



# רגולציה לציווד חשמל ומכשור באווירה נפיצה

לביא חן

054-7486334

Lavi@shapira-ex.co.il

יוסי שפירא

054-5853934

Joseph@shapira-ex.co.il

[www.exolution-lab.com](http://www.exolution-lab.com)

נובמבר 2024



# תנאים להיווצרות פיצוץ

**חומר נפיץ**

**אוויר עם ריכוז חמצן פחות מ- 21%**

**מקור הצתה**



# מקור הצתה

הצתה יכולה להתרחש בעיקר בנוכחות אחד  
או יותר מהתנאים הבאים:

1. טמפרטורת סביבה מעל טמפרטורת ההצתה של  
החומר.

2. אנרגיה (ניצוץ), הנגרם על ידי גורם חשמלי או מכאני.



# פריקה אלקטרוסטטית

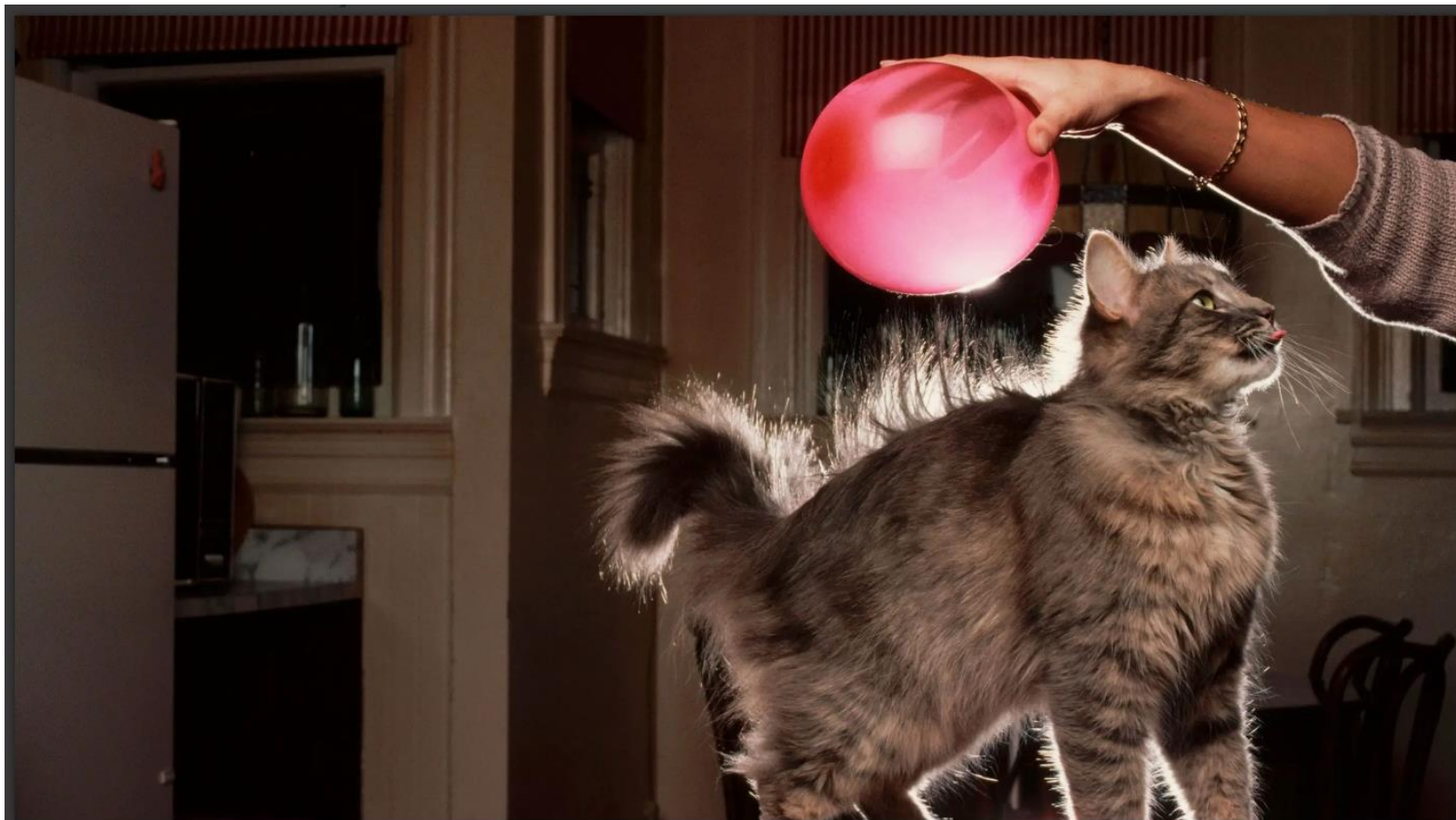


# משטח חם כיסוי של מנוע



ציוד פלסטי עם התנגדות בידוד  $10^7$ - $10^9$  Ohm

# טעינה אלקטרוסטטית



# חישוב: טעינה אלקטרוסטטית של בני אדם



מתח סף:

$$U \approx 2 \text{ KV}$$

קיבוליות אדם-לאדמה:

$$C \approx 200 \text{ pF}$$

צבירת אנרגיה

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = 0.4 \text{ mJ}$$



# אנרגיית הצתה מינימלית אלקטרוסטטית

Substance	Minimum ignition energy [mJ]
Methane	0,29
Butane	0,25
Propane	0,24
Benzol	0,20
Ammonia	0,14
Ethene	0,082
Hydrogen	0,019
Carbon disulphide	0,009

אנרגיית סף  
0.4 mJ!

מגע אנושי של אדם הטעון  
אלקטרוסטטית יכול לגרום לאנרגיית  
ניצוץ שיכולה הגז **הבטוח ביותר!**

# ניצוץ אלקטרוסטטי







# טמפרטורת הצתה

- טמפרטורת הצתה של גז נפיץ: הינה הטמפרטורה הנמוכה ביותר של משטח מחומם להצית גז או אבקה.
- סיווג גזים נעשה על ידי טמפרטורת ההצתה שלהם, ישנם 6 קבוצות של טמפרטורת הצתה T1 עד T6, המסווגות את רמות טמפרטורת ההצתה של החומר.



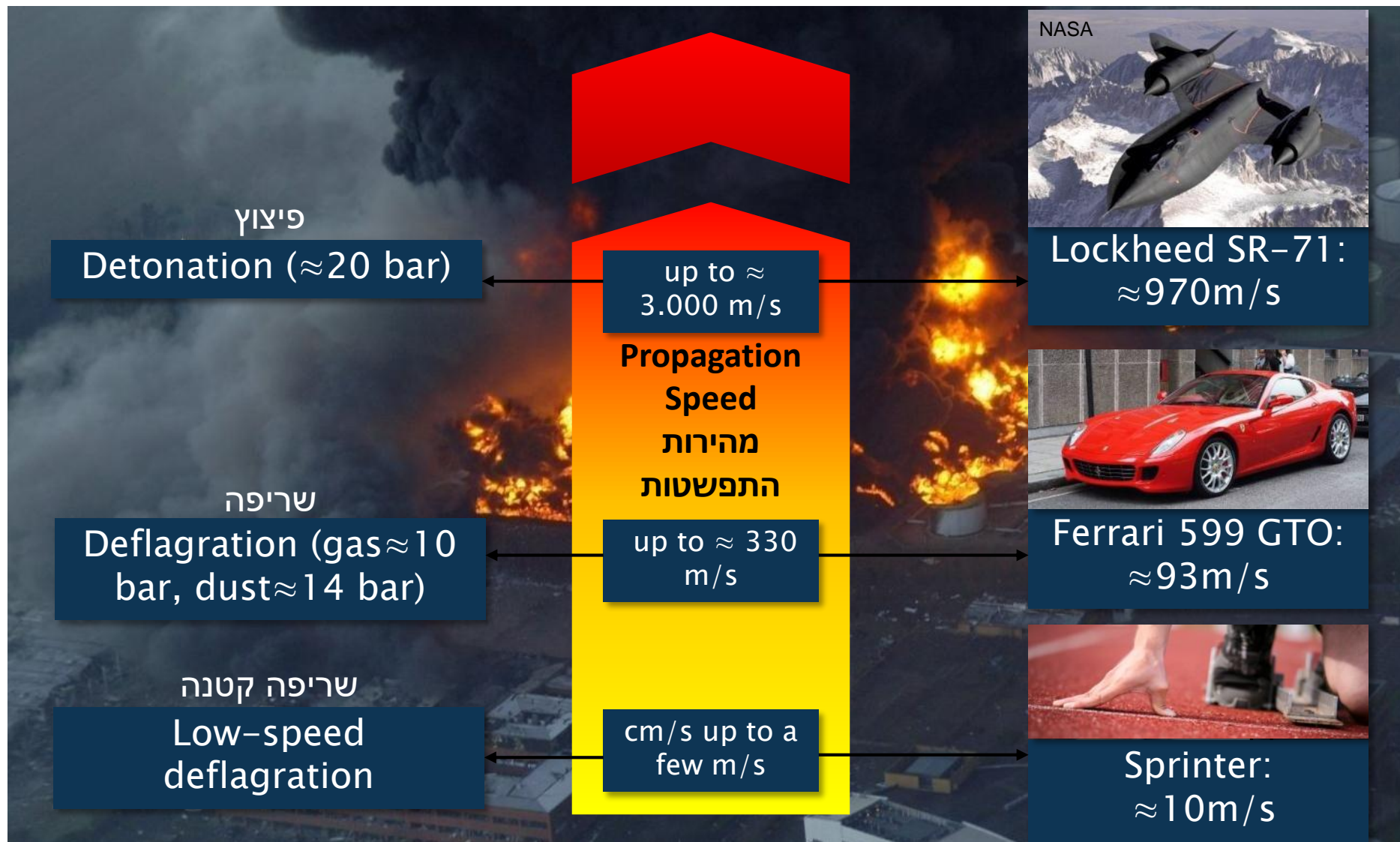


# תנאים אטמוספריים ע"פ תקן 60079

## ATMOSPHERIC CONDITIONS



# מהירות התפשטות הפיצוץ



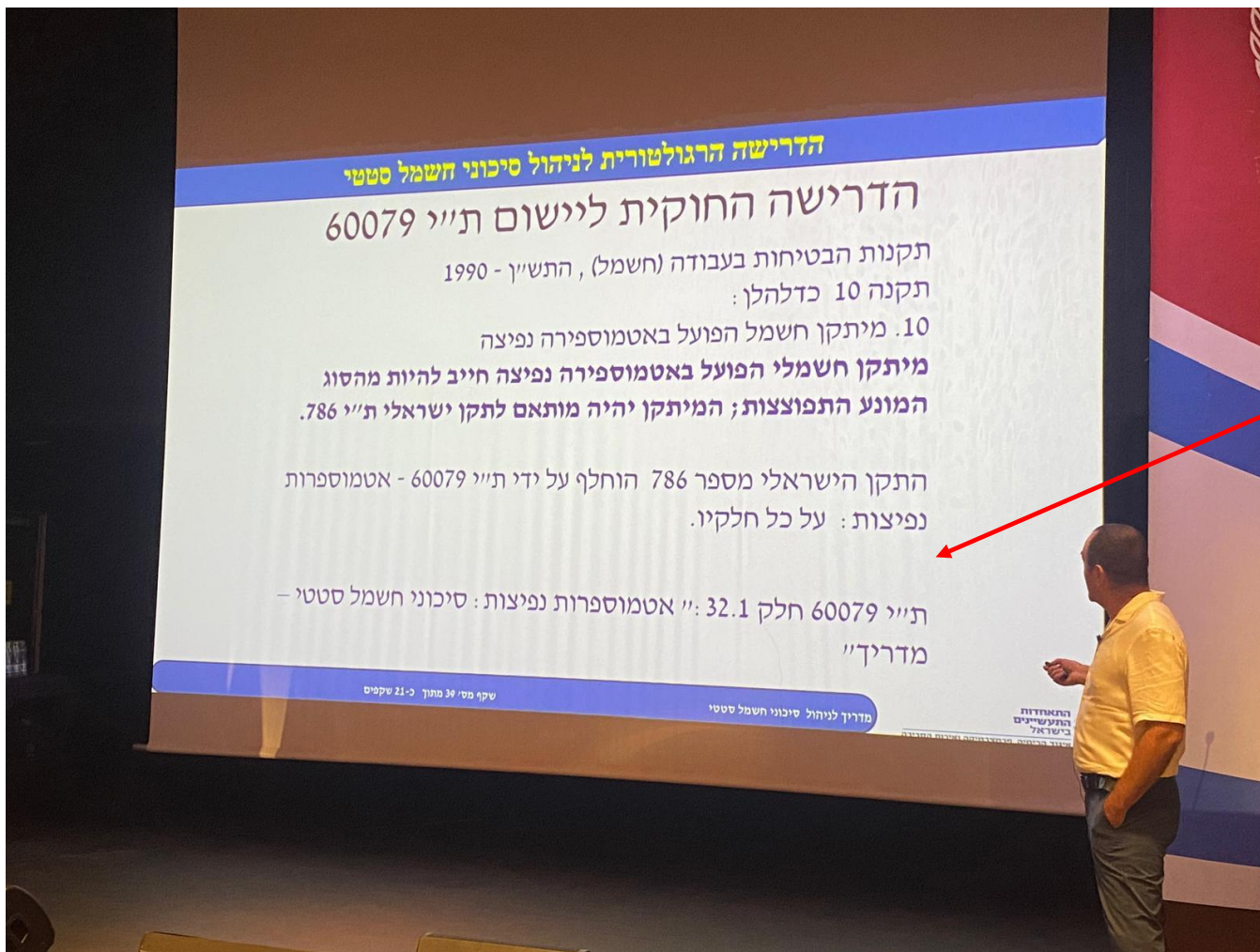


# פיצוץ בבית זיקוק





## מצגת משרד העבודה מכנס בטיחות של כבאות והצלה 12 לנובמבר 2024



**תקנים מחייבים ת"י 60079  
אטמוספרות נפיצות על כל  
חלקיו 1-32 מחליף את התקן  
הישראלי הקודם 786**



# רגולציה וסיכונים באווירה נפיצה ת"י 60079/1-32

מטרת הרגולציה:

- ✦ הגברת הבטיחות – שמירה על חיי אדם
- ✦ שרידות מערכות – שמירה על תקינות המתקן לאורך זמן.
- ✦ אמינות ויעילות הפעלה – התוצאה - רווח כלכלי.

ניתן להשיג באמצעות:

- ליווי הנדסי ובחירת ציוד מתאים בזמן ההקמה של מתקנים חדשים
- הדרכות והסמכות עובדים לתחזוקה ובדיקות שוטפות לפי ת"י 60079
- בדיקות ואישורי כשירות למתקן פעם ב-3 שנים ע"פ הנדרש לפי ת"י 60079-17



# רגולציה לפי ת"י 60079: אבני דרך להקמה ותחזוקה

1. קבלת מפת אזורי הסיכון והגדרת החומרים ממהנדס התהליך
2. תכנון הנדסי מפורט באחריות מהנדסי החשמל והמכשור
3. בדיקות הקמה לפי ת"י 60079-14 ובניית תכנית אחזקה מונעת למתקן
4. הסמכה וליווי של עובדי המתקן ע"י ATEX Leader בבדיקות אחזקה מונעת שוטפות (Visual, Close) עפ"י ת"י 60079-17
5. בדיקת Detail תקופתית עפ"י ת"י 60079-17 ע"י ATEX Leader



# 1. הגדרת אזורים אדים וגזים ואבקות על ידי מהנדס תהליך

## צבע אדום

נוזלים ואדים Class1 Div1 - ZONE 0

אבקות Class2 Div1 - ZONE 20

## צבע כתום

נוזלים ואדים Class1 Div1 - ZONE 1

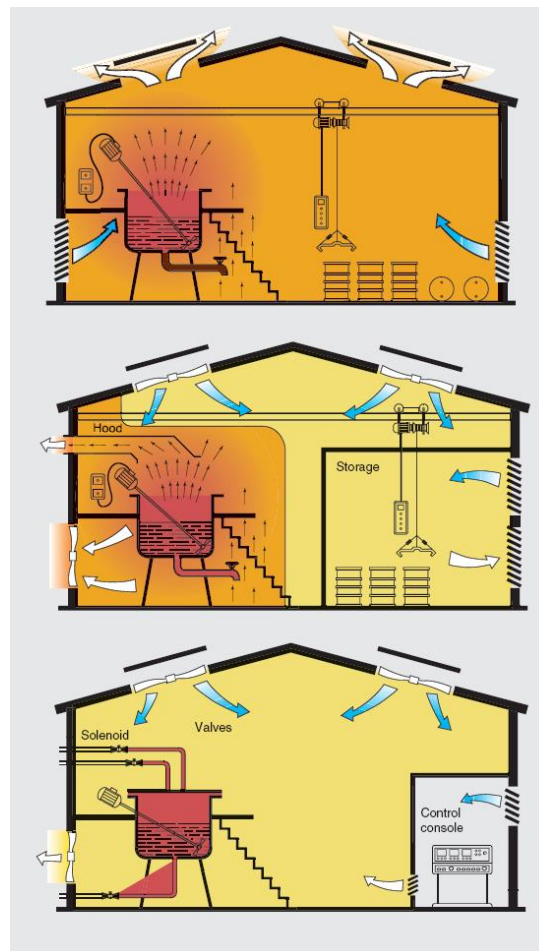
אבקות Class2 Div1 - ZONE 21

## צבע צהוב

נוזלים ואדים Class1 Div2 - ZONE 2

אבקות Class2 Div2 - ZONE 22

צבע לבן מקום בטוח



## מערכת פתוחה ללא אוורור

- מיכל ערבוב חומר פתוח.
- חדר ללא אוורור מאולץ.
- החומר הנפיץ נמצא כל הזמן בחלל החדר.
- כל ההפעלות בפיקוד ידני.

## מערכת פתוחה עם אוורור

- מיכל ערבוב חומר עם קולט אדים.
- חדר עם אוורור מאולץ.
- אכסון חומר נפיץ בחדר נפרד.
- חלק מההפעלות פיקוד ידני.

## מערכת סגורה עם אוורור והפרדות



- מיכל ערבוב חומר סגור.
- חדר עם אוורור מאולץ.
- אכסון חומר נפיץ במחסן נפרד.
- כל ההפעלות מבוקרות במחשב המותקן במקום בטוח.
- הסיכון היחיד בעת פתיחת המיכל לבדיקה או תחזוקה.





# 1. קבוצות הגזים לפי טמפרטורה ואנרגיית הצתה על ידי מהנדס התהליך

Ignition-Energy

 קבוצות גז או אנרגיית הצתה אמריקאי	 קבוצות גז או אנרגיית הצתה אירופאי	תחומי טמפרטורות של החומר הנפיץ					
		T1 > 450 °C	T2 > 300 °C	T3 > 200 °C	T4 > 135 °C	T5 > 100 °C	T6 > 85 °C
Group D	IIA	Acetone Acetic acid Methane Propane Ammonia Benzol Toluol	Benzine Methanol Butane	Hexane Diesel Fuel oil	Acetaldehyde		
Group C	IIB	Hydrocyanic acid	Ethanol Ethene	Hydrogen Sulphide			
Group B Group A	IIC	Hydrogen Acetylene					Carbon Disulphide

6 קבוצות טמפרטורה:

T1 – T6

תקינה אירופאית: ATEX

תקינה אמריקאית: NEC

סימון דרגת חומרת  
קבוצות הגזים  
האמריקאית הפוכה  
לסימון האירופאי!



# אבקות נפיצות

”Layer” : טמפרטורת ההצתה העצמית של

שכבת אבק בעובי 5 מ"מ.

”Cloud” : טמפרטורת ההצתה העצמית של עננת אבק.

	Average particle size	Cloud of dust		5 mm layer of dust		Maximum surface temperature
		Self-ignition T° (T1)	Maximum Surface T° of the equipment (2/3 of T1)	Self-ignition T° (T2)	Maximum Surface T° of the equipment (T2-75°C)	
Unprocessed cotton	< 75 µm			+ 520°C	+ 445°C	
Rice	< 75 µm	+ 510°C	+ 340°C	+ 450°C	+ 375°C	+ 340°C
Wheat flour	< 75 µm	+ 440°C	+ 293°C	+ 440°C	+ 365°C	+ 293°C
Dextrin	< 75 µm	+ 410°C	+ 273°C	+ 390°C	+ 315°C	+ 273°C
Starch (wheat)	< 75 µm	+ 400°C	+ 267°C	+ 380°C	+ 305°C	+ 267°C
Soya (flour)	< 75 µm	+ 550°C	+ 367°C	+ 340°C	+ 265°C	+ 265°C
Corn starch	< 75 µm	+ 380°C	+ 253°C			
Sugar	< 75 µm	+ 370°C	+ 247°C	+ 400°C	+ 325°C	+ 247°C
Cellulose	< 75 µm	+ 480°C	+ 320°C	+ 270°C	+ 195°C	+ 195°C
Wood/pine (sawdust)	< 75 µm	+ 470°C	+ 313°C	+ 260°C	+ 185°C	+ 185°C
Malt (Barley)	< 75 µm	+ 400°C	+ 267°C	+ 250°C	+ 175°C	+ 175°C
Cocoa	< 75 µm	+ 510°C	+ 340°C	+ 240°C	+ 165°C	+ 165°C
Wheat (bulk)	< 75 µm	+ 500°C	+ 333°C	+ 220°C	+ 145°C	+ 145°C
Cork	< 75 µm	+ 460°C	+ 307°C	+ 210°C	+ 135°C	+ 135°C
Peanuts (husks)	< 75 µm	+ 460°C	+ 307°C	+ 210°C	+ 135°C	+ 135°C
Milk powder	< 75 µm	+ 490°C	+ 327°C	+ 200°C	+ 125°C	+ 125°C

כיצד מחשבים את הטמפרטורה המשטחית

המקסימאלית המותרת לכל חומר?

החישוב נעשה ע"י מציאת הערך המינימאלי של

שתי הבדיקות הבאות:

- 67% של טמפרטורת ההצתה העצמית של ענן האבק.

- טמפרטורת ההצתה העצמית של שכבת האבק בעובי 5mm פחות 75 מעלות צלסיוס.



## סימון קבוצות אבקות

III C – אבקות מוליכות כמו אבק גרפית או טונר

III B – אבקות לא מוליכות כמו אבקת חלב או סוכר

III A – סיבים וגרגירים טבק, נייר או נסורת

# פיצוץ במפעל לייצור סוכר





## 2. תכנון הנדסי מפורט באחריות מהנדסי החשמל והמכשור

לאחר קבלת מפת אזורי הסיכון וקבוצות הסיכון של החומרים,  
יש לבחור את הציוד המתאים לכל אזור ולכל חומר.  
יש להתחשב בשיקולי תפעול, תחזוקה ותחזוקה מונעת.  
התכנון לפי הוראות חוק החשמל.



## 3. בדיקות הקמה לפי ת"י 14-60079 ובניית תכנית

### אחזקה מונעת למתקן

על מנת לבצע תחזוקה, התקנות ובדיקות תקופתיות ת"י 17-60079 מחייב להכיר את הדרישות המיוחדות של מתקנים באווירה נפיעה.

נדרשת הסמכה לכל בעלי התפקידים הבאים:

- ניהול והנדסה המעורבים בתהליכי ייצור.
- מהנדסים מתכננים לחשמל ומכשור.
- מנהלי אחזקה ובודקי כשירות מתקנים.
- טכנאים וקבלני חשמל ומכשור.

אחת לחמש שנים נדרש מהמוסמכים לעבור הדרכת ריענון ועדכון מאדם בעל רקע, ניסיון והכרת התחום.



## 4. הסמכה וליווי של עובדי המתקן ע"י ATEX Leader

- התאמת ציוד החשמל והמכשור להגדרת האזור הנפיץ, קבוצות הגזים/אבקות.
- בדיקות הארקת יסוד והארקת סיכוכים וחוצצים.
- בדיקת רציפות והתנגדות בידוד של כל מוליכי החשמל.
- תכנון עצמת תאורה, תאורת חירום ושלטי יציאה ע"פ דרישות בטיחות המתקן.
- מערכת השבתה ESD – Emergency Shut Down.
- בסיום ההתקנה בדיקת Detail לפי ת"י 17-60079 של כל הציוד המותקן באתר.



## 5. בדיקת Detail תקופתית עפ"י ת"י 17-60079 ע"י ATEX Leader

- אביזרים מיוחדים: שנפתחים ומטופלים בתדירות גבוהה כל 6 חודשים.
- מתקנים נייחים: התדירות הנדרשת לבדיקה תוך פרק זמן של 3 שנים.
- מתקנים ניידים: התדירות הנדרשת לבדיקה תוך פרק זמן של 12 חודשים.



# מצגת משרד העבודה מכנס בטיחות של כבאות והצלה 12 לנובמבר 2024



## פערים שנמצאו

אי עמידה בדרישות ת"י 60079  
חוסר בסיווג אזורי סיכון

ניהול לקוי בהתאמת ציוד מכשור וחשמל לסיווג האזורים  
ליקויים בתהליך הכנסת גורם סיכון חדש.  
ליקויים בניהול בדיקות תקופתיות  
חוסר בדיווח מקרים מסוכנים שריפה ופיצוץ

## 5. סוגי הבדיקות לפי 17-60079 ותדירות הבדיקה יגדרו בהקמת המתקן לפי מבנה וסוג ההגנה של המוצר

Visual Inspection (V) – בדיקה ויזואלית של הציוד. ללא צורך בניטור או הפסקת מתחים, ללא שימוש בציוד בדיקה או כלים. מטרת הבדיקה למצוא פגמים הנראים לעין כמו: חוסר בברגים, כניסות כבל לא מחוזקות, שבר וכל דבר אחר הניתן לבחינה במבט. **תדירות הבדיקה ע"פ הוראות בודק המתקן בהקמתו או החלטת מנהל המתקן.**

Close Inspection (C) – בדיקה קרובה יותר של הציוד ללא צורך בניטור או הפסקת מתחים. בדיקה ויזואלית קרובה יותר לרכיבים החשודים כפגומים. האמצעים לבדיקה: מתקני הרמה וכלים לפרוק הרכיבים החשודים.

**תדירות הבדיקה ע"פ הוראות בודק המתקן בהקמתו או החלטת מנהל המתקן.**

Detailed Inspection (D) - בדיקת מדוקדקת של הציוד. מחייבת ניטור והפסקת מתחים. הבדיקה כוללת פרוק, פתיחה יזומה של רכיבים וקופסאות ע"פ הנדרש. מטרת הבדיקה לאשר את אופן התקנה והחיבורים החשמליים לפי דרישות ת"י 60079. **תדירות הבדיקה לאחר שיפוץ Major ולא יאחר משלש שנים מבדיקת Detailed האחרונה.**



# מארז עם הגנה מסוג EXD בדיקות VISUAL, CLOSE & DETAIL

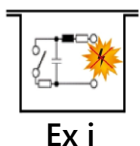
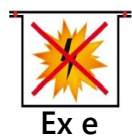
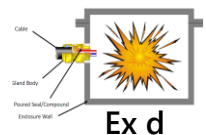


תקלה יכולה  
להתגלות  
בבדיקה  
Close or Visual





# סיכום רגולציה לפי ת"י 60079/1-32



- חומרים נפיצים, כימיקלים, אבקות נפיצות וגז טבעי דורשים טיפול ורגולציה מתאימה.
- הרגולציה מסדירה את אחריות מנהלי המתקנים על הגדרות הסיכונים והאזורים. תכנון הנדסי ע"פ דרישות התקנים ושימוש ברכיבים מתאימים. הסמכות עובדי תחזוקה ותפעול לשמירת הרמה המקצועית שלהם. בדיקות הציוד מבוצעות לפי סוגי ההגנה של הציוד.
- מסירת מתקן חדש לפי דרישות ת"י 60079-14 ובדיקות תקופתיות ע"פ הנדרש ב ת"י 60079-17.
- שמירת דרישות הרגולציה של ציוד חשמל מסוגים שונים עם סוגי הגנה והתקנים השונים מחייבת תכנית מתאימה וקלה לתפעול למנהלים, מהנדסים ולצוותים המבצעים את הוראות הרגולציה.
- הפקת דוחות כשירות לפי דרישות הרגולציה/רשויות

