



## מעבדת גלית

**בדיקות איכות אוויר תוך מבניות  
באוניברסיטה הפתוחה**

**דרך האוניברסיטה 1, רעננה**

**10 דצמבר 2019**

**הבדיקות בוצעו לבדיקת תנאי מיקום העבודה, ואינן מוגדרות כבדיקות תעסוקתיות.**

דו"ח מס' 0619122501



### פרטי ההזמנה

שם מזמין העבודה: מרק סולבי- ממונה מחלקת בטחון ובטיחות, האוניברסיטה הפתוחה,  
 דרך האוניברסיטה 1, רעננה.  
 טל. נייד : 052-3602815  
 דוא"ל : markso@openu.ac.il

תאריך הבקשה : 03/12/2019

### פרטי בדיקת איכות אוויר תוך-מבנית

תאריך ושעה : 10/12/2019 9:30

מקום : האוניברסיטה הפתוחה רעננה : בניין הכיכר – קומה 1- , בניין האקדמיה קומה 2, מחסן קומה 2-  
 תנאי מזג אוויר : חורף סגרירי

### מבצעי הבדיקה :

ד"ר אביחי מוכתר  
 טל. 054-4274143





## תקציר

על פי בקשתכם, ערכנו בתאריך 10/12/2019 מדידות תוך מבניות שונות לאיתור וקביעת מדדי נוחות ואיכות אוויר בחמישה מקומות שונים באוניברסיטה הפתוחה, דרך האוניברסיטה 1, רעננה. הבדיקות בוצעו כדי לבדוק באופן מדגמי את איכות האוויר במקום. המדידות בוצעו בהתאם לנהלי בדיקה של מגוון מדדי איכות אוויר ונוחות, הנוגעים לתחום של indoor environment quality (ieq) על פי שיטות ותקנים המקובלים בעולם וההנחיות של הארגונים המקצועיים בתחומים אלה.

## מסקנות

בהתבסס על התצפיות והממצאים, ניתן להסיק כי:

1. ריכוז החמצן ( $O_2$ ) באוויר היה בהתאם לתקן בכל המקומות שנבדקו.
2. ריכוז הפחמן הדו-חמצני ( $CO_2$ ) היה בהתאם לערכים המומלצים בכל המקומות שנבדקו, ואף נמוך מ-800 חל"מ.
3. לא נמצא פחמן חד-חמצני ( $CO$ ) בכל המקומות שנבדקו.
4. לא נמצא חנקן דו-חמצני ( $NO_2$ ) בכל המקומות שנבדקו.
5. ריכוז הגופרית הדו-חמצנית ( $SO_2$ ) היה בהתאם לתקן בכל המקומות שנבדקו.
6. ריכוז המימן גופריתי ( $H_2S$ ) היה בהתאם לתקן בכל המקומות שנבדקו.
7. ריכוז סך כל החומרים האורגנים הנדיפים בכל המקומות שנבדקו היה בטווח הנוחות בכל המקומות שנבדקו.
8. הריכוז של כלל החומר החלקיקי העדין המרחף (אבק) היה בהתאם למומלץ בכל המקומות שנבדקו היה. גם ריכוז חלקיקי האבק שקוטרם קטן מ-2.5 מיקרון היה בהתאם למומלץ בכל המקומות שנבדקו.
9. הטמפרטורה שנמדדה בכל החדרים שנבדקו הייתה בתאם לטמפרטורה המומלצת לחודשי החורף.
10. הלחות היחסית שנמדדה במעבדת מחשבים ובחדר רכש הייתה גבוהה מהמומלץ בתקן. ביתר המקומות שנבדקו הייתה הלחות היחסית בהתאם למומלץ בתקן.





## המלצות

1. מומלץ לבדוק אם אין דליפה מצנרת מים, או חדירה חיצונית של מי גשמים או מי השקיה בקרבה למעבדת המחשבים.
2. ייתכן שיש צורך לווסת את מערכות המיזוג, כך שהטמפרטורה במעבדת מחשבים תהייה גבוהה בחצי מעלה בקירוב, ולהגיע לטמפרטורה שבין  $23.0^{\circ}\text{C}$  ל- $23.5^{\circ}\text{C}$ , על מנת להוריד את רמת הלחות היחסית אל מתחת ל-60%.
3. מומלץ לכוון את הטמפרטורה בחדרים בזמן ששוחים שם אנשים, על פי המומלץ בתקן:  $20^{\circ}\text{C}$  עד  $23.5^{\circ}\text{C}$  בחורף, ו- $23^{\circ}\text{C}$  עד  $26^{\circ}\text{C}$  בקיץ. זאת על מנת ליצור סביבה נעימה יותר מבחינת הטמפרטורה ומבחינת הלחות היחסית.
4. מומלץ לבצע דיגום עובש במעבדת המחשבים ובחדר הרכש.

בכבוד רב,

אביחי מוכתר

ד"ר (Ph.D.) למדעי החיים ומומחה לאיכות סביבה  
 גלית החברה לאיכות הסביבה בע"מ





## הקדמה

על פי בקשתכם, ערכנו בתאריך 10/12/2019 מדידות תוך מבניות שונות לאיתור וקביעת מדדי נוחות ואיכות אוויר בחמישה מקומות שונים באוניברסיטה הפתוחה, דרך האוניברסיטה 1, רעננה. הבדיקות בוצעו כדי לבדוק באופן מדגמי את איכות האוויר במקום. כל המדידות בוצעו בהתאם למקובל ולהנחיות הקיימות בתחום איכות האוויר בחללים סגורים – indoor air quality ו- indoor environment quality כפי שבאים לידי ביטוי בתקני הארגונים הפדראליים בארה"ב, בקנדה ובתקנים בינלאומיים אחרים (EPA וארגון ACGIH – האיגוד האמריקאי של הגהותנים).

### תיאור מקום הבדיקה:

קמפוס האוניברסיטה הפתוחה נמצא בשולי העיר רעננה, סמוך לאזור התעשייה וצמוד לעורקי תחבורה בינעירוניים ראשיים.



תמונה 1: תצ"א של האזור





המקומות בהן בוצעו דגימות האוויר הם:

**בניין הכיכר, קומה 1-**

1. מעבדת מחשבים (תמונה 2)

2. חדר רכש (תמונה 3)

3. מחלקת הפעלה (תמונה 4)

**בניין אקדמיה, קומה 2**

4. חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית (תמונה 5)

**בניין מחסן**

5. מחסן אריזה (תמונה 6)

למעבדת מחשבים ולחדר רכש בקומה 1- יש חלונות שנפתחים לפיר שנפתח במפלס הקרקע. למחלקת הפעלה בקומה 1- ולמחסן האריזה בקומה 2- אין חלונות שנפתחים אל החוץ. לחדר 208 במזכירות המחלקה לאנגלית בקומה 2 יש חלון שנפתח אל החוץ. בזמן הבדיקה, החלונות במעבדת המחשבים היו סגורים. בחדר 208 במזכירות המחלקה לאנגלית היה החלון מעט פתוח בזמן הבדיקה.

### מערכות המיזוג והאוויר

במקומות שנבדקו מופעלות מערכות מיזוג מרכזיות שממזגות את האוויר באמצעות מצננים (צילרים) ומגדלי קירור. המערכת עובדת במשך כל היום בשעות העבודה, ומטופלת באופן שוטף אחת לחצי שנה על ידי חברת האחזקה של האוניברסיטה הפתוחה. הטיפול התקופתי האחרון במערכות הקירור היה כולל ובוצע בדצמבר 2019.

יש במקומות שנבדקו גם מערכת שמחדירות למבנים אוויר צח מטופל מהגג. האוויר הצח מועבר מהגג ומשם ליחידות טיהור האוויר, שמהן מוזרם האוויר לחדרים. מערכות האוויר הצח פועלות בשעות העבודה של הקמפוס.





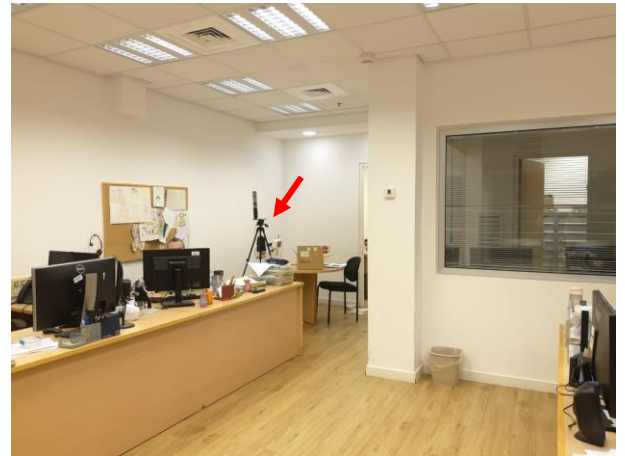
תמונה 3 : חדר רכש. מקום הבדיקה מסומן בחץ.



תמונה 2 : מעבדת מחשבים. מקום הבדיקה מסומן בחץ.



תמונה 5 : חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית



תמונה 4 : מחלקת הפעלה. מקום הבדיקה מסומן בחץ.



תמונה 4 : מחלקת הפעלה. מקום הבדיקה מסומן בחץ.





## מדידות חמצן (O<sub>2</sub>)

### למה מודדים חמצן?

החמצן הוא אחד היסודות הנפוצים בטבע, ומהווה כ- 21% מהאוויר על פני כדור הארץ. לחמצן חשיבות מכרעת עבור קיום החיים הארציים. רוב העלי החיים והצמחים העילאיים משתמשים בחמצן לנשימה על מנת להפיק אנרגיה הדרושה לקיום החיים עצמם. מחסור בחמצן עלול לגרום לבלבול וחוסר הכרה ולעיתים אף למוות. מחסור בחמצן נגרם עקב תגובות כימיות או ביולוגיות הצורכות חמצן, כמו בעירה, תסיסה של מיקרואורגניזמים שונים במקומות סגורים או ליד ביצות ואתרי פסולת (בעיקר אורגנית). גם באזורים שמתרחשים בהם תהליכים כימיים איטיים של חמצון, כמו היווצרות חלודה על גבי מתכות, יכול להיווצר מחסור בחמצן. שימוש בגזים דחוסים יכול לדחוק כמות חמצן משמעותית וליצור גם הוא חסר בחמצן.

### מדד תקן לחמצן

ריכוז החמצן התקין באוויר הוא בין 19% ל-25% על פי תקן US OSHA (תיקון מ- 2002)

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר QRAE II

טווח מדידת חמצן : 0%–30%

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.1%

כיול המכשיר נעשה חברת EMPROCO.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.04.2020







## תוצאות

### טבלה 1: תוצאות בדיקת חמצן (O<sub>2</sub>)

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	חמצן (O <sub>2</sub> ) ב- %
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	20.9
2	חדר רכש	20.9
3	מחלקת הפעלה	20.9
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	20.9
בניין המחסן, קומה 2-		
5	המשרד של יחידת התמיכה	20.9

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## מסקנות

ריכוז החמצן באוויר בכל המקומות שנבדקו היה בהתאם לתקן US OSHA (תיקון מ- 2002).





## מדידות פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>)

### למה מודדים פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>)?

די נדיר שהפחמן הדו-חמצני (CO<sub>2</sub>) כשלעצמו מזהם את הסביבה ושיש לו השלכות ישירות על הבריאות. הוא עלול להיות רעיל רק במפעלים לייצור למשקאות שבהם מוחדר הגז לתוך בקבוקים או במפעלים שבהם אין רמת אוורור טובה בתהליכים שבהם מתרחשת בעירה. אולם מדידת הריכוז של CO<sub>2</sub> חשובה ביותר, מאחר שבני האדם (ושאר היצורים החיים) פולטים גז זה בתהליך הנשימה, ריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר יכול לשמש כמדד לאיכות האוורור של מבנים מאוכלסים. ריכוז נמוך של CO<sub>2</sub> מצביע על איכות אוורור טובה ועל סילוק תקין של מזהמים הנגרמים על ידי אנשים באופן כללי. בהעדר של מקור זיהום ייחודי, ריכוז נמוך של CO<sub>2</sub> מצביע באופן כללי גם על רמה סבירה של סילוקם של אלפי מזהמים פוטנציאליים אחרים שעלולים להצטבר בתוך מבנים ומקומות סגורים, ולכן הוא לשמש כמדד עיקרי לבדיקת איכות האוויר באתרים אלו.

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר AMI 300 של חברת KIMO.

גלאי הפחמן דו חמצני (CO<sub>2</sub>) פועל על עקרון ה - Infra Red

כיול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 02.05.2020.

### מדד לפחמן דו-חמצני

לפי המלצות של האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר (ASHRAE) המדד לריכוז גז זה הינו 700 חל"מ יותר מריכוזו מחוץ למבנה. בדרך כלל ריכוז הפחמן הדו-חמצני בטבע הוא כ 350 חל"מ, ולכן כל ריכוז שנע בין 350 ל-1050 חל"מ בתוך מבנים יהיה בטווח המומלץ. אולם על פי ניסיוננו, עובדים מתלוננים על אי נוחות או מיחושים כאשר ריכוז הפחמן הדו-חמצני עולה על 800 חל"מ.



**תוצאות**

**טבלה 2 : תוצאות בדיקת פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>)**

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	פחמן דו חמצני (CO <sub>2</sub> ) ביחידות חל"מ ppm
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	731
2	חדר רכש	709
3	מחלקת הפעלה	763
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	760
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	674

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

**מסקנות**

ריכוז הפחמן הדו-חמצני (CO<sub>2</sub>) בכל מקומות שנבדקו היה בהתאם למומלץ על ידי האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), ואף נמוך מ- 800 חל"מ.



## מדידות פחמן חד-חמצני (CO)

### למה מודדים פחמן חד-חמצני (CO)?

הפחמן החד-חמצני (CO) הוא גז רעיל חסר צבע ריח וטעם ולכן אי אפשר להבחין בו באמצעות החושים האנושיים. למרות זאת, אפשר להניח ברמת סבירות גבוהה היכן הוא עלול להצטבר. גז זה הוא מפגע סביבתי בעיקר באזורים תעשייתיים ובמפעלים שבהם מתרחשת שריפה לא מלאה של גזים טבעיים, דלק לסוגיו השונים, תוצרי דלק כמו פלסטיק, גומי וחומרים סינתטיים אחרים או של חומרים אורגניים טבעיים המכילים פחמן כמו עץ ופחם.

מקורות משמעותיים לפחמן חד-חמצני בתוך מבנים יכולים להיות: בלאי או תחזוקה גרועה של מכשירי חימום וגנרטורים, ארובות ותנורים דולפים, גזי פליטה של כלי רכב, עישון סיגריות, שריפה של עץ לחימום. ריכוז גבוה של CO עלול להימצא גם במקומות נוספים מסיבות שונות ובעיקר בגלל פליטה של גזים הנובעת מתהליכים לא מבוקרים של שריפה ומתהליכי חמצון לא מושלמים.

**השפעות ריכוז הגז על הבריאות:** בריכוזים נמוכים עלול הפחמן החד-חמצני לגרום לעייפות אצל אנשים בריאים וכאבים בחזה אצל אנשים עם בעיות לב. בריכוזים גבוהים יותר בתוך מבנים יכול גז זה לגרום לבעיות בראיה ובקואורדינציה, כאבי ראש, סחרחורות, בלבול ובחילות, בעיות לב, ותפקוד מוחי לקוי. כמוכן ייתכנו סימפטומים זמניים הדומים לאלו של שפעת. בריכוזים מאד גבוהים הפחמן החד-חמצני הוא קטלני. השפעותיו החמורות של גז זה נובעות מהתקשרותו הבלתי-הפיכה של גז זה להמוגלובין שבדם ועל ידי כך לא מתאפשרת התקשרותו של החמצן המגיע מן הריאות להמוגלובין שבדם ולפגיעה בנשימה התאית של הגוף.

## מדד ל-CO

ע"פ קווי ההנחיה שנקבעו על ידי מחלקת הבריאות הקנדית (Health Canada) לתקני איכות האוויר התוך-מבנית (IAQ), ריכוז ה-CO בחשיפה לשעה (ASTER) הוא  $\text{ppm} \leq 25$ .

## שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר AMI 300 של חברת KIMO.

גלאי הפחמן החד חמצני (CO) פועל עפ"י עקרון השיטה האלקטרו כימית.

כיוול הגלאים נעשה במעבדת היצרן. תוקף הכיול של המכשיר עד 02.05.2020.





## תוצאות

### טבלה 3 : תוצאות בדיקת פחמן חד-חמצני (CO)

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	פחמן חד-חמצני (CO) ביחידות ppm (חל"מ)
<b>בניין הכיכר, קומה 1-</b>		
1	מעבדת מחשבים	0.00
2	חדר רכש	0.00
3	מחלקת הפעלה	0.00
<b>בניין האקדמיה קומה 2</b>		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	0.00
<b>בניין המחסן, קומה 2-</b>		
5	מחסן אריזה	0.00

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

לא נמצא פחמן חד-חמצני במקומות שנבדקו.

## מסקנות

ריכוז הפחמן החד-חמצני בבדיקות שבוצעו היה תקין בכל המקומות שנבדקו. וזאת על פי קווי ההנחה שנקבעו על ידי מחלקת הבריאות הקנדית (Health Canada) לתקני איכות האוויר התוך-מבנית.





## מדידות חנקן דו-חמצני (NO<sub>2</sub>)

### למה מודדים חנקן דו-חמצני ?

באופן טבעי נוצר החנקן הדו-חמצני בזמן סופות ברקים היוצרים פעילות חשמלית. הגשמים היורדים בעקבות סופות אלו הם טובים לחקלאות מפני שהם מכילים כמויות קטנות של דשן חנקני. גז זה נוצר באטמוספירה גם באופן לא טבעי תוך כדי ביצוע של ניסויים גרעיניים. באטמוספירה משתתף החנקן הדו-חמצני בריאקציות כימיות היוצרות את שכבת האוזון שבטרופוספירה.

המקורות העיקריים לזיהום של חנקן דו-חמצני באוויר הם בעירה פנימית של מנועים, ותחנות כוח תרמיות. מקורות פחות נפוצים לכך הם תנורי חימום הפועלים באמצעות גז בוטן ומגרות עץ. מקורות אפשריים לחנקן דו-חמצני בבית הם תנורי חימום הפועלים על ידי סולר או באמצעות גז.

החנקן הדו-חמצני הוא גם מזהם בקנה מידה גדול באזורים כפריים ובאזורים מסוימים יכול ריכוזו להגיע כמעט לרמות המהוות סיכון בריאותי.

חנקן דו-חמצני משפיע בעיקר על הריריות של העיניים, האף והגרון וגם על דרכי הנשימה. במינון גבוה (כמו בשעת שריפה בבניין) NO<sub>2</sub> עלול לגרום בצקת בריאות. חשיפה מתמשכת לרמות גבוהות של NO<sub>2</sub> יכולים לגרום להתפתחות של דלקת סמפונות חריפה או כרונית. גם רמת חשיפה נמוכה ל- NO<sub>2</sub> עלולה לגרום לתגובתיות בסמפונות אצל חולי אסטמה, לירידה בתפקודי הריאות אצל חולים עם מחלת ריאות, ולהגדלת הסיכון לזיהומים בדרכי הנשימה, בעיקר אצל ילדים צעירים.





## מדד תקן ל-NO<sub>2</sub>

טווחי הריכוז המקובלים של NO<sub>2</sub> באוויר בתוך מבנים הם :

ALTER :  $100 \geq \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0.05$  חל"מ (ppm) (ריכוז לטווח ארוך)

ASTER :  $480 \geq \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0.09$  חל"מ (ppm) (הריכוז הממוצע לשעה).

## שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf.

גלאי החנקן הדו חמצני (NO<sub>2</sub>) פועל על עקרון ה - Infra Red

כיוול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.01 ppm





## תוצאות

### טבלה 4: תוצאות בדיקת חנקן דו-חמצני (NO<sub>2</sub>)

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	חנקן דו-חמצני (NO <sub>2</sub> ) ביחידות ppm (חל"מ)
<b>בניין הכיכר, קומה 1-</b>		
1	מעבדת מחשבים	0.00
2	חדר רכש	0.00
3	מחלקת הפעלה	0.00
<b>בניין האקדמיה קומה 2</b>		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	0.00
<b>בניין המחסן, קומה 2-</b>		
5	מחסן אריזה	0.00

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

לא נמצא חנקן דו-חמצני במקומות שנבדקו.

## מסקנות

בכל המקומות שנבדקו היה ריכוז החנקן הדו-חמצני בהתאם לתקן לטווח קצר המומלץ על פי מדד ASTER ובהתאם לקווי ההנחיה שנקבעו על ידי מחלקת הבריאות הקנדית (Health Canada) לתקני איכות האוויר התוך-מבנית.







## מדידות גופרית דו-חמצנית (SO<sub>2</sub>)

### למה מודדים גופרית דו-חמצנית?

הגופרית הדו-חמצנית (SO<sub>2</sub>) היא תחמוצת הגופרית הנפוצה ביותר בתוך מבנים מבין יתר תחמוצות הגופרית. ריכוזי גז זה בתוך מבנים הם נמוכים מריכוזו באוויר הפתוח, בעיקר מפני שמקורותיו הם מחוץ למבנים, ובתוך מבנים הוא נספג בבדים וברהיטים. בדרך כלל נוצרת כתוצאה של תהליכי בעירה בתנאים של אוורור לקוי. בתנאים אלו נוצרים גם תחמוצות חנקן ופחמן חד-חמצני, וביחד הם עלולים לגרום לבעיות בריאות.

הגופרית הדו-חמצנית (SO<sub>2</sub>) עלולה לעיתים לגרום לגירויים במערכת הנשימה ולנזלת. אצל אנשים קשישים ואצל חולים במחלות לב-ריאה, עלולה להיגרם החמרה של מחלות בדרכי הנשימה ואף לגרום למוות של אוכלוסייה פגיעה זו אם הם נחשפת במשך 24 שעות לריכוזים של 0.12-0.15 חל"מ (ppm). עליה בשכיחות של סימפטומים של בעיות נשימתיות וירידה בתפקודי הריאות נצפתה אצל ילדים ומבוגרים שנחשפו לריכוזים של למעלה מ 0.038 חל"מ (ppm) במשך למעלה משנה.

### מדד תקן ל-SO<sub>2</sub>

טווחי הריכוז המקובלים של SO<sub>2</sub> באוויר בתוך מבנים הם :

ALTER :  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 0.019 \text{ ppm}$  (ריכוז לטווח ארוך)

ASTER :  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 0.38 \text{ ppm}$  (הריכוז הממוצע לשעה).

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf.

גלאי החנקן הדו חמצני (SO<sub>2</sub>) פועל על עקרון ה - Infra Red

כיול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.01 ppm





## תוצאות

### טבלה 5: תוצאות בדיקת גופרית דו-חמצנית (SO<sub>2</sub>)

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	גופרית דו-חמצנית (SO <sub>2</sub> ) ביחידות ppm (חל"מ)
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	0.12
2	חדר רכש	0.10
3	מחלקת הפעלה	0.11
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	0.13
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	0.13

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## מסקנות

בכל המקומות שנבדקו היה ריכוז הגופרית הדו-חמצנית בהתאם לתקן לטווח קצר, על פי מדד ASTER בהתאם לקווי ההנחיה שנקבעו על ידי מחלקת הבריאות הקנדית (Health Canada) לתקני איכות האוויר התוך-מבנית.





## מדידות מימן גופריתי (H<sub>2</sub>S)

### למה מודדים מימן גופריתי?

המימן הגופריתי (H<sub>2</sub>S) הוא גז דליק, רעיל וחסר צבע, אך הוא מאופיין בריח של ביצים סרוחות. הוא נוצר לעיתים מהתפרקותם של חומרים אורגניים בתנאים אנאירוביים (העדר חמצן), ונמצא גם בהתפרצויות געשיות ומי מי בארות.

המימן הגופריתי חודר לתוך תאי הגוף ופוגע בגרעין התא ובמנגנון הנשימה התוך-תאי. חשיפה למימן גופרתי גורמת לגירוי של האף, דרכי הנשימה, העיניים והגרון, כמו גם לכאבי ראש, עוויתות בלחמית העין, סחרחורות, בחילות והקאות, שיעול, קוצר נשימה, ובמקרים קיצוניים לדום נשימה, חוסר הכרה ומוות. על אף שריחו של המימן הגופרתי חריף מאוד בתחילה, הוא עלול לפגוע תוך זמן קצר בחוש הריח, כך שאנשים השואפים אותו לריאותיהם עלולים לא להיות מודעים לנוכחותו. במחקר שהתבצע בפינלנד נמצא קשר בין רמות גבוהות של הגז להפלות ספונטניות בקרב נשים בהיריון.

### מדד תקן ל- H<sub>2</sub>S

בתקנות למניעת מפגעים (איכות אוויר, התשנ"ב 1992) נקבע כי הריכוזים הממוצעים המקסימליים למימן גופריתי במ"ג למ"ק הם: 540.0 (360 חל"מ) לחצי שעה; 510.0 (340 חל"מ) ל- 24 שעות.

על פי האמנה ליישום תקנים בדבר פליטת מזהמים לאוויר בין המשרד לאיכות הסביבה להתאחדות התעשיינים בישראל, הריכוז המותר באוויר לגז זה הוא 5 מ"ג למ"ק (3.33 חל"מ).

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf.

גלאי החנקן הדו חמצני (NO<sub>2</sub>) פועל על עקרון ה- Infra Red

כיול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.01 ppm





## תוצאות

### טבלה 6: תוצאות בדיקת מימן גופריתי ( $H_2S$ )

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	מימן גופריתי ( $H_2S$ ) ביחידות ppm (חל"מ)
<b>בניין הכיכר, קומה 1-</b>		
1	מעבדת מחשבים	0.05
2	חדר רכש	0.03
3	מחלקת הפעלה	0.05
<b>בניין האקדמיה קומה 2</b>		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	0.04
<b>בניין המחסן, קומה 2-</b>		
5	מחסן אריזה	0.03

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## מסקנות

ריכוז המימן הגופריתי היה תקין בבדיקות שבוצעו.





## בדיקת תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs)

### למה בודקים תרכובות אורגניות נדיפות?

המונח "תרכובות אורגניות" כולל את כל החומרים הכימיים המכילים פחמן ומימן. תרכובות אלו יכולות להתנדף בקלות בתנאי טמפרטורת חדר ולהיכנס לאטמוספירה בתנאים רגילים בצורת גז. באופן כללי, תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs) הינם חומרים כימיים עם טווחי רתיחה שנעים מ-50 ועד 260 מעלות צלזיוס, והם כוללים חומרים כימיים, צבעים, מסירי צבע, מטהרי אוויר, דיו, דלק מאוחסן, חומרים ממיסים, ציוד ניקיון, שטיחים חדשים, מוצרי קוסמטיקה, ניקוי יבש. שריפות עצים, פליטות של חומרים מכלי רכב ומספר רב של פריטי משק-בית אחרים יכולים גם הם לתרום לפליטות VOC במקום סגור.

חשיפה לתרכובות אורגניות נדיפות עלולה להשפיע באופן שכיח על הבריאות ולגרום לסחרחורת, לכאבי ראש, לראייה מטושטשת, לבחילה ולגירוי בעיניים ובגרון. ההשפעות על הבריאות תלויה ישירות בדרגות החשיפה ולמשך הזמן שלה. עבור רבים מהחומרים שנכללים בקבוצה זו של תרכובות, קיימת הגדרות מבוססות לרמות חשיפה מותרות.

גם המשרד להגנת הסביבה וגם משרד הבריאות לא קבעו תקנים במיוחד לרמות TVOC במסגרות לא תעשייתית. אולם, הסכמה כללית הביאה לידי צמיחתם של קווי הנחיה מקדימים עבור תקני TVOC למען איכות האוויר בתוך מבנים (IAQ). הערכת סיכונים וקביעת קווי הנחיה עבור VOCs הינה משימה קשה בצורה יוצאת דופן בשל הפוטנציאל למספר כל כך גדול ולהרכב משתנה של תרכובות אורגניות הקיימות באוויר במקום סגור. גישה מעשית אחת לאספקת קווי הנחיה לאיכות האוויר במקום סגור עבור VOCs הייתה לעשות שימוש בגישת ה-TVOC, כלומר למדוד את הרמה הכוללת של החומרים האורגניים הנדיפים בתור מדד כללי של איכות האוויר. גישה זו מוכללת מתוך מחקרים שפורסמו בתחום הטוקסיקולוגיה (תורת הרעלים), שבוצעו במטרה לקבוע את מצבם הבריאותי של אנשים שנחשפים לתערובות של VOCs תחת תנאים מבוקרים. קו מנחה כללי של TVOC, המתבסס על מחקרים מהסוג הזה, מסוכם בטבלה 7.





## טבלה 7: סיכום קווי הנחיה של חשיפה עבור סך הכול תרכובות אורגניות נדיפות

השפעות בריאותיות	טווח חשיפה	טווחי ריכוז
אין גירוי או אי נוחות	טווח נוחות	$<0.2 \text{ mg/m}^3$ $<0.087 \text{ ppm}$
VOC תיתכן אי נוחות בחשיפה ל עם גורמים אחרים	טווח נוחות אם אין גורמי זיהום נוספים	$0.2-3 \text{ mg/m}^3$ $0.087-1.304 \text{ ppm}$
עלולים להופיע כאבי ראש בחשיפה ל- VOC עם גורמים אחרים	טווח אי נוחות	$3-25 \text{ mg/m}^3$ $1.304-10.87 \text{ ppm}$
עלולה להיווצר פגיעה במערכת העצבים מלבד כאבי ראש	טווח רעילות	$>25 \text{ mg/m}^3$ $>10.87 \text{ ppm}$

מקור: דו"ח 11 של חוק שיתוף הפעולה האירופאי: "קווי הנחיה עבור דרישות האוורור בבניינים" (ECA, 1992).

## שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf. גלאי החומרים האורגניים הנדיפים (TVOC) פועל על עקרון ה- Infra Red כיול הגלאים נעשה במעבדת היצרן. תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020. גבול הגילוי של המכשיר הוא  $0.01 \text{ מ"ג/מטר}^3$ .





## תוצאות

### טבלה 8: תוצאות בדיקת סה"כ התרכובות האורגניות הנדיפות (TVOC)

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	ריכוז TVOC ביחידות ppm (חל"מ)
<b>בניין הכיכר, קומה 1-</b>		
1	מעבדת מחשבים	0.30
2	חדר רכש	0.37
3	מחלקת הפעלה	0.22
<b>בניין האקדמיה קומה 2</b>		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	0.19
<b>בניין המחסן, קומה 2-</b>		
5	מחסן אריזה	0.22

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## מסקנות

ריכוז סך כל התרכובות האורגניות הנדיפות שנמדדו בכל המקומות שנבדקו היה בטווח הנוחות, וזאת על פי חוק שיתוף הפעולה האירופאי: "קווי הנחיה עבור דרישות האורור בבניינים" (ECA, 1992).





## בדיקות חלקיקים באוויר

### מדוע בודקים חלקיקים באוויר?

מקור החלקיקים, הנמצאים בחלל תוך מבני, הוא גם מתוך המבנה וגם מחוצה לו. אולם החלקיקים שמקורם מתוך המבנה שונים בגודלם ובהרכבם הכימי מאלו המגיעים למבנה מן החוץ. בתוך מבנים החלקיקים קטנים יחסית לאלו הנכנסים למבנה מן החוץ, מפני שמקורם במכשירי בעירה ובעשן של סיגריות. כמוכן מעטפת המבנה מונעת מחלקיקים גדולים יותר לחדור פנימה. בנוסף, מכילים החלקיקים בתוך המבנים כמות גדולה יותר של חומרים אורגניים יחסית לחלקיקים שמקורם מן החוץ בעיקר בשל פעילות הקשורות בתחזוקת הבית כמו ניקיון, בישול ושימוש במוצרי צריכה שונים.

חומר חלקיקי באוויר הוא תערובת של חומרים פיסיקליים וכימיים שונים הנמצאים באוויר כתרחיף של חלקיקים מוצקים וטיפות של נוזלים, בגודל שבין 0.005 ל-100 מיקרון. הקוטר האווירודינמי של החלקיקים שעלולים להשפיע על בריאות בני האדם בתוך מבנים נע בין 0.1 ל-10 מיקרון. חלקיקים קטנים יותר מאלו בדרך כלל ניתנים לשאיפה בנשימה ללא כל נזק בריאותי. חלקיקים העולים בגודלם על 15 מיקרון, הם ברובם גדולים מדי כדי להשאף למערכת הנשימה. כמעט כל החלקיקים שגודלם נע בין 10 ל-15 מיקרון שוקעים באזור האף והלוע של דרכי הנשימה ומהווים מטרד בריאותי. ההשפעות הבריאותיות קשורות בעיקר בשקיעה של חלקיקים בקנה הנשימה, בסימפונות ובריאות. חלקיקים בגודל של כ-2.5 מיקרון עלולים לשקוע בנאדיות הריאה.

מחקרים אפידמיולוגיים רבים מצביעים על השיפור בבריאותם של אנשים עם הירידה בריכוזים של החומר החלקיקי באוויר. למרות אי הודאות הרבה העולה ממחקרים אלה, הם מספקים מידע שימושי על הרמות שבהן צפויה השפעה שלילית על הבריאות. עלייה בתמותה נצפתה בעיקר בקרב קשישים ובקרב אנשים עם הפרעות נשימה או הפרעות בלב ובכלי הדם, כאשר הם נחשפו לריכוז גבוה של חלקיקים. כמו כן נצפתה שכיחות מוגברת של תסמינים נשימתיים ואי נוחות אצל אנשים בסיכון מוגבר ואובחנה ירידה שולית זמנית בתפקודי ריאה אצל ילדים. גם מחקרים קליניים, שאינם מייצגים תנאי חשיפה רגילים לחלקיקים, הצביעו על כך שחשיפות קצרות לריכוזים של חלקיקים עדינים שמעל  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (לדוגמה – חומצה גופרתית) עלולות לגרום למטרד ושינויים בתפקוד מערכת הנשימה אצל אנשים אסתמטיים ובהאטת ניקוי הסימפונות אצל אנשים בריאים.







## מדד לחלקיקים בתוך המבנה.

טווח החשיפה המקובל לחלקיקים באוויר בתוך מגורים הוא :  
 ASTER :  $100 \geq \mu\text{g}/\text{m}^3$  (הריכוז הממוצע לשעה).

ערך הסף המומלץ על ידי הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA Environmental – United States Protection Agency), לחלקיקים מרחפים שקוטרם פחות מ- 2.5 מיקרון הוא 35 מיקרוגרם/מ"ק בממוצע יומי.

## שיטת המדידה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר Handheld 3016

מתוצרת Lighthouse.

טווח הגילוי של הגלאי :

✓ גודל חלקיקים 0.3-10 מיקרון;

✓ ריכוז חלקיקים :  $141,240,000 \text{ m}^3$

כיוול הגלאי נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 02.01.2020





## תוצאות

## טבלה 9: תוצאות בדיקת כלל חלקיקים מרחפים באוויר

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	כלל חלקיקים ביחידות מיקרוגרם\מ"ק
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	42
2	חדר רכש	53
3	מחלקת הפעלה	26
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	73
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	44

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## טבלה 10: תוצאות בדיקת חלקיקים מרחפים באוויר (2.5PM) באוויר

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	חלקיקים שקוטרם קטן מ-2.5 מיקרון ביחידות מיקרוגרם\מ"ק
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	7
2	חדר רכש	3
3	מחלקת הפעלה	2
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	10
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	7

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.





## מסקנות

1. ריכוז כלל חלקיקי האבק בכל המקומות שנבדקו היה בהתאם למומלץ על פי מדד ASTER על פי קווי ההנחיה שנקבעו על ידי מחלקת הבריאות הקנדית (Health Canada) לתקני איכות האוויר התוך-מבנית (IAQ).
2. ריכוז חלקיקי האבק שקוטרם קטן מ-2.5 מיקרון בכל המקומות שנבדקו היה בהתאם למומלץ על ידי הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA – United States Environmental Protection Agency).





## בדיקת טמפרטורה

### מדוע בודקים טמפרטורה?

הטמפרטורה היא בין הגורמים הסביבתיים הנפוצים ביותר לתחושת חוסר נוחות בתוך מבנים. הטמפרטורה מוכרת כגורם אשר מחמיר את תחושת אי הנוחות כאשר קיימים גורמים מסוכנים אחרים בתוך המבנים. למעשה, מחקרים רבים הצביעו על כך שקיים קשר בין טמפרטורות אוויר גבוהות לבין תסמונת הבניין החולה והחמרה במדדי איכות האוויר. חום או קור קיצוני, עלולים לגרום לסכנות בריאותיות ברורות. טמפרטורות גבוהות עלולות גם להגדיל את הפליטה של גזים מחומרי הבניין וחומרים מסוכנים אחרים, כולל פליטת תרכובות אורגניות נדיפות.

### תקן לטמפרטורה מומלצת

על פי תקן 1992 – 55 של האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) תחום הטמפרטורה המומלץ הוא  $20^{\circ}\text{C}$  עד  $23.5^{\circ}\text{C}$  בחורף, ו- $23^{\circ}\text{C}$  עד  $26^{\circ}\text{C}$  בקיץ.

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf.

גלאי הטמפרטורה פועל על עקרון ה - Infra Red

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.1 מעלות צלזיוס

כיוול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020





## תוצאות

### טבלה 11: תוצאות בדיקת טמפרטורה

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	טמפרטורה (°C)
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	22.8
2	חדר רכש	21.8
3	מחלקת הפעלה	23.5
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	22.2
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	22.5

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.

## מסקנות

הטמפרטורה שנמדדה הייתה בהתאם לטמפרטורה המומלצת לחודשי החורף על פי תקן 1992 – 55 של האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

## המלצות

מומלץ לכוון את הטמפרטורה בחדרים בזמן ששוהים שם אנשים, על פי המומלץ בתקן: 20°C עד 23.5°C בחורף, ו-23°C עד 26°C בקיץ. זאת על מנת ליצור סביבה נעימה יותר מבחינת הטמפרטורה ומבחינת הלחות היחסית.





## לחות יחסית

### מדוע בודקים לחות יחסית?

לחות יחסית היא היחס בין כמות אדי המים שקיימת באוויר לבין כמות אדי המים המקסימלית שהאוויר יכול להכיל. הכמות המקסימלית של אדי מים שהאוויר יכול להכיל תלויה בטמפרטורה שלו. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, יכול האוויר להכיל כמות אדי מים גבוהה יותר. לכן כמות של אדי מים באוויר בטמפרטורת אוויר נמוכה תגרום ללחות יחסית גבוהה יותר מכמות זהה של אדי מים בטמפרטורת אוויר גבוהה.

הוכח כי לחות יחסית גבוהה יכולה להיות מזוהה עם החמרה בתנאי איכות האוויר התוך מבנית (IAQ), ועלולה גם להצביע על תנאים נוחים להתפתחות עובש וחיידקים. לחות יחסית נמוכה מאוד עשוי להצביע על תנאים שיגרמו תלונות על אי נוחות הקשורים לחשמל סטטי, לייבוש של העיניים, של הסינוסים ושל העור.

### תקן

עפ"י תקן ASHRAE 55 – 1992 של האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר, הלחות היחסית המומלצת היא בתחום 30%-60%.

### שיטת הבדיקה

המדידות בוצעו באמצעות מכשיר PID דגם 502 של חברת Gray wolf.

גלאי הטמפרטורה פועל על עקרון ה- Infra Red

טווח הגילוי של הגלאי ללחות יחסית: 0%–100%

גבול הגילוי של המכשיר הוא 0.1%

כיול הגלאים נעשה במעבדת היצרן.

תוקף הכיול של המכשיר עד 09.05.2020





## תוצאות

### טבלה 12: תוצאות בדיקת לחות יחסית

מס' בדיקה	מקום הבדיקה	לחות יחסית (%)
בניין הכיכר, קומה 1-		
1	מעבדת מחשבים	61.3
2	חדר רכש	65.2
3	מחלקת הפעלה	55.6
בניין האקדמיה קומה 2		
4	חדר 208, מזכירות המחלקה לאנגלית	57.3
בניין המחסן, קומה 2-		
5	מחסן אריזה	56.8

כל תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.  
תוצאות שגבוהות מהערך המרבי המומלץ של הלחות היחסית מסומנות בירוק.

## מסקנות

הלחות היחסית שנמדדה במעבדת המחשבים ובחדר רכש הייתה גבוהה מהמומלץ בתקן 1992 – 55 של האיגוד האמריקני של מהנדסי החימום, הקירור ומיזוג האוויר (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). ביתר המקומות הייתה הלחות היחסית בהתאם למומלץ.





## המלצות

1. מומלץ לבדוק אם אין דליפה מצנרת מים, או חדירה חיצונית של מי גשמים או מי השקיה בקרבה למעבדת המחשבים.
2. ייתכן שיש צורך לווסת את מערכות המיזוג, כך שהטמפרטורה במעבדת מחשבים תהייה גבוהה בחצי מעלה בקירוב, ולהגיע לטמפרטורה שבין  $23.0^{\circ}\text{C}$  ל- $23.5^{\circ}\text{C}$ , על מנת להוריד את רמת הלחות היחסית אל מתחת ל- 60%.
3. מומלץ לכוון את הטמפרטורה בחדרים בזמן ששוהים שם אנשים, על פי המומלץ בתקן:  $20^{\circ}\text{C}$  עד  $23.5^{\circ}\text{C}$  בחורף, ו- $23^{\circ}\text{C}$  עד  $26^{\circ}\text{C}$  בקיץ. זאת על מנת ליצור סביבה נעימה יותר מבחינת הטמפרטורה ומבחינת הלחות היחסית.
4. מומלץ לבצע דיגום עובש במעבדת המחשבים ובחדר הרכש.

## סוף דו"ח

