



## การออกแบบและทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่ง เพื่อความสำเร็จในระบบโลจิสติกส์

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง



## เนื้อหา

- ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง
- ชนิดและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง
- มิติและต้นทุนในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง
- การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่ง
- บรรจุภัณฑ์สำหรับโซ่ความเย็น

# ส่วนที่ 1 :

## ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

คำจำกัดความต่าง ๆ (Definitions and Terms)

บทบาท/หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

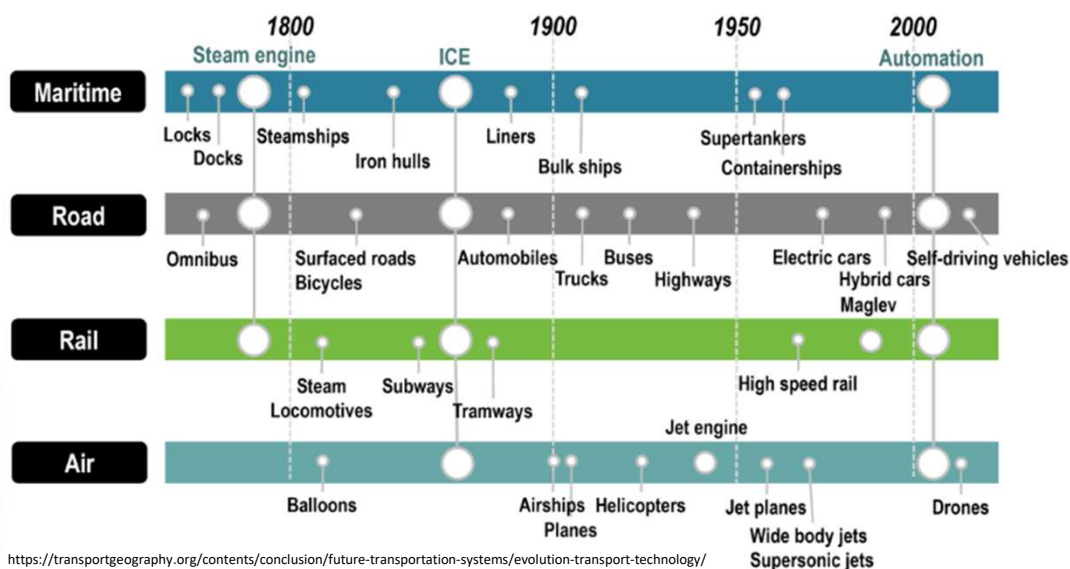
## Goods, product, produce...

- Goods สินค้า, สิ่งของ
- Product(s) ผลิตภัณฑ์, สินค้า, ผลิตภัณฑ์ (ผลลัพธ์จากการผลิต)
- Produce ผลิตภัณฑ์ (เกษตร), พืชผล, ผลิตภัณฑ์
- Cargo สินค้าบรรทุก, ของบรรทุก
- Merchandise สินค้าที่ถูกเตรียมสำหรับการขายหน้าร้านหรือขายให้แก่ผู้บริโภค/ผู้ใช้โดยตรง (การตลาด)
- Item(s) รายการ, สิ่งของ

## การขนส่งสินค้า

- **การขนส่งสินค้า** บางกรณีอาจใช้คำว่า **การลำเลียงสินค้า** คือ การขนถ่ายสิ่งของหรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่จัดเป็นสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยเมื่อผู้ผลิตนำผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ได้เป็นสินค้าและเก็บไว้ในคลังสินค้า แล้วจึงขนส่งและกระจายสินค้าผ่านช่องทางการจัดจำหน่ายไปสู่ถึงผู้บริโภค
- การขนส่งสินค้า**มีค่าใช้จ่าย**ในการขนส่งสินค้า และส่วนใหญ**ต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์**ในการส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค ซึ่ง**ต้องออกแบบและพิจารณาเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ขนส่งให้เหมาะสม** ในการคุ้มครองสินค้าชนิดหนึ่ง ๆ ให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดระหว่างขนส่งตลอดโซ่อุปทานของสินค้าชนิดนั้นๆ

## พัฒนาการของการขนส่งนับจากศตวรรษที่ 18



## รูปแบบของการขนส่ง



สามารถจำแนกตามชนิดของยานพาหนะและช่องทางที่ใช้

ได้เป็น 5 รูปแบบ คือ

- การขนส่งทางเรือหรือทางน้ำ
- การขนส่งทางรถไฟ หรือทางระบบราง
- การขนส่งทางรถยนต์/รถบรรทุก หรือทางถนน
- การขนส่งทางเครื่องบิน หรือทางอากาศ
- การขนส่งทางระบบท่อ



## เปรียบเทียบการขนส่งสินค้าแต่ละรูปแบบ

| รูปแบบการขนส่ง           | ลักษณะการใช้งาน                                                                                                        | ข้อดี                                                                                                                                       | ข้อจำกัด                                                                                                     |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ทางถนน<br>(รถบรรทุก)     | ส่งถึงบ้าน (Door-to-door) เหมาะกับการขนส่งสินค้าที่มีการขนส่งหลากหลายรายการไปด้วยกัน มักเป็นการขนส่งขาแรก และขาสุดท้าย | มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับการขนส่งถึงบ้าน มีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อย                                                                            | จำกัดในท้องถิ่น หรือภูมิภาคที่มีแผ่นดินต่อเนื่อง การขนส่งที่มีระยะทางไกลจะมีต้นทุนสูงกว่าทางราง              |
| ทางราง (รถไฟ)            | ส่งในท้องถิ่น ภายในประเทศ และในภูมิภาคที่เป็นแผ่นดินต่อเนื่องกัน                                                       | เหมาะกับการขนส่งสินค้าหนัก และต้องขนส่งในระยะทางไกล มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม                                                            | ต้องมีระบบรางรองรับ การขนส่งแต่ละขบวนต้องมีปริมาณเพียงพอเพื่อลดต้นทุน หรือจำกัดที่การขนส่งระหว่างคลังสินค้า  |
| ทางอากาศ<br>(เครื่องบิน) | ส่งได้อย่างรวดเร็ว                                                                                                     | รวดเร็วและปลอดภัย                                                                                                                           | ต้นทุนสูง และมีข้อจำกัดเรื่องขนาดและน้ำหนักบรรทุก มักใช้เป็นส่วนหนึ่งของการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ          |
| ทางน้ำ (เรือ)            | ส่งสินค้าปริมาณมาก และเวลาขนส่งยาวนาน ไม่เป็นข้อจำกัด                                                                  | เหมาะกับการขนส่งสินค้าปริมาณมากและน้ำหนักมาก มีมาตรฐานสากลขนาดตู้ขนส่งรองรับ และค่าใช้จ่ายถูกกว่าการขนส่งทางอากาศสำหรับการส่งระหว่างภูมิภาค | ไม่มีความยืดหยุ่นเนื่องจากเส้นทางและกำหนดการการขนส่งที่จำกัด ไม่มีการรูดอกลินค้าที่ผิดนัด ใช้เวลาขนส่งยาวนาน |

# ปริมาณการขนส่งทางทะเล



<https://www.weforum.org/stories/2024/02/worlds-busiest-ocean-shipping-routes-trade/>



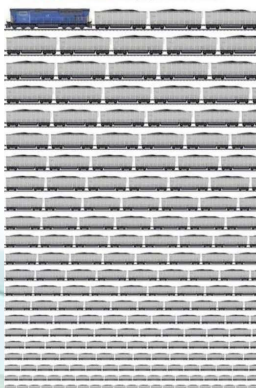
<https://www.freightwaves.com/news/american-shipper/shipping/page/17>

## THE EFFICIENCY OF GREAT LAKES SHIPPING

Units Needed to Carry 70,000 Tons of Cargo.



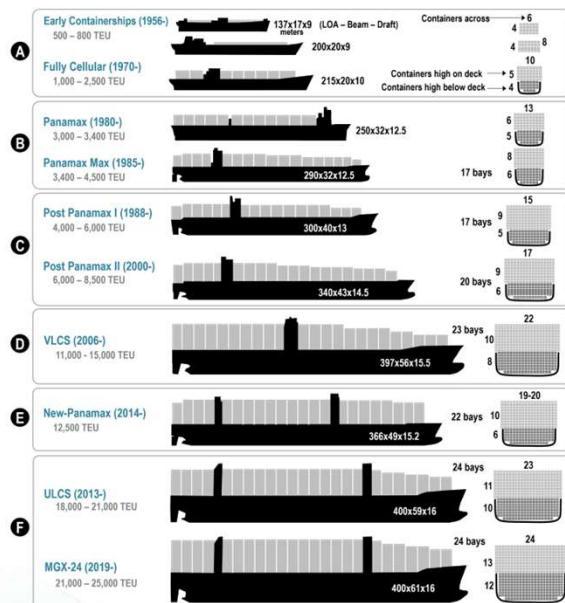
**700** Train Cars: carrying 100 tons each.



**2800** Trucks: carrying 25 tons each.



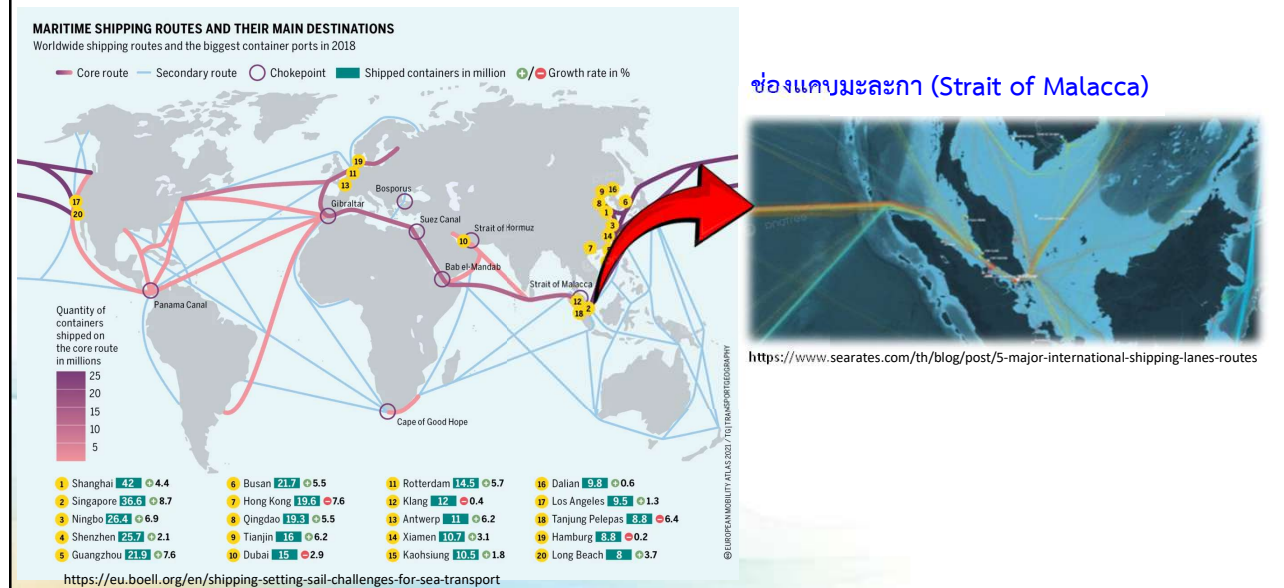
[https://www.reddit.com/r/coolguides/comments/1bgdass/a\\_cool\\_guide\\_comparing\\_cargo\\_transport\\_capacity/?rdt=52783](https://www.reddit.com/r/coolguides/comments/1bgdass/a_cool_guide_comparing_cargo_transport_capacity/?rdt=52783)



<https://transportgeography.org/contents/chapter5/maritime-transportation/evolution-containerships-classes/>



# เส้นทางเดินเรือทางทะเล



## การขนส่งหลายรูปแบบต่อเนื่องกัน

เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าที่นำการขนส่งตั้งแต่สองรูปแบบมาใช้ร่วมกัน เพื่อจัดส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตหรือโรงเก็บสินค้าของผู้ส่งออกไปถึงโรงเก็บสินค้าของผู้ซื้อสินค้าหรือหน้าร้านค้าของผู้ซื้อปลายทาง เป็นรูปแบบที่ใช้กันมากในปัจจุบัน

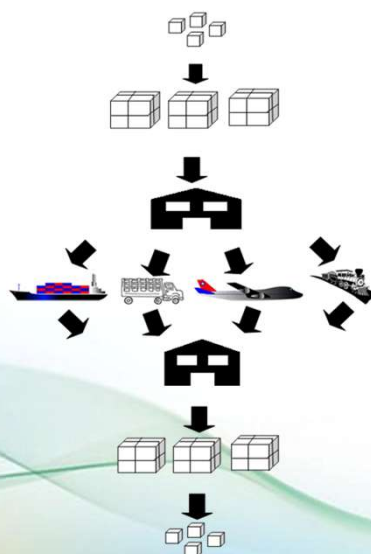


## การขนส่งพัสดุชิ้นเดียว

ความก้าวหน้าในการทำธุรกรรม เช่น การสั่งซื้อสินค้าผ่านทางอินเทอร์เน็ต การสั่งซื้อสินค้าจากแคตะล็อก เกิดการสั่งซื้อสินค้าขึ้นเดียว หรือสินค้าหลายชนิดรวมกันในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง มักบรรจุสินค้าในบรรจุภัณฑ์ขนส่งอีกชั้นหนึ่ง เกิดรูปแบบการขนส่งพัสดุขึ้นเดียว (single parcel shipment) คล้ายระบบการส่งพัสดุไปรษณีย์ แต่ต่างกันที่จุดตั้งต้นของการขนส่งมักเป็นคลังสินค้าของผู้จัดจำหน่ายสินค้าหรือตัวแทนจำหน่ายสินค้าที่ได้รวบรวมสินค้าไว้เพื่อรอการบรรจุหีบห่อขนส่งและส่งมอบสินค้าตามคำสั่งซื้อ



## กระบวนการลำเลียงขนส่งสินค้า



หน่วยผลิตสินค้าสำเร็จรูป

คลังสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้า

ขนส่ง

ศูนย์กระจายสินค้าปลายทาง

ผู้ค้าส่ง

ผู้ค้าปลีก/ผู้บริโภค

## ประเภทของบรรจุภัณฑ์



## บรรจุภัณฑ์ขนส่ง

- บรรจุภัณฑ์ขนส่งหรือ **Transport Packaging** ซึ่งมีชื่อเรียกว่า **Distribution Packaging** ในภูมิภาคอเมริกาเหนือ
- เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับรองรับและบรรจุสินค้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความคุ้มครองสินค้าระหว่างกระบวนการลำเลียงขนส่งและการกองเก็บในคลังสินค้า การเลือกใช้จึงต้องให้ความระมัดระวังการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์มากหรือน้อยเกินความจำเป็น
- ประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์ซึ่งทำหน้าที่รองรับสินค้าสำหรับการขนส่ง วัสดุสำหรับห่อหุ้มภายในเพื่อให้ความคุ้มครองสินค้า หรือวัสดุสำหรับการรวมหน่วยสินค้าเพื่อการขนส่ง



## บทบาทของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

- ช่วยให้**ขนส่งได้**ตามข้อกำหนด/กฎหมาย/ระเบียบปฏิบัติ
- ช่วยสนับสนุนให้การ**จัดเก็บ**และการ**ส่งสินค้า**มีความสะดวกและมี**ประสิทธิภาพ**
- ช่วยอำนวยความสะดวกในการ**จำแนกสินค้า**
- ช่วย**ปกป้องสินค้า**ไม่ให้เกิดความเสียหาย
- ช่วยให้**ข้อมูลที่จำเป็น**กับผู้เกี่ยวข้อง
- ช่วย**ส่งเสริมการขาย**สินค้า (หน้าที่เสริม)
- **ควรส่งเสริมความยั่งยืน**ไม่ก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม

## หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

- **รองรับ**เพื่อบรรจุสินค้าหรือบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังที่ท่าไกล หรือแบ่งสินค้าออกเป็นกลุ่มหรือหน่วยนับตามความต้องการ



- **คุ้มครอง**สินค้าให้ปลอดภัยจากสภาวะอันตรายระหว่างการขนส่งไปยังผู้บริโภคปลายทาง เช่น ป้องกันความเสียหายจากแรงกระทำเชิงกล สภาพอากาศ และสิ่งแวดล้อมภายนอก

## หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

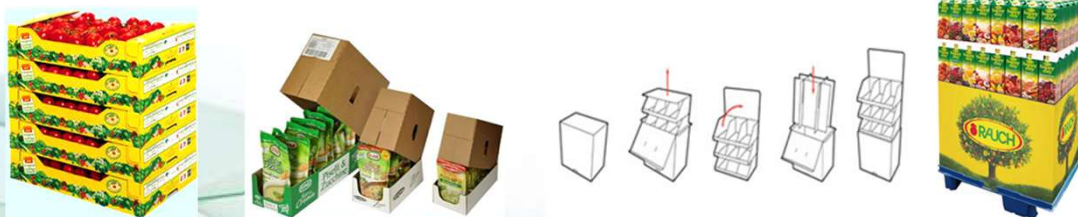
- **เพิ่มสมรรถนะ**การลำเลียงขนส่ง การกองเก็บสินค้าในคลังสินค้า การจัดจำหน่าย และการใช้สินค้า เช่น การตั้งหรือเรียงสินค้าทำได้ถูกทิศทาง การจำแนกสินค้าได้ง่าย การรวมหน่วยในปริมาณที่เหมาะสม การเคลื่อนย้ายลำเลียงขนส่งทำได้สะดวกและปลอดภัย



- **สื่อสาร**กับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง โดยบ่งชี้ถึงสินค้าที่บรรจุภายในด้วย **ข้อมูลเท่าที่จำเป็น** สำหรับการขนส่งอย่างปลอดภัย บอกรายละเอียดของสินค้าผ่านข้อความ รูปภาพ หรือสัญลักษณ์ที่สื่อไปยังผู้เกี่ยวข้อง โดยการพิมพ์หรือติดฉลากบนบรรจุภัณฑ์

## หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

- หน้าที่เสริมอื่นๆ เช่น การสนับสนุนการจำหน่าย ด้วยการพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ขนส่งให้มีความสวยงาม สะดุดตา สร้างความประทับใจหรือความน่าเชื่อถือกับผู้พบเห็น โดยการออกแบบให้เรียงซ้อนและแสดงตัวสินค้า ณ จุดจำหน่าย



## ส่วนที่ 2 :

### ชนิดและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

บรรจุภัณฑ์ขนส่งทางเดียวกับบรรจุภัณฑ์ขนส่งแบบหมุนเวียนใช้ซ้ำ  
กล่องกระดาษลูกฟูก ถุง/กระสอบพลาสติก  
ถังพลาสติก/โลหะ/กระดาษ ลังพลาสติก กระสอบป่าน  
วัสดุและอุปกรณ์เสริม พลาสติกพันพาเลต ฟิล์มหด ฉากกระดาษ สลิปชีท สายรัดสินค้า

### Expendable, Returnable, and Reusable Packaging

- **Expendable packaging** คือ บรรจุภัณฑ์ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้ครั้งเดียว หรือ จำกัดจำนวนการใช้ (single or limited use) ก่อนนำไปจัดการซากบรรจุภัณฑ์
- **Returnable packaging** คือ บรรจุภัณฑ์ที่ตั้งใจผลิตให้ใช้งานได้หลายรอบหรือ หมุนเวียนใช้ซ้ำ (multiple trips) ภายในโซ่อุปทานเพื่อเกิดความคุ้มค่าและลด ต้นทุนการใช้งานบรรจุภัณฑ์ จึงมักมีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมการใช้งานซ้ำ ๆ ได้ดี และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานหลายปี
- **Reusable packaging** คือ บรรจุภัณฑ์ที่หลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ภายในหมดแล้ว สามารถนำไปใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เดิม (refill) หรือบรรจุผลิตภัณฑ์อื่นได้

## บรรจุภัณฑ์ขนส่งทางเดียว

- มักเป็นบรรจุภัณฑ์แบบ Expendable packaging เช่น กล่องกระดาษ ลูกฟูก ลัง/ตะกร้าพลาสติกถังพลาสติก ถัง/ปั๊บโลหะ มักทำจากวัสดุที่มีความหนาไม่มาก ภายหลังจากใช้งานครั้งแรกจะไม่นำกลับมาบรรจุผลิตภัณฑ์เดิม เนื่องจากไม่แข็งแรงเพียงพอ และการเก็บรวบรวมนำกลับไปใช้ซ้ำมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง อาจถูกกำจัดซากโดยการกลับเข้ากระบวนการรีไซเคิลหรือกระบวนการอื่น ๆ

## บรรจุภัณฑ์ขนส่งแบบหมุนเวียนใช้ซ้ำ

- **Returnable Transport/Transit Packaging (RTP)** เป็นบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ ถูกออกแบบให้มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมการใช้งานในโซ่อุปทาน เมื่อบรรจุสินค้าส่งออกจากต้นทาง และนำสินค้าไปส่งยังจุดหมายแล้ว ตัวบรรจุภัณฑ์ขนส่งชนิดนี้จะถูกรวบรวมกลับไปยังไปใช้บรรจุสินค้าใหม่ที่สถานที่บรรจุของผู้ใช้ต้นทาง ตัวอย่าง เช่น **อุตสาหกรรมยานยนต์** จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนหลายพันชิ้นเพื่อประกอบเป็นรถยนต์ ส่งผลให้เกิดอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเกิดขึ้นในพื้นที่ใกล้เคียงกับผู้ผลิตรถยนต์ ผู้ผลิตชิ้นเหล่านี้มักเลือกใช้บรรจุภัณฑ์หมุนเวียนใช้ซ้ำเพื่อส่งชิ้นส่วนให้ ส่งผลให้เกิดความประหยัดจากการใช้งานบรรจุภัณฑ์

# ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ขนส่งแบบหมุนเวียนใช้ซ้ำ



<https://www.pozyx.io/solutions/industry-4-0/reusable-packaging>

<https://www.linkedin.com/pulse/returnable-transport-packaging-rtp-8hz4f/>

## Expendable VS Returnable

ตัวอย่างกรณีอุตสาหกรรมยานยนต์ ต้นทุนบรรจุภัณฑ์จะแปรตามลักษณะการใช้งาน การบริหารจัดการ

### Single Trip Corrugated.

Example usage / cost calculations

| Days of deliveries  | Pallets sent out | Boxes per pallet | Total no. boxes | Cost (GBP)         |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| NA                  | NA               | NA               | 1               | £1.50              |
| 1                   | 14               | 20               | 280             | £420.00            |
| 6 (1 week)          | 84               | 20               | 1,680           | £2,520.00          |
| 312*                | 4,368            | 20               | 87,360          | £131,040.00        |
| YEAR 2*             | 4,368            | 20               | 87,360          | £131,040.00        |
| YEAR 3*             | 4,368            | 20               | 87,360          | £131,040.00        |
| <b>3 YEAR TOTAL</b> | <b>13,104</b>    | <b>-</b>         | <b>262,080</b>  | <b>£393,120.00</b> |

\*Year 1 = deliveries 6 days per week. Years 2 and 3 assuming same number of delivery days.

### Returnable Packaging Loop.

Example usage / cost calculations

| Days of deliveries  | Pallets sent out | Boxes per pallet | Total no. boxes | Cost (GBP)        |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| NA                  | NA               | NA               | 1               | £10.00            |
| 1                   | 14               | 20               | 280             | £2,800.00         |
| 6 (1 week)          | 84               | 20               | 1,680           | £16,800.00        |
| 24*                 | 288              | 20               | 6,720           | £67,200.00        |
| YEAR 2*             | NA               | NA               | NA              | NA                |
| YEAR 3*             | NA               | NA               | NA              | NA                |
| <b>3 YEAR TOTAL</b> | <b>288</b>       | <b>-</b>         | <b>6,720</b>    | <b>£67,200.00</b> |

\*1 x 6 days of deliveries. Assumption of operating a 4 week returnable cycle (allowing 1 x week of containers at manufacturing facilities, 1 x in outbound transit, 1 x at customers premises and 1 x in return transit).

### Returnable Loop + KanBan.

Example usage / cost calculations

| Days of deliveries  | Pallets sent out | Boxes per pallet | Total no. boxes | Cost (GBP)        |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| NA                  | NA               | NA               | 1               | £15.00            |
| 1                   | 14               | 20               | 280             | £4,200.00         |
| 6 (1 week)          | 84               | 20               | 1,680           | £25,200.00        |
| YEAR 1*             | 84               | 20               | 1,680           | £25,200.00        |
| YEAR 2*             | NA               | NA               | NA              | NA                |
| YEAR 3*             | NA               | NA               | NA              | NA                |
| <b>3 YEAR TOTAL</b> | <b>288</b>       | <b>-</b>         | <b>1,680</b>    | <b>£25,200.00</b> |

\*1 x 6 days of deliveries. Assumption of operating a 1 week returnable cycle (allowing 1 x days of containers at manufacturing facilities, 1 x in outbound transit, 2 x at customers premises and 1 x in return transit).

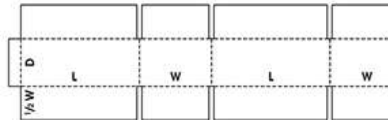
<https://www.gwp.co.uk/guides/expendable-packaging/>



## รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขนส่งทั่วไป

- บรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีการใช้งานทั่วไปในปัจจุบันมักมีรูปแบบเรขาคณิต เช่น รูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ รูปทรงกระบอก หรือรูปทรงแบบถุงและกระสอบ
- บรรจุภัณฑ์ขนส่งผลิตจากวัสดุได้หลากหลายชนิดตามความเหมาะสมกับสินค้าที่บรรจุ วิธีการปฏิบัติในการขนย้าย ลำเลียงขนส่ง จนถึงการใช้งาน
- ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่นิยมใช้งานได้แก่ กล่องกระดาษลูกฟูก ถุงกระดาษหลายชั้น หรือถุงกระดาษสำหรับบรรจุสินค้าหนัก ถังกระดาษ ถุงพลาสติกบรรจุสินค้าหนัก ถังพลาสติก ลังและตะกร้าพลาสติก ถังโลหะ และลังไม้

## กล่องกระดาษลูกฟูก



- **กล่องกระดาษลูกฟูก (corrugated fiberboard box)**  
นิยมใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ขนส่งเนื่องจากบรรจุสินค้าได้แทบทุกชนิด ทั้งผลิตภัณฑ์และสินค้าอุตสาหกรรม จัดส่งให้แก่ผู้ใช้งานในรูปแบบ สะดวกในการขนส่ง และใช้เนื้อที่จัดเก็บน้อย เมื่อใช้งานจึงนำมาพับขึ้นรูปเป็นกล่องเพื่อบรรจุสินค้า
- กล่องมีรูปแบบมาตรฐานให้เลือกใช้หลายชนิดแต่ที่นิยมใช้เพื่อการขนส่ง คือ **กล่องสลอตแบบอาร์เอสซี (regular slotted container, RSC 0201)**  
มีรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ พับขึ้นรูปได้ง่าย ประหยัดกระดาษ สามารถปิดผนึกกล่องได้ทั้งวิธีทากาว เทปกาว หรือลวดเย็บ สามารถออกแบบให้สิ้นเปลืองกระดาษน้อย ใช้เนื้อที่บนแท่นรองรับสินค้าหรือระวางสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเลือกใช้กระดาษที่มีชั้นคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งาน
- นอกจากกล่อง RSC แล้วยังมีกล่องกระดาษลูกฟูกแบบดาดยัดซึ่งออกแบบให้พับขึ้นรูปเป็นกล่องโดยไม่ใช้กาวหรือเทปกาว เหมาะกับการผลิตกล่องที่มีความลึกน้อยๆ เพราะประหยัดกระดาษกว่ากล่องสี่เหลี่ยม มีรูปทรงคล้ายถาดกระดาษขนาดใหญ่



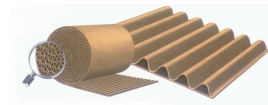
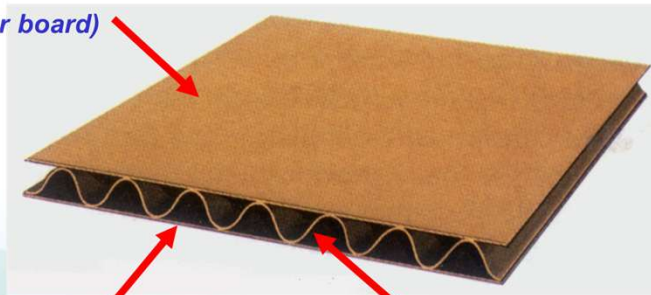


## โครงสร้างของแผ่นกระดาษลูกฟูก

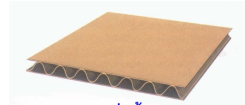
กระดาษทำผิว  
(liner board)

กระดาษทำผิว  
(liner board)

กระดาษทำลอนลูกฟูก  
(corrugating medium)



แผ่นลูกฟูกหน้าเดียว (single face)



แผ่นลูกฟูกหนึ่งชั้น (single wall)



แผ่นลูกฟูกสองชั้น (double wall)



แผ่นลูกฟูกสามชั้น (triple wall)

## ชนิดของลอนลูกฟูก



| ชนิดของลอน | จำนวนลอน/ความยาว 10 ซม. | ความสูงของลอน (มม.) | Take-Up Ratio | การใช้งาน                                |
|------------|-------------------------|---------------------|---------------|------------------------------------------|
| A          | 11-12                   | 4.5                 | 1.58          | รับน้ำหนัก < 400 กก.                     |
| C          | 13-14                   | 3.6                 | 1.50          | รับน้ำหนัก < 300 กก.<br>ต่ำกว่าลอน A 15% |
| B          | 15-16                   | 2.4                 | 1.38          | บรรจุภัณฑ์ชั้นใน<br>ต่ำกว่าลอน A 25%     |
| E          | 29-30                   | 1.5                 | 1.27          | บรรจุภัณฑ์ขายปลีก                        |

## ถุงกระดาษหลายชั้น/ถุงพลาสติกใช้งานหนัก

**ถุงกระดาษหลายชั้น หรือถุงใช้งานหนัก (multi-wall paper bag or heavy duty paper bag)** เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มักมีการขนถ่ายอย่างไม่ระมัดระวัง เช่น โยน ลาก ทำจากกระดาษที่มีความเหนียว ยึดตัวได้บ้าง มีความแข็งแรงเมื่อขึ้นดึกกว่ากระดาษทั่วไป หรืออาจเคลือบผิวกระดาษด้วยวัสดุที่มีสมบัติกันความชื้นได้ ขึ้นรูปเป็นทรงหลอด 2-6 ชั้น อาจปรับปรุงความแข็งแรงพลาสติกแทนกระดาษในบางชั้นเพื่อช่วยลดจำนวนชั้นและคุณภาพของกระดาษที่ใช้ลง รูปทรงของถุงขึ้นอยู่กับการใช้เพื่อปิดกั้นปากถุง และส่วนขยายด้านข้าง บรรจุสินค้าที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 11-50 กก.

**ถุงพลาสติกใช้งานหนัก (heavy duty plastic bag)** ใช้แทนถุงกระดาษหลายชั้น เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่น ความเหนียว และความต้านแรงดึงขาดสูง กันน้ำได้ ปิดผนึกด้วยความร้อนหรือคลื่นความถี่สูงได้ มีความทนทานต่อแรงกระแทก บางชนิดทนการที่สัมผัสจากของมีคมได้ระดับหนึ่ง อาจทำจากพลาสติกชั้นเดียวหรือหลายชั้นตามความต้องการใช้งาน



## ถังกระดาษ/ถังโลหะ

**ถังกระดาษ (paper drum)** เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีผนังด้านข้างโค้งเป็นทรงกระบอก เรียกว่าตัวถัง มีฝาปิดที่ปลายทรงกระบอกด้านบนและด้านล่าง ตัวถังทำจากกระดาษเหนียวหลายชั้นเชื่อมติดแต่ละชั้นด้วยกาวเพื่อให้มีความหนาและเพิ่มแข็งแรง หรืออาจลามิเนตด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนไว้ภายในเพื่อเพิ่มสมบัติการกันการซึมผ่านไอน้ำ ก๊าซออกซิเจน และความทนทานทางเคมี ฝาปิดอาจทำจากโลหะ ไม้ หรือกระดาษแข็ง บรรจุสินค้าที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 25-250 กก.

**ถังโลหะ (metal drum)** ทำขึ้นเพื่อทดแทนถังไม้ในอดีต ทำจากโลหะได้หลายชนิด อาจมีการเคลือบผิวด้านในด้วยแล็กเกอร์ ผิวด้านนอกมักเคลือบด้วยแล็กเกอร์ ทาสีหรือพิมพ์เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการขีดข่วน เพิ่มความสวยงามหรือให้ข้อมูลที่จำเป็น โครงสร้างถังโลหะมักเป็นรูปทรงกระบอก ถังขนาดเล็กอาจออกแบบมีที่จับสำหรับขนย้ายด้วยแรงงานคนได้ ถังขนาดใหญ่มักไม่มีที่จับที่ต้องใช้เครื่องจักรทุ่นแรงเพื่อขนย้าย ฝาปิดอาจออกแบบเป็นฝาดรอปหรือมีช่องบรรจุและช่องเทสินค้าออก



## ถังพลาสติก/ลังพลาสติก

**ถังพลาสติก (plastic drum)** ใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรม มีความยืดหยุ่นในการผลิตให้มีรูปทรง และส่วนประกอบต่าง ๆ มีน้ำหนักเบา แต่แข็งแรงเพียงพอกับการบรรจุสินค้าปริมาณมากและทนต่อแรงกดจากการเรียงซ้อน บางชนิดมีความทนทานต่อสารเคมี และตัวทำละลายได้ดี ป้องกันการซึมผ่านได้ ทนทานต่อสภาพแวดล้อมการขนส่งและการเก็บได้เป็นเวลานาน หากใช้งานกลางแจ้งต้องเติมสารเพิ่มความคงตัวกันการกระตุ้นของรังสีอัลตราไวโอเลต หรือรังสียูวี เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ



**ลังพลาสติก (plastic crate)** ทำขึ้นเพื่อทดแทนการใช้ลังไม้ที่มีปัญหาเรื่องสุขอนามัยจากเชื้อราโรค แมลง การผุและแตกหัก การปนเปื้อน ลังพลาสติกมีต้นทุนการผลิตสูง แต่หมุนเวียนใช้ได้หลายครั้งทำให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมของการลำเลียงขนส่งได้ดี ทนทานต่อสารเคมี และล้างทำความสะอาดได้ง่าย ออกแบบให้ใช้เนื้อที่จัดเก็บลังเปล่าโดยทำให้ส่วนกันเล็กกว่าส่วนปากหรือรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู จึงสวมเข้าด้วยกันได้ หรืออาจพับผนังลังแบนราบลง



## ถุงในกล่อง

**ถุงในกล่อง (bag-in-box)** เป็นการนำวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดมาใช้งานร่วมกัน โดยกล่องกระดาษลูกฟูกชั้นนอกเป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรง และความคงรูป ถุงพลาสติกด้านในป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ ก๊าซ เพื่อรักษาคุณภาพ หรือกักสินค้าไม่ให้รั่วซึม ทำให้ใช้พลาสติกลดลงเทียบกับพลาสติกคงรูปอื่น อาจติดฝาปิดหรือวาล์วนถุงเพื่อเปิดถ่ายสินค้าของเหลว และทำรอยปรุนกล่องกระดาษเพื่อเจาะช่องทางให้ฝาปิดหรือวาล์วยื่นออกมานอกตัวกล่องขณะใช้งาน ใช้บรรจุอาหารภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ (aseptic) ได้ ความจุขนาด 2-20 ลิตร ใช้งานในภัตตาคาร โรงแรม โรงพยาบาล ขณะที่ความจุขนาด 200-1000 ลิตร ใช้ขนส่งสินค้าที่จำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรม



## การใช้งานวัสดุเสริมกันกระแทก



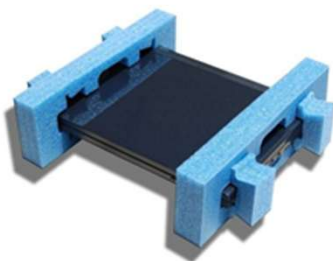
แผ่นกระดาษลูกฟูกเป็นแผ่นกัน



เยื่อกระดาษขึ้นรูปเป็นตัวกันกระแทก



## การใช้งานวัสดุเสริมกันกระแทก



แผ่นโฟมตัดเป็นรูปทรงแบบตามสินค้า



โฟมชิ้นเล็กเต็มลงในช่องว่าง  
(Void Filler)



โฟมฉีด **foam-in-place**

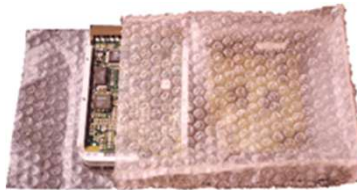


## การใช้งานวัสดุเสริมกันกระแทก

1. single face bubble machine (two layers film)



2. double face bubble machine (three layers film)



แผ่นพลาสติกอัดอากาศ

## การใช้งานวัสดุเสริมความมั่นคงในการเรียงซ้อนสินค้า



การพันแบบธรรมดา (ใช้แรงคนดึง)    พันแบบดึงก่อน (ใช้เครื่องพัน)  
การใช้งานฟิล์มพันพาเลท

การใช้งานฟิล์มหดรัดกองสินค้า



## การใช้งานวัสดุเสริมความมั่นคงในการเรียงซ้อนสินค้า



การใช้งานแผ่นเข้ามุมหรือจากกระดาษร่วมกับฟิล์มพันพาเลท

## การใช้งานวัสดุเสริมความมั่นคงในการเรียงซ้อนสินค้า



การใช้งานแผ่นเข้ามุมหรือจากกระดาษร่วมกับสายรัดกองสินค้า



การใช้ตาข่ายคลุมกองสินค้า

## การใช้งานวัสดุยึดป้องกันการเคลื่อนที่ในตู้ขนส่งสินค้า



การเติมลมเข้าถุงลม



การใช้ถุงลมจำกัดการเคลื่อนที่ของสินค้า

## การใช้งานวัสดุยึดป้องกันการเคลื่อนที่ในตู้ขนส่งสินค้า



การใช้ไม้ยึดกัน



การใช้ตาข่ายป้องกันสินค้าเคลื่อนหลุดจากกอง

## ส่วนที่ 3 :

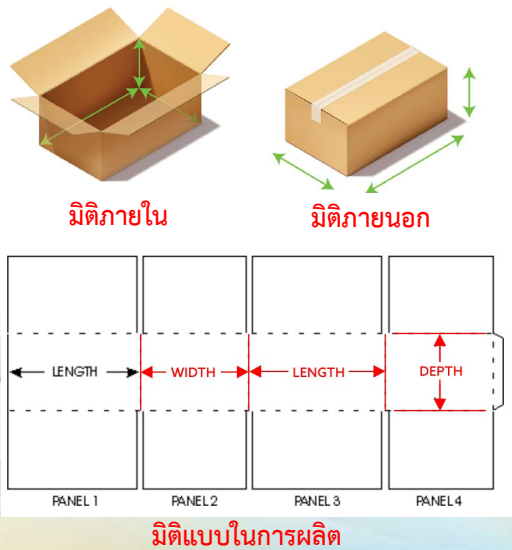
### มิติและต้นทุนในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

มิติและขนาด การระบุมิติบรรจุภัณฑ์ มิติกล่องและความประหยัด  
มิติที่เกี่ยวข้องในการขนส่งสินค้า แท่นรองรับสินค้า ตู้ขนส่งสินค้า ไอปีซี

### มิติและขนาด

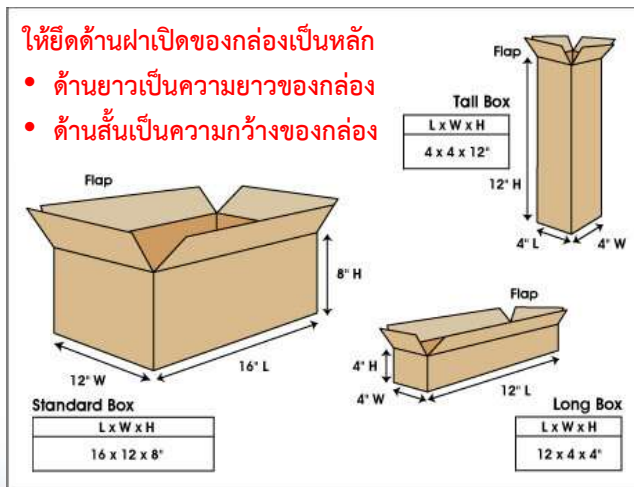
- มิติ หมายถึง ขนาดซึ่งวัดไปตามทิศทางใดทิศทางหนึ่ง  
มิติในทางบรรจุภัณฑ์ กำหนดให้ ความยาวเป็นมิติที่ 1 ความกว้างเป็นมิติที่ 2  
และความสูงหรือความลึกเป็นมิติที่ 3  
**มิติบรรจุภัณฑ์ = ความยาว x ความกว้าง x ความสูงหรือความลึก**  
**= Length (L) x Width (W) x Height (H)**
- มิติ เป็นหน่วยบอกขนาดอย่างเป็นทางการ มีรายละเอียดของการวัดในตำแหน่งต่าง ๆ ที่  
เฉพาะเจาะจง เช่น กล่องกระดาษลูกฟูกมีติภายนอกความยาว 400 มม. x ความกว้าง  
300 มม. x ความสูงหรือความลึก 150 มม.
- ขนาด มักใช้ในชีวิตประจำวันในการบ่งบอกปริมาณ หรือความจุ เช่น เสื้อผ้าขนาด เล็ก  
กลาง ใหญ่ (size S M L) ขวดน้ำขนาด 300 มิลลิลิตร ตู้เย็นขนาด 8 ลูกบาศก์ฟุต (8 คิว)

## การระบุมิติกล่องชนิด Regular Slotted Container (RSC)

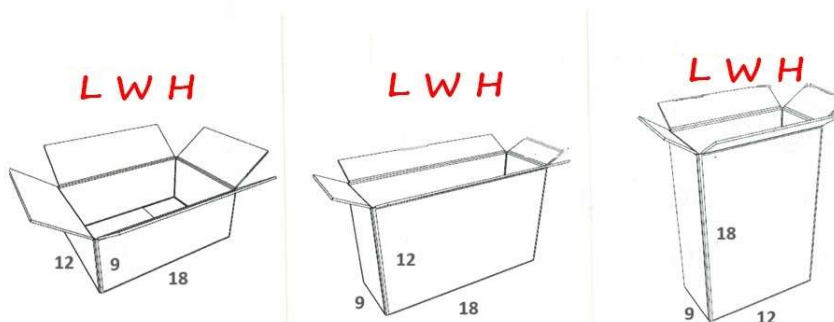


ให้ยึดด้านฝาเปิดของกล่องเป็นหลัก

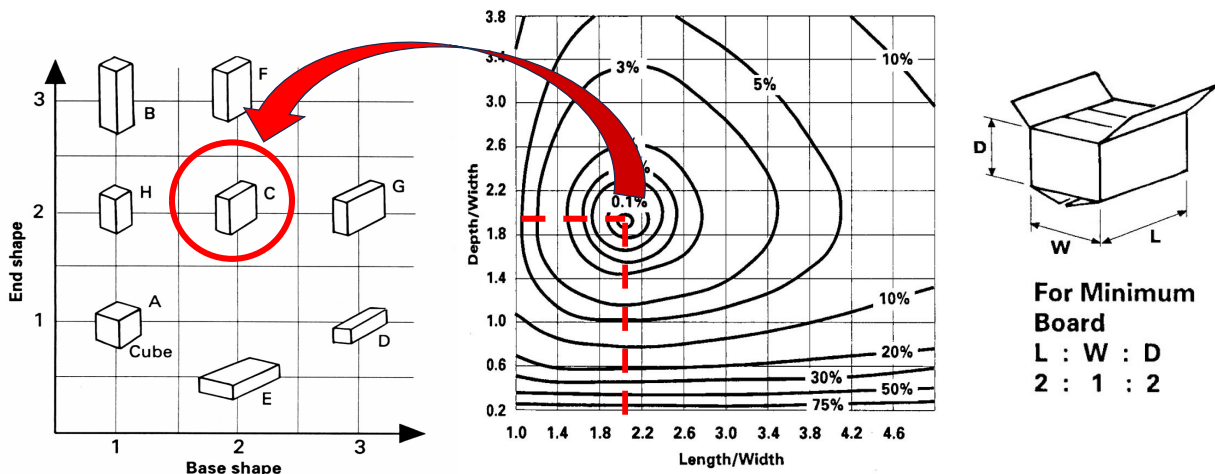
- ด้านยาวเป็นความยาวของกล่อง
- ด้านสั้นเป็นความกว้างของกล่อง



## แบบทดสอบ – การระบุมิติกล่อง RSC



## รูปทรงกล่อง RSC กับความสิ้นเปลืองวัสดุ



## มิติบรรจุภัณฑ์แนะนำ ISO 3394:2012

- Packaging — Complete, filled transport packages and unit loads — Dimensions of rigid rectangular packages

แนะนำให้ใช้มาตรฐาน (ยาว x กว้าง) ของบรรจุภัณฑ์คงรูปที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม เป็น 3 กลุ่ม (plan dimensions or modules) คือ 600 mm x 400 mm, 600 mm x 500 mm, และ 550 mm x 366 mm และจัดเรียงบนพาเลท 4 ขนาด (plan dimensions) คือ 1200 mm x 1000 mm, 1200 mm x 800 mm, 1100 mm x 1100 mm, และ 1219 mm x 1016 mm.

- การใช้มิติตามมาตรฐานจะทำให้บรรจุภัณฑ์ขนส่งสามารถใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บและขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ



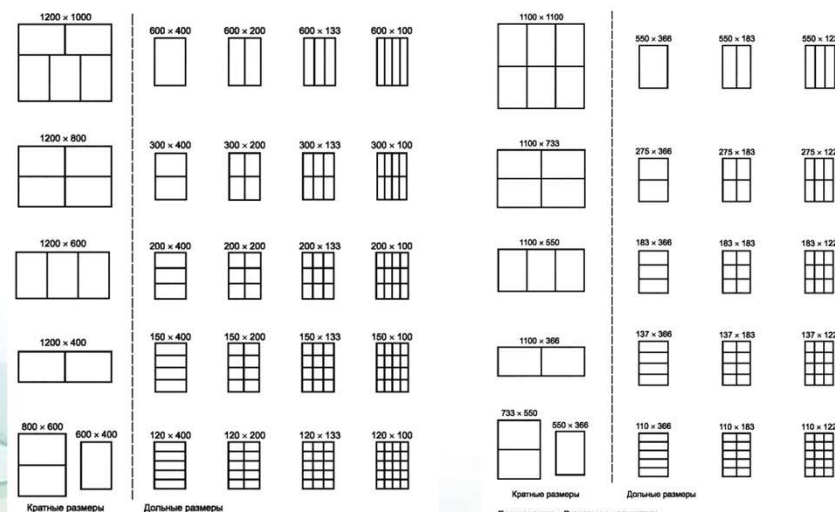
# ตัวอย่างมิติบรรจุภัณฑ์ตาม ISO 3394:2012

Table 1 - Dimension of transport packages

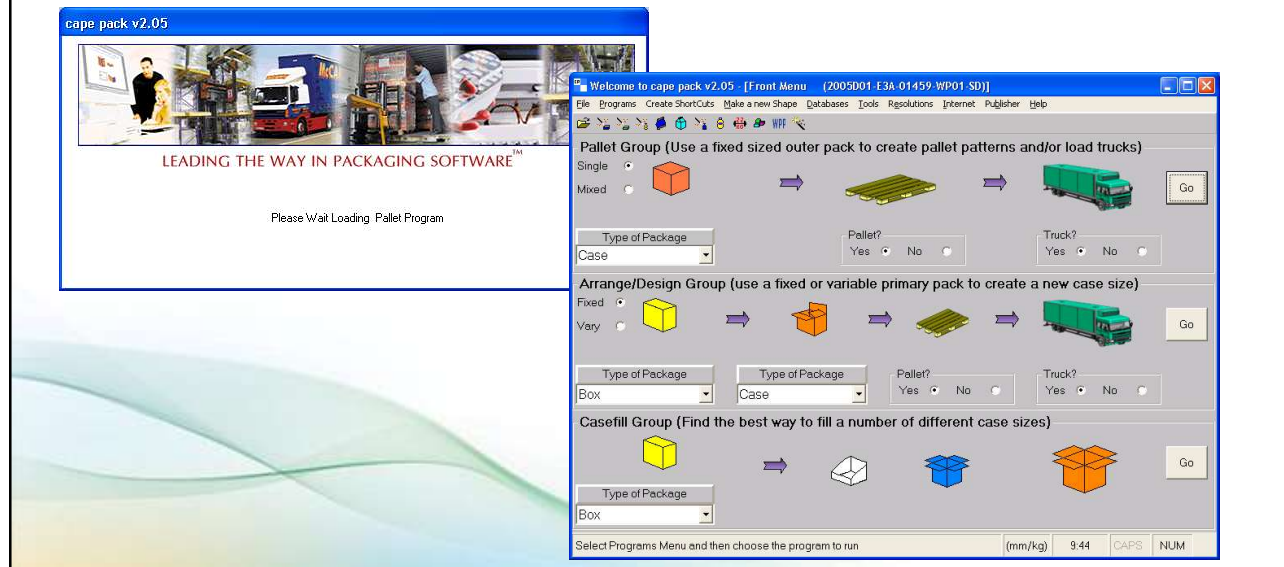
Dimension in millimetres

| Modules                                  |             |             |             |             |
|------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 600 × 400                                |             | 600 × 500   |             | 550 × 366   |
| Recommended pallet sizes for each module |             |             |             |             |
| 1200 × 800                               | 1219 × 1016 | 1219 × 1016 | 1100 × 1100 | 1100 × 1100 |
|                                          | 1200 × 1000 | 1200 × 1000 |             |             |
| Multiples                                |             |             |             |             |
| 1200 × 800                               | 1200 × 1000 | 1200 × 1000 | 1100 × 1100 | 1100 × 1100 |
| 1200 × 400                               | —           | 1200 × 500  | —           | 1100 × 550  |
| 800 × 600                                | —           | 1000 × 600  | —           | 1000 × 366  |
| Submultiples                             |             |             |             |             |
| 600 × 400                                |             | 600 × 500   |             | 550 × 366   |
| 300 × 400                                |             | 300 × 500   |             | 275 × 366   |
| 200 × 400                                |             | 200 × 500   |             | 183 × 366   |
| 150 × 400                                |             | 150 × 500   |             | 137 × 366   |

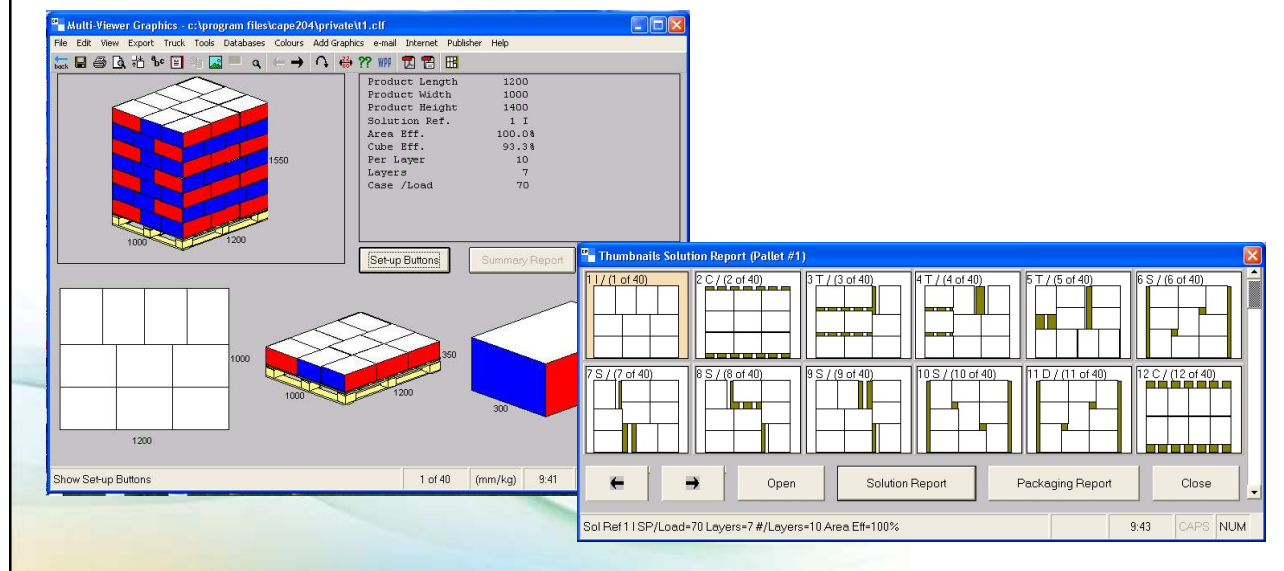
## การเรียงบรรจุภัณฑ์ตาม ISO 3394:2012



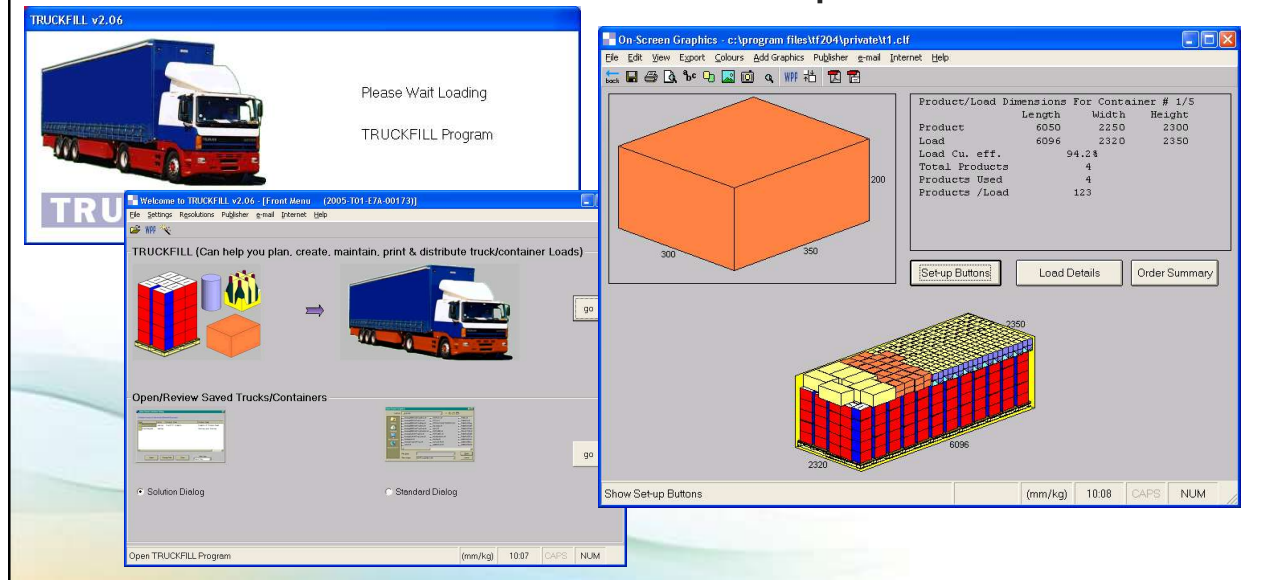
## การใช้โปรแกรมช่วยจัดเรียงบรรจุภัณฑ์



## การใช้โปรแกรมช่วยจัดเรียงบรรจุภัณฑ์



## การใช้โปรแกรมช่วยจัดเรียงบรรจุภัณฑ์



## แท่นรองรับสินค้า

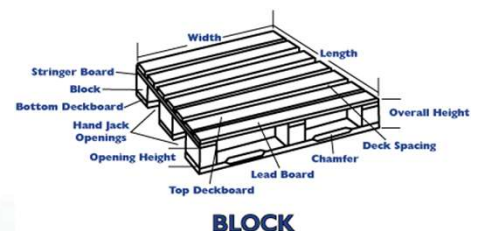
- แท่นรองรับสินค้า หรือ พาเลท (Pallet) หมายถึง แท่นสำหรับวางสินค้า เพื่อขนย้ายหรือจัดส่ง และวางสินค้าในสถานที่เก็บสินค้า ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการสินค้าจำนวนมาก
- พาเลทมีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานสากล ภูมิภาค หรือระดับประเทศ เช่น ISO, Europe, North America, Australia, Japan
- การระบุมิติของพาเลทต่างจากบรรจุภัณฑ์ โดยจะระบุเป็น ความกว้าง x ความยาว (W x L)  
ส่วนความสูงพาเลทมักจะเป็น 6 นิ้วหรือ 150 มิลลิเมตร

## ทำไมจึงต้องใช้พาเลท

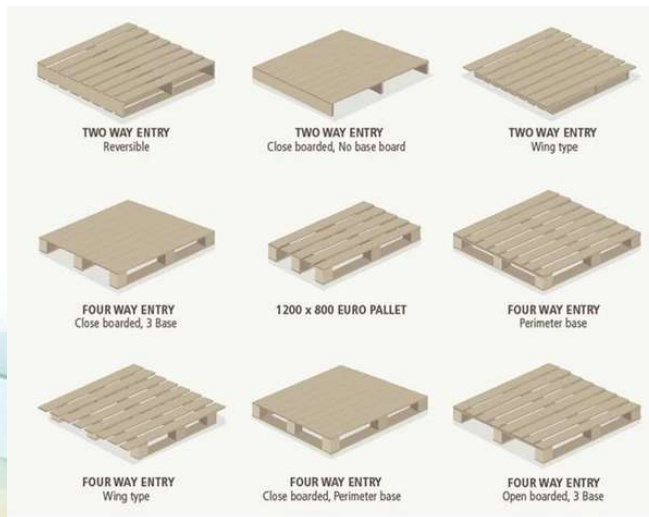
- ในประเทศอุตสาหกรรมที่มี**ค่าจ้างแรงงานสูง** การใช้แรงงานแบกสินค้าโดยไม่ใช้หน่วยขนส่งเป็นการเพิ่มภาระงานและเพิ่มต้นทุน การนำพาเลทมาใช้จึงช่วยอำนวยความสะดวกระหว่างการขนส่งขนถ่ายสินค้า และการเก็บในคลังสินค้า เกิดเป็น**หน่วยขนส่งขึ้น**
- พาเลทช่วยให้เกิด**ความสะดวกรวดเร็ว**ในการยกหีบห่อสินค้าขึ้น-ลง เข้า-ออกตามจุดขนถ่ายต่าง ๆ โดยใช้รถยกช่วย วัสดุที่ใช้ทำพาเลทมีทั้งไม้ พลาสติก กระดาษ และโลหะ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานและราคา แต่ที่สำคัญ คือ ขนาดและโครงสร้าง ตลอดจนความปลอดภัยในการรับน้ำหนักบรรทุก โดยทั่วไปมีการออกแบบไว้เพื่อรับน้ำหนักได้ระหว่าง 500-1500 กิโลกรัม

## พาเลทหลักที่มีการใช้งานในแต่ละภูมิภาค

| Dimension<br>W x L inch | Dimension<br>W x L mm | Most used in                   |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 40 in x 48 in           | 1000 mm x 1200 mm     | North America                  |
| 39.37 in x 47.24 in     | 1000 mm x 1200 mm     | Europe, Asia                   |
| 45.9 in x 45.9 in       | 1165 mm x 1165 mm     | Australia                      |
| 42 in x 42 in           | 1067 mm x 1067 mm     | North America,<br>Europe, Asia |
| 43.3 in x 43.3 in       | 1100 mm x 1100 mm     | Japan                          |
| 31.5 in x 47.24 in      | 800 mm x 1200 mm      | Europe                         |



## รูปแบบของพาเลท



Post pallet



Box pallet



Roll box pallet

## พาเลททำจากวัสดุอื่น



พาเลทพลาสติก



พาเลทโฟม



พาเลทเศษไม้อัดขึ้นรูป



พาเลทกระดาษ

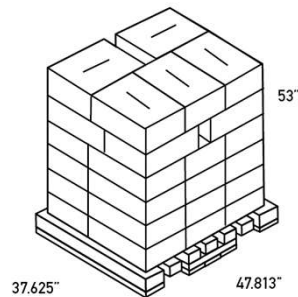
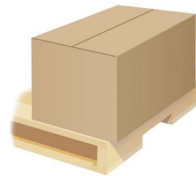


พาเลทโลหะ

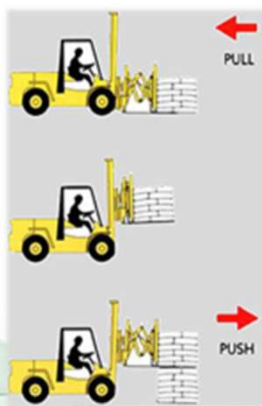


## การเรียงกล่องสินค้าบนพาเลท

- ไม่เรียงกล่องสินค้าจนกล่องล้นขอบของพาเลท (Overhang)
- กรณีเรียงกล่องโดยใช้เนื้อที่บนพาเลทน้อยกว่าร้อยละ 90 ให้เรียงกล่องกระจายชิดขอบของพาเลทเท่าที่สามารถทำได้ เพื่อป้องกันการเลื่อนของกล่องสินค้าออกจากตำแหน่งเดิมจนเกิดความเสียหาย



## แผ่นรองรับสินค้าและการใช้งาน



## ตู้ขนส่งสินค้า

- ตู้ขนส่งสินค้า หรือตู้สินค้า (freight container) หรืออาจเรียก “คอนเทนเนอร์” หมายถึง ตู้ขนาดใหญ่ผลิตด้วยเหล็กหรืออลูมิเนียมใช้เพื่อบรรจุสินค้าจำนวนมากเพื่อการขนส่ง เป็นระบบการขนส่งทางการพาณิชย์ที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นระบบที่สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย
- เมื่อใช้กับการขนส่งทางรางและทางน้ำ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากการขนส่งได้มาก ลดความแออัดจราจรบนท้องถนน หากการขนส่งเป็นแบบเต็มตู้ขนส่งสินค้า (full container load) ผู้ผลิตสินค้าสามารถนำตู้ขนส่งไปเรียงสินค้าที่โรงงานหรือคลังเก็บสินค้าได้โดยตรง สามารถยึดจับป้องกันการเคลื่อนที่ โคนล้มของสินค้า ป้องกันความเสียหายจากการขนย้ายสินค้าหลายครั้งได้

### รูปแบบตู้ขนส่งสินค้าตามลักษณะการใช้งานกับสินค้าที่แตกต่างกัน



ตู้ขนส่งสินค้าแห้ง (DRY VAN)  
ขนาด 40 ฟุต และ 20 ฟุต



ตู้เปิดหลังคา  
(OPEN TOP)



ตู้แบบพื้นราบ  
(FLAT RACK)



ตู้ฉนวน  
(INSULATED)



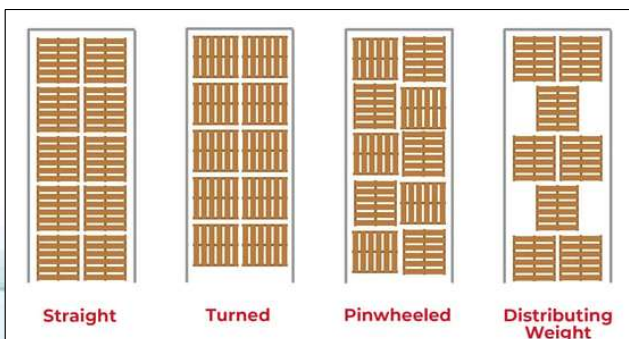
ตู้ควบคุมอุณหภูมิ  
(REEFER)

ตู้ขนส่งมีมาตรฐานกำหนดด้านมิติไว้เพื่อให้ตู้ขนส่งสินค้าที่มาจากผู้ส่งสินค้าต่างราย  
สามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

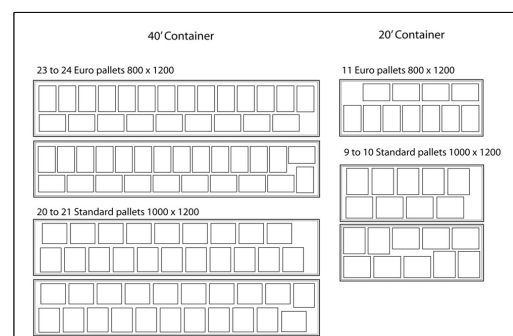
| CONTAINER |           | INTERNAL DIMENSIONS |        |        | EXTERNAL DIMENSIONS |        |        | CAPACITY       |
|-----------|-----------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|----------------|
| SIZE      | TYPES     | L (mm)              | W (mm) | H (mm) | L (mm)              | W (mm) | H (mm) | m <sup>3</sup> |
| 20 Feet   | DRY VAN   | 5890                | 2345   | 2400   | 6058                | 2438   | 2591   | 33.2           |
|           | OPEN TOP  | 5889                | 2345   | 2312   | 6058                | 2438   | 2591   | 32.4           |
|           | REEFER    | 5450                | 2260   | 2247   | 6058                | 2438   | 2591   | 27.7           |
|           | FLAT RACK | 5940                | 2400   | 2310   | 6058                | 2438   | 2591   |                |
| 40 Feet   | DRY VAN   | 12015               | 2345   | 2362   | 12192               | 2438   | 2591   | 66.8           |
|           | OPEN TOP  | 12302               | 2332   | 2279   | 12192               | 2438   | 2591   | 65.4           |
|           | REEFER    | 11550               | 2270   | 2200   | 12192               | 2438   | 2591   | 57.8           |
|           | FLAT RACK | 12066               | 2263   | 2134   | 12192               | 2438   | 2591   |                |

ขนาดที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือขนาด 20 ฟุต และ 40 ฟุต ความจุและน้ำหนักบรรทุกอยู่ที่ 28-30 ลบ.ม.  
21-28 ตัน สำหรับตู้ 20 ฟุต และ 56-60 ลบ.ม. 26-28 ตัน สำหรับตู้ 40 ฟุต

## รูปแบบการเรียงพาเลทสินค้าภายในคอนเทนเนอร์



Source: <https://www.atsinc.com/blog/how-many-pallets-fit-in-trailer-explained>



Source: <https://thaireefer.co.th/palletization-euro-pallet-standard-pallets/>

## การใช้งานตู้ขนส่งสินค้าและพาเลท



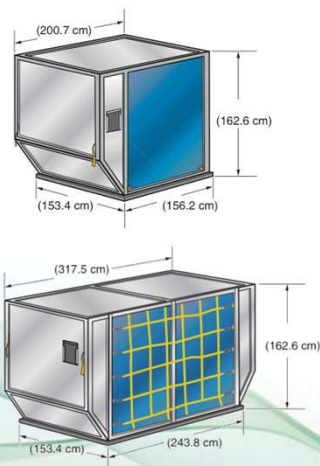
ตู้สินค้าเรียงซ้อนในลาน



การเรียงพาเลทสินค้าเข้าตู้สินค้า



## ตู้ขนส่งสินค้าทางอากาศ



# ไอบีซี

- Intermediate bulk containers (IBCs) หรือ ไอบีซี เป็นภาชนะบรรจุสินค้าซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าถุงบรรจุสินค้าหนัก ถึงบรรจุสินค้าอุตสาหกรรมทั่วไป แต่เล็กกว่าหรือเท่ากับพาเลท และเล็กกว่ากระบอกขนส่งและตู้ขนส่งสินค้า ไอบีซีจัดเป็นหน่วยขนส่งใช้เพื่อขนส่งสินค้าประเภทวัตถุดิบเพื่อส่งมอบแก่ลูกค้าภาคอุตสาหกรรมหรือผู้ผลิตสินค้าที่นำวัตถุดิบไปผสม หรือแปรรูปเป็นสินค้าสำเร็จรูปต่อไป
- รูปแบบของไอบีซีที่ใช้มีสองแบบ คือ **ไอบีซีแบบอ่อนตัว หรือ flexible intermediate bulk containers (FIBCs)** หรือเรียกว่าบิ๊กแบ็ก (big bag) มีลักษณะเป็นถุงขนาดใหญ่ และ**ไอบีซีแบบคงรูป** มีทั้งแบบที่ทำจากแผ่นกระดาษลูกฟูกหลายชั้นพับขึ้นเป็นกล่องภายในมีวัสดุบุเพื่อเป็นชั้นกันการรั่วซึมของสินค้า หรือแบบที่ทำจากพลาสติกหรือโลหะขึ้นรูปเป็นถังสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาดใหญ่หรือแท็งก์

## รูปแบบและการใช้งานของไอบีซี



ไอบีซีแบบอ่อนตัว



ไอบีซีคงรูป



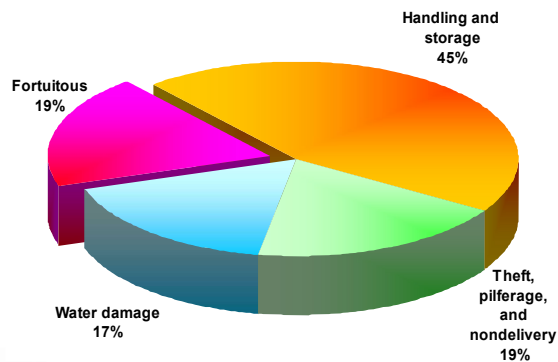
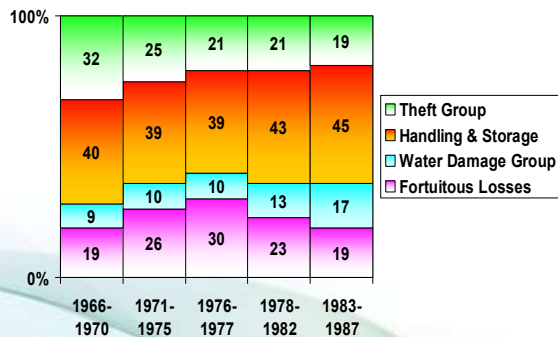


## ส่วนที่ 4 :

### การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่ง

สถานะอันตรายระหว่างการลำเลียงขนส่ง  
การจัดทำแผนทดสอบ และการทดสอบเพื่อจำลองการขนส่ง  
แนวทางการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่งด้วย ASTM D6198

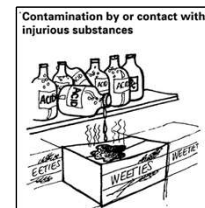
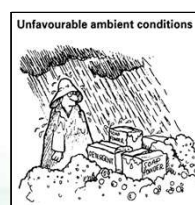
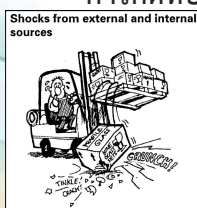
## การศึกษาความเสียหายกับสินค้าจากการขนส่ง



\*\*\*กว่าร้อยละ 70-80 ของความเสียหายเป็นสิ่งที่สามารถป้องกันได้\*\*\*

## สถานะอันตรายระหว่างการลำเลียงขนส่ง

- โดยทั่วไปความคุ้มครองสินค้าไม่ให้เกิดความเสียหายทางเคมี และการป้องกันสิ่งกระตุ้นการเสื่อมสภาพต่างๆ เช่น ความชื้น ก๊าซ และแสง มักเป็นหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือบรรจุภัณฑ์ขายปลีกโดยตรง ในขณะที่ความคุ้มครองสินค้าจากสถานะอันตรายทางกายภาพ เช่น แรงทางกล และสภาพภูมิอากาศ ที่เกิดขึ้นกับสินค้าระหว่างการลำเลียงขนส่งจะเป็นหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง
- สถานะอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับสินค้าประกอบด้วย การกระแทก การสั่นสะเทือน การกดทับ และสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม



## การกระแทก

Shocks from external and internal sources



การกระแทก (shock หรือ impact) เป็นปรากฏการณ์เชิงกล การกระแทกสามารถเกิดขึ้นในเวลาสั้น ๆ จนถึง  $1/1000$  วินาที สินค้าหลายชนิดมีโอกาสแตกหักเสียหายจากการกระแทกในระหว่างการลำเลียงขนส่งได้หลายสาเหตุ

ตัวอย่างที่พบเห็นได้บ่อย ได้แก่ การตกกระแทกระหว่างการเคลื่อนย้ายสินค้าแล้วพลัดตกลงพื้น การขับเคลื่อนของยานพาหนะแล้วหยุดกะทันหัน การกระแทกกันเองระหว่างบรรจุภัณฑ์ขณะลำเลียงบนสายพาน การตกกระแทกของกองสินค้าที่วางเรียงซ้อนกันไม่มั่นคงหรือเคลื่อนที่เลื่อนหลุดจากแรงสั่นสะเทือน

## โอกาสที่บรรจุภัณฑ์จะตกกระแทก

เมื่อเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน



เมื่อใช้เครื่องจักรในการเคลื่อนย้าย



# โอกาสที่บรรจุภัณฑ์จะตกกระแทก

ขณะขับเคลื่อนยานพาหนะ



จากการเรียงกองสินค้าที่ไม่มั่นคง



## การสั่นสะเทือน

Contact between goods and other goods or objects



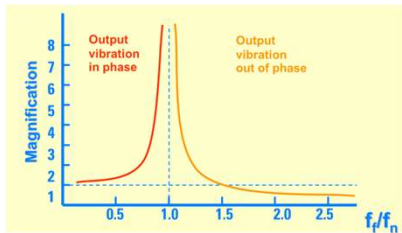
การสั่นสะเทือน (vibration) เป็นจุดเริ่มต้นของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสินค้า เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสินค้าอาจทำให้สินค้าเสียดสีกับวัสดุห่อหุ้ม หรือการขัดสีของผิวหน้าบรรจุภัณฑ์ สินค้าบางชนิดอาจเสียหายจากการสั่นสะเทือนระหว่างการลำเลียงขนส่ง

แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งให้กำลังแก่เครื่องจักร เครื่องยนต์ที่ขับเคลื่อนยานพาหนะต่างๆ เช่น รถบรรทุก รถไฟ เครื่องบิน

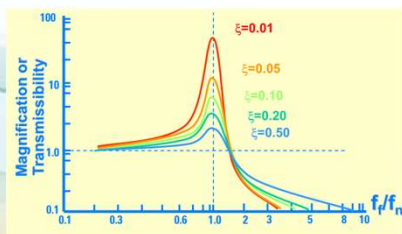
การสั่นสะเทือนอาจเกิดจากสภาพผิวถนนเมื่อขนส่งโดยรถบรรทุก หรือเกิดจากคลื่นลมในทะเลเมื่อขนส่งทางเรือ



## ความถี่ธรรมชาติกับการสั่นสะเทือน

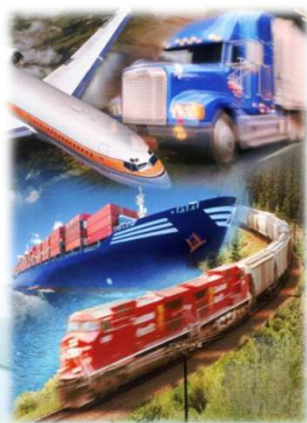


การสั่นสะเทือนมีผลกระทบต่อสินค้าเมื่อค่าความถี่จากแหล่งกำเนิดหรือความถี่ป้อนเข้า (input frequency) มีค่าตรงกับ **ค่าความถี่ธรรมชาติ (natural frequency)** ของสินค้า เนื่องจากที่ความถี่นี้สินค้าหรือบรรจุภัณฑ์จะตอบสนองต่อความถี่ป้อนเข้าอย่างรุนแรง สังเกตได้จากความถี่ดังกล่าวสินค้านี้มีการโยนตัวขึ้นลงสูงกว่าที่ความถี่อื่น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **เรโซแนนซ์ (resonance)**



ในทางปฏิบัติผู้ประกอบการขนส่งอาจเลี่ยงปรากฏการณ์นี้โดยการยึดจับสินค้าให้อยู่กับที่ด้วยอุปกรณ์รัดหรือยึดจับ หรืออุดช่องว่างที่มีอยู่ในพาหนะที่ใช้ขนส่งสินค้า หรืออาจหาค่าความถี่ธรรมชาติของสินค้าและออกแบบวัสดุกันการสั่นกระแทกเพื่อป้องกันความเสียหายให้กับสินค้า โดยหลักเลียงไม่ให้ความถี่ธรรมชาติตรงกับค่าความถี่จากพาหนะที่ใช้ขนส่ง

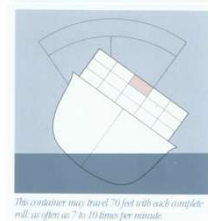
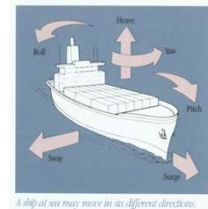
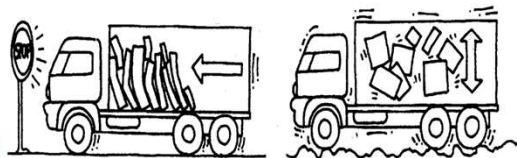
## แหล่งกำเนิดของแรงสั่นสะเทือน



เครื่องยนต์ของยานพาหนะ



สภาพพื้นผิวถนนและพฤติกรรมจราจร



คลื่นลมในทะเล



## ความเสียหายที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือน



## การกดทับ

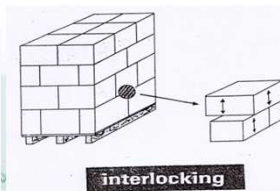
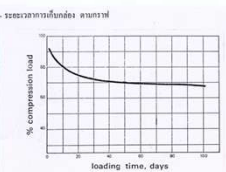
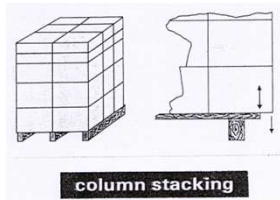
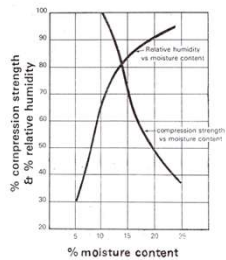
Excess loads sustained by goods



การกดทับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในวงจรการลำเลียงขนส่งสินค้า เนื่องจากต้องมีการเรียงซ้อนสินค้าในระหว่างการเก็บรักษาใน คลังสินค้าและการขนส่ง การเรียงซ้อนทำให้บรรจุภัณฑ์และสินค้า ที่อยู่ด้านล่างของกองสินค้าต้องรับภาระจาก**แรงกดทับ (compression load)** จากน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์และสินค้าซึ่ง เรียงซ้อนอยู่ด้านบน

หากบรรจุภัณฑ์ไม่ได้รับการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรง เพียงพอ บรรจุภัณฑ์ด้านล่างเกิดการยุบตัว เสียรูป หรือทำให้กอง สินค้าที่อยู่เหนือขึ้นไปโค่นล้มและเกิดความเสียหายได้

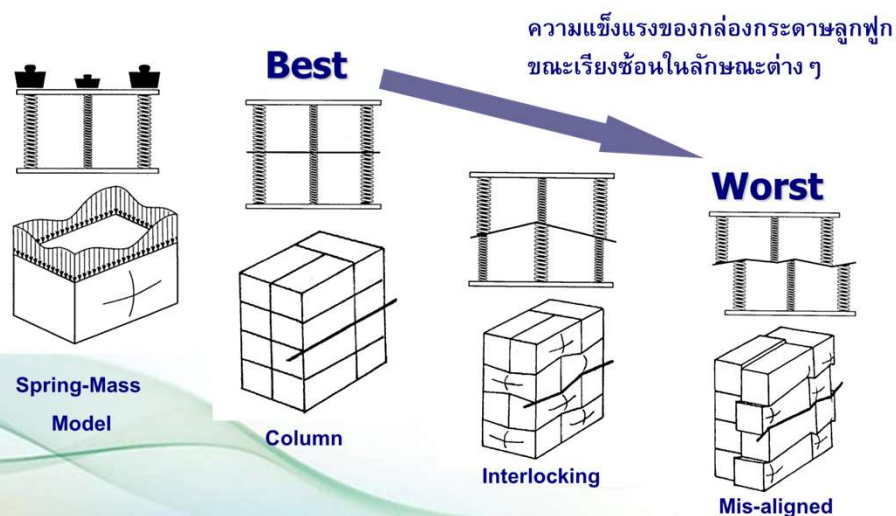
## ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงกดทับ



ค่าความทนทานต่อการกดทับขณะเรียงซ้อนเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ตั้งแต่รูปแบบและวิธีการเรียงซ้อน การใช้หรือไม่ใช้พาเลท การใช้ชั้นวางสินค้า ความสูงภายในคลังสินค้า และความสูงของระวางบรรทุกสินค้าภายในพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ระยะเวลาในการเรียงซ้อน จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสินค้า เครื่องมือที่ใช้ช่วยขนย้ายสินค้า

นอกจากนี้ลักษณะเฉพาะซึ่งเป็นสมบัติของสินค้าที่บรรจุอาจมีส่วนช่วยรับแรงกด (supporting load goods) หรือไม่ สามารถช่วยรับแรงกด (non-supporting load goods) ปัจจัยทั้งหมดต้องนำมาใช้พิจารณาในการออกแบบให้บรรจุภัณฑ์ขนส่งมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงกดระหว่างการเรียงซ้อน

## โมเดลความต้านแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูก



## ความเสียหายที่เกิดจากแรงกดทับ



## สภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม

### Unfavourable ambient conditions



ระหว่างการลำเลียงขนส่งสินค้าและบรรจุภัณฑ์อาจต้องเผชิญกับ ความร้อนจากแสงแดดในตอนกลางวัน ความเย็นจากฤดูหนาวในบาง ภูมิภาค ความชื้นจากฝนหรือไอน้ำในอากาศ ตลอดจนการ เปลี่ยนแปลงความดันจากการขนส่งไปยังพื้นที่ที่มีระดับความสูงมาก ในเขตภูเขาหรือภายในระหว่างเครื่องบินที่ไม่ได้ปรับควบคุมแรงดัน

สภาพภูมิอากาศเหล่านี้อาจส่งผลให้สินค้าเสียหายได้โดยตรง ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงสลับไปมาระหว่างอุณหภูมิในตอน กลางวันและกลางคืน อาจทำให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เกาะบนผิวของสินค้าและบรรจุภัณฑ์จนเกิดความเสียหายได้ ขณะที่ ความชื้นที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ประเภท กระดาษลดลง

## ความเสียหายจากสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม



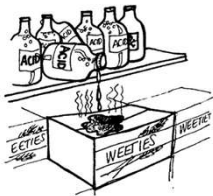
เสียหายจากความชื้น



เสียหายจากความร้อน

## สถานะอันตรายอื่น

Contamination by or contact with injurious substances

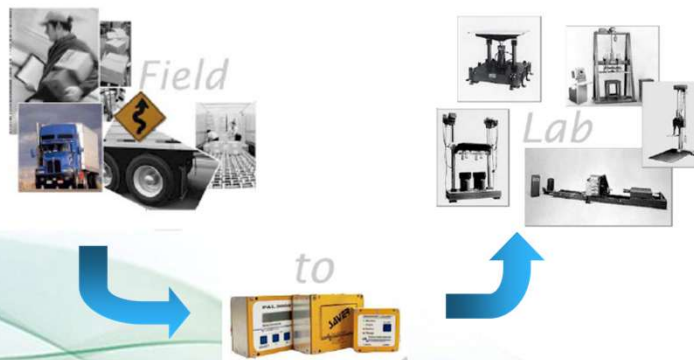


- ในอดีตการขนส่งสินค้ายังไม่มี การแยกชนิดประเภทสินค้าที่เคร่งครัด จึงอาจพบกรณีการปนเปื้อนของสินค้าต่างชนิดกัน เพราะขนส่งสินค้าต่างชนิดไปด้วยกัน ซึ่งหากเป็นสินค้าอันตรายหรือสารเคมีที่มีปฏิกิริยารุนแรงเมื่อมีการรั่วซึมหรือภาชนะที่บรรจุชำรุดแตกหักอาจส่งผลเสียหายต่อสินค้าที่อยู่ข้างเคียง ปัจจุบันปัญหาดังกล่าวหมดไป เนื่องจากการกำหนดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์และหลักปฏิบัติในการขนส่งสินค้ากลุ่มนี้ที่เข้มงวด
- นอกจากนี้การลักขโมย การแอบเปิดกล่องสินค้าด้วยความอยากรู้อยากเห็นเป็นสถานะอันตรายที่เกิดขึ้นได้กับสินค้านำเข้าระหว่างการค้า เลี่ยงขนส่ง ความเสียหายเกิดได้ตั้งแต่การส่งมอบสินค้าได้ไม่ครบถ้วนหรือสินค้าเสื่อมสภาพจากการแอบเปิดกล่องสินค้าแม้สินค้าจะไม่ได้ถูกลักขโมยไป



## FIELD DATA TO LAB SIMULATION TEST...

ข้อมูลสภาวะอันตรายที่บันทึกจากการขนส่ง  
สู่การจำลองสภาวะการทดสอบในห้องปฏิบัติการ...



## สภาวะอันตรายและการทดสอบ

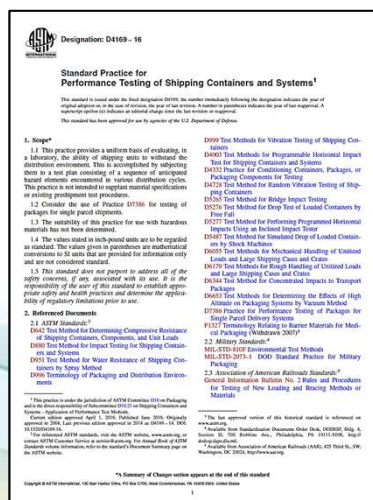
| Activities | Hazard                                                   | Related Test                            |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Transport  | Vibration during transportation                          | Vertical random vibration               |
|            | Repetitive impact by bouncing                            | Sinusoidal vibration (varied frequency) |
|            |                                                          | Fixed frequency vibration               |
|            | Horizontal impact by sudden stop or start                | Horizontal impact                       |
|            | Horizontal impact by linking work of railway freight car |                                         |
|            | Stacking stress during transportation                    | Random vibration                        |
|            |                                                          | Sinusoidal vibration (varied frequency) |
| Handling   | Low pressure by high altitude                            | Low pressure                            |
|            | Drop impact by manual handling                           | Vertical impact (drop) test             |
|            | Drop impact by mechanical handling                       |                                         |



# สภาวะอันตรายและการทดสอบ

| Activities | Hazard                                                 | Related Test                        |
|------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Handling   | Horizontal impact during handling by forklift or crane | Horizontal impact test              |
|            | Rough handling by rolling                              | Rolling test                        |
|            | Topple                                                 | Toppling test                       |
|            | Handling of unit load                                  | Stability test of unit loads        |
| Storage    | Compression load in stacking storage in warehouse      | Stacking test (static load)         |
|            |                                                        | Compression and stacking test       |
| Climate    | Temperature and humidity                               | High temperature test               |
|            |                                                        | High temperature/high humidity test |
|            |                                                        | Low temperature test                |
|            | Wet, dewing                                            | Water-spray test                    |

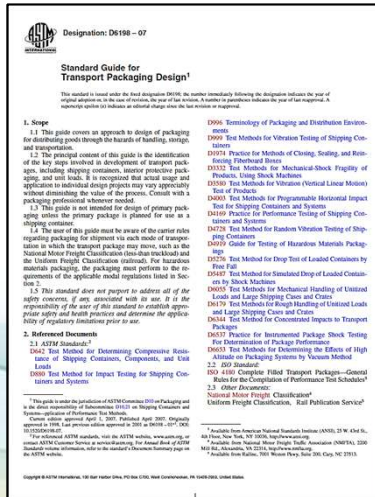
# การทดสอบสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์



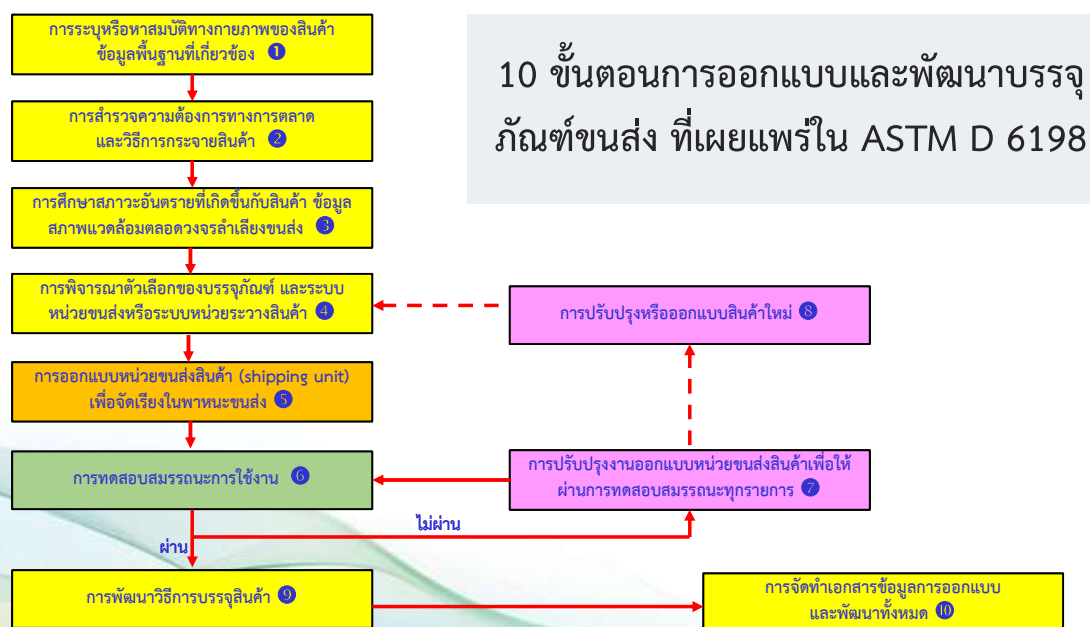
- เป็นการจำลองสภาวะอันตรายที่บรรจุภัณฑ์ขนส่งอาจต้องพบระหว่างกระบวนการตั้งแต่จัดเก็บและการลำเลียงขนส่งไปจนถึงปลายทางมาเป็นการทดสอบต่อเนื่องกัน
- การทดสอบอาจดำเนินการมาตรฐาน **ASTM D 4169 Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems** ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติเป็นแผนการทดสอบ (Test Plan)
- ผลการทดสอบจะเพิ่มความมั่นใจในบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ถูกออกแบบว่ามีสมรรถนะในการให้ความคุ้มครองสินค้าได้มากยิ่งขึ้น
- หรืออาจเลือกแผนการทดสอบอื่น ๆ เช่น Test Procedure ของ ISTA หรือมาตรฐาน ISO



## แนวทางการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่งด้วย ASTM D6198



- กระบวนการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่งมีความแตกต่างไปจากการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มุ่งเน้นการให้ความคุ้มครองสินค้าในวงจรการลำเลียงขนส่งเป็นหลัก
- อาจนำแนวทางปฏิบัติ 10 ขั้นตอนที่เผยแพร่ในมาตรฐาน **ASTM D 6198 – Standard Guide for Transport Packaging Design** มาใช้เป็นเครื่องมือสร้างความมั่นใจว่าบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ถูกออกแบบขึ้นจะมีสมรรถนะในการให้ความคุ้มครองสินค้าและมีต้นทุนโดยรวมลดลงได้



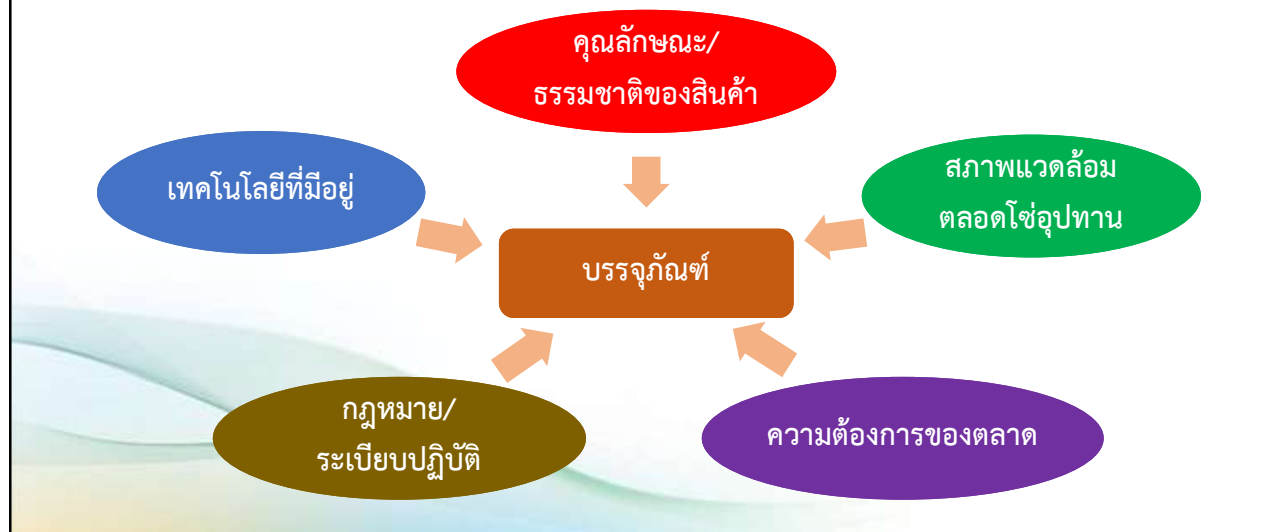
## ส่วนเพิ่มเติม : บรรจุภัณฑ์สำหรับโซ่ความเย็น

โซ่ความเย็น (Cold Chain) คืออะไร  
วัสดุและบรรจุภัณฑ์สำหรับโซ่ความเย็น

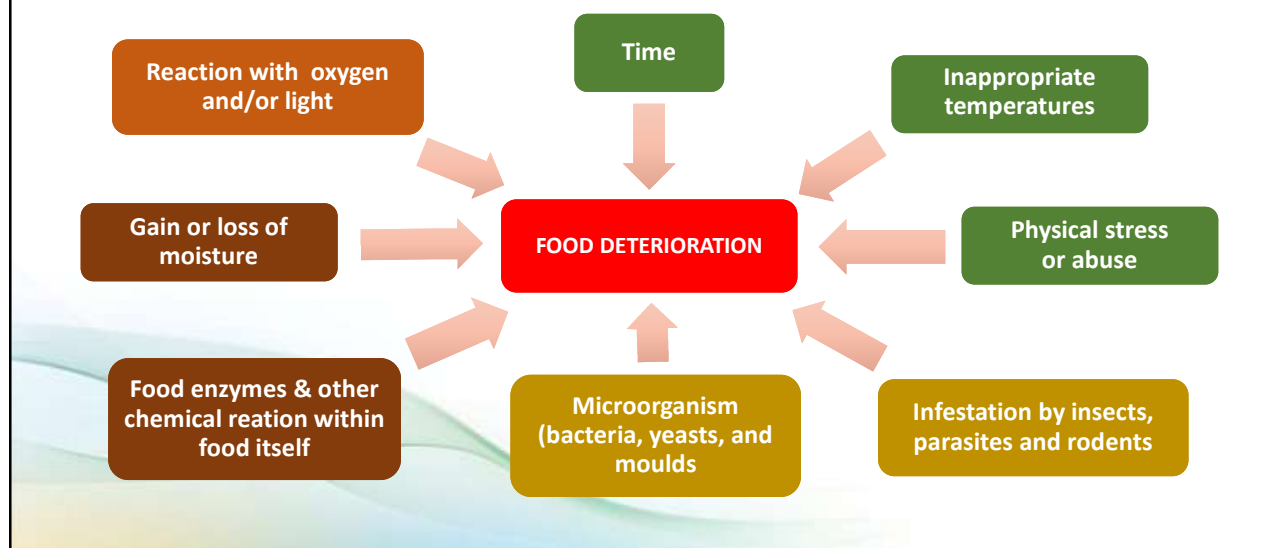
### โซ่ความเย็น หรือ Cold Chain

- ห่วงโซ่ความเย็น (cold chain) หรือ โซ่ความเย็น เป็นห่วงโซ่อุปทาน การเคลื่อนย้ายสินค้าที่ต้องควบคุมอุณหภูมิต่อเนื่องไม่ขาดช่วง ตั้งแต่การผลิต การเก็บ และการจัดจำหน่ายที่จำเป็นต้องใช้ความเย็นเพื่อควบคุมสินค้าให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ เพื่อยืดและรักษาอายุคุณภาพของสินค้า สินค้าในโซ่ความเย็นแตกต่างจากสินค้าทั่วไปเพราะเป็นสินค้าที่เสื่อมคุณภาพ หรือเน่าเสียได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ตัวอย่างของสินค้ากลุ่มนี้ได้แก่ ผักผลไม้สด อาหารทะเล อาหารแช่แข็ง ยาและเภสัชภัณฑ์ สารเคมี ฯลฯ

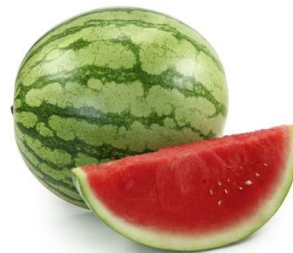
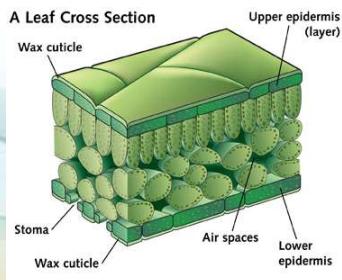
## ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์



## การเสื่อมสภาพของสินค้าอาหาร



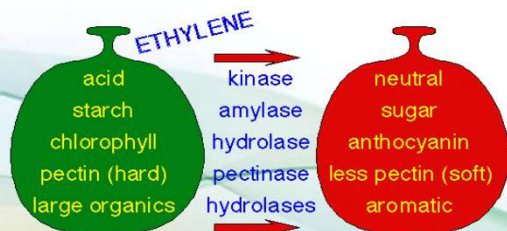
# ระบบป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตผลเกษตร



## การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ และการเน่าเสียของผลิตผลสด



[www.aaas.org](http://www.aaas.org)



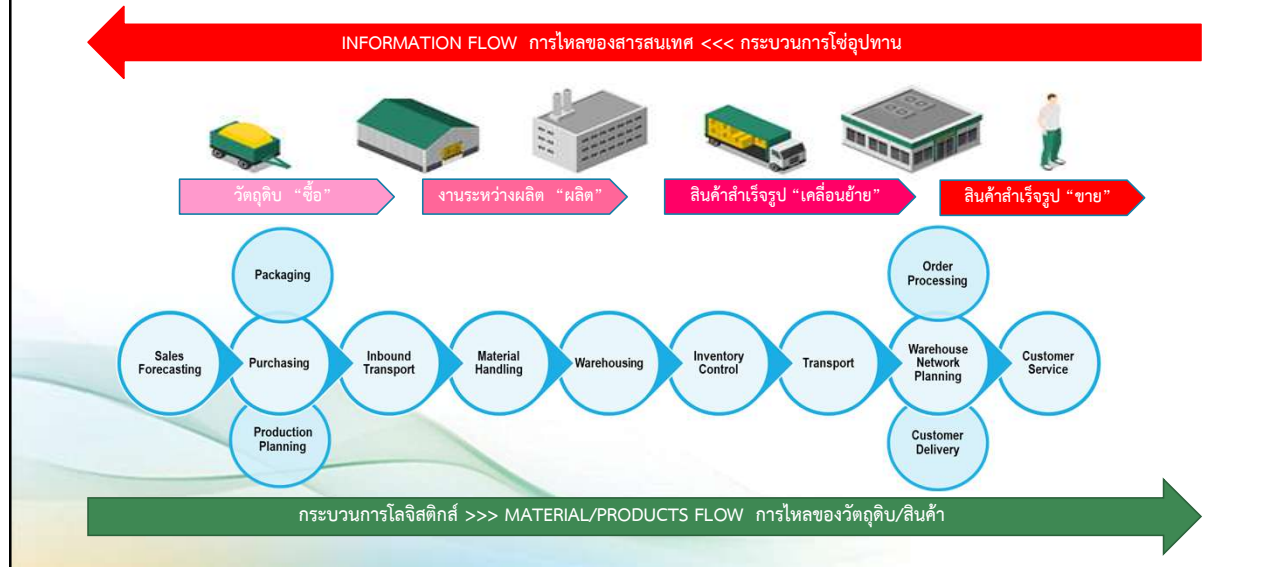
<http://plantphys.info>



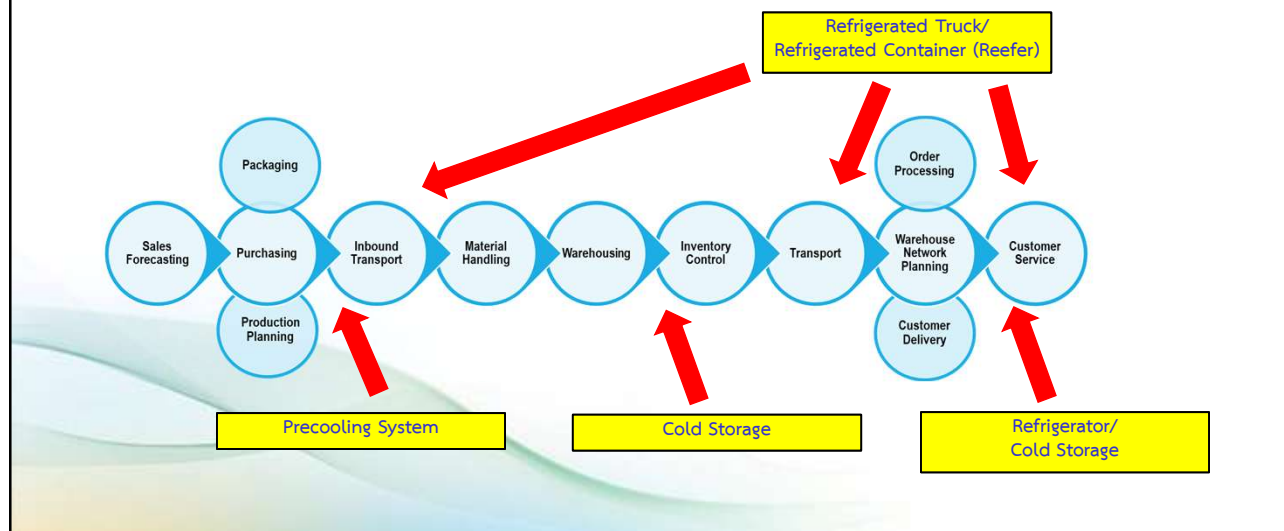
<http://leplugg.com>



# Typical Supply Chain and Logistics

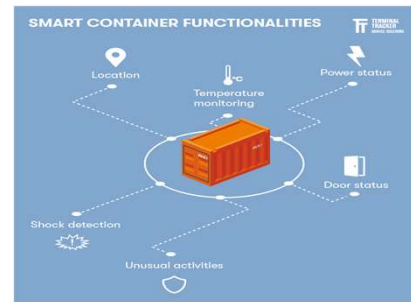


## Supply Chain + Temperature Control = Cold Chain Logistics



## ทำไมจึงต้องมี Cold Chain และอุปสรรคในการปฏิบัติงาน

- เพื่อช่วยเก็บรักษาคุณภาพของสินค้าที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์เสริมความงาม เคมีภัณฑ์บางชนิด ช่วยยืดอายุการเก็บสินค้าให้ยาวนานขึ้น ขยายโอกาสทางการตลาดได้ทั้งพื้นที่จำหน่าย และระยะเวลา และเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคหรือใช้สินค้าจากการบังคับใช้ทางกฎหมายหรือระเบียบปฏิบัติต่าง ๆ
- อุปสรรคในการเลือกใช้ cold chain ประกอบด้วย ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ทั้งวัสดุบรรจุภัณฑ์ สารให้ความเย็น ยานพาหนะและโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องรองรับตลอดกระบวนการ ความเสี่ยงเปลี่ยนแปลงด้านพลังงาน และความเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นตลอดโซ่อุปทาน



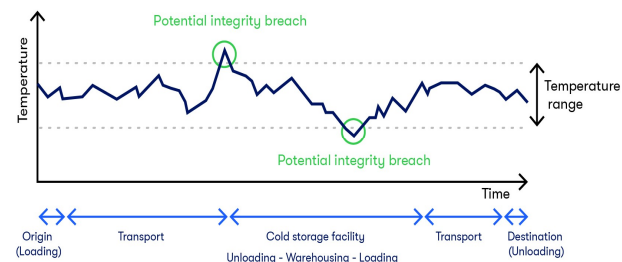
<https://www.identecolutions.com/news/smart-containers-merging-mcleans-and-berners-lees-inventions>

## ความสำคัญของ Cold Chain Logistics

“Time-sensitive operations” and “Temperature-sensitive goods”

เป็นกิจกรรมโซ่อุปทานที่มีช่วงเวลาแห่งโอกาสที่แคบหรือน้อยมากให้กับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่การขนส่ง การเก็บรักษา และการส่งมอบสินค้า

ความล่าช้าของการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน หรือการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมายถึงความเสี่ยงต่อความสูญเสีย/ความเสียหายของสินค้า



## Real-time Monitoring



การควบคุมให้สินค้าอยู่ในสภาวะอุณหภูมิที่ถูกต้อง และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงที่อาจส่งผลเสียต่อคุณภาพสินค้า เพื่อการตัดสินใจปฏิบัติการใด ๆ กับสินค้าที่เกิดความเสี่ยงจากความผิดปกติของอุณหภูมิ

<https://coldchainpacking.com/challenges-in-cold-chain-logistics>

## ประเภทของบรรจุภัณฑ์ในระบบโซ่ความเย็น

- บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในระบบโซ่ความเย็นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ บรรจุภัณฑ์แบบ **Active cold chain packaging** และแบบ **Passive cold chain packaging** ซึ่งเป็นการจำแนกตามความจำเป็นในการพึ่งพาแหล่งพลังงานจากภายนอกหรือไม่
- บรรจุภัณฑ์แบบ Active จะมีการใช้กระแสไฟฟ้าจากระบบทำความเย็นหรือมีน้ำแข็งแห้งในการรักษาระดับอุณหภูมิตามที่ต้องการ
- บรรจุภัณฑ์แบบ Passive จะสามารถรักษาระดับอุณหภูมิด้วยการใช้วัสดุประเภทฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอกและใช้สารให้ความเย็นภายในบรรจุภัณฑ์
- ในบางกรณีอาจใช้บรรจุภัณฑ์จากทั้งสองแบบร่วมกันเป็นแบบ **Hybrid**

## บรรจุภัณฑ์แบบ active cold chain

กล่องที่มีช่องระบายอากาศ หรือช่องเปิดช่วยให้  
ความร้อนจากตัวผลิตภัณฑ์ถ่ายเทออกได้สะดวก  
ลดการสะสมไอน้ำ (ความชื้น)  
ลดอุณหภูมิได้รวดเร็วขึ้น



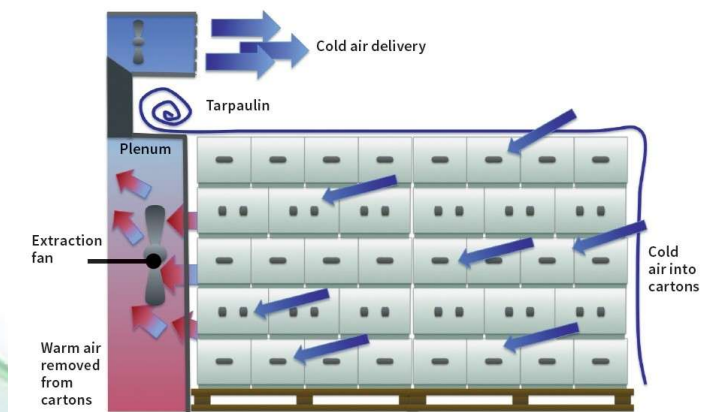
<https://www.graphicpkg.com/resources/why-fiber-based-packaging-for-fresh-produce-could-be-your-key-to-success/>



<https://www.packagingcorp.com/packaging-solutions/industry/produce/>

## การลดอุณหภูมิแบบ Forced air-cooling

เพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ลดอุณหภูมิสั้นลง  
ลดการกลั่นตัวของไอน้ำ รักษาคุณภาพผลผลิตได้ดีขึ้น



<https://www.postharvest.net.au/postharvest-fundamentals/cooling-and-storage/cooling-methods/>



## ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แบบ active cold chain



<https://www.loscam.com/en/products/returnable-plastic-crates-anz-loscam>

## ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แบบ active cold chain



<https://www.proampac.com/en-us/frozen-food/>



<https://www.sonoco.com/na/markets/food-powdered-beverage/frozen-foods>



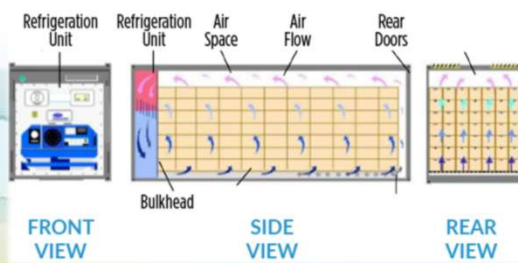
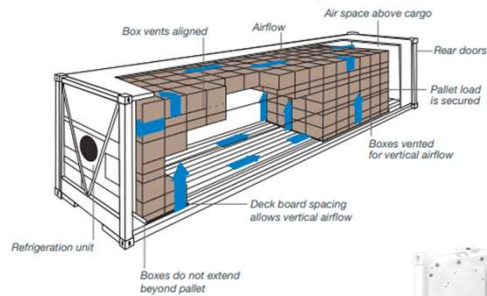
<https://www.frozenfoodeurope.com/findus-enters-us-market/>



## Reefers in Active System



Container interior : T floor and walls  
[https://www.cma-cgm.com/static/Communication/Attachments/CMACGM\\_Reefer\\_Brochure\\_2014.pdf](https://www.cma-cgm.com/static/Communication/Attachments/CMACGM_Reefer_Brochure_2014.pdf)



<https://www.freightforwarderquoteonline.com/news/find-best-refrigerated-container-reefer-import-export/>



<https://europe.thermoking.com/air-solutions>



<https://rflcargo.com/en/reefer/>

## กล่องขนส่งมีฉนวนความร้อน



<https://www.shorr.com/resources/blog/cold-chain-packaging-solutions/>

## วัสดุทำฉนวนความร้อน



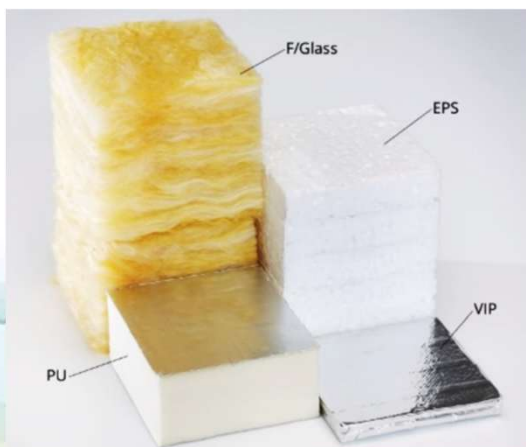
โฟมพอลิสไตรีน  
(Expanded Polystyrene)



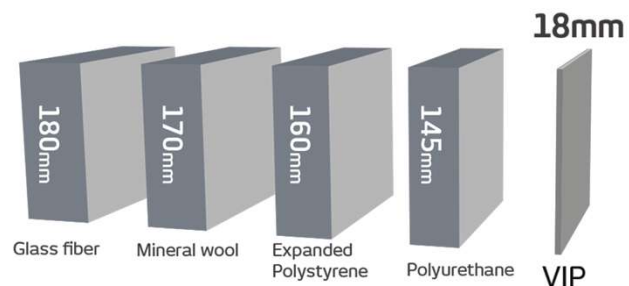
<https://www.va-q-tec.com/en/technology/vacuum-insulation-panels/function/>

แผ่นฉนวน VIP  
(Vacuum Insulated Panel)

## เปรียบเทียบประสิทธิภาพวัสดุทำฉนวนความร้อน



<https://accuroof.co.uk/article/vacuum-insulated-panel-insulation/>



<https://vipa-international.org/vacuum-insulation-panels-used-in-buildings/>

## วัสดุให้ความเย็น Ice Pack/Gel Pack



<https://www.therapak.com/catalog/gel-refrigerant-packs/>

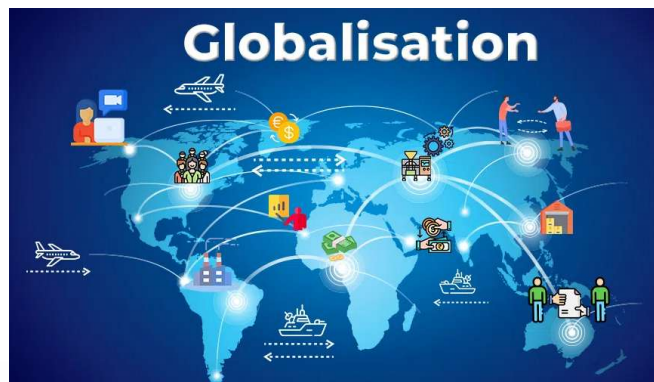
<https://packingdd.com/products/>

## วัสดุให้ความเย็น Phase Change Material (PCM)



<https://www.tempaidcoldchain.com/packaging-components/refrigerants/flexible-pcm-mats/>

<https://thai.cooler-icepacks.com/quality-12563765-pcm-ice-pack-cooler>



Communication at your fingertips...



