ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

<u>คุณลักษณะของถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)</u> (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

1. ลักษณะทั่วไป

ถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) จะต้องไม่มีส่วนที่แหลมคม ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อบุคคลหรือทรัพย์สิน การทดสอบทำได้โดยการตรวจพินิจ

2. ความดันออกแบบ

ความดันของถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ต้องไม่น้อยกว่า 1.724 เมกะปาสคาล ตรวจสอบทำได้โดยการตรวจเครื่องหมายและฉลาก

3. ความหนา

การคำนวณความหนาของส่วนต่างๆของถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ให้คำนวณจากสูตรที่กำหนดในข้อ 3.1 และ 3.2 โดยสัญลักษณ์ต่างๆมีความหมายดังต่อไปนี้

D_i D_o	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกของถังเก็บก๊าซตามลำดับ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
E	คือ	ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม (รายละเอียดดังตารางภาคผนวก ก.1)
P	คือ	ความดันออกแบบหรือความดันใช้งานสูงสุดที่ยอมให้ มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล
Ri, Ro	คือ	รัศมีภายในและภายนอกของถังเก็บก๊าซตามลำดับ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
S	คือ	ความเค้นที่ยอมให้ของแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล (ใช้อัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 4 โดยคำนวณจากความต้านแรงดึงของวัสดุ)
t	คือ	ความหนาของเปลือกถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
C.A	คือ	ความหนาเผื่อการกัดกร่อน เท่ากับ 1 มิลลิเมตร

1) ความหนาส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)

- ความหนาของเปลือกถังเก็บก๊าซส่วนลำตัวที่รับความเค้นตามแนวรอบวง ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

คำนวณโดยใช้มิติภายในของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_i}{SE - 0.6P} + C.A.$$

คำนวณโดยใช้มิติภายนอกของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_O}{SE + 0.4P} + C.A.$$

- ความหนาของเปลือกถังเก็บก๊าซส่วนลำตัวที่รับความเค้นตามแนวยาว ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

คำนวณโดยใช้มิติภายในของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_i}{2SE + 0.4P} + C.A.$$

คำนวณโดยใช้มิติภายนอกของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_O}{2SE + 1.6P} + C.A.$$

2) ความหนาของส่วนหัวถังเก็บก๊าซ

- ความหนาของส่วนหัวถังเก็บก๊าซที่มีลักษณะกึ่งทรงกลม ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

คำนวณโดยใช้มิติภายในของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_i}{2SE + 0.2P} + C.A.$$

คำนวณโดยใช้มิติภายนอกของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PR_O}{2SE + 0.8P} + C.A.$$

- ความหนาของส่วนหัวถังเก็บก๊าซที่มีลักษณะกึ่งทรงรี (Semi-Ellipsoid) ที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยเป็น 2:1 ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

คำนวณโดยใช้มิติภายในของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PD_i}{2SE - 0.2P} + C.A.$$

คำนวณโดยใช้มิติภายนอกของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{PD_O}{2SE + 1.8P} + C.A.$$

- ความหนาของส่วนหัวถังเก็บก๊าซที่มีลักษณะรูปทอริสเฟียร์ (Torisphere) ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

คำนวณโดยใช้มิติภายในของถังเก็บก๊าซ

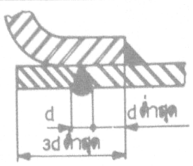
$$t = \frac{KPR_i}{2SE - 0.2P} + C.A.$$

คำนวณโดยใช้มิติภายนอกของถังเก็บก๊าซ

$$t = \frac{KPR_O}{2SE + (K-0.2)P} + C.A.$$

ค่า K คือ ค่าคงที่ตามตารางภาคผนวก ก.2

ตารางผนวก ก.1
ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม

รายการที่	รูปแบบ	ชื่อเรียกและคำอธิบาย	ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม			ข้อจำกัดการใช้การเชื่อมแบบต่าง ๆ
			ตรวจสอบด้วยรังสีตลอดรอยเชื่อม	ตรวจสอบด้วยรังสีเป็นแห่ง ๆ	ไม่ตรวจสอบด้วยรังสี	
1		รอยเชื่อมแบบต่อชน 2 หน้า ไม่มีแผ่นรองรับ	1.00	0.85	0.70	ไม่มี
2		รอยเชื่อมแบบต่อชนหน้าเดียว มีแผ่นรองรับ	0.90	0.80	0.65	ไม่มี (ยกเว้นการเชื่อมแบบชนเกย ให้ใช้สำหรับรอยเชื่อมแนวรอบวงเท่านั้น)
3		รอยเชื่อมแบบต่อชนหน้าเดียว ไม่มีแผ่นรองรับ	-	-	0.60	ใช้กับรอยเชื่อมตามแนวรอบวงที่มีความหนาของแผ่นเหล็กไม่เกิน 16 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของถังเก็บก๊าซ ไม่เกิน 610 มิลลิเมตรเท่านั้น
4	t คือ ความหนาของแผ่นเหล็กกล้า	รอยเชื่อมแบบเกย-เชื่อมมุม 2 แนว	-	-	0.55	ใช้เชื่อมตามแนวยาวในกรณีที่แผ่นเหล็กหนาไม่เกิน 9.5 มิลลิเมตร และใช้เชื่อมตามแนวรอบวงในกรณีที่แผ่นเหล็กหนาไม่เกิน 16 มิลลิเมตร
5	 d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเชื่อมอุด	รอยเชื่อมแบบเกย-เชื่อมมุม 1 แนวรวมกับรอยเชื่อมอุด	-	-	0.50	ใช้ในกรณีเชื่อมตามแนวรอบวงเพื่อต่อหัวถังเก็บก๊าซที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 610 มิลลิเมตร และแผ่นเหล็กที่ใช้ทำลำตัวหนาไม่เกิน 12.7 มิลลิเมตร ไม่รวมถึงการเชื่อมหัวถังเก็บก๊าซรูปกึ่งทรงกลม (hemisphere)

ตารางผนวก ก. 2

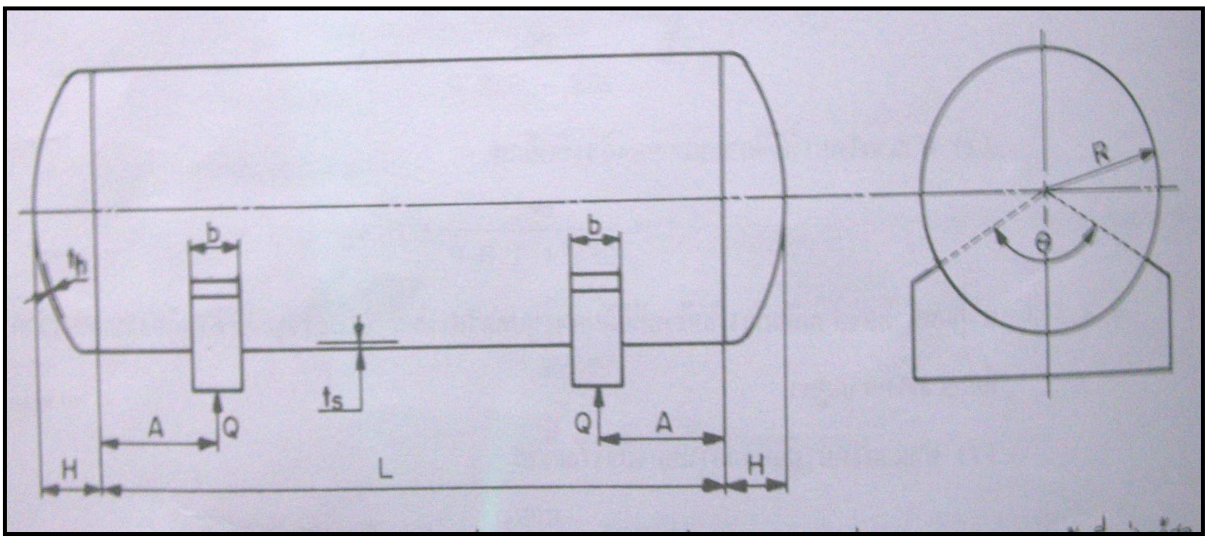
ค่าคงที่ในการคำนวณความหนาส่วนหัวของถังเก็บก๊าซรูปทอริสเฟียร์ (K)

$\frac{R}{r}$	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
K	1.0	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
$\frac{R}{r}$	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
K	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
$\frac{R}{r}$	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.66
K	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

หมายเหตุ : R และ r คือ รัศมีความโค้งใหญ่และรัศมีความโค้งเล็กของส่วนหัวถังเก็บก๊าซตามลำดับ

4. ความเค้นในเปลือกถังเก็บก๊าซ

การคำนวณความเค้นในเปลือกถังเก็บก๊าซที่เกิดจากการใช้งาน ให้คำนวณจากสูตรในข้อ 4.1 และ 4.2 โดยสัญลักษณ์ต่างๆมีความหมายดังต่อไปนี้



A คือ ระยะระหว่างรอยเชื่อมตามแนวรอบวงที่หัวถังกับแนวกึ่งกลางของฐานรองรับที่อยู่ใกล้สุด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของฐานรองรับ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

E คือ ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม

G คือ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของวัสดุ ประมาณ $2x10^5$ เมกะพาสคัล

H คือ ความสูงของหัวถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

K คือ ค่าคงที่

L คือ ความยาวส่วนทรงกระบอกของถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

P_h คือ ความดันทดสอบ มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

Q คือ แรงสูงสุดที่กระทำต่อฐานรองรับ 1 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นนิวตัน

R คือ ค่าเฉลี่ยของรัศมีของส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซวัดที่กึ่งกลางความหนาของเปลือก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

s คือ ความเค้นที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

S_{cy} คือ ความเค้นอัดที่จุดครากของวัสดุที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

S_s คือ ความเค้นที่ยอมให้ของแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

t_h คือ ความหนาของเปลือกถังเก็บก๊าซส่วนหัว ไม่รวมความหนาเผื่อการกัดกร่อน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

t_s คือ ความหนาของเปลือกถังเก็บก๊าซส่วนลำตัว ไม่รวมความหนาเผื่อการกัดกร่อน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

θ คือ มุมของฐานรองรับวัดที่จุดศูนย์กลางของถังเก็บก๊าซ มีหน่วยเป็นองศา

การตรวจสอบให้ตรวจตามแบบคำนวณที่ผู้ทำต้องส่งมอบให้สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

1) ความเค้นเนื่องจากการคัดโค้งตามแนวยาว (S1)

- ความเค้นตึง

ผลรวมของความเค้นตึงกับความเค้นที่เกิดจากความดันภายในถังเก็บก๊าซต้องไม่เกินค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างความเค้นที่ยอมให้ของแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซกับประสิทธิภาพของรอยเชื่อม

$$\frac{P_h R}{2t_s} + S1 \leq ES_s$$

- ความเค้นอัด

ผลต่างของความดันภายในถังเก็บก๊าซและความเค้นอัดต้องไม่เกินครึ่งหนึ่งของความเค้นอัดที่จุดครากของวัสดุที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซ

$$\frac{P_h R}{2t_s} - S1 \leq \tfrac{1}{2} S_{cy}$$

และ S1 ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่หาได้จากสูตร

$$S1 \leq \left[\frac{G}{29}\right]\left[\frac{t}{R}\right]\left[2 - \frac{2}{3}(100)\frac{t}{R}\right]$$

โดยค่า S1 ของทั้งสองกรณี คำนวณได้จากสูตรในข้อ 4.1.3 และ 4.1.4

- เมื่อ S1 เกิดในระนาบของฐานรองรับ (ความเค้นดึง (+) ด้านบน และความเค้นอัด (-) ด้านล่าง)

$$S1 = \frac{QA\left[1 - \dfrac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2AL}}{1 + \frac{4H}{3L}}\right]}{KR^2 t_s}$$

K คือ K_1 และ K_2 สำหรับความเค้นดึงและความเค้นอัดตามลำดับ แสดงค่าดังตารางภาคผนวก ก.3

ตารางผนวก ก.3

ค่าคงที่ในการคำนวณความเค้นเนื่องจากการคัดโค้งตามแนวยาว

ขีดจำกัด	θ	K_1	K_2
โครงสร้างของถังเก็บก๊าซที่มีความคงรูป เช่น มีวงแหวนเสริม หรือ $A \leq \frac{R}{2}$	120	3.14	3.14
	135	3.14	3.14
	150	3.14	3.14
โครงสร้างของถังเก็บก๊าซที่ไม่มีความคงรูป เช่น ไม่มีวงแหวนเสริม หรือ $A > \frac{R}{2}$	120	0.336	0.603
	135	0.414	0.735
	150	0.506	0.876

- เมื่อ S1 เกิดในระนาบกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ (ความเค้นดึง (+) ด้านล่าง และ ความเค้นอัด (-) ด้านบน)

$$S1 = \frac{\frac{QL}{4}\left[\frac{1 + 2\left[\frac{R^2 - H^2}{L^2}\right]}{1 + \frac{4H}{3L}} - \frac{4A}{L}\right]}{\pi R^2 t_s}$$

2) ความเค้นเนื่องจากแรงเฉือน (S2)

ความเค้นเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดในส่วนลำตัวหรือส่วนหัว ต้องไม่เกิน 0.8 เท่าของความเค้นที่ยอมให้ของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำส่วนลำตัวหรือส่วนหัวของถังเก็บก๊าซ แล้วแต่กรณี

$$S2 \leq 0.8\, S_s$$

โดยค่า S2 ที่เกิดในกรณีต่างๆ คำนวณได้จากสูตรในข้อ 4.2.1 และ 4.2.2

- เมื่อฐานรองรับอยู่ห่างจากหัวถังเก็บก๊าซเกินครึ่งหนึ่งของรัศมี ($A > \frac{R}{2}$)

ความเค้นเฉือนที่เกิดในส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ

$$S2 = \frac{K_3 Q}{Rt_s}\left[\frac{L - 2A}{L + \frac{4H}{3}}\right]$$

- เมื่อฐานรองรับอยู่ห่างจากหัวถังเก็บก๊าซเกินครึ่งหนึ่งของรัศมี ($A \leq \frac{R}{2}$)

ความเค้นเฉือนที่เกิดในส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ

$$S2 = \frac{K_3 Q}{Rt_s}$$

ความเค้นเฉือนที่เกิดในส่วนหัวถังเก็บก๊าซ

$$S2 = \frac{K_4 Q}{Rt_h}$$

ค่า K_3 และ K_4 คือ ค่าคงที่ แสดงค่าดังตารางผนวก ก.4

ตารางผนวก ก.4

ค่าคงที่ในการคำนวณความเค้นเนื่องจากแรงเฉือน

ขีดจำกัด		θ	K_3	K_4
A > R และไม่มีวงแหวนเสริม		120	0.171	
—		135	0.958	
2		150	0.799	
A > R และมีวงแหวนเสริมในระนาบ		120	0.319	
—		135	0.319	
2		150	0.319	
ของฐานรองรับ				
A > R และมีวงแหวนเสริมที่ไม่อยู่ใน		120	1.171	
—		135	0.958	
2		150	0.799	
ระนาบของฐานรองรับ				
ส่วนหัวของถังเก็บ	b < A < R	120	0.880	0.401
ก๊าซเสริมความคงรูป	—	135	0.654	0.344
ของส่วนลำตัวของถัง	2	150	0.485	0.295
เก็บก๊าซ	b <A ≤ b	120	0.880	0.880
	—	135	0.654	0.654
	2	150	0.485	0.485

3) ความเค้นดัดตามแนวรอบวง (S3 และ S4)

- ความเค้นดัดตามแนวรอบวงที่เกิดในส่วนลำตัวบริเวณขอบของฐานรองรับ (Horn) และไม่มีวงแหวนเสริม ต้องไม่เกิน 1.5 เท่าของความเค้นที่ยอมให้ของแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซ

$$S3 \leq 1.5\, S_s$$

โดยค่า S3 ที่เกิดในกรณีต่างๆ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

กรณีความยาวส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซไม่น้อยกว่า 8R

$$S3 = \frac{Q}{4t_s\,(b + 1.56\sqrt{Rt_s})} - \frac{3K_5Q}{2t_s^{\,2}}$$

กรณีความยาวส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซน้อยกว่า 8R

$$S3 = \frac{Q}{4t_s\,(b + 1.56\sqrt{Rt_s})} - \frac{12K_5QR}{Lt_s^{\,2}}$$

- ความเค้นดัดตามแนวรอบวงที่เกิดที่ด้านใต้ของส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ และมีหรือไม่มีวงแหวนเสริม ต้องไม่เกิน 0.5 เท่าของความเค้นที่จุดครากของวัสดุที่ใช้ทำส่วนลำตัวของถังเก็บก๊าซ

$$S4 \leq 0.5\,S_{cy}$$

โดยคำนวณได้จากสูตร

$$S4 = -\frac{K_6Q}{t_s\,(b + 1.56\sqrt{Rt_s})}$$

ค่า K_5 และ K_6 คือค่าคงที่ แสดงค่าดังตารางภาคผนวก ก.5

ตารางผนวก ก.5

ค่าคงที่ในการคำนวณความเค้นดัดตามแนวรอบวง

ขีดจำกัด	θ	K_5	K_6
	120		0.760
	135		0.711
	150		0.673
	165		0.645
$A \leq 0.50$	120	0.013 2	
$\frac{}{2}$	135	0.010 3	
	150	0.007 9	
	165	0.005	
$A \geq 1.00$	120	0.052 8	
$\frac{}{R}$	135	0.041 3	
	150	0.031 6	
	165	0.022 8	

5. ความหนาของหูยก

ถังเก็บก๊าซต้องมีหูยกเพื่อความสะกวดในการเคลื่อนย้าย โดยหูยกต้องเป็นแบบมีฐานร้อยด้วยสลัก แผ่นของฐานหูยกต้องเชื่อมติดกับลำตัวถังเก็บก๊าซในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งจะไม่ทำให้ถังเก็บก๊าซเสียหาย โดยความหนาของแผ่นฐานหูยกต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร

$$t = \frac{W}{\frac{2S(R - D_i)}{2}}$$

เมื่อ t = ความหนาของแผ่นฐานของหูยกที่เชื่อมติดกับถังเก็บก๊าซ มีหน่วย เป็นมิลลิเมตร

w = น้ำหนักของถังเก็บก๊าซไม่รวมอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

S = ความเค้นเฉือนที่ยอมให้ของวัสดุที่ใช้ทำแผ่นฐานของหูยก มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

R = รัศมีความโค้งของส่วนบนของแผ่นฐานของหูยก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

D_i = เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะบนแผ่นฐานของหูยกสำหรับร้อยสลัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

6. รอยเชื่อม

เมื่อตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยรังสีตาม Compressed Gas Association (CGA) Pamphlet C-3 Standards for welding and brazing on thin walled cylinders แล้ว รอยเชื่อมจะมีข้อบกพร่องได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางภาคผนวก ก.6

ตารางผนวก ก.6

ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม

รายการที่	ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
1	ความไม่สมบูรณ์ของรอยเชื่อม	ไม่มี
	1.1 รอยแตกร้าวและแตกราน	ไม่มี
	1.2 การหลอมละลายไม่ทั่วถึงที่บริเวณด้านข้าง ด้านล่างและระหว่างแนวเชื่อม (lack of roof, side and inter-run fusion)	ไม่มี
	1.3 การเจาะซึมไม่ลึกพอ (lack of roof penetration)	
2	ตะกรันฝังใน	
	2.1 ตะกรันที่แยกอยู่เดี่ยวๆ ในรอยเชื่อมบนลำตัวของถังเก็บก๊าซ	l = t แต่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร w หรือ h = t /10 แต่ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

ตารางผนวก ก.6 (ต่อ)

ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม

รายการที่	ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
2 (ต่อ)	ในรอยเชื่อมข้อต่อหรืออุปกรณ์ต่างๆกับลำตัวของถังเก็บก๊าซ	ที่ส่วนกลางภาคตัดขวาง l = c/4 แต่ไม่เกิน 100มิลลิเมตร w หรือ h = t /4 แต่ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร บริเวณนอกของภาคตัดขวาง l = c/8 แต่ไม่เกิน 100มิลลิเมตร w หรือ h = t /8 แต่ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร
	2.2 ตะกรันที่อยู่เป็นกลุ่มเป็นแนว	ความยาว t ในระยะ 12t เว้นแต่ระยะห่างระหว่างข้อบกพร่องมากกว่า 6 เท่าของข้อบกพร่องที่ใหญ่ที่สุด วัดในทิศทางเดียวกัน
	2.3 ตะกรันฝังในอื่นๆ	l = t/4 แต่ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร
3	โลหะฝังใน	
	3.1 ทังสเตนฝังใน - เดี่ยว	l = t/4 แต่ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร
	3.2 ทังสเตนฝังใน - กลุ่ม	ไม่เกิน 5 กลุ่ม ในพื้นที่วงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร
	3.3 ทังสเตนฝังในรวมกับออกไซด์ฝังในหรืออยู่ที่ผิวของรอยเชื่อม	ไม่มี
	3.4 ทองแดงฝังใน	ไม่มี
4	รูพรุน*	
	4.1 รูพรุนเดี่ยว อยู่ห่างจากรูพรุนอื่นๆ ไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร	Ø 0.3t แต่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร
	4.2 รูพรุนเดี่ยวนอกเหนือจากรายการที่ 4.1	Ø 0.25t แต่ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

ตารางผนวก ก.6 (ต่อ)

ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม

รายการที่	ข้อบกพร่องของรอยเชื่อม	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
4 (ต่อ)	4.3 รูพรุนที่กระจายสม่ำเสมอ	พื้นที่รวมร้อยละ 2 ของพื้นที่ของรอยเชื่อมที่อ่านได้จากฟิล์ม (รูพรุนที่ Ø น้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตร ไม่ต้องนำมาคำนวณ)
	4.4 รูพรุนเป็นกลุ่ม	4 เท่าของพื้นที่ของรูพรุนในรายการที่ 4.1 ในความยาวของรอยเชื่อมแต่ละ 25 มิลลิเมตร หรือ 2t แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า
	4.5 รูพรุนเรียงเป็นแนว	มีความยาว t ในระยะ 12t เว้นแต่ระยะห่างระหว่างข้อบกพร่องมากกว่า 6 เท่าของรูพรุนที่ใหญ่ที่สุด แต่ไม่ให้มีข้อบกพร่องนี้หากมีการหลอมละลายไม่ทั่วถึงและการเจาะซึมไม่ลึกพอ
	4.6 รูพรุนยาวเดี่ยว	l = 6 เซนติเมตร, w พิจารณาจากภาพที่ 1, 2 และ 3
	4.7 รูพรุนยาวเรียงเป็นแนว	เช่นเดียวกับรายการที่ 2.2
	4.8 รูพรุนยาวที่ผิวของรอยเชื่อม	ไม่มี
5	ช่องว่างที่ผิวของรอยเชื่อม	
	5.1 รอยเว้าที่ส่วนล่างของรอยเชื่อมและความบิดเบี้ยวของร่อง (ที่จะเชื่อม)	ไม่มี ยกเว้นในรอยเชื่อมแนวรอบวงที่มีรูตคอนทัวร์ (root contour) สม่ำเสมอ ให้มีความลึกของส่วนเว้าไม่เกิน 1.2 มิลลิเมตร และความหนารอยเชื่อมไม่น้อยกว่า t
	5.2 รอยกัดข้าง	ไม่มี

หมายเหตุ : 1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางมีความหมายดังนี้

t คือ ความหนาของวัสดุก่อนเชื่อม มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ในกรณีที่ความหนาไม่เท่ากันให้หมายถึงความหนาของแผ่นที่บางกว่า

w คือ ความกว้างของข้อบกพร่อง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

l คือ ความยาวของข้อบกพร่อง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h คือ ความสูงของข้อบกพร่อง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

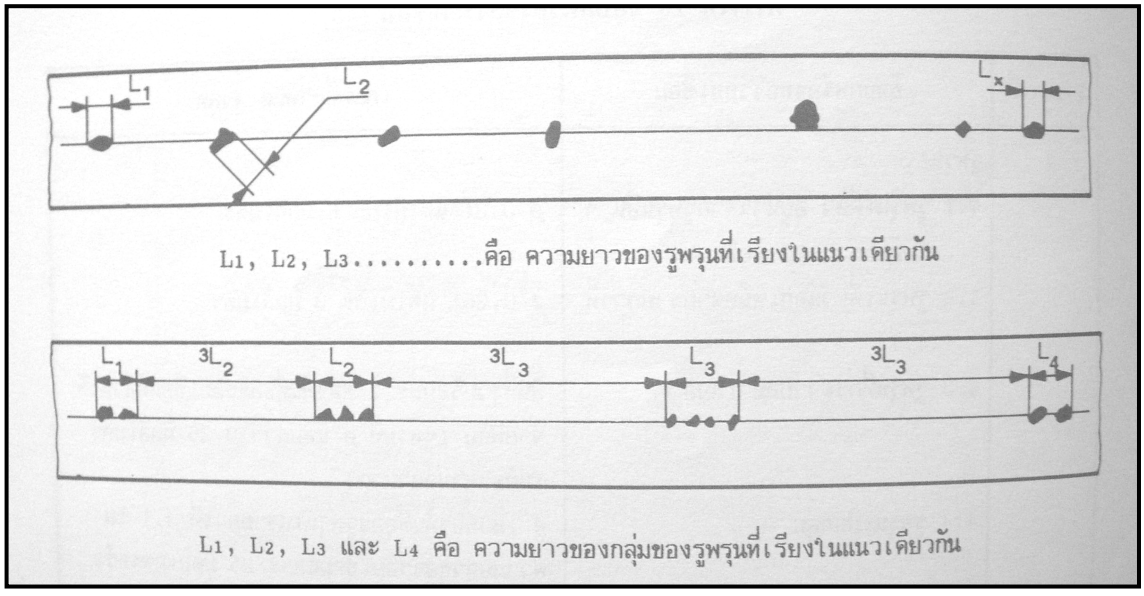
Ø คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของข้อบกพร่อง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

c คือ ความยาวเฉลี่ยของรอยเชื่อมแนวรอบวงของข้อต่อ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2. * ขีดจำกัดการยอมรับรูพรุนให้เป็นไปตามภาพภาพผนวก ก.1, 2 และ 3

ภาพผนวก ก.1

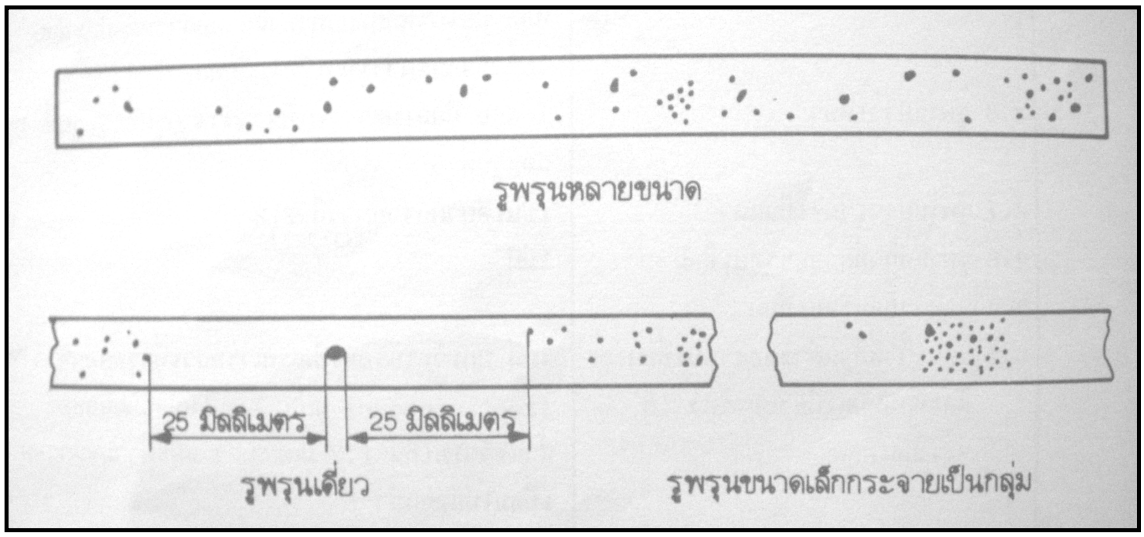
ขีดจำกัดการยอมรับรูพรุน



ภาพผนวก ก.2

ขีดจำกัดการยอมรับรูพรุน สำหรับความหนาเปลือกถังเก็บก๊าซ

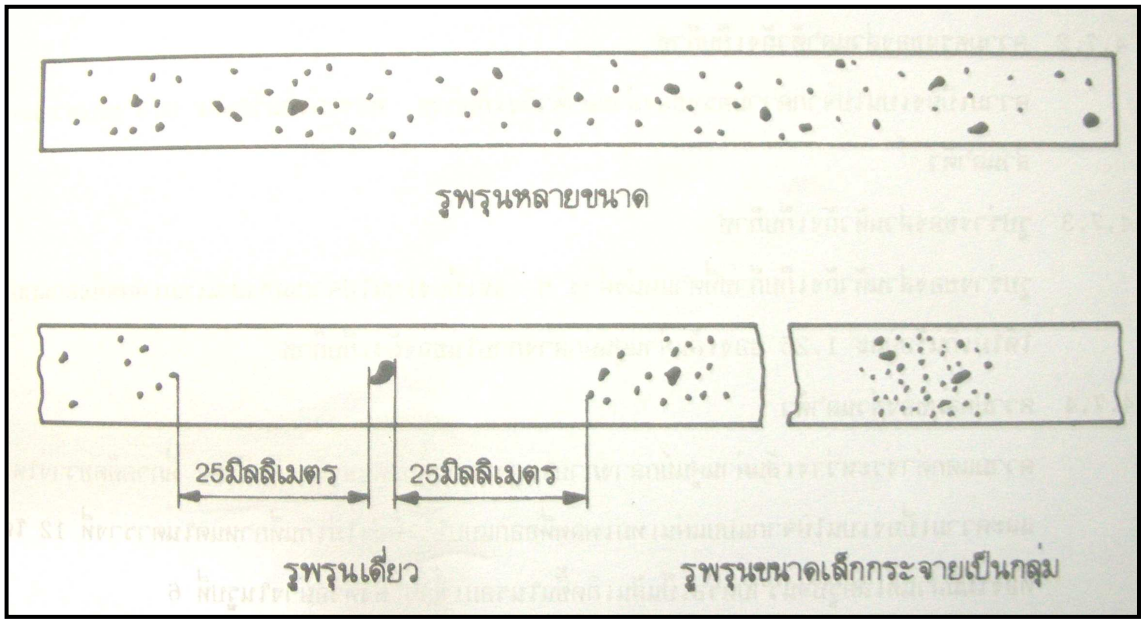
ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร



ภาพผนวก ก.3

ขีดจำกัดการยอมรับรูพรุน สำหรับความหนาเปลือกถังเก็บก๊าซ

มากกว่า 6 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร



7. ความเบี่ยงเบน

เมื่อทำการทดสอบความเบี่ยงเบนของถังเก็บก๊าซ ความเบี่ยงเบนจากมิติต่างๆ ที่กำหนดของถังเก็บก๊าซให้เป็นไปดังนี้

1) เส้นรอบวง

เส้นรอบวงภายนอกของส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ จะเบี่ยงเบนไปจากค่าที่คำนวณได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่เกินที่กำหนดในตารางภาคผนวก ก.7

ตารางภาคผนวก ก.7
ความเบี่ยงเบนของเส้นรอบวง

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (เส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุบวก 2 เท่าของความหนาจริงของแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ)	ความเบี่ยงเบน (มิลลิเมตร)
ไม่เกิน 650	± 5
เกิน 650	± ร้อยละ 0.25 ของเส้นรอบวงที่คำนวณได้

2) ความตรงของส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ

ความเบี่ยงเบนไปจากความตรงของส่วนลำตัวถังเก็บก๊าซ ต้องไม่เกินร้อยละ 0.3 ของความยาวส่วนลำตัว

3) รูปร่างส่วนหัวของถังเก็บก๊าซ

รูปร่างส่วนหัวของถังเก็บก๊าซที่ตำแหน่งต่างๆ จะเบี่ยงเบนไปจากแบบแผ่นเทมเพลตที่ออกแบบไว้ได้ไม่เกินร้อยละ 1.25 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของถังเก็บก๊าซ

4) ความกลมของส่วนลำตัว

ความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางภายในสูงสุดกับต่ำสุดของถังเก็บก๊าซ ที่ภาคตัดขวางใดๆ และความเบี่ยงเบนไปจากแบบแผ่นเทมเพลตที่ออกแบบไว้ ต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางภาคผนวก ก.8 โดยต้องไม่มีส่วนที่เสียรูปจนราบหรือเป็นสันเกิดขึ้นในรอยเชื่อม ดังภาพผนวก ก.4

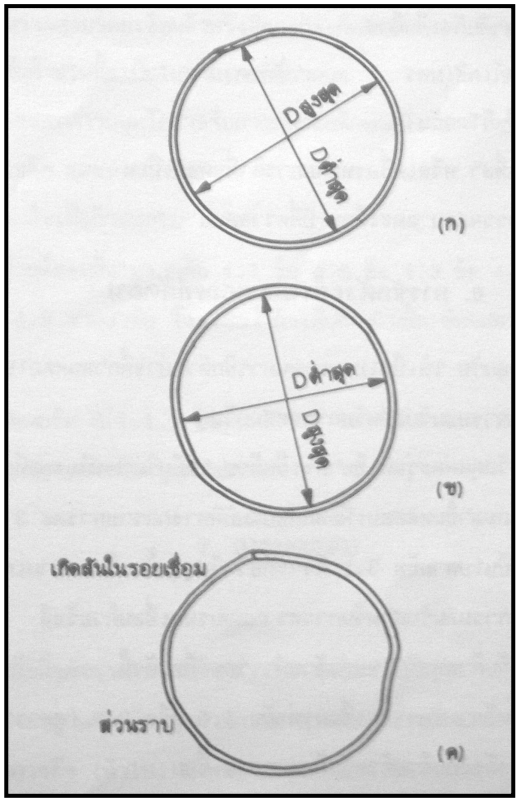
ตารางผนวก ก.8

ความเบี่ยงเบนจากความกลมของส่วนรูปทรงกระบอก

เส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุ (มิลลิเมตร)	ความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุด	ความเบี่ยงเบนไปจากแบบแผ่นเทมเพลตสูงสุด
	ร้อยละของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุ	
ไม่เกิน 900	1	0.375
เกิน 900 ถึง 1,500		0.35
เกิน 1,500		0.30

ภาพผนวก ก.4

ตัวอย่างการเสียรูปจนราบหรือเป็นสันในรอยเชื่อม



8. ความทนความดันไฮดรอลิก

ถังเก็บก๊าซทุกใบต้องทนความดันไฮดรอลิกทดสอบได้โดยไม่บวมหรือบิดเบี้ยวหรือรั่วซึม ในกรณีถังเก็บก๊าซรั่วซึมที่รอยเชื่อม ให้ซ่อมแซมรอยเชื่อมแล้วทดสอบใหม่ โดยผู้ทำการทดสอบต้องแจ้งรายละเอียดและวิธีซ่อมแซมรอยเชื่อมให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบ

9. การรั่วซึม

เมื่อทดสอบการรั่วซึมโดยการอัดอากาศหรือก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซเฉื่อยเข้าสู่ถังเก็บก๊าซ จนกระทั่งมีความดันไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของความดันออกแบบ แล้วตรวจดูฟองอากาศด้วยน้ำสบู่หรืออุปกรณ์ตรวจการรั่วซึมที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ถังเก็บก๊าซทุกใบต้องไม่รั่วซึม ถ้าถังเก็บก๊าซมีการรั่วซึมที่รอยเชื่อมให้ทำการซ่อมแซมรอยเชื่อมแล้วทดสอบใหม่ โดยผู้ทำต้องแจ้งรายละเอียดและวิธีซ่อมแซมรอยเชื่อมให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบ

ภาคผนวก ข

กระบวนการผลิตของบริษัท เชิ่งไท่ อินดัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด (บริษัท เทคนิคสิ่งแวดล้อมไทย, 2550)

ส่วนการผลิต ได้แก่ อาคารผลิตในขั้นตอนการหลอม การทำไส้ทราย การรีดเส้นทองเหลือง การชุบเคลือบ และการขึ้นรูป รวมจำนวน 5 อาคาร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 42.22 ของพื้นที่ทั้งหมด (ดังภาพผนวก ข.1) สำหรับขั้นตอนการผลิต (ดังภาพผนวก ข.2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แผนกพิมพ์เหล็กและไส้ทราย (F1)

แผนกพิมพ์เหล็กและไส้ทราย หรืออาคาร F1 เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอย 2,700 ตารางเมตร ภายในประกอบด้วย ส่วนสำนักงาน (Office) และอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิต ในส่วนของขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

1) แผนกไส้แบบทราย

การทำไส้แบบหรือไส้ทราย เพื่อประโยชน์ในการทำให้ทองเหลืองเกิดช่องว่างในขั้นตอนการหล่อทองเหลือง เช่น การหล่อก๊อกน้ำ ข้อต่อ ข้องอ เป็นต้น ในการผลิตไส้แบบทรายโครงการเลือกใช้ เครื่องย่างไส้ทราย 2 ระบบ ได้แก่ ระบบอัตโนมัติ คือ เครื่องย่างไฟฟ้า เครื่องย่างแก๊ส และระบบย่างมือด้วยไฟฟ้าวัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นส่วนผสมของไส้แบบ ได้แก่ ทรายเม็ดกลม ทรายเรซิน ทรายซิลิกา และทรายดำ น้ำยาฮาร์ดเดนเนอร์ (H-2) น้ำยา R-700 เรซิน และน้ำยาเคลือบทราย เทส่วนผสมดังกล่าวลงในถังผสมทราย จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมแล้วเข้าสู่เครื่องย่างไส้ทรายแต่ละแบบ โดยมีหลักการทำงานเดียวกัน คือ การให้ความร้อนเรซินจะอ่อนตัวและหลอมอนุภาคทรายเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการบ่ม (Curing) ต่อด้วยความร้อนเพื่อให้ได้แม่แบบที่แข็งแรง ระยะเวลาในการย่างไส้แบบแต่ละชิ้นประมาณ 1-2 นาที ทำการจัดเรียงไส้แบบทราย เพื่อเตรียมเข้าสู่ในกระบวนการหล่อทองเหลืองต่อไป

2) การหลอม-หล่อทองเหลือง

การหลอมทองเหลืองในแผนกพิมพ์เหล็กเป็นการหลอมก้อนทองเหลือง (Ingot Brass) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 60 จากแผนก F4 รวมกับการหลอมซ้ำในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้

มาตรฐาน (Recycle) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในเตาหลอม ซึ่งมีหลักในการหลอมและตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับการหลอมในแผนก F4 น้ำทองเหลืองในขั้นตอนการหลอมนี้จะถูกหล่อเป็นชิ้นงาน โดยการเทลงสู่แม่พิมพ์เหล็ก (Mold) ซึ่งภายในจะมีไส้แบบทรายเพื่อให้เกิดช่องว่างในชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ใช้เวลาในการหล่อประมาณ 30 นาที จากนั้นจึงนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และลดอุณหภูมิโดยระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ชิ้นงานจากแม่พิมพ์เหล็กจะนำมาตรวจสอบคุณภาพคุณภาพ เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดและตกแต่งต่อไป

2. แผนกปั๊มทรายและชุบเคลือบ (F2)

แผนกปั๊มทรายและชุบเคลือบ หรืออาคาร F2 เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอย 2,700 ตารางเมตร ภายในประกอบด้วย ส่วนสำนักงาน (Office) และอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิต ในส่วนของขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

1) การเตรียมแม่แบบทราย

การเตรียมแม่แบบทราย สำหรับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความละเอียด ได้แก่ สปริงเกอร์ ข้อต่อ ข้องอ ส่วนประกอบหลักของแม่แบบ ได้แก่ ทรายแก้วกราไฟท์ เบนโทไนต์ และน้ำตามสัดส่วนที่กำหนด ทรายจากถังบรรจุทรายจะถูกส่งไปยังถังผสมทราย และจะไหลไปตามท่อนำทรายและไหลลงยังเครื่องทำแม่แบบเพื่ออัดทรายลงในบล็อกแม่พิมพ์อลูมิเนียมเพื่อให้เป็นรูปชิ้นงานที่ต้องการ ถ้าชิ้นงานต้องการช่องว่างต้องใส่ไส้แบบทรายเพิ่มตามประเภทของผลิตภัณฑ์ จึงทำการอัดขึ้นรูปทราย เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการเทน้ำทองเหลืองต่อไป

2) การหลอมทองเหลือง

การหลอมทองเหลือง ในแผนก F2 เป็นการหลอมก้อนทองเหลือง (Ingot Brass) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 60 และ 80 จากแผนก F4 รวมกับการหลอมซ้ำในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน (Recycle) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในเตาหลอม ซึ่งมีหลักในการหลอมและตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับการหลอมในแผนก F4 น้ำทองเหลืองในขั้นตอนการหลอมนี้จะถูกหล่อเป็นชิ้นงาน โดยการเทลงสู่แม่พิมพ์แบบทราย (Mold) ซึ่งภายในจะมีไส้แบบทรายเพื่อให้เกิดช่องว่างในชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ใช้เวลาในการหล่อประมาณ 1 นาที จากนั้นจึงนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และลดอุณหภูมิ โดยการนำไปร่อนทรายบนตะแกรงร่อนทราย ชิ้นงานจากแม่พิมพ์เหล็กจะนำมาตรวจสอบคุณภาพคุณภาพ เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดและตกแต่งต่อไป

3. แผนกรีดทองเหลืองเส้น (F3)

แผนกรีดทองเหลืองเส้น หรืออาคาร F3 เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอย 2,700 ตารางเมตร ภายในประกอบด้วยส่วนสำนักงาน (Office) และอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิต ในส่วนของขั้นตอนการผลิตมีดังนี้ การรีดทองเหลืองเส้น โดยใช้วัตถุดิบทองเหลืองแท่ง (Billet Brass) ที่ตัดเป็นท่อนจากแผนก F4 น้ำหนักโดยประมาณ 122 กิโลกรัม/ท่อน เข้าสู่กระบวนการอบอ่อน โดยใช้เชื้อเพลิง LPG ให้ความร้อนในการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 700-800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที เมื่อทองเหลืองร้อนจนได้ที่แล้วเครื่องจะทำการส่งท่อนทองเหลืองเข้าสู่เครื่องรีดทองเหลืองเส้น เครื่องจะทำการรีดทองเหลืองเป็นแท่งกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 158-60 มิลลิเมตร โดยท่อนทองเหลือง 1 ท่อนสามารถผลิตทองเหลืองเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ได้ 4 เส้น สำหรับการผลิตทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 และ 60 มิลลิเมตรสามารถผลิตได้อย่างละ 1 เส้น ภายหลังการรีดเส้นทองเหลืองจะมีน้ำหนักของประมาณ 105 กิโลกรัม/เส้น จากนั้นเครื่องจะทำการตัดเส้นทองเหลืองโดยอัตโนมัติและนำเข้าสู่เครื่องดัดเส้นทองเหลือง เพื่อทำการส่งจำหน่ายให้ลูกค้าและอีกส่วนหนึ่งนำเข้าสู่แผนก F5 ต่อไป

4. แผนกหลอมทองเหลืองและอาคารเก็บวัตถุดิบ (F4)

แผนกหลอมทองเหลืองและอาคารเก็บวัตถุดิบ หรืออาคาร F4 เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอย 3,400 ตารางเมตร การใช้ประโยชน์พื้นที่ภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนสำนักงาน (Office) พื้นที่สำหรับเก็บวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมทองเหลือง และส่วนการหลอมทองเหลือง ในแผนกนี้จะทำการผลิตโลหะทองเหลืองผสมจากโลหะทองแดง สังกะสี และทองเหลือง เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการหล่อหรือรีดเป็นชิ้นงานต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบในการหลอม (Feedstock Preparation)

วัตถุดิบหลักในการหลอมทองเหลืองแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เศษหรือแท่งทองเหลือง (Brass Scrap/Ingot/Swarf) เศษหรือแท่งสังกะสี (Zinc Scrap and Zinc Ingot) และเศษหรือแผ่นทองแดง (Copper Scrap and Copper Sheet) ทางโครงการจะทำการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ปริมาณตามสัดส่วนที่กำหนด โดยมีส่วนประกอบทางเคมีในปริมาณที่แตกต่างกันและมีสัดส่วนของสังกะสีไม่เกินร้อยละ 40 ตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากนั้นจึงขนย้ายเข้าวัตถุดิบเข้าสู่เตาหลอมทองเหลืองด้วยระบบสายพานลำเลียงต่อไป

2) การหลอมทองเหลือง (Induction Melting)

การหลอมทองเหลืองโดยการเติมวัตถุดิบหลักลงในเตาหลอม จุดหลอมเหลวของทองเหลืองมีค่าประมาณ 927-1,038 องศาเซลเซียส และจุดเดือดมีค่าประมาณ 1,149 องศาเซลเซียส ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของสังกะสี และกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ใช้เนื้อโลหะ เพื่อให้โลหะผสมมีผิวเรียบ โดยการเติมฟลักซ์ นอกจากนี้ในการหลอมจะต้องมีการเติมวัสดุที่ใช้ผสมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของทองเหลือง ได้แก่ แมงกานีส (Manganese) อลูมิเนียม (Aluminum) ดีบุก (Tin) ตะกั่ว (Lead) และแร่พลวง (Antimony) ในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้องค์ประกอบของโลหะผสมมีค่าเป็นไปตามที่ต้องการ จึงต้องทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของโลหะผสมด้วยอุปกรณ์ Spectrophotometer เพื่อควบคุมให้องค์ประกอบของน้ำทองเหลืองมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 60 และร้อยละ 80

3) การหล่อแท่งทองเหลือง (Continuous Casting Process)

การหล่อแท่งทองเหลืองของโครงการประกอบด้วย 2 ลักษณะ ได้แก่ ทองเหลืองแบบก้อน (Ingot Brass) และทองเหลืองแบบแท่ง (Billet Brass) การผลิต Ingot จะนำน้ำทองเหลืองจากเตาหลอมเทใส่เบ้าโดยตรง จะได้ก้อนทองเหลืองที่ มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 60 และร้อยละ 80 โดยมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 80 x 90 x 460 มิลลิเมตรโดยประมาณ สำหรับการผลิต Billet น้ำทองเหลืองจากเตาหลอมจะถูกเทลงในเครื่องหล่อทองเหลืองแท่งต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) น้ำทองเหลืองจะถูกหล่อเป็นแท่งทองเหลือง (Billet) ยาวอย่างต่อเนื่อง ผิวนอกของแท่งทองเหลืองจะเย็นลง เนื่องจากถูกลดอุณหภูมิด้วยระบบระบายความร้อน (Cooling System) ส่วนภายในแท่งทองเหลืองยังคงมีสถานะกึ่งแข็งกึ่งเหลว แท่งทองเหลืองนี้จะถูกปรับให้เป็นแท่งตรงและทำการตัดด้วยเลื่อยไฟฟ้าตามความยาวที่ต้องการ ซึ่งระยะเวลาในการหล่อทองเหลืองแท่งขึ้นอยู่กับขนาดของทองเหลืองแท่งที่ต้องการ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 178 มิลลิเมตร ยาว 720 เมตร จำนวน 1 เส้น ใช้เวลาในการหล่อ 42 นาที สำหรับทองเหลืองแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ยาว 720 เมตร จำนวน 1 เส้น ใช้เวลาในการหล่อ 14 นาที เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับแผนก F1 และแผนก F3 ต่อไป

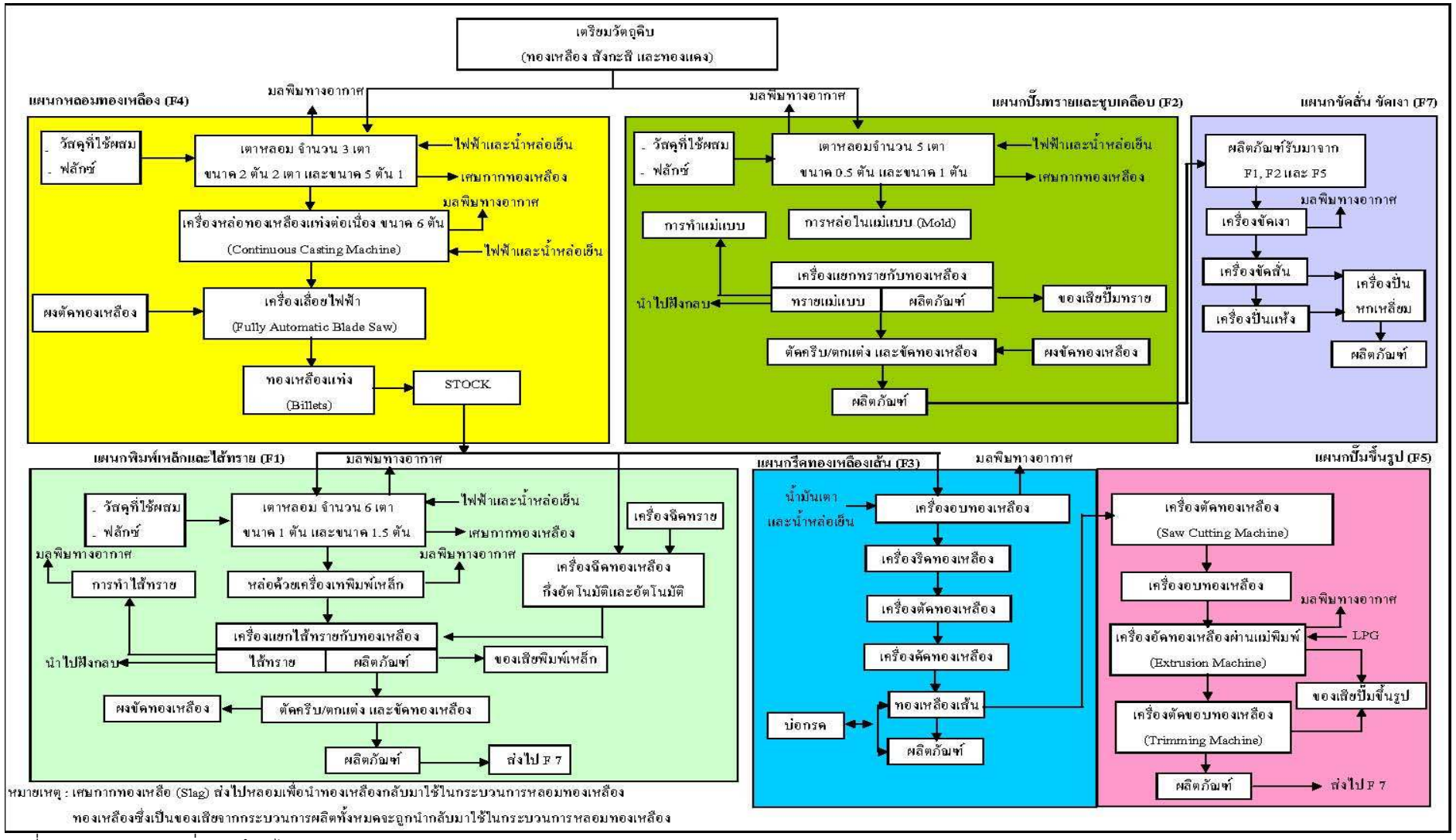
5. แผนกปั๊มขึ้นรูป (F5)

แผนกปั๊มขึ้นรูป หรืออาคาร F5 เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอย 1,680 ตารางเมตร ภายในประกอบด้วยอาคารสำนักงาน (Office) และอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิต ในส่วนของขั้นตอนการผลิตมีดังนี้ การปั๊มขึ้นรูปจะใช้วัตถุดิบทองเหลืองเส้นจากแผนก F3 มาตัดโดยใช้เครื่องตัดทองเหลือง ให้มีความยาวระหว่าง 3-5 เซนติเมตร แล้วส่งเข้าสู่กระบวนการอบอ่อนในเครื่องทำความร้อน (Heater Machine) โดยใช้ ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที เมื่อทองเหลืองอ่อนตัวลงแล้วจึงนำเข้าเครื่องอัดผ่านแม่พิมพ์ (Extrusion Machine) ซึ่งใช้ระบบไฮโดรลิกอัดทองเหลืองแท่งเล็กผ่านแม่พิมพ์ออกมาเป็นทองเหลืองแท่งที่มีรูปหน้าตัดตามแบบแม่พิมพ์ เช่น รังผึ้ง ฝักบัว แบบเกลียว เป็นต้น สำหรับแท่งทองเหลืองที่ผ่านออกมาจากแม่พิมพ์จะถูกนำไปตัดขอบโดยใช้เครื่องตัดขอบทองเหลือง (Trimming Machine)

ภาพผนวก ข.1

แสดงอาคารการผลิตของ บริษัท เซิ่งไท่ อินดัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด

ที่มา : บริษัท เทคนิคสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด, 2550



ที่มา : บริษัท เทคนิคสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด, 2550

ภาพภาคผนวก ข.2 ขั้นตอนการผลิตของบริษัท เซิ่งไท่ อินดัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด

ภาคผนวก ค

ตารางผนวก ค.1

สถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี ตั้งแต่ปี 2514-2543

Station CHON BURI
Index station 48459
Latitude 13 22 N
Longitude 100 59 E

Elevation of station above MSL	1	Meters
Height of barometer above MSL	2	Meters
Height of thermometer above ground	1.50	Meters
Height of wind vane above ground	13.45	Meters
Height of rain gauge	1.00	Meters

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	ANNUAL
Pressure (Hectopascal)													
Mean	1012.1	1011.1	1009.9	1008.3	1007.1	1006.5	1006.6	1006.8	1008.0	1009.6	1011.3	1012.7	1009.2
Ext. max.	1022.6	1020.3	1020.9	1016.6	1014.0	1012.9	1013.4	1013.2	1015.7	1017.2	1020.6	1022.5	1022.6
Ext. min.	1003.1	1002.2	1001.4	1000.3	900.9	999.5	998.7	999.3	1000.5	1001.4	1003.2	1003.5	998.7
Mean daily range	4.7	4.7	4.8	4.6	4.2	3.6	3.5	3.8	4.3	4.5	4.4	4.6	4.3
Temperature (Celsius)													
Mean	26.3	27.6	28.9	29.9	29.6	29.3	28.8	28.6	27.9	27.6	26.9	25.9	28.1
Mean max.	32.5	33.0	34.2	34.9	34.1	33.3	32.9	32.6	32.3	32.5	32.4	32.3	33.1
Mean min.	21.2	23.3	25.0	26.1	26.0	25.9	25.6	25.4	24.7	24.1	22.7	20.9	24.2
Ext. max.	37.5	37.6	38.4	39.9	38.5	36.8	37.2	36.2	35.8	36.1	36.7	36.9	39.9
Ext. min.	12.4	16.6	14.0	21.0	21.2	20.8	20.5	21.3	21.0	17.9	14.2	12.0	12.0
Relative Humidity (%)													
Mean	67	70	70	72	74	74	75	76	80	79	71	64	73
Mean max.	83	85	85	86	88	87	87	88	92	91	85	80	86
Mean min.	48	52	53	54	58	59	60	61	64	62	52	45	56
Ext. min.	18	20	19	26	32	40	40	43	32	32	24	24	18
Dew Point (Celsius)													
Mean	19.2	21.93	22.7	23.8	24.3	24.0	23.6	23.7	23.9	23.2	20.8	18.1	22.4
Evaporation (mm.)													
Mean-pan	143.2	142.1	178.8	175.2	162.3	153.1	153.4	152.9	133.1	127.6	135.8	150.5	1808.0
Cloudiness (0-10)													
Mean	3.3	3.6	3.9	4.8	6.7	7.7	7.8	8.2	8.0	6.8	4.7	3.3	5.7
Sunshine Duration (hr.)													
Mean	NO OBSERVATION												

ตารางผนวก ค.1 (ต่อ)

สถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี ตั้งแต่ปี 2514-2543 (ต่อ)

Station CHON BURI
Index station 48459
Latitude 13 22 N
Longitude 100 59 E

Elevation of station above MSL	1	Meters
Height of barometer above MSL	2	Meters
Height of thermometer above ground	1.50	Meters
Height of wind vane above ground	13.45	Meters
Height of rain gauge	1.00	Meters

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	ANNUAL
Visibility (km.)													
0700 L.S.T.	5.5	5.7	6.6	8.2	10.2	11.1	10.6	10.3	9.6	8.6	7.9	7.0	8.4
Mean	6.6	6.9	7.5	9.1	11.1	11.7	11.5	11.1	10.4	9.6	8.9	8.0	9.4
Wind (Knots)													
Mean wind speed	3.0	3.84	6.6	3.1	2.7	3.2	3.1	3.0	2.2	2.2	3.4	3.6	-
Prevailing wind	E	S	S	S	S	SW	SW	SW	W	E	E	E	-
Max. wind speed	32	49	21	27	30	26	30	35	40	40	30	30	49
Rainfall (mm.)													
Mean	10.9	16.7	34.5	78.5	165.3	143.3	132.1	162.9	281.7	210.0	58.2	4.7	1298.8
Mean rainy day	1.2	2.5	3.9	7.2	13.8	14.3	15.2	16.8	19.6	16.4	5.8	0.9	117.6
Daily maximum	80.8	50.6	50.8	90.9	98.6	163.4	71.5	131.0	186.2	121.5	91.8	22.3	186.2
Number of days with													
Haze	26.2	22.6	23.8	15.0	3.2	2.1	1.7	1.7	1.4	5.7	15.8	25.2	144.4
Fog	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	1.7
Hail	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Thunderstorm	0.4	1.3	3.4	8.1	12.6	6.3	7.0	6.8	12.6	10.0	2.7	0.2	71.4
Squall	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ BREEZE HAZ

1. ในส่วนโปรแกรม Fire โปรแกรมย่อย Unconfined Pool Fire

- กรณีการรั่วไหลกรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง ขนาดรูรั่ว 1 นิ้ว เวลาในการรั่วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

UNCONFINED POOL FIRE MODEL

STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

FUEL

Name	: LPG THAI
Temperature	: 28.0 °C
Pressure (absolute)	: 17.23 bar
Physical state	: Liquid phase only

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight	: 49.71
Boiling point	: -23.59 °C
Critical temperature	: 395.55 K
Critical pressure	: 41.74 bar
Heat of combustion	: 4.61E+07 J/kg
Flame temperature	: 1300 K

CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor	: 0.062
Liquid density	: 553.0 kg/cu m

RELEASE DATA

Type of spill	: Continuous
Substance release rate	: 13.28 kg/sec
Surface type	: Concrete
Target distance	: 200.0 m
Elevation of target	: 0.5 m

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature	: 28.0 °C
Ambient pressure	: 1.01 bar
Wind speed	: 1.6 m/s
Relative humidity	: 73.0%

STEADY STATE RESULTS

Maximum emissive power	: 178.8 kW/m^2

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m² s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m²)
60.00	0.079	16.63	68.21	1.19	166.94
120.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
180.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
240.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
300.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
360.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
420.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
480.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
540.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20
600.00	0.079	16.73	68.17	1.19	167.20

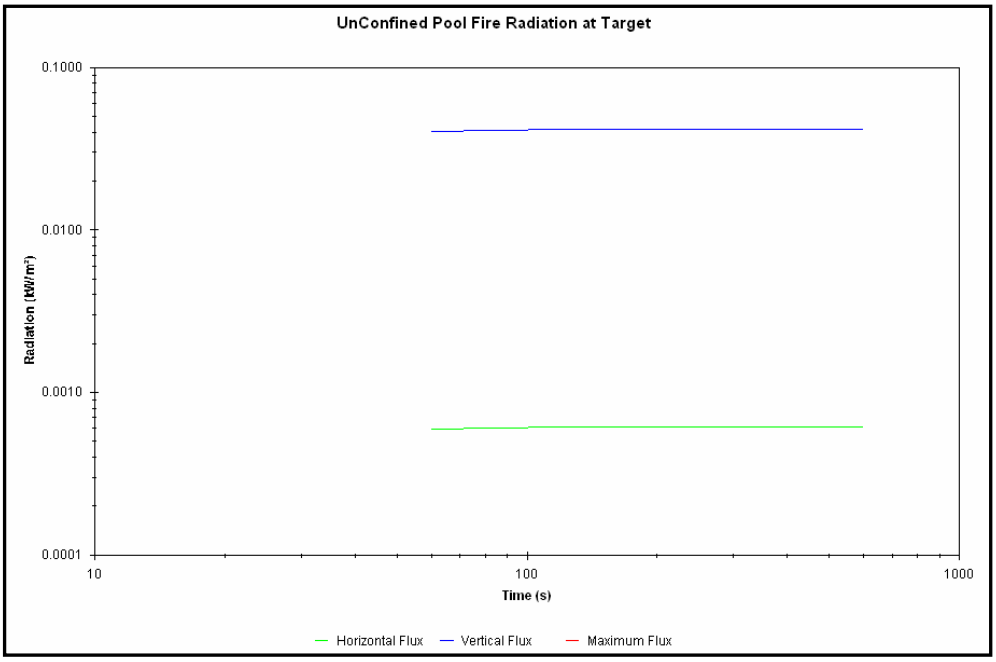
Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
60.00	3.80	0.00	0.04	0.04
120.00	3.84	0.00	0.04	0.04
180.00	3.84	0.00	0.04	0.04
240.00	3.84	0.00	0.04	0.04
300.00	3.84	0.00	0.04	0.04
360.00	3.84	0.00	0.04	0.04
420.00	3.84	0.00	0.04	0.04
480.00	3.84	0.00	0.04	0.04
540.00	3.84	0.00	0.04	0.04
600.00	3.84	0.00	0.04	0.04

Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size

Maximum pool radius : 3.84 m
Mass burning rate : 0.079 kg/m² s
Flame length : 16.73 m
Flame tilt from vertical : 68.17°
Flame drag ratio : 1.19
Maximum emissive power : 178.8 kW/m²
Effective emissive power : 167.2 kW/m²

Thermal flux (kW/m²)	Distance From center of Pool (m)
37.5	21.63
12.5	27.54
5.0	34.32
4.0	36.45

ภาพผนวก ง.1
กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะเวลาจากรูรั่วขนาด 1 นิ้ว
ในช่วงเวลา 10 นาที และความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D



- กรณีการรั่วไหลกรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง ขนาดรูรั่ว 2 นิ้ว เวลาในการรั่วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

UNCONFINED POOL FIRE MODEL（2 inch Stb.A 10 minute）

STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

FUEL
Name : LPG THAI
Temperature : 28.0 °C
Pressure (absolute) : 17.23 bar
Physical state : Liquid phase only

CONSTANT PROPERTIES
Molecular weight : 49.71
Boiling point : -23.59 °C
Critical temperature : 395.55 K
Critical pressure : 41.74 bar
Heat of combustion : 4.61E+07 J/kg
Flame temperature : 1300 K

CALCULATED PROPERTIES
Liquid compressibility factor : 0.062
Liquid density : 553.0 kg/cu m

RELEASE DATA
Type of spill : Continuous
Substance release rate : 53.11 kg/sec
Surface type : Concrete
Target distance : 200.0 m
Elevation of target : 0.5 m

LOCAL AMBIENT CONDITIONS
Air temperature : 28.0 °C
Ambient pressure : 1.01 bar
Wind speed : 1.6 m/s
Relative humidity : 73.0%

STEADY STATE RESULTS
Maximum emissive power : 178.8 kW/m²

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m² s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m²)
60.00	0.080	26.20	65.54	1.14	177.55
120.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
180.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
240.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
300.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
360.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60

420.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
480.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
540.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60
600.00	0.080	26.36	65.50	1.14	177.60

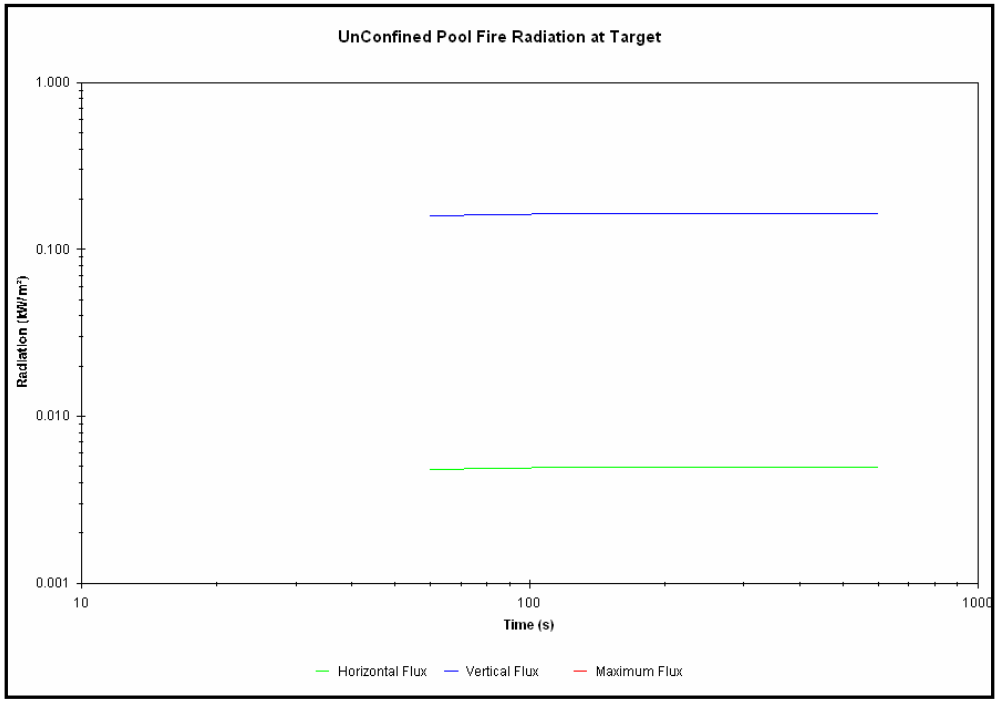
Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
60.00	7.28	0.00	0.16	0.16
120.00	7.34	0.00	0.16	0.16
180.00	7.34	0.00	0.16	0.16
240.00	7.34	0.00	0.16	0.16
300.00	7.34	0.00	0.16	0.16
360.00	7.34	0.00	0.16	0.16
420.00	7.34	0.00	0.16	0.16
480.00	7.34	0.00	0.16	0.16
540.00	7.34	0.00	0.16	0.16
600.00	7.34	0.00	0.16	0.16

Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size

Maximum pool radius	: 7.34 m
Mass burning rate	: 0.08 kg/m² s
Flame length	: 26.36 m
Flame tilt from vertical	: 65.5°
Flame drag ratio	: 1.14
Maximum emissive power	: 178.8 kW/m²
Effective emissive power	: 177.6 kW/m²

Thermal flux (kW/m²)	Distance From center of Pool (m)
37.5	35.69
12.5	46.69
5.0	58.75
4.0	62.53

ภาพผนวก ง.2
กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะเวลาจากรูรั่วขนาด 2 นิ้ว
ในช่วงเวลา 10 นาที และความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D



- กรณีที่ถังเก็บก๊าซถูกทำลายทันที ที่สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

UNCONFINED POOL FIRE MODEL

STORAGE TANK COLLAPSE WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

FUEL

Name	: LPG THAI
Temperature	: 28.0 °C
Pressure (absolute)	: 17.23 bar
Physical state	: Liquid phase only

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight	: 49.71
Boiling point	: -23.59°C
Critical temperature	: 395.55 K
Critical pressure	: 41.74 bar
Heat of combustion	: 4.61E+07 J/kg
Flame temperature	: 1300 K

CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor	: 0.062
Liquid density	: 553.0 kg/cu m

RELEASE DATA

Spill type	: Instantaneous
Inventory	: 5,208 kg
Surface type	: Concrete
Target distance	: 200.0 m
Elevation of target	: 0.5 m

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature	: 28.0 °C
Ambient pressure	: 1.01 bar
Wind speed	: 1.6 m/s
Relative humidity	: 73.0%

STEADY STATE RESULTS

Maximum pool radius	: 24.29 m
Time to reach maximum radius	: 41.39 s
Maximum emissive power	: 178.8 kW/m^2

Time Interval (s)	Burning Rate (kg/m^2 s)	Flame Length (m)	Flame tilt from vertical (deg)	Flame drag ratio	Effective emissive power (kW/m^2)
4.14	0.080	25.89	65.61	1.14	177.45
8.28	0.080	33.00	64.05	1.11	178.59
12.42	0.080	38.09	63.07	1.10	178.75
16.56	0.080	42.25	62.33	1.08	178.79
20.70	0.080	45.88	61.73	1.08	178.80
24.84	0.080	49.15	61.21	1.07	178.80
28.98	0.080	52.20	60.76	1.06	178.80
33.11	0.080	55.08	60.34	1.06	178.80
37.25	0.080	57.86	59.95	1.05	178.80
41.39	0.080	60.56	59.59	1.05	178.80

Time Interval (s)	Pool Radius (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m^2)	Thermal flux to vertical target (kW/m^2)	Maximum flux to target (kW/m^2)
4.14	7.15	0.00	0.15	0.15
8.28	10.14	0.01	0.32	0.32
12.42	12.47	0.03	0.50	0.50
16.56	14.47	0.04	0.69	0.69
20.70	16.29	0.07	0.89	0.90
24.84	17.99	0.09	1.12	1.12
28.98	19.62	0.13	1.36	1.36
33.11	21.20	0.17	1.62	1.63
37.25	22.75	0.22	1.91	1.93
41.39	24.29	0.27	2.23	2.25

Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size

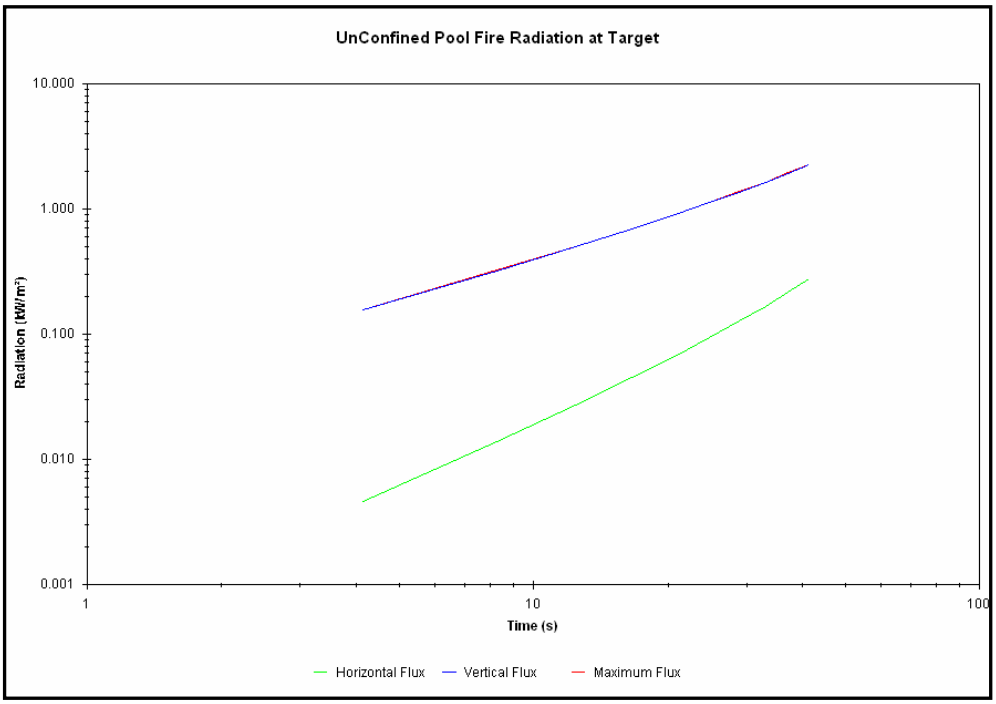
Maximum pool radius	: 24.29 m
Mass burning rate	: 0.08 kg/m^2 s
Flame length	: 60.56 m
Flame tilt from vertical	: 59.59°
Flame drag ratio	: 1.05
Maximum emissive power	: 178.8 kW/m^2
Effective emissive power	: 178.8 kW/m^2

Thermal flux (kW/m^2)	Distance From center of Pool (m)
37.5	87.37
12.5	117.94
5.0	153.77
4.0	164.98

ภาพผนวก ง.3

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะเวลา

กรณีถังก๊าซถูกทำลายทันที ที่สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D



2. ในส่วนโปรแกรม Fire โปรแกรมย่อย BLEVE

- กรณีการรั่วไหลกรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง ขนาดรูรั่ว 1 นิ้ว 2 นิ้ว และกรณีถังก๊าซถูกทำลายทันที เวลาในการรั่วไหล 10 นาที ทุกสภาพบรรยากาศ

BLEVE MODEL

INPUT DATA

Selected substance:	LPG Thai
Heat of combustion:	46087400.0 J/kg
Mass of fuel in the fireball:	5208.32 kg
Radiative fraction of heat of combustion:	0.3
Duration of exposure for dose calculation:	40.2 s

RESULTS

Diameter of Fireball:	100.54 m
Duration of Fireball:	7.8 s

CALCULATED RADIATION AT SPECIFIED DISTANCES

Specified Distance m	Radiation Level kW/m²	Radiation Dose 40.2 s Exposure (W/m²)**4/3 s	Radiation Dose 7.8 s Exposure (W/m²)**4/3 s
5.00	29933.93	3.73632E+11	7.24987E+10
10.00	7483.48	5.88434E+10	1.14178E+10
15.00	3325.99	1.99582E+10	3.87264E+09
20.00	1870.87	9.26725E+09	1.7982E+09
30.00	831.50	3.14322E+09	6.09902E+08
40.00	467.72	1.4595E+09	2.83198E+08
70.00	152.72	3.28173E+08	6.36779E+07
100.00	74.83	1.26774E+08	2.4599E+07
150.00	33.26	4.29986E+07	8.34334E+06
200.00	18.71	1.99657E+07	3.87409E+06

CALCULATED DISTANCE AT SPECIFIED RADIATION LEVELS

Specified Radiation Level kW/m²	Distance To Radiation Level m	Radiation Dose 40.2 s Exposure (W/m²)**4/3 s	Radiation Dose 7.8 s Exposure (W/m²)**4/3 s
4.00	432.54	2.53984E+06	4.95289E+05
5.00	386.87	3.43705E+06	6.66917E+05
12.50	244.68	1.1662E+07	2.26286E+06
37.50	141.27	5.04585E+07	9.79084E+06

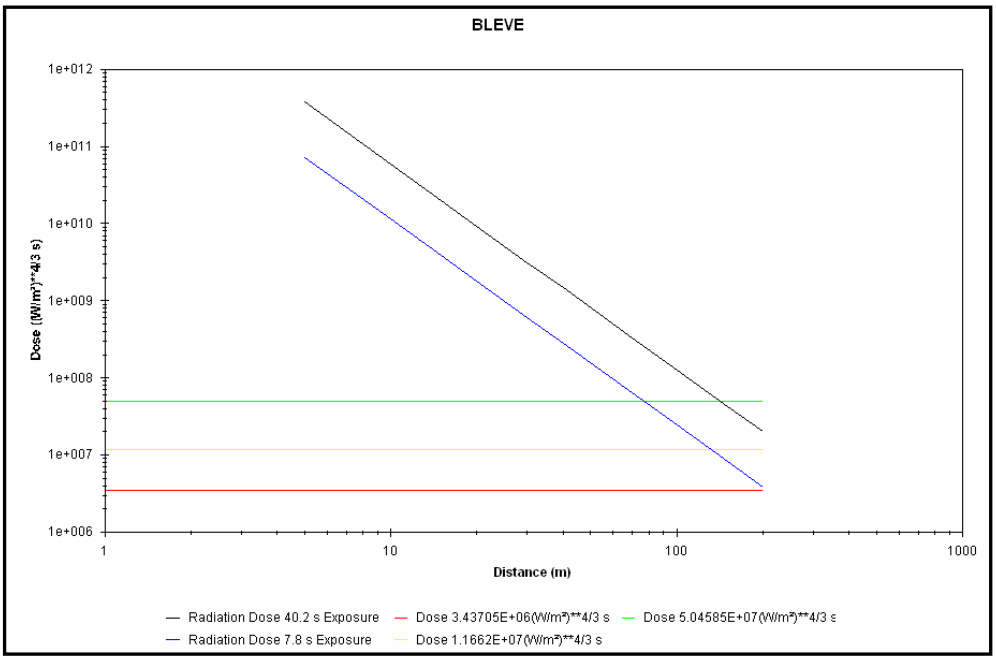
CALCULATED DISTANCE AT SPECIFIED RADIATION DOSE LEVELS
Distance to radiation dose based on an exposure time = fireball duration =7.8 s

Specified Radiation Dose $(W/m^2)^{**}4/3$ s	Distance To Radiation Dose Level m
3437052.	209.18
11661990.	132.30
50458510.	76.38

ภาพผนวก ง.4

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะทาง

กรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง เวลาในการรั่วไหล 10 นาที ทุกสภาพบรรยากาศ



3. ในส่วนโปรแกรม Explosion โปรแกรมย่อย HSE TNT Equivalency

- กรณีถังก๊าซเกิดการระเบิด ขนาดรูรั่ว 1 นิ้ว 2 นิ้ว และกรณีถังก๊าซถูกทำลายทันที ในช่วงเวลา 10 นาที ที่ทุกสภาพความคงตัวของบรรยากาศ

UNCONFINED VAPOR CLOUD EXPLOSION (TNT) MODEL

INPUT DATA

Selected substance: LPG Thai
Heat of combustion:46087397.41 J/kg
Mass of flammable vapor in cloud:5208.32 kg
Yield factor (percent):10.0

RESULTS

Equivalent TNT mass:5126.94 kg

CALCULATED OVERPRESSURES AT SPECIFIED DISTANCES

Specified Distance m	Explosion Overpressure atm(g)
50.000	1.382
100.000	0.355
150.000	0.188
200.000	0.128
250.000	0.094
300.000	0.067
350.000	0.058
400.000	0.049
450.000	0.039
500.000	0.034

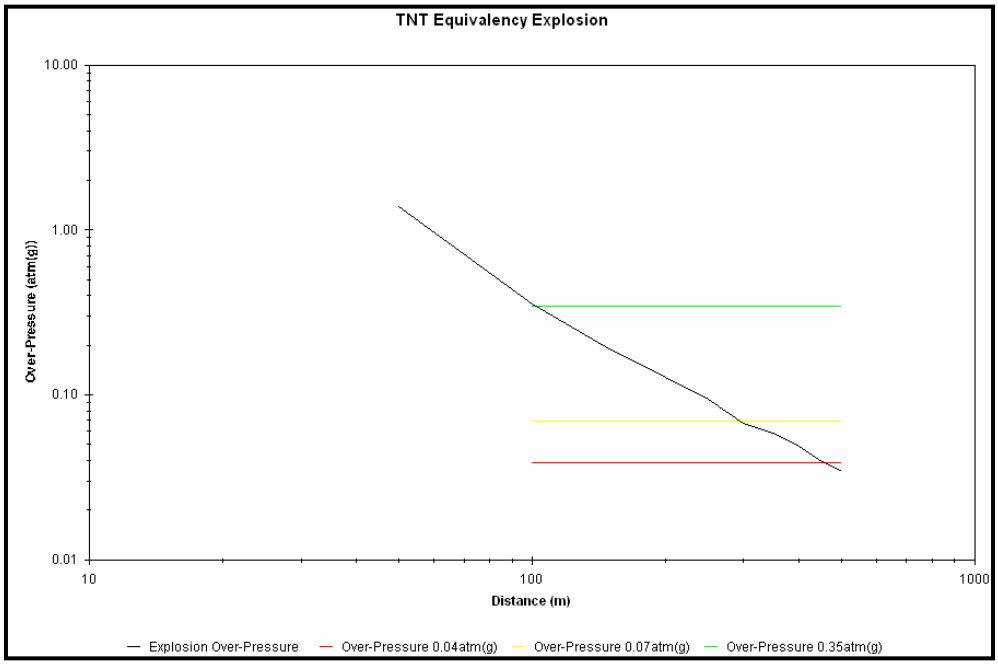
CALCULATED DISTANCES AT SPECIFIED OVERPRESSURES

Specified Overpressure atm(g)	Explosion Distance m
0.039	453.086
0.068	293.704
0.069	291.702
0.345	101.809

ภาพผนวก ง.5

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเนื่องจากการระเบิดและระยะทาง

กรณีถังก๊าซเกิดการระเบิด เวลาในการรั่วไหล 10 นาที ที่ทุกสภาพบรรยากาศ



4. ในส่วนโปรแกรม Fire โปรแกรมย่อย Confined Pool Fire

- กรณีการรั่วไหลกรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง ขนาดรูรั่ว 1 นิ้วเวลาในการรั่วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

CONFINED POOL FIRE MODEL

RECTANGULAR DIKE FIRE
TRENCH FIRE

FUEL

Name	: LPG THAI
Pool temperature	: -23.59 °C

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight	: 49.71
Boiling point	: -23.59 °C
Critical temperature	: 395.55 K
Critical pressure	: 41.74 bar
Heat of combustion	: 4.61E+07 J/kg
Flame temperature	: 1300 K

CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor	: 0.004
Liquid density	: 625.3 kg/cu m

DIMENSIONS

Pool width	: 8.0 m
Pool length	: 12.0 m
Pool Liquid Height	: 2.0 m
Height of flame base	: 2.0 m
Height for Radiation Calculations	: 2.0 m

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature	: 28.0 °C
Ambient pressure	: 1.01 bar
Wind speed	: 1.6 m/s
Relative humidity	: 73.0%

RESULTS

Mass burning rate	: 0.08 kg/m² s
Flame length	: 17.29 m
Flame tilt from vertical (front view)	: 22.86°
Flame tilt from vertical (side view)	: 9.65°
Flame drag ratio (front view)	: 1.00
Flame drag ratio (side view)	: 1.00
Maximum emissive power	: 178.8 kW/m²
Effective emissive power (front view)	: 162.58 kW/m²
Effective emissive power (side view)	: 173.91 kW/m²

Front view (view along dike/trench width)

Thermal flux (kW/m²)	Distance from center of pool (m)
37.5	16.72
12.5	29.78
5.0	43.71
4.0	47.95

Side view (view along dike/trench length)

Thermal flux (kW/m²)	Distance from center of pool (m)
37.5	14.25
12.5	25.29
5.0	38.16
4.0	41.95

Maximum emissive power : 56,679 Btu/ft² hr

Front view (view along dike/trench width)

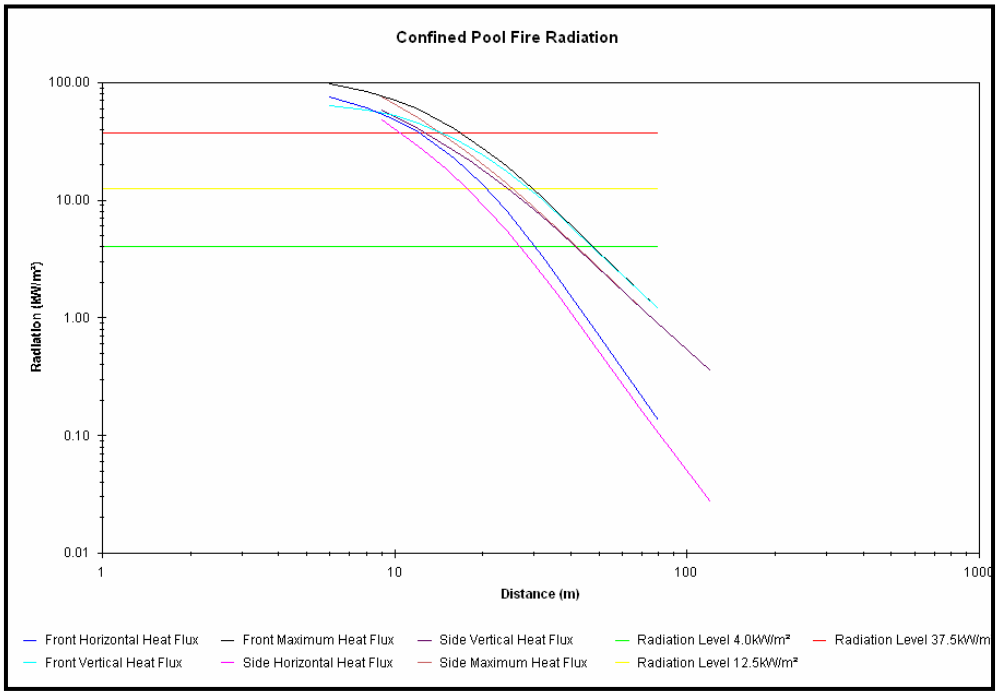
Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
6.00	74.81	62.81	96.59
8.00	60.91	58.47	84.10
10.00	48.36	51.93	70.93
12.00	37.86	45.15	58.92
16.00	22.70	33.13	40.16
20.00	13.53	24.09	27.63
24.00	8.20	17.62	19.43
32.00	3.36	10.01	10.56
48.00	0.81	3.91	3.99
80.00	0.14	1.18	1.19

Side view (view along dike/trench length)

Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
9.00	48.39	57.72	75.32
12.00	28.94	40.64	49.89
15.00	18.22	29.09	34.32
18.00	11.92	21.58	24.65
24.00	5.53	12.80	13.94
30.00	2.87	8.30	8.78
36.00	1.57	5.52	5.74
48.00	0.59	2.85	2.91
72.00	0.15	1.12	1.13
120.00	0.03	0.35	0.35

ภาพผนวก ง.6

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะเวลา จากรูรั่วขนาด 1 นิ้ว ในช่วงเวลา 10 นาที และความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D



- กรณีการรั่วไหลกรณีเกิดรูรั่วที่ตัวถัง ขนาดรูรั่ว 2 นิ้วเวลาในการรั่วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

CONFINED POOL FIRE MODEL

RECTANGULAR DIKE FIRE
TRENCH FIRE

FUEL

Name	: LPG THAI
Pool temperature	: -23.59 °C

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight	: 49.71
Boiling point	: -23.59 °C
Critical temperature	: 395.55 K
Critical pressure	: 41.74 bar
Heat of combustion	: 4.61E+07 J/kg
Flame temperature	: 1300 K

CALCULATED PROPERTIES

Liquid compressibility factor	: 0.004
Liquid density	: 625.3 kg/cu m

DIMENSIONS

Pool width	: 8.0 m
Pool length	: 12.0 m
Pool Liquid Height	: 2.0 m
Height of flame base	: 2.0 m
Height for Radiation Calculations	: 2.0 m

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature	: 28.0 °C
Ambient pressure	: 1.01 bar
Wind speed	: 1.6 m/s
Relative humidity	: 73.0%

RESULTS

Mass burning rate	: 0.08 kg/m² s
Flame length	: 17.29 m
Flame tilt from vertical (front view)	: 22.86°
Flame tilt from vertical (side view)	: 9.65°
Flame drag ratio (front view)	: 1.00
Flame drag ratio (side view)	: 1.00
Maximum emissive power	: 178.8 kW/m²
Effective emissive power (front view)	: 162.58 kW/m²
Effective emissive power (side view)	: 173.91 kW/m²

Front view (view along dike/trench width)

Thermal flux (kW/m²)	Distance from center of pool (m)
37.5	16.72
12.5	29.78
5.0	43.71
4.0	47.95

Side view (view along dike/trench length)

Thermal flux (kW/m²)	Distance from center of pool (m)
37.5	14.25
12.5	25.29
5.0	38.16
4.0	41.95

Maximum emissive power : 56,679 Btu/ft² hr

Front view (view along dike/trench width)

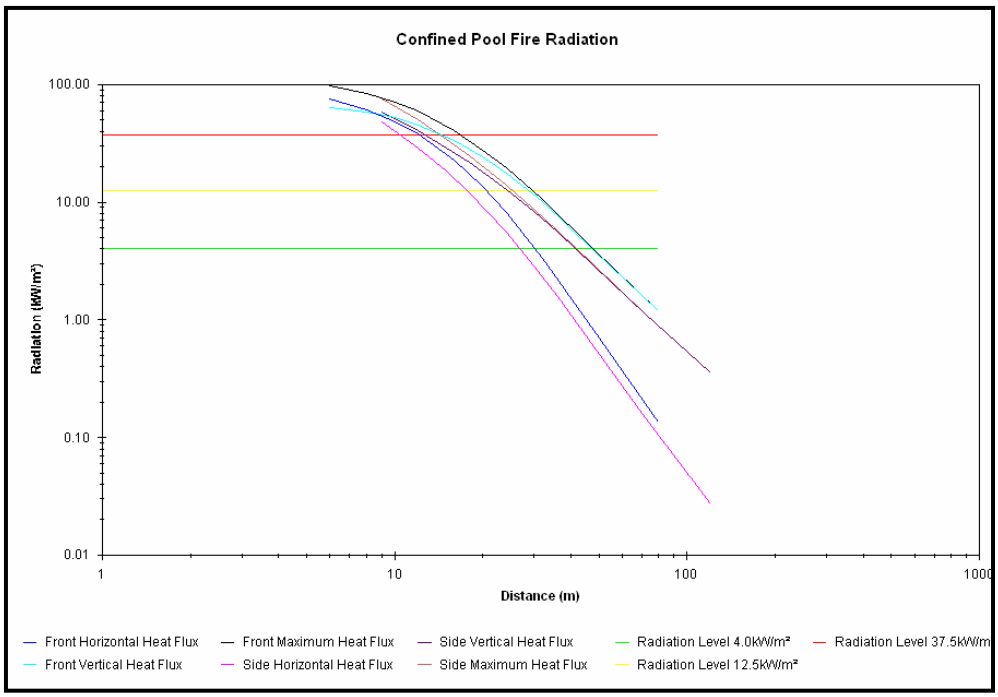
Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
6.00	74.81	62.81	96.59
8.00	60.91	58.47	84.10
10.00	48.36	51.93	70.93
12.00	37.86	45.15	58.92
16.00	22.70	33.13	40.16
20.00	13.53	24.09	27.63
24.00	8.20	17.62	19.43
32.00	3.36	10.01	10.56
48.00	0.81	3.91	3.99
80.00	0.14	1.18	1.19

Side view (view along dike/trench length)

Distance from center of pool (m)	Thermal flux to horizontal target (kW/m²)	Thermal flux to vertical target (kW/m²)	Maximum flux to target (kW/m²)
9.00	48.39	57.72	75.32
12.00	28.94	40.64	49.89
15.00	18.22	29.09	34.32
18.00	11.92	21.58	24.65
24.00	5.53	12.80	13.94
30.00	2.87	8.30	8.78
36.00	1.57	5.52	5.74
48.00	0.59	2.85	2.91
72.00	0.15	1.12	1.13
120.00	0.03	0.35	0.35

ภาพผนวก ง.7

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีความร้อนและระยะเวลา จากรูรั่วขนาด 2 นิ้ว ในช่วงเวลา 10 นาที และความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D



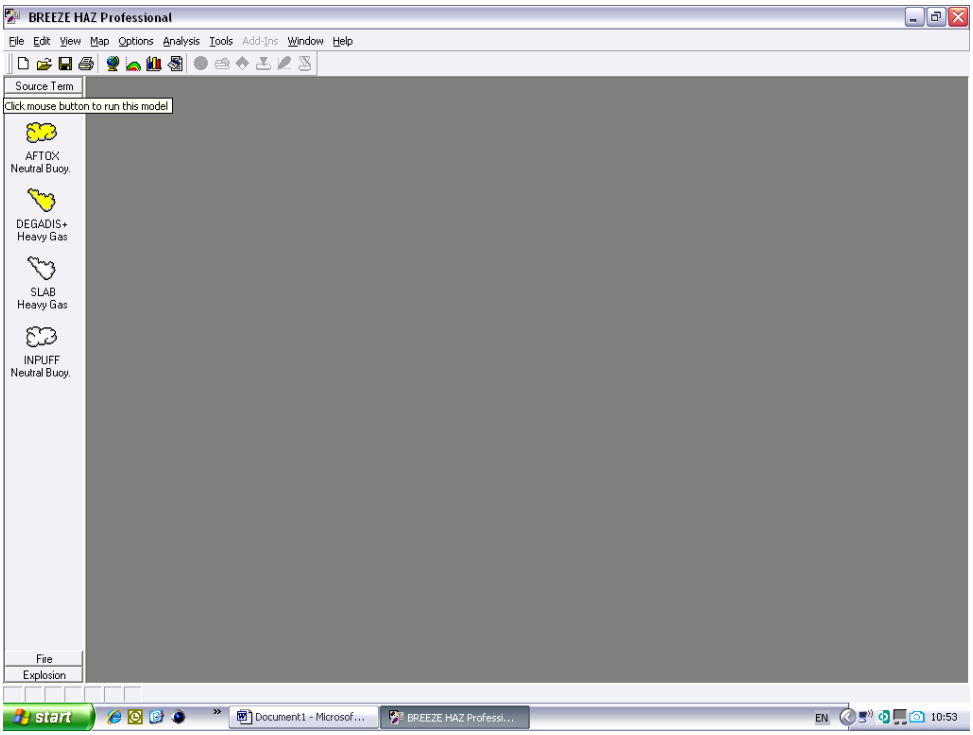
ภาคผนวก จ

การใช้โปรแกรม BREEZE HAZ

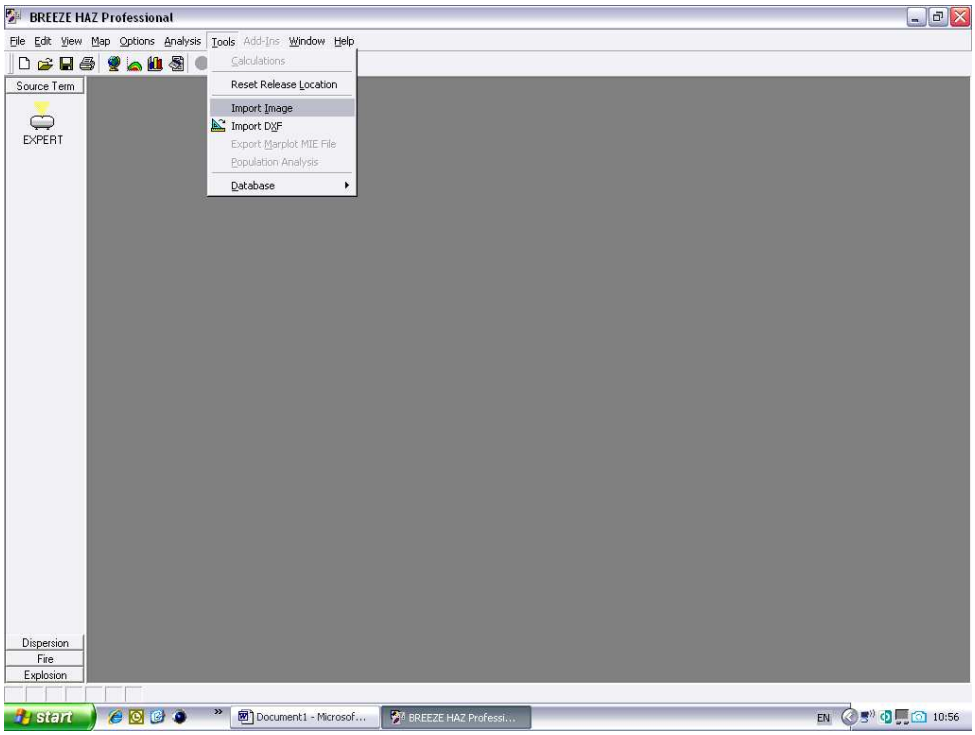
ขั้นตอนการนำรูปภาพเข้าโปรแกรม BREEZE HAZ

1. เปิดโปรแกรม BREEZE HAZ

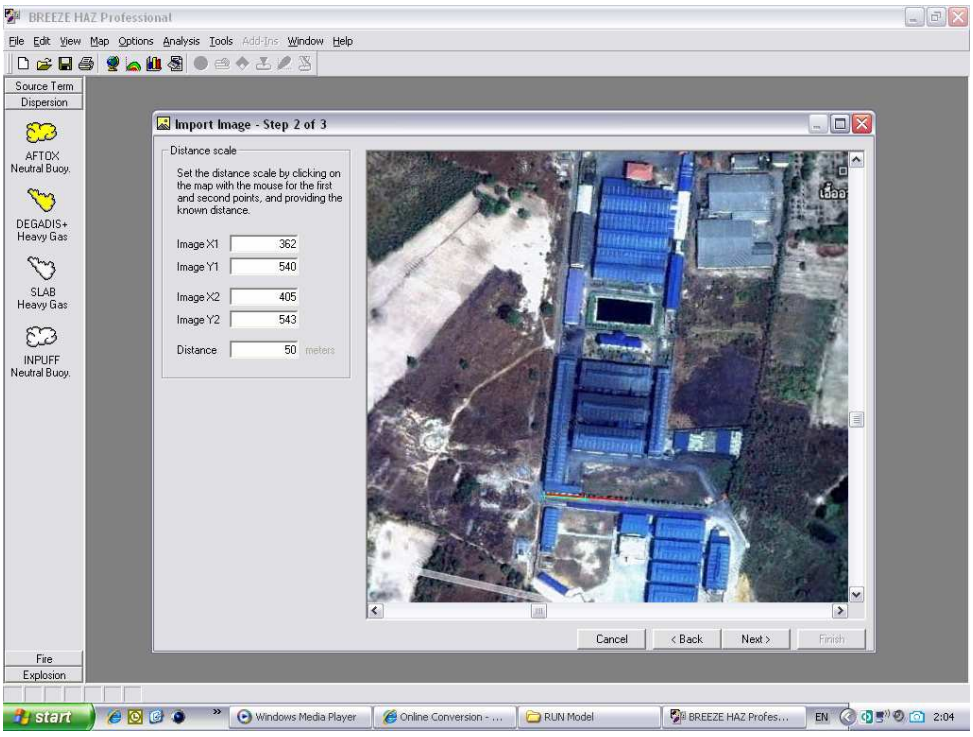
2. เลือก Source Term



3. เลือก Tools แล้วคลิ๊กที่ Import Image เลือกใส่รูปภาพที่ใช้

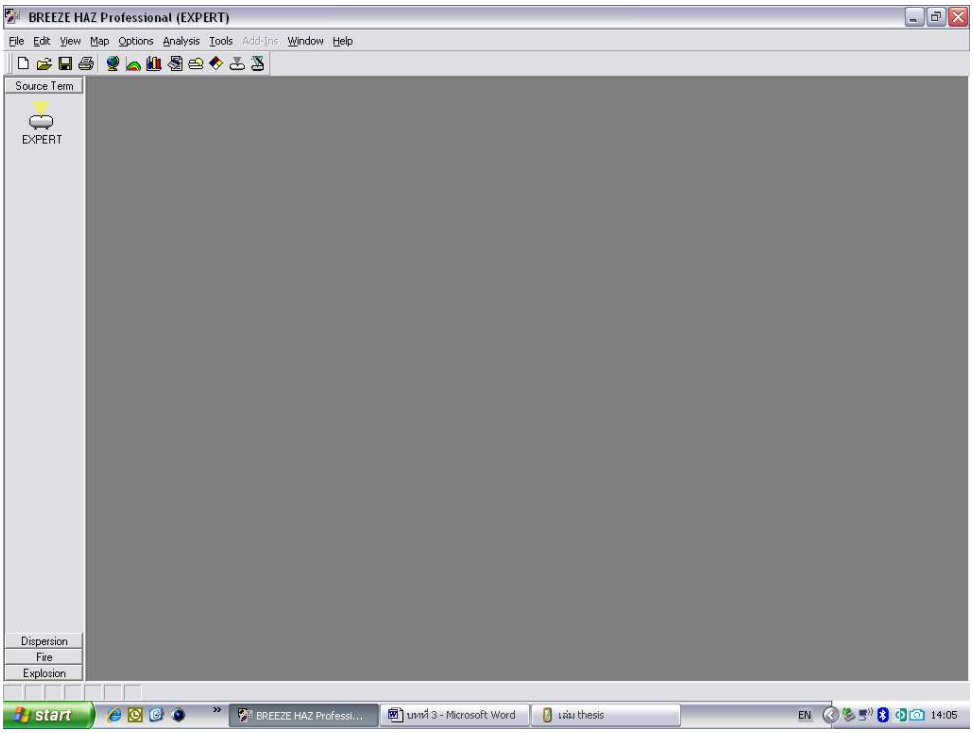


4. เมื่อเลือกรูปภาพแล้วให้ใส่พิกัด จากนั้น Save as รูปภาพเป็น file .exi ลงใน Folder ที่ต้องการ

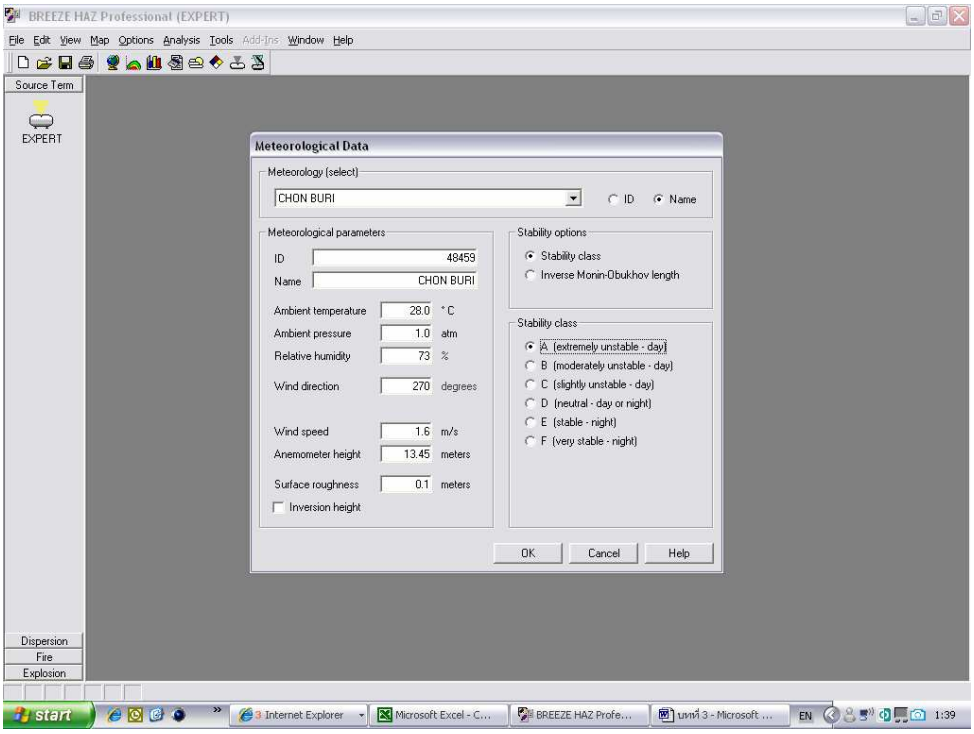


ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม BREEZE HAZ

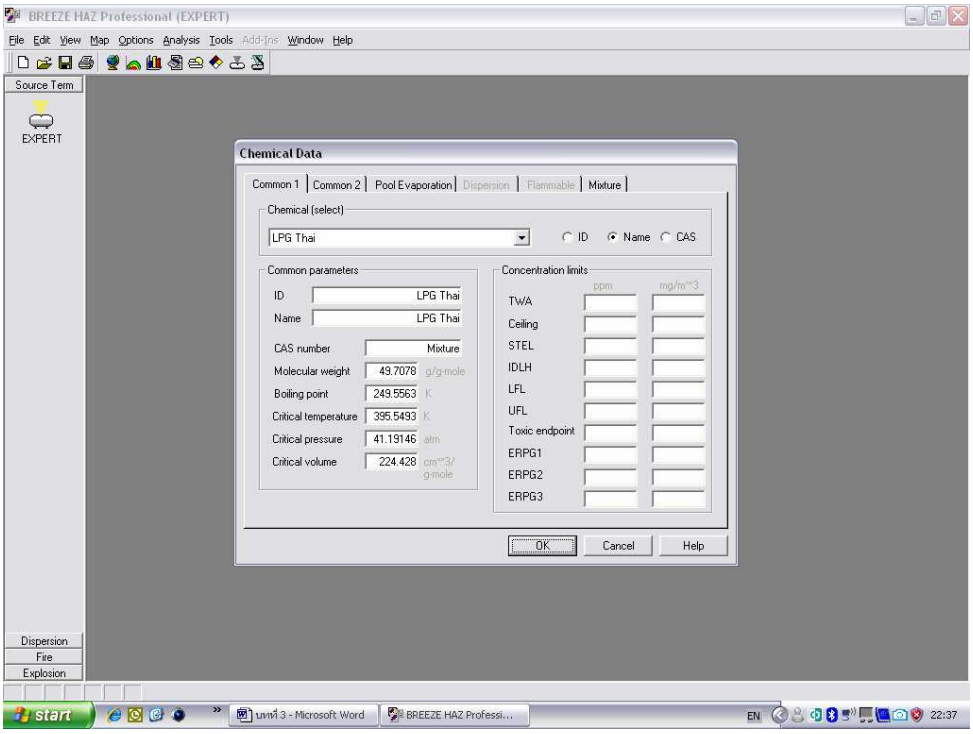
1. คลิ๊กที่ Source Term แล้วคลิ๊กที่ EXPERT



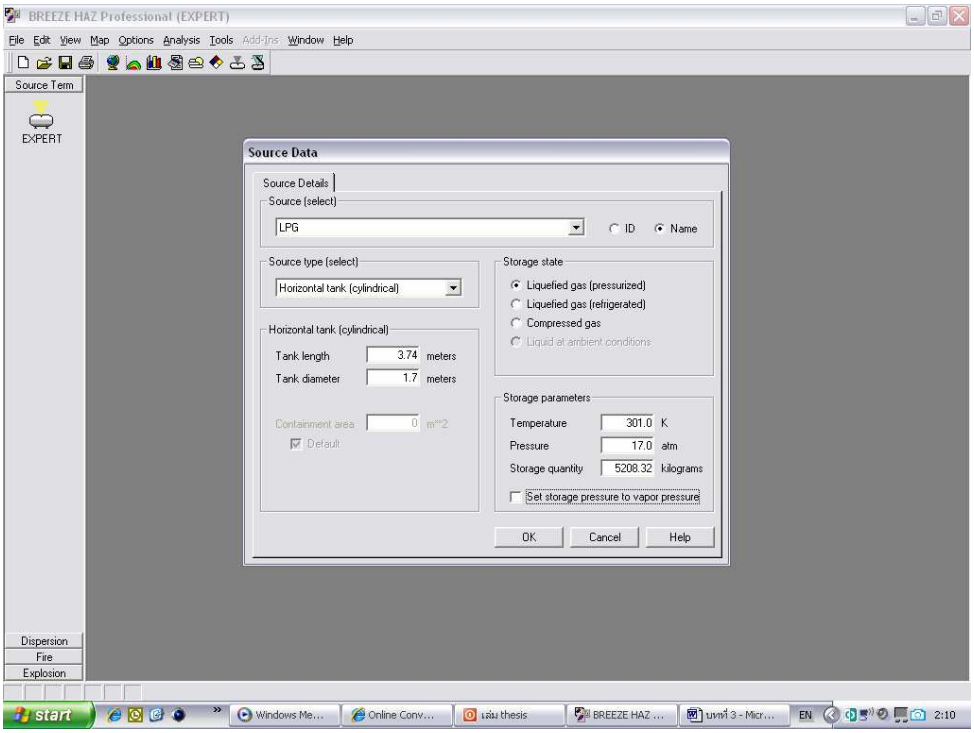
2. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Meteorological Data เพื่อใส่ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่สำหรับการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดชลบุรี (แสดงดังภาคผนวก ค)



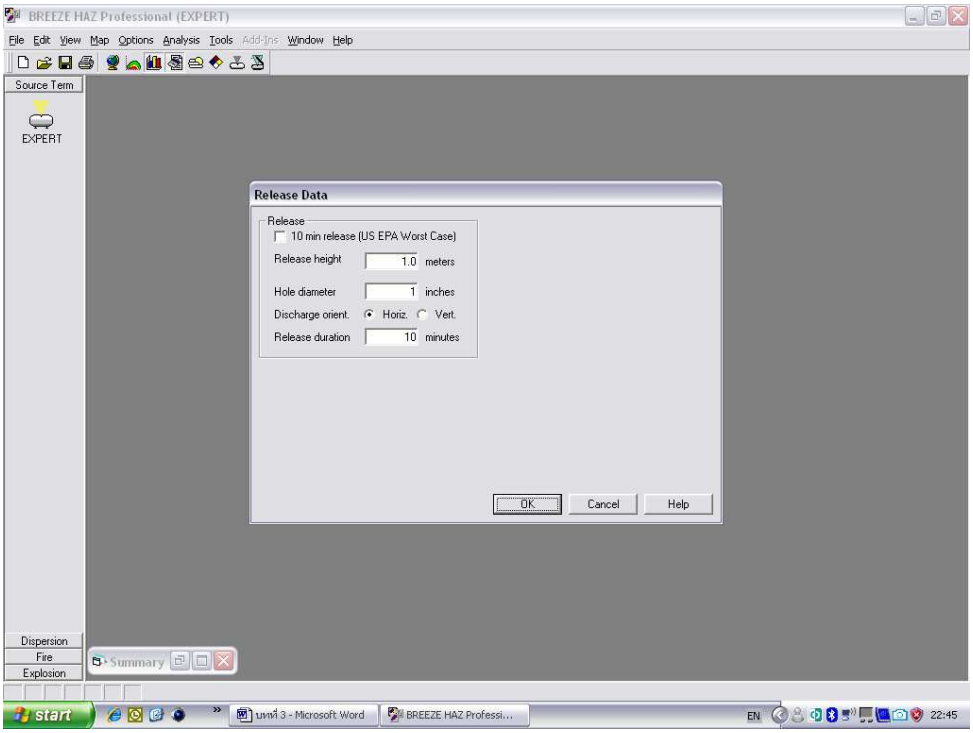
3. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Chemical Data เพื่อใส่ข้อมูลของสารเคมีที่ต้องการศึกษา



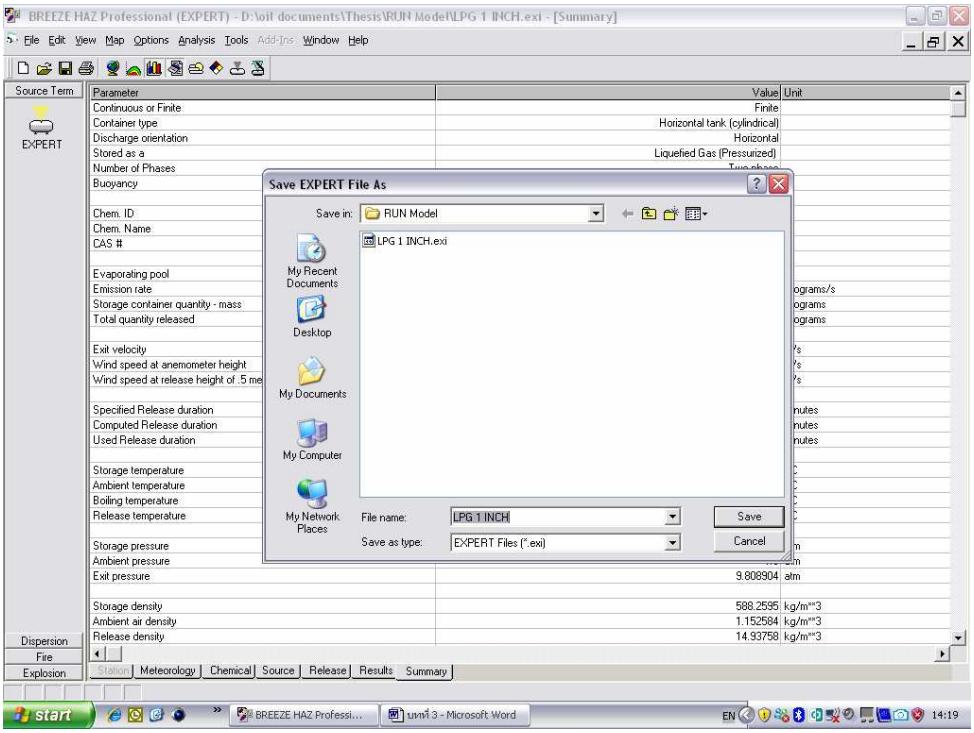
4. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Source Data เพื่อใส่ข้อมูลเกี่ยวกับการกักเก็บสารเคมี



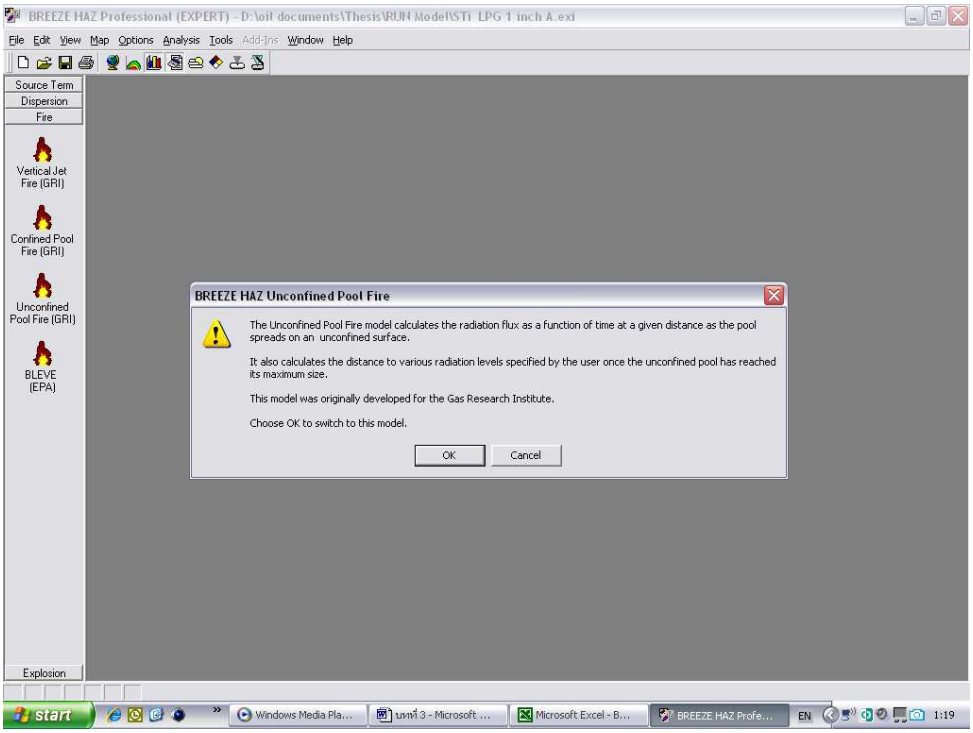
5. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Release Data เพื่อใส่ข้อมูลเกี่ยวกับการรั่วไหล



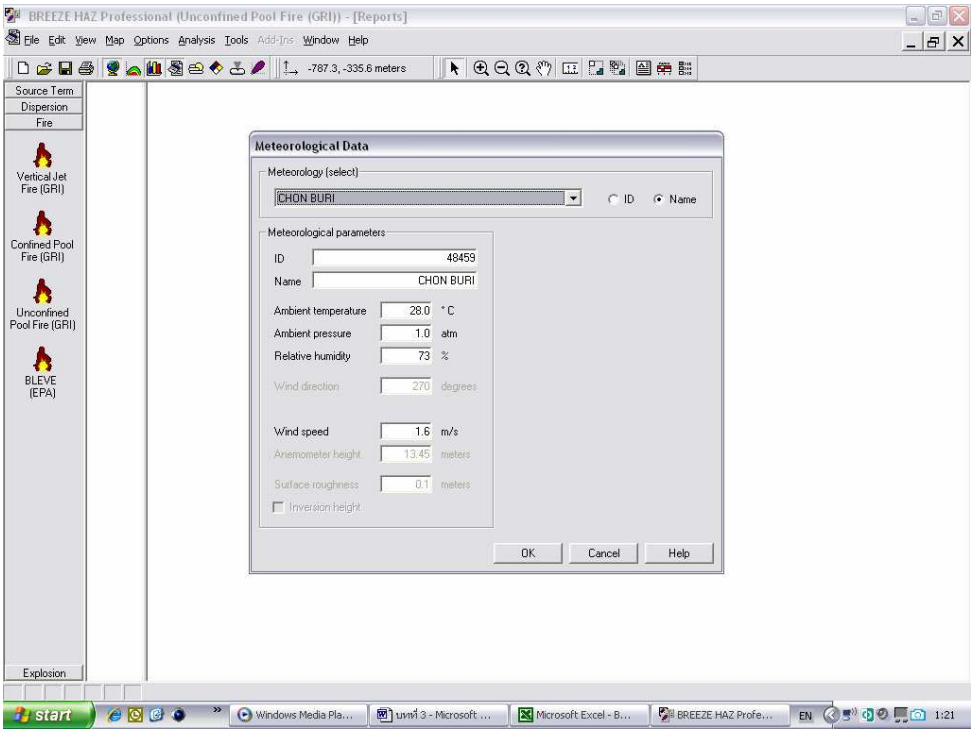
6. เมื่อทำการใส่ข้อมูลเบื้องต้นเรียบร้อยแล้ว EXPERT จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล ให้ Save ข้อมูลไว้ใน Folder ที่ต้องการ



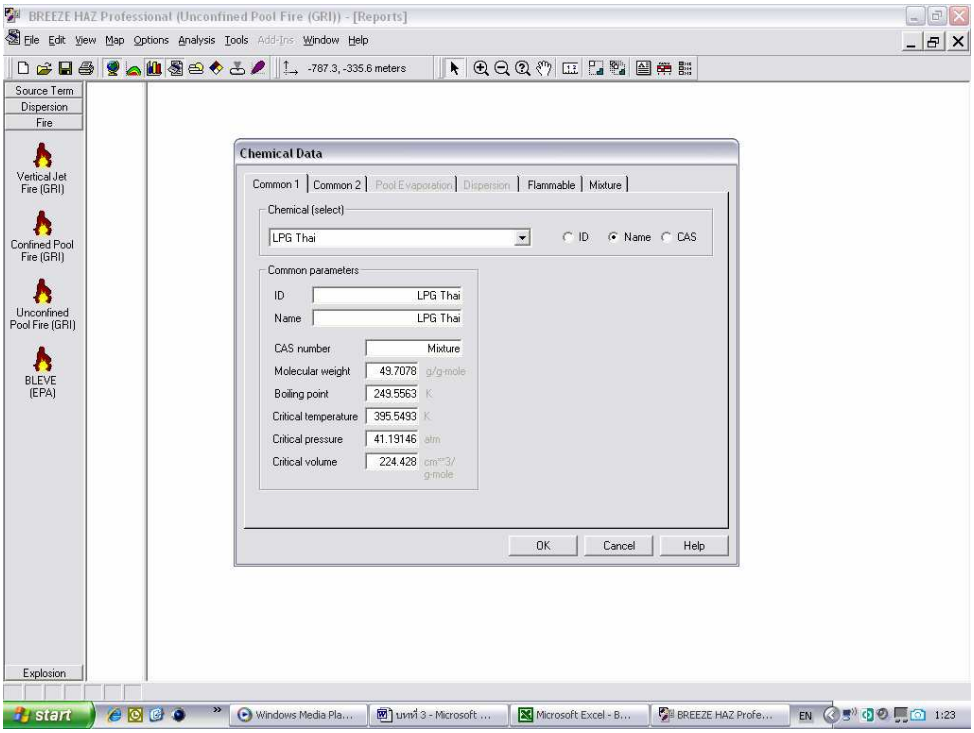
7. เลือกโปรแกรม Fire แล้วเลือกที่ Unconfined Pool Fire แล้วคลิ๊ก OK



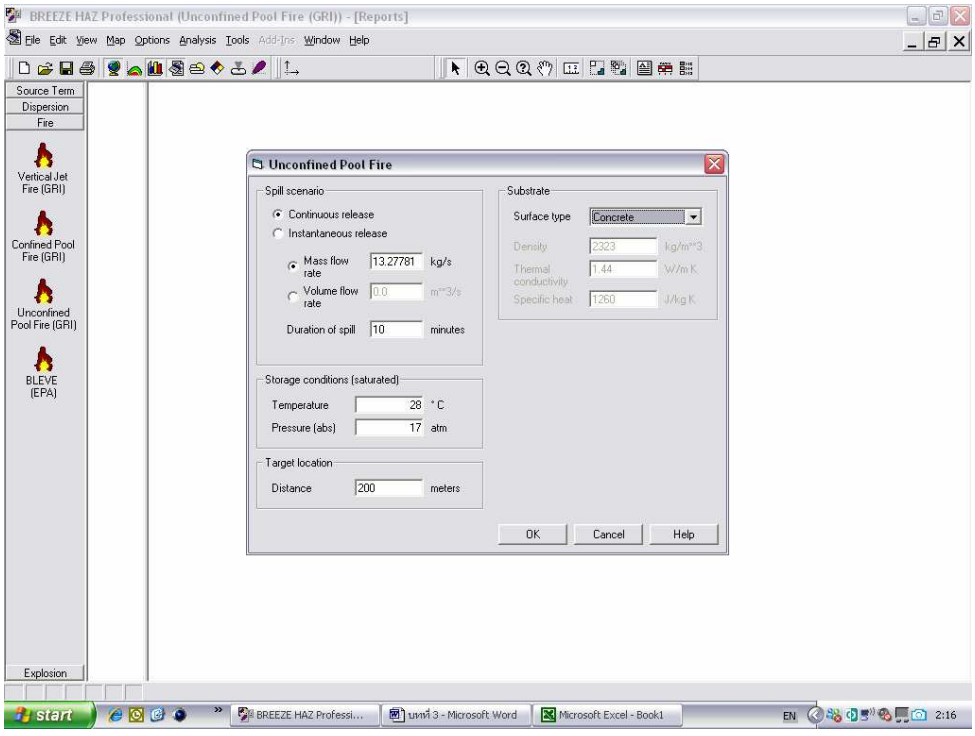
8. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Meteorological Data เพื่อใส่ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่



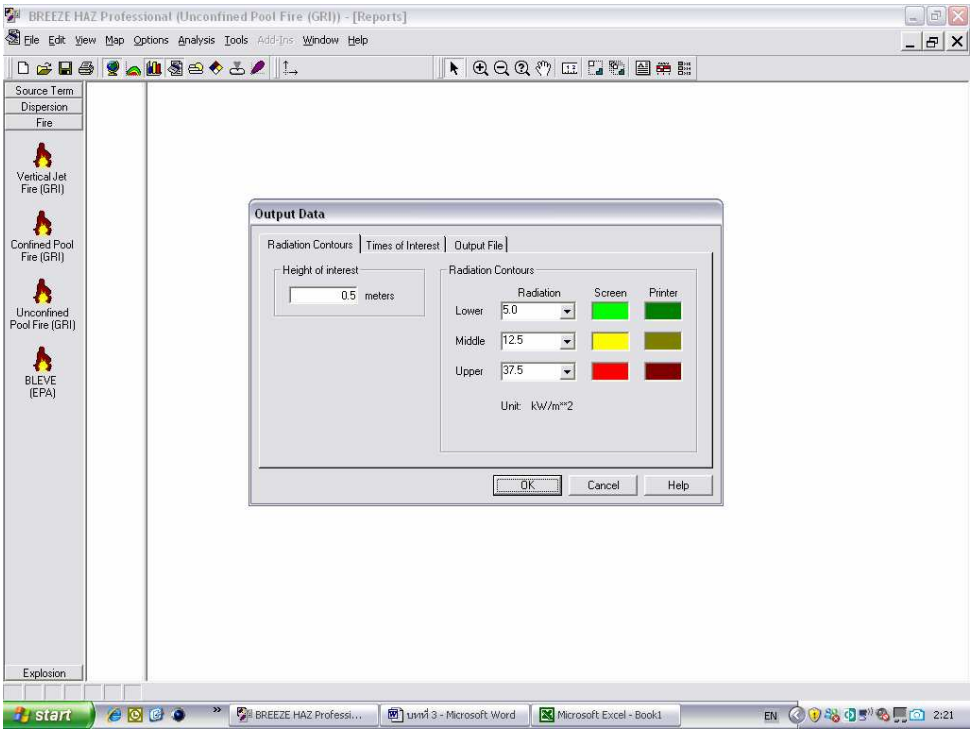
9. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Chemical Data เพื่อใส่ข้อมูลของสารเคมีที่ต้องการศึกษา



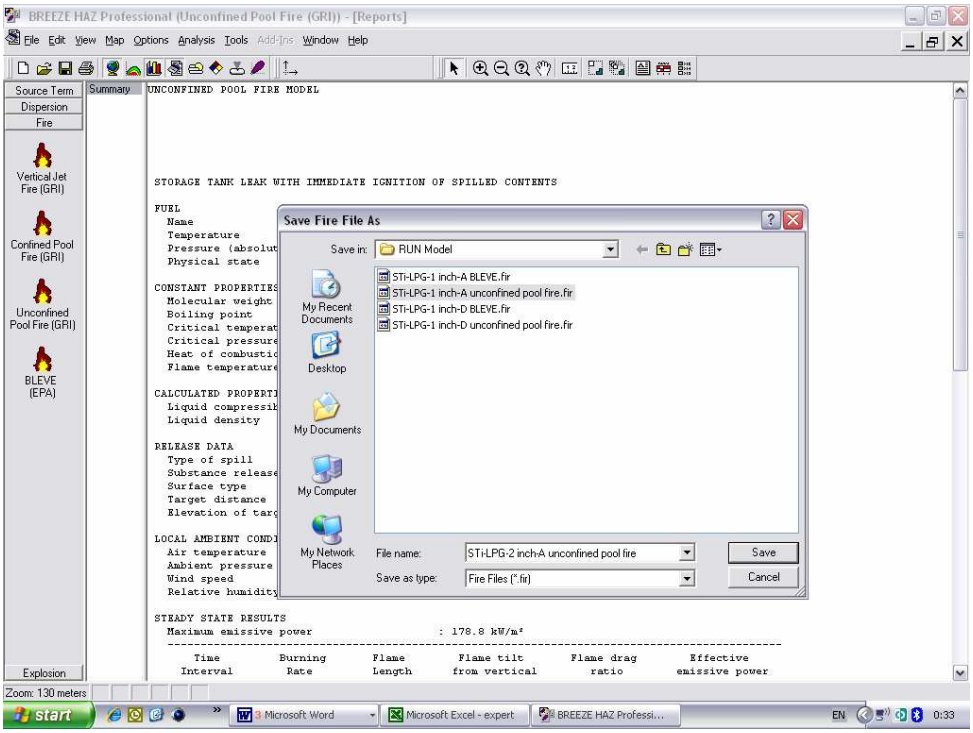
10. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Source Data เพื่อใส่ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการรั่วไหล ลักษณะการกักเก็บสาร ระยะของพื้นที่เป้าหมาย และลักษณะสภาพพื้นที่



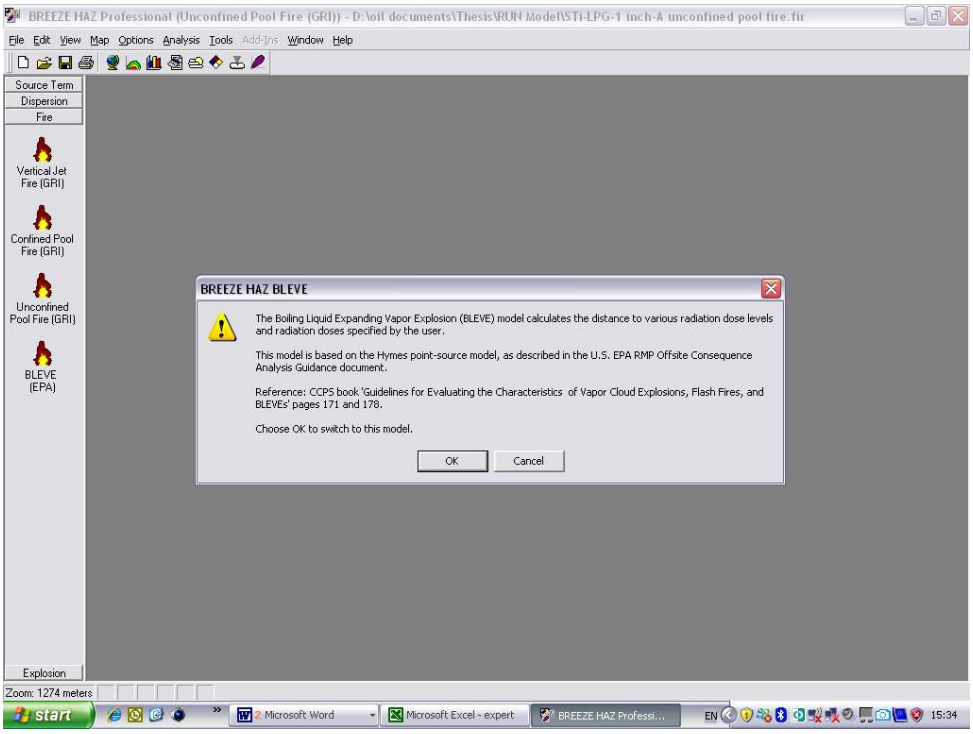
11. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Output Data เพื่อกำหนดค่า Radiation Contours



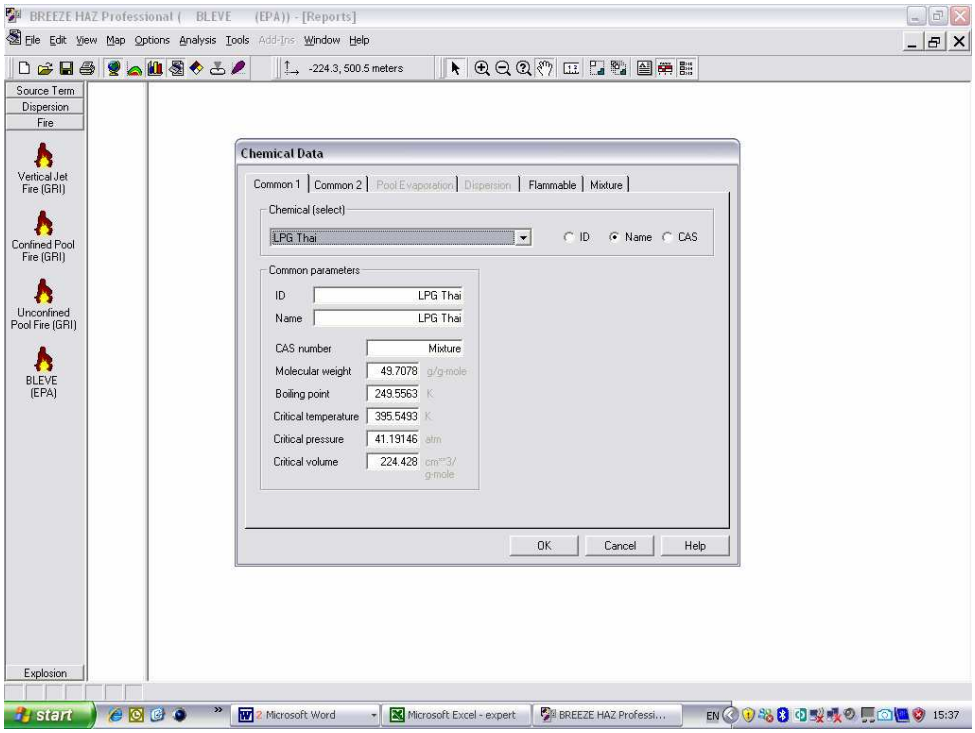
12. เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วโปรแกรม Unconfined Pool Fire จะทำการประมวลผล เสร็จแล้วให้ Save ข้อมูลไว้ใน Folder ที่ต้องการ



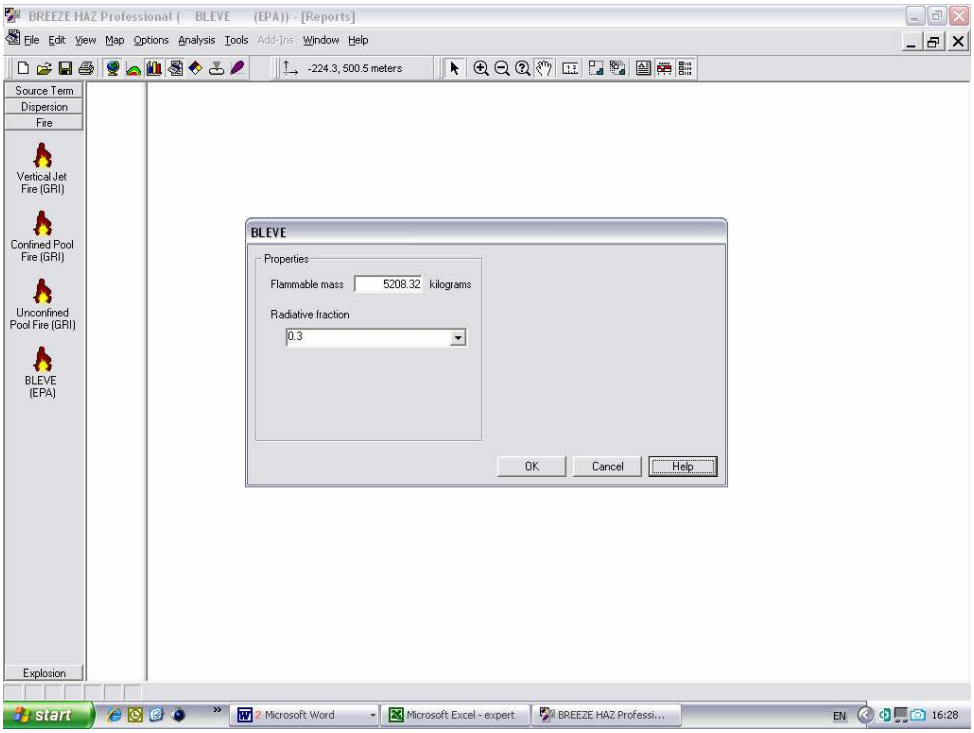
13. คลิ๊กโปรแกรมย่อย BLEVE ในส่วนของโปรแกรม Fire แล้วคลิ๊ก OK



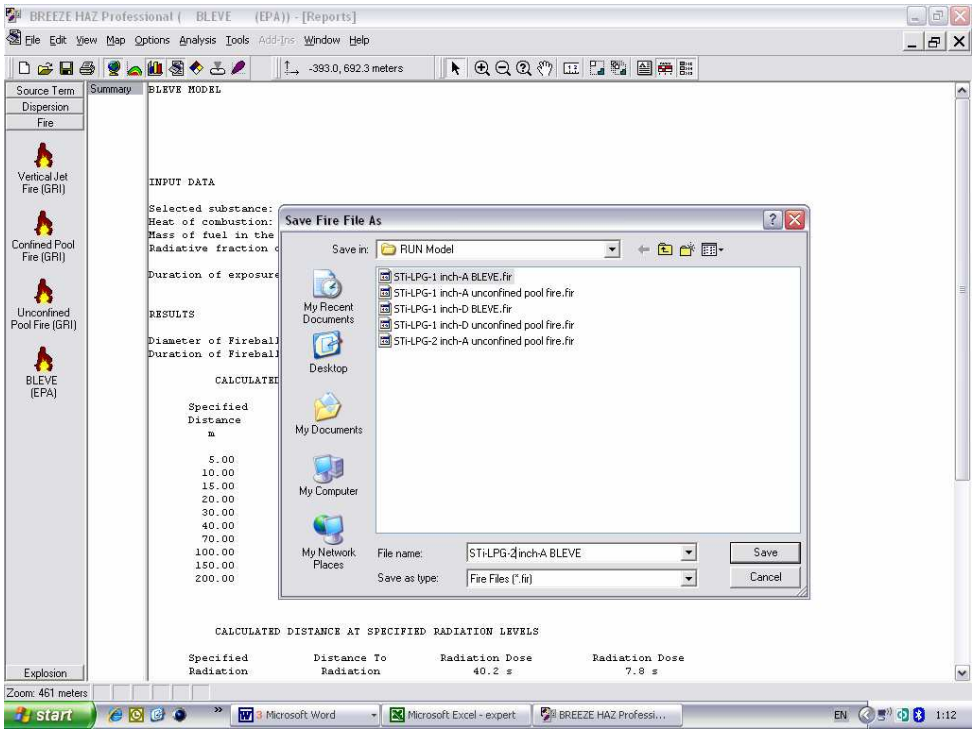
14. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Chemical Data เพื่อใส่ข้อมูลของสารเคมีที่ต้องการศึกษา



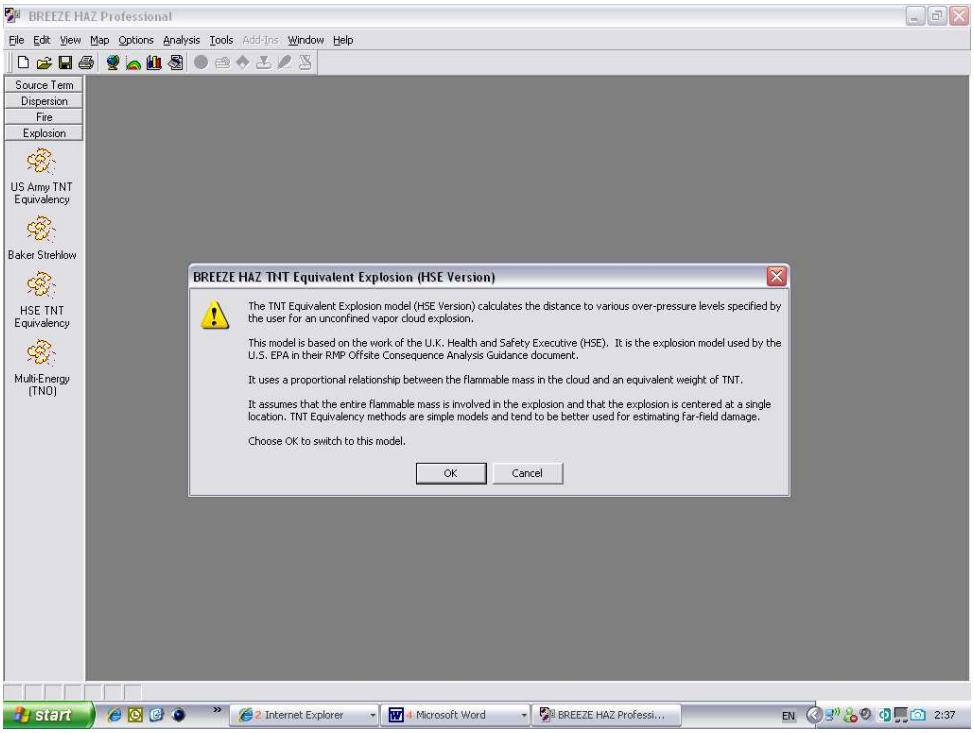
15. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Source Data เพื่อใส่ค่า Flammable mass และ Radiative fraction



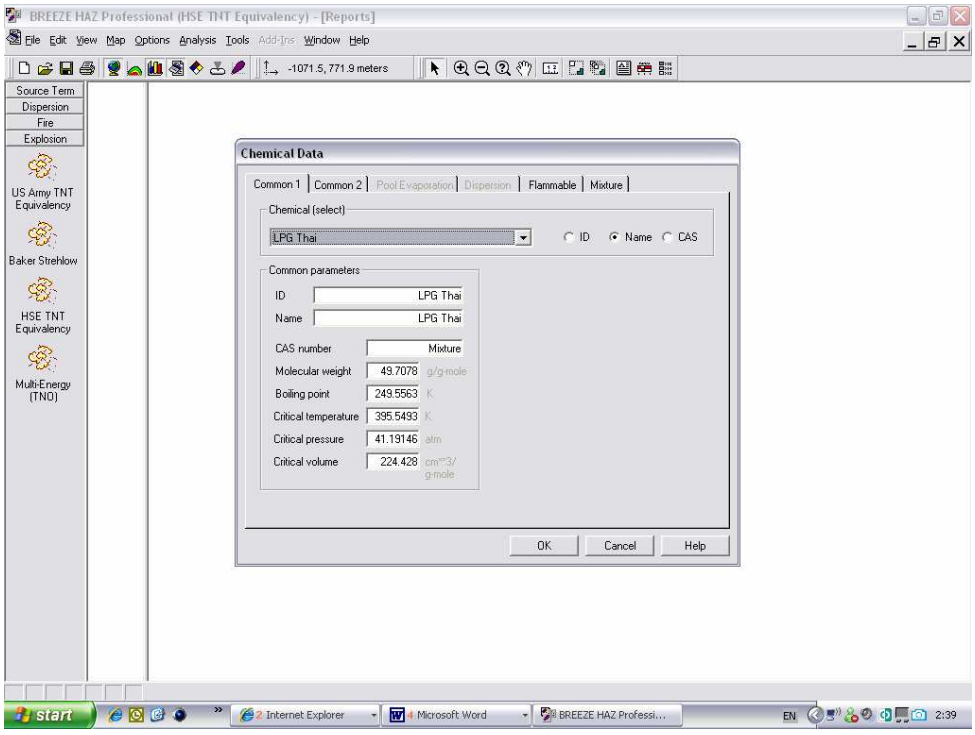
16. เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วโปรแกรม BLEVE จะทำการประมวลผล เสร็จแล้วให้ Save ข้อมูลไว้ใน Folder ที่ต้องการ



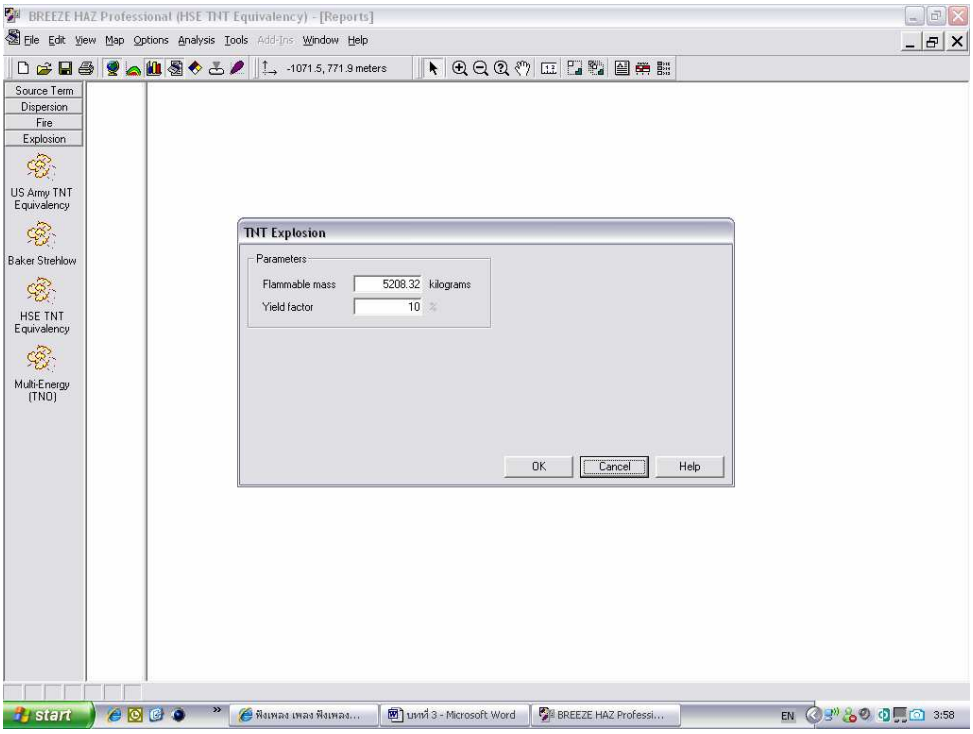
17. เลือกโปรแกรม Explosion แล้วเลือกที่ HSE TNT Equivalency แล้วคลิ๊ก OK



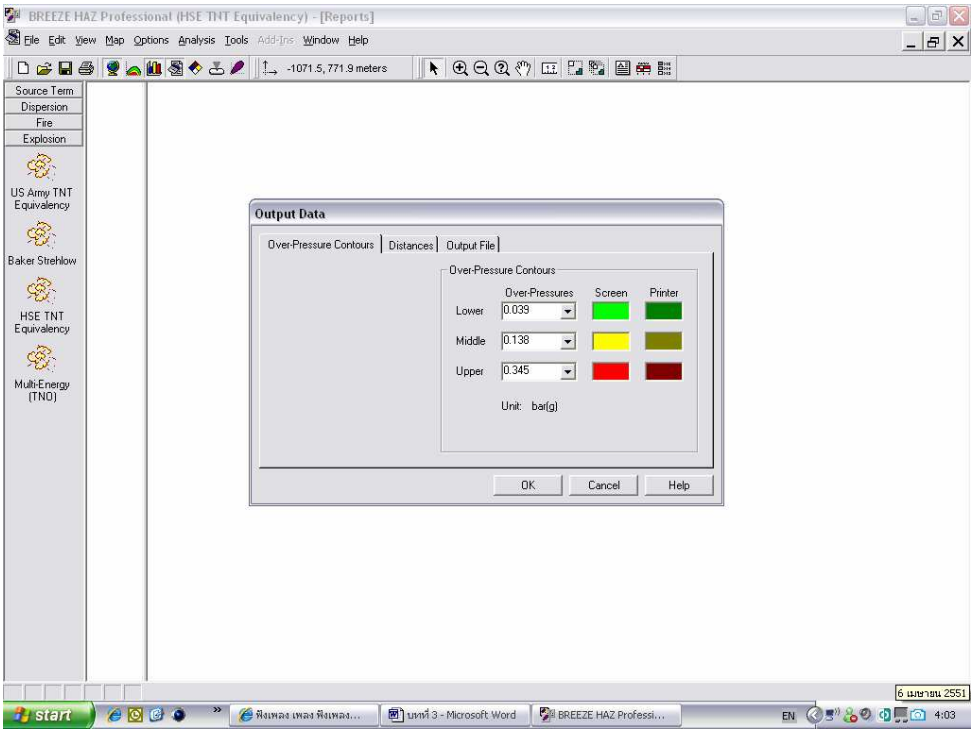
18. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Chemical Data เพื่อใส่ข้อมูลของสารเคมีที่ต้องการศึกษา



19. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Source Data เพื่อใส่ค่า Flammable mass และ Yield factor



20. คลิ๊กที่ Options แล้วเลือก Output Data เพื่อกำหนดค่า Over-Pressure Contours



21. เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วโปรแกรม Explosion จะทำการประมวลผล เสร็จแล้วให้ Save ข้อมูลไว้ใน Folder ที่ต้องการ