

עירוב אגרטים ממקורות שונים בתערובות אספלט וההשפעה על מקדם החיכוך בכבישים

שמעון נסיכי

אמנון רבינא

הכנס הארצי
לבנייה ותשתיות
2009



ראשי פרקים

- **רקע**

- התנגדות להחלקה בכבישים
- השימוש בבזלת ובאגרגטים הנדרשים להעלאת מקדם החיכוך בתערובות אספלט

- **מטרת העבודה**

- **שלבי יישום פרויקט המו"פ**

- ממצאי סקר הספרות
- השפעת העירוב על תכונות תערובת האגרגטים בבדיקות ההיתכנות והבדיקות המוקדמות
- סלילת קטעי הניסוי בכביש 784
- בדיקות המעקב תקופתיות אחר קטעי הניסוי

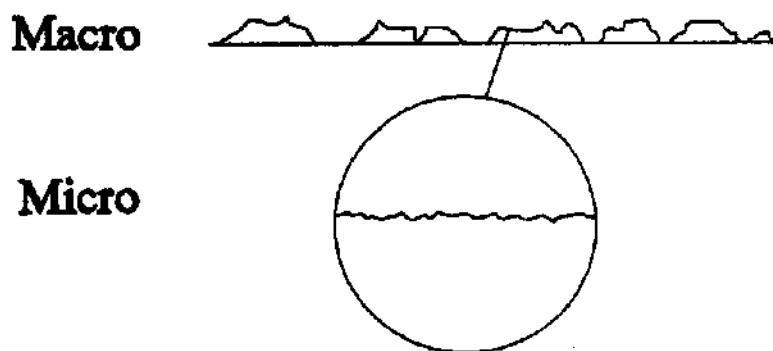
- **הממצאים מבדיקות המעקב על פי סוגי תערובות האספלט**

- **מסקנות והמלצות בחלוף כשנה ממועד הסלילה**

- ביצועי התערובות המעורבות ביחס לתערובות סטנדרטיות
- עדכון דרישות מפרט מעצ
- הפוטנציאל הכלכלי של ממצאי המחקר
- הרחבת היישום והמשך ממעקב אחר קטעי הבקרה.

התנגדות להחלקה בכבישים

- רמת ההתנגדות להחלקה של מרקם פני שכבת האספלט העליונה הינה תכונה הנדסית בעלת חשיבות בטיחותית גבוהה, בעיקר כשפני הכביש רטובים. היא מושפעת בעיקר משני גורמים:
 - סוג מינרל הסלע ("אגרגט") שנמצא בתוך תערובת האספלט. משפיע בעיקר על ה"מיקרוטקסטורה" – המרקם העדין של פני האספלט.
 - המרקם הגס של תערובת האספלט המכונה "מאקרוטקסטורה" שהשפעתו בעיקר במהירויות נסיעה גבוהות.



חלקלקות מסעות אספלט רטובות בישראל

- עבודת מחקר ברשות מהנדס נדביה, מהנדס ראשי לחומרים ומחקר במע"צ –
ינואר 1981

רקע

- מספר התאונות עם נפגעים שאירעו בכביש רטוב מהווה כ 16% מכלל התאונות, בעוד שמשך הזמן הממוצע שהכבישים היו רטובים לא עלה על 3%.
- מספר התאונות עם נפגעים שהחלקה בכביש רטוב היתה מעורבת בהן, היווה כ 60% מכלל התאונות בכביש רטוב וכ 10% מכלל התאונות [רטוב (יבש יחד)]
- רמת ההתנגדות להחלקה של כבישים שנבדקו (אספלט עם אגרגט דלומיטי) הייתה נמוכה מהערך המינימלי המקובל לכבישים בתנאים גיאומטריים רגילים

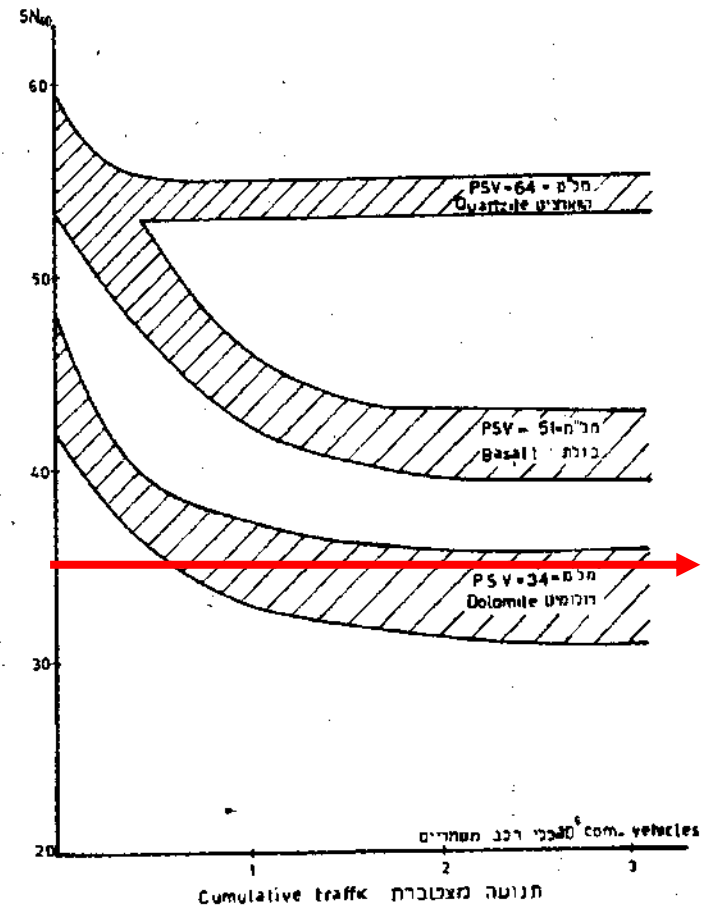
השינוי בערך ההתנגדות להחלקה של אגרגטים

ממינרולוגיה שונה

(נדביה ואחרים, 1981)

ממצאים עיקריים

- השימוש באגרגטים בזלתיים בעלי ערך מ"מ גבוה (מקדם ליטוש מואץ - PSV), משפר את ערך ההתנגדות להחלקה של תערובות האספלט



וח 1: השפעת הליטוש, המופעל על ידי התנועה, על המיקרוטקסטורה של אגרגגטים בעלי ערך מ"מ שונה ועל ירידת ההתנגדות להחלקה של ציפויים עשויים מאגרגגטים אלה.
PLATE 1: THE EFFECT OF POLISHING, MADE BY TRAFFIC, ON THE MICROTEXTURE OF AGGREGATES OF VARIOUS PSV VALUES AND ON THE DECREASE OF SKID-RESISTANCE OF SURFACINGS MADE WITH THESE AGGREGATES.

אגרגט בזלת בישראל

- הדרישה השנתית לאגרגט בזלת עומדת על כ 800,000 טון בשנה של אגרגט איכותי.
- כשר הייצור הקיים במדינה מתקשה לספק את הביקושים
- לשיפור המצב ייזמה מעצ סדרת מחקרים, לפיתוח תערובות אספלט לשיפור הנצילות של האגרגט הבזלתי, תוך שמירה על קריטריוני איכות ומקדם חיכוך משביע רצון



מטרת עבודת המחקר

עירוב אגרגטים ממקורות שונים בתערובות אספלט
וההשפעה על מקדם החיכוך בכבישים

- לבדוק את היכולת לצמצם את כמות האגרגט הבזלתי בתערובות האספלט העליונות, ע"י עירוב אגרגט דולומיט עם בזלת, ליצירת **תערובות זברה**, Z תוך שמירה על ערכים נאותים של התנגדות להחלקה בתערובת האספלט.

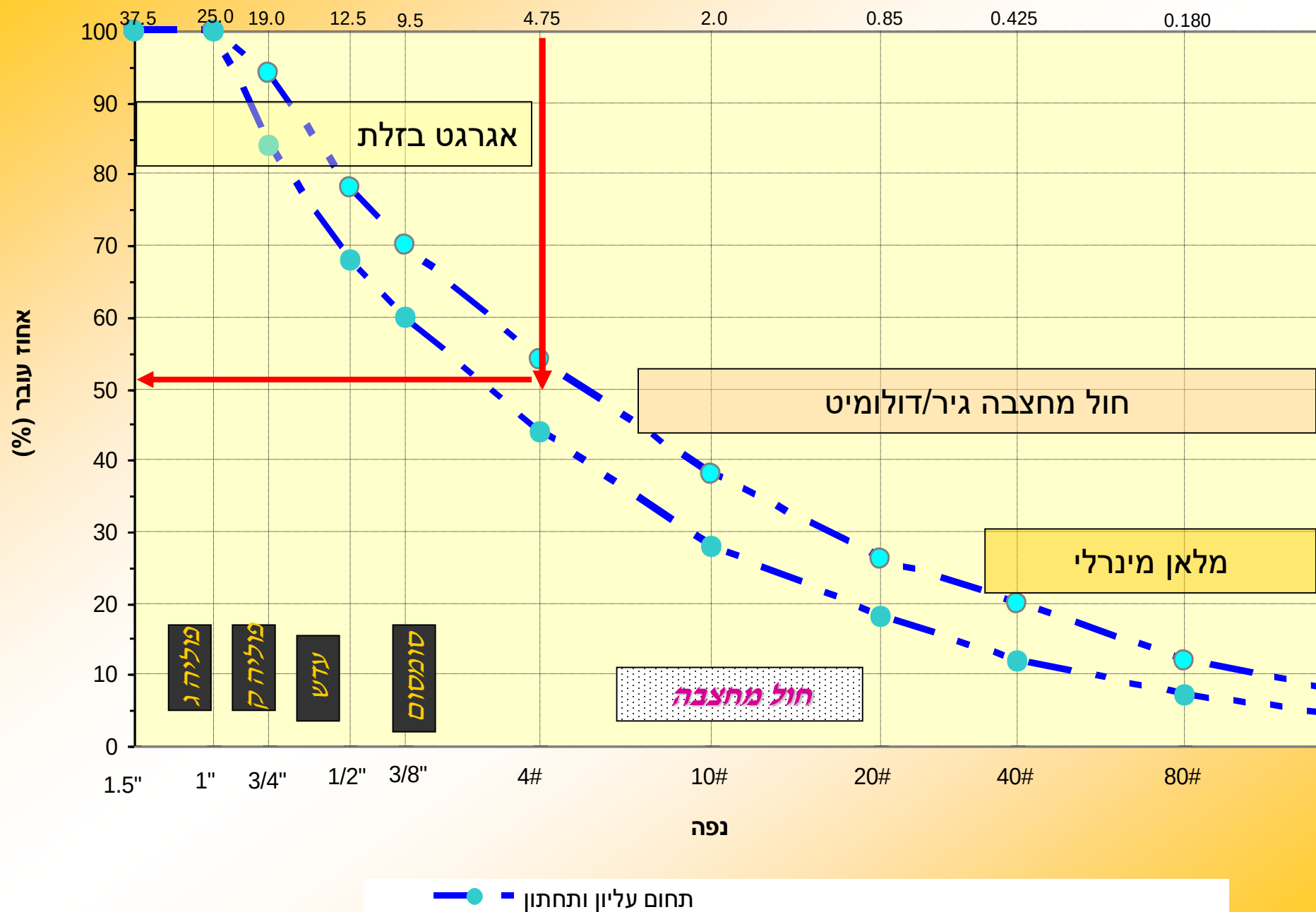
- הקטנת כמות האגרגט הבזלתי למידה אופטימאלית, עשויה:

- לשפר את הנצילות של המשאב
האיכותי המצטמצם

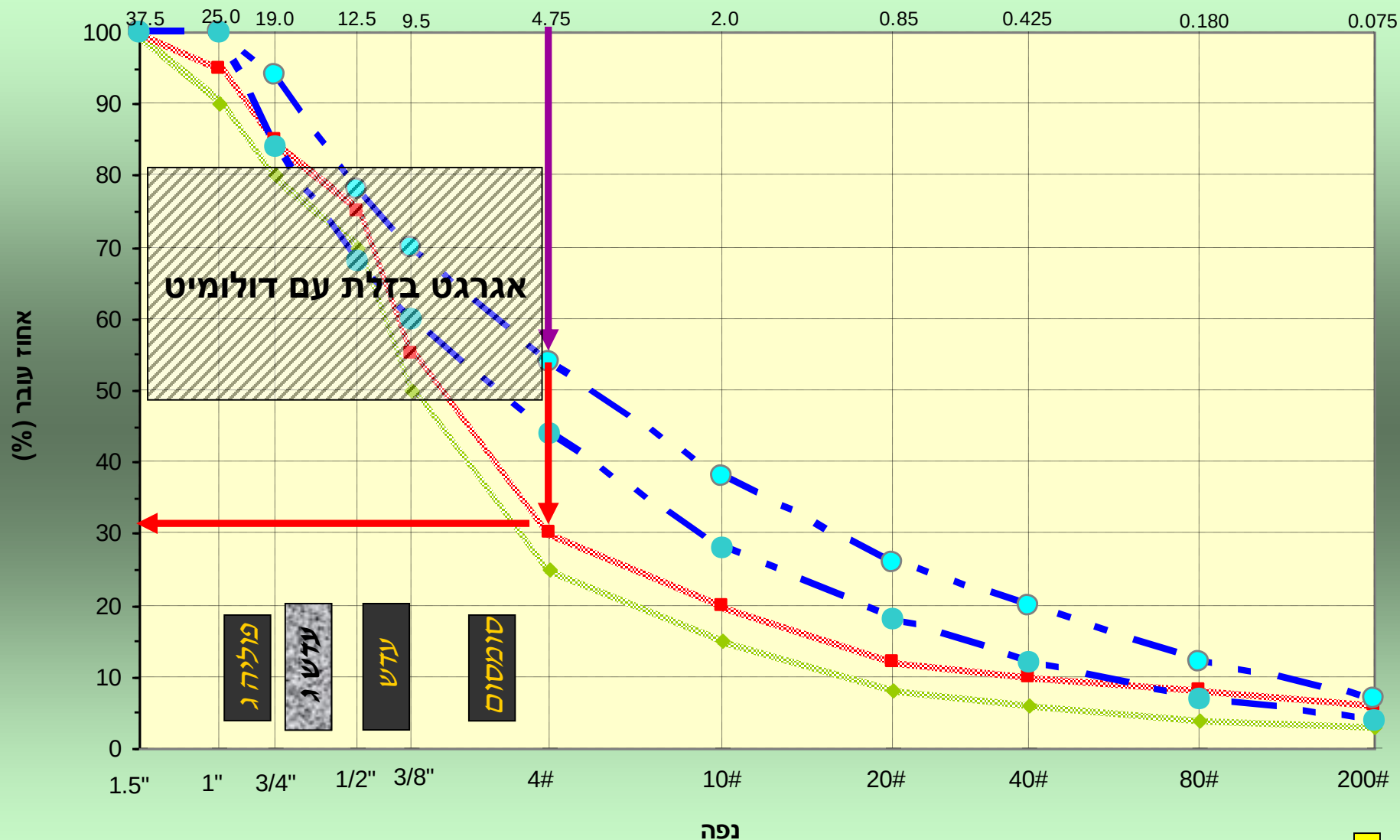
- לשפר את כלכליות היישום של
תערובות האספלט העליונות.



תחומי דרוג לתערובת אספלט "1", ומקטעי הבזלת להרכבת התערובת



תחומי דרוג לתערובות תחתונה 1" ותערובת נגד חריצה

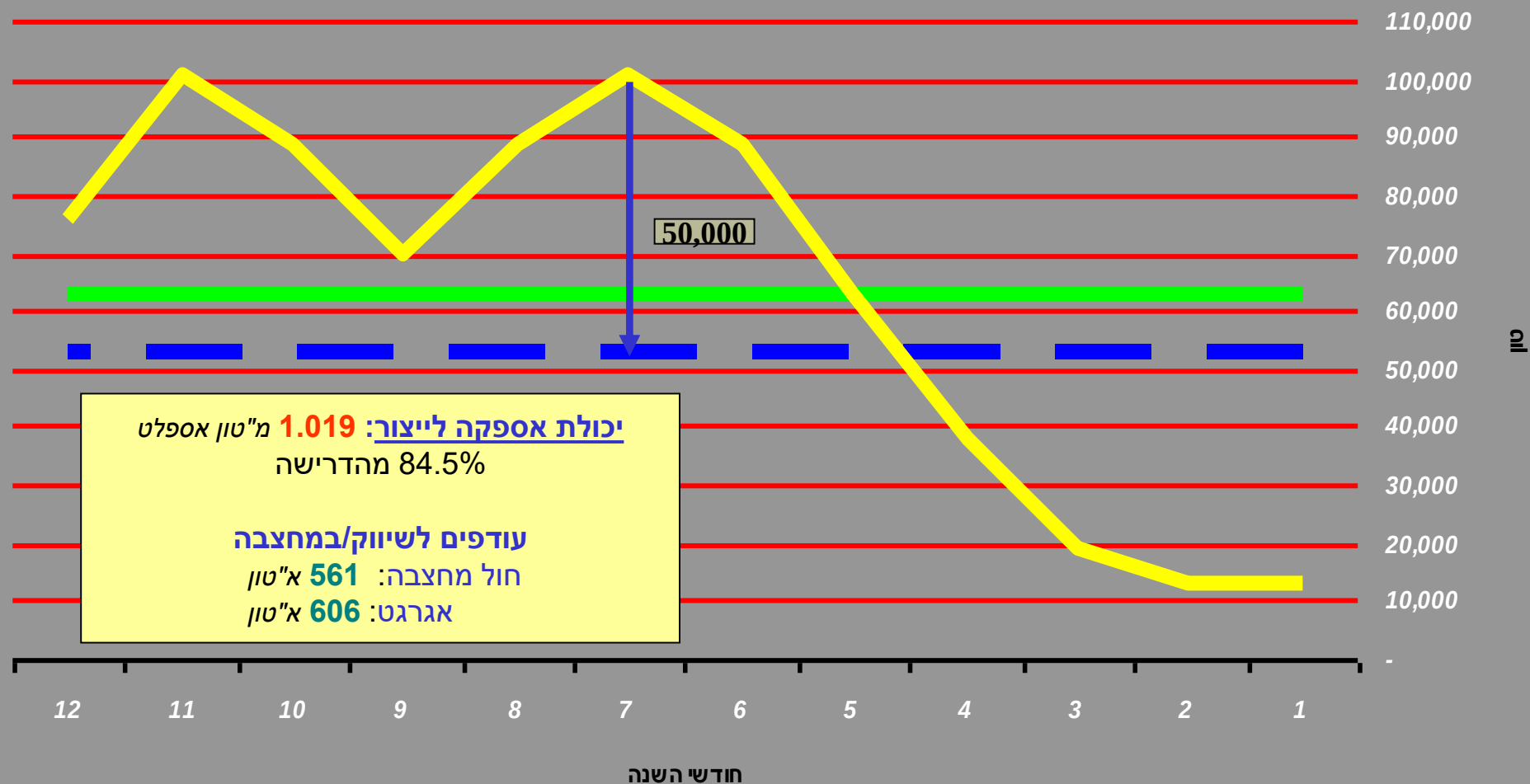


● --- תחום עליון ותחתון
 ■ --- נגד חריצה עליון
 ◆ --- נגד חריצה תחת



קצב הדרישה לאגרגט בזלת - לייצור 20% תעובת S בזלתי

ייצור אספלט בכל הארץ 6 מיליון טון



ממצאים מסקר ספרות

– דילול אגרגטים, עמידים לליטוש, מיושם על רקע של מחסור בזמינות חומרי גלם ושיקולי עלות.

– דילול האגרגטים הוא נהל מקובל המיושם באופן סטנדרטי ע"פ מפרטים מוסדרים.

– במבחני הקבלה, מבחינת ההתנגדות להחלקה, אין כל הקלה בקריטריונים לאשור תערובות האספלט !!!

– הפחתה מיושמת בשיעורים של עד כ 50% מהאגרגט המשתייר על נפה #4.

– הייצור נדרש במפעלי אספלט מבוקרים על מנת להבטיח את יכולת הערבוב המדויקת ע"פ התכנון.

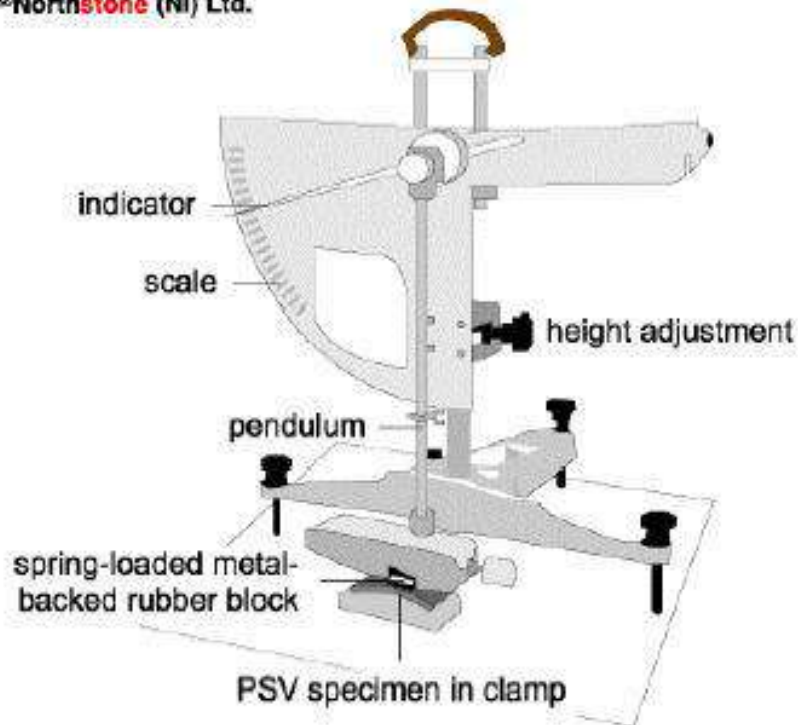
בדיקות היתכנות ומוקדמות

- נערכו סדרות של בדיקות PSV (Polished Stone Value) על תערובות אגרגטים בפרופורציה משתנה של כמות הבזלת במקטעים.

מכשיר לבדיקת תבנית אגרגטים לקביעת ערך ה- PSV

POLISHED STONE VALUE TESTER

©Northstone (NI) Ltd.



מכשיר ליטוש לתבנית אגרגטים
לבדיקת PSV

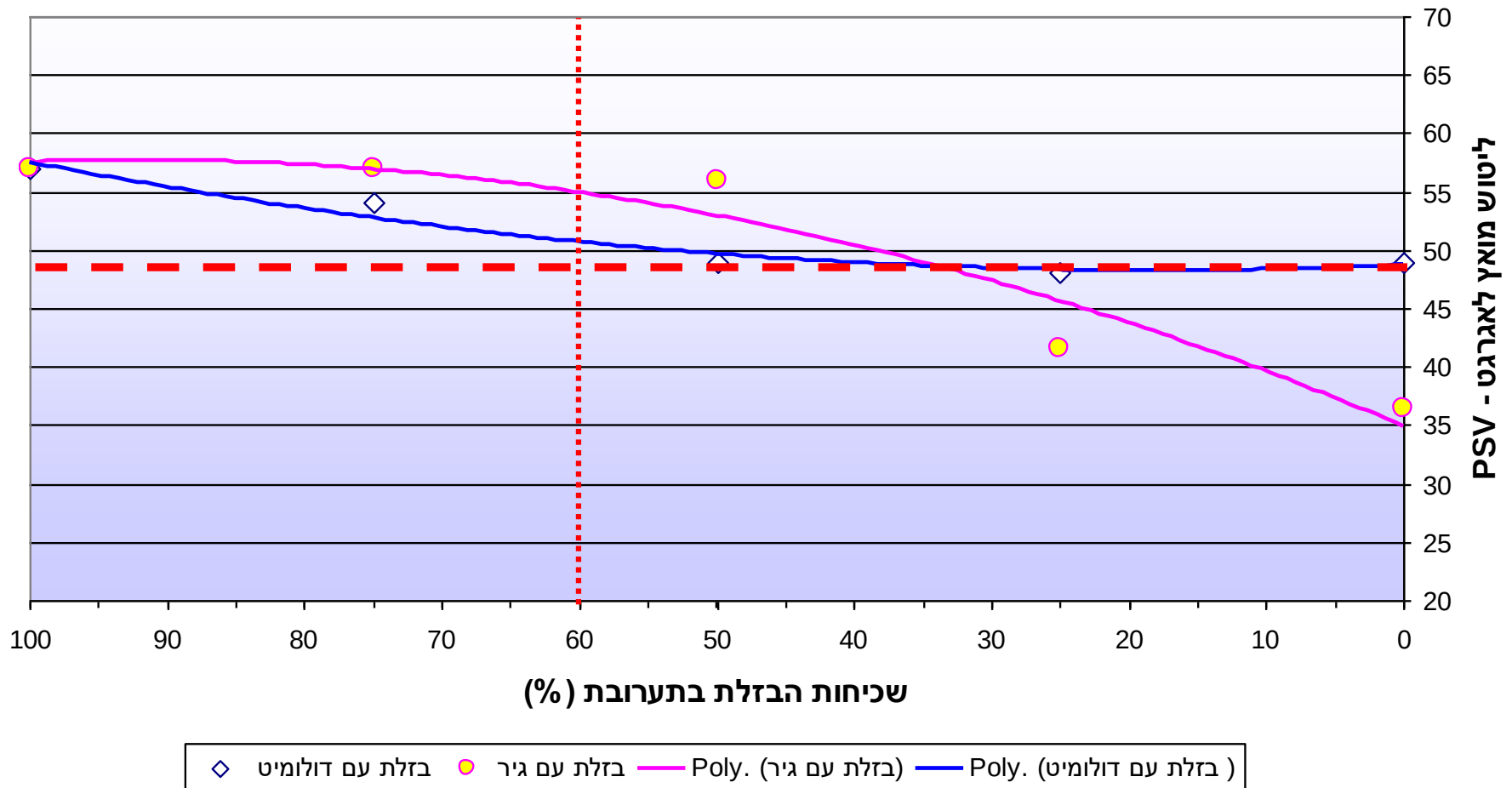
PSV POLISHING MACHINE

©Northstone (NI) Ltd.



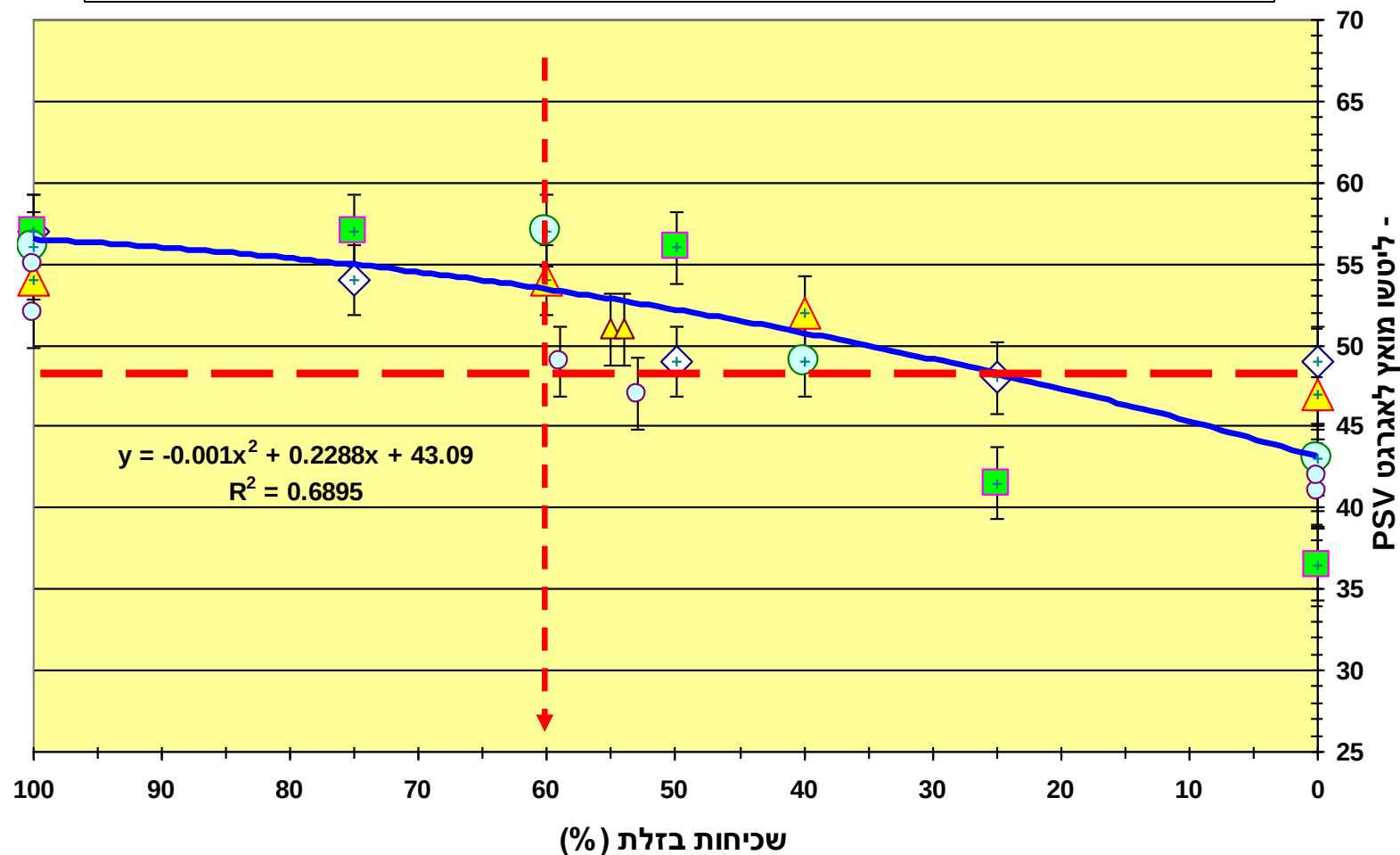
בדיקות PSV להיתכנות

גרף 1: השינוי במקדם שחיקות האגרנט - PSV



- ערבוב בשיעור משקלי של 50% - 60% מספיק על מנת לשפר את האגרנטים הדולומיטיים לערך המטרה של PSV 48.

ערכי PSV לאחר ערבוב דלומיט / גיר ובזלת (כלל המדגמים בפרויקט)

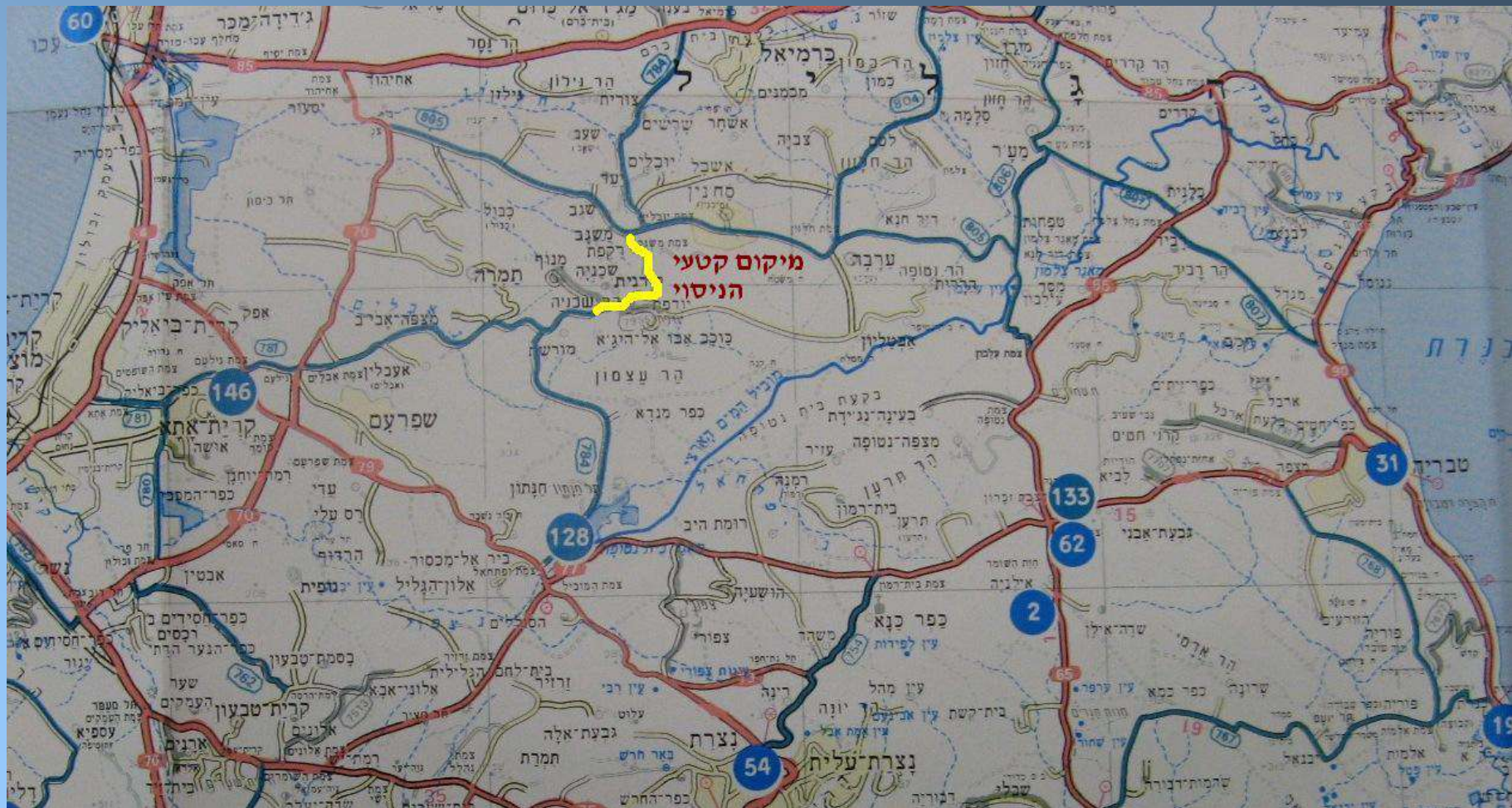


- ערבוב בשיעור משקלי של 50% - 60% מספיק על מנת לשפר את האגרגטים הדולומיטיים לערך המטרה של PSV 48.

סיכום בדיקות ההיתכנות

- הוספת בזלת מעלה באופן לינארי את הצפיפות של תערובות דולומיט/גיר.
- הוספת בזלת העלתה את ההתנגדות לשחיקות לוס אנג'לס של תערובות גיר/דולומיט, גם לתערובות אשר מתחילה לא עמדו בדרישה לסוג א'.
- עירוב אגרגטים בזלתיים בשיעור של כ 60% מבטיח, ע"פ תוצאות המעבדה, קבלה של ערכי PSV העולים על 48 – ערך המטרה ע"פ מפרט מעצ.
- הממצאים הצדיקו את התקדמות המחקר לשלב של סלילת קטעי ניסוי בכביש

סלילת קטעי ניסוי בכביש 784

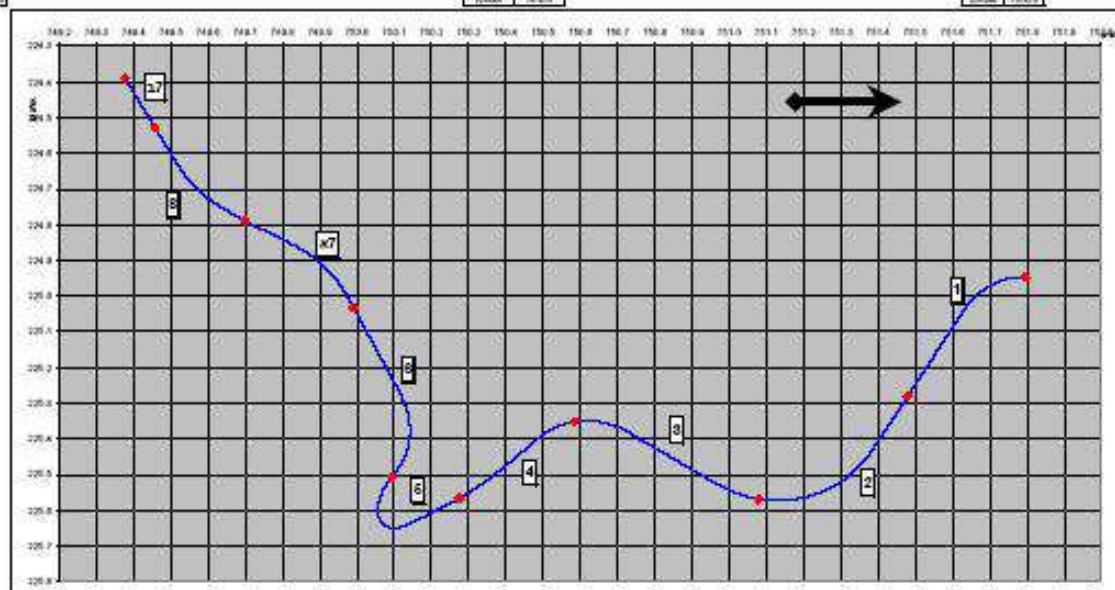


- קטעי הניסוי שולבו במהלך פרויקט הריבודים 2007
- בסה"כ יושמו כ 9,000 טון תערובות אספלט מתוכן כ 7,000 טון תערובות אספלט ניסיוניות .

NEW YORK (AP) —



Year	East		West			
	Run	Rate	Run	Rate		
17	15.73	224566	746376	13.36	224126	704657
8	15.88	224529	746457	14.3	224706	705560
17	16.3	224708	748596	14.96	225232	706690
6	16.48	225032	749386	15.21	225507	707594
5	16.57	225507	750384	15.58	225858	708774
4	16.58	225606	750774	15.58	225901	709005
3	16.68	225837	750585	15.51	225856	709178
2	16.65	225669	751375	15.54	225895	709396
1	16.84	225890	751478	15.52	224867	707166



תרשים
מיקום
קטעי
הניסוי
בכביש
784



המסקנות מהייצור והסלילה

- התערובות הניסיוניות עמדו בכל דרישות התכן.
- בדיקת מידת ודיוק העירוב שבוצעה לבקרה, נמצאה כבדיקה אמינה והדירה.



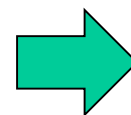
- עבדות תערובות הניסיון הייתה דומה לתערובות סטנדרטיות



- הייצור היה קפדני ועבודת הסלילה בוצעה ברמה גבוהה.



**מיון
אגרגטים
במעבדה
לאחר מיצוי
מתערובת
אספלט**



התכנית למעקב תקופתי

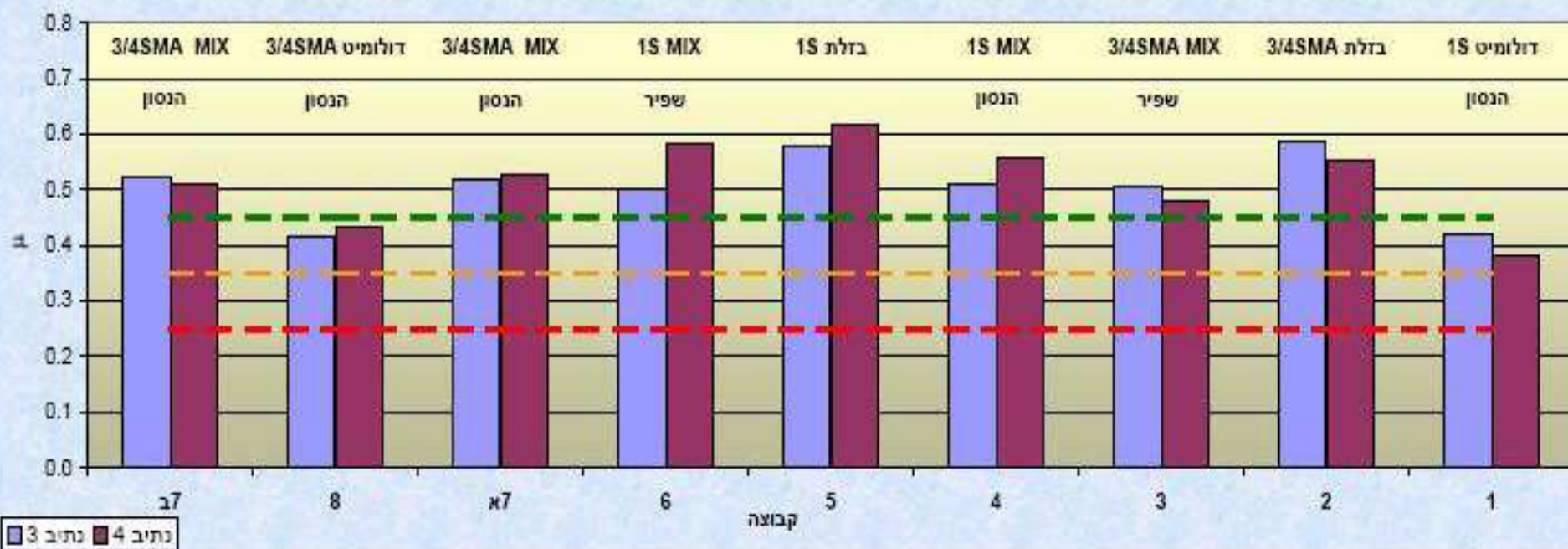
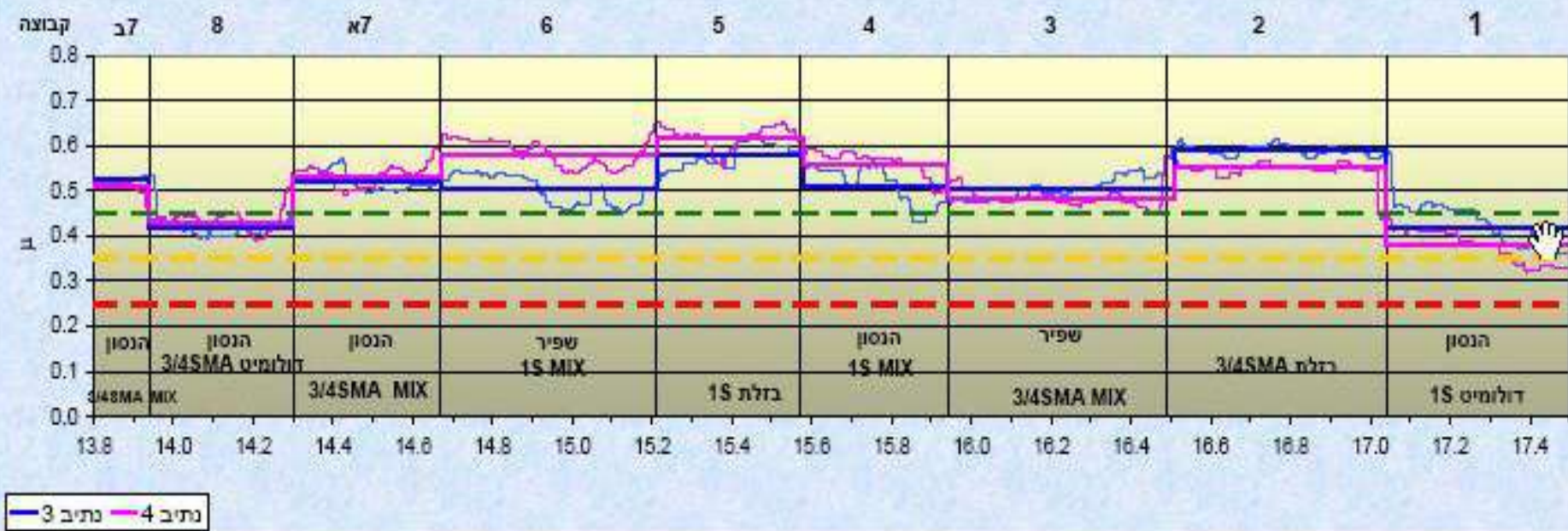
- סדרות של בדיקת ההתנגדות להחלקה ברצף באמצעות מערכת ה ROAR
- בדיקות התנגדות להחלקה בנקודה - BPN
- בדיקות עומק מרקם באמצעות טלאי חול (MTD)
- שילוב מידע זמין ובדיקות מתוך מערכת המנ"מ של מעצ: בדיקות התנגדות להחלקה ועומק מרקם באמצעות GRIP-TESTER - MK2

17 11 2007

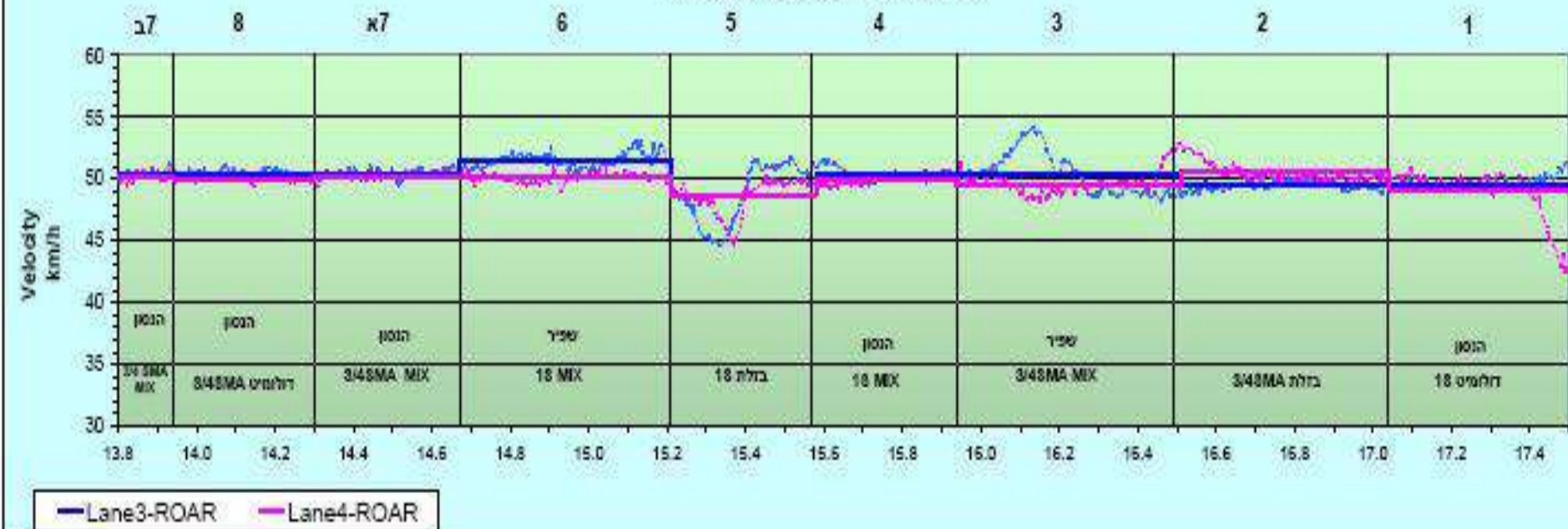
הממצאים מבדיקות המעקב, ביחס לסוגי תערובות האספלט לאחר שנה



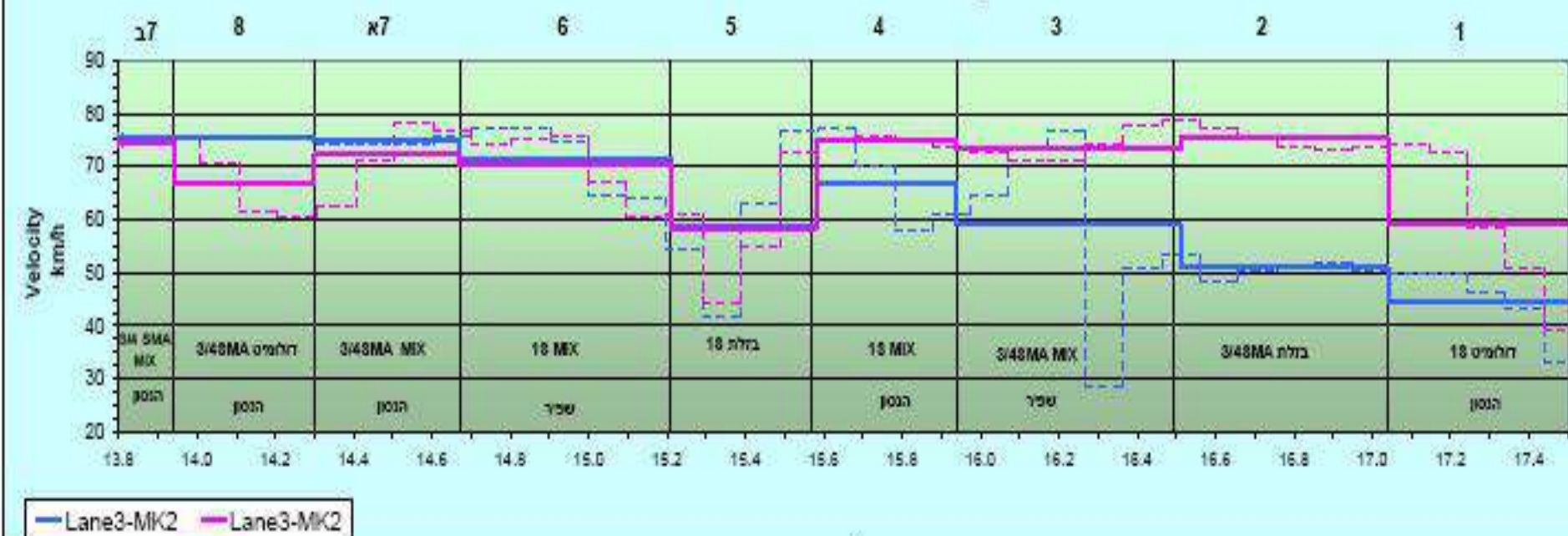
נתוני בדיקת התנגדות להחלקה באמצעות מערכת ROAR - מרץ 2009



גרף מהירויות מכשיר ROAR



גרף מהירויות מכשיר

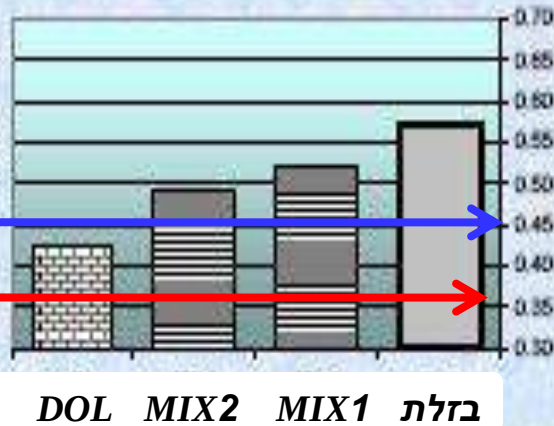
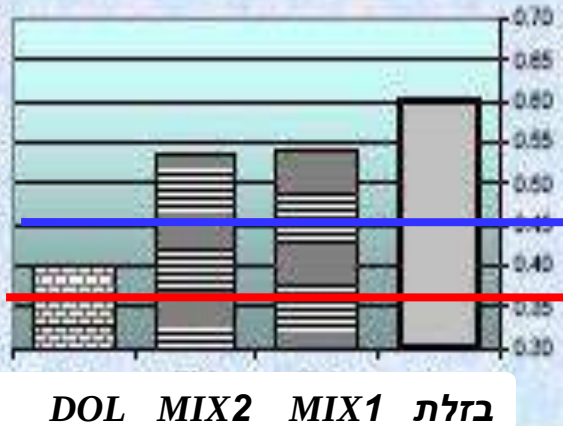


מדידות חיכוך רציף לפי תערובות

MU-ROAR

S

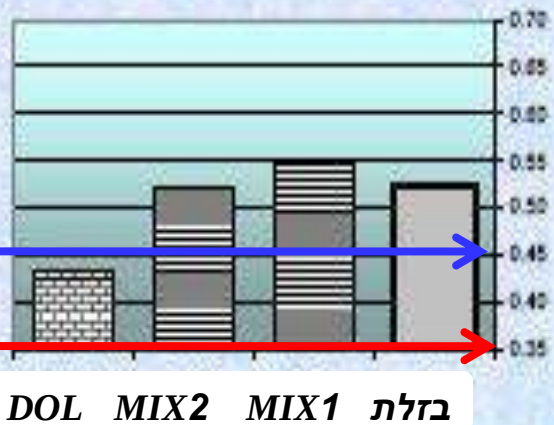
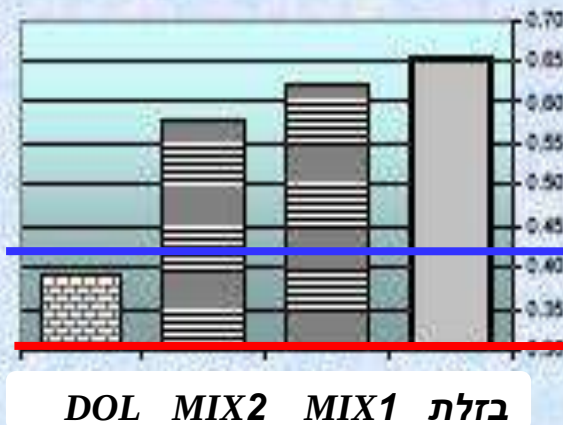
SMA



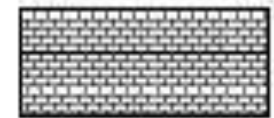
MU-Mk2

S

SMA



תערובות MIX



תערובות דולומיט



תערובות בזלת

מדידות חיכוך בנקודה

BPN/100

S



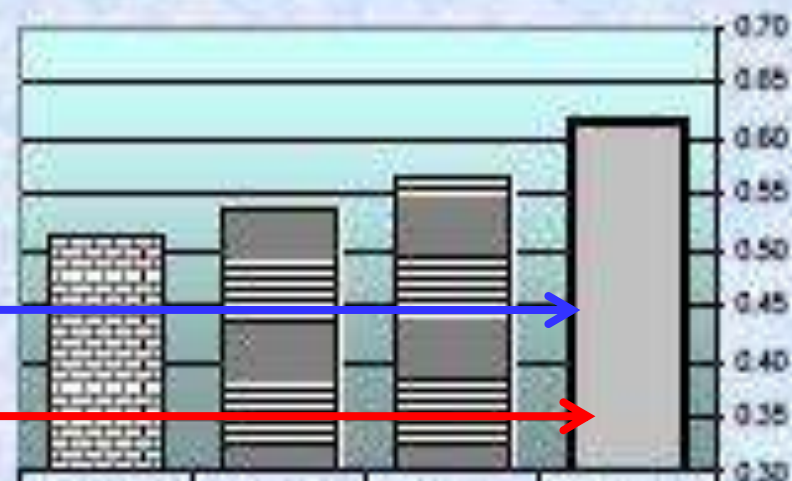
DOL

MIX2

MIX1

בזלת

SMA



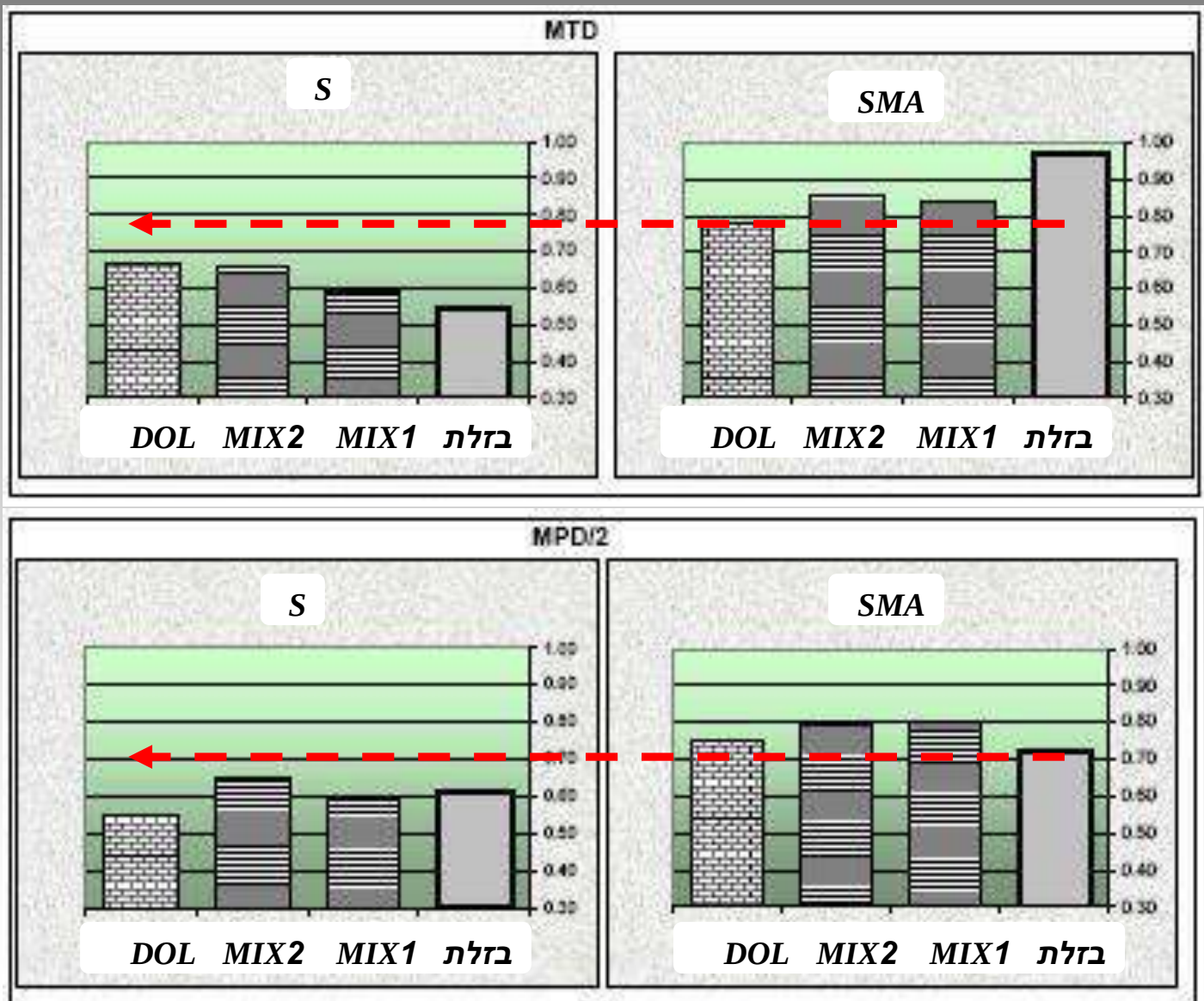
DOL

MIX2

MIX1

בזלת

מדידות מרקם לפי תערובות



מסקנות ויישומים מעבודת המחקר

ערכי התנגדות להחלקה

– ביצועי התערובות המעורבות (תערובות זברה Z) היו טובים ומשופרים באופן מובהק ביחס לקטעי הבקרה אשר נסללו עם תערובות דולומיטיות.

– ביצועי תערובות הזברה היו דומים לביצועי התערובות הבזלתיות, לאחר שנה ממועד הסלילה נתקבלו ערכי התנגדות להחלקה ברמה משביעת רצון.

התאמה בין טכנולוגיות מדידה

– ביצועי התערובות המעורבות היו משופרים גם בהתאם למדידות אשר נערכו באמצעות ה MK2 .

– במדידות עמק המרקם שבוצעו נמצאה התאמה בין שיטות המדידה, ההבדלים בעומק המרקם נבעו בעיקר מההבדלים בדרוג בין תערובות SMA לתערובות S.

מסקנות ויישומים מעבודת המחקר

(המשך)

עדכון מפרט מעצ לשכבות אספלט

– ניתן לערב אגרגט דולומיטי עם אגרגט בזלתי ובתנאי ששיעור הבזלת לא יפחת מ 40% מכלל התערובת ו 60% מהאגרגט המשתייר על נפה #4.

עדכון ההנחיות לתכנון שכבות אספלט

– בכבישים בהם נפח התנועה המתוכנן/קיים הוא בין 5,000 ל 20,000 AADT ו/או בכבישים בהם נדרש שיפור במקדם ההחלקה יש ליישם תערובות זברה Z.

מסקנות ויישומים מעבודת המחקר

(המשך)

הפוטנציאל הכלכלי של ממצאי המחקר

— כ 55% מנתיבי התנועה במחוז הצפוני עונים על האפיון הנ"ל.

— כמות הבזלת אשר תידרש לריבוד נתיבים אלה היא כ 1.1 מליון טון

— תכנון ע"פ ההנחיות החדשות עשוי לחסוך שימוש ב 435 אלף טון
בזלת, כמות אשר שווה לכ 55% מהדרישה השנתית לבזלת במדינת
ישראל

הרחבת היישום והמשך המעקב אחר קטעי הניסוי

— נסללו קטעי ניסוי נוספים עם תערובות זברה, יש להמשיך בבדיקות
המעקב העונתיות.

צירוף אטרקטים מחקורות שונים
בתצורות אספלט

והשפעה

על מקדם החיכוך בכבישים

סוף

תודה על תשומת הלב

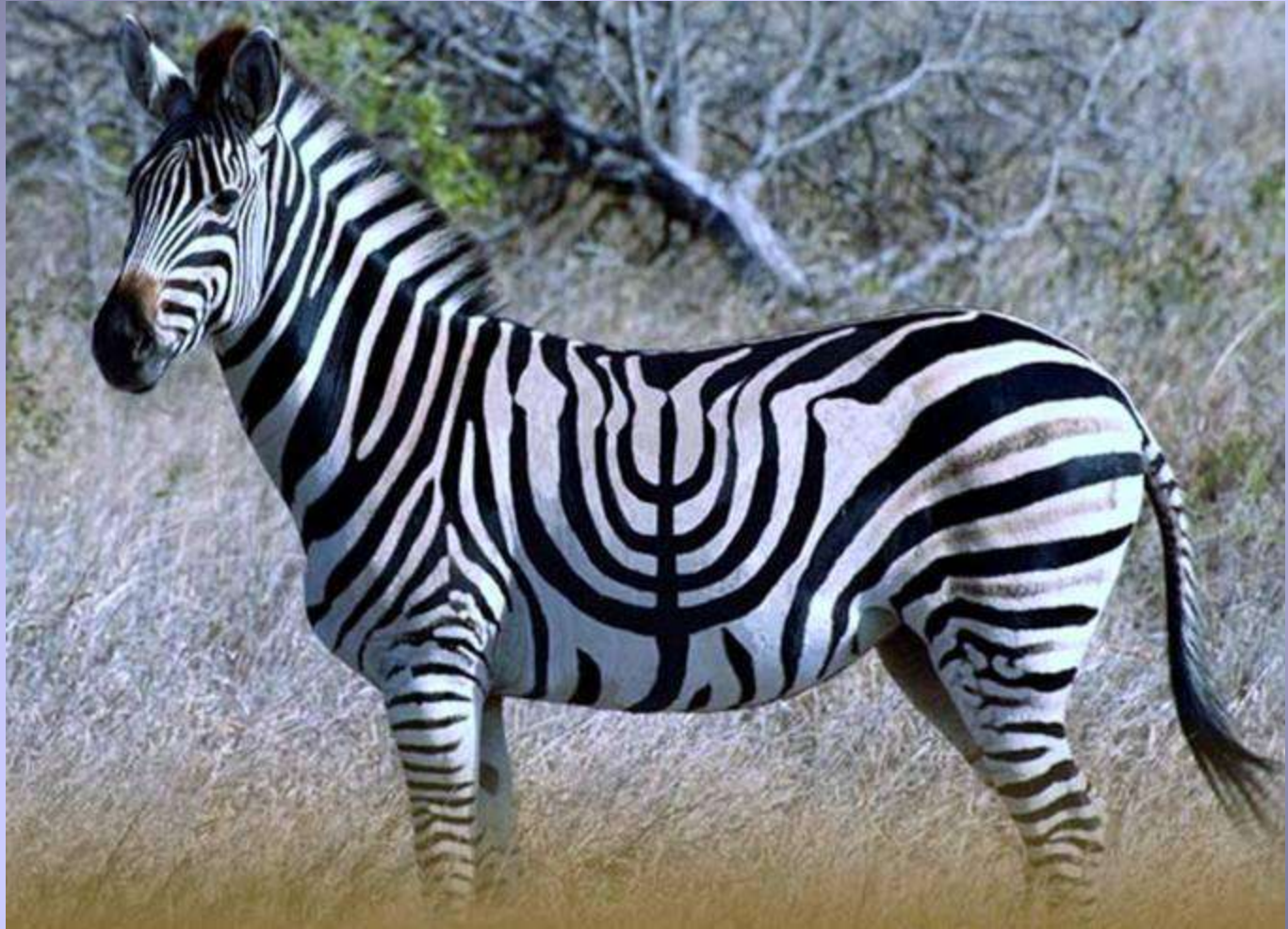
מעצון נסיכי

אמנון רבינא

הכנס הארצי
לבנייה ותשתיות

2009





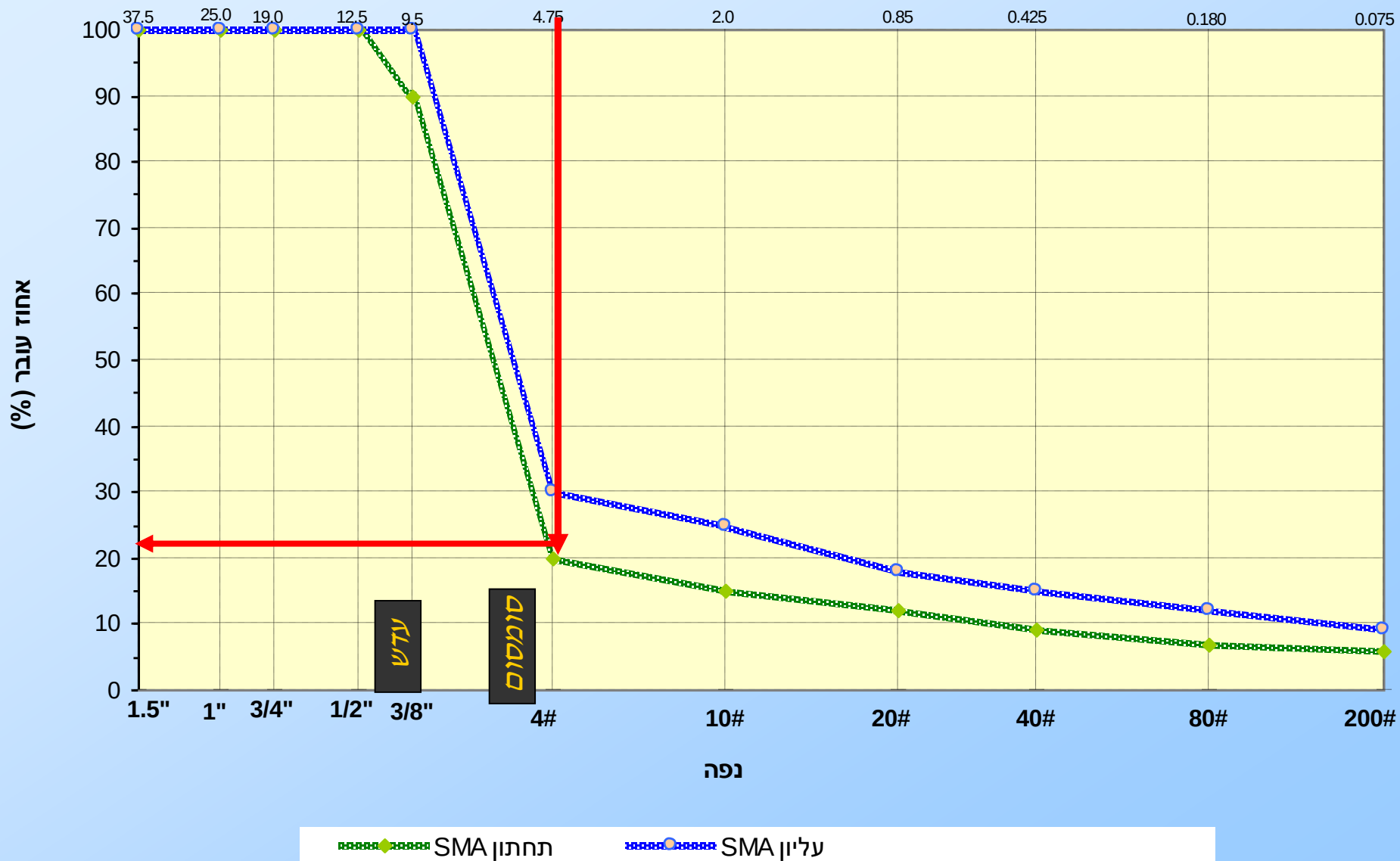
מירקס תערוכת SMA



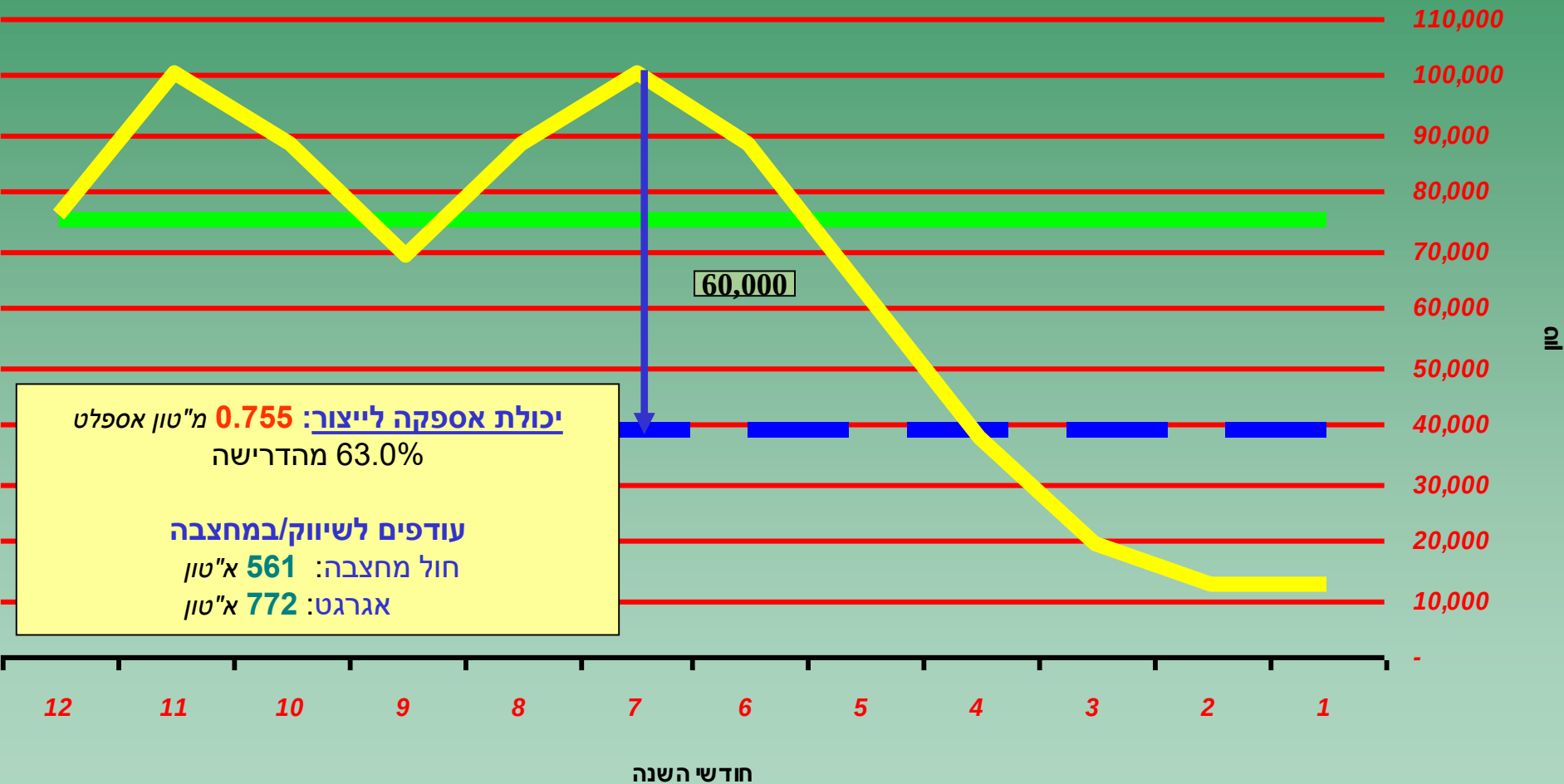
תערובת אספלט מבנית 3/4"



תחומי דרוג לתערובת SMA



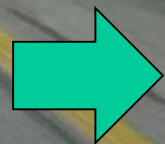
קצב הדרישה לאגרגט בזלת לייצור 20% תערובת אספלט 3/4 SMA ייצור אספלט בכל הארץ 6 מיליון טון



■ כמות בזלת נדרשת עונתית
 ■ כמות בזלת נדרשת בממוצע
 ■ יכולת אספקה (עדש מוגבר)



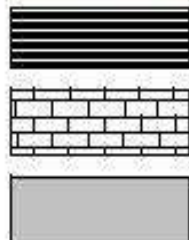
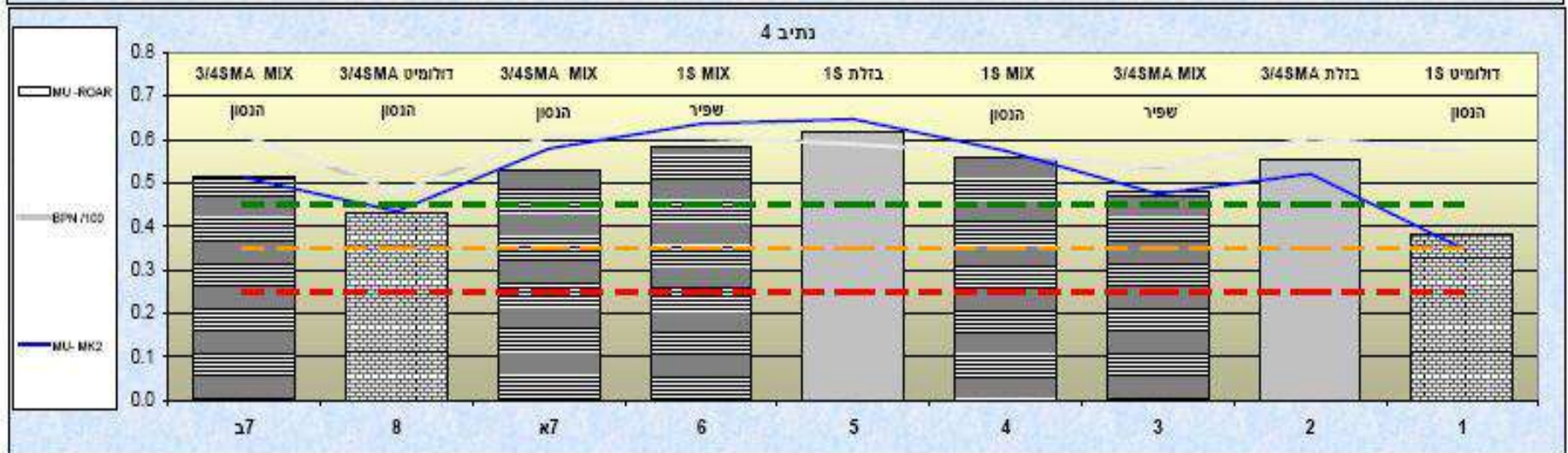
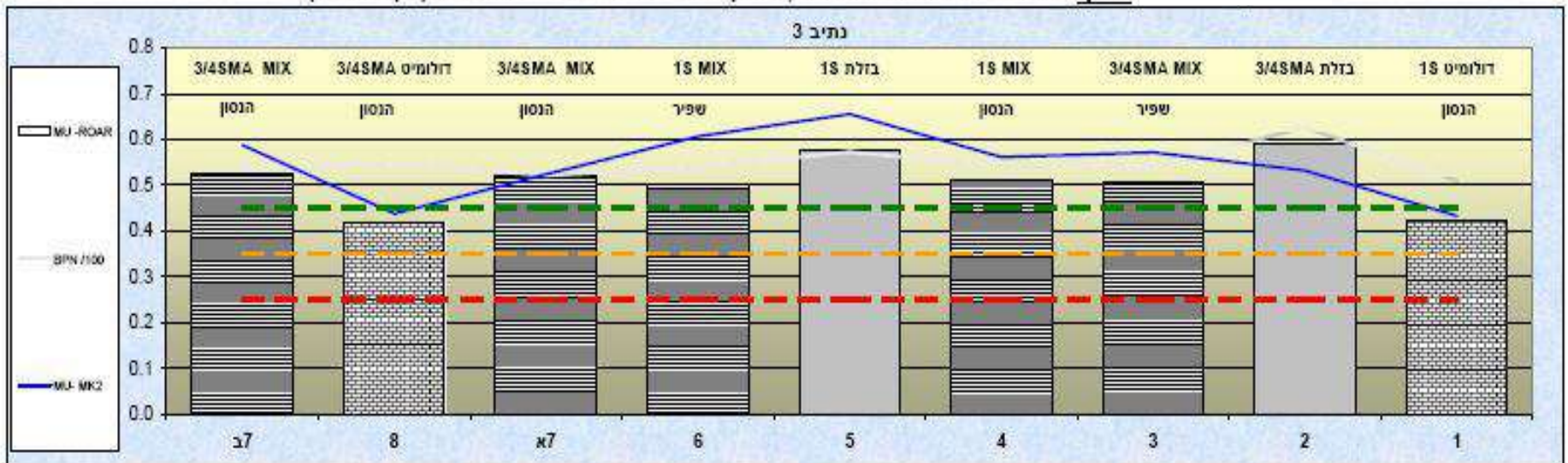
09/11/2007



09/11/2007

כביש 784 - מרץ 2009

חיכוך - השוואת תוצאות MU-ROAR, בדיקות בשטח BPN ונתוני MU-Mk2 (סקר הנ"מ)



תערובות MIX

תערובות דולומיט

תערובות בזלת

סוג התערובות	מפעל	קבוצה	קטע ק"מ		Mu-ROAR		BPN-הנסון		MU-Mk2	
			מ' -	מ' -	נתיב 3	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 4
3/4SMA MIX	הנסון	ב7	13.79	13.94	0.62	0.61	53.8	61.0	0.59	0.51
3/4SMA דולומיט	הנסון	8	13.94	14.30	0.42	0.43	54.8	47.8	0.44	0.43
3/4SMA MIX	הנסון	א7	14.30	14.67	0.62	0.53	52.0	60.9	0.52	0.58
1S MIX	שפיר	8	14.67	15.21	0.50	0.58	54.0	60.4	0.61	0.64
1S בזלת	שפיר	6	15.21	15.58	0.58	0.62	57.3	58.9	0.65	0.65
1S MIX	הנסון	4	15.58	15.94	0.51	0.56	54.2	56.8	0.56	0.57
3/4SMA MIX	שפיר	3	15.94	16.51	0.50	0.48	54.0	53.5	0.57	0.47
3/4SMA בזלת	שפיר	2	16.51	17.04	0.59	0.55	62.7	60.3	0.53	0.52
1S דולומיט	הנסון	1	17.04	17.52	0.42	0.38	50.8	57.2	0.43	0.35

בדיקות מרקם התערובות

בדיקת מרקם - תוצאות בדיקות טלוי חול (MTD) בהשוואה לבדיקות המרקם (MPD) מסקר המנ"מ

