

## استخدام الـ(SBS(Styrene Butadien Styrene) في تعديل البيتومين المستخدم في تصميم الخلطات البيتومينية

ديانه عادل مرشد\*

(تاريخ الإيداع 22 / 4 / 2014. قُبل للنشر في 23 / 2 / 2015)

### □ ملخص □

أجري هذا البحث بهدف تحسين خواص الخلطة البيتومينية وتحسين الممانعة الحرارية لطبقة التغطية السطحية من الرصف اللين، حيث يتعرض البيتومين إلى مجموعة من التغيرات، تبدأ من مرحلة إنتاج المجبول البيتوميني في درجات حرارة مرتفعة، وتستمر هذه التغيرات إلى مرحلة استثمارة. وقد استخدم البيتومين المعدل بالبوليمير، لتحسين أداء الرصف البيتوميني في مجالات عديدة، وفي بحثي هذا عملت على تعديل البيتومين المحلي، بإضافة SBS بحيث يستخدم البيتومين المعدل لتصميم خلطات بيتومينية محققة لشروط تصميم الخلطة البيتومينية، ويحسن من مقاومتها للحرارة. تم تحديد خواص البيتومين غير المعدل والبيتومين المعدل بالـSBS بنسبة 3.5%، وذلك من خلال سلسلة من التجارب قبل وبعد اختبار الفاقد بالحرارة، وتم تحديد خواص الحصى المستخدمة، وتم تصميم خلطات بيتومينية، باستخدام البيتومين المعدل بالـSBS، بالمقارنة بين النتائج فإن الـSBS أدى إلى زيادة قساوة البيتومين، التي تظهر من خلال انخفاض الغرز والاستطالة المترافقة بارتفاع بقيمة درجة حرارة التميع، كما تحسنت قيمة النقص في الثبات بنسبة 15% وهذا يعكس بدوره على ممانعة أكبر لدرجات الحرارة المرتفعة، وبالتالي تحسن في مقاومة هذه الخلطات المعدة من بيتومين معدل تجاه التأثير الحراري الذي تتعرض له.

**الكلمات المفتاحية:** الخلطات البيتومينية، (SBS(Styrene Butadien Styrene)، البيتومين المعدل بالبوليمير

\* قائمه بالأعمال - قسم هندسة النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Using SBS(Styrene Butadien Styrene) for Modifying the local Bitumen for using in Bituminous mixes

Diana Adel Morshed\*

(Received 22 / 4 / 2014. Accepted 23 / 2 / 2015)

### □ ABSTRACT □

This research was performed to improve the quality of Bituminous mixes, and improve the thermal resistance of the surface bituminous layer, the bitumen has a various changes, that which begins from the production of the bituminous mixture in high temperatures, these changes continues to the phase of it's use. For this purpose, SBS(Styrene Butadien Styrene) was selected to be an improving material to bitumen according to the rate: 3.5% for SBS.in my research I work on modifying the local bitumen by adding the SBS so that the modified bitumen can be used to design bituminous mixes within the limits of bituminous mixes designed specifications, and improve it's thermal resistance. some experiments were held to determine the qualities of the modified and unmodified bitumen,befor and after Lose Of Heating, the results were within the specifications 'limits. According to Marshal's method, samples of Bituminous mixes were prepared for all Bituminous sorts used in our research. These samples were put under required tests, and samples were prepared according to an ideal rate of Bitumen. the result was the Bitumen modified by adding SBS improve the quality of Bitumen to thermal resistance.

**Key world:** Bituminous mixes, polymer.SBS(Styrene Butadien Styrene)

---

\*Academic Assistance, Department of Transportation Engineering ,Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

يعد الرصف البيتوميني، النوع الأكثر انتشاراً في إنشاء الطرق في الجمهورية العربية السورية، ويستخدم بشكل واسع في كافة مناطق العالم وذلك بسبب سهولة وسرعة إنشائه وصيانته [1]. يعتبر البيتومين ناتج تكرير المصافي (Petroleum Asphalt)، الرابط الأساسي لصناعة المجلول البيتوميني، حيث يلعب دور المغلف، والرابط للحصويات، وهنا تبرز أهمية الحفاظ على خواصه قدر الإمكان، حيث يتعرض البيتومين إلى مجموعة من التغيرات، التي تبدأ من مرحلة إنتاج المجلول البيتوميني في درجات حرارة مرتفعة، وتستمر هذه التغيرات إلى مرحلة استثماره تحت تأثير الحمولات، والعوامل الجوية، وتؤدي هذه المتغيرات إلى منعكسات سلبية على أداء البيتومين ضمن المجلول البيتوميني، مما يسبب فقدان البيتومين للكثير من خواصه الأولية، التي قد تصل إلى درجة يصبح فيها غير صالح للاستخدام، وفي بعض الحالات يتطلب البيتومين التعديل، كي يحقق المواصفات المطلوبة [2] وكما هو معروف، أن البيتومين يتم تسخينه إلى درجات حرارة مرتفعة من أجل تأمين اللزوجة الكافية لتغليف الحصويات بشكل جيد، من ثم يترك المجلول البيتوميني بعد الرص ليبرد في درجة حرارة الجو، مما يؤدي إلى زيادة قساوته، وتستمر هذه الزيادة مع الزمن خلال الاستثمار، ويشار إلى هذا التعب من خلال مجموعة مظاهر، يمكن ملاحظتها من خلال تصلب ولزوجة أكبر للبيتومين، ازدياد التقصف والهشاشة، ويصبح البيتومين أكثر قابلية للتشوهات، والعيوب نتيجة تأثير المياه والعوامل الجوية المختلفة [3]. ويرى بعض الدارسون أن التقسية تحدث نتيجة الأكسدة، وتبخر المركبات الخفيفة، بالإضافة إلى ظاهرة البلمرة، ويحدث التطاير والتبخر بشكل أساسي في المزيج الإسفلتي في الفترة الممتدة من عملية المزج حتى الانتهاء من عملية إنشاء الرصف وهذا ما نسميه التعب القصير الأمد (Short-Term-Aging) ولا تقف عملية الأكسدة التي تؤدي إلى تحول الزيت إلى مالتين والمالتين إلى إسفلتين عند مرحلة التعب القصير الأمد، وإنما تستمر وتتكتف مع الزمن بشكل كبير خلال استثمار الرصف تحت تأثير العوامل المناخية المختلفة، وهذا ما نسميه التعب الطويل الأمد [4] (Long-Term-Aging) ومن هنا كان لا بد من البحث الدائم والمستمر، عن مواد محسنة مقاومة لتأثير هذه العوامل المؤثرة على الرصف اللين في طبقاته العلوية، المكونة من المجلول البيتوميني [3]. استخدم الرابط البيتوميني المعدل منذ أكثر من 50 سنة، وقد لاقى اهتماماً إضافياً في العقد الماضي، وعلى الرغم من أن استخدام البيتومين المعدل مكلف أكثر من استخدام البيتومين التقليدي، إلا أنه يزيد من عمر الرصف البيتوميني، ويتم ذلك التعديل من خلال إضافة عدة مواد، كالبوليميرات أو المواد المائلة والألياف الصناعية والإطارات البالية، وغيرها من الإضافات وذلك لتحسين خواص البيتومين [2]. وقد استخدم البيتومين المعدل بالبوليمير، لتحسين أداء الرصف البيتوميني في مجالات عديدة، منها إنقاص تشققات الرصف الناتجة عن الإجهادات الحرارية، والحمولات المتكررة، وإنقاص التردد، والناتج عن التشوهات اللدنة، وزيادة مقاومة الرابط البيتوميني للتعب الناتج عن درجات الحرارة العالية، المرافقة للإنشاء، وإعطاء الرابط البيتوميني قساوة عالية في درجات حرارة الخدمة العالية، ومرونة أكبر في درجات حرارة الخدمة المنخفضة، وللوصول أيضاً إلى التصاق أكبر بين الحصويات والبيتومين في حال وجود الرطوبة [5].

**أهمية البحث وأهدافه:**

تهدف هذه الدراسة لتحسين خواص الخلطة البيتومينية وتحسين الممانعة الحرارية لطبقة التغطية التي تشكل الطبقة السطحية من الرصف اللين والتي يجب أن تؤمن الحماية للطبقات الأدنى منها، بالإضافة إلى دورها كطبقة

حاملة، حيث تكون هذه الطبقة معرضة بشكل مباشر للحرارة. بالإضافة لتعرضها للحمولات الستاتيكية والديناميكية. وبالتالي زيادة ديمومة الرصف اللين وزيادة عمر الرصف.

### 3- طرائق البحث ومواده:

البيتومين المستخدم في هذا البحث من بانياس ونوعه وفق اختبار الغرز (70-60) والبوليمير المضاف للبيتومين هو الـSBS (Styrene Butadiene Styrene) أضيف بنسبة 3.5% حيث تم إحضاره من مطار الشهيد باسل مخلوطاً بوحدة معالجة حرارية ضخمة بدرجة حرارة 180°C بزمن خلط 24 ساعة، فالـSBS عبارة عن بوليمير بشكل حبيبات بيضاء تشبه الفلين ومن الصعب مزجه مخبرياً لأنه بحاجة لخلط بدرجة حرارة عالية وزمن خلط كافٍ، وبسبب أهمية الخلط الجيد للبوليمير ضمن البيتومين قمنا بإحضار عينات من البيتومين المعدل بالـSBS من المطار مباشرةً بعد الخلط. وقد تم تنفيذ هذا البحث في مخبر الطرق بكلية الهندسة المدنية واستمر العمل به لمدة عام. والـSBS عبارة عن سلسلة عمودها الفقري مكون من ثلاث قطع: سلسلة طويلة Polystyrene، سلسلة طويلة PolyButadiene سلسلة طويلة الجزء الأول وهو بلاستيك قاسي، وهو الذي يعطي SBS متانته، أما الجزء الثاني فهو مطاطي ويعطي الـSBS مرونته (المطاطية) [6]، والصيغة الكيميائية للـSBS تكتب بالشكل:  $[H_5 CH=CH_2]-[H_2 =CH-CH=CH_2]-[6H_5 CH=CH_2]-N$  والـN هو عدد المونوميرات المتكررة في جزيئه عملاقة واحدة، وتدعى بدرجة البلمرة.

اعتمد في هذا البحث سلسلة من الإختبارات المحددة بالموصفات التالية:

- 1- تجربة الغرز Penetration وفق المواصفة ASTM D.5 في درجات الحرارة °C (0-4-25).
- 2- تجربة تحديد درجة التلين Softing Point (Ring&Bale) وفق المواصفة ASTM D.36.
- 3- تجربة الممطولية Ductility وفق المواصفة ASTM D113.
- 4- تجربة تحديد درجة الوميض والاشتعال Flash Point وفق المواصفة ASTM D92.
- 5- تجربة الفاقد بالحرارة Lose Of Heating وفق المواصفة ASTM. D.1754.
- 6- تجربة تحديد الوزن النوعي للبيتومين Specific Gravity وفق المواصفة ASTM D.3289.
- 7- تجربة تحديد النقص في الثبات Lose Of Stability وفق المواصفة ASTM D.1559.
- 8- تجربة الإهتراء Resistance Of Abrasion وفق المواصفة ASTM C535.
- 9- تجربة المكافئ الرملي Sand Equivalent وفق المواصفة ASTM D.2419.
- 10- تجربة الوزن النوعي للحصويات الناعمة Specific Gravity وفق المواصفة ASTM C127.
- 11- تجربة الوزن النوعي للحصويات الخشنة Specific Gravity وفق المواصفة ASTM C127.
- 12- تجربة الوزن النوعي للمواد المارة من NO200 وفق المواصفة ASTM C188.
- 13- تجربة مارشال Marshal Test وفق المواصفة ASTM D.1559.



### النتائج والمناقشة:

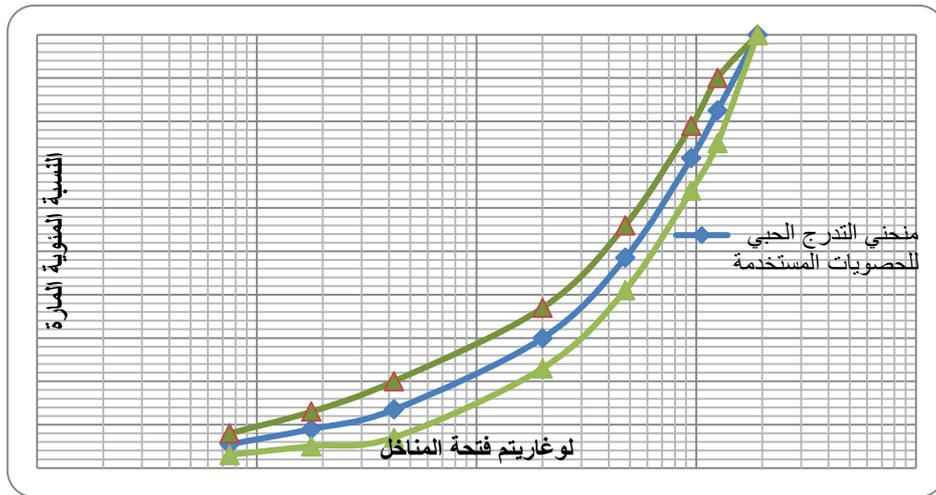
#### 1- تحديد خواص الحصويات:

1-1- التركيب الحبي للحصويات المستخدمة في تنفيذ الخلطة البيتومينية:

الجدول (1) التركيب الحبي

النسبة المئوية المارة %	الحزمة المطلوبة %	الفتحة	
		فتحة المنخل mm	الرقم المعادل
100	100	19	3/4in
82.5	90-75	12.5	1/2in
71.5	79-64	9.5	3/8in
48.5	56-41	4.75	No.4

30	37-23	2	No.10
13.5	7-20	0.42	No.40
9	5-13	0.177	No.80
5.5	8-3	0.075	No.200



الشكل (1) منحني التركيب الحبيبي

## 2-1- تحديد نسبة الاهتراء والمكافئ الرملي والوزن النوعي:

الجدول (2) الاهتراء والمكافئ الرملي والوزن النوعي

تجربة لوس أنجلس	18.6%
تجربة المكافئ الرملي	82.0%
تجربة الوزن النوعي	2.687

## 2- تحديد خواص البيتومين:

الجدول (3) خواص البيتومين

نوع البيتومين	A	A.SBS
الغرز بالدرجة 25°C	65.3	44.4
الغرز بالدرجة 4°C	17.5	12
الغرز بالدرجة 0°C	11	11
تجربة الاستطالة cm	165	108
درجة حرارة التميع C°	51.4	57.3
فاقد الوزن بالتسخين %	0.54	0.38
تجربة الوميض C°	290	308

حيث أن الرموز المشار لها بالجدول (3) تدل على المصطلحات التالية:

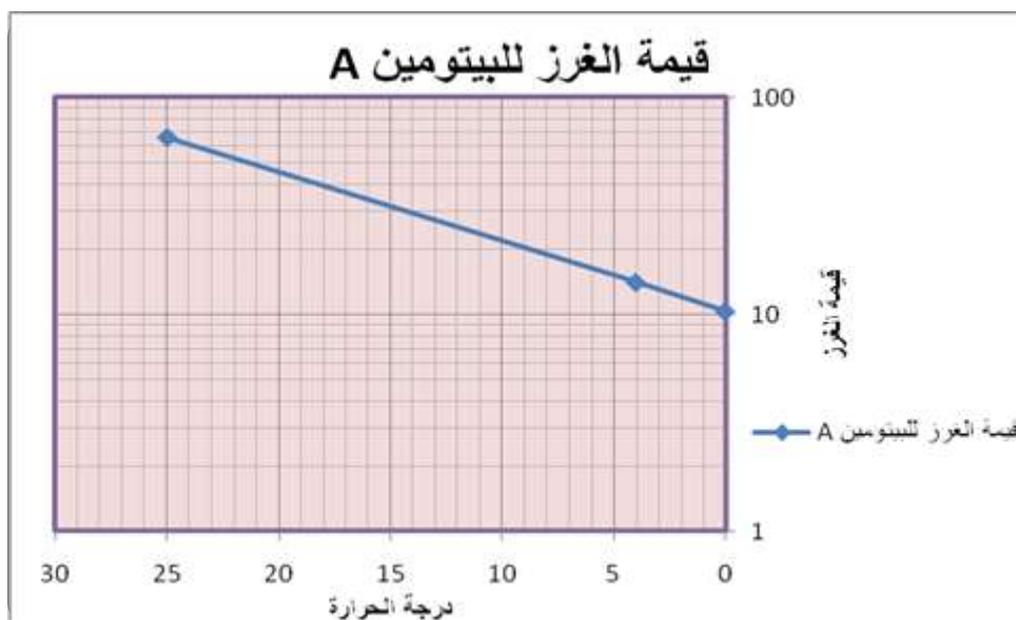
A: يشير إلى البيتومين 60-70 إنتاج مصفاة بانياس.

A.SBS: يشير إلى البيتومين 60-70 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة الـ SBS بنسبة 3.5% وزناً.

نلاحظ أن قيم الغرز انخفضت عند إضافة الـ SBS من المجال 60-70 للبيتومين غير المعدل إلى المجال 40-50 للبيتومين المعدل بالـ SBS، وتبين النتائج تناقص قيمة الاستطالة للبيتومين المعدل، من 165cm للبيتومين غير المعدل إلى القيمة 108cm للبيتومين المعدل بالـ SBS ويلاحظ توافق هذا النقصان في قيم الاستطالة مع النقص في قيم الغرز، ويلاحظ زيادة في قيم التميع وهذا يوافق بيتومين أفسى وأكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة حيث نلاحظ تزايد درجة التميع حوالي 6 درجات بين البيتومين غير المعدل والبيتومين المعدل بالـ SBS، حيث أن البيتومين قد أصبح أفسى نتيجة إضافة المعدلات. بإجراء تجربة الفاقد بالحرارة على البيتومين المعدل وغير المعدل نلاحظ أن قيم النقص في الوزن لم تتجاوز الحدود المذكورة في المواصفة بألا تزيد قيمة الفاقد عن 1% بعد التسخين لمدة 5h، بل حسنت الإضافة المستخدمة من نسبة الفاقد بالحرارة، فالبيتومين A-3.5%-SBS حسن قيمة الفاقد بنسبة 30%.

وفيما يلي منحنيات تبين تغير قيم الغرز بتغير درجة حرارة التجربة أي الغرز بدرجات الحرارة  $0^{\circ}\text{C}$  -  $(4)^{\circ}\text{C}$

$25^{\circ}\text{C}$  وذلك لنوعي البيتومين المستخدمة.



يوضح هذا المنحني (2) تغيرات قيم الغرز للبيتومين A بتغير درجات الحرارة



يوضح هذا المنحني (3) تغيرات قيم الغرز للبيتومين A.SBS بتغير درجات الحرارة

نلاحظ من المنحنيات السابقة أن البيتومين A غير المعدل هو المنحني ذو زاوية الميل الأكبر أي أنه الأشد حساسية لتأثير الحرارة، ويظهر لنا أن البيتومين المعدل بالـSBS ذو زاوية ميل أقل وبالتالي الأقل حساسية لتأثير الحرارة، وهذا يساعد البيتومين المتعرض لدرجات حرارة عالية ليكون أكثر تحملاً للحرارة وأقل حساسية لتأثيرها وبالتالي ديمومة أكبر للخلطات البيتومينية.

### 3- نتائج تجارب البيتومين بعد اختبار الفاقد بالحرارة:

الجدول (4) خواص البيتومين بعد اختبار الفاقد بالحرارة

نوع البيتومين	A	A -3.5-SBS
الغرز بالدرجة 25C بعد الفاقد بالتسخين	36.3	37.5
الغرز بالدرجة 4C بعد الفاقد بالتسخين	13	11
الغرز بالدرجة 0C بعد الفاقد بالتسخين	10.5	10
تجربة الاستطالة cm	52.5	51.8
درجة حرارة التميع °C	57.6	61.2

نلاحظ تحسن النقص في الغرز للبيتومين المعدل مقارنةً مع البيتومين القياسي. حيث انخفض الغرز بالنسبة للبيتومين الغير معدل بعد الفاقد بنسبة 44% وللبيتومين A.SBS انخفض الغرز %18 بعد تجربة الفاقد بالتسخين.

## 4-نسبة الغرز ودليل الغرز والغرز للبقايا بعد الفاقد بالحرارة للبيتومين المعدل وغير المعدل:

الجدول (5) نسبة الغرز ودليل الغرز والغرز للبقايا بعد الفاقد بالحرارة للبيتومين المعدل وغير المعدل

الإشتراط	A.SBS	A	البيتومين
الحد الأدنى 25	27	26	نسبة الغرز %
[+2,-2]	2.75	1.4	دليل الغرز
الحد الأدنى %54	85	56	الغرز للبقايا من الأصل % بعد اختبار الفاقد بالحرارة

نلاحظ من الجدول، أن البيتومين المستخدم في هذا البحث، حقق نسبة غرز أعلى من 25%، والبيتومين القياسي غير المعدل، يحقق قيمة دليل غرز ضمن المجال [+2,-2]، أما البيتومين المعدل، فقيمة دليل الغرز أعلى من +2 وذلك يدل على حساسية أقل لتأثير الحرارة على البيتومين، حيث أن منحني تغيرات الغرز تبعاً لتغير درجة الحرارة، يكون بزاوية ميل أقل.

نلاحظ من قيم الغرز للبقايا من الفاقد بالحرارة، أنها تحقق النسبة 54% والمحسوبة كنسبة مئوية من قيمة الغرز بالدرجة 25°C ونلاحظ تحسن هذه القيمة بالنسبة للبيتومين المعدل، وتحسن هذه النسبة يدل على تحسن في الممانعة الحرارية للبيتومين.

## 5-تصميم الخلطات البيتومينية:

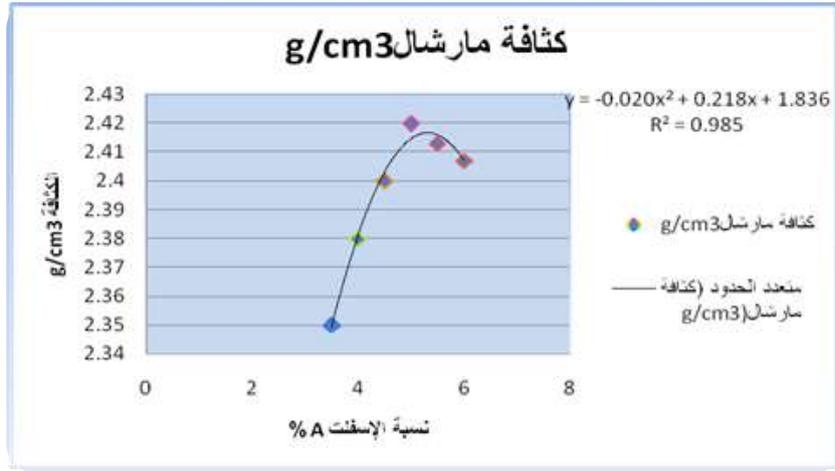
الجدول (6) نتائج تجربة مارشال

نوع البيتومين	نسبة البيتومين المثالية %	الثبات Kn	الانسياب mm	كثافة مارشال g/cm <sup>3</sup>	الفراغات الهوائية Va %	الفراغات المليئة بالبيتومين Vb %
A	4.75	12	3.8	2.41	3	76
A.SBS	4.76	12.88	3.2	2.35	3.7	72

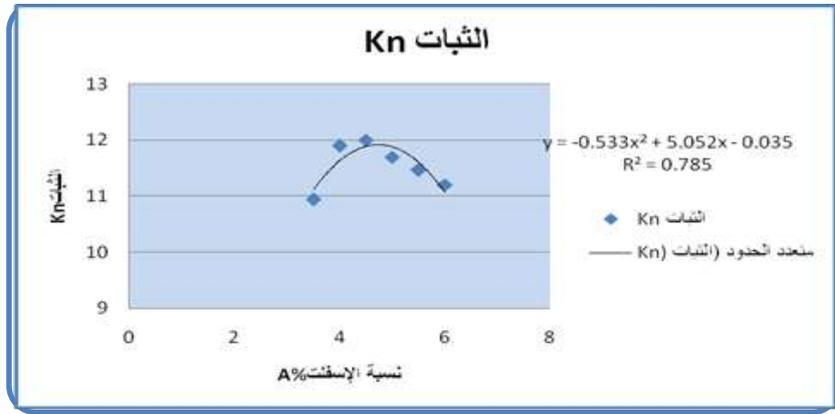
يبين هذا الجدول قيم الثبات والانسياب والكثافة والفراغات الهوائية والمليئة بالبيتومين للبيتومين المعدل وغير المعدل وذلك عند النسب المثالية للبيتومين التي حددت بإجراء تجربة مارشال مخبرياً. نلاحظ أن الخلطة البيتومينية A تميزت بخواص جيدة وعند إضافة الـ SBS نلاحظ أن الثبات قد تحسن والانسياب انخفض، يتوافق هذا الإنخفاض مع انخفاض قيم الممتولية للبيتومين المعدل، وينعكس هذا بشكل إيجابي على الممانعة الحرارية للخلطات البيتومينية. وكما ورد في المواصفات العامة للطرق والجسور فإن الثبات يجب ألا يقل عن 11Kn، الانسياب 2-4mm والفراغات الهوائية بين 3-5%.

المنحنيات الآتية تبين منحنيات تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام البيتومين القياسي (60-70)، والبيتومين المعدل باستخدام الـ SBS بنسبة 3.5%.

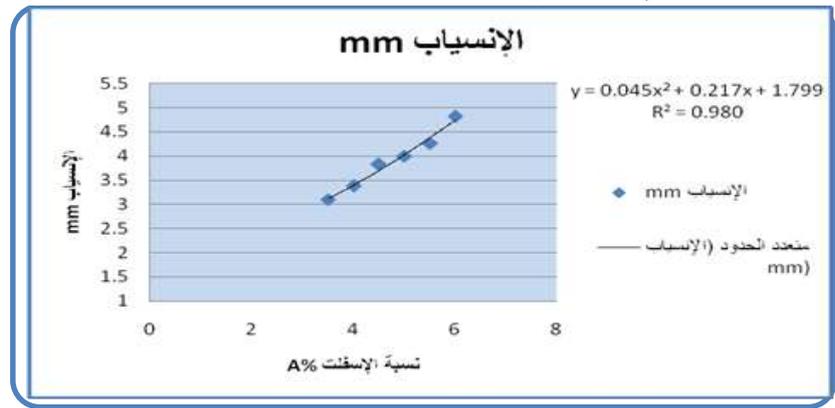
## 5-1- منحنيات تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام بيتومين 60-70:



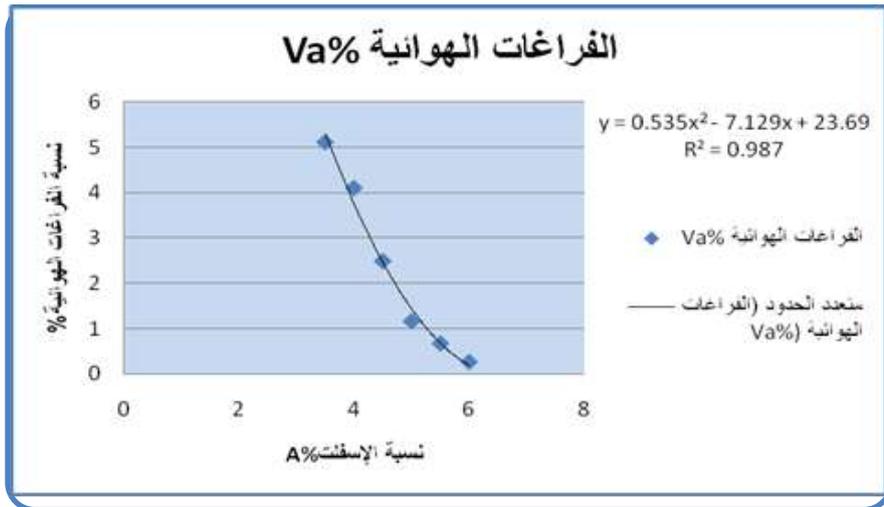
## منحني (4) يوضح تغير الكثافة بتغير نسبة البيتومين A



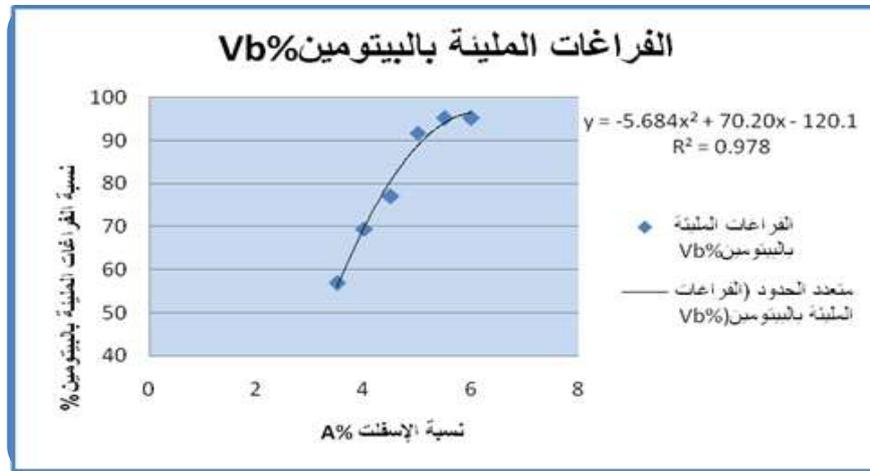
## منحني (5) يوضح تغير الثبات بتغير نسبة البيتومين A



## منحني (6) يوضح تغير الانسياب بتغير نسبة البيتومين A



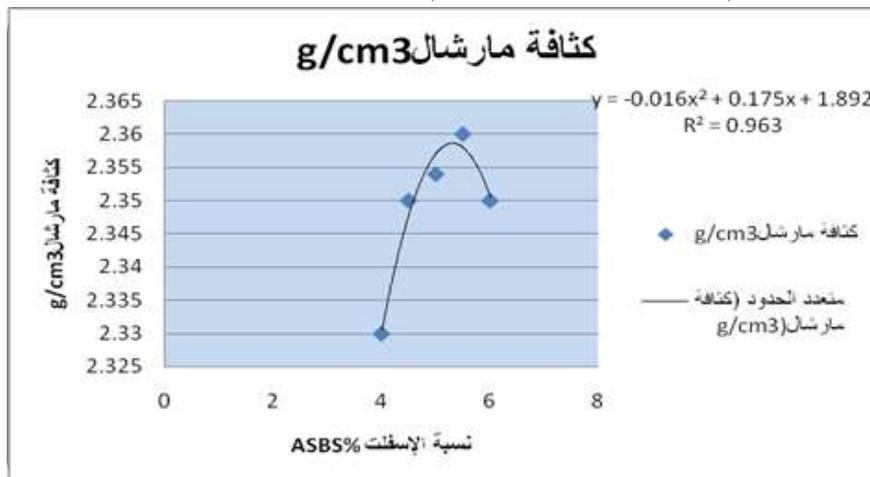
منحني (7) يوضح تغير الفراغات الهوائية بتغير نسبة البيتومين A



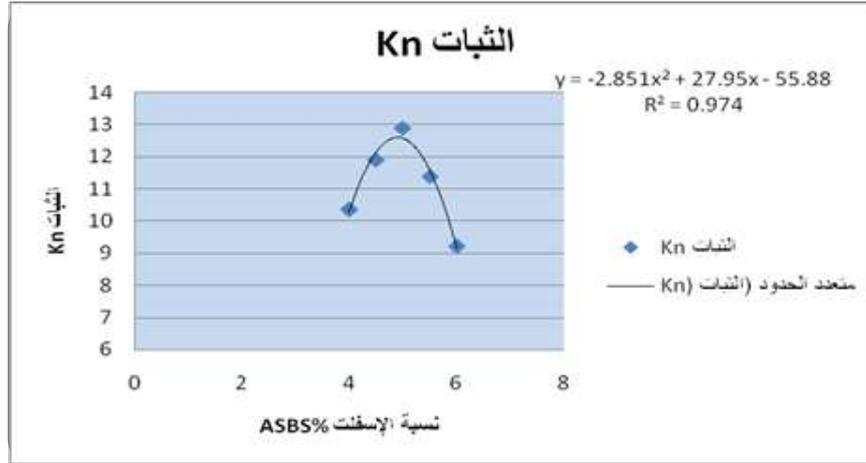
منحني (8) يوضح تغير فراغات المليئة بالبيتومين بتغير نسبة البيتومين A

النسبة المثالية للبيتومين = 4.75%

## 2-5- منحنيات تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام بيتومين معدل ب SBS :



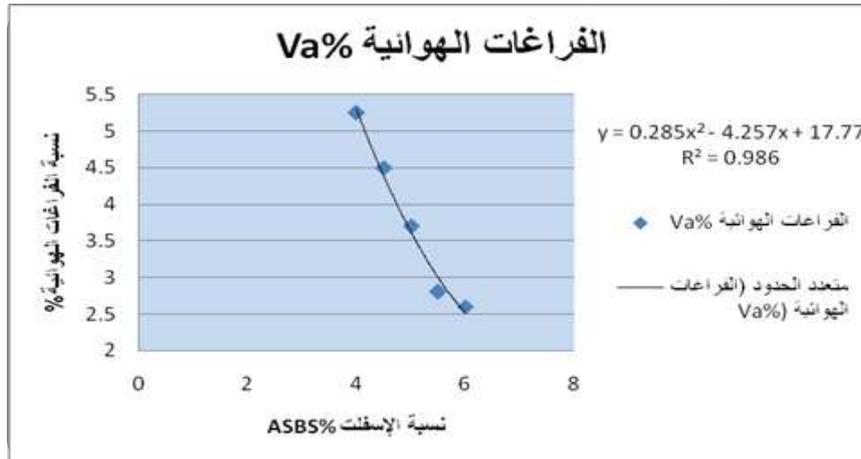
منحني (9) يوضح تغير الكثافة بتغير نسبة البيتومين A.SBS



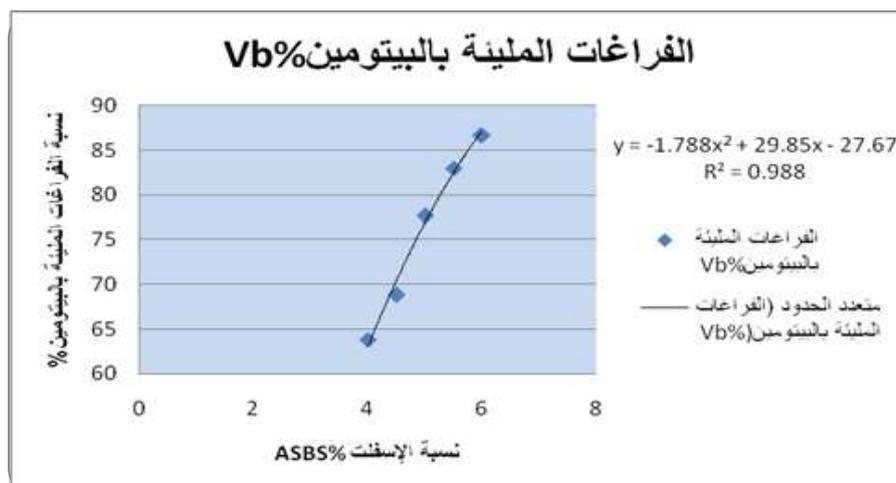
منحني (10) يوضح تغير الثبات بتغير نسبة البيتومين SBS.A



منحني (11) يوضح تغير الانسياب بتغير نسبة البيتومين SBS.A



منحني (12) يوضح تغير الفراغات الهوائية بتغير نسبة البيتومين SBS.A



منحني (13) يوضح تغير الفراغات المليئة بتغير نسبة البيتومين A.SBS

النسبة المثالية=4.76%

### 6-النقص في الثبات:

بعد تحديد النسب المثالية لنوعي البيتومين المستخدمة في الخلطات وفق طريقة مارشال تم تصنيع عينات من المجبول البيتوميني، كل ست عينات توافق نوع من أنواع البيتومين المستخدمة في هذا البحث وذلك وفق النسبة المثالية للبيتومين والمحددة وفق طريقة مارشال، أجريت عليها تجربة النقص في الثبات وكانت النتائج كالتالي:

جدول (7) يبين نتائج تجربة النقص في الثبات للبيتومين المعدل وغير المعدل

نقصان الثبات %	الثبات Kn		العينة
	بعد النقع بالماء بالدرجة 60°C لمدة 24h	بعد النقع بالماء بالدرجة 60°C لمدة 0.5h	
17	9.8	12	A.C
14.5	11	12.88	A.C,3.5,SBS

نلاحظ من الجدول السابق أن العينات السابقة تحقق شرط المواصفة بألا يتجاوز النقص في الثبات الـ 20%، ونلاحظ تحسن هذه النسبة باستخدام الـ SBS. وهذا يبدي تحسن في الممانعة الحرارية للخلطات المعدة من البيتومين المعدل حيث ارتفعت قيمة الثبات بمقدار 7.33% بعد إضافة الـ SBS إلى البيتومين، وانخفض نقصان الثبات من 17% إلى 14.5%.

تظهر هذه النتائج تحسن في الممانعة الحرارية باستخدام الـ SBS وبالتالي مقاومة أفضل تجاه تأثير الحرارة على الطبقة العلوية من الرصف اللين.

**الاستنتاجات والتوصيات:****الاستنتاجات:**

1- الخلطات المصنوعة من البيتومين غير المعدل تميزت بخواص جيدة، ويلاحظ في الخلطات المعدة من البيتومين المعدل تحسن طفيف في قيم الثبات، وانخفاض ملحوظ في قيم الإنسياب يتوافق هذا الإنخفاض مع انخفاض قيم الإستطالة للبيتومين المعدل.

2- باستخدام الـ SBS بنسبة %3.5 وزناً من البيتومين، نلاحظ أن قيمة الغرز بدرجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$  انخفضت بنسبة %32، ليتغير مجال الغرز من المجال 60-70 للبيتومين غير المعدل إلى المجال 40-50 للبيتومين المعدل بالـ SBS وانخفضت قيمة الغرز بدرجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$  بنسبة %6.4 وانخفضت قيمة الإستطالة بنسبة %34، وارتفعت قيمة درجة حرارة التميع بالمقدار %11. وهذا يوافق زيادة في قساوة البيتومين وممانعة حرارية أفضل.

3- بإجراء تجربة فاقد الوزن بالحرارة على البيتومين المعدل وغير المعدل نلاحظ أن قيم النقص في الوزن لم تتجاوز %1 بعد التسخين لمدة 5h، وقد حسنت الإضافات المستخدمة من نسبة الفاقد بالتسخين، فالبيتومين-3.5-A-3 SBS حسن قيمة الفاقد بنسبة %30

4- نلاحظ أن العينات المختبرة تحقق شرط المواصفة بألا يتجاوز النقص في الثبات الـ %20، ونلاحظ تحسن هذه النسبة باستخدام البيتومين المعدل بالـ SBS بنسبة %15. وبالتالي تحسن في مقاومة هذه الخلطات المعدة من بيتومين معدل تجاه التأثير الحراري الذي تتعرض له.

**التوصيات:**

1- التأكيد على استخدام البيتومين المعدل في صناعة المبول البيتوميني في سورية خاصةً المحسنة للممانعة الحرارية.

2- البحث في التأثير السلبي لدرجة الحرارة التي يتم عندها مزج البيتومين بالبولميرات.

3- دراسة تأثير البولميرات على تصنيف البيتومين وفق التركيب المجموعي لما له من دلالة على تقادم وتعب البيتومين.

4- دراسة تغير سلوك البيتومين المعدل وفق اللزوجة.

5- البحث في توضع البولميرات ميكروسكوبياً للبيتومين المعدل، لتحديد مدى تجانس البولمير وتوزعه ضمن البيتومين، لما له من أهمية في سلوك البيتومين المعدل.

## المراجع:

- 1-Dr.Charles W.Schwartz"*Evaluation Of ENI Modified Asphalt Concrete*" University Of Maryland At College Park, March 2002
- 2- FAA.Engineering and Specifications Division,AAS-200'*Polyethylene Modified Asphalt Cement*' Engineering Brief No.EB45 February 22,1990.
- 3-FILIPPO,Merusi • Giovanni Polacco •AntonellaNicoletti • Felice Giuliani"*Kerosene resistance of asphalt binders modified with crumb rubber: solubility and rheological aspects*" Materials and Structures DOI 10.1617/s11527-009-9579-7, December 2009
- 4- د.سلطان، بسام. 'لييوممة الخلائط البيتومينية المستخدمة في بلاد المناطق الحارة'. جامعة وارسو-1991. مترجم أطروحة دكتوراه.
- 5 JACKSON N. M; VINSON T. S "*Analysis of thermal fatigue distress of asphalt concrete pavements*" Transportation research record ISSN 0361-1981
- 6-BURAK,Sengoz , and GirayIsikyakar"*Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen*"Construction and Building MaterialsVolume 22, Issue 9, September 2008,Pages 1897-1905.