

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษารูปแบบการจัดเรียง (Pattern Loading) เป็นปัจจัยหนึ่งเพื่อช่วยลดต้นทุนในการขนส่งสินค้า หากธุรกิจสามารถปรับปรุงการจัดเรียงสินค้าให้ใช้พื้นที่บรรทุกในรถขนส่งได้เพิ่มขึ้น นอกจากจะใช้อรรถประโยชน์ของรถขนส่งได้เพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังช่วยถึงเรื่องการวางแผนจัดตารางการเดินทางได้อีกด้วย

การศึกษารูปแบบการจัดเรียง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการส่งออกของท่อขนส่งน้ำมันในแต่ละขนาด จากที่ตั้งของโรงงาน ไปยังท่าเรือแหลมฉบัง โดยมีระยะทางประมาณ 40-45 กิโลเมตร โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาศึกษาถึงรูปแบบการจัดเรียงของท่อขนส่งน้ำมันที่บรรทุกขึ้นรถแต่ละเที่ยวในปัจจุบัน และรูปแบบอื่น ๆ ที่สามารถจัดเรียงได้ โดยไม่เกินขอบเขตความสามารถของรถขนส่ง และกฎหมายการขนส่ง โดยจะพิจารณาการใช้อรรถประโยชน์ และความคุ้มค่าจากต้นทุนการขนส่งเป็นสำคัญ การวิเคราะห์ผลการศึกษาในบทนี้ จะวิเคราะห์ผลของการใช้อรรถประโยชน์พื้นที่ของรถขนส่ง ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์รูปแบบการจัดเรียงก่อนและหลังการปรับปรุง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด และ การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสม

รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการส่งออกในช่วงระหว่างวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2555 – 1 ตุลาคม พ.ศ. 2555 ข้อมูลที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. ลักษณะของสินค้า พิจารณาเฉพาะสินค้าท่อเหล็กขนส่งน้ำมัน (Bare Pipe)
2. รูปแบบการจัดส่งสินค้า พิจารณาลักษณะการขนส่งแบบ Bulk
3. ขนาดของท่อในการจัดส่ง ขนาดท่อมีขนาดระหว่าง 18 - 48 นิ้ว
4. จำนวนท่อในแต่ละขนาดในการส่งออก
5. รายละเอียดของท่อ (Dimensions) ในการส่งออกได้แก่ ขนาดของท่อ และความยาวของท่อ
6. น้ำหนักของท่อในการส่งออก

หมายเหตุ: ท่อน้ำมันลักษณะ เป็นทรงกระบอก ดังนั้น ขนาดท่อน้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะวัดตามเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำมันที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม เช่น ท่อน้ำมัน 48 นิ้ว คือ ท่อน้ำมันที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัด 48 นิ้ว

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยชิ้นนี้ เป็นตัวอย่างในการส่งออกท่อเหล็กขนส่งน้ำมัน ที่มีขนาดในการจัดส่ง 5 ขนาด ได้แก่ ท่อขนาด 18 นิ้ว 20 นิ้ว 24 นิ้ว 46 นิ้ว แล้ว 48 นิ้ว รายละเอียดของ

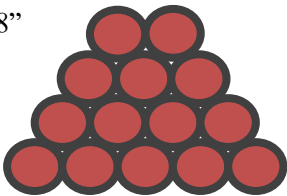
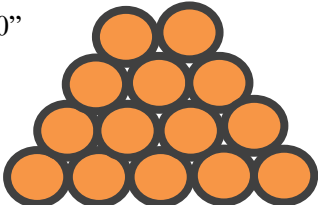
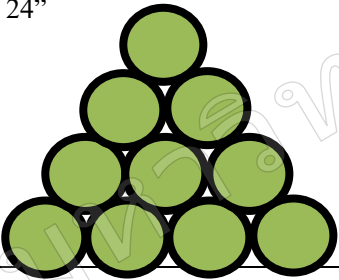
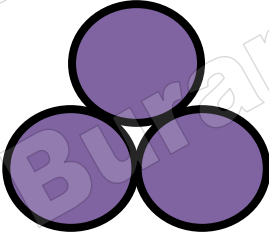
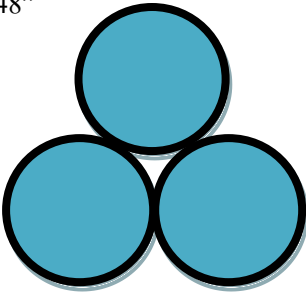
สินค้าสามารถพิจารณาข้อมูลได้จากใบรายการสินค้า (Packing List) โดยสรุปข้อมูลรูปแบบการส่งออกในปัจจุบันได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดข้อมูลการส่งออก

ขนาดท่อ(นิ้ว)	จำนวนท่อส่งออก (ท่อ)	รูปแบบจำนวนโหลลดของท่อแต่ละขนาด ต่อรถ 1 เที่ยว
18"	35	14
20"	122	14
24"	87	10
46"	27	3
48"	663	3
รวม	934	-

จากข้อมูลการส่งออก สามารถนำมาวิเคราะห์หรือรถประโยชน์การใช้พื้นที่บนระวางรถขนส่ง โดยพิจารณาจากรูปแบบการจัดเรียงในปัจจุบันของท่อแต่ละขนาด พิจารณาเชิงน้ำหนักบรรทุกและปริมาตรของพื้นที่บรรทุก โดยตามข้อกำหนดขนาดสัดส่วนของรถกึ่งพ่วงของกฎกระทรวงฉบับที่ 60 ซึ่งกำหนดให้มีความกว้างได้ไม่เกิน 2.55 เมตร ความสูงจากพื้นได้ไม่เกิน 4 เมตร และความยาวจากระยะจากสัดักพ่วงถึงส่วนท้ายสุดไม่เกิน 12.00 เมตร และมีน้ำหนักบรรทุกตามกรมทางหลวงพิเศษ กำหนดให้บรรทุกได้ไม่เกิน 25.5 ตัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2 สัดส่วนของน้ำหนักและปริมาตรของท่อแต่ละขนาดในรูปแบบปัจจุบัน

รูปแบบการจัดเรียง	จำนวนท่อในการจัดเรียง (ท่อ)	ข้อมูลการบรรทุก
18" 	14	ขนาด 18 นิ้ว ความกว้าง = 2.29 เมตร ความสูง = 1.65 เมตร น้ำหนัก = 18,907.25 กิโลกรัม
20" 	14	ขนาด 20 นิ้ว ความกว้าง = 2.54 เมตร ความสูง = 1.83 เมตร น้ำหนัก = 24,308.75 กิโลกรัม
24" 	10	ขนาด 24 นิ้ว ความกว้าง = 2.44 เมตร ความสูง = 2.19 เมตร น้ำหนัก = 16,916.82 กิโลกรัม
46" 	3	ขนาด 46 นิ้ว ความกว้าง = 2.34 เมตร ความสูง = 2.18 เมตร น้ำหนัก = 13,081.77 กิโลกรัม
48" 	3	ขนาด 48 นิ้ว ความกว้าง = 2.44 เมตร ความสูง = 2.28 เมตร น้ำหนัก = 14,694.25 กิโลกรัม

หลังจากทราบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์อัตราประโยชน์ของรูปแบบการจัดเรียงในปัจจุบัน ดังตารางที่ 4-2 เพื่อนำมาวิเคราะห์หารูปแบบการจัดเรียง เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดเรียงที่

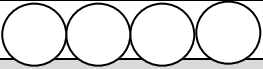
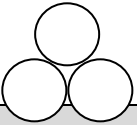
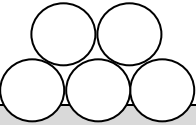
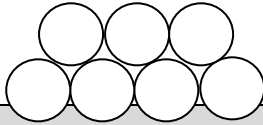
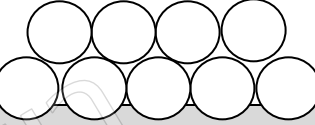
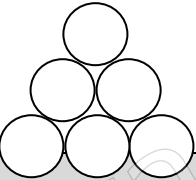
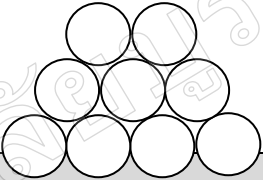
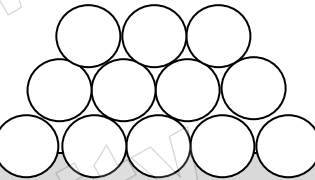
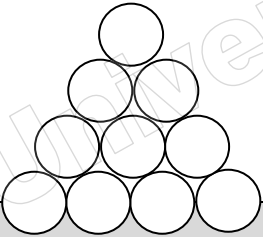
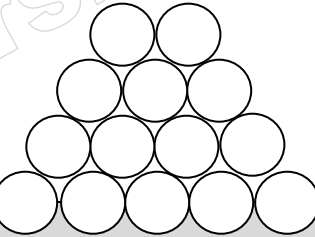
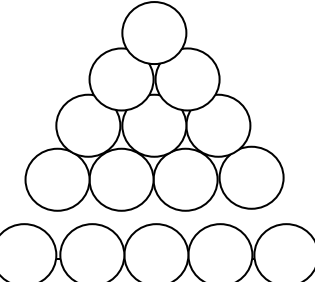
สามารถใช้สรรพประโยชน์พื้นที่บรรทุกได้เพิ่มขึ้น โดยจะศึกษารูปแบบการจัดเรียง แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1.ศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด
- 2.ศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสม

การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด

ผู้วิจัยจะกำหนดรูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ โดยจะกำหนดขอบเขตเป็น 2 แบบ คือ รูปแบบการจัดเรียงแบบสามเหลี่ยม และ รูปแบบการจัดเรียงสี่เหลี่ยม

กำหนดรูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ ลักษณะสามเหลี่ยม

แบบ 1 ชั้น				
				
แบบ 2 ชั้น				
				
แบบ 3 ชั้น				
				
แบบ 4 ชั้น				
				
แบบ 5 ชั้น				
				

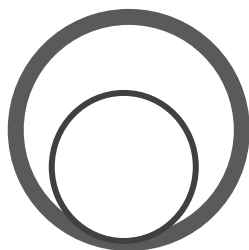
ภาพที่ 4-1 รูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ ลักษณะสามเหลี่ยม

กำหนดรูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ ลักษณะสี่เหลี่ยม

แบบ 1 ชั้น				
○	○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
แบบ 2 ชั้น				
	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
แบบ 3 ชั้น				
		○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
แบบ 4 ชั้น				
			○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
แบบ 5 ชั้น				
				○ ○

ภาพที่ 4-2 รูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ ลักษณะสี่เหลี่ยม

นอกจากนี้ยังมีแนวคิดในรูปแบบการจัดเรียงโดยใช้ท่อนขนาดเล็กกว่าวงสอดใส่เข้าไปในท่อนขนาดใหญ่กว่า ซึ่งในทางปฏิบัติการบรรจุทุกท่อในลักษณะดังกล่าวมีสาเหตุที่ไม่สามารถบรรจุทุกท่อลักษณะนี้ได้ ดังนี้



ภาพที่ 4-3 รูปแบบการจัดเรียงโดยใช้ท่อขนาดเล็กวางสอดในท่อขนาดใหญ่

1. สาเหตุเรื่องความปลอดภัยในการขนส่ง เนื่องจากการนำท่อขนาดเล็กกว่าเข้าไปวางซ้อนในท่อขนาดใหญ่ จะเป็นอันตรายในการขนส่งเพราะไม่มีอุปกรณ์ยึดเกาะกันภายในระหว่างท่อทั้ง 2 ชั้น และเมื่อเวลารถบรรทุกขับเคลื่อน หรือ หยุดรถ จะมีความเสี่ยงที่ทำให้ท่อลื่นหล่นลงมาได้
2. สาเหตุเรื่องขนาดของท่อ เนื่องจากท่อที่ทำการส่งออกจะมีความยาวโดยประมาณ 12 เมตร ซึ่งการปฏิบัติงานในการวางท่อซ้อนเข้าไปและนำท่อที่ซ้อนออกมาทำได้ยาก เพราะความยาวของตัวท่อเองรวมถึงน้ำหนักของท่ออีกด้วย และต้องใช้ความชำนาญของพนักงานเป็นอย่างมาก รวมถึงระยะเวลาในการ โหลดสินค้าอาจเพิ่มมากขึ้นเพราะต้องใช้ความระมัดระวังในการยกขน
3. สาเหตุเรื่องของคุณภาพของท่อ เนื่องจากท่อที่ผลิตสำเร็จออกมาแล้วนั้น จะมีการเจียรขอบปากท่อ ซึ่งเมื่อวางท่อซ้อนทับกัน ท่ออาจเกิดการกระทบ กระแทกกัน จนทำให้ท่อเกิดความเสียหายได้ ซึ่งจะเป็นผลเสียหากสินค้าเกิดความเสียหาย ไม่ได้คุณภาพตามที่ตกลงกับลูกค้าไว้

การหาจำนวนบรรทุกโดยการศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด
แบ่งตามเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1. พิจารณาตามน้ำหนักบรรทุก (Weight)
2. พิจารณาตามปริมาตรบรรทุก (Volume)
 - 2.1 ปริมาตรแบบ สามเหลี่ยม
 - 2.2 ปริมาตรแบบ สี่เหลี่ยม

การพิจารณาตามน้ำหนักบรรทุก

สามารถนำข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของท่อแต่ละขนาดมาคำนวณหาจำนวนโหลดเพื่อให้ได้พื้นที่บรรทุกสูงสุด โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการจัดเรียง ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3 พิจารณาตามน้ำหนักบรรทุก (Weight)

ขนาด	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	คำนวณหาจำนวนท่อที่โหลดได้ทั้งหมดโดยไม่เกินน้ำหนักที่กฎหมายกำหนด	จำนวนท่อ (ท่อ)	น้ำหนักที่โหลดได้ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25,500 กิโลกรัม)
18"	1,350.52	$\frac{25,500.00}{1,350.52}$	18	24,309.32
20"	1,736.34	$\frac{25,500.00}{1,736.34}$	14	24,308.75
24"	1,691.68	$\frac{25,500.00}{1,691.68}$	15	25,375.24
46"	4,360.59	$\frac{25,500.00}{4,360.59}$	5	21,802.96
48"	4,898.08	$\frac{25,500.00}{4,898.08}$	5	24,490.42

สรุปจำนวนท่อที่มากที่สุดที่สามารถโหลดได้ ต่อเที่ยวโดยพิจารณาจากน้ำหนักบรรทุก
ดังนี้

ขนาดท่อ 18 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 18 ท่อ

ขนาดท่อ 20 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 14 ท่อ

ขนาดท่อ 24 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 15 ท่อ

ขนาดท่อ 46 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 5 ท่อ

ขนาดท่อ 48 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 5 ท่อ

ทำการเปรียบเทียบจำนวนท่อที่โหลดได้ต่อเที่ยวในปัจจุบัน กับ จำนวนท่อที่โหลดได้มากที่สุดโดยพิจารณาตามน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบจำนวนโหลตตามน้ำหนักบรรจุทุก

ขนาด	จำนวนท่อที่โหลตได้ต่อเที่ยวใน ปัจจุบัน (ท่อ)	จำนวนท่อที่โหลตได้มากที่สุดโดยพิจารณาตาม น้ำหนักบรรจุทุก (ท่อ)
18"	14	18
20"	14	14
24"	10	15
46"	3	5
48"	3	5

จากตารางที่ 4-4 สามารถสรุปได้ว่า หากพิจารณาตามน้ำหนักบรรจุทุก ยังสามารถปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียงท่อสำหรับ ขนาด 18", 24", 46" และ 48" ได้ เนื่องจากยังสามารถจัดเรียงท่อได้มากกว่านี้ ส่วนการจัดเรียงท่อขนาด 20" ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียง เนื่องจากรูปแบบการจัดเรียงในปัจจุบัน สามารถจัดเรียงจำนวนท่อได้มากที่สุดอยู่แล้ว

การพิจารณาตามปริมาตรบรรจุทุก

การศึกษารูปแบบปริมาตรบรรจุทุกจะพิจารณาความกว้างของการจัดเรียงจากจำนวนท่อที่วางเป็นฐาน ซึ่งจำนวนท่อที่เป็นฐานจะสัมพันธ์ต่อจำนวนชั้นซึ่งเป็นความสูงของการจัดเรียง

โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ปริมาตรแบบสามเหลี่ยม และ ปริมาตรแบบสี่เหลี่ยม

รูปแบบการจัดเรียงปริมาตรแบบสามเหลี่ยม

ความสูงของปริมาตรการโหลตแบบสามเหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นในการวางท่อ โดยกำหนดให้

R_i แทนความยาวรัศมีของท่อที่อยู่ชั้นที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots$

เช่น R_1 คือ รัศมีของท่อที่อยู่ชั้นที่ 1 (ชั้นล่างสุด)

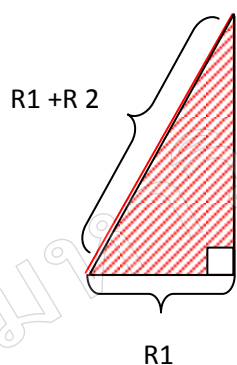
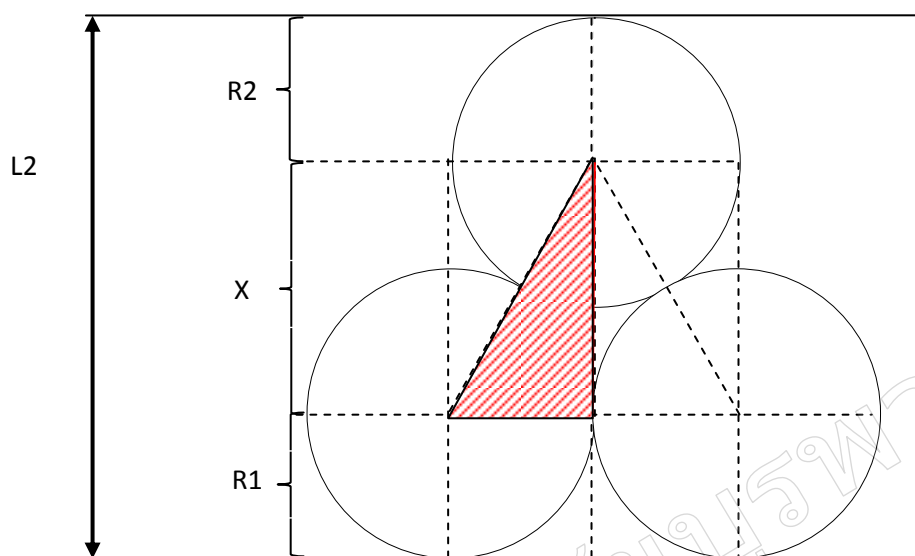
R_2 คือ รัศมีของท่อที่อยู่ชั้นที่ 2

L_j แทนความสูงของท่อจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ j โดยที่ $j = 1, 2, 3, \dots$

เช่น L_3 คือ ความสูงของท่อจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 3

โดยสูตรการคำนวณหาความสูงมีดังนี้

ความสูงของการจัดเรียงโดยอ้างอิง จากทฤษฎีบทพีทาโกรัส



$$X^2 = (R1 + R2)^2 - R1^2$$

$$X^2 = R1^2 + 2R1R2 + R2^2 - R1^2$$

$$X^2 = 2R1R2 + R2^2$$

$$X^2 = R2(2R1 + R2)$$

$$X = \sqrt{R2(2R1 + R2)}$$

ดังนั้นความสูง $L2 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + R2$

โดยสามารถสรุปสูตรการคำนวณหาความสูงตั้งแต่ชั้นที่ 1 - 5 ได้ดังนี้

$$L1 = R1 + R1$$

$$L2 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + R2$$

$$L3 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + \sqrt{R3(2R2 + R3)} + R3$$

$$L4 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + \sqrt{R3(2R2 + R3)} + \sqrt{R4(2R3 + R4)} + R4$$

$$L5 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + \sqrt{R3(2R2 + R3)} + \sqrt{R4(2R3 + R4)} + \sqrt{R5(2R4 + R5)} + R5$$

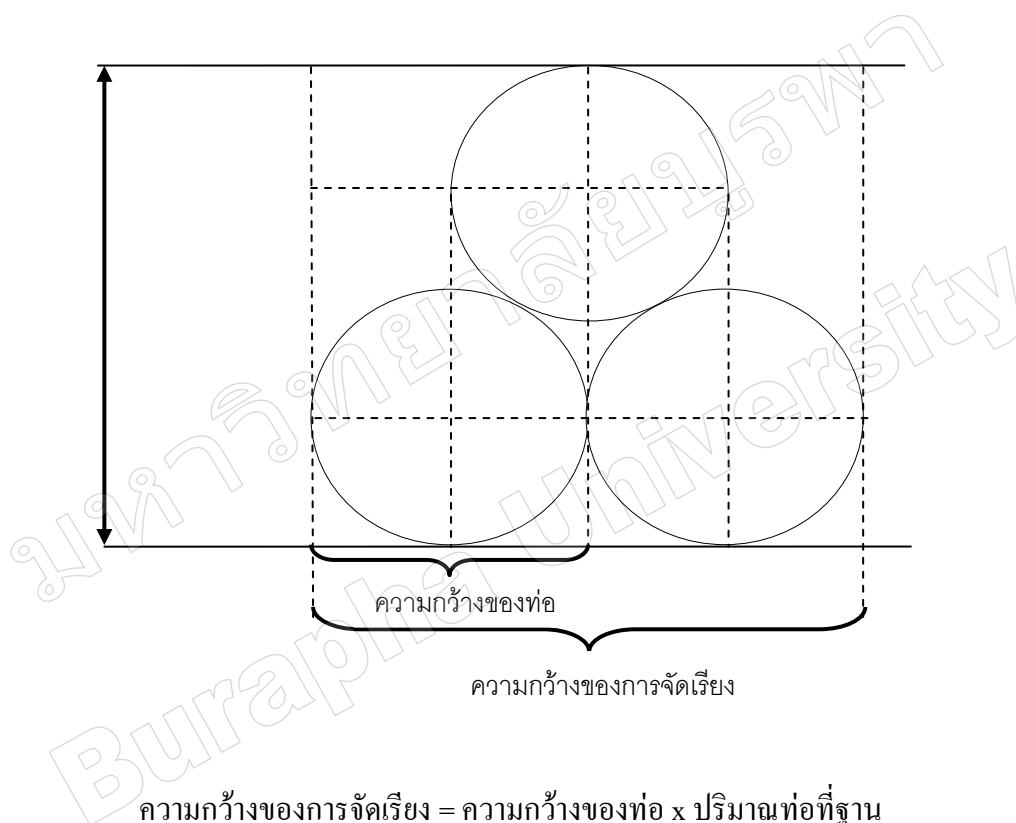
ตัวอย่างเช่น ท่อขนาด 48 นิ้ว จำนวนท่อที่วางเป็นฐาน 2 ท่อ ดังนั้นความสูงของท่อขนาด 48 นิ้ว จะเท่ากับ 2 ชั้น โดยจากสูตรที่มีจำนวน 2 ชั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

ท่อขนาด 48 นิ้ว จะมีความยาวรัศมี 24 นิ้ว

$$L2 = R1 + \sqrt{R2(2R1 + R2)} + R2$$

$$L2 = 24 + \sqrt{24(2(24) + 24)} + 24 = 89.57 \text{ นิ้ว หรือ 2.28 เมตร เป็นต้น}$$

ความกว้างของปริมาตรการไหลแบบสามเหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับจำนวนท่อที่วางเป็นฐาน ซึ่งผลรวมของจำนวนท่อในแต่ละขนาดจะเท่ากับความกว้างของฐานในการจัดเรียง



ความกว้างของการจัดเรียง = ความกว้างของท่อ x ปริมาณท่อที่ฐาน

ตัวอย่างเช่น ท่อขนาด 48 นิ้ว จำนวนท่อที่วางเป็นฐาน 2 ท่อ ความกว้างของฐานจะเท่ากับ $48 \times 2 = 96$ นิ้ว หรือ 2.44 เมตร เป็นต้น

ความกว้างที่สามารถไหลได้ต่อโดยไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด คือ 2.55 เมตร หรือ 100.39 นิ้ว

จากสูตร สามารถนำข้อมูลด้านความกว้างมาพิจารณาหาปริมาณท่อที่ไหลที่ฐานได้มากที่สุด พร้อมทั้งพิจารณาความสูงของท่อแต่ละขนาดมาคำนวณหาจำนวนไหลเพื่อให้ได้พื้นที่บรรจุทุกสูงสุด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 พิจารณาตามปริมาตรบรรทุกแบบสามเหลี่ยม

ความกว้างของท่อ (นิ้ว)	ความสูงของท่อ (นิ้ว)	คำนวณหาจำนวนท่อที่โหลดได้ทั้งหมดโดยไม่เกินปริมาตรที่กฎหมายกำหนด	ปริมาตรที่โหลดได้ไม่เกินมาตรฐานกำหนด		จำนวนท่อ (ท่อ)
		จำนวนท่อที่ฐาน	ความกว้าง (2.55 เมตร)	ความสูง (2.5 เมตร)	
18"	18"	$\frac{100.39}{18} = 5.58$	2.29	2.04	15
20"	20"	$\frac{100.39}{20} = 5.02$	2.54	2.27	15
24"	24"	$\frac{100.39}{24} = 4.18$	2.44	2.19	10
46"	46"	$\frac{100.39}{46} = 2.18$	2.34	2.18	3
48"	48"	$\frac{100.39}{48} = 2.09$	2.44	2.28	3

สรุปจำนวนท่อที่มากที่สุด ที่สามารถโหลดได้ ต่อเที่ยวโดยพิจารณาจากปริมาตรบรรทุกแบบสามเหลี่ยม ดังนี้

ขนาดท่อ 18 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 15 ท่อ

ขนาดท่อ 20 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 15 ท่อ

ขนาดท่อ 24 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 10 ท่อ

ขนาดท่อ 46 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 3 ท่อ

ขนาดท่อ 48 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 3 ท่อ

ทำการเปรียบเทียบจำนวนท่อที่โหลดได้ต่อเที่ยวในปัจจุบัน กับ จำนวนท่อที่โหลดได้มากที่สุดโดยพิจารณาตามปริมาตรบรรทุกแบบสามเหลี่ยม

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบจำนวนโหลดตามปริมาตรบรรทุกแบบสามเหลี่ยม

ขนาด	จำนวนท่อนที่โหลดได้ต่อเที่ยวในปัจจุบัน (ท่อ)	จำนวนท่อนที่โหลดได้มากที่สุดโดยพิจารณาตามปริมาตรบรรทุก ตามรูปแบบสามเหลี่ยม (ท่อ)
18"	14	15
20"	14	15
24"	10	10
46"	3	3
48"	3	3

จากตารางที่ 4-6 สามารถสรุปได้ ว่า หากพิจารณาตามปริมาตรบรรทุก ยังสามารถปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียงท่อสำหรับ ขนาด 18" และ 20" ได้ เนื่องจากยังสามารถจัดเรียงท่อได้มากขึ้น ส่วนการจัดเรียงท่อขนาด 24", 46", 48" ตามปริมาตรจัดเรียงแบบสามเหลี่ยม มีจำนวนท่อเท่ากับรูปแบบการจัดเรียงในปัจจุบัน ซึ่งสามารถจัดเรียงจำนวนท่อได้มากที่สุดอยู่แล้ว เมื่อพิจารณาตามปริมาตรบรรทุก ตามปริมาตรรูปแบบสามเหลี่ยม

รูปแบบการจัดเรียงปริมาตรแบบสี่เหลี่ยม

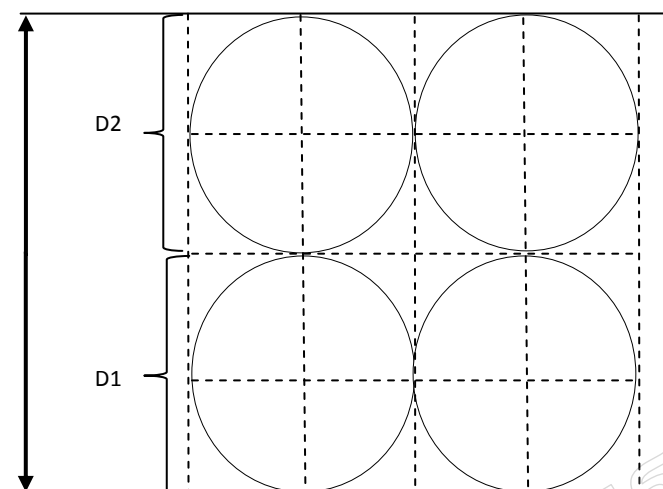
ความสูงของปริมาตรการโหลดแบบสี่เหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นในการวางท่อ โดยกำหนดให้

D_i แทนความสูงของท่อ ชั้นที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots$

เช่น D_1 คือ ความสูงของท่อชั้นที่ 1

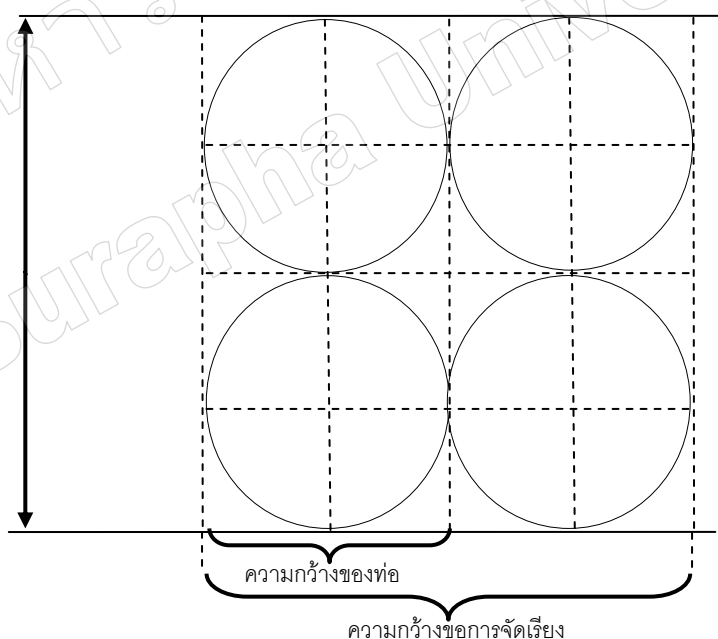
D_2 คือ ความสูงของท่อชั้นที่ 2

ความสูงของการจัดเรียง = $D_1 + D_2$



ตัวอย่างเช่น ท่อขนาด 48 นิ้ว จำนวนชั้นในการวางท่อ 2 ชั้น ความสูงของปริมาตรในการจัดเรียงเท่ากับ $48 \times 2 = 96$ นิ้ว หรือ 2.44 เมตร เป็นต้น

ความกว้างของปริมาตรการไหลแบบสี่เหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับจำนวนท่อที่วางเป็นฐาน ซึ่งผลรวมของจำนวนท่อในแต่ละขนาดจะเท่ากับความกว้างของฐานในการจัดเรียง



ตัวอย่างเช่น ท่อขนาด 48 นิ้ว จำนวนท่อที่วางเป็นฐาน 2 ท่อ ความกว้างของฐานจะเท่ากับ $48 \times 2 = 96$ นิ้ว หรือ 2.44 เมตร เป็นต้น

จากสูตรสามารถนำข้อมูลด้านขนาดและความสูงของท่อแต่ละขนาดมาคำนวณหาจำนวนไหลเพื่อให้ได้พื้นที่บรรจุทุกสูงสุด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-7 พิจารณาตามปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยม

ความกว้างของท่อ (นิ้ว)	ความสูงของท่อ (นิ้ว)	คำนวณหาจำนวนท่อที่โหลดได้ทั้งหมดโดยไม่เกินปริมาตรที่กฎหมายกำหนด	ปริมาตรที่โหลดได้ไม่เกินมาตรฐานกำหนด		จำนวนท่อ (ท่อ)
		จำนวนท่อที่ฐาน (ท่อ)	ความกว้าง (2.55 เมตร)	ความสูง (2.5 เมตร)	
18"	18"	$\frac{100.39}{18} = 5.58$	2.29	2.29	25
20"	20"	$\frac{100.39}{20} = 5.02$	2.54	2.03	20
24"	24"	$\frac{100.39}{24} = 4.18$	2.44	2.44	16
46"	46"	$\frac{100.39}{46} = 2.18$	2.34	2.34	4
48"	48"	$\frac{100.39}{48} = 2.09$	2.44	2.44	4

สรุปจำนวนท่อที่มากที่สุด ที่สามารถโหลดได้ ต่อเที่ยวโดยพิจารณาจากปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยม ดังนี้

ขนาดท่อ 18 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 25 ท่อ

ขนาดท่อ 20 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 20 ท่อ

ขนาดท่อ 24 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 16 ท่อ

ขนาดท่อ 46 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 4 ท่อ

ขนาดท่อ 48 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 4 ท่อ

ทำการเปรียบเทียบจำนวนท่อที่โหลดได้ต่อเที่ยวในปัจจุบัน กับ จำนวนท่อที่โหลดได้มากที่สุดโดยพิจารณาตามปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยม

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบจำนวนโหลคตามปริมาตรบรรจุแบบสี่เหลี่ยม

ขนาด	จำนวนท่อนที่โหลได้ต่อเที่ยวในปัจจุบัน (ท่อ)	จำนวนท่อนที่โหลได้มากที่สุดโดยพิจารณาตามปริมาตรบรรจุ ตามรูปแบบสี่เหลี่ยม (ท่อ)
18"	14	25
20"	14	20
24"	10	16
46"	3	4
48"	3	4

จากตารางที่ 4-8 สามารถสรุปได้ ว่า หากพิจารณาตามปริมาตรบรรจุแบบสี่เหลี่ยม ยังสามารถปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียงท่อสำหรับ ขนาด 18", 20" 24", 46", 48" ได้ เนื่องจากยังสามารถจัดเรียงท่อได้มากขึ้น

จากผลการคำนวณ เมื่อทราบจำนวนท่อนที่โหลได้ของรูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด โดยใช้วิธีการหาจำนวนบรรจุ แบบพิจารณาตามน้ำหนักบรรจุ และ แบบพิจารณาตามปริมาตรบรรจุ สามารถสรุปผลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-9 สรุปจำนวนท่อของรูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด

ขนาดท่อ (นิ้ว)	จำนวนท่อนที่โหลได้ พิจารณาตามน้ำหนักบรรจุ (ท่อ)	จำนวนท่อนที่โหลได้ พิจารณาตามปริมาตรบรรจุ (ท่อ)	
		แบบสามเหลี่ยม	แบบสี่เหลี่ยม
18	18	15	25
20	14	15	20
24	15	10	16
46	5	3	4
48	5	3	4

จากตารางที่ 4-9 เมื่อนำมาพิจารณาตามระเบียบกฎหมายบรรทุกของกรมทางหลวงพิเศษ กำหนดให้รถขนส่งชนิดรถกึ่งพ่วงขนาด 3 เพลา สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 25.5 ตัน และขนาดและสัดส่วนในการบรรทุกตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 60 กำหนดให้ ความกว้างในการบรรทุกได้ไม่เกิน 2.55 เมตร และความสูงไม่เกิน 2.5 เมตร

สรุปต่อแต่ละขนาดได้ดังนี้ โดยที่บรรทุกแล้วไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายกำหนด

ขนาดท้อ 18 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 18 ท่อ เนื่องจากเมื่อพิจารณาตามรูปแบบปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยมสามารถบรรทุกได้สูงสุดถึง 25 ท่อ แต่เมื่อพิจารณาด้านน้ำหนักบรรทุก จะสามารถบรรทุกได้เพียง 18 ท่อ เท่านั้น แต่ทั้งนี้หากบรรทุก 18 ท่อ รูปแบบปริมาตรการจัดเรียงต้องใช้รูปแบบสี่เหลี่ยม ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนการสั่งซื้ออุปกรณ์เพื่อรองรับการจัดเรียงท่อแบบสี่เหลี่ยมเป็นลำดับต่อไป

ขนาดท้อ 20 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 14 ท่อ เนื่องจากเมื่อพิจารณาตามรูปแบบปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยมสามารถบรรทุกได้สูงสุดถึง 20 ท่อ แต่เมื่อพิจารณาด้านน้ำหนักบรรทุก จะสามารถบรรทุกได้เพียง 14 ท่อ เท่านั้น ซึ่งเป็นจำนวนบรรทุกที่ใช้ในรูปแบบปัจจุบัน

ขนาดท้อ 24 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 15 ท่อ เนื่องจากเมื่อพิจารณาตามรูปแบบปริมาตรบรรทุกแบบสี่เหลี่ยมสามารถบรรทุกได้สูงสุดถึง 16 ท่อ แต่เมื่อพิจารณาด้านน้ำหนักบรรทุก จะสามารถบรรทุกได้เพียง 15 ท่อ เท่านั้น แต่ทั้งนี้หากบรรทุก 15 ท่อ รูปแบบปริมาตรการจัดเรียงต้องใช้รูปแบบสี่เหลี่ยม ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนการสั่งซื้ออุปกรณ์เพื่อรองรับการจัดเรียงท่อแบบสี่เหลี่ยมเป็นลำดับต่อไป

ขนาดท้อ 46 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 4 ท่อ เนื่องจากเมื่อพิจารณาตามน้ำหนักบรรทุกสามารถบรรทุกได้สูงสุดถึง 5 ท่อ แต่เมื่อพิจารณาด้านปริมาตรบรรทุกจะสามารถบรรทุกได้เพียง 4 ท่อ เท่านั้น แต่ทั้งนี้หากบรรทุก 4 ท่อ รูปแบบปริมาตรการจัดเรียงต้องใช้รูปแบบสี่เหลี่ยม ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนการสั่งซื้ออุปกรณ์เพื่อรองรับการจัดเรียงท่อแบบสี่เหลี่ยมเป็นลำดับต่อไป

ขนาดท้อ 48 นิ้ว สามารถบรรทุกได้สูงสุด 4 ท่อ เนื่องจากเมื่อพิจารณาตามน้ำหนักบรรทุกสามารถบรรทุกได้สูงสุดถึง 5 ท่อ แต่เมื่อพิจารณาด้านปริมาตรบรรทุกจะสามารถบรรทุกได้เพียง 4 ท่อ เท่านั้น แต่ทั้งนี้หากบรรทุก 4 ท่อ รูปแบบปริมาตรการจัดเรียงต้องใช้รูปแบบสี่เหลี่ยม ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนการสั่งซื้ออุปกรณ์เพื่อรองรับการจัดเรียงท่อแบบสี่เหลี่ยมเป็นลำดับต่อไป

ดังนั้นจำนวนท้อบรรทุกที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุงแล้ว ด้วยการพิจารณาด้านน้ำหนักและปริมาตร (Weight & Volume) ได้ผลดังนี้

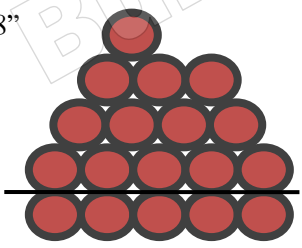
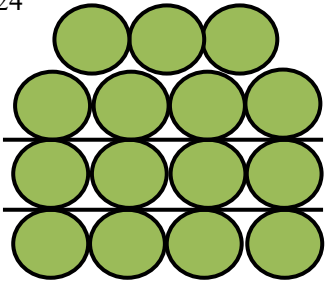
ตารางที่ 4-10 จำนวนท่อนก่อนและหลังการปรับปรุง

ขนาดท่อ (นิ้ว)	ก่อนปรับปรุง (ท่อ)	หลังปรับปรุง (ท่อ)	จำนวนที่โหลดได้ เพิ่ม(ท่อ)	จำนวนที่โหลดได้เพิ่ม (เปอร์เซ็นต์)
18	14	18	4	28.57 %
20	14	14	0	0.00 %
24	10	15	5	50.00 %
46	3	4	1	33.33 %
48	3	4	1	33.33 %

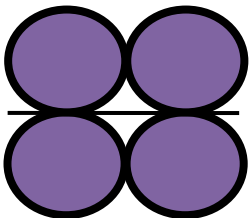
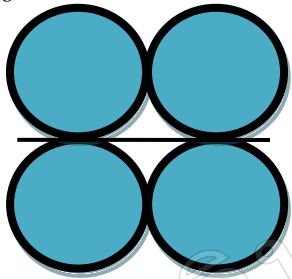
ดังนั้นจึงต้องมีการลงทุนเพื่อปรับปรุงรูปแบบการโหลดให้สามารถจัดเรียงรูปแบบสี่เหลี่ยมของท่อ ขนาด 18 นิ้ว 24 นิ้ว 46 นิ้ว และ 48 นิ้ว ส่วนท่อขนาด 20 นิ้วไม่ต้องลงทุนเพิ่ม เนื่องจากการใช้รูปแบบการโหลดปัจจุบันสามารถบรรทุกท่อได้สูงสุดอยู่แล้ว

จากผลการปรับปรุง สามารถสรุปรูปแบบการจัดเรียงของท่อแต่ละขนาดหลังการปรับปรุง โดยคำนึงถึงการลงทุนอุปกรณ์ให้ต่ำที่สุดดังนี้

ตารางที่ 4-11 สัดส่วนของน้ำหนักและปริมาตรของท่อแต่ละขนาดหลังการปรับปรุง

รูปแบบการจัดเรียง	จำนวนท่อในการจัดเรียง	ข้อมูลการบรรทุก
18" 	18	ขนาด 18 นิ้ว ความกว้าง = 2.29 เมตร ความสูง = 2.16 เมตร น้ำหนัก = 24,309.32 กิโลกรัม
24" 	15	ขนาด 24 นิ้ว ความกว้าง = 2.44 เมตร ความสูง = 2.11 เมตร น้ำหนัก = 25,375.24 กิโลกรัม

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

รูปแบบการจัดเรียง	จำนวนท่อในการจัดเรียง	ข้อมูลการบรรทุก
46" 	4	ขนาด 46 นิ้ว ความกว้าง = 2.34 เมตร ความสูง = 2.34 เมตร น้ำหนัก = 17,442.37 กิโลกรัม
48" 	4	ขนาด 48 นิ้ว ความกว้าง = 2.44 เมตร ความสูง = 2.44 เมตร น้ำหนัก = 19,592.34 กิโลกรัม

สรุปอุปกรณ์ที่ต้องลงทุนเพิ่มสำหรับท่อแต่ละขนาดที่ใช้ต่อเที่ยวในการขนส่ง ดังนี้

ท่อขนาด 18 ลงทุนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มจำนวนชั้น 1 ชั้น

ท่อขนาด 24 ลงทุนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มจำนวนชั้น 2 ชั้น

ท่อขนาด 46 ลงทุนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มจำนวนชั้น 1 ชั้น

ท่อขนาด 48 ลงทุนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มจำนวนชั้น 1 ชั้น

การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสม

การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสมนี้ เป็นการจัดเรียงท่อที่มีขนาดแตกต่างกันและนำมาจัดเรียงให้สามารถบรรทุกอยู่ในเที่ยววิ่งเดียวกัน โดยความต่างของขนาดท่อที่นำมาจัดเรียงนั้นต้องมีระยะห่างของรัศมีประมาณ 2 นิ้ว เนื่องจาก หากขนาดของท่อต่างกันมากเกินไป เมื่อนำท่อมาวางซ้อนกัน จะส่งผลถึงความปลอดภัยในการขนส่ง เพราะจะต้องมีอุปกรณ์ในการรองรับ เพื่อให้ท่อสามารถทรงตัวอยู่บนรถขนส่งได้ โดยอุปกรณ์ในการรองรับท่อนี้จะปรับเปลี่ยนไปตามขนาดของท่อ นอกจากนี้การจัดเรียงแบบผสม จะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักของท่อที่ต่างขนาดกัน และความสะดวกของเที่ยววิ่งนั้น ๆ

โดยจากตัวอย่างของข้อมูลงานวิจัย สามารถแบ่งกลุ่ม (Class) ของการผสม โดยพิจารณาจากขนาดของท่อ และจากข้อมูลตัวอย่างที่นำมาศึกษาขนาดของท่อมีทั้งหมด 5 ขนาด ดังนี้

1. ขนาด 18 นิ้ว รัศมียาว 9 นิ้ว
2. ขนาด 20 นิ้ว รัศมียาว 10 นิ้ว
3. ขนาด 24 นิ้ว รัศมียาว 12 นิ้ว
4. ขนาด 46 นิ้ว รัศมียาว 23 นิ้ว
5. ขนาด 48 นิ้ว รัศมียาว 24 นิ้ว

และจากข้อมูลข้างต้น ทางเจ้าหน้าที่ประจำโรงงานจะใช้อุปกรณ์รองรับที่เป็นฐาน (Base Support) โดยแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดที่ 1 สำหรับรองรับท่อขนาด 18 นิ้ว และ 20 นิ้ว ขนาดที่ 2 สำหรับรองรับท่อขนาด 24 นิ้ว และขนาดที่ 3 สำหรับรองรับท่อขนาด 46-48 นิ้ว

จากข้อมูลการส่งออก สามารถแบ่งกลุ่มของการผสมได้ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 จะทำการศึกษาถึงแบบการจัดเรียงแบบผสม ระหว่างท่อขนาด 18 นิ้ว และ 20 นิ้ว
 กลุ่มที่ 2 จะทำการศึกษาถึงแบบการจัดเรียงแบบผสม ระหว่างท่อขนาด 20 นิ้ว และ 24 นิ้ว
 กลุ่มที่ 3 จะทำการศึกษาถึงแบบการจัดเรียงแบบผสม ระหว่างท่อขนาด 46 นิ้ว และ 48 นิ้ว

การศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสมจะพิจารณาการใช้ทรัพยากรประโยชน์ด้านปริมาตรบรรจุทุกและน้ำหนักบรรจุทุกให้คุ้มค่าที่สุด โดยในแต่ละกลุ่มของการผสมผู้วิจัยจะสร้างรูปแบบการผสมท่อ โดยมีข้อจำกัดด้านการไหลดลสินค้ามาช่วยในการกำหนดว่า การวางซ้อนท่อนั้น ท่อที่อยู่ชั้นล่างจะต้องเป็นท่อที่มีขนาดใหญ่กว่าท่อชั้นบนเสมอ ในชั้นเดียวกันจะต้องไหลดลท่อที่มีขนาดเดียวกันเท่านั้น และรูปทรงที่ใช้ผสมท่อเป็นลักษณะสี่เหลี่ยม ซึ่งรูปแบบการผสมท่อจะใช้ค่าสูงสุดจากการศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาดมาเป็นกรอบในการแจกแจงในการผสมท่อของท่อแต่ละขนาด โดยมีเกณฑ์ด้านน้ำหนักและปริมาตรบรรจุทุกเป็นข้อจำกัดในการศึกษา และนำต้นทุนการขนส่งต่อเที่ยวที่ได้จากการแจกแจงนั้นมารวมตัดสินใจ ซึ่งการที่ทั้ง 2 ด้านมาพิจารณาร่วมกัน เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดเรียงที่มีทั้ง Maximize Utilize และ Minimize Cost โดยบริษัทมีต้นทุนด้านการขนส่ง 4,600 บาทต่อเที่ยว ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งต่อเที่ยว คำนวณได้จาก ต้นทุนการขนส่ง หารด้วยจำนวนท่อในเที่ยวขนส่งนั้น เช่น จำนวนท่อในเที่ยวขนส่ง 15 ท่อ จะมีต้นทุนการขนส่งในเที่ยวนี้คือ $4,600 / 15 = 306.67$ บาทเป็นต้น

และจากการศึกษารูปแบบการจัดเรียงแบบผสมที่มีการแบ่งกลุ่มในการศึกษา จะต้องใช้ข้อมูลด้านน้ำหนักในการพิจารณาให้ไม่เกินตามกฎหมายกำหนด รายละเอียดด้านน้ำหนักของท่อแต่ละขนาดพิจารณาได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-12 ค่าน้ำหนักของแต่ละขนาด

ขนาด	น้ำหนักรวมของท่อแต่ละขนาด (กิโลกรัม)	ปริมาณการส่งออก(ท่อ)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อท่อ (กิโลกรัม)
18	47,268.12	35	1,350.52
20	211,833.39	122	1,736.34
24	147,176.58	87	1,691.68
46	117,735.97	27	4,360.59
48	3,247,430.12	663	4,898.08

ส่วนการคำนวณหาความกว้างและความสูงในการจัดเรียงท่อนั้น เนื่องด้วยลักษณะสินค้าเป็นทรงกระบอก ความกว้างและความสูง พิจารณาได้จากเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเหล็ก เช่น ท่อขนาด 18 นิ้ว ความกว้าง = 18 นิ้ว ความสูง = 18 นิ้ว โดยเมื่อนำท่อในแต่ละกลุ่มมาผสมแล้วนั้น น้ำหนักจะผกผันไปตามจำนวนท่อในแต่ละขนาดที่นำมาผสม ส่วนความสูงและกว้าง จะผกผันไปตามจำนวนท่อที่ฐาน ขนาดของท่อที่ฐาน และจำนวนชั้นในการจัดเรียง ผลที่ได้จากการแจกแจงในการแบ่งกลุ่มในการผสมนั้น พิจารณาได้จากตารางแสดงผลนี้

ตารางที่ 4-13 รูปแบบการจัดเรียงแบบผสมระหว่างท่อขนาด 18 นิ้วและ 20 นิ้ว

จำนวนท่อขนาด 18" (ท่อ)	จำนวนท่อขนาด 20" (ท่อ)	จำนวนท่อที่ฐาน (ท่อ)	จำนวนชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความกว้าง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัดในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อเที่ยว (บาท)
6	10	5	4	25,466.50	2.54	2.03	5,944	287.50
12	5	5	4	24,887.91	2.54	2.03	5,888	270.59
18	0	5	4	24,309.32	2.29	1.83	5,832	255.56
5	10	5	3	24,115.98	2.54	1.52	5,620	306.67
0	14	5	3	24,308.75	2.54	1.52	5,600	328.57
11	5	5	4	23,537.39	2.54	2.03	5,564	287.50
17	0	5	4	22,958.80	2.29	1.83	5,508	270.59
4	10	5	3	22,765.46	2.54	1.52	5,296	328.57
10	5	5	3	22,186.87	2.54	1.52	5,240	306.67

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

จำนวน ท่อขนาด 18" (ท่อ)	จำนวน ท่อขนาด 20" (ท่อ)	จำนวน ท่อที่ฐาน (ท่อ)	จำนวน ชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความ กว้าง (เมตร)	ความ สูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อ เที่ยว (บาท)
0	13	5	3	22,572.41	2.54	1.52	5,200	353.85
16	0	5	4	21,608.28	2.29	1.83	5,184	287.50
3	10	5	3	21,414.95	2.54	1.52	4,972	353.85
9	5	5	3	20,836.35	2.54	1.52	4,916	328.57
15	0	5	3	20,257.76	2.29	1.37	4,860	306.67
0	12	5	3	20,836.07	2.54	1.52	4,800	383.33
2	10	5	3	20,064.43	2.54	1.52	4,648	383.33
8	5	5	3	19,485.84	2.54	1.52	4,592	353.85
14	0	5	3	18,907.25	2.29	1.37	4,536	328.57
0	11	5	3	19,099.73	2.54	1.52	4,400	418.18
1	10	5	3	18,713.91	2.54	1.52	4,324	418.18
7	5	5	3	18,135.32	2.54	1.52	4,268	383.33
13	0	5	3	17,556.73	2.29	1.37	4,212	353.85
0	10	5	2	17,363.39	2.54	1.02	4,000	460.00
6	5	5	3	16,784.80	2.54	1.52	3,944	418.18
12	0	5	3	16,206.21	2.29	1.37	3,888	383.33
5	5	5	2	15,434.28	2.54	1.02	3,620	460.00
0	9	5	2	15,627.05	2.54	1.02	3,600	511.11
11	0	5	3	14,855.69	2.29	1.37	3,564	418.18
4	5	5	2	14,083.77	2.54	1.02	3,296	511.11
10	0	5	2	13,505.18	2.29	0.91	3,240	460.00
0	8	5	2	13,890.71	2.54	1.02	3,200	575.00
3	5	5	2	12,733.25	2.54	1.02	2,972	575.00
9	0	5	2	12,154.66	2.29	0.91	2,916	511.11
0	7	5	2	12,154.37	2.54	1.02	2,800	657.14
2	5	5	2	11,382.73	2.54	1.02	2,648	657.14
8	0	5	2	10,804.14	2.29	0.91	2,592	575.00
0	6	5	2	10,418.04	2.54	1.02	2,400	766.67

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

จำนวน ท่อขนาด 18" (ท่อ)	จำนวน ท่อขนาด 20" (ท่อ)	จำนวน ท่อที่ฐาน (ท่อ)	จำนวน ชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความ กว้าง (เมตร)	ความ สูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อ เที่ยว (บาท)
1	5	5	2	10,032.21	2.54	1.02	2,324	766.67
7	0	5	2	9,453.62	2.29	0.91	2,268	657.14
0	5	5	1	8,681.70	2.54	0.51	2,000	920.00
6	0	5	2	8,103.11	2.29	0.91	1,944	766.67
5	0	5	1	6,752.59	2.29	0.46	1,620	920.00
0	4	4	1	6,945.36	2.03	0.51	1,600	1,150.00
4	0	4	1	5,402.07	1.83	0.46	1,296	1,150.00
0	3	3	1	5,209.02	1.52	0.51	1,200	1,533.33
3	0	3	1	4,051.55	1.37	0.46	972	1,533.33
0	2	2	1	3,472.68	1.02	0.51	800	2,300.00
2	0	2	1	2,701.04	0.91	0.46	648	2,300.00
0	1	1	1	1,736.34	0.51	0.51	400	4,600.00
1	0	1	1	1,350.52	0.46	0.46	324	4,600.00

จากตารางที่ 4-13 นั้น เป็นการแสดงรูปแบบการจัดเรียงท่อแบบผสมที่มีน้ำหนักและความกว้าง ความสูงไม่เกินตามที่กฎหมายกำหนด โดยเรียงลำดับจากการใช้พื้นที่ปริมาตรสูงสุด (Maximize Utilization) จากตารางแสดงให้เห็นว่า ลำดับที่ 1 มีการใช้ปริมาตรในการจัดเรียงคุ้มค่าที่สุดซึ่งเป็นการเรียงท่อขนาด 20 นิ้วจำนวน 10 ท่อ และท่อขนาด 18 นิ้วจำนวน 6 ท่อ โดยที่น้ำหนักไม่เกิน 25,500 กิโลกรัม และ ความกว้างไม่เกิน 2.55 เมตร ความสูงไม่เกิน 2.5 เมตร แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนต่อเที่ยวแล้วนั้น ยังมีต้นทุนต่อเที่ยวสูงกว่า เมื่อเทียบกับลำดับที่ 3 ที่มีต้นทุนต่อเที่ยวต่ำที่สุด ซึ่งเป็นการจัดเรียงแบบท่อขนาดเดียวคือ 18 นิ้ว จำนวน 18 ท่อ

ตารางที่ 4-14 รูปแบบการจัดเรียงแบบผสมระหว่างท่อขนาด 20 นิ้วและ 24 นิ้ว

จำนวน ท่อขนาด 20" (ท่อ)	จำนวน ท่อขนาด 24" (ท่อ)	จำนวน ท่อที่ ฐาน (ท่อ)	จำนวน ชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความ กว้าง (เมตร)	ความ สูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อ เที่ยว (บาท)
0	15	4	4	25,375.24	2.03	2.03	8,640	306.67
0	14	4	4	23,683.55	2.03	2.03	8,064	328.57
2	12	4	4	23,772.87	2.03	2.03	7,712	328.57
0	13	4	4	21,991.87	2.03	2.03	7,488	353.85
1	12	4	4	22,036.53	2.03	2.03	7,312	353.85
6	8	4	4	23,951.50	2.03	2.03	7,008	328.57
0	12	4	3	20,300.19	2.03	1.52	6,912	383.33
5	8	4	4	22,215.16	2.03	2.03	6,608	353.85
0	11	4	3	18,608.51	2.03	1.52	6,336	418.18
10	4	4	4	24,130.12	2.03	2.03	6,304	328.57
4	8	4	3	20,478.82	2.03	1.52	6,208	383.33
9	4	4	4	22,393.78	2.03	2.03	5,904	353.85
3	8	4	3	18,742.48	2.03	1.52	5,808	418.18
0	10	4	3	16,916.82	2.03	1.52	5,760	460.00
14	0	5	3	24,308.75	2.54	1.52	5,600	328.57
8	4	4	3	20,657.44	2.03	1.52	5,504	383.33
2	8	4	3	17,006.14	2.03	1.52	5,408	460.00
13	0	5	3	22,572.41	2.54	1.52	5,200	353.85
0	9	4	3	15,225.14	2.03	1.52	5,184	511.11
7	4	4	3	18,921.10	2.03	1.52	5,104	418.18
1	8	4	3	15,269.80	2.03	1.52	5,008	511.11
12	0	5	3	20,836.07	2.54	1.52	4,800	383.33
6	4	4	3	17,184.77	2.03	1.52	4,704	460.00
0	8	4	2	13,533.46	2.03	1.02	4,608	575.00
11	0	5	3	19,099.73	2.54	1.52	4,400	418.18
5	4	4	3	15,448.43	2.03	1.52	4,304	511.11
0	7	4	2	11,841.78	2.03	1.02	4,032	657.14

ตารางที่ 4-14 (ต่อ)

จำนวน ท่อขนาด 20" (ท่อ)	จำนวน ท่อขนาด 24" (ท่อ)	จำนวน ท่อที่ ฐาน (ท่อ)	จำนวน ชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความ กว้าง (เมตร)	ความ สูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อ เที่ยว (บาท)
10	0	5	2	17,363.39	2.54	1.02	4,000	460.00
4	4	4	2	13,712.09	2.03	1.02	3,904	575.00
9	0	5	2	15,627.05	2.54	1.02	3,600	511.11
3	4	4	2	11,975.75	2.03	1.02	3,504	657.14
0	6	4	2	10,150.09	2.03	1.02	3,456	766.67
8	0	5	2	13,890.71	2.54	1.02	3,200	575.00
2	4	4	2	10,239.41	2.03	1.02	3,104	766.67
0	5	4	2	8,458.41	2.03	1.02	2,880	920.00
7	0	5	2	12,154.37	2.54	1.02	2,800	657.14
1	4	4	2	8,503.07	2.03	1.02	2,704	920.00
6	0	5	2	10,418.04	2.54	1.02	2,400	766.67
0	4	4	1	6,766.73	2.03	0.51	2,304	1,150.00
5	0	5	1	8,681.70	2.54	0.51	2,000	920.00
0	3	3	1	5,075.05	1.52	0.51	1,728	1,533.33
4	0	4	1	6,945.36	2.03	0.51	1,600	1,150.00
3	0	3	1	5,209.02	1.52	0.51	1,200	1,533.33
0	2	2	1	3,383.36	1.02	0.51	1,152	2,300.00
2	0	2	1	3,472.68	1.02	0.51	800	2,300.00
0	1	1	1	1,691.68	0.51	0.51	576	4,600.00
1	0	1	1	1,736.34	0.51	0.51	400	4,600.00

จากตารางที่ 4-14 นั้น เป็นการแสดงรูปแบบการจัดเรียงท่อแบบผสมที่มีน้ำหนักและความกว้าง ความสูงไม่เกินตามที่กฎหมายกำหนด โดยเรียงลำดับจากการใช้พื้นที่ปริมาตรสูงสุด (Maximize Utilization) จากตารางแสดงให้เห็นว่า ลำดับที่ 1 มีการใช้ปริมาตรในการจัดเรียงคุ้มค่าที่สุด ซึ่งเป็นการเรียงท่อขนาด 24 นิ้วจำนวน 15 ท่อ เป็นการจัดเรียงท่อขนาดเดียวเท่านั้น โดยที่น้ำหนักไม่เกิน 25,500 กิโลกรัม และ ความกว้างไม่เกิน 2.55 เมตร ความสูงไม่เกิน 2.5 เมตรและ ลำดับที่ 2 เป็นการจัดเรียงท่อขนาด 20 นิ้วจำนวน 14 ท่อ เป็นการจัดเรียงท่อขนาดเดียวเช่นกัน และ

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนต่อเที่ยว การจัดเรียงท่อขนาดเดียวในกลุ่มนี้ ยังมีต้นทุนต่อเที่ยวต่ำ จึงสรุปได้ว่าในกลุ่มนี้ รูปแบบการจัดเรียงที่ทำให้มีการใช้พื้นที่ปริมาตรคุ้มค่าที่สุดและมีต้นทุนต่อเที่ยวต่ำที่สุด คือรูปแบบการจัดเรียงแบบไม่ผสม หรือ แบบแยกแต่ละขนาดนั่นเอง

ตารางที่ 4-15 รูปแบบการจัดเรียงแบบผสมระหว่างท่อขนาด 46 นิ้วและ 48 นิ้ว

จำนวน ท่อขนาด 46" (ท่อ)	จำนวน ท่อขนาด 48" (ท่อ)	จำนวน ท่อที่ฐาน (ท่อ)	จำนวน ชั้น (ชั้น)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความ กว้าง (เมตร)	ความ สูง (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อ เที่ยว (บาท)
0	4	2	2	19,592.34	2.44	2.44	9,216	1,150.00
2	2	2	2	18,517.35	2.44	2.44	8,840	1,150.00
4	0	2	2	17,442.37	2.34	2.34	8,464	1,533.33
0	3	2	2	14,694.25	2.44	2.44	6,912	1,533.33
1	2	2	2	14,156.76	2.44	2.44	6,724	1,533.33
3	0	2	2	13,081.77	2.34	2.34	6,348	2,300.00
0	2	2	1	9,796.17	2.44	1.22	4,608	2,300.00
2	0	2	1	8,721.18	2.34	1.17	4,232	4,600.00
0	1	1	1	4,898.08	1.22	1.22	2,304	4,600.00
1	0	1	1	4,360.59	1.17	1.17	2,116	1,150.00

จากตารางที่ 4-15 นั้น เป็นการแสดงรูปแบบการจัดเรียงท่อแบบผสมที่มีน้ำหนักและความกว้าง ความสูงไม่เกินตามที่กฎหมายกำหนด โดยเรียงลำดับจากการใช้พื้นที่ปริมาตรสูงสุด (Maximize Utilization) จากตารางแสดงให้เห็นว่า ลำดับที่ 1 มีการใช้ปริมาตรในการจัดเรียงคุ้มค่าที่สุดซึ่งเป็นการเรียงท่อขนาด 48 นิ้วจำนวน 4 ท่อ เป็นการจัดเรียงท่อขนาดเดียวเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับลำดับที่ 3 คือเป็นการจัดเรียงท่อขนาด 46 นิ้วจำนวน 4 ท่อ เป็นการจัดเรียงท่อขนาดเดียวเท่านั้นเช่นกัน โดยที่น้ำหนักไม่เกิน 25,500 กิโลกรัม และ ความกว้างไม่เกิน 2.55 เมตร ความสูงไม่เกิน 2.5 เมตร และเมื่อพิจารณาด้านต้นทุนต่อเที่ยว การจัดเรียงท่อขนาดเดียวในกลุ่มนี้ ยังมีต้นทุนต่อเที่ยวต่ำ จึงสรุปได้ว่าในกลุ่มนี้ รูปแบบการจัดเรียงที่ทำให้มีการใช้พื้นที่ปริมาตรคุ้มค่าที่สุดและมีต้นทุนต่อเที่ยวต่ำที่สุด คือรูปแบบการจัดเรียงแบบไม่ผสม หรือ แบบแยกแต่ละขนาดนั่นเอง

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อ ได้ผลของการจัดเรียงแบบผสมทั้ง 3 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มจะเลือกเฉพาะ 3 ลำดับแรกที่ใช้พื้นที่ปริมาตรค้ำสูงสุด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-16 ผลลัพธ์ของการจัดเรียงท่อรูปแบบผสมในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	ลำดับในการจัดเรียง	จำนวนท่อ (ท่อ) i	จำนวนท่อ (ท่อ) j	พื้นที่หน้าตัดในการจัดเรียง (ตร.นิ้ว)	ต้นทุนต่อเที่ยว (บาท)
กลุ่มที่ 1 i= 18 j= 20	1	6	10	5,944	287.50
	2	12	5	5,888	270.59
	3	18	0	5,832	255.56
กลุ่มที่ 2 i= 20 j= 24	1	0	15	8,640	306.67
	2	0	14	8,064	328.57
	3	2	12	7,712	328.57
กลุ่มที่ 3 i= 46 j= 48	1	0	4	9,216	1,150.00
	2	2	2	8,840	1,150.00
	3	4	0	8,464	1,533.33

จากตารางแสดงให้เห็นได้ว่ากลุ่มที่ 1 คือการจัดเรียงแบบผสมระหว่างขนาดท่อ 18 และ 20 นิ้ว กลุ่มที่ 2 คือการจัดเรียงแบบผสมระหว่างขนาดท่อ 20 และ 24 นิ้ว และกลุ่มสุดท้ายคือการจัดเรียงแบบผสมระหว่างขนาดท่อ 46 และ 48 นิ้ว จากการจัดเรียงทั้ง 3 ลำดับ โดยพิจารณาจากพื้นที่ที่ใช้ปริมาตรสูงสุด จะให้ผลในการจัดเรียงทั้ง 3 กลุ่มว่า รูปแบบการจัดเรียงเพียงขนาดเดียวจะอยู่ในลำดับต้น ๆ กลุ่มที่ 1 เลือกจัดเรียงเฉพาะท่อ ขนาด 18 นิ้ว อยู่ในลำดับที่ 3 และผลลัพธ์จากกลุ่มที่ 2 และ 3 จะเป็นในทิศทางเดียวกันคือเลือกจัดเรียงเฉพาะท่อขนาดเดียวอยู่ในลำดับที่ 1

ข้อสังเกต

รูปแบบการจัดเรียงแบบไม่ผสม หรือ แบบแยกแต่ละขนาด จะแสดงให้เห็นถึงต้นทุนต่อเที่ยวที่ต่ำกว่ามีการจัดเรียงแบบผสม และความแตกต่างของรัศมีท่อที่ถูกจำกัดในแต่ละกลุ่มมีน้อย

ซึ่งเป็นผลมาจากข้อจำกัดของการขนส่ง จึงทำให้ผลแสดงออกมาสอดคล้องกับรูปแบบการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาด

จากผลลัพธ์ในการศึกษารูปแบบการจัดเรียงทั้งแบบแยกแต่ละขนาดและแบบผสมนั้น ผลลัพธ์ของจำนวนท่อในการจัดเรียงสรุปผลได้ออกมาในทิศทางคล้ายคลึงกันคือ ควรจะจัดเรียงในรูปแบบแยกแต่ละขนาด การจัดเรียงแบบนี้จะสามารถใช้รรถประโยชน์ของรถขนส่งได้สูงที่สุด ด้านปริมาตรการใช้พื้นที่ (Maximize Utilization) และด้านน้ำหนัก โดยมีเกณฑ์เรื่องน้ำหนัก และปริมาตรเข้ามาเป็นตัวควบคุมการขนส่ง

เมื่อทราบถึงรูปแบบการจัดเรียงที่ดีที่สุดแล้ว คือการขนแบบแยกแต่ละขนาด ในรูปแบบสี่เหลี่ยม และในส่วนตัวต่อไปจะเป็นการศึกษาลงทุนในอุปกรณ์เสริม เพื่อให้สามารถขนส่งได้ตามรูปแบบที่ได้ศึกษาไว้ ขนาดท่อ 18 นิ้ว ขนได้สูงสุด 18 ท่อ ขนาดท่อ 20 นิ้ว ขนได้สูงสุด 14 ท่อ ขนาดท่อ 24 นิ้ว ขนได้สูงสุด 15 ท่อ ขนาดท่อ 46 นิ้ว ขนได้สูงสุด 4 ท่อ และขนาดท่อ 48 นิ้ว ขนได้สูงสุด 4 ท่อ

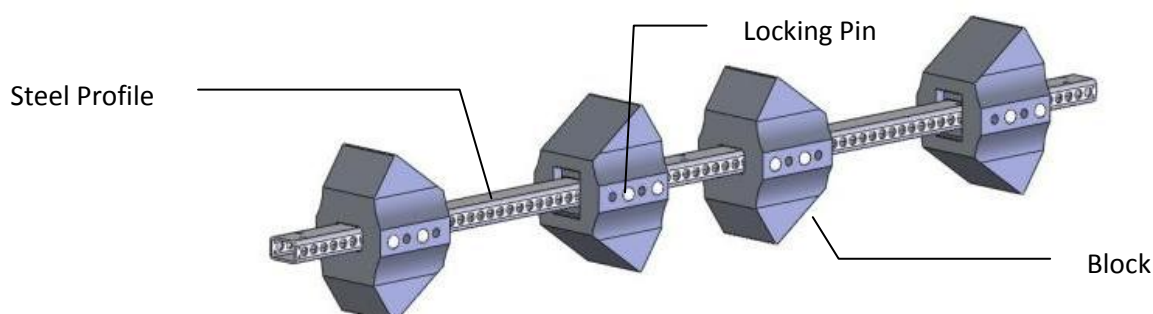
การศึกษาลงทุนในอุปกรณ์เสริม

อุปกรณ์ที่ต้องลงทุนเพิ่มเพื่อให้สามารถจัดเรียงท่อรูปแบบสี่เหลี่ยมได้ มีส่วนประกอบ

ดังนี้

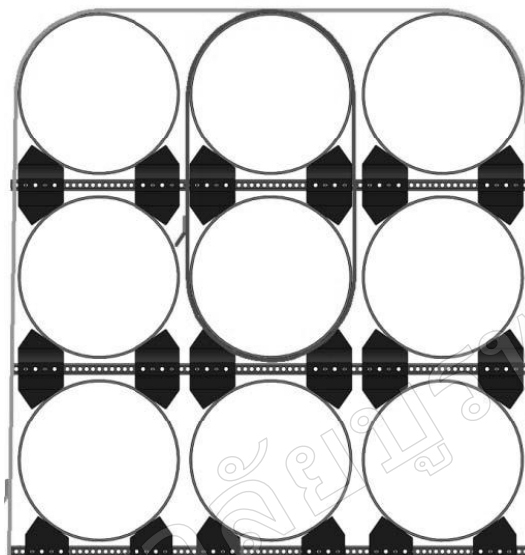
1. Steel Profile คือ แกนกลางเหล็กที่ใช้เป็นฐานในการประกอบ
2. Block คือ ก้อนเหล็กเพื่อรองท่อเหล็ก สามารถปรับตามขนาดท่อได้
3. Locking Pin คือ ท่อนเหล็กที่ใช้ในการล็อกเพื่อให้ Block สามารถปรับขนาดได้

เมื่อประกอบอุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนจะได้ชิ้นงานดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 อุปกรณ์ที่ใช้รองรับการจัดเรียงแบบสี่เหลี่ยม

การใช้งานอุปกรณ์ชิ้นนี้ จะนำมาใช้วางซ้อนบนท่อเหล็กเพื่อเพิ่มชั้นในการจัดเรียงท่อให้ได้ตามรูปแบบสี่เหลี่ยม ดังตัวอย่างภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 ตัวอย่างการนำอุปกรณ์มาใช้เพื่อเพิ่มชั้นในการจัดเรียงแบบสี่เหลี่ยม

การตัดสินใจลงทุนสั่งซื้ออุปกรณ์เสริม โดยพิจารณาจากขนาดของท่อที่ขนส่งสูงที่สุดเป็นเกณฑ์ในการสั่งซื้อ จากข้อมูลรถขนส่งที่บริษัทได้ใช้ในการดำเนินงานขนส่งสินค้านั้น มีจำนวนทั้งหมด 16 คัน และขนาดของท่อส่งออกที่มีจำนวนมากที่สุดในกรณีศึกษา คือ ท่อขนาด 48" ที่มีจำนวน 663 ท่อ ซึ่งต้องใช้จำนวนที่กว้างสูงสุดในการขนส่งสินค้าตามคำสั่งซื้อในรอบนี้ โดยอธิบายจำนวนรอบการขนส่งท่อในแบบปัจจุบันและเปรียบเทียบหลังจากที่มีการลงทุน ได้ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 4-17 เปรียบเทียบจำนวนเที่ยวรถขนส่งในรูปแบบปัจจุบันและหลังปรับปรุง

ขนาดท่อ	จำนวนเที่ยว ก่อน ปรับปรุง (เที่ยว)	จำนวนเที่ยว หลังปรับปรุง (เที่ยว)	ต้นทุนการขนส่งที่ลดลง ทั้งหมดของท่อแต่ละ ขนาด (บาท) *คำนวณจากราคา 4,600 บาท/เที่ยว
ขนาด 18 นิ้ว	3	2	4,600
ขนาด 24 นิ้ว	9	6	13,800
ขนาด 46 นิ้ว	9	7	9,200
ขนาด 48 นิ้ว	221	166	253,000
รวมต้นทุนขนส่งที่ลดลงทั้งหมด (บาท)			280,600

ทั้งนี้ ท่อแต่ละขนาดจะมีจำนวนส่วนประกอบของอุปกรณ์เสริมแตกต่างกันไป ตามจำนวนของท่อที่นำมาใช้วางเป็นฐานและจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถอธิบายการใช้อุปกรณ์ต่อเที่ยวในการขนส่งของท่อแต่ละขนาด ดังนี้

ตารางที่ 4-18 สัดส่วนของส่วนประกอบของอุปกรณ์ในท่อแต่ละขนาด และจำนวนที่ยกก่อน/
หลัง ปรับปรุง ภายใต้เงื่อนไข จำนวนรถขนส่งมีทั้งหมด 16 คัน

ขนาดท่อ	จำนวนที่ยก หลังปรับปรุง	ส่วนประกอบของอุปกรณ์เสริม ต่อเที่ยว (หน่วย: ชิ้น)		ส่วนประกอบของ อุปกรณ์เสริมที่ต้องสั่งซื้อ ทั้งหมด(หน่วย: ชิ้น)
ขนาด 18 นิ้ว เพิ่ม 1 ชั้น	2	Steel Profile	2	4
		Block	20	40
		Locking pin	40	80
ขนาด 24 นิ้ว เพิ่ม 2 ชั้น	6	Steel Profile	4	24
		Block	32	192
		Locking pin	64	384
ขนาด 46 นิ้ว เพิ่ม 1 ชั้น	7	Steel Profile	2	14
		Block	8	56
		Locking pin	16	112
ขนาด 48 นิ้ว เพิ่ม 1 ชั้น	166	Steel Profile	2	32
		Block	8	128
		Locking pin	16	256

หมายเหตุ: ขนาดท่อ 48 นิ้วจะสั่งซื้อแค่ 16 ชุดเนื่องจากมีรถทั้งหมด 16 คันเท่านั้น

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เราต้องสั่งซื้อ Steel Profile 32 ชิ้น Block 192 ชิ้น และ Locking Pin 384 ชิ้น เพื่อให้ครอบคลุมการใช้งานของท่อขนาด 24 นิ้วซึ่งจะครอบคลุมกับการใช้งานกับท่อทุกขนาด แต่ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากการประหยัดต้นทุนการขนส่งของท่อขนาด 48 นิ้ว ได้มากที่สุด ดังนั้น เมื่อพิจารณาจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องสั่งซื้อ ควรสั่งซื้อ ตามท่อขนาด 48 เพื่อไม่ให้สั่งซื้อเกินการใช้งาน ทั้งนี้ เมื่อสั่งซื้ออุปกรณ์มาแล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับท่อทุกขนาด ดังนั้น ต้นทุนที่ต้องใช้ลงทุนมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-19 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายลงทุนอุปกรณ์เสริม

รายการ	ส่วนประกอบของ อุปกรณ์เสริม	ปริมาณ (ชิ้น)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
1	Single Profile	32	167.52	214,425.60
2	Block	128	57.57	294,758.40
3	Locking Pin	256	0.25	2,560.00
ราคาค่าต้นทุนรวม				<u>511,744.00</u>

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่ต้องลงทุนเพิ่ม 511,744.00 บาท กับต้นทุนการขนส่งที่ลดลง 280,600.00 บาท ยังมีส่วนต่าง 231,144.00 บาท ที่ยังไม่สามารถคืนทุนได้ภายในโปรเจกต์นี้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เสริมนี้ยังสามารถนำไปใช้ต่อกับโปรเจกต์อื่น ๆ ได้ ที่มีการขนส่งต่อขนาดตั้งแต่ 8.62 นิ้ว ถึง 144 นิ้ว ซึ่งการลงทุนในส่วนของอุปกรณ์เสริมนี้ บริษัทสามารถนำไปใช้ประโยชน์และเป็นผลดีกับบริษัทในเรื่องของจำนวนเที่ยวที่ลดลง และช่วยลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทได้ในอนาคตต่อไป

หากพิจารณาถึงระยะเวลาคืนทุน โดยปกติบริษัทจะมีการส่งออกท่อเหล็กโดยเฉลี่ยเดือนละ 1 โปรเจกต์ ดังนั้นบริษัทก็จะสามารถคืนทุนจากการลงทุนอุปกรณ์เสริมได้ภายในระยะเวลา 2 เดือน เมื่อมีการนำอุปกรณ์เสริมนี้ไปปรับใช้กับโปรเจกต์ต่อไป ซึ่งอุปกรณ์เสริมนี้มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ด้วยอุปกรณ์ผลิตจากเหล็ก PE-compound มีความคงทนแข็งแรงมาก และสามารถนำไปใช้ได้กับทุกสภาพอากาศ

จากการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงท่อเหล็กขนส่งน้ำมัน แต่เดิมเป็นรูปแบบสามเหลี่ยม มาเป็นรูปแบบการจัดเรียงแบบสี่เหลี่ยม ระยะเวลาการทำงานหน้างานอาจเพิ่มขึ้น จากเดิมใช้เวลาการโหลดท่อขึ้น-ลงจากรถขนส่งประมาณ 5 นาที สำหรับท่อขนาด 48 นิ้ว แต่เมื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงจะต้องโหลดขึ้นและยกลงจากรถขนส่ง ระยะเวลาในการทำงานอาจสูงขึ้น แต่เมื่อเทียบเวลาการทำงานที่เพิ่มขึ้น กับการที่นำอุปกรณ์เสริมเข้ามาแล้วช่วยให้สามารถลดจำนวนเที่ยวขนส่งได้ ซึ่งระยะเวลาการวิ่งไป-กลับระหว่างโรงงาน และ ท่าเรือ ใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง (กรณีจราจรไม่ติดขัด) เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ต้องสูญเสียเพิ่มขึ้นจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบ ก็ถือว่าเป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงที่ส่งประโยชน์ให้แก่บริษัท

ประโยชน์จากการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงนั้น สามารถช่วยให้บริษัทลดจำนวนเที่ยววิ่งในการขนส่งได้ ซึ่งสะท้อนถึงตัวต้นทุนการขนส่งที่ผกผันไปตามจำนวนเที่ยววิ่ง เมื่อ

บริษัทที่มีจำนวนเที่ยววิ่งที่มาก ต้นทุนก็จะมากตามจำนวนเที่ยววิ่ง หากแต่บริษัทสามารถลดจำนวนเที่ยววิ่งลงมา ต้นทุนการขนส่งก็จะผกผันต่ำลงตามจำนวนเที่ยววิ่งที่ลดลง และนอกจากนี้ยังช่วยลดการว่าจ้างบริษัทขนส่งภายนอกให้ขนระหว่างโรงงาน ไปยังท่าเรือ และสามารถจัดตารางการทำงานของรถขนส่งได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยลดการทำงานที่ซับซ้อนที่ท่าเรือได้อีกด้วย

ในปัจจุบันบริษัทจะป้องกันการขนส่งล่าช้าหรือไม่ทันตามกำหนดการเดินเรือ โดยจะแบ่งการทำงาน ออกเป็น 2 ส่วน คือ จะเริ่มทยอยขนต่อเหล็กบางส่วนไปกองเก็บไว้ที่ท่าเรือก่อนประมาณ 3 วัน และเมื่อเรือสินค้ามาถึงท่าเรือ บริษัทจะใช้การขนส่งแบบตรง คือขนต่อเหล็กจากโรงงานตรงไปลงเรือสินค้า ซึ่งในแต่ละโปรเจกต์บริษัทจะใช้ระยะเวลารวมทั้งหมดประมาณ 6-7 วันในการขนส่ง

หากบริษัทปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียง โดยช่วยให้รถขนส่งสามารถขนสินค้าได้มากขึ้น จะทำให้รถขนส่งสามารถขนต่อเหล็กจากโรงงานหมดได้เร็ว เป็นการลดจำนวนเที่ยววิ่งลง การวางแผนการทำงานที่ต้องโหลดสินค้ามาเทกองไว้ที่ท่าเรื่อน้อยลง เป็นการประหยัดทรัพยากรบุคคลของบริษัทที่ต้องมาทำงานหน้างานที่ท่าเรือ รวมถึงการว่าจ้างพนักงานประจำท่าเรือให้ปฏิบัติงาน และนอกจากนี้ เมื่อรถขนส่งทำการขนส่งได้ทันกับตารางการส่งออก ก็สามารถนำรถขนส่งของบริษัท มาใช้วิ่งจากกองสินค้าที่ท่าไปขึ้นเรือ โดยไม่ต้องจ้างรถขนส่งของทางท่าเรือ เป็นการประหยัดต้นทุนอีกทางหนึ่งและช่วยให้บริษัททำงานได้สะดวกมากขึ้น

ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงการปฏิบัติงาน โดยเทียบกับลักษณะการทำงานในปัจจุบันทำให้ทราบว่า ผลของการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทำงานในรูปแบบปัจจุบันคือการจัดเรียงสินค้าแบบแยกแต่ละขนาด วิธีนี้เป็นวิธีการจัดเรียงที่ช่วยให้ได้อัตราประโยชน์สูงสุดจากการใช้รถขนส่ง ซึ่งการศึกษาโดยการจัดเรียงสินค้าแบบผสม โดยพิจารณาให้มีรูปแบบการจัดเรียงแบบผสมแล้วทำให้มีปริมาตรการใช้พื้นที่สูงสุด ผลของการศึกษาแสดงออกมากว่า การจัดเรียงแบบผสมนั้นไม่ได้ให้ปริมาตรการใช้พื้นที่สูงสุดและต้นทุนขนส่งต่อเที่ยวสูงกว่าการจัดเรียงแบบแยกแต่ละขนาดดังตารางที่ 4-16

ซึ่งนอกจากนี้แล้วหากพิจารณารูปแบบการจัดเรียงแบบผสมนั้น อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานค่อนข้างสูงดังสาเหตุต่อไปนี้

1. เนื่องจากพื้นที่การจัดเก็บต่อเหล็กของทางบริษัทนั้น จะกองเก็บสินค้าโดยแยกออกเป็นแต่ละขนาด หากเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงมาเป็นแบบผสมจะทำให้เสียเวลาในการโหลดสินค้าเพิ่มสูงขึ้นอีกมาก จะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากการหยิบสินค้าที่วางจัดเก็บไว้คนละกอง
2. นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการจัดเรียงในระวางเรือ รวมไปถึงการนำไปใช้ต่อ ซึ่งลูกค้าปลายทางจะลำบากในการใช้สินค้าที่จะต้องแยกขนาดของสินค้าก่อนนำไปใช้

โดยบริษัทจะเลือกวิธีการปฏิบัติโดยแยกขนส่งท่อออกเป็นแต่ละขนาด ขนท่อเหล็กให้หมดทีละขนาดก่อนจะเริ่มขนท่อเหล็กในขนาดต่อไป แต่อาจจะมีกรณีการนำเศษของท่อที่เหลือจากการขน มาละกันในพื้นที่สุดท้ายของการขนส่ง การคละกันของท่อเหล็กจะต้องมีความต่างของรัศมีไม่เกิน 2 นิ้ว และการนำท่อมารวมกันในพื้นที่สุดท้ายนี้ เป็นการช่วยลดเที่ยวขนส่งให้ลดลงไปได้อีกด้วย

จากผลของการศึกษางานชิ้นนี้ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงรูปแบบการจัดเรียงที่ดีที่สุด รวมถึงประโยชน์ของการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง ซึ่งผลของงานชิ้นนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของทางบริษัทในการปรับปรุงรูปแบบการจัดเรียงท่อเหล็กขนส่งน้ำมันต่อไป โดยผู้วิจัยมีความมุ่งหวังให้งานชิ้นนี้เกิดประโยชน์และบริษัทสามารถนำไปใช้งานได้จริง

รูปแบบการจัดเรียงสินค้า

รูปแบบการจัดเรียงท่อเหล็กขนส่งน้ำมันของทางบริษัทในรูปแบบปัจจุบัน ที่โหลดในลักษณะสามเหลี่ยม



ภาพที่ 4-6 ตัวอย่างการโหลดสินค้าในปัจจุบัน