اختيار المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة
بالاعتماد على الظروف المحلية الليبية

عادل نوري الحمادي[1]، بشير العربي تنتوش[1]، أحمد خيري عـــابدين[2]

(1) قسم الهندسة المدنية/كلية الهندسة/جامعة طرابلس، (2) جهاز تنفيذ مشروعات المواصلات

bashir.tantosh@yahoo.com

المستخلص

مواصفات المادة الرابطة الاسفلتية في ليبيا تستند على نظام الغرز، والذي يعتمد على اختبارات تجريبية. الإسفلت الإسمنتي بدرجة غرز (70/60) هوالمادة الرابطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ الرصف الاسفلتي في ليبيا.

أداء الرصف الاسفلتي في المناطق الشمالية الساحلية يختلف عن أداءه في مناطق وسط وجنوب ليبيا، فكان أداء الرصف في المناطق الساحلية جيد بشكل عام، وغير مقبول في المناطق الصحراوية، حيث ظهرت الاضرار المبكرة بمعظم الطرق الصحراوية بسبب التقادم السريع للمادة الرابطة الاسفلتية وبسبب التغير الكبير في درجات حرارة الرصف خلال اليوم، وخلال دورة السنة.

يهدف البحث إلى اختيار المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة لدولة ليبيا بالاعتماد على الظروف المحلية ووفق لنظام الاداء. ولتحقيق اهداف البحث فقد تم اعتماد منهجية علمية تتمثل في تجميع بيانات درجات حرارة الهواء، وتم استخدام نماذج برنامج البحث الاستراتيجي للطرق (Strategic Highway Research Program - SHRP) لحساب درجة حرارة الرصف.

ومن خلال هذه الدراسة تبين أن المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة للطرق الصحراوية هي صنف الأداء (PG76-10)، بينما المناطق الساحلية يناسبها صنف الأداء (PG70-10).

الكلمات المفتاحية: ليبيا، المادة الرابطة الاسفلتية، نظام الغرز، صنف الأداء، نموذج التنبؤ، درجة حرارة الر صف.

ABSTRACT

The specifications of the asphalt binder in Libya are based on the penetration grading system, which relies on Imperial tests. The asphalt cement with a grade of (60/70) is the asphalt binder used in the implementation of asphalt paving in Libya.

The performance of asphalt paving in the coastal northern regions differs from its performance in the central and southern regions of Libya; the paving performance in the coastal areas was generally good, while it was not acceptable in the desert areas, where early damages appeared on most desert roads due to the rapid aging of the asphalt binder and the significant temperature variations of the pavement throughout the day and across the seasons.

This research aims to select the appropriate asphalt binder for the State of Libya based on local conditions and according to performance grade. To achieve the research objectives, a scientific methodology was adopted, which involves collecting air temperature data from meteorological stations and determining their locations, and using models from the Strategic Highway Research Program (SHRP) to calculate pavement temperature.

This study shows that the suitable asphalt binder for desert roads is Performance Grade (PG76-10), while the grade (PG70-10) is suitable for coastal areas.

Keywords: Libya, asphalt binding material, stitch system, performance grade, prediction model, paving temperature.

1-المقدمة

1-1 تمهيد

قبل عام 1993م، مواصفات المادة الرابطة الاسفلتية كانت تعتمد على أنظمة تجريبية (نظام الغرز ونظام اللزوجة)، وهذه المواصفات مبنية على الخبرة، وليس لها علاقة مباشرة بأداء الرصف في موقع المشروع. بعد عام 1993م أصدر برنامج البحث الاستراتيجي للطرق (Strategic Highway Research Program - SHRP) في الولايات المتحدة الامريكية نظام الاداء (Performance System) للمادة الرابطة الاسفلتية، وتبعا لذلك تغيرت المواصفات العالمية تغيراً جذريا بسبب التطور الذي حدث في مفهوم تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية، حيث تم ربط الظروف البيئية والمرور بخواص المادة الرابطة الاسفلتية.

الاسفلت الاسمنتي العادي بدرجة غرز (70/60) هو المادة الرابطة الاسفلتية الوحيدة المستخدمة في تصنيع الخلطات الاسفلتية الساخنة بليبيا، وحيث أن أداء الرصف الاسفلتي بالشريط الساحلي شمال ليبيا جيد بشكل عام خصوصاً في الطرق التي لم تتعرض إلى حركة نقل ثقيل كثيفة، إلا إن الطريق الساحلي بقطاع (مصراتة – طرابلس) يتميز بوجود حركة نقل ثقيل كثيفة نظراً لتركز الكثافة السكنية لليبيا بشمال-غرب البلاد، ولوجود مصنع الحديد والصلب في مصراتة، ومصانع الاسمنت في زليتن، وميناء مصراتة، وميناء الخمس، ولذلك لوحظ عليه ظهور أضرار التخدد والتشققات التمساحية المبكرة بعد مدة وجيزة من إعادة تأهيله طبقات الرصف.

2-1 هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى اختيار المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة لدولة ليبيا وفق لنظام الأداء وبالاعتماد على الظروف المحلية.

3-1 منهجية البحث

للوصول لهدف البحث، فقد تم اتباع الخطوات التالية: -

1 - مراجعة أنظمة تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية.

1 - مراجع الدراسات السابقة ذات العلاقة باختيار المادة الرابطة الاسفلتية وفق الاداء.

3- تجميع درجات حرارة الهواء القصوى والدنيا من دراسات سابقة لمختلف المدن الليبية.

4- تحديد خطوط العرض لمختلف المدن الليبية من الخرائط الجغرافية.

5- حساب درجات حرارة الرصف التصميمية القصوى والدنيا باستخدام نماذج برنامج البحث

الاستراتيجي للطرق.

6- تحديد صنف المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة وفق الموقع الجغرافي وحركة المرور.

3-1 مراجعة الدراسات السابقة

أوضحت عدة دراسات محلية للبيانات المجمعة من محطات الوزن علي الطريق الساحلي قطاع (مصراته-طرابلس) بأن الزيادة الكبيرة في أعداد وحمولات مركبات النقل هو السبب الرئيسي في حدوث الاضرار المبكرة بالطريق الساحلي، حيث وصلت الزيادة في حمولات مركبات النقل الثقيل 150 % مقارنة بالحمولات القانونية[1].

كما لوحظ ظهور التشققات الحرارية (العرضية والطولية والكتلية) على جميع الطرق الصحراوية بالرغم من الحركة الخفيفة للمرور على هذه الطرق ، واثبتت دراسة تفصيلية شاملة لأضرار الرصف بالمناطق الجنوبية من ليبيا أن أسباب الاضرار المبكرة الشائعة في المناطق الصحراوية هو التقادم السريع للمادة الرابطة الاسفلتية بسبب الحرارة العالية ومجال تغيرها الواسع خلال دورة اليوم الواحد وخلال الدورة السنوية، وأن الاسفلت الاسمنتي (70/60) ليس هو المادة الاسفلتية الرابطة المناسبة للاستخدام في الخلطات الاسفلتية الساخنة لتنفيذ الرصف في المناطق الصحراوية الليبية[2].

2- الأنظمة التجريبية لتصنيف المادة الرابطة الاسفلتية

2-1 تمهيد

يوجد نظامان تجريبيان لتصنيف المادة الرابطة الاسفلتية وهما، نظام الغرز، ونظام اللزوجة. في نظام الغرز يتم تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية بناءاً على قيمة الغرز عند 25 ^{o}م، وتزداد ليونة المادة الرابطة الاسفلتية كلما زادت قيمة الغرز. أما في حالة نظام اللزوجة، يتم تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية بناءاً على اللزوجة عند 60 ^{o}م. كما أن المواصفات لنظام اللزوجة تتطلب أيضا أدني لزوجة عند 135 ^{o}م. جدول رقم (1) يعرض التصنيفات القياسية لنظامي الغرز واللزوجة. الصف العلوي يمثل المواد الاسفلتية الجاسئة، بينما الصفوف السفلي تمثل المواد الاسفلتية اللينة (الناعمة)، في العادة تستخدم التصنيفات اللينة في المناخ البارد لمقاومة التشققات الحرارية، وتستخدم التصنيفات الجاسئة في المناخ الدافئ والحار لمقاومة التشوه الدائم (التخدد).

جدول رقم (1): تصنيفات المادة الرابطة وفق نظامي الغرز واللزوجة

نظام اللزوجة	نظام الغرز

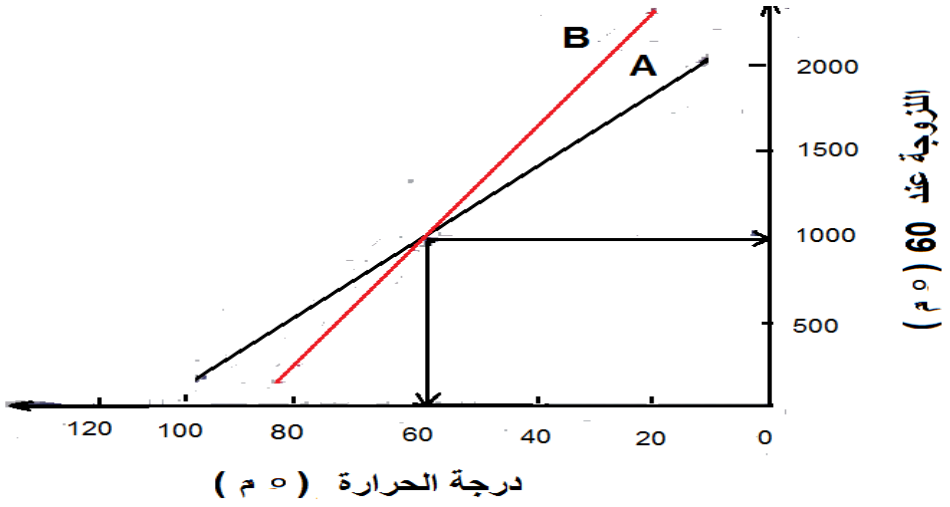
التصنيف	الغرز (0.1 ملم)	التصنيف	اللزوجة (عند 60°م بويز)
Pen.40/50	40/50	AC-40	4000±800
Pen.60/70	60/70	AC-30	3000±600
Pen.85/100	85/100	AC-20	2000±400
Pen.120/150	120/150	AC-10	1000±200
Pen.200/300	200/300	AC-5	500±100
		AC-2.5	250±50

2-2 عيوب الأنظمة التجريبية

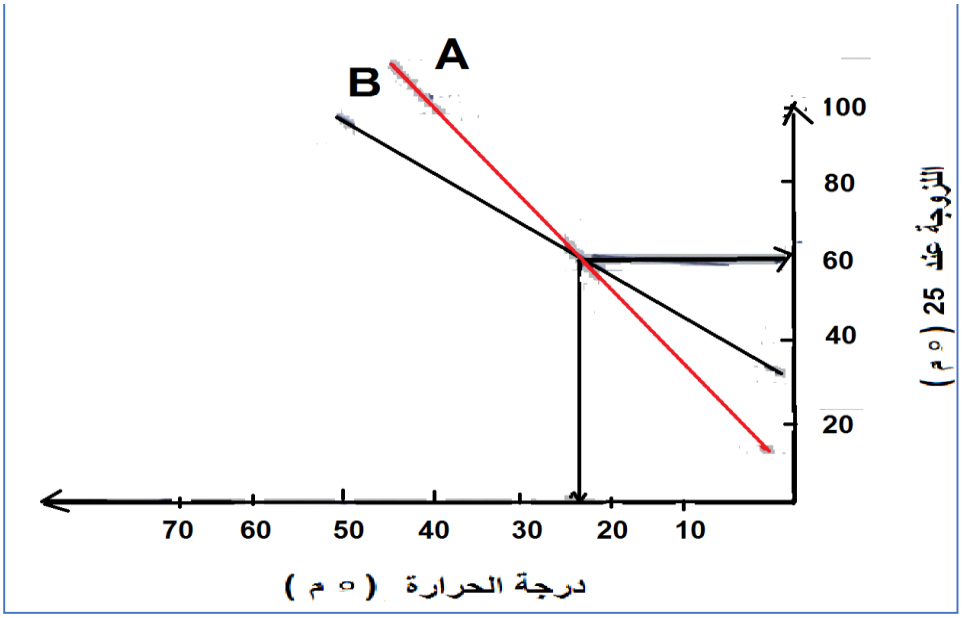
تعتمد أنظمة الغرز واللزوجة على اختبارات تجريبية، ومواصفاتها تعتمد على الخبرة دون الاخذ في الاعتبار نظريات أداء الرصف، وعليه فإن هذه المواصفات اعتمدت على نتائج لظروف معينة إذا ما تغيرت هذه الظروف يمكن ان تتغير النتائج. تجربة الغرز هي مقياس لقوام المادة الرابطة الاسفلتية، ولكن متطلبات القوام يتم الحصول عليها من خلال الخبرة، فإذا ما تغيرت الظروف لم تعد متطلبات القوام دقيقة، ولا يمكن معرفة درجة دقتها الا بعد الحصول على النتائج تحت الظروف الجديدة.

قصور أخر في الانظمة التجريبية، أنها لم تأخذ في الاعتبار تقادم المادة الرابطة الاسفلتية أثناء الخدمة (تقادم على المدي البعيد). كما ان الاختبارات تجري فقط على المادة الرابطة الاسفلتية الجديدة والمادة الرابطة الاسفلتية المتقادمة على المدي القصير (الذي يحدث اثناء تصنيع الخلطة الاسفلتية)، أي انه لا توجد اختبارات في النظامين لمحاكاة التقادم للمادة الرابطة الاسفلتية اثناء الخدمة، والذي يحدث عندما يتفاعل الاسفلت والاكسجين من الهواء الجوي وهو ما يعرف بعملية الاكسدة. ينتج عن عملية الاكسدة زيادة في جسأة المادة الرابطة الاسفلتية، ويصبح الاسفلت جاسئ وقابل للتقصف مسببا اضرار التشققات المبكرة. وحيث ان عملية الاكسدة تحدث اسرع عند درجات الحرارة العالية فان المادة الرابطة الاسفلتية معرضة الي

تقادم اكبر اثناء الخدمة في المناطق الحارة، عيب اخر في الانظمة التقليدية هو ان الاختبارات لا تغطي كامل درجات الحرارة المتطرفة التي يتعرض لها الرصف، كما ان المواد الرابطة الاسفلتية التي تعطي نفس النتائج عند درجات الحرارة المستخدمة في اختبارات الغرز واللزوجة تعطي نتائج مختلفة عند درجات الحرارة الأخرى التي يتعرض لها الرصف، فمثلا المواد الرابطة الاسفلتية (B, A) الموضحة في الشكلين (1), (2) استوفت نفس المواصفات ويتوقع ان يكون لها نفس الاداء عند التنفيذ والخدمة تحت الظروف الجوية الحارة والباردة ولكن الواقع غير ذلك، كما يمكن الإشارة بانه تم استحداث اختبارات الغرز واللزوجة في عهود الاحمال المرورية المنخفضة. حيث كان وزن مركبة النقل في حدود في حدود 32 طن وبضغط عجلات 516 كيلو بسكال، اما اليوم فوزن مركبة النقل تزيد عن 40 طن وضغط العجلات يفوق 860 كيلو بسكال؛ فمثلا 10% زيادة في وزن مركبة النقل ينتج عنه 40% زيادة في الاجهادات. وبسبب هذه التغيرات في ظروف الطريق، فالخبرة السابقة لم تعد كافية لوضع تصنيف للمادة الرابطة الاسفلتية.



شكل رقم (1): مقارنة بيانية لمادتين اسفلتيتين رابطتين تستوفيان مواصفات تصنيف اللزوجة



شكل رقم (2) مقارنة بيانية لمادتين رابطتين تستوفيان مواصفات تصنيف الغرز

تحتاج الى تغيير الكتابة على المحور الصادي من لزوجة الى (الغرز عند 25)

3 – نظام الاداء لتصنيف المادة الرابطة الاسفلتية

استبدلت في الولايات المتحدة الامريكية انظمة التصنيف التجريبية للمادة الرابطة الاسفلتية بنظام تصنيف الاداء (Performance Grading System)، واصبحت الاختبارات تقيس خواص المادة الرابطة الاسفلتية ذات العلاقة المباشرة بالأداء الحقلي للرصف.

3 – 1 الظروف الحرجة للمادة الرابطة الاسفلتية

تختبر المواد الرابطة الاسفلتية وفق الاداء تحت ثلاثة ظروف حرجة للمادة الرابطة الاسفلتية وهي:-

- مرحلة النقل والتخزين والمناولة.

- مرحلة انتاج الخلطات الاسفلتية الساخنة وتنفيذها في الموقع: وتستخدم تجربة فرن الغشاء الرقيق الدوار (Rotating Thin Film Oven Test) لمحاكاة التقادم على المدي القصير وتأهيل العينات للاختبار في هذه المرحلة.
- مرحلة العمر الخدمي: وهي مرحلة التقادم على المدي البعيد ويتم محاكاة ذلك عن طريق تأهيل العينات للاختبار بتعريضها للحرارة والضغط في تجربة وعاء التقادم بالضغط (Pressure Aging Vessel Test).

الجدول رقم (2) يعرض نقاط القصور في أنظمة التصنيف التجريبية، والاختبارات والمواصفات بنظام الأداء لمعالجة هذا القصور.

جدول رقم (2): القصور في أنظمة التصنيف للمادة الرابطة الاسفلتية ومعالجات نظام الأداء للقصور.

قصور أنظمة التصنيف التجريبية	اختبارات ومواصفات نظام الأداء لمعالجة القصور
الاختبارات تجريبية وليس لها علاقة مباشرة بأداء الرصف الاسفلتي.	الخواص الفيزيائية المقاسة لها علاقة مباشرة بالأداء الحقلي عن طريق الأسس الهندسية.
تجري الاختبارات عند درجة حرارة قياسية دون الاخذ في الاعتبار المناخ الذي استخدم به المادة الرابطة الاسفلتية.	معيار الاختبار يبقى ثابت، بينما درجة الحرارة والتي يتحقق عندها هذا المعيار تتغير بالنسبة للتصنيف المختار للظروف المناخية السائدة.
لا يتم تغطية مجال درجة حرارة الرصف في أي موقع بشكل كاف.	يتم تغطية كامل مجال درجة حرارة الرصف في أي موقع.
يتم محاكاة التقادم في مرحلتين فقط: 1-أثناء التخزين (أسفلت الخزان). 2-التقادم على المدى القصير.	يتم محاكاة التقادم في ثلاثة مراحل: 1-أثناء التخزين (أسفلت الخزان). 2-التقادم على المدى القصير. 3-التقادم على المدى البعيد.
في نفس التصنيف يمكن أن يوجد مواد رابطة عندها خواص مختلفة.	التصنيف أكثر دقة، ولا يوجد تداخل بين التصنيفات.
المواد الاسفلتية المعالجة غير مشمولة في هذه التصنيفات	يشتمل على المواد الاسفلتية المعالجة وغير المعالجة.

3-2 تصنيفات نظام الاداء للمادة الرابطة الاسفلتية

يحدد تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية طبقاً لنظام الأداء بناءاً على المجال الحراري المتوقع أن يتعرض له الرصف. متطلبات الخواص الفيزيائية مثل الجساءة (Stiffness) ومعايير القص الحركي (Dynamic Shear Modulus) ثابتة لكل الأصناف، والذي يميز مختلف الأصناف هو أن درجة الحرارة التي عندها تتحقق المتطلبات. فمثلاً تصنيف (PG64-22) يعني أن المادة الرابطة الاسفلتية يجب أن تحقق متطلبات الخواص على الأقل حتى أقصى درجة حرارة 64°م وحتى أقل درجة حرارة -22 °م، جدول (3) يعرض التصنيفات النموذجية لنظام الاداء [4]

- درجة الحرارة القصوى +46 °م تقابلها درجات حرارة دنيا -34، - 40، -46 ينتج عنها:

  (PG46 -34)، (PG 46-40)، (PG 46-46)

- درجات الحرارة في الجدول رقم (3) هي درجات حرارة الرصف، ويمكن التنبؤ بها من درجات حرارة الهواء المتوفرة بمحطات الرصد الجوي، ولمدة سنوات طويلة. ويعّرف نظام الاداء درجة الحرارة القصوى ودرجة الحرارة الدنيا بـــ متوسط اعلي درجة حرارة للهواء لمدة 7 ايام متتالية وأقل درجة حرارة مسجلة في السنة.
- تجمع البيانات الحرارية على مدى سنوات، وتحسب قيم متوسط أقصي وأدنى درجة حرارة تصميمية للرصف عن طريق التعويض بالمتوسط والانحراف المعياري وخط العرض في نماذج التنبؤ بدرجات حرارة الرصف لنظام الاداء.

جدول رقم (3) تصنيفات المادة الرابطة الاسفلتية كما هي محددة في نظام الاداء [4]

تصنيف درجة الحرارة القصوى (°م)	تصنيف درجة الحرارة الدنيا (°م)
PG 46	-34, -40, -46
PG 52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58	-16, -22, -28, -34, -40

-10, -16, -22, -28, -34, -40	PG 64
-10, -16, -22, -28, -34, -40	PG 70
-10, -16, -22, -28, -34	PG 76
-10, -16, -22, -28, -34, -40	PG 82

4–تحديد المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة لكل منطقة جغرافية

لتحديد المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة لكل منطقة جغرافية بليبيا، فقد تم استخدام نماذج التنبؤ بدرجات حرارة الرصف العليا والدنيا المستحدثة ببرنامج البحث الاستراتيجي للطرق [3-5]، وكذلك استخدام درجات حرارة الهواء التصميمية لمختلف مدن ليبيا، والتي قام الباحث احمد عابدين بحسابها بدراسة سابقة [6].

1-4 نماذج التنبؤ بدرجات حرارة الرصف

من خلال برنامج البحث الاستراتيجي للطرق ، فقد تم استحداث نماذج التنبؤ بدرجات حرارة الرصف العليا والدنيا بمعلومية بيانات درجة حرارة الهواء وهي: -

أ- <u>نموذج درجة حرارة الرصف القصوى</u>: طور برنامج بحوث الطرق الاستراتيجي نموذج انحداري لدرجة الحرارة القصوى بالاعتماد على البيانات المجمعة من جميع أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية. ويعرف نظام الاداء درجة حرارة الرصف القصوى التصميمية على عمق 20 ملم من سطح الرصف [3-5] .

$$T(20mm) = (Tair - 0.00618Lat2 + 0.2289Lat + 42.2)(0.9545) - 17.78 \dots\dots\dots (4-1)$$

حيث:

T(20mm) = درجة حرارة الرصف علي عمق 20 ملم (°م)

T(air)= متوسط اعلي درجات حرارة قصوى خلال فترة 7- ايام متتالية (°م)

Lat= خط عرض الموقع (درجة).

<u>ب - نموذج</u> <u>درجة حرارة الرصف الدنيا</u>**:** اعتبر برنامج بحوث الطرق الاستراتيجي درجة حرارة الهواء الدنيا هي حرارة الرصف الدنيا التصميمة [3-5]. وتؤخذ درجة الرصف الدنيا التصميمة عند سطح الرصف ولحساب أدنى درجات حرارة للرصف على اعماق مختلفة يمكن استخدام النموذج التالي:

$$Td = Tair - 0.051d - 0.000063d2 \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

حيث:-

Td= ادني درجة للرصف عند عمق d (oم)

D= العمق المراد تقدير درجة الحرارة عنده (ملم)

Tair= ادني درجة حرارة هواء يومية في السنة (^{o}م)

المعادلتان (4-1) و (4-2) تتنبأ بدرجة حرارة الرصف عند مستوي موثوقية (50%)، ونظام الاداء يسمح باستخدام عدة مستويات موثوقية عند اختيار تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية.

ويمكن التنبأ بدرجة حرارة رصف قصوى عند مستوي موثوقية (98%)، باستخدام المعادلة:

$$T_{(98\%)} = T_{(50\%)} + 2\ б \quad \text{.....(3-4)}$$

فمثلا تصنيف درجة الحرارة القصوى 64 ^{o}م عند مستوى موثوقية 98 % يعني ان 98 % من الوقت درجة حرارة الرصف لا تزيد عن 64 ^{o}م.

وكذلك يمكن التنبأ بدرجة حرارة رصف قصوى عند مستوي موثوقية (98%)، باستخدام المعادلة:

$$T_{(98\%)} = T_{(50\%)} - 2\ б \quad \text{.....(4-4)}$$

б= انحراف معياري (Standard Deviation)

2-4 تحديد درجات حرارة الهواء التصميمية

.... بهذه الدراسة، تم استخدام درجات الهواء التصميمية القصوى والدنيا التي قام الباحث احمد عابدين بحسابها لعدة مدن في ليبيا بدراسة موسوعة [6].

الجدول رقم (4) يعرض ملخص لمتوسط أعلى درجات الحرارة للهواء، ولمتوسط أدنى درجات حرارة للهواء، والانحرافات المعيارية لها(б Standard Deviation) ، وخطوط العرض لعدد من المدن الليبية [6].

3-4 اختيار صنف المادة الرابطة الاسفلتية على أساس المناخ

تم اختيار صنف المادة الرابطة على أساس المناخ من خلال الخطوات التالية:

- تحديد متوسط أقصى درجة حرارة هواء تصميمة لكل مدينة (من الجدول 4).
- حساب درجات حرارة الرصف القصوى عند مستوي موثوقية 50% (استخدام المعادلة (4-1).
- حساب درجات حرارة الرصف الدنيا عند مستوي موثوقية 98% (استخدام المعادلة (4-2).

- حساب درجات حرارة الرصف القصوى عند مستوي موثوقية 98% (استخدام المعادلة (4-3).
- حساب درجات حرارة الرصف الدنيا عند مستوي موثوقية 50% (استخدام المعادلة (4-4).

فمثلا عند التطبيق على منطقة طرابلس، فسنحصل على النتائج التالية:

- متوسط اقصى درجة حرارة للهواء = 45.43 ^{o}م (الجدول 4)
- الانحراف المعياري σ= 0.553 (الجدول 4)
- خط العرض لمنطقة طرابلس = 32.9 درجة

وبالتعويض في المعادلة (4-1) نحصل على اقصى درجة حرارة للرصف بموثوقية (50 %) وهي: (66.85 ^{o}م) وبالتعويض في المعادلة (4-3) نحصل على اقصى درجة حرارة للرصف بموثوقية (98 %) هي (67.96 ^{o}م).

الجدول رقم (4): درجات حرارة الهواء العليا والدنيا والانحراف المعياري وخطوط العرض لمدن ليبية [6]

المنطقة	خط العرض Lat	أدني درجة حرارة ^{o}م		أقصى درجة حرارة ^{o}م	
		المتوسط	الانحراف المعياري Standard Deviation (σ)	المتوسط	الانحراف المعياري Standard Deviation (σ)
طرابلس	32.9	−1.58	0.326	45.43	0.553
سرت	31.2	−0.669	0878	49.89	1.6547
الخمس	32.63	−3.09	1.1616	46.96	1.4316
زوارة	32.93	−2.408	0.93	47.06	0.645
مصراته	32.367	−1.763	1.106	47.51	1.069
درنة	32.75	0.728	0.881	42.83	0.923
بنغازي	32.112	−0.229	0.543	44.32	0.6517
طبرق	32.067	1.213	0.287	42.84	1.134
الزاوية	30.75	−2.619	0.539	47.07	0.45
غريان	32.172	−2.89	0.576	43.28	0.624
سبها	27.033	−2.69	1.21	47.336	0.718
اوباري	26.583	−4.44	0.791	47.748	0.517
غدامس	30.08	−3.01	0.245	48.053	0.334
غات	24.95	0.101	0.95	48.00	0.346
هون	29.117	−2.89	0.66	46.64	0.42

وبالتعويض في المعادلة (4−2) يكون متوسط ادني درجة حرارة للرصف هي

(– 1.58) وبـــانحراف معيـــاري (0.326 °م) وبموثوقيـــة (50 %)، وبـــالتعويض فـــي المعادلـــة (4-4) نحصل على أدني درجة حرارة للرصف بموثوقية (98%) هي (– 2.23 °م).

الجدول (5) يعرض درجات حرارة الرصف التصميمية العليا والدنيا لعدد من المدن الليبية.

الجدول رقم (5): درجات حرارة الرصف التصميمية العليا والدنيا لمدن ليبية

المنطقة	درجة حرارة الرصف التصميمية العليا °م	درجة حرارة الرصف التصميمية الدنيا °م
طرابلس	66.85	-1.52
سرت	71.385	0.744
الخمس	68.36	-1.923
زوارة	68.407	-0.86
مصراته	68.930	-0.212
درنة	64.401	3.238
بنغازي	65.923	1.514
طبرق	64.52	3.426
الزاوية	68.76	-1.587
غريان	64.93	-2.152
سبها	69.468	-3.42
اوباري	69.905	-5.082
غدامس	69.762	-2.69
غات	70.285	-6.40
هون	68.56	-3.32

4-4 اختيار صنف المادة الرابطة الاسفلتية على أساس المناخ وحركة المرور

يتم اختيار تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية على أساس المنـــاخ وحركـــة المـــرور (ســـرعة وحجـــم المـــرور) باستخدام الجدول رقم (6)، وبتتبع الخطوات التالية:

- تحديد نوع الحمل المروري.
- التحرك افقيا الي درجة حرارة الرصف التصميمية العليا.
- التحرك الي أسفل الي درجة حرارة الرصف التصميمية الدنيا.

- تحديد التصنيف المناسب للمادة الرابطة الاسفلتية.

فمثلا في حالة مدينة طرابلس وبحمل مرور بطيء يكون الصنف المناسب هو :(PG70-10).

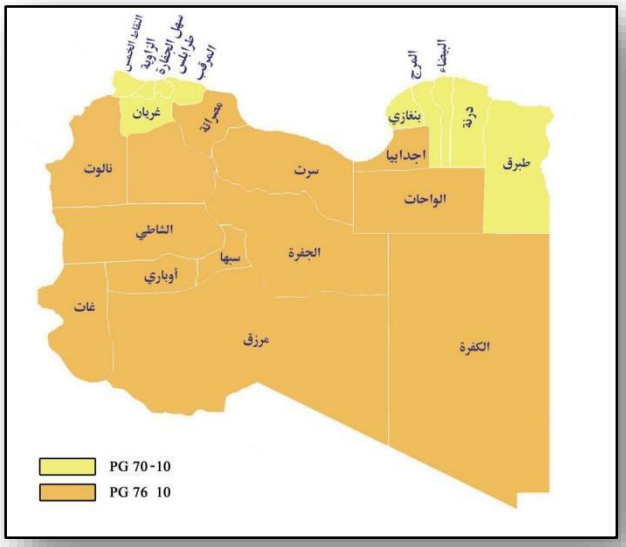
والجدول رقم (7) والشكل (3) يوضحان تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية لمختلف المدن الليبية.

الجدول (6): اختبار تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية على أساس المناخ وسرعة وحجم المرور

الأحمال		درجة الحرارة العليا التصميمية				
متوقف		40 to 46	46 to 52	52 to 58	58 to 64	64 to 70
بطيء 50كم/ساعة		64 to 52	52 to 58	58 to 64	64 to 70	70 to 76
سريع > = 100 كم/ساعة		52 to 50^0	58 to 64	64 to 70	70 to 76	76 to 82
درجة الحرارة الدنيا التصميمية	>-10	PG58-10	PG64-10	PG70-10	PG76-10	PG82-10
	-10 to -16	PG58-16	PG64-16	PG70-16	PG76-16	PG82-16
	-16 to -22	PG58-22	PG64-22	PG70-22	PG76-22	PG82-22

جدول **(7)** تصنيف الاداء لمختلف المدن الليبية

المدينة	التصنيف	المنطقة	التصنيف
طرابلس	PG70-10	الزاوية	PG70-10
سرت	PG76-10	غريان	PG70-10
الخمس	PG76-10	غدامس	PG76-10
زوارة	PG70-10	غات	PG76-10
مصراتة	PG76-10	هون	PG76-10
درنة	PG70-10	سبها	PG76-10
بنغازي	PG70-10	أوباري	PG76-10
طبرق	PG70-10		



الشكل رقم (3): تصنيفات الأداء المناسبة لمختلف المدن الليبية

5 – الخلاصة

من خلال ما تم استعراضه في هذه الورقة يمكن استخلاص النتائج التالية:-

1 – التصنيفات التجريبية للمادة الرابطة الاسفلتية (تصنيف الغرز وتصنيف اللزوجة) لم تعد صالحة لاختيار المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة للظروف الليبية، بسبب درجات الحرارة العالية والمدي الواسع في اختلافها، والنمو المتسارع في عدد وحمولات مركبات النقل الثقيل.

2- ضرورة تبني نظام تصنيف الاداء عند اختيار تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية لأنه يعالج القصور الموجود في الانظمة التجريبية.

3- تصنيف المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة لمختلف المناطق الجغرافية بليبيا هى (PG76-10) باستثناء مناطق شمال غرب، شمال شرق ليبيا كما هو موضخ بالشكل (3) فإن المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة هي (PG70-10).

6 -المراجع: (Reference)

1- رائد بن حمودة وعدنان عريبي، تأثير زيادة الاحمال المحورية على العمر التصميمي للطرق، مشروع تخرج، قسم الهندسة المدنية-جامعة طرابلس، خريف، 2013

2- محمد بن عمر، احمد الرابطي، الهاشمي الهادي، الظروف البيئية بجنوب ليبيا وتأثيرها على اختيار المادة الرابطة الاسفلتية المناسبة للطرق، كلية الهندسة، مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس،2007.

3- Superpave^{TM} Asphalt Mixture Design &Analysis ,National Asphalt Training Center ،Demonstration Project 101. FHWA Office Of Technology Application, WA .D.C and Asphalt Institute ,Lexington, KY. Sept , 1994.

4- Performance Graded Binder Materials For Hot Mix Asphalt, Pavement Technology Advisory, Illinois Department of Transportation Bureau of Materials and Physical Research PTA- D4 (E.02/2005).

5- Hamed M. A., Amjad H. A., Alaa S. A., The Transition to A PG Grading

6-أحمد عابدين، تأثير نموذج التنبؤ بدرجات الحرارة والموقع الجغرافي على اختيار المادة الرابطة الاسفلتية، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس،2015.