

חישוב מדד זיהום האוויר

מדד זיהום האוויר הינו ערך מספרי בין 100 - 400-, אשר מגדיר את רמת זיהום האוויר בהתאם לערכי הסביבה כמקובל במדינות המפותחות בעולם. רמת זיהום האוויר מבוטאת באופן איכותי לפי הקטגוריות: טוב, בינוני, גבוה וגבוה מאוד (טבלה מס' 1).

טבלה מס' 1 : רמת זיהום אוויר בהתאם למדד זיהום האוויר

ממד זיהום האוויר	רמת זיהום אוויר	יורק
51-100	טוב	ירוק
0-50	בינוני	צהוב
-1 - 200	גבוה	אדום
-201 - 400	גבוה מאוד	חום

מדד זיהום האוויר מחושב עבור מזהמי האוויר הבאים: אוזון (O_3), גופרית דו-חמצנית (SO_2), חנקן דו-חמצני (NO_2), תחמוצות חנקן (NO_x), פחמן חד-חמצני (CO), חלקיקים נשימים (PM_{10}) וחלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$). הממד מחושב עבור כל תחנת ניטור בנפרד ונקבע על פי המזהם שריכוזו הוא הגבוה ביותר. הממד לאזור או חבל ארץ (טבלה מס' 4) נקבע בהתאם לממד הנמוך ביותר שחושב עבור תחנת הניטור באזור. מדד זיהום האוויר מוגדר על ידי הביטוי:

$$[1] \quad \text{מדד זיהום אוויר} = 100 - AQI$$

על פי נוסחה זו, ריכוזים שמובילים לערכי AQI (Air Quality Index) גבוהים מ-100 (ערך הסביבה לפי תקנות אוויר נקי) יתנו מדד זיהום אוויר שלילי. אם כן, בישראל, מדד זיהום אוויר שלילי מצביע על סיכון בריאותי.

אופן החישוב של מדד זיהום האוויר:

- עבור כל תחנה, מוציאים מתוך בסיס הנתונים את הריכוז המיצג של כל אחד מהמזהמים, כפי שמוגדר בטבלה מס' 2:

טבלה מס' 2 : מזהמים ופרקי זמן לחישוב מדד זיהום האוויר

מזהם	פרק זמן מדד רץ
אוזון (O_3)	ערך שמונה-שעתי מתגלגל
גופרית דו חמצנית (SO_2)	ערך שעתי אחרון
חנקן דו-חמצני (NO_2)	ערך שעתי אחרון
תחמוצות חנקן (NO_x)	ערך חצי-שעתי אחרון
פחמן חד-חמצני (CO)	ערך חצי-שעתי
חלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$)	ממוצע יממתי מתגלגל (24 שעות אחרונות)
חלקיקים נשימים (PM_{10})	ממוצע יממתי מתגלגל (24 שעות אחרונות)

2. מחשבים את ערכי ה-AQI מתוך ערכי הריכוזים שנמדדו עבור כל אחד מהמזהמים. החישוב מתרגם את ריכוזי המזהמים למספר AQI בסולם בין 0 ל-500. קביעת תחום ערכי AQI הרלוונטיים נעשית באמצעות טבלה מס' 3. מאתרים את תחום הריכוזים בו כלול הריכוז המיציג של המזהם (סעיף 1' למעלה). גבולות של התחום הינם נקודות העצירה BP (breakpoint), אשר מופעיות בנוסחה מס' 2. בהתאם לתחום הריכוזים שנקבע, קובעים את תחום ערכי ה-AQI.

חישוב ערך AQI על פי נוסחה [2] להלן:

$$AQI = (BP_{hi} - BP_{low}) * \frac{Cp - IC_{low}}{IC_{hi} - IC_{low}} + BP_{low} \quad [2]$$

כאשר:

- AQI - Air Quality Index
- BP_{hi} - הערך הגבוה של תחום ערכי AQI המתאים לריכוז המזהם
- BP_{low} - הערך הנמוך של תחום ערכי AQI המתאים לריכוז המזהם
- IC_{hi} - הערך הגבוה של תחום ערכי הריכוזים בו כלול לריכוז המזהם
- IC_{low} - הערך הנמוך של תחום ערכי הריכוזים בו כלול לריכוז המזהם
- Cp - ריכוז מזהם

טבלה 3: נקודות העצירה לחישוב המדד זיהום האוויר

תחומי AQI	תחומי ריכוזים עבור כל אחד מהמזהמים						
	O ₃ (ppb) שמונה שעות	SO ₂ (ppb) שעתי	NO ₂ (ppb) שעתי	NO _x (ppb) חצי-שעתי	CO (ppm) חצי-שעתי	PM10 (µg/m ³) יממתי	PM2.5 (µg/m ³) יממתי
0-49	0-35	0-67	0-53	0-250	0-26	0-65	0-18.5
50-100	36-70	68-133	54-105	251-499	27-51	66-129	18.6-37
101-200	71-97	134-163	106-160	500-750	52-78	130-215	37.5-84
201-300	98-117	164-191	161-213	751-1000	79-104	216-300	84.5-130
301-400	118-155	192-253	214-260	1001-1200	105-130	301-355	130.5-165
401-500	156-188	254-303	261-316	1201-1400	131-156	356-430	165.5-200

3. טבלה 3 נבנתה ע"פ תקנות אוויר נקי (ערכי איכות אוויר), הוראת שעה, התשע"א – 2011 והעדכון ב-2013. הריכוזים מותאמים ל-AQI ונקבעו באופן הבא:

- ערך 50 – מחצית מערך הסביבה
- ערך 101 – ערך הסביבה
- ערך 300 – ערך התרעה
- נקודות הביניים נקבעו בעזרת קירוב ליניארי ככל הניתן ועל פי ערכי הסביבה וההתרעה.

4. מחשבים את המדד עבור כל אחד מהמזהמים לפי נוסחה מס' 1. ככל שמדד זיהום האוויר מקבל ערך נמוך יותר, כך עולה רמת הסיכון הבריאותי. המדד הנמוך ביותר מבין המדדים של כל חמשת המזהמים שנמדדו בתחנת ניטור הוא הערך הקובע את המדד אשר מתפרסם במפת מדד איכות אוויר.

ערכי מדד איכות אוויר בתחום 0-100 בדרך כלל נחשבים כלא מסוכנים. ערך "0" של מדד זיהום האוויר מותאם לערך הסביבה של המזהם. כאשר ערכים הם שליליים, איכות אוויר נחשבת למזיקה, בהתחלה לקבוצות מסוימות של אנשים רגישים, וכאשר מדד יורד מתחת ל-"200" גם לכלל הציבור. ערך "200-" של מדד זיהום האוויר מותאם לערך ההתרעה של המזהם, משמעותו חשש לבריאות ציבור.

5. במידה ובתחנה מסוימת לא נמדד מזהם מסוים, יש להשלים את הנתונים מתחנה אחרת, קרובה, בה נמדד המזהם הנ"ל (במקרה של אוזון – פרישתו מרחבית בדרך כלל). אין לפרסם מדד אם לא ניתן להציג נתונים עבור כל המזהמים הבאים: אוזון (O_3), גופרית דו-חמצנית (SO_2), חנקן דו-חמצני (NO_2), תחמוצות חנקן (NO_x), חלקיקים נשימים PM_{10} , חלקיקים נשימים עדינים $PM_{2.5}$.

דוגמא 1: חישוב מדד זיהום האוויר עבור מזהם יחיד

נתון: ריכוז שעתי מדוד של חנקן דו-חמצני NO_2 : $C_{NO_2} = 133 \text{ ppb}$

$$AQI = (200 - 101) * \frac{133 - 107}{160 - 107} + 101 = 150 \quad [2]$$

על פי [1]: $-50 = 100 - 150 = \text{מדד זיהום אוויר}$

רמת זיהום האוויר עבור חנקן דו-חמצני NO_2 לפי טבלה מס' 1 מוגדרת כגבוהה, צבע מייצג – אדום.

דוגמא 2: חישוב מדד זיהום האוויר עבור תחנת ניטור

ביום 17 ביולי 2013 נמדדו בתחנת ניטור "יד אבנר" בתל אביב ריכוזי מזהמים כמוצג בטבלה מס' 5. מאחר ובתחנה זו לא נמדדים כל המזהמים, היה צורך לקחת ריכוזי מזהמים $PM_{2.5}$ מתחנה קרובה – "כביש 4". ערכי מדד זיהום האוויר חושבו באמצעות נוסחאות [1] ו-[2].

טבלה 4: דוגמה לחישוב מדד זיהום האוויר עבור תחנת ניטור

מזהם	$PM_{2.5}$	PM_{10}	NO_x	NO_2	CO	SO_2	O_3
פרק זמן	ממוצע יממתי	ממוצע יממתי	ערך חצי-שעתי אחרון	ערך שעתי אחרון	ערך חצי-שעתי	ערך שעתי אחרון	ערך שמונה שעותי אחרון
מקור הנתונים	כביש 4	יד אבנר	יד אבנר	יד אבנר	יד אבנר	יד אבנר	יד אבנר
ריכוז	$24.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$34.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	38 ppb	2.4 ppb	0.3 ppm	0.8 ppb	36.1 ppb
AQI	65	23	8	2	1	1	51
מדד זיהום אוויר	35	77	92	98	99	99	49

לפי כך, מדד זיהום האוויר עבור תחנת ניטור "יד אבנר" ביום 17/07/2013 הנו 35. על פי טבלה מס' 1, ערך זה מצביע על זיהום שלא מזיק לבריאות.

טבלה 5: רשימת תחנות ניטור לפרסום יומי של מדד זיהום האוויר

אזור הניטור	תחנות מאפיינות
צפון הארץ	גליל מערבי (כרמיאל), כפר מסריק
חיפה-קריות	נווה שאנן (חיפה), קריית אתא, קרית בנימין, עצמאות (חיפה), קריית שפריןצק (חיפה) (O_3), אחוזה (חיפה), נשר (חיפה)
עמק יזרעאל	עפולה, עין דור, גבעת המורה
שרון-כרמל	פרדס חנה, בית אליעזר (חדרה), אליכין, חדרה, המעפיל (O_3), כרם מהר"ל (O_3), חפציבה (חדרה) (PM_{10}), קיסריה (אור עקיבא) (PM_{10}), ברקאי (O_3)
שומרון	אריאל
גוש דן	יד אבנר (ת"א), עירוני ד' (ת"א), רמז (ב"ב), עמיאל (ת"א), כביש 4 (ב"ב), חולון, ראשל"צ
שפלה פנימית	רחובות, מודיעין, בית שמש, כרמי יוסף, יד רמב"ם 2, אחיסמך
ירושלים	ספרא, אפרתה, בר-אילן
מישור החוף הדרומי	רובע ט"ו (אשדוד), אשקלון-איגוד, אשקלון – דרום, אשדוד-איגוד, יבנה, יד בנימין (אוזון), גדרה (אוזון), ארז, מבקיעים
יהודה	גוש עציון
צפון הנגב	באר-שבע, נגב מזרחי (ערד)
אילת	אילת שחמון, אילת חח"י