



متنزه أيلون | פארק איילון | Ayalon Park

פארק איילון – פרויקט ניסוי ייצוב קרקעות
לצרכי סלילת שבילים ודרכי פארק

דו"ח סיכום שלב מעקב I

9 חודשי מעקב ראשוניים לאחר ביצוע

קרן ברכה

חברת פארק איילון

המשרד לאיכות הסביבה

רשות ניקוז ירקון

מנהלת אפר הפחם

תכנון אדריכלי וניהול פרויקט:

אדר' ארז לוטן

תכנון הנדסי:

ד"ר רפאל ירון

אינג' מוחמד חביב-אללה

לוטן אדריכלות ואדריכלות נוף

רח' הגפן 19, בני עטרות 60991
טל - 077-6430092
נייד - 052-6030481
פקס - 03-5423733
מייל - elotan@013.net.il



קיבוץ יגור - 30065
טל - 04-9037080
פקס - 04-9037077

נובמבר 2006

פארק איילון – פרויקט ניסוי ייצוב קרקעות

לצרכי סלילת דרכים משניות

דו"ח סיכום שלב מעקב I

תוכן עניינים:

3.....	רקע כללי.....	1.
5.....	סקירה כללית של שלב הביצוע	2.
5.....	כללי	2.1
5.....	פירוט קטעי הניסוי	2.2
7.....	תאור תמציתי של תהליך העבודה	2.3
12.....	שלב המעקב.....	3.
12.....	כללי	3.1
12.....	שיטות התייעוד בשלב המעקב	3.2
15.....	אופן ביצוע המדידה והמעקב בשדה	3.3
15.....	תחום הציונים וההערכה	3.4
17.....	תוצאות פעולות המעקב	4.
17.....	כללי	4.1
17.....	קבוצת הקטעים שיוצבו באמצעות מייצב מסוג RBI	4.2
35.....	קטעי ייצוב בפולימר המשווק על ידי חברת הדר	4.3
45.....	קטעי ייצוב באמצעות סיד כבוי	4.4
60.....	קטעי ייצוב באמצעות אפר פחם מרחף	4.5
71.....	בחינת נושא האבק	4.6
76.....	סיכום ומסקנות	5.
76.....	סיכום תוצאות הקטעים השונים	5.1
77.....	השוואת עלויות סלילה	5.2
79.....	סיכום	5.3

1. רקע כללי

תוכנית פרויקט פארק איילון כוללת יישומה של רשת דרכים ושבילים באורך כולל של למעלה מ-20 ק"מ, כאשר 10 ק"מ מתוכם מתוכננים לביצוע בשלב ראשוני. מרבית רשת הדרכים המתוכננת מיועדת לתנועת הולכי רגל העושים שימוש בפארק, רוכבי אופניים וכן כלי רכב קלים. בנוסף צפויה תנועה מזדמנת של רכבי שירות מסוגים שונים, כמו רכב תחזוקת הנחלים, משאיות לפינוי פסולת וגזם ועוד.

היעדים העיקריים העומדים בהקשר זה בפני הנהלת מנהלת פארק איילון הינם:

א. **יעדים אדריכליים** - לבצע סלילה של דרכי פארק שיעמדו בדרישות האדריכליות של הפרויקט, תוך השתלבות מלאה ככל האפשר בנוף הפארק. הדרישות העיקריות בנושא זה מתייחסות לקבלת גוונים מתאימים של פני הדרך, להבטחת פני שטח יציבים ונעימים לתנועה ולקבלת מראה ויזואלי שישתלב בסביבה הטבעית.

ב. **יעדים הנדסיים** - לאפשר סלילת רשת הדרכים באופן שיבטיח שמישות גבוהה של הפארק לאורך כל עונות השנה, לרבות בתקופת החורף. הדרכים אמורות לתת רמת שירות סבירה למשתמשים השונים, תוך צמצום מקסימלי של בעיית שקיעות בתקופת החורף ובעיות אבק בתקופת הקיץ. פני הדרכים אמורים להיות ללא חריצה משמעותית וללא בורות.

ג. **יעדים תקציביים וכלכליים** - לבצע את האמור לעיל תוך השקעה כספית מינימאלית, כאשר הבחינה נעשית מתוך ראייה כלכלית לאורך זמן.

ד. **יעדים סביבתיים** - לבחון ב- "אהדה רבה" חלופות הכוללות בחובן ניצול של חומרי פסולת מסוגים שונים, בחומרים המשמשים לסלילת הדרכים בפארק. פעולה זו אמורה לשלב יתרונות כלכליים בפעולה שהינה בעלת יתרונות סביבתיים. האמור, מתאים במיוחד ליעדי פארק איילון, כפארק בעל זיקה מיוחדת לנושא איכות הסביבה.

פוטנציאל החיסכון והיתרונות האחרים הגלומים בטכנולוגיות ייצוב הקרקעות הביאו את מנהלת הפארק לכלל החלטה לבחון לעומק את אפשרות היישום של אותן טכנולוגיות לצורך סלילת הדרכים והשבילים של הפארק.

בהתאם, הוחלט לקדם תהליך של ניסויי שדה לבחינת חלופות שונות לסלילה. תכנון עבודת הניסוי החל בחודש ספטמבר 2005 מתוך מטרה לסיים את השלב הראשון של הניסוי עוד לפני תקופת הגשמים. על פי התכנון המקורי אמורות להתקבל מסקנות ראשונות ממהלך הניסוי לאחר כששה חודשים, מסקנות שיסייעו בקבלת ההחלטות לגבי סלילת קטעים נוספים הכלולים במסגרת הפארק.

מסמך זה מתאר תהליכי מעקב שבוצעו בקטעי הניסוי השונים שבוצעו החל מסוף שנת 2005. המסמך מהווה מסמך המשך למסמך קודם שפורסם בנושא, שכותרתו: "פארק איילון - פרויקט

ייצוב קרקעות לצרכי סלילת דרכים משניות, דו"ח ביניים – סיכום הפרויקט עד לתום שלב הביצועי, ר. ירון, א. לוטן ומ. חביב-אללה, 2006.

2. סקירה כללית של שלב הביצוע

2.1. כללי

פרוט התהליך התכנוני ומהלך הביצוע של קטעי הניסוי נכללו במסמך קודם, כמפורט לעיל. פרק זה כולל תאור מקוצר ותמציתי של תהליך הביצוע, לטובת אותם קוראים שלא עיינו במסמך הראשון.

בסך הכל בוצעו במסגרת השלב הנוכחי 15 קטעי ניסוי, מרביתם באורך של כ- 100 מטר כל אחד ומיעוטם באורך 50 מטר. עבודת הסלילה והייצוב של כלל הקטעים הסתיימה בחודש דצמבר 2005, כאשר מרבית העבודה בוצעה בתקופה שבה היתה הפסקה בגשמים. כשבוע לאחר תום עבודת הייצוב החלו גשמים באזור המרכז שנמשכו מספר ימים.

בכל אחד מקטעי הניסוי בוצעה חלופה שונה של חומרי בסיס (חומרים שעליהם מיושמים חומרי הייצוב) וחומרי ייצוב, שכללו:

א. **חומרי בסיס** - ששימשו את החומר העיקרי בתוך השכבה המיוצבת וכללו:

- **חומר מקומי** - קרקע החרסית הטבעית המקומית
- **חומר מובא** - חומר מחצבה מדורג, המכיל אגרגט גרוס בדרוג דק יחסית בגודל גרגר מקסימלי של 19 מ"מ.
- **חומר מובא** - פסולת בניין גרוסה
- **חומר מובא** - אפר פחם תחתי

במרבית קטעי הניסוי הורכב חומר הבסיס כתערובת של החרסית המקומית עם אחד מהחומרים המובאים שתוארו לעיל. בשלבי המשך תיבדק האפשרות לשלב סוגי חומרים נוספים בתהליך הסלילה, תוך מתן עדיפות לחומרים המוגדרים כחומרי פסולת בתעשיות שונות.

ב. **חומרים מייצבים** - חומרים מייצבים ששימשו לצורך ייצוב תערובת חומרי הבסיס כללו:

- חומר ייצוב מסחרי מסוג RBI מתוצרת חברת Anyway.
- חומר ייצוב פולימרי מסחרי "SOILTAC" המשווק על ידי חברת הדר.
- אפר פחם מרחף – בעל תכונות מסוימות של ייצוב לטווח ארוך.
- סיד כבוי – ששולב בפרויקט במינונים נמוכים, בעיקר לצורך שיפור תכונות החומר החרסיתי המקומי, וכמייצב.

2.2. פירוט קטעי הניסוי

להלן מפורטים הנתונים התכנוניים העיקריים הנוגעים לכל אחד מקטעי הניסוי. הקטעים סווגו על פי סוג החומר המייצב ששימש בביצוע הקטע. יש לשים לב שעובי השכבה המיוצבת היה שונה

ב. עיבוד והידוק קרקע השתית החרסיתית לדרגות צפיפות נדרשות. פעולה זו בוצעה תוך שימוש בפעולות תיחוח והרטבה, כאשר ההידוק בוצע באמצעות מכבש רגלי כבש ויברציוני (הידוק סופי והחלקה בוצעו על ידי מכבש חלק). העבודה כללה גם עיבוד מדויק יותר של פני השתית, על פי המפלסים ושיפועי הצד המתוכננים. ציורים מס' 2.2 ו- 2.3 מתארים שלבים שונים של העבודה.



ציור מס' 2.1: עיבוד ראשוני של צורת דרך באמצעות יעה אופני



ציור מס' 2.2: "פתיחה" וחרישה ראשונית של הקרקע החרסיתית (ימין) והרטבת הקרקע לפני המשך עבודת התיחוח (שמאל)



ציור מס' 2.3: תיחוח הקרקע באמצעות מתחחת חקלאית קלה (ימין). הידוק הקרקע החרסיתית באמצעות מכבש רגלי כבש (שמאל)

2.3.3. הכנת תערובות החומרים וביצוע הייצוב

תהליך העבודה כלל את השלבים העיקריים הבאים (חלק משלבי הביצוע היו שונים בחומרי ייצוב שונים):

- א. ערבוב חומרי הבסיס (ראה ציור מס' 2.4) - פיזור בשכבה אחידה של החומר המובא (החומר הרלוונטי בעבור אותו קטע ניסוי) על פני השטח. פיזור שכבה של החרסית המקומית על פני החומר המובא. תיחוח חומרי הבסיס לקבלת תערובת הומוגנית.
- ב. הוספת המייצב (ראה ציור מס' 2.5) - הוספת ופיזור החומר המייצב בכמות הנדרשת על פני תערובת חומרי הבסיס.
- ג. תיחוח, ערבוב והרטבה (ראה ציור מס' 2.6) - תיחוח חוזר של המייצב לתוך התערובת של חומרי הבסיס. ביצוע הרטבה ותיחוח להבטחת קבלת חומר הומוגני ברטיבות הנדרשת.
- ד. עיבוד סופי, הידוק ועבודות השלמה (ראה ציור מס' 2.7) - עיבוד פני שטח סופיים על פי המפלסים ושיפועי הצד הנדרשים והידוק במכבש ויברציוני חלק עד להגעה לדרגות הצפיפות הנדרשות. עבודת המשך כללה אשפחה של הקטעים המיוצבים וכן עבודות לעיבוד צידי הדרך, הבטחת ניקוז השטח והכנת צידי הדרך לעבודות זריעה מתוכננות.



ציור מס' 2.4: אפר פחם תחתי לאחר פיזור באחד מקטעי המשנה (ימין). תהליך תיחוח תערובת הבסיס בקטע משנה הכולל חרסית וחומר מודרג (שמאל)



ציור מס' 2.5: תהליך פיזור ראשוני של חומר מייצב באמצעות מפלסת (ימין) והשלמת פריסה אחידה של המייצב בעבודה ידנית (שמאל)



ציור מס' 2.6: פעולות תיחוח והרטבה של תערובת החומרים בתוספת המייצב, לקבלת תערובת אחידה לפני עיבוד סופי של פני שטח והידוק.



ציור מס' 2.7: הידוק הקטע המיוצב באמצעות מכבש ויברציוני חלק (ימין) והסדרת צד דרך להבטחת ניקוז והכנת שטח לזריעה (שמאל)

5.3. סיכום

עם סיום תהליך הביצוע של הפרויקט ולאחר כ- 9 חודשי מעקב, ניתן לסכם את הפרויקט בנקודות העיקריות הבאות:

א. הנסיון שהצטבר במהלך התקופה שעברה מאז היישום מחזק את ההערכה שניתן לעשות שימוש בשיטות ייצוב קרקעות לצורך סלילת דרכים ושבילים ברמת שירות גבוהה, תוך יתרונות כלכליים וסביבתיים.

ב. תהליך הביצוע של עבודת הייצוב נעשה באופן מוצלח למדי, למרות שיש עדיין מקום נרחב לשיפור, הן בתחום הציוד והן בתחום הידע הביצועי. שימוש באמצעים משוכללים יותר לביצוע תיחוח וערבוב התערובות, לפיזור החומרים המייצבים וכן לביצוע העיבוד הסופי של פני השטח יאפשרו ייעול משמעותי של תהליך העבודה, תוך השגת תוצאות משופרות.

ג. להקפדה על תהליכי הביצוע יש השפעה גדולה באופן מיוחד על תוצאות העבודה. עובדה זו נובעת מכך שחלק לא קטן מהמפרטים הינם מפרטי תהליך (בניגוד למפרטי תוצאה סופית, המקובלים היום במרבית עבודות העפר). עבודה לא נכונה ולא מוקפדת וחוסר הצלחה להשיג עירבוב הומוגני של החומרים הינו הגורם העיקרי לכשלים בעבודות ייצוב. לאור האמור יש לוודא קיומה של מערכת פיקוח מקצועית מאד וצמודה לאורך כל תקופת הביצוע.

ד. למרות שזמן קצר לאחר סיום הביצוע התרחשו מספר ארועי גשם חזקים, לא היתה פגיעה משמעותית באיכות פני השטח. יחד עם זאת, יש לעשות מאמץ להקדים את תקופות הביצוע לעונות שבהן ניתן יהיה להניח לתהליכי האשפחה להתקיים באופן חופשי יותר ולמנוע נזקים לשטחים שטרם הספיקו להתחזק.

ה. מתוך המייצבים השונים שנוסו במהלך הניסוי נראה בשלב זה שהסיד הכבוי נתן את התוצאה הטובה ביותר, בעיקר כאשר לוקחים בחשבון את כלל המרכיבים, לרבות מרכיב העלות. החומר שתפקד הכי פחות טוב היה אפר הפחם המרחף, לגביו היה ידוע מראש הצורך במתן תקופות אשפחה ארוכות בהרבה, ברמה של מספר חודשים לפחות. אל ההמלצות האמורות יש להתייחס בזהירות, שכן המעקב אחר תפקוד הקטעים השונים אמור להמשך לאורך זמן ונתונים אלו עדין אינם בידינו.

ו. שימוש באפר פחם מרחף בתערובות מיוצבות אפשרי, אולם ככל הנראה לא בשכבה עליונה. יש לאפשר תקופות ארוכות של אשפחה בחומר זה. ניתן לבדוק שילוב חומר זה ביחד עם מייצבים אחרים, לקבלת תערובת מייצבים בעלת אקטיביות גבוהה.

ז. החומר המודרג שבו נעשה שימוש בפרויקט התגלה כחומר המוצלח ביותר, ככל הנראה כתוצאה מהדרוג הטוב שכלל אבנים בגודל של לא יותר מכ- 10 מ"מ. הדרוג של החומר העניק לתערובת החומרים יציבות מכנית ועם זאת נמנע המצב של "ביצבוץ" אבנים גדולות במקרה של התפוררות בפני השטח. בפרויקטים עתידיים מומלץ לעשות שימוש בחומרים דומים, תוך הגבלת גודל אבן מקסימלית לכ- 10 עד 15 מ"מ.

ח. שימוש בחומרי פסולת שונים הינו מבורך ורצוי, אם כי יש לעשות מאמץ לשלוט יותר על דירוג החומרים.

- ט. אחת הנקודות החשובות בכל פרויקט של ייצוב קרקעות הינו הבטחת ניקוז טוב של פני הדרך לאורך זמן. יש להבטיח שיפוע רוחבי של כ- 4%, על מנת לקיים ניקוז מים מהמיסעה, גם לאורך זמן, כאשר נוצרת חריצה מסויימת בפני השטח. הטיפול בניקוז המים אמור לכלול גם את קרבת הדרך ושוליה.
- י. בהבט האדריכלי השימוש בחומר מחצבה בהיר פחות רצוי מאשר שימוש בחומרים אחרים בעלי גוון הקרוב יותר לגוון הסביבה.
- יא. שיטות המעקב בהם נעשה שימוש מאפשרות להעריך באופן טוב למדי את מצב הקטעים השונים לאורך זמן. יחד עם זאת יש עדיין מקום לשיפור תהליך המעקב, כולל הכנסת אמצעים נוספים שיאפשרו ביצוע הערכות פחות סובייקטיביות בנוגע למצב קטעי הדרך.
- יב. המסקנה העיקרית שהתקבלה בהתייחס לפרויקט המשכי המתוכנן בפארק איילון כללה הרחבת שימוש בסיד כבוי כחומר מייצב. אגרגטים מומלצים לשימוש כתערובת עם החרסית המקומית כוללים אפר פחם תחתי וכן פסולת בניין גרוסה עם דירוג מבוקר. מסקנות אלו הינן מסקנות ביניים שיתכן שישונו, על פי הניסיון המצטבר לאורך זמן.