



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



אתגרים סביבתיים לשוק הדלקים בישראל ובעולם

יום עיון בנושא חדשנות בדלקים

והשפעתם על הסביבה

19/12/2018

אמיר זלצברג

מנהל אגף תחבורה

המשרד להגנת הסביבה



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



השפעות סביבתיות שליליות לשימוש בדלקים

זיהום אוויר

שינוי אקלים

זיהומי קרקע, מי תהום ומי ים

מטרדי רעש

מטרדי ריח



State of Israel



שלוש עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



שריפת דלקים הינה המקור העיקרי לזיהום אוויר בעולם

- 7 מיליון מקרי מוות מוקדם בשנה קשורים לחשיפה לזיהום אוויר
- 9 מכל 10 אנשים מתגוררים באזורים בהם זיהום האוויר חורג מהמלצות ארגון הבריאות העולמי





השפעות זיהום האוויר בישראל

- חשיפה לזיהום אוויר בישראל מובילה ליותר מ-**2,200** מקרי מוות מוקדם בשנה ואלפי מקרי תחלואה נוספים.
- התחלואה והתמותה מטילים עלויות למשק בשל הפסד ימי עבודה, עלויות אשפוז
- עלות זו מוערכת ב 7.7 מיליארד דולר שהם כ 2.6% מהתמ"ג

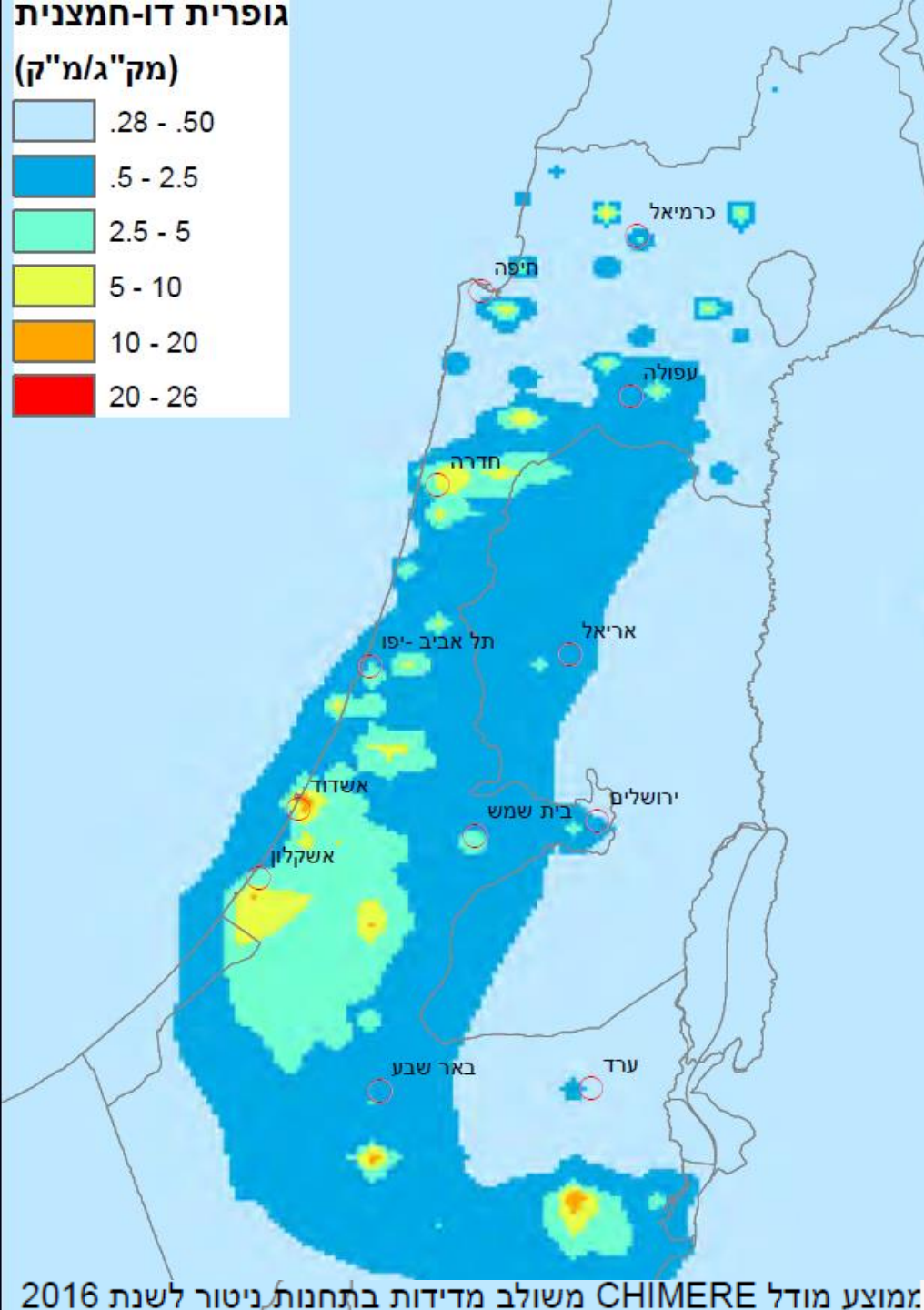
גופרית דו-חמצנית

- פוגעת בדרכי הנשימה ובתפקוד הריאות. יוצרת חלקיקים במורד הרוח

- נפלט משריפת דלקים כבדים המכילים גופרית

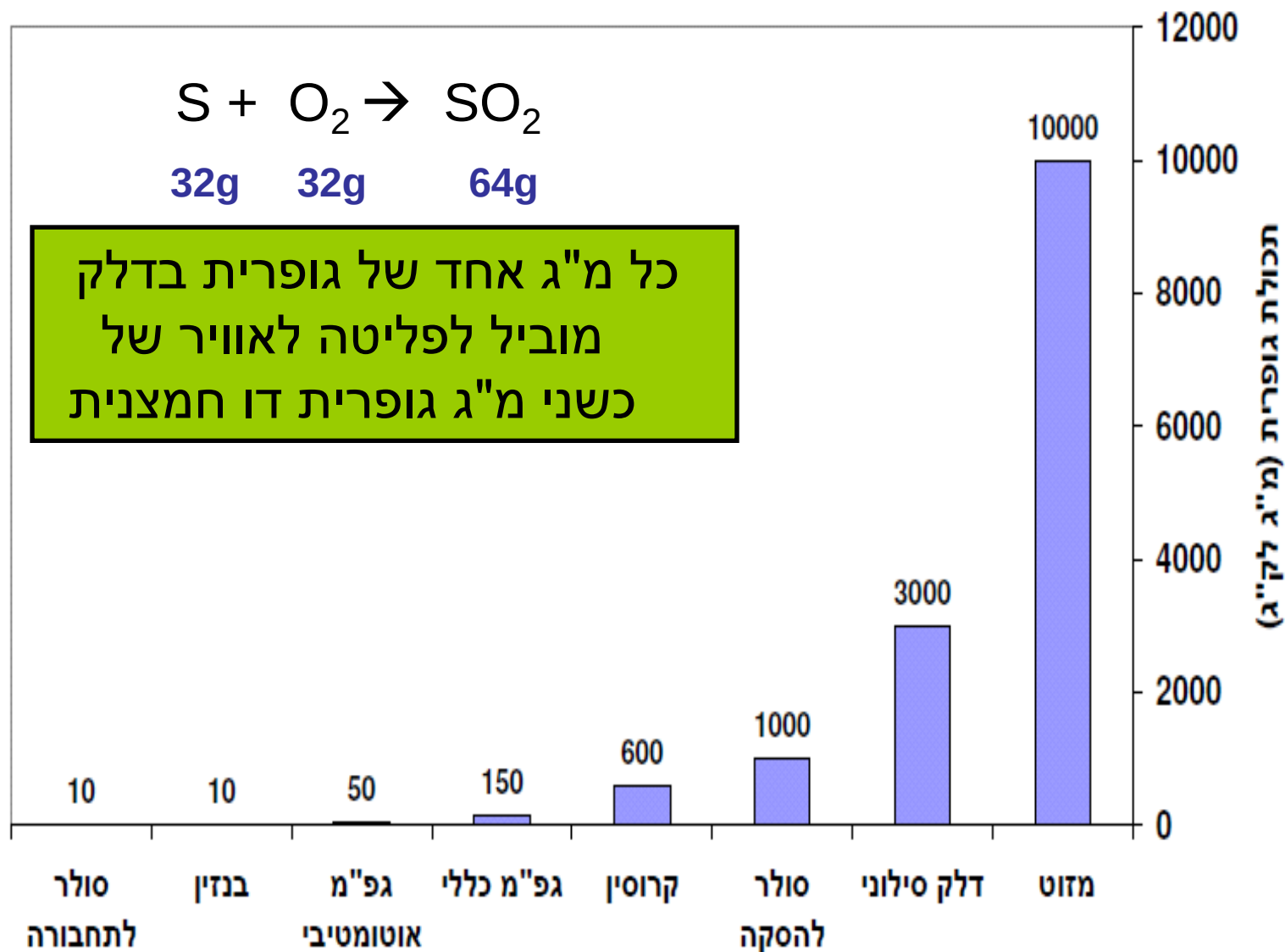
- ריכוזים בינוניים ליד איזורי תעשייה (שריפת מזוט), נמלי ים (דלק ימי) ותחנות כח פחמיות

- ריכוזים נמוכים ביתר הארץ





השוואת מגבלות התקינה לגבי תכולת הגופרית בסוגי דלק שונים





State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

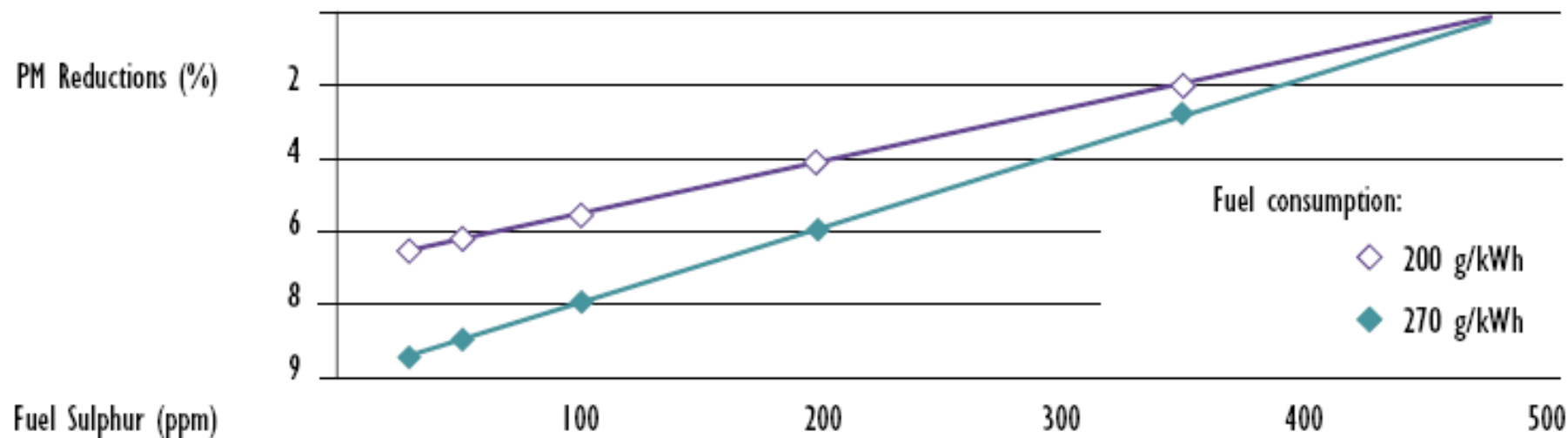
המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة

הפחתת תכולת הגופרית בסולר מפחיתה גם פליטות חלקיקים

- פליטות ישירות של חלקיקי סולפאט
- פגיעה ביעילות מערכות קצה להפחתת פליטות

Figure 7: Effect of Diesel Fuel Sulphur Level on PM Emissions Heavy-Duty Engines (PM = 0,10 g/kWh)



Source: WWFC



State of Israel



שלום עם הסביבה

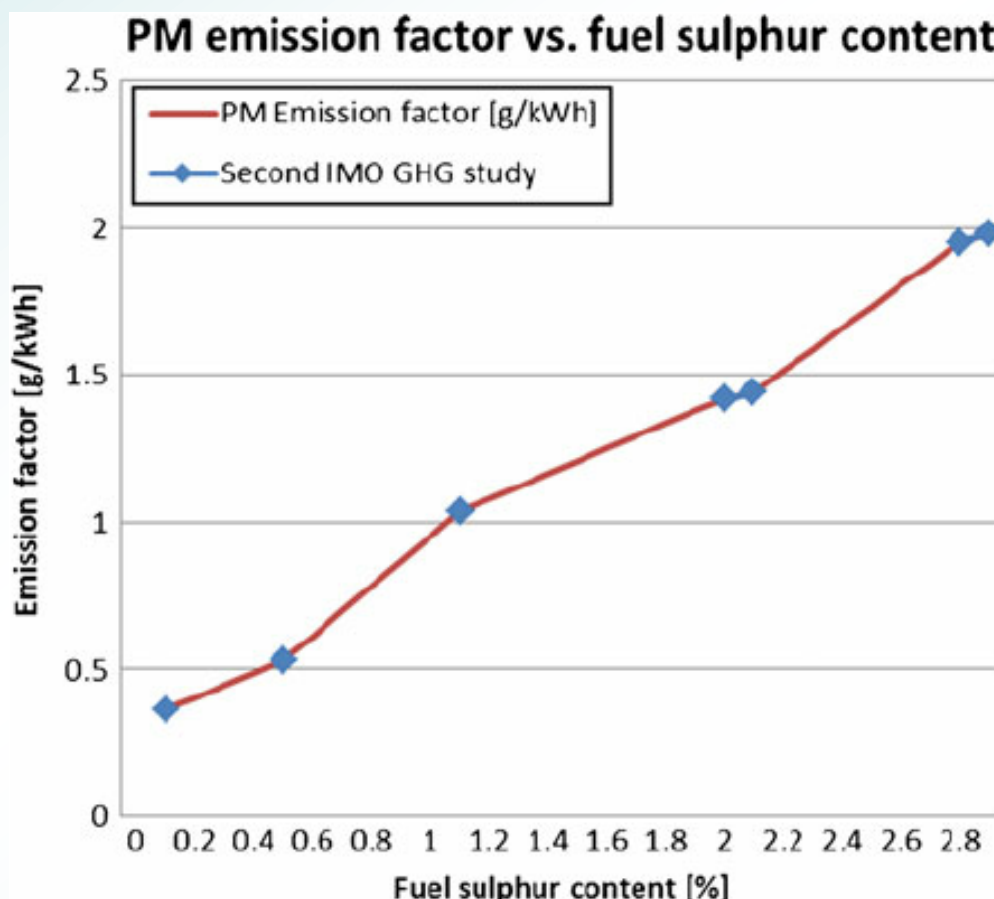
ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة

השפעת תכולת הגופרית בדלק ימי על פליטת חלקיקים

Change of PM 2.5 emission factor [g/kWh] as the function of sulfur content in ship fuels



Source: Atmospheric emissions of European SECA shipping: Long-term projections (2013)



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

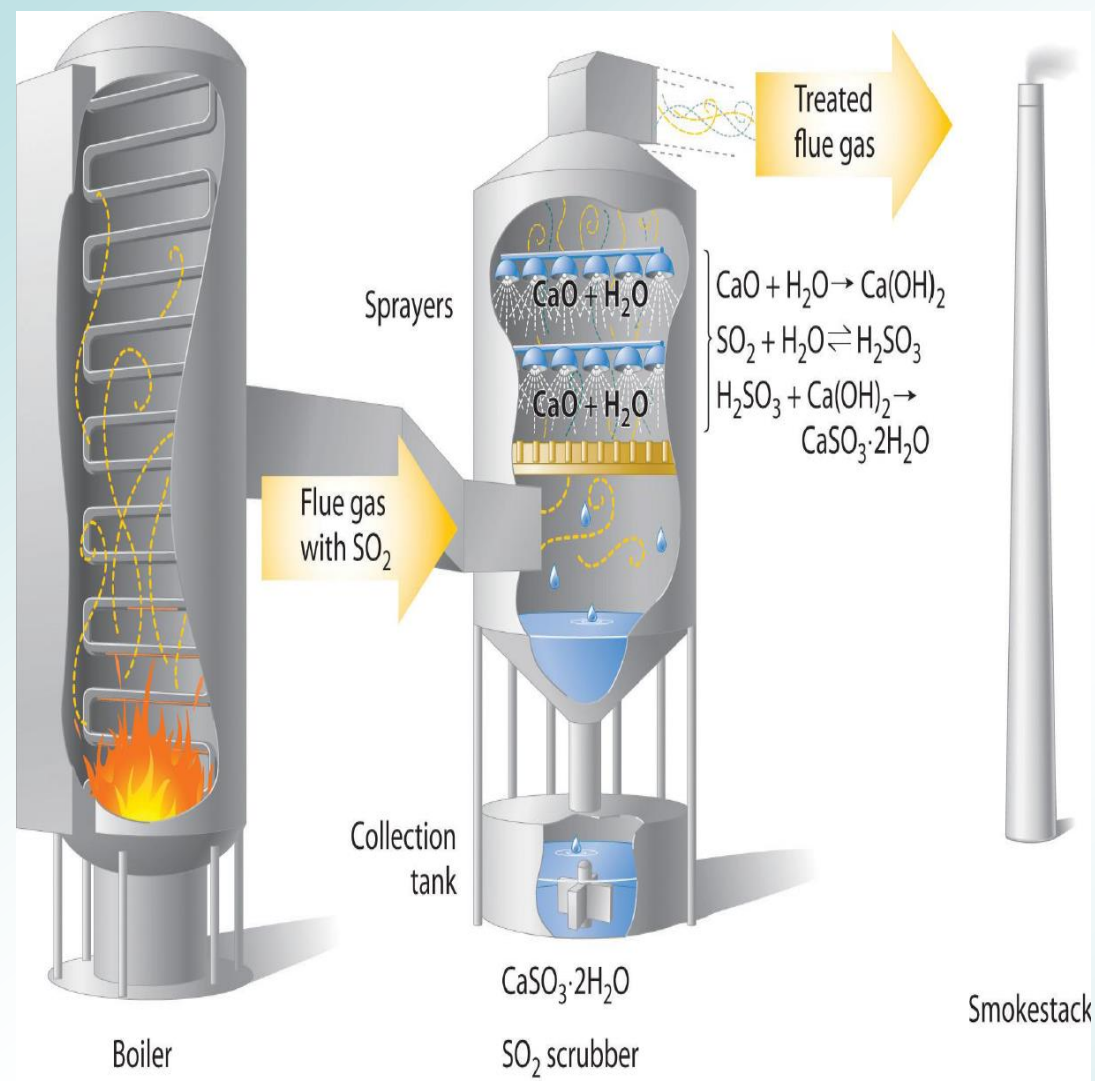
وزارة حماية البيئة



הפחתת תכולת הגופרית במזוט ימי

“Cleaner marine fuels will reduce ship-related premature mortality and morbidity by 34 and 54%, respectively, representing a ~ 2.6% global reduction in PM_{2.5} cardiovascular and lung cancer deaths and a ~3.6% global reduction in childhood asthma. Despite these reductions, low-sulphur marine fuels will still account for ~250k deaths and ~6.4M childhood asthma cases annually, and more stringent standards beyond 2020 may provide additional health benefits”

Source: Sofiev et al, Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs, Nature Communications | (2018) 9:406



סולקן FGD

דוגמא - אורות רבין

1.5 מיליון מ"ק מים לשנה

40 אלף טון כריית אבן גיר לשנה

80 אלף טון פינוי גבס לשנה

כ 5.5 מגה וואט צריכת חשמל

עצמית





State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة

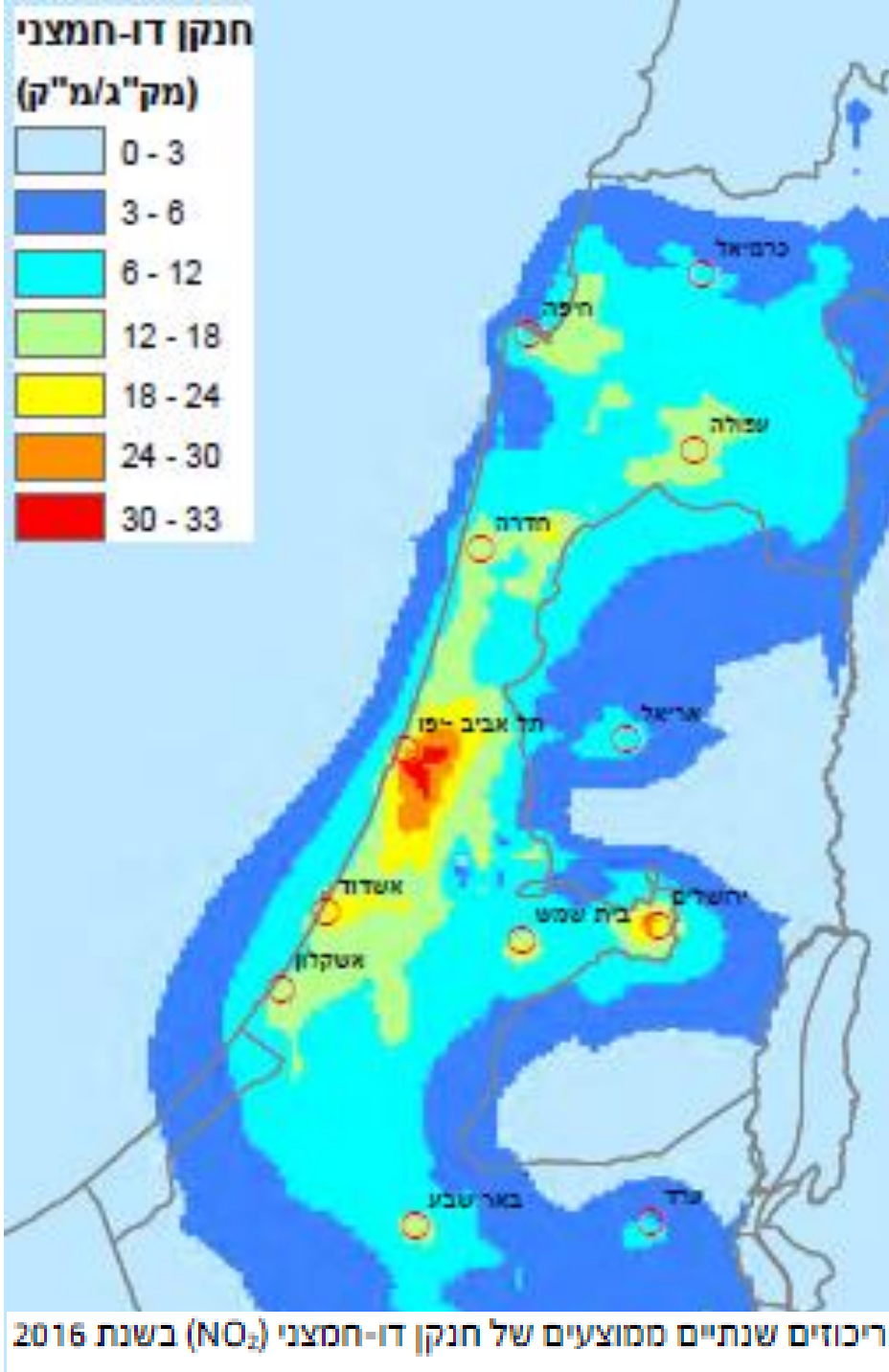


פתרונות להתמודדות עם פליטות תחמוצות גופרית מבעירת דלקים

- הוצאת הגופרית מתזקי קי הנפט
- הוצאת הגופרית מדלקים שאריתיים (מזוט)
- צמצום השימוש בפחם
- הגברת השימוש בדלקים דלי גופרית (גז טבעי
נוזלי/דחוס, דלקים מתחדשים)
- התקנת סולקנים

חנקן דו חמצני – NO_2

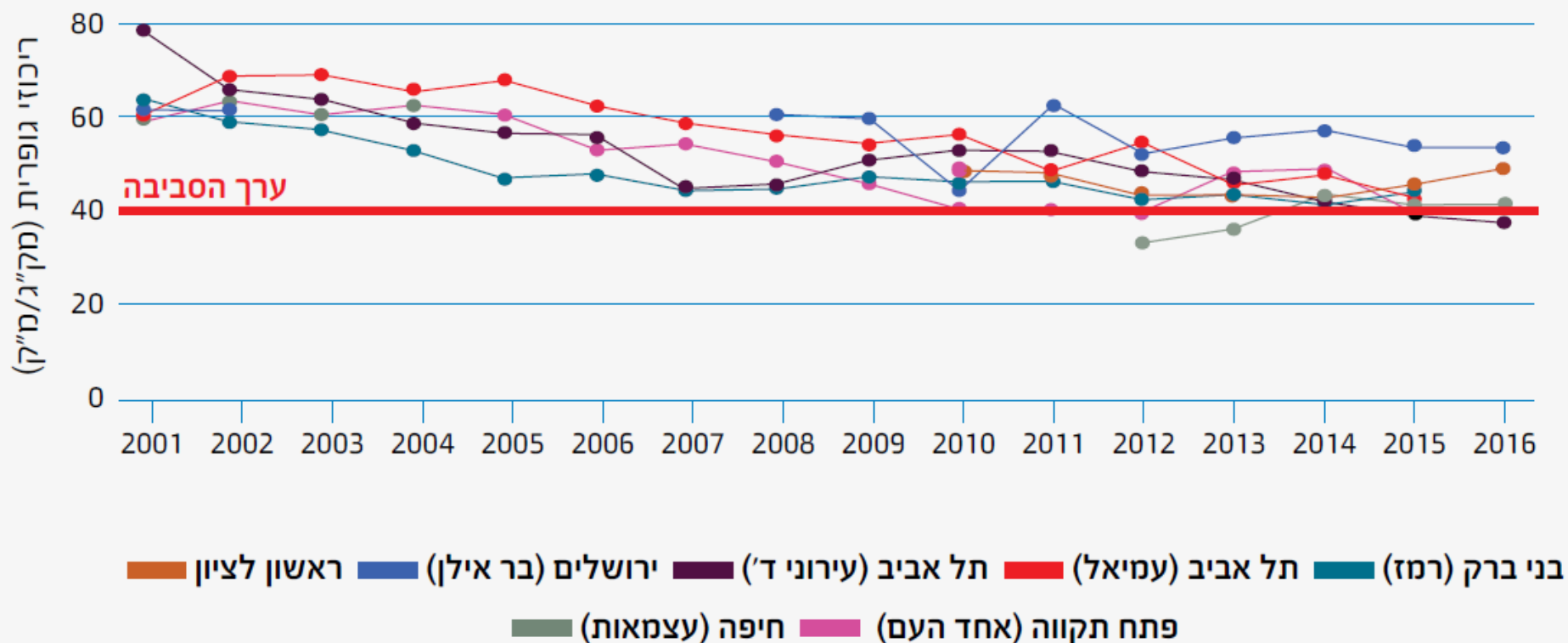
- נוצר בתהליכי בעירה בנוכחות אוויר (תלוי טמפרטורה)
- גורם לדלקות בדרכי הנשימה, החמרת אסטמה/ברונכיט ופגיעה בתפקוד הריאות
- סמן לזיהום אוויר תחבורתי
- ריכוזים גבוהים בערים
- יוצר אוזון וחלקיקים במורד הרוח





NO₂ - המצב משתפר אך עדיין מעל הקו האדום

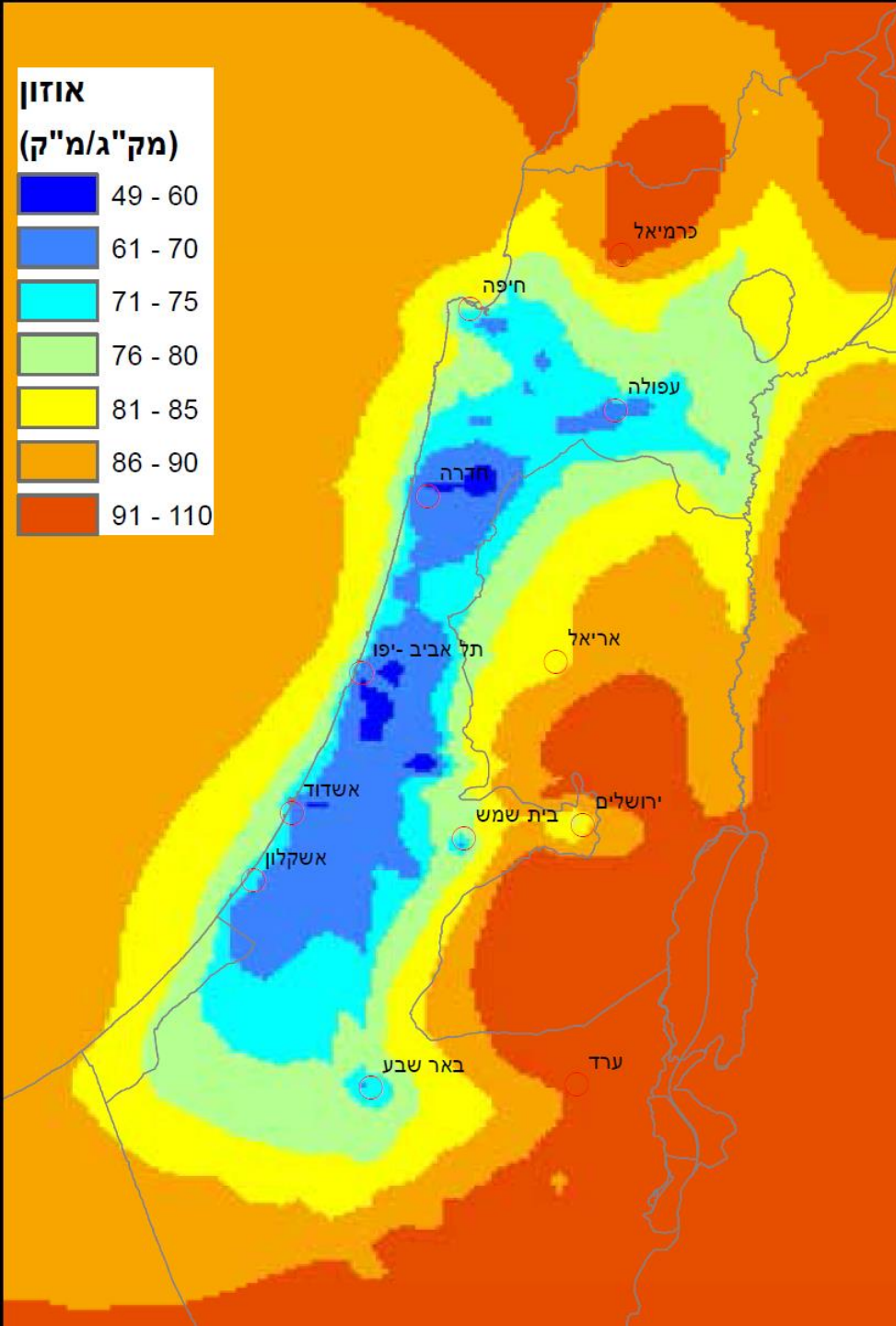
איור 1.5 | מגמות רב שנתיות של הממוצעים השנתיים של חנקן דו-חמצני בתחנות תחבורתיות בשנים 2001-2016





פתרונות להתמודדות עם NO_2

- רכבי בנזין וגז – ממיר קטליטי
- רכבי דיזל –
- מערכת EGR למיחזור גזי פליטה
- ממיר קטליטי מחזר SCR עם תמיסת אוריאה
- כלי רכב חשמליים – שיפור איכות האוויר בערים
- תעשייה –
- מבערי LNB
- ממיר מחזר SCR או SNCR



אוזון – O_3

- המרכיב העיקרי בערפיח הפוטוכימי
- מחמצן חזק, גורם לצריבה בעיניים, קוצר נשימה, פגיעה בריאות. פוגע בצמחיה
- מזהם שניוני הנוצר במורד הרוח מפליטות:
- תחמוצות החנקן
- תרכובות אורגניות נדיפות
- ריכוזים גבוהים בפנים הארץ



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

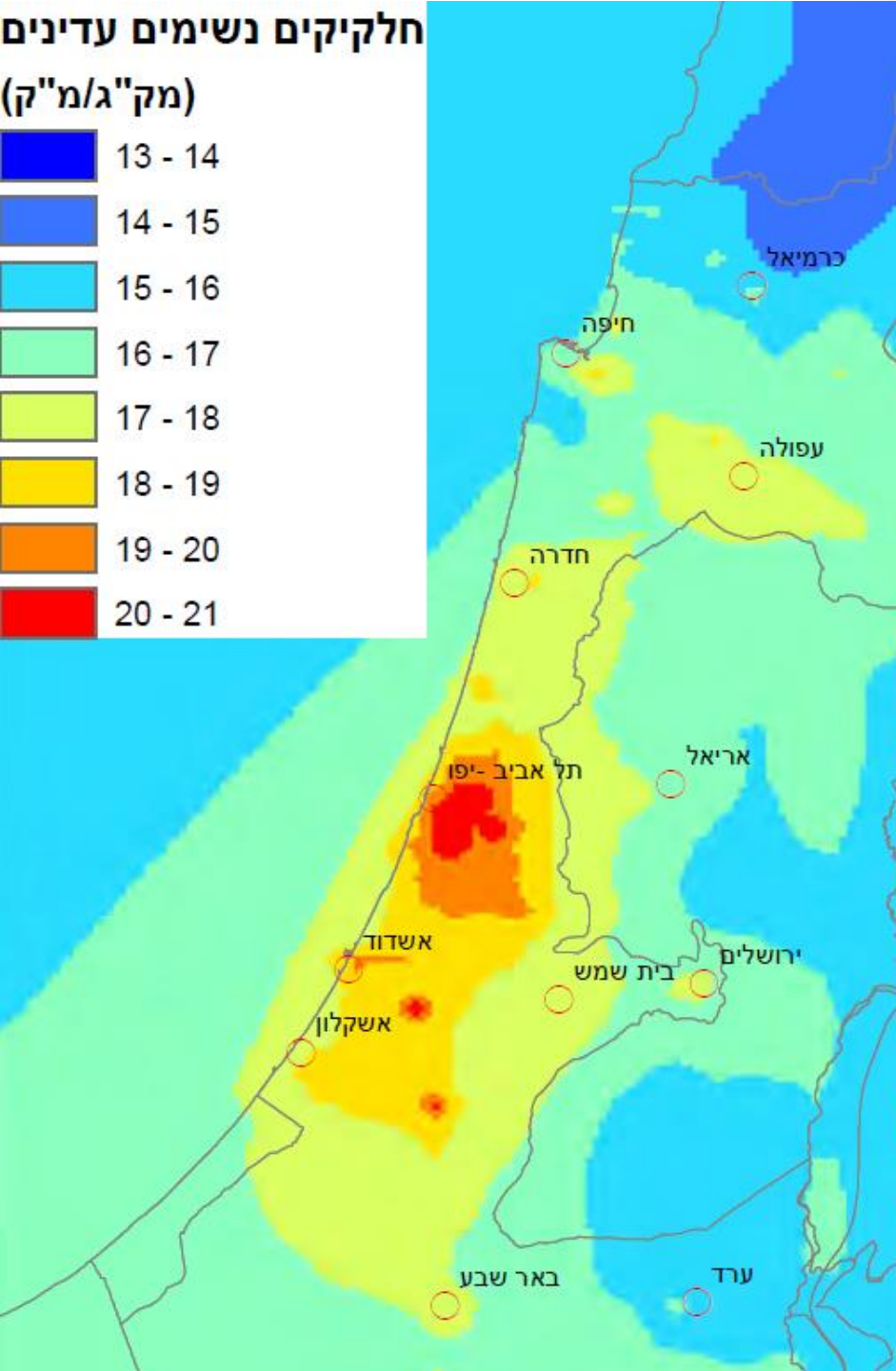
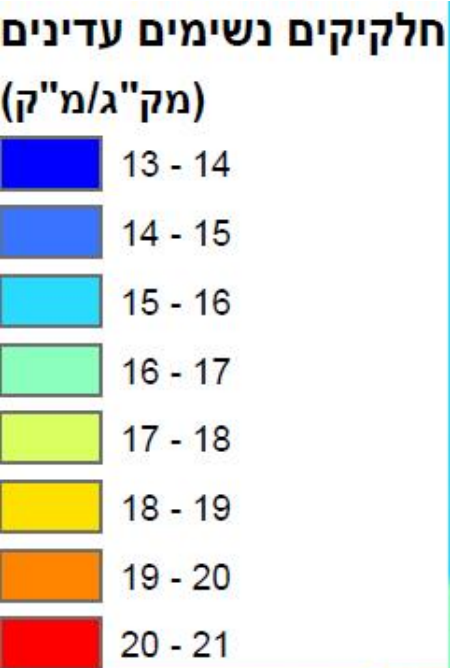
המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



פתרונות להתמודדות עם O_3

- הפחתת פליטות תחמוצות חנקן NO_x
- הפחתת פליטות תרכובות אורגניות ריאקטיביות
 - הגבלת תכונות הנדיפות של דלקים
 - מישוב אדי דלק
 - הפחתת תכולת האוליפינים בגפ"מ
 - Reformulated gasoline



חלקיקים נשימים עדינים – $PM_{2.5}$

- נפלטים משריפת דלקים כבדים (פולי-ארומטיים, אספלטנים, אפר, גופרית) ומתהליכי בעירה לא יעילים

- ריכוזים גבוהים בערים (פליטות מתחבורה ובעיקר מדיזל)

- ריכוזים גבוהים בדרום הארץ בשל אבק



State of Israel



שלום עם הסביבה

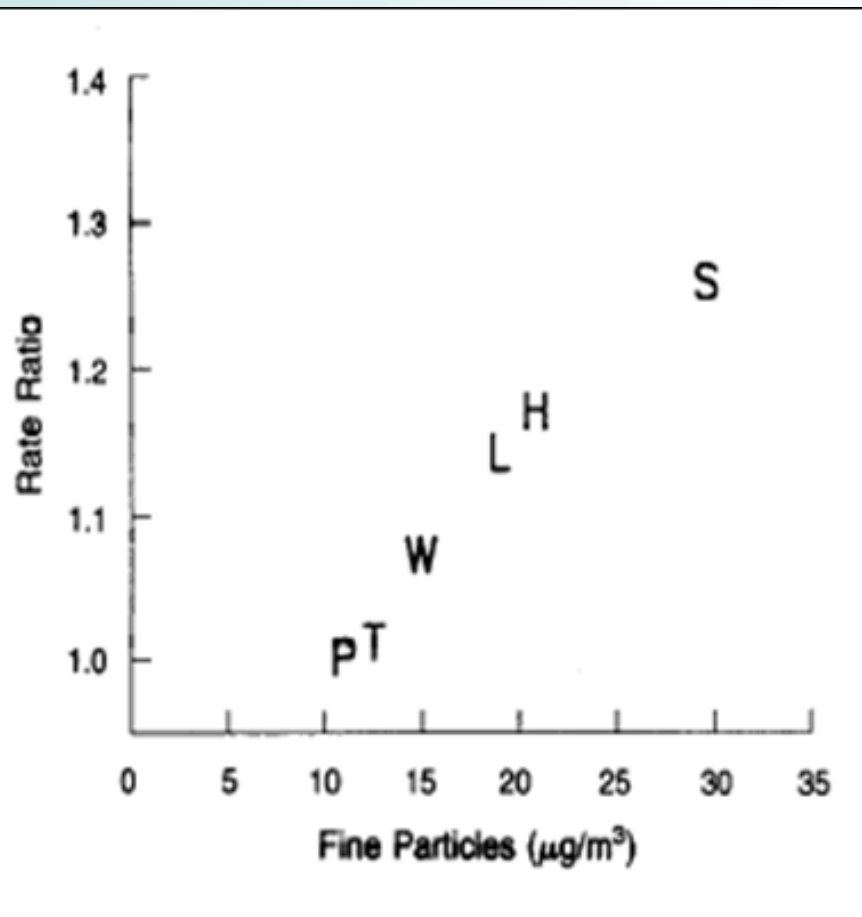
ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة

Six Cities Study

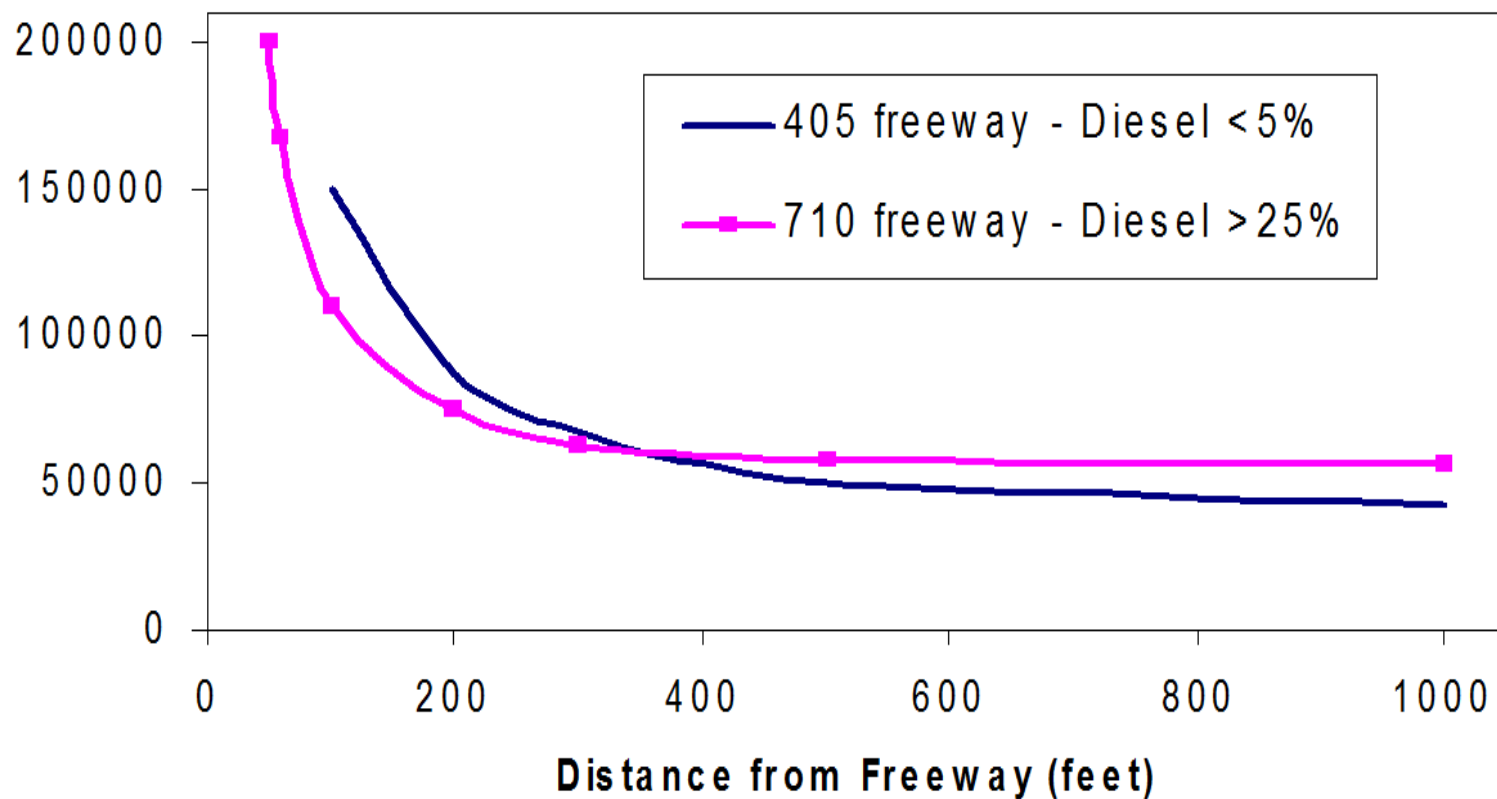
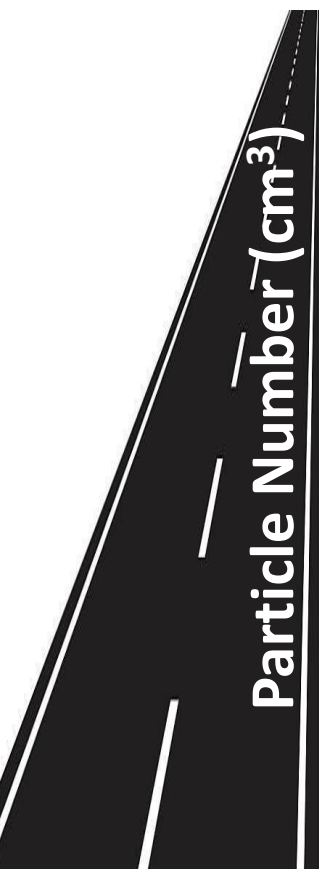
ריכוזים ארוכי טווח גבוהים של חלקיקי $PM_{2.5}$ נמצאו קשורים לרמות תמותה גבוהות



An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities

Dockery, et al., N.E. Journal of Medicine, 1993

ריכוז החלקיקים הנשימים כתלות במרחק מכביש מהיר



טומים למחלות ריאה כתלות בקרבת המגורים לכביש מרכזי

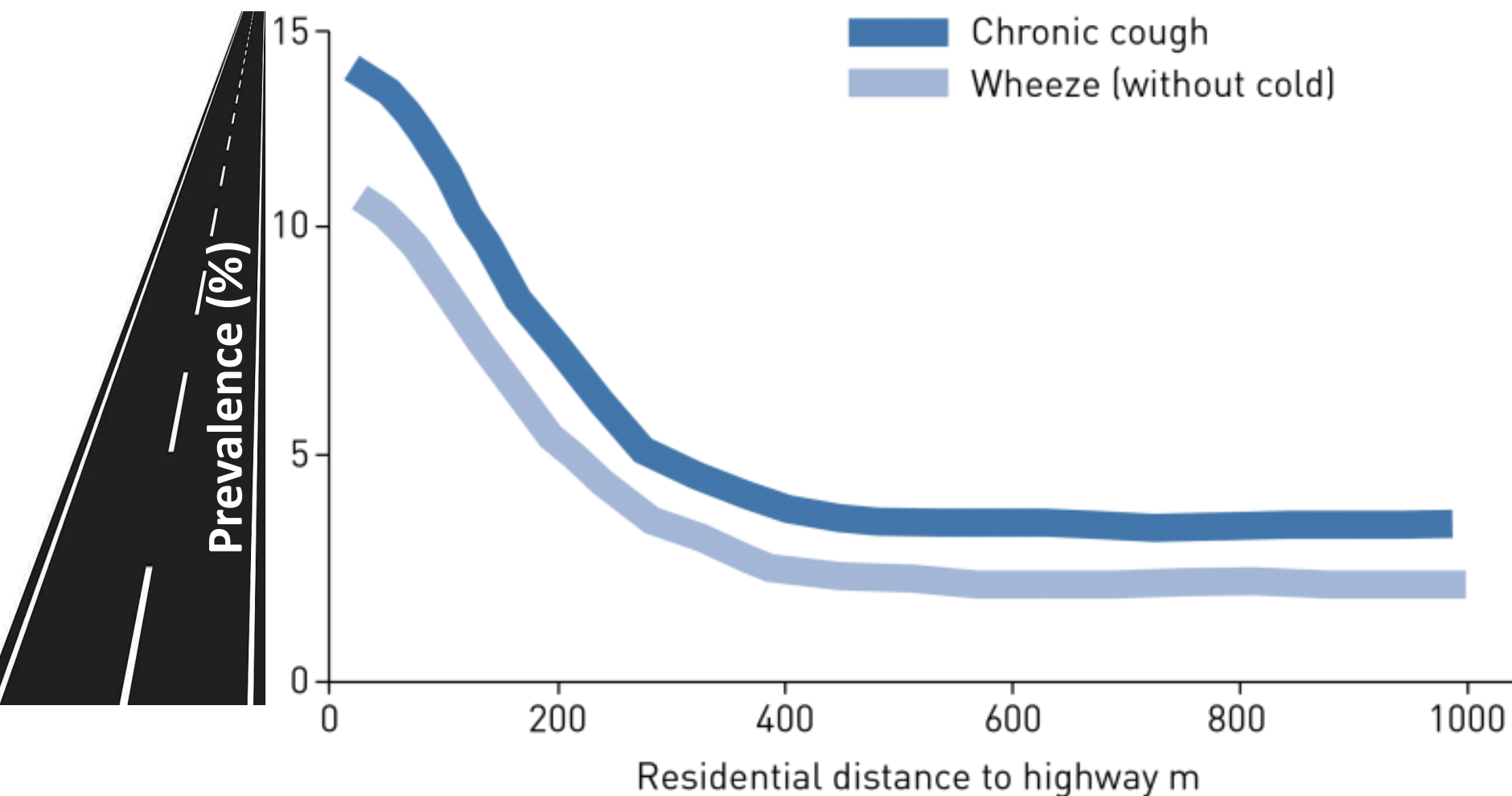
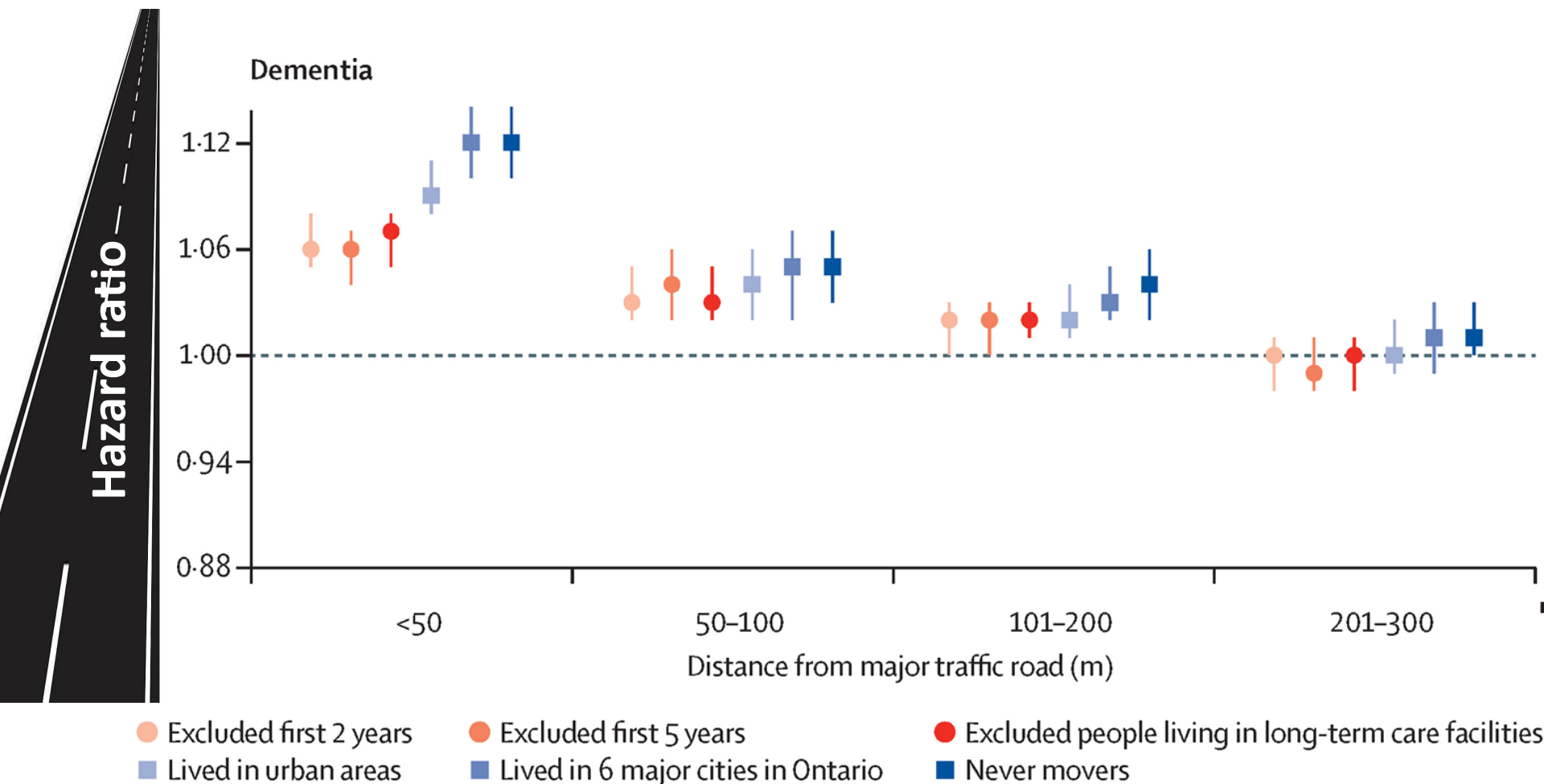


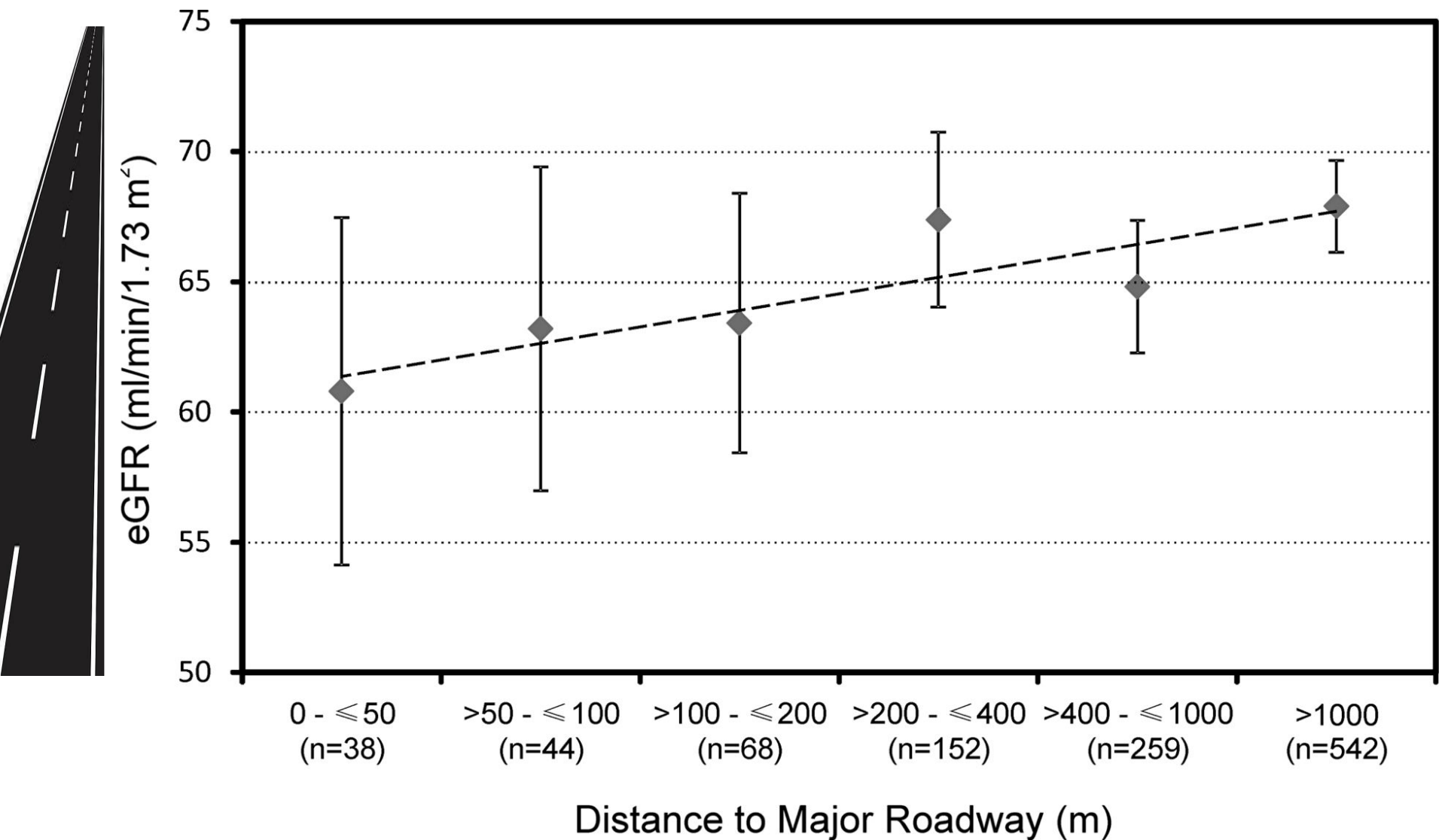
Figure 2 – Frequency of cough and wheeze is highest in Swiss adults living close to the highway. The spatial distribution of symptoms follows the spatial distribution of near-road traffic-related pollutants such as ultrafine particles, diesel soot, carbon monoxide and other primary pollutants. Associations are adjusted for other risk factors. Adapted from Hazenkamp-von Arx *et al.*, 2011.

סיכון לתחלואה בדימנציה במרחק המגורים מכביש ראשי



Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study, The Lancet, 2016

ירידה בתפקוד הכליות בקרב תושבים הגרים בסמוך לכביש ראשי



Residential proximity to major roadways and renal function, 2012

תחלואה בלימפומה שאינה הודג'קין בקרבת כתלות במגורים לכביש מרכזי

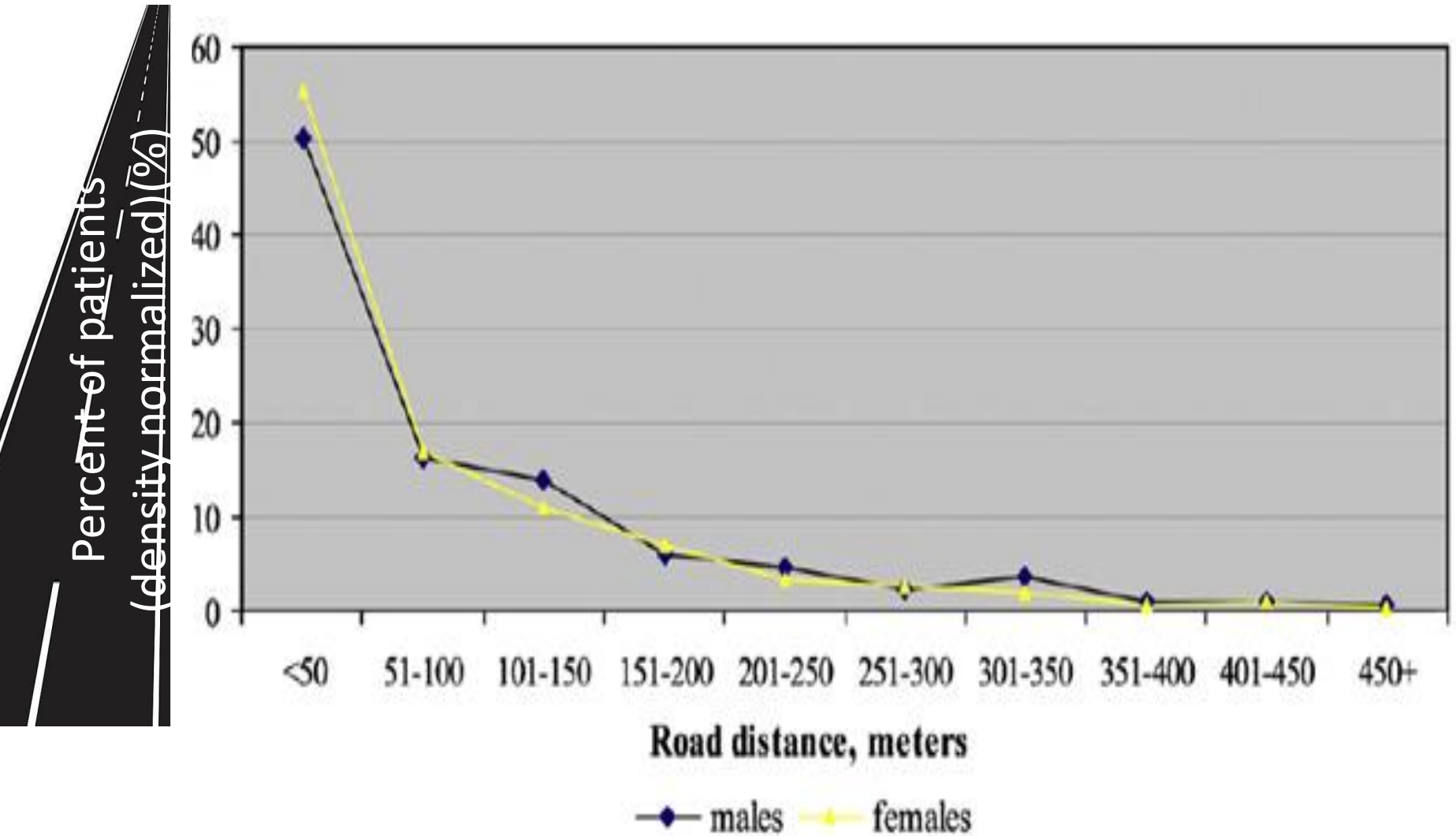
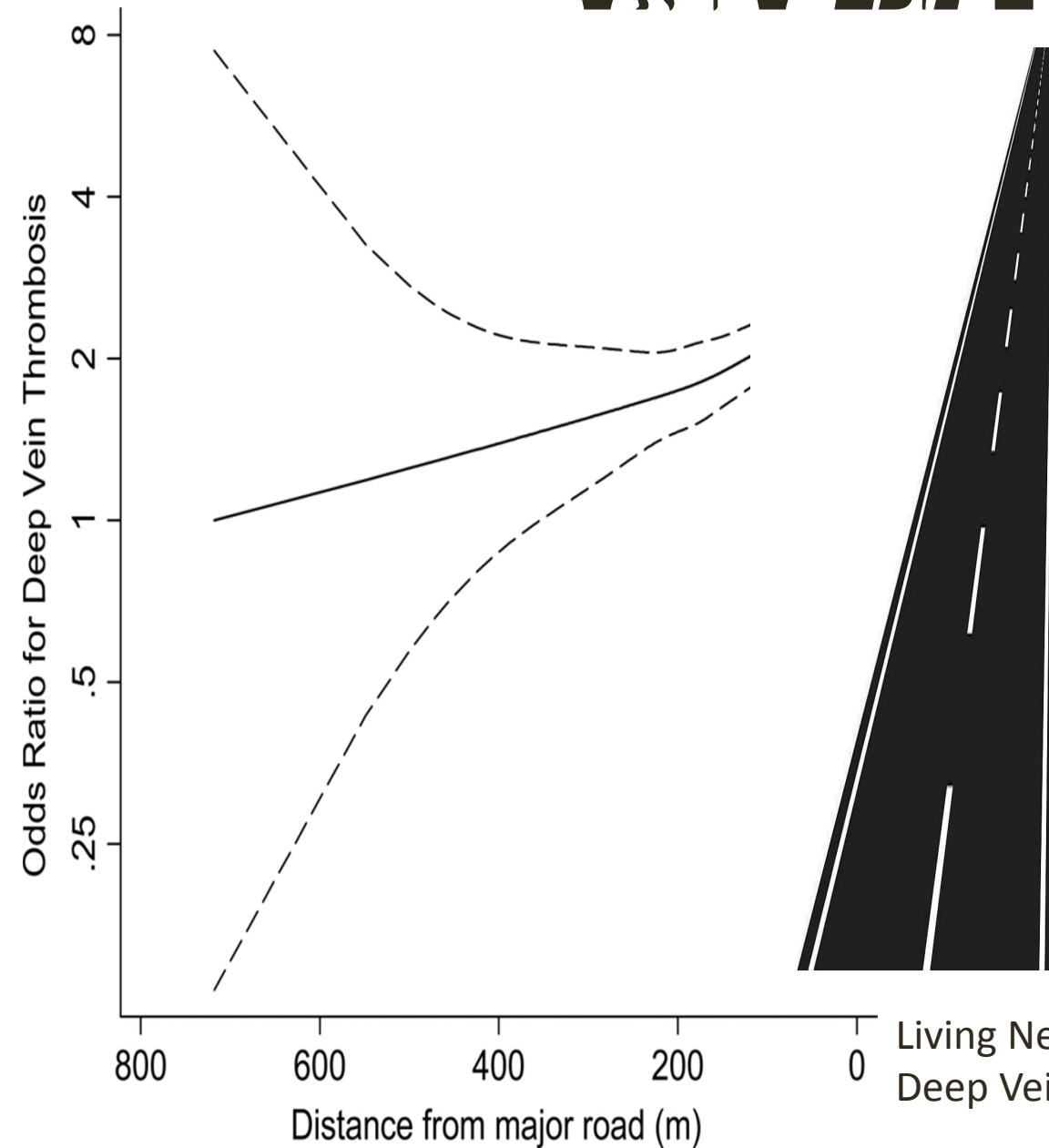


Fig. 4. The density normalized rate by gender per distance (in m) from a major road.

Non-Hodgkin Lymphoma (NHL) linkage with residence near heavy roads—A case study from Haifa Bay, Israel, 2009

סיכון לתחלואה בפקקת ורידים כתלות במרחק המגורים מכביש ראשי



Proximity to major roads and risk of deep vein thrombosis. The graph demonstrates the observed relationship between proximity to the nearest major road and risk of deep vein thrombosis. These results suggest a linear relationship between exposure and risk, though the 95% CIs (dashed lines) are wide at the farther extreme of road distance. Risk is depicted in comparison with a reference value of 718 meters (maximum observed distance). Risk estimates, obtained using penalized splines with 4 df, are adjusted for age, sex, body mass index, oral contraceptive use, or hormone replacement therapy, and

Living Near Major Road and Risk for Deep Vein Thrombosis, 2009



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



פתרונות להתמודדות עם פליטות חלקיקים מבעירת דלקים

- רכבי דיזל – מסנן חלקיקים DPF
- רכבי בנזין בהזרקה ישירה - GPF
- כלי רכב חשמליים (בשים לב למשקל הסוללות)
- תעשייה – בתי שקים, ציקלונים, משקעים
אלקטרוסטטיים, תאי שיקוע, מסננים
- צמצום שימוש בפחם ודלקים שאריתיים
- צמצום תכולת הגופרית בדלקים



State of Israel



שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

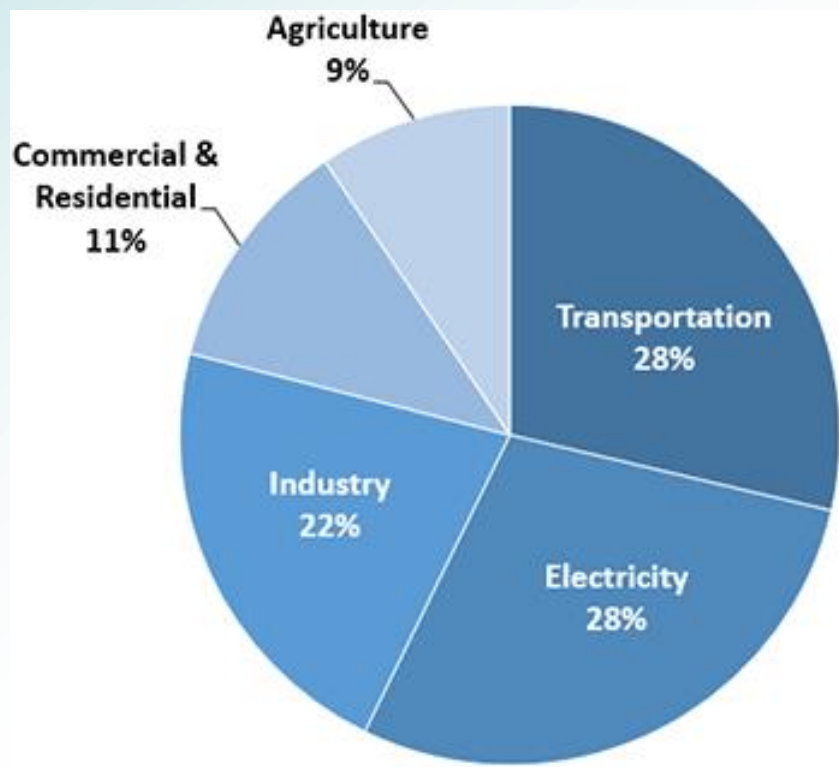
המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



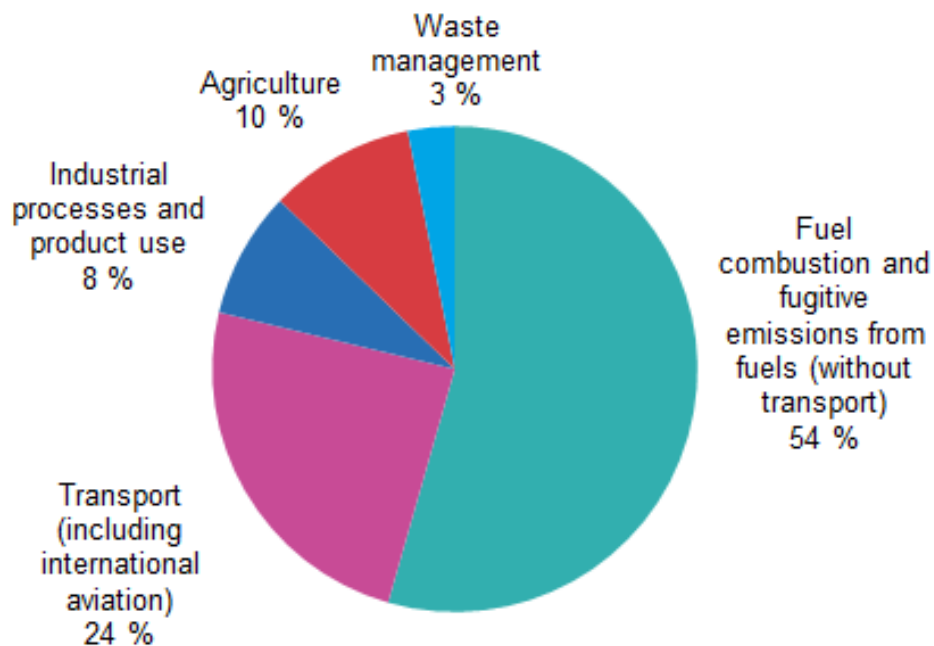
השימוש בדלקים פוסילים מהווה המקור העיקרי לפליטות גזי חממה

ארצות הברית - 2016



מקור: USEPA

האיחוד האירופי - 2016



מקור: EEA

גם בישראל כ 80% מפליטות גזי החממה מקורן בשריפת דלקים

Table 11: GHG emissions (1000 tCO₂e) by sector in Israel, 1996, 2010 and 2015

Sector	1996	2000	2010	2015
Energy sector	50,598	59,052	64,698	64,943
Fuel combustion	50,598	59,052	64,698	64,943
Energy industries	28,590	36,571	42,342	41,476
Manufacturing industries and construction	6,746	6,788	5,255	4,934
Transport	11,112	14,109	16,293	17,667
Other sectors	4,150	1,584	808	866
Fugitive emissions from fuels	-	-	-	-
Industrial processes	2,426	2,812	4,493	6,859
Agriculture	2,072	2,222	2,357	2,129
Waste	2,558	3,076	5,904	6,437
Total net emission (excluding LULUCF)	57,653	67,163	77,452	80,367
Land use, land-use change and forestry	- 370	- 213	- 411	- 190
Total net emissions (including LULUCF)	57,283	66,950	77,041	80,177

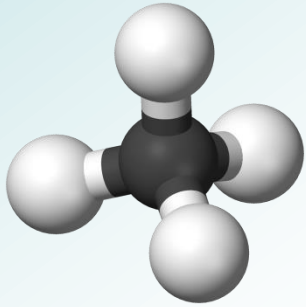
Source: Israel's Third National Communication on Climate Change

מקורות אנרגיה מאובנים - יחס פחמן מימן

יחס מימן/פחמן עדיף, ערך קלורי גבוה

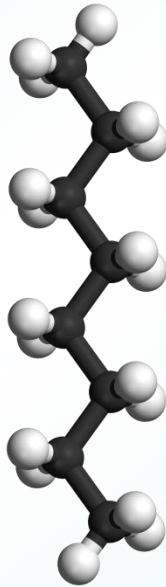
פליטת CO_2 גבוהה

גז טבעי - CH_4



תזקי נפט - CH_2

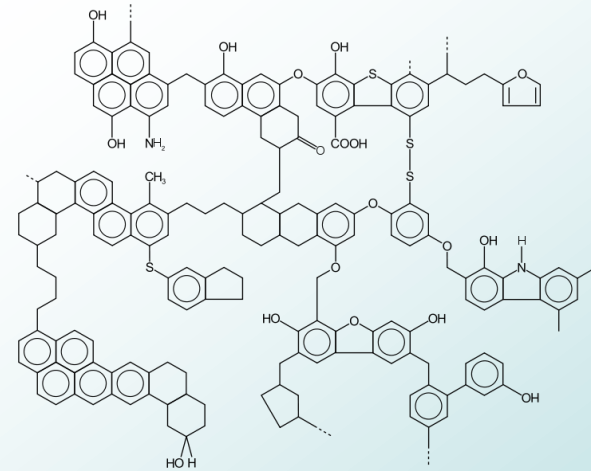
אוקטן C_8H_{18}



צטאן $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$



פחם - $\text{CH}_{0.8}$





State of Israel



שלוש עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة



פליטת CO₂ וערך קלורי לדלקים מאובנים שונים

יחס מימון/פחמן עדיף, ערך קלורי גבוה

פליטת CO₂ גבוהה

גז טבעי	סולר/בנזין	פחם	
51,000	44,000	30,000	ערך קלורי (KJ/Kg fuel)
2.75	3.14	3.44	פליטת פחמן דו חמצני ליח' מסה (Kg CO ₂ /Kg Fuel)
0.054	0.075	0.115	פליטת פחמן דו חמצני ליח' אנרגיה (g CO ₂ /KJ)

הערות:

- המספרים מבוססים על חישובים תיאורטיים (יתכנו דלקים בשוק בעלי מאפיינים שונים)
- אין התייחסות לנצילות הבעירה אלא רק לערך הקלורי של הדלק



הגברת השימוש בגז טבעי במקום בפחם

מקדמי פליטת מזהמים מייצור חשמל בישראל

פליטה סגולית גרם לקוט"ש	SO ₂	NOX	PM	CO ₂
מזוט	2.100	1.10	0.10	753
סולר	0.024	0.34	0.10	594
גז	0.004	0.14	0.02	358
פחם	1.08	1.52	0.07	861

ייצור חשמל בגז מוביל להפחתה של יותר מ 50% מפליטות גזי החממה
ו 70-90% מפליטות מזהמי האוויר

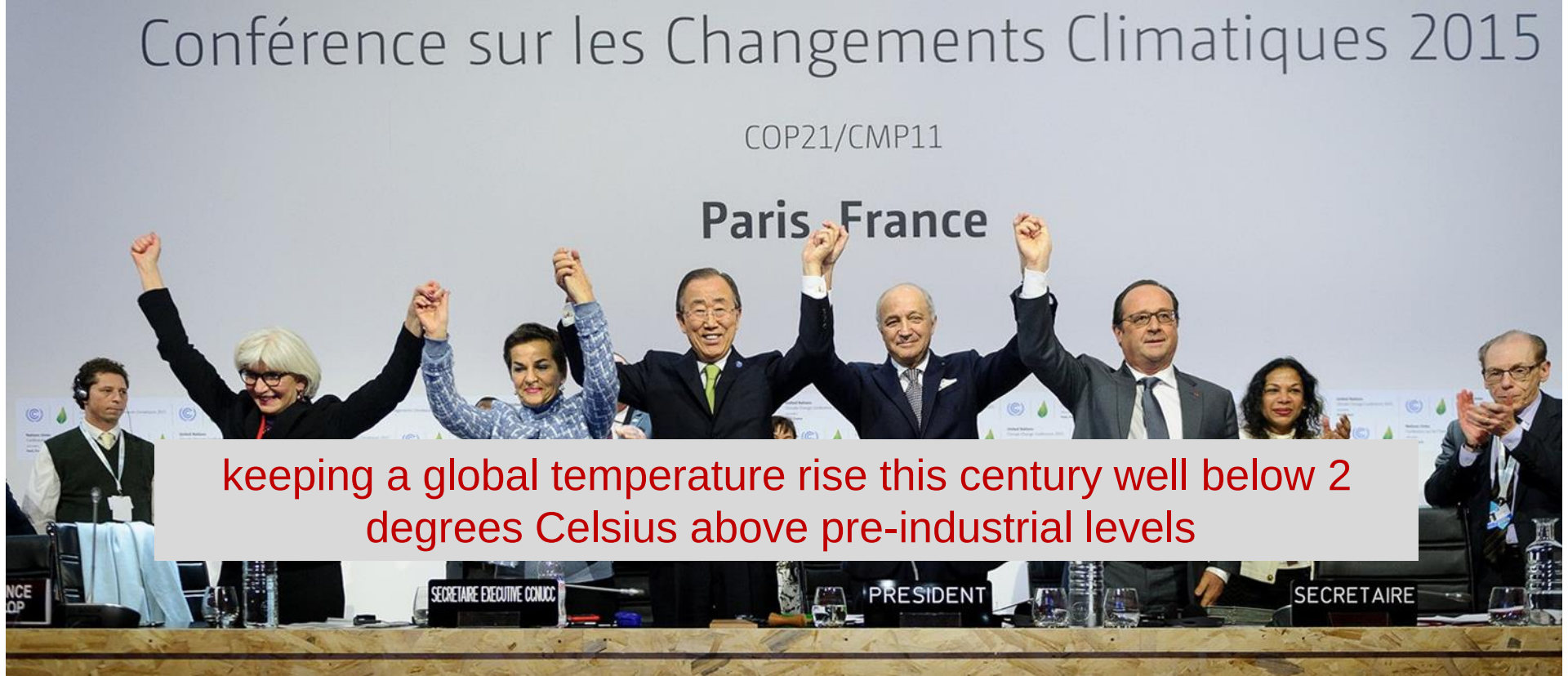
ייצור חשמל בישראל לפי מקור אנרגיה

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Coal	59%	59%	61%	52%	49%	45%	36%
Fuel oil	1%	1.9%	7%	0.6%	0%	0.1%	0.1%
Natural gas	39%	35%	17%	44%	50%	53%	61%
Diesel oil	1%	4%	14.7%	2.4%	0.1%	0.7%	0.4
Renewables	0%	0.1%	0.3%	0.7%	1.4%	2%	2.6%

Conférence sur les Changements Climatiques 2015

COP21/CMP11

Paris France



keeping a global temperature rise this century well below 2 degrees Celsius above pre-industrial levels

- יעד עולמי – הגבלת החימום משמעותית מתחת ל 2 מעלות ביחס לתקופה הטרם תעשייתית
- יעד לאומי לישראל לשנת 2030: 7.7 tCO₂e per capita (לכלל תושבי ישראל: 81 MtCO₂e)
- תכנית לעמידה ביעד כוללת בין היתר:
 - 17% התייעלות אנרגטית בצריכת החשמל
 - 17% מייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות
 - צמצום 20% בשימוש ברכב פרטי
 - צמצום שימוש בפחם



State of Israel



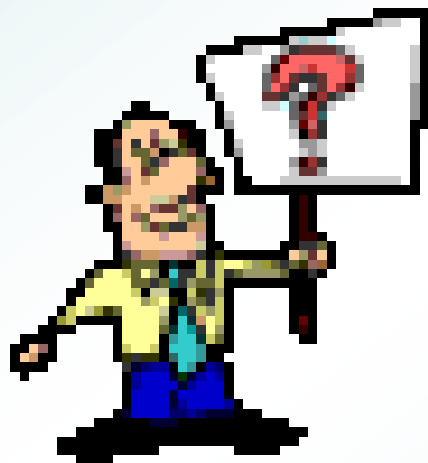
שלום עם הסביבה

ISRAEL Ministry of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה

وزارة حماية البيئة

תודה על ההקשבה



שאלות ?