**חוות דעת מומחים**

**לגבי ההשפעה**

**על מכשירים מדעיים**

**של אוניברסיטת בר-אילן ברמת גן**

**כתוצאה משינויים בשדה מגנטי קבוע,**

**הנגרמים מהפעלת קו רכבת תחתית M2 רמת-גן**

**תוכן עניינים עמוד**

**1. תקציר 3**

**2. תוצאות חישובים שנעשו 3**

**3. ספרות ותקנים 5**

 וופרטאל, 23.08.2021

 IfB 112-21

**חוות דעת מומחים מאוניברסיטת בר אילן ברמת גן בנוגע להשפעת מכשירים מדעיים כתוצאה משינויים בשדה המגנטי הנגרמים כתוצאה מהפעלת קו רכבת תחתית M2 ברמת גן.**

אולריך בטה (Ulrich Bette) IfB ממכון וופרטל לסוגיות השפעה הוזמן על ידי אוניברסיטת בר-אילן כדי לחשב את שינויי השדה המגנטי הקבוע הצפויים מהפעלת קו הרכבת התחתית M2 ברמת-גן ולהעריך השפעה אפשרית על מכשירים מדעיים (הזמנה מיום 28.07.2021).

**1. תקציר**

NTA Metropolitan Mass Transit System Ltd מתכננת בימים אלה מערכת מטרו (רכבת תחתית) עבור תל אביב. התוואי הדרומי של קו M2 אמור לעבור ישירות מתחת למבנים של אוניברסיטת בר-אילן. האוניברסיטה מפעילה מספר מכשירים הרגישים לשינויים בשדות מגנטיים קבועים.

השינויים בשדה DC הנגרמים כתוצאה מהפעלת רכבות תת-קרקעיות הוכחו על ידי דיק ואן בקום (Dick van Bakkum) באמצעות מדידות במטרו של רוטרדם, ראה BIU-Ramat-Gan-M2-RE T-Measurements-Analysis-v09.doc [1]. המדידות וההצהרות המתוארות במסמך זה נבדקו על ידי לגבי רמת הדיוק שלהם והם אושרו בזאת. כפי שמתואר להלן, החישובים שבוצעו על ידינו מראים כי ללא פעולות נוספות באזור ההשפעה של המטרו ,השינויים המופיעים בשדה DC כל כך גבוהים עד שמשפיעים בהתאם ובצורה לא קבילה על מכשירים רגישים.

**2. תוצאות של חישובים שבוצעו**

בהפעלת התנועה של רכבות זרם ישר נגרמים שינויים בשדה המגנטי הקבוע כיוון שזרם ההנעה (זרם ישר) משתנה כל הזמן בהתאם לתהליכי האצה והבלימה של הרכבות השונות. השינויים הנוצרים בשדה DC מתפרשים בשדה המגנטי הטבעי של כדור הארץ (כ- μT50). על פי [EN 50121-2 [2, במערכות רכבת תחתית עם חישמול מסילות בזרם הנעה של A 4000 במרחק של 10 מטר מציר המסילה, יש להביא בחשבון שינויי שדה DC בסדר גודל של µT 46. בהתאם למבנה התוואי ולאספקת זרם ההנעה, מצטמצמים השינויים שנגרמו לשדה DC בריבוע המרחק מקו הרכבת. גם במרחק גדול מקו הרכבת עשויים השינויים המופיעים בשדה להיות עדיין כה גבוהים, מה שיגרום לליקויים בתפקוד המכשירים המדעיים והרפואיים הרגישים ביותר, כגון מיקרוסקופים לסריקת אלקטרונים או מערכות הדמיית תהודה מגנטית. למרות ש במקרים אלה לא ניתן לציין ערך גבול כללי, ~~אך~~ יש צורך בשיקולים פרטניים על מנת שניתן יהיה להעריך האם יש לצפות לליקויים.

תרשים 1 מציג את מהלך גודל השינוי השדה המגנטי הקבוע מעבר לקו הרכבת עם זרם הנעה של A1500 בהתאם למסילה שבשימוש ולגובה הציוד המדעי.

[תרשים]

תרשים 1 - שינויים בשדה מגנטי קבוע עם זרם הנעה של A 1500

הערכים שעליהם מבוססים החישובים לגבי גובה המכשירים הרלוונטיים וזרם ההנעה נלקחו מ- [1]. ההערכה היא שמרחק מרכז המסילה הוא 6 מ'.

תרשים 1 מראה שבמרחקים אופקיים מ-18 מ' עד 118 מ' (ראו קווים אנכיים מקווקים), עדיין יופיעו שינויים בשדה מגנטי קבוע של nT 424עד nT 27 וכי יש להביא בחשבון תפקוד לקוי של מכשירים רגישים ביותר.

כפי שנודע לנו, הצהירה NTA כי במינכן- Garching-Forschungszentrumלא ננקטן צעדים לצמצום שינויי שדה מגנטי קבוע, וכי במכון-מקס-פלאנק לפיזיקת פלזמה (MPP) לא מופיעים ליקויים במכשירים רגישים. הצהרה זו נכונה ואושרה לי בטלפון על ידי ה-MPP. עם זאת, יש לקחת בחשבון כי המכשירים הרגישים נמצאים במרחק > 100 מ' מקו הרכבת וכנראה שאינם רגישים בהשוואה למכשירים מסוימים של אוניברסיטת בר-אילן.

ה-MPP ממוקם באזור ההשפעה של תחנת הרכבת התחתית Garching-Forschungszentrum. על פי מידע מ- Stadtwerke München[שירותים עירוניים מינכן], אספקת החשמל לקו הרכבת התחתית הוגדרה כך, שמטעמי בטיחות, רק לרכבות הנמצאות בתחנה יזרום חשמל דרך המסילות שהוא נמוך בהרבה מאספקת הכוח כשהרכבות בהאצה מקסימלית, כך שגם שינויי שדה DC שנגרמים נמוכים יותר.

**3. ספרות ותקנים**

[1] Bar-Ilan University Tel-Aviv metro M2 line Ramat-Gan, Rotterdam Metro EM Emission Measurements Analysis, doc.ref.: BIU\_Ramat-Gan-M2-RET-Measurements- Analysis-v09.doc, 22-08-2102

[2] DIN EN 50121-2 (VDE 0115-121-2): November 2017

 Bahnanwendungen - Elektromagnetische Verträglichkeit –

 Teil 2: Störaussendungen des gesamten Bahnsystems in die Außenwelt

[תקן (VDE 0115-121-2) 50121-2 EN: נובמבר 20117

יישומי רכבת – תואמוּת אלקטרומגנטית –

חלק 2: תשדורת הפרעות ממערכת הרכבות כולה לעולם החיצון].