



איגוד ערים לשמירת איכות הסביבה (שרון-כרמל)

דו"ח מטרדי זיהום האוויר
תושבי מוא"ז מנשה

יוני 2010

מגישים:

נציגי תושבי מוא"ז מנשה

כתיבה ועריכה:

לינס אוזן- מנהלת אגף אוויר, איגוד ערים לשמירת איכה"ס (שרון-כרמל)

תוכן

1. מטрд זיהום האויר ממפחמות

2. מטрд זיהום האויר ממשרפות

1. מטוּרד זיהום האוויר ממפחמות



צילום: יוסי כהן

זיהום אוויר ממפחמה פעילה בישראל, מאי 2010

תוכן:

מבוא	1.1
כיצד פועלת מפחמה (דוגמא מישראל)	1.2
מפחמות בישראל	1.3
מפחמות בעולם	1.4
זיהום אוויר והשפעות בריאותיות ממפחמות	1.5
סיכום והמלצות	1.6

1.1 מבוא

דו"ח זה הינו ניסיון לאגד מידע רלוונטי להבנת תעשיית המפחמות בכלל ובישראל בפרט. הדו"ח נערך לאור תלונות חוזרות של תושבי מוא"ז מנשה על מטרדי זיהום אוויר וריח קשים כתוצאה מפעילות מפחמות בשטח ישראל ובגדה. הדו"ח מתבסס על מקורות המידע המפורטים להלן:

1. **פגישה וסיור עם בעלי מפחמות, כורת וסוחר עצים** - אזור ברטעה (בתאריך 01.02.10) בצומת ריחן (בתאריך 16.02.10) ובערה (בתאריך 02.05.10). הפגישות נערכו ביני לבין בעלי המפחמה הודות לתיווכם של אריה יוגב מאיגוד ערים לשמירת איכה"ס (שרון-כרמל) ומוחמד רבאח, מנהל היחידה הסביבתית באום אל פאחם.
2. **מידע על מפחמות מסחריות** - בתאריך 18.02.10 התקיימה שיחה טלפונית ביני לבין איש עסקים מבית חנניה, שעסק בתחום שיווק פחמים בארץ וכיום משווק מפחמות מתועשות (retort) לאמריקה הלטינית. הקשר עם יכניה נוצר הודות לתיווכו של אריה יוגב מהאיגוד.
3. **מידע על מגמות בתעשיית המפחמות המקומית (אז והיום)** - בתאריך 02.05.10 התקיימה פגישה ביני לבין חאלד מחמיד, מנהל המרכז לקשיש באום אל פאחם. הפגישה התקיימה הודות לתיווכו של מוחמד רבאח, מנהל היחידה הסביבתית באום אל פאחם.
4. **מידע על מפחמות בעולם** - סדרת מאמרים ומידע אינטרנטי נרחב נמסרו ע"י מר רובי גלעד, מנהל מרכז מידע ומבצעים, המשרד להגנת הסביבה. מספר מאמרים נוסף נאספו על ידי.
5. **פגישה וסיור במפחמות בקרבת מוא"ז מנשה** - בתאריך 01.05.10 התקיימה פגישה בהשתתפות נציגי תושבי מוא"ז מנשה ונציגי האיגוד - עמי חתוכה (פקח האיגוד במשמר הסביבה) ואנוכי. בפגישה נדונו מסקנות הדו"ח מטרד המפחמות בישראל, שהופץ לבקשת משתתפי ישיבת מנכ"ל המשרד להגנה"ס, מר יוסי ענבר, בתאריך 14.04.10. הפגישה כללה סיור בשטח לסימון המפחמות המהוות את מקור הזיהום העיקרי לתושבי מוא"ז מנשה. זאת, במטרה למצוא מקום חלופי למפחמות אלו, בהמשך לסיכום הישיבה עם יוסי ענבר. בחצות הלילה, עמי ואנוכי נסענו לאזור עד צומת מחסום ריחן בכדי להתרשם ממידת זיהום האוויר ומטרד הריח עקב פעילות המפחמות בשעות הלילה.

1.2 כיצד פועלת מפחמה (דוגמא מישראל):

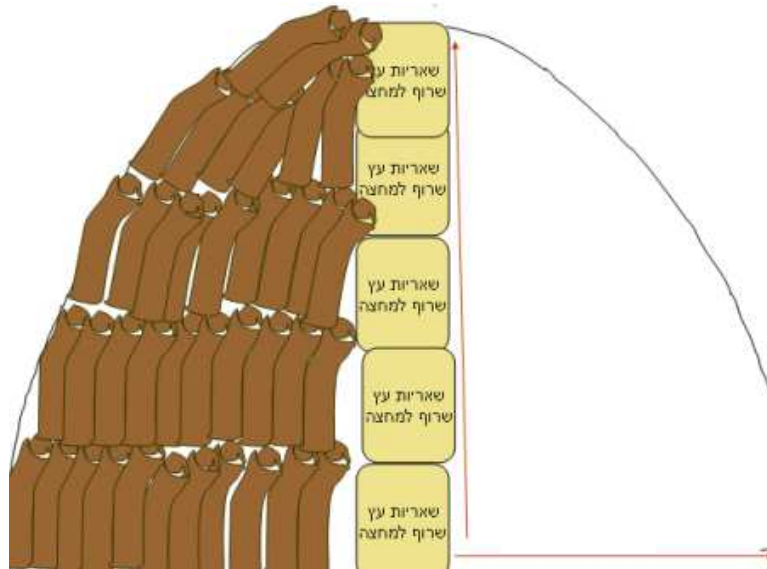
מפחמה הינה שיטה לייצור פחמים מערמות גזם באמצעות פירוליזה (פירוק כימי ע"י חום).
להלן תאור שלבי הפקת פחמים ממפחמה בישראל:

שלב 1- מיישרים את הקרקע ופורקים את העצים על האדמה להתייבש לפרק זמן של שבועיים- חודש ,
כתלות בעוצמת קרינת השמש ועוצמת הרוח. מחודש ינואר עד מאי העצים מגיעים רויים במים (80%
ממשקל העץ הוא מים). נדרש לייבש את העצים (תמונה 1) מאחר ועצים "רטובים" מייצרים פחמים
מפורקים. משאית גזם חקלאי מכילה באופן ממוצע 15 טון עצים. מפחמה גדולה יכולה להכיל בין 10-16
ערמות עצים.



תמונה 1- מתאריך 01.02.10 במסגרת סיור שנערך במפחמה סמוכה ליישוב מצפה אילן.
(צילום: לינס אוזן)

שלב 2 - חותכים את העצים לאורך של כ-40 ס"מ. מסדרים את הגזעים החתוכים לערימה מסודרת סביב ציר מרכזי היוצר מעין פיר (תמונה 2). יש הממלאים את הפיר, כבר בשלבים הראשונים של הערמת העצים, בשקים של עץ מכלותא או עץ שלא נשרף עד תום (איור 1). כל ערימה מכילה את אותו סוג עץ. ערימה יכולה להכיל 50 טון עץ ולהיתמר לגובה של 4 מטר מעל פני הקרקע, וברדיוס של 3.5 מטר. בחודשי החורף המוקדמים (אוקטובר נובמבר) ועונת האביב (אפריל – מאי), עקב רוחות חזקות, הערימה תהיה קטנה יותר ותכיל כ-15 טון עץ.



איור 1- (איור : לינס אוזן)



תמונה 2. ערימת שורשי עצים מוכנה במפחמה בערה בתאריך 02.05.10 (צילום: לינס אוזן)

שלב 3- מכסים את הערימה עם שכבת קש (כ-50 ס"מ עובי). מהדקים את הקש (ובכך בודקים את מידת צפיפותו) ומרטיבים אותו ע"י התזת מים באופן ידני. על שכבת הקש המורטבת והמהודקת מניחים שכבה של אדמה בעובי של 3-4 ס"מ לכיסוי הרמטי של הערימה. הערימה מוצתת באמצעות הזנת פחמים חמים לתוך חלל הפיר או באמצעות הדלקת עמודת השקים הניצבת במרכז הערימה (תמונה 3). תהליך ההדלקה נמשך כ-10 דקות. לבסוף מכסים את הפתח העליון של הפיר (או עמודת השקים) עם קש ואדמה לסגירה הרמטית, באופן שיאפשר לאש להתפשט ועצים להישרף באיטיות ליצירת פחם. תהליך ייצור הפחם נע ברוטאציה, כאשר ערימה מובערת, בונים ערימה נוספת וחוזר חלילה. לכל ערימה קצב בעירה משלה. התהליך דורש עבודה סביב השעון ולינה של פועלים בשטח, כולל תאורת לילה לעבודת לילה. חוסר תשומת לב של רגע עלול לכלות משאית של עצים תוך מספר דקות.



תמונה 3 - עשן יוצא מפיר ערימת עצים מכוסה, בעת תהליך ההדלקה.
צילום מתאריך 16.02.10 סמוך לצומת ריחן. (צילום: לינס אוזן)

שלב 4- לאחר כיממה, מתחיל תהליך של חירור מבוקר של ערימת העצים, הדורש פיקוח צמוד, 24 שעות ביממה. החירור נועד לשליטה על תהליך הבעירה כך שהערימה תבער באופן אחיד ובקצב הנדרש. מספר החורים תלוי בתנאי הסביבה וסוג העץ. לעיתים מאיצים את תהליך הבעירה באמצעות חורים, ולעיתים מאיטים באמצעות הוספת עצים או הרטבה עם מים. קצב מהיר מדי עלול ליצור פחמים שאינם שרופים דיו. לעומת זאת, חדירת חמצן בלתי מבוקרת עלולה לגרום לשריפת יתר של הפחמים ובכך לאיבוד החומר (התוצר). חירור ערימת העצים גורם לעשן לבן סמיך (אדי מים) וריח. השלב המזהם ביותר הוא חירור מאסיבי של תחתית ערימת העצים (תמונה 3). הזמן הנדרש לתהליך ייצור הפחמים הינו כתלות בתנאים המטאורולוגיים (עוצמת הרוח, גשם), גודל הערימה וסוג העץ. באופן ממוצע, תוך 15-22 יום, ערימה של 15 טון עצי הדר (הזן העיקרי המשווק במגזר הערבי) תהפוך לפחם.



תמונה 4- חירור המפחמה להחדרת חמצן להאצת התהליך. בשלב זה נוצר זיהום של עשן לבן וריח חריף של שריפה. (צילום: יוסי כהן)

שלב 5- גודל ערימת הפחם מוכנה הינה כמחצית מגודלה של ערימת העצים המקורית. להפסקת תהליך הבעירה נדרש למנוע חדירת חמצן ליצירת תנאים אנארוביים להפסקת תהליך הבעירה. על כן, נדרש "לחנוק" את הערימה לשבוע ימים, עד לירידת הטמפרטורה בתוך הערימה, במידה שתאפשר את פתיחת הערימה לאיסוף הפחמים. את הערימה מהדקים באמצעות יריעת ניילון לסגירה הרמטית (תמונה 5). ישנן מפחמות המאיצות את תהליך הקירור על ידי פתיחת הערימה להתזת מים על הפחמים, בידיעה כי המים מוסיפים משקל לפחם (הנמכר על בסיס משקלי). התזה זו גורמת לזיהום של עשן שחור וריח.



תמונה 5- ערימת פחם מהודקת לקירור. צילום מתאריך 01.02.2010 סמוך למושב מצפה אילן.
(צילום: לינס אוזן)

שלב 6- לאחר שבוע ימים בהם ערימת הפחמים התקררה, פותחים את הערימה ואוספים את הפחמים בשקים לשיווק (תמונה 6). בדרך כלל, את השקים משנעים לנקודת חלוקה נוספת לשם העברתם לשקים קטנים יותר לשיווק מסחרי לצרכנים.



תמונה 6 - איסוף הפחמים לשקים. צילום מתאריך 01.02.2010 סמוך למושב מצפה אילן.
(צילום: רובי גלעד)

1.3 מפחמות בישראל:

תעשיית המפחמות כוללת ארבעה "שחקני מפתח"- בעל הפרדס (מקור חומר הגלם), כורת העצים (משווק חומר הגלם), קבלן שינוע העצים (מפיץ חומר הגלם בשטח) ובעל המפחמה (צרכן העצים). לעיתים, כורת העצים, קבלן השינוע ובעל המפחמה הינו אדם אחד. ישנם גם "מתווכים" המקשרים בין בעלי הפרדסים לבין כורתי העצים ומפיקים מכך רווח כלכלי. לרוב, הקבלן המשנע את העצים הכרותים אינו צד בעניין.

כיצד התהליך עובד?

בעל הפרדס, אשר מחליט לחדש את מטע העצים שלו, תר אחר כורת עצים. יש מספר מצומצם של כורתי עצים בארץ. כיום, הקשר העסקי בין בעל הפרדס וכורת העצים מסתכם בקניית העצים תמורת ביצוע עבודת הכריתה. מחיר כריתת טון עצים מוערך ב- 300 ש"ח. מחיר העצים משתנה בהתאם "לאופנה" החקלאית: כאשר חקלאים מחליטים לעבור לגידול שנמצא רווחי יותר, הביקוש לכריתת פרדסים עולה, ועלות העצים יורדת כך שהכורת מקבל יותר עצים בעד עבודת הכריתה. **ישנן תקופות בהן מחיר כריתת העצים יחסית גבוהה, אזי כורת העצים יקבל פחות עצים תמורת עבודת הכריתה, ועל כן יעדיף כורת העצים להמתין לירידת מחירים.** כיום אין דין ודברים בין הפרדסן לבין כורת העצים בעניין אופן שיווק העצים. **בעל הפרדס אינו מחויב על פי חוק ליטול אחריות להיכן הפסולת החקלאית שלו משווקת.** כיום בישראל עצים כרותים משווקים בעיקר להסקה ביתית (תנורי עץ) ולתעשיית המפחמות העתיקות. מהממצאים בשטח עולה כי עקב ביקוש דל לצורכי הסקה, הרי שמרבית העצים משווקים למפחמות העתיקות. הקשרים העסקיים של כורת העצים הינם לאורכה ולרוחבה של הארץ. ההחלטה אם וכיצד לשווק את העצים מהפרדס למפחמה, הינה על בסיס תחשיב כלכלי, כאשר למשאית הובלת העצים קיבולת של 10-15 טון עצים (מספיק לערימת עצים אחת במפחמה טיפוסית) וק"מ נסיעה עולה 1000 ₪. הקשר בין כורת העצים ובעל המפחמה הינו קשר עסקי לכל דבר. לרוב, בעל המפחמה הינו בעל עסק השוכר שטח ומפעיל מספר עובדים מהגדה בעלות של 150-200 ₪ ליום. מספר הפועלים הוא כגודל המפחמה. העבודה בשטח דורשת חשמל לצורך תאורת לילה במטרה לפקח על בעירת הערמות. מקור החשמל הוא מהיישוב סמוך. קריטריונים לבחירת שטח להקמת המפחמה הם אזור שטוח (ערימת עצים לא מאוזנת תגרום לבעירה לא מאוזנת ועל כן לאיבודי חומר), קירבה לכביש גישה (לקבלת משאיות העצים ולשינוע שקי הפחם) ומקום נמוך (במקומות גבוהים עוצמת הרוח חזקה ומקשה על השליטה על הבעירה האיטית הנדרשת במפחמה). אין חיבור מים ישיר למפחמה. מיכלי המים להרטבת הפחם הם ניידים. מדובר על עבודה קשה ועם הרבה הוצאות ומתווכים עבור תהליך שהיעילות שלו מוערכת בכ- 15%-20%. אם כן מדוע המפחמות עדיין פעילות ונפוצות?

א. רווח כלכלי- בחישוב גס ניתן לומר כי: כריתת 5 טון עצים הינה תמורת העצים עצמם, מהם ניתן להפיק טון פחם הנמכר בכ- 3,000 ₪ (לא כולל השקעת עלות שינוע העצים ושכר הפועלים).

ב. צריכה- במגזר הערבי בשטח שבשליטת ישראל, הביקוש לפחם הוא בכל ימות השנה (ארועים משפחתיים, חגים ומועדים) ובמגזר היהודי הוא בעיקר בהתאם למועדי החגים (פסח, סוכות ועצמאות). לעומת זאת, במגזר הערבי בגדה, צריכת הפחם הינה לצורכי בישול וחימום על בסיס יומי.

המגזר הערבי צורך פחמים באיכות טובה הנשרפים למספר רב של שעות. בארץ, פחמים אלו עשויים בעיקר מעצי הדר. עצי זית ועצי אקליפטוס גם טובים. עצי אבוקדו נשרפים יחסית מהר (גזע רך). פחם מעצי ברוש ועצי אורן הינו פחות איכותי. האיכות הירודה ביותר הוא פחם העשוי משורשי עצים וממכלותא (כל מיני גזעים יחד תוצר של כריתת עצים לגזם). העצים עפ"י הסוגים השונים מגיעים במשאיות נפרדות פרט למכלותא. מרבית מהפחמים המשווקים במגזר היהודי מקורם מחו"ל (כגון מצרים). פסולת גזם שנגרפה מהנילוס ויוצרה במפחמות מיצריות כפחם. הפחם המצרי מגיע למרכזי אחסון בישובים ערביים בישראל (כגון כפר קרע ופרדיס). שם הפחם מועבר לשקיות אחסון מקומיות ומשווק בארץ.

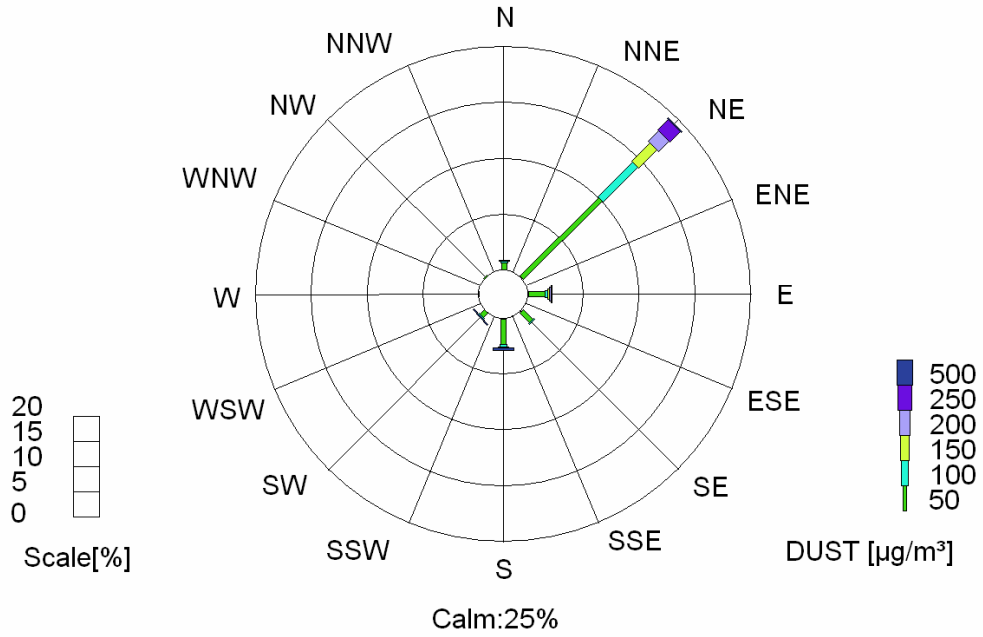
פעילות המפחמות גוברת החל מחודש מאי בהתאם לביקוש ולתנאים המטאורולוגיים (רוח פחות חזקה, חם ויבש) המאפשרים תפעול המפחמות ביתר קלות. בתהליך הייצור במפחמות יש שני שלבים היוצרים את עיקר הזיהום. תהליך ההאצה ותהליך ההאטה. בתהליך ההאצה פוערים פתחי אוויר בתוך ערימת העצים בכדי לזרז את תהליך החימצון מחד, ומאידך, לוודא שהערימה נשרפת באופן אחיד בכל צדדיה. בתהליך ההאצה קיים מטרד של עשן לבן (עקב תכולת אדי המים). עשן זה מכיל גזים מזהמים כגון חומרים אורגנים נדיפים, חלקיקים, תחמוצות חנקן ופחמן חד חמצני. תהליך ההאטה כולל הרטבת הפחם במים לשם קירור כאשר ערימת הפחם כבר מוכנה (טמפרטורה פנימית של הערימה עשויה להגיע ל-260 מעלות צלסיוס). בעת הרטבה במים, נוצר מטרד של עשן שחור המכיל בין היתר חלקיקי פחם. תהליכים אלו מלווים בריח חריף ובלתי נסבל הנישא למרחוק. בניגוד לתהליך האוורור, את הרטבת הפחם ניתן למנוע ע"י איטום ערימת הפחם לשבוע ימים לקירור איטי.

בישובים סמוכים לאתרי מפחמות נגרם מטרד קשה של ריח עשן מחניק החל משעות הערב ועד לשעות הבוקר (איור 3). מדובר בבעיה קשה ממנה סובלים תושבי האזור (ישראלים ופלשתינאים כאחד) וחיילי צה"ל המשרתים באזור. עוצמת המטרד היא כתלות במספר המפחמות (ומשרפות האשפה הבלתי חוקיות) הפועלות בו זמנית, ובתנאים המטאורולוגיים הגורמים לזיהום האוויר להיכלא בתוך שכבת אוויר צרה (עשרות מטרים מעל פני הקרקע) ורוח חלשה המסיעה את זיהום האוויר למרחקים ארוכים (איור 4). מצב מטאורולוגי זה מכונה "אינברסיית קרקע" מתרחש כל השנה, כשעה אחרי השקיעה, לאחר שהקרקע מתקררת, וכשעתיים אחרי הזריחה, לאחר שהקרקע מתחממת. נתוני הרוח מתחנת ניטור ברקאי (סמוך לקיבוץ ברקאי במוא"ז מנשה) מראים כי שכיחות הרוח מכיוון המפחמות לכיוון ישובי מוא"ז מנשה היא 42% מהזמן בשנת 2009 בין השעות 00:22 ועד 00:05 (טווח השעות נקבע בהתאם לשעות התלונות-איור 2). ההנחה היא שהעברת מפחמות מהוודאדיות תפחית את מטרד זיהום האוויר והריח אך לא תפתור את הבעיה לחלוטין.

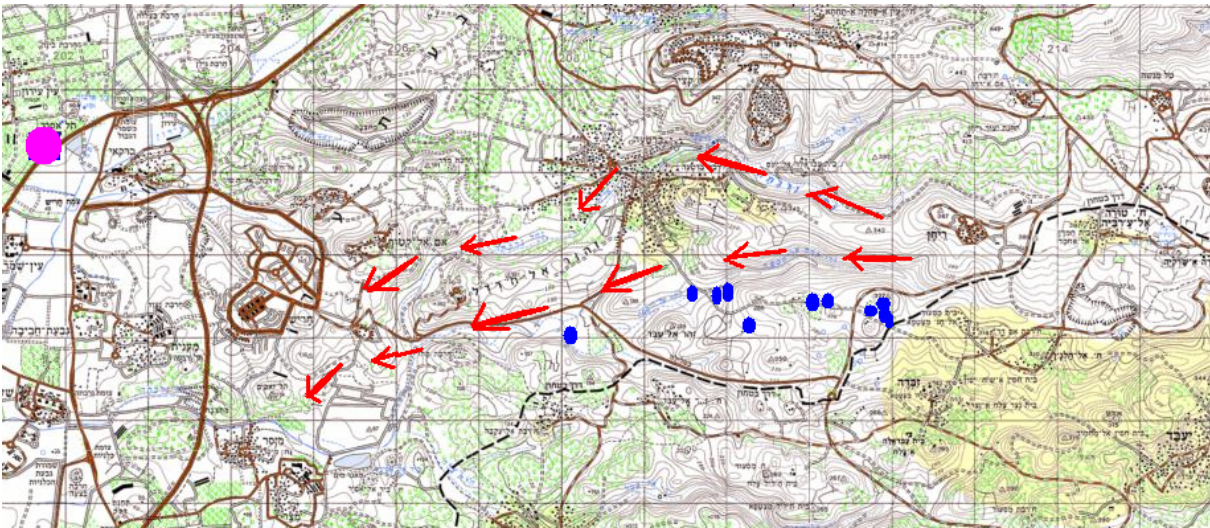
Periodic Pollution Rose BARKAI 01/01/2009 22:00-31/12/2009 05:00

Station:BARKAI

AVG:5 Min. [22:00-05:00]

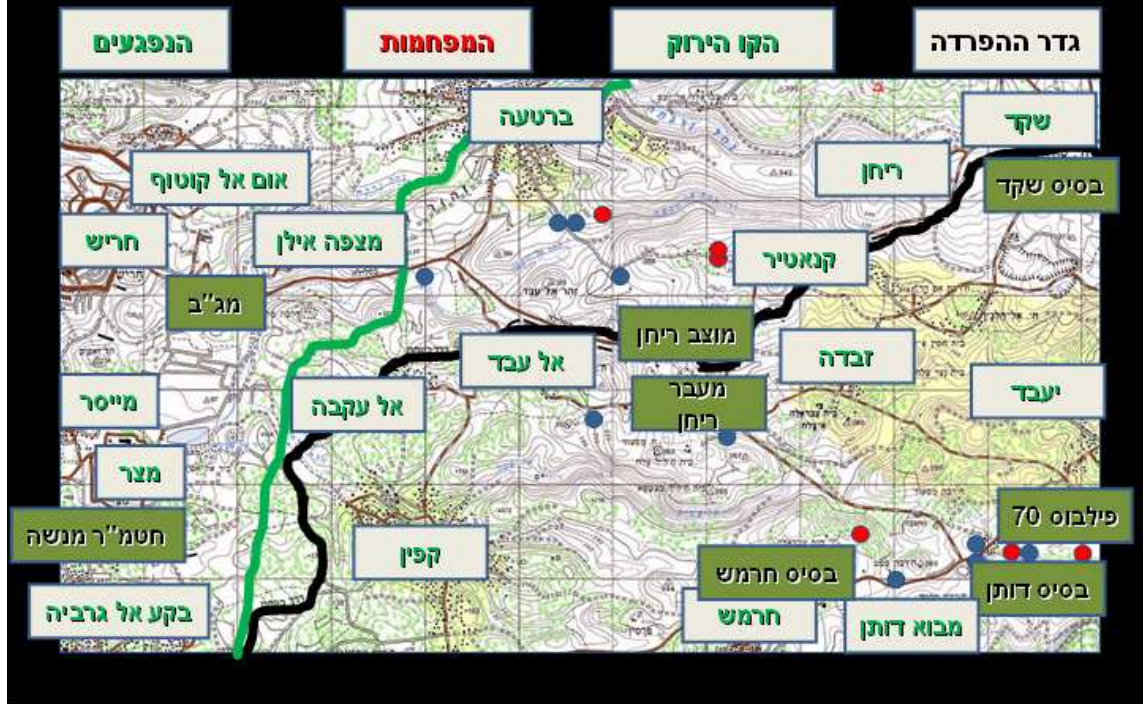


איור 2- ממוצע שנתי של שושנת הרוחות לשעות הלילה מ-22:00 ועד 05:00 מתחנת ניטור ברקאי



איור 3- נתיב הסעת זיהום המפחמות בעת אינברסיית קרקע (לאחר השקיעה ועד לשעות הבוקר המוקדמות) על בסיס עדויות תושבים וסיורים באזור.

מיפוי המפחמות ומרחב ההשפעה



איור 4- מיפוי חלקי של המפחמות, מתוך מצגת תושבי מוא"ז מנשה מתאריך 12.03.10



צילום: חגי פלמר

תמונה 7 – הסעת זיהום אוויר מהמפחמות לעבר בתי התושבים

1.4 מפחמות בעולם:

בתהליך ייצור הפחם, אובדת מחצית מהערך הקלורי של העץ. אם כן, מדוע ייצור הפחם כה נרחב בעולם? העדפה צריכת פחם על פני עץ מורכבת ממספר סיבות: פחם שוקל פחות ותופס פחות נפח מעץ ועל כן נוח לשינוע ואחסנה. בניגוד לפחם, עץ המאוחסן בתנאים לא נאותים פגיע לחרקים ופטריית המורידים את ערכו האנרגטי. פחם הינו דלק יותר מרוכז מעץ, ועל כן, בעת הסקה, הפחם פולט פחות עשן מעץ. סיבה נוספת היא נוחות שבירת הפחם לחתיכות קטנות.

תעשיית ייצור הפחם הינה חובקת עולם, כאשר תהליך הייצור מוערך מעל 40 מיליון טון בשנה (מקור 5). כיום אפריקה היא יצרנית הפחמים הגדולה ביותר כאשר כ-90% מהתוצרת משווקת למשקי הבית המקומיים לצורך חימום ובישול (מקור 12). בניגוד לדעה הרווחת, בהיקף עולמי, תעשיית הפחמים גדלה. בשנת 1992 ברזיל הוגדרה כיצרנית הגדולה ביותר לפחמים (ייצור תעשייתי) עם צריכה עצמית של מעל 7.3 מיליון טון פחמים בשנה (מקור 13). תעשייה נרחבת קיימת גם באמריקה הלטינית, האיים הקריביים וכן באסיה ואירופה (מקור 5). הפחמים הינם מצרך חשוב גם בתהליכי ייצור שונים כגון תעשיית המתכת בברזיל ותעשיית המתכת בדרום וויטנאם (מקור 12). במקרה של נארוק שבקניה, מפחמות הוקמו כמתן מענה לפסולת חקלאית של עצים עקב שינוי בייעוד קרקעות חקלאיות (מקור 13).

מגמת עלייה בדרישה לפחמים הינה עקב תהליך האורבניזציה במדינות עולם שלישי כגון אתיופיה, אוגנדה, זמביה ומוזמביק (מקור 13). דרישה גוברת לפחמים מובילה לדרישה גוברת לעצים. חוסר תמריצים והשקעות לטווח ארוך בתחום ייצור הפחמים, מובילה לכריתת יערות מוגברת ובלתי מבוקרת ולזיהום הקרקעות. סודן וקניה החלו במדיניות מבוקרת לתעשיית הפחמים הכוללת שתילת יערות וקציר מבוקר של העצים (מקור 13). בקניה נמצא כי נטיעת עצים לצורך תעשיית הפחמים הניבה רווח של 40% מעלות הייצור. מאחר ואיכות הפחמים עולה דווקא בגזעים בקוטר קטן (עד 7 ס"מ), ניתן לקצור מטע עצים תוך 3 שנות גידול. בסודן מגדלים מטעי עצים ברוטאציה כל 15 שנה באופן מבוקר (מקור 13).

ברחבי העולם ייצור פחם מתבצע בשני מישורים- בתהליך תעשייתי מבוקר, כגון בארה"ב וקרוואטיה (מקור 2 ו-3) וכן באמצעות מפחמות עתיקות מקומיות כגון בברזיל, סנגל וקניה (מקורות 1 ו-4). השוואת סוגי המפחמות העתיקות במדינות השונות מלמדת כי אמנם קיימים שלל סוגים של מפחמות עתיקות, אך עקרון ייצור הפחם זהה, ויעילותם נעה בין 20%-9%. ניתן לסכם 2 תהליכי ייצור עיקריים באמצעות מפחמות עתיקות: 1. כבשן משוקע בתוך בור (pit kiln) (תמונה 8)

2. כבשן מוערם על פני הקרקע (earth/mound kiln) (תמונה 9)



תמונה 8 – pit kiln בקניה
מקור: /gvikenya.wildlifedirect.org/



תמונה 9 – mound kiln בברזיל

בכל המפחמות העתיקות ייצור הפחם מלווה במטרד עשן וריח. את המפחמות העתיקות מתפעלים אנשים ממעמד הפועלים הנמוך, כולל נערים ונערות. עקב מטרדי זיהום האוויר וחשש לכריתת יערות ופגיעה בקרקעות, בוצעו מספר מחקרים בניסיון לייעל את תהליך ייצור הפחם של המפחמות העתיקות כך שיותאם לתפעול פשוט של הכפריים (מקורות 6 ו-7). משרד החקלאות באיים הקריביים, ערך ניסוי אשר כלל הקמת סוגים שונים של כבשנים לייצור פחם מחומרי גלם פשוטים כגון כבשן בלוקים (brick kilns) כבשן מתכת (metal kilns) וכבשן חימר (clay kilns). כבשנים אלו בעצם מייעלים את תהליך ייצור הפחמים כך שניתן להפיק יותר פחם מאותה כמות עצים. הפחתה בזיהום האוויר עבור אותו סוג עץ ואותם תנאי מזג אוויר, היא כתלות במבנה הכבשן, אמצעי התפעול שלו וניסיון המפעיל. יעילות כבשנים אלו נעה בין 14%-28%.

באנגליה קיימים מפעלים עם כבשני מתכת ניידים לייצור פחם בקנה מידה קטן לצריכה מקומית (מקור 9). תהליך הייצור כולל מספר שלבים (תמונות להלן, עם כיוון השעון). תחילה סידור העץ בתוך כבשן מעוגל ממתכת בקוטר של כ-2.5 מטר וגובה של 1.2 מטר היכול להכיל כ-1.5 טון עץ להפקת 250 ק"ג פחם (יעילות של 17%). לאחר סידור העצים מבעירים את הכבשן באמצעות פחמים בוערים ומניחים את המכסה הנייד לאיטום הכבשן. בשלב הבא מוסיפים ארובות הניתנות להזזה, כאמצעי לאיזון תהליך הבעירה בתוך הכבשן ליצירת בעירה אחידה. הבעירה נמשכת כ-20 שעות ומגיעה לטמפרטורה של 260°C . לאחר שהארובות מפסיקות לעשן (פליטה זיהום אוויר שקופה), מסירים את הארובות ואוטמים את הפתחים באמצעות חופן אדמה. מותירים לכבשן להתקרר במשך 24 שעות. לאחר שהכבשן התקרר פותחים את המכסה ומעמיסים את הפחמים בשקים לשיווק. באנגליה הפחמים משווקים לצרכים שונים ובינם, כדלק לצריכה ביתית, כתוסף לטיוב קרקעות וכחומר גלם בתהליכי ייצור בתעשייה.



קיימות מפחמות מתועשות המאיצות את תהליך ייצור הפחמים כך שתהליך הייצור קצר ביותר. כבשן מאיץ מתבסס על ייצור פחם ללא כניסת אוויר נוספת לצורך בעירה. לאחר הצתת ערימת העצים הראשונה, הטמפרטורה הגבוהה בתוך הכבשן נשמרת עקב בידוד יעיל של הכבשן. המשך הזנת העצים אינה דורשת החדרת חמצן נוסף לעידוד הבעירה, וגזי הפליטה החמים ממשיכים להתפרק כך שבסופו של תהליך, פחות זיהום אוויר נפלט (בעיקר פחות מתאן, פחמן חד חמצני, תחמוצות חנקן וחומרים אורגניים נדיפים (מקורות, 7 ו-16). המפחמות המתועשות כוללות שני סוגי כבשנים מאיצים (retort): אלו אשר תהליך הייצור שלהם מלווה בפליטת זיהום אוויר מופחתת (כבשן מאיץ עם ארובה), ואלו ללא פליטות זיהום אוויר כלל אלא עם תוצר לוואי של רכוז נזולי שומני דמוי זפת (כבשן מאיץ ללא ארובה).

דוגמאות לכבשן מאיץ עם ארובה :

- חברת ICPS- IMPROVED CHARCOAL PRODUCTION SYSTEM או בשמה הנוסף ADAM – RETORT הינה חברה מובילה לייצור כבשנים מאיצים נייחים "מעשנים" פשוטים להפעלה. בשנת 2005, כבשנים אלו נוסו בקניה והתקבלו בהצלחה ע"י תושבי המקום. מדובר על כבשן בלוקים עם נצילות גבוהה של 35% עד 45% לעומת נצילות של כ- 15%-20% של המפחמות העתיקות. לכבשן ארובות לפליטות זיהום האוויר. תהליך הבעירה גורם לפליטת זיהום אוויר מופחתת של פחמן חד-חמצני ותרכובות אורגניות נדיפות. תהליך ייצור הפחם מצטמצם ממספר ימים בשיטה העתיקה לכ- 30 שעות בלבד כאשר תפעול הכבשן מאוד פשוט – מניחים את העצים, מבעירים וסוגרים את הכבשן.



Source: J.C. Adam / Renewable Energy 34 (2009) 1923–1925

תמונה 10- תמונת מפחמה של חברת ICPS בקניה, אפריקה

- חברת CARBO GROUP מהולנד. תהליך הייצור כולל שמירה על טמפרטורה גבוהה ע"י בידוד מתאים. לתוך הטמפרטורה הגבוהה מחדירים כלי קיבול המכיל את גזעי העצים. גזעי העצים מתפרקים ע"י החום (פירוליזה) כאשר גזי הפליטה נפלטים דרך ארובה מרכזית. הכבשן אינו דורש כוח אדם מיומן ויעילותו מוערכת ב- 33%. בהשוואה לגזי הפליטה ממפחמות עתיקות, הכבשן המאיץ של חברת CARBO GROUP פולט ערכי זיהום אוויר נמוכים (טבלה 1).



תמונה 11- כבשן twin-retort system של חברת CARBO GROUP מימין ניתן לראות את שני מיכלי הקיבולת לגזעי עצים (מקור 16).

טבלה 1- ערכי פליטה של כבשן של חברת CARBO GROUP (מקור 16).

Compound	Traditional production (kg/TJ charcoal)	Twin-retort system (kg/TJ charcoal)	Twin-retort system (mg/Nm ³) at 3% oxygen
CH ₄	1000		
NO _x	10	< 6.7	<70
CO	7000	< 4.8	<50
NMVOC	1700		
CH ₄ + NMVOC		< 1.0	<10
N ₂ O	NAV	NAV	NAV
SO ₂	NAV	< 3.9	<40
Particles		< 0.5	<5

הסבר: טבלה 1 מפרטת את סה"כ פליטת מזהמי האוויר (עפ"י סדר הופעתם) – מתאן, תחמוצות חנקן, פחמן חד חמצני, כלל תרכובות ארוגניות נדיפות ללא מתאן, כלל תרכובות ארוגניות נדיפות עם מתן, ניטריט, גופרית דו חמצנית וחלקיקים. עמודה ראשונה משמאל- ערכי הפליטה (ביחידות של ק"ג פליטה לטון ג'אול פחם הנצרך) עבור פחמה עתיקה עם יעילות של 10-15% לעומת הכבשן המתועש (עמודה אמצעית). העמודה הימנית היא תרגום של נתוני הפליטה מהכבשן המתועש ביחידות ריכוז (מיליגרם למטר קוב תיקני- מחושב בערכי לחץ, טמפ' מסוימים וב-3% חמצן).

כבשנים מאיצים ללא ארובה, מיוצרים בעיקר בסין, גרמניה ואוקראינה. השוני בין היצרנים הוא בעמידות הכבשן לאורך שנים ועל כן קיים פער גם בעלות הציוד. כבשן של 9 קוב עץ יכול לספק את הצרכים הכלכליים של מפחמה עתיקה בישראל העובדת על בסיס דונם אדמה המקבילה לכ-10 מפחמות. אין צורך לעבוד על בסיס עונות ואין חשש לאיבוד חומר כפי שמתרחש תדיר במפחמות העתיקות כיום. תהליך הייצור אורך 56 שעות (הזנה רצופה של עצים), עבור אותה כמות פחם שהיו מייצרים ב-8-12 יום במפחמה עתיקה בישראל. פליטת העשן בתהליך הייצור מסוחררת במערכת הסגורה, בתנאי לחץ וטמפרטורה מבוקרים (בקרה קבועה) האוויר מעובה ונפלט כמים שחורים (זפת). ככל הידוע, בעולם, שופכים את הזפת לאדמה ללא טיפול קדם. יש לתת את הדעת על כך, ולבדוק שימוש בזפת כמשאב לצרכים מקומיים. הכבשן פשוט להפעלה (באופן כללי- מזינים את העצים, סוגרים את הכבשן וממתינים). התנורים מיוצרים במגוון גדלים.



תמונה 12. תנורי פחם המשווקים במצרים
בנפחים של 3,4,5,10 מטר קוב

1.5 זיהום אוויר והשפעות בריאותיות ממפחמות

הרכב הכימי של הפחם הינו 80% פחמן מקובע, 24% חומרים אורגנים נדיפים, 4% אפר 0.53% חנקן ו- 0.01% גופרית (מקור 11). בתהליך ייצור הפחם, תוצרי הלוואי של תהליך הפירוליזה (פירוק כימי ע"י חום) של העצים תלוי בסוג ומבנה המפחמה, טמפרטורת הפירוליזה, אחוז הלחות בעץ וסוג העץ (מקורות 10 - 11). בתהליך הפירוליזה במפחמה עתיקה נפלט בעיקר: פחמן דו חמצני (CO₂), תוצרי לוואי של שריפה לא שלמה - פחמן חד חמצני (CO), מתאן (CH₄), תרכובות אורגניות-ללא מתאן (TNMOC) וכלל חלקיקים מרחפים (TSP) (מקורות- 7,16,17). חשיפה למזהמי אוויר אלו (כתלות בריכוז וזמן החשיפה) עלולה לגרום למגוון תופעות בריאותיות כגון כאבי ראש, סחרחורות, ולפגיעה בדרכי הנשימה באוכלוסייה רגישה (אסמטים, ילדים וזקנים). בשנת 2001 נערך מחקר העוסק בחשיפת עובדי המפחמות לזיהום האוויר מתהליך הייצור בכריתים (מקור 12). נמצא כי פליטות זיהום האוויר מתהליך הפירוליזה הגבירו את סימפטומים למחלות נשימה והריעו את תפקוד הריאות של עובדי המפחמה. בשנת 1999, המשרד להגנת הסביבה האמריקאי USEPA- ערך מחקר נרחב בנושא פליטות זיהום אוויר ממפחמות עתיקות. תוצאות פליטת זיהום האוויר ממפחמות אלו ניתן בטבלה 2 להלן כאשר המפחמה המסומנת מדמה מפחמה עתיקה בישראל מבחינת יעילות השריפה, אך לא מבחינת סוג העץ הנשרף.

טבלה 2- השוואת פליטות זיהום אוויר ממפחמות עתיקות (מקור 17), ערכי פליטה בגרם לק"ג תוצר של פחמים. פירוט המזהמים בטבלה 1 בתוספת פחמן חד חמצני (CO₂) חלקיקים מסומן כ-TSP זפת (Tars)

Study	Kiln Type	% Charcoal Yield (Charcoal Mass/Dry Wood Mass)	Emission Factors, g of Pollutant per kg of Charcoal Produced							Condensables (Tars and Oils)
			CO ₂	CO	CH ₄	TNMHC or TNMOC	N ₂ O	NO _x	TSP	
Present study	Kenyan Earth Mound 1	22.6	1992	207	35.2	90.3	0.12	0.087	41.2	---
Present study	Kenyan Earth Mound 2	21.6	3027	333	46.2	94.9	0.30	0.130	34.1	---
Present study	Kenyan Earth Mound 3	28.0	1787	240	47.9	93.8	0.16	0.035	25.0	---
Present study	Kenyan Earth Mound 4	31.1	1147	195	61.7	124	0.084	0.045	38.7	---
Present study	Kenyan Earth Mound 5	34.2	1058	143	32.2	60.1	0.068	0.021	12.8	---
Present study	Brazilian Hot-tail (brick beehive)	34.1	1382	324	47.6	80.9	0.045	0.028	---	---
Present study	Brazilian Surface (round brick)	28.7	1533	373	56.8	45.9	0.051	0.014	---	---
Present study	Brazilian rectangular with tar recovery	36.4	543	162	36.5	23.9	0.011	0.0054	---	---
Smith et al. [1999]	Thai brick beehive (ave. of 3 runs)	33.3	966	162	31.8	29.7	0.017	---	1.90	58 ^a
Smith et al. [1999]	Thai mud beehive (ave. of 3 runs)	30.8	1235	158	21.7	19.9	0.021	---	0.69	63 ^a
Smith et al. [1999]	Thai single drum (ave. of 3 runs)	29.4	1517	336	57.7	71.5	0.026	---	4.19	66 ^a
Smith et al. [1999]	Thai Earth mound (ave. of 3 runs)	29.8	1140	226	27.7	95.3	0.046	---	2.25	65 ^a
Smith et al. [1999]	Thai rice husk mound (ave. of 3 runs)	29.7	1570	106	12.7	8.5	0.084	---	0.81	65 ^a
Brocard et al. [1996]	African Earth mound	27.6	1593	254	39	7.2 (as C)	0.11	0.24	14 (as C)	---
U.S. EPA [1995]	Missouri	---	550	145	55	80 ^b	---	12	---	155 ^c
IPCC [1997]	(World average)	20.8 ^d	---	210	30	51	---	0.3	---	---
Shah et al. [1992]	Metal partial-combustion kiln	32.7	1192	336	---	72 ^e	---	---	---	133 ^f

^aValue derived from the average of two condensable emissions tests (one Thai Earth mound kiln and one Thai brick beehive kiln).

^bDerived by subtracting CH₄ from the emission factor given for volatile organic compounds (VOC).

^cTSP was included in the condensables.

^dConverted to a dry basis by assuming 20% moisture in wood.

^eCH₄ included in the TNMOC column.

^fSum of CH₄, ethane, and ethene.

^gSum of tars, phenols, and furfurals.

1.6 סיכום והמלצות:

ייצור פחם באמצעות מפחמות עתיקות הינו מקור פרנסה מקובל בארץ כבעולם. עם זאת, ברור לכל כי מדובר במטרד זיהום אוויר קשה ממנו סובלים תושבים המתגוררים בסמיכות למפחמות עתיקות, ישראלים ופלשתינאים כאחד. במספר מדינות בעולם, מטרד זיהום האוויר, זיהום הקרקע ודילול היערות עקב פעילות מפחמות עתיקות הוביל לחקיקה מוסדרת. בארץ, המפחמות העתיקות גורמות למטרד זיהום אוויר חמור ואף לזיהום הקרקע.

להלן מספר המלצות להפחתת מטרד המפחמות בארץ (נספח 1 מפרט את הכלים המשפטיים לאכיפת מטרד המפחמות באדיבות עו"ד אורי לוי):

1. מיסוד תהליך פינוי גזם עצים באופן שיחייב את בעל המטע להנפיק אישור למשרד הממשלתי הרלוונטי (המנהל האזרחי/ משרד החקלאות/ משרד להגנה"ס) להוצאת הגזם לאזור מורשה
2. הקצאת אזורים מורשים לסחר בגזם באופן שיאפשר ביקורת על כמויות הגזם הנסחרות
3. בדיקת התכנות רפורמת מפחמות (על משקל הרפורמה ברפתות) להגדרת אזורי עבודה מורשים לייצור פחמים תוך עמידה בערכי סביבה (אוויר, קרקע ומים) לרבות שימוש באמצעים טכנולוגיים שימצאו מתאימים לתנאי הארץ. האמצעים הטכנולוגיים יותאמו להגדרות ה- CDM (מקור 14) למתן תמריץ כלכלי. הפתרון הטכנולוגי ייבחן ויאושר על ידי הגורמים הממשלתיים הרלוונטיים.
4. מפחמות הפועלות באופן בלתי חוקי המהוות מטרד סביבתי יסגרו ויפוננו על פי חוק.
5. דרישה מהמנהל האזרחי ומקק"ל לבצע בדיקה להקמת מפחמות בשטחן ומתן הוראה מפורשת לאיסור השכרת שטחים ציבוריים לצורכי מפחמות.
6. דרישה משרד התמ"ת לבדיקת היקף ייבוא/ייצוא פחמים.

ניתן לומר כי יש הסכמה בין כל הגופים ובינם- המשרד להגנה"ס, המנהל האזרחי וצה"ל, בעניין מטרד זיהום אוויר בלתי סביר עקב פעילות המפחמות בתוך שטח ישראל ובשטח הרשות הפלסטינית. רגישות הנושא ברורה ובהתאם לכך לוח הזמנים לפתרון הבעיה. עם זאת, כשלב ראשון, בכדי לאפשר איכות חיים בסיסית, על להסדרת פתרון מערכת, תושבי האזור דורשים בדיקת אפשרות הזאת מפחמות המהוות מטרד ישיר וברור לאזורי מגורים סמוכים

בהמשך למפגשים שיזמו תושבי האזור עם הגופים המפקחים (מנהל האזרחי, המשרד להגנה"ס וצה"ל), הוחלט על ביצוע מדידות איכות האוויר באזור. תושבי האזור, אשר בפועל עוקבים אחר פעילות המפחמות על בסיס יומי ומתעדים את אשר נעשה בשטח, דורשים המשך שיתוף פעולה בעניין אופן ביצוע המדידות הסביבתיות, למתן חוות דעת על תקופת המדידה ומיקום נקודות המדידה, באופן שישקף נאמנה את מטרד זיהום האוויר והריח מהמפחמות.

נספח 1

דוגמאות לכלים משפטיים להתמודדות במטריד המפחמות

נתבקשתי לפרט מהם הכלים המשפטיים העומדים לימינם של גורמי האכיפה בבואם להתמודד עם מטריד המפחמות בפתחת נחל עירון. יודגש כי מסמך זו מהווה טיוטה ראשונית ואין בו משום חו"ד משפטית או ייעוץ לפעול בדרך זו או אחרת. עוד יודגש כי מסמך זה אינו נפרט את הסעדים העומדים לימינם של הרואים עצמם נפגעים ממטריד המפחמות (הן במישור הפלילי והן במישור הנזיקי) והוא מתמקד בפעולות שהרשויות יכולות לנקוט למיגור המטריד.

א. התניית מתן אישור לכריתת פרדסים

אישור לכריתת פרדס יינתן רק לאחר הצגת אישור כי גזעי העץ ישווקו לאזור/קבלן מורשה (שיטת הפיקוח על פסולת הבנין כחלק במתן היתרי בניה).

ב. הסדרת פינוי הגזם בישראל

ברוח הוראת חוק מניעת שריפות בשדות תש"י 1949 האוסר על שריפת גזם חקלאי ללא רשיון ואשר נאכף ע"י יחידת הפיצוח במשרד החקלאות, יש להסדיר בחוק את פינוי הגזם כך שרק אדם בעל רשיון יוכל לפנות גזם ולשנע אותו (באופן דומה לאיסור הובלת גז בלא רשיון כפי שקובע חוק הגז (בטיחות ורישוי), תשמ"ט-1989).

יש לפעול להקמת אתרים שמטפלים בפסולת גזם העץ (בדומה לשיטת הרפורמה ברפתות).

ג. אכיפת איסור העברת גזם עצים לשטחים

יש לאכוף את הוראת צו האלוף צו בדבר העברת טובין (יהודה ושומרון) (מספר 1252) התשמ"ח 1988 האוסר על העברת גזם עץ לשטחים.

ד. העלאת המכס על ייצוא וייבוא של פחם

יש להחמיר את המיסוי על ייבוא וייצוא של חומרי הגלם והפחם (ובכלל זה לחזק את סמכויות התפיסה, החילוט והחרמה) בדומה למוצרי הטבק והסגריות שהם כפי שהוגדר בתזכיר חוק לתיקון פקודת המכס 2002: "מוצרים עתירי מס".

ה. סגירת מפחמות הפועלות על קרקע פרטית/ מדינה שאינה בבעלותם

יש לבדוק האם המפחמות פועלות על קרקע השייכת ע"פ דיני הקניין החלים באיזור לבעלי המפחמות או לאדם שמשכיר את הקרקע לטובת הפעלת המפחמות

ו. הסדרה ורישוי העיסוק בהפעלת מתקנים לייצור פחם

לא יפעיל אדם מפחמה ולא יעסוק בייצור, שיווק, הובלה, ו/או מכירה של פחם מסוג ובאופן שנקבע בתקנות, אלא אם כן הוא בעל רשיון שניתן לו לפי חוק. המבקש להיות מפעיל מפחמה יגיש בקשה לשר להגנת הסביבה / קמ"ט איכות סביבה לקבל רשיון ויכלול בה פרטים ומסמכים כפי שקבע השר.

ז. תנאים למתן רשיון להפעלת מפחמה

השר / קמ"ט רשאי לתת למבקש רשיון להפעלת מפחמה אם נתקיימו בו תנאים אלה:

- (1) מיקום המפחמה אינו מצוי בתחום של 20 ק"מ ממקום יישוב.
- (2) התבצע סקר משטר רוחות אשר קבע כי המפחמה אינה מסכנת מקום יישוב המרוחק 20 ק"מ ממקום המפחמה.

החלטה בבקשה:

(א) סבר השר / הקמ"ט כי יש להיעתר לבקשה כאמור בסעיף 2, יתן למבקש רשיון הפעלת מפחמה לעסק מן הסוג שיצויין בו או לסחר בפחם מן הסוג שיצויין בו, הכל לפי הענין, והוא רשאי להתנות תנאים ברשיון.
(ב) סבר השר / הקמ"ט כי אין להיעתר לבקשה, יודיע למבקש את נימוקיו ויתן לו הזדמנות נאותה להשמיע את טענותיו, לפני מתן החלטתו.

(ג) בבואו להחליט בדבר מתן רשיון לפי סעיף זה, יביא המנהל בחשבון שיקולים הנוגעים לשלום הציבור ובריאותו, לאחר שקיבל חוות דעת מהמשרד להגנת הסביבה או מגורמים מקצועיים מוסמכים אחרים, לפי הענין.

רשימת מקורות

(לבעלי עניין- המקורות זמינים אצל רובי ולינס)

1. African Regional Implementation Review for the 14th Session of the Commission on Sustainable Development (CSD-14)..Report on Atmosphere and Air Pollution, 25pp
2. Charcoal Industry in the U.S.A., A. J. Baker, 15pp(1985)
3. FAQ TCP 3101: Economic Aspects of Charcoal in Croatia (2008)
4. World at work: Charcoal producing industries in northeastern Brazil (2010)
5. Charcoal production in developing countries (a presentation) (2007)
6. Low cost retort kiln ICPS (Improved Charcoal Production System) - [http:// biocoal.org/3.html](http://biocoal.org/3.html)
7. Annex IX_J Asusuncao-Charcoal Production, 25pp
8. Comparing simple charcoal production technologies (1984).
9. <http://www.localcharcoal.co.uk>
10. The environmental implications of emissions from charcoal production (1994)
11. FAQ TCP 3101: Environmental Aspects of Charcoal in Croatia (2008)
12. Short-term Effects of Wood Smoke Exposure on the Respiratory System Among Charcoal Production Workers, Tzanakis, 8pp (Chest 2001)
13. Lessons from eastern Africa's unsustainable charcoal trade (World Agroforestry Centre 2006)
14. Avoidance of methane release from charcoal production by shifting from pit method to mechanized charcoal process (CDM –Executive board 2006)
15. Emissions of air toxics from a simulated charcoal kiln equipped with an afterburner (2001) project summary –USEPA
16. Charcoal production with reduced emissions (2002) Carbo Group charcoal production technology.
17. Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil (2001) Journal of geophysical research Vol. 62 pp 24,143-24,155

2. מטרד זיהום האוויר ממשרפות



המפה באדיבות יוסי כהן

באזור ברטעה קיימות מספר משרפות בלתי חוקיות (מפה לעל). מדובר על שטחי קרקע פתוח בהם מתבצעת באופן שיטתי שריפה של פסולת מכל הסוגים – ביתית, גושית, רטובה ויבשה, כולל צמיגים (להלן תמונות מהשטח באדיבות יוסי כהן). השריפה מתבצעת לסירוגין במשרפות השונות, באופן בלתי מבוקר. מעת הבערת המשרפה, הבעירה עלולה להימשך אף שבוע ימים, מלווה בעשן של זיהום אוויר מלווה בריח מחניק. לא ברורה תכולת החומרים המזיקים הנפלטים בעת שריפת הפסולת. בנוסף, אזור המשרפות מכוסה בערב רב של פסולת המעלה צחנה, ומהווה מקור לתשטיפים רעילים הזורמים לכיוון וואדיות הנחלים ולזיהום הקרקע. עד כה לא התבצעה אכיפה נגד משרפות אלו. נדרש לסלק משרפות פיראטיות אלו על פי חוק, להפסקת זיהום האוויר, הנחלים והקרקע.

דוגמא לזיהום אוויר ממשרפה בודדת מזרחית לברטעה



זיהום הקרקע בפסולת מכל הסוגים כולל צמיגים. ממשרפה באזור ברטעה



זיהום הוואדי במים מזוהמים, אתר משרפה באזור ברטעה

