

# גישה חדשנית לניתוח האפקטיביות והמאפיינים של חדירת זיהום אוויר עירוני, אל תוך בנייני משרדים

מחקר ב-6 ערים ראשיות, ברזולוציות גבוהות, בהיקף נרחב



ד"ר מאור גנץ

◀ מדעי המחשב, מתמטיקה, פיתוח אלגוריתמים ובינה מלאכותית

◀ בעל פרסומים אקדמיים בז'ורנלים מדעיים בינלאומיים  
◀ זכה במספר פרסים אקדמיים וגרנטיים



ד"ר קובי ריכטר

◀ נירוביולוגיה

◀ מקימן של החברות מדינול ואורבוטק  
◀ פיתוח מוצרים רפואיים פורצי דרך בקני מידה בין לאומיים  
◀ בין אנשי מדעי הרפואה הבולטים בישראל



ניר בסה [M.Sc.]

◀ חקר הסרטן וביוכימיה

◀ בעל פרסומים אקדמיים – מאמרים/פטנטים בינלאומיים  
◀ זכייה בפרסים, מלגות וגרנטיים מחקריים

ד"ר עמי לרנר PhD

חקר הסרטן וביוכימיה  
פרסומים בין לאומיים ובתוך כך בשותפות שווה עם זוכה פרס נובל לפיזיולוגיה - רפואה

ד"ר שמעון עמית PhD

ביולוגיה  
פיתח התקנים רפואיים אורולוגים חדשניים; מספר פרסומים ופטנטים

יותם הרפז PhD\*

פיזיקה  
פרסומים מדעיים בין-לאומיים, פיתוח אלגוריתם, ומודלי דיפוזיית גזים

# זיהום אוויר עירוני

## תחמוצות גופרית ( $SO_x$ ): $SO_3$ , $SO_2$

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים

- ▼ מאיץ התפתחות סרטן ומחלות קרדיווסקולריות
- ▼ גורם לגירוי מערכת הנשימה
- ▼ מקצר תוחלת חיים כללית

$SO_x$

## תחמוצות חנקן ( $NO_x$ ): $NO_2$ , $NO$

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים

- ▼ מאיץ שבירת סלילי DNA, קצב מוטציות וסרטן
- ▼ נזק לרקמת הריאות ומעלה את הרגישות לדלקות
- ▼ פוגע באנזימים וליפידים, מקדם גרורות
- ▼ פוגע במערכת הנשימה והחיסון
- ▼ אחד הגורמים המשמעותיים ביותר בהעלאת תמותה ותחלואה
- ▼ מקצר תוחלת חיים כללית

$NO_x$

## פחמן חד-חמצני (CO)

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים

- ▼ מוריד את יעילות פעילותו של ההמוגלובין בדם (החיבור בין CO להמוגלובין חזק פי 249 מהחיבור בין חמצן אטמוספרי להמוגלובין)
- ▼ גורם לחנק בריכוזים גבוהים

CO

## פחמימנים (HC), תרכובות אורגניות נדיפות (VOC) ופחמימנים ארומטיים רב-טבעתיים (PAH)

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים

- ▼ מאיץ התפתחות סרטנית, ופוגע בהתפתחות עוברית
- ▼ פוגע ברמה האפיגנטית
- ▼ מפריע בשליטת חלוקת התא, אינטראקציות תא-תא, וכו'

VOCS

## עֶרְפִיִּים ואוזון ( $O_3$ )

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים

- ▼ מולקולות מאוד ראוטיות
- ▼ גורם לגירוי בעיניים ובמערכת הנשימה

$O_3$

## חומר חלקיקי מרחף (SPM):

$PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{0.1}$

גודל מולקולרי: מספר אנגסטרומים - מספר מיקרונים

- ▼ נושא חומרים מסרטנים
- ▼ חודר עמוק אל תוך הריאות והקרומ הרירי
- ▼ פוגע ברמה הביוכימית, גנטית ומכאנית

$PM_{10}$

# מזהמים – השפעות בריאותיות

## Health Risks of Air Pollution In Europe - HRAPIE פרויקט

היחס בין ריכוז ובין ההשפעה הבריאותית (CRFs) של המזהמים PM, אוזון, ו-NO<sub>2</sub>, למטרות ניתוח עלות/תועלת לפי פרויקט HRAPIE

טבלה 1. CRFs לפי פרויקט HRAPIE

### NO<sub>2</sub>, long term and short-term exposure

Pollutant Metric	Health Outcome	Group	RR (95% CI) per 10 µg/m <sup>3</sup>	Range of Concentration	Source of background health data	Comments
NO <sub>2</sub> , Annual mean	Mortality, all-cause (natural), age 30+ years	B*	1.055 (1.031–1.080)	>20 µg/m <sup>3</sup>	M	<p>Every addition of 10 µg/m<sup>3</sup> to the NO<sub>2</sub> Annual mean raises the <b>Mortality Rate by 5.5%</b> (All-Cause Mortality, aged 30+)</p> <p>analysis</p>
NO <sub>2</sub> , Daily maximum 1 hour mean	Mortality, all (natural) causes, all ages	A*	1.0027 (1.0016–1.0038)	All	M	<p>Every addition of 10 µg/m<sup>3</sup> of NO<sub>2</sub> to the most polluted hour of the day raises the <b>Mortality Rate by 0.27%</b> (as a short-term impact)</p> <p>data</p>
NO <sub>2</sub> , 24-hour mean	Hospital admissions, respiratory diseases, all ages	A*	1.0180 (1.0115–1.0245)	All	European hospital morbidity database (WHO, 2013f), ICD-9 codes 460– 519; ICD-10 codes J00– J99	

# מזהמים – השפעות בריאותיות

## Health Risks of Air Pollution In Europe - HRAPIE פרויקט

היחס בין ריכוז ובין ההשפעה הבריאותית (CRFs) של המזהמים PM, אוזון, ו-NO<sub>2</sub>, למטרות ניתוח עלות/תועלת לפי פרויקט HRAPIE

טבלה 1. CRFs לפי פרויקט HRAPIE

### PM<sub>2.5</sub>, long term and short-term exposure

Pollutant Metric	Health Outcome	Group	RR (95% CI) per 10 µg/m <sup>3</sup>	Range of Concentration	Source of background health data	Comments
PM <sub>2.5</sub> , annual mean	Mortality, all-cause (natural), age 30+ years	A*	1.062 (1.040-1.083)	All	European mortality database (MDB) (WHO, 2013c), rates for deaths from all natural causes (International Classification of Diseases, tenth revision (ICD-10) chapters I-XVIII, codes A-R) in each of the 53 countries of the WHO European Region, latest available data	
PM <sub>2.5</sub> , two-week average, converted to PM <sub>2.5</sub> , annual average	Workdays lost, working-age population (age 20-65)	B*	1.046 (1.039-1.053)	All	European data	Every addition of 10 µg/m <sup>3</sup> to the PM <sub>2.5</sub> Concentration raises the number of Workdays lost by 4.6%

# הבעיה: זיהום אוויר עירוני – אתגר עולמי

זיהום אוויר הוא הגורם הסביבתי המוביל של מוות, תחלואה, ובעיות בריאותיות. הוא משפיע על כל אזור עירוני כולל אזורים בלתי-מתועשים.

גורם לכ-7,000,000 מקרי מוות בשנה = 12% ממקרי המוות העולמי



World Health  
Organization

## Ambient air pollution: Health impacts

Worldwide ambient air pollution accounts for:

- 29% of all deaths and disease from lung cancer
- 17% of all deaths and disease from acute lower respiratory infection
- 24% of all deaths from stroke
- 25% of all deaths and disease from ischaemic heart disease
- 43% of all deaths and disease from chronic obstructive pulmonary disease

Pollutants with the strongest evidence for public health concern, include particulate matter (PM), ozone (O<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>).



# זיהום אוויר עירוני

מקרי מוות בטרם עת המיוחסים לחשיפה למזהמים  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  ו- $O_3$  בכל שנה

COUNTRY	POPULATION (1,000)	PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
		ANNUAL MEAN OF PM <sub>2.5</sub>	PREMATURE DEATHS (C <sub>0</sub> =2.5)	ANNUAL MEAN OF NO <sub>2</sub>	PREMATURE DEATHS (C <sub>0</sub> =10)	SOMO35	PREMATURE DEATHS
UK	64,351	11.6	29,730	22.2	35,250	1,337	590
ITALY	60,783	15.8	50,550	22.5	42,480	5,568	2,900
GERMANY	80,767	13.4	54,180	20.2	44,960	3,287	2,220
FRANCE	63,798	11	27,170	17.7	23,420	3,786	1,630
SPAIN	44,229	10.7	17,910	19.9	19,470	5,436	1,600



# זיהום אוויר עירוני

מספר YLL המיוחסות לחשיפה למזהמים PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> ו-O<sub>3</sub> בכל שנה

COUNTRY	POPULATION (1,000)	PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
		ANNUAL MEAN OF PM <sub>2.5</sub>	YLL (C <sub>0</sub> =2.5)	ANNUAL MEAN OF NO <sub>2</sub>	YLL (C <sub>0</sub> =10)	SOMO35	YLL
<b>UK</b>	64,351	11.6	<b>319,800</b>	22.2	<b>378,579</b>	1,337	<b>6,300</b>
ITALY	60,783	15.8	<b>527,700</b>	22.5	<b>443,439</b>	5,568	<b>30,300</b>
GERMANY	80,767	13.4	<b>563,900</b>	20.2	<b>467,917</b>	3,287	<b>23,100</b>
FRANCE	63,798	11	<b>303,500</b>	17.7	<b>261,601</b>	3,786	<b>18,200</b>
SPAIN	44,229	10.7	<b>189,100</b>	19.9	<b>205,474</b>	5,436	<b>16,800</b>



Source: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

$$\text{UK: NO}_2 - 378,579 \frac{\text{YLL}}{\text{year}} / 35,250 \frac{\text{\#PMD}}{\text{year}} = 10.74 \frac{\text{YLL}}{\text{\#PMD}}$$

# חוקים, תקנים והנחיות:



NO<sub>x</sub>  
ערך סף בריאותי  
כממוצע יומי:

25 µg/m<sup>3</sup>

NO<sub>x</sub>  
ערך סף בריאותי  
כממוצע שנתי:

10 µg/m<sup>3</sup>



NO<sub>x</sub>:  
ערך סף  
ממוצע שנתי –  
30 µg/m<sup>3</sup>



המשרד להגנת הסביבה

NO<sub>x</sub>:  
ערך סף ממוצע שנתי - 40  
µg/m<sup>3</sup>  
ערך יעד ממוצע שנתי –

30 µg/m<sup>3</sup>



NO<sub>x</sub>:  
ערך סף ממוצע שנתי - 40  
µg/m<sup>3</sup>  
ערך יעד ממוצע שנתי –

30 µg/m<sup>3</sup>



NO<sub>2</sub>:  
ערך סף ממוצע שנתי –  
23 µg/m<sup>3</sup>





NO	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	CH, VOCs, PAHs
CO	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Benzene,
		O <sub>3</sub>	Diesel-Exhaust
			UFPs - PM <sub>0.1</sub>

# גודלם של מזהמים כימיים וביולוגיים ביחס לנקבי מסננים בחדרי ניתוח

רוב סוגי מזהמי האוויר העירוניים יכולים להיכנס כ-  
1,000,000,000,000 פעמים בתוך חיידק יחיד



# זיהום אוויר עירוני – מקורות

## מקורות זיהום האוויר באטמוספירה העירונית:

שימוש בחומרים נדיפים (ממסים, מדללים, שמנים, דלקים, חומרי חיטוי וניקיון, דבקים צבעים חומרי איטום, חומרי בידוד, הדברה ועוד)

תהליכי בניה, תשתיות, חידוש ותחזוקה

מערכות ביוב

חומרי בניין

משרפות אשפה ומזבלות

תעשייה ומפעלים

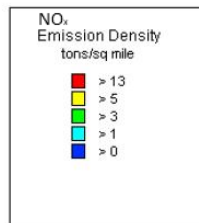
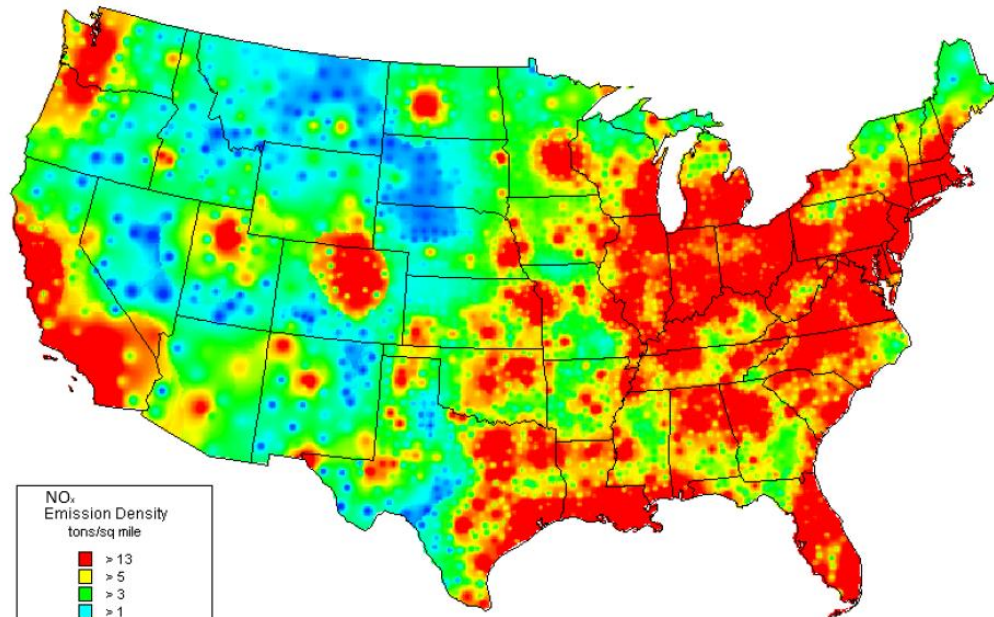
בתי חולים

תחנות כוח

ייצור, מאגרים ואחסון של חומרים נדיפים

תחבורה

ועוד



במדינות מפותחות ומתפתחות מעל 80% מהאוכלוסייה מתגוררת בערים, בכל המדינות האלו תהליכי העיור ממשיכים ובתוך כך מגמה של צמיחת Mega-Cities

# המחקר הנוכחי – ראשי פרקים

---

1. ממצאי סקירת ספרות מדעית
2. יתרונות ברורים ומשמעותיים באופן ביצוע המחקר הנוכחי
3. שיטות המדידה: Officially Authorized Reference Methods, ברזולוציה הגבוהה ביותר, בתדירות חסרת תקדים, במבנים רבים, בערים רבות ובתקופות ממושכות
4. בדיקת ה-Pollution Intake Efficiency (I/O) במבנים רבים, לאורך שנים
5. אפיון התנהגות זיהום האוויר העירוני – תנודתיות חזקה ותדירה
6. ניתוח קורלציות בין רמות זיהום האוויר שנמדדות בתוך הבניין לבין אלו שנמדדות, סימולטנית, מחוץ לבניין, בתדירות מדידות תת-דקתיות
7. חשיפת תלות חזקה, מהירה ואפקטיבית, של רמות הזיהום הפנימיות ברמות הזיהום העירוניות - מוכחת באמצעות כלים מתקדמים של A.I. (Machine Learning) – המנבאים במדויק, ברזולוציה חזקה ובתדירות של 15 שניות את רמות הזיהום הפנימיות ע"ב נתוני זיהום ומטרולוגיה מהמרחב העירוני החיצוני בלבד

# 4 סוגי התוצאות מהמחקר הנוכחי

---

1. I/O Ratio

2. תנודתיות ברמות הזיהום במרחב העירוני

3. קורלציות דינאמיות פנים-חוץ

4. IAQC – ניבוי רמות פנים ע"ב נתוני חוץ בלבד

# ממצאי סקירת ספרות – מזהמי $\text{NO}_x$ , $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$

רוב המאמרים המדעיים עד כה מדברים על In-Out-Ratio בין ממוצע זיהום outdoors לממוצע זיהום indoors כערך מספרי יחיד לתקופת הניסוי ללא כל ניתוח והתמקדות של קורלציות, אפיון קצב חדירת הזיהום בתנאים שונים, אפיון תנודתיות הזיהום בחוץ אל מול אפיון התנודתיות בפנים וכו'.

שיטות הדגימה במאמרים משתמשות בסנסורים זולים ו/או ברזולוציית דגימה נמוכות (כגון ממוצע יומי) ו/או בכמות דגימה קטנה (מספר ימים בודדים).

התוצאות במאמרים אלה מכוונות בד"כ למספרים הנעים בין 0.8 ל 1.0.

- Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor, Chen, *Atmospheric Environment*, 2011
- Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas—indoor/outdoor relationships, Baek et al, *Environmental Science*, 1997
- P. Blondeau, "Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools", *Indoor Air*, 2005
- Relationship between indoor and outdoor levels of fine particle mass, particle number concentrations and black smoke under different ventilation conditions, Cyrus et al, *Nature*, 2004
- Exposure assessment of air pollutants: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone, Monn, *Atmospheric Environment*, 2000
- Modeling Relationships between Indoor and Outdoor Air Quality, Freijer et al, Air&Waster Management Association, 2000,
- Indoor Air Quality Modelling for Tehran Museums by IMPACT, Shafiepour et al, *Journal of Environmental studies*, 2010
- A Study of Indoor Air Quality in Refurbished Museum Building, Dzullkiflli et al, *Civil Engineering journal*, 2018,
- Outdoor-indoor air pollution in urban environment : challenges and opportunity, D. Leung, *frontiers in Environmental Science*, 2015

# יתרונות ברורים ומשמעותיים באופן ביצוע המחקר הנוכחי

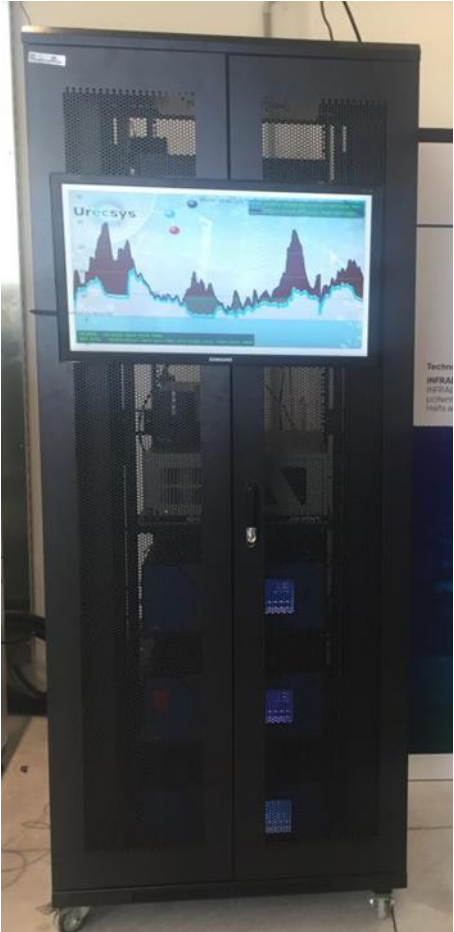
---

◀ כל המחקרים עד היום התייחסו רק לתוצאה הסופית הפשוטה:  
יחס בין **הממוצע הכללי** בפנים, לבין הממוצע הכללי בחוץ,  
על פני **פרקי זמן ארוכים**.

- ◀ מחקר זה – **הראשון והיחיד** שחושף ומאפיין את:
- **הדינמיקה הרגעית** המובילה לתוצאה הסופית
  - **מגוון** המשתנים והפרמטרים המכתיבים **בכל רגע**, את קצב שינוי רמות הזיהום בתוך מבנים



# שיטות ומכשור מדידה



שיטות המדידה: **Officially Authorized Reference Methods**  
שיטות המדידה והסטנדרטים מאושרים ע"י ה-EPA האמריקאי,  
ה-EEA האירופאי וע"י הרשויות בישראל:

מקנים חיווי נתונים ברזולוציה של כל 15 שניות

דורשים כיוול כל 24 שעות

דיוק (Accuracy):  $< 0.5\%$

LDL – Lower Detectable Limit:  $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

עלות תחנת ניטור אחת עומדת על **עשרות אלפי דולרים**

כל המדידות נעשות ע"י **גורמים מוסמכים** העומדים בסטנדרטים  
הבינלאומיים הגבוהים ביותר

**בשורה התחתונה: לא מדובר בסנסורים זולים, אלא בציוד שמותאם  
לבדיקות ברמת המחקר המדעי-רפואי מהסוג המחמיר והמדויק ביותר**

# מחקר זה התמקד בבנייני / מגדלי משרדים

במשרד

בבית

- מחקרים אפידמיולוגיים: 90% מהזמן הינו בפעילות Indoors
- מיקום מזהם יותר: אזורים עירוניים/עמוסים/מרכזיים
- השעות המזהמות יותר: בית -> לילה, משרד -> יום
- $(\text{Tidal Volume}) \times (\text{Respiratory Rate}) = \text{Minute Volume}$   
גבוה יותר בעבודה מאשר בבית (שעות שינה)

- מערכות אוורור מרכזיות (מערכת אחרת ונפרדת ממערכת מיזוג האוויר)
- יניקה ממיקום מוגדר ופיזור מנורמל בכל הבניין
- הספקים ידועים, שעות פעילות ידועות
- לפי סטנדרטים ידועים ובכפוף למערכות בקרה ממוחשבות



# בנייני / מגדלי משרדים שנכללו במחקר זה

מחקר זה בוצע על 15 בנייני משרדים מ-6 ערים ראשיות:

- מגדל משרד הבריאות (מטה ראשי), ירושלים
- קריית ממשלה מגדלי הבירה 1, ירושלים
- מגדל משרד החינוך (מגדל אדגר 360), ת"א
- מטה תדיראן מיזוג אוויר, פתח תקווה
- בניין HP-20, פארק המדע רחובות/נס ציונה
- בניין לטריס, ת"א
- בניין אינפארלאב- שיכון ובינוי, חיפה
- בניין מרכז חדשנות נטפים (Orbia-Mexichem), ת"א
- מטה אלקטרה מיזוג אוויר (M&E), נס ציונה
- קריית הממשלה בחיפה – מגדל המפרש
- בניין עיריית תל אביב בשדרות ירושלים, ת"א
- מטה Schneider-Electric, נתניה
- בניין ראשי של Cisco, נתניה
- בניין WeWork הזרם, ת"א
- מגדל D – מתחם עסקים CU, ת"א

# בדיקת ה-I/O (Pollution Intake Efficiency)

במבנים רבים, לאורך שנים

Pollutant	NO <sub>x</sub>
No. buildings	15
No. days	853
Average I/O	78.1%
STD	8.2%
95% CI	(73.4%- 82.9%)

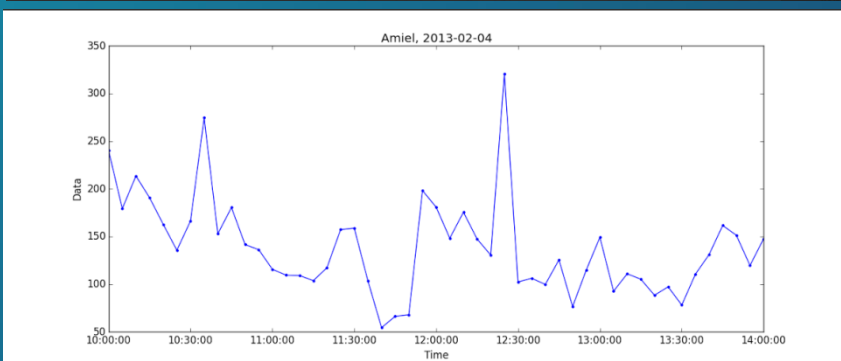
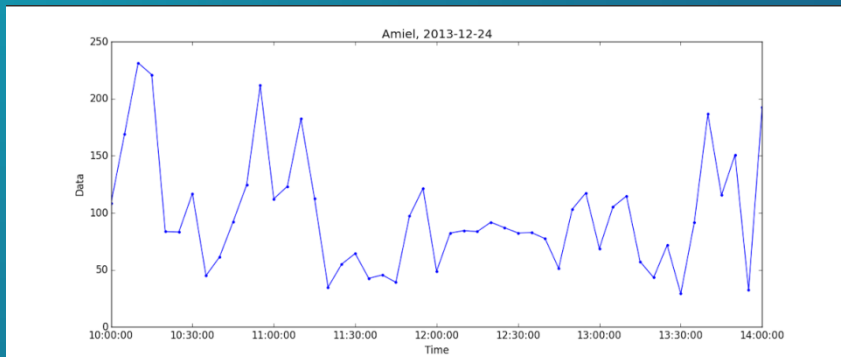
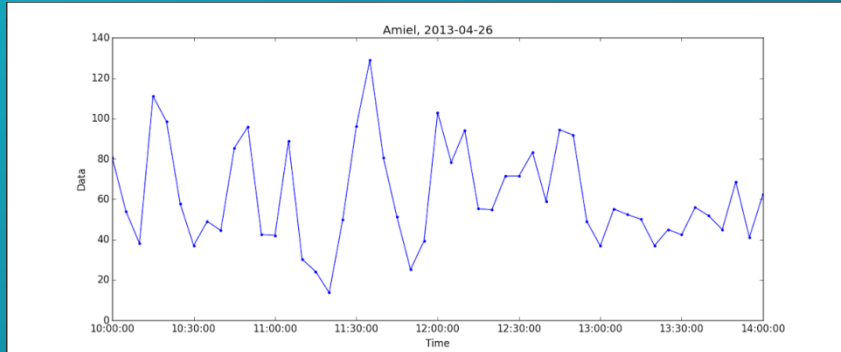
- תוצאות (1) – אפיון יחס I/O כללי:  
מחקר חסר תקדים בהיקפו
- ◀ התמשכותו על פני עונות ושנים
- ◀ בערים שונות
- ◀ בבניינים מסוגים שונים

# תנודתיות זיהום האוויר העירוני

• אותה התחנה

• ימים שונים

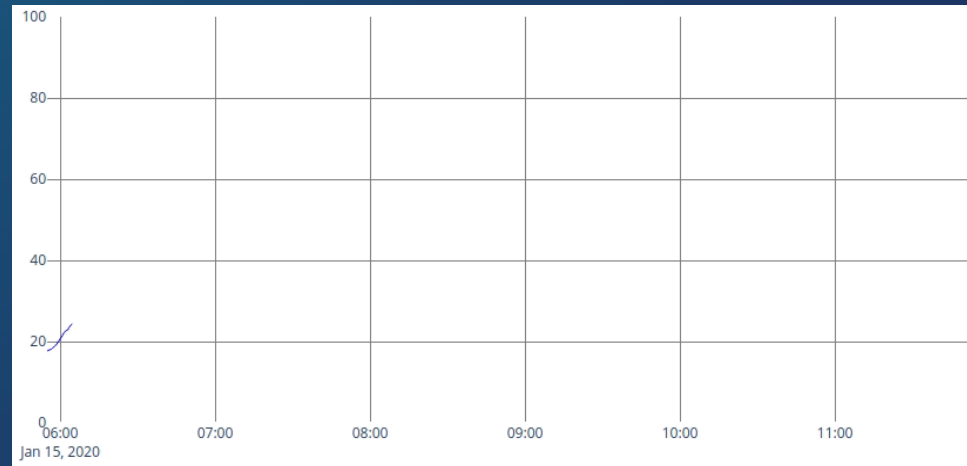
• אותן שעות במהלך היום (10:00-14:00)



• התנהגות זיהום האוויר העירוני אינה מראה מחזוריות אפקטיבית ברזולוציה גבוהה

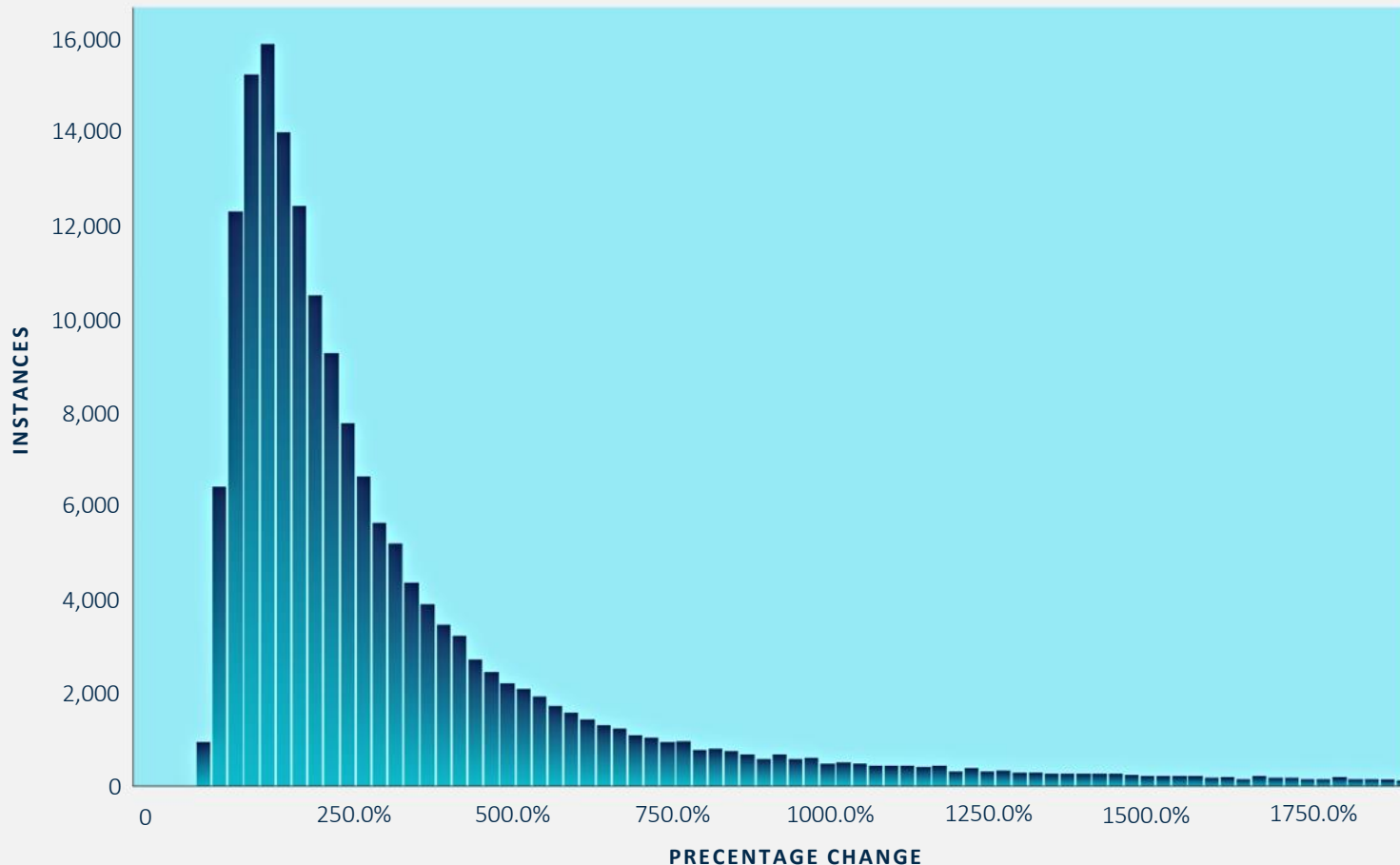
• אין שני ימים המראים גרף זהה של התנהגות זיהום אוויר

• רמות זיהום האוויר העירוני מראות תנודות רבות בתוך כל יום ויום



# תנודתיות זיהום האוויר העירוני

אין עקביות ברמות זיהום האוויר העירוני



20 תחנות ניטור שונות ברחבי

מטרופולין תל אביב

מכל תחנה – דגימות כל 5 דקות לאורך

4 שנים

**תנודתיות הזיהום נותחה בתוך**

**מסגרות זמן של שעתיים:**

שינוי ממוצע: 344% ◀

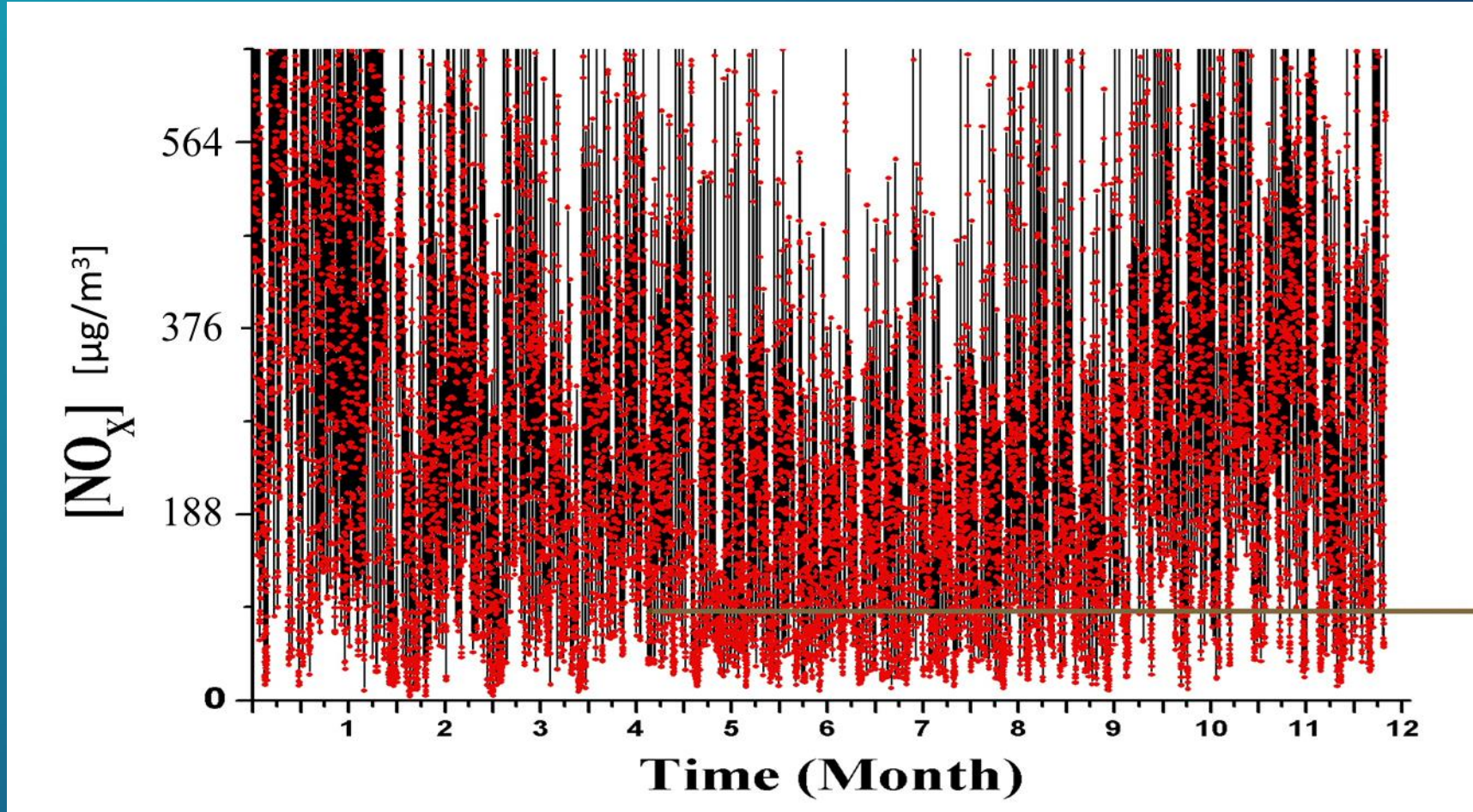
חציון של השינוי: 207% ◀

בפחות מ-4.2% מהמקרים ◀

השינוי היה פחות מ-50%



# תנודתיות זיהום האוויר העירוני

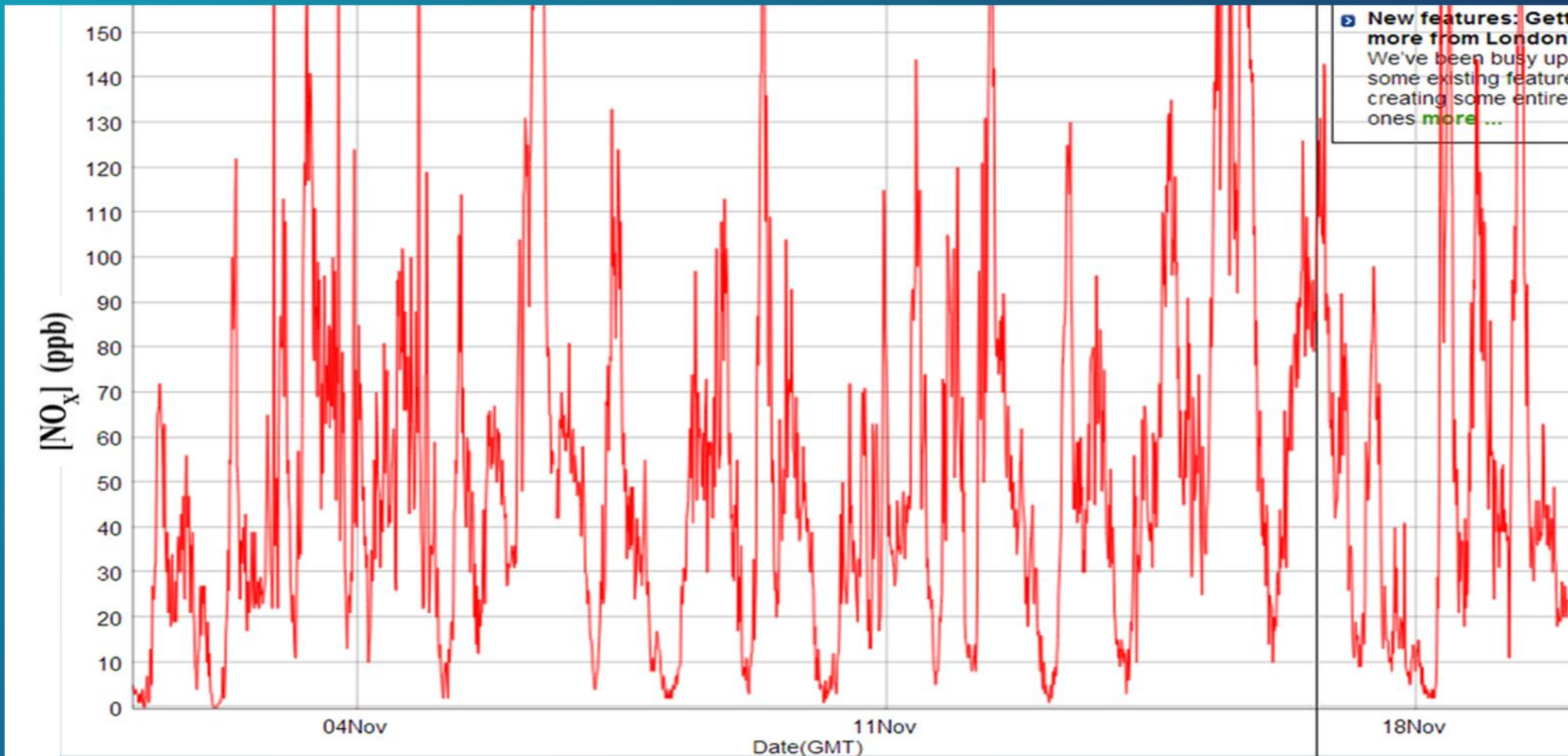


רמות זיהום אוויר  
בממוצע שעתית –  
24 ערכים ביום, 365  
ימים

# תנודתיות זיהום האוויר העירוני

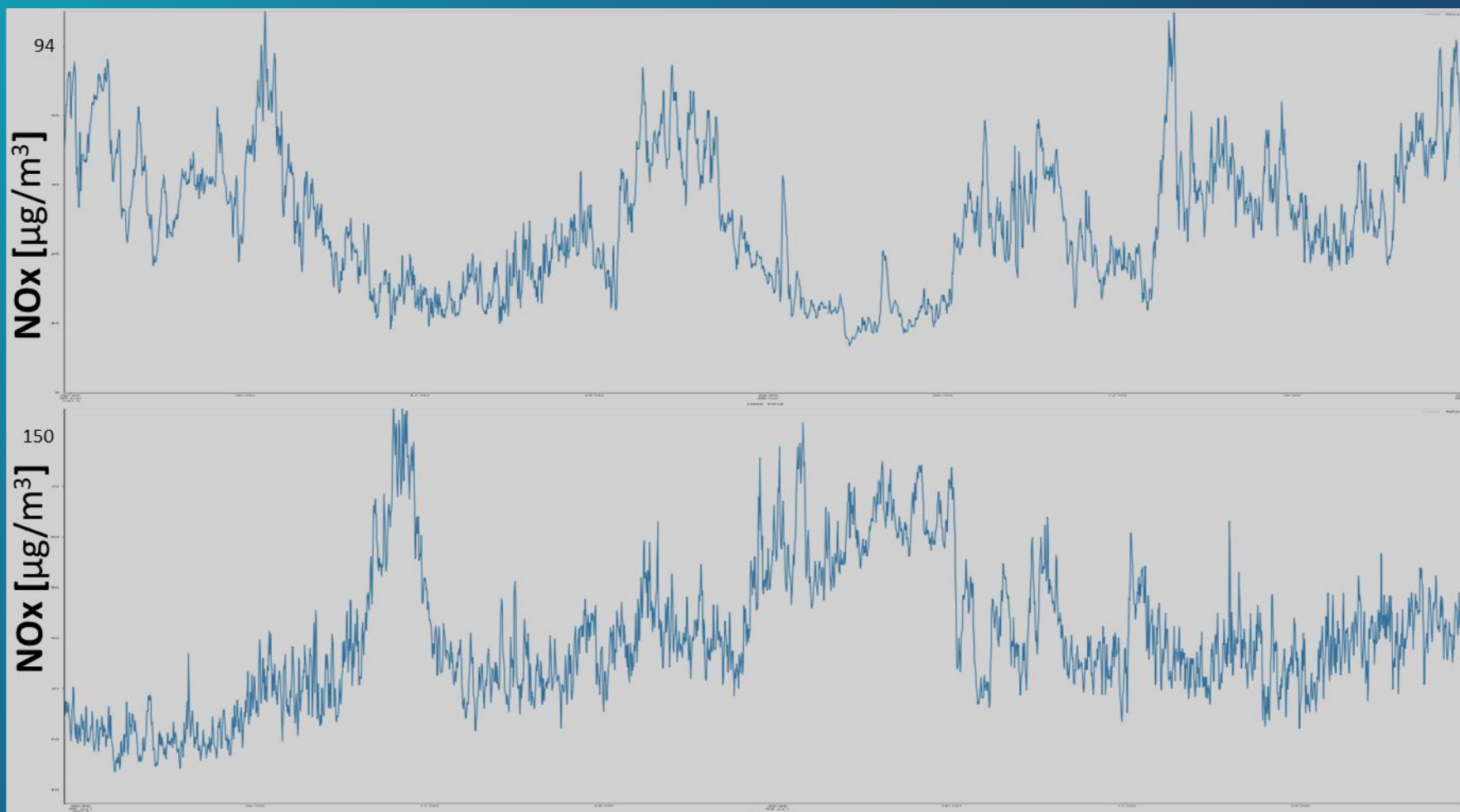


100 ppb = 188  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



לונדון - כשבועיים

# תנודתיות זיהום האוויר העירוני



רמות זיהום אוויר  
בממוצע דקתי

ניו יורק – כיומיים

5. תנודתיות

# תוצאות (2) - ניתוחי קורלציות

בין רמות הזיהום בתוך בניינים ובין רמות הזיהום במרחב העירוני

ביקורת: קורלציה מינימלית שני אנליזרים שונים (NO <sub>x</sub> ) באתרים שונים (אחד מהבניינים בהזזה של 75 שעות)		ביקורת: קורלציה מקסימלית שני אנליזרים שונים (NO <sub>x</sub> ) הדוגמים את האוויר באותו מיקום ובאותו הזמן	
300		110	מס' ימים שנותחו
<b>5.1%</b>		<b>98.4%</b>	<b>Pearson (abs)</b>
(3.8% - 6.4%)		(96.8% - 100%)	C.I.
1.9%		1.6%	Std

התאמת  
מגמות / התנהגות  
רמות הזיהום  
הרגעיות  
בין פנים המבנה ובין  
המרחב העירוני  
בחוץ



# תוצאות (2) - ניתוחי קורלציות

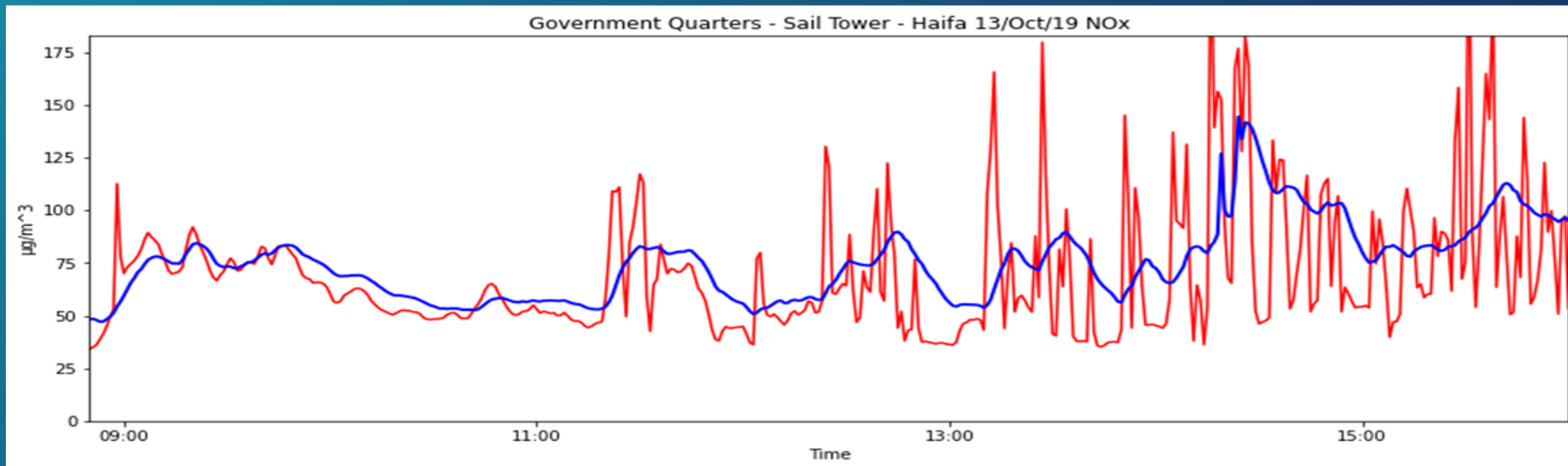
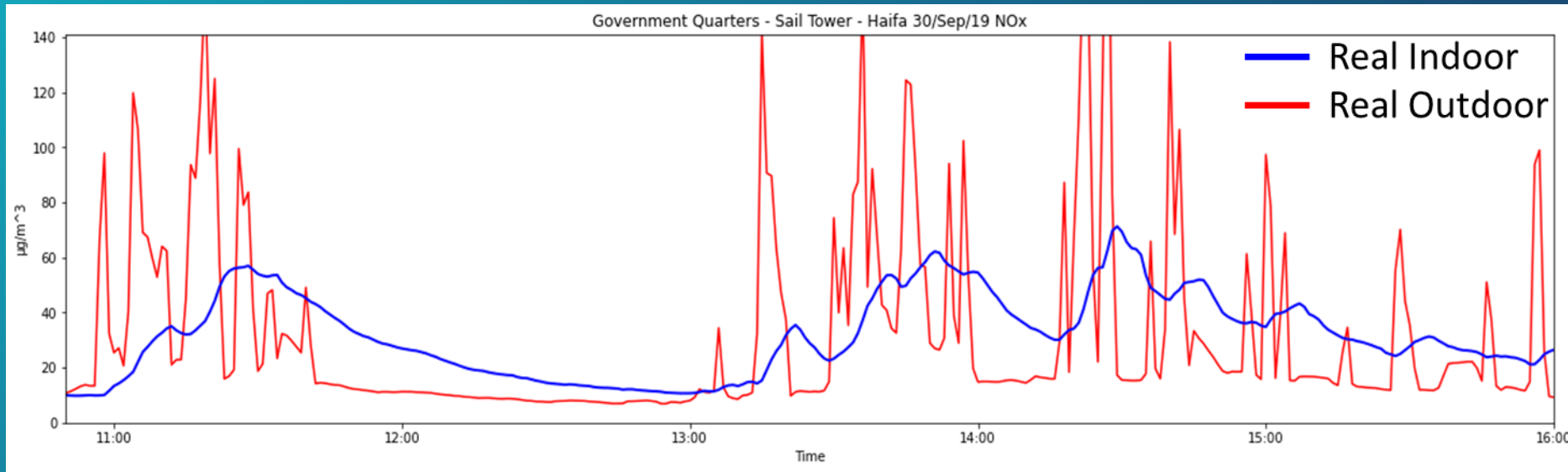
בין רמות הזיהום בתוך בניינים ובין רמות הזיהום במרחב העירוני

ביקורת: קורלציה מינימלית שני אנלייזרים שונים (NO <sub>x</sub> ) באתרים שונים (אחד מהבניינים בהזזה של 75 שעות)	ניתוח קורלציית O / I לגבי המזהם :NO <sub>x</sub>  15 בניינים, 6 ערים נתונים כל 15 שניות Reference Method	ביקורת: קורלציה מקסימלית שני אנלייזרים שונים (NO <sub>x</sub> ) הדוגמים את האוויר באותו מיקום ובאותו הזמן	
300	853	110	מס' ימים שנותחו
<b>5.1%</b>	<b>91.0%</b>	<b>98.4%</b>	Pearson (abs)
(3.8% - 6.4%)	(86.7% - 95.3%)	(96.8% - 100%)	C.I.
1.9%	6.7%	1.6%	Std

התאמת  
מגמות / התנהגות  
רמות הזיהום  
הרגעיות  
בין פנים המבנה ובין  
המרחב העירוני  
בחוץ

# חדירת זיהום אוויר עירוני

זיהום אוויר עירוני חודר אל תוך מבנים ביעילות ובאפקטיביות



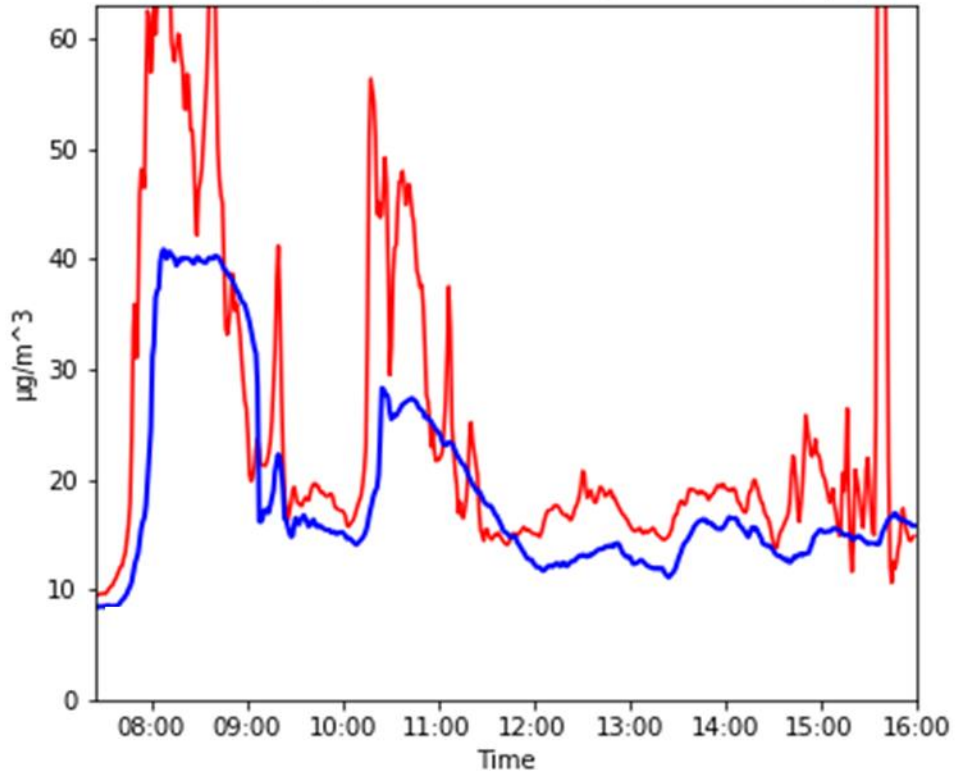
מגדל המפרש –  
קריית הממשלה,  
חיפה



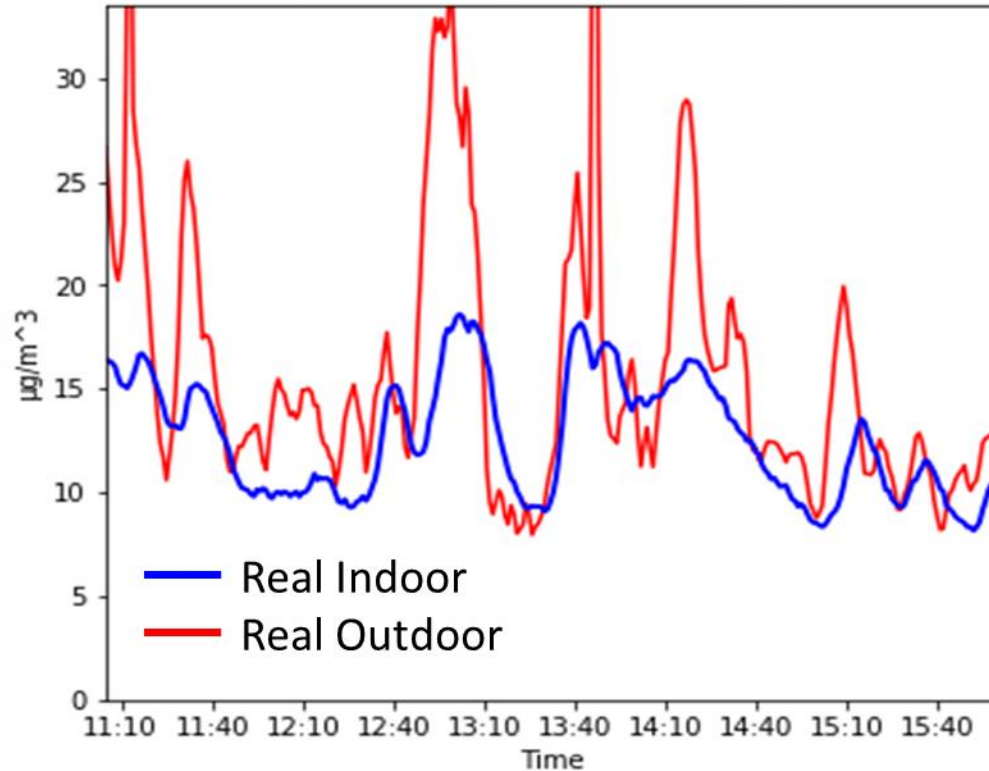


# חדירת זיהום אוויר עירוני

Government Headquarters - HaBira 1 - Jerusalem 22/Apr/20 NOx



Ministry of Health - Jerusalem 20/Apr/20 NOx



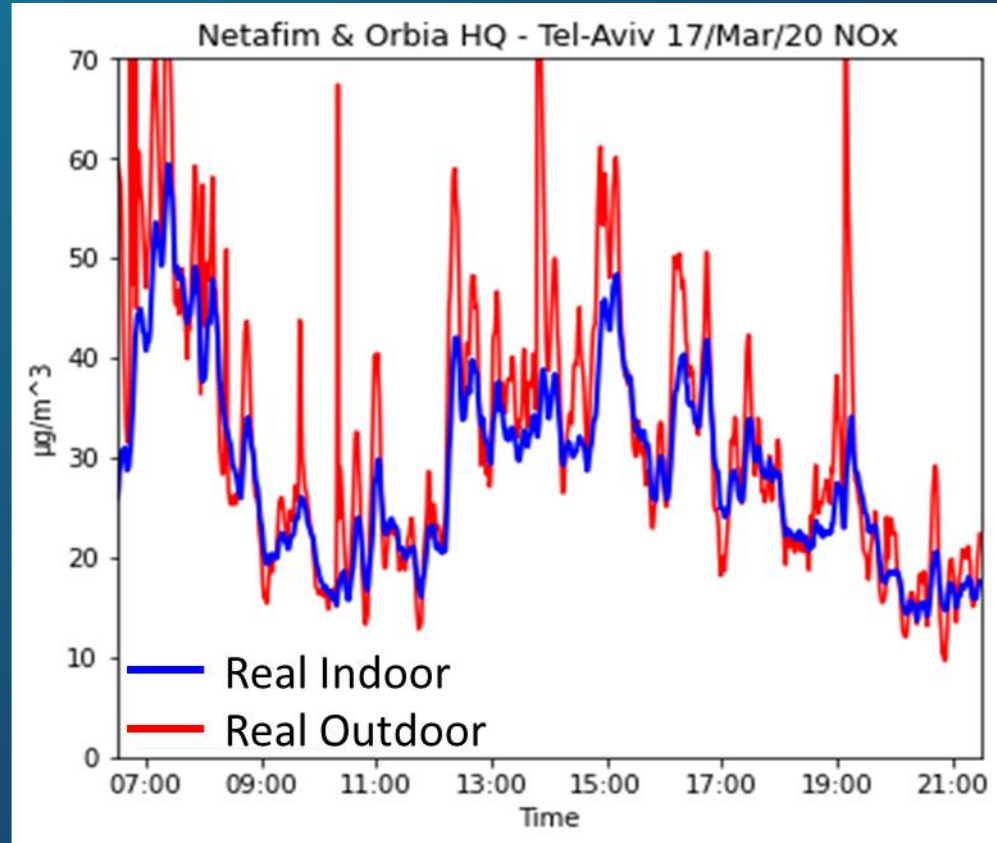
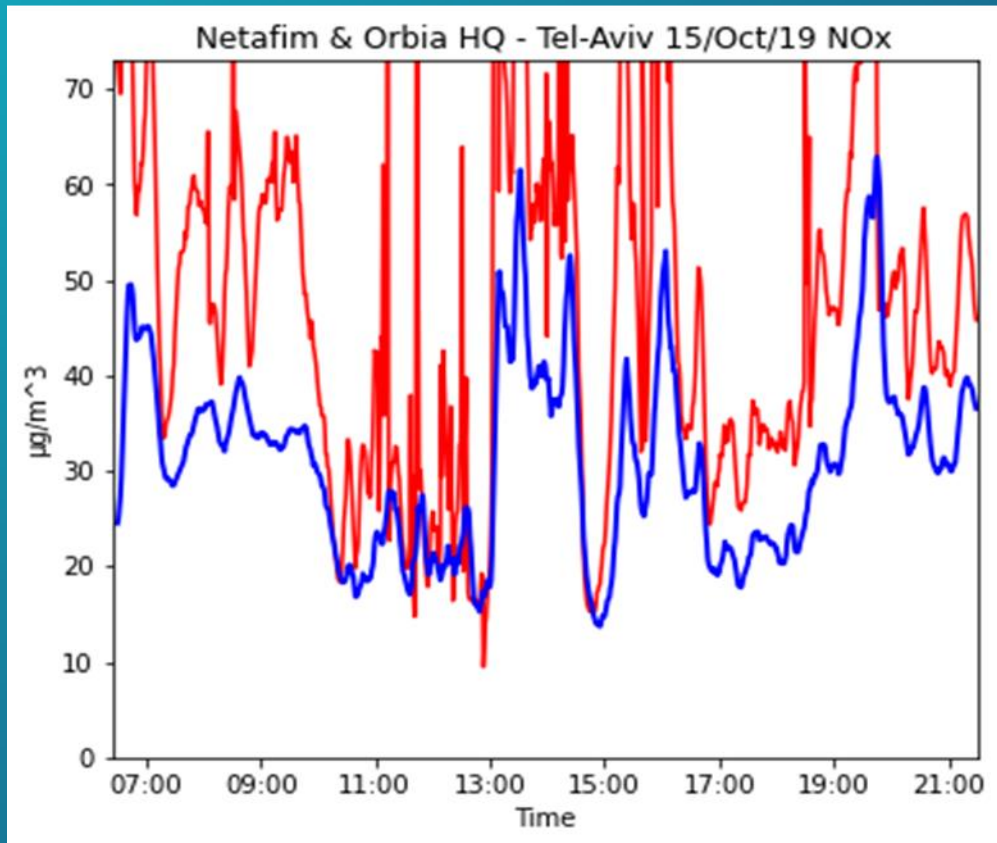
מגדלי הבירה –  
משרד הבריאות,  
ירושלים



זיהום אוויר עירוני חודר ישירות אל תוך מבנים

ישנה קורלציה משמעותית בין רמות הזיהום שמחוץ למבנה ובין הרמות שבתוכו

# חדירת זיהום אוויר עירוני



מטה החדשנות של  
אורביה-מקסיכם  
ונטפים, תל אביב

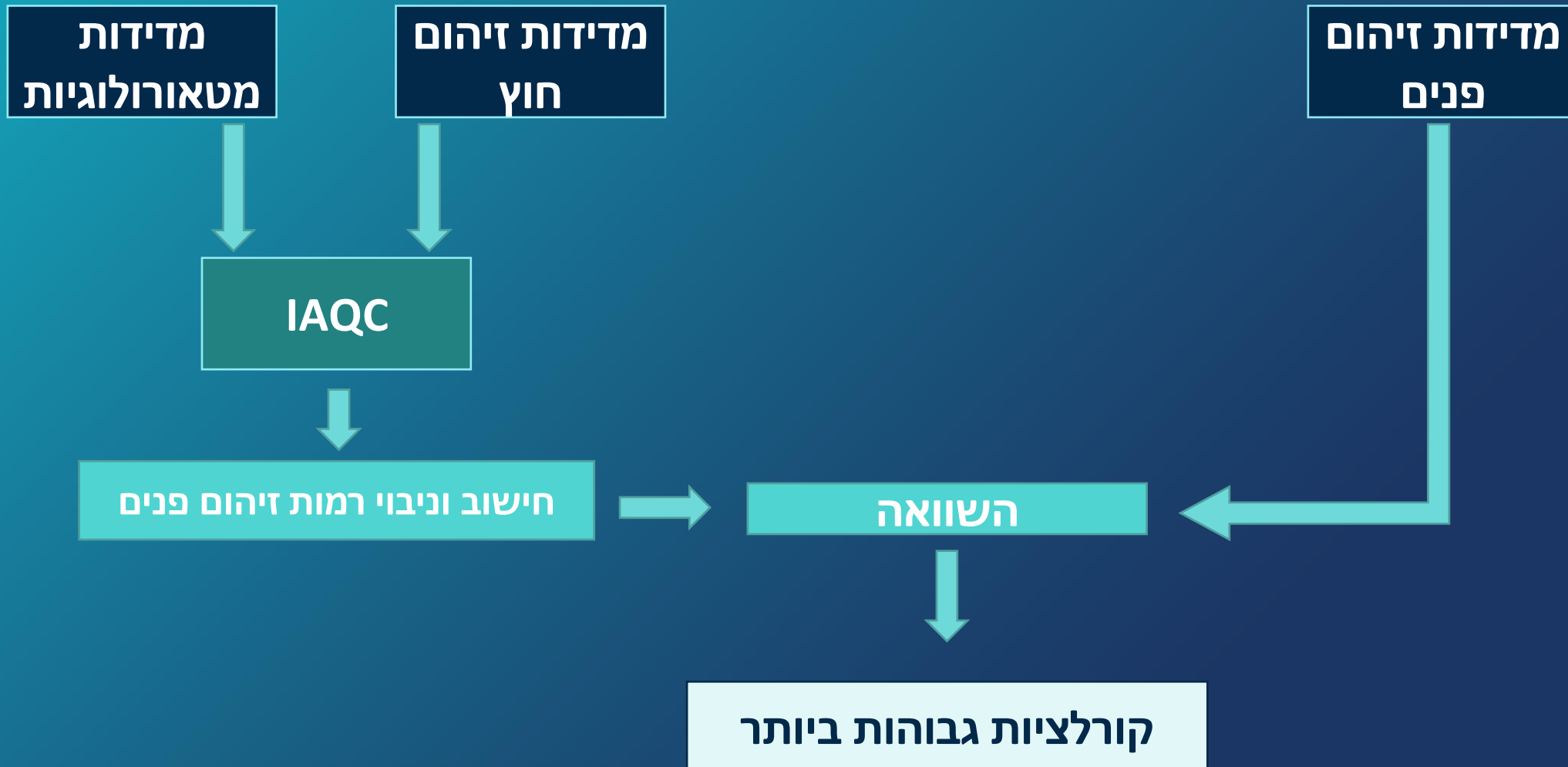


זיהום אוויר עירוני חודר ישירות אל תוך מבנים

ישנה קורלציה משמעותית בין רמות הזיהום שמחוץ למבנה ובין הרמות שבתוכו

# תוצאות (3) – IAQC - Indoor Air Quality Calculator

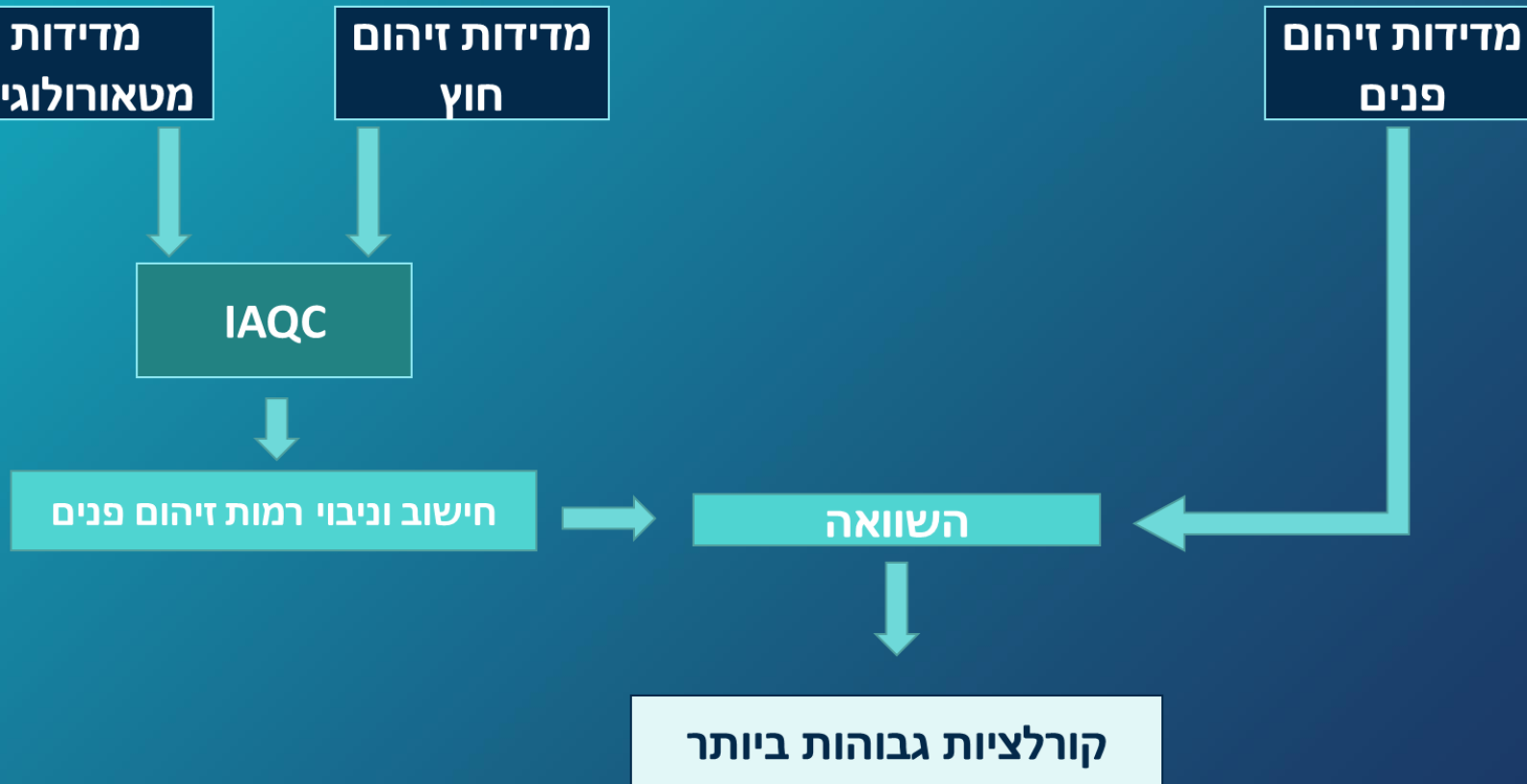
הוכחת אפקטיביות אפיון הקורלציות



# תוצאות (3) – IAQC - Indoor Air Quality Calculator

הוכחת אפקטיביות אפיון הקורלציות

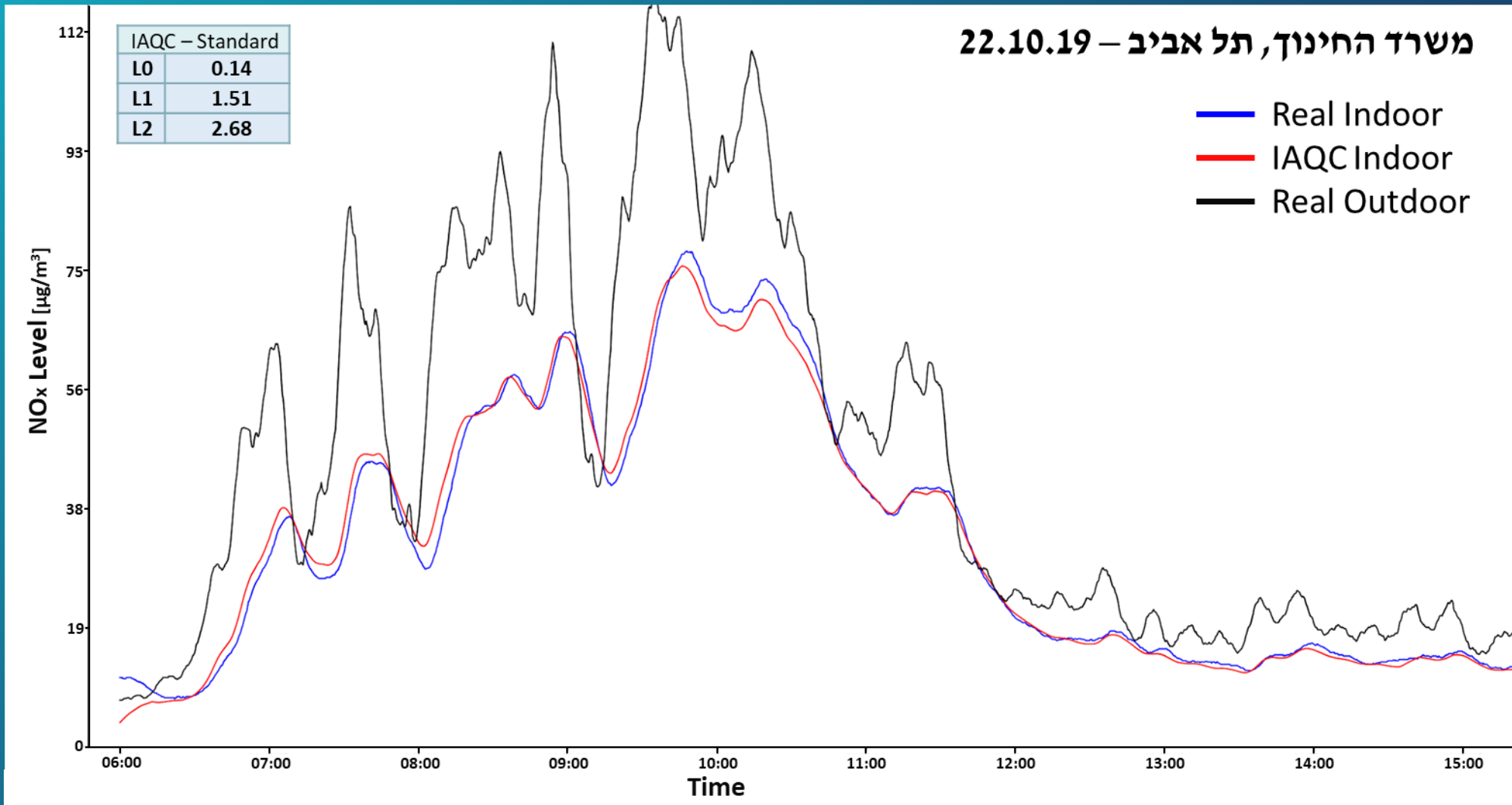
מערכת ה-IAQC מראה קורלציה גבוהה לנתוני הפנים (שלא סופקו לה) במידה הדומה לקורלציה המקסימלית המתקבלת בין שני מכשירי Reference המודדים באותו מיקום.



הדיוק השיטתי של מערכת ה-IAQC מוכיח קורלציה אפקטיבית שאפשר לנצלה לאופטימיזציה של איכות האוויר בתוך המבנה

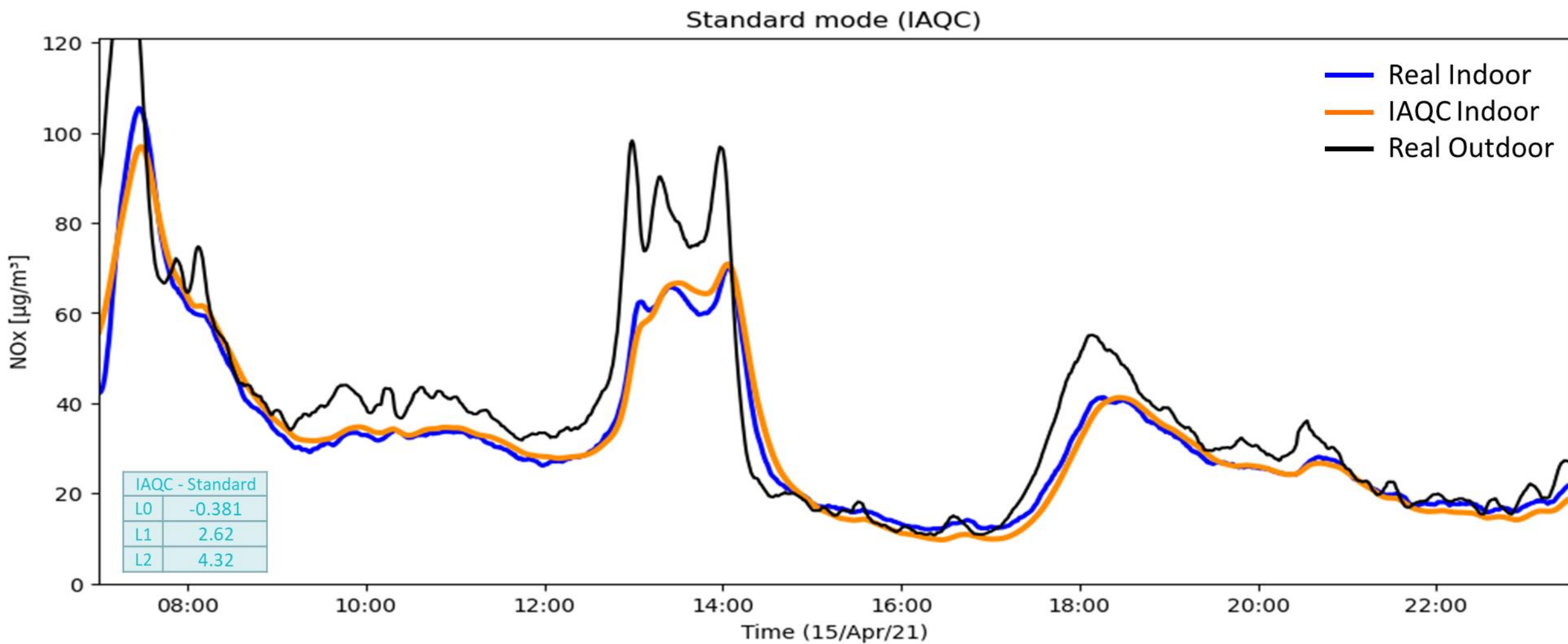
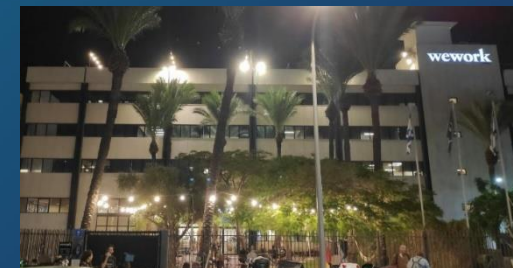
# פריצת דרך מדעית – IAQC:

קביעה מרחוק את רמות והתנהגות זיהום האוויר הפנימי – בכל המקרים ומצבים

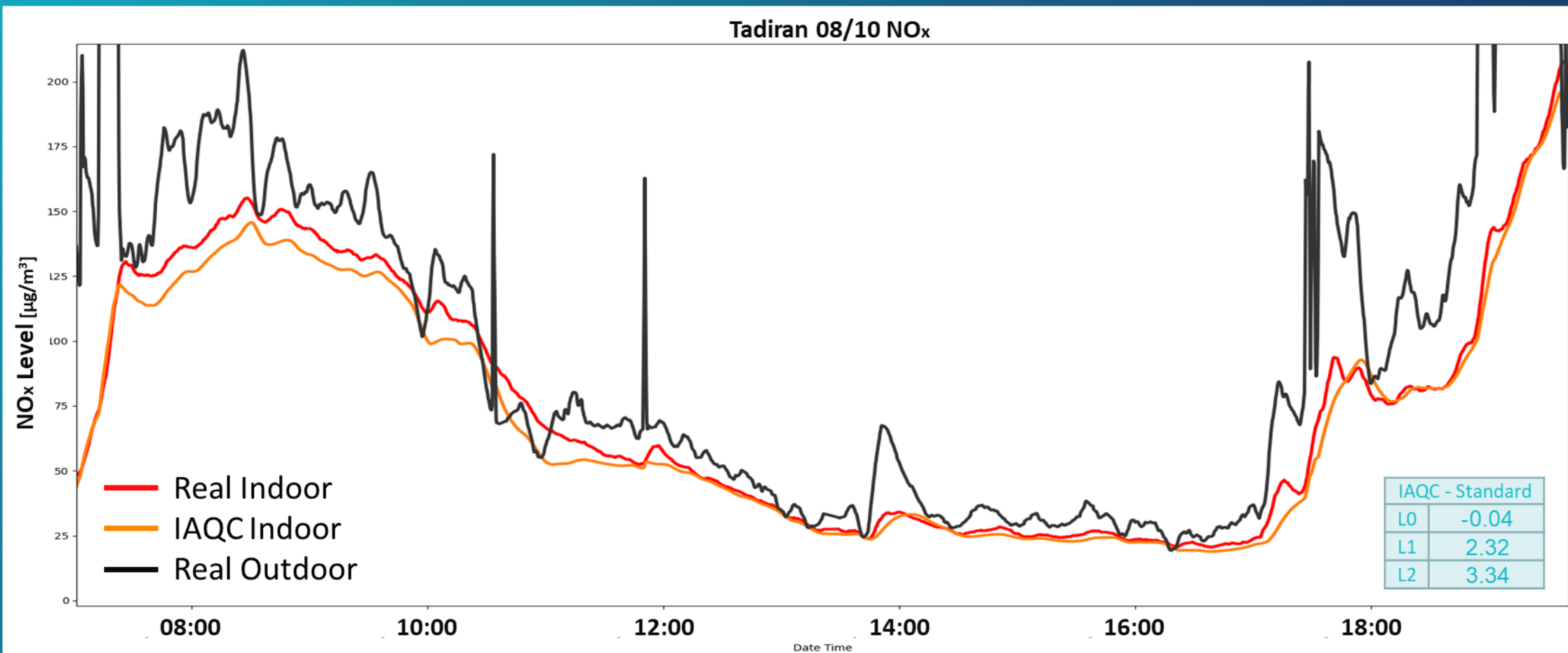




# WeWork הזרם, תל אביב



# תדיראן, פתח תקווה







שאלות?

תודה על ההקשבה!

ניר בסה – 054-7462237  
[nir@urecsys.com](mailto:nir@urecsys.com)