



מפרט לחומר הגוונה ירוק בשבילי ובנתיבי אופניים

מהדורה ראשונה

סיון תשע"ח – מאי 2018

הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות
במינוי המנהל הכללי של משרד התחבורה

מפרט לחומר הגוונה ירוק בשבילי ובנתיבי אופניים

הכין: אינג' אדריאן קוטרש

בליווי והנחיה של אינג' אלה פונמארב,

מרכזת הועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות

ובתמיכת הוועדה

הרכב הוועדה

- אינג' עירית שפרבר
- אינג' חן כהן
- אינג' הראל דמתי
- אינג' אלה פונמארב
- אינג' ישעיהו רונן
- אינג' מאריה כהן-אתגר
- אינג' שמעון נסיכי
- אינג' יהודה אריה
- אינג' אריק פולונסקי
- אינג' דני ירס, אינג' אלכס ויאזמנסקי (מ"מ)
- אינג' נועם יהלום
- אינג' רביבה אנוקוב
- מר זאב גולדנברג
- אינג' מיכל שמעון
- אינג' מיטל בלול, אינג' פרנצ'סקה לביא
- רפ"ק אינג' אנטולי מדניקוב
- ד"ר נטלי כץ
- אינג' ולד זסלבסקי
- אינג' שי בשארי
- אינג' רחלי בורד-עדן
- פרופ' שלום הקרט, ד"ר בני פרישר,
- ד"ר ויקטוריה גיטלמן, אינג' אדריאן קוטרש
- אינג' יובל בלום, ד"ר קרולין מטר, ד"ר דן לינק
- מנהלת אגף בכיר תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יו"ר
- משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מ"מ יו"ר
- משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מ"מ יו"ר
- מרכזת הוועדה
- יועץ מטעם המפע"ת הארצי
- הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים
- חב' "נתיבי ישראל"
- איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות
- חב' "יפה נוף", עיריית חיפה
- חב' "כביש חוצה ישראל"
- חב' "דרך ארץ" בע"מ
- חב' "נתיבי היובל" בע"מ
- עיריית ירושלים
- עיריית ת"א
- חב' "נתיבי איילון"
- משרת ישראל
- רכבת ישראל
- עיריית חיפה
- חב' "דרך הצפון"
- משרד הביטחון
- יועצים מדעיים לוועדה

כ"ד באב, התשע"ח
05 אוגוסט 2018

סימוכין: 17301118

לכבוד מפרט לחומר הגוונה ירוק בשבילי ובנתיבי אופניים

משרד התחבורה נרתם להכנת מפרט לחומר הגוונה ירוק, המיועד ליישום בשבילים ובנתיבים לתנועת אופניים, בעיקר באזורי הניגוד שלהם עם תנועות אחרות, וזאת במטרה להעלות את הבטיחות בשבילים ונתיבים אלה.

בשנת 2009 פורסמו ההנחיות לתכנון עבור תנועת אופניים, ולאור החוסרים שזוהו עם ההתקדמות הרבה בתכנון ובביצוע תשתיות לתנועת אופניים ברחבי הארץ, יזם המשרד עדכון של ההנחיות, המבוצע בימים אלה. אחת ההמלצות העיקריות של ועדת ההיגוי לעדכון ההנחיות היא, לאמץ מדיניות של הגוונת אזורי הניגוד ברצועות התנועה לאופניים. הגוון שנבחר בהתאם לנהוג במדינות שונות בעולם הינו הגוון הירוק.

ההנחיות העדכניות לתנועת אופניים ממליצות על ביצוע ההגוונה בכל מקום בו נדרש להבליט את קיום האופניים עקב קירבה או ניגוד לתנועות אחרות של רכב או הולכי-רגל (צמתים, תחנות אוטובוס, חניות, חציית שבילי ה"ר וכד').

מטרת המפרט היא קביעת דרישות לבחינת ולקבלת חומרי הגוונה ירוקים, המיועדים להבלטת ולהדגשת אזורי הניגוד ברצועות לתנועת אופניים. מפרט זה מציג את הכלים והשיטות בהם ניתן לקבל ולאשר חומרים אלו בארץ, וכולל דרישות מעבדתיות ודרישות מעקב למשך שנה אחרי תפקוד חומר ההגוונה לאחר יישומו בתנאי הארץ.

בברכה

יעקב בליטשטיין
המפקח האחזי על התעבורה



תוכן עניינים

1	מבוא	1
1	כללי	1.1
7	מטרת המפרט	1.2
7	מונחים והגדרות	1.3
8	חלות המפרט	1.4
9	מפרט לבדיקה ואישור	2
9	דרישות מבדיקות מעבדה	2.1
12	דרישות ליישום	2.2
13	מעקב לתפקוד החומר לאחר יישום בפועל בתנאי הארץ	2.3
14	סיכום	3
נספח א שלכות בטיחותיות ותכונות תפקודיות נדרשות מחומר ירוק		
15	להגוונת שבילי ונתיבי אופניים	
15	השלכות בטיחותיות של יישום חומרי הגוונה לשבילים ולנתיבים לאופניים	1.א
15	תכונות תפקודיות נדרשות מחומרי הגוונה	2.א
19	נספח ב: סקירת מסמכי רקע	
19	מבוא	1.ב
20	תקינה	2.ב
22	הנחיות ומפרטים	3.ב
49	מראי מקום	4.ב
51	נספח ג: נוהל הגשת תיק מוצר לחומר הגוונה ירוק לבדיקה במסגרת הועדה הבין משרדית ...	
51	מפרט טכני	1.ג
51	הוראות יישום	2.ג
51	הוראות אחזקה	3.ג
52	גיליון בטיחות	4.ג
52	בדיקות מעבדה	5.ג
52	סימון אריזה ותיעוד שרשרת אספקה	6.ג
53	ניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ברשויות דרך	7.ג
53	מסמכים נוספים	8.ג

1 מבוא

1.1 כללי

חומרים להגוונה ירוקה לצורך הבלטה של שבילי ונתיבי אופניים נמצאים בשימוש משנות ה-90 במגוון מדינות, לרבות ישראל. מהספרות העולמית עולה כי חומרים אלה אף הוטמעו בהנחיות לתכנון במספר מדינות כגון ניו-זילנד, אוסטרליה, אנגליה וארה"ב.

בישראל נעשה שימוש בחומרים אלה לצורך הבלטה של שבילי אופניים במספר רשויות בעשור האחרון. עיקר השימוש יועד ליצירת הפרדה חזותית בין תוואי הליכה של הולכי רגל לבין שבילי האופניים. חומרים אלה לא עברו תהליך של בדיקה ואישור, וכמו כן גם לא הוגדרו עבורם הנחיות או דרישות תפקודיות לקבלה ולאחזקה עד לעת האחרונה.



תמונה 1: שביל אופניים בצמוד לכביש 4, קריית מוצקין (ליד מחנה כורדני)

לאחרונה הוחלט בוועדה העוסקת בעדכון ההנחיות לתנועת אופניים, שיש להדגיש בהגוונה ירוקה כל אזור ניגוד בין האופניים לבין משתמשי דרך אחרים, לרבות צמתיים. מסמך זה נועד להסדיר את הדרישות לבדיקה ולאישור של חומרי הגוונה בגוון ירוק לשבילי ולנתיבי אופניים, והינו המסמך השני בתחום חומרי הגוונה – המסמך הראשון נערך במטרה להגדיר את צבע ההגוונה האדום לשימוש בנתיבי תחבורה ציבוריים.

חומרים להגוונה המיושמים על פני המיסעה אינם חלק מלוח התמרורים, אלא הסדר בטיחותי, כך שלא ניתן להתייחס אליהם כאל חומרי סימון המופיעים בלוח התמרורים, למרות שקיימים קווי דמיון באשר לתפקידם.

ככלל, ביצוע הגוונה של שבילי ונתיבי אופניים נעשה על מנת להבליט את השימוש המיוחד של שבילים/נתיבים אלה ביחס לנתיב תנועת הולכי הרגל שימוש נוסף נועד להגביר את מודעות רכב מנועי או הולך

רגל באזורי קונפליקט כדוגמת אזורי חצייה והצטלבויות. באופן פרטני, יש לתהליך ההגוונה מספר מטרות:

- למנוע חדירה בשוגג ולהרתיע כלי רכב מפני נסיעה מכוונת ברצועות התנועה לאופניים.
- להפנות את תשומת ליבם של הולכי רגל על הימצאותם לצד שביל אופניים, שבו מתקיימת תנועה בעלת אופי אחר, על פי הסדרי התנועה במקום.
- להפנות תשומת לב נהגים על חציית נתיב תנועה של אופניים בצמתים, או על הימצאות נתיב אופניים הממוקם במקביל לנתיב תנועה של רכב מנועי.
- להתריע לרוכבי האופניים על הצטלבות בין נתיב נסיעה של אופניים לבין נתיב לרכב מנועי או בין מסלול הליכה של הולכי רגל לשביל אופניים.

הבדלה של שביל אופניים מתוואי הליכה מקביל של הולכי רגל יכול להתבצע גם באמצעים אחרים כגון ריצוף בגוון שונה, אך פתרון זה הינו פתרון יקר שאינו מיושם ברשויות רבות. במצבים בהם תוואי ההליכה ושביל האופניים סלולים בתערובות אספטיים בעלות מירקם זהה, ההבדלה ניתנת להשגה רק באמצעות הגוונה בגוון שונה של שביל האופניים.



תמונה 2: שביל אופניים מדרכה במירקם וגוון שונה, ירושלים

הבדלה נוספת קימת בנתיבי אופניים. לעתים קרובות נתיבי האופניים עוברים בסמיכות לנתיבי חניה ונתיבי תנועה של רכב מנועי. ביצוע הגוונה בגוון שונה, מבליט את הימצאות שביל האופניים ומרתיע כלי רכב פרטיים הן מחנייה על הנתיב ומחריגה מרצועת החנייה, אבל גם מרתיע מפני נסיעה וחריגה לתחום נתיב האופניים.



תמונה 3: צביעת נתיבי אופניים בגוון ירוק

בהיעדר תקינה ישראלית (או אחרת) המתייחסת לחומרי הגוונה, נוצר צורך בהכנת **מפרט**, היוצר את הכלים לבחינה ואישור של חומרי הגוונה.

המפרט הנוכחי מתייחס לחומר הגוונה **ירוק בלבד** המיועד ליישום בשבילי ונתיבי אופניים.

בעיקרון, הדרישות המעבדתיות של חומר הגוונה ירוק זהות לדרישות, ע"פ תקן, מחומרי סימון, למעט התכונות הבאות:

- **ניראות לילה:** בחומרי הגוונה לא נדרשת ניראות לילה, מאחר ששבילי אופניים נמצאים תמיד בסביבה מוארת. בנוסף, הסקירה הספרותית באשר לנעשה בעולם לא מתייחסת לתכונה זו. חשוב לציין שהמשמעות של זיהוי בלילה ממרחק גדול היא שולית.
- **ניראות יום:** קיימת דרישה למקדם בהיקות בלבד. מקדם הבהיקות הוא תכונה מקבילה לניראות יום, וקיים עליו מידע והתייחסות בתקינה הישראלית לחומרי סימון ת"י 1871 למגוון גוונים. לצבע הירוק אין אזכור במהדורה הישראלית של תקן 1871 או במהדורה האירופאית. ערך מקדם הבהיקות שאותר בספרות.
- **התנגדות להחלקה:** רמת ההתנגדות המזערית המומלצת להחלקה היא רמה S1 (דרישת סף מזערית לחומרי סימון ע"פ התקן), מאחר שמדובר ביישום על שטח גדול בהרבה מאשר בסימונים הרגילים על פני הדרך. עובדה זו מגבירה את הקשר בין גלגלי כלי הרכב לחומר הגוונה, ומעלה את חשיבות סוגיית ההתנגדות להחלקה של שטחים אלה. בהקשר זה יש לציין כי חומר הסימון מיועד לתנאי שירות של חשיפה לתוואי מעבר גלגלי רכב בצמתים באזורי קונפליקט, ולכן נדרשת רמת התנגדות להחלקה הדומה לרמה המזערית הנדרשת מחומרי סימון. בהקשר זה יש לציין כי גם רמה S1 הנה רמת מינימום של BPN 45, אשר גבוהה יותר מהרמה המזערית הנדרשת מרמת סף להתערבות תחזוקה במיסעות אספלטיות.
- **דרישת סף לתפקוד לאחר שחיקה:** משך הקיים המזערי הנדרש יכול להשתנות כתלות במקום השירות. עבור תנאי שירות בשבילי אופניים, בו התנועה הינה בעיקר של אופניים עם תנועה אקראית

של רכבי שירות, רמת התפקוד הנדרשת יכולה להיות P4 בדומה לרמה הנדרשת מחומרי סימון בחניונים.

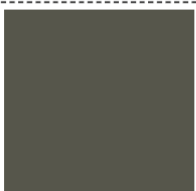
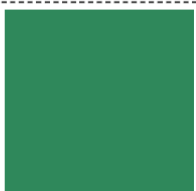
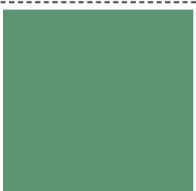
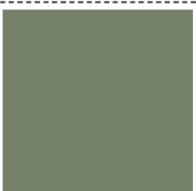
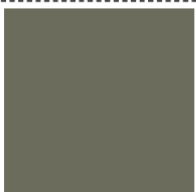
עבור תנאי שירות בנתיבי אופניים המהווים חלק מהכביש ובמיוחד בצמתים, נדרשת רמת שירות P5, מאחר שמדובר ביישום על שטח גדול יותר תחת נוכחות של תנועת תמהיל תנועה הכולל רכבים פרטיים ורכבי משא ואוטובוסים, ולכן חשוב שמשך הקיים של חומר הסימון יהיה ארוך יותר ודומה לכל הפחות למשך החיים הצפוי של חומרי הסימון המקבילים.

ראו בהקשר זה את ה"הנחיות ולבחירה ולהשמה של חומרי סימון תקינים בדרך – נוב' 2013", טבלאות 5.4, 5.5, 5.6.

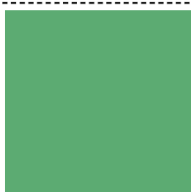
- עומק מירקם: עומק המירקם הנבחר לבדיקות קיים הינו RG2. זהו עומק המירקם המאפיין את המבנה ברוב הכבישים בארץ.
- בדיקת TROGER WEAR הוסרה מדרישות הסף של חומר ההגוונה, מאחר שזו בדיקה המיועדת לארצות קרות מאד, ופחות רלוונטית לארץ ישראל.

טבלה 1: תחום מקדם בהיקות בספרות

מדינה	תחום מקדם בהיקות	מקור בו מוגדר הגוון:
ארצות הברית	$0.07 \leq \beta \leq 0.30$	מזכר (86i) FHWA-9-09
ספרד	$0.11 \leq \beta \leq 0.21$	UNE 48703-2
ניו זילנד	לא מוגדר	תקן AS 2700 S גוון Emerald Green 13-G
אנגליה	לא מוגדר	Traffic Green 267 גוון BS 381

 BS381 217 Sea green	 BS381 218 Grass green	 BS381 220 Olive green	 BS381 221 Brilliant green	 BS381 223 Middle bronze green
 BS381 224 Deep bronze green	 BS381 225 Light Brunswick green	 BS381 226 Mid Brunswick green	 BS381 227 Deep Brunswick green	 BS381 228 Emerald green / Viridian
 BS381 241 Dark green	 BS381 262 Bold green	 BS381 267 Deep chrome green / Traffic green	 BS381 280 Verdigris green	 BS381 283 Aircraft grey green
 BS381 284 Spruce green	 BS381 285 NATO green			

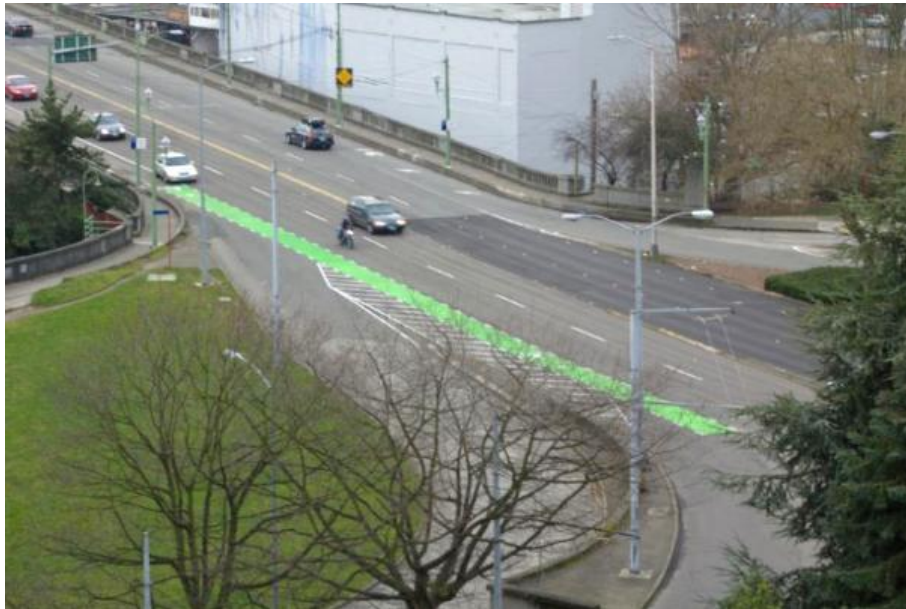
איור 1: המחשה של גוונים שונים של ירוק לפי תקן BS381 – הגוון בהנחיות באנגליה הינו 267

 G13 Emerald	 G14 Moss green	 G15 Rainforest green	 G16 Traffic green	 G17 Mint green
 G21 Jade	 G22 Serpentine	 G23 Shamrock	 G24 Fern green	 G25 Olive
 G26 Apple green	 G27 Homebush green	 G31 Verdigris	 G32 Opaline	 G33 Lettuce
 G34 Avocado	 G35 Lime green	 G36 Kikuyu	 G37 Beanstalk	 G41 Lawn green

איור 2: גוונים של צבע ירוק לפי תקן אוסטרלי AS 2700 – הגוון בשבילי אופניים G13 – Emerald

1.2 מטרת המפרט

מטרת המפרט הינה קביעת דרישות לבחינה ולקבלה של חומרי הגוונה ירוקים המיועדים להבלטה של שבילי ונתיבי אופניים, בדגש על אזורי ניגוד בצמתים ובמפגשים בין שבילי אופניים לתוואי הליכה של הולכי רגל (כדוגמת תחנות אוטובוס).



תמונה 3: דוגמא של הבלטת אזורי ניגוד בנתיבי נסיעה (Seattle, Washington, USA)

מקור: <http://john-s-allen.com/blog/wp-content/uploads/2011/02/green-bike-lane.jpg>

1.3 מונחים והגדרות

חומר הגוונה ירוק המיושם בשבילי ונתיבי אופניים: חומר בגוון ירוק המיושם על גבי אספלט או בטון בשבילי ונתיבי אופניים, במטרה להבליט ולהדגיש את מיקום הנתיב ביחס לסביבה.

תוחלת חיים של הסימון (durability): משך הזמן שבו חומר ההגוונה עומד בדרישות התפקוד המוגדרות (מונח זה מוכר גם כ-"קיים", או "תקופת שירות").

מקדם ניראות יום (Q_d): מבטא את החזר האור הדיפוזי (לכל הכיוונים) המתקבל מהסימון ומגיע לעיני הנהג, כפונקציה של עוצמת ההארה על הסימון. מקדם ניראות יום הינו ביחידה של $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$.

$$Q_d = L / E$$

כאשר:

L – בהיקות המשטח המואר מכל הכיוונים (mcd/m^2)

E – עוצמת ההארה בפני המישור המואר (lux)

מקדם הבהיקות (luminance factor): היחס המבוטא באחוזים בין הבהיקות של משטח מחזיר אור בכיוון נתון לבין הבהיקות של משטח מפזר לבן אידיאלי, הנבחן באותו כיוון ומואר באותו אופן.

צבע (paint) (מוכרים גם כ"צבעי דרך" או "צבעי דרך קונבציונאליים"): חומר סימון נוזלי הכולל קשרנים, פיגמנטים, חומרים מעבים, ממסים ותוספים. חומרי סימון אלה ניתנים ליישום כחד-רכיביים

או רב-רכיביים (multi-component systems). צבעים אלה מבוססים על הימצאותו של חומרי הסימון במצב מומס בממס אורגני או במים (לרוב במצב של תמיסה) עד למועד היישום על פני המיסעה. לאחר היישום ובעת התאדות או הפרדה של החומר הממס מחומר הסימון, נוצר תהליך התקשות של פילם צבע על פני המיסעה. תקופת שירות של צבעי דרך מגיעה ל-4 עד 12 חודשים בדרך כלל.

חומרים תרמופלסטיים (thermoplastic): חומרים המיושמים במצב חם על פני השטח. עקרון היישום מתבסס על חימום המרכיבים לטמפרטורה גבוהה מאד (בסביבות 200°C ובהתאם להנחיות היצרן). תהליך החימום גורם להתרככות החומרים הרלוונטיים, ההופכים לנוזל צמיג ומאפשרים את היישום על פני השטח. לאחר גמר היישום מתקשים החומרים תוך ירידת הטמפרטורה שלהם, והם מתחילים לתפקד.

חומרים פלסטיים קרים (cold plastic): חומרים המיושמים במצב קר. העיקרון המשמש ליישום מתבסס על ערבוב מספר מרכיבים (בדרך כלל נוזליים) לקראת מועד הפיזור על פני השטח. מרכיבים אלה גורמים להתרחשות תגובה כימית, שבעקבותיה מתקשים החומרים על פני השטח ומתחילים לתפקד.

חומרים שמשפרים התנגדות להחלקה של חומר הסימון (antiskid aggregates): חומרים (אגרגטים בגדלים שונים) אשר מגדילים את מקדם החיכוך ומשפרים את התנגדותו של חומר הגוונה להחלקה. חומרים אלה מכונים בד"כ חומרים מונעי החלקה.

1.4 חלות המפרט

המפרט חל על חומרי הגוונה ירוקים המיועדים ליישום על גבי המיסעה בשבילי ובנתיבי אופניים בלבד. בהקשר זה יודגש כי המפרט אינו חל על יישומים אחרים של חומר הגוונה ירוק. ככלל, יש להימנע משימוש בגוון שיועד לשימוש מסויים למטרות שימושים אחרים, כדי למנוע שבירה של ההקשר בעיני הציבור. יש לשאוף ולעשות שימוש בחומר הגוונה ירוק לנתיבי ולשבילי אופניים בלבד, ולהימנע מיישומים מקבילים כדוגמת סימון מפרצי חניה לרכב ייעודי.



תמונה 4: דוגמא לשימוש פסול של חומר הגוונה ירוק באיי תנועה



תמונות 5, 6: שימוש בגוון ירוק בנתיבי חנייה ייעודיים לרכב שיתופי

מעיון בתמונות 4-6 ניתן לראות שימושים שונים לא רצויים בגוון ירוק. בנוסף ניתן לראות את חוסר האחידות בגוונים השונים ואת חשיבות קביעת מפרט זה אשר מעגן את תחום הקואורדינטות הכרומטיות ומקדמי הבהירות המותרים.

2 מפרט לבדיקה ואישור

2.1 דרישות מבדיקות מעבדה

דרישות הקבלה לחומר הגוונה ירוק המיועד ליישום על גבי המיסעה בשבילי ובנתיבי אופניים ובמיוחד באזורי ניגוד, כוללות התייחסות להגדרת תחום הקואורדינטות הכרומטיות של הגוון הירוק, לבדיקות איפיון, בדיקות עבור התוספים ובדיקות קיים. הבדיקות המעבדתיות יבוצעו לפי אותו מפרט ואותן כמויות (חומרי בסיס ותוספים למיניהם) כפי שמתוכנן להתבצע בפועל בשטח, והאישור ליישום יהיה בכפוף לכך. כל הבדיקות צריכות להתבצע במעבדות המוסמכות לביצוע אותן הבדיקות. לעניין זה יש לפנות לנוהל לבחינה של התקני תנועה ובטיחות של הוועדה הבין משרדית ולרשימת הנספחים לנוהל במהדורתם העדכנית ביותר. הדרישות לחומר הגוונה נשענות על תקן ישראלי ת"י 1871 (חומרים לסימון דרכים – צבעים, חומרים פלסטיים קרים וחומרים תרמופלסטיים – דרישות). זאת למעט השינויים הנוגעים לתכונות הבאות: ניראות לילה, ניראות יום, התנגדות להחלקה, קיים, עומק מירקם ובדיקת Troger Wear, כפי שהוסבר במבוא בסעיף 1.1.

להלן פירוט הבדיקות הנדרשות מחומר הגוונה ירוק:

א. דרישות קואורדינטות כרומטיות לגוון ירוק: ת"י 1871 אינו כולל התייחסות לחומר / צבע כבישים בגוון ירוק. בשלב זה ובטרם נצבר ניסיון בארץ עם בחינה ואישור של חומרי הגוונה ירוקים, הקואורדינטות הכרומטיות לגוון ירוק לצורך אישור ההתקן יהיו בהתאם לקואורדינטות המוגדרות בטבלה 2.1 לעיל.

בעת בחינת תחום הקואורדינטות נבחנו מספר ערכים ממפרטים ומהנחיות שונות:

(1) מזכר הנחיה של רשות התחבורה הפדרלית בארצות הברית "Chromaticity – 9(09)-86(I)

"Requirements for Green Colored Pavement" ראו טבלה 2.1.

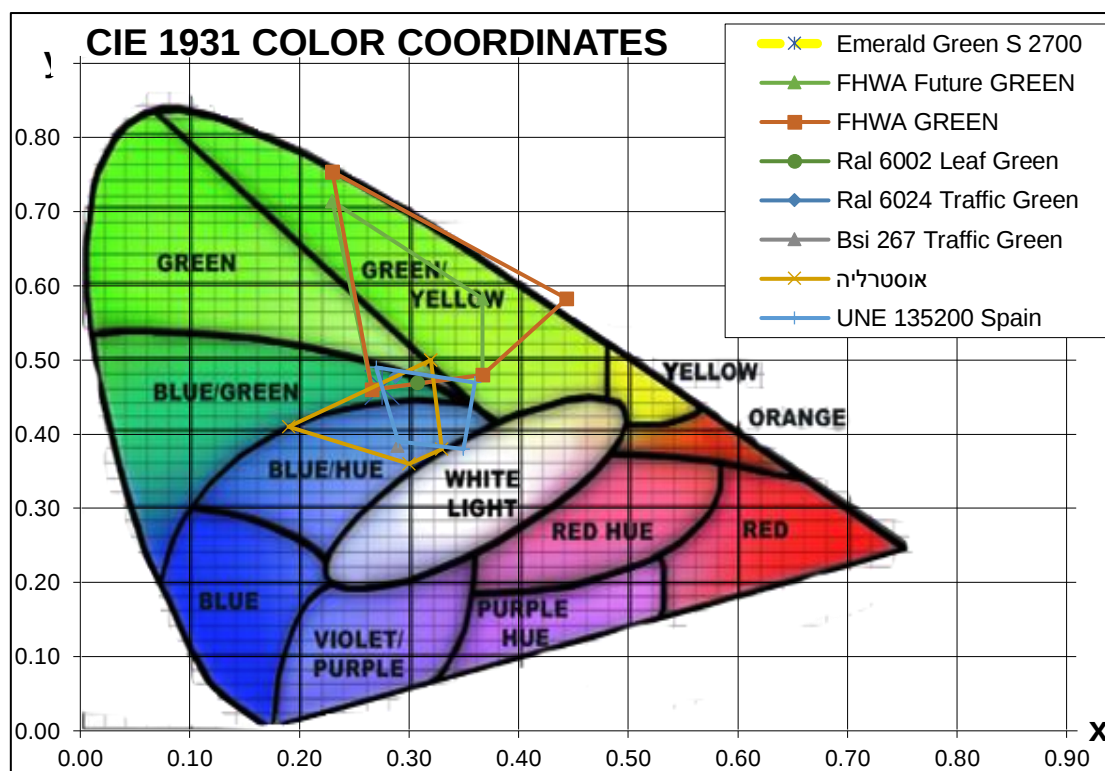
(2) תקן אוסטרלי AS 2700 S 1996 עבור גוון Emerald Green

(3) תקן אנגלי BS 381 עבור גוון Traffic Green 267

(4) תקן UNE-135200-2 עבור גוון ירוק

טבלה 2.1: תחום קואורדינטות כרומטיות של הגוון הירוק בהתאם למזכר FHWA

y	x
0.714	0.230
0.460	0.266
0.480	0.367
0.583	0.367



תרשים 3: תחומי קואורדינטות כרומטיות לפי מפרטים ותקנים שונים.

בהמשך לאיור 2 ניתן לראות כי התחום המאומץ במסגרת מפרט זה הינו התחום הנקוב כתחום עתידי של מפרט FHWA, אבל שכולל בתוכו את הגוון האוסטרלי ואת הצבע הירוק לפי תקן RAL, וחופף בחלקו לתקן הספרדי והאוסטרלי בתחום הבהיר יותר של הגוון הירוק. תחום הגוון הירוק המוגדר עבור המפרט האנגלי (זהה לתקן הודי) מוצג כחורג בתחום הכחול.

א. בדיקות איפיון לסוגי חומרים: על חומר ההגוונה המיועד לשבילי ונתיבי אופניים, לעמוד בבדיקות איפיון בהתאם לחלק מהבדיקות הרלוונטיות של חומר בסיס על פי הפירוט בתקן ישראלי 1871.

טבלה 2.2 מציגה את דרישות האיפיון מחומרים המיועדים להגוונה בירוק. טבלה 2.3 מציגה את דרישות האיפיון מחומרים תרמופלסטיים. טבלה 2.4 מציגה את דרישות האיפיון מחומרים פלסטיים קרים. כאמור, שימוש בחומרי סימון חד-רכיביים מומלץ לשבילי אופניים, ואילו שימוש בחומרי סימון תרמופלסטיים ודו-רכיביים מומלץ לנתיבי אופניים ולאזורי קונפליקט עם רכב מנועי. עם זאת, אין מניעה משימוש גורף בחומרים חד-רכיביים כל עוד יעמדו בדרישות, שכן המעבר לחומרים דו-רכיביים ותרמופלסטיים מייקר את עלות היישום, ורמת התפקוד של החומרים החד-רכיביים צפויה לתת מענה מלא לדרישות הקיים בתקופת השירות.

טבלה 2.2: דרישות איפיון מחומרי הגוונה חד-רכיביים – ירוק

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.1.1	Luminance factor
4.2.1.2	Hiding power
4.2.1.3	Storage stability
4.2.1.4	UV aging
4.2.1.5	Bleed resistance
4.2.1.6	Alkali resistance
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

טבלה 2.3: דרישות איפיון מחומרי הגוונה תרמופלסטיים – ירוק

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.2.1	General
4.2.2.2	Test before heat stability
4.2.2.2.1	Luminance factor
4.2.2.2.2	Softening point
4.2.2.2.3	Alkali Resistance
4.2.2.2.4	Cold impact resistance
4.2.2.2.5	UV aging
4.2.2.3	Test after heat stability
4.2.2.3.1	Luminance factor
4.2.2.3.2	Softening point
4.2.2.3.3	Indentation
4.2.2.3.5	UV aging
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

טבלה 2.4: דרישות איפיון מחומרי הגוונה פלסטיים קרים – ירוק

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.3.1	Luminance factor
4.2.3.2	Storage Stability
4.2.3.3	UV aging
4.2.3.4	Alkali Resistance
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

ב. תוספים לחומר ההגוונה בירוק המיועדים לשיפור תפקודו, כמו אגרגטים מונעי החלקה, צריכים לעמוד בדרישות התקן הישראלי ת"י 1423.

ג. בדיקות קיים: בדיקות אלו מתייחסות לתפקוד החומר לאחר שחיקה של כלי רכב. הבדיקות מתבצעות על המתכונת המלאה, על כל מרכיביו, של חומר ההגוונה (לרבות חומר יחד עם אגרגטים מונעי החלקה). בדיקות הקיים יתבצעו בהתאם לתקינה הישראלית ת"י 1871 סעיפים 4.3 ו-4.4. התקינה הישראלית מפנה לתקינה האירופאית EN 13197 (גלגל נע) או EN 1824 (בדיקות שדה). הבדיקות צריכות להתבצע על משטח בעל עומק מירקם RG2 ($0.6 \text{ mm} < \text{texture depth} < 0.9 \text{ mm}$), עומק מירקם זה מאפיין את המבנה ברוב הכבישים בארץ, והינה הבדיקה השכיחה והמקובלת לרוב חומרי הסימון. הדרישות לבדיקות קיים מוצגות בטבלה 2.5.

טבלה 2.5: דרישות קיים לחומר הגוונה ירוק

מקדם בהיקות	רמה מיני' התנגדות להחלקה (BPN)	קואורדינטות כרומטיות	דרישת מיני' לקיים
בשבילי ונתיבי אופניים ואזורי ניגוד עם רכב מנועי			
$0.11 \leq \beta \leq 0.30$	$S2 \geq 50$	בתחום המוגדר בטבלה 4.1	P5

תחום מקדם הבהיקות המוגדר לעיל הנו תחום רחב המהווה איחוד בין התחום המוגדר בתקן הספרדי והתקינה האמריקאית. מקדם בהיקות מתחת לסף 0.11 אינו רצוי, לאור הגוון הכהה המתקבל. סביר כי עם צבירת ניסיון מקומי עם חומרי הגוונה ירוקים ומעקב אחרי שינוי הגוון בחשיפה לתנאי האקלים המקומיים, ערכים אלה יעודכנו יחד עם ערכי תחום הקואורדינטות הכרומטיות.

2.2 דרישות ליישום

א. המתכונת המלאה של חומר ההגוונה (חומר ותוספים) צריכה להיות מיושמת כפי שנבדקה בבדיקות המעבדה ובהתאם לאישור הועדה הבין משרדית.

ב. דרישות עובי יישום: מטעמי בטיחות לא יתקבלו חומרים שעובי היישום שלהם הינו מעל 5 מ"מ. מגבלה זו הנה מגבלה נקובה בהנחיות לבחירה ולהשמה של חומרי סימון תקינים בדרך, ונועדה לשמור על בטיחות משתמשי הדרך באזורי ניגוד במפגש עם רכב דו"ג.

2.3 מעקב לתפקוד החומר לאחר יישום בפועל בתנאי הארץ

בהיעדר תקינה רלוונטית הנוגעת בצורה ישירה וממוקדת לחומרי הגוונה למיניהם, ובהיעדר ניסיון ממשי בשימוש בחומרים אלה, נדרש הליך של מעקב שיטתי אחר התפקוד של החומר בפועל, בתנאים אמתיים בשטח. לשם כך, יינתן **אישור זמני ומותנה לשנה** (שתתחיל עם יישום חומר הגוונה בשטח, בתנאי הארץ). זאת **לאחר עמידת חומר הגוונה בדרישות** המופיעות בסעיפים 2.1 ו-2.2 למפרט זה.

לאחר יישום חומר הגוונה בדרכים בארץ, על הספק/היצרן לבצע מעקב שיטתי אחת לרבעון (כל 3 חודשים) ולהציג בפני הוועדה דוחות על תפקוד חומר הגוונה בתנאי הארץ. במסגרת המעקב לתפקוד יבחן תפקוד חומר הגוונה בתנאים אלה במשך תקופה של שנה אחת לפחות, הן מבחינה חזותית והן מבחינה כמותית.

בחינה חזותית של תפקוד חומר הגוונה תתבצע על ידי צוות מומחים בלתי תלוי המאושר על ידי רשות הדרך בה יושם חומר הגוונה. צוות המומחים יבחן את תפקוד חומר הגוונה בהיבט של השחרה, התרשמות כללית ועוד.

בחינה כמותית של תפקוד חומר הגוונה תתבצע על ידי מעבדה בלתי תלויה. במסגרת הבדיקות המעבדתיות ייבחנו תכונות החומר הבאות: התנגדות להחלקה, קואורדינטות כרומטיות, מקדם בהיקות, התקלפות וסדיקה.

טבלה 2.6 מציגה את דרישות התפקוד מחומר הגוונה במהלך שנת המעקב.

פירוט הבחינה הכמותית:

- בכל דרך בה יושם חומר הגוונה יש לבחור שלושה קטעים נפרדים מייצגים, כאשר כל קטע הוא באורך של 100 מטר. בכל אחד מהקטעים יש לבצע בדיקות מקדם חיכוך ב-5 נקודות שונות. ממוצע הבדיקות בכל קטע צריך לעמוד בדרישות המוצגות בטבלה 2.6.
- בדיקת גוון ובהיקות יש לערוך ב-10 נקודות בדיקה לאורך קטע של 100 מ'.
- על מנת לבצע בדיקה של התקלפות וסדיקה יש לבחור שלושה מקומות מייצגים בכל קטע (100 מ'), ובשטח 30x30 ס"מ.

בתום תקופת המעקב יוחלט במסגרת הוועדה הבין משרדית על מתן (כן/לא) של אישור לחומר הגוונה לשלוש שנים נוספות, או לחילופין גריעת החומר מרשימת ההתקנים המאושרים על ידי הוועדה. במידה שחומר הגוונה יעבור את תקופת המעקב בהצלחה, רמות התפקוד שלו, כפי שיוצגו בפני הוועדה ובאישורה, יכללו התייחסות לתפקוד החומר בתום שנת המעקב.

טבלה 2.6: דרישות תפקוד מחומר הגוונה בתקופת המעקב לתפקוד

בדיקות	תכונה	דרישה
בדיקות חזותיות של צוות מומחים בלתי תלוי	השחרה/ לכלוך	דיווח על רמת ההשחרה 1-5* ערך רצוי בנתיב הגלגל: עד 2* ערך רצוי בין נתיבי הגלגל: עד 2*
	התרשמות כללית מהשטח	תיאור כללי של פני השטח, תיאור בעיות אופייניות
בדיקות כמותיות המתבצעות על ידי מעבדה	התנגדות להחלקה	מינימום BPN 50
	קואורדינטות כרומטיות	בתחום של גוון הירוק המוגדר במפרט זה
	מקדם בהיקות	$0.11 \leq \beta \leq 0.30$
	התקלפות	מקסימום 0.5% מהשטח
	סדיקה	מקסימום 10% מהשטח סובל מסדיקה נימית (ברוחב עד ל-0.5 מ"מ). סדיקה רחבה יותר אינה מותרת

* הערכה חזותית בלבד, כאשר 1 מציין מצב של העדר בעיית השחרה ו-5 מציין השחרה חמורה מאד.

3 סיכום

המפרט מתייחס לחומרי הגוונה ירוקים המיועדים ליישום בשבילי ובנתיבי אופניים בלבד, במטרה להבליט ולייחד נתיבים אלה.

המפרט הזה הינו הראשון מסוגו, ובהיעדר תקינה המכסה את הדרישות מחומרים אלה, ישמש מפרט זה למסמך מנחה אשר מציג את הכלים והשיטות בהם ניתן לקבל ולאשר חומרים אלה, במסגרת הועדה הבין משרדית לבחינה ואישור התקני תנועה ובטיחות.

המפרט כולל דרישות מעבדתיות הכוללות בדיקות איפיון לסוגי החומרים ובדיקות קיים, וכן דרישות ליישום חומר ההגוונה.

בנוסף לאמור לעיל, המפרט מציג דרישות למעקב אחר תפקוד חומר ההגוונה במהלך של שנה ממועד יישומו. מטרת המעקב הינה בחינה חזותית וכמותית לתפקוד חומר ההגוונה בתנאי הארץ.

נספח א: השלכות בטיחותיות ותכונות תפקודיות נדרשות

מחומר ירוק להגוונת שבילי ונתיבי אופניים

א.1 השלכות בטיחותיות של יישום חומרי הגוונה לשבילים ולנתיבים לאופניים

בדומה לחומרי סימון, חומרי הגוונה ירוקים המיועדים ליישום על גבי נתיבי ושבילי אופניים סובלים מהידרדרות בערכי התפקוד שלהם, לאורך תקופת השירות. זאת עקב השפעת תנאי הסביבה (הן בעת היישום והן לאורך תקופת השירות של החומר), מעבר של כלי רכב, זיהומים שונים וכו'.

תכונת התפקוד החשובה ביותר של חומרים להגוונה הנוגעת לבטיחות משתמשי הדרך הינה ההתנגדות להחלקה. חשוב לשמור על ערכים נאותים של תכונה זו לאורך תקופת השירות. בניגוד לחומרי סימון המיושמים ברוחב קטן יחסית, חומרים המיועדים להגוונה מיושמים ברוחב יותר משמעותי (רוחב של נתיב/שביל אופניים במדינת ישראל). יישום חומר על שטח יותר גדול מגדיל את החשיבות של ערכי ההתנגדות להחלקה של החומר בכל מקרה, ועל אחת כמה וכמה כאשר מדובר ביישום בצמתים בהם נוצרים אזורי קונפליקט ובלימה בין מפגש רצועות לתנועת אופניים עם נתיבי תנועת רכב מנועי, או באזורי חציה והצטלבות של מעבר חציה לאופניים (תמרור 812) עם נתיבי תנועה חוצים.

נקודה חשובה נוספת הינה הניראות של חומר ההגוונה על פני המיסעה. ניראות חומר ההגוונה למשתמשי הדרך משפיעה בעיקר על מניעת חדירת כלי רכב פרטיים לא מורשים לנתיבי האופניים, אבל גם להאטה ולזהירות בעת הצטלבות עם נתיבי ושבילי האופניים. לפעולה זו יש חשיבות תנועתית בעיקרה. בנוסף, יש חשיבות בטיחותית גבוהה מאד לניראות חומר ההגוונה לעיני הולכי רגל, לאור הפרשי המהירויות בין תנועת הולכי רגל ותנועת אופניים, במיוחד לאור שיעורי חדירה גבוהים מאוד של אופניים חשמליים בישראל.

א.2 תכונות תפקודיות נדרשות מחומרי הגוונה

תכונותיהם העיקריות של חומרי הגוונה בדומה לתכונות של חומרי סימון הן: ניראות על כלל מרכיביה, התנגדות להחלקה, גוון, טקסטורה של היישום, קיים ועובי החומר.

א.2.1 ניראות החומר

ניראות חומר ההגוונה הינה תכונה חשובה המשרתת בעיקר את המטרה להבלטה והדגשה של השטח. ללא ניראות נאותה, חומר ההגוונה אינו ממלא את תפקידו בהעברת המסר למשתמשי הדרך. הערכת הניראות הנוגעת לחומר ההגוונה מתמקדת בעיקר בנייראות יום/בהיקות של חומר ההגוונה.

ניראות יום מתייחסת לניראות השטח במהלך שעות היום, וכן היא רלוונטית לקטעי דרך שבהם קיימת מופעלת תאורת דרך במהלך שעות החשיכה.

במשך שעות היום (וכן בתנאים של קיום תאורת דרך) מוטלת קרינה אורית סביבתית על השטח, קרינה המוחזרת בצורה דיפוזית (לכל הכיוונים). חלק מהאור המוחזר מגיע לעיניו של הנהג, וגורם לו לזהות ולראות את השטח עם חומר ההגוונה.

המונח של ניראות היום מיוצג על ידי שני פרמטרים אפשריים: מקדם ניראות היום (Q_d) ומקדם הבהירות.

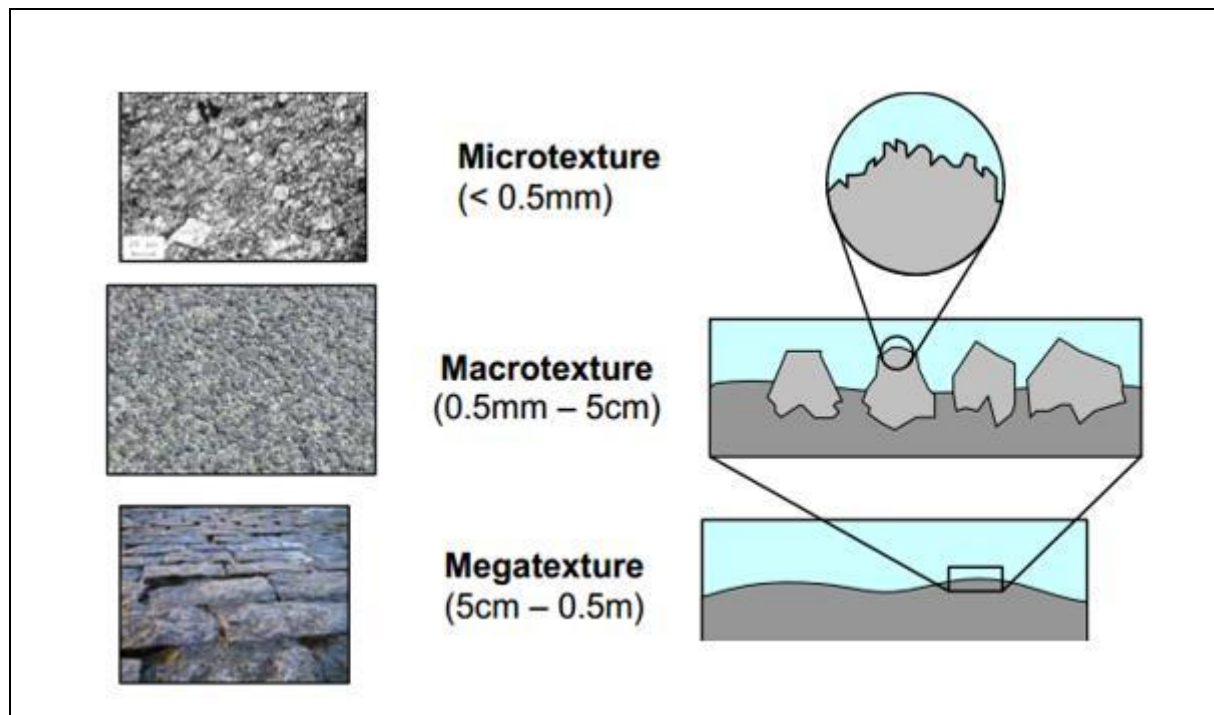
א.2.2 גוון החומר

הגוון של החומר מוגדר לפי קואורדינטות כרומטיות אותן הגדירה הוועדה הבין לאומית לתאורה – CIE Commission International d'Eclairage. התקן המפורסם ביותר של הוועדה מכונה CIE Chromaticity Chart, והוא מאפשר לבצע מיפוי דו-מימדי של כלל הגוונים הניתנים לקליטה בעין האדם. גוון של חומר מוגדר לפי שתי קואורדינטות x ו- y .

א.2.3 מירקם (טקסטורה) ועובי

הטקסטורה של החומר המיושם מתייחסת למעשה לשלוש רמות של מירקם המשטח הנבדק (ראו תרשים א.1) כפי שמפורט להלן:

- מירקם מיקרוסקופי – הוא המירקם שאינו נראה בעין בלתי מזוינת (מירקם בעל אורך גל של פחות מחצי מילימטר) וקשור למאפיינים של החומרים שבתערובת ולא לאופי התערובת. המירקם המיקרוסקופי נבדק בדרך כלל על ידי בדיקות התנגדות להחלקה במהירות נמוכה.
- מירקם מקרוסקופי – הוא המירקם של פני השטח שנקבע על ידי אופי התערובת של חומר הציפוי, או שילוב בין אופי התערובת של חומר הציפוי לזה של התערובת האספלטית של פני המיסעה. בדרך כלל מדובר במירקם בעל אורך גל שבתחום 0.5-50 מ"מ, וזהו תחום הנראה לעין וניתן לזיהוי. חשיבותו של המירקם המקרוסקופי הינה ביכולתו לספק אמצעי ניקוז למים בעת בלימת חרום ברטוב. ככל שהמירקם המקרוסקופי קטן יותר, כך עולה הסכנה להחלקה בעת בלימה במהירויות גבוהות. המירקם המקרוסקופי נמדד בדרך כלל על ידי שיטות כמו טלאי חול, או באמצעות שימוש במדי לייזר (או מדי אולטרה סוני) ייעודיים.
- מירקם מגה-סקופי – מירקם פני השטח באורכי גל הגדולים מכ-50 מ"מ. אורכי הגל בסוג מירקם זה גדולים מאשר האורך הרלוונטי שיכול לתרום לניקוז פני השטח בעת בלימת חרום, וזאת מאחר שאורך הגל של סוג מירקם זה קרוב לאורך שטח המגע בין הצמיג לבין המיסעה. תחום מירקם זה אינו משפיע במידה משמעותית על איכות ההתנגדות להחלקה. דוגמאות קלאסיות למירקם מגה-סקופי הינם למשל חומרי סימון המיושמים בעוביים המשתנים לסירוגין. במקרים אלה, המטרה העיקרית הינה הגברת ניראות הלילה של החומרים, או יצירת אפקט של ויברציה בעת חצייה של הפסים.



תרשים א.1: הדגמת המונחים השונים של מירקם פני השטח בהקשר לנושא התנגדות להחלקה (Shaffer et al., 2006)

המירקם המקרוסקופי של חומר המיושם כחומר ציפוי (חומר סימון או חומר הגוונה) יכול להתקבל בשני אופנים עיקריים:

- **חומרים המיושמים בשכבה דקה** – בשל העובי המצומצם, חומר הציפוי תורם רק במידה מוגבלת ליצירת המירקם המקרוסקופי של פני השטח. עיקר המירקם המקרוסקופי המתקבל לאחר היישום הינו למעשה השתקפות של המירקם המקרוסקופי של התערובת האספלטית שבפני הדרך. במקרים אלה יש יתרון גדול לתערובות אספלטיות בעלות מירקם מקרוסקופי עמוק, כמו SMA.
- **חומרים המיושמים בשכבה עבה** – בחומר בעל עובי גדול יחסית (בדרך כלל מעל לכ-1 מ"מ), יוצר חומר ההגוונה מיסוך של מירקם התערובת האספלטית שעל פני הדרך. במקרים אלה מירקם החומר עצמו (כמו נוכחות כדוריות זכוכית גדולות במיוחד, או טקסטורה המתקבלת תוך היישום עצמו) יהיה זה שיקבע את עומק המירקם המקרוסקופי.

א.2.4 התנגדות להחלקה

התפקיד העיקרי של תכונת ההתנגדות להחלקה של חומר ההגוונה הינו למנוע סיכון או פגיעה במשתמשי הדרך כתוצאה מעצם נוכחות החומר על פני המיסעה. לתכונת ההתנגדות להחלקה יש חשיבות גדולה לכלל המשתמשים בדרך, ובמיוחד לכלי רכב דו-גלגליים שרגישותם להחלקה גבוהה במיוחד.

המירקם הטוב ביותר מבחינת התנגדות להחלקה הינו שילוב של מירקם מיקרוסקופי מחוספס עם מירקם מקרוסקופי עמוק. אך חשוב לציין שהמירקם המיקרוסקופי הינו התורם העיקרי להתנגדות להחלקה כאשר מדובר במיסעה רטובה ובמהירויות נמוכות.

א.2.5 תוחלת חיים של חומר ההגוונה

ההרכב ואופן היישום של חומר ההגוונה משפיעים במידה רבה הן על ערכי התפקוד הראשוניים והן על עמידות החומר לאורך זמן. תכונות חומר ההגוונה משתנות לאורך תקופת השירות. קצב ההידרדרות של תכונות אלו תלוי בגורמים שונים הכוללים:

- השפעת התנועה העוברת מעל פני החומר המיושם (נפח התנועה העובר) – ככל שנפח התנועה העובר הינו גדול יותר, כך עולים קצב השחיקה והירידה בתפקודו של החומר. לסוג החומר חשיבות רבה בהקשר זה.
- השפעות אקלימיות של מים וקרינת השמש.
- הצטברות זיהומים שונים.
- סוג ומאפייני התערובת האספלטית. נושא זה רלוונטי בעיקר באשר לחומרים המיושמים בעובי דק, שבהם מירקם מיסעה עמוק תורם להארכת תקופת השירות של החומר.

הכלי המרכזי בבדיקת הקיים של חומרי הגוונה הינו הצידוד של גלגל נע הנמצא בשימוש במספר קטן של מעבדות באירופה. כלי זה הינו הכלי הטוב ביותר כיום להערכת התפקוד של חומרי סימון וחומרי הגוונה לאורך זמן, אולם יש לו מגבלות לא מעטות. בנוסף, הכלי האמור אינו מסוגל כיום לבצע הדמיה של תנאים שונים השוררים בשטח, כמו נושא טמפרטורות גבוהות בתקופת הקיץ (רלוונטי בעיקר בהקשר להתנהגות חומרים תרמופלסטיים), וכן נושא הזיהומים המתקבלים כתוצאה מזיהום אוויר, המגע בין צמיגי המכוניות לפני השטח ועוד. על כן, חשוב להבין את הצורך באיסוף מידע והסקת מסקנות מהתפקוד בפועל של חומרים אלה בשטח, בתנאים שונים.

א.2.6 חומרים מסוכנים בתוך חומרי ההגוונה

נושא זה מטפול בהקשר של חומרי סימון בתקינה הישראלית המגדירה מגבלות ואיסורים על שימוש בחומרים שונים, כמו עופרת, מתכות כבדות, בנזן, ממיסים על בסיס כלור וכו'. בהיעדר תקינה ספציפית לחומרי הגוונה, הם יענו לדרישות של חומרי סימון בנושא זה. בדיקות לנושא תכולת חומרים מסוכנים יתבצעו בזמן בחינת החומר להתאמה לתקינה.

על פי המצב כיום, לכל חומר קיים גיליון בטיחות המגדיר את תכולת החומרים המסוכנים ואת אמצעי הבטיחות שיש לנקוט בהם בעת השימוש בחומרים אלה.

נספח ב: סקירת מסמכי רקע

ב.1 מבוא

בעשור האחרון מדינת ישראל משקיעה משאבים רבים בעידוד וקידום תשתיות שבילי אופניים בארץ. פרויקט דגל של משרד התחבורה הנו פרויקט "אופני-דן", במסגרתו ייבנו ונבנים קילומטרים רבים של שבילי אופניים, ומפותחת רשת שבילי אופניים מטרופולינית שתעודד יוממות לעבודה ובתי ספר באמצעות רכיבה על אופניים.

במסגרת עדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת אופניים, עלה הצורך לבדל את שבילי האופניים לא רק על ידי תמרורים ייעודיים, אלא גם על ידי שימוש בחומרי הגוונה מיוחדים, בדגש על אזורי הניגוד עם משתמשי הדרך האחרים.

תמרורי סימון על פני הדרך הינם אחד האמצעים במערכת הסדרי התנועה של רשת הדרכים **וחלק בלוח התמרורים התקף**. הם נועדו להעברת מסרים שונים למשתמשים בדרך. משמעות הסימונים נוגעת לכלל המשתמשים בדרך, לרבות נהגים והולכי רגל, וחשיבותם גדולה בהבטחת זרימת תנועה בטוחה בדרך.

תמרורי סימון נקבעים בצורתם, גונם, מידותיהם, ואופן יישומם בחלק 5 וחלק 8 בלוח התמרורים (איננו מתייחסים כאן לסימון באתרי עבודות בדרך), שמתעדכן מפעם לפעם בפרסומים בקובץ התקנות של "רשומות". כמובן, קיימים גם סימוני צבע באתרי עבודות בדרך, אך אין זה נוגע לתחום מפרט זה.

אחד מהאמצעים להבלטת נתיבי התחבורה הייעודיים הנו שימוש בחומרי סימון בהתאם ללוח התמרורים התקף (ראו תמונות ב.1).



תמונות ב.1: שבילי אופניים תל אביב וראשון לציון סימון 804 עם וללא 807

הדרישות והתנאים לתמרורי דרך נקבעו בסעיף 3 של הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010: "תמרור, למעט תמרור סימון על פני הדרך, יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 2247, ותמרור סימון על פני הדרך יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 1423, ת"י 1790,

ת"י 1871 או ת"י 7962, כולם כתוקפם מזמן לזמן לפי חוק התקנים, התשי"ג – 1953; התקנים האמורים מצויים לעיון הציבור במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים ובמכון התקנים הישראלי".

חומרי הגוונה ירוקים המיועדים להבלטה של שבילי ונתיבי אופניים למעשה אינם נכנסים לקטגוריה של חומרי סימון (ראו תמונות ב.2). מטרת חומרים אלה הינה הבלטה של נתיב התחבורה וחיזוק ייעודו כלפי הציבור. ניתן לראות בתמונה 3 שהובאה לעיל את תרומת ההגוונה לעומת מצב של הבלטת מיקום נתיב האופניים באמצעות סימון 804 בלבד.



תמונות ב.2: שביל אופניים מצד ימין ונתיב מצד שמאל של נתיב חניה (ללא הגוונה)

ב.2 תקינה

חומרים להגוונה המיועדים להבלטה של שבילי ונתיבי אופניים נחלקים למספר קטגוריות. לרוב חומרים אלה מוגדרים כחומרים ארוכי קיים, שכן מטרת הרשויות הנה להימנע מצורך בחידוש החומר המיושם ולהבטיח קיים ארוך ככול הניתן. יחד עם זאת קיימות שיטות שונות להקניית הגוון הירוק, כגון שימוש בתערובת אספלטית בגוון ירוק, ציפויים דקים בסגנון סלארי (שיטות מבוססות לרוב על אגרגטים, קשרן או פיגמנטציה מלאכותית של החומרים המרכיבים את השכבה העליונה בדרך), וכאמור יישום של חומרי הגוונה.

לא אותרה בספרות העולמית תקינה ייעודית לחומרי הגוונה המיועדים להבלטת נתיבי נסיעה. הספרות מפנה לרוב לתקנים של חומרי סימון, אם כי אין הדבר מחייב כפי שניתן לראות מהחלוקה הפונקציונלית שהוזכרה לעיל ותפורט בהמשך. הקושי להגדיר חומרים אלה נובע ממגוון האפשרויות להקנות למיסעה את הגוונים המבוקשים.

התקינה הישימה הרלוונטית בתנאי הארץ הנה בהתאם לדרישות ולתנאים לתמרורי דרך שנקבעו בסעיף 3 של הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010, כפי שפורט בסעיף ב.1 לעיל.

עיקר החומרים המצויים בשימוש בעולם כפי שייסקר במסמך זה נבחנים למעשה בהתאם לתקינה האירופאית הכוללת: EN 1824, EN 13197, EN 1871(2000).

תקן EN 13197 הנו שיטת בדיקה במעבדה לקיים מוערך של הסימונים – באמצעות גלגל נע המסתובב ועובר מספר רב של פעמים על חומר הסימון המיושם על דגימה, ותפקוד חומר הסימון נבדק במרווחים ידועים מראש.

תקן EN 1824 הנו ביצוע ניסוי שטח – ביצוע ניסוי בדרך פעילה, כאשר חומר הסימון מיושם לרוחב הכביש ותפקודו נבחן כפונקציה של התנועה העוברת עליו.

סקירה מלאה של התקנים ניתן למצוא במסמך **"הנחיות לבחירה ולהשמה של חומרים תקינים לסימון דרכים"** הכולל הרחבה של משמעות הבדיקות בתקינה והנחיות ליישום של חומרי סימון רגילים המיושמים לפי לוח התמרוך.

כדי להבין איזו תקינה אמורה לחול על החומרים השונים, יש להבין תחילה את שיטת היישום שלהם, ואת זה ניתן לבצע על ידי חלוקה פונקציונלית. את חומרי ההגוונה ניתן לחלק לפי מספר חלוקות תפקודיות. ניתן להבדיל בין חומרים שמבוססים על עקרונות של חומרי סימון, חומרים המבוססים על עקרונות של סלילה (תכן תערובות אספלטיות וסלילה), וחומרי ציפוי מבוססים על הדבקה של אגרגטים למיסעה לצורך הקניית גוון ושיפור החיכוך.

למרות האמור לעיל, מודגש כי ניתן להשיג הגוונה באמצעות טיפולי פני שטח המוכרים כ"משטחים משופרי חיכוך", ו/או באמצעות סלילה עם תערובות אספלטיות הכוללות אגרגטים ממקור מלאכותי בגוון ירוק. אך טיפולים אלה אינם זמינים בישראל, ובהעדר אגרגטים מתאימים להקניית ההגוונה, עלות הטיפולים יקרה באופן משמעותי ביחס לשימוש בצבעים.

ב.2.1 משטחים ירוקים להבלטת שבילי ונתיבי אופניים מחולקים ל-2 קטגוריות:

א. משטחים צבעוניים להגוונת פני הדרך בלבד. חומרים אלה, בדומה לחומרי סימון, מסמנים את תוואי הנסיעה או המסר המבוקש, כאשר הם נדרשים לא לפגוע במקדמי החיכוך ולהבטיח קיים נאות (בהתאם להגדרות ודרישות רשויות התמרוך).

ב. משטחים שיעודם במקור הנו שיפור החיכוך, ומשנים את הטקסטורה של המיסעה. משטחים אלה מיועדים לרוב ליישום בנקודות תורפה ברשת המזוהות על ידי רשויות תמרוך (כגון גישות לצמתים עם ריבוי תאונות, עקומים אופקיים המייצרים חוסר עקביות ועוד...), ותכליתם הנה העלאת מקדמי החיכוך לערכים גבוהים יותר מפני מיסעה רגילים, תוך הבלטת אזור הסיכון בגוון מיסעה שונה. טיפולים אלה פחות מקובלים בשבילי ונתיבי אופניים, ומקובלים יותר עבור טיפול במשטחים מלאים בצמתים ועקומות עם דגש לשיפור הבטיחות של רכבים מנועיים.

ב.2.2 הקניית הגוון לחומרי ההגוונה מתקבלת באמצעות מספר שיטות:

א. אגרגטים ממקור טבעי. לרוב גרניט ירוק.

אגרגטים אלה משמשים לצורך הכנת תערובות אספלטיות או ציפויים דקים על פני הדרך. במקרים אלה נעשה שימוש בביטומן "שקוף" במטרה לשמר את גוון האגרגט בתערובת הסופית. שימוש באגרגט ירוק טבעי ניתן לבצע גם על ידי ציפוי chip seal, אבל שיטה זו אינה נהוגה בהרחבה בעולם שכן תקופת השירות של שכבות אלו קצר יחסית, ועומד על 1-2 שנים עד להתחלת התקלפות השכבה. ניסויים לייצור תערובות אספלטיות בעלות גוונים (אדום) נוהלו בארץ על ידי חברת "יפה נוף" באמצעות אינג' יהודה זיס, אך בסופו של התהליך נמצא כי ייצור תערובות אלו אינו נותן מענה לצרכים, ומחייב ייבוא של אגרגטים מחו"ל. עבור ייצור של תערובות אספלטיות בגוון ירוק, סביר להניח כי תוצאה של ניסוי תהיה תוצאה דומה.

ב. אגרגט ממקור מלאכותי שעבר טיפול (לרוב calcined bauxites).

אגרגטים אלה מאופיינים על ידי מקדם חיכוך גבוה מאוד. מקור האגרגטים כפסולת בתעשיית הפקת אלומיניום.

ג. חומרים להגוונה (לרוב בספרות מוזכרים חומרים דו-רכיביים וציפוי MMA – methylmethacrylate). קיים שימוש מקומי גם בחומרים חד-רכיביים, אך שימושים אלה מוגבלים מבחינת תקופת השירות ורמות החשיפה לתנועה שהם יכולים לעמוד בהם.

מהסקירה הספרותית לתקינה ולמפרטים הנוגעים לנושא, גוון של חומר ירוק לא הוגדר בתקינה הישראלית (ת"י 1871). תחום קואורדינטות מלא הוגדר בצורה מאוד רחבה במסמך מדיניות של רשות התחבורה הפדרלית בארצות הברית FHWA.

תרשים ב.3 מציג את גווני הירוק השונים בדיאגרמת הצבעים (זהה לתרשים 3 בגוף המפרט).

ב.3 הנחיות ומפרטים

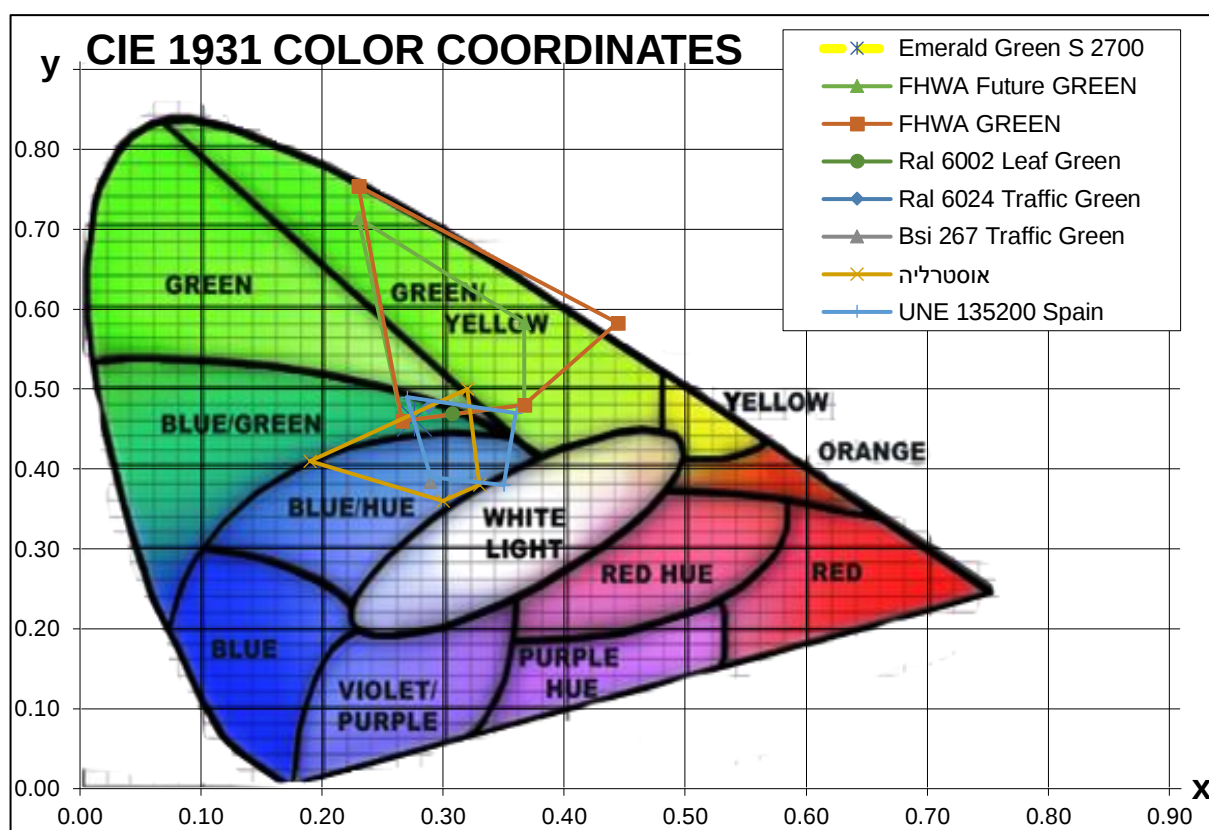
לא אותרו בספרות מסמכי תקינה שנכתבו עבור חומרי הגוונה ירוקים, וההבנה שהשתרשה הינה כי התקינה הרלוונטית לחומרים אלה הנה בעיקרה תקינה שעניינה חומרי סימון וטכנולוגיות סלילה. עיקר היישומים שאותרו בספרות (הנחיות ומפרטים) מבוססים על חומרים פלסטיים קרים (דו-רכיביים).

ניתן לראות מהספרות, שקיים דימיון בין הדרישות מחומרי הגוונה למיניהם לדרישות של חומרי סימון, הן מבחינת הבדיקות הכימיות והפיסיקאליות והן מבחינת הדרישות לתפקוד לאורך זמן.

להלן מספר מפרטים מהספרות העולמית המתייחסים לחומרי הגוונה:

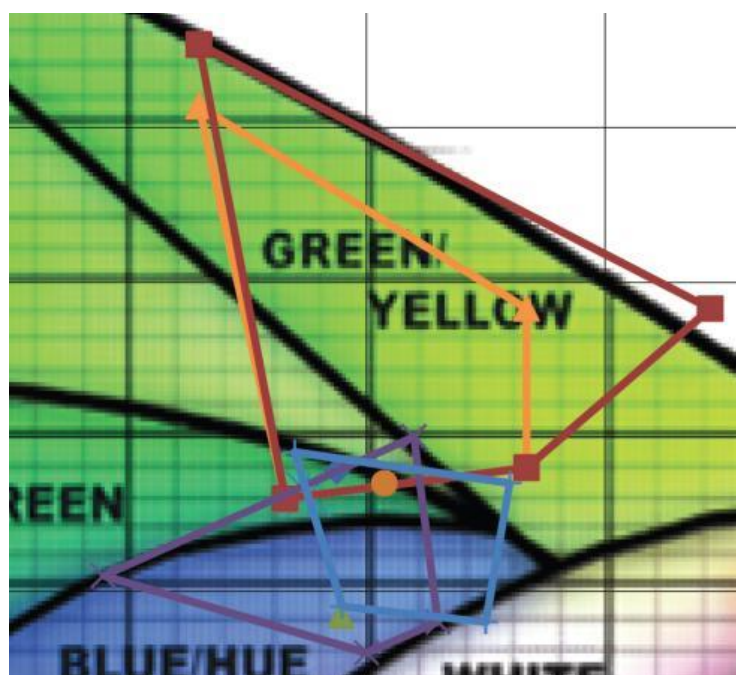
טבלה ב.1: קואורדינטות כרומטיות של גווני הירוק השונים

y	x	מקום היישום
0.754	0.230	FHWA נוכחי
0.460	0.266	
0.480	0.367	
0.583	0.444	
0.714	0.23	FHWA עתידי (מצומצם יותר)
0.460	0.266	
0.480	0.367	
0.583	0.367	
0.500	0.320	אוסטרליה (דרישות קבלה)
0.380	0.330	
0.360	0.300	
0.410	0.190	
0.500	0.320	אוסטרליה (תקופת אחזקה)
0.380	0.330	
0.350	0.30	
0.410	0.190	
0.380	0.350	תקן ספרדי UNE 135200-2-2002
0.390	0.290	
0.490	0.270	
0.470	0.360	
0.4628	0.276	אוסטרליה (גוון Emerald Green)
0.3841	0.2894	אנגליה (Traffic Green) BSI 267
0.4778	0.2876	גרמניה RAL 6024 Traffic Green
0.4699	0.3075	גרמניה RAL 6002 Leaf Green



תרשים ב.3: גווי הירוק בדיאגרמת הצבעים

מעיון בדיאגרמת הצבעים ניתן לראות כי מסמך ההנחיות האמריקאי מגדיר את תחום הגוון לגוונים בהירים יותר (הניכרים גם מתחום מקדמי בהירות גבוהים יותר). בתקן הספרדי והאוסטרלי תחום הקואורדינטות כהה הרבה יותר, וחודר לתחום הנראה בדיאגרמת הצבעים לכיוון הגוון הכחול.



תרשים ב.3א': הגדלה של דיאגרמת הקואורדינטות

מקדם הבהיקות של חומר הגוונה ירוק אותר במספר מקורות ספרות. האזכורים שנמצאו בספרות הינם במסמך של רשות התחבורה הפדראלית בארה"ב (FHWA), בתקן ספרדי UNE 48073-22 אשר מוזכר בתקן UNE 135200. התקן עוסק בבדיקת צבעים ובוטל עם אישור תקן EN-1436.

יש לציין כי חלק מחומרי ההגוונה הירוקים נבחנים גם כיום לפי התקן UNE 48073-2, ואותרו במרשתת מספר חומרי הגוונה עם תעודות בדיקה שנערכו בשנת 2016 לפי תקן זה. יש לציין כי מקדם הבהיקות במבחנים אלה נמצא על ערך 0.13. ערך זה גבוה משמעותית מהערך המזערי המותר לפי מסמך ההנחיות של רשות התחבורה הפדראלית בארה"ב.

אזכור נוסף אותר במסמך אוסטרלי QA Specification R110. במסמך זה תחום מקדם הבהירות בין 0.08 ל-0.19. יש לציין כי תחום הקואורדינטות לפי מסמך זה חורג באופן משמעותי מהתחום של המפרט האמריקאי, אבל התחום המשותף כולל את האזכור והגוון של צבע Traffic Green אליו מפנים במסמכי ההנחיות באוסטרליה.

על כן תחום מקדם הבהיקות שאומץ במפרט זה הינו מצומצם יותר בסף התחתון, לפי התחום המקובל לפי התקן הספרדי UNE 48073-02.

טבלה ב-2 א': מקדם בהיקות במפרט FHWA לחומרי סימון

(15.04.2011)

Design of Green Colored Pavement:

- a. The daytime chromaticity coordinates for the color used for green colored pavement shall be as follows:

1		2		3		4	
x	y	x	y	x	y	x	y
0.230	0.754	0.266	0.500	0.367	0.500	0.444	0.555

The daytime luminance factor (Y) shall be at least 7, but no more than 35.

(17.06.2016)

With this Official Ruling, the FHWA makes the following revisions to Interim Approval 14:

1. The daytime chromaticity coordinates for the color used for green-colored pavement shall be as follows:

1		2		3		4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.230	0.754	0.266	0.460	0.367	0.480	0.444	0.583

These coordinates include the original published color box plus the additional area in the revised color box.

2. The nighttime chromaticity requirements provided in Interim Approval 14 are rescinded. There will be no nighttime chromaticity requirement for green-colored pavement. All installations must still meet the daytime requirement.

While this revision allows for the published color box to remain while adding new range to accommodate in-service wear, it is likely that future editions of the MUTCD will restrict the color box to better reflect the range of products available. At this time, the future daytime chromaticity requirements are expected to be as suggested in the revised color box:

1		2		3		4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.230	0.714	0.266	0.460	0.367	0.480	0.367	0.583

טבלה ב-2 ב': מקדם בהיקות בתקינה אירופאית (ספרדית)

3. Luminance factor	UNE 48073-2	$0,11 \leq \beta \leq 0,21$
---------------------	-------------	-----------------------------

טבלה ב-2 ג': מקדם בהיקות במפרט האוסטרלי R110

- (d) The initial green colour must be defined within an approximate trapezoidal colour space with the coordinates:
(0.32,0.50) ; (0.33,0.38) ; (0.30,0.36) ; (0.19,0.41)
- (e) During and at the end of the maintenance period the green must lie within the following space:
(0.32,0.50) ; (0.33,0.38) ; (0.30,0.35) ; (0.19,0.41)
- (f) The Y value, brightness or reflectance, must lie within the limits 8–19.

ב.1.3 אנגליה, מפרט לבדיקה ולהערכה של חומרי הגוונה לנתיבי תחבורה

Guidelines Document for the Assessment and Certification of Coloured Surface Treatments for Highways, 9th May 2005 (Draft 1.7)

מסמך זה שנערך על ידי גוף ההתעדה וההסמכה הבריטי (British Board of Agreement) BBA הינו המסמך הסוקר את תהליך הבדיקה וההערכה של חומרי ציפוי לכבישים. מסמך זה נבדל ממסמך שעניינו משטחים משופרי חיכוך, והוא נוגע רק לתהליכי הבדיקה, הערכה ואישור של חומרי ציפוי צבעוניים לכבישים.

זהו מפרט שכולל:

- א. תיאור תהליך ההערכה והאישור.
- ב. תהליך קבלת מסמכים ומידע על ידי מגיש הבקשה
- ג. הגדרה של תהליכי איפיון וסיווג החומרים
- ד. הגדרות וראשי תיבות/ קיצורים
- ה. רשימת בדיקות מעבדה ותהליכי בדיקה
- ו. איפיון של דרישות משטחי בדיקה (קוביות אספלט)
- ז. תיאור תהליך בדיקת שחיקה במעבדה (MAAV testing). הבדיקה מתבצעת בהתאם לתקן BS EN 1097-8/1998.
- ח. שיטת הערכה וויזואלית של מבדקי שדה
- ט. טפסי הערכה ודיווח

מפרט זה הנו למעשה המסמך המקצועי היסודי והרחב ביותר שמתאים להוות את הבסיס למפרט לבדיקה ולאישור של חומרי הגוונה בכלל וחומרי הגוונה בנתיבי ושבילי אופניים בפרט.

המסמך כולל פירוט נרחב של מסמכי הדרישות המנהליות (תהליכי ההתעדה) ומסמכי הדרישות התפקודיות (בדיקות מעבדה ושדה).

תהליכי אישור מוצר על ידי רשויות דרך בארץ נסמך לעיתים קרובות על שיטות בדיקה מקובלות בעולם, כאשר תהליכי הבדיקה לפי BBA נחשבים לתהליכים מחמירים מאוד, והינם לרוב אינדיקציה טובה לאיכות החומרים המתאשרים לשימוש על ידי גוף זה. יחד עם זאת, מודגש כי תהליכי בדיקה הנערכים בחו"ל או שיטות מוכחות ומקובלות על ידי רשויות דרך בחו"ל, הוכחו לא אחת כבלתי מתאימות לתנאי הארץ, אם בשל אי התאמה של כוח האדם וחוסר ידע טכני, ואם בשל תנאי יישום ושירות, העדר טכנולוגיה או ציוד משלים להטמעה ועוד.

מסמך הבקשה לקבלת אישור של BBA כולל:

ב.3.1.1 מסמכים המעידים על איכות החומר

- א. מידע על הספק ומידע היסטורי על ההתקן / חומר מבוקש לאישור
- ב. פרטים על תהליכי הייצור כולל תהליכי בקרה, סטיות מותרות גם במפעל היצרן של החומר וגם בזמן היישום. למשל מבוקש מידע על:
 - (1) חומר הדבקה (פריימר המבטיח הידבקות החומר המיושם למצע): סוג, מקור, מאפיינים.
 - (2) אגרגטים: סוג, מקור מינרלי או תעשייתי, מאפיינים תפקודיים כמו למשל שחיקות LA וכו'.
 - (3) פיגמנטים: סוג פיגמנט, מקור, מאפיינים, גוונים (קואורדינטות כרומטיות).
 - (4) תוספים לחומר המיושם: סוג, כמות ואופן היישום.
 - (5) המתכונת המלאה של החומר: עובי, הרכבה, וכו'.

ב.3.1.2 מסמכים המעידים על מבנה בקרת איכות במפעל היצרן:

- א. מבנה ארגוני במפעל הייצור.
- ב. תהליכי עבודה ואחראיים.
- ג. תהליכים ומשאבים של אבטחת איכות במפעל.

ב.3.1.3 מסמכים המעידים על תהליכי ההתקנה:

- א. הגבלות שעניין משטח היישום (טמפרטורה, לחות, מירקם, דרגת שחיקות פני אגרגטים וכדומה)
- ב. הגבלות שעניין מזג אוויר (טמפרטורת אוויר, לחות יחסית, לחות כלואה במשטח עליו מיישמים, ממטרים קרובים או סמוכים למועד היישום).
- ג. תהליכי הכנה למשטח עליו מיושם החומר (למשל ניקיון וייבוש).
- ד. תיאור תהליך ההתקנה כולל ציוד, קצב, עובי שכבות וכדומה.
- ה. הנחיות לאחזקה ותיקון סימונים לקויים.
- ו. תהליכי בקרת איכות ובקרה חזותית באתר.

בתהליך הבדיקה גוף ה-BBA עורך בדיקה של מסמכים נוספים שעניינם כאמור גם תהליכי בקרת האיכות במפעל המייצר את החומרים בעיקר בדיקות מעבדה ובדיקות שטח.

בדיקות המעבדה הנערכות על ידי המכון נעשות בתאום עם היצרן, כפי שמופיע בנספח A של המפרט (ראו תרשים ב.4). עיקרי הבדיקות מחולקות לפי סוג החומר ולתכונות האגרגטים.

APPENDIX A

Typical characterisation tests

Thermoplastic hot-melt systems

The tests for these systems may include:

(a) Infra-red	IR Spectroscopy
(b) Softening Point (R&B)	BS 2000-58: 1993 or BS EN 1258: 1999
(c) Density	BS 2782-6: Method 620A: 1991 (1996)
(d) Ash content	BS EN ISO 3451-5: 1997
(e) Flow resistance	BS 2499-3: 1993
(f) Tensile strength/elongation (briquette)	BS 6319-7: 1985
(g) Effects of prolonged heating/overheating	
Tensile strength/elongation (briquette)	
Softening point	
Flow resistance	

These tests shall be carried out on the binder component supplied by the manufacturer without the aggregate and any filler.

Chemically curing systems

These systems include two or more components which are mixed prior to installation and cure by chemical reaction. The aggregate is scattered over the surface of the applied resin before it has set. Currently this category includes epoxy, polyurethane and acrylic systems. The tests for these systems may include:

Tests on the individual uncured resin components

(a) Infra-red	IR Spectroscopy
(b) Density	BS 3900-A19: 1998
(c) Viscosity	BS 5350-B8: 1990 (1997)
(d) Ash content	BS EN ISO 3451-5: 1997

Cure tests (to cover the claimed application temperature range)

- (a) Pot life (hand mixed grades only)
- (b) Set time (time after application at which the aggregate can not be applied)
- (c) Trafficking time

Tests on cured resin (free film)

Tensile strength/elongation	BS EN ISO 527-1&3: 1996
Un-aged	
Heat aged at 70°C for 28 days	

Tests on the aggregate

The following tests shall be carried out to characterise the aggregate. The applicant shall be required to supply evidence that the tests have been carried out. This shall include a certificate of conformity and quality control data.

(a) Size distribution	BS EN 933-1: 1997
(b) Polished stone value (PSV)	BS EN 1097-8: 2000 (except that the PSV shall be determined on the size of aggregate as supplied for use).
(c) Aggregate abrasion value (AAV)	BS EN 1097-8: 2000 (except that the AAV shall be determined on the size of aggregate as supplied for use).

תרשים ב.4: בדיקות מעבדתיות בהתאם למפרט ה-BBA

ב.2.3 אנגליה, מפרט אבטחת איכות – מחוז אוקספורדשייר

Guidance on Coloured Surfacing, Annex 4

<https://www.oxfordshire.gov.uk/cms/sites/default/files/folders/documents/roadsandtransport/transportpoliciesandplans/highwaymanagementpolicy/hmpmannex4.pdf>

מסמך זה הוא מסמך הנחיות ליישום של משטחים צבעוניים. המסמך נוגע הן למיקום היישום והן לסוג החומרים, בדגש על חומרי ציפוי המבוססים על אגרגטים.

המסמך מנחה לעשות שימוש במשטחים ירוקים לשבילי אופניים בלבד.

המסמך מעלה נקודה חשובה: בניגוד למשטחים משופרי חיכוך למשטחים צבעוניים, אין בהכרח עלייה במקדם החיכוך. במחוזות מסוימים דווח על תאונות בהם נהגים הניחו באופן שגוי, שלציפוי כביש בצבע אדום, קיימות אותן תכונות כפי שיש למשטחים משופרי חיכוך להם ציפוי של חומרים מונעי החלקה ושימוש באותם גוונים של אדום. בישראל סביר להניח שתופעה זו לא תתקיים, שכן אין שימוש במשטחים משופרי חיכוך.

המסמך נוגע לתהליך בחירת האגרגטים, הן לעניין הגוונים אבל גם למספר היבטים נוספים כגון:

א. מקור האגרגט

ב. הצבע

ג. דירוג נומינלי

ד. PSV נומינלי – מקדם ליטוש מואץ נומינלי

ה. AAV נומינלי (Aggregate Abrasion Value)

ו. אינדקס שינוי צבע כולל

ז. עמידות לשחיקה

ח. עמידות לקרצוף וגירוד

ט. עמידות לריסוס מלח

מהמסמך עולה כי עיקר משטחי ההגוונה הירוקים שהונחו עשו שימוש באגרגט טבעי ממקור גרניט, כאשר הצבע הראה יציבות לאורך השנים. סוג האגרגט Griggion Green Granite.

עבור מצבים בהם נדרש שימוש בצבע לשיפור נראות הגוון הירוק, המפרט מפנה לגוון Colour 262 Bold Green.

בסוגי גרניט אלה ובכלל, מומלץ במסמך לעשות שימוש רק כאשר מקדם הליטוש המואץ המבוקש הינו 63 או פחות ($PSV \leq 63$).

גודל האגרגט המומלץ לנתיבי תחבורה ציבורית לפי מסמך זה הינו בטווח 1 עד 3 מ"מ בנתיבי אופניים, ו-0.9 עד 1.4 מ"מ בשבילי אופניים.

נקודה מעניינת הינה בחינת החומרים, לא רק לעמידות בשחיקה (בדיקת AAV, ניתן למצוא פירוט במסמך המלא), אלא גם התייחסות לעמידות החומרים בקרינת UV. המפרט מגדיר **אינדקס שינוי גוון כולל – ΔE** , כאשר אינדקס זה מהווה מדד לפגיעת הגוון מקרינה אולטרה סגולה ומשחיקת תנועת כלי רכב. ככלל, ככל שערך האינדקס גבוה יותר, כך שינוי הגוון הכולל גדול יותר. לפיכך אינדקס שינוי הגוון

הכולל המומלץ לסוגי האגרטים השונים, לא יעלה על הערכים המפורטים להלן, לאחר 2000 שעות בדיקה** (ראו טבלה ב.3).

טבלה ב.3: דרישה של אינדקס שינוי הגוון בהתאם למפרט האנגלי

סוג גוון			ΔE מקסימאלי
(1)	צבע 445	אדום ונציאני (venetian red)	7.3
(2)	צבע 564	אדום בוהק (bold red)	7.5
(3)	צבע 538	אדום דובדבן (cherry red)	7.4
(4)	צבע 262	ירוק בוהק (bold green)	14.7

** על מנת לאשר נתונים אלה על האגרט לעבור הערכה של מכון התקנים הבריטי (BBA-British Board of Agreement) לעמידות בפני קרינת UV-A

בדיקת עמידות בבלייה מואצת עקב חשיפה לקרינה אולטרה סגולה מבוצעת לפי תקן ASTM G53-96 על ידי מחזורי חשיפה של האגרט לקרינת UV-A ולתהליך עיבוי: כל מחזור מורכב מ-4 שעות של קרינת UV-A ב-45°C, ולאחר מכן 5 שעות של תהליך עיבוי ב-50°C. סה"כ יש לעמוד ב-2000 שעות תוך שימוש במכשיר ה-QUV weatherometer.

עמידות הגוון של האגרט נקבעת ע"י מדידות הגוון באמצעות ספקטרופוטומטר תוך שימוש בשיטת CIE LAB.

המפרט מנחה גם לבדיקה של עמידות לשחיקה, כאשר מדובר בבדיקה המדמה שחיקה ארוכת טווח הנגרמת כתוצאה מתנועת כלי רכב לאחר 100,000 מעברי גלגלים על גבי המשטח. ערכי המטרה המומלצים למדד שחיקה מוצגים בטבלה ב.4.

טבלה ב.4: דרישות מחומר ההגוונה לאחר מעבר של 100,000 כ"ר בהתאם למפרט האנגלי

אינדקס שחיקה (erosion index)	0 (כאשר 0 הטוב ביותר, 30 הגרוע ביותר)
עומק המירקם הסופי (final texture depth)	< 1 מ"מ
ערך מזערי להתנגדות להחלקה (minimum skid resistance value)	65
ערך מקסימאלי לאינדקס שינוי צבע כולל (maximum overall color change index)	13.0

בדיקות נוספות שמפורטות במפרט הינן עמידות לקרצוף ולגירוד, עמידות לריסוס מלח ועוד. את הפירוט המלא ניתן למצוא בדוח המתורגם לעברית של מסמך הנחיות/מפרט זה.

מסמך זה נוגע גם בחשיבות אחזקת משטחים צבועים ומוצרים לחידוש משטחים צבועים.

אחת מהנקודות הנסקרות בהרחבה במסמך זה הינם חומרים מקשרים (אותם מיישמים עם האגרטים). לפי המסמך, ניתן לעשות שימוש במגוון רחב של חומרים מקשרים הכוללים בין היתר מקשרים תרמוסטיים ותרמופלסטיים.

קיימים 4 סוגי חומרים מקשרים בהם ניתן לעשות שימוש:

1. שרף אפוקסי (epoxy resin extended binder)
2. פוליאוריתאן (polyurethane binder)
3. חומר מקשר אקרילי (acrylic binder)
4. חומר מקשר תרמופלסטי (thermoplastic rosin ester binder)

לסיכום, המסמך בעיקרו הנו מסמך אבטחת איכות, שמגדיר סדרה של בדיקות ומסמכי קבלה עבור חומרים המיועדים להגוונת פני הדרך.

ב.2.3 מפרט אבטחת איכות – ניו ווילס, אוסטרליה

Roads and Maritime Services (RMS) QA Specification R110, Coloured Surface Coatings for Bus Lanes and Cycleways, 2nd Ed., Revision 1, March 2011

מפרט R110 הינו מפרט בקרת איכות. מפרט R110 דורש ממנהל הפרויקט לבחור פרמטרים מתאימים המזוהים עם המפרט. יש לציין כי המסמך הינו גם מפרט דרישות תפקודיות, כאשר במהות הוא מסמך מכרזי המגדיר תהליכי עבודה ותהליכי בקרת איכות מנהליים ומעבדתיים.

לפי הוראות המפרט, אין ליישם ציפויים צבועניים על מספר משטחים כדוגמת:

1. כיסויי בורות שירות ומסגרותיהם
2. פירי ניקוז ומסגרותיהם
3. מעברים להולכי רגל
4. צמתים
5. במערכות בקרת תנועה (בדרך כלל נמצאים בצומת מרומזר)

6. לשם סימון קווי ניתוב linemarking

7. סימון מדרכות מוגבהות

לפי הוראות המפרט עולות מספר נקודות לבחינה במהלך אישור מוצרים:

- א. חלק מהציפויים יתאימו ליישום על גבי משטחי אספלט חדשים, בעוד שיישומם של אחרים, ידרוש כי תתבצע תנועת כלי רכב במשך 6 שבועות קודם לביצוע היישום על גבי משטח האספלט.
- ב. מוצרים מסוימים עלולים להכיל מרכיבים אשר עלולים להיות מסוכנים בסביבה מימית.
- ג. גודל נומינלי של אגרגטים: ביישום באמצעות התזה, הגודל הנומינלי של האגרגטים משפיע על עובי שכבת החומר המקשר שיש ליישם על גבי המשטח המטופל. ככלל, עבור ציפויים צבעוניים למשטחים הנדרשים לעמוד בעומסי תנועה כבדים, דרושה שכבה עבה יותר מזו הנדרשת לאלה העומדים בעומסי תנועה קלים. ככל שהשכבה עבה יותר היא בעלת קשרים חזקים יותר, רק בגלל העובדה שהיא מכילה כמות גדולה יותר של חומר. הגודל הנומינלי המרבי עבור נתיבי תחבורה ציבורית הינו 3.0 מ"מ.
- ד. חומרים מקשרים בעלי פיגמנטי צבע: על החומר המקשר להיות מסוג שרף תרמוסטי, בעל פיגמנט המתאים בכדי לספק את עומק הצבע הדרוש לציפוי פני השטח, תוך עמידה בתנאי תקן הצבע האוסטרליים. עד אשר לא מבוצעים ניסויי שטח נוספים, ותחת הנחיות מפרט זה, סוגי החומרים המקשרים בהם המפרט נותן לעשות שימוש הינם חומרים מקשרים תרמוסטים (על בסיס שרף אפוקסי, אוריתאן (urethane) אקרילים ומתיל-מתאקרילט). עבור מרבית החומרים המקשרים נדרש ערבוב של שני רכיבים על מנת לקצר את זמני הקשחתם ולהופכם לחומר חיפוי עמיד ועביר לתנועת כלי רכב. הליך הערבוב צריך להתבצע ע"י ערבוב מכאני במהירות התואמת את ערבוב הרכיבים. בחלק מהמקרים הערבוב המכאני מתרחש כחלק אינטגרלי מהליך היישום הכולל.

מפרט זה נוגע בהרחבה בהכנת פני השטח:

על מנת למקסם את הידבקות הציפוי הצבעוני למשטחים יש לשים לב לנושאים הבאים:

- א. הימצאותם של עודפי שמן וחומרים מזהמים אחרים על גבי פני השטח המיועדים לציפוי, יפחיתו מיכולת הידבקותו של הציפוי. לפיכך, יש לבצע ניקוי והסרה של מזהמים אלה מפני השטח טרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים.
- ב. הבדלים במידת הקשיחות בין הציפוי לבין שכבת האספלט הבסיסית עלולים להשפיע גם כן באופן שלילי על מידת ההידבקות של הציפוי לפני השטח.
- ג. תכונות תרמיות שונות של הציפוי ושל פני השטח יכולות אף הן להשפיע לרעה על מידת הידבקותו של הציפוי.
- ד. יכולת הידבקותו של הציפוי פוחתת כאשר מדובר באספלט פגום או משטחים משוננים / מחורצים. מהבנת המסמך ניתן להבין כי היה ניסיון ביישום חומרים אלה על משטחים אספלטיים לא תקינים (נזקים בפני השכבה), אבל יישום כזה אינו מומלץ.
- ה. קיימות הוכחות כי מים על גבי פני השטח הינם גורם משמעותי המוביל להיפרדות שכבות הציפוי והמשטח. המנגנון באמצעותו המים גורמים לכישלון עדיין אינו ברור, אולם יש לוודא כי בטרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים, פני השטח ינוקזו היטב ויהיו יבשים. סימוני כביש על בסיס תרמופלסטי, חומר פלסטי קר (אפוקסי) וסימני צבע, יוסרו או יכוסו אף הם בטרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים. אין התייחסות במפרט זה לעובי מרבי של סימוני דרך קודמים ליישום חומרי ההגוונה,

וניתן להבין כי חומרי סימון ארוכי קיים בעלי יישום או טקסטורה / פרופיל מוגבה מסימוני דרך קובנציונאליים פוגמים ביישום חומרי ההגוונה – קרי, רצוי ליישם את חומרי ההגוונה על פני מיסעה נקיים מסימונים קודמים. לאור עלויות גבוהות הצפויות לחומרי ההגוונה, ככל הנראה שתנאי זה יתקיים לרוב, שכן הם יהיו מיושמים על נתיבי תחבורה לקראת פתיחתם לתנועה.

ו. המסמך מפנה לתשומת לב מבחינת התאמת התערובות האספלטיות, ככל הנראה תוך הפנייה לתערובות סגורות שאינן מנקזות בשכבה.

ז. המלצה נוספת היא כי אין לבצע ציפויים מעל מערכות לבקרת תנועה (הכוונה כאן ללולאות וגלאים).

ח. קיימות עדויות מסוימות כי כל נושא ההפרדות לשכבות מתרחש פחות כאשר מדובר באספלט חדש. יש לבצע תנועת כלי רכב על גבי משטח האספלט בין 4 ל-6 שבועות טרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים. תנועת כלי הרכב בתקופה זו מאפשרת את סגירתם של חללים בפני השטח לפי הנוסח של המסמך. מהידע בארץ אנו יודעים שבפרק זה המיסעה מתנקה מעודפי ביטומן, וייתכן כי זו הסיבה להידבקות טובה יותר של המשטחים הצבעוניים בשל המגע הנקי עם האגרגטים.

במהליכי הבקרה בעת יישום בשטח, המפרט מדגיש את טמפרטורת פני השטח ותנאי מזג האוויר ליישום. מדידת הטמפרטורה הפשוטה ביותר תתבצע ע"י הצמדת התקן חשמלי למדידת טמפרטורה כנגד פני השטח על גבי חתיכת גומי מוקצף או פוליאסטר עליו יש לעמוד למשך דקה אחת. שיטות מדידה אחרות כוללות שימוש במדי חום ומצלמות אינפרא-אדום. במסמך המפרט לא הודגשו מגבלות מיוחדות לעניין תנאי טמפרטורה ולחות, אך בדיקות אלו שכיחות גם בארץ בכל יישום של חומרי סימון (בדיקת נקודת טל) וביישום של תערובות אספלטיות (טמפרטורת סביבה ועוצמות רוח).

מאפייני חיכוך: מאחר וציפוי למשטחים צבעוניים אינו מיושם ברוחב מלא של כביש, וכל שינוי רוחבי פתאומי של מקדם החיכוך צריך להיות מזערי, רצוי להשתמש בחומרים בעלי מאפייני חיכוך דומים ככל שניתן למשטח שסביבם. בנקודה זו עולה כי, בדומה לארץ, המשטחים הצבעוניים אינם מיושמים ברוחב מלא, ובנקודה כזו עדיין יש לשמור על פער חיכוך סביר בין נתיב תנועת הגלגל לבין מקום הסימון.

המסמך מדגיש כי בנוסף לערך החיכוך המזערי של האגרגט המלוטש, יכולת מניעת החלקה של פני השטח הסופיים מושפעת ממאפייני הטקסטורה הן של הציפוי המיושם והן של המשטח שסביבו. יש לציין כי באוסטרליה ובניו-זילנד נעשה שימוש במכשירים למדידת חיכוך לפי "מדריך למדידה ולפרשנות התנגדות להחלקה תוך שימוש ב-SCRIM" של חברת Vicroads / RMS. בכפוף לדרישות המדריך שצוין לעיל, המסמך ממליץ כי ערך החיכוך המדוד המזערי (SRV) עבור יישומים רגילים, יעמוד על 55 כפי שהוגדר בנספח R110/A במפרט זה, ועל 65 עבור יישומים עם סיכון גבוה להחלקה.

לעניין הנחיות אחזקה ויישום לקוי במקרים של התפוררות והפרדות לשכבות, המסמך מנחה כי במקרה וחלה הפרדות לשכבות או התפוררות, יש להסיר לחלוטין את הציפוי הצבעוני מהאזור הפגום לפני ביצוע עבודת תיקון כלשהי.

התפוררות מוגדרת במסמך כאיבוד אגרגטים מפני השטח, או כאלה שהיו דבוקים לחומר המקשר. אין לבלבל בין תופעה זו לבין תופעה של איבוד אגרגטים בעודף מפני השטח לאחר שמבוצעת עליו תנועת כלי רכב.

הפרדות לשכבות הינה העדר יכולתו של המשטח הצבעוני להידבק לפני השטח על גביהם הוא אמור להיות מיושם.

גוון: המסמך עושה תחזית מרחב הגוון. יחד עם זאת המסמך מנחה כי הגוון הרצוי במקרה בו מנהל הפרויקט מגביל את הגוון לגוון אחד זה יהיה:

Cycleways must be an approximate match to any one of the following standard green colours in accordance with Australian Standard AS 2700 S – 1996:

G 13	Emerald
G 16	Traffic green
G 23	Shamrock

Approximate match of colour must be determined in accordance with AS/NZS 1580.601.1.

ב.1.2.3 אגרגטים

א. כללי

על האגרגט להיות נקי, יבש, קשיח, עמיד, בעל גרגרים בחדות מתונה או של אבן טבעית או של חומר סינטטי, באיכות אחידה, הנקי מאבק, לכלוך או כל חומר מזהם אחר. במקרים בהם נעשה שימוש בחומר מקשר רגיש ללחות דוגמת אוריתנים, על האגרגט להיות יבש ותחת כיסוי לאורך כל הליך האחסנה וההובלה, אלא אם הוגדר אחרת ב"תכנית בקרת האיכות" של הפרויקט.

ב. גודל נומינלי

על האגרגט להיות בעל גודל נומינלי אחיד של 3 מ"מ. דירוג האגרגט יעמוד על מינימום 95% הנשמרים בסינון דרך מסננת של 3.35 מ"מ, ומקסימום 5% העוברים דרך מסננת של 1.18 מ"מ.

ג. גוון

צבע פני המשטח חייב להיות בתוך מרחב הצבע המלבני הנקבע באמצעות הקואורדינטות הכרומטיות הבאות (x,y) CIE:

(א) הגוון הירוק המקורי חייב להיות מוגדר בתוך מרחב הצבע הטרפזי המשוער, בעל הקואורדינטות הבאות:

(0.19, 0.41) (0.30, 0.36) (0.33, 0.38) (0.32, 0.50)

(ב) במהלך ועם סיומה של תקופת התחזוקה, על ערכי הצבע הירוק להיות מוגדרים בתוך המרחב בעל הקואורדינטות הבאות:

(0.19, 0.41) (0.30, 0.35) (0.33, 0.38) (0.32, 0.50)

(ג) ערכי x, y, בהירות או החזרה, צריכים להיות בתחום הנע בין 8-19.

הערה: בעולם מקובלים מספר גוונים, כאשר אופן היישום בהם לרוב אינו מאוגד בהנחיות המסודרות. בניו זילנד צבע ירוק נמצא בשימוש בנתיבי תחבורה ציבוריים, צבע אדום באזורי סיכון ובשבילי אופניים.

ב.2.2.3 חומרים מקשרים בעלי פיגמנטי צבע

על החומר המקשר להיות מסוג שרף תרמוסטי דו-רכיבי לכל הפחות, בעל פיגמנט המתאים בכדי לספק את עומק הצבע הדרוש לציפוי פני השטח המוגמר, וכן לאפשר את הידבקות האגרגט למצע.

בעת הערבוב והיישום על פני המשטח, על החומר המקשר להיות בעל אורך חיי מדף מספיקים, זאת על מנת להקל על הליך היישום ליצירת שכבת ציפוי בעלת עובי אחיד, לאפשר את הידבקותו אל פני המשטח ושל אגרגטים אליו, וכל זה בתנאי טמפרטורת הסביבה.

הערה: שרפים מסוג תרמוסטיים הם לא אלסטיים, ויש חשש לסדיקה, במיוחד במפלי טמפרטורה גדלים, אך המסמך מובא כפי שהוא נכתב במקור.

לסיכום: ייתכן שדרישות הסף של מפרט זה מתאימות מבחינת יישום בתנאי האקלים של מדינת ישראל, בשל דימיון בין מאפייני מזג האוויר, אך קשה להעיד על איכות האגרגטים שבשימוש ביבשת אוסטרליה או מגבלות יישום אחרות.

ב.3.3 מפרט רשות התחבורה הפדראלית FHWA

מפאת חשיבותו של מסמך זה הוא מובא כלשונו.



1200 New Jersey Ave., SE
Washington, D.C. 20590

JUN 17 2016

In Reply Refer To:
HOTO-1

Mr. Roger A. Wentz
President & CEO
American Traffic Safety Services Association
15 Riverside Parkway, Suite 100
Fredericksburg, VA 22406-1022

Dear Mr. Wentz:

The Federal Highway Administration (FHWA) has reviewed your request for a modification to Interim Approval 14, which allows for the use of green-colored pavement in bicycle lanes and bicycle lane extensions. Specifically, modifications were requested to the color box defining the allowable color range of green-colored pavement under the Interim Approval and to the nighttime chromaticity requirement.

The color box defined for green-colored pavement was developed based on a sample of green colors in use internationally. The intent was to confine the color range available to limit confusion for road users and provide manufacturers and agencies with a clear specification. Initial consultations with industry groups had indicated that manufacturers would be able to meet the requirements of the resulting color box. However, without any data available on in-service, weathered materials, determining definitive limits for the color box was problematic.

In coordination with the American Traffic Safety Services Association, the FHWA learned that almost all products on the market, when newly applied, fall within a small area of the published color box. Manufacturers reported that it was too difficult to achieve uniformity between batches of product that was colored toward the upper end of the published color box. Therefore, most products start out in the lower end of the box when first applied.

The FHWA has received data from industry tests of several provided green pavement coloring materials, all of which, when first applied, produce a color within the current published color box. Accelerated ultraviolet (UV) exposure testing shows that as these materials were exposed to UV light simulating in-service conditions, their color gradually fell below the lower end of the published color box. This effect was consistent across many of the tested products.

In order to ensure that field installations of green-colored pavement are uniform throughout their service life, the FHWA is extending the limits of the approved color box for green-colored pavement to account for in-service wear based on UV exposure. The limits of the published color box will expand at this time rather than exclude any color range that was previously allowed.

The FHWA was also asked to evaluate the need for a nighttime chromaticity requirement. While daytime chromaticity requirements are measured with a very specific test using a single illumination source, nighttime chromaticity can be influenced heavily by the type of light source used. The FHWA's testing uses a single source, an incandescent lamp, which cannot mimic all possible sources of illumination. Because the variability in nighttime conditions and light sources precludes using the daytime color range,

and because retroreflectivity is not required when installing green-colored pavement, the FHWA is rescinding the requirement for nighttime chromaticity.

With this Official Ruling, the FHWA makes the following revisions to Interim Approval 14:

1. The daytime chromaticity coordinates for the color used for green-colored pavement shall be as follows:

1		2		3		4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.230	0.754	0.266	0.460	0.367	0.480	0.444	0.583

These coordinates include the original published color box plus the additional area in the revised color box.

2. The nighttime chromaticity requirements provided in Interim Approval 14 are rescinded. There will be no nighttime chromaticity requirement for green-colored pavement. All installations must still meet the daytime requirement.

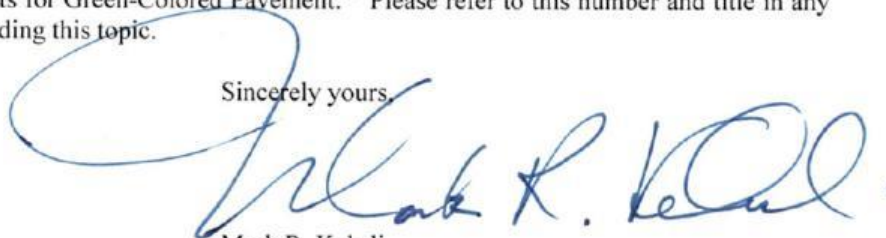
While this revision allows for the published color box to remain while adding new range to accommodate in-service wear, it is likely that future editions of the MUTCD will restrict the color box to better reflect the range of products available. At this time, the future daytime chromaticity requirements are expected to be as suggested in the revised color box:

1		2		3		4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.230	0.714	0.266	0.460	0.367	0.480	0.367	0.583

Since these results and this interpretation are based upon simulated in-service wear, before making a final update for future editions for the MUTCD, the FHWA will request in-service field data on installations of green-colored pavement to ensure that in-service wear is corresponding to the test results.

For recordkeeping purposes, we have assigned the following official ruling number and title: "9(09)-86(1) – Chromaticity Requirements for Green-Colored Pavement." Please refer to this number and title in any future correspondence regarding this topic.

Sincerely yours,



Mark R. Kehrli
Director, Office of Transportation
Operations

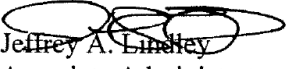


U.S. Department
of Transportation
**Federal Highway
Administration**

Memorandum

Subject: **INFORMATION:** MUTCD – Interim
Approval for Optional Use of Green
Colored Pavement for Bike Lanes (IA-14)

Date: APR 15 2011

From: 
Jeffrey A. Lindley
Associate Administrator for Operations

In Reply Refer To:
HOTO-1

To: Federal Lands Highway Division Engineers
Division Administrators

Purpose: The purpose of this memorandum is to issue an Interim Approval for the optional use of green colored pavement in marked bicycle lanes and in extensions of bicycle lanes through intersections and other traffic conflict areas. Interim Approval allows interim use, pending official rulemaking, of a new traffic control device, a revision to the application or manner of use of an existing traffic control device, or a provision not specifically described in the Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD).

Background: Chapter 3G of the 2009 MUTCD contains provisions regarding the use of colored pavements. Paragraph 1 of Section 3G.01 describes colored pavement as consisting of differently colored road paving materials, such as colored asphalt or concrete, or paint or other marking materials applied to the surface of a road or island to simulate a colored pavement.

If colored pavement is used to regulate, warn, or guide traffic, the colored pavement is considered to be a traffic control device. Paragraph 3 of Section 3G.01 limits the use of colored pavement used as a traffic control device to the colors yellow and white. Paragraph 2 of Section 3G.01 discusses the use of colored pavement as a purely aesthetic treatment that is not intended to regulate, warn, or guide traffic and is therefore not considered to be a traffic control device. Part 9, Traffic Control for Bicycle Facilities, of the 2009 MUTCD does not mention colored pavement.

A number of experiments have been conducted in the United States and in other countries around the world to determine the value of designating a particular pavement color to communicate to road users that a portion of the roadway has been set aside for exclusive or preferential use by bicyclists and to enhance the conspicuity of a bicycle lane or a bicycle lane extension. Green, blue, and red are among the colors that have been tested for this purpose. Because these colored pavements are intended to regulate, warn, or guide traffic (motorists and bicyclists) and thus are serving as more than just an aesthetic treatment, they are considered to be traffic control devices.

For the past 10 years in the United States, green has been the only color that has received official FHWA approval for colored pavement experiments on bicycle facilities. Blue colored pavement cannot be designated for exclusive or preferential use in bicycle facilities because it is already the primary color of the international symbol of accessibility parking symbol (see Figure 3B-22 of the 2009 MUTCD) and it is also used for the lines that are adjacent to parking spaces that are reserved for use only by persons with disabilities. The use of red colored pavement has not been approved for any bicycle-related experiments in the United States because it is currently being tested for a different potential use.

Research on Green Colored Pavement for Bike Lanes: Agencies across the United States are showing an increased interest in using colored pavement specifically for bicycle facilities, and many of them have submitted requests to the FHWA to experiment with colored pavement. During the past 10 years, the FHWA has approved experiments with green colored pavement for a variety of State and local governmental agencies, including the following: the Vermont Agency of Transportation; the City of Chicago, IL; the City of New York, NY; the City of St. Petersburg, FL; the City of San Francisco, CA; the City of Portland, OR; the City of Columbia, MO; the City of Long Beach, CA; the City of Austin, TX; the City of Nashville, TN; the City of Missoula, MT; the City of Golden, CO; the Minnesota DOT (for Minneapolis); and the Pennsylvania DOT (for Philadelphia). In these experiments, green colored pavement is being used as a traffic control device to designate locations where bicyclists are expected to operate, and areas where bicyclists and other roadway traffic might have potentially conflicting weaving or crossing movements.

FHWA Evaluation of Results: The Office of Transportation Operations has reviewed the available data and considers the experimental green colored pavement to be satisfactorily successful for the bicycle applications that were tested. Positive operational effects have been noted in the experiments, such as bicyclists positioning themselves more accurately as they travel across intersections and through conflict areas, and no notable negative operational effects have been observed. The research has also shown that bicyclists and motorists both have a positive impression of the effect of the green colored pavement, with bicyclists saying that they feel safer when the green colored pavement is present, and motorists saying that the green colored pavement gives them an increased awareness that bicyclists might be present and where those bicyclists are likely to be positioned within the traveled way.

The design of the experimental green colored pavement is not proprietary and can be used by any jurisdiction that requests and obtains interim approval from the FHWA to use green colored pavement. The FHWA believes that the experimental green colored pavement has a low risk of safety or operational concerns.

This Interim Approval does not create a new mandate compelling the use of green colored pavement, but will allow agencies to install green colored pavement, pending official MUTCD rulemaking, to enhance the conspicuity of a bicycle lane or a bicycle lane extension.

Conditions of Interim Approval: The FHWA will grant Interim Approval for the optional use of green colored pavement in marked bicycle lanes and in extensions of bicycle lanes through intersections and traffic conflict areas to any jurisdiction that submits a written request to the Office of Transportation Operations. A State may request Interim

Approval for all jurisdictions in that State. Jurisdictions using green colored pavement under this Interim Approval must agree to comply with the technical conditions detailed below, to maintain an inventory list of all locations where green colored pavement is installed, and to comply with Item D in Paragraph 18 of Section 1A.10 of the 2009 MUTCD, which requires:

“An agreement to restore the site(s) of the Interim Approval to a condition that complies with the provisions in this Manual within 3 months following the issuance of a Final Rule on this traffic control device; and terminate use of the device or application installed under the interim approval at any time that it determines significant safety concerns are directly or indirectly attributable to the device or application. The FHWA’s Office of Transportation Operations has the right to terminate the interim approval at any time if there is an indication of safety concerns.”

1. General Conditions:

The use of green colored pavement is optional. However, if an agency opts to use green colored pavement under this Interim Approval, the following design and installation requirements shall apply, and shall take precedence over any conflicting provisions of the MUTCD.

2. Allowable Uses:

Green colored pavement may be used within a bicycle lane or within an extension of a bicycle lane to enhance the conspicuity of the bicycle lane or extension.

The use of green colored pavement under this Interim Approval is limited to the following applications:

- a. Green colored pavement may be installed within bicycle lanes as a supplement to the other pavement markings that are required for the designation of a bicycle lane. Green colored pavement shall not be used instead of the longitudinal line required by Paragraph 2 of Section 9C.04 of the 2009 MUTCD or instead of the word, symbol, and arrow pavement markings illustrated in Figure 9C-3 of the 2009 MUTCD and required by Item C in Paragraph 6 of Section 3D.01 of the 2009 MUTCD. The green colored pavement may be installed for the entire length of the bicycle lane or for only a portion (or portions) of the bicycle lane. Green colored pavement may be installed as a rectangular background behind the word, symbol, and arrow pavement markings in a bicycle lane as a means of enhancing the conspicuity of these word, symbol, and arrow pavement markings.
- b. If a pair of dotted lines is used to extend a bicycle lane across an intersection or driveway (see Section 3B.08 of the 2009 MUTCD) or a ramp, green colored pavement may be installed between these lines as a supplement to the lines. Green colored pavement shall not be used instead of these dotted lines to extend a bicycle lane across an intersection, driveway, or ramp. The green colored pavement may be installed for the entire length of the bicycle lane extension or for only a portion (or portions) of the bicycle lane extension. The pattern of the green colored pavement may be dotted in a manner that matches the pattern of the

dotted lines, thus filling in only the areas that are directly between a pair of dotted line segments that are on opposite sides of the bicycle lane extension.

- c. If a pair of dotted lines is used to extend a bicycle lane across the beginning of a turn bay where drivers who desire to turn must cross the bicycle lane when moving out of the through lane in order to turn (see Figures 9C-1, 9C-4, and 9C-5 of the 2009 MUTCD), green colored pavement may be installed between these lines as a supplement to the lines. Green colored pavement shall not be used instead of these dotted lines to extend a bicycle lane across the beginning of a turn bay. The green colored pavement may be installed for the entire length of the bicycle lane extension or for only a portion (or portions) of the bicycle lane extension. The pattern of the green colored pavement may be dotted in a manner that matches the pattern of the dotted lines, thus filling in only the areas that are directly between a pair of dotted line segments that are on opposite sides of the bicycle lane extension.

3. Design of Green Colored Pavement:

- a. The daytime chromaticity coordinates for the color used for green colored pavement shall be as follows:

1		2		3		4	
x	y	x	y	x	y	x	y
0.230	0.754	0.266	0.500	0.367	0.500	0.444	0.555

The daytime luminance factor (Y) shall be at least 7, but no more than 35.

- b. The nighttime chromaticity coordinates for the color used for green colored pavement shall be as follows:

1		2		3		4	
x	y	x	y	x	y	x	y
0.230	0.754	0.336	0.540	0.450	0.500	0.479	0.520

- c. Green colored pavement may be retroreflective, but there is no requirement or recommendation that it be retroreflective.
- d. If green paint or other marking materials applied to the roadway surface are used to simulate a green colored pavement, consideration should be given to selecting pavement marking materials that will minimize loss of traction for bicyclists (see Paragraph 4 of Section 3A.04 of the 2009 MUTCD).

4. Other:

Except as otherwise provided above, all other provisions of the MUTCD that are applicable to colored pavements shall apply to green colored pavement.

Any questions concerning this Interim Approval should be directed to Mr. Bruce Friedman at bruce.friedman@dot.gov.

cc:

Associate Administrators

Chief Counsel

Chief Financial Officer

Directors of Field Services

Director of Technical Services

ב.3.4 תקן ספרדי UNE 135200-2-2002

התקן הספרדי הנו תקן מקומי שלא מאושר באירופה. יחד עם זאת בספרד מקובל לבחון ולאשר חומרי סימון בהתאם לדרישות תקן זה. מטעמי נוחות מובאים הערכים הרלוונטיים בלבד, ללא תרגום התקן.

טבלה 3.4 א': קואורדינטות כרומטיות של גוון ירוק (verde)

A.2.1 Pinturas

A.2.1.1 Color (coordenadas cromáticas) y factor de luminancia. Realizado el ensayo según se describe en el apartado 3.1.2, las coordenadas cromáticas (x, y) estarán dentro del respectivo polígono de color especificado en la tabla A.1 para cada uno de los colores indicados, y el valor del factor de luminancia (β) estará de acuerdo con lo especificado en la tabla A.2, para cada uno de los colores.

Tabla A.1
Coordenadas cromáticas de los vértices de los polígonos de color

Color	Coordenada	Número del vértice			
		1	2	3	4
Naranja	x	0.630	0.470	0.460	0.560
	y	0.370	0.390	0.405	0.440
Rojo	x	0.650	0.490	0.480	0.620
	y	0.310	0.310	0.340	0.350
Rojo teja	x	0.480	0.410	0.400	0.480
	y	0.320	0.300	0.330	0.370
Verde	x	0.350	0.290	0.270	0.360
	y	0.380	0.390	0.490	0.470
Azul	x	0.250	0.180	0.130	0.250
	y	0.260	0.180	0.270	0.310
Negro	x	0.355	0.305	0.285	0.335
	y	0.355	0.305	0.325	0.375

טבלה 3.4 ב': קואורדינטות כרומטיות של גוון ירוק (verde) לפי תקן ספרדי UNE 135200-2-2002

Tabla A.2
Factores de luminancia mínimo y máximo

Color	Factor de luminancia, β	
	Mínimo	Máximo
Naranja	0.23	0.40
Rojo	0.12	0.22
Rojo teja	0.06	0.15
Verde	0.11	0.21
Azul	0.10	0.35
Negro		0.05

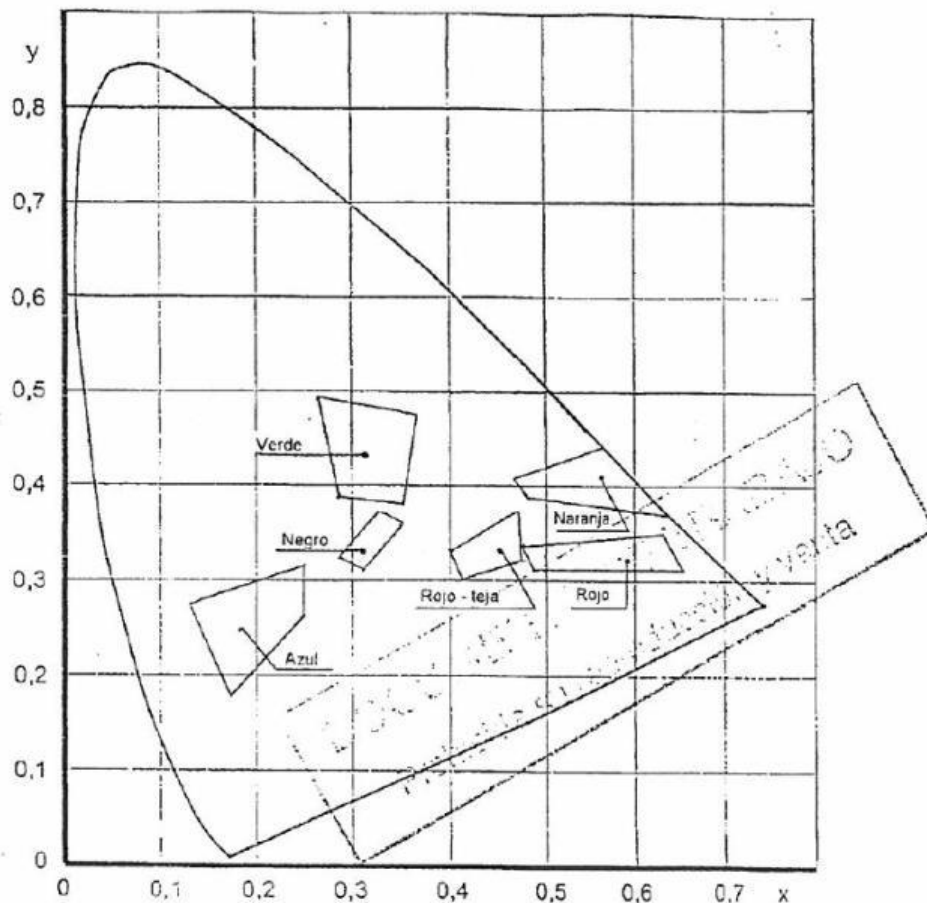


Fig. A.1 – Polígonos de color para colores distintos al blanco y amarillo

תרישים 3.4 א': פוליגון קואורדינטות כרומטיות 2-2002-UNE 135200

ב.4.3 נתוני רקע משלימים

השימוש בחומרי הגוונה ירוקים קיים במדינות רבות לרבות הולנד, גרמניה, מדינות מזרח אירופה ועוד. לא אותרה ספרות בשפה האנגלית, ומספר מקורות המידע וההנחיות מצומצם מאוד. יחד עם זאת קיימות עדויות רבות במרשתת על היקף השימוש בחומרים אדומים לסימון נתיבי תחבורה ציבוריים.

למשל בהולנד קיימת עדות לסימון נתיבי תחבורה ציבוריים בגוון אדום (ראו תרישים ב.5) וגוון ירוק (ראו תרישים ב.6). לא אותרה בספרות גישה של צביעת פס מרכזי בלבד כמקובל בישראל, ולרוב מקובלת צביעה של רוחב נתיב מלא.



תמונה ב.5: יישום חומר הגוונה אדום בהולנד לנתיב תחבורה ציבורית
(מקור: <http://www.roelofsgroep.nl/projecten/onderhoud-busbaan-kernhem-te-edo>)



תמונה ב.6: יישום חומר הגוונה ירוק בהולנד לנתיב תחבורה ציבורית
(מקור: <http://www.oogtv.nl/2014/01/tunnel-onder-busbaan-eemsgolaan/>)

יש לציין כי קביעת הגוון הירוק לשבילי אופניים אינה אחידה ברחבי העולם, וניתן למצוא שבילי אופניים אדומים בחלק מהמדינות כדוגמת הונגריה וגם צ'כיה.



תמונה ב.7: יישום חומר הגוונה אדום בשבילי אופניים בהונגריה

כאמור, ברוב המקומות בהם מיושמים משטחים צבעוניים בנתיבי תחבורה, היישום הוא לכל רוחב נתיב הנסיעה, כפי שניתן לראות גם בסרטון מהעיר Glasgow (אנגליה):

http://article.wn.com/view/2011/11/14/Bus_lane_change_pushes_cars_out/

יישום מערכתי של צבע ירוק בשבילי אופניים ניתן למצוא במדינות נוספות כדוגמת רומניה (ראו תמונה ב.8). יחד עם זאת בהעדר הנחיות והגדרות מדויקות, גם במדינות אלו ניתן למצוא גם שבילי אופניים בצבע אדום.



תמונה ב.8: יישום חומר הגוונה ירוק בשבילי אופניים ברומניה

במרשתת ניתן למצוא גם שבילי אופניים ואזורי ניגוד הצבעים בצבע כחול כדוגמת דנמרק בתמונה ב.9.



תמונה ב-9: שבילי אופניים ואזורי קונפליקט כחולים בדנמרק
(מקור: <http://john-s-allen.com/blog/?p=2293>)

כדי לחדד את חוסר האחידות, גם בשווייץ ובגרמניה ניתן למצוא אזורי ניגוד צבועים בצבע אדום כמוצג בתמונות ב-10 ו-ב-11.



תמונה ב-10: אזורי ניגוד עם אופניים בשווייץ מימין ובגרמניה משמאל. גוון אדום



תמונה ב-11: הגוונה באדום לאופניים בצמתים – מנהיים גרמניה

ב.4 מראי מקום

1. הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010, נוסח מעודכן ינואר 2018.
2. תקנות והנחיות להצבת תמרורים, משרד התחבורה, ינואר 2018.
3. התקני תנועה, בטיחות ורמזורים מאושרים להצבה בדרך, הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות – עדכון שנתי.
4. המדריך להסדרי תנועה באתרי עבודות בדרכים בין-עירוניות, משרד התחבורה וחברת נתיבי ישראל, 2016.
5. מטר ק. וירון ר., "חומרים לסימון דרכים", משרד התחבורה, 2009.
6. ת"י 934: חומרים לסימון דרכים: הכנת דרכי אספלט לסימון והשמתו והשמת חומרי סימון.
7. ת"י 1871: צבעים, חומרים פלסטיים קרים, וחומרים תרמופלסטיים – דרישות.
8. ת"י 1423: תוספים בהפלה חופשית, כדוריות זכוכית, אגרגטים למניעת החלקה ותערובות של שניהם.
9. ת"י 1790: סימונים מוכנים מראש.
10. ת"י 7962: חומרים שחורים להסתרת סימוני דרכים קיימים – דרישות.
11. אתרים במרשתת. מצורפים קישורים לפי העניין.
12. Shaffer S., Christiaen A., and M. Rogers, "Assessment of Friction-Based Pavement Methods and Regulations", Task 2003 E1, U.S. Department of Transportation, 2006.
13. FAA – FAA Advisory Circular for Runway Marking (3), Item P-620 Runway and Taxiway Painting.
14. Roads and Maritime Services (RMS) QA Specification R110, ACT_R110_E2_R1 Coloured Surface Coatings, Australia.
15. Guidance on Coloured Surfacing, Anex 4, Oxfordshire, England.
16. SG10/05/050, Guidelines Document dot the Assessment and Certification of Coloured Surface Treatments for Highways. 9Th May 2005 (Draft 1.7).
17. FHWA Federal Register: July 31' 2002 (Vol. 64, No. 147), "Traffic Control Devices on Federal-Aid and other Streets and Highways; Color Specifications for Retroflective Sign and Pavement Marking Materials".
18. FHWA Interpretation Letter 9(09)-86(I) – Chromaticity Requirements for Green-Colored Pavement – 2016, https://mutcd.fhwa.dot.gov/resources/interpretations/9_09_86.htm
19. UNE 48073-2:1994, Paints and Varnishes. Colorimetry. Part 2: Colour Measurement (status = cancelled)

20. Nacto – National Association of City Transportation Officials, Urban Bikeway design guide
<https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/bike-lanes/>
21. UNE 135200-*2-2002 – Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal.
Parte 2: Materiales. Ensayos de laboratorio.
22. FHWA – 2011: Colored Pavement for Bike lanes (IA-I14)
https://mutcd.fhwa.dot.gov/resources/interim_approval/ia14/ia14grnpmbiketlanes.pdf
23. DMRB: Design Manual for Roads and Bridges, V6 Sec.3 Part 4 TA 81/99/ Colored
Surfacing in Road Layout (Excluding Traffic Calming)
24. NZ Transportation Agency Section 3 Intersection Pavement Markings, March 2011

נספח ג: נוהל הגשת תיק מוצר לחומר הגוונה ירוק לבדיקה במסגרת הועדה הבין משרדית

תהליך הבדיקה והאישור של חומרי הגוונה יבוצע על סמך תיק בקשה אשר יכלול את רשימת התכולה המפורטת להלן. כל המסמכים המוגשים לוועדה הבין משרדית צריכים להיות כתובים בשפה עברית או אנגלית, או תרגום לשפות אלה כאשר התרגום יהיה חתום על ידי נוטריאן.

1.ג. מפרט טכני

מטרתו של המפרט הטכני של המוצר לתאר את המוצר והשימושים שלו. נדרש לפרט את:

- שם היצרן, מענו ומפיצים.
- מספר קטלוגי של המוצר וסימני זיהוי.
- ההרכב הכימי של המוצר.
- נתונים תפקודיים כלליים (למשל זמן ייבוש בטמפרטורה ולחות מסוימת, עובי יישום, שיטת יישום, הסמכות והכשרות מיוחדות נדרשות).
- תיאור ציוד יישום ייעודי ודרישות מקדימות.
- כל מידע נוסף המתאר את המוצר, תפקודו, יתרונותיו ומגבלותיו (למשל השפעה על קיים בחשיפה לתנאים סביבתיים או תפקודיים או מגיבים מסוימים).

2.ג. הוראות יישום

הוראות היישום צריכות לפרט את המידע הנוגע לאופן היישום וכוללות מידע הנוגע ל:

- הכנות נדרשות של פני השטח.
- שיטת / שיטות יישום.
- זמני ייבוש בתנאי לחות וטמפרטורה בתווך עבודה אופייני למדינת ישראל (כולל נתונים וגרפיים לזמני ייבוש בתנאי סביבה שונים).
- תנאים סביבתיים להשמה.
- מגבלות של תנאים סביבתיים להשמה.
- מגבלות של לחות כלואה במשטח עליו מיישמים את החומר.
- טווח ביטחון מגשם.
- ציוד ההשמה.
- כמויות ואופן היישום.
- בדיקות ניטור ומעקב נדרשות אחרי יישום ראשון.
- מגבלות יישום על שכבות קודמות עם על סימונים קודמים.
- התייחסות ליישום על גבי משטחי בטון או בטון-אספלט.

3.ג. הוראות אחזקה

בסעיף זה על המבקש לפרט האם החומר מצריך פעולות אחזקה שוטפות יזומות (תקופתיות).

בנוסף נדרש להגדיר בפרק זה:

- האם ניתן לשטוף את החומר. יש להגדיר באילו תנאים.

- פעולות תיקון נקודתיות במקרה של כשל ואופן החידוש של המשטח.
- קיום תהליכים לחידוש הגוון.

4.ג גיליון בטיחות

על מגיש הבקשה להציג גיליון בטיחות. גיליון הבטיחות, כמו יתר המסמכים, חייב להיות נתון בשפה העברית או האנגלית. גיליון הבטיחות יכלול את כל 16 הפרקים הנדרשים לפי תקנות הבטיחות בעבודה (גיליון בטיחות, סיווג, אריזה, תיווי וסימון של אריזות), התשנ"ח-1998. גיליון הבטיחות יתייחס לפירוט הבא:

1. זיהוי החומר וזהות היצרן, היבואן הסוכן או המשווק, לפי העניין;
2. זיהוי מרכיבי החומר המסוכן והשפעתם;
3. הוראות עזרה ראשונה;
4. נוהל כיבוי אש;
5. אמצעי זהירות;
6. טיפול ואחסנה;
7. אמצעים לצמצום חשיפה ומיגון אישי;
8. תכונות פיסיקליות וכימיות;
9. יציבות וריאקטיביות;
10. רעילות (מידע טוקסיקולוגי);
11. מידע סביבתי;
12. דרכי סילוק חומר מסוכן;
13. שינוע;
14. חקיקה ותקינה;
15. מידע אחר.

בנוסף לאמור לעיל, על מגיש הבקשה להציג גורמי סיכון חריגים ודרך הטיפול בהם. כמו כן, ככול שקיים צורך בצידוד מיוחד או הגנות מיוחדות לטיפול בחומר, על מגיש הבקשה לציין זאת במעמד הבקשה.

5.ג בדיקות מעבדה

בפרק 2 מוגדרת סדרה של בדיקות מעבדה הכוללות בדיקות איפיון בהתאם לסוג החומר ובדיקות קיים הנדרשות מהחומרים המוגשים לבדיקה במסגרת מפרט זה.

על הבדיקות להיות מוגשות בשפה העברית או האנגלית, כאשר הן מבוצעות על ידי מעבדה מוסמכת כמוגדר בנוהל הוועדה הבין משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות, נספח א' – דרישות לבחינת התקנים ומעבדות מוכרות לבדיקתם, במהדורתו העדכנית ביותר.

6.ג סימון אריזה ותיעוד שרשרת אספקה

חולייה חשובה באבטחת איכות של מוצר מותקן בשטח הינו היכולת להוכיח את מקוריות ההתקן ושמירה על הנחיות היצרן. אריזה, סימון, שינוע ותיעוד כל שרשרת האספקה מבטיחים כי בכל רגע נתון ניתן לזהות את מקור החומר, מועד ייצורו והדרך אותה עבר עד ליישום בשטח.

על מגיש הבקשה יהיה להציג פירוט של:

- סימון האריזה: זיהוי אריזות החומר על ידי סימון מתאים. במעמד הגשת הבקשה יש להציג את אופן סימון מארזי החומר בשעת היציאה מהמפעל ואת משמעות הסימונים השונים (למשל ברקודים מיוחדים, אופן הטבעת תאריך ושעת ייצור וכדומה).
- מארז: על מגיש הבקשה לתאר את גודל המארז, משקלו ואופן הפריקה והכנה לקראת שימוש. נושא זה חיוני להבנת היבטי בטיחות וגהות, אבל גם להיבטים של אופן השינוע ואחסון של החומרים המוצעים. לדוגמא, חלק מהחומרים מגיעים כאשר כלל המרכיבים נמצאים בתוך קופסה אחת, ולעתים מספר מרכיבים במארזים שונים.
- תיעוד שרשרת אספקה – על מגיש הבקשה להציג דוגמא של תעודת משלוח של היצרן, לרבות פירוט מרכיבים המאפשרים ההקשר בין היצרן לבין המשלוח שמגיע ליעדו.

7.ג. ניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ברשויות דרך

יש להציג בפני הוועדה הבין משרדית הצהרה של היצרן על ניסיון של יישום חומר ההגוונה בנתיבי תחבורה ציבורית ברשויות דרך, בשלשה פרויקטים לפחות ובאורך כולל של 10 ק"מ לפחות. יש לצרף פירוט בעבור כל אחד מהפרויקטים, שיכלול לפחות את הפרטים הבאים:

- מיקום היישום
 - מטרת היישום
 - תאריך היישום
 - פרטי הגוף המזמין
 - היקפי תנועה מוערכים
 - מצב השטח נכון להווה. האם בוצעו עבודות אחזקה של חומר ההגוונה
- בנוסף, ההצהרה צריכה לכלול מידע הנוגע לתנאי הסביבה, סוג פני המיסעה, אופן היישום, וכו'. במידת האפשר יש להוסיף גם תמונות המתעדות את הפרויקט.
- המידע בנוגע לניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ישמש בידי הוועדה לצורך קביעת תנאי היישום של חומר ההגוונה בתקופה הראשונה שלאחר אישורו.

8.ג. מסמכים נוספים

מגיש הבקשה יצרף את כלל מסמכי הבקשה במדיה דיגיטאלית, לצד 2 העתקים מודפסים של תיק הבקשה.

לתיק הבקשה יש לצרף העתק טופס נתוני התקן חדש אשר ימולא באתר משרד התחבורה:

<https://www.forms.gov.il/globaldata/getsequence/getsequence.aspx?formType=NewDeviceData%40mot.gov.il>

מגיש הבקשה יפרט ויצג כל מידע נוסף שמסייע להבין את היתרונות והחסרונות של המוצר לצד דרכי יישום. דוגמא של מסמכים שניתן להציג:

- מכתבי קבלה של רשויות דרך letter of acceptance בארץ ובחו"ל.
- דוחות מחקר ודוחות מעקב רב-שנתיים על יישום ההתקנים.
- מסמכים מקצועיים ובדיקות מעבדה משלימות.

- דוגמאות של תעודות הסמכה של מגיש הבקשה (הסמכה לייצג את היצרן והסמכה ליישום/ תמיכה מקצועית).
- מסמכי ISO של יצרן חומר הסימון.
- מפרט של ציוד משלים המתאים ליישום החומרים.