คู่มือ

การประเมินความเสี่ยงอันตราย

จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กิตติกรรมประกาศ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หรือ พพ. ได้ดำเนินโครงการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจสำหรับการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพให้ปลอดภัย เพื่ออบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเจ้าหน้าที่ดูแลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการประเมินความเสี่ยงในแต่ละจุดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพของตนเอง และพร้อมที่จะบรรเทาและระงับอุบัติเหตุเบื้องต้นที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพอย่างถูกต้องตามหลักการ เกิดความรู้ความเข้าใจวิธีปฏิบัติเพื่อลดความวิตกกังวลของผู้ประกอบการที่มีระบบผลิตและใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพอยู่ โดยว่าจ้างศูนย์วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม บางเขน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นที่ปรึกษาโครงการฯ ในการดำเนินโครงการฯมีการจัดทำคู่มือการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และคู่มือในการระงับอุบัติเหตุที่เกิดจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ พร้อมทั้งจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการแสดงความรุนแรงและอันตรายที่เกิดจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อให้สามามารถนำไปใช้เป็นแนวทางประกอบการป้องกันและบรรเทาเหตุ ลดความสูญเสียทรัพย์สินและชีวิต ที่จะเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุของระบบผลิตก๊าซชีวภาพควบคู่กันไป

ในการจัดทำคู่มือทั้ง 2 ฉบับ นี้ สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความร่วมมือเป็นอย่างดี ทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน โดยเฉพาะผู้ประกอบการโรงงานแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ ได้แก่ บริษัทคาสซาวาเวสท์ทูเอ็นเนอร์ยี่ จำกัด บริษัทชัยภูมิสตาร์ช จำกัด บริษัทสระแก้วเจริญ จำกัด และบริษัทเอี่ยมบูรพา จำกัด ที่ได้เสนอแนะและถ่ายทอดข้อมูลจากเหตุการณ์จริงอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ซึ่ง พพ. ใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

กลุ่มก๊าซชีวภาพ
สำนักวิจัยและค้นคว้าพลังงาน

คำนำ

ก๊าซชีวภาพ (Boigas) เป็นพลังงานทดแทนที่มีความสำคัญของประเทศทั้งในปัจจุบัน และอนาคต เพราะนอกจากจะสามารถใช้ทดแทนพลังงานที่นำเข้าด้านต่างๆได้แล้ว ยังสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ โดยการเปลี่ยนของเสียไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศอย่างถูกวิธี รวมทั้งต้องมีการออกแบบและก่อสร้างระบบอย่างมีมาตรฐาน จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานการออกแบบ และก่อสร้างระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพที่มีความปลอดภัย ส่งผลให้มีการเกิดอุบัติเหตุและนำมาซึ่งการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (**พพ.**) ได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ดังนั้นในปี 2553 จึงได้ดำเนินโครงการเผยแพร่ความรู้ด้านการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัย เพื่อให้บุคลากร สถานประกอบการ ผู้ปฏิบัติงานด้านก๊าซชีวภาพทั้งในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการผลิตและใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนอย่างปลอดภัย โดยได้จัดทำคู่มือ 2 เล่ม ได้แก่ คู่มือการปฏิบัติงานการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและขยะชุมชน และคู่มือการปฏิบัติงานการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับฟาร์มปศุสัตว์

ปี 2555 นี้ **พพ.** ได้ดำเนินโครงการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจสำหรับการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพให้ปลอดภัย เพื่ออบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเจ้าหน้าที่ดูแลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการประเมินความเสี่ยงในแต่ละจุดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพของตนเอง และพร้อมที่จะบรรเทาและระงับอุบัติเหตุเบื้องต้นที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพอย่างถูกต้องตามหลักการ เกิดความรู้ความเข้าใจวิธีปฏิบัติเพื่อลดความวิตกกังวลของผู้ประกอบการที่มีระบบผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพอยู่ โดยมีการจัดทำคู่มือ 2 เล่ม ได้แก่ คู่มือการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และคู่มือระงับอุบัติเหตุที่เกิดจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

พพ. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือฯ ที่ได้จัดทำทั้ง 2 เล่มนี้ จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางประกอบการป้องกันและบรรเทาเหตุ ลดความสูญเสียทรัพย์สิน และชีวิต ที่จะเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุของระบบผลิตก๊าซชีวภาพควบคู่กันไป

กลุ่มก๊าซชีวภาพ
สำนักวิจัยและค้นคว้าพลังงาน

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		
คำนำ		
บทที่ 1	**บทนำ**	**1-1**
บทที่ 2	**ขั้นตอนการจัดทำรายงานวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง**	**2-1**
	2.1 การจัดตั้งคณะทำงาน	2-1
	2.2 การรวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2-4
	2.3 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	2-5
	2.4 การบ่งชี้อันตราย	2-15
	2.4.1 Checklist	2-15
	2.4.2 What-If Analysis	2-16
	2.4.3 Hazard and Operability Studied (HAZOP)	2-17
	2.4.4 Fault-Tree Analysis (FTA)	2-18
	2.4.5 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)	2-19
	2.4.6 Even Tree Analysis	2-20
	2.5 การประเมินความเสี่ยง	2-22
	2.5.1 การประเมินโอกาสของการเกิดเหตุการณ์	2-22
	2.5.2 การพิจารณาความรุนแรงของอันตราย	2-23
	2.5.3 การจัดระดับความเสี่ยง	2-24
	2.6 การจัดทำแผนงานการบริหารจัดการความเสี่ยง	2-25
	2.6.1 การจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง	2-26
	2.6.2 การจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง	2-27
	2.7 สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานที่เป็นความเสี่ยง	2-28
บทที่ 3	**อุปกรณ์ความปลอดภัย**	**3-1**
ภาคผนวก ก.	ตัวอย่างรายงานการประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจากระบบผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	
ภาคผนวก ข.	ตัวอย่างแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตราย	

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แผนผังขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงอันตราย	2-1
รูปที่ 2.2	ถัง water seal tank	2-8
รูปที่ 2.3	ระบบดักละอองน้ำแบบ Knock out Drum	2-10
รูปที่ 3.1	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Modified Anaerobic Covered Lagoon	3-5
รูปที่ 3.2	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบUASB	3-6
รูปที่ 3.3	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์สำหรับหัวเผาก๊าซชีวภาพ	3-7
รูปที่ 3.4	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	3-8

สารบัญตาราง

			หน้า
ตารางที่	1.1	ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานประเมินความเสี่ยงอันตราย	1-1
ตารางที่	2.1	แบบฟอร์มบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	2-14
ตารางที่	2.2	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชี้บ่งอันตรายด้วย FTA	2-19
ตารางที่	2.3	สรุปการเลือกใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย	2-21
ตารางที่	2.4	การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง	2-22
ตารางที่	2.5	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล	2-23
ตารางที่	2.6	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน	2-24
ตารางที่	2.7	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	2-24
ตารางที่	2.8	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน	2-24
ตารางที่	2.9	การจัดระดับความเสี่ยง	2-25
ตารางที่	2.10	ระดับความเสี่ยงกับการจัดแผนบริหารจัดการความเสี่ยง	2-26
ตารางที่	2.11	ข้อมูลในการทำแผนลดความเสี่ยงตามแบบการชี้บ่งอันตราย และการประเมินความเสี่ยง	2-26
ตารางที่	2.12	ข้อมูลที่ใช้ในการทำแผนควบคุมความเสี่ยงในแบบการชี้บ่งอันตราย และการประเมินความเสี่ยง	2-27

บทที่ 1
บทนำ

คู่มือการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นส่วนหนึ่งของโครงการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจสำหรับการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพให้ปลอดภัย เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่นำก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดของเสียหรือน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนในหม้อไอน้ำหรือผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ในโรงงาน

จากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 พ.ศ.2542 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่อง “มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการทำงาน” กำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 3 จำนวน 12 ประเภทดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 1-1** ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงจะต้องดำเนินการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการของโรงงาน

ตารางที่ 1-1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานประเมินความเสี่ยงอันตราย

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
1	7(1) (4)	โรงงานสกัดน้ำมันจากพืช สัตว์ หรือไขมันสัตว์ เฉพาะที่ใช้สารตัวทำละลายในการสกัด
2	42(1) (2)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมีหรือวัตถุอันตราย
3	43(1) (2)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปุ๋ยหรือสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์
4	44	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ยางอีลาสโตเมอร์พลาสติก หรือเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมิใช่ใยแก้ว
5	45(1) (2)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสี น้ำมันชักเงา เชลแล็ค แล็กเกอร์ หรือผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ยาหรืออุด
6	48(4)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการทำไม้ขีดไฟ วัตถุระเบิด หรือดอกไม้ไฟ
7	49	โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
8	50(4)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือลิกไนต์
9	89	โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติ ส่งหรือจำหน่ายก๊าซ
10	91(2)	โรงงานบรรจุก๊าซ
11	92	โรงงานห้องเย็น
12	99	โรงงานผลิต ซ่อมแซม ดัดแปลง เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด หรือสิ่งอื่นใดที่มีอำนาจในการประหาร ทำลายหรือทำให้หมดสมรรถภาพ ในทำนองเดียวกับอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืนวัตถุระเบิดและรวมถึงสิ่งประกอบของสิ่งดังกล่าว

ที่มา: http://oaep.diw.go.th/cms/images/stories/ptf/Law/ind16.pdf

โดยปกติโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไม่ได้อยู่ในขอบข่ายโรงงานอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงฉบับดังกล่าวนี้ แต่เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังนำเอาของเสียหรือน้ำเสียในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบในระบบก๊าซชีวภาพ เพื่อนำก๊าซที่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน หรือความร้อน โรงงานอุตสาหกรรมจึงจัดเข้าขอบข่ายโรงงานลำดับที่ 89 คือ โรงงานผลิตก๊าซซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติ ส่งหรือจำหน่ายก๊าซ โดยในช่วงระยะ 4-5ปี ที่ผ่านมาโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพได้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง มีความถี่และความรุนแรงของอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้น เหตุการณ์แต่ละครั้งมีการสูญเสียทั้งชีวิตของผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องจำนวนมาก ทรัพย์สินเสียหายหลายร้อยล้านบาท บั่นทอนความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้ประโยชน์ร่วมกันกับระบบอื่นๆภายในโรงงาน อาจทำให้การสนับสนุนการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมหยุดชะงักลง ผู้ประกอบการเกิดความไม่มั่นใจในเทคโนโลยีว่าจะปลอดภัยต่อชีวิตหรือทรัพย์สินหรือไม่

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงให้ความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างความรู้ ความเข้าใจ ให้กับผู้ประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ สร้างความตระหนักด้านความปลอดภัยในการนำระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพที่เป็นระบบหนึ่งให้กับโรงงานด้วย ทั้งนี้เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพเกิดความมั่นใจในเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากจะมีประสิทธิภาพแล้วยังสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย คุ้มค่ากับการลงทุน ลดความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้น และเพื่อเป็นการป้องกัน ควบคุม บรรเทาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงาน

พพ. จึงได้จัดทำคู่มือจำนวน 2 เล่ม ประกอบด้วย

- ♣ คู่มือการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และ
- ♣ คู่มือการระงับอุบัติเหตุที่มาจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

คู่มือการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ มีเนื้อหาสาระสอดคล้องและเป็นไปตามกระบวนการจัดทำการประเมินความเสี่ยงภัยของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ในคู่มือการชี้บ่งอันตราย ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมจัดทำขึ้นเพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรม 12 ประเภท ที่อยู่ในขอบข่ายการบังคับใช้กฎหมายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3 พ.ศ.2542 คู่มือฯฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีภาพ นำไปใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงอันตรายของเครื่องจักร อุปกรณ์และบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจ ให้เกิดความตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน การดูแลรักษาซ่อมบำรุงระบบก๊าซชีวภาพในโรงงาน โดยคู่มือฉบับนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของระบบผลิต

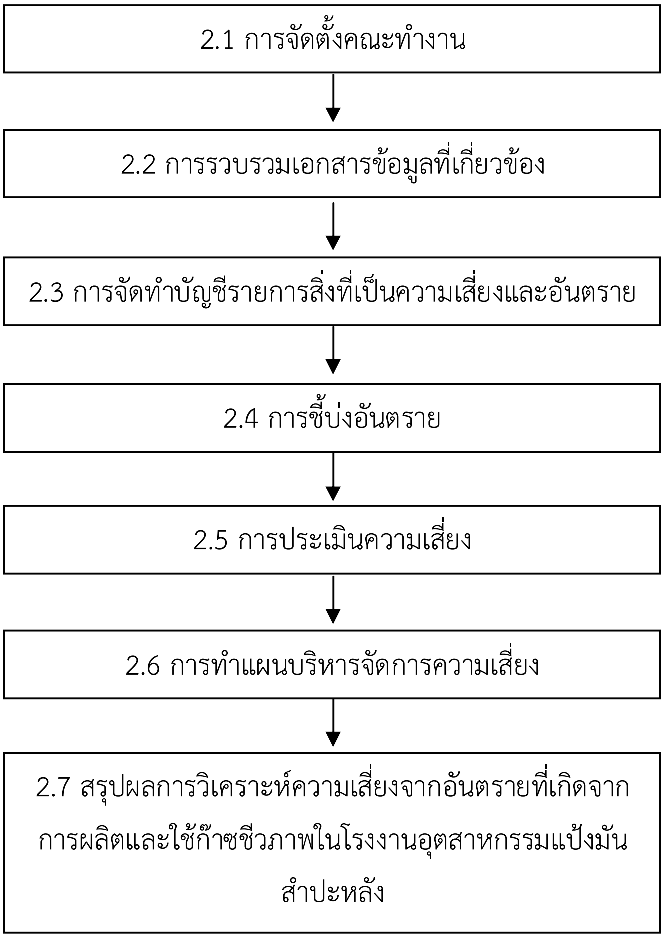
ก๊าซชีวภาพตั้งแต่แหล่งกำเนิดก๊าซชีวภาพ (บ่อบำบัดน้ำเสีย) ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบเก็บก๊าซและระบบส่งจ่ายก๊าซ เพื่อนำก๊าซไปใช้งาน

คู่มือฯฉบับนี้เป็นเพียงแนวทางให้กับโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ นำไปใช้ประกอบในการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากระบบผลิตและการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยขอให้ผู้ประกอบกิจการอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังได้สำนึกและตระหนักไว้เสมอว่าไม่ควรละเลยใส่ใจในการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีใช้อยู่อย่างสม่ำเสมอ ถึงแม้ระบบฯ จะออกแบบอย่างถูกต้อง มีมาตรฐานตามหลักวิศวกรรม เพื่อให้เกิดความมั่นใจและมีความปลอดภัยในระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้งานอยู่

พพ.หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดทำคู่มือฉบับนี้จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ

บทที่ 2
ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจากการผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจากการผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ ในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงอันตราย

2.1 การจัดตั้งคณะทำงาน

สำหรับการประเมินความเสี่ยงนั้น สิ่งที่ต้องดำเนินการเป็นลำดับแรกคือ การเลือกผู้จัดทำรายงานหรือคณะผู้จัดทำรายงานเพื่อดำเนินการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง จำนวนคนใน

คณะผู้จัดทำรายงานต้องดำเนินงานโดยกลุ่มบุคลากรของโรงงานอย่างน้อย 3 คน โดยบุคลากรต้องมีคุณสมบัติครอบคลุมดังต่อไปนี้

ก. <u>หัวหน้างาน เช่น วิศวกรความปลอดภัย/วิศวกรเคมี/วิศวกรเครื่องกล/วิศวกรไฟฟ้า</u>

- มีประสบการณ์ในการควบคุม อุปกรณ์หรือเครื่องจักร ทราบถึงสาเหตุความผิดพลาดหรือข้อบกพร่องของเครื่องจักรเป็นอย่างดี
- มีความรู้ความเข้าใจถึงขั้นตอน และวิธีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ
- ทราบถึงวิธีการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
- ทราบถึงระบบควบคุมต่างๆ
- มีความรู้ทางด้านวิศวกรรม

ข. <u>ช่างเทคนิค หรือช่างซ่อมบำรุง</u>

- มีประสบการณ์ในการทำงาน ทราบถึงความผิดพลาดหรือข้อบกพร่องของเครื่องจักรเป็นอย่างดี
- ทราบถึงขั้นตอนและวิธีการในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ หรือระบบ
- ทราบถึงมาตรฐานต่างๆที่นำมาใช้ในการออกแบบ
- ทราบถึงแนวความคิดในการออกแบบ การก่อสร้าง การติดตั้งเครื่องจักร

ค. <u>เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย</u>

- มีความรู้ในเรื่องเทคนิคของการชี้บ่งอันตราย และประเมินความเสี่ยง
- มีความรู้ในเรื่องความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

นอกจากบุคลากรที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หากต้องการให้การชี้บ่งอันตรายมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรมีบุคคลากรดังต่อไปนี้มาร่วมอยู่ในคณะทำงานด้วย

- ผู้จัดการโรงงานหรือผู้บริหาร
- วิศวกรโครงการ
- วิศวกรกระบวนการผลิต
- ผู้ออกแบบหรือวิศวกรเครื่องมือระบบควบคุม
- นักวิทยาศาสตร์ (สำหรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ หรือองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ)
- นักชีวอนามัย และสาธารณสุข

เมื่อคัดเลือกผู้ดำเนินการได้แล้ว ผู้จัดการโรงงาน หรือผู้บริหารระดับสูงควรประกาศที่จะให้การสนับสนุนคณะทำงานชุดนี้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง โดยมีคำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานตามมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงานของโรงงาน ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างการจัดตั้งคณะทำงาน

คำสั่งบริษัท A จำกัด

ที่ 11/2555

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน

เพื่อให้การดำเนินการของโรงงาน บริษัท A จำกัด เป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2542) ลงวันที่ 18 พฤศจิกายน 2542 ออกตามพระราชบัญญัติโรงงาน 2535 เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน ดังนั้น กรรมการผู้จัดการใหญ่จึงมีคำสั่งให้พนักงานตามรายชื่อต่อไปนี้ เป็นคณะทำงานจัดทำมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน

1) นายxxxx	xxxx	ผู้จัดการโรงงาน	หัวหน้าคณะทำงาน
2) นายxxxx	xxxx	หัวหน้าทีมปฏิบัติการ	คณะทำงาน
3) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
4) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
5) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
6) นายxxxx	xxxx	หัวหน้าทีมซ่อมบำรุง	คณะทำงาน
7) น.ส.xxxx	xxxx	นักเคมี	คณะทำงาน
8) น.ส.xxxx	xxxx	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	คณะทำงาน

ให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ดังต่อไปนี้

1) ชี้บ่งอันตราย ประเมินความเสี่ยงและจัดทำรายงานวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพในโรงงาน
2) นำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงไปดำเนินการ
3) รายงานผลการดำเนินการให้กรรมการผู้จัดการใหญ่ทราบทุกเดือน

ทั้งนี้ให้แล้วเสร็จภายใน 3 กรกฎาคม 2556

สั่ง ณ วันที่ 2 กรกฎาคม 2555

ลงชื่อ...

(...)

กรรมการผู้จัดการใหญ่

2.2 การรวบรวมเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังทราบว่าอะไรคือข้อมูลที่จำเป็นต่อการดำเนินการชี้บ่งอันตราย ประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนบริหารจัดการความเสี่ยง หากผู้ประกอบการมีข้อมูลครบถ้วน ถูกต้อง เป็นปัจจุบัน จะทำให้มีความถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มดำเนินการ โรงงานควรดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นก่อนดังนี้

2.2.1 แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงาน รวมทั้งสถานที่ต่างๆ เช่น ที่พักอาศัย โรงเรียน โรงงาน โรงพยาบาล สถาบันการศึกษา เส้นทางการจราจร และชุมชนที่ใกล้เคียงโดยรอบ เป็นต้น โดยข้อมูลในส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมภาวะฉุกเฉินเพื่อดำเนินการ สำหรับการจัดเส้นทางการจราจร การควบคุมการรั่วไหลของสารเคมี การกำหนดจุดรวมพล และการอพยพชุมชน

2.2.2 แผนผังรวมที่แสดงตำแหน่งของโรงงาน ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง เช่น การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลสารเคมีหรือวัตถุอันตราย ในกรณีที่หลายโรงงานอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยข้อมูลทั้งหลายนี้จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนภาวะฉุกเฉินเพื่อการประเมินสถานการณ์ว่าจะทำให้เกิดการขยายตัวลุกลามไปยังโรงงานอื่น หรือได้รับอันตรายจากโรงงานอื่นได้หรือไม่ การกำหนดกลยุทธ์ในการควบคุมเหตุฉุกเฉินจะได้ดำเนินการได้อย่างเหมาะสม

2.2.3 แผนผังโรงงานขนาดมาตราส่วน 1:100 หรือขนาดที่เหมาะสม แสดงรายละเอียดการติดตั้งเครื่องจักร สถานที่เก็บวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมีหรือวัตถุอันตราย ที่พักคนงาน โรงอาหาร อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย และสิ่งอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อการการป้องกัน หรือควบคุมเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี หรือวัตถุอันตราย ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการจัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ใช้ในการวางแผนควบคุมภาวะฉุกเฉินเพื่อการประเมินสถานการณ์ว่าจะทำให้เกิดการขยายตัวลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นหรือพื้นที่ใกล้เคียงได้หรือไม่ และมีอุปกรณ์ดับเพลิงอุปกรณ์ในการป้องกันการลุกลามของไฟและการแพร่กระจายของก๊าซพิษหรือไม่ การกำหนดกลยุทธ์ในการควบคุมเหตุฉุกเฉินจะได้ดำเนินการได้อย่างเหมาะสม

2.2.4 ขั้นตอนกระบวนการผลิตพร้อมแผนภูมิการผลิต รวมทั้งรายละเอียดของอุณหภูมิ ความดัน ชนิด และปริมาณวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี หรือวัตถุอันตราย ผลิตภัณฑ์และวัตถุพลอยได้เฉลี่ยต่อปี โดยข้อมูลนี้จะใช้ในการจัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย รวมทั้งใช้ในการชี้บ่งอันตราย

2.2.5 จำนวนผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน และการจัดช่วงเวลาการทำงาน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมภาวะฉุกเฉินทำให้สามารถประเมินได้ว่า ในช่วงเวลาขณะเกิดเหตุมีพนักงานอยู่ในโรงงานจำนวนเท่าไร

2.2.6 แผนฉุกเฉิน เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการเหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่น แผนอัคคีภัย แผนอุทกภัย ฯลฯ

2.2.7 แผนผังระบบผลิตก๊าซชีวภาพ แสดงรายละเอียดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ทั้งในส่วนของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ เพื่อนำข้อมูลไปจัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงอันตราย

2.2.8 คู่มือการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อนำข้อมูลไปกำหนดกลยุทธ์ในการควบคุมเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และจัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงอันตราย

2.2.9 ข้อมูลอื่นๆ เช่น สถิติการเกิดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ การเจ็บป่วย รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุ หรือรายงานการตรวจประเมินความปลอดภัย ประวัติการปรับปรุงระบบ การซ่อมบำรุง เป็นต้น ซึ่งจะนำไปใช้ในการจัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ใช้ในการบ่งชี้อันตราย เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาถึงสาเหตุ โอกาสของการเกิดอันตราย และความรุนแรงของอันตราย

2.3 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ และเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับกระบวนการประเมินความเสี่ยง หากการดำเนินการในขั้นตอนนี้ไม่ถูกต้อง หรือไม่สมบูรณ์ การประเมินความเสี่ยงก็อาจไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังนั้นจำเป็นต้องทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานทั้งหมด รวบรวมเพื่อจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย และผลกระทบที่อาจเกิดต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม ลงในบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

การลงรายการในบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายเป็นส่วนสำคัญที่ต้องแจกแจงการดำเนินงานทั้งหมดในโรงงานให้ครบถ้วน จึงจะทำให้การบ่งชี้อันตรายและการประเมินความเสี่ยงมีความสมบูรณ์ครอบคลุมทุกประเด็นปัญหาความไม่ปลอดภัยในโรงงาน

แบบบัญชีที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายจากการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1 การดำเนินงานในโรงงาน</u>

โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้รับผลกระทบด้านความปลอดภัยส่วนใหญ่มาจาก 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ส่วนผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งหมายถึงบริเวณที่เป็นส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ บริเวณบ่อหมัก/ถังหมักน้ำเสีย เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ รวมถึงระบบเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมหรืออุปกรณ์ที่ต้องรวบรวมข้อมูล เช่น

1.1 <u>น้ำเสียที่เข้าระบบ</u> มีความเสี่ยงอันตราย ดังนี้

1) น้ำเสียมีสภาพเป็นกรด ซึ่งมีผลทำให้ปั๊มสูบน้ำชำรุด เนื่องจากการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งหากมีการสัมผัสโดยตรงจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนัง หรือแสบร้อนตามผิวหนังได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้น โรงงานควรมีมาตรการให้ผู้ปฏิบัติงานมีอุปกรณ์ป้องกันในระหว่างการปฏิบัติงาน เช่น ถุงมือยางชนิดที่สามารถป้องกันสารเคมี เป็นต้น

2) มีเศษเปลือกมันและขยะผสมในน้ำเสีย เนื่องจากในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียใช้วิธีการตกตะกอนเพียงอย่างเดียว จนทำให้มีสิ่งสกปรกปะปนในน้ำเสียที่ลำเลียงเข้าสู่บ่อผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งส่งผลให้ปั๊มสูบน้ำเกิดการอุดตัน และชำรุดเสียหายได้

3) มีกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และชุมชนโดยรอบ เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีกำมะถันผสมอยู่ ซึ่งหากมีการสูดดมเข้าไปมากๆ จะมีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นโรงงานควรมีหน้ากากป้องกันกลิ่นให้กับผู้ปฏิบัติงานด้วย

1.2 <u>ทำเลที่ตั้งของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ</u> บ่อผลิต/เก็บก๊าซชีวภาพควรอยู่ห่างจากชุมชน สถานที่ราชการ ถนนสาธารณะ สายไฟฟ้าแรงสูง ที่พักคนงาน อาคารสำนักงาน สถานที่จอดรถจักรยานยนต์/รถยนต์ และแหล่งก่อให้เกิดประกายไฟ โดยอันตรายส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นบริเวณนี้ มาจากการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ ประกอบกับอยู่ใกล้แหล่งประกายไฟหรือความร้อน จึงทำให้เกิดการระเบิดหรือเพลิงไหม้ได้ ทั้งนี้หากมีข้อจำกัดเกี่ยวกับสถานที่ตั้งระบบ เช่น มีพื้นที่จำกัดทำให้ต้องตั้งระบบใกล้กับชุมชน หรือสถานที่จอดรถ ควรมีการสร้างกำแพงกันไฟ หรือผนังกันไฟ ซึ่งควรสร้างห่างจากบ่อเก็บก๊าซไม่น้อยกว่า 1 เมตร สูงกว่าบ่อเก็บก๊าซไม่น้อยกว่า 1 เมตร และมีป้ายเตือนความปลอดภัยติดตั้งไว้ด้วย เช่น ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามทำให้เกิดเปลวไฟหรือประกายไฟ เป็นต้น ทั้งนี้ระยะห่างในการสร้างกำแพงกันไฟ หรือผนังกันไฟ อ้างอิงจากประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และมาตรฐานความปลอดภัยของสถานที่ใช้ก๊าซธรรมชาติที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2550

1.3 <u>ลักษณะของบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ</u> โดยทั่วไปบ่อเก็บก๊าซชีวภาพจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เป็นโครงสร้างที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปทรง เช่น ถังเหล็ก โครงสร้างก่ออิฐฉาบปูน และอีกกลุ่มเป็นโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปทรงได้ เช่น โครงสร้างที่ทำด้วย PVC HDPE และ PE เป็นต้น

สำหรับถังเก็บก๊าซชีวภาพที่โครงสร้างไม่มีการเปลี่ยนรูปทรง ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากถังเก็บก๊าซมีความดันเกินกว่าที่กำหนด หรือมีความดันลด อันเนื่องมาจากการระบายน้ำออกหรือดูดก๊าซออกเร็วเกินไป ซึ่งจะทำให้ถังเก็บก๊าซเกิดความเสียหายได้

สำหรับบ่อเก็บก๊าซชีวภาพที่โครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงได้ ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากบ่อเก็บก๊าซมีความดันสูงเกินกว่าที่กำหนด (ไม่ควรเกิน 5 มิลลิบาร์) ซึ่งจะทำให้แผ่นผ้าใบคลุมบ่อตึงเกินไป เมื่อมีลมพัดปะทะบ่อยๆจะทำให้แผ่นผ้าใบเกิดการล้าตัว เสื่อมสภาพเร็ว ฉีกขาดง่าย ซึ่งหากมีก๊าซชีวภาพรั่วไหล ประกอบกับมีประกายไฟในบริเวณใกล้เคียงอาจเกิดเพลิงไม้ได้ นอกจากนี้บ่อเก็บก๊าซชีวภาพที่มีการยึดขอบแผ่นผ้าใบโดยใช้ดินกลบทับมีโอกาสที่แผ่นผ้าใบจะเกิดรอยรั่วได้ง่าย

ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตราย ที่บริเวณบ่อเก็บก๊าซทั้ง 2 กลุ่ม ควรมีกลไกหรืออุปกรณ์ป้องกันแรงดันที่จะเกิดขึ้นในระบบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า และควบคุมเชิงกล เช่น Water seal tank Pressure and vacuum relief valve และสวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนด เป็นต้น

1.4 <u>ระบบป้องกันฟ้าผ่า</u> ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากสายล่อฟ้าและสายดินชำรุด นอกจากนี้ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ติดตั้งอาจมีรัศมีการป้องกันไม่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณบ่อหมัก/เก็บก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด ซึ่งหากมีเหตุฟ้าผ่าประกอบกับมีก๊าซรั่วไหลบริเวณบ่ออาจก่อให้เกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นควรมีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง ของ วสท.

1.5 <u>ปั๊มสูบน้ำ</u> ความเสี่ยงอันตรายโดยส่วนใหญ่มาจากชุดซีลรั่ว แบริ่งแตก จุดต่อสายลัดวงจร มอเตอร์ร้อนไหม้ สายพานที่ปั๊มสูบน้ำไม่มีฝาครอบ และหากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีสภาพเป็นกรด และมีเศษสิ่งปรกผสมอยู่ ก็จะทำให้ปั๊มสูบน้ำมีอายุการใช้งานสั้นลง และชำรุดเสียหาย ซึ่งอาจจะส่งผลให้โรงงานต้องหยุดเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ หรือเกิดเพลิงไหม้จนทำให้ทรัพย์สินเสียหาย และผู้ปฏิบัติงานได้รับอันตราย ดังนั้นเพื่อป้องกันความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ควรมีการตรวจสอบความพร้อมใช้งานของปั๊มก่อนใช้งานทุกครั้ง และปฏิบัติตามแผนการซ่อมบำรุงอย่างเคร่งครัด

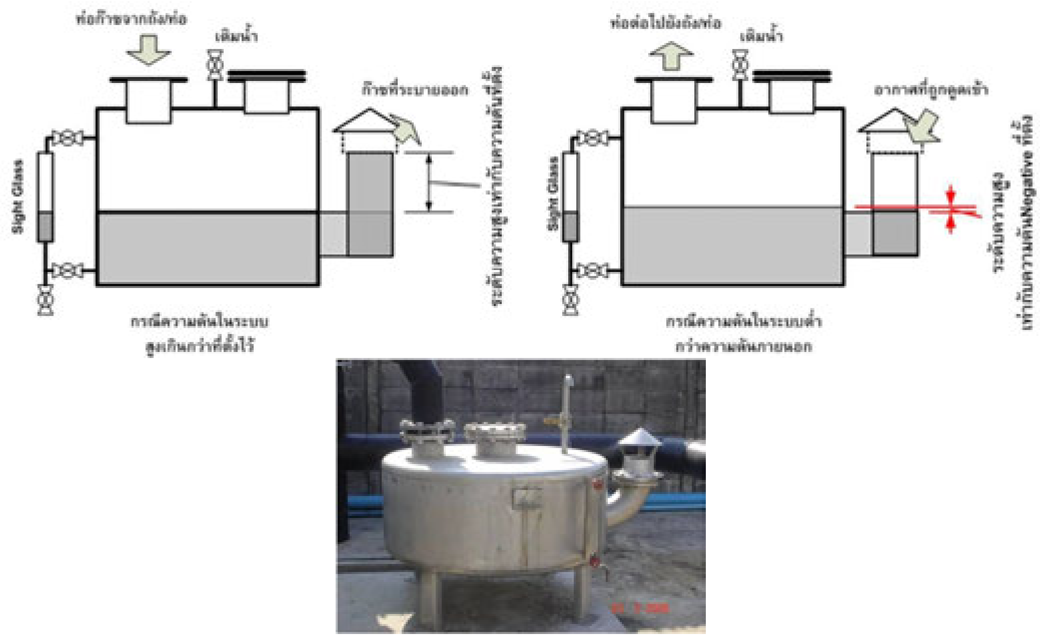
1.6 <u>หลอดไฟส่องสว่างและการเดินท่อร้อยสายไฟ</u> สำหรับความเสี่ยงอันตรายที่เกิดขึ้นจากหลอดไฟส่องสว่าง หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งบริเวณบ่อผลิต/เก็บก๊าซชีวภาพ คือ สายไฟลัดวงจรระหว่างขั้วหรือรั่ว ทั้งนี้หากมีก๊าซรั่วไหลอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ ทรัพย์สินเสียหายหรือผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นควรเลือกใช้หลอดไฟส่องสว่างชนิดที่สามารถป้องกันระเบิด และมีการเดินท่อร้อยสายไฟถูกต้องตามมาตรฐาน

1.7 <u>ถัง water seal tank</u> เป็นอุปกรณ์เชิงกลตัวหนึ่ง มีหน้าที่ป้องกันแรงดันเกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด เพื่อทำหน้าที่สำรองในกรณีที่ไฟดับ หรืออุปกรณ์ควบคุมแรงดันเสียหรือไม่สามารถควบคุมแรงดันได้ตามที่ต้องการ โดยความเสี่ยงอันตรายเกิดจากระดับน้ำในถังลดต่ำลง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซตลอดเวลา หรือหากระดับน้ำในถังสูงเกินกำหนด อาจสร้างความเสียหายให้แผ่นผ้าใบคลุมบ่อก๊าซชีวภาพ โดยอุปกรณ์ water seal tank แสดงดังรูปที่ 2.2

1.8 <u>สวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนด</u> เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซในบ่อเก็บก๊าซ โดยเฉพาะในระบบที่มีถังเก็บก๊าซแบบไม่เปลี่ยนรูปทรง เมื่อแรงดันก๊าซมากเกินไปจะสั่งงานให้ชุดเผาก๊าซส่วนเกินทำงาน และเมื่อแรงดันต่ำเกินกำหนดจะส่งผล เครื่องเป่าลม (Blower) ส่งก๊าซ/หรืออุปกรณ์ใช้ก๊าซหยุดทำงาน โดยความเสี่ยงอันตรายเกิดจากสวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดชำรุด ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ และอ่านค่าผิดพลาด

1.9 <u>ตัวส่งสัญญาณแรงดันก๊าซ</u> เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมแรงดันก๊าซ ซึ่งจะติดตั้งอยู่กับตัวท่อก๊าซทั้งด้านท่อดูดและท่อส่ง จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน และทนต่ออุณหภูมิ แสงแดด น้ำฝน สำหรับความเสี่ยงอันตรายเกิดจากอุปกรณ์ชำรุด ไม่สามารถทำได้งานตามปกติ และอ่านค่าผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้บ่อเก็บก๊าซมีแรงดันเกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด จนอาจทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงตามมา เช่น เกิดก๊าซชีวภาพรั่วไหล และหากมีประกายไฟในบริเวณใกล้เคียง

อาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ หรือเกิดการระเบิดได้ ซึ่งทำให้หยุดเดินระบบ ทรัพย์สินเสียหาย และผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ถัง water seal tank

1.10 <u>ระบบน้ำใต้ดิน</u> บ่อผลิต/เก็บก๊าซชีวภาพที่มีโครงสร้างเป็นบ่อดิน จะมีน้ำเสียซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และไหลลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียง ดังนั้นเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากระบบน้ำใต้ดิน ก่อนดำเนินการก่อสร้างระบบ ในเบื้องต้นต้องมีการตรวจสอบระดับน้ำใต้ดิน โดยให้ก้นบ่อห่างจากระดับน้ำใต้ดิน 1 เมตร และจำเป็นต้องมีการปูด้วยวัสดุกันซึม เช่น แผ่น PVC HDPE เป็นต้น ทั้งนี้หากก่อสร้างระบบเสร็จแล้ว และเดินระบบแล้วนั้น โรงงานอาจต้องมีการปูด้วยวัสดุกันซึม ในช่วงที่มีการปรับปรุงระบบ

1.11 <u>การซ่อมบำรุง</u>

1) ซ่อมบำรุงบ่อผลิต/เก็บก๊าซชีวภาพ ความเสี่ยงอันตรายส่วนใหญ่เกิดจากผู้ปฏิบัติงานขาดความรู้ความเข้าใจ และอุปกรณ์การปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานที่เสียชีวิตในขณะซ่อมบำรุงบ่อผลิต/เก็บก๊าซ สืบเนื่องมาจากในบ่อผลิต/เก็บก๊าซ จะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ค่อนข้างสูง หากสูดดมเข้าร่างกายจะส่งผลให้ขาดอากาศหายใจ ช็อค และเสียชีวิตในที่สุด ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นควรว่าจ้างช่างซ่อมบำรุงที่มีประสบการณ์เข้ามาซ่อมบำรุง หรือหากจำเป็นต้องซ่อมแซมเอง ควรให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศแก่ผู้ปฏิบัติงาน

และควรมีอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ เช่น หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ เครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบบพกพา เป็นต้น

2) ซ่อมบำรุงอุปกรณ์/เครื่องจักรต่างๆ ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากการปฏิบัติงานที่ทำให้เกิดประกายไฟ เช่น เชื่อม เจียร์ โดยไม่มีการป้องกันในบริเวณที่อาจเกิดการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น โรงงานควรติดตั้งป้ายเตือนภัยในบริเวณบ่อผลิต/เก็บก๊าซ เช่น ป้ายห้ามก่อให้เกิดประกายไฟ เป็นต้น

2. ส่วนการส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ

2.1 <u>การวางท่อส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ</u> ท่อที่ใช้ควรเป็นท่อ HDPE และท่อสแตนเลส โดยบริเวณที่อยู่ด้านส่งของเครื่องเป่าลม (Blower) ที่ใกล้เครื่องเป่าลม จะมีอุณหภูมิสูงควรใช้ท่อสแตนเลส

1) การวางท่ออยู่เหนือพื้นดิน สำหรับท่อก๊าซในแนวนอน ควรมีการวางท่อให้มีความลาดเอียง และต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ระบายน้ำในจุดที่ต่ำที่สุด ท่อที่วางเหนือพื้นดินควรวางอยู่บนตัวรองรับ หรือที่แขวนในระดับที่เหมาะสม ถ้าอยู่ข้างทางสัญจร จำเป็นต้องมีแผงป้องกันและติดป้ายสัญญาณเตือน หรือกรณีที่แขวนท่อ หรือยกระดับให้สูงพ้นจากการสัญจรของยานพาหนะ และมีป้ายสัญญาณบอก/เตือนระดับ ช่วงระยะห่างสำหรับการรองรับหรือแขวนท่อควรมีระยะที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการที่ท่อตกท้องช้างแล้วก่อให้เกิดการท่วมขังของน้ำไปขัดขวางการไหลของก๊าซ

สำหรับความเสี่ยงอันตรายเกิดจากการวางท่อที่มีความยาวมาก และมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทำให้ท่อมีการยืดและหดตัว จนทำให้ท่อหรือช่วงข้อต่อต่างๆเกิดการฉีกขาดได้ ดังนั้นในการวางท่อควรป้องกันความเสียหายของท่อก๊าซ โดยการไม่ยึดท่อให้แน่นเกินไป และควรติดตั้งข้อต่อรองรับการขยายตัว ในบริเวณท่อที่มีการยืดหรือหดตัวในแนวท่อ และควรเลือกข้อต่ออ่อน ในบริเวณท่อที่มีการยืดหรือหดตัวที่มีการเยื้องศูนย์ สำหรับวัสดุของข้อต่อรองรับการขยายตัวหรือข้อต่ออ่อนที่ใช้กับก๊าซ ควรเป็นสแตนเลสหรือยางไนไตร์ล (NBR) เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อป้องกันปัญหาการสั่นสะเทือนและการดึงรั้งกันของท่อ การติดตั้งข้อต่อรองรับการขยายตัวระหว่างอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือน และระหว่างท่อที่ถูกยึดกับโครงสร้างที่อยู่กันคนละฐานราก

2) การวางท่อใต้ดิน ความเสี่ยงอันตรายที่ควรพิจารณาหากมีการวางท่อใต้ดินคือ มีการพังทลายของดิน หรือหากมีการวางท่อผ่านพื้นผิวจราจร ซึ่งอาจทำให้ท่อชำรุด หรือแตก จนทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซ นอกจากนี้อาจมีน้ำขังภายในท่อ ขวางการเดินทางของก๊าซในเส้นท่อส่งผลให้ก๊าซที่ส่งไปใช้งานมีความชื้นปะปน

2.2 <u>ระบบดักละอองน้ำแบบ Knock out Drum</u> โรงงานที่มีการติดตั้ง Knock out Drum จะต้องหมั่นตรวจสอบและระบายน้ำออกจากถัง โดยเฉพาะหากติดตั้งใกล้บริเวณบ่อหมัก/เก็บก๊าซ ควรจะต้องหมั่นทำความสะอาดอุปกรณ์ระบายน้ำ เนื่องจากละอองน้ำที่มากับก๊าซอาจจะพาโฟม หรือ

เศษของแข็ง หรือสารอินทรีย์เจือปนมาด้วย เมื่อน้ำมาตกค้างในอุปกรณ์นานๆ จึงเกิดฟองเมือกเกาะติดบริเวณแผ่นกั้นในถัง ซึ่งทำให้ระบายน้ำได้ลำบาก จึงส่งผลให้ก๊าซที่นำไปใช้มีความชื้นสูง

รูปที่ 2.3 ระบบดักละอองน้ำแบบ Knock out Drum

2.3 <u>ระบบดักละอองน้ำแบบไซโคลน</u> ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากอุปกรณ์ระบายน้ำชำรุด ไม่สามารถระบายน้ำได้ ส่งผลให้ก๊าซชีวภาพที่นำไปใช้ประโยชน์มีความชื้นสูง

2.4 <u>อุปกรณ์ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ (Auto Drain Valve)</u> ปัญหาที่พบบ่อยของวาล์วระบายน้ำอัตโนมัติ คือ การอุดตันของวาล์ว เนื่องจากละอองน้ำที่มากับก๊าซอาจจะพาโฟม หรือเศษของแข็ง หรือสารอินทรีย์เจือปนมาด้วย เมื่อน้ำมาตกค้างในอุปกรณ์นานๆ จึงเกิดเมือกและตะไคร่ ทำให้วาล์วและท่ออุดตัน เป็นเหตุให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากท่อ หรือถังที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ระบายน้ำอัตโนมัติได้ เช่น ถัง Knock out Drum และไซโคลน เป็นต้น

2.5 <u>เครื่องเป่าลม (Blower)</u> ความเสี่ยงอันตรายอาจเกิดการรั่วไหลของก๊าซบริเวณข้อต่อระหว่างท่อส่งจ่ายก๊าซกับเครื่องเป่าลม เนื่องจากการสั่นสะเทือนของเครื่องเป่าลมขณะทำงาน มอเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดไม่ป้องกันระเบิด ปะเก็นเสื่อมสภาพ ซีลกันรั่วภายในหลวม นอกจากนี้โรงงานที่ติดตั้งเครื่องเป่าลมในอาคารที่มีลักษณะปิดทึบจะมีความเสี่ยงสูงมาก เนื่องจากหากมีก๊าซรั่วไหลจะไม่สามารถระบายก๊าซออกสู่ภายนอกได้ ประกอบกับอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดประกายไฟ เช่น สวิตซ์ไฟฟ้า ฯลฯ จะส่งผลให้เกิดการระเบิด และอาจมีผลกระทบที่รุนแรงเกิดขึ้นตามมา เช่น ทรัพย์สินเสียหาย ผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต เป็นต้น

2.6 <u>อุปกรณ์จำกัดความชื้นแบบเครื่องทำความเย็น (Chiller)</u> ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากก๊าซรั่วไหลบริเวณหน้าแปลนต่างๆ ระบบระบายน้ำอัตโนมัติอุดตัน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชำรุด มีตะกรันเกาะหนาบริเวณแผงแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นควรปฏิบัติตามแผนการซ่อมบำรุงอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะแผงแลกเปลี่ยนความร้อนควรมีการทำความสะอาดอย่างน้อยทุก 6 เดือน นอกจากนี้หากอุปกรณ์กำจัดความชื้นไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ หรือมีประสิทธิภาพในการกำจัดไม่ดี จะทำให้ก๊าซที่นำไปใช้มีความชื้นค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์

ต่างๆ ในระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพเสียหาย และเกิดปัญหาจากการนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ เช่น เมื่อนำก๊าซที่มีความชื้นไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อนจะส่งผลให้จุดติดยาก หรืออาจจุดเตาติดแต่เดินได้ชั่วขณะแล้วดับ หรือเปลวไฟกระพือ เป็นต้น

2.7 เกจวัดความดัน (Pressure gauge) ความเสี่ยงอันตรายเกิดจากอุปกรณ์อ่านผิดพลาด ชำรุด และไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์อื่นๆทำงานผิดพลาด และเกิดความเสียหายได้ โดยเฉพาะหากเกจวัดความดันที่ติดตั้งบริเวณบ่อผลิต/เก็บก๊าซ และบริเวณหม้อต้มน้ำมันหรือเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า อ่านค่าผิดพลาด อาจจะทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงตามมา เช่น ต้องหยุดเดินระบบ ทรัพย์สินเสียหาย และมีผู้เสียชีวิต เป็นต้น

2.8 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ ควรเป็นเครื่องที่สามารถตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพได้อย่างน้อย 3 องค์ประกอบหลักๆ คือ ออกซิเจน มีเทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งหากว่าเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซชำรุด หรืออ่านค่าผิดพลาด อาจทำให้อุปกรณ์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเสียหายได้ เช่น เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า ฯลฯ หรือเกิดเพลิงไหม้ได้ เนื่องจากเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซออกซิเจนผิดพลาด

2.9 ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1) วาล์ว หรือหัวกระจายน้ำ/สารละลาย เกิดการอุดตัน เนื่องจากละอองน้ำที่มากับก๊าซอาจจะพาโฟม หรือเศษของแข็ง หรือสารอินทรีย์เจือปนมาด้วย จึงทำให้เกิดการอุดตันได้ ส่งผลให้ก๊าซชีวภาพที่นำไปใช้ประโยชน์มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสม

2) มีก๊าซรั่วไหลที่ข้อต่อหน้าแปลนต่างๆ บริเวณหอดูดซับ

3) ก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกำจัดจะมีความชื้นผสมอยู่ เนื่องจากในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีหลายเทคโนโลยีให้เลือกใช้ ทั้งนี้หากใช้เทคโนโลยีที่ใช้น้ำในการกำจัด อาจทำให้ก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบนี้ไปมีความชื้นค่อนข้างสูง ซึ่งหากโรงงานไม่มีระบบกำจัดความชื้น หรือมีประสิทธิภาพในการกำจัดความชื้นไม่ดี จะส่งผลให้อุปกรณ์ต่างๆ เกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากการกัดกร่อนได้ เช่น โซลินอยด์วาล์วคู่ ที่ติดตั้งบริเวณหม้อต้มน้ำมันร้อน (Boiler) เป็นต้น นอกจากนี้ก๊าซชีวภาพที่มีความชื้นสูงยังมีผลทำให้การจุดติดไฟในหม้อต้มน้ำมันร้อน (Boiler) ทำได้ยาก หรืออาจจะจุดเตาติด แต่เดินได้ชั่วขณะแล้วดับ หรือเปลวไฟกระพือ เป็นต้น หรือหากเลือกใช้เทคโนโลยีที่ต้องมีการเติมก๊าซออกซิเจนในการกำจัด อาจทำให้มีก๊าซออกซิเจนปะปนไปกับก๊าซชีวภาพด้วย และเมื่อส่งจ่ายก๊าซไปใช้ประโยชน์กับหม้อต้มน้ำมันร้อน (Boiler) หรือเครื่องผลิตไฟฟ้า อาจทำให้เกิดการระเบิดได้

4) การซ่อมบำรุงระบบฯ หากอุปกรณ์ภายในระบบกำจัดชำรุด เสียหาย เช่น วาล์ว หรือหัวกระจายน้ำ เป็นต้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีอุปกรณ์การปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ และมีใบอนุญาตปฏิบัติงานในพื้นที่อับอากาศ ซึ่งผู้มีอำนาจในการอนุมัติคือ ผู้จัดการฝ่ายการผลิต/หัวหน้างานทั่วไป/หัวหน้างานฝ่ายผลิตอาวุโส/หัวหน้างานกะ

2.10 หลอดไฟฟ้าส่องสว่าง ตู้ควบคุมไฟฟ้า และสวิตซ์ไฟ โดยทั่วไปอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ติดตั้งใกล้บริเวณที่มีก๊าซ ควรจะต้องเป็นชนิดป้องกันระเบิด ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน และควรติดตั้งตามมาตรฐาน IEC 60079-14 สำหรับระบบการเดินไฟฟ้าให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 เนื่องจากหากมีก๊าซรั่วไหล ประกอบกับมีประกายไฟจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จะส่งผลให้เกิดการระเบิด จนทำให้ทรัพย์สินเสียหาย และมีผู้เสียชีวิตได้

3. ส่วนการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

3.1 ระบบเผาก๊าซส่วนเกินทิ้ง (Flare) ควรติดตั้งอุปกรณ์ วาล์วแยก (Manual shut off valve) เป็นวาล์วเปิด-ปิด ด้วยมือ วาล์วตัดก๊าซฉุกเฉิน ซึ่งจะทำงานเมื่อมีคำสั่งให้เผาก๊าซทิ้งจากระบบควบคุมการเผาทิ้งแบบอัตโนมัติ และมีอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ สำหรับความเสี่ยงอันตรายจากระบบ flare เกิดจากระบบไม่เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น และสวิตซ์ป้องกันความดันเกินชำรุดเสียหาย

3.2 Gas filter ซึ่งติดตั้งบริเวณหม้อต้มน้ำมันร้อน (Boiler) ซึ่งหากหม้อกรองก๊าซเกิดการชำรุดเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ จะส่งผลให้มีสิ่งเจือปน เช่น ฝุ่น ผง หรืออนุภาคของแข็งต่างๆ ที่ปนมากับก๊าซหลุดเข้าไปยังส่วนของอุปกรณ์ควบคุมก๊าซต่างๆ และอุปกรณ์ใช้ประโยชน์

3.3 อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ (Flame arrester) เป็นอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟไม่ให้ย้อนกลับเข้าไปในท่อ โดยการติดตั้งอุปกรณ์นี้ควรปฏิบัติตามมาตรฐาน ATEX; EN 12874:2001 ทั้งนี้ถ้าติดตั้งไม่เหมาะสม หากเกิดเปลวไฟจากอุปกรณ์ใช้ประโยชน์ เช่น หม้อต้มน้ำมันร้อน หรือเครื่องผลิตไฟฟ้า เพื่อป้องกันเปลวไฟย้อนกลับเข้าไปในท่อส่งจ่ายก๊าซ ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์ใช้งานอื่นๆ ในระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพในโรงงานเสียหายได้

3.4 วาล์วปรับความดันก๊าซ (Pressure regulator) ทำหน้าที่ลดความดันของก๊าซที่ส่งจากบ่อเก็บก๊าซไปยังอุปกรณ์ใช้งานปลายทางให้มีความดันปลายทางขาออกคงที่ หรือเกือบคงที่ โดยจะต้องลดให้เหมาะสมกับความดันที่อุปกรณ์ใช้งานต้องการ ทั้งนี้หากอุปกรณ์นี้ชำรุด เสียหาย ซึ่งอาจเกิดจากการกัดกร่อนของก๊าซ จะทำให้ความดันในอุปกรณ์ใช้งานปลายทางสูงกว่าที่กำหนด และอาจจะส่งผลกระทบที่รุนแรงตามมา

3.5 โซลินอยด์วาล์วคู่ (Double solenoid valve) ทำหน้าที่เปิด-ปิด ก๊าซชีวภาพเข้าสู่หัวเผา สำหรับสาเหตุที่ก๊าซชีวภาพรั่วไหลผ่านโซลินอยด์วาล์วคู่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้เกิดจากกรณีดังนี้

1) หน้าวาล์วและบ่าวาล์วสกปรก
2) หน้าวาล์วหรือบ่าวาล์วชำรุด
3) สปริงกดวาล์วสึกกร่อน แตกหัก
4) ก้านวาล์วและรูสกปรก ทำให้ค้ำยัน หรือติดตายในตำแหน่งวาล์วเปิด

ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องจากก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้ประโยชน์มีความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนมาด้วย ซึ่งทำให้มีเมือก ตะกอนสะสมอยู่ในก้านวาล์ว ทำให้ก้านวาล์วฝืด สึกกร่อน และชำรุด

3.6 Valve Proving Systems เป็นอุปกรณ์นิรภัยที่ติดตั้งควบคู่กับ โซลินอยด์วาล์วคู่ สำหรับตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพผ่านโซลินอยด์วาล์วคู่ โดยเมื่อหัวเผาเริ่มทำงาน ถ้ามีการรั่วของก๊าซผ่านวาล์ว จะแสดงด้วยสัญญาณเตือนภัยไฟสีแดง พร้อมตัดระบบการทำงานของหัวเผาทั้งหมด ทั้งนี้หากก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มน้ำมันร้อน (Boiler) มีความชื้น และมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปน จะทำให้อุปกรณ์นี้เกิดการชำรุดเสียหาย หรืออุดตันและลัดวงจร ซึ่งมีผลทำให้ก๊าซรั่วไหลผ่านโซลินอยด์วาล์วคู่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเกิดการระเบิดตามมา

ส่วนที่ 2 สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

เมื่อได้ลงรายการในช่องการดำเนินการแล้ว โรงงานต้องพิจารณาว่าในส่วนการผลิต การส่งจ่าย และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ตามรายละเอียดในช่องการดำเนินการใดจะเกิดเหตุการณ์ที่อาจทำให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง

ส่วนที่ 3 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

โรงงานต้องพิจารณาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในช่องสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายที่จะมีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

ส่วนที่ 4 หมายเหตุ

ให้โรงงานระบุถึงวิธีการที่จะใช้ในการบ่งชี้อันตรายในแต่ละการดำเนินงาน และ/หรือ มาตรฐานความปลอดภัยหรือคู่มือการปฏิบัติงาน โดยการบ่งชี้อันตรายจะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.4 การชี้บ่งอันตราย

โรงงานแต่ละแห่งอาจมีข้อมูลรายละเอียดในส่วนการผลิต การส่งจ่ายก๊าซ และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ มากหรือว่าน้อยกว่าที่กล่าวไว้ข้างต้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆกันไป เช่น งบประมาณ ความพร้อมของบุคลากร เป็นต้น แต่เพื่อเป็นการช่วยลดความเสี่ยง ควรจะระบุให้ระเอียดครบถ้วนมากที่สุด สำหรับแบบฟอร์มการจัดทำรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงแสดงดังตารางที่ 2.1 และตัวอย่างในการจัดทำบัญชีฯ แสดงในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 2.1 แบบฟอร์มบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

โรงงาน ____

วันที่ทำการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน______________________________

การดำเนินงาน	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ

2.4 การชี้บ่งอันตราย

การชี้บ่งอันตราย ผู้ประกอบกิจการโรงงานอาจเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือหลายวิธี ที่เหมาะสมตามลักษณะการประกอบกิจการ หรือลักษณะความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน

2.4.1 Checklist เป็นวิธีที่ใช้ในการชี้บ่งอันตราย โดยนำแบบตรวจไปใช้ในการตรวจสอบการดำเนินงานในโรงงานเพื่อค้นหาอันตราย แบบตรวจประกอบด้วยหัวข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่าได้ปฏิบัติตามมาตรฐานการออกแบบ มาตรฐานการปฏิบัติงาน หรือกฎหมาย เพื่อนำผลจากการตรวจสอบมาทำการชี้บ่งอันตราย

<u>ขั้นตอนการศึกษา</u> วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Checklist ให้ปฏิบัติดังนี้

1. กำหนดหัวข้อที่จะตรวจสอบความปลอดภัยในการดำเนินงานในโรงงาน
2. ร่างรายละเอียดของเรื่องที่จะตรวจสอบ โดยพิจารณาถึงขั้นตอนการปฏิบัติข้อกฎหมายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
3. นำรายละเอียดในข้อ 2. ทำแบบตรวจ เพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบความปลอดภัย
4. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบตรวจสอบอีกครั้ง โดยผู้มีประสบการณ์เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าแบบตรวจนั้นครอบคลุมประเด็นปัญหาความปลอดภัยที่เป็นอยู่
5. นำแบบตรวจสอบไปใช้ตรวจสอบความปลอดภัยในการดำเนินงานในโรงงาน
6. นำผลการตรวจสอบมาชี้บ่งอันตรายลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเพื่อหาแนวโน้มของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากพื้นที่การทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และกิจกรรมต่างๆ
7. นำผลการชี้บ่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

2.4.2 What – If Analysis เป็นกระบวนการในการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในการดำเนินงานต่างๆ ในโรงงานโดยการใช้คำถาม “จะเกิดอะไรขึ้น......ถ้า...” (What If) และหาคำตอบในคำถามเหล่านั้น เพื่อบ่งชี้อันตรายที่อาจเกิดในการดำเนินงานในโรงงาน

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อบ่งชี้อันตรายด้วยวิธี What – If Analysis ให้ปฏิบัติดังนี้

1. การแต่งตั้งกลุ่มบุคคลเพื่อการทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อบ่งชี้อันตรายด้วยรูปแบบคำถาม (What If)
2. กำหนดขอบเขตของการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อบ่งชี้อันตรายโดยครอบคลุมทั้งในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด ก๊าซชีวภาพรั่วไหล

3. ระบุขอบเขตของแหล่งกำเนิดอันตราย และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ รวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบ สำหรับขอบเขตของแหล่งกำเนิดอันตรายในกระบวนการผลิตอาจเป็น

- ก๊าซชีวภาพและสารเคมี
- เครื่องจักรอุปกรณ์
- หน่วยของกระบวนการผลิต
- พื้นที่การปฏิบัติงาน
- ชุมชนใกล้เคียง

4. เตรียมข้อมูลรายละเอียดในหัวข้อต่างๆ ซึ่งสมาชิกกลุ่มจะต้องทบทวนเอกสารพื้นฐานที่สำคัญ เพื่อใช้ในการตั้งคำถาม ซึ่งกำหนดสมมุติฐานหรือความคลาดเคลื่อนจากช่วงเวลาผิดปกติ ทั้งในกรณีที่มีการดำเนินงานปกติ ผิดปกติ และเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น รวมทั้งกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หัวหน้ากลุ่มต้องเข้าสำรวจพื้นที่การทำงานที่อันตรายเพื่อที่จะเข้าใจสภาพทั่วไปและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จริง เพื่อประสิทธิภาพในการประเมินความเสี่ยง

5. จัดทำคำถามให้เป็นระบบและทบทวนคำถามต่างๆ โดยสมาชิกในกลุ่ม สำหรับการตั้งคำถามจะต้องเป็นระบบ โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นของขั้นตอนแรกในกระบวนการผลิต กระทั่งถึงขั้นตอนการผลิตขั้นสุดท้าย การตั้งคำถามนี้สามารถประยุกต์ใช้กับสภาพกระบวนการผลิตที่ไม่ปกติได้ โดยรูปแบบการตั้งคำถามให้พิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์
- สภาพกระบวนการผลิตที่ผิดปกติอันเนื่องมาจาก อุณหภูมิความดัน หรือ ความล้มเหลวของการป้อนวัตถุดิบสู่กระบวนการผลิต เป็นต้น
- ความล้มเหลวของเครื่องมือ เครื่องวัด
- ความผิดพลาดจากการทำงานของคนงาน

การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน ระหว่างสภาพการทำงานปกติ การเดินเครื่องจักร หรือการหยุดเครื่องจักร

- อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษา
- อุบัติเหตุในบริเวณสถานที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง
- ความล้มเหลวโดยรวม เช่น ความล้มเหลวของอุปกรณ์หลายชนิด หรือความล้มเหลวของอุปกรณ์ต่างๆ รวมกับความผิดพลาดจากการทำงานของคนงาน

6. ดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อบ่งชี้อันตรายด้วยเทคนิคการชี้บ่งอันตรายในรูปแบบคำถาม What If โดยรวบรวมคำถามต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นหมวดหมู่ ตามลำดับขั้นตอนการผลิต โดยหัวข้อแต่ละคอลัมน์ในแบบบ่งชี้อันตรายและการประเมินความเสี่ยงจะมาประกอบด้วย

- คำถาม What If
- อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา
- มาตรการเพื่อลดผลกระทบของอันตราย
- ข้อเสนอแนะ

ในการทบทวนจะเริ่มต้นด้วยคำถาม What If แต่ละคำถาม โดยพิจารณาถึงอันตราย ผลที่จะเกิดตามมา และมาตรการลดผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับคำถามแต่ละคำถาม รวมทั้งข้อเสนอแนะในการป้องกันอันตราย โดยหัวหน้ากลุ่มมีหน้าที่จัดการกับคำถามของแต่ละกลุ่มคำถามให้แล้วเสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มคำถามข้อต่อไป ซึ่งกลุ่มจะต้องยอมรับคำตอบและข้อพิจารณาต่างๆ นั้น เพื่อนำไปประเมินความเสี่ยงต่อไป

7. สรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานเพื่อบ่งชี้อันตรายของกลุ่มลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

8. นำผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

2.4.3 Hazard and Operability Study (HAZOP) เป็นเทคนิคการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวน เพื่อชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาของระบบต่างๆ ด้วยการตั้งคำถามที่สมมุติเหตุการณ์ของการผลิตในภาวะต่างๆ เพื่อนำมาบ่งชี้อันตรายหรือค้นปัญหาในกระบวนการผลิตซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรงขึ้นได้

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี HAZOP ให้ปฏิบัติดังนี้

1. แนะนำสมาชิกของกลุ่มบุคคล พร้อมประวัติอย่างคร่าวๆ ของแต่ละคน

2. ผู้ประสานงานของกลุ่มเสนอวิธีการในการทำ HAZOP เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มพร้อมที่จะทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน

3. นำเสนอให้สมาชิกในกลุ่มทราบถึงคุณสมบัติของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายชนิดเฉียบพลันเพื่อให้ตระหนักถึงความเป็นพิษและอันตรายของสารเหล่านี้

4. ในกลุ่มต้องชี้บ่งอันตรายเบื้องต้นในกระบวนการผลิตก่อนเพื่อจะได้ทราบจุดประสงค์ของการทำ HAZOP และนำไปสู่การปฏิบัติในแนวทางเดียวกัน

5. กำหนดขอบเขตของการทำ HAZOP

6. การเดินสำรวจโรงงาน กลุ่มควรเดินสำรวจโรงงานตามจุดต่างๆ เพื่อศึกษาให้เข้าใจกระบวนการทำงาน

7. จัดประชุมกลุ่มย่อยภายใต้ขอบเขตที่กำหนดในการทำ HAZOP

8. สรุปข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน

ของกลุ่มลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

9. นำผลการชี้บ่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง

2.4.4 Fault– Tree Analysis (FTA) เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุ หรืออุบัติภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้น หรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตราย ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรง โดยเริ่มวิเคราะห์จากอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาหาเหตุการณ์ย่อยอะไรได้บ้าง และเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร การสิ้นสุดการวิเคราะห์เมื่อพบว่าสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ย่อยเนื่องมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

<u>ขั้นตอนการศึกษา</u> วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธีการ Fault – Tree Analysis ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ให้พิจารณาเลือกจำลองเหตุการณ์แรก (TOP Event) ที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรงตามมา

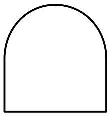
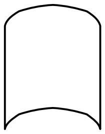
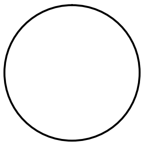
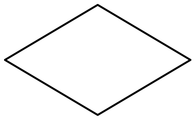
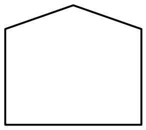
2. วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์แรกว่าเกิดได้จากเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event or Intermediate Event) อะไรได้บ้าง

3. วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีกจนการวิเคราะห์หาสาเหตุจะสิ้นสุดเมื่อพบว่าสาเหตุต่างๆ เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบความปลอดภัย ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน หรือระบบการบริหารจัดการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จัดเป็นการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ (Basic Event)

4. แสดงผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในรูปแบบแผนภูมิโดยใช้เครื่องหมายในตารางที่ 2.2

5. สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงลงในแบบการชี้บ่งประเมินความเสี่ยง

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชี้บ่งอันตรายด้วย FTA

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย
	Or Gate สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อย
	Basic Event เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งทราบถึงสาเหตุได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไปถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติภัย
	Fault Tree Event เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นต้นเหตุให้เกิดอุบัติภัย
	Undeveloped Event เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไปเนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ

2.4.5 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่ใช้การวิเคราะห์ ในรูปแบบความล้มเหลวและผลที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการตรวจสอบชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์ในแต่ละส่วนของระบบ ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อ ชี้บ่งอันตรายด้วย FMEA ประกอบด้วย

1. จัดเตรียมข้อมูล เอกสารและแผนผังเพื่อศึกษาวิเคราะห์ FMEA ข้อมูลหรือเอกสารที่ใช้ในการศึกษา วิเคราะห์เพื่อชี้บ่งอันตรายด้วย FMEA ประกอบด้วย

* แผนผังระบบท่อและอุปกรณ์

* แผนผังวงจรกระแสไฟฟ้าและคำอธิบายถึงลักษณะของระบบ
* แผนผังของระบบเชื่อมโยงระหว่างเครื่องมือหรืออุปกรณ์
* แผนผังการเดินสายไฟ
* แผนผังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งาน
* เอกสารอื่นๆ เช่น คู่มือการฝึกอบรม คู่มืออุปกรณ์ และขั้นตอนการปฏิบัติการในระบบ

2. คัดเลือกกลุ่มทำการศึกษา FMEA ซึ่งต้องประกอบด้วยบุคลากรที่มีประสบการณ์ดังนี้

- วิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในเรื่องการออกแบบและการปฏิบัติงานของโรงงาน
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมระบบไฟฟ้า เครื่องจักรอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก (Utilities) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องมีความชำนาญในเรื่องการออกแบบ

3. การทำ FMEA มีแนวทางดังนี้

- ให้คำนิยามเพื่อกำหนดขอบเขตการทำ FMEA โดยจัดทำรายการของสิ่งต่างๆ ในโรงงานอยู่เป็นระบบ ซึ่งคำว่า ระบบ หมายถึง ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องจักรอุปกรณ์ ท่อและส่วนประกอบอื่นๆ ที่เป็นส่วนสนับสนุน เช่น แหล่งกำเนิดไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น เป็นต้น ทั้งนี้ต้องครอบคลุมหน้าที่การทำงานอย่างสมบูรณ์
- อธิบายรายละเอียดของชิ้นส่วนหลักของระบบต่างๆ ในโรงงาน เพราะการวิเคราะห์ต้องเกี่ยวข้องกับหลายระบบ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์หลักของแต่ละระบบมักจะทำงานล้มเหลวเนื่องมาจากชิ้นส่วนย่อยๆ กลุ่มผู้ศึกษาวิเคราะห์เทคนิค FMEA สามารถนำความล้มเหลวของชิ้นส่วนย่อยไปรวมในการวิเคราะห์ได้ถ้ามีผู้เชี่ยวชาญอยู่ในกลุ่มด้วย

4. การรวบรวมบันทึกข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นผลความล้มเหลวของชิ้นส่วนที่มีต่อระบบความล้มเหลวทั้งหมดซึ่งเป็นสาเหตุให้ระบบไม่สามารถทำงานได้นั้น จะได้รับการพิจารณาทั้งหมดโดยไม่มีการจำเพาะเจาะจง ถึงความรุนแรงของผลกระทบ และแนวโน้มของเหตุการณ์ มาตรการป้องกัน ควบคุม และแก้ไข

5. รายงานที่ต้องจัดทำเพื่อแสดงผลการศึกษา จะบันทึกข้อมูลลงในแบบบ่งชี้อันตรายและประเมินความเสี่ยง

6. นำผลการชี้บ่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง

2.4.6 Event Tree Analysis เป็นวิธีการชี้บ่งอันตราย เพื่อวิเคราะห์และประเมินหาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุการณ์แรกขึ้น (Initiating Event) ซึ่งเป็นการคิดเพื่อคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อวิเคราะห์หาผลสืบเนื่องที่จะเกิดขึ้น เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์เสียหายหรือ

คนทำงานผิดพลาดเพื่อให้ทราบสาเหตุว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีโอกาสที่จะเกิดมากน้อยเพียงใด รวมทั้งเป็นการตรวจสอบว่าระบบความปลอดภัยที่มีอยู่มีปัญหาหรือไม่อย่างไร

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วย Event Tree Analysis ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิจารณาสถานการณ์จำลอง (Initiating Event) ที่อาจจะเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้ว
2. แจกแจงรายละเอียดของระบบความปลอดภัยทั้งหมดที่มีอยู่และวิธีการปฏิบัติงานของคนงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น
3. สร้างแผนภูมิ Event Tree Analysis โดยวิเคราะห์ระบบความปลอดภัยและผู้ปฏิบัติงานโดยพิจารณา 2 กรณี คือ เมื่อระบบความปลอดภัยทำงานปกติ หรือผู้ปฏิบัติงานถูกต้อง และระบบความปลอดภัยหรือคนปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง
4. อธิบายขั้นตอนและผลที่เกิดขึ้นจากการเกิดเหตุตามลำดับ
5. สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วย Event Tree Analysis และประเมินความเสี่ยงลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง

สำหรับการชี้บ่งอันตรายในแต่ละวิธีนั้น โรงงานควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมและอุปกรณ์ที่ต้องการชี้บ่งอันตราย ดังนั้นเพื่อให้สามารถเลือกใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีคำแนะนำสำหรับการเลือกดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สรุปการเลือกใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย

ระบบ/เครื่องจักรอุปกรณ์/ขั้นตอน	**วิธีการชี้บ่งอันตราย**			
	HAZOP	FMEA	What-if	Checklist
อุปกรณ์ในการผลิต เช่น - วาลว์ - ท่อ, ระบบท่อ - ปั๊ม - Blower	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสม	ใช้ได้หากมีการดำเนินการมาแล้วในอดีต
เครื่องมือระบบควบคุม ระบบไฟฟ้า	ไม่แนะนำ	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสม	ไม่แนะนำ

ตารางที่ 2.3 สรุปการเลือกใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย (ต่อ)

ระบบ/เครื่องจักรอุปกรณ์/ขั้นตอน	วิธีการชี้บ่งอันตราย			
	HAZOP	FMEA	What-if	Checklist
ระบบความปลอดภัย เช่น - ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ - Flare - ระบบป้องกันฟ้าผ่า - สวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำ - ถัง water seal tank - ตัวส่งสัญญาณแรงดันก๊าซ - Back pressure check valve	ไม่แนะนำ	เหมาะสม	เหมาะสมที่สุด	ไม่แนะนำ
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น - Operating manual - Emergency plan	ไม่เหมาะสม	ไม่แนะนำ	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสม
โครงสร้างและสิ่งปลูกสร้าง - บ่อหมักก๊าซชีวภาพ	ไม่แนะนำ	เหมาะสม	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสม

2.5 การประเมินความเสี่ยง

2.5.1 การประเมินโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ ขั้นตอนนี้ คือ การนำเอาข้อมูลจากการชี้บ่งอันตรายที่ระบุถึงความล้มเหลวของอุปกรณ์และความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานมาพิจารณาว่าโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด

ในการพิจารณาถึงโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด ได้จัดระดับโอกาสเป็น 4 ระดับ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาสในการเกิดยาก
2	มีโอกาสในการเกิดน้อย
3	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง
4	มีโอกาสในการเกิดสูง

สำหรับการพิจารณาการกำหนดโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ สามารถพิจารณาได้ในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการพิจารณาเชิงปริมาณ เป็นการพิจารณาโดยกำหนดโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งโรงงานสามารถนำข้อมูลจากสถิติอุบัติเหตุ ประวัติเครื่องจักรอุปกรณ์ เป็นต้น มาใช้ในการดำเนินการ สำหรับการพิจารณาเชิงคุณภาพเป็นการพิจารณาโดยนำเอาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเกิดเหตุการณ์ต่างๆมาพิจารณา เช่น

1. มีการออกแบบ การสร้าง การติดตั้ง เครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนการใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน
2. การทดสอบ ตรวจสอบ ซ่อมบำรุง เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือ
3. ระบบควบคุมการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น กระบวนการผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักร ฯลฯ
4. การทำงานหรือการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ถูกต้อง
5. การฝึกอบรม
6. การตรวจประเมินความปลอดภัย
7. การปฏิบัติตามข้อกำหนด
8. และหรืออื่นๆ เช่น การเตือนอันตราย/การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล/แผนระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์อาจจะกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมกับโรงงานของตนขึ้นมาใช้เอง เช่น

- ระดับ 1 มีโอกาสในการเกิดยากหมายถึง มีมาตรการอย่างน้อยตามข้อ 1-6 ครบถ้วน
- ระดับ 2 มีโอกาสในการเกิดน้อยหมายถึง มีมาตรการอย่างน้อยตามข้อ 1-3 ครบถ้วน
- ระดับ 3 มีโอกาสในการเกิดปานกลางหมายถึง มีมาตรการในข้อ 1-3 บ้างข้อ และ ข้อ 4-8 บางข้อ
- ระดับ 4 มีโอกาสในการเกิดสูงหมายถึง ไม่มีมาตรการในข้อ 1-3 แต่มีข้อ 4-8

2.5.2 การพิจารณาความรุนแรงของอันตราย พิจารณาถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ว่าก่อให้เกิดผลกระทบที่อาจเกิดต่อบุคคลชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด โดยจัดระดับความรุนแรงเป็น 4 ระดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.5, 2.6, 2.7, 2.8

ตารางที่ 2.5 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพลภาพหรือเสียชีวิต

ตารางที่ 2.6 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงานหรือมีผลกระทบเล็กน้อย
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงานและแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงานและต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้างหรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้าดำเนินการแก้ไข

หมายเหตุ : ผลกระทบต่อชุมชน หมายถึง เหตุรำคาญต่อชุมชน การบาดเจ็บ เจ็บป่วยของประชาชน ความเสียหายต่อทรัพย์สินของชุมชนและประชาชน

ตารางที่ 2.7 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อยสามารถควบคุมได้หรือแก้ไขได้
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลางสามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมากต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไข

หมายเหตุ : ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเสื่อมโทรมและเสียหายของ สิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมากหรือไม่เสียหายเลย
2	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลางและสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้
3	สูง	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตในบางส่วน
4	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตทั้งหมด

หมายเหตุ : ความเสียหายของทรัพย์สินในแต่ระดับโรงงานสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสม โดยพิจารณาถึงขีดความสามารถของโรงงาน

2.5.3 การจัดระดับความเสี่ยง โดยพิจารณาถึง ผลลัพธ์ของระดับโอกาสคูณกับระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม หากระดับความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม มีค่าแตกต่างกันให้เลือกระดับความเสี่ยงที่มีค่าสูงกว่าเป็น

ผลของการประเมินความเสี่ยงในเรื่องนั้นๆ ระดับความเสี่ยงจัดเป็น 4 ระดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การจัดระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	ผลลัพธ์	ความหมาย
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูงต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

2.6 การจัดทำแผนงานการบริหารจัดการความเสี่ยง

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง หมายถึง แผนงานลดความเสี่ยง และแผนงานควบคุมความเสี่ยง ซึ่งผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องดำเนินการจัดทำแผนงาน เพื่อกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดและควบคุมความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้น จากการประกอบกิจการ ดังต่อไปนี้

หากผลการประเมินความเสี่ยงของสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย เป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องหยุดการดำเนินงานนั้นทันที และปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงก่อนดำเนินงานต่อไป

การจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง คือการจัดทำแผนลดความเสี่ยง แผนควบคุมความเสี่ยง จากระดับความเสี่ยงที่กำหนดไว้ 4 ระดับ มีเพียง 3 ระดับ ที่กฎหมายกำหนดไว้ที่ต้องการให้ผู้ประกอบกิจการโรงงาน เข้าไปดำเนินการควบคุมความเสี่ยงหรือลดความเสี่ยงระดับความเสี่ยงเหล่านี้ได้แก่ ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ความเสี่ยงสูง และความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้

สำหรับความเสี่ยงเล็กน้อยที่มีมาตรฐานความปลอดภัยต่างๆ เข้าไปควบคุมแล้วทำให้ค่าความเสี่ยงเหล่านั้นลดลง สิ่งสำคัญก็คือ แผนควบคุมความเสี่ยงเพื่อให้มั่นใจว่า มาตรการทั้งหลายจะได้รับการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ สำหรับแผนที่ต้องดำเนินการสำหรับความเสี่ยงในแต่ละระดับสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.10 ระดับความเสี่ยงกับการจัดแผนบริหารจัดการความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	ความหมาย	การจัดแผนบริหารจัดการความเสี่ยง
1	ความเสี่ยงเล็กน้อย	- ไม่ต้องทำแผน
2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม	- แผนงานควบคุมความเสี่ยง
3	ความเสี่ยงสูงต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง	- แผนงานลดความเสี่ยง - แผนงานควบคุมความเสี่ยง
4	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที	- แผนงานลดความเสี่ยง - แผนงานควบคุมความเสี่ยง

2.6.1 การจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง หมายถึง แผนงานที่จะช่วยลดโอกาสของการเกิดอันตราย หรือลดความรุนแรงของการเกิดอันตราย จนทำให้ระดับของความเสี่ยงลดลง

ข้อมูลสำคัญที่จะนำมาใช้ในการจัดทำแผนลดความเสี่ยง จะอยู่ในรูปแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง 1 – 6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลในการทำแผนลดความเสี่ยงตามแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

แบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง	สาเหตุหรือลักษณะของการเกิดอันตราย	ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำแผนลดความเสี่ยง
Checklist	ผลการทำ Checklist	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ต้องเพิ่มในช่อง**ข้อเสนอแนะ** ของแบบการชี้บ่งฯ
What – If Analysis	คำถาม What – If	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ต้องเพิ่มในช่อง**ข้อเสนอแนะ** ของแบบการชี้บ่งฯ
HAZOP	สถานการณ์จำลอง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ต้องเพิ่มในช่อง**ข้อเสนอแนะ** ของแบบการชี้บ่งฯ
Fault – Tree Analysis	สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ต้องเพิ่มในช่อง**ข้อเสนอแนะ** ของแบบการชี้บ่งฯ

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลในการทำแผนลดความเสี่ยงตามแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (ต่อ)

แบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง	สาเหตุหรือลักษณะของการเกิดอันตราย	ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำแผนลดความเสี่ยง
Failure Modes Effects Analysis	สาเหตุของความล้มเหลว	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข
Event – Tree Analysis	ระบบความปลอดภัย/ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีข้อบกพร่อง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ต้องเพิ่มในช่อง**ข้อเสนอแนะ** ของแบบการชี้บ่งฯ

2.6.2 การจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง การจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยงในที่นี้หมายถึง แผนงานที่จะทำการควบคุมการทำงานที่มีความเสี่ยงให้เป็นไปตามขั้นตอน step – by – step ภายในมาตรฐานการควบคุมหรือป้องกันอันตรายที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วยมาตรการหรือกิจกรรมเพื่อลดความเสี่ยงหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง ผู้รับผิดชอบหัวเรื่องที่ควบคุมเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานที่ใช้ควบคุม และผู้ตรวจติดตาม ในแบบแผนงานควบคุมความเสี่ยง ตามตัวอย่าง

ข้อมูลสำคัญที่นำมาใช้ในการจัดทำแผนควบคุมความเสี่ยง จะอยู่ในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง 1 – 6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.12 ข้อมูลที่ใช้ในการทำแผนควบคุมความเสี่ยงในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

แบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง	สาเหตุหรือลักษณะของการเกิดอันตราย	ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำแผนลดความเสี่ยง
Checklist	ผลการทำ Checklist	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย
What – If Analysis	คำถาม What – If	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย
HAZOP	สถานการณ์จำลอง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย
Fault – Tree Analysis	สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย
Failure Modes and Effects Analysis	สาเหตุของความล้มเหลว	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข
Event – Tree Analysis	ระบบความปลอดภัย/ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีข้อบกพร่อง	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย

2.7 สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานที่เป็นความเสี่ยง

ขั้นตอนนี้เป็นสรุปผล การดำเนินการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงในแต่ละครั้งจะมีสาระสำคัญที่ต้องนำไปสรุปให้ผู้บริหารโรงงาน ได้ทราบมีดังต่อไปนี้

- กิจกรรมหรือขั้นตอนการผลิตของโรงงาน
- กิจกรรมหรือขั้นตอนที่ก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง
- มาตรการป้องกันหรือควบคุมที่มีอยู่เดิม
- ระยะเวลาที่จะใช้ในการจัดทำมาตรการป้องกันและควบคุมเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง:

1. **คู่มือการจัดทำรายงานวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการประกอบกิจการโรงงาน**, กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
2. **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**, สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, พฤศจิกายน 2553.
3. **คู่มือการปฏิบัติงานการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและขยะชุมชน**, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, มิถุนายน 2553.
4. ประกาศกระทรวงพลังงาน **เรื่องหลักเกณฑ์และมาตรฐานความปลอดภัยของสถานที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ** ที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2550

บทที่ 3
อุปกรณ์ความปลอดภัย

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยจากการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยที่ได้มาตรฐาน ดังนี้

1. Pressure and Vacuum Switch เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซในบ่อเก็บก๊าซ เมื่อแรงดันก๊าซมากเกินไปจะสั่งงานให้ชุดเผาก๊าซส่วนเกินทำงาน และเมื่อแรงดันต่ำเกินกำหนด จะส่งให้ Blower ส่งก๊าซ/หรืออุปกรณ์ใช้ก๊าซชีวภาพหยุดทำงาน โดยทั่วไปควรมีการตรวจสอบการทำงานเดือนละครั้ง

2. Pressure relief and Vacuum relief valve เช่น ถังป้องกันความดันสูงหรือต่ำ (Water Seal Tank) เป็นอุปกรณ์เชิงกลตัวหนึ่ง ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันเกินหรือต่ำในบ่อผลิต/เก็บก๊าซ มีลักษณะเป็นถังที่มีการบรรจุน้ำและมีท่อออกคล้ายตัวยู ด้านหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดกว้างกว่าอีกด้านหนึ่ง มีท่อก๊าซเข้าทางด้านบนถังและท่อระบายอยู่ด้านข้างถัง เมื่อความดันสูงเกินกว่าน้ำหนักที่กดไว้ ก๊าซจะระบายออกที่ถัง และกรณีที่ความดันในท่อต่ำกว่าความดันบรรยากาศ อากาศจะไหลผ่านเข้าไปในถัง ในการใช้งานควรมีการตรวจสอบระดับน้ำทุกวัน วันละครั้ง หรือ Over Pressure Relief Valve เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยตุ้มน้ำหนักถ่วงหรือแรงกดจากสปริงที่กดทับวาล์ว เมื่อความดันในท่อหรือถังสูงเกินกว่าแรงดันที่กดวาล์วไว้ ก๊าซภายในจะระบายออกที่วาล์ว สามารถติดตั้งที่ถัง/ท่อที่ออกจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ และท่อด้านส่งของ Blower

3. อุปกรณ์ดักน้ำ มี 2 แบบ ได้แก่

3.1 Knock out drum เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของก๊าซ และการชนปะทะของกระแสก๊าซ ทำให้ละอองน้ำแยกตัวออกจากก๊าซ โดยสามารถติดตั้งที่ท่อก๊าซได้ทั้งด้านทางดูด และทางส่งของ Blower ซึ่งขึ้นอยู่กับการติดตั้งระบบกำจัดความชื้นด้วย เช่น หากมีการติดตั้งระบบกำจัดความชื้นด้านส่งของ Blower อาจจะไม่จำเป็นต้องติดตั้ง Knock out drum

3.2 อุปกรณ์ดักน้ำแบบไซโคลน เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อแยกละอองน้ำออกจากก๊าซ

4. Manual Isolating shut off valve คือวาล์วแยก เปิด-ปิด วาล์วด้วยมือ ทำหน้าที่ป้องกันการปล่อยก๊าซเข้าระบบเผาทิ้งโดยตรง

5. Emergency shut off valve เป็นวาล์วตัดก๊าซฉุกเฉิน เพื่อป้องกันการปล่อยก๊าซเข้าระบบเผาทิ้งโดยตรง ซึ่งวาล์วจะทำงานเมื่อมีคำสั่งให้เผาก๊าซทิ้งจากระบบควบคุมการเผาทิ้งแบบอัตโนมัติ

6. อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Flame arrester) เป็นอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟไม่ให้ย้อนกลับเข้าไปในท่อ โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิติดไฟของก๊าซ โดยการติดตั้งอุปกรณ์นี้ควรปฏิบัติตามมาตรฐาน ATEX; EN 12874:2001

7. ระบบเผาก๊าซทิ้ง (Flare system) เป็นระบบที่มีความจำเป็นมากในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพ โดยทำหน้าที่ในการเผาก๊าซที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ทิ้ง เพื่อป้องกันไม่ให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ และเพื่อป้องกันความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งที่ระบบเผาทิ้งควรติดตั้งอุปกรณ์ วาล์วแยก (Manual shut off valve) เป็นวาล์วเปิด-ปิด ด้วยมือ วาล์วตัดก๊าซฉุกเฉิน ซึ่งจะทำงานเมื่อมีคำสั่งให้เผาก๊าซทิ้งจากระบบควบคุมการเผาทิ้งแบบอัตโนมัติ และมีอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ

8. อุปกรณ์ระบายน้ำ มีทั้งที่เป็นแบบที่ต้องระบายแบบ Manual และแบบอัตโนมัติ โดยแบ่งเป็น

8.1 อุปกรณ์ระบายน้ำแบบตัว T หรือ ตัว U ควรติดตั้งในทุกจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของก๊าซ สำหรับท่อแนวนอนควรติดตั้งทุกๆระยะไม่เกิน 50 เมตร โดยอุปกรณ์ระบายน้ำที่เป็นแบบตัว T (สามทาง) ต้องมีวาล์วระบายน้ำที่เป็นแบบ manual หรืออัตโนมัติด้วย

8.2 วาล์วระบายน้ำอัตโนมัติ (Auto Drain Valve) ต้องเลือกให้มีขนาดเหมาะสมกับความดันและปริมาณน้ำที่ต้องการระบายออก มีวาล์ว bypass ที่ Auto Drain ด้วย และต้องหมั่นตรวจสอบการอุดตัดของวาล์วเป็นประจำ

9. อุปกรณ์วัดความดัน ท่อก๊าซชีวภาพควรมีตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความดันในท่อด้วย เช่น มาตรวัดความดัน มาโนมิเตอร์ เป็นต้น

10. อุปกรณ์กำจัดความชื้น ส่วนใหญ่ใช้ Chiller โดยใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 12-19 องศาเซลเซียส เป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซชีวภาพ โดย Chiller จะต้องติดตั้งวาล์วระบายน้ำอัตโนมัติ และเพื่อให้อุปกรณ์กำจัดความชื้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องหมั่นตรวจสอบการไหลของน้ำจาก Auto Drain การรั่วไหลของก๊าซที่บริเวณหน้าแปลนท่อก๊าซ สภาพท่อและอุปกรณ์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การทำงานของคอมเพรสเซอร์ สภาพฉนวนของท่อ/ถังต่างๆ

และต้องหมั่นทำความสะอาดตะกรันในแผงแลกเปลี่ยนความร้อน อย่างน้อยทุก 6 เดือน การติดตั้งจะติดตั้งทางดูด หรือส่งจ่ายก๊าซก็ได้

11. Blower ต้องสามารถส่งก๊าซได้เพียงพอกับปริมาณการใช้งานจริง และต้องมีอุปกรณ์รองรับการสั่นสะเทือนของ Blower และมอเตอร์ด้วย สำหรับท่อส่งก๊าซที่ต่อเข้ากับตัว Blower ต้องมีท่ออ่อนรับการสั่นสะเทือน มอเตอร์ควรเลือกใช้ชนิดกันระเบิด ทนการกัดกร่อนได้ดี ตามมาตรฐาน ATEX; EN 60079-1:2007 นอกจากนี้ควรติดตั้งชุดควบคุมแรงดันด้วย และเพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของ Blower ควรมีอาคารคลุม Blower ด้วย โดยอาคารควรมีลักษณะเปิด อากาศถ่ายเทสะดวก หรือหากจำเป็นต้องใช้อาคารปิดทึบควรมีการติดตั้งระบบระบายอากาศภายในอาคาร ติดตั้งเครื่องตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เครื่องตรวจวัดก๊าซชีวภาพ และต้องปฏิบัติตามข้อแนะนำสำหรับการทำงานในสถานที่อับอากาศอย่างเคร่งครัด

12. อุปกรณ์ Back Pressure Check Valve ควรติดตั้งที่ทางส่งของ Blower หรือด้านหลังอุปกรณ์ที่อาจเสียหายได้

13. วาล์วระบายแรงดัน (Pressure relief valve) เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยของระบบ มีหน้าที่ควบคุมความดันโดยใช้การวนก๊าซจากด้านทางส่งกลับเข้าไปด้านดูดของ Blower หลักการทำงานคือ เมื่อมีการใช้ก๊าซน้อยกว่าที่ Blower ส่ง ทำให้ความดันในท่อส่งสูงขึ้น วาล์วระบายแรงดัน จะเปิดระบายก๊าซให้ไหลกลับเข้าท่อด้านทางดูดของ Blower เมื่อก๊าซระบายกลับไปความดันในท่อลดลง ทำให้วาล์วระบายแรงดัน ปิด นอกจากนี้ ถ้าไม่ใช้การควบคุมความดันโดยใช้วาล์วระบายแรงดัน สามารถใช้การควบคุมความดันด้วย Pressure transmitter ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้มีการปรับรอบมอเตอร์ของ Blower สำหรับตำแหน่งของ Pressure transmitter ควรติดตั้งให้ใกล้กับจุดใช้งาน เพื่อสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความดันในท่อทางส่ง และส่งสัญญาณมาควบคุมการทำงานของ Blower ได้ทันต่อการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ

14. อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลของก๊าซ เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ มีหลายรูปแบบทั้งที่ใช้วัดปริมาตร และอัตราการไหลเชิงมวล ในการติดตั้งนั้นควรพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ATEX คือต้องสามารถติดตั้งในบริเวณที่ที่อาจเกิดการระเบิดขึ้นได้โดยไม่คาดคิด จากการทำงาน และต้องเป็นชนิดป้องกันการระเบิดด้วย

15. เครื่องตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซ ควรเป็นเครื่องที่สามารถตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพได้อย่างน้อย 3 องค์ประกอบหลักๆ คือ ออกซิเจน มีเทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยก๊าซ

ชีวภาพที่ผ่านเครื่องตรวจวิเคราะห์ต้องเป็นก๊าซแห้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดักกำจัดความชื้นและฝุ่นละอองก่อนที่ก๊าซจะเข้าเครื่องตรวจวิเคราะห์

16. ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กระบวนการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายเทคโนโลยี เช่น Bioscrubber Technology ฯลฯ โดยก๊าซชีวภาพที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหัวเผาต้องมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่เกิน 1,000 ppm สำหรับใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่เกิน 100 ppm ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยควรมีการจำกัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำไปใช้งาน

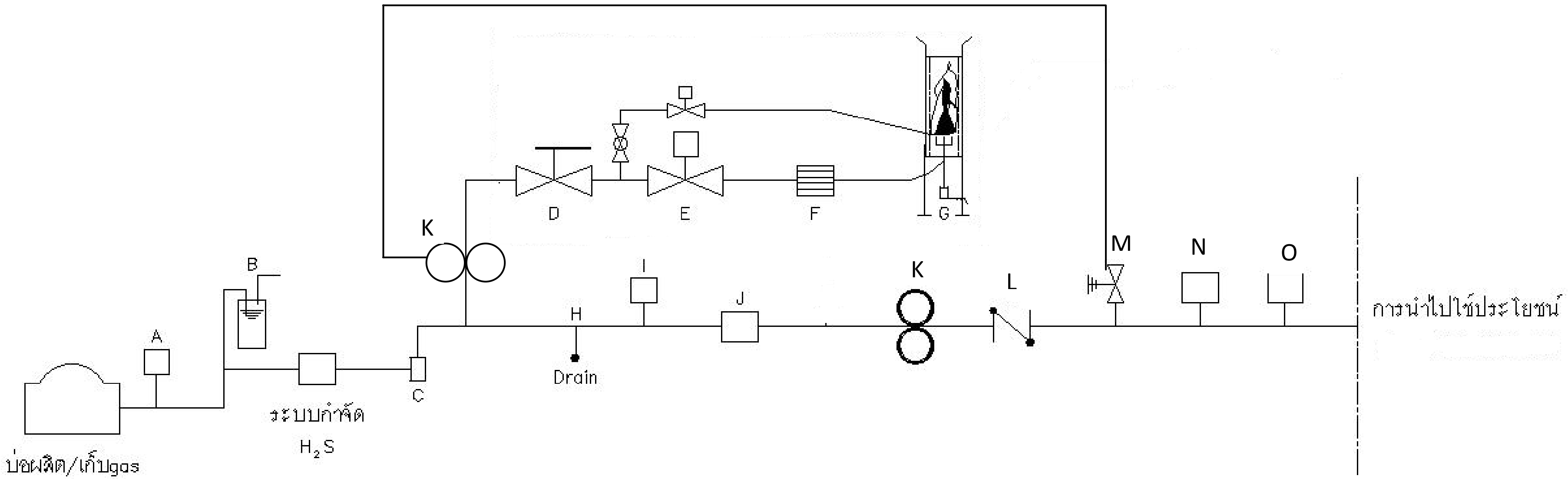
17. อุปกรณ์ไฟฟ้าและตู้ไฟฟ้า ระบบการเดินไฟฟ้าในพื้นที่อันตราย โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟ สวิตซ์ควบคุม แผงควบคุมระบบไฟฟ้า ฯลฯ ควรเลือกใช้ชนิดป้องกันการระเบิดที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน และควรติดตั้งตามมาตรฐาน IEC 60079-14 สำหรับระบบการเดินไฟฟ้าให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545

18. วาล์วปรับความดันก๊าซ (Pressure regulator) การใช้งานต้องเลือกให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ใช้งาน ทั้งความดันและช่วงอัตราการไหลที่ต้องการของอุปกรณ์ใช้ประโยชน์ต่างๆ และใช้ชนิดป้องกันการระเบิด

19. โซลินอยด์วาล์วคู่ (Double solenoid valves หรือ Double safety shut off valves) ทำหน้าที่เปิด-ปิดก๊าซอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพเข้าสู่หม้อต้ม (Boiler) หรือเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการระเบิด ดังนั้นเพื่อป้องกันการชำรุดของอุปกรณ์ ก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงควรผ่านระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความชื้นแล้ว ในการเลือกใช้โซลินอยด์วาล์วคู่ ควรเลือกที่มีรหัสป้องกัน EEx m ตามมาตรฐาน ATEX; EN 60079-18:2009

20. เครื่องตรวจวัดก๊าซ (Gas detector) สำหรับตรวจวัดปริมาณก๊าซที่รั่วไหล เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ซึ่งอาจจะเป็นชนิดพกพา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติหน้าที่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซก่อนเข้าปฏิบัติงาน โดยเฉพาะในสถานที่อับอากาศ เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน โดยเครื่องตรวจวัดก๊าซควรเป็นไปตามมาตรฐาน ATEX; EN 60079-29-1:2007

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยแสดงดังรูปที่ 3.1 3.2 3.3 และ 3.4



A = Pressure and Vacuum Switch

B = Pressure and Vacuum Relief Valve/Water seal tank

C = Knock Out Drum/ Cyclone

D = Manual Shut off Valve

E = Emergency Shut off Valve

F = Flame Arrester

G = Flare System

H = Drain (อุปกรณ์ระบายน้ำ)

I = Pressure Gauge

J = Chiller

K = Blower

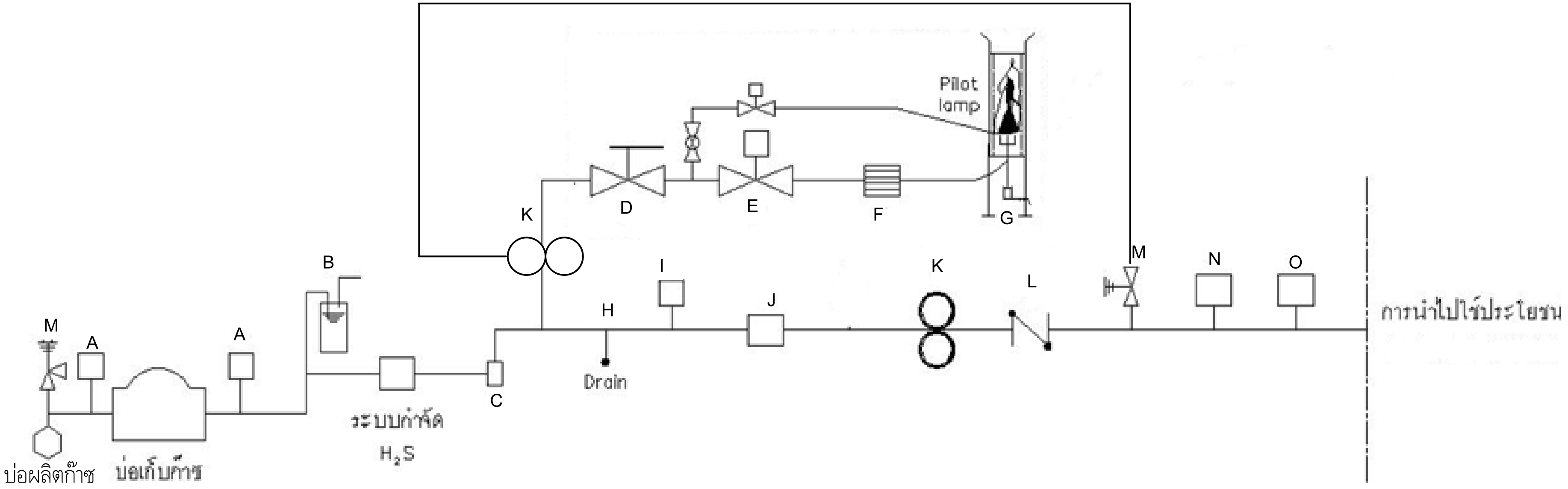
L = Back Pressure Valve

M = Pressure Relief Valve

N = Gas Flow meter

O = Gas Composition Analyzer

รูปที่ 3.1 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Modified Anaerobic Covered Lagoon



A = Pressure and Vacuum Switch

B = Pressure and Vacuum Relief Valve/Water seal tank

C = Knock Out Drum/ Cyclone

D = Manual Shut off Valve

E = Emergency Shut off Valve

F = Flame Arrester

G = Flare System

H = Drain (อุปกรณ์ระบายน้ำ)

I = Pressure Gauge

J = Chiller

K = Blower

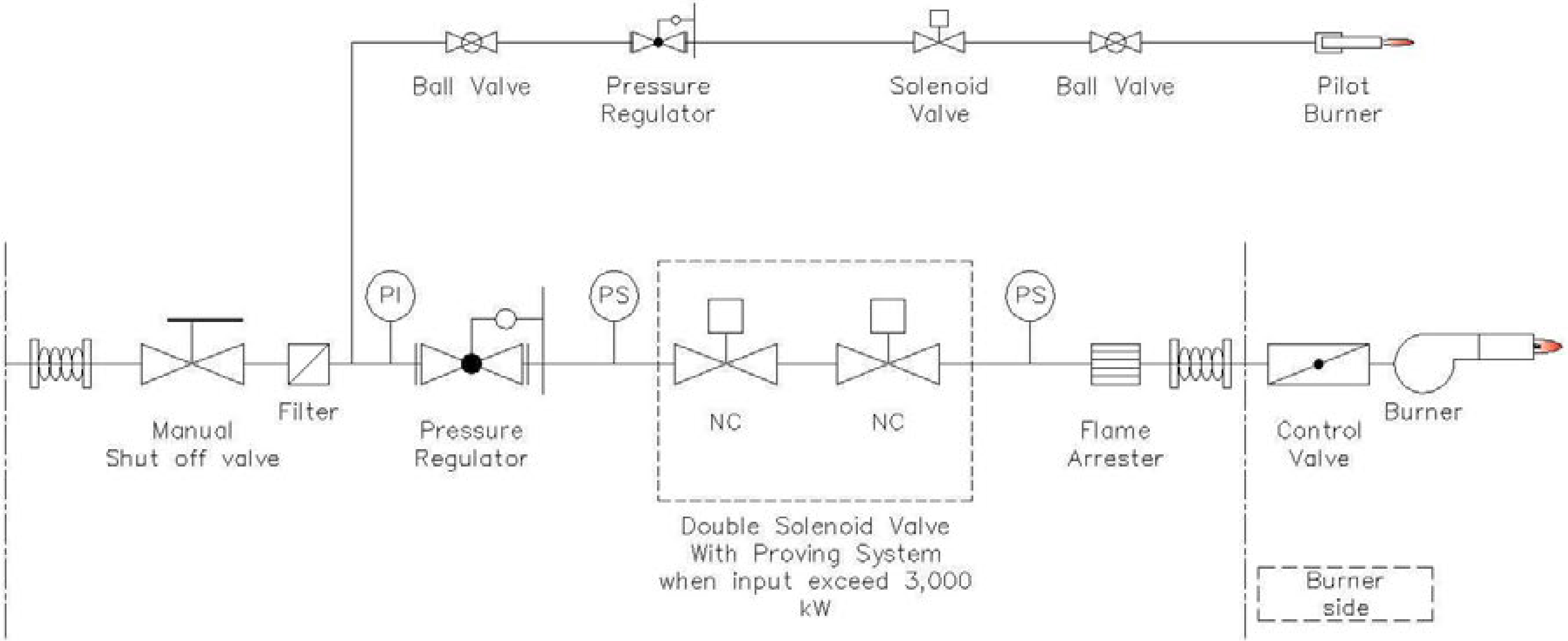
L = Back Pressure Valve

M = Pressure Relief Valve

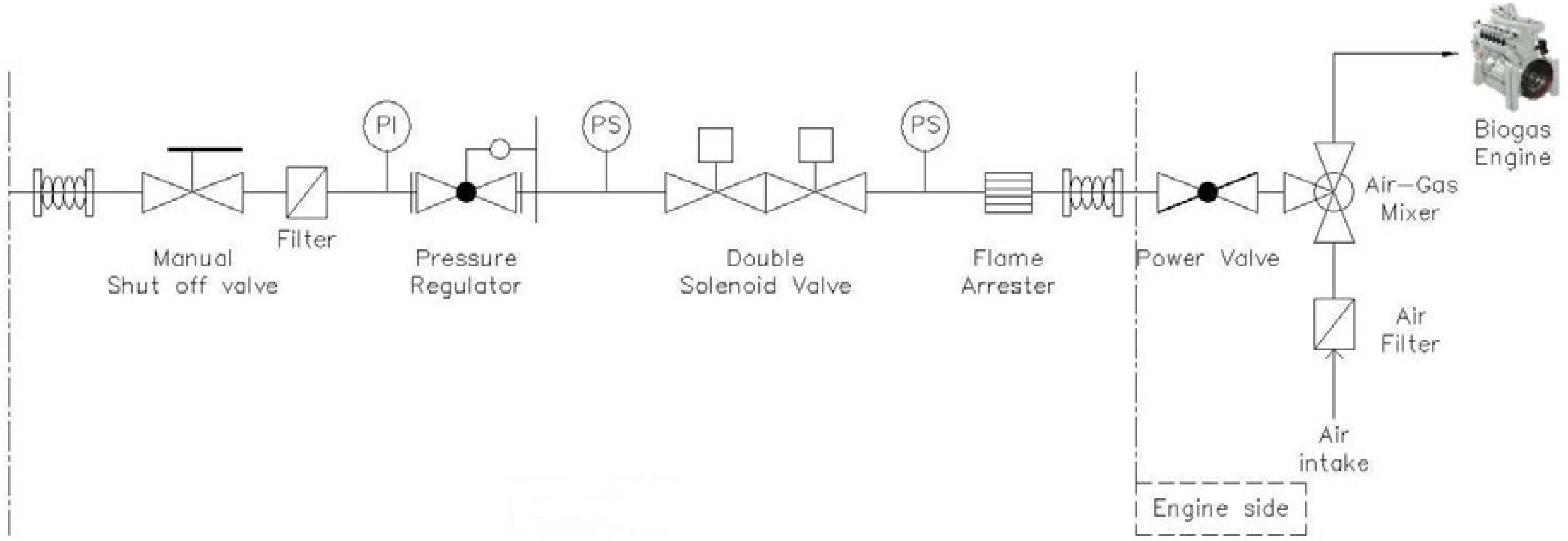
N = Gas Flow meter

O = Gas Composition Analyzer

รูปที่ 3.2 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ UASB



รูปที่ 3.3 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์สำหรับหัวเผาก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3.4 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**, สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, พฤศจิกายน 2553.
2. **คู่มือการตรวจสอบ ติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่มีไอระเหยของสารไวไฟ**, สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, มิถุนายน 2548
3. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย มาตรฐาน ว.ส.ท. (E.I.T. Standard 2004-45**) มิถุนายน 2545
4. **European standards: Equipment for explosive atmospheres (ATEX),** European Commission, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/equipment-explosive-atmosphere/index_en.htm
5. British Standard, **BS EN 12874: 2001 Flame arresters – Performance requirements, test methods and limits for use**.
6. Equipment for explosive atmospheres (ATEX), **EN 60079-1:2007, Explosive atmospheres-Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures "d"**, http://www.ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/equipment-explosive-atmosphere/index_en.htm#Note2.1
7. **IEC 60079-14, Explosive atmospheres Part 14: Electrical installations design, selection and erection**, 2007
8. Equipment for explosive atmospheres (ATEX), **EN 60079-18:2009, Explosive atmospheres-Part 18: Equipment protection by encapsulation "m"**, http://www.ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/equipment-explosive-atmosphere/index_en.htm#Note2.1
9. Equipment for explosive atmospheres (ATEX), **EN 60079-29-1:2007, Explosive atmospheres-Part 29-1: Gas detectors – Performance requirements of detectors for flammable gases,** http://www.ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/equipment-explosive-atmosphere/index_en.htm#Note2.1

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างรายงานการประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจาก
ระบบผลิตและใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ตัวอย่าง
รายงานการประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดจากระบบผลิต และใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

จัดทำโดย

บริษัท...จำกัด

ทะเบียนโรงงานเลขที่...

ที่อยู่...

1. ข้อมูลโรงงาน

1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อโรงงาน/บริษัท xxxxxxxxxx ที่อยู่ xxxxxxxxxxxxxx โทรสาร xxxxxxxxxx โทรศัพท์ xxxxxxxx ทะเบียนโรงงานเลขที่ xxxxxxxxx ประกอบกิจการ ผลิตก๊าซชีวภาพ มีจำนวนผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน xxxxx คน ปฏิบัติงานวัน xxxxx ถึงวัน xxxx ตั้งแต่เวลา xxxx น. ถึงเวลา xxxx น. มีจำนวน xxx กะ (ถ้ามีการทำงานเป็นกะ ให้ระบุจำนวนผู้ปฏิบัติงานแต่ละกะด้วย) การดำเนินการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงมีคณะทำงานดังนี้

1) นายxxxx	xxxx	ผู้จัดการโรงงาน	ประธานคณะทำงาน
2) นายxxxx	xxxx	หัวหน้าทีมปฏิบัติการ	คณะทำงาน
3) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
4) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
5) นายxxxx	xxxx	หัวหน้ากะ\ช่างไฟฟ้า	คณะทำงาน
6) นายxxxx	xxxx	หัวหน้าทีมซ่อมบำรุง	คณะทำงาน
7) น.ส.xxxx	xxxx	นักเคมี	คณะทำงาน
8) น.ส.xxxx	xxxx	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	คณะทำงาน

หากพบว่ามีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใดติดต่อเลขานุการได้ที่ โทรศัพท์ xxxxxx โทรสาร xxxxxxxx

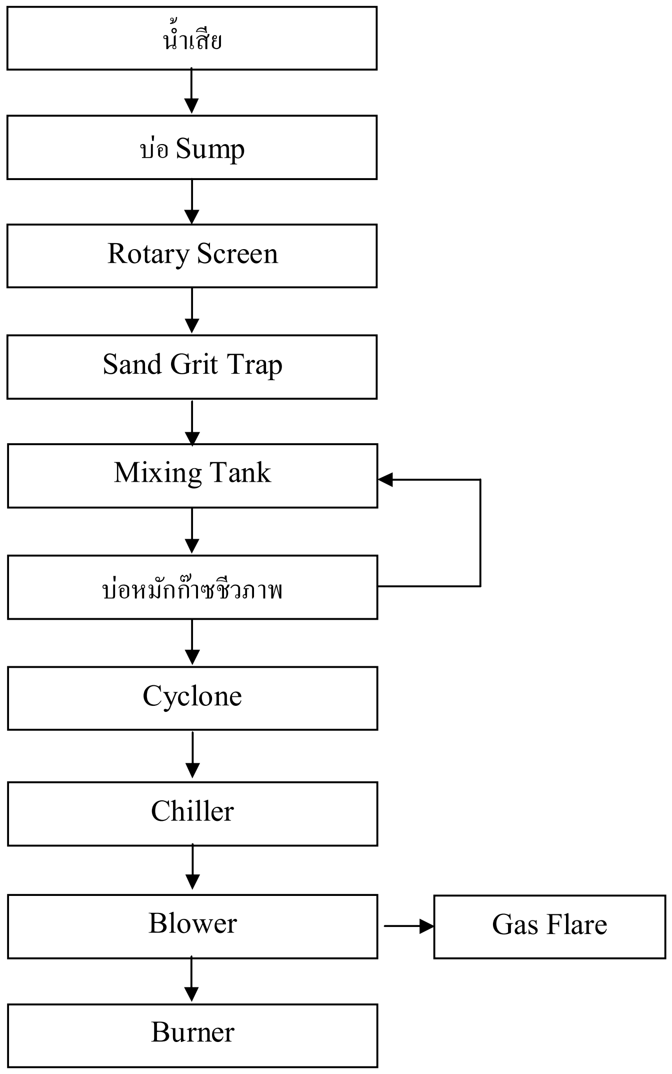
แผนที่ตั้งโรงงาน รวมทั้งสถานที่ต่างๆ ในระยะ 500 เมตร โดยรอบ

รูปที่ 1 แผนที่ตั้งโรงงาน xxxxxx

รูปที่ 2 แผนที่ตั้งโรงงานถึงโรงพยาบาลใกล้ที่สุด

1.2 ขั้นตอนการผลิต

1) แผนภูมิการผลิต



รูปที่ 3 แผนภูมิการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างง่าย

2) ขั้นตอนกระบวนการผลิต

1. กระบวนการเกี่ยวกับระบบน้ำเสีย

การรับน้ำเสียจากระบบของโรงงานในส่วนบริเวณโรงงานผลิตแป้งจะมีมอเตอร์สำหรับปั๊มน้ำเสียจากโรงงานและบ่อพักตะกอน x ตัว ที่บ่อซัม x ตัว และที่บ่อบำบัดน้ำเสีย x ตัว มอเตอร์นี้จะทำงานโดยควบคุมจากตู้ควบคุมที่อยู่ข้างๆ มอเตอร์เท่านั้น โดยจะมี Float switch เป็นตัวป้องกัน หากน้ำในบ่อต่ำกว่าระดับท่อดูด และในการใช้งานจะเดินมอเตอร์ x ตัว สำรอง x ตัว การปรับระดับน้ำเข้าระบบให้ได้

ตามที่ต้องการ โดยการปรับวาล์ว x ตัว ซึ่งเป็นวาล์วสำหรับปล่อยน้ำที่ดูดมาจากบ่อพักตะกอนและที่บ่อซัม ออกไปไม่ให้เข้าไปในระบบ (Bypass) และวาล์วหลังเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบ ต้องปรับวาล์ว x ตัวนี้เพื่อให้ได้อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ โดยดูจากเครื่องวัดอัตราการไหลน้ำเสียก็จะผ่านมายัง Rotary Screen เพื่อดักกากและวัสดุที่มีขนาดใหญ่ออก การทำงานจะทำงานแบบ Manual เท่านั้นแล้วลงไปที่บ่อดักดินและทราย (Sand Grit Trap) ออกจากน้ำเสียโดยจะต้องมีประตูสำหรับเปิดและปิดร่องน้ำ เพื่อสลับการทำงานของร่องน้ำ เมื่อน้ำเสียถูกแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ และเศษดิน เศษทรายออกแล้ว น้ำเสียก็สามารถเข้าสู่ระบบได้ โดยเข้ามาที่ Mixing Tank น้ำเสียจากโรงงานเมื่อผ่าน Sand Grit Trap แล้ว จะมาผสมกับน้ำเสียที่ออกจากบ่อ เพื่อลดความเข้มข้น เมื่อน้ำผสมกันแล้ว ก็จะถูกดูดเข้าระบบ โดย Influent Pump จะทำงานแบบ Manual และ Auto โดยจะมีตัว Level Transmitter เป็นตัววัดระดับน้ำในบ่อ Mixing Tank และควบคุมการหยุดเดินของปั๊ม เพื่อป้องกันน้ำในบ่อแห้ง และใน x ท่อ จะมี Temperature Transmitter เพื่อวัดอุณหภูมิในท่อ มอเตอร์แต่ละตัวจะส่งไปยังท่อที่อยู่ใต้บ่อ x เส้นด้วยกัน เพื่อปรับความแรงของน้ำโดยการปรับวาล์วละควบคุมความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดย SCADA ส่วนท่ออีกด้านหนึ่งของบ่อจะมีวาล์วสำหรับปล่อยอากาศหรือก๊าซชีวภาพที่เกิดในท่อซึ่งปิดไว้ เมื่อน้ำเข้าไปในบ่อแล้วจะล้นออกมาทาง Over Flow Weir เพื่อการสังเกตว่าน้ำในบ่อไม่มากน้อยเกินไป ทางด้านบนจะมีวาล์ว สำหรับปล่อยน้ำเสียออกจากระบบเป็น Effluent ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระดับน้ำในบ่อ ABR เมื่อน้ำล้นออกมาจากระบบออกเป็น Effluent และส่วนหนึ่งก็ผ่าน Recycle เข้าบ่อ Mixing Tank เพื่อปรับค่า pH ต่อไป

2. กระบวนการเกี่ยวกับระบบก๊าซชีวภาพ

เมื่อน้ำเสียเข้าไปในบ่อ ABR แล้วก็เกิดก๊าซชีวภาพขึ้นมา แล้วจะดันแผ่น HDPE ที่คลุมไว้บนบ่อและก็จะถูกดูดไปใช้งาน โดยมีท่อสำหรับดูดก๊าซชีวภาพที่วางอยู่ด้านข้างของบ่อ ABR ทั้งสองข้าง ก๊าซชีวภาพจะมารวมกันที่ด้านหนึ่งของบ่อแล้วผ่าน Cyclone ซึ่งจะเป็นตัวดักเศษวัสดุที่เป็นของแข็งออกจากก๊าซชีวภาพ เมื่อก๊าซชีวภาพถูกดักเอาเศษวัสดุขนาดใหญ่ออกไปแล้ว ก็จะผ่านไปยัง Cooling Coil จะเป็นตัวลดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพลง โดยตัวที่ทำให้อุณหภูมิลดลงต่ำคือ Chiller เป็นตัวทำความเย็น ตัวทำความเย็นนี้จะเดินที่หน้างานเท่านั้นไม่สามารถสั่งทำงานผ่าน SCADA ได้ และการที่จะเดินเครื่องทำความเย็นนี้ได้ต้องเดิน Cooling Pump และ Cooling Fan เสียก่อน ห้ามเดิน Chiller โดยไม่เดิน Cooling Pump ตัวใดตัวหนึ่งเป็นอันขาด เมื่อก๊าซชีวภาพสะอาดโดยมีการดักเศษวัสดุและน้ำออกไปแล้ว ก็จะผ่านมายัง Blower ซึ่งเป็นตัวดูดก๊าซชีวภาพ โดยจะทำงาน x ตัว หยุด x ตัว โดยสลับกันทำงานทุกๆ x ชั่วโมง และขึ้นกับความดันในท่อก๊าซชีวภาพที่ส่งไปยังโรงงาน (หากอยู่ในโหมด Auto) ก๊าซชีวภาพจะถูกส่งไป 2 ทาง

คือ ส่งไปโรงงานและส่งไปเผาทิ้งที่ Flare โดยจะมีวาล์วทางแยกของทั้งสองทางไว้ ก๊าซชีวภาพที่ส่งเข้าโรงงานจะมีถัง Filter Tank เป็นถังสแตนเลสกลม ต้องสลับกันทำงานและต้องมีการเปิดถังมาทำความสะอาด Filter เป็นประจำ

3) เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่สำคัญ

1. Waste Water Sump Pump x ตัว
2. Rotary Screen x ตัว
3. Influent Pump x ตัว
4. Sludge Pump x ตัว
5. Blower x ตัว
6. Flare x ตัว

1.3 วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์พลอยได้

1) วัตถุดิบ

ชื่อวัตถุดิบ	**ปริมาณ/ปี**	**หน่วย**
1. น้ำเสีย	Xxxxxxxxxxxx	ลูกบาศก์เมตร

2) ผลิตภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์	**เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต**	**ปริมาณการผลิตต่อปี (ระบุหน่วย)**
1 ก๊าซชีวภาพ	Xxxxxxxxxxxx	ลูกบาศก์เมตร

3) ผลิตภัณฑ์พลอยได้

ชื่อผลิตภัณฑ์	**ปริมาณ/ปี**	**หน่วย**
น้ำผ่านการบำบัด	Xxxxxxxxxxxx	ลูกบาศก์เมตร

1.4 สรุปสถิติการประสบอุบัติเหตุ

ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุของโรงงานตั้งแต่ปี ....- ปัจจุบัน

วัน/เดือน/ปี	ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	ความเสียหาย

(กรณีปีไหนไม่เคยเกิดอุบัติเหตุให้ระบุว่า ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ)

2. การจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยง

สำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงฉบับนี้จะต้องทำรายการ วัตถุดิบ พื้นที่ เครื่องจักร กระบวนการผลิต และกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง มาหาสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ทราบถึงอันตรายจากแหล่งอันตรายต่างๆ ซึ่งอาจประกอบด้วยอันตรายตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น พนักงานได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย จนกระทั่งอันตรายขนาดรุนแรงมาก ได้แก่ เหตุการณ์ไฟไหม้ เกิดอุบัติเหตุระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี โดยการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง จะนำเอาสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายที่เป็น Major Hazard มาประเมินโดยวิธีการประเมินความเสี่ยงที่กฎหมายกำหนด ในที่นี้ได้จัดทำโดยใช้เทคนิควิธีการประเมินความเสี่ยงมากกว่า 1 วิธี (เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำไปเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม)

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

การดำเนินงาน	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ
<u>1. ส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพ</u> 1.1 น้ำเสียเข้าสู่ระบบ	-น้ำเสียมีสภาพเป็นกรด/มีกลิ่นเหม็น เนื่องจากในน้ำเสียมีซัลเฟอร์จากกระบวนการผลิตแป้งผสมอยู่ -มีเศษเปลือกมันและทรายผสมในน้ำเสีย	-อันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน -ปั๊มสูบน้ำชำรุด -ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลต่อระบบที่นำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	-สวมอุปกรณ์ป้องกัน -ชี้บ่งอันตรายวิธี Checklist
1.2 การทำงานของปั๊มในการนำน้ำเข้าระบบ	-ไม่มีการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ -อุณหภูมิของปั๊มสูง -น้ำเสียไหลเข้าระบบมากเกินไป -น้ำเสียไหลเข้าระบบน้อยเกินไป -มอเตอร์ไม่ป้องกันการระเบิด	-ระบบการนำน้ำเข้าเสียหาย ไม่สามารถนำวัตถุดิบเข้าระบบได้ -มอเตอร์ไหม้ -เสียโอกาสในการผลิต ไม่มีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น	-แผนกการบำรุงรักษา -ชี้บ่งอันตรายวิธี HAZOP
1.3 หลอดไฟส่องสว่าง/อุปกรณ์ไฟฟ้า บริเวณบ่อ	-สายไฟลัดวงจรระหว่างขั้ว -สายรั่ว -ไม่ป้องกันการระเบิด	-ระเบิด/เพลิงไหม้ -ทรัพย์สินเสียหาย	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
1.4 ระบบป้องกันฟ้าผ่า	-ระบบสายล่อฟ้า/สายดินชำรุด -ระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่ครอบคลุมพื้นที่บ่อผลิต/เก็บก๊าซชีวภาพ	-เกิดฟ้าผ่าประกอบกับมีก๊าซรั่วไหล ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ทรัพย์สินเสียหาย ชุมชนใกล้เคียงได้รับความเดือดร้อน	-คู่มือมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง (วสท) -ชี้บ่งอันตรายวิธี What If

หมายเหตุ: การชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Checklist ควรใช้เมื่อโรงงานมี Check Sheet อยู่แล้ว

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย (ต่อ)

การดำเนินงาน	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ
1.5 ถัง water seal tank	-ระดับน้ำในถังลดต่ำลง ทำให้ก๊าซในบ่อเก็บก๊าซรั่วออกตลอดเวลา	-สูญเสียผลิตภัณฑ์	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
1.6 สวิตช์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนด	-ไม่สามารถสั่งงานให้ชุดเผาก๊าซส่วนเกินทำงานได้ปกติ -อ่านค่าผิดพลาด	-บ่อเก็บก๊าซชีวภาพเสียหาย เนื่องจากแรงดันในบ่อสูงหรือต่ำเกินกำหนด	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
1.7 ตัวส่งสัญญาณแรงดันก๊าซ	-ชำรุดจากการกัดกร่อนของก๊าซ -อ่านค่าผิดพลาด	-ปั๊มควบคุมการส่งจ่ายก๊าซผิดปกติ -ระเบิด/เพลิงไหม้ -ทรัพย์สินเสียหาย	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
1.8 การซ่อมบำรุง 1) ซ่อมบำรุงบ่อผลิต/เก็บก๊าซ	-การซ่อมบำรุงในบ่อเก็บก๊าซถือว่าเป็นการปฏิบัติงานในที่อับอากาศ โดยในบ่อเก็บก๊าซชีวภาพจะมีก๊าซไฮโดนเจนซัลไฟด์สูง -ซ่อมแซมรูรั่ว/ขาด บนแผ่นผ้าใบคลุมบ่อเก็บก๊าซ ขณะที่ยังมีก๊าซอยู่ในบ่อ	-ผู้ปฏิบัติงานอาจพลัดตกลงในบ่อ -ผู้ปฏิบัติงานหมดสติ เสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
2) ซ่อมบำรุงเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณบ่อ	-การปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดประกายไฟ เช่น การเชื่อม เจียร์ ใกล้บ่อเก็บก๊าซที่อาจมีก๊าซรั่วไหล	-เพลิงไหม้/ระเบิด -ทรัพย์สินเสียหาย -ผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย (ต่อ)

การดำเนินงาน	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ
2. ส่วนการส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ 2.1 การวางท่อส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ (1) การวางท่อเหนือพื้นดิน	-เกิดการกัดกร่อนจากก๊าซภายในท่อ -เกิดความล้า หรือแตกหัก เนื่องจากการยืดหรือหดตัวของท่อ -มีน้ำปะปนในท่อ	-ก๊าซชีวภาพรั่วไหล -ปริมาณก๊าซที่นำไปใช้ไม่สม่ำเสมอ -ก๊าซที่นำไปใช้มีความชื้น ทำให้จุดติดยาก	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA
(2) ข้อต่อของท่อ	-ข้อต่อรับการขยายตัวเสียหาย -เกิดการกัดกร่อนจากก๊าซภายในท่อ	-ก๊าซชีวภาพรั่วไหล -เกิดการระเบิดหากมีประกายไฟ และอยู่ที่อับอากาศ	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA
2.2 อุปกรณ์ดักน้ำแบบ Cyclone	-เกิดรอยรั่วบริเวณเชื่อมต่อ -มีน้ำขัง	-ก๊าซรั่วออกมาภายนอก -ก๊าซชีวภาพมีความชื้นมาก	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA
2.3 อุปกรณ์ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ	-การอุดตันของวาล์ว เนื่องจากละอองน้ำที่มากับก๊าซ จนทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากท่อส่งจ่ายก๊าซได้	-ก๊าซชีวภาพมีความชื้น ทำให้หัวเผาจุดติดยาก -เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย (ต่อ)

การดำเนินงาน	**สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย**	**ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น**	**หมายเหตุ**
2.4 เครื่องเป่าลม (Blower)	-ไม่มีการไหลของก๊าซ -อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมสูงกว่ากำหนด -มอเตอร์ไม่ป้องกันการระเบิด	-ไม่มีก๊าซไหลเข้าสู่ระบบการนำไปใช้ประโยชน์ -ดูด/อัดก๊าซไม่ได้ -มอเตอร์ปั๊มเสียหาย -เกิดก๊าซสะสมในบ่อเก็บก๊าซ	-ชี้บ่งอันตรายวิธี HAZOP
2.5 อุปกรณ์กำจัดความชื้น แบบ Chiller Unit	-ก๊าซชีวภาพรั่วไหลบริเวณเชื่อมต่อ -อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชำรุด -มอเตอร์ไม่มีการต่อสายดินหรือสายดินชำรุด -มอเตอร์ไม่ป้องกันการระเบิด	-เพลิงไหม้ -ทรัพย์สินเสียหาย -ก๊าซชีวภาพมีความชื้นปะปน	ชี้บ่งอันตรายวิธี HAZOP
2.6 เกจวัดความดัน	-ชำรุด/ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ -อ่านค่าผิดเพี้ยน	-บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ/ท่อก๊าซชีวภาพเกิดการระเบิด -ทรัพย์สินเสียหาย -เสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย (ต่อ)

การดำเนินงาน	**สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย**	**ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น**	**หมายเหตุ**
2.7 ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	-ก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบบำบัดมีความชื้นผสมอยู่ -วาล์ว หรือหัวกระจายน้ำ/สารละลายที่เกิดจากตะกอนของสารประกอบกำมะถัน เกิดการอุดตัน ทำให้มีไม่สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพได้ -การซ่อมบำรุงภายในหอดูดซับของระบบกำจัดฯ ซึ่งภายในหอมีเปอร์เซ็นก๊าซไฮโดนเจนซัลไฟด์สูงกว่า 50 ppm	<u>ผลต่อหม้อน้ำหรือหม้อต้มน้ำมันร้อน</u> -ระเบิดในห้องเผาไหม้/ปล่องไอเสีย -เปลวไฟกระพือและดับขณะกำลังเร่งไฟ -สูญเสียความร้อนอย่างมหาศาล -อุปกรณ์ที่สัมผัสก๊าซชีวภาพชำรุดง่าย และมีอายุการใช้งานสั้น <u>ผลต่อเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า</u> -เครื่องยนต์ไม่มีกำลัง -น้ำมันเครื่องสกปรกและมีอายุสั้น -ห้องเผาไหม้สกปรกมาก -เครื่องสตาร์ทติดยากหรือไม่ติด -วาล์วไอเสียไหม้และอายุสั้น <u>ผลต่อผู้ปฏิบัติงาน</u> -หมดสติ -เสียชีวิต	-คู่มือการปฏิบัติงานในพื้นที่อับอากาศ -ชี้บ่งอันตรายวิธี What If

ตารางที่ 2.1 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย (ต่อ)

การดำเนินงาน	**สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย**	**ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น**	**หมายเหตุ**
3. ส่วนการนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ 3.1 ระบบเผาก๊าซส่วนเกินทิ้ง (Flare)	-ขนาดของ flare ไม่เหมาะสมกับปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ -เปลวไฟย้อนกลับเข้าสู่ท่อส่งจ่ายก๊าซ -สวิตซ์ป้องกันความดันสูงชำรุด/ทำงานผิดปกติ	-ความดันภายในบ่อเก็บก๊าซสูงเกิน -เกิดเพลิงไหม้ -ทรัพย์สินเสียหาย/เสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA
3.2 อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ (Flame Arrester)	-ความดันสูญเสียสูงเกิน -ติดตั้งไม่เหมาะสมตามมาตรฐาน	-ทรัพย์สินเสียหาย -เสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี What If
3.3 Double Solenoid Valve	-หน้าวาล์วและบ่าวาล์วสกปรก -หน้าวาล์วหรือบ่าวาล์วชำรุด -สปริงกดวาล์วสึกกร่อน แตกหัก -ก้านวาล์วและรูสกปรก ทำให้ค้ำยัน หรือติดตายในตำแหน่งวาล์วเปิด	-ก๊าซชีวภาพรั่วไหลเข้าสู่หม้อต้ม -เกิดระเบิดหากมีการจุดหัวเตา	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA
3.4 Valve Proving Systems	-อุปกรณ์ชำรุด -อุดตันและลัดวงจร	-ก๊าซชีวภาพรั่วเข้าห้องเผาไหม้ -ทรัพย์สินเสียหาย -เสียชีวิต	-ชี้บ่งอันตรายวิธี FMEA

3. การบ่งชี้อันตรายและการประเมินความเสี่ยง

เมื่อทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายเรียบร้อยแล้ว จะได้รับรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย และวิธีการชี้บ่งอันตรายเพื่อนำไปประเมินความเสี่ยงอันตรายที่เกิดขึ้น ซึ่งในตัวอย่างคู่มือฯ จะนำผลการชี้บ่งบางส่วนที่เป็น Major Hazard มาใช้เป็นตัวอย่างในการประเมินความเสี่ยงทางเทคนิค เพื่อให้โรงงานได้สามารถพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสม

การปั๊มน้ำเข้าระบบ

Node 1.

การนำน้ำเสียเข้าระบบ

การรับน้ำเสียจากระบบของโรงงานในส่วนบริเวณโรงงานผลิตแป้งมันจะมีมอเตอร์สำหรับปั๊มน้ำเสียจากโรงงานและบ่อพักตะกอน x ตัว ที่บ่อซัม x ตัว และที่บ่อบำบัดน้ำเสีย x ตัว มอเตอร์นี้จะทำงานโดยควบคุมจากตู้ควบคุมที่อยู่ข้างๆ มอเตอร์เท่านั้น โดยจะมี Float switch เป็นตัวป้องกัน หากน้ำในบ่อต่ำกว่าระดับท่อดูด และในการใช้งานจะเดินมอเตอร์ x ตัว สำรอง x ตัว การปรับระดับน้ำเข้าระบบให้ได้ตามที่ต้องการ โดยการปรับวาล์ว x ตัว ซึ่งเป็นวาล์วสำหรับปล่อยน้ำที่ดูดมาจากบ่อซัม และที่โมดิฟายด์ออกไปไม่ให้เข้าไปในระบบ และวาล์วหลังเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบ ต้องปรับวาล์ว x ตัวนี้เพื่อให้ได้อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ โดยดูจากเครื่องวัดอัตราการไหล น้ำเสียก็จะผ่านมายัง Rotary Screen เพื่อดักกากและวัสดุที่มีขนาดใหญ่ออก การทำงานจะทำงานแบบ Manual เท่านั้น แล้วลงไปที่บ่อดักดินและทรายออกจากน้ำเสีย โดยจะต้องมีประตูสำหรับเปิดและปิดร่องน้ำ เพื่อสลับการทำงานของร่องน้ำ เมื่อน้ำเสียถูกแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ และเศษดิน เศษทรายออกแล้ว น้ำเสียก็สามารถเข้าสู่ระบบได้ โดยเข้ามาที่ Mixing Tank น้ำเสียจากโรงงานเมื่อผ่านบ่อดักดินและทรายแล้ว จะมาผสมกับน้ำเสียที่ออกจากบ่อ เพื่อลดความเข้มข้น เมื่อน้ำผสมกันแล้วก็จะถูกดูดเข้าระบบ โดย Influent Pump จะทำงานแบบ Manual และ Auto โดยจะมีตัว Level Transmitter เป็นตัววัดระดับน้ำในบ่อ Mixing Tank และควบคุมการหยุดเดินของปั๊ม เพื่อป้องกันน้ำในบ่อแห้ง และในท่อจะมี Temperature Transmitter เพื่อวัดอุณหภูมิในท่อ มอเตอร์แต่ละตัวจะส่งไปยังท่อที่อยู่ใต้บ่อ เพื่อปรับความแรงของน้ำโดยการปรับวาล์วและควบคุมความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดย SCADA ส่วนท่ออีกด้านหนึ่งของบ่อจะมีวาล์วสำหรับปล่อยอากาศหรือก๊าซชีวภาพที่เกิดในท่อซึ่งปิดไว้ เมื่อน้ำเข้าไปในบ่อแล้วจะล้นออกมาทาง Over Flow Weir เพื่อการสังเกตว่าน้ำในบ่อไม่มากหรือน้อยเกินไป ทางด้านบนจะมีวาล์วสำหรับปล่อยน้ำเสียออกจากระบบเป็น Effluent ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระดับน้ำในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เมื่อน้ำล้นออกมาจากระบบออกเป็น Effluent และส่วนหนึ่งก็ผ่าน Recycle เข้าบ่อ Mixing Tank เพื่อปรับค่า pH ต่อไป

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย Node1. **รายละเอียด** การปั๊มน้ำเสียเข้าระบบ

ปัจจัยการผลิต Pressure, Temperature **ค่าควบคุม** Pressure x_1-x_2 bar, Temperature A_1-A_2 °C **แบบแปลนหมายเลข** เอกสารหมายเลข 1 (Node1)

ข้อบกพร่อง	**สถานการณ์จำลอง**	**เหตุการณ์ที่ตามมา**	**มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
NO FLOW ไม่มีการไหลของน้ำเสีย	➢ น้ำในบ่อปรับสภาพต่ำกว่าที่กำหนด ➢ ไม่เปิดวาล์ว	➢ ไม่มีน้ำเข้าระบบ ➢ ไม่มีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น ➢ มอเตอร์ของปั๊มไหม้	➢ ผู้ปฏิบัติงาน บันทึกระดับน้ำในบ่อปรับสภาพทุก 1 ชม. ➢ ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำภายใน Mixing Tank ➢ ตรวจสอบระบบจ่ายน้ำเข้า Mixing Tank ➢ มี Alarm เตือนเมื่อระดับน้ำต่ำกว่ากำหนด		2	1	2	1
HIGH TEMP อุณหภูมิของปั๊มสูง	➢ น้ำใน Mixing Tank น้อยกว่าที่กำหนด ➢ น้ำใน Mixing Tank มีระดับขึ้นๆลงๆ	➢ ประสิทธิภาพของปั๊มทำงานไม่เต็มที่ ➢ น้ำเข้าสู่ระบบไม่แน่นอน ➢ มอเตอร์ไหม้	➢ มีการควบคุมอุณหภูมิโดยตรวจสอบ และบันทึกทุกชั่วโมง ➢ แผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	2	1

เครื่องส่งก๊าซเข้าสู่ระบบ (Blower)

Node. 2

<u>การส่งก๊าซเข้าสู่ระบบ</u>

การตรวจสอบปริมาณก๊าซในบ่อหมัก

ตรวจสอบปริมาณก๊าซในบ่อหมักสังเกตการณ์พองตัวของก๊าซในบ่อ

ทำการเตรียมการเดินระบบ

เมื่อก๊าซชีวภาพสะอาด โดยมีการดักเอาเศษวัสดุและน้ำออกไปแล้ว ก็จะผ่านมายัง Blower ซึ่งเป็นตัวเป่าก๊าซชีวภาพ โดยสลับกันทำงาน และขึ้นกับความดันในท่อก๊าซชีวภาพที่ส่งไปยังโรงงาน ก๊าซชีวภาพจะถูกส่งไป 2 ทาง คือส่งไปใช้ประโยชน์และส่งไปเผาทิ้ง โดยมีวาล์วทางแยกของทั้งสองทางไว้ ก๊าซชีวภาพที่ส่งเข้าโรงงานก็จะผ่าน Filter Tank ก่อน

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย Node2. **รายละเอียด** เครื่องส่งก๊าซเข้าสู่ระบบ (Blower)

ปัจจัยการผลิต Pressure, Temperature **ค่าควบคุม** Pressure x_3-x_4 bar, Temperature A_3-A_4 °C **แบบแปลนหมายเลข** เอกสารหมายเลข 2 (Node 2)

ข้อบกพร่อง	**สถานการณ์จำลอง**	**เหตุการณ์ที่ตามมา**	**มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
HIGH PRESSURE การไหลน้อยเกินไปของน้ำเสียเข้าระบบ	➢ ก๊าซในบ่อน้อยเกินไป ➢ เปิดวาล์วไปยัง Flare น้อยเกินไป ➢ เปิดวาล์วไปยัง Burner น้อยเกินไป ➢ ตั้งค่าควบคุมมากเกินไป	➢ ก๊าซเข้าระบบการนำไปใช้น้อยเกินไป ➢ ประสิทธิภาพของเครื่องส่งลมร้อนทำงานต่ำลง ➢ มอเตอร์ของปั๊มไหม้	➢ ผู้ปฏิบัติงาน บันทึกระดับน้ำในบ่อปรับสภาพทุก 1 ชม. ➢ ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำภายใน Mixing Tank ➢ ตรวจสอบระบบจ่ายน้ำเข้า Mixing tank ➢ มี Alarm เตือนเมื่อระดับน้ำต่ำกว่ากำหนด		2	1	2	1
LOW PRESSURE การไหลมากเกินไปของน้ำเข้าระบบ	➢ น้ำใน Mixing Tank น้อยกว่าที่กำหนด ➢ น้ำใน Mixing Tank มีระดับขึ้นๆลงๆ	➢ ประสิทธิภาพของปั๊มทำงานไม่เต็มที่ ➢ น้ำเข้าสู่ระบบไม่แน่นอน ➢ มอเตอร์ไหม้	➢ มีการควบคุมอุณหภูมิโดยตรวจสอบ และบันทึกทุกชั่วโมง ➢ แผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	2	1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย Node2. **รายละเอียด** เครื่องส่งก๊าซเข้าสู่ระบบ (Blower)

ปัจจัยการผลิต Pressure, Temperature **ค่าควบคุม** Pressure x_3-x_4 bar, Temperature A_3-A_4 °C **แบบแปลนหมายเลข** เอกสารหมายเลข 2 (Node 2)

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
NO FLOW ไม่มีการไหลของก๊าซ	➢ มีการปิด Valve ➢ เครื่องจักรชำรุด	➢ ไม่มีก๊าซเข้าสู่ระบบ ➢ ไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ➢ มอเตอร์ของปั๊มไหม้ ➢ เกิดก๊าซสะสมมากในบ่อ	➢ ผู้ปฏิบัติงาน ตรวจเช็คการทำงานทุกชั่วโมง ➢ ตรวจสอบการทำงานของระบบก่อนเริ่มเดินเครื่อง ➢ มี Alarm เตือนเมื่อไม่มี Flow gas เข้า ➢ มีการกำหนดให้ Flare		2	1	2	1
HIGH TEMP อุณหภูมิของเครื่องส่งลมสูงกว่าที่กำหนด	➢ ใบพัดระบายความร้อนไม่ทำงาน ➢ มีก๊าซในบ่อน้อย ➢ มีก๊าซรั่วไหล ➢ Chiller ชำรุด	➢ มอเตอร์ไหม้ ➢ ไม่เกิดผลิตภัณฑ์ ➢ เกิดความชื้นในก๊าซมาก ทำให้เครื่องจักรชำรุด	➢ ควบคุมอุณหภูมิโดยตรวจสอบ และบันทึกทุกชั่วโมง ➢ แผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	2	1

การลดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้

Node. 3

<u>การลดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้</u>

เมื่อน้ำเสียเข้าไปในบ่อผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ก็จะเกิดก๊าซชีวภาพขึ้นมา แล้วจะไปดันแผ่น HDPE ที่คลุมไว้บนบ่อและก็จะถูกดูดไปใช้งาน โดยมีท่อสำหรับดูดก๊าซที่วางอยู่ด้านข้างของบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ ทั้งสองข้าง ก๊าซชีวภาพจะมารวมกันที่ด้านหนึ่งของบ่อแล้วผ่าน Cyclone ซึ่งจะเป็นตัวดักเศษวัสดุที่เป็นของแข็งออกจากก๊าซชีวภาพ เมื่อก๊าซชีวภาพถูกดักเอาเศษวัสดุขนาดใหญ่ออกไปแล้ว ก็จะผ่านไปยัง cooling Coil จะเป็นตัวลดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพลง โดยตัวที่ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงคือ Chiller เป็นตัวทำความเย็น ตัวทำความเย็นนี้จะเดินที่หน้างานเท่านั้น ไม่สามารถสั่งทำงานผ่าน SCADA ได้ และการที่จะเดินเครื่องทำความเย็นได้ต้องเดิน Cooling Pump และ Cooling Fan ก่อน

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย Node3. **รายละเอียด** การลดอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้

ปัจจัยการผลิต Temperature **ค่าควบคุม** Temperature A_5-A_6 °C **แบบแปลนหมายเลข** เอกสารหมายเลข 3 (Node 3)

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่ตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
HIGH TEMP อุณหภูมิก๊าซในท่อ	➢ อุณหภูมิของน้ำใน Chiller สูงกว่า A_6 ➢ Cooling coil รั่ว ➢ น้ำหล่อเย็นใน Cooling Tower ไม่สามารถทำงานได้	➢ ทำอุณหภูมิไม่ได้ตามที่ต้องการ ➢ ได้ผลิตภัณฑ์ส่งจ่ายในจุดต่างๆน้อย ➢ มีน้ำสะสมในท่อส่งจ่ายก๊าซ	➢ ผู้ปฏิบัติงานจดบันทึกค่าอุณหภูมิทุกชั่วโมง ➢ ตรวจเช็คและซ่อมบำรุงตามแผนที่กำหนด		2	1	2	1
LOW TEMP อุณหภูมิก๊าซในท่อ	➢ อุณหภูมิของน้ำใน Chiller ต่ำกว่า A_5	➢ หัวเตาจุดติดยาก ➢ ทำอุณหภูมิไม่ได้ตามที่ต้องการ	➢ ผู้ปฏิบัติงานจดบันทึกค่าอุณหภูมิทุกชั่วโมง ➢ ตรวจเช็คและซ่อมบำรุงตามแผนที่กำหนด		2	1	2	1

Check Sheet 1 เป็นตารางใช้ในการตรวจเช็คสภาวะของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ

ประจำวันที่ …………พ.ศ………….

เวลา	อุณหภูมิ				pH				ความเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย			ความเป็นด่าง			ค่า VFA/Alk	
	บ่อสูบ	บ่อพักน้ำเสีย	ภายในบ่อบำบัด	ออกจากบ่อบำบัด	บ่อสูบ	บ่อพักน้ำเสีย	ภายในบ่อบำบัด	ออกจากบ่อบำบัด	บ่อพักน้ำเสีย	ภายในบ่อบำบัด	ออกจากบ่อบำบัด	บ่อพักน้ำเสีย	ภายในบ่อบำบัด	ออกจากบ่อบำบัด	ภายในบ่อบำบัด	ออกจากบ่อบำบัด
0.00																
2.00																
4.00																
6.00																
8.00																
10.00																
12.00																
14.00																
16.00																
18.00																
20.00																
22.00																

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Checklist

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม วัตถุดิบ/การจัดการน้ำเสียเข้าระบบ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข Checklist 1 วันที่ทำการศึกษา 4 / 02/ 13

ผลการทำ Checklist	**อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา**	**มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. น้ำเสียมีคุณสมบัติเป็นกรด มีกลิ่นเหม็นทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	➢ ระคายเคืองต่อผิวที่สัมผัส ➢ กลิ่นของน้ำเสียทำให้เกิดอาการแสบจมูก เมื่อสูดดม	➢ มีการสวมถุงมือทุกครั้งที่ต้องสัมผัสกับน้ำเสีย ➢ มีการสวมหน้ากากดักกลิ่นจมูกก่อนเข้าทำงาน	➢ กำหนดให้มีการสวมอุปกรณ์ความปลอดภัยเวลาออกปฏิบัติงาน	3	2	6	2 (แผนควบคุม 1)
2.ปั๊มทำงานผิดปกติไม่สามารถนำน้ำเข้าระบบได้	➢ ปั๊มมีความร้อนสูง อาจไหม้หรือระเบิดได้ ➢ ระบบการผลิตหยุดเดิน	➢ มีการตรวจสอบการทำงานของปั๊มทุก 2 ชั่วโมง ➢ จัดระบบการสลับการทำงานของปั๊ม เพื่อให้พักปั๊ม	➢ จัดให้มีการตรวจสภาพและซ่อมบำรุงตามกำหนด	2	2	4	2 (แผนควบคุม 1)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม ระบบป้องกันฟ้าผ่า/อุปกรณ์ไฟฟ้าบริเวณบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าหลอดไฟส่องสว่างที่ติดตั้งบริเวณบ่อเก็บก๊าซ สายไฟลัดวงจรระหว่างขั้ว สายรั่ว	➢ สายไฟรั่วหรือลัดวงจร ทำให้เกิดประกายไฟ หากมีก๊าซชีวภาพรั่วไหลทำให้เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด	➢ ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า/หลอดไฟส่องสว่างชนิดป้องกันระเบิด และเดินท่อร้อยสายไฟให้ถูกต้องตามมาตรฐาน	➢ ให้มีการตรวจสอบบริเวณบ่อเก็บก๊าซเป็นประจำ และซ่อมแซมบริเวณที่ชำรุด	1	2	2	1
2. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าระบบสายล่อฟ้า/สายดินชำรุด	➢ เกิดฟ้าผ่า ระบบบ่อเก็บก๊าซเสียหาย และหากมีก๊าซรั่วทำให้เกิดเพลิงไหม้	➢ ตรวจสอบสภาพสายล่อฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ➢ ปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงอย่างเคร่งครัด		1	2	2	1
3. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่สามารถทำงานได้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่บ่อเก็บก๊าซ	➢ เกิดฟ้าผ่า ระบบบ่อเก็บก๊าซเสียหายและหากมีก๊าซรั่วทำให้เกิดเพลิงไหม้	➢ ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าให้ถูกต้องตามมาตรฐานที่ วสท. กำหนด	➢ ปฏิบัติตามคู่มือมาตรฐานป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง	1	2	2	1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม ถัง water seal tank โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าระดับน้ำในถังลดต่ำลง	➢ ก๊าซชีวภาพในบ่อเก็บก๊าซรั่วไหลออกตลอดเวลา	➢ ให้ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบการทำงานของระบบทุกชั่วโมง		1	1	1	1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม อุปกรณ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดที่ติดตั้งบริเวณบ่อเก็บก๊าซ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าสวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดชำรุด เสียหาย หรือไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	➢ ก๊าซชีวภาพในบ่อเก็บก๊าซสูงเกินกำหนด ทำให้ระบบเก็บก๊าซเสียหาย	➢ ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนด ซึ่งเป็นระบบควบคุมแบบทางกล ควบคู่กับระบบที่ควบคุมด้วยไฟฟ้า		3	2	6	2 (แผนควบคุม 2)
2. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าตัวส่งสัญญาณแรงดันก๊าซชำรุด หรืออ่านค่าผิดพลาด	➢ ปั๊มควบคุมการส่งจ่ายทำงานผิดปกติ ทำให้ก๊าซชีวภาพในบ่อเก็บก๊าซสูงเกินกำหนด	➢ ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนด ซึ่งเป็นระบบควบคุมแบบทางกล ควบคู่กับระบบที่ควบคุมด้วยไฟฟ้า	➢ จัดให้มีการตรวจสภาพและซ่อมบำรุงตามกำหนด	3	2	6	2 (แผนควบคุม 2)

แผนงานควบคุม 1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม การซ่อมบำรุงบริเวณบ่อเก็บก๊าซ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าภายในบ่อผลิต/เก็บก๊าซมีออกซิเจนน้อยและมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สะสมสูง	➢ ผู้ปฏิบัติงานหมดสติ และเสียชีวิต	➢ ผู้ปฏิบัติงานต้องมีอุปกรณ์ทำงานสถานที่อับอากาศ ➢ ผู้ปฏิบัติงานต้องมีใบอนุญาตปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ	➢ ว่าจ้างผู้ที่มีความชำนาญในการปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศเพื่อดำเนินการซ่อมแซม	3	2	6	2 (แผนควบคุม 3)
2. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าซ่อมแซมแผ่นผ้าใบคลุมบ่อผลิต/เก็บก๊าซขณะที่ยังมีก๊าซอยู่ในบ่อ	➢ แผ่นผ้าใบคลุมบ่อขาด ผู้ปฏิบัติงานตกลงในบ่อ ➢ ผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต	➢ ปล่อยก๊าซออกจากบ่อเก็บก๊าซให้หมด		3	2	6	2 (แผนควบคุม 3)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม การซ่อมบำรุงบริเวณบ่อเก็บก๊าซ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
3. จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการปฏิบัติงานที่ทำให้เกิดประกายไฟ เช่น เชื่อม เจียร์ โดยไม่มีการป้องกันในบริเวณที่อาจเกิดการรั่วไหลของก๊าซ	➢ ทำให้เกิดเพลิงไหม้ หรือระเบิดได้ กรณีที่มีการรั่วไหล	➢ ติดตั้งป้ายเตือนความปลอดภัย ➢ การอบรมมาตรการความปลอดภัยให้ผู้ปฏิบัติงาน	➢ ว่าจ้างผู้ที่มีความชำนาญในการปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศเพื่อดำเนินการซ่อมแซม	3	2	6	2 (แผนควบคุม 3)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าวาล์ว หรือหัวกระจายน้ำ/สารละลาย เกิดการอุดตัน	➢ ทำให้มีไม่สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพได้ ➢ อุปกรณ์ใช้งานชำรุดเสียหาย เช่น ท่อ วาล์วโซลินอยด์วาล์วคู่ ฯลฯ	➢ มีการทำความสะอาดหอดูดซับตามแผนการซ่อมบำรุง ➢ มีการตรวจวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ หลังจากก๊าซชีวภาพผ่านระบบบำบัดแล้ว	➢ ว่าจ้างผู้ที่มีความชำนาญเพื่อดำเนินการดูแลรักษา	1	2	2	1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข What-if Analysis วันที่ทำการศึกษา

คำถาม What-if	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. จะเกิดอะไรขึ้นถ้าอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับไม่สามารถป้องกันไฟย้อนกลับได้	➢ ทำให้เกิดเพลิงไหม้ หรือระเบิดได้ ➢ อุปกรณ์อื่นๆเสียหาย	➢ ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับตามตำแหน่งที่เหมาะสม	➢ ปฏิบัติตามคู่มือการใช้อุปกรณ์อย่างเคร่งครัด	1	3	3	2 (แผนควบคุม 4)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข FMEA วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักร อุปกรณ์/ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. ท่อส่งจ่ายก๊าซ	➢ ท่อแตก ➢ ท่อตกท้องช้าง ทำให้มีน้ำขังในท่อ	➢ ท่อเสื่อมสภาพ ➢ เกิดการกัดกร่อนจากก๊าซภายในท่อ ➢ ระยะห่างระหว่างฐานรองท่อไม่เหมาะสม	➢ ก๊าซชีวภาพรั่วไหลอาจเกิดเพลิงไหม้ ➢ ปริมาณก๊าซที่นำไปใช้มีความชื้น	➢ ตรวจสอบสภาพท่อเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ	1	2	2	1
2. ข้อต่อท่อ	➢ รั่วซึมหรือหลุด ➢ แตกชำรุด	➢ เกิดการกัดกร่อนจากก๊าซ ➢ เสื่อมสภาพ	➢ อาจทำให้ท่อหลุดก๊าซชีวภาพรั่วไหลอาจเกิดไฟไหม้	➢ ตรวจสอบสภาพท่อเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ	1	2	2	1
3.อุปกรณ์ดักน้ำแบบ Cyclone	➢ ก๊าซรั่วซึมบริเวณรอยเชื่อม ➢ มีน้ำขัง	➢ เกิดการกัดกร่อนจากก๊าซ ➢ เสื่อมสภาพ ➢ อุปกรณ์ระบายน้ำออกด้านล่างชำรุด	➢ ก๊าซชีวภาพรั่วไหลอาจเกิดเพลิงไหม้ ➢ ก๊าซที่นำไปใช้มีความชื้น	➢ ตรวจเช็คสภาพเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ➢ หมั่นทำความสะอาดท่อ Drain	2	1	2	2 (แผนควบคุม 5)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข FMEA วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักร อุปกรณ์/ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. อุปกรณ์ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ	➢ เกิดการอุดตัน	➢ ละอองน้ำ เมือก ฟอง ที่มากับก๊าซ	➢ มีน้ำขังในท่อ หรืออุปกรณ์ดักน้ำที่ต่อกับอุปกรณ์ระบายน้ำอัตโนมัติ ➢ ก๊าซชีวภาพที่นำไปใช้มีความชื้น ➢ หัวเผาจุดติดยากและเกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ได้	➢ ควรมีวาล์ว bypass ที่ Auto drain ด้วย ➢ ตรวจสอบดูหยดน้ำที่บริเวณ Auto drain	2	2	4	2 (แผนควบคุม 5)
5 เกจวัดความดัน	➢ อ่านค่าผิดพลาด	➢ สกปรก	➢ อุปกรณ์ใช้งานเสียหาย เช่น ท่อส่งก๊าซ Boiler เป็นต้น เนื่องจากแรงดันสูงหรือต่ำเกิน	➢ ทดสอบเกจวัดความดันทุก 6 เดือน	1	2	2	1

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โรงงาน บริษัท xx จำกัด

ตามแบบเอกสารหมายเลข FMEA วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักร อุปกรณ์/ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. Flare	➢ เผาก๊าซทิ้งไม่ทันกับปริมาณการเกิดก๊าซ ➢ ระบบไม่ทำงาน	➢ ระบบไม่เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ ➢ สวิตซ์ป้องกันความดันสูงชำรุด	➢ เกิดแรงดันในบ่อเก็บก๊าซ อาจทำให้บ่อเสียหาย	➢ ตรวจเช็คอุปกรณ์เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ	1	3	3	2 (แผนควบคุม 6)
2. โซลินอยด์วาล์วคู่	➢ หน้าวาล์วและบ่าวาล์วสกปรก ทำให้ติดตายในตำแหน่งวาล์วเปิด	➢ ก๊าซชีวภาพมีความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสมอยู่	➢ เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ ➢ ผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต ➢ ทรัพย์สินเสียหาย	➢ กำจัดความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำมาใช้ประโยชน์	4	4	16	4 (แผนลด1) (แผนควบคุม 6)
3.Valve Proving Systems	➢ อุดตันและลัดวงจร	➢ ก๊าซชีวภาพมีความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสมอยู่	➢ เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ ➢ ผู้ปฏิบัติงานเสียชีวิต ➢ ทรัพย์สินเสียหาย	➢ กำจัดความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำมาใช้ประโยชน์	4	4	16	4 (แผนลด 1) (แผนควบคุม 6)

4. แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง

หลังจากได้ดำเนินการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีต่างๆ แล้วนั้นจะได้ผลการประเมินความเสี่ยง ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวจะแบ่งความเสี่ยงออกเป็น 4 ระดับ โดย

ระดับความเสี่ยง 1 (ความเสี่ยงเล็กน้อย)	ไม่ต้องทำแผน
ระดับความเสี่ยง 2 (ความเสี่ยงที่ยอมรับได้)	ต้องจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง
ระดับความเสี่ยง 3 (ความเสี่ยงสูง)	ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง และแผนงานควบคุมความเสี่ยง
ระดับความเสี่ยง 4 (ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้)	ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง และแผนงานควบคุมความเสี่ยง

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนลด 1)

หน่วยงาน ฝ่ายซ่อมบำรุง/ฝ่ายผลิต **รายละเอียด** การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

วัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันการระเบิดและเพลิงไหม้จากการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงใน Boiler

เป้าหมาย ไม่มีอุบัติภัยการระเบิดและเพลิงไหม้

ลำดับ	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1.	จัดทำขั้นตอนในการซ่อมบำรุงรักษา ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษา	1-5 มกราคม 2556	ผู้จัดการโรงงาน	
2.	ติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำแบบ Knock out Drum เพิ่มเติม	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษา	6-10 มกราคม 2556	ผู้จัดการโรงงาน	
3.	จัดทำขั้นตอนในการซ่อมบำรุงรักษา อุปกรณ์โซลินอยด์วาล์วคู่	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษา	11-15 มกราคม 2556	ผู้จัดการโรงงาน	
4.	จัดฝึกอบรมการปฏิบัติงานให้ผู้ปฏิบัติงานทุกคน	หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง	1-5 กุมภาพันธ์ 2556	ผู้จัดการโรงงาน	

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 1)

หน่วยงาน ฝ่ายผลิต **รายละเอียด** วัตถุดิบ/การจัดการน้ำเสียเข้าระบบ

วัตถุประสงค์ เพื่อควบคุมการนำน้ำเสียเข้าระบบให้เป็นไปด้วยความปลอดภัย

เป้าหมาย มีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	จัดทำขั้นตอนการทำงานพร้อมความปลอดภัยในการสัมผัสกับน้ำเสีย	ผู้ปฏิบัติงาน	-มีการสวมอุปกรณ์ป้องกัน เช่น ชุดกันน้ำ ร้องเท้าบูท หน้ากากดักกลิ่น ถุงมือยาง เป็นต้น -กำหนดขั้นตอนการทำงาน	-ต้องไม่มีการสัมผัสน้ำเสียโดยตรงของร่างกาย -ต้องมีขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	ตรวจสอบ Valve ในการนำน้ำเข้าระบบก่อนเปิดน้ำเข้าบ่อ	ผู้ปฏิบัติงาน	ตรวจสอบสภาพและการทำงานของ Valve น้ำเข้าบ่อ Valve น้ำเข้าปั๊ม feed เข้าบ่อ รอยต่อระหว่างท่อจุดต่างๆ	ต้องมีสภาพพร้อมใช้งาน และต้องไม่รั่ว	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
3.	ตรวจสอบการทำงานของปั๊ม feed น้ำเสียเข้าระบบ	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	-ทดสอบการทำงานของปั๊ม -ตรวจเช็คระบบการทำงานของปั๊ม -ขั้นตอนการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาปั๊ม	ต้องทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 2)

หน่วยงาน แผนกซ่อมบำรุง **รายละเอียด** ชุดอุปกรณ์ป้องกันความดันที่ติดตั้งบริเวณบ่อเก็บก๊าซ

วัตถุประสงค์ เพื่อควบคุมความดันบริเวณบ่อเก็บก๊าซให้เป็นไปด้วยความปลอดภัย

เป้าหมาย มีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ ว่ายังทำงานได้ตามปกติ	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	-แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	จัดทำขั้นตอนในการซ่อมบำรุงรักษา อุปกรณ์ป้องกันความดันต่ำหรือสูงเกินกำหนด	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	-แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 3)

หน่วยงาน แผนกซ่อมบำรุง **รายละเอียด** การซ่อมบำรุงบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

เป้าหมาย ไม่เกิดอุบัติเหตุจากการซ่อมบำรุงรักษาบ่อเก็บก๊าซ

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	จัดทำป้ายเตือนความปลอดภัยให้ระวังตก	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- การติดตั้งป้าย	- มีป้ายเตือนในบริเวณที่ไม่ปลอดภัยชัดเจน	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	การตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในบ่อก่อนลงไปปฏิบัติงาน	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- การตรวจวัดปริมาณก๊าซ	- การปฏิบัติงานในสถานที่อับอากาศ	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
3.	จัดทำป้ายเตือนความปลอดภัย เช่น ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามก่อให้เกิดประกายไฟ ป้ายบอกว่ากำลังปฏิบัติงาน ป้ายเตือนว่าเป็นสถานที่อับอากาศ เป็นต้น	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- การติดตั้งป้ายเตือน	- มีป้ายเตือนในบริเวณที่ไม่ปลอดภัยอย่างชัดเจน	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 4)

หน่วยงาน แผนกซ่อมบำรุง **รายละเอียด** อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ

วัตถุประสงค์ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

เป้าหมาย มีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	จัดให้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตามที่คู่มือกำหนด	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- การติดตั้งอุปกรณ์	- ปฏิบัติตามคู่มือใช้งานของอุปกรณ์	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	จัดให้มีขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษา	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	- แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 5)

หน่วยงาน แผนกซ่อมบำรุง/แผนกผลิต **รายละเอียด** การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

เป้าหมาย มีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	ตรวจสอบสภาพท่อเป็นประจำ	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	- แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	หมั่นทำความสะอาดท่อ Drain	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	- แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุม 6)

หน่วยงาน แผนกซ่อมบำรุง/แผนกผลิต **รายละเอียด** การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

วัตถุประสงค์ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

เป้าหมาย มีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1.	ตรวจสอบอุปกรณ์สวิตซ์ป้องกันความดันสูง	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	- แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ
2.	กำจัดความชื้น และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำมาใช้ประโยชน์	เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต	- มีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด	- แผนการซ่อมบำรุง	หัวหน้าทีมบำรุง/หัวหน้าทีมปฏิบัติการ

สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานที่เป็นความเสี่ยง

จากการดำเนินการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงของ บริษัท xx จำกัด พบว่ามีจุดวิกฤต หรืออุปกรณ์ที่มีความวิกฤติที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง ดังนี้

1.____________________

2.____________________

3.____________________

4.____________________

5.____________________

ซึ่งบริษัท xx จำกัด ได้จัดทำแผนบริหารจัดการความเสี่ยงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ บริษัทฯ จะปฏิบัติตามแผนบริหารจัดการความเสี่ยงอย่างเคร่งครัด ดังสรุปผลระดับความเสี่ยงที่ได้ และแผนบริหารจัดการความเสี่ยง ดังนี้

1. ระดับความเสี่ยงเล็กน้อย	16	รายการ
2. ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้	11	รายการ
3. ระดับความเสี่ยงสูง	-	รายการ
4. ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้	2	รายการ

และจัดทำแผนบริหารจัดการความเสี่ยง ดังนี้

1. แผนงานลดความเสี่ยง	1	แผน
2. แผนงานควบคุมความเสี่ยง	6	แผน

ทะเบียนความเสี่ยง

ลำดับ	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
	<u>ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้</u>				
1	การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	หน้าวาล์วและบ่าวาล์วในโซลินอยด์วาล์วคู่ สกปรกทำให้ติดตายในตำแหน่งวาล์วเปิด	4	แผนลด 1	แผนควบคุม 6
2	การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	Valve Proving Systems อุดตันและลัดวงจร	4	แผนลด 1	แผนควบคุม 6
	<u>ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้</u>				
1	วัตถุดิบ/การจัดการน้ำเสียเข้าระบบ	น้ำเสียมีคุณสมบัติเป็นกรด มีกลิ่นเหม็นทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	2	-	แผนควบคุม 1
2	วัตถุดิบ/การจัดการน้ำเสียเข้าระบบ	ปั๊มทำงานผิดปกติ ไม่สามารถนำน้ำเข้าระบบได้	2	-	แผนควบคุม 1
3	อุปกรณ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดที่ติดตั้งบริเวณบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ	สวิตซ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดชำรุดเสียหาย หรือไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	2	-	แผนควบคุม 2
4	อุปกรณ์ป้องกันความดันสูงหรือต่ำเกินกำหนดที่ติดตั้งบริเวณบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ	ตัวส่งสัญญาณแรงดันก๊าซชำรุด หรืออ่านค่าผิดพลาด	2	-	แผนควบคุม 2
5	การซ่อมบำรุงบริเวณบ่อเก็บก๊าซ	ภายในบ่อผลิต/เก็บก๊าซมีออกซิเจนน้อย และมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สะสมสูง	2	-	แผนควบคุม 3

ทะเบียนความเสี่ยง

ลำดับ	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
	<u>ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้</u>				
6	การซ่อมบำรุงบริเวณบ่อเก็บก๊าซ	ซ่อมแซมผ้าใบคลุมบ่อผลิต/เก็บก๊าซ ขณะที่ยังมีก๊าซสะสมอยู่ในบ่อ	2	-	แผนควบคุม 3
7	การซ่อมบำรุงบริเวณบ่อเก็บก๊าซ	มีการปฏิบัติงานที่ทำให้เกิดประกายไฟ เช่น เชื่อม เจียร์ โดยไม่มีการป้องกันในบริเวณที่เกิดการรั่วไหลของก๊าซ	2	-	แผนควบคุม 3
8	อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับ	อุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟไม่สามารถป้องกันไฟย้อนกลับได้	2	-	แผนควบคุม 4
9	การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์ดังน้ำแบบ Cyclone มีก๊าซรั่วซึมบริเวณรอยเชื่อม และมีน้ำขัง	2	-	แผนควบคุม 5
10	การส่งจ่ายก๊าซชีวภาพ	อุปกรณ์ระบายน้ำอัตโนมัติเกิดการอุดตัน	2	-	แผนควบคุม 5
11	การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	ระบบเผาก๊าซทิ้ง (Flare) เผาก๊าซส่วนเกินทิ้งไม่เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น หรือระบบไม่ทำงาน	2	-	แผนควบคุม 6

ภาคผนวก ข.
ตัวอย่างแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตราย

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี **Checklist**

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม________________________________โรงงาน______________________________________

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____________Checklist________________________________วันที่ทำการศึกษา______________________________

ผลการทำ Checklist	**อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา**	**มาตรการแก้ไข**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
ช่องที่ 1 ระบุถึง ผลการตรวจสอบ เช่น น้ำเสียมีทรายปะปน	ช่องที่ 2 ระบุถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์ในช่องที่ 1 เช่น ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลต่ออุปกรณ์สำหรับใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง	ช่องที่ 3 ระบุถึง มาตรการความปลอดภัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อป้องกันหรือควบคุมไม่ให้เกิดเหตุการณ์ตามที่ระบุในช่องที่ 1 และ 2	ช่องที่ 4 ระบุถึง มาตรการความปลอดภัยที่ควรจัดทำเพิ่มเติม เมื่อพิจารณาแล้วว่า ระบบความปลอดภัยที่มีอยู่ในช่องที่ 3 ยังไม่เพียงพอ				

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี **What-if Analysis**

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม____________________________________โรงงาน____

ตามแบบเอกสารหมายเลข _______________What-if Analysis____________________________________วันที่ทำการศึกษา__________________________________

คำถาม What-if	**อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา**	**มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
ช่องที่ 1 ระบุถึง -ความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์ -สภาพกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ -ความล้มเหลวของเครื่องมือ เครื่องวัด -ความผิดพลาดจากการทำงานของคนงาน -ฯลฯ	ช่องที่ 2 ระบุถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์ในช่องที่ 1	ช่องที่ 3 ระบุถึง มาตรการความปลอดภัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อป้องกันหรือควบคุมไม่ให้เกิดเหตุการณ์ตามที่ระบุในช่องที่ 1 และ 2	ช่องที่ 4 ระบุถึง มาตรการความปลอดภัยที่ควรจัดทำเพิ่มเติม เมื่อพิจารณาแล้วว่า ระบบความปลอดภัยที่มีอยู่ในช่องที่ 3 ยังไม่เพียงพอ				

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย ____ รายละเอียด ____

ปัจจัยการผลิต ____ แบบแปลนหมายเลข ____

ข้อบกพร่อง	**สถานการณ์จำลอง**	**เหตุการณ์ที่เกิดตามมา**	**มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
<u>ช่องที่ 1 ระบุถึง</u> สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการออกแบบที่กำหนดไว้	<u>ช่องที่ 2 ระบุถึง</u> สาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการออกแบบ	<u>ช่องที่ 3 ระบุถึง</u> ผลที่เกิดกับอุปกรณ์ คน หรือสิ่งแวดล้อม เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไปจากการออกแบบ	<u>ช่องที่ 4 ระบุถึง</u> การออกแบบ หรือมาตรการความปลอดภัย หรือระบบป้องกันที่มีอยู่ เพื่อไม่ให้เกิดภาวะที่ไม่ต้องการ	<u>ช่องที่ 5 ระบุถึง</u> สิ่งที่ควรดำเนินการเพิ่มเติมเมื่อพบว่า มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข ที่มีอยู่เดิมไม่เพียงพอ				

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Fault Tree Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม___________________________________โรงงาน____

สถานการณ์จำลองเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง (ระบุถึงเหตุการณ์ขั้นสุดท้ายที่อุปกรณ์หรือระบบจะเกิดได้ เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น ก๊าซรั่ว ระเบิด)

วันที่ทำการศึกษา____

สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง	**อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา**	**มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
<u>ช่องที่ 1 ระบุถึง</u> สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ขั้นสุดท้ายที่อุปกรณ์หรือระบบจะเกิดได้	<u>ช่องที่ 2 ระบุถึง</u> ผลที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจากเหตุการณ์ขั้นสุดท้าย	<u>ช่องที่ 3 ระบุถึง</u> การออกแบบ หรือมาตรการความปลอดภัยหรือระบบป้องกันที่มีอยู่ เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายหรือภาวะที่ไม่ต้องการ หรือควบคุมไม่ให้เกิดอันตรายที่เป็นผลมาจากสาเหตุในช่องที่ 1	<u>ช่องที่ 4 ระบุถึง</u> สิ่งที่ควรดำเนินการเพิ่มเติม เมื่อพบว่า มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข ที่มีอยู่เดิมไม่เพียงพอ				

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี **FMEA**

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม________________________________โรงงาน________________________________

ตามแบบเอกสารหมายเลข____________________FMEA________________________________วันที่ทำการศึกษา________________________________

ข้อบกพร่อง	**สถานการณ์จำลอง**	**เหตุการณ์ที่เกิดตามมา**	**มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
<u>ช่องที่ 1 ระบุถึง</u> ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยของระบบที่กำลังชี้บ่งอันตราย ที่จะนำมาพิจารณาผลกระทบ ในกรณีที่ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะเสีย ชำรุด หรือไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบ	<u>ช่องที่ 2 ระบุถึง</u> ลักษณะความผิดปกติของชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยได้แก่ - เสีย - ชำรุด - หัก - แตก - รั่ว -ไม่ทำงานตามที่ออกแบบไว้	<u>ช่องที่ 3 ระบุถึง</u> สาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ย่อยเกิดความผิดปกติ จากสาเหตุต่างๆ	<u>ช่องที่ 4 ระบุถึง</u> ผลสืบเนื่องที่จะตามมาหากชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ชำรุด หรือไม่ทำงานตามที่ออกแบบไว้ เช่น - ก๊าซรั่ว - ระเบิด	<u>ช่องที่ 5 ระบุถึง</u> การออกแบบ หรือมาตรการความปลอดภัยที่มีอยู่ เพื่อไม่ให้ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยเกิดความผิดปกติ หรือป้องกันไม่ให้เกิดความอันตราย เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น				

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี **Event Tree Analysis**

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม________________________________โรงงาน_____________________________________

ตามเอกสารหมายเลข____วันที่ทำการศึกษา______________________________

สถานการณ์จำลอง__________________(Initiating Event) เหตุการณ์ที่เป็นความบกพร่องจากการปฏิบัติงาน หรือความบกพร่องของอุปกรณ์__________

ระบบความปลอดภัย/ขั้นตอนการปฏิบัติมีข้อบกพร่อง	**อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา**	**มาตรการป้องกัน และควบคุมอันตราย**	**ข้อเสนอแนะ**	**การประเมินความเสี่ยง**			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
ช่องที่ 1 ระบุถึง เหตุการณ์ที่เป็นความบกพร่องจากการปฏิบัติงาน หรือความบกพร่องของอุปกรณ์ (Initiating Event)	ช่องที่ 2 ระบุถึง ผลสืบเนื่องที่ตามมา หากเกิดความบกพร่องจากการปฏิบัติงาน หรือความบกพร่องของอุปกรณ์ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยนั้น เสียชำรุด หรือไม่ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้	ช่องที่ 3 ระบุถึง การออกแบบ หรือมาตรการความปลอดภัยหรือระบบป้องกันที่มีอยู่ เพื่อไม่ให้เกิดความบกพร่องจากการปฏิบัติงาน หรือความบกพร่องของอุปกรณ์ หรือป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายเมื่อมีความบกพร่องเกิดขึ้น	ช่องที่ 4 ระบุถึง การออกแบบ หรือมาตรการความปลอดภัยที่มีอยู่เพื่อไม่ให้ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ย่อยเกิดความผิดปกติ หรือป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น				

แผนงานควบคุม ....

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง)

หน่วยงาน____**รายละเอียด**____

วัตถุประสงค์____

เป้าหมาย____

ลำดับ	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม

แผนลด ....

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง)

หน่วยงาน_______________________________________**รายละเอียด**_______________________________________

วัตถุประสงค์____

เป้าหมาย____

ลำดับ	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กลุ่มก๊าซชีวภาพ สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระรามที่ 1 แขวงกษัตริย์ศึก เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 0-2223-0021-9 ต่อ 1251, 1223, 1302
โทรสาร 0-2223-8705
E-mail : biogas@dede.go.th
http:\\www.dede.go.th