

פיתוח תערובות אספלט בעלות התנגדות להחלקה עם כמויות בזלת מופחתת

DEVELOPMENT OF SKID RESISTANT HOT ASPHALT MIXTURES, USING DILUTED AMOUNT OF BASALT AGGREGATES

שמעון נסיכי

אמנון רבינא

הכנס השנתי של

החברה הגיאולוגית הישראלית

מצפה רמון - 2011



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 ובהמשך קטעים נוספים בכביש 864
- בדיקות המעקב תקופתיות אחר קטעי הניסוי

- הממצאים מבדיקות המעקב על פי סוגי תערובות האספלט

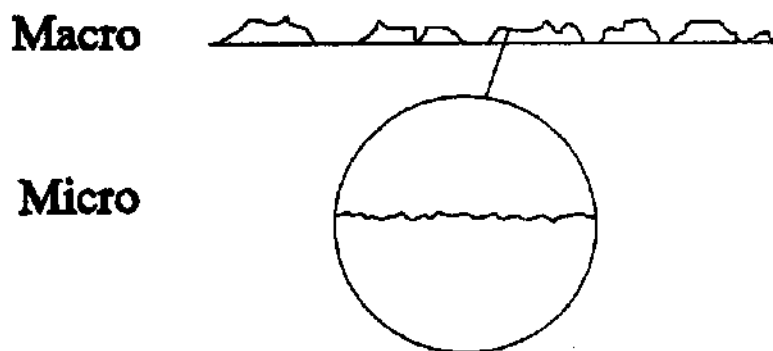
- מסקנות והמלצות בחלוף כשנה ושנתיים ממועד הסלילה

- ביצועי התערובות המעורבות ביחס לתערובות סטנדרטיות
- עדכון דרישות מפרט מעצ
- הפוטנציאל הכלכלי של ממצאי המחקר
- הרחבת היישום והמשך המעקב 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

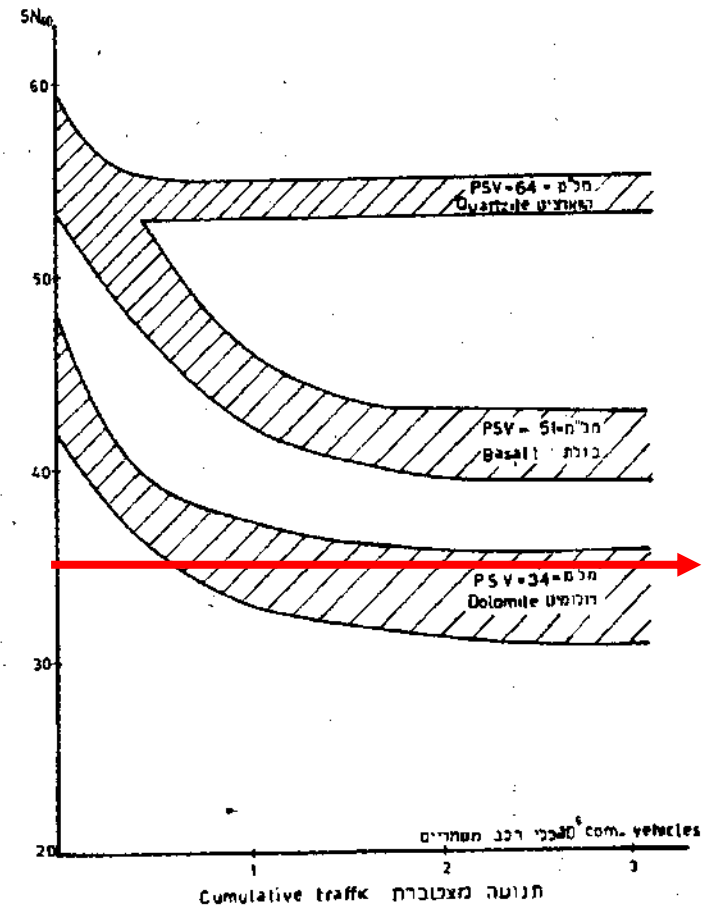
השינוי בערך ההתנגדות להחלקה של אגרגטים

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**, ZAC, תוך שמירה על ערכים נאותים של התנגדות להחלקה בתערובת האספלט.

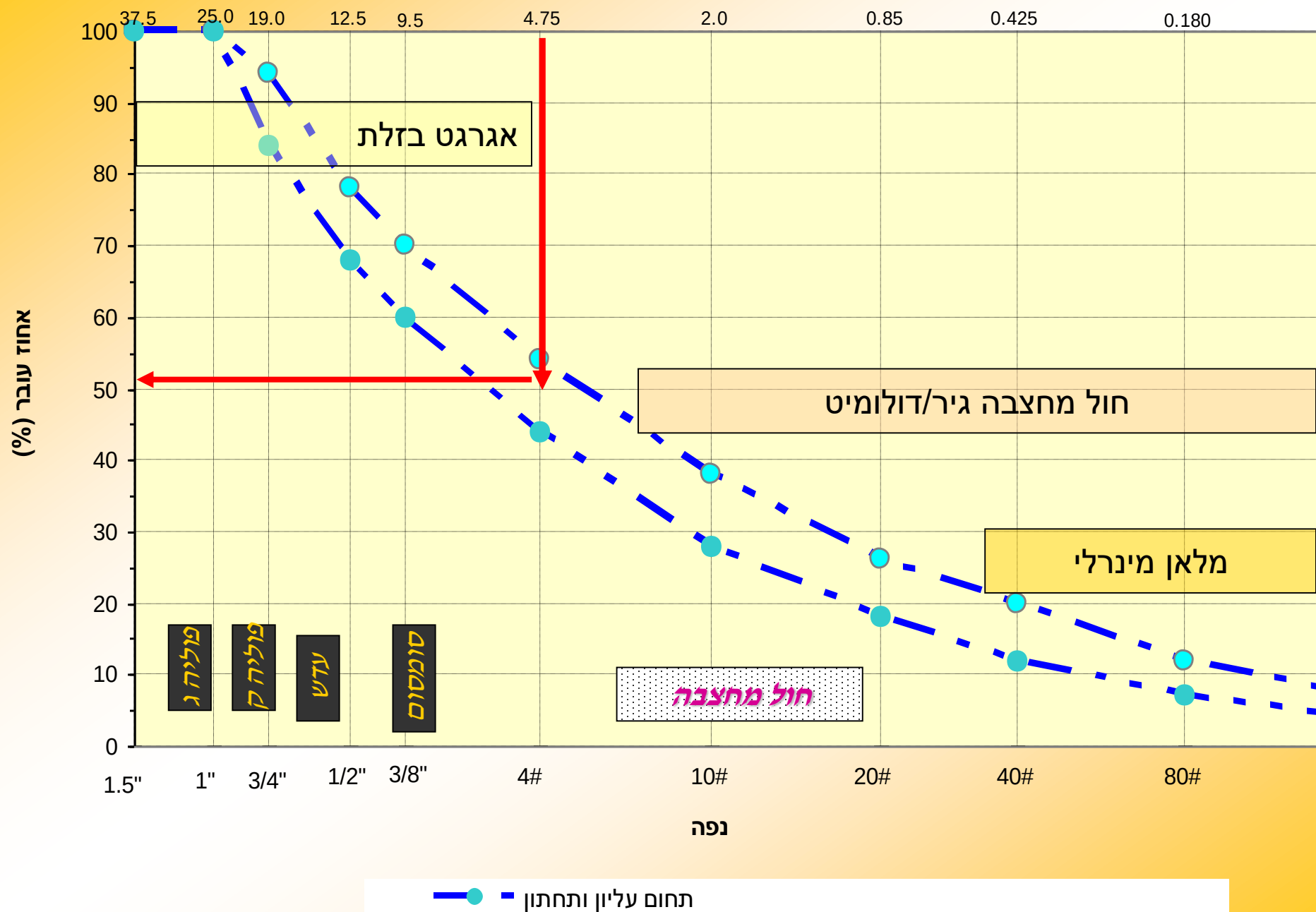
- הקטנת כמות האגרגט הבזלתי למידה אופטימאלית, עשויה:

- לשפר את הנצילות של המשאב האיכותי המצטמצם

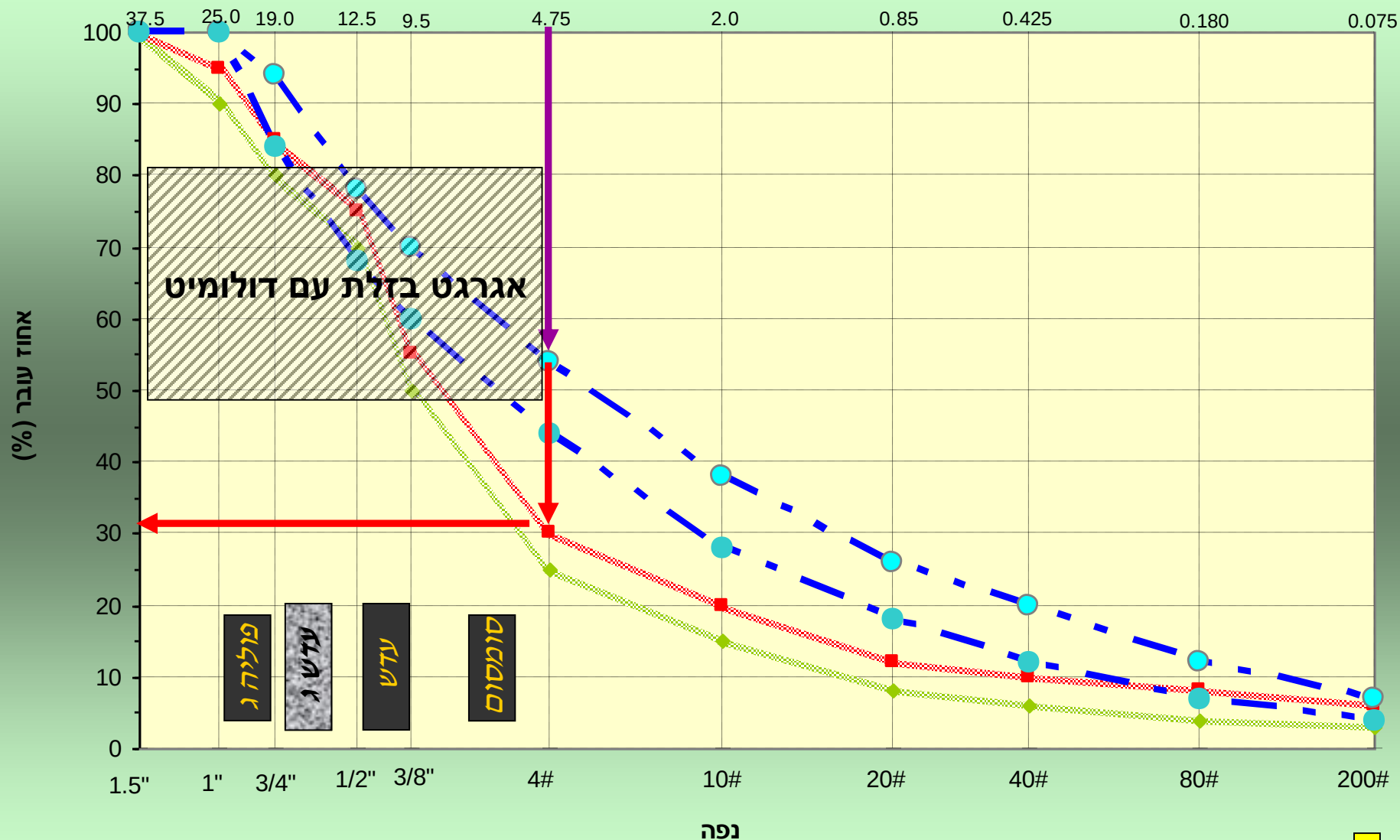
- לשפר את כלכליות היישום של תערובות האספלט העליונות.



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



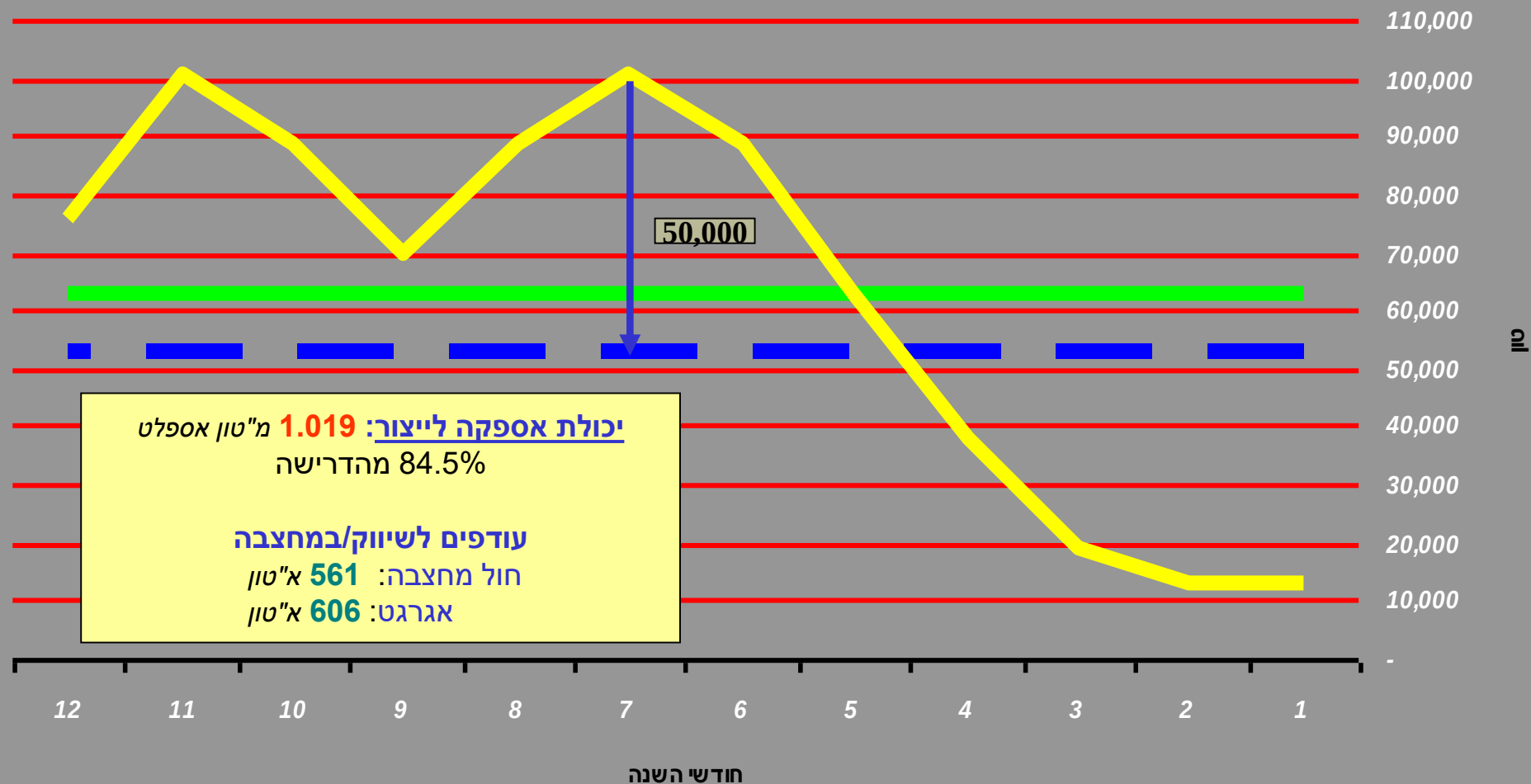
תחומי דרוג לתערובות תחתונה 1" ותערובת נגד חריצה



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

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.

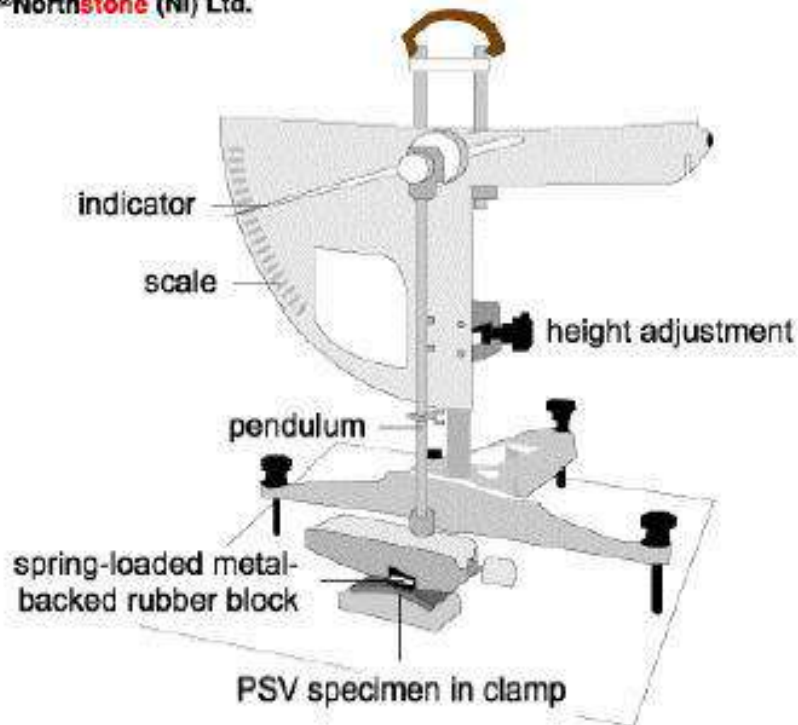
בדיקות היתכנות ומוקדמות

- 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

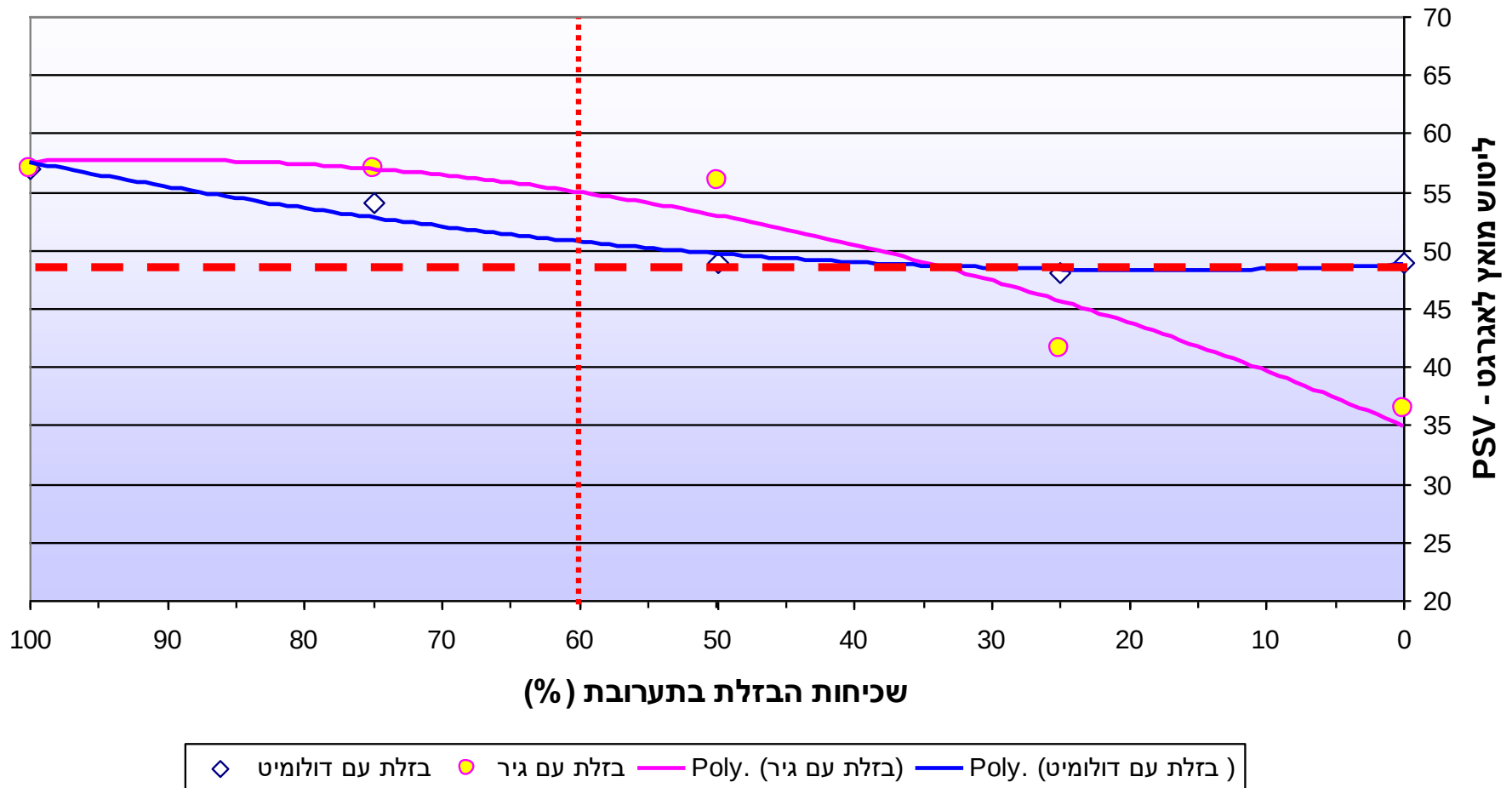
PSV POLISHING MACHINE

©Northstone (NI) Ltd.



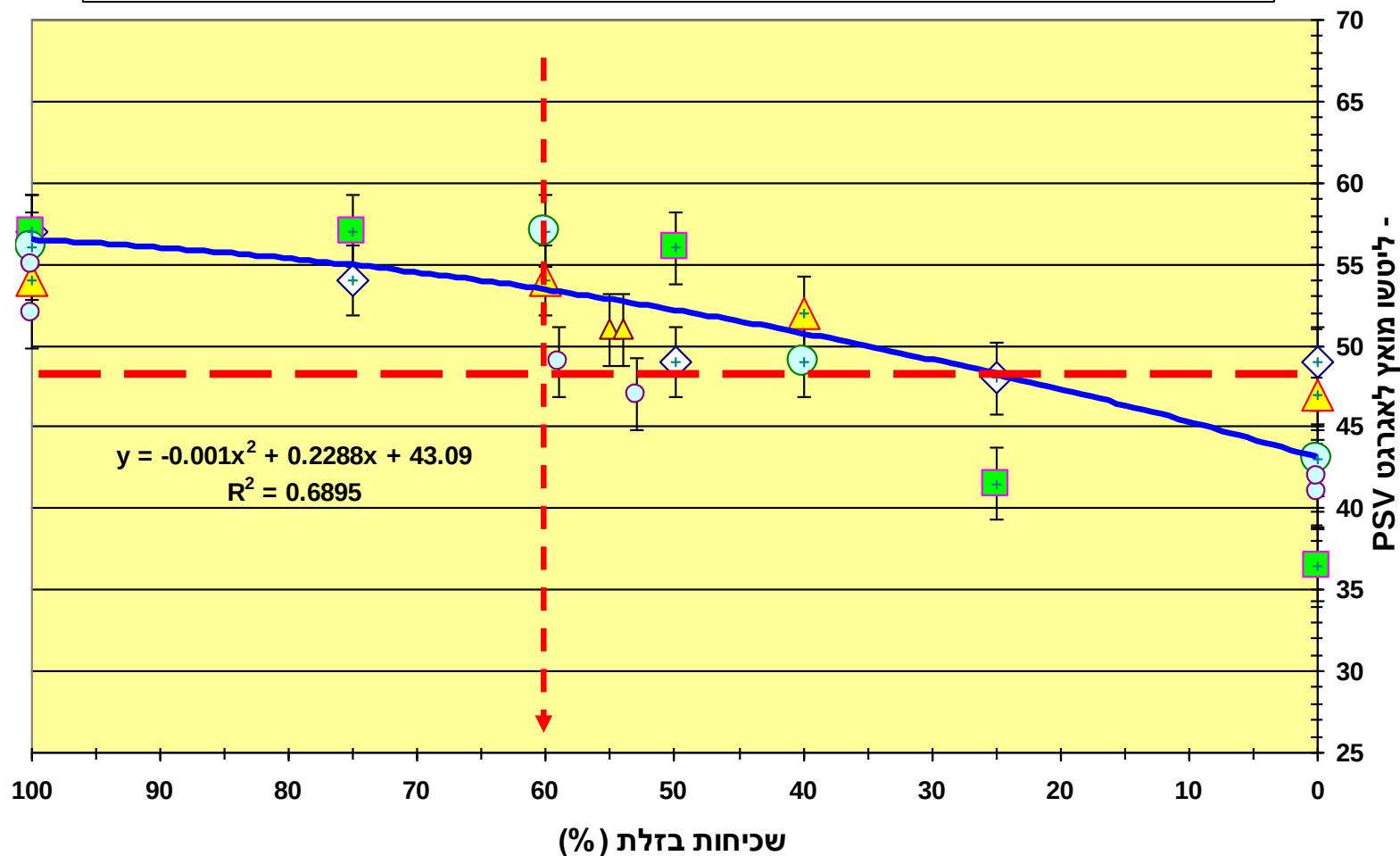
בדיקות PSV להיתכנות

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)

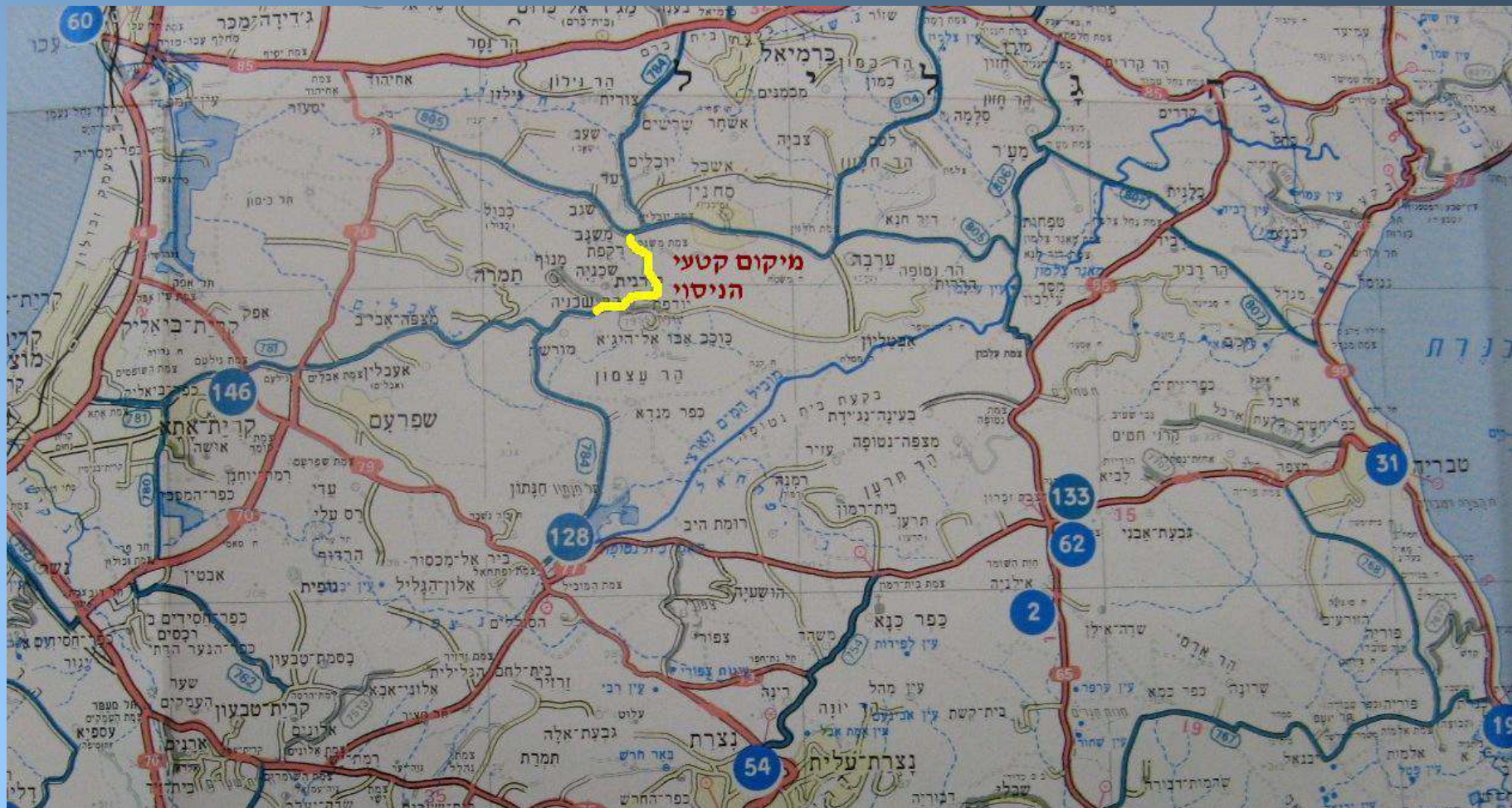


- ערבוב בשיעור משקלי של 50% - 60% מספיק על מנת לשפר את האגרגטים הדולומיטיים לערך המטרה של PSV 48.

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

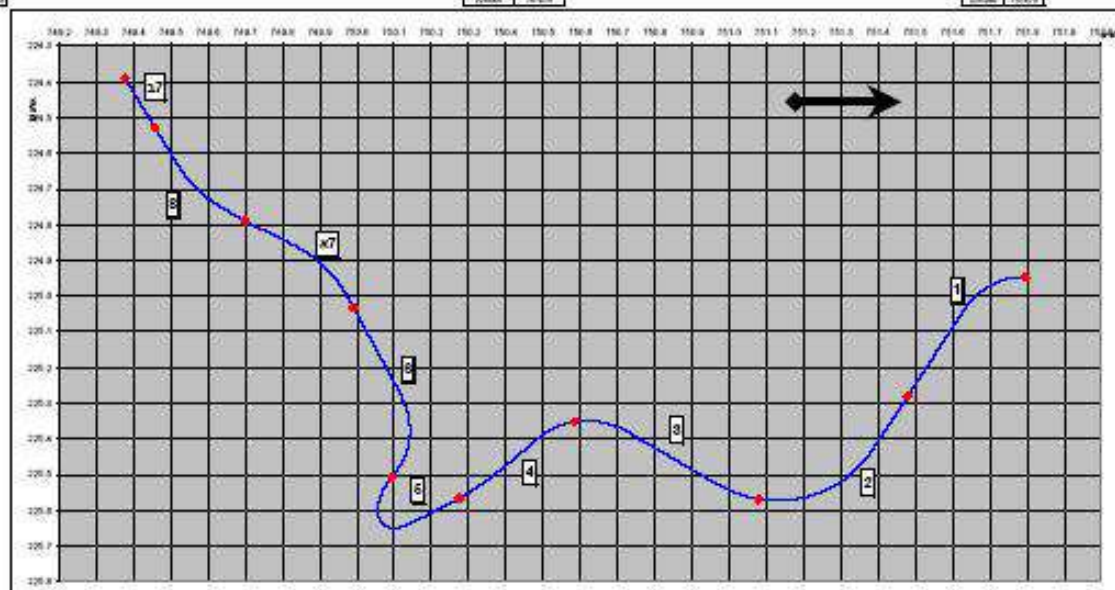


- קטעי הניסוי שולבו במהלך פרויקט הריבודים 2007
- בסה"כ יושמו כ 9,000 טון תערובות אספלט מתוכן כ 7,000 טון תערובות אספלט ניסיוניות .

NEW YORK (AP) —



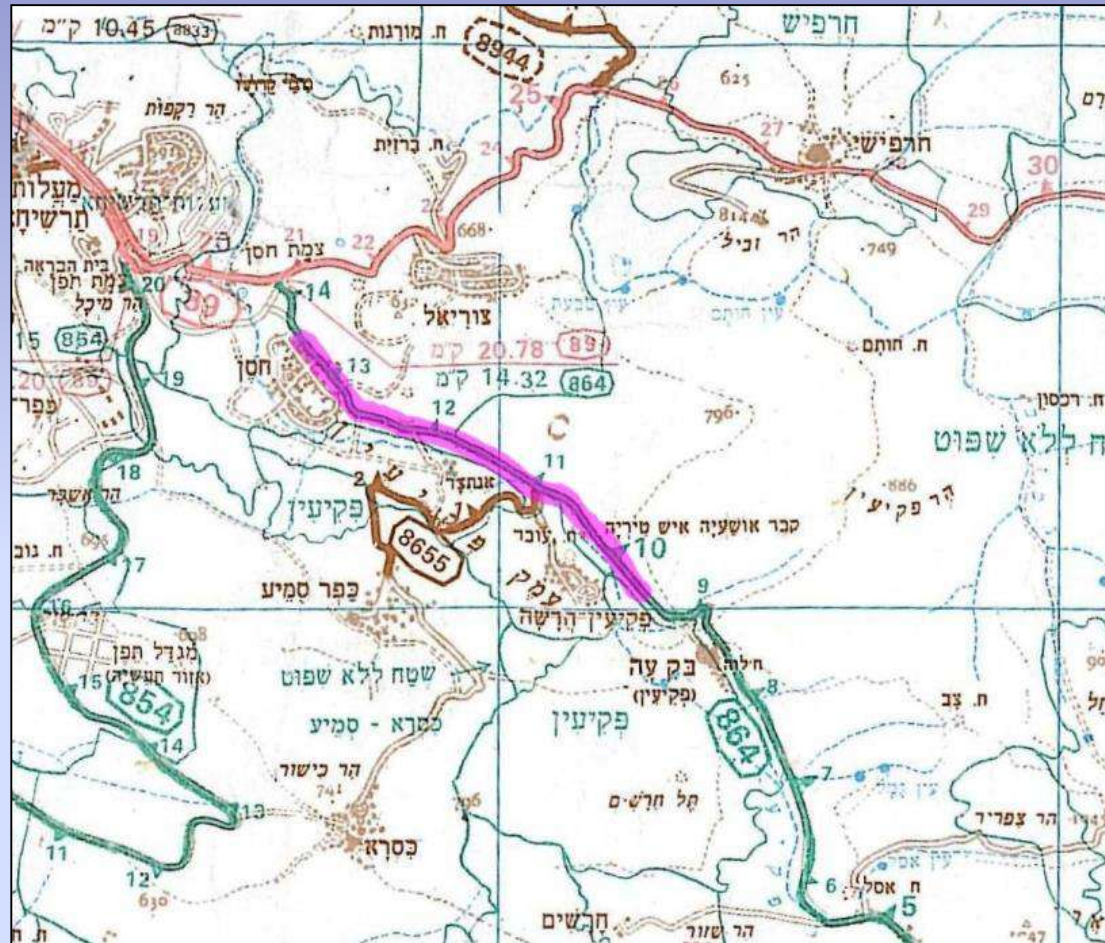
Year	Start		End			
	Run	North	Run	North		
17	15.73	224565	346376	13.36	224126	704657
8	15.88	224529	346457	14.3	224706	704560
17	16.3	224708	348596	14.96	225232	704690
6	16.48	225032	348686	15.21	225537	705094
5	16.57	225507	350364	15.58	225856	705274
4	16.58	225606	350734	15.58	225931	705065
3	16.68	225837	350865	15.51	225956	705178
2	16.65	225669	351373	15.24	225285	704796
1	17.84	225820	351478	17.52	224467	704766



תרשים
מיקום
קטעי
הניסוי
בכביש
784



סלילת קטעי ניסוי בכביש 864



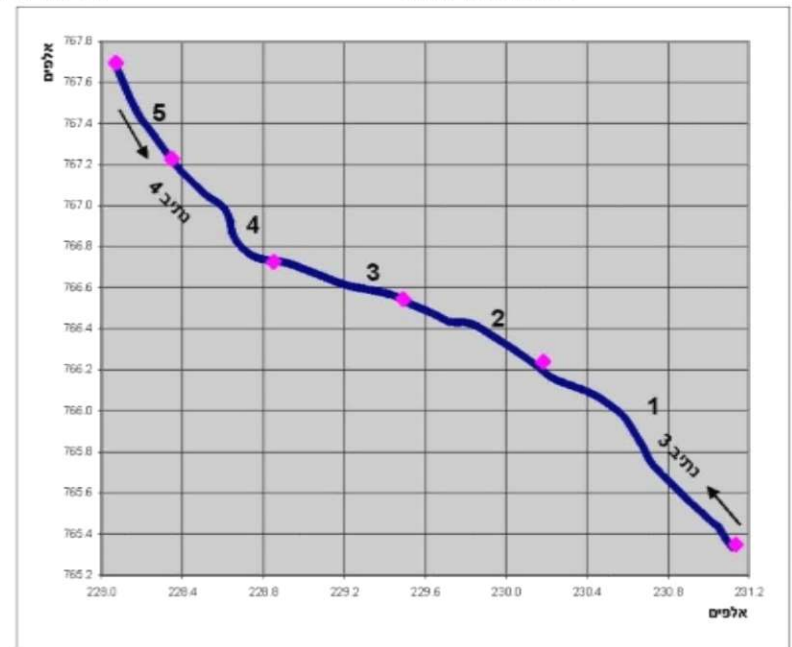
- קטעי הניסוי שולבו במהלך פרויקט הריבודים 2009
- בסה"כ יושמו כ 6,500 טון תערובות אספלט מתוכן כ 3,600 טון תערובות אספלט ניסיוניות .

כביש 864

גרף מס' 7: תרשים קטעי הניסוי בפרויקט ערוב אגרגטים בתערובות בזלת



קואורדינטות GPS				קטע		תאריך	כמות פיזור, ט'		תערובת	
Y_End	X_End	Y_Start	X_Start	מק"מ	עד ק"מ		כללי	יומי		
765,619	230,858	765,349	231,135	10.00	9.61	12/07/09	495		תא"מ 19	בזלת
766,065	230,518	765,619	230,858	10.56	10.00	13/07/09	1692	683		
766,240	230,183	766,065	230,518	10.94	10.56	14/07/09		514		
766,449	229,861	766,240	230,183	11.32	10.94	15/07/09	1233	609	תא"מ 25	דולומיט
766,544	229,491	766,449	229,861	11.74	11.32	21/07/09		624		
766,615	229,201	766,544	229,491	12.04	11.74	22/07/09	1345	692	תא"מ 19	MiX
766,726	228,851	766,615	229,201	12.41	12.04	23/07/09		653		
766,904	228,648	766,726	228,851	12.71	12.41	24/07/09	1320	680	תא"מ 25	MiX
767,228	228,347	766,904	228,648	13.08	12.71	26/07/09		640		
767,451	228,186	767,228	228,347	13.35	13.08	29/07/09	942	391	תא"מ 19 א	MiX SMA
767,695	228,071	767,451	228,186	13.62	13.35	28/07/09		551		



תרשים מיקום קטעי
הניסוי בכביש 864



המסקנות מהייצור והסלילה

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



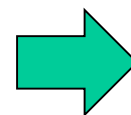
- עבדות תערובות הניסיון הייתה דומה לתערובות סטנדרטיות



- הייצור היה קפדני ועבודת הסלילה בוצעה ברמה גבוהה.



**מיון
אגרגטים
במעבדה
לאחר מיצוי
מתערובת
אספלט**



התכנית למעקב תקופתי

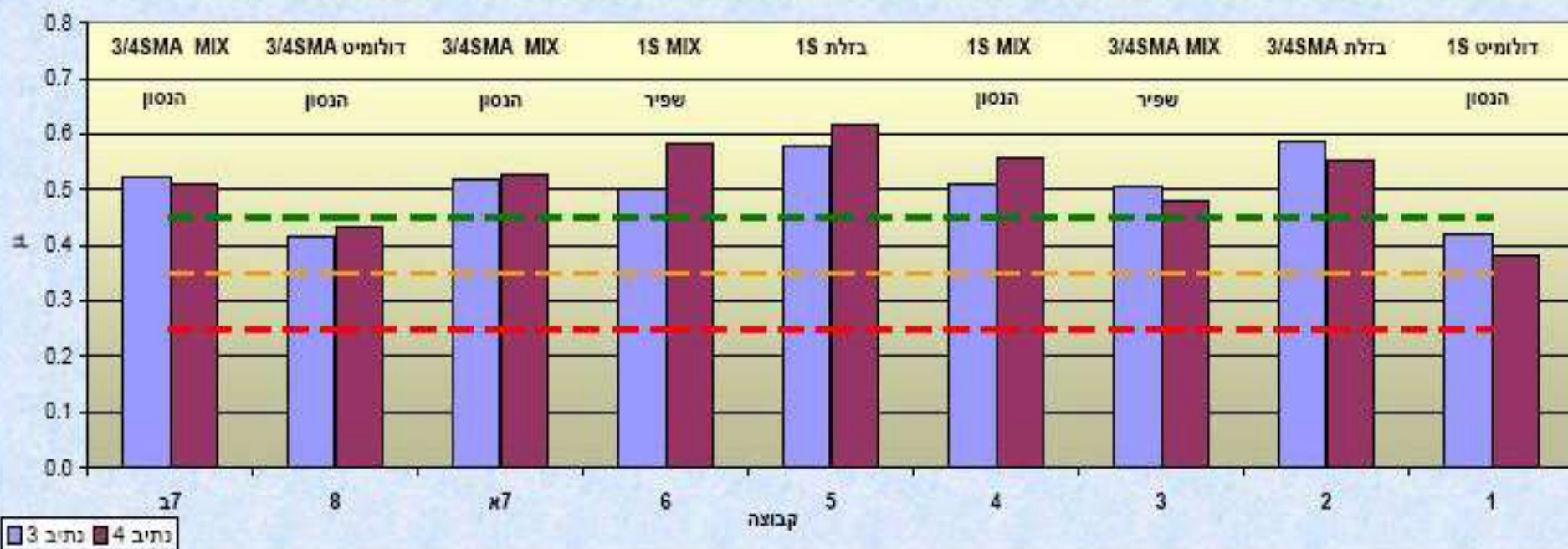
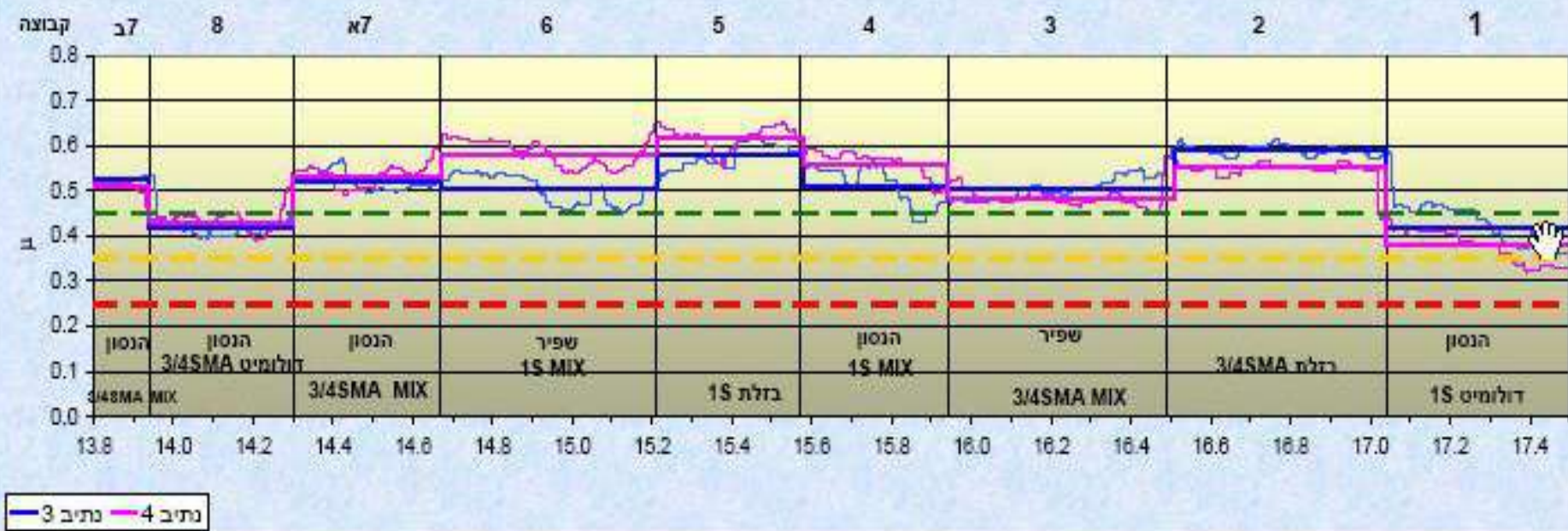
- סדרות של בדיקת ההתנגדות להחלקה ברצף באמצעות מערכת ה ROAR
- בדיקות התנגדות להחלקה בנקודה - BPN
- בדיקות עומק מרקם באמצעות טלאי חול (MTD)
- שילוב מידע זמין ובדיקות מתוך מערכת המני"מ של מעצ: בדיקות התנגדות להחלקה ועומק מרקם באמצעות GRIP-TESTER – MK2
- ובאמצעות מערכת DT - מתוצרת Dynatest

17.11.2007

הממצאים מבדיקות המעקב, ביחס לסוגי תערובות האספלט לאחר שנה ושנתיים



נתוני בדיקת התנגדות להחלקה באמצעות מערכת ROAR - מרץ 2009

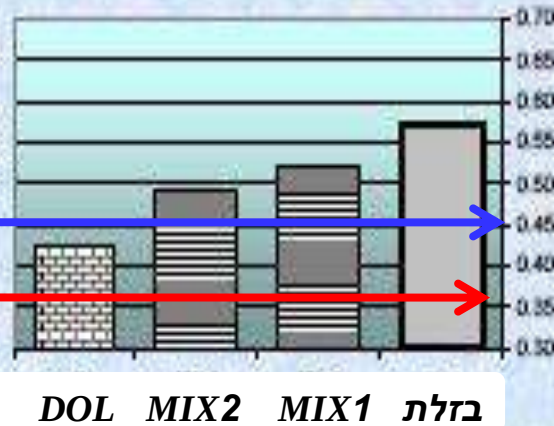
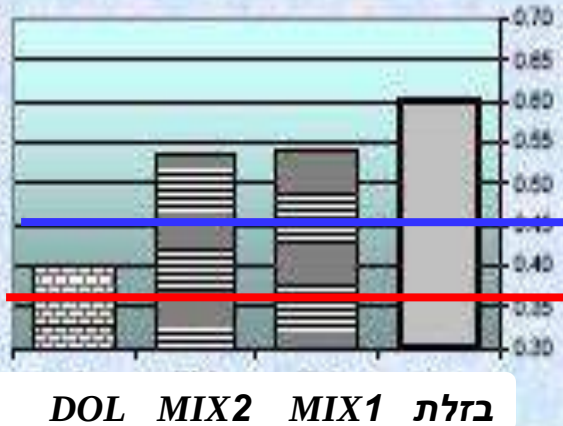


מדידות חיכוך רציף לפי תערובות

MU-ROAR

S

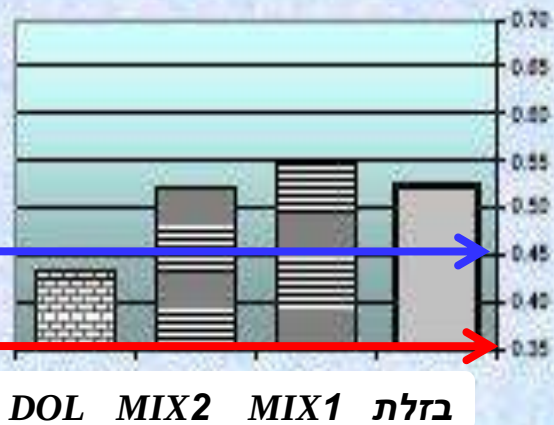
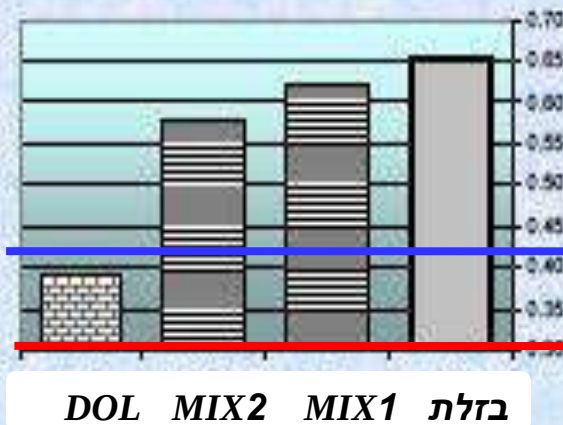
SMA



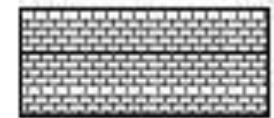
MU-Mk2

S

SMA



תערובות MIX

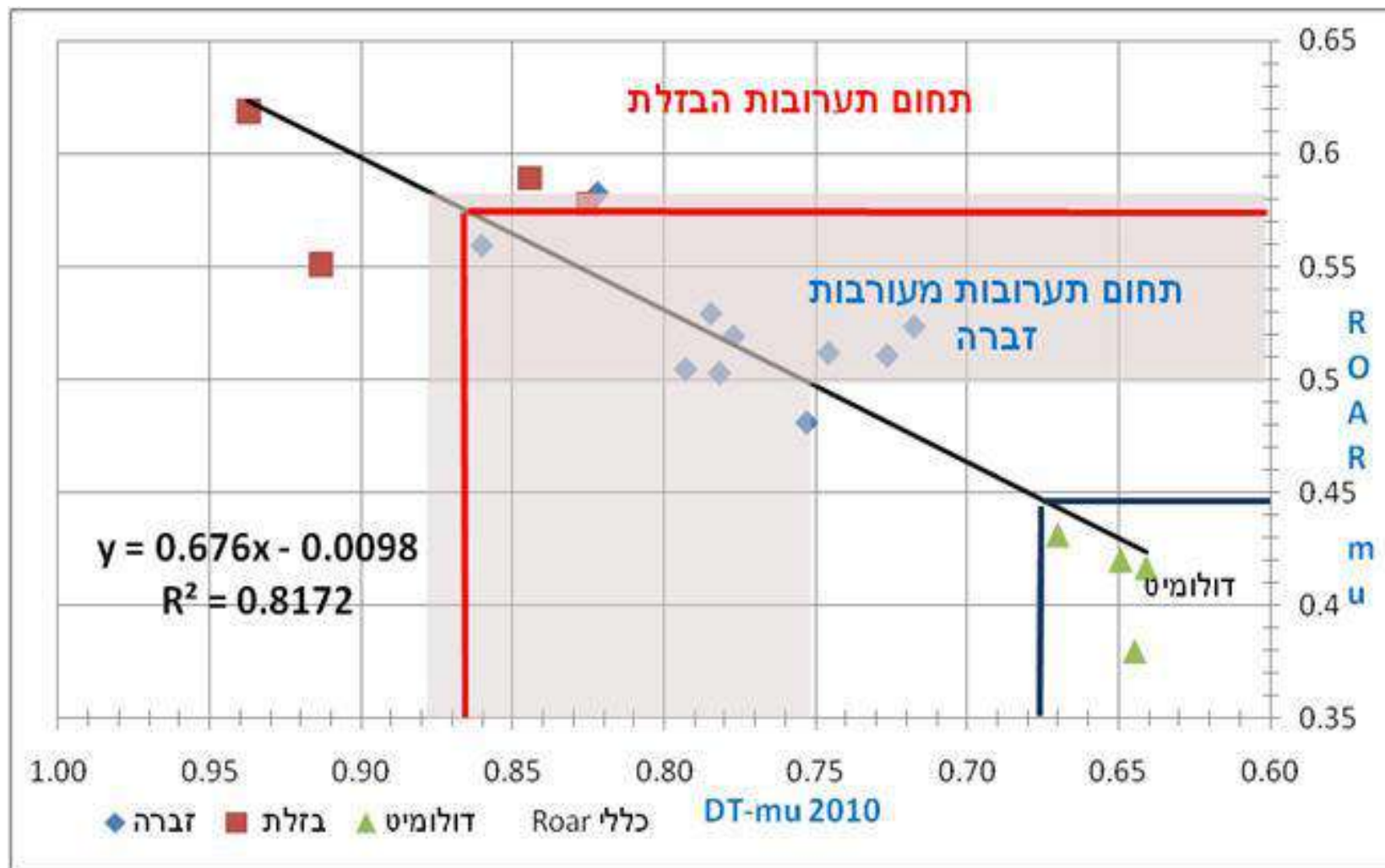


תערובות דולומיט

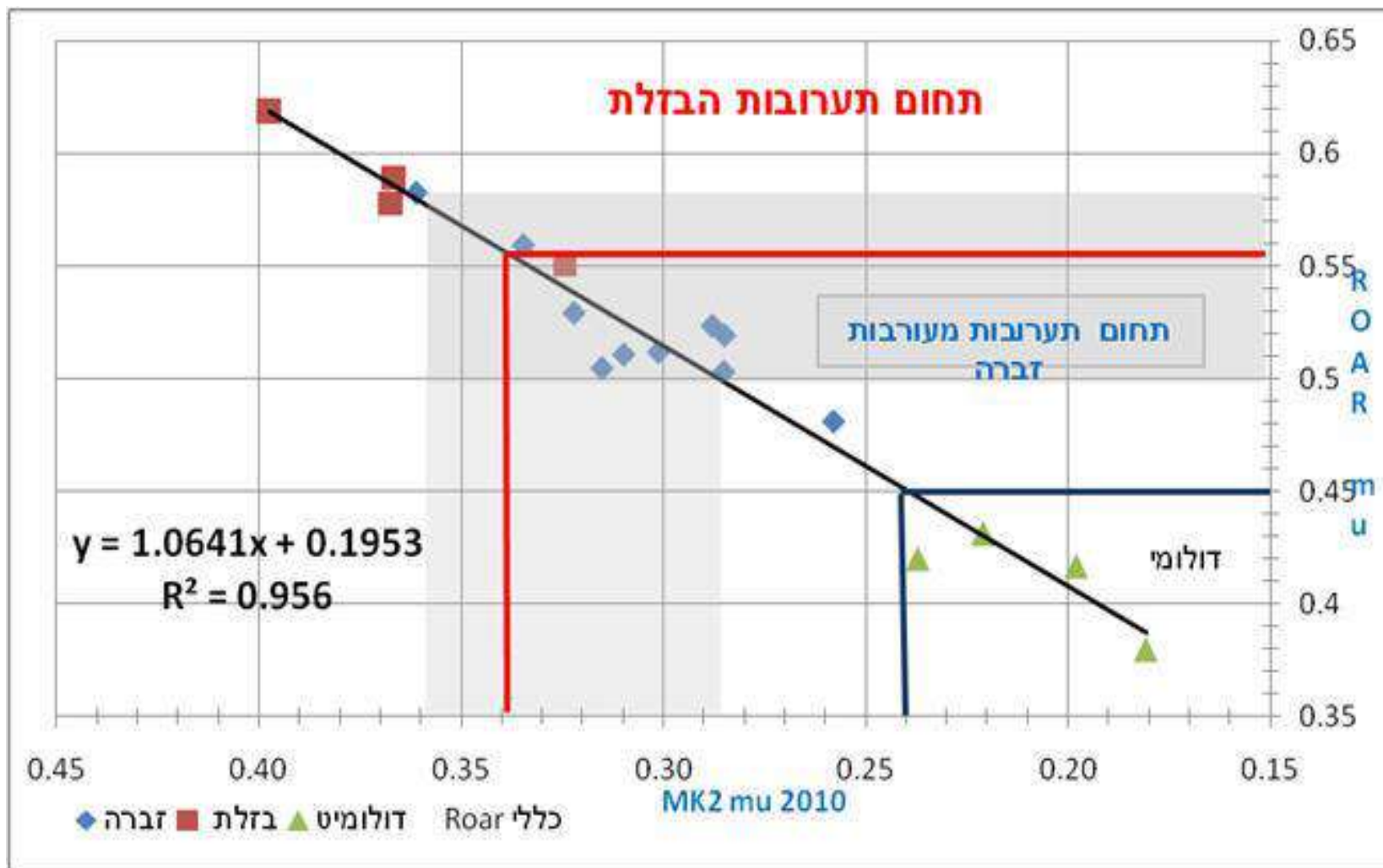


תערובות בזלת

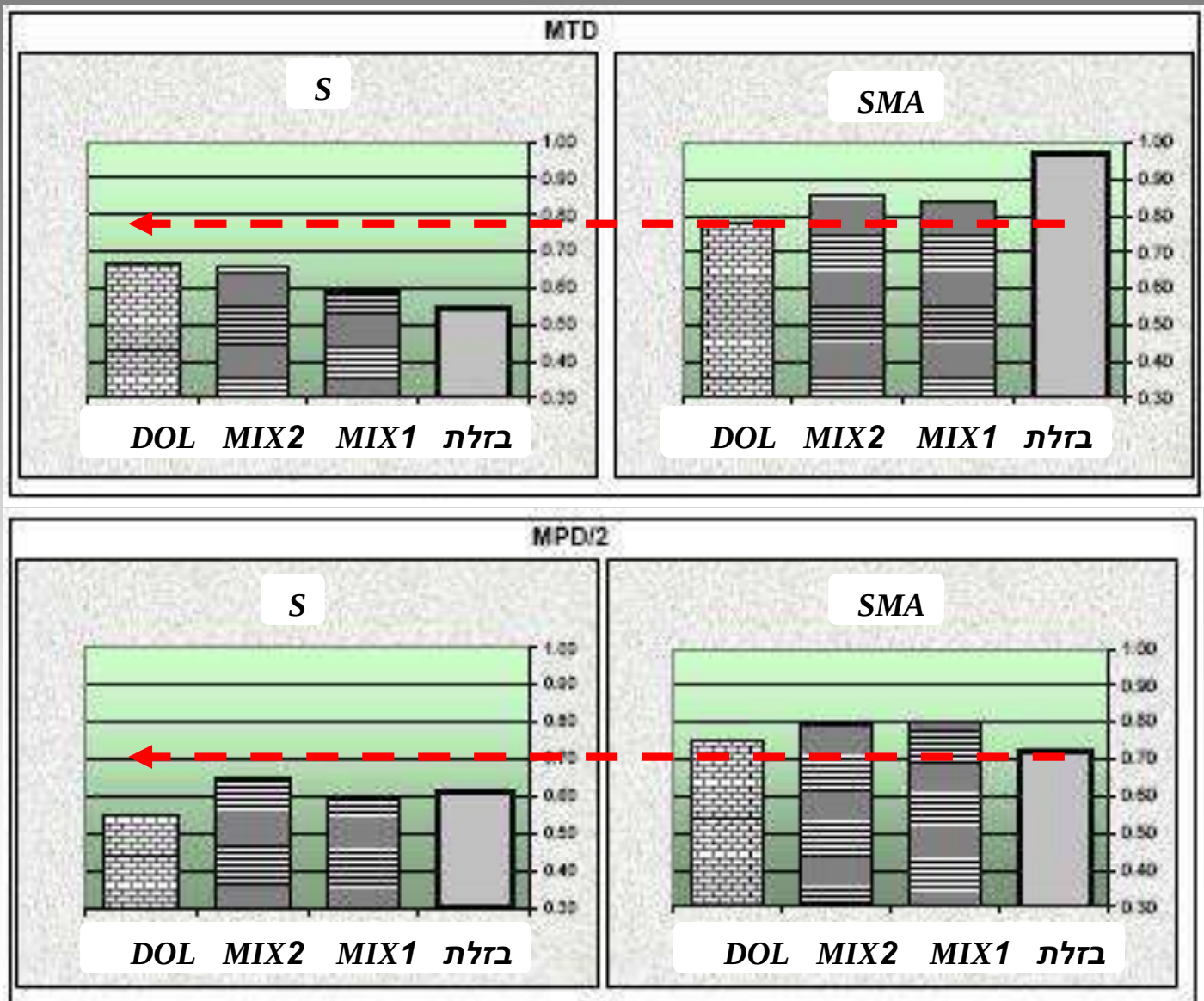
התנגדות החלקה, הקורלציה בין DT(2010) ל ROAR(2009)



התנגדות החלקה, הקורלציה בין MK2(2010) ל ROAR(2009)



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 ושנתיים ממועד הסלילה נתקבלו ערכי התנגדות להחלקה ברמה משביעת רצון.

התאמה בין טכנולוגיות מדידה

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

– 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.

– כבר בעונת הריבודים האחרונה נערך יישום הלכה למעשה עם
תערובות זברה בהתאם להנחיות התכנוניות החדשות.

פיתוח תצורות אספלט בעלות התנודות
להחלקה עם כמות קצת מופחתת

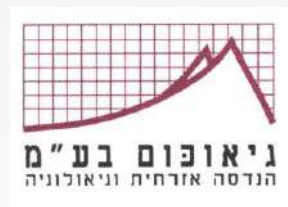
סוף

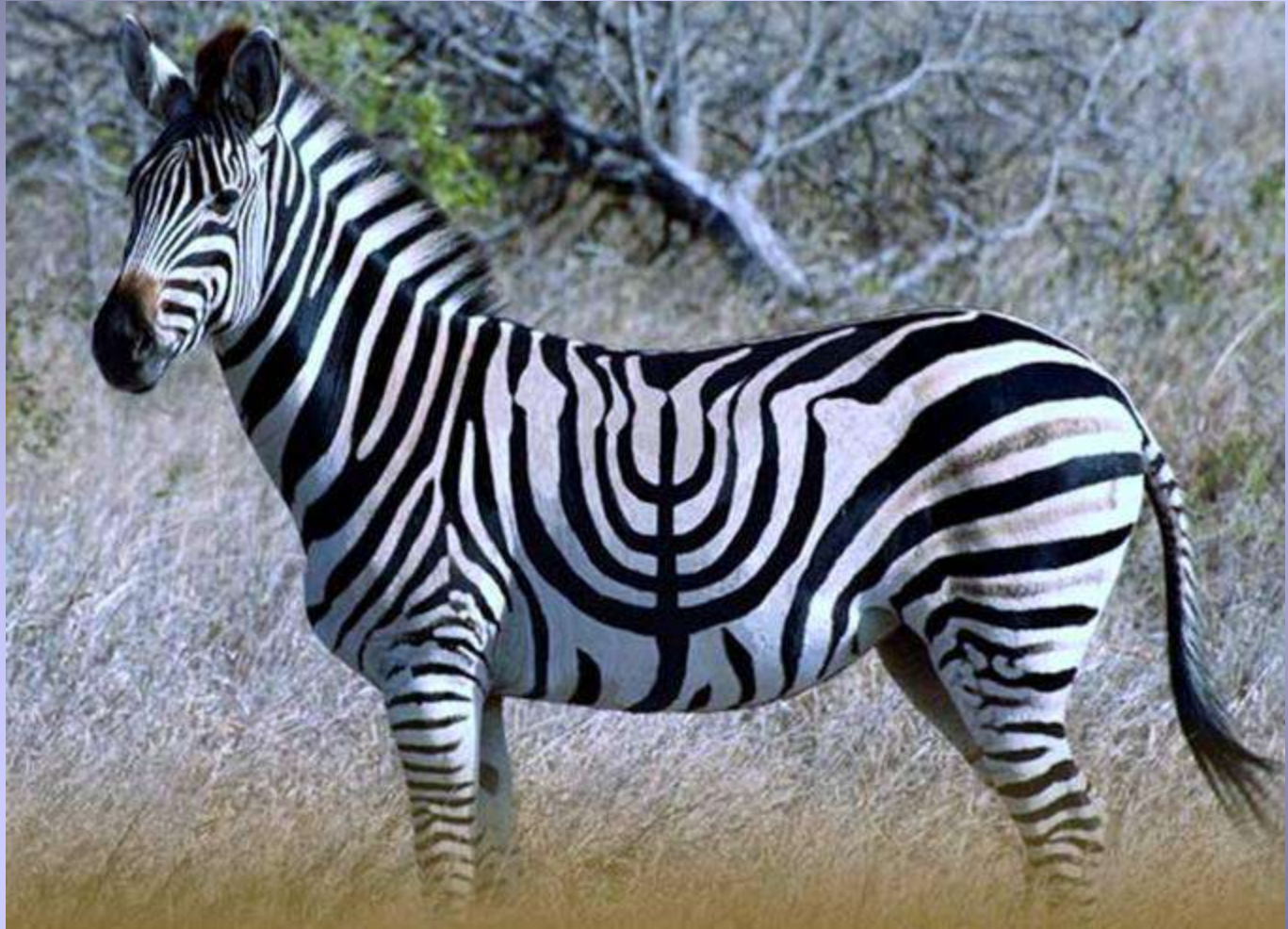
תודה על תשומת הלב

מעצון נסיכי

אמנון רבינא

הכנס השנתי של
החברה הגיאולוגית הישראלית
מצפה רמון - 2011





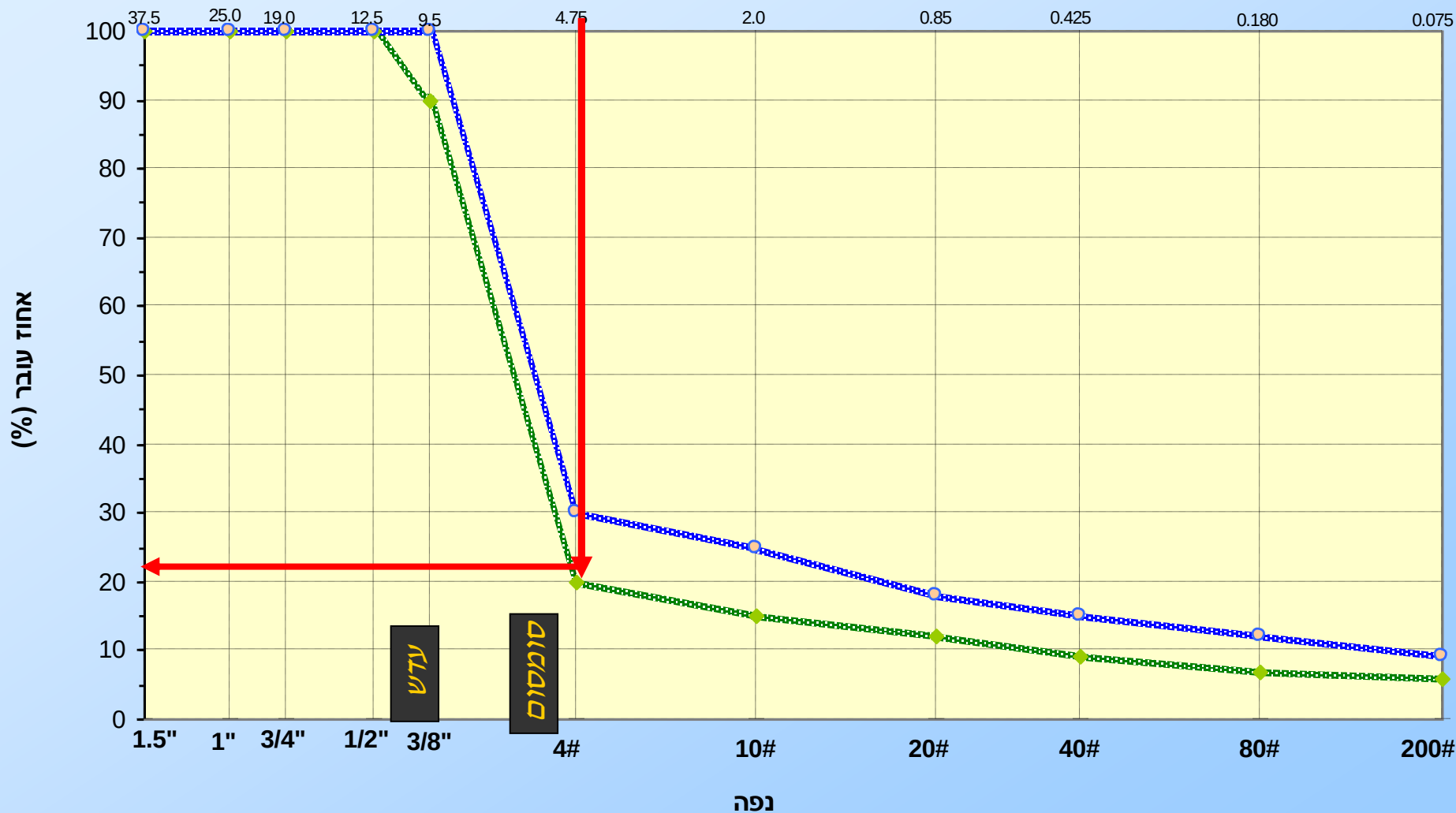
מירקס תערוכת SMA



תערובת אספלט מבנית 3/4"



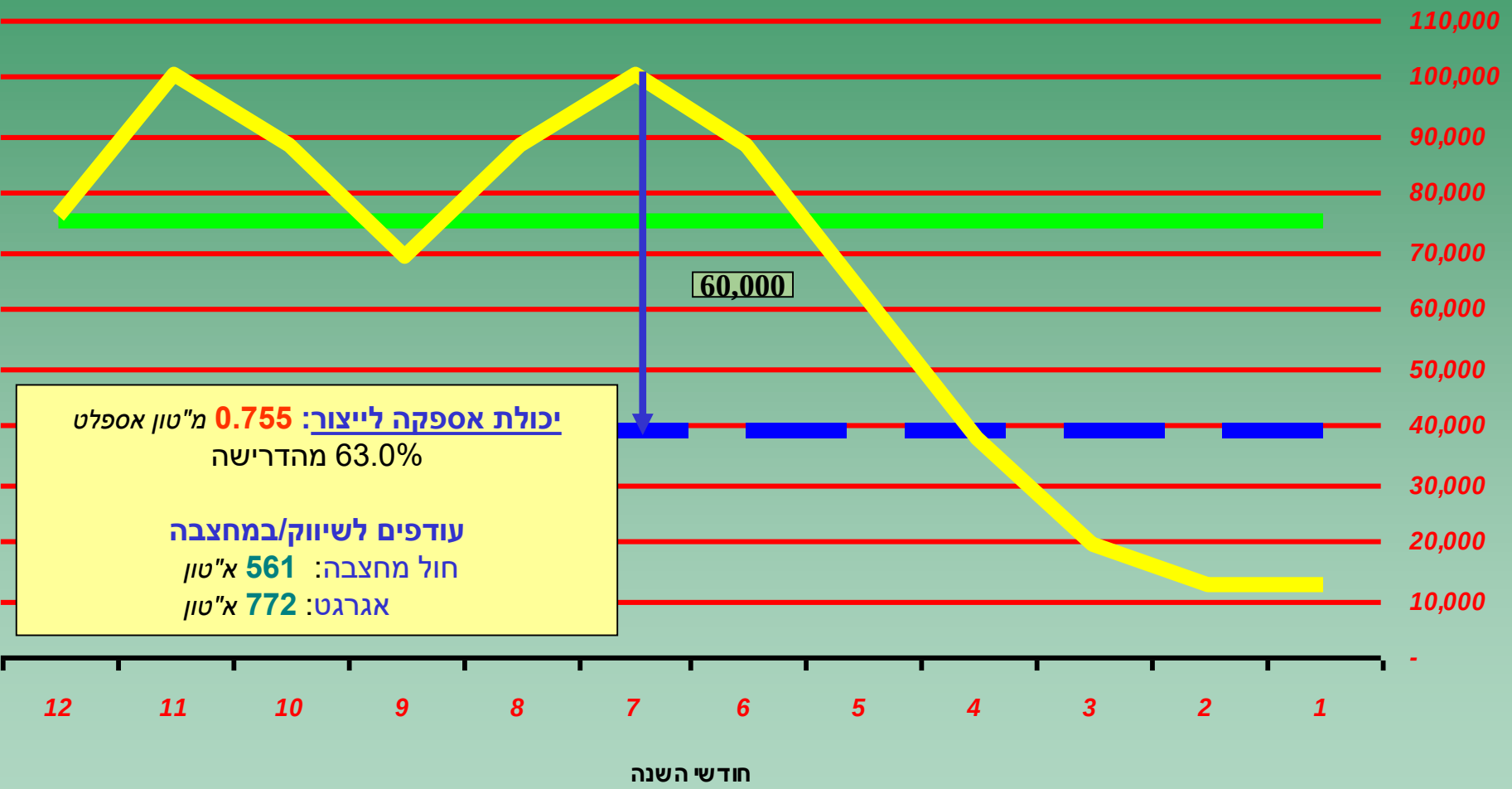
תחומי דרוג לתערובת SMA



● SMA תחתון
 ● SMA עליון

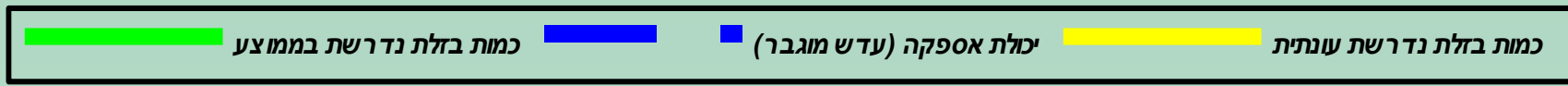
קצב הדרישה לאגרגט בזלת לייצור 20% תערובת אספלט 3/4 SMA ייצור אספלט בכל הארץ 6 מיליון טון

אול



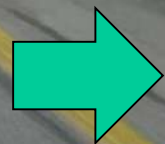
יכולת אספקה לייצור: 0.755 מ"טון אספלט
63.0% מהדרישה

עודפים לשיווק/במחצבה
חול מחצבה: **561** א"טון
אגרגט: **772** א"טון





09/11/2007



09/11/2007

מדידות חיכוך בנקודה

BPN/100

S



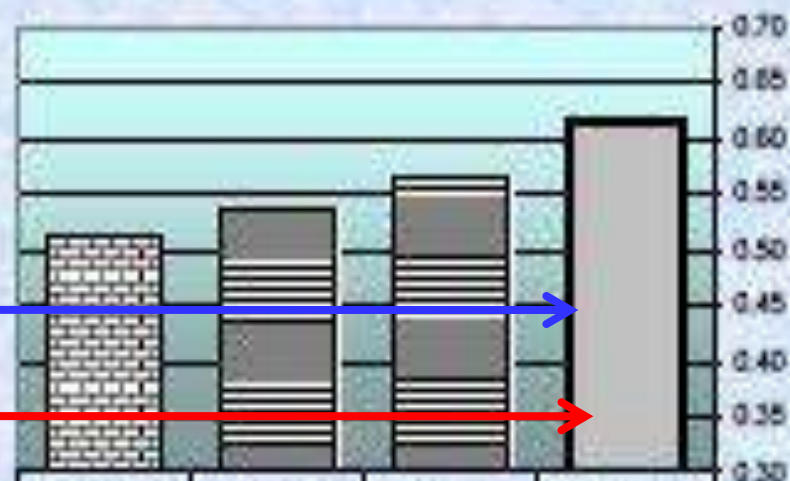
DOL

MIX2

MIX1

בזלת

SMA



DOL

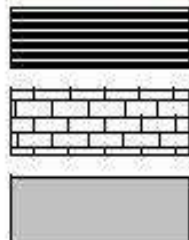
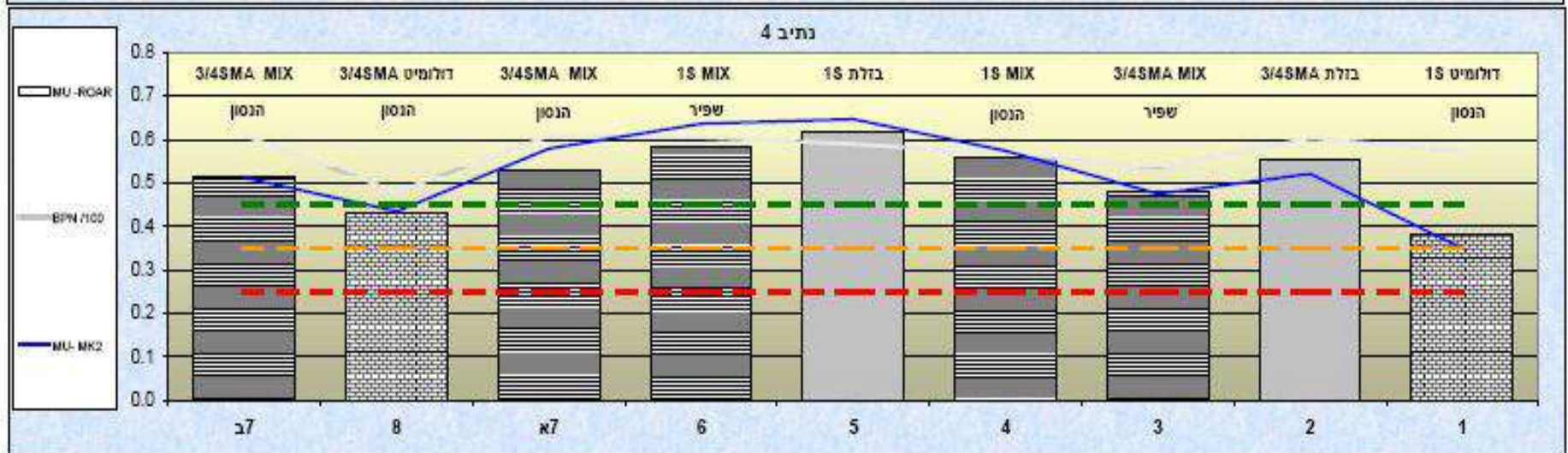
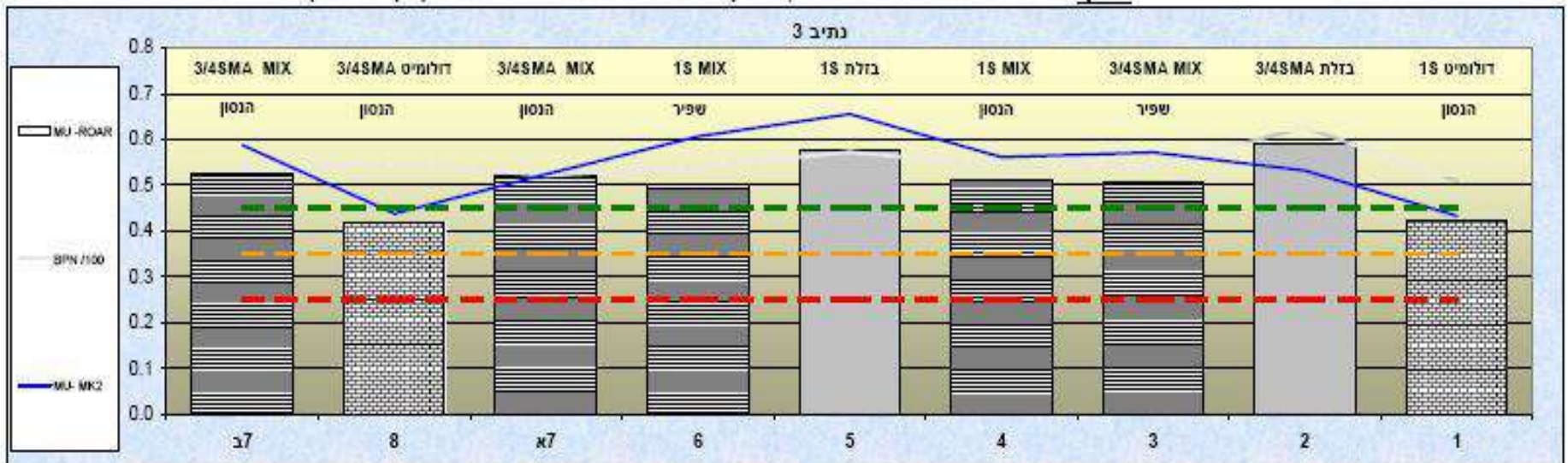
MIX2

MIX1

בזלת

כביש 784 - מרץ 2009

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



תערובות MIX

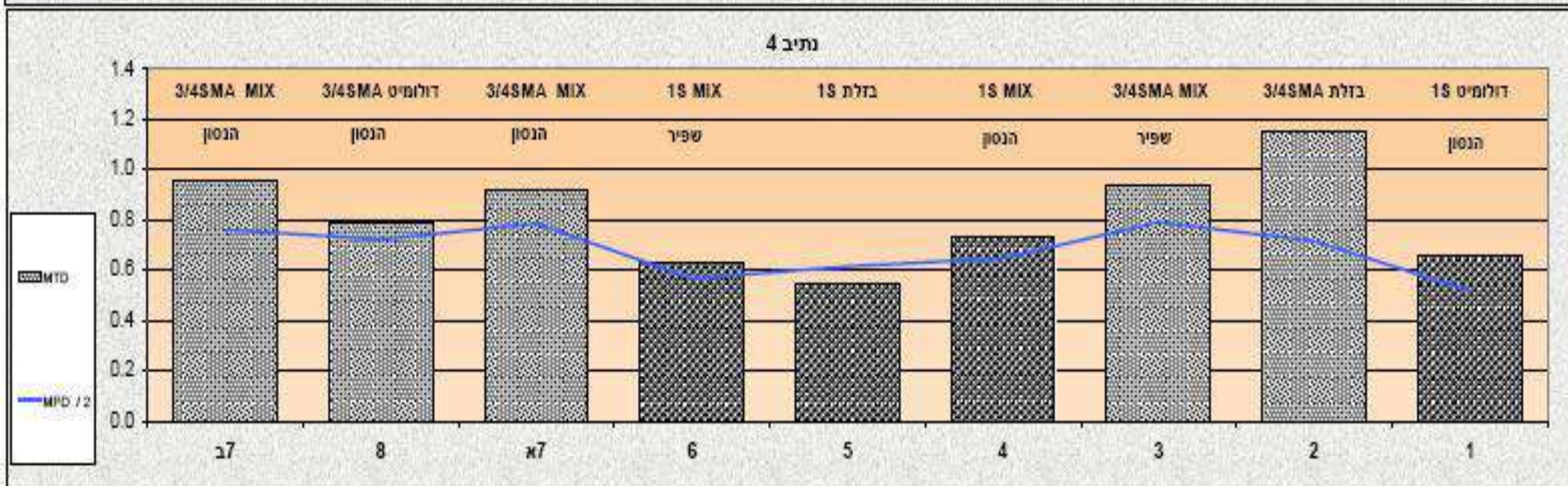
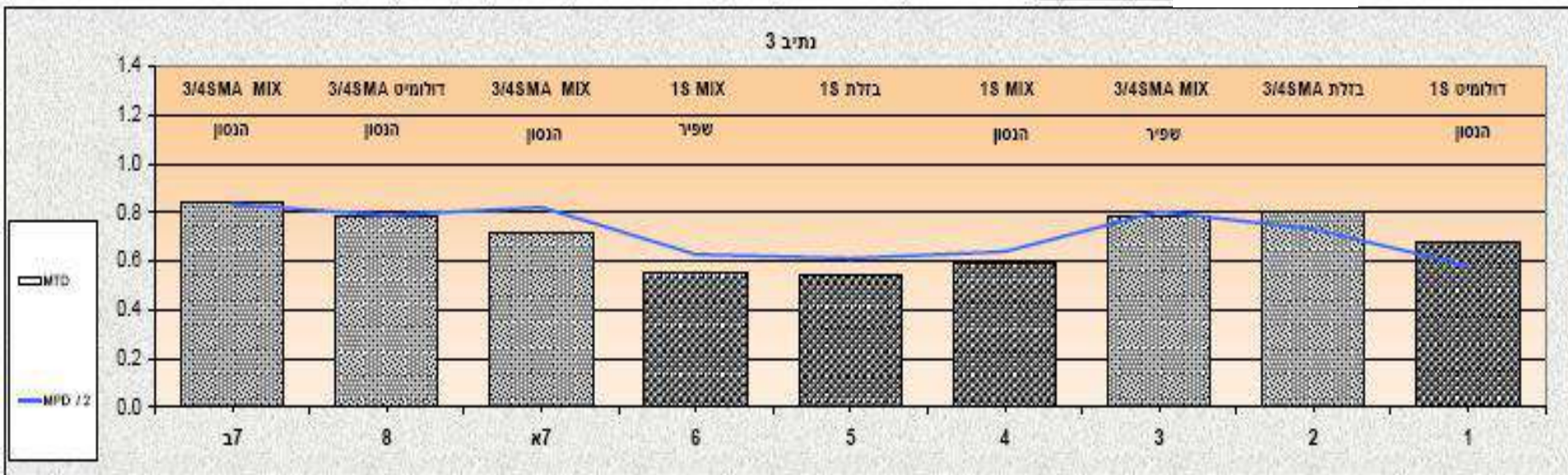
תערובות דלומיט

תערובות בזלת

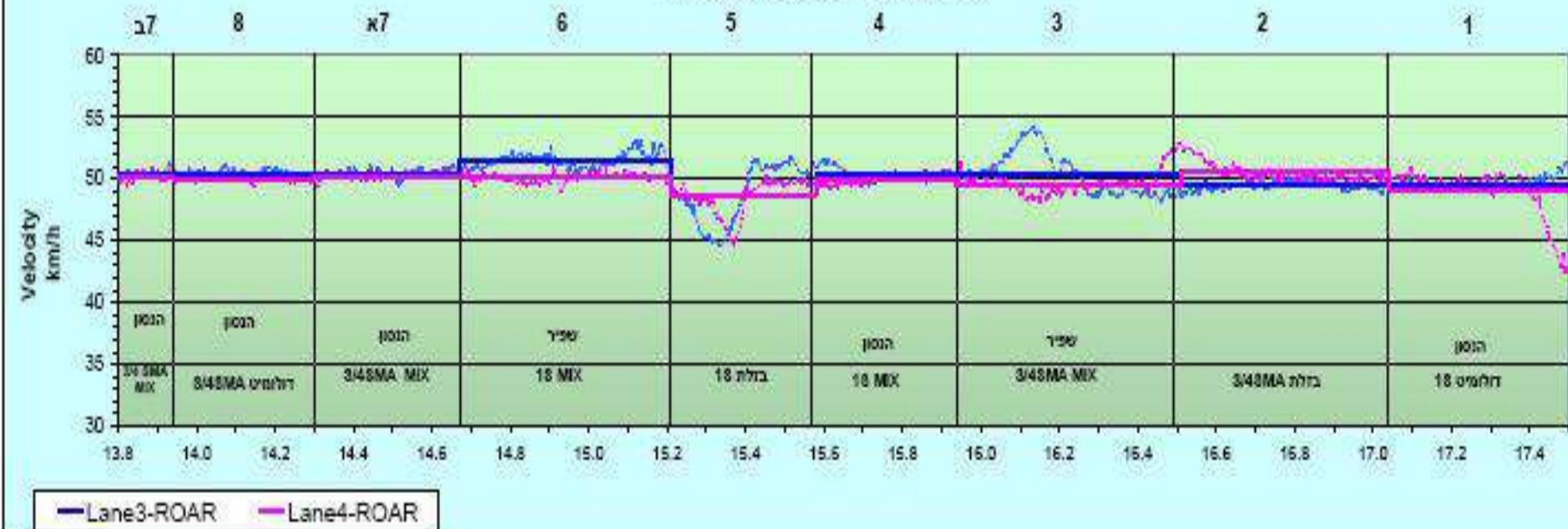
סוג התערובות	מפעל	קבוצה	קט"מ	קט"מ	Mu-ROAR		BPN-nou		MU-Mk2	
					נתיב 3	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 4
3/4SMA MIX	הנסון	7ב	13.79	13.94	0.62	0.61	53.8	61.0	0.59	0.51
3/4SMA דלומיט	הנסון	8	13.94	14.30	0.42	0.43	54.8	47.8	0.44	0.43
3/4SMA MIX	הנסון	7א	14.30	14.67	0.62	0.53	52.0	60.9	0.52	0.58
1S MIX	שפיר	6	14.67	15.21	0.50	0.58	54.0	60.4	0.61	0.64
1S בזלת	שפיר	5	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 דלומיט	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



גרף מהירויות מכשיר ROAR



גרף מהירויות מכשיר

