การพัฒนาแบบจำลองการรวมสินค้าคงคลังและกระจายสินค้าแบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา : บริษัทเครื่องดื่ม

พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล[1*] และ ธนาภรณ์ สุวรรณวรพงศ์[2]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

* *Corresponding Author: pongchai.ath@kmutt.ac.th*

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม*

[2] *นักศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม*

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา : 17 มกราคม 2561
แก้ไข : 20 กันยายน 2561
ตอบรับ : 29 ตุลาคม 2561

คำสำคัญ :
การรวมสินค้าคงคลัง /
ต้นทุนโลจิสติกส์ /
การพิจารณาเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา /
สินค้าคงคลังสำรอง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าสำหรับเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสินค้าสั้น ซึ่งปัญหาของสินค้ากลุ่มนี้คือความต้องการสินค้ามีความแปรปรวนสูง เนื่องจากมีการแข่งขันทางการตลาดสูง ทำให้การพยากรณ์ความต้องการมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลให้ปริมาณสินค้าคงคลังไม่เหมาะสม มีต้นทุนโลจิสติกส์ที่เพิ่มขึ้นจากสินค้าเสื่อมสภาพและการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้า งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแบบจำลองใหม่ที่ช่วยลดต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้หลักการรวมสินค้าคงคลังและกระจายสินค้าแบบรวมศูนย์ โดยยังคงรักษาระดับการให้บริการที่กำหนดได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าย้อนหลัง 24 สัปดาห์ของคลังสินค้า 4 แห่ง จากนั้นจึงเก็บข้อมูลการดำเนินงานและกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์กับค่าที่ได้จากการดำเนินการในปัจจุบัน การดำเนินการในปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลาและแบบจำลองใหม่ในรูปแบบสมการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ที่แสดงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจและนโยบายวางแผนรายสัปดาห์ของบริษัท ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองใหม่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด โดยมีปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง 65.57% ต้นทุนถือครองสินค้าลดลง 69.92% ต้นทุนขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น 8.54% ต้นทุนโลจิสติกส์รวมลดลง 1,472,619 บาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลง 52.15% เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองปัจจุบัน

Development of Model for Centralized Distribution and Inventory Pooling: Case Study of a Beverage Company

Pongchai Athikomrattanakul[1*] and Thanaporn Suwanworaphong[2]

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Thung Khru, Bangkok 10140

* *Corresponding Author: pongchai.ath@kmutt.ac.th*

[1] *Assistant Professor, Graduate School of Management and Innovation.*

[2] *Student, Graduate School of Management and Innovation.*

Article Info

Article History:
Received: January 17, 2018
Revised: September 20, 2018
Accepted: October 29, 2018

Keywords:
Inventory pooling /
Logistics costs /
Periodic review /
Safety stock

Abstract

This research aimed at studying inventory management and distribution of non-alcoholic beverages with short shelf-life. The problem of this product group is the high demand variability as a consequence of the high market competition. This results in inaccurate forecast, which leads to inappropriate inventory level and increased logistic cost due to product deterioration and the need to relocate goods between warehouses. For this reason, a new model that can help reduce logistic costs through centralized distribution and inventory pooling, while maintaining a defined service level is proposed. This case study collected 24-week data of inventory and operations of 4 warehouses and identified other relevant assumptions. Comparison was then made of the logistic costs as predicted by the current operation, the current operation based on periodic review and the new model; the costs were calculated from the mathematical equations representing business-related variables and company's weekly planning policies. The results indicated that the new model presented the best results. Average inventory level decreased by 65.57%, inventory cost decreased by 69.92%, transportation costs increased by 8.54%, total logistics cost decreased by 1,472,619 baht or 52.15% compared to the resulted predicted by the current model.

1. บทนำ

ในการบริหารโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มนั้น นอกจากจะต้องมีการวางแผนปริมาณสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าให้มีปริมาณพอเพียงกับความต้องการของลูกค้าแล้ว ยังมีปัจจัยที่สำคัญ คือ อายุของสินค้า เนื่องจากเครื่องดื่มมีทั้งประเภทที่สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องคำนึงถึงอายุของสินค้า และเครื่องดื่มที่มีอายุสินค้า การบริหารอายุสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อการส่งมอบคุณค่าของสินค้าและบริการให้กับลูกค้า และเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนโลจิสติกส์เป็นอย่างมาก

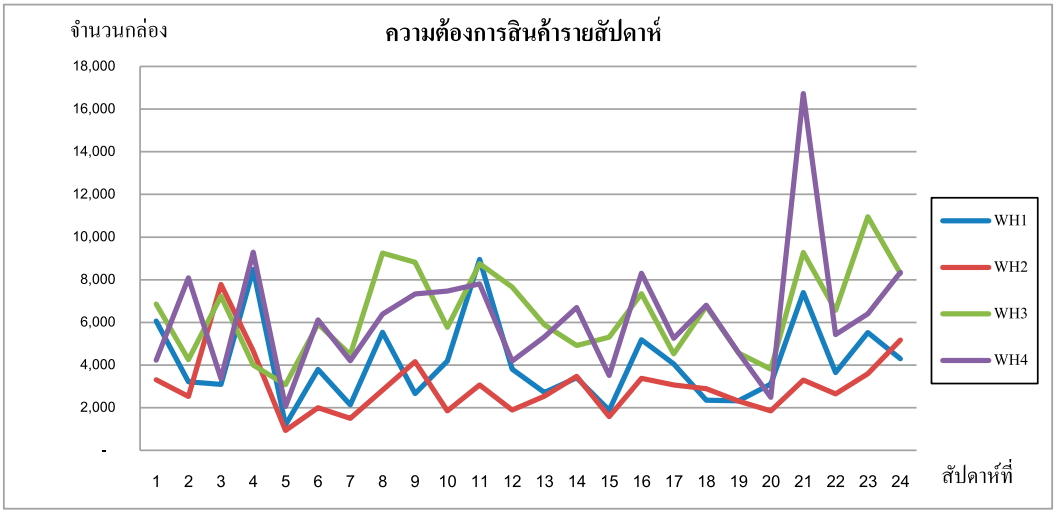
บริษัทที่ดำเนินการศึกษาในครั้งนี้อยู่ในกลุ่มธุรกิจผลิตและจำหน่ายเครื่องดื่มทั้งเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น สุรา เบียร์ เครื่องดื่มสุขภาพ สมุนไพร ชาเขียว โดยบริษัทที่ดำเนินการศึกษาดำเนินธุรกิจโลจิสติกส์ให้กับบริษัทในกลุ่ม สินค้าแต่ละกลุ่มจะถูกสั่งผลิตจากโรงงานต่างๆ ของบริษัทในเครือที่มีอยู่ทั่วประเทศและกระจายไปยังศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้าตามแผนผลิตและแผนรับสินค้าที่ได้รับความเห็นชอบจากที่ประชุม ซึ่งประกอบไปด้วยโรงงาน ฝ่ายขาย ฝ่ายโลจิสติกส์และซัพพลายเชน การศึกษาในครั้งนี้จะจำกัดขอบเขตโดยศึกษาเฉพาะการบริหารจัดการเครื่องดื่มที่มีอายุสินค้าน้อยกว่า 1 ปี จากโรงงานแห่งหนึ่งไปยังคลังสินค้าทั้ง 4 แห่งในกรุงเทพฯและปริมณฑล เพื่อส่งต่อไปยังลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง เนื่องจากบริษัทที่ดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ประสบปัญหาในการบริหารอายุสินค้าในส่วนของเครื่องดื่มที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี ซึ่งได้แก่ เครื่องดื่มสุขภาพ สมุนไพร ชาเขียว โดยบริษัทมีภาระต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพและต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าทั้ง 4 แห่งในกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อบริหารอายุสินค้าและเติมเต็มคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งมีมูลค่าสูงถึง 773,669 บาท ในช่วงเวลา 6 เดือน โดยแบ่งเป็นต้นทุนโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าเพื่อเติมเต็มคำสั่งซื้อลูกค้ามูลค่า 276,189 บาท และต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพมูลค่า 497,480 บาท โดยข้อมูลต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่าง 4 คลังสินค้าและต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพของเครื่องดื่มที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี ระหว่างเดือน มี.ค. – ส.ค. 2558 แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้า4 แห่งและต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพเดือน มี.ค. – ส.ค. 2558

คลังสินค้า	ปริมาณสินค้าโอนย้าย (จำนวนกล่อง)				จำนวนกล่องทั้งหมด	จำนวนเที่ยววิ่งทั้งหมด	ต้นทุนโอนย้ายสินค้าทั้งหมด
	WH1	WH2	WH3	WH4			
WH1		9,280	16,928	3,761	29,969	76	121,998
WH2	490		3,733	1,050	5,273	23	21,856
WH3	1,675	5,032		2,807	9,514	34	43,693
WH4	9,310	2,620	3,906		15,836	72	88,643
รวม	**11,475**	**16,932**	**24,567**	**7,617**	**60,591**	**205**	**276,189**

ต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพ				
WH1	WH2	WH3	WH4	รวมทั้งหมด
9,512	56,994	280,623	150,351	**497,480**

นอกจากนี้เครื่องดื่มกลุ่มนี้ยังประสบปัญหาการพยากรณ์ความต้องการที่มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องมาจากความต้องการสินค้ากลุ่มนี้มีความไม่แน่นอนสูง โดยข้อมูลยอดขายสินค้ารายสัปดาห์ของเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 17 รายการในช่วง 24 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนมีนาคม – สิงหาคม 2558 แสดงได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งปริมาณความต้องการสินค้าของแต่ละคลังสินค้าที่ไม่แน่นอนมีผลมาจากการแข่งขันทางการตลาดและการทำโปรโมชั่นส่งเสริมการขายที่ไม่แน่นอนตลอดทั้งปี ส่งผลทำให้การวางแผนบริหารสินค้าคงคลัง และการบริหารอายุสินค้าตามหลักการ FEFO (First Expired First Out) ทำได้ยาก ทำให้บริษัทมีต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพและต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าที่สูงถึง 7.7 แสนบาท ในช่วงเวลา 6 เดือน จากการประเมินคิดเป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณ 10-15% ของต้นทุนรวมโลจิสติกส์



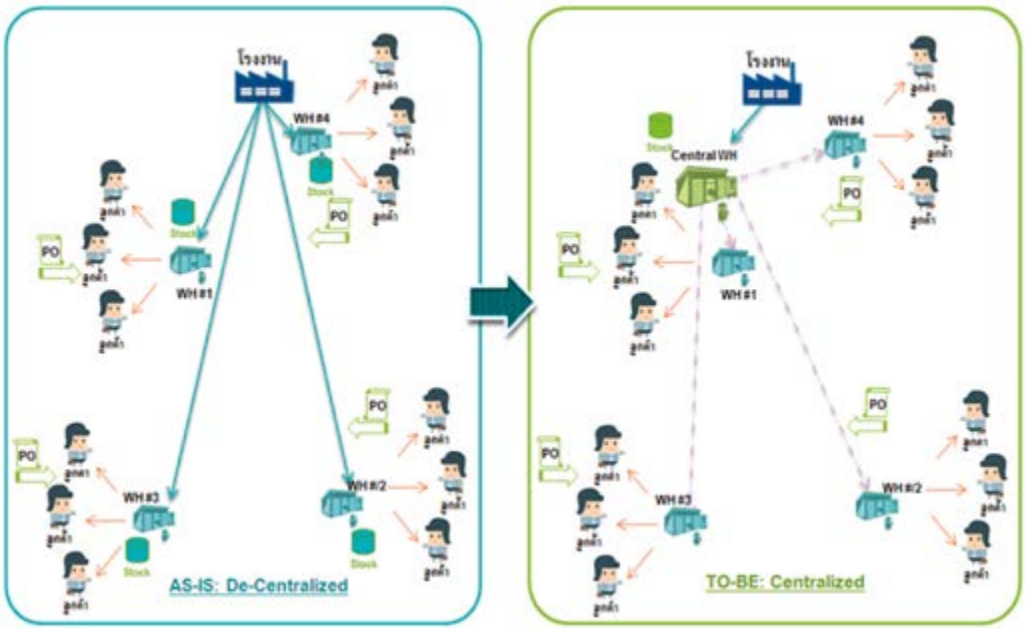
รูปที่ 1 ปริมาณยอดขายเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี รายสัปดาห์ของคลังสินค้า 4 แห่งในช่วง 24 สัปดาห์

รูปแบบการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าของบริษัทในปัจจุบัน คือ มีการเติมสินค้าจากโรงงานเข้าคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง มีการจัดเก็บสินค้าที่คลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง และส่งต่อไปยังลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของคลังสินค้าทั้ง 4 แห่งต่อไป รูปแบบการดำเนินการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าของบริษัทในปัจจุบันแสดงได้ดังรูปที่ 2-ก. ซึ่งประกอบไปด้วย โรงงาน WH#1 WH#2 WH#3 WH#4

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแบบจำลองการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าในรูปแบบใหม่สำหรับเครื่องดื่มที่มีอายุสั้น โดยนำแนวคิดการรวมสินค้าคงคลัง (Inventory Pooling) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการ ซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย และต้นทุนโลจิสติกส์ลดลง โดยมีการกำหนดคลังกลางเพื่อใช้ในการจัดเก็บสินค้ากลุ่มเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นเท่านั้น และจะไม่มีการวางแผนเติมสินค้าประเภทนี้ไปจัดเก็บที่คลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง การศึกษาในครั้งนี้จะลดปริมาณสินค้าคงคลังสำรองลงโดยยังคงสามารถรักษาระดับการให้บริการที่กำหนดไว้ โดยกำหนดให้เติมสินค้าจากคลังกลางไปยังคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง เมื่อมีคำสั่งซื้อมาเท่านั้น และเมื่อคลังสินค้าได้รับสินค้าจะดำเนินการส่งต่อ (Cross-Docking) ให้ลูกค้าต่อไปในทันที โดยแบบจำลองการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าในรูปแบบใหม่แสดงได้ดังรูปที่ 2-ข. ซึ่งประกอบไปด้วย โรงงาน WH#1 WH#2 WH#3 WH#4 และ Central WH

การนำเสนอแบบจำลองใหม่นี้ได้แนวคิดจากการแก้ปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่

ต้องการลดต้นทุนการถือครองสินค้า โดยเฉพาะเมื่อความต้องการสินค้าไม่แน่นอน ผู้วิจัยจึงได้นำแนวความคิดที่จะปรับเปลี่ยนจากเดิมที่วางแผนเติมสินค้าแบบผลักสินค้า (Push Model) เปลี่ยนมาเป็นการวางสินค้าและกระจายสินค้าตามความต้องการ (Pull Model) โดยมีการจัดการผ่านคลังกลาง การจัดการผ่านคลังกลาง คือ การรวมความเสี่ยงของอุปสงค์ (Demand Risk) โดยการรวมสินค้าคงคลังไว้ที่คลังกลางเพียงที่เดียว เหมาะสมในกรณีที่อุปสงค์ (Demand) มีค่าแบบสุ่มไม่แน่นอน วิธีการนี้ช่วยรวมความแปรปรวนของความต้องการไว้ที่ศูนย์กลาง ส่วนการจัดการคลังสินค้าแบบไม่มีคลังกลางเป็นการกระจายความเสี่ยงของอุปทาน (Supply Risk) โดยวางสินค้าคงคลังไว้หลายคลังสินค้า เหมาะสมในกรณีที่อุปทานมีโอกาสหยุดชะงักได้ วิธีนี้จะช่วยลดผลกระทบของสินค้าขาดหรือหยุดชะงักได้



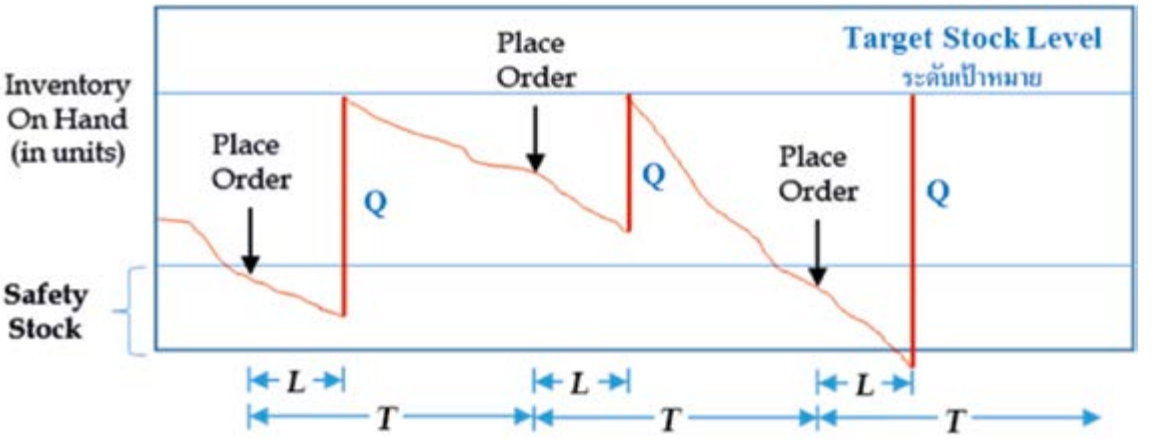
ก.ระบบในปัจจุบัน ข.ระบบที่นำเสนอ

รูปที่ 2 แบบจำลองการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าเครื่องดื่มที่มีอายุสินค้าสั้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวางแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา

การวางแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา (Periodic review) คือ การตรวจสอบและประเมินระดับสินค้าคงคลังตามรอบระยะเวลาที่กำหนด (T) และคำนวณจำนวนสินค้าที่จะสั่งซื้อหรือเติม (Q) เพื่อให้ได้ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่ต้องการ [1, 2] โดยมีรายละเอียดแสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยในกรณีศึกษานี้มีสมมติฐานคือ ความต้องการสินค้า (D) ไม่คงที่ มีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) และมีเวลานำ lead time (LT) ในการส่งสินค้าคงที่โดยมีรายละเอียดในการคำนวณแสดงได้ดังสมการที่ 1-3 [1, 2]



รูปที่ 3 การเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา

ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย = ความต้องการในช่วง (T+LT) + สินค้าคงคลังสำรอง (1)

สินค้าคงคลังสำรอง $= Z\sigma_D\sqrt{T+LT}$ (2)

ปริมาณที่สั่ง (Q) = ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย – สินค้าคงคลังในมือ
+ ปริมาณที่ต้องการในช่วงเวลานำ (3)

2.2 การรวมความเสี่ยง

การรวมความเสี่ยง (Risk pooling) คือ วิธีการที่สามารถลดความไม่แน่นอนของความต้องการ (Demand Uncertainty) และ/หรือ เวลานำ โดยการรวมค่าความแปรปรวนของความต้องการ และ/หรือ เวลานำ ซึ่งค่าความแปรปรวนสามารถวัดได้ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยวิธีในการรวมความเสี่ยงประกอบไปด้วย 10 วิธี ซึ่งประกอบไปด้วย การรวมสินค้าคงคลัง (Inventory Pooling) การใช้คลังสินค้าเสมือน (Virtual Pooling) การเปลี่ยนถ่ายสินค้าคงคลังระหว่างคลังสินค้า (Transshipments) การสั่งซื้อแบบรวมศูนย์ (Centralized Ordering) การแตกคำสั่งซื้อ (Order Splitting) การออกแบบสินค้าให้ใช้ชิ้นส่วนที่เหมือนกัน (Component Commonality) การเลื่อนกระบวนการไปยังจุดที่ใกล้กับลูกค้า (Postponement) การรวมกำลังการผลิต (Capacity Pooling) การรวมผลิตภัณฑ์ (Product Pooling) การทดแทนผลิตภัณฑ์ (Product Substitution) [3, 4]

การรวมสินค้าคงคลังเพื่อใช้ตอบสนองความต้องการจากแหล่งต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังและต้นทุนกรณีสินค้าขาดแคลนผ่านการรวมความเสี่ยง การรวมสินค้าคงคลังสามารถทำได้โดยจัดตั้งคลังกลางเพื่อใช้ในการจัดเก็บสินค้าคงคลังทั้งหมด การจัดตั้งคลังกลางสามารถลดต้นทุนขนส่งขาเข้าจาก supplier มายังคลังสินค้า เนื่องจากระยะทางที่ Supplier ต้องจัดส่งมีระยะทางและจำนวนเที่ยวในการจัดส่งลดลง นอกจากนี้ต้นทุนต่อหน่วยในคลังสินค้ายังลดลง เนื่องจากมีการใช้งานคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปริมาณสินค้าคงคลังที่เข้าออกคลังสินค้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ต้นทุนการใช้คลังสินค้าต่อหน่วยลดลง การจัดตั้งคลังกลางทำให้เกิดการประหยัดจากขนาด เกิดกรณีสินค้าคงคลังขาดแคลนน้อยลง ขณะที่ต้นทุนขนส่งขาออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าอาจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะทางจากคลังกลางไปยังลูกค้าอาจจะมีระยะทางเพิ่มมากขึ้น การรวมความเสี่ยงในกรณีการรวมสินค้าคงคลัง สามารถคำนวณสินค้าคงคลังเฉลี่ยที่ลดลงได้ด้วยกฎ Square Root Law (SRL), Portfolio Effect (PE), หรือ Inventory Turnover Curve [4]

Zinn และคณะ [5] ได้พัฒนาแบบจำลอง Portfolio Effect (PE) เพื่อใช้ในการประมาณการรวมสินค้าคงคลังโดยการรวมคลังสินค้าหลายๆ แห่งให้เหลือเพียงคลังกลางเพียงคลังเดียว [5,6] เพื่อใช้ในการรองรับความต้องการสินค้าทั้งตลาด โดยแบบจำลอง Portfolio Effect จะแสดงการลดลงของสินค้าคงคลังสำรองซึ่งมีผลมาจากการรวมสินค้าคงคลัง แบบจำลอง Portfolio Effect อยู่บนพื้นฐานของ 2 ตัวแปรหลัก คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการในอดีตจากคลังสินค้าต่างๆ และขนาดของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการจากคลังสินค้าแต่ละแห่ง [6] การคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังสำรองแบบรวมศูนย์สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 4 โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการของคลังกลางคำนวณได้ตามสมการที่ 5 [4, 6]

$$SS_{WHC} = Z \times \sigma_{WHC} \times \sqrt{(T + LT)} \quad (4)$$

$$\sigma_{WHC} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\sigma_i)^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\sigma_i\sigma_j\rho_{ij}} \quad (5)$$

σ_{WHC} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการของคลังกลาง

σ_i คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการของคลังสินค้า i

ρ_{ij} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างคลังสินค้า i และ j ซึ่งตัวแปรนี้ คือการแสดงความสัมพันธ์ของความต้องการในแต่ละพื้นที่ (Demand Correlation) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ +1 ดังนี้

$\rho_{ij} > 0$ เมื่อความต้องการสินค้าระหว่างพื้นที่ i และ j มีความสัมพันธ์กันในทางบวก

$\rho_{ij} < 0$ เมื่อความต้องการสินค้าระหว่างพื้นที่ i และ j มีความสัมพันธ์ในทางลบ

$\rho_{ij} = 0$ เมื่อความต้องการสินค้าระหว่างพื้นที่ i และ j ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีงานวิจัยที่นำระบบ Inventory pooling มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและการให้บริการต่างๆ ดังนี้ Eppen [7] ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทค้าส่งเหล็กรายใหญ่ที่มีศูนย์กระจายสินค้า 23 แห่งทั่วประเทศ โดยได้เสนอให้บริษัททำการรวมสินค้าคงคลังเอาไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้ากลาง แทนการกระจายสินค้าคงคลังไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 23 แห่ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการรวมสินค้าคงคลังไว้ที่ศูนย์กลางทำให้มีต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Holding cost) และค่าปรับ (Penalty cost) น้อยกว่าการดำเนินการในแบบเดิม โดยขนาดของต้นทุนที่ลดลงขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กัน Dengfeng [8] ศึกษาการนำหลักการ Inventory Pooling เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาห่วงโซ่อุปทานยาของโรงพยาบาลรัฐในประเทศจีน โดยสร้างแบบจำลองทั้งกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคนไข้ โรงพยาบาล ตัวแทนจำหน่ายยา และผู้ผลิตยา เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองเก่าและแบบจำลองใหม่ที่ใช้ระบบการรวมความต้องการ Inventory Pooling หรือ Joint Managed Inventory เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการขาดสภาพคล่องของยา และการมียาไม่เพียงพอ ซึ่งเกิดขึ้นสูงถึง 20 - 50% เนื่องจากผู้ผลิตยาส่งมอบยาล่าช้า ปริมาณสินค้าคงคลังของโรงพยาบาลไม่เหมาะสม บางแห่งมีปริมาณมากเกินไป บางแห่งมีปริมาณน้อยเกินไป และแต่ละฝ่ายในห่วงโซ่อุปทานต่างพิจารณาเฉพาะค่าปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสำหรับตัวเอง (Local Optimum) ซึ่งบ่อยครั้งไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดสำหรับทั้งห่วงโซ่อุปทาน Amanda และคณะ [9] ทำการศึกษาระบบสินค้าคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง ซึ่งยอมให้เกิดกรณีการขาดแคลนสินค้าคงคลังได้ โดยศึกษาทั้งระบบสินค้าคงคลังแบบศูนย์กลางและระบบสินค้าคงคลังแบบกระจาย ผลการศึกษาพบว่าในกรณีที่ปริมาณความต้องการมีค่าที่แน่นอนและยอมให้เกิดการขาดแคลนสินค้าคงคลังได้ ระบบสินค้าคงคลังที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ

ระบบสินค้าคงคลังแบบกระจาย ซึ่งจะช่วยลดความผันแปรของต้นทุนที่จะเกิดขึ้น โดยการกระจายความเสี่ยงของอุปทาน (Supply Risk) ในกรณีที่ปริมาณสินค้าคงคลังมีปริมาณที่แน่นอนแต่ปริมาณความต้องการอยู่ในรูปแบบที่ไม่แน่นอน ระบบสินค้าคงคลังที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ ระบบสินค้าคงคลังแบบศูนย์กลาง ซึ่งระบบสินค้าคงคลังแบบศูนย์กลางจะช่วยรวมความแปรปรวนของความต้องการไว้ที่ศูนย์กลาง ส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินการลดลง สำหรับในกรณีที่ปริมาณความต้องการอยู่ในรูปแบบที่ไม่แน่นอน และสินค้าคงคลังอาจมีการขาดแคลน ระบบสินค้าคงคลังที่มีความเหมาะสมคือ ระบบสินค้าคงคลังแบบกระจาย Jae-Hun, Yeong-Dae [10] ศึกษาปัญหาการบริหารสินค้าคงคลังในห่วงโซ่อุปทาน โดยใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ Lagrangian relaxation และ subgradient optimization โดยในห่วงโซ่อุปทานมีศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง มีคลังสินค้าหลายแห่ง มีผู้ค้าปลีกหลายราย มีการบริหารจัดการภายใต้สัญญา VMI (vendor-managed inventory) ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันอำนาจต่อรองของผู้ค้าปลีกมีความสำคัญมากขึ้นทุกวัน ผู้ศึกษาจึงต้องการลดต้นทุนโดยรวมของทั้งห่วงโซ่อุปทาน ทั้งต้นทุนฝั่งผู้ขายและผู้ค้าปลีก เพื่อพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ขายและผู้ค้าปลีกให้ดีขึ้น

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในกรณีศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในช่วงเวลา 24 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนมีนาคม-สิงหาคม2558 โดยสรุปขั้นตอนและวิธีการได้ดังนี้

3.1 วิเคราะห์การกระจายตัวความต้องการสินค้า

เนื่องจากในกรณีศึกษานี้เป็นการวางแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา (Periodic Review) มีสมมติฐานคือ ความต้องการสินค้าไม่คงที่ มีเวลานำ (LT) ในการส่งสินค้าคงที่ และมีลักษณะการกระจายตัวของความต้องการแบบปกติ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลความต้องการสินค้าเครื่องดื่มที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี รายสัปดาห์จำนวน 17 รายการ (C2 item 01-17) มาวิเคราะห์หาลักษณะการกระจายตัวด้วย Input Analyzer เพื่อคัดเลือกเฉพาะรายการสินค้าที่มีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยรายการที่ความต้องการสินค้ามีการกระจายตัวแบบปกติจะมีค่า p-value > 0.05 จากการทดสอบพบว่ามีรายการสินค้าที่ความต้องการมีการกระจายตัวแบบปกติจำนวน 8 รายการประกอบไปด้วย C2 item 01-08 โดยสินค้าทั้ง 8 รายการมีปริมาณการขาย 81.90% ของสินค้าทั้งหมด

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนโลจิสติกส์

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนโลจิสติกส์ของรายการสินค้าที่ได้คัดเลือกจากขั้นตอน 3.1 ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมประกอบไปด้วย

1) คำสั่งซื้อลูกค้ารายวันของเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นของคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง

2) ปริมาณการขนส่งสินค้าจากโรงงานเข้าคลังสินค้า 4 แห่ง ได้แก่ จำนวนกล่อง จำนวนเที่ยววิ่ง

3) ต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้า 4 แห่ง

4) ต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพของคลังสินค้า 4 แห่ง

5) ระยะทางระหว่างโรงงาน คลังสินค้า และคลังกลาง

โดยข้อมูลที่รวบรวมมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

h ต้นทุนถือครองสินค้าต่อกล่องต่อสัปดาห์ = 1.50 บาท

ob ต้นทุนสินค้าเสื่อมต่อกล่องต่อสัปดาห์ = 0.45 บาท

f_a ค่าเดินทางและน้ำมันรถของรถบรรทุก 18 ล้อ = 18 บาทต่อกิโลเมตร

c_a จำนวนกล่องต่อเที่ยวรถบรรทุก18 ล้อ = 1,296 กล่อง

d_j ระยะทางต่อเที่ยวจากโรงงานไปคลังกลาง = 70 ก.ม.

d_{j1} ระยะทางต่อเที่ยวจากคลังกลางไป WH1 = 12 ก.ม.

dj_2 ระยะทางต่อเที่ยวจากคลังกลางไป WH2 = 88 ก.ม.

d_{j3} ระยะทางต่อเที่ยวจากคลังกลางไป WH3 = 80 ก.ม.

d_{j4} ระยะทางต่อเที่ยวจากคลังกลางไป WH4 =50 ก.ม.

d_1 ระยะทางต่อเที่ยวจากโรงงานไป WH1 = 100 ก.ม.

d_2 ระยะทางต่อเที่ยวจากโรงงานไป WH2 = 150 ก.ม.

d_3 ระยะทางต่อเที่ยวจากโรงงานไป WH3 = 150 ก.ม.

d_4 ระยะทางต่อเที่ยวจากโรงงานไป WH4 = 40 ก.ม.

3.3 คำนวณปริมาณสินค้าคงคลัง

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลัง โดยแบ่งเป็น 3 กรณีคือ

1) แบบจำลองปัจจุบันตามการดำเนินงานจริง จะใช้ข้อมูลปริมาณสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริง

2) แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะ

เวลา จะใช้สมการที่ 1-3 ในการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลัง

3) แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา จะใช้สมการที่ 4-5 ในการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลัง

โดยตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้

Z ค่าจากตารางการแจกแจงปกติที่ระดับการบริการ 95% ตามนโยบายบริษัท = 1.65

LT Lead Time ของการเติมสินค้าจากโรงงานเข้าคลังสินค้า = 0.17 สัปดาห์ (1 วัน)

T รอบของการวางแผน = 1 สัปดาห์ (6 วันทำการ)

3.4 คำนวณต้นทุนโลจิสติกส์

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ โดยแบ่งเป็น 3 กรณีคือ

1) แบบจำลองปัจจุบันตามการดำเนินงานจริง
2) แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา
3) แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา

ในการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์จะใช้สมการแสดงต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกี่ยวข้องในรูปตัวแปรโดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

TC_D คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ของแบบจำลองปัจจุบันที่เป็นแบบ De-centralized

TC_C คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ของแบบจำลองที่เป็นแบบ Centralized

i คือ คลังสินค้าที่มีการจัดส่งเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นให้กับลูกค้า มีจำนวน 4 แห่ง

j คือ คลังกลางที่รวมศูนย์การจัดเก็บเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นของทั้ง 4 คลังสินค้า

TC_{Di} คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ของคลังสินค้าแต่ละแห่งที่จัดเก็บเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นแบบ De-centralized

TC_{Ci} คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ของคลังสินค้าแต่ละแห่งที่จัดเก็บเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ที่มีอายุสั้นแบบ Centralized

TC_{Cj} คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ของคลังกลาง

d_i คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังคลังสินค้า i (กิโลเมตรต่อเที่ยว)

Q_i คือ จำนวนกล่องสินค้าที่เติมจากโรงงานไปยังคลังสินค้า i

C_a คือ จำนวนกล่องต่อเที่ยวขนส่งด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ

f_a คือ ค่าเดินทางและน้ำมันรถของรถบรรทุก 18 ล้อ (บาทต่อกิโลเมตร)

C_b คือ จำนวนกล่องต่อเที่ยวขนส่งด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ

f_b คือ ค่าเดินทางและน้ำมันรถของรถบรรทุก 10 ล้อ (บาทต่อกิโลเมตร)

d_j คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังคลังกลาง (กิโลเมตรต่อเที่ยว)

Q_j คือ จำนวนกล่องสินค้าที่เติมจากโรงงานไปยังคลังกลาง

d_{ji} คือ ระยะทางจากคลังกลางไปยังคลังสินค้า i (กิโลเมตรต่อเที่ยว)

Q_{ji} คือ จำนวนกล่องสินค้าที่ส่งจากคลังกลางไปยังคลังสินค้า i

Q_{ik} คือ ระยะทางจากคลังสินค้า i ไปยังลูกค้า k (กิโลเมตรต่อเที่ยว)

$\bar{I}_j$ คือ จำนวนกล่องสินค้าที่ส่งจากคลังสินค้า i ไปยังลูกค้า k

d_{ik} คือ ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย (กล่อง) ของคลังสินค้า i แบบ De-centralized

$\bar{I}_i$ คือ ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย (กล่อง) ของคลังกลาง

h คือ ค่าจัดเก็บและลำเลียงสินค้าต่อกล่อง

ob คือ ค่าสินค้าเสื่อมสภาพต่อกล่อง

In_{Di} คือ ค่าขนส่งของการขนสินค้าจากโรงงานเข้าคลังสินค้า i

Out_{Di} คือ ค่าขนส่งของการขนสินค้าจากคลังสินค้า i ไปส่งลูกค้า

In_{Cj} คือ ค่าขนส่งของการขนสินค้าจากโรงงานเข้าคลังกลาง j

Rp_{Ci} คือ ค่าขนส่งของการเติมสินค้าจากคลังกลาง j ไปคลังสินค้า i

Out_{Ci} คือ ค่าขนส่งของการขนสินค้าจากคลังสินค้า i ไปส่งลูกค้า

เมื่อพิจารณาการจัดกลุ่มต้นทุนโลจิสติกส์ของ Douglas [10] ดังตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อนำตัวแปรมาเขียนในรูปแบบสมการสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 6 ทั้งนี้สามารถเขียนสมการต้นทุนโลจิสติกส์ของแบบจำลองปัจจุบันที่เป็นแบบ De-centralized ได้ดังสมการที่ 7 และเขียนสมการต้นทุนโลจิสติกส์ของแบบจำลองใหม่ที่เป็นแบบ Centralized ได้ดังสมการที่ 8

ตารางที่ 2 ตัวแปรต้นทุนโลจิสติกส์ที่พิจารณา

ต้นทุนคลังสินค้า (WH)	**ต้นทุน ถือครองสินค้า (Inv)**	**ต้นทุน ขนส่งสินค้า (TS)**
ค่าเช่าคลังสินค้า (Rented WH, $\boldsymbol{WR}$) ค่ารถโฟล์คลิฟต์ (Forklift, $\boldsymbol{F}$) ค่าจ้างบุคลากร (Labor, $\boldsymbol{L}$) ค่าล่วงเวลา (Overtime, $\boldsymbol{O}$)	ค่าจัดเก็บและลำเลียง (Holding & Handling, $\boldsymbol{H}$) ค่าโอนย้ายสินค้า (Relocation, $\boldsymbol{R}$) ค่าสินค้าเสื่อมสภาพ (Obsolescence, $\boldsymbol{OB}$)	ค่าเช่ารถบรรทุก (Rented Truck, $\boldsymbol{T}$) ค่าเดินทางและน้ำมันรถ (Shipment, $\boldsymbol{S}$)

$$TC = WH + Inv + TS = (WR + F + L + O) + (H + R + OB) + (T + S) \quad (6)$$

$$TC_D = \sum_{i=1}^{4}\left((WR_{Di} + F_{Di} + L_{Di} + O_{Di}) + (H_{Di} + R_{Di} + OB_{Di}) + (T_{Di} + S_{Di})\right) \quad (7)$$

$$TC_C = \left(WR_{Cj} + F_{Cj} + L_{Cj} + O_{Cj} + H_{Cj} + R_{Cj} + OB_{Cj} + T_{Cj} + S_{Cj}\right) + \sum_{i=1}^{4}(WR_{Ci} + F_{Ci} + L_{Ci} + O_{Ci} + H_{Ci} + R_{Ci} + OB_{Ci} + T_{Ci} + S_{Ci}) \quad (8)$$

ในกรณีศึกษานี้ คลังกลางที่ใช้เป็นคลังสินค้าเดิมที่ใช้จัดเก็บเครื่องดื่มประเภทอื่น ดังนั้นค่าเช่าพื้นที่ของคลังกลางเท่ากับศูนย์และไม่มีการเช่าพื้นที่เพิ่ม ดังนั้น $WR_{Cj} = 0$ และ $\sum_{i=1}^{4} WR_{Di} = \sum_{i=1}^{4} WR_{Ci}$

เนื่องจากปริมาณงานโดยรวมเท่าเดิม จึงใช้การโอนย้ายรถยก (Forklift) และอุปกรณ์ขนถ่าย แรงงาน และรถบรรทุกมาจากคลังสินค้าอื่น ดังนั้น

$$F_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} F_{Ci} = \sum_{i=1}^{4} F_{Di}$$

$$L_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} L_{Ci} = \sum_{i=1}^{4} L_{Di}$$

$$T_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} T_{Ci} = \sum_{i=1}^{4} T_{Di}$$

$$O_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} O_{Ci} = \sum_{i=1}^{4} O_{Di}$$

แบบจำลองใหม่จะไม่มีการจัดเก็บสินค้าที่คลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง จึงไม่มีต้นทุนการเก็บรักษาและลำเลียงสินค้า ต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพ ต้นทุนการโอนย้ายสินค้า และต้นทุนขนส่งสินค้าจากโรงงานมายังคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง ดังนั้น

$$\sum_{i=1}^{4}(H_{Ci} + OB_{Ci}) = 0$$
$$R_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} R_{Ci} = 0$$
$$\sum_{i=1}^{4} S_{Ci} = 0$$

ค่าขนส่งของแบบจำลองใหม่ประกอบด้วยขา Inbound (จากโรงงานเข้าคลังกลาง) ขา Replenish (คลังกลางเข้าคลังทั้ง 4 แห่ง) และขา Outbound (คลังทั้ง 4 แห่งไปส่งลูกค้า) ขณะที่ค่าขนส่งของแบบจำลองปัจจุบันประกอบด้วยขา Inbound (จากโรงงานเข้าคลังทั้ง 4 แห่ง) และขา Outbound (คลังทั้ง 4 แห่งไปส่งลูกค้า) โดยแบบจำลองปัจจุบันและแบบจำลองใหม่มีค่าขนส่งขา Outbound เท่ากัน ดังนั้น $\sum_{i=1}^{4} Out_{Ci} = \sum_{i=1}^{4} Out_{Di}$ ค่าขนส่งแบบ De-centralized จากโรงงานเข้าคลังสินค้า i แสดงได้ดังสมการที่ 9 และค่าขนส่งแบบ Centralized แสดงได้ดังสมการที่ 10

$$\sum_{i=1}^{4} S_{Di} = \sum_{i=1}^{4} In_{Di} + \sum_{i=1}^{4} Out_{Di} = \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_i Q_i + \frac{f_b}{C_b}\sum_{i=1}^{4} d_{ik} Q_{ik} \quad (9)$$

$$S_{Cj} = In_{Cj} + \sum_{i=1}^{4} Rp_{Ci} + Out_{Ci} = \frac{f_a}{C_a} d_j Q_j + \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_{ji} Q_{ji} + \frac{f_b}{C_b}\sum_{i=1}^{4} d_{ik} Q_{ik} \quad (10)$$

เมื่อแทนค่าขนส่งสินค้าในสมการที่ 9 และ 10 ลงในสมการ 7 และ 8 และแทนค่าต้นทุนค่าจัดเก็บและลำเลียงต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพในรูปของตัวแปรปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย โดยที่ $H_D = h\sum_{i=1}^{4} \bar{I}_i, OB_D = ob\sum_{i=1}^{4} \bar{I}_i$, $H_C = h\bar{I}_j$, $OB_C = ob\bar{I}_j$ จะสามารถเขียนสมการต้นทุนโลจิสติกส์ได้ดังสมการที่ 11 และ 12

$$TC_D = \sum_{i=1}^{4}\left((WR_{Di} + F_{Di} + L_{Di} + O_{Di}) + (h\sum_{i=1}^{4}\bar{I}_i + R_{Di} + ob\sum_{i=1}^{4}\bar{I}_i) + (T_{Di} + S_{Di})\right) + \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_i Q_i + \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_{ik} Q_{ik} \quad (11)$$

$$TC_C = \left(F_{Cj} + L_{Cj} + O_{Cj} + h\bar{I}_j + ob\bar{I}_j + T_{Cj} + \frac{f_a}{C_a} d_j Q_j + \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_{ji} Q_{ji} + \frac{f_a}{C_a}\sum_{i=1}^{4} d_{ik} Q_{ik}\right) + \sum_{i=1}^{4}(WR_{Ci} + F_{Ci} + L_{Ci} + O_{Ci} + T_{Ci}) \quad (12)$$

จากสมการที่ 11, 12 มีตัวแปรที่สำคัญ คือ $\bar{I}_i$ และ Q_i ซึ่งสามารถแทนค่าด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความต้องการรายสัปดาห์ซึ่งจะถูกเติมเต็มตามนโยบายสินค้าคงคลังแบบ Periodic review โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย

S ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย

SS ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

$D_{(w)}$ ปริมาณความต้องการสินค้าของคลังสัปดาห์ที่ w

$Q_{(w)}$ ปริมาณการเติมสินค้าเข้าคลังสัปดาห์ที่ w

$I_{(w)}$ ปริมาณสินค้าคงคลังของคลังสัปดาห์ที่ w

สินค้าคงคลังปลายสัปดาห์ของคลังสินค้าจะคำนวณได้ตามสมการที่ 13

$$\boldsymbol{I_{(w)}} = S - D_{(w)} \quad (13)$$

ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อสัปดาห์ (Average Inventory) ของคลังสินค้า i จะคำนวณได้ตามสมการที่ 14

$$\bar{I}_{(w)} = \begin{cases} \dfrac{SS + S - D_{(w)}}{2} \; ; \; w = 1 \\ S - \dfrac{D_{(w-1)} + D_{(w)}}{2} ; \; w = 2,3,..,n \end{cases} \quad (14)$$

ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยทั้งหมดของคลังสินค้าในช่วง n สัปดาห์ คำนวณได้ตามสมการที่ 15

$$\bar{I} = \frac{SS+S-D_{(1)}}{2} + (n-1)S - \sum_{w=2}^{n} \frac{D_{(w-1)} + D_{(w)}}{2} \quad (15)$$

ปริมาณการเติมสินค้าเข้าคลังสินค้าในแต่ละรอบสัปดาห์ w คำนวณได้ตามสมการที่ 16

$$Q_{(w)} = \begin{cases} S - SS \; ; \; w = 1 \\ D_{(w-1)} \; ; \; w = 2,3,..,n \end{cases} \quad (16)$$

ปริมาณการเติมสินค้าเข้าคลังสินค้าทั้งหมดในช่วง n สัปดาห์ คำนวณได้ตามสมการที่ 17

$$Q = \sum_{w=1}^{n} Q_{(w)} = S_i - SS_i + \sum_{w=2}^{n} D_{(w-1)} \quad (17)$$

3.5 เปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์

ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์ระหว่างทั้ง 3 กรณีในหัวข้อ 3.4

4. ผลการวิจัย

4.1 ปริมาณสินค้าคงคลัง

ผลการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังสำรองแบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลาของคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณสินค้าคงคลังสำรองแบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา

SS	WH1	WH2	WH3	WH4	รวม
C2 item 01	1,016	901	1,686	1,262	4,865
C2 item 02	301	484	513	742	2,040
C2 item 03	764	421	632	625	2,442
C2 item 04	366	204	481	557	1,608
C2 item 05	645	543	646	733	2,566
C2 item 06	230	256	229	378	1,092
C2 item 07	206	280	285	298	1,069
C2 item 08	211	218	295	319	1,043
Sum of 8 SKUs	**3,739**	**3,307**	**4,766**	**4,913**	**16,725**

ผลการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังสำรองแบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลาของคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง โดยสามารถหาค่า ρ_{ij} สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของความต้องการสินค้าระหว่างคลังสินค้าได้ดังตารางที่ 4 และปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของคลังกลางแสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของความต้องการสินค้าระหว่างคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง

Correlation Coefficient	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{14}	ρ_{23}	ρ_{24}	ρ_{34}
ระดับยอดรวม (Aggregate Demand Level)						
Total 8 SKU	0.3524	0.4044	0.4427	0.4147	0.2958	0.4678
ระดับรายการสินค้า (SKU Demand Level)						
C2 item 01	-0.1901	0.2668	0.3558	0.0979	0.2075	0.3084
C2 item 02	0.1197	0.1687	0.1904	0.3915	-0.0251	0.3296
C2 item 03	0.4498	0.6126	0.5571	0.4316	0.3240	0.3197
C2 item 04	0.6409	0.7698	0.3022	0.5463	0.0529	0.2511
C2 item 05	-0.2770	0.4662	-0.0905	-0.0119	0.0314	0.1773
C2 item 06	0.3006	0.4671	-0.0702	0.3133	0.4255	0.2336
C2 item 07	0.0866	-0.1002	-0.1924	0.6834	0.6469	0.5475
C2 item 08	0.6767	0.6356	0.2971	0.5435	0.3170	0.4534

ตารางที่ 5 ปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของคลังกลาง

การคำนวณ SS คลังกลาง	SS (WHC)
C2 item 01	3,137
C2 item 02	1,318
C2 item 03	1,902
C2 item 04	1,209
C2 item 05	1,399
C2 item 06	738
C2 item 07	758
C2 item 08	813
Sum of 8 SKUs	11,274

จากการคำนวณสามารถแสดงปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของแบบจำลองทั้ง 3 รูปแบบได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย

	แบบจำลองปัจจุบัน	แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา	แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา
สินค้าคงคลังเฉลี่ยทั้งหมด (กล่อง)	978,405	467,678	336,857

จากการเปรียบเทียบผลการทดลอง พบว่าปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของแบบจำลองใหม่ที่ลดลง มีผลทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 65.57%

4.2 ต้นทุนโลจิสติกส์

จากการคำนวณสามารถแสดงต้นทุนถือครองสินค้า ต้นทุนขนส่งสินค้า และต้นทุนโลจิสติกส์รวมของแบบจำลองทั้ง 3 รูปแบบได้ดังตารางที่ 7-9

ตารางที่ 7 ต้นทุนถือครองสินค้า

ต้นทุนถือครองสินค้า	แบบจำลองปัจจุบัน	แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา	แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา
เก็บรักษาและลำเลียง	1,467,608	701,516	505,286
สินค้าเสื่อมสภาพ	440,282	210,455	151,586
โอนย้ายสินค้า	276,189	276,189	-
รวมทั้งสิ้น (บาท)	**2,184,079**	**1,188,160**	**656,872**

ตารางที่ 8 ต้นทุนขนส่งสินค้า

ต้นทุนขนส่งสินค้า	แบบจำลองปัจจุบัน	แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา	แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา
เติมสินค้าเข้าคลัง	639,566	573,642	376,214
ส่งจากคลังกลางเข้า 4 คลัง	-	-	317,941
รวมทั้งสิ้น (บาท)	**639,566**	**573,642**	**694,154**

ตารางที่ 9 ต้นทุนโลจิสติกส์รวม

ต้นทุนโลจิสติกส์	แบบจำลองปัจจุบัน	แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา	แบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา
ต้นทุนถือครองสินค้า	2,184,079	1,188,160	656,872
ต้นทุนขนส่งสินค้า	639,566	573,642	694,154
รวมทั้งสิ้น (บาท)	**2,823,645**	**1,761,802**	**1,351,026**

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองพบว่าแบบจำลองใหม่มีต้นทุนถือครองสินค้าลดลง 69.92% ตามปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยที่ลดลง ทำให้ต้นทุนเก็บรักษาและลำเลียง ต้นทุนเสื่อมสภาพลดลง และยังสามารถตัดค่าใช้จ่ายของการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าได้ด้วย

สำหรับต้นทุนขนส่งสินค้า พบว่าต้นทุนขนส่งสินค้าจากการเติมสินค้าลดลง แต่เนื่องจากแบบจำลองใหม่มีรูปแบบการกระจายสินค้าโดยการส่งต่อสินค้าไปยังคลังสินค้า 4 แห่งตามคำสั่งซื้อรายวันทำให้มีต้นทุนขนส่งโดยรวมเพิ่มขึ้น 8.54% แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนรวมโลจิสติกส์แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 52.15%

5. สรุปผลการวิจัย

บริษัทที่ดำเนินการศึกษาในครั้งนี้อยู่ในกลุ่มธุรกิจผลิตและจำหน่ายเครื่องดื่มทั้งเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น สุรา เบียร์ เครื่องดื่มสุขภาพ สมุนไพร ชาเขียว โดยบริษัทที่ดำเนินการศึกษาประสบปัญหาในการบริหารอายุสินค้าในส่วนของเครื่องดื่มที่มีอายุน้อยกว่า 1 ปี ได้แก่ เครื่องดื่มสุขภาพ สมุนไพร ชาเขียว โดยบริษัทมีภาระต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพและต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าทั้ง 4 แห่งในกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อบริหารอายุสินค้าและเติมเต็มคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งมีมูลค่าสูงถึง 773,669 บาทในช่วงเวลา 6 เดือน นอกจากนี้เครื่องดื่มกลุ่มนี้ยังประสบปัญหาการพยากรณ์ความต้องการที่มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องมาจากความต้องการสินค้ากลุ่มนี้มีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งปริมาณความต้องการสินค้าของแต่ละคลังสินค้าที่ไม่แน่นอนมีผลมาจากการแข่งขันทางการตลาดและการทำโปรโมชั่นส่งเสริมการขายที่ไม่แน่นอนตลอดทั้งปี ส่งผลทำให้การวางแผนบริหารสินค้าคงคลัง และการบริหารอายุสินค้าทำได้ยาก ทำให้บริษัทมีต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพและต้นทุนการโอนย้ายสินค้าระหว่างคลังสินค้าที่สูง

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Eppen ได้นำการรวมสินค้าคงคลังเข้ามาใช้แก้ปัญหาของบริษัทค้าส่งเหล็ก แม้ว่าสินค้าเหล็กจะแตกต่างจากกรณีศึกษานี้ที่เป็นเครื่องดื่มที่มีอายุสั้นในเรื่องอายุสินค้าและความจำเป็นในการโอนย้ายสินค้า แต่สิ่งที่เหมือนกันคือความต้องการสินค้ามีความแปรปรวนเช่นเดียวกัน ซึ่งงานวิจัยของ Eppen แสดงให้เห็นว่าสามารถลดต้นทุนการถือครองสินค้าได้โดยการรวมสินค้าไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้ากลาง ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการการรวมสินค้าคงคลังมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแบบจำลองการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้าในรูปแบบใหม่สำหรับเครื่องดื่มที่มีอายุสั้น โดยนำแนวคิดการรวมสินค้าคงคลังเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการ ซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย และต้นทุนโลจิสติกส์ลดลง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบใน 3 กรณีคือ แบบจำลองปัจจุบันตามการดำเนินงานจริง แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลาและแบบ

จำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลา

ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลาให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลากับแบบจำลองปัจจุบันพบว่าแบบจำลองใหม่ตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลามีปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง 65.57% ต้นทุนถือครองสินค้าลดลง 69.92% ต้นทุนขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น 8.54% ต้นทุนโลจิสติกส์รวมลดลง 1,472,619 บาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 52.15% เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลากับแบบจำลองปัจจุบันพบว่า แบบจำลองปัจจุบันตามแผนเติมสินค้าตามรอบระยะเวลามีปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง 52.20% ต้นทุนถือครองสินค้าลดลง 45.60% ต้นทุนขนส่งสินค้าลดลง10.31% ต้นทุนโลจิสติกส์รวมลดลง 1,061,843 บาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 37.61% จากผลการเปรียบเทียบข้างต้นพบว่า จากปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของแบบจำลองใหม่ที่ลดลง มีผลทำให้ต้นทุนถือครองสินค้าลดลง แต่เนื่องจากแบบจำลองใหม่มีรูปแบบการกระจายสินค้าที่เปลี่ยนไปคือมีการส่งต่อสินค้าไปยังคลังสินค้า 4 แห่งตามคำสั่งซื้อรายวันทำให้มีต้นทุนขนส่งโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนรวมโลจิสติกส์ จะเห็นว่าต้นทุนโลจิสติกส์ลดลงถึง 52.20% เป็นจำนวนเงิน 1,472,619 บาท สามารถสรุปได้ว่าการรวมสินค้าไว้ที่คลังกลาง (Inventory Pooling) ทำให้ประสิทธิภาพของต้นทุนโลจิสติกส์ดีขึ้น ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) ลดลง และสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง

6. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า การดำเนินงานในปัจจุบันมีปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยสูงมากกว่าค่าที่เหมาะสม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในทางปฏิบัติมีการเผื่อสินค้าคงคลังสำรองในปริมาณที่มากเกินไป ดังนั้นแม้ว่าการรวมสินค้าคงคลังจะสามารถช่วยลดความแปรปรวนของความต้องการได้ โดยทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังสำรองลดลง ทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยลดลง แต่ในทางปฏิบัติหากยังมีการวางแผนเผื่อปริมาณสินค้าคงคลังสำรองมากเกินไป หรือ มีการผลักดันสินค้าออกจากโรงงานมายังคลังสินค้ามากเกินไป เมื่อถึงค่าระดับหนึ่ง การรวมสินค้าคงคลังจะมีต้นทุนโลจิสติกส์สูงไม่ต่างกับการกระจายสินค้าไว้ตามคลังสินค้า ดังนั้นเพื่อให้การบริหารต้นทุนโลจิสติกส์มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งห่วงโซ่อุปทานจึงควรพิจารณาวิธีการต่างๆร่วมกัน โดยยึดถือผลประโยชน์ของทั้งห่วงโซ่อุปทานเป็นสำคัญ โดยควรมีการดำเนินการดังนี้

1) กำหนดแนวทางเพื่อลดการผลักดันสินค้าออกจากโรงงาน เช่น การวางแผนกำลังผลิตโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดวงจรอายุสินค้า ต้นทุนความเสี่ยงของสินค้าคงคลังนอกเหนือจากการพิจารณาถึงกำลังการผลิตขั้นต่ำของโรงงานเป็นหลัก หรือ การเพิ่มความสามารถในการจัดเก็บสินค้าที่คลังสินค้าของโรงงาน เป็นต้น

2) มีการแลกเปลี่ยน สื่อสารข้อมูล เพื่อปรับแผนการตลาด แผนการผลิต และแผนกระจายสินค้าให้สอดคล้องทันเหตุการณ์ เพื่อลดการเผื่อปริมาณสินค้าคงคลัง ณ จุดจัดเก็บต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

1. Jacobs, F.R. and Chase, R.B., 2013, Operations and Supply Chain Management: The Core, 3rd ed., McGraw-Hill, New York.

2. Lalitaporn, P., 2001,Material Requirements Planning and Reorder Point,Technology Promotion Association (Thailand-Japan), Bangkok. (In Thai)

3. Oeser, G., 2015, Risk-Pooling Essentials Reducing Demand and Lead Time Uncertainty, Springer.

4. Oeser, G., 2011, Methods of Risk Pooling in Business Logistics and Their Application[Online], Available: https://opus4.kobv.de/opus4-euv/files/43/Dissertation_Gerald_Oeser.pdf. [2 October 2017]

5. Zinn, W., Levy, M. and Bowersox, D.J.,1989, “Measuring the Effect of Inventory Centralization/decentralization on Aggregate Safety Stock: The Square Root LawRevisited," *Journal of Business Logistics*, 10 (1), pp. 1-14.

6. Christiansen, B., 2016, Handbook of Research on Global Supply Chain Management, Business Science Reference, Hershey.

7. Eppen, G.D., 1979, “Effect of Centralization on Expected Costs in a Multi-location Newsboy Problem,”

Management Science, 25 (5), pp. 498-501.

8. Dengfeng, W., Manual, D. and Jeffrey, E., 2015, "Possibility of Inventory Pooling in China's Public Hospital and Appraisal about its Performance," *Applied Mathematical Modelling*, 39, pp. 7277-7290.

9. Amanda, J., Siyuan, A., Lawrence, V. and Zuo-Jun, M., 2015, "Centralization Versus Decentralization: Risk Pooling, Risk Diverfication, and Supply Chain Disruptions," *Omega*, 52, pp. 201-212.

10. Jae-Hun, K. and Yeong-Dae, K., 2012, "Inventory Control in a Two-level Supply Chain with Risk Pooling Effect," *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 116-124.

11. Douglas, M.L., 1975, The Development of Inventory Costing Methodology: A Study of the Cost Associated with Holding Inventory, Philosophy of Doctor Dissertation, Graduate School, The Ohio State University [Online], Available: https://etd.ohiolink.edu. [12 October 2017]