

שימוש דגם חדש של מפזר רדיאלי לאולמות גבוהים

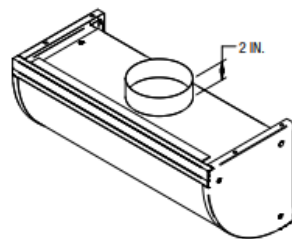
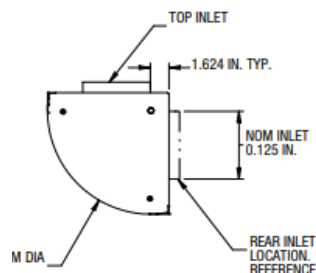
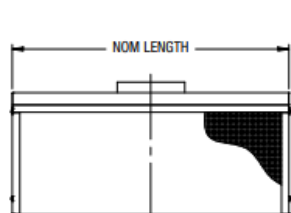
אנטולי ליפשיץ, אלכס סלדקוב – אלקטרה M&E

עקרונות פיזור אויר והצגת של מפזרים - Laminaire Radial Diffuser

1. הצגת שיטות ואפשרויות של אספקה ופיזור אויר של מפזר רדיאלי
2. הצגת הניתוח הטכני / הנדסי של מפזרים רדיאליים חדשים "48"
3. הצגה של CFD ותוצאות בדיקות פיזור אויר במטווחים סגורים
4. סיכומים ומסקנות

מפזרים רדיאליים תוצרת TITUS, TROX, PRICE

DR90-H Ceiling Unit



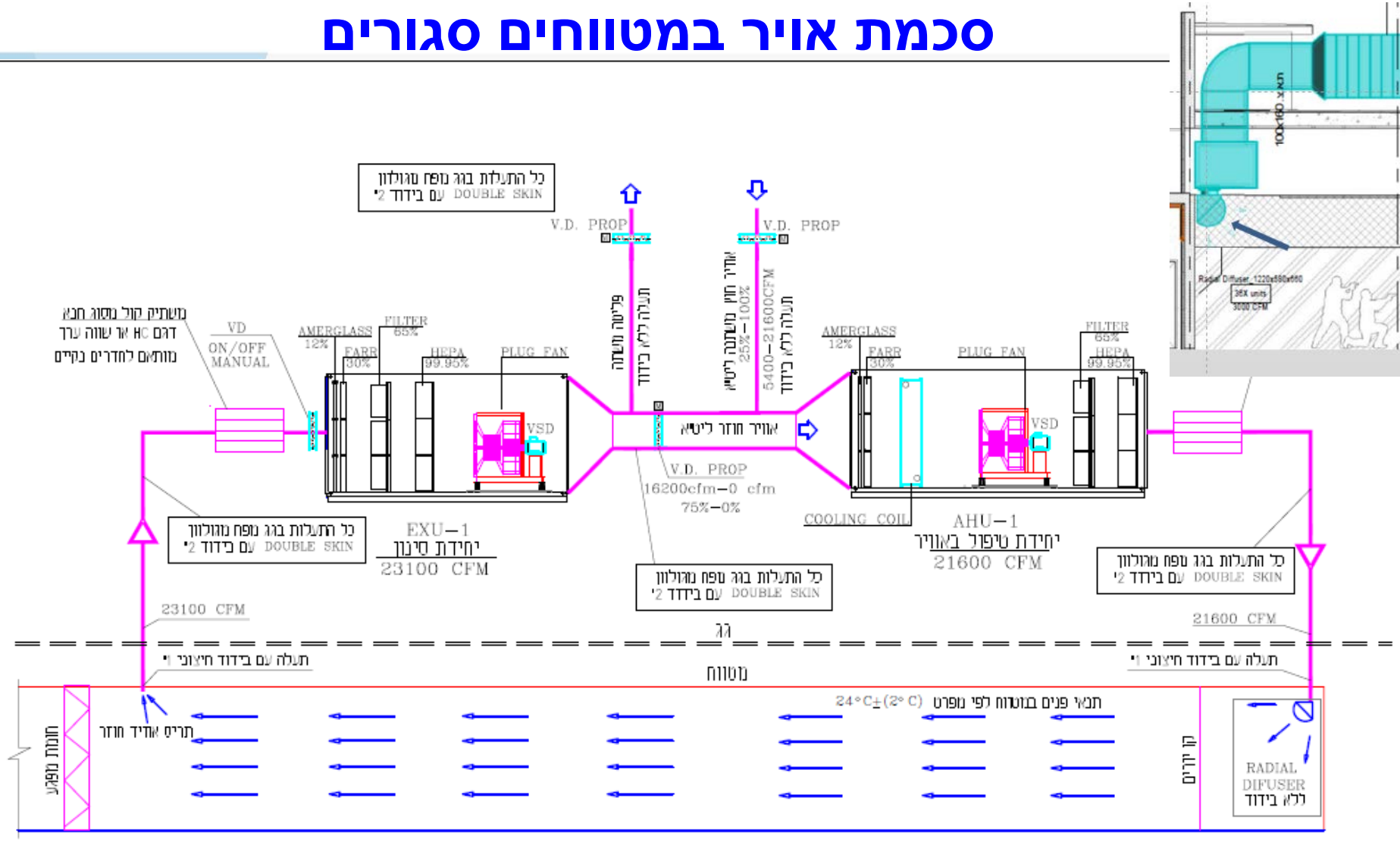
מפזרים רדיאליים מספקים אוויר מטופל עם מהירות יציאה נמוכה ואספקת אוויר בחלק העליון של החדר. המפזר הרדיאלי מיועד להתקנה צמודה לתקרה עם אפשרות פיזור אוויר באופן שווה על שטח הפנים המחורר שלו תוך ערבוב מינימלי של אוויר בחדר – בהתאם לכל חוקי הפעולה של

Displacement Ventilation

אוויר מקורר זורם ממפזר רדיאלי מהתקרה לגובה הרצפה וממלא בהדרגה את כל החלל.

בתור מפזר מסוג תקרתי, אצל מפזרים רדיאליים קיימים היתרונות האיכותיים של Displacement Ventilation תוך שחרור שטח רצפה וצמצום כמות התעלות בחדר. שימוש מפזרים רדיאליים מתאים למעבדות, כיתות לימוד, אולמות, מטווחים סגורים או כל יישום עם שטח רצפה מוגבל בו דרישות איכות האוויר גבוהות.

סכמת אויר במטווחים סגורים



בהתאם לתקן אמריקאי לתכנון מטווחים סגורים **Range Design Criteria** זרימת אויר מקו הירי עד לקו המתירות חייבת להיות למינארי (מהירות מומלצת לתכנון בהתאם לתקן יהיה בין 0.25 מ/שניה ל-0.51 מ/שניה, מהירות מומלצת ממוצע – 0.38 מ/שניה), כמות אויר חוץ המינימלי חייב להיות 25% מספיקת אויר כוללת. כמות אויר חוץ המסופק חייב להשתנות בהתאם לריכוז גזים במטווח – עופרת, CO_2 או NO_x

דרישות תקנים אמריקאים לתנאים במטווחים סגורים

מערכת פיזור אויר במטווחים סגורים ע"י מפזרים רדיאליים מבוססת על עיקרון פיזור אויר למינארי עם יציאת אויר במהירות יחסית נמוכה מהמפזר המחורר, עם מהירות אויר אחידה בשטח פנים של המפזר.

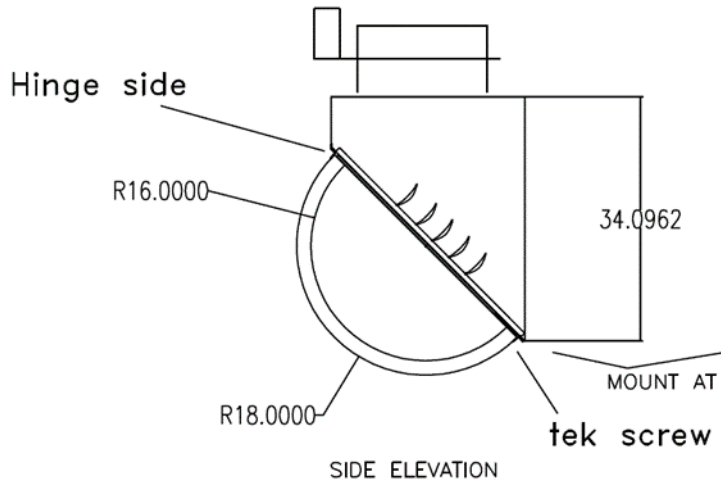
פיזור אויר מהמפזר הרדיאלי המחורר, לאחר שזרימת אויר התייצבת, חייב להבטיח זרימת אויר עם מהירות בהתאם לדרישות התקן של משרד הבריאות אמריקאי - **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**.

כוונת תכנון וביצוע של מערכות אוורור במטווחי הירי סגורים, שמטווח בפעלה יעמוד בדרישות המוצגות כהמלצות ושיקולי העיצוב בתקן **NIOSH 76-130** תחת הכותרת "**שיקולי עיצוב חשיפה וסילוק עופרת בזמן הירי בתוך מטווחים סגורים**"

תקן תכנון הנ"ל ממליץ על **מהירות זרימת אוויר של 75 רגל לדקה בממוצע** במטווח ריק, ועל **מהירות 50 רגל לדקה בממוצע כתווך התחתון** לתכנון המטווחים הסגורים **ומהירות 100 רגל לדקה בממוצע כתווך העליון** במטווח ריק.

כאשר מערכת פיזור אויר במטווח עובדת כראוי, הריכוזים של העופרת נשמרים לרמת הפעולה של 30 מיקרוגרם / מ"ק (0.030 mg/m^3) **ולא יעלה על 50 מיקרוגרם / מ"ק (0.050 mg/m^3)** לאורך זמן של שמונה שעות כפי שנמדד באזור הנשימה של היורים.

מפזר רדיאלי בקוטר של 36"



36" rd Radial difusser



מבט מבפנים
למפזר אספקת
אוויר לפי יצרנים
אמריקאים
פח פנימי 14%
מעבר אוויר פח
חיצוני – 16%
מעבר אוויר

ספיקת אוויר של יט"א – CFM 21,600

ספיקת אוויר דרך מפזר - CFM 3,600

שטח פנים של מפזר ברדיוס של 450 ס"מ הוא

$$3.14 \times 0.45 \times 10.76 = 15.20 \text{ Ft}^2$$

שטח מעבר אוויר דרך מפזר עם חירור 16% הוא

$$15.20 \text{ Ft}^2 \times 16\% = 2.43 \text{ Ft}^2$$

אמריקאי מהירות אוויר על שטח פנים נטו הוא :

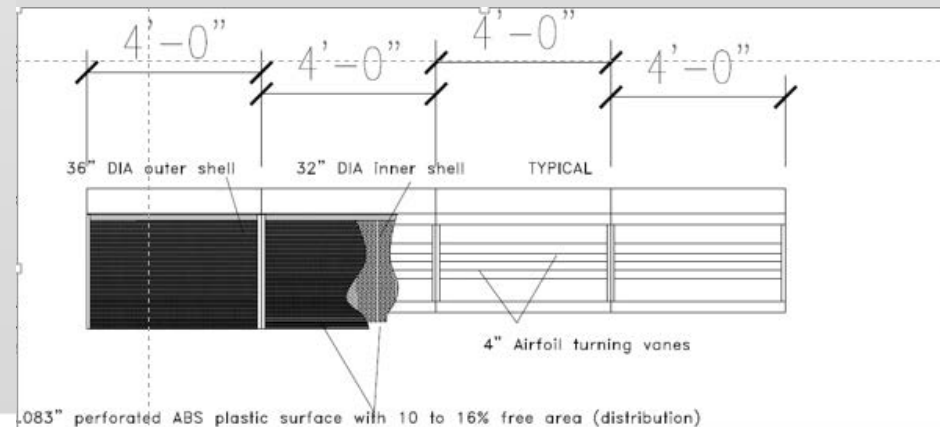
$$3,600 \text{ cfm} / 2.43 \text{ Ft}^2 = 1,481 \text{ FPM} = 7.40 \text{ m/s}$$

מהירות יציאה גבוהה מאות

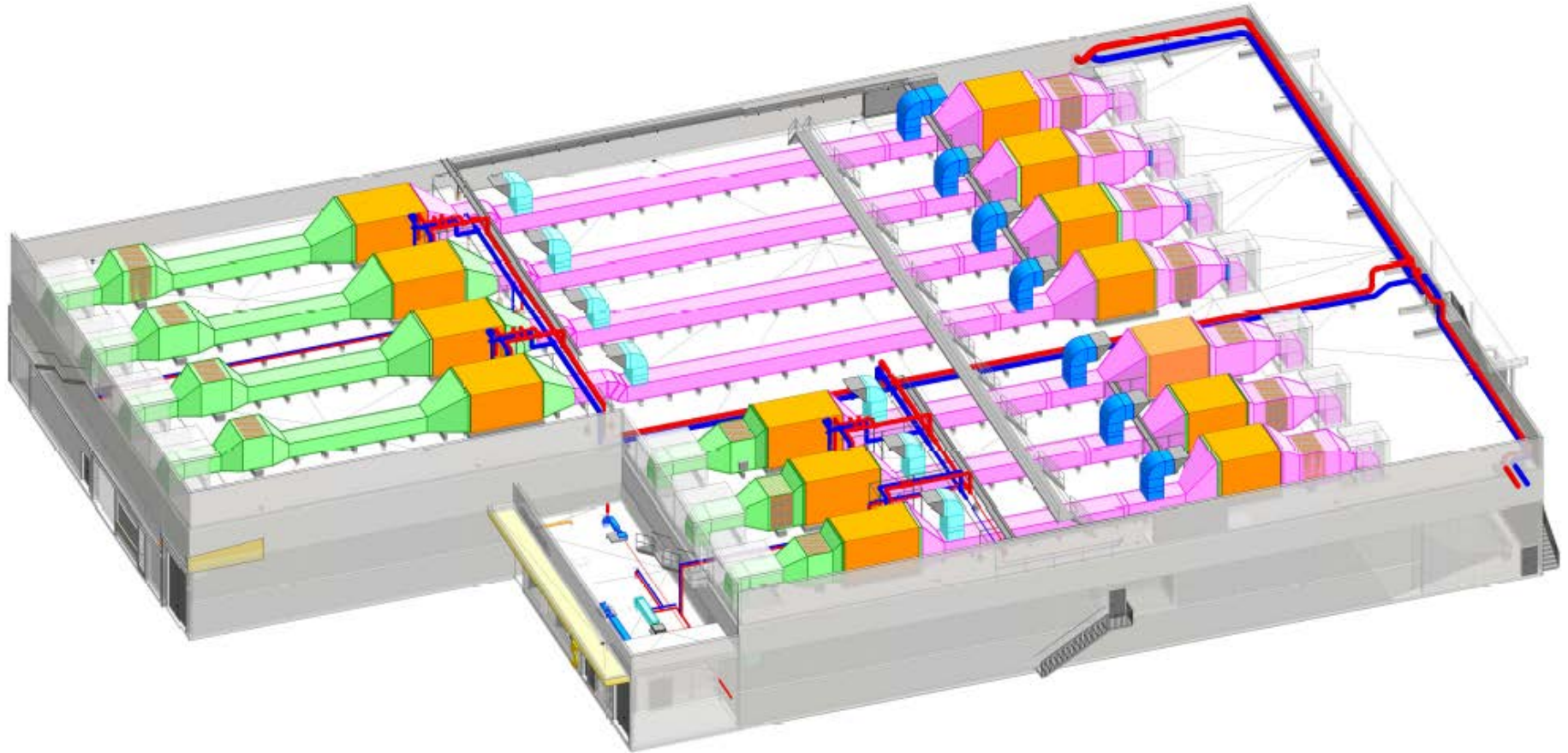
במפזרים שלנו שינינו רמת חירור של פח פנימי

ופח חיצוני לצורך קבלת מהירות אוויר על שטח

פנים של המפזר לא יותר מ - 800 FPM $\approx$ 4 m/s



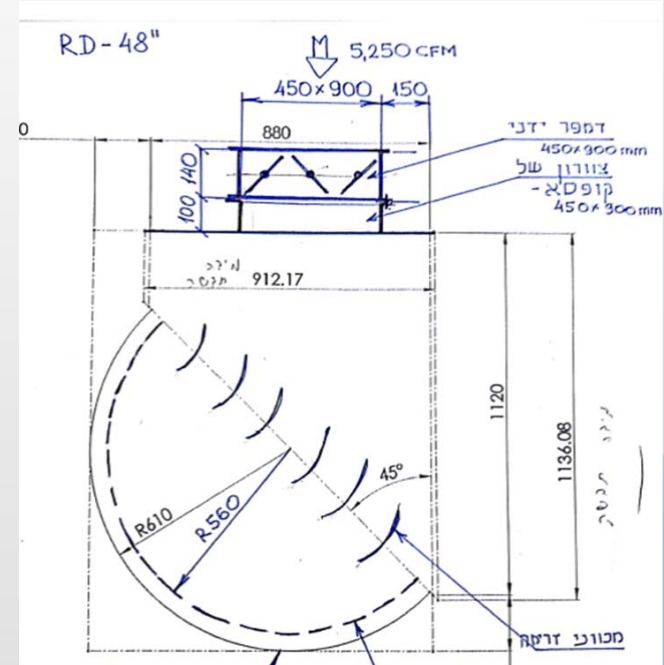
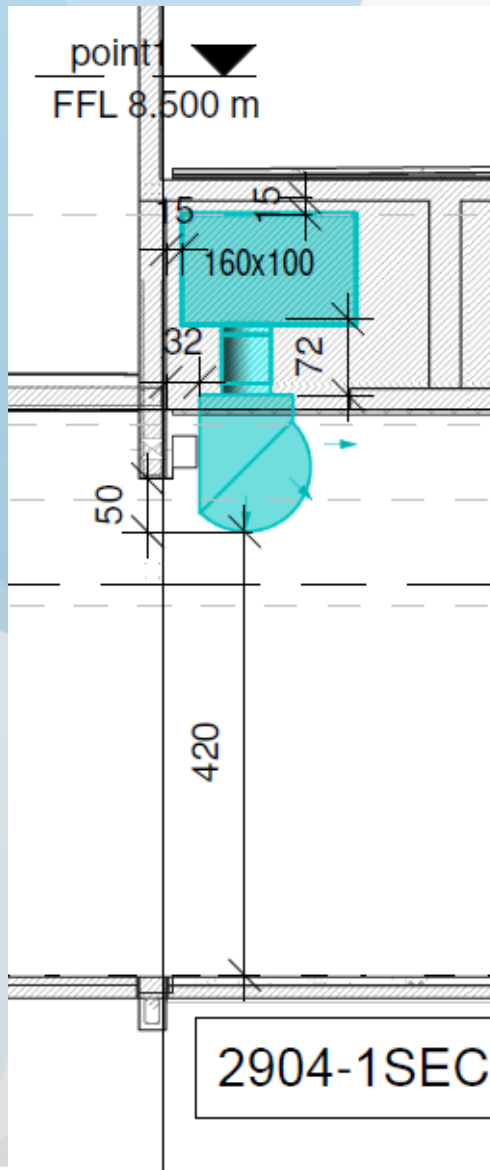
תכנית גג עם AHU ויח' סינון של מטווחים בגובה 5.35 מטר



גג עם AHU ויח' סינון של מטווחים בגובה 5.35 מטר



פרטי מפזרים 48" עבור מטווח בגובה 5.35 מטר



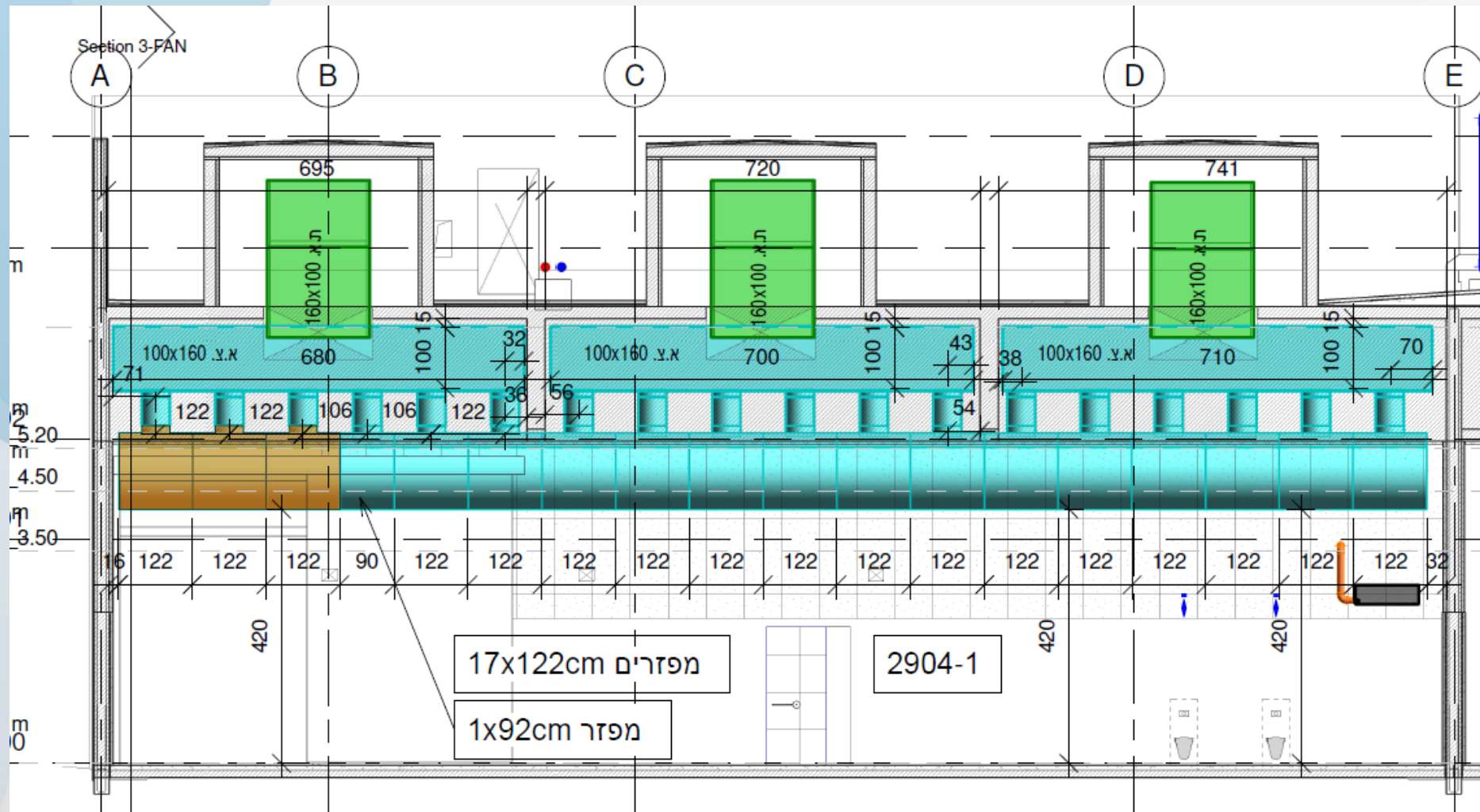
ספיקת אויר של יט"א – CFM 31,200
 ספיקת אויר דרך מפזר - CFM 5,200
 שטח פנים של מפזר ברדיוס של 610 ס"מ
 הוא $3.14 \times 0.61 \times 10.76 = 20.60 \text{ Ft}^2$
 מהירות אוויר על שטח פנים נטו הוא :
 $800 \text{ FPM} = 4 \text{ m/s}$

התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

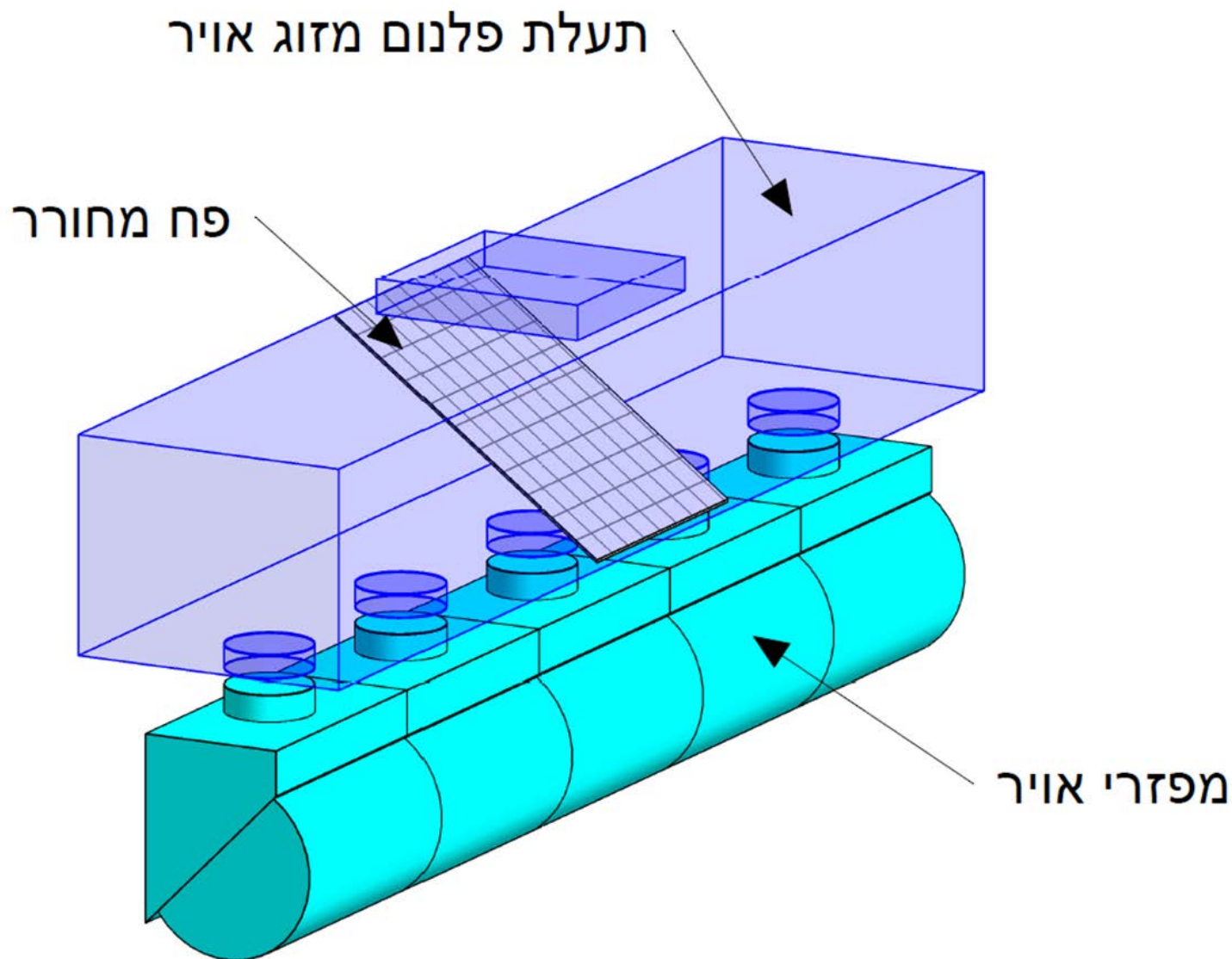
Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

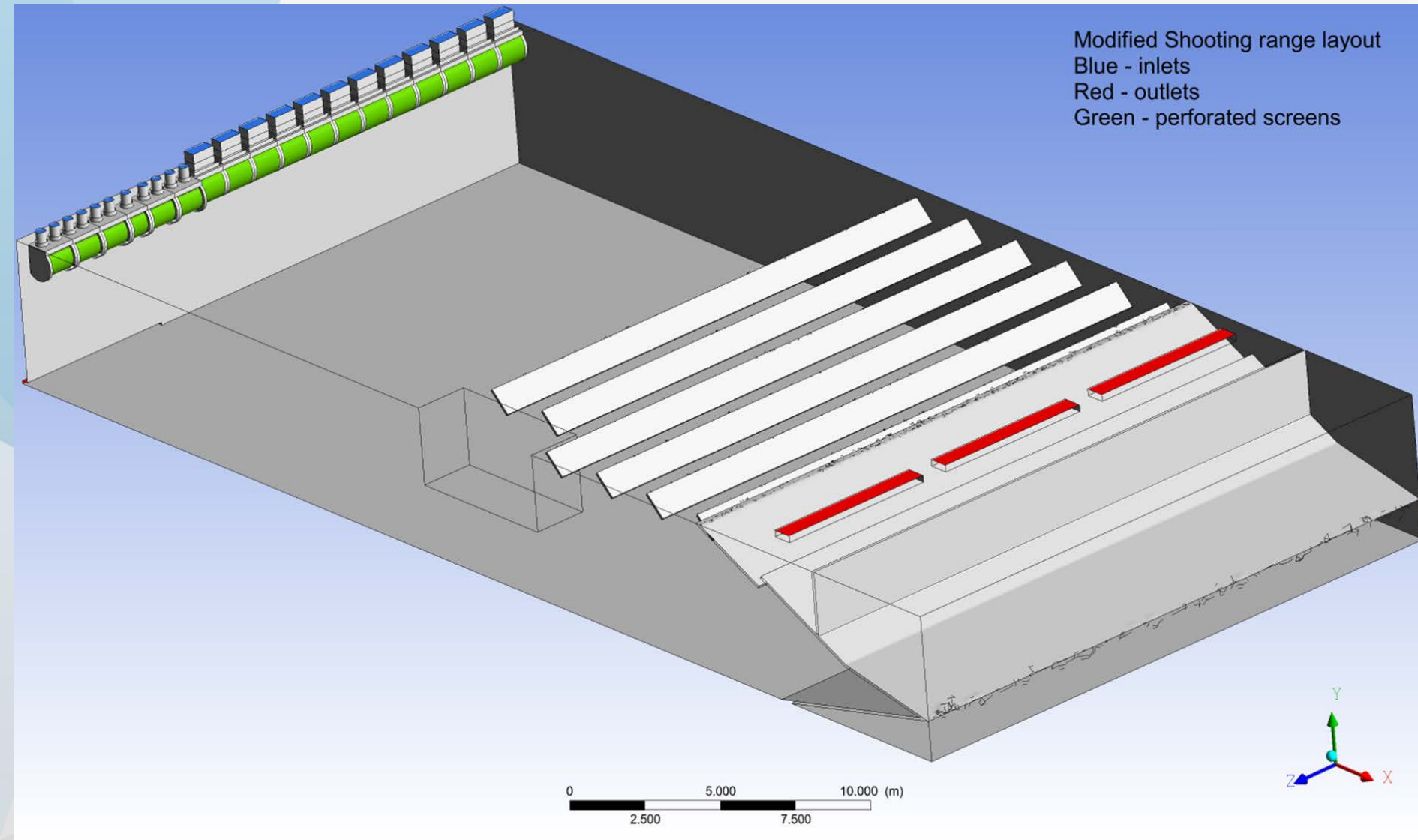
חתך של מטוח 22 x 45 מטר בגובה 5.35 מטר



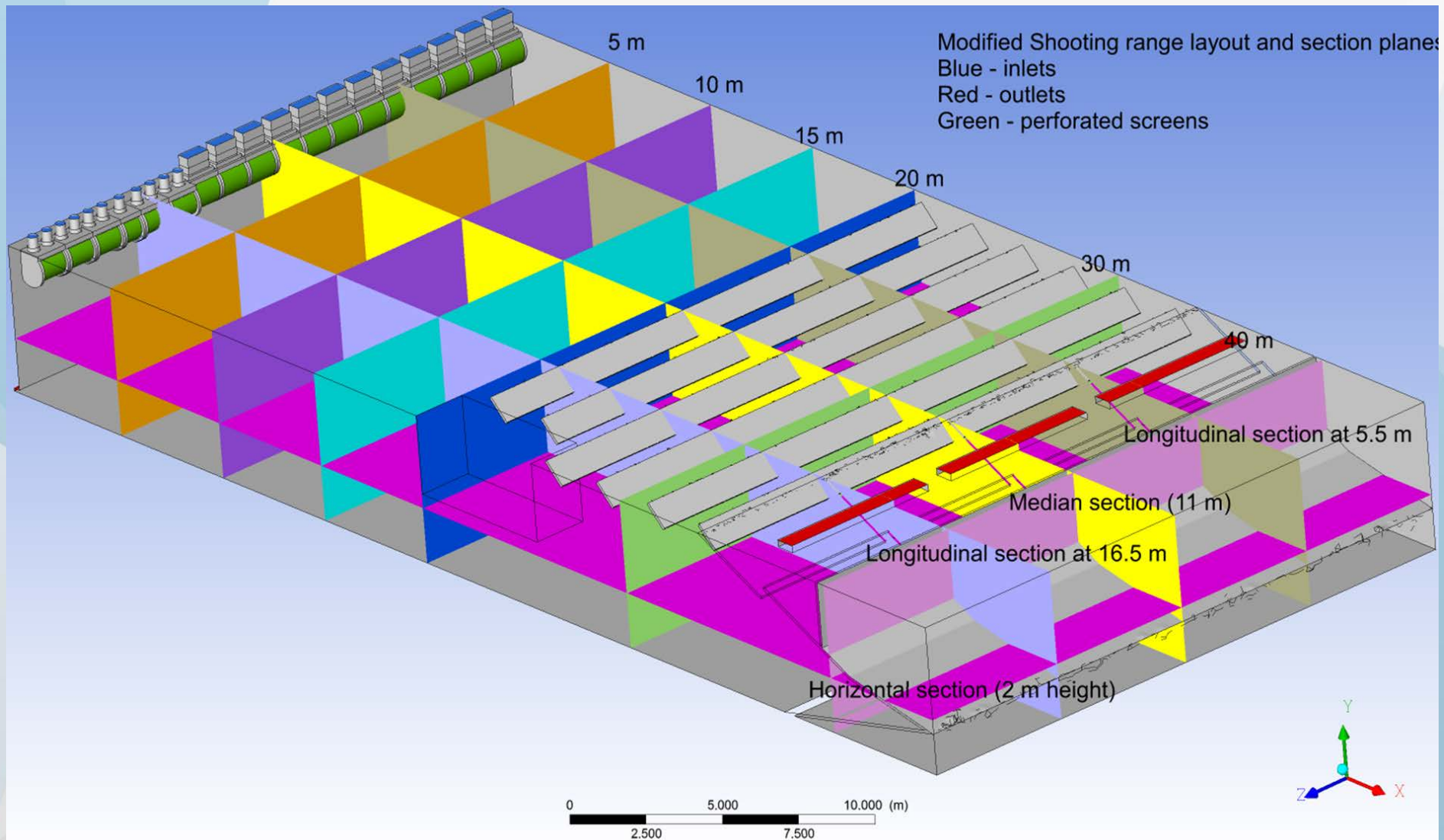
פרט פלנום אספקט אויר ומפזרים רדיאליים



מודל של המטווח - Computational fluid dynamic (CFD) modeling

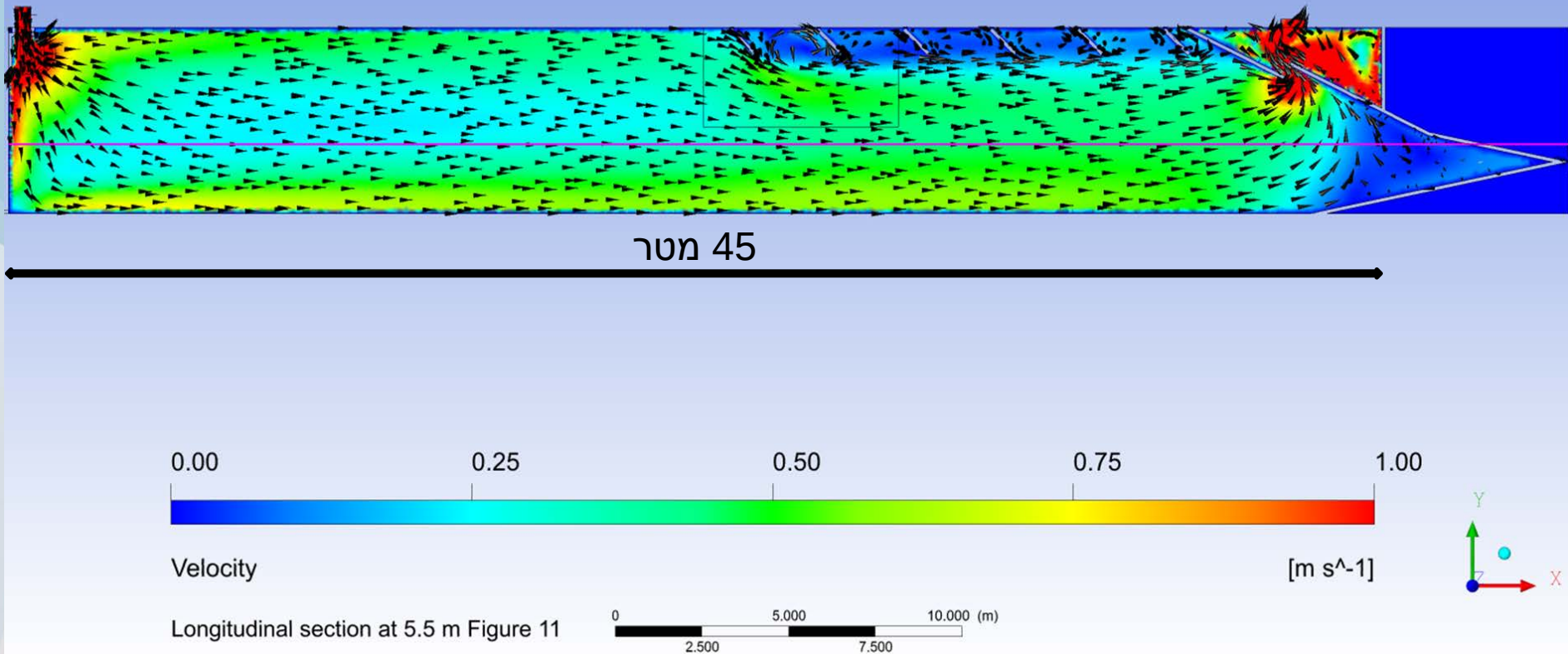


מודל של המטווח - CFD



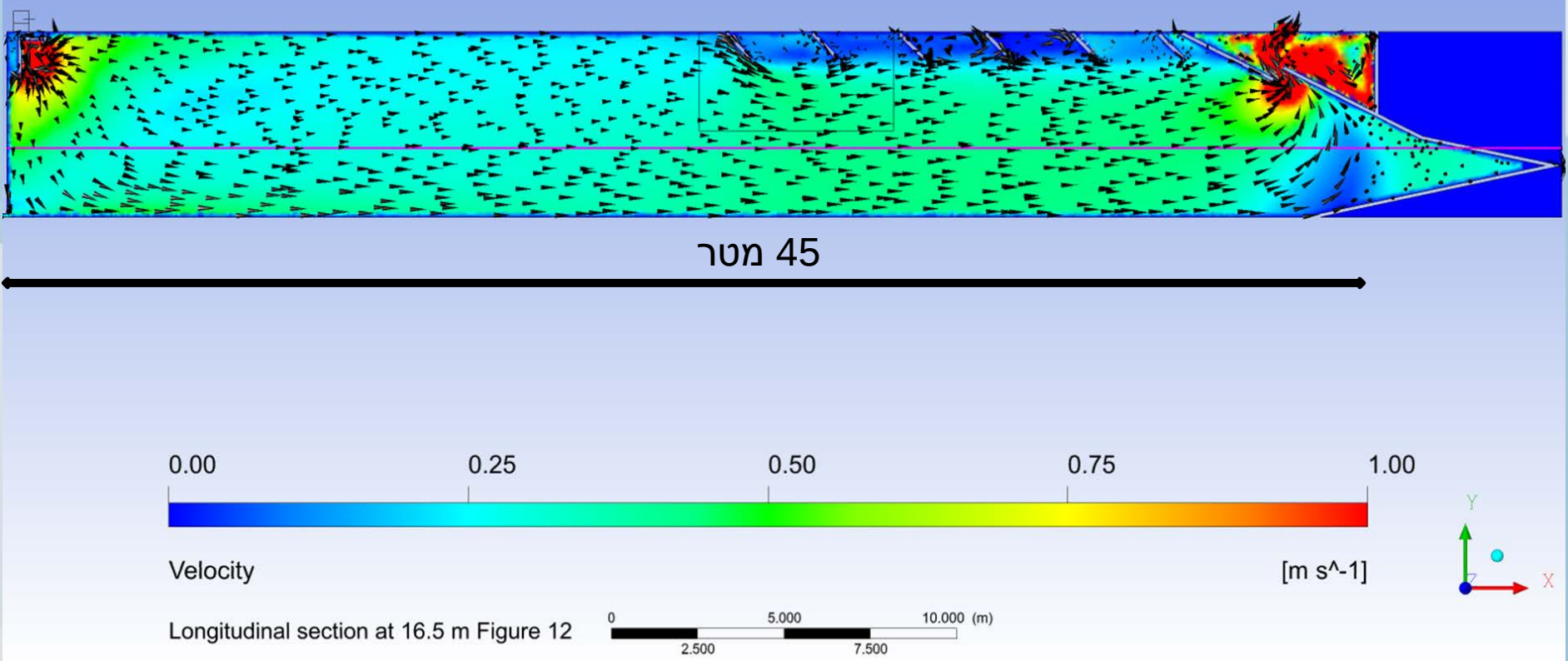
מודל – חתך מטווח 5.35 מ' לאורך – 5.5 מטר - CFD

Velocity in longitudinal section at 5.5 m
Run with equal inlet and outlet flow rates



מודל – חתך מטווח 5.35 מ' לאורך – 16.5 מטר - CFD

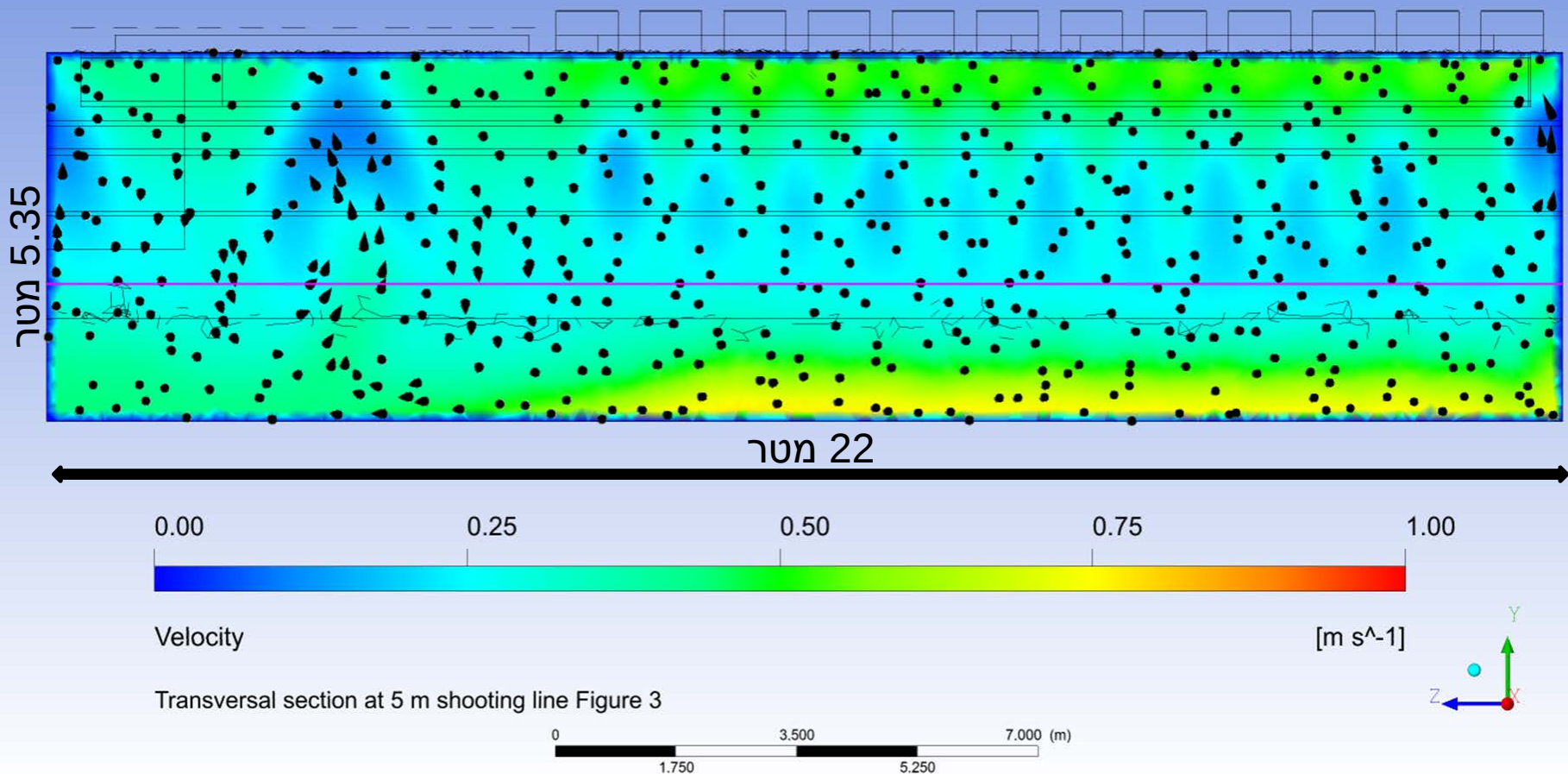
Velocity in longitudinal section at 16.5 m
Run with equal inlet and outlet flow rates



מודל – חתך מטווח לרוחב – 5 מטר – CFD

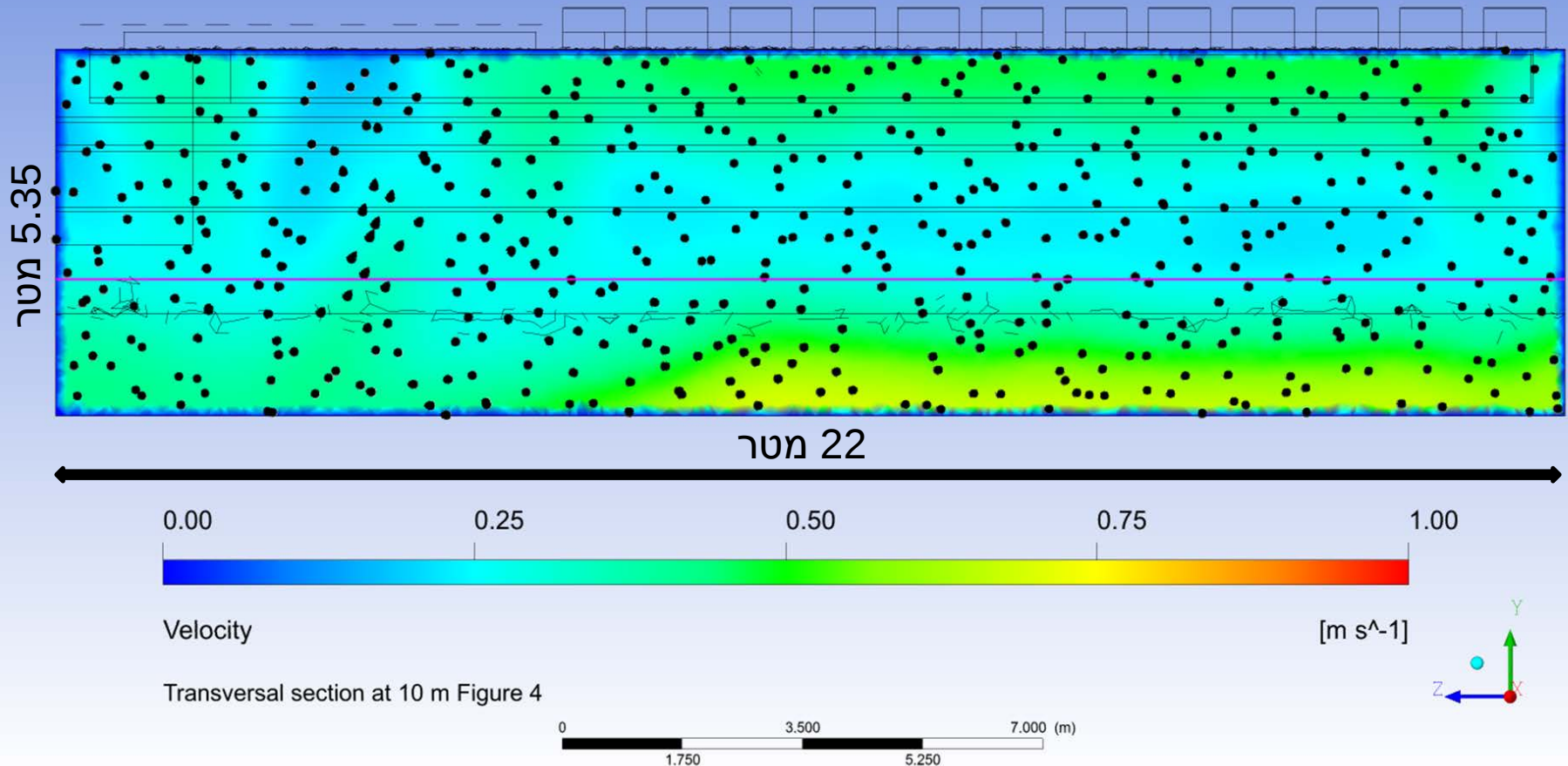
Velocity in transversal section at 5 m (shooting line)

Run with equal inlet and outlet flow rates



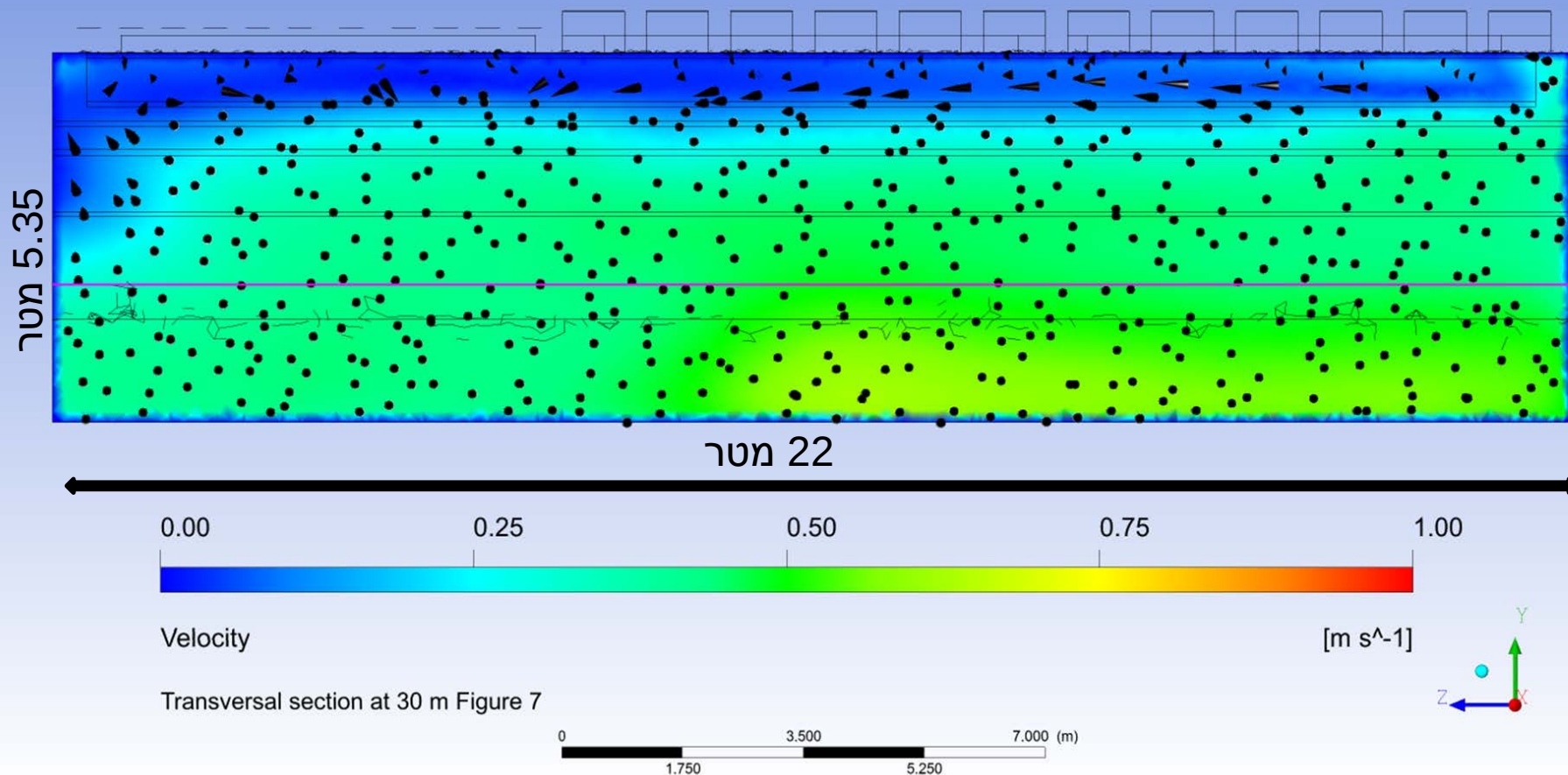
מודל – חתך מטווח לרוחב – 10 מטר – CFD

Velocity in transversal section at 10 m
Run with equal inlet and outlet flow rates



מודל – חתך מטווח לרוחב – 30 מטר – CFD

Velocity in transversal section 30 m
Run with equal inlet and outlet flow rates



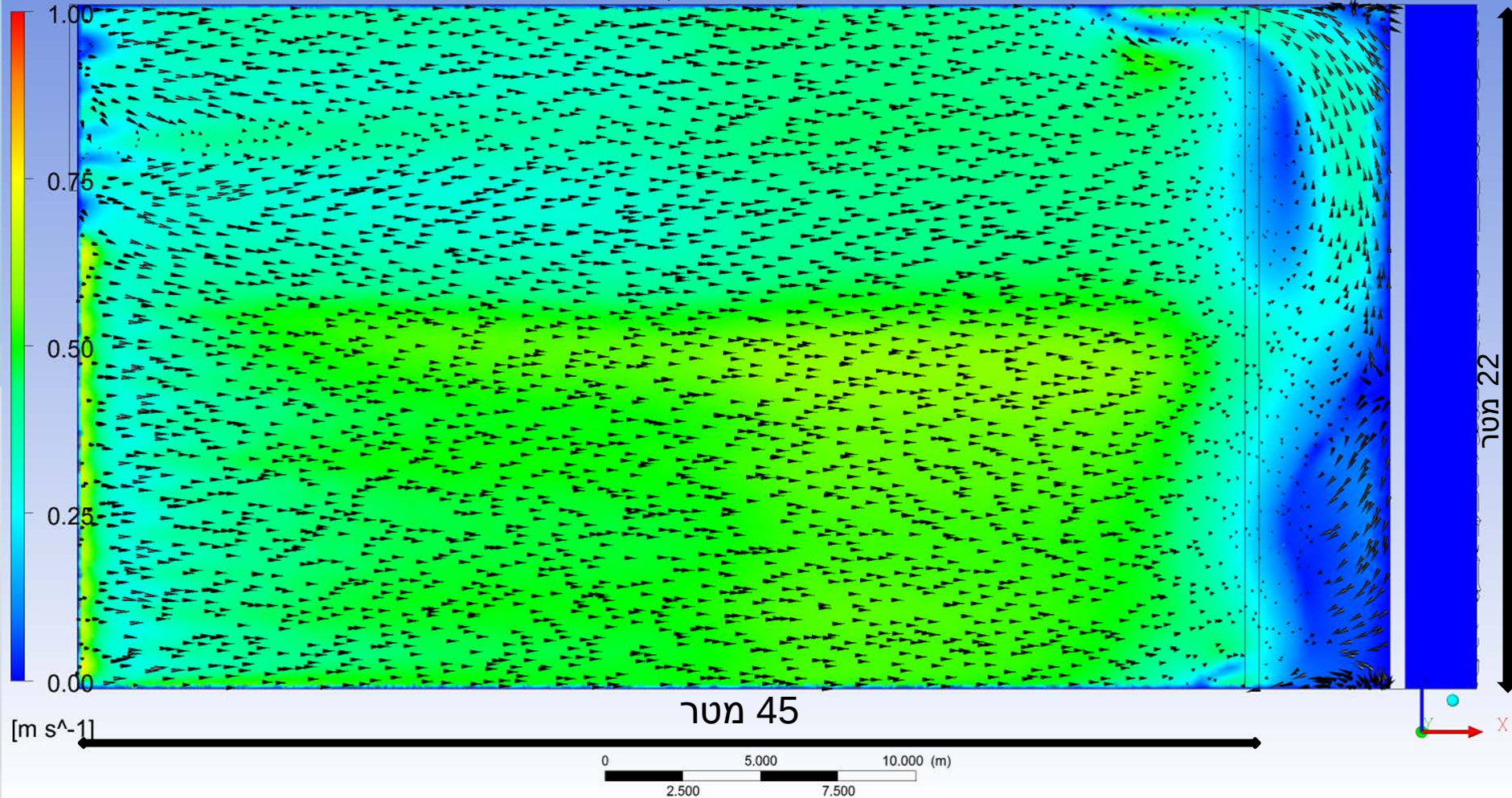
מודל – חתך מטווח כללי בגובה 1 מטר- מבט על - CFD

Velocity

Horizontal section 1 m height

Residence time along streamlines

Run with equal inlet and outlet flow rates



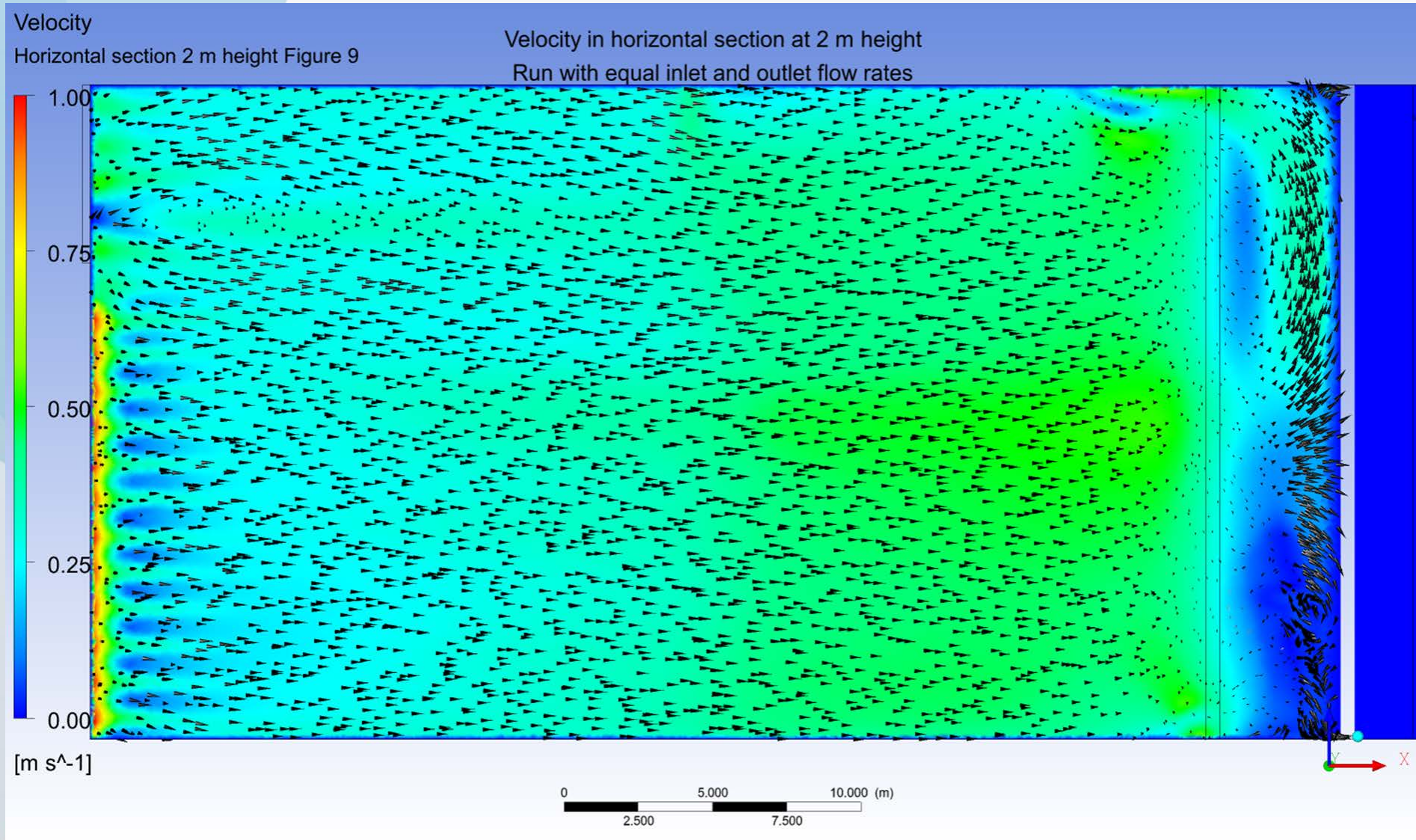
התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

אלקטרה

מודל – חתך מטווח כללי בגובה 2 מטר- מבט על - CFD

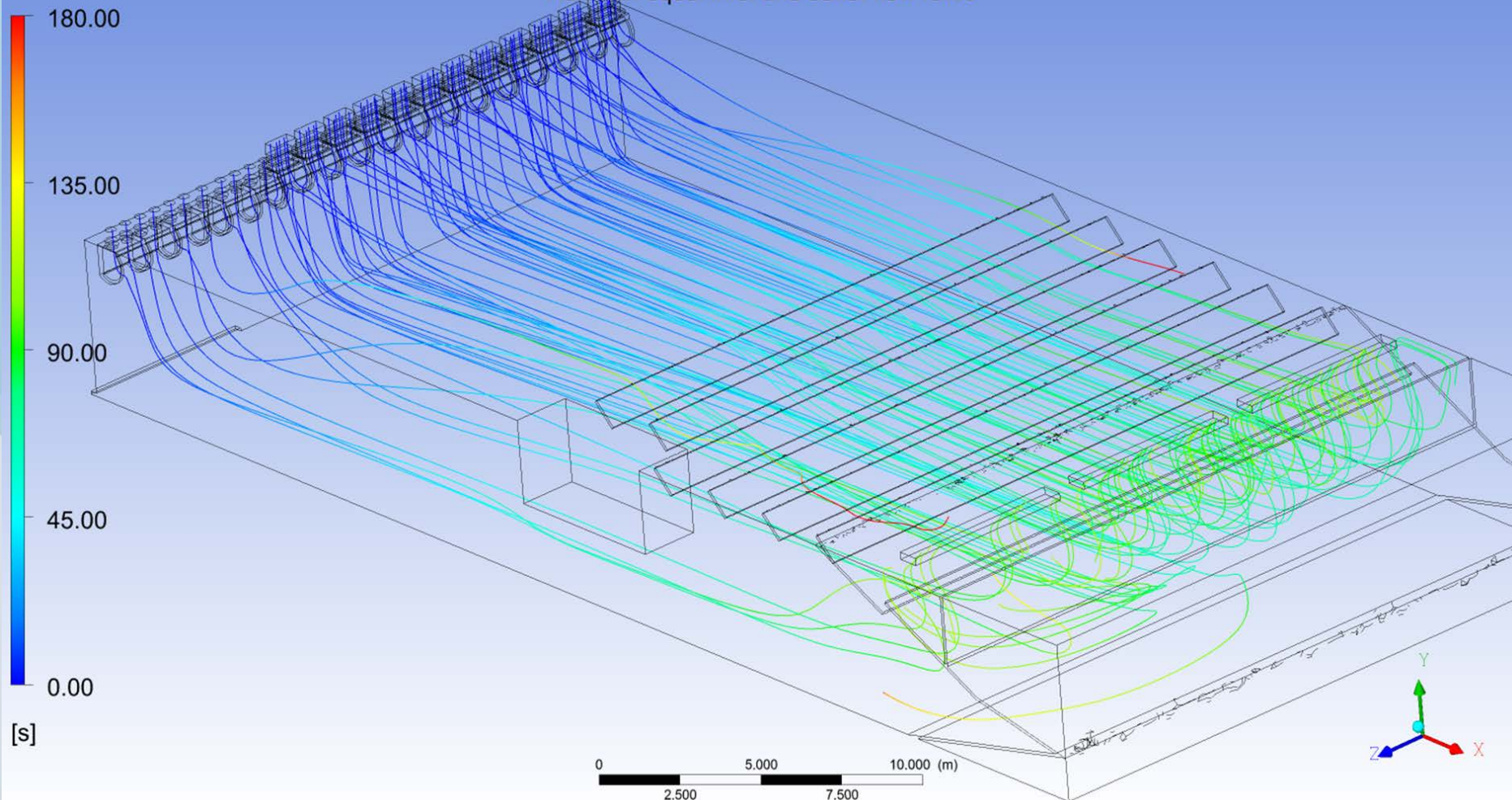


מודל – חתך מטוח כללי - זמן פיזור אויר - CFD

Time on Streamline 1 Figure 13

Streamline 1 Figure 13

Residence time along streamlines
Run with equal inlet and outlet flow rates



התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

אלקטרה

התקנה מפזרים 48" עבור מטווח בגובה 5.35 מטר



התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

אלקטרה

התקנה מפזרים 48" עבור מטווח בגובה 5.35 מטר



פרטים מפזרים רדיאליים בקוטר 48"



התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

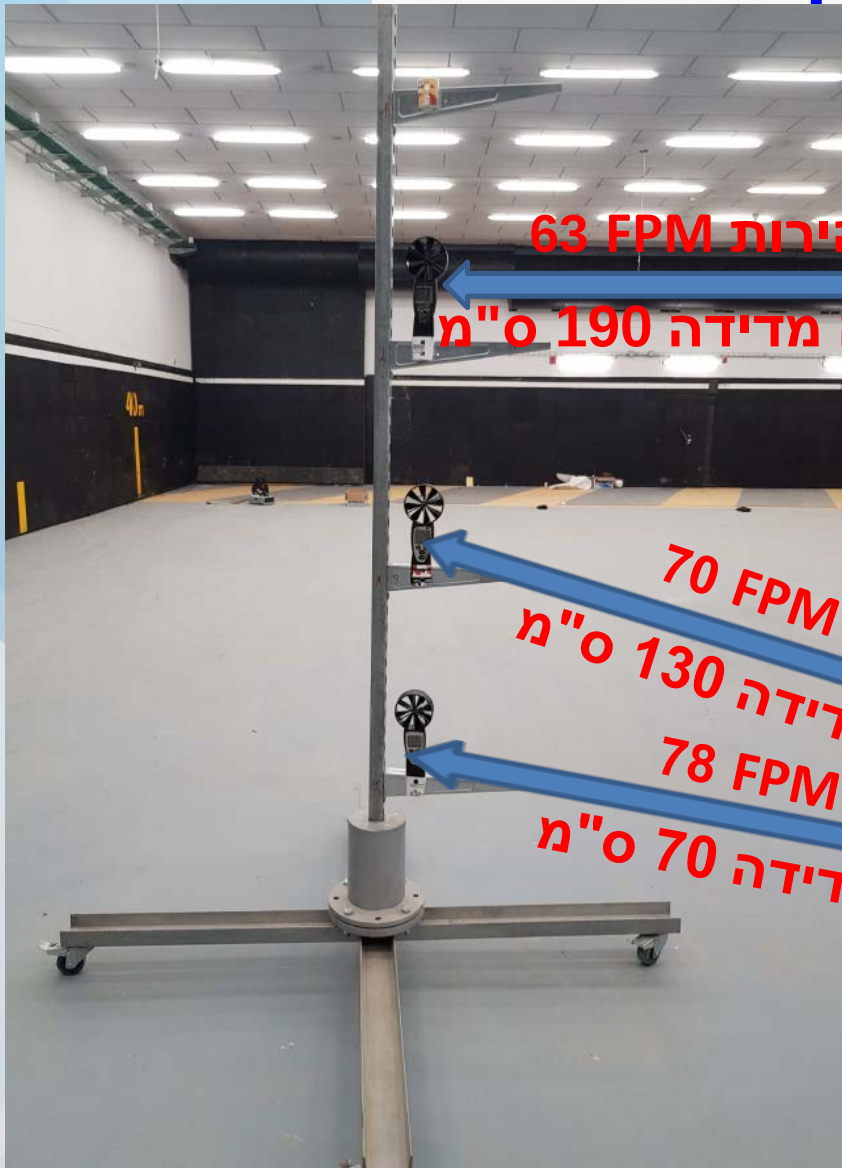
Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

מדידות במטווח 45 מ' במרחק של 7 מטר מהמפזרים



מדירות במטווח 45 מ' במרחק של 15 מטר מהמפזרים



בדיקות עשן במטוח 45 מ' אורך



מל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

בדיקות עשן במטווח 45 מ' אורך



ד"ר מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2

הכינס השנתי הבינלאומי ה-20

דו"ח בדיקה מהירויות אויר במטווח 45 מ' אורך

15/09/2019

דוח וויסות אוויר במטווח 2904-5 ניסוי מס' 1

שם יחידה מ"א שמשרתות את המטווח	ספיקת אויר (CFM)	תדר הפעלה (HZ)	לחץ סטטי בתעלת אספקה (PA)	תת לחץ במטווח (PA)	מפזרים 5 RD - 36"	מפזרים 12 RD - 48"	אוויר 100% צח
יט"א - AHU-13	28,900	26	195				
יט"א - AHU-14	29,056	26	190		גובה מטווח	5.35	מטר
יט"א - AHU-15	29,600	26	200		רוחב מטווח	22	מטר
יח' סינון EXU-13	37,110	25		-5	אורך מטווח	45	מטר
יח' סינון EXU-14	36,700	25		-5			
יח' סינון EXU-15	37,500	25		-5			

נקודות ומרחק			מהירויות זרימת אוויר במטווח ב-FPM					אזור מול שער הכניסה
מרחק מדידה מהכניסה למטווח	גובה מדידה מהרצפה	מס' נקודה מדידה	נקודה (א') בקו הרוחב 16 מטר (נקודה 15)	נקודה (ב') בקו הרוחב 13 מטר (נקודה 12)	נקודה (ג') בקו הרוחב 10.8 מטר (נקודה 9)	נקודה (ד') בקו הרוחב 7.2 מטר (נקודה 6)	נקודה (ה') בקו הרוחב 3.6 מטר (נקודה 3)	ממוצע FPM
מרחק 10 מטר	גובה 60 ס"מ	10.1	98	98	106	100	95	84
	גובה 120 ס"מ	10.2	86	80	92	93	94	
	גובה 180 ס"מ	10.3	93	77	55	54	40	
מרחק 20 מטר	גובה 60 ס"מ	20.1	102	104	93	100	90	92
	גובה 120 ס"מ	20.2	100	100	92	97	95	
	גובה 180 ס"מ	20.3	95	83	93	80	50	
מרחק 40 מטר	גובה 60 ס"מ	40.1	80	73	90	93	95	80
	גובה 120 ס"מ	40.2	71	70	83	90	90	
	גובה 180 ס"מ	40.3	74	76	70	70	77	

התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

מדירות מהירות אור במטוח 75 מ' אורך, 33 מ' רחב



התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינס השנתי הבינלאומי ה-20

אלקטרה

בדיקות עשן במטווח 75 מ' אורך - 15 מטר מהמפזר



התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינוס השנתי הבינלאומי ה-20

דו"ח בדיקה מהירויות אויר במטווח 75 מ'

22/09/2019

דוח וויסות אוויר במטווח 2904-6 ניסוי מס' 1

שם יחידה מ"א שמשרתות את המטווח	ספיקת אוויר (CFM)	תדר הפעלה (HZ)	לחץ סטטי בתעלת אספקה (PA)	תת לחץ במטווח (PA)	מפזרים 3 RD - 36"	מפזרים 24 RD - 48"	אוויר 100% צח
יט"א - AHU-16	33,450	30	290				
יט"א - AHU-17	34,067	30	285				
יט"א - AHU-18	34,000	30	288				
יט"א - AHU-19	33,956	30	300				
יח' סינון EXU-16	35,526	27		-10			
יח' סינון EXU-17	36,000	27		-10			
יח' סינון EXU-18	35,900	27		-10			
יח' סינון EXU-19	35,970	27		-10			

מהירויות זרימת אוויר בנקודות שונות במטווח ב-FPM									נקודות ומרחק		
מרחק מדידה מהכניסה למטווח	גובה מדידה מהרצפה	מס' נקודה מדידה	נקודה (א') בקו הרוחב 28.8 מטר	נקודה (ב') בקו הרוחב 25.2 מטר	נקודה (א') בקו הרוחב 21.6 מטר	נקודה (א') בקו הרוחב 18 מטר	נקודה (ב') בקו הרוחב 14.4 מטר	נקודה (ג') בקו הרוחב 10.8 מטר	נקודה (ד') בקו הרוחב 7.2 מטר	נקודה (ה') בקו הרוחב 3.6 מטר	ממוצע FPM
מרחק 10 מטר	גובה 60 ס"מ	10.1	100	105	98	106	98	100	98	100	90
מרחק 10 מטר	גובה 120 ס"מ	10.2	98	100	100	100	90	97	74	87	
מרחק 10 מטר	גובה 180 ס"מ	10.3	60	60	105	102	95	100	40	50	
מרחק 25 מטר	גובה 60 ס"מ	25.1	97	95	100	96	90	100	86	72	88
מרחק 25 מטר	גובה 120 ס"מ	25.2	90	88	100	90	88	97	90	68	
מרחק 25 מטר	גובה 180 ס"מ	25.3	77	85	80	89	92	98	78	60	
מרחק 45 מטר	גובה 60 ס"מ	45.1	80	80	120	98	70	75	86	90	79
מרחק 45 מטר	גובה 120 ס"מ	45.2	82	84	88	83	88	60	74	77	
מרחק 45 מטר	גובה 180 ס"מ	45.3	72	85	56	64	80	54	70	82	
מרחק 65 מטר	גובה 60 ס"מ	65.1	88	90	83	88	75	81	83	75	74
מרחק 65 מטר	גובה 120 ס"מ	65.2	84	80	72	69	60	79	80	70	
מרחק 65 מטר	גובה 180 ס"מ	65.3	60	70	50	67	55	67	72	66	

התאגדות מהנדסי חשמל, אלקטרוניקה ואנרגיה בישראל

Electricity & Energy 2019

הכינס השנתי הבינלאומי ה-20

אלקטרה

מסקנות

שיטת פיזור אויר מהמפזר הרדיאלי המחורר דגם החדש 48", לאחר אזור התייצבות הזרימה מבטיח זרימת אויר עם מהירות בהתאם לדרישות התקן של משרד הבריות אמריקאי -

.National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

דגם חדש של המפזרים הרדיאליים 48" שמפותח ומיושם במטווחים סגורים גבוהים, ענה לדרישות של מערכות האוורור במטווחי ירי סגורים, המוצגים כהמלצות ושיקולי עיצוב בתקן NIOSH 76-130 תחת הכותרת "שיקולי עיצוב חשיפה וסילוק עופרת בזמן הירי בתוך מטווחים סגורים".

בתקן הנ"ל ישנה המלצה על מהירות זרימת אוויר של 75 רגל לדקה בממוצע במטווח ריק, ועל מהירות 50 רגל לדקה כתווך התחתון בממוצע לתכנון המטווחים הסגורים ומהירות 100 רגל לדקה כתווך העליון בממוצע במטווח ריק.