การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร
The application of Building Information Modeling for water resource management

ปิยรัตน์ เปาเล้ง[1*], สยาม แกมขุนทด[2], ศิริศักดิ์ คงสมศักดิ์สกุล[3], ไกรโรจน์ มหรรณพคุณ[4] และ เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง[5]

[1 2 3 4] ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพมหานคร
[5] หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์
**Corresponding author; E-mail address: piyarat.p@fte.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการประยุกใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร Building Information Modeling หรือ BIM เป็นกระบวนการที่มีการบูรณาการการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ของการออกแบบและการก่อสร้างรวมไปถึงงานระบบภายในอาคารโดยมีเป้าหมายเพื่อลดขั้นตอน ลดความซ้ำซ้อน ลดความขัดแย้งและลดปัญหาที่เกิดจากข้อมูลที่ผิดพลาดรวมถึงการบริหารการใช้ทรัพยากรภายในอาคาร การพิจารณาถึงความเหมาะสมของการใช้ขนาดท่อที่เหมาะสมภายในอาคารให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้งานที่เกิดขึ้นเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายปริมาณน้ำและวัสดุในโครงการได้ โดยการวิจัยนี้จะดำเนินการศึกษาและเปรียบเทียบผลของค่าใช้จ่ายของวัสดุท่อที่ใช้ภายในอาคารและค่าใช้จ่ายการใช้ทรัพยากรน้ำของอาคารจริงเปรียบเทียบกับการใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคารได้ปริมาณวัสดุและค่าใช้จ่ายที่แม่นยำมากขึ้นรวมถึงช่วยในการวางแผนการใช้ทรัพยากรน้ำภายในอาคารได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศ, การบริหารทรัพยากรน้ำ, ปริมาณวัสดุ

Abstract

This article presents the application of Building Information Modeling(BIM) for water resource management. BIM is a process that integrates work at various stages of design and construction, including interior building systems, with the goal of reducing steps, complexity, conflicts, and problems caused by incorrect data and the management of building resources. Consideration of the adequacy of the pipe size within the building in relation to the usage volume is importance in reducing the water and material costs of the project. This research aims to study compare the cost of materials used and the actual cost of using water resources within the building, which results in accurate material quantities and costs for planning the appropriate use of water resources within the building.

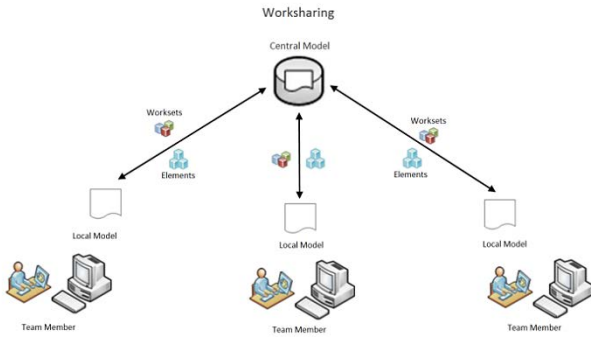
Keywords: BIM, water resource management, material quantity

1. บทนำ (Introduction)

ระบบสุขาภิบาลถือเป็นงานระบบที่มีความซับซ้อนและต้องใช้การวางแผนและออกแบบอย่างเป็นระบบเพื่อใช้งานทั้งภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำภายในอาคาร ตั้งแต่ระบบประปาเพื่อการอุปโภคบริโภค จนไปถึงการระบายน้ำเสียที่ใช้แล้วเป็นงานระบบท่อสุขาภิบาลมีอยู่ด้วยกัน 7 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบน้ำดี (หรือน้ำประปา) (Cold water pipe system) เป็นระบบท่อที่ใช้งานในการลำเลียงน้ำสะอาดไปใช้งานตามจุดต่างๆ ที่ต้องการใช้ภายในอาคาร 2) ระบบระบายน้ำโสโครก (Soil pipe system) เป็นระบบท่อที่นำน้ำเสียที่ถูกใช้งานจากโถส้วม หรือโถปัสสาวะออกจากพื้นที่ และนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนระบายออกนอกอาคาร 3) ระบบระบายน้ำทิ้ง (Waste pipe system) เป็นระบบท่อที่นำน้ำเสียที่ถูกใช้งานจากกิจกรรมอื่นๆ ออกจากพื้นที่และนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนระบายออกนอกอาคาร 4) ระบบบำบัดน้ำเสีย (Waste-water treatment system) เป็นระบบที่ใช้บำบัดน้ำจากการใช้งานภายในอาคาร ให้มีค่าดัชนีวัดค่าคุณสมบัติ ต่าง ๆ ของน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดก่อนระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะ 5) ระบบท่อระบายอากาศ (Vent pipe system) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าท่ออากาศ ระบบท่อ vent นี้จะติดตั้งเข้ากับระบบท่อระบายน้ำป้องกันปัญหาสุญญากาศในเส้นท่อระบายน้ำทำให้ระบบระบายน้ำในเส้นท่อสามารถระบายน้ำได้สะดวก 6) ระบบท่อระบายน้ำฝน (Rain drainage pipe system) ระบบท่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำฝนที่เกิดขึ้นกรณีฝนตกออกจากตัวอาคาร 7) ระบบระบายน้ำภายนอกอาคาร (Building sewer system) เป็น

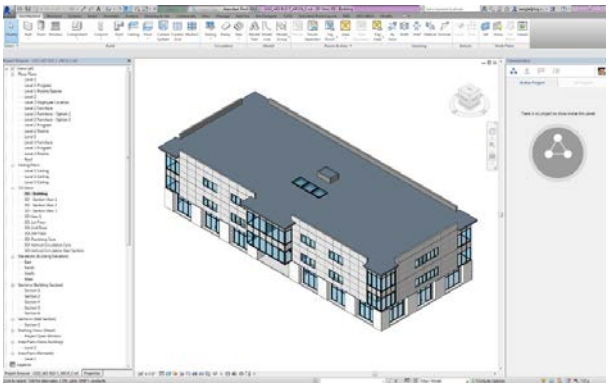
ระบบท่อระบายน้ำบริเวณโดยรอบของอาคาร ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำออกจากบริเวณอาคารเข้าสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะ[1] โดยมาตรฐานชั้นคุณภาพของท่อ PVC ของระบบสุขาภิบาลและระบบประปานั้นจะแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะมี PVC-5 PVC-8.5 และ PVC-13.5 โดยตัวเลขเหล่านี้สามารถจะแสดงถึงอัตราทนแรงดัน ซึ่งมีหน่วยเป็นบาร์แต่ละแบบนั้นจะ มีลักษณะการใช้ที่แตกต่างกันโดยระบบประปาจะใช้ท่ออยู่ 2 ลักษณะคือ 13.5 ส่วนระบบสุขาภิบาลจะใช้ 8.5 [2] อย่างไรก็ดีจากการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำประปาจากการประปานครหลวง ในประเทศไทยพบว่า ในอดีตประเทศไทยเคยมีอัตราน้ำสูญเสียเกินจำเป็นร้อยละ 50 โดยในปัจจุบันหน่วยงานของการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) และการประปานครหลวง (กปน.) ได้มีนโยบายการลดการสูญเสียการใช้น้ำให้ต่ำกว่าร้อยละ 30 เพื่อลดรายจ่ายและส่งเสริมการปลุกจิตสำนึกในเรื่องการเห็นคุณค่าของการใช้น้ำ จากข้อมูลข้างต้นเห็นได้ว่าการประปาไทยได้ให้ความสำคัญทั้งในด้านการผลิตน้ำและการบริหารจัดการน้ำ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนการบริหารและจัดการน้ำสูญเสีย (Water Losses) ทั้งในระยะยาวและระยะสั้นเพื่อให้มีความสมดุลและเพียงพอ [3, 4]

เทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร หรือ Building Information Modeling (BIM) เป็นแนวคิดที่มีมานานและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยจะนำมาใช้กับงานจัดซื้อจัดจ้างประเภท Design-Built เป็นส่วนใหญ่ แต่ในประเทศไทยคุ้นเคยกับงานออกแบบ [5] และใช้สำหรับการทำแบบจำลองหรือโมเดล(Model)รูปแบบสามมิติของอาคาร โดยตัวอาคารสามมิติ(3D)จะสามารถทำงานสอดคล้องกับระบบต่างๆ อาทิเช่นงานออกแบบทางด้านวิศวกรรม งานสถาปัตยกรรม งานระบบต่างๆ รวมถึงการบริหารโครงการ [6] รวมถึงมีความสามารถในการวิเคราะห์งานออกแบบในด้านต่างๆ เช่นการวิเคราะห์พื้นที่ (Area Analysis) การจัดการที่ดินและดินถม (Cut and Fill) การวิเคราะห์ในการประหยัดพลังงาน การตรวจสอบทิศของแสงแดดที่ตกกระทบกับอาคาร (Solar and Day Lighting Analysis) การออกแบบการบังแดด (Shading Analysis) การวิเคราะห์ด้านโครงสร้าง (Structural Analysis) ตลอดจนการวิเคราะห์งานระบบประกอบอาคารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบประปา [7] ซึ่งสามารถทำงานร่วมกันได้โดยใช้ระบบศูนย์กลางข้อมูล (Sharing Workspace) ดังแสดงในรูปที่ 1



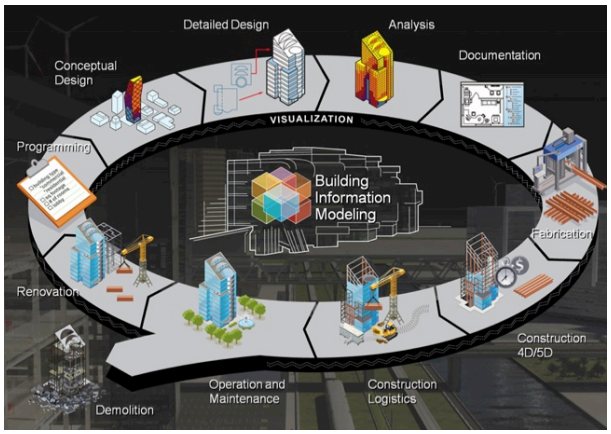
รูปที่ 1 Worksharing concept
(ที่มา : Autodesk. About Worksharing. 2022)[8]

ทั้งนี้ BIM ในประเทศไทยยังมีการนำมาประยุกต์ใช้ไม่หลากหลายและยังไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัด จากการสำรวจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าการนำระบบ BIM มามาใช้ในการจัดทำ As-Built Drawing มีความถูกต้องเชื่อถือได้และลดปัญหาการเริ่มต้นทำงานใหม่เมื่อเกิดการแก้ไขเปลี่ยนแปลงสามารถเอาข้อมูลมาบริหารจัดการอาคารได้ [9] โดยข้อดีหรือข้อได้เปรียบของระบบ BIM คือการออกแบบเชิงวัตถุ(object-oriented design) ซึ่งสามารถขึ้นเป็นรูปแบบสำเร็จรูปหรือเห็นข้อมูลในลักษณะ 3D ได้ครบถ้วนออกมาได้ทั้งหมด โดยสามารถสร้างรูปแบบของวัตถุไว้ล่วงหน้าจำนวนมากที่เรียกว่า Families ซึ่งแต่ละองค์ประกอบของโมเดลต่างๆประกอบด้วยข้อมูลทางรูปทรงเรขาคณิตและรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เช่น วันเดือนปีที่ผลิต ผู้ผลิต สีรวมไปถึงชนิดของวัสดุ



รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบจำลอง 3D ของอาคาร
(ที่มา : ชลลดา เลาะฟอ, 2022 [10] และ
https://www.spatial.com/resources/glossary/what-is-revit)

Autodesk Revit - เป็นระบบซอฟต์แวร์การสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับสถาปนิก ภูมิสถาปนิก วิศวกรโครงสร้างและงานระบบ นักออกแบบและผู้รับเหมา โดยระบบซอฟต์แวร์อนุญาตให้ผู้ใช้จัดรูปแบบอาคารและโครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ในรูปแบบ 3 มิติ ใส่คำอธิบายประกอบแบบจำลอง และเข้าถึงข้อมูลอาคารจากข้อมูลแบบจำลองอาคาร Revit เป็น 4D BIM ที่มีเครื่องมือในการตั้งค่าและติดตามขั้นตอนต่างๆ มากมายภายในวงจรชีวิตของอาคาร(building's lifecycle)รูปที่ 3 ตั้งแต่แนวคิดไปจนถึงการก่อสร้าง และการบำรุงรักษาและ/หรือการรื้อถอนในภายหลัง ซึ่งงานสถาปัตยกรรมนั้นเปรียบเสมือนงานต้นน้ำ ที่สถาปนิกเป็นผู้สร้างข้อมูลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และก่อสร้างได้ใช้งานได้อย่างราบรื่น[11] ในส่วนของงานระบบ Revit MEP Fundamentals ได้รับการออกแบบมาเพื่อเข้าใจองค์ประกอบของระบบ HVAC ไฟฟ้า ประปา/ท่อที่จำเป็น [12]



รูปที่ 3 การบริหารวงจรชีวิตของอาคาร(building's lifecycle) ด้วย BIM [13, 14]

ทั้งนี้เนื่องด้วยในอดีตผลิตภัณฑ์ใช้น้ำหลายอย่างอาจมีการใช้ปริมาณน้ำเกินความจำเป็นอย่างเช่น โถสุขภัณฑ์ หรือขนาดของสายฉีดชำระต่างๆทำให้การอ้างอิงข้อมูลโดยการประมาณปริมาณการใช้น้ำจากในอดีตต่อขนาดของอาคารอาจไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยปัจจุบันสุขภัณฑ์มีการพัฒนาทำให้สุขภัณฑ์มีการสูญเสียพลังงานลดลงและมีการเก็บรวบรวมค่าสถิติหน่วยสุขภัณฑ์หรือค่า FU (Fixture unit) ที่สัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำมากยิ่งขึ้น “ตาม มยผ. 3501-51 มาตรฐานการติดตั้งท่อประปา” ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้นการคำนวณปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารได้อย่างถูกต้องและแม่นยำตั้งแต่กระบวนการออกแบบอาคาร จะส่งผลให้การเลือกใช้ขนาดท่อ ขนาดของปั๊มน้ำสอดคล้องกับปริมาณใช้งานจริง ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนของปริมาณวัสดุ ค่าใช้จ่ายวัสดุ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับงานระบบด้วย

ประเภทเครื่องสุขภัณฑ์	สถานที่ใช้	ชนิดของเครื่องควบคุม	หน่วยสุขภัณฑ์
ส้วม	สาธารณะ	ประตูน้ำล้าง	10
	ส่วนบุคคล	ประตูน้ำล้าง	6
		ถังน้ำล้าง	3
ที่ปัสสาวะ	สาธารณะ	ประตูน้ำล้างขนาด 25 มม.	10
	ส่วนบุคคล	ประตูน้ำล้างขนาด 20 มม.	5
		ถังน้ำล้าง	3
อ่างล้างมือ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	2
	ส่วนบุคคล	ก๊อกน้ำ	1
อ่างอาบน้ำ	สาธารณะ	ก๊อกน้ำ	4
	ส่วนบุคคล	ก๊อกน้ำ	2
ฝักบัว	สาธารณะ	ประตูก๊อกน้ำ	4
	ส่วนบุคคล	ประตูก๊อกน้ำ	2
อ่างล้างชาม	โรงแรม ภัตตาคาร	ก๊อกน้ำ	4
	ส่วนบุคคล	ก๊อกน้ำ	2
อ่างซักล้าง	สำนักงานและอื่น ๆ	ก๊อกน้ำ	3
อ่างซักผ้า	ส่วนบุคคล	ก๊อกน้ำ	2

รูปที่ 4 ค่าหน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ (ที่มา มยผ. 3501-51 [15])

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการช่วยบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร โดยมีขอบเขตจากงานวิจัยประกอบด้วย 1.ใช้โปรแกรม Autodesk Revit สร้างแบบจำลองหรือโมเดลอาคารต้นแบบ 2.อาคารประลองตึก 44 ภายใน ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 3.ใช้รูปแบบจากงานระบบและการใช้งานอาคารในรูปแบบเดียวกัน อ้างอิงค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ราคาวัสดุ ค่าน้ำ ค่าไฟ 4.อ้างอิงตามราคาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุตามปัจจุบัน ซึ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการช่วยบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคารน่าจะช่วยทำให้การบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ (Objectives)

2.1 เพื่อศึกษาการประยุกต์ฟังก์ชันหรือการทำงาน การใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit ในด้านของการบริหารทรัพยากรภายในอาคาร

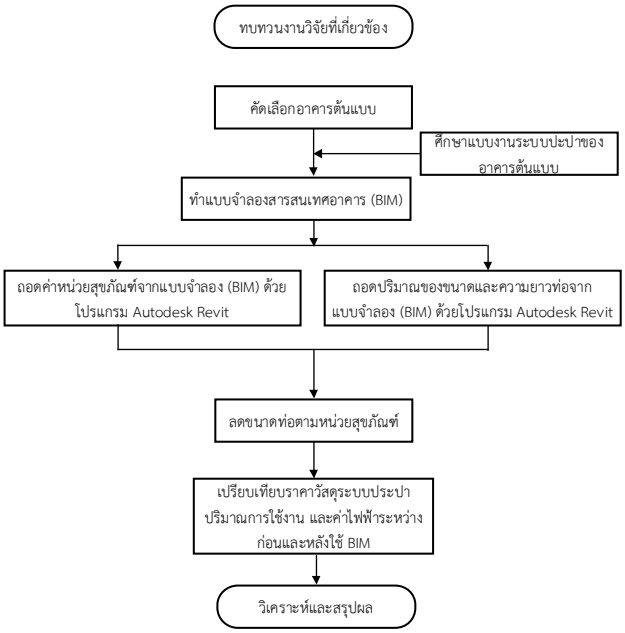
2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ทรัพยากรในด้านต่างๆ ของอาคารใช้งานเปรียบเทียบกับผลของการใช้ทรัพยากรจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

2.3 เพื่อได้ตัวอย่างแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคารเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการบริหารทรัพยากรภายในอาคารด้านอื่นๆ ในลำดับต่อไป

3. การดำเนินงานวิจัย (Methodology)

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit มีรายละเอียดวิธีการดังแสดงใน

รูปที่ 5

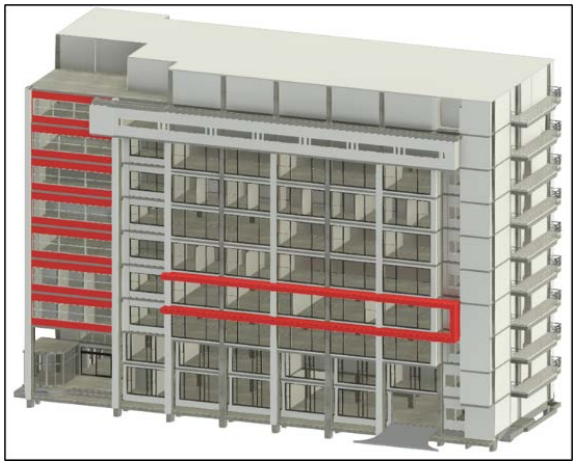


รูปที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 คัดเลือกโครงการ

การคัดเลือกโครงการที่จะนำมาศึกษาจะใช้หลักเกณฑ์การคัดเลือกตามนิยามของอาคารขนาดใหญ่ดังนี้ เป็นอาคารที่ทำการก่อสร้างจริงและมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 เมตรขึ้นไป ทั้งนี้งานวิจัยนี้เลือกใช้กรณีศึกษาอาคารต้นแบบเป็นอาคารประลองตึก 44 ภายใน ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร ดังแสดงในรูปที่ 3

ก) อาคารประลองตึก 44



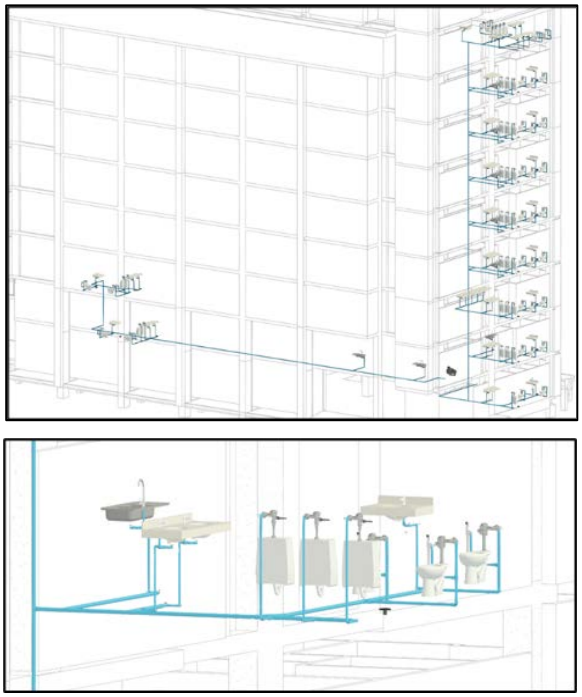
ข) แบบจำลองอาคารประลองตึก 44

รูปที่ 6 อาคารที่ใช้เป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลอง
ก) อาคารประลองตึก 44 และ ข) แบบจำลองอาคารประลองตึก 44

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลอาคารที่ใช้จริงของโครงการ

อาคารที่เป็นต้นแบบในงานวิจัยนี้เป็นอาคาร

ที่เปิดใช้งานสำหรับการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยใช้เอกสารการใช้งานอาคารจริงมาประกอบการสร้างแบบจำลองอาคาร ดังรูป รูปที่ 7



รูปที่ 7 แบบจำลองและรายละเอียดงานระบบท่อภายในอาคาร

3.3 วิเคราะห์และสรุปผล

ในการวิจัยนี้ได้การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคาร และถอดปริมาณงานโดยใช้ โปรแกรม Autodesk Revit เพื่อใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลทั้งในส่วนของความยาวท่อ ค่าใช้จ่ายของปริมาณท่อ อัตราการไหลของขนาดท่อในแต่ละขนาด และ การเลือกขนาดปั๊มที่เหมาะสม

4. ผลการวิจัย (Results)

4.1 ผลของปริมาณค่าหน่วยสุขภัณฑ์จากการสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk REVIT

จากผลการสร้างแบบจำลองอาคารประลองตึก 44 ทำให้สามารถเห็นภาพรวมของปริมาณการใช้น้ำภายในอาคารในแต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 8

ชั้น6-1	Sanitary_Bidets_Dornbracht_27701970-Dornbracht-Bidet-spray: สายฉีดชุด	3	6
ชั้น6-1	Plumbing-Water-Closet-Combos-Sloan-Valve-WETS-20001301: ชักโครก	3	30
ชั้น6-1	Plumbing-Urinal-Combos-Sloan-Valve-WEUS-10001001: โถ&	3	15
ชั้น6-1	KohlerMira_WtrSplyFitngsForWshBsnsAndTrghs_RadaT2-100: ก๊อกน้ำอ่างล้างมือ	3	6
ชั้น6-1		12	57
ชั้น7-1	Sanitary_Bidets_Dornbracht_27701970-Dornbracht-Bidet-spray: สายฉีดชุด	3	6
ชั้น7-1	Plumbing-Water-Closet-Combos-Sloan-Valve-WETS-20001301: ชักโครก	3	30
ชั้น7-1	Plumbing-Urinal-Combos-Sloan-Valve-WEUS-10001001: โถ&	3	15
ชั้น7-1	KohlerMira_WtrSplyFitngsForWshBsnsAndTrghs_RadaT2-100: ก๊อกน้ำอ่างล้างมือ	3	6
ชั้น7-1		12	57
ชั้น8-1	Sanitary_Bidets_Dornbracht_27701970-Dornbracht-Bidet-spray: สายฉีดชุด	4	8
ชั้น8-1	Plumbing-Water-Closet-Combos-Sloan-Valve-WETS-20001301: ชักโครก	4	40
ชั้น8-1	Plumbing-Urinal-Combos-Sloan-Valve-WEUS-10001001: โถ&	4	20
ชั้น8-1	KohlerMira_WtrSplyFitngsForWshBsnsAndTrghs_RadaT2-100: ก๊อกน้ำอ่างล้างมือ	5	10
ชั้น8-1		17	78

รูปที่ 8 ตัวอย่างปริมาณการใช้น้ำภายในอาคาร

ทั้งนี้จากรูปที่ 8 พบว่าในโปรแกรมจะแสดงค่าหน่วยสุขภัณฑ์โดยอัตโนมัติโดยคำนวณมาจากค่าปริมาณการใช้น้ำของหน่วยสุขภัณฑ์แต่ละประเภท ดังแสดงในตารางโดยค่าหน่วยสุขภัณฑ์ชั้น 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 57 ในขณะที่ชั้นด้านบนสุดชั้น 8 มีค่าหน่วยสุขภัณฑ์เท่ากับ 78 ซึ่งค่าที่ได้นี้จะต้องไปเทียบปริมาณอัตราการไหลต่อไป

4.2 ผลของการถอดปริมาณท่อปะปาจากการสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk REVIT

จากผลการสร้างแบบจำลองอาคารประลองตึก 44 ทำให้สามารถเห็นภาพรวมของปริมาณท่อปะปาจากการสร้างแบบจำลองทั้งอาคาร และคำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละขนาดท่อโดยอ้างอิงจากราคาท่อ PVC ที่มีขายอยู่ในปัจจุบันจากร้าน HIACHET [16] ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายได้ดังแสดงในรูปที่ 9

Family and Type	ขนาดท่อ	ก่อน BIM	หลัง BIM
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	18 มม.	103.42	102.31
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	20 มม.	46.90	47.25
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	25 มม.	51.87	26.63
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	40 มม.	-	91.34
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	55 มม.	185.75	115.91
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	100 มม.	31.94	32.24
รวม		419.88	415.68

ก) เปรียบเทียบปริมาณความยาว

Family and Type	ขนาดท่อ	ก่อน BIM	หลัง BIM
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	18 มม.	฿5,910.47	฿5,846.96
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	20 มม.	฿3,250.43	฿3,274.23
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	25 มม.	฿5,649.30	฿2,900.05
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	40 มม.	฿0.00	฿16,770.05
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	55 มม.	฿52,158.18	฿32,548.26
Pipe Types: ท่อ PVC Class 13.5	100 มม.	฿33,347.45	฿20,892.17
รวม		฿100,315.83	฿82,231.72

ข) เปรียบเทียบด้านค่าใช้จ่าย

รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณความยาวและค่าใช้จ่ายท่อประปาของอาคาร

จากรูปที่ 9 ผลของการถอดปริมาณท่อปะปาจากการสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk REVIT พบว่าเมื่อดำเนินการเปรียบเทียบด้านความยาวก่อนใช้ระบบ BIM ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยการประมาณราคาตามแบบจากงานระบบ และ หลังใช้ระบบ BIM มีค่าเท่ากับ 419.88 และ 415.68 เมตรตามลำดับ ซึ่งลดลงในอัตราร้อยละประมาณ 1 (ลดลงตามปริมาณของข้อต่อที่มีขนาดเล็กลง) อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาในส่วนของค่าใช้จ่ายก่อนใช้และหลังใช้ระบบ BIM มีค่าเท่ากับ 100,315.83 และ 82,231.72 เมตรตามลำดับ ซึ่งลดลงในอัตราร้อยละประมาณ 18

4.3 ผลของการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าหลังจากใช้ BIM เข้ามาบริหารทรัพยากรอาคาร

การใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารเข้ามาช่วยบริหารอาคารทำให้สามารถลดขนาดท่อที่ขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ส่งผลให้ความยาวและค่าใช้จ่ายต่างๆมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ดังนั้นขนาดท่อที่เล็กลงส่งผลให้ความเร็วในท่อสูงขึ้นทำให้สามารถลดขนาดของปั๊มให้เหมาะสมมากขึ้นกับการใช้งานได้อีกด้วย

ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ควบคุมความเร็วให้มีขนาดคงที่ประมาณ 2.4 เมตรต่อวินาที และเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฟฟ้าต่อเดือนกับขนาดท่อ (ในกรณีที่ใช้น้ำตลอดทั้ง 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 1 เดือน) ดังแสดงใน**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 เทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฟฟ้าต่อเดือนกับขนาดท่อ

ขนาดท่อหลักเดิมของอาคารต้นแบบ	ท่อหลักหลังจากลดขนาดของท่อ
ขนาด 4 นิ้ว สูง 30 เมตร	ขนาด 3 นิ้ว สูง 30 เมตร
อัตราการไหล 1,470 ลิตรต่อนาที	อัตราการไหล 895 ลิตรต่อนาที
ปั๊มน้ำรุ่น WCLL-11005FT อัตราการใช้ไฟฟ้า 11.2 kW/ชั่วโมง	ปั๊มน้ำรุ่น WCLL-7505FT อัตราการใช้ไฟฟ้า 7.5 kW/ชั่วโมง
อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน 268.8 kW/วันx30= 8,064 kW/เดือน	อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน 180.0 kW/วันx30= 5,400 kW/เดือน
ค่าใช้จ่ายต่อเดือน 36,288 บาท	ค่าใช้จ่ายต่อเดือน 24,300 บาท

5. บทสรุป (Conclusion)

5.1 จากผลการประยุต์ใช้ฟังก์ชั่นการใช้งานในโปรแกรม Autodesk Revit ในด้านของการบริหารทรัพยากรภายในอาคาร ทำให้ทราบค่า FU (Fixture unit) โดยค่าหน่วยสุขภัณฑ์ชั้น 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 57 ในขณะที่ชั้นด้านบนสุดชั้น 8 มีค่าหน่วยสุขภัณฑ์เท่ากับ 78 ซึ่งค่าที่ได้นี้จะเป็นข้อมูลต้นแบบเพื่อใช้ในการบริหารจัดการอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 จากการเปรียบเทียบผลของการใช้ทรัพยากรในด้านต่างๆ ของอาคารใช้งานเปรียบเทียบกับผลของการใช้ทรัพยากรจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารพบว่าก่อนและหลังใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำปริมาณความยาวและค่าท่อปะปาอ้างอิงจากราคาตามท้องตลาด ลดลงร้อยละ 1 และ 18 ตามลำดับ

5.3 จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารทรัพยากรน้ำภายในอาคารทำให้ได้ข้อมูลในการใช้งานอาคารเพื่อใช้สำหรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือบริหารการใช้งานที่เหมาะสมในลำดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ให้การ

สนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ รวมถึง คุณจตุพล ศรีประดิษฐ์ จากกองบัญชาการกองทัพไทย ที่ริเริ่มและให้คำแนะนำตลอดจนควบคุมการดำเนินการทดสอบจนประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Muangkaew Yutan and Sanya Sirivithayapakorn, *Problem Study Solution and Prevention In The Installation of Sanitary Systems of High-rise or Extra-large Buildings.* Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College, 2022. **9**(1): p. 23-35.
2. ณน่าน สอนพรหม, ธิติพันธ์ มัคราช และ นพสิทธิ์ มาขุนทด, การตรวจสอบมาตรฐานงานระบบป้องกันอัคคีภัยและระบบปรับอากาศของอาคารสูงอย่างง่ายกรณีศึกษาอาคารวิทยาลัยนวัตกรรมสื่อสารสังคมมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2018.
3. อมรเทพ ทองชิว. (*2556).* ความท้าทายในการจัดการน้ำสูญเสียของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: *IRDP* มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาองค์กรภาครัฐ.
4. ศิริพันธุ์ พุ่มจันทร์ และ ศักดิ์ชาย รักการ, การลดน้ำสูญเสียในระบบจ่ายน้ำประปาภายในสนามบินโดยใช้วัสดุทดแทนท่อประปา.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2021. **1**(2): p. 13-26.
5. ทรงพล ยมนาค. (*2553).* *"Building Information Modeling* สาหรับงานออกแบบ ก่อสร้าง *"*.บทความวิชาการในโครงการประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษาคณะสถาปัตยกรรม-ศาสตร์, (มีนาคม): *14-26.*
6. ปวริศร์ ศิริพิพัฒกุล และ พฤฒิธรรม แก้ววิชัย. (*2555).* คู่มือการใช้โปรแกรมเทคกล้าสตรัคเจอร์ อย่างละเอียดเบื้องต้น. เข้าถึงได้จาก: *http://www.tumcivil.com/FLB-Tekla_v1/Mobile/index.html.*
7. วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์. (*2552).* *"* การประยุกต์ใช้ *BIM* ในการออกแบบอย่างมีประโยชน์สูงสุด *"* *Construction and Property, 18* (พฤศจิกายน-ธันวาคม) : *27-30.*
8. Raiman, A., *Comparison of Autodesk Revit & Graphisoft ArchiCad in OpenBIM workflow.* 2022.
9. ธณัชชา สุขขี. (*2554).* การศึกษาการเลือกใช้แบบจาลองข้อมูลอาคาร สาหรับอุตสาหกรรม ก่อสร้างในประเทศไทย. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการ จัดการโครงการก่อสร้าง, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร.
10. ชลลดา เลาะฟอ และ พนิดา สีมาวุธ, การจำลองแผนงานก่อสร้างอาคารโดยใช้ระบบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, 2022. **27**(1): p. BIM02-1-BIM02-10.
11. ปัญญาพล จันทร์ดอน. (*2556).* การนำระบบ *BIM* มาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้างจริง ส่วนงานระบบอาคาร (*M&E ASBUILT DRAWINGS)* กรณีศึกษาโครงการโรงแรมเวฟพัทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
12. Thareja, M.S. and E.J. Chand, *Effective Analysis of Highrise Structure Buildings in Autodesk Revit Bim (Building Data Modeling) vs Autocad.*
13. รศ.วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์. (*2563).* แบบจำลอง สารสนเทศอาคาร. สืบค้น *2* พฤศจิกายน *2563,* จาก *https://www.vrdigital.co.th/2017th/archives/4405.*
14. ฤทธิ์ทยุต ก้อนทอง, อภิชาต บัวกล้า และ ธนกร ชมภูรัตน์, การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการบริหารจัดการงานเหล็กเสริมคอนกรีตของธุรกิจบ้านจัดสรร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่25, 2020. **25**: p. CEM02-CEM02.
15. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, มยผ. *3501-51* มาตรฐานการติดตั้งท่อปะปา. 2551.
16. ราคาท่อ *PVC* ล่าสุดเดือนมีนาคม *2566* จัดส่งทั่วไทย คุณภาพมาตรฐานมอก. 2566; Available from: https://www.hiachet.com/pvc-hiachet/.