



12 ינואר, 2016

בקרת אמוניה באפר מרחף לתעשיית הבטון

מערך ניטור ניסיוני עם הפעלת מתקני הפחתת NOx בתחנות הכח הצעת עבודה, פרופ' ארנון בנטור, הטכניון, דצמבר 2015

[הערכות מקדימה, 14.9.14](#)

מבוא

חח"י משלימה בימים אלה הקמת מתקן להפחתת תחמוצות חנקן (NOx) מגזי הפליטה בטכנולוגיית Selective Catalytic Reduction - SCR בתחנת הכח אורות רבין חדרה ובעתיד גם ברוטנברג אשקלון. הטכנולוגיה מבוססת על הזרקה אמוניה, NH₃, לזרם הגזים ביציאה מהדוודים, הגורמת בעזרת קטליזטורים מתאימים לריאקציה מחזרת של תחמוצות החנקן הנצרות בשריפת הפחם לחנקן חופשי הנפלט דרך הארובות לאוויר. בתפעול שגרתי מוזרקות האמוניה לגזים ביתר, כדי להבטיח עמידה במגבלת ריכוז תחמוצות החנקן בגזי הפליטה על פי דרישת הגנת הסביבה. האמוניה העודפת שאינה משתתפת בתהליך החיזור (הידועה בשם ammonia slip) מגיבה עם הגופרית שבמערכת ליצירת מלח אמוניום סולפט המתעבה ברובו על חלקיקי אפר הפחם בשעת הקירור.

בסביבה האלקלית הקיימת בבטון מגיב האמוניום סולפט שעל פני גרגירי אפר הפחם ומשתחרר גז אמוניה NH₃ המתאפיין בריח לא נעים העלול לגרום לאי נוחות לעובדים ואף ולחרוג מסף גהותי תעסוקתי (בעיקר ביציקה בחללים סגורים).

התקן הרגולטורי - גהותי בישראל לריכוז אמוניה באוויר הוא 25 ppm על בסיס נפחי או 18 מ"ג/מ"ק על בסיס משקלי (TLV - Threshold Limit Value). רמת הפעולה (Action Level), מעליה נדרש המעסיק לנקוט אמצעי הגנה על העובדים, היא מחצית ערכים אלה, כלומר 12.5 או 9 מ"ג/מ"ק באוויר. יצוין שסף הרגישות לריח נמוך בהרבה, עד כדי 3 מ"ג/מ"ק.

מערך בקרת אמוניה

להבטחת התקינות הגהותית של ניצול אפר הפחם במפעלי הבטון ובאתרי הבניה נדרשת הפעלת מערך בקרה המבטיח שלא יסופק למפעלים אפר בעל ריכוז אמוניה העלול לגרום לחריגה מערכי הסף הללו. מתקן SCR נבנה על פי מפרט המבטיח כי בתפעול תקין לא יחרוג ריכוז האמוניה בגזי הפליטה מרמה של 2 ppm. רמה זה מבטיחה שריכוז האמוניה באפר לא יחרוג מרמה של 100 ppm המקובלת כבטוחה בהיבט הגהותי בייצור בטון. אולם כאשר הקטליזטורים במתקן מתבלים עם הזמן ויעילותם פוחתת, עמידה בדרישת איכות הסביבה לריכוז NOx בארובות מחייבת הזרקה כמות גדולה יותר של אמוניה לדוודים ומאליו, בשל יעילות פחותה, נגרמת שקיעה מוגברת של אמוניום סולפט באפר. חברת החשמל מתארגנת לבקרת תפקוד המתקנים באמצעות מדידת ריכוזי תחמוצות חנקן בגזי הפליטה ולהחלפת קטליזטורים שיעילותם פחתה. במקביל תקיים החברה בדיקות שוטפות של ריכוז האמוניה באפר כדי למנוע אספקת אפר שאינו עומד בערכים הגבוליים למפעלי הבטון.

מערך הבקרה המיועד צריך להתמקד בתכולת האמוניה באפר ביציאה מתחנת הכח, כאשר בהתבסס על תשתית נתוני הריכוזים בשרשרת הייצור - בגזי הפליטה, באפר, בפליטה מהבטון, ומקדם מתאם נגזר בין ריכוז האמוניה באפר לבין ריכוזו הצפוי באוויר לאחר יישומו בתערובת הבטון, יסייע במניעת כשלים גהותיים ואסתטיים בתעשיית הבטון.

תוכנית הפעולה

בהתאם ללו"ז העדכני של חח"י להפעלת מתקני SCR - במרץ 2016 יתחיל להתקבל אפר עם אמוניה ביחידה 5 בתחנת הכח אורות רבין חדרה. יחידה 6 באורות רבין והיחידות ברוטנברג מתוכננות לפעול עם SCR במהלך 2016 - 2017. הערכות לבקרת האמוניה באפר המשמש ליצור בטון מתנהלת במתווה הבא:

1. **שלב ראשון (הערכות מקדימה)** - במסגרת זו הושלמו במהלך 2015 הפעולות המקדימות הבאות:

- א. חברת החשמל בחנה במעבדת תחנות הכח אורות רבין שיטות בדיקת האמוניה באפר המקובלות בעולם ותרגלה ניסוי בדיקה בדוגמאות אפר (בריכוזי אמוניה שונים) מיובאות מתחנות כח בהולנד, בהן נעשה שימוש במתקני SCR, אשר שורפות פחמים ממקורות דומים לישראל.
- ב. במכון הלאומי לחקר הבניה בטכניון הוקם מתקן למדידת פליטת אמוניה ביציקות בטון ונערכו בדיקות מקדימות של ריכוזי אמוניה באוויר על פני זמן ביציקות בטון עם אפר שהוסף לו מלח אמוניה וכן באפר מיובא מגרמניה המכיל ריכוז גבוה וחריג של אמוניה. הבדיקות בוצעו בשיטות גהותיות תקינות בהנחיית מינהל הבטיחות והגהות התעסוקתית במשרד הכלכלה ובהתייעצות עם דר' אשר פרדו.
- ג. בהתייעצות צוות ליווי הכולל נציגים של מנהל הבטיחות, יצרני בטון וחברת החשמל, גובשה תוכנית משולבת לניטור מקביל במעבדת הטכניון ובאתרי יציקה, הכולל 5



- מחזורים בתנאי מזג אוויר וחשיפה שונים המייצגים את השימוש הצפוי של בטון עם אפר מועשר באמוניה בענף הבנייה על פני שנה.
2. **שלב שני (הרצת אפיון)** – במהלך פברואר 2016 יבוצע ניטור ראשון עם אפר תוצר תחנת הכח, למטרת אפיון החשיפה הצפויה לאמוניה:
- א. במעבדת חברת החשמל – בדיקת ריכוז אמוניה באפר המסופק לניסוי.
 - ב. במעבדת הטכניון – ניטור דמוי גהותי מורחב המיועד לבחון התנהגות האמוניה בהרכבי תערובת שונים (80, 120, 160 ק"ג למ"ק בטון), תנאי טמפרטורה עונתיים שונים וזמנים שונים המייצגים נקודות זמן בתהליך ייצור הבטון ויציקתו באתר הבניה. מטרת הניסוי לאפיין את גרף פליטת האמוניה ולהגדיר את נקודות הזמן בהן רמת הפליטה, מעת הכנת תערובת הבטון במפעל ועד להשלמת היציקה באתר, מחייבת ביצוע ניטור.
3. **שלב שלישי (הרצות תפעוליות)** – בתקופה שבין מרץ לאוגוסט 2016 יבוצעו הפעולות הבאות:
- 3.1 **שלב התנסות (הרצה תפעולית ראשונה)** – במהלך מרץ 2016:
 - א. במעבדת חברת החשמל – בדיקת ריכוז אמוניה באפר המסופק לניסוי.
 - ב. בדיקות מעקב בשטח – ניטור גהותי, ע"י מעבדה מוסמכת, של עובדי יציקה בתערובות בטון בתכולה שונה של אפר פחם (80, 120 ק"ג למ"ק בטון), באתרים המאופיינים בתנאי אוורור שונים (סגור, סככה, פתוח).
 - ג. במעבדת הטכניון – ניטור דמוי גהותי מקביל לניטור השטח בתנאים סביבתיים השוררים באתרי היציקה.
 - 3.2 **שלב ניטור תפעולי (לאחר הפקת לקחים משלב ההתנסות)** – 4 הרצות בחודשים מאי – אוגוסט 2016, בתנאי מזג אוויר עונתיים אופייניים:
כמו בשלב ההתנסות לאחר הפקת לקחים והפנמתם במסגרת הבדיקות.

הערות:

1. מתווה הבדיקות להרצה מתוכנן למרב התערובות (80, 120 ק"ג אפר פחם למ"ק בטון) והמצבים האפשריים (סגור, סככה, פתוח). התוכנית בפועל תיקבע בהתאם ללקחים שייגזרו ממצאי הרצת האפיון. הבדיקות בפועל יבוצעו בהתאם לאפשרויות הזמינות בתאום עם קבלני הבנייה. בשל מורכבות הפרויקט ורגישותו המסחרית יבוצעו הבדיקות בחברות המשלבות ייצור בטון ובינוי.
2. בדיקות השטח ילוו במדידות מזג אוויר (טמפרטורה, לחות, מהירות רוח) שיבוצעו ע"י מעבדת הגהות התעסוקתית.
3. בהתאם לממצאי בדיקות הגהות ייבדק הצורך לבצע הערכת פיזור ריח אמוניה בסביבה בהתייעצות עם דר' יעל לאור מהמעבדה האולפקטומטרית של מכון וולקני בנווה יער ועם פולה אורנשטיין, הממונה על מפגעי ריח במשרד להגנת הסביבה.

לוט: הצעת המחקר, פרופ' ארנון בנטור
דו"ח סיכום השלב המקדמי