LJEEST
ISSN 2710-5237
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

http://aif-doi.org/LJEEST/060115

تأثير طاقة الرياح على حركة وتراكم الرمال المتراكمة على الشاطئ شرق وادي كعام بمدينة زليتن

علي عكاشة[1]، علي عبد السلام طويهر[2]

ARTICLE INFO

Vol. 6 No. 1 June, 2024
Pages A(13- 21)

Article history:
Revised form 07 December 2023
Accepted 31 January 2024

1- Faculty of Science, Alasmariya Islamic University & Libyan Center for Studies and Research of Environmental Sciences and Technology.
2- Harouge Oil and Gas Production Company.
Aly.okasha2002@gmail.com

Keywords:
wind energy ,accumulation of sand ,wind energy

الملخص

تعد منطقة شرق وادي كعام في مدينة زليتن من أهم مصادر الرمال البحرية المتحركة ، بفعل الرياح في غرب ليبيا، حيث أن كميات كبيرة من الرمال يتم إنتاجها من مناطق مختلفة على الشاطئ وترسبت على شكل كثبان رملية متحركة ومتراكمة في نقاط متعددة على الساحل في هذه المنطقة التي توجد بها الأنشطة البشرية الرئيسية مثل الطرق الساحلية والانشطة الزراعية والمصانع، و لذلك فإن هذه الرمال المتحركة هي دائمًا سبب لكثير من المشاكل، وتم في هذه الدراسة تحليل البيانات المناخية للوصول الى حساب طاقة الرياح المؤثرة على حركة الرمال واتجاهاتها السائدة خلال فصول السنة ومن طاقة الرياح والخصائص الحجمية لعينات الرمال في المنطقة تم حساب معدلات انسياق الرمال وكمية الرمال المتراكمة سنويا في المنطقة، ومن النتائج المتحصل عليها تبين ان معدل انتقال الرمال في المنطقة يبلغ 218.36 طن/كم في السنة، وباستخدام معدل كثافة الرمال في الكثبان الرملية تم تحويل الطن الى متر^{3}وبالتالي أصبحت كمية الرمال المنقولة في منطقة الدراسة تبلغ 565.56 متر^3/كم في السنة، وهذه الكمية رغم كونها لا تبدو كبيرة كثيرا الا انها تشكل عائقا كبيرا لمشاريع التنمية في المنطقة خاصة مع عدم التخلص منها بشكل مستمر حيث يمكن ان تتراكم لتكون كثبانا يصل ارتفاعها الى اكثر من 10 امتار.

The effect of wind energy on the movement and accumulation of sand accumulated on the beach east of Wadi Kaam in the city of Zliten.

Aly Okasha and Ali Toihar

The area east of Wadi Kaam in the city of Zliten is one of the most important sites of moving marine sand, caused by the winds in western Libya, as large quantities of sand are produced from different areas on the beach and deposited in the form of moving sand dunes and accumulated at multiple points on the coast in this region that There are major human activities such as coastal roads, agricultural activities, and factories, and therefore these moving sands are always the cause of many problems, and in this study, climate data was analyzed to reach the calculation of the wind energy affecting the movement of sand and its prevailing trends during the seasons of the year and from wind energy and characteristics Volumetric sand samples in the region were calculated sand drift rates and the amount of sand accumulated annually in the region, and from the results obtained it was found that the sand transmission rate in the region is 218.36 tons / km per year, and using the rate of sand density in the sand dunes, the ton was converted to 3 meters and thus became The amount of sand transported in the study area is 565.56 m3/km per year, and this amount, although it does not seem very large, constitutes a major obstacle to development projects in the region, especially with the lack of continuous disposal, as it can accumulate to form dunes that reach a height of more than 10 meters. meters.

المقدمة:

ينتج من منطقة وادي كعام كميات كبيرة من الرمال التي تترسب في المنطقة شرق شاطئ الوادي وتنقل بواسطة الأمواج والرياح لتتراكم بشكل كبير في نقاط محددة على طول ساحل المنطقة ومن خلال المشاهدة العينة لما سببته الرمال الشاطئية المتراكمة من مشاكل لسكان المنطقة كتغطية للأراضي والمزروعات وقفل للطرقات خاصة طريق كعام والتي من المفترض بها ان تكون طريقا حيويا وهاما يساعد في الوصول بسرعة ويسر الى مستشفى زليتن وكلية العلوم ومرسي الصيد بعيدا عن زحام المدينة، وتعتبر الرمال أحد الموارد الطبيعية وهي عبارة عن مادة حبيبية تتكون من جزيئات الصخور المفتتة وفتات المعادن ومن حيث الحجم يعرف على أنها المادة ذات الحبيبات الأصغر من الحصى أقل من 2ملم، والأكبر من الطين أكبر من 0.5 ملم (Kyu-Tae et al 2020; Alessandra et al 2018; Hyun et al 2021).

تنتج او تتراكم الرمال في المناطق الساحلية "الرمال الشاطئية" من تعرية و تجوية الصخور الشاطئية، التي يتم نقلها مع السيول والرياح إلى الشواطئ بحيث تترسب وتتكدس فيها وبذلك تكون الرمال الشاطئية (اي ان الرمال الشاطئية تتكون اصلاً من تعرية وتجوية الصخور البحرية)، وتتميز الشواطئ الرملية بمناظر جميلة وتعتبر مناطق للاستجمام والاسترخاء وأماكن للترفيه إذ يتم استغلالها في السياحة، ولكن عندما تتراكم الرمال الشاطئية في مناطق معينة وتتحرك بفعل الرياح بكميات كبيرة إلى خارج مناطق تواجدها الطبيعية فإنها تسبب في الكثير من المشاكل للسكان من قفل للطرقات وتغطية الأراضي الزراعية والمناطق السكنية كما هو الحال في المنطقة شرق وادي كعام إضافة إلى احتمال تسببها في أمراض الجهاز التنفسي كالحساسية والتليف الرئوي Daniele et al 2019; Kyu-Han et al 2019; Hongyi, et al 2020

تظهر الدراسات التي أجريت على جميع المناطق التي تغطيها الكثبان الرملية في العالم أن مشكلة الزحف مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بحركة الكثبان الرملية تحت تأثير الرياح (Daniele et al 2020; Mo-Zhen et al 2020) ، وتنتشر هذه المشكلة حول صحراء شمال إفريقيا خاصة في المناطق القريبة من الموارد الطبيعية والنشاط البشري، حيث تواجه معظم دول شمال إفريقيا مشاكل حادة ناتجة عن زحف الكثبان الرملية التي تشكل حركتها المراحل النهائية للتصحر وتعاني من الكثبان الرملية التي تهدد الأراضي الزراعية والمراعي الطبيعية والمنشآت الاقتصادية والاجتماعية في المنطقة (الكتالي، 1988).

تشير دراسات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ من عشرات السنين إلى أن أنظمة الطقس العالمية قد تتغير جزئياً بسبب الأنشطة البشرية، وان خطط إدارة السواحل بالإضافة إلى الأعمال الهندسية وهياكل الحماية المصممة لمواجهة تأثيرات الرياح والامواج يفترض ان تتعامل خلال فترة حياتها التصميمية مع التغيرات الناتجة عن العمليات والتدخلات البشرية بحيث يأخذ الجهاز الهيكلي المناسب في الاعتبار حجم طاقة الأمواج المتوقع في الموقع وبذلك لا يصمم المهندس لفترات زمنية أطول من 100 عام (Kyu-Tae and Kyu-Han, 2020; Houghton et al., 1995).

تغطي الكثبان الرملية مساحات شاسعة من العالم، بعضها يشكل تهديدا كبيرا للمدن والقرى وشبكات الطرق والمزارع ومصادر المياه والري والمراعي، وعلى الرغم من الجهود المبذولة للحد من حركتها، تشير الدراسات إلى أن حركة الكثبان الرملية مستمرة، وقد وجدت معظم الدراسات حول زحف الكثبان الرملية أن النسبة الأكبر من الكثبان الرملية تقع في مناطق الجفاف شبه القاحلة والقاحلة والشديدة في جميع أنحاء العالم (Herrmann, 2002؛ Mastronuzzi and Sans, 2002؛ Wang et al., 2004)، فوفقًا لدراسات التصحر التي أجريت عام في عام 1995 تبين ان الرمال غطت المناطق القاحلة 18.3 مليون كيلومتر مربع، واحتلت المناطق القاحلة 22.4 مليون كيلومتر مربع ، ومناطق الجفاف الشديد حوالي 6.64 مليون كيلومتر مربع (عياد، 1995)، فعلى سبيل المثال تتعرض تونس أيضًا إلى زحف الكثبان الرملية التي ادت الى تغطية حوالي 800 ألف هكتار من الأراضي الزراعية، كما تجاوزت الكثبان أكثر من 5000 مزرعة نخيل في جنوب المغرب، مما أدى إلى انخفاض الإنتاج الزراعي بنسبة تتراوح بين 55-80٪ (FAO, 2007)، وقد تأثرت ليبيا أيضا بهذه الظاهرة حيث تشير الدراسات الى ان إجمالي الأراضي في شمال غرب ليبيا التي غُطيت بالرمال خلال عام 1952 بلغت أكثر من 250 ألف هكتار، كان معظمها في السابق من المناطق الزراعية الأكثر خصوبة في هذه المنطقة، وهذه الظواهر تهدد النقل على طول الساحل الليبي و أن المنطقة الغربية لليبيا بأكملها كانت تعاني من هجرة الكثبان الرملية (أبو لقمة، 1996).

وتستخدم النماذج الرياضية بكثرة في جميع دول العالم كطريقة رئيسية لتقييم حركة الكثبان الرملية وحساب كمياتها ومعدلات نقلها بالاعتماد على المعلومات المناخية ووصف الرمال Iolanda et al 2019; Kyu-Tae et al 2019; Hermas et al 2019; Dorrell et al 2022; Ruessink et al 2022)

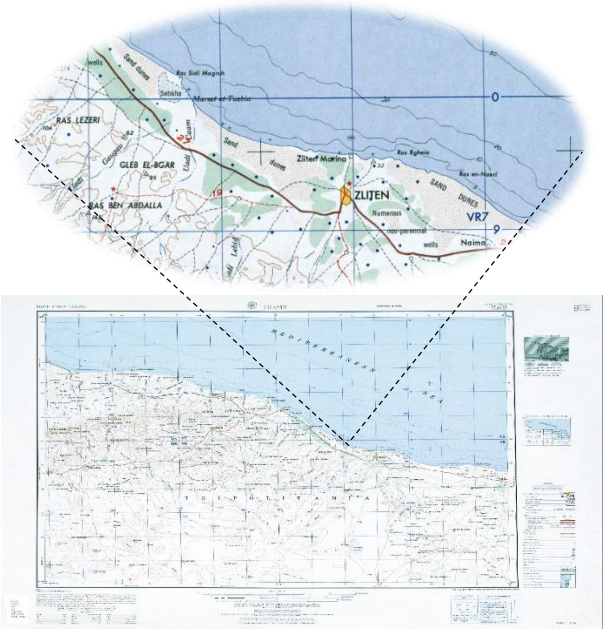
وتهدف هذه الدراسة الى حساب طاقة الرياح في المنطقة واتجاهاتها ومن ثم تحديد كميات ومواقع تجمع الرمال على طول الشاطئ في منطقة زليتن شرق وادي كعام.

المواد والطرق

تقع مدينة زليتن بالجزء الشمالي الغربي لليبيا الشرقي من النطاق الساحلي على ساحل البحر الأبيض المتوسط، وتبعد عن مدينة طرابلس بمسافة قدرها 157 كيلومتر تقريباً، تمتد بين دائرتي عرض 31.35 و32.30 شمالاً وبين خطي طول 10.14 و50.14 شرقاً (شكل 1)، ويبلغ عدد سكانها 250 ألف نسمة وفقاً لإحصاء 2016 يتوزعون على مساحة قدرها حوالي 3600 كيلومتر مربع، ومنطقة الدراسة من المناطق التي يسودها مناخ البحر الأبيض المتوسط، ويتمثل الجزء المحاذي لساحل البحر فيها رواسب الهيولوسين، وهي تكوينات من رواسب الوديان الحديثة ورواسب السبخات الحديثة والرواسب الرياحية، وتغطي الرمال الشاطئية حوالي 25% من المنطقة، كما يوجد بها نطاق البلايوستوسين المتمثلة في رواسب السبخات القديمة وتتكون هذه الرواسب من الرمال الناعمة والغرين والجبس، وتغطي هذه الترسيبات مساحة لا تتعدي 6% (مركز البحوث الصناعية، 1975).

تم جمع عينات الرمال والرسوبيات المتراكمة في المنطقة الممتدة من وادي كعام شرقا وحتى مرسي زليتن لصيد الأسماك غربا، وقد تم اختيار هذه العينات لتمثيل طابع الرمال بشكل عادل على منطقة الدراسة حيث تم تقسيم موقع الدراسة الى 5 مناطق ممثلة للشاطئ الرملي بالمنطقة، وجمعت ثلاث عينات من على مسافات متفاوتة في كل موقع تبعد كل منها عن الأخرى مسافة 500 متر، بالإضافة الى ثلاث عينات ممثلة للكثيب الرملي احداها من على السطح والثانيتان من جانبي الكثبان الرملية جهة الرياح والجهة المدابرة لاتجاه الرياح، وقد أخذت الإحداثيات الجغرافية لجميع المواقع التي أخذت منها العينات بواسطة جهاز تحديد الموقع (GPS) من نوع Germin وموديل Etrex 10 ويمثل الجدول (1) مواقع أخذ العينات.

وتم غسل العينات المراد تحليلها لعدة مرات بالماء المقطر لإزالة الأملاح وجففت بداخل فرن التجفيف لمدة 24 ساعة، ومن ثم تمت غربلتها باستخدام مجموعة غرابيل يتراوح قطرها بين 63 ميكروميتر الى 2 ملم.



شكل (1) يوضح الحدود المكانية والزمانية لمنطقة الدراسة

. **الخصائص الحجمية للرمال:**

وأجريت العمليات الإحصائية لهذه النتائج وحساب المعاملات الحجمية للحبيبات بعد تطبيق المعادلات طبقا لطريقة (Folk and Ward, 1957) وتفسيرها باتباع طريقة (Friedman, 1967) .

جدول (1) احداثيات مواقع اخذ عينات الرمال

الموقع	رمز العينة	الموقع شمالا	الموقع شرقا
شاطئ كعام	B 110	"38.40'31°32	"56.10'26°14
	B 120	"31.30'31°32	"6.30'27°14
	B 130	"26.50'31°32	"15.00'27°14
شاطئ القزاحية	B210	"57.90'30°32	"2.00'28°14
	B 220	"53.40'30°32	"10.30'28°14
	B 230	"48.90'30°32	"21.70'28°14
شاطئ الهشيم	B 310	"23.10'30°32	"6.40'30°14
	B 320	"21.70'30°32	"19.20'30°14
	B 330	"20.40'30°32	"32.40'30°14
الكثبان الرملية	D 010	"13.90'30°32	"10.60'30°14
	D 020	"14.20'30°32	"11.10'30°14
	D 030	"17.50'30°32	"11.70'30°14
غرب محطة التحلية	B 410	"16.70'30°32	"23.00'31°14
	B 420	"13.20'30°32	"37.70'31°14
	B 430	"11.10'30°32	"50.60'31°14
نادي زليتن البحري	B 510	"55.60'29°32	"45.60'33°14
	B 520	"52.90'29°32	"58.00'33°14
	B 530	"56.80'29°32	"6.40'34°14

. **تحليل طاقة الرياح**

تم تجميع البيانات المناخية المستخدمة في هذه الدراسة من بيانات الأقمار الصناعية المرتبطة بمحطات الإرصاد والمتوفرة على شبكة الانترنت على موقع Weather Underground، ويتميز هذا الموقع كونه يعطي بيانات يومية مفصلة كل ثلاث ساعات لسرعة الرياح واتجاهها، وتم تحميل البيانات المتوفرة في هذا الموقع والتي تشتمل على معلومات عن حالة الطقس لأخر خمس سنوات. ومن ثم صنفت سرعات الرياح المؤثرة إلى ثلاثة أقسام هي:

- رياح مؤثرة: هي سرعات الرياح القادرة على تحريك وحمل حبيبات الرمال وهي تقاس بالعقدة وهي الرياح التي تفوق سرعتها 12 عقدة Embabi,1987 (– Fryberger and Ahlbrandt, 1979 – Kadib,1963).
- رياح غير مؤثرة: هي سرعات الرياح غير القادرة على تحريك وحمل حبيبات الرمال، والتي هي أقل من 12 عقدة.
- نسبة الهدوء: هي الفترة الزمنية التي يكون فيها الجو ساكن Calm ولا تسجل فيها أي حركة للهواء وهي عبارة عن نسبة مئوية.
-

. **انسياق الرمال:-**

تم استخدام معدل انسياق الرمال Drift Potential (DP) كمقياس لقوة تحريك الرياح للرمال لكل الاتجاهات ذات السرعات المؤثرة للرياح:

تم حساب (RDP) من المعادلة:

$$RDP = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

كما تم حساب الاتجاه (زاوية حركة الرمال) من المعادلة:

$$\emptyset = \tan^{-1}(Y/X)$$

وثم تقدير كميات الرمال المنساقة باستخدام المعادلة التالية:

$$Q = V^2 (V - V_t)\, t$$

حيث:

Q = هي كمية الرمال المتحركة في اتجاه ما.

t = سبة تواجد الرياح (time of duration).

V_t = ثابت يمثل السرعة التي تبدأ عندها حبيبات الرمال بالحركة.

V = القيم المتوسطة للسرعات بالعقدة.

النتائج والمناقشة

. **مواصفات التوزيع الحجمي للحبيبات:**

يشير الجدول (2) الي ان رمال منطقة الدراسة تكون متوسطة الحجم الحبيبي (Medium sand) ماعدا العينة (B410) تكون رمال خشنة جداً (Very coarse sand) كما يتراوح تصنيف الرمال منطقة الدراسة ما بين الجيد والجيد جدا.

باستخدام برنامج GRADISTAT jlj معالجة نتائج التحليل الحجمي لحبيبات الرمل حيث تجدر الإشارة أيضًا إلى أن هناك بعض العوامل مثل الكثافة وشكل الحبيبات وأحيانًا الخصائص البصرية التي تؤثر على طرق تحليل حجم الجسيمات (Zhang et al.,2011) في المقابل، هناك بعض الطرق المستخدمة في دراسات أخرى والتي تحدد حجم الجسيمات بناءً على تكرار كل وحدة حجم، وبعضها الآخر يحدد حجم الحبوب لكل وحدة وزن (Morgan and Bull, 2007)، تم استخدام طريقة الوزن الإجمالي لكل عينة في دراستنا لتحديد حجم الجسيمات، من أجل تجنب التفسير الخاطئ للنتائج، وبشكل عام، أظهرت نتائج تحليل حجم الجسيمات أن العينات من منطقة الدراسة لها متوسط حجم حبيبات رملية بين 1.7 – 3 phi إما بشكل جيد أو متوسط ، مع أقل من 6 ٪ من الجسيمات ذات الحجم أقل من 63 ميكرومتر الجدول (3.4)، النتائج التي تم الحصول عليها تشير بقوة إلى أصل الرواسب لكلا النوعين من الرمال (الساحلية والصحراوية) في المنطقة، من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من بيانات برنامج GRADISTAT يمكن ملاحظة أن الاختلاف في متوسط حجم الجسيمات ودرجة الفرز والانحراف محدودة وغير ذات أهمية فقط بين الرمال القديمة الموجودة في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة، وأحجام الجسيمات من الرمال في الجزء الغربي من منطقة الدراسة، ومع ذلك كانت الأخيرة أصغر قليلاً من تلك الموجودة في الجزء الشرقي ، ربما بسبب أصلها من منتصف الهولوسين أو ربما لأنها لم تتعرض لمزيد من الحركة منذ تكوينها، بشكل عام، تكون الرمال من الجزء الغربي من منطقة الدراسة أدق) متوسط = (2 phi) هي مرتبة جيدًا، بمدى (1–2 phi)، ولها أيضًا انحراف إيجابي مقارنة بالرمل من المنطقة الشرقية، جزء من منطقة الدراسة.

وبمقارنة النتائج المتحصل عليها مع الدراسة التي اجراها على نفس منطقة الدراسة عبد الجليل وفريقه سنة (عبدالجليل وآخرون، 2009)، يتبن ان نتائجنا مقاربة للنتائج التي تعصل عليها مع بعض الاختلافات البسيطة التي يمكن ان تكون ناتجة عن كوننا في هذه الدراسة اخذنا عدد اكبر من العينات وعلى نطاق أوسع انتشارا في المنطقة وبالتالي يتوقع ان تكون نتائج هذه الدراسة اكثر تمثيلا للواقع ونتائجها أكثر دقة.

جدول (2) نتائج التحليل الحجمي لحبيبات الرمال

رمز العينة	متوسط الحجم الحبيبي Mz	معامل التصنيف O1	معامل الجيود SK1	الوصف		
B110	1.41	0.35	0.22	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B120	1.37	0.23	0.00	رمال متوسطة	فرز جيد جداً	متماثل
B130	1.55	0.46	0.40	رمال متوسطة	فرز جيد	انحراف جيد جداً
المتوسط	1.44	0.34	0.20	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B210	1.57	0.47	0.41	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد جداً
B220	1.40	0.34	0.22	رمال متوسطة	فرز جيد جداً	جيود جيد
B230	1.41	0.36	0.22	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
المتوسط	1.46	0.39	0.28	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B310	1.42	0.37	0.23	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B320	1.73	0.55	0.33	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود جيد جداً
B330	1.81	0.56	0.19	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود جيد
المتوسط	1.65	0.49	0.25	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B410	2.32	0.36	-0.22	رمال خشنة جداً	فرز جيد	جيود خشن
B420	1.68	0.54	0.38	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود جيد جداً
B430	1.79	0.57	0.24	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود جيد
المتوسط	1.93	0.49	0.13	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
B510	1.10	0.64	-0.20	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود خشن
B520	1.56	0.47	0.40	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد جداً
B530	1.41	0.37	0.23	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
المتوسط	1.35	0.49	0.14	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
D010	1.73	0.55	0.34	رمال متوسطة	فرز جيد معتدل	جيود جيد جداً
D020	1.60	0.49	0.42	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد جداً
D030	1.40	0.35	0.24	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد
المتوسط	1.57	0.46	0.33	رمال متوسطة	فرز جيد	جيود جيد جداً

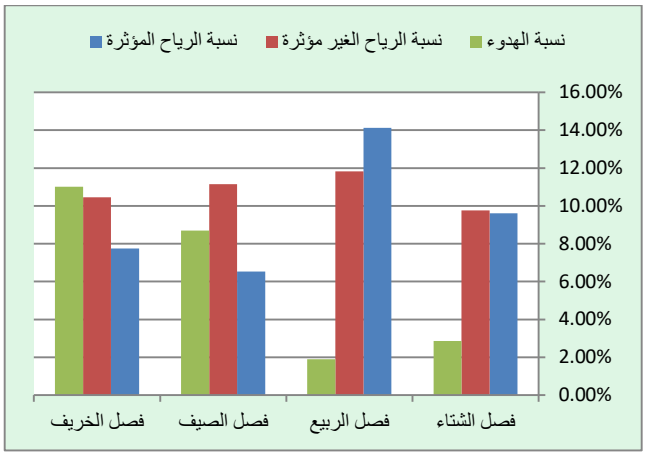
ويدل الحجم الحبيبي المتوسط للرمال في المنطقة على ظروف طاقة النقل للرمال، وأظهر الشكل البياني تعرض الرمال الشاطئية إلى مستويات مختلفة من الطاقة، وأن جميع العينات ذات تدرج حبيبي متوسط (رمال متوسطة) وبروز العينة رقم (B410) في المنحنى لأنها ذات تدرج حبيبي خشن جداً، وبروز العينة (B510) لأنها متوسطة الحجم الحبيبي قريبة في الحجم من الرمال الناعمة، ومن ذلك نستنتج أن جميع أماكن العينات في منطقة الدراسة يحدث فيها تآكل للرمال، وذلك لأنها تكون متوسطة الحجم الحبيبي.

ويتضح من النتائج أن جميع العينات (عينات الرمال الشاطئية) كانت ذات تصانيف مختلفة ما بين جيد وجيد معتدل و جيدة جداً للفرز حيث كلما اقتربنا من الواحد الصحيح كانت العينة جيدة جداً للفرز والعكس صحيح و يدل ذلك على تعرضها لعمليات نقل لمسافات بعيدة عن مصدرها من خارج حوض الترسيب، وحيث ان بروز العينة (B120) في المنحني لأنها ذات فرز جيد جداً أي إن حبيبات الرمال في هذا الموقع تكون متقاربة في الحجم الحبيبي وانها بعيدة عن مصدر تكونها، كما يتضح من تحليل مدى تواجد الرمال الناعمة والخشنة في منطقة الدراسة أن جميع العينات كانت ذات حيود إيجابي، و بروز العينتان (B410, B510) في المنحنى لأنها ذات حيود سلبي أي أنها ذات حجم حبيبي خشن، وبروز العينة (B120) في المنحنى لأنها ذات حيود متماثل أي أن الحجم الحبيبي للرمال متقاربة مع بعضها في الحجم في هذا الموقع و حيث أن كلما كان قيمة الحيود صفر كان الحيود متماثل أي ان الرمال متقاربة في الحجم الحبيبي وإذا كان قيمة الحيود بالسالب كان الحيود خشن أي ان الحبيبات تكون ذات حجم حبيبي خشن.

. **التحليل الكمي للعمليات الرياحية (الرياح المؤثرة):**

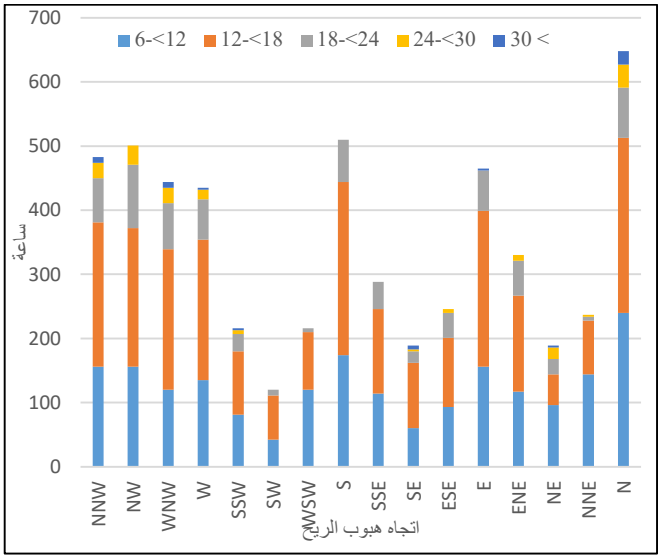
ويوضح الشكل (2) توزيع الرياح حسب معدلات تكرار حدوثها ودرجة تأثيرها على حركة الرمال في منطقة الدراسة ويلاحظ منه ان شدة الرياح بشكل عام في المنطقة تكون اعلى ما يمكن في فصل الربيع وان معدلات تكرار الهدوء في حالة الجو اقل ما يمكن في هذا الفصل وان

الرياح المؤثرة (القادرة على تحريك الرمال) تكون في فصل الربيع اكثر منها في جميع الفصول الأخرى وهي اكثر تكرارا من كل حالات حركة الهواء الاخرى وتليها في نسبة تكرار الرياح الشديدة والتي تحرك الرمال في فصلي الشتاء والخريف على التوالي، ومن النتائج الغريبة في تكرار مشاهدات حالة الطقس في هذه السنة هو زيادة حالات حدوث سكون الهواء الجوي في فصل الخريف اكثر من غيره من الفصول.



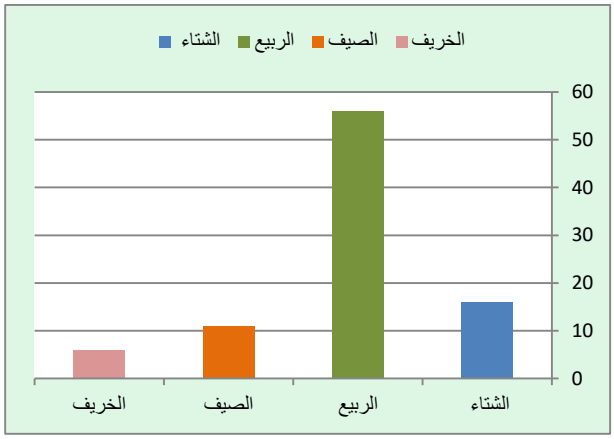
شكل (2) معدلات تكرار حالات حركة الهواء كنسبة مئوية من اجمالي الوقت في منطقة الدراسة

كما يلاحظ من الشكل (3) والذي يمثل عدد ساعات هبوب الرياح بسرعاتها المختلفة واتجاهاتها طوال العام ان الاتجاه الأكبر لهبوب الرياح هو في المجمل من اتجاه الشمال N وتبلغ فترة تواجدها 648 ساعة مع ملاحظة وجود تكرارات عديدة لحالات هبوب الرياح من الاتجاهات الغربية مع ملاحظة ان السرعة الأكثر تواجدا هي الرياح ذات السرعة من 12 الى 18 عقدة وتبلغ مدة تواجدها قرابة 2550 ساعة على مدار العام في جميع اتجاهات الرصد تليها الرياح بسرعة من 6 الى 12 عقدة وتبلغ مدة تواجدها قرابة 2000 ساعة في جميع اتجاهات الرصد على مدار العام.



شكل (3) عدد ساعات هبوب الرياح بسرعاتها واتجاهاتها المختلفة طوال العام

كما يتضح من الشكل (4) عدد مرات مشاهدة العواصف الرملية في منطقة الدراسة على مدار السنة ومنه نلاحظ انه تم تسجيل أعلى معدل مشاهدة للعواصف الرملية في منطقة الدراسة كان في فصل الربيع وبلغ 56 مشاهدة، وهذا يتفق تماما مع ما ذكرناه سابقا من ان اعلى طاقة للرياح في المنطقة كانت في فصل الربيع، ويلي فصل الربيع في تكرار حدوث العواصف الرملية فصل الشتاء ثم يليه فصل الصيف وفصل الخريف، وعليه فإن نقل الرمال يكون أعلى في فصل الربيع بشكل أكبر منه بكثير في بقية الفصول.



شكل (4) المعدلات الفصلية للعواصف الرملية في منطقة الدراسة

انسياق الرمال (Sand Drift):

تم تقدير كميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) ومعدل انسياق الرمال (DP) لمنطقة الدراسة خلال فصول السنة وسنوياً، وقد تم رسم وردة الرمال لمنطقة الدراسة ولكل موسم على حده التي تمثل معدل انسياق الرمال (DP) من 16 اتجاه للبوصلة، حيث يشير الذراع نحو الاتجاه الذي منه تتحرك الرمال باتجاه مركز الدائرة، ومن خلال تحليل هذه الوردة وتحويلها الى قوى متجهية تم حساب المقدار والاتجاه المحصل لكميات الرمال المنساقة بطاقة الرياح.

حساب عوامل الترجيح (Weighting factors):-

تم حساب قيمة عامل الترجيح $V^2(V-Vt)$ لكل سرعة من سرعات الرياح وكانت قيمها تتراوح بين 4.83 بالنسبة للرياح ذات السرعة من 12 الى 18 عقدة الى 0.11 بالنسبة للرياح ذات السرعة القصوى (جدول 3)، مع ملاحظة انه تمت القسمة على 100 لتحويل هذا المعامل إلى أرقام أصغر يمكن توقيعها على وردة الرمال وأن وحدة انسياق الرمال (DP) هي وحدة متجهية Vector Unit (VU).

جدول (3): قيم عوامل الترجيح لكل سرعة من سرعات الرياح في منطقة الدراسة

Velocity Category	Mean wind speed in Category (v)	V^2	V-Vt	V^2(V-Vt)
18 > 12	14.35	205.9	2.35	4.83
24 > 18	4.45	19.8	7.55	1.49
30 > 24	2.55	6.5	9.45	0.61
36 > 30	2.58	6.6	9.42	0.62
48 > 42	3	9	9	0.81
60 > 54	2	4	10	0.4
102 > 96	1	1	11	0.11

حساب معدلات الانسياق

الانسياق خلال فصل الشتاء (Winter Sand Drift):

تظهر نتائج تحليل كميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) وانسياق الرمال الكلي (DP) تحت تأثير طاقة الرياح بسرعاتها المختلفة بناء على تحليل مدة تواجد هذه الرياح، خلال فصل الشتاء (Winter) في منطقة الدراسة ويتبين منه ان أعلى كمية لانسياق الرمال (DP) في منطقة الدراسة خلال فصل الشتاء يكون باتجاه الجنوب بقيمة 99.08 يليه اتجاه الشمال بقيمة 93.43 وحدة متجهية، بينما كان معدل انسياق الرمال في بقية الاتجاهات محدود للغاية باستثناء تأثير متوسط لاتجاه الغرب واتجاهاته الفرعية.

وبتحويل قيم انسياق الرمال الكلي (DP) الى كميات متجهة امكن رسم وردة الرمال ومن خلال التعامل مع هذه الوردة تم تحويل هذه الكميات المتجهة الى مركبة افقية وأخرى رأسية ومنها تم حساب القيمة المحصلة لكميات الانسياق RDP خلال فصل الشتاء وكانت (374.70) والزاوية المحصلة لهذا الانسياق وكانت (°47-).

. الانسياق خلال فصل الربيع (Spring Sand Drift) :-

من نتائج تحليل كميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) وانسياق الرمال الكلي (DP) تحت تأثير طاقة الرياح بسرعاتها المختلفة بناء على تحليل مدة تواجد هذه الرياح، خلال فصل الربيع في منطقة الدراسة ويتبين منه ان أعلى كمية لانسياق الرمال (DP) في منطقة الدراسة خلال فصل الربيع يكون من جهة الشرق بقيمة تبلغ 130.51 وحدة وهي تعادل لوحدها قرابة 22.5% من اجمالي الانسياق والذي يبلغ قرابة 577.65 وحدة، ويلي هذا الاتجاه في كميته كل من اتجاهي الجنوب والشمال بقيمة 97.03 و 93.43 وحدة لكل منهما على التوالي وتشكل هذه الاتجاهات لوحدها اكثر من نصف كمية الانسياق الكلي في فصل الربيع في المنطقة، وبتحويل قيم انسياق الرمال الكلي (DP) الى كميات متجهة تم حساب القيمة المحصلة لكميات الانسياق خلال فصل الشتاء وباستخدام هذه القيم تم حساب RDP والتي بلغت (433.05) وزاوية الاتجاه وكانت (°41-)

الانسياق خلال فصل الصيف (Summer Sand Drift):

تظهر النتائج المبينة المتحصل عليها لكميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) وانسياق الرمال الكلي (DP) تحت تأثير طاقة الرياح بسرعاتها المختلفة بناء على تحليل مدة تواجد هذه الرياح، خلال فصل الصيف في منطقة الدراسة، ان اجمالي كمية لانسياق الرمال (DP) في منطقة الدراسة خلال هذا الفصل كانت هي الأقل مقارنة بباقي الفصول حيث لم تتجاوز هذه القيمة 250 وحدة، ومع ذلك كان للانسياق من جهة الشرق النصيب الأكبر من اجمالي الانسياق خلال هذا الفصل حيث بلغ 94.6 وحدة وهي تعادل لوحدها اكثر من 37.8% من اجمالي الانسياق الكلي.

و تم حساب القيمة المحصلة لكميات الانسياق خلال فصل الشتاء والزاوية المحصلة لهذا الانسياق والتي كانت (Y = 162.913 & X=-181.263)، وباستخدام هذه القيم تم حساب RDP والتي كانت (243.71) والزاوية كانت (°42 -)

. الانسياق خلال فصل الخريف (Autumn Sand Drift):

تشير نتائج حساب كميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) وانسياق الرمال الكلي (DP) نتيجة تحليل مدة تواجد الرياح بسرعاتها المختلفة وتحت تأثير طاقتها، خلال فصل الخريف في منطقة الدراسة ويتبين منه ان الانسياق في فصل الخريف مشتت بطريقة واضحة حيث لم تتجاوز أي قيمة من كمية الانسياق الكلي في أي اتجاه قيمة 60 وحدة فقد كانت اعلى قيمة للانسياق من اتجاه الشمال الغربي (WNW) وبلغت 59.87 وحدة، كما يلاحظ انه رغم هذا التشتت الا انه تبقى الكميات المنساقة من جهات الغرب هي الأعلى.

و تم حساب القيمة المحصلة لكميات الانسياق خلال هذا الفصل والزاوية المحصلة لهذا الانسياق، وباستخدام القيم المحصلة يمكن حساب RDP وكانت (276.60) وكانت الزاوية (°41.0-)

. الانسياق السنوي (Annual Sand Drift):

من النتائج المبينة في الجدول (13) والذي يمثل كميات الرمال المنساقة بالرياح لكل الاتجاهات (Q) وانسياق الرمال الكلي (DP) تحت تأثير طاقة الرياح بسرعاتها المختلفة بناء على تحليل مدة تواجد هذه الرياح، خلال فصل الربيع في منطقة الدراسة ويتبين منه ان اجمالي كمية الانسياق السنوي في منطقة الدراسة تبلغ (1532.69) وحدة، وكانت أعلى كمية لانسياق الرمال (DP) في المنطقة خلال العام من جهة الشمال بقيمة تبلغ 257.86 وحدة تليها مباشرة وبفارق غير عالي عن الانسياق من جهة الشرق، والذي بلغ اجمالي الانسياق فيه 229.84 وبقيمة تبلغ 220.52 وحدة يأتي اتجاه الجنوب في المرتبة الثالثة من حيث كمية الانسياق اما اتجاهات الغرب فقد كانت لها أيضا قيمة متقاربة نسبيا الا انها لم تتجاوز 160 وحدة في أي منها.

وتم حساب المركبة الافقية والرأسية والتي كانت (X = 1065.48 , Y = -977.46)، ومنها تم حساب القيمة المحصلة لكميات الانسياق السنوية والزاوية المحصلة لهذا الانسياق ، وباستخدام هذه القيم تم حساب RDP وكانت (1445.92) والزاوية المحصلة كانت (-43.0°)

. تقييم طاقة الرياح بمنطقة الدراسة:

تستخدم كميات الرمال المنساقة بالرياح كمقياس لطاقة الرياح، حيث تقسم الى مناطق ذات طاقة انسياق للرمال عالية ومناطق ذات طاقة انسياق للرمال متوسطة ومناطق ذات طاقة انسياق للرمال منخفضة، ويوضح جدول (4) كميات الرمال المنساقة بالرياح (DP)، ومحصلة كميات الرمال المنساقة بالرياح (RDP)، ودليل التراوح في اتجاهات الرياح المؤثرة (RDP/DP)، حيث يتبين منه ان منطقة الدراسة كانت ذات طاقة انسياق للرمال (DP) عالية خلال فصل الربيع (577.56) و فصل الشتاء (416.84)، وذات طاقة انسياق للرمال منخفضة خلال فصلي الصيف (249.98) والخريف (289.34)، بمحصلة طاقة متوسطة سنوياً (383.43) وحدة متجهية وكانت جميعها من اتجاه الشمال الغربي بزاوية تتراوح من 41 الى 47، وبشكل عام يمكن استخدام دليل التراوح RDP/DP في التعرف على التغير في اتجاهات الرياح المؤثرة، فكلما اقتربت قيمة RDP/DP من الواحد تدل على رمال منساقة برياح مؤثرة أحادية الاتجاه، بينما تدل القيم القريبة من الصفر على رمال منساقة برياح مؤثرة متعددة الاتجاهات، ويلاحظ أن رمال منطقة الدراسة منساقة في معظمها برياح مؤثرة وحيدة الاتجاه حيث كانت قيم دليل التراوح فيها بين 0.74 في فصل الربيع و0.97 في الصيف وجميعها قيم عالية تقترب من الواحد.

جدول (4) الرمال المنساقة واتجاه حركتها على شط زليتن خلال فصول السنة وسنوياً

	DP (VU)	RDP (VU)	RDP/DP	اتجاه حركة الرمال
الشتاء	416.84	374.70	0.89	N 47W
الربيع	577.56	433.050	0.74	N 41W
الصيف	249.98	243.71	0.97	N 42W

الخريف	289.34	276.60	0.95	N 41W
سنويا	383.43	332.051	0.86	N 43W

. **حساب معدل نقل الرمال:-**

باستخدام معادلة باغنولود(Bagnold ،1973)، التي تمت الإشارة اليها سابقا، في الفصل الخاص بالمواد وطرق العمل، تم حساب معدلات نقل وترسيب الرمال في منطقة الدراسة بوحدة جم/ متر في الثانية ($g\ m^{-1}\ s^{-1}$) وذلك بالتعويض عن حجم الحبيبات القياسي ب 0.25 ملم ومعامل حجم الحبيبات بالقيمة (1.8)، ومتوسط كثافة الرمال الموجودة في عينات منطقة الكثبان الرملية والتي تم حسابها معمليا وكانت = 0.321 g/cm^3

حسابات سرعة القص (u^{*-3}):

من خلال تحليل النتائج والتعويض في المعادلات تبين ان متوسط قيم سرعة القص U^{*-3} لجميع العينات في منطقة الدراسة كانت 0.301 وهي قيمة عالية نسبيا، كما لوحظ من النتائج أيضا وجود تقارب في القيم في العينات المختارة من المواقع المختلفة لمنطقة الدراسة، حيث ان هذه القيم لا تختلف كثيرًا فيما بينها، ومع ذلك يمكن ان نلاحظ وجود بعض التباين في قيم سرعة القص بين العينات، وهو ما يتوافق مع قيم قطر الحبوب لهذه العينات وكثافتها، وتتوافق هذه القيمة مع القيمة العامة في العديد من الدراسات المماثلة (Dong et al., 2003 ; Wang et al, 2004; Weaver 2008 and Khoja, 2012)، وتعد قيمة سرعة القص واحدة من النقاط الرئيسية لمعرفة كيف تبدأ الجسيمات في الحركة وهي المتغير الرئيسي في أسئلة معدلات نقل الرمال المتوقعة.

النتائج المتحصل عليها تبين أن قيم u^{*-3} المشتقة الناتجة عن تأثير الرياح على الكثبان الرملية في هذه الدراسة تظهر نمطًا مختلفًا تمامًا عن متوسط سرعة الرياح مع انخفاض قيم u من الكثبان الرملية إلى خط حافة المنطقة المنحدر وهذه النتيجة مشابهة لتلك التي حصل عليها وانج وآخرون سنة 2013 (Wang et al., 2003) الذي وجد زيادات في معدل u^{*-3} أعلى منحدرات الكثبان الرملية باتجاه الريح، مما ينتج نمطًا يشير إلى أن تدفق الرمال يجب أن يقلل من الكثبان الرملية.

وينتج عن تسارع سرعة الرياح في الأعلى، مع أقصى تسارع قريب من السطح، أشكال لوغاريتمية على الكثبان الرملية المستعرضة والبارخان مما يسلط الضوء على مشاكل التنبؤ بنقل الرمال باستخدام سرعة القص المشتقة من طريقة الملف اللوغاريتمي الخطي (Wiggs et al. 1996)، حيث تشير الدراسات الى ان هناك ثلاثة أشكال مختلفة لحركة الرمال عند تجاوز سرعة القص الحرجة، وفقًا لما ورد في (Bagnold, 1973) هي:

أ) الحبيبات الزاحفة Creeping grains وفيه تبقى حبيبات الرمل دائمًا بالقرب من السطح مع استمرار حركة هذه الجسيمات.

ب) الحبيبات القافزة Jumping grains (المملحة saltation)، وفيه تنفصل حبيبات الرمل عن السطح عبر مسار قصير في الهواء، ثم تسقط عائدة إلى السطح.

ج) النقل المعلق للحبيبات Suspended grains وفيه تترك حبيبات الرمل من السطح وتبقى في الهواء لفترة طويلة قبل أن تسقط عائدة إلى السطح.

كما لاحظ (Bagnold, 1973) أن النسبة بين الزحف: القفز على الشواطئ تبلغ حوالي 1: 3، وأشار إلى أنه يمكن التمييز بين أسباب تحرك الحبيبات بالزحف وتلك التي تتحرك بالقفز. تتلقى الحبيبات التي تتحرك بالقفز زخمها مباشرة من ضغط طاقة الرياح، بينما الحبيبات الزاحفة تتأثر بكل من ضغط طاقة الرياح والضغط الناتج عن قفز الحبيبات الأخرى عليها.

معدل انتقال الرمال في منطقة الدراسة:

أظهرت نتائج معدلات الانتقال بالرمال المتوقعة لمواقع العينة في منطقة الدراسة بناءً على معادلة باغنولود (Bagnold ،1973)، حيث كان متوسط معدل انتقال الرمال المتوقع لمنطقة الدراسة **0.0069 جم/م في الثانية**، وهذه القيمة تتقارب نسبيا مع ما وجده خوجة سنة 2012 (Koja, 2012) والذي أشار الى ان معدلات الانتقال في المنطقة تتراوح بين 0.002 و 0.005 جم/م في الثانية، مع ارتفاع بسيط في نتائج هذه الدراسة يمكن ان يرجع في الغالب الى كون هذه الدراسة تركزت على نطاق ضيق وبالتالي كانت العينات اكثر تمثيلا للواقع، كما ان البيانات المناخية المستخدمة في هذه الدراسة كانت لسنة واحدة وكانت مفصلة ودقيقة كل ثلاث ساعات، بينما في دراسة خوجة تم اعتماد المعدلات اليومية في تحليل البيانات المناخية.

وبتحويل هذه الكميات الى وحدات أكبر يمكن التعامل معها على مستوى المنطقة تبين ان معدل انتقال الرمال في المنطقة يبلغ 218.36 طن/كم في السنة، وباستخدام معدل كثافة الرمال في الكثبان الرملية تم تحويل الطن الى متر3 وبالتالي أصبحت كمية الرمال المنقولة في منطقة الدراسة تبلغ 565.56 متر3/كم في السنة، وهذه الكمية رغم كونها لا تبدو كبيرة كثيرا الا انها تشكل عائقا كبيرا لمشاريع التنمية في المنطقة خاصة مع عدم التخلص منها بشكل مستمر حيث يمكن ان تتراكم لتكون كثبانا يصل ارتفاعها الى أكثر من 10 أمتار.

التوصيات:

1. انشاء مصدات مؤقتة للرياح ويفضل ان تكون من المصدات الصديقة للبيئة والعمل على تثبيت التربة تثبيتا دائما باستعمال غطاء نباتي مناسب والأفضل ان يكون من النباتات المحلية الموجودة في المنطقة مثل نبات الخروب او النخيل.
2. القيام بالمزيد من الدراسات والأبحاث العلمية حول خصائص الرمال المنقولة والمتراكمة للاستفادة منها في المجالات الصناعية المختلفة.
3. توعية المجتمع في منطقة الدراسة بعدم إزالة الغطاء النباتي الموجود الحالي لما له أثر كبير في تسبب المشكلة الموجودة وتشجيعهم على استزراع النباتات لمقاومة زحف ونقل الرمال.

شكر وتقدير

يتوجه الفريق البحثي بالشكر الجزيل للمركز الليبي لدراسات وبحوث علوم وتكنولوجيا البيئة، على ما قدموه من تسهيلات ودعم مادي ومعنوي للفريق البحثي.

المراجع:

عكاشة علي، الأطرش مختار وعبد الجليل محمد، (2008) دراسة عن حقول الكثبان الرملية وتقييم مخاطر زحف الرمال للمنطقة ما بين سبها وبراك، جنوب ليبيا، كتاب ابحاث المؤتمر الأول للتشييد في المناطق الصحراوية بسبها في الفترة (22-24 /2008/10)، ليبيا.

عياد (1995) التصحر في العالم العربي، التصحر وهجرة الناس في العالم العربي، المعهد المصري للدراسات والأبحاث، القاهرة، مصر.

الكتالي (1988) مؤشر تثبيت الكثبان الرملية، مجلة العرب للثقافة، تونس، منظمة الثقافة والعلوم، العدد (6)، تونس.

Abdel Galil, M. Abu Arabia, H. Elatrash M. and Okasha, A. (2007) assessment of sand transported by wind along the ancient Libda city beach and its impact

Multi-Source Remote Sensing Imagery, Remote Sens. , 11(23), 2824; https://doi.org/10.3390/rs11232824

Herrmann, h. j. (2002). evolution and shapes of dunes. comptes rendus physique, 3, 197-206.

Hongyi, Zhao., Jian-Feng, Zhu., Jinhai, Zheng., Jisheng, Zhang. (2020). Numerical modelling of the fluid–seabed-structure interactions considering the impact of principal stress axes rotations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 136:106242-. doi: 10.1016/J.SOILDYN.2020.106242

Houghton, J. T., Filho, M. L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (1995) The science of climate change; Contribution of WGI to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on climate change. Cambridge University Press, New York, P. 572.

Hyun, Dong, Kim., Shin-ichi, Aoki. (2021). Artificial Intelligence Application on Sediment Transport. Journal of Marine Science and Engineering, 9(6):600-. doi: 10.3390/JMSE9060600

Iolanda, Lisi., Alessandra, Feola., Antonello, Bruschi., Andrea, Pedroncini., Davide, Pasquali., Marcello, Di, Risio. (2019). Mathematical Modeling Framework of Physical Effects Induced by Sediments Handling Operations in Marine and Coastal Areas. Journal of Marine Science and Engineering, 7(5):149-. doi: 10.3390/JMSE7050149

Kadib, A. L. (1963): Calculation procedure for sand transport by wind on natural beaches. Hydraul. Engin. Lab., Univ. California, Hel 2-6, 27.

Kyu-Han, Kim., Bum-Shick, Shin., Kyu-Tae, Shim. (2019). Investigation of Coastal Environment Change Using Wave Measurement Sensors and Geographical Laser Scanner. Journal of Sensors, 2019:1-9. doi: 10.1155/2019/3754972

Kyu-Tae, Shim., Kyu-Han, Kim., Hyun, Dong, Kim., Kisu, Kwak. (2020). Analysis on Sediment Transport System in the East Coast of Korea. Journal of Coastal Research, 95:643-648. doi: 10.2112/SI95-125.1

Kyu-Tae, Shim., Kyu-Han, Kim., Junho, Park. (2019). The Effectiveness of Adaptive Beach Protection Methods under Wind Application. Journal of Marine Science and Engineering, 7(11):385-. doi: 10.3390/JMSE7110385

Mastronuzzi, G. & Sans, P. (2002). Holocene coastal dune development and environmental changes in apulia (southern italy). sedimentary geology, 150, 139-152.

Morgan, R. M. & Bull, P. A. 2007. The use of grain size distribution analysis of sediments andsoils in forensic enquiry. Science & Justice, 47, 125-135.

on the ancient constructions, The 2nd Basic Sciences Conference, 4-8/11/2007, Al-Fateh University, Tripoli, Libya

Alessandra, Saponieri., Nico, Valentini., Marcello, Di, Risio., Davide, Pasquali., Leonardo, Damiani. (2018). Laboratory Investigation on the Evolution of a Sandy Beach Nourishment Protected by a Mixed Soft–Hard System. Water, 10(9):1171-. doi: 10.3390/W10091171

Bagnold, R. A. 1973. The physics of blown sand and desert dunes, 4th Ed.; New York. John Wiley & Sons. p 265.

Daniele, Celli., Daniele, Celli., Yuzhu, Li., Muk, Chen, Ong., Marcello, Di, Risio. (2019). The role of submerged berms on the momentary liquefaction around conventional rubble mound breakwaters. Applied Ocean Research, 85:1-11. doi: 10.1016/J.APOR.2019.01.023

Daniele, Celli., Yuzhu, Li., Muk, Chen, Ong., Marcello, Di, Risio. (2020). Random Wave-Induced Momentary Liquefaction around Rubble Mound Breakwaters with Submerged Berms. Journal of Marine Science and Engineering, 8(5):338-. doi: 10.3390/JMSE8050338

Dong, Z., Wang, X. & Chen, G. 2003. Monitoring sand dune advance in the Taklimakan Desert. Geomorphology, 35, 219-231.

Dorrell Robert M., Charlie J. Lloyd, Ben J. Lincoln, Tom P. Rippeth, John R. Taylor, Colm-cille P. Caulfield, Jonathan Sharples, Jeff A. Polton, Brian D. Scannell, Deborah M. Greaves, Rob A. Hall and John H. Simpson (2022), Anthropogenic Mixing in Seasonally Stratified Shelf Seas by Offshore Wind Farm Infrastructure, Sec. Physical Oceanography, Volume 9 - 2022 https://doi.org/10.3389/fmars.2022.830927

Elatrash, M.; Abdel Galil, M. and Okasha, A. (2006) A study on ancient Libda sea port and its beach characteristics, Libda city, Libya. Journal of Environmental Sciences, Vol. 32, PP. 157-175.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2007) State of the World's forests. Results from the FAO Biotechnology Forum from 2002 to 2005, relating to agricultural biotechnology for the crop, forestry, animal, fisheries and agro-industry sectors in developing countries. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 97 - 112.

Fryberger, S. A. and Ahlbrandt, T. 1979. Mechanisms for the formation of eolian sand seas. Zeitschrift fur Geomorphologie 23, 440 – 460

Hermas ElSayed, Alharbi Omar, Alqurashi Abdullah, Niang Abdoul, Al-Ghamdi Khalid, Al-Mutiry Motirh and Farghaly Abudeif (2019), Characterisation of Sand Accumulations in Wadi Fatmah and Wadi Ash Shumaysi, KSA, Using

Wang, X., Dong, Z., Liu, L. & Qu, J. 2004. Sand sea activity and interactions with climatic parameters in the Taklimakan Sand Sea, China. Journal of Arid Environments, 57, 225-238.

Wang, X., Dong, Z., ZHANG, J., QU, J. & ZHAO, A. 2003. Grain size characteristics of dune sands in the central Taklimakan Sand Sea. Sedimentary Geology, 161, 1-14.

Mo-Zhen, Zhou., Dong-Sheng, Jeng., Wen-Gang, Qi. (2020). A new model for wave-induced instantaneous liquefaction in a non-cohesive seabed with dynamic permeability. Ocean Engineering, 213:. doi: 10.1016/J.OCEANENG.2020.107597

Ruessink Gerben, Geert Sterk, Yvonne Smit, Winnie De Winter, Pam Hage, Jasper J. A. Donker, Sebastiaan M. Arens (2022), Predicting monthly to multi-annual foredune growth at a narrow beach, 47(7): 1845-1859, https://doi.org/10.1002/esp.5350