Contribution to Analysis and Evaluation the Chemical, Physical Properties of Construction &Demolition Wastes & Aggregates

Dr. Haytham Shahin[*]
Dr. Imad Fadel[**]
Naji Dayoub[***]

(Received 1 / 9 / 2023. Accepted 20 / 11 / 2023)

□ ABSTRACT □

Construction &Demolition Wastes are widely recognized as the main waste stream around the word, and their recycling and recovery is a main issue in many studies and researches of Organizations and Academic centres. In spite of good performance of recycled C&D in general, it is still outspread in our Country.

The composition of Construction &Demolition Wastes is highly heterogeneous and is influenced by several factors, including the raw materials and construction product used. The performance of these materials is considerably variable, and in some cases don't comply with the environmental regulations.

C&D waste recycling is considered as important issue, especially in the regions of natural disasters and conflicts, which usually lead to huge amounts of C&D wastes.

The research aims to study and evaluate the Chemical, Physical Properties of Construction &Demolition Wastes & Aggregates, to determine their reusing aspects.

Keywords: Construction &Demolition Wastes, Recycled Aggregates, Concrete Recycling, Chemical Composition

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*]**Professor – Department of Environmental Engineering – Tishreen University – Latakia – Syria.**
**** Professor – Department of Construction Engineering and Management – Tishreen University – Latakia – Syria.**
[***]**Postgraduate Student (Ph.D.) – Department of Environmental Engineering – Tishreen University – Latakia – Syria. najidayoub@gmail.com**

مساهمة في تحليل و تقييم أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنفايات أنقاض البناء والهدم وللحصويات المعاد تدويرها

د. هيثم شاهين*

د. عماد فاضل**

ناجي ديوب***

(تاريخ الإيداع 1 / 9 / 2023. قُبِل للنشر في 20/ 11 / 2023)

□ ملخّص □

لقد تمت دراسة عملية إعادة استخدام وتدوير نفايات انقاض البناء والهدم، في العديد من الأعمال، التي قام بها باحثون، وهيئات دولية مختصة، ومؤسسات ومراكز أكاديمية. وبالرغم من الأداء الجيد، لهذه الأنقاض، حول إعادة استخدامها أو تدويرها، على الصعيد العربي والعالمي، إلاّ أنّ إعادة استخدامها و تدويرها، ما زال محدود الانتشار على صعيد الجمهورية العربية السورية.

يتنوّع تركيب مخلفات الأنقاض كثيراً، ويتعلق بعوامل عديدة، منها خصائص المواد الأولية ، ونوع المنتج المستخدم في الإنشاء. وفي بعض الأحيان ، قد لا تلبي مواصفات الأنقاض الشروط المتعلقة بالاستدامة، وحماية البيئة .

بسبب الكميات الكبيرة والمتزايدة لأنقاض البناء والهدم، والحاجة الماسة لإدارتها، وإعادة تدويرها، واستخدامها، وبسبب ندرة الدراسات والبحوث المتعلقة بمخلفات الأنقاض، في سوريا، توطدت فكرة البحث الحالي.

سيقوم هذا البحث، على دراسة و تحليل و تقييم أهم الخصائص، الفيزيائية والكيميائية، لنفايات أنقاض البناء والهدم وللحصويات المعاد تدويرها، من أجل تحديد إمكانيات استخدامها، لأغراض مختلفة، ومنها مطامر النفايات البلدية.

الكلمات المفتاحية: مخلفات أنقاض البناء والهدم، الحصويات المدورة تدوير الخرسانة، التركيب الكيميائي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – اللاذقية – جامعة تشرين- سورية.**

** **أستاذ – قسم هندسة وإدارة التشييد- كلية الهندسة المدنية – اللاذقية – جامعة تشرين – سورية.**

*** **طالب دراسات عليا (دكتوراه) – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – اللاذقية – جامعة تشرين – سورية.**

najidayoub@gmail.com

مقدمة:

بسبب التزايد السريع لعدد السكان والإنشاءات تتولد ملايين الأطنان من مخلفات الإنشاءات والهدم، وهذه المخلفات تتزايد طبقاً إلى المعلومات المتوفرة من مجالس المدن ووزرات التعمير والأشغال العامة. إن السماح لهذه المواد، التي من الممكن إعادة استخدامها أو تدويرها، أن تذهب إلى المدافن ليس فقط فقدان في الموارد، وإنما زيادة الإنفاق في الأموال، البناءون والمقاولون ينفقون مرتين، مرة عندما يجهزون المواد، وأخرى عندما يزيلون الأنقاض للتخلص منها.

وطبقاً لمعلومات الجمعية الوطنية لبناء المساكن في امريكا (National Association of home Builders NAHB)) فان معدل أجور التخلص من النفايات الناتجة عن بناء (100) مسكن تقدر بـ 50000 دولار أمريكي. هذا الرقم من المتوقع زيادته بسبب إغلاق موقع الطمر الصحي، وإنشاء موقع طمر صحي جديد.

تعرف مخلفات أنقاض البناء والهدم (المخلفات الإنشائية)، بأنها مخلفات صلبة غير خطرة تتولد من نشاطات البناء، الهدم، الإنشاء والتطوير والتصليح، هدم المنشآت والأبنية، الطرق، الجسور، تنظيف الأرض، إنشاء المجاري، المنازل. والمواد المتخلفة في المواقع تتضمن: إسفلت، إسمنت مسلح، قرميد، خشب، زجاج، ألمنيوم، حديد، عبوات الطلاء، عوازل أنابيب المراجل، أسلاك، سقوف ثانوية وغيرها (**شاهين،2019**).

أجريت دراسات على كمية النفايات المدورة التي تتولد من مشاريع الإنشاءات والأبنية السكنية في الولايات المتحدة الأمريكية وكانت نتائجها : إن إنشاء (500) قدم مربع، يولد (12344) باوند من المخلفات أي بمعدل (2.46) باوند/قدم مربع (EPA U.S. 2003).

تقدر كميات مخلفات البناء المتولدة عن قطاعات إنشاء الأبنية التجارية والسكنية بنسب متساوية تقريباً وقدرت كمية مخلفات البناء بالنسبة لعدد السكان بـ 2.8 باوند /شخص /يوم (**EPA .U.S. 2002**).

يتنوع تركيب المخلفات الخاصة بالبناء والهدم بشكل ملحوظ بالاعتماد على نوع المشروع الذي تتولد منه. على سبيل المثال تحتوي الأنقاض الناتجة من الأبنية القديمة على مادة البناء بالجص وأنابيب رصاصية، بينما من المحتمل أن تحتوي انقاض الأبنية الحديثة على كمية ملحوظة من البلاستك وصفائح جبسية جاهزة (**Aslam, M. S., & et. 2020**).

بالنسبة لمخلفات البناء ، قدرت وكالة حماية البيئة الامريكية (US environmental protection agency EPA) نسب المواد في مخلفات البناء والهدم بالمعدلات التالية :

بيتون مسلح وخليط حجارة مكسرة	%50-40
خشب	%30-20
قواطع جاهزة	%15-5
إسفلت السطوح	%10-1
معادن	%5-1
آجر	%5-1
بلاستيك	%5-1

تطوّر عملية إدارة الأنقاض:

تعد إدارة مخلفات الهدم والبناء قضية عالمية بسبب ازدياد أعمال البناء على المستوى العالمي. وعلى الرغم من أن التخلص منها ليس هو الطريقة المفضلة، إلى أنه يتم التخلص من جزء كبير منها في مطامر المخلفات البلدية العامة (Tiwary , 2015).

تعتبر الإدارة المتكاملة لنفايات الهدم والبناء أفضل السبل للحد من استنزاف المواد الطبيعية، وتخفيض التدهور البيئي، وتحسين نوعية الحياة، ويتطلب تطبيق الإدارة المتكاملة واستدامتها التزام المجتمع بها، وذلك من خلال رفع مستوى الرأي العام حول قضايا إدارة هذه المخلفات التي يتزايد إنتاجها في جميع أنحاء العالم، بسبب الزيادة في أعمال البناء للتقدم في البنية التحتية. تشغل مخلفات الهدم والبناء مساحة كبيرة من حجم مدافن المخلفات البلدية عند التخلص منها فيها، وتبقى ثابتة على مر السنين بسبب طبيعتها الخاملة، غير القابلة للتحلل، (Tiwary , 2015; Marzouk & Azab, 2014; Aslam, et al. 2020; Rakesh & Keshava, 2019; EU, 2016).

أجريت دراسة في محافظة البصرة (2014) قدرت كمية النفايات خلال فترة الدراسة البالغة سنة كاملة بحدود 177.907 طن أي بمعدل 0.06 طن / م^2 ، و تمثل الخرسانة أكبر كمية من المخلفات بنسبة 36% في مركز المدينة يليها القرميد و البلوك بنسبة تصل إلى 15% من المخلفات الإنشائية ، بينما تمثل مواد الإكساء التي تشمل المرمر و السيراميك و الحجر نسبة تتراوح من 5% إلى 9% بينما الزجاج و الألمنيوم و البلاستيك و الخشب لا تتجاوز 2% و الجبس 2% من المخلفات.

أجرى محسن أنصاري و محمد حسن اهراموش، دراسة وصفية مقطعية في مكب للنفايات عام 2017–2018 في مدينة يازد في إيران، وتم أخذ العينات من مخلفات البناء والهدم من المكب لمدة 12 شهراً (تموز 2017 – تموز 2018) ووفقاً لقائمة مرجعية أعدها الباحث، تم جمع بيانات عن وزن هذه النفايات وكثافتها وحجمها وتمت المعالجة الإحصائية الوصفية للبيانات عن طريق برنامج اكسل. وقد بينت الدراسة أنه يتولد 53,445 طن من النفايات سنوياً في مدينة يازد. و النسب المئوية للمواد هي كالتالي: اسمنت و بيتون 38% – طوب 20% – بلاط و سيراميك 14% – معادن حديدية 11% – معادن غير حديدية 6% – زجاج 5% – بلاستيك 3% – خشب 3%.

توصّل الباحث المهندس بسام أبو النعاج (الشركة العامة للدراسات/ دمشق، 2015) إلى أنه يمكن استخدام الخرسانة، التي تصل فيها نسبة وزن الركام الخرساني المعاد تدويره كأعلى حد إلى 20% أو الخرسانة التي تصل فيها نسبة وزن الركام المأخوذ من بقايا البلوك كأعلى حد 10% في أعمال الخرسانة بدون اختبارات حيث يكون تغير الخواص مهملاً.

عرضت الباحثة يارا منى (المؤسسة العامة للإسكان) في بحث لها بعنوان(تدوير نواتج هدم الأبنية لاستخدامها في إعادة البناء) في المؤتمر الهندسي حول أولويات التنمية وإعادة الإعمار ،اللاذقية 2015، واقع عملية التدوير في بعض الدول المجاورة، كما سلّطت الضوء على عدة دراسات مرجعية، في دول مجاورة، تهتم باستعمال الحصويات المدورة واستخدام الإضافات (غبار السيليكا، هباب الفحم، الخبث) من أجل تحسين المواصفات الميكانيكية للخلطة الجديدة.

توصلت الباحثة آلاء حسن (أطروحة ماجستير، جامعة تشرين، المعهد العالي لبحوث البيئة 2022)، إلى تحديد كميات أنقاض البناء والهدم المتولدة في مدينة حمص، إثر فترة الحرب على سورية وما رافقها من عمليات تدمير للمباني والمنشآت، وأوصت بإعادة تدوير تلك الأنقاض، في مراكز ثابتة، أو متنقلة، بعد عملية التقييم لمسافات النقل.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

بالرغم من تعدد الأبحاث والدراسات، خصوصاً، على المستوى الأوروبي، حول إدارة وتدوير ومعالجة مخلفات البناء والهدم، وصدور بعض التشريعات والضوابط حول مجالات إعادة استخدام الأنقاض، فإنه على الصعيد العربي والمحلي، مازال الموضوع بخطواته الأولى والخجولة.

يترافق الانتشار العشوائي لمخلفات أنقاض البناء والهدم ، مع الكثير من المشكلات البيئية، بسب الانبعاثات والرشاحة الناتجة عن تلك الأنقاض. أمّا الدراسات والأبحاث حول سلوك الرشاحة، أو الآثار الناجمة عن الانبعاثات، والمرتبطة بالتركيب النوعي لنفايات أنقاض البناء والهدم فهي نادرة جداً، على مستوى القطر العربي السوري، ومن هنا تأتي أهمية البحث الحالي .

أهداف البحث:

1- دراسة الخصائص الكيميائية ، ونسبة الرماد، لخليط أنقاض البناء والهدم C&D وللحصويات المدوّرة RAs.

2- دراسة أهم الخصائص الفيزيائية (التدرج ،الوزن الحجمي، الاهتراء، الامتصاص)، وفق متطلبات الكود السوري، لإعادة الاستخدام في أعمال التسوية ، والدريناج والتغطية في مطامر النفايات.

طرائق البحث ومواده:

فيما يتعلق بدراسة الخصائص الكيميائية، تمّ تحضير العينات ونقلها وإجراء التحاليل المطلوبة، وفق البروتوكولات المتبعة في قسم الكيمياء البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين. كما تمّ إجراء قسم منها في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية بجامعة تشرين أيضاً. حيث تم جمع 10 عينات من مكبات أنقاض البناء، المتوزعة بشكل غير مضبوط، على أطراف مدينة اللاذقية، وأحياناً، بجوار المناطق السكنية. وتم تحديد نسبة الرماد، بعد تسخين العينات في الدرجة 105 مئوية. وبالنسبة للعناصر الثقيلة، فقد تمت التحاليل على جهاز الامتصاص الذري(AAs)، في كلا المعهدين، العالي لبحوث البيئة والبحرية.

أمّا الخصائص الفيزيائية، فقد تم تحضير العينات، وتكسير الحصى، في مخبر مواد البناء في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، وفق البروتوكولات المتبعة، والملبية لموصفات واشتراطات الكود السوري .

حيث تم دراسة الخصائص التالية: الوزن الحجمي، الامتصاص، و الاهتراء.

النتائج والمناقشة:

استناداً إلى الدراسات (Alessandra Diotti & etl,MOPI,2020)، ذات الصلة، تمت دراسة العناصر البارزة في التركيب الكيميائي لعينات أنقاض البناء، والحصى المعاد تدويرها، ومقارنتها مع التركيب الكيميائي للحصى المعاد تدويرها.

وقد تبين أنّ المعادن الأكثر تواجداً في خليط أنقاض البناء والهدم (C&D) هي:

Al, Fe, Cr, Mn, Si

بينما، تبين أنّ المعادن الأكثر تواجداً في عينات الحصى المعاد تدويرها هي:

Al, Cu, Cr, Zn

واستناداً، إلى ما ذكر أعلاه، تمت دراسة وتحليل تلك العناصر، في العينات المختبرة.

وقد تم اختبار خاصة أخرى أيضاً، لنوعي العينات، وهو اختبار هام، عند دراسة خصائص النفايات (شاهين، 2019)، بشكل عام، والمدوّرة منها، بشكل خاص، وهي خاصية نسبة الرماد %.

وقد وضعت، عدد العينات 10 للخليط C&D و 1 للحصى المدورة، في الجدول (1).

وتلى ذلك، المخططات البيانية للعناصر المدروسة، مبينة القيم الخاصة ، بالأنقاض المختلطة والحصى المعاد تدويرها، للمقارنة.

الجدول (1). نتائج التحليل الكيميائي لعينات خليط C&D والحصى المعاد تدويرها

العنصر	خليط D&C mg/kg														الحصى المدورة mg/kg
													متوسط	MAX Value	MIN Value	SKEW
Ash % at 105	80	79.5	84.6	82.5	85	91	96	95	97	98	88.9	98	0.000205	83
Al	600	720	1760	2015	3600	6400	8200	8760	9870	10413	5234	10413	0.0931657	600	9400
Cu	35	66	50	77	89	104	110	130	137	150	94.8	150	0.1083-	35	65
Zn	19	34	60	88	123	240	320	485	590	670	263	670	0.7096357	19	50
Pb	26	48	62	70	98	120	183	192	201	212	121	212	0.098093	26	30
Ni	11	17	22	29	39	50	66	69	77	80	46	80	0.0245407	11	14
Cr	26	32	45	89	112	168	188	187	200	220	127	220	0.253492-	26	53

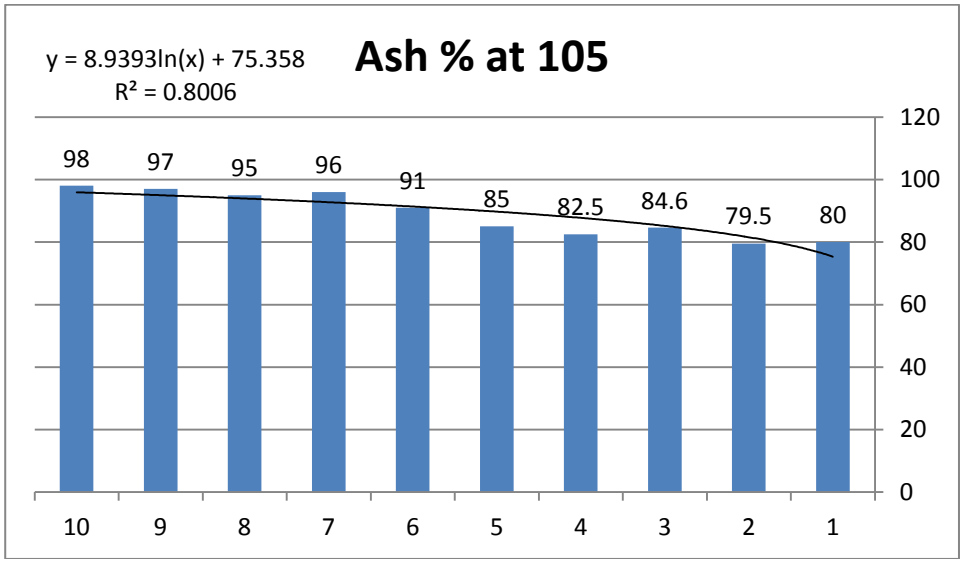
11	0.144303-	4	25	14.6	25	22	20	19	16	14	12	6	8	4	Arsenic
7	0.568704-	2.5	12	8.31	13,3	12	11,7	11	12	8	9	7	5	2.5	Cobalt
10.3	0.5898262	12	2600	1004	2600	2450	1900	1670	678	433	179	77	44	12	Minerals Oils

وقد تمّ التعبير عن الخصائص المذكورة أعلاه، بمخططات بيانية على برنامج إكسل، لكل عنصر على حدى كما هو موضح ادناه (الأشكال من 1 حتى 16).

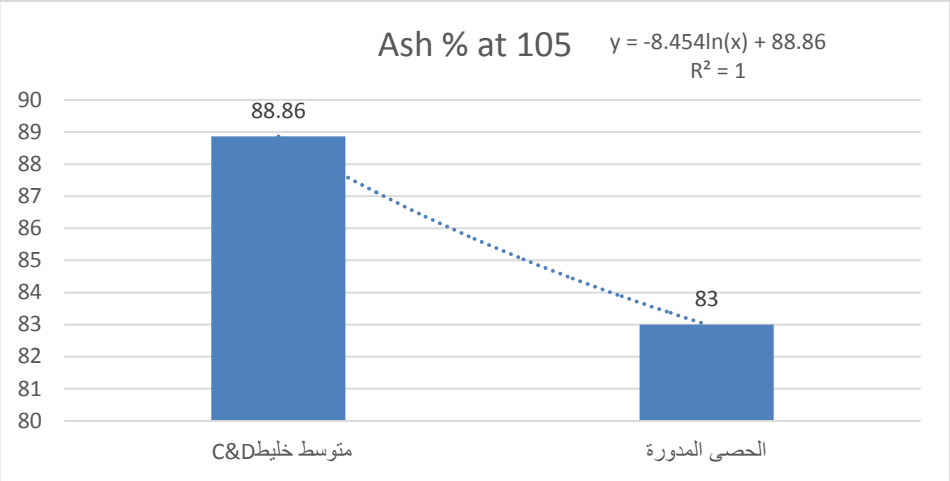
حيث تم تحليل القيم لكل عنصر مدروس للعينات العشرة لخليط D&C ، مع أخذ خط الاتجاه العام اللوغاريتمي وحساب قيمة مربع الانحدار R^2 ، ومن ثم مقارنة متوسط العينات العشرة لخليط D&C مع قيمة العنصر في الحصى المدورة.

ونرى من المخططات أن قيمة مربع الانحدار تقترب من القيمة /1/، مما يدل على أن النموذج يشرح تغييرات عالية في البيانات وبالتالي يوفر تنبؤاً جيداً، ويؤكد على مدى صحة وملائمة النموذج.

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
83	0.000204959	79.5	98	88.86	Ash % at 105

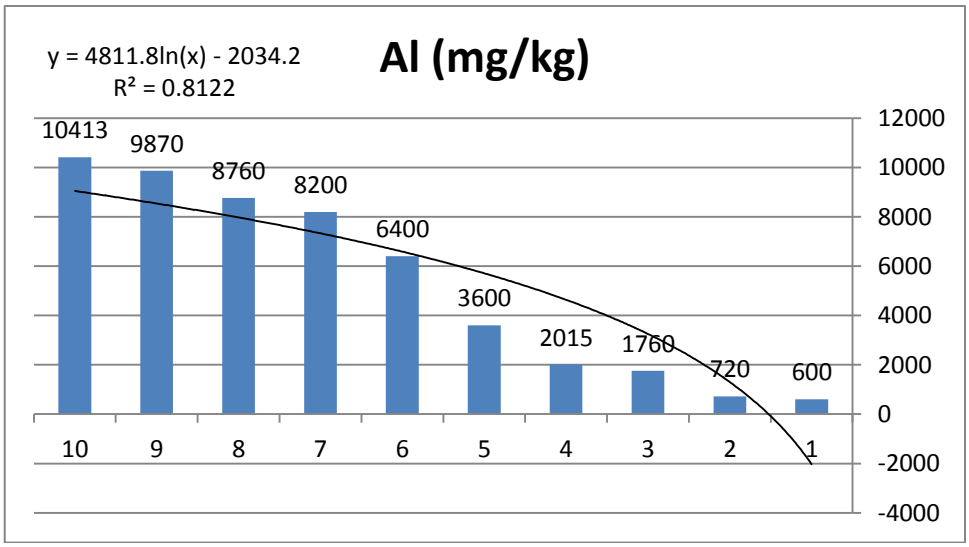


الشكل (1). نسبة الرماد لخليط الأنقاضC&D

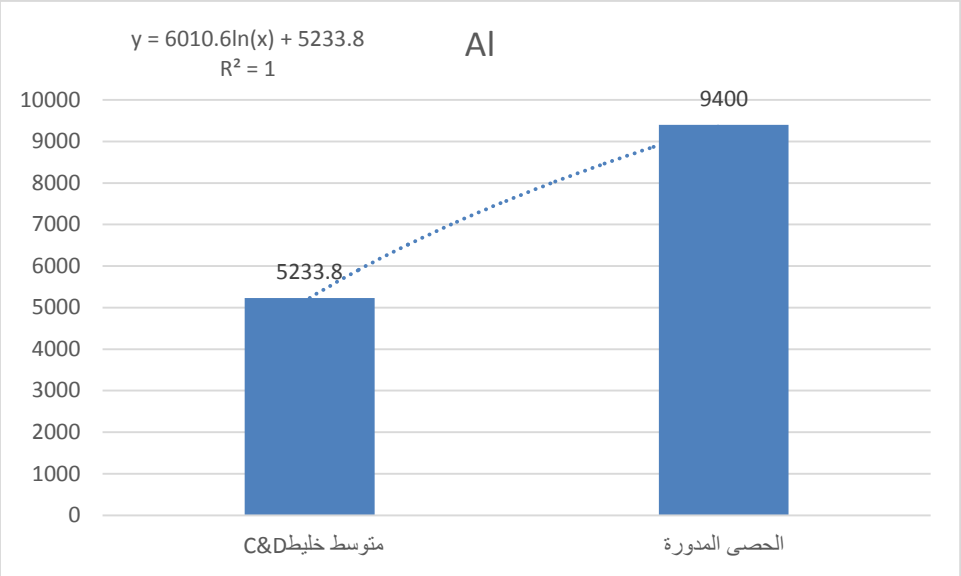


الشكل (2). نسبة الرماد لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
9400	0.09316573	600	10413	5233.8	Al

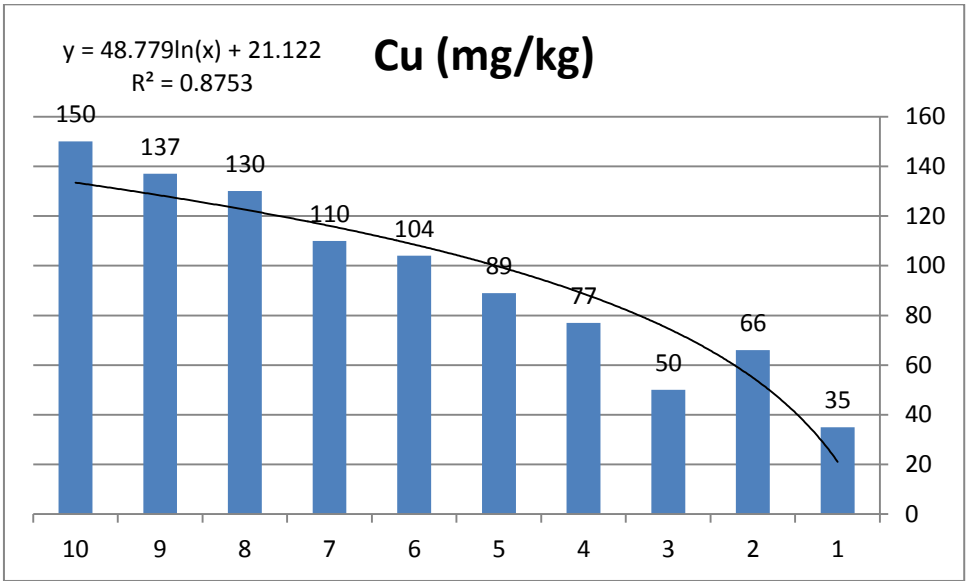


الشكل (3).تراكيز الألمنيوم Al لخليط الأنقاضC&D

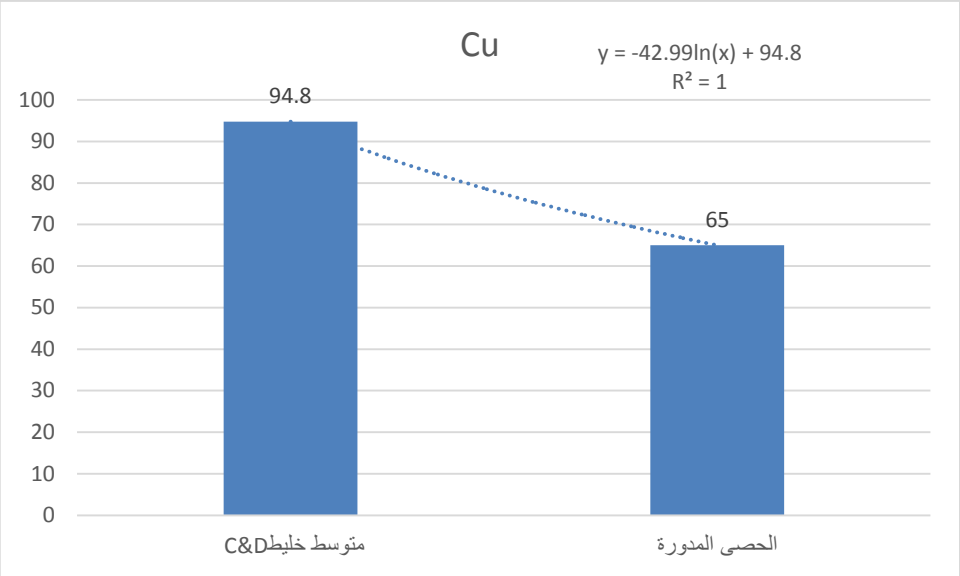


الشكل (4).تراكيز الألمنيوم Al لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
65	0.108299628-	35	150	94.8	Cu

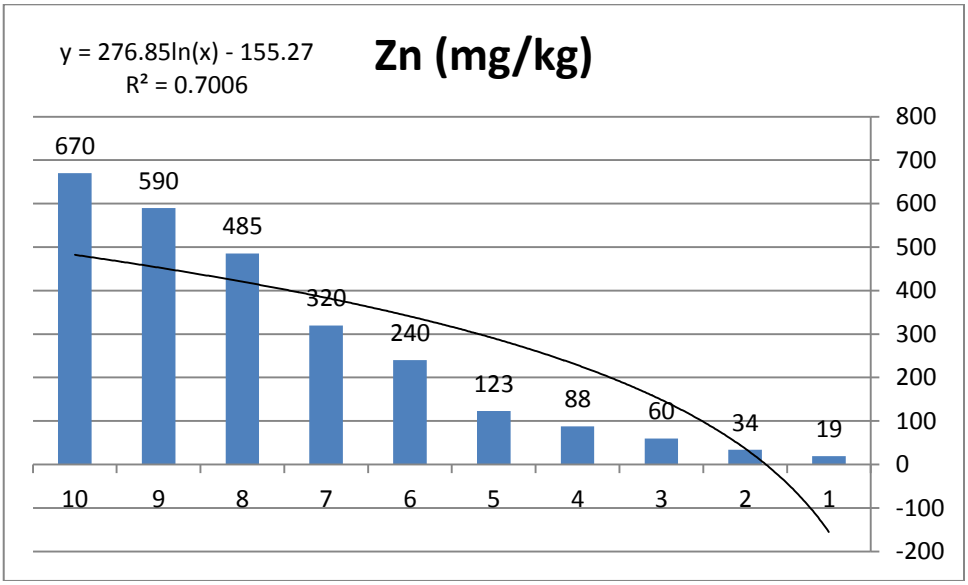


الشكل (5).تراكيز النحاسCu لخليط الأنقاضC&D

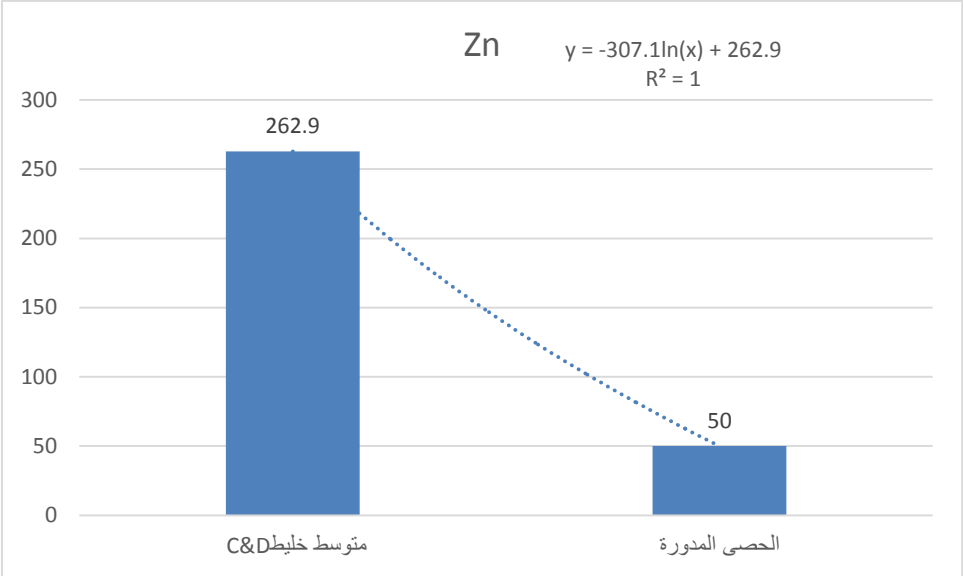


الشكل (6).تراكيز النحاسCu لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
50	0.709635705	19	670	262.9	Zn

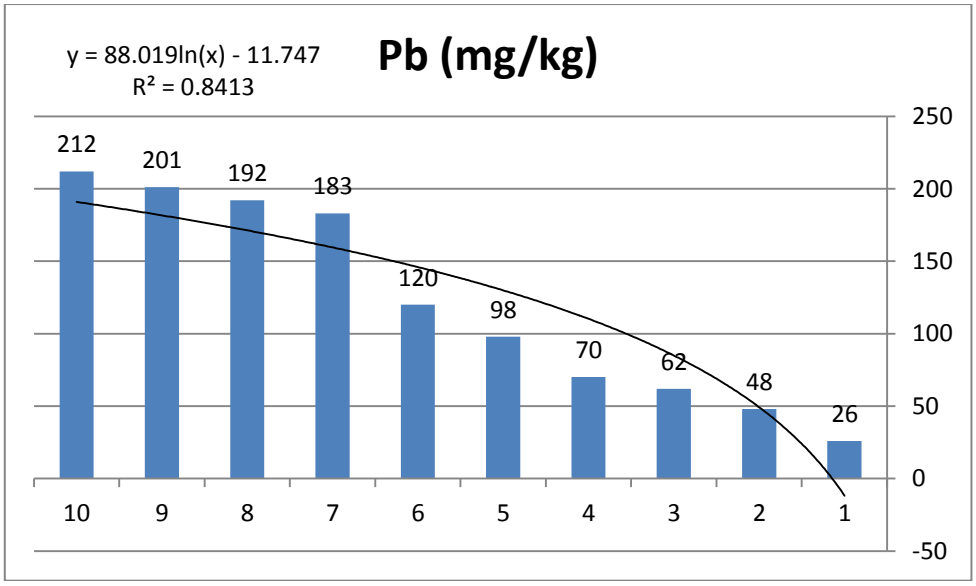


الشكل (7).تراكيز الزنك Zn لخليط الأنقاضC&D

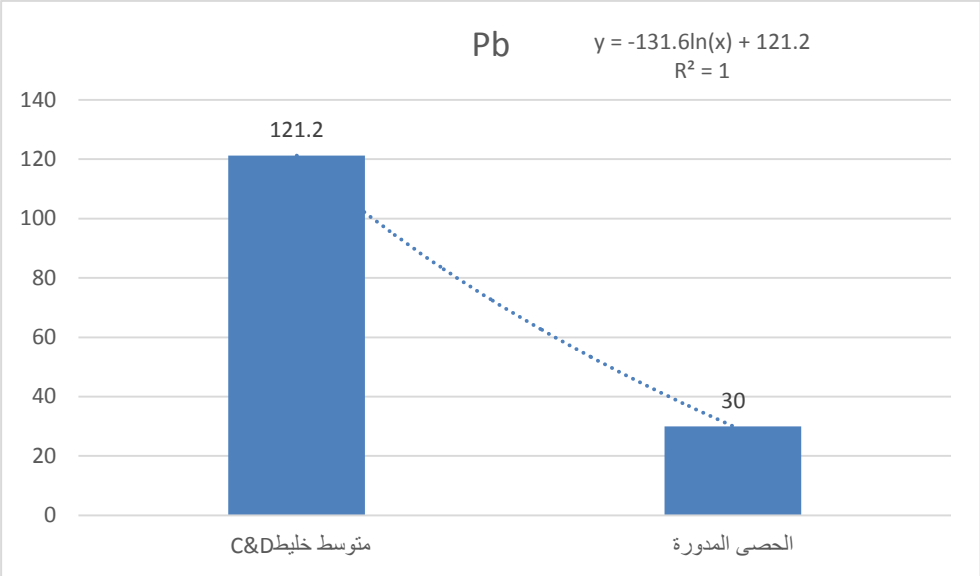


الشكل (8).تراكيز الزنك Zn لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
30	0.098092964	26	212	121.2	Pb

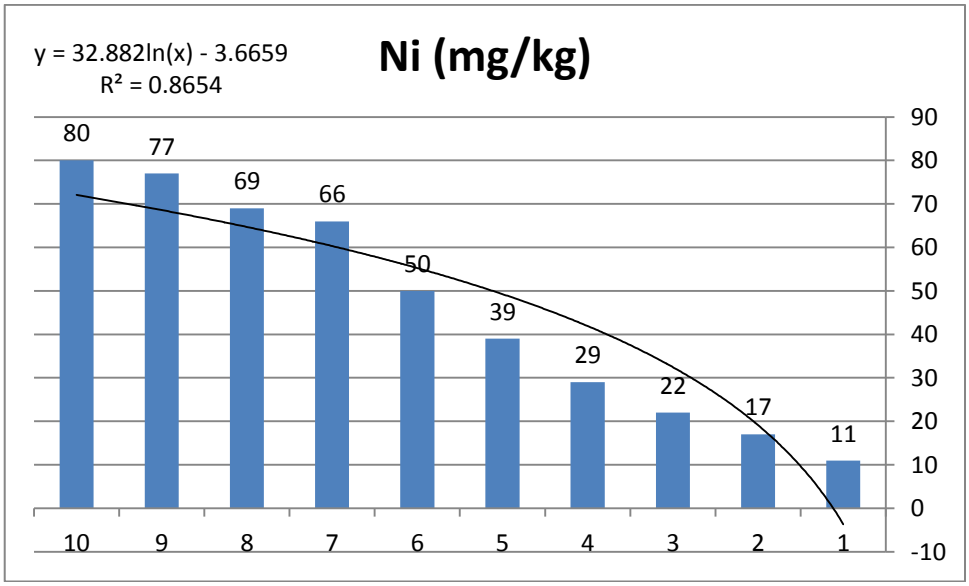


الشكل (9).تراكيز الرصاص Pb لخليط الأنقاضC&D

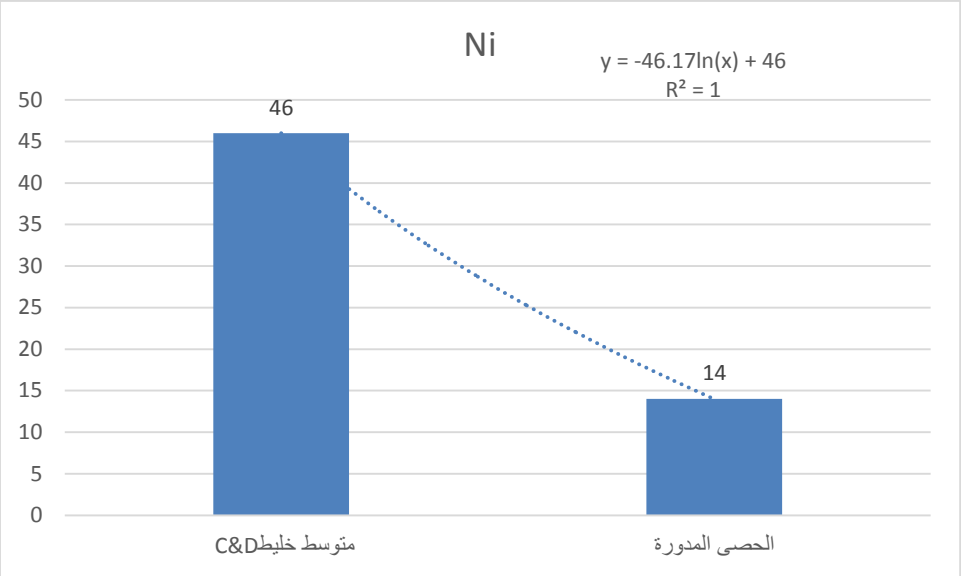


الشكل (10).تراكيز الرصاص Pb لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
14	0.024540688	11	80	46	Ni

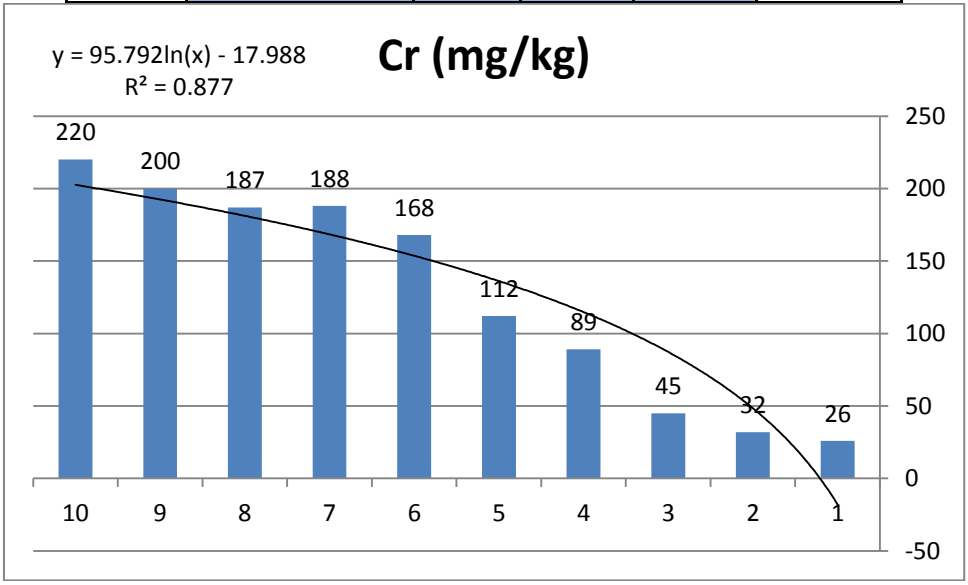


الشكل (11).تراكيز النيكل Ni لخليط الأنقاضC&D

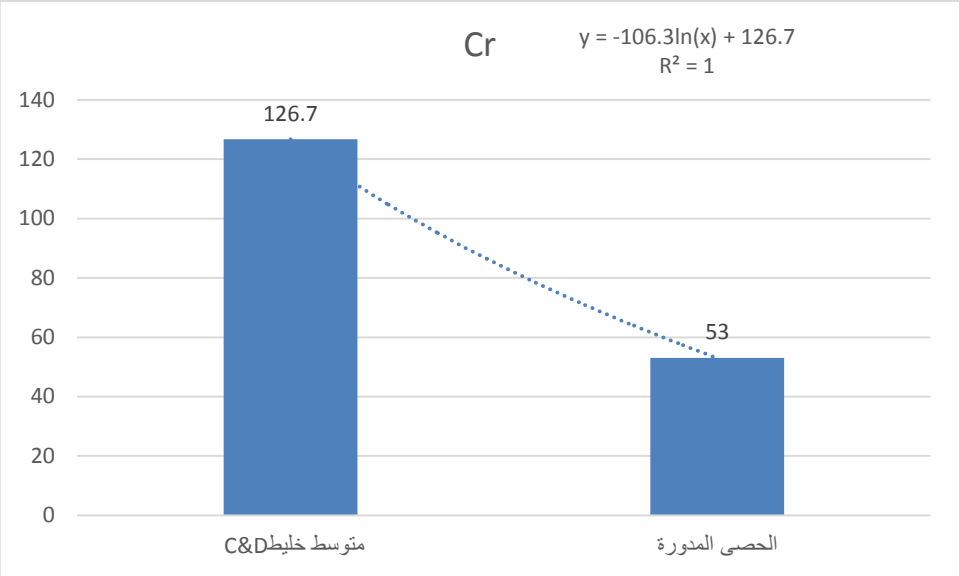


الشكل (12).تراكيز النيكل Ni لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

الحصى المدورة mg/kg	خليط D&C mg/kg				العنصر
	SKEW	MIN Value	MAX Value	متوسط	
53	0.253492414-	26	220	126.7	Cr

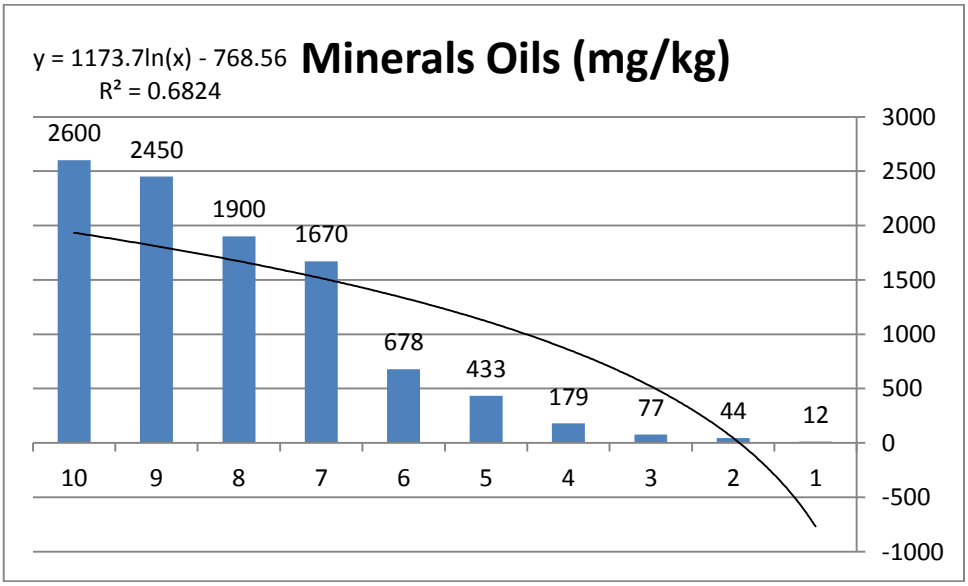


الشكل (13).تراكيز الكروم Cr لخليط الأنقاضC&D

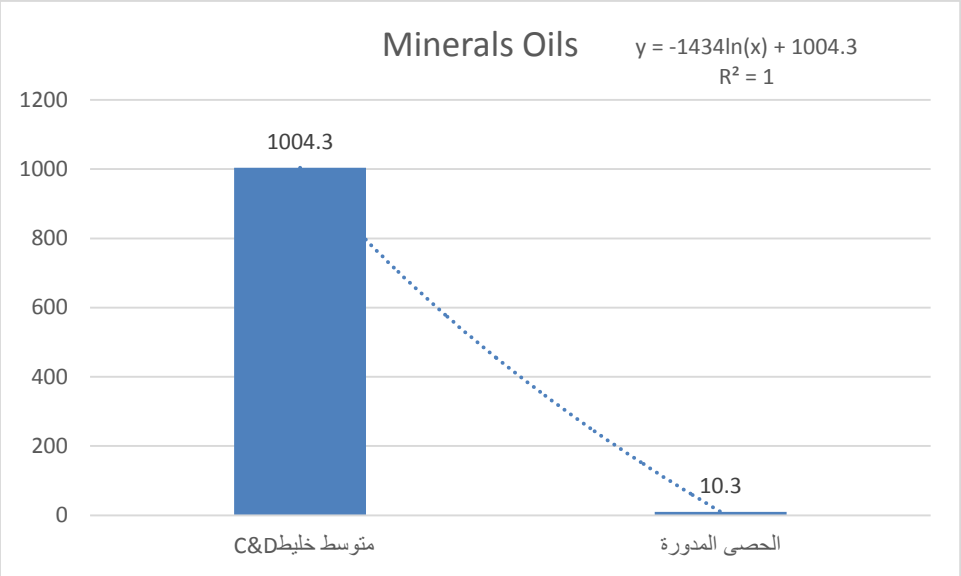


الشكل (14).تراكيز الكروم Cr لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

العنصر	خليط D&C mg/kg				الحصى المدورة mg/kg
	متوسط	MAX Value	MIN Value	SKEW	
Minerals Oils	1004.3	2600	12	0.589826155	10.3



الشكل (15).تراكيز الزيوت المعدنية لخليط الأنقاضC&D



الشكل (16).تراكيز الزيوت المعدنية لمتوسط خليط الأنقاضC&D وللحصى المعاد تدويرها

بعد قراءة المخططات في الأشكال من (1) حتى (16)، نلاحظ أن محتوى المعادن الثقيلة (Fe Cr, Mn, Zn,Ni,Pb)، في خليط أنقاض البناء والهدم C&D ، أكبر بنسبة معتبرة عنها في الحصى المدوّرة RAs، ويعود ذلك إلى احتواء خليط الأنقاض على السيراميك، القرميد، الإسمنت. أمّا ارتفاع الألمنيوم Al في الحصى المدورة فيعود على أكاسيد الألمنيوم الموجودة في المواد الأولية للأسمنت.

فيما يتعلق **بالخواص الفيزيائية**، فقد تمت دراستها على الحصى المدوّرة، باعتبارها العنصر المرّشح لإعادة الاستخدام، في أعمال التسوية، والدريناج والتغطية في مطامر النفايات (شاهين،2019.،اللحام ،2017).

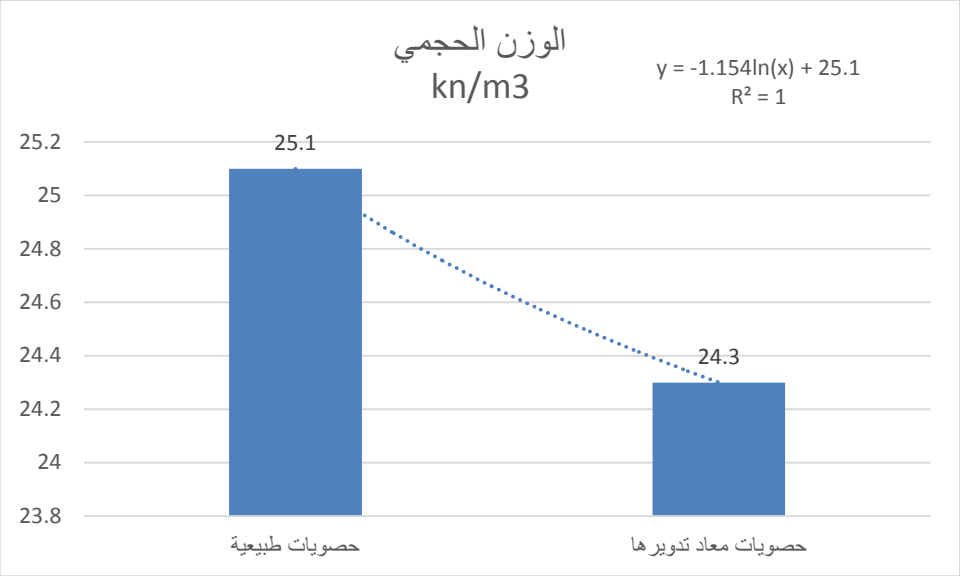
حيث تمت التجارب على العينات من الحصى المدوّرة، وعلى عينات الحصى الطبيعية، من أجل عملية المقارنة. وقد استخدمت حصويات ناتجة عن نفايات هدم أحد المباني السكنية في مدينة اللاذقية. وتم عملية تكسيرها للحصول على المقاس التقريبي(25mm)، في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين. وذلك وفقاً لمواصفات الكود السوري في التوزيع الحجمي للحبيبات (المرجع د. حويجة).

وقد كانت الخواص المدروسة: الوزن الحجمي، الامتصاص، والفاقد بالاهتراء، هي الخصائص الفيزيائية المدروسة.

الجدول (2).الخواص الفيزيائية للحصويات الطبيعية والحصويات المعاد تدويرها

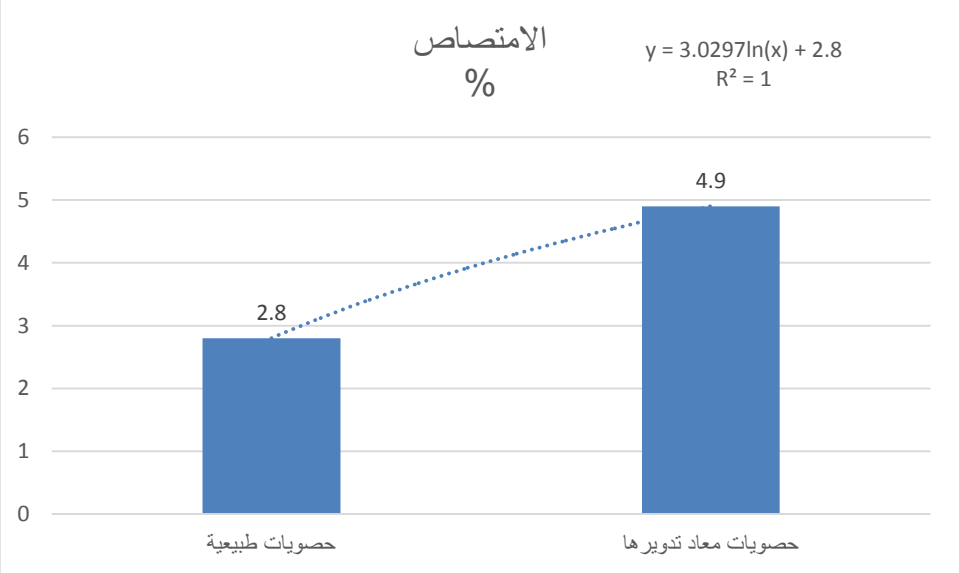
نوع الحصويات	التدرج (mm)	الوزن الحجمي (kn/m^3)	الامتصاص %	الفاقد بالاهتراء %
حصويات طبيعية	25-5	25.1	2.8	22
حصويات معاد تدويرها	25-5	24.3	4.9	31.2

وتبين الأشكال (من 17 إلى 19)، مقارنة بين الخصائص الفيزيائية، للحصويات المعاد تدويرها، وللحصويات الطبيعية.



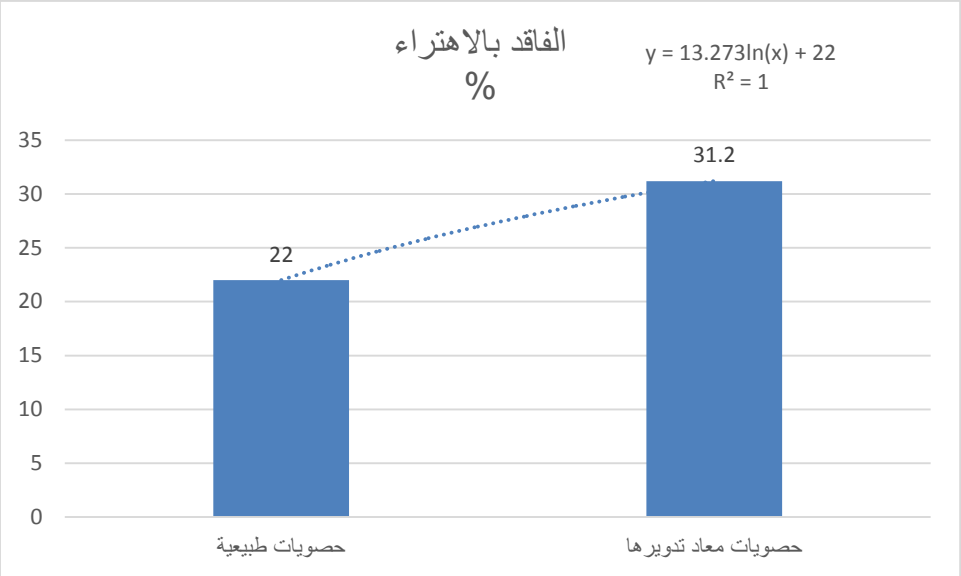
الشكل (17).مقارنة الوزن الحجمي (kn/m3) للحصويات الطبيعية مع الحصويات المعاد تدويرها

وكما هو واضح من المخطط السابق، فإن الحصى المدورة، تتمتع بوزن حجمي أقل من الحصى الطبيعية، إلاّ أنه قريب منه للحصى الطبيعية، وهذا هام من ناحية إمكانية إعادة استخدام المدورة مع مراعاة ذلك.



الشكل (18).مقارنة الامتصاص % للحصويات الطبيعية مع الحصويات المعاد تدويرها

تزداد نسبة الامتصاص للماء للحصى المدورة عن الطبيعية، ويجب أن يكون هذا موضع اهتمام، أثناء إعادة استخدام الحصى المدورة.



الشكل (19).مقارنة الفاقد بالاهتراء % للحصويات الطبيعية مع الحصويات المعاد تدويرها

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- هناك تقارب واضح بين نسبة الرماد (Ash) لخليط نفايات الأنقاض (C&D) وللحصويات المعاد تدويرها.

2- يزداد محتوى الأمونيوم (Al) في الحصى المعاد تدويرها (9000 mg/kg) ، بالمقارنة مع خليط نفايات الأنقاض (C&D)(5000 mg/kg)، كقيمة وسطية.

3- يقل محتوى النحاس (Cu) في الحصى المعاد تدويرها عنه في خليط نفايات الأنقاض (C&D).

4- يزداد محتوى الزنك (Zn)، خليط نفايات الأنقاض (250mg/kg)، بالمقارنة مع الحصويات المعاد تدويرها (50mg/kg).

5- هناك زيادة واضحة لعنصري النيكل والكروم في خليط نفايات الأنقاض (C&D)، عنه في الحصى المعاد تدويرها.

6- تتميز الحصى المدورة بمحتوى أقل من المعادن الثقيلة، بالمقارنة مع خليط نفايات الأنقاض (C&D)، وهذا ما يكسبها صفة تنافسية لإعادة استخدامها لأغراض إنشائية مختلفة.

7- تملك الحصى المعاد تدويرها خصائص فيزيائية، مقبولة بالمقارنة مع الحصويات الطبيعية.

التوصيات:

1- دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنفايات أنقاض البناء والهدم، لعينات مأخوذة من مطامر قديمة.

2- التوجه نحو المزيد من البحث حول الحصى المعاد تدويرها، كعنصر مرّشح لإعادة الاستخدام في مجالات إنشائية مختلفة.

3- إجراء بحوث حول سلوك الحصى المعاد تدويرها عند استخدامها لأغراض العزل والتسوية والتصريف في مطامر النفايات البلدية.

References:

1- Al-Hassan Ahmed. An updated traditional method for constructing buildings and recycling waste construction materials. The First Engineering Conference/Priorities for Development and Reconstruction. Syria, Latakia, 2015

2- Al-Hassan Alaa (2022). Developing an integrated management system for demolition and construction waste using geographic information systems and dynamic modeling. Case study: Homs city. Master's thesis, Tishreen University, Higher Institute for Environmental Research.

3- Al-Ajji Bassam. Solid waste treatment. Damascus University Publications/Faculty of Civil Engineering, 2005.

4- Al-Lahham, Laila (2017). Technology of reusing concrete resulting from building demolition

5- Al-Masry, Qusay (2017). Using building rubble products in road paving layers (the case of buildings in Aleppo Governorate). Master's thesis, University of Aleppo, Faculty of Civil Engineering, Department of Transportation and Transportation Engineering.

6- Guideline Plan for Solid Waste Management in Syria, Ministry of Local Administration and Environment, Damascus, Syria, 2005-2014 AD

7- Jarkas Hazar. Contribution to developing solid waste collection and transportation operations in the city of Latakia. Master's thesis, College of Civil Engineering, 2015.

8- Kikhia, Youssef (2015). Mechanical properties of concrete manufactured using recycled concrete aggregates. Master's thesis, Tishreen University, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Engineering.

9- Shaheen Haitham. Management of construction waste and construction and demolition rubble. First Engineering Conference/Development and Reconstruction Priorities. Syria, Latakia, 2015.

10- Shaheen Haitham Harba Kawkab, Jaafar Raed. Solid waste treatment. Chapter Four/Construction and demolition rubble. Tishreen University Publications, 2019.

11- Ministry of Municipalities and Public Works / Environment Department / Baghdad, Iraq, 2006 AD.

12-Abdelhamid, M. S. (2014). Assessment of different construction and demolition waste management approaches. HBRC Journal, 10(3), 317-326..

13-Aslam, M. S., Huang, B., & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and USA. Journal of environmental management, 264, 110445.

14-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)(2003) EPA Constriction and Demolition (C&D)Debris, Basic Information. File://G.\ EPA Construction .

15- Environmental Protection Agency(2002), Constriction and Demolition Debris, File://L:\Debris7htm.

16-Kotrayothar, D. (2012). Recycled aggregate concrete for structural applications (Doctoral dissertation, University of Western Sydney.(

17-Kumbhar, S., Gupta, A., & Desai, D. (2013). Recycling and reuse of construction and demolition waste for sustainable development. OIDA International Journal of Sustainable Development, 6(7), 83-92..

18-Kofoworola., O., & Gheewala. (2008). Estimation of construction waste generation and management in Thailand.