บทที่ 3 การออกแบบและการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาออกแบบเตาอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมในการสร้างอากาศร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งศึกษาตัวแปรทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมในการกำหนดขั้นตอนและเงื่อนไขในกระบวนการอบแห้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดความสิ้นเปลืองต้นทุนพลังงาน โดยการดำเนินงานเริ่มจากการใช้เทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ (Computational fluid dynamics, CFD) เพื่อใช้ศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศ และศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ ในการศึกษาออกแบบปรับปรุงการไหลของอากาศภายในเตาโดยเน้นการกระจายตัวอากาศแต่ละชั้นให้มีความสม่ำเสมอมากที่สุด โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลขแบบเดียวกันเพื่อออกแบบเตาจำลองในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรออกแบบ คือ การกระจายตัวของเวคเตอร์ความเร็ว ระยะห่างระหว่างชั้นที่เหมาะสม ขนาดของเตา และ มุมเข้าของอากาศโดยการปรับมุมครีบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างเตาอบแห้งต้นแบบต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการศึกษาออกแบบเตาอบแห้งต้นแบบนั้นสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

- การจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ
- การออกแบบโมเดลเตาอบแห้ง และการจำลองโมเดลเตาอบแห้ง
- การออกแบบเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม
  และการจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

3.1 การจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

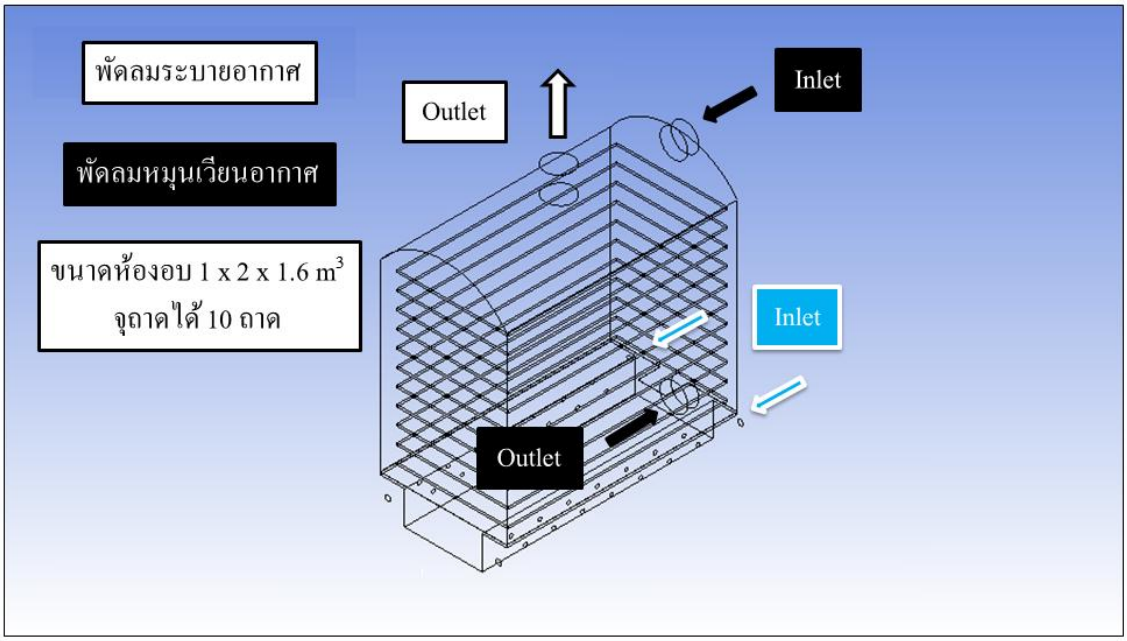
3.1.1 แบบจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

การจำลองการไหลของอากาศภายในห้องอบของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ โดยอาศัยโปรแกรมช่วยคำนวณเชิงตัวเลข (CFD) เพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศภายในห้อง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรต่างๆ เช่น ความเร็วลม ความดัน อุณหภูมิ และทิศทางการไหลของอากาศ เป็นต้น เพื่อหาสภาวะที่ทำให้ลมร้อนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอที่สุด เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งในการศึกษา ได้ทำการจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งภายในเตาอบกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร และสูง 1.6 เมตร บรรจุได้ 10 ชั้น แต่ละ

ชั้นห่างกันชั้นละ 14 เซนติเมตร พัดลมระบายอากาศอยู่ตำแหน่งด้านบนของห้องอบ อัตราการไหลเชิงมวลของการระบายอากาศเท่ากับ 0.056 กิโลกรัมต่อวินาที และพัดลมหมุนเวียนอากาศอยู่ตำแหน่งด้านหลังของห้องอบ ในการหมุนเวียนอากาศพัดลมจะดูดอากาศจากด้านล่างสู่ด้านบนของห้องอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 อัตราการไหลเชิงมวลของการหมุนเวียนอากาศเท่ากับ 0.048 กิโลกรัม

รูปที่ 3.1 เตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

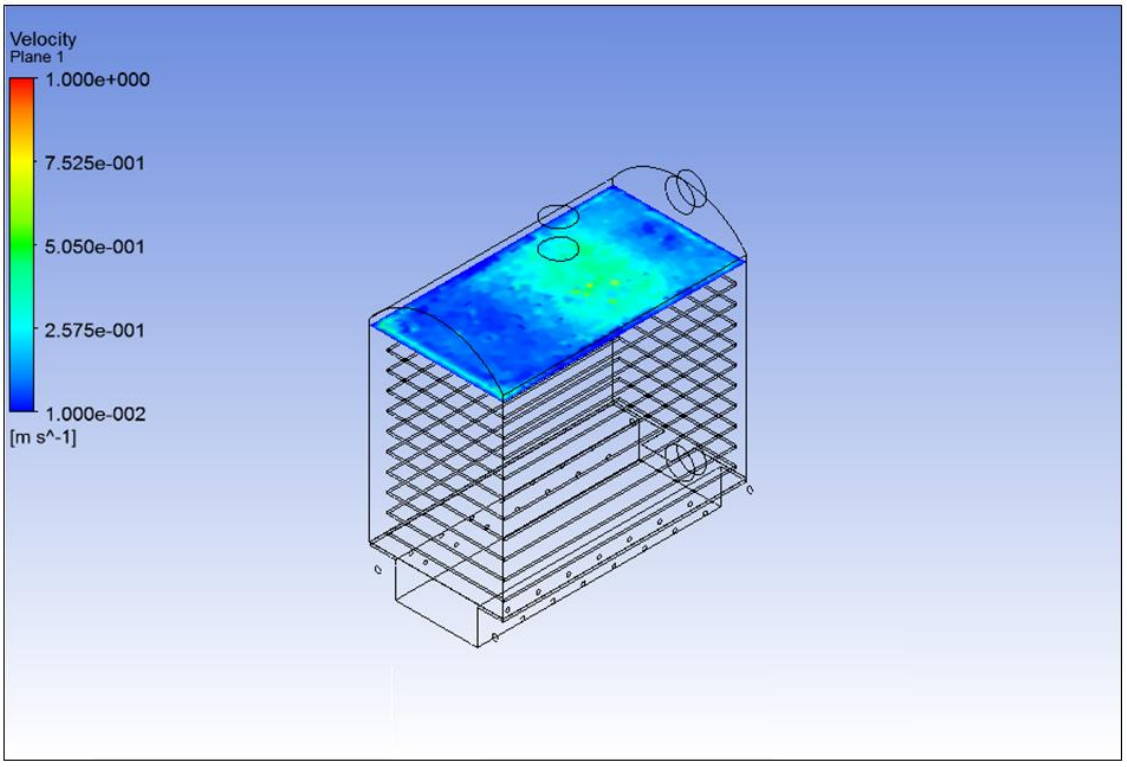
จากข้อมูลพื้นฐานของเตาอบเดิมสามารถวาดแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 งานวิจัยนี้ใช้การจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ภายใต้สภาวะคงตัว (Steady state) สมการควบคุม (Governing equation) ใช้สมการการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence model) โดยใช้แบบจำลอง Standard $k-\varepsilon$ จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณร่วมกับสมการอนุรักษ์มวล (Continuity equation) และสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum equation) เงื่อนไขขอบเขตของเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศขาเข้าและขาออกเท่ากับ 0.056 กิโลกรัมต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศในระบบหมุนเวียนอากาศเท่ากับ 0.048 กิโลกรัม อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส



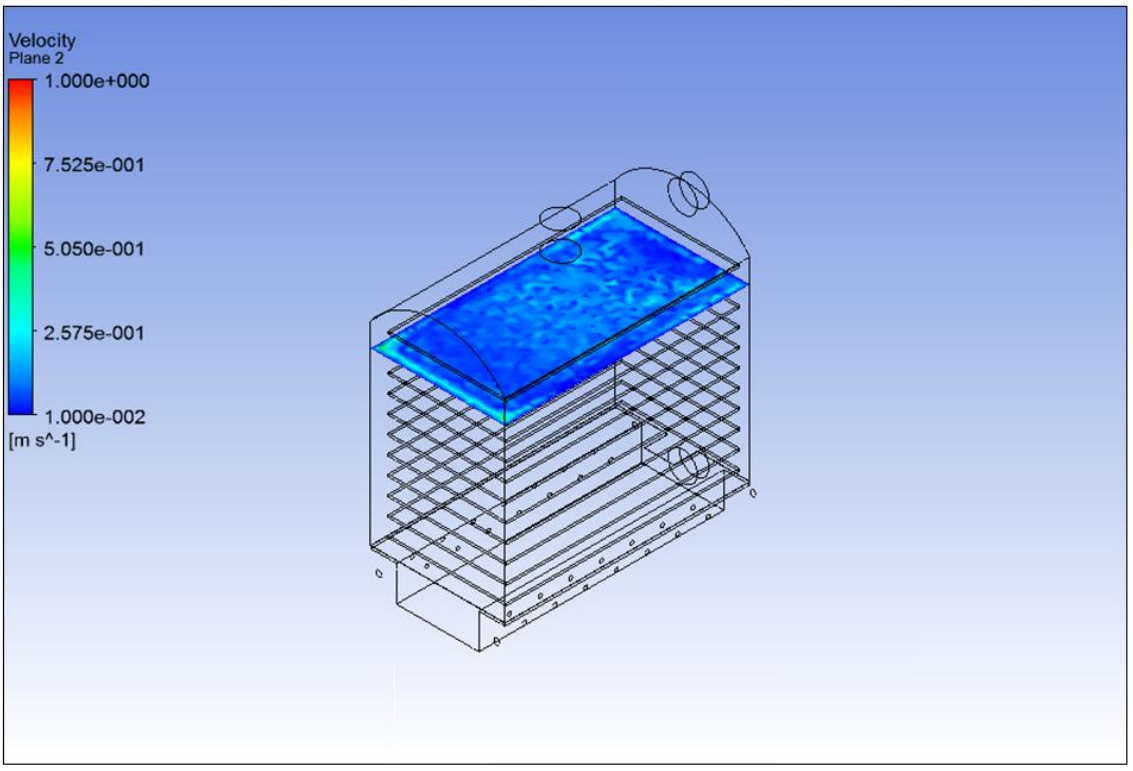
รูปที่ 3.2 แบบจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

3.1.2 ผลการจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

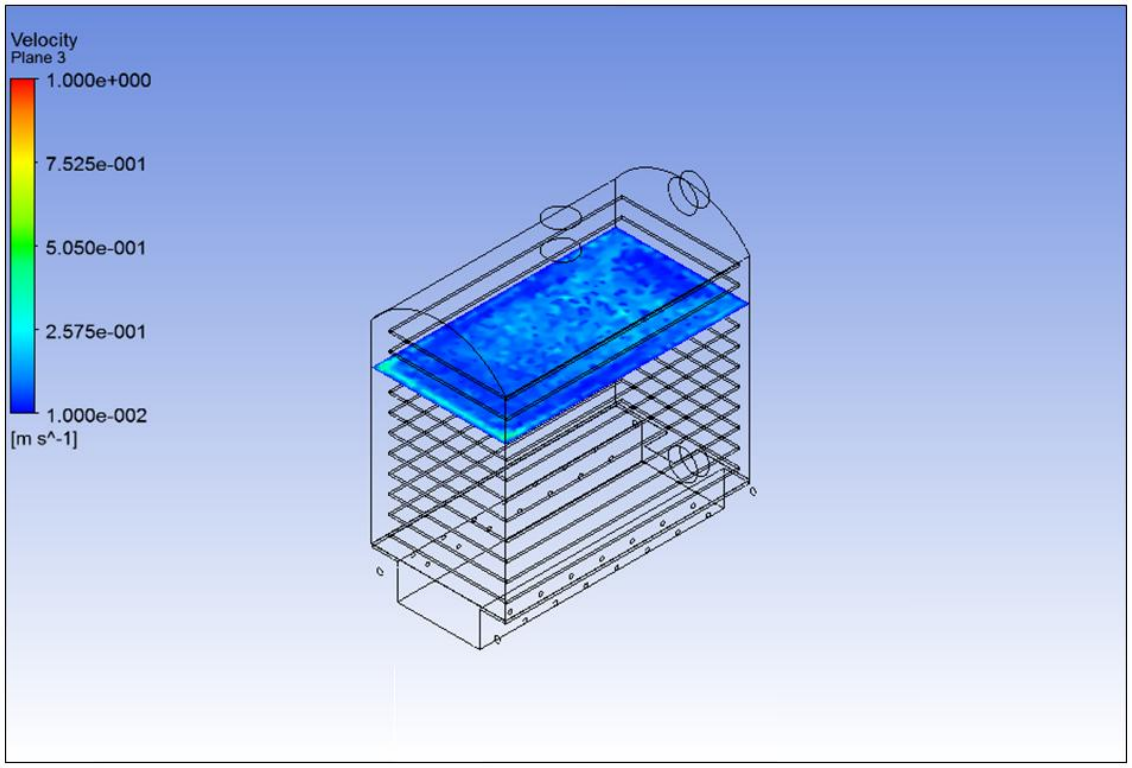
ผลการจำลองการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 นำผลที่ได้จากการจำลองแสดงในรูปของพื้นผิวความเร็ว ซึ่งสีของพื้นผิวแสดงอัตราเร็วของอากาศในช่วง 0.01 – 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งสีน้ำเงินอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.01 เมตรต่อวินาที สีฟ้าอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที สีเขียวอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที สีเหลืองอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.75 เมตรต่อวินาที และสีแดงอัตราเร็วของอากาศประมาณ 1 เมตรต่อวินาที จากผลการจำลอง พบว่า อัตราเร็วลมที่ไหลผ่านถาดแต่ละชั้นมีค่าต่ำ และการกระจายตัวของอากาศภายในเตาอบมีความไม่สม่ำเสมอเป็นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลในเตาที่ได้จากการวัดจริง เนื่องมาจากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศไม่ได้ออกแบบให้อากาศไหลผ่านแต่ละชั้นของห้องอบได้อย่างทั่วถึง


Velocity
Plane 1
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

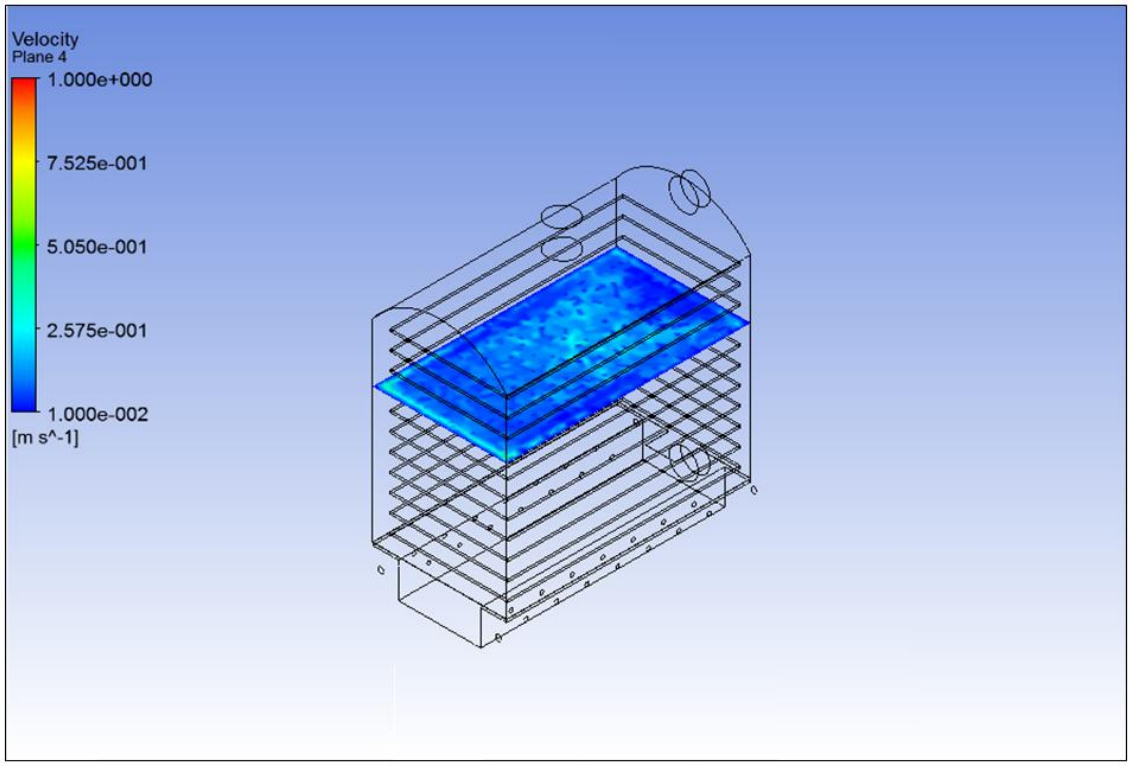
ภาคที่ 1


Velocity
Plane 2
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

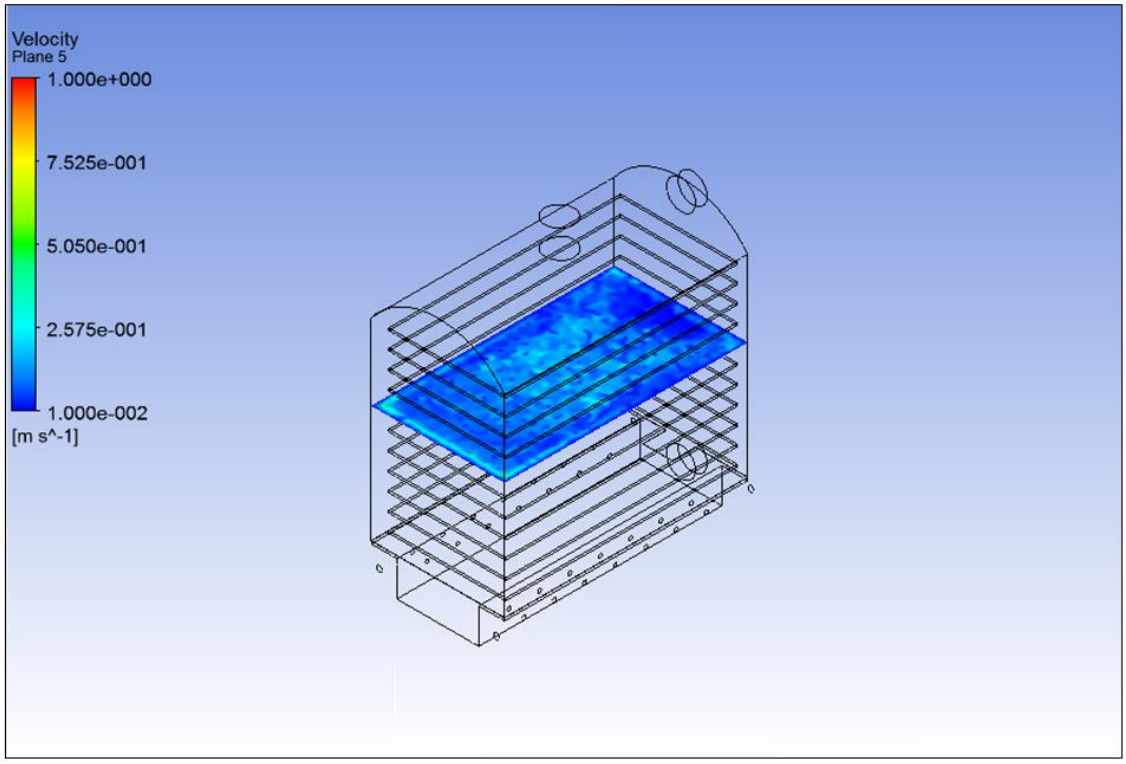
ภาคที่ 2


Velocity
Plane 3
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

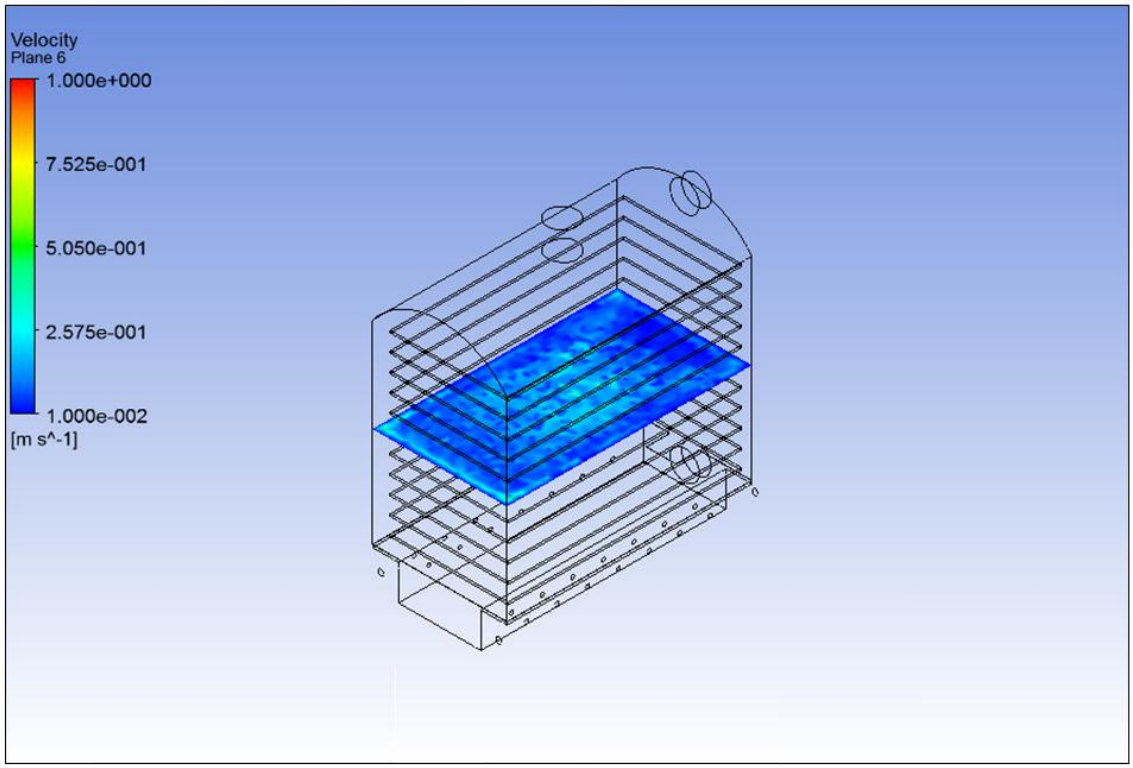
ถาดที่ 3


Velocity
Plane 4
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

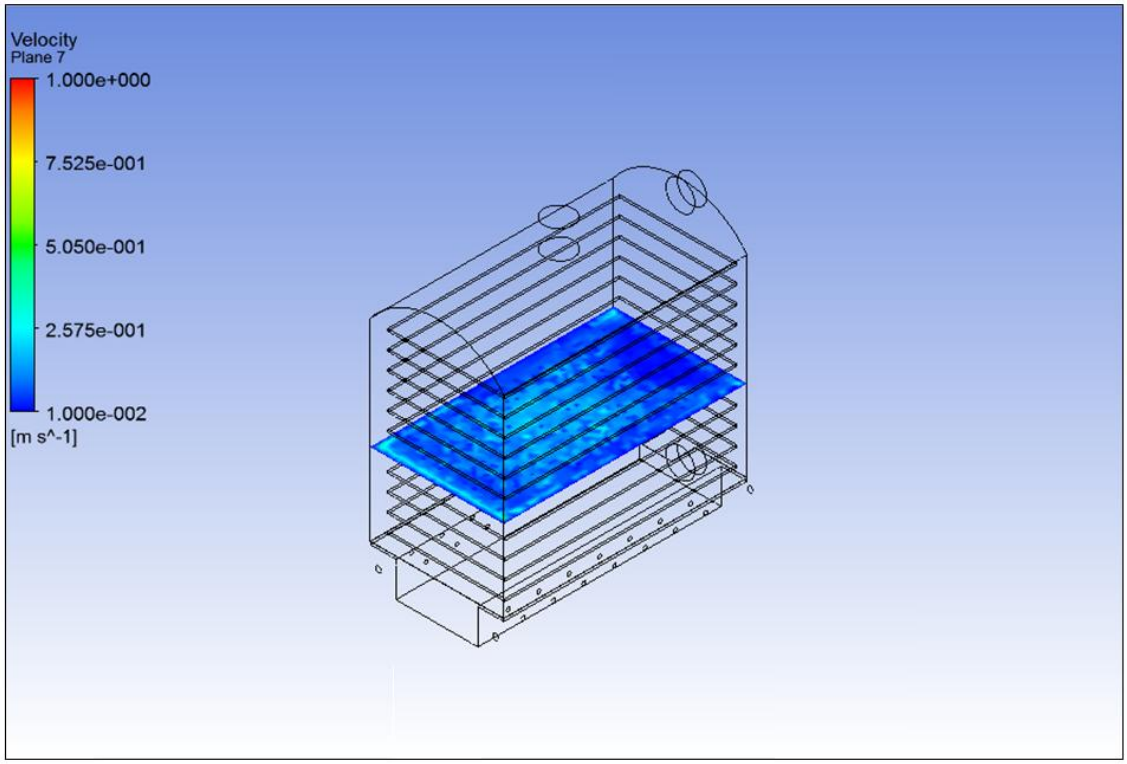
ถาดที่ 4


Velocity
Plane 5
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

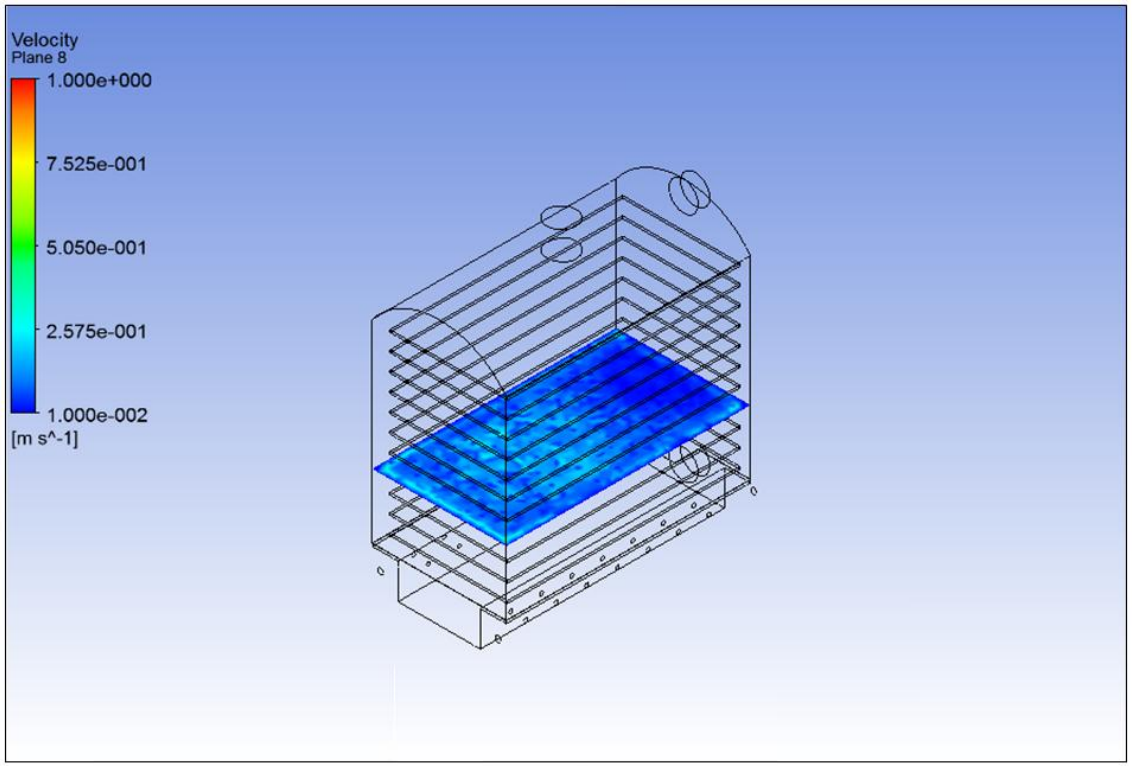
ภาคที่ 5


Velocity
Plane 6
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

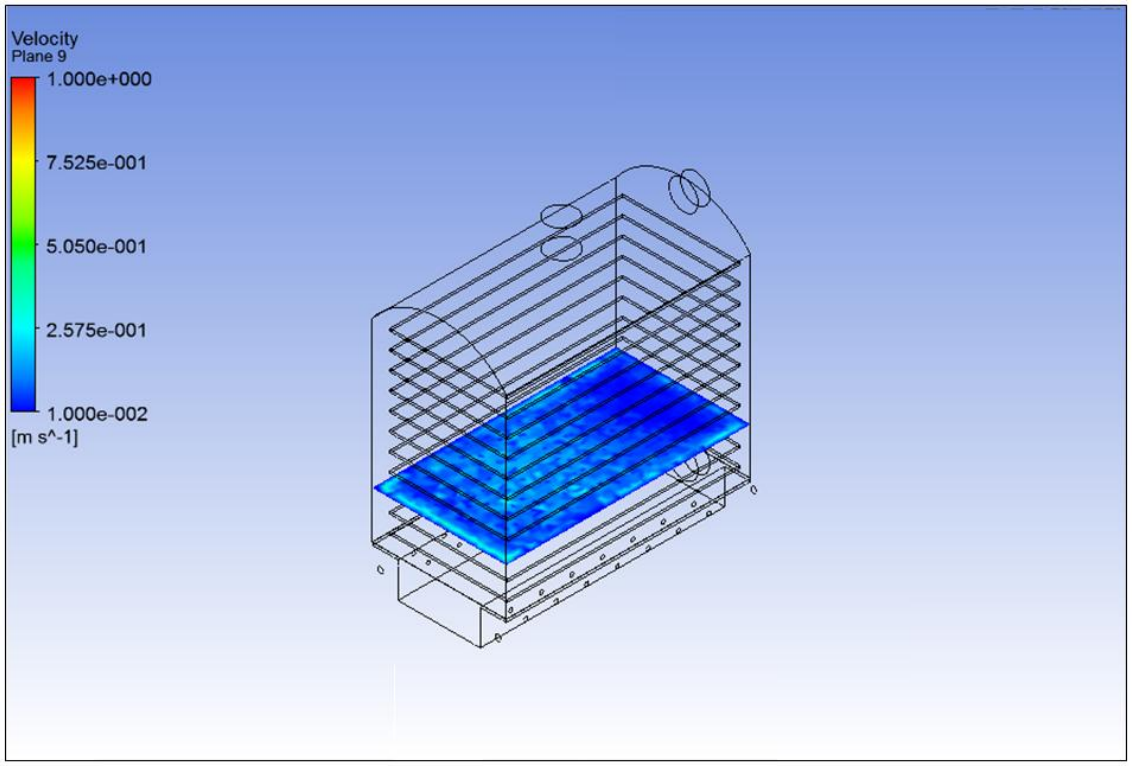
ภาคที่ 6


Velocity
Plane 7
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

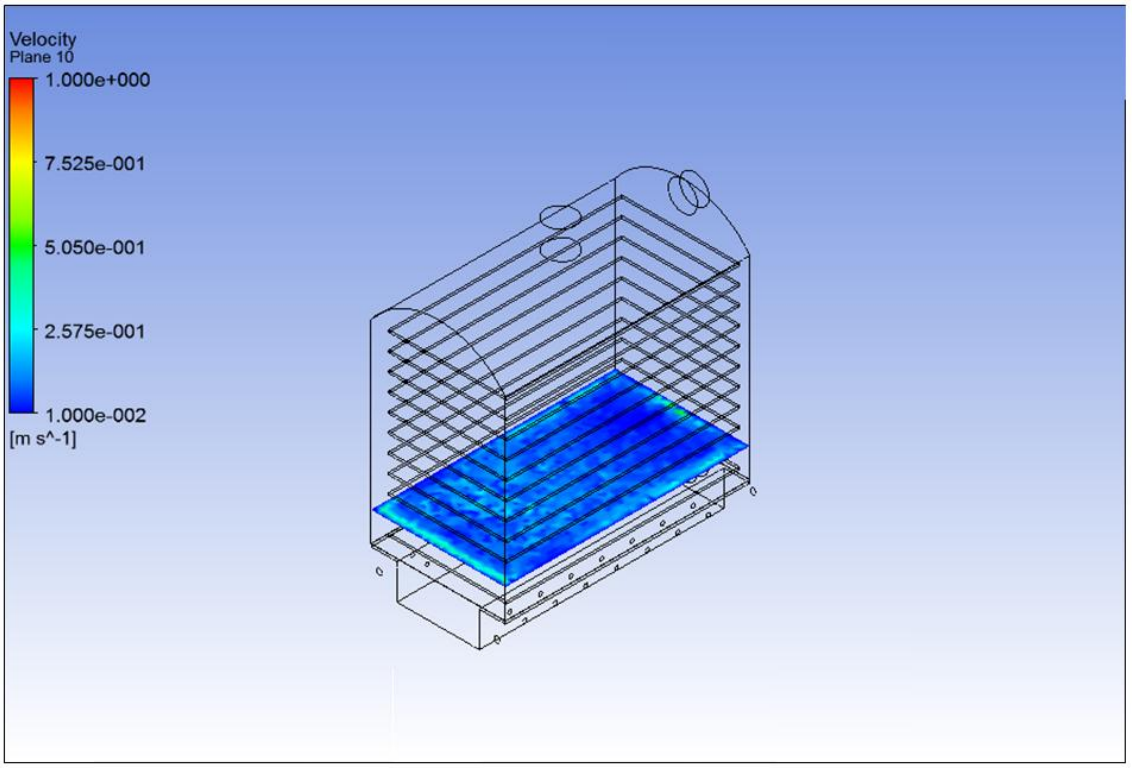
ถาดที่ 7


Velocity
Plane 8
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

ถาดที่ 8



ถาดที่ 9



ถาดที่ 10

รูปที่ 3.3 แสดงผลการจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

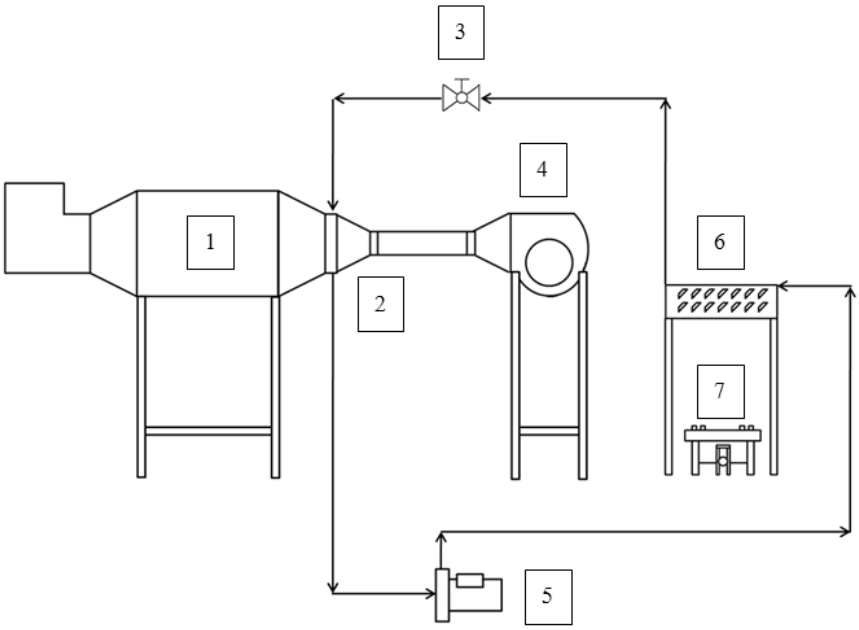
3.1.3 สรุปผลการจำลองเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ

จากผลการจำลองการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ พบว่า อัตราเร็วลมที่ไหลผ่านถาดแต่ละชั้นมีค่าต่ำ ส่งผลให้การกระจายความร้อนภายในเตาอบไม่ดี ซึ่งเป็นสาเหตุให้เจ้าหน้าที่จำเป็นต้องใช้วิธีเปิดประตูเตาอบเพื่อสลับถาด ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อน รวมทั้งมีการสูญเสียของผลิตภัณฑ์เนื่องมาจากมีการร่วงหล่นของดอกคาโมมายล์ขณะทำการสลับถาด

3.2 การออกแบบและการจำลองโมเดลเตาอบแห้ง

3.2.1 การออกแบบโมเดลเตาอบแห้ง

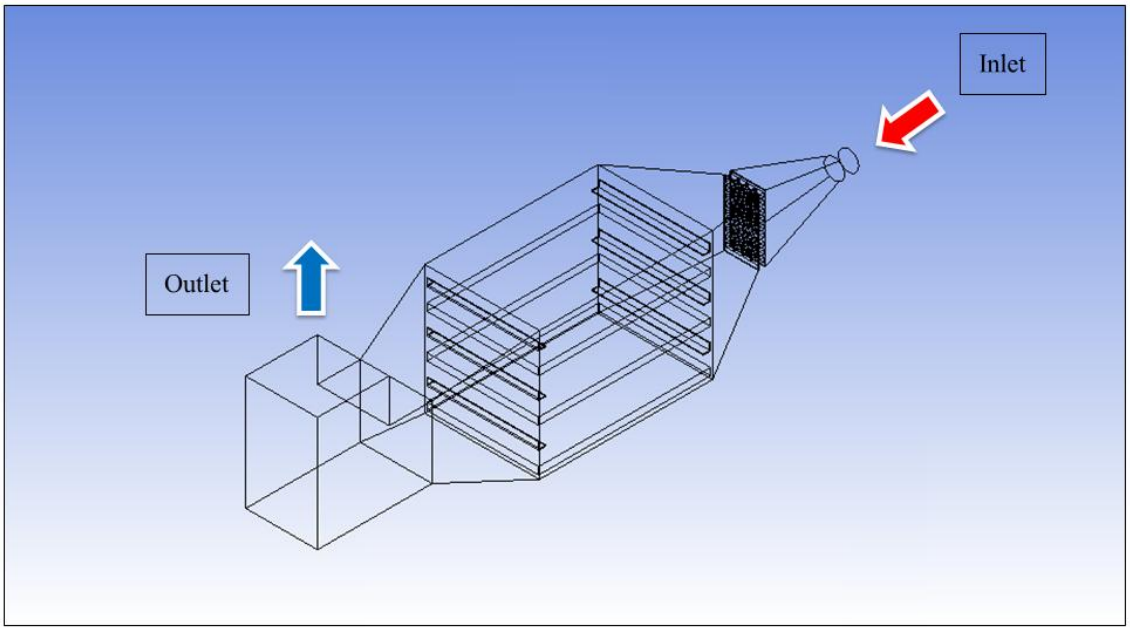
ในการออกแบบขนาดความจุของโมเดลเตาอบแห้ง ทำโดยการย่อขนาดของเตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะรวมทั้งการปรับปรุงระยะห่างระหว่างชั้นให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ลักษณะของวิธีการอบแห้งที่ใช้เป็นแบบกะ (Batch) โมเดลเตาอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 3.4 ยังคงเป็นเตาอบแห้งแบบตู้ (Cabinet oven) ชนิดถาดอยู่กับที่ ในการออกแบบโมเดลเตาอบแห้งที่อาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมในการสร้างอากาศร้อน มีสิ่งที่ควรพิจารณา ดังนี้ เช่น ความหนาแน่นของวัสดุที่ใส่ลงในแต่ละถาดเท่าเดิมกับของทางโครงการหลวงสะโงะ และการกระจายลมภายในห้องอบแห้งต้องมีความสม่ำเสมอเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นจากการสลับถาด



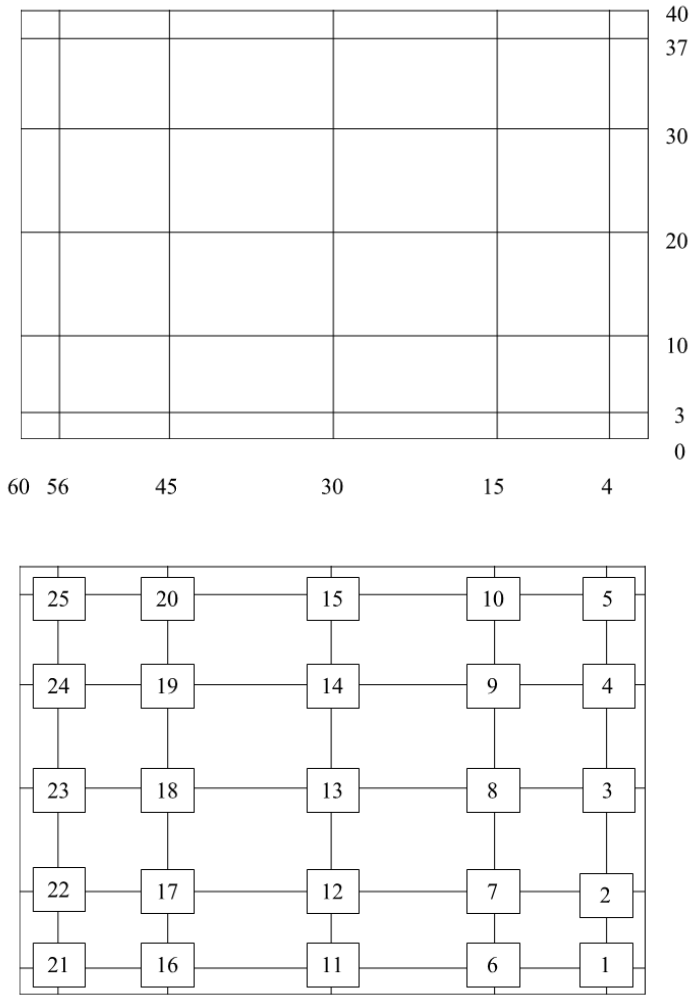
รูปที่ 3.4 แผนผังโมเดลเตาอบแห้ง (1) ตู้อบแห้ง (2) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 (3) วาล์ว (4) พัดลม (5) ปั๊มน้ำร้อน (6) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 และ (7) หัวเผา

3.2.2 การจำลองโมเดลเตาอบแห้ง

การจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ของอากาศภายในโมเดลเตาอบแห้ง ขนาดห้องอบกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.6 เมตร และสูง 0.45 เมตร ทำการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ภายใต้สภาวะคงตัว (Steady state) สมการควบคุม (Governing equation) ใช้สมการการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence model) โดยใช้แบบจำลอง Standard $k-\varepsilon$ จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณร่วมกับสมการอนุรักษ์มวล (Continuity equation) และสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum equation) โดยกำหนดการให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศขาเข้าเท่ากับ 0.14 กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กำหนดลักษณะการไหลผ่านตู้อบ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนทำงานสร้างเตาขนาดใหญ่ในการใช้งานอบจริง ได้ทำการเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลของอากาศกับอัตราเร็วลมภายในเตาอบแห้งที่ได้จากการวัดจริง ซึ่งตำแหน่งที่ทำการวัดอัตราเร็วลมแบ่งออกเป็นจุด (Node) ทั้งหมด 25 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.6



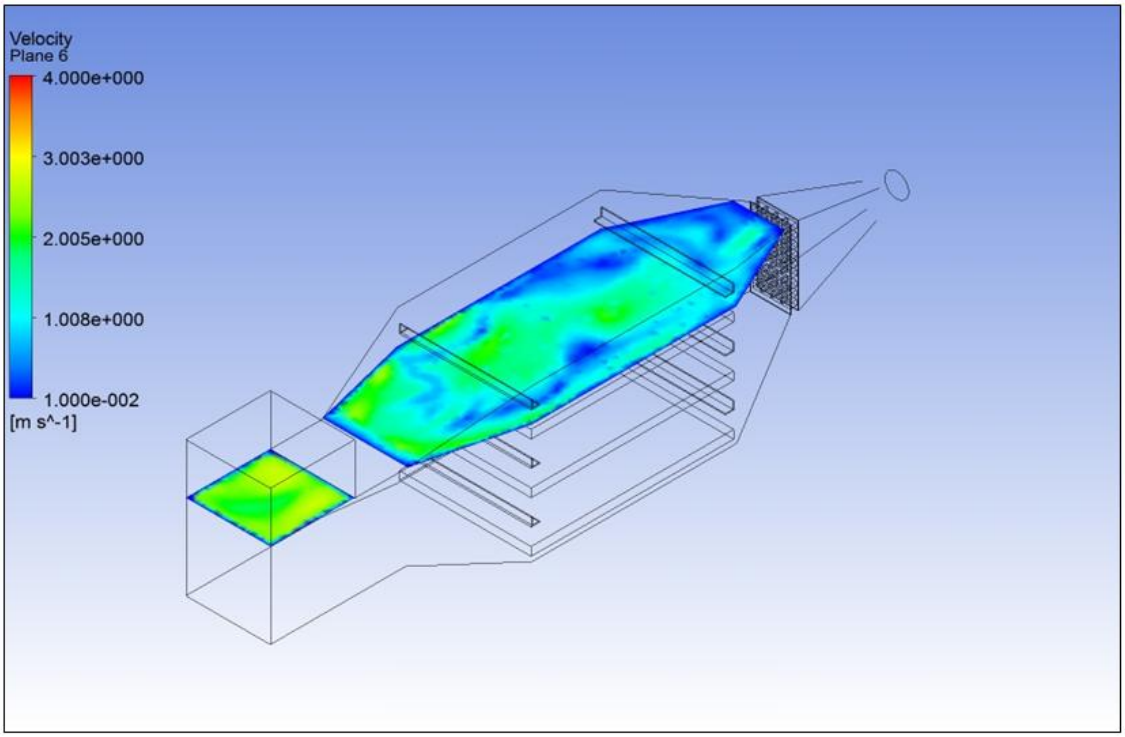
รูปที่ 3.5 แบบจำลองโมเดลเตาอบแห้ง



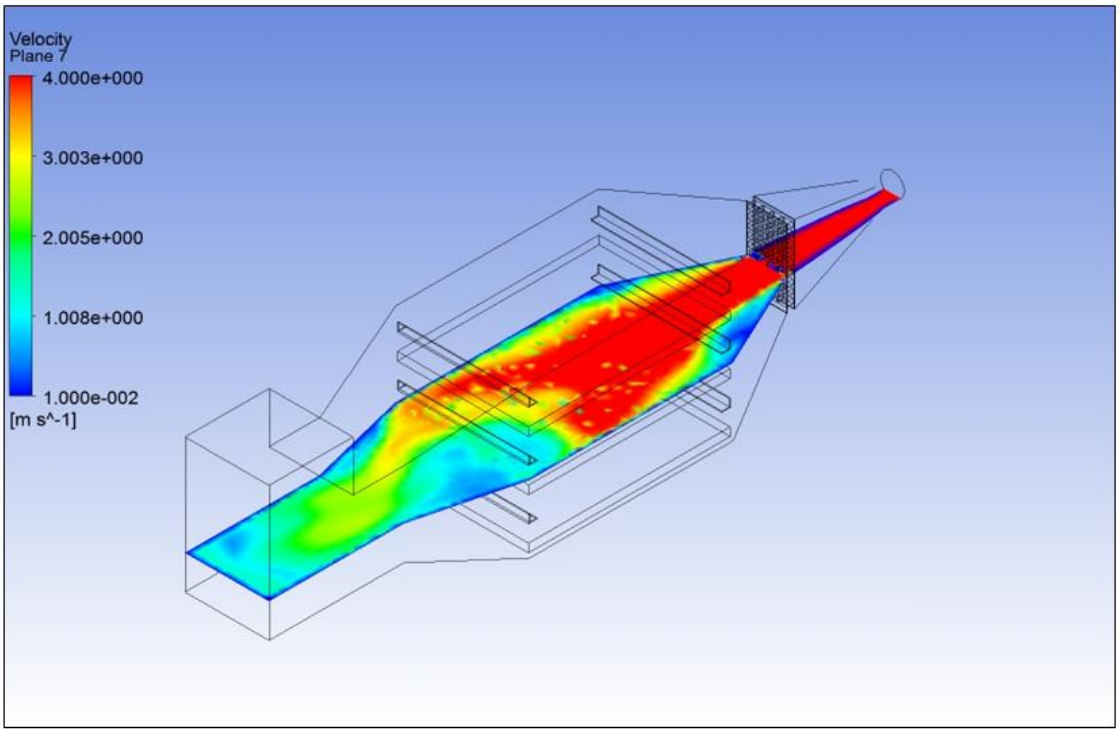
รูปที่ 3.6 แสดงการแบ่งตำแหน่งการวัดอัตราเร็วลมทั้งหมด 25 จุด

3.2.3 ผลการจำลองโมเดลเตาอบแห้ง

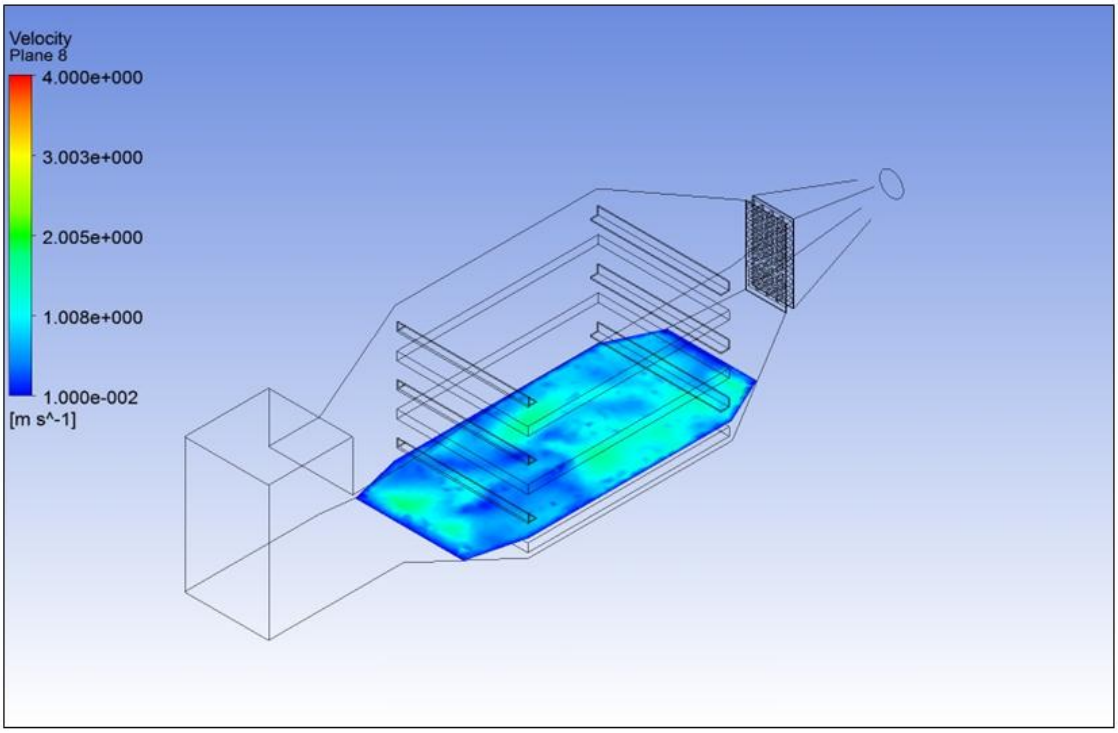
ผลการจำลองการไหลของอากาศภายในโมเดลเตาอบแห้งโดยผลการจำลองการไหลแสดงในรูปของพื้นผิวความเร็ว ซึ่งสีของพื้นผิวแสดงอัตราเร็วของอากาศในช่วง 0.01 – 4 เมตรต่อวินาที ซึ่งสีน้ำเงินอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.01 เมตรต่อวินาที สีฟ้าอัตราเร็วของอากาศประมาณ 1 เมตรต่อวินาที สีเขียวอัตราเร็วของอากาศประมาณ 2 เมตรต่อวินาที สีเหลืองอัตราเร็วของอากาศประมาณ 3 เมตรต่อวินาที และสีแดงอัตราเร็วของอากาศประมาณ 4 เมตรต่อวินาที จากผลการจำลอง พบว่า การกระจายตัวของอากาศภายในเตาอบแห้งชั้นที่ 1 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.4 – 2.0 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ชั้นที่ 2 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.9 – 6.3 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ ชั้นที่ 3 มีอัตราเร็วของอากาศกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.3 – 1.7 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.7 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 1



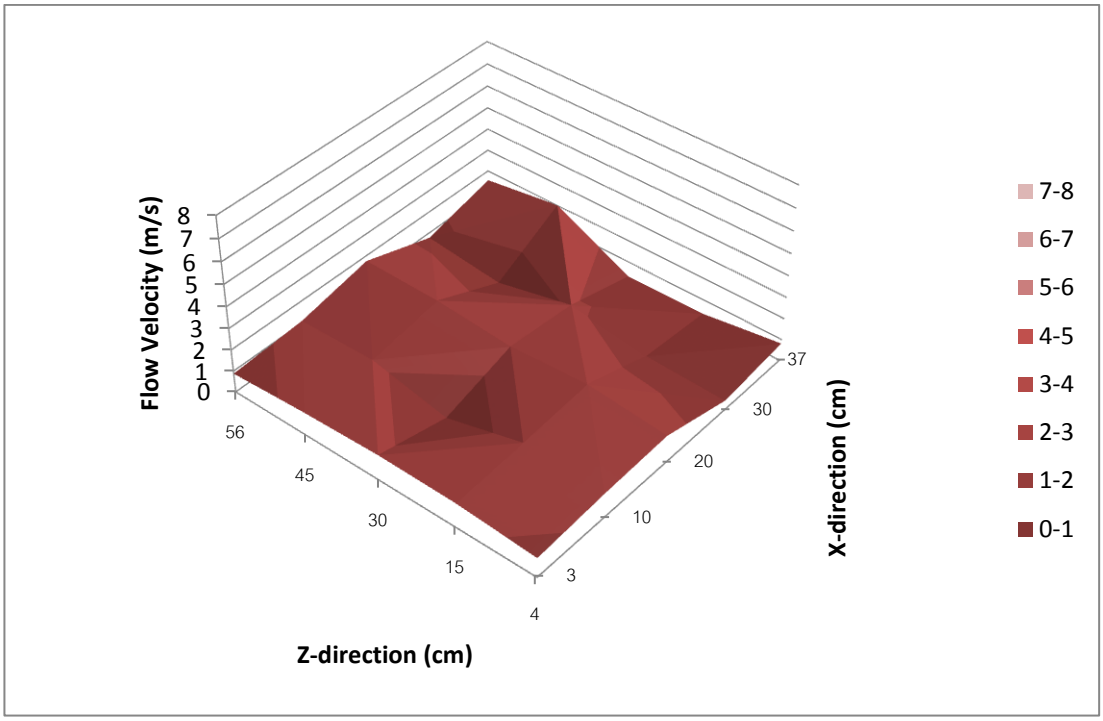
รูปที่ 3.8 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 2



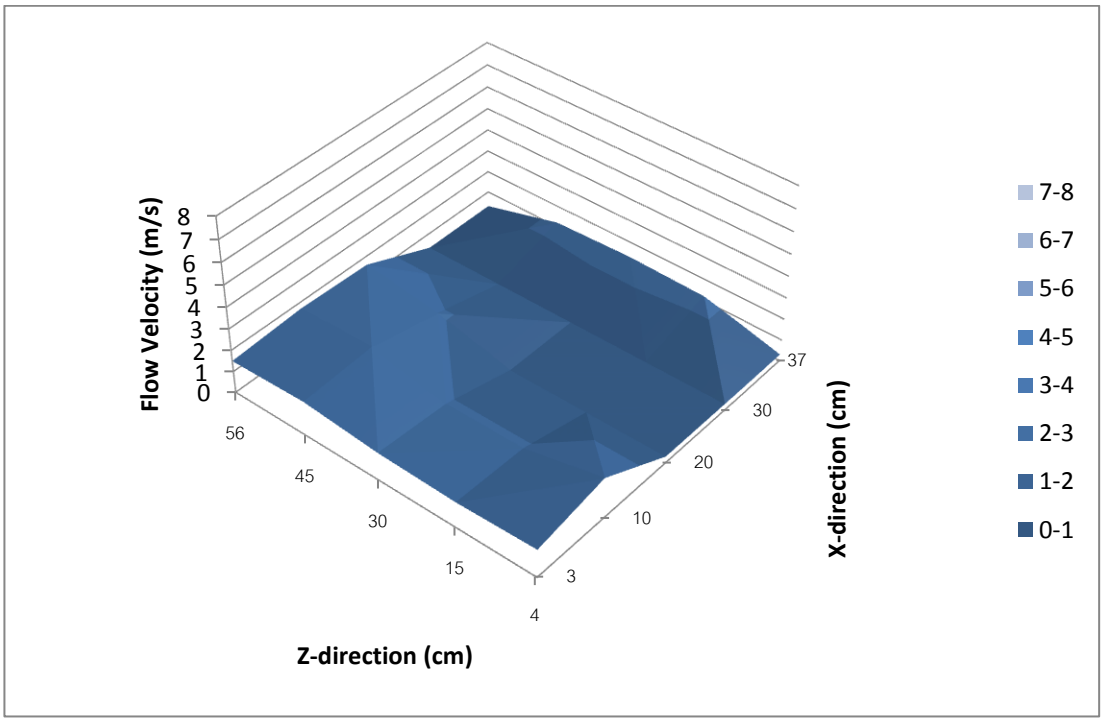
รูปที่ 3.9 แสดงผลการกระจายตัวของอากาศในชั้นที่ 3

3.2.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองโมเดลเตาอบแห้ง

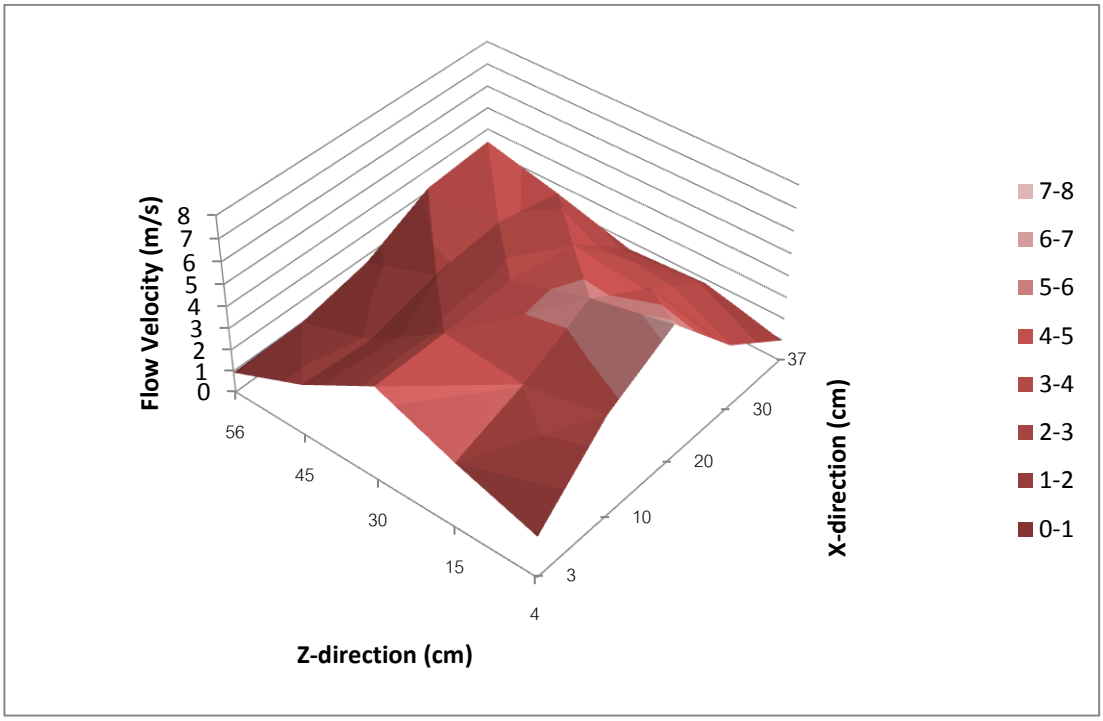
จากผลการจำลองการไหลของอากาศด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในตำแหน่งเดียวกันกับจุดที่ทำการวัดค่าผลการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับอัตราเร็วลมภายในเตาอบแห้งของแต่ละชั้นที่ได้จากการทดลอง พบว่าอัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยในชั้นที่ 1 จากผลการจำลองเท่ากับ 1.1 เมตรต่อวินาที และจากการวัดจริงเท่ากับ 1.0 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ ในชั้นที่ 2 อัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยจากผลการจำลองเท่ากับ 3.1 เมตรต่อวินาที และจากการวัดจริงเท่ากับ 2.8 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.12 และ 3.13 ตามลำดับ และในชั้นที่ 3 อัตราเร็วของอากาศเฉลี่ยจากผลการจำลองเท่ากับ 0.8 เมตรต่อวินาที จากการวัดจริงเท่ากับ 0.9 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการวัดจริงในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งการวัดผลการทดลองในแต่ละชั้นแบ่งเป็น 25 จุด พบว่าผลการศึกษาออกแบบที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์



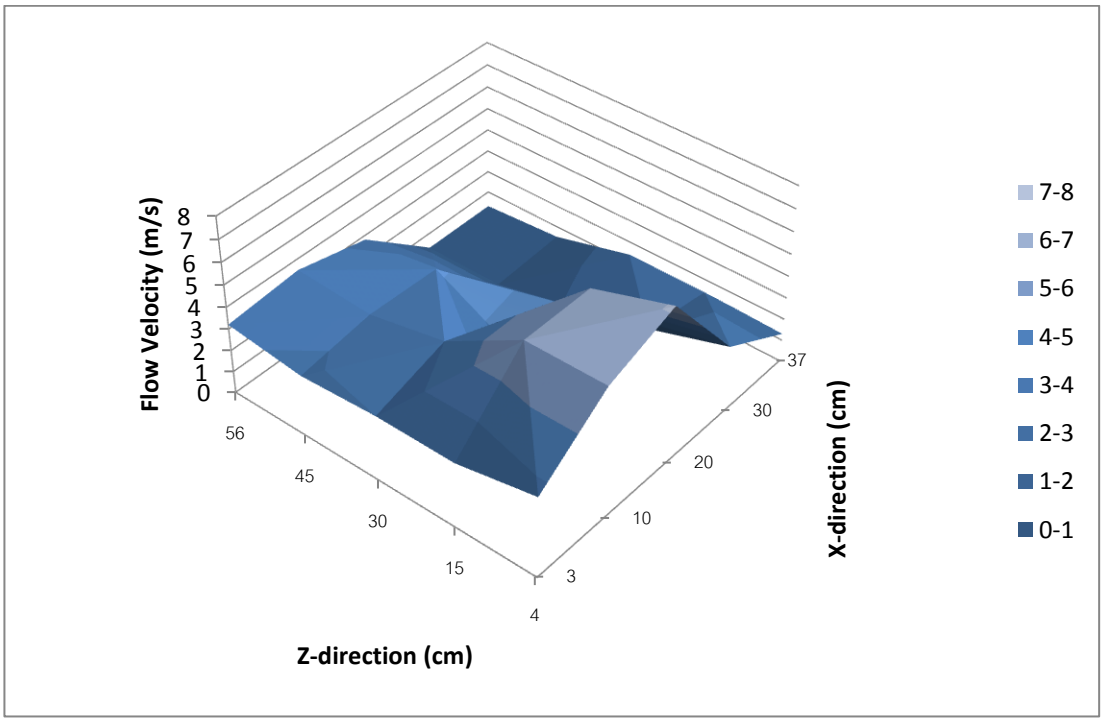
รูปที่ 3.10 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 1



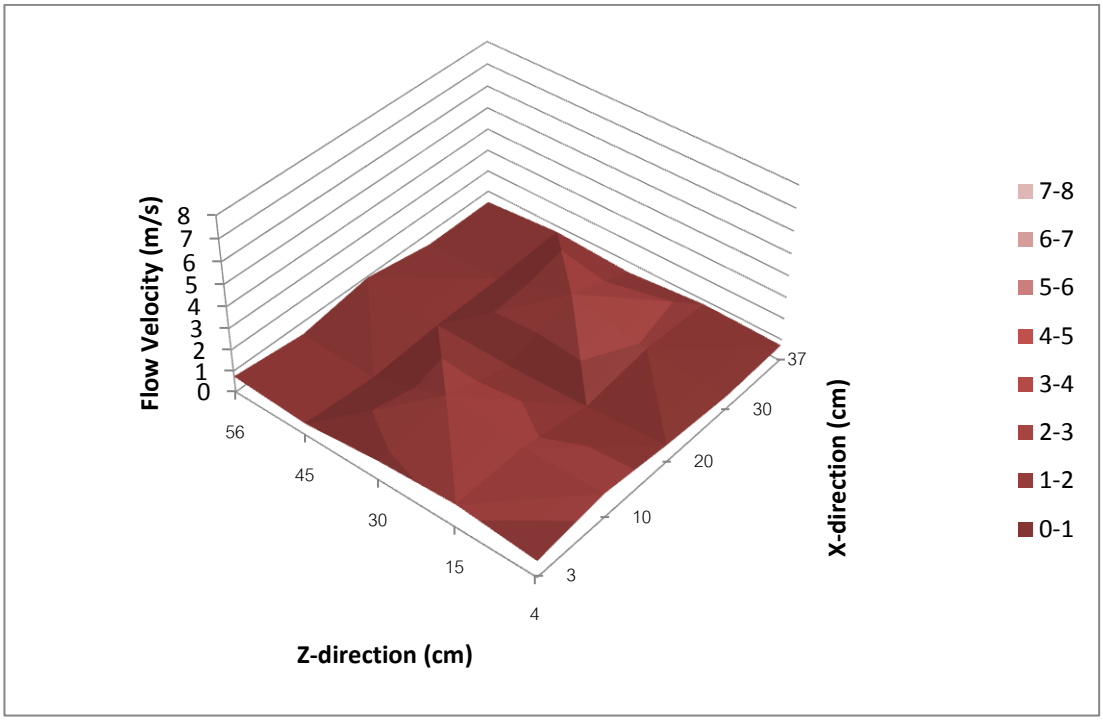
รูปที่ 3.11 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการวัดจริงของชั้นที่ 1



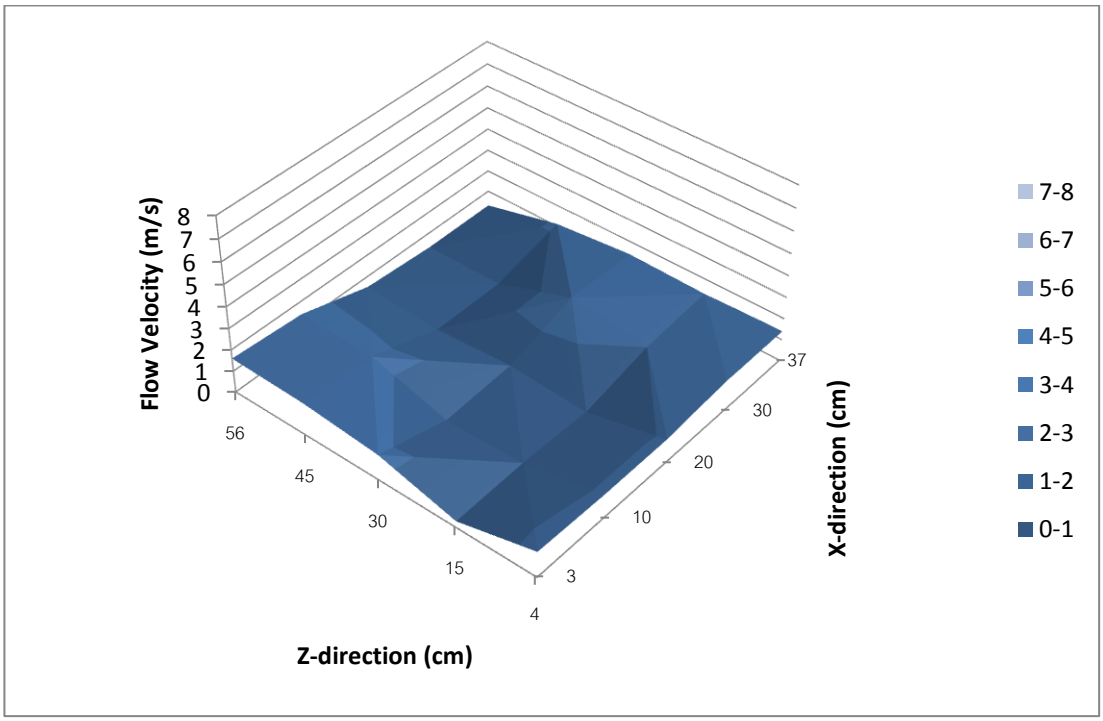
รูปที่ 3.12 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 2



รูปที่ 3.13 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการวัดจริงของชั้นที่ 2



รูปที่ 3.14 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการจำลองการไหลของชั้นที่ 3



รูปที่ 3.15 แสดงการผันแปรของอัตราเร็วลมบนพื้นผิวจากการวัดจริงของชั้นที่ 3

3.3 การออกแบบและการจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

3.3.1 การคำนวณหาขนาดถาด

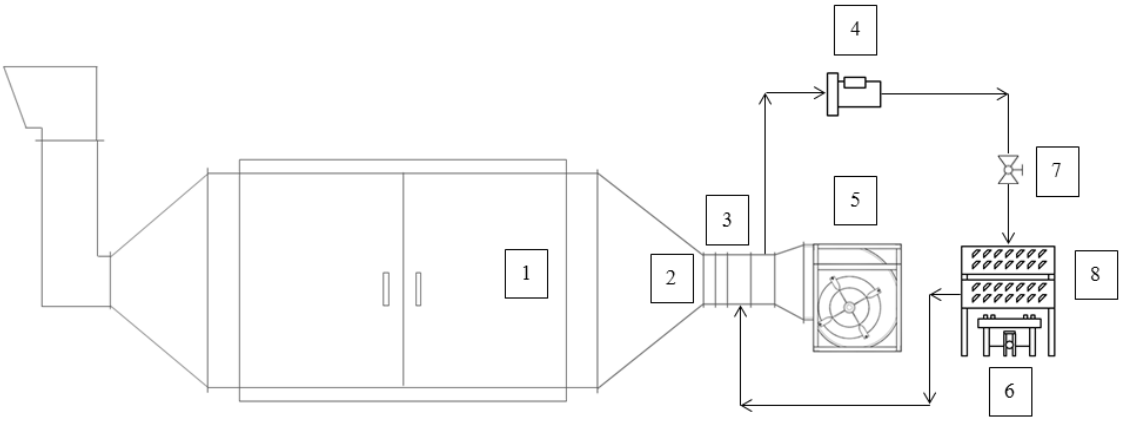
ถาดที่ใช้ในเตาอบแห้งเดิมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะมีขนาดกว้าง 1 เมตร และยาว 2 เมตร ในการอบแห้งดอกคาโมมายล์แต่ละครั้งจะใส่ดอกคาโมมายล์สดถาดละ 15 กิโลกรัม ดังนั้นความหนาแน่นของดอกคาโมมายล์ที่ใส่ในแต่ละถาดเท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จึงเป็นข้อมูลที่จะนำไปออกแบบขนาดถาดของเตาอบแห้งต้นแบบซึ่งมีขนาดกว้าง 1.1 เมตร และยาว 1.6 เมตร ถ้าใส่ดอกคาโมมายล์ความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่ละถาดจะสามารถใส่ดอกคาโมมายล์ได้ถาดละ 5.28 กิโลกรัม ดังนั้นจึงกำหนดให้แต่ละถาดใส่ดอกคาโมมายล์ได้ถาดละ 5 กิโลกรัม เพราะฉะนั้นเตาอบแห้งต้นแบบขนาดความสามารถการอบแห้ง 60 กิโลกรัมดอกสด ต้องมีถาดทั้งหมด 12 ถาด ที่ขนาดความกว้าง 1.1 เมตร และยาว 1.6 เมตร

3.3.2 การคำนวณหาขนาดของห้องอบแห้ง

เตาอบแห้งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ภายในเตาอบมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร และสูง 1.6 เมตร บรรจุได้ 10 ชั้น เนื่องจากระยะห่างระหว่างชั้นของเตาอบแห้งเดิมแต่ละชั้นมีระยะห่างมาก โดยแต่ละชั้นห่างกันชั้นละ 14 เซนติเมตร เพื่อปรับขนาดห้องอบให้มีขนาดกะทัดรัด จึงทำการปรับระยะห่างให้ลดลงเหลือ 9 เซนติเมตร ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มชั้นในห้องอบได้เป็น 12 ชั้น ดังนั้นความสูงของห้องอบจะเท่ากับ 1.08 เมตร เพราะฉะนั้นขนาดภายในห้องอบของเตาเอาแห้งขนาด 60 กิโลกรัม กว้าง 1.1 เมตร ยาว 1.6 เมตร และสูง 1.08 เมตร

3.3.3 การออกแบบระบบอบแห้ง

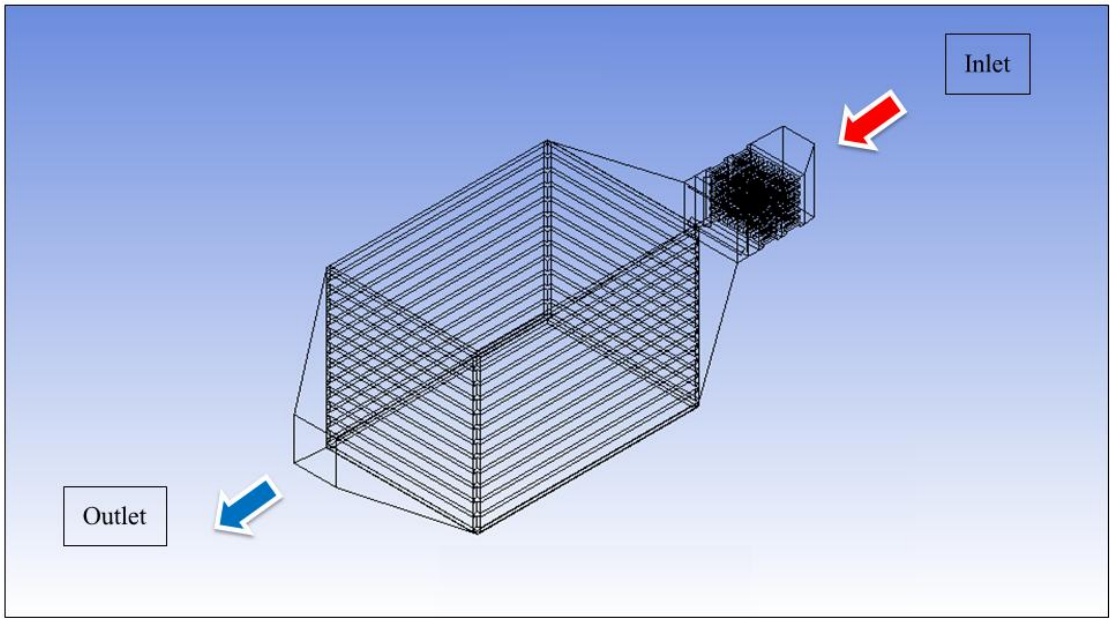
เตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม ถูกออกแบบจากข้อมูลการจำลองการไหลของอากาศผ่านตู้อบแห้ง และข้อมูลการทดสอบโมเดลเตาอบแห้ง ในเบื้องต้นใช้แนวความคิดในการใช้แหล่งความร้อนปฐมภูมิเป็นลักษณะหัวเผาประสิทธิภาพสูงที่ให้อุณหภูมิเปลวไฟสูงที่สุด (FUNO) ใช้ในการเผาแก๊สเชื้อเพลิงในพื้นที่ปิด โดยมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดน้ำสู่อากาศ (Water to air heat exchanger) จากนั้นใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำไปถ่ายเทน้ำร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ดูดอากาศผ่านตู้กรองเพื่อควบคุมความสะอาดของอากาศร้อนก่อนเข้าห้องอบแห้ง แผนผังการทำงานของเตาอบแห้งต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แผนผังเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม (1) ตู้อบแห้ง (2) ใบปรับทิศทางลม (3) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 (4) ปั๊มน้ำร้อน (5) พัดลม (6) หัวเผา (7) วาล์ว และ (8) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2

3.3.4 การจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

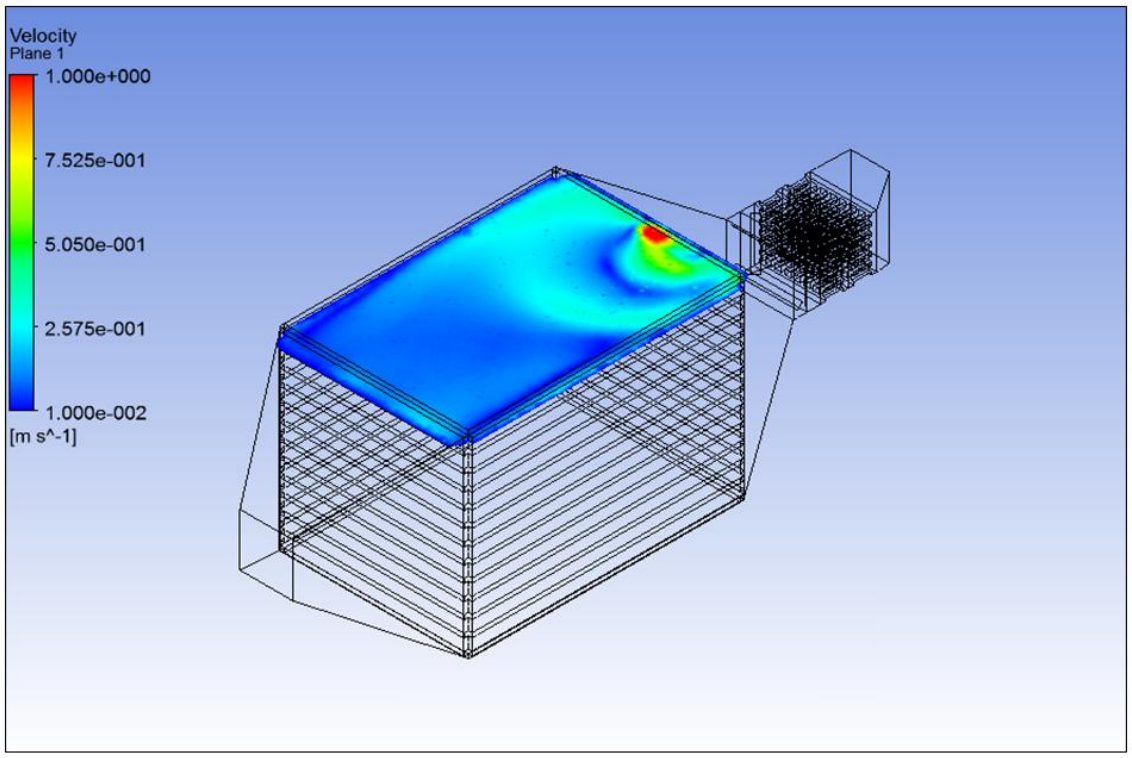
การจำลองการไหลอากาศภายในเตาอบแห้ง 60 กิโลกรัม ขนาดห้องอบกว้าง 1.1 เมตร ยาว 1.6 เมตร และสูง 1.08 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ทำการจำลองภายใต้สภาวะคงตัว สมการควบคุมใช้สมการการไหลแบบปั่นป่วน โดยใช้แบบจำลอง Standard $k-\varepsilon$ โดยกำหนดการให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศขาเข้าเท่ากับ 0.42 กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



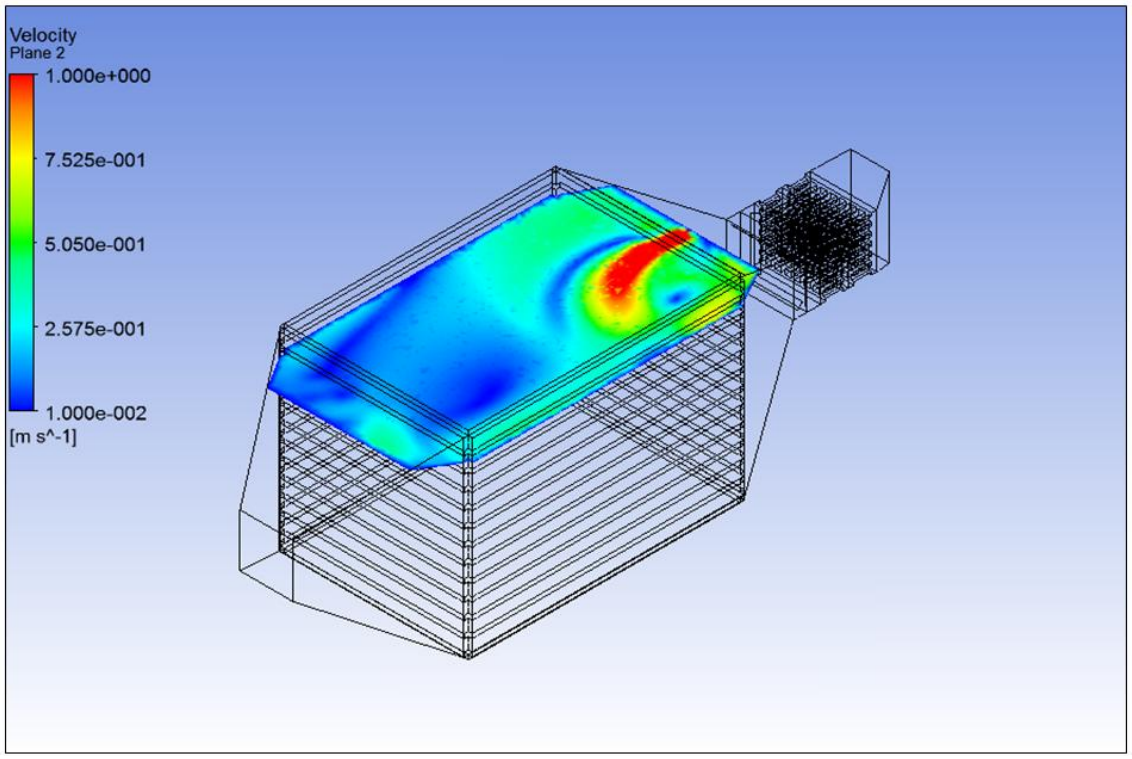
รูปที่ 3.17 แบบจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

3.3.5 ผลการจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

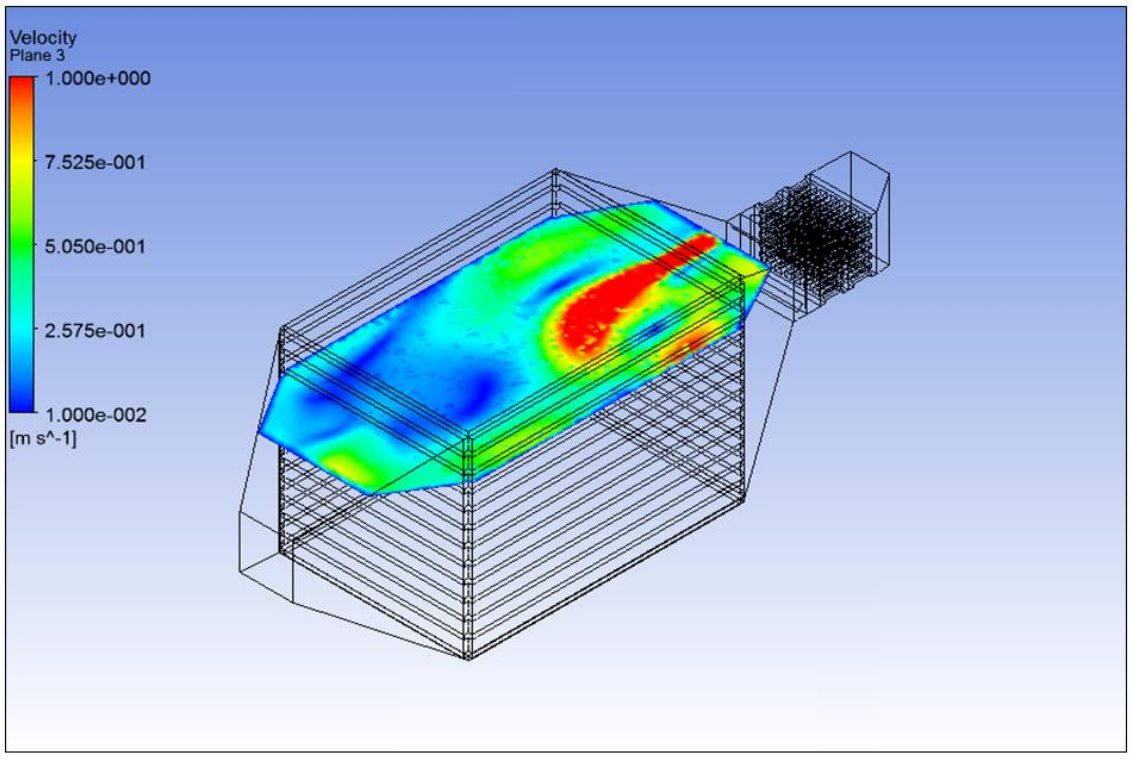
ผลการจำลองการไหลของอากาศภายในเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.18 นำผลที่ได้จากการจำลองแสดงในรูปของพื้นผิวความเร็ว ซึ่งสีของพื้นผิวแสดงอัตราเร็วของอากาศในช่วง 0.01 – 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งสีน้ำเงินอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.01 เมตรต่อวินาที สีฟ้าอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที สีเขียวอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที สีเหลืองอัตราเร็วของอากาศประมาณ 0.75 เมตรต่อวินาที และสีแดงอัตราเร็วของอากาศประมาณ 1 เมตรต่อวินาที จากผลการจำลอง พบว่า อัตราเร็วลมที่ไหลผ่านถาดแต่ละชั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้การกระจายความร้อนทั่วถึงทั้งห้องอบ เนื่องมาจากการออกแบบที่มุ่งเน้นให้มีการกระจายตัวของอากาศที่สม่ำเสมอมากขึ้นโดยการติดตั้งใบปรับทิศทางลม



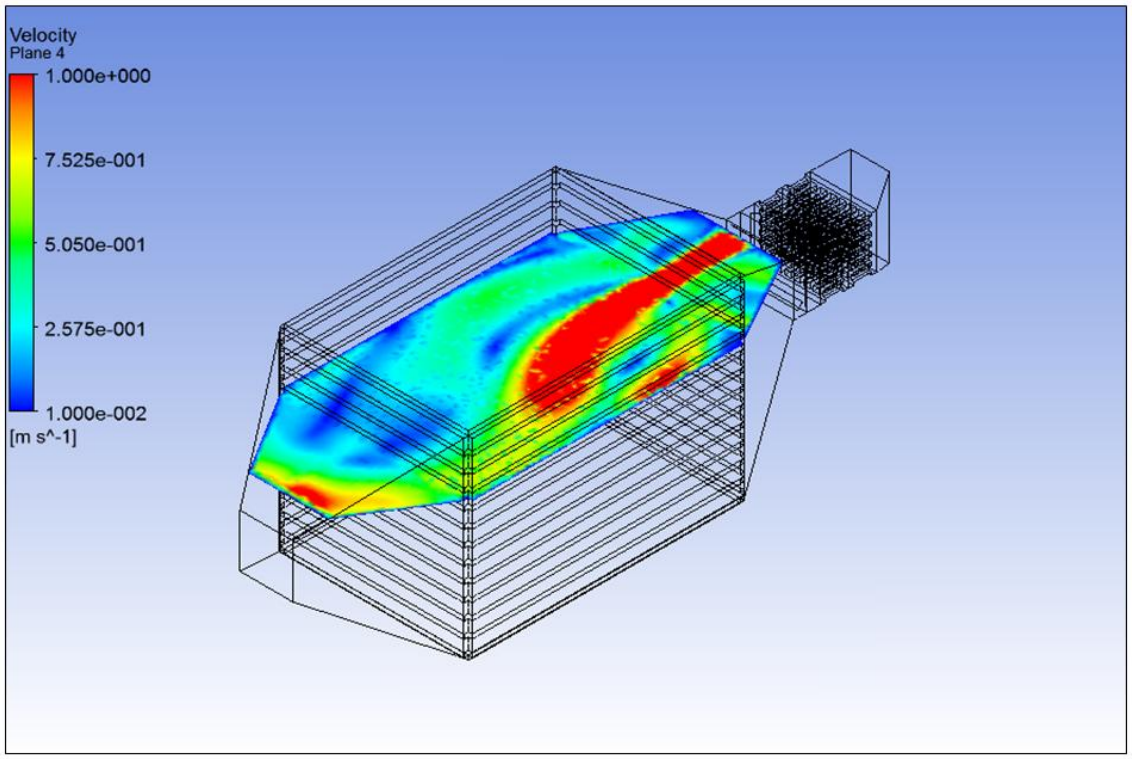
ถาดที่ 1


Velocity
Plane 2
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

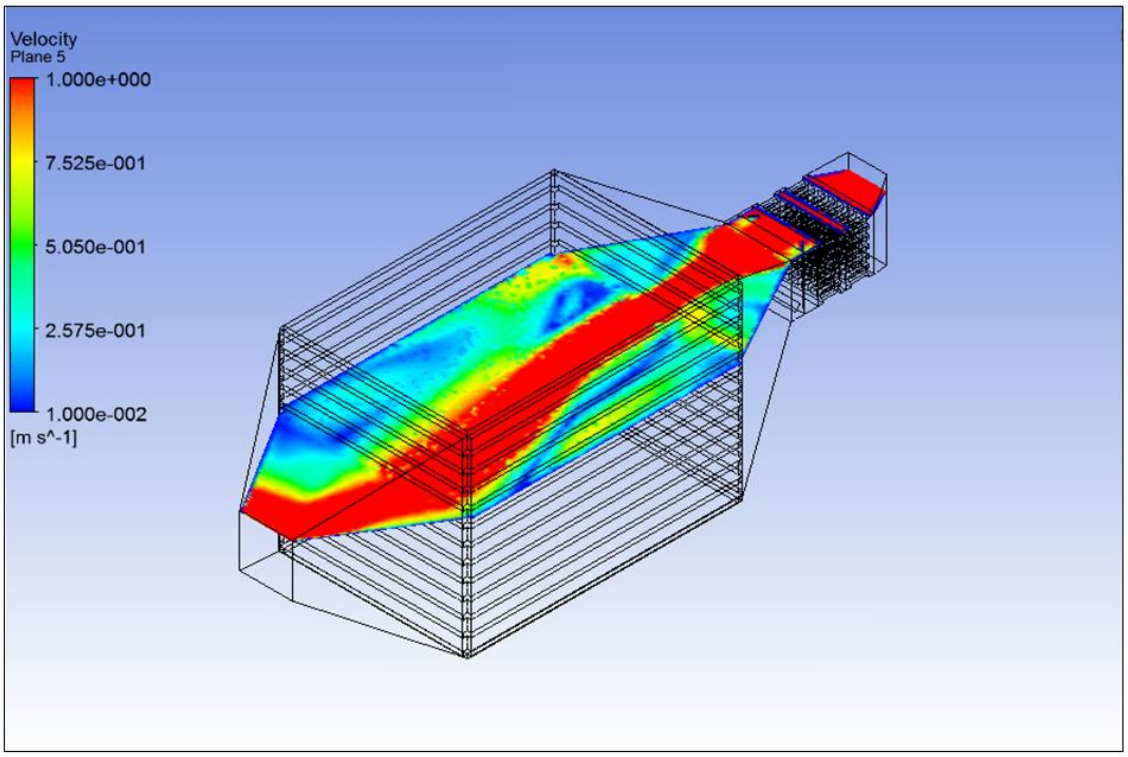
ภาคที่ 2


Velocity
Plane 3
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

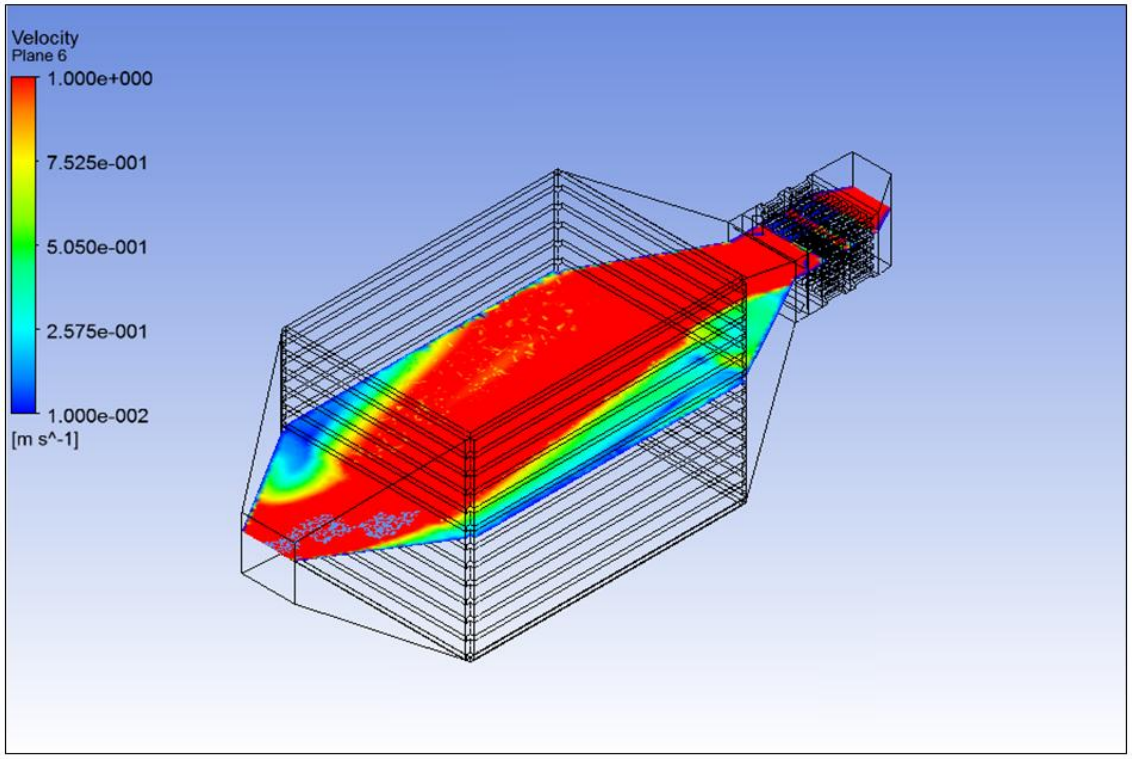
ภาคที่ 3


Velocity
Plane 4
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

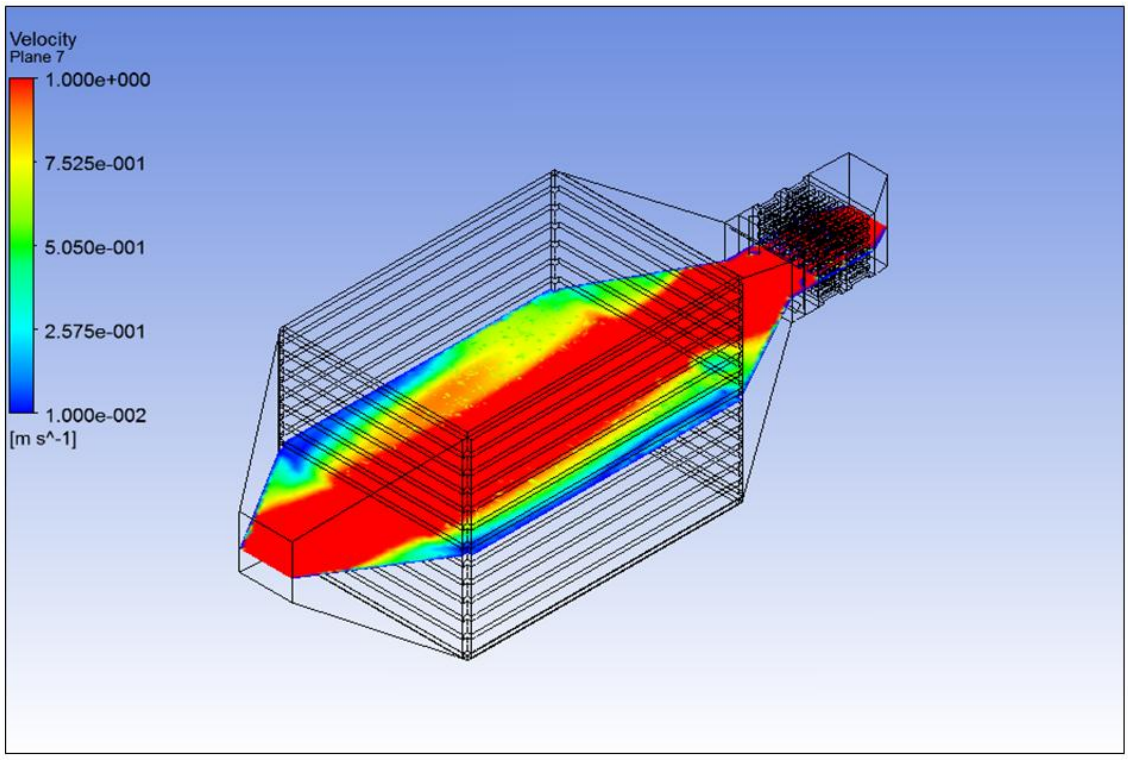
ภาคที่ 4


Velocity
Plane 5
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

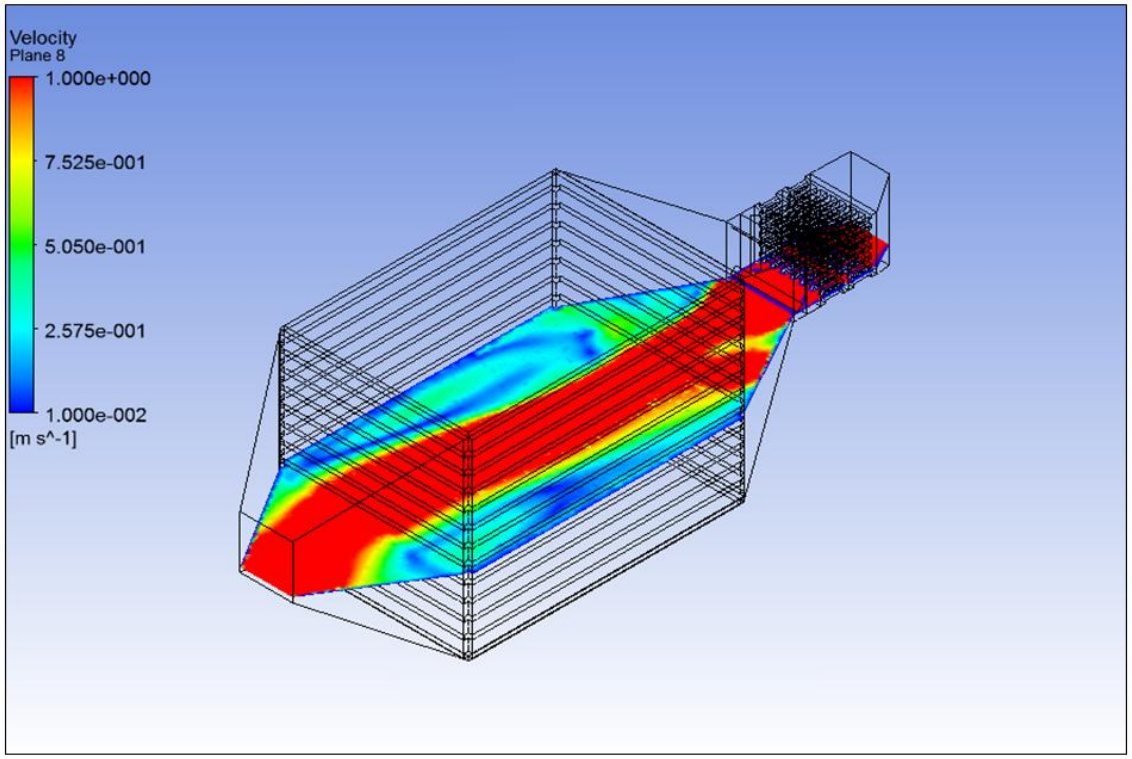
ภาคที่ 5


Velocity
Plane 6
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

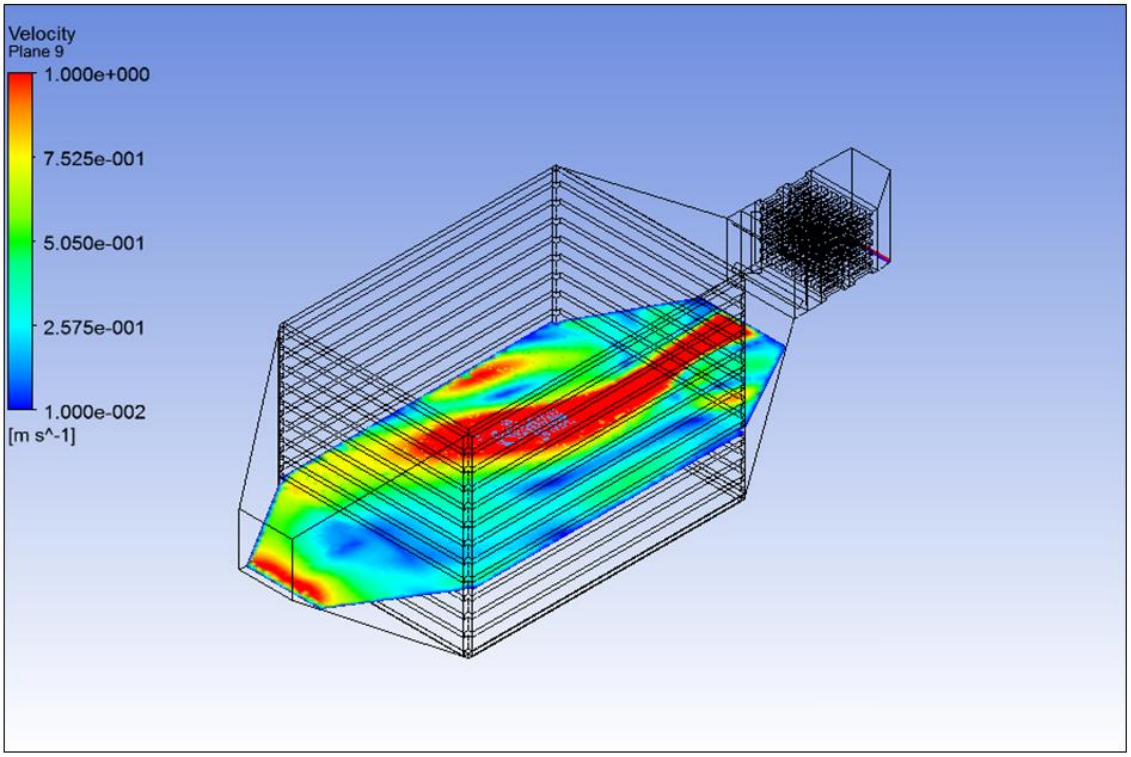
ฉาดที่ 6


Velocity
Plane 7
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

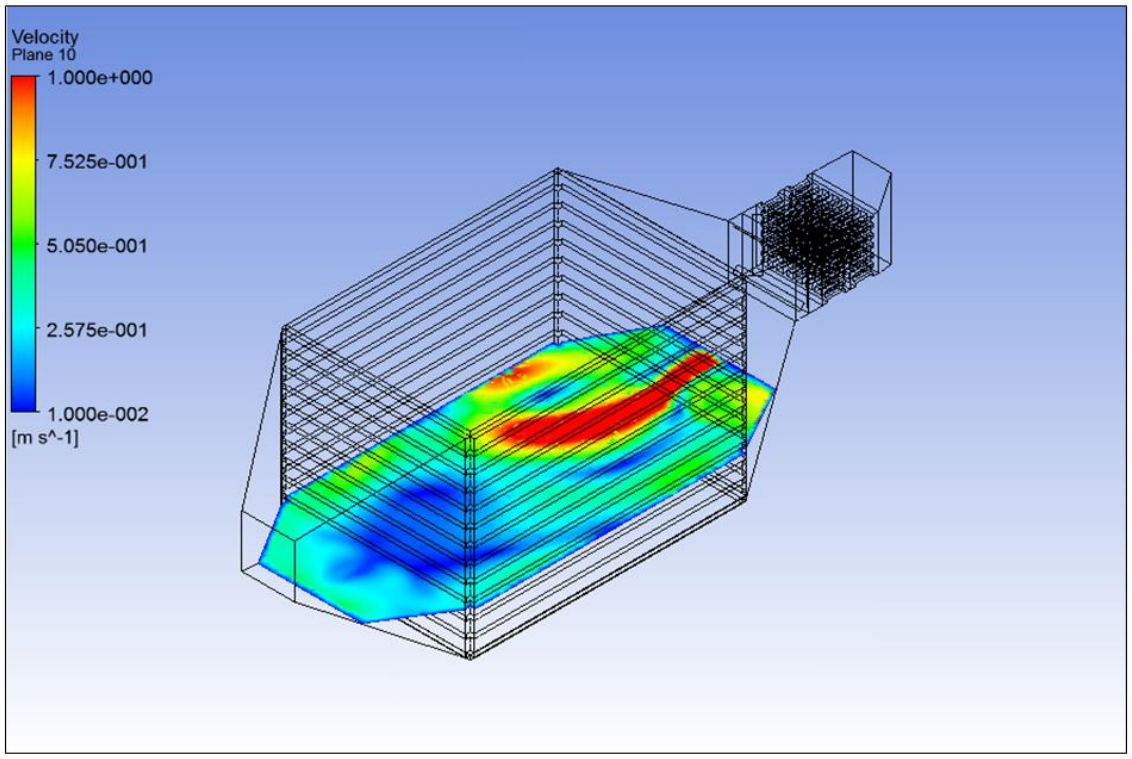
ฉาดที่ 7


Velocity
Plane 8
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

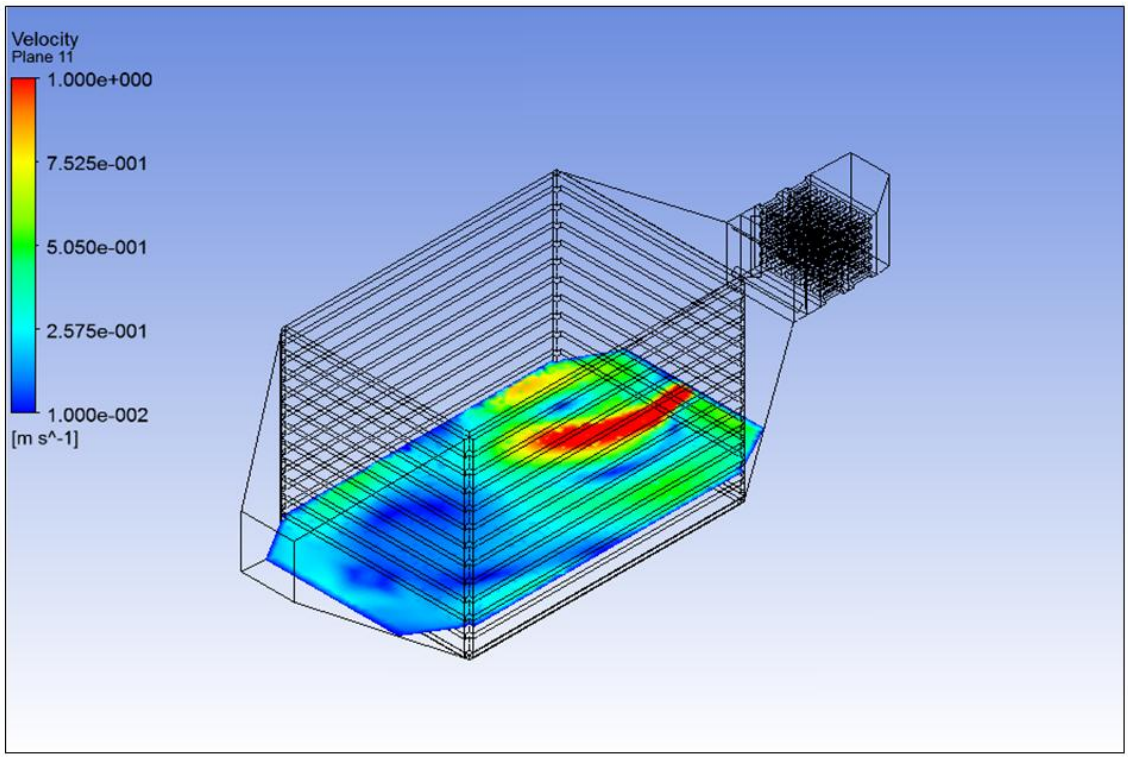
ถาดที่ 8


Velocity
Plane 9
1.000e+000
7.525e-001
5.050e-001
2.575e-001
1.000e-002
[m s^-1]

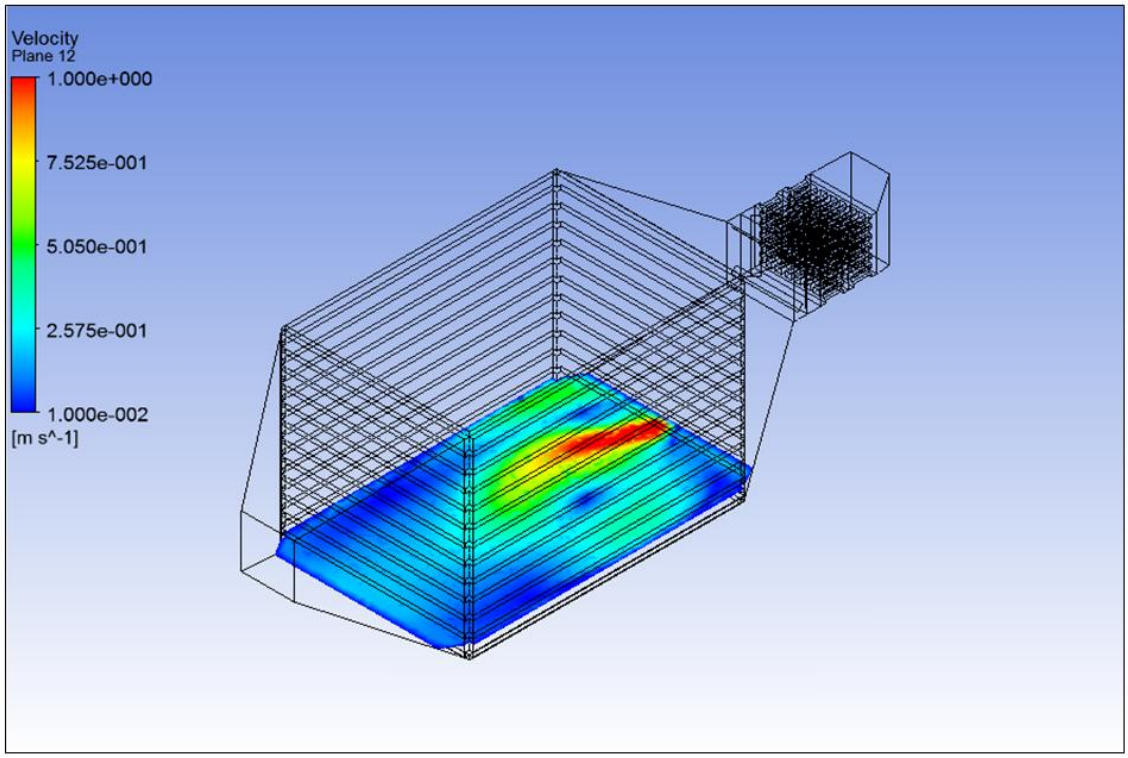
ถาดที่ 9



ถาดที่ 10



ถาดที่ 11



ถาดที่ 12

รูปที่ 3.18 แสดงผลการจำลองเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม