย

3.3.3 ก่อนทำการทดลอง ผู้วิจัยต้องตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องเรียน รวมทั้งตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ เช่น การตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ให้พร้อมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องได้ทันที

3.3.4 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre – test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ให้ผู้เรียนได้ศึกษาเนื้อหาวิชาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้ผู้เรียนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง โปรแกรมจะบันทึกผลคะแนน การทำแบบทดสอบท้ายบทของผู้เรียน

3.3.6 เมื่อศึกษาเนื้อหาจบให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post – test) โดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่สลับข้อคำถาม และข้อคำตอบ

3.3.7 นำผลคะแนนที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบผลตามวิธีทางสถิติ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ผลแบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา 1 ท่าน
- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการเทคนิคผลิต 1 ท่าน
- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านแบบทดสอบ 1 ท่าน

3.4.2 การวิเคราะห์หาความยากง่าย และหาอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (ค่า P), (ค่า R)

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20)

3.4.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E1/ E₂)

3.4.5 การวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.1 การวิเคราะห์ผลแบบประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพ ได้ทำการพัฒนาขึ้นโดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาประเมินคุณภาพของสื่อจำนวน 1 ท่าน แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา 1 ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ 1 ท่าน ค่าเฉลี่ยรวมที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งใช้วิธีวิเคราะห์ผลโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามหลักสถิติโดยอาศัยสูตรคำนวณ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (บุญชม ศรีสะอาด. 2535: 95)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N}$$

เมื่อ \bar{X} = ค่าเฉลี่ย
 f = ค่าความถี่
 X = ระดับคะแนน
 N = จำนวนคน

นำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้ (Best. 1970: 179 – 187)

ระดับ	4.55 – 5.00	หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ	3.55 – 4.54	หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับ	2.55 – 3.54	หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ	1.55 – 2.54	หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ	1.00 – 1.54	หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

ในการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กำหนดเกณฑ์ประเมินต้องอยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 3.55 จึงยอมรับได้ว่า สื่อนั้นมีประสิทธิภาพ

3.4.2 การวิเคราะห์หาความยาก-ง่าย และหาอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

3.4.2.1 การหาค่าความยาก - ง่ายใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535: 81)

สูตรค่าความยากง่าย

$$P = \frac{R}{N}$$

โดยที่ P = แทนระดับความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
 R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
 N = จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้

ข้อสอบที่มีค่า เท่ากับ 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นมีความยากปานกลางพอดี

ข้อสอบที่มีค่า ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นค่อนข้างไปทางยาก

ข้อสอบที่มีค่า สูงกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นค่อนข้างไปทางง่าย

ข้อสอบที่มีค่า ต่ำกว่า 0.20 แสดงว่า ข้อสอบนั้นยากเกินไป

ข้อสอบที่มีค่า สูงกว่า 0.20 แสดงว่า ข้อสอบนั้นง่ายเกินไป

ข้อสอบที่มีความยากง่ายปานกลางคืออยู่ในช่วงประมาณ 0.20 – 0.80

3.4.2.2 การหาค่าอำนาจจำแนก ใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535: 81)

$$\text{สูตรค่าอำนาจจำแนก } r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$$

โดยที่ r = ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

R_u = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

R_L = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดคือมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.40 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีมาก

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.30 – 0.39 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีพอควร

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.20 – 0.29 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกพอใช้

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 0.19 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อย

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR - 20)

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson

(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540: 123) เครื่องมือชุดนี้ต้องวัดลักษณะเดียวกัน และมีระบบการให้คะแนน คือตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน สูตรนี้ต้องหาสัดส่วนของคนทำผิดและคนที่ทำถูกในแต่ละข้อด้วย

$$\text{สูตร KR - 20 } r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s_i^2} \right\}$$

โดยที่ n = จำนวนข้อสอบ

P = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

Q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ ($1 - p$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_r^2 = \text{ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ}$$

แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น + 1 แสดงว่า มีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด คะแนนที่ได้จากแบบสอบถามนี้เชื่อถือได้

แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น 0 หรือเข้าใกล้กับ 0 แสดงว่าแบบทดสอบนี้ไม่มีค่าความเชื่อมั่น คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบฉบับนี้เชื่อถือไม่ได้

แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น - 1 แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นต่ำ ไม่ควรนำมาใช้เป็นแบบทดสอบ

3.4.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E_1 / E_2)

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำได้โดยนำผลการทดสอบหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับผลการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520: 136)

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

โดยที่ E_1 = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดคิดเป็นร้อยละ

E_2 = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

\sum = คะแนนที่รวมที่ตอบถูกของแบบฝึกหัด

$\sum x$ = คะแนนรวมที่ตอบถูกของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540: 138)

3.4.5.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum fx}{N}$$

$$\text{โดยที่ } \bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$\sum x = \text{ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม}$$

$$N = \text{จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง}$$

3.4.5.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{N} - \left[\frac{\sum fx}{N}\right]^2}$$

$$\text{โดยที่ } \sum fx = \text{ผลรวมของคะแนนทั้งหมด}$$

$$\sum fx^2 = \text{ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง}$$

$$N = \text{จำนวนคะแนนทั้งหมด}$$

3.4.5.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้ t – test (dependent Sample) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 101)

$$\text{สูตร } t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$$\text{โดยที่ } D = \text{ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่}$$

$$n = \text{จำนวนคู่}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ปริญญาานิพนธ์ครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล” แบ่งออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

หน่วยที่ 1 แหล่งและคุณภาพของน้ำ

หน่วยที่ 2 ระบบแจกจ่ายน้ำประปา

หน่วยที่ 3 ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

เนื้อหาการเรียนการสอนทั้งหมดถูกสร้างขึ้นเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Macromedia Flash MX 2004 และ Macromedia Author ware 7 เมื่อสร้างเสร็จแล้วได้นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมแผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน
2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับบทเรียนปกติ
4. การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

4.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

จากการนำแบบทดสอบ เรื่องระบบสุขาภิบาลไปทดสอบกับกลุ่มทดลองเครื่องมือ ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา จำนวน 20 คน เพื่อต้องการคัดเลือกข้อสอบนำไปใช้ในการทดลอง โดยแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ในการทดสอบนั้นจะต้องนำไปวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ ผู้วิจัยหาค่าความยากง่ายของข้อสอบเฉลี่ยที่ได้คือ 0.56 แสดงว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายอยู่ในช่วงปานกลาง และค่าอำนาจจำแนกได้คือ 0.29

แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจตีพอสมควร และวิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder Richardson 20) เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบในการวิจัย ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้เท่ากับ 0.85 สรุปว่าแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ของบทเรียนมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบในการวิจัยต่อไป

การทดสอบใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบสุขาภิบาลครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน โดยให้ 1 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง การทดสอบครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจหาข้อมูลที่บกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบสุขาภิบาลได้ผลดังนี้

1. ข้อความเนื้อหาบางส่วนไม่มีความเกี่ยวข้องกับภาพเคลื่อนไหวที่ผู้ทำใส่ลงไปทำให้เกิดความขัดแย้งกัน
2. ภาพบางภาพอธิบายเนื้อหาไม่ชัดเจน ผู้วิจัยได้ทำการจดบันทึกเพื่อนำไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อแก้ไข
3. เวลาเข้าไปที่หน้าที่ต้องใช้ในการอ่านข้อความ ซึ่งต้องใช้สมาธิในการอ่าน ภาพเคลื่อนไหวที่ผู้จัดทำใส่ไว้ในบทเรียนจะทำการดึงดูดความสนใจไปทำให้เด็กไม่มีสมาธิในการอ่าน

ข้อบกพร่องต่างๆ นี้ได้ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง เขียนข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแบบประเมินสื่อที่แจกให้ เมื่อรับแบบประเมินสื่อคืนแล้วผู้วิจัยได้รวบรวมข้อคิดเห็นเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 และนำไปใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 / 80 โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จำนวน 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายาจำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาลโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน E1	20	25	20.55	82.20	80
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน E2	20	25	21.35	85.40	80

จากตารางที่ 4.1 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาล ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 20.55 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.20 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 21.35 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.40 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.20 % / 85.40 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

กลุ่มที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาลโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน E1	20	25	20.45	81.80	80
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน E2	20	25	21.6	86.40	80

จากตารางที่ 4.2 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขาภิบาล ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 20.45 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 25 คะแนน คิด

เป็นร้อยละ 81.80 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 21.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.40 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.80 % / 86.40 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน E1	40	25	20.50	82.00	80
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน E2	40	25	21.48	85.92	80

จากตารางที่ 4.3 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุขภาพที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 20.50 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.00 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 21.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.92 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.00 % / 85.92 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน

กลุ่มที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	25	275	13.75	1.97	15.9029
แบบทดสอบหลังเรียน	20	25	427	21.35	1.308	

กลุ่มที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	25	272	13.6	1.667	19.805
แบบทดสอบหลังเรียน	20	25	432	21.6	1.273	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	40	25	273.5	13.675	1.8185	17.85395
แบบทดสอบหลังเรียน	40	25	429.5	21.475	1.2905	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับบทเรียนปกติ

กลุ่มที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
ปกติ	20	25	227	11.35	2.601	23.44
คอมพิวเตอร์ฯ	20	25	427	21.35	1.308	

กลุ่มที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
ปกติ	20	25	241	12.05	2.625	21.504
คอมพิวเตอร์ฯ	20	25	432	21.60	1.273	

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{X}	S.D	t
ปกติ	40	25	234	11.7	2.613	22.472
คอมพิวเตอร์ฯ	40	25	429.5	21.475	1.2905	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าค่าคะแนนเฉลี่ย(\bar{X}) ของการเรียนด้วยบทเรียนปกติคือ 11.70 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.613 และค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์คือ 24.475 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 25 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.2905

4.4 การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบสุขภาพ จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ทำการประเมินโดยนักศึกษาจาก 2 สถาบันที่เลือกใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 40 คน เป็นชาย 20 คน และหญิงอีก 20 คน เพื่อเปรียบเทียบเป็นคะแนนแบบอิงเกณฑ์ ได้ผลของเกณฑ์เป็นการแสดงความคิดเห็น สรุปได้ผลตามที่แสดงตารางดังต่อไปนี้ โดยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

ระดับ	5	=	คุณภาพดีมาก
ระดับ	4	=	คุณภาพดี
ระดับ	3	=	คุณภาพปานกลาง
ระดับ	2	=	คุณภาพพอใช้
ระดับ	1	=	คุณภาพควรปรับปรุง

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน
จำนวน 40 คน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย (\bar{X})
	5	4	3	2	1	
1. รูปแบบการนำเสนอภายในบทเรียน	20	12	6	2	-	4.25
2. ขนาดของอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	18	14	3	5	-	4.125
3. สีของตัวอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	18	16	6	-	-	4.30
4. คนตรีและเสียงประกอบอื่นๆ	16	12	10	2	-	4.05
5. ความรู้สึกมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	14	20	6	-	-	4.20
6. ภาพที่นำมาประกอบบทเรียน	15	20	5	-	-	4.25
7. ความเข้าใจเนื้อหาโดยรวม	14	18	6	2	-	4.10
8. ความสะดวกในการใช้โปรแกรมการเรียนรู้	16	16	5	1	-	4.025
9. ความเพลิดเพลินและสนุกสนานกับบทเรียน	20	15	3	2	-	4.325
10. ความชอบในการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	16	12	9	3	-	4.025
รวมค่าเฉลี่ย (\bar{X})						4.165

จากเกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.55 – 5.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.55 – 4.54	หมายถึง	มีคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	2.55 – 3.54	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.16 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาลในหลักสูตร
ในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

5.3 วิธีดำเนินการ

5.4 สรุปผลการวิจัย

5.5 อภิปรายผล

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) วิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัส
(12-140-241) เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล” สำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยี
สถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

5.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล”
ตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียน

5.1.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลัง
เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ระบบสุขาภิบาล”

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

5.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

5.2.2 หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5.2.3 สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

5.3 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ จึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

5.3.1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของสื่อ

5.3.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) และสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ

5.3.1.2 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหาวิชาในรายวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 ตามหลักสูตรระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อความสมบูรณ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) โดยดำเนินการวางแผนผลิตแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) โดยกำหนดขั้นตอนดังนี้

- กำหนดเนื้อหาและจัดประสบการณ์เป็นหมวดหมู่ โดยค้นคว้าข้อมูลจากตำราเรียนของวิชาอุปกรณ์ประกอบอาคาร และเอกสารต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับหน่วยเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- แบ่งเนื้อหารายวิชาออกเป็นหน่วยย่อย ซึ่งในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบสุขาภิบาลได้แบ่งเนื้อหาบทเรียนตามหน่วยเรียน เรื่อง"ระบบน้ำใช้"
- กำหนดหัวเรื่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแบ่งออกเป็น 3 หน่วย

ดังนี้

ระบบการจ่ายน้ำใช้

หน่วยที่ 1 แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ

หน่วยที่ 2 ระบบแจกจ่ายน้ำประปา

ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

หน่วยที่ 3 การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

- กำหนดมโนทัศน์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากการประมวลการสอนคาดหวังให้ผู้เรียน เกิดกระบวนการเรียนรู้ และทักษะต่างๆ หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้วดังนี้

หน่วยที่ 1 นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับแหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำได้

หน่วยที่ 2 นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับระบบแจกจ่ายน้ำใช้

หน่วยที่ 3 นักศึกษาคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารได้

- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินเรื่องของเนื้อหา โดยนำเสนอโดยแบ่งเนื้อหารายละเอียดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เรียงลำดับตามเนื้อหาหัวข้อ กำหนดภาพ และการโต้ตอบ ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ใช้ลักษณะของบทเรียนแบบเส้นตรง (Linear)

- กำหนดแบบการประเมินผล โดยจัดทำแบบทดสอบแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านแบบทดสอบ และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาตรวจสอบและทำการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

5.3.1.3 สร้างแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และจัดทำคู่มือการสอน

5.3.1.4 นำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน

- ทดลองแบบ 1:1 เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง
- ทดลองแบบกลุ่มเล็กเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน
- ทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง

5.3.2 ทดลองใช้สื่อ

5.2.2.1 หาประสิทธิภาพของแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์มาตรฐานและวิเคราะห์ผล

- Pre-test
- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)
- Post-test
- T-test

5.3.2.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.3.2.3 นำเสนอผลงานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหา วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาลอยู่ในเกณฑ์ดี

5.4.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาลอยู่ในเกณฑ์ดี

5.4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาล ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 20.50 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.00 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 21.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.92 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.20%/85.40% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) โดยค่าของ Post-Test ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีค่ามากกว่าค่า Pre -test เนื่องจากข้อสอบที่ใช้เป็นชุดเดียวกัน นักศึกษาที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจดจำคำตอบของแบบทดสอบได้

5.5 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบสุขาภิบาล สามารถให้ความรู้ความเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้สามารถให้ความรู้กับนักเรียนในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา และวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพบว่า ค่าประสิทธิภาพของแบบทดสอบท้ายบทเรียน (Post-Test) มากกว่าค่าประสิทธิภาพของแบบทดสอบท้ายระหว่างเรียน (Pre-Test) ซึ่งอาจเกิดจากผลความคงทนการเรียนรู้ การจดจำจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

5.6.1.1 ควรกระทำการศึกษาและทดลองการใช้โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ซึ่งจะต้องนำมาใช้ร่วมกันในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

5.3.1.2 ควรกระทำการศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ พร้อมทั้งศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดก่อน เพื่อให้เกิดแนวคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ด้วย

5.6.1.3 ควรทำการศึกษารูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการสร้างไว้แล้วให้เข้าใจเพื่อที่จะได้นำมาซึ่งเทคนิควิธีการ

5.6.1.4 ในการออกข้อสอบสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรออกให้มีจำนวนมากข้อและครอบคลุมเนื้อหาของบทเรียน

5.6.2 ข้อเสนอแนะในการทำปฏิญานิพนธ์ครั้งต่อไป

5.6.2.1 ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 ให้ครบทุกหน่วย รวมถึงวิชาอื่น ๆ ด้วย

5.6.2.2 ควรนำหลักสูตรไปเทียบกับระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อทำการเก็บตัวอย่างและรวบรวมข้อมูลเป็นต้น

5.6.2.3 ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำปฏิญานิพนธ์ เพื่อจะได้ทราบถึงเวลาในการทำและเวลาที่ใช้ทดลองและเก็บข้อมูลด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบหน้าจอบทเรียน

การศึกษาจิตวิทยาของสี

การศึกษาลักษณะของสีที่มีผลต่อความรู้สึก

- สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาด บริสุทธิ์ จะใช้ในส่วนที่เป็นความรู้สึกปกติ ซึ่งให้ความรู้สึกเรียบง่าย

- สีฟ้า ให้ความรู้สึกโปร่งโล่งสบายตา เนื่องจากน้ำ - ท้องฟ้าที่เราเห็นกันอยู่ทุกวัน ในบางครั้งก็หมายถึงความนุ่มนวล ความสุขสบาย

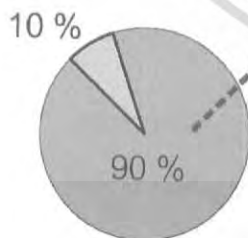
- สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึกสงบเรียบ ความสุขุม บางครั้งก็สื่อถึงความสุภาพ ความหนักแน่น

การวางโครงสี (Color Schematic)



การวางโครงสีของงานจะให้แบบ Monochrome โดยจะใช้สีอยู่ในโทนสีฟ้า แต่ให้ความแตกต่างกันด้วยน้ำหนักของสี ซึ่งการวางโครงสีแบบนี้ จะให้ความรู้สึกสุขุมเรียบง่าย ไม่ดูขาด

สัดส่วนการใช้สี



ใช้สีในกลุ่มของโทนสีฟ้า เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้ทำบทเรียน CAI เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับน้ำจึงนำมาใช้กับตัวงาน ใช้สีอื่น ๆ ประกอบบ้างเล็กน้อยในบทเรียน เพื่อให้ดูน่าสนใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวางองค์ประกอบ (Composition)

1	0	2
	4	
2	0	3

ในส่วนของหน้าจอบทเรียน ได้นำหลักการวางจุดสนใจในงาน (Focus Point) มาเป็นหลักในการออกแบบ โดยรายละเอียดหน้าจอบทเรียนมีดังนี้



วางแถบเมนูไว้ทางด้านซ้ายเนื่องจากเรามักจะชินกับพฤติกรรมกรอ่านที่ต้องกวาดสายตาเริ่มจากมุมซ้าย



วางตำแหน่งภาพเคลื่อนไหวไว้ในส่วนมุม เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ดึงดูดความสนใจและดูไม่รบกวนส่วนอื่น ๆ



แยกสีของตัวอักษรเป็น 2 แบบ สำหรับเนื้อหาบางส่วนที่มีข้อมูลเพิ่มเติม



วางปุ่มควบคุม + แถบบอกสถานะ เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่สังเกตได้ง่าย

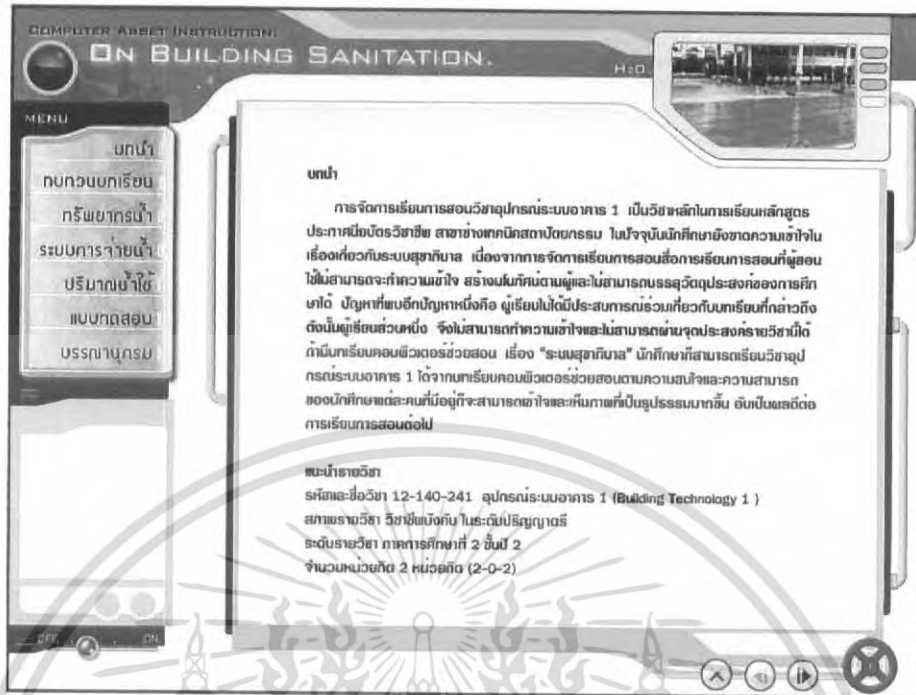
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม□

ภาพแสดงตัวอย่างการนำเข้าสู่บทเรียน

ภาพแสดงตัวอย่างการนำเข้าสู่บทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงตัวอย่างส่วนบทนำ



ภาพแสดงตัวอย่างส่วนแนะนำรายวิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

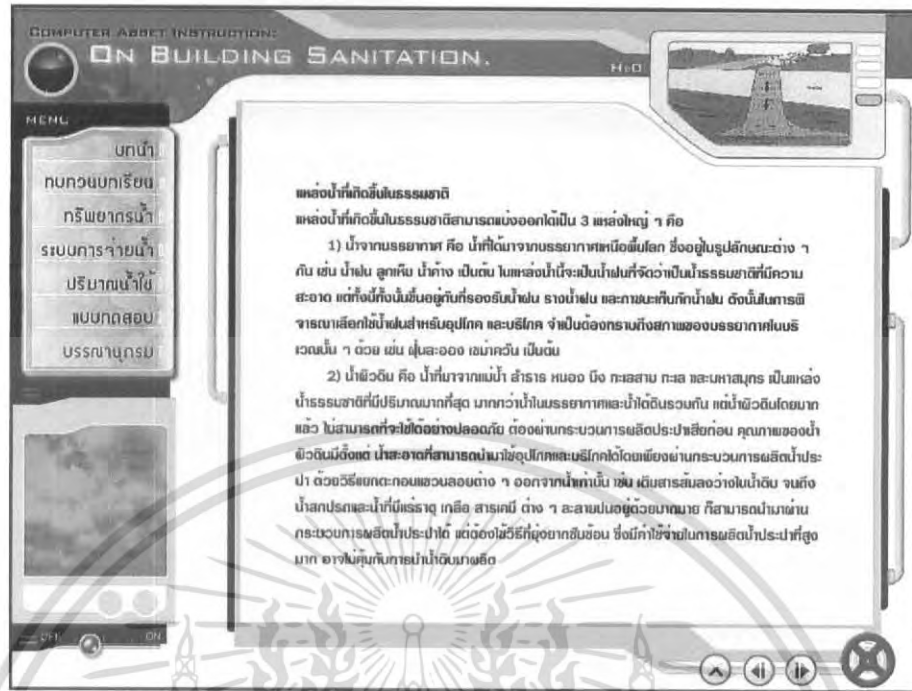


ภาพแสดงตัวอย่างส่วนแนะนำวิธีการใช้งาน

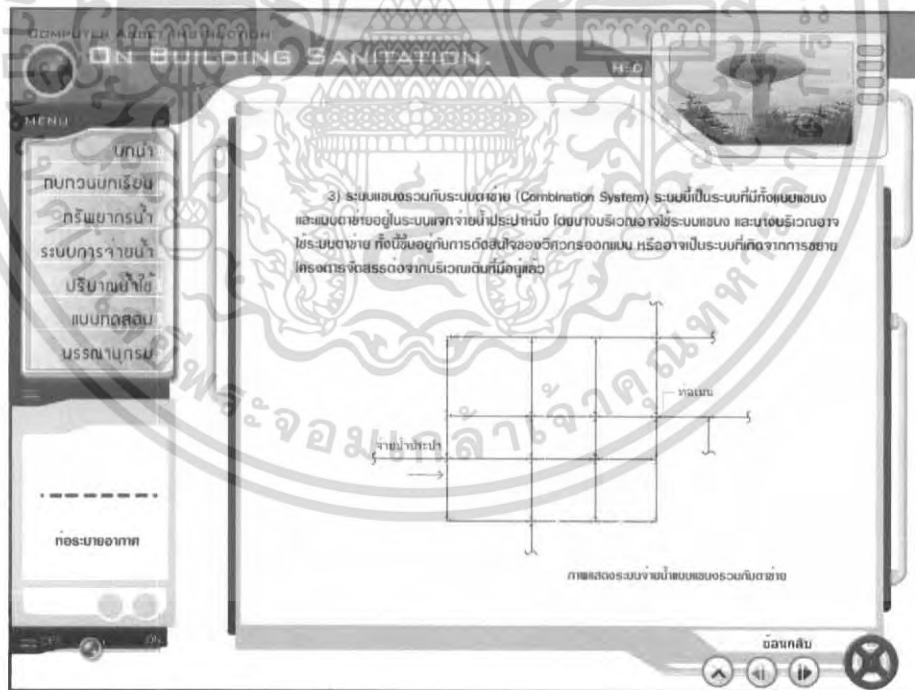


ภาพแสดงตัวอย่างส่วนทบทวนบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

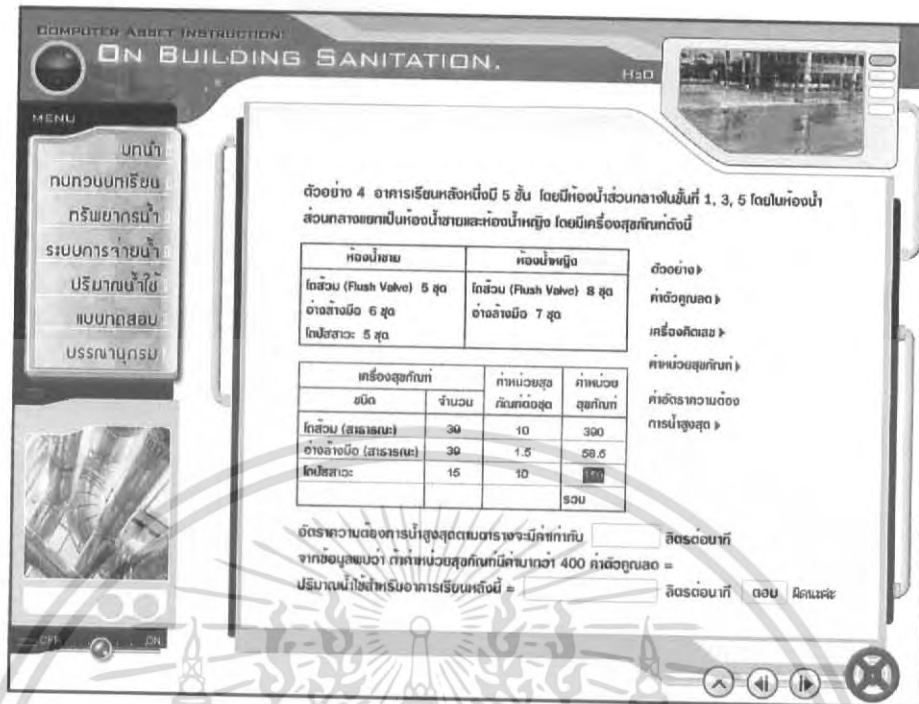


ภาพแสดงตัวอย่างบทเรียนหน่วยที่ 1



ภาพแสดงตัวอย่างบทเรียนหน่วยที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

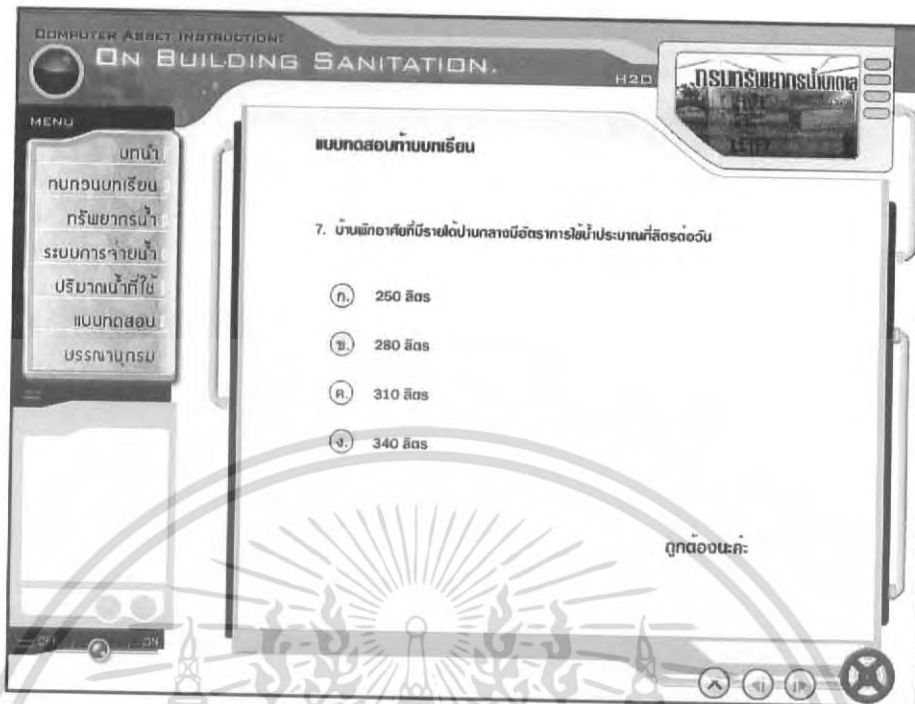


ภาพแสดงตัวอย่างบทเรียนหน่วยที่ 3

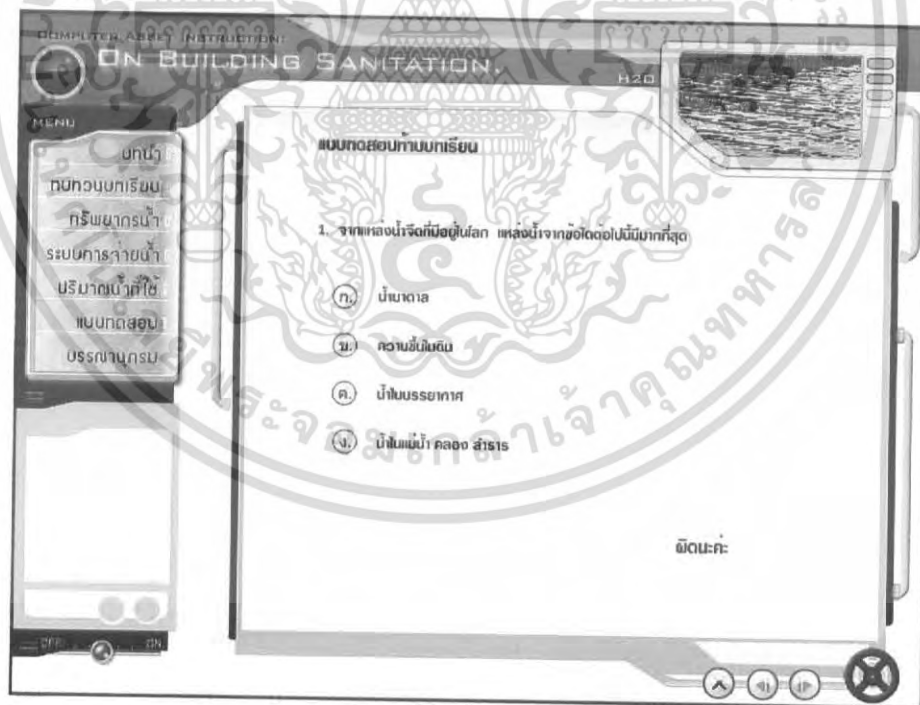


ภาพแสดงตัวอย่างก่อนเข้าสู่แบบทดสอบท้ายบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

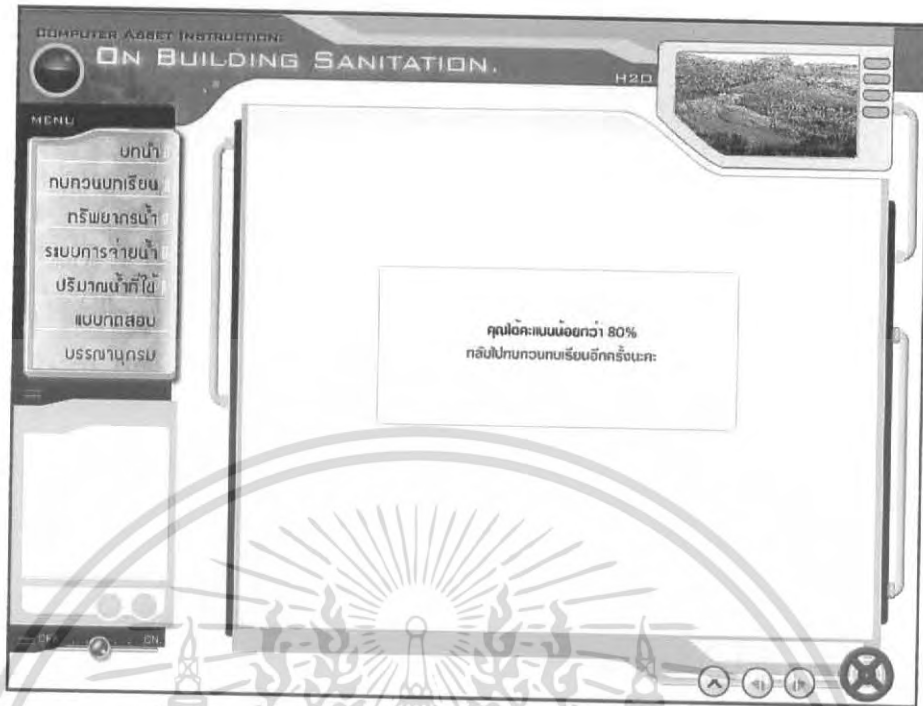


ภาพแสดงตัวอย่างคำตอบที่ถูกต้อง

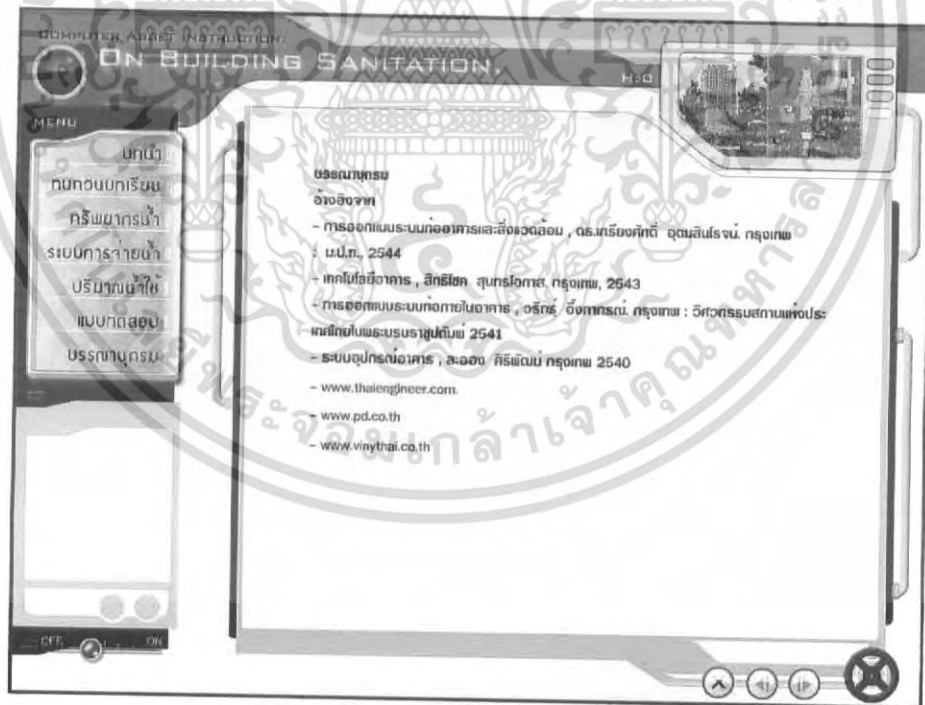


ภาพแสดงตัวอย่างคำตอบที่ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

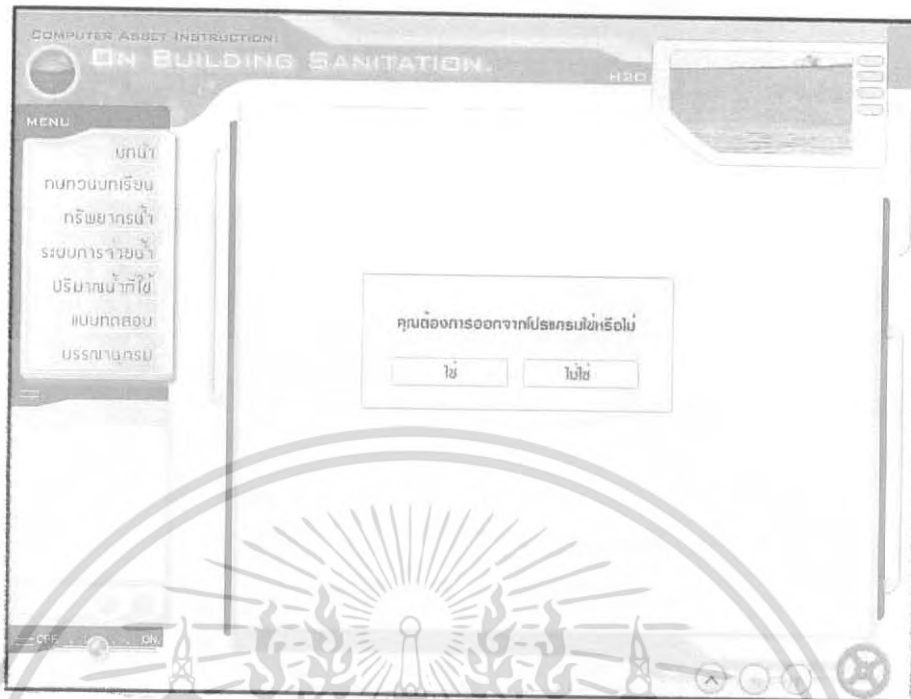


ภาพแสดงตัวอย่างในกรณีที่ทำแบบทดสอบไม่ผ่าน 80%

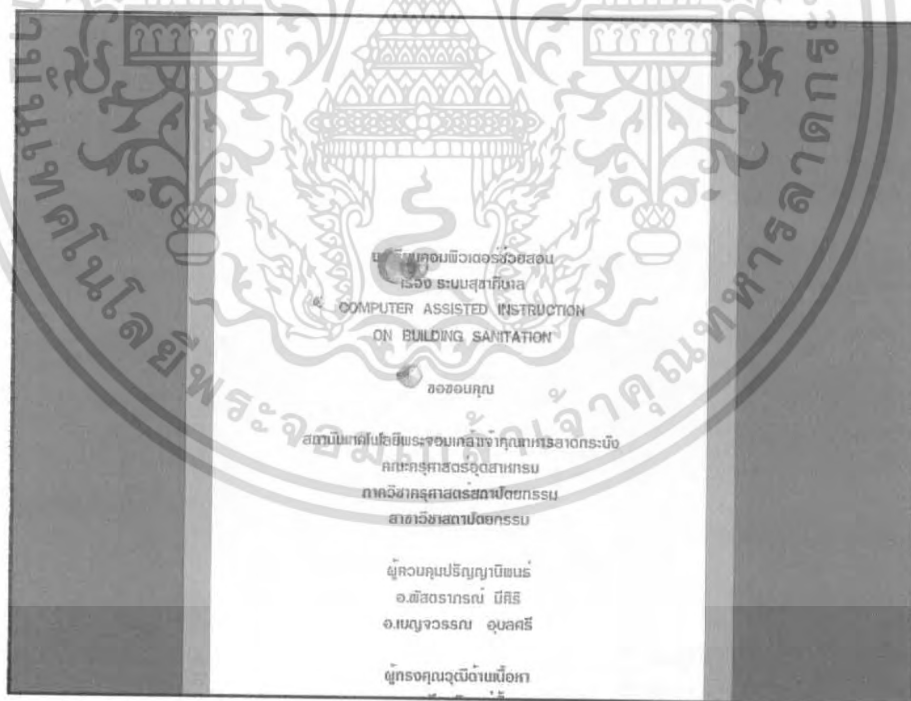


ภาพแสดงตัวอย่างส่วนบรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงตัวอย่างหน้าจอการออกจากโปรแกรม



ภาพแสดงตัวอย่างหน้าจอตอนออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข แบบประเมินสื่อการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อด้านเนื้อหา

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	✓				
1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา	✓				
1.3 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา		✓			
1.4 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา		✓			
1.5 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	✓				
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำบรรยาย	✓				
2.2 ความถูกต้อง และเหมาะสมของภาษาที่ใช้		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.4 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ			✓		
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา		✓			
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอทั้งหมด		✓			
รวม	20	28	3	0	0
ค่าเฉลี่ยรวม	4.25				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1) อ. พัศตราภรณ์ มีศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา		✓			
1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบหรือวิธีการสอน		✓			
1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา		✓			
1.4 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.5 เนื้อหาเหมาะสมในการใช้คอมพิวเตอร์	✓				
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง		✓			
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านการสื่อความหมาย			✓		
2.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.4 ความเหมาะสมของสี ที่ใช้ในการนำเสนอ		✓			
2.5 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา		✓			
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด		✓			
รวม	10	40	3	0	00
ค่าเฉลี่ยรวม	4.07				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1) ผศ. อรรถพร ฤทธิเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพด้านแบบทดสอบ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. ความสอดคล้องของเนื้อหาวิชากับจุดประสงค์ของการเรียนรู้	✓				
2. ความถูกต้องของข้อสอบ		✓			
3. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา		✓			
4. ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์	✓				
ค่าเฉลี่ยรวม	4.50				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบทดสอบ

1) ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

1. ชื่อหลักสูตร

- 1.1 ชื่อภาษาไทย หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต
วิชาเอกเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
- 1.2 ชื่อภาษาอังกฤษ Bachelor of Architecture program in Architectural
Technology

2. ชื่อปริญญา

- 2.1 ชื่อเต็มภาษาไทย : สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม)
- 2.2 ชื่อย่อภาษาไทย : สต.บ. (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม)
- 2.3 ชื่อเต็มภาษาอังกฤษ : Bachelor of Architecture (Architectural Technology)
- 2.4 ชื่อย่อภาษาอังกฤษ : B. Arch (Architectural Technology)

3. หน่วยงานรับผิดชอบ

ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ภาควงศึกษาธิการ

4. วัตถุประสงค์

- 4.1 เพื่อผลิตสถาปนิกที่มีความรู้และทักษะเฉพาะด้านเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
- 4.2 เพื่อผลิตบุคลากรด้านสถาปัตยกรรมที่มีความรู้ความสามารถสอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจเทคโนโลยี และความต้องการของตลาดแรงงาน
- 4.3 เพื่อผลิตสถาปนิกที่มีความสำคัญในจรรยาบรรณแห่งอาชีพ รับผิดชอบต่อหน้าที่และสังคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา 12-1401241
อุปกรณ์ระบบอาคาร 1
2. สภาพรายวิชา วิชาซีบังคับ ในระดับปริญญาตรี
3. ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2547
4. พื้นฐาน 12-120-121
เทคโนโลยีก่อสร้าง 1
5. เวลาศึกษา 36 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 0 คาบต่อ
สัปดาห์ และนักศึกษาจะต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 2
ชั่วโมงต่อสัปดาห์
6. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต
7. จุดมุ่งหมายรายวิชา
 1. มีความรู้เกี่ยวกับ ระบบการจัดการน้ำใช้และการกำจัดน้ำเสีย
 2. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการระบายน้ำในอาคารและนอกอาคาร
 3. มีความเข้าใจเกี่ยวกับ ระบบปรับอากาศ และการระบายอากาศสำหรับอาคาร
 4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับ ระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์
 5. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร
8. คำอธิบายรายวิชา ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับระบบการจัดการน้ำใช้และ
การกำจัดน้ำเสียการระบายน้ำในอาคารและนอกอาคาร ระบบ
ปรับอากาศ และการระบายอากาศสำหรับอาคาร ระบบบันได
เลื่อนและลิฟต์ และการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ

หน่วยที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
1	ระบบน้ำใช้	6	-
	1.1 หลักการเบื้องต้น		
	1.2 สัญลักษณ์และคำย่อของระบบท่อ		
	1.3 วัสดุที่ใช้ทำท่อ		
	1.4 การกระแทกของน้ำ		
	1.5 ระบบการจ่ายน้ำใช้		
	1.6 ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร		
2	ระบบการจัดการกำจัดน้ำเสีย	4	-
	2.1 หลักการกำจัดน้ำเสียจากอาคาร		
	2.2 ชนิดและประเภทของถังบำบัด		
	2.3 หลักการกำจัดน้ำเสียจากชุมชน		
	2.4 ระบบกำจัดเสียที่นิยมใช้		
3	การระบายน้ำภายในอาคารและภายนอกอาคาร	4	-
	3.1 การระบายน้ำทิ้ง		
	3.2 ระบบท่อน้ำทิ้ง		
	3.3 การระบายน้ำฝน		
4	ระบบการปรับอากาศ และระบายอากาศสำหรับอาคาร	8	-
	4.1 ประวัติความเป็นมา		
	4.2 หลักการทำความเย็น		
	4.3 ชนิดและประเภทของเครื่องปรับอากาศ		
	4.4 หลักการระบายอากาศ		
	4.5 ชนิดและประเภทของพัดลมดูดอากาศ		
5	ระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์	4	-
	5.1 ความสำคัญของการขนส่งในอาคาร		
	5.2 ส่วนประกอบระบบบันไดเลื่อน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์การสอน

หน่วยที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
1	ระบบน้ำใช้		
	1.1 อธิบายหลักการเบื้องต้น	2	-
	1.2 บอกสัญลักษณ์และคำย่อของระบบท่อ		
	1.3 บอกวัสดุที่ใช้ทำท่อ	2	-
	1.4 อธิบายการกระทบของน้ำ		
	1.5 อธิบายระบบการจ่ายน้ำใช้	2	-
	1.6 คำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร		
2	ระบบการจัดการกำจัดน้ำเสีย		
	2.1 อธิบายหลักการกำจัดน้ำเสียจากอาคาร	2	-
	2.2 บอกชนิดและประเภทของถังบำบัด		
	2.3 อธิบายหลักการกำจัดน้ำเสียจากชุมชน	2	-
	2.4 อธิบายระบบกำจัดเสียที่นิยมใช้		
3	การระบายน้ำภายในอาคารและภายนอกอาคาร		
	3.1 อธิบายการระบายน้ำทิ้ง	2	-
	3.2 อธิบายระบบท่อน้ำทิ้ง		
	3.3 อธิบายการระบายน้ำฝน	2	-
4	ระบบการปรับอากาศ และระบายอากาศสำหรับอาคาร		
	4.1 บอกประวัติความเป็นมา	2	-
	4.2 อธิบายหลักการทำความเย็น		
	4.3 บอกชนิดและประเภทของเครื่องปรับอากาศ	2	-
	4.4 อธิบายหลักการระบายอากาศ	2	-
	4.5 บอกชนิดและประเภทของพัดลมดูดอากาศ	2	-
5	ระบบบันไดเลื่อนและลิฟต์		
	5.1 อธิบายความสำคัญของการขนส่งในอาคาร	2	-
	5.2 บอกส่วนประกอบระบบบันไดเลื่อน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ เรื่อง ระบบสุขาภิบาล
วิชา อุปกรณ์ประกอบอาคาร 1 รหัสวิชา 12-240-241 (2-0-2)

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นในธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้กี่ประเภท
 - ก. 1 ประเภท คือ น้ำผิวดิน
 - ข. 2 ประเภท คือ น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน
 - ค. 2 ประเภท คือ น้ำผิวดินและน้ำจากบรรยากาศ
 - ง. 3 ประเภท คือ น้ำผิวดิน น้ำจากบรรยากาศและน้ำใต้ดิน
2. แหล่งน้ำจืดในข้อใดที่สามารถใช้เป็นน้ำดื่มได้อย่างปลอดภัย แต่ต้องผ่านกระบวนการผลิตเสียก่อน
 - ก. น้ำฝน
 - ข. น้ำผิวดิน
 - ค. น้ำใต้ดิน
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
3. สารชนิดใดที่สามารถใช้ในการฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำได้โดยไม่มีสารตกค้างเหลืออยู่ในน้ำ
 - ก. คลอรีน
 - ข. โอโซน
 - ค. คลอไรด์
 - ง. ไนเตรต
4. เหตุใดในการตรวจคุณภาพของน้ำจึงใช้โคลิฟอร์มเป็นตัวบ่งบอกว่าน้ำมีความสะอาด
 - ก. โคลิฟอร์มเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าในน้ำมีสารพิษมาก
 - ข. โคลิฟอร์มเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าในน้ำมีเชื้อแบคทีเรียจากของเสียของคนและสัตว์
 - ค. โคลิฟอร์มเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าในน้ำมีรส กลิ่น สีไม่ได้มาตรฐาน
 - ง. โคลิฟอร์มเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าในน้ำมีปริมาณตะกอนมาก
5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นทางเลือกใช้น้ำประปาได้อย่างเหมาะสมที่สุด
 - ก. น้ำที่ใช้รดต้นไม้ควรใช้น้ำที่สะอาดที่ดื่มได้เท่านั้น
 - ข. น้ำที่ใช้ในสระว่ายน้ำควรใช้น้ำที่ปราศจากเชื้อโรค
 - ค. น้ำที่ใช้ซักผ้าควรใช้น้ำที่มีความกระด้างน้อย
 - ง. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำหมายถึงข้อใด
- ก. สี
 - ข. ความขุ่น
 - ค. กลิ่น รส
 - ง. ถูกทุกข้อ
7. คุณลักษณะทางเคมีของน้ำไม่ควรมีส่วนประกอบตามข้อใด
- ก. ไซยาไนต์
 - ข. สารหนู
 - ค. ตะกั่ว
 - ง. ถูกทุกข้อ
8. น้ำประปาที่เราใช้นั้นจะต้องพิจารณาคุณภาพในด้านใดบ้าง
- ก. คุณลักษณะทางกายภาพ
 - ข. คุณลักษณะทางเคมี
 - ค. คุณลักษณะทางชีวภาพ
 - ง. ถูกทุกข้อ
9. จากแหล่งน้ำจืดที่มีอยู่ในโลก แหล่งน้ำจากข้อใดต่อไปนี้มีมากที่สุด
- ก. น้ำบาดาล
 - ข. ความชื้นในดิน
 - ค. น้ำในบรรยากาศ
 - ง. น้ำในแม่น้ำ คลอง ลำธาร
10. ตามมาตรฐานคุณภาพของน้ำดื่ม สารประกอบในน้ำชนิดใดที่ไม่ยอมให้มีได้เลย
- ก. เหล็ก
 - ข. แคลเซียม
 - ค. สังกะสี
 - ง. โคลิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ระบบแจกจ่ายน้ำประปาสามารถแบ่งออกได้กี่วิธี
- ก. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ข. วิธีสูบน้ำโดยตรง
 - ค. วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ห้องถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ
 - ง. ถูกทุกข้อ
12. ระบบแจกจ่ายน้ำประปาแบบใดที่ใช้ได้ในช่วงที่เกิดไฟฟ้าดับ
- ก. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ข. วิธีสูบน้ำโดยตรง
 - ค. วิธีจ่ายน้ำโดยใช้ห้องถังสูงร่วมกับหอจ่ายน้ำ
 - ง. ถูกทั้ง ข. และ ค.
13. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อกล่าวถูกต้อง
- ก. ระบบจ่ายน้ำแรงเหมาะที่จะใช้กับชุมชนที่มีขนาดใหญ่
 - ข. ระบบจ่ายน้ำแรงจะไม่มีน้ำค้างอยู่ในท่อประปา ทำให้ไม่มีตะกอนต่าง ๆ
 - ค. ระบบจ่ายน้ำแรงมีการใช้จำนวนวาล์วมากกว่าแบบตาข่าย
 - ง. ระบบจ่ายน้ำแรงมีการใช้จำนวนวาล์วน้อยกว่าแบบตาข่าย
14. ข้อใดเป็นข้อดีของระบบจ่ายน้ำแบบตาข่าย
- ก. ไม่เหมาะกับชุมชนที่มีขนาดใหญ่
 - ข. มีปัญหาการอุดตันภายในช่องท่อ เนื่องจากมักจะมีตะกอนค้างอยู่ภายใน
 - ค. ในการซ่อมแซมระบบท่อ สามารถปิดส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบจ่ายน้ำได้
 - ง. ราคาในการติดตั้งต่ำกว่าแบบระบบจ่ายน้ำแรง
15. ระบบจ่ายน้ำประปาแบบใดที่มีราคาในการติดตั้งไม่สูงนัก
- ก. ระบบแรง
 - ข. ระบบตาข่าย
 - ค. ระบบรวม
 - ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. ข้อใดต่อไปนี้เป็นระบบจ่ายน้ำประปาที่นิยมใช้ภายในอาคาร
- ก. ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น (Up feed Distribution System)
 - ข. ระบบจ่ายน้ำประปาลง (Down feed Distribution System)
 - ค. ระบบจ่ายน้ำประปาสองทาง (ขึ้นและลง)
 - ง. ถูกทุกข้อ
17. อาคารที่มีความสูงมากไม่ควรใช้ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้นเนื่องจากเหตุผลใด
- ก. ไม่ประหยัดพลังงานไฟฟ้า
 - ข. ขนาดของถังอัดความดันที่ใช้จะต้องมีขนาดใหญ่
 - ค. เครื่องสูบน้ำที่ใช้จะต้องมีขนาดใหญ่
 - ง. ถูกทุกข้อ
18. อาคารใดในข้อต่อไปที่ไม่ควรใช้ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น
- ก. บ้านพักอาศัย
 - ข. ตึกแถวสูง 3 ชั้น
 - ค. อาคารพาณิชย์สูงไม่เกิน 6 ชั้น
 - ง. อาคารที่มีความสูงเกิน 10 ชั้น
19. ในอาคารที่มีความสูงมากระบบจ่ายน้ำประปาลงควรเป็นแบบใด
- ก. เครื่องสูบน้ำ → ถังเก็บน้ำชั้นบนสุดของอาคาร
 - ข. เครื่องสูบน้ำ → ถังเก็บน้ำชั้นบนสุดของอาคาร → ถังอัดความดัน
 - ค. เครื่องสูบน้ำ → ถังเก็บน้ำในชั้นต่าง ๆ ของอาคาร
 - ง. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.
20. สิ่งใดเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเพื่อความปลอดภัยมากที่สุดสำหรับระบบจ่ายน้ำลง
- ก. ความดันของน้ำ
 - ข. ขนาดของท่อ
 - ค. ขนาดของเครื่องสูบน้ำ
 - ง. ขนาดของถังเก็บน้ำ

21. อาคารที่มีพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตรไม่ควรใช้ระบบจ่ายน้ำแบบใด
- ก. ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น (Upfeed Distribution System)
 - ข. ระบบจ่ายน้ำประปาลง (Downfeed Distribution System)
 - ค. ระบบจ่ายน้ำประปาสองทาง (ขึ้นและลง)
 - ง. ถูกทุกข้อ
22. เพื่อป้องกันไม่ให้วาล์วและเครื่องสุขภัณฑ์เสียหาย ความดันสูงสุดที่ยอมให้มีได้ของท่อประปาที่จ่ายลงบริเวณชั้นล่างสุด ไม่ควรมีมากกว่าเท่าไร
- ก. 56 เมตรของน้ำหรือ 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
 - ข. 60 เมตรของน้ำหรือ 85 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
 - ค. 64 เมตรของน้ำหรือ 91 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
 - ง. 68 เมตรของน้ำหรือ 97 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
23. ในอาคารสูงควรติดตั้งวาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve, PRV) ที่ท่อแยกตามชั้นล่างต่าง ๆ ไว้ทุก ๆ ระยะเวลากี่ชั้นของอาคาร
- ก. 8 ชั้น
 - ข. 10 ชั้น
 - ค. 12 ชั้น
 - ง. 14 ชั้น
24. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อเสียของระบบจ่ายน้ำแบบแขนง (Branching System)
- ก. มีราคาในการติดตั้งเดินท่อสูง
 - ข. มีน้ำประปาขังแช่อยู่ในระบบท่อ ทำให้เกิดตะกอนสะสม
 - ค. มีความยุ่งยากในการคำนวณออกแบบระบบท่อ
 - ง. ไม่เหมาะที่จะใช้กับชุมชนที่มีขนาดเล็ก
25. เพื่อป้องกันไม่ให้ความดันน้ำในท่อบริเวณชั้นล่าง ๆ ของอาคารสูงเกินไป ควรทำการติดตั้งสิ่งใด
- ก. ดั้งเก็บน้ำ
 - ข. ช่องล้างท่อ
 - ค. เครื่องสูบน้ำ
 - ง. วาล์วลดความดัน (PRV)

26. การใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยต่อคนในหนึ่งวันจะมีค่าประมาณเท่าไร
- ก. 150 ลิตรต่อวัน
 - ข. 180 ลิตรต่อวัน
 - ค. 230 ลิตรต่อวัน
 - ง. 280 ลิตรต่อวัน
27. ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้องเกี่ยวกับกับอัตราการใช้น้ำประปา
- ก. ในสภาพที่แตกต่างกัน เช่น ในฤดูหนาวจะใช้น้ำมากกว่าในฤดูร้อน
 - ข. ครอบครัวที่มีฐานะดีจะมีอัตราการใช้น้ำมากกว่าครอบครัวทั่วไป
 - ค. ความดันของน้ำประปา มีผลทำให้น้ำในท่อประปาไหลออกมามากเกินไปจนความจำเป็น
 - ง. ข้อ ข. และ ค. ถูกต้อง
28. อาคารประเภทใดต่อไปนี้มีอัตราการใช้น้ำต่อคนมากที่สุด
- ก. สำนักงาน
 - ข. ห้างสรรพสินค้า
 - ค. โรงเรียน
 - ง. สนามบิน
29. ข้อใดต่อไปนี้เป็นการใช้งานน้ำประปาอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
- ก. ควรใช้ก๊อกน้ำแบบกดในห้องน้ำ เพื่อเป็นการประหยัดน้ำ
 - ข. ขณะที่แปรงฟันหรือใช้สบู่อยู่ ควรปิดก๊อกน้ำก่อน
 - ค. น้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมควรศึกษาหาวิธีนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
 - ง. ถูกทุกข้อ
30. อาคารประเภทใดต่อไปนี้มีอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยน้อยที่สุด
- ก. ภัตตาคาร
 - ข. ร้านตัดผม
 - ค. อาบ อบ นวด
 - ง. สถานบริการน้ำมัน

31. การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารใช้สำหรับออกแบบท่อประปาประเภทใด
- ก. ท่อประปาประธาน
 - ข. ท่อระบายน้ำทิ้ง
 - ค. ท่อระบายน้ำฝน
 - ง. ท่อประปาที่แยกออกจ่ายภายในอาคาร
32. วิธีการหาน้ำใช้ในอาคารแบบใดที่สามารถหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารได้ละเอียดที่สุด
- ก. การใช้จำนวนผู้ใช้ของอาคาร
 - ข. การใช้จำนวนความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์
 - ค. การใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
33. โรงแรมขนาด 400 ห้อง จะมีปริมาณการใช้น้ำเท่ากับเท่าใด
- ก. 100 ลบม.ต่อวัน
 - ข. 120 ลบม.ต่อวัน
 - ค. 150 ลบม.ต่อวัน
 - ง. 180 ลบม.ต่อวัน
34. อาคารหอพักนักศึกษาที่มีห้องพักนักศึกษา 200 ห้อง โดยมีนักศึกษาอยู่ห้องละ 2 คน จะมีอัตราการใช้น้ำประมาณเท่าใด
- ก. 80 ลบม. ต่อวัน
 - ข. 100 ลบม. ต่อวัน
 - ค. 120 ลบม. ต่อวัน
 - ง. 140 ลบม. ต่อวัน
35. โรงเรียนที่มีหอพักจะมีอัตราการใช้น้ำต่อคนในหนึ่งวันประมาณเท่าไร
- ก. 200 ลิตร
 - ข. 250 ลิตร
 - ค. 280 ลิตร
 - ง. 300 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36. บ้านพักอาศัยที่มีรายได้ปานกลางมีอัตราการใช้น้ำประมาณกี่ลิตรต่อวัน

- ก. 250 ลิตร
- ข. 280 ลิตร
- ค. 310 ลิตร
- ง. 340 ลิตร

37. สำนักงานออฟฟิศมีอัตราการใช้น้ำประมาณกี่ลิตรต่อวัน

- ก. 70 ลิตร
- ข. 90 ลิตร
- ค. 110 ลิตร
- ง. 130 ลิตร

38. หอพักมีอัตราการใช้น้ำประมาณกี่ลิตรต่อวัน

- ก. 240 ลิตร
- ข. 270 ลิตร
- ค. 300 ลิตร
- ง. 330 ลิตร

39. ในฤดูกาลใดที่มีอัตราการใช้น้ำประปรามากที่สุด

- ก. ฤดูฝน
- ข. ฤดูร้อน
- ค. ฤดูหนาว
- ง. ฤดูใบไม้ผลิ

40. วิธีการหาปริมาณน้ำในอาคาร นิยมใช้วิธีใดมากที่สุด

- ก. การใช้จำนวนผู้ใช้ของอาคาร
- ข. การใช้จำนวนความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์
- ค. การใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์
- ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา (กลุ่มตัวอย่างที่ 1)

ลำดับที่	ก่อนเรียน		หลังเรียน		D	D ²
	X1	X1 ²	X2	X2 ²		
1	15	225	20	400	5	25
2	14	196	20	400	6	36
3	15	225	21	441	6	36
4	16	256	20	400	4	16
5	15	225	23	529	8	64
6	13	169	20	400	7	49
7	16	256	22	484	6	36
8	15	225	21	441	6	36
9	15	225	22	484	7	49
10	9	81	20	400	11	121
11	16	256	22	484	6	36
12	14	196	23	529	9	81
13	13	169	21	441	8	64
14	14	196	21	441	7	49
15	13	169	23	529	10	100
16	11	121	20	400	9	81
17	10	100	23	529	13	169
18	15	225	24	576	9	81
19	12	144	20	400	8	64
20	14	196	21	441	7	49
รวม	275	3855	427	9149	152	1242
SD	1.97		1.308			
จากสูตรการหาค่า T-Test ได้ค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 15.9029						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กลุ่มตัวอย่างที่ 2)

ลำดับที่	ก่อนเรียน		หลังเรียน		D	D ²
	X1	X1 ²	X2	X2 ²		
1	12	144	24	576	12	144
2	13	169	21	441	8	64
3	14	196	23	529	9	81
4	13	169	20	400	7	49
5	14	196	20	400	6	36
6	13	169	22	484	9	81
7	15	225	21	441	6	36
8	11	121	20	400	9	81
9	10	100	22	484	12	144
10	17	289	23	529	6	36
11	15	225	21	441	6	36
12	14	196	20	400	6	36
13	14	196	23	529	9	81
14	15	225	23	529	8	64
15	13	169	22	484	9	81
16	12	144	21	441	9	81
17	16	256	23	529	7	49
18	15	225	22	484	7	49
19	13	169	21	441	8	64
20	13	169	20	400	7	49
รวม	272	3752	432	9362	160	1342
SD	1.667		1.273			
จากสูตรการหาค่า T-Test ได้ค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 19.805						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและบทเรียนปกติของนักศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา (กลุ่มตัวอย่างที่ 1)

ลำดับที่	บทเรียน CAI		บทเรียนปกติ	
	X1	X1 ²	X2	X2 ²
1	20	400	12	144
2	20	400	12	144
3	21	441	14	196
4	20	400	9	81
5	23	529	15	225
6	20	400	11	121
7	22	484	13	169
8	21	441	8	64
9	22	484	11	121
10	20	400	10	100
11	22	484	13	169
12	23	529	14	196
13	21	441	11	121
14	21	441	10	100
15	23	529	13	169
16	20	400	7	49
17	23	529	12	144
18	24	576	16	256
19	20	400	6	36
20	21	441	10	100
รวม	427	9149	227	2705
ค่าเฉลี่ย	21.35		11.35	
SD	1.308		2.601	
จากสูตรการหาค่า T-Test ได้ค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 23.44				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและบทเรียนปกติของนักศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กลุ่มตัวอย่างที่ 2)

ลำดับที่	บทเรียน CAI		บทเรียนปกติ	
	X1	X1 ²	X2	X2 ²
1	24	576	16	256
2	21	441	13	169
3	23	529	15	225
4	20	400	8	64
5	20	400	9	81
6	22	484	11	121
7	21	441	10	100
8	20	400	9	81
9	22	484	12	144
10	23	529	15	225
11	21	441	11	121
12	20	400	7	49
13	23	529	15	225
14	23	529	12	144
15	22	484	10	100
16	21	441	12	144
17	23	529	14	196
18	22	484	13	169
19	21	441	14	196
20	20	400	15	225
รวม	432	9362	241	3035
ค่าเฉลี่ย	21.6		12.05	
SD	1.273		2.625	
จากสูตรการหาค่า T-Test ได้ค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 21.504				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ ที่	วันที่																				X	X ²					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20			วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25
1	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1		1		1				1	14	196
2	1					1			1	1	1	1			1		1			1		1				12	144
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	441
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	324
5	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	
6			1	1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	169	
7	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	
8			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	324	
9		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	324	
11	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	
12	1	1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	
13	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	196	
14	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	256	
16	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	
17	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	144	
18	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	225	
19	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	324	
20	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	225	
รวม	14	15	6	7	13	12	12	8	12	14	13	11	9	10	12	6	14	7	15	9	13	11	12	10	14	278	4097
p	0.70	0.75	0.30	0.35	0.65	0.60	0.55	0.40	0.60	0.70	0.65	0.55	0.45	0.50	0.60	0.30	0.70	0.35	0.75	0.45	0.65	0.55	0.60	0.50	0.70	ค่าเฉลี่ย 0.56	
r	0.30	0.20	0.30	0.40	0.40	0.30	0.20	0.30	0.40	0.20	0.40	0.30	0.30	0.20	0.40	0.40	0.20	0.20	0.50	0.20	0.40	0.30	0.30	0.20	0.10	ค่าเฉลี่ย 0.29	
q	0.30	0.25	0.70	0.65	0.35	0.40	0.45	0.60	0.40	0.30	0.35	0.45	0.55	0.50	0.40	0.70	0.30	0.65	0.25	0.55	0.35	0.45	0.40	0.50	0.30	ค่าเฉลี่ย 0.44	
pq	0.21	0.19	0.21	0.23	0.23	0.24	0.25	0.24	0.24	0.21	0.228	0.248	0.248	0.25	0.24	0.21	0.21	0.228	0.168	0.248	0.228	0.248	0.24	0.25	0.21	รวม pq 5.71	

ตารางแสดงค่าความยาก - ง่ายและอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ภาคผนวก จ เนื้อหาบทเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสุขาภิบาลอาคาร (Building Sanitation) เป็นหัวข้อที่สำคัญสำหรับที่สถาปนิกและวิศวกรควรทราบ ทั้งนี้เพื่อการออกแบบให้ผู้ที่มาใช้อาคาร เช่น เป็นที่ทำงาน เป็นที่อยู่อาศัย เป็นห้างสรรพสินค้า ได้รับบรรยากาศที่ดี มีอากาศถ่ายเทที่ดี มีความปลอดภัย และยังไม่ต้องสร้างปัญหาทั้งด้านน้ำเสีย อากาศเสียและขยะมูลฝอยรอบบริเวณอาคาร

1. ความรู้พื้นฐานของระบบสุขาภิบาล

1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบท่อสำหรับอาคาร

วัตถุประสงค์ของการมีระบบท่อสำหรับอาคาร คือ เพื่อส่งน้ำไปตามท่อประปาหรือแจกจ่ายไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการโดยให้ทั้งปริมาณ ความดัน และความเร็วของน้ำในท่อประปามีอย่างเหมาะสม และเพื่อระบายน้ำทิ้งต่าง ๆ จากภายในอาคารไหลลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียและท่อระบายน้ำสาธารณะ

การติดตั้งระบบท่อต่าง ๆ ให้กับอาคารก็เพื่อความเหมาะสมและความสุขสบายอย่างถูกสุขลักษณะของผู้ใช้สอยอาคารนั้น ๆ ท่อส่ง (Supply Pipe) จะนำน้ำ ส่งไปยังจุดที่ต้องการใช้ และท่อระบายน้ำจะนำน้ำส่งต่อไปยังจุดที่สามารถปล่อยทิ้งได้ หรือส่งต่อไปยังโรงบำบัดของเสียต่อไป (Waste Treatment Plant) เป็นต้น การออกแบบระบบท่อควรที่จะมุ่งถึงการที่จะทำให้ได้ระบบที่อำนวยความสะดวกที่สุดด้วย (Optimization of Plumbing System) การออกแบบอาจจะเริ่มต้นด้วยการมุ่งให้ประหยัดน้ำ และของไหลที่ใช้สอยภายในอาคารก่อน ขั้นตอนไปก็อาจจะค้นหาวิธีการลดค่าใช้จ่ายในการนำของเสียที่เหลือนอกไปจากอาคาร การออกแบบระบบท่อควรมีจุดประสงค์รวมไปถึงการออกแบบให้ท่อมีขนาดเล็ก และความยาวน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น รวมไปถึงจนถึงการพยายามที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบท่อน้อยที่สุดด้วย โดยทั่วไปแล้วการที่จะบรรลุถึงจุดประสงค์หลังสุดนี้ได้ ย่อมหมายถึงการเลือกสิ่งต่อไปนี้ให้เหมาะสมที่สุด คือ วัสดุท่อและส่วนประกอบของท่อ เครื่องสุขภัณฑ์ อนุวนหุ้มท่อ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวกับระบบท่อต่าง ๆ

หลักการเบื้องต้นของระบบท่อ

หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบท่อขึ้นอยู่กับชนิดของของไหลภายในท่อเป็นอย่างมาก ในที่นี้จะชี้ให้เห็นถึงหลักการทั่วไปของระบบท่อน้ำภายในอาคารเสียก่อน ทั้งนี้เพราะระบบท่อน้ำเป็นระบบที่จะต้องพบเห็นภายในอาคารอยู่เสมอ

- ชั้นแรกจะต้องจัดหาน้ำเย็น (หรือน้ำประปา) ให้แก่อาคารอย่างเพียงพอแก่การใช้สอยของผู้ใช้อาคารนั้น โดยมีความดันและอัตราการไหลที่พอเหมาะ ความดันของน้ำที่เครื่องสุขภัณฑ์

ต่างๆ เพื่อการทำงานอย่างเหมาะสม ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.35 - 1.1 บาร์ Bar (5-20 psi) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ ขนาดของท่อจ่ายน้ำจะต้องมีขนาดเพียงพอแก่การจ่ายน้ำ โดยไม่ทำให้เกิดเสียงดังจนเป็นที่น่ารำคาญ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องสุขภัณฑ์ ถังเก็บน้ำ ควรจะได้รับการเลือก และติดตั้งเพื่อที่จะให้สามารถบำรุงได้ง่าย และมีเครื่องสำรองการใช้งานตามความจำเป็น

- ระบบท่อน้ำเสียและน้ำโสโครก ควรได้รับการออกแบบติดตั้งเพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ระบบท่อควรมีช่องล้างท่อ (Cleanout) อย่างเพียงพอ (Cleanout เป็นช่องเปิดซึ่งติดกับระบบท่อภายในอาคาร ช่องเปิดนี้ตามปกติจะมีฝาปิดอยู่ เมื่อมีการอุดตันของท่อจึงจะทำการเปิดฝาออกเพื่อขจัดสิ่งอุดตันออกไป)

- ในทุกอาคารควรจัดให้มีท่อระบายน้ำฝน ขนาดที่เพียงพอต่อการระบายน้ำฝนออกจากอาคารในระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วส่งต่อไปยังท่อระบายน้ำสาธารณะหรือแหล่งระบายน้ำอื่น ๆ

- ท่อและข้อต่อของระบบท่อจะต้องไม่มีรอยรั่วซึม เมื่อทำการทดสอบด้วยความดันที่เหมาะสมกับระบบท่อ ควรทำการทดสอบท่อทุก ๆ ส่วน เพื่อตรวจหารอยรั่วและข้อบกพร่องก่อนการใช้งาน

- เครื่องสุขภัณฑ์ควรได้รับการติดตั้งอยู่ตำแหน่งที่มีการระบายอากาศอย่างพอเพียง และสามารถเข้าถึงการใช้สอยได้ง่าย ๆ และจะต้องไปเกาะกะหรือขวางการใช้งานของหน้าต่าง ประตู หรือทางผ่านเข้าออกอื่น ๆ

- เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชนิดควรจะทำด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบและไม่ดูดกลิ่น เครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องใช้เกี่ยวกับน้ำ ควรจะได้รับการป้องกันมิให้เกิดความสกปรก เปราะเปื้อนอันเนื่องมาจากการไหลกลับของน้ำเสีย ถ้ามีความจำเป็นให้ใช้การต่อส่วนที่จะระบายน้ำเข้ากับระบบท่อน้ำเสียของอาคารโดยทางอ้อม (Indirect Drain)

- เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชนิดที่ต่อเข้ากับระบบท่อน้ำเสียของอาคารโดยตรงจะต้องมีอุปกรณ์ดักกลิ่น (Trap) เพื่อป้องกันมิให้แก๊สหรือกลิ่นเหม็นจากท่อน้ำเสียระเหยกลับเข้ามาในห้องได้ และอากาศเสียที่อยู่ภายในท่อเสียจะต้องได้รับการระบายออกไปนอกอาคารทางท่ออากาศ (Vent Pipe) เพื่อให้ น้ำเสียภายในท่อไหลได้สะดวก

- ไม่ควรที่จะทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างของอาคารต้องเสียไปอันเนื่องมาจากการติดตั้ง การเปลี่ยนแปลงหรือการซ่อมระบบท่อและอุปกรณ์ ท่อควรจะได้รับ การติดตั้งและรองรับอย่างเหมาะสม เพื่อให้ความดันภายในตัวท่อเอง อันเนื่องมาจากการขยายตัวและหดตัวของท่อ หรือการหดตัวของอาคารน้อยที่สุด ท่อส่วนที่อยู่ใต้ดินนอกอาคารจะต้องอยู่ในระดับที่ลึกพอแก่

การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากน้ำหนักรถและอื่น ๆ หรือมีฉะนั้นจะต้องจัดให้เดินอยู่ภายในร่องท่อ (Pipe Trench)

การติดตั้งส่วนของระบบท่อ ต้องดำเนินไปพร้อม ๆ กับการก่อสร้างอาคาร ทั้งนี้เพราะท่อต่าง ๆ มักจะซ่อนอยู่ในผนังหรือเพดาน หรือบางครั้งจำเป็นที่จะต้องทะลุผ่านคาน ผนังหรือพื้น เพราะฉะนั้นท่อจึงจะต้องได้รับการวางแผนการติดตั้งก่อนที่ผนังหรือพื้นจะเสร็จเรียบร้อย เนื่องจากความจำเป็นในการเดินท่ออย่างถูกต้อง ผู้ควบคุมการติดตั้งท่อจึงต้องสามารถอ่านแบบและร่างการเดินท่อได้ และบางครั้งจะต้องสามารถทำแบบการเดินท่อของตนเองได้ เพื่อผนวกเข้ากับแบบของสถาปนิก จึงจะเห็นได้ว่าการดำเนินงานติดตั้งท่อนี้จะต้องอาศัยวิศวกรระบบท่อที่เข้าใจถึงระบบท่อนั้น ๆ เป็นอย่างดี ตลอดจนสามารถที่จะประสานงานกับวิศวกรด้านอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญลักษณ์และคำย่อของระบบท่อ

ในการเขียนแบบงานท่อสาขาภิบาลจำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์แทนเส้นท่อชนิดต่าง ๆ เช่น ท่อน้ำประปา ท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำโสโครกหรือท่อน้ำเสีย ท่ออากาศ ท่อดับเพลิง เป็นต้น โดยแนวเส้นท่อควรใช้แสดงลักษณะของเส้นหนัก เส้นเบา เส้นทึบ เส้นประยาว – สั้น เพื่อให้ผู้อ่านแบบสามารถบ่งบอกได้ทันทีว่าเป็นท่ออะไร โดยทั่วไปควรใช้สัญลักษณ์เหมือนกัน เพื่อให้ช่างสาขาภิบาลเข้าใจตรงกับวิศวกรสิ่งแวดล้อมหรือวิศวกรท่อสาขาภิบาล ถ้ามีท่อชนิดพิเศษก็ควรกำหนดสัญลักษณ์อย่างชัดเจนในแบบงานท่อสาขาภิบาลตั้งแต่แผ่นแรกของแบบ ในการแสดงแนวเส้นท่อไม่ควรแสดงเป็นสีต่าง ๆ นอกจากสีดำ

นอกจากนั้นยังมีวาล์วต่าง ๆ ที่ใช้ในงานท่อสาขาภิบาล ก็สามารถแสดงชนิดของวาล์วด้วยสัญลักษณ์พร้อมตัวอักษรย่อเพื่อความชัดเจน และพวกสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ในห้องน้ำที่แสดงไว้ในแบบสถาปัตยกรรม ก็ควรที่จะใช้สัญลักษณ์ให้ถูกต้องชัดเจน โดยต้องแสดงรูปลักษณะของสุขภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น โถส้วม โถปัสสาวะชาย โถปัสสาวะหญิง ช่างอาบน้ำ ช่างล้างมือ เป็นต้น

สำหรับอักษรย่อที่ใช้ในงานระบบท่อสาขาภิบาลอาจใช้ 2 ตัวอักษรย่อ หรือ 3 ตัวอักษรย่อ เพื่อบ่งบอกว่าเป็นท่ออะไร ดังนั้นทั้งสถาปนิก วิศวกรสิ่งแวดล้อมและช่างสาขาภิบาลควรทราบทันทีเมื่อได้เห็นอักษรย่อ

สัญลักษณ์เส้นเดินท่อสุขาภิบาลในอาคาร

ท่อสุขาภิบาล	ชื่อย่อ	สัญลักษณ์เส้นเดินท่อ
1. ท่อประปน้ำเย็น (Cold Water)	CW	-----
2. ท่อน้ำร้อน (Hot Water)	HW	-----
3. ท่อระบายน้ำทิ้ง (Waste Pipe)	W	-----
4. ท่อระบายน้ำโสโครก (Soil Pipe)	S	=====
5. ท่ออากาศ (Vent Pipe)	V	-----
6. ท่อระบายน้ำฝน (Storm Drain)	SD	----- SD -----
7. ท่อน้ำดับเพลิง (Fire Pipe)	F	-----
8. ท่อน้ำดับเพลิงพร้อมหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinkler Pipe)	SPK	----- ● ----- ● -----

สัญลักษณ์การต่อท่อสุขาภิบาลในอาคาร

การต่อท่อ	จุดต่อ	ข้องอ 90°	สามทาง	สี่ทาง	ข้อลด	ท่อแยก
1. หน้าแปลน						
2. เชื่อม						
3. บัดกรี						
4. เกลียว						
5. ปากกระฆัง						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์วาล์วที่ใช้กับท่อสุขาภิบาลในอาคาร

วาล์ว	สัญลักษณ์วาล์ว
1. Gate Valve	
2. Globe Valve	
3. Angle Gate Valve	
4. Angle Globe Valve	
5. Check Valve	
6. Angle Check Valve	
7. Safety Valve	
8. Ball Valve	
9. Y - Strainer	
10. Float	
11. Riser Drain	
12. Pressure Gage	
13. Relief Valve	
14. Pressure Reducing Valve	
15. Flexible Connector	
16. Siamese Connector	
17. Fire Hose Cabinet	
18. Fire Hydrant	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อในแบบของระบบท่อสุขาภิบาลในอาคาร

รายการ	ชื่อภาษาอังกฤษ	คำย่อ
1. ท่อน้ำประปานครึ่งเย็น	COLD WATER PIPE	CW
2. ท่อน้ำร้อน	HOT WATER PIPE	HW
3. ท่อระบายน้ำทิ้ง	WASTE PIPE	W
4. ท่อระบายน้ำโสโครก	SOIL PIPE	S
5. ท่ออากาศ	VENT PIPE	V
6. ท่ออากาศเหนือหลังคา	VENT THROUGH ROOF	VTR
7. ท่อระบายน้ำฝน	STORM DRAIN	SD
8. ท่อน้ำดับเพลิง	FIRE PIPE	F
9. หัวกระจายน้ำดับเพลิง	SPRINKLER	SPK
10. ช่องระบายน้ำบนหลังคา	ROOF DRAIN	RD
11. ท่อระบายน้ำฝนแนวตั้ง	ROOF LEADER	RL
12. ช่องระบายน้ำจากฝักบัว	SHOWER DRAIN	SD
13. ช่องระบายน้ำที่พื้น	FLOOR DRAIN	FD
14. ตู้สายฉีดน้ำดับเพลิง	FIRE HOSE CABINET	FHC
15. ช่องทำความสะอาดท่อ	CLEANOUT	CO
16. ช่องทำความสะอาดท่อที่พื้น	FLOOR CLEANOUT	FCO
17. ก๊อกสวมทอสามทาง	HOSE BIB	HB
18. โถปัสสาวะชาย	URINAL	UR
19. โถปัสสาวะหญิง	BIDET	BD
20. โถส้วม	WATER CLOSET	WC
21. อ่างอาบน้ำ	BATHTUB	BT
22. เครื่องล้างจาน	DISHWASHER	DW
23. อ่างล้างมือ	LAVATORY	LAV
24. อ่างซักผ้า	LAUNDRY TRAY	LT
25. อ่างซักล้าง	SERVICE SINK	SS
26. ฝักบัว	SHOWER	SH
27. เครื่องทำน้ำร้อน	WATER HEATER	WH
28. หัวต่อน้ำดับเพลิง	FIRE HYDRANT	FH
29. ท่อน้ำร้อนไหลเวียนกลับ	HOT WATER RETURN	HR
30. ลิตรต่อนาที	LITRE PER MINUTE	LPM









เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์เครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์	สัญลักษณ์
1. มาตรวัดน้ำ	
2. ก๊อกสวมท่ออย่าง	
3. โถปัสสาวะหญิง	
4. โถปัสสาวะชายตั้งพื้น	
5. โถปัสสาวะชายแบบแขวนผนัง	
6. โถส้วมแบบนั่งยอง	
7. โถส้วมแบบวาล์วน้ำล้าง	
8. โถส้วมแบบถังน้ำล้าง	
9. ที่ต้อน้ำแบบติดผนัง	
10. อ่างอาบน้ำ	
11. อ่างล้างมือติดผนัง	
12. อ่างล้างมือแขวนผนัง	
13. อ่างชักผ้า	
14. อ่างล้างในครัว	
15. เครื่องซักผ้า	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์เครื่องสุขภัณฑ์ (ต่อ)

เครื่องสุขภัณฑ์	สัญลักษณ์
16. ผักบัวอาบน้ำ	
17. ที่อาบน้ำฝักบัว	
18. ช่องระบายน้ำที่พื้น	
19. ช่องระบายน้ำจากฝักบัว	
20. ช่องทำความสะอาดท่อที่พื้น	
21. ช่องทำความสะอาดท่อ	
22. ช่องระบายน้ำบนหลังคา	
23. เครื่องสูบน้ำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุที่ใช้ทำท่อ

ท่อสาขาภิบาลในอาคารเป็นท่อที่ใช้ในอาคารทั่วไปได้แก่ ท่อประปา ท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำทิ้ง ท่อน้ำโสโครก ท่อน้ำฝน เป็นต้น ซึ่งวัสดุในแต่ละชนิดนี้มีทั้งข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในราคาที่เหมาะสมกับงานในอาคารนั้น การเลือกวัสดุท่อจะเป็นงานที่มีความสำคัญมากในการออกแบบติดตั้งระบบสาขาภิบาล

3.1 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride Pipe, PVC)

ท่อพีวีซีเป็นท่อที่ผลิตจากสารสังเคราะห์พวกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม สารชนิดนี้ได้พัฒนาโดยวิศวกรชาวเยอรมัน และผลิตออกมาเป็นท่อตั้งแต่ปี พ.ศ. 2476 สาเหตุเพราะในปลายสงครามโลกครั้งที่ 2 โรงงานผลิตเหล็กและท่อเหล็กถูกโจมตีทางอากาศอย่างหนัก วิศวกรเยอรมันจึงหันมาผลิตท่อที่ทำด้วยพีวีซีแทนท่อเหล็ก ท่อพีวีซีจัดว่าเป็นท่อพลาสติก ทนการผุกร่อนได้ดีแม้ฝังอยู่ในดินก็จะมีผุ และจัดได้ว่าเป็นท่อพลาสติกแกร่ง สามารถใช้เป็นท่อนำน้ำบนผิวดินและใต้ผิวดิน ใช้เป็นท่อระบายน้ำและท่อระบายอากาศ ใช้เป็นท่อประปา ใช้เป็นท่อในงานเกษตรกรรม ใช้เป็นท่อในงานอุตสาหกรรมและใช้เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้าหรือสายโทรศัพท์ ท่อพีวีซีใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูงสุด 60 องศาเซลเซียส ความยาวต่อท่อนยาว 4 เมตร การต่อท่อจะใช้วิธีเชื่อมต่อด้วยน้ำยา หรือเชื่อมต่อความร้อน

ข้อดี ท่อพีวีซีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) เป็นท่อทนการผุกร่อนได้ดีมากแม้จะฝังอยู่ในดิน
- 2) สามารถทนทานต่อสารเคมีได้ดังนี้
 - 2.1) ทนกรด HCl
 - 2.2) ทนกรด H_2SO_4
 - 2.3) ทนกรด HNO_3 ไม่เกิน 50%
 - 2.4) ทนสารเบนซิน
 - 2.5) ทน Na_2CO_3
- 3) สารละลายในน้ำประปาพวกความกระด้างของน้ำ เช่น $CaCO_3$ จะไม่จับตัวกับผิวที่เรียบและเส้นของพีวีซี ทำให้ความดันในท่อมอลลลง
- 4) เป็นท่อที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า
- 5) เป็นท่อที่ไม่ติดไฟ สามารถทนความร้อนได้ประมาณ 120 องศา
- 6) เป็นท่อที่มีน้ำหนักเบา
- 7) เป็นท่อที่ติดตั้ง ตัดต่อได้ง่ายและตัดโค้งงอได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8) มีราคาพอสมควร
- 9) เป็นท่อที่มีสูญเสียความดันน้อยเนื่องจากน้ำไหลในท่อ
- 10) มีขนาดท่อตั้งแต่ 10 มม. (1/4") ถึง 400 มม. (16")

ข้อด้อย ท่อพีวีซีมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) ไม่สามารถใช้กับน้ำร้อนได้ จะอ่อนตัว และทำให้น้ำร้อนมีกลิ่น
- 2) ไม่สามารถทนแรงกระแทกได้ โดยเฉพาะท่อใต้ถนน
- 3) ไม่ควรใช้กับการติดตั้งเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดแสงยูวี (UV) เพราะทำให้น้ำดื่มมี

กลิ่นพลาสติก

- 4) ไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย ต้องตัดต่อท่อใหม่
- 5) จุดต่อท่ออาจรั่วได้ง่าย เมื่อมีแรงดึงกระทำ เช่น เดินท่อใต้อาคารอาจถูกพื้นดินทรุดลากท่อลงมา ทำให้น้ำรั่วใต้อาคารทำให้สูญเสียน้ำประปา และอาจทำให้อาคารทรุดได้ด้วย
- 6) เป็นท่อที่ไม่อาจทนต่อแรงจิกขาดได้
- 7) เป็นท่อที่ใช้งานสูงสุดได้ไม่เกินอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นใช้เป็นท่อน้ำร้อนไม่ได้

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อพีวีซีในประเทศไทยได้ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 216-2520) โดยผลิตออกมาในความยาว 4 เมตร เพื่อสะดวกในการขนส่ง ท่อพีวีซีมีหลายประเภท ถ้าแยกตามการใช้งานจะมี 4 ประเภทดังนี้

- 1) ท่อพีวีซีสีฟ้า ใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำประปา ท่อระบายน้ำและท่ออากาศ มอก.17-2532

- 2) ท่อพีวีซีสีเหลือง ใช้เป็นท่อร้อยสายโทรศัพท์และสายไฟฟ้า มอก. 216-2524

- 3) ท่อพีวีซีสีเทา ใช้เป็นส่งน้ำทางการเกษตร งานระบายน้ำและงานอุตสาหกรรม มอก. 999-2533

- 4) ท่อพีวีซีสีเขียว ใช้เป็นท่อในงานกสิกรรม

สำหรับในงานระบบท่อสุขาภิบาลในอาคารเป็นท่อพีวีซีสีฟ้าเป็นส่วนใหญ่ คือใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำประปา ท่อระบายน้ำ ท่อระบายอากาศ โดยมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย ได้แบ่งท่อพีวีซีดังกล่าวออกเป็น 3 ชั้น คือ

- 1) ชั้น 5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 5 กก. / ตรซม.

- 2) ชั้น 8.5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 8.5 กก. / ตรซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ชั้น 13.5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 13.5 กก. / ตร.ซม.

โดยทั่วไปท่อพีวีซีที่ถูกผลิตออกมาใช้จะมีเครื่องหมายบนผิวท่อทุกท่อน เช่น 25 PVC 13.5 หมายถึง ท่อพีวีซีมีขนาดระบุ 25 มม. สามารถทนแรงดันได้ 13.5 กก. / ตร.ซม.

อนึ่งขนาดความหนาชั้น 5 , 8.5 , 13.5 จะมีความหนาจากหนาน้อยที่สุด กลางและหนา มากที่สุด ตามลำดับ สำหรับท่อพีวีซีที่ผลิตในประเทศไทยมีขนาดดังนี้

- 1) ขนาดความหนาชั้น 5 มีขนาดท่อ 10 มม. (1/4"), 15 มม. (3/8"), 18 มม.(1/2"), 20 มม.(3/4"),25 มม. (1"),35 มม. (1 1/4"),40 มม. (1 1/2"),10 มม. (1/4"),50 มม. (2"),65 มม. (2 1/2"),80 มม. (3"),100 มม. (4"),125 มม. (5"),150 มม. (6"), 200 มม. (8"), 250 มม. (10"),30 มม. (12"),400 มม. (16")
- 2) ขนาดความหนาชั้น 8.5 มีขนาดท่อตั้งแต่ 18 มม. (1/2") จนถึง 400 มม. (16")
- 3) ขนาดความหนาชั้น 13.5 มีขนาดท่อตั้งแต่ 18 มม. (1/2") จนถึง 400 มม. (16")

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารต้องคำนึงถึงความเหมาะสม ทั้งในทางปฏิบัติ และราคาติดตั้ง เนื่องจากท่อพีวีซีเป็นท่อที่มีน้ำหนักเบา หาซื้อง่ายและราคาเหมาะสม ทำให้มีผู้นิยมใช้กันมากกับท่อต่าง ๆ ในอาคารพักอาศัย อาคารสำนักงานและอาคารบ้านเรือนตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ รวมทั้งงานระบบท่อน้ำหยด ระบบท่อน้ำฉีดพ่นฝอย ระบบท่อระบายน้ำได้สนามหญ้า เช่น สนามฟุตบอล สนามกอล์ฟ เป็นต้น

3.2 ท่อพีอี (Polyethylene Pipe, PE)

ท่อพีอีเป็นท่อพลาสติกชนิดอ่อน และบางชนิดเป็นพลาสติกชนิดแข็ง ทำด้วยสาร Polyethylene โดยมากท่อพีอีมีสีดำมีความหนาต่าง ๆ กัน ท่อพีอีอาจแบ่งเป็น 3 ลักษณะตามความแข็งของท่อ คือ ท่อชนิดอ่อน ท่อชนิดแข็งปานกลาง และท่อชนิดแข็ง นอกจากนั้นท่อพีอียังสามารถแบ่งตามความหนาแน่นของวัสดุท่อ คือ

- 1) ท่อพีอีชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene , HDPE)
- 2) ท่อพีอีชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene , LDPE)

ข้อดี ท่อพีอีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบา สามารถม้วนเก็บเคลื่อนย้ายได้ง่าย และมีขนาดให้เลือกใช้ได้มาก
- 2) ทนทานต่อสารเคมี สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และแสงแดดได้
- 3) ไม่ผุกร่อน สามารถวางท่อใต้ดิน และในน้ำทะเลได้

- 4) มีความยืดหยุ่นที่แข็งแรง สามารถวางท่อในที่สูงต่ำ หรือโค้งไปมาได้ดี
- 5) สารละลายในน้ำพวกความกระด้างของน้ำ เช่น CaCO_3 จะไม่จับตัวกับผิวเรียบและสิ้นของท่อพีอี ทำให้ความดันในท่อไม่ลดลง
- 6) เป็นท่อที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า
- 7) เป็นท่อที่มีค่าสูญเสียความดันน้อยเนื่องจากน้ำไหลในท่อ
- 8) ใช้มากในงานเดินท่อก๊าซธรรมชาติ
- 9) สามารถทนต่อแรงกระแทก ไม่แตกหักหรือร้าว สามารถรับน้ำหนักแรงกดจากการฝังเดินท่อใต้ดิน
- 10) ไม่มีสารพิษละลายในน้ำประปา

ข้อข้อย ท่อพีอีมีข้อข้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาค่อนข้างสูง
- 2) ไม่สามารถหาซื้อท่อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป
- 3) การติดตั้งท่อพีอี ไม่ได้ง่ายเหมือนกับท่อพีวีซี
- 4) การต่อท่อต้องต่อด้วยข้อต่อ สวมอัดแล้วรัดด้วยแคลมป์ หรือใช้การต่อแบบผายปากท่อหรือหลอมละลายด้วยความร้อน
- 5) เป็นท่อที่ทนอุณหภูมิภายในได้ต่ำกว่าท่อโลหะ
- 6) เป็นท่อที่ไม่สามารถทนต่อแรงฉีกขาด

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อพีอีชนิด HDPE ใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำประปาได้ใช้มาตรฐาน มอก.982-2533 เป็นท่อดีด มีขนาดตั้งแต่ 16 มม. จนถึง 1,200 มม. และมีความยาวตั้งแต่ 50 ม. ถึง 100 ม. ถ้าแยกตามการใช้งานจะมีอยู่หลายประเภทดังนี้

- 1) ชั้น 2.5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 2.5 กก. / ตรซม.
- 2) ชั้น 4 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 4 กก. / ตรซม.
- 3) ชั้น 6 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 6 กก. / ตรซม.
- 4) ชั้น 8 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 8 กก. / ตรซม.
- 5) ชั้น 10 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 10 กก. / ตรซม.
- 6) ชั้น 12.5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 12.5 กก. / ตรซม.
- 7) ชั้น 16 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 16 กก. / ตรซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนึ่งขนาดขนาดท่อพีอีมีขนาดท่อดังนี้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงานผลิตท่อว่าจะผลิตท่อขนาดใดบ้าง

มม.	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200
นิ้ว	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	5 1/2	6	7	8

มม.	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1200
นิ้ว	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	48

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในทางปฏิบัติ และราคาติดตั้ง เนื่องจากท่อพีอีเป็นท่อที่มีน้ำหนักเบา ทนต่อสารเคมี และทนต่อน้ำทะเลได้ดี จึงนิยมใช้กับงานท่อบริเวณชายทะเล และใช้เป็นท่อระบายน้ำเสียได้ดี ที่นิยมมาก คือ เดินท่อก๊าซธรรมชาติ นิยมใช้กับท่อน้ำระบบฉีดพ่นฝอย และระบบท่อระบายน้ำได้สนามหญ้า ใช้กับงานอุตสาหกรรมเคมีและอาหาร และใช้เป็นท่อร้อยสายไฟและสายเคเบิลต่าง ๆ โดยเฉพาะกับงานเดินท่อได้น้ำหรือบริเวณที่มีน้ำซึ่งอยู่ตลอดเวลา ให้เลือกใช้ท่อพีอีจึงจะเหมาะสม

3.3 ท่อพีบี (Polybutylene Pipe, PB)

ท่อพีบีเป็นท่อที่เป็นพลาสติกชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งผลิตจาก Polybutylene ซึ่งมีอายุใช้งานนานกว่า 50 ปี เป็นท่อพลาสติกชนิดอ่อน และชนิดแข็ง หมุนตัวได้ ใช้ได้กับระบบประปา ระบบน้ำร้อน ท่อระบายน้ำ ท่ออุตสาหกรรม ท่อการเกษตร ท่องานชลประทาน การต่อท่อด้วยข้อต่อ สวมอัดด้วยแคลมป์หรือใช้การต่อแบบผายปากท่อ หรือหลอมละลายด้วยความร้อน ท่อพีบีมีการใช้งานออกเป็นสองชนิดหลัก คือ

1) ท่อพีบีสีดำใช้กับงานประปา งานชลประทาน งานเกษตรกรรม งานท่อน้ำได้ทะเล งานท่อน้ำสารเคมีในอุตสาหกรรม งานท่อน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการเคมี งานท่อน้ำดับเพลิงในอาคาร

2) ท่อพีบีสีเทา ใช้กับงานท่อน้ำร้อนในอาคารและในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป สามารถใช้กับอุณหภูมิถึง 82 องศาเซลเซียส ซึ่งเพียงพอที่จะใช้เป็นท่อน้ำร้อนโดยทั่วไป

ข้อดี ท่อพีบีมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบาเพียง 10 % ของท่อเหล็กและ 50 % ของท่อพีวีซี สามารถม้วนเก็บ เคลื่อนย้ายได้ง่าย และมีขนาดให้เลือกใช้ได้มาก
- 2) ทนทานต่อสารเคมี สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และแสงแดดได้
- 3) สามารถใช้เป็นท่อลำเลียงสารเคมีได้เกือบทุกชนิด
- 4) ใช้เป็นท่อน้ำร้อนได้
- 5) มีอายุใช้งานได้นานกว่า 50 ปี
- 6) ใช้เป็นท่อน้ำดื่มได้อย่างสะอาดปลอดภัย โดยไม่ทำให้เกิดสารที่เป็นพิษ และไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสเสียไป
- 7) สามารถทนแรงดันได้สูงถึง 200 ปอนด์ / ตร.นิ้ว เมื่อวางฝังใต้พื้นดิน จะไม่มีแบนเสียรูป แม้จะมีน้ำหนักกดทับตลอดเวลา และสามารถทนต่อแรงกระแทก
- 8) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี ไม่ผุกร่อน แม้ติดตั้งในท้องที่ริมทะเล หรือในพื้นที่ดินเค็ม หรือเปรี้ยว
- 9) สามารถทนอุณหภูมิของเหลวในท่อได้ร้อนจัดถึง 99 องศาเซลเซียส และเย็นจัด -50 องศาเซลเซียส
- 10) สามารถโค้งงอได้ โดยไม่ต้องใช้ความร้อน โดยปกติจะดัดโค้งได้ 10 เท่าของ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ คืออ่อนตัวและยึดหยุ่นได้ดี
- 11) สารละลายในน้ำประปาพวกรบกวนการกัดกร่อนของน้ำ เช่น CaCO_3 จะไม่จับตัวกับผิวเรียบและสิ้นของท่อพีบี ทำให้ความดันในท่อไม่ลด
- 12) เป็นท่อที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า
- 13) เป็นท่อที่มีค่าสูญเสียความดันน้อยเนื่องจากน้ำไหลในท่อ

ข้อด้อย ท่อพีบีมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาค่อนข้างสูง
- 2) ไม่สามารถหาซื้อท่อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป
- 3) การติดตั้งท่อพีบี ไม่ได้ง่ายเหมือนกับท่อพีวีซี
- 4) เป็นท่อที่ทนอุณหภูมิภายในได้ต่ำกว่าท่อโลหะ
- 5) เป็นท่อที่ไม่สามารถทนต่อแรงฉีกขาด

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อพีวีซีใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำประปาได้ใช้มาตรฐาน มอก.910-2532 เป็นท่อน้ำดื่มและมีสีเทา มีขนาดตั้งแต่ 15 มม. จนถึง 150 มม. และมีความยาวตั้งแต่ 50 ม. ถึง 200 ม. ถ้าแยกตามการใช้งานจะมีอยู่หลายประเภทดังนี้

- 1) ชั้น 9 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 9 กก. / ตร.ซม.
- 2) ชั้น 11 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 11 กก. / ตร.ซม.
- 3) ชั้น 13.5 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 13.5 กก. / ตร.ซม.
- 4) ชั้น 17 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 17 กก. / ตร.ซม.
- 5) ชั้น 10 หมายถึง มีความสามารถในการทนความเค้นได้ 10 กก. / ตร.ซม.

อนึ่งขนาดขนาดท่อพีวีซีมีขนาดท่อดังนี้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงานผลิตท่อว่าจะผลิตท่อขนาดใดบ้าง

มม.	15	20	25	35	40	50	65	80	100	150
นิ้ว	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในทางปฏิบัติ และราคาค่าติดตั้ง ท่อพีวีซีเป็นท่อที่มีน้ำหนักเบา สามารถใช้กับงานลำเลียงหรือระบายสารเคมี มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 50 ปี ท่อพีวีซีสามารถใช้กับงานต่าง ๆ ได้มากกว่าท่อพีอี

3.4 ท่อซีพีวีซี (Chlorinated Polyvinyl Chloride Pipe, CPVC)

ท่อซีพีวีซีเป็นท่อที่ผลิตจากสาร (Chlorinated Polyvinyl Chloride เป็นท่อที่มีความสูงกว่าท่อพีวีซี สามารถเป็นท่อน้ำร้อนใช้งานได้สูงกว่า 82 องศาเซลเซียส ท่อซีพีวีซีเป็นท่อที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนได้ดี เพราะเป็นท่อที่มีคุณสมบัตินำความร้อนต่ำ สามารถรับความกดดันในท่อไม่เกิน 689.5 กิโลพาสคัล ดังนั้นท่อชนิดนี้ใช้กับน้ำประปาและน้ำร้อนได้ดี นอกจากนั้นยังสามารถใช้เป็นท่อระบายน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการเคมี หรือทำหน้าที่ลำเลียงสารเคมีในโรงงานอุตสาหกรรม ถ้าใช้ท่อซีพีวีซีต่อเข้ากับเครื่องทำความร้อนควรต่อด้วยนิปเปิลอบสังกะสียาวอย่างน้อย 15 ซม.

ข้อดี ท่อซีพีวีซีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบา

- 2) ทนความร้อนได้ ใช้เป็นท่อน้ำร้อนได้ มีคุณสมบัตินำความร้อนต่ำ
- 3) สามารถใช้เป็นท่อลำเลียงสารเคมีได้
- 4) การตัดต่อทำได้ง่าย

ข้อดี ท่อพีวีซีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) หาซื้อได้ยาก
- 2) มีราคาสูง
- 3) ไม่ได้เป็นที่นิยมใช้
- 4) ตัดโค้งงอไม่ได้เหมือนท่อพีอีหรือท่อพีบี

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อพีวีซีจะยึดหลักการเช่นเดียวกับของท่อพีวีซี

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในทางปฏิบัติ และราคาติดตั้ง ท่อพีวีซีมีความคล้ายคลึงกับของท่อพีวีซี แต่ต่างกันตรงที่ท่อพีวีซีใช้กับน้ำร้อนได้

3.5 ท่อพีพี (Polypropylene Pipe, PP)

ท่อพีพีเป็นท่อที่ผลิตจากสาร Polyolefin ซึ่งมาจากก๊าซ Polyene สาร Polypropylene เป็นสารพวก Copolymer ที่ช่วยเสริมความสามรถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น ท่อพีพีมีความสามารถรับสารกรด สารด่าง และเกลือ ท่อพีพีเป็นท่ออ่อนและตัดโค้งงอได้ง่าย เป็นท่อที่มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา การต่อท่อต้องใช้วิธีเชื่อมต่อท่อ ซึ่งต้องการผู้ชำนาญในการต่อท่อเท่านั้น

ข้อดี ท่อพีพีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบา เพราะมีความหนาแน่นต่ำ
- 2) สามารถต้านทานสารเคมีได้
- 3) สามารถเดินท่อใต้น้ำได้สะดวก
- 4) มีความทนทาน ไม่ต้องดูแลรักษาท่อมากมาย

ข้อดี ท่อพีพีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) การต่อท่อทำได้ยาก ต้องใช้วิธีเชื่อมต่อ

2) ใช้เป็นท่อน้ำร้อนไม่เหมาะสม เพราะใช้ได้กับน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส

3) ไม่สามารถต่อท่อด้วยสารเคมี

4) มีราคาค่อนข้างสูง

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อพีพีที่ใช้เป็นท่อลำเลียงสารเคมี สามารถใช้เป็นท่อประปา และท่อระบายน้ำทิ้ง แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันในท่ออาคาร ท่อพีพีได้ใช้มาตรฐาน DIN, BS และอื่นๆ สำหรับท่อมียหลายขนาด เช่นเดียวกับท่อพีอี

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารของท่อพีพีค่อนข้างยาก เพราะไม่เป็นที่นิยมใช้กัน และมีราคาแพง หาซื้อยาก แต่ถ้าเป็นท่อระบายน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการเคมี หรือในโรงงานที่ต้องการลำเลียงสารเคมีก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

3.6 ท่อเอบีเอส (Acrylonitrile – Butadiene – Styrene, ABS)

ท่อเอบีเอสเป็นท่อพลาสติกชนิดแข็ง นิยมใช้กับระบบระบายน้ำเสีย ท่ออากาศ ท่อระบายใต้ดิน และท่อประปา มีหลายขนาด ท่อเอบีเอสเป็นท่อที่ทนต่อแรงกระแทกได้ดี มีความเหนียว สามารถทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 82 องศาเซลเซียส การต่อท่อใช้วิธีเชื่อมด้วยน้ำยา MEX (Methyl – Ethylketone) โดยน้ำยาจะกัดผิวท่อและข้อต่อให้หลอมละลายติดเข้าด้วยกัน ซึ่งใช้เวลา 3 นาทีก็แข็งตัว และมีความแข็งแรงกว่าท่อและข้อต่อเอง

ข้อดี ท่อเอบีเอสมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) สามารถต้านทานกรด ด่างและเกลือได้สูง
- 2) เหมาะสมกับที่จะเป็นท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งมีความสามารถกักความร้อนมาก
- 3) ใช้เป็นท่อน้ำดื่มได้โดยไม่มีกลิ่น
- 4) มีน้ำหนักเบา ทนแรงกระแทกได้ดี

ข้อด้อย ท่อเอบีเอสมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาสูง
- 2) ไม่นิยมใช้กัน มีขายน้อยในท้องตลาด
- 3) ต้องใช้กับของเหลวที่อุณหภูมิไม่เกิน 82 องศาเซลเซียส
- 4) ไม่สามารถทนได้กับกรด Sulfuric และ กรด Nitric เข้มข้น

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อเอปียเอสมีขนาดตั้งแต่ 1 1/4 "ถึง 6" ซึ่งมีความยาว 3-6 เมตร ท่อมีสีดำ เป็นท่ออยู่ในพิภพที่ 40 (Schedule 40) เหมือนกับท่อเหล็กอบสังกะสี

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุราก็บาลเอปียเอสค่อนข้างยาก เพราะไม่เป็นที่นิยมใช้กัน และมีราคาแพง หาซื้อยาก แต่ถ้าต้องการการระบายน้ำเสียที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนสูง ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

3.7 ท่อเหล็กหล่อ (Cast – Iron pipe, CI)

ท่อเหล็กหล่อเป็นท่อเหล็กที่อบยางกันสนิม มีสีดำโดยมากใช้กับงานระบายน้ำทั้ง ระบายน้ำโสโครก และระบายอากาศ เนื่องจากท่อน้ำผลิตจากเหล็กหล่อสีเทา ซึ่งมีความสมบัติเฉพาะในด้านการทนต่อการกัดกร่อนจากสนิม นอกจากนั้นท่อเหล็กหล่อยังถูกเคลือบผิวทั้งภายในและภายนอกด้วยน้ำมันดิน ท่อเหล็กหล่อมียูอยู่ 2 ชนิด แบ่งตามความหนาของท่อ 1) แบบท่อบางใช้กับงานระบายน้ำในอาคาร และ 2) แบบท่อหนา ใช้กับงานระบายน้ำใต้ถนน ลักษณะของท่อเหล็กหล่อส่วนปรายท่อจะมีลักษณะที่ต่างกันอยู่ 3 ลักษณะดังนี้ 1) บำรับเดี่ยว (Hub and Spigot) 2) บำรับคู่ (Double hub) และ 3) ไม่มีบำรับ No hub)

ข้อดี ท่อเหล็กหล่อมียข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีความแข็งแรงมีอายุใช้งานนานถึง 50 ปี
- 2) นิยมใช้เป็นท่อระบายน้ำโสโครก เพราะสามารถทนการกัดกร่อนได้ดี
- 3) สามารถวางท่อในที่โล่งแจ้ง ทนแดด ทนฝนได้
- 4) ไม่ต้องมีการป้องกันการโค้งตัวของท่อมากนัก

ข้อด้อย ท่อเหล็กหล่อมียข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักมาก ทำงานลำบาก ต้องใช้แรงงานมาก
- 2) ไม่สามารถใช้เป็นท่อประปาที่มีแรงดันสูง
- 3) มีราคาสูงและหาซื้อยาก
- 4) การตัดต่อท่อต้องการผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินการ
- 5) วิธีต่อท่อต้องใช้วิธีตะกั่วหยอดลงปากท่อ อาจมีผลกระทบต่อผู้ต่อท่อเนื่องจากพิษของตะกั่วเหลว

6) ไม่ทนต่อสารเคมี จึงไม่ควรนำมาใช้ลำเลียงสารเคมีโดยเฉพาะที่มีความกัดกร่อนรุนแรง เช่น พวกรวด ค่าน เกลือ เป็นต้น

7) ใช้เป็นท่อน้ำร้อนไม่ได้ เพราะความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็วภายในท่อ
ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อเหล็กหล่อได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบผนังท่อบาง (Service , SV) และแบบผนังท่อนหนา (Extra Heavy , XH) โดยมีขนาดตั้งแต่ 50 มม. ถึง 380 มม. ดังแสดงต่อไป นี้ ซึ่งจะมีขนาดความยาวท่อตั้งแต่ 1.5 ม. (5 ฟุต) ถึง 3.0 ม. (10 ฟุต)

มม.	50	80	100	125	150	200	250	300	380
นิ้ว	2	3	4	5	6	8	10	11	12

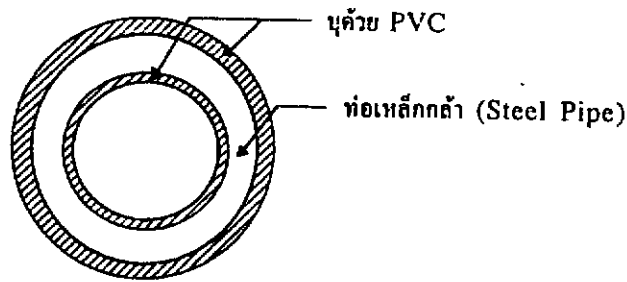
สำหรับมาตรฐานท่อเหล็กหล่อ ทางมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ได้มีการกำหนดมาตรฐานเหล็กหล่อขึ้นมาเป็น มอก. 533-2527 โดยท่อเหล็กหล่อจะมีการกำหนดเครื่องหมายและฉลากของท่อด้วยคือ ที่ท่อทุกท่อนจะมีระบุ 1) ขนาด 2) ความยาว 3) ประเภท โดยให้แถบสีแดงเป็นประเภทผนังท่อนหนา และให้แถบสีน้ำเงินเป็นประเภทผนังท่อบาง 4) ระบุรหัสรุ่นที่ทำ และ 5) ระบุผู้ผลิตและเครื่องหมายการค้า

การเลือกใช้งาน

ท่อเหล็กหล่อนิยมใช้เป็นท่อระบายน้ำโสโครก ท่อระบายน้ำทิ้ง และท่อระบายอากาศเป็นหลัก โดยที่ถ้าต้องการความแข็งแรง ความทนทาน และความมั่นใจก็เลือกท่อเหล็กหล่อกับงานดังกล่าวได้

3.8 ท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซี (PVC-Lined Steel Pipe)

ท่อพีวีซี และท่อเหล็กจะมีจุดด้อยแตกต่างกัน ดังนั้นท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซีจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวทั้งความแข็งแรง และความสามารถทนการสึกกร่อนได้ ซ้ำจุดปัญหาน้ำขุ่นและสนิมปนมากับน้ำประปาได้ ท่อชนิดนี้เป็นท่อใหม่ในวงการท่อสุขาภิบาล ท่อนี้มีลักษณะเป็นท่อเหล็กกล้าโดยมีสารพีวีซี บูทั้งภายในและภายนอกผิวท่อดังแสดงในภาพที่ 1.1 ท่อชนิดนี้ใช้เป็นท่อประปาได้ดี แต่ยังมีใช้กันไม่มากนัก เพราะวิศวกรออกแบบและช่างท่อยังไม่รู้จักกันแพร่หลายนัก



ลักษณะเหล็กดีดของท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซี

ข้อดี ท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) สามารถทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดี
- 2) สามารถทนต่อแรงกดและ แรงกระแทกได้ดี
- 3) มีความแข็งแรงเช่นเดียวกับท่อเหล็ก
- 4) มีอายุใช้งานนาน
- 5) สามารถทนแรงดันของน้ำได้สูง
- 6) สามารถเป็นท่อประปาชายทะเลได้ดี ไม่สึกกร่อน

ข้อด้อย ท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซีมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) ไม่สามารถใช้เป็นท่อน้ำร้อนเพราะจะมีกลิ่น PVC ออกมา
- 2) มีราคาค่อนข้างสูง
- 3) มีน้ำหนักหนักกว่าท่อพลาสติก
- 4) ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อเหล็กกล้าบุด้วยพีวีซีมีขนาดตั้งแต่ 15 มม. จนถึง 150 มม. ดังแสดงดังนี้

มม	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
นิ้ว	1/2	3/4	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6

สำหรับมาตรฐานท่อได้อ้างอิงถึงมาตรฐาน BS 1387-1985 ท่อชนิดนี้น่าจะเป็นที่นิยมใช้กัน
ในขนาดคณันใกล้ และจะมีมาตรฐานเกิดขึ้นสำหรับงานท่อประเภทต่างๆต่อไป

การเลือกใช้งาน

การเลือกใช้ท่อเหล็กกล้าด้วยวิธีที่ยังมีข้อจำกัดกับประเภทกับประเภทงานที่นำมาใช้งานเท่าที่พบท่อชนิดนี้จะใช้กับท่อประปาทั้งในอาคารและนอกอาคาร ส่วนนำไปใช้เป็นท่อประปา งานอื่นๆ ยังไม่ได้มีการนำมาใช้กัน การพิจารณาเลือกใช้ท่อชนิดนี้ ควรคำนึงถึงสภาพงานที่ท่อนี้จะถูกนำไปใช้โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในทางปฏิบัติและราคาติดตั้ง

3.9 ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Steel Pipe)

ท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นท่อที่ผลิตจากเหล็กกล้าชนิด Mild - Carbon Steel เคลือบผิวด้านด้วยสังกะสีเหลว โดยการจุ่มท่อเหล็กลงในอ่างสังกะสีที่ต้มหลอมละลาย ณ อุณหภูมิ 465 เซลเซียส เป็นท่อที่นิยมใช้กันมาชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะในอดีตท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นท่อที่ใช้เป็นท่อประปาในอาคารบ้านเรือนทั่วไป หลังจากมีท่อพีวีซีเกิดขึ้น ท่อเหล็กอาบสังกะสีเริ่มมีการใช้ลดน้อยลง แต่ก็ถือว่ามีผู้นำไปใช้งานท่อมาก แม้กระทั่งนำไปใช้เป็นสายป้าย โครงถักหลังคาทั่วไป ฯลฯ

ข้อดี ท่อเหล็กอาบสังกะสีมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาขอย่อมเยา หาซื้อได้ง่าย
- 2) มีความแข็งแรงทนแรงกระแทกได้สูง
- 3) ใช้เป็นท่อน้ำร้อนได้
- 4) มีอายุใช้งานมากถึง 30 ปี
- 5) การวางท่อใต้พื้นดินหรือพื้นถนนไม่จำเป็นต้องวางลึกมาก เพราะท่อมีความแข็งแรงทนแรงทุกวงผ่านได้
- 6) ถ้าวางท่อใต้อาคารจะแตกหรือหลุดออกมาเนื่องจากการทรุดตัวของอาคาร
- 7) เป็นท่อที่ไม่ติดไฟ ใช้เป็นท่อดับเพลิง

ข้อด้อย ท่อเหล็กอาบสังกะสีมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักมากกว่าท่อพีวีซี
- 2) ผุกร่อน และเกิดตะกรันในท่อน้ำได้ง่าย ทำให้น้ำประปามีสนิมเหล็ก
- 3) ไม่สามารถต้านทานการผุกร่อนได้
- 4) ไม่สามารถใช้ลำเรียงสารเคมีได้
- 5) สังกะสีที่เคยเคลือบท่อจะหลุดออกไปได้ง่าย เมื่อถูกใช้งานมาก
- 6) เป็นท่อที่มีค่าสูญเสียความดันมากกว่าท่อพีวีซี เนื่องจากผิวภายในท่อไม่เรียบและไม่ลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เป็นท่อที่เป็นสื่อไฟฟ้าได้ ดังนั้นเมื่อต่อท่อเข้ากับเครื่องทำน้ำร้อนอาจเกิดไฟรั่วถึงผู้
อาบน้ำได้ พบว่าไฟรั่วตามริมกำแพงห้องน้ำที่ปูกระเบื้องด้วย

8) เป็นท่อที่หักโค้งงอไม่ได้

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อเหล็กอบสังกะสีได้มีใช้กับแพร่หลายในประเทศไทยโดยมีมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม มอก.277-2532 ท่อเหล็กอบสังกะสีได้แบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1) ท่อประเภทที่ 1 มีความหนาของผนังท่อ 1.8 มม. ถึง 3.6 มม.และมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของท่อ 8 มม. ถึง 100 มม. ตามลำดับ มีสีน้ำตาล ดังตารางข้างล่าง

ท่อประเภทที่ 1												
D (มม.)	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	
ความหนาผนังท่อ(มม.)	1.8	1.8	2	2.3	2.6	2.6	2.9	2.9	3.2	3.2	3.6	

2) ท่อประเภทที่ 2 มีความหนาของผนังท่อ 2.3 มม. ถึง 5.0 มม.และมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของท่อ 8 มม. ถึง 150 มม. ตามลำดับ มีสีน้ำเงิน ดังตารางข้างล่าง

ท่อประเภทที่ 2													
D (มม.)	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
ความหนาผนังท่อ(มม.)	2.3	2.3	2.6	2.6	3.2	3.2	3.2	3.6	3.6	4.0	4.5	5	5

3) ท่อประเภทที่ 3 มีความหนาของผนังท่อ 3.2 มม. ถึง 5.4 มม.และมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของท่อ 15 มม. ถึง 150 มม. ตามลำดับ มีสีแดง ดังตารางข้างล่าง

ท่อประเภทที่ 3												
D (มม.)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
ความหนาผนังท่อ(มม.)	3.2	3.2	4	4	4	4.5	4.5	5	5.4	5.4	5.4	

4) ท่อประเภทที่ 4 มีความหนาของผนังท่อ 5.2 มม. ถึง 8.2 มม.และมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของท่อ 65 มม. ถึง 200 มม. ตามลำดับ มีสีเขียว ดังตารางข้างล่าง

ท่อประเภทที่ 4							
D (มม.)	65	80	100	125	150	200	200
ความหนาผนังท่อ (มม.)	5.2	5.5	6	6.6	7.1	7	8.2

การเลือกใช้งาน

การเลือกใช้งานท่อเหล็กอบสังกะสีมีอย่างกว้างขวางมาก โดยเฉพาะในอดีตจะมีใช้กันมาก ท่อนี้นิยมใช้เป็นท่อประปาในอาคาร ท่อระบายน้ำฝนในอาคาร ท่อน้ำดับเพลิงในอาคาร ท่อเหล็กอบสังกะสีมีจุดเด่นคือความแกร่ง และความทนทาน จึงควรนำจุดเด่นนี้มาใช้งาน

3.10 ท่อทองแดง (Copper Piles)

ท่อทองแดงเป็นท่ออีกชนิดหนึ่งที่มีคนใช้กันมาก โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา นิยมใช้ท่อทองแดงเป็นท่อประปา และท่อน้ำร้อนในอาคารบ้านเรือนทั่วไป เนื่องจากท่อนี้มีความทนทานต่อการสึกกร่อน ทนแก๊สแตกได้บ้าง มีน้ำหนักเบา และสามารถตัดโค้งงอได้ง่าย ทำให้เกิดความเรียบร้อย และความรวดเร็วในการเดินท่อ การไหลของน้ำในท่อทองแดงเป็นไปได้สะดวก มีความเสียดทานน้อย เนื่องจากผิภายในท่อเรียบ การต่อท่อมักนิยมใช้การบัดกรีท่อมากกว่าการใช้เกลียว นอกจากนั้นท่อทองแดงยังใช้เป็นท่อระบายน้ำได้ด้วย แต่ไม่นิยมใช้ในประเทศไทยเพราะมีราคาแพง

ข้อดี ท่อทองแดงมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบา ตัดโค้งงอได้ง่าย ติดตั้งง่าย
- 2) มีค่าสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานน้อย
- 3) ใช้เป็นท่อน้ำร้อนได้ดี อาจเป็นท่อที่นิยมใช้เป็นท่อน้ำร้อนมากที่สุด
- 4) มีทั้งแบบท่อแข็งและแบบท่ออ่อนที่ม้วนได้
- 5) ทนได้ทุกสภาพอากาศ และความเค็มได้ดี
- 6) หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด
- 7) ท่อทองแดงดูสวยงาม

ข้อด้อย ท่อทองแดงมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) ราคาสูง
- 2) ไม่มีความแกร่ง บุบบั้งง่าย
- 3) การตัดต่อท่อไม่ง่ายกว่าเหมือนท่อพีวีซี
- 4) มีการขยายตัวสูงกว่าท่อเหล็กอบสังกะสีมาก เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและมาตรฐานของท่อ

ท่อทองแดงสามารถแบ่งออกได้ 5 ชนิด โดยแบ่งตามความหนาของผนังท่อดังนี้

1) ชนิด K มีสีเขียว ใช้กับท่อน้ำประปาทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อนในอาคารและใต้อาคารมีความหนาของผนังท่อ 0.035 นิ้ว ถึง 0.405 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ¼" ถึง 12" ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังหนามาก

ท่อชนิด K									
D (มม.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1¼	1½	2
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.035	.049	.049	.049	.065	.065	.065	.072	.083
D (มม.)	2½	3	3½	4	5	6	8	10	12
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.095	.109	.120	.134	.160	.192	.271	.338	.405

2) ชนิด L มีสีน้ำเงิน ใช้กับท่อน้ำประปาทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อนเหนือพื้นดิน มีความหนาของผนังท่อ 0.030 นิ้ว ถึง 0.280 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ¼" ถึง 12" ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังหนาปานกลาง

ท่อชนิด L									
D (มม.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1¼	1½	2
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.030	.035	.04	.042	.045	.05	.055	.06	.07
D (มม.)	2½	3	3½	4	5	6	8	10	12
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.08	.09	.120	.10	.125	.14	.20	.25	.28

3) ชนิด M มีสีแดง ใช้กับท่อน้ำประปาทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อนเหนือพื้นดิน มีความหนาของผนังท่อ 0.025 นิ้ว ถึง 0.254 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ¼" ถึง 12" ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังปานกลาง

ท่อชนิด M									
D (มม.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1¼	1½	2
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.025	.025	.028	.03	.032	.035	.042	.049	.058
D (มม.)	2½	3	3½	4	5	6	8	10	12
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.065	.072	.083	.095	.109	.122	.17	.212	.251

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ชนิด DWV มีสีเหลือง ใช้กับท่อระบายน้ำทั้ง ท่อระบายน้ำโสโครก ท่ออากาศ ท่อระบายน้ำฝนจากหลังคา วางท่อทั้งบนผิวดินและใต้ดิน มีความหนาของผนังท่อ 0.04 นิ้ว ถึง 0.109 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 1 ¼" ถึง 8" ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังบาง

ท่อชนิด DWV								
D (มม.)	1 ¼	1 ½	2	3	4	5	6	8
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.04	.042	.042	.045	.058	.072	.083	.109

5) ชนิด ACR เป็นท่อทองแดงที่จัดได้ว่าเป็นท่อทองแดงชนิด L ใช้ในท่อน้ำยาในเครื่องปรับอากาศและระบบทำความเย็นมีความหนาของผนัง 0.03 นิ้ว ถึง 0.055 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ¼" ถึง 1 ¼" ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังปานกลาง

ท่อชนิด ACR							
D (มม.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 ¼
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.03	.035	.040	.042	.045	.050	.055

การเลือกใช้งาน

การเลือกใช้งานท่อทองแดงสำหรับท่อสุขาภิบาลในอาคารในประเทศไทย ยังไม่นิยมใช้กันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับในสหรัฐอเมริกาจะมีการใช้มากทั้งท่อประปาท่อก๊าซท่อน้ำร้อน อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ท่อทองแดงมีจุดเด่นคือดูสวยงามมีน้ำหนักเบา มีรอยรั่วยาก คุณภาพน้ำในท่อจะปลอดภัยจากสารพิษ

3.11 ท่อทองเหลือง(Brass Pipes)

ท่อทองเหลืองมีความคล้ายคลึงกับท่อทองแดง สามารถเลือกใช้ท่อทองเหลืองทดแทนท่อทองแดงได้ เพราะท่อทองเหลืองมีราคาถูกกว่าท่อทองแดง เนื่องจากท่อทองเหลืองมีคุณสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกับท่อทองแดง คือเป็นท่อที่ทนการกัดกร่อนได้ ทนน้ำเค็มได้ ทนน้ำร้อนได้ ท่อทองเหลืองทำมาจากส่วนผสมระหว่างสังกะสีกับทองแดง

ข้อดี ท่อทองเหลืองมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาถูกกว่าท่อทองแดง
- 2) หาซื้อได้ง่ายจากท้องตลาด

- 3) ให้เป็นท่อน้ำร้อนได้
- 4) มีอายุใช้งานยาวนาน ดูสวยงามตลอดการใช้งาน
- 5) มีค่าสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานน้อย
- 6) ท่อน้ำร้อน และท่อน้ำเค็ม

ข้อด้อย ท่อทองเหลืองมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) ไม่มีความแกร่งบุบบึ้งง่าย
- 2) มีอัตราการขยายตัวสูง
- 3) การตัดต่อท่อไม่ง่ายกว่าของท่อพีวีซี
- 4) ยังไม่เป็นที่รู้จักในงานท่อสุขาภิบาลในอาคาร

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อทองเหลืองสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด ตามความหนาของผนังท่อต่อไปนี้

- 1) ชนิดท่อมาตรฐาน (Standard Brass Pipes) มีความหนาของผนังท่อ 0.062 นิ้ว ถึง 0.375 นิ้ว และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 1/8" ถึง 12 "ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังหนามาก

ท่อมาตรฐาน									
D (มม.)	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 ¼	1 ½	2
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.062	.082	.09	.107	.144	.126	.146	.150	.156
D (มม.)	2 ½	3	3 ½	4	5	6	8	10	12
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.187	.219	.250	.250	.250	.250	.312	.365	.375

- 2) ชนิดท่อหนาพิเศษ (Extra - heavy Brass Pipe) มีความหนาของผนังท่อ 0.10 นิ้ว ถึง 0.50 นิ้ว และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 1/8" ถึง 12 "ตามลำดับ ดังตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นท่อผนังหนาพิเศษ

ท่อหนาพิเศษ									
D (มม.)	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 ¼	1 ½	2
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.10	.123	.127	.149	.157	.182	.194	.203	.221
D (มม.)	2 ½	3	3 ½	4	5	6	8	10	
ความหนาผนังท่อ (มม.)	.28	.304	.321	.341	.375	.437	.50	.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้งาน

การเลือกใช้ท่อทองเหลืองสำหรับท่อสุขาภิบาลในอาคารในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้กันมากนัก แต่ในงานท่อน้ำยาแอร์ที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศในบ้านจะมีใช้กันมาก

3.12 ท่อไฟเบอร์กลาส (Fiberglass Pipes)

ท่อไฟเบอร์กลาสเป็นท่อที่ทำด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสยึดติดกันด้านกาว Epoxy สามารถรับอุณหภูมิได้ถึง 90 ช. เป็นท่อที่ความทนต่อสารเคมี เกลือ น้ำร้อน ไฟ และคลอรีน ท่อไฟเบอร์กลาสสามารถใช้เป็นท่อน้ำเสียได้ เพราะสามารถทนทานกรด H₂SO₄ จากน้ำเสียได้ดี และใช้เป็นท่อประปาและท่อน้ำร้อนได้ดี ยังไม่สามารถใช้เป็นท่อน้ำดับเพลิงได้ด้วย

ข้อดี ท่อไฟเบอร์กลาสมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีน้ำหนักเบา วางท่อได้ง่าย
- 2) ใช้ท่อระบายน้ำเสีย ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำประปา ท่อลำเลียงสารเคมีได้
- 3) มีราคาสูงมาก
- 4) ทนได้ทุกสภาพอากาศและทนความเค็มได้ดี
- 5) มีอายุใช้งานยาวนาน

ข้อด้อย ท่อไฟเบอร์กลาสมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) เป็นท่อแข็ง ดัดโค้งงอไม่ได้
- 2) ไม่มีขนาดท่อเล็กกว่า 2"
- 3) ยังไม่เป็นที่รู้จักในวงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและช่างสุขาภิบาล
- 4) การตัดต่อท่อทำได้ยาก ต้องอาศัยผู้ชำนาญพิเศษ
- 5) หาซื้อไม่ได้ตามท้องตลาดทั่วไป

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อไฟเบอร์กลาสมีขนาดตั้งแต่ 2" (50 มม.) ถึง 40" (1000 มม.) แต่ในต่างประเทศอาจผลิตท่อชนิดนี้ใหญ่กว่า 1000 มม. โดยมาตรฐานท่ออาจใช้ ASTM AWWA และอื่นๆ รายละเอียดของขนาดท่อที่มีดังแสดงในตารางดังนี้

มม.	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1000
นิ้ว	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานท่อสุขาภิบาลในอาคารของท่อไฟเบอร์กลาสค่อนข้างยากเพราะไม่เป็นที่นิยมใช้กัน และไม่มีผู้แนะนำผลิตภัณฑ์ท่อ แต่ในงานอุตสาหกรรมอาจมีการใช้งานมากกว่าในอาคารทั่วไป

3.13 ท่อแก้ว (Glass Pipes)

ท่อแก้วเป็นท่อที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นท่อที่ทนสารเคมีที่เป็นกรด เป็นต่างรุ่นแรงมาก และเป็นท่อน้ำร้อนได้ดีมาก ท่อแก้วเป็นท่อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีได้เป็นอย่างดี มีอายุใช้งานยาวนาน แต่เป็นท่อที่มีราคาแพงมาก ท่อแก้วอาจเป็นท่อที่ทำด้วยไพเรกซ์ (Pyrex Pipes) เป็นท่อที่มีความใส สามารถมองเห็นสารที่ไหลได้อย่างชัดเจน เป็นท่อที่ทนแรงดันภายในได้ถึง 3.4 บรรยากาศ และสามารถทนความร้อนได้ถึง 230 องศาเซลเซียส

ข้อดี ท่อแก้วมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) ทนสารเคมีได้ดีมาก เหมาะสมกับการใช้ท่อระบายน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการเคมี
- 2) มีอายุยาวนานมาก
- 3) มีค่าสูญเสียความดันน้อยเนื่องจากผิวภายในท่อเรียบและลื่น
- 4) สามารถมองเห็นสารหรือน้ำทิ้งที่ไหลในท่ออย่างชัดเจน
- 5) ไม่กัดกร่อน ไม่สึกกร่อน

ข้อด้อย ท่อแก้วมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาแพงมาก
- 2) ทนแรงกระแทกมากไม่ได้ อาจเกิดแตกได้
- 3) การติดตั้งท่อต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญท่อแก้วเป็นพิเศษ
- 4) ควรติดตั้งตะแกรงหรือเหล็กฉากหุ้มรอบท่อเพื่อป้องกันการกระแทก

ถ้ามีแรงดันเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างกะทันหันบ่อยๆ อาจเกิดแตกได้ จึงควรติดตั้งวาล์ว ลดแรงดันเพื่อปัญหาดังกล่าว

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อแก้วมีขนาดตั้งแต่ 1" (25 มม.) ถึง 6" (150 มม.) รายละเอียดของขนาดท่อมีดังแสดงในตารางข้างล่าง

มม.	25	40	50	80	100	150
นิ้ว	1	1½	2	3	4	6

การเลือกใช้งาน

ในการเลือกใช้งานของท่อแก้วจะไม่ยากมากนัก เพราะมีความสามารถของท่อเป็นพิเศษคือจะใช้เป็นท่อระบายน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการเคมี และใช้เป็นทอลำเลียงสารเคมีในโรงงานต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นคุณสมบัติพิเศษของท่อแก้วจึงเป็นปัจจัยในการเลือกใช้ท่อแก้วนี้

3.14 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Pipes)

ท่อซีเมนต์ใยหินเป็นท่อที่ผลิตโดยเอาใยหินมาผสมกับน้ำกับซีเมนต์ กวนจนเข้ากันดี และนำมาซ้อนกันเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะถูกกลึงอัดตามวิธีอัดจนได้ความหนาตามที่ต้องการ แล้วจึงนำมามาบ่มน้ำ เพื่อให้ความแข็งแรงของท่อแข็งแรงมากขึ้น ท่อซีเมนต์ใยหินมีอยู่สองชนิด ได้แก่ ท่อธรรมดา และท่อทนซัลเฟตได้สูง ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนซัลเฟตได้สูงนิยมใช้วางท่อประปาหรือท่อวางน้ำทิ้ง บริเวณชายทะเล หรือบริเวณที่มีดินเค็ม

ข้อดี ท่อซีเมนต์ใยหินมีข้อดีดังต่อไปนี้

- 1) มีราคาถูก
- 2) มีน้ำหนักเบา
- 3) หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด
- 4) ไม่สื่อไฟฟ้า และไม่สื่อความร้อน
- 5) เป็นท่อที่ผลิตได้ในประเทศ ด้วยการใช้อุบัติภัณฑ์ที่มีในประเทศ

ข้อด้อย ท่อซีเมนต์ใยหินมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- 1) กัดกร่อนได้มาก ทำให้เกิดแตกได้ง่าย
- 2) มีอายุใช้งานไม่เกิน 10 ปี
- 3) ทนแรงกระแทกได้น้อย ซึ่งไม่เหมาะที่จะวางท่อใต้ถนน
- 4) ถ้าใช้เป็นท่อประปา คุณภาพน้ำประปาจะไม่ดี
- 5) ไม่มีขนาดเล็กกว่า 100 มม.

ขนาดและมาตรฐานท่อ

ท่อซีเมนต์ใยหินได้แบ่งออกเป็น 5 ชั้นคุณภาพดังต่อไปนี้

- 1) ชั้น 5 ทนความดันได้ 5 กก. ต่อ ตร.ซม. หรือ 50 ม. น้ำ
- 2) ชั้น 10 ทนความดันได้ 10 กก. ต่อ ตร.ซม. หรือ 100 ม. น้ำ
- 3) ชั้น 15 ทนความดันได้ 15 กก. ต่อ ตร.ซม. หรือ 150 ม. น้ำ
- 4) ชั้น 20 ทนความดันได้ 20 กก. ต่อ ตร.ซม. หรือ 200 ม. น้ำ

5) ชั้น 25 ทนความดันได้ 25 กก. ตอ ตร.ขม. หรือ 250 ม. น้ำ
 ชั้นคุณภาพทั้ง 5 ชั้น จะมีขนาดท่อดังแสดงตารางต่อไปนี้ โดยท่อจะความยาวท่อ 4 ม.
 และ 5 ม. ซึ่งควรมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.81-2529 ของท่อประปา มอก.621-2529 ของท่อ
 ระบายน้ำภายในอาคาร และ มอก.622-2529 ของท่อระบายน้ำทั่วไป

ชั้นคุณภาพ	ขนาดท่อซีเมนต์ใยหิน,มม.							
ชั้น 5	-	-	200	250	300	400	500	600
ชั้น 10	-	-	200	250	300	400	500	600
ชั้น 15	100	150	200	250	300	400	500	600
ชั้น 20	100	150	200	250	300	400	500	600
ชั้น 25	100	150	200	250	300	400	500	600

การเลือกใช้งาน

การเลือกใช้ท่อซีเมนต์ใยหินจะค่อนข้างง่าย เพราะมีจุดเด่นของท่อเองมีราคาถูก มีน้ำหนักเบาและหาซื้อได้ง่าย งานที่จะเลือกใช้ท่อนี้มีอยู่ 2 ประเภทคือ เป็นท่อประปาและท่อระบายน้ำ แม้ว่าหลายแห่งจะพยายามหลีกเลี่ยงใช้ท่อซีเมนต์ใยหินเป็นท่อประปาเนื่องจากเป็อันตรายต่อสุขภาพของคนใช้น้ำเป็นน้ำดื่ม แต่เมื่อมีงบประมาณจำกัดจึงต้องหันกลับมาใช้ท่อซีเมนต์ใยหินเป็ท่อประปาแทน

4. การกระแทกของน้ำ (Water Hammer)

4.1 การกระแทกของน้ำ

การกระแทกของน้ำภายในท่อเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่ทำให้ท่อน้ำเสียหายเร็วขึ้น นอกจากนี้ จะทำให้ท่อเสียหายแล้วยังก่อให้เกิดเสียงดังจนเป็นที่น่ารำคาญอีกด้วย การกระแทกของน้ำเป็น ความดันที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำที่ไหลอยู่ภายในท่อถูกทำให้หยุดลงอย่างกะทันหัน เช่น การปิดวาล์วน้ำ อย่างรวดเร็ว

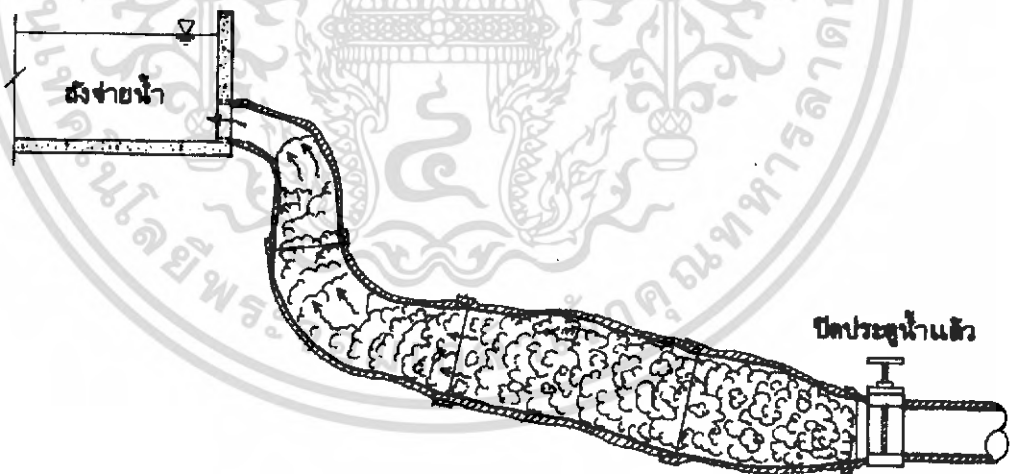
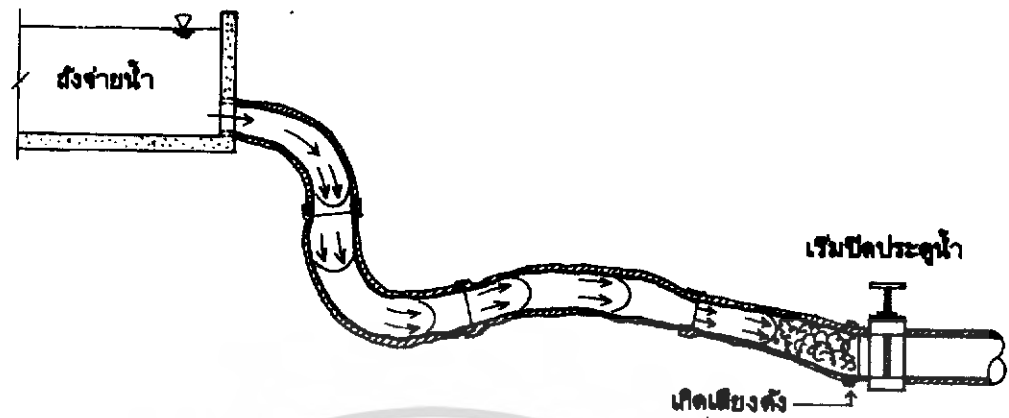
เมื่อปลายท่อถูกปิดลงอย่างกะทันหัน ความเร็วของน้ำจะกระแทกที่ปลายปิด เป็นผลทำ ให้เกิดความดันสูงที่ปลายปิด เนื่องจากน้ำเป็นของไหลที่อัดตัวได้น้อยมาก ความดันนี้จะทำให้ท่อน้ำขยายตัว คลื่นของความดันจะเคลื่อนที่จากปลาย A กลับไปทางปลาย B ดังภาพ ด้วยความเร็ว เท่ากับความเร็วเสียงของน้ำ และท่อจะหดตัวลง เมื่อท่อคลื่นความดันเคลื่อนที่ไปยังสุดปลาย B แล้วจะสะท้อนกลับมายังปลาย A ใหม่ การเคลื่อนที่ที่กลับไปกลับมาของคลื่นความดันนี้ทำให้เกิด การกระแทกของน้ำขึ้น จนกว่าพลังงานของคลื่นความดันจะถูกดูดกลืนไปหมดโดยการขยายตัว และหดตัวของท่อ

ความจริงการกระแทกของน้ำเองจะไม่เกิดเสียงดัง แต่การที่คลื่นความดันเปลี่ยนทิศทาง กลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ท่อและอุปกรณ์ที่แขวนหรือยึดท่อได้จึง เป็นผลให้เกิดเสียงดังขึ้น การคำนวณระดับความดันที่เพิ่มขึ้นจากการกระแทกของน้ำในระบบ ระบายท่อภายในอาคารค่อนข้างลำบาก ทั้งนี้เพราะระบบท่อน้ำของอาคารประกอบด้วยแยก มากมาย แต่เราอาจจะประมาณขนาดของความดันนี้ได้อย่างหยاب ๆ ได้จากสูตร

$$P = 1.48 V$$

เมื่อ $P =$ ความดันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการกระแทกน้ำของบาร์

$V =$ ความเร็วของน้ำ m/s



ลักษณะการเกิดการกระแทกของน้ำภายในท่อประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การป้องกันการกระแทกของน้ำ

การป้องกันการกระแทกของน้ำทำได้โดยการจัดหาอุปกรณ์ที่สามารถดูดกลืนพลังงานที่เกิดจากคลื่นความดันมาติดตั้งในระบบท่อ ณ ตำแหน่งที่เหมาะสม อากาศเป็นของไหลที่สามารถดูดกลืนความดันได้ดีที่สุด เพราะอากาศสามารถที่จะยุบตัวในการรับความดันได้มาก อุปกรณ์ที่ง่ายที่สุดสำหรับดูดกลืนความดันเรียกว่า ห้องอากาศ (Chamber) ซึ่งเป็นท่อต่อจากท่อน้ำที่จ่ายไปให้แก่เครื่องสูชกัณฑ์ ห้องอากาศชนิดนี้จะเป็นท่อที่มีขนาดเท่ากับท่อแยกเครื่องสูชกัณฑ์และควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. ในระยะแรกของการของการติดตั้งจะมีอากาศอยู่ในห้องอากาศ แต่เมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลานานอากาศนี้จะละลายไปกับน้ำจึงควรมีการเติมอากาศเข้าไปใหม่ วิธีการเติมอากาศกระทำได้โดยการปิดวาล์วของท่อที่จ่ายน้ำให้แก่ท่อแยกนี้ แล้วจึงค่อยเปิดก๊อกของเครื่องสูชกัณฑ์ อากาศภายนอกก็จะถูกเติมไปเข้าไปยังห้องอากาศใหม่

การใช้ห้องอากาศนี้เป็นวิธีการซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ก็ต้องมีการดูแลเป็นระยะๆ ในงานระบบท่อน้ำได้ผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับป้องกันการกระแทกของน้ำออกมามากหลายชนิด อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องการการดูแลรักษาเลย แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนก็จะสูงขึ้นด้วย ส่วนใหญ่จะมีหลักการทำงานโดยอาศัยความยืดหยุ่นของอุปกรณ์ส่วนที่จะมาดูดกลืนพลังงาน เช่น แบบ Below แบบ Diaphragm และแบบขดลวดทองแดง เป็นต้น

5. ระบบการจ่ายน้ำใช้

5.1 แหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ

น้ำทุกประเภทที่มีอยู่ในโลก ประกอบด้วยน้ำทะเล 97% และน้ำจืดมีเพียง 3% เท่านั้น โดยที่น้ำจืด 3% นี้จะประกอบด้วยแหล่งน้ำต่าง ๆ ดังนี้

75% เป็นของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก

25% เป็นของน้ำบาดาล

0.3% เป็นของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

0.06% เป็นพวกความชื้นในดิน

0.035% เป็นพวกที่มีอยู่ในบรรยากาศ

0.03% เป็นของน้ำในแม่น้ำ คลอง ลำธาร

จากการประมาณการพบว่า น้ำจืดทั้งหมดที่มีอยู่ในโลก มีเท่ากับ 42 ล้าน ลบ.กิโลเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาตัวเลขแล้วมีมาก แต่มีเป็นจำนวนมากที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากได้กลายเป็นสภาพเป็นน้ำเสียเน่าเหม็น และยิ่งนานปีเข้าน้ำเสียจะมีแต่เพิ่มปริมาณขึ้น แม้ว่าจะมีระบบบำบัดน้ำเสียบ้างแล้วก็ตาม แต่มีเป็นจำนวนน้อยมาก ดังนั้นยิ่งนานปีเข้าไม่เพียงแต่ต้องมีปริมาณน้ำจืดที่พอเพียง แต่ต้องมีคุณภาพของน้ำจืดที่ดีด้วย

แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นในธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

1) น้ำจากบรรยากาศ คือ น้ำที่ได้มาจากบรรยากาศเหนือพื้นโลก ซึ่งอยู่ในรูปลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น น้ำฝน ลูกเห็บ น้ำค้าง เป็นต้น ในแหล่งน้ำนี้จะเป็นน้ำฝนที่จัดว่าเป็นน้ำธรรมชาติที่มีความสะอาด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับที่รองรับน้ำฝน รวงน้ำฝน และภาชนะเก็บกักน้ำฝน ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้น้ำฝนสำหรับอุปโภค และบริโภค จำเป็นต้องทราบถึงสภาพของบรรยากาศในบริเวณนั้น ๆ ด้วย เช่น ฝุ่นละออง เขม่าควัน เป็นต้น

2) น้ำผิวดิน คือ น้ำที่มาจากแม่น้ำ ลำธาร หนอง บึง ทะเลสาบ ทะเล และมหาสมุทร เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปริมาณมากที่สุด มากกว่าน้ำในบรรยากาศและน้ำใต้ดินรวมกัน แต่น้ำผิวดินโดยมากแล้ว ไม่สามารถที่จะใช้ได้อย่างปลอดภัย ต้องผ่านกระบวนการผลิตประปาเสียก่อนคุณภาพของน้ำผิวดินมีตั้งแต่ น้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้โดยเพียงผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา ด้วยวิธีแยกตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำเท่านั้น เช่น เติมน้ำสารส้มลงในน้ำดิบ จนถึงน้ำสกปรกและน้ำที่มีแร่ธาตุ เกลือ สารเคมี ต่าง ๆ ละลายปนอยู่ด้วยมากมาย ก็สามารถนำมาผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาได้ แต่ต้องใช้วิธีที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาที่สูงมาก อาจไม่คุ้มกับการนำน้ำดิบมาผลิต

3) น้ำใต้ดิน คือ น้ำที่อยู่ในชั้นดินของพื้นผิวโลก โดยมีต้นกำเนิดมาจากน้ำในบรรยากาศและน้ำผิวดิน โดยปกติ น้ำใต้ดินมีคุณภาพที่อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ โดยเฉพาะเป็นน้ำใต้ดินที่มาจากบ่อน้ำและบ่อน้ำบาดาล น้ำใต้ดินจะมีความใสปราศจากตะกอน ความขุ่น แต่อาจมีแร่ธาตุและสารเคมีอื่น ๆ ละลายปะปนอยู่ในน้ำมากกว่าของน้ำผิวดิน เนื่องจากการละลายในขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินชั้นต่าง ๆ สำหรับการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังต่อไปนี้

- บ่อน้ำใต้ดิน (ลึกประมาณไม่เกิน 6 เมตร)
- บ่อน้ำลึก (ลึกประมาณไม่เกิน 6 เมตร)
- บ่อตอก
- บ่อเจาะ
- น้ำซึม (Infiltration galleries)
- น้ำพุ
- บ่อน้ำบาดาล

คุณภาพของน้ำ

น้ำประปาที่จะใช้นั้น ต้องมีคุณภาพดี เหมาะสมกับการนำไปใช้อุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย สำหรับการพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำประปา จะพิจารณาทั้งสามคุณลักษณะ ดังนี้ คือ

1. คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น สี กลิ่น รส ปริมาณตะกอนต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำประปาได้ระดับหนึ่ง
2. คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ แร่ธาตุและสารเคมีต่าง ๆ ที่ทั้งละลายหรือไม่ละลายในน้ำ โดยอาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แร่ธาตุและสารเคมีต่าง ๆ บางชนิดไม่ควรให้มีอยู่ในน้ำประปา เช่น ไซยาไนต์ สารหนู เป็นต้น ดังนั้นผู้ออกแบบท่อประปาจำเป็นต้องทราบว่าน้ำประปาที่ไหลอยู่ในท่อมีแร่ธาตุหรือสารเคมีอะไรบ้าง เพื่อจะได้ปรับปรุงคุณภาพของน้ำประปาให้ได้มาตรฐานโดยจะได้ไม่เกิดการสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
3. คุณลักษณะทางชีวภาพ น้ำประปาต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ปะปนอยู่ แม้ว่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ บางตัวอาจไม่ทำให้เกิดโรคและบางตัวจะทำให้เกิดโรค แต่เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้อาจทำให้เกิดรส กลิ่น สี ที่ไม่ได้มาตรฐานก็ได้ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องนำตัวอย่างน้ำไปตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ จึงจะทราบได้ว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์มากน้อยเพียงใด แต่การตรวจสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอหิวาตกโรค โทฟอยด์ บิด ฯลฯ ก็มีความยุ่งยากในการ

ตรวจสอบมาก ในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มที่เรียกว่า กลุ่มโคลิฟอร์ม (Coli form group) เป็นดัชนีที่จะบ่งชี้ว่ามีเชื้อโรคอยู่ในน้ำหรือไม่ เนื่องจากเชื้อโรคโคลิฟอร์มเป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดในลำไส้ของคนและสัตว์ ดังนั้นถ้าพบว่ามีเชื้อโคลิฟอร์มอยู่ ก็แสดงว่าน้ำนั้นมีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคอื่น ๆ จากลำไส้ของคนและสัตว์ หรือแสดงว่าน้ำนั้นอาจมีจุลจากระปนเปื้อนอยู่

น้ำประปาต้องมีคุณภาพที่ดีไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ดื่มและผู้ใช้ ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดเป็นมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาหรือน้ำดื่มขึ้น องค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดื่มไว้เพื่อเป็นแนวปฏิบัติสำหรับประเทศต่าง ๆ ทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบ	ความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ (มก. / ลิตร)
ของแข็งทั้งหมด	1500
สี	50 หน่วย
ความขุ่น	25 หน่วย
รส	ไม่ควรมีมาก
กลิ่น	ไม่ควรมีมาก
คลอไรด์	600
เหล็ก	1.0
แมงกานีส	0.5
ทองแดง	1.5
สังกะสี	15
แคลเซียม	200
แมกนีเซียม	150
ซัลเฟต	400
ฟีนอล	0.002
ตะกั่ว	0.05
สารหนู	0.05
เฮลเลเนียม	0.01
โครเมียม (Hexavalent)	0.05
ไซยาไนด์	0.2
แคดเมียม	0.01
แบเรียม	1.0
โคลิฟอร์ม	ไม่ควรมี

มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะ	น้ำประเภทต่าง ๆ				
	น้ำประปา	น้ำฝน	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	น้ำทะเล
ทางกายภาพ					
Total Dissolved Solids (TDS) , มก./ลิตร	200	25	250	150	35,000
ความขุ่น , NTU	<0.1	0	<0.5	10	5
สี , หน่วยสี	0	0	5	50	5
ทางเคมี					
BOD5 , มก./ลิตร	0	0	0	2	2
TOC , มก./ลิตร	0.5	0.2	0.5	3	1
แอมโมเนีย , มก./ลิตร ของ N	0.05	0.05	0.1	0.2	-
ไนโตรเจนทั้งหมด , มก./ลิตร ของ N	-	-	5	3	0.5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด , มก./ลิตร ของ P	-	-	0.01	0.05	0.1
ความกระด้าง , มก./ลิตร ของ CaCO3	90	25	120	90	-
Alkalinity , มก./ลิตร ของ CaCO3	80	20	150	100	-
pH	8	7	7.5	7.5	7.9
แคลเซียม , มก./ลิตร	30	6	40	30	400
แมกนีเซียม , มก./ลิตร	3	2	5	3	1,350
โซเดียม , มก./ลิตร	20	5	5	20	10,500
โปแตสเซียม , มก./ลิตร	-	-	2	2	350
เหล็ก , มก./ลิตร	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1
ไมคาร์บอนเนต , มก./ลิตร	80	18	120	90	150
คลอไรด์ , มก./ลิตร	25	4	10	20	2,800
ซัลเฟต , มก./ลิตร	20	0.1	5	0.5	-
ไนเตรท , มก./ลิตร	1	-	0.1	5	0.5
ฟลูออไรด์ , มก./ลิตร	2	-	0.1	0.2	1
ซิลิกา (SiO2) , มก./ลิตร	5	1	10	5	20
ทางชีวภาพ					
โคลิฟอร์ม , MPN/100 มล.	1	0	100	2,000	-
ไวรัส , pfu/100 มล.	0	0	1	10	0

คุณลักษณะของน้ำประเภทต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้เข้าใจถึงคุณภาพของน้ำ โดยเฉพาะคุณภาพของน้ำประปาแล้ว น้ำประปาที่จ่ายไปตามเครื่องสูทชนิดต่าง ๆ อาจใช้คุณภาพที่แตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานใช้น้ำประปานั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้เลือกใช้น้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมกับงานนั้น และยังช่วยประหยัดน้ำประปาอีกด้วย

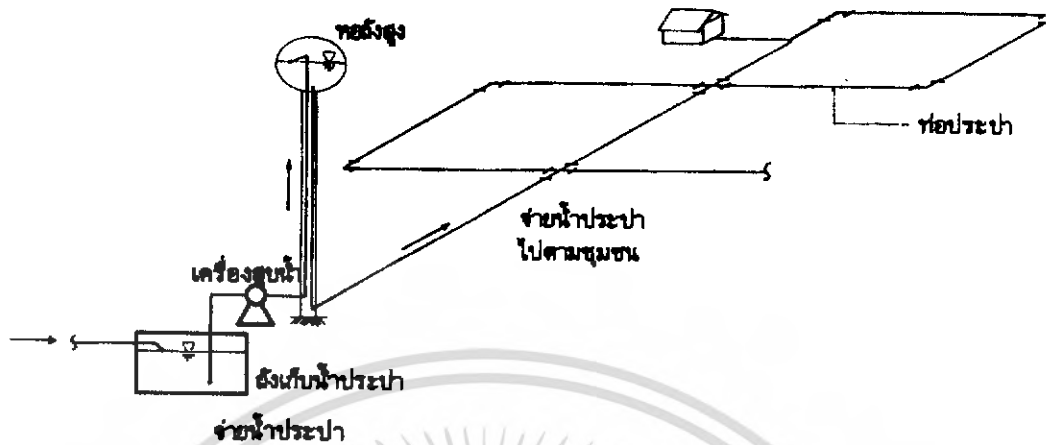
ประเภทงาน	คุณภาพน้ำประปาที่ควรมี
อาบน้ำ	น้ำสะอาดดื่มได้
น้ำดื่มและน้ำสำหรับปรุงอาหาร	น้ำสะอาดดื่มได้
ซักผ้า	น้ำมีความกระด้างน้อย
รดน้ำต้นไม้	น้ำไม่เน่าเสีย
น้ำร้อนภายในอาคาร	น้ำมีความกระด้างน้อย
สระว่ายน้ำ	น้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรค
หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)	น้ำมีความกระด้างน้อย
น้ำดับเพลิง	น้ำไม่เน่าเสีย

การเลือกใช้คุณภาพน้ำประปา

5.2 ระบบแจกจ่ายน้ำประปา

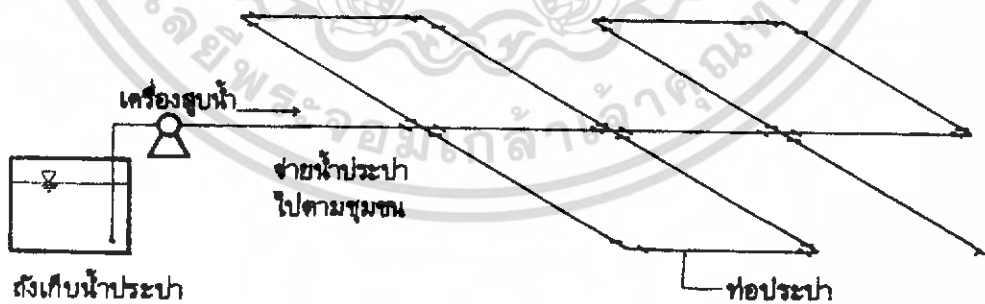
ระบบแจกจ่ายน้ำประปาเป็นการแจกจ่ายน้ำประปาตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปาแจกจ่ายไปยังชุมชนทั่วถึงอาคาร โดยวิธีการแจกจ่ายน้ำประปามีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือใช้หลายวิธีในระบบแจกจ่ายหนึ่ง ๆ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่หรือปัจจัยอื่น ๆ วิธีแจกจ่ายน้ำมีด้วยกันหลายวิธีดังนี้

1) วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก วิธีนี้อาศัยหลักการว่าระดับน้ำประปาจากแหล่งเก็บน้ำที่อยู่สูงกว่าชุมชนมากเพียงพอที่ทำให้น้ำประปาไหลจากแหล่งเก็บน้ำไปตามท่อประปาได้อย่างดี คือ มีทั้งความเร็วของน้ำไหล ความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสมไม่มากหรือน้อยจนเกินไป วิธีนี้โดยมากจะอาศัยความสูงระดับปกติและหอถังสูง เพื่อเป็นจุดที่ปล่อยน้ำประปาสำหรับแจกจ่ายน้ำไปรอบ ๆ บริเวณ วิธีแจกจ่ายน้ำประปานี้เป็นวิธีที่น่าพอใจที่สุดวิธีหนึ่งเพราะถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปาแบบนี้ยังคงสามารถจ่ายน้ำได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจได้นานถึงหนึ่งหรือสองวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของหอถังสูงหรือแหล่งเก็บน้ำนั้น



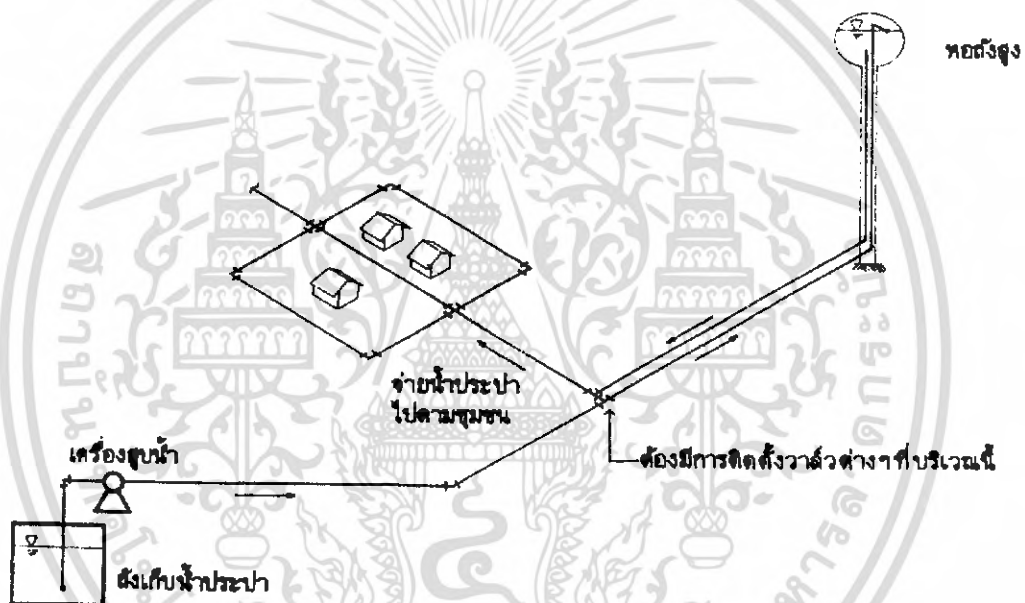
ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้ท่อน้ำสูง

2) วิธีสูบน้ำจ่ายน้ำโดยตรง วิธีนี้อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำประปาไปตามท่อประปาของระบบโดยตรง การควบคุมความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่อ จะถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประปาที่ออกแบบไว้แล้ว ระบบจ่ายน้ำประปาวิธีนี้ไม่ต้องใช้ท่อน้ำสูงแต่จะมีถังน้ำเก็บน้ำประปาไว้ เพื่อให้เครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำไปแจกจ่ายตามชุมชน โดยอาจมีขนาดความดันภายในท่อประปาไม่คงที่ มีการแปรเปลี่ยนบ่อยครั้ง ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับก็ไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาไปตามชุมชนได้เลยในทันที ทำให้เป็นข้อเสียหลักของระบบนี้



ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบน้ำจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบน้ำ

3) วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ทั้งหอถังสูงร่วมกับเครื่องสูบน้ำ วิธีนี้คือการนำวิธี (1) และ (2) มาใช้ร่วมกันดังแสดงในภาพ วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก การแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบน้ำไปยังหอถังสูง พร้อมกับนั้นอีก ณ ตำแหน่ง จะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาให้ด้วย ข้อดีของระบบนี้คือสามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมาก ๆ ได้ อย่างเช่น ขณะเกิดเพลิงไหม้ขึ้นสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณมาก ๆ ทั้งของเครื่องสูบน้ำและหอถังสูงพร้อม ๆ กัน โดยมีถังเก็บน้ำประปาอยู่ 2 แห่ง วิธีนี้สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังหอถังสูงได้ คือ อาจจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียว หรือใช้หอถังสูงอย่างเดียวก็ได้ อย่างเช่น ในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำใช้มากก็อาจใช้ทั้ง 2 ระบบ หรือในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำใช้น้อย ก็อาจใช้เพียงระบบเดียว

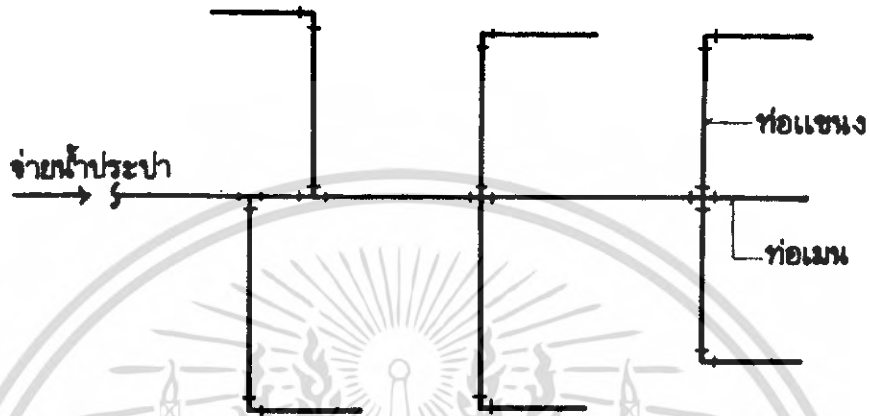


ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบน้ำร่วมกับหอถังสูง

สำหรับหอแจกจ่ายน้ำประปาของบริเวณชุมชนจำเป็นต้องพิจารณาเลือกออกแบบระบบหอแจกจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับสภาพชุมชน โดยระบบหอแจกจ่ายน้ำประปาจะสามารถแยกออกเป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ ดังนี้

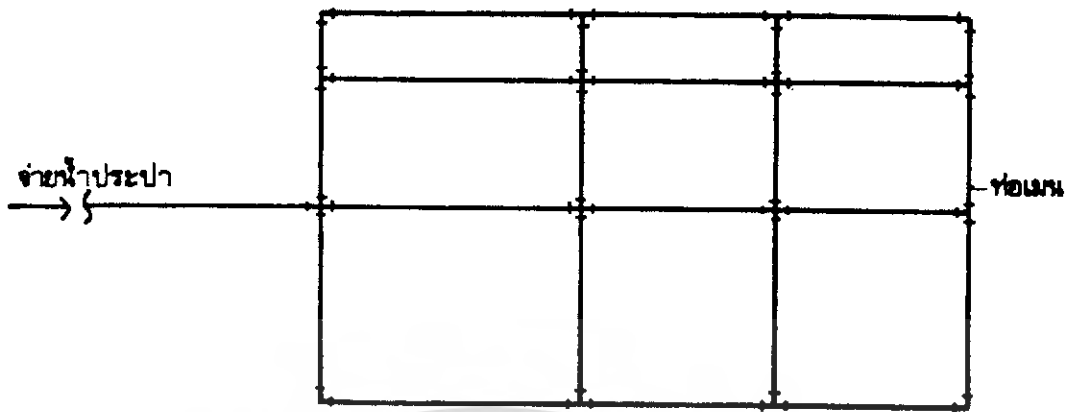
1) ระบบแขนง (Branching System) ระบบแขนงเป็นระบบท่อที่เดินแยกออกเป็นแขนงดังแสดงในภาพที่ เหมาะสมกับชุมชนขนาดเล็ก เช่น หมู่บ้านจัดสรร กลุ่มชุมชนทั่วไป เป็นต้น ข้อดีของระบบแขนงคือ มีราคาติดตั้งเดินท่อไม่สูง ง่ายต่อการคำนวณออกแบบระบบท่อ สำหรับ

ข้อเสียคือ มีน้ำประปาขังแช่อยู่ในระบบท่อโดยอาจไม่มีการไหลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำประปาในขณะที่อยู่ภายในท่อ หรือเกิดตะกอนสะสมอยู่ภายในท่อมาก และถ้าต้องการทำการซ่อมแซมท่อบางส่วนในระบบอาจจำเป็นต้องปิดประตูน้ำ หยุดการจ่ายน้ำประปาในบริเวณข้าง



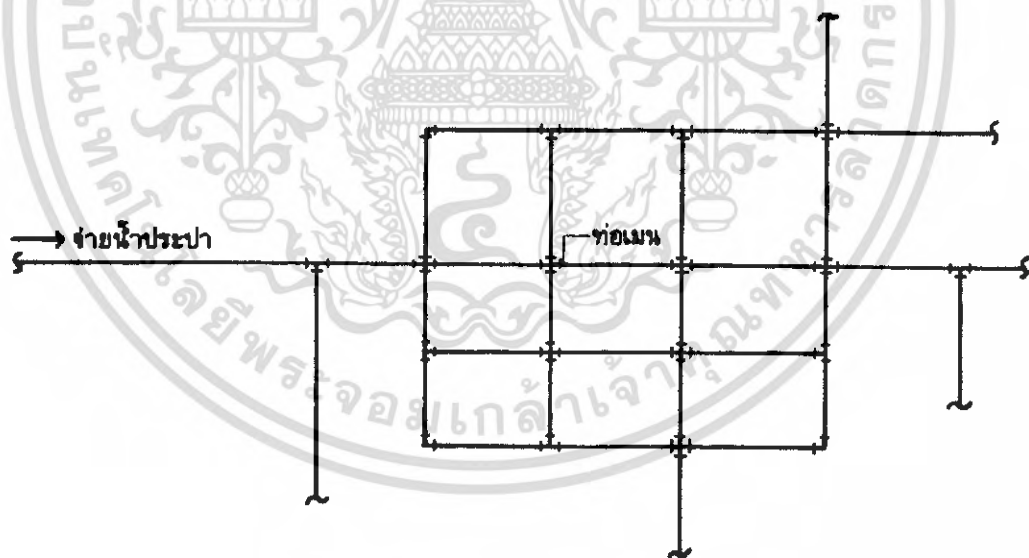
การแจกจ่ายน้ำประปาแบบระบบแขนง

2) ระบบตาข่าย (Loop System) ระบบตาข่ายเป็นระบบท่อที่เดินเป็นตาข่ายวงจรมีจุด ดังแสดงในภาพที่ เหมาะสมกับชุมชนขนาดใหญ่ ข้อดีของระบบนี้คือ จะมีการไหลของน้ำประปาสม่ำเสมอตลอดเวลาภายในท่อ ไม่ค่อยมีตะกอนขังแช่อยู่ภายในท่อ ไม่ค่อยมีตะกอนขังแช่อยู่ภายในท่อ ปัญหาการอุดตันจึงไม่ค่อยพบ ในขณะที่ทำการซ่อมแซมส่วนหนึ่งส่วนใดของท่อก็ไม่จำเป็นต้องหยุดการจ่ายน้ำประปาไปเกือบทั้งระบบ สามารถปิดประตูน้ำเฉพาะบริเวณที่จะทำการซ่อมแซมท่อประปาได้ สำหรับข้อเสียของระบบนี้คือ ราคาติดตั้งเดินท่อสูงกว่าของระบบแขนง การคำนวณออกแบบระบบท่อควรใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จึงสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็วและแม่นยำ จำนวนวาล์วต่าง ๆ ของระบบท่อจะมีมากกว่าของระบบแขนง และความยาวของท่อประปาจะมีความยาวมากกว่าของระบบท่อแขนง



การแจกจ่ายน้ำประปาแบบระบบตาข่าย

3) ระบบแขนงร่วมกับระบบตาข่าย (Combination System) ระบบนี้เป็นระบบที่มีทั้งแบบแขนงและแบบตาข่ายอยู่ในระบบแจกจ่ายน้ำประปาหนึ่ง โดยบางบริเวณอาจใช้ระบบแขนง และบางบริเวณอาจใช้ระบบตาข่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของวิศวกรออกแบบ หรืออาจเป็นระบบที่เกิดจากการขยายโครงการจัดสรรต่อจากบริเวณเดิมที่มีอยู่แล้ว



การแจกจ่ายน้ำประปาแบบระบบแขนงร่วมกับระบบตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณออกแบบระบบแจกจ่ายน้ำประปา ควรมีอัตราไหลและความดันที่เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้มีปริมาณของน้ำประปาที่พอเพียงแก่ชุมชนนั้น ๆ ตลอดเวลา ต่อไปนี้เป็นข้อมูลทางวิศวกรรมที่ควรทราบสำหรับการคำนวณออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา

1. ความดันของน้ำในท่อประปาประธานควรมีประมาณ 25 เมตรของน้ำหรือ 35 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว สำหรับการจ่ายน้ำให้ชุมชนที่เป็นที่พักอาศัย และในสถานะที่มีการใช้น้ำประปาสูงสุด ควรมีความดันในท่อประปาประมาณ 14 เมตรของน้ำหรือ 20 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว สำหรับการจ่ายน้ำให้ชุมชนที่เป็นที่พักอาศัย และในสถานะที่มีการใช้น้ำประปาสูงสุด ควรมีความดันในท่อประปาประมาณ 14 เมตร ของน้ำหรือ 20 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว
2. ท่อประปาประธานที่มีการจ่ายน้ำเพื่อการดับเพลิง ควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กที่สุด เท่ากับ 6 นิ้วหรือ 150 มม.
3. ในการออกแบบหัวดับเพลิงริมถนน ควรมีอัตราไหลน้ำต่ำสุดประมาณ 2.3 ลบ.ม.ต่อนาที
4. ขนาดความจุของถังเก็บน้ำประปา ควรมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับปริมาณของน้ำมากที่สุด ที่ต้องการใช้ใน 3 วัน ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมของระบบประปาด้วย
5. ความเร็วของน้ำไหลในท่อประปา ไม่ควรมีมากกว่า 3 เมตรต่อวินาที
6. ระยะห่างระหว่างหัวดับเพลิง ไม่ควรห่างกันเกิน 150 เมตร

5.3 ระบบท่อประปาภายในอาคาร

ระบบท่อประปาภายในอาคารในหัวข้อนี้ จะเกี่ยวข้องกับการจ่ายน้ำประปาภายในอาคาร ระบบท่อประปาภายในอาคารจำเป็นต้องออกแบบโดยวิศวกรที่มีความชำนาญเกี่ยวกับระบบท่อ เพื่อสามารถช่วยประหยัดท่อคือ พยายามเดินท่อโดยใช้ความยาวท่อที่สั้นที่สุด มีการเลี้ยวคดไปคดมาน้อยที่สุด ตำแหน่งของท่อประปาควรอยู่บริเวณที่สามารถเข้าไปบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย ในการเดินท่อโดยมากสถาปนิกต้องการให้ท่อที่เดินภายในอาคารซ่อนอยู่ภายในกำแพงและเดินอยู่เหนือเพดาน เพื่อความสวยงาม แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นต้องไม่กระทบต่อโครงสร้างของอาคารด้วย เช่น เดินท่อขนาดใหญ่ผ่านทะลุคานของบริเวณที่รับแรงมาก ๆ

หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบเดินท่อประปาภายในอาคารที่จำเป็นต้องควรพิจารณา มีดังต่อไปนี้

- 1) น้ำประปาจากท่อประปาประธานจ่ายเข้าสู่อาคารได้หลายวิธีต่าง ๆ ดังนี้
 - จ่ายน้ำขึ้นเพื่อไปใช้ทั่วอาคารโดยตรง
 - จ่ายน้ำขึ้นถึงคานฟ้าเพื่อเก็บกักไว้ และเพื่อจ่ายลงไปยังทั่วอาคารต่อไป
 - จ่ายน้ำขึ้นเพื่อไปใช้ทั่วอาคารโดยอาศัยเครื่องสูบน้ำและถังอัดความดัน

- มีทั้งระบบ "1" และ "2" รวมกัน
 - มีทั้งระบบ "2" และ "3" รวมกัน
- 2) ปล่องช่องท่อ (Duct) ที่สถาปนิกเป็นผู้ออกแบบและกำหนดมาให้วิศวกรออกแบบต้องพิจารณาว่ามีขนาดเหมาะสมหรือไม่ มีขนาดใหญ่เพียงพอต่อการเข้าไปติดตั้งท่อหรือไม่ สามารถเข้าไปทำการบำรุงรักษาได้สะดวกหรือไม่
 - 3) การเดินท่อต้องปรึกษากับสถาปนิกและเจ้าของโครงการว่าต้องการช่องท่อต่าง ๆ หลบไม่ให้เห็นหรือไม่
 - 4) ขนาดท่อประปาที่จ่ายเข้าห้องน้ำแต่ละห้อง จะขึ้นอยู่กับชนิดของวาล์วที่ใช้กับเครื่องสุขภัณฑ์นั้น เช่น ถ้าใช้ Flush Valve สำหรับโถส้วม ขนาดท่อประปาต้องมีขนาดใหญ่กว่าของโถส้วมที่ใช้ Flush Tank
 - 5) ต้องคำนวณหาความดันของน้ำในท่อประปาตามจุดต่าง ๆ ภายในอาคาร เพื่อให้แน่ใจว่ามีความดันที่เหมาะสมทั่วทุกจุด เช่น ความดันน้ำที่จะเข้าเครื่องสุขภัณฑ์ไม่ควรเกิน 35 ม. หรือ 50 ปอนด์ ต่อตร.นิ้ว
 - 6) ควรคำนึงถึงการเกิดการกระแทกของน้ำ (Water Hammer) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเสียงดังขึ้นภายในท่อ และอาจและอาจทำให้ท่อเสียหาย ดังนั้นอาจป้องกันโดยติดตั้งกล่องอากาศ (Air Chamber) ต่อจากท่อที่จ่ายให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด
 - 7) ความเร็วของน้ำในท่อประปาต้องไม่ให้สูง หรือต่อเกินไป ซึ่งควรอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง ม./วินาที
 - 8) วัสดุท่อประปาควรพิจารณาร่วมกับสถาปนิกและเจ้าของโครงการด้วย เพื่อให้เป็นที่ยอมรับกับทุกฝ่าย แต่ต้องให้เหมาะสมกับอาคารนั้น และคุณภาพน้ำประปาบริเวณนั้น
 - 9) การพิจารณาเลือกชนิดของวาล์วต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง
 - 10) การเดินท่อประปาภายในอาคารไม่ควรอยู่ใกล้ชิดกับท่อระบายน้ำเสีย
 - 11) อาคารบางแห่งอาจจำเป็นต้องติดตั้งมาตรวัดน้ำหลาย ๆ ชุด แยกออกจากมาตรวัดน้ำใหญ่ ควรจะกำหนดตำแหน่งให้อ่านได้อย่างสะดวก
 - 12) ถ้าในกรณีที่แรงดันทางด้านเข้ามากกว่าทางด้านออก 3-4 เท่าควรใช้วาล์วลดความดัน 2 ชุด ต่อขนานกัน เพื่อป้องกันการเกิด Cavitation ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอเมื่อใช้วาล์วลดความดันเพียงชุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

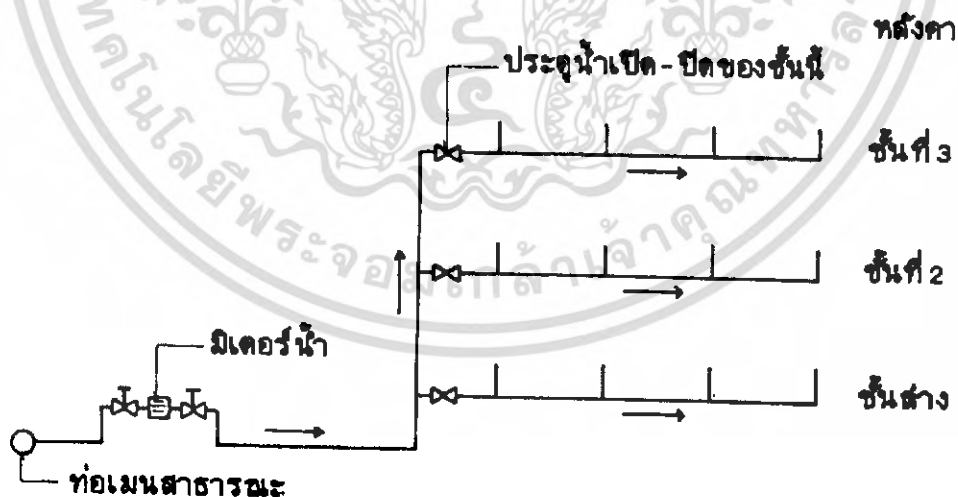
ระบบจ่ายน้ำประปาที่นิยมใช้ภายในอาคาร เพื่อให้พิจารณาเลือกได้อย่างเหมาะสม ทุกระบบต้องมีความดันน้ำที่พอเพียงแก่เครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ระบบจ่ายน้ำประปาภายในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น (Up feed Distribution System)
2. ระบบจ่ายน้ำประปาลง (Down feed Distribution System)
3. ระบบจ่ายน้ำประปาสองทาง (ขึ้นและลง)

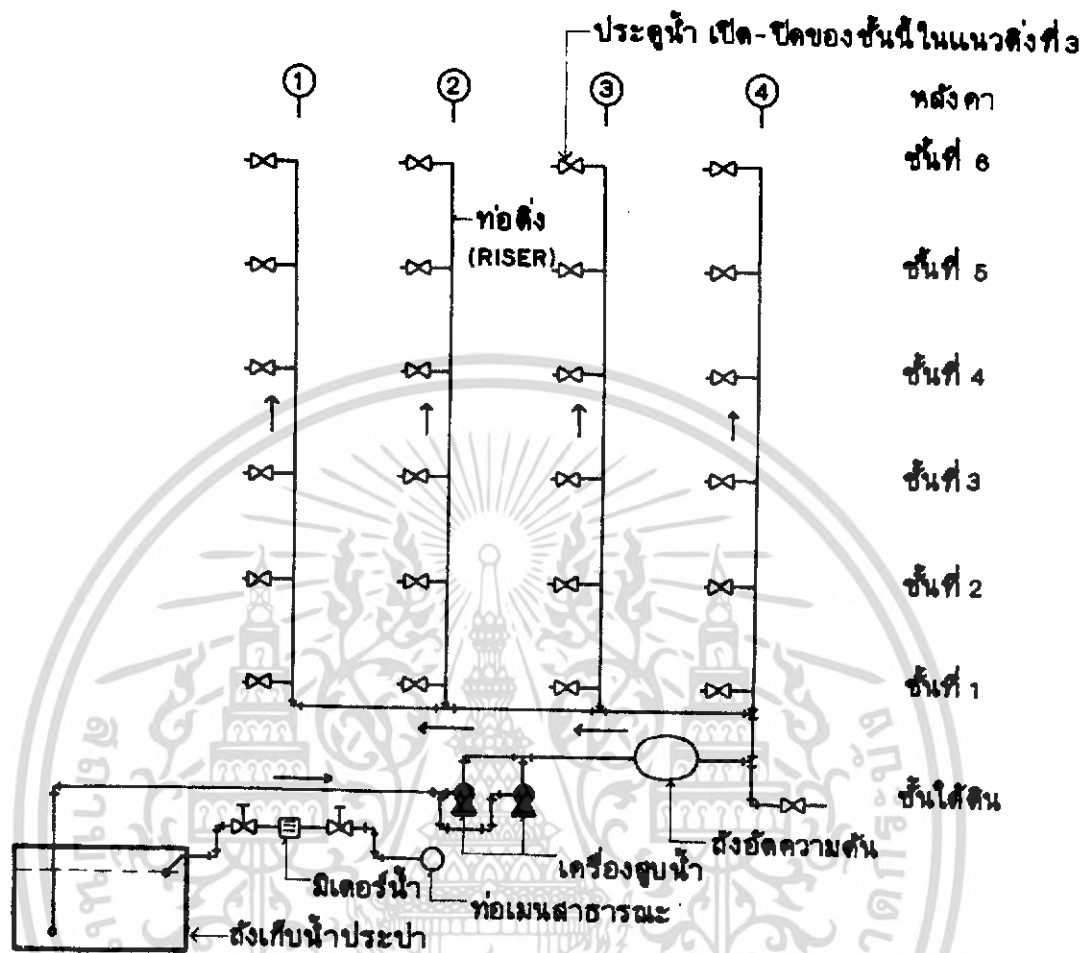
1) ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น (Up feed Distribution System)

ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้นจากชั้นล่างของอาคารไปแจกจ่ายทั่วอาคาร จนถึงชั้นบนของอาคาร โดยความดันของท่อประธานที่จ่ายต้องมีมากเพียงพอที่จะจ่ายน้ำให้แก่ผู้ใช้ที่อยู่ชั้นบน ๆ โดยบางแห่งอาจมีขนาดแรงดันพอที่จะจ่ายน้ำขึ้นถึงชั้น 3 และยังมีความดันน้ำหลงเหลือเพียงพอที่จะให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์บนชั้น 3 ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของอาคารด้วย ถ้าจำเป็นต้องเดินท่อจ่ายยาวมาก อาจทำให้ความดันลดลงเนื่องจากความยาวของท่อที่มีมาก ทำให้ความดันภายในท่อของชั้น 3 ลดลงมาก ซึ่งอาจจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังอัดความดันไว้ที่ชั้นล่าง เพื่อทำหน้าที่สูบน้ำประปาขึ้นในอาคารโดยตรง

อาคารที่มีขนาดสูงเกิน 10 ชั้น หรือมีพื้นที่อาคารเกิน 10,000 ตารางเมตร ไม่ควรใช้วิธีจ่ายน้ำประปาขึ้น แม้ว่าจะมีเครื่องสูบน้ำและถังอัดความดันช่วยก็ตาม เพราะไม่ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและขนาดของถังอัดความดันจะมีขนาดใหญ่เกินไป



ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น โดยอาศัยความดันน้ำจากท่อประธาน



ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น โดยอาศัยเครื่องสูบน้ำและถังอัดความดัน

2) ระบบจ่ายน้ำประปาลง (Down feed Distribution System)

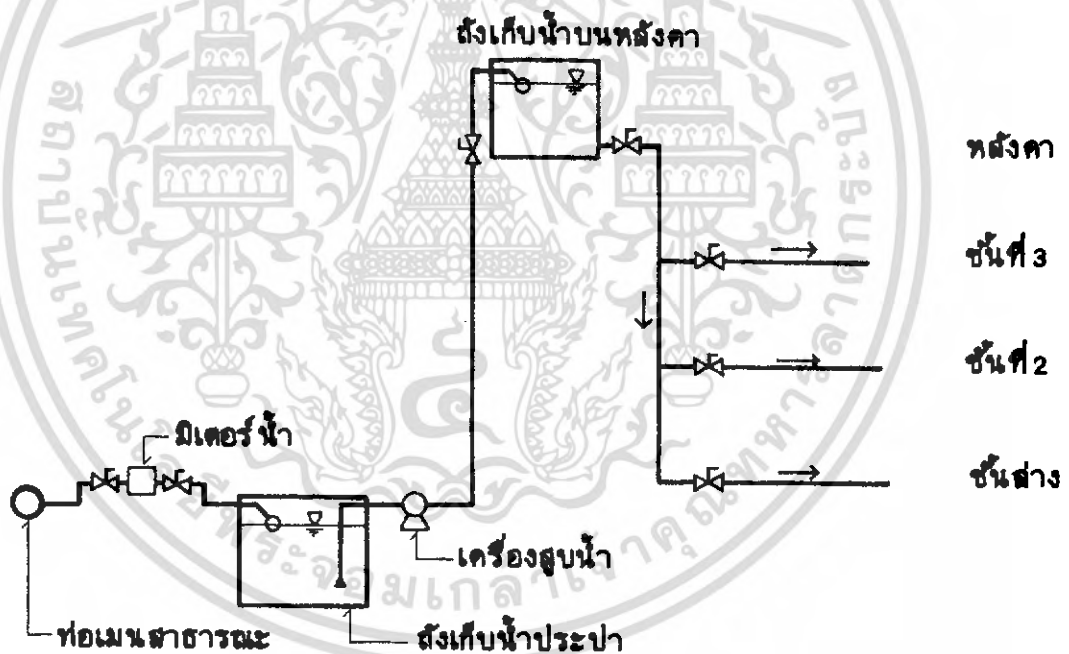
ระบบจ่ายน้ำประปาลง หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาจากชั้นบนสุดไหลลงจ่ายทั่วอาคาร ไปจนถึงชั้นล่าง หลักการระบบจ่ายน้ำประปาลง คือ น้ำประปาที่ไหลจากท่อประปาประธานเข้าสู่ถังเก็บน้ำใต้ดิน มีเครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำประปาขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำบนหลังคาของอาคาร น้ำประปาจากถังเก็บน้ำบนหลังคาจะจ่ายลงไปทั่วอาคาร ระบบจ่ายน้ำประปาวีธีนี้นิยมใช้กับอาคารสูง 3 ชั้นขึ้นไป แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันของท่อประปาประธานว่ามีมากน้อยเพียงใด เพราะเขตชุมชนบางแห่งน้ำประปาจากท่อประธานไม่สามารถจ่ายขึ้นไปชั้นบนชั้นที่ 3 ของอาคารได้ จำเป็นต้องใช้เครื่องเพิ่มความดันน้ำ หรือใช้วิธีจ่ายน้ำประปาลงจากถังเก็บน้ำบนหลังคา ซึ่ง

วิธีการจ่ายน้ำลง เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด บางอาคารไม่สามารถติดตั้งถังเก็บน้ำบนหลังคาได้
เลยจึงจำเป็นต้องเลือกใช้ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น

ความดันน้ำของระบบจ่ายน้ำประปาจะต้องพิจารณาขนาดความดันน้ำ ณ ระดับ
ต่าง ๆ ของอาคารโดยเฉพาะบริเวณชั้นบนสุดและชั้นล่างสุด เพราะบริเวณชั้นบนสุดจะมีขนาด
ความดันน้ำต่ำสุดของอาคารและบริเวณชั้นล่างสุดจะมีขนาดความดันน้ำสูงสุดของอาคารจึง
จำเป็นต้องทำการคำนวณหาขนาดความดันน้ำในท่อประปาของแต่ละชั้น โดยมีเงื่อนไขเกี่ยวกับ
ความดันน้ำของท่อประปาที่จ่ายแต่ละชั้นดังต่อไปนี้

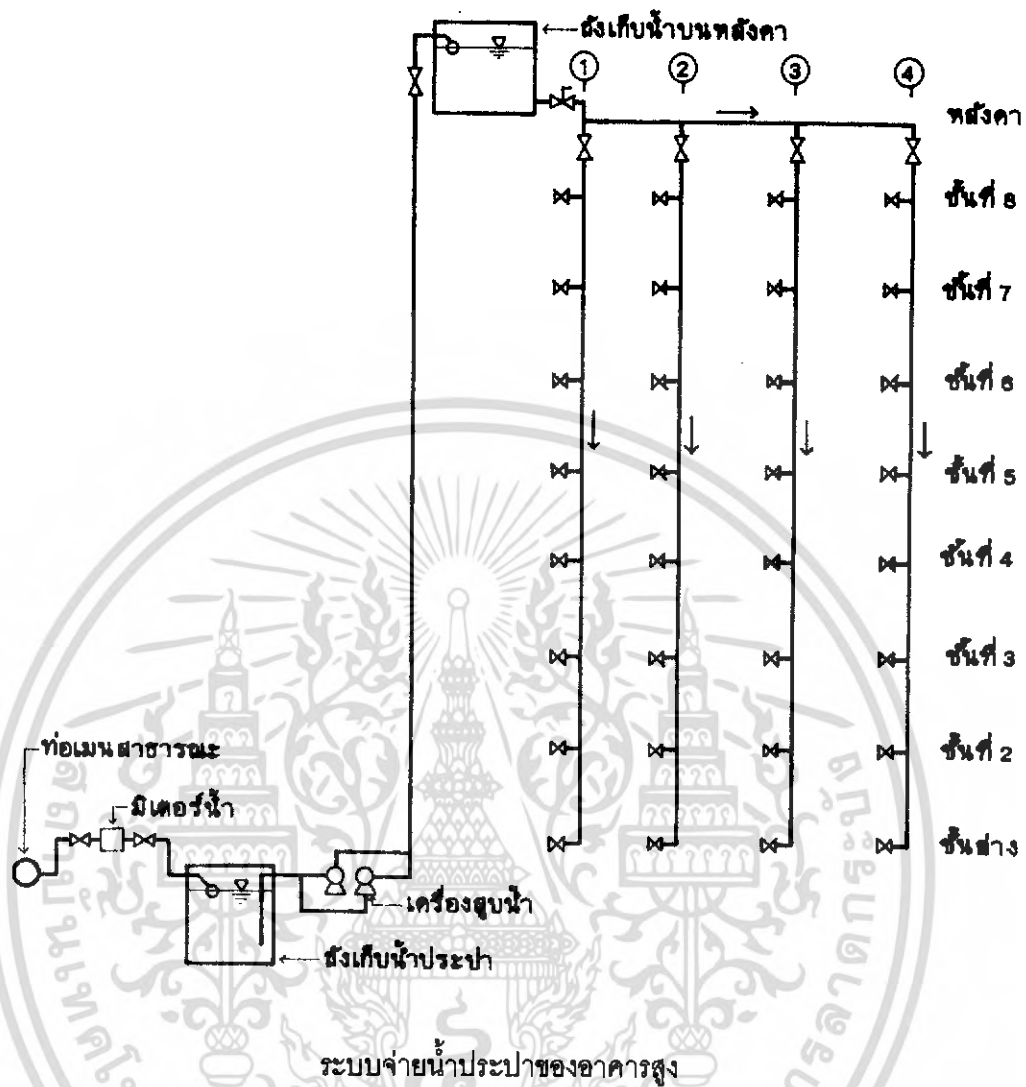
1) ความดันต่ำสุดที่ยอมให้มีได้ของท่อประปาที่จ่ายบริเวณชั้นบนสุดควรมีเกิน
10 ม. ของน้ำหรือ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2) ความดันสูงสุดที่ยอมให้มีได้ของท่อประปาที่จ่ายบริเวณชั้นล่างสุด ไม่ควรมี
เกิน 56 ม. ของน้ำหรือ 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



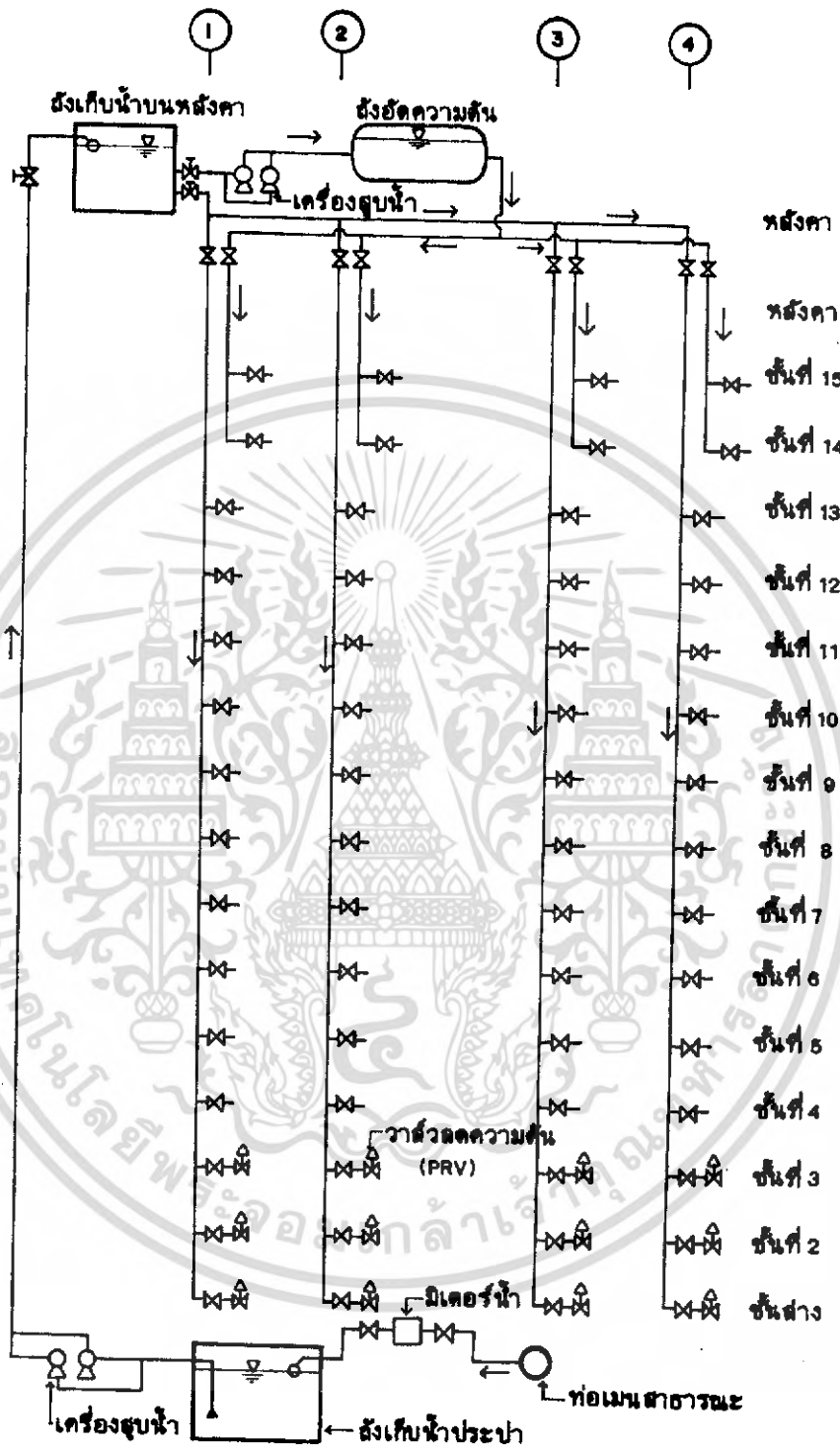
ระบบจ่ายน้ำประปาของบ้าน 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



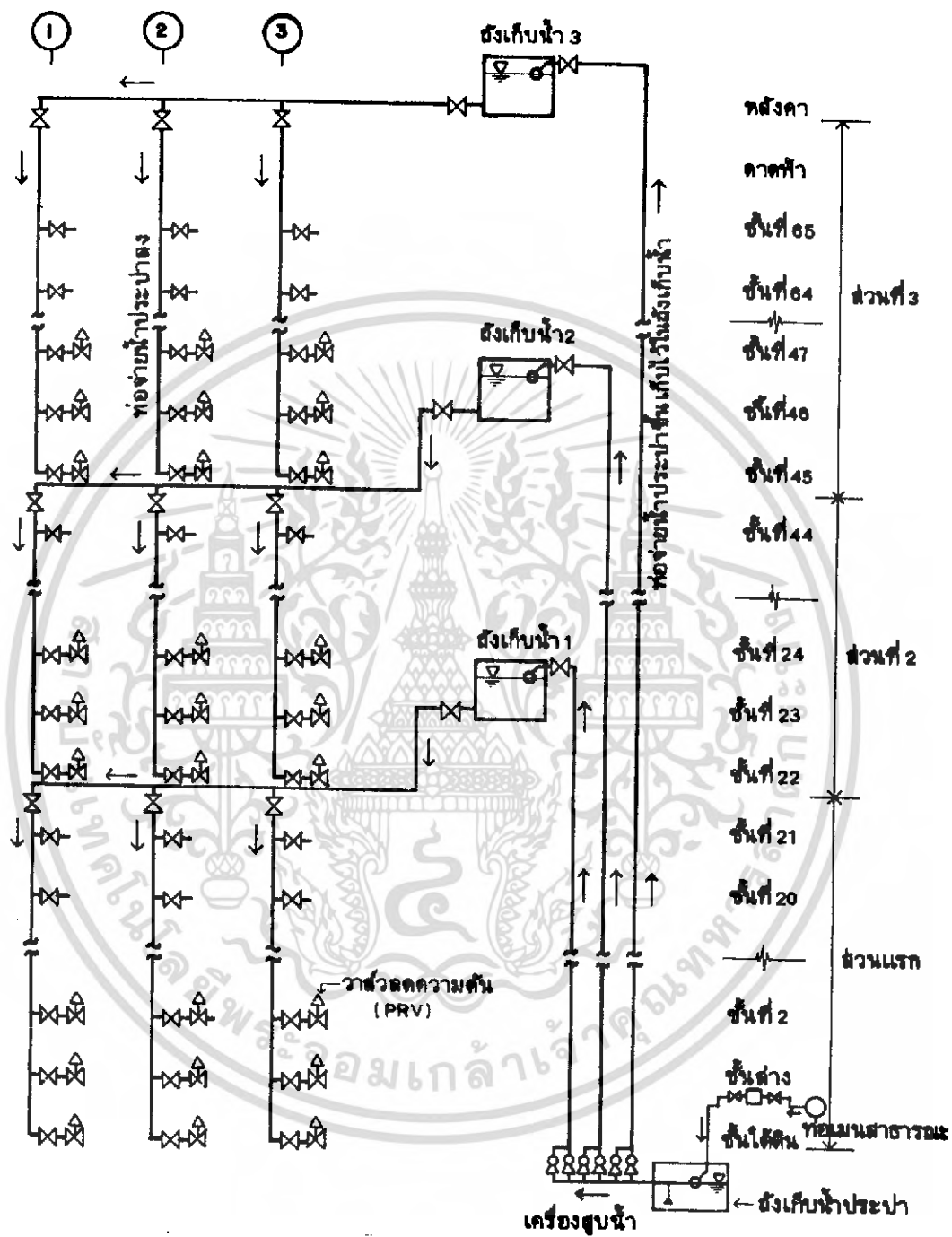
จากเงื่อนไขทั้งสองดังกล่าวแสดงว่า ระยะสูงระหว่างผิวน้ำในถังเก็บน้ำบนหลังคากับชั้นบนสุดของอาคารที่มีการเดินท่อประปาจะต้องมีอย่างน้อย 10 เมตร มิฉะนั้นจะต้องมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำกับถังอัดความดันเพื่อเพิ่มความดันน้ำในเส้นท่อประปาในบริเวณชั้นบน ๆ สำหรับระยะสูงระหว่างผิวน้ำในถังเก็บน้ำบนหลังคากับชั้นล่างสุดของอาคารที่มีการเดินท่อประปาจะต้องมีไม่มากกว่า 56 เมตร (อาคาร 12 ชั้น) เพื่อป้องกันไม่ให้วาล์วและเครื่องสูบน้ำเสียหายเนื่องจากมีความดันน้ำในเส้นท่อบริเวณชั้นล่าง ๆ สูงเกินไป ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้โดยทำการติดตั้งวาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve, PRV) ที่ท่อแยกตามชั้นล่างต่าง ๆ หรืออาจติดตั้ง PRV ไว้ทุก ๆ ชั้นก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบจ่ายน้ำประปาองโดยให้มีความดันน้ำที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



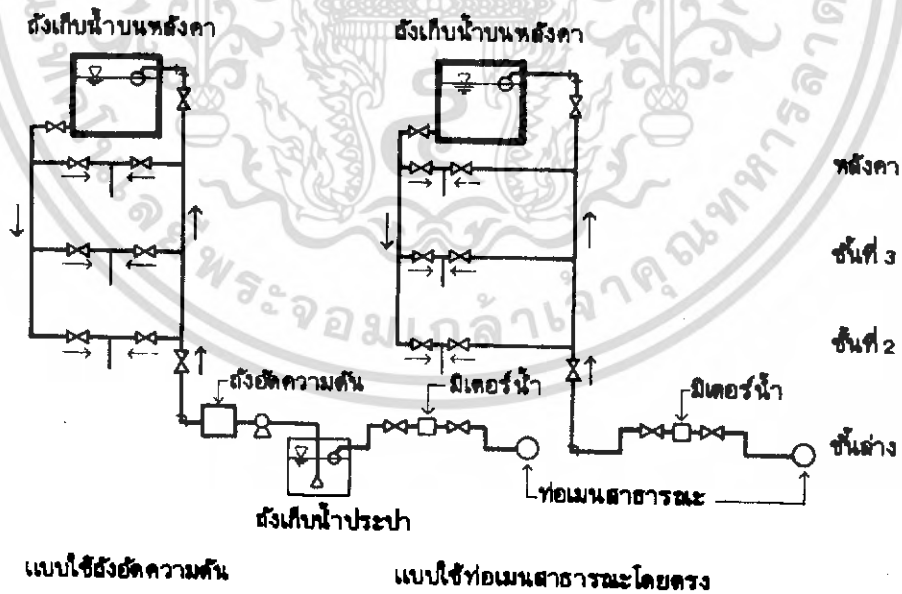
ระบบจ่ายน้ำประปาของอาคารสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการออกแบบระบบจ่ายน้ำประปาสำหรับอาคารสูงมาก ๆ เช่น อาคารสูง 65 ชั้น ควรออกแบบระบบท่อสำหรับอาคารนี้ จะพิจารณาระบบจ่ายน้ำประปาสูง แต่ในการออกแบบควรพิจารณาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตั้งแต่ชั้นบนลงมาถึงชั้นที่ 45 ส่วนที่สอง คือ ตั้งแต่ชั้นที่ 44 ลงมาถึงชั้นที่ 22 ส่วนที่สาม คือ ตั้งแต่ชั้นที่ 21 ลงมาถึงชั้นใต้ดิน ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาระบบท่อน้ำประปา และสามารถช่วยประหยัดพลังงานโดยไม่ต้องสูบน้ำทั้งหมดที่ต้องการใช้ในอาคารชั้นบนถึงเก็บน้ำประปามบนหลังคา

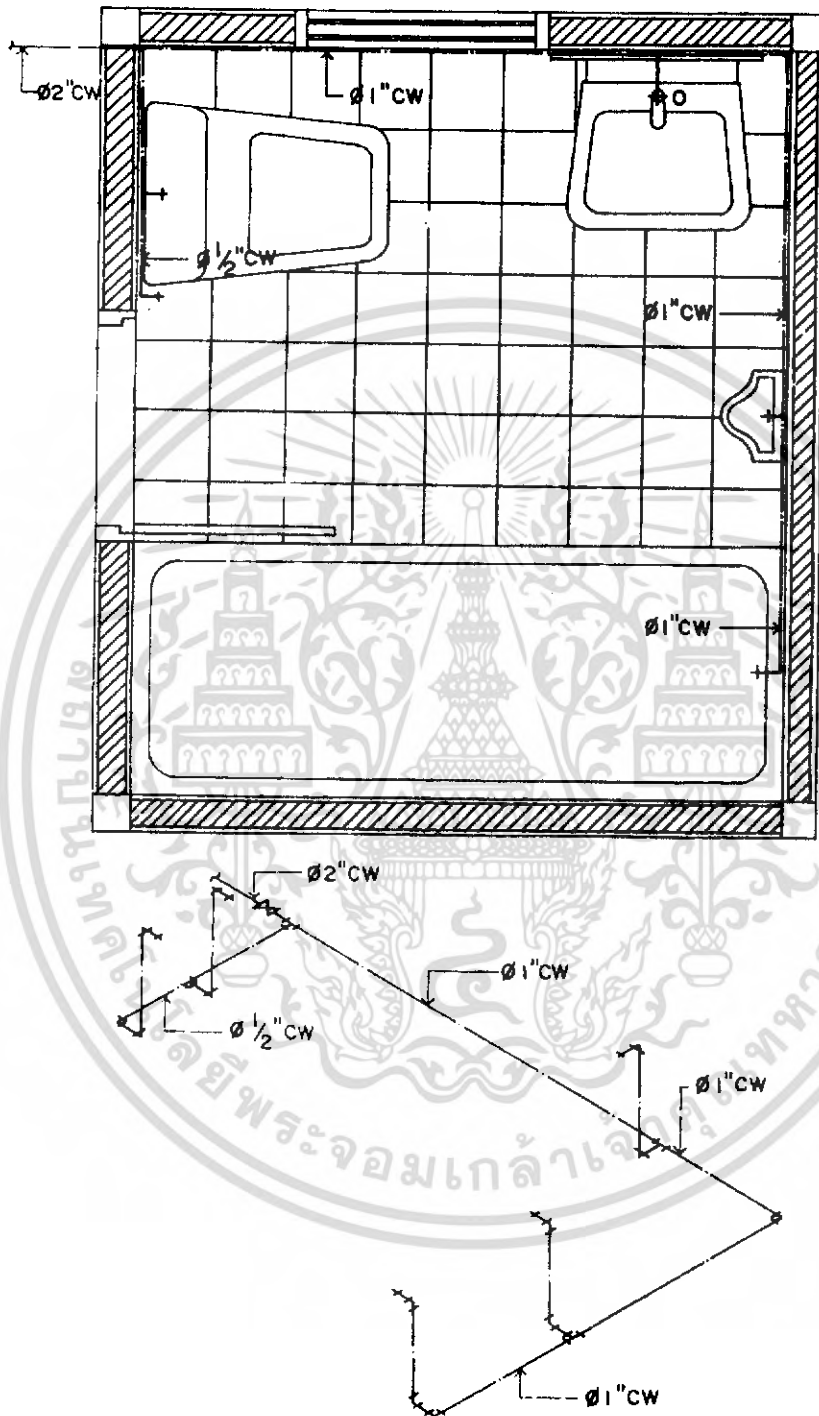
3) ระบบจ่ายน้ำประปาสองทาง

ระบบจ่ายน้ำประปาสองทาง หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาที่มีทั้งแบบจ่ายขึ้นและจ่ายลง โดยสามารถทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาแบบใดแบบหนึ่งก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้อยู่อาศัยเลือกใช้ ข้อดีของระบบนี้คือ สามารถรับน้ำประปาที่จ่ายจากท่อประปาประธานหรือระบบสูบน้ำโดยตรงจากชั้นล่างได้ หรือสามารถรับน้ำประปาที่จ่ายจากท่อประปาที่จ่ายจากถังเก็บน้ำบนหลังคาได้ เช่น ในบางเวลาน้ำประปาจากท่อประธานเกิดหยุดไหล ผู้อยู่อาศัยเพียงแต่เปิดวาล์วให้น้ำจากถังเก็บน้ำบนหลังคาจ่ายลงไปทั่วอาคารได้ทันที โดยปราศจากการขาดแคลนน้ำใช้ในอาคาร สำหรับข้อเสียของระบบนี้คือจำเป็นต้องมีการติดตั้งท่อประปายาวขึ้นกว่าปกติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอาคารนั้นด้วย



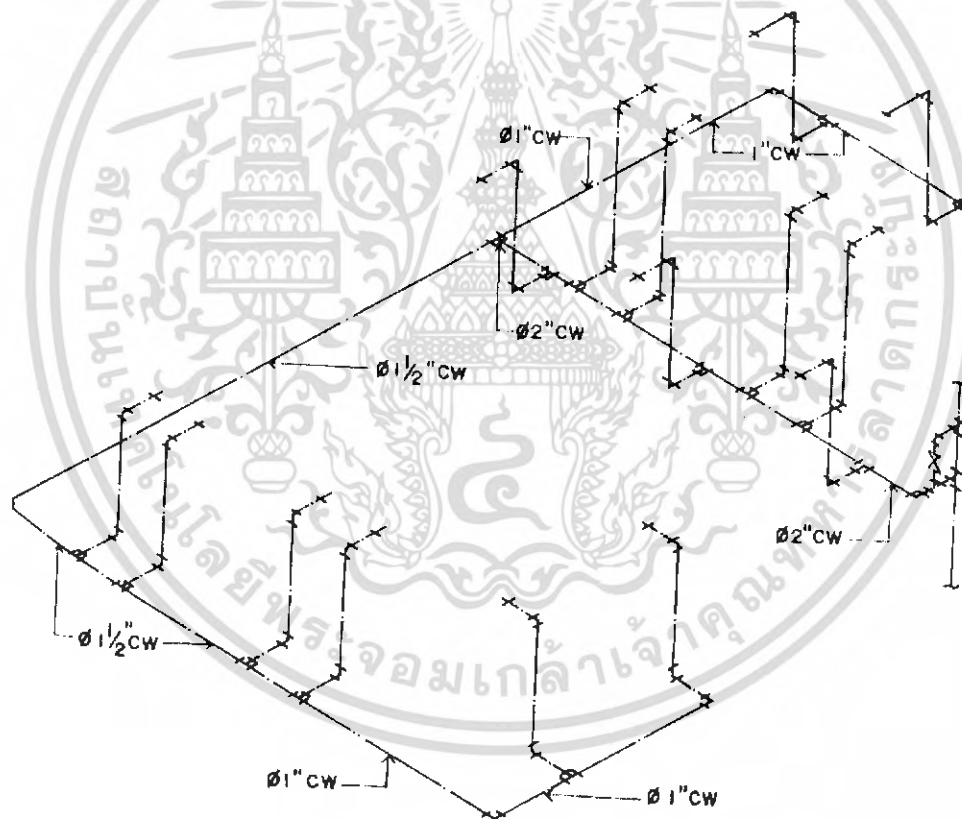
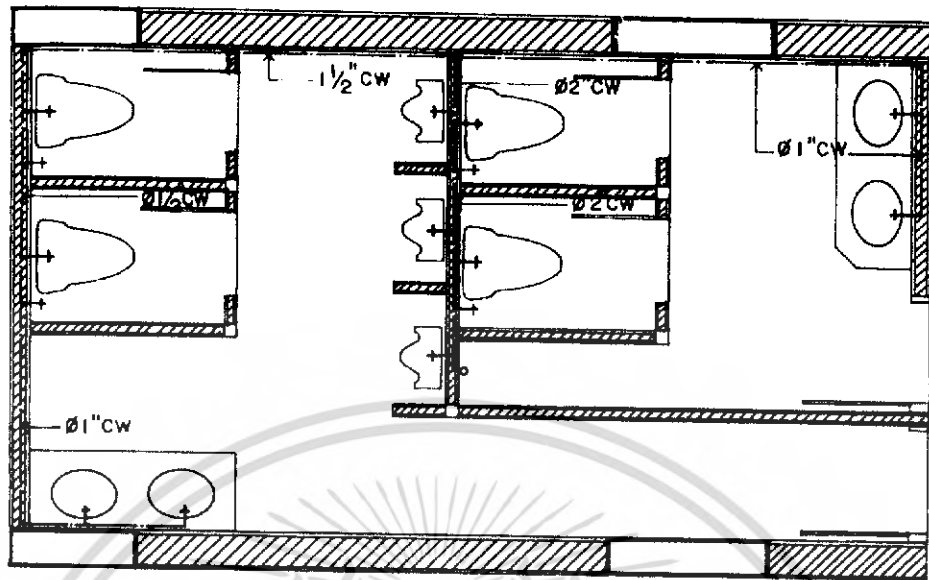
ระบบจ่ายน้ำประปาสองทางของอาคารทั่วไป

ภาพแสดงการเดินท่อประปาภายในห้องน้ำแบบต่าง ๆ



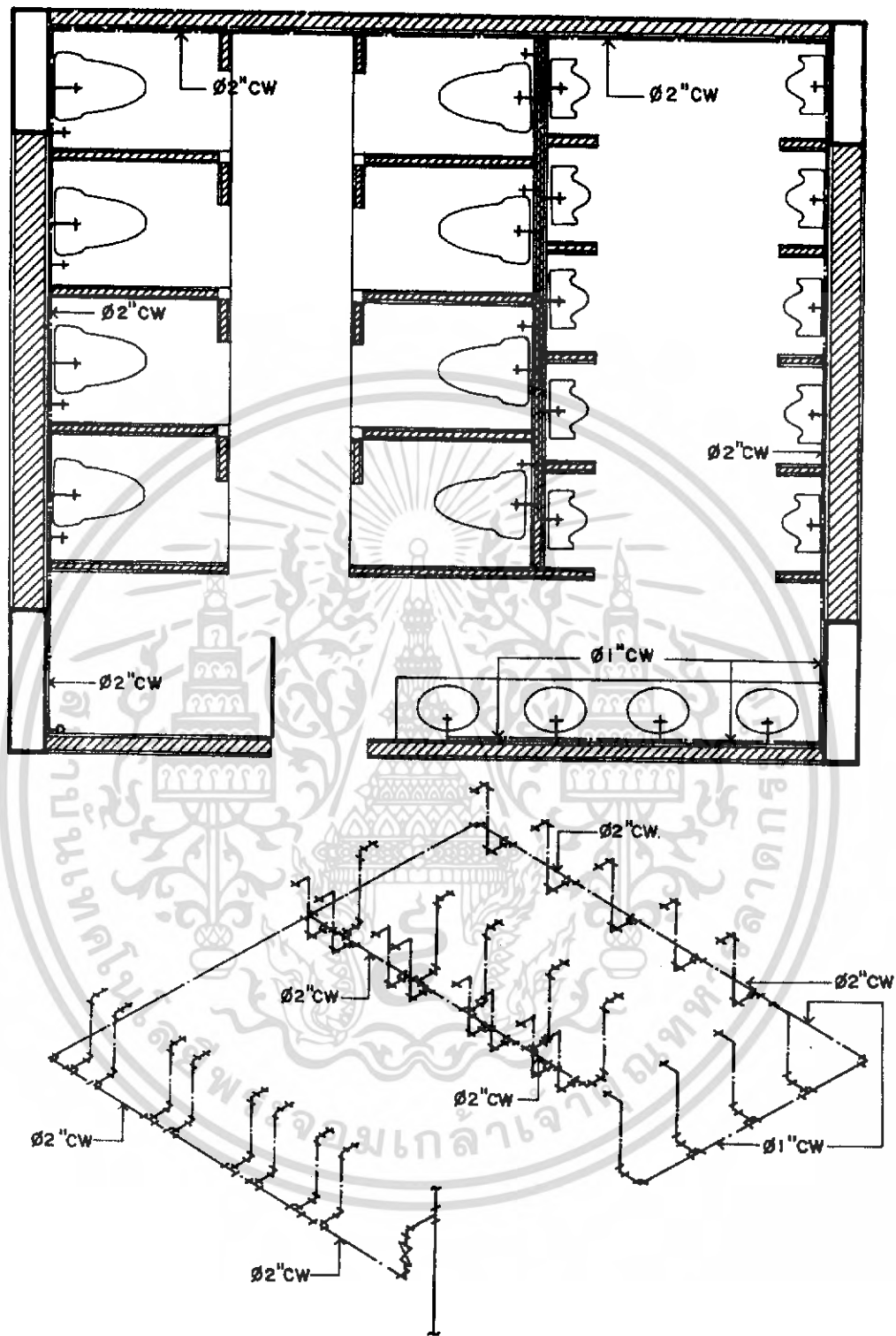
ก) สำหรับห้องน้ำขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



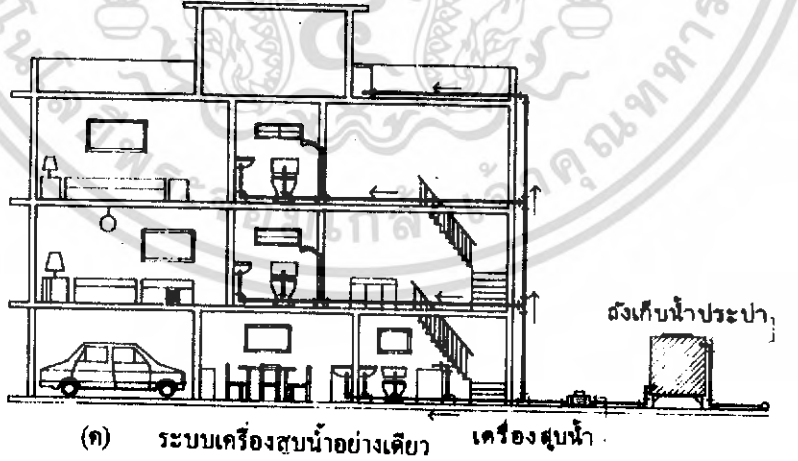
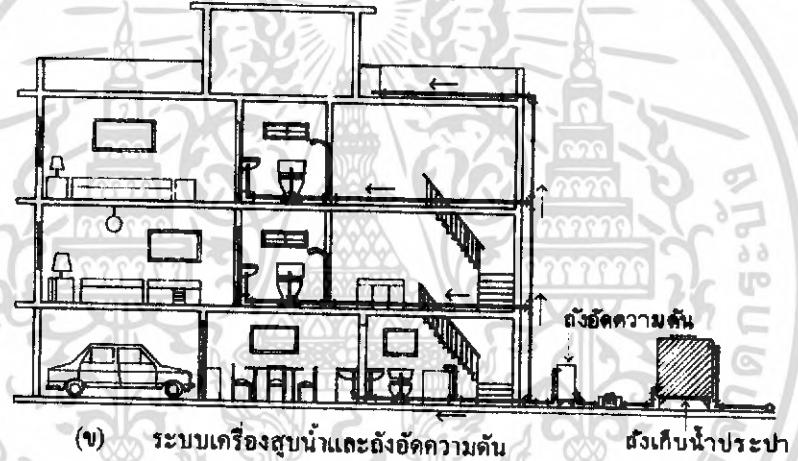
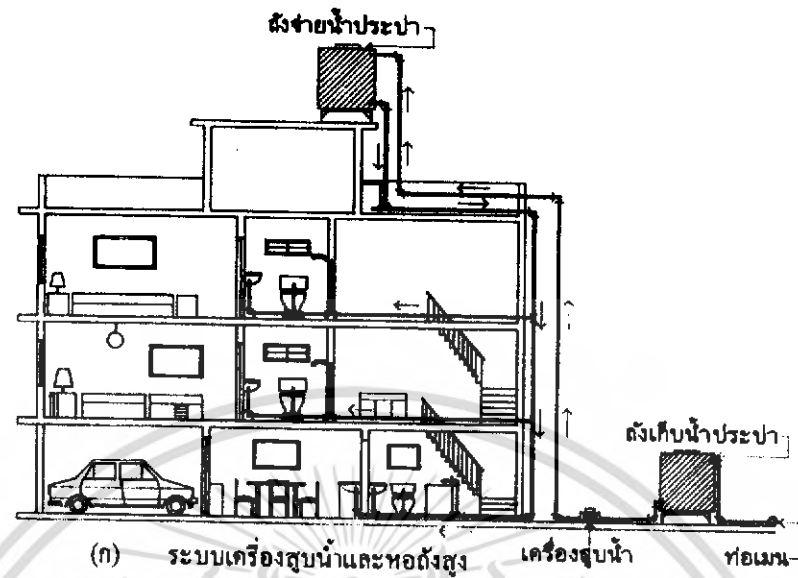
ข) สำหรับห้องน้ำขนาดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค) สำหรับห้องน้ำขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบการจ่ายน้ำของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

6.1 อัตราการใช้น้ำประปา

อัตราการใช้น้ำประปามีค่าไม่เหมือนกัน แม้จะอยู่ในบริเวณพื้นที่เดียวกัน แต่มีความแตกต่างกันในลักษณะของการใช้ชีวิตประจำวันที่บ้าน โดยอาจพิจารณาถึงระดับรายได้ของประชากรหรือปัจจัยอื่น ๆ อีก ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำได้ดังต่อไปนี้

1) สภาพอากาศ เช่น หน้าร้อน หน้าหนาว หน้าฝน ยกตัวอย่างเช่น ในหน้าหนาวน้ำที่ถูกใช้ต่อเดือนจะมีปริมาณน้อยกว่าของในหน้าร้อนหรือของในหน้าฝน

2) สภาพฐานะของประชาชน เช่น ครอบครัวที่มีฐานะดี ส่วนใหญ่จะใช้น้ำมากกว่าครอบครัวที่มีฐานะปานกลางหรือฐานะยากจน

3) ความดันของน้ำในท่อประปา เช่น ถ้ามีความดันของน้ำในท่อประปาสูงจะทำให้ น้ำประปาไหลออกมามากเกินไปจนความจำเป็นในบางครั้ง

4) ราคาของน้ำประปาจะมีผลต่อการประหยัดการใช้น้ำประปา ถ้าราคาน้ำประปามีอัตราสูงขึ้นเมื่อมีการใช้น้ำมากขึ้น

5) ประเภทของชุมชน เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้าธุรกิจ หมู่บ้านจัดสรร ฯลฯ

จากข้อมูลการใช้น้ำทั่วไปมีประมาณ 230 ลิตร / (คน.วัน) โดยการประปานครหลวงได้ประมาณไว้ว่า ถ้ามีการขึ้นราคาน้ำประปาไป 10% อัตราการใช้น้ำประปาจะเหลือเพียง 180 ลิตร / (คน.วัน) ก็ได้ หรือถ้ามีการดำเนินการประหยัดการใช้น้ำประปา จะทำให้อัตราการใช้น้ำประปาลดลงไปอีก ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่ควรทราบ โดยมีข้อเสนอแนะการประหยัดการใช้น้ำประปา หรือการใช้น้ำประปาอย่างมีประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1) การกำหนดราคาของน้ำประปาโดยให้ราคาของน้ำประปาสูงขึ้นในหน้าร้อน และราคาของน้ำประปาถูกลงในหน้าหนาว

2) คอยตรวจสอบอยู่เสมอว่ามีน้ำประปารั่วที่ไหนหรือเป่ล่าในท่อประปา

3) ขนาดท่อประปาภายในอาคารควรมีขนาดพอเหมาะ ถ้าเป็นไปได้ควรมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่สามารถเป็นไปได้

4) ในโถ้วมที่ใช้ชักโครกอาจแก้ไขโดยใส่ภาชนะกลวงขนาดเหมาะสมลงไปชักโครกเพื่อไปแทนที่น้ำส่วนหนึ่ง ทำให้ประหยัดการใช้น้ำล้างต่อครั้งได้มาก

5) ขณะแปรงฟันอยู่หรือกำลังใช้สบู่อยู่ ควรที่จะปิดน้ำก่อน พอต้องการใช้น้ำอีกจึงค่อยเปิดมาใช้

- 6) น้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมควรศึกษาหาวิธีที่จะนำน้ำที่ถูกใช้แล้วนำกลับมาใช้อีก ไม่ทางใดก็ทางหนึ่งที่คิดว่าเหมาะสม
- 7) ควรหันมาใช้ก็อกน้ำแบบกดคือ น้ำประปาจะไหลออกมาก็ต่อเมื่อผู้ใช้กดเท่านั้น โดยเฉพาะตามโรงแรมหรือต่าง ๆ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า และสถานที่ราชการต่าง ๆ
- 8) ให้การศึกษาและประชาสัมพันธ์แก่ประชาชนถึงความสำคัญของน้ำ และการรู้จักการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ปล่อยให้ น้ำประปาไหลทิ้งออกโดยสูญเปล่า

ประเภท	หน่วย	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย.วัน)	ประเภท	หน่วย	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย.วัน)
บ้านพักอาศัย			สนามบิน	คน	20
รายได้สูง	คน	380	ร้านตัดผม	เก้าอี้	210
รายได้ปานกลาง	คน	310	โรงพยาบาล	ที่นั่ง	15
รายได้ต่ำ	คน	270	ร้านซักรีด	เครื่อง	3,000
โรงแรม	ห้อง	300	คอนโดอุตสาหกรรม	พนักงาน	55
ที่พักชั่วคราว	คน	150	ห้างสรรพสินค้า	ตร.ม.	8
สำนักงาน	คน	70	ห้างสรรพสินค้า	คน	40
หอพัก	คน	300	ห้างสรรพสินค้า	ห้องน้ำ	1,520
อาบ อบ นวด	ลูกค้า	100	บาร์	ลูกค้า	8
สถานีบริการน้ำมัน	รถ	40	บาร์	พนักงาน	50
โรงพยาบาล	เตียง	950	ร้านกาแฟ	ลูกค้า	20
ภัตตาคาร	ลูกค้า	30	ร้านกาแฟ	พนักงาน	40
โรงงาน (มีที่อาบน้ำ)	พนักงาน	140	โรงเรียน (มีหอพัก)	คน	300
โรงงาน (ไม่มีที่อาบน้ำ)	พนักงาน	100	โรงเรียน (ไม่มี)	คน	80

อัตราการใช้น้ำประปาของอาคารประเภทต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท	หน่วย	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย.วัน)	ประเภท	หน่วย	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย.วัน)
อาหารกระป๋อง	ตัน	15 – 60	โรงฆ่าวัวหรือสุกร	ตัว	0.04 – 0.05
ผลิตภัณฑ์นม	ตัน	2 – 3	โรงฆ่าไก่	100 ตัว	0.03 – 0.04
โรงรีดนม	ตัว	0.07 – 0.08	โรงผลิตเห็ด	ตัน	60 – 80
โรงทำขนมปัง	ตัน	2 – 4	โรงผลิตเบียร์	ตัน	10 – 16
โรงเยื่อกระดาษ	ตัน	200 – 800	โรงงานทอผ้า (ฟอกสี)	ตัน	200 – 300
โรงกระดาษ	ตัน	120 -160	โรงงานทอผ้า (ย้อมสี)	ตัน	30 – 60
เหล็กกล้า	ตัน	260 – 300	โรงงานฟอกหนัง	ตัน	60 - 70

ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการใช้น้ำประปาของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท

หลังจากทราบข้อมูลของอัตราการใช้น้ำประปา ซึ่งได้แสดงไว้เป็นค่าเฉลี่ย แต่ในบางครั้งก็ควรที่จะทราบข้อมูลอัตราการใช้งานน้ำประปาแบบสูงสุด แบบต่ำสุด ฯลฯ ด้วย ต่อไปนี้เป็นข้อมูลอัตราการใช้น้ำประปาของสถานะต่าง ๆ ดังนี้ โดยสัมพันธ์กับอัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยในรอบปี ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพปัจจัยอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นค่าต่าง ๆ ข้างล่างเป็นเพียงคำแนะนำทั่วไป ซึ่งอาจมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ โดยวิศวกรออกแบบจะเป็นผู้พิจารณา และอาจศึกษาจากสภาพการใช้น้ำประปาจริงได้

อัตราการใช้น้ำประปาสูงสุดของวันในรอบปี = 1.5 ถึง 2.0 เท่าของอัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยในรอบปี

อัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยของในเดือนมากที่สุด = 1.2 ถึง 1.4 เท่าของอัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยในรอบปี

อัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยของวันในสัปดาห์มากที่สุด = 1.3 ถึง 1.6 เท่าของอัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยในรอบปี

อัตราการใช้น้ำประปาสูงสุดของชั่วโมงนั้นในวันหนึ่ง ๆ = 2.7 ถึง 4.0 เท่าของอัตราการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยในรอบปี

การออกแบบระบบท่อประปาเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะจำเป็นต้องคำนวณ ออกแบบให้ได้น้ำประปาที่ไหลภายในท่อประปาภายในอาคารมีปริมาณที่เพียงพอกับความ ต้องการของผู้อาศัยในอาคารนั้น ๆ และยังต้องมีระดับความน้ำที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดเสียงดัง ขึ้นภายในท่อประปา ขนาดท่อประปาที่ออกแบบไว้ต้องมีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่จนเกินไป หรือไม่เล็กจนเกินไป ทำให้ความดันภายในท่อน้อยที่สุด

6.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร

ปริมาณน้ำใช้เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการออกแบบขนาดท่อประปาประธาน โดยนิยมใช้ ค่าอัตราการใช้น้ำประปาสูงสุดของชั่วโมง เช่น ออกแบบท่อประปาประธาน สำหรับโครงการ หมู่บ้านจัดสรร อาคารขนาดใหญ่ เป็นต้น แต่จะไม่นำค่าปริมาณน้ำประปาใช้สูงสุดของชั่วโมง มาใช้ในการออกแบบท่อประปาที่แยกออกจ่ายภายในอาคาร จำเป็นต้องพิจารณาเลือกหาวิธีการ ปริมาณน้ำใช้ของแต่ละอาคาร ซึ่งจะมีลักษณะการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะการใช้งานของแต่ละอาคาร อาคารขนาดใหญ่บางแห่งอาจมีห้องน้ำขนาดกลางเพียงห้อง เดียว แต่การใช้น้ำประปามีมาก หรืออาคารบางแห่งมีห้องน้ำมากมายแต่มีจำนวนผู้ใช้น้ำประปา น้อย ดังนั้นการที่จะทำการประมาณปริมาณการใช้น้ำให้ได้สภาพใกล้เคียงกับสภาพจริงที่สุด จำเป็นที่ผู้ออกแบบระบบท่อจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ขนาดท่อประปาที่เหมาะสม ต่อไปนี้จะได้แสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคาร ซึ่งมีวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การใช้จำนวนผู้ใช้ในอาคาร

วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารใด ๆ โดยวิธีนี้คือ นับจำนวนผู้ใช้น้ำภายใน อาคาร ซึ่งต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับประเภทอาคาร โดยข้อมูลการใช้น้ำของอาคารประเภท ต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตาราง เช่น โรงแรมขนาด 400 ห้องจะมีปริมาณน้ำใช้เท่ากับ 120 ลบม. ต่อ วัน (400 ห้อง x 300 ลิตร / (ห้อง . วัน)) ข้อมูลที่คำนวณได้เป็นปริมาณความต้องการน้ำใช้โดย เฉลี่ย / วันโดยเฉลี่ย อาคารบางประเภทไม่สามารถใช้ข้อมูลของจำนวนผู้ใช้น้ำได้อย่างถูกต้อง อย่างเช่น ห้างสรรพสินค้า ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลขนาดของพื้นที่อาคาร เช่น การใช้น้ำของ ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งมีค่าเท่ากับ 8 ลิตร / (ตรม . วัน) จากข้อมูลสามารถคำนวณหาปริมาณ การใช้น้ำต่อวันได้ ข้อมูลของปริมาณความต้องการน้ำใช้ต่อวันโดยเฉลี่ย สามารถนำไปใช้ คำนวณหาปริมาณปริมาณน้ำใช้อื่น ๆ ได้ เพื่อจะนำไปใช้ในการออกแบบระบบท่อประปาและ อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ปริมาณน้ำใช้ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการออกแบบระบบท่อประปา

ปริมาณน้ำใช้ขนาดต่าง ๆ	ค่าปริมาณน้ำใช้	ออกแบบงานระบบท่อประปา
ปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อวัน (ลบ.ม. / วัน)	Q	ขนาดความจุของถังเก็บน้ำประปาสำหรับแต่ละอาคารและถังเก็บกักน้ำประปาส่วนกลางสำหรับโครงการจัดสรรทั่วไป
ปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อวัน (ลบ.ม. / ชม.)	Q/t	ขนาดความจุของหอถังสูงของโครงการจัดสรรทั่วไป
ปริมาณน้ำใช้สูงสุดต่อชั่วโมง (ลบ.ม. / ชม.)	$K_1(Q/t)$	งานออกแบบขนาดเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ออกแบบขนาดท่อประปาประธานจากถังน้ำบนหลังคาและขนาดท่อประปาประธาน
ปริมาณน้ำใช้สูงสุดต่อนาที (ลบ.ม. / นาที)	$\frac{K_1 K_2}{60} (Q/t)$	งานออกแบบท่อประปาภายในห้องน้ำห้องครัว

T = จำนวนชั่วโมงการใช้น้ำโดยเฉลี่ยต่อวัน ขึ้นอยู่กับชีวิตประจำวันของผู้อยู่อาศัย

K_1 = ตัวคูณอยู่ระหว่าง 1.5 – 2 ขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร โดยวิศวกรออกแบบเป็นผู้กำหนด

K_2 = ตัวคูณอยู่ระหว่าง 3 – 4 ขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร โดยวิศวกรออกแบบเป็นผู้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงคำนวณหาปริมาณน้ำใช้แบบต่าง ๆ สำหรับอาคารหอพักนักศึกษาที่มี 200 ห้อง โดยมีนักศึกษาพัก 2 คนต่อห้อง

วิธีทำ

แบบใช้จำนวนผู้ใช้น้ำในอาคาร

จากข้อมูลในตาราง ปริมาณน้ำใช้สำหรับหอพักนักศึกษา = 0.30 ลบ.ม. คนต่อวัน

จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในหอพัก = $2 \times 200 = 400$ คน

- 1) คำนวณหาปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ย (ลบ.ม. / วัน) , $Q_{\text{เฉลี่ย (วัน)}}$

$$Q_{\text{เฉลี่ย}} = 0.30 \times 400 = 120 \text{ ลบ.ม.ต่อวัน}$$

- 2) คำนวณหาปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ย เมื่อพิจารณาจำนวนการใช้น้ำโดยเฉลี่ยต่อวัน (ลบ.ม. / ชม.) , $Q_{\text{เฉลี่ย (ชม.)}}$

ถ้านักศึกษาใช้น้ำ 8 ชั่วโมง

$$Q_{\text{เฉลี่ย (ชม.)}} = \frac{120 \text{ ลบ.ม.} \times 1 \text{ วัน}}{\text{วัน} \quad 8 \text{ ชม.}} = 15 \text{ ลบ.ม.ต่อชม.}$$

- 3) คำนวณหาปริมาณน้ำใช้สูงสุดต่อชั่วโมง (ลบ.ม. / ชม.) , $Q_{\text{สูงสุด (ชม.)}}$

กำหนดให้ $k_1 = 2.0$

$$Q_{\text{สูงสุด (ชม.)}} = k_1 (Q / t) = (2) (15) = 30 \text{ ลบ.ม.ต่อชม.}$$

- 4) คำนวณหาปริมาณน้ำใช้สูงสุดต่อนาที (ลบ.ม. / นาที) , $Q_{\text{สูงสุด (นาที)}}$

กำหนดให้ $k_2 = 3.50$

$$Q_{\text{สูงสุด (นาที)}} = \frac{k_2 k_1 (Q / t)}{60} = \frac{3.5 \times 30}{60} = 1.75 \text{ ลบ.ม.ต่อนาที}$$

2) การใช้จำนวนความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์

วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ในอาคารใด ๆ โดยวิธีนี้คือ การนับจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิด และพิจารณาถึงความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ วิธีมีขั้นตอนการพิจารณาการใช้น้ำของแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์ โดยต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรออกแบบระบบท่อ เพราะต้องพิจารณาว่า จะมีผู้ใช้น้ำจากแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์กี่ครั้งต่อวัน และมีระยะเวลาการใช้น้ำประปาต่อครั้งต่อเครื่องสุขภัณฑ์เท่าไร ซึ่งทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่ามีความยุ่งยากในการคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ และต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการใช้น้ำของอาคารประเภทต่าง ๆ ด้วย ซึ่งยังไม่มี

ผู้ทำการวิจัยเก็บข้อมูลเหล่านี้มากนัก ทำให้เป็นที่ไม่นิยมใช้ แต่วิธีนี้อาจมีประโยชน์กับการคำนวณน้ำทิ้งจากสุขภัณฑ์ของอาคารหนึ่ง ที่ไม่สามารถทราบจำนวนผู้ใช้น้ำได้

ปริมาณน้ำใช้และความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์

ชนิดของสุขภัณฑ์	อัตราไหล (ลิตรต่อนาที)	ระยะเวลาของการเปิด ใช้น้ำต่อครั้ง (วินาที)	ปริมาณน้ำใช้ ต่อครั้ง (ลิตร)	ความถี่ของการ ใช้ (ครั้ง / วัน)
อ่างซักผ้า	20	120	40	1
อ่างล้างมือ	15	40	10	10
อ่างล้างชาม (ตามบ้าน)	17	60	17	3
อ่างล้างชาม (ร้านอาหาร)	25	300	125	-
อ่างอาบน้ำ	30	250	125	1
ฝักบัว	20	120	40	10
เครื่องซักผ้า	15	300	75	1
ก๊อกสนามหรือก๊อกน้ำ	20	300	100	1
ทั่วไป				
เครื่องล้างชาม	15	300	75	1
โถส้วม (ประตุน้ำล้าง) (Flush Valve)	150	10	25	10
โถส้วม (ถังน้ำล้าง) (Flush Tank)	15	60	15	10
โถปัสสาวะ (ประตุน้ำล้าง)	55	10	9	20
โถปัสสาวะ (Angle Valve)	15	10	2.5	20

* สำหรับอาคารพักอาศัย 5 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารพักอาศัยที่เป็นครอบครัวขนาดเล็กขนาดกลางและขนาดใหญ่

ขนาดอาคารพักอาศัย	เครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้	อัตราน้ำไหลทั้งหมด (ลิตรต่อ นาที)	ปริมาณน้ำใช้ขณะที่เปิดน้ำใช้พร้อมกัน (ค่า ออกแบบ) (ลิตร/นาที)
ครอบครัวขนาดเล็ก	ก๊อกน้ำทั่วไป 1 ชุด	20	20
	อ่างซักผ้า 1 ชุด	20	20
	อ่างล้างชาม 1 ชุด	17	-
	อ่างล้างมือ 1 ชุด	30	15
	โถส้วม (ถังน้ำล้าง) 1 ชุด	30	15
	ฝักบัว 2 ชุด	40	-
			157
ครอบครัวขนาดกลาง	ก๊อกน้ำทั่วไป 2 ชุด	40	20
	อ่างซักผ้า 1 ชุด	20	20
	อ่างล้างชาม 1 ชุด	17	-
	อ่างล้างมือ 3 ชุด	45	15
	โถส้วม (ถังน้ำล้าง) 3 ชุด	45	15
	ฝักบัว 2 ชุด	40	20
	อ่างอาบน้ำ 2 ชุด	60	-
	เครื่องซักผ้า 1 ชุด	15	15
			282
ครอบครัวขนาดใหญ่	ก๊อกน้ำทั่วไป 3 ชุด	60	40
	อ่างซักผ้า 2 ชุด	40	20
	อ่างล้างชาม 2 ชุด	34	-
	อ่างล้างมือ 4 ชุด	60	30
	โถส้วม (ถังน้ำล้าง) 4 ชุด	60	15
	ฝักบัว 3 ชุด	60	40
	อ่างอาบน้ำ 3 ชุด	90	-
	โถปัสสาวะ (Angle Valve) 2 ชุด	30	-
	เครื่องซักผ้า 1 ชุด	15	15
			449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น มีห้องน้ำทุก ๆ ชั้น โดยห้องน้ำแต่ละห้องประกอบด้วย เครื่องสุขภัณฑ์ที่ต้องการใช้ดังนี้ อ่างล้างมือ 1 ชุด โถส้วม 1 ชุด โถปัสสาวะ 1 ชุด ฝักบัว 1 ชุด ก๊อกน้ำ 1 ชุด จึงคำนวณหาปริมาณน้ำใช้ของอาคารต่อวัน

วิธีทำ

แบบใช้จำนวนและความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์		อัตราน้ำไหลต่อชุด (ลิตร/ตอนาที)	ความถี่ของการใช้ (ครั้ง / วัน)	ปริมาณน้ำใช้ต่อ ครั้ง (ลิตร / ครั้ง)	ปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด (ลิตร / วัน)
ชนิด	จำนวน				
อ่างล้างมือ	4	15	10	10	400
โถส้วม	4	15	10	15	600
โถปัสสาวะ	4	15	20	2.5	200
ฝักบัว	4	20	10	10	1,600
ก๊อกน้ำ	4	20	1	1	400
					รวม 3,200

จากข้อมูลในตารางสามารถคำนวณปริมาณน้ำใช้ได้ = 3,200 ลิตรต่อวัน = 3.20 ลบ.ม.
ต่อวัน

สำหรับข้อมูลอีกลักษณะหนึ่งคือ นับจำนวนสุขภัณฑ์ทั่ว ๆ ไปของอาคารพักอาศัยหรืออาคารประเภทอื่น ๆ โดยนำจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำพร้อมกัน ยังมีจำนวนใช้เครื่องสุขภัณฑ์มาก ค่าเปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำพร้อมกันก็จะมีลดลง

ข้อมูลออกแบบสำหรับการเลือกใช้ค่าปริมาณน้ำใช้ของอาคารพักอาศัยขนาดต่าง ๆ

ขนาดของอาคารพักอาศัย	อัตราน้ำไหลรวมของการใช้เครื่อง สุขภัณฑ์พร้อมกัน		ค่าปริมาณน้ำใช้* สำหรับการออกแบบ ระบบท่อประปา (ลิตร ต่อนาที)
	ใช้ประตุน้ำล้าง (ลิตรต่อนาที)	ใช้ถังน้ำล้าง (ลิตรต่อนาที)	
ครอบครัวขนาดเล็ก	-	220	80
ครอบครัวขนาดใหญ่	-	310	130
อาคารแบบที่มี 2 ครอบครัว	-	400	160
อาคารแบบที่มี 4 ครอบครัว	1,100	640	260
อาคารแบบที่มี 6 ครอบครัว	1,550	910	340
อาคารแบบที่มี 10 ครอบครัว	2,500	1,360	430

* ค่าที่เป็นค่าที่เหมาะสมกับการออกแบบท่อประปาสำหรับอาคารประเภทต่าง ๆ แต่ไม่ควรนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำประปา และระบบบำบัดน้ำเสีย

ค่าเปอร์เซ็นต์ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์พร้อมกัน

ประเภทของเครื่อง สุขภัณฑ์	ค่า % ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์พร้อมกัน											
	จำนวนเครื่องสุขภัณฑ์ (ชุด)											
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
เครื่องสุขภัณฑ์ทั่วไป ยกเว้น โถส้วม (ประตุน้ำล้าง)	100	100	75	55	48	45	42	40	39	38	35	33
โถส้วม (ประตุน้ำล้าง)	100	50	50	40	30	27	23	19	17	15	12	10

เมื่อพิจารณาถึงอาคารที่มีขนาดใหญ่ การใช้น้ำประปาจากเครื่องสุขภัณฑ์ทั้งหมด อาจมีการเปิดใช้น้ำประปาพร้อมกันทั้งหมด แต่สภาพเหตุการณ์แบบนี้จะเกิดขึ้นได้มีน้อยมาก โดยเฉพาะอาคารที่มีขนาดใหญ่หรือมีจำนวนเครื่องสุขภัณฑ์มาก การเปิดใช้น้ำประปาพร้อมกันทั้งหมดก็ยากที่จะเกิดขึ้นได้ Dawson และ Kalinske ได้สร้างค่าตัวคูณลดเพื่อคำนวณหาปริมาณ

น้ำใช้ เช่น ตัวอย่างยกกว่าปริมาณน้ำใช้ในจากเครื่องสุขภัณฑ์ทั้งหมดในอาคารหนึ่งเท่ากับ 3,030 ลิตรต่อนาที ถ้าเป็นโรงพยาบาล ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ = $(0.20) (3,030) = 606$ ลิตรต่อนาที

ค่าตัวคูณลดสำหรับการใช้น้ำประปาของอาคารประเภทต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงความจริง

ปริมาณน้ำประปาจากเครื่องสุขภัณฑ์ ทั้งหมดในอาคาร (ลิตรต่อนาที)	ค่าตัวคูณลด	
	อาคารประเภท ก ¹	อาคารประเภท ข ²
190	0.50	0.80
265	0.40	0.70
380	0.35	0.60
570	0.30	0.50
760	0.25	0.40
1,135	0.21	0.30
1,890	0.17	0.25
3,030	0.14	0.20
4,540	0.12	0.17
7,570	0.10	0.15
11,360	0.09	0.13
18,930	0.08	0.12

¹ อาคารพักอาศัย อาคารสำนักงาน

² โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงงาน ร้านอาหาร โรงภาพยนตร์ ห้องน้ำ
สาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง อาคารพักอาศัยแห่งหนึ่งมีห้องพัก 200 ห้อง โดยแต่ละห้องพักมีเครื่องสุขภัณฑ์ ดังนี้ โถส้วม 1 ชุด อ่างอาบน้ำ 1 ชุด อ่างล้างมือ 1 ชุด สำหรับชั้นล่างของอาคารจะมีห้องน้ำขนาดใหญ่สำหรับสุภาพบุรุษ 1 ห้องและสุภาพสตรี 1 ห้อง โดยมีเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

สำหรับสุภาพบุรุษ		สำหรับสุภาพสตรี	
โถส้วม	10 ชุด	โถส้วม	15 ชุด
โถปัสสาวะ	12 ชุด	อ่างล้างมือ	8 ชุด
อ่างล้างมือ	8 ชุด		

วิธีทำ

แบบใช้จำนวนและความถี่ของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ จากข้อมูลในตารางสามารถคำนวณปริมาณน้ำใช้ได้ดังนี้

ชนิด	เครื่องสุขภัณฑ์		อัตราการไหลต่อชุด (ลิตร / นาที)	อัตราการไหลทั้งหมด (ลิตร / นาที)
	จำนวน			
โถส้วม	200+10+15 = 225		15	3,375
อ่างอาบน้ำ	200		30	6,000
อ่างล้างมือ	200+8+8 = 216		15	3,240
โถปัสสาวะ	12		15	180
				รวม 12,795

อัตราการไหลทั้งหมดเมื่อมีการใช้เครื่องสุขภัณฑ์พร้อมกัน = 12,795 ลิตรต่อนาที

พิจารณาจากตารางค่าตัวคูณลดจะใช้ตัวคูณลด = 0.09

ปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารนี้ = $0.09 \times 12,795 = 1,152$ ลิตรต่อนาที

3) การใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit)

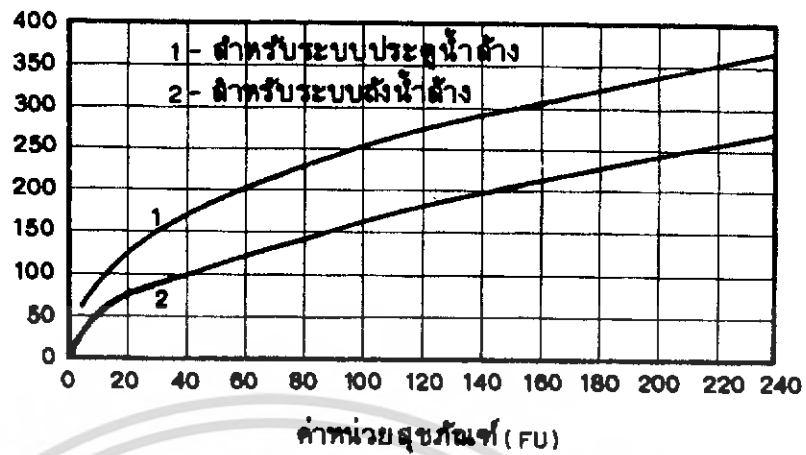
วิธีการประมาณปริมาณน้ำใช้ของอาคารด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด สำหรับงานออกแบบระบบท่อประปา โดยเฉพาะการคำนวณออกแบบขนาดท่อประปาภายในอาคาร เพราะเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมากนัก และไม่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรออกแบบมากเท่ากับสองวิธีที่แล้ว

วิธีนี้สร้างขึ้นโดย Roy B.Hunter เมื่อปี ค.ศ.1924 ซึ่งพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

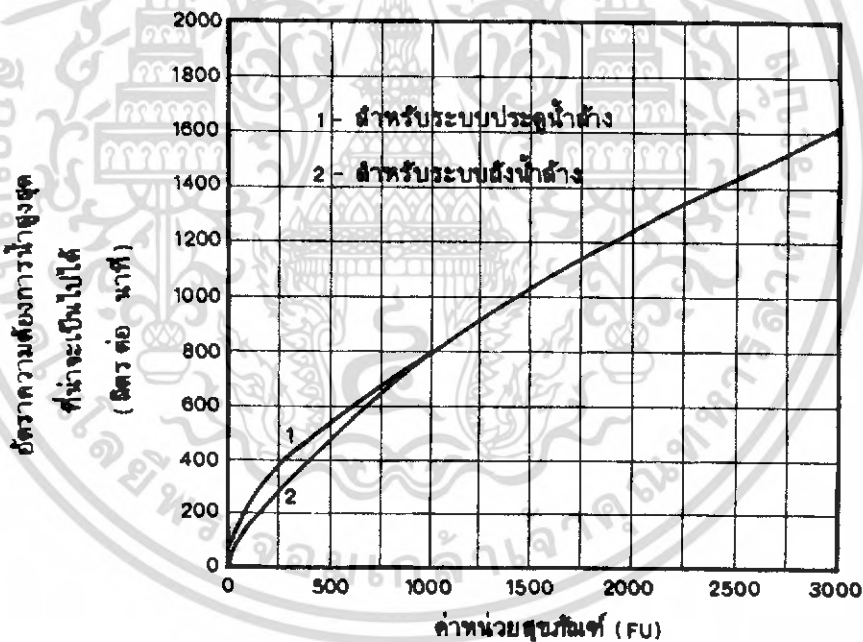
- 1) ระยะเวลาของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด เช่น ใช้เวลาที่วินาทีต่อการเปิดก๊อกน้ำเพื่อการซักผ้า
- 2) จำนวนครั้งในการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ เช่น พิจารณาใช้อ่างล้างมือกี่ครั้งในแต่ละวัน
- 3) อัตราไหลของน้ำประปาจากเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด เช่น ปริมาณน้ำประปาไหลออกจากก๊อกรดน้ำสนามหญ้ากี่ลิตรต่ออนาที
- 4) ปริมาณน้ำใช้ทั้งหมดต่อการใช้เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุดในหนึ่งครั้ง เช่น มีปริมาณน้ำประปาที่ถูกใช้ไป สำหรับการล้างมือแต่ละครั้งกี่ลิตร

ปัจจัยต่าง ๆ ข้างบนนี้ได้ถูกพิจารณามาแล้ว สำหรับการประมาณหาปริมาณน้ำใช้ด้วยวิธีที่ 2 แต่ Hunter ได้พัฒนาข้อมูลเหล่านี้ออกมาเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนเครื่องสุขภัณฑ์กับปริมาณน้ำใช้สูงสุดที่ต้องการ ซึ่งผลออกมามีปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารมากเกินไป ทำให้เป็นการประหยัดสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบระบบท่อประปาของอาคาร ดังนั้น Hunter จึงได้พัฒนาออกมาเป็นหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit) ซึ่งได้พิจารณาว่า เครื่องสุขภัณฑ์ไม่ได้ถูกใช้พร้อมกันทั้งอาคาร โดยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยสุขภัณฑ์กับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดเท่าที่น้ำจะเป็นไปได้ ซึ่งจะเป็นค่าออกแบบระบบท่อประปาต่อไป

อัตราความต้องการน้ำสูงสุด
ที่น่าจะเป็นไปได้
(ลิตร ต่อ นาที)



ความสัมพันธ์ของค่าหน่วยสุขภัณฑ์กับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่
น่าจะเป็นไปได้สำหรับ 0 - 240 FU



ความสัมพันธ์ของค่าหน่วยสุขภัณฑ์กับอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้
สำหรับ 0 - 3,000 FU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่านิยมสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิด

เครื่องสุขภัณฑ์	ลักษณะการใช้อาคาร	ประเภทของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้	ค่านิยมสุขภัณฑ์
โถส้วม	สาธารณะ	ประตุน้ำล้าง ¹	10
โถส้วม	สาธารณะ	ถังน้ำล้าง ²	5
โถปัสสาวะแบบยืน	สาธารณะ	ประตุน้ำล้าง	10
โถปัสสาวะแบบเป็นแถว	สาธารณะ	ประตุน้ำล้าง	5
โถปัสสาวะแบบเป็นแถว	สาธารณะ	Angle Valve	3
อ่างล้างมือ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	1.5
อ่างอาบน้ำ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	3
ฝักบัว	สาธารณะ	วาล์วผสม	3
เครื่องซักผ้าขนาด 3.5 กก.	สาธารณะ	อัตโนมัติ	2.25
เครื่องซักผ้าขนาด 7 กก.	สาธารณะ	อัตโนมัติ	3
อ่างล้างทั่วไป	สำนักงาน	ก๊อกน้ำ	2.25
อ่างล้างในครัว	โรงแรมและภัตตาคาร	ก๊อกน้ำ	3
โถส้วม	ส่วนตัว	ประตุน้ำล้าง	6
โถส้วม	ส่วนตัว	ถังน้ำล้าง	3
อ่างล้างมือ	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	0.75
อ่างอาบน้ำ	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	1.5
ฝักบัว	ส่วนตัว	วาล์วผสม	1.5
ห้องอาบน้ำ (คิดรวมกัน)	ส่วนตัว	ประตุน้ำล้าง	8
ห้องอาบน้ำ (คิดรวมกัน)	ส่วนตัว	ถังน้ำล้าง	6
อ่างล้างในครัว	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	1.5
อ่างซักผ้า	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	2.25
อ่างรวม	ส่วนตัว	ก๊อกน้ำ	2.25
เครื่องซักผ้าขนาด 3.5 กก.	ส่วนตัว	อัตโนมัติ	1.5

¹ Flush Valve (ประตุน้ำล้าง)

² Flush Tank (ถังน้ำล้าง)

ค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับสุขภัณฑ์ต่าง ๆ

จำนวน สุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด		จำนวน สุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด	
	ระบบประตุน้ำล้าง	ระบบดึงน้ำล้าง		ระบบประตุน้ำล้าง	ระบบดึงน้ำล้าง
5	57	35	400	477	397
8	84	49	450	508	435
10	102	55	500	538	473
12	108	61	550	565	507
14	115	64	600	592	541
18	127	71	650	620	576
20	133	74	700	647	610
25	144	82	750	674	644
30	159	88	800	697	673
35	167	94	850	719	702
40	174	100	900	742	730
45	182	106	950	764	759
50	189	110	1000	787	787
60	205	121	1125	848	848
70	220	133	1250	908	908
80	230	144	1375	960	960
90	244	155	1500	1011	1011
100	256	165	1625	1062	1062
110	266	175	1750	1113	1113
120	277	182	1875	1164	1164
130	284	190	2000	1215	1215
140	292	199	2125	1266	1266
150	303	205	2250	1317	1317
160	312	216	2375	1368	1368
170	321	220	2500	1419	1419
180	329	231	2625	1471	1471
190	338	238	2750	1522	1522
200	346	246	2875	1579	1579
210	353	250	3000	1635	1635
220	360	261	4000	1987	1987
230	367	265	5000	2245	2245
240	375	270	6000	2434	2434
250	382	284	7000	2593	2593
275	400	303	8000	2718	2718

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าหน่วย สุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด		ค่าหน่วย สุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด	
	ระบบประตุน้ำล่าง	ระบบถังน้ำล่าง		ระบบประตุน้ำล่าง	ระบบถังน้ำล่าง
300	416	322	9000	2820	2820
350	447	360	10000	2911	2911

ตัวอย่าง อาคารสำนักงาน 7 ชั้น มีห้องน้ำทุกชั้น โดยแต่ละห้องน้ำ มีโถส้วมแบบใช้
ประตุน้ำล่าง 1 ชุด โถปัสสาวะ 1 ชุด อ่างล้างมือ 1 ชุด ฝักบัว 1 ชุด จึงคำนวณหาปริมาณน้ำใช้
สำหรับอาคารแห่งนี้

วิธีทำ

แบบใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit)

จากข้อมูลในตารางสามารถคำนวณหาค่าหน่วยสุขภัณฑ์ได้ออกมาดังนี้

เครื่องสุขภัณฑ์		ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่อชุด	ค่าหน่วยสุขภัณฑ์
ชนิด	จำนวน		
โถส้วม	7	10	70
โถปัสสาวะ	7	10	70
อ่างล้างมือ	7	2	14
ฝักบัว	7	4	28
			รวม 182

เมื่อทราบค่าหน่วยสุขภัณฑ์ทั้งหมดแล้ว นำมาอ่านตามอัตราความต้องการน้ำสูงสุดตาม
ตารางจะมีค่าเท่ากับ 338 ลิตรต่ออนาที

เมื่อได้จำนวนสุขภัณฑ์แต่ละชนิดของอาคารก็สามารถหาค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit)
แล้วจึงนำค่าสุขภัณฑ์นี้มาอ่านค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดตามตาราง แต่ปริมาณน้ำใช้สำหรับ
อาคารที่ได้รับนี้อาจมีค่ามากเกินไป ยังมีค่าหน่วยสุขภัณฑ์มากเท่าใด ก็ยิ่งจะทำให้ค่าปริมาณน้ำ
ใช้ที่หาได้มีมากกว่าค่าความเป็นจริงมากเท่านั้น ดังนั้นในการหาปริมาณน้ำใช้ในอาคาร ถ้าใช้ค่า
จากตารางข้างต้น ก็จะทำให้ท่อในอาคารมีขนาดใหญ่เกินไป เป็นการไม่ประหยัด เพื่อให้เกิด
ประสิทธิภาพสูงสุด จึงควรใช้ค่าตัวคูณลดสำหรับค่าหน่วยสุขภัณฑ์ต่าง ๆ และประเภทของอาคาร
แต่ละชนิด

ค่าตัวคูณลดสำหรับสุขภัณฑ์ต่าง ๆ และประเภทของอาคารแต่ละชนิด

ค่าหน่วย สุขภัณฑ์ (FU)	ค่าอัตราความ ^๑ ต้องการน้ำสูงสุดที่ น่าจะเป็นไปได้	อาคารประเภท 1 ^๒		อาคารประเภท 2 ^๓	
		ค่าตัว คูณลด	ปริมาณน้ำใช้ สำหรับการ ออกแบบ	ค่าตัว คูณลด	ปริมาณน้ำใช้ สำหรับการ ออกแบบ
0 – 400	477	1.00	477	1.00	477
401 – 600	592	0.90	535	0.87	515
601 – 1200	884	0.77	680	0.64	565
1201 – 1500	1011	0.74	750	0.63	635
1501 – 2000	1215	0.70	850	0.61	740
2001 – 2500	1419	0.69	980	0.60	850
2501 – 3000	1635	0.68	980	0.59	965
3001 – 4000	1987	0.65	1110	0.58	1155
4001 – 5000	2245	0.64	1290	0.56	1255
5001 – 6000	2434	0.63	1435	0.56	1365
6001 – 8000	2718	0.62	1535	0.56	1520
8001 – 10000	2911	0.61	1685	0.55	1600

^๑ ค่านี้ได้จากตารางค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับสุขภัณฑ์ต่าง ๆ

^๒ อาคารประเภท 1 คือ โรงแรม โรงพยาบาล

^๓ อาคารประเภท 1 คือ โรงเรียน มหาวิทยาลัยที่ไม่มีหอพัก อาคารสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง โรงแรมแห่งหนึ่งมีจำนวนห้องพักอยู่ 400 ห้อง ซึ่งแต่ละห้องพักจะมีห้องน้ำอยู่หนึ่งห้อง โดยประกอบด้วยเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้ โถส้วม 1 ชุด อ่างล้างมือ 1 ชุด และอ่างอาบน้ำ 1 ชุด สำหรับชั้นล่างจะมีห้องน้ำส่วนกลาง โดยแยกเป็นห้องน้ำชายและห้องน้ำหญิง โดยมีเครื่องสุขภัณฑ์ดังนี้

ห้องน้ำชาย		ห้องน้ำหญิง	
โถส้วม (ประตุน้ำล่าง)	10 ชุด	โถส้วม (ประตุน้ำล่าง)	15 ชุด
โถปัสสาวะ (ประตุน้ำล่าง)	10 ชุด	อ่างล้างมือ	10 ชุด
อ่างล้างมือ	10 ชุด		

วิธีทำ

แบบใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Unit)

จากข้อมูลในตารางสามารถคำนวณหาค่าหน่วยสุขภัณฑ์ได้ออกมาดังนี้

เครื่องสุขภัณฑ์		จำนวน	ค่าหน่วย สุขภัณฑ์ต่อชุด	ค่าหน่วย สุขภัณฑ์
ชนิด				
โถส้วม (ถังน้ำล่าง)		3	3	9
โถส้วม (ประตุน้ำล่าง)		25	10	250
โถปัสสาวะ		10	10	100
อ่างล้างมือ (ห้องพัก)		400	1	400
อ่างล้างมือ (ชั้นล่าง)		20	2	40
อ่างอาบน้ำ		400	2	80
				รวม 1,599

เมื่อทราบค่าหน่วยสุขภัณฑ์ทั้งหมดแล้ว นำมาอ่านตามอัตราความต้องการน้ำสูงสุดตามตารางจะมีค่าเท่ากับ 1,062 ลิตรต่อนาที

จากข้อมูลพบว่า ถ้าค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (FU) มีค่ามากกว่า 400 ควรใช้ค่าตัวคูณลดเพื่อช่วยในการออกแบบให้เหมาะสมกับอาคารนั้น ๆ ซึ่งค่าตัวคูณลดตามตารางที่เหมาะสมมีค่ากับ 0.70

เพราะฉะนั้นปริมาณน้ำใช้สำหรับโรงแรมแห่งนี้ = $0.70 \times 1,062 = 743.4$ ลิตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข รายงานผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

อาจารย์ สันติ กวินวงศ์ไพบูลย์ ตำแหน่งอาจารย์ประจำ
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

อาจารย์ ชูเกียรติ แซ่ตั้ง ตำแหน่งอาจารย์ประจำ
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

2. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

อาจารย์ อรรถพร ฤทธิเกิด ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

3. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบทดสอบ

ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ตำแหน่งรองคณบดี
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์ ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

อาจารย์ พัศตราภรณ์ มีศิริ

ตำแหน่งอาจารย์ประจำ

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

อาจารย์ เบญจวรรณ อุบลศรี

ตำแหน่งรองคณบดี

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ หนังสือราชการและขอความอนุเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศษ ๐๕๔๖.๐๑/๐๑๐๖



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อ. เมือง จ. นครราชสีมา ๓๐๐๐๐

๑๗ มกราคม ๒๕๕๙

เรื่อง อนุญาตให้นักศึกษาทำการทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เรียน คณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อ้างถึง หนังสือที่ ศษ ๐๕๒๔.๐๔/๔๕๔๕ ลงวันที่ ๑๘ พฤศจิกายน ๒๕๕๘

ตามหนังสือที่อ้างถึง นายสิทธิ เจริญพินิจนันท์ นักศึกษาชั้นปีที่ ๒ ภาควิชาครุศาสตร์
สถาปัตยกรรม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอความอนุเคราะห์ทำการศึกษาค้นคว้าประกอบการทำปริญญาโท บ.เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุขภาพ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ดังรายละเอียดแจ้งแล้วนั้น

วิทยาเขตฯ ยินดีให้ความอนุเคราะห์นักศึกษา โดยได้จัดนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ ๒ สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จำนวน ๒๐ คน เข้าทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าว ในวันพุธที่ ๑๗ มกราคม ๒๕๕๙

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย เกิดมณ)

ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการ

วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

โทร. ๐ ๕๔๒๗ ๓๓๑๒-๓ ต่อ ๓๖๐๐

โทรสาร ๐ ๕๔๒๔ ๒๒๑๗, ๐ ๕๔๒๗ ๓๓๑๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0582.03/297

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขตศาลายา 98 หมู่ 3 ต. ศาลายา
อ. ทพนธ์เขต ๑. นครปฐม 73170

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๙

เรื่อง ต้อนรับการให้ความอนุเคราะห์นักศึกษา ในการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เรียน คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ตามหนังสือที่ ศธ.0524.04/4995 ลงวันที่ 18 พฤศจิกายน ๒๕๔๘ เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา ในการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบการทำปริญญาโท วิชาระบบสุขาภิบาล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม โดยทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตศาลายา จำนวน 20 คน นั้น บัดนี้ ทางสาขาฯ ได้ดำเนินการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ทั้งนี้ ทางสาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตศาลายา มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งในการให้ความอนุเคราะห์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายบุญมี วิทยาวีรักษ์)

ผู้อำนวยการวิทยาเขตศาลายา

สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-2889-4585 - 7 ต่อ 3032

โทรสาร 0-2889-5014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กิติ สิ้นธุเสก. การออกแบบห้องน้ำ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, ดร. การออกแบบท่ออาคารและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2544
- นิพ เอมรัตน์. CAI คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กันยายน 2548. www.thaicai.com
- บุญชม ศรีสะอาด. การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2537
- ประณต กุลประสูตร. เทคนิคงานท่อสุรภัณฑ์ภายในอาคาร. กรุงเทพฯ : แผนกการพิมพ์ โรงเรียนคอนบอสโก, 2545
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย เรื่องการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่เป็นสองกลุ่ม. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542. (เอกสารอัดสำเนา)
- ละออง ศิริพัฒน์. ระบบอุปกรณ์อาคาร. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2540
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2541
- สิทธิโชค สุนทรโอภาส. เทคโนโลยีอาคาร. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2544
- โสรัชญ์ นันทวัชรวิบูลย์. BE GRAPHIC เส้นทางกราฟฟิคดีไซน์เนอร์. กรุงเทพฯ : บริษัท พิมพ์ดี, 2545