Journal of Technology Research (JTR)
Volume 3, Special Issue, (2025), pp 243-257, ISSN 3005-639X
The 7th Conference of Engineering Sciences and Technology
(CEST-2025)

Evaluating the Quality of Locally Manufactured Ordinary Portland Cement

Ramadan M. Albtti[1], Mohamed A. Benhalem[1*], Salim S. Khoujah[1]

[1]Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Al-Asmarya University, Zliten, Libya.
*Corresponding author email: r.albtti@asmarya.edu.ly.

Received: 24-09-2025 | Accepted: 08-11-2025 | Available online: 25-12-2025 | DOI:10.26629/jtr.2025.26

ABSTRACT

Ordinary Portland cement is one of the most widely used construction materials in building and concrete projects, and assessing its quality is a key factor in ensuring that the produced concrete conforms to standard specifications. This research aims to study the quality of ordinary Portland cement produced in several Libyan factories (Zliten, Al-Burj, Al-Fataih, Al-Hawari, and Labda) through a series of physical, mechanical, and chemical tests. These tests included fineness, standard consistency, initial and final setting times, compressive strength (tested using standard mortar cubes after 3, 7, and 28 days), and the main chemical composition of the cement. The results showed that most of the factories (Zliten, Al-Burj, Al-Fataih, and Al-Hawari) conform to Libyan, European, and American specifications. However, the cement from the Labda factory showed deficiencies in early and final compressive strength, making it more akin to low-heat cement. The study concluded with recommendations for improving quality in Libyan cement factories, including optimizing the proportions of mineral components and developing quality control systems.

Keywords: Cement mortar, setting time, compressive strength, smoothness, standard consistency.

تقييم جودة الإسمنت البورتلاندي العادي المصنَّع محليا

رمضان محمد البتي[1]، محمد عبدالله بن حليم[1]، سالم صالح خوجة[1]

[1] الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، الجامعة الأسمرية ، زليتن ، ليبيا.

الملخـــــص

يُعَدُّ الإسمنت البورتلاندي العادي من أكثر المواد الإنشائية استخداماً في مشاريع البناء والخرسانة، ويُشكّل تقييم جودته أحد العوامل الأساسية لضمان مطابقة الخرسانة المنتجة للمواصفات القياسية. يهدف هذا البحث إلى دراسة جودة الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج في عدد من المصـــانع الليبية (زليتن، البرج، الفتائح، الهواري، لبدة)، من خلال مجموعة من الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية شملت النعومة، القوام القياسي، زمن الشك الابتدائي والنهائي، مقاومة الضغط، باختبار مكعبات مونة قياسية (بعد 3، 7، 28 يوماً) , المركبات الكيميائية الرئيســية للإســمنت .. أظهرت النتائج أن معظم المصـــانع (زليتن، البرج، الفتائح، الهواري) مطابقة للمواصفات الليبية والأوروبية والأمريكية، بينما أظهر إسمنت مصنع لبدة قصوراً في مقاومة الضغط المبكرة والنهائية، مما يجعله أقرب إلى إسمنت منخفض الحرارة. خلصت الدراسة إلى توصيات لتحسين الجودة في مصانع الإسمنت الليبية، بما في ذلك تحسين نسب المكونات المعدنية وتطوير أنظمة ضبط الجودة.

الكلمات المفتاحية: المونة الإسمنتية، زمن الشك، مقاومة الضغط ، النعومة ، القوام القياسي.

"Articles published in *J Technol Res* are licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License."

1. المقدمة

يُعَدّ الإسمنت من أهم المواد المستخدمة في صناعة الخرسانة، إذ يعمل كعنصر لاحم يربط بين المكونات المختلفة (الركام الناعم والخشن والماء)، ويتميز بقدرته على التفاعل الكيميائي مع الماء لتكوين عجينة صلبة تمتاز بمقاومتها العالية للأحمال وباستقرارها تحت الظروف البيئية المختلفة [1].

ونظرًا للدور الحيوي الذي يلعبه الإسمنت في تحديد جودة ومتانة الخرسانة، فإن مراقبة جودة الإسمنت تُعَدّ من أهم المراحل في صناعة مواد البناء، حيث تضمن إنتاج مادة مطابقة للمواصفات القياسية المعتمدة محلياً وعالمياً[2] .

في ليبيا، تعتمد المواصفة القياسية الليبية رقم (**L.S 340/2009**) كمرجع لتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للإسمنت البورتلاندي العادي، وتشمل هذه الخصائص: النعومة، والزمن الابتدائي والنهائي للتصلب، ، ومقاومة الضغط، بالإضافة إلى الفحوصات الكيميائية وغيرها[3] .

ولغرض المقارنة والتقييم العلمي، تم الرجوع كذلك إلى المواصفة الأمريكية **ASTM C150** الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، وكذلك المواصفة الأوروبية **EN 197-1** التي تُحدد متطلبات الأداء للإسمنت بأنواعه المختلفة[5-4].

يهدف هذا البحث إلى تقييم جودة الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً في ليبيا من خلال دراسة مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية، ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع المواصفات القياسية (الليبية، الأمريكية، الأوروبية)، وذلك لتحديد مدى مطابقة المنتج المحلي لهذه المواصفات ومدى التباين بين المصانع المحلية المنتجة له.

كما يهدف البحث إلى تحديد المصنع الذي يقدم أفضل جودة من حيث الخصائص الفيزيائية للإسمنت، استناداً إلى نتائج الفحوصات المعملية، لما لذلك من أثر مباشر على أداء الخرسانة المنتجة محلياً من مواد متوفرة في منطقة الدراسة.

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يُسهم في رفع كفاءة وجودة صناعة الإسمنت والخرسانة في ليبيا، من خلال توفير بيانات علمية دقيقة حول أداء المنتج المحلي مقارنة بالمواصفات العالمية. كما يُساعد على تحسين استراتيجيات ضبط الجودة في المصانع المحلية، ويُعزز ثقة المستهلكين في استخدام الإسمنت الوطني في المشاريع الإنشائية الكبرى.

إضافةً إلى ذلك، يُسهم هذا التقييم في تقليل الاعتماد على الإسمنت المستورد، مما ينعكس إيجاباً على الاقتصاد الوطني من خلال دعم الصناعة المحلية وتقليل التكلفة الإجمالية لمشروعات البناء والتشييد.

2. الجانب العملي والمنهجية:

2.1 مشكلة البحث

تُعتبر جودة الإسمنت البورتلاندي العادي من العوامل الأساسية التي تؤثر مباشرة على أداء الخرسانة ومتانتها في المشاريع الإنشائية. وفي السنوات الأخيرة، لوحظ وجود تفاوت في خصائص الإسمنت المنتج محلياً في ليبيا من حيث النعومة، وزمن التصلب، ومقاومة الضغط، مما يثير تساؤلات حول مدى مطابقة هذه المنتجات للمواصفات القياسية المحلية والعالمية.

كما أن عدم توفر بيانات حديثة ومنهجية حول أداء الإسمنت المحلي بالمقارنة مع المواصفات القياسية الدولية، يجعل من الصعب تقييم مستوى جودة الإنتاج الوطني بدقة **[6]**.

من هنا تنبع مشكلة البحث في الحاجة إلى دراسة علمية شاملة لتقييم جودة الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً، وتحديد مدى التباين بين المصانع المختلفة، ومعرفة مدى مطابقة المنتجات المحلية للمواصفات القياسية الليبية والأمريكية والأوروبية، لما لذلك من أثر مباشر على جودة الخرسانة وموثوقية المنشآت الهندسية في ليبيا. تُظهر مراجعة الدراسات السابقة أن معظم الأبحاث المتعلقة بجودة الإسمنت تركزت على تحليل الخواص الكيميائية والفيزيائية للإسمنت المستورد أو على تأثير نوع الإسمنت على مقاومة الخرسانة للظروف البيئية، دون التطرق بشكل كافٍ إلى الإسمنت المنتج محلياً في ليبيا ومقارنته بالمواصفات القياسية العالمية.

كما أن الدراسات المحلية المنشورة، إن وُجدت، كانت محدودة النطاق من حيث عدد العينات أو المصانع المشمولة، أو اقتصرت على فحص خاصية واحدة فقط مثل مقاومة الضغط أو زمن التصلب دون دراسة متكاملة لجميع الخصائص الأساسية.

لذلك تبرز الفجوة البحثية في غياب تقييم شامل ومقارن لجودة الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً وفقاً للمواصفات القياسية الليبية**(L.S 340/1997)** [7]، والمواصفات القياسية الليبية**(L.S 340/2009)** ، والأمريكية**(ASTM.C150)** ، والأوروبية**(EN 197-1)** ، إلى جانب تحليل التباين في الجودة بين المصانع المحلية وتحديد المصنع الأكثر التزاماً بالمعايير الفنية.

ومن هنا يأتي هذا البحث ليسد هذه الفجوة من خلال تطبيق منهجية علمية عملية ومقارنة متعددة المعايير تُمكّن من تقييم دقيق وشامل للإسمنت المحلي في ليبيا.

2.2 الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات المحلية والعالمية موضوع تقييم جودة الإسمنت البورتلاندي وخواصه الفيزيائية والكيميائية ومدى تأثيرها على أداء الخرسانة. وقد تباينت هذه الدراسات من حيث أهدافها ونطاقها والمنهجية المتبعة فيها. فيما يلي عرض موجز لأبرز ما ورد في عدد من الدراسات ذات الصلة

1- فارس وأخرون , دراسة مقارنة للأسمنت البورتلاندي العادي من إنتاجات مختلفة (مصنعي أسمنت الفاتح والهوار)، شمال شرق ليبيا **https://doi.org/10.37376/ljst.v5i1.2166**

2- مجدي المبروك واخرون , دراسة تحليل التركيب الكيميائي لمختلف ماركات الأسمنت البورتلاندي المستخدم في ليبيا **,**

3- محمد الباقرمي واخرون ,, دراسة تقييم جودة مختلف أنواع الأسمنت البورتلاندي المتوفر في السوق الليبي

4- Effect of Mineral Composition, Fineness, SO3 Contents in High Early Strength Cement and on the Compressive Strength of Mortar and Concrete **https://doi.org/10.5659/JAIK.2022.38.2.177**

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتقييم جودة الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً في ليبيا،

تم إجراء سلسلة من الاختبارات المعملية على عينات إسمنت من خمسة مصانع محلية رئيسية للإسمنت البورتلاندي العادي تمثل مناطق مختلفة من ليبيا (زليتن، البرج، الفتائح، الهواري، لبدة), و تم جمع ثلاث عينات من كل مصنع في أوقات إنتاج مختلفة (بمعدل إجمالي 15 عينة) تم جمع العينات وفق المواصفة القياسية **ASTM C183** الخاصة بطريقة أخذ عينات الإسمنت[8]

مكونات الإسمنت وتركيبه الكيميائي

المكونات الأساسية للإسمنت البورتلاندي تنحصر في الجير والسيليكا والألومينا و أكاسيد الحديد وعندما تخلط هذه المكونات ويتم عليها عملية الحرق بالأفران ويتكون

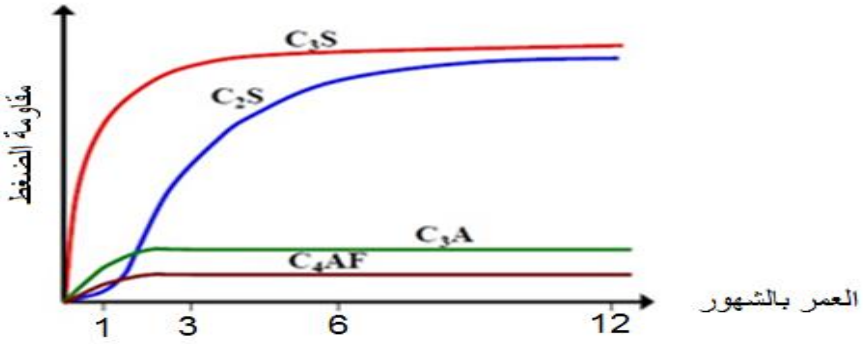
الكلنكر والذي يحتوي علي أربعة مركبات رئيسية كما هو
موضح بالجدول.

جدول 1. المركبات الرئيسية للإسمنت.

المركب	الاصطلاح	النسبة في الإسمنت البورتلاندي
سليكات ثلاثي الكالسيوم	C3S	% 55-40
سليكات ثنائي الكالسيوم	C2S	% 32-20
ألومينات ثلاثي الكالسيوم	C3A	% 11-9
ألومينات حديد رباعي الكالسيوم	C4AF	% 11-5

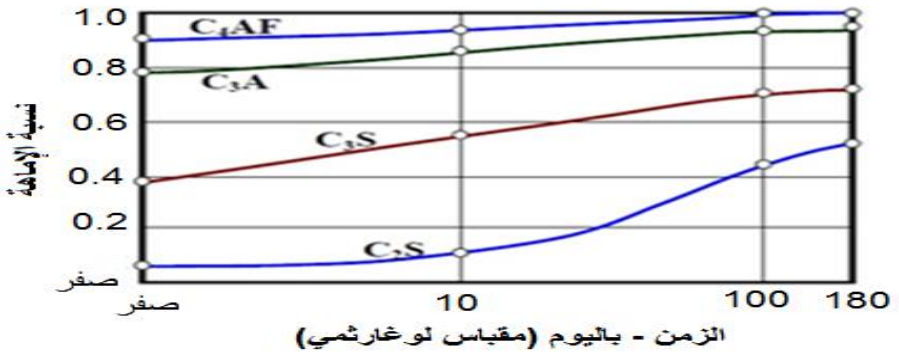
يتم القياس بواسطة انعطاف أشعة اكس(**X-Ray**) على عينة من بودرة مطحونة من الكلنكر

الشكل (1) يبين تأثير المركبات المختلفة للإسمنت على مقاومة الإسمنت للضغط.



شكل 1. تأثير المركبات المختلفة للإسمنت على مقاومة الإسمنت للضغط.

ويوضح الشكل (2) معدل الإماهة للمركبات الأساسية من الإسمنت.



شكل2. معدل الإماهة للمركبات الأساسية من الإسمنت.

3- الاختبارات

3.1 الخواص الكيميائية

3.1.1 اختبار تحديد المركبات الكيميائية الرئيسة للإسمنت

في هدا الاختبار تم استخدام تقنيه متطورة وهي عبارة عن جهاز يسلط أشعة أكس (**x-Ray**)على عينة الإسمنت حيت يلزم معايرة الجهاز على خليط معلوم مركباته ويتم تقدير نسب المركبات الجديدة باستخدام منحنيات المعايرة الخاصة بالجهاز

الأجهزة المستخدمة:

1.ميزان حساس .
2.علبة العينة .
3.جهاز لكبس العينة.
4 .جهاز أكس (X-Ray) .

شكل3. علبة العينة.

شكل4. جهاز لكبس العينة.

شكل 5. جهاز أكس (X-Ray) .

3.2 الخواص الفيزيائية

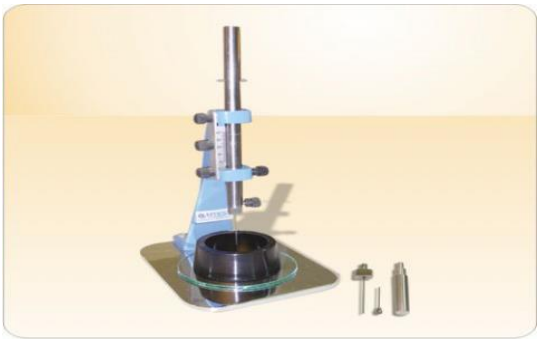
3.2.1 النعومة (Fineness)

يهدف هذا الاختبار إلي تحديد نعومة الإسمنت عن طريق إيجاد مساحة السطح النوعي بالسنتيمتر المربع لكل جرام من الإسمنت، بطريقة نفاذية الهواء وباستعمال جهاز بلين (**BLAINE**) وشكل الجهاز كما بالشكل التالي[9]

شكل 6. جهاز (BLAINE) .

3.2.2 القوام القياسي Consistency

يحدد هذا الاختبار نسبة الماء للإسمنت اللازمة لإعداد عجينة إسمنتية ذات قوام قياسي وذلك باستعمال جهاز فيكات وشكل الجهاز كما موضح بالشكل التالي



شكل7. جهاز فيكات.

3.2.3 زمن الشك الإبتدائي والنهائي (Initial & Final Setting)

يم تحديد زمن الشـــك الإبتدائي والنهائي للإســـمنت البورتلاندي و مقارنته مع المواصـــفات وللتعرف علي أن الإسمنت المستخدم هل هو مطابق للمواصفات أم لا ؟

3.3 الخواص الميكانيكية

3.3.1 مقاومة الضغط(Compressive Strength)

يهدف هذا الاختبار إلي تعيين مقاومة الضـــغط لمونة الإســـمنت باختبار مكعبات قياســـية من مونة الإســـمنت ويتم خلطها ميكانيكيا وتدمك ميكانيكيا بماكينة اهتزاز قياســـية ويعتبر هذا الاختبار اختبار قبول أو رفض للإسمنت.

الأدوات المستخدمة :

1.القوالب

شكل8. قالب مكعب **7x7x7** سم

.

2. خلاط ميكانيكي

شكل9. خلاط ميكانيكي.

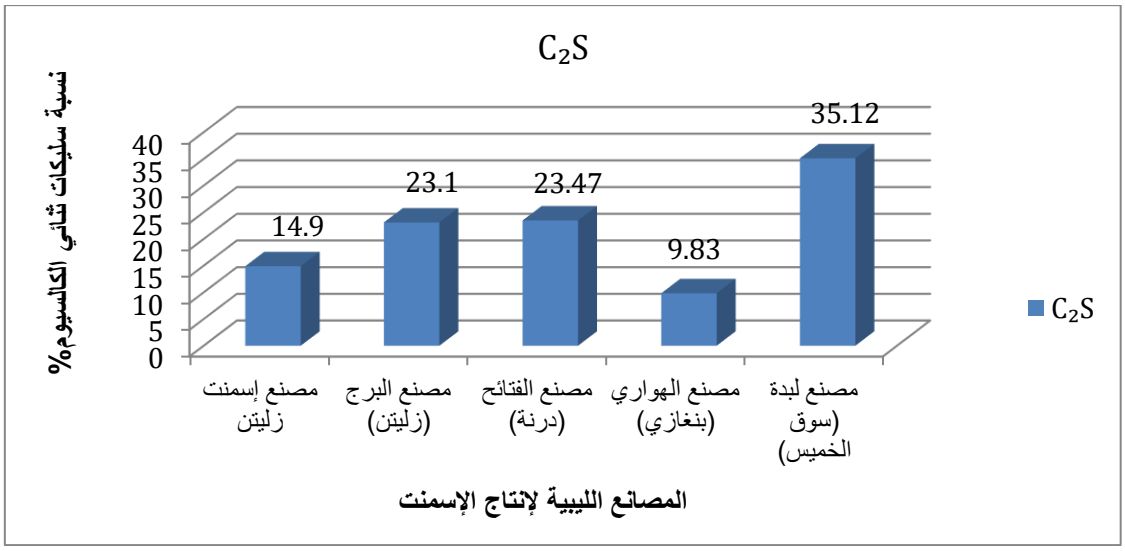
3.الهزاز الميكانيكي

شكل 10. هزاز ميكانيكي.

4- النتائج

4.1 اختبار تحديد المركبات الكيميائية

يوضـــح شـــكل (11) وجود تباين في نســـب **C2S** بين المصـــــانع يشـــــير إلى اختلاف في تركيبة المواد الخام وظروف الحرق في الأفران, المصـانع ذات النسبة العالية من **C2S** (مثل لبدة) تنتج أسـمنتًا مناسـبًا للأجواء الحارة وللأعمال الإنشـائية الضـخمة , المصـانع ذات النسـبة المنخفضـة من **C2S** (مثل الهوّاري) تنتج أسـمنتًا مناسـبًا للأعمال التي تتطلب مقاومة مبكرة عالية



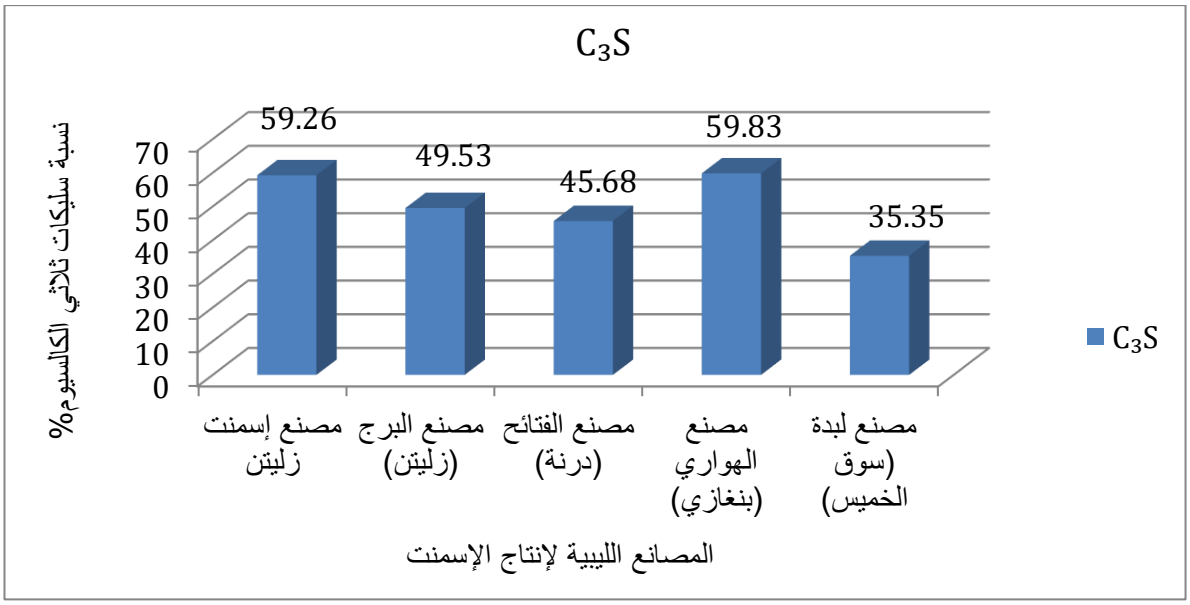
شكل11. نتائج اختبار تحديد المركبات الكيميائية **C2S**.

ويوضح **شكل (12)** نسب مركب **C3S** لجميع المصانع حيث أن (مصنع الهوّاري بنغازي ومصنع زليتن) يمتلكان أعلى نسب **C3S (60%)** هذا يشير إلى إنتاج أسمنت ذو مقاومة مبكرة عالية، مناسب للأعمال السريعة أو في المناطق الباردة

إلا أن ارتفاع **C3S** قد يؤدي إلى مشكلة الحرارة الزائدة أثناء التفاعل في الظروف الحارة (مثل مناخ ليبيا)، مما يتطلب ضبط الخلطة أو استخدام إضافات مقللة للحرارة

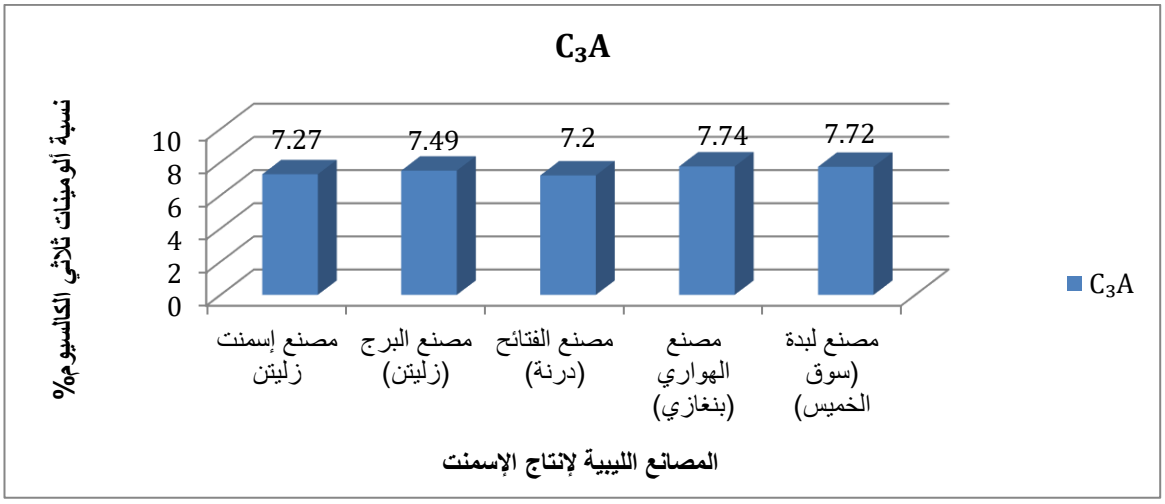
(مصنع البرج زليتن ومصنع الفتائح درنة) نسب متوسطة **C3S (45% , 50%)**، وهي متوازنة بين القوة المبكرة والمقاومة طويلة الأمد هذه النسبة عادةً تُعتبر مثالية لإنتاج أسمنت متعدد الاستخدامات

(مصنع لبدة سوق الخميس) أقل نسبة**C3S (35%)** ، ما يعني أن محتوى **C2S** فيه مرتفع كما ظهر في الرسم السابق هذا النوع من الأسمنت يناسب الأجواء الحارة ،



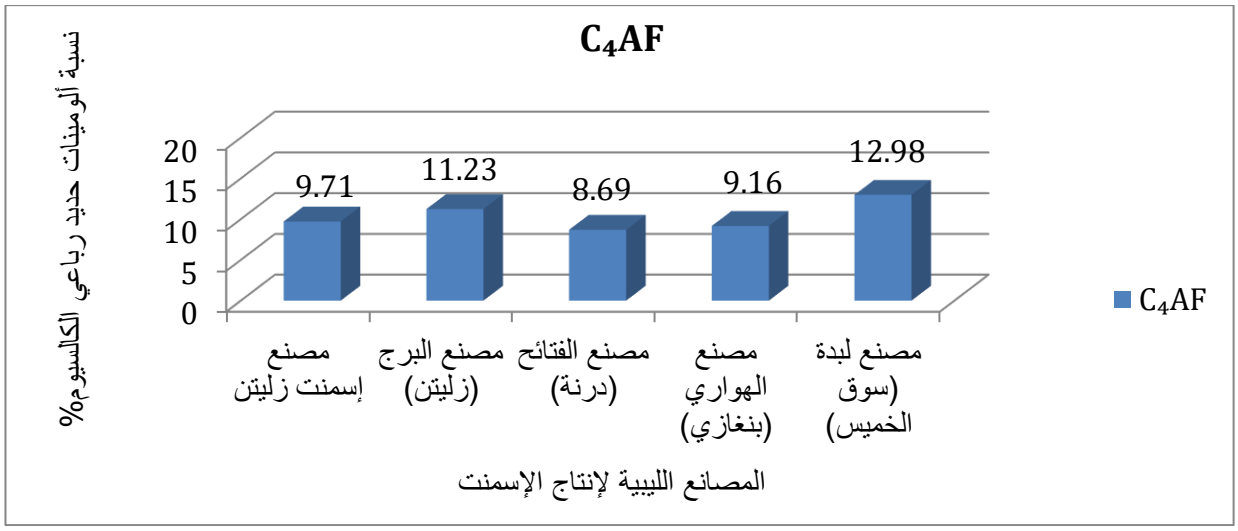
شكل12. نتائج اختبار تحديد المركبات الكيميائية . **C3S**.

شكل (13) يوضح نتائج اختبار المركبات الرئيسية للإسمنت لمركب ألومينات ثلاثي الكالسيوم أظهرت النتائج للمصانع الخمسة أن القيم متقاربة وفي حدود من 7.5–7.75 وهدا التقارب يشير إلي تبات جودة المواد الخام



شكل13. نتائج اختبار تحديد المركبات الكيميائية **C.3A**

شكل (14) يوضح نتائج اختبار المركبات الرئيسية للإسمنت لمركب ألومينات حديد رباعي الكالسيوم



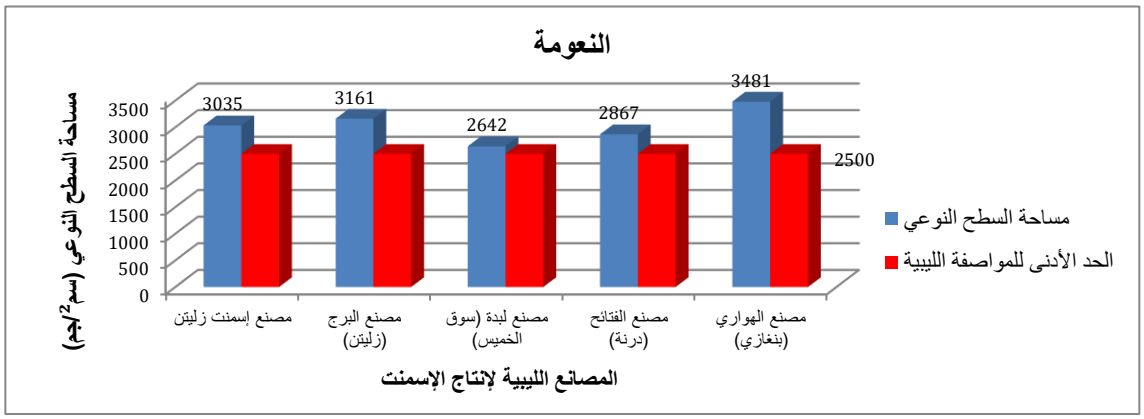
شكل14. نتائج اختبار تحديد المركبات الكيميائية **C4AF**.

4.2 النعومة (fineness)

جدول 2. نتائج اختبار النعومة.

اسم المصنع	مصنع إسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
مساحة السطح النوعي(سم²/جم)	3035	3161	2642	2867	3481

الشكل (15) يوضح نتائج اختبار النعومة لعينات مصانع الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009 ف [3] لم تحدد حد معين لدرجة النعومة (مساحة السطح النوعي) ولكن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة1997 ف [7] تنص على أن درجة النعومة لا تقل عن 2500 سم² /جم أما بالنسبة للمواصفة الأمريكية(**ASTM – C 150**) [4]تنص علي أن درجة النعومة لا تقل عن 2800(سم² /جم)وعند مقارنة نتائج الاختبار مع المواصفة الليبية تكون النتائج ضمن الحدود المنصوص عليها أما بالنسبة للمواصفة الأمريكية فإن مصنع لبدة (سوق الخميس) خارج حدود المواصفة.



شكل 15. نتائج اختبار النعومة.

جدول 3. نتائج اختبار القوام القياسي.

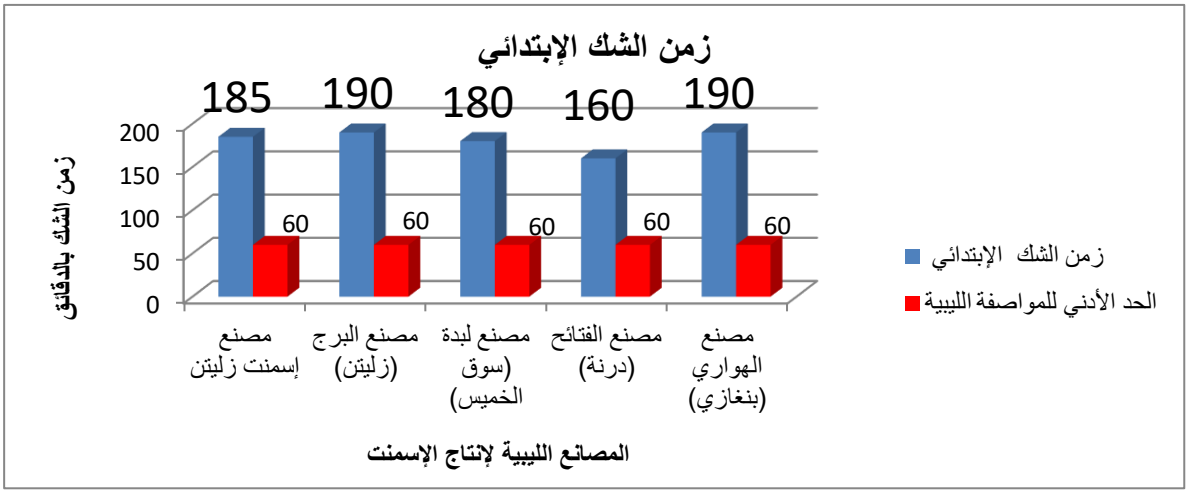
اسم المصنع	مصنع إسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
نسبة الماء القياسية %	%29	%30.5	%25	%30.5	%29

4.3 زمن الشك الابتدائي

جدول 4. نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي.

اسم المصنع	مصنع إسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
زمن الشك الإبتدائي بالدقائق	185	190	180	160	190

الشكل (16) يوضح نتائج اختبار زمن الشك الإبتدائي لعينات مصانع الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009 ف **[3]** تحدد أن زمن الشك الابتدائي (بالدقائق) لا يقل عن 60 والمواصفة الأمريكية ASTM – C (150)**[4]** تحدد أن زمن الشك الابتدائي (بالدقائق) لا يقل عن 45 والمواصفة الأوربية BS EN (1-197) **[7]** تحدد أن زمن الشك الابتدائي (بالدقائق) لا يقل عن 45 وعند مقارنة نتائج الاختبار مع المواصفة الليبية والأوربية والأمريكية تكون النتائج ضمن الحدود.



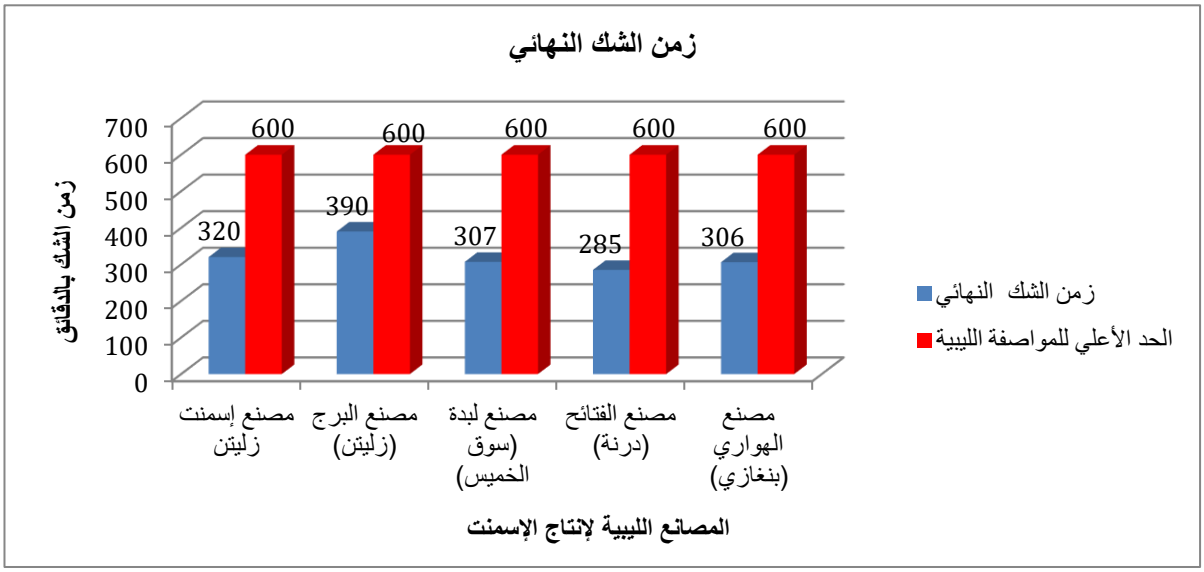
شكل 16. نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي.

4.4 زمن الشك النهائي

جدول رقم (5): نتائج اختبار زمن الشك النهائي

اسم المصنع	مصنع إسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
زمن الشك النهائي بالدقائق	385	390	307	235	306

الشكل (17) يوضح اختبار زمن الشك النهائي لعينات مصانع الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009[3] [لم تحدد حدود معينة ولكن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 1997 ف [7] تنص على أن زمن الشك النهائي لا يزيد عن 10 ساعات أما بالنسبة للمواصفة الأمريكية (ASTM – C 150) [4]تنص على أن زمن الشك النهائي لا يزيد عن 10 ساعات وعند مقارنة النتائج مع المواصفة الليبية والأمريكية تكون النتائج ضمن حدود المواصفة .



شكل 17. نتائج اختبار زمن الشك النهائي.

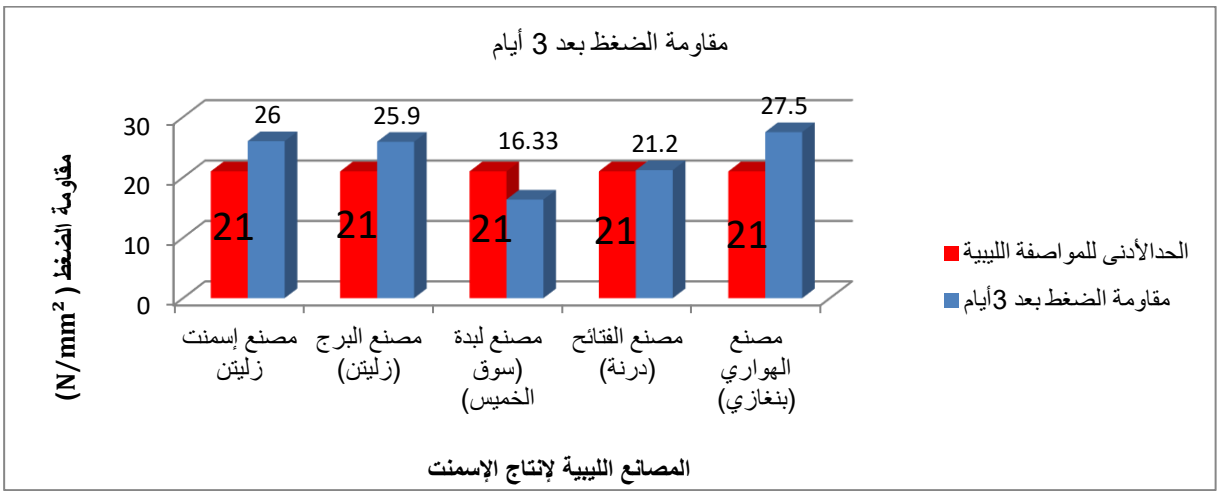
4.5 مقاومة الضغط Compressive Strength

4.5.1 مقاومة الضغط بعد 3 أيام

جدول 6. نتائج مقاومة الضغط بعد 3 أيام.

اسم المصنع	مصنع الاسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري(بنغازي)
مقاومة الض (N/mm²)	26	25.9	16.33	21.2	27.5

الشكل (18) يوضح مقاومة الضغط بعد 3 أيام لعينات الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009 [3] لم تنص علي حد معين لمقاومة الضغط بعد مرور 3 أيام ولكن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 1997[7] تنص على أن مقاومة الضغط بعد مرور 3 أيام لا تقل عن 21 **(N/mm²)** أما المواصفة الأوروبية رقم BS EN (197-1)[7] لم تحدد حدود معينة لمقاومة الضغط بعد 3 أيام وبالنسبة للمواصفة الأمريكية ASTM – (C 150)[4] تنص على أن مقاومة الضغط بعد 3 أيام لا تقل عن 12 **(N/mm²)** وبمقارنة النتائج مع المواصفة الليبية والأمريكية نجد أن مصنع لبدة (سوق الخميس) خارج حدود المواصفة .



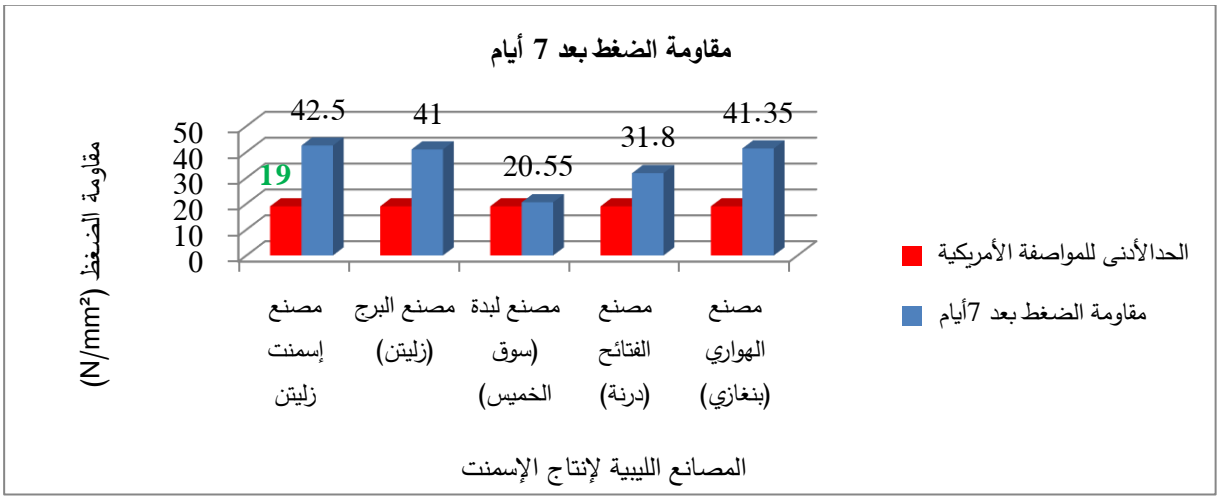
شكل 18. نتائج اختبار مقاومة الضغط بعد 3 أيام.

4.5.2 مقاومة الضغط بعد 7 أيام

جدول 7. نتائج مقاومة الضغط بعد 7أيام.

اسم المصنع	مصنع الاسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
مقاومة الضغط (N/mm²)	42.5	41	20.55	31.8	41.35

الشكل (19) يوضح مقاومة الضغط بعد مرور 7 أيام لعينات الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009 ف لم تنص على حد معين ولكن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 1997 ف لم تنص على حد معين أما بالنسبة للمواصفة الأوروبية BS EN (197-1) لم تنص على حدود معينة لمقاومة الضغط بعد مرور 7 أيام المواصفة الأمريكية ASTM – C (150) تنص على أن المقاومة الضغط لا تقل عن 19**(N/mm²)**وبمقارنة النتائج مع المواصفة الأمريكية نجد جميع المصانع ضمن حدود المواصفة .[4-5-3]



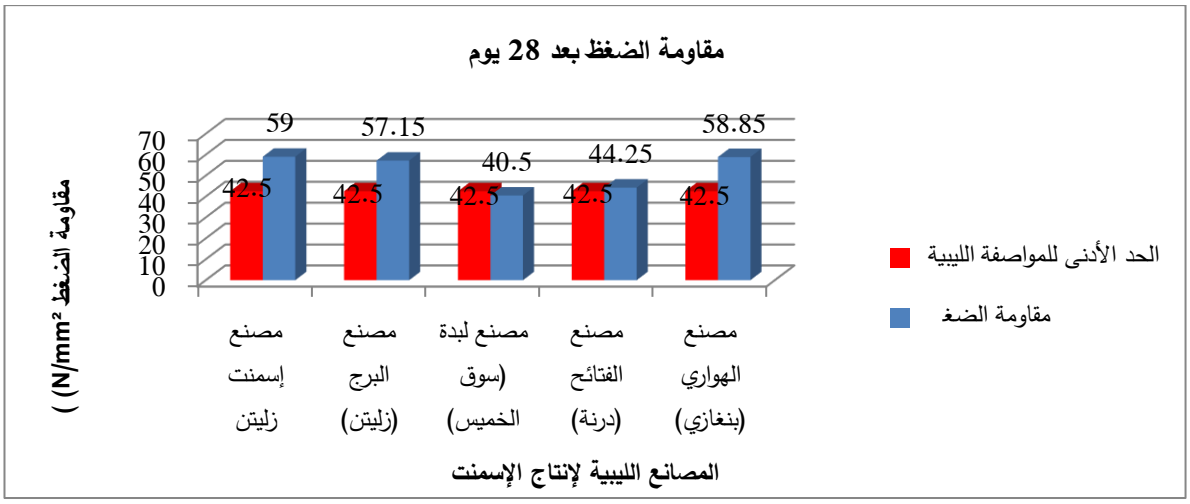
شكل 19. نتائج اختبار مقاومة الضغط بعد 7 أيام.

4.5.3 مقاومة الضغط بعد 28 يوم

جدول 7. نتائج مقاومة الضغط بعد 28 يوم.

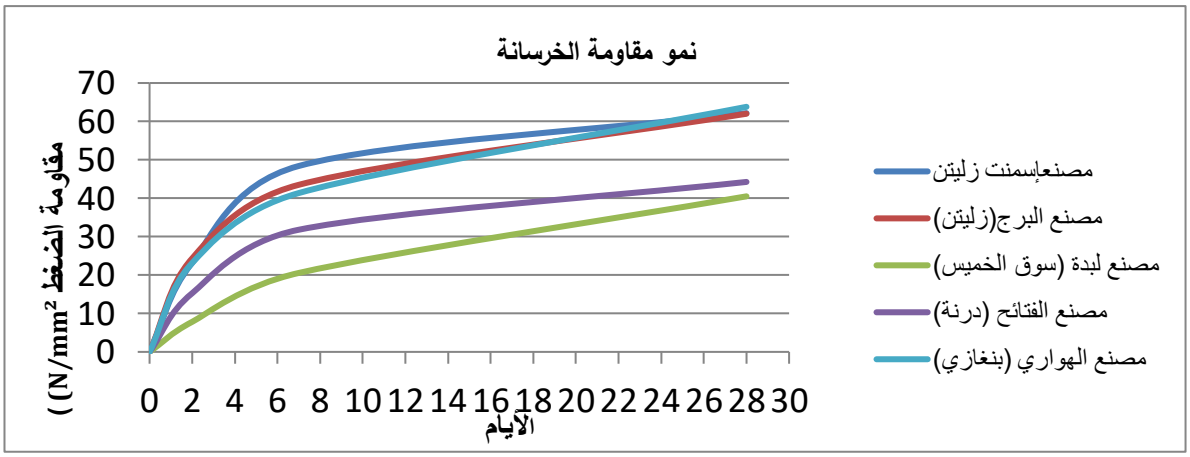
اسم المصنع	مصنع الاسمنت زليتن	مصنع البرج (زليتن)	مصنع لبدة (سوق الخميس)	مصنع الفتائح (درنة)	مصنع الهواري (بنغازي)
مقاومة الضغط (N/mm²)	59	57.15	40.5	44.25	58.85

الشكل (20) يوضح مقاومة الضغط بعد مرور 28 يوم لعينات الإسمنت المنتج في ليبيا حيث أن المواصفة الليبية رقم (340) لسنة 2009 تنص على أن مقاومة الضغط بعد 28 يوم لا تقل عن 42.5 (N/mm²) ولا تزيد عن 62.5 (N/mm²) وكذلك المواصفة الأوروبية (BS EN 197-1) تنص على أن مقاومة الضغط بعد 28 يوم لا تقل عن 42.5 (N/mm²) ولا تزيد عن 62.5 (N/mm²) أما المواصفة الأمريكية – ASTM (C 150) لم تحدد حدود معينة لمقاومة الضغط بعد 28 يوم[4-5-3] .



شكل 20. نتائج اختار مقاومة الضغط بعد 28 أيام.

الشكل (21) يوضح نمو مقاومة الخرسانة لفترة 28 يوم ومن خلال هذا الشكل يمكن إيجاد قيمة تنبئية للأي يوم خلال هذه الفترة وكذلك نجد أن مقاومة الضغط الناتجة من مصنع إسمنت زليتن ومصنع البرج (زليتن) ومصنع الهواري (بنغازي) متقاربة على طول هذه الفترة الزمنية ويرجع السبب في ذلك إلى تقارب نسب مركبات القوي لتلك المصانع.



شكل 21. نمو مقاومة الخرسانة 3-7-28 يوم.

5- الخاتمة

- النعومة: جاءت القيم لجميع العينات ضمن الحدود القياسية للمواصفة الليبية ، مما يشير إلى جودة عمليات الطحن , ولكن عند المقارنة بالمواصفة الامريكية اتضح ان مصنع لبدة خارج المواصفة .
- زمن الشك: توافقت نتائج معظم المصانع مع المواصفات، مما يضمن قابلية التشغيل المناسبة للخرسانة.
- مقاومة الضغط: أظهرت نتائج مصانع (زليتن، البرج، الهواري، الفتائح) مطابقة للمواصفات المحلية والدولية في جميع الأعمار (2-7 28- يوماً).

أما إسمنت مصنع (لبدة) فقد أظهر انخفاضاً ملحوظاً في مقاومة الضغط المبكرة والنهائية، وهو ما يعكس ارتفاع نسبة C2S وانخفاض C3S، مما يجعله أقرب إلى إسمنت منخفض الحرارة.

مناقشة:

يتضح من النتائج أن الفوارق بين المصانع مرتبطة باختلاف مصادر المواد الأولية ونسب مركبات الكلنكر. هذا التباين يستدعي تعزيز ضبط الجودة بالمصانع لضمان تجانس المنتج ومطابقته للمواصفات القياسية

6-التوصيات

- نوصي مصنع لبدة (سوق الخميس) بتحسين الإسمنت المنتج لديه وذلك بزيادة نسبة مركب سيليكات ثلاثي الكالسيوم في الإسمنت أو تغيير اسم المنتج من اسمنت بورتلاندي عادي إلى اسمنت منخفض الحرارة، نظرا للانخفاض مقاومة الضغط المبكرة وذلك لانخفاض نسبة (C3S) وارتفاع نسبة (C2S) وهذا يصلح أن يكون إسمنت منخفض حرارة الإماهة أكثر من أن يكون إسمنت بورتلاندي عادي.
- نوصي بتوفير إنتاج محلي للإسمنتيات المخلوطة مثل إسمنت البناء المضاف للكلنكر أثناء طحنه (إضافة الجبس) إضافات أخري مثل الإسمنت البورتلاندي الحديدي والإسمنت السليسي (المخلوط) وإسمنت البناء المضاف معه مادة الحجر الجيري وهذه الأنواع يمكنها تغطية حاجة السوق من مادة الإسمنت التي لا تتطلب قوة مقاومة عالية مثل أعمال البناء وصناعة الطوب الإسمنتي وأعمال اللياسة وغيرها ...
- نوصي باتخاذ الإجراءات الكفيلة بتحسين مستوى نظم ضبط الجودة بالمصانع موضوع الدراسة والتي تتمثل في الإجراءات التالية:

أ . تكوين وحدات إدارية تختص بضبط الجودة وتوفير الاستقلالية والإمكانيات لها.

ب . العمل على رفع مستوى الوعي بأهمية ضبط الجودة والمواصفات القياسية.

ج . الاهتمام بتكوين عناصر وطنيه قادره على القيام بأعمال التشغيل والصيانة.

د . العمل على إصلاح وصيانة الأجهزة (أجهزه) المصانع ومخازن الخ امات و الكلنكر ومصفيات الغبار وذلك حفاضا على البيئة.

هـ . معايرة أجهزة القياس بالمصانع.

و . إلزام المصانع موضوع الدراسة بمطابقة الإسمنت بالموصفات القياسية من حيت التركيب الكيميائي والخواص الطبيعية والميكانيكية وإلزام تلك المصانع بإتباع المواصفات والشروط العامة من حيت كتابة نوع الإسمنت و وزنة والعلامة التجارية المسجلة والموصفات القياسية

7- المراجع :

[1] خواص المواد و اختباراتها محمود إمام محمد المهدي – محمد أمين ,2007

[2] جيولوجيا خامات الإسمنت ومواد البناء , م. حمد الله الخطيب الاتحاد العربي للإسمنت ومواد البناء – يونيو /حزيران 2009 .

[3] المواصفات الليبية القياسية رقم (340) لسنة 2009 .

[4] المواصفات الامريكية (ASTM – C 150) لسنة 1995.

[5] المواصفات الأوربية (BS EN 197-1) لسنة 1996.

[6] خواص الخرسانة , أي. أم. نيفيل , ترجمة المهندس حقي إسماعيل محمد الجنابي , مؤسسة المعاهد الفنية , العراق 1985.

[7] المواصفات الليبية القياسية رقم (340) لسنة 1997

[8] المواصفات الأمريكية (ASTM – C 183)

[9] (الاختبارات الطبيعية والميكانيكية والكيميائية للإسمنت العادي وسريع التصلد) , شريف فتحي الشافعي ,دار الكتب العلمية , القاهرة .