

ความรู้พื้นฐานและปัญหาเกี่ยวกับ ความดันของของไหลในอุตสาหกรรม

สุนทร ทิพย์รัตน์สุนทร

MR. SOONTORN TIPPAYARATSOONTORN



Bachelor Degree – Chemical Engineering

Master Degree – MBA

Thai Polyacetal (MGC and TODIC joint venture)

Jobs :Director and Plant Manager, Thai Polyacetal (TPAC)

Expert Committee, Chemical Engineering, Council of Engineers, Thailand

Ethical Committee, Council of Engineers, Thailand (Committee, 8th term)

Senior Professional Engineer, Chemical Engineering

Petrochemical/Polymer Manufacturing Experience - 33 Years

- Construction and commissioning 4 plants
- Plant operation and improvement and cost saving
- Waste treatment system such as wastewater treatment, waste gas incinerator, etc
- Plant operation & de-bottlenecking with safety.

หัวข้อ

- วัตถุประสงค์
- กลุ่มเป้าหมาย
- บทนำ
- ความรู้พื้นฐานเรื่องความดันและปั๊ม
- การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซและก๊าซเป็นของเหลว
- ปัญหาที่พบบ่อยในการทำงานที่มีความดัน
 - การเดือด (Cavitation) ในด้านดูด (Suction) ของปั๊ม
 - เครื่องมือวัดระดับทำงานผิดพลาด
 - การสูบน้ำจากที่ต่ำ

หัวข้อ

- ปัญหาความดันในถังเก็บสารเคมี Low Pressure Fixed Roof Tank
- ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank
- BENZENE TANK COLLAPSE (กรณีตัวอย่าง)
- SULFURIC ACID 98% COLLAPSE (กรณีตัวอย่าง)
- Pressure from Thermal Expansion
- Contaminated Gas Drain Line
- อุปกรณ์อื่นๆ
- Questions & Answers

วัตถุประสงค์

อธิบายความรู้พื้นฐานและปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับความดันของของไหล ซึ่งจะเน้นการเกิดปัญหาในขณะใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ระหว่างการดำเนินการผลิต โดยยกตัวอย่างกรณีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน

กลุ่มเป้าหมาย

ภาควิศวกรและนักศึกษาจบใหม่ที่ไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับความดันของไหลกับระบบการผลิต

กลุ่มเป้าหมาย

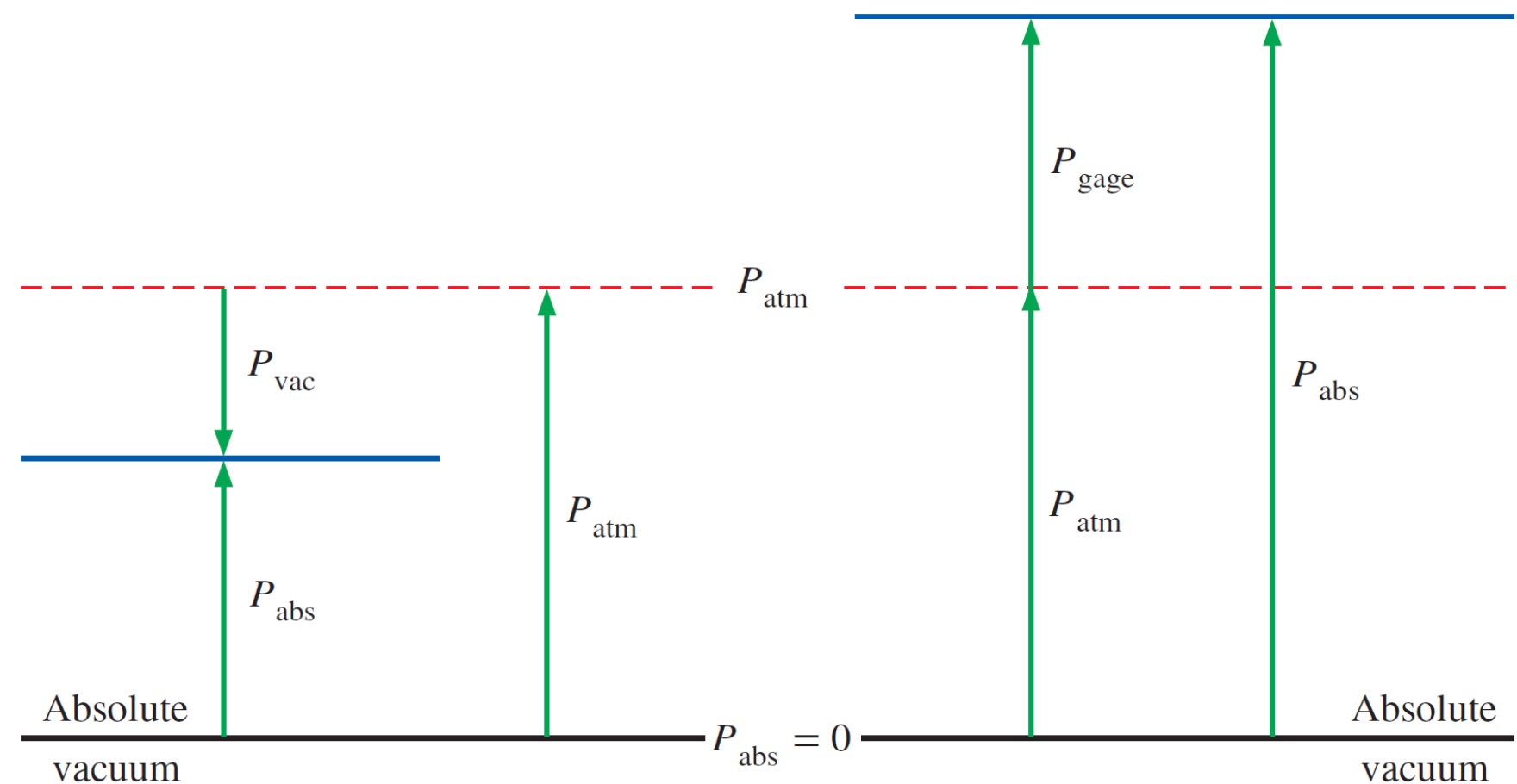
ภาคีวิศวกร และนักศึกษาจบใหม่ที่ไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับความดันของระบบของไหล

บทนำ

- ความดันของของไหล คือ อัตราส่วนของแรงที่ของไหลกระทำต่อหน่วยพื้นที่ (F/A)
- ความดันด้านบวกไม่จำกัด เช่น +1200 BarG แต่ความดันด้านลบมีแค่ -1 BarG หรือ 0 Absolute Pressure
- ความดันมีหน่วยเป็น แรงต่อพื้นที่ หน่วยความดันที่ใช้งานต่างๆ ดังนี้

Pressure

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 (\text{Pa}) = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bar} \\ &= 1.01325 \times 10^6 \text{ dynes/cm}^2 = 14.696 \text{ lb}_f/\text{in}^2 (\text{psi}) \\ &= 760 \text{ mm Hg at } 0^\circ\text{C} (\text{torr}) = 10.333 \text{ m H}_2\text{O(l) at } 4^\circ\text{C} \\ &= 29.921 \text{ inches Hg at } 0^\circ\text{C} = 406.8 \text{ inches H}_2\text{O(l) at } 4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

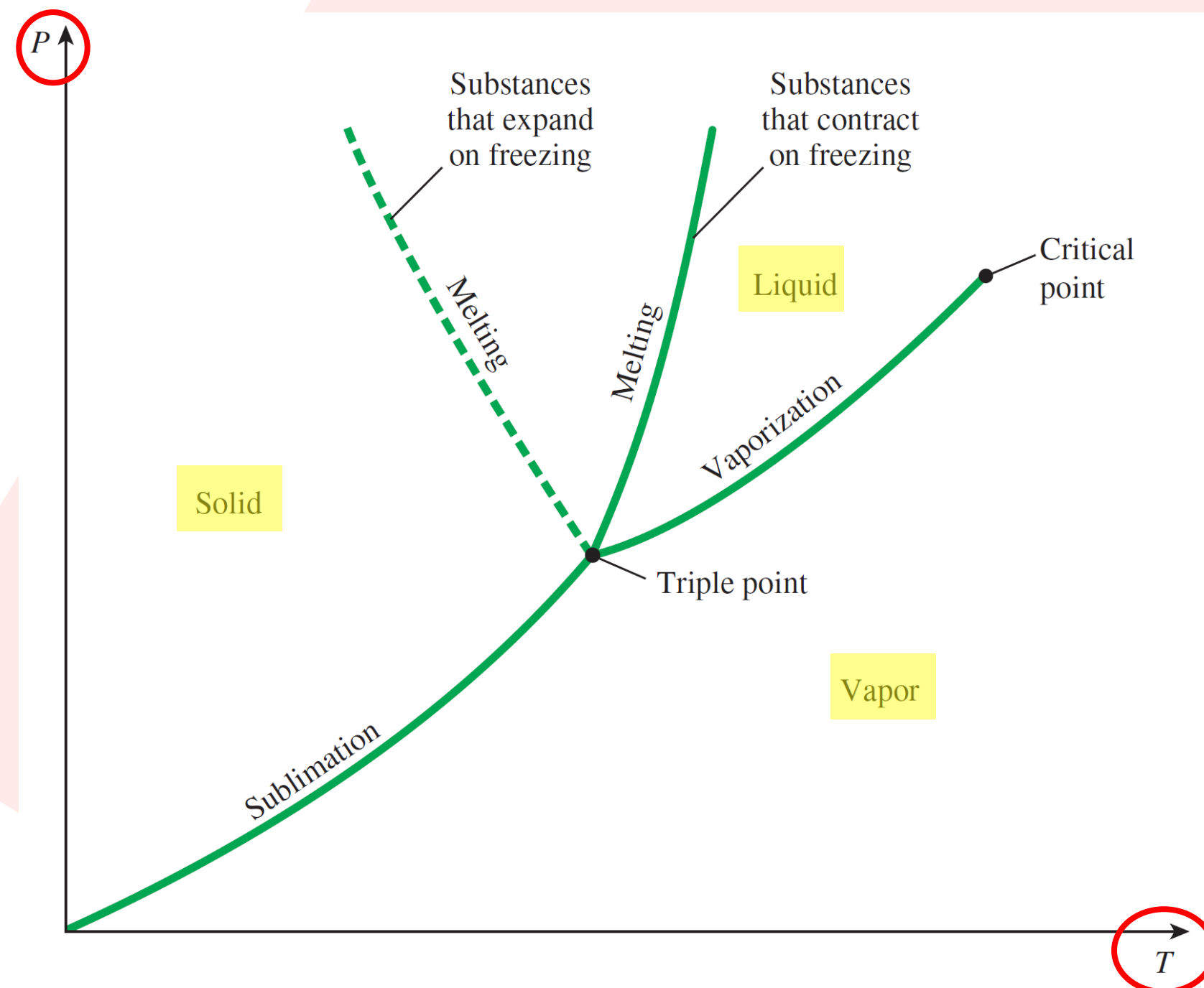


ความรู้พื้นฐานเรื่องความดันและปั้ม

- ความดัน 1 kg/cm² ส่งน้ำได้สูงประมาณ 10 เมตร ($P = \rho \times g \times h$)
- ปั๊มมีหลายชนิด เช่น Positive และ Non-positive displacement ซึ่งวิธีการใช้งานจะต่างกัน
- จุดเดือดของเหลวเปลี่ยนไปตามความดันและอุณหภูมิ

ตารางจุดเดือดของน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามความดัน

อุณหภูมิที่น้ำสามารถเดือด (°C)	ความดัน (mmHg _a)
30	31.8
35	42.2
40	55.3
100	760
121	1 kg/cm ² G (1,495.5)

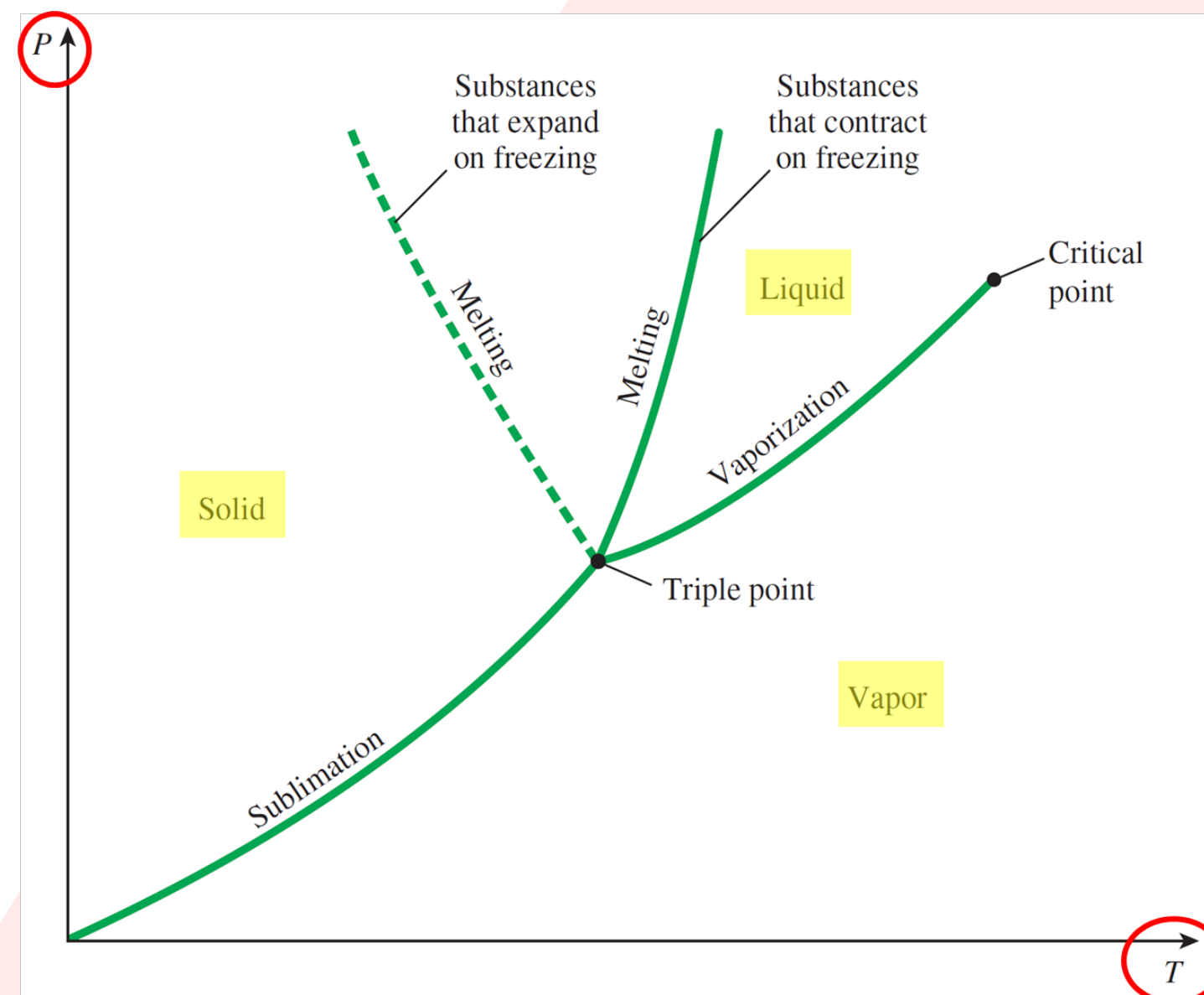


ความรู้พื้นฐานเรื่องความดันและปั๊ม (ต่อ)

- เมื่อของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ : ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น
หลายร้อยเท่า ขึ้นอยู่กับชนิดของเหลว

• น้ำ	ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น	1,600 เท่า
• CO ₂	ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น	535 เท่า
• N ₂	ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น	645 เท่า
• O ₂	ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น	860 เท่า

- การเดือดเกิดขึ้นได้ทันทีเมื่อมีความดันและอุณหภูมิที่จุดเดือด การเดือดเกิดได้ทั้งจากความดันที่ลดลงหรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ในทางกลับกันการควบแน่นเกิดจากความดันสูงขึ้น หรืออุณหภูมิที่ลดลงเช่นกัน)
- ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต เช่น ปั๊ม ถ้ามีก๊าซปนในของเหลว ปั๊มจะทำงานไม่เสถียรหรือทำงานไม่ได้ หรืออุปกรณ์เสียหายได้
- ตัวอย่างจากนี้จะเน้นที่น้ำและไอน้ำเนื่องจากการใช้งานในเกือบทุกอุตสาหกรรม



ความรู้พื้นฐานเรื่องความดันและปั๊ม (ต่อ)

- ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะมีความหนาแน่นลดลง และมีปริมาตรมากขึ้น
- ความดันไอ (Vapor Pressure) จะแปรเปลี่ยนขึ้นตามอุณหภูมิ
- ของเหลวเป็น incompressible fluid การอัดของเหลวในระบบปิดที่ไม่มีก๊าซ จะทำให้ความดันขึ้นได้สูงมาก
- ความดันไอและอุณหภูมิจุดวาบไฟของของเหลวในถังเก็บสารเคมีจะเป็นตัวกำหนดว่าจะต้องใช้ถังเก็บสารเคมีชนิดใด เช่น Fixed Roof Tank และความดันออกแบบ (Design Pressure) และอุณหภูมิออกแบบ (Design Temperature) ของถังจะมีค่าเท่าใด

Criteria for Storing Liquid Products in Atmospheric Storage Tanks

Parameter	Criteria	Tank type	Comments
True Vapor Pressure (TVP)* main determining factor	TVP < 1.5 psia (0.1) bara)	Fixed roof tank	Fixed roof tanks are generally used where the products stored do not readily vaporize at the ambient or stored temperature conditions.
	$1.5 \leq \text{TVP} \leq 11.1$ psia ($0.10 \leq \text{TVP} \leq 0.77$ bara)	Floating roof tank	
	TVP > 11.1 psia (TVP > 0.77 bara)	Low pressure storage tank or pressure vessel	Product is too volatile (gaseous) for floating roof tank (roof may collapse due to instability). Tank emissions should be recovered for recycle or destruction.
Flash Point (FP)**	FP > 55°C (130°F)	Fixed roof tank	For example, gas oils, diesel oils, fuel oils.
	Low FP < 55°C (130°F)	Floating roof tank	For example, gasoline, crude oil, naphtha. (Liquids that could produce a flammable atmosphere at normal outside temperatures are normally stored in floating roof tanks, except when the vapor space is kept inert (free of air) by a nitrogen blanket and protected by pressure/vacuum valves.)

Ref: BP Safety Group, Safe Tank Farms and (Un)Loading Operations, 4th ed., BP Process Safety Series, The Institution of Chemical Engineers, 2008.

ตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ และก๊าซเป็นของเหลว

ตัวอย่างการเดือดที่เกิดขึ้นได้ทันที



การเปิดฝาหม้อน้ำรถยนต์ในขณะที่ร้อน
น้ำจะกลายเป็นไอน้ำทันที



นักบินอวกาศที่อยู่ในสภาพสุญญากาศ ต้องใส่ใส่ชุดปรับความดัน
ทั้งตัว เนื่องจากต้องหายใจ และป้องกันไม่ให้น้ำในร่างกายเดือด

ตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ และก๊าซเป็นของเหลว (ต่อ)

ตัวอย่างการควบแน่นที่เกิดขึ้นได้ทันทีจากฝนตก /
การเติมของที่เย็นเข้ามาในถังที่ร้อน



ตัวอย่างการเดือดที่เกิดขึ้นทันทีของ flash steam
ดังนั้น ต้องแยกให้ออกว่ากรณีใดเป็น steam trap
รั่ว หรือกรณีใด เป็น flash steam

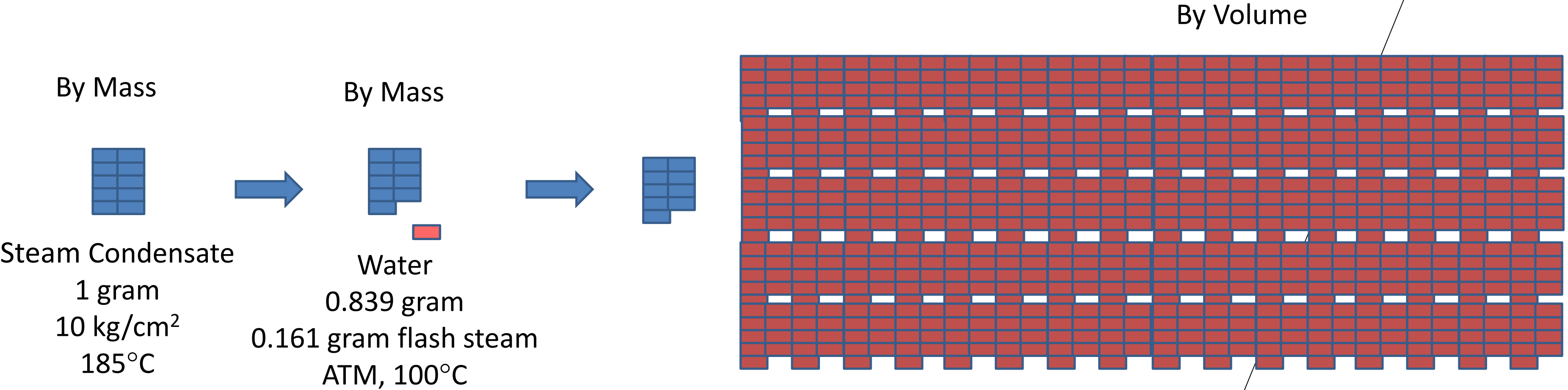
กักดักไอน้ำ (Steam Trap) เป็นวาล์วควบคุมแบบอัตโนมัติที่ทำหน้าที่ระบาย
น้ำร้อนออกจากระบบไอน้ำให้เร็วที่สุด และทำหน้าที่อีกอย่างคือปิดกั้นไอน้ำไม่ให้
รั่วไหล



Steam Condensate and Flash Steam

- Example: Condensate releases from steam trap at 10 kg/cm² to ATM

Steam condensate							
at 10 Bars		at ATM					
1 gram		0.161	gram to flash steam			269.45	cc
		0.839	gram to water at 100 C			0.875	cc
						307.9429	time



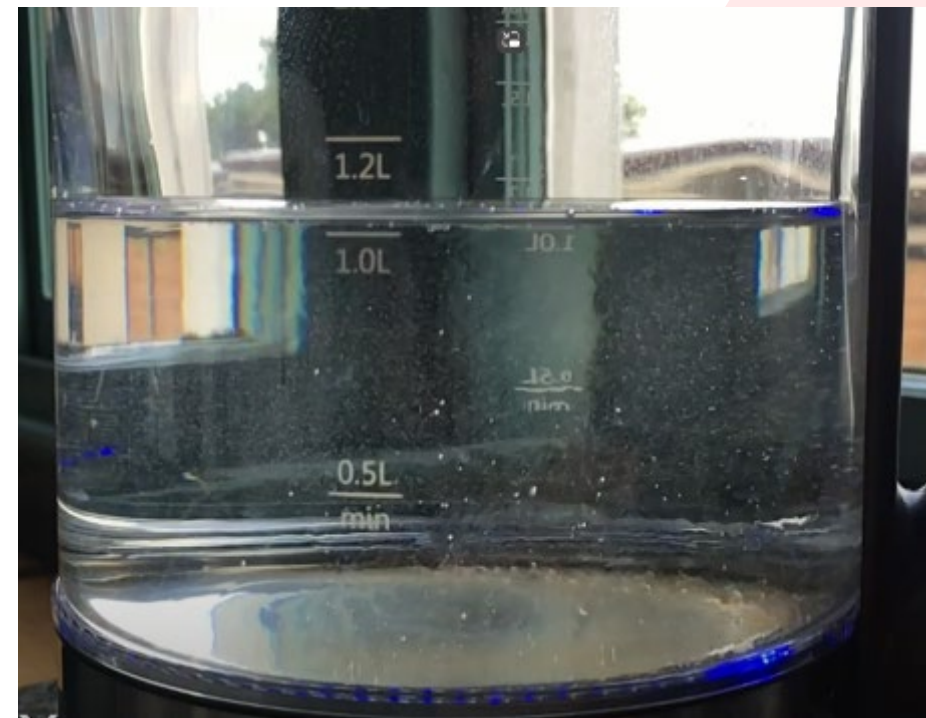


การระเบิดของอิฐทนไฟจากการให้ความร้อน และเกิดการเดือดของน้ำในอิฐทนไฟ (ปูนเปียกน้ำหรือการให้ความร้อนครั้งแรก)

ตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ และก๊าซเป็นของเหลว (ต่อ)

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะก๊าซเป็นของเหลว อาจเกิดการกระแทกอย่างรุนแรง มักจะมีเสียงการสั่นตามมา เช่น

1. การต้มน้ำ



ก่อนการเดือด : มักจะมีเสียงดัง เนื่องจากก่อนการเดือด ด้านล่างที่ติดกับแผ่นความร้อนจะมีฟองก๊าซเล็กๆ ที่เริ่มเกิดขึ้นและลอยขึ้นมาด้านบน แต่ด้านบนใกล้ผิวน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ค่อนข้างมาก ทำให้เกิดการควบแน่นโดยทันที จึงเกิดเสียงดังและเกิดการกระแทก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Cavitation

ตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ และก๊าซเป็นของเหลว (ต่อ)

2. การเกิดค้อนน้ำ (Water Hammer หรือ Steam Hammering) เมื่อจ่ายไอน้ำเข้าไปในท่อที่เย็น

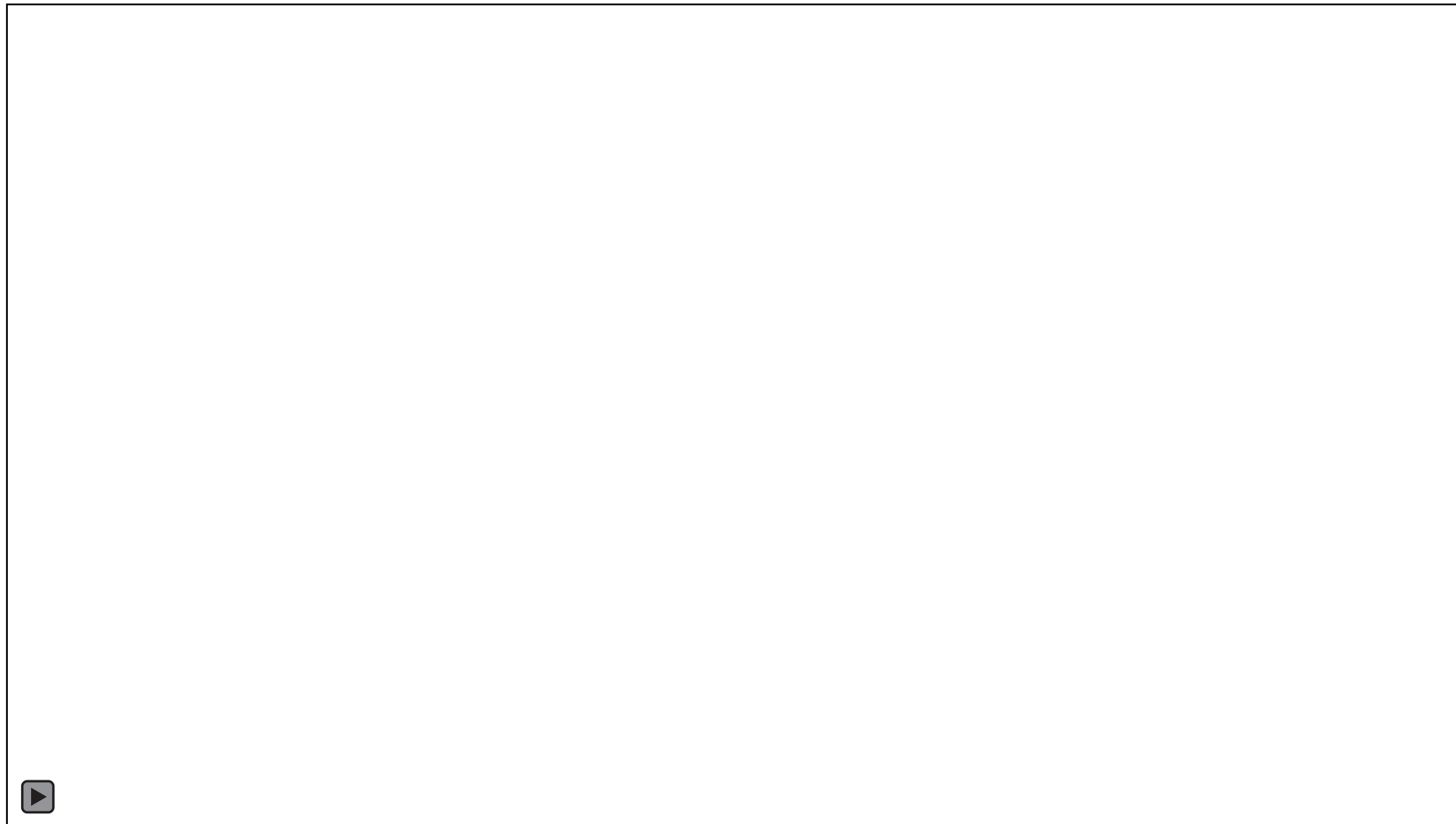
ความรุนแรงของ Steam Hammering สามารถทำให้เครื่องจักรเสียหายได้

ปรากฏการณ์อันตรายในระบบท่อ ในตัวอย่างนี้มีการเกิด ดังนี้

- เมื่อจ่ายไอน้ำเข้าไปสัมผัสกับพื้นผิวโลหะที่เย็นหรือของเหลวเย็น
- ทำให้ไอน้ำควบแน่นอย่างรวดเร็วและเกิดสุญญากาศเฉพาะที่
- ของเหลวรอบข้างพุ่งเข้าไปเติมช่องว่าง ทำให้เกิดแรงกระแทกสูงภายในท่อ

ตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ และก๊าซเป็นของเหลว (ต่อ)

- การเกิด Steam Hammering เมื่อจ่ายไอน้ำเข้าไปในท่อที่เย็น



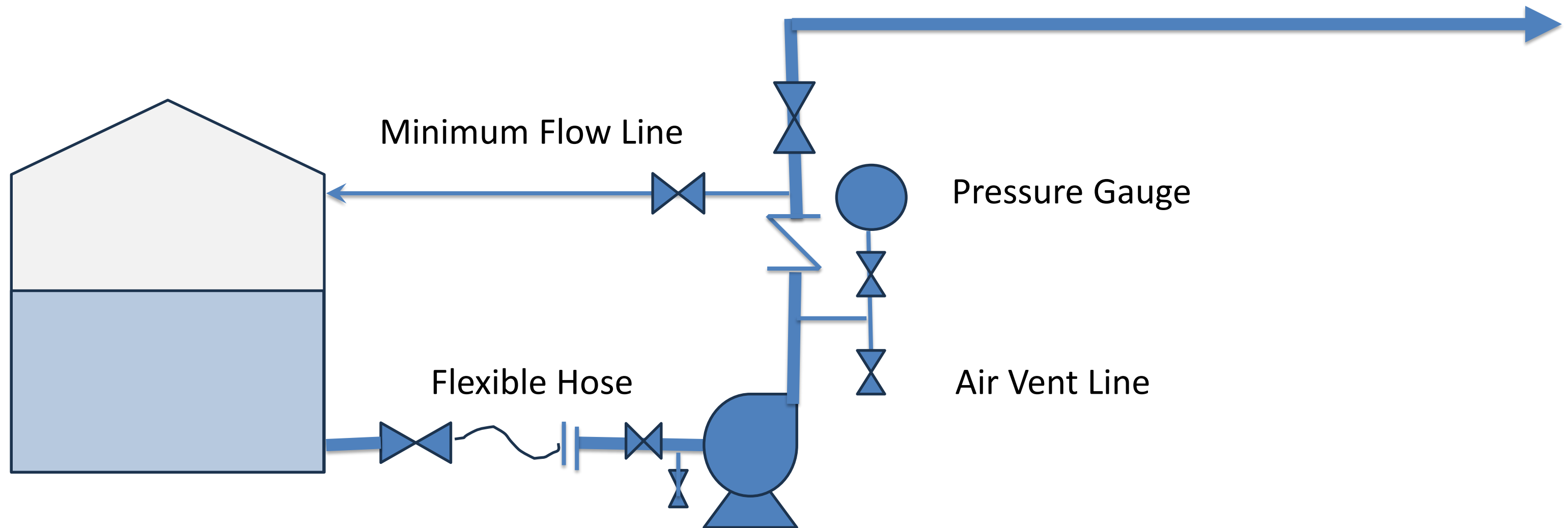
Reference of video : <https://m.youtube.com/watch?v=Wvzpxcgw-XE>

ปัญหาที่พบบ่อยในการทำงานที่มีความดัน

การเดือด (Cavitation) ในด้านดูด (Suction) ของปั๊ม

การเดือด (Cavitation) ในด้านดูด (Suction) ของปั๊ม (ต่อ)

การออกแบบปั๊ม $NPSH_a > NPSH_r$ เสมอ

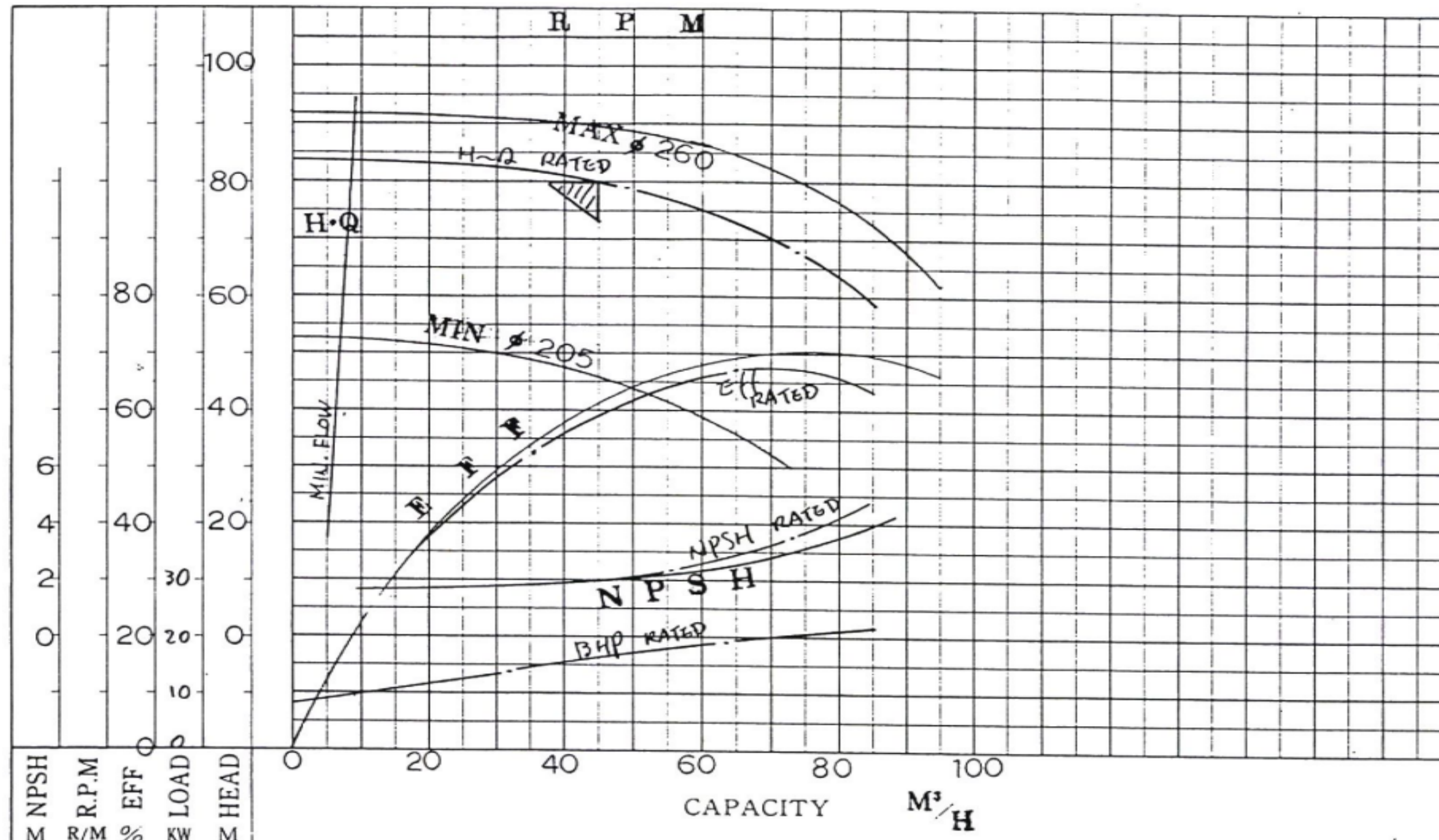


การเดือด (Cavitation) ในด้านดูด (Suction) ของปั๊ม (ต่อ)

EXPECTED CHARACTERISTIC CURVES

ITEM NO P-07-1T/-2T SERVICE CONDENSED WATER FEED PUMP

PUMP TYPE ND 8x5x25 CENTRIFUGAL PUMP



SPECIFICATIONS

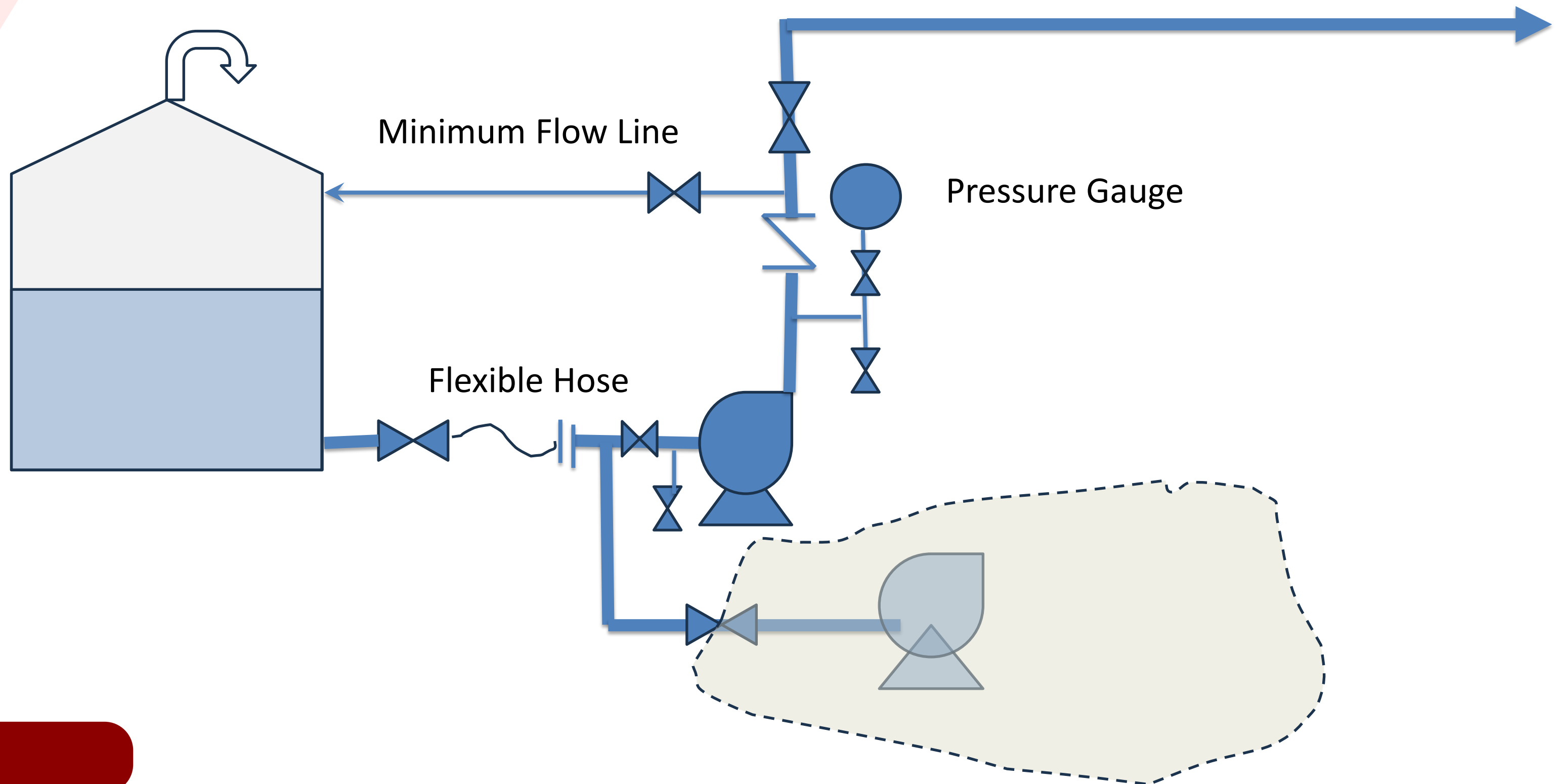
LIQUID	HW
TEMPERATURE	100 °C
SPEC. GRAVITY	1.0
VISCOSITY	1.0 CP ES
CAPACITY	45 m³/hr
TOTAL HEAD	80 M
N.P.S.H (avail/reqd)	3.3/2.0 M
R.P.M	2940 R/M
DRIVER POWER	22 KW
BHP	16.6 KW

NOTE

..... RATED

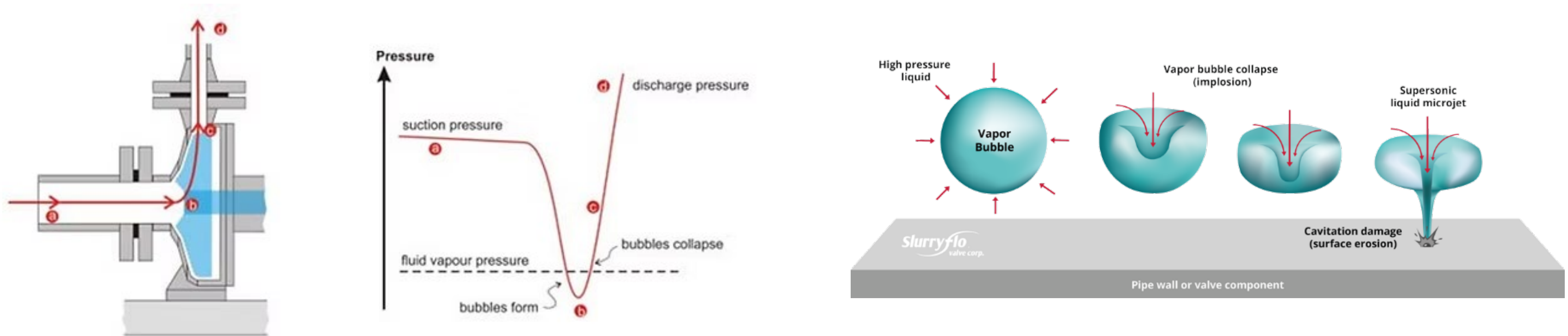
การเดือด (Cavitation) ในด้านดูด (Suction) ของปั๊ม (ต่อ)

เมื่อต้องการเพิ่มปั๊มและให้มีการใช้งานขนานกัน ต้องพิจารณา $NPSH_a$ ใหม่เสมอ



Cavitation

ปรากฏการณ์ที่เกิดฟองไอ (Vapor Bubbles) ขึ้นในของเหลวเมื่อความดันในบริเวณนั้นลดลงต่ำกว่าความดันไอของของเหลว (Vapor Pressure) จากนั้นฟองไอละลานั้นจะยุบตัว (Collapse) อย่างรวดเร็วในบริเวณที่ความดันกลับสูงขึ้น ทำให้เกิดแรงกระแทกขนาดใหญ่



Ref of picture: <https://www.slurryflo.com/cavitation>

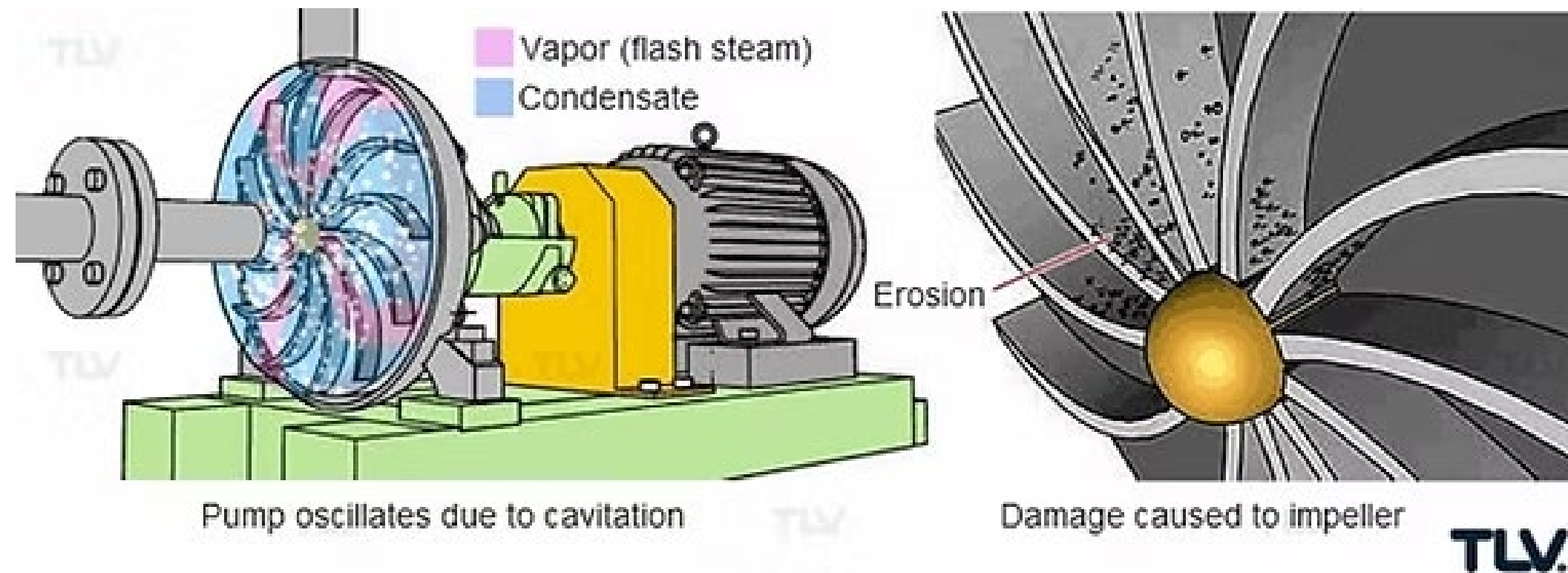
<https://www.leo.co.th/post/cavitation-%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3>

บริเวณที่เกิด Cavitation

- บริเวณด้านดูดของปั๊ม (Suction)
- โกลีไบพัด (Impeller)

การเกิด Cavitation เกิดได้กับ

- ของเหลวที่เป็นน้ำ
- ของเหลวที่หนืดมาก เช่น Polymer ที่หลอมเหลว



Demonstration of Suction Cavitation

28



Reference of video : https://m.youtube.com/watch?v=AU_Fnlu65qU

ความเสียหายจากการเกิด Cavitation

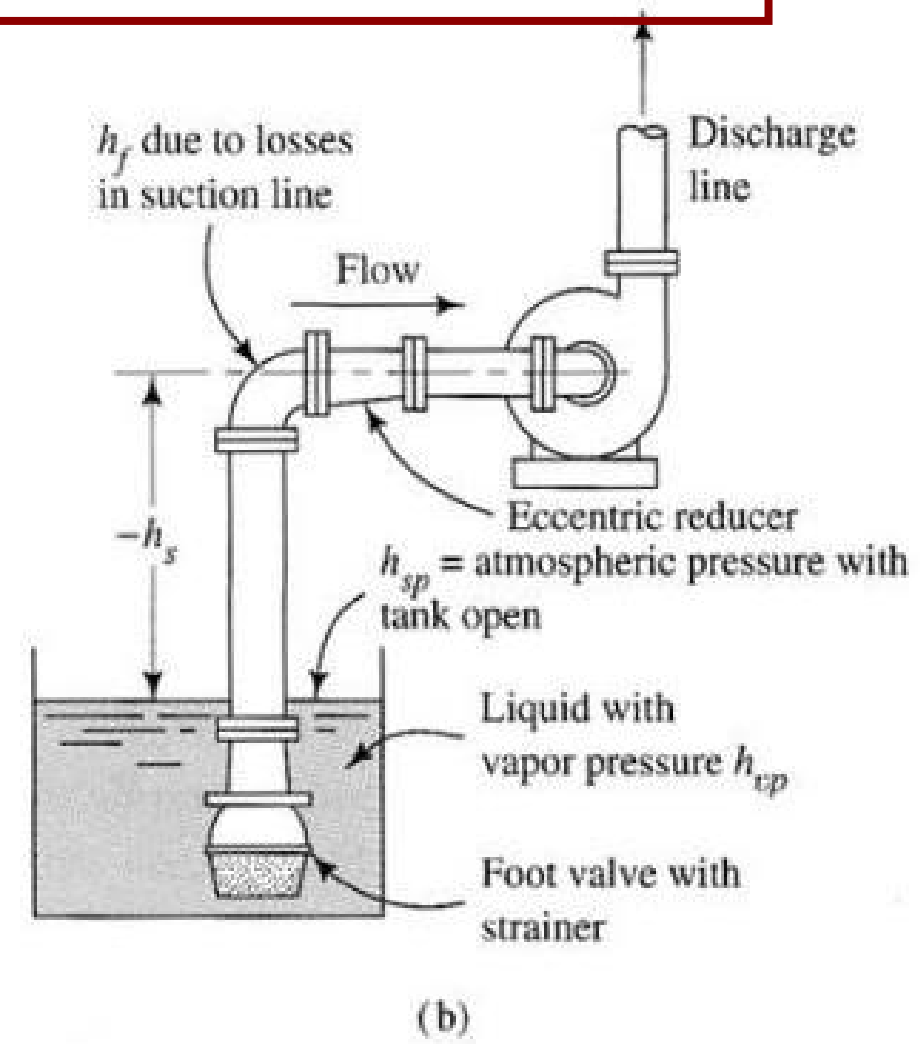
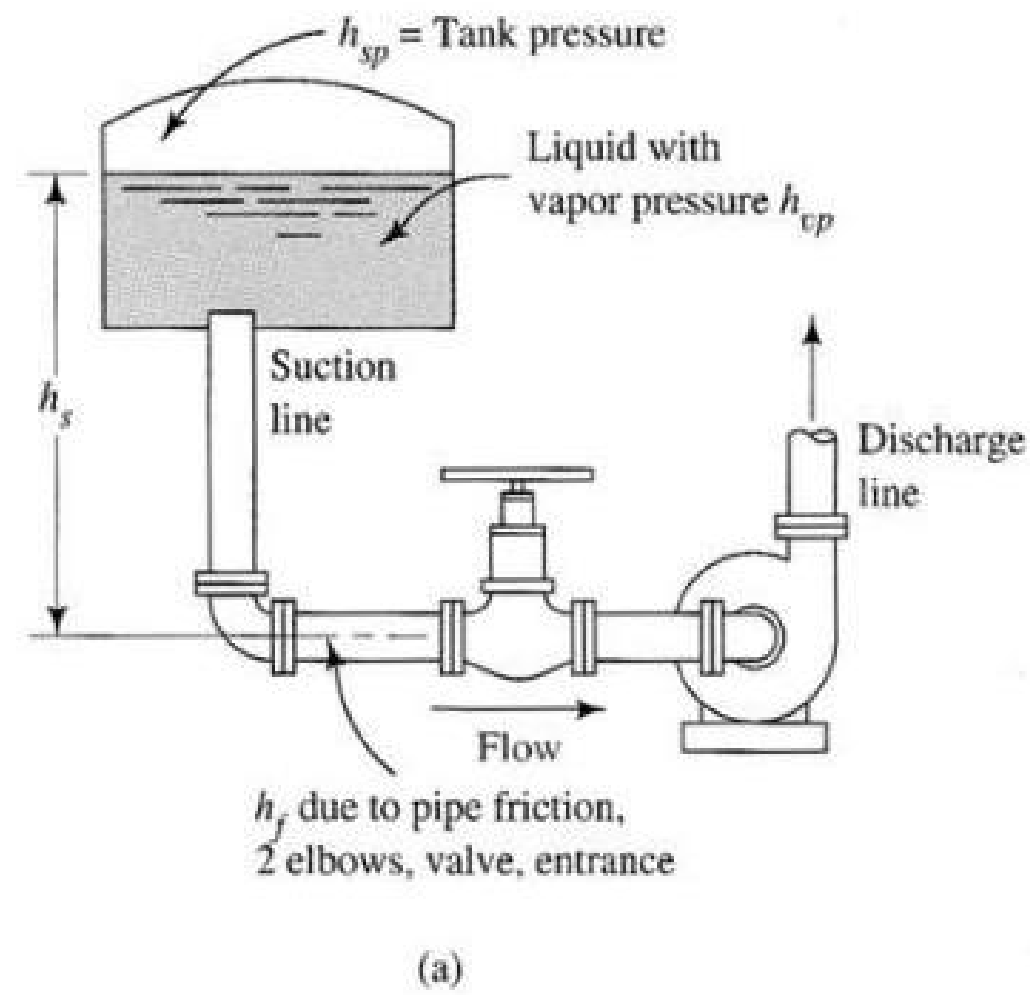
แม้เลือกวัสดุท่อได้ถูกต้องตามชนิดของเหลวที่ใช้งาน ไม่ได้หมายถึงสามารถทนการเกิด Cavitation, Steam Hammering, Erosion ได้



สมการ $NPSH_a$

(Net Positive Suction Head available)

$$NPSH_{Available} = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$



NPSH_r

(Net Positive Suction Head required)

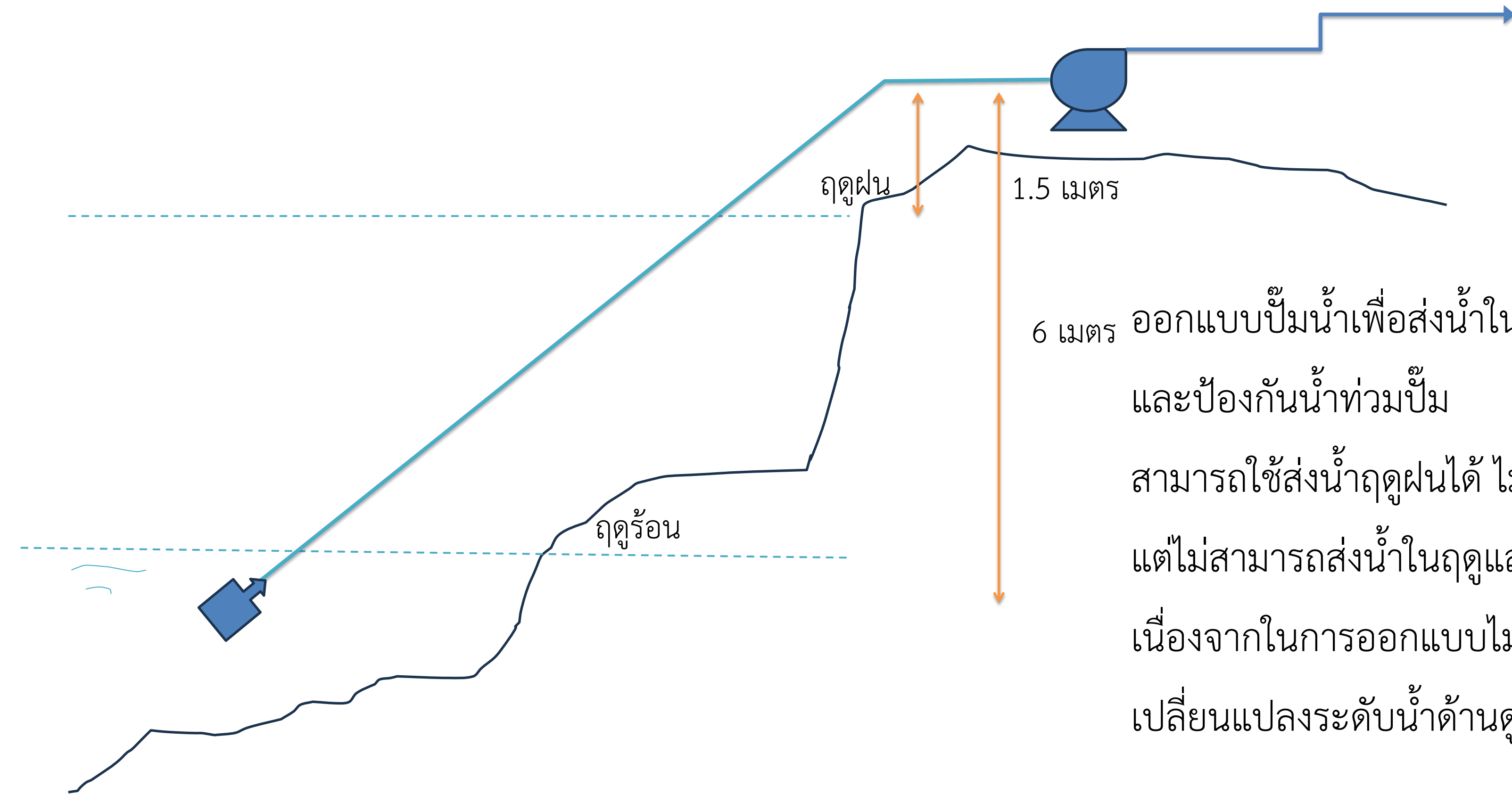
ข้อควรระวังของการเลือกปั๊มที่มีกำหนด NPSH_r

คือ ต้องมีการระบุว่า NPSH_r จากการใช้ของเหลวอะไร ถ้าเป็น Standard Curve ของปั๊ม ผู้ผลิตมักจะกำหนดเป็นตัวเลขเมื่อใช้กับน้ำ

สิ่งที่ต้องแจ้งกับผู้ขาย :

- นำมาใช้กับสารอะไร
- Vapor Pressure เท่าไร
- อุณหภูมิเท่าไร

เมื่อกำหนด NPSH_r มาแล้ว ผู้ออกแบบระบบ ต้องคำนวณ NPSH_a เมื่อนำปั๊มมาติดตั้งเข้ากับระบบ



6 เมตร ออกแบบปั๊มน้ำเพื่อส่งน้ำในภาวะขาดแคลนน้ำ
และป้องกันน้ำท่วมปั๊ม
สามารถใช้ส่งน้ำฤดูฝนได้ ไม่มีปัญหา
แต่ไม่สามารถส่งน้ำในฤดูแล้งได้
เนื่องจากในการออกแบบไม่ได้คำนึงการ
เปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้านดูด

การแก้ปัญหาการเกิด Cavitation

1. เปลี่ยนวัสดุใบพัด (Impeller Material)

- หากจำเป็นต้องปล่อยให้เกิด Cavitation
- ใช้วัสดุที่ทนแรงกระแทกได้ ช่วยลดความเสียหาย แม้ยังมี Cavitation เกิดอยู่

2. ลดอัตราการไหล เช่น การ ปิด Min. Flow Line

3. เพิ่มความสูงของของเหลวด้าน Suction (เพิ่ม H)

- เพิ่มแรงดันที่ด้านดูดของปั๊ม

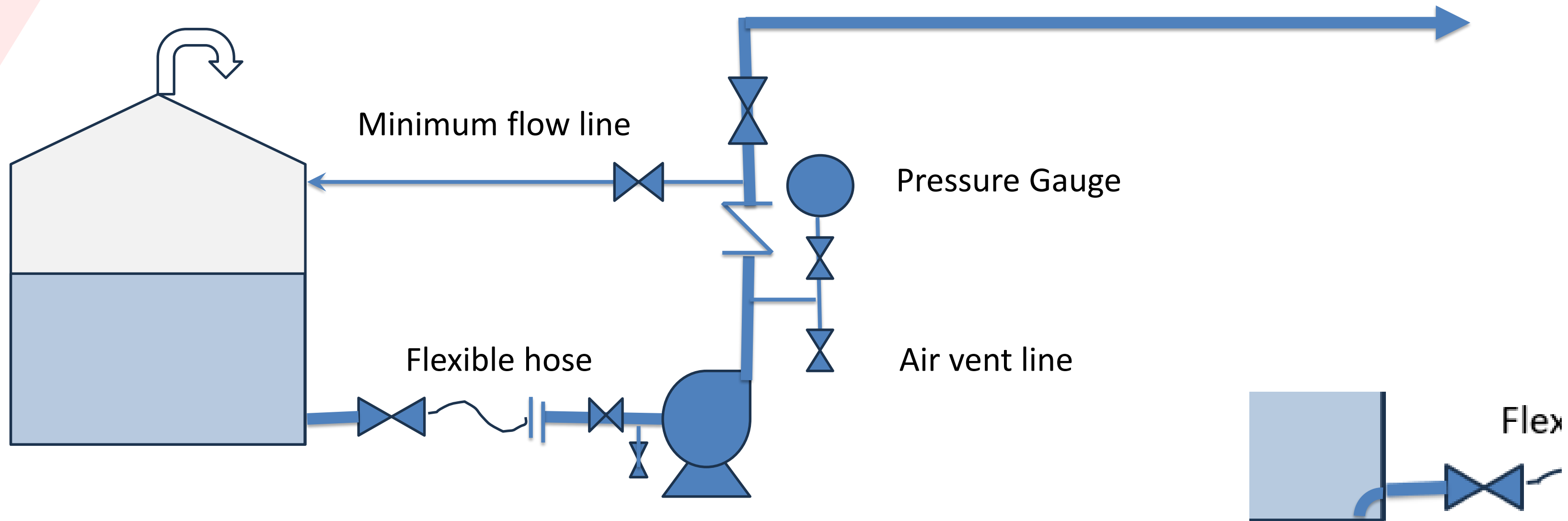
4. เพิ่มขนาดท่อ Suction

- ลดการสูญเสียแรงดันในท่อ (h_f ลดลง)

5. เติมน้ำของเหลวที่เย็นมาผสม

- ทำให้อุณหภูมิรวมต่ำลง ช่วยลด Vapor Pressure

การออกแบบปั๊ม $NPSH_a > NPSH_r$ เสมอ



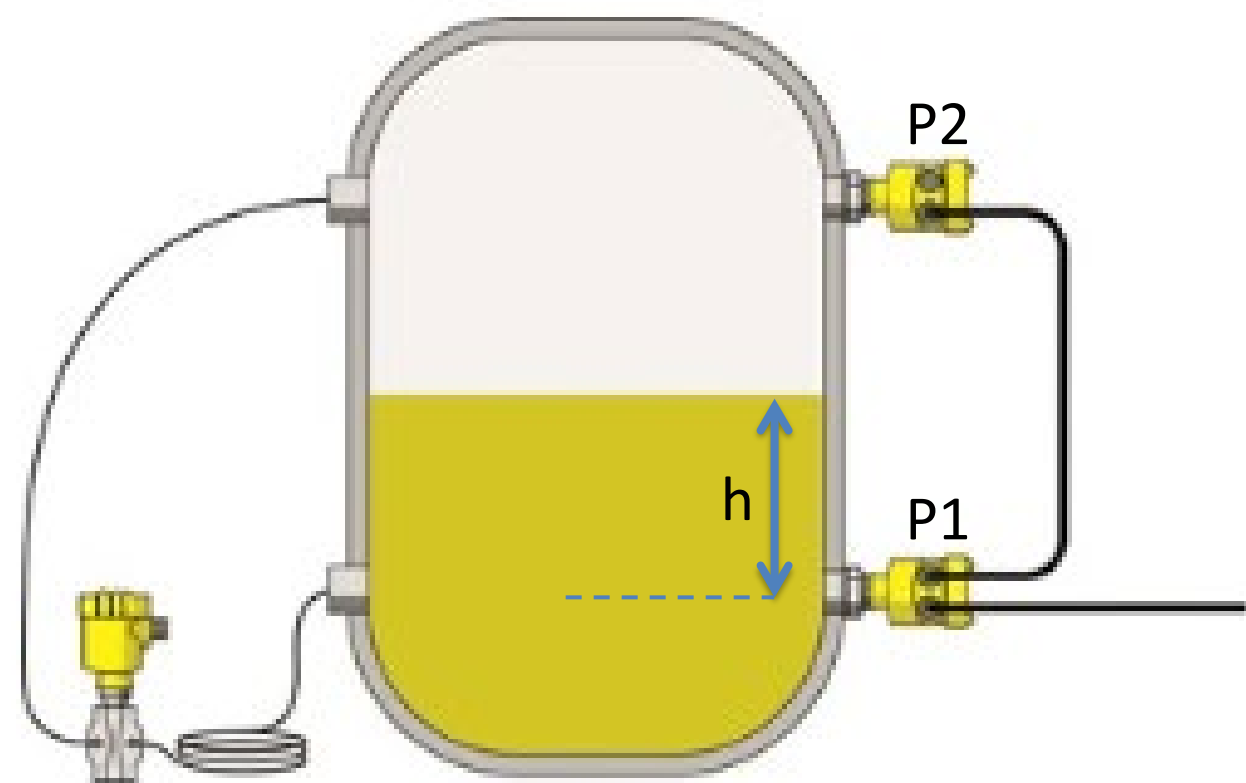
ถ้า $NPSH_r = 2 \text{ m}$ ต้องรักษาระดับของเหลว ไว้อย่างต่ำ **2 m** ถูกต้องหรือไม่

คำตอบคือ น้ำจะผิิดถ้าอุณหภูมิของเหลวดังกล่าวไม่สูงจนใกล้จุดเดือด ตามภาพระบบน้ำจะสามารถดูดของเหลวจนเกือบหมด จนกระทั่งอากาศเข้าได้

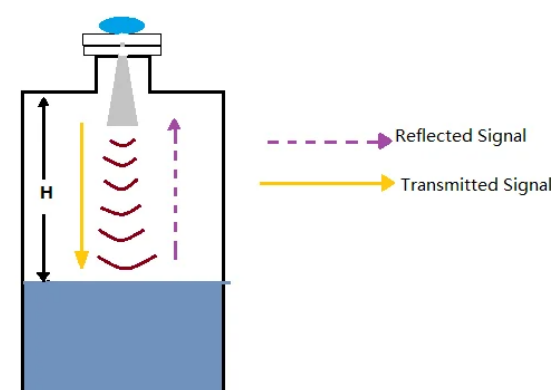
ปัญหาที่พบบ่อยในการทำงานที่มีความดัน

เครื่องมือวัดระดับทำงานผิดพลาด

เครื่องมือวัดระดับที่ใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมชนิดหนึ่ง ก็คือ Differential Pressure Type (DP type)



ในกรณี รูปด้านบนอาจติดตั้งอุปกรณ์วัดชนิดอื่น เช่น Radar Type แต่ถ้าเป็นหอกลั่น หอดูดซับ จะใช้ DP Type



ความดัน $P1 - P2$ = ความดันที่เกิดจากของเหลว

ความดันที่เกิดจากของเหลว = ρgh

ดังนั้น เมื่อรู้ Density ของของเหลวก็จะสามารถรู้ความสูง แต่ปัญหาส่วนใหญ่ก็คือ จะต้องมีการกำหนดค่า Density เป็นค่าคงที่

ถ้านำไปวัดค่าของเหลวที่มี Density แตกต่างกันไป เช่น Density มากกว่าที่กำหนด -> ระดับของของเหลวจะต่ำกว่าค่าที่วัดได้ Density น้อยกว่าที่กำหนด -> ระดับของของเหลวจะสูงกว่าค่าที่วัดได้

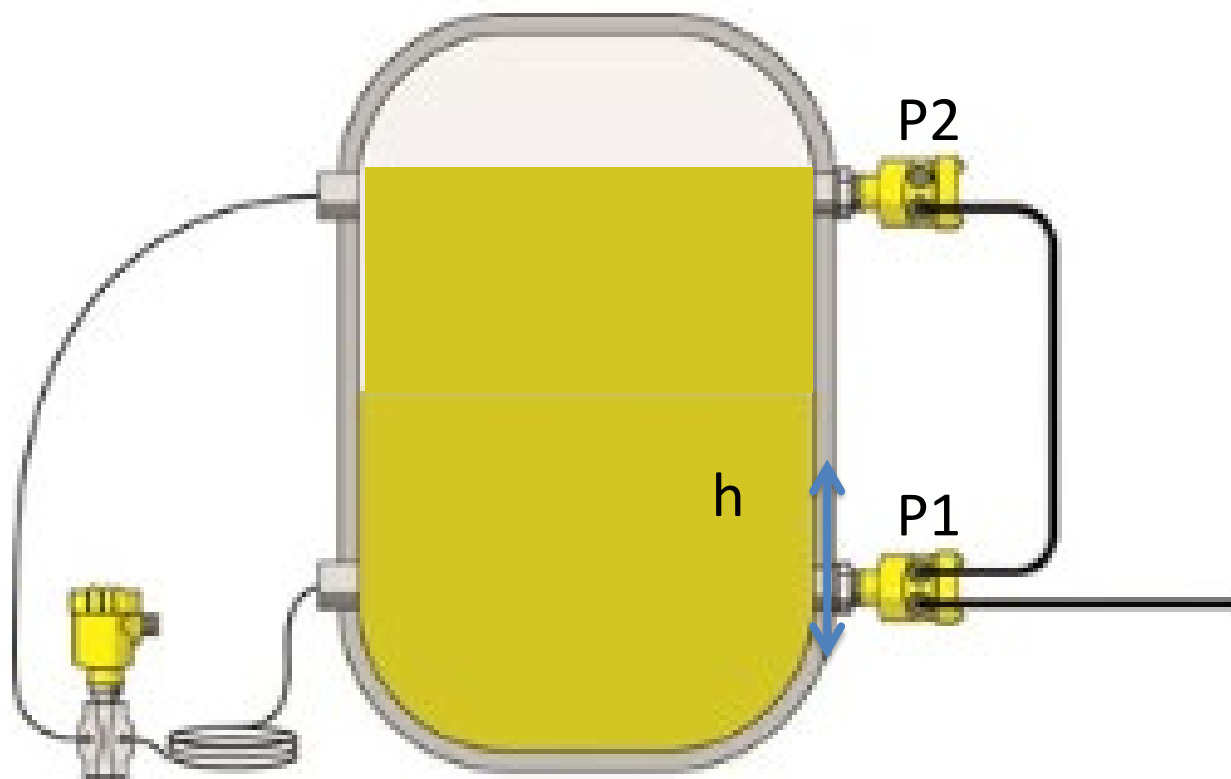
เกิดจากการ Startup หรือ Commissioning

เครื่องมือวัดระดับทำงานผิดพลาด (ต่อ)

Density น้อยกว่าที่กำหนด -> ระดับของของเหลวจะสูงกว่าค่าที่วัดได้

เช่น ถ้า Density ต่างกัน 20% จะอ่านระดับได้น้อย แต่ระดับของของเหลวจะสูงกว่าค่าวัด

หากเมื่อระดับสูงขึ้นจนท่วม P2 อาจจะอ่านได้แค่ 80% แล้วคงที่ จากนั้นจะไม่อ่านเพิ่มขึ้น (เพราะ P1-P2 จะคงที่) อาจจะทำให้เกิดการล้นเกิดขึ้น



การสูบน้ำจากที่ต่ำ

เราสามารถดูดน้ำจากจากที่ต่ำ ได้ลึกที่สุดกี่เมตร ?

ความดันด้านดูดต่ำสุด คือ 0 Absolute Pressure ในขณะที่ความดันด้านบวกมีไม่จำกัด

- ความดัน 1 BarG ส่งน้ำได้สูงประมาณ 10 เมตร
- Vacuum -1 BarG ดูดน้ำได้ลึกประมาณ 10 เมตร

ตารางจุดเดือดของน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามความดัน

อุณหภูมิที่น้ำสามารถเดือด (°C)	ความดัน (mmHg _a)
30	31.8
35	42.2
40	55.3
100	760
121	1 kg/cm ² G (1,495.5)

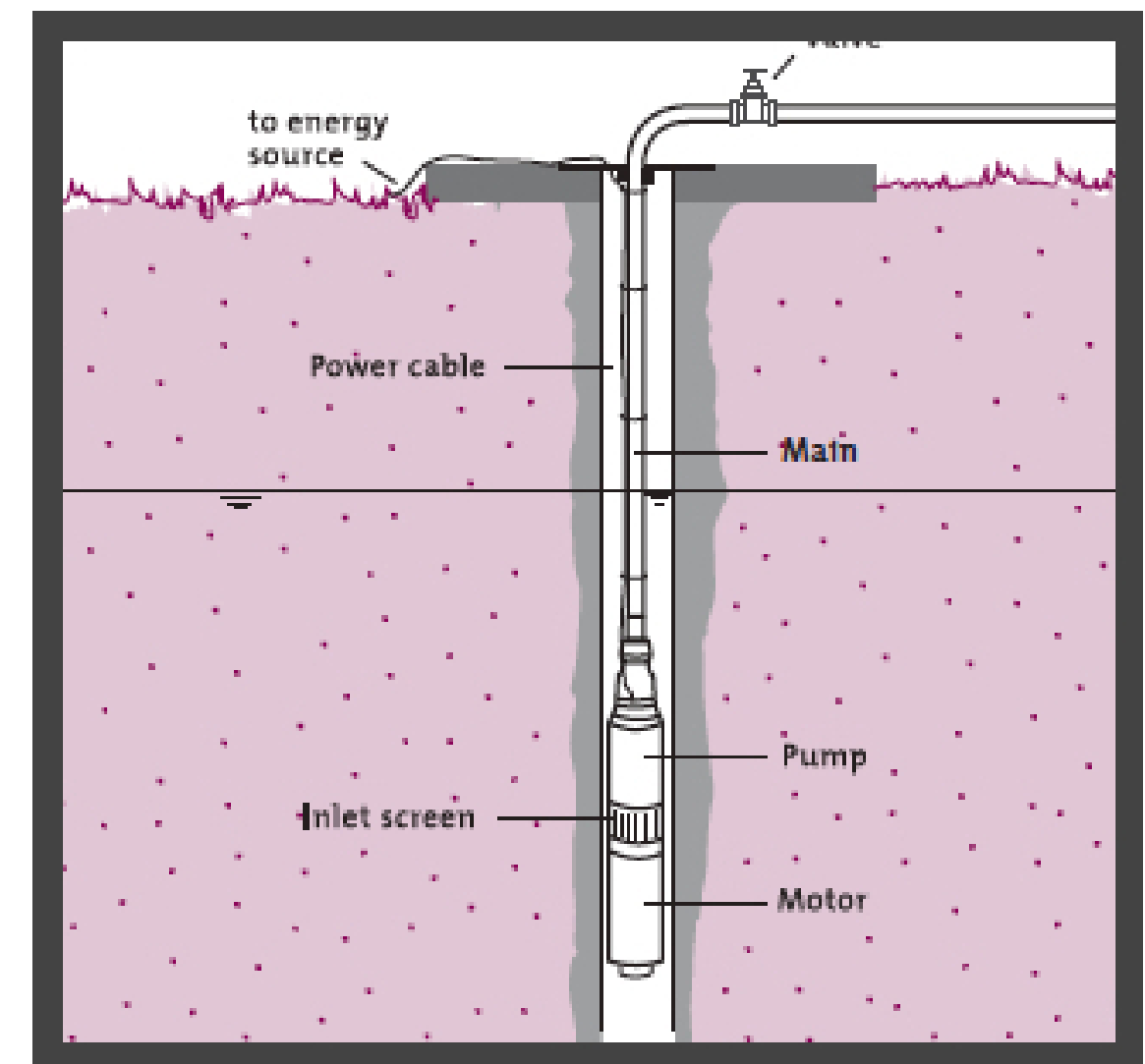
การสูบน้ำจากที่ต่ำ (ต่อ)

- การสูบน้ำในสภาพที่ตัวปั๊มอยู่สูงกว่าระดับน้ำ สามารถทำได้ **ไม่เกิน 10 เมตร**
ในทางทฤษฎี หากความดันที่ท่อดูดเป็นสุญญากาศ (0 bar abs): น้ำจะถูกดันขึ้นมาสูงสุด 10.3 เมตร
- โดยปกติในทางปฏิบัติ ปั๊มธรรมดาจะดูดน้ำได้ไม่เกิน 4-5 เมตร (+ foot valve) เนื่องจากปั๊มไม่สามารถสร้างสุญญากาศสมบูรณ์ และมีแรงต้านทานในระบบ เช่น ความสูญเสีย (Losses) และ Vapor Pressure ของน้ำ (การเดือดของน้ำเกิดจากความดันที่ลดลง)
- การแก้ปัญหา เมื่อดูดไม่ได้ ก็ต้องส่งแทน (ย้ายปั๊มลงไปใกล้กว่า)

การสูบน้ำบาดาล

หลักการสูบน้ำบาดาลโดยใช้ปั๊มจุ่ม (Submersible Pump)

- ใช้งานแพร่หลายที่สุด สำหรับสูบน้ำบาดาลที่มีความลึกมาก
- ปั๊มจะถูกติดตั้งจุ่มลงไปใ้ในบ่อน้ำบาดาลภายในหลุมเจาะ
- เหมาะกับความลึกตั้งแต่ 10-50 เมตร หรือมากกว่า
- มอเตอร์จะถูกซีลกันน้ำอย่างแน่นหนา (IP68) ป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปภายในมอเตอร์ & ระบบ ตัวปั๊มก็ใช้ Mechanical Seal ป้องกันการรั่ว



ปั๊มบาดาล

มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

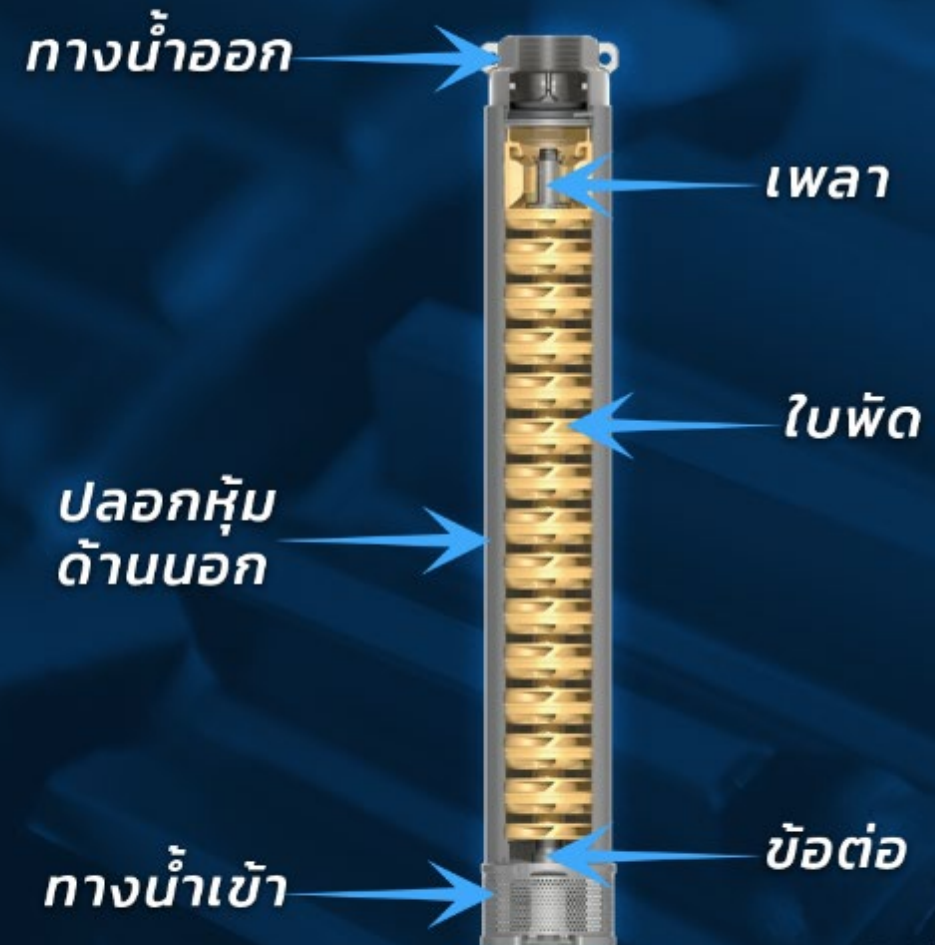


มาตรฐานอิตาลี
ทน แกร่ง แรงจัด

TORQUE

ส่วนประกอบ

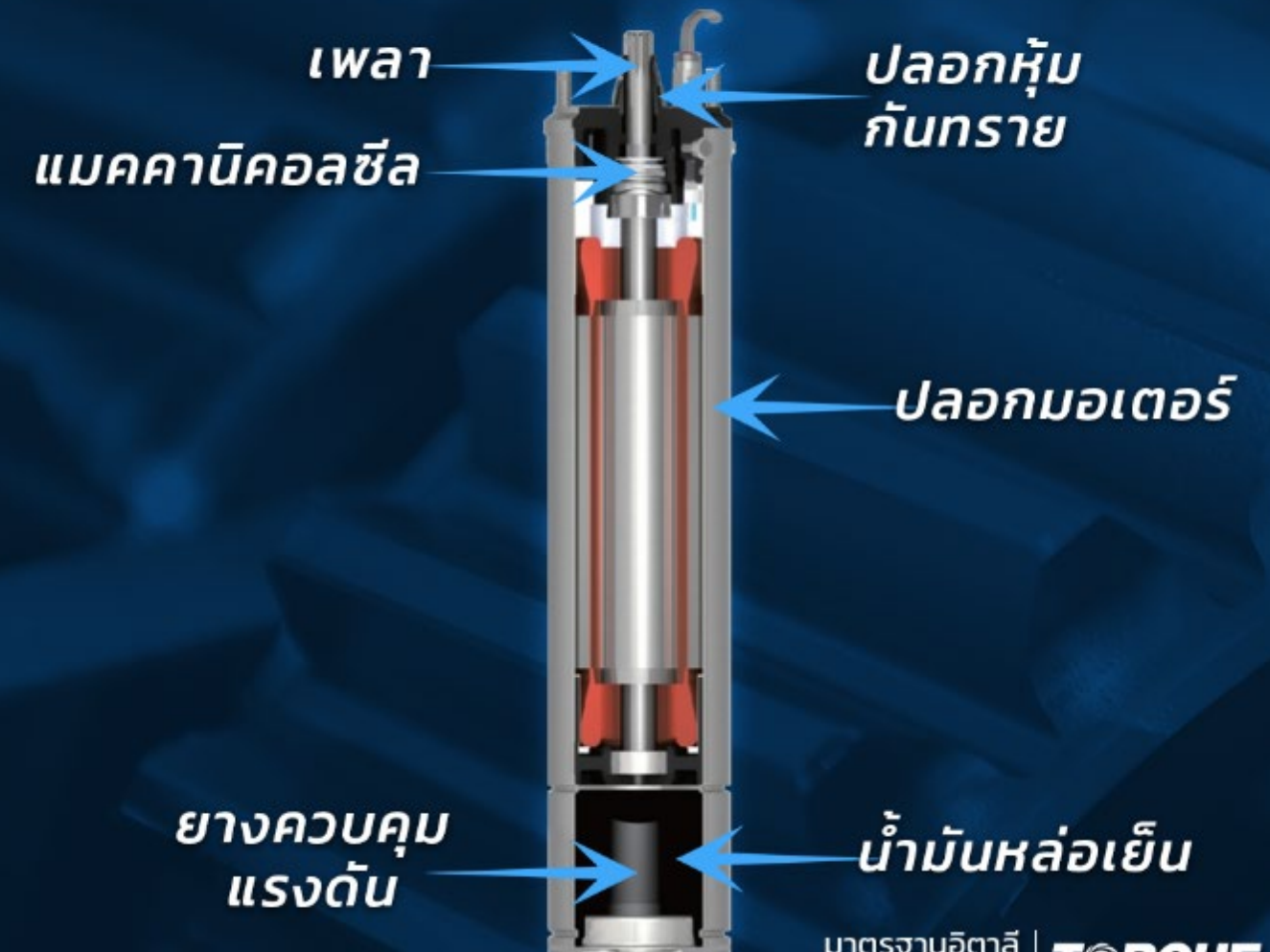
ของใบพัดปั๊มบาดาล



มาตรฐานอิตาลี
ทน แกร่ง แรงจัด

ส่วนประกอบ

ของมอเตอร์ปั๊มบาดาล



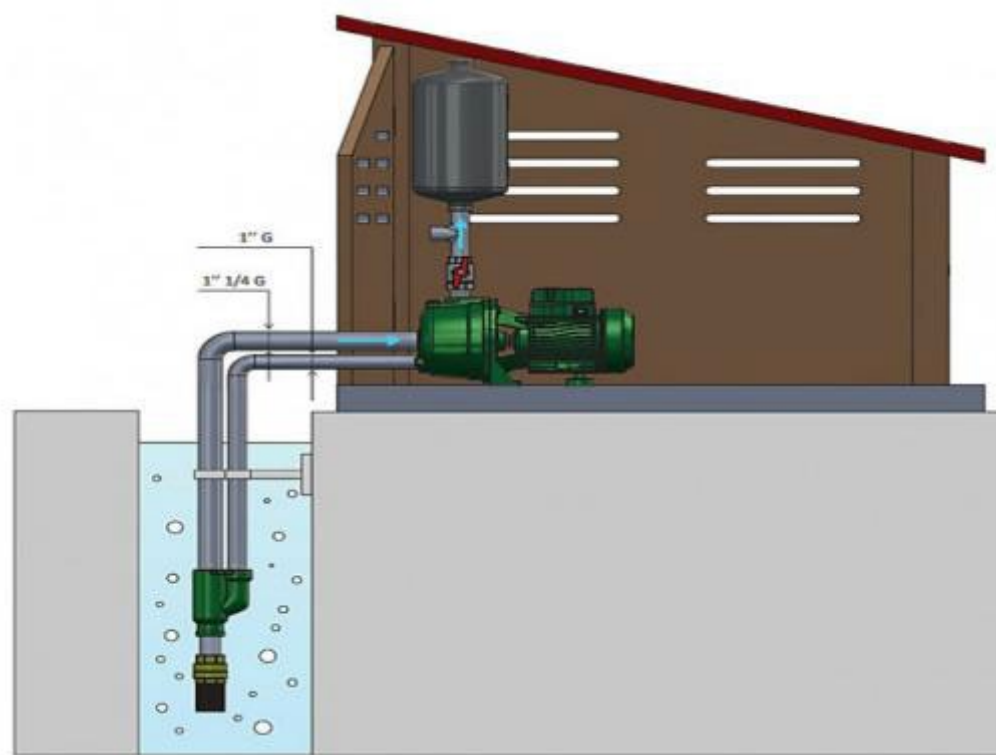
มาตรฐานอิตาลี
ทน แกร่ง แรงจัด

TORQUE

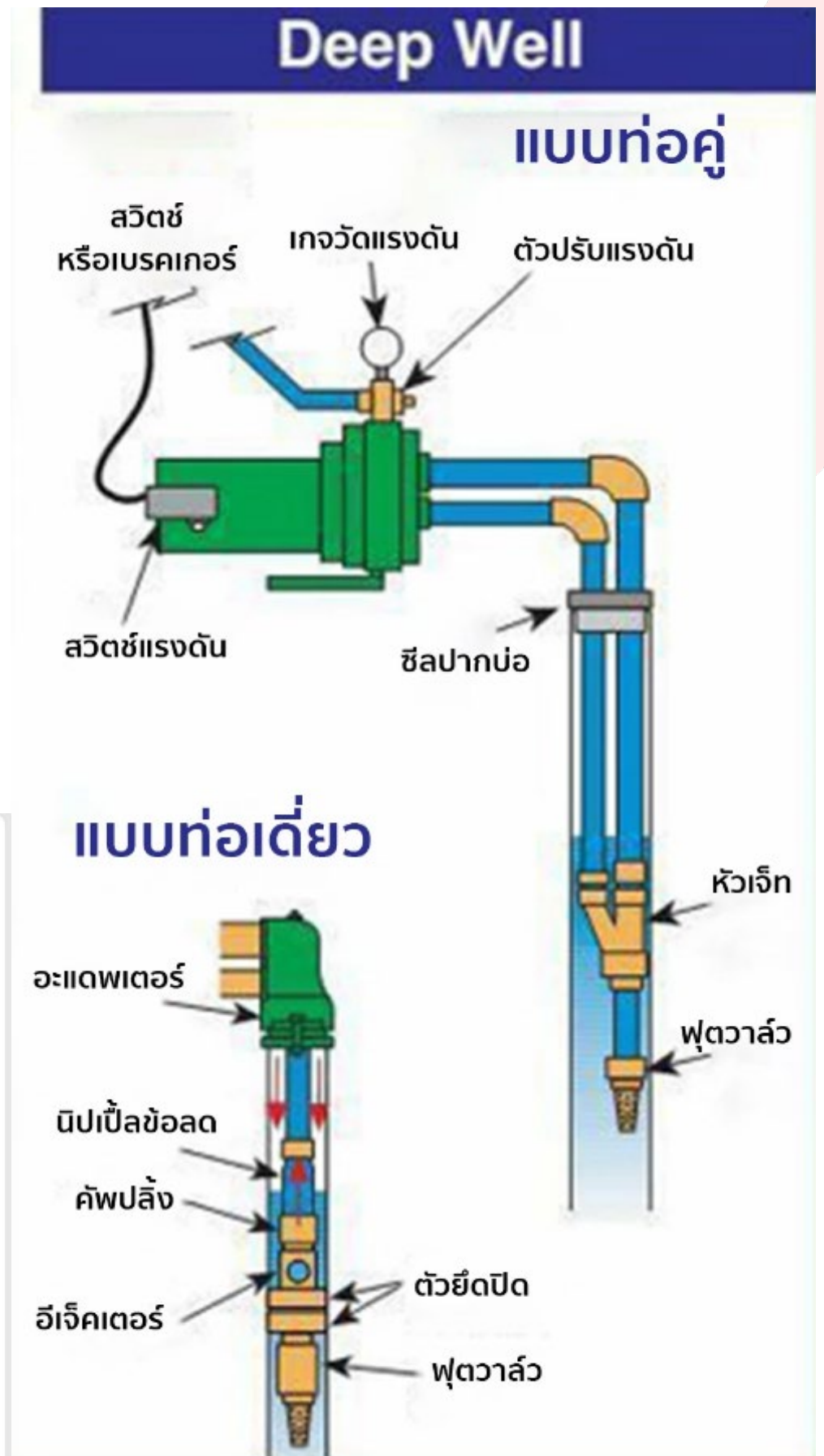
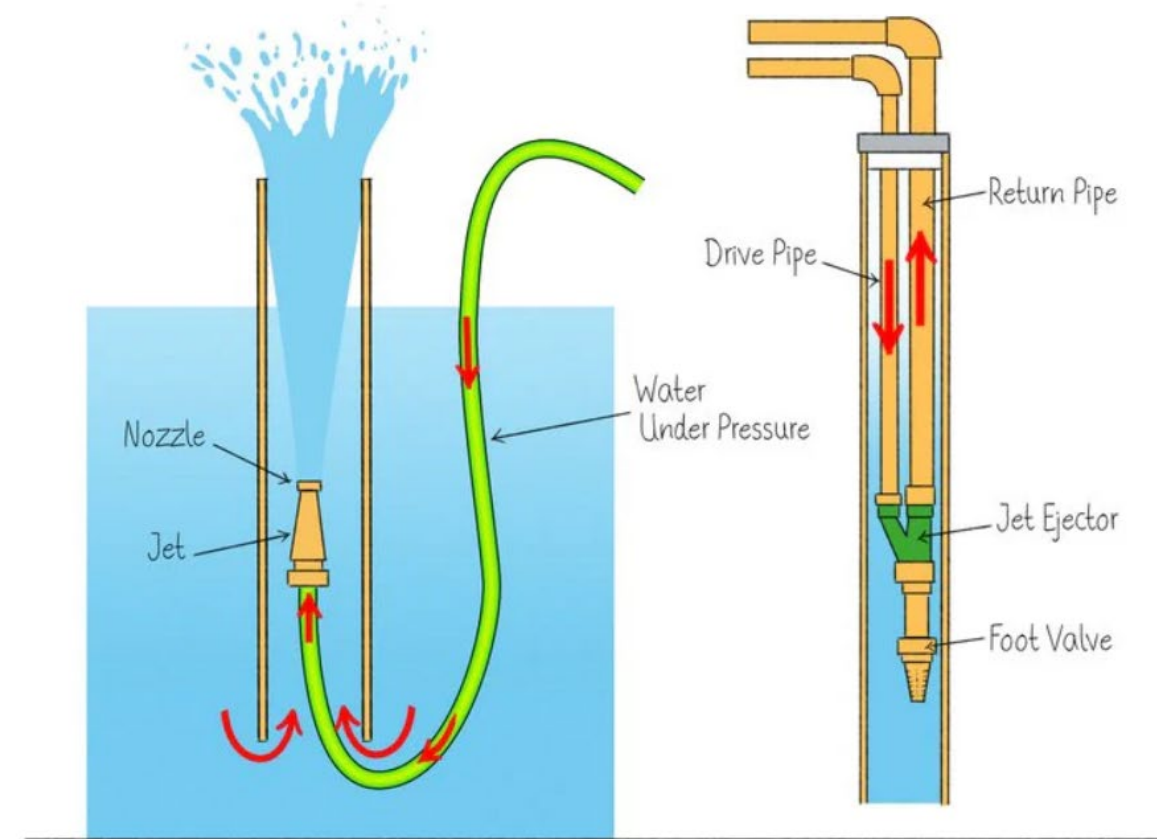
การสูบน้ำบาดาล (ต่อ)

หลักการสูบน้ำบาดาลโดยใช้ปั๊มเจ็ท (Jet Pump/Venturi)

- ➔ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำ (ประมาณ 50% เทียบกับปั๊มจุ่ม)
- ➔ ราคาอุปกรณ์ถูก แต่เหมาะใช้งานที่ความลึกไม่มาก เช่น 5-15 m



References of pictures : <https://itoolmart.com/product/9ohp>



ปัญหาจากความดัน

ในถังเก็บสารเคมี (Low Pressure Fixed Roof Tank)

ถังเก็บสารเคมีชนิด Fixed Roof Tank ในกรณีที่ใช้เก็บสารที่มีการระเหยได้ง่าย เมื่ออุณหภูมิภายในถังมีการเปลี่ยนแปลง ความดันก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งปกติ Fixed Roof Tank มักถูกออกแบบให้ทนความดันด้านลบ Vacuum ได้ต่ำมาก (เช่น -50 ถึง -200 mmH₂O) ทำให้เกิดอุบัติเหตุตัวถังยุบบ่อย



ปัญหาจากความดัน

ในถังเก็บสารเคมี (Low Pressure Fixed Roof Tank) (ต่อ)



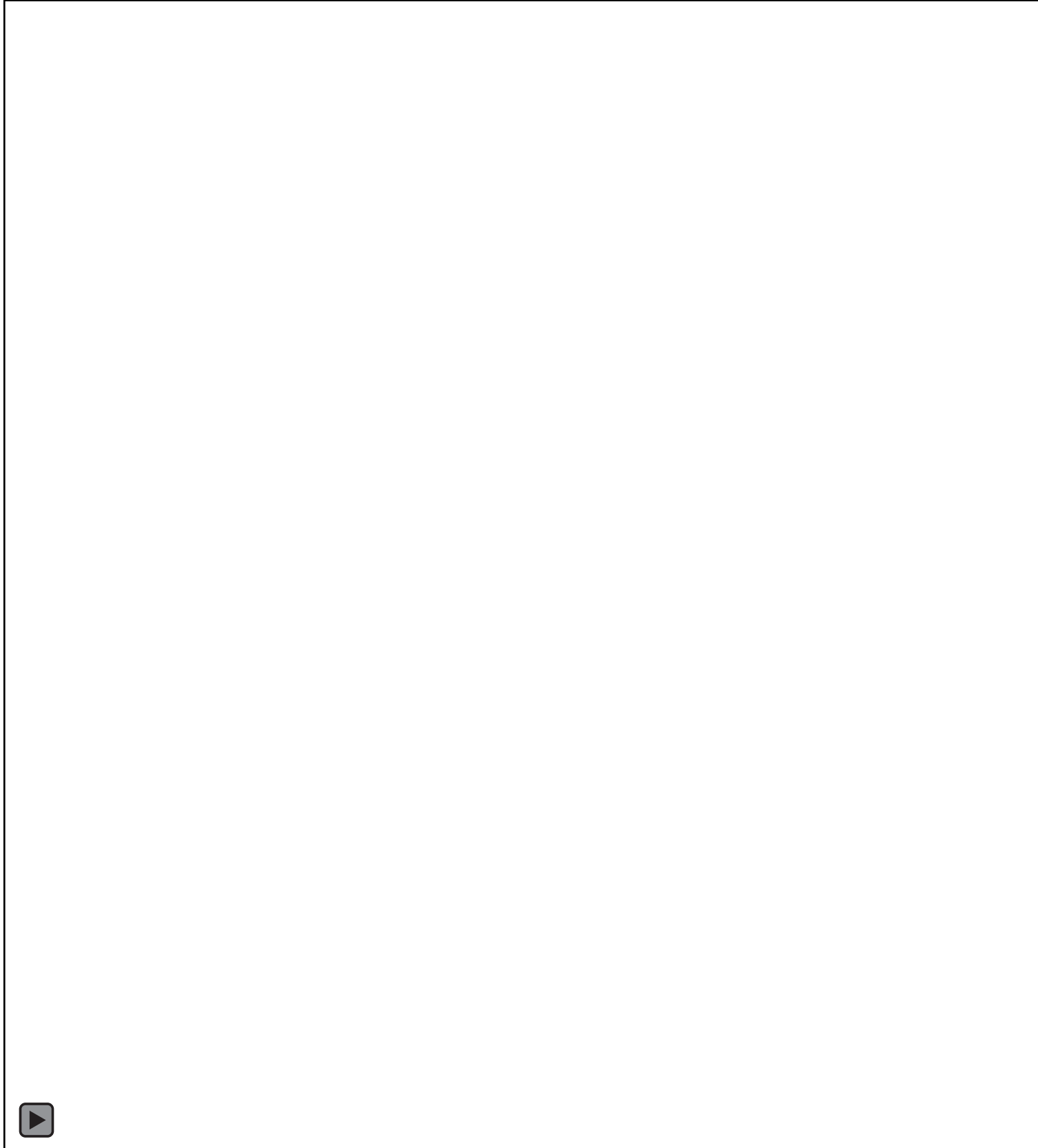
การสูบของเหลวออก และ Breather Valve
Mal-function



การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และ Vent System Mal-function



Breather Valve แก้ปัญหา Tank Vacuum ด้วยการดูดอากาศเข้าไปในถัง แต่ต้องระวังการผสมกันระหว่างสารเคมีที่เป็นก๊าซไวไฟและอากาศภายในถัง



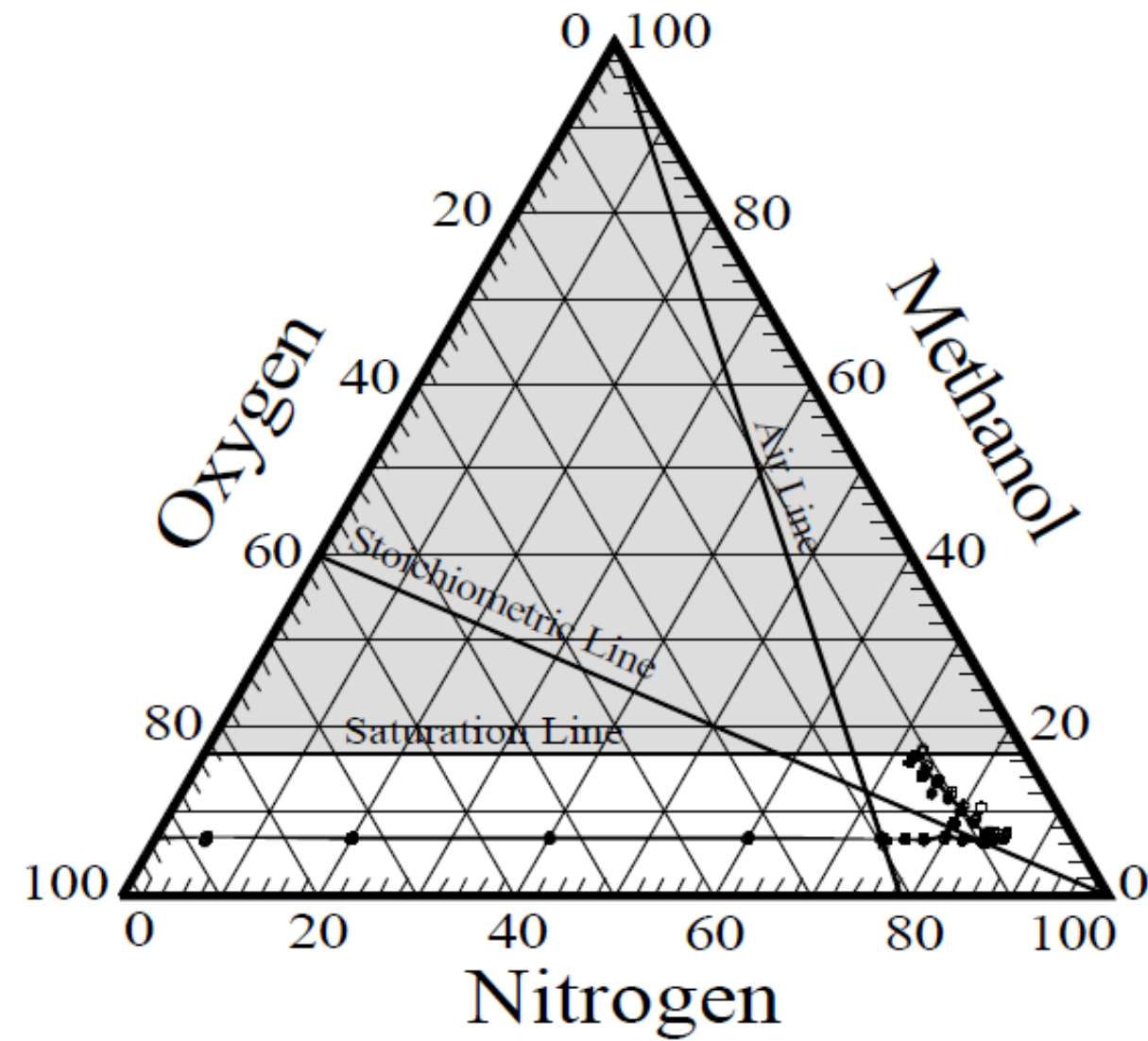
ถ้า Breather Valve ทำงานให้อากาศเข้าไปใน
ถังเก็บสารไวไฟที่มีไอระเหยติดไฟได้
(Flammable Gas) และถ้ามีปริมาณออกซิเจน
เพียงพอ รวมทั้ง Ignition Source เช่น ฟ้ายา
ไฟฟ้าสถิต อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ ไฟไหม้ และ
การระเบิดได้ เป็นต้น

ดังนั้น ผู้ออกแบบถังเก็บสารเคมีที่เป็นสารไวไฟ
จะต้องป้องกันความดันด้านลบ ไม่ให้ถังยุบ
และต้องป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปในถัง

Lower Flammability Limit & Minimum Oxygen Concentration
& Grounding

ตัวอย่าง Flammability Diagram ของเมทานอล

Flammability Diagram for Methanol



Mark R. Brooks and Dr. Daniel A. Crowl
Hazards Evaluation Laboratory
Michigan Technological University
Houghton, Michigan
June 20, 2001

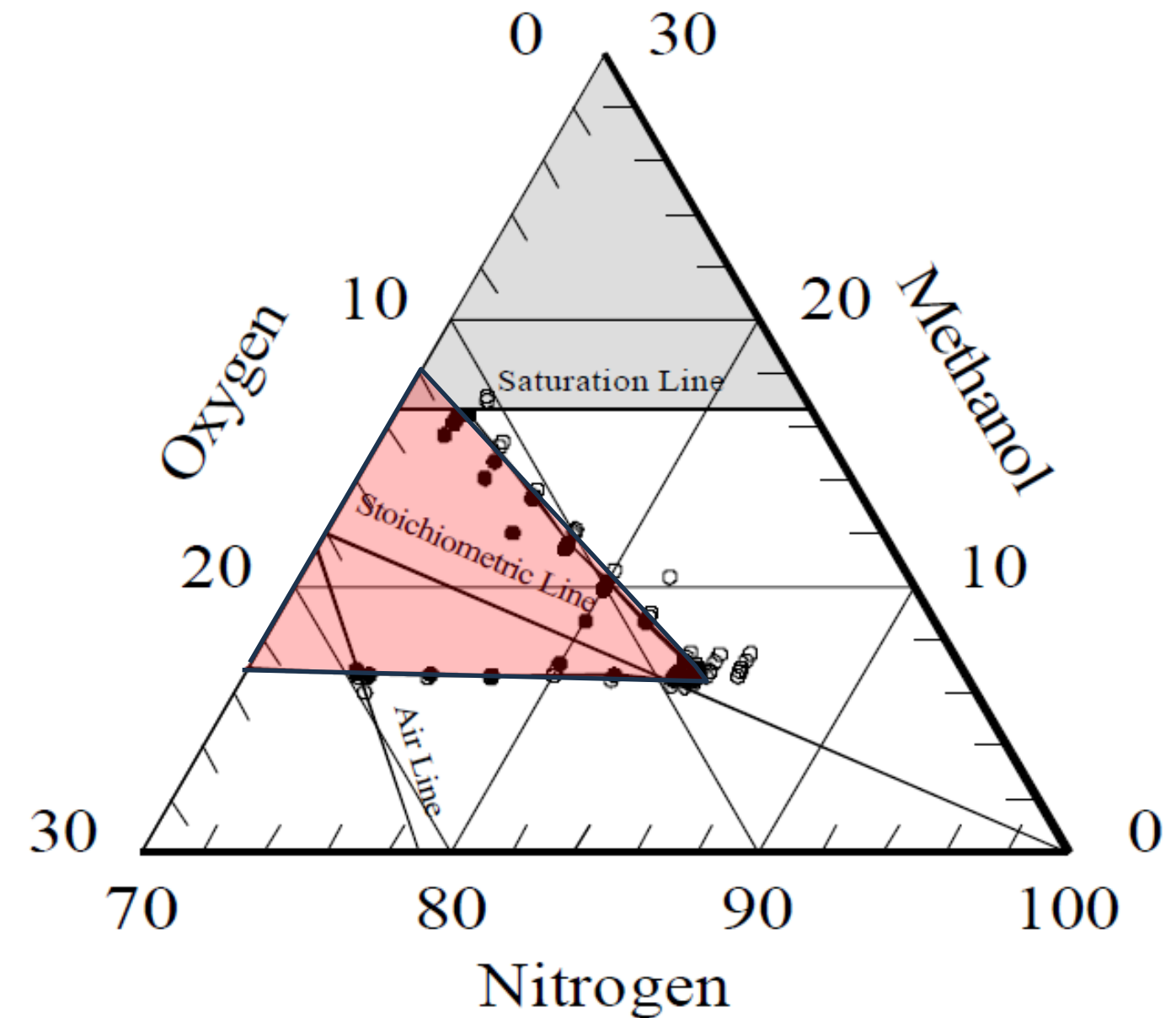
- Flammable Mixture
- Non-Flammable Mixture
- Flammable Zone Boundary

Flammability Parameters

Lower Flammability Limit (LFL): 6.7% Methanol
Minimum Oxygen Concentration (MOC): 8.6% O₂
Flammable Boundary at Saturation (FBS): 11.1% O₂

Initial Pressure: 14.70 psia
Initial Temperature: 25°C
Reactor Volume: 20 L
Igniter Location: Center
Igniter Type: 1 cm 40 AWG SnCu / 500 VA
Igniter Energy: 10 J

Flammability Diagram for Methanol
(Close-Up View)



Mark R. Brooks and Dr. Daniel A. Crowl
Hazards Evaluation Laboratory
Michigan Technological University
Houghton, Michigan
June 20, 2001

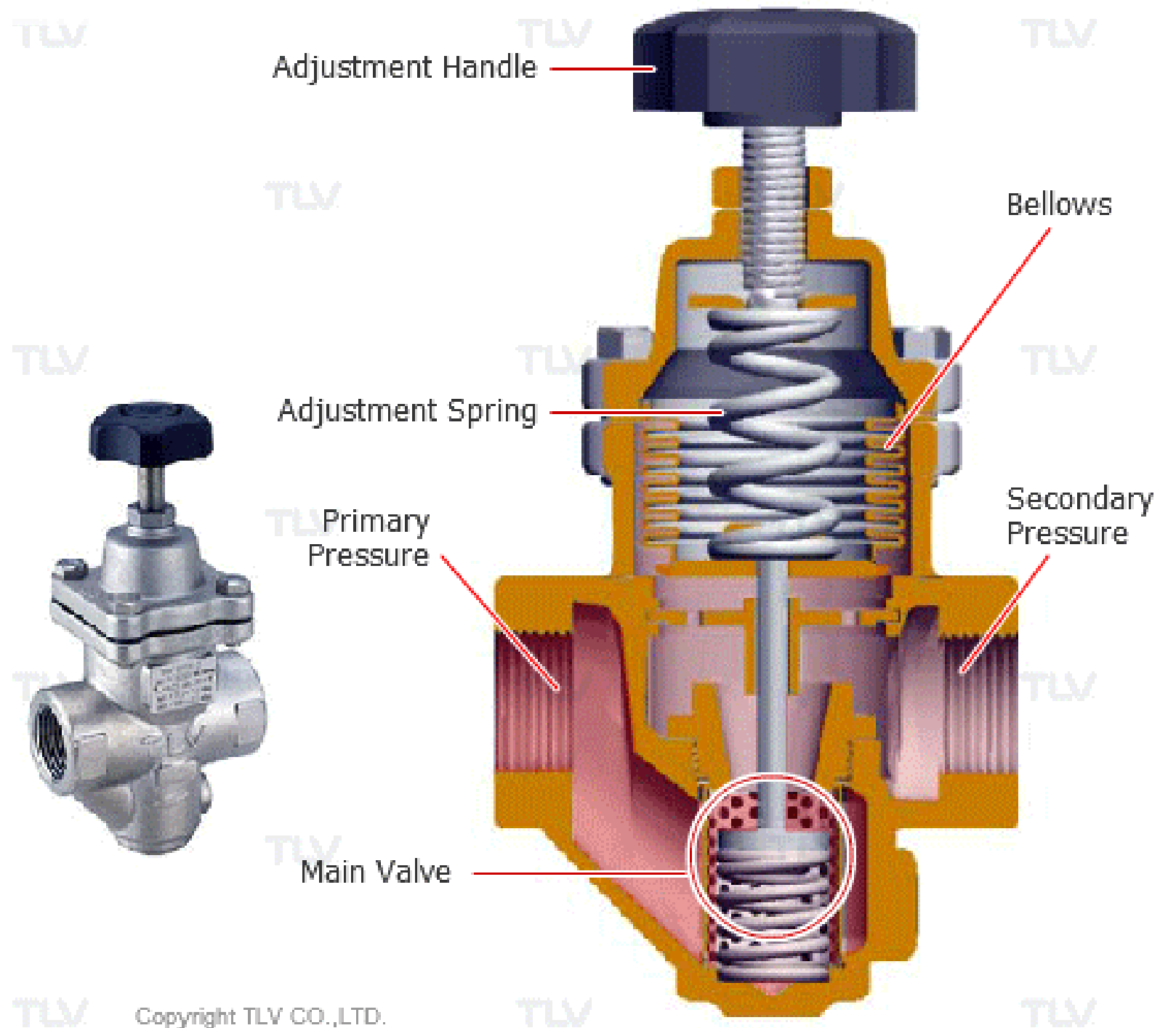
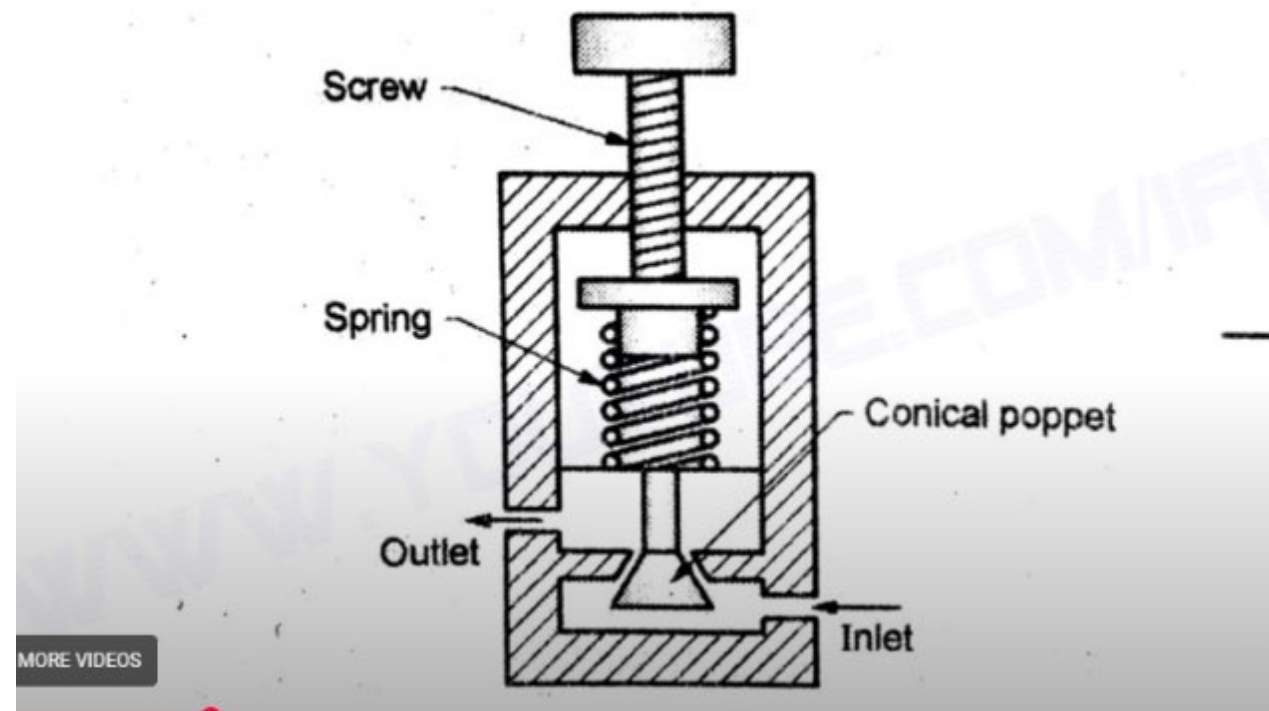
- Flammable Mixture
- Non-Flammable Mixture
- Flammable Zone Boundary

Flammability Parameters

Lower Flammability Limit (LFL): 6.7% Methanol
Minimum Oxygen Concentration (MOC): 8.6% O₂
Flammable Boundary at Saturation (FBS): 11.1% O₂

Initial Pressure: 14.70 psia
Initial Temperature: 25°C
Reactor Volume: 20 L
Igniter Location: Center
Igniter Type: 1 cm 40 AWG SnCu / 500 VA
Igniter Energy: 10 J

ตัวอย่าง Pressure Regulator หรือ Pressure Reducing Valve



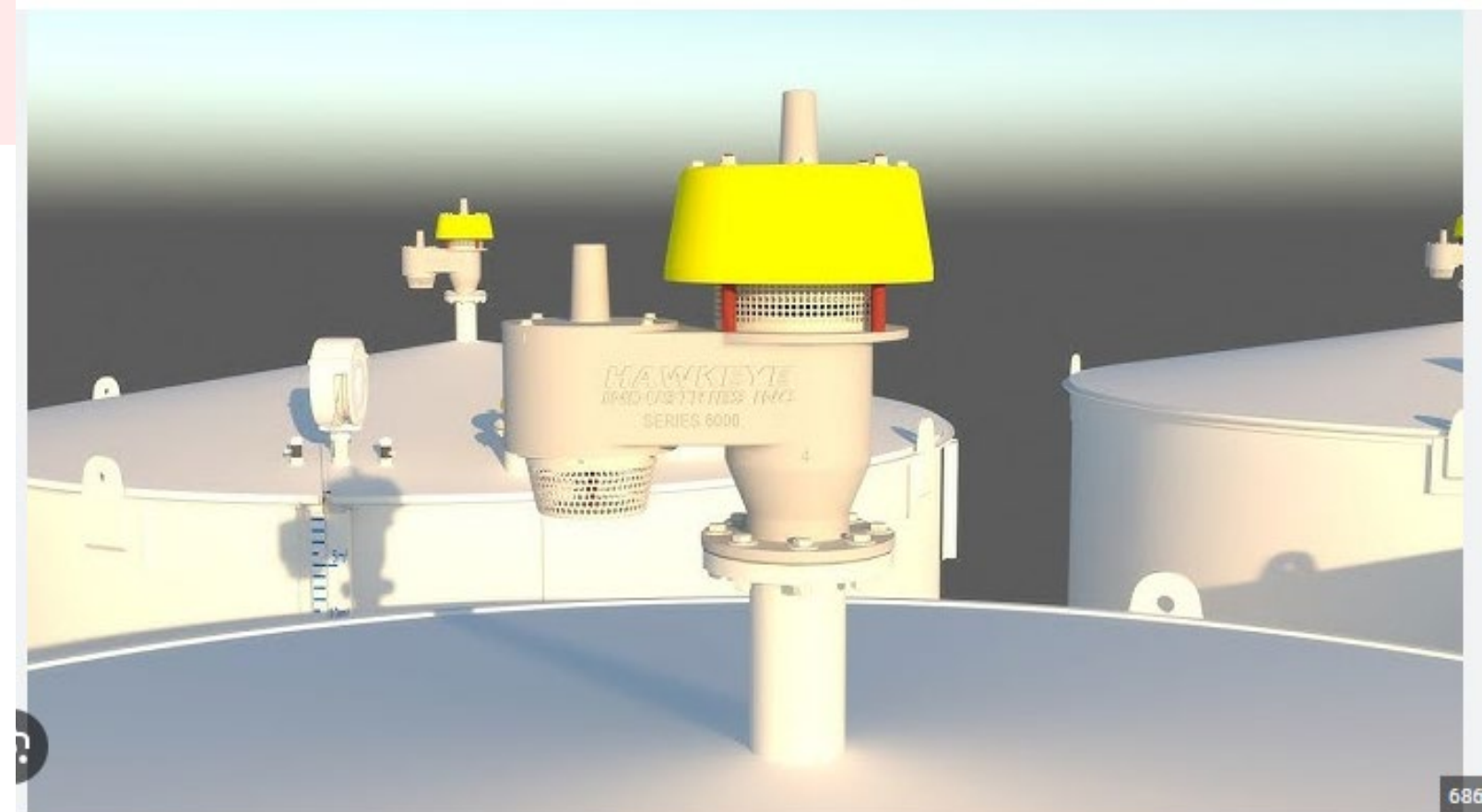
$F (\text{Spring } K) = P \times A (\text{Area}) //$ เมื่อ P_{outlet} ต่ำ ต้องลดความแข็งของสปริง หรือ ถ้า P_{outlet} ต่ำมากๆ จนไม่สามารถลดความแข็ง

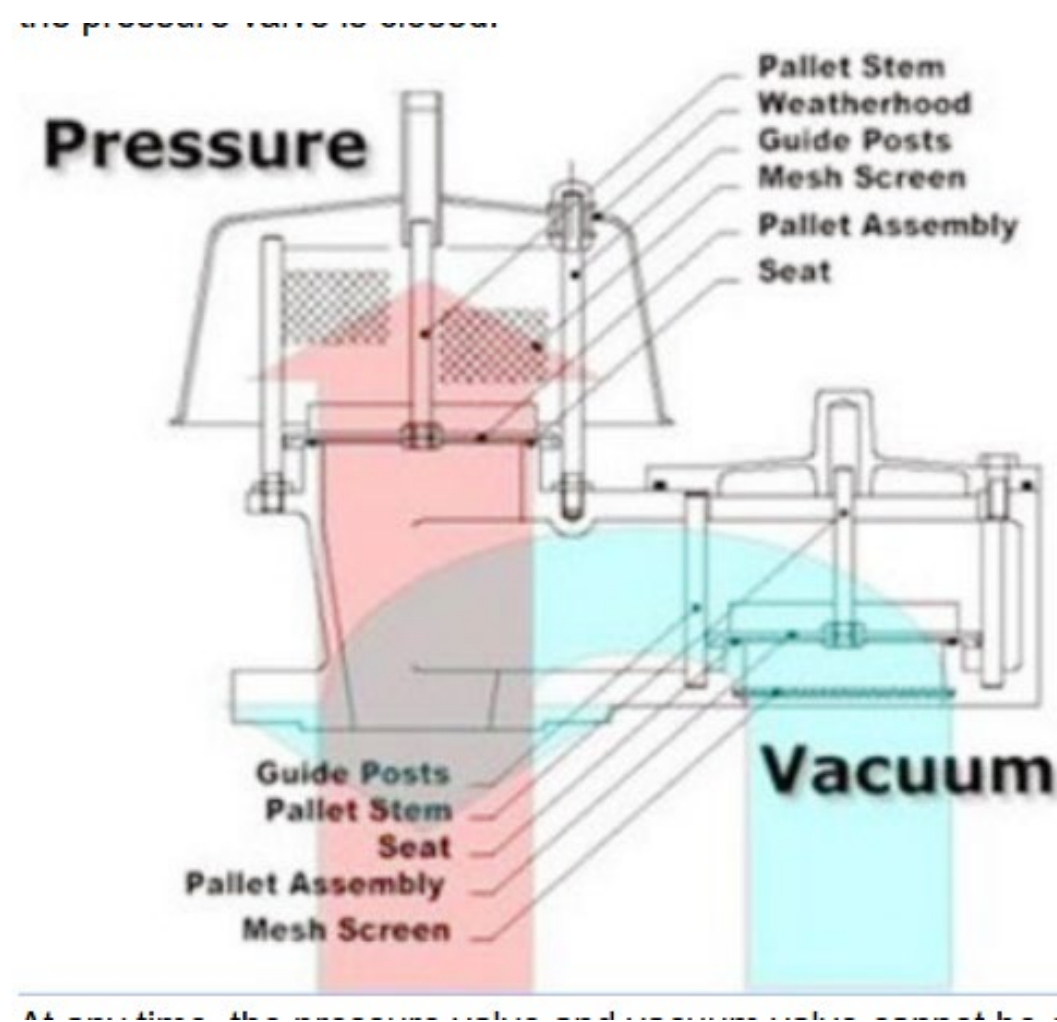
ของสปริงได้แล้ว ก็ต้องเพิ่ม Area ดังนั้น Low Range Pressure Regulator ส่วนใหญ่จะมีขนาดแผ่นไดอะแฟรมใหญ่

Breather Valve: Fixed Roof Tank

วาล์วที่ใช้ควบคุมความดันภายในถัง (Self Actuation) เพื่อ
ป้องกันความเสียหายต่อถัง

- ระบายแรงดันส่วนเกิน (Overpressure) ออกเมื่อความดันภายในสูงกว่าปกติ
- ดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาในถังเมื่อเกิดสภาวะสุญญากาศ (Vacuum)

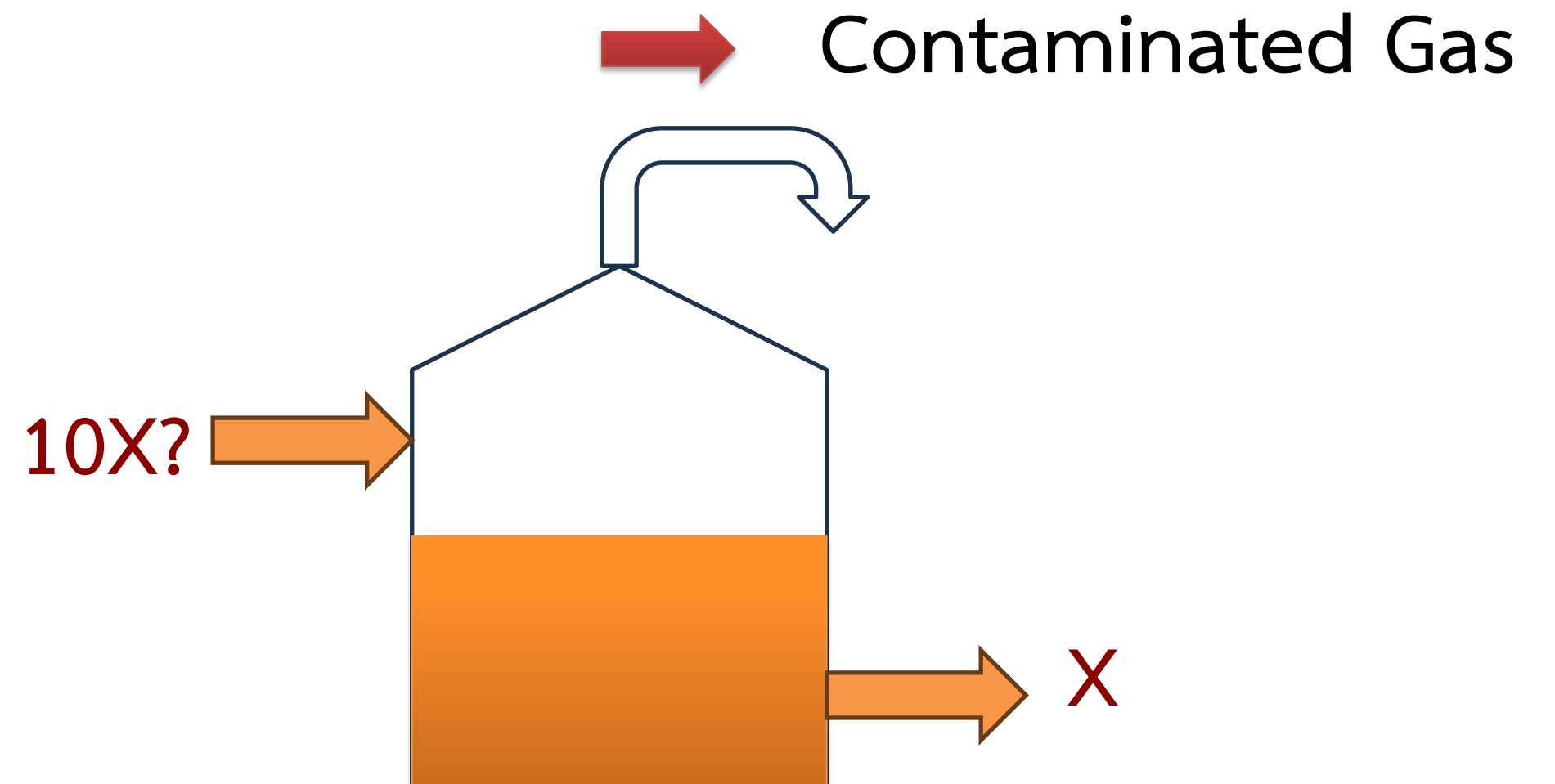
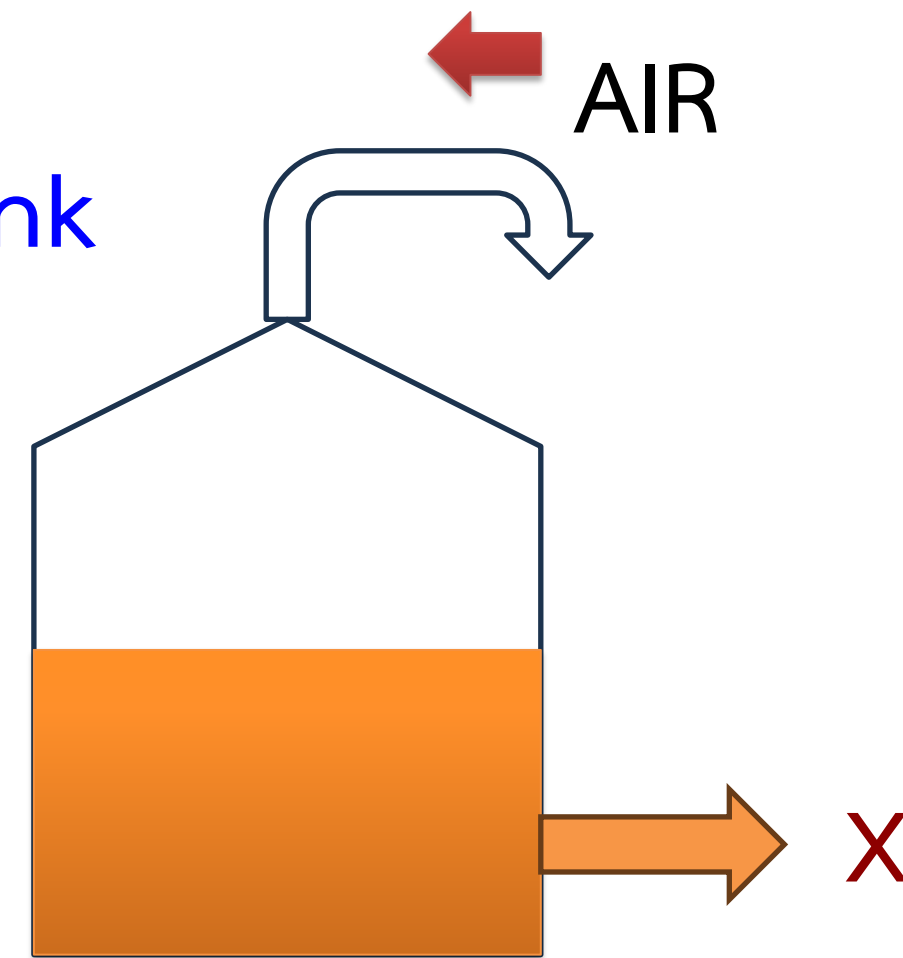
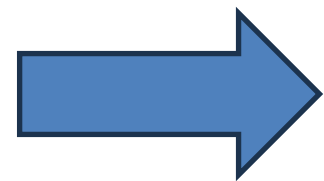
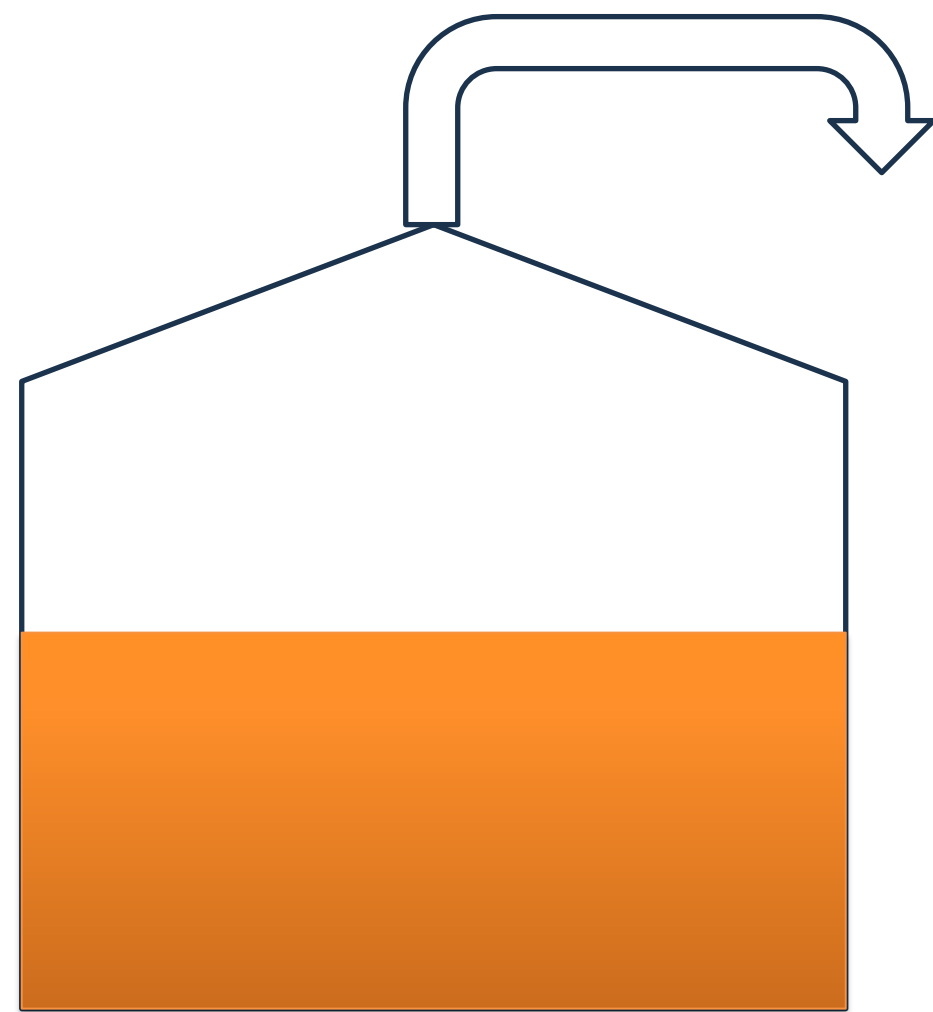




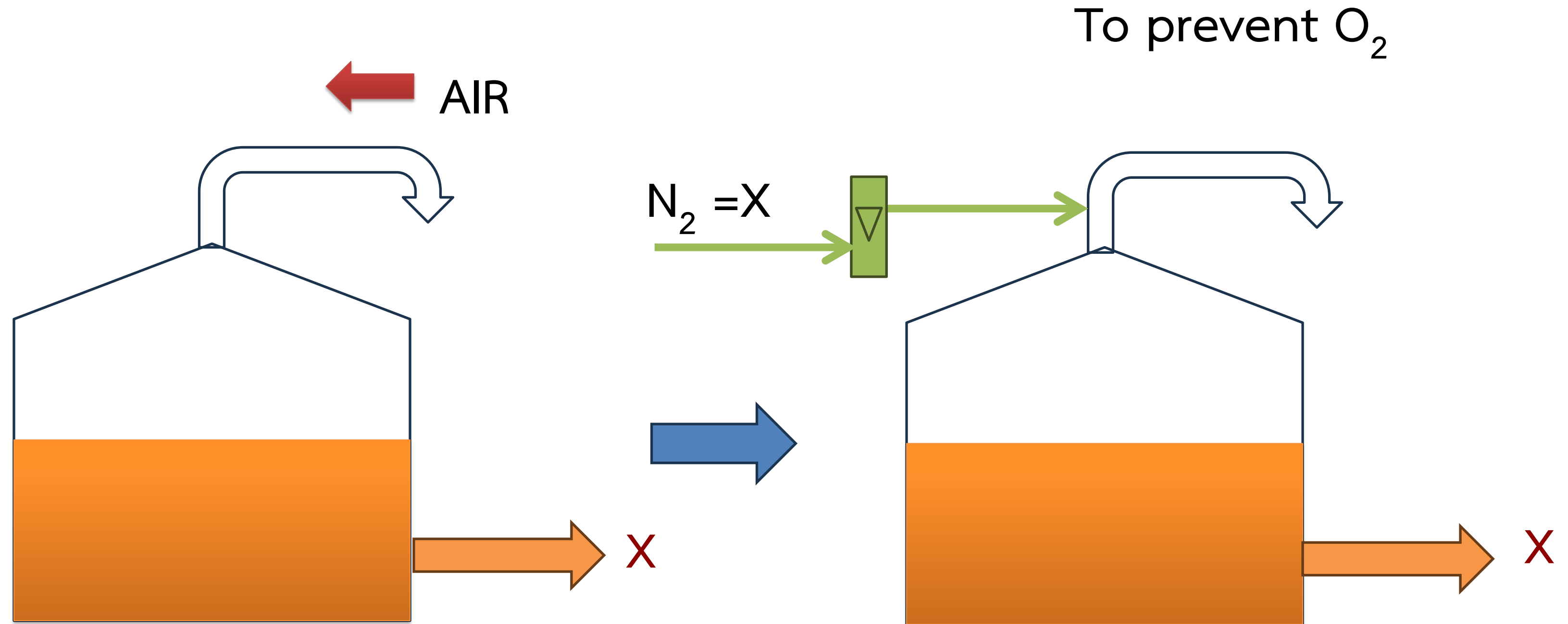
$$F \text{ (Disc weight)} = P * A \text{ (Area)}$$

Breather Valve หรือ Pressure/Vacuum Relief Valve (PVRV) ทำหน้าที่ควบคุมความดันภายในถัง โดยจะระบายแรงดันส่วนเกิน (Overpressure) ออกจากถัง และ/หรือ ดึงอากาศจากภายนอกเข้าสู่ถังเมื่อเกิดสภาวะสุญญากาศ (Vacuum) เพื่อป้องกันความเสียหายต่อถัง เช่น การระเบิด หรือการยุบตัวตามลำดับ โดยปกติ Setting Pressure จะอยู่ประมาณ +/- 20-30 mm H₂O (ทางบวกอาจจะสูง ตาม Tank Design เช่น API 650 Tanks for Pressures up to 1700 mm H₂O แต่ทางลบมักจะไม่มาก)

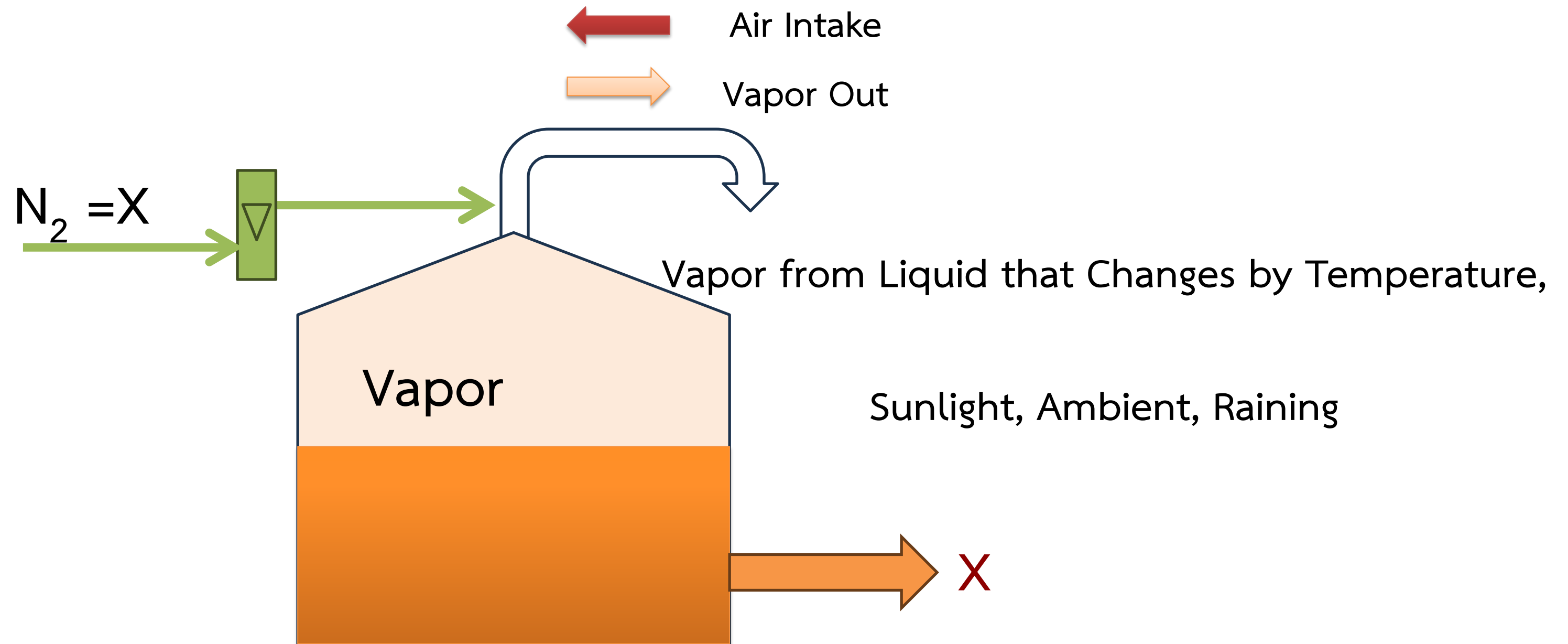
ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank



ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)

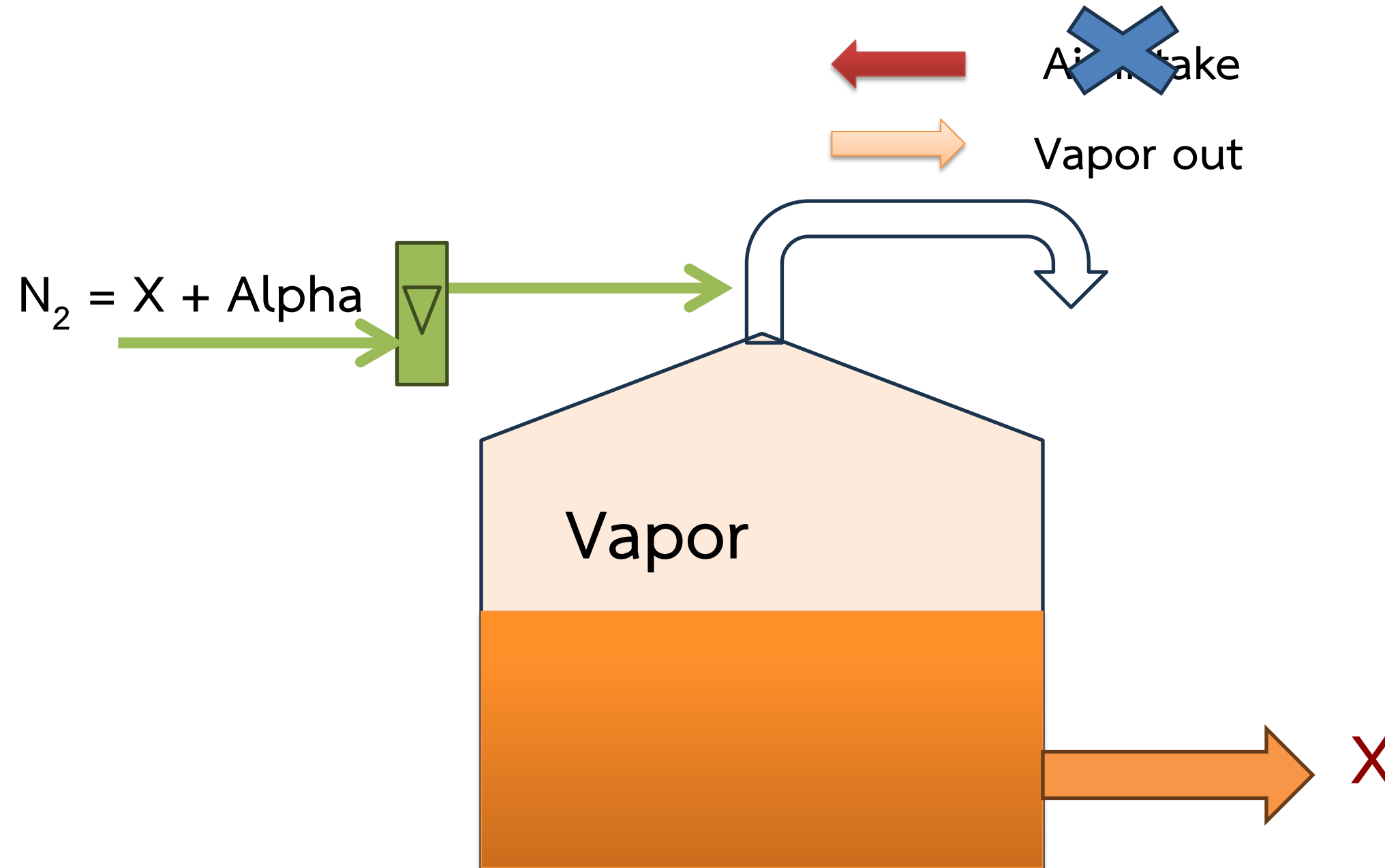


ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)



Vapor pressure will relate with liquid type (vapor pressure) & ambient temperature change.

ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)



Alpha (Volume change by temp.) is difficult to control by using high N_2 . Thus, this system is not suitable.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การควบคุมการระบายไอ
สารอินทรีย์ระเหยจากถังกักเก็บ พ.ศ. 2565

“ระบบควบคุมไอสารอินทรีย์ระเหย (Vapor Control System)” หมายถึง ระบบท่อ ถัง อุปกรณ์ที่ใช้รวบรวมไอสารอินทรีย์ระเหย และอุปกรณ์ควบคุมที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อการลดการระบายสารอินทรีย์ระเหยสู่บรรยากาศ ที่มีประสิทธิภาพ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 หรือมีการระบายสารอินทรีย์ระเหยน้อยกว่า 500 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)

Emerson

Tank Blanketing

Type Y693



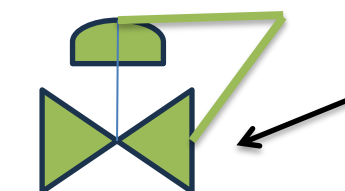
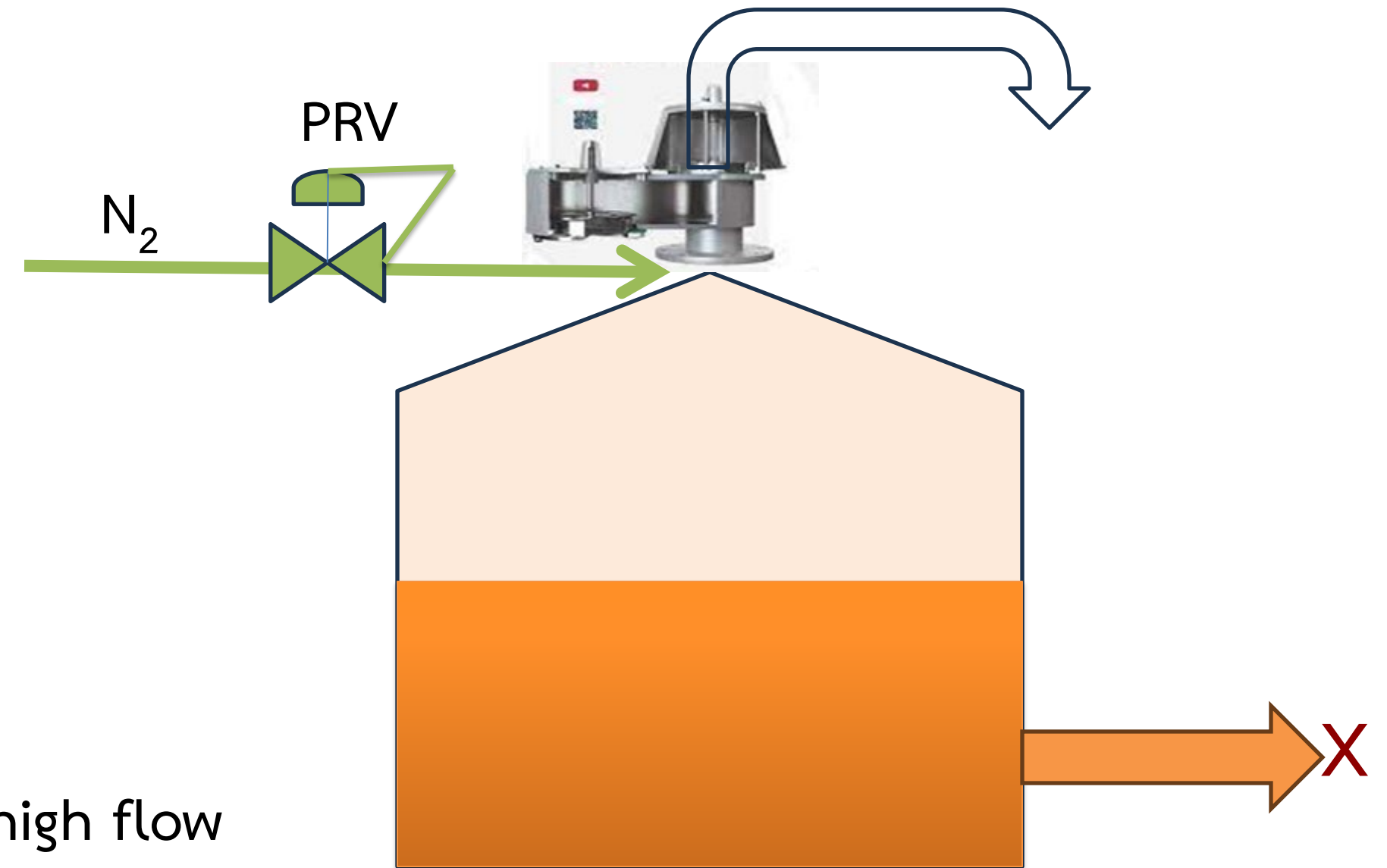
Body Size	NPS 1-1/2 and 2 / DN 40 and 50
Control Pressure Range	0.5 in. w.c. to 10 psig / 1 mbar to 0.69 bar
Maximum Inlet Pressure	150 psig / 10.3 bar
Flow up to	26,700 SCFH / 716 Nm ³ /h of Nitrogen
Operation Method	Direct-Operated
Body Material	Cast Iron, Steel and Stainless Steel
Bulletin No.	74.1:Y693

The Type Y693 utilizes a balanced trim design and large diaphragm area to provide the accuracy of a pilot-operated regulator in a direct-operated design. The design also provides minimal hysteresis and low inlet pressure sensitivity.

Special pressure regulator, Very low pressure but high flow

Breather valve +/- 3 mBar (capacity? Loading & Unloading & Temp. change), N₂ tank blanketing PRV set 2 mBar.

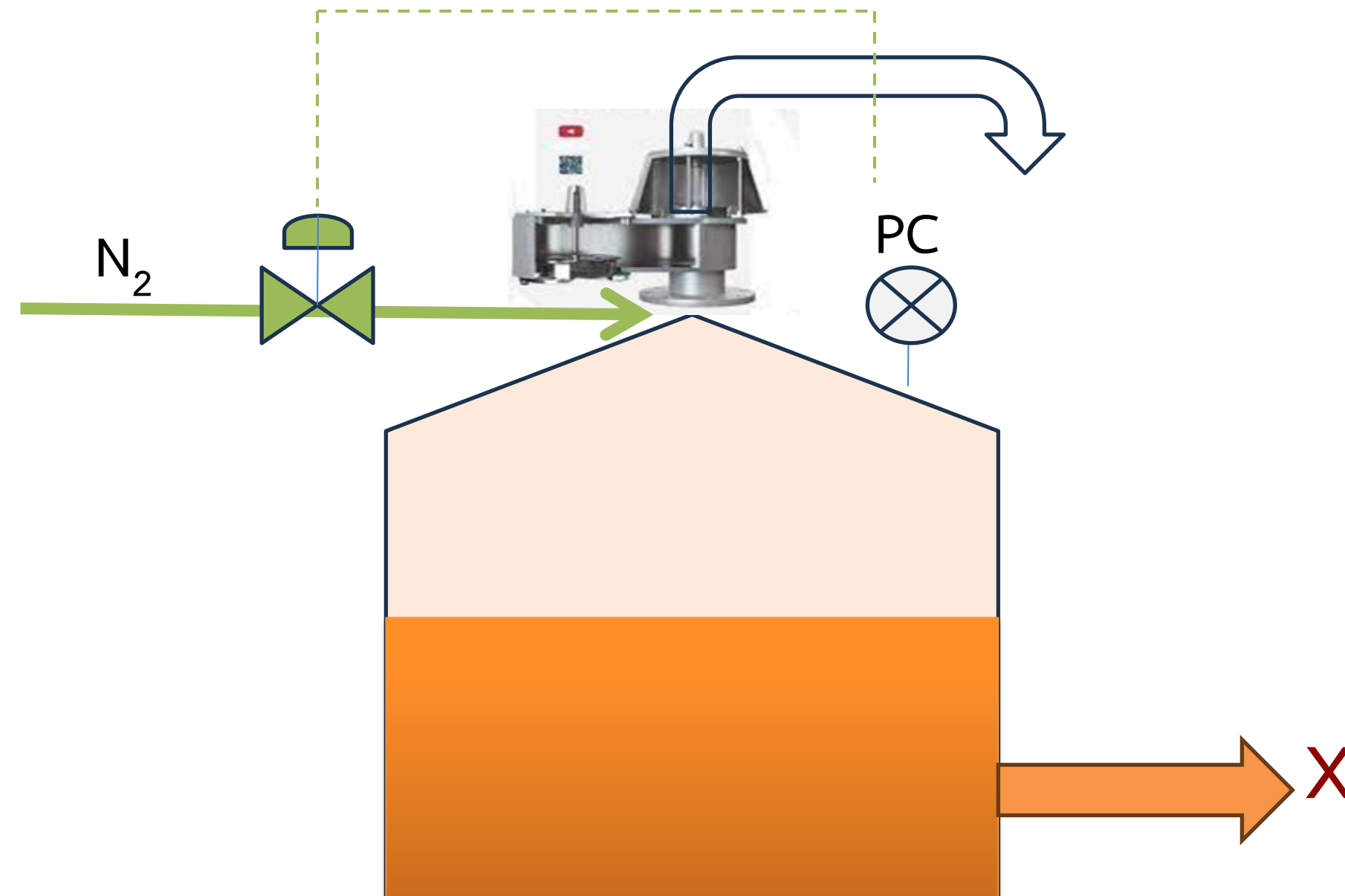
Limitation -> Pressure drop by pipe after PRV to tank shall be very low .



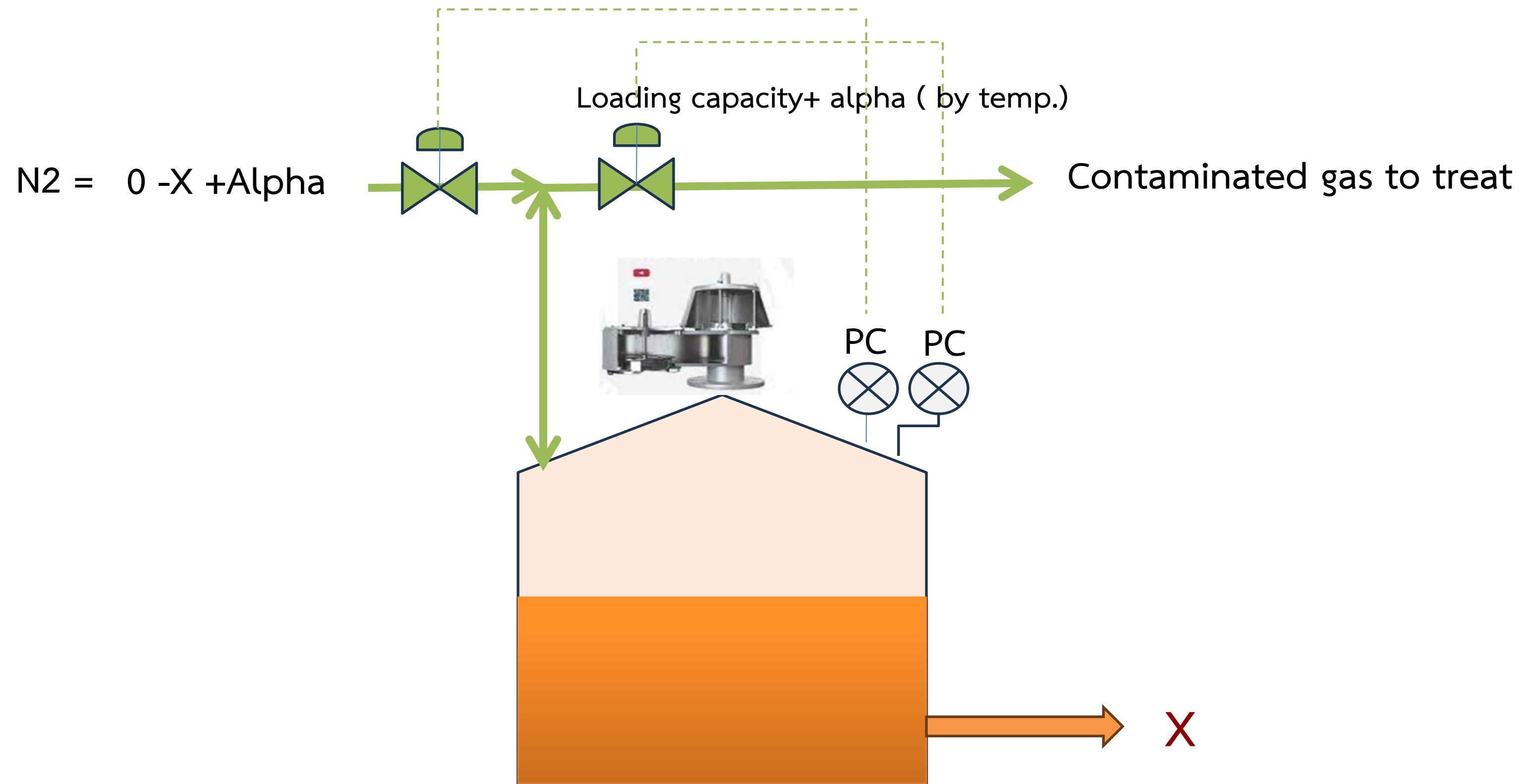
จุดวัดความดันอยู่ที่ขาออกของ PRV

ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)

Pressure control will be primary control system and breather valve will be secondary control & overpressure control system.



ตัวอย่างการออกแบบระบบ Vent ของ Fixed Roof Tank (ต่อ)



เมื่อผ่านไป 3-15 ปี ต้องเปลี่ยน Breather valve จะต้องทำอย่างไร อากาศจึงจะไม่เข้า และป้องกันให้ไม่มี Electrostatic หรือ spark source ขณะเปลี่ยน

กรณีตัวอย่าง BENZENE TANK COLLAPSE

(ATM tank with N₂ blanket & overpressure emergency vent & vent)

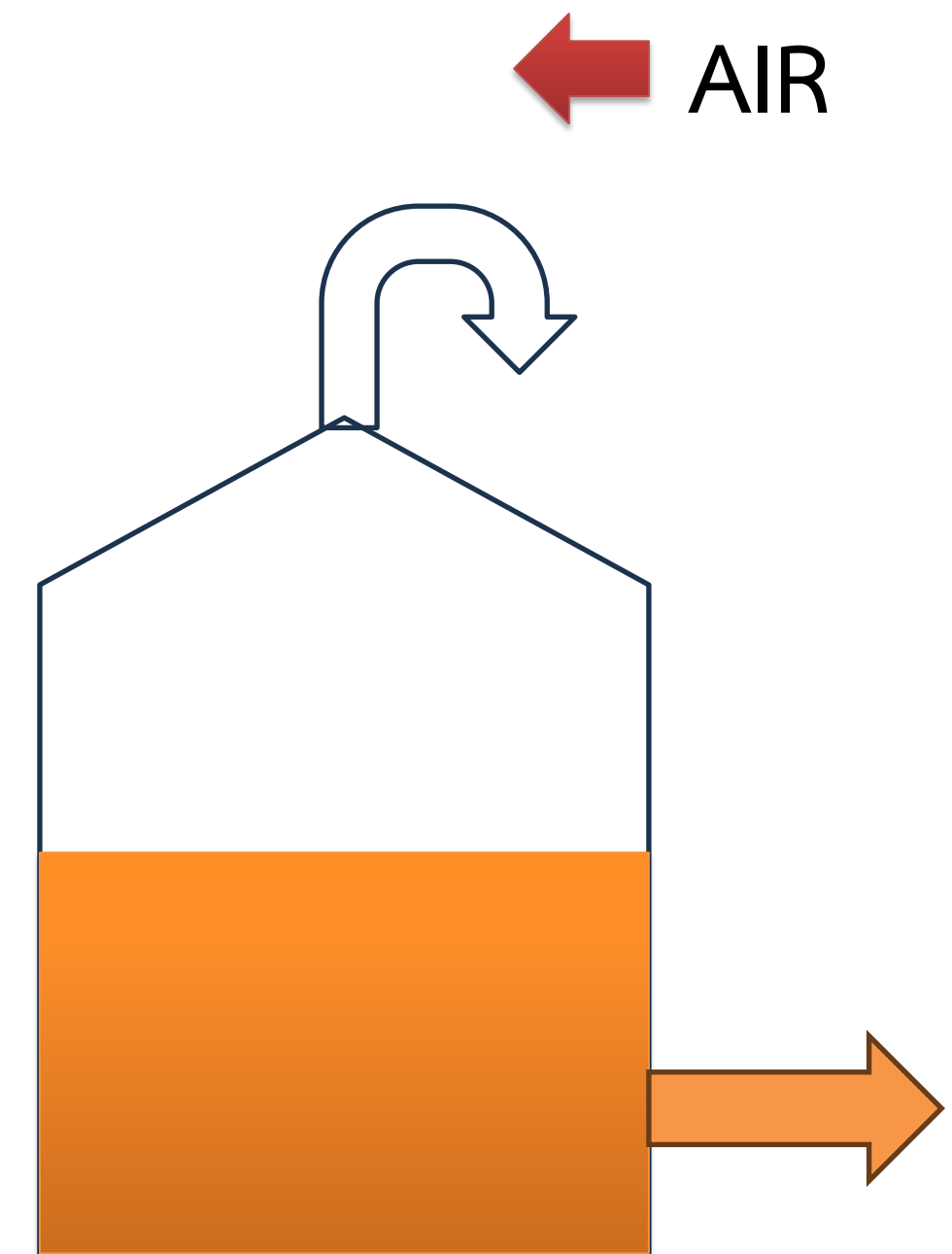
- เกิดความดันด้านลบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวในถังอย่างฉับพลัน เนื่องจากการเติมเบนซีน
- อุณหภูมิของ Benzene ลดลงจาก 70°C เป็น 35°C อย่างรวดเร็วในเวลาประมาณ 5 นาที
- ก๊าซภายในถังบางส่วนเปลี่ยนเป็นของเหลว ทำให้ปริมาตรลดลง โดยที่ถังขนาดเท่าเดิม เกิดสภาพความดัน -300 mm H₂O
- ถังยุบจาก Vent Line อุดตัน (Condenser Clogging) เนื่องจากการออกแบบผิดพลาด (New Plant, Changing Heat Exchanger Design without MOC)



กรณีตัวอย่าง SULFURIC ACID 98% COLLAPSE (ต่อ)

TANK Accident by Changing Vent Design

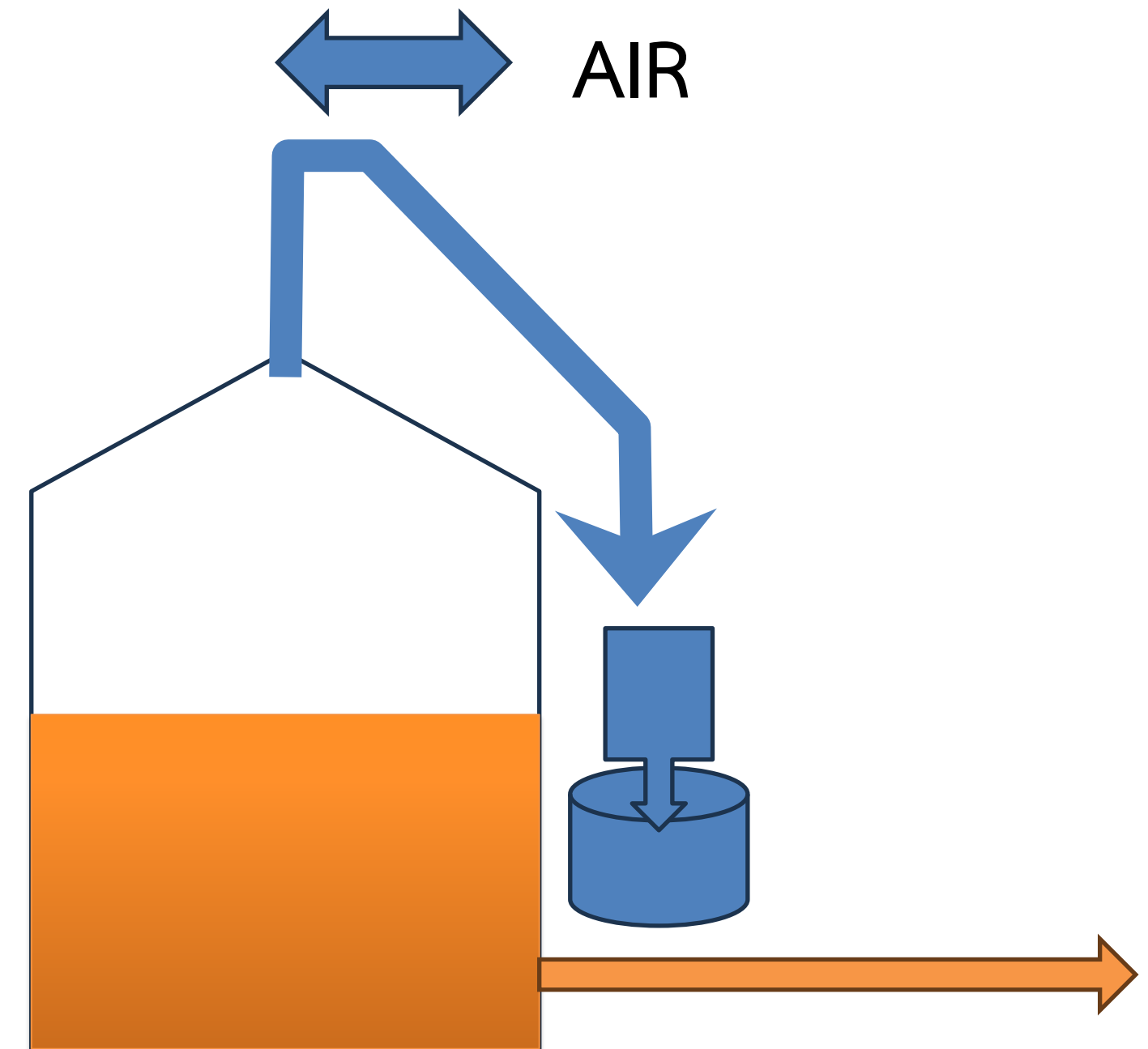
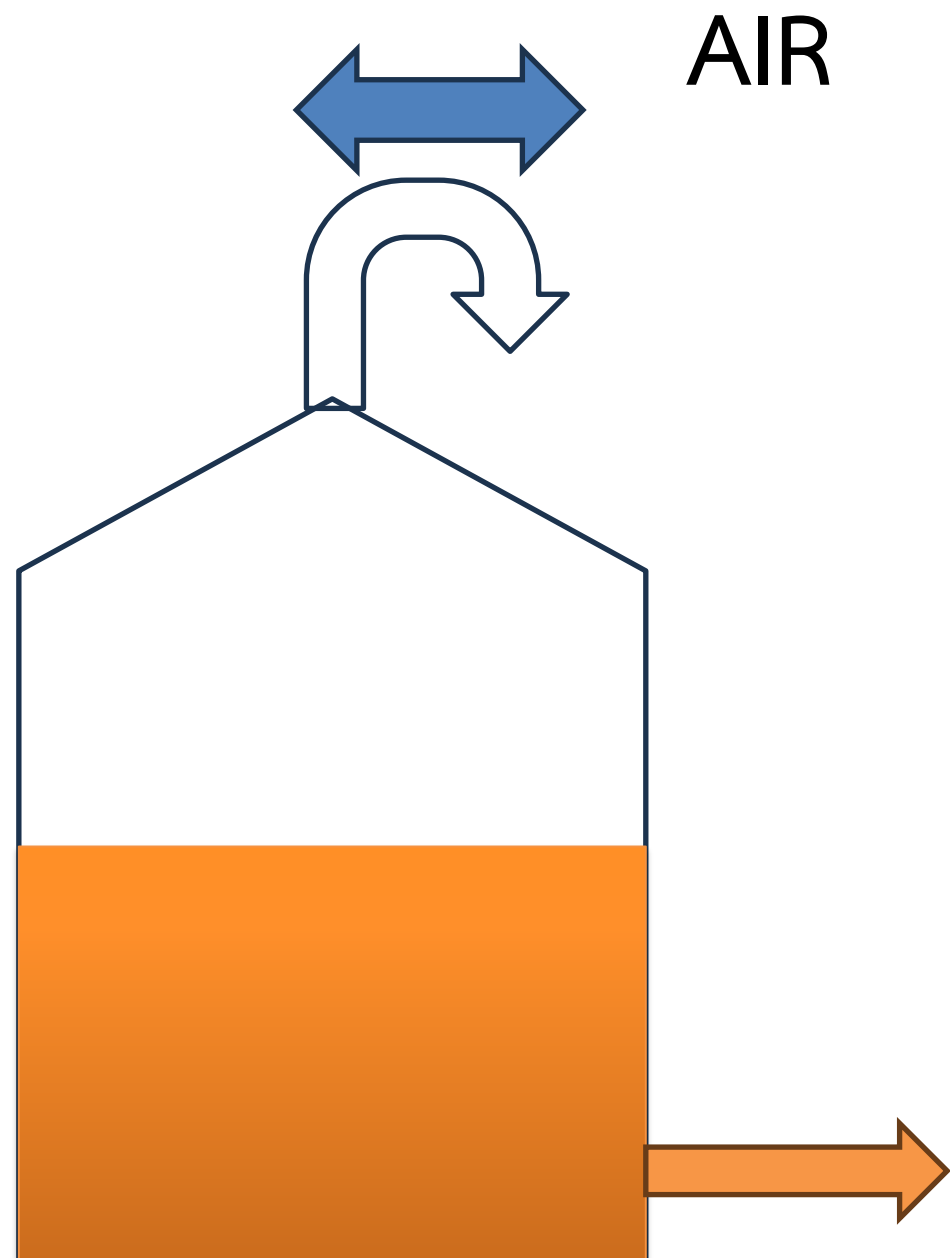
- Carbon steel tank
- Sulfuric acid 98% viscosity 26.7 cP at 20°C (water 1 cP)



กรณีตัวอย่าง SULFURIC ACID 98% COLLAPSE (ต่อ)

TANK Accident by Changing Vent Design

Modification to change vent design

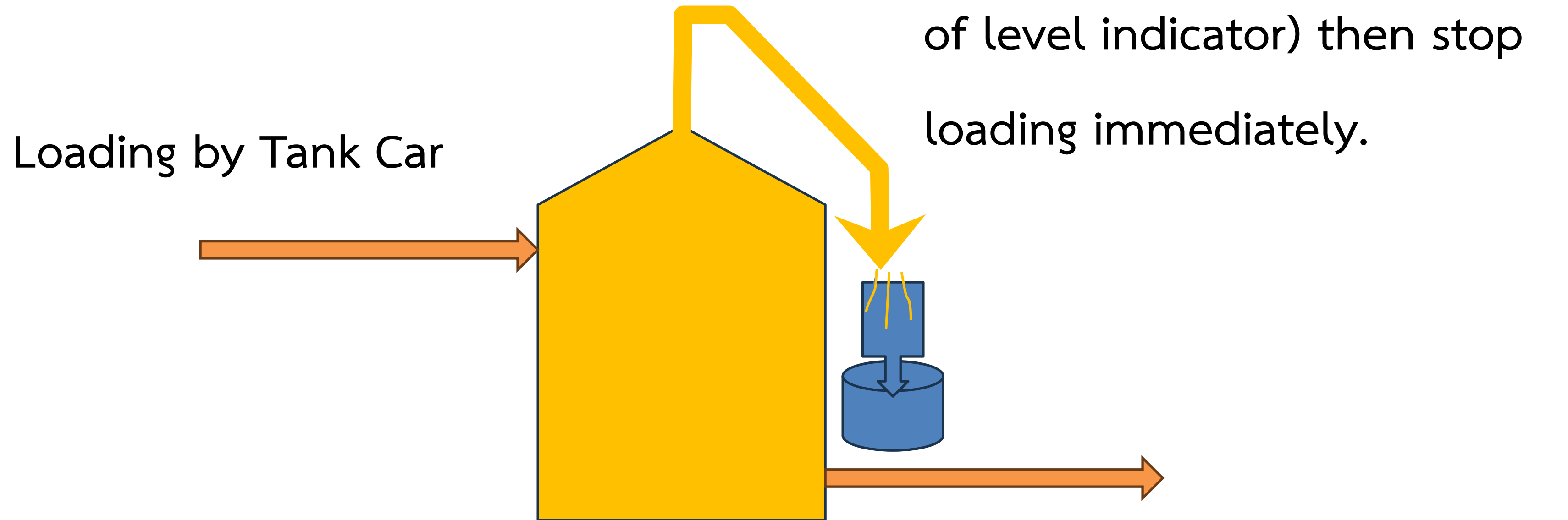


ด้วยความคิดจะป้องกัน Corrosion ของถังเมื่อเกิด

Overflow แล้ว จะทำให้ฟาบนเสียหายจากกรด

กรณีตัวอย่าง SULFURIC ACID 98% COLLAPSE (ต่อ)

TANK Accident by Changing Vent Design



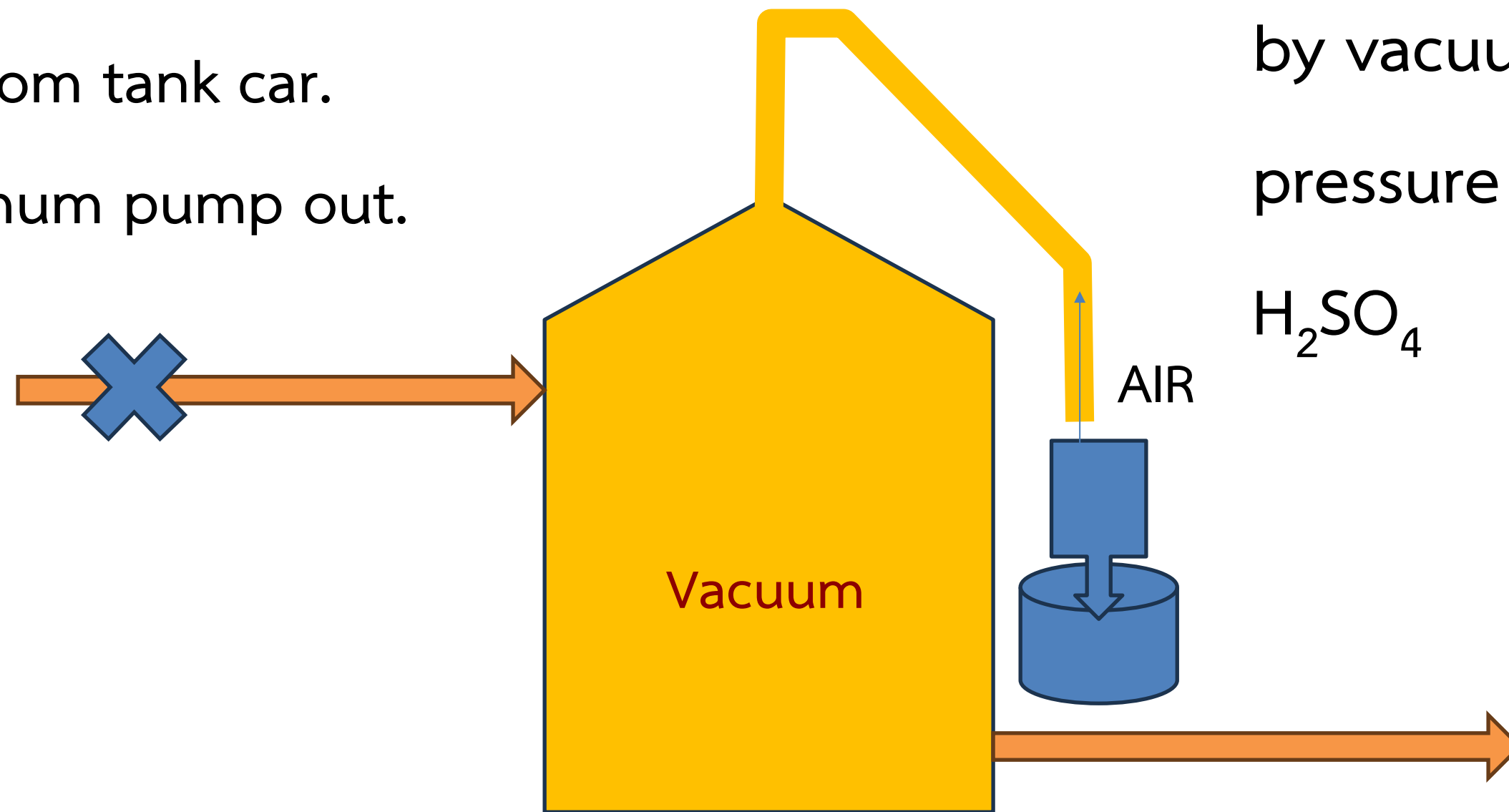
กรณีตัวอย่าง SULFURIC ACID 98% COLLAPSE (ต่อ)

TANK Accident by Changing Vent Design

Immediate Action

Stop loading from tank car.

Increase maximum pump out.

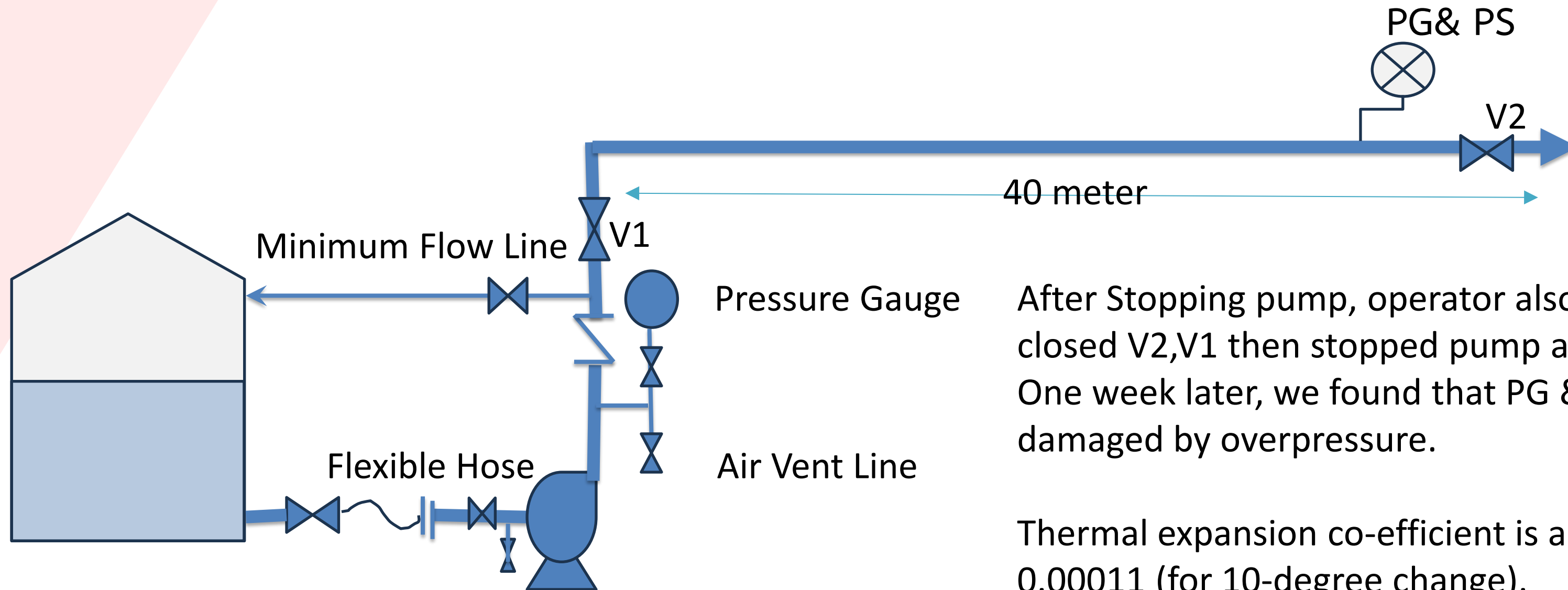


Tank collapse after few minutes
by vacuum due to suction
pressure and too high viscosity of

MOC did not complete for risk evaluation before modification

Pressure from Thermal Expansion

Thermal Expansion in Pipeline by Ambient Condition

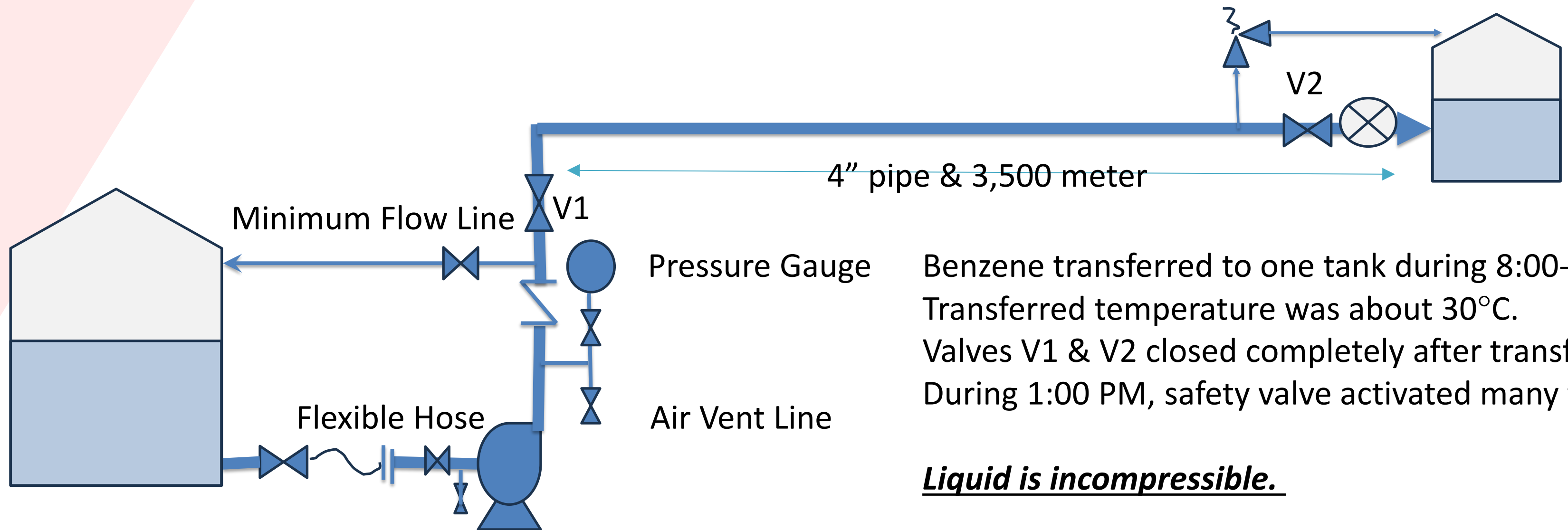


After Stopping pump, operator also closed V2,V1 then stopped pump at nighttime. One week later, we found that PG & PS units damaged by overpressure.

Thermal expansion co-efficient is about 0.00011 (for 10-degree change).
 Volume inside pipe is 26 litter for 40-m pipe.
 Calculated volume expansion is
 $0.00011 \times 26 = 0.00286$ litter only.

Liquid is incompressible.

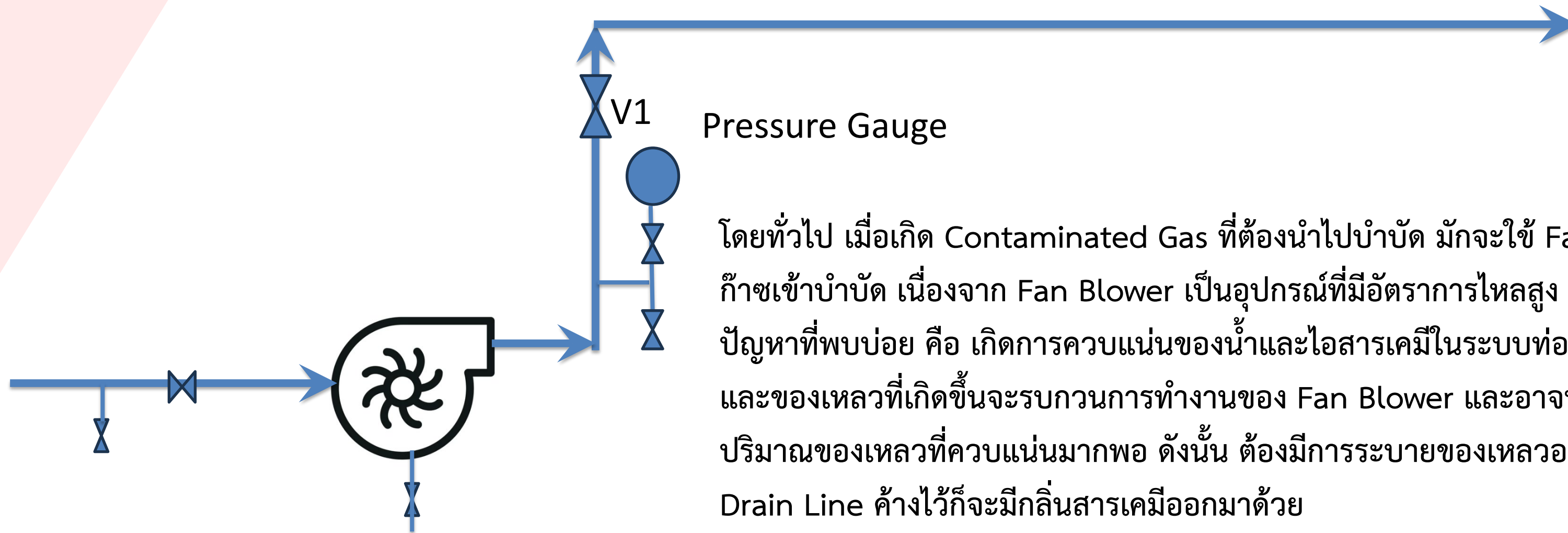
Thermal Expansion in pipe line by ambient condition



Benzene transferred to one tank during 8:00-10:00 AM. Transferred temperature was about 30°C. Valves V1 & V2 closed completely after transferred. During 1:00 PM, safety valve activated many times.

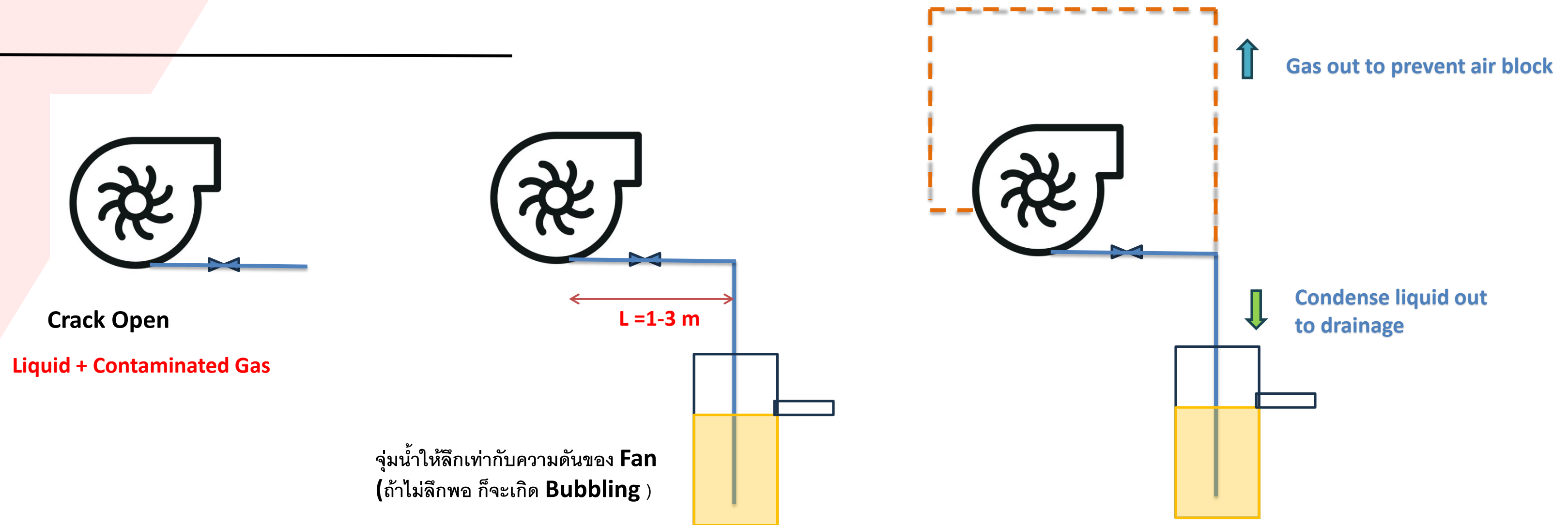
Liquid is incompressible.

Contaminated Gas Drain Line



โดยทั่วไป เมื่อเกิด Contaminated Gas ที่ต้องนำไปบำบัด มักจะใช้ Fan Blower ในการส่ง ก๊าซเข้าบำบัด เนื่องจาก Fan Blower เป็นอุปกรณ์ที่มีอัตราการไหลสูง แต่ใช้พลังงานต่ำ ปัญหาที่พบบ่อย คือ เกิดการควบแน่นของน้ำและไฮดรอกไซด์ในระบบท่อ และ Fan Blower และของเหลวที่เกิดขึ้นจะรบกวนการทำงานของ Fan Blower และอาจทำให้เสียหายได้ ถ้ามี ปริมาณของเหลวที่ควบแน่นมากพอ ดังนั้น ต้องมีการระบายของเหลวออกให้หมด แต่ถ้าเปิด Drain Line ค้างไว้ก็จะมีกลิ่นสารเคมีออกมาด้วย

Contaminated Gas Drain Line (ต่อ)



จุ่มน้ำให้ลึกเท่ากับความดันของ Fan
(ถ้าไม่ลึกพอ ก็จะทำให้เกิด Bubbling)

ของเหลวไหลออกจาก Fan Blower
ไม่ดี ไม่สม่ำเสมอ
เนื่องจากเกิด Air Block
โดยเฉพาะเมื่อมีปริมาณของเหลว
มากจนไหลเต็มท่อ

สามารถระบาย
ของเหลว
ออกจาก Fan Blower ได้อย่าง
สม่ำเสมอ

อุปกรณ์อื่นๆ

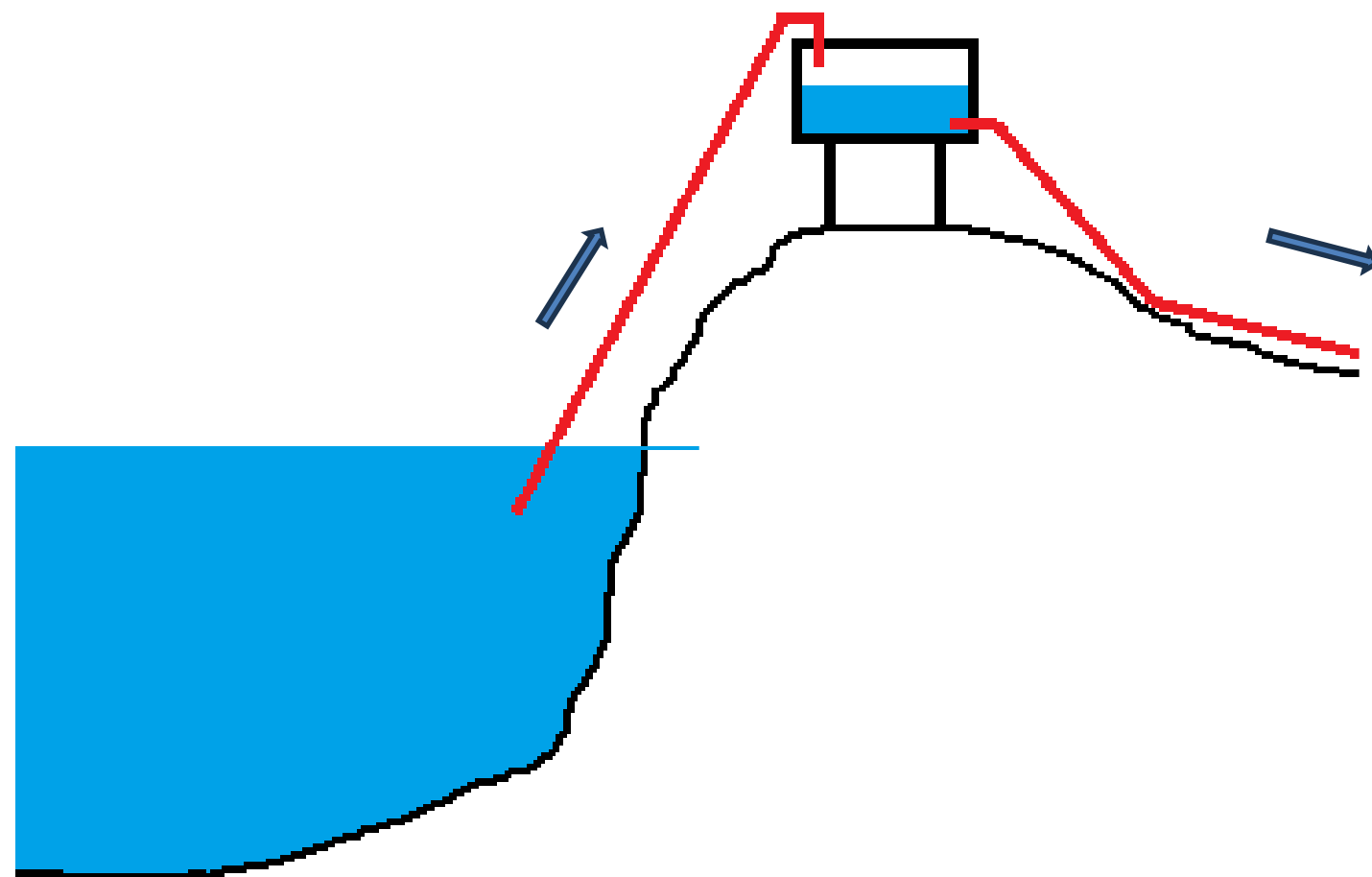
Syphon (พญูาแรงใ้่น้ำ กาลักน้ำ ทุ่ระบายน้ำอ่างเลี้ยงปลา)

ตะบั่นน้ำ (Ram Pump)

Themo Syphon (Mechanical Seal Pot)

Syphon (พญาแรงให้น้ำ)

สูบน้ำจากที่ต่ำไปที่สูง โดยไม่ใช้พลังงาน ทำได้จริงไหม



เติมน้ำในถังให้เต็ม
ปล่อยน้ำให้ไหล และจะเกิดสภาพคล้ายกาลักน้ำ จะมีการไหลต่อเนื่อง
จริงหรือไม่ ?

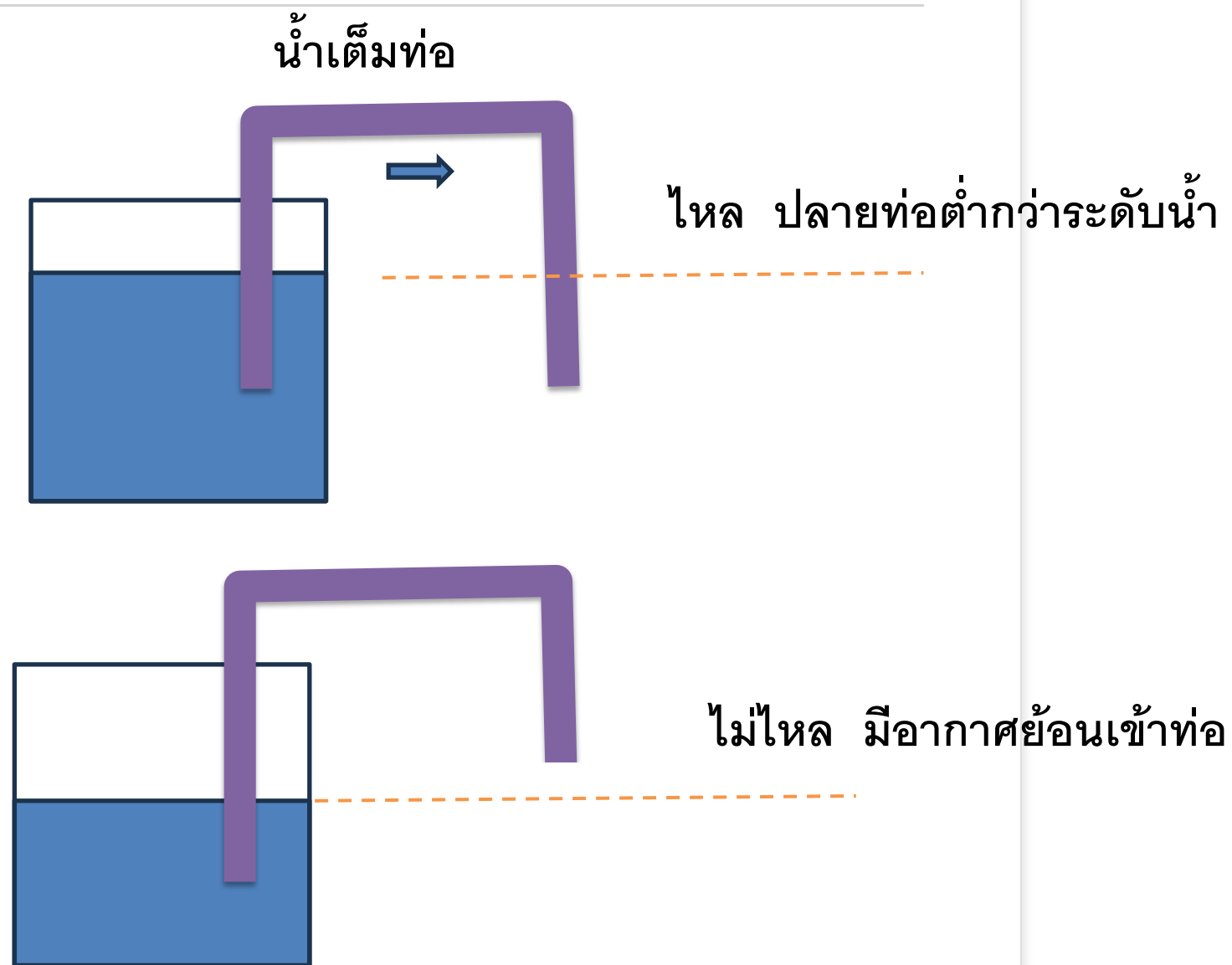


พญาแรง" บิมน้ำไม่ใช้ไฟฟ้า ไม่ใช้น้ำมัน ใช้น้อย ใช้ได้ดี สูบน้ำได้ตลอด ลองทำเอาไว้
ใช้ในการเกษตร ทุกวันนี้ มีเทคโนโลยีหลายๆ อย่างเข้ามาช่วยในการเกษตร ซึ่งบางอย่าง...

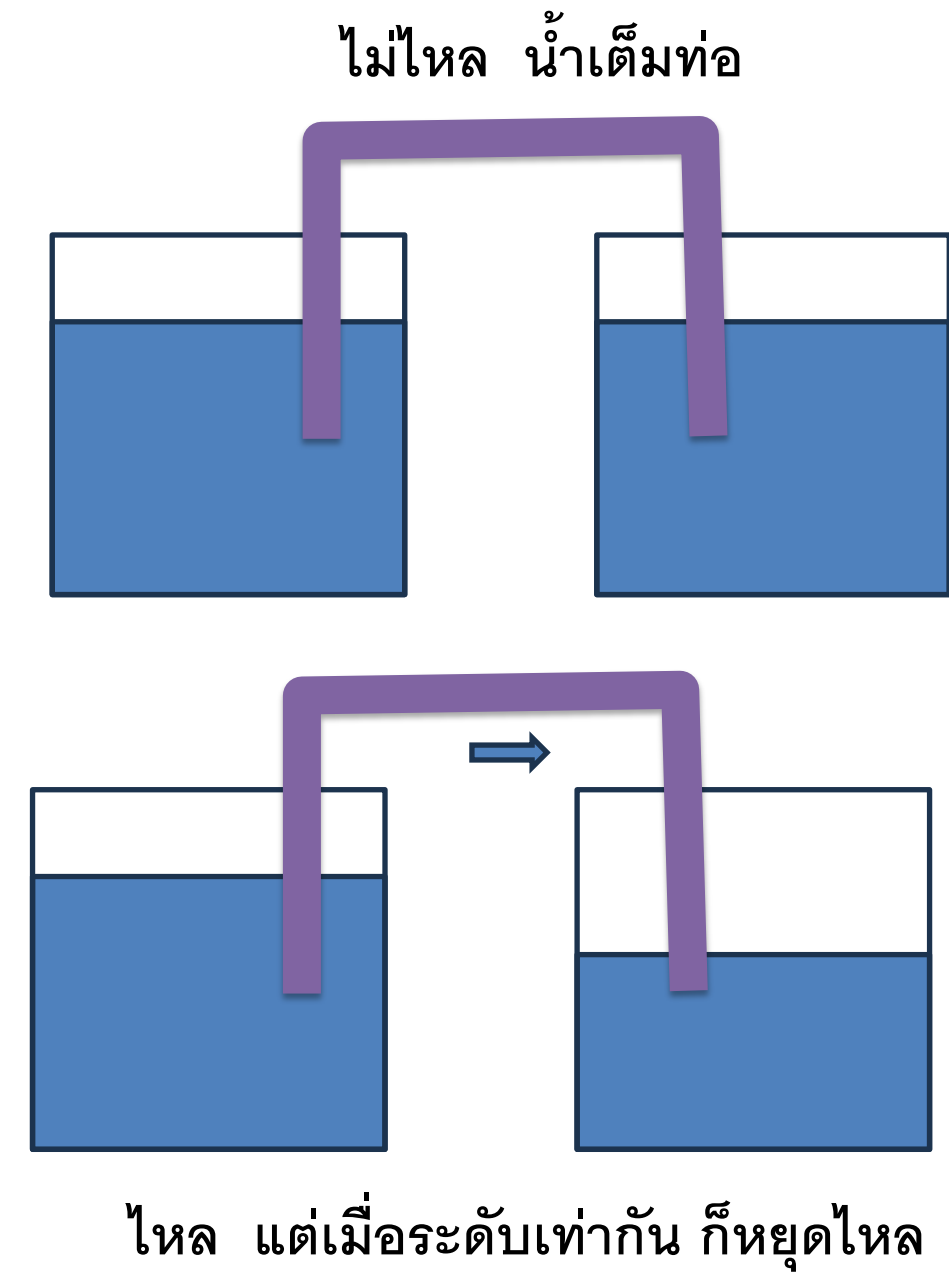
[Visit >](#)

Images may be subject to copyright. [Learn More](#)

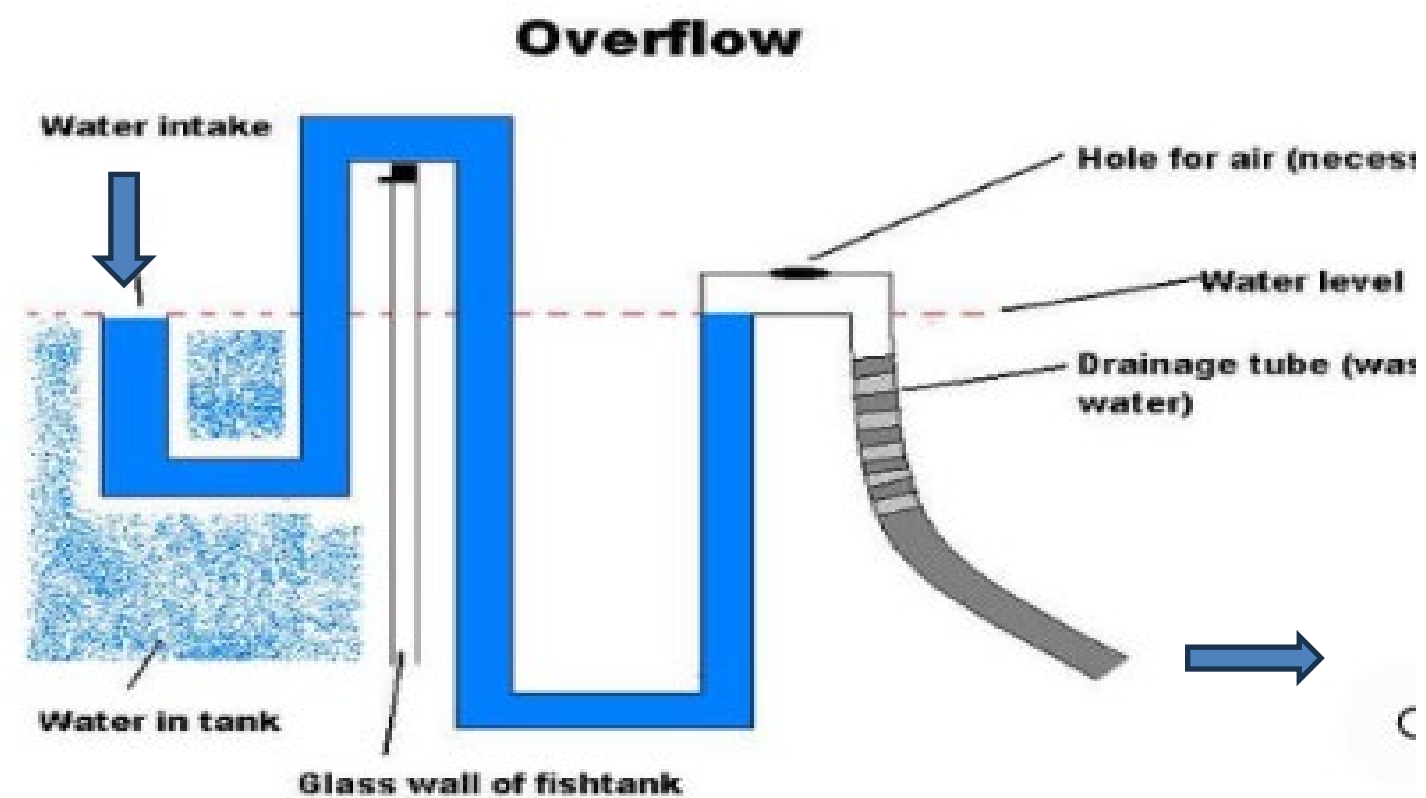
Syphon (กาลักน้ำ)



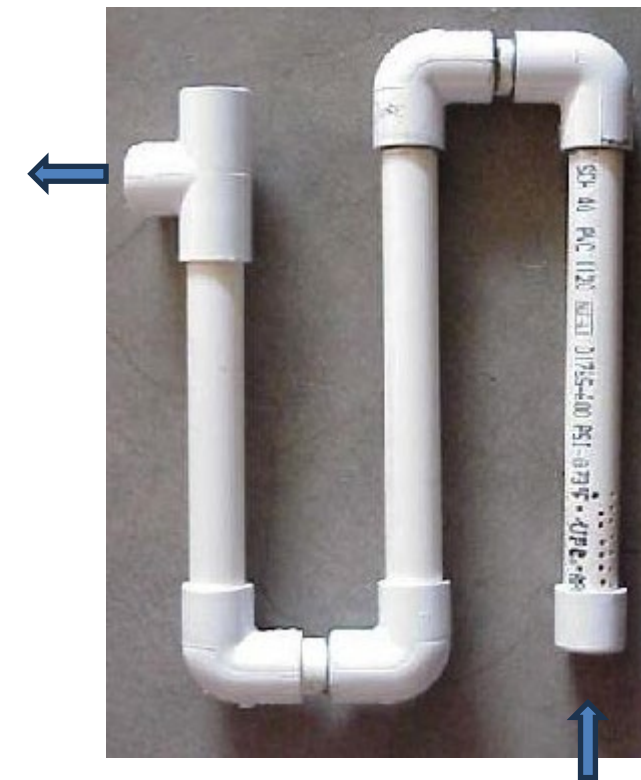
กาลักน้ำจะส่งน้ำได้ เมื่อระดับน้ำปลายทางต่ำกว่าระดับน้ำต้นทางและท่อต้องไม่มีฟองอากาศขนาดใหญ่



Syphon (ท่อระบายน้ำอ่างเลี้ยงปลา / Auto Drain)



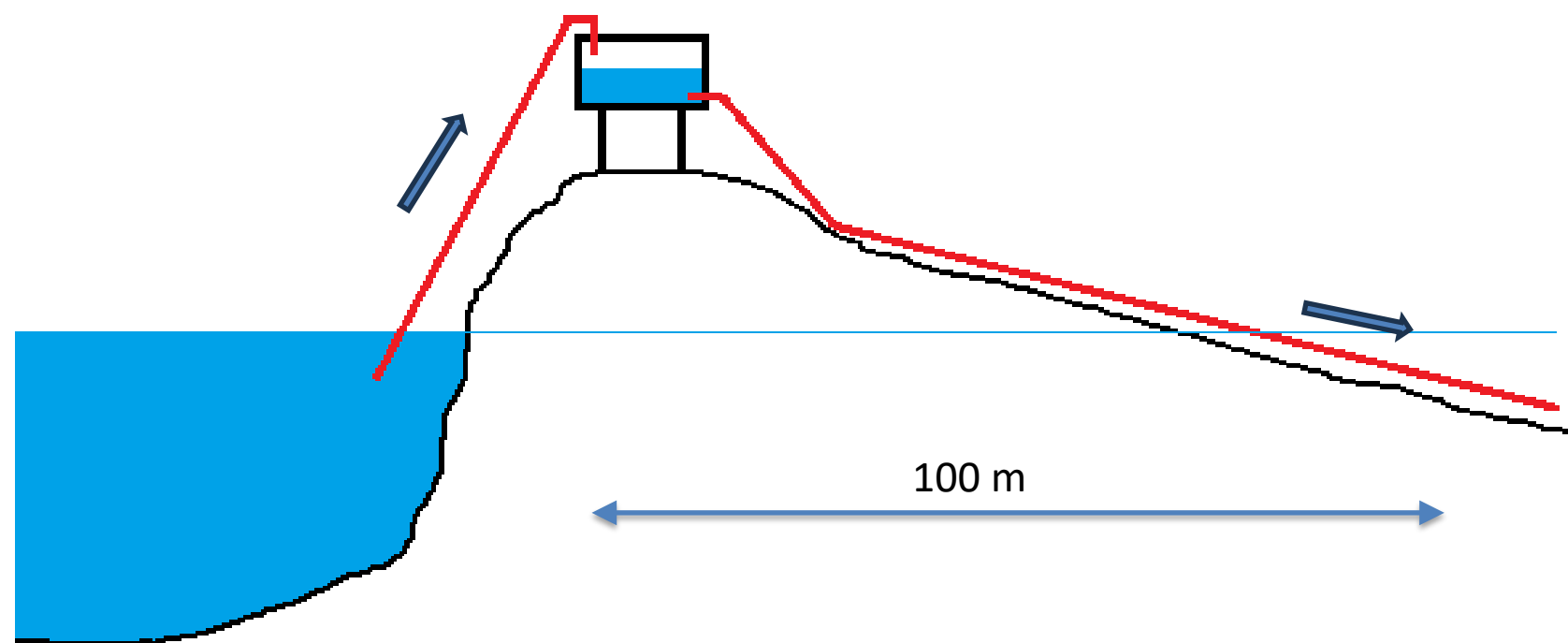
Free Energy ?



ในระบบท่อในอุตสาหกรรม เมื่อมีการส่งของเหลว
จากที่สูงไปที่ต่ำโดยปั๊ม จะต้องระวังการไหลแบบกาลักน้ำ
เมื่อหยุดปั๊ม

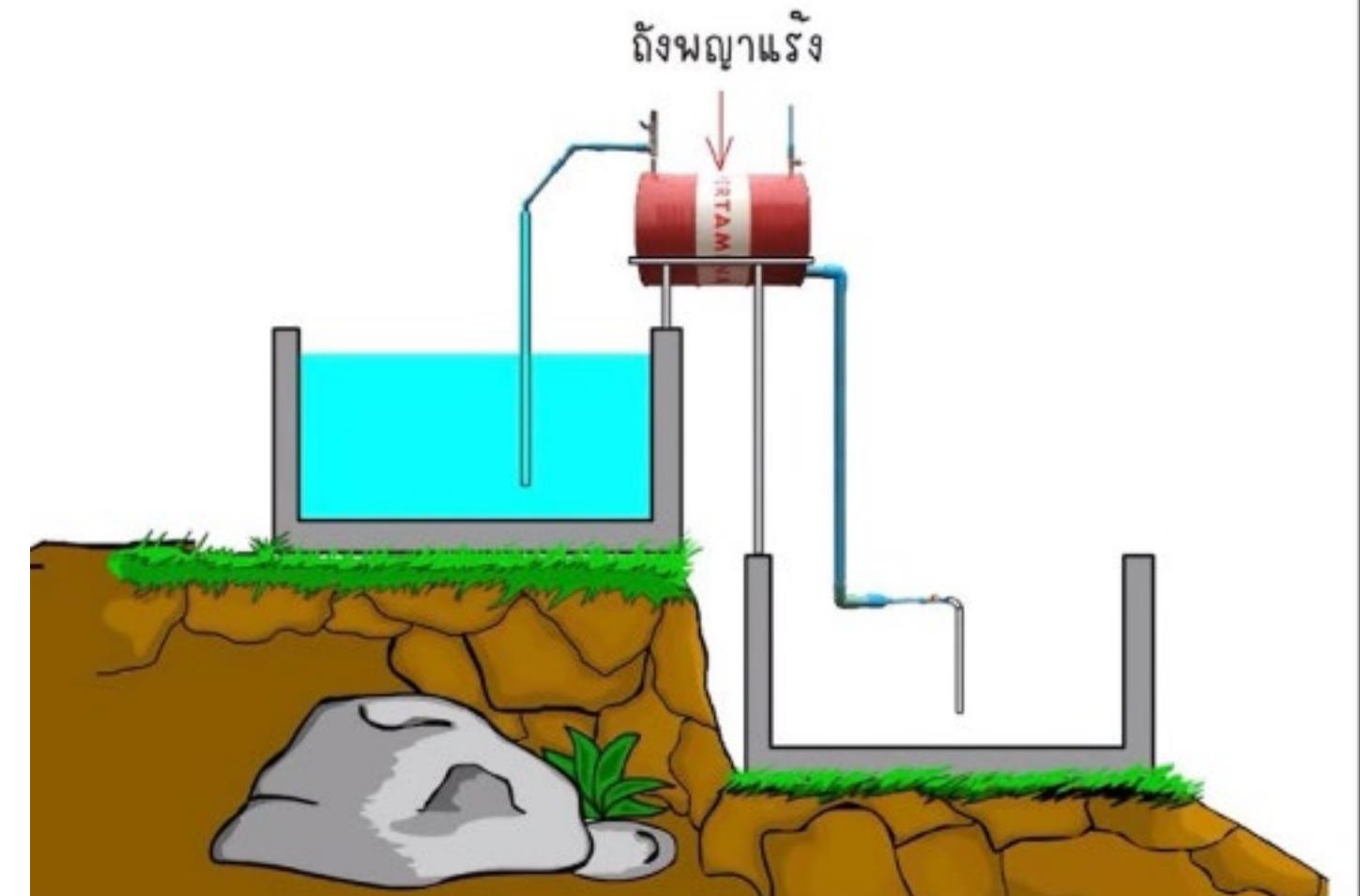
Syphon (พญาร้างให้น้ำ)

สูบน้ำจากที่สูง ไปที่ต่ำ โดยไม่ใช้พลังงานเป็นไปไม่ได้



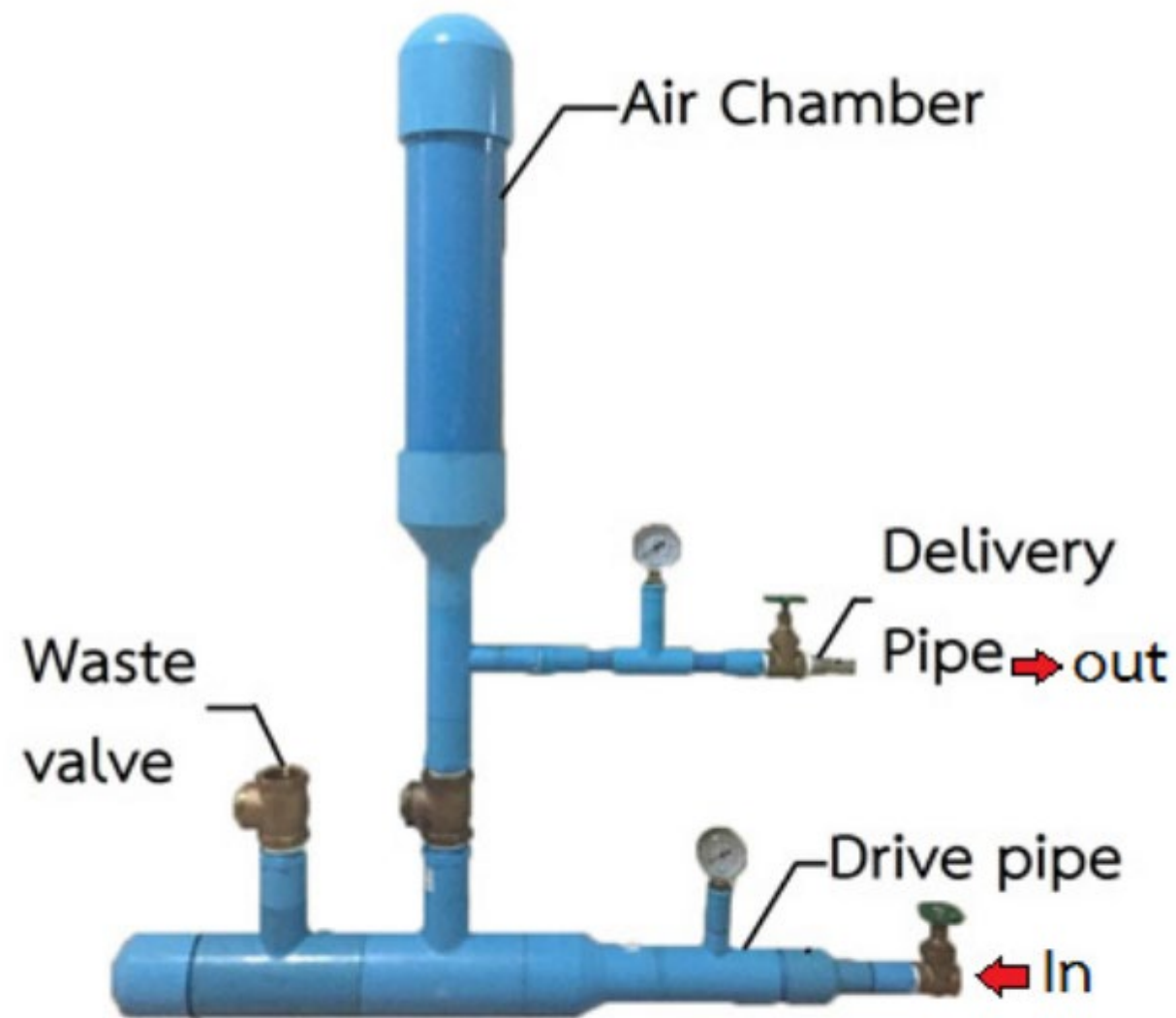
จากการพิสูจน์ น้ำจะไหลต่อเนื่องได้ ปลายท่อทางขาออก
จะต้องต่ำกว่าระดับน้ำทางเข้า

การมีถังพญาร้างจะสามารถทำให้ระบบกักน้ำทำงานได้ดี
กรณีมีก๊าซจำนวนน้อยๆ ปนอยู่ในน้ำ

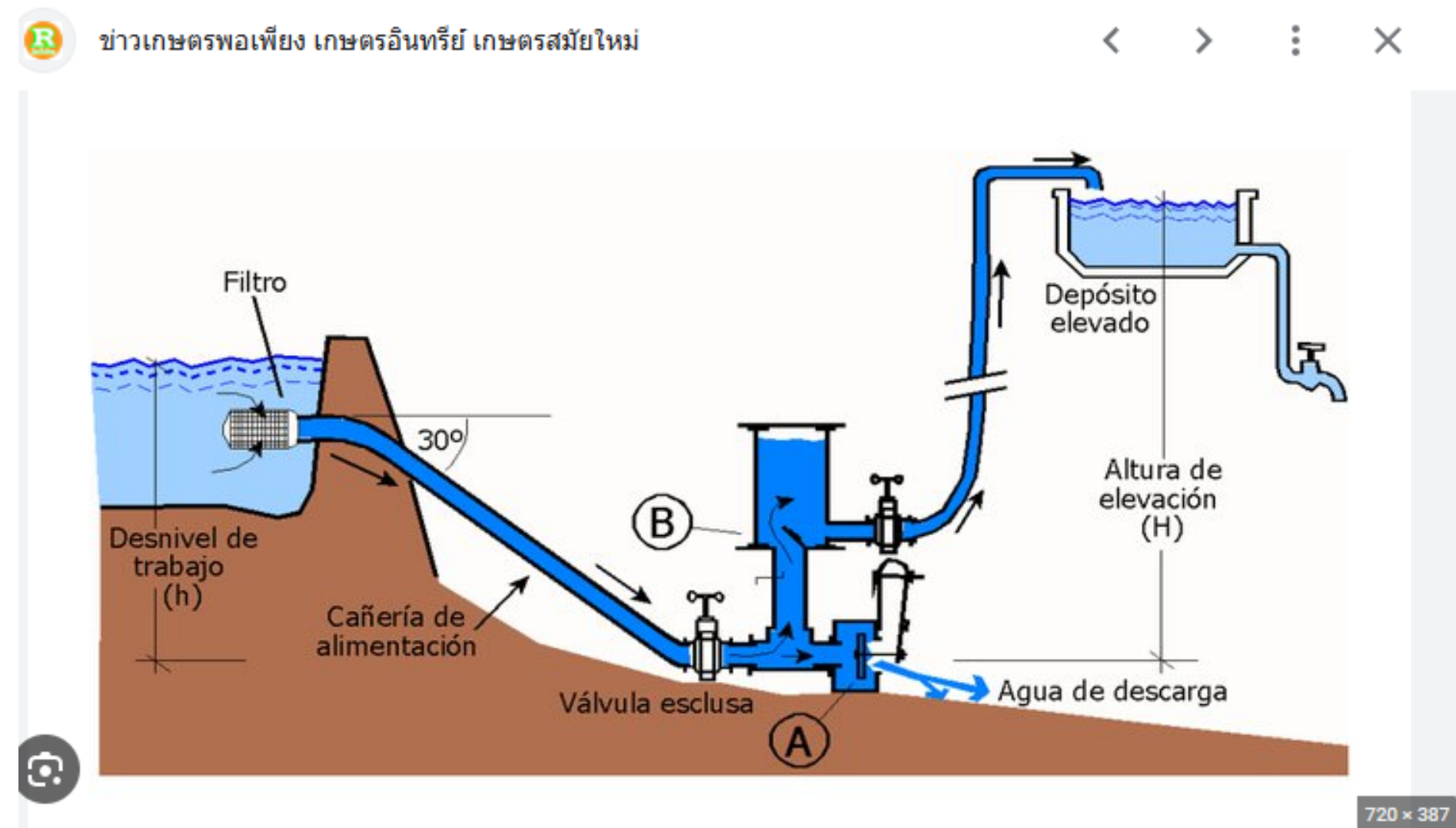


ตะบันน้ำ (Ram Pump)

สูบน้ำจากที่ต่ำไปที่สูง โดยใช้พลังงานจากการไหลของน้ำที่ไหลจากที่สูง 1-2 เมตร โดยใช้กลไกการหยุดการไหลของน้ำ โดย Check valve กลับด้าน 2 ตัว ที่จะทำให้เกิดแรงจากการกระแทก จากพลังงานจลน์ และใช้แรงนี้ดันน้ำจำนวนน้อยๆ ขึ้นไปที่สูงประมาณ 5-10 เมตร โดยมีน้ำที่ต้องทิ้งประมาณ 3-5 เท่า ของน้ำที่สูบขึ้นที่สูง



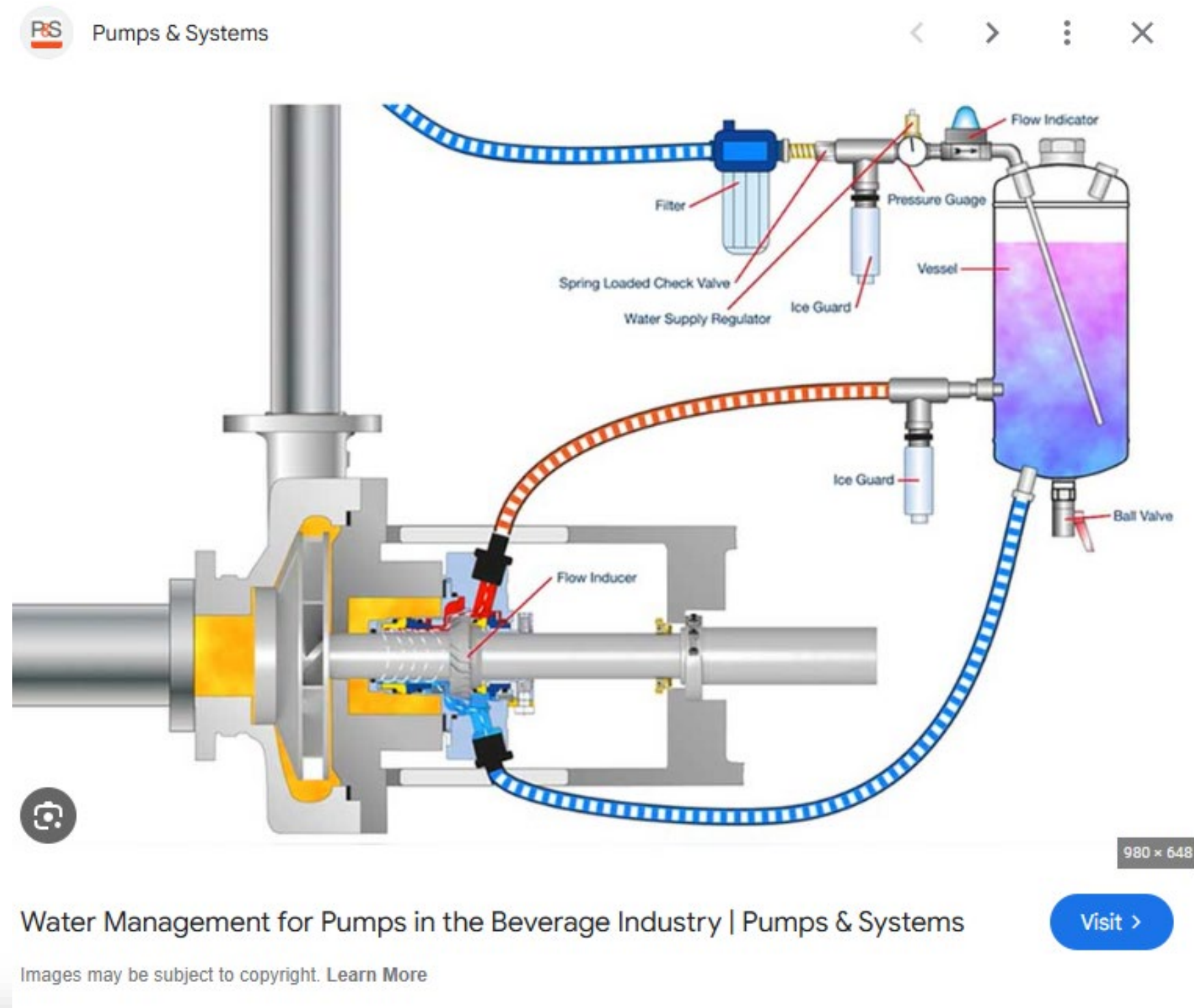
รูปที่ 2 องค์ประกอบของเครื่องตะบันน้ำ



ตะบันน้ำ - เกษตรพอเพียง | ชาวเกษตรพอเพียง เกษตรอินทรีย์ เกษตรสมัยใหม่

images may be subject to copyright. [Learn More](#)

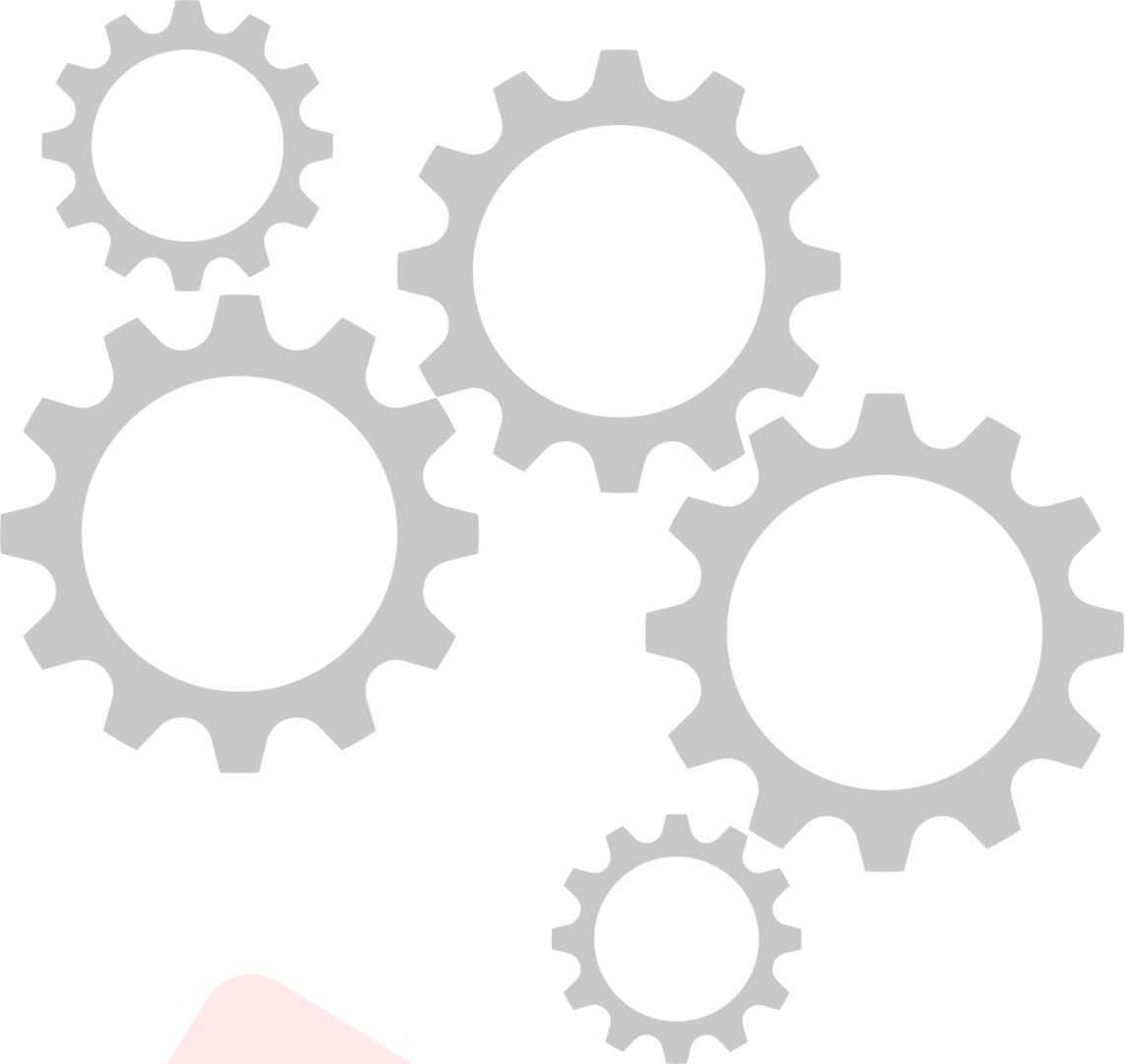
Visit >



เมื่ออุณหภูมิเท่ากัน ของเหลวจะมี density เท่ากัน และจะไม่เกิดการไหล
 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ของเหลวที่ร้อนจะมี density ต่ำกว่า และทำให้เกิดการไหลขึ้น
 Seal Pot จะทำหน้าที่ระบายความร้อน และ ทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่องขึ้น

Themo Syphon ในระบบ Mechanical Seal Pot

จ บ



QUESTIONS & ANSWERS

