دراسة تأثير مخلفات ألياف النخيل على اختبار الضغط للمكعبات الخرسانية

نوري محمد الدرويش سليمان السنوسي مصباح يامي

كلية التقنية الطبية -مصراته

تاريخ الاستلام 21-12-2023 nurieldrwish72@gmail.com

الملخص

بهده الدرا سة تم أخد عينات من ليف النخل من منطقة الجفرة وا ضافتها للخر سانة بأطوال متباينة وكانت بأطوال (0) وتمثل المجموعة الضابطة (الكنترول) و (2 سم- 4 سم-6 سم- 8 سم- 10 سم) وثم إجراء اختبار الا ضغط للمكعبات وذ لك للوقوف على مدى تأثيرها على اختبار الا ضغط بالن سبة للخر سانة واظهرت نتائج اختبارات الا ضغط بعد اجراء التحليل الاح صائي(One way ANOVA) وجود فروقات معنويه بين المجموعات الا ستة حيت كانت م ستوى المعنوية ($p < 0.001$) فقد اظهرت النتائج ب شكل عام وجود تناقص في قيا سات اختبار الا ضغط مع زيادة طول الليف مقارنة مع المجموعة الضابطة حيت سجلت اقل نتيجة مع طول الليف 10سم وكانت (16نيوتن/مم2)وسجلت اعلى قياس للاختبار مع طول الليف 2سم (24.5نيوتن/مم2) وقد يكون سبب هذا التناقص في نتائج الاختبارات لعدم تجانس مكونات الخر سانة, وب شكل عام اظهرت الدراسة تناسبا عكسيا بين طول الليف وقوة الضغط بالمجموعات الخامسة .

المقدمة

موضوع الاضافات وأعاده التدوير لبعض المواد بالخرسانة لتحسين من مواصفاتها وزيادة جودتها وقوتها ومن اهم هده الدراسات فقد قام Olaoye (2013) لدراسة سلوك الخرسانة مع الألياف الطبيعية والصناعية حيث قام باختبارات معملية لمقارنة تأثير الألياف الطبيعية (الجوت وزيت النخيل) والألياف الصناعية (البولي بروبلين) على قوة الضغط في الخرسانة، وذلك بإضافة كل مادة من هذه المواد إلي الخرسانة بنسب معينة. وكان محتوى الألياف المختارة 0.25٪ و0.50٪ من وزن الإسمنت وتجدر الإشارة إلي أن الألياف تميل إلي التجمع معاً وتكوين سلسلة من الكرات عندما يزيد طول الألياف، وبعد الخلط ثم سكب العجينة في قوالب مكعبة، وثم وضع العينات في الماء لمدة 7 و14 و21 و28 يوم، فأظهرت النتائج أن كل من الجوت وزيت النخيل والبولي بروبلين له تأثير إيجابي علي مقاومة الضغط للخرسانة وذلك عند محتوي الألياف 0.25٪ وإن قوة الضغط تزيد بشكل كبير من يوم 28. ويمكن استنتاج أن استخدام ألياف مختلفة ومحتوى ألياف مختلف، يؤدي إلي تحسين قوة الخرسانة. ومن الألياف النباتية التي ثم دراسة أثر إضافتها إلى الخرسانة هي ألياف نبات الحلفا. فبالنظر إلى الخواص الميكانيكية لخرسانة الألياف، وحيث لاحظ Bourzam (1999)، أن قوة تحمّل الضغط للخرسانة، وتوصيلها للحرارة قد انخفضت مع زيادة الجرعة من الخليط المقوّى بألياف الحلفا، و كذلك توصل (Mydin et al, 2015) إلي أن الخرسانة المعززة بألياف النخيل جوز الهند تزيد مقاومتها للانحناء مع زيادة نسبة وطول الألياف وكذلك طريقة وضع الألياف. ويرجح المؤلفين السبب في زيادة مقاومة الانحناء هو إلي الترابط الشديد بين الألياف والخرسانة وكذلك وجد الباحثين أن الخرسانة المحفوظة في الهواء تكون أقل مقاومة من الخرسانة المحفوظة في الماء. وأما بالنسبة لمقاومة الضغط فقد توصل الباحثان إلي أنه كلما زادت نسبة

الألياف فإن مقاومة الضغط تقل والسبب في ذلك هو حدوث التشابك والذي بدوره يؤدي إلي نقص التشغيل في الخرسانة مما ينقص مقاومة الخرسانة، ومن خلال النتائج التي تحصلا عليها فقد وجدا أن مقاومة الضغط تتزايد في الفترة ما بين 28 – 90 يوم وبعد مدة يلاحظ وجود تناقص ملحوظ في مقاومة الضغط وخصوصاً بالنسبة للعينات التي يكون فيها طول الألياف 6 سم ونسبة الألياف 0.6٪ من حجم الخرسانة وأن مقاومة الضغط تتعلق بنسبة وطول الألياف. وفي دراسة أخرى قام بها (kriker et al ,2005) بإجراء إختبار خصائص لألياف النخيل ، ثم إستخدام مجهر المسح الالكتروني لدراسة تضاريس ألياف النخيل بعد غمسها في المحاليل التالية (هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم) مع الرقم الهيدروجيني الذي يتراوح بين 12.5 - 12.95 ووجد إنها هشة في الكالسيوم بالمقارنة مع هيدروكسيد الصوديوم كما أنه يقلل من انخفاض الأداء الميكانيكي. ثانيا، ثم إجراء إختبارات لإيجاد الخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية لألياف النخيل المستخدمة في هذه الدراسة كذلك قام باختبارات الضغط على خرسانة ألياف النخيل بعد 28 يوم ووجد أن مقاومة الضغط للخرسانة تزيد. وقد لوحظ إن الألياف تمتص الماء بدرجة كبيرة، حيث ثمت إضافتها مع 30٪ ماء وخلطت لمدة 3 دقائق وثم الخلط ببطء من أجل تفادي تكتل محتمل بعد إضافة كل من الإسمنت والماء، ثم ثم وضع عينات الاختبار في الماء لمدة 28 يوم عند 20±2 درجة مئوية ثم ثم اختبار العينات في 180 يوم وقد توصل إلى أن غمر الألياف في المحاليل القلوية يؤدي إلي فقدان قوة الشد والاستطالة مما يقلل من الأداء الميكانيكي للخرسانة. وفي دراسة أخري قام بها (MOGA et al , 2022) بإضافة ألياف ألفا لاستخدامها للعزل والتطبيقات الإنشائية حيت ثم تحضير خمس تركيبات باستخدام نسب تتراوح من 0 إلي 10٪ حيت ثم تقيم أداء الخلطات من حيت تحمل الضغط والانحناء والعزل الحراري وأظهرت النتائج أن زيادة محتوي الالياف تحسن

من العزل الحراري للخرسانة وتقلل من قوتها الميكانيكية. وفي دراسة أخرى قام (Khan et al, 2020) بإضافة ألياف جوز الهند للخرسانة الإسمنتية، حيت ثم استكشاف الخصائص الميكانيكية للخرسانة عالية القوة المقواة بألياف جوز الهند (CFR-HSC). ثمت إضافة دخان السيليكا (10٪ بالكتلة) والملدنات الفائقة (1٪ بالكتلة) أيضًا إلى CFR-HSC. بحيث ثم فحص تأثير ألياف جوز الهند بطول 25 مم و50 مم و75 مم و0.5٪، 1٪، 1.5٪، و2٪، محتويات بالكتلة. أظهرت النتائج التجريبية أن إضافة الألياف جوز الهند قد حسّن من قوة الانضغاط والشد والانقسام والانحناء، وامتصاص الطاقة ومؤشرات المتانة. وثم الحصول على أفضل النتائج الإجمالية بالنسبة ألياف الذي تحتوي على ألياف جوز الهند بطول 50 مم مع محتوى بنسبة 1.5 ٪ حسب كتلة الأسمنت. وقد أتبت دراسة أيضا قاما بها (yalley et al , 2016) في غانا وبعد إجراء العديد من التجارب والاختبارات وذلك باستخدام نسب وأوزان مختلفة من الألياف أن إضافة ألياف النخيل للخرسانة تحسن العديد من الخصائص الهندسية للخرسانة بشكل كبير ولا سيما المتانة وقوة الشد ومقاومة التكسير ومع ذلك أثرت سلبا علي قوة الضغط مما أدي إلي زيادة نسبة الفرغات.

وفي دراسة تجريبية قام بها كلا من Babu وKumar (2015)، باستبدال الجزئي للإسمنت برماد النخيل حيث كانت نسب الاستبدال الجزئي هي 10٪، 20٪، 30٪، حيث تثم مقارنة خصائص الخرسانة القائمة على رماد النخيل أيضا بالخرسانة التقليدية. واستنتج أنه يؤدي الاستبدال الجزئي للإسمنت بنفايات النخيل في الخرسانة إلى اختلاف في القوة بالمقارنة مع الخرسانة التقليدية، يظهر رماد النخيل قوة عالية ومتانة (مقاومة الأحماض) لخرسانة رماد النخيل أعلى أيضا من الخرسانة التقليدية وإضافة الي ذلك فإن بإضافة رماد النخيل في الخرسانة يقلل من الملوثات بسبب الإسمنت وحيث ان رماد النخيل يعتبر مادة صديقة للبيئة..

المواد والطرق المستخدمة بالدراسة:

في هذه المرحلة قمنا بتجهيز العينات المطلوبة في الخلطة الخرسانية من ركام كبير وصغير وتصنيفها عن طريق النخل يدوياً وميكانيكيا وإجراء الفحوصات على كل من الركام الكبير والصغير والإسمنت وألياف النخيل، وذلك من خلال إجراء بعض الاختبارات في بعض المعامل الموجودة بكلية التقنية الهندسية بهون، ومعمل الخرسانة بشركة الرباط لمصراته، ومعمل تكنلوجيا الخرسانة بكلية التقنية الهندسة هون.

الجدول (1) يبين أهم الاختبارات التي تم اجرائها بالدراسة.

رقم الاختبار	اسم الاختبار	المواصفات
1	اختبارات الإسمنت	ASTM C 150
2	إختبار صلاحية الإسمنت بالفحص الظاهري	ASTM C 150
3	إختبار نعومة الإسمنت باستخدام المناخل	ASTM C 150
4	إختبارات الركام الصغير	-ASTM C191-92
5	إختبار التدرج الحبيبي	ASTM C136
6	إختبار تعيين الوزن الحجمي ونسبة الفراغات	ASTM C 29
7	إختبار تعيين الوزن النوعي	ASTM C 29
8	إختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة	ASTM C142
9	إختبارات الركام الكبير	-ASTM C191-92
10	إختبار التدرج الحبيبي	ASTM C 136
11	إختبار تعيين الوزن الحجمي ونسبة الفراغات	ASTM C 29
12	إختبار تعيين الوزن النوعي	ASTM C 29
13	إختبار تعيين نسبة الامتصاص	BS 812 Part2:1995
14	إختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة	ASTM C117
15	إختبار مقاومة الركام الكبير للبري باستخدام	ASTM C131
16	إختبار مقاومة الركام الكبير للتهشيم	BS 812 Part 2:110:1990

17	إختبار مقاومة الركام الكبير للصدم	BS 812 Part 2: 112:1990
18	إختبارات الألياف	حسب متطلبات الدراسة
19	إختبار تعيين الوزن النوعي للألياف	حسب متطلبات الدراسة
20	إختبار تعيين نسبة الامتصاص للألياف	حسب متطلبات الدراسة
21	إختبار تعيين كثافة الألياف	حسب متطلبات الدراسة
22	إختبارات الخرسانة الطازجة	حسب متطلبات الدراسة
23	إختبار القوام القياسي للعجينة الاسمنتية	ASTM C191-92
24	إختبار زمن الشك الابتدائي	ASTM C191-92
25	إختبار الهبوط	ASTM C143-90
26	إختبار الانسياب	ASTM C191-92
27	إختبارات الخرسانة المتصلدة	ASTM C191-92
28	إختبار مقاومة الضغط للمكعبات	ASTM C143-90
29	إختبار مقاومة الانحناء للكمرات	ASTM C191-92

النتائج والمناقشة

في هذه الدراسة تم استخدام برنامج SPSS.V25 للتحليل الاحصائي واجراء اختبار تحليل التباين الأحادي one way ANOVA للمقارنة بين نتائج اختبار الضغط للمكعبات واختبار الانحناء للكمرات لجميع العينات الخرسانية المضاف إليها ليف النخل بأطوال مختلفة (2سم،4سم، 6سم، 8سم، 10) والخرسانة التي بدون إضافة ذات المواصفات العالمية وهي تمثل المجموعة الضابطة و تم ترميز جميع العينات لسهولة التميز بينها والتعامل معها في الاختبارات وكدلك اثناء التحليل الاحصائي ومناقشة النتائج وهي كالاتي (A ,B,C,E,F) حيث A تمتل المجموعة الضابطة و B المجموعة الثانية .... وهكذاونظرا لوجود فروق معنوية بين نتائج الاختبارات بشكل عام مما استوجب استخدام اختبار TUKY HSD لمعرفة المجموعات المتجانسة بنتائج الاختبارات

والمجموعات المختلفة بالإضافة إلى استخدام برنامج Excel Micro S oft V 365 في أنشاء جميع الرسومات البيانية التي توضح التباين والفروقات بين جميع نتائج الدراسة.

جدول (2) نتائج اختبار مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية بعد 28 يوم

اسم العينة	نيوتن/مم^2	اسم العينة	نيوتن/مم^2	اسم العينة	نيوتن/مم^2
$1AC$	22.5	CB1	24	CC1	24
AC 2	22.5	CB2	23	CC2	24.5
$3AC$	22	CB3	23.5	CC3	22.5
$AC4$	24.5	CB4	24	CC4	23
5 AC	23.5	CB5	24	$CC5$	23.5
$6AC$	23	CB6	24.5	$CC6$	23
$7AC$	23.5	CB7	23	$CC7$	23
$8AC$	22	CB8	23.5	CC8	22.5
$AC9$	22.5	CB9	23	CC9	23.5
$10AC$	23	CB10	23.5	CC10	24
$CD1$	23.5	CE1	19	CF1	20
$CD2$	20	CE2	19	CF2	19.5
$CD3$	21.5	CE3	20.5	CF3	18
$CD4$	20	CE4	21	CF4	22.5
$CD5$	20	CE5	20	$CF5$	22.5
$CD6$	21	CE6	21	$CF6$	18.5
$CD7$	22	CE7	22	$CF7$	17.5
$CD8$	19.5	CE8	21	CF8	18.5
$CD9$	20.5	CE9	19	CF9	16
$CD10$	20	CE10	20	CF10	18

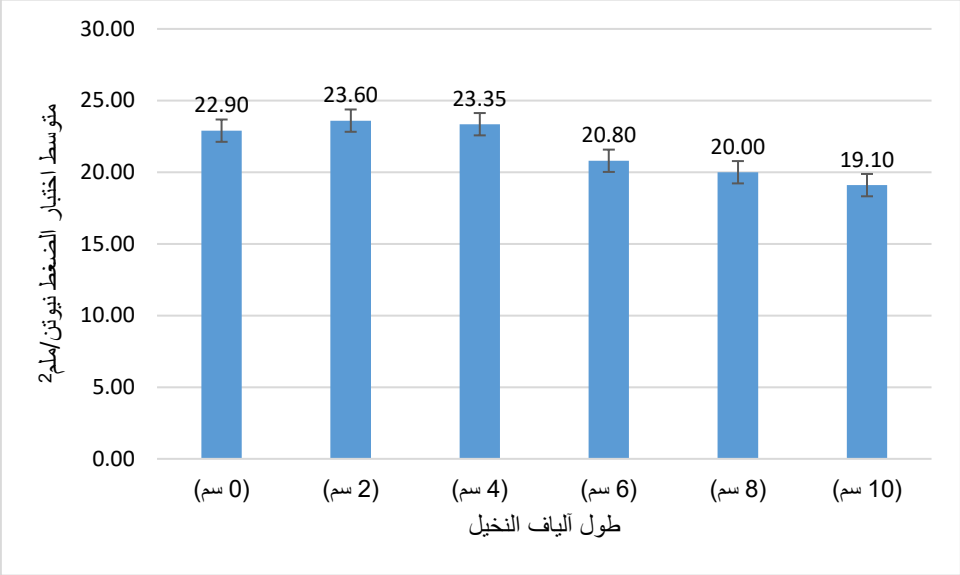
المقارنة بين طول ألياف النخيل في المكعبات:

مقارنة نتائج اختبار الـ ضغط نيوتن/ملم^2 بين خمـ سة مجموعات من أطوال ألياف النخيل (2 سم، 4 سم، 6 سم، 8 سم، و10 سم)، بالإ ضافة إلى المجموعة الضابط (0 سم) لبيانات الدرا سة في المكعبات عن طريق تحليل التباين الأحادي One way ANOVA.

جدول (3) نتيجة تحليل التباين الأحادي

طول ألياف النخيل	حجم العينة	المتوسط الحسابي نيوتن/ملم^2	الإنحراف المعياري	الخطأ المعياري	مستوى المعنوية P-value	النتيجة
(0 سم)	10	22.90	0.775	0.245	0.001<	توجد فروقات معنوية
(0 سم)	10	23.60	0.516	0.163		
(4 سم)	10	23.35	0.669	0.211		
(6 سم)	10	20.80	1.229	0.389		
(8 سم)	10	20.00	1.354	0.428		
(10 سم)	10	19.10	2.092	0.662		
المجموع	60	21.63	2.113	0.273		

من خلال النتائج الواردة بالجدول (3) نلاحظ وجود فروقات معنوية بين خمسة مجموعات من أطوال ألياف النخيل بالإضافة إلى المجموعة الضابطة حسب اختبار الضغط نيوتن/ملم^2. يوضح الشكل (3-3) المتوسط الحسابي لنتيجة اختبار الضغط في كل مجموعة.



الشكل (1) المتوسط الحسابي لنتيجة اختبار الضغط في كل مجموعة

جدول (4) المقارنة بين نتائج اختبار الضغط نيوتن/ملم^2

اختبار الضغط نيوتن/ملم^2				
Tukey HSD				
طول آلياف النخيل	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
(10 سم)	10	19.10		
(8 سم)	10	20.00	20.00	
(6 سم)	10		20.8000	
(0 سم)	10			22.90
(4 سم)	10			23.35
(2 سم)	10			23.60
Sig.		0.576	0.692	0.797

يوضح الجدول (4) المقارنة بين نتائج اختبار الضغط نيوتن/ملم^2 باستخدام تحليل (Tukey HSD) والذي يميز المجموعات المتجانسة عن المجموعات المختلفة.

مناقشة النتائج:

أظهرت نتائج اختبارات الضغط للمكعبات الخرسانية بعد اجراء الاختبار الاحصائي تحليل التباين الأحاديone way ANOV لخمس مجموعات من أطوال ليف النخيل (2 سم، 4 سم، 6سم، 8 سم، و10سم)، بالإضافة إلى المجموعة الضابطة (0 سم) وقد لوحظ وجود فروقات معنويه بين المجموعات الستةحيت كانت مستوى المعنوية ($p < 0.001$) مما استوجب الامر لاستخدام الاختبار الاحصائي (TUKY (HSD وذلك لمعرفة المجموعات المتجانسة والمجموعات المختلفة حيت قسم هذا الاختبار العينات الى 3 مجموعات، المجموعة الأولى وتضم اطوال الليف 8سم (CE) 20.00 نيوتن/ملم^2 و10سم (CF) 19.10 نيوتن/ملم^2 والمجموعة الثانية وتضم اطوال الليف

6سم (CD) 20.8000 نيوتن/ملم^2 و8سم (CE) 20.00 نيوتن/ملم^2 والمجموعة الثالثة وتضم اطوال، 0 سم (CA) 22.90 نيوتن/ملم^2 وطول 2سم (CB)23.6 نيوتن/ملم^2 وطول 4سم (CC) 23.35 نيوتن/ملم2 ومن خلال الاختبار لاحظنا ان عينات طول الليف 8سم (CE) يتجانس مع المجموعتين الأولى والثانية. وقد اظهرت النتائج وبشكل عام زيادة بمتوسط نتائج اختبار الضغط (نيوتن/ ملم^2) بالمجموعة (CB) طول الليف 2سم حيث بلغ اختبار الضغط (23.60 نيوتن/ ملم^2), فقد كان اكثر بقليل من متوسط اختبار الضغط بالمجموعة الضابطة (CA) طول الليف 0سم حيث بلغ (22.90 نيوتن/ ملم^2) , ولوحظ ان هناك تناسب عكسي بين طول الليف وقوة الضغط بالمجموعات الخامسة (2سم (23.60 نيوتن/ملم^2)، 4سم (23.35 نيوتن/ملم^2)، 6سم (20.80 نيوتن/ملم^2)، 8سم (20.25 نيوتن/ملم^2)، و10سم (19.10 نيوتن/ملم2)) باستثناء المجموعة الضابطة (0سم) , فكلما زاد نسبة طول الليف كلما تناقص قيمة اختبار الضغط بمكعبات الخرسانة حيث لوحظ اقل قيمه الاختبار للمجموعة (CA) طول الليف 10سم (19.10 نيوتن/ ملم^2) وقد يعود السبب كيميائيا لعدم التجانس في مكونات الخلطة الخرسانية وعدم تكوين روابط كيميائية قويه بين مكوناتها, فالليف النخل يعتبر مكونا عضويا وباقي الخلطة الخرسانية مكونا غير عضوي فالتفاعل بينهما يكون غير قوي مما يؤثر في تماسك الخرسانة وتجانسها ويقلل من قيمة اختبار الضغط بمكعبات الخرسانة و هذا يتفق تماما مع بعض الدراسات السابقة بموضوع الإضافات الخرسانية فمثلا ما قام بها التركي (2020) من إضافة ألياف البولي بروبلين والألياف الزجاجية إلى الخرسانة وبنسب 0 ٪، 0.25٪، 0.50٪، 0.75٪، 1٪ من حجم الخرسانة حيث أجريت عدة اختبارات على الخرسانة الطرية والصلدة، منها اختبار حساب مقاومة الضغط و الشد. وتبين النتائج بأنه عند إضافة مادة الألياف تبدأ مقاومة الضغط في النقصان حيث كانت أعلى مقاومة

ضغط في حدود 51 نيوتن/مم^2 عند نسبة ألياف 0٪، وأقل مقاومة كانت عند 33 نيوتن/مم^2 عند نسبة ألياف 1.0٪.وفي دراسة لا توافق النتائج المتحصل عليها بدراستنا الحالية حيث لاحظ (Ramesh ، 2022) وذلك عند استخدام مجموعة متنوعة جديدة من الألياف الطبيعية تسمى ألياف نخيل ذيل السمكة كتعزيز دقيق في الخرسانة.ألياف نخيل ذيل السمكة (FTPF) هي موارد طبيعية متجددة ثمامًا ومتوفرة بكثرة، حيت ثم اختيار ثلاثة أجزاء حجمية مختلفة (0.1٪ ، 0.2٪ و 0.3٪) ، وثلاثة أطوال مختلفة من الألياف (10 مم ، 20 مم ، 30 مم).بالإضافة إلي العينة التحكم. حيث وجد أن لزوجة الخرسانة تزداد مع محتوى الألياف، وكانت مقاومة الانضغاط لعينة التحكم(30 ميجا باسكال)، وأقصى مقاومة ضغط كانت لخرسانة المعززة بألياف ذيل السمكة(36 ميجا باسكال)عند طول 30مم وبنسبة 0.3٪ حيت كانت مقاومة الانضغاط عند 20مم وبنسبة (0.3) (34.5 ميجا باسكال) وعند طول 10مم ونسبة0.3 كانت مقاومة الانضغاط(32 ميجا باسكال). حيت أظهرت نتائج الدراسة أن طول الألياف يلعب دورا مهما في زيادة مرونة الخرسانة المعززة بالألياف ذيل السمكة.

الاستنتاجات:

و بعد أجرأء دراسة تأثير مخلفات ألياف النخيل على اختبار الضغط للمكعبات الخرسانية يمكن تلخيص الاستنتاجات بالنقاط التالية:

تتناقص جودة الخرسانة بالنسبة لاختبار الضغط مع زيادة طول الليف و أن أفضل طول لليف النخل المضاف كان لاختبار الضغط هي طول 2سم وكانت (24.5نيوتن/مم^2) واقل نتيجة هي

طول 10سم وكانت (16نبوتن/مم مربع) مما يدل على ان هناك تناسبا عكسيا لاختبار الضغط مع زيادة طول الليف.

المراجع

- **Bourzam**, A. (1999). Effet des fibres de palmier et d'alfa sur les performances mecaniques des betons (Doctoral dissertation, Alger, Ecole Nationale Polytechnique).
- **Khan**, M., Ahmad, W., Farooq, S. H., Usman, M., Ahmad, A., Aslam, F., & Sufian, M. (2020). Effect of coconut fiber length and content on properties of high strength concrete. Materials, 13(5), 1075
- **Kriker**, A., Debicki, G., Bali, A., Khenfer, M. M., & Chabannet, M. (2005). Mechanical properties of date palm fibres and concrete reinforced with date palm fibres in hot-dry climate. Cement and Concrete Composites, 27(5), 554-564.
- **Kumar**, K. S., & Babu, S. D. (2015). Experimental Study on Partial replacement of cement by palm Ash. Indian Journal of Science and Technology, 8, 1-7.
- **Moga**, L., Charai, M., Mezrhab, A., & Karkri, M. (2022). Hygrothermal, mechanical and durability assessment of vegetable concrete mixes made with Alfa fibers for structural and thermal insulating applications. Construction and Building Materials, 335, 127518.
- **Mydin**, M. O., Rozlan, N. A., & Ganesan, S. (2015). Experimental study on the mechanical properties of coconut fibre reinforced lightweight foamed concrete. J. Mater. Environ. Sci, 6(2), 407-411.

- **Olaoye**, R. A., Oluremi, J. R., & Ajamu, S. O. (2013). The use of fibre waste as complement in concrete for a sustainable environment. Innovative Systems Design and Engineering, 4(9), 91-97.

- **Ramesh**, K., Ramalingam, V., Arumugam, M., & Muralidharan, V. (2022). Effect of natural fish tail palm fiber on the workability and mechanical properties of fiber reinforced concrete. Građevinski materijali i konstrukcije, 65(1), 7-22.

- **Yalley**, P. P., Osei Poku, M., & Zievie, P. (2016). Modelling Predicting the Effect of Palm Bunch Fibres on the Strength Properties of Concrete. In Fourth International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies. Las Vegas, USA