# העלות הכלכלית של סימפטומים כרוניים כתוצאה מזיהום אוויר: יישום לסרטן באזור חיפה

## דו"ח מוגש לקואליציה לבריאות הציבור


פרופ' ניר בקר[1]

ראש החוג לכלכלה וניהול

מכללת תל חי

ד.נ. גליל עליון, 12210

[1] ברצוני להודות לסטודנטים דקלה חדיף, שי יוריק וניר שוחט ממכללת תל חי ולסטודנטים אילן דאופר ותומר קיסר מאוניברסיטת חיפה אשר שימשו עוזרי מחקר בעבודה זאת. כמו כן לד"ר ג'ימי קריקון מהקואליציה לבריאות הציבור ולד"ר מיכה בר-חנה ממשרד הבריאות על המידע שהגישו לי במהלך המחקר. העבודה מוקדשת לאימי, כרמלה בקר אשר נפטרה מסרטן במהלך כתיבת הדו"ח.

## **תוכן עניינים**


תקציר.....3

פרק 1 : מבוא .....4

פרק 2 : מזהמים .....5

פרק 3 : סרטן שלפוחית השתן וסרטן הריאות .....12

פרק 4 : רקע תיאורטי – עלות תחלואה וערך חיי אדם .....26

פרק 5 : מתודולוגיה .....30

פרק 6 : תוצאות .....32

פרק 7 : סיכום .....36

רשימת מקורות .....38

# תקציר

עבודה זו דנה בעלות הכלכלית של סימפטום כרוני אשר יכול להיווצר כתוצאה מזיהום אוויר: סרטן. העבודה מתמקדת בהיבט המיקרו כלכלי של אמידת העלות לסימפטום. מחקרים צולבים יכולים להיות מקושרים למחקר זה בכדי להעריך את הנזק הלאומי כתוצאה מזיהום לא מבוקר או לחילופין הערכה של התועלת מהפחתת זיהום. הדו״ח מנסה לכמת את ערך הסימפטום על ידי עלות התחלואה ועלות התמותה. היות ותוצאת הסימפטום איננה וודאית הרי שהדבר הנכון לעשותו הוא לחשב את תוחלת הסימפטום.

תוצאות המחקר מראות באופן חד משמעי את התוצאה המרכזית הבאה: העלות למשק הלאומי אמורה להיות מכפלת מספר הסימפטומים בעלות לסימפטום. אולם בו בזמן שנעשו מחקרים בנוגע למספר המקרים הרי שלא נעשו מחקרים בנוגע לעלות למקרה בודד. לפיכך עלות זאת נלקחת בדרך כלל באופן פשטני ממחקרים בחו״ל או לחילופין מחושבת עבור פרט ממוצע באוכלוסייה.

בעבודה הראינו שמספר גורמים נוספים אמורים להילקח בחשבון בכדי שתוחלת עלות הסימפטום תהיה מהימנה. ביניהם ניתן למנות את תקופת דגירת המחלה, ההסתברות למוות, עלות הטיפול הרפואי וסוג המחלה.

העבודה ניסתה לכמת בצורה מפורטת את העלות של סרטן שלפוחית השתן ובצורה כוללנית יותר את סרטן הריאות. בכדי לבחון את המשמעות הלאומית נלקחה נפת חיפה כמקרה בוחן. אחוז מיקרי הסרטן גבוה יותר מהממוצע הארצי ולכן ייתכן שההבדל נובע מחשיפת יתר לזיהום אוויר. היות והמחקר לא התיימר לבחון את הקשר שבין זיהום אוויר לתחלואה ומוות נבחנו מספר אחוזי חשיפה. מולם הצבנו מספר שיטות לחישוב עלות הסימפטום והתוצאה היא מטריצת עלויות המורכבת משני הגורמים.

הדו״ח מפרט באופן פרטני את סרטן שלפוחית השתן לצורך הדגמת השיטה. זהו סוג של סרטן העלול להיגרם לכאורה כתוצאה מחשיפה ארוכת טווח למזהמים שונים. סקרנו לעומק את המחלה, את שלבי ההתקדמות שלה, עלות הטיפול בכל שלב ולבסוף קישרנו את הדברים על ידי הכנת תרשים זרימה המאגד בתוכו את שלבי התקדמות המחלה, הטיפולים הנדרשים בכל שלב ושלב ועלות אותם טיפולים. נתונים אלו בנוסף לנתונים סטטיסטיים לגבי המחלה ביניהם אחוזי שרידות, תמותה, אחוזי תחלואה בקבוצות גיל שונות היוו את הבסיס לחישוב תוחלת עלות המחלה.

הממצאים מראים שעלות הזיהום הנגרמת כתוצאה מעודף תחלואה באזור חיפה בשני סימפטומים אלה מגיעה לכדי 123 מיליוני שקלים בשנה (92 מיליוני שקלים לעודף תחלואה של סרטן ריאות ו – 31 מיליוני שקלים בגין עודף תחלואה של סרטן שלפוחית השתן). אומדנים אלו אמורים להוות כלי בקבלת החלטות ובמיוחד בניתוחי עלות-תועלת לצורך השקעות ציבוריות במניעת זיהום. מחקרים כגון אלו מצביעים על האפשרות הסבירה שהשקעות במניעת זיהום יתגלו בסופו של דבר כהשקעות רווחיות למשק.

## 1. מבוא

זיהום אוויר הוא שם כולל למצב שבו לאוויר נוספים חומרים כימיים וביולוגיים שאינם נכללים בהרכבו הטבעי, או שכמותו של מרכיב הנכלל בהרכבו הטבעי עולה יתר על המידה. המלה "זיהום" משקפת את העובדה שחומרים אלה מזיקים, במידה זו או אחרת, לחי ולצומח. זיהום האוויר בולט במיוחד בערים גדולות, עקב ריבוי כלי הרכב ומפעלי התעשייה בהן. ערים הנודעות בערפיח המכסה אותן הן לוס אנג'לס, סנטיאגו דה צ'ילה, בואנוס איירס ועוד. בישראל בולט זיהום האוויר במפרץ חיפה. קיימים מספר מזהמים עיקריים המחולקים ל-2 קטגוריות: הראשונה הינה גזים מזהמים כגון פחמימנים-בנזן, פחמן חד-חמצני (CO) , פחמן דו-חמצני (CO2), גפרית דו-חמצנית (SO2) , אוזון (O3) ותחמוצות חנקן (NOX). השנייה הינה חלקיקים מזהמים כגון עופרת וערפיח. זיהום האוויר משפיע על ארבעה תחומים עיקריים: בריאות האדם, חקלאות, חומרי בנייה וחומרים שונים ומערכות אקולוגיות.

מחקרים רבים על זיהום אויר הראו שישנה קורלציה בין רמות גבוהות של זיהום אויר לעלייה בתחלואה ובתמותה בטרם עת (Sirikijpanichkul et al., 2006). ההשפעות הבריאותיות הקשורות לחשיפה לזיהום האוויר בזמן קצר כוללות תמותה בטרם עת, אשפוזים עקב בעיות בדרכי הנשימה ובמערכת הלב, החמרה בבעיות הקשורות בדרכי הנשימה כגון אסטמה. בעיות אלה נובעות בעיקר מחשיפה לחלקיקים וגז האוזון. חשיפה לזיהום אויר בטווח הארוך עלולה לגרום למחלות כרוניות רבות ומחלות קשות כגון סרטן ולפגום בתוחלת החיים. להשפעות הן בטווח הקצר והן בטווח הארוך יש גם השפעה כלכלית, הן מהוות נטל כספי כבד על מערכת הבריאות (אשפוזים, טיפולים רפואיים, תרופות, זמן אבוד בעבודה).

תחום נוסף אשר מושפע מזיהום האוויר הינו תחום הבנייה והחומרים. דוגמה טובה לכך היא הקורוזיה החומצית של אבנים, מתכות, וצבעים. דוגמה נוספת היא השפעתו של גז האוזון על חומרים פולימרים ובמיוחד על גומי טבעי. המדידה הכלכלית להערכת אותם נזקים כלכלים לבנינים מבוססת על מדידת עלות התיקון או ההחלפה של החומרים שניזוקו עקב הזיהום.

התחום השלישי שמושפע מזיהום האוויר הוא תחום החקלאות (Watkins 2006) . גז האוזון נחשב למזהם העיקרי בתחום זה מבין המזהמים אותם פירטנו. מדידת ההשפעה של גז האוזון מבוססת על הקשר שבין מידת החשיפה של היבולים החקלאיים לזיהום האוויר ומחירם של אותם יבולים בשוק העולמי. מספר מזהמים נוספים קשורים אף הם לנזק לחקלאות אך כשמדובר בחשיפה גדולה למזהמים אלה (בימינו אין חשיפה במידה כזאת).

תחום המערכות האקולוגיות הינו התחום האחרון עליו משפיע זיהום האוויר. ההשפעות של הגפרית הדו-חמצנית (SO2) על מגוון רחב של מערכות אקולוגיות החל מיערות גשם וכלה במאגרי מים, ידועות כמזיקות ביותר כבר שנים רבות והן עיקר הדאגה בקרב השיח הבינלאומי. פליטות של תחמוצת החנקן ידועות גם הן בתרומתן השלילית להחמצה. למרות הספרות הענפה שיש בנושא אין כרגע אפשרות לערוך מדידה כלכלית של השפעות אלו על המערכת האקולוגית. על מנת לערוך מדידה כלכלית נאותה יידרש ידע על נזקים ספציפיים למערכות האקולוגיות כדוגמת הכחדת מינים וירידה בפרודוקטיביות, וזאת לאורך זמן.

יחד עם זאת, מחקרים הראו (Muller and Mendelshon, 2007; Chay, 2003), שהנזק העיקרי אשר נגרם כתוצאה מזיהום אוויר מקורו בעליות הקשורות לתחלואה ולתמותה. מחקר זה מנסה לכמת את הנזק הבריאותי לשני סימפטומים כרוניים, סרטן שלפוחית השתן וסרטן הריאות. מבין השניים סרטן הריאות נקשר בצורה הישירה ביותר לבעיות של זיהום אוויר ואולם לאחרונה נמצא

קשר גם בין פליטה של חומרים רעילים מתעשייה לסרטן שלפוחית השתן (כמו גם לסרטן השד וסרטן בלוטות הלימפה (NCCN, 2008; NCI, 2007).

הדו"ח בנוי בצורה הבאה. פרק 2 מתאר את המזהמים השונים והשפעתם על בריאות האדם כמו גם סקירת ספרות, פרק 3 מתאר בפרוטרוט את עלות התחלואה של הסימפטומים שאותם ננסה לאמוד בעבודה, פרק 4 מתאר אומדן של חיי אדם בגישות שונות, פרק 5 מתאר את המתודולוגיה ושיטת העבודה, פרק 6 מתאר את הממצאים ואילו פרק 7 מסכם את הדו"ח.

## 2. מזהמים

### 2.1 רקע כללי

כמויות מהותיות של מזהמים נפלטים מדי יום לאוויר וגורמים נזק לסביבה ולבריאות האדם. ניתן למנות שני סוגי מזהמים עיקריים: 1) קבוצה המורכבת מעירוב של כמה חלקים (אבק, פליטה, ערפיח ועשן) 2) גזים ואדים מזהמים.(**ENVIRONMENT POLICY COMMITTEE 2007** ) גורמים שונים משפיעים על הריכוז של המזהמים. הריכוז תלוי בכמות הנפלטת ממקור הזיהום ובהיותו נייד או נייח, בנוסף הדבר תלוי בפיזור שלהם. תנאי מזג האוויר משפיעים גם הם על ריכוז המזהמים כדוגמת הערפיח הפוטוכימי שהינו פונקציה של אור השמש והרוח שהינה אחד המרכיבים החשובים בפיזור של המזהמים. זיהום האוויר הינו "קוקטייל" של מספר מזהמים. רוב זיהומי האוויר מורכבים מ: עירוב של חלקיקים (PM), פחמן חד חמצני (CO), פחמן דו חמצני (CO2), חנקן דו חמצני (NO2), גופרית דו חמצנית (SO2), רכיבים אורגניים נדיפים (VOC) ואוזון (O3). זיהום האוויר נגרם הן ע"י מקורות טבעיים והן ע"י מקורות אנתרופוגניים. ישנו מגוון רחב של מקורות מזהמים והם יכולים להיות ניידים או נייחים.

המזהמים הטבעיים כוללים בתוכם את הגופרית והחנקן הנפלטים מהרי הגעש האוקיינוסים, פירוקים ביולוגיים, ושריפות ענק. בנוסף הרכיבים האורגניים הנפלטים מאבקות הפרחים מהעצים ומעוד סוגים שונים של צמחייה. כמו גם ה- PM המגיע מסופות אבק ושריפות ענק. מקורות לא טבעיים של זיהום האוויר כוללים תעשיות, תחבורה ותחנות כוח. המקור הנודע ביותר של זיהום האוויר מגיע משריפת דלקים מאובנים (פוסיליים), שמקורם בחומרים אורגניים גיאולוגיים קדומים בתחנות הכוח, בתעשיות בבתים ובבניינים. בעירת הדלקים הינה אחראית לפליטה של חנקן דו חמצני, גופרית דו חמצנית, פחמן חד חמצני, PM, רכיבים אורגניים ועופרת. מקורות נוספים לזיהום הינם לדוגמה: שריפות, מוצרים כימיים, דשנים ועיתונים. באירופה הגורמים העיקריים בשנת 2000 הינם (מהגבוה לנמוך): תחנות כוח, תחבורה, תעשייה, חקלאות.

למזהמים אלה מתייחסים כאל "ראשיים" כאשר יש להם מקורות ישירים, אך זה אינו המקרה של גז האוזון. גז האוזון הינו תוצאה של תגובה פוטוכימית של קרני השמש על רכיבים אורגניים נדיפים בשילוב עם חנקן דו חמצני. ככזה, אני מתייחסים לאוזון כאל מזהם מ"סדר שני". בנוסף, ישנם עוד מקורות בלתי ישירים של פליטת PM אשר נוצרים משילוב של גזים דוגמת תחמוצות חנקן וגופרית שונות. מכאן ניתן להתייחס אל ה-PM הן כ"ראשי" והן מ"סדר שני".

הן למזהמים ה"ראשיים" והן למזהמים מ"סדר שני" יש השפעות שונות על בריאות האדם, מזיקות יותר ומזיקות פחות דוגמת בעירת דלק הנחשבת לגורם העיקרי לזיהום אוויר המזיק לבריאות הציבור. חשוב לציין שהיחס בין מזהמי האוויר השונים לא ידוע בוודאות והפחתה לדוגמה של PM עשויה לגרור אחריה דווקא עלייה בפליטה של מזהם אחר. בנוסף אין מערכת אחידה למדידה במדינות ה-OECD ועל כן מזהמים דוגמת החנקן הדו-חמצני ה-PM והגופרית

הדו-חמצנית נמדדים ומנוטרים יותר מאחרים. אי סבירות מדעית וחסרון באיכות המידע מסבכים את ההנחות של ההשפעות הבריאותיות שיש לזיהום האוויר. עד עכשיו נהוג להשתמש ב-PM כקירוב לרמת זיהום האוויר, בעיקר בגלל שתי סיבות עיקריות:

1) ה- PM נמדד ומנוטר ברוב מדינות ה= OECD.

2) PM נקשר בדרך כלל לנזקים הנגרמים לבריאות האדם ומשפיע על מוות בטרם עת.

זיהום אוויר יוצר בעיות מגוונות כגון השפעתו על בריאות האדם, מערכות אקולוגיות והתוצאות הכלכליות והחברתיות הנגרמות כתוצאה מהפגיעה בהן. מדידה של פליטת זיהום האוויר הינה כלי מפתח לתמיכה במדיניות סביבתית.

מחקרים אפידמיולוגים הדגישו את הקשר בין זיהום אוויר לבין השפעות אקוטיות וכרוניות על הבריאות הכוללות מוות בטרם עת ואשפוזים נוספים בבתי חולים (Maddison, 2006; Koop and Tole, 2004). מזהמים שונים יכולים להוביל לבעיות בקנה הנשימה, אלרגיות קשות ובעיות נוירולוגיות ואף בעיות התפתחותיות. זה נכון בעיקר לאוכלוסיות פגיעות יותר כגון: ילדים, קשישים, נשים בהריון, אנשים בעלי בעיות לב או ריאות ואנשים בעלי מערכת חיסונית חלשה (Chay and Greenstone, 1999). אנשים שעובדים בחוץ עלולים אף הם להיות בקבוצת סיכון גבוהה יותר.

ההשפעות הבריאותיות של זיהום האוויר מחולקות בדרך כלל להשפעות לזמן קצר (אקוטיות) ולהשפעות לזמן ארוך (כרוניות). האפקטים נעים החל מגירויים ורגישות בעיניים ובבית החזה העליון ועד לבעיות נשימה כרוניות, מחלות לב, סרטן מסוגים שונים ולבסוף אף מוות. הבעיות הבריאותיות תלויות בסוג המזהם, הריכוזיות שלו באוויר, מידת החשיפה, מעורבות של מזהמים אחרים וגם רגישות האדם.

ההשפעות הבריאותיות לטווח הקצר הנובעות מחשיפה ל- PM , לחנקן ולגופרית ולעוד מזהמים כוללות תחלואה מוגברת המאופיינת בבעיות נשימה, שיעור אשפוזים גבוה יותר בבתי-חולים עקב מחלות נשימה ולב. ההשפעות הבריאותיות לטווח הארוך לאותם מזהמים כוללות עליה בתמותה וקיטון בתוחלת החיים של האוכלוסייה כולה. הן להשפעות בטווח הקצר והן להשפעות בטווח הארוך יש קשר לתמותה בטרם עת והקטנת תוחלת החיים בשנה עד שנתיים. תופעה זו אף נצפית בנפת חיפה כפי שניתן יהיה לראות בחלק הממצאים.

טבלה 2.1 מציגה את המזהמים, ההשפעות הניתנות לכימות, הלא ניתנות לכימות והשפעות אפשריות אחרות הנובעות מאותו מזהם, כמו גם האוכלוסייה הנמצאת בסיכון (Sirikijpanichkul et al., 2006):

**טבלה 2.1: השפעה בריאותית של מזהמים שונים**

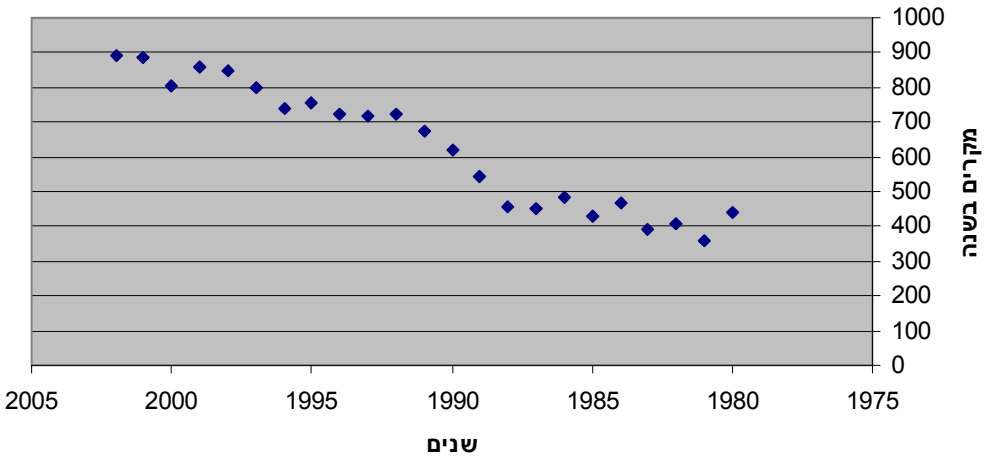
| מזהם | השפעות הניתנות לכימות | השפעות שלא ניתנות לכימות | השפעות אחרות | אוכלוסיה בסיכון |
|---|---|---|---|---|
| גופרית דו חמצנית (SO2) | תחלואה אצל אסטמטיים: שינויים בתפקוד הריאות, סימפטומים נשימתיים, סרטן. | | השפעות נשימתיות אצל לא אסטמטיים, אשפוזים בבתי חולים. | קשישים, אנשים הסובלים ממחלות נשימה. |
| חנקן דו חמצני (N02) | תחלואה: מחלות נשימה. | רגישות בקנה הנשימה. | תפקוד ירוד של הריאות, דלקת ריאות, שינויים במערכת החיסונית. | הסובלים מבעיות נשימה בעיקר ילדים עם אסטמה. |
| **מזהם** | **השפעות הניתנות לכימות** | **השפעות שלא ניתנות לכימות** | **השפעות אחרות** | **אוכלוסיה בסיכון** |
| PM | מוות, תחלואה כגון: ברונכיטיס אקוטי וכרוני, אשפוזים בבתי חולים, בעיות בקנה הנשימה, בעיות בחזה, סימפטומים בקנה הנשימה, סרטן. | שנוי בתפקוד הריאות. | מחלות כרוניות בנשימה שהן לא ברונכיטיס, ירידה בתפקוד הריאה. | קשישים הסובלים מבעיות נשימה ובעיות בלב, אנשים עם בעיות נשימה כגון ילדים עם אסטמה. |
| עופרת | מוות, תחלואה כגון: יתר לחץ דם, סתימת עורקים בלב, שבץ לא קטלני, איבוד IQ. | תחלואה אפשרית בקרב אוכלוסיה שאינה אוכלוסיית הילדים: בעיות נוירולוגיות, בעיות לב, השפעה על הפריון, השפעה על עוברים עקב חשיפת האם. | | ילדים |

**טבלה 3.2: התפלגות סרטן שלפוחית השתן במגזרים שונים באוכלוסייה**

| קבוצות גיל | יהודים | | | | לא יהודים | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | גברים | | נשים | | גברים | | נשים | |
| | מקרים | ASR[11] | מקרים | ASR | מקרים | ASR | מקרים | ASR |
| 10-14 | - | - | - | - | 1 | 1.36 | - | - |
| 20-24 | 1 | 0.49 | - | - | 1 | 1.80 | - | - |
| 25-29 | 2 | 0.99 | 1 | 0.51 | - | - | - | - |
| 30-34 | 2 | 1.18 | 1 | 0.59 | - | - | - | - |
| 35-39 | 7 | 4.87 | 5 | 3.35 | 1 | 2.49 | - | - |
| 40-44 | 11 | 7.55 | 2 | 1.29 | - | - | - | - |
| 45-49 | 25 | 16.63 | 3 | 1.86 | 6 | 25.97 | - | - |
| 50-54 | 50 | 33.53 | 15 | 9.37 | - | - | 1 | 6.02 |
| 55-59 | 72 | 68.64 | 15 | 13.24 | 12 | 84.51 | 2 | 14.8 |
| 60-64 | 84 | 102.31 | 23 | 24.13 | 9 | 84.91 | - | - |
| 65-69 | 149 | 193.76 | 22 | 23.66 | 13 | 178.08 | - | - |
| 70-74 | 172 | 262.2 | 37 | 43.48 | 7 | 148.94 | 2 | 33.33 |
| 75+ | 319 | 290 | 113 | 69.28 | 14 | 229.51 | 3 | 43.48 |
| **סה"כ** | **894** | **-** | **237** | **-** | **64** | **-** | **8** | **-** |
| **ASR** | **-** | **27.30** | **-** | **5.39** | **-** | **21.66** | **-** | **2.40** |

איור 3.2 מסכם את מספר המקרים של הופעת סרטן שלפוחית השתן בקרב גברים יהודיים בישראל בין השנים 1980 - 2002 :

[11] ASR – מספר המקרים בהם תופיע המחלה כאשר התפלגות הגילאים במדינה הינה תקנית.




איור 3.2 : מספר מיקרי סרטן שלפוחית השתן בקרב גברים יהודיים בין 1980 ל – 2002.

### 3.1.9 אחוזי שרידות[12]

אחוז ההישרדות מסרטן שלפוחית השתן נחשב לטוב מאוד. לפי איגוד המנתחים האמריקאי בגילוי מוקדם לפני התפשטות המחלה, שיעור השרידות ל-5 שנים[13] הינו 94%. כאשר הסרטן מתפשט לאיברים באזור אגן הירכיים אחוז השרידות יורד ל- 49%. במידה והסרטן מתפשט לאיברים אחרים אחוז השרידות ל-5 שנים צונח ל- 6% בלבד.

## 3.2 סרטן הריאות :

סרטן הריאה הוא אחד מסוגי הסרטן השכיחים והקטלניים ביותר, ולמעשה הינו אחראי לתמותה רבה יותר מכל סרטן אחר. בארץ מאובחנים מדי שנה כ- 1300 חולים, הנאלצים להתמודד עם המחלה,השלכותיה הנפשיות והטיפולים הקשים.

מרבית החולים עם סרטן ריאות מאובחנים בשלב מתקדם של מחלתם ורק כ- 15% מכלל חולי סרטן הריאות נרפאים. אצל רוב החולים מאובחנת המחלה בשלב מתקדם או מפושט, כאשר הגידול אינו ניתן עוד לכריתה כירורגית. הטיפול המקובל בשלב מחלה זה הינו טיפול משפר איכות החיים ואף מאריכם.
גורמי סיכון רבים ידועים כגורמים למחלה. בין החשובים שבהם : עישון, נטייה משפחתית, גז ראדון, חשיפה לאסבסט ואחרים. סרטן ריאה נדיר באנשים צעירים, והגיל הממוצע בו מתבצעת האבחנה הוא יותר מ – 60 כפי שנמצא גם במחקר זה.

### 3.2.1 סוגי סרטן הריאות :

**סרטן ריאה ראשוני** הוא גידול סרטני שהחל את התפתחותו ברקמת הריאה עצמה. סוגים רבים של גידולים המתחילים להתפתח באיברים אחרים בגוף, עלולים לשלוח גרורות לריאה. הימצאות גרורות בריאה לעיתים נקראת- **סרטן ריאה שניוני**.
סרטני ריאה ראשוניים נחלקים ל- small cell lung cancer ול- non small cell lung cancer. גידולים המציגים מאפיינים של שני הסוגים מכונים mixed small cell/large cell

[12] הנתונים נלקחו מאתר איגוד המנתחים האמריקאי בכתובת : http://www.facs.org/
[13] אחוז השרידות ל-5 שנים הינו מדד להשוואה בין סוגי סרטן וטיפולים שונים. חשוב לציין כי אנשים רבים חיים מעבר ל-5 שנים.

cancer.

**Small cell lung cancer** מהווים כ- 13% מכלל גידולי הריאה הראשוניים. גידולים אלו מופיעים כמעט אך ורק במעשנים, מתאפיינים בקיומם של תאי גידול קטנים, בגדילה מהירה ובהתפשטות בשלבים מוקדמים של המחלה, וממוקמים על פי רוב במרכז בית החזה.

**Non small cell lung cancer** מתחלקים לשלושה תתי סוגים:

- Squanous cell carcinoma: הסוג השכיח ביותר. תאי הגידול הממאירים נובעים מהתאים המצפים את הסימפונות. על פי רוב גידולים אלו מתפתחים במרכז החזה.
- Adenocarcinoma: גידול שמקורו בתאי רירית הסימפונות המפרישים ריר .בדרך כלל מתפתח בהיקף הריאה.
- Large cell undifferentiated carcinoma: גידול המורכב מתאים גדולים ועגולים. עלול להתפתח בכל אזור בריאה, נוטה לגדול במהירות ולהתפשט אל מחוץ לריאה.

3.2.2.קביעת שלב המחלה

קביעת שלב המחלה (staging) הינו מרכיב חשוב בהערכת החולה ובבחירת הטיפול המתאים.
ב- non small cell lung cancer שלב המחלה ייקבע באמצעות שיטת TNM. בשיטה זו מעריכים את חומרת המחלה על פי גודל הגידול, מיקומו, קרבתו לאתרים בהם קשה לנתח והתפשטותו לקשריות לימפה ולאיברים מרוחקים. לאחר בירור גורמים אלו ניתן מספר בין I ל- IV, ככל שהמחלה חמורה יותר, השלב גבוה יותר.
על פי שלב המחלה יוחלט האם ניתן לבצע טיפול ניתוחי. ניתוח לכריתת הגידול ניתן לעשות בשלבים I עד IIIa. בשלבים המתקדמים יותר IIIb ו- IV הגידול אינו ניתן לכריתה, אם בגלל קרבתו לאיברים חשובים כגון: הקנה והתפצלותו לסימפונות הראשיים, הלב וכלי הדם הגדולים, הושט, עמוד השדרה ואחרים, ואם בגלל שהגידול התפשט לאיברים מרוחקים. במקרים מסוימים ניתן טיפול כימי לפני ביצוע הניתוח (טיפול ניאו-אדג'וונטי) בכדי לצמצם את הגידול ולהקל את הכריתה.

לעיתים טיפול כימי אף מאפשר כריתה של גידול שבעת האבחנה היה בלתי ניתן לכריתה.
ב- small cell lung cancer המחלה תסווג ל limited stage - במידה והגידול מוגבל לריאה אחת ולקשריות לימפה באותו צד של הגוף, ול extended stage - במידה והגידול התפשט לשתי הריאות, מופיע בקשריות לימפה שאינן בצידו של הגידול הראשוני או שקיימות גרורות מרוחקות באיברים נוספים.

3.2.3 טיפולים:

הטיפול בסרטן הריאה כולל שילובים שונים של ניתוחים, טיפולים תרופתיים והקרנות.
ניתוח משמש רק במסגרת הטיפול בגידולים מסוג non small cell lung cancer, ובמהלכו

מבצעים כריתה של האונה שמכילה את הגידול (lobectomy) או של ריאה שלמה (pneumonectomy). בחולים הסובלים בנוסף מהפרעה בתפקודי הריאות, ניתן לכרות בניתוח חתיכת רקמה קטנה יותר (wedge resection) בכדי להימנע מקשיי נשימה בעקבות הניתוח. בנוסף לטיפול הניתוחי, חולים רבים יזדקקו בנוסף לטיפול תרופתי או להקרנות.

**טיפול בניתוח:**

ניתוח הינו טיפול אפשרי באם מדובר בסרטן ריאות מסוג NSCLC ומוגבל רק אם המאיר נמצא רק בריאה ולא התפשטה באיברים אחרים של הגוף. בנוסף לכך, חשוב שלמטופל יהיו מספיק כלים נשימתיים עצמאיים בכדי שיהיה ניתן לבצע את הניתוח. סוגי הניתוחים נעים בין הסרת אנה אחת, הסרת שתי אנות או הסרת כל הריאה.

**טיפול בכימותרפיה:**

בסרטן ריאות מסוג SCLC טיפול כימותרפי הינו הטיפול העיקרי במאיר. המטרה העיקרים של טיפול שכזה הוא להרוס את התאים הסרטניים של המטופל. הבעיה העיקרית שלה שהיא מתקשה להבדיל בין תאים סרטניים לתאים רגילים, ולכן לעיתים קרובות הורסת גם תאים בריאים לחלוטין, מה שיכול לגרום לתופעות לוואי רבות.

**טיפול בקרינה:**

טיפול בקרינה נקרא גם רדיותרפיה. במהלך טיפול קרינתי החולה מקבל קרינה בעוצמה גבוהה אל הגידול במטרה להרוס ולהשמיד את התאים הנגועים בו. הטיפול עצמו הוא מקומי ומשפיע רק על האזור שאליו מקרינים. לעיתים החולה מקבל טיפול קרינתי לפני ניתוח במטרה למזער את ממדי הגידול הסרטני. ולעיתים החולה מקבל טיפול קרינתי אחרי הניתוח במטרה להרוס את התאים הממאירים שנשארו באזור הניתוח.

**טיפולים ביולוגיים:**

בנוסף לניתוחים, קרינה וכימותראפיה ציטוטוקסית, נבחנת כיום יעילותם של תכשירים תרופתיים המעכבים מנגנונים ספציפיים המעורבים בהתפתחות סרטן הריאה ( targeted therapy). תכשירים אלו, כדוגמת Iressa (gefitinib) ו- Tarceva (erlotinib), גורמים לפחות תופעות לוואי מאשר הטיפולים הכימותראפיים הציטוטוקסיים, ותופעות הלוואי העיקריות שלהם הן שלשולים ופריחה עורית.

Gefitinib ו- erlotinib שייכות לקבוצה של תרופות המעכבות טירוזין-קינאז, קרי מפריעות למנגנון העומד בבסיס תהליכים ביולוגיים רבים- זרחון שיירי טירוזין. התרופות מכילות מולקולות קטנות, שיודעות להיקשר באופן ספציפי לקולטן המכונה EGFR. הקולטן אחראי לתהליכים רבים החיוניים להתפתחות המחלה, ועל ידי עיכובו, התרופות מפריעות להמשך שגשוגו של הגידול.

3.2.4 עלויות טיפול בסרטן:

על פי .Chang et al (2004) ישנן מספר עלויות לסרטן הריאות. ביקורי טיפולים מסתכמים ב – $693 לחודש בו בזמן שהקרנות עולות $694 לחודש וניתוח $153 לחודש. סך עלויות הטיפול החודשיות הממוצעות מסתכמות לכדי $6520 לחודש בו בזמן שהעלות למקרה היא $45,897 לחודש. לכך יש להוסיף עלות עקיפה של $373 לחודש למטופל בגין הפסד ימי עבודה ועוד $255 לחודש למטפל הרפואי. על פי .Brown et al (2002) העלות הכוללת במשך השנה הראשונה לאחר הגילוי של סרטן ריאות מסתכמת בכ – $24,700.

## 4. רקע תיאורטי – עלות תחלואה וערך חיי אדם

ההשפעה של איכות אוויר על תחלואה ותמותה היא הגבוהה ביותר מבין כל הבעיות הסביבתיות הקיימות כיום. אנחנו יודעים זאת פשוט מכיוון שהציבור מוכן לשלם הרבה על הפחתת זיהום האוויר בכדי למנוע את אותן השפעות שליליות של תחלואה ותמותה מוקדמת.

### 4.1 הערך הכלכלי של השלכות בריאותיות של זיהום אוויר:

ניתן לסווג את ההשלכות הבריאותיות על פי מספר מאפיינים: העקביות עם עקרונות הכלכלה, משך הסימפטום, צורת הטיפול ואופי המגבלות בגין הסימפטום.

בהקשר של העקביות עם העקרונות הכלכליים הרי שהדרישה מאומדן נכון של הנזק היא שהוא ייעשה למפרע ולא בדיעבד. דהיינו שהאומדן הנכון יהיה על כמה פרטים מוכנים לשלם בכדי למנוע את הסימפטום ולא כמה ההם משלמים לאחר שהסימפטום פגע בהם. נדגיש שרוב המחקרים מתפשרים על אמידה של הסימפטום בדיעבד וזאת על ידי אמידה של עלויות המחלה. אומדנים אלו יותר קלים אומנם לכימות. נזכור אולם שהם מהווים חסם תחתון עקב העובדה שפרטים מוכנים לשלם יותר ממה שעולה להם בפועל מבחינת עלויות המחלה.

בהקשר של משך הסימפטום ניתן לסווג את הנזקים לאקוטיים וכרוניים. סימפטום אקוטי נמשך מספר מוגבל של ימים. יש לו נקודת התחלה וסוף מוגדרים. סימפטומים כרוניים כרוכים בתקופת דגירה, התקפות חוזרות ונשנות ומשך סיום לא וודאי אשר יכול גם להסתיים במוות. רוב המחקרים נעשים על סימפטומים אקוטיים פשוט מכיוון שהרבה יותר קל לכמת אותם. מבחינה זו המחקר הנוכחי מוסיף נדבך משמעותי בחישוב נזקים כרוניים.

האומדן החשוב לנזק אקוטי הוא "עלות של יום סימפטום". אולם אומדן זה הינו מוטה מכמה סיבות: ראשית יש מחלות (במיוחד נשימתיות) אשר מאופיינות במספר סימפטומים. שנית, הנזק מיום סימפטום משתנה בהתאם לתקופת המחלה. דהיינו הנזק מהיום הראשון גבוה מזה של היום השני וכך הלאה.

אומדני מחלות כרוניות נאמדים בדרך כלל בצורה עקבית יותר עם העקרונות הכלכליים. דהיינו הם נאמדים למפרע ובצורה הסתברותית. יחד עם זאת מספר המחקרים שבנמצא קטן מאוד.

בהקשר של אופי המגבלות הרי שיש כמה מהם. לדוגמא, יום עבודה אבוד, יום עבודה מוגבל, יום אשפוז. ביקור אצל רופא וכו'. במיוחד הדברים מסתבכים בסימפטומים כרוניים. שם הקשר בין זיהום לתחלואה הוא מאוד לא ישיר. הנזק גם מצטבר וייתכן שהתחלואה בסרטן תפרוץ לאחר 10 או 20 שנים ובכדי לדעת את הסיבה יש צורך לבצע שחזור לאחור של מהלך חייו של החולה.

לגבי מוות, גם כאן יש הבדלים כיצד פרטים מעריכים את הסימפטום למרות שעל פניו נראה שממות הוא מוות. לדוגמא, גיל הנפגע. האם זהו ילד״ מבוגר? קשיש? במיוחד הדברים חשובים כאשר הסימפטום הוא ארוך טווח. גם סוג המוות חשוב. אנשים מוכנים לשלם סכומים שונים בכדי להימנע ממוות בתאונת עבודה לעומת מוות ממושך מסרטן למשל.

סוגי מחקרים שמתבססים על אמידת הערך למפרע מנסים לכמת את *הנכונות לשלם* (Willingness to pay) ואילו מחקרים שמנסים לכמת נזקים בדיעבד מתבססים על *עלויות המחלה* (Cost of Illness). היות והשיטה השנייה היא קלה יותר אולם מדויקת פחות, מה שמקובל הוא ל״נפח״ את התוצאה שהתקבלה בשיטת ה – COI בפקטור של בין 2 ל – 3 (למרות שלא מצאתי סימוכין תיאורטיים למספר הזה). טבלה 2.2 לעיל מדגימה צורת הצגה של הסימפטומים הבריאותיים לשתי מדינות.

**4.1.1 אמידת סימפטומים אקוטיים:**

כפי שהודגש לעיל המדד הנכון הוא הנכונות לשלם (WTP) . נוסיף ונדגיש שבכוונה *נכונות לשלם* הכוונה היא לנכונות החברתית (או הריאלית). במילים אחרות אין זה משנה שהפרט מקבל למשל חופשת מחלה. מה שמעניין אותנו לצורך הכימות הוא הערך הריאלי של המחלה ללא קשר מי משלם אותו.

בכדי לכמת את אותו ערך אין צורך להכניס לשאלונים במפורש את נושא הזיהום. דהיינו, השאלה יכולה לעשות בנכונות לשלם על הפחתת סיכון לאירוע בריאותי כלשהו מבלי שהפרט ידע כתוצאה ממה בעצם התרחש אותו סימפטום.

אמידת הנזק על ידי שיטות כמו COI או לחילופין עלויות מניעה (Averting expenditures), אינם לוקחים בחשבון את חוסר הנעימות והסבל כתוצאה מהסימפטום (מה ששיטת ה – WTP כן עושה). זו הסיבה שניתן להתייחס לאומדנים האלו רק כחסם תחתון.

קיימת שיטה נוספת שלא מטופלת כאן והיא שיטת המחירים ההדוניים. על פי שיטה זו הפרשים בערך הנדל״ן אמורים לשקף את הערך הנוכחי של עלויות התחלואה. היות ומחקר זה מתמקד בסימפטום כרוני אחד בלבד, לא ראינו צורך להרחיב מעבר לכך.

לבסוף, קיימת שיטת העברת התועלות (Benefit transfer) אשר מבצעת העברה של ערך מחקרי ממקום אחד למקום אחר. הערך מתוקנן על פי הבדלי הכנסה וצפיפות אוכלוסייה בעיקר. מחקר זה בא להראות את הפוטנציאל הרב אשר טמון בעריכת מחקר עצמאי.

**4.1.2 אמידת סימפטומים כרוניים:**

כפי שהודגש לעיל, קיימים רק מספר מועט של מחקרים בנושא נזקים כתוצאה ממחלות כרוניות. הדרך העקבית עם העקרונות הכלכליים הינה לחשב את הנכונות לשלם על הפחתת ההסתברות לחלות בסימפטום הכרוני כאשר סכום זה מחולק בהפחתת ההסתברות עצמה.

Viscusi (1991) ניסה לקבל את הערך לסימפטום כרוני על ידי ואריאציה של מה שנקרא Conjoint analysis. הוא נתן לקבוצת נדגמים לבחור עיר מבין שתיים. באחת יש הסתברות גבוהה יותר לחלות בסימפטום הכרוני (ברונכית) אולם עלות המחייה נמוכה יותר. מאפיינים אלו השתנו בצורה אינטראקטיבית לאורך הראיון עד שהנדגם הפך להיות אדיש בבחירתו יכן להתגורר.

Krupnick and Cropper (1992) בחנו נכונות לשלם בקרב שתי קבוצות. קבוצה אחת שהיה לה רקע מוקדם על הסימפטום הכרוני דרך קרוב משפחה שחלה בו וקבוצה שנייה שלא. נמצא שהיכרות מוקדמת אכן היתה בעלת השפעה על הנכונות לשלם. משני המחקרים נמצא שהערך לסימפטום הכרוני אשר נבדק (ברונכית) הסתכם בכ – 260 אלפי דולרים למיקרה (במונחי 1990).

Hartunian (1981) הוא המחקר היחיד שידוע לי אשר בו נעשה ניסיון לכמת את ערך מחלת הסרטן על פי מחזור חיי המחלה.

לבסוף, נדגיש שתי נקודות חשובות ממחקרם של Hammit and Liu (2003). תקופת הדגירה של המחלה ופרמיית הסרטן. בנוגע לירידה בנכונות לשלם עבור מחלה שתתפרץ בשלב מאוחר יותר, נמצא שקיימת ירידה של 1.5% לכל שנה במשך 20 שנים של דגירת המחלה. נקודה זו הינה חשובה למחקר זה היות וסרטן שלפוחית השתן והריאות מתפרצים בממוצע בגיל 60 לאחר דגירה של תקופה דומה כך שהנכונות לשלם במיקרה זה אמורה לרדת בכ – 30%. בנוגע לפרמיית הסרטן הרי שנמצא שהנדגמים במחקרם היו מוכנים לשלם כשליש יותר בעבור הימנעות ממיקרה סרטן ביחס לסיכונים אחרים. גם נקודה זו נלקחה בחשבון במחקר זה.

## 4.2 ערך חיי אדם

### 4.2.1 רקע כללי

קיימות מספר שיטות כלכליות להערכת העלות שנגרמת כתוצאה ממחלות הקשורות לזיהום האוויר או להערכת ההטבות הנגרמות עקב הימנעות ממחלות אלו. האמונה הרווחת מחוץ לקהילת הכלכלנים הינה, כי אין זה מוסרי לכמת ערך חיי אדם. לפי דעתנו אמונה זו מבוססת על חוסר הבנה. הגישה הכלכלית אינה מנסה להעריך את ערך חיי האדם אלא את ההטבה הנגרמת מהפחתת הסיכון. בעקבות הערכה זו המושג "מניעת אבידה סטטיסטית" הוא המונח הנכון מדעית למה שאנו מנסים לכמת. מושג זה נועד על מנת להמחיש, כי ההפחתה בסיכון מוערכת לפני שהתוצאה השלילית הבאה בעקבותיו קרתה ולא שערך חיי אדם נמדד לאחר שנפטר.

ההערכה הכלכלית של החיים ניתנת למדידה בשלוש דרכים עיקריות:

1. גישת התוצר הגולמי האבוד/ איבוד הצריכה העתידית- מדידת התוצר האבוד או הצריכה האבודה עקב מותו או מחלתו של אדם.

2. גישת ה"מוכנות לשלם" (WTP)/ "מניעת אבידה סטטיסטית" (VPF) - בגישה זו נמדדת המוכנות לשלם עבור הימנעות מסיכון למוות כלשהוא.

3. גישת "ערך שנת חיים" (VOLY)- גישה זו מעריכה את ערך שנת חיים בהתחשב בנתוני גישה 2.

### 4.2.2 גישת התוצר הגולמי האבוד/איבוד הצריכה העתידית

שיטה זו מעריכה את העלות של מוות בטרם עת ע"י מדידת איבוד התוצר או הצריכה שאותם היה הקורבן עתיד לייצר. הערכה זו מבוססת על התוצאות של מוות בטרם עת עבור החברה ללא התייחסות לרמת הסיכון הנפרדת שיש לכל פרט בה לחלות או למות כתוצאה ממוות לא טבעי.

החיסרון הבולט בשיטה זו הינו שמדובר בהערכה חומרית בלבד ועל מנת להתגבר על מגבלה זו לעתים משולבת המדידה עם הערכה שאינה חומרית כגון: מדידת הכאב והצער הנגרם לקורבנות ולמשפחותיהם. חסרונות נוספים הינם: אי קיום עקרון כלכלי בסיסי שאומר שבמדידת השפעה שלילית או חיובית יש להתחשב בתועלת הפרט והעובדה שיש משמעות גדולה לבחירת שיעור ההיוון בייחוד במקרים בהם יש מספר רב של שנים אבודות.
היתרון הגדול בגישה זו הוא בחישוב הפשוט יחסית שלה. כאשר מעלים את נושא הפחתת זיהום האוויר בשיח הפוליטי יתרון זה בא לידי ביטוי מאחר והוא מציג חישוב קונקרטי ומבוסס שניתן להציגו בפשטות ללא כלכלנים.

4.2.3 גישת ה"מוכנות לשלם" (WTP)/ "מניעת אבידה סטטיסטית" (VPF)

היתרון העיקרי בבסיס שיטה זו הינו ההסתמכות על נקודת הראות של הפרט. השיטה מנסה להעריך את הביקוש לסביבה ירוקה יותר. בגישה זו אנו בודקים את הנכונות של אדם לשלם עבור הימנעות מגורם סיכון למוות כלשהוא וכך אנחנו יוצרים "עקומת ביקוש" עבור אותו סיכון. ניקח לדוגמה הימנעות מתאונות: נשאל אדם כמה הוא מוכן לשלם עבור הורדה של תאונות הדרכים מ-4 תאונות ב-10,000 מקרים ל- 3 תאונות ב- 10,000 מקרים, כך אנו רואים את התועלת השולית להורדה של מקרה בודד, כמובן שנשאל כמה הוא מוכן לשלם להורדה של 5 תאונות דרכים ב-10,000 מקרים ל- 4 תאונות ב- 10,000 מקרים, וכך נבנה כביכול "עקומת ביקוש". נדגיש שאחת מיתרונות הגישה היא שהיא מקיימת את עקרון התועלת השולית הפוחתת (בנוגע להפחתת סיכונים). יחד עם זאת יש לגישה מספר חסרונות.
להלן מספר חסרונות של השיטה:

1. השיטה תלויה ברמת ההכנסה של האדם- פרטים עם רמת הכנסה גבוהה יותר יוכלו "לשלם" יותר עבור הקטנת הסיכון, דבר שלא בא לידי ביטוי בשיטה ועשוי להוות גם בעיה אתית בייחוד כשמדובר בארצות עם מצב סוציו אקונומי שונה.

2. השיטה לא לוקחת בחשבון תשלומים של הביטוח הלאומי או תשלומים של חברות ביטוח פרטיות. אם אובדן ההכנסה מוחזר במלואו או בחלקו ע"י אחד משני המוסדות שהוזכרו לעיל זה גורם לאנשים להתעלם מסיכוני הבריאות הפשוטים יותר (שעליהם הם מקבלים החזר) בבואם להעריך את מוכנותם לשלם. זאת על אף שהמערכת בשלמותה נפגעת מכך.

3. הפרטים לא מבחינים בין רמות שונות של סיכון, ועל כן זה יוצר חוסר עקביות בהערכות הפרטים.

החיסרון העיקרי של השיטה נובע מכך שהיא אינה מספקת תשובה אחידה. הרבה מחקרים שנערכו בהסתמכות של השיטה סיפקו מגוון רחב של הערכות, לכן רמת הדיוק שלה מוטלת בספק.
לפי (A. alberini , A. chiabai 2006) העוסק במוכנות של הציבור של הציבור האיטלקי לשלם עבור הקטנת הסיכון למוות עקב כשל נשימתי או בעיות רפואיות הקשורות ללב או לכלי הדם, שאלו הן מהסיבות העיקריות למוות בטרם עת עקב זיהום אוויר. לצורך מדידת המוכנות לשלם גזרו את הפחתת הסיכון משוק העבודה ע"י אמידת הפיצוי שאדם מקבל עבור לקיחת עבודה יותר

מסוכנת. גודל המדגם היה כ- 800 אנשים (מחמש ערים איטלקיות גדולות) בשלוש קבוצות גיל שנע משלושים לשבעים וחמש. מתוצאות המחקר ניתן לראות כי המוכנות לשלם גדלה ככל שהסיכון המופחת גדל אך לא בפרופורציה זהה. עוד ניתן לראות כי אנשים מבוגרים מוכנים לשלם פחות עבור הקטנה הסיכון מאשר אנשים צעירים ואילו אנשים אשר נמצאים באזורים עם סיכון גבוה או אנשים בעלי בעיות נשימה/לב/כלי דם מוכנים לשלם יותר עבור הפחתת הסיכון, כך גם לגבי אנשים אשר בקרב משפחתם קיים אדם הסובל מבעיה זו.

### 4.2.4 גישת "ערך שנת חיים" (VOLY)

בניגוד להרבה מחקרים שיש בנושא ה"מוכנות לשלם", קיבלה גישה זו התייחסות מועטה. צעד גדול בנושא נעשה ע"י [Krupnick 2002] אשר פיתח שאלון במיוחד להערכה מותנית של עלות הסיכון הכרוך בזיהום אוויר. השאלון הנ"ל הופץ בקנדה, יפן וארה"ב ולאחרונה גם באיטליה צרפת ואנגליה ע"י [ExternE 2004]. השאלון אשר הופץ בצרפת היה בנוי על בסיס השאלון המקורי אבל בחן מספר משתנים שנועדו לענות על שאלת תוחלת החיים ולא על הסיכון למות. [Heck 2004] קשר את תוחלת החיים לתוצר הלאומי הגולמי, הוא טען כי בסופו של דבר הקיטון בסיכון משולם מההכנסה הפנויה.

טבלה 4.1 מביאה תוצאות של ערך שנת חיים ממחקרים שונים ( A. Rabl 2005):

**טבלה 4.1: ערך שנת מחיי ממחקרים שונים**

| שם המחקר | ערך שנת חיים (ביורו) |
|---|---|
| ExternE(1998) | ~100,000 |
| ExternE(2004) | ~50,000 |
| Tengs (1995) | 40,000> |
| Ramsberd and Sjoberg (1997) | 20,000> |
| Heck (2004) | <מ-3/10 התוצר הלאומי הגולמי |
| Rabl (2004) | תמ"ג*פקטור שנע בין 0.5 ל-2 כתלות בגיל ובשיעור ההיוון. |

## 5. מתודולוגיה

המתודולוגיה אשר יושמה בדו"ח מבוססת על אומדן של תוחלת עלות המחלה (Expected cost of symptom). כאן התוחלת מורכבת משקלול של הערכת הסיכונים לחלות, הערכת הסיכונים

לשרוד והעלויות הכרוכות בתחלואה ובתמותה. כל התוצאות אמורות להיות במונחי ערך נוכחי היות וחלק מהעלויות נגרמות בעוד שנים לא מועטות.

תוחלת המחלה כרוכה בעלויות הבאות: עלות שירותי בריאות (עבודת צוות רפואי ותרופות) ואובדן ימי עבודה של המטופל. בנוסף יש לקחת בחשבון את ערך חיי האם במידה ולא רק את המחלה. עלות זו ניתנת על ידי המשוואה הבאה:

$$E(\cos t) =$$

$$\Pr(ns)_{0-5}\left[\int_0^{2.5} COI_t \bullet e^{-rt}dt + VOSL_{DIAG.+2.5}\right] + \Pr(s)_{0-5}\left[\int_0^{2.5} COI_t dt \bullet e^{-rt}\right] +$$

$$\Pr(s)_{0-5}\left\{\Pr(ns)_{5-10}\left[\int_5^{7.5} COI_t \bullet e^{-r(t+5)}dt + VOSL_{DIAG+7.5}\right] + \Pr(s)_{5-10}\left[\int_5^{7.5} COI_t \bullet e^{-r(t+5)}dt\right]\right\} +$$

$$\Pr(s)_{0-10}\left\{\Pr(ns)_{10-15}\left[\int_{10}^{12.5} COI_t \bullet e^{-r(t+10)}dt + VOSL_{DIAG+12.5}\right] + \Pr(s)_{10-15}\left[\int_{10}^{12.5} COI_t \bullet e^{-r(t+10)}dt\right]\right\} +$$

$$\Pr(s)_{0-15}\left\{\Pr(ns)_{15-20}\left[\int_{15}^{17.5} COI_t \bullet e^{-r(t+15)}dt + VOSL_{DIAG+17.5}\right] + \Pr(s)_{15-20}\left[\int_{15}^{17.5} COI_t \bullet e^{-r(t+15)}dt\right]\right\}$$

כאשר:

E(cost) = תוחלת עלות המחלה (במונחי ערך נוכחי)

$\Pr(ns)_{t1\text{-}t2}$ = ההסתברות לא לשרוד בין תקופה t1 לתקופה t2

$COI_t$ = עלות המחלה בתקופה t

$e^{-rt}$ = מקדם ההיוון

$VOSL_t$ = ערך חיי האדם בתקופה t

משוואת תוחלת העלות מורכבת מ – 4 תתי תקופות היות והנתונים שבידינו מאפשרים מידע בנוגע לאחוזי ההישרדות למשך: 5, 10, 15 ו – 20 שנים. כך למשל השורה הראשונה במשוואה מתארת את עלות המחלה במשך 5 השנים הראשונות לאחר גילויה. עלות זו מורכבת משני מרכיבים. באם החולה הצליח או לא הצליח לשרוד את אותן 5 שנים. המרכיב הראשון של השורה מתאר את העלות באם החולה לא הצליח לשרוד את אותן 5 שנים. עלות זו מורכת מהחלק הטיפולי עד המוות וערך חיי האדם בגיל המוות. [14] המרכיב השני מתאר את עלות התחלואה במידה והחולה הצליח לשרוד את 5 השנים. כאן אין צורך להעריך את חיי החולה מכיוון שהוא לא מת. באותה צורה חושבו שלושת האינטרוואלים הבאים עד 20 שנים לאחר המחלה. נדגיש שההסתברות לשרוד את חמשת השנים הבאות יש לחשב כהסתברות מוחלטת. ההסתברות לעבור את חמשת השנים משנה 5 עד 10 לדוגמא, ניתנות כהסתברות מותנית ולכן בדרך כלל היא גבוהה מההסתברות הקודמת לה (אם כבר "שרדת" את 5 השנים הראשונות, יש סיכוי גדול יותר שתשרוד את השנים הבאות). ואולם את ההסתברות יש לחשב **מתחילת** התקופה (דהיינו מיום הגילוי). כלומר, מה ההסתברות שתגיע לשנה 10 מיום גילוי המחלה. לצורך חישוב ההסתברות המוחלטת השתמשנו במשוואה הבאה:

$$\Pr(s)_{0-10} = \Pr(s)_{0-5} \bullet \Pr(s)_{5-10}$$

[14] היות ולא היה בידינו נתונים על התפלגות מיקרי המוות **בתוך** האינטרוואלים של 5 השנים הנחנו שמיקרי המוות מתרחשים לאחר מחצית מהתקופה.

את האיבר בצד שמאל של המשוואה הכפלנו בכל שורה היות ועלות המחלה (בין אם החולה שרד או לא) מותנית בכך שהוא הגיע חי לתחילת התקופה.

## 6. תוצאות

התוצאות מתוארות עבור שני מקרי סרטן : סרטן שלפוחית השתן וסרטן הריאות. תוצאות תאלו משוות את המצב מחוז חיפה לעומת ממוצע ארצי. בכדי לשלב את ההערכה של תוחלת עלות המחלה בו זמנית ביחד עם הערכה גסה של מספר המיקרים נשתמש בנתוני הלמ״ס בנוגע להסתברות להופעת סרטן, תמותה מסרטן ותוחלת חיים (הלמס, 2007). התוצאות מתוארות בטבלה 6.1

**טבלה 6.1: תדירות גילוי סרטן, תמותה מסרטן ותוחלת חיים: מחוז חיפה לעומת ממוצע ארצי**

| אזור | אוכלוסיה (אלפים) | גילוי מיקרי סרטן (% בסוגריים) | מיקרי מוות כתוצאה מסרטן (ל – 100 אלף תושבים) | תוחלת חיים (שנים) |
|---|---|---|---|---|
| **ישראל** | 6,690 | 21,407 (0.359) | 414.6 | 78.9 |
| **מחוז חיפה** | 824 | 3,579 (0.394) | 432.1 | 76.2 |

טבלה 6.2 מתארת את ההסתברויות, הכוללות והמותנות, להישרדות למשך 5, 10, 15 ו – 20 שנים עבור סרטן שלפוחית השתן וסרטן הריאות.

**טבלה 6.2: אחוזי הישרדות לשנים נבחרות עבור סרטן הריאות וסרטן שלפוחית השתן**

| שנים מהגילוי<br>סימפטום | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|
| **סרטן ריאות** | | | | |
| הסתברות כוללת | 15 | 10.6 | 8.1 | 6.5 |
| הסתברות מותנית | 15 | 71 | 76 | 80 |
| **סרטן שלפחית השתן** | | | | |
| הסתברות כוללת | 82.1 | 76.2 | 70.3 | 67.9 |
| הסתברות מותנית | 82.1 | 92 | 92 | 96 |

Source: Brenner (2002)

ככלל ניתן לראות שסרטן ריאות מסוכן בסדר גודל מסרטן שלפוחית השתן. בו בזמן שרק כ - 1 מתוך 7 חולים שורד את חמשת השנים הראשונות מרגע הגילוי של סרטן הריאות הרי ש - 4 מתוך 5 חולים שורדים את סרטן שלפוחית השתן לאחר חמש שנים מרגע הגילוי. נדגיש שאחוזי הישרדות אלו הינם בעלי משמעות הן לאמידה של ערך חיי אדם והן לעלויות התחלואה. תוחלת עלות המחלה עבור סרטן ריאות ועבור סרטן שלפוחית השתן נתונות על ידי שתי המשוואות הבאות בהתאמה:

$$E(\cos t)_{LC} =$$
$$0.85[\int_0^{2.5} COI \bullet e^{-rt} + VOSL_{DIAG.+2.5}] + 0.15[\int_0^{2.5} COI \bullet e^{-rt}] +$$
$$0.29[\int_5^{7.5} COI \bullet e^{-r(t+5)} + VOSL_{DIAG+7.5}] + 0.71[\int_5^{7.5} COI \bullet e^{-r(t+5)}] +$$
$$0.24[\int_{10}^{12.5} COI \bullet e^{-r(t+10)} + VOSL_{DIAG+12.5}] + 0.76[\int_{10}^{12.5} COI \bullet e^{-r(t+10)}] +$$
$$0.20[\int_{15}^{17.5} COI \bullet e^{-r(t+15)} + VOSL_{DIAG+17.5}] + 0.80[\int_{15}^{17.5} COI \bullet e^{-r(t+15)}]$$

$$E(\cos t)_{BC} =$$
$$0.18[\int_0^{2.5} COI \bullet e^{-rt} + VOSL_{DIAG.+2.5}] + 0.82[\int_0^{2.5} COI \bullet e^{-rt}] +$$
$$0.08[\int_5^{7.5} COI \bullet e^{-r(t+5)} + VOSL_{DIAG+7.5}] + 0.92[\int_5^{7.5} COI \bullet e^{-r(t+5)}] +$$
$$0.08[\int_{10}^{12.5} COI \bullet e^{-r(t+10)} + VOSL_{DIAG+12.5}] + 0.92[\int_{10}^{12.5} COI \bullet e^{-r(t+10)}] +$$
$$0.04[\int_{15}^{17.5} COI \bullet e^{-r(t+15)} + VOSL_{DIAG+17.5}] + 0.96[\int_{15}^{17.5} COI \bullet e^{-r(t+15)}]$$

טבלה 6.3 מתארת את מספר השנים האבודות לכל סוג של סרטן. במילים אחרות, ניתן מהטבלה ללמוד גם מהי שנת הגילוי הממוצעת לכל סוג של סרטן.

**טבלה 6.3: שנות חיים אבודות וגיל גילוי עבור סרטן ריאות ושלפוחית השתן**

| | ללא סרטן | עם סרטן | שנים אבודות |
|---|---|---|---|
| סרטן ריאות | 15.8 | 2.0 | 13.8 |
| סרטן שלפוחית השתן | 15.2 | 7.4 | 7.8 |

Source: National Cancer Institute – 2007 update

כפי שניתן לראות מטבלה 6.3, הפסד שנים ממוצע הוא 14 לחולי סרטו ריאות ו – 8 לחולי סרטן שלפוחית השתן. נדגיש שאלו שנות חיים אבודות למי שאכן מת כתוצאה מהמחלה. כמו כן ניתן לראות שגיל הגילוי הוא 16 ו – 15 שנים לפני תוחלת החיים הממוצעת עבור סרטן ריאות ושלפוחית השתן בהתאמה. הווה אומר גיל 63.5 בממוצע עבור שני סוגי הסרטן.
גיל הגילוי והתמותה חשוב עקב ערך חיי אדם שונה לגילאים שונים. כפי שהוסבר לעיל ערך חיי האדם הנמדד הינו עבור אדם בגיל 40 אולם ערך זה יורד עד 70% בגיל 60. לבסוף, נזכור שיש נכונות ציבורית לתשלום של כ – 30% יותר בעבור מניעת מוות מסרטן אשר מקורו בזיהום סביבתי.
מכאן ניתן להצליב את מספרי החולים ועלויות הסימפטום. אלו ניתנים בטבלאות 6.4 ו – 6.5 עבור חולי סרטן ריאות ושלפוחית השתן בהתאמה. את הניתוח ביצענו עבור ארבעה תרחישי עלות ומספר תרחישי פגיעה (4 לסרטן הריאות ו – 3 לסרטן שלפוחית השתן).

- התרחיש הראשון מתבסס רק על ערך חיי אדם הנובע ממות ואשר מחושב באופן ממוצע לכלל האוכלוסייה.
- התרחיש השני מבוסס על אומדן של ערך שנת חיים אבודה
- התרחיש השלישי מבוסס על תוחלת עלות המחלה כפי שהוסבר בדו"ח בפירוט
- התרחיש הרביעי מבוסס על התרחיש השלישי כאשר ערך חיי אדם מתוקנן לפי גיל המוות ומתווספת "פרמיית סרטן" בגובה של 30% לערך הרשמי של חיי אדם.

נדגיש שבכל התרחישים התועלת היא מניעת אובדן חיי אדם ועלויות מחלה.

**טבלה 6.4: עלות כוללת של סרטן ריאות במחוז חיפה (במיליוני שקלים)**

| מספר חיי אדם ניצול | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|
| על פי ערך חיי אדם | 52 | 104 | 156 | 208 |
| על פי ערך שנת חיים נחסכת | 7.6 | 15.2 | 22.8 | 30.4 |
| על פי תוחלת עלות המחלה | 33.76 | 67.48 | 101.24 | 134.96 |
| על פי תוחלת עלות המחלה עם תקנון לשנת המוות ופרמיית סרטן | 36.8 | 73.84 | 110.64 | 147.48 |

**טבלה 6.5: עלות כוללת של סרטן שלפוחית השתן במחוז חיפה (במיליוני שקלים)**

| מספר חיי אדם ניצול | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|
| על פי ערך חיי אדם | 31.2 | 41.6 | 52 |
| על פי ערך שנת חיים נחסכת | 4.4 | 8.8 | 13.2 |
| על פי תוחלת עלות המחלה | 4.46 | 5.95 | 7.43 |
| על פי תוחלת עלות המחלה עם תקנון לשנת המוות ופרמיית סרטן | 5.75 | 7.67 | 9.59 |

מטבלה 6.4 ניתן לראות שהערך למקרה נע בין 0.76 ל – 5.2 מיליון שקלים במונחי ערך נוכחי. מטבלה 6.5 ניתן לראות שהערך נע בין 0.73 ל – 5.2 מיליוני שקלים. ואולם שתי השיטות הכרוכות בתוחלת עלות המחלה הן אלו אשר ראוי לשים לב אליהן מכיוון שהן אלו אשר לוקחות בחשבון את ערך התחלואה והתמותה במונחים עכשוויים ואשר כוללים בתוכם גם את ההתייחסות להערכת סיכונים. על פי הגישה אשר לוקחת בחשבון את פרמיית הסרטן ואת ערך החיים על פי גיל הרי שתוחלת עלות המחלה של סרטן שלפוחית השתן הוא 0.96 מיליוני שקלים בו בזמן שתוחלת עלות המחלה של סרטן הריאות הינה 3.68 מיליוני שקלים. ההבדל העיקרי בין שתי

המחלות נעוץ אפוא במספר המקרים הנחסכים. חשיפת אנשים לזיהום תורמת פחות לתחלואה של סרטן שלפוחית השתן מאשר סרטן הריאות. זאת הסיבה שהניתוח נע בין 10 ל – 40 במקרה של סרטן הריאות בו בזמן שעבור סרטן שלפוחית השתן הוא נע בין 6 ל – 10 מיקרים.
אם ננסה למקד את עצמנו במספר אחד הרי שניתן להתבונן במקרה של 25 חולים בשנה מסרטן ריאות ו – 8 חולים בשנה בסרטן שלפוחית השתן. במקרה זה ועל פי תרחיש רביעי (תוחלת עלות המחלה בנוסף לפרמיית סרטן וערך חיי אדם לפי גיל) ניתן לומר שעלות הזיהום השנתית הינה 7.67 מיליוני שקלים עבור תחלואה עודפת של סרטן שלפוחית השתן ו – 92.24 מיליוני שקלים עבור תחלואה עודפת של סרטן ריאות.

## 7. סיכום

עבודה זו מהווה חלק ממחקר מקיף וחדשני שמטרתו לאמוד את העלות למשק הלאומי כתוצאה מתחלואה ותמותה ממחלות אשר ייתכן שמקורן בזיהום סביבתי בהיבט המיקרו-כלכלי. עיקר העבודה התמקד בנושא המזהמים, השפעותיהם הבריאותיות וכתוצאה מכך, העלות הנגרמת לאדם עקב הטיפול בהם. ניתן ללמוד כי המזהמים השונים גורמים להשפעות בריאותיות קשות שחלקן עשויות לגרום למחלה / אשפוז בטווח הקצר וחלקן יכולות לגרום לבעיות כרוניות בטווח הארוך. בנוסף, על מנת לנסות ולהבין את הקשר שבין עלייה ברמת הזיהום לבין התחלואה נעשו מספר מחקרים אשר מניבים מספרי סימפטומים. מחקר זה מתמקד בהיבט המיקרו כלכלי אשר מנסה לחשב ערך לסימפטום. התמקדנו בשני סוגים של סרטן אשר מייצג סימפטום כרוני. סרטן הריאות וסרטן שלפוחית השתן. נעשתה עבודת אמידה של עלות הטיפול בכל שלב ושלב של המחלה והבדיקות המבוצעות בכל שלב כמו גם עלות של טיפולים עוקבים לאחר ההחלמה. זאת נעשה כחלק מהמחקר הכולל על מנת לאמוד את עלויות הסימפטומים בישראל ולא לעשות תהליך של אקסטרפולציה ממחקרים במדינות שונות, דבר המקובל במחקרים אקדמיים בתחום.
היישום נעשה למחוז חיפה. נמצא שמספר המקרים של תחלואה עודפת מסרטן ריאות כתוצאה מגורמים סביבתיים נע סביב 25 חולים בסרטן ריאות ו – 8 חולים בסרטן שלפוחית השתן. נדגיש שמספרים אלו מבוססים על הנחות חזקות ונדרש מחקר עומק נוסף בכדי לחדד נקודה זו. הערך הנוכחי של תוחלת עלות המחלה נמצא שווה לכ – 3.7 מיליוני שקלים לסרטן ריאות ו – 0.97 מיליוני שקלים לסרטן שלפוחית השתן). לפיכך עלות התחלואה והתמותה באזור חיפה כתוצאה מעודף זיהום נמצא שווה ל – 7.67 מיליוני שקלים עבור סרטן שלפוחית השתן ו – 92 מיליוני שקלים עבור סרטו ריאות. עלויות אלו כוללות הן עלויות תחלואה והן תמותה. בסה"כ עלויות אלו מסתכמות לכדי 100 מיליוני שקלים בשנה.
שכטר (1990) מצא שמשק בית ממוצע באזור חיפה מוכן לשלם כ – 100 שקלים בשנה בכדי להפחית את רמת הזיהום ב – 50%. היות ובמחוז חיפה ישנם כ – 206 משקי בית העלות השנתית להפחתת 50% מהזיהום מוערכת על ידי משקי הבית בכ – 21 מיליוני שקלים. הפחתת הזיהום כולו תוערך על ידיהם אפוא בסכום של כ – 40 מיליוני שקלים (בהנחה של תועלת שולית קבועה). יחד עם זאת העבודה נעשתה לפני כ – 20 שנים ולכן מקדם ההיוון מביא את העלות כיום לכ – 60 מיליוני שקלים. כפי שניתן לראות, מספר זה קטן מ – 92 מיליוני שקלים שהן העלות להימנע מתחלואה עודפת של סרטן ריאות בלבד.

ארגון חיים וסביבה (2006) טוען על סמך מחקרי חו״ל שעלות הזיהום במחוז חיפה הינה 520 מיליוני שקלים בשנה. סכום זה גבוה פי כמעט 5 מהעלות של שני סוגי הסרטן שנבדקו במחקר זה ואשר מגיעים לכדי 123 מיליוני שקלים בשנה. יש לציין בהקשר זה שהעלות הכוללת של זיהום אוויר מתייחסת ליותר מאשר שני הסימפטומים שנאמדו בעבודה וכוללים גם זיהום אשר מקורו בתחבורה ואולם עדיין האומדן שנעשה בעבודה זו נמוך ממה שהתקבל על סמך מחקרי חו״ל.

לבסוף, Becker and Soloveitchik (2008) מצאו שהנזק הסביבתי כתוצאה מזיהום אוויר שמקורו בייצור חשמל מגיע לכדי 1,088 מיליוני שקלים בשנה. ניתן לחשב את חלקה היחסי של נפת חיפה במערך ייצור החשמל. על פי חישוב זה ערך הזיהום השנתי באזור חיפה הוא כ – 41 מיליוני שקלים בשנה.

ניתן לסכם ולומר שאומדני עלויות הסימפטומים שנמצאו בעבודה זו עקביים עם אומדנים אשר נמצאו במחקרים נוספים. יחד עם זאת נציין שהיתרון של עריכת מחקר זה הינו בבחינת עבודה מיקרו כלכלית עם עלויות ליחידת סימפטום. כפי שניתן לראות בצורה ברורה מטבלאות 6.4 ו – 6.5, אי הוודאות לא נוגעת רק למספר המקרים בשנה אלא גם לאופן עריכת החישוב הכלכלי של אומדן עלות סימפטום בודד. יש לקוות שיימצאו התקציבים הנדרשים בכדי להמשיך מחקר פיילוט זה אשר ייתן תמונה מדויקת יותר בנוגע לעלויות הסימפטומים השונים ובהמשך יניב כיווני דרך להשקעות ציבוריות אשר מטרתן היא הפחתת אותן השפעות חיצוניות של מזהמים שונים אשר פוגעים בכולנו.

# רשימת ספרות:


Alberini A. and A. Chiabai. "Urban environmental health and sensitive populations: How much are the Italians are willing to pay to reduce their risks?" *Regional Science and Urban Economics* 37 (2007) 239 – 258.

Becker, N., D. Soloveitchik and M. Olshansky. "Incorporating environmental externalities into the capacity planning system: An Israeli case study". Paper presented at the annual conference of the Energy society, Perth, Australia, Nov. 2008.

Brenner, H. "Long-term survival rates of cancer patients achieved by the end of the 20th century: a period analysis," *The Lancet*, 360 (October 12, 2002), 1131-1135.

Brown, M.L., G.F. Riley, N., Schussler and R.D. Etzioni (2002). "Estimating health care costs related to cancer treatment from SEER Medicare data". *Medical care* 40 (suppl): IV-104-117.

Chay, K. and Greenstone, M. (1999). "The Impact of Air Pollution On Infant Mortality: Evidence From Geographic Variation In Pollution Shocks Induced By A Recession". *Quarterly Journal of Economics* Vol. 118, No. 3: 1121 – 1167.

Chang, S. et al. Estimating the cost of cancer: Results on the basis of claims data analysis for cancer patients diagnosed with seven types of cancer during 1999 to 2000. *Journal of clinical oncology* 22 (2004) 3524 – 3530.

Chang, S. and Long, S.R. and Kutikova, L. and Bowman, L. and Crown, W.H. and Lyman, G.H.. (2006). "Burden of Pancreatic Cancer and Disease Progression: Economic Analysis in the US" *Oncology*, 70(1), 71 – 80.

Chay K. et al. "The Clean Air Act of 1970 and adult mortality". *The Journal of Risk and Uncertainty*. 27 (2003) 279 – 300.

Clinch J.P. and Healy, J.D. (2000). "Evaluating The Health Benefits Of Improving Domestic Energy Efficiency". Environmental studies research series, University college Dublin.

Delea, T. and Langer, C. and McKiernan, J. and Liss, M. and Edelsberg, J. and Brandman, J. (2004). "The Cost of Treatment of Skeletal-Related Events in Patients with Bone Metastases from Lung Cancer". *Oncology*, 67(5-6), 390 – 396.

Dziegielewska D.A.N. and R. Mendelsohn. "Valuing air quality in Poland". *Environmental and Resource Economics* 30 (2005) 131 – 163.

Hammit, J.K. and J.T. Liu (2003). The effect of disease type and latency on the value of mortality risk. NBER working papers series. Working paper 10012.

Hartunian, N.S et al. "The incidence and economic costs of cancer, motor vehicle injuries, coronary heart disease and stroke: A comparative analysis". *American Journal of Public Health* 70 (1981) 1249 – 1260.

Hubbell B.J." Implementing QALY in the analysis of air pollution regulations". *Environmental and Resource Economics* 34 (2006) 365 – 384.

Koop L. and L. Tole. "Measuring the health effects of air pollution: to what extent can we really say that people are dying from bad air?" *Journal of Environmental Economics and Management* 47 (2004) 30 – 54.

Krupnick, A.J. and M. Cropper (1992). The effect of information on health risk valuation". *Journal of risk and uncertainty*, 5, 29-48.

Maddison, D. "Dose response functions and the harvesting effect". *Resource and Energy Economics* 28 (2006) 313 – 332.

Muller N. Z. and Robert Mendelsohn. "Measuring the damages of air pollution in the United States". *Journal of Environmental Economics and Management* 54(2007) 1 – 14.

National Comprehensive Cancer Network. (2008). "Bladder Cancer".

National Cancer Institute – 2007 update

Quah, E. and T.L. Boon. "The economic cost of particulate air pollution on health in Singapore". *Journal of Asian Economics* 14 (2003) 73 – 90.

Rabl, A. (2005). "How Much to Spend for the Protection of Health and Environment: A Framework for the Evaluation of Choices". Institut Veolia Environnement - Legal status :Association Loi 1901 ISSN number 1768-3416

Scapecchi, P. (2007). "The Health Costs of Inaction With Respect To Air Pollution". Background report prepared for the OECD. **ENV/EPOC/WPNEP(2006)17/FINAL**

Sirikijpanichkul, Ackchai and Iyengar, Madhumita H. and Ferreira, Luis (2006) *Valuing Air Quality Impacts of Transportation: A Review of Literature.* Technical Report . UNSPECIFIED.

Sommer H., Seethaler R. Chanel O., Herry M., Masson S., Vergnaud J.-C. (1999). Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999. Economic Evaluation. Technical Report on Economy, Bern.

Viskusi, W.K., W. Magat and J. Huber (1991). "Pricing environmental health risks: A survey assessement of risk-risk and risk-dolar trade-offs for Chronic-Bronchitis". *Journal of Environmental economic and management*, 21, 32-51.

Watkins, P. and Holland, M. (2006). "Damage Costs for Air Pollution". Final report for DEFRA, ED48796, Issue 4.

Yabrof, K.R. et al. "Burden of illness in cancer survivors: Findings from a population-based national sample". *Journal of the National Cancer Institute* 96 (2004) 1322 – 1330.

Young H.W. et al. "Economic Burdens and quality of life of family caregivers of cancer patients". *Oncology* 68 (2005) 107 – 114.

בקר, נ. "ערך חיי אדם סטטיסטי". מחקר שהוגש למשרד לאיכות הסביבה.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה www.cbs.org.il

מור, ע. וש. סרוסי, (2001). "אמצעי מדיניות כלכלית להפחתת זיהום האוויר משריפת דלקים במגזרי התחבורה, חשמל ותעשייה".

משרד הבריאות www.health.gov.il

פרץ, ח וד. שטיינברג (2005). "יישום של שיטות סטטיסטיות מתקדמות לניתוח הקשר בין זיהום אויר ובריאות".