

التخطيط البيئي والإدارة الفعالة للموارد الطبيعية بمنخفض سيوة غربي مصر

- دراسة تطبيقية نفعية باستخدام تقنيات الجيوماتكس -

Environmental Planning and Effective Management of Natural Resources in Siwa Depression, western Egypt.

- An applied utilitarian study using geomatics techniques -

د. محمد أحمد إبراهيم التهامي^١

التخطيط البيئي الموارد الطبيعية تقييم الأثر البيئي الإدارة البيئية

ملخص البحث:

يُعد التَّخَطُّبُ البيئي عملية منظمة لاتخاذ القرار بالتنمية والتطوير مع الوضع في الاعتبار الحفاظ على البيئة الطبيعية ومواردها، بهدف تحقيق التنمية المستدامة التي تحافظ على حق الأجيال القادمة في بيئة نظيفة وموارد طبيعية متاحة، فهو يمثل الجغرافيا التطبيقية في أبعدها صورها. يقوم التخطيط البيئي على ثلاثة محاور رئيسة وهي البيئة الطبيعية، والنظم الاجتماعية، والاقتصاد الأخضر. هدف البحث تطبيق التخطيط البيئي بمنخفض سيوة بناء على عدة أسس تشمل كافة مكونات البيئة الطبيعية، حيث يتم التخطيط بناء على البيانات الجيولوجية ودراسة الماء الجوفي، وبيانات المناخ المحلي، وبيانات السطح الطبوغرافي والأنماط الجيومورفولوجية، بالإضافة إلى التخطيط بناء على دراسة مستجمعات الماء السطحي، إلى جانب مسطحات الرواسب والتربة. يدرس البحث تلك الأسس في إطار تقييم الأثر البيئي، والتعرف على المخاطر الطبيعية، إلى جانب دراسة الموارد الطبيعية المتاحة والطرق التكنولوجية لاستخلاص الطاقة النظيفة، ثم اقتراح حلول عملية لحل المشكلات البيئية. ينظر البحث في النهاية لعمليات الإدارة البيئية التي تهدف إلى وضع السياسات والمعايير وقواعد المراقبة البيئية، والتحذير من التهديدات والمخاطر مع توفير المعلومات اللازمة لاتخاذ القرار، كما تهدف إلى الحماية البيئية وإنشاء المحميات الطبيعية حيث تم إنشاء محمية في نطاق منطقة الدراسة منذ العام ٢٠٠٢ تحت مسمى محمية سيوة الطبيعية.

^١ مدرس الجغرافيا الطبيعية - كلية الآداب - جامعة دمياط.

Abstract:

Environmental planning is an organized process for decision-making for development, taking into account the preservation of the natural environment and its resources, with the aim of achieving sustainable development that preserves the right of future generations to a clean environment and available natural resources. It represents applied geography at its best. Environmental planning is based on three main axes: the natural environment, social systems, and the green economy. The goal of the research is to apply environmental planning in Siwa Depression based on several foundations that include all components of the natural environment, where planning is based on geological data, groundwater study, local climate data, topographic of the surface data and geomorphological Typs, in addition to studying the surface watersheds and Sediment flats and soil. The research studies these foundations within the framework of assessing the environmental impact and identifying natural risks, in addition to studying the available natural resources and technological methods for extracting clean energy, then proposing practical solutions to solve environmental problems. Ultimately, the research addresses environmental management processes that aim to set policies, standards and environmental monitoring rules, warn of threats and risks while providing the necessary information for decision-making. It also aims to protect the environment and establish natural protected area Where a protected Area has been Created in the study area Since 2002 under the name "Siwa Natural protected Area."

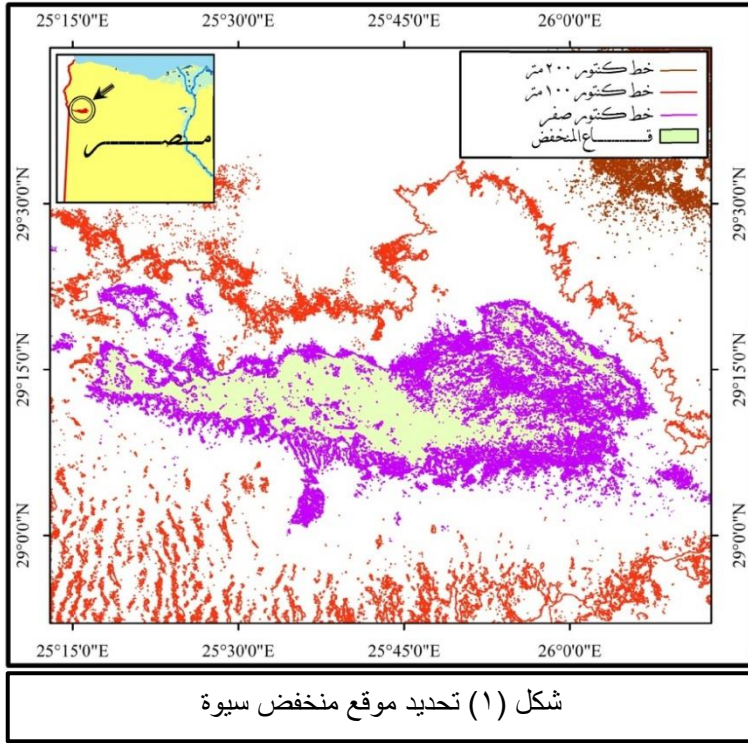
❖ المقدمة:

يُعد التخطيط في جوهره عملية منظمة لاتخاذ القرار، أما التخطيط البيئي فهو الذي يأخذ في الاعتبار الحفاظ على البيئة الطبيعية ومواردها، وهدفه الرئيس تحقيق التنمية المستدامة التي تحافظ على حق الأجيال القادمة في بيئة نظيفة وموارد وفيرة، بمعنى آخر إقامة المجتمع المستدام الذي تكون فيه عمليات الاستهلاك معتدلة وتأخذ المستقبل في الاعتبار (Beathley, 1995, P.388)، أما الموارد الطبيعية تمثل الاصول البيئية والايكولوجية للدولة وتشمل الأرض والمياه والنباتات والحيوانات وكل ما يدعم ويعزز نوعية الحياة.

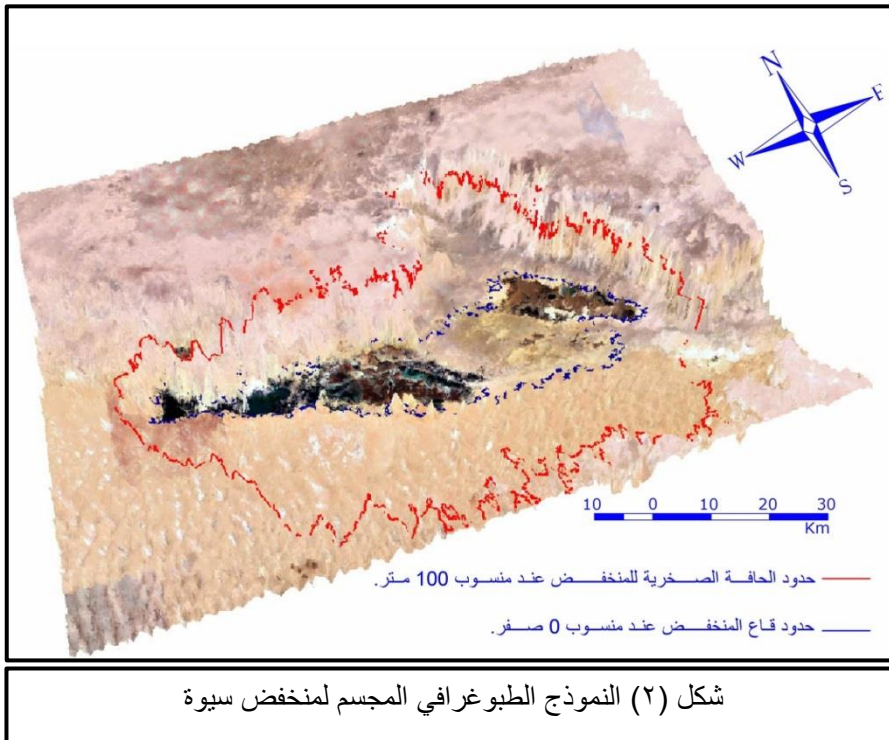
بدأ التخطيط البيئي منذ سبعينات القرن المنصرم ومن أهدافه دمج قطاع التخطيط الحضري مع الاهتمامات البيئية لضمان الاستدامة ومنها موارد الهواء والماء والتربة والصُّخور (Joshua, 2015, P.611)، وتُعد عمليات التخطيط البيئي حجر الزاوية في عمليات التنمية المستدامة في العصر الحديث، حيث أنه يجب الأخذ في الحسبان عند عملية التخطيط ان تكون نتائج عملية اتخاذ القرار لا تضر بالبيئة المحيطة، أي وَضْع نَهْج منظم يراعي الجوانب البيئية الطبيعية، الى جانب النظم الاجتماعية والعوامل الاقتصادية التي لها تأثير على عمليات صنع القرار (Beer & Higgins, 2000, P1) ، وأشارت المنظمة الأمريكية للتخطيط *The American Planning Association* الى أن المخططون البيئيون لا يعملون فقط على الحفاظ على الطبيعة وتعزيزها البيئة، بل يسعون أيضاً إلى جعل المجتمعات العمرانية تعمل مع البيئة الطبيعية وتتكيف معها، ويُشارك في التخطيط البيئي العديد من التخصصات العلمية، ومن المعلوم ان علم البيئة نشأ على يد المُهْتَمِّين بالعلوم البيولوجية اى أن الاهتمام ركز على الجوانب الحيوية ثم يتبعها دراسة المكان، إلا أن الجُغْرَافِيَا البيئية يبدأ اهتمامها بالمكان أولاً كَوْنِ عِلْمِ الجُغْرَافِيَا علم ادراك المكان في الاساس ثم ينتقل الى ما يحويه المكان من كائنات حية من خلال اجراء عمليات التحليل المكاني المختلفة وبذلك؛ فإن الجُغْرَافِيَا البيئية تأتي في مقدمة العلوم التي تهتم بالتخطيط البيئي.

❖ التحديد الدقيق لمنطقة الدراسة وامتدادها الجغرافي:

يَقَع مُنْحَفُض سبوة غربي مصر إلي الجنوب من هضبة المارماريكا الجيرية، حيث تظهر ملامح الحافة الخارجية للمنخفض كما يوضح شكل (١)، (٢) من خط منسوب ١٠٠ متر، وتبلغ مساحة الحدود الخارجية للمنخفض ٩٨،٢٢٠،٤ كم^٢، أما قاع المنخفض فتتضح ملامحه عند منسوب صفر، حيث تبلغ مساحة قاع المنخفض

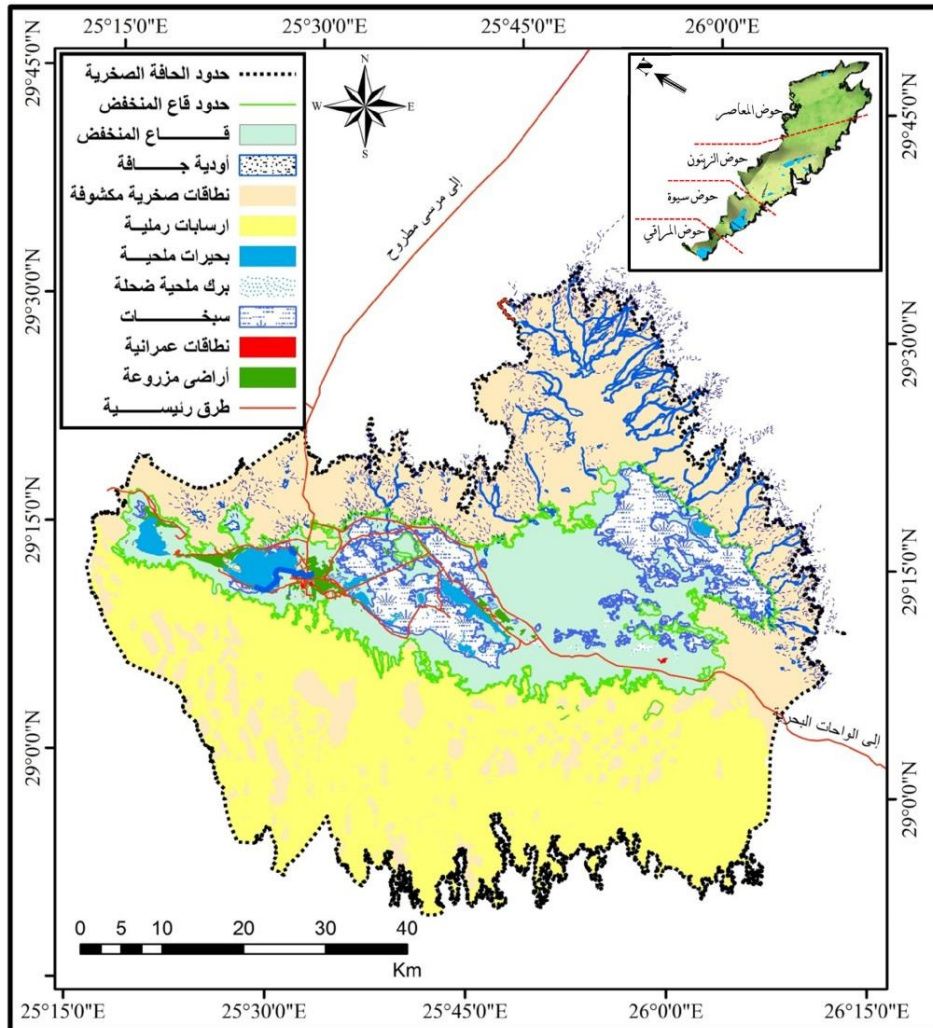


المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على النموذج الرقمي الجسدي DEM تم معالجته باستخدام برنامج ArcGIS 10.5



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على النموذج الرقمي الجسدي DEM تم معالجته باستخدام برنامج ArcGIS 10.5

١١٤٢,٥ كم^٢، وبذلك فإن قاع المنخفض ينحصر بين دائرتي عرض ١١ // ١٢ / ٢٥°، و٨ // ٢٦° شرقاً، ويقع بين خطي الطول ٢٣ // ٥٢ / ٢٨°، و١٤ // ٣٥ / ٢٩° شمالاً، وينقسم الى أربعة أحواض رئيسية تظهر في قيعانها مستجمعات المياه السطحية، وهيا كما بشكل (٣) من الشرق الى الغرب (حوض المعاصر-حوض الزيتون-حوض سيوة-حوض المراقى). يمتد المنخفض من الشرق الى الغرب لمسافة ٩٠,١ كم، ومن الشمال صوب الجنوب ٦٩,٨ كم، أما قاع المنخفض فأقصى اتساع من الشرق الى الغرب ٨١ كم، وأقصى اتساع من الشمال صوب الجنوب ٢٦,٧ كم.



شكل (٣) الواقع الجغرافي للبيئة الطبيعية لمنخفض سيوة

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، طبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة الى مرشدة فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat9، بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، ترالرسمة والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

مُنخَفَض سِيوَة مَاهُول بِالسُّكَّان وَتَبَعاً لِتَعْدَاد عَام ٢٠١٦ يَبْلُغ عَدَد السُّكَّان بِالْمُنخَفَض ٢٨٠٨٨ نَسْمَة، يَتَرَكُز مَعْظَمُهُمْ فِي مَدِينَة سِيوَة وَالتِّي تَضُم ٢٠,٣٦٠ أَلْف نَسْمَة، بَيْنَمَا يَتَرَكُز ٧,٧٢٨ أَلْف نَسْمَة فِي قَرِي أَبُوشَرُوف، وَالفَرَاوِي، وَغُورْمِي، وَالمَرَاقِي، وَبِهِي الدِّين، وَأَم الصَّغِير. تَقْدَر مَسَاحَة مَدِينَة سِيوَة بِ٤,٠٢ كم ٢، وَبِیْلُغ اِجْمَالِي الكِتْلَة العِمْرَانِيَة ٧,٧٣ كم ٢، بَيْنَمَا تَمْتَد المَسَاحَات المَزْرُوعَة عَلٰی مَسَاحَة ١٠٦,٨٤ كم ٢.

❖ أَمْهِيَة المَوْضُوع:

يُعَد التَّخْطِيط البِيئِي اِحد اَبْرز الِاتِجَاهَات الحَدِيثَة فِي الجُغْرَافِيَا التَّطْبِيقِيَة التِّي تَهْدَف اِلٰی المَسَاهَمَة فِي اِتْخَاذ القَرَارَات الِاسْتْرَاطِيجِيَة فِي اِطَار الحِفَاف عَلٰی البِيئَة الطَّبِيعِيَة وَحَق الأَجْيَال القَادِمَة فِي الِاسْتِفَادَة مِّن المَوَارِد الطَّبِيعِيَة بِهَدَف تَحْقِيق التَّنْمِيَة المَسْتَدَامَة.

❖ الدِّرَاسَات السَّابِقَة:

تَنَاولت العَدِيد مِّن الدِّرَاسَات الجُغْرَافِيَة مُنخَفَض سِيوَة اَبْرزها دِرَاسَة الأَفَنْدِي (١٩٩٨) عَن التَّدَهُور البِيئِي فِي وَاحَة سِيوَة مِّن حَيْث الِاسْبَاب وَامْكَانِيَة التَّنْمِيَة، وَدِرَاسَة التَّهَامِي (٢٠٠٣) عَن تَصْحَر التَّرْبَة فِي مَنخَفَض سِيوَة، وَدِرَاسَة النِّجَار (٢٠٠٨) عَن التَّغْيِرَات البِيئِيَة بِمَنخَفَض سِيوَة، وَدِرَاسَة مُوسَى (٢٠١٤) عَن السِّبْخَات فِي مَنخَفَض سِيوَة حَيْث تَنَاولها مِّن النَّاحِيَة الجِيُومُورْفُولُوجِيَة مِّن خِلَال اسْتِعْرَاض تَوَزِيعها الجُغْرَافِي وَالعَوَامِل الطَّبِيعِيَة وَالبَشَرِيَة التِّي سَاهَمَت فِي نَشَاتها وَتَطَوُّرها وَخِصَائِصها الطَّبِيعِيَة وَالجَوَانِب التَّطْبِيقِيَة المَتَعَلِّقَة بِدِرَاسَتها، وَدِرَاسَة القِصْرَاوِي (٢٠٢١) عَن التَّغْيِرَات الجِيُومُورْفُولُوجِيَة النَّاتِجَة عَن صَرْف المِيَاه فِي مَنخَفَض سِيوَة وَأَخْطَارها، وَدِرَاسَة عِيد (٢٠٢٢) عَن تَحْلِيل مِلُوحَة التَّرْبَة وَنَمْدَجَتها فِي مَنخَفَض سِيوَة، مِّن خِلَال دِرَاسَة دِرَاسَة العَوَامِل الطَّبِيعِيَة المَوْثِرَة فِي مِلُوحَة التَّرْبَة هُنَاكَ مَعَ دِرَاسَة المَوَارِد المَائِيَة وَتَقْيِيم القُدْرَة الِانْتِاجِيَة لِلتَّرْبَة بِسِيوَة، وَخِصَائِص التَّرْبَة الطَّبِيعِيَة المَرْتَبِطَة بِالمِلُوحَة، وَدِرَاسَة (Elsebaei, 2023) عَن تَطْبِيقَات الجِيُومَاتِكْس فِي دِرَاسَة التَّغْيِرَات البِيئِيَة بِحُوض الزَيْتُون بِمَنخَفَض سِيوَة.

كَمَا أَن هُنَاكَ العَدِيد مِّن الدِّرَاسَة الغَيْر جُغْرَافِيَة التِّي تَنَاولت مَنطِقَة الدِّرَاسَة كدِرَاسَة (Motelib, 2015) عَن تَكْوِينَات مَبَانِي مَدِينَة شَالِي القَدِيمَة مِّن صَخُور المَتَبَخَّرَات، وَدِرَاسَة (Sallam et al, 2018) عَن التَّرَاث الجِيُولُوجِي كَنُوع جَدِيد مِّن المَوَارِد الطَّبِيعِيَة فِي سِيوَة، وَدِرَاسَة (Safaa & Essam, 2018) عَن كَشْف وَتَقْيِيم المِيَاه الجُوفِيَة فِي وَاحَة سِيوَة بِمِصْر بِاسْتِخْدَام تَحْلِيل بِيَانَات الهِيْدُرُوجِيُوكِيمِيَاءِيَة وَالِاسْتِشْعَار عَن بَعْد، وَدِرَاسَة (Abdel-Gawad et al, 2020) وَتَنَاولت الخِصَائِص الجِيُولُوجِيَة لِطَبَقَة المِيَاه الجُوفِيَة الضَّلَّة وَعِلَاقَتها بِالمِظَاهِر الهِيْدُرُوكِيمِيَاءِيَة وَالمِلُوثَات البِكْتَرِيُولُوجِيَة فِي سِيوَة.

❖ **مناهج وأساليب البحث :**

استندت تلك الدراسة لتحقيق أهدافها إلى مجموعة من المناهج العلمية (*Scientific Methods*) أهمها المنهج التطبيقي (*Applied Approach*) والذي يهدف به الباحث إلى تطبيق معايير التخطيط البيئي على المنطقة المدروسة، بالإضافة إلى المنهج الموضوعي (*The Topical Approach*) حيث تستعرض الدراسة موضوعاً مهماً ألا وهو التخطيط البيئي بُناءً على دراسة عدد من الظواهر الجغرافية، وتحليل كيفية نشأتها وتطورها خلال الظروف البيئية السائدة والعوامل المؤثرة فيها. كما تم الاعتماد على المنهج التاريخي (*The Historical Approach*) للتعرف على التغيرات البيئية التي أصابت المنطقة المدروسة خلال السنوات الأخيرة، وأخيراً المنهج الإقليمي (*The Regional Approach*) الذي يعتمد على معالجة الظواهر من خلال ربطها بالظروف الطبيعية السائدة داخل نطاق إقليم جغرافي محدد.

كما اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأساليب العلمية لتحقيق غرض الدراسة أهمها الأسلوب الكارتوجرافي من خلال رسم الخرائط المختلفة وعمل قطاعات وتحليلها، وأسلوب التحليل الكمي لدراسة علاقات الارتباط بين المتغيرات المختلفة وتحليل نتائج التحليلات المعملية لرواسب السبخات باستخدام معادلات (*Folk & Ward, 1957*)، بالإضافة إلى استخدام أسلوب التحليل الوصفي الإستنتاجي، إلى جانب تقنيات الجيوماتكس وفي مقدمتها استخدام نظم المعلومات الجغرافية (*GIS*) كأداة أساسية في عمليات الرسم والتحليل، مع الاعتماد على تقنيات الاستشعار من بُعد (*RS*) في معالجة وتصنيف المراتب الفضائية الدقيقة ونماذج الارتفاعات الرقمية *DEM*.

❖ **هدف البحث:**

يهدف التخطيط البيئي بشكل أساسي إلى دراسة القضايا البيئية ومعالجة الآثار السلبية المتوقعة المترتبة عليها والتي تؤثر على التنمية في المستقبل والمتعلقة بجودة الهواء وجودة المياه والموارد الطبيعية، ويمكن استعراض أهداف البحث في التالي:

- أصبحت الاعتبارات البيئية في عمليات صنع القرارات السياسية بسبب المخاوف من الآثار الضارة للحق بالبيئة بسبب الأنشطة البشرية المختلفة؛ ولذلك تحتاج البيئة الى تخطيط دقيق لتحقيق الاستدامة حيث تشمل عناصر التخطيط البيئي وبرزها التنمية

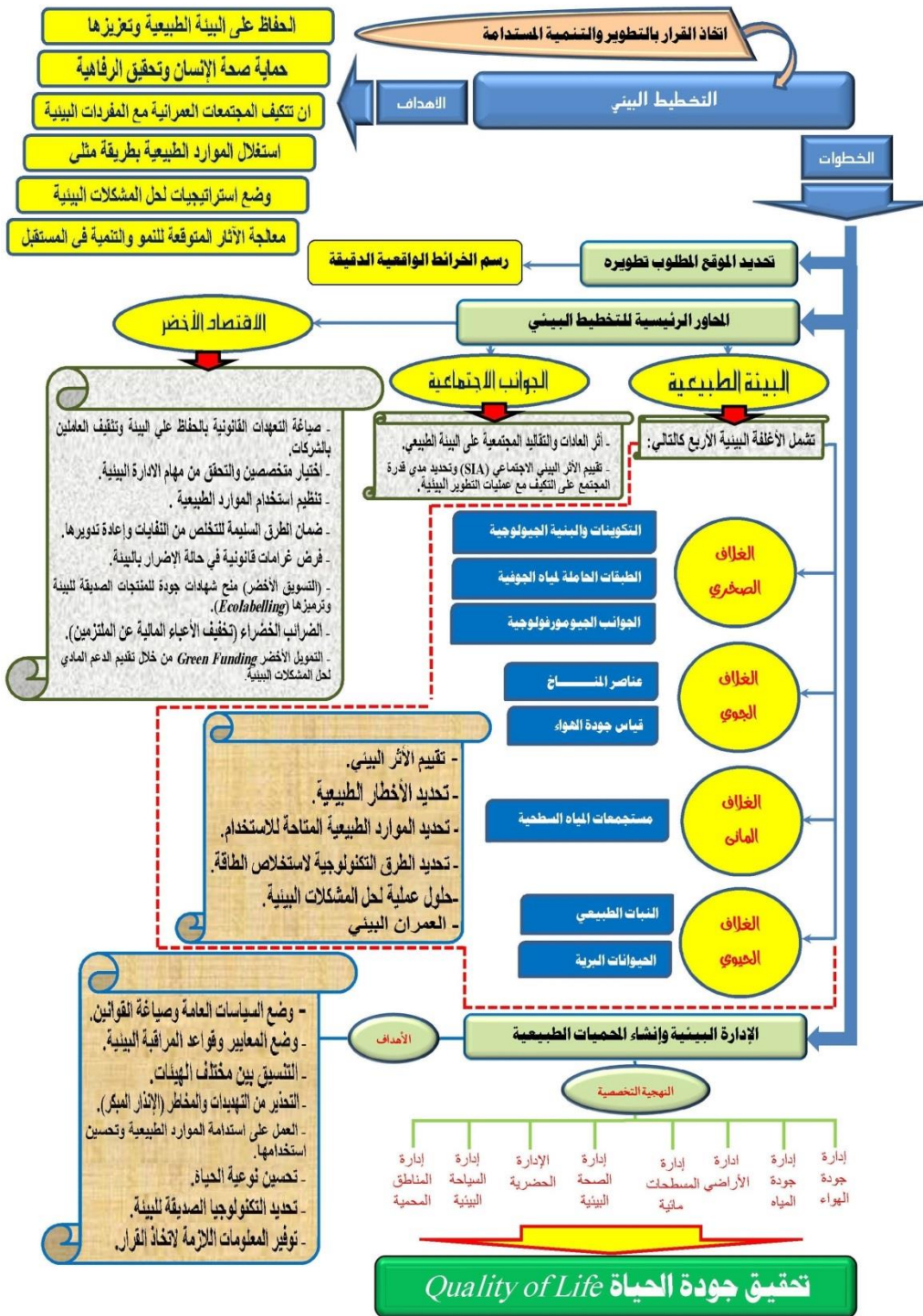
المستدامة واستخدام تقنيات البناء الأخضر (Joshua, Green Building Technologies, 2015, P.611)، أو ما يطلق عليه العمران البيئي.

- توجيه الأنظار الى أهمية التخطيط البيئي ودوره في تحقيق التنمية المستدامة، وتأسيس الدراسة في ذلك الفرع ك تخصص مهم من تخصصات الجغرافيا البيئية.
- تحديد الاسس التي يعتمد عليها عمليات التخطيط البيئي.
- تقييم استخدام الموارد البيئية الطبيعية في منطقة الدراسة.
- استعراض خطوات عمليات التنمية مستدامة في منطقة الدراسة.

أولاً: الهيكل العام لعمليات التخطيط والإدارة البيئية للموارد الطبيعية:

يُقاس مَدَى نجاح التخطيط بمدى التزامه بتنفيذ أهدافه التي تم وضعها مسبقاً ضمن إطار زمني بنطاق جغرافي محدد، ويكون ذلك ضمن خطوات علمية مدروسة. ظهر مصطلح التخطيط البيئي حديثاً حيث أدى انتشار النشاط الصناعي والتنمية الاقتصادية الى ظهور العديد من المشكلات البيئية كتلوث الهواء والاحتباس الحراري؛ ولمواجهة تلك التحديات فان المنظمات الدولية بدأت في سن سياسات لتعزيز الكفاءة البيئية من خلال سياسات "جانب الطلب" أو الاستهلاك الأخضر *Green Consumption* ، وسياسات "جانب العرض" أو "الانتاج الأخضر" *Green Production* (Jiang & He, 2002, P.5)، وبالتالي فإن الهدف الرئيس للتخطيط البيئي كما أورده جمعيّة التخطيط الأمريكية *American Planning Association* يكمن في الحفاظ على البيئة الطبيعية وجعل المجتمعات البشرية وما أنشأتها من محلات عمرانية متكيفة مع الوسط البيئي الذي يحتويها وأن تكون مكملة له وتعمل لصالحه. إذا فالتخطيط البيئي يهدف الى فحص القضايا البيئية ومعالجة الأثار المتوقعة للنمو في المستقبل وبخاصة على جودة الهواء ونوعية المياه والموارد الطبيعية.

يُقوّم التَّحْطِيطُ البيئي كما يُوضح شكل (٤) على ثلاثة محاور رئيسية ألا وهي محور المسرح البيئي الطبيعي، والمحور الاجتماعي، والمحور الاقتصادي (الاقتصاد الأخضر). أما عن محور البيئة الطبيعية فيتشكل من اربعة أغلفة رئيسية، ألا وهي الغلاف الصخري ، والغلاف المائي ، والغلاف الجوي ، والغلاف الحيوي وبالتالي؛ فإن عمليات التخطيط البيئي يجب أن تشمل دراسة كافة الأغلفة لتكوين نظرة شاملة عن الواقع البيئي.



شكل (٤) الهيكل العام للتخطيط البيئي

(المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (Barrow, 2002) (Beer & Higgins, 2000))

يشمل دراسة الواقع البيئي عدة أبعاد أشار اليها (Beer & Higgins, 2000, P25) فالْبُعدُ الأول يتمثل في التكوينات والبنية الجيولوجية وتحديد مواطن القوة والضعف، ودراسة الطبقات الحاملة للمياه الجوفية. البعد الثاني يَكْمُنُ بدراسة المُناخ المحلي *Local climate* من خلال جمع المعلومات حول الاشعاع الشمسي، والمتوسط الشهري لساعات سطوع الشمس، والمتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة مع دراسة قيم الحرارة العظمى والصغرى، كما يشمل دراسة مستوي الرطوبة، واتجاه وسرعة الريا ، ومُعدل هطول الأمطار، إلى جانب بيان انعكاس تأثير المناخ المحلي على الراحة البشرية *Human Comfort*. البعد الثالث يتمثل في دراسة الأنماط الجيومورفولوجية *Geomorphology Typs* من خلال عمليات تسجيل الشكل الطبوغرافي *Recording the topography* وتحليل المنحدرات *Slope Analysis*، بالإضافة الى دراسة الظاهرات الجيومورفولوجية المميزة والتي تعد دليلاً على نشاط عوامل وعمليات طبيعية معينة كعمليات التجوية والتعرية *Erosion and Deposition* ، وبخاصة عمليات الإنزلاق الصخري *Landslips*. البعد الرابع يكمن بدراسة الأراضي الرطبة ومسطحات المياه السطحية *Lakes and Wetlands* وميزانيتها المائية ، أما البعد الخامس فيتمثل بدراسة الموارد المائية إلى جانب جودة المياه *Water quality*. البعد السادس تمثله دراسة مسطحات الرواسب (الرواسب الفتاتية والتربة) من خلال التعرف على خصائصها الطبيعية والكيميائية والمعدنية، وما يتبعه من التعرف على قدرة التربة على الانتاج وتصنيفها وكيفية الاستخدام السليم لها ومدى قدرتها على الانتاج الزراعي. البعد السابع يتمحور حول جمع البيانات والمعلومات حول البيئة الحيوية وما تشمله من معلومات الخاصة بالنبات والحيوان الطبيعي، حيث يحتاج مخطط الموقع إلى فهم كيف يمكن للبيئة الطبيعية أن تؤثر على تخطيط الموقع وعمليات التصميم بالإضافة إلى الحاجة إلى معلومات حول الموائل التي يجب الحفاظ عليها لأسباب تتعلق بالحفاظ على الطبيعة (الحماية البيئية).

تهدف دراسة المحور الأول الى اعطاء الوصف البيئي الدقيق للمناطق المطلوب تطويرها، وإجراء عمليات تقييم الأثر البيئي *Environmental Impact Assessment (EIA)* والذي يهدف لمراقبة جودة البيئة الطبيعية، وتحليل الآثار المستقبلية لعمليات التنمية من خلال اجراء تقييم شامل ومسبق للحالة البيئية أى أنه نهج يهدف الى تحسين عمليات التنمية ويهدف لتقليل الأضرار على البيئة، وبيان بالأخطار البيئية، وإقتراح حلول عملية لتلك المشكلات.

اما المحور الثاني فيتمثل بالنظام الاجتماعي وأثر العادات والتقاليد المجتمعية على البيئة الطبيعية، وتقييم الأثر البيئي الاجتماعي (SIA) بمعنى مدي قدرة المجتمع على التكيف مع عمليات التطوير البيئي، ومدي كفاءة عمليات التطوير في تغيير نوعية الحياه للافضل مما يحقق الشعور بالرفاهية. أما المحور الثالث فيتمثل في الاقتصاد ومدي قدرة المؤسسات على الحفاظ على البيئة من خلال التعهدات القانونية وتنظيم استخدام الموارد الطبيعية وضمان اتباع الطرق العلمية الصحيحة للتخلص من النفايات وإعادة تدويرها، كما يشمل سياسة التحذير والتشجيع من خلال فرض غرامات قانونية في حالة الإضرار بالبيئة، واتباع سياسة التسويق الأخضر *Green Marketing*، والتشجيع من خلال منح شهادات جودة للمنتجات الصديقة للبيئة وترميزها (*Ecolabelling*)، وتخفيف الأعباء المالية عن الملتزمين مع اتباع سياسة التمويل الأخضر *Green Funding* من خلال تقديم الدعم المادي لحل المشكلات البيئية (Barrow, 2002, P30-104).

أما الإدارة البيئية فتمثل الذراع التنفيذية التي من خلالها يتم إجراء المراقبة البيئية وتطبيق السياسات والقوانين وتوفير المعلومات المطلوبة لاتخاذ القرار، كل ذلك الهدف منه في النهاية تحقيق جودة الحياه *Quality of Life* وهو مصطلح يتكون من مقطعين، الأول مفهوم الحياه وهي تعرف بأنها حالة معينة من الوجود والخبرة ويتم النظر اليها من حيث المدة *Duration* والجودة *Quality*، أما مفهوم الجودة فيتمثل في كونه خاصية للأشياء والظواهر، فكل شئ حولنا بعض الخصائص التي تمثل امكاناته النوعية *A Potential of Quality* ومن هنا يمكن تعريف الجودة بأنها مجموعة من الخصائص التي تلبي المطالب، أي أنه يمكن تعريف جودة الحياة بأنها الدرجة التي تلبي بها مجموعة من خصائص الحياة البشرية المتطلبات المفروضة عليها (Andráško, 2013, P.21-23)، وتبعاً لذلك فجودة الحياه تبعاً للتخطيط البيئي تتحقق بالحفاظ على البيئة الطبيعية كبيئية نظيفة وصحية بما ينعكس بشكل إيجابي على الصحة العامة، وإجتماعياً بالحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة والمساهمة في القضاء على الفقر ومشكلات البطالة والعشوائيات وما يتبعه من تقليل العنف والجريمة، بما سينعكس ايجاباً على الاقتصاد من خلال ترشيد استخدام الموارد الطبيعية ووقف استنزافها، ومعالجة المخلفات وإعادة تدويرها، والإعتماد على مصادر طاقة نظيفة متجددة (الرميدي وطلحي، ٢٠١٨، ص٢٦٢)، وبالتالي تحقيق التنمية المستدامة.

ثانياً: عناصر التخطيط البيئي وتأثيرها على عمليات استغلال الموارد الطبيعية:

(١) اسس التخطيط البيئي بناء على بيانات التكوينات والبنية الجيولوجية:

تظهر أهمية دراسة الجوانب الجيولوجية في الاعتماد عليه كمؤشر يضع المخططون نصب اعينهم عليها لتحديد ما إذا كان من المحتمل أن تُشكِل الجيولوجيا مشكلة في سبيل مشروعات التنمية المختلفة، تتمثل في عدة نقاط أساسية، أولها قدرة تحمل التكوينات الجيولوجية عمليات البناء *Bearing Capacity*؛ مع تحديد نطاقات الصدعات الجيولوجية *Geological Faults* حيث تمثل خطوط الضعف الناجمة عن الحركات السابقة في القشرة الأرضية وهناك دائماً مزيد من فرص الحركة، وثانياً وجود سمات جيولوجية تقيد خيارات التطوير لأنها مرتبطة في تحديد مكامن الخطر الناتجة عن ضعف التكوينات، ومدى تعرضها بشكل كبير لعمليات التعرية والتجوية المختلفة (Beer & Higgins, 2000, P25)، هذا الى جانب التعرف على نطاقات التراث الجيولوجي *geological heritage* وهو مصطلح ظهر خلال الثلاث عقود الأخيرة يتمثل في المعالم الجيولوجية المتفردة ذات قيمة للمجتمع، حيث ان هناك عدة انواع من التراث الجيولوجي أو ما يعرف اصطلاحاً بالتراث الجغرافي *Geoheritage* أبرزها المقاطع الطبقيّة *stratigraphical sections* ، والحفريات *palaeontological Typs* ، والتاريخ الجغرافي *palaeogeographical Typs* ، الى جانب الأنماط الهيدروجيولوجية والهيدروجيولوجية *hydrological & hydrogeological Typs* ، وأنماط الحرارية الأرضية *Geothermal Typs*، والجيولوجيا الإشعاعية *Radiogeological*، والأنماط التكتونية الحديثة *Neotectonical* والأنماط الجيومورفولوجية *Geomorphological* *Typs*، والبيدولوجية *Pedological* ، والأنماط الجيوتاريخية *Geohistorical types* ، (Sallam et al, 2018b, P.214)، ويُمكن ان يضاف اليها التاريخ الانساني والجيولوجيا. *Human history and geology* والتي تتمثل في الأثار الانسانية المرتبطة بالظواهر الجيولوجية

كما تساعد دراسة تكوينات تحت السطحية في التعرف على الطبقات الحاملة للمياه الجوفية ومدى أثر التكوينات في مدى جودة المياه، ويساعد التعرف على نطاقات التصدع في التعرف على المناطق المعرضة للضعف والانهييار.

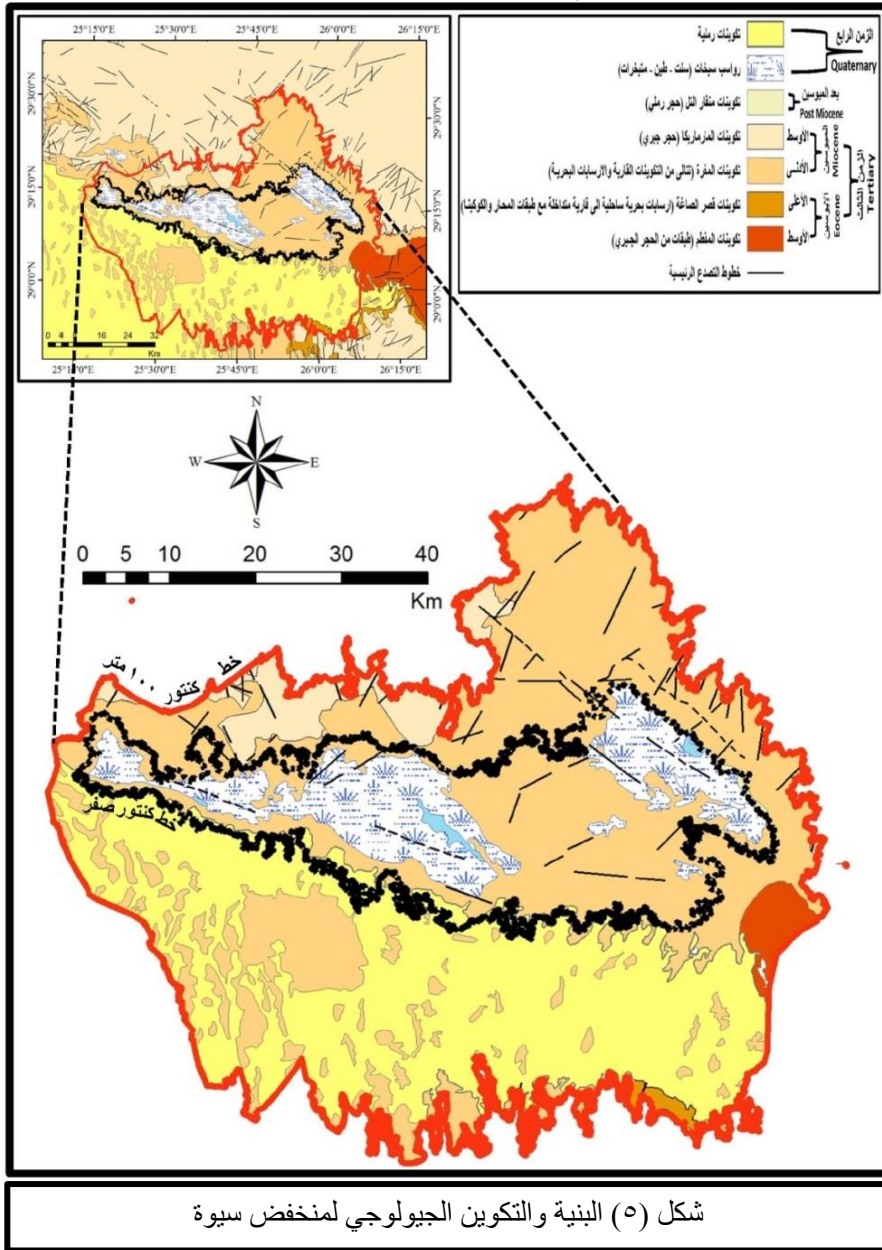
أ. التكوينات الجيولوجية:

يقع منخفض سيوة بالاساس داخل نطاق جيولوجي من تكوينات الزمن الثالث حيث تشكلت تلك المنطقة نتيجة تتالي عمليات الغمر والانحسار البحري، حيث تنتشر تكوينات الحجر الجيري والحجر الرملي بشكل أساسي، بينما قاع المنخفض تغطيه رواسب الزمن الرابع أبرزها ارسابات السبخات في مساحات كبيرة داخل قاع المنخفض، تتميز البيئة بالهضبة الغربية بكونها شديدة الجفاف حيث ترسبت رواسب الزمن الرابع *Quaternary sediment* وبخاصة في أحواض البلايا في المنخفضات الشديدة خلال فترات الرطوبة السابقة (Donner, et al, 2015, P.1)، وأشار (Said, 1990) ان المنخفض يقع ضمن الحزام التكتوني للرف، وهو حوض رسوبي غير المستقر، والجزء المكتشف منه الايوسين الأوسط *Middle Eocene* وحتى الزمن الرابع *Quaternary* (Sallam et al, 2018, P.152)، ويمكن تناول الجانب الجيولوجي كالتالي:

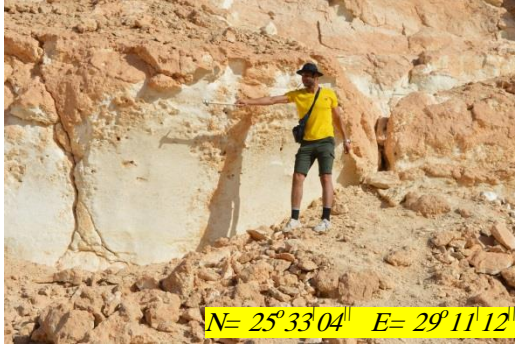
• التكوينات الجيولوجية السطحية:

تنقسم سيوة جيولوجياً الى ثلاث وحدات رئيسية، تنتمي للميوسين الاوسط *Middle Miocene* يتمثل أولها في قاع المنخفض *A lower older Siwa Oasis Member*، وهو الاقدم جيولوجياً ويتكون بشكل رئيس من الطفلة *Shales* والمارل *Marls*، والثاني جروف وسط سيوة *Middle Siwa Escarpment Member* حيث يشكل منحدرات التلال المنعزلة داخل المنخفض، والثالث يتمثل في حافة الهضبة الشمالية *Upper ElDifffa Plateau Member*، وتتألف الجروف والهضبة بشكل رئيسي من الحجر الجيري الطباشيري *Chalky limestone* والحجر الجيري *limestone* والدولوميت *Dolomitic limestone* (Abdel-Motelib et al, 2015, P.80). يتضح من شكل (٥) التكوينات الجيولوجية السطحية بمنطقة الدراسة، حيث تشغل تكوينات المغرة أغلب سطح المنخفض لتغطي مساحة تقدر بـ ٢٤٧٢,٩٨ كم^٢، أي ما يمثل نحو ٥٨,٥٩% وهي تتشكل من تتابع طبقات الرواسب القارية والبحرية تغطيها ارسابات من الرمال، كما تظهر تكوينات المارماريكا الجيرية في الجزء الشمالي الغربي من المنخفض على مساحات تقدر بـ ١٨٣,٧٨ كم^٢. أما رواسب الزمن الرابع فتتمثل بشكل أساسي في رواسب السبخات والتي تنتشر على نحو ١١٥,٢ كم^٢ على قاع المنخفض، بينما تنتشر

الارسابات الرملية في الجزء الجنوبي من المنخفض على مساحة كبيرة تقدر بـ ٢٤,٧١٢٩ كم^٢، كما تظهر رواسب الأودية على هوامش المنخفض وبخاصة في جزءه الشرقي والشمالي الشرقي حيث تتحدر مجموعة من الأودية القصيرة من الحافة الجبلية حيث تشغل مساحات تقدر بـ ٥١,٣ كم^٢.



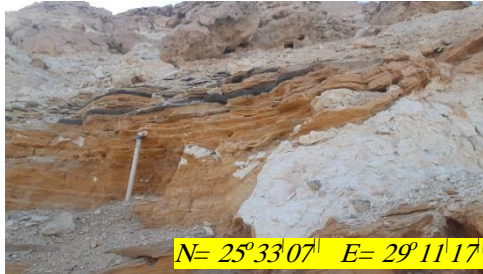
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة مقياس ١:٥٠٠٠٠٠ مرقم NH 35 Sw Siwa من إنتاج الهيئة المصرية العامة للبترول، عام ١٩٨٦، والرسم والمعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.



صورة (٢) تكوينات صخور الدولوميت
تعلوها صخور الحجر الجيري



صورة (١) تكوينات المغرة المتشكلة من
تكوينات الكربونات من الحجر الجيري
والصخر الزيتي والمارل



صورة (٤) تكوينات *Siwa Escarpment Member* من
أسرة سمكة وناعمة وتلجية بيضاء وطباشيرية تنتمي
للميوسين الأوسط.



صورة (٣) تكوينات الطفلة الميوسينية يعلوها
الصخور الكربونية بألوانها المختلفة

يتبين من البحث أن هناك عدة نطاقات يمكن تصنيفها من ضمن مناطق

التراث الجيولوجي، يمكن ابرازها كالتالي:

○ الظاهرات الجيولوجية البارزة وهو ما يمكن ان نطلق عليه *Open Geological Museum*، ويتمثل في التكوينات الجيولوجية بالمنطقة المدروسة وتفصيلها المميزة والحفريات التي تحتويها والتي تتدرج تحت التراث الجغرافي *Geoheritagy* كالحفريات الفقارية والنباتية *fossilplant* والذي يساهم في فهم التطور البيولوجي في حقب الحياه الحديثة *Cenozoicbiological evolution* ووضع تصور للأنظمة البيئية القديمة *Ancient palae-oecosystems* ، وبذلك فان التكوينات السطحية المتمثلة في تكوينات الصخور الكربونية والبارزة على هيئة مجموعة من التلال المنعزلة أو حواف جنوبية للهضبة الشمالية. أما التراث الاحفوري *The palaeontological heritage* بسيرة فيتمثل في انتشار اللافقاريات الكبيرة والصغيرة والخشب السليكاتي

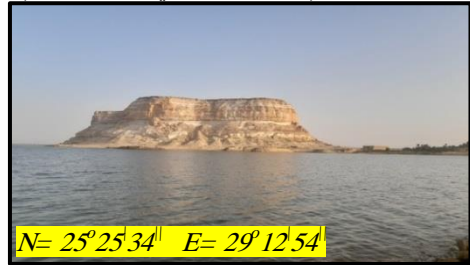
Silicified wood ، وبقايا الحفريات فى طبقات فترتي الباليوجين - النيوجين *Paleogene-Neogene strata*، بالإضافة الى اكتشاف الفقاريات مثل الهيكل العظمي الاحفوري للحوث المكتشف فى تكوينات الايوسين الأوسط شمال شرقي سيوة (Sallam et al, 2018, P.154).

- نطاقات التتابع الطبقي لرواسب الزمن الثالث، وهى تظهر على جوانب التلال المنعزلة التى يمثل سطحها أراضي الهضبة القديم، حيث يظهر تتابع طبقات من الحجر الجيري والطباشيرى، تتركز على الدولوميت وطبقات من الطفلة كما بصورة (٥) .
- نطاقات "التراث الانساني والجيولوجيا" وتتمثل أبرزها فى مقابر الروم المحفورة فى التكوينات الجيرية للحافة الجنوبية لهضبة الدفة (المارمريكا) كما توضح صورة (٦).
- التنوع الهيدرولوجي بمنخفض سيوة حيث تظهر المستجمعات المائية فى الأحواض الأكثر انخفاضاً بقاع المنخفض - صورة (٧).



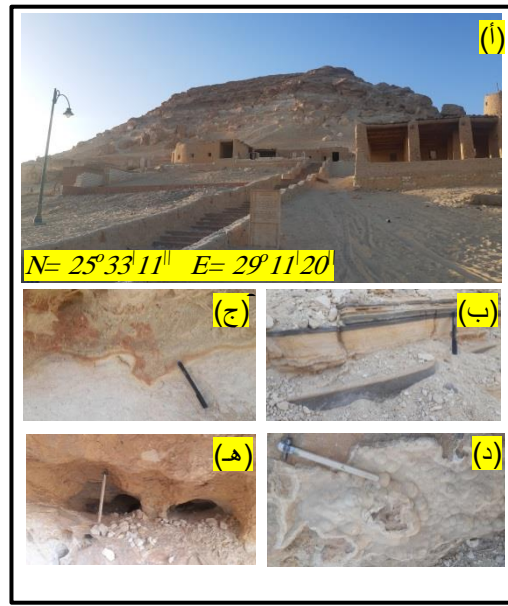
$N= 25^{\circ}24'26''$ $E= 29^{\circ}13'42''$

صورة (٦) الحافة الجنوبية لهضبة الدفة وموقع مقابر الرومان (التراث الانساني والجيولوجيا)



$N= 25^{\circ}25'34''$ $E= 29^{\circ}12'54''$

صورة (٧) التنوع الهيدرولوجي وظهور مستجمعات المياه فى الأحواض المنخفضة



صورة (٥) جوانب جبل الذكور وظهور التتابع الطبقي لرواسب الزمن الثالث

• **التكوينات الجيولوجية تحت السطحية:**

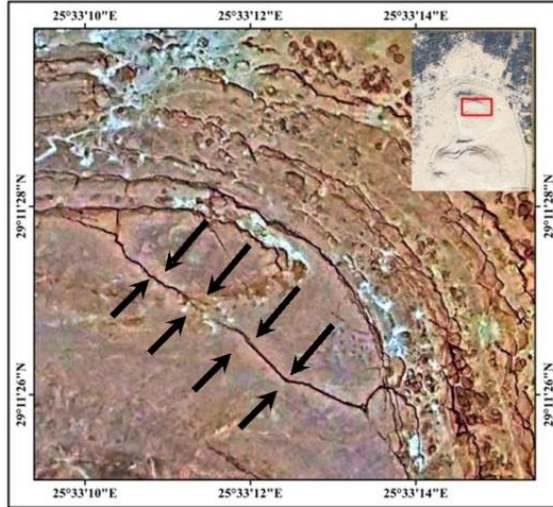
تمتد التكوينات الجيولوجية تحت السطحية بسماكة أكثر من ٣٤٠٠ متر فوق صخور الأساس، فيبين انها تعود الى حقبة جيولوجية متنوعة، تتألف الصخور التي تنتمي لحقب الحياه المبكرة *Paleozoic* هناك من تعاقب صخور الحجر الرملي *sandstone* والطفلة *shale* والدولوميت *dolomite* والتي ترسبت بفعل تتالي عمليات الترسيب القارى والبحري نتيجة تعاقب فترات الغمر والانحسار البحري (*Abdulaziz & Faid, 2015, P.64*) ويتراوح سمكها بين ٢١٧٧ – ٢٥٠٦ متر، وتستقر تلك التكوينات مباشرة فوق صخور ما قبل الكامبري *Precambrian* أو صخور الأساس، أما الصخور التي تنتمي لحقب الحياه الوسطي *Mesozoic* تتمثل فى صخور الكريتاسي حيث تتألف طبقات الكريتاسي الأدنى *Lower Cretaceous* من صخور الحجر الرملي *sandstone* الطباشيري بسمك يتراوح بين ١٧٥ – ٦١٢ متر، أما طبقات الكريتاسي الأعلى فتتألف من الرمال *Sand*، وصخور الحجر الجيري الرملي *sandy limestone*، الجيري التي تعود للعصر السينومانى *Cenomanian age* والتي يتراوح سمكها ما بين ١٦٣ – ٣٦٠ متر، إلى جانب صخور الكربونات *carbonate rocks* وتشمل (الحجر الجيري والدولوميت) بسمك يتراوح بين ٦٩ – ٢٣٠ متر، وهى تنتمي للعصرين التوروني والمايستريخت *Turonian – Maestrichtian age* (*Abdel-Gawad, 2020, .124*). أما الصخور التي تنتمي لحقبة الحياه الحديثة *Cenozoic* فتمثل فى صخور الزمن الثالث التي تتشكل اساسا من الحجر الجيري *limestone* والدولوميت *dolomites*، الى جانب ارسابات الزمن الرابع التي تغطي تلك التكوينات بسمك قد يصل الى ٣ متر حيث تظهر على سطح المنخفض (*Safaa & ismail, 2018, P.465*) وأبرزها رواسب الطين *Quaternary alluvium* ورواسب السبخات *Sabkha Deposites*، بالاضافة الى مسطحات الرمال الناشئة بفعل الارساب الرياحي *Eolian Deposites*.

ب. **البنية الجيولوجية:**

المقصود بدراسة البنية الجيولوجية شكل الطبقات نتيجة حركات الرفع والهبوط التي تعرضت لها مما أدى لتشكل الطيات وتكون الصدعات، ويبين من شكل (٦) ظهور العديد من خطوط الصدع الرئيسية والتي تأخذ فى معظمها اتجاه عام شمالي غربى – جنوبي شرقى، وهذا ما أكد عليه (*Abdel-Gawad, 2020, .126*) حيث

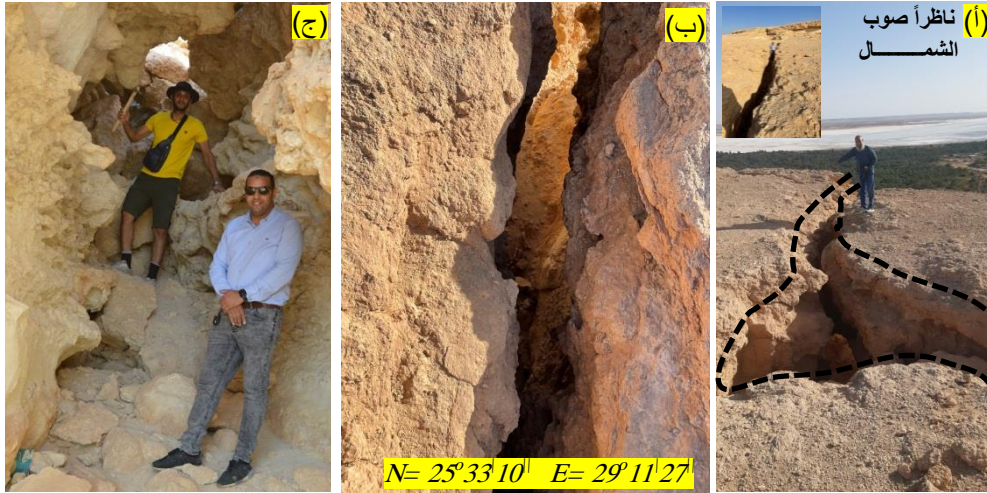
كشفت دراسة التطور التكتوني بأن منخفض سيوة يحتل طية متزامنة إقليمية تأخذ اتجاه $NNW-SSE$ تعرض منطقة الواحة أيضاً هيمنة الملامح البنائية خاصة تلك التي تمتد في اتجاه $NW-SE$ $ENE-WSW$ حيث يتبين ان بركتي الزيتون واغورمي قد تأثرتا بامتداد الانكسارات في تلك الاتجاهات، كما أن البنية الجيولوجية قد تحكمت في الربط الهيدروليكي بينها طبقات المياه الجوفية المختلف.

أما انتشار الصدوع قد يشير الى ان نشأة المنخفض بالاساس نشأة انكسارية، تبعها عوامل التعرية والتجوية المختلفة التي شكلت سطح المنخفض فيما بعد، ومن خلال دراسة احد التلال المنعزلة داخل المنخفض (جبل الدكرور ٨٦ متر) يتبين وجود انكسار ذو اتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي كما في شكل (٥)، وصورة (٨).



شكل (٦) أحد الصدوع الجيولوجية بجبل الدكرور

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة الصور الفضائية المتوفرة على برنامج Google Earth عام ٢٠٢٣.



صورة (٨) انكسار يأخذ اتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي بجبل الدكرور جنوب منخفض سيوة

٢) اسس التخطيط البيئي بناء على بيانات المناخ المحلي:

(٢-١) دراسة بيانات المناخ المحلي لمنطقة الدراسة:

أ- الاشعاع الشمسي:

يتبين من جدول (١) ان كمية الطاقة الساقطة سنوياً على منطقة الدراسة تبلغ نحو ٢٢٧٥,٤٧ كيلوات/ ساعة / م^٢/يوم ، حيث ان كمية الطاقة في المتوسط ٦,٢٤ كيلوات/ساعة/م^٢/يوم، كما تتميز منطقة الدراسة بسماء خالية من الغيوم جزئياً حيث انه في المتوسط تشغل الغيوم ٢١,٢% فقط من القبة السماوية.

جدول (١) عدد ساعات السطوع وكمية الطاقة بالاشعاع الشمسي ونسبة الغيوم بمنطقة سيوة

نسبة الغيوم %	طاقة الاشعاع الشمسي			مدة السطوع الفعلية ساعة	الشهور	الفصول
	اشعاع سطحي قصير منتشر الموجه	اشعاع الموجات القصيرة السطحي الهابط	اشعاع مباشر (الموجه القصيرة)			
	(كيلوات / ساعة / متر ^٢ / يوم)					
٣٥,٠٠	١,٣٦	٣,٣٠	٤,٧٩	٨,٥	ديسمبر	الشتاء
٣٦,٩١	١,٥٠	٣,٦٠	٤,٩٠		يناير	
٣٧,٨١	١,٩٠	٤,٤٣	٥,٠٣		فبراير	
٣٦,٥٧	١,٥٩	٣,٧٨	٤,٩١	متوسط الطاقة/يوم في الشتاء		
٣٨,٠٨	٢,٢٤	٥,٦٠	٥,٨١	١٠,٥	مارس	الربيع
٣٩,٢٦	٢,٦٦	٦,٧٦	٦,٠٧		ابريل	
٣٣,٤١	٢,٧٣	٧,٣٥	٦,٥٢		مايو	
٣٦,٩١	٢,٥٤	٦,٥٧	٦,١	متوسط الطاقة/يوم في الربيع		
١٧,٤٠	٢,٣٩	٧,٩٢	٧,٥٩	١٢,٤	يونيو	الصيف
١٠,٤٢	٢,١٥	٧,٩٠	٧,٨٤		يوليو	
٩,٨٨	٢,٠٠	٧,٣٥	٧,٥٢		اغسطس	
١٢,٥٧	٢,١٨	٧,٧٢	٧,٦٥	متوسط الطاقة/يوم في الصيف		
١٤,٠٢	١,٨٥	٦,٢٦	٦,٩٥	١٠,١	سبتمبر	الخريف
٢٠,٧٠	١,٦٢	٥,٠٥	٦,٢٦		اكتوبر	
٢٩,٠٢	١,٤٠	٣,٨٤	٥,٥٣		نوفمبر	
٢١,٢٥	١,٦٢	٥,٠٥	٦,٢٥	متوسط الطاقة/يوم في الخريف		
٧٢٣,٩	٢١٠٩,٧	٢٢٧٥,٤٧	إجمالي الطاقة الشمسية السنوية			

المصدر: ١- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، (١٩٨١-٢٠٢١) ٢- <https://Soda-Pro.com> (٢٠٠٤-٢٠٢٢)

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer-٣> (١٩٨٤-٢٠٢١)

ب- الحَرَارَة:

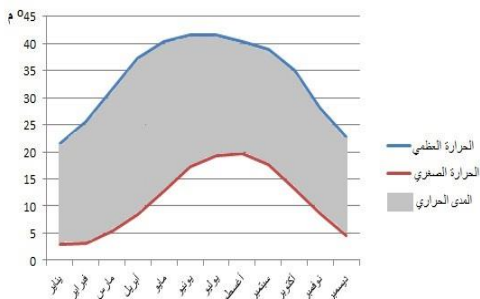
يَتَّبَعُ من دراسة المتوسط السنوي والشهري واليومي لدرجات الحرارة بمنطقة الدراسة كما بجدول (٢)، وشكلي (٧)، (٨)، أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة يصل إلى $٢١,٤^{\circ}\text{م}$ ، ويمكن بيان النتائج كالتالي:

- تصل درجات الحرارة إلى أقل معدلاتها في شهور الشتاء حيث يصل متوسط الحرارة اليومية إلى $١٢,٣^{\circ}\text{م}$ ، حيث يكون متوسط الحرارة العظمي بالشتاء $٢٣,٣^{\circ}\text{م}$ ، بينما متوسط الحرارة الصغرى $٣,٥^{\circ}\text{م}$ فقط.
- تزيد درجات الحرارة في شهور الربيع حيث تبدأ الزيادة التدريجية في درجات الحرارة ابتداء من شهر مارس، يصل المتوسط الفصلي لدرجات الحرارة اليومية إلى $٢١,٠^{\circ}\text{م}$ بزيادة قدرها $٨,٧^{\circ}$ عن مثيلاتها في فصل الشتاء، بينما يصل المتوسط الفصلي لدرجات الحرارة العظمى إلى $٣٦,٥^{\circ}$ ، بزيادة قدرها أكثر من ١٣° كاملة عن مثيلاتها في فصل الشتاء، والمتوسط الفصلي لدرجات الحرارة الصغرى إلى $٨,٨^{\circ}$.
- تصل درجات الحرارة إلى أقصاها خلال فص الصيف حيث يصل متوسط درجات الحرارة اليومية إلى $٢٩,٦^{\circ}\text{م}$ بزيادة قدرها أكثر من ٩° كاملة عنها في فصل الربيع، يكون أعلاها خلال شهر يوليو بقيمة ٣٠°م ، ويكون المتوسط الفصلي لدرجات الحرارة العظمى $٤١,٢^{\circ}$ ، بينما يصل متوسط درجات الحرارة الصغرى إلى $١٨,٧^{\circ}\text{م}$.
- تبدأ درجات الحرارة إلى العودة في الانخفاض خلال شهور الخريف، حيث يصل المتوسط الفصلي لدرجات الحرارة اليومية $٢٢,٧^{\circ}\text{م}$ ، لتتفقد درجات الحرارة نحو ٧°م عن ما كانت عليه في فصل الصيف، حيث تنخفض درجات الحرارة العظمى لتصل إلى $٣٤,٠^{\circ}\text{م}$ ، بينما تنخفض درجات الحرارة الصغرى لتصل إلى $١٣,١^{\circ}\text{م}$.
- يتبين مما سبق القفزات كبيرة في درجات الحرارة خلال فصلي الربيع والصيف، والانخفاض السريع لها في فصلي الخريف والشتاء، وذلك هو السمة التي تتميز بها النطاقات الصحراوية البعيدة عن المؤثرات البحرية.
- تدل قيم المدى الحراري على مدي التطرف الحراري، حيث تبلغ في المتوسط $٢٢,٧^{\circ}\text{م}$ ، وأعلى قيمة لها بفصلي الربيع والصيف بقيمة $٢٧,٧^{\circ}\text{م}$ ، $٢٢,٤٦^{\circ}$ على التوالي.

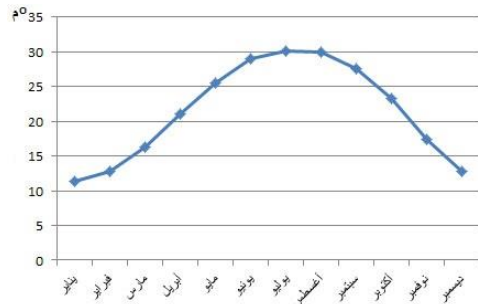
جدول (٢) المتوسطات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجات الحرارة بمنخفض سيوة

الفصل	الشهور	درجات الحرارة	الحرارة العظمى	الحرارة الصغرى	المدى الحراري
الشتاء	ديسمبر	١٢,٧٨	٢٢,٧٤	٤,٥٠	١٨,٢٤
	يناير	١١,٣٠	٢١,٦٥	٢,٨٩	١٨,٧٦
	فبراير	١٢,٧٨	٢٥,٥٦	٣,١٠	٢٢,٤٦
المتوسط الفصلي					
الربيع	مارس	١٦,٣١	٣١,٥٥	٥,٣٧	٢٦,١٨
	أبريل	٢١,١١	٣٧,٣٩	٨,٤٢	٢٨,٩٧
	مايو	٢٥,٤٩	٤٠,٤٦	١٢,٧٣	٢٧,٧٣
المتوسط الفصلي					
الصيف	يونيو	٢٨,٩٥	٤١,٥٤	١٧,١٨	٢٤,٣٦
	يوليو	٣٠,٠٤	٤١,٥٩	١٩,٢٠	٢٢,٣٩
	أغسطس	٢٩,٩٤	٤٠,٤١	١٩,٧٩	٢٠,٦٢
المتوسط الفصلي					
الخريف	سبتمبر	٢٧,٦٢	٣٨,٩٦	١٧,٦٦	٢١,٣
	أكتوبر	٢٣,٢٤	٣٥,٠٧	١٣,٢٣	٢١,٨٤
	نوفمبر	١٧,٣٢	٢٨,٠٧	٨,٦٣	١٩,٤٤
المتوسط الفصلي					
المتوسط السنوي					
		٢١,٤	٣٣,٧	١١,٠	٢٢,٧

المصدر: ١- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، (١٩٩٤-٢٠٢١).
٢- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>



شكل (٨) المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى بمحطة سيوة



شكل (٧) متوسط درجات الحرارة الشهرية بمنطقة سيوة

المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على بيانات جدول (٢).

ج- التبخر والرطوبة النسبية:

(ج - أ) التبخر:

يُعد التبخر عُصر مُهم لأنه يُعد المادة اللازمة لجميع مظاهر التكاثف من سُحب وتساقط، ويُعد حلقة رئيسة في سلسلة الدورة الهيدرولوجية وله دور في تنظيم الإشعاع الشمسي لإمتصاصه جزءاً منه بعد تكاثفه (جودة ، ٢٠٠٤ ، ص٢٢٣)، ومن الجدول (٣)، وشكل (٩) يتبين الآتي:

- تقل مُتوسطات التبخر بشكل ملحوظ في فصل الشتاء حيث تكون بِمُعَدَّل ٥,٥ مم/يوم ؛ وذلك يعود إلى إنخفاض درجات الحرارة في هذا الفصل مقارنة بغيره من الفصول، وتبدأ مُتوسطات التبخر في فصل الربيع في الإرتفاع تدريجياً نتيجة إرتفاع الحرارة حيث يصل المعدل في المُتوسط إلى ١١,١ مم/يوم، وتصل مُتوسطات التبخر بفصل الصيف إلى أقصاها نتيجة إرتفاع درجات الحرارة إلى أعلى معدلاتها، حيث يصل متوسط المعدل الفصلي للتبخر إلى ١٤,٨ مم/يوم، ليعود ليقل مرة أخرى في فصل الخريف نتيجة انخفاض الحرارة ليصل المعدل في المُتوسط إلى ٨,٦ مم/يوم.
- يُعد التبخر مسؤول عن تشكل المسطحات الملحية التي تعد مظهراً مميزاً للأحواض المنخفضة، كما هو المسؤول الرئيسي عن التخلص من كميات المياه الزائدة داخل البرك الملحية؛ حيث يعد من العوامل المتحكمة في مدي ارتفاع مناسيبها.

(ج - ب) الرطوبة النسبية:

تلعب الرطوبة دوراً مُهماً في الحياه البيولوجية على سطح الأرض، فهي الى جانب دورها في تحديد اقاليم الراحة والارهاق المناخي بالنسبة للانسان، تعد عاملاً اساسيا للكائنات الحية الأخرى في تنظيم درجة حرارة اجسامها، كما تعد مصدراً للمياه لبعض الانواع النباتية، كما يُسهم الإلمام بمُعَدلات الرطوبة النسبية على التعرف على مراحل بناء وتوزيع وتطور الرواسب بالمنطقة المدروسة.

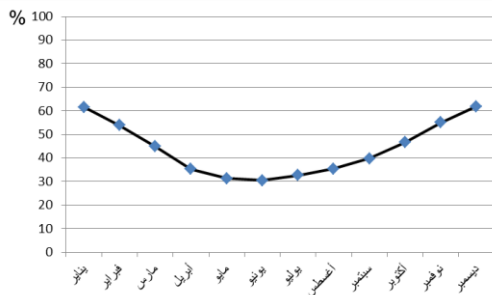
تتفاوت نسبة الرطوبة في أشهر وفصول السنة المختلفة، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل منها درجة الحرارة والضغط الجوي، ومن الجدول (٣)، وشكل (١٠) يتضح أن المتوسط السنوي للرطوبة النسبية يبلغ ٤٤,١%، حيث تزيد قيم الرطوبة النسبية بشكل واضح في فصلي الشتاء والخريف لتصل قيمها الى ٥٩,١ ، ٤٧,٤ % ، بينما تصل الى أدنى معدلاتها في فصلي الربيع والخريف بقيم ٣٧,١ ، ٣٢,٨%، وذلك على العكس

جدول (٣) معدلات التبخر وقيم الرطوبة النسبية الشهرية والفصلية والسنوية بمنطقة بسيوة

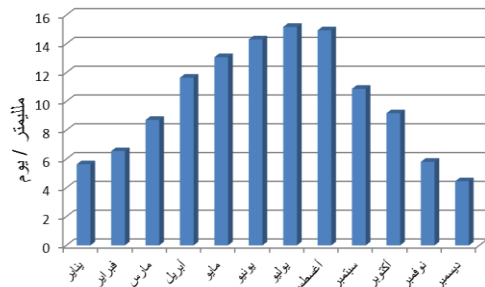
الفصول	الشهور	التبخر	الرطوبة النسبية
الشتاء	ديسمبر	٤,٤٥	٦١,٩١
	يناير	٥,٦٣	٦١,٥٤
	فبراير	٦,٥٤	٥٣,٩١
المتوسط الفصلي			
		٥,٥٤	٥٩,١٢
الربيع	مارس	٨,٧١	٤٤,٨٦
	أبريل	١١,٦٤	٣٥,٢٥
	مايو	١٣,٠٧	٣١,٣٠
المتوسط الفصلي			
		١١,١٤	٣٧,١٤
الصيف	يونيو	١٤,٣٣	٣٠,٤٩
	يوليو	١٥,١٧	٣٢,٦٢
	أغسطس	١٤,٩٣	٣٥,٣٥
المتوسط الفصلي			
		١٤,٨١	٣٢,٨٢
الخريف	سبتمبر	١٠,٨٧	٣٩,٨٠
	أكتوبر	٩,١٧	٤٦,٦٤
	نوفمبر	٥,٨٠	٥٥,٠٩
المتوسط الفصلي			
		٨,٦١	٤٧,٤٥
المتوسط السنوي			
		١٠,٠٢	٤٤,٠٦

المصدر: ١- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، (١٩٩٤-٢٠٢١)؛

٢- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>



شكل (١٠) متوسطات قيم الرطوبة النسبية بسببوة



شكل (٩) متوسطات قيم التبخر الشهرية بسببوة

المصدر: من رسمه الباحث اعتماداً على بيانات جدول (٣).

من النطاقات الساحلية التي تزيد بها نسبة الرطوبة في نفس الوقت من العام، وذلك يرجع بشكل اساسى الى ارتفاع الحرارة وانخفاض كثافة الهواء بالنطاقات الصحراوية، الى جانب بعدها عن تأثير المسطحات المائية الكبرى كالبهار والمحيطات.

د- الرياح:

تعد الرياح عاملاً جُغرافياً بما تمتلكه من طاقة تمكنها من تشكيل سطح الأرض، حيث تُمَثِّل القوة الأساسية التي تلعب الدور الأهم في تكوين وتشكيل التراكبات الرملية المختلفة وتكوين انواع محددة من التريات، كما تُسهم في تشكيل الصخور والمنحدرات من خلال ما تمارسه من عمليات نحت على مدار الزمن. يتم تناول الرياح من خلال عنصرين مهمين وهما السرعة (V) التي تحدد طاقتها، والاتجاه (D) الذي يحدد النطاق الجغرافي المتأثر بها. تتأثر سرعة واتجاه الرياح بعدة عوامل أبرزها التباين في الضغط الجوي والقوة الناشئة عن دوران الأرض؛ كما يظهر عامل مهم ألا وهو التضاريس والتي تعمل كعوائق في وجه الرياح؛ مما يؤدي إلى تغير اتجاهاتها وتشعبها من خلال المنافذ الجبلية، أما العامل الثاني وهو الإحتكاك *Friction* الذي يحد من سرعة الرياح فكلما زاد تضرس وخشونة السطح قلت سرعة الرياح (جودة ، ٢٠٠٤ ، ص ١٦٤ ، ١٦٥)،
والتالي استعراض لبيانات الرياح الأساسية بالمنطقة المدروسة:

(د - أ) سرعة الرياح:

تعود أهمية دراسته إلى أنه كلما زادت سرعة الرياح كلما زادت طاقتها وفعاليتها في نقل وتشكيل الرواسب، وقد حدد باجنولد السرعة القوية للرياح بأنها التي تزيد عن ٢٥سم/ثانية عند إرتفاع ٠,٣سم، والسرعة المطلوبة لتحريك المواد الدقيقة (٠,٢٥ مم) تبلغ ٢٠ سم/ ثانية (محسوب ، ٢٠٠٦ ، ص١١٥ ، ١٣٠)، ويتم دراسة سرعات الرياح على ارتفاعات مختلفة لإظهار التباين في طاقتها، حيث تختلف الرياح في طبقات الهواء الأعلى عنها بالقرب من السطح بسبب تأثير عوائق السطح *Surface friction* (فايد، ٢٠٠٥، ص١١٢)، ويبيِّن من جدول (٤)، وشكلي (١١)، (١٢) أن متوسط سرعة الرياح عند ارتفاع ١٠ متر يصل الى ٣,٨ متراً/ ث، بينما يصل متوسط أقصى سرعة للرياح الى ٩,٧ متراً / ث، ويشهد فصل الربيع أقصى سرعة للرياح عن باقي فصول السنة؛ وذلك يعود الى نشاط حركة الرياح الموسمية الحارة في ذلك الوقت من السنة.

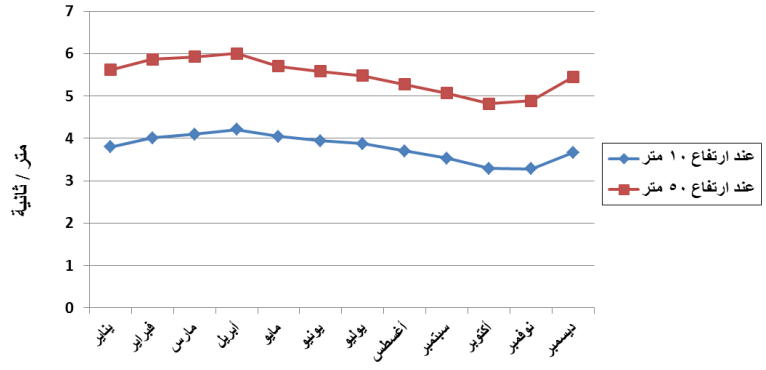
جدول (٤) متوسط سرعة الرياح والسرعة القصوى والدنيا على ارتفاعات مختلفة بمنطقة سيوة

عند ارتفاع ٥٠ متر من السطح			عند ارتفاع ١٠ متر من السطح			الشهور	الفصول
أقل سرعة للرياح (متر/ث)	أقصى سرعة للرياح (متر/ث)	متوسط سرعة الرياح (متر/ث)	أقل سرعة للرياح (متر/ث)	أقصى سرعة للرياح (متر/ث)	متوسط سرعة الرياح (متر/ث)		
٠,٢٨	١٢,٠٦	٥,٤٥	٠,٢٤	١٠,٠٦	٣,٦٧	ديسمبر	الشتاء
٠,٣٣	١٢,٤٣	٥,٦٢	٠,٢٧	١٠,٣٩	٣,٨٠	يناير	
٠,٣٣	١٣,٤٢	٥,٨٧	٠,٢٩	١١,١٧	٤,٠١	فبراير	
٠,٣١	١٢,٦٤	٥,٦٥	٠,٢٧	١٠,٥٤	٣,٨٣	المتوسط الفصلي	
٠,٣١	١٣,٩١	٥,٩٣	٠,٢٨	١١,٥٨	٤,١٠	مارس	الربيع
٠,٣٦	١٣,٢٤	٦,٠	٠,٣١	١٠,٩٩	٤,٢١	أبريل	
٠,٣٣	١٢,٩٦	٥,٧٠	٠,٢٨	١٠,٦٥	٤,٠٥	مايو	
٠,٣٣	١٣,٣٧	٥,٨٨	٠,٢٩	١١,٠٧	٤,١٢	المتوسط الفصلي	
٠,٤٣	١١,٧٩	٥,٥٨	٠,٣٦	٩,٥٥	٣,٩٤	يونيو	الصيف
٠,٦١	١١,١٧	٥,٤٨	٠,٥٥	٨,٧٠	٣,٨٧	يوليو	
٠,٤٧	١٠,٦١	٥,٢٧	٠,٤٣	٨,١٧	٣,٧٠	أغسطس	
٠,٥٠	١١,١٩	٥,٤٤	٠,٤٥	٨,٨١	٣,٨٣	المتوسط الفصلي	
٠,٣١	١٠,٦١	٥,٠٧	٠,٢٩	٨,٣٢	٣,٥٣	سبتمبر	الخريف
٠,٢٤	١٠,٧٢	٤,٨٢	٠,٢٠	٨,٥٥	٣,٢٩	أكتوبر	
٠,٢٢	١٠,٧٢	٤,٨٩	٠,١٩	٨,٧٩	٣,٢٨	نوفمبر	
٠,٢٦	١٠,٦٨	٤,٩٣	٠,٢٣	٨,٥٥	٣,٣٧	المتوسط الفصلي	
٠,٣٥	١١,٩٧	٥,٤٧	٠,٣١	٩,٧٤	٣,٧٩	المتوسط السنوي	

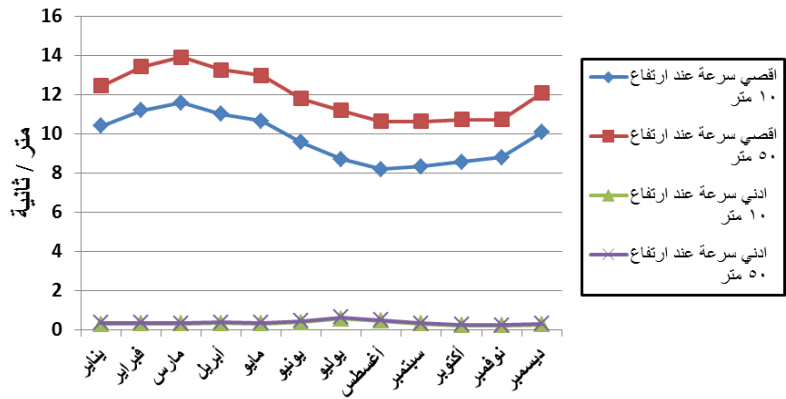
المصدر: ١- www.TuTiempo.net

٢- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

كما يُلاحظ ان سرعة الرياح السطحية أقل من سرعة الرياح على ارتفاع أعلى من ١٠ متراً، فعلى ارتفاع ٥٠ متر يصل متوسط سرعة الرياح إلي ٥,٥ متر/ث، بينما يصل متوسط أقصى سرعة لها الي ١٢ متر/ث؛ وذلك يعود بالاساس هنا الى عاملين رئيسيين، الأول ان الرياح السطحية القريبة من سطح الارض تتأثر بقوي الاحتكاك مما يحد من سرعتها، وثانيهما وهو ان الطبيعة الجغرافية للمنطقة كحوض منخفض تحيط به الحافات الصخرية يحد من حرية حركة الهواء بالقرب



شكل (١١) المتوسط الشهري لسرعة الرياح عند ارتفاع ١٠ ، ٥٠ متر من السطح
المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على جدول (٤).



شكل (١٢) المتوسط الشهري لأقصى وأدنى سرعة للرياح في سيوة
المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على جدول (٤).

من قاع المنخفض، وهو ما سينعكس على قدرة الرياح في عدم تشكيل ظاهرات جغرافية بارزة كالغورد الرملية أو النباك على أراضي قاع المنخفض رغم انتشار تجمعات من النبات الطبيعي هناك.

د - ب) اتجاه الرياح:

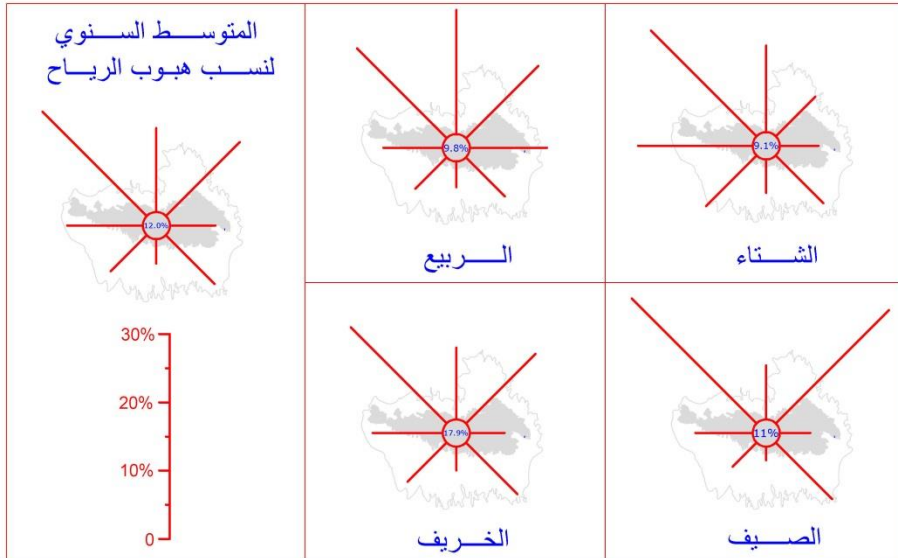
يتبين من دراسة بيانات اتجاه الرياح كما بجدول (٥)، وشكل (١٣)، أن اتجاه الرياح السائد هو الرياح الشمالية الغربية بمتوسط هبوب ٢١,٦%، وهي الرياح السائدة على طول النطاق الشمالي من الأراضي المصرية، تليها الرياح الشمالية الشرقية بنسبة هبوب ١٥,٣%؛ وذلك يعود الى تأثر المنطقة بالرياح التجارية التي يظهر تأثيرها الى الجنوب من دائرة عرض ٣٠°، حيث تزداد نسب هبوب الرياح الشمالية الشرقية في فصل

الصيف لتصل الى ٢٣,٥%؛ وذلك يعود الى ارتفاع درجات الحرارة على اليابس الافريقي في جزئه الشمالي، وتزحج نطاق الضغط المرتفع تجاه الشمال حيث يحل محله نطاق الضغط المنخفض ما دون المداري نتيجة لتعامد الشمس على مدار السرطان عند دائرة عرض ٢٣,٥° شمالاً.

جدول (٥) نسب اتجاهات هبوب الرياح على منطقة الدراسة

سكون	شمال غرب	غرب	جنوب غرب	جنوب	جنوب شرق	شرق	شمال شرق	شمال	
٩,١	٢١,٩	١٦,٨	١٠,٥	٤,٩	٩,٩	٥,٧	٨,٢	١٢,٧	شتاء
٩,٨	١٨,٦	٨,٧	٦,٥	٣,٨	٨,١	١١,٣	١٥,٠	١٨,٢	ربيع
١١,٠	٢٥,٩	٨,٤	٥,٠	٢,٠	١١,٧	٤,٥	٢٣,٥	٧,٩	صيف
١٧,٩	١٩,٩	١٠,٣	٨,١	٣,٥	١٠,٧	٥,١	١٤,٤	١٠,٥	خريف
١٢,٠	٢١,٦	١١,١	٧,٥	٣,٦	١٠,١	٦,٧	١٥,٣	١٢,٣	المتوسط السنوي

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، (١٩٩٤-٢٠٢١).



شكل (١٣) نسب اتجاهات هبوب الرياح على منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٥)

هـ - المطر *Rain Fall* :

جدول (٦) متوسطات كمية المطر الشهرية والفصلية والسنوية بمنطقة سيوة

النفوس	الشهور	كمية المطر مم
الشتاء	ديسمبر	٣,٦١
	يناير	٢,٩٣
	فبراير	١,٦٠
إجمالي كمية المطر الفصلي		٨,١٤
الربيع	مارس	١,٣٨
	أبريل	٠
	مايو	٠
إجمالي كمية المطر الفصلي		١,٣٨
الصيف	يونيو	٠
	يوليو	٠
	أغسطس	٠
إجمالي كمية المطر الفصلي		٠
الخريف	سبتمبر	٠,١٣
	أكتوبر	٠,٤٠
	نوفمبر	١,٢٨
إجمالي كمية المطر الفصلي		١,٨١
إجمالي كمية المطر السنوي		١١,٣٢

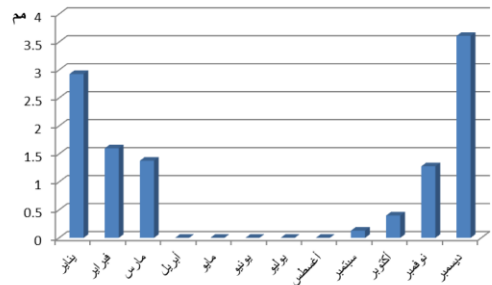
تُعد بيانات المطر امراً ضرورياً لتحديد هوية المنطقة مناخياً من حيث الجفاف والرطوبة، ويَتَبَيَّن من جدول (٦) وشكل (١٤) أن كميات المطر بمنطقة سيوة قليلة للغاية وتكاد تَنعَدَم، والمطر ينشأ عن المُنخَفَضات الجوية التي تعبر المنطقة بخاصة في الشتاء وتؤثر على حوض شرق البحر المتوسط.

تَنفَاقَت كمية الأمطار بين شهور وفصول السنة المختلفة، فأعلى كمية مطر تلك التي تسقط في الشتاء بقيمة ٨,١ مم، لتقل بشكل واضح جداً في فصل الربيع ليصل إجمالي الكمية الى ١,٤ مم، بينما في الغالب لا تسقط الامطار مطلقاً خلال الصيف، بينما في الخريف يعود تساقط كميات قليلة من المطر تقدر بـ ١,٨ مم.

كما سبق يتضح أن إجمالي كمية المطر السنوي تبلغ ١١.٣ مم فقط مما لا يؤهلها لأن تمثل مورداً من موارد المياه العذبة التي يمكن الاعتماد عليها سواء للشرب أو الزراعة.

المصدر: ١- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة (١٩٩٤-٢٠٢١).

٢- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>



شكل (١٤) متوسطات كمية المطر الشهرية بمنطقة سيوة المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٦)

(٢-٢) التوصيف البيئي للمنطقة (مُعامل الجفاف والمؤشر الحيوي المناخي):

يُعد مُعامل الجفاف ذو أهمية لأنه يعد وصفاً للبيئة المحيطة تبعاً للمناخ المحلي السائد؛ وبناءً عليه يمكن من خلاله التعرف على الغلاف الحيوي وما يشمله من أنماط الحياة البيولوجية السائدة بالمنطقة، كما يُعطي صورة عن العوامل والعمليات الطبيعية السائدة بذلك النطاق، كما يتحكم في الميزانية المائية للمستجمعات السطحية للمياه من خلال بيان عمليات التبخر وكميات الأمطار الساقطة، بالإضافة إلى تحديد شكل الانتشار النباتي بالمنطقة.

قام الباحث بتطبيق كلاً من معامل لانج Lang، وديمارتون De Martonne (٢) علي منطقة الدراسة، بالإضافة إلى مُعامل الجفاف للويس أمبرجيه Louis Emberger (Q) أو المكافئ المطري الحراري المناخي الحيوي (عبد الحليل وآخرون ، ٢٠١٤ ، ص١٩٩)، وهو مُهم جداً وبخاصة أنه بالإضافة إلى احتساب كمية المطر السنوي فإنه يضع في الاعتبار المدى الحراري والذي يرتبط بالتبخر بعلاقته طردياً (Caloiero et al , 2015,P,4-5) حيث يُميز بين خمس نطاقات مناخية، كما يُصنّفها تبعاً لدرجات الحرارة الصغرى للشهور الأكثر برودة إلى أربعة نطاقات، ويربط المُعامل بين كلاً من النطاقات المناخية والنطاقات النباتية، وتبين من نتائج المعادلات كما بجدول (٧) ، وشكل (١٥) أن المنطقة المدروسة تقع ضمن المُناخ شديد الجفاف طبقاً للمعاملات الثلاث، وبالتالي سيكون ذلك بيئة نموذجية لانتشار النباتات التي تتحمل الجفاف وندرة المياه، كما ستسود عمليات التجوية الميكانيكية التي تؤدي إلى تفكك الصخور، كما أن الجفاف يساعد على زيادة كميات المياه المتبخرة من مستجمعات المياه السطحية كما يساعد الرياح في ذلك النطاق في تدرية الرواسب الجافة إذا لم تدخل عوامل أخرى، كما تشير المعاملات ذلك يُشير إلى مدى العجز المائي بالمنطقة.

(١) معامل الجفاف للانج وديمارتون:

معامل الجفاف لأمبرجيه:

m Value		Q Value		$Q_0 = \frac{P \times 1000}{M + m} - \frac{P \times 2000}{M^2 - m^2}$		Y Value		F Value		$F = \frac{P}{T}$		Lang
										$Y = \frac{P}{T + 10}$		De Martonne
P = كمية المطر السنوي		110 <		P = كمية المطر السنوي		> 5		شديد الجفاف		10 - 0		
M = متوسط درجة الحرارة لأعلى ثلاث شهور في السنة + ٢٢٧		٩٨ - ١٠٠		M = متوسط درجة الحرارة لأعلى ثلاث شهور في السنة + ٢٢٧		10 - 5		جفاف		40 - 10		
m = متوسط درجة الحرارة لأدنى ثلاث شهور في السنة + ٢٢٧		٩٨ - ٩٩		m = متوسط درجة الحرارة لأدنى ثلاث شهور في السنة + ٢٢٧		20 - 10		شبه جفاف		160 - 40		P = كمية المطر السنوي
		٩٨ - ٩٩				25 - 20		بحر متوسط		أكثر من 160		T = المتوسط السنوي لدرجة الحرارة
		٩٨ - ٩٩				30 - 25		شبه رطب				
		٢٧ - ٢٠				60 - 35		رطب				
		٢٧ - ٢٠				60 <		شديد الرطوبة				
		٢٠ - ١٧										
		١٧ <										

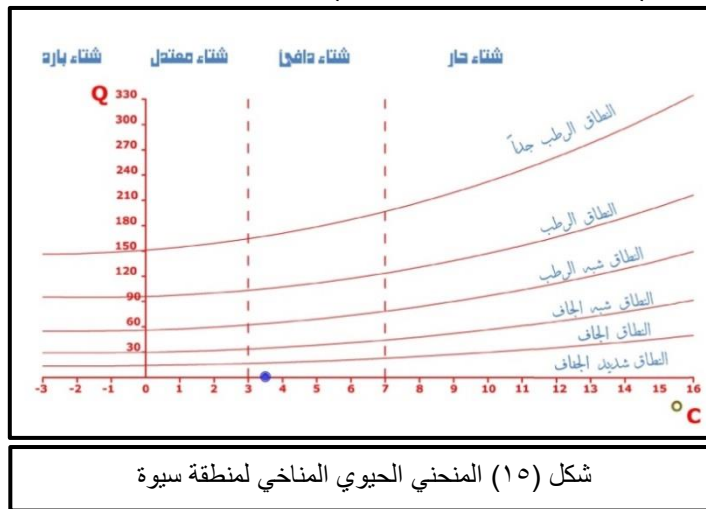
(Dagst, 1977, P.88-90 , Caloiero et al, 2015, P.4-6)

(Vilchij et al, 2017, P.157, Langui et al, 2011, P.181, Gunwan et al, 2017, P180, 184)

جدول (٧) نتائج تطبيق معاملات الجفاف في منطقة سيوة

Emberger امبيرجيه		ديمارتون De Martonne		لانج Lang		المؤشرات المحطات	
التصنيف	قيمة m	التصنيف	قيمة Q ₂	التصنيف	القيمة		
شتاء دافئ	٣,٥	شديد الجفاف	١,٢	شديد الجفاف	٠,٠٥	شديد الجفاف	سيوة

المصدر: من حسابات الباحث بناء على البيانات المناخية التي قرأتها سابقاً.



شكل (١٥) المنحني الحيوي المناخي لمنطقة سيوة

المصدر: من رسم الباحث بناء على بيانات جدول (٧)، (Daget, 1977, P.93, Caloiero et al, 2015, P.7).

(٢-٢) الموارد الطبيعية التي يمكن الحصول عليها من المناخ المحلي لسيوة:

تُعد الطاقة النظيفة هي ابرز ما يمكن الحصول عليه من عناصر المناخ، والطاقة النظيفة تعد أحد ابرز الاهداف الرئيسية للتخطيط البيئي ولا سيما ان كانت تعتمد عن موارد متجددة تغني عن استهلاك الموارد المحدودة والمكلفة اقتصادياً، ويتركز البحث حول طاقة الشمس وطاقة الرياح، حيث انهم اثبتوا انهم ذو جدوي اقتصادية على المدى الطويل، بالإضافة الى كونهم طاقة نظيفة تدعم البيئة الخضراء، وعند التخطيط لاستخدام الطاقة النظيفة يجب ان تشمل الدراسة عدة جوانب تجيب عن الاسئلة التالية: هل الطاقة الواردة

كافية لبدء الاستغلال؟ وما الاستخدامات المناسبة لمقدار الطاقة الواردة؟ وما هي الآلية المناسبة لعملية الاستغلال؟ وما الجدوي الاقتصادية العائدة؟ ومن هنا فإن دراسة الطاقة لا بد ان تقوم على ركنين رئيسيين، الأول مدى قوة العامل الطبيعي الذي سيتم استخراج الطاقة منه، والركن الثاني التكنولوجيا المستخدمة وقدرتها على ترجمة القوي الطبيعية ونتاج الطاقة.

(أ) امكانيات استخدام الطاقة الشمسية بالمنطقة المدروسة (الطاقة الضوئية والحرارية):

تأخذ الطاقة أشكالاً عدة ومنها الطاقة الحرارية *Heat energy*، والطاقة الضوئية *photovoltaic*، وتُمثل طاقة الشمس ٩٩,٩٨٪ من إمدادات الطاقة في العالم^٢، ولذا ينظر المخططون البيئيون الى الشمس كمورد طبيعي للطاقة العظمي المتجددة على سطح الأرض حيث يوفر ضوء الشمس أكبر مصدر للطاقة الخالية من الكربون، وتبلغ كمية الطاقة الناتجة من سقوط ضوء الشمس على الأرض في ساعة واحدة (٤.٣ × ١٠^{٢٠} جول)، ويُستغل في توليد الطاقة الكهربائية^٣ (Lewis et al, 2005, P.ix)، ويقل كثافة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض بتغير الطيف عن طريق الامتصاص والتشتت أثناء مروره عن طريق الانعكاس من السطح، ومع الأخذ بالاختلافات اليومية والموسمية في الاعتبار، فان كمية الطاقة المتاحة تقريباً ٣٤٢ وات / (متر^٢) من سطح الأرض، ما يقابل طاقة سنوية مقدارها يبلغ ٥,٤٦ × ١٠^{٢٤}، ينعكس حوالي ٢٩٪ من تلك الطاقة الى الفضاء الخارجي مرة أخرى، بينما يتم امتصاص ٢٣٪ من الطاقة في الغلاف الجوي، بينما يمر منها ما مقداره ٤٨٪ (Corkish, 2021, P1-4)، ويحتاج توليد الكهرباء من الشمس على شقين، الشق الطبيعي ويعتمد علي عدد ساعات سطوع الشمس، ومدى صفاء السماء من الغيوم التي قد تحجب تلك الأشعة، أما الشق الثاني يقوم على اختيار التكنولوجيا المناسبة لعملية التوليد، كما تحتاج الى مساحات خالية لإقامة محطات الطاقة الشمسية.

^٢ يحتاج جسم الانسان البالغ للطاقة الحيوية بمقدار نحو ١٠٠٠٠ كيلوجول / يوم من الطاقة (Jäger et al, 2014, P.7)
^٣ تعتمد تكنولوجيا توليد الطاقة الشمسية في العصر الحديث على تطبيق الخلايا الكهروضوئية *Photovoltaic (PV)* التي تقوم بتحويل الطاقة من الفوتونات التي تمتصها المادة التي لها نتيجة تسريع الإلكترونات وبالتالي توليد تيار كهربائي، أما عن المواد الأكثر شيوعاً المستخدمة في الأنظمة الكهروضوئية هي السيليكون أشباه الموصلات وفيرة ويمكن الحصول عليها بسهولة، ويعتمد تصنيع أكثر من ٩٠٪ من الخلايا على السيليكون البلوري *crystalline silicon*. بينما ١٠٪ يعتمد على الأغشية الرقيقة *thin-fi lm technologies* ويكون ٦٥٪ من تكاليف تلك المشروعات على المرافق والمنشآت (AN INTERDISCIPLINARY MIT STUDY, 2015, P.P.Xi-Xii).

بالنسبة للشق الأول يتراوح عدد سطوح الشمس في المناطق المثالية في مصر من ٢٣٠٠ الى ٤٠٠٠ ساعة سنوياً^(٥)، وتُعد مصر دولة ذات إمكانات عالية لإنتاج للطاقة الشمسية ويعد استغلالها من الاهمية بمكان لتحقيق الاستدامة الوطنية والتنمية من خلال التخطيط الفعال للطاقة، وتمتلك مصر واحدة من أكثر البيئات المهيأة لإنتاج الطاقة المتجددة في العالم (Kosmopoulos et al, 2020, P.25)، وتُعد مصر^٦ من أغني الدول تمتعاً بالاشعاع الشمسي لوقوعها في قلب الحزام الشمسي حيث يتراوح المتوسط السنوي للاشعاع الشمسي الكلي ما بين ١٨٠٠ كيلووات/م^٢/ساعة على السواحل الشمالية الى ٢٥٠٠ كيلووات/م^٢/ساعة على جنوبي مصر (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٤، ص١٨)، ولمصر تجارب سابقة في انشاء محطات الطاقة الشمسية كمحطة الكريمات الشمسية بمحافظة القاهرة (طاقة ١٥٠ ميغاوات/ مساحة ٦٤٤ الف م^٢)، ومحطة بنمان بأسوان (١٦٠٠ ميغاوات/٣٧.٢ كم^٢)^(٧). يتبين من دراسة الاشعاع الشمسي بسبوة أن المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوح الشمس بالمنطقة يبلغ نحو ٣٧٨٥,٩ ساعة سنوياً مع نسبة غيوم لا تتجاوز ٢٧% ، بإجمالي طاقة سنوية للاشعاع الشمسي المباشر ٢٢٧٥,٤٧ كيلووات/م^٢/ساعة، مما يجعل المنطقة مناسبة جداً لإقامة محطات الطاقة الشمسية.

يتبين أيضاً مما سبق انه تبعاً لمعدلات الاشعاع الشمسي في مصر فإنه كلما اتجهنا جنوباً كلما زادت امكانيات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية فبينما تصل الطاقة المحتملة في الجنوب الى أكثر من ٦ كيلووات/ساعة/م^٢/يوم، تصل في الشمال إلى نحو ٥ كيلووات/ساعة/م^٢/يوم (عبد اللطيف وآخرون، ٢٠١٩، ص٥)، إلا أن هناك متغير آخر ألا وهو درجات الحرارة الذي يؤثر ارتفاعها سلباً على أداء الخلايا الشمسية حيث انه كلما زادت الحرارة عن ٢٥°م أو ما يُطلق عليه *STC* يؤدي ذلك الى انخفاض كفاءة الألواح، ومن هذا المنطلق فإن على الرغم من وقوع منخفض سبوة بشمالى مصر الا أن متوسط الحرارة وهو ٢١,٤°م سنوياً مناسب جداً لكفاءة تشغيل الألواح الشمسية المولدة للكهرباء.

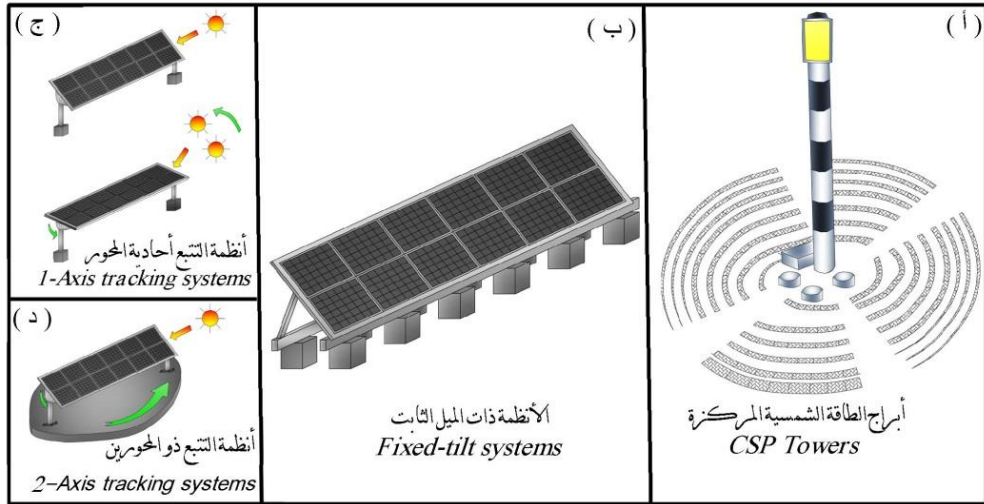
^٥ الهيئة العامة للاستعلامات <https://www.sis.gov.eg>

^٦ قطاع الطاقة في مصر يمثل ١٣.١% من الناتج المحلي الإجمالي ووضعت الحكومة المصرية استراتيجية لتنويع مصادر الطاقة تعرف بـ(استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة) حتى عام ٢٠٣٥ ويبلغ إجمالي القدرات المركبة لمصادر الطاقة المتجددة ٣.٧ جيجاوات، منهم ٢.٨ جيجاوات من الطاقة المائية، ونحو ٠.٩ جيجاوات من الطاقة الشمسية الى جانب طاقة الرياح، والاستراتيجية من أهدافها طاقة المتجددة بحيث تبلغ ٢٠% من مزيج الطاقة الكهربائية بحلول عام ٢٠٢٢، وما يقدر بـ٤٢% بحلول عام ٢٠٣٥.(الوكالة الدولية للطاقة المتجددة *IRENA*، وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة *NREA* ٢٠١٨، ص١٠٢).

^٧ <https://egy-map.com/project>

يتمثل الشق الثاني في تكنولوجيا إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، والتي على نظامين وهما: نظام الطاقة الشمسية الحرارية (*Concentrated Solar Power (CSP)* ، ونظام الخلايا الكهروضوئية (*photovoltaic (PV)* الأكثر انتشاراً، أما عن أبرز الأنظمة فهي ثلاثة أنواع: أولها المستقلة *Stand-alone* والتي تعتمد على الطاقة الشمسية فقط ولا تحتاج سوى الى بطاريات لتخزين الطاقة للعمل ليلاً، والثانية مرتبطة بالشبكة العامة للكهرباء *Grid-connected* ، والثالثة وهي والمختلطة *Hybrid* والتي تُستخدَم كطريقة تكميلية لإنتاج الكهرباء مثل نظام الكهروضوئي/الديزل (*PV/diesel*) (Jäger et al, 2014, P.219-223)، وتتعدد انماط وحدات توليد الطاقة الشمسية كما بالشكل (١٦) حيث تتشكل وحدة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية من عدة خلايا متصلة عبر لوحة ومحمية بلوح من الزجاج، وتكون محمولة على هياكل معدنية سميكة ومثبتة على قاعدة خرسانية بارتفاع ١٥ سم، على أن يتم ضبط زاوية ميل اللوحات على زاوية الميل الخاصة بدائرة العرض الخاصة بالمنطقة حيث ان منطقة الدراسة عند دائرة عرض ١٥ / ٢٩°، ويجب أن يكون الهيكل الميكانيكي بأكمله مجلفناً وان تكون مقاومة للأملاح (بخاصة مع انتشار عمليات التجوية الملحية بنطاق منطقة الدراسة) بالإضافة الى كونه مقاوم للرياح. كما تشمل المجموعة على أجهزة توازن النظام *BOS* والمكونات الهندسية الاخرى كالأسلاك ولوحات التحكم، وتتكون الوحدة الكهروضوئية النموذجية من لوح يحوى ما بين ٦٠ - ٩٦ خلية بمساحة ١٥ سم^٢، كل منها قادر على إنتاج ٤ - ٥ وات في وقت الذروة *WP*، وابعاد اللوحات فى الغالب ١ × ١,٥ متر بسمك ٤ سم، بقوة إنتاج تتراوح بين ٢٦٠ الى ٣٢٠ وات (*An Interdisciplinary Mit Study, 2015, P.21-22*)، وابتسط المتطلبات لاقامتها تكمن فى توفير المساحة الأرضية التى ستقام عليها^(٨) المحطة، وحساب متطلبات المنطقة المدروسة من الكهرباء.

^٨ المساحة المطلوبة لاقامة محطات طاقة شمسية تكون من ٣ فدان / جيجا وات فى الساعة / سنوياً، عبر استخدام ابراج الطاقة الشمسية المركزة *CSP towers* الى ٥.٥ فدان/ جيجاوات ساعة/ سنة بحال استخدام محطات الطاقة الشمسية الصغيرة ذات المحورين *small 2-axis flat panel PV power plants* ، وهناك نظامين للخلايا الشمسية، النظام الامالة الثابتة ونظام التتبع التى تحتاج مساحة أكبر، وعند استخدام الانظمة الكهروضوئية لأقل من ٢٠ ميجاوات تكون الحاجة لتخصيص ٥.٥ فدان/ ميجاوات للأنظمة ذات الميل الثابت *fixed-tilt systems* ، ٦.٣ فدان / ميجاوات للأنظمة ذات اجهزة التتبع أحادية المحور *1-axis tracking systems* ، ٩.٤ فدان / ميجاوات للأنظمة التتبع ذات المحورين *2-axis tracking systems* (Ong et al, 2013, P.v-P.13).



شكل (١٦) رسم توضيحي لأنظمة توليد الطاقة الكهروضوئية

المصدر: من رسم الباحث.

أما عن مدى توفر الأراضي المناسبة لإقامة محطات الطاقة الشمسية بسيوة، فإن الحيز الجغرافي للأرضي التي يشغلها العمران الحضري بالإضافة إلى الأراضي المزروعة والنطاقات الصخرية المرتفعة (التلال المنعزلة) إلى جانب البحيرات وأراضي السبخات مجتمعة لا تتجاوز مساحتها ٢٣١٠ كم^٢، أي ما يمثل فقط ٢٧,١% من مساحة قاع المنخفض، والباقي مساحات خالية من الأراضي الصخرية التي تتميز بإستواء السطح التي تنتشر عليها راسب من الرمال، أي أن هناك مساحة كبيرة متاحة لإقامة محطات الطاقة الشمسية تبلغ نحو ١١٠٣ كم^٢.

أما عن احتياجات المنطقة من الكهرباء فإن محافظة مطروح - التابع لها سيوة ادارياً- تستهدف زيادة معدل الحصول على الكهرباء بنسبة ٠,١% سنوياً (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، ٢٠٢٠، ص ١٤)، مع العلم أن منطقة سيوة تحتاج إلى نحو ١٠ ميغاوات من الكهرباء، ولقد تم إنشاء أول محطة للطاقة الشمسية بسيوة عام ٢٠١٥^٩ بقدرة ١٠ ميغاوات لتغطية إنتاج سيوة بالكامل مما يعد نجاحاً مهماً في استخدام الطاقة النظيفة.

(ب) امكانيات توليد واستخدام طاقة الرياح بالمنطقة المدروسة:

يَكْمُن تأثير الرياح في أربعة جوانب رئيسية تؤخذ في الاعتبار أثناء عملية التخطيط البيئي، الأول يتمثل بالرياح كعامل مؤثر في تشكيل وتغيير المظهر الطبوغرافي

^٩ <https://egy-map.com/project>

لسطح الأرض، والثاني في كيفية توجيه تلك الطاقة وتحويلها الى طاقة حركية أو طاقة كهربائية صديقة للبيئة، ثالثاً دورها كعامل ملطف لدرجات الحرارة وتأثيرها على المقاييس الحيوية، الى جانب تأثيرها في التقليل من عمليات التبخر من المسطحات المائية، وأخيراً مدي تأثيرها على العمران البشري.

يجذب استخدام طاقة الرياح نظر المخططين البيئيين نظراً لتكلفتها الاقتصادية البسيطة على المدى الطويل، حيث تعد حلاً فعالاً من خلاله يمكن تحويلها لطاقة كهربائية نظيفة بتكلفة بسيطة تصل الى ٠,٠٥ دولار/ كيلوات/ساعة (Nix, 1995, P.1) يؤدي استخدامها الى التقليل بشكل كبير من الآثار البيئية السلبية لعدم وجود مخاطر لانبعاثات الكربون، أو نفايات خطرة.

(ب - ١) مقدار طاقة الرياح بمنطقة الدراسة وامكانية الاستغلال:

عند الشروع في التخطيط لاستخدام طاقة الرياح *Wind energy* يجب أولاً التأكد من مدي صلاحيتها والتي تختلف باختلاف مُكعب سرعة الرياح ولذلك؛ فإن فهم خصائص الرياح مهم للغاية لفهم كيفية استغلال طاقتها، بداية من تحديد الموقع المناسب مروراً بدراسة الجدوي الاقتصادية وانتهاءً بتركيب الأنظمة المخصصة لذلك، ولتصميم الأنظمة التي يمكن من خلالها استغلال طاقة الرياح في توليد الكهرباء، يتطلب ذلك معرفة متوسط سرعة الرياح *Average wind Conditions* ، وبيانات عن الاضطرابات في حركة الرياح^(١٠) *The turbulent nature of the wind*، ولتقييم الأداء وتحديد انتاجية الطاقة المتوقعة أثناء إجراء عمليات التخطيط إلى جانب تحديد فاعلية التكلفة، يجب فهم ميكانيكية عمل طاقة الرياح في أربعة قوي رئيسية وهي؛ قوي الضغط *pressure forces* ، وقوة كيرولي *The Coriolis force* الناجمة عن دوران الأرض، وقوي القصور الذاتي الناجمة عن الحركة الدائرية واسعة النطاق *Inertial forces* ، وأخيراً قوي الاحتكاك *frictional forces* (Manwell et al, 2009, P23) ، وتُعد

^{١٠} طبيعة الاضطراب: *The nature of turbulence* هو مصطلح يشير الى التقلبات في سرعة الرياح على نطاق زمني سريع يكون عادة أقل من ١٠ دقائق، وهو ينشأ لسببين، الأول الاحتكاك بالسطح *friction*، نتيجة الخصائص الطبوغرافية مثل انتشار الحافات الجبلية، والثاني هو التأثير الحراري الذي قد يتسبب في تحرك التيارات الهوائية بشكل عمودي نتيجة التباين في درجات الحرارة وبالتالي التباين في كثافة طبقات الهواء، ويتم حساب ايف الاضطراب *Turbulence spectra* عن طريق أو محتوى التردد لتغير سرعة الرياح (Burton et al, 2001, P17).

الطاقة الحركية هي العامل المُهم في تحويل طاقة الرياح الى كهرباء عن طريق نوع معين من التوربينات يسمى توربينات الرياح *Wind turbine* وهي آلات دوارة تُحوّل الطاقة الحركية الى طاقة ميكانيكية بواسطة مولد، وللحصول على طاقة الرياح يتم حساب كثافة الهواء^(١١) P_A وتكون بوحدة الكيلوجرام/متر^٣ ، وذلك من خلال حساب المعادلة التالية :
(Al Makhaldas & Alsehlli, 2014, P.10)

$$P_A = \frac{0.348444 \times P_A - (0.00250 \times T - 0.0252582) \times H_A}{273.15 + T}$$

حيث أن (P_A) = ضغط الهواء / (T) = درجة الحرارة / (H_A) = رطوبة الهواء %

ثم يتم حساب طاقة الرياح تبعاً للمعادلة: $P_w = (1/2) \times \rho \times A \times V^3$
حيث A تمثل المنطقة المطلوبة، (ρ) الكثافة كجم/م^٣
 $(A) = \mu r^2 =$ حيث (r) = نصف قطر ريش التوربين المطلوب.

أما عن الأدوات التكنولوجية المستخدمة في ترجمة قوة طاقة الرياح فيتم تصنيف توربينات الرياح تبعاً لقدرتها الانتاجية الى ثلاثة نطاقات: الأول يسمى "نطاق المرافق" *Utility-scale* بتوربينات قدرة (١-١٠ ميجا وات)، والثاني "النطاق الصناعي والتجاري" *Industrial and Commercial-scale* (بتوربينات قدرة ٥٠-٢٥٠ كيلو وات)، وأخيراً "النطاق السكني" *Residential-scale* كالمنازل والمزارع الصغيرة والورش المحدودة حيث يعتمدون على توربينات صغيرة *Single small turbines* (توربينات قدرة ٤٠٠ وات - ٥٠ كيلوات) وذلك لأغراض مثل ضخ المياه، كما يُمكن استخدام التوربينات الصغيرة كأنظمة هجينة في تشغيل المولدات الكهربائية التي تعمل بالديزل مثلاً او الخلايا الكهروضوئية (Aye et al, 2009, P.3-6) ويتطلب توليد الطاقة من الرياح التعرف على محورين رئيسيين وهما العوامل المؤثرة في كفاءة انتاج الكهرباء من طاقة الرياح، وثانيهما هو تصنيف قوة الرياح لتحديد التكنولوجيا المستخدمة^(١٢) وذلك كالتالي:

^{١١} كثافة الهواء p : هي الكتلة لكل وحدة حجم من الغلاف الجوي والكثافة = ١.٢ كجم/م^٣ في درجة حرارة ٢٠°، وعند منسوب سطح البحر.

^{١٢} الوثيقة التي تعطي توصيفاً لمنهجية القياس المناسبة لأغراض تحديد التكلفة والقياس المالي تصدر عن الجمعية الكهروتقنية الدولية *international Electrotechnical Commission (IEC) بسويسرا* (Kuczyński et al, 2021, P.2)

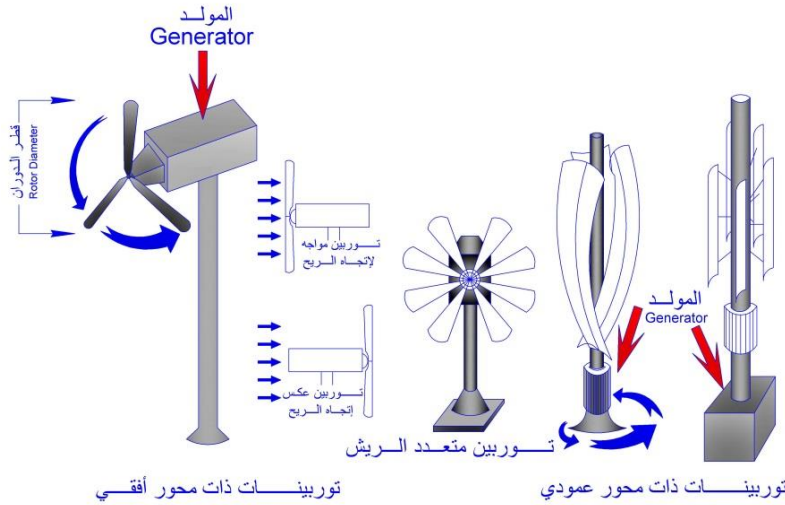
- العوامل المؤثرة في كفاءة انتاج الكهرباء من طاقة الرياح فتشمل:
 - مدي انتظام هبوب الرياح على المنطقة المدروسة.
 - التباينات الجغرافية *Geographical Variation* والتي تؤثر على متوسط سرعة الرياح المحلية مع الاخذ في الاعتبار العوامل التي تؤثر في الرياح كالموقع الجغرافي بالنسبة للمساحات المائية حيث أن أكثر المناطق جذباً لاقامة مشاريع توليد الكهرباء من طاقة الرياح يكون بالقرب من السواحل، أما عن شكل الأرض الطبوغرافي فأفضل المناطق تكون النطاقات ذات التضاريس المفتوحة بالإضافة إلى انه يزيد تدفق الرياح عبر الممرات في النطاقات الجبلية، بينما تتخفف سرعة الرياح بالمناطق المحاطة بالحافات المرتفعة حيث تصل انماط التدفق الى نوع من الركود، كما ان هناك عامل مهم ألا وهو الارتفاع فتزداد سرعة الرياح جزئياً بالارتفاع (Burton et al, 2001, P13)، حيث تكون حركة الهواء حرة.
- أما عن تصنيف الرياح تبعاً لكفاءتها وأنماط الأجهزة المستخدمة:
 - تصنيف قوة الرياح: حيث تصنف طاقة الرياح الى سبع فئات تبعاً لكثافة طاقتها *power density* - كما في جدول (٨) - حيث تتناسب كثافة طاقة الرياح مع سرعة الرياح مرفوعة الى البعد الثالث (السرعة المكعبة)، فمثلاً لتوليد الطاقة المطلوبة لتطبيقات المرافق نحتاج الى الفئة رقم (٤) التي يمكن من خلالها توليد ٣٢٠ - ٤٠٠ وات/م^٢ حيث تولد بسرعة تبلغ ١٣ ميل/ساعة (Nix, 1995, P.1)، وتبعاً للمعايير التي تستخدمها الولايات المتحدة الأمريكية في تطبيقات توليد الطاقة من الرياح، فإن الفئات من ٤ إلى ٧ هي المناسبة لتطبيقات توربينات الرياح، أما الفئة الثالثة فمناسبة في حالة ما تم انشاء أبراج توليد مرتفعة، بينما تعد الفئة الثانية نطاقات هامشية، أما الفئة الأولى تعد نطاقات غير مناسبة، وتم تطوير تلك المعايير في عدة بلدان أخرى، بحيث تضم الفئة الأولى نطاق المرافق (ويضم الفئات من الهامشية الى الممتازة)، وتطبيقات الطاقة الريفية وتتراوح من الفئات المعتدلة الى الممتازة (Ibrahim et al, 2015, P.205)، وبالتالي فإنه يجب تحديد فئة طاقة الرياح بالمنطقة المدروسة تبعاً للتكنولوجيا المتوفرة وذلك أثناء إجراء التخطيط البيئي بهدف بيان كمية الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها منها وفئة استخدامها.

جدول (٨) التصنيف الأمريكي لموارد طاقة الرياح

التوصيف	عند ارتفاع ٥٠ متر / ١٦٤ قدم			عند ارتفاع ١٠ متر / ٣٣ قدم			فئات قوة طاقة الرياح
	السرعة Speed متر/ثانية	السرعة Speed ميل/ثانية	كثافة قوة الرياح (w\m2)	السرعة Speed متر/ثانية	السرعة Speed ميل/ثانية	كثافة قوة الرياح (w\m2)	
فقيرة	٠	٠٠	٠	٠	٠	٠	١
	٥,٥٩	٥,٦	٢٠٠	٤,٣٨	٤,٤	٠	
هامشية	٦,٣٩	٦,٤	٣٠٠	٥,١٤	٥,١	١٥٠	٢
معتدلة	٧,٠٢	٧,٠	٤٠٠	٥,٥٨	٥,٦	٢٠٠	٣
جيدة جداً	٧,٥١	٧,٥	٥٠٠	٥,٩٩	٦,٠	٢٥٠	٤
	٨,٠٠	٨,٠	٦٠٠	٦,٣٩	٦,٤	٣٠٠	٥
	٨,٨١	٨,٨	٨٠٠	٧,٠٢	٧	٤٠٠	٦
	١١,٨٩	١١,٩	٢٠٠٠	٩,٤٣	٩,٤	١٠٠٠	٧

المصدر: Wind Energy Resource Atlas of the United States, /rredc.nrel.gov تصريف.

- الأجهزة المستخدمة في التوليد ومدى تطورها التكنولوجي من خلال تحديد أنواعها ومدى قدرتها على ترجمة طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية، ثم يتم تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء بواسطة مولد، دون الحاجة إلى انبعاث الملوثات (Aye et al, 2009, P.6)، وتعتمد التوربينات الحديثة غالباً على الرفع الديناميكي للهواء *Aerodynamic lift* وهي تنقسم إلى توربينات ذات محور أفقي وتوربينات ذات محور عمودي _ شكل (١٧) - وتعتمد التوربينات ذات المحور الأفقي على شفرات تتفاعل مع الرياح، وهي تتشكل من شفرتين أو ثلاث والتي تتميز بمستوي ضوضاء أقل بينما تتميز ذات الشفرتين بأن وزن البرج العلوي أخف مما يقلل من تكلفة بناء الهيكل الداعم، وهناك توربينات يصل عدد شفارتها إلى ٢٠ ريشة تستخدم في ضخ المياه (Ackermann, 2005, P.21)، مع العلم ان التوربينات ذات المحور العمودي اسهل في عملية الصيانة لوجود المولد على سطح الأرض، الا ان التوربينات الافقية أكثر فاعلية.



شكل (١٧) رسم توضيحي لأنواع توربينات الرياح المستخدمة في توليد الكهرباء
المصدر: من رسم الباحث.

(ب-٢) تطبيق شروط ومعايير توليد الطاقة من الرياح بمنطقة الدراسة:

- متوسط سرعة الرياح بمنخفض عند ارتفاع ١٠ متر تبلغ ٣,٧٩ متر/ثانية أي تنتمي الى الفئة الأولى (الفقيرة الطاقة)، وعند ارتفاع ٥٠ متر كان متوسط سرعة الرياح ٥,٤٧ متر/ثانية أي تنتمي الى الفئة الثانية (هامشية الطاقة).
- تحيط بمنطقة الدراسة الحافات الصخرية المرتفعة بارتفاع ١٠٠ متر مما يعد عاملاً يزيد حدوث الاضطرابات الطبيعية في سرعة الرياح *The Turbulent Nature of the Wind* ، حيث نجد ان الفرق كبير بين أعلى وأدنى سرعة للرياح، فعلى ارتفاع ١٠ متر كان الفرق ٩,٤٣ متر/ثانية، وعلى ارتفاع ٥٠ متر كان الفرق ١١,٦٢ متر/ثانية.
- تبعد منطقة الدراسة عن المؤثرات البحرية حيث تبعد عن سواحل البحر المتوسط بـ ٣٥٠ كم.
- تبلغ كثافة الهواء بمنطقة الدراسة تبعاً لقانون كثافة الهواء:

$$p = P / R.T$$

P = قيمة الضغط الجوي (كيلوباسكال)، R = ثابت الغاز النوعي للهواء الجاف = ٢٨٧.٠٥٨ ، T = درجة الحرارة (k)

حيث أن قيمة الضغط الجوي بمنطقة الدراسة في المتوسط ١٠١٥,٢١٤ بار^{١٣} أو ١٠١٥٣١,٤ كيلو باسكال، وبالتطبيق المعادلة يكون كثافة الهواء بالمنطقة المدروسة كالتالي:

$$p = \frac{287,058}{101531,4} \times \{373,15 + 21,4\} = 0,89645 \text{ كجم / م}^3$$

تتناقص الكثافة بالارتفاع حيث ترتفع في مناطق المنخفضات والنطاقات السهلية بينما تقل فنتاق المرتفعات وتتناسب عكسياً مع درجة حرارة الهواء، وهي مناسبة لتوليد الطاقة من الرياح بشكل جيد (بيوي، ٢٠٢١، ص١٤٩) وبذلك يتبين ان الكثافة تكون أكثر ملائمة لتوليد الطاقة بالمنطقة المدروسة كونها نطاق منخفض (أقل من صفر)، الا ان الكثافة تقل مع ارتفاع الحرارة خلال الصيف وتزيد مع انخفاضها في فصل الشتاء.

مما سبق يتبين صعوبة انشاء حقول لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح على نطاق واسع داخل المنخفض، ولكن يمكن استخدامها على "النطاق السكني Residential-scale كإدارة ابار استخراج المياه مثلاً بتركيب توربينات قدرة (٤٠٠- وات - ٥٠ كيلوات)، حيث ان التوربينات الصغيرة تتراوح قدرتها بين ١٠٠ وات وقد تصل إلى ١٠ كيلوات، تبدأ بمقاس (نصف قطر المروحة) ٧٠ سم ووزن لا يقل عن ٨ كيلوجرام، وتصل الى توربينات بمقاس خمسة أمتار وتصنع من الياف الكربون، ويجب استخدام التوربينات ذات المحور الأفقي تصل لارتفاع ٥٠ متر وهو نطاق الرياح التي تندرج تحت فئة (الطاقة الهامشية).

(٢-٣) تأثير المناخ على الانسان (المقاييس الحيوية):

بعد دراسة عناصر المناخ كمورد للطاقة النظيف، يجب دراسة تأثيرها على الانسان بالمنطقة المدروسة لتحديد ما إن كان منسجماً مع البيئة المحيطة أم أنه يواجه صعوبات، وهذا يؤثر في عدة أشياء أخرى ابرزها مواصفات المسكن على سبيل المثال، او الامراض التي قد تكون شائعة، وهناك العديد من الطرق المختلفة لقياس مستويات الراحة من حيث درجة الحرارة وغيرها من العناصر المناخية الاخرى. يظهر تأثير المناخ في المناطق الجافة وشبه الجافة بالأساس على الإنسان من خلال ثلاث عناصر أساسية، الحرارة والرطوبة وحركة الرياح، تم تطبيق العديد من المعادلات لبيان مدي تأثير المناخ على الانسان.

^{١٣} تبعاً لبيانات الضغط الجوي على الموقع الالكتروني www.TuTiempo.net في الفترة بين ٢٠١٠، ٢٠٢٠

هناك العديد من المؤشرات المناخية الحيوية لدمج تأثير البيئة على راحة الانسان، وتصنف تلك المؤشرات إلى ثلاث مجموعات مختلفة: الأولى المؤشرات العقلانية وتعتمد على معادلة التوازن الحراري لجسم الإنسان والتي تأخذ في الاعتبار المتغيرات البيئية مثل درجة الحرارة المحيطة ودرجة الحرارة والإشعاع والرطوبة وحركة الهواء وعزل الملابس لجسم الإنسان، والثانية المؤشرات التجريبية وتتمثل في البيانات التي يتم الحصول عليها من الافراد المعرضين للاجهاد الحراري، والثالثة المؤشرات المباشرة التي تعتمد على قياسات مباشرة للمتغيرات البيئية (Mohan et al, 2014, P.7)، ويعتمد مؤشر الراحة الاكثر استخداماً علي درجة حرارة الهواء لأهمية الأثر الحراري في استمرار جسم الانسان في أداء وظائفه الفسيولوجية، حيث أن جسم الانسان يجب ان يحافظ على درجة حرارة معينة، وبما ان الجسم ينتج الحرارة بشكل مستمر، فانه يجب ايضاً ان يفقدها بشكل مستمر، أي يمكن النظر على التكيف مع البيئة الحرارية المحيطة من خلال قدرة الجسم البشري الحفاظ على معدل مناسب لفقد الحرارة، ويمكن تعريف الراحة الجسدية من الناحية الفسيولوجية بمعنى الحياد الحراري حيث لا يحتاج الجسم الى تقليل او زيادة فقدان الحرارة (Hutcheon, 1968)، والتالي عرض للمؤشرات التي تم استخدامها لقياس درجة الراحة أو الارهاق المناخي :

أ) الحرارة كمقياس وحيد للراحة أو الإجهاد المناخي:

هناك العديد من المؤشرات التي تعتمد على درجة الحرارة فقط في تحديد التأثير على راحة الإنسان كمؤشر درجة الحرارة الفعالة *Effective Temperature (ET)* باعتبار ان الرياح ساكنة والهواء مشبع ببخار الماء، ووضع (Gaffny, 1973) تصنيفاً لمدي شعور الإنسان بالراحة في درجات الحرارة المختلفة^(١٤) (موسي، ٢٠٠٢، ص٣٧)، وتبين مما سبق ان منطقة الدراسة ذات متوسط حرارة يقدر بـ ٢١,٤ م سنوياً، أي تتدرج تحت فئة التصنيف "شعور بالراحة" الحرارية، أما في فصول السنة المختلفة فخلال الشتاء تتدرج تحت تصنيف عدم الشعور المطلق بالراحة بسبب البرودة، بينما في الصيف تتدرج تحت تصنيف (عدم شعور بالراحة

^{١٤} تصنيف Gaffny, 1973 تبعاً للبيئة داخل المنازل لأشخاص يلبسون لباساً عادياً في وضع الجلوس (أعلى من ٢٨ ° / عدم شعور بالراحة بالغ الأثر والإجهاد بسبب الحر)، (٢٧-٢٨ ° / عدم شعور مطلق بالراحة بسبب الحر)، (٢٥-٢٧ ° / شعور بعدم الراحة الى حد ما بسبب الحر)، (١٧-٢٥ ° / شعور بالراحة)، (١٥-١٧ ° / شعور بعدم الراحة الى حد ما بسبب البرد)، (أقل من ١٥ ° / عدم شعور مطلق بالراحة بسبب البرد) (موسي، ٢٠٠٢، ص٣٨) بتصرف.

بالغ الأثر والإجهاد بسبب الحر)، بينما في الاعتدالين (الربيع والخريف) تتدرج منطقة الدراسة تحت فئة (الشعور بالراحة).

كما ان هناك مؤشراً آخر لقياس درجة اعتدال المناخ (Baily, 1962)، لدراسة مدى اعتدال درجات الحرارة وخلوها من التطرف الحراري، واعتبر ببلي درجة الحرارة ٥٧,٢ فهرنهايت (١٤°م) هي درجة الحرارة المثلى لتحقيق الراحة للإنسان، ويقوم ذلك المؤشر على المعادلة التالية (أحمد، ٢٠١٧، ص١٥٧):

$$\text{معامل اعتدال الحرارة}^{\circ} = 109 - 30 \text{ لو (متوسط الحرارة السنوي} - 14) + (0.366 \times \text{المدى الحراري السنوي} + 1.46)$$

تبعاً للمعادلة السابقة وبالاعتماد على بيانات متوسط درجة الحرارة السنوية الى جانب قيمة المدى الحراري السنوي، كانت القيمة (٤٣,٧٠) أى ان المنطقة المدروسة تتدرج تحت التصنيف المناطق "ذات المناخ شبه المعتدل".

(ب) مؤشر الحرارة والرياح لسبيل وباسيل (Siple and Passel, 1945):

المقصود بمؤشر التبريد *The Wind-Chill Index* هو مدى تأثير الرياح على فقدان الحرارة من الجلد البشري، مما ينتج عنه زيادة معدل التبريد وزيادة الاحساس بالبرد (Lankford & Fox, 2021, P.392)، ويعتمد المؤشر بشكل اساسى على سرعة الرياح ودرجة الحرارة للدلالة على درجة الحرارة التي يشعر بها جسم الانسان مع عدم الاخذ فى الاعتبار الاشعاع الشمسي المباشر والنشاط البدني (موسى، ١٩٨٢، ص٩٢) وهو كالتالي:

$$ك (WCI) = (33 - ح) (1.05 + م) \quad (16)$$

(ك= تبريد الرياح ، ح= متوسط درجة الحرارة ، م= متوسط سرعة الرياح / متر/ ثانية)

^{١٥} فئات تصنيف معامل اعتدال الحرارة { (٢٠-٣٥) معتدل) ، (٣٥-٥٠ شبيه معتدل) ، (٥٠-٦٥ / معتدل) ، (٦٥-٨٠ / معتدل جداً) ، (٨٠-١٠٠ / دائم الاعتدال) . (أحمد، ٢٠١٧، ص١٥٧)

^{١٦} تصنيف قيم معامل التبريد (موسى، ١٩٨٢، ص٩٢):

الإحساس	قيمة معامل التبريد	الإحساس	قيمة معامل التبريد
أقل من ٥٠	٦٠٠-٤٠٠	حار	٥٠-٢٠٠
١٠٠-٥٠	٨٠٠-٦٠٠	دافئ	٢٠٠-١٠٠
٢٠٠-١٠٠	١٠٠٠-٨٠٠	لطيف / منعش	١٠٠-٥٠
٤٠٠-٢٠٠	١٢٠٠-١٠٠٠	مائل للبرودة الى حد ما	٥٠-٢٠

بتطبيق تلك المعادلة على المنطقة المدروسة كانت القيمة (١٩٩,٢٩)، أي ان الاحساس بمناخ المنطقة (لطيف) في اغلب ايام السنة، ويُعد فصلي الربيع والخريف أفضل فصول السنة من حيث الاحساس بالراحة، بينما تقل في فصل الصيف حيث يرتفع الشعور بدرجات الحرارة، كما ينخفض في الشتاء حيث يزيد الاحساس بالبرودة.

جدول (٩) تطبيق مؤشر التبريد على منطقة الدراسة في فصول السنة المختلفة

فصول السنة	قيمة مؤشر الحرارة والرياح	التصنيف
الشتاء	٣٥٦,٩	مانل للبرودة
الربيع	٢١٢,١٣	لطيف / منعش
الصيف	٥٨,٦	مانل للحرارة / دافئ
الخريف	١٦٩,٨	لطيف / منعش

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على جدول مرقم (٢)، (٤).

ت) معامل الحرارة والرطوبة لأليفير (١٩٨١):

يحدد المناخ كعامل راحة او ازعاج للانسان بناء على تقييم الحرارة والرطوبة النسبية كالتالي (منذور، ٢٠٠٥، ص ٢٢٩):

$$\text{معامل الحرارة والرطوبة } THI^{17} = \text{حرف} - (٠,٥٥ - ٠,٥٥ \times \text{مرن}) - (\text{حرف} - ٥٨)$$

حيث (ح ف) = درجة الحرارة فهرنهايت / (ر ن) الرطوبة النسبية

بتطبيق ذلك المعامل على منطقة الدراسة كانت القيمة (٨١,٦٨) أي ان السكان يشعرون بالازعاج من العناصر المناخية.

(٢-٤) تأثير المناخ على النبات (المناخ والإنتاج الزراعي):

يؤثر المناخ في اختيار نوعية المحاصيل حيث تأتي درجة الحرارة في مقدمة العوامل المناخية التي تؤثر في نمو النباتات (فايد، ٢٠٠٥، ص ١١٣) ومن هنا يُحدد المناخ

^{١٧} فئات قيم معامل الحرارة والرطوبة لأليفير: (٦٠ - ٦٥) يشعر الانسان براحة، (٦٥ - ٧٥) نصف افراد المجتمع يشعرون بالراحة) (٧٥ - ٨٥) افراد المجتمع يشعرون بالازعاج).

الى جانب عوامل اخري (نوعية التربة والموارد المائية) على تحديد نوعية المحاصيل وبالتالي نوعية النشاط الإقتصادي القائم على الزراعة. تنتشر بالمنطقة المدروسة محاصيل تتحمل الحرارة (الى جانب ارتفاع الأملاح)، ويقوم النشاط الزراعي بالمنخفض على أكثر من ٢٥٠٠٠ فدان، والتركيب المحصولي تبعاً للمساحة التي تشغلها تظهر ان محصول الزيتون يأتي بالمقدمة (٦٣.٢%) يليه نخيل البلح (٢٩.٦)، ثم البرسيم الحجازي (٥.٢%) ثم القمح (٠.٣%) ومساحات صغيرة لانتاج الخضروات، ليحتل بذلك محصولي الزيتون ونخيل البلح أغلب المساحات المزروعة تناهز ٩٣% (عبد الرحمن، ٢٠٢٢، ص١٥٣٩) وبالتالي أثر المناخ على محدودية تنوع المحاصيل الزراعية. يبلغ متوسط انتاج الفدان من الزيتون نحو ٢.٨ طن / فدان (عبد الصادق، ٢٠١٩، ص٢٧٧) بالإضافة الى انتاج التمر حيث يوجد بسوية أكثر من ٧٠٠ ألف نخلة تنتشر على مساحة ٥٤٠٠ فدان ، بما يمثل ٤١.٥% من إجمالي انتاج المحاصيل بالمنطقة المدروسة (الشنلة وآخرون، ٢٠١٦، ص٢٣٤) حيث تعد صناعة وتجفيف البلح من أهم الصناعات المنتشرة بسوية بطاقة انتاجية تتراوح بين (٣٠-٣٠٠ طن/يوم)، وإن كانت تتصف بأنها ذات طاقة تصنيعية منخفضة (منصور وآخرون، ٢٠٢١، ص١١٣-١١٣١) هذا بالطبع إلى جانب الصناعات القائمة على محصول الزيتون، ويظهر تذبذباً في كميات الانتاج نتيجة لعدد من المشكلات البيئية كإنخفاض القدرة الانتاجية للأراضي هناك نتيجة ارتفاع الاملاح الى جانب التغيرات المناخية. أما عن النبات الطبيعي فتنشر النباتات التي تتحمل الحرارة والجفاف ولا تتمتع بتنوع كبير كما سيتبين لاحقاً.

(٣) اسس التخطيط البيئي بناء على بيانات السطح الطبوغرافي (المظهر الجيومورفولوجي):

٢-١ خصائص السطح:

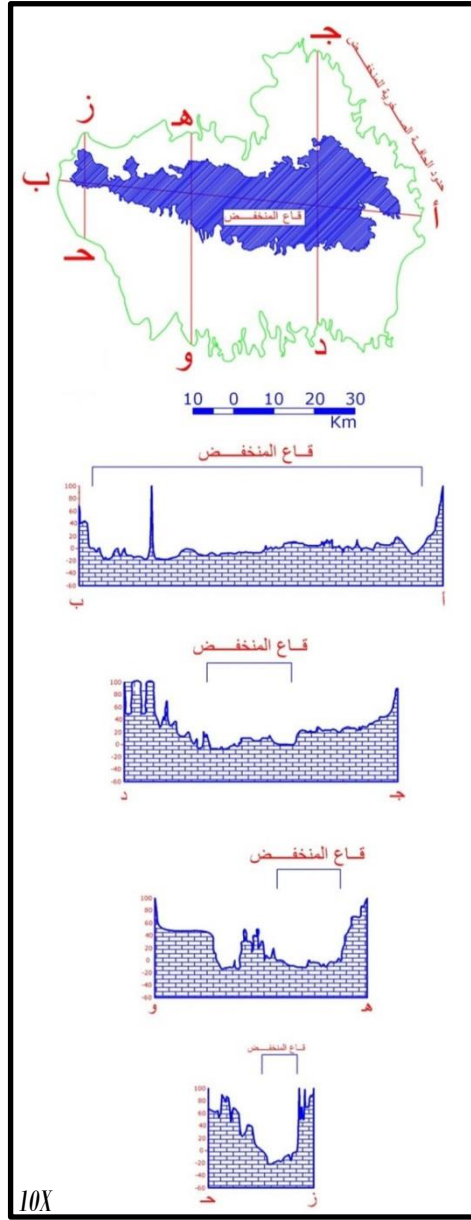
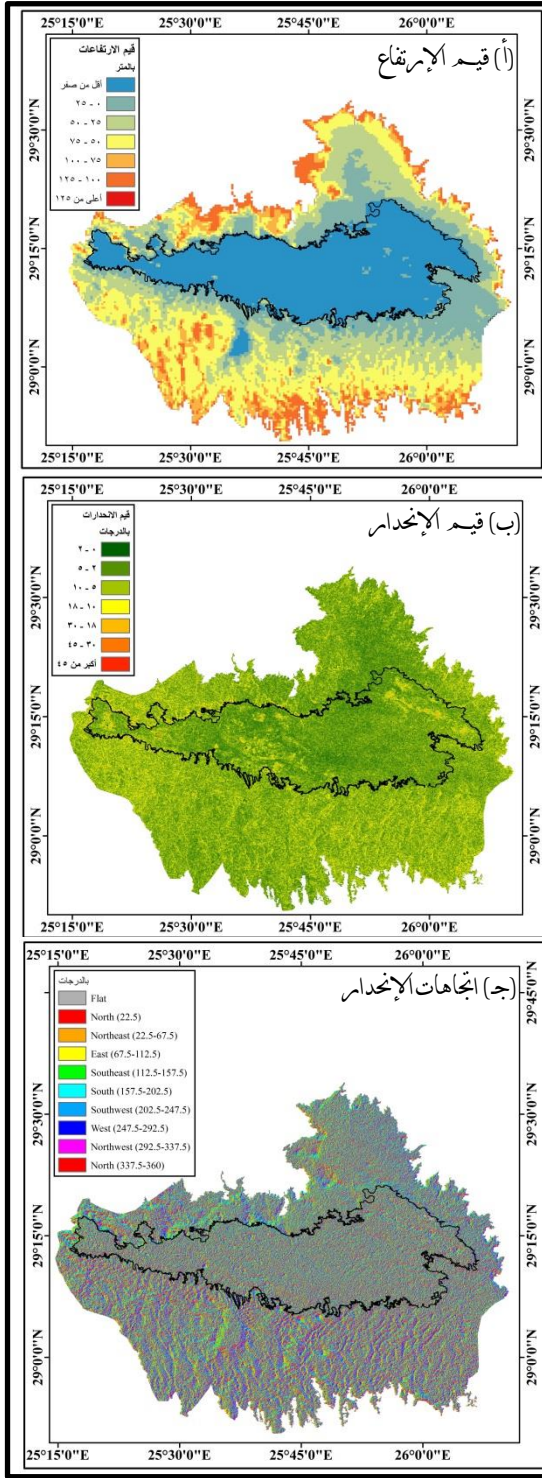
تتميز منطقة الدراسة كونها منخفض داخل منطقة هضبية، حيث تتميز البيئة المحيطة بخاصيتي الارتفاع والإنحدار وهناك عدة عوامل تحدد تحدر السفوح (محسوب ، ٢٠٠٢، ص١٥٧) أولها حركات الرفع *Uplift* التي تعرضت لها القشرة الأرضية وظهرت السلاسل الجبلية على إمتداد حدود الصفائح التكتونية، وثانيها نوع الصخور فكلما زادت صلابة الصخور كلما نتج عنها سفوحاً أشد إنحداراً عنها من الصخور اللينة، ولذا إعتد الباحث على تصنيف يونج (Young , 1972, P.173) كما بالجدول التالي:

جدول (١٠) خصائص السطح بكامل منخفض سيوة

خصائص اتجاه الانحدار		خصائص درجات الانحدار			خصائص الارتفاع	
المساحة التي يشغلها بالكم ٢	اتجاه الانحدار	المساحة التي يشغلها بالكم ٢	فئات الانحدار بالدرجات	المساحة التي يشغلها بالكم ٢	فئات الارتفاع	
٤,٠٧٧	مستوي	٣٩٤,٥٩	مستوي/شبه مستوي	٢ - ٠	أقل من صفر	
٣٠٠,٧٥	شمال (٠٢٢,٥)	١٥٥٥,٧٧	خفيف	٥ - ٢	٢٥ - ٠	
٥١٥,٥٩	شمال شرق (٠٦٧,٥ - ٠٢٢,٥)	١٦٤٢,٧٩	متوسط	١٠ - ٥	٥٠ - ٢٥	
٤٨٥,٢٦٧	شرق (٠٦٧,٥ - ٠١١٢,٥)	٥٢٤,٥٦	فوق المتوسط	١٨ - ١٠	٧٥ - ٥٠	
٤٩٥,٤٣	جنوب شرق (٠١١٢,٥ - ٠١٥٧,٥)	٣٥,٦٣	شديد	٣٠ - ١٨	١٠٠ - ٧٥	
٥٨٥,٦٥	جنوب (٠١٥٧,٥ - ٠٢٠٢,٥)	٢١,٠٢	شديد جداً	٤٥ - ٣٠	١٢٥ - ١٠٠	
٥٣٦,٨٦	جنوب غرب (٠٢٠٢,٥ - ٠٢٤٧,٥)	٠,٧٢	جروف	أكبر من ٤٥	أكثر من ١٢٥	
٤٩٥,٦٦	غرب (٠٢٤٧,٥ - ٠٢٩٢,٥)					
٥٠٢,٨٦	شمال غرب (٠٢٩٢,٥ - ٠٣٣٧,٥)					
٢٥٢,٩٧	شمال (٠٣٣٧,٥ - ٠٣٦٠)					

المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على نموذج DEM، وأدوات التحليل الطبوغرافي برنامج ArcGIS10.5.

يتبين من شكل (١٨) ، (١٩) ، ومن جدول (١٠) أن أغلب أراضي المنخفض تقع ما دون الصفر حيث تشغل بما يمثل ٢٨,١% من كامل أراضي المنخفض، أما الأراضي ذات فئات الانحدار (٠ - ٢٥ متر) ، (٢٥ - ٥٠ متر) ، (٥٠ - ٧٥ متر) فإنها تشغل ما نسبته (١٧,٦% ، ١٩,٥% ، ٢١,١%) على التوالي، أي ان الأراضي التي ترتفع بين صفر ، ٧٥ متراً تشغل ما مساحته ٥٨,٢%، أما الأراضي التي ترتفع عن ٧٥ متر وحتى قمة الجروف المحيطة بالمنخفض فتشغل مساحة إجمالية نسبتها ١٤% فقط.



شكل (١٨) القطاع التضاريسي لمنخفض سيوة

المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على المخارط الطبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١: ٥٠٠٠٠، من واقع تصوير جوي عام ١٩٩٤، ومراجعة حقلية عام ١٩٩٥، وطبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة إلى نتائج العمل الميداني في المدة ٢١-٢٤ سبتمبر ٢٠٢٢.

شكل (١٩) خصائص السطح داخل منخفض سيوة

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج DEM، وأدوات التحليل الطبوغرافية برنامج ArcGIS 10.5.

أما عن درجات انحدار أراضي المنخفض فأغلب الأراضي ذات إنحدار خفيف الى متوسط $2^{\circ} - 10^{\circ}$ وتشكل $76,6\%$ من إجمالي أراضي المنخفض مما سيؤثر على انماط صرف المياه، بينما الأراضي ذات الانحدار فوق المتوسط $10^{\circ} - 18^{\circ}$ لا تشكل سوى $12,7\%$ ، والأراضي ذات الإنحدار الشديد $18^{\circ} - 30^{\circ}$ فتمثل نحو $0,85\%$ ، بينما الأراضي ذات الانحدار الشديد جداً $30^{\circ} - 45^{\circ}$ والجروف (أعلى من 45°) فلا تشغل سوى $0,5\%$.

أما عن اتجاه الانحدار فيتبين انه لا يوجد انحدار طاغي داخل اراضي المنخفض أو ما يمكن ان يطلق عليه انحدار عام، حيث ان الانحدارات تشغل نطاقات متساوية ومتداخلة تتراوح نسبة كل فئة بين $6,1\%$ ، $14,0\%$ من إجمالي أرض المنخفض، وهذا يشير بقوة ان صرف المياه يستقر داخل المنخفض نفسه في عدة احواض.

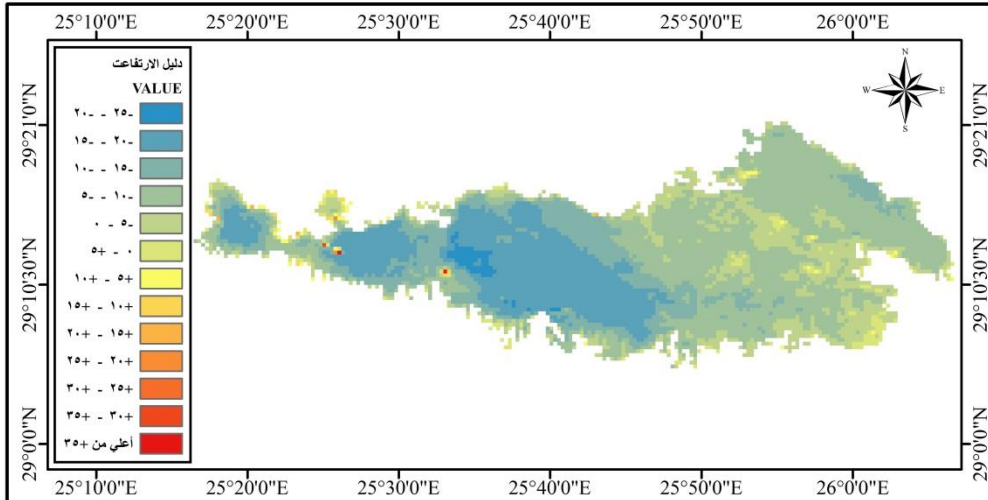
أما عن خصائص السطح داخل قاع منخفض سيوة الرئيسي كما بالقيم الواردة بجدول (١١) والذي يشغل مساحة $1142,5$ كم 2 ، فإن أغلب أراضيه ما دون الصفر بمساحة $1099,3$ كم 2 ، أي ما يمثل نحو $96,2\%$ ، وهذا يفسر حجم البرك الملحية وانتشار مسطحات السبخات بذلك القطاع من المنخفض. الأراضي التي ينحصر ارتفاعها بين $(-5, 0)$ (صفر) تمثل $16,8\%$ فقط من مساحة قاع المنخفض، بينما تمثل الأراضي التي تنحصر بين $(-10$ الى $-5)$ متر) ما يمثل نسبة 40.4% من إجمالي مساحة القاع وبالتالي تمثل النسبة الأكبر من الأراضي ما دون الصفر، أما الأراضي أقل من -10 وحتى -20 فتشغل 37.8% حيث تضم مستجمعات الماء السطحي الرئيسية. أما باقى قاع المنخفض لا تزيد فيه الارتفاعات عن 5 متر فى الغالب الأعم حيث تشكل الأراضي ذات فئة الارتفاع من صفر الى $+5$ نحو $2,8\%$ ، والنسبة الضئيلة المتبقية تشغله مجموعة من التلال المنعزلة مثل جبل الراكه فى جنوب المنخفض $(+86$ متر). معظم أراضي قاع المنخفض ذات انحدار خفيف الى متوسط $(2^{\circ} - 10^{\circ})$ بما يمثل $79,41\%$ من إجمالي مساحته، وتزيد نسبة الأراضي المستوية (أقل من 2°) عن 13% .

أما عن اتجاه الانحدار بمنخفض سيوة فلا يوجد اتجاه عام سائد، ولكن انحدارات متداخلة $11,5\%$ الى $13,7\%$ ؛ وهذا يؤثر بالطبع على حركة المياه على سطح قاع المنخفض حيث تسكن المياه مكونة مجموعة من البحيرات والبرك الملحية.

جدول (١١) خصائص السطح بكامل منخفض سيوة

خصائص اتجاه الانحدار		خصائص درجات الانحدار		خصائص الارتفاع	
المساحة التي يشغلها بالكم ٢	اتجاه الانحدار	المساحة التي يشغلها بالكم ٢	فئات الانحدار بالدرجات	المساحة التي يشغلها بالكم ٢	فئات الارتفاع
٢,٧٣	مستوي	١٤٩,٥٨	مستوي/شبه مستوي	١٣,٠٢	٢٠- ٢٥-
٨٤,٣٧	شمال (٠٢٢,٥)	٥١٧,٧٦	خفيف	٢٥٢,٠٤	١٥- ٢٠-
١٤١,٥١	شمال شرق (٠٢٧,٥ - ٠٢٢,٥)	٣٨٩,٤٦	متوسط	١٧٩,٩٠	١٠- ١٥-
١٣٢,٨٠	شرق (٠٦٧,٥ - ٠١١٢,٥)	٧٥,٨٤	فوق المتوسط	٤٦٢,٠١	٥- ١٠-
١٣٩,١٨	جنوب شرق (٠١١٢,٥ - ٠١٥٧,٥)	٨,٨٧	شديد	١٩٢,٣٦	٥- صفر
١٥٧,١٣	جنوب (٠٢٠٢,٥ - ٠١٥٧,٥)	٠,٩٣	شديد جداً	٣٢,٣٣	صفر- ٥+
١٤٦,٢١	جنوب غرب (٠٢٤٧,٥ - ٠٢٠٢,٥)	٠,٠٤	جروف	٦,٦٩	١٠+ - ٥+
١٣٣,٧٦	غرب (٠٢٩٢,٥ - ٠٢٤٧,٥)			٢,١٢	١٥+ - ١٠+
١٣٦,٧٠	شمال غرب (٠٣٣٧,٥ - ٠٢٩٢,٥)			١,٠٣	٢٠+ - ١٥+
٦٨,١٨	شمال (٠٣٣٧,٥ - ٠٣٦٠)			١,٠١	أعلى من ٢٠+

المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على نموذج DEM، وأدوات التحليل الطبوغرافي في برنامج ArcGIS10.5.



شكل (٢٠) خصائص الارتفاع لسطح قاع منخفض سيوة

المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على نموذج DEM، وأدوات التحليل الطبوغرافي في برنامج ArcGIS10.5.

٢-٢) اسس التخطيط البيئي بناء على الظواهر الجيومورفولوجية المنتشرة بالمنخفض:

تنتشر مجموعة من الظواهر الطبيعية بالمنخفض يمكن ايجازها فيما يلي:

(أ) التلال المنعزلة:

تشكلت التلال المنعزلة بمنخفض سيوة-صورة (٩)- نتيجة لعمليات التعرية المائية حيث تمثل بقايا السطح القديم للهضبة (عقل، ٢٠٠٣، ص ١١٢) وتظهر آثار التعرية المائية عبر انتشار مجموعة من المصاطب الفيضية كما بصورة (١٠)، ويتراوح ارتفاع التلال المنعزلة بشمال قاع المنخفض بين ١٢٢ ، ١٢٣ متراً، حيث تشغل مساحة نحو ٢٩٠ كم^٢، أما التلال المنعزلة داخل نطاق قاع المنخفض يتراوح ارتفاعها ما بين ٣٤ ، ١٠٧ متر، وتبلغ المساحة التي تشغلها ١٢٥٤٢٣٢ متر^٢ أو ١,٢ كم فقط، وبالتالي لا تُمَثَل أي عوائق على سطح القاع شبه المستوي، ومن أبرزها جبل الدكورر بمساحة ٧٦٧٠٥٠ م^٢ (٠,٧٦ كم^٢) بإرتفاع ٩٤ متر، وجبل جعفر بمساحة ٥٠٢٢٩٠ م^٢ (٠,٥٠ كم^٢) بإرتفاع ١٠٧ متر - شكل (٢١).



$N= 25^{\circ}27'16''$
 $E= 29^{\circ}14'05''$

صورة (١٠) مصطبة فيضية شمال قاع منخفض سيوة

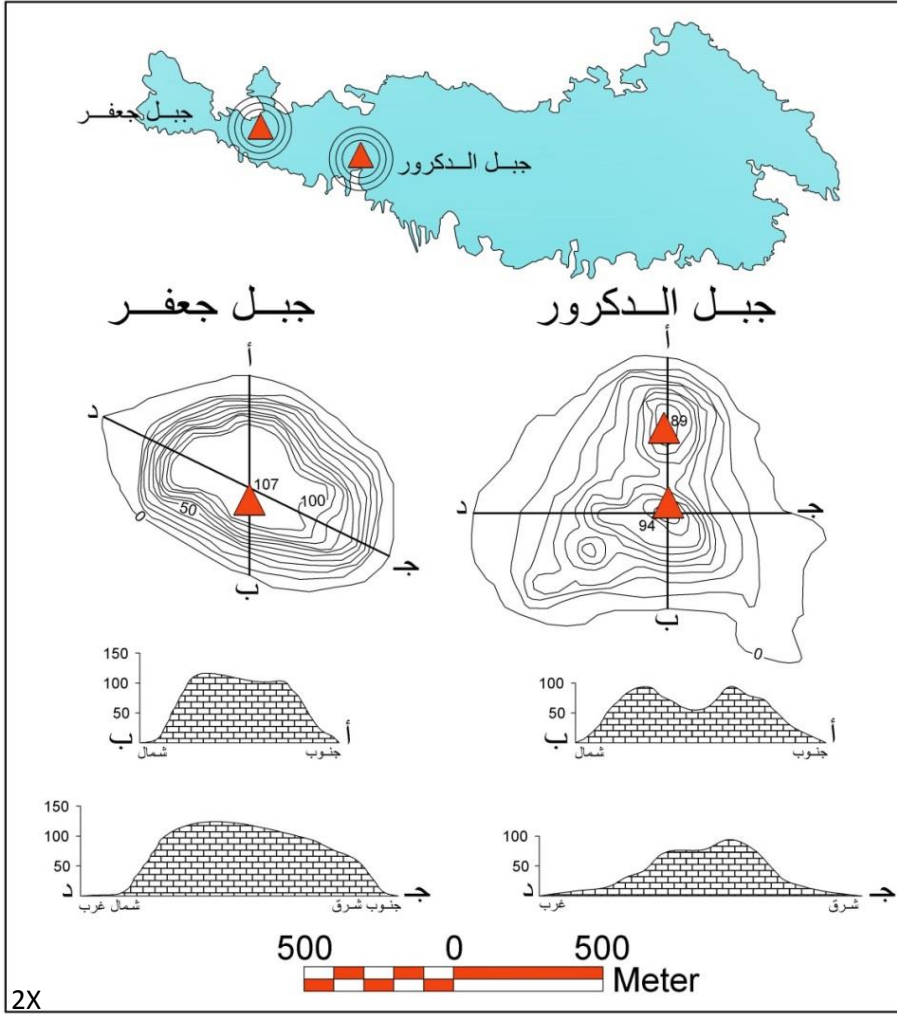


$N= 25^{\circ}30'41''$ $E= 29^{\circ}17'33''$

صورة (٩) التلال المنعزلة شمال قاع منخفض سيوة

(ب) أشكال المنحدرات والمخاطر المرتبطة بها:

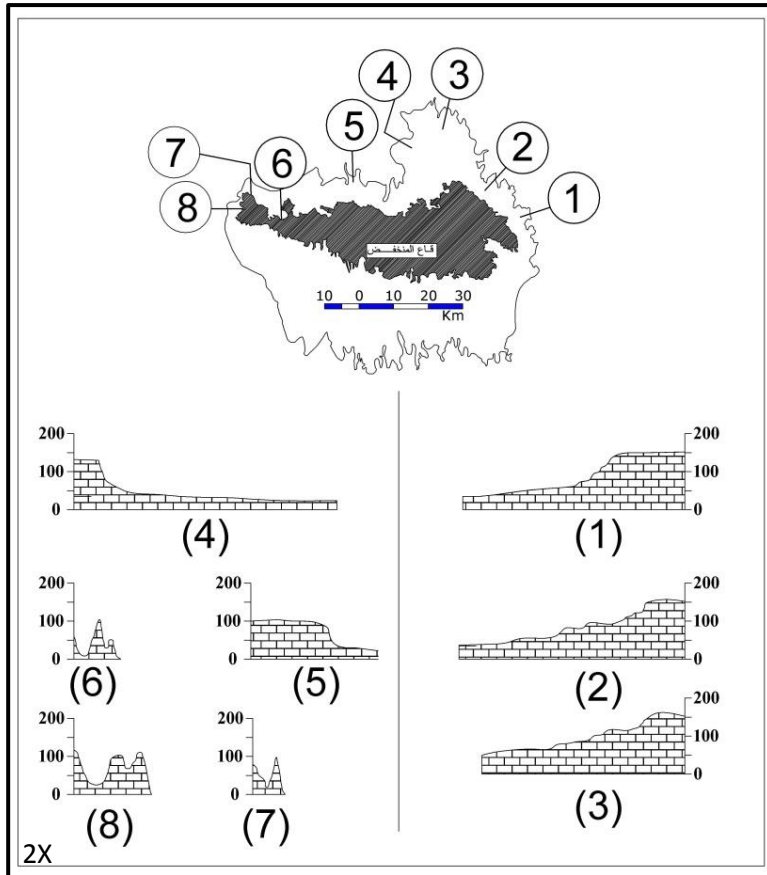
يتبين من شكل (٢٢) أن المنحدرات تأخذ عدة أشكال أبرزها الجروف *The Cliff* حيث تظهر بشكل واضح في نطاق انتشار التلال المنعزلة في الشمال الغربي للمنخفض، حيث تعرضت تلك النطاقات لعمليات التعرية المائية بشكل واضح كما سبق الإشارة. أما المنحدرات بالجوانب الشرقية والشمالية الشرقية تظهر على هيئة منحدرات سلمية، ويمكن أن يطلق عليها المنحدرات المركبة *Composite Slope Forms* ، حيث تتشكل من عدة أنماط من المنحدرات.



شكل (٢١) القطاعات العرضية لنماذج من التلال المنعزلة بقاع منخفض سيوة

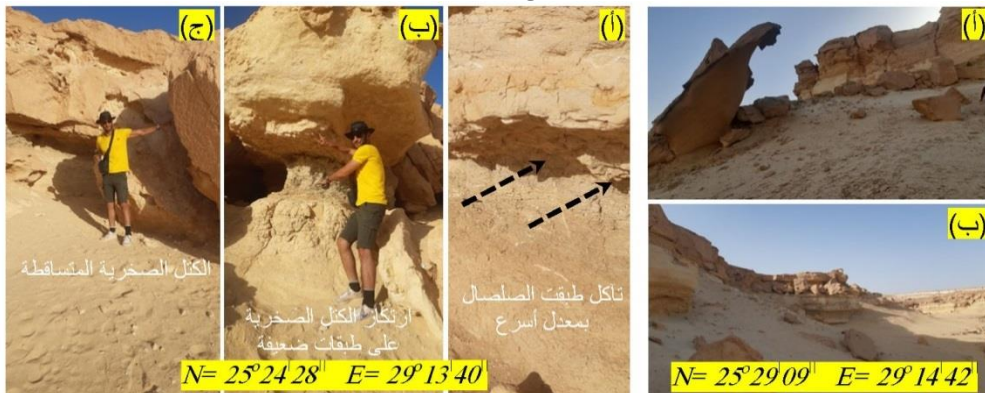
المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، من واقع تصوير جوي عام ١٩٩٤، ومراجعة حقلية عام ١٩٩٦، وطبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة إلى نتائج الدراسة الميدانية التي فرأجروها في سبتمبر ٢٠٢٢.

أما عن المخاطر المرتبطة بالمنحدرات فتبرز مشاكل الانهيارات الصخرية بشكل واضح نتيجة التتابع الطبقي بين صخور مختلفة الصلابة، حيث تستطيع الرياح النحت بفاعلية في تكوينات الصلصال التي تتركز عليها تكوينات من الحجر الجيري الميوسيني المتشققة نتيجة تعرضها لعمليات التجوية الميكانيكية، تبدو ظاهرة اتساق الصخرى واضحة على واجهة منحدرات التلال المنعزلة بشمال غربي قاع منخفض سيوة حيث تطل جروف تلك الجروف بواجهات شديدة الانحدار - صورة (١١) ، (١٢).



شكل (٢٢) أشكال المنحدرات على الحافة الصخرية لمنخفض سيوة

المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، طبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة إلى نتائج الدراسة الميدانية التي أجراها في سبتمبر ٢٠٢٢.

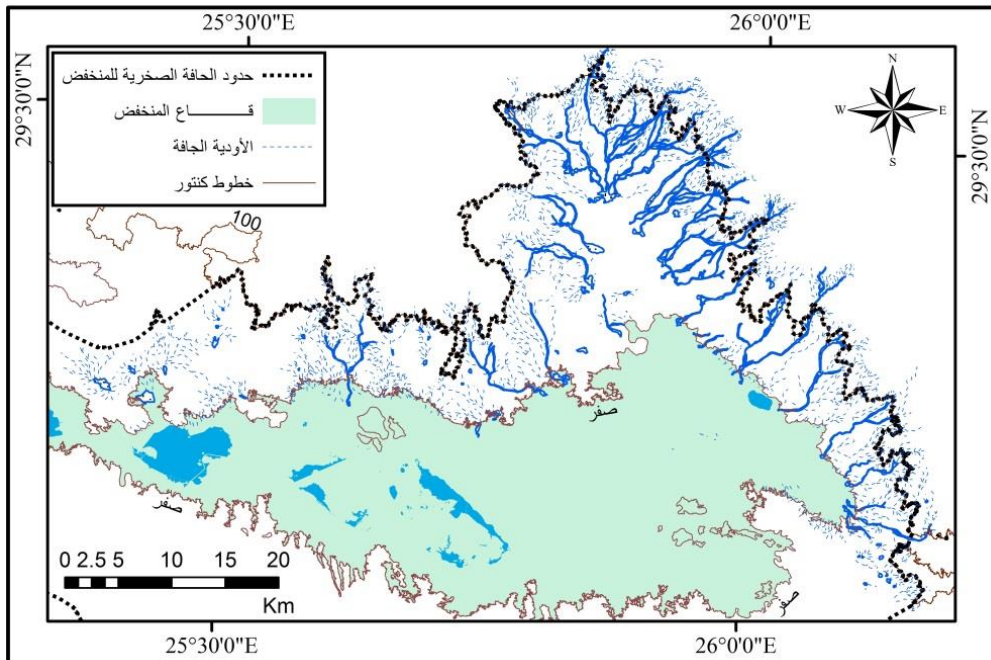


صورة (١٢) تآكل طبقات الصلصال وتساقط الكتل الصخرية الجيرية - منطقة مقابر أهل الروم

صورة (١١) التفصل الصخري وتساقط الكتل الصخرية بجروف التلال المنعزلة شمال بحيرة سيوة

ت) المجاري الجافة:

تتحدّر العديد من المجاري الجافة من منسوب تتراوح بين ١٥٢ ، ١٧٤ متراً، وتتراوح أطوال الأودية الرئيسية بين ، ٨,٩٢ ، ١٧,٢٣ ، ويبلغ مجموع أطوال الأودية الجافة بجميع تفرعاتها ١٦٧٤,٢٦ كم، بأطوال تتراوح بين ٠,٠٣ الى ٨,٥ كم، ويتراوح نسبة الانحدار بين ١ متر / ٥٨ متر إلى ١ متر / ١٩٠ متر أي أن مُعدّل الانحدار يتراوح بين ٠,٥٢% الى ١,٧% لتتراوح بين فئات انحدار خفيف الى متوسط^(١٨). الأودية في الجزء الغربي والشمالي الغربي ذى ضفاف واضحة يبلغ اتساعها ما بين ٥٠ ، ٩٠ متر، على عكس المجاري بالجزء الشمالي والشمالي الغربي.

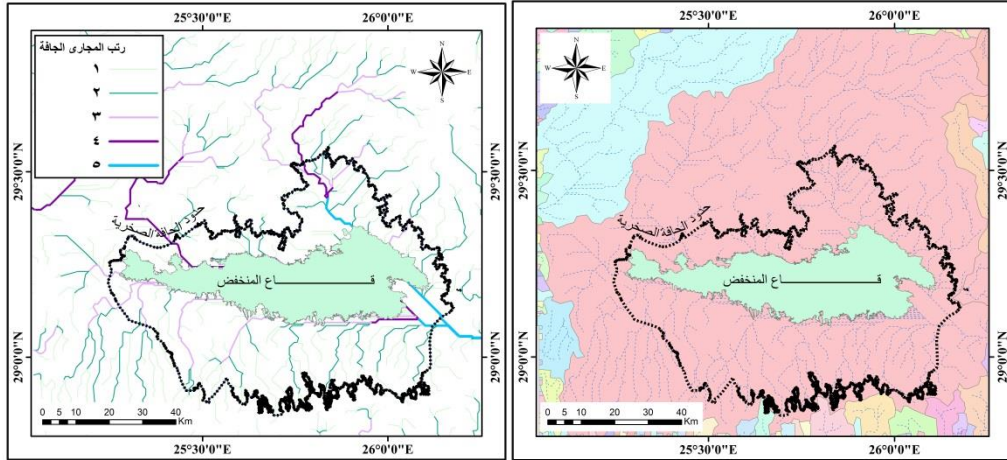


شكل (٢٣) المجاري الجافة المنحدرة من الحافة الصخرية لمنخفض سيوة

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠ طبع عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة الى مرئبة فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي *LandSat9* بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، فر الرسم والتصميم باستخدام برنامج *ArcGIS 10.5*.

^{١٨} فئات الانحدار: (١:٦٠) خفيف، (١:٦٠-١:٢٠) متوسط، (١:٢٠-١:١٠) شديد، (١:١٠-١:٥) حاد، (١:٥-١:٣) حاد جداً، (١:٣-١:٢) حاد خطر، (أكثر من ١:٢) جرف (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ٢٧٢)

يتبين من شكل (٢٤) ان المنطقة تقع ضمن نطاق حوضي مغلق تبلغ مساحته ١٢٣٣١,٣٦ كم^٢، وتظهر به المجارى حتى الرتبة الخامسة كما بشكل (٢٥)، ويعد ذلك الحوض ذو تصريف مركزي، حيث يمثل قاع منخفض سيوة نطاق تصريفه الطبيعي.



شكل (٢٤) الأحواض المنتشرة بمنطقة سيوة بالصحراء الغربية

شكل (٢٥) رتب المجارى الجافة بنطاق منطقة الدراسة

(المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة نموذج الارتفاع الرقمي DEM باستخدام برنامج ArcGIS 10.5)

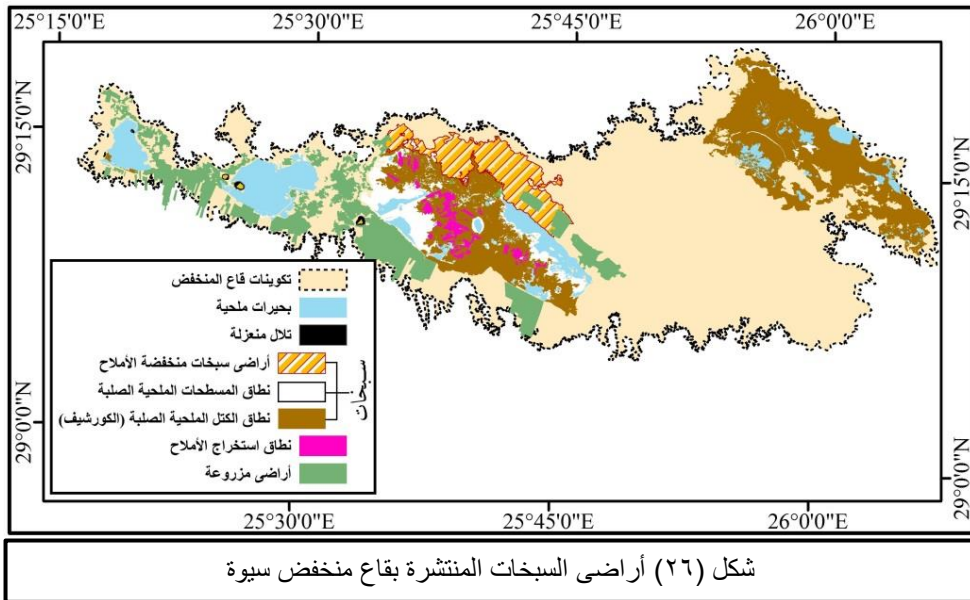
ث) الأراضي الرطبة والبحيرات الملحية (مستجمعات المياه السطحية):

تدرج الأراضي الرطبة بالمنطقة المدروسة تحت فئة أراضي السبخات، وتقدر مساحة كلاً من السبخات والبرك الملحية مجتمعة بـ ٣٨٤.٩ كم^٢، أي ما يمثل نحو ٣٣,٧% من إجمالي مساحة قاع المنخفض البالغة نحو ١١٤٢,٥ كم^٢، وتُعد مظهراً مميزاً جداً للمنطقة حيث ان وصول منسوب قاع المنخفض الى ما دون الصفر (-٢٢ متر) أدى الى قرب القاع من مستجمعات المياه تحت السطحية التي تحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح والتي أدت تدفقها الى السطح إلى تشكل مستجمعات مائية مالحة، أثرت بدورها على البيئة المحيطة من خلال تشبع مسطحات الرواسب حولها ببلورات الأملاح التي تحويها تلك المياه بعد تبخرها. أثرت تلك الظاهرة بشكل بالغ في المظهر البيئي للمنطقة كما سيوضح لاحقاً، كما أدت الى نشاط عمليات التجوية الملحية حيث تضافرت عوامل الحرارة المرتفعة وقلة المطر الساقط وارتفاع معدلات التبخر الى تعزيز ارتفاع المياه المحملة بالأملاح بالخاصية الشعرية الى سطح التربة (Abdallah, 2007, P.68)، والتالي دراسة دقيقة لهاتين الظاهرتين المميزتين.

(٤) أسس التخطيط بناء على بيانات الأراضي الرطبة (السبخات):

تُعد السبخات^(١٩) من الظواهر التي تميز السواحل المنخفضة والأراضي الداخلية الأكثر انخفاضاً والقريبة من المياه الجوفية كما هو الحال في منخفض سيوة الذي ينخفض الى -٢٢ متر تحت سطح البحر؛ ولذلك فهي تحتل مساحات كبيرة من قاع المنخفض.

تشغل السبخات مساحة تقدر بـ ٣١٤,٣٢ كم^٢، أي ما يمثل نحو ٢٧,٥% من قاع المنخفض، وتتميز السبخات بالعديد من الظواهر الدقيقة التي تظهر على أسطحها لتعطي دلالة على كميات الأملاح التي تحويها تلك السبخات، ومن خلال دراستها يمكن التمييز بين ثلاث انماط من أراض السبخات كما في شكل (٢٦) لكل منها استخدام بالتخطيط البيئي:



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠، طبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة الى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat9، بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، الرسم والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

^{١٩} السَّبْخَةُ لغوياً ورد ذكره في معجم لسان العرب^(١) تحت مادة (س.ب.خ) حيث عرفها بأنها أرض ذات ملح ونز^(٢)، وجمعها سَبَاخ، والسَّبْخَةُ هي الأرض المالحة، والسَّبْخُ المكان يَسْبُخُ فيُنْبِتُ الملح وتَسْبُوخُ فيه الأقدام، أي إنها الأرض التي تَعْلُوها الملوحة ولا تكاد تُنْبِتُ إلا بعض الشجر، وعرّفها معجم اللغة العربية في المعجم الوجيز بأنه لفظ يُطْلَقُ على الأرض ذات نَزٍّ وملح، والسَّبَاخُ جمع سَبْخَةٍ وهي الأرض التي لم تحرث ولم تعمر لملوحتها، والسبخ المكان الذي يظهر فيه الملح وتَسْوُخُ فيه الأقدام (المعجم الوجيز، ١٩٩٩، ص٣٠٠). وعلمياً فالسبخة (Sabkha) أرض منخفضة يقترب منسوبها من مستوى الماء الأرضي أو مستوى سطح البحر (عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص٢٣)، والسبخة وفقاً لتعريف جليني (Glenni) هي المسطحات الملحية (Salt Flats) التي تعلو تكوينات الصلصال والغرين والرمل وغالباً ما تُغَطَّى بقشور بلحية يتحكم في منسوبها مستوى الماء الجوفي(محسوب^(٣))، ١٩٩٨، ص٣٧)، وعرّفها كنسيمان (Kinsman) بأنها مسطحات منخفضة المنسوب تعلوها الأملاح وتتشكل تحت ظروف مناخية قاحلة أو شبه قاحلة مع اقتراب منسوب الماء الجوفي من السطح (Zaghloul et al, 1999, P.113).

٤-١) أراضي السبخات منخفضة الاملاح: تبلغ مساحتها نحو ٢٥٣,٥١ كم^٢ أى ما يمثل نحو ١٧,٠% من إجمالي أراضي السبخات بمنطقة الدراسة. يتميز ذلك النمط من السبخات بظهور الأملاح الى السطح على هيئة نضحات من الأملاح، وتنتشر بشكل واضح في شمال قاع المنخفض وفي جزءه الأوسط (شمال حوض الزيتون)، وذلك النوع من أراضي السبخات يصل متوسط درجة الملوحة به الى ٦ dS/m، أى أنه ذو ملوحة معتدلة، ونتيجة لذلك اتجهت الانتظار الى استخدامه في عمليات الاستصلاح والتنمية الزراعية في شمال المنخفض مع اضافة طبقة احلال (تربة منقولة) بسمك ١٠ سم.



صورة (١٣) أراضي السبخات منخفضة الأملاح المنتشرة الى الشمال من حوض الزيتون



صورة (١٥) وضع طبقة احلال على اسطح السبخات شمال حوض الزيتون

صورة (١٤) استزراع أراضي السبخات شمال حوض الزيتون

٤-٢) أراضي سبخات ذات قشور ملحية صلبة: المقصود بها أراضي السبخات التي تتميز بوجود قشرة صلبة من الأملاح يتراوح سمكها ما بين ٣ الى ٥ سم ، مثل السبخات التي تنتشر حول بحيرة أغورمي - صورة (١٦)، (١٧)، يمتد ذلك النمط من السبخات على مساحة تقدر بـ ٤٠,٢٤ كم^٢، أى ما يمثل ١٢,٨% من إجمالي

أراضى السبخات، يتميز ذلك النمط بنسبة ملحوة تصل في المتوسط إلى ١٧,٣ dS/m ، أي أنها ذات ملحوة مرتفعة.

كلما زادت نسبة الأملاح تشكلت مجموعة من الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة على اسطح القشور الصلبة لتلك السبخات يمكن بيانها كما يلي:

○ المرحلة الأولى: وفيها تتشكل التتهيدات الملحية وهي أصغر تلك الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة والتي تدل على حداثة تشكل القشور الملحية الصلبة على أسطح السبخات، وتم رصد هذه الظاهرة في العديد من السبخات المنتشرة بمنطقة الدراسة وبخاصة النطاق المنشور حول بحيرة أغورمي، وهي تأخذ الشكل الحبيبي المتناثر حيث تبدو على هيئة قباب صغيرة ومنها ما يتخذ الشكل الدودي ومنها ما يتخذ الشكل المستدير - صورة (١٨)، وتُعد ظاهرة التتهيدات الملحية ظاهرة مرتبطة بالجفاف حيث تظهر هذه الظاهرة بعد انحسار المياه عن السبخات؛ مما يؤدي إلى جفاف التربة وتبخر المياه تاركة بلورات الملح خلفها على سطح التربة والتي تتمدد بعد ذلك، بالإضافة إلى الغازات الناتجة عن عملية التنفس للأحياء الدقيقة الموجودة تحت التربة مما يؤدي إلى انتفاخ القشرة السطحية للتربة وتقيبها مكونة التتهيدات الملحية.

○ المرحلة الثانية: وتتمثل في تشكل المضلعات الملحية، وهي عبارة عن أشكال رباعية أو خماسية أو سداسية الأضلاع حيث يحدد شكلها جوانب قبابية الشكل تمثل أضلاعها المرتفعة، وكما بصورة (١٩) تظهر المضلعات الملحية على اسطح السبخات المنتشرة على الضفاف الشمالية لبحيرة الزيتون، كما تظهر في أقصى جنوب حوض الزيتون بالقرب من مسطحات "الكورشيف" ويتراوح أطوال أضلاعها بين ٢٠ ، ٦٠ سم، وتتكون المضلعات الملحية بعد تعرض السبخات للجفاف مما يؤدي إلى انكماش الطبقة السطحية من أراضي السبخات وتشققها، ثم تبدأ المياه تحت السطحية بالتسرب إلى الطبقة السطحية من التربة عن طريق الخاصية الشعرية؛ مما يعرضها للتبخر مُخَلِّفَةً بذلك الأملاح التي كانت تحتوى عليها عند سطح السبخة ؛ فتنشأ بذلك حواف قبابية تفصل المضلعات عن بعضها البعض لأن كمية الأملاح تزيد في مناطق الشقوق التي تفصل المضلعات عن بعضها البعض، وكلما زاد الجفاف زاد تركيز الأملاح، وأدى ذلك إلى تقبب القشرة الملحية التي تكون جسم المضلع نفسه وهذا ينتج عن النمو البلوري للأملاح.

○ المرحلة الثالثة: تتمثل في تشكل الصحاف الملحية، وهي طبقاً لتعريف (عاشور وآخرون ، ١٩٩١ ، ص٣٧١) نوعاً من أنواع المضلعات الملحية، ولكنها تتميز بأنها

ذات قاع ملحي مقعر وذات حواف مرتفعة، ونشأتها لا يختلف عن نشأة المضلعات الملحية ولكنها تبدو كشكل متطور من المضلعات الملحية، أي تبدأ بمجموعة من التشققات التي تنتج عن الجفاف وأن ترسب الأملاح التي جلبها الماء الجوفي إلى السطح قبل أن يتبخر مسؤولة عن تكوين الحواف الملحية ، إلا أن الفرق هنا هو أن المنطقة التي ينشأ فيها هذا النمط من الظواهر يرجع إلى زيادة نسبة الأملاح وقرب الماء الجوفي من السطح بشدة، حيث انه من الملاحظة الميدانية تلاحظ انخفاض منسوب الأراضي التي تنشأ بها تلك الظاهرة عن باقي المنسوب العام للسبخة، ومن خلال القطاعات يتبين ان الماء تحت السطحي يظهر على أعماق بسيطة (١٣ سم).

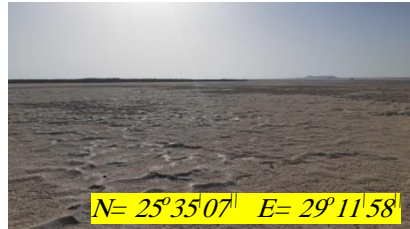
○ المرحلة الرابعة: هنا تظهر القباب الملحية كما بصورة (٢٠) حيث مع زيادة الاملاح تتمو حواف المضلعات المحلية بشكل كبير لترتفع عن السطح لأكثر من ١٠ سم وقد تصل الى ١٥ سم.



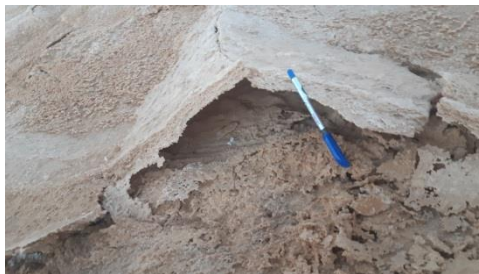
صورة (١٨) التتهادات الملحية على اسطح السبخات حول بحيرة اغورمي



صورة (١٦) القشور الملحية الصلبة على اسطح السبخات المنتشرة شرق بحيرة اغورمي



صورة (١٧) القشور الملحية الصلبة على اسطح السبخات المنتشرة شمال بحيرة اغورمي

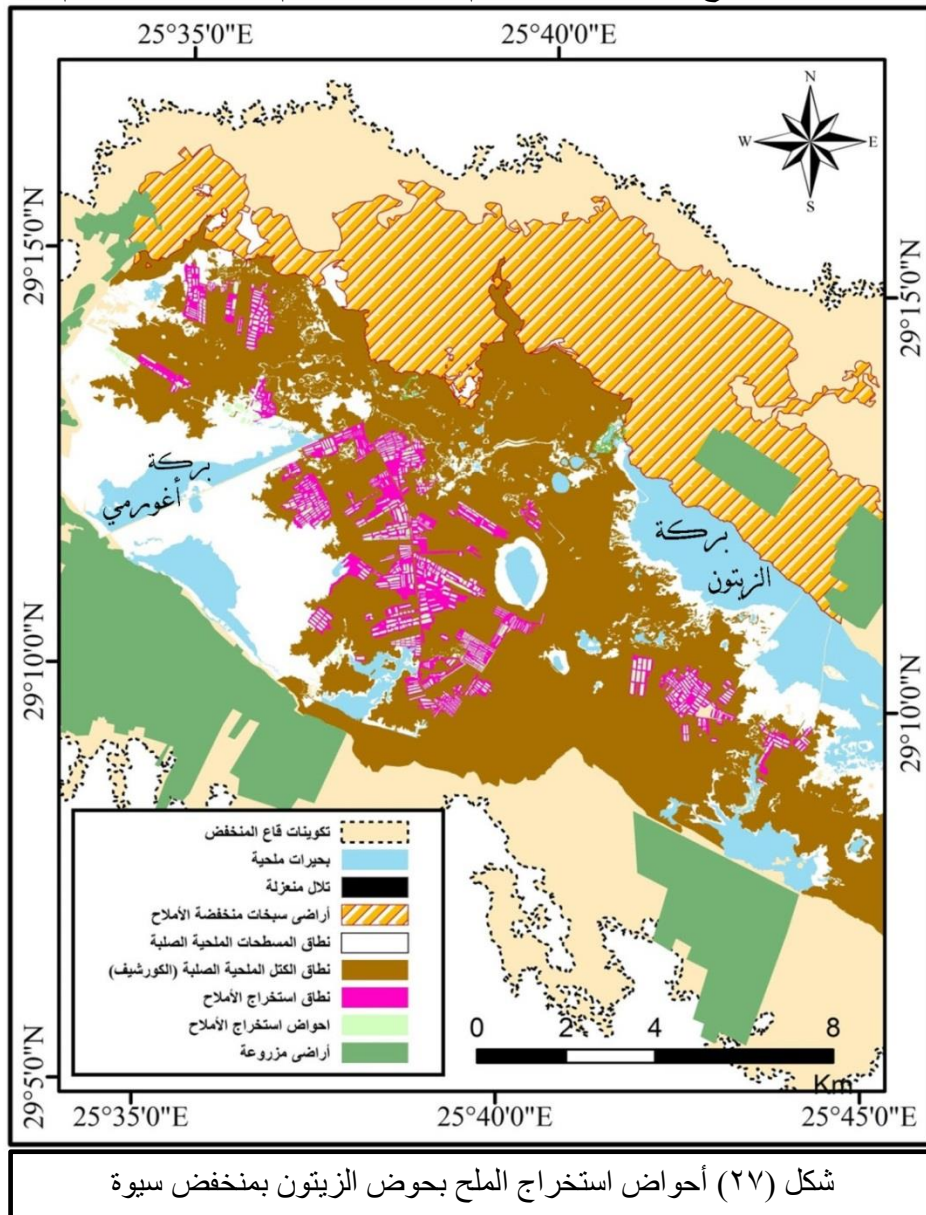


صورة (٢٠) ظاهرة القباب الملحية على اسطح الطبقات الملحية الصلبة



صورة (١٩) ظاهرة المضلعات الملحية على اسطح الطبقات الملحية الصلبة

نظراً لارتفاع تركيز الأملاح بأراضي السبخات التي تتميز بوجود طبقة من القشور الملحية الصلبة على اسطحها، فانها نطاقها يُستغل في حفر الأحواض الملحية كما بشكل (٢٧) المستخدمة في استخراج الملح النقي من واحة سيوة، حيث تتمتع سيوة باحتياطي ضخم من الأملاح، ويبلغ عدد أحواض استخراج الملح بقاع المنخفض نحو ١١٥٦ حوضاً، تتراوح مساحتها بين ١١٠ م^٢ الى ٢٦٣٣٣ م^٢ بمتوسط ٣٨٧٣ م^٢.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، طبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة الى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat9، بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣ والرسم والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.



صورة (٢١) أحواض استخراج الأملاح الى الشمال الشرقي من بحيرة أغورمي^{٢٠}

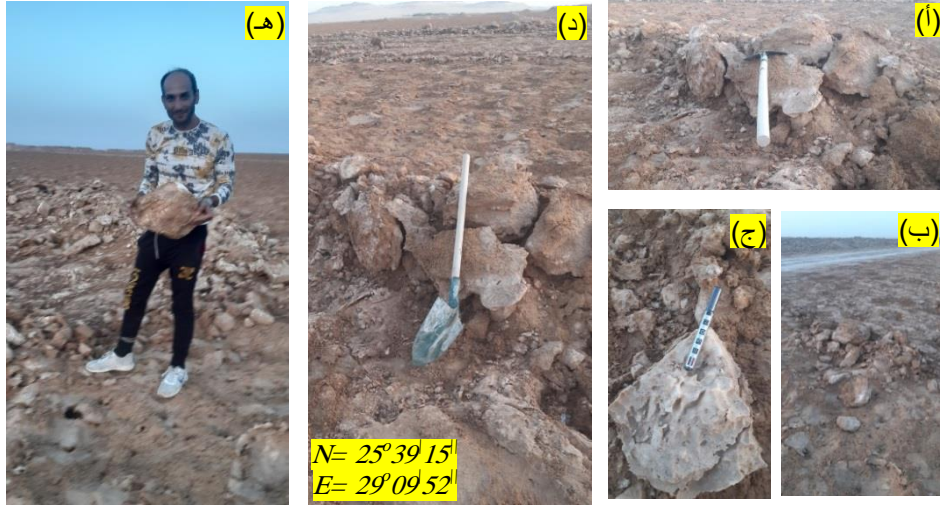
٤-٣) أراضي سبخات ذات كتل ملحية صلبة:

يتميز ذلك النوع من السبخات بارتفاع تركيز الاملاح على السطح مما يؤدي الى تبلورها وتماسكها على هيئة كتل صلبة تأخذ اللون البني او البني المائل الى الاحمرار نتيجة تركيز الأملاح العالي بها، حيث تصل نسبة الملوحة بها أكثر من ٩ ds/m^٩ ؛ وبالتالي فهي تصنف ضمن الأراضي ذات درجة ملوحة مرتفعة للغاية.

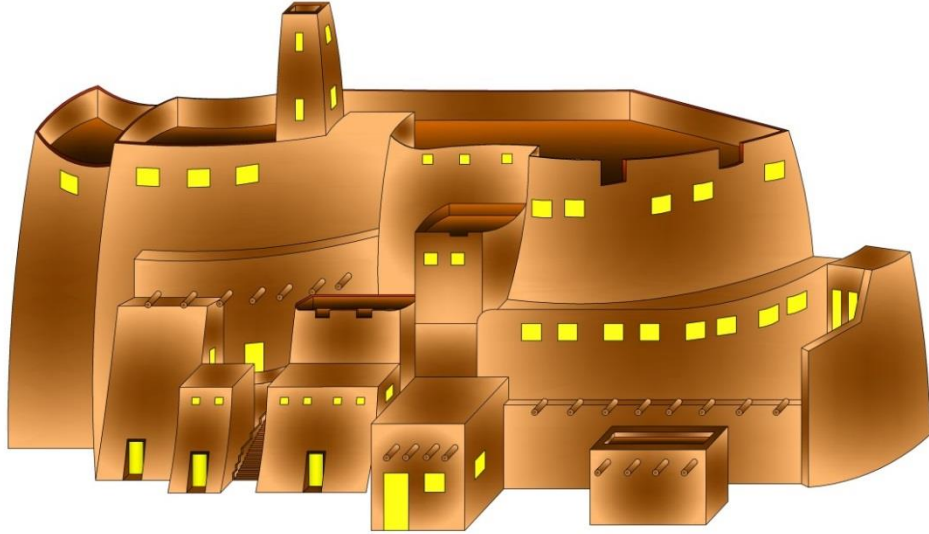
تنتشر تلك المسطحات على مساحة كبيرة بمنخفض سيوة تقدر ب ٢٠٧,٥٨ كم^٢، يتركز معظمها في القطاع الأوسط والجنوبي من حوض الزيتون على مساحة نحو ٥٥٠٠٠ فدان، وتظهر الاملاح على هيئة كتل مختلفة الأحجام والاشكال فمناه ما يصل طوله الى أكثر من ٦٠ سم وعرض نحو ٢٥ سم - صورة (٢٢).

نظراً لارتفاع تركيز الأملاح باراضي السبخات فيصعب استصلاحها للزراعة، ولكن تستخدم كمورد هام من موارد مواد البناء الصديقة للبيئة، حيث تبنى بها المنازل التقليدية لأهالي سيوة، وتم استخدام الكورشيف كمادة بناء في اعادة ترميم قرية شالي الأثرية بهدف ترميم الحصن القديم هناك بغرض إعلانه ضمن قائمة التراث العالمي، حيث شارك نحو ٣٠٠ عامل ممن يمتلكون الخبرة من أهالي سيوة في ذلك العمل العظيم - شكل (٢٨)، أى ان الأملاح تدرج تحت المواد المستخدمة في البيئة المحلية كمواد بناء. تعد شالي قلعة قديمة بنيت فى القرن الثاني عشر، وتم إعادة ترميمها في القرن العشرون ، تم بناؤها على تليين منعزليين يعودان الى الى العصر الميوسيني يفصل بينهم منطقة سهلية، البيوت هناك مبنية من الطين المختلط بالاملاح الصخرية كما أشرنا

^{٢٠} تم انشاء مصنع استخلاص و انتاج الأملاح الغذائية والعلاجية بسيوة بتكلفة ٥٢ مليون جنيه عام ٢٠١٦ بطاقة ٣٠٠ الف طن/عام.



صورة (٢٢) مسطحات الكورشيف وظهور كتل الأملاح الصلبة



شكل (٢٨) نموذج محاكاة للطراز السيوي في البناء البيئي بقرية شالي الأثرية

(المصدر: من رسم الباحث بناء على المشاهدات الميدانية سبتمبر/٢٠٢٢)

سابقاً بجدران سميكة تجعل المنازل باردة في فصل الصيف ودافئة في فصل الشتاء، والاسقف مصنوعة من جريد النخيل، وتشكل جذوع النخيل الهيكل الداعم للأسقف. تم بناء الجدران من قبل كتل الكرشيف الملتصقة بالطمي المستمد من البيئة السيوية، كما يستخدم الطمي كذلك في طلاء واجهات المباني مما يعطيها ملمساً خشناً يكسر أشعة الشمس ويقلل من كمية الحرارة الممتصة. معمارياً تتميز المساكن بفتحات نوافذ وأبواب مستطيلة الشكل ومصنوعة من سعف النخيل (Mohamed, 2020, P-3). مما سبق يتبين

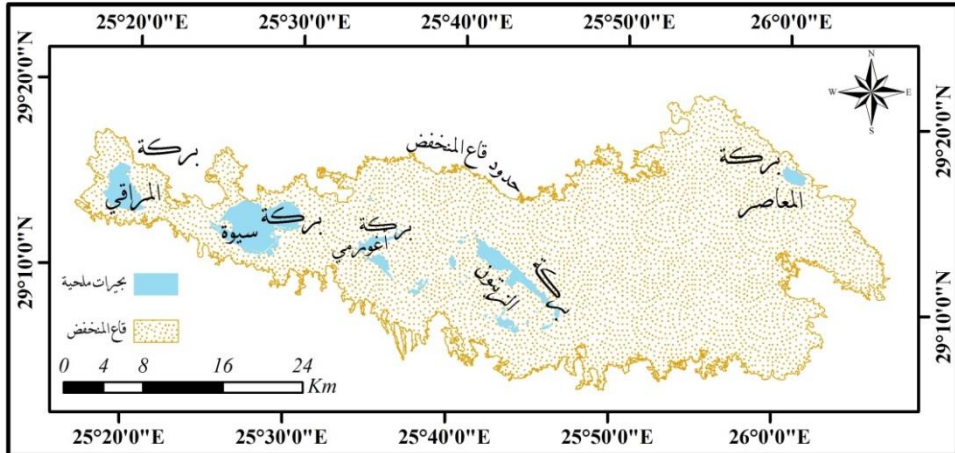
تكون مباني الحصن من مواد مشتقة من البيئة المحلية (كتل الملح الصخري أو بلورات ملح كلوريد الصوديوم المختلطة بشوائب الرمل والطين) والتي تستغل دون أي تسوية أو تهذيب بسبب ميل الملح للانكسار، كما تستغل شظايا الحجر الجيري والصخر الطفلي الذي يعود للعصر الميوسيني في البناء، بالإضافة الى قطع الخشب وغيرها من مشتقات البيئة المحلية كبقايا التمر الجاف وبذور الزيتون، ولكن بشكل اساسي تستخدم كتل الكورشيف في البناء مع ملاط الطين حيث أنه بعد تعرض الملاط للجفاف يحدث اتصال قوي بين كتل الملح والملاط بسبب تبلور كلوريد الصوديوم داخل الملاط نفسه، ولقد كان أهالي قرية شالي القدماء يحصلون على كتل الكورشيف من بحيرة فطناس المجاورة (Abdel-Motelib et al, 2015, P.81)، وتعتبر المباني التي تم انشاؤها من المواد المشتقة من البيئة المحلية كحصن شالي بها ذات أهمية تراثية حيث تعتبر سيوة موقعاً فريد عالمياً وربما الموقع الوحيد من هذا النوع في العالم الذي استخدمت فيه مواد بناء رسوبية عالية النوعية (Sallam et al, 2018, P. 155). وما زال حتى الآن هناك مباني تستخدم نفس المواد رغم دخول نمط البناء الحديث الى الواحة الذي يستخدم الخرسانة المسلحة في البناء، الا ان أهمية الموضوع هنا تكمن في كون ذلك النمط من العمارة يؤخذ في الاعتبار أثناء إجراء عمليات التخطيط البيئي كونه يصنف على انه عمارة صديقة للبيئة، وذلك في حد ذاته هدف من اهداف التخطيط البيئي.

يطلق على هذا النمط من العمران "العمارة البيئية" *Environmental Architecture* وهي تهدف إلى تحقيق عدة أشياء: أولها يتمثل في توفير جو داخلي مريح، ثانياً التقليل من استخدام مصادر الطاقة الأحفورية والإعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، ثالثاً تصميم المباني مع مراعاة النمطية (الشكل التقليدي للبناء) مع قدرتها على التكيف مع الجوانب المناخية (المناخ الحيوي)، رابعاً ان يكون التصميم مراعيًا للمستقبل بمعنى بأن يراعى وجود وصلات يمكن من خلالها إجراء عمليات الترقية التكنولوجية، وبالطبع فإن استخدام مواد البناء المشتقة من البيئة المحلية كالصخور والمخلفات الزراعية يهدف إلى حماية البيئة وتعزيز الاقتصاد (Mohamed, 2020, P.1-2)، وتأخذ عمليات تطوير العمارة البيئية عدة محاور تتمثل في:

❖ الحفاظ على التراث الثقافي للمجتمع المحلي من خلال الاحتفاظ بالمظهر التقليدي للمباني أو ما يطلق عليه "العمارة التقليدية" *Conventional architectu*.

- ❖ ألا تتسبب المباني بمشكلات بيئية أو ما يسمى الإضطراب البيئي *Environmental disruption*، كما يراعي عند انشاء المباني ألا تُثِير تغييراً في اللاند سكيب الطبيعي، أي تحافظ على المظهر الطبيعي للمنطقة المراد تطويرها.
 - ❖ توفير فرص عمل لقطاع كبير من أبناء المجتمع المحلي (Mohamed, 2020, P-2).
 - ❖ مراعاة السمات التخطيطية التي تناسب البيئة الطبيعية، فهناك عدة سمات تناسب التخطيط العمراني والشكل المعماري للمباني بالبيئة الصحراوية، فعلى مستوى التخطيط يكون النمط المدمج أو المتقارب هو الأفضل لأن النمط المتوسع سواء في زيادة مساحة المساكن واتساع الشوارع يؤدي الى تعرضها للمؤثرات البيئية وبخاصة المناخية كالإشعاع الشمسي المباشر بالإضافة إلى ان تكون الشوارع غير مستقيمة وكثيرة التعرج لعرقلة حركة الرياح وتوفير أكبر قدر من الظلال (على، ٢٠٠٩، ص٤١، ١٣) وهذا يفسر انتشار ذلك النمط بالكتلة العمرانية القديمة بسيوة.
 - ❖ الموازنة المتبادلة بين طريقة التنفيذ والاستدامة البيئية للمشروع العمراني واستخدام العمالة المدربة كما يجب أن تكون مواد البناء المستخدمة موفرة في استهلاك الطاقة (Elshimy, 2012, P.5).
 - ❖ حل المشكلات الناتجة عن البناء بمواد بيئية، فالكورشيف عند تعرضه للمياه يصبح ضعيفاً ويزوب الملح حيث يؤدي ذلك الى انهيار المنازل (Abdallah, 2007, P74).
- ٥) اسس التخطيط بناء على بيانات المسطحات المائية (مستجمعات المياه السطحية):
 ١-٥) الأبعاد المورفومترية:

تقدر مساحة البرك الملحية بالمنخفض بـ ٢ كم^٢ ٧٠,٦٣ أي تُمثِّل ٦,٢% من اجمالي مساحة قاع المنخفض البالغة ١٤٢,٥ كم^٢، وتمثِّل بقايا البحر الجيولوجي القديم بالإضافة الى ما يصرف من مياه الصرف الزراعي بالمناطق المنخفضة. يتبين من شكل (٢٩) وجدول (١٢) أن أكبر البحيرات هي بركة سيوة بمساحة تبلغ ٢٧,٢٢ كم^٢، تليها بركة المراقي بمساحة ١١,٦٠ كم^٢، وتأتي بركة الزيتون بالمركز الثالث بمساحة ١٠,٧٧ كم^٢، وبركة أغورمي ٤,٩٧ كم^٢، وبركة المعاصر في أقصى شرق قاع منخفض سيوة بمساحة تبلغ ٢,٧ كم^٢. كما تنتشر العديد من البرك المائية في أنحاء المنخفض وبخاصة بحوض سيوة والتي تقل مساحتها عن ٢ كم^٢.



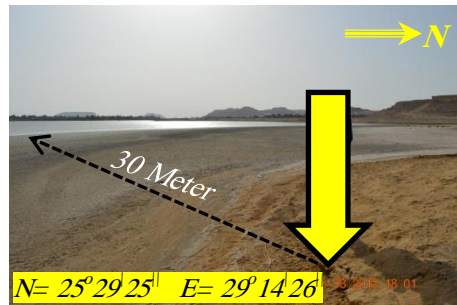
شكل (٢٩) انتشار البحيرات الملحية بقاع منخفض سيوة

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠ طبع عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة إلى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي *LandSat9*، بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، والرسم والتصميم باستخدام برنامج *ArcGIS 10.5*.

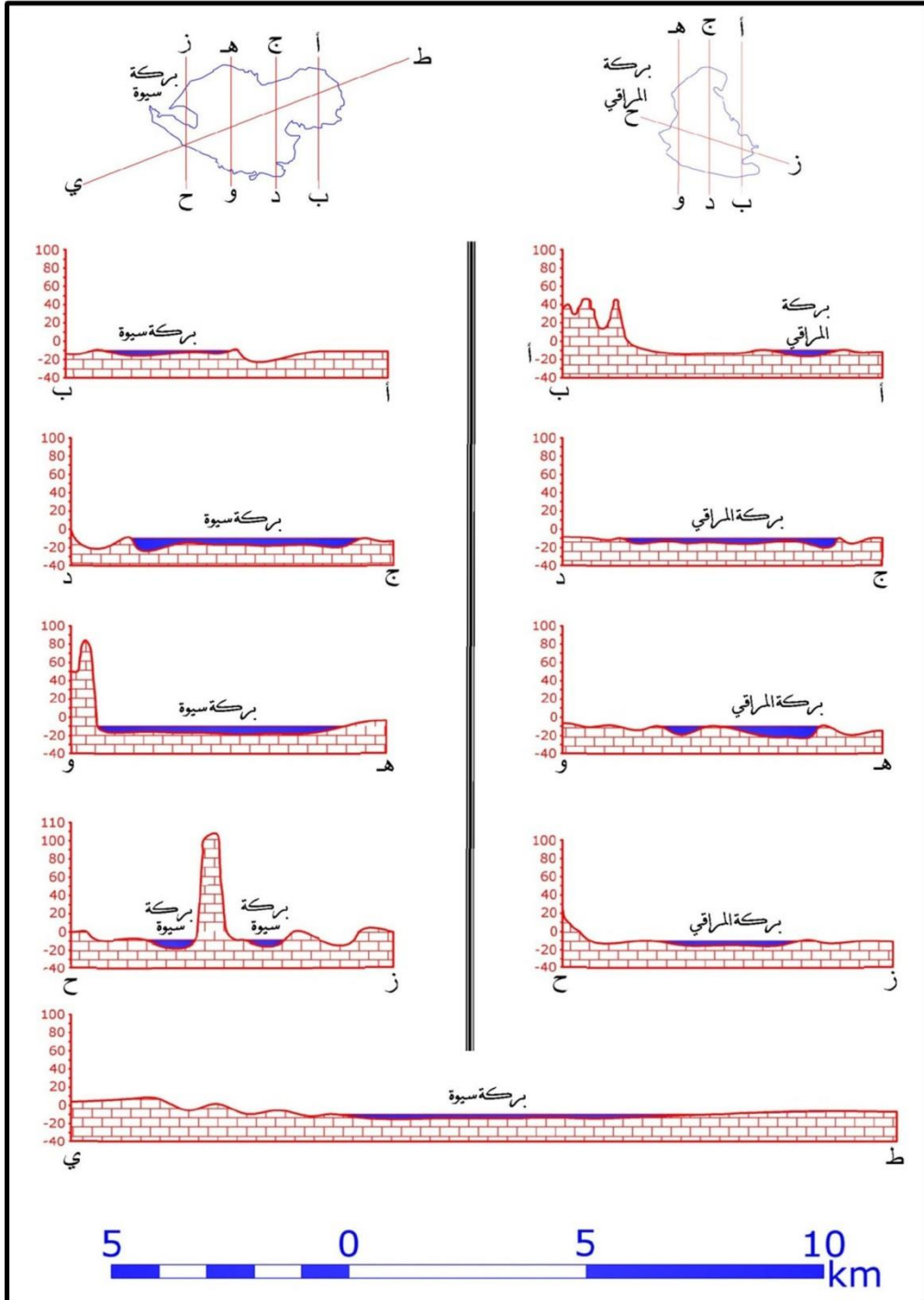
تُمثل البرك الملحية بقايا الغمر المائي للبحر الجيولوجي القديم، وتستمد مياهها من الينابيع العميقة (المياه الجوفية)، وتسرب المياه تحت السطحية إليها، فبحيرة المعاصر تشكلت بشكل رئيسي بسبب كثرة الينابيع العميقة في قاعها وتسربها إلى الأعلى من الخزان النوبي حيث طبقة المياه الجوفية من خلال الشقوق والفواصل الصخري، بينما تشكلت بحيرتا أغورمي في الجنوب والزيتون في الشمال نتيجة الإفراط في تخزين مياه الصرف التي يتم ضخها من المناطق المزروعة المحيطة بتلك المنطقة (*Sallam et al, 2018, P.156*)، ويتضح من شكل (٣٠) مدي سهولة تمدد البحيرات كلما زاد إيرادها المائي نتيجة تسطح الأراضي التي تحيط بها أو انكماشها مع زيادة معدلات التبخر، حيث تم رصد تغير مواقع ضفاف البرك الملحية بعدة مواقع، فإلى الشمال من بحيرة سيوة نجد ان البركة تراجعت لأكثر من ٣٠ متر، كما تم رصد تراجع بحيرة أغورمي لنحو ٣ متر - صورة (٢٣)، (٢٤).



صورة (٢٤) تراجع بحيرة أغورمي لأكثر من ثلاثة أمتار



صورة (٢٣) تراجع بحيرة سيوة لأكثر من ٣٠ متر بالجزء المالي الغربي



شكل (٣٠) قطاعات تضاريسية لبركتي سيوة والمراقي

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، طبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة إلى أعمال الرصد الميداني سبتمبر ٢٠٢٢.

جدول (١٢) الخصائص المورفومترية والمحتوي المائي للبرك الملحية بمنخفض سيوة تبعاً لتحليل نموذج الارتفاعات المجسم^{٢١} DEM

البركة	منسوب السطح	مساحة البحيرة بالهوامش المائية بالكم ^٢	طول محيط البرك الملحية بالكم	تقدير المحتوى المائي بالتر المكعب	أعمق نقطة	متوسط العمق
المعاصر	١٠-	٢,٧٠	٦,٦٩	٥٤٠٠٠٠٠,٠	١٢-	١,٠٠
الزيتون	٦-	١١,١٢	٣٠,٨٩	٢٢٢٢٤٠٠٠٠,٠	١٢-	٢,٠٠
أغورمي	١١-	٤,٩٧	٤,٩٧	٥١١٢٩٢٩,٩٩	١٢-	١,٠٠
سيوة	١٦-	٢٩,٤٧	٣٥,٦٥	٦٤٩٤٦٣٠٩,٩	١٩-	٣,١٢
المراقى	١٥-	١١,٦٠	١٧,٥٢	٥٣٢٣٩٢٦٠,٢	٢٢-	٤,٤

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على المعالجة الرقمية باستخدام برنامج ArcGIS 10.5 لمجموعة من نماذج الارتفاعات الرقمية Dem، ومراجعتها مع الخرائط الطبوغرافية إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠، مراجعة حقلياً عام ١٩٩٥، بالإضافة إلى أعمال الرصد الميداني (سبتمبر/٢٠٢٢)

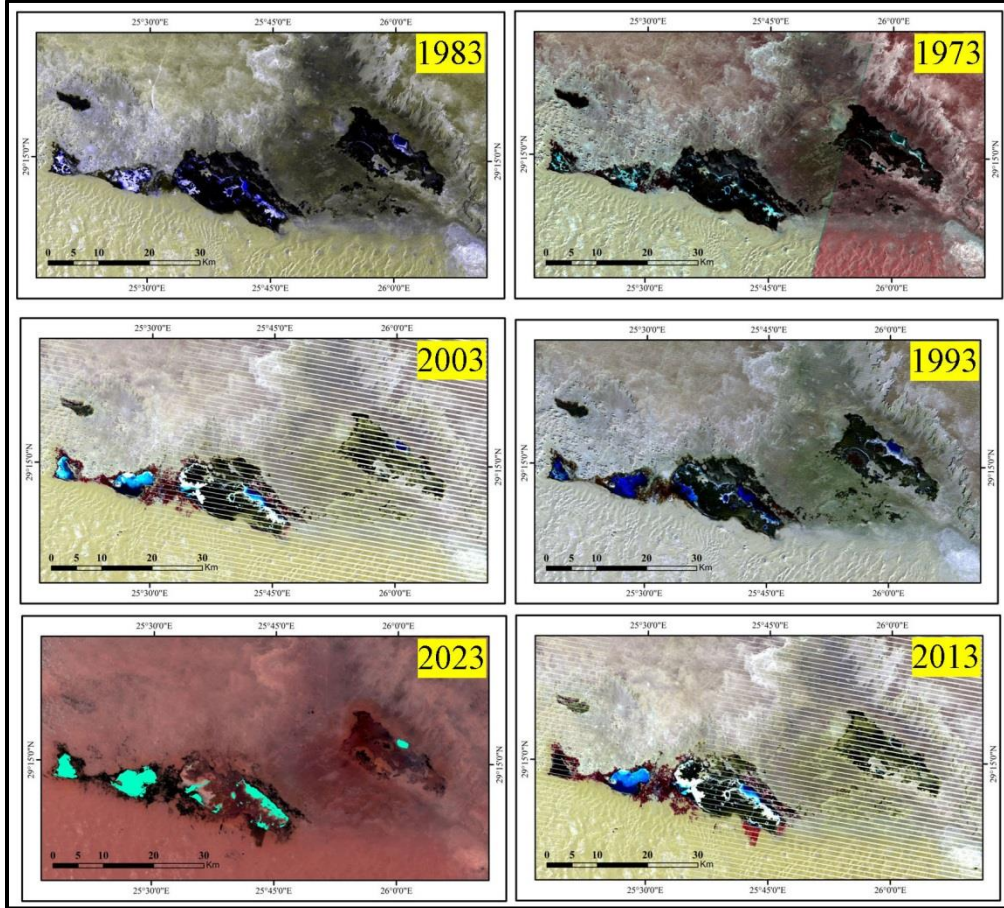
٢-٥) تطور مساحة البحيرات خلال الخمسون عاماً الأخيرة (١٩٧٢ - ٢٠٢٣):

يتضح مما سبق ان مساحة البرك الملحية غير ثابتة فهي تتمدد وتتكشف تبعاً لايرادها المائي وما تفقده من تبخر، لكن من الثابت هو تمدد مساحة البحيرات بداية من ثمانينات القرن العشرين، فمن واقع المرئيات الفضائية المأخوذة خلال الخمسون عاماً الأخيرة كما بشكل (٣١)، وجدول (١٣)، يتبين أن اجمالى مساحة البرك الملحية فى بداية سبعينيات القرن الماضي كانت تبلغ الى ٣٠,٨ كم^٢ قفزت إلى ٤٩,٠١ كم^٢ فى العام ١٩٨٣ أى زادت بنسبة ١٥٩,١% خلال عشر سنوات، وبذلك يتضح أن مشكلة تمدد البرك الملحية ظهرت جلية بداية من ثمانينات القرن المنصرم.

استمر تمدد البرك الملحية نتيجة زيادة حجمها المائي لتصل الى ٥٩,٧٢ كم^٢ عام ١٩٩٣ اى بزيادة قدرها ١٢١,٨% خلال المدة بين (١٩٨٣-١٩٩٣)، ثم تميزت المساحة بالثبات لفترة وجيزة ثم قفزت المساحة الى ٦٤,٦٨ كم^٢ عام ٢٠١٣ حتى وصل إلي

^{٢١} تظهر نماذج الارتفاعات المجسمة ان منسوب بركة الزيتون عند ١٨ متر، وبركة اغورمي عند ١٩ متر، بينما اعتمد الباحث في تحديد منسوبهم على الخرائط الطبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ نظراً لأنها مراجعة حقلياً عام ١٩٩٥، إلى جانب عمليات الرصد الميداني (سبتمبر/٢٠٢٢) وتحديد المناسيب باستخدام جهاز GPS.

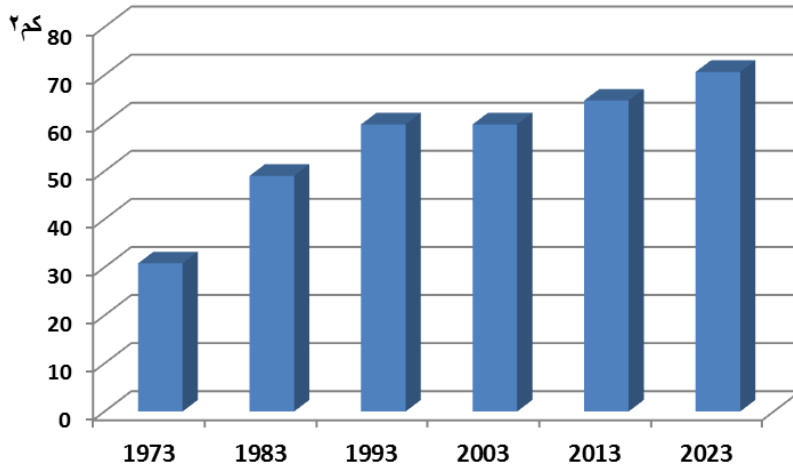
٢٠٢٣-١٩٧٣) في الوقت الحالي، أي أن المساحة زادت في المدة بين (٢٠٢٣-١٩٧٣) نحو ٣٩,٨ كم أي زادت أكثر من الضعف.



شكل (٣١) تطور مساحة البرك الملحية بسبب زيادة من واقع المرئيات الفضائية (المصدر: مرئيات فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat تم معالجتها باستخدام برنامج ArcGIS)
جدول (١٣) تطور مساحة البرك الملحية بسبب زيادة خلال الفترة (١٩٧٢ - ٢٠٢٣)

السنوات	١٩٧٣	١٩٨٣	١٩٩٣	٢٠٠٣	٢٠١٣	٢٠٢٣
مساحة البرك الملحية	٣٠,٨١	٤٩,٠١	٥٩,٧٢	٥٩,٧٢	٦٤,٦٨	٧٠,٦٣

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على مجموعة من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي LandSat سنوات مختلفة.



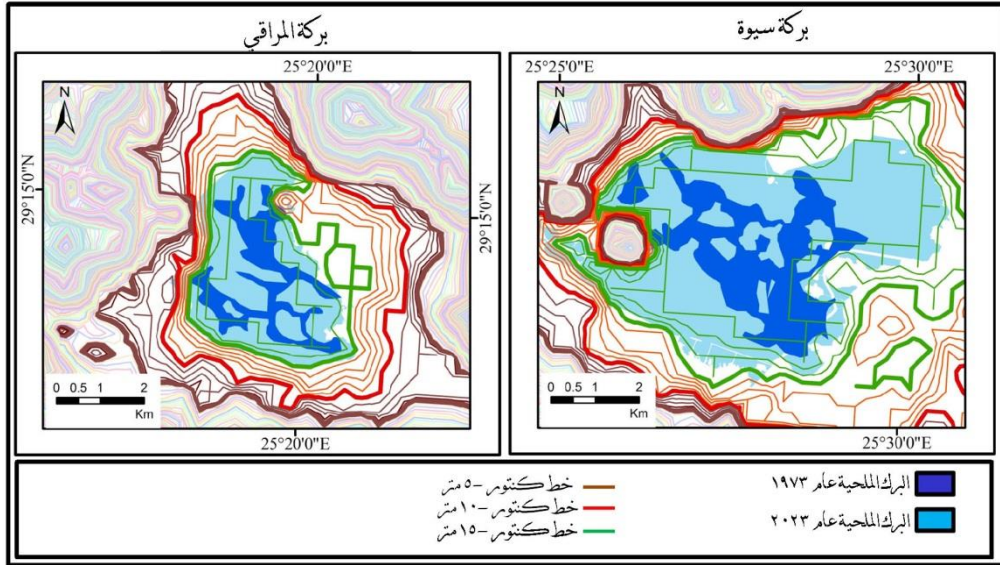
شكل (٣٢) تطور مساحة البرك الملحية بسيوة في المدة (١٩٧٣ - ٢٠٢٣)

المصدر: من عمل الباحث من واقع بيانات جدول (١٣)

أما عن البرك الملحية الأكثر تأثراً بالتغيير فكانت بركة سيوة فبعد ان كانت ٦,٩ كم^٢ بالعام ١٩٧٣ وصلت حالياً الى ٢٩,٤ كم^٢ بزيادة قدرها ٢٢,٥ كم^٢؛ وذلك يعود لتركز النشاط السكاني والنشاط الزراعي حولها، تليها بركة المراقي والتي كانت عام ١٩٧٣ بمساحة ٣,٢ كم^٢ فقط وأصبحت ١١,٦ كم^٢ في الوقت الحالي، اي زادت مساحتها بحوالي ٨,٤ كم^٢، أما بركة الزيتون فظهرت بشكل واضح بمريثات عام ١٩٨٣ بمساحة ١٠,٣ كم^٢، ووصلت مساحتها بالوقت الحالي الى ١١,١ كم^٢.

أما عن تطور الحجم المائي (المخزون) بالبرك الملحية الكبرى وبخاصة مع التوسع في النشاط الزراعي حيث زادت الاراضي الزراعية في المدة (٢٠٠٠ - ٢٠١٠) أكثر من ٧٨ كم^٢ (القصرابي، ٢٠٢٢، ص٤٦٣)، ولييان حجم المشكلة فيتبين من مطابقة خطوط الكنتور مع المريثات الفضائية المختلفة ان حدود سواحل البحيرات كانت تتفق مع خط كنتور ما بين ١٧- ، ١٨- متر عند بركتي سيوة والمراقي، بينما ارتفعت الآن كما سبق الاشارة الى ما بين ١٥- ، ١٦- متر كما بشكل (٣٣)، بمعنى ان منسوب البرك الملحية ارتفع مترين كاملين خلال الخمسون عاماً الماضية بمعدل ٤سم/سنة، اي تطور الحجم المائي للبحيرتين من ٨٢١٤٠٠٠٠ م^٣ عام ١٩٧٣ الى ١١٨١٨٥٥٧٠.١ م^٣ عام ٢٠٢٣ بزيادة قدرها

٣٣٦٠٤٥٥٧٠.١ ما يمثل ١٤٣.٩%، ومن هذا المنطلق ينبغي دراسة الميزانية المائية للبرك الملحية من حيث الوارد اليها والمفقود منها كما سنذكر تالياً.



شكل (٣٣) تطور مساحة بركتي سيوة والمراقى خلال المدة بين ١٩٧٣ - ٢٠٢٣

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على معالجة نموذج الارتفاع الجسدي DEM، وقت المعالجة الرقمية باستخدام برنامج ArcGIS 10.5، قمر المراجعة المناسب مع الخرائط الطبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، المأخوذة من تصوير جوي عام ١٩٩٤، والمراجعة حقلياً عام ١٩٩٥، وقطباعتها عام ١٩٩٨/١٩٩٧.

٣-٥ الميزانية المائية للبرك الملحية بسيوة:

يبلغ حجم التصريف المائي داخل المنخفض تبعاً لبيانات وزارة الري المصرية نحو ٢٩١ مليون متر مكعب سنوياً (النجار، ٢٠٠٨، ص ١٨) يضافوا الى حجم البرك الملحية، اما عن حجم الضائعات المائية يمكن تقديرها كالتالي:

أ) تقدير حجم الفاقد المائي:

تتخلص الأنظمة البيئية ذات المناخ صحراوي الجاف من الماء الزائد داخلها عن طريقين، الأول هو التبخر، والثاني عبر تسرب المياه خلال الطبقات المسامية من الصخور السطحية، ولكن يظل التبخر هو الطريقة الأكثر فاعلية التي تنظمها الدورة الهيدرولوجية، وينقسم التبخر الى نوعين، اولهما وهو التبخر المحتمل (Potential Evaporation) والمقصود به التبخر من المسطحات المائية او من التربة المشبعة

بالمياه بحيث توجد كميات من المياه يمكنها تعويض المفقود، والثاني هو التبخر الحقيقي (*Actual Evaporation*)، ويتمثل في كمية المياه المتبخرة فعلا او الكمية المفقودة بالفعل من منطقة معينة في فترة زمنية محددة وتحت مستوى معين من الرطوبة .

(ب) العوامل البيئية التي تتحكم في عملية التبخر:

يُعد التبخر نوعاً من استجابة النظام البيئي للطاقة الواردة الى نطاق جغرافي معين، لذلك يجب أن تُدرس آلية حدوثه بشكل دقيق وبخاصة داخل النطاقات الجافة. يحدث التبخر عندما يتحول الماء من سائل الى غاز ويتم التحكم في كمية المياه المتبخرة بتوفر الطاقة على سطح المسطحات المائية او الرطبة، ولسهولة اختلاط بخار الماء بالهواء الجوي يجب ان يتمتع جزئ الماء بحد أدنى من الطاقة إذا اراد ان يترك سطح الماء وبالتالي؛ فإن اضافة حرارة السطح الى الجسم المائي يرفع طاقة الجزيئات مما يؤدي الى امكانية مغادرة المزيد من الجزيئات للسطح. تشمل مصادر الحرارة الاشعاع الشمسي ذو الموجة القصيرة *Solar (short-wave) radiation*، والاشعاع الحراري ذو الموجة القصيرة *Hermal (long-wave) radiation* ، وتتحرك أيضاً جزيئات بخار الماء الموجودة في الجزء السفلي من الهواء وبعضها يلتحق بالمياه السطحية حيث أن معدل التقاط جزيئات بخار الماء يتناسب مع معدل اصطدامها بالسطح وبالتالي مع ضغط البخار *Vapor pressure* المجاورة لسطح الماء (Hall & Finch, 2001, P3) ، مما سبق يتبين أن هناك عمليتان تتشاركان في تبادل جزيئات الماء بين سطح المياه والهواء الجوي، الأولى يطلق عليها عملية التكثف، *Condensation* ويتمثل في التقاط الجزيئات المتجهة من الهواء تجاه السطح، أما التبخر *Vaporization* فهو حركة الجزيئات بعيداً عن سطح الماء، أي أن عملية التبخر تتمثل في الفرق بين معدلين، الأول هو التبخر *Vaporization Rate* والذي يحدث بسبب الحرارة، والثاني هو معدل التكثف *Condensation Rate* والذي يحدث بسبب ضغط البخار^{٢٢} *Vapor pressure* والفرق الايجابي بين العمليتين يضمن استمرار عملية التبخر (Shuttleworth, 1992, p. 4.3) .

^{٢٢} ضغط بخار الماء *vapor pressure* : هو الضغط الجزئي من بخار الماء . الحد الأقصى لضغط البخار ويسمى الاستقرار الديناميكي الحراري بالتشبع ضغط البخار، المعين *e* .

مما سبق تظهر أهمية التبخر كونه أحد المكونات الرئيسية للطاقة لذلك؛ فإن فهم العلاقات بين التبخر والنظام البيئي يمثل شرطاً للتنبؤ بمدى استجابة البيئة لتغيرات المناخ، هذا إلى جانب كونه ضروري للنمو النباتي، ويُمثل عامل رئيس يتحكم بكميات المياه التي تحويها مستجمعات المياه السطحية المغلقة (Dingman, 1992, P.253) ويتأثر التبخر بالعديد من العوامل تظهر في الخصائص التالية:

■ الخصائص المرتبطة بالعوامل المناخية:

تتمثل بشكل اساسي في الاشعاع الشمسي والحرارة والرطوبة النسبية والرياح، حيث يتطلب حدوث عملية التبخر كمية معينة من الطاقة مصدرها الاساسي هو الاشعاع الشمسي (مطروحاً منه الاشعاع الشمسي المنعكس) حيث وصف McEwen, 1930 التبخر بأنه صورة من صور تحول الطاقة، (يتمثل في الإشعاع الشمسي الوارد مطروحاً منه الإشعاع الشمسي المنعكس) حيث لا يتم امتصاص الإشعاع الشمسي الصافي بالكامل على سطح الماء، ففي الماء النقي يحدث حوالي ٧٠٪ من امتصاص الإشعاع الشمسي حتى عمق ٥ أمتار، ويتم تخزينه تحت سطح الماء كطاقة يطلق عليها "الطاقة الكامنة" *Stored-energy*، ولا يكون جاهزاً على الفور للتبخر، وفي الغالب تؤدي الطاقة المختزنة إلى تأخر عمليات التبخر الرئيسية لحدوث عملية التبخر ولذلك يزيد التبخر بمنطقة الدراسة في فصل الصيف كما سبق الإشارة حيث تزيد المعدل بنسبة ١٣٢.٩% عنه في فصل الربيع، ويزيد المعدل بنسبة ٢٦٧.٣٢% عن الشتاء.

مما سبق يتضح أنه كلما زادت الطاقة الواردة زادت نسبة التبخر / النتح، حيث تمتص الأسطح سواء كانت المسطحات المائية أو الارضية الطاقة الضوئية للتحول إلي طاقة كامنة في الماء، أي أن التبخر يزداد باطراد كلما زادت الحرارة في المسطحات المائية الطبيعية، قد تلعب التغيرات في حجم الحرارة المختزنة دوراً مهماً في توازن الطاقة (Dingman, 1992, P.257 - 258)، وكلما ارتفعت الحرارة تقل قدرة المياه على الاحتفاظ بالطاقة الكامنة، وكلما ارتفعت الحرارة كلما زاد تسخين سطح المياه المكشوف أو الاسطح الارضية المشبعة بالرطوبة، وبالتالي يزداد فقد بخار

الماء في الهواء نتيجة لعملية التبخر، حيث يتوقف اكتساب الحرارة على طبيعة السطح ذاته، فالجفاف يكتسب الحرارة بسرعة مما يعرضه للتسخين السريع، على عكس المسطحات المائية التي تكتسب الحرارة بشكل بطيء. أما عن التباين الحراري بين طبقات المياه، ففي خلال ساعات النهار ترتفع درجات الحرارة في المياه السطحية بسرعة بينما ترتفع ببطي في طبقات المياه العميقة، وفي الليل تبرد الطبقة السطحية نتيجة فقد الكثير من الحرارة بسبب التبخر، ومع برودة المياه السطحية تصبح أكثر كثافة من طبقات المياه في الأسفل، وهنا تهبط طبقة المياه العليا لتستقر على عمق أقل مما يؤثر على المظهر الحراري للمسطحات المائية، وبخاصة مع تناقص كميات الإشعاع الشمسي بعد منتصف يوليو (Jensen, 2010, P.7).

أما الرطوبة النسبية فهي تُمَثَّل كمية بخار الماء الموجود بالهواء، وبالتالي كلما كانت الرطوبة النسبية قليلة كلما كان ذلك دليلاً على قدرة الهواء على استقبال المزيد من بخار الماء أي يسمح ذلك بزيادة عمليات التبخر، بينما إذا كان الهواء مشبعاً ببخار الماء فإنه لن يستقبل المزيد من بخار الماء وبالتالي؛ تتباطئ عمليات التبخر لعدم قدرة الهواء على استيعاب كميات إضافية، وهنا يأتي دور الرياح حيث يعد الفرق بين ضغط بخار الماء على سطح التبخر *Evaporating Surface* وضغط بخار الماء بالأجواء المحيطة هو الدافع لإزالة بخار الماء من على أسطح التبخر، ومع استمرار عملية التبخر، يصبح الهواء مشبعاً وتدرجياً ستتباطئ عملية التبخر وقد تتوقف إذا لم يتم نقل الهواء الرطب إلى نطاق جغرافي آخر لذلك؛ يعتمد استبدال الهواء المشبع بالهواء الأكثر جفافاً بشكل كبير على سرعة الرياح الجافة (Allen et al., 1998, p. 1) فكما كانت الرياح أقوى، كانت التبخر أكثر قوة وفاعلية (Hall & Finch, 2001, P3). إذاً فالرياح تؤثر في كميات التبخر من خلال قدرتها على إزاحة الهواء المشبع ببخار الماء وإحلاله هواء جاف محله قادر على استيعاب المزيد من بخار الماء، أي أن قيم التبخر تزداد تدريجياً مع ازدياد سرعة الرياح، وبالطبع تكون الرياح الجافة الحارة هي الرياح الأنسب لزيادة معدلات التبخر/النتج. كما يزداد التبخر مع انتشار المسطحات المائية وبخاصة الصغيرة في النطاقات الصحراوية حيث يؤدي تنشأ ظاهرة يطلق عليها "تأثير الواحة" *Oasis effect*، تتمثل

في ان التبخر من مسطح مائي او الأسطح الرطبة عموماً يزيد كثيراً عن صافي الطاقة الاشعاعية المتوفرة على السطح بسبب عملية التبريد التبخيري *Evaporative Cooling* والتي تنتج كما سبق الإشارة لتدفق الهواء الجاف من المناطق الصحراوية نتيجة هبوب الرياح، ونتيجة تبخر المياه من السطح الرطب يصبح ابرد بكثير من طبقة الهواء التي تعلوه خاصة أثناء ساعات النهار، مما يؤدي الى انقلاب حرارى وتدفق حراري محسوس للهواء الجاف تجاه المسطح الرطب، اي ان التبخر يكون اكثر من صافي الاشعة المتاحة (*العروذ، ١٩٩٦، ص٥٨*). أما الضغط الجوي الذي يعد عبارة عن وزن عمود من الهواء على سم^٢، فكلما زاد وزن الهواء او بمعنى ادق قيم الضغط الجوي تقل عمليات التبخر الصاعد الى اعلى.

■ الخصائص المرتبطة بالمسطحات المائية:

كلما زادت مساحة المسطح المائي كلما زاد السطح المعرض للاشعاع الشمسي وذلك يؤدي الى زيادة التبخر (عند اهمال العمق)، الا في حالة زيادة العمق هنا يكون التبخر من المسطحات الصغيرة اكبر نظراً لان المسطحات الكبيرة ستحتاج وقتاً أطول لاكتساب المياه الحرارة اللازمة بها لانها تحوي كمية اكبر، ومن هنا يلاحظ تشكل القشور الملحية الصلبة بشكل اسرع على هوامش البرك الملحية وبخاصة بركتي الزيتون وأغورمي نظراً لعمقها الضئيل وسرعة تبخر المياه، وعندما تتخفف كثافة الطاقة الشمسية بعد منتصف يوليو تقريباً، تصبح المياه جاهزة لأن تفقد الطاقة المخزنة بها بشكل تدريجي عن طريق التبخر حيث تفقد المياه حرارتها الكامنة، وبالتالي فإن تقدير تلك الطاقة الكامنة يعطي صورة مهمة عن حجم الفاقد المائي المحتمل، حيث يزيد مقدار تخزين الطاقة مع زيادة العمق مع نظافة وشفافية المياه (*Jensen, 2010, P.2-5*) ، أي انه ببساطة كلما زاد الحجم المائي للمسطح المائي يحتاج وقتاً أطول لاكتساب الطاقة الكامنة أي تتأخر فيه عمليات التبخر.

كما ان المسطحات البحرية الواسعة قليلة العمق ترتفع بها قيم التبخر وبخاصة على اطرافها المواجهة للرياح، وتكون قيم التبخر مختلفة في الاطراف عنها بالجزء الأوسط (*Granger & Hedstrom, 2011, P.268*)، حيث تعمل الرياح على ازاحة طبقات الهواء المشبعة ببخار الماء ليحل محلها هواء جاف قادر على استيعاب

المزيد من بخار الماء، ومع استمرار تشبع الهواء ببخار الماء تقل معدلات التبخر حيث تنشأ طبقة هواء يطلق عليها *Blanket* غنية ببخار الماء، ومع استكمال الرياح لرحلتها فوق تلك المسطحات المائية تتناقص معدلات التبخر نظراً لبخار الماء الذي يحمله الهواء من أطراف المسطحات المائية (محمد وازريك، ٢٠٢٢، ص٤٢١٧)، علي عكس المسطحات المائية الصغيرة التي تقوم الرياح بدفع الهواء المشبع ببخار الماء وجلب هواء جاف أولاً بأول مما يسمح باستمرار عمليات التبخر.

أما عن نوعية المياه *Water Quality* فتتأثر كمية التبخر من المسطحات المائية بنوعية المياه، فمثلاً تقل معدلات التبخر عن ١% إذا زادت نسبة ملوحة المياه عن ١%، بسبب انخفاض ضغط بخار الماء المالح (Hall & Finch, 2001, P5)، حيث ان الأملاح تعيق حركة جزيئات الماء ومن ثم تؤثر على التبخر، أى ان زيادة نسبة الأملاح ببرك سيوة يساهم في صعوبة فقد المياه عن طريق التبخر بشكل أسرع، هذا يعني أن زيادة تركيز الأملاح بالبرك المائية عاماً بعد عام يعمل على إعاقة عملية التبخر، أو بمعنى أدق تقل الكميات المتبخرة نتيجة انخفاض الفاعلية البيئية في التخلص من المياه السطحية الزائدة.

أما عن العمق والمحتوي المائي *Depth or Water body* فكلما زاد العمق قل التبخر خلال شهور الصيف، بينما اذا كانت المياه ضحلة تزداد قيم التبخر، وكلما كان العمق كبير يقل التبخر خلال الصيف نظراً لان الماء يحتاج وقتاً أطول لاكتساب الحرارة، ويزداد في الشتاء نتيجة فقد الحرارة الكامنة، أى ان التبخر يتناسب عكسياً مع عمق المسطح المائي.

ت) كيفية حساب التبخر من مستجمعات المياه السطحية وأهميته:

يُعدّ تقدير كميات المياه المفقودة من خلال عملية التبخر - النتح مهماً للغاية في تخطيط وإدارة انظمة الموارد المائية مثل دراسة المسطحات المائية وتصميم الخزانات وتقييم كفاءة الري، وحساب متطلبات تجهيز الموارد المائية اللازمة لمشاريع التنمية المقترحة، ويعدّ التبخر - نتح المرجعي من العناصر الرئيسية التي تدخل في معظم النماذج الهيدرولوجية. (أوجي وحسن، ٢٠١٣، ص١٣). تبعاً لمورتون (Morton, 1983)، يتم تعريف البحيرة أو الخزان أو التجايف الناتجة عن عمليات التعدين السطحي على

أنها كتلة من الماء الممتدة على مساحة واسعة بحيث يؤدي تلامس الهواء مع تركيز منخفض لبخار الماء من البيئة الأرضية المجاورة لها ما يؤدي لتأثير ضئيل على معدل التبخر خارج الخط الساحلي المباشر أو المنطقة الانتقالية، علاوة على ذلك، يميز مورتون بين البحيرات الضحلة والعميقة، حيث أن الأولى تكون فيها التغيرات الموسمية في تخزين الحرارة غير مهمة، ويمكن أيضاً اعتبار البحيرات العميقة ضحلة إذا كان الاهتمام منصّباً فقط على معدل التبخر السنوي (McMahon et al, 2013, P.1333)، وهُنا يمكن تعريف تلك الكمية المفقودة من المياه بسبب التبخر بـ"الماء الحر" *Free-water*، أو "التبخر المحتمل" *potential, evaporation (E₀)* وهو معدل "التدفق" أو "التبخر" الذي سيحدث من سطح المياه المفتوحة الممتدة تحت الظروف المناخية المحلية بدون تأثيرات تخزين الحرارة أو تأثير الماء والطاقة (Dingman, 1992, P.257) (258-، ويرتبط التبخر من سطح البحيرات بالعمليات الجوية بشكل واضح كما سبق الإشارة، حيث يرتبط معدل التبخر من البحيرات *Lake Evaporation Rate* بسرعة الرياح فوق البحيرة، وفرق ضغط البخار *Vapor Pressure* بين سطح البحيرة والغلاف الجوي، كما يتأثر التبخر بالنطاق السينوبتيكي *Synoptic Scale Patterns* التي يتحكم فيها التأخر الحراري الكبير الناتج عن السعة الحرارية العالية للمياه، كما ينجم التباين في معدلات التبخر إلى التغيير في صافي الإشعاع *Net Radiation* والتدرج في درجة حرارة الهواء (Xiao et al, 2018, P.61)، وأشار Van Niel et al., 2011 إلى أن البيانات المطلوبة لقياس الفاقد من المياه في الغالب تكون التبخر بالمليمتر لكل وحدة زمنية، والضغط بالكيلو باسكال، ومتوسط سرعة الرياح خلال وحدة معينة من الزمن (متر/ثانية)، وطاقة الإشعاع وتقاس بـ MJ m^{-2} أو (ميغا جول / متر^٢) وذلك يكون لكل وحدة زمنية محددة. يمكن التعبير عن التبخر بالعمق لكل وحدة زمنية، على سبيل المثال (مم/يوم)، أو يتم التعبير عنها كطاقة خلال يوم واحد، مع ملاحظة أن الحرارة الكامنة للماء هي ٢.٤٥ ميغا جول /كجم عند ٢٠ درجة مئوية (McMahon et al, 2013, P.1333)، يتبع ذلك أن (١ مم / يوم) من التبخر يساوي (٢.٤٥ ميغا جول / م^٢) (Jensen, 2010, P.6)، وتم تصميم العديد من المعادلات التي تقيس كمية التبخر من اسطح البحيرات المغلقة كالتالي:

$$1 \text{ watt} = \text{Joule} \text{ s}^{-1} \text{ أو } 1 \text{ w/m}^2 = 1 \text{ J/m}^2 \text{S}^{-1}$$

ت) حساب كمية المياه المفقودة من برك سيوة بفعل التبخر:

تُعد معادلة بنمان *Penman, 1948* من أبرز المعادلات في ذلك المجال حيث قام بدمج معادلة توازن الطاقة مع طريقة نقل الكتلة وعمل معادلة رياضية لحساب التبخر من الماء المفتوح اعتماداً على السجلات المناخية معتمداً على بيانات الإشعاع الشمسي والحرارة والرطوبة وسرعة الرياح (*Allen et al, 1998, P.19*)، وتعد من أبرز المعادلات التي تجمع بين الديناميكا الهوائية *Aerodynamic approach* كمدخل لدراسة التبخر المحتمل مع معادلة الطاقة القائمة على صافي الإشعاع الوارد، دون الأخذ في الاعتبار ارتفاع حرارة سطح المياه، وتعرف بمعادلة بتقدير التبخر المحتمل *Estimate potential evaporation* وهي كالتالي (*McMahon et al, 2013, P.1335*):

$$E_{pen} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \times \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a$$

حيث أن:

E_{pen} = التبخر المحتمل اليومي ويقاس بـ (مم / يوم أو كجم / م^٢ / يوم)

R_n = صافي الإشعاع اليومي لسطح التبخر (ميجاجول / متر^٢/يوم) وهو ما يطلق عليه الألبيدو Surface albedo.

E_a = هي دالة لمتوسط سرعة الرياح اليومية (متر/ ثانية) / تمثل المكون الديناميكي الهوائي للمعادلة.

Δ = ميل المنحني بين ضغط بخار الماء المشبع وبين حرارة الهواء (كيلوباسكال/ درجة مئوية).

γ = الثابت السيكروميتر (كيلوباسكال / درجة مئوية).

λ = الحرارة الكامنة للتبخير. (ميجاجول / كجم).

مع العلم أن عند درجة حرارة ٢٠°م يكون ضغط البخار = ٢,٣٣٩ كيلوباسكال، وقيمة تدرج ضغط البخار مع درجات الحرارة = ٠,١٤٥ كيلوباسكال/درجة مئوية، وقيمة الثابت السيكروميتر = ٠,٦٦٧ كيلوباسكال/درجة مئوية (*Shuttleworth, 1992, p. 4.4*) ،

^{٢٤} الوحدة القياسية للإشعاع: (ميجاجول / متر مربع / يوم) (*MJ Megajoule per square metre and per day*) ، ويعادل بالتبخير ملليمتر/يوم (mm day⁻¹) ، يقاب لالتبخير المكافئ ملليمتر/يوم (mm day⁻¹) ، أي أن:

(١ مم / يوم) = (٢.٤٥ ميجاجول/م^٢/يوم) = (جول / سم^٢/يوم) = (J cm⁻² day⁻¹ / joule per cm² per day) (1mm day⁻¹) = (2.45 MJ m⁻² day⁻¹)

ونظراً لصعوبة تطبيق معادلة بنمان اقترح *Lincer, 1977* معادلة أخرى بعد ان قام بإدخال مجموعة من التعديلات على الصيغ الرياضية بحيث يمكن الحصول على التبخر بالمليمتراً/يوم والتي تعتمد على مدخلات شائعة وهى درجات الحرارة والارتفاع عن سطح البحر وقيم دائرة العرض (حسن، ٢٠١٣، ص٥٦) حيث وكانت المعادلة كالتالي:

$$E = \frac{700 \times (T + 0.006h) / (100 - A) + 15 (T - T_d)}{80 - T}$$

E = معدل التبخر من سطح الماء بالمليمتراً / يوم.

T = معدل درجة حرارة الهواء (درجة مئوية)

T_d = معدل درجة حرارة نقطة الندى (درجة مئوية)

A = الموقع بالنسبة لدوائر العرض (بالدرجات)

h = قيمة الارتفاع عن سطح البحر (بالمتر)

R = المعدل الشهري للمدى اليومي لدرجات الحرارة.

R_{ann} = معدل درجة الحرارة لأدنى وأبرد شهر.

وقدم ليناسر *Linacre* معادلة أخرى لتقدير قيم (T - T_d) وهى كالتالي:

$$T - T_d = 0.0023h + 0.37T + 0.53R + 0.35R_{ann} - 10.9$$

يُمكن تقدير كميات الفاقد من المياه بالمنطقة المدروسة من واقع جداول معدلات التبخر المرفقة لمنطقة سيوة كما هو موضح بجدول (١٤)، حيث يتبين من الجدول ان اجمالى كميات المياه المفقودة بالتبخير سنوياً تساوي ٢٣٧٣١٤٢١٨,٥ م^٣، إلا ان تلك البيانات تُعد بيانات مطلقة قد لا تعطي تقديراً دقيقاً لكميات المياه المفقودة بالتبخير من مستجمعات المياه السطحية، وبتطبيق معادلة *Linacre* لمقارنة النتائج يكون معدل كمية البخر = ٦,٢٧ م/يوم، بينما كان المتوسط تبعاً لبيانات المناخية - راجع جدول (٣) - قيمته ١٠,٠٢ م/يوم، وبناء على ذلك يكون الاجمالي السنوي تبعاً لمعادلة *Linacre* تساوي ٢٢٨٨,٥٥ م^٣، بكمية = ٢,٢٩ متر^٣/متر^٢، أي ان اجمالى كميات البخر السنوي من مستجمعات المياه السطحية = ١٤٨٠٩٢٠٧٠,٥ م^٣. هذا معناه أن الفرق بين المكتسب والمفقود يبلغ ١٤٢٩٠٧٩٢٩,٥ م^٣ تضاف سنوياً الى مياه البرك الملحية، أى أن الميزانية المائية تسير فى اتجاه زيادة حجم المخزون المائي داخل البرك المائية بالمنخفض.

جدول (١٤) كمية الفاقد من المياه بالتبخر تبعاً لبيانات قيم التبخر المطلقة

الفصول	الشهور	المعدل اليومي لكمية التبخر متر ^٣ / متر ^٢	اجمالي كمية التبخر الشهرية متر ^٣ / متر ^٢	اجمالي كمية التبخر المطلقة بالمنطقة متر ^٣
الشتاء	ديسمبر	٠,٠٠٤٤٥	٠,١٣٧٩٥	٨٩٢٦٧٤٤.٥
	يناير	٠,٠٠٥٦٣	٠,١٧٤٥٣	١١٢٩٣٨٣٦.٣
	فبراير	٠,٠٠٦٥٤	٠,١٨٣١٢	١١٨٤٩٦٩٥.٢
الإجمالي الفصلي			٠,٤٩٥٦	٣٢٠٧٠٢٧٦
الربيع	مارس	٠,٠٠٨٧١	٠,٢٧٠٠١	١٧٤٧٢٣٤٧.١
	أبريل	٠,٠١١٦٤	٠,٣٤٩٢	٢٢٥٩٦٧٣٢.٠
	مايو	٠,٠١٣٠٧	٠,٤٠٥١٧	٢٦٢١٨٥٥.٧
الإجمالي الفصلي			١,٠٢٤٣٨	٦٦٢٨٧٦٢٩,٨
الصيف	يونيو	٠,٠١٤٣٣	٠,٤٢٩٩	٢٧٨١٨٨٢٩.٠
	يوليو	٠,٠١٥١٧	٠,٤٧٠٢٧	٣٠٤٣١١٧١.٧
	أغسطس	٠,٠١٤٩٣	٠,٤٦٢٨٣	٢٩٩٤٩٧٢٩.٣
الإجمالي الفصلي			١,٣٦٣	٨٨١٩٩٧٣.٠
الخريف	سبتمبر	٠,٠١٠٨٧	٠,٣٢٦١	٢١١٠١٩٣١.٠
	أكتوبر	٠,٠٠٩١٧	٠,٢٨٤٢٧	١٨٣٩٥١١١.٧
	نوفمبر	٠,٠٠٥٨	٠,١٧٤	١١٢٥٩٥٤٠.٠
الإجمالي الفصلي			٠,٧٨٤٣٧	٥٠٧٥٦٥٨٢,٧
الإجمالي السنوي			٣,٦٦٧٣٥	٢٣٧٣١٤٢١٨,٥

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على بيانات جدول رقم (٣).

(٦) اسس التخطيط البيئي بناء على بيانات الموارد المائية (الماء الجوفي):

تُعد موارد المياه هي تلك المياه المستخدمة في الزراعة والصناعة بالإضافة إلى أغراض الشرب، تبرز أهمية الماء الجوفي في انه يعد المورد الرئيسي للمياه في العديد من النطاقات التي تتسم بأنها ذات مناخ جاف أو شبه جاف ولا تتمتع بتساقط امطار منتظم او بكميات كافية، او المناطق التي لا يرد اليها مياه عن طريق مجاري مائية (دائمة أو مؤقتة) تأتي بامداداتها من نطاقات اخري مطيرة، وتُعد طبقة المياه الجوفية عبارة عن "خزان" للمياه تحت الأرض في المسام بين الجسيمات التي تتشكل منها الصخور أو بين ثنايا الشقوق الصخرية، ويتم استغلالهمن طريق حفر الآبار، أو من خلال خروجه الى السطح عن طريق الارتشاح (Beer & Higgins, 2000, P.27)، عند التخطيط يتم تناول الماء الجوفي من خلال تحديد الطبقات الصخرية الحاملة له وتكلفة استخراجها، وكمياته، وجودته وانعكاس ذلك على مياه الشرب ومياه الري الزراعي وجودة التربة وبالتالي انعكاسه على مدي جودة المحاصيل، وعلى الرغم ان يتم دراسته مع البيانات الجيولوجية، الا ان الماء الجوفي بمنطقة الدراسة يعتبر هو المورد الأساسي ان لم يكن الوحيد للمياه وبخاصة أن المطر الساقط لا يمكن الإعتماد عليه حيث تبلغ اجمالي كميته السنوية ١١.٣ مم / سنة وهي كمية ضئيلة للغاية.

يتم استخدام المياه الجوفية بمنطقة الدراسة عبر نحو ٢٠٠ عين مياه طبيعية بتصريف يبلغ نحو ٧٠ مليون م^٣/عام أشهرها عين كليوباترا وعيون أبوشروف وقريشت ومشندت- صورة (٧)، كما ينتشر بمنطقة الدراسة نحو ١٢٠٠ بئر غير عميقة (لا يزيد عمقها عن ١٠٠ متر)، بالإضافة الى ثمانية آبار يصل عمقها الى نحو ٩٠٠ متر (ابراهيم، ٢٠١٢، ص ١٩٣) وتلك العيون والآبار هي مصدر الموارد المائية بالمنخفض، أما عن مصادر المياه بها فيمكن دراستها كالتالي:



$N= 25^{\circ}33'00''$ $E= 29^{\circ}11'48''$

صورة (٢٦) انثقاع المياه من بئر ماء سطحي بسيوة



$N= 25^{\circ}33'00''$ $E= 29^{\circ}11'49''$

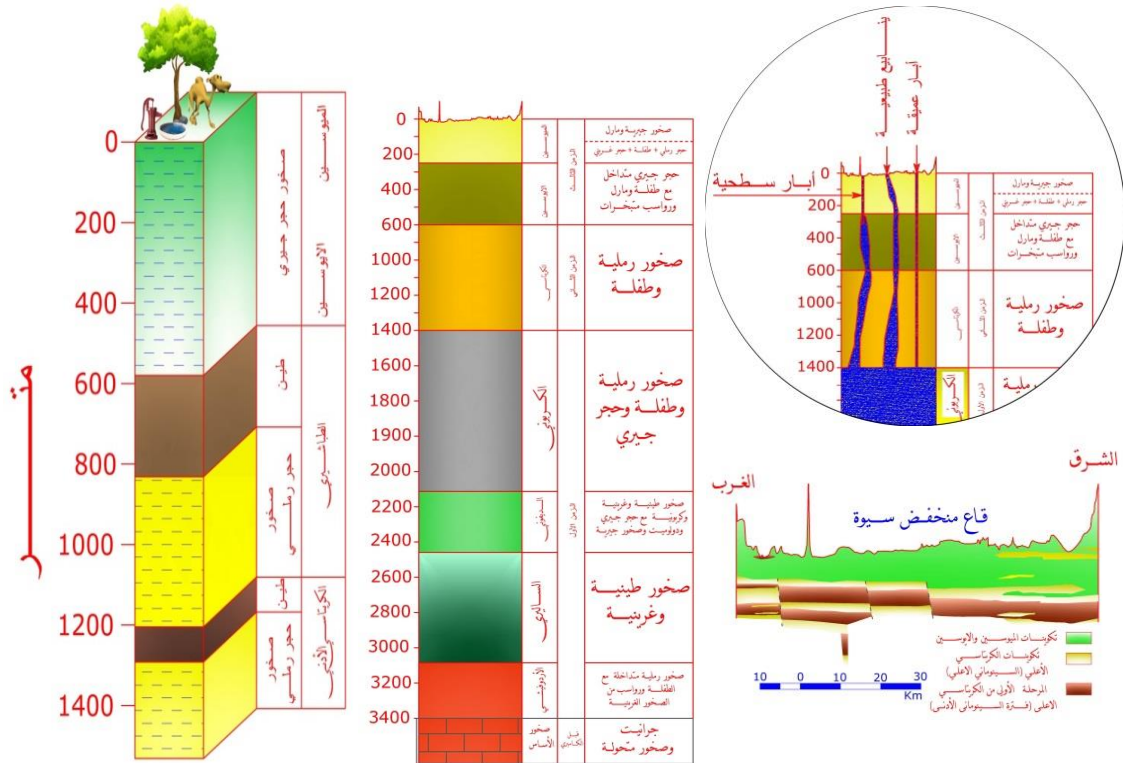
صورة (٢٥) عين مياه طبيعية - عين كليوباترا

٦-١) الطبقات الصخرية الحاملة للمياه وكمياته:

تُعد المنخفضات بالصحراء الغربية محفورة في التكوينات الجيولوجية للزمن الثالث، بينما ترقد قيعانها على تكوينات الزمن الثاني ولا سيما صخور الحجر الطباشيري، وصخور الحجر الرملي النوبي الذي يمثل الخزان الجوفي الرئيسي بالصحراء المصرية.

تظهر تكوينات الحجر الرملي النوبي اسفل منخفض سيوة غالباً على عمق من ٥٠٠ - ٧٠٠ متر، حيث يتراوح سمكها بين ٢٥٠٠ الي ٣٠٠٠ متراً، حيث يُعرف الجزء العلوي منها بتكوينات البحرية *Bahariya Formation*، ويظهر بشكل واضح بالجزء الشرقي من منخفض سيوة، بينما تختفي في جزءها الغربي (Abdulaziz & Faid, 2015, P.64)، أما بالجزء الغربي من سيوة حيث ادنى نقاط المنخفض (-٢٢ م)، تظهر طبقات المياه الجوفية بشكل محدد في ثلاث طبقات- شكل(٣٤)، الأولى تتمثل بطبقة الماء الجوفي بالحجر الجيري المتصدع السنوماني ^{٢٥} *Cenomanian fractured limestone*، بسمك ٥٠٠ الى ٦٠٠ متر متشكلة من الحجر الجيري والطفلة حيث أن تلك الطبقة مغطاه في بعض النطاقات برواسب الطين ومناطق اخري بالرواسب الرملية (بحر الرمال العظيم)، وترتكز تلك التكوينات على طبقة من الصخور الطينية يطلق عليها تكوينات ابورواش *Abu Roash Formation* ، ويُستغل الماء هناك عبر مجموعة من الينابيع الضحلة، وينتمي جيولوجياً الى تكوينات ترجع لعصور الايوسين والميوسين، حيث ان الجزء العلوي من طبقات المياه تنتمي الى الميوسين حيث ينتمي لتكوينات المارماريكا (الميوسين الاوسط) وتكوينات المغرة (الميوسين الاسفل)، ونسبة الملوحة به مرتفعة حيث تصل الى ٤٠٠٠ جزء في المليون، وتصل في بعض المواضع الى ١٣٠٠٠ جزء في المليون، أما الخزان الرئيسي للمياه الجوفية يتكون بشكل رئيسي من صخور الحجر الرملي لتكوينات البحرية *Bahariya sandstone aquifer*، وهو مصدر المياه العذبة، حيث تتراوح أعماق الآبار العميقة المستخدمة لاستخراج المياه الجوفية هناك

^{٢٥} *Cenomanian* المقصود به الحجر الجيري الذي ينتمي الى اقدم عصر من العصر الطباشيري المتأخر أو أدنى مرحلة من سلسلة العصر الطباشيري الأعلى.



شكل (٣٤) الطبقات الحاملة للماء الجوفي بواحة سيوة

المصدر: من رسم الباحث اعتماداً على (Abdulaziz & Faïd, Abdel-Gawad et al, 2020, P.124, 129) (Ghoubachi, 2016, P.38) (2015, P.4-5)

بين ١٠٠٠ - ١٥٠٠ متر بقدرة استخراج ٨٥٠٠٠ م^٣/يوم حيث انه محصوراً بين طبقتين من الطين السميك، ففي الاعلى تكوينات أبورواش، وفي الأسفل طبقة تكوينات علم البويب *Alam El-Bueib claystone* من الحجر الرملي، وتبلغ سعة الخزان الجوفي هناك الى نحو ٧٨٠ مليار متر^٣ من المياه العذبة، وتتراوح نسبة الملوحة به بين ١٦٠ الى ٢٠٠ جزء في المليون، أما الثالث فيتمثل في خزان علم البويب الذي يتألف من الحجر الرملي، ويستخدم الحفر العميق لاستخراج المياه منها، وتعكس ملوحة المياه الجوفية لتكوينات الحجر الرملي لتكوينات البحرية مدي جودتها كمياه عذبة لإنخفاض نسبة الاملاح بها حيث نقل عن ١٠٠٠ اجزاء في المليون (Ghoubachi, 2016, P40-42). مما سبق يتبين ان جودة المياه في الخزانات العميقة أفضل من الخزانات تحت السطحية قليلة العمق.

يُسْتَخْدَم نحو ثمانون ينبوعاً لأغراض الري والزراعة الى جانب اغراض الشرب، بالإضافة الى أكثر من ١٢٠٠ بئر تستخرج المياه من الطبقات الضحلة الحاملة للمياه بعمق ١٠ - ٢٠٠ متر فقط (Elnazer, et al, 2023, P.2) ، ويمثل ذلك مشكلة كبيرة لارتفاع نسبة الاملاح بالمياه نتيجة انحلال الحجر الجيري.

(٦-٢) جودة الماء الجوفي بمنخفض سيوة:

تتأثر جودة المياه الجوفية بالتركيب الكيميائي والمعدني للطبقات الصخرية الحاملة له، وفي دراسة اجريت على الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية بسيوة لعينات من المياه الجوفية (Safaa & ismail, 2018, P.469-474) خلصت إلي انه على الرغم من ان قيم الالاس الهيدروجيني Ph كانت في حدود المسموح به (٦,٥ - ٨,٥)، إلا أن قيم التوصيل الكهربى EC الخاصة بنسب الأملاح كانت أعلى من المسموح به في أغلب العينات المدروسة، حيث كان أقل من ٢٥% من العينات تندرج تحت فئة المياه العذبة، بينما ٣١% كانت قليلة الملوحة، ٤٤% ذات ملوحة معتدلة، ٢% ذات ملوحة مرتفعة، أي أن ٧٧% من تلك العينات تعني أنها غير صالحة للشرب، وأرجعت الدراسة مشكلة الملوحة في عينات المياه إلى انحلال الحجر الجيري، بالإضافة الى انحلال معدن الهاليت المكون الرئيس في صخور المتبخرات، ومما لا شك فيه أن التركيزات العالية للأملاح في مياه الري تؤثر على انتاجية المحاصيل الزراعية. اتفقت تلك الدراسة مع دراسة (Elnazer, et al, 2023, P.5) من حيث ارتفاع نسب الملوحة الناتجة ارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة تراوحت قيم المواد الصلبة الذائبة من ١٣٦٧ إلى ٨٦٤٥ مجم / لتر وتمعدن المواد العضوية وذلك عائد الى ذوبان الحجر الجيري والدولوميت والمتبخرات مما يؤثر على جودة التربة وقدرتها الانتاجية وحجم المحصول.

تُعَوِّد مشكلة ارتفاع الملوحة بالمياه الى اعتماد أهالي سيوة فى الري على استخراج المياه من الطبقة السطحية من الصخور منذ نهاية القرن المنصرم مما فاقم من مشاكل تملح المياه والتربة بالمنخفض. في الفترة من ١٩٨١ إلى ١٩٩٦ اعتمد المزارعون آلة الحفر بسيطة مكنتهم من حفر العديد من الآبار سيئة التصميم في طبقة المياه الجوفية الجيرية القريبة من السطح؛ مما أدى لوجود فائض في إمدادات

المياه وتشكل بحيرات في الأجزاء المنخفض من كل مستجمع مائي مع استمرار فقدان أراضي منتجة، أسفر ذلك عن كارثة جغرافية بيئية اثرت علي عمليات التنمية المستدامة (Abdel-Gawad et al, 2020, P119). تبرز مشكلة المياه أيضاً نتيجة غياب الرقابة من الدولة فيما يتعلق باستخدام المياه وأنظمة الصرف الصحي، مع عدم وجود ضوابط للري والصرف الزراعي، وإن كان هناك مجموعة من اللوائح التي تنظم عمليات استخراج واستخدام المياه كلوائح حفر الآبار، ولكن في الواقع يتم حفر الآبار دون إذن من الجهات الحكومية ودون اللجوء لتقنية علمية وشركات متخصصة، ومن الواضح وجود فجوة بين اللوائح التي وضعتها الحكومة وبين المجتمع المحلي الذي عادة لا يشارك في اتخاذ القرارات (Gänsbauer, 2015, P.53)، ولقد انتهت الدولة مؤخراً وبدأت تتدخل لاعادة عمليات التنمية الى مسارها الصحيح بداية من نهايات الربع الأول من القرن الواحد والعشرون.

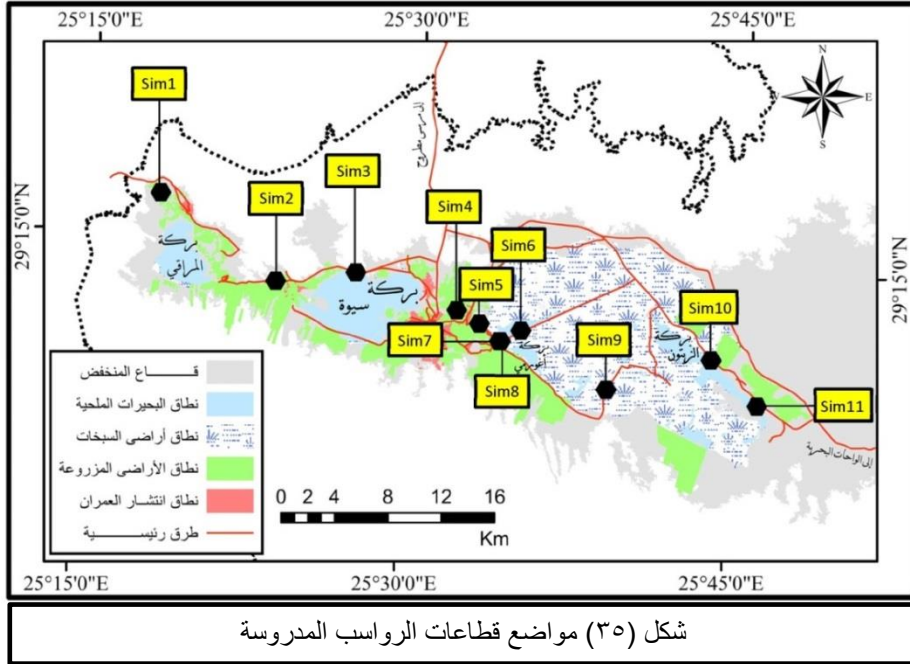
(٧) أسس التخطيط البيئي بناء على خصائص الرواسب بالمنطقة المدروسة:

تعود أهمية دراسة الرواسب إلى كونها البنية الأساسية واللبنة المُنَمَّة للعصور الجيولوجية التي نعرفها، والتي تدل دلالة واضحة على مامرت به الأرض من عمليات كبرى، تحوى معلومات عن التطور البيولوجى والتغير المناخى والحركات التكتونية (Babcock, 2009,158)، كما تُمَثِّل الرواسب المجال الحيوى للنبات الطبيعى وتتحكم خصائصها الطبيعية كالمسامية والنفاذية فى خروج الماء تحت السطحي من بين ثناياها؛ لذلك كان لزاماً التطرق لخصائصها ومحتواها بشكل دقيق.

قام الباحث بحفر مجموعة من القطاعات فى مسطحات الرواسب الواقعة بالجزء الأوسط والغربي من المنخفض كما بصورة (٢٧)، وشكل (٣٥)، حيث ان ذلك الجزء يشهد نطاق التوطن والاستغلال البشري، وتم حفر القطاعات من السطح وحتى ظهور طبقة المياه تحت السطحية بأعماق تتراوح بين ١٠ - ٥٠ سم، وتم أخذ عينة ممثلة لكل طبقة من طبقات الارساب للتعرف على خصائصها الطبيعية والكيميائية والمعدنية.



صورة (٢٧) حفر القطاعات فى طبقات رواسب السبخات



شكل (٣٥) مواضع قطاعات الرواسب المدروسة

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على مجموعة من اللوحات الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠ من إنتاج إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة، تم تحديد مواضع العينات ميدانياً باستخدام جهاز GPS.

٧-١) الخصائص الطبيعية للرواسب:

يُعد البناء والنسيج من أهم الخصائص الطبيعية لطبقات الرواسب واللذان يُحددان معاً المسامية التي تُحدد قدرة الرواسب على توصيل الماء والهواء (بولر ، ٢٠٠٠، ص ١١٥)، ومن هذا المنطلق قام الباحث بإجراء التحليل الميكانيكي على عينات طبقات قطاعات الرواسب التي جمعها من ١١ موضع بمنطقة الدراسة، وتم تمثيلها بإستخدام المدرج التكراري (Histograme)، والمُنحنى التراكمي (Cumulative Curve) الموضح بملق (١)، وتم إستخراج المُعاملات الإحصائية وأبرزها التي وضعها العالمان (Folk & Ward, 1957)، والتالي عرض وتحليل لنتائج التحليل الميكانيكي الواردة بجدول (١٥) وشكل (٣٦)، (٣٧)، (٣٨) كالتالي:

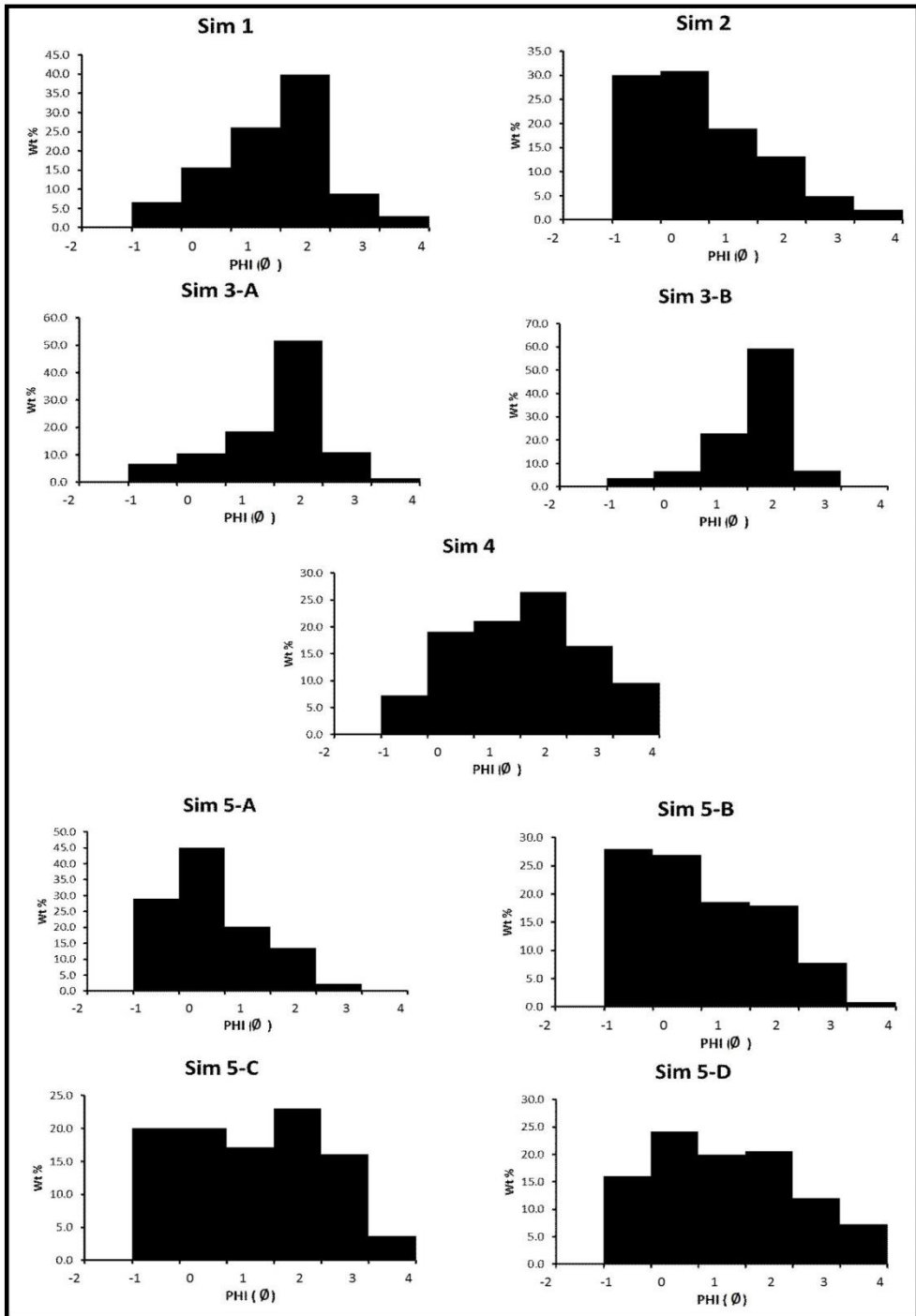
❖ أغلب رواسب قاع منخفض سيوة تتشكل من الرمال بمتوسط ٩٥% من إجمالي الرواسب. أثر ذلك في نوعية نسيج التربة والذي يتراوح بين الرملية واللومية الرملية والرملية اللومية، وتمثل التربة الرملية أكثر من ٥٤% (عقل، ٢٠٠٣، ص ١١٦)، وتتميز رواسب الرمال من حيث المسامية *Porosity* بإتساع المسافات

جدول (١٥) نتائج التحليل الميكانيكي لعينات رواسب المختارة بالمنطقة المدروسة

مكونات العينة										العينة Sample No.
غيرين Clay & Salt	نسبة الرمال Sand percent	رمال					حصى Gravel	سلك الطيعة الرسوبية (سم)	طبقات الراسب المدروسة	
		رمال ناعمة جدا Very Fine Sand	رمال ناعمة Fine Sand	رمال متوسطة Medium Sand	رمال خشنة coarse Sand	رمال خشنة جدا Very coarse Sand				
٣,٠٣	٩٦,٩٧	٨,٨٧	٣٩,٨٢	٢٦,٠٦	١٥,٦١	٦,٦١	٠,٠٠	١٠	A	Sim1
٢,١٠	٩٧,٩٠	٤,٩٤	١٣,١٣	١٨,٩٥	٣٠,٨٧	٣٠,٠١	٠,٠٠	١٠	A	Sim2
١,٣٨	٩٨,٦٢	١٠,٩٣	٥١,٧٩	١٨,٦٠	١٠,٥٥	٦,٧٥	٠,٠٠	٥	A	Sim3
٠,٣٥	٩٩,٦٥	٦,٩٧	٥٩,٢٧	٢٢,٩١	٦,٦٩	٣,٨١	٠,٠٠	١٣	B	
٩,٥٦	٩٠,٤٤	١٦,٤٣	٢٦,٤٨	٢١,٠٩	١٩,١٣	٧,٣١	٠,٠٠	٣٠	A	Sim4
٠,٠٧	٩٩,٩٣	٢,٢٦	١٣,٥٤	٢٠,١٨	٣٤,٩٧	٢٨,٩٨	٠,٠٠	٥	A	Sim5
٠,٨٨	٩٩,١٢	٧,٧٩	١٧,٨٩	١٨,٦١	٢٦,٩٢	٢٧,٩١	٠,٠٠	٨	B	
٣,٦٧	٩٦,٣٣	١٦,٠٧	٢٣,٠٢	١٧,١٢	٢٠,١٠	٢٠,٠٢	٠,٠٠	٥	C	
٧,٣٠	٩٢,٧٠	١١,٩٨	٢٠,٦١	١٩,٩٧	٢٤,١١	١٦,٠٣	٠,٠٠	٣٤	D	
١٢,٠٠	٨٨,٠٠	١٦,٥٢	١٩,٠٣	١٠,٦١	١٢,٨٧	٢٨,٩٧	٠,٠٠	٥	A	Sim6
٥,٧١	٩٤,٢٩	٢٣,٢٥	٢٥,١٣	١٤,٧٨	١٦,٠٢	١٥,١١	٠,٠٠	١٠	B	
٠,٨٩	٩٩,١١	٧,٧٨	١٩,١٢	٢٢,٠٧	٢١,٠٩	٢٩,٠٥	٠,٠٠	٣	A	Sim7
٨,٣٧	٩١,٦٣	١٨,٩٨	١٥,٩٧	١٢,٨٥	١٦,٢٢	٢٧,٦١	٠,٠٠	٢٧	B	
٠,٠٧	٩٩,٩٣	٧,٦١	١٨,٩٧	٢٢,٠٤	٢٥,٠٤	٢٦,٢٧	٠,٠٠	٣	A	Sim8
٠,٩١	٩٩,٠٩	٦,٥٧	١٧,٠٤	٢١,١١	٣٤,١٩	٢٠,١٨	٠,٠٠	٨	B	
٧,٦٢	٩٢,٣٨	١١,٠٩	٢١,٠٤	١٩,٧٥	٢٥,٢٧	١٥,٢٣	٠,٠٠	٦	C	
٦,٤٥	٩٣,٥٥	١٠,٩٧	٣٠,٥١	٢٤,٤١	١٤,٧٢	١٢,٩٤	٠,٠٠	٢	A	Sim10
٩,٣٧	٩٠,٦٣	٢٠,٥٠	٤١,٣٩	١٤,٦٢	٦,٠١	٨,١١	٠,٠٠	٦	B	
٨,٧١	٩١,٢٩	١٩,٨٧	٢٤,٣٤	١٦,٢٧	١٧,٠٠	١٣,٨١	٠,٠٠	٥	C	
١١,٣١	٨٨,٧٩	٢٨,١٣	١٨,٥١	١٢,٢١	١٣,٩١	١٦,٠٣	٠,٠٠	٣٠	A	Sim11

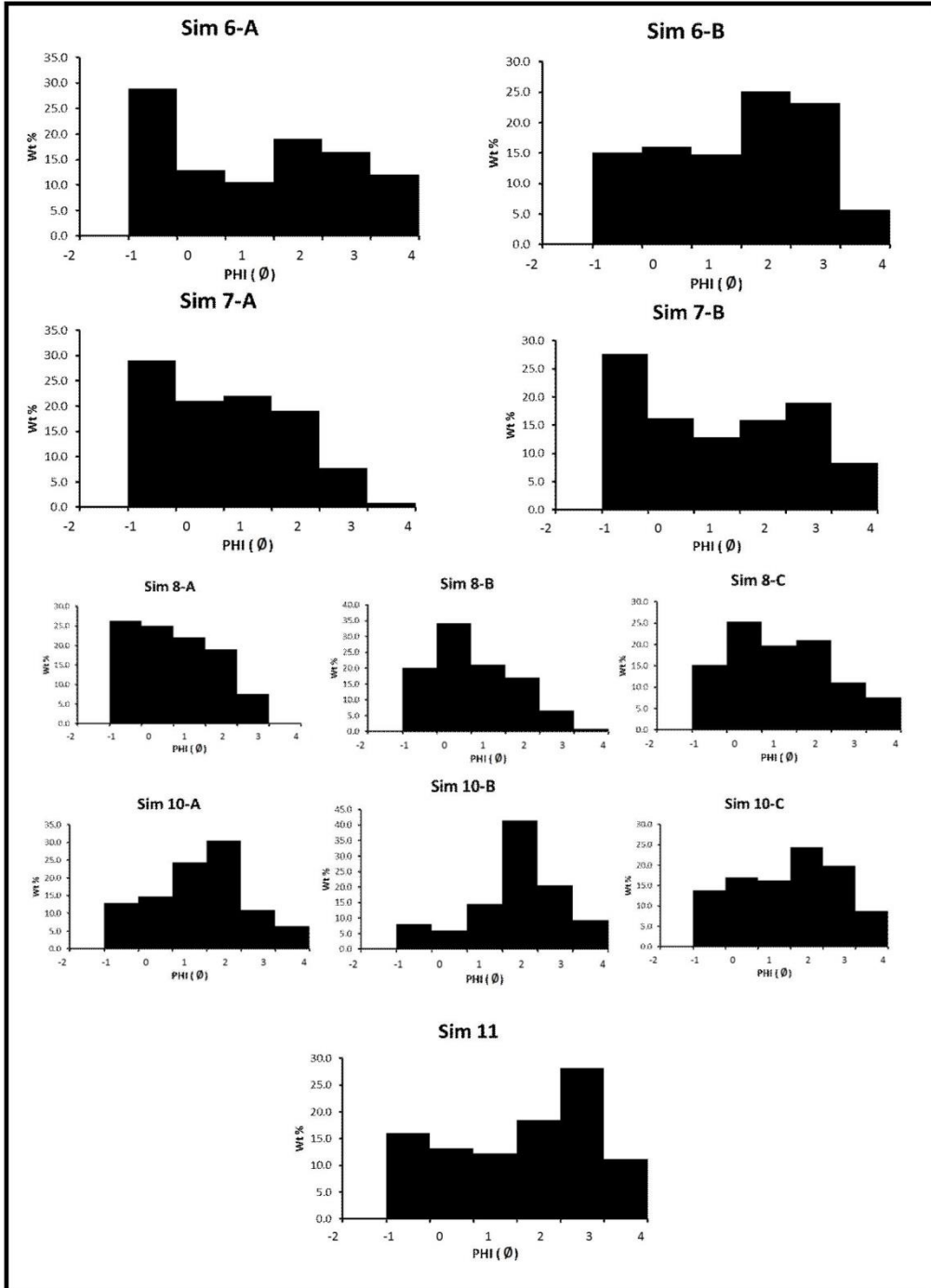
المصدر: اعتماداً على معالجة بيانات التحليل الميكانيكي بمعمل اختبارات خصوبة الأمراض ومراقبة جودة الأسمدة-

البيئية بين الحبيبات ولذلك؛ تتميز خاصية النفاذية *Permeability* بها بأنها سريعة إلى سريعة جداً (www.fao.org)، مما يسهل من حركة المياه عبر المسافات البيئية للحبيبات ويعزز ذلك من صعوده بالخاصية الشعرية لتتشكل فيما بعد المظهر المميز للأملح وتشكل مسطحات السبخات نتيجة فقدان المياه بالتبخر.



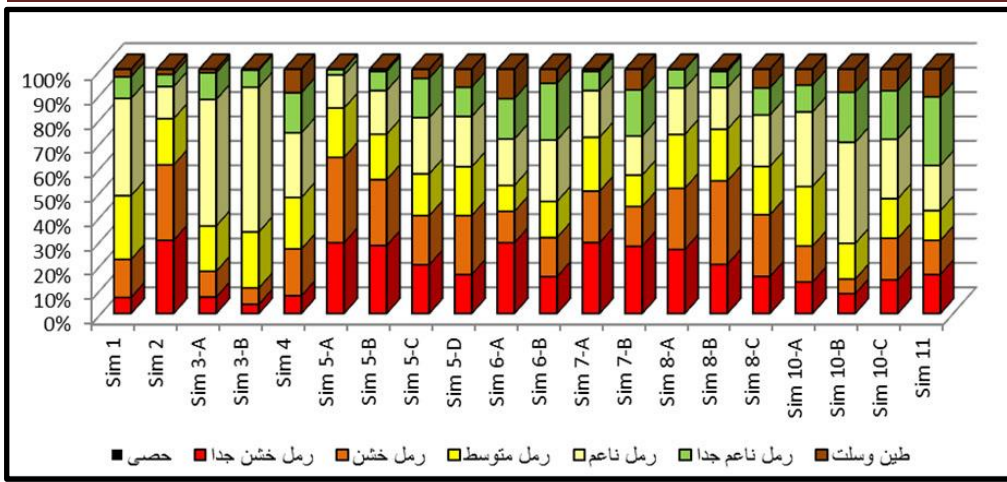
شكل (٣٦) المدرجات التكرارية لمكونات الرواسب المدروسة على مقياس فاي (Phi Ø)

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة بيانات جدول (١٥).



شكل (٣٧) المدرجات التكرارية لمكونات الرواسب المدروسة على مقياس فاي (Phi Ø)

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة بيانات جدول (١٥).



شكل (٣٨) الأعمدة النسبية لمكونات عينات الرواسب

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على معالجة بيانات جدول (١٥).

❖ يشكل الرمل الناعم أغلب المكونات الرملية لأراضي قاع المنخفض بمتوسط

٢٥,٨%، يليه الرمل الخشن والمتوسط والخشن جداً بنسب متساوية تقريباً بمتوسط

١٩,٦ ، ١٨,٧ ، ١٨,٠% على التوالي، ويأتي الرمل الناعم جداً بمتوسط ١٢,٩%.

❖ تقل نسب المواد الطينية بشكل واضح في عينات أراضي قاع المنخفض لتشكل

نسبة تصل الى ٥% فقط من حجم الرواسب.

ث) لا توجد فروق جوهرية في مكونات الطبقات السطحية والطبقات تحت السطحية،

فإجمالي نسبة الرمال بهم كان ٩٥.٣٢% ، ٩٥.٧٣% على التوالي.

• التمثيل الإحصائي للخصائص الطبيعية للرواسب بمنطقة الدراسة :

تم عمل دراسة إحصائية باستخدام معادلات (Folk & Ward , 1957) ، وهي

الحجم الحبيبي الوسيط والحجم الحبيبي المتوسط ومعامل التصنيف البياني الشامل

ومعامل الانحراف البياني الشامل ومعامل التفلطح ، ويتم ذلك من خلال تحليل المدرج

التكراري التراكمي للحصول على قيمة \emptyset (٥ ، ١٦ ، ٢٥ ، ٥٠ ، ٧٥ ، ٨٤ ، ٩٥) -

ملحق (٢)، والتالي بيان بنتائج حساب تلك المعاملات الإحصائية - ملحق (٣):

○ الحجم الحبيبي الوسيط Median Grain Size:

يتمثل في الحد الذي يفصل العينة إلى نصفين أو القيمة التي تقابل

٥٠% على المنحنى التراكمي، ومن خلال الملحق رقم (١ ، ٢) وُجد أن قيم الحجم

الحبيبي الوسيط تتراوح ما بين ٠,٢٨ إلى ١,٦٠ أي أنها تتراوح بين فئات الرمل الخشن وفئات الرمل المتوسط.

○ الحجم الحبيبي المتوسط^(٢٦) : Graphic Mean

يتبين من دراسة النتائج نجد أن المتوسط الحجمي لحبيبات رواسب اراضي قاع منخفض سيوة يتراوح بين ٠,٢١ ، ١,٩٤ ، أي تتراوح الفئات ما بين فئات الرمل الخشن والرمل المتوسط وهو مدى يعكس تشابه مكونات اراضي قاع المنخفض وعدم تنوعها مما يعكس وحدة الظروف البيئية التي شكلت اراضي المنخفض.

○ معامل التصنيف^{٢٧} : Inclusive Graphic Standard Deviation

يتم تصنيف العينات من خلال التعرف على درجة تصنيف المواد المترسبة حول الحجم المتوسط، ومنها يمكن معرفة اتجاه جميع الحبيبات سواء كانت ذات رتبة حجميه واحدة أم أنها خليط من جميع الحجم، ولقد تم حساب معامل التصنيف البياني الشامل للعينات المأخوذة من اراضي قاع منخفض سيوة تظهر النتائج أن قيم التصنيف البياني لرواسب اراضي قاع المنخفض تتراوح بين ٠,٩٢ (تصنيف معتدل) ، ١,٨٩ (تصنيف ردي)، ويرجع التقارب في قيم الانحراف المعياري إلى تشابه أحجام نوع المواد المكونة للرواسب، وهذا يؤكد من تم التوصل اليه سابقاً الى وحدة الظروف البيئية المحيطة، وسيادة عامل الرياح في تشكيل اراضي قاع المنخفض.

^{٢٦} الحجم الحبيبي المتوسط يحسبته تبعاً للمعادلة التالية:

$$M_z = \frac{084 + 050 + 084}{3}$$

^{٢٧} معامل التصنيف *Inclusive Graphic Standard Deviation* يحسبته تبعاً للمعادلة التالية:

$$\sigma = \frac{084 - 016}{4} + \frac{095 - 05}{6.6}$$

Very well Sorted	(أقل من ٠.٣٥)	تصنيف جيد جداً
Well sorted	(٠.٣٥ - ٠.٥٠)	تصنيف جيد
moderately well sorted	(٠.٥٠ - ٠.٧١)	تصنيف جيد بشكل معتدل
moderately sorted	(٠.٧١ - ١.٠)	تصنيف معتدل
poorly sorted	(١.٠ - ٢.٠)	تصنيف ردي
very poorly sorted	(٢.٠ - ٤.٠)	تصنيف ردي جداً
extremely poorly sorted	(أعلى من ٤.٠)	تصنيف ردي للغاية

○ معامل الانحراف ^{٢٨} *Inclusive Graphic Skewness*:

الغرض منه معرفة الجانب الذي تشغله أغلب حبيبات العينة من حيث الخشونة والنعومة، حيث يحدد هذا العامل تحديد بيئة ترسيب، ويتراوح معامل الانحراف البياني الشامل ما بين -٠,٣٩، حيث اراضى السبخات الواقعة الى الشمال من بحيرة سيوة، إلى ٠,٢١، حيث سبخات منطقة اغورمي جنوب منخفض سيوة (حوض الزيتون)، ومن خلال ملحق (٣) وُجد أن ٣٠% من العينات ذات انحراف متقارب التماثل و ٤٠% من العينات ما بين انحراف خشن وشديد الخشونة ونحو ٣٠% من العينات ذات انحراف ناعم.

الاختلاف في قيم الانحراف تشير إلى وجود رواسب ذات أصول مختلفة سواء كانت هذه الرواسب ريحية أو فيضية قديمة وبخاصة بالقرب من الحافة الشمالية حيث المجاري الجافة، أو بحيرية نتيجة تغيير مناسيب البرك الملحية بين التمدد والانكماش، حيث تختلف رواسب منطقة الدراسة ما بين رواسب طمييه ورواسب رملية ساهمت الرياح في نقلها

○ معامل التفلطح ^{٢٩} *Graphic Kurtosis*:

يُشير إلى درجة منحنى التفلطح الناجم عن أغلبية رتب حجوم عينة الرواسب (مشرف، ١٩٨٧، ص ٣١)، ويتضح من النتائج أن قيمته تتراوح بين ٠,٦٦ إلى ٣,٠٥ أي

^{٢٨} معامل الانحراف *Inclusive Graphic Skewness* يحسبها تبعاً للمعادلة التالية:

$$SK_1 = \frac{\emptyset 84 + \emptyset 16 - 2 \emptyset 50}{2(\emptyset 84 - \emptyset 16)} + \frac{\emptyset 95 + \emptyset 5 - 2 \emptyset 50}{2(\emptyset 95 - \emptyset 5)}$$

وتصنف القيم كالتالي طبقاً للقراءات التي وضعها العالم فولك (Folk 1974):

strongly fine skewed	(٠,٣٠ إلى ١,٠٠)	انحراف شديد النعومة
fine Skewed	(٠,١٠ إلى ٠,٣٠)	انحراف ناعم
Near - symmetrical	(٠,١٠ إلى ٠,٣٠)	انحراف متقارب التماثل
coarse - skewed	(٠,٣٠ إلى ٠,١٠٠)	انحراف خشن
Strongly coarse - skewed	(١,٠٠ إلى ٠,٣٠٠)	انحراف شديد الخشونة

^{٢٩} معامل التفرطح *Graphic Kurtosis* يحسبها تبعاً للمعادلة التالية:

$$K_G = \frac{\emptyset 95 + \emptyset 5}{2.44 (\emptyset 75 - \emptyset 25)}$$

ويتم مقارنة نتيجة المعادلة بالمقاييس التي وضعها العالم فولك (Folk 1974):

Very platykurtic	(أقل من ٠,٦٧)	تفرضح منبسط جداً
Platykurtic	(٠,٦٧ - ٠,٩٠)	فرضح منبسط
mesokurtic	(٠,٩٠ - ١,١١)	تفرضح عسادي
leptokurtic	(١,١١ - ١,٥٠)	تفرضح مرتفع
very leptokurtic	(١,٥٠ - ٣,٠٠)	تفرضح مرتفع جداً
extremely leptokurtic	(أكبر من ٣,٠٠)	تفرضح مرتفع للغاية

أنها تتراوح بين فئات التصنيف تفلطح منبسطة جدا إلى تفلطح مرتفع للغاية، ووجد أن أكثر من نصف العينات (٥٥%) تندرج تحت تصنيف تفرطح منبسطة ومنبسطة جداً، ونحو ٢٥% من العينات ذات تفلطح عادي، ونحو ٢٠% من العينات تندرج تحت تصنيف تفلطح مرتفع ومرتفع للغاية، وهذا يؤكد ما تم التوصل اليه سابقاً من إختلاف أصول الرواسب بالمنطقة المدروسة.

٢-٧) الخصائص الكيميائية للرواسب:

يتبين من النتائج المدرجة بجدول (١٦) وشكل (٣٩)،(٤٠)،(٤١) التالي:

- تتراوح نسبة المادة العضوية في العينات المدروسة بين ٠,٠٥% الى ٦,٦٥% أى بين الفئات المنخفضة للغاية الى فئات المرتفعة للغاية.
- يُلاحظ ارتفاع نسب المادة العضوية على هوامش البرك الملحية حيث انتشار الأراضى الرطبة (السبخات) ويظهر ذلك بشكل واضح في الجزء الجنوبي من حوض الزيتون حيث انتشار النباتات الملحية، ومن الدراسة الميدانية وجد أن بعض اراضى السبخات تخفى في الطبقة تحت السطحية منها بقايا نباتية متعفنة - صورة (٢٨).
- تتخض نسب المادة العضوية كلما اقتربنا من الحافة الصخرية الشمالية بشكل واضح حيث سجلت قيم منخفضة ومنخفضة للغاية حيث تفنقر تلك النطاقات للغطاء النباتي بشكل ملحوظ.
- تتراوح قيم نسبة الملوحة^(٣٠) بأراضى المنخفض بين ملوحة خفيفة الى مرتفعة للغاية.



صورة (٢٨) بقايا نباتية أسفل طبقات الأملاح بمنطقة الدراسة

^{٣٠} تصنيف فئات درجة الملوحة $EC ds/m$: أقل من ٢ (غير مالحة)، ٢-٤ (ملوحة خفيفة)، ٤-٨ (ملوحة معتدلة)، ٨-١٦ (ملوحة مرتفعة)،

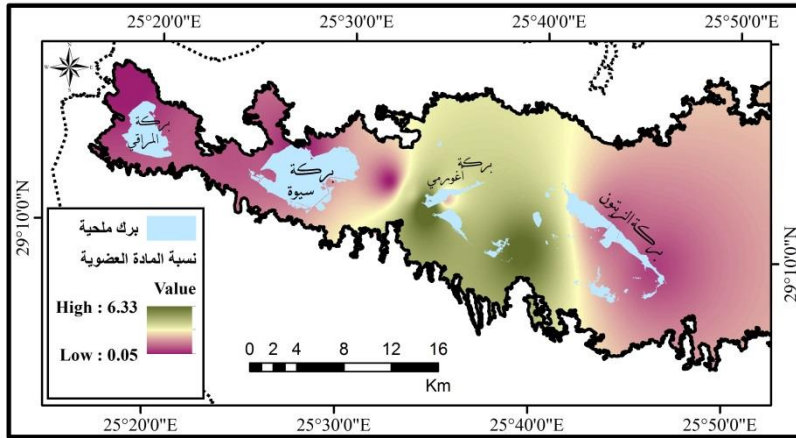
أكبر من ١٦ (ملوحة مرتفعة للغاية) (Hazelton et al, 2007, P.82).

جدول (١٦) نتائج التحليل الكيميائي للعينات المدروسة

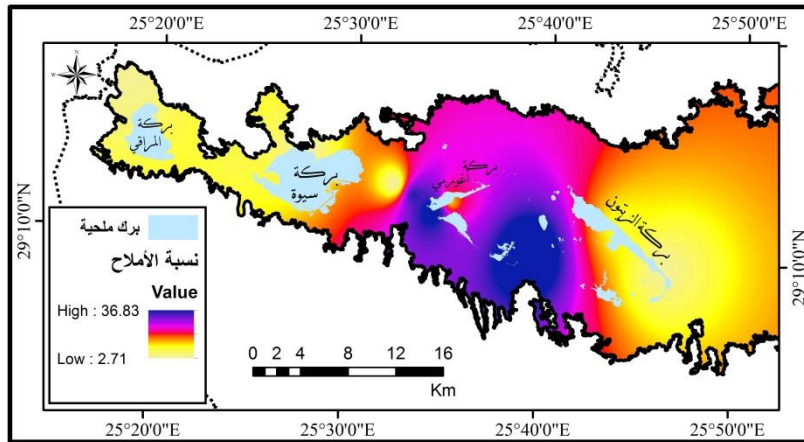
قيم Ph		الأملاح		المادة العضوية		الطبقة	العينة
الفئة	القيمة	الفئة	القيمة	التوصيف	قيم الماد		
قلوي قوي	٨,٧	ملوحة خفيفة	٣,٤٧	منخفضة جدا	٠,٠٥	A	Sim1
قلوي قوي	٨,٦	ملوحة معتدلة	٧,١٩	منخفضة	٠,٧٤	A	Sim2
قلوي قوي	٨,٩	ملوحة خفيفة	٢,٧١	منخفضة جدا	٠,١٧	A	Sim3
قلوي قوي جداً	٩,٣	ملوحة خفيفة	١,٢٩	منخفضة جدا	٠,٠٤	B	
قلوي معتدل	٨,٣	ملوحة خفيفة	٢,٧١	منخفضة جدا	٠,١٧	A	Sim4
قلوي قوي جداً	٩,٥	ملوحة مرتفعة للغاية	٢٦,٩٧	مرتفعة جدا	٢,٩١	A	Sim5
قلوي قوي	٨,٧	ملوحة مرتفعة للغاية	٢٦,٣١	مرتفعة جدا	٢,٣٢	B	
قلوي قوي	٨,٨	ملوحة مرتفعة للغاية	١٦,٠٩	مرتفعة جدا	٣,٠٧	C	
قلوي قوي	٨,٧	ملوحة معتدلة	٧,٦٢	مرتفعة جدا	٣,٢٥	D	
قلوي قوي جداً	٩,٢	ملوحة مرتفعة	١٠,٩١	مرتفعة	١,٧١	A	Sim6
قلوي قوي	٨,٧	ملوحة معتدلة	٧,٥٢	منخفضة	٠,٦٣	B	
قلوي قوي جداً	٩,٩	ملوحة مرتفعة للغاية	٣٠,٨٩	مرتفعة جدا	٦,٦٥	A	Sim7
قلوي قوي	٨,٧	ملوحة معتدلة	٦,٩٤	منخفضة جدا	٠,٠٩	B	
قلوي قوي جداً	٩,٤	ملوحة مرتفعة للغاية	٢٩,٠١	مرتفعة جدا	٤,٣٧	A	Sim8
قلوي قوي	٨,٨	ملوحة مرتفعة	١١,١٥	مرتفعة جدا	٣,٣٧	B	
قلوي قوي	٨,٦	ملوحة معتدلة	٧,٢٧	مرتفع	١,٨٢	C	
قلوي قوي جداً	٩,٤	ملوحة مرتفعة للغاية	٣٦,٨٤	مرتفعة جدا	٤,٩١	A	Sim9
قلوي قوي جداً	٩,٥	ملوحة مرتفعة للغاية	٢٢,٨٩	مرتفعة جدا	٢,٨٧	B	
قلوي قوي جداً	٩,٤	ملوحة مرتفعة	٨,٣٢	منخفضة	٠,٨٢	A	Sim10
قلوي قوي	٨,٨	غير مالحة	١,٨٩	منخفضة	٠,٦٢	B	
قلوي قوي	٨,٦	ملوحة معتدلة	٤,١٩	مرتفعة جدا	٢,٧١	C	
قلوي قوي جداً	٩,٢	ملوحة مرتفعة	١٢,٣٧	منخفضة	٠,٥٣	D	
قلوي معتدل	٨,٤	ملوحة خفيفة	٣,٢٧	مرتفعة	١,٦٤	A	Sim11

المصدر: اعتماداً على معالجة بيانات التحليل الكيميائي التي أجراها بعمل اختبارات خصوبة الأراضي ومراقبة جودة الأسمدة - جامعة المنصورة.

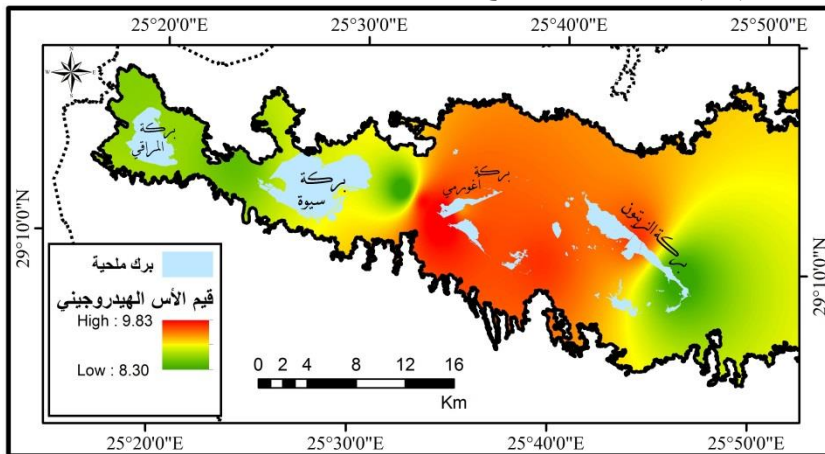
○ سُجِّلت قيم مُرتفعة لدرجة الملوحة في نطاق أراضي السبخات، وبخاصة السبخات التي تنتشر حول بحيرة أغورمي والتي تظهر بها الأملاح على هيئة قشور ملحية صلبة، حيث سجلت قيم تصل في المتوسط إلى ١٣ ds/m، وكانت القيم في طبقات الرواسب السطحية بها تزيد عن ١٦ ds/m، حيث وصلت أعلى القيم إلى ٣٠,٩ ds/m نتيجة تركيز ترسيب الأملاح على السطح.



شكل (٣٩) بيان بنسب المادة العضوية بالنطاق المأهول شرق المنخفض



شكل (٤٠) بيان بنسب الأملاح بالأراضي بالنطاق المأهول شرق المنخفض



شكل (٤١) بيان بتوزيع المادة العضوية ودرجة الملوحة والأس الهيدروجيني بقاع منخفض سيوة

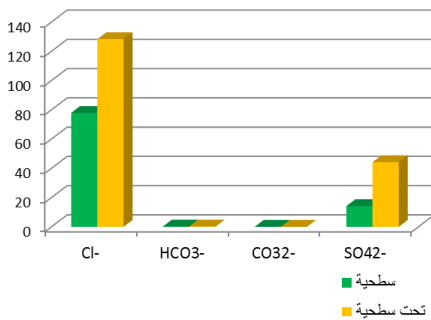
(المصدر: من عمل الباحث من خلال معالجة بيانات جدول (١٦) على الخرائط باستخدام برنامج ArcGIS 10.5 .)

- ترتفع نسب الأملاح بشكل كبير في رواسب الكورشيف الى الجنوب من منخفض الزيتون حيث سُجِلت أعلى القيم بها، حيث تبين أنها تتشكل في الأصل بأكثر من ٩٠% من ملح صخري، ونحو ١٠% رواسب رملية وطينية، وتراوح درجة الملوحة بها بين ٢٢,٩ ، ٣٦,٥ ds/m.
 - تُشير قيم الأس الهيدروجيني Ph^{31} أن أغلب عينات الدراسة ذات تصنيف قلوي قوي إلى قلوي قوي جداً.
 - يتبين من عمليات التحليل الكيميائي لنسب الأنيونات والكاتيونات بإحد العينات المدروسة (Sim5) كما بجدول (١٧) وشكلي (٤٢)، (٤٣) أن:
- جدول (١٧) نتائج تحليل الأنيونات والكاتيونات بالموضع Sim5

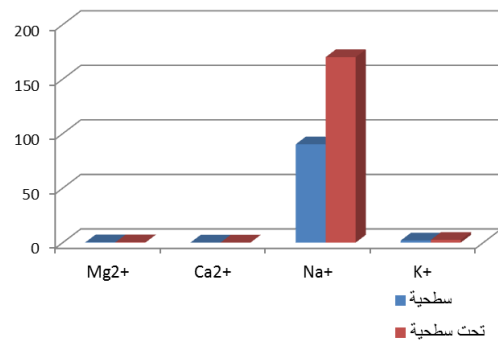
الأنيونات الذائبة (ملي مكافئ/ ١٠٠ جم)				الكاتيونات الذائبة (ملي مكافئ/ ١٠٠ جم)				البيان عمق العينة
الكبريتات	الكربونات	البيكربونات	الكلوريد	البوتاسيوم	الصوديوم	الكالسيوم	الماغنسيوم	
SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
١٤,١١	N.D.	٠,٢٢	٧٧,٨٨	١,٩٢	٩٠,٠٨	N.D.	٠,٢٢	سطحية
٤٤,٢٥	N.D.	٠,٢٣	١٢٨,٢٥	٢,٤٣	١٧٠,٠٧	N.D.	٠,٢٣	تحت السطحية

ND = كمية قليلة للغاية أو منعدمة.

المصدر: اعتماداً على معالجة بيانات التحليل الكيميائي التي قُدمتها بمعمل اختبارات خصوبة الأراضي ومراقبة جودة الأسمدة - جامعة المنصورة.



شكل (٤٣) نسبة الأنيونات الذائبة (بالمم مكافئ/١٠٠ جم)



شكل (٤٢) نسبة الكاتيونات الذائبة (بالمم مكافئ/١٠٠ جم)

^{٣١} تصنيف الأمراض تبعاً لقيمة الأس الهيدروجيني Ph : ٦.٦-٧.٣ (متعاد)، ٧.٤-٧.٨ (قلوي خفيف)، ٧.٩-٨.٤ (قلوي معتدل)، ٨.٥-٩ (قلوي قوي).

(قلوي قوي)، أكبر من ٩ (قلوي قوي جداً) (Schoeneberger et al, 2012, P.2-86).

يُعطى تحليل الأنيونات والكاتيونات صورة مهمة عن الأملاح المنتشرة بمسطحات الرواسب، حيث تختلف الأملاح الشائعة في رواسب المناطق الجافة في كل من النوع والكم وكثيراً ما تتكون من مجاميع الكاتيونات (Mg^{+} , Ca^{+}) مع الأنيونات (K , Na^{+}) مع الأنيونات (HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-}) (سكوجيني، ١٩٩٦، ص٢٧١)، وأحد الأسباب يعود إلى أن تجمعات هذه الأيونات تكون أكثر ذوابانية في الماء وبذلك يمكن تحريكها بكميات عالية حيث تتراكم (بولر، ٢٠٠٠، ص٦٨٦)، ويتبين من جدول (١٧) وشكلي (٤٢)، (٤٣) أن الصوديوم هو أكثر الكاتيونات انتشاراً بكمية تقدر بـ ١٣٠،١ مللي مكافئ/جم، كما أن انيون الكلوريد هو الأكثر انتشاراً بكمية تقدر بـ ١٤٢،٠ مللي مكافئ/جم، وانتشار هذين العنصرين مسؤولان عن تكوين الملح الصخري (كلوريد الصوديوم) وتشكل قشرة صلبة منه على هوامش البحيرات الملحية.

٣-٧ الخصائص المعدنية للرواسب:

تم إجراء الاختبار على عينتين من عينات رواسب الأراضي المتأثرة بالأملاح الأولى للسبخات الواقعة بنطاق بحيرة أغورمي (جنوب غرب حوض الزيتون)، والأخري لأراضي الكورشيف بأقصى جنوب حوض الزيتون، وأظهرت النتائج كما هي بجدول (١٨)، وشكل (٤٤) ارتفاع نسب الصوديوم Na والمغنسيوم Mg بمسطحات الكورشيف ليصل الى نحو ٤٨٩٤٥،٧٠٣ ، ٢٢٠٢١،٣٥١ ملليجرام/كجم على التوالي، بينما في أراضي السبخات ذات القشور الملحية الصلبة تصل نسبتهم الى ٣٨٧،٩٩ ، ١١٠٧٠،٧٦ ملليجرام/كجم فقط.

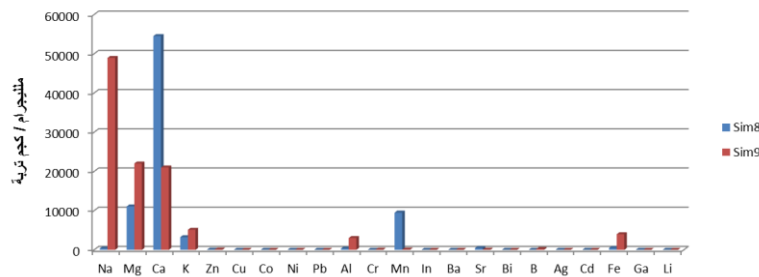
تميزت اراضي السبخات بارتفاع نسبة الكالسيوم بمقدار ٥٤٥٢٢،٦١ ملليجرام/كجم، بينما بلغ في مسطحات الكورشيف نحو ٢١٠٠٣،٠٢١ ملليجرام/كجم فقط، وقد يعود ذلك ان مصدر المياه السطحية يأتي من طبقات الحجر الجيري القريبة من السطح حيث يعمل المياه على انحلال الحجر الجيري الذي يتشكل في الاساس من كربونات الكالسيوم.

جدول (١٨) التحليل المعدني لسبب الأراضي المتأثرة بالأملاح بقاع منخفض سيوة

المعدن	الرمز	Sim8	Sim9
الصوديوم	Na	٣٨٧,٩٩٩	٤٨٩٤٥,٧٠٣
المغنسيوم	Mg	١١٠,٧٠,٧٦	٢٢٠,٢١,٣٥١
الكالسيوم	Ca	٥٤٥٢٢,٦١	٢١٠٠٣,٠٢١
البوتاسيوم	K	٣٢٤٣,٣١٥	٥١٢١,٢١٥
الزنك	Zn	٥٩,٦٧٥	٧٧,٩٩٥
النحاس	Cu	N.D.	N.D.
الكوبالت	Co	N.D.	٣,١١٢
النيكل	Ni	N.D.	N.D.
الرصاص	Pb	٨,٠١٦	٦,٠٤٥
ألومنيوم	Al	٣٦٢,٢٠٣	٣٠٢٣,١١٢
كروم	Cr	٢٧,٠٨٢	٥٤,٧٥٤
المنجنيز	Mn	٩٥٠,٦,٧٦٨	١٠١,٩٤٥
الإنديوم	In	٠,٠٠	N.D.
الباريوم	Ba	١٠,٧٥١	٢٣,٩٨٤
السترونشيوم	Sr	٤٧١,١١٦	٦٨,١٧٥
البيزموت	Bi	N.D.	N.D.
البورون	B	٨,١٧٢	٢٢٥,٢٣١
الفضة	Ag	٠,١٦٠	N.D.
الكاديوم	Cd	N.D.	٠,٢٩٧
الحديد	Fe	٤٨٩,٢٢٤	٣٩٩٧,٦٧٤
الغاليوم	Ga	١٦,٦٨٣	١٠,٢٠٣
الليثيوم	Li	٣,٦٢٧	٢٦,٥٣١

N.D. كميات قليلة أو منعدمة

المصدر: (١) اعتماداً على معالجة بيانات التحليل الكيميائي التي قد إجرائها بمعمل اختبارات خصوبة الأراضي ومراقبة جودة الأسمدة - جامعة المنصورة. (٢) (EISebaei, 2022, P.33).



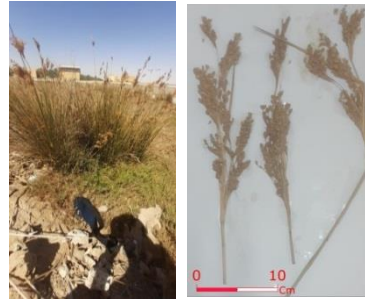
شكل (٤٤) كميات المعادن الموجودة بتراسب الأراضي المتأثرة بالأملاح بقاع منخفض سيوة

٨) أسس التخطيط البيئي بناء انتشار وتنوع النبات الطبيعي بالمنطقة المدروسة:

يُعد النبات الطبيعي مؤشراً قوياً على الحساسية البيئية، كما ان انتشاره وتنوعه دليلاً على مدى نضج عمليات الإرساب في أى منطقة، كما أن الازدهار النباتي يعطى مؤشراً آخر على مدى احتواء تلك الرواسب من مياه ومغذيات وعناصر معدنية تمكن النبات من الصمود والنمو. تضم محمية سيوة نحو ٤٠ نوعاً من النباتات منها أنواع ذو استخدام طبي ورعوي (إبراهيم ، ٢٠١٢ ، ص١٩٣)، وما يَهْمُنَا كجغرافيون الأنواع النباتية شائعة الانتشار التي تؤثر في تشكيل البيئة الطبيعية المحيطة، ومن هنا قام الباحث بجمع عينات نباتية من مواقع منطقة الدراسة وتوصيفها^{٣٢} وكانت كالتالي:

(١-٨) الأنواع النباتية الأكثر انتشاراً بمنخفض سيوة:**○ *Junces rigiduc C.A. Mey* (السمار المر):**

نبات ذو أزهار شاحبة، والكبسولات رمحية الشكل بعرض ١,٥ مم - صورة (٢٩)، ينمو بكثرة في منطقة النيل والواحات والبحر المتوسط والصحراء والبحر الأحمر وجبل علبة وسيناء، ويسود في المستنقعات الملحية والأراضي الملحية.



صورة (٢٩) نبات السمار

○ *Arthrocaulon macrostachyum (Moric.) Piiirainen & G.Kadereit* (البصاق):

نبات كثير التفرع ذو قاعدة منبسطة تشبه كثيراً نبات الحطب- صورة (٣٠)، ولكن الفروع والنورات أكثر سمكاً، والبذور سوداء صلبة متدنية، والازهار حرة أو منفصلة، يكثر في منطقة دلتا النيل، والواحات وساحل البحر المتوسط، والصحراء، وساحل البحر الأحمر، وسيناء ويسود في الأماكن الملحية.



صورة (٣٠) نبات البصاق

^{٣٢} (Tachkholm, 1974, P.119, 365 and 662)

○ *Tamarix nilotica (Ehrenb.) Bge* (الطرفة / الأتلة):

نوع متنوع الاشكال، يختلف بين الشجريات والاشجار بأطوال من ٥ - ٨ متر، خضراء او رمادي او منقطعة احياناً- صورة (٣١)، يغطي النبات بلورات من الأملاح، النورات مختلفة في الحجم والشكل، وسائد جداً في منطقة النيل والواحات وساحل المتوسط والصحراء وساحل البحر الأحمر وجبل علبة بسيناء، ويسود خاصة في الاماكن الملحية.



صورة (٣١) نبات الطرفة

○ *Halcnemum strobilaceum (pallas) M, Bieb* (حطب):

نبات كثير التفرع - صورة (٣٢)، والنورات ضيقة صغيرة متقابلة، خضراء متدرنة على طول الفروع، ينمو في دلتا النيل وساحل المتوسط والصحراء، والبحر الأحمر، ويكثر حول البحيرات.



صورة (٣٢) نبات الحطب

○ (٢-٨) كثافة الانتشار النباتي:

يظهر من الدراسة الميدانية بالمنطقة المدروسة انخفاض كثافة انتشار

النبات الطبيعي بالمنطقة، وذلك يعود الى عدة أسباب:

- وقوع المنطقة المدروسة بنطاق جاف يعاني من قلة الأمطار بشكل ملحوظ.
- انخفاض جودة مياه، حيث ان المياه السطحية مصدرها طبقات الصخور الجيرية القريبة من السطح المستخرجة من أبار بعمق ١٠٠ متر، وتلك الطبقة تتالف من الصخور الجيرية الميوسينية، حيث يؤدي انتشار المياه بها الى انحلال الحجر الجيري وارتفاع نسبة الأملاح بها.
- ترتفع درجة الملوحة في العديد من نطاق مسطحات الرواسب بقاع المنخفض، حيث لوحظ ارتفاع قيم *Ph* وارتفاع نسبة الأملاح حيث يرتبطان معاً بعلاقة طردية (الشلس ،

١٩٨١ ، ص ٥٢)، ومن نتائج التحليل لوحظ أن الأملاح في الغالب تتكون من تركيز مجاميع كاتيونات الصوديوم Na^+ مع الأنبيونات Cl^- ، SO_4^{2-} ، ويزداد تراكم كاتيون Na^+ الى نسبة كل من كاتيون المغنسيوم والكالسيوم ($Mg^{2+} + Ca^{2+}$) وقابلية كاتيون الصوديوم في محلول الرواسب يتميز بانخفاض قابليته للادمصاص ويمكن تحديد ذلك عن طريق تحديد قيم الصودية (*Sar*) وهي نسبة ادمصاص الصوديوم(بدر ، ٢٠١٢ ، ص ٤٥) وهي تشير الى أن المياه تضر بنمو النبات الطبيعي والمحاصيل، وكاتيون الصوديوم لا يعد قويا الا اذا تجاوز مجموع تركيز Ca^{2+} ، Mg^{2+} (بولر ، ١٩٩٧ ، ص ٦٨٩) أي عندما تكون النسبة أعلى من ١ : ١ ومن جدول (١٧) يتضح ان نسبة الصوديوم تفوق كثيراً تركيز المغنسيوم والكالسيوم معاً.

ثالثاً: الإدارة البيئية وإنشاء المحميات الطبيعية:

يُعد الهدف الأول لعمليات التنمية المستدامة هو الحفاظ على البيئة الطبيعية للأجيال القادمة وعدم إستنزاف مواردها، ويهدف المخططون البيئيون الى جانب تشجيع التنمية المستدامة وتقنيات البناء الأخضر للحفاظ على البيئة الحساسة (Joshua, 2015, P.612)، ويتم ذلك عن طريق المؤسسات الحكومية والمنظمات الدولية المعنية، وعمليات الإدارة البيئية تقوم على التخطيط لمدة تتراوح بين ٢٠، ٢٥ عاماً، وتخضع للمراجعة كل خمسة أعوام، ويجب أن تكون الخطة فعالة ومحددة الرؤية والأهداف والإجراءات (Knight, 2011, P.4). أما خطة الإدارة البيئية *Environmental Management Plan* فيتم تطبيقها من خلال التحليل البيئي للنطاق الجغرافي المطلوب و تقييم الأثر البيئي، واتخاذ القرارات بشأن سيناريو المشروع المفضل ثم إعداد خطة الإدارة البيئية حيث توضح تلك الخطة الجوانب البيئية المتفق عليها في تنفيذ المشاريع وآليات المراقبة والتقييم والتدابير التي يتعين اتخاذها للحد من الآثار السلبية علي البيئة أو تلك التي تعزز الفوائد البيئية، مع التحذير من المخاطر البيئية ووضع التشريعات والمعايير البيئية ذات الصلة بالخطة، بالإضافة إلى توفير الدعم المؤسسي والتشاور ومشاركة مختلف أصحاب المصلحة كالمجتمع المحلي مثلاً، كل ذلك مع تحديد الموارد المالية أو الميزانيات المطلوبة لتنفيذ خطة الإدارة البيئية والأطر القانونية للترتيبات التعاقدية (Neeffes, 2000, P.121).

يتمثل مفهوم الإدارة البيئية يتمثل في كونه وصف للعملية التي يقوم بها متخصصون لصياغة استراتيجيات انمائية سليمة تحدد الاستخدام الامثل للموارد الطبيعية لتلبية حاجة الانسان مع البحث عن خيارات لتعزيز الاستدامة البيئية، مع السيطرة على جميع الأنشطة البشرية التي لها تأثير كبير على البيئة ومراقبة الأداء البيئي للمنظمات والهيئات والشركات (Barrow, 2002, P.5-18)، ويمكن بيان مهمة الإدارة البيئية في النقاط التالية:

- منع وحل المشكلات البيئية.
- رعاية المؤسسات التي تدعم البيئة بشكل فعال.
- الرصد البيئي وإجراء البحوث العلمية.
- التحذير من المخاطر والتهديدات وتحديد الفرص.
- استدامة الموارد الطبيعية وتحسينها.
- تحديد التكنولوجيا والسياسات الجديدة الفعالة.

الإدارة البيئية كمؤسسة تهدف الى توجيه عمليات التنمية في الاتجاه الصحيح الذي يفضي الى تحقيق أهداف التخطيط البيئي كاملة، فعالة تتضمن عدة مناهج لتنفيذ مهامها بشكل حرفي، فيمكن أن تتضمن المنهج الإقليمي الذي يراقب نظم بيئية معينة كالنظم البرية والنظم الساحلية والنظم البحرية، أو من الممكن ان ينتهج نهجاً تخصصياً يقوم على التخصص الوظيفي الموجه لتحقيق هدف معين، من خلال انشاء مجموعة من الإدارات أبرزها إدارة جودة الهواء وجودة المياه وإدارة الأراضي وإدارة المسطحات المائية وإدارة السياحة البيئية وإدارة المحميات الطبيعية.

تتمثل ابرز الادارات التي يجب الاهتمام بها بالمنطقة المدروسة في ادارة جودة المياه، والتي ظهرت بها العديد من المشاكل بداية من استهلاك المياه من مصادر ترتفع بها نسبة الأملاح، الى مشكلة الصرف وتراكم المياه وارتفاع منسوبها النطاقات العمرانية المأهولة بالغمر المائي نتيجة ارتفاع منسوب المياه، بالإضافة الى تأثير التربة والانتاج الزراعي. يطلق على الادارة المتكاملة لموارد المياه الحضرية *IWRM*، وهي كما حددها برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأنها ادارة تشاركية تجمع المؤسسات المعنية وأصحاب المصلحة من المجتمع المحلي لتحديد تلبية حاجة المجتمع من المياه على المدى الطويل، وهنا يمكن نميز بين كنهج يأخذ

في الاعتبار كل الموارد المائية وبين إدارة المياه داخل المناطق الحضرية *IUWM* كجزء من كل مما ادي الى ظهور مفهوم "الإدارة المتكاملة لموارد المياه الحضرية" *IUWRM* كمنهج يهدف إلى دمج جميع الموارد المائية في إدارة واحدة . (Gänsbauer, 2015, P.15)، أما عن الأنشطة الاقتصادية كالسياحة فظهر ما يسمى بالسياحة المستدامة، ومفهومها تبعاً لمنظمة السياحة العالمية *World Tourism Organization* يتمحور حول السياحة التي تأخذ في الاعتبار التأثيرات الاجتماعية والبيئية الحالية والمستقبلية، على ان تلبى احتياجات الزائرين والمجتمع المضيف بشرط الحفاظ على البيئة الطبيعية (البيستاي وحسن، ٢٠١٦، ص٥٣٧)، وهنا ظهر مفهوم السياحة البيئية أو السياحة الخضراء *Ecotourism* تهدف الى جذب السياح الى النطاقات البيئية الطبيعية دون المساس بالبيئة الطبيعية.

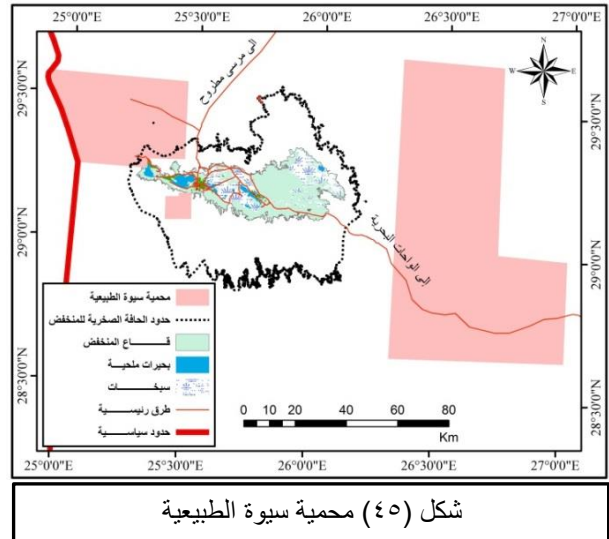
أما عن الحماية البيئية فيعد تشريع القوانين التي تحمي البيئة الطبيعية من العبث من الخطوات المهمة، ولكي يتم تفعيل تلك القوانين لا بد من أداة تنفيذية تتولى صيانة البيئة الطبيعية ومتابعة أعمال حمايتها، وهنا في مصر يتولى قطاع المحميات الطبيعية بجهاز شئون البيئة بوزارة البيئة المصرية ذلك الأمر، وتعد مصر من أوائل الدول المهتمة بالحفاظ على التنوع البيولوجي والتراث الطبيعي حيث أصدرت العديد من التشريعات والقوانين التي تحمي البيئة الطبيعية، ومن ثم إتجهت مصر لإصدار التشريعات القانونية التي تضع الإطار المحدد لتعريف المحميات وتحديد مواقعها وحمايتها حيث حدد القانون ١٠٢ لسنة ١٩٨٢ تعريف المحميات الطبيعية بأنها مساحة من الأرض أو المياه الساحلية أو الداخلية التي تتميز بما تضمنه من كائنات حية نباتية أو حيوانية أو ظواهر طبيعية ذات قيمة ثقافية أو علمية أو سياحية أو جمالية ويصدر بتحديدتها قرار رئيس مجلس الوزراء بناء على اقتراح من جهاز شئون البيئة (الإدارة المركزية لحماية البيئة ، ٢٠٠٥، ص١٣ - ١٤). ويقوم الدعم المؤسسي لحماية الطبيعة في مصر على بحث تطوير الهيكل التنظيمي لقطاع حماية البيئة .

تشمل آليات وأولويات تحقيق التنمية المستدامة في مصر عدة جوانب تبدأ بإدارة الموارد الطبيعية الى جانب التنمية الاقتصادية، مع حماية البيئة واستكمال تطوير الخدمات المحلية والتنمية الاجتماعية والحفاظ على التراث الثقافي، والاهتمام بالانتاج والاستهلاك

المستدام، والدعم المؤسسى وبناء القدرات، ودعم القدرات الوطنية فى مجال المعلومات، أما عن المردود المنتظر من خطط العمل البيئى والتنمية فيتمثل فى تحسين تخطيط الموارد، وتحسن الصحة العامة، وتعزيز انتماء الافراد واحترامهم لبيئتهم ومجتمعاتهم، وزيادة الوعي البيئى، وتوفير فرص عمل، وتوفير بيئة أفضل للمعيشة ، والعمل على توفير مصادر للتمويل، والعمل بشكل اساسى على استدامة النظم البيئية لتحقيق التنمية المستدامة، وتحقيق اللامركزية فى الادارة البيئية، مع تعظيم المشاركة الشعبية فى التخطيط والتنفيذ (جهاز شئون البيئة، خطة الدولة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية ٢٠٢٢) ، وفى اطار تفعيل الحماية البيئية تم اعلان منطقة سيوة كمحمية طبيعية بالقرار الوزارى رقم ١٢١٩ لسنة ٢٠٠٢م.

تضم المحمية ثلاث قطاعات: الأول فى الشرق وهو فى الأساس يضم الحد الغربى من منخفض القطارة بمساحة حوالى ٦٠٠٠ كم٢، وفى الغرب الجزء الواقع على الحدود المصرية الليبية بمساحة ١٧٠٠ كم٢ ويضم أم الغزلان وجريا وشياطة والملفا.

الجزء الأوسط فيمتد على مساحة ١٠٠ كم٢ ويشمل منطقة بئر واحد وجزء من بحر الرمال العظيم (الهيئة العامة للاستعلامات، ٢٠٢٢)٣٣ ومما سبق يتضح أن الجزء الشرقي يقع خارج منخفض سيوة بالكامل، والجزء الأوسط يقع بالكامل داخل المنخفض. أما الجزء الغربى فيقع منه حوالى ٦٧.٥٦ كم٢ منه داخل حدود منخفض سيوة، أى ان إجمالى مساحة المناطق المشمولة بالحماية البيئية بالمنطقة المدروسة تشمل ١٦٧.٦ كم٢ ، أى ما يمثل نحو ١٤.٧% من مساحة المنخفض.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على لوحات طوبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١: ٥٠٠٠٠ طبعت عام ١٩٩٧/ ١٩٩٨ ، بالإضافة الى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعى LandSat مأخوذة بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، قرا الرسم والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

رابعاً: اقتراح الحلول العلمية والعملية لمعالجة مشكلات البيئة الطبيعية بالمنطقة المدروسة:

يُعاني مُنْخَفَضُ سيوة من مشكلة بيئية تتمثل في مشكلتين رئيسيتين، الأولى تتمثل في مشكلة صرف المياه الزائدة حيث يصعب التخلص من المياه نظراً لأن المنطقة تمثل نطاق حوضي مُنْخَفَضٌ تُحيط به الحافات الصخرية بارتفاع يتراوح بين (١٠٠ - ١٣٤ متر)، وتبين من الدراسة ان الفارق بين المياه المصروفة داخل المنخفض والمياه المفقودة بالتبخّر نحو ١٤٨٠٩٢٠٧٠,٥ م^٣، أي أنه ينبغي التخلص من تلك الكمية للمحافظة على منسوب البرك الملحية عند مناسبتها الحالية دون زيادة. أما المشكلة الثانية فتتمثل في زيادة نسبة تركيز الأملاح بالمياه مما أثر على جودة المياه والأراضي بالمنخفض، وألحق الضرر بالنبات الطبيعي والأراضي المنتجة والمحاصيل الزراعية، وتكمن المشكلة أن الحلول الأولية تكمن في تطوير وإنشاء المزيد شبكات الصرف^{٣٤} بالإضافة إلى محطات الرفع ومحطات المعالجة.

إن الحل الرئيسي لمعالجة مشكلة جودة المياه يكمن في إيقاف استخدام خزان الماء تحت السطحي في طبقات الحجر الجيري الميوسيني-الايوسيني لارتفاع الأملاح به من خلال غلق الآبار التي تعتمد على الحصول على المياه من عمق أقل من ١٠٠ متر، والإعتماد على المياه المستمدة من حفر الآبار العميقة على عمق أكبر من ١٠٠٠ متر، مع زراعة النباتات القادرة على التخلص من الأملاح، لكن تظل مشكلة التخلص من المياه الزائدة عائقاً أمام عمليات التنمية، والتالي عرض كيفية التغلب على تلك المشكلات:

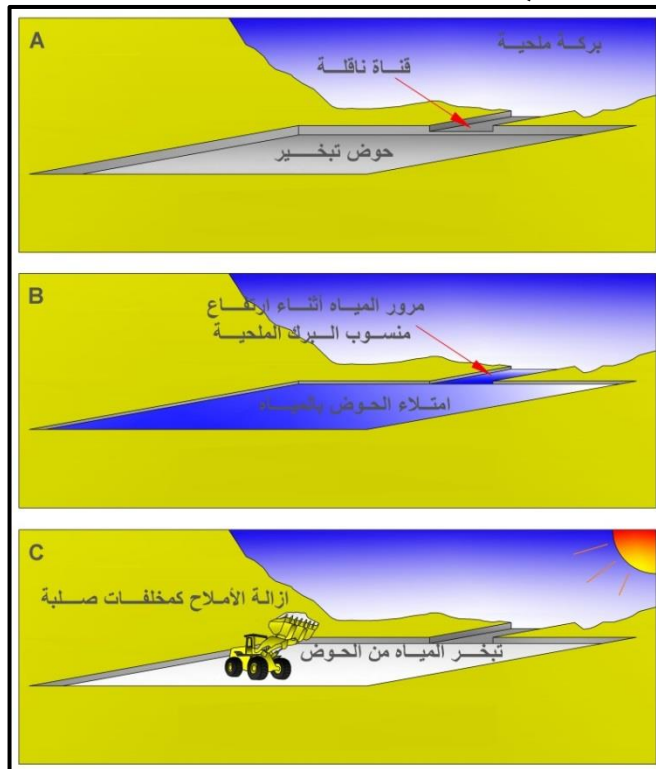
(١) إقتراح حلول للتخلص من مشكلة المياه الزائدة عن طريق تعزيز القدرة البيئية للتخلص**من المخلفات *Strengthening Environmental Capacity* (أحواض التبخير):**

يتمثل الحل هُنا في اللجوء إلى محاكاة البيئة الطبيعية في كيفية التخلص من كميات المياه الزائدة داخل النظام البيئي، حيث تتخلص البيئة منها عن طريق التبخر، وبالتالي يمكن اللجوء هنا إلى نفس الآلية من خلال التعرف على معوقات تبخر المياه وكيفية تسريع الآلية البيئية في التخلص منها، وهذا ما يمكن ان نطلق عليه "تعزيز الآلية

^{٣٤} بدأت الدولة بالفعل في تنفيذ مشروعات صرف صحي متكامل بمدينة سيوة منذ ابريل ٢٠٢٢ على مساحة ١٤٢ فدان، يشمل شبكات صرف بطول ٩١ كم، ومحطات رفع ومعالجة بتكلفة ٩٨٠ مليون جنيه <https://egy-map.com/project> بالإضافة إلى سحب المياه الزائدة بخطوط طرد إلى شرق المنخفض ومعالجة المياه وزراعة الاراضي على جانبي الخط.

البيئية للتخلص من المخلفات"، وتبين من دراسة آلية التبخر أنه يمكن إنشاء أحواض تبخير صناعية للتخلص من المياه الزائدة على أن تتمتع تلك الأحواض في تصميمها على التالي:

- ان تكون الأحواض ذات مساحات كبيرة لأنه كلما زاد المسطح المعرض للاشعاع الشمسي المباشر كلما زادت طاقة التبخر.
- إضافة مواد كيميائية تسرع من اكتساب المياه للحرارة وبالتالي سرعة التبخر.
- ان تكون الأحواض ذات عمق ضئيل (أقل من ١ متر)، حتى يكتسب المياه الحرارة في وقت أسرع (الحرارة الكامنة)، وبالتالي الاسراع من عملية تبخير المياه واستقبال كمية جديدة من المياه في تلك الأحواض لتعرضها للتبخير.
- بعد تبخير المياه يتم جمع المخلفات المتمثلة في الأملاح كمخلفات صلبة ويتم الالقاء بها في أماكن آمنة خارج المنخفض على سطح الهضبة بعيداً عن تأثير المياه الجوفية تحت السطحية.



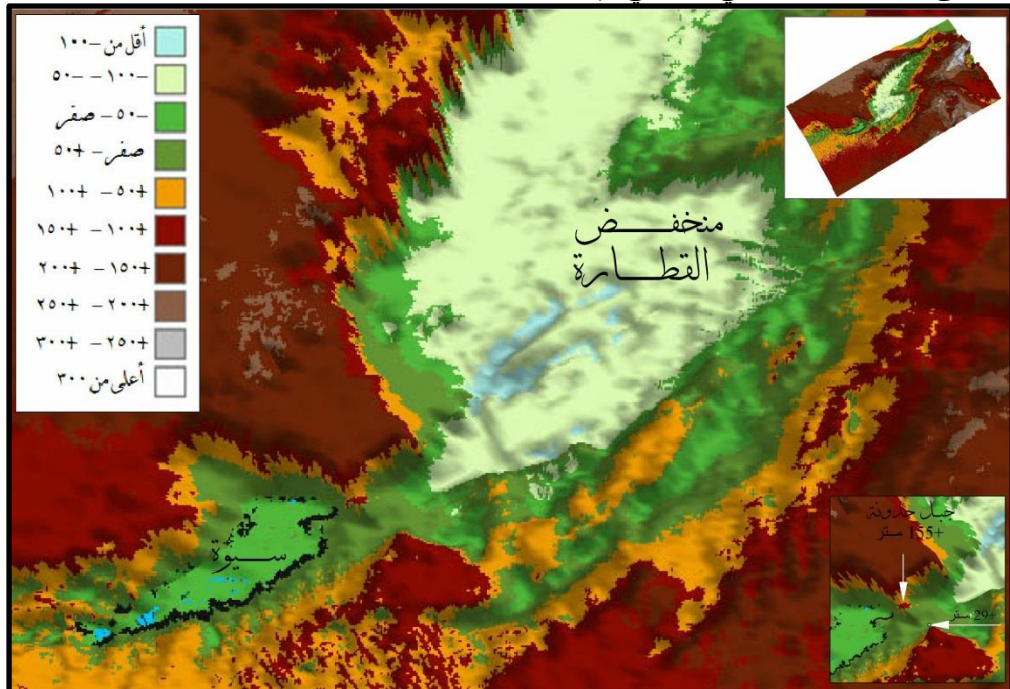
شكل (٤٦) فكرة التخلص من المياه بالتبخير ومن الأملاح كمخلفات صلبة

المصدر: من فكرة ورسمة الباحث.

(٢) إقترح التخلص من المياه الزائدة عن طريق ربط منخفضي سيوة والقطارة:

يتبين من دراسة الخريطة الكنتورية للهضبة الشمالية بالصحراء الغربية، ونماذج الارتفاع المجسمة لمنخفضي القطارة وسيوة، أن قاع منخفض القطارة يقع على منسوب أقل من قاع منخفض سيوة، حيث يصل أقصى عمق لمنخفض القطارة -١٣٢ متر وذلك في جزءه الغربي القريب من منخفض سيوة، وأقصى عمق لمنخفض سيوة -٢٢ متر كما أوضحنا سابقاً. المنطقة الفاصلة بين المنخفضين تتشكل من حافة مرتفعة كما في شكل (٤٧)، الجزء الشمالي منها يشغله جبل حدونة بارتفاع أعلى من ١٥٥+ متر، بينما الجزء الجنوبي عبارة عن لسان صخري لا يتجاوز ارتفاعه +٢٩ مترًا فقط.

يتبين من دراسة الانحدارات بالمنخفض امكانية انشاء مجرى صناعي جنوب قاع منخفض سيوة، يتصل بالمصارف الرئيسية داخل المنخفض عن طريق محطات رفع للمياه تقوم برفع المياه من منسوب -١٥ الى منسوب صفر، والمرحلة التالية وصل المياه الى المصرف الصناعي الرئيسي بإتجاه منخفض القطارة والقاء الفائض من المياه هناك.

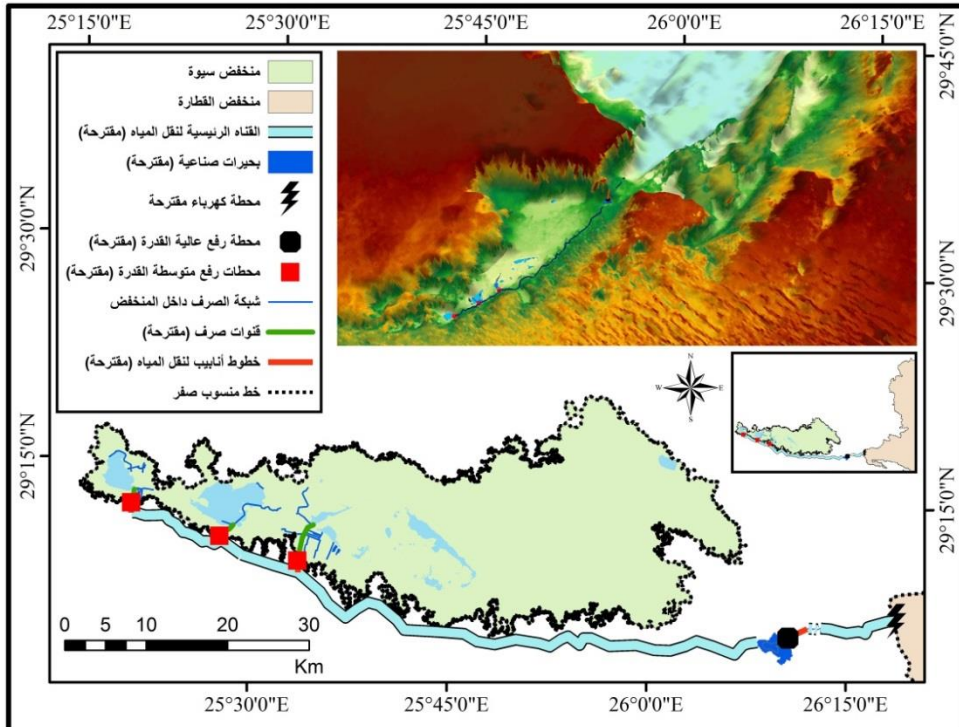


شكل (٤٧) الوضع الطبوغرافي لمنخفضي سيوة والقطارة

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على نموذج ارتفاعات مجسم DEM، وتمت المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

(١-٢) المقترح الأول:

- يتمثل كما بشكل (٤٨) في مد قنوات صرف من حوض الزيتون والسيوة والمراقى، ثم انشاء ثلاث محطات متوسطة لرفع المياه من منسوب -١٠ الى منسوب ١٣,٥ متر خارج حدود المنخفض في الجنوب.
- انشاء مصرف رئيسي عبارة عن قناة مُبَطَّنة يُرَاعَى ان يكون انحدارها ٥-٨سم/كم، تمتد من الغرب الى الشرق بطول ٧٠,٨٧ كم، وتتحد من ارتفاع ١٣,٥ متر حتى ارتفاع ١٠ متر، حيث سينشأ عند مصبه بحيرة صناعية لتجميع مياه الصرف فيها عند منسوب ١٠ متر كأقصى سعة لها، ويعمق حتى -٢ متر تحت مستوي سطح البحر. تَبْلُغ مساحة تلك البحيرة عند ملئها عند أقصى منسوب نحو ٨,٨١ كم٢ بسعة استيعاب مائي قدرها ٩١٧٠,٨٥٦ م٣، ومساحتها عند منسوب صفر ١,٧٩ كم٢ بسعة مائية قدرها ٣٥٧٨٤٦٠ م٣ .



شكل (٤٨) المقترح الأول لصرف المياه الزائدة بمنخفض سيوة تجاه منخفض القطارة

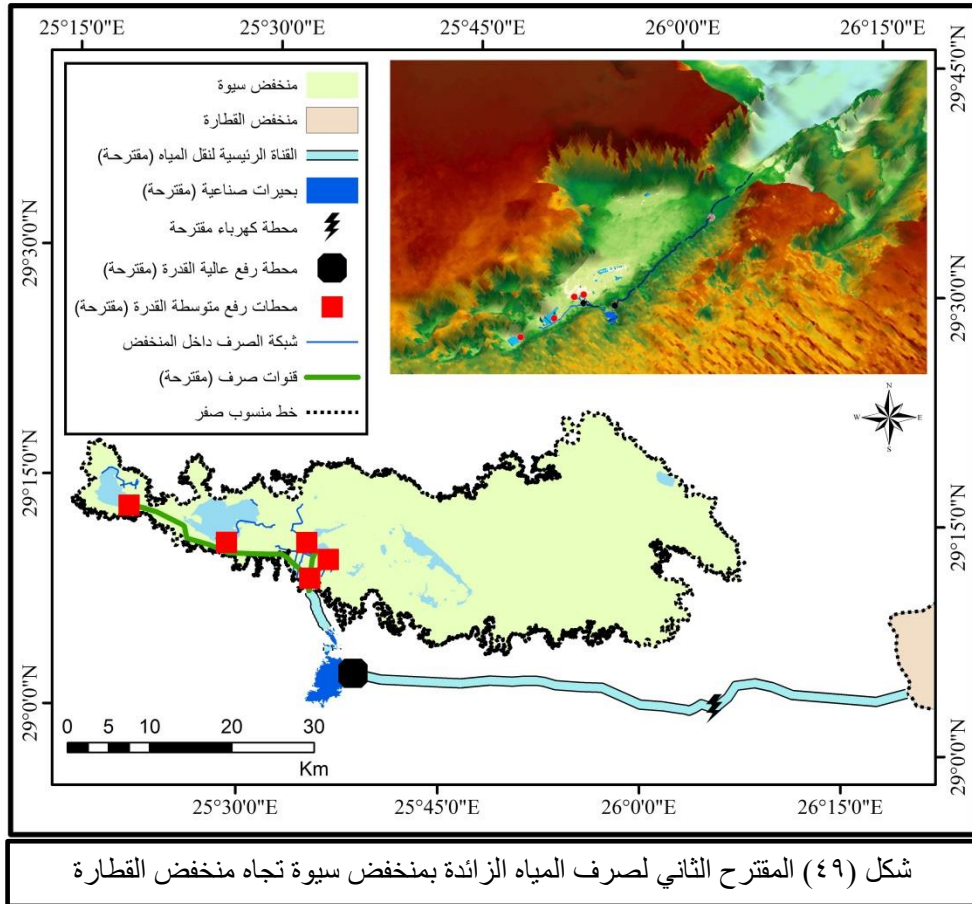
المصدر: من فكرة ورسم وتصميم الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠ مراجعة حقلياً عام ١٩٩٥ وطبعت عام ١٩٩٧/١٩٩٨، بالإضافة الى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat9 مأخوذة بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣، ومعالجة بيانات نموذج الارتفاع الجسد DEM في الرسم والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

- بالطرف الشرقي للبحيرة الصناعية يتم انشاء محطة رفع رئيسية عالية القدرة^{٣٥} عند إحداثيات، ($N=29.10$ $E=26.17$) لديها القدرة على رفع المياه من ادنى منسوب ببحيرة التجميع عند منسوب صفر، وإيصال المياه حتى منسوب ٢٩ متر عبر خطوط الانابيب.
- تنتهي خطوط الانابيب الى مجموعة من مستجمعات المياه السطحية بإجمالى مساحة ١٢٠ كم^٢ لتجميع المياه قبل أن تسير فى مجري صناعي يتماشى مع انحدار الأرض الطبيعية تجاه منخفض القطارة، طول المجري ١٢ كم ونسبة انحداره (١متر/٤١٤متر، ينتهي الى الحافة الغربية لمنخفض القطارة عند احداثيات ($N=29.126/E=26.309$) حيث تسقط المياه حتى -١٣٠ متر، حيث يمكن اقامة محطة كهرياء لانتاج نحو ٢ ميجاوات من الطاقة الكهربائية.

(٢-٢) المقترح الثانى:

- يتمثل كما بشكل (٤٩) فى تنفيذ خطوط صرف من نطاقات البحيرات الملحية الرئيسية عند منسوب -١٠ حيث تتولى محطات رفع منخفضة القدرة ضخ المياه الى خطوط صرف، بحيث تتجمع تلك الخطوط فى محطة رفع متوسطة القدرة عند منسوب -٣ متر عند احداثيات ($N=29.154$ / $E=25.576$) تقوم بضخ المياه الى مجري صناعى بطول ٥,٢ كم ينتهي الى مستجمع مياه سطحي (بحيرة صناعية) استغلالاً لوجود منخفض طبيعي جنوب منخفض سيوة الرئيسي، منسوب سطح تلك البحيرة عند صفر وأقصى عمق داخلها -١٣ متر، تمتد تلك البحيرة على مساحة ١٧ كم^٢، والسعة التقديرية لخرن المياه تبلغ ٢٠٤٦٦٨٤٠٠ م^٣.
- يتم انشاء محطة رفع عالية القدرة عند الاحداثيات ($N=29.053$ / $E=25.637$) عند ارتفاع ٢٢ متر بحيث تضخ المحطة المياه داخل مجري صناعى مبطن يسير مع انحدار الارض الطبيعية لمسافة ٥٧ كم حتى الطرف الجنوبي الغربى لمنخفض القطارة مباشرة، يبدأ انحدار تلك القناة من ٢٢ متر وحتى ٢٠ متر عند الكيلو ٣١,٧ حيث يكون نسبة الانحدار من ٥ الى ٨ سم / كم. أما باقى القناة بطول ٢٥,٠٧ كم فتتحدراً انحداراً شديداً من ارتفاع ٢٠ متر وحتى منسوب صفر فى منخفض القطارة حيث تكون نسبة الانحدار ١,٢٥ متر/ ١٠٠٠ متر، يمكن هنا توليد الطاقة الكهربائية.

^{٣٥} سبق للدولة انشاء محطة رفع عملاقة بتشكي قادرة على رفع المياه من منسوب منخفض يصل إلى عمق ٤٠ متر.



المصدر: من فكرة ومرسم وتصميم الباحث اعتماداً على لوحات طبوغرافية من إنتاج ادارة المساحة العسكرية بالقاهرة، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠٠، مراجعة حقيقياً عام ١٩٩٥ وطبعت عام ١٩٩٧/ ١٩٩٨ ، بالإضافة الى مرئية فضائية مأخوذة بواسطة القمر الصناعي LandSat9 مأخوذة بتاريخ ٢٤/٦/٢٠٢٣ ، ومعالجة بيانات نموذج الارتفاع الجسد DEM والرسم والتصميم باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

بكلا الإقتراحين السابقين يُمكن انشاء محطات معالجة للمياه المنصرفة بحيث يمكن الاستفادة من المياه في تنمية أراضي شرق منخفض سيوة عبر انشاء قنوات تسير مع انحدار الارض الطبيعية إلى هناك.

خامساً: النتائج والمناقشة:

يَتَبَيَّن من البحث والدراسة أن التخطيط البيئي عملية منظمة لاتخاذ القرار بالتنمية مع الحفاظ على البيئة الطبيعية ومواردها، وجعل المجتمعات العمرانية تتكيف مع البيئة الطبيعية، ويرتكز على ثلاثة محاور رئيسية وهي البيئة الطبيعية، والجوانب الإجتماعية، والإقتصاد البيئي، ويقوم معالجة محور البيئية الطبيعية على تقييم نقاط الضعف والقوة، وموارد

البيئة المتاحة، وإمكانية توليد الطاقة النظيفة والاستفادة منها، مع بيان الأثر البيئي EIA لعمليات التنمية المقترحة، وأشارت دراسة الجوانب البيئية الطبيعية الى النتائج التالية:

- أشارت البيانات الجيولوجية الى وجود نطاقات ضعف تمثل في انتشار رواسب السبخات على مساحة نحو ١١٥.٢ كم^٢ بقاع المنخفض، كما تنتشر الصدُوع والانكسارات التي ادت الى تراكم المياه في عدة نطاقات وتشكل برك ملحية كبيرة اغورمي والزيتون.
- تبين من دراسة المناخ المحلي انه من الأفضل الحصول على الطاقة النظيفة بالاعتماد على توليد الطاقة الشمسية بالمنطقة المدروسة حيث تبين أن عدد ساعات سطوع الشمس يبلغ ٣٧٨٦ ساعة سنوياً، ونسبة الغيوم ٢١,٢% فقط ، وكمية الطاقة الساقطة سنوياً تبلغ ٢٢٧٥,٤٧ كيلوات/ ساعة /م^٢/يوم، بينما من الصعب الاعتماد على طاقة الرياح نظراً لأن فئة طاقة للرياح على ارتفاع ١٠ متر تقع ضمن "النطاقات الفقيرة"، وعلى ارتفاع ٥٠ متر تصنف ضمن "النطاقات الهامشية" كما تُحيط بمنطقة الدراسة الحافات الصخرية بارتفاع يتراوح ما بين ١٠٠ - ١٣٤ متر مما يعد عاملاً يزيد حدوث الاضطرابات الطبيعية في سرعة الرياح، ولا يمكن استخدامها سوي على النطاق السكني كإدارة ابار استخراج المياه مثلاً بتركيب توربينات قدرة (٤٠٠ - وات - ٥٠ كيلوات).
- تبعاً للمقاييس الحيوية (تأثير المناخ على الإنسان) يشير مؤشر درجة اعتدال المناخ إلي ان المنطقة المدروسة تندرج تحت التصنيف المناطق "ذات المناخ شبه المعتدل"، وتبعا لتصنيف (Gaffny,1973) لمدي شعور الإنسان بالراحة حرارياً فإن المنطقة تندرج تحت فئة "شعور بالراحة" بشكل عام، الا ان فصلي الربيع والخريف هم الأفضل، بينما الشتاء يندرج تحت تصنيف "عدم الشعور المطلق بالراحة بسبب البرودة"، أما الصيف فيندرج تحت تصنيف "عدم شعور بالراحة بالغ الأثر والإجهاد بسبب الحر"، ومن هنا يوصي البحث بتوجيه الرحلات السياحية خلال الإعتدالين.
- تبعاً لمؤشر التبريد *The Wind-Chill Index* الذي يأخذ في الإعتبار حركة الرياح فإن الاحساس بمناخ المنطقة "لطيف" في اغلب ايام السنة، أما تبعاً لمعامل الحرارة والرطوبة فجاءت النتيجة أن السكان يشعرون بالازعاج من العناصر المناخية.
- الأراضي الرطبة بالمنطقة المدروسة تتمثل في السبخات بمساحة تقدر بـ ٣١٤,٣٢ كم^٢، بما يمثل نحو ٢٧,٥% من أراضي قاع المنخفض، ويمكن تصنيفها الى ثلاثة أنماط تبعاً

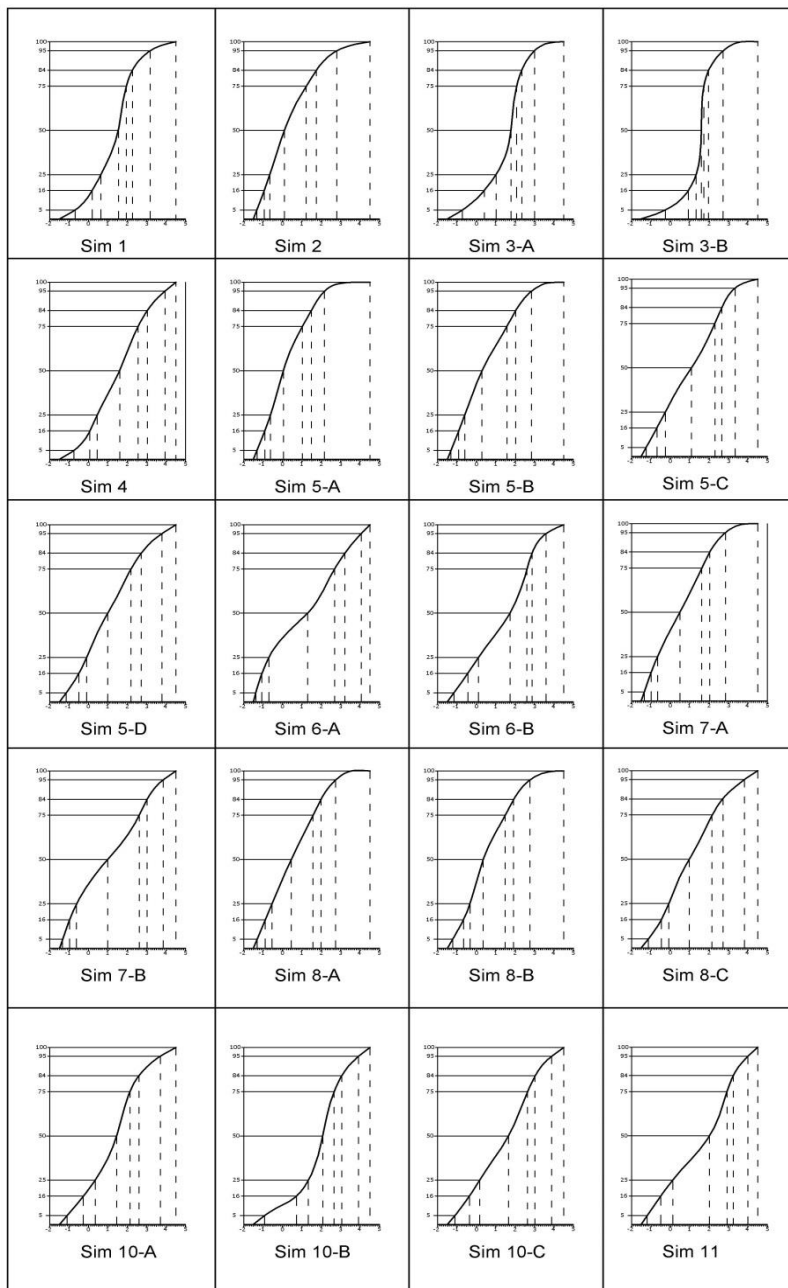
للمظهر الجيومورفولوجي ونسبة الاملاح، الأول سبخات منخفضة الأملاح (سبخات نضحات الأملاح) بمساحة نحو ٥٣,٥١ كم^٢، وتستخدم أراضيها كمورد في الاستصلاح الزراعي، الثاني سبخات القشور الملحية الصلبة على مساحة بـ ٤٠,٢٤ كم^٢، وتستغل في استخراج الملح الصخري عن طريق أحواض التبخير للأغراض التجارية والطبية، والثالث أراضي سبخات ذات كتل ملحية صلبة وتنتشر على مساحة تقدر بـ ٢٠٧,٥٨ كم^٢، وتستغل في استخراج مواد البناء من البيئة المحلية (الكورشيف)، ويطلق على هذا النوع من البناء "العمارة البيئية" وهدفها الحفاظ على التراث الثقافي للمجتمع المحلي من خلال الاحتفاظ بالمظهر التقليدي للمباني أو ما يطلق عليه "العمارة التقليدية"، ولقد استخدمت في ترميم قرية شالي الأثرية القديمة.

- تُقدَّر مساحة البرك الملحية بـ ٧٠.٦٣ كم^٢ بما يمثل ٦,٢% من قاع المنخفض، بينما كانت مساحتها في بداية سبعينيات القرن المنصرم تقدر بـ ٣٠,٨ كم^٢، أى ان مساحتها زادت أكثر من الضعف خلال الخمسون عاماً الماضية.
- تم تقدير قيم التبخر السنوي من مستجمعات المياه السطحية بنحو ١٤٨ مليون متر مكعب، بينما يزيد كمية المياه المنصرف الى البحيرات كثيراً حيث تصل الى أكثر من ٢٩٠ مليون متر مكعب، وتم تقدير الفرق بين المكتسب والمفقود بمقدار ما يقرب من ١٤٣ مليون متر مكعب تضاف سنوياً الى الحجم المائي للبرك الملحية.
- يظهر الماء جوفي في عدة طبقات، حيث طبقات الحجر الجيري في الاعلي حيث ينتمي لتكوينات الايوسين والميوسين بسمك ٥٠٠ الى ٦٠٠ ، ويستخرج منها المياه عن طريق عدد من الينابيع الضحلة، ويتميز بانخفاض جودة المياه به نتيجة ارتفاع الأملاح بنسب تتراوح بين ٤٠٠٠ الى ١٣٠٠٠ جزء في المليون، أما الخزان الرئيسي يقع بتكوينات الحجر الرملي لتكوينات البحرية على عمق أكثر من ٨٠٠ متر وتستخرج منه المياه عن طريق حفر الآبار العميقة (أكثر من ١٠٠٠ متر) ونسبة الملوحة به ١٦٠ - ٢٠٠ جزء في المليون، وأخيراً خزان تكوينات الحجر الرملي لعلم البويب وللوصول اليها يحتاج الى الحفر العميق لعمق أكثر من ١٢٠٠ متر. وتعود مشكلة جودة المياه بالمنخفض الى الإعتماد على نحو ١٢٠٠ بئر غير عميقة (أقل من ١٠٠ متر) أى من المياه منخفضة الجودة (مرتفعة الاملاح).

- أغلب رواسب قاع منخفض سيوة تتشكل من الرمال بمتوسط ٩٥% من إجمالي الرواسب، وأثر ذلك في نوعية نسيج التربة حيث تعد التربة الرملية هي الأكثر انتشاراً، أما المادة العضوية فيلاحظ ارتفاع نسبتها على هوامش البرك الملحية حيث انتشار الأراضي الرطبة (السبخات) وبخاصة بالجزء الجنوبي من حوض الزيتون مع انتشار النباتات الملحية، وتخفض نسب المادة العضوية كلما اقتربنا من الحافة الصخرية الشمالية. أما عن نسب الأملاح فأعلى القيم سجلت بنطاق السبخات بمتوسط ١٣ ds/m، وأعلى قيم نسبة الملوحة سجلت في نطاق انتشار رواسب الكورشيف الى الجنوب من منخفض الزيتون ، حيث تبين أنها تتشكل في الأصل بأكثر من ٩٠% من ملح صخري، ونحو ١٠% رواسب رملية وطينية، وتراوح درجة الملوحة بها بين ٢٢,٩ ، ٣٦,٥ ds/m. تشير قيم الأس الهيدروجيني Ph أن أغلب عينات الدراسة ذات تصنيف قلوي قوي إلى قلوي قوي جداً.
- يتمثل الادارة البيئية في متابعة تنفيذ الخطط البيئية ومنع وحل المشكلات البيئية، الى جانب رعاية المؤسسات التي تدعم البيئة بشكل فعال، مع القيام بأعمال الرصد البيئي وإجراء البحوث العلمية، والتحذير من المخاطر والتهديدات، والعمل على استدامة الموارد الطبيعية وتحسينها، بالإضافة إلى توفير الدعم المؤسسي والتشاور ومشاركة المجتمع المحلي، أما عن الحماية البيئية فيعد متابعة تنفيذ القوانين التي تحمي البيئة الطبيعية أبرز مهامها، ولكي يتم تفعيل تلك القوانين لا بد من أداة تنفيذية تتولى صيانة البيئة الطبيعية ومتابعة أعمال حمايتها وفي اطار تفعيل الحماية البيئية تم اعلان منطقة سيوة كمحمية طبيعية بالقرار الوزاري رقم ١٢١٩ لسنة ٢٠٠٢م.
- يُعاني منخفض سيوة من مشكلتين رئيسيتين، الأولى تتمثل في جودة المياه وارتفاع نسبة الأملاح بها، ويكمن الحل بالاعتماد فقط على الابار العميقة (أكثر من ١٠٠٠ متر) كمصدر للمياه، وغلق جميع الآبار السطحية (أقل من ١٠٠ متر). المشكلة الثانية تتمثل في صعوبة صرف المياه الزائدة وقدم البحث مقترحين، الأول يتمثل في تعزيز القدرة البيئية على التخلص من المخلفات من خلال انشاء أحواض لتبخير المياه الزائدة ثم التخلص من الأملاح كمخلفات صلبة، والمقترح الثاني يتمثل في صرف المياه الى أراضي أكثر انخفاضاً وذلك من خلال صرف المياه الزائدة الى منخفض القطارة (شرق سيوة) حيث يقع قاعه عند منسوب -١٣٢ متر.

الملاحق

ملحق (١) المنحنيات التراكمية الممثلة لنتائج التحليل الميكانيكي للرواسب بالمنطقة المدروسة



المصدر: من مرسد الباحث اعتماداً على بيانات جدول (١٥).

ملحق (٢) قيم فاي المحسوبة

الحجم الحبيبي المتوسط	95 Ø	84 Ø	75 Ø	50 Ø	25 Ø	16 Ø	5 Ø	قيم فاي العينات
1.57	3.17	2.26	1.94	1.54	0.63	0.90	-0.69	Sim 1
0.57	2.81	1.75	1.22	0.9	-0.65	-0.94	-1.32	Sim 2
1.50	١.٥٠	2.33	2.07	1.78	1.01	0.4	-0.73	A
1.50	١.٥٠	1.97	1.72	1.60	1.32	0.93	-0.26	B
1.56	3.94	3.03	2.54	1.60	0.44	0.06	-0.75	Sim 4
0.21	2.16	1.50	1.02	0.04	-0.62	-0.91	-1.33	A
0.46	2.84	2.02	1.58	0.28	-0.60	-0.91	-1.31	B
1.02	3.33	2.65	2.30	1.09	-0.26	-0.69	-1.25	C
1.07	3.78	2.72	2.18	1.00	-0.10	-0.50	-1.16	D
1.15	4.06	3.22	2.68	1.30	-0.72	-1.06	-1.38	A
1.39	3.59	2.87	2.60	1.73	0.11	-0.44	-1.16	B
0.51	2.84	2.03	1.62	0.50	-0.66	-0.99	-1.35	A
1.01	3.84	3.02	2.61	0.98	-0.62	-0.98	-1.35	B
0.51	2.73	1.98	1.57	0.44	-0.55	-0.89	-1.31	A
0.53	2.76	1.92	1.48	0.35	-0.34	-0.67	-1.23	B
1.08	3.82	2.72	2.15	0.97	-0.08	-0.46	-1.14	C
1.26	3.70	2.60	2.13	1.44	0.34	-0.27	-1.10	A
1.94	3.92	3.05	2.65	2.07	1.33	0.71	-0.93	B
1.35	3.87	3.02	2.63	1.65	0.16	-0.63	-1.12	C
1.58	4.00	3.24	2.92	2.01	0.12	-0.50	-1.20	Sim 11

المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على بيانات جدول (١٥)، والقيم المستخرجة من المنحنيات التراكمية الموضحة بملحق (١).

ملحق (٣) قيم التحليل الإحصائي المحسوبة تبعاً لمعادلات Folk & Ward, 1957

معامل التفرطح		معامل الانحراف		معامل التصنيف		رقم العينة	
المنحنيات التراكمية بملحق الفئات (١)	القيم	الفئات	القيم	الفئات	القيم		
مرتفع	1,21	متقارب التماثل	-0,05	معتدل	0,92	A	Sim 1
عادي	0,91	شديد الخشونة	-0,22	ردئ	1,30	A	Sim 2
مرتفع	1,44	شديد الخشونة	-0,39	ردئ	1,05	A	Sim 3
مرتفع للغاية	3,05	خشن	-0,27	معتدل	0,71	B	
عادي	0,92	متقارب التماثل	-0,02	ردئ	1,45	A	Sim 4
منبسط	0,87	ناعم	0,21	ردئ	1,13	A	Sim 5
منبسط	0,78	ناعم	0,21	ردئ	1,36	B	
منبسط	0,73	متقارب التماثل	-0,04	ردئ	1,53	C	
منبسط	0,89	ناعم	0,10	ردئ	1,55	D	
منبسط جدا	0,66	متقارب التماثل	-0,04	ردئ	1,89	A	Sim 6
منبسط	0,78	خشن	-0,26	ردئ	1,55	B	
منبسط	0,75	متقارب التماثل	0,07	ردئ	1,39	A	Sim 7
منبسط جدا	0,66	متقارب التماثل	0,06	ردئ	1,79	B	
منبسط	0,78	ناعم	0,10	ردئ	1,33	A	Sim 8
عادي	0,90	ناعم	0,21	ردئ	1,25	B	
عادي	0,91	ناعم	0,12	ردئ	1,55	C	
عادي	1,10	خشن	-0,12	ردئ	1,44	A	Sim10
مرتفع جدا	1,51	خشن	-0,20	ردئ	1,32	B	
منبسط	0,83	خشن	-0,18	ردئ	1,67	C	
منبسط	0,76	خشن	-0,29	ردئ	1,72	A	Sim11

المصدر: من حسابات الباحث.

قائمة المصادر والمراجع

أولاً: المصادر:

- إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة: تسع لوحات طبوغرافية (قـــارة تهبو NH 35 F2c / جبل حدونســـة NH 35 F2a /حطية الترفة NH 35 F4b/أم حويلم NH 35 F1d /قارة زوماق NH 35 F1b /جبل ابوبريج Nh 35 F1c /سيوة/واحة جربةNH 35 E3d/بركة سيوة)، أرقام (مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ ، مرسومة من رسم جوي تم اجراؤه عام ١٩٩٤ ، ومراجعته حقلياً عام ١٩٩٥ ، طبعت عام ١٩٩٨ .
- الهيئة المصرية العامة للبتروال: خريطة مصر الجيولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ ، لوحة سيوة تحت رقم NH 35 SW Siwa ، نتاج عام ١٩٨٦ ، كونوكو كورال Conoco Coral .
- الهيئة العامة للارصاد الجوية: الإحصاءات المناخية، القاهرة.
- الإدارة المركزية لحماية البيئة (٢٠٠٥): نحو إستراتيجية وطنية وخطة عمل للسياحة البيئية في مصر، جهاز شئون البيئة، وزارة الدولة لشئون البيئة، جمهورية مصر العربية.
- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (٢٠١٤): مستقبل الطاقة في مصر، مرجع رقم ٨٠_٢٣٤١٢-٢٠١٤، جمهورية مصر العربية.
- وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية (٢٠٢٠): توطين أهداف التنمية المستدامة في مصر - محافظة مطروح.
- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA ، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة NREA (٢٠١٨): دراسة أفاق الطاقة المتجددة - مصر، الملخص التنفيذي، استناداً الى تقييم جاهزية الطاقة المتجددة وتحليل Remap .
- المرنيات الفضائية المستخدمة:

السنة	تاريخ الالتقاط	الترقيم		النوع	القمر الصناعي	
		Row	Path			
١٩٧٢	٢٩ يوليو	040	193	MSS	LandSat1/5	(١)
١٩٧٣	٨ أكتوبر	040	194	MSS	LandSat1/5	(٢)
١٩٨٣	٢ يونيو	040	180	MSS	LandSat1/5	(٣)
٢٠٠٣	٢٩ سبتمبر	040	180	ETM+	LandSat7	(٤)
٢٠١٣	٢٣ أغسطس	040	180	ETM+	LandSat7	(٥)
٢٠٢٣	٨ يونيو	040	180	OLI/TIRS	LandSat8/9	(٦)

- نموذج ارتفاعات مجسم: STRM1 - Entity ID: N29E025V3 - Resolution: 1-ARC - Publication - Date:23/9/2014
- مواقع الكترونية:

- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>
- <https://egy-map.com/project>
- <https://Soda-pro.com>
- <https://www.sis.gov.eg>
- www.TuTiempo.net
- www.fao.org

ثانياً: المراجع:

(١) مراجع باللغة العربية:

- إبراهيم، محمد إبراهيم محمد (٢٠١٢): المحميات الطبيعية في مصر - القوانين والتشريعات والإتفاقيات المتعلقة بها، جهاز شئون البيئة، وزارة الدولة لشئون البيئة، القاهرة.
- أبو الفضل، طارق محمد (٢٠١٠): درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية في جمهورية مصر العربية وآثارها على راحة الإنسان.
- أحمد، خديجة أحمد حسن (٢٠١٧): أثر المناخ على بعض أمراض الإنسان في محافظة القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية النبات، جامعة عين شمس.
- إسكوجيني، جورج (١٩٩٦): الأراضي شبه الجافة والصحراوية - موارد وإستصلاح التربة، ترجمة: فوزى محمد الدومي، المجلد الأول، ط ١، دار الكتب الوطنية، بنغازي، ليبيا.
- أوجي، تيمور عبد المجيد، وحسن، احسان فصيح (٢٠١٣): تقدير التبخر النتج المرجعي عن طريق التنبؤ بدرجات الحرارة باستخدام نموذج عشوائي، مجلة مهندسي الرافدين *Al-Rafidain Engineering*، مجلد (٢١)، عدد (٣)، ص ٨٢ - ٩١.
- بدر، هدى هاشم (٢٠١٢): التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد الثامن والعشرون، العدد الأول.
- بدوي، هشام داود صدقي (٢٠٢١): تحديد المواقع المثلي لحصاد طاقة الرياح في مصر اعتماداً على اسلوب المعايير المتعددة ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب-جامعة الفيوم (الانسانيات والعلوم الإجتماعية)، مج(١٣)، ع ١، ص ١٢١ - ١٨٨.
- البستاوي، اسلام كمال وحسن، يحيى شحاتة (٢٠١٦): التنمية السياحية المستدامة في المحميات الطبيعية المصرية: دراسة في ضوء الميثاق الأوروبي للسياحة المستدامة، مجلة العلوم البيئية - معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، مجلد (٣٤)، العدد (٢)، ص ٥٥٣-٥٥٦.
- بولر، هاسن (٢٠٠٠): علم التربة - أساسيات وتطبيقات، ترجمة: فوزي محمد الدومي، ط ١، دار الكتب الوطنية، بنغازي، ليبيا.
- حسن، احسان فصيح (٢٠١٣): تقييم طريقة مبسطة لتقدير فواقد التبخر من خزان سد الموصل، مجلة مهندسين الرافدين *Al-Rafidain Engineering*، العدد (٢١)، الجزء (٥)، ص ٥٣ - ٦٢.
- الرميدي، بسام سمير، وطلحي، فاطمة الزهراء (٢٠١٨): التخطيط البيئي كآلية لتحقيق البعد البيئي في استراتيجيات التنمية المستدامة - رؤية مصر ٢٠٣٠، مجلة اقتصاديات المال والأعمال (JFPE)، العدد السابع، ص ٢٥٨ - ٢٧٧.
- الشتلة، هاني سعيد عبد الرحمن، وعبد الله، طارق على أحمد، والشعراوي، رمضان عبد الله طه (٢٠١٦): اقتصاديات انتاج التمور بواحة سيوة بمحافظة مطروح، مجلة أسبوط للعلوم الزراعية، مجلد ٤٧ (٤)، ص ٢٣٤ - ٢٥٠.
- الشلش، علي حسين (١٩٨١): جغرافيا التربة، ط ١، جامعة البصرة.
- جودة، جودة حسنين (٢٠٠٤): الجغرافيا المناخية والحيوية - مع التطبيق على مناخ أوروبا وأسيا وأفريقيا ومناخ ونبات العالم العربي، ط ٣، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر.
- عاشور، محمود محمد، وعبد المغيث، صلاح محمد، ومتولى، أحمد عبد السلام، والغزالي، جمال عبد المجيد، وعبد الغفور، سيد أحمد، وشاكسبي، ريتشارد، وعلى، أحمد عبد السلام (١٩٩١): السبخات في شبه جزيرة قطر (دراسة جيومورفولوجية-جيولوجية-حيوية)، منشورات مركز الوثائق والدراسات الإنسانية جامعة قطر، الدوحة.
- عبد الجليل، محمد، وأنور، المعمار، وغسان، إبراهيم (٢٠١٤): التوزيع الجغرافي والبيئي لنبات القبار الشوكي في سورية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (٣٦)، العدد (٣).
- عبد الصادق، أحمد حسن أبو شامة (٢٠١٩): المحددات الانتاجية والاقتصادية لمحصول الزيتون في واحة سيوة، مجلة حوليات العلوم الزراعية بمشئهر *Annals of Agric, Sci, Moshtohor*، مجلد ٥٧ (١) كلية الزراعة، جامعة بنها، ص ٢٧٧ - ٢٩٦.
- عبد اللطيف، عبد العزيز، ومعوض، معوض بدوي، وشومان، هبة فتحي (٢٠١٩): الانتاج المحتمل من الطاقة الشمسية في مصر، دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد.
- عبد الرحمن، أحمد محمد حنفي (٢٠٢٢): دراسة اقتصادية للتنبؤ بمساحات أهم المحاصيل الزراعية بواحة سيوة، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، مجلد ٣٢ (٤)، ص ١٥٣ - ١٥٥٢.
- العرود، ابراهيم (١٩٩٦): تقدير التبخر من المسطحات المائية الاصطناعية المقامة أو المقترحة في المناطق الجافة وشبه الجافة في الاردن، مؤته للبحوث والدراسات، المجلد (١١)، العدد (٥)، ص ٥٥ - ٨٢.

- عقل، ممدوح تهامي (٢٠٠٣): تصحر التربة في منخفض سيوة من منظور جيومورفولوجي، مجلة بحوث كلية الآداب - جامعة المنوفية، العدد (٥٢)، ص ١٠٥ - ١٦٣.
- علي، عبد المنطلب محمد (٢٠٠٩): تأثير الظروف المناخية على تشكيل العمارة جنوب الوادي بمصر - مدينة الخارجة بالوادي الجديد بالصحراء الغربية كمثل، مجلة العلوم والتكنولوجيا، المجلد ١٤، العدد (١).
- عيد، علا الشرييني صابر (٢٠٢٢): تحليل ملوحة التربة ونمذجتها في منخفض سيوة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة دمياط.
- فايد، يوسف عبد المجيد (٢٠٠٥): جغرافية المناخ والنبات، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.
- القصرابي، محمد عبد اللطيف عبد المطلب (٢٠٢٢): التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف المياه في منخفض سيوة وأخطارها (في المدة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١)، مجلة كلية الآداب بقنا، العدد ٥٧، ص ٥٦٩ - ٦٦٤.
- محسوب، محمد صبري (١٩٩٨): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
- محسوب، محمد صبري* (١٩٩٨): جغرافيا مصر الطبيعية-الجوانب الجيومورفولوجية، ط١، دار الفكر العربي، القاهرة.
- محسوب، محمد صبري (٢٠٠٢): البيئة الطبيعية، خصائصها وتفاعل الانسان معها، ط١، دار الفكر العربي، القاهرة.
- محمد، وسام مصطفى امام (٢٠٢١): التخطيط البيئي للمناطق الصناعية في مصر، مجلة الهندسة Journal of Engineering، مجلد ٤، عدد ٢، جامعة الفيوم - مصر ص ٥٦ - ٧١.
- مندور، مسعد سلامة (٢٠٠٥): أقاليم الراحة والارهاق المناخي في مصر، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد السادس والاربعون، (ج٢)، ص ٢١٥ - ٢٣٩.
- منصور، أنوار عبد المنعم، وحمزة، عبد الهادي محمود، ونصار، سعد زكي، وسامي، محمد محمود (٢٠٢١): دراسة اقتصادية لكفاءة تصنيع التمور في واحة سيوة، المجلة المصرية للإقتصاد الزراعي، المجلد ٣١ (٤)، ص ١١٢٩ - ١١٤٢.
- موسي، علي (١٩٨٢): الوجيز في المناخ التطبيقي، دار الفكر، دمشق، سوريا.
- موسي، علي (٢٠٠٢): المناخ الحيوي، نينوي للدراسات والنشر والتوزيع، دمشق، سوريا.
- موسي، هشام علي (٢٠١٤): السبخات في منخفض سيوة-دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.
- محمد، خالد صبار، وإزريك، علي سليمان (٢٠٢٢): تقييم هيدرولوجي لحجم الضائعات المائية لبحيرة الحبانة واثره على النشاط السياحي للمدينة السياحية باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الانسانية، المجلد ١٩، العدد ٣، ص ٢٨٦١ - ٢٨٩٥.
- مصطفى، أحمد أحمد (٢٠٠٤): الخرائط الكنتورية : إنشاؤها وتفسيرها وقطاعاتها، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- النجار، أحمد سامي (٢٠٠٨): التغيرات البيئية في منخفض سيوة- دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب- جامعة الزقازيق.

(٢) مراجع بلغة أجنبية:

- Abdallah, A. (2007): " Assessment of Salt weathering in Siwa Oasis (The Western Desert of Egypt," Bull, Egypt, Geo, Soc, Vol.80, PP.65-83.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M.(1998): "Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements، FAO Irrigation and Drainage Paper 56 , Crop Evapotranspiration," Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Al Makhlas, K. and Alsehlli, F. (2014): "Wind Power," thesis presented as part of Degree of Bachelor of Science in Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, Sweden.
- Ackermann, T.(2005): "Wind Power in Power Systems," John Wiley & Sons, Ltd, England.
- Abdulaziz, M. and Faid, A. (2015): " Evaluation of the groundwater resources potential of Siwa Oasis using three dimensional multilayer groundwater flow model, Mersa Matruh Governorate, Egypt," Arabian Journal of Geosciences, Vol (8), Issue2, PP659 – 675.
- Abdel-Gawad, A.M., El Abd, E.A. And Gedamy, Y.R.(2020): "Geological Characteristics of Shallow Groundwater Aquifer and its Relation to Hydrochemical Features and Bacteriological Pollutants in Siwa Oasis, Egypt," International Journal of Environment, Vol(09), Issue(2), PP.117-147.

- **Abdel-Motelib, A., Taher, A. and El Manawi, A.H.(2015):** "Composition and diagenesis of ancient Shali city buildings of evaporate stones (kerchief), Siwa Oasis, Egypt," *Quaternary International Journal*, 369, PP.78-85.
- **AN INTERDISCIPLINARY MIT STUDY (2015):**" The Solar Energy," Energy Initiative, Massachusetts Institute of Technology, United states. (Report).
- **Andráško, I. (2013):** " Quality of Life: An Introduction to the Concept," Masaryk University Press, The book was published within the ECOP-project "Innovation in the teaching approaches to Geography Study Programmes," which is co-financed by the European Social Fund and by the state budget of the Czech Republic.
- **Ayee, G., Lowe, M., and Gereffi, G.(2009):** "Wind Power: Generating Electricity and Employment," in: *Manufacturing Climate Solutions Carbon-Reducing Technologies and U.S. Jobs*, Center on Globalization, Governance & Competitiveness, Duke University.
- **Barrow, C.J. (2006):** "Environmental Management for Sustainable Development," Second Edition This edition published in the Taylor & Francis e-Library, , Routledge, London & New York.
- **Beathley, T. (1995):** "Planning and Sustainability: The elements of a new paradigm". *Journal of Planning Literature*, Vol.(9), No.(4), Sage Publication, Inc. PP.383-395.
- **Beer, A.R. and Higgins, C.(2000):** "Environmental planning for sit Development, A manual for Sustainable and design". Second edition, This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2005.
- **Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N. and Bossanyi, E.(2001):** "WIND ENERGY HANDBOOK," John Wiley & Sons, Ltd, England.
- **Caloiero, T., Callegari, G., Cantasano, N., Coletta, V., Pellicone, G., and Veltri, A. (2015):** "Bioclimatic Analysis in A Region of South Italy (Calabria)", Institute for Agricultural and forest System in Mediterranean (ISAFOM), National Research Council of Italy (CNR), Via Covour 4/6, 87036 Rende (CS), Italy.
- **Cogley, J.g. (1979):** "The albedo of water as function of Latitude, "American Meteorological Society, PP.775- 781.
- **Daget , P. (1977):** "Le Bioclimat Mediterranean: Analyse Des Formes Climatiques Par Le Systeme D'Emberger , " *Vegetatio* Vol.34 , 2, pp87-103.
- **Donner, J., Ashour, M.M., Brook, G.A. and Embabi, N.S.(2015):** " The Quaternary History of The Western Desert of Egypt as Recorded in The Abu El-Egl Playa," *Bul. Soc. Géog. d'Égypte*.
- **Elliott, D.L., Holladay, C.G., Barchet, W.R., Foote, H.P. and Sandusky, W.F. (1986):** "Wind Energy Resource Atlas of the United States," Assistant Secretary, Conservation and Renewable, Office of Solar Electric Technologies, Wind/Ocean Technologies Division, Published by the Solar Technical Information Program, Solar Energy Research Institute ([now the National Renewable Energy Laboratory], United state.
- **Elnazer, A.A., Salman, S.A., Mohamed, Y.M. A., Stafford, J., Davies, P. and El.Nazer, H. A.(2023):** " Siwa Oasis groundwater quality: factors controlling spatial and temporal changes," *Environ Monit Asses*, 195:61., PP.1-14.
- **El.Sebaei, SH.(2022):** "Geomatics Applications in the Study of Geo-Environmental Changes in Alzaytun Basin Wetlands, the Middle of Siwa Depression," *Journal of the Faculty of Arts and Humanities*, No(43), Suez Canal University, PP.1-52.
- **Corkish, R., Lipinski, W. and Patterson (2016):** "Introduction to solar energy," in: *Solar Energy*, Ed:Crawley, G.M. , World Scientific(Part of: World Scientific Series in Current Energy Issues, Book2, World Scientific Publishing Co.Pte.. Ltd.
- **Gänsbauer, L. (2015):** "Towards a Water Sensitive Development Strategy for Siwa Oasis," A Thesis submitted in the Partial Fulfillment for the Requirement of the Degree of Master of Science in Integrated Urbanism and Sustainable Design, Ain Shams university (Egypt) & university of Stuttgart(Germany).
- **Ghoubach, S. Y. (2016):**" Groundwater conditions, East Siwa oasis, Western Desert, Egypt," *Egy. J. Pure & Appl. Sci.* 2016; 54(4):PP.37-45.
- **Granger, R. J.and Hedstrom, N. (2011):** "Modelling hourly rates of evaporation from small lakes," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15,PP. 267–277.

- **Gunawat, A and Dubey, S.K.(2017):**"Development of indices for Aridity and Temperature Changes Pattern through GIS Mapping for Rajasthan, India," *Climate Change and Environmental Sustainability*, 4(2), pp.178 – 189.
- **Hall R.L. & Finch,J.W. (2001):** "Estimation of Open Water Evaporation, A Review of Methods R&D Technical Report W6-043/TR, Environment Agency, Bristol, England.
- **Hazelton, P. and Murphy, B. (2007):** "Interpreting soil test Results," CSIRO publishing, Australia.
- **Hutcheon, N.B. (1968):** "Thermal Environment and Human Comfort," Division of Building Research, National Research Council Canada, CBD 102.
- **Ibrahim, M. Z., Yong, K.H., Ismail, M. and Albani, A. (2015):** "Spatial Analysis of Wind Potential for Malaysia," *INTERNATIONAL JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, Vol. 5, No. 1, PP.201-209.
- **Jäge, K., Isabella, O., Smets, A.H.M., van Swaaij, R.A.C.M.M. and Zeman, M.(2014):** "Solar Energy, Fundamentals, Technology, and Systems," Delft University of Technology, Holland.
- **Jäger, K., Isabella, O., Smets, H.M., van S., René A.C.M.M. and Zeman, M. (2014):** "Solar Energy- Fundamentals, Technology, and Systems," Delft University of Technology, Typeset in DejaVu Sans Condensed and URW Palatino with LATEX.
- **Jensen, M.E. (2010):** "ESTIMATING EVAPORATION FROM WATER SURFACES," Presented at the CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, Fort Collins, CO, 15-Mar-2010. Parts of several sections were extracted from Chapter 6, ASCE Manual 70, second edition.
- **Jiang, H.& He, Y. (2022):** "Evaluation of Optimal Policy on Environmental Change through Green Consumption. *Sustainability* 2022, 14, 4869. [https:// doi.org/10.3390/su14094869](https://doi.org/10.3390/su14094869)
- **Joshua, P.B. (2015)** " The Role of Environmental Planning in the Struggle for Sustainable Development in Nigeria," *The Journal of Energy and Environmental Science, Photon* 130, PP.611-617.
- **Kosmopoulos, P., Kazadzis, S. and El-Askary, H.(2020):** "The Solar Atlas of Egypt." *THE GEO-CRADLE PROJECT*.
- **Kuczyński, W., Wolniewicz, K. and Charun, H.(2021):** "Analysis of the Wind Turbine Selection for the Given Wind Conditions," MDPI, Basel, Switzerland.
- **Lungu, M. , Panătescu, L. and Nita, S.(2011):**"Aridity, Climatic Risk Phenomenon in Dobrudja," *Present Environment and Sustainable Development*, Vol.5, No.1, pp.179-190.
- **Lankford, H.V. and Fox, L.R.(2021):** "The Wind-Chill Index," *WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE*, 32(3), PP.392 – 399.
- **Lewis, N. and Crabtree, G. (2005):** " BASIC RESEARCH NEEDS FOR SOLAR ENERGY UTILIZATION," *Report on the Basic Energy Sciences Workshop on Solar Energy Utilization*, Publication: Renée M. Nault, Argonne National Laboratory.
- **Leyli A., Khawaja H., Antonsen S. and Swart D. (2021):** "Windtech – A sensory device for 'cold' sensation measurements," MDPI, Journal article. مقال صحفي
- **Manwell, J.F., McGowan, J.G. and Rogers, A.L. (2009):** "WIND ENERGY EXPLAINED, Theory, Design and Application," Second Edition, Wiley, John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom.
- **Mohamed, A.F. (2020):** "Comparative study of traditional and modern building techniques in Siwa Oasis, Egypt - Case study: Affordable residential building using appropriate building technique," *Case Studies in Construction Materials* 12- e00311.
- **Mohamed,* A. (2016):** "DNA Barcoding of Five Medicinal Plants from Siwa Oasis, Egypt," *KMITL Sci. Tech. J. Vol.16 No.2, PP.49-56*.
- **Mohan, M., Gupta, A. and Bhati, S. (2014):** "A Modified Approach to Analyze Thermal Comfort Classification," *Atmospheric and Climate Sciences*, (4), PP.7-19.
- **Morton, F.I. (1983):** "Operational Estimates of Areal Evapotranspiration And Their Significance To The Science And Practice Of Hydrology: I The problem," *J.Hydrology*, Vol(66), PP.1-76..
- **Neeffes, K. (2000):** " Environments and Livelihoods Strategies for Sustainability," Oxfam Publishing, Greet Britin.

- **Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R. and Health, G. (2013):** "Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States," Technical Report,
- **Safaa, H. And Ismail, E.A.(2018):** " Detection and Evaluation of Groundwater in Siwa Oasis, Egypt Using Hydrogeochemical and Remote Sensing Data Analysis," WATER ENVIRONMENT RESEARCH,
- **Sallam, E.S., Abd El-Aal, A.K., Fedorov, Y.A., Bobrysheva, O.R. and Ruban, D.A. (2018):** " Geological heritage as a new kind of natural resource in the Siwa Oasis, Egypt: The first assessment, comparison to the Russian South, and sustainable development issues," *Journal of African Earth Sciences* (144), PP.151-160.
- **Staib, R. (2005):**" Environmental Management and Decision Making for Business," PALGRAVE MACMILLAN, New York, USA.
- **Ministry of Environment (2016):** "EGYPTIAN BIODIVERSITY STRATEGY AND ACTION PLAN (2015 – 2030), produced through UNDP, GEF, PIMS no. 4864
- **Madu, Christian N. (2022):**" Environmental Planning and Modeling," MDPI, Basel, Switzerland.
- A national laboratory of the U.S. Department of Energy(NREL), Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, Operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC. (report)
- **Linacre, E.T. (1977):** "A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone." *Agricultural Meteorology*, Vol(18), Issue(6), PP.409–424.
- **Shuttleworth, W.J. (1992):** "Evaporation, Chapter 4, in: *Handbook of Hydrology*, edited by: Maidment, D. R., McGraw-Hill Inc., New York, 1992.
- **Sallam, E.S., Fathy, E.E., Ruban, D.A., Ponedelnik, A.A. and Yashalova, N.N., (2018b):** "Geological heritage diversity in the Faiyum Oasis (Egypt): a comprehensive assessment," *J. Afr. Earth Sci.* 140, PP.212-224.
- **Tackholm, Vivi (1974):** " *Flora of Egypt*", Cooperative printing company ,beitut.
- **Vlăduț, A., Nikolova, N. and Licurici Mihaela (2017):** "Influence of Climatic Conditions on the Territorial Distribution of the Main Vegetation Zones within Oltenia Region, Romania, Muzeul Olteniei Craiova .Oltenia, Studii și comunicări. Științele Naturii. Tom.33, No.1, pp.154-164.
- **Xiao, K., Griffis, T.J., Baker, J.M., Bolstad, P.V., Erickson, M.D., Lee, X., Wood, J.D., Hu, C. and Nieber, J.L.(2018):** "Evaporation from a temperate closed-basin lake and its impact on present, past, and future water level," *Journal of Hydrology*(561), PP.59-75.
- **Young, A. (1973):** "Slopes Oliver and Boyd," Enidburgh.
- **Zaghloul, Z.M., El-Khoriby, E.M., El-Faraash, A.M. and Hussien H.A. (1999):**"On the Composition and Origin of Quaternary Sabkhas , in Zaki M.Zaghloul and Moharem M.Elgamal , ed., "Deltas, Modern and Ancient", is a selection of chosen papers in Mansoura University, First International Symposium on the Deltas, Cairo, Egypt, pp.113-125.