

# פתרון 360° לפרויקט תשתית לאומי

ליאור מזרחי\*



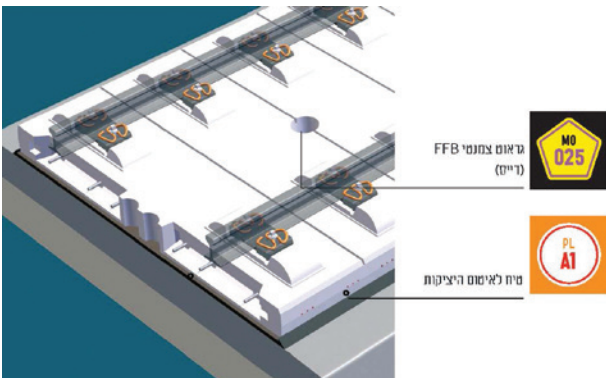
מנהרת הקו המהיר A1 - תל אביב - ירושלים

## רקע

הקו המהיר - A1 - תל אביב-ירושלים הוא מגה-פרויקט תשתית לאומי, הגדול ביותר בתוכנית הפיתוח של רכבת ישראל ומהגדולים במדינה. הפרויקט כולל 22 ק"מ של מנהרות כפולות, קרי תוואי לביצוע באורך כולל של 44 ק"מ וגשרים שנבנו בפרויקטים נפרדים. במסגרת הפרויקט זכתה **שותפות "אלקטרה בוגל"**, בה חברות החברות אלקטרה תשתיות, אלקטרה M&E, מקס בוגל גרמניה וסיגנון שוויץ, במרכז המערכות ובמרכז ה- Slab Track - ייצור והתקנת מיסעות בטון טרומיות, המשמשות כאדני רכבת עבור רכבות מהירות, וביצוע המסילות.

**איתי שטדלר, מנהל השותפות**, מספר כי לצורך ביצוע עבודות ה-Slab Track שיושמו בשיטת Bogl, הקימה חברת **אלקטרה תשתיות** שותפות עם חברת **Max Bögl גרמניה**, ייצרה את מיסעות הבטון במפעל טרומי שהוקם לצורך זה בשער הגיא, והתקינה אותן לאורך המנהרות.

קו הרכבת המהיר - A1 - תל אביב-ירושלים הוא פרויקט תשתית מהגדולים במדינה. הפרויקט כלל ביצוע עבודות Slab Track שיושמו בשיטת Bogl, על ידי חברת אלקטרה תשתיות בשותפות Max Bögl גרמניה. לצורך עבודות התקנת ה-Slab Track נדרשה תערובת גראוט ייחודית. חברת תרמוקיר נבחרה לפיתוח הגראוט והכנתו בלו"ז קצר ביותר. על השלבים השונים בתהליך הפיתוח והייצור, על האתגרים הלוגיסטיים המורכבים תוך שינוע ופיזור החומרים במנהרות ארוכות וצרות באורך עשרות קילומטרים, ועל פתרון מעטפת ללקוח של 360 מעלות, בכתבה הבאה



A1 - תערובת טיח לאיטום היקף הפלטה; MO 025 - תערובת גראוט לדיוס המרווחים בין הפלטות. תרמוקיר



ייצור מיסעות הבטון במפעל טרומי בשער הגיא. תמונה באדיבות אלקטרה

\* הכותב הוא מנהל שיווק ופיתוח עיסקי בחברת תרמוקיר, המפתחת ומייצרת מוצרי איכות בטכנולוגיה מתקדמת לתעשיות הבנייה והתשתית

חודשים בלבד, והוא כלל פיתוח ייעודי והכנת מוצר מוגמר באריזה – custom made, על פי צורכי הלקוח והדרישות המסוימות שהוכתבו ונדרשו לפרויקט.

“המהנדס של חברת Max Bögl, הגדיר קריטריונים מאוד מדויקים של הגראוט הצמנטי שנדרש ליישום בפרויקט, ובכלל זה גם את כל חומרי הצמנט הנדרשים. לאחר קבלת הקריטריונים החל שלב לפיתוח מהיר וייצור של הגראוט הנדרש כאשר כל מחלקות חברת תרמוקיר מגויסות לטובת הפרויקט – שיווק ופיתוח עסקי, מעבדת מו”פ, ייצור, לוגיסטיקה וסחר. תודות לשיתוף הפעולה הקיים בין חברת תרמוקיר, חלוצת תעשיית האבקות היבשות המתועשות בישראל, וקבוצת SAKRET – חלוצה עולמית בפתרונות מתקדמים לבנייה ותשתיות, ניתן היה בטווח זמן קצר ביותר לפתח ולייצר במעבדת חברת תרמוקיר כיוון ראשוני לגראוט צמנטי. הגראוט – SAKRET MO 025 פותח על ידי ד”ר סמיון פריימוביץ, הטכנולוג הראשי של תרמוקיר, בשיתוף ידע של SAKRET, ואושר על ידי המהנדס של חברת Max Bögl, שהגיע למעבדת המפעל של תרמוקיר. בשלב הבא נערכו כמה בדיקות: בדיקה במעבדת הפיתוח של חברת תרמוקיר, בשטח הניסיונות של החברה ונוסף להן – בדיקה במעבדה חיצונית.

“לאחר אישור התערובת, שעמדה בכל הקריטריונים המחמירים שנדרשו, החל שלב ההתאמה והיישום בשטח המסילות, בסמוך למפעל בשער הגיא. לצורך הדגמה, בוצעו ארבעה פיילוטים של החומר בעוביים משתנים של 10 עד 60 מ”מ, כדי לבדוק ולוודא את איכות הזרימה ומילוי החללים, כושר התפשטות החומר וכושר הידבקות כמו כן, נעשו בדיקות על פי תקן 466 חלק 3. לאחר אישור כל הבדיקות סוכם החלק המסחרי של הפרויקט.

“סך הכמות שסופקה בפרויקט זה עומדת על 9 מיליון קילוגרם גראוט לתוואי של 44 קילומטר של מסילות”. צוות הדרכה טכני של חברת תרמוקיר בניהולו של דוד סעדון ליוותה את הפרויקט בכל שלביו; החל משלב ביצוע פיילוטים לאחר הפיתוח ולכל אורך יישום החומרים באתר. הליווי כלל הדרכות ליישום החומרים ומענה לכל השאלות שעלו”.

## אתגרים לוגיסטיים מורכבים

פרויקט קו הרכבת המהיר – A1 – תל אביב-ירושלים מהווה אתגר לוגיסטי והנדסי ראשון מסוגו בישראל, וזאת משום העבודה במנהרות ארוכות וצרות (שנבנו בשיטת TBM ו-NATM) באורך של עשרות ק”מ, שימוש בעשרות צוותים במקביל בעשרות דיסציפלינות שונות, שינוע יומיומי של עשרות יחידות ציוד מכני-הנדסי, ושימוש באמצעי תחבורה שונים במקביל לעבודות של עשרות קבלנים שונים המבצעים עבודות עבור השותפות במנהרות.

תכולת העבודה של תרמוקיר בפרויקט, נוסף לפיתוח וייצור התערובות, כללה אספקת שקים לאתר על גבי משטחים ייעודיים ופיזור המשטחים לאורך כל המנהרות. מדובר בפעולה מורכבת ביותר שכן המנהרות צרות במיוחד והעבודה בוצעה באמצעות פול טריילרים, ופיזור המשטחים כל 18 מטר.

**דמטרי אוטקופמן, מנהל הלוגיסטיקה מטעם חברת תרמוקיר,** מפרט בנושא זה:

“העמסת החומר, שסופק באבקה בשקים של 25 ק”ג על גבי משטחים, ושינועו באמצעות משאיות, פול טריילרים, ופיזורו במנהרות הרכבת במשך ימים רבים כלל שלב לוגיסטי מורכב ביותר והיווה אתגר לא פשוט. שכן, מדובר במנהרות צרות וחד-סטריות רחוב

”מדובר בפלטות, במידות כוללות של 6.5 X 2.55 מ’ ובעובי 20 ס”מ, המשונעות אל תוך המנהרות באמצעות משאיות ייעודיות, דו כיוניות, מונחות באמצעות מנוף שער מנהרתי, מכוונות לדיוק מילימטרי באמצעות ג’קים ייעודיים ומדוייסות לאחר מכן במיקום הסופי. אותן פלטות משמשות כתשתית אדני רכבת, ללא חצץ וללא תחזוקה, עליה מותקנות מסילות הברזל”.

**לעבודות ההתקנה נדרשו שתי תערובות:** האחת, תערובת טיח לאיטום ההיקפים של כל פלטה ופלטה, והשנייה, תערובת גראוט ייחודית – תערובת יבשה לצורך ביצוע דיוס המרווחים בין כל פלטה ופלטה ורצפת המנהרה אשר בוצעה אף היא על ידי השותפות.

הוב חומרי המליטה לאתר סופקו על ידי חברת **תרמוקיר** וכללו: **גראוט צמנטי ייעודי – SAKRET MO 025 וטיח לאיטום היציקות – תרמוקיר PL A1.**

**זיו רווח, מנהל מוצרים ומערכות, חברת תרמוקיר,** אומר כי חברת תרמוקיר, כחברה מבילה בענף הבנייה, גאה לקחת חלק עם שותפות אלקטרה תשתיות ו-Max Bögl, בפרויקט תשתית זה. עוד הוא מציין, כי הפרויקט מהווה דוגמה למימוש האסטרטגיה של חברת תרמוקיר, הדוגלת במתן פתרון מעטפת של 360 מעלות לפרויקט ויצירת ערך ללקוח: חברות הביצוע וקבלני הבנייה והתשתיות מהגדולים בארץ.

## פיתוח וייצור גראוט ייעודי בלו”ז קצר

**זיו רווח** מספר על תהליך קבלת הפרויקט, שלבי הפיתוח ועד להכנת מוצר מוגמר באריזה. להלן דבריו:

“חברת תרמוקיר הזמנה על ידי השותפות כדי לבדוק מה באפשרותה להציע בתחום הטייחים לטובת מיסעות הבטון. בפגישה צוין, כי נדרש גם גראוט ייעודי למילוי החלל בתוך הפלטות על מנת לבסס אותן למקומן. הגראוט הוא חומר צמנטי מתפשט שאינו מתכווץ, ולכן הוא נועד למלא את החלל בתוך הפלטות בעוביים של בין 40 ל-70 מ”מ. לוח הזמנים הקצר שהכתיב הפרויקט עמד על שלושה



פיזור משטחים של מוצרי תרמוקיר ייעודיים לאורך המנהרות

"**יישום הגראוט** בפרויקט הרכבת בקו המהיר לירושלים", אומר שטדלר, "שונה מהיישום שהתבצע במקומות אחרים בעולם שבו יושמה שיטת ה-Slab Track. כאמור, בפרויקט זה מדובר במנהרות צרות במיוחד, ולכן לא היה אפשר לספק את החומר במשאיות ייעודיות עם תאי עירבול, שמגיעות לאתר עצמו ומזריקות את החומר לתוך הפלטות. במנהרות הקו המהיר תל אביב-ירושלים, הגראוט סופק לאתר בשקים, חודשים רבים לפני הכנסת מיסעות הבטון, ופעולת הערבול עצמה בוצעה במקום, באמצעות מכונות גראוט קטנות וניידות עם משאבות בעלות אמצעי מינון להבטחת יחס נכון של מים גראוט בתערובת.

"בסופו של דבר", אומר **איתי שטדלר**, "הגענו לקצב התקנה שאין לו תקדים בעולם! היקף קצב ההתקנה של התקנה ודיוס הגיע לשיא של כ-70 פלטות ליום לעומת קצב של 30 פלטות ביום על פי הניסיון האירופאי."

**איתי שטדלר** מבקש לציין בהערכה רבה את התרומה של תרמוקיר לפרויקט, את השירות שניתן, איכות החומר שסופק, את ההתגייסות המלאה לפרויקט ואת יכולותיה של תרמוקיר לעמוד באתגרים לוגיסטיים מורכבים שנדרשו בפרויקט זה.

**לסיכום**, אומר **זיו רוהה**, "פרויקט הקו המהיר לירושלים הוא דוגמה לאיגוי מאמין של חברת תרמוקיר - **פתרון מעטפת ללקוח** - טיפול של 360 מעלות בכל היבטי הפרויקט החל בהתאמת המוצרים הייעודיים, דרך התאמת המחיר, ייצור, שיווק, תפעול ולוגיסטיקה, כולל העמדת מנהל לקוח שמלווה את הפרויקט בשטח, כלה בהירתמות החברה כולה לטובת הפרויקט.

"שילוב של יכולות חברת תרמוקיר בכל פרמטר ופרמטר בפרויקט יחד עם היתרון של פיתוח מוצר בשיתוף ידע עם חברת סאקרט, איפשר לייצר מוצר כחול-לבן איכותי בזמן שיא, לפרויקט דגל של מדינת ישראל".



**פריקת משטחי מוצרי תרמוקיר במנהרות צרות**

**תכולת הפרויקט במספרים:**  
**9 מיליון ק"ג גראוט**  
**17 משאיות פול טריילרים ביום**  
**הובלה של מעל 500 טון ביום**  
**44 ק"מ של מסילות**

**יזם: משרד התחבורה**

**רכבת ישראל, מנהלת הקו המהיר לירושלים**

**מזמין העבודה: חברת אלקטרה תשתיות וחברת מקס בוגל**

**פיתוח גראוט ייעודי, הובלה ופיזור: חברת תרמוקיר**



**מיסעות הבטון מונחות באמצעות מנוף שער מנהרתי. תמונה באדיבות אלקטרה**

של כשלושה מטרים בלבד, כאשר נוסף לכך נדרש לעמוד בלוח זמנים צפוף ומשתנה בכל יום. זאת ועוד, רוב העבודה התבצעה במספר שעות קצובות בלילה ודרשה תזמון מדויק ותיאומים מרובים גם לנוכח ריבוי הגורמים והספקים השונים שעבדו בתוך המנהרות. "כל הפעילות הלוגיסטית התבצעה בסבלנות, בתכנון נכון ובעבודה נכונה מתוך הקפדה יתרה על הנהלים והתחשבות מקסימלית בלקוח. "כשלב הכנה מקדים וכדי ללמוד את תנאי השטח, ביצעה חברת תרמוקיר, עם הלקוח יחד, בדיקות ראשוניות באשר ליכולת כניסת משאיות למנהרות עם שיפועים משתנים, סוגי משאיות ומנופים נדרשים ואומדן זמני פריקה.

"בעוד במנהרה הראשונה התבצעה אספקת החומר על גבי משטחים סטנדרטיים, במנהרות הבאות, לאור הדישה להותיר שטח מילוט לחירום, אספקת החומר התבצעה על גבי משטחים צרים תוך התאמתם לקו הייצור. כמו כן, על פי דרישת הלקוח, הותאמה גם פריקה מיוחדת בעזרת מנוף הפורק ומלביש את המשטחים על פסי הרכבת עצמם (אשר הונחו על גבי מדרכות המילוט מבעוד מועד וזאת על מנת לאפשר את הרכבתם לאחר השלמת ביצוע מיסעות הבטון) לשם כך היה צריך להשתמש במשאיות עם חובק". דמטרי מוסיף ומספר על מכשול נוסף שדרש פתרון יצירתי ומאתגר: "באחת המנהרות, שהתאפיינה בעיקולים צרים, לא היה אפשר להיכנס עם פול טריילר ועגלה מחשש לפגיעה בבטונים. לאחר התייעצות משותפת עם מנהל העבודה של הלקוח, הוחלט על פתרון לא פשוט לביצוע - ניתוק העגלה בכניסה למנהרה וכניסת המשאית בהילוך אחורי (לעומק המנהרה למרחק של 7-8 קילומטרים), פריקת החומר באתר ויציאה של המשאית להעמסה חוזרת של החומר שנותר בעגלה, וחוזר חלילה. מהלך זה, נוסף למהלכים האחרים, דרש בחירה בררנית וקפדנית ביותר של נהגים, הדרכה בשטח ואף סיוע במידת הצורך, בביצוע מכלול העבודות.

"לוח הזמנים הצפוף לפיזור החומר, והרצון לספק מענה מיטבי ללקוח בזמן קצר, הצריך במקביל גם התארגנות מצד מחלקת הייצור במפעל וכן של מחסן האספקה, שנדרשו לא אחת לספק כמות חומרים על פי דרישות משתנות במהלך שעות העבודה".

**איתי שטדלר, מנהל השותפות**, מבקש להציג דוגמה לשירות המעולה שניתן על ידי חברת תרמוקיר: "בישורת האחרונה, נתקענו עם חסר גדול של 40 טון גראוט. לאחר שיחת טלפון אחת במוצאי שבת לחברת תרמוקיר כבר למחרת בשעות הצהריים כל כמות החומר שנדרשה סופקה לנו לאתר וכל זאת בתוך פחות משתיים-עשרה שעות. למעשה תרמוקיר עצרה את פס הייצור עוד באותו ערב והפתתה אותו לטובת פרויקט הרכבת, ועל כך אנחנו מוקירים לה תודה מיוחדת.