



סיכום דיון: אבק אפר פחם בבקרת גהות תעסוקתית וסביבתית

דיון צוות מקצועי-מדעי בהשתתפות מומחים מחו"ל

סדנת היבטים סביבתיים של שימושי אפר פחם

תל אביב, 16.12.09

משתתפים (דוברים מצוטטים): דר' יעקב נתן, דר' אשר פרדו, דר' אריאל מצגר, יועץ דויטש,

Dr. Ruud Meij, Dr. Bob Finkelman, Dr. Ing. Hans-Joachim Feuerborn

מסמכי רקע : מצע דיון 16.12.09

תקצירי הרצאות בסדנה

מצגות ההרצאות בסדנה

סקירת תקני אבק בעולם

נושאי הדיון :

- א. הערכת הסיכון בחשיפה לאבק אפר פחם מרחף.
- ב. תקפות הגדרת אפר פחם בתקנות אבק בישראל לאור הגדרתו בתקנות אבק במדינות אחרות.

הצגת נושאי הדיון

אפר פחם נחשב בישראל כאבק מזיק כהגדרתו בתקנות הבטיחות בעבודה: "אבק העלול לגרום למחלות ריאה הידועות בשם פנוימוקוניוזיס או לנזק בריאותי אחר שמקורו בחומר". הגדרה זו מסתמכת על תכולת הקוורץ (סיליקה גבישית) באפר ועל העובדה שחשיפה לסיליקה גבישית חופשית בריכוז גבוה באבק בר נשימה עלולה לגרום למחלות ריאה וסיליקוזיס.

הגדרה זו נבחנה בדיון בשתי השאלות הבאות :

1. האם הקוורץ באבק האפר פעיל ביולוגית במגע עם רקמת הריאות?

התשובה שניתנה לכך בדיון היא כי למעשה לא. בבדיקות שנערכו באבק אפר פחם מרחף בתחנת כח בישראל נמצא אמנם כי ריכוז הקוורץ במקטע הנשאף (inhalable – מתחת ל- 200 מיקרון קוטר אווירודינמי) הוא 2.3% - 4.3% ובמקטע הננשם (respirable – מתחת ל- 10 מיקרון קוטר אווירודינמי) הוא 2.5% - 2.9%. אולם בשל ריאקציות כימיות המתרחשות בטמפרטורת השריפה בדרגות (1500°C) מרבית הקוורץ מצופה באלומינו-סיליקט ואחוז הקוורץ החופשי (החשוף) במקטע בר הנשימה, על פי בדיקות דר' יעקב נתן במכון הגיאולוגי אינו עולה על 1%. לפיכך פני השטח של מרבית הקוורץ אינם באים במגע עם רקמת הריאות.

2. האם הגדרת אבק מזיק בארץ עקבית עם המקובל בעולם?

במדינות אחרות מוסכם שאבק אפר פחם אינו נחשב מזיק. OSHA בארה"ב אינה מכלילה אפר פחם ברשימת החומרים המסוכנים; בהולנד ומדינות אחרות, אפר פחם מוגדר כאבק מטריד; באנגליה, לפי תקנות COSHH, סף החשיפה התעסוקתית לאפר פחם זהה לזה של אבק מטריד כגבס, צלולוזה ועמילן ומכאן שאפר הפחם מוגדר למעשה כאבק מטריד. הסיבה לכך היא ההסבר שניתן לעיל.

תקנות בטיחות בעבודה (אבק מזיק) בישראל מגדירות כמסוכן חומר המכיל כמות כל שהיא של סיליקה גבישית חופשית, גם כאשר ריכוז זה באבק בר נשימה נמוך מ- 1%, בניגוד למקובל בעולם כאמור לעיל. כדי שממצאי דר' יעקב נתן (המכון הגיאולוגי) יביאו לשינוי בהגדרה זו, על משרד התמ"ת לאמץ את ההערכה המקובלת בעולם שאינה מייחסת סיכון למחלות ריאה בחשיפה לאבק המכיל פחות מ- 1% קוורץ חופשי. יתר על כן, כאשר לא עושים הפרדה בין הקוורץ המכוסה לקוורץ החשוף, יכולים לקבל בטעות הערכת יתר לריכוז הקוורץ הפעיל ביולוגית באפר המרחף, וכתוצאה מכך גם הערכת יתר לריכוז הקוורץ הפעיל ביולוגית



באוויר. יש גם לציין בהקשר זה כי באמצעי המדידה הקיימים כיום קשה להפריד טכנית בין הקוורץ שמקורו באפר לקוורץ ממקורות אחרים בסביבה. לכן לא ניתן להסתמך על כלי הבקרה התעסוקתית המקובלים להערכת הסיכון שמקורו באפר לעובדי תחנות הכח או עובדים באתרים בהם נעשה שימוש באפר פחם.

עיקרי הדברים בדיון¹:

(KEMA, The Netherlands) Dr. Ruud Meij

- מחקרי KEMA הוכיחו כי אין סיבה להתייחס לאפר מרחף בהערכות הסיכונים כאבק מזיק. תהליך הרישוי לאפר בהולנד הסתמך על ממצאים אלה בקביעה שלא קיים סיכון בריאותי בחשיפה לאבק אפר פחם כל עוד עומדים בדרישות לאבק מטריד בסביבת התעסוקה, ושיש ליישם את התקנים לאבק מטריד לאפר פחם מרחף.

דר' יעקב נתן (המכון הגיאולוגי)

- לא נכון להעריך את תכולת הקוורץ האוויר ע"י מדידת אחוז הקוורץ בחומר. מה שצריך למדוד, כמו שדר' Meij הציע, זה את הריכוז במיליגרם למ"ק אוויר, מפני שגם אם יש מעט אבק יכול להתקבל אחוז גבוה של קוורץ, אך עדיין מדובר במעט קוורץ. כך שהדרך הנכונה להעריך את הסיכון הסביבתי-בריאותי היא למדוד את הכמות המוחלטת של קוורץ באבק האפר. זו צריכה להיות הרגולציה ההגיונית.
- בדיקת אפיון הראתה שאפר תחתית הוא אינרטי ולכן הוא ללא ספק לא מהווה בעיה בנוגע לקוורץ, הן בר שאיפה והן בר נשימה.
- מאחר ואנו משתמשים בפחם ממקורות כבמדינות אחרות (הולנד), עלינו לאמץ את התקנות במדינות אלה המגדירות את האפר כאבק מטריד.
- תקנות אבק מזיק מכלילות כיום בהגדרת סיליקה גבישית קוורץ, פחם, אפר פחם ובזלת. ממליץ להוציא בזלת ואפר פחם מהקטגוריה הזו של סיליקה: בזלת מפני שאינה מכילה קוורץ, ואפר פחם מפני שהקוורץ בו אינו פעיל. כלומר, ריכוז הקוורץ באפר אינו רלבנטי מפני שאם איננו פעיל הוא לא יגרום נזק כקוורץ. מסיבות אלו אני חושב שהאפר צריך להיות מסווג כאבק מטריד ולא מזיק.
- צריך להפריד בין עובדים הבאים במגע ישיר עם אפר לעובדים אחרים שלא באים במגע ישיר עם האפר כמו העובדים בתחנת הכח. העובדים עם אפר צריכים להשתמש באמצעי הגנה המתאימים לחשיפה לאבק, כגון מסכות. עבור הציבור הכללי אני חושב שהאפר צריך להיות מוגדר כאבק מטריד.

דר' אריאל מצגר (חברת החשמל)

- חייבים לבטל את ההכללה של אפר פחם ואסבסט תחת אותן תקנות. אפר מרחף הוא אבק מטריד ולא מזיק. אנחנו צריכים לאמץ משהו שכבר הוחלט עליו במדינות אחרות שהשקיעו במחקר הרבה יותר מאיתנו. המחקר שלנו מאשר את התוצאות שהתקבלו מעבודות אחרות ולא רק בהולנד. קבוצת מחקר בלקסינגטון בקנטאקי ארה"ב, הגיעה

¹ פרטיכל הדיון בנספח. במקור באנגלית ו/או בעברית. עריכה מתמלול ההקלטה ע"י דן שריקי.



לאותן מסקנות, שהקוורץ בחלקיקים ברי נשימה מצופה בפאזה אלומינוסיליקטית אמורפית, ולפיכך מאבד את היכולת לגרום לסיליקוזיס.

יועץ דייטש (המכון הגיאולוגי)

- חלקיקי קוורץ באבק אפר מרחף מצופים, וככל הידוע לי רק שטח פנים חשוף של סיליקה גבישית יכול לגרום למחלות. כך שאין להסתכל רק על הכמות של הקוורץ באבק אלא גם על אופיו באבק. הגיע הזמן להוציא את האפר המרחף מתקנות לחומרים מסוכנים ולהגדיר אותו כאבק מטריד.

(ECOPA, European Community) Dr. Ing. Hans-Joachim Feuerborn

- בישראל שורפים אותם סוגי פחם כבמדינות אחרות. נתון זה צריך להביא לידיעת הרגולטורים כשמבקשים להסתמך על הניסיון בנושא הנדון. התוצאות שהוצגו ע"י יעקב נתן ו- Ruud Meij מראות שבהתייחס לקוורץ, עלינו להתמקד בזה שהמורפולוגיה ופני השטח במיוחד, אינם גורמים להשפעות פיברוגניות. יש להתייחס גם לתהליך יצירת האפר: הפחם נשרף בתחנות הכח בטמפרטורות גבוהות, וזה אומר שהקוורץ, בין אם הוא מכוסה ע"י חלקיקי פחם או זמין כחלקיק בודד, גם במקטע בר-נשימה, הוא מטופל תרמלית. לפי הבנתי זה טיעון טוב מאוד האומר שגם אם יש חלקיקי קוורץ נשימים, יש להסתכל על פני השטח שלהם ולראות שהם לגמרי שונים.

(USGS, University of Texas in Dallas, USA) Dr. Bob Finkelman

- תכולת הקוורץ באפר מצטמצמת מכיוון שחלק ממנו מגיב עם החרסיות ליצירת פאזה אלומינוסיליקטית אמורפית.
- מידעת ההרכב המינרלוגי של הפחם ניתן להסיק מה ההרכב המינרלוגי הצפוי של האפר המרחף, וזאת דרך חישוב היחס של סיליקה לאלומינה בפחם הנותן מידע לגבי היחס של קוורץ לחרסית. כאשר היחס שבין סיליקה לאלומינה הוא 1:1, אין קוורץ באפר פחם.

דר' אשר פרדו (המוסד לבטיחות ולגהות; אוניברסיטת תל-אביב)

- החשיפה לסיליקה לא צריכה להישפט עפ"י אחוז הסיליקה באבק אלא ע"פ הריכוז באוויר.
- ACGIH בארה"ב מגדיר סף חשיפה תעסוקתי (OEL) לאבק מטריד בריכוז של 10 מ"ג/מ"ק אוויר. אני לא בטוח שצריך לתת סף חשיפה זה לאפר, אבל בכל מקרה אין לסווג אותו כאבק מזיק.
- היה רצוי למצוא שיטה או טכניקה המאפשרת באופן מעשי-רגולטורי לזהות את ריכוז הקוורץ החשוף באפר, כלומר, זה שאינו מצופה באלומינוסיליקט, וכן מעבדה שתוכל לבצע אנליזה כזו. במידה וזה לא ניתן, עלינו לבדוק קוורץ במקטע בר נשימה מייצג.
- סיווג אפר פחם כאבק מזיק צריך להשתנות ויש להוציא אותו מתקנות אבק מזיק ולהכניס אותו במסגרת תקינה או קטגוריה אחרת. השאלה שנותרה פתוחה היא כיצד לסווג את האפר והאם לקבוע לו סף חשיפה תעסוקתי כשל אבק מטריד או סף ייחודי.



בסיכום הדיון ניתן לקבוע כי

1. הקוורץ באפר פחם אינו פעיל ביולוגית כי מרבית פני השטח שלו אינם חשופים אלא מצופים באלומינוסיליקט, זאת בשל שריפת הפחם בטמפרטורות גבוהות והטיפול תרמלי שעובר הקוורץ בפחם. תופעה זו מובהקת באבק בר הנשימה בשל הפעילות הכימית המוגברת על פני השטח הגדולים יחסית של החלקיקים.
2. בהסתמך על הממצא הנ"ל ישנה תמימות דעים להוציא את אפר הפחם מתקנות אבק מזיק. לדעת מרבית הדוברים יש להחיל עליו תנאים של אבק מטריד. מנגד הוצע לשקול הגדרה וסף ייחודיים לאבק אפר פחם. אולם להצעה זו אין אסמכתה וקריטריון בינלאומיים כנדרש בתקינה הישראלית.
3. הערכה נכונה של כמות הקוורץ באבק האפר צריכה להתבסס על ריכוז הקוורץ במיליגרם למ"ק אוויר ולא על אחוז הקוורץ בחומר.
4. מומלץ לקבוע נוהל דיגום אוויר המשקף ככל האפשר אבק שמקורו באפר פחם בלבד. בהעדר שיטה תקנית להבחנה בין קוורץ מצופה וחשוף בדגימה, מוצע להסתמך על ממצאי אנליזות SEM במקטע בר נשימה באפר עצמו ולגזור מהם הערכה של הקוורץ החשוף באבק.

מעמד אפר פחם בתקנות בישראל לעומת העולם

ארה"ב

בתקני OSHA אפר פחם לא מוזכר ברשימת החומרים המסוכנים² שיש הגבלה לריכוזם באוויר. בתקן אחר של OSHA לאבק מינרלי³ מצוינים ערכי סף לאבק מטריד או אינרטי של 5 מ"ג/מ"ק אוויר ו- 15 מ"ג/מ"ק אוויר לאבק בר נשימה ואבק כללי (בר שאיפה), בהתאמה. באותו תקן נקבע כי חומר שאין מידע טוקסיקולוגי זמין לגביו אינו מצוין במפורש ברשימת החומרים המסוכנים אשר נקבעו להם ערכי סף ייחודיים והוא כפוף לערכי הסף לאבק מטריד/ אינרטי. אפר פחם אינו נכלל ברשימה לעיל ועל כן ניתן להסיק שההתייחסות אליו בארה"ב היא כאל אבק מטריד.

מסקנה זו צריכה חיזוק בבחינת התאמת אפר פחם להגדרה ולתנאים של OSHA לאבק מטריד או אינרטי. בסקירת מסמכי OSHA לא נמצאה הגדרה מפורשת לאבק מטריד/אינרטי (בניגוד להגדרה קיימת עפ"י ה- ACGIH), אולם מסמך של OSHA הדן בערכי PEL (Permissible Exposure Limit) המוצעים לחומרים השונים⁴ קובע בדומה לדברים שצוינו בפסקה הקודמת, כי כל החומרים שאינם נכללים ברשימת החומרים המסוכנים, ניתן לסווגם כ- (PNOR) Particulates Not Otherwise Regulated, שהחשיפה להם גורמת להשפעות פיזיות שונות ואין מידע זמין באשר לרעילותם. ההשפעות הפיזיות כוללות גירוי בעיניים ובמערכת הנשימה העליונה, הפרעה לראייה והצטברות חלקיקים בעיניים, באוזניים, באף ובפה.

תקנות האבק בישראל מאמצים את תקני ACGIH. לגוף זה קיים תקן לאבק מטריד- (PNOS) Particulates Not Otherwise Specified. קיימת התאמה בין תכונות האפר לתכונות אבק מטריד לפי PNOS, והיא נדונה ע"י ד"ר אשר פרדו בסקירתו בסדנת "היבטים סביבתיים של שימושי אפר פחם" של מנהלת אפר פחם⁵, ולפיה אפר פחם אכן עונה על הגדרות PNOS (להוציא התייחסות לריכוזי היסודות הרדיואקטיביים באפר).

² קישור לרשימה במסמך תקני אבק בעולם המצורף למצע הדיון (הערה 3 במצע).

³ ראה הערה לעיל.

⁴ Health Effects Discussion and Determination of Final PEL

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=PREAMBLES&p_id=770

⁵ תקצירים בחומר הרקע לסדנה (באנגלית).



גם ב- NIOSH אין איזכור מפורש לאפר פחם, אולם קיימים ערכי סף ל- PNOR והם זהים לאלה של OSHA. ההשפעות הבריאותיות של חשיפה ל- PNOR לפי NIOSH הן: גירוי בעיניים, בעור, בגרון ובמערכת הנשימה העליונה. לעומת זאת, ההשפעות הבריאותיות כתוצאה מחשיפה לאבק סיליקה גבישית בר- נשימה לפי NIOSH הן קיצוניות ונרחבות יותר וכוללות גם קשיי נשימה, ירידה בתפקוד הריאות, סיליקוזיס וסיכון לחלות בסרטן.

אנגליה

גם בתקנות הבריטיות שנסקרו על ידינו לא כתוב במפורש מהו אבק מטריד או אינרטי, ולא מצוינים ריכוזים מותרים לאבק זה. מאידך, במסמך של ה- HSE⁶ נקבעו ערכי סף מוגדרים לאפר פחם מרחף (Pulverized Fuel Ash) של 10 מ"ג/מ"ק אוויר לאבק כללי ו- 4 מ"ג/מ"ק לאבק בר-נשימה החופפים את הערכים המרביים שנקבעו לאבק מכל סוג שהוא (dust of any kind) בתקנות COSHH⁷. אבק בריכוזים החורגים מערכים אלה, מוגדר בתקנות כמסוכן לבריאות. עם זאת, הואיל ובמסמך HSE מפורטת רשימת הסיכונים הכרוכים בחשיפה לחומרים שונים להם נקבעו ערכים מרביים באוויר, ואילו לחשיפה לאפר לא מיוחס סיכון מוגדר, כמו גם ליתר החומרים להם נקבעו ערכי סף כשל האפר, ניתן להסיק כי HSE איננו מגדיר אותו כמסוכן. איזכור מפורש לסיווג אפר מרחף כאבק מטריד נמצא במסמך של ה- UKQAA (United Kingdom Quality Ash Association)⁸, ובמסמך אחר של ארגון זה⁹ מצוין כי ב- 60 שנות ניסיון, אין עדות רפואית לנזק שנגרם למערכת הנשימה או לריאות בחשיפה לחומר.

הולנד

אפר פחם מרחף מסווג כאבק מטריד מפני שהוא מכיל בסביבות 0.1% סיליקה גבישית חופשית בפרקציית ברת-נשימה של האבק, כלומר, מתחת ל- 1% סיליקה גבישית חופשית הנדרש בתקן החשיפה התעסוקתי בהולנד. לקביעה זו הובילו מחקרים ועבודות רבות שנעשו בנושא בהולנד, והם הוצגו ע"י דר' Ruud Meij בסדנת "היבטים סביבתיים של שימושי אפר פחם" של מנהלת אפר פחם¹⁰. ממצאים אלו מפורסמים בדוח של מכון KEMA (Status report on the health issues associated with pulverised fuel ash, 2003) המשמש בהולנד כאסמכתא לתקינה. גם בגיליון הבטיחות ההולנדי לאפר מרחף מצוין כי החומר אינו רעיל¹¹.

⁶ List of workplace exposure limits (WEL's) and other tables. In:

<http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/hscarchive/2004/091104/c06c.pdf>

⁷ The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002

⁸ Environmental code of practice for the sale and use of Pulverised Fuel Ash (PFA)

http://www.ukqaa.org.uk/Environment/Code_of_Practice_January_2003.pdf

⁹ http://www.ukqaa.org.uk/Datasheets/PDF/Datasheet_9-0_Feb_2009.pdf. UKQAA MSDS, 2009

¹⁰ תקצירים בחומר הרקע לסדנה (באנגלית).

¹¹ Vliegassunie B. V., MSDS, 2004



נספח

קטעים מתוך פרוטוקול מושב גהות (מתורגם מאנגלית)

א. פרדו: השאלה היא כיצד לסווג את אפר הפחם (מרחף בעיקר) כחלופה לתקנות אבק מזיק. בעקבות ממצאי עבודה שנעשו בשנתיים באחרונות ע"י מנהלת אפר הפחם, נוטים הגורמים הממשלתיים להשתכנע כי יש להוציא את האפר מתקנות לאבק מזיק, ועם זאת אינם בטוחים אם לסווג את האפר כאבק מטריד, כנעשה במדינות אחרות. לכן עולה השאלה האם לסווג את האפר כאבק מטריד או בקטגוריית ביניים בין מטריד למזיק. בישראל אבק מזיק מוגדר כחומר העלול לגרום לפנוימוקוניוזיס, והחומרים הם אסבסט, צורן דו חמצני גבישי חופשי וטאלק. גם טאלק עובר הערכה מחדש.

סיווג אפר מרחף כאבק מזיק בתקנות בישראל תקף לכל אחוז משקלי של קוורץ באפר, גם אם הוא פחות מ- 0.1%, שהוא למשל אחוז חומר קרצינוגני שמתחתיו אין אפילו דרישה לצרף לו גיליון בטיחות. מכאן שאפר מרחף מסווג כאבק מזיק ללא קשר לתכולת הסיליקה הגבישית שבו. בנוסף, בישראל שלא כמו במדינות רבות אחרות, ההגבלות לתכולת הקוורץ בחומר מיוחסות לא רק למקטע הגודל בר נשימה שעלול לגרום לסיליקוזיס או מחלות ריאה אחרות, אלא גם למקטע בר שאיפה באבק (אבק כללי). במדינות אחרות מוסכם שאבק אפר פחם ואבק המכיל מתחת ל- 1% קוורץ לא מוגדר אבק מזיק.

מקטע גודל בר נשימה באפר תחתי מהווה כ- 0.4 אחוז משקלית בלבד בחומר, וחלק ממנו לא מגיע לריחוף עקב כליאתו בין חלקיקים גסים מאד. ריכוז סיליקה גבישית חופשית ברת נשימה באפר תחתית נמוך מאוד גם הוא.

בבדיקות שנערכו באבק אפר מרחף ישראלי נמצא כי ריכוז הקוורץ במקטע הנשאף (inhalable – מתחת ל- 200 μm קוטר אווירודינמי) הוא 2.3% - 4.3% ובמקטע הננשם (respirable – מתחת ל- 10 μm קוטר אווירודינמי) נמצא ריכוז קוורץ של 2.5% - 2.9%, למרות שרוב הקוורץ באפר מכוסה באלומינה ורק חלק קטן מהקוורץ נמצא על פני השטח של חלקיקי האפר. ניתן אולי לומר שקוורץ זה יכול להיות פעיל, אם כי אנו לא מוצאים עדויות לכך שקוורץ באפר המרחף פעיל ביולוגית. אחוז הקוורץ הפעיל ביולוגית במקטע בר נשימה באפר אינו עולה על אחוז אחד.

אם נוכל למצוא התאמה בין תכונות אפר פחם המוצגות פה לתכונות אבק מטריד לפי PNOS (של ה- ACGIH שתקנותיו אומצו באופן חוקי בישראל), להוציא את נושא הרדיואקטיביות, נוכל להוכיח שאפר יכול להיות מסווג כאבק מטריד. בנושא זה, אפר פחם בלתי מסיס אם כי חלק מהמתכות בו מסיסות, אבל במונחים של חשיפה תעסוקתית ריכוז מתכות כבדות באוויר זניח ואפילו לא מגיע ל- 10 אחוז מהמצוין בתקנים התעסוקתיים, סף שמתחתיו אין צורך במעקב רפואי או פעולות מיוחדות. לאפר פחם רעילות נמוכה, כנדרש לפי הגדרת PNOS. אפר פחם אינו ציטוטוקסי, אינו מוטגני, אינו קרצינוגני (או לפחות לא נמצאה עדות לכך). אפשר להתווכח בנוגע ל- 1-5 אחוז רדיואקטיביות מעל קרינת הרקע, אך ראינו שבכל הנוגע ליישום אפר בבטון, מהבחינה הזו אין מניעה מלהשתמש באפר. אפר גם לא מגיב כימית עם הריאות והפעילות הביולוגית היא כשל אבק מטריד.

בארה"ב, OSHA לא מכלילה אפר פחם ברשימת החומרים המסוכנים, בהולנד ומדינות אחרות אפר מוגדר כאבק מטריד, באנגליה לפי תקנות COSHH אפר פחם מוגדר כאבק מטריד וניתן להסיק זאת מהעובדה שסף החשיפה התעסוקתית לאפר זהה לזה של אבק מטריד אחר כגבס, צלולוזה ועמילן. כך שיש לנו מקורות אמינים ללמוד מהם ולהסתמך עליהם.

כיום הרגולטור טוען שעובדים החשופים לאבק המכיל מעל 1% סיליקה גבישית נדרשים למעקב רפואי, אם הריכוז באוויר חורג מרמת הפעולה שהיא מחצית סף החשיפה התעסוקתית.



בתערובות מסוימות של חומרי גלם לא ניתן להפריד בין תרומת הקוורץ מאפר פחם לתרומתה מחומרים אחרים בתערובת, למשל במקרה של תערובת בטון בה יש גם חול מכיל קוורץ ולא רק אפר פחם.

אם לא עושים הפרדה בין הקוורץ המכוסה לקוורץ החשוף בפני השטח, יכולים לקבל בטעות הערכת יתר לריכוז הקוורץ החופשי באפר המרחף הפעיל ביולוגית, וכתוצאה מכך לקבל הערכת יתר גם לריכוז הקוורץ באוויר.

כיום קשה מבחינה טכנית להפריד בממצאי מדידות תעסוקתיות בין הקוורץ שמקורו מהאפר לקוורץ ממקורות אחרים כקרקע חולית, עליה למשל ממוקמות תחנות הכח בארץ.

הרלוונטיות של דיגום אבק האפר שבוצע במחקר המנהלת לחשיפה התעסוקתית של העובדים מוגבלת. בהפעלה תקנית של הציקלונים לאיסוף חומר בר נשימה הצטברה כמות שאינה מספקת לזיהוי קוורץ באנליזת XRD. המעבדה דרשה כמות מינימלית של 500 מיקרוגרם אבק, וריכוז הסיליקה במגבלות אלו יכול להגיע לרמת הפעולה גם בגבול המדידה, וזה אבסורד שלא ניתן להסיק ממנו מהם הריכוזים הצפויים בחשיפה. כמו כן, הדיגום בתחנת הכח נעשה בנקודה מסוימת (מתחת לנקודת הטענת האפר למכליות) המועדת לאבק אפר מרחף, שנבחרה במטרה לאסוף בזמן הקצר האפשרי אפר נקי ככל האפשר. היא איננה משקפת את הריכוזים שלהם חשוף העובד שאיננו נמצא בדרך כלל באותה נקודה.

R. Meij: ביצענו ב-KEMA מחקר מקיף הנוגע לפחם ולאפר פחם, בשיתוף אוניברסיטאות ומכוני מחקר אחרים כ-ECN, TNO. המחקר נוהל בידי המכון הלאומי לבריאות הציבור והגנה על הסביבה, וכיסה בין היתר את נושא ההשלכות הבריאותיות של עבודה עם אפר פחם מרחף.

עבודה רבה נעשתה ע"י TNO. בבדיקות שנערכו בבעלי חיים התקבלו תוצאות המאפיינות חשיפה ברמות נורמליות, כלומר מתחת לסף לאבק מטריד, שסביר שלא יגרמו להשפעות בריאותיות משמעותיות.

בהערכות הסיכון אין סיבה להתייחס לאפר מרחף כאבק מזיק. סיכון בריאותי לא קיים כל עוד עומדים בדרישות לאבק מטריד בסביבת התעסוקה, ויש ליישם את התקנים לאבק מטריד לאפר פחם מרחף.

מחקר מקיף על קוורץ באבק פחם ובאפר פחם נערך ע"י KEMA בהשתתפות פרופ' Borm. התוצאות הוצגו על ידי בסימפוזיון בינלאומי מוביל של Particle Toxicology שנערך במסטריכט ב-1999. תוצאות המחקר, שהיו מקובלות על כל המומחים שהשתתפו בכנס, התקבלו ע"י גורמי הרישוי בהולנד כאסמכתא להגדרת האפר כאבק מטריד.

ה-Status Report של KEMA המדווח על ממצאי המחקרים הסביבתיים-בריאותיים בחשיפה לאפר פחם מצוטט ע"י גורמים ממשלתיים בהולנד כאסמכתא להחלטות רישוי ונחשב כיום כמסמך תקן בהולנד.

י. נתן: לא נכון לבדוק את תכולת קוורץ באפר ע"י מדידת האחוז בחומר. מה שצריך למדוד, כמו שדר' מיי הציע, זה את הריכוז במיליגרם למ"ק אוויר ולא אחוזים, מפני שגם אם יש מעט אבק יכול להתקבל אחוז גבוה, אך עדיין מעט קוורץ באוויר. כך שהדרך למדוד קוורץ באפר היא לא הכמות באחוזים אלא הכמות המוחלטת. זו צריכה להיות הרגולציה ההגיונית. אפר תחתית מורכב מחלקיקים גסים, ולפיכך על פי הגדרה, לא יכול להיות במקטע בר שאיפה או בר נשימה. בדיקת אפיון הראתה שאפר תחתית הוא אינרטי ולכן הוא ללא ספק לא מהווה בעיה בנוגע לקוורץ, הן בר שאיפה והן בר נשימה.



בדיקת חלקיקי אפר מרחף במיקרוסקופ סורק אלקטרוני הראתה שהחלקיקים ברי השאיפה לא מכילים קוורץ. זה לא אומר שאבק בר שאיפה לא יכול קוורץ. אך עדיין השיטה הטובה ביותר לבדוק קוורץ באפר היא במיליגרם למ"ק, כמו שדר' מיי מציע. וכל עוד המדידה הזו מספקת זה אומר שהחומר הוא אבק מטריד ולא מזיק, ולא רק בגלל הקוורץ. מאחר ואנו משתמשים באותו פחם כבמדינות אחרות, עלינו לאמץ את התקנות של מדינות אלה (הולנד).

א. פרדו: החשיפה לסיליקה לא צריכה להישפט עפ"י אחוז הסיליקה באבק אלא ע"פ הריכוז באוויר.

א. מצגר: חייבים לבטל את ההכללה של אפר פחם ואסבסט תחת אותן תקנות. אפר מרחף הוא אבק מטריד ולא מזיק. אנחנו צריכים לאמץ משהו שכבר הוחלט עליו במדינות אחרות שהשקיעו במחקר הרבה יותר מאיתנו. המחקר שלנו מאשר את התוצאות שהתקבלו מעבודות אחרות ולא רק בהולנד. בארה"ב יש קבוצה בקנטאקי, לקסינגטון, שהגיעה לאותן מסקנות- שהקוורץ בחלקיקים ברי נשימה מצופה בפאזה אלומינוסיליקטית אמורפית, ולפיכך מאבד את היכולת לגרום לסיליקוזיס.

י. דויטש: חלקיקי קוורץ באבק אפר מרחף מצופים, וככל הידוע לי רק שטח פנים חשוף של סיליקה גבישית יכול לגרום למחלות. כך שאין להסתכל רק על ריכוז הקוורץ באבק אלא גם על אופיו באבק. הגיע הזמן להוציא את האפר המרחף מתקנות לחומרים מסוכנים ולהגדיר אותו כחומר מטריד.

B. Finkelman: NIOSH ביצעו מחקרים לבדיקת הריאקטיביות הביולוגית של קוורץ בפחם ומצאו שכשהקוורץ מצופה חרסית- בחלקיקים שבהם האלומיניום מכסה את הקוורץ לא היתה פעילות ביולוגית. מהבחינה הזו החלקיקים היו אינרטיים. ישנה קטגוריה נוספת של קוורץ בפחם- קוורץ אפיגנטי, שהגיע אחרי היווצרות הפחם והוא ממלא את הסדקים בפחם. זה קוורץ טהור שאינו מצופה בחרסיות. סוג זה יכול להיות פעיל ביולוגית. הוא גם גס יותר ומגיע לגודל של מילימטרים, בהשוואה לקוורץ דטריטי שחלקיקיו בגודל ממוצע מתחת 5 מיקרון. כך שזו אבחנה נוספת שצריך להכיר בה.

H. Feuerborn: בישראל שורפים את אותם סוגי פחם כבמדינות אחרות. נתון זה צריך להביא לידיעת הרגולטורים כשמבקשים להסתמך על הניסיון שלהם בנושא הנדון. התוצאות שהוצגו ע"י יעקב נתן ו- Ruud Meij מראות שבהתייחס לקוורץ, עלינו להתמקד בממצאים המראים שהמורפולוגיה ופני השטח במיוחד, אינם גורמים להשפעות פיברוגניות. יש להתייחס גם לתהליך יצירת האפר. אתם שורפים פחם בטמפר' גבוהות, וזה אומר שהקוורץ, בין אם הוא מכוסה ע"י חלקיקי פחם או זמין כחלקיק בודד, גם במקטע בר-נשימה, מטופל תרמלית. לפי הבנתי זה טיעון טוב מאוד שגם אם ישנם חלקיקי קוורץ בני נשימה, פני השטח שלהם כתוצאה התהליך התרמלי שונים לגמרי.

B. Finkelman: הזכרתי מקודם את הקוורץ בפחם מכיוון שאם יודעים מה יש בפחם, מקבלים מושג טוב מאוד לגבי מה יש באפר המרחף. הקוורץ לא נוצר יש מאין ותכולתו באפר מצטמצמת מכיוון שחלק ממנו מגיב עם החרסיות ליצירת פאזה אלומינוסיליקטית אמורפית. כך שעל ידי ידיעת ההרכב המינרלוגי של הפחם ניתן לדעת מה ההרכב המינרלוגי של האפר המרחף. אבל יש דרך פשוטה יותר לקבל מידע זה וזאת ע"י חישוב. היחס של סיליקה לאלומינה בפחם נותן מידע לגבי היחס של קוורץ לחרסית. אם היחס שבין סיליקה לאלומינה הוא 1:1, זה אומר שאין קוורץ בפחם¹².

¹² יחס סיליקה לאלומינה באפר יכול ללמד על נוכחות קוורץ: אם היחס מתחת ל-1 פירוש הדבר שמקור הסיליקה באפר הוא באלומינוסיליקטים ואין קוורץ חופשי באפר. למשל, דר' יעקב נתן מן המכון הגיאולוגי מצא כי יחס זה באפר מרחף דרום אפריקאי (BB Prime) הינו 0.4.



א. פרדו: צריכים לבחון את הסוגיה בשני היבטים: מחד גיסא ברור שיש להוציא את האפר מתקנות אבק מזיק. מאידך גיסא עומדת השאלה האם לסווג את האפר כאבק מטריד או להגדיר אותו כחומר עם סיווג אחר כלשהו, שבסופו של דבר, יהיה בעל סף חשיפה תעסוקתי ייחודי שנהיה כפופים לו. אני חושב שהמטרה העיקרית שלנו היא קודם כל להוציא את האפר מתקנות אבק מזיק. השאלה אם המשרד להגנת הסביבה או משרד העבודה יחליטו לאחר מכן שהאפר אינו מסווג כאבק מזיק אלא כאבק אחר בעל רעילות מינימלית, עומדת לעצמה. אני לא חושב שנוכל לעשות זאת בצעד אחד, כלומר להוציא את האפר מתקנות אבק מזיק ולהגדיר אותו כאבק מטריד. יש לשכנע את הוועדה הרפואית שהאפר אינו מסוכן, לפני שמשרד העבודה ירצה להתייחס אליו באיזשהו אופן.

י. נתן: כיום התקנה מכלילה בסיליקה גבישית קוורץ, פחם, אפר פחם ובזלת. ממליץ להוציא בזלת ואפר פחם מהקטגוריה הזו של סיליקה; בזלת מפני שאינה מכילה קוורץ, ואפר פחם מפני שהקוורץ בו אינו פעיל. כלומר, ריכוז הקוורץ באפר אינו רלבנטי מפני שאם איננו פעיל הוא לא יגרום נזק כקוורץ. מסיבה אלו אני חושב שהאפר צריך להיות מסווג כאבק מטריד ולא מזיק.

א. פרדו: ההמלצה העיקרית שהתקבלה בדיון היא לשנות את סיווג אפר פחם כאבק מזיק. להוציא מתחולת תקנות אבק מזיק ולהכניסו במסגרת תקינה או קטגוריה אחרת. עומדת השאלה כיצד לסווג את האפר והאם לקבוע לו סף חשיפה תעסוקתי כשל האבק המטריד או מחמיר יותר.

בנושא תקינה בחו"ל - ACGIH בארה"ב מגדירה OEL לאבק מטריד בריכוז של 10 מיליגרם/מ"ק אוויר. אני לא בטוח שלאפר פחם צריך לקבוע OEL זה, אבל בכל מקרה אין לסווג אותו כאבק מזיק.

המלצה נוספת שעלתה היא למצוא שיטה או טכניקה לקביעת ריכוז הקוורץ החשוף באפר, כלומר זה שאינו מכוסה באלומינוסיליקט, וכן מעבדה שתוכל לבצע אנליזה זו. במידה וזה לא ניתן, עלינו לנסות לקבוע נוהל לדיגום פרקצייה בת נשימה המייצגת ככל האפשר אבק שמקורו באפר פחם בלבד, ולאמוד את תכולת הקוורץ החשוף בתוכה מתוך ממצאי מחקרים ובדיקות קוורץ באפר פחם¹³.

י. נתן: צריך להפריד בין עובדים הבאים במגע ישיר עם אפר לעובדים אחרים שלא באים במגע ישיר עם האפר כמו העובדים בתחנת הכח. העובדים עם אפר צריכים להיות עם הגנה מתאימה, כגון מסכות מיוחדות. עבור הציבור הכללי אני חושב שהאפר צריך להיות מוגדר כאבק מטריד.

ערך: דן שריקי

¹³ למשל, ניתוח ממצאי בדיקות SEM ב- 25 חלקיקי אפר מרחף ממקור דר' אפ' ו- 36 ממקור אינדונזי שנערך ע"י דר' יעקב נתן ואשר הראה כי אין קוורץ חופשי (לא מצופה) במקטע בר נשימה.