# نمذجة أخطار القواقع المائية
# الحاملة لأمراض البلهارسيا والفاشيولا
# في ظل التغيرات المناخية في أسيوط، مصر
## دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية


إعداد

د/ محمد هـــاني سعيد[١]

د/ خالد محمد مدكور[٢]

د/ أحمـــد علي أحمـــد [٣]



DOI: 10.21608/aakj.2025.430614.2250

تاريخ الاستلام: ٢٠٢٥/١٠/٧م

تاريخ القبول: ٢٠٢٥/١٠/٢٢م



[١] أستاذ مساعد الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة أسيوط، أسيوط، مصر. mohammed.hany@art.aun.edu.eg

[٢] أستاذ مساعد الجغرافيا المناخية وتطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، قسم الجغرفيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة عين شـــمس، القاهرة، مصـــر. Khaled.madkour@art.asu.edu.eg

[٣] أستاذ مساعد الجغرافيا الطبية وتطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة أسيوط، أسيوط، مصر ahmed_ali24689@yahoo.com

**مخلص:**

تُعد القواقع المائية أحد أشكال الكائنات الحية الحاملة للعديد من الأمراض التي تهدد صحة البشر سواء بشكل مباشر عن طريق نقل مجموعة من الأمراض الخطيرة التي تصيب الإنسان بشكل مباشر وأهمها مرض البلهارسيا المنقول عبر قواقع بولينس، أو بشكل غير مباشر عن طريق نقل مجموعة من الأمراض التي تصيب الكائنات الحية، ومنها مرض الفاشيولا الذي يصيب الماشية عبر قواقع ليمنيا كايودي، والتي يمكنها نقل تلك الأمراض إلى الإنسان بشكل غير مباشر عبر حيوان مصاب بهذا المرض. وتُعد هذه الأشكال البيولوجية والتي تمثلها القواقع المائية شديدة التأثر بالتغير في العناصر المناخية التي تعمل على زيادة أو الحد من نموها وتكاثرها وتوزيعها المكاني بشكل عام. وتهدف الدراسة الحالية إلى تحليل مدى انتشار القواقع المائية الحاملة لأمراض البلهارسيا والفاشيولا في مصر وأثر عناصر المناخ والتغيرات المحتملة على هذا التوزيع وما يرتبط بها من أخطار صحية وطبية نتيجة للامراض المنقوله من خلالها. واعتمدت الدراسة على النمذجة المكانية للتباينات الجغرافية لتوزيع القواقع المائية والأمراض المنقولة من خلالها، والظروف المناخية الحالية والتغيرات المناخية المحتملة والنماذج الرياضية والتحليلات المكانية لتحديد العلاقات الارتباطية وتحديد نطاقات المخاطر المحتملة للقواقع المائية. ويُمثل تحديد أخطار الأمراض المنقولة بالقواقع المائية وظروفها الجيو بيئية والمناخية أهمية لواضعي السياسات وعلماء البيئة والباحثين، حيث تُعد بمثابة بداية للتوجه نحو بناء قاعدة بيانات للمراقبة الجيو وبائية للأنماط المكانية والزمنية لتوزيع القواقع المائية الحاملة للامراض؛ لتُمكّن مسؤولي الصحة العامة في مصر من التصدي للأمراض المنقولة عبر القواقع المائية.

وانتهت الدراسة إلى تحديد نطاقات المخاطر الحالية والمحتملة للتعرض للأمراض المنقولة بالقواقع المائية ومستوياتها المكانية، وإنشاء خرائط للتوزيعات المكانية والزمنية للقواقع المائية، وتحديد الظروف والملائمة البيئية لتواجد القواقع المائية، وإنشاء خرائط معاملات الخطورة المحتملة للقواقع المائية في ظل الظروف المناخية الحالية وتغيراتها المحتملة. وتوصي الدراسة بإنشاء مشروع قومي للمراقبة الوبائية للقواقع المائية ومخاطرها في ضوء التغيرات المناخية.

**الكلمات المفتاحية:** القواقع المائية، البلهارسيا، الفاشيولا، التغيرات المناخية، التنوع البيولوجي، المخاطر الصحية.

**Modelling the Risks of Disease-Carrying Snails of Schistosomiasis and Fascioliasis under the influence of climate change in Asyut, Egypt. A study using Remote Sensing and GIS techniques**

## Abstract:

Snails are a host to several diseases that threaten human health, both directly by transmitting serious diseases that affect humans, most notably schistosomiasis, which Freshwater snails transmit (Bulinus). They can also indirectly transmit several diseases that affect living organisms, including Fasciola, which infects livestock via Lymnaea cailliaudi. These snails can transmit these diseases to humans indirectly via an infected animal. These snails, as biological forms, are highly susceptible to changes in climatic factors, which increase or limit their growth, reproduction, and overall spatial distribution. The current study aims to analyze the prevalence of snails carrying schistosomiasis and Fasciola in Asyut, Egypt, the impact of climatic factors and potential changes on this distribution, and the associated health and medical risks resulting from the diseases transmitted by them. The study relied on spatial modeling of the geographic variations in the distribution of snails and the diseases they transmit, current climatic conditions, potential climate changes, mathematical models, and spatial analyses to identify correlations and determine the potential risk ranges for aquatic snails. Identifying the risks of snail-borne diseases and their geo-ecological and climatic conditions is important for policymakers, environmental scientists, and researchers. It serves as a starting point for building a database for geo-epidemiological surveillance of the spatial and temporal patterns of the distribution of disease-carrying aquatic snails, enabling public health officials in Asyut, Egypt, to address snail-borne diseases. The study concluded by identifying the current and potential risk ranges and spatial levels of exposure to snail-borne diseases, creating maps of the spatial and temporal distributions of snails, identifying the environmental conditions and suitability for the presence of aquatic snails, and creating maps of the potential risk factors for aquatic snails under current climatic conditions and their potential changes. The study recommends establishing a national project for epidemiological surveillance of snails and their risks considering climate change.

**Keywords**: Climate Change, Biodiversity, Health risks, Snails, Schistosomiasis, Fascioliasis.

**المقدمة:**

ترتبط العديد من الأمراض المنقولة عبر الرخويات بالقواقع المائيّة والمتغيرات البيئية السائدة وتوزيعها الجغرافي في الأنماط المكانية والزمنية، مما يجعل القواقع المائية تمثل خطرًا صحيًا في نقل الأمراض إلى السكان في البيئة المحيطة، وهو ما أشارت له العديد من الدراسات (***Recopuerto-Medina et al., 2024; Magero, Kisara & Wade, 2021; Oso, Sunday & Odaibo, 2022***). وتعمل القواقع المائية كمؤشّرات حيويّة فعّالة لتدهور النظم المائية بفضل انتشارها الواسع، وحركتها المحدودة، وأعمارها النسبيّة الطويلة. وتتميّز الحلزونات الرخوية بقدرتها على تحمّل الظروف القاسية من خلال استخدام تجويف الوشاح الوعائي لاستيعاب الهواء الجوي. وتُعد العوامل المناخية والبيئية متغيّرات تنبّئية رئيسة لتوزيع القواقع الوسيطة التي تؤدي دورًا مركزيًا في ديناميّات الأمراض (***Scholte et al., 2014***).

وانتهت العديد من الدراسات إلى ملاءمة القواقع المائية كمؤشّر لتلوّث المياه نظرًا لتحمّلها البيئات الملوّثة وتراكمها للمعادن الثقيلة مع احتفاظها بمعدلات تكاثر مرتفعة (***Tchakonte et al., 2023***). حيث تعمل قواقع المياه العذبة كعوائل وسيطة ليرقات طفيليّة مسؤولة عن ثاني أهمّ الأمراض الطفيليّة المدارية بعد الملاريا، وهي البلهارسيا والفاشيولا (***Guan et al., 2023***). وتنتشر تلك الأمراض في ٧٨ دولة، ويُقدَّر عدد المصابين بنحو ٢٠٠ مليون شخص في المناطق الريفية وشبه الحضرية؛ ويعاني حوالي ٢٠ مليونًا منهم من مضاعفات خطيرة، فيما يعيش نحو ٦٥٠ مليون شخص في مناطق موبوءة ومعرَّضون لخطر العدوى بتلك الأمراض (***Okeke et al., 2020***). وتُسجَّل أكثر من ٢٠٠ ألف حالة وفاة سنويًا جرّاء هذه الأمراض، وقد يرتفع العدد إلى ما يزيد على ٧٠٠ ألف حالة سنويًا في غياب التدابير الوقائيّة الفعّالة، وهو ما تشير إليه منظمة الصحة العالمية (***WHO, 2023***).

وتشمل التدابير الوقائية الفعالة لمكافحة تلك القواقع بناء منظومة متكاملة لإدارة المعلومات المكانية- الزمانية وتوظيفها في برامج رصـد ومراقبة انتشـار القواقع (***Meshgi et al., 2019***). فالزمان، والمكان، والإنسـان تُشـكِّل مجتمعةً عناصـر الحضـور الوبائي، فيما تؤدي التغيّرات البيئية والجغرافية-المناخية دورًا محوريًا في توسيع موائل النواقل وتعزيز انتقال المُمرّضات(***Mas-Coma et al., 2009***).

**مشكلة الدراسة:**

أدت الحاجة لزيادة إنتاج الغذاء إلى تطوير مشاريع للري الدائم وخاصة الكبرى على مسـتوى العالم، وتبع تلك المنظومة ظهور عواقب بيئية متنوعة من بينها مشـكلة زيادة انتقال الأمراض الطفيلية للإنسان **(Betterton, 1984)**. وصاحب التوسع في مشروعات الري والصرف في مصر زيادة في انتشار الكائنات الحية الطفيلية وارتفاع في معدلات الإصـابة بالأمراض المنقولة من خلالها لتصـل إلى ٣٥% من جملة المفحوصـين وذلك بعد بناء السـد العالي **(السـبعاوي، ٢٠٢٢)**. وفي ظل التغيرات المناخية التي يشـهدها العالم وتتأثر بها مصـر من ناحية أخرى، فمن المتوقع أن تؤثر على الأنظمة البيولوجية للقواقع المائية وزيادة النطاق الجغرافي لانتشارها، وزيادة انتشار وشدة العدوى بالأمراض المنقولة من خلالها، كذلك إنشاء بيئات جديدة ملائمة لانتشار القواقع في مناطق جديدة غير مسـتوطنة، علاوة على زيادة نطاق الانتقال بين البيئات، وتوسيع النطاق المكاني لانتشار موائل القواقع **(Dube et al., 2023)**. ويعد التعرف على كيفية تأثير العوامل البيئة والمناخية وخاصـة ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة على وتيرة وديناميكيات واتسـاع نطاق موائل القواقع ومدى انتشـارها، وتغير خريطة انتقال الأمراض المعدية يشـكل قضـية مهمة في مجال الصـحة العامة وقضـايا التغيرات المناخية، ويمكن تحديد مشكلة البحث في منطقة الدراسة من خلال مجموعة الاشكاليات الفرعية التالية:

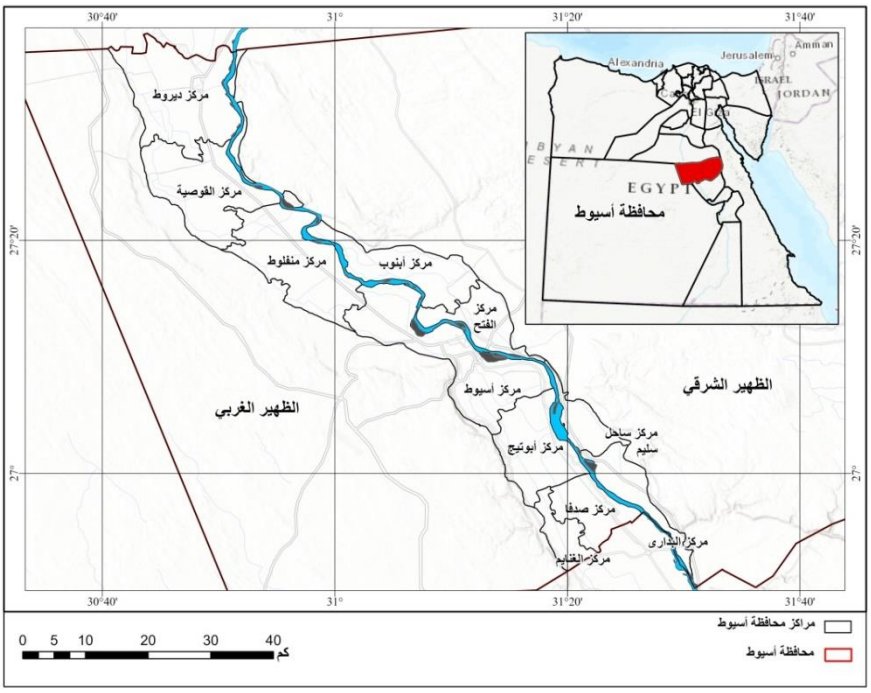
- أدى الإمتداد العمراني واستحداث تجمعات سكنية بالقرب من الترع والمصارف في محافظة أسيوط في شكل عزب وتوابع للقرى البالغ عددها ١٠١٧ عزبة، إلى مخالطة البشر للنظام البيئي المائي في المحافظة مما أسهم في تعرض السكان وخاصة الأطفال لخطر الإصابة بالأمراض الطفيلية المنقولة عبر القواقع.
- نتج عن عدم التطهير المستمر لشبكة الترع والمصارف في محافظة أسيوط إلى انتشار التلوث بكافة أشكاله – شكل (١) –، والذي يمثل بيئة مناسبة لوجود الموائل ونمو وتكاثر القواقع واتساع نطاقها المكاني وزيادة معدلات الإصابة بالأمراض الطفيلية منقولة من خلالها.
- يوجد بمحافظة أسيوط ٤٧ وحدة لجمع القواقع من شبكة الترع، حيث يقوم كل عامل بإجراء مسح لنطاق محدد كل فترة وبشكل دوري دون الأخذ في الاعتبار والاعتماد على إمكانية التنبؤ بمواقع القوقع وفقًا للظروف المناخية والبيئية والتغيرات المكانية الزمانية.

وتعد دراسة أنماط توزيع تجمع القواقع في المناطق الموبوءة، في ظل هذه الإشكاليات سالفة الذكر، قد يكون لها تأثيرات عميقة على ديناميكيات تجمعات الطفيليات. ويعد تحليل تأثير التغيرات المكانية الزمانية أداة فعالة لالتقاط الصورة الحقيقة لذلك لتوزيع وإمكانية التنبؤ المكاني الفعال بتجمعات القواقع في ظل الظروف بيئية معينة، مما يوفر قاعدة معلوماتية جغرافية عن عوامل الخطر وتحديد المواقع الجغرافية لمناطق الخطر وتحليلها مكانيًا مما يسهم في تحسين واختيار استراتيجيات أفضل لجمع القواقع –حيث تعد السيطرة البيئية على العوائل الوسيطة للقواقع أرخص من أساليب المكافحة والسيطرة بالمواد الكيميائية والمبيدات– كجزء متكامل من القضاء على الأمراض الطفيلية المنقولة بالنواقل المائية بالاعتماد تحليل التغيرات المكانية الزمانية، وهو الهدف الرئيس للبحث.


**شكل (١): صور لأشكال تلوث شبكة الترع والمصارف في محافظة أسيوط**
**(أ) مركز البدراي- (ب) مركز الفتح- (ج) مركز أبنوب (د) ساحل سليم - (هـ) صدفا**
**(و) مركز منفلوط- (ز) مركز ديروط**

**منطقة الدراسة:**

تعد محافظة أسيوط إحدى محافظات مصر العليا، ويحدها شمالًا محافظة المنيا، وجنوبًا محافظة سوهاج، ومن الشرق محافظة البحر الأحمر، ومن الغرب محافظة الوادي الجديد، وتأخذ المحافظة شكلًا شريطيًا بطول ١٣٠ كم على امتداد مجرى نهر النيل. وتمتد المحافظة فلكيًا بين دائرتي عرض ٤٥´٢٦°، و٤٥´٢٧° شمالًا، وخطي طول ٤٥´٣٠°، و٤٥´٣١° شرقًا. وتبلغ مساحة المحافظة الكلية نحو 25,926 كم²؛ والتي تمثل ٢,٥٩% من المساحة الكلية للجمهورية، وتصل مساحتها المأهولة نحو ١٥٦٢ كم²، ويبلغ عدد سكانها نحو ٤,٣٨ مليون نسمة وفقًا لتعداد ٢٠١٧، وتنقسم محافظة أسيوط إداريًا – شكل (٢) – إلى إحدى عشر مركزًا، واثنان وخمسون وحدة محلية، ومئتان اثنان وثلاثون قرية **(CAPMAS, 2017)**.




**شكل (٢) التقسيم الإداري لمنطقة الدراسة**

فرض الموقع الفلكي لمحافظة أسيوط مناخا صحراويًا جافًا على أجوائها، حيث تقع المحافظة في نطاق المناخ الصحراوي الحار (BWh) وفق تصنيف كوبن؛ والذي يعد من أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في صحة الإنسان. حيث ترتفع درجات الحرارة بشكل ملحوظ وتقل كمية الأمطار؛ وترتب على ذلك ارتفاع نسبة التبخر، ويبلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في أسيوط ٢٤ درجة س، وترتفع درجة الحرارة بشكل واضح خلال أشهر الصيف لتصل إلى ٢٩,٥ درجة س، وتنخفض في الشتاء إلى ١٤,٥ درجة س، والجدير بالذكر أن أقصى درجة حرارة سجلت في أسيوط بلغت ٤٨,٥ درجة س، وأدنى درجة حرارة سجلت (-٢) درجة س؛ وهو ما يعرف بالمناخ الصحراوي الجاف نظرًا للمدى الحراري الكبير بين الصيف والشتاء من ناحية والليل والنهار من ناحية أخرى، أما كمية المطر فهي ضئيلة للغاية؛ حيث يبلغ المتوسط السنوي للمطر حوالي ٠,٠٧ ملم **(الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ٢٠٢٣)**.

ويعد مناخ أسيوط الأكثر ملائمة لانتشار القواقع المسببة للامراض مثل الفاشيولا والبلهارسيا، حيث تشير دراسة **(Zanaty, et al., 2024)** إلى أن زيادة حالات الإصابة باالفاشيولِا في كل من أسيوط وسوهاج يرتبط بشكل رئيسي بارتفاع درجات الحرارة والرطوبة في تلك المناطق، بينما تشير دراسة **(Asare, et al., 2025)** إى زيادة الملاءمة لانتشار موائل البلهارسيا في شمال الدلتا بحلول ٢٠٧٠ في ضوء سيناريو RCP8.5 للتغيرات المناخية، وأن ارتفاع الحرارة ١°س قد يزيد من الإصابة بالبلهارسيا بحوالي ١٤% إن لم تُطبَّق إدارة متكاملة للمكافحة. وفي إطار ذلك يذكر (جاكس ماي) مقولته "سواء كان الإنسان يتأثر بالمناخ لدرجة تفقده حيويته وبعض القدرة على التحكم في بيئته، أو كانت الجراثيم واليرقات التي تهاجم كيانه وكثرة أعدادها حتى يصبح الإنسان فريسة لها وتنوعها في الأقاليم المدارية أكثر مما هي في الأقاليم المعتدلة؛ فإن هذه مشكلة معقدة حيث لا يمكن تحمل حلها" **(دوجلاس لي، ١٩٦٢)**.

**الدراسات السابقة:**

اعتمدت الدراسة الحالية على مراجعة الدراسات الخاصة بموضوع القواقع (Snails) في قاعدة بيانات (Scopus)، و(Web of Science)، بتضمين مفردات البحث لكلمة القواقع (Snails)، حيث تم العثور على 55,537 ورقة بحثية في مختلف المجالات العلمية، وبتضمين كلمات البحث لتشمل المناخ والقواقع ( Snails AND climate) تم العثور على ١٤٣١ بحث، وبتضييق مجال البحث ليتضمن كلمة الجغرافيا (Snails, climate AND geography) اشتملت النتائج على ٥٥ بحث تطرقت للبعد المكاني للقواقع، وبإقتصار مجال التحديد على البحوث الجغرافية للباحثين الجغرافيين تضمنت النتائج ٥ أبحاث **(Scopus & WOS, 2024)**.

بدأت محاولات التنبؤ بالقواقع ومخاطرها الصحية وتحديد المناطق الموبوءة بما يرتبط بها من أمراض لأول مرة إعتمادًا على نظم المعلومات الجغرافية في الفلبين والبحر الكاريبي بواسطة ***(Cross et al., 1984)*** في دراسته لانتشار مرض البلهاريسيا، وانتهت العديد من الدراسات إلى تأكيد تأثير المتغيرات المناخية والبيئية على توزيع القواقع ( **Hughes, 2000; Epstein, 2004, Stensgaard et al., 2019**)، إضافة إلى دراسة **(Dube et al., 2023)** التي ركزت على تأثير درجة الحرارة على سمات دورة حياة القواقع، كما ركزت عدة دراسات على توثيق علاقة المناخ بالقواقع في بيئات محددة مثل دراسة ( **Manning, Woolhouse & Ndamba,1995**) في زيمبابوي، ودراسة **(Zein-Eddine et al., 2017)** في مصر، ودراسة **(Sil, Aravind & Karanth, 2019)** في الهند، ودراسة **(Okeke et al., 2020)** في نيجيريا، ودراسة **(Adekiya et al., 2022)** في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، ودراسة **(Guan et al., 2023)** في شمال شرق الصين.

وتناولت عدة دراســات تحليل العوامل البيئية والمناخية الموثرة في توزيع القواقع إلى جانب المناخ كعامل رئيس ومنها دراســة **(Stensgaard et al. 2013)** عن العوامل واســعة النطاق التي تحدد توزيع قواقع الحلزون الوســيط لداء البلهاريســيا في جميع أنحاء أفريقيا، ودراسـة **(Wu et al., 2014)** التي اعتمدت على تقنيات التحليل المكاني في النطاقات المثلى للعوامل البيئية للقواقع في الصـين، ودراسـة **(Tabo et al., 2022)** في بحيرات أوغندا اعتمدت على نهج التعلم الآلي في تحديد العوامل التي تتحكم في توزيع القواقع، ودراسة **(Galavani et al., 2024)** في المحافظات الشمالية الغربية من إيران.

وقد ركزت عدد من الدراســات على تكامل التقنيات المكانية والأســاليب الإحصـائية في دراسـة النتشـار القواقع وإمكانات مكافحتها منها دراسـة **(Yilma & Malone,1998)** بوضــع اسـتراتيجية لمكافحة مرض الفاشـيولا في إثيوبيا، ودراسـة **(Yang et al.,2005)** التي اسـتهدفت السـيطرة على مرض البلهارسـيا في الصـين، ودراسة **(Guimarães et al., 2008)** في ولاية ميناس جيرايس بالبرازيل. كما تطرق دراسـات أخرى للنمذجة التنبؤية بموائل القواقع وبيئتها مثل دراسـة **(Meshgi et al., 2019)** عن التنبؤ بملاءمة الموائل على أســاس نموذج الحد الأقصــى للإنتروبيا في المناطق الســاحلية الجنوبية لبحر قزوين في إيران، ودراســة **(Oso, Sunday & Odaibo, 2022)** في جنوب غرب نيجيريا، ولم تكن الخرائط بعيدة عن بحوث القواقع فقد كان لرسم خرائط مرض البلهارسيا من الأولويات البحثية فقد قدمت دراسة **(Boitt & Suleiman, 2021)** خريطـة لموائـل القواقع التي تعيش في الميـاه العـذبـة في مقاطعة مويا، كينيا. وفي الأونة الأخير مع توفر البيانات المناخية وتطور اســتخدام التقنيات المكانية والأساليب الإحصـائية ظهرت دراسات تهتم بنمذجة المخاطر المحتملة من انتشــار القواقع والتنبؤ بها، مثل دراســة **(Recopuerto-Medina et al., 2024)** التي قدمت نمذجة لمخاطر البلهارســيا في الفلبين باســتخدام العوامل المناخية

الحيوية، وتعد دراسة **(Magero, Kisara & Wade, 2021)** من قامت بدراسة التوزيع الجغرافي للقواقع وإظهار الاختلافات المكانية لها في شرق أفريقيا. وبناءًا على مراجعة الإنتاج الفكري المصري والعربي يتضح أن المكتبة الجغرافية العربية – على حد العلم– تخلو من بحوث جغرافية تطبيقية عن القواقع وعلاقتها بالظروف المناخية بالرغم من الحقيقة التي لا يمكن إنكارها وهي خطورة انتشار القواقع في البيئة المصرية وإحتمالية اتساع نطاقها إستجابة لتغير المناخ.

ويتضح من استعراض الدراسات السابقة أنه بالرغم من التقدم الكبير المحرز في عدد الدراسات التي تناولت القواقع وخصائصها الحيوية إلا أن غياب المعلومات البيئية التفصيلية عن القواقع وإقترانها بالتوزيع المكاني قد يحد من البحوث المستقبلية التي تقود إلى فهم شامل لبيئتها وإحكام دقيق لمكافحتها **(Recopuerto-Medina et al., 2024)**، ومما هو واضح عن القواقع المائية والأمراض التي تسببها في المناطق الاستوائية أنها مهملة عمليًا وبحثيًا وقد تم تجاهلها لعدة عقود وذلك بالرغم من أنها تؤثر عادة على الفقراء الذين يعيشون على أجور أقل من ٢ دولار أمريكي في اليوم، وخاصة في المناطق الريفية الفقيرة وكذلك المناطق الحضرية ذات الوصول المحدود إلى المرافق الصحية العامة **(Adekiya et al., 2022)**. وقد أظهرت نتائج كافة الدراسات أن القواقع ذات حساسية شديدة للظروف المناخية، وأن المتغيرات المناخية الحيوية تعد عوامل حاسمة في توزيع وانتقال العدوى مثل البلهارسيا، ويمكن أن تؤدي الظروف المناخية المتطرفة إلى عواقب صحية وخيمة، ولكن لم يتم رصد هذه التأثيرات والتداعيات بشكل تفصيلي ومن ثم هناك حاجة ملحة لمراجعة فهم تأثير المناخ على القواقع والآثار المحتملة لتغير المناخ ولا سيما الاحترار العالمي، على انتشار القواقع ومخاطرها الصحية كأمراض البلهارسيات والفشيولا، مما يزيد من القدرة على التنبؤ بالتأثيرات المستقبلية.

**البيانات والأساليب وأدوات الدراسة:**

اعتمدت الدراســـة على بيانات القواقع التي تم جمعها من إدارة مكافحة القواقع بأســيوط من ٤٧ وحدة لمكافحة القواقع من الترع والمصــارف التي بلغ إجمالي أطوالها ٤٦٩٤ كم – شكل (٣)، وقد تضمنت البيانات عدد القواقع التي تم جمعها شهريًا على مدار خمس ســـنوات خلال الفترة (٢٠١٩–٢٠٢٣). علاوة على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية لعناصر المناخ للفترة ٢٠١٩–٢٠٢٣ لمنطقة الدراسة، وبيانات النماذج المناخية وتقارير الهيئة الحكومية الدولية للتغيرات المناخية IPCC **(التقرير الســادس، ٢٠٢٢)** للتنبؤ بالتغيرات في عناصـــر المناخ المختلفة في منطقة الدراســـة. واعتمدت الدراسة على بيانات المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8/9 TIRS القناة الطيفية العاشرة لاستخراج درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temprature (LST) للفترة ٢٠١٩–٢٠٢٣، وذلك وفقًا للمعادلات التالية **( U.S. Geological Survey, 2019):**

**١. تحويل Digital Numbers (DN) إلى الإشعاع الطيفي (Top of Atmosphere Spectral Radiance - Lλ):**

$$_{L}A + {}_{cal}Q \times {}_{L}M = {}_{\lambda}L$$

**حيث:**

- $_{\lambda}L$: الإشعاع الطيفي بوحدة W/(m²·sr·µm)
- $_{L}M$: معامل التحجيم الإشعاعي (Radiance Multiplier) من ملف الـ MTL
- $_{L}A$: الإزاحة الإشعاعية (Radiance Add) من ملف الـ MTL
- $_{cal}Q$: قيمة البيكسل (Digital Number - DN)

### ٢. تحويل الإشعاع إلى درجة حرارة الجسم الأسود: (Brightness Temperature - BT)

$$\frac{{}_2K}{\ln\left(\frac{{}_1K}{{}_\lambda L}+1\right)} = {}_BT$$

**حيث:**

- ${}_BT$: درجة الحرارة الساطعة بالكلفن (Kelvin)
- ${}_1K$, ${}_2K$: ثوابت حرارية لقناة TIRS 10 (من ملف MTL
- **Landsat 8/9 Band 10":**
  $774.8853 = {}_1K$ W/(m²·sr·µm)
  $1321.0789 = {}_2K$ "Kelvin

### ٣. تصحيح الإشعاع بناءً على معامل الانبعاثية: (Emissivity Correction)

لحساب درجة حرارة سطح الأرض (LST)، نحتاج لتصحيح الحرارة الساطعة باستخدام الانبعاثية:

$$\frac{{}_BT}{\ln(\varepsilon)\cdot\left(\frac{{}_B\lambda\cdot T}{\rho}\right)+1} = LST$$

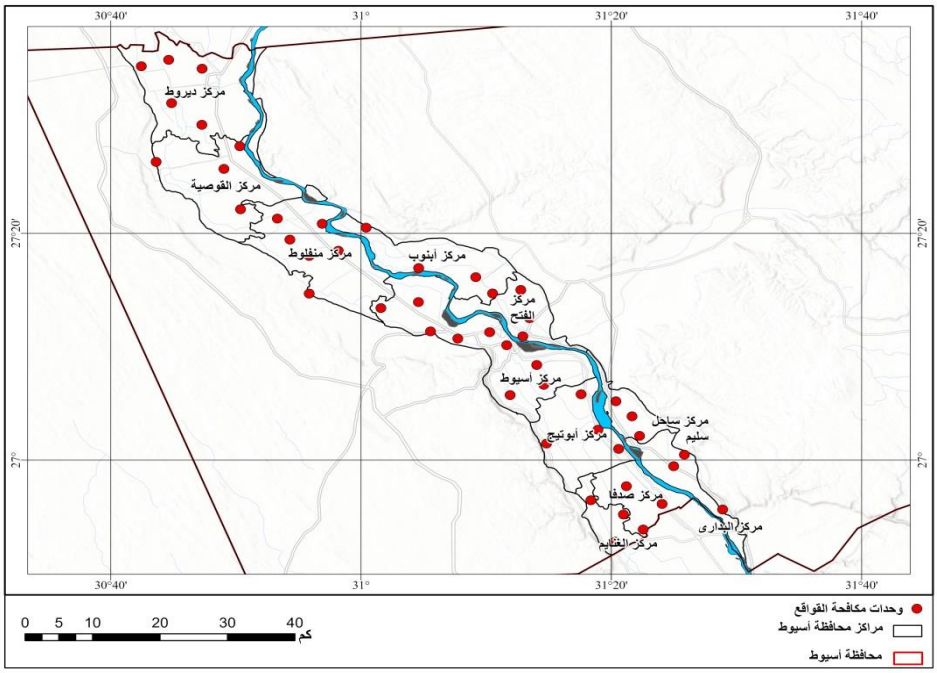
**حيث:**

- $\lambda = 10.895\,\mu m$: الطول الموجي لقناة TIRS-10
- $\rho = c/\sigma \cdot h = 1.438 \times 10^{-2}\,m\cdot K$
- $\varepsilon$: معامل الانبعاثية (يعتمد على نوع السطح: الماء، التربة، النبات...)

واعتمدت الدراســـة على بيانات رطوبة التربة الســـطحية Soil Moisture المستخرجة من بيانات الأقمار الصناعية التابعة لوكالة ناسا NASA الفضائية بالتعاون مع USDA **(USDA–NASA Hydrology Satellite Lab, 2020; and NASA Jet Propulsion Laboratory, 2020)**، تحت اســم مشــروع رطوبة التربة النشطة السلبية Soil Moisture Active Passive (SMAP)، وهي مجموعة بيانات تعطي رطوبة التربة الســطحية لنطاق يتراوح بين ٠–٥ ســم عمقًا، وبدقة مكانية تتراوح بين ٩–٣٦ كم للخلية الواحدة، وتقاس البيانات فيها بوحدة متر مكعب من الماء لكل متر مكعب من التربة (م$^3$ / م$^3$)، وذلك خلال فترة الدراسة ٢٠١٩–٢٠٢٣.

ونظرًا لأن القواقع ككائنات حية والأمراض الناتجة عنها يتم تحديدها في المكان والزمان من خلال عوامل الخطر، فإن نظام المعلومات الجغرافية يعد أداة قوية للغاية يمكن استخدامها لفهم انتشار المرض، كما يسمح الاستخدام المشترك لها مع التقنيات الإحصـــائية بتحديد عوامل الخطر وتحديد المواقع الجغرافية لمناطق الخطر والتنبؤ بها مما يؤدي إلى اختيار اســتراتيجيات أفضــل للســيطرة عليها والتنبؤ بمخاطرها. واعتمدت الدراســـة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في تحليل ونمذجة الاختلافات المكانية لتوزيع القواقع والعناصـــر المناخية، واســـتخدمت الدراســـة حزمة برامج (Arc GIS) لتحرير البيانات الجغرافية المكانية والتحليل المكاني ورســـم الخرائط، حيث تســـتخدم التحليل الجيو إحصــائي (Geo - Statistical Analyst) لتقديم التفسـير والاسـتنتاج المكاني لتحديد خريطة الكاملة لتوزيع القواقع، علاوة على اســتخدام النماذج الرياضـــية والتحليلات المكانية لاســـتنتاج العلاقات الارتباطية بين الظروف المناخية والجيوبيئية والتباينات المكانية للمخاطر الصحية للقواقع في محافظة أسيوط، وبناء نموذج معلومات جغرافي لإنشـاء خرائط الاخطار المحتملة للقواقع في محافظة أسـيوط في ظل الظروف المناخية الحالية وتغيراتها المحتملة في ٢٠٣٠، و٢١٠٠. كما تستخدم الدراسـة التحليل الإحصــائي عن البقع الســاخنة (Hot spots) ليكشـف القيم المرتفعة (الســاخنة) والقيم

المنخفضة (الباردة) لتركز القواقع عبر الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة، كما استعانت الدراســـة بالانحدار الموزون جغرافيًا (GWR) في تحليل الارتباط المكاني بين توزيع القواقع المصابة والأمراض المرتبطة بها.




**شكل (٣) مواقع وحدات مكافحة القواقع بمنطقة الدراسة**

**المناقشة والنتائج:**

**١/ بيئة القواقع وأنماطها بمنطقة الدراسة:**

تنتمي القواقع لشعبة الرخويات (Mollusca)، وهي مجموعة كبيرة ومتنوعة من الحيوانات اللافقارية، وتلعب دورًا هامًا في السلاسل الغذائية البحرية والبرية، وهي ثاني أكبر شعبة حيوانية بعد مفصليات الأرجل، وتضم حوالي ٧٥ ألف نوع موصوف موجود منها حوالي ٦٠٠٠–٧٠٠٠ نوع صـــالح للمياه العذبة. وتُعد الرخويات التي تعيش في المياه العذبة مصـدرًا غذائيًا رئيسـيًا للمسـتويات الغذائية الأعلى وتُظهِر تفاعلات بيئية

معقدة ومتعددة مع بيئتها، كما أنها مناسـبة جدًا للمراقبة البيولوجية لأنها حسـاسـة للتغيرات الكيميائية في الماء والرواسـب. وتتمتع الرخويات بالقدرة على التقاط كميات كبيرة من المواد المعلقة، والتحكم في الإنتاج الأولي وإعادة تدوير العناصـر الغذائية، وتجميع العديد من الملوثات، وكل هذا يؤكد دورها في النظم البيئية واسـتخدامها كوكلاء للمراقبة البيولوجية **(Koudenoukpo et al., 2021)**.

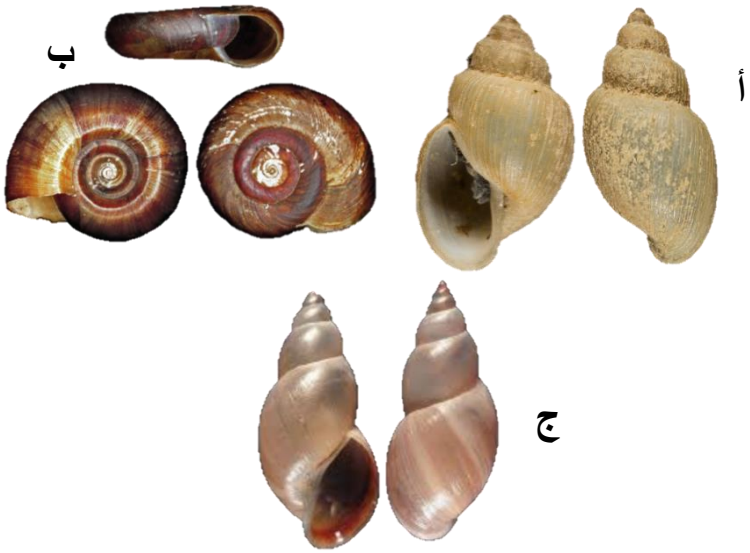
ويتحكم في التوزيع الجغرافي للكثافه المكانية للقواقع عدة عوامل منها: مواسـم سـقوط الأمطار وما ينتج عنها من فياضـانات وموجات الجفاف، ورطوبة التربة، ودرجات الحرارة. حيث تتغذى وتتزاوج القواقع في ظروف مناخية ملائمة، وقد وجد أن وظائفها البيولوجية تزداد في ظل ظروف مناخية محددة، كما أن ظروف المناخ وشـدة الضوء ونوع الغذاء تؤثر بشكل مباشر على زيادة النشاط الحركي للقواقع، ومع انخفاض درجات الحرارة تبدأ القواقع في دخول مرحلة من مراحل نشـاطها الحيوي وهو البيات الشتوي **(الوكيل، ٢٠١٠)**. ووفقًا لبيانات إدارة مكافحة القواقع بمحافظة أسيوط، تنتشر بشبكة الترع والمصارف في المحافظة ٣ أنواع رئيسة من القواقع تتمثل فيما يلي:

- **بولينس (Bulinus):**

هو جنس من القواقع الصـغيرة التي تعيش في المياه العذبة وهي من الرخويات المائية والقواقع ذات القرون الكبيرة. وقد تم تمييز ٣٧ نوع من هذا الجنس، وينتشر على نطاق واسـع في جميع أنحاء إفريقيا وجزر شـرق إفريقيا وبعض المناطق في الشـرق الأوسط والبحر الأبيض المتوسط **(Babbitt et al., 2023)**. تعيش حلزونات المياه العذبة في أنواع مختلفة من الموائل العابرة مثل أنظمة الري والأنهار والبرك، وتؤدي الاختلافات الزمنية والجغرافية في الظروف البيئية إلى تقلبات كبيرة في أحجام تجمعات هذه القواقع. ويعد هذا القوقع أهم عائل للطفيل المسـؤول عن داء البلهاريسـيا البولية التناسلية **(Zein-Eddine et al., 2017)**.

- **بيومفالاريا (Biomphalaria):**

يعد هذا الجنس من القواقع مهم طبيًا لأن القواقع يمكن أن تحمل طفيليًا يصيب البشر ويمثل خطرًا كبيرًا للإصابة بالأمراض، حيث تعمل هذه القواقع كمضيف وسيط ناقل لديدان الدم الطفيلية البشرية، والتي تصيب الديدان المثقوبة عن طريق ملامسة الماء الذي يحتوي على يرقات البلهارسيا (السركاريا) والتي سبق إطلاقها من القواقع. وتحدث العدوى عن طريق اختراق السركاريا من خلال الجلد (**Galavani et al., 2024**). وهنالك حوالي ٣٥ نوعًا موجودًا في جنس البيومفالاريا في المجموع (٢١ نوعًا أمريكيًا و١٤ نوعًا من العالم القديم)، ومن بين هذه المجموعات قامت ٤ أنواع مؤخرًا بتوسيع نطاقاتها الأصلية وتم إدخالها إلى المناطق التي تكون فيها أنواع أخرى متوطنة (مثل الكونغو ومصر) أو إلى المناطق شبه الاستوائية التي لا توجد بها فترة صقيع (**Hailegebriel, Nibret & Munshea,2022**).




المصدر: نقلًا عن (***Khalafala, 2020, Babbitt et al., 2023; Hailegebriel, Nibret & Munshea,2022***).

**صور(١): أشكال القواقع المنشرة في محافظة أسيوط**
**أ- بولينيس ب- بومفالاريا ج-ليمنيا كايودي**

- **ليمنيا كايودي (Lymnaea Cailliaudi):**

وهو جنس من القواقع الصـــغيرة إلى الكبيرة الحجم التي يمكن أن تتنفس في الهواء، وتســمى بقواقع البرك. ويعمل العديد من أنواع قواقع الليمنيا كمضــيف وســيط للديدان المثقوبة التي تتسبب في داء الفاشيولا هو مرض طفيلي مهم يصيب الحيوانات ويسبب خسائر اقتصادية سنوية تقدر بأكثر من ٣ مليار دولار أمريكي في الحيوانات، ويصــل معدل الإصــابة به لدى أكثر من ١٨٠ مليون شــخص في جميع أنحاء العالم **(Dube et al., 2023)**. وعلى الرغم من أنه نادر الحدوث لدى البشـــر، فإن معدل انتشــار داء الفاشــيولا البشــري المتوقع والعبء المرضــي المتوقع له كبير وفقًا لمنظمة الصـحة العالمية، وقد تم الإبلاغ عن داء الفاشيولا البشري في أكثر من ٧٠ دولة، مع إصــابة ما لا يقل عن ٢,٤ مليون شــخص في جميع أنحاء العالم وعدة ملايين آخرين معرضين للخطر **(WHO, 2023)**. وتعتبر القواقع التي تعيش في المياه العذبة ضمن عائلة الليمنيا ذات أهمية كبيرة بسبب مشاركتها في دورة حياة العديد من الديدان المثقوبة ذات الأهمية الطبية الحيوية والبيطرية، وقد تم وصـــف حوالي ٢٠ نوعًا من القواقع الليمنية على أنها العوائل الوسيطة المحتملة لمرض الفشيولا **(Dube et al., 2023)**. وتؤكد دراســـة **(Khalafala, 2020)** أن المرض ينتشـــر حاليًا بين الحيوانات في محافظتي أسـيوط وسـوهاج مما يبرر الحاجة الملحة لتطبيق تدابير المكافحة المناسـبة فضــلًا عن تقييم العبء الحيواني المسـتمر المحتمل لدى الأشـخاص المقيمين في مثل هذه المناطق.

**٢/ شبكة الري والصرف في منطقة الدراسة:**

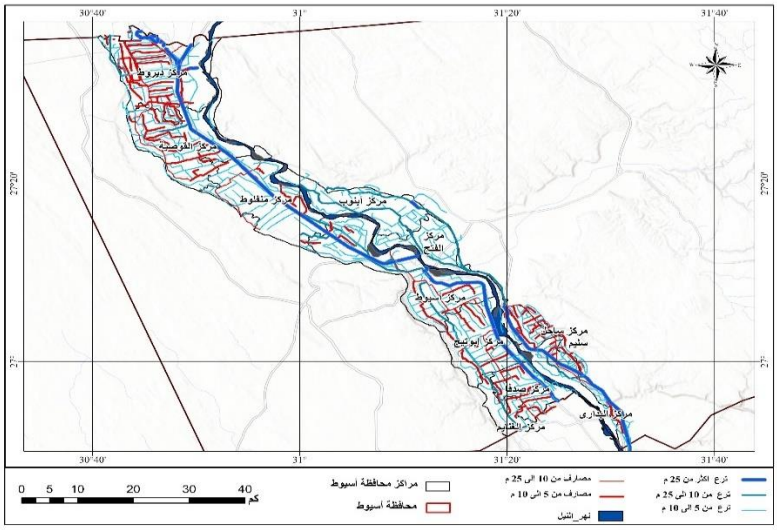
بالرغم من الدور المهم الذي تؤديه الزراعة المروية في توفير الإمدادات الغذائية اللازمة لمواكبة الزيادة في عدد ســكان العالم إلا أن التغيرات البيئية الناتجة عن تطوير الزراعة المروية غالبًا ما تؤدي إلى مشـــاكل صـــحية عامة خطيرة **( Rainey & Hess,1967; Hoover et al., 2020)**. ويرتبط انتقال الأمراض الطفيلية بمشــاريع

الري، والتي يمكن أن توسع الموائل المناسبة للقواقع المضيفة، وزيادة إنتاج وإصابة ناقلات القواقع، وزيادة الاتصال بين الإنسان والسركاريا المعدية، وقد يتسبب التلوث الكيميائي الزراعي في زيادة حدوث اضطرابات بيئية مماثلة تؤدي إلى زيادة موارد القواقع، أو قتل الحيوانات المفترسة لها **(Kopolrat et al., 2020)**.

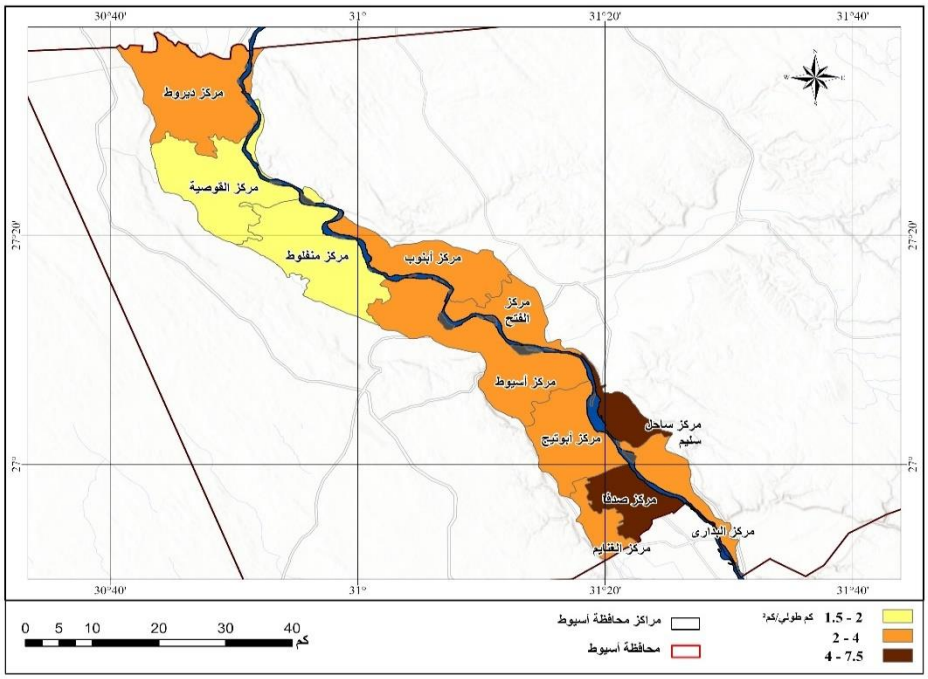
**جدول (١) كثافة شبكة الترع والمصارف في محافظة أسيوط**

| المراكز | المساحة (كم٢) | ترع رئيسية | | الجنابيات | إجمالي الأطوال (كم) | المصارف | | إجمالي الترع والجنابيات والمصارف | | الكثافة كم/ كم٢ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عدد | طول (كم) | طول (كم) | | عدد | طول (كم) | طول (كم) | % | |
| أسيوط | 236 | 65 | 366 | 413 | 779 | 4 | 80 | 859 | 18.3 | 3.64 |
| ديروط | 208 | 77 | 304 | 288 | 592 | 36 | 157 | 749 | 15.96 | 3.6 |
| القوصية | 184 | 41 | 160 | 91 | 251 | 12 | 69 | 320 | 6.82 | 1.74 |
| منفلوط | 217 | 40 | 228 | 54 | 282 | 7 | 56 | 338 | 7.2 | 1.56 |
| أبنوب | 199 | 52 | 197 | 176 | 373 | 1 | 26 | 399 | 8.5 | 2.01 |
| الفتح | 105 | 30 | 151 | 180 | 331 | 3 | 8 | 339 | 7.22 | 3.23 |
| ساحل سليم | 73 | 36 | 155 | 302 | 457 | 20 | 90 | 547 | 11.65 | 7.49 |
| البداري | 92 | 50 | 204 | -50 | 154 | 14 | 62 | 216 | 4.6 | 2.35 |
| أبو تيج | 127 | 39 | 214 | 178 | 392 | 9 | 62 | 454 | 9.67 | 3.57 |
| صدفا | 78 | 18 | 102 | 248 | 350 | 1 | 2 | 352 | 7.5 | 4.51 |
| الغنايم | 43 | 19 | 101 | 13 | 114 | 1 | 7 | 121 | 2.58 | 2.81 |
| الإجمالي | 1562.6 | 467 | 2182 | 1893 | 4075 | 108 | 619 | 4694 | 100 | 3.00 |

**المصدر**: وزارة الري والموارد المائية، مديرية الري بأسيوط، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.




**شكل (٤) شبكة المجاري المائية في محافظة أسيوط**




**شكل (٥) كثافة شبكة المجاري المائية في محافظة أسيوط**

يتبين من الجدول (١) وشكلا (٤، و٥) ان إجمالي شبكة المجاري المائية في محافظة أسيوط بلغ ٤٥٩٤ كم منها ٢١٨٢ كم ترع رئيسية، بلغ عددها حسب تقسيمها على خريطة وزارة الري والموارد المائية إلى ٤٦٧ ترعة، يخدم هذه الترع ١٠٨ مصرف بطول يبلغ ٦١٩ كم، في حين يبلغ أطول الجنابيات الفرعية التي تخترق الأراضي الزراعية متفرعة من الترع الرئيسية ١٨٩٣ كم، وجغرافيًا يستأثر مركز أسيوط بنحو ١٨,٣% من جملة المجاري المائية، يليه مركز ديروط بنحو ١٥,٩% بذلك يستحوذ المركزان على أكثر من ثلث المجاري المائية في المحافظة ٣٤,٢٥%، في حين يأتي مركز الغنايم في الترتيب الأخير بنسبة ٢,٥٨% من إجمالي المجاري المائية في المحافظة. وفيما يتعلق بالكثافة المكانية لشبكة المجاري المائية كنظام بيئي للقواقع ومؤشر للدلالة على كثافة انتشار القواقع فإن معدلها العام في المحافظة بلغ ٣ كم/ كم² من المساحة، وترتفع الكثافة لتصل أقصاها في مركز ساحل سليم بكثافة ٧,٤٩ كم/

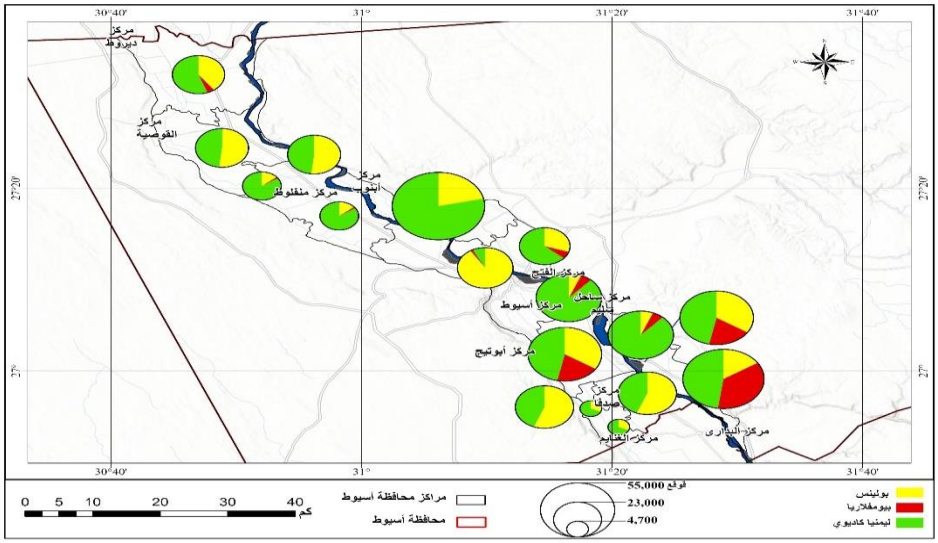
كم²، يليها مركز صـــدفا بنحو ٤,٥١ كم/ كم²، في حين تنخفض الكثافة إلى أدناها في مركزي القوصية ومنفلوط لتقل عن ٢ كم/ كم².

## ٣/ التوزيع العام للقواقع في مراكز المحافظة:

**جدول (٢) توزيع القواقع المائية في مراكز محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)**

| المراكز | بولينس | | | بيومفالاريا | | | ليمنيا كايودي | | | إجمالي | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % |
| أسيوط | 21841 | 21.59 | 91.09 | 351 | 1.21 | 1.46 | 1785 | 1.01 | 7.44 | 23977 | 7.80 |
| ديروط | 8594 | 8.49 | 39.86 | 974 | 3.36 | 4.52 | 11991 | 6.76 | 55.62 | 21559 | 7.01 |
| القوصية | 11431 | 11.30 | 51.72 | 0 | 0.00 | 0.00 | 10669 | 6.01 | 48.28 | 22100 | 7.19 |
| منفلوط | 1780 | 1.76 | 13.99 | 210 | 0.72 | 1.65 | 10736 | 6.05 | 84.36 | 12726 | 4.14 |
| أبنوب | 12515 | 12.37 | 21.44 | 0 | 0.00 | 0.00 | 45868 | 25.86 | 78.56 | 58383 | 18.98 |
| الفتح | 6110 | 6.04 | 30.02 | 1279 | 4.41 | 6.28 | 12965 | 7.31 | 63.70 | 20354 | 6.62 |
| ساحل سليم | 1954 | 1.93 | 6.12 | 1779 | 6.14 | 5.57 | 28204 | 15.90 | 88.31 | 31937 | 10.38 |
| البداري | 7381 | 7.29 | 15.85 | 16912 | 58.35 | 36.32 | 22268 | 12.55 | 47.83 | 46561 | 15.14 |
| أبوتيج | 13365 | 13.21 | 34.17 | 7480 | 25.81 | 19.13 | 18265 | 10.30 | 46.70 | 39110 | 12.72 |
| صدفا | 14562 | 14.39 | 55.92 | 0 | 0.00 | 0.00 | 11481 | 6.47 | 44.08 | 26043 | 8.47 |
| الغنايم | 1458 | 1.44 | 31.61 | 0 | 0.00 | 0.00 | 3154 | 1.78 | 68.39 | 4612 | 1.50 |
| الإجمالي | 101180 | 100.00 | 32.90 | 28985 | 100.00 | 9.42 | 177386 | 100.00 | 57.68 | 307551 | 100.00 |

**المصدر: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).**




**شكل (٦) توزيع القواقع المنتشرة في محافظة أسيوط**

يتضـــح من التحليل الجغرافي لجدول (٢) وشــكل (٦) الصـــورة العامة لتوزيع القواقع المائية الثلاثة المنتشــرة بشــبكة الترع في مراكز محافظة أســيوط، وفقًا لبيانات رصد وحدات مكافحة القواقع بالمحافظة خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٣، ومنهما يلاحظ:

- إن إجمالي عداد القواقع المنتشرة في محافظة أسيوط بلغ 307,551 قوقعًا، استحوذ قوقع ليمينا كاديوى على أكثر من نصف عدد القواقع المائية انتشارًا بمراكز المحافظة بنحو ٥٧,٧% من إجمالي العدد، بينما قوقع بولينس في المرتبة الثانية بنســـبة ٣٢,٩%، وفي المرتبة الثالثة والأخيرة جاء قوقع بيومفالاريا بنســـبة ٩,٤% من إجمالي أعداد القواقع المنتشرة بشبكة الترع في مراكز المحافظة.

- يعد مركز أبنوب أكبر المراكز بالنسـبة للتوزيع العددي لانتشـار القواقع المائية حيث استحوذ على ١٨,٩% من إجمالي أعداد القواقع، يليه مركز البداري بنحو ١٥,١%، ثم مركز أبو تيج بنسبة ١٢,٧%؛ ليستحوذ الثلاثة مراكز على أقل قليلا من نصف التوزيع العددي للقواقع المنتشـــرة، بينما ســـجل مركزي الغنايم ومنفلوط أقل المراكز بالنسبة لعدد القواقع بنحو ١,٥%، ٤,١% لكل منهما على التوالي.

- استحوذ مركز أسيوط، وصدفا، وابوتيج، على نصف التوزيع العددي للقوقع بمراكز المحافظة تقريبا. حيث بلغ ٢١,٦%، ١٤,٤%، ١٣,٢% لكل منهم على التوالي من إجمالي التوزيع. بينما ســـجل مركزي الغنايم، ومنفلوط أقل المراكز لانتشـــار قوقع بولينس بنحو ١,٤%، ١,٨% لكل منهما على التوالي. **وذلك لقوقع بولينس.**

- اســتحوذ مركزي البداري، وأبو تيج، على ٨٤,١% من إجمالي التوزيع للقوقع بمراكز المحافظة، بينما النسبة المتبقية تم رصدها في باقي مراكز المحافظة، باستثناء مركز القوصـية، أبنوب، صـدفا، والغنايم، لم يرصـد انتشـارا للقوقع في هذه المراكز. وذلك **لقوقع بيومفالاريا.**

- استحوذ مركز أبنوب، ساحل سليم، والبدراى على أكثر من نصف التوزيع العددي لأنتشار القوقع المرصود بالنسبة لمراكز المحافظة، بينما سجل مركز أسيوط، والغنايم أقل المراكز في انتشار القوقع بنحو ١%، ١,٨% لكل منهما على التوالي. وذلك **لقوقع ليمنيا كاديوى.**

يتضح مما سبق أن هناك تباين مكاني في انتشار القواقع بين مراكز المحافظة، حيث يحتل مركز أسيوط صدارة المراكز في انتشار لقوقع بولينس، وهو أقل المراكز لانتشار قوقع ليمنيا كاديوى. كذلك مركز البداري الذي يعد أكبر المراكز لانتشار قوقع بيومفالاريا، وهو من أقل المراكز انتشارًا لقوقع بولينس. كذلك مركز أبنوب الذي يعد أكبر المراكز لانتشار قوقع ليمنيا كاديوى، وهو من أقل المراكز لانتشار قوقع بولينس، وينعدم رصد قوقع بيومفالاريا به.

## ٤/الكثافة المكانية للقواقع في محافظة أسيوط:

**جدول (٣) الكثافة المكانية للقواقع في محافظة أسيوط (قوقع/ كم من المجاري المائية)**

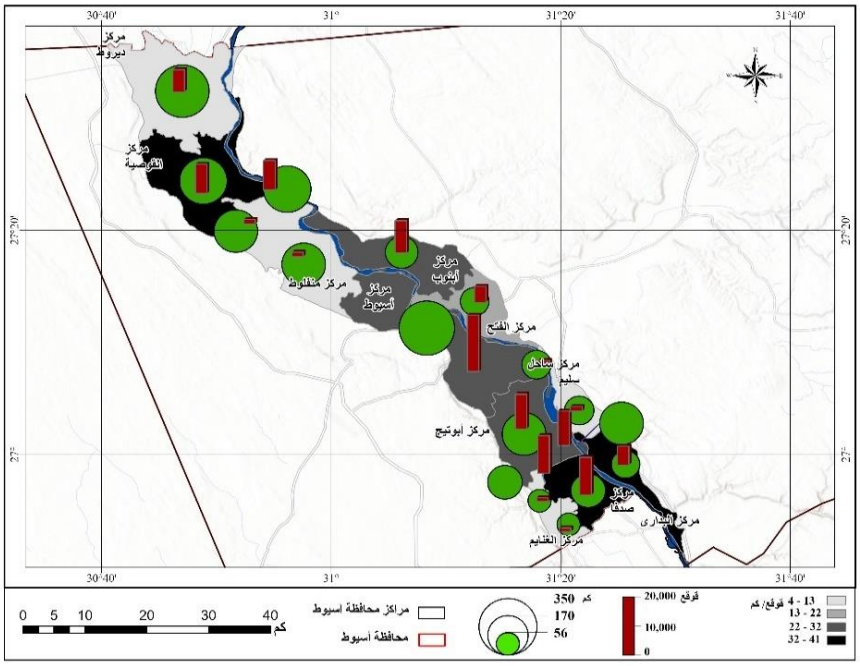
| المراكز | بولينس | بيومفالاريا | ليمنيا كايودي | إجمالي |
|---|---|---|---|---|
| أسيوط | 25.43 | 0.41 | 2.08 | 27.91 |
| ديروط | 11.47 | 1.30 | 16.01 | 28.78 |
| القوصية | 35.72 | 0.00 | 33.34 | 69.06 |
| منفلوط | 5.27 | 0.62 | 31.76 | 37.65 |
| أبنوب | 31.37 | 0.00 | 114.96 | 146.32 |
| الفتح | 18.02 | 3.77 | 38.24 | 60.04 |
| ساحل سليم | 3.57 | 3.25 | 51.56 | 58.39 |
| البداري | 34.17 | 78.30 | 103.09 | 215.56 |
| أبوتيج | 29.44 | 16.48 | 40.23 | 86.15 |
| صدفا | 41.37 | 0.00 | 32.62 | 73.99 |
| الغنايم | 12.05 | 0.00 | 26.07 | 38.12 |
| الإجمالي | 21.56 | 6.17 | 37.79 | 65.52 |

**المصدر**: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).

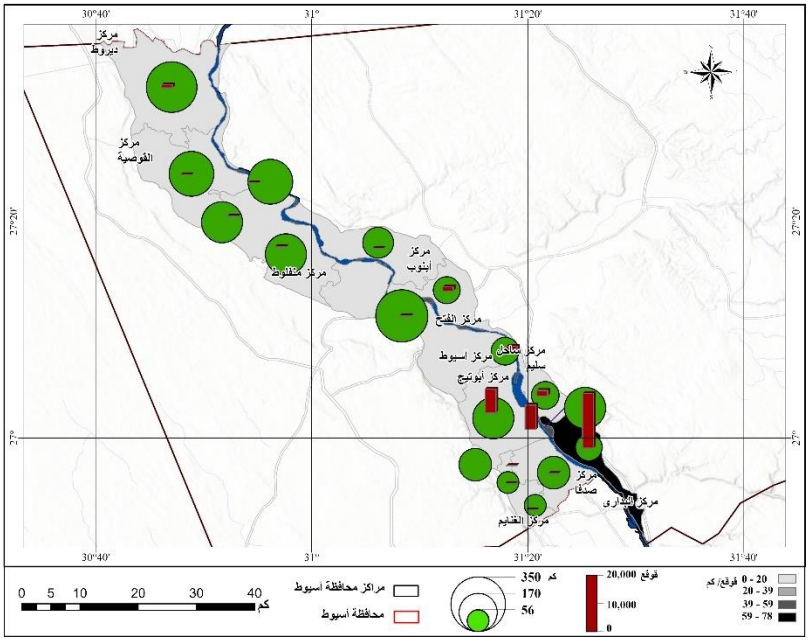
يتضح من التحليل الجغرافي لجدول (٣) وشكل (٧) الكثافة المكانية للقواقع في محافظة أسيوط كمؤشر للدلالة على مدى انتشارها بشبكة الترع في مراكز المحافظة، بناءً على بيانات رصد وحدات مكافحة القواقع بالمحافظة خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٣، ومنهما يلاحظ:

- يبلغ المعدل العام في المحافظة ٦٥,٥ قوقع/ كم، وترتفع الكثافة لتصل أقصاها في مركز البداري بكثافة قدرها ٢١٥,٦ قوقعا/ كم، يليها مركز أبنوب بنحو ١٤٦,٣قوقعا/ كم، ثم مركز صدفا بكثافة تصل إلى ٨٦,٢ قوقعا/ كم، في حين تنخفض الكثافة إلى أدناها في مركزي أسيوط وديروط حيث تقل عن ٣٠ قوقعا/كم.
- يبلغ المعدل العام لكثافته المكانية في المحافظة ٢١,٦ قوقعا/ كم. ترتفع كثافة القوقع لتصل أقصاها في مراكز صدفا، والقوصية، والبداري بكثافة قدرها ٤١,٤ قوقعا/كم، ٣٥,٧ قوقعا/كم، ٣٤,٢ قوقعا/كم لكل منهم على التوالي. وتنخفض الكثافة إلى أدناها في مركزي ساحل سليم، ومنفلوط، حيث تقل لتصل إلى ٣,٦ قوقعا/كم، ٥,٣ قوقعا/كم، لكل منهما على التوالي. وذلك **لقوقع بولينس**.
- يبلغ المعدل العام لكثافته المكانية في المحافظة ٦,٢ قوقعا/ كم. ترتفع كثافة القوقع لتصل أقصاها في مركز البداري بكثافة قدرها ٧٨,٣ قوقعا/كم، يليه مركز أبو تيج ١٦,٥قوقعا/كم. وتنخفض الكثافة إلى أدناها في باقي مركز المحافظة حيث تقل عن ٤ قوقع/ كم، وينعد وجود القوقع في مراكز القوصية، أبنوب، صدفا، والغنايم. وذلك **لقوقع بيومفالاريا**.
- بلغ المعدل العام لكثافته المكانية في المحافظة ٣٧,٨ قوقعا/ كم. ترتفع كثافة القوقع لتصل أقصاها في مركزي أبنوب، والبداري بكثافة قدرها ١١٥، ١٠٣,١ قوقعا/كم لكل منهما، وتنخفض الكثافة إلى أدناها في مركزي أسيوط، وديروط، حيث تقل لتصل إلى ٢,١ قوقعا/كم، ١٦ قوقعا/كم، لكل منهما على التوالي. وذلك **لقوقع ليمنيا كاديوى**.

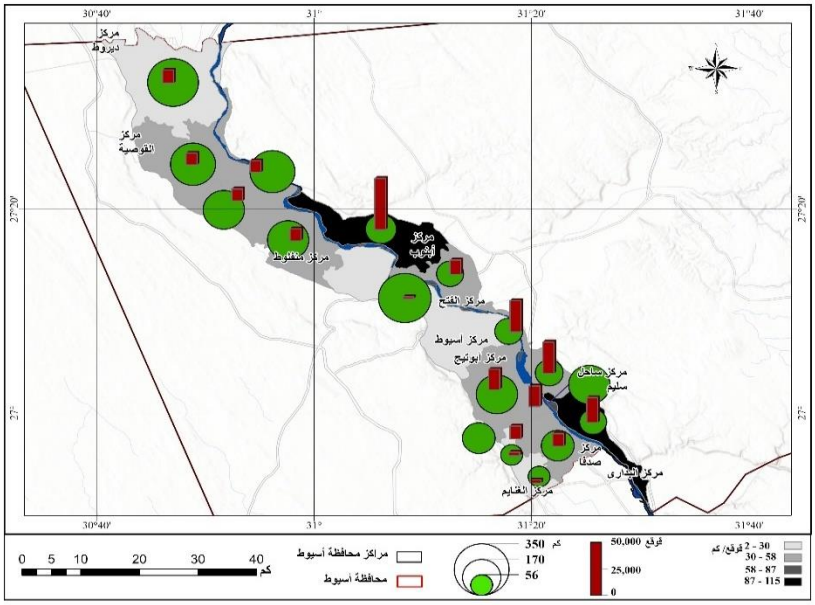
يتضح مما سبق أن هناك توافق مكانى بين مناطق الانتشار وكثافة الانتشار للقواقع بين مراكز المحافظة؛ يعد فية مركز أسيوط أقل المراكز انتشارا لقوقع ليمنيا كاديوى وهو أقل المراكز في كثافة انتشار القوقع، كذلك مركز البداري الذي يعد أكبر المراكز لانتشار قوقع بيومفالاريا، وهو من أكبر المراكز في كثافة انتشار القوقع. كذلك مركز أبنوب الذي يعد أكبر المراكز لانتشار قوقع ليمنيا كاديوى، وهو أكبر المراكز في كثافة انتشار القوقع. في حين يختلف هذا التوافق المكانى فقط بالنسبة لقوقع بولينس حيث ان مركز البداري هو أقل المراكز في انتشار القوقع، بينما هو من أكبر المراكز في كثافة الانتشار للقوقع.



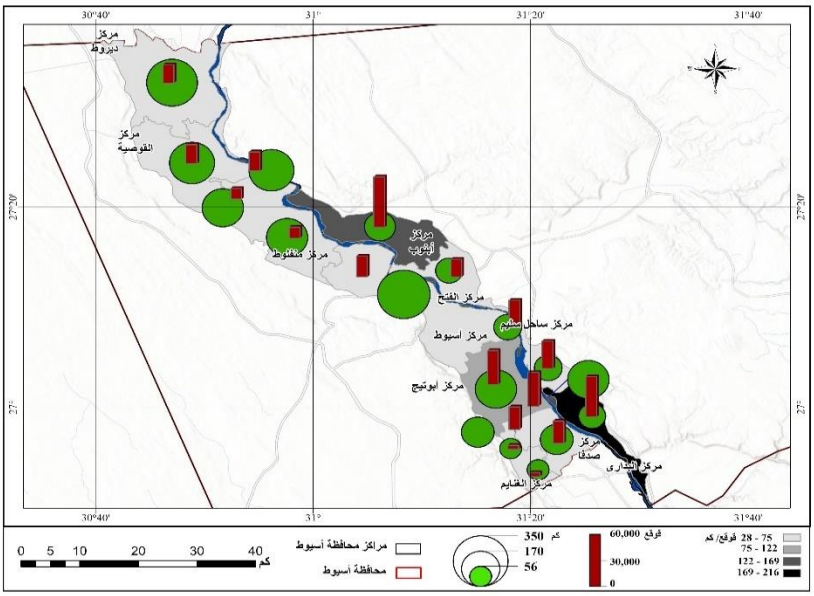

**أ) بولينس**




ب) بيومفالاريا




ج) ليمنيا كاديوي




**د) اجمالي القواقع المائية**

**شكل (٧) الكثافة المكانية للقواقع المائية في شبكة المجاري المائية بمحافظة أسيوط**

## ٥/ التباينات الموسمية للقواقع في محافظة أسيوط:

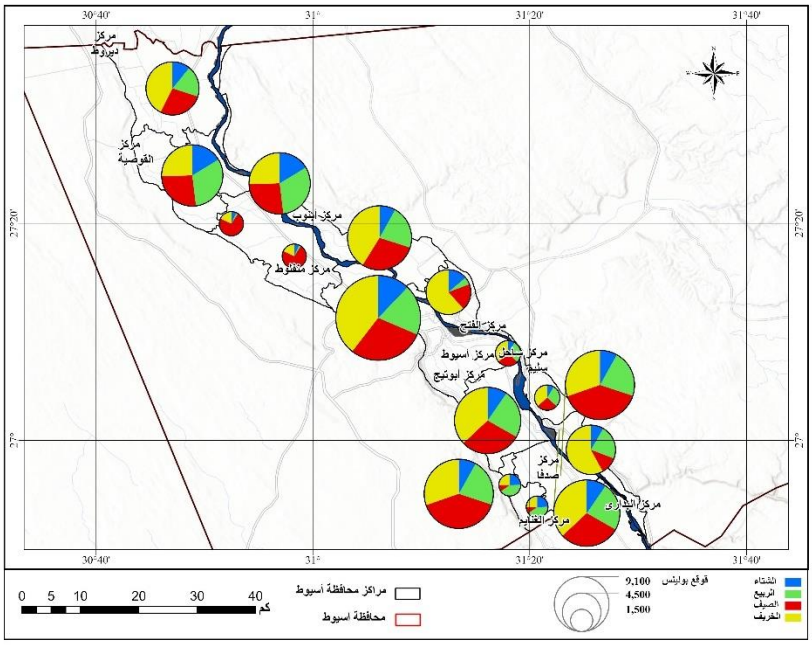
يتضح من التحليل الجغرافي لجدول (٤) وشكل (٨) التباين الموسمي لإجمالي للقواقع، والتغيرات المكانية الزمنية للقواقع الثلاثة محل الدراسة بالمجاري المائية في مراكز محافظة أسيوط، كمؤشر للدلالة على مدى العلاقة بين انتشار القواقع بشبكة الترع واختلاف الظروف المناخية على مدار العام، خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٣، ومنهما يتضح ما يلي:

## جدول (٤) التباينات الموسمية للقواقع في محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)

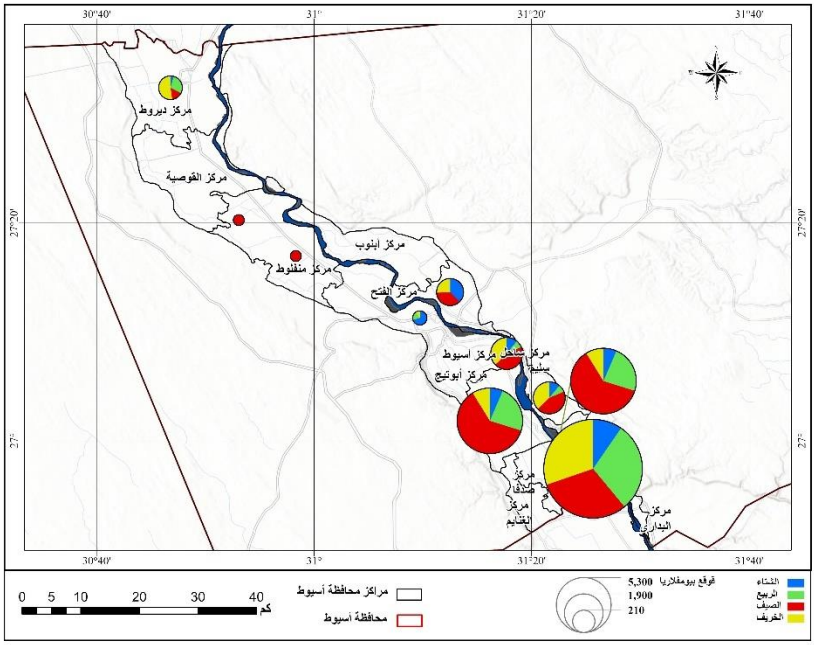
| المراكز | الشتاء | | الربيع | | | الصيف | | | الخريف | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | بولينس | | | | | | | | | | |
| | عدد | % | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % |
| أسيوط | 2652 | 24.07 | 12.14 | 4210 | 19.35 | 19.28 | 6348 | 21.84 | 29.06 | 8631 | 21.94 | 39.52 |
| ديروط | 930 | 8.44 | 10.82 | 1645 | 7.56 | 19.14 | 2358 | 8.11 | 27.44 | 3661 | 9.31 | 42.60 |
| القوصية | 1866 | 16.94 | 16.32 | 3630 | 16.68 | 31.76 | 3030 | 10.43 | 26.51 | 2905 | 7.38 | 25.41 |
| منفلوط | 117 | 1.06 | 6.57 | 45 | 0.21 | 2.53 | 1296 | 4.46 | 72.81 | 322 | 0.82 | 18.09 |
| أبنوب | 1005 | 9.12 | 8.03 | 2740 | 12.59 | 21.89 | 3618 | 12.45 | 28.91 | 5152 | 13.10 | 41.17 |
| الفتح | 840 | 7.63 | 13.75 | 340 | 1.56 | 5.56 | 1164 | 4.00 | 19.05 | 3766 | 9.57 | 61.64 |
| ساحل سليم | 168 | 1.53 | 8.60 | 550 | 2.53 | 28.15 | 522 | 1.80 | 26.71 | 714 | 1.81 | 36.54 |
| البداري | 615 | 5.58 | 8.33 | 1655 | 7.61 | 22.42 | 834 | 2.87 | 11.30 | 4277 | 10.87 | 57.95 |
| أبوتيج | 1284 | 11.66 | 9.61 | 3155 | 14.50 | 23.61 | 3984 | 13.71 | 29.81 | 4942 | 12.56 | 36.98 |
| صدفا | 1179 | 10.70 | 8.10 | 3200 | 14.71 | 21.98 | 5766 | 19.84 | 39.60 | 4417 | 11.23 | 30.33 |
| الغنايم | 360 | 3.27 | 24.69 | 590 | 2.71 | 40.47 | 144 | 0.50 | 9.88 | 364 | 0.93 | 24.97 |
| الإجمالي | 11016 | 100.00 | 10.89 | 21760 | 100.00 | 21.51 | 29064 | 100.00 | ٢٨,٧٢ | 39340 | 100.00 | 38.88 |
| المراكز | بيومفالاريا | | | | | | | | | | | |
| | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % |
| أسيوط | 246 | 8.01 | 70.09 | 70 | 0.97 | 19.94 | 0 | 0.00 | 0.00 | 35 | 0.48 | 9.97 |
| ديروط | 42 | 1.37 | 4.31 | 275 | 3.82 | 28.23 | 147 | 1.29 | 15.09 | 510 | 6.97 | 52.36 |
| القوصية | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- |
| منفلوط | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 210 | 1.84 | 100.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| أبنوب | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- |
| الفتح | 480 | 15.63 | 37.53 | 0 | 0.00 | 0.00 | 469 | 4.11 | 36.67 | 330 | 4.51 | 25.80 |
| ساحل سليم | 195 | 6.35 | 10.96 | 135 | 1.88 | 7.59 | 784 | 6.88 | 44.07 | 665 | 9.08 | 37.38 |
| البداري | 1626 | 52.93 | 9.61 | 4965 | 69.05 | 29.36 | 5201 | 45.61 | 30.75 | 5120 | 69.95 | 30.27 |
| أبوتيج | 483 | 15.72 | 6.46 | 1745 | 24.27 | 23.33 | 4592 | 40.27 | 61.39 | 660 | 9.02 | 8.82 |
| صدفا | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- |
| الغنايم | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- | 0 | 0.00 | -- |
| الإجمالي | 3072 | 100.00 | 10.60 | 7190 | 100.00 | 24.81 | 11403 | 100.00 | 39.34 | 7320 | 100.00 | 25.25 |
| المراكز | ليمنيا كايودي | | | | | | | | | | | |
| | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % | عدد | % | % |
| أسيوط | 66 | 0.32 | 3.70 | 0 | 0.00 | 0.00 | 935 | 2.19 | 52.38 | 784 | 1.25 | 43.92 |
| ديروط | 1404 | 6.87 | 11.71 | 3162 | 6.14 | 26.37 | 2910 | 6.83 | 24.27 | 4515 | 7.19 | 37.65 |
| القوصية | 1449 | 7.09 | 13.58 | 3858 | 7.49 | 36.16 | 2345 | 5.50 | 21.98 | 3017 | 4.80 | 28.28 |
| منفلوط | 1257 | 6.15 | 11.71 | 2886 | 5.60 | 26.88 | 2575 | 6.04 | 23.98 | 4018 | 6.40 | 37.43 |
| أبنوب | 5088 | 24.89 | 11.09 | 12690 | 24.63 | 27.67 | 10485 | 24.61 | 22.86 | 17605 | 28.03 | 38.38 |
| الفتح | 1335 | 6.53 | 10.30 | 3300 | 6.40 | 25.45 | 3010 | 7.06 | 23.22 | 5320 | 8.47 | 41.03 |
| ساحل سليم | 4581 | 22.41 | 16.24 | 7182 | 13.94 | 25.46 | 6445 | 15.13 | 22.85 | 9996 | 15.91 | 35.44 |
| البداري | 2685 | 13.13 | 12.06 | 7134 | 13.84 | 32.04 | 3685 | 8.65 | 16.55 | 8764 | 13.95 | 39.36 |
| أبوتيج | 1527 | 7.47 | 8.36 | 6048 | 11.74 | 33.11 | 5860 | 13.75 | 32.08 | 4830 | 7.69 | 26.44 |
| صدفا | 975 | 4.77 | 8.49 | 3282 | 6.37 | 28.59 | 3885 | 9.12 | 33.84 | 3339 | 5.32 | 29.08 |
| الغنايم | 75 | 0.37 | 2.38 | 1986 | 3.85 | 62.97 | 470 | 1.10 | 14.90 | 623 | 0.99 | 19.75 |
| الإجمالي | 20442 | 100.00 | 11.52 | 51528 | 100.00 | 29.05 | 42605 | 100.00 | 24.02 | 62811 | 100.00 | 35.41 |

| المراكز | جملة القواقع | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد | % | عدد | % | عدد | % | عدد | % | عدد | % | عدد | % |
| أسيوط | 2964 | 8.58 | 12.36 | 4280 | 5.32 | 17.85 | 7283 | 8.77 | 30.37 | 9450 | 8.63 | 39.41 |
| ديروط | 2376 | 6.88 | 11.02 | 5082 | 6.31 | 23.57 | 5415 | 6.52 | 25.12 | 8686 | 7.93 | 40.29 |
| القوصية | 3315 | 9.60 | 15.00 | 7488 | 9.30 | 33.88 | 5375 | 6.47 | 24.32 | 5922 | 5.41 | 26.80 |
| منفلوط | 1374 | 3.98 | 10.80 | 2931 | 3.64 | 23.03 | 4081 | 4.91 | 32.07 | 4340 | 3.96 | 34.10 |
| أبنوب | 6093 | 17.65 | 10.44 | 15430 | 19.17 | 26.43 | 14103 | 16.98 | 24.16 | 22757 | 20.79 | 38.98 |
| الفتح | 2655 | 7.69 | 13.04 | 3640 | 4.52 | 17.88 | 4643 | 5.59 | 22.81 | 9416 | 8.60 | 46.26 |
| ساحل سليم | 4944 | 14.32 | 15.48 | 7867 | 9.78 | 24.63 | 7751 | 9.33 | 24.27 | 11375 | 10.39 | 35.62 |
| البداري | 4926 | 14.27 | 10.58 | 13754 | 17.09 | 29.54 | 9720 | 11.70 | 20.88 | 18161 | 16.59 | 39.00 |
| أبوتيج | 3294 | 9.54 | 8.42 | 10948 | 13.60 | 27.99 | 14436 | 17.38 | 36.91 | 10432 | 9.53 | 26.67 |
| صدفا | 2154 | 6.24 | 8.27 | 6482 | 8.05 | 24.89 | 9651 | 11.62 | 37.06 | 7756 | 7.08 | 29.78 |
| الغنايم | 435 | 1.26 | 9.43 | 2576 | 3.20 | 55.85 | 614 | 0.74 | 13.31 | 987 | 0.90 | 21.40 |
| الإجمالي | 34530 | 100.00 | 11.23 | 80478 | 100.00 | 26.17 | 83072 | 100.00 | 27.01 | 109471 | 100.00 | 35.59 |

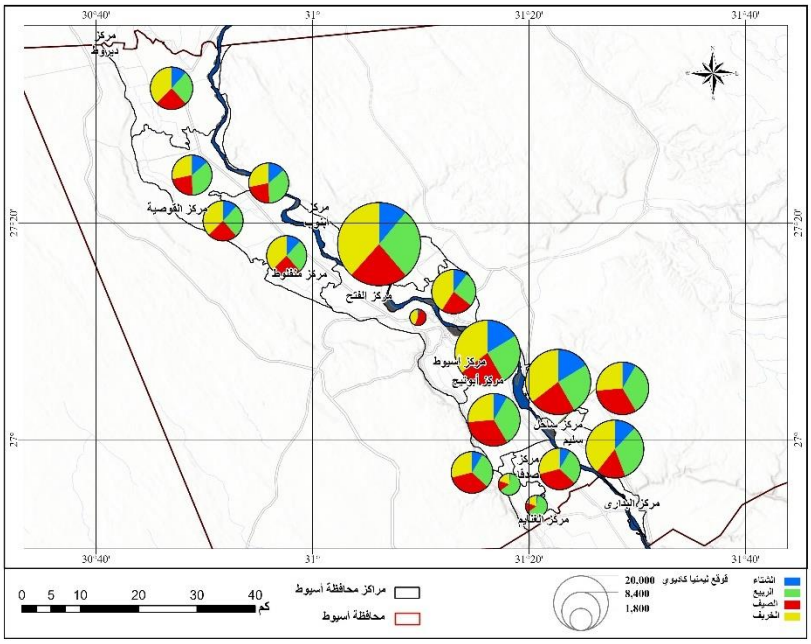
المصدر: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).



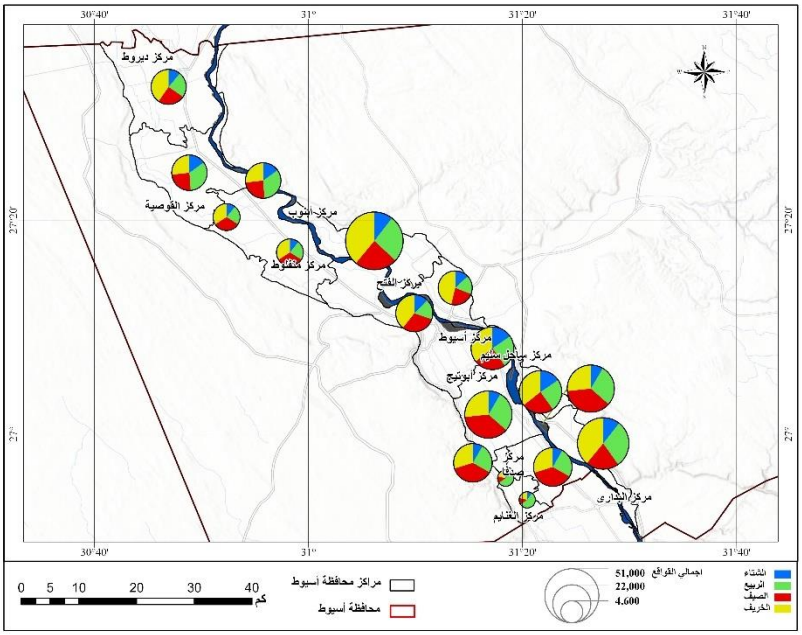

أ) بولينس




ب) بيومفالاريا




ج) ليمنيا كاديوي




**د) اجمالي القواقع المائية**

**شكل (٨) التباين الموسمي للقواقع المائية في محافظة أسيوط**

- تزداد أعداد ونسب انتشار القواقع بشبكة الترع في مراكز محافظة أسيوط خلال فصول الخريف، الصيف، والربيع، لتصل إلى ٣٥,٦%، ٢٧%، ٢٦,٢ %، لكل منهم على التوالي. بينما تقل خلال فصل الشتاء نسب الانتشار لتصل إلى ١١,٢% فقط من إجمالي أعداد القواقع المنتشرة في مراكز المحافظة. وتظهر علاقة ارتباطية واضحة بين أعداد ونسب انتشار القواقع وارتفاع درجات الحرارة في المحافظة. حيث تزداد نسب الانتشار كلما ارتفعت درجات الحرارة.

- تزداد أعداد ونسب انتشار القواقع خلال الفصول الحارة، الخريف والصيف، والربيع، لتصل إلى ٣٨,٩%، ٢٨,٧%، ٢١,٥%، لكل منهم على التوالي. وتقل نسب الانتشار خلال فصل الشتاء وتبلغ ١٠,٩%. ويعد مركز أسيوط هو أكبر المراكز في أعداد انتشار القوقع على خلال فصول العام. كما تتباين نسب انتشار القوقع من

مركز لأخر حسب فصول السنة، حيث نجد مركز الفتح هو أكبر المراكز انتشارا للقوقع وذلك خلال فصل الخريف بنسبة انتشار تصل إلى ٦١,٦%، يليه مركز الغنايم ٤٠,٧% خلال فصل الصيف، ثم يأتي مركز صدفا كثالث أكبر المراكز انتشار للقوقع خلال فصل الصيف بنسبة ٣٩,٦%، بينما تقل نسبة الانتشار كلما انخفضت درجات الحرارة لتصل إلى ٢٤,٧% خلال فصل الشتاء في مركز الغنايم. وذلك **لقوقع بولينس**.

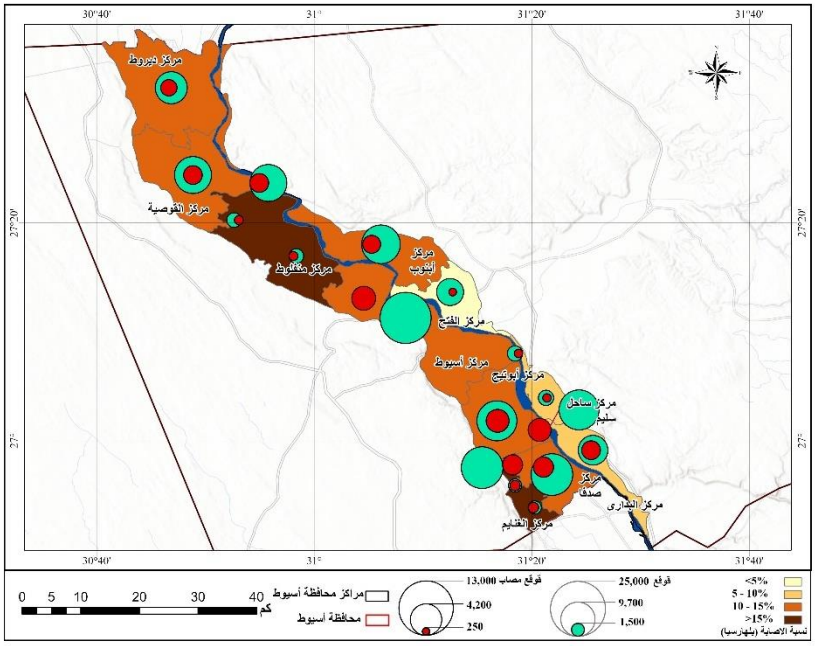
- تزداد أعداد ونسب انتشار القوقع خلال الفصول الحارة، الصيف، الخريف، والربيع، لتصل إلى ٣٩,٣%، ٢٥,٢%، ٢٤,٨%، لكل منهم على التوالي. وتقل نسب الانتشار خلال فصل الشتاء وتبلغ ١٠,٦%. ويعد مركز البداري هو أكبر المراكز في أعداد انتشار القوقع خلال فصول العام. كما يعد مركز أسيوط هو أكبر المراكز انتشارًا للقوقع وذلك خلال فصل الشتاء بنسبة انتشار تصل إلى ٧٠,١%، ويليه مركز أبو تيج بنسبة ٦١,٤% خلال فصل الصيف، ثم مركز ديروط خلال فصل الخريف بنسبة ٥٢,٤%، بينما تقل نسبة الانتشار لتصل إلى ٢٩,٤% خلال فصل الربيع في مركز البداري . وذلك **لقوقع بيومفالاريا**.
- تزداد أعداد ونسب انتشار القوقع خلال الفصول الحارة، الخريف، الربيع، الصيف، لتصل إلى ٣٥,٤%، ٢٩%، ٢٤%، لكل منهم على التوالي. بينما تقل نسب الانتشار خلال فصل الشتاء لتبلغ ١١,٥%. ويعد مركز أبنوب هو أكبر المراكز في أعداد انتشار القوقع خلال فصول العام. كما تزداد نسب انتشار القوقع من مركز لآخر حسب فصول السنة، حيث نجد مركز الغنايم هو أكبر المراكز انتشارا للقوقع وذلك خلال فصل الربيع بنسبة انتشار تصل إلى ٦٢,٩%، يليه مركز أسيوط خلال فصل الصيف والخريف بنسبة انتشار ٥٢,٤% –٤٣,٩ لكل منهما على التوالي، بينما تقل نسبة الانتشار مع انخفاض درجات الحرارة لتصل إلى ١٦,٢% خلال فصل الشتاء في مركز ساحل سليم. **وذلك لقوقع ليمنيا كاديوى**.

## ٦/توزيع القواقع المصابة في المجاري المائية بمحافظة أسيوط:

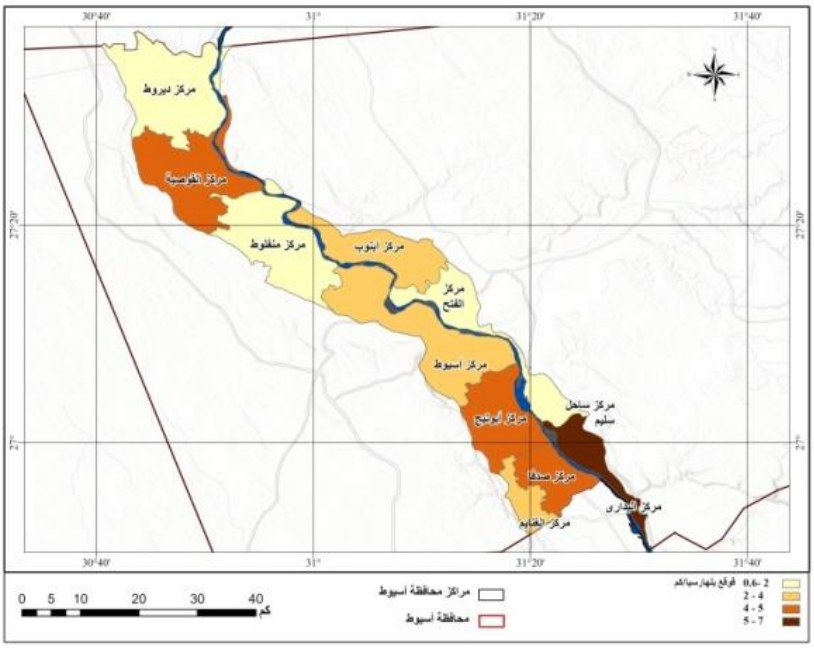
**جدول (٥) توزيع القواقع المصابة في مراكز محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)**

| المراكز | مصاب بلهاريسيا | | | | مصاب ليمينا- مرض الفشيولا | | | | إجمالي القواقع المصابة | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد | % | قوقع/ كم | نسبة الإصابة | عدد | % | قوقع/ كم | نسبة الإصابة | عدد | % | قوقع/ كم | نسبة الإصابة |
| أسيوط | 2447 | 18.43 | 2.85 | 11.03 | 240 | 0.96 | 0.28 | 13.45 | 2687 | 7.00 | 3.13 | 11.21 |
| ديروط | 1134 | 8.54 | 1.51 | 11.85 | 2268 | 9.04 | 3.03 | 18.91 | 3402 | 8.87 | 4.54 | 15.78 |
| القوصية | 1499 | 11.29 | 4.68 | 13.11 | 2336 | 9.31 | 7.30 | 21.90 | 3835 | 10.00 | 11.98 | 17.35 |
| منفلوط | 336 | 2.53 | 0.99 | 16.88 | 1694 | 6.75 | 5.01 | 15.78 | 2030 | 5.29 | 6.01 | 15.95 |
| أبنوب | 1374 | 10.35 | 3.44 | 10.98 | 4396 | 17.52 | 11.02 | 9.58 | 5770 | 15.04 | 14.46 | 9.88 |
| الفتح | 253 | 1.91 | 0.75 | 3.42 | 704 | 2.81 | 2.08 | 5.43 | 957 | 2.49 | 2.82 | 4.70 |
| ساحل سليم | 306 | 2.31 | 0.56 | 8.20 | 5062 | 20.17 | 9.25 | 17.95 | 5368 | 13.99 | 9.81 | 16.81 |
| البداري | 1503 | 11.32 | 6.96 | 6.19 | 2154 | 8.58 | 9.97 | 9.67 | 3657 | 9.53 | 16.93 | 7.85 |
| أبوتيج | 2242 | 16.89 | 4.94 | 10.76 | 2828 | 11.27 | 6.23 | 15.48 | 5070 | 13.21 | 11.17 | 12.96 |
| صدفا | 1728 | 13.02 | 4.91 | 11.87 | 2628 | 10.47 | 7.47 | 22.89 | 4356 | 11.35 | 12.38 | 16.73 |
| الغنايم | 453 | 3.41 | 3.74 | 31.07 | 782 | 3.12 | 6.46 | 24.79 | 1235 | 3.22 | 10.21 | 26.78 |
| الإجمالي | 13275 | 100.00 | 2.83 | 10.20 | 25092 | 100.00 | 5.35 | 14.15 | 38367 | 100.00 | 8.17 | 12.48 |

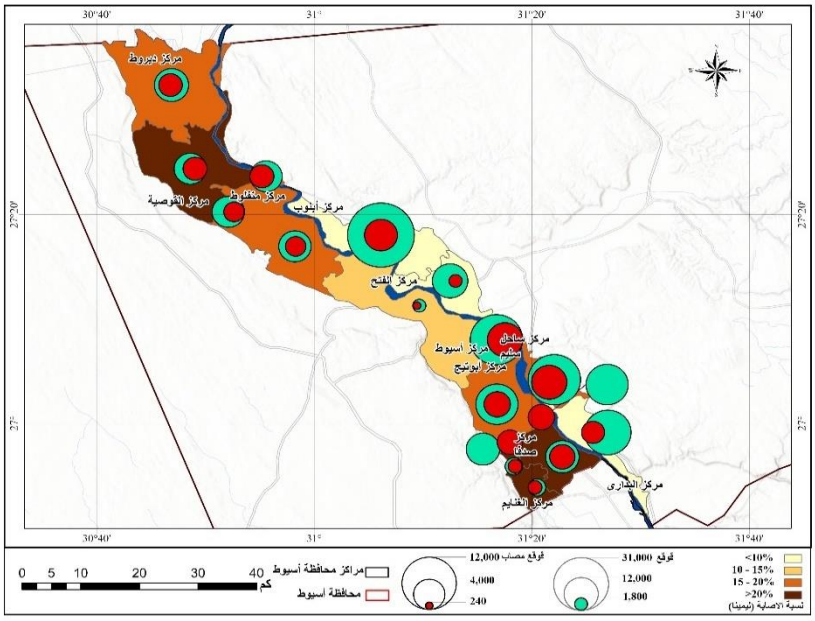
المصدر: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).



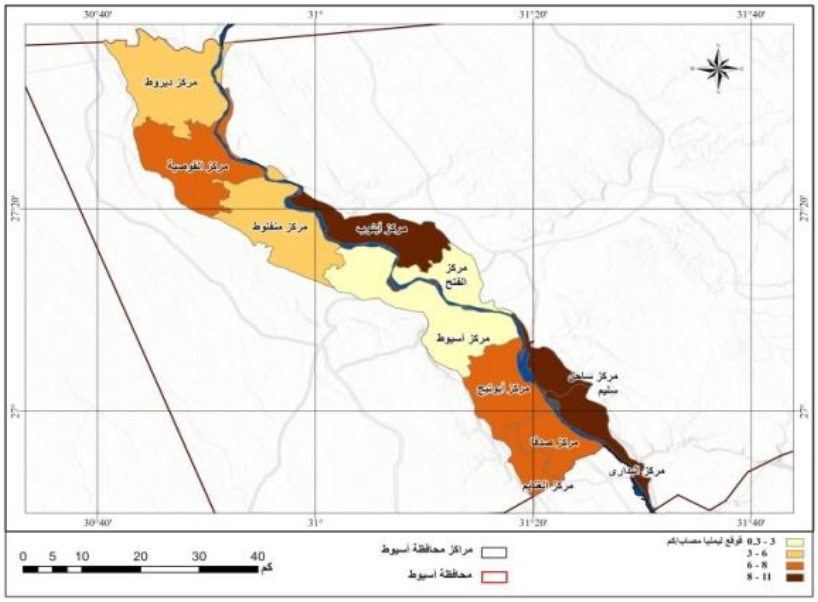

أ) نسبة الإصابة البلهارسيا




ب) كثافة القواقع المصابة بالبلهارسيا




ج) نسبة الإصابة ليمينا




**د) كثافة القواقع المصابة ليمينا**

**شكل (٩) توزيع القواقع المصابة بالبلهارسيا واللمينيا وكثافتها المكانية بشبكة المجاري المائية في محافظة أسيوط**

يتضح من التحليل الجغرافي للجدول (٥) وشكل (٩) توزيع القواقع المصابة بالبلهارسيا واللمنيا وكثافتها المكانية بشبكة المجاري المائية في مراكز محافظة أسيوط، خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٣، ومنهما يلاحظ:

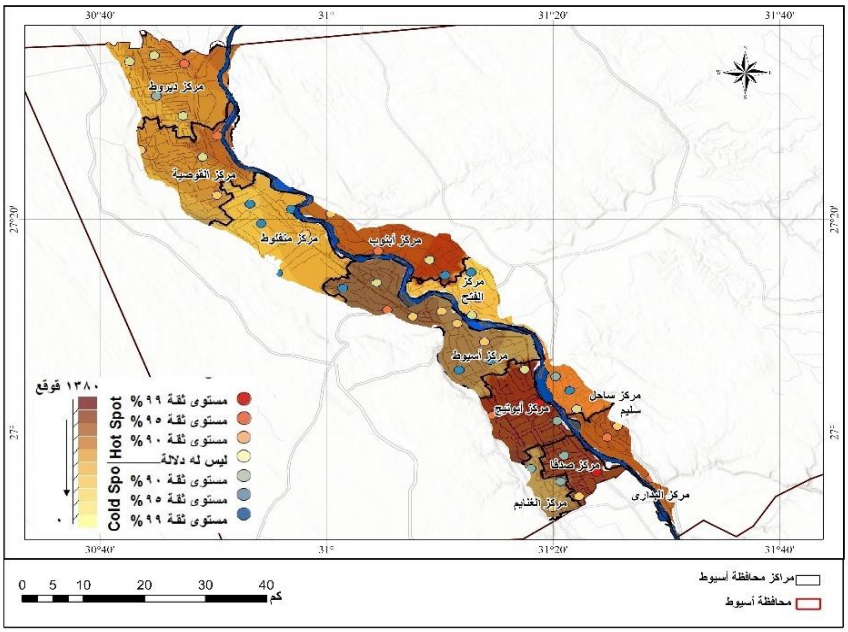
- يبلغ إجمالي أعداد القواقع المصابة ٣٨٣٦٧ قوقع، ويستحوذ مركز أبنوب على أكبر نسبة قواقع مصابة بالبلهارسيا – ومرض الفشيولا بنسبة ١٥,٠٤%، بينما بلغت كثافة القواقع المصابة بالبلهارسيا – والفشيولا اقصاها في مركزي البداري ، وأبنوب بنسبة ١٧ – ١٤,٥ قوقع/كم لكل منهما على التوالي، كما بلغت أكبر نسبة إصابة للقواقع حوالي ٢٦,٨%، ١٧,٣% في كل من مركزي الغنايم والقوصية على التوالي.
- بينما بلغ إجمالي عدد القواقع المصابة بمرض البلهارسيا فقط ١٣٢٧٥ قوقع، ويستحوذ مركز أسيوط على أكبر نسبة قواقع مصابة بالبلهارسيا بنسبة ١٨,٥%، بينما بلغت كثافة القواقع المصابة بالبلهارسيا اقصاها في مركز البداري بنسبة ٧

قوقع/ كم، يليه مركز أبو تيج، صدفا، والقوصية بنسبة ٥ قوقع/ كم لكل منهم على التوالي، كما بلغت أكبر نسبة إصابة للقواقع حوالي ٣١,٧%، ١٦,٩%، في كل من مركزي الغنايم ومنفلوط على التوالي.

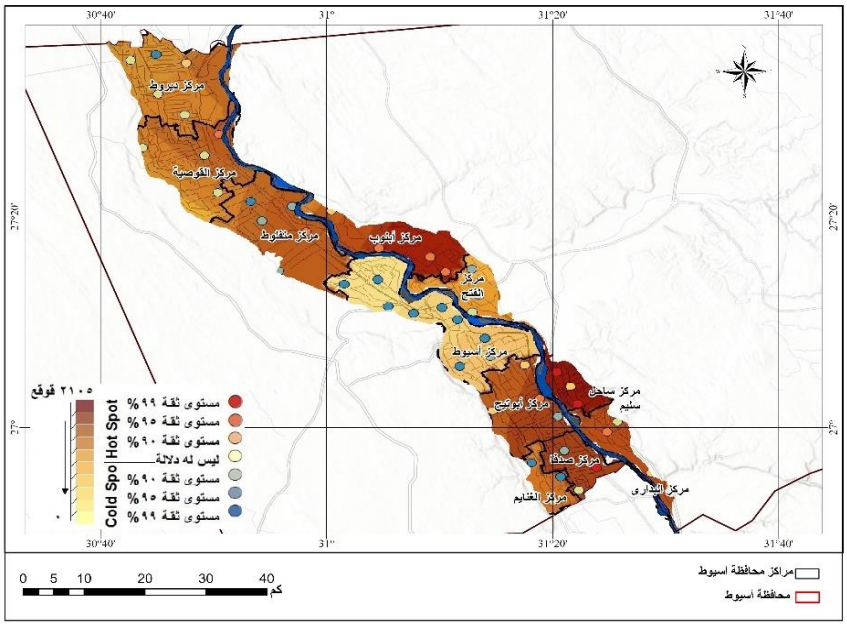
- بلغ إجمالي عدد القواقع المصابة بمرض الفشيولا فقط ٢٥٠٩٢ قوقع، ويستحوذ مركز ساحل سليم على أكبر نسبة قواقع مصابة بالفشيولا بنسبة ٢٠,٢%، بينما بلغت كثافة القواقع المصابة بالفشيولا اقصاها في مركزي أبنوب، والبداري بنسبة ١١- ١٠ قوقع/ كم لكل منهما على التوالي، كما بلغت أكبر نسبة إصابة للقواقع حوالي ٢٤,٨%، ٢٢,٩%، ٢١,٩%، في مركز الغنايم، صدفا، والقوصية لكل منهم على التوالي.

## ٧/ تحليل البقع الساخنة لكثافة القواقع في المجاري بمحافظة أسيوط

يكشف هذا التحليل الإحصائي عن البقع الساخنة (القيم المرتفعة) والبقع البادرة (القيم المنخفضة) لمفردات الظاهرة قيد الدراسة (القواقع) عبر الامتداد الجغرافي لها، إذ ينتج عن هذا التحليل القيم الحرجة "GI Z score"، ومستوى المعنوية أو الإحتمالية "P". حيث إن GI دلالة إحصائية تعبر عن قيمة البيانات Z. ففي حالة كون القيمة Z مرتفعة وموجبة وقيم إحتمالية P منخفضة دل ذلك على تركز الظاهرة البقع الساخنة، والعكس. أما إذا كانت إذا كانت قيمة Z قريبة من الصفر فيعني ذلك عدم تركز مفردات الظاهرة، أما قيمة "G" فتحدد معامل الثقة الاحصائي للتأثير، فإذا كانت قيمتها ±٣ فالتأثير في مستوى ثقة ٩٩%، وإذا كانت ±٣ فالتأثير عند مستوى ثقة ٩٥%، وإذا كانت ±١ فالتأثير في مستوى ثقة ٩٠%. ويكون التأثير غير ذو صلة إذا كانت قيمة المعامل تساوي صفر. يتم إجراء جميع المقارنات من خلال مقارنة فئات مستوى الأهمية (٩٩% ساخن، ٩٥% ساخن، ٩٠% ساخن، غير مهم، ٩٠% بارد، ٩٥% بارد، ٩٩% بارد). ويشير شكل (١٠) إلى البقع الساخنة لتركز القواقع في المجاري المائية في محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣).




أ) البلهارسيا




ب) ليمينا

**شكل (١٠) تحليلات البقع الساخنة في تكاثر القواقع بالمجاري المائية في محافظة أسيوط**

## ٨/ توزيع المصابين بالأمراض المرتبطة بالقواقع ومعدلات الإصابة بها في محافظة أسيوط

جدول (٦) معدل الإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع في محافظة أسيوط لكل ١٠ ألاف نسمة خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)

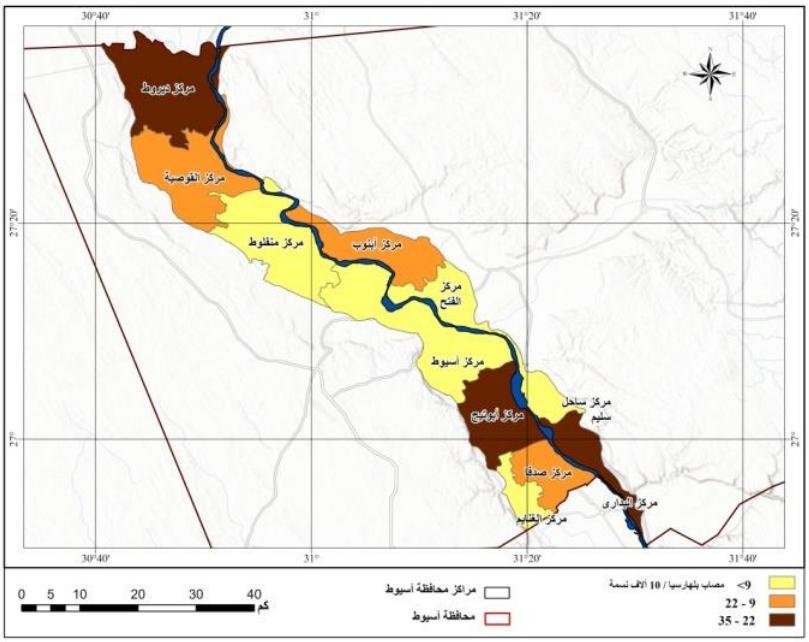
| المراكز | عدد المفحوصين بالبلهاريسا | عدد مصابين | معدل الإصابة |
|---|---|---|---|
| أسيوط | 85345 | 66 | 7.73 |
| ديروط | 109844 | 316 | 28.77 |
| القوصية | 41504 | 78 | 18.79 |
| منفلوط | 19559 | 15 | 7.67 |
| أبنوب | 41865 | 54 | 12.90 |
| الفتح | 27159 | 1 | 0.37 |
| ساحل سليم | 18958 | 17 | 8.97 |
| البداري | 48111 | 168 | 34.92 |
| أبوتيج | 50361 | 126 | 25.02 |
| صدفا | 15949 | 35 | 21.94 |
| الغنايم | 9213 | 4 | 4.34 |
| الإجمالي | 467868 | 880 | 18.81 |

المصدر: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).

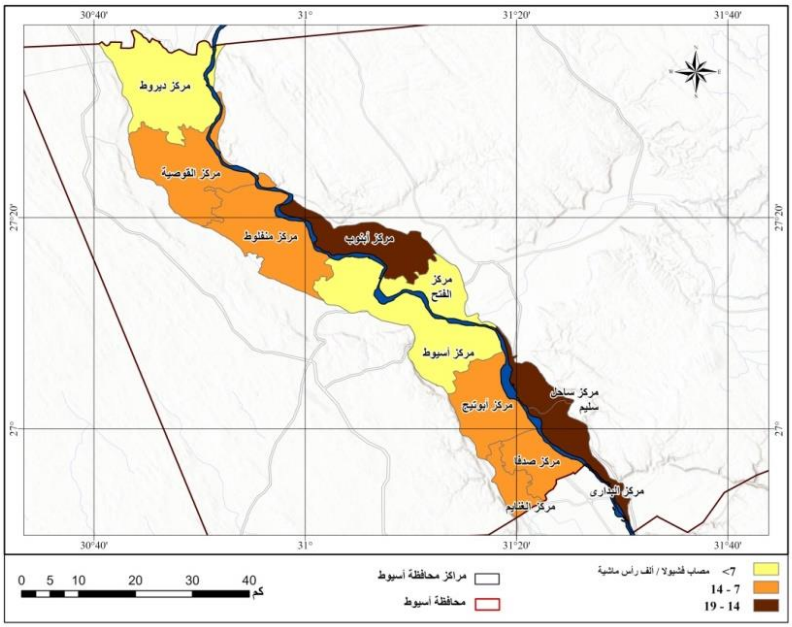
جدول (٧) معدلات إصابة الحيوانات بالفشيولا في محافظة أسيوط

| المراكز | عدد الحيوانات المفحوصة | عدد الإصابات | معدل الإصابة/ ١٠٠٠ رأس |
|---|---|---|---|
| أسيوط | 63135 | 109 | 1.73 |
| ديروط | 10955 | 76 | 6.94 |
| القوصية | 4277 | 39 | 9.12 |
| منفلوط | 9176 | 118 | 12.86 |
| أبنوب | 42778 | 771 | 18.02 |
| الفتح | 440 | 2 | 4.55 |
| ساحل سليم | 124576 | 2298 | 18.45 |
| البداري | 3773 | 67 | 17.76 |
| أبوتيج | 7106 | 101 | 14.21 |
| صدفا | 2701 | 32 | 11.85 |
| الغنايم | 7501 | 79 | 10.53 |
| الإجمالي | 276418 | 3692 | 13.36 |

المصدر: اعتمادًا على وزارة الزراعة، إدارة الطب البيطري بأسيوط، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.




شكل (١١) معدل إصابة المواطنين بالبلهارسيا في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣




شكل (١٢) معدل إصابة الحيوانات بالفشيولا في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣

يتضح من التحليل الجغرافي لجدولي (٦، و٧)، والأشكال (١١، و١٢)، معدل الإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع للإنسان، ومعدلات إصابة الحيوانات بالفشيولا في مراكز محافظة أسيوط، خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٠، ومنهما يلاحظ ما يلي:

- بلغ إجمالي عدد المفحوصين بالبلهارسيا في مراكز المحافظة ٤٦٧٨٦٨ نسمة، ووصل عدد المصابين ٨٨٠ مصاب في مراكز المحافظة، بينما بلغ معدل الاصابة حوالي ١٨,٨ مصاب/ ١٠ ألاف نسمة في إجمالي المفحوصين بمحافظة أسيوط.
- جاء مركز ديروط كأكبر المراكز في عدد المفحوصين بالبلهارسيا ١٠٩٨٤٤ نسمة، وبلغ عدد المصابين بالمركز ٣١٦ مصاب، بمعدل إصابة قدره ٢٨,٨ مصاب / ١٠ ألاف نسمة.
- بينما بلغ عدد المفحوصين بالبلهارسيا في مركز أبو تيج ٥٠٣٦١ نسمة، وبلغ عدد المصابين منهم ١٢٦ مصاب، بمعدل إصابة قدره ٢٥ مصاب / ١٠ ألاف نسمة.
- بينما جاء مركز البداري باعتبارة أكبر المراكز في معدل الإصابة والتي بلغت ٣٤,٩ مصاب / ١٠ ألاف نسمة، رغم ان عدد المفحوصين كان ٤٨١١١ نسمة، وبلغ عدد المصابين منهم ١٢٦ مصاب. كذلك وصل معدل الإصابة في مركزي صدفا، والقوصية إلى ٢١,٩- ١٨,٨ مصاب / ١٠ ألاف نسمة، لكل منهما على التوالي، رغم قلة عدد المفحوصين فقد وصل عددهم إلى ١٥٤٩٤، و٤١٥٠٤ نسمة، على الترتيب.
- أما بالنسبة لمعدلات إصابة الحيوانات بالفشيولا، فقد بلغ إجمالي أعداد الحيوانات المفحوصة ٢٧٦٤١٨ رأس، وبلغ إجمالي عدد الإصابات بالمرض ٣٦٩٢ مصاب، بمعدل إصابة قدره ١٣,٤ رأس /١٠٠٠ رأس.
- وقد بلغ أكبر معدل إصابة للحيوانات بمرض الفشيولا، في مركز ساحل سليم، أبنوب، البداري ، وأبو تيج بمعدل إصابة قدره، ١٨,٥، ١٨، ١٧,٨، ١٤,٢ رأس/ ١٠٠٠رأس، على الترتيب.

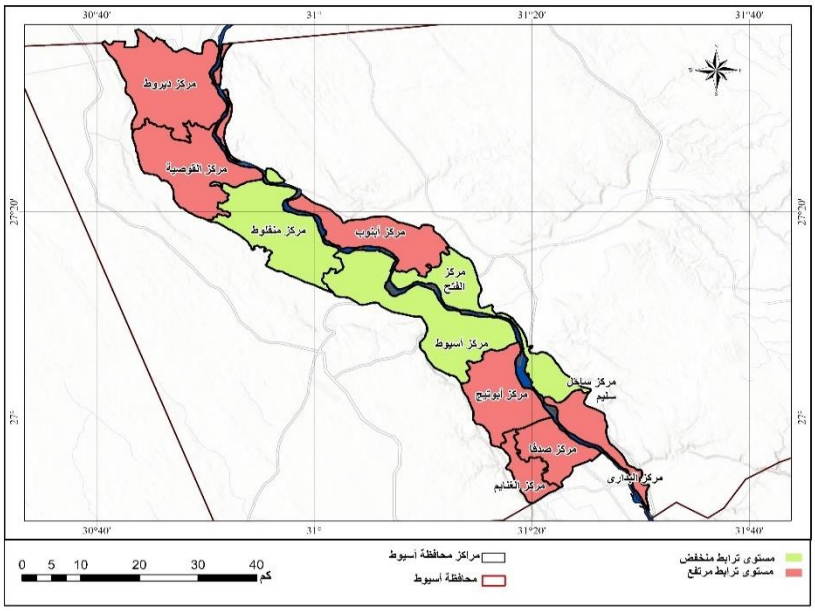
## ٩/ تحليل الترابط المكاني بين القواقع المائية ومعدلات الإصـــابة بالأمراض المرتبطة بها

تشـير الاشـكال (١٣، و١٤) إلى تحليل الترابط المكاني بين توزع أعداد القواقع المائية من نوع بولينس وليمنيا كايودي، ومعدلات اصـــابتها بالبلهارســيا والفشــيولا من ناحية، ومعدلات الإصــابة بالأمراض المرتبطة بها ومنها البلهارسـيا للبشـر، والفشـيولا للحيوانات، من ناحية أخرى، ويلاحظ منهما:

– تمثل مراكز ديروط، والقوصية، وأبنوب، والفتح، وأبو تيج، والغنايم، وصدفا، والبداري المستويات الأعلى من الترابط بين كثافة القواقع المصـابة وإصـابة الإنسـان بالبلهارسيا. وتتطابق تلك النطاقات إلى حد كبير مع مناطق النقاط الســـاخنة لتوزيع قواقع بولنيس المصـــابة بالبلهارســـيا Hot Spots التي تم تحديدها ســـابقًا بناءً على كثافة القواقع المصـــابة بالبلهارســـيا. في المقابل، تظهر مراكز أســـيوط ومنفلوط كمناطق ذات ترابط مكاني منخفض، مما يشير إلى أن وجود القواقع المصابة هناك لا يؤدي بالضـرورة إلى ارتفاع معدلات الإصـــابة البشـــرية، وهو ما قد يعكس فاعلية التدخلات الصـــحية أو انخفاض مســـتويات التلوث المائي. وقد يُفسَّـــر هذا التباين بالفارق الزمني بين عدوى قواقع بولنيس والحالات البشـــرية نتيجة اختلاف فترة الحضـــانة وتوقيت العيّنات، كذلك ســـلوكيات التعرض المائي للأفراد خارج نطاق الإقامة، مثل الانتقال إلى مواقع ري أو سباحة في مراكز مجاورة ثم العودة. ويمكن القول بأن نسبة إصابة قواقع بولنيس وكثافته تفسران الجزء الأكبر من التباين المكاني في معدل الإصابة البشري، مما يدعم صلاحية استخدام القواقع كمؤشر إنذار مبكر للإصابة بالبلهارسيا.

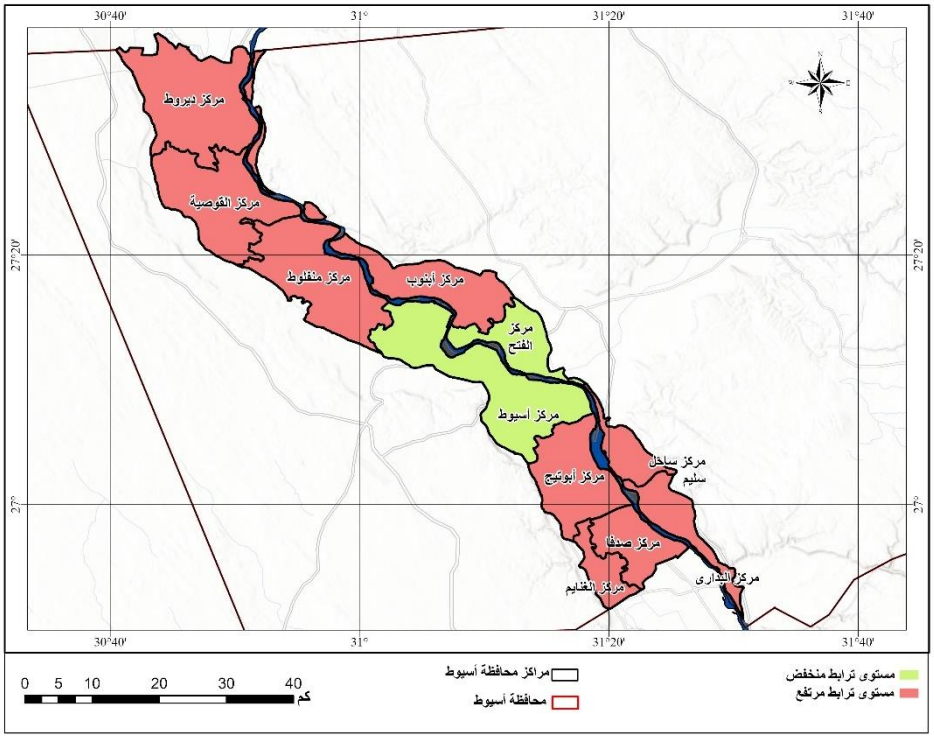
– تقع الغالبية العظمى لمراكز محافظة أسيوط ضمن المستوى الأعلى للترابط بين كثافة قواقع ليمنيا المصـابة وإصـابات الحيوانات، مما يعكس اتسـاقًا أكبر بين المتغيرين محل الدراســـة، هذا الاتســـاق العالي يشـــير إلى دورة عدوى محلية مغلقة؛ إذ تقع الحيوانات الراعية ومواقع خروج السركاريا من ترع ومصـارف ضـمن نفس الحيز المكاني، فتنعكس

أي زيادة في إصـابة القواقع مباشـرةً على معدل المرض الحيواني. بينما مراكز أبنوب، الفتح، وأسـيوط اسـتثناءًا في ذلك الترابط المكاني بما يدل على ترابط ضـعيف أو غير دال إحصـائيًا. هذه النتائج قد ترجع إلى وجود عوامل وسـيطة مثل ارتفاع معدلات استخدام مضادات الطفيليات البيطرية، أو اختلاف في مصادر المياه المستخدمة لرعي الحيوانات.




**شكل (١٣) الترابط المكاني بين القواقع المائية المسببة للبلهارسيا، ومعدلات إصابة المواطنين في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣**

- يتضـح من التحليل المقارن بين الشـكلين محل الدراسـة أن مراكز مثل أبنوب والفتح وأسـيوط تُظهر ترابط مكاني منخفض في كلتا الحالتين للبلهارسـيا والفشـيولا، مما يشـير إلى احتمالية وجود نظم وقائية أو طبيعة بيئية مختلفة تقلل من كفاءة دورة حياة الطفيليين في هذه المناطق. من ناحية أخرى، فإن مناطق مثل البداري، صدفا، أبو تيج، وديروط تتكرر فيها مستويات الترابط العالية للبلهارسيا والفشيولا، وهو ما يرسخ أهمية اعتبار هذه المراكز كـ "مناطق حرجة (Critical Zones)" تتطلب استهدافًا مباشرًا في خطط المكافحة.




**شكل (١٤) الترابط المكاني بين القواقع المائية المسببة للفشيولا، ومعدلات إصابة الحيوانات في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣**

## ١٠/ تأثير العناصر المناخية على القواقع المائية

تؤثر العناصر المناخية والبيئية على توزيع وانتشار القواقع المائية وتواتر وانتقال الأمراض التي تسببها القواقع المائية (**Yang et al.,2005 Adekiya et al., 2022 ;Wang et al., 2024**). وفي ظل التغيرات المناخية والاحتباس الحراري، فمن المتوقع حدوث تغيرات في درجات الحرارة وما يرتبط بها من تأثيرات على النظم البيئية الطبيعية (**Mas-Comae et al., 2009**). يرجع ذلك إلى حساسية الكائنات الطفيلية لظروف الطقس في تطورها وانتشارها وتنقلها، بالإضافة إلى دور الظروف المناخية في تعديل مدى وشدة التطفل وتوزيع ومعدل بقاء نواقل الطفيليات والعوائل الوسيطة، كما يؤثر بشكل مباشر على معدل تكاثر ونضج الطفيليات التي تحملها

**(Poulin & Mouritsen, 2006)**. وأوضحت دراسة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية **(IPCC)** عام ١٩٩٠ أن تغير المناخ يمكن أن يؤثر على انتشـار الأمراض الطفيلية المنقولة بالنواقل **(Epstein,2004; Hughes, 2000)**. وبينما يحدد المناخ نطاق الأمراض المعدية، فإن الطقس يؤثر على توقيت وشـدة الفاشـيات لذلك قد تؤثر التغيرات في العوامل المناخية على التوزيع أو النطاق البيئي للأمراض المعدية، في حين أن تواتر وحجم تفشـي الأمراض يتغير مع تقلبات الطقس وآثارها البيولوجية على مسببات الأمراض ونواقلها **(Epstein,2004; Hughes, 2000)**.

وتعد العمليات الفسيولوجية للقواقع والطفيليات شديدة الحساسية لدرجة الحرارة، حيث تحدد العتبات الحرارية قدرتها على البقاء نشطة ومُعدية والبقاء على قيد الحياة في ظل الظروف المناخية القاسـية **(Stensgaard et al., 2019)**، وتشـير دراسـة **(Adekiya et al., 2022)** إلى أن أثر التغيرات البيئية والمناخية السـريعة سـيظهر في الحقول المائية ويمكن أن تؤدي إلى تغيرات في بيئتها، كما يمكن أن يؤدي التوسـع في الموائل المناسبة لمضيفات الطفيليات المنقولة بالماء وتغير خريطة التوزيع الجغرافي المعروف لقواقع المياه العذبة **(Mas-Comae et al., 2009)**، وإن احتمالية تأثير تغير المناخ على انتقال وتوزيع الأمراض المنقولة بالمياه عالية جدا وإن انتقال عدوى هذه الأمراض يتم تعديله بسـلسـلة من الطرق المعقدة بسـبب التغيرات المسـتقبلية في الظروف المناخية **(Adekiya et al., 2022)**.

جدول (٨) متوسط المتغيرات المناخية المؤثرة على القواقع في محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)

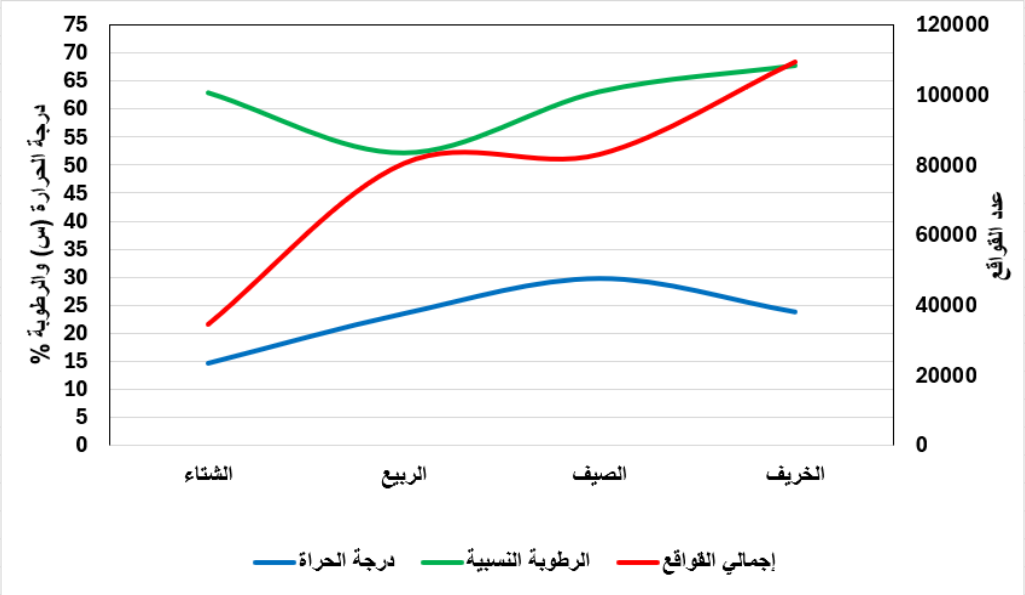
| المتغير | الشتاء | | | الربيع | | | الصيف | | | الخريف | | | المتوسط السنوي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ديسمبر | يناير | فبراير | مارس | أبريل | مايو | يونيو | يوليو | أغسطس | سبتمبر | أكتوبر | نوفمبر | |
| نسب سطوع الشمس | 62 | 62 | 65 | 70 | 69 | 75 | 82 | 88 | 75 | 85 | 80 | 63 | 73 |
| | 63 | | | 71.3 | | | 81.6 | | | 76 | | | |
| درجة الحراة | 15 | 13.5 | 15.5 | 19 | 23.5 | 28 | 30 | ٣٠,٥ | 29.8 | 27.5 | 24.5 | 19.5 | 23 |
| | 14.6 | | | 23.5 | | | 29.8 | | | 23.8 | | | |
| الرطوبة النسبية | 50 | 51 | 44 | 35 | 26 | 25 | 27 | 36 | 37 | 40 | 42 | 50 | 38.5 |
| | 48 | | | 28.6 | | | 33.3 | | | 44 | | | |

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطة أرصاد أسيوط، بيانات غير منشورة،(٢٠١٩: ٢٠٢٣).

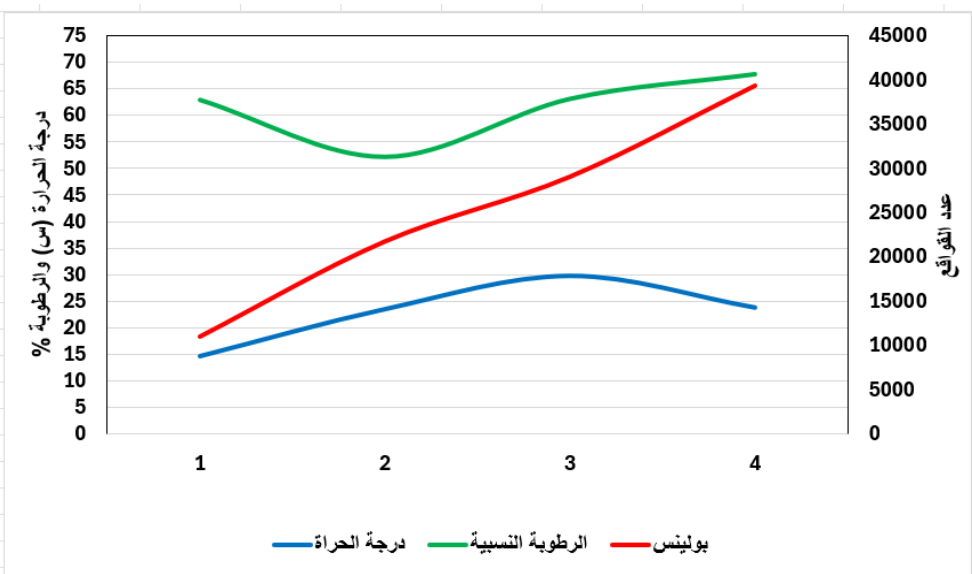
جدول (٩) التغيرات الموسمية لتوزيع القواقع في المسطحات المائية في مراكز محافظة أسيوط خلال الفترة (٢٠١٩: ٢٠٢٣)

| المراكز | | الشتاء | | | الربيع | | | الصيف | | | الخريف | | | الإجمالي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ديسمبر | يناير | فبراير | مارس | أبريل | مايو | يونيو | يوليو | أغسطس | سبتمبر | أكتوبر | نوفمبر | |
| بوليتس | عدد | 5607 | 2634 | 2775 | 7715 | 10870 | 3175 | 12078 | 5118 | 11868 | 13069 | 13251 | 13020 | 101180 |
| | | 11016 | | | 21760 | | | 29064 | | | 39340 | | | |
| | % | 5.54 | 2.60 | 2.74 | 7.63 | 10.74 | 3.14 | 11.94 | 5.06 | 11.73 | 12.92 | 13.10 | 12.87 | 100.00 |
| | | 10.89 | | | 21.51 | | | 28.73 | | | 38.88 | | | |
| بيومفالاريا | عدد | 1395 | 1029 | 648 | 1770 | 3245 | 2175 | 6125 | 2786 | 2492 | 2225 | 2145 | 2950 | 28985 |
| | | 3072 | | | 7190 | | | 11403 | | | 7320 | | | |
| | % | 4.81 | 3.55 | 2.24 | 6.11 | 11.20 | 7.50 | 21.13 | 9.61 | 8.60 | 7.68 | 7.40 | 10.18 | 100.00 |
| | | 10.60 | | | 24.81 | | | 39.34 | | | 25.25 | | | |
| ليمنيا | عدد | 7836 | 5970 | 6636 | 21162 | 20982 | 9384 | 16650 | 9775 | 16180 | 20671 | 18298 | 23842 | 177386 |
| | | 20442 | | | 51528 | | | 42605 | | | 62811 | | | |
| | % | 4.42 | 3.37 | 3.74 | 11.93 | 11.83 | 5.29 | 9.39 | 5.51 | 9.12 | 11.65 | 10.32 | 13.44 | 100.00 |
| | | 11.52 | | | 29.05 | | | 24.02 | | | 35.41 | | | |
| إجمالي | عدد | 14838 | 9633 | 10059 | 30647 | 35097 | 14734 | 34853 | 17679 | 30540 | 35965 | 33694 | 39812 | 307551 |
| | | 34530 | | | 80478 | | | 83072 | | | 109471 | | | |
| | % | 4.82 | 3.13 | 3.27 | 9.96 | 11.41 | 4.79 | 11.33 | 5.75 | 9.93 | 11.69 | 10.96 | 12.94 | 100.00 |
| | | 11.23 | | | 26.17 | | | 27.01 | | | 35.59 | | | |

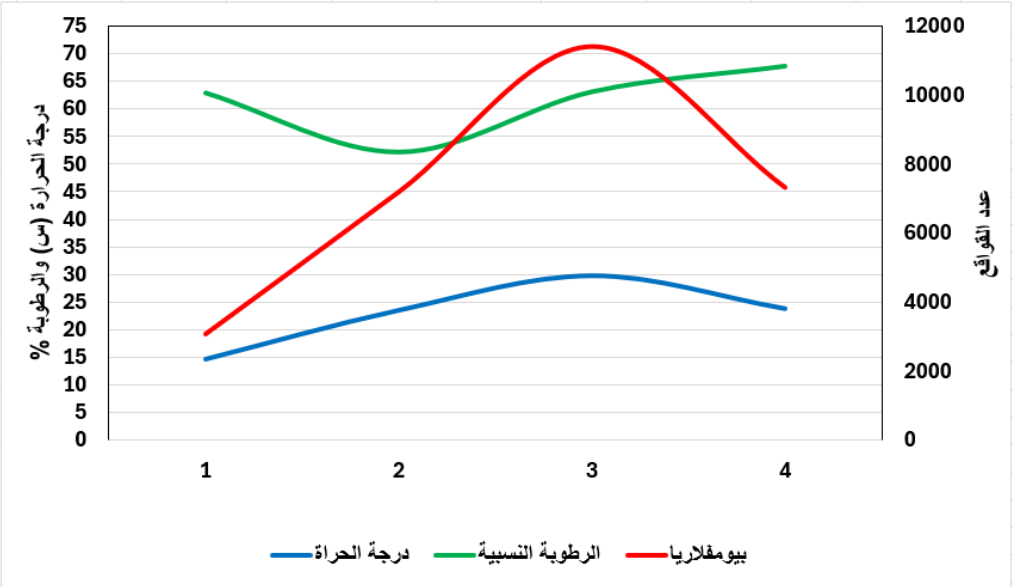
المصدر: اعتمادًا على وزارة الصحة، إدارة مكافحة القواقع بأسيوط، بيانات غير منشورة، (٢٠١٩: ٢٠٢٣).



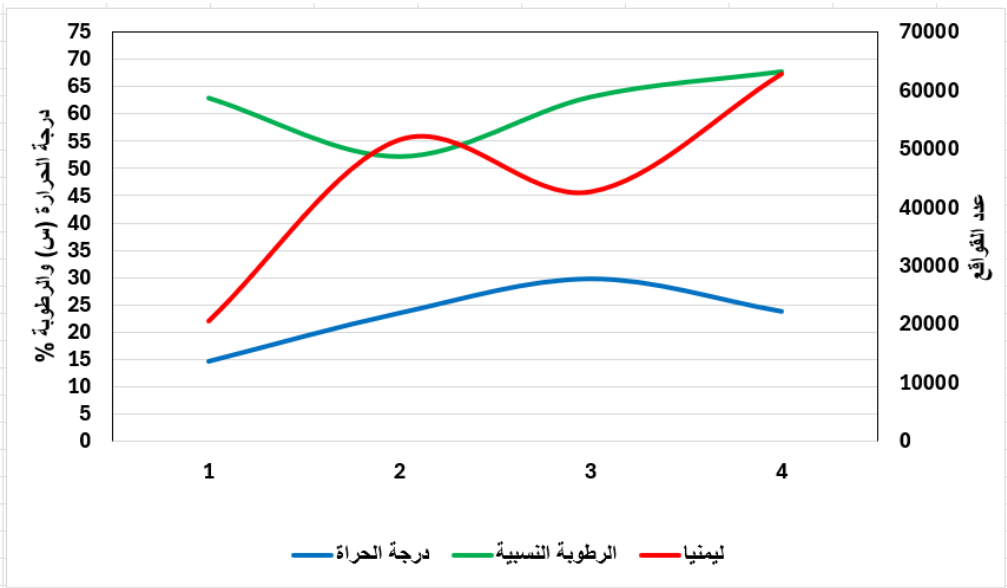

شكل (١٥) التغير الفصلي لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية وعلاقتة باجمالي أعداد القواقع المائية في محافظة أسيوط




شكل (١٦) التغير الفصلي لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية وعلاقتة باجمالي أعداد قواقع بولينس في محافظة أسيوط




شكل (١٧) التغير الفصلي لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية وعلاقتة باجمالي أعداد قواقع بيومفالاريا في محافظة أسيوط




شكل (١٨) التغير الفصلي لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية وعلاقته بإجمالي أعداد قواقع ليمنيا كايودي في محافظة أسيوط

يتضـح من التحليل الجغرافي لجدولي (٨، و٩)، والأشكال (١٥، و١٦، و١٧، و١٨)، التغير الفصـلي للاشـعاع الشـمسـي ودرجة الحرارة والرطوبة النسـبية وعلاقتة بالتغير في أعداد القواقع المائية في محافظة أسـيوط، خلال الفترة ٢٠١٩- ٢٠٢٣ ومنهما يتضح ما يلي:

- تزداد نسبة ساعات السطوع الشمسي في منطقة الدراسة لتصل إلى ٧٣%، وخاصة خلال فصـل الصـيف الذي يحتل المركز الأول في نسـبة السـطوع للشـمس بنسـبة ٨١,٦%، حيث تسقط أشعة الشمس عليها بشكل شبة عمودي ليسجل شهر يوليو أعلى نسـبة دوام لسـطوع الشـمس ليصـل إلى ٨٨%، وتعود هذه الزيادة إلى وقوع منطقة الدراسـة ضـمن المناطق التي تطول بها مدة سـطوع الشـمس شـمال مدار السرطان، كما سجلت أدنى نسبة خلال شهور فصـل الشتاء حيث سجل شهري ديسـمبر ويناير نسـبة ٦٢% لكل منهما؛ ويرجع ذلك إلى وقوع المنطقة في النطاق الصحراوي المداري وانخفاض نسبة السحب بسمائها مما يساعد على صفاء السماء وزيادة نسبة عدد ساعات سطوع الشمس على المنطقة .

- يبلغ المتوسـط السـنوي لدرجة الحرارة بمنطقة الدراسـة ٢٣°م، ويتميز فصـل الشـتاء بانخفاض درجات الحرارة، حيث تسـجل المتوسـطات اليومية لدرجة الحرارة أدنى مسـتوى لها خلال هذا الفصـل، وأن أقل الشـهور حرارة هو شـهر يناير، حيث يبلغ متوسـط درجة الحرارة به ١٣,٥°م. ترتفع درجات الحرارة تدريجيًا خلال فصـل الربيع لتسـجل متوسـط درجة الحرارة ٢٣,٥°م، ويعد شـهر مايو أعلى الشـهور حرارة خلال هذا الفصـل، أما فصـل الصـيف فيتميز بارتفاع درجات الحرارة بصـفة عامة، حيث تسـجل أعلى متوسـطات للحرارة خلاله، فيصـل متوسـط الحرارة فيه ٣٠°م، وأن أشـد الشـهور حرارة هو شـهر يونيو، تعود متوسـطات الحرارة اليومية لفصـل الخريف للانخفاض ولكن بنسـب أعلى قليلا من فصـل الربيع، حيث يبلغ المتوسـط الفصـلي ٢٣,٨°م وأن أعلى الشهور حرارة هو شهر سبتمبر خلال هذا الفصل، وهذا يعني أن

معدلات الحرارة تتطرف في كل من شهور فصل الصيف والشتاء على السواء، مما يدل على مدى القارية لمناخ أسيوط نتيجة وقوعها في نطاق المناخ الصحراوى.

- يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة ٣٨,٥%، وهي نسبة منخفضة نسبيًا نتيجة لوقوعها في نطاق المناخ الصحراوى الجاف والبعد عن المؤثرات البحرية التي تزيد من نسبة بخار الماء في الهواء. وتزيد نسبة الرطوبة خلال فصل الشتاء لتسجل أكبر نسبة ٤٨%، بينما يسجل شهر يناير أعلى نسبة رطوبة خلال العام ٥١%؛ وذلك نتيجة لانخفاض درجات الحرارة وسرعة الرياح. وبصفة عامة خلال الفترة من شهر نوفمبر وحتى يناير تبلغ الرطوبة أقصاها، في حين تقل عن المتوسط السنوي خلال الفترة من مارس حتى أغسطس، وتبلغ الرطوبة أقل نسبها خلال شهور فصل الربيع حيث تسجل في شهر مايو ٢٥%. ويمكن ارجاع ذلك إلى زيادة سرعة الرياح في منطقة الدراسة خلال فصل الربيع. ويتقارب فصل الصيف مع الربيع كثيرًا في سرعة الرياح وارتفاع درجات الحرارة، الأمر الذي ينعكس على انخفاض نسبة الرطوبة في منطقة الدراسة لتصل إلى ٣٣,٣%. كما يتزامن مع انخفاض درجات الحرارة وسرعة الرياح خلال فصل الخريف ارتفاع في نسبة الرطوبة لتقترب من النسب الشتوية، حيث بلغت نسبة الرطوبة خلال فصل الخريف ٤٤%. ويؤدى انخفاض قيم الرطوبة النسبية في منطقة الدراسة بصفة عامة إلى جفاف الهواء وبالتالي تخفيف الشعور بالضيق وخاصة مع ارتفاع درجات الحرارة المستمر فترة طويلة على مدار العام بالمنطقة.

- تزداد كثافة القواقع تدريجيًا من الشتاء لتصل إلى حوالي ٤٠ ألف قوقع إلى الذروة في الخريف لتصل إلى حوالي ١١٠ ألف، بينما ترتفع درجة الحرارة من ١٨ درجة إلى ٢٨ درجة في الصيف ثم تهبط قليلًا. ويشير هذا النمط إلى اقترانًا حراريًا-رطوبيا مع التوزيع الفصلي للقواقع المائية، فعندما تخرج الحرارة من نطاق البرودة الشتوية، تصبح الرطوبة المرتفعة حافزًا لمعدّل إباضة القواقع أعلى وبقاء أكبر

لليرقات؛ وحين يشـتدّ الحر صـيفًا، تعوّض الرطوبة المتصـاعدة فقد الماء بالتبخّر، فتستمر الزيادة.

- استحوذ فصـل الخريف على أكبر نسـبة لتوزيع إجمالي القواقع بالمسـطحات المائية بمنطقة الدراسة، حيث سجل ٣٥,٦%، بينما سجل فصل الصيف المرتبة الثانية في التوزيع بنسـبة تصـل إلى ٢٧,٠١%، يليه فصـل الربيع بنسـبة ٢٦,٢% من إجمالي توزيع القواقع بالمحافظة، بينما يقل توزيع القواقع بالمسـطحات المائية في مراكز المحافظة خلال فصل الشتاء بنسبة لا تزيد عن ١١,٢%.

- يُظهر منحنى أعداد قواقع البولينس صـعودًا شبه خطّى من الشتاء حيث الأعداد ١٥ ألف قوقع إلى الخريف حوالي ٤٠ ألف. يوازي هذا الصـعود ارتفاع الرطوبة النسـبية بشكل متزايد من ٦٥ % إلى ٧٢ %، أكثر مما يوازي الحرارة، إذ تبقى درجة الحرارة بين ١٨–٢٨ درجة، ويشـير ذلك إلى أنّ قوقع بولينس كائن محبّ للرطوبة؛ فمجرّد خروج الحرارة من عتبة السـكون 15 > درجة يكون ذلك كافيًا للتبويض، ثم يصـبح مدى الرطوبة % 60 < المحدِّد الأبرز لنجاح البيوض وكثافة البالغين، ويتسق ذلك مع ما تم رصده من تركّز لقوقاع البولينس على ضفاف الترع والمصارف.

- بالنسـبة لقوقع بولينس يزداد نسـب توزيعة بالمسـطحات المائية بمنطقة الدراسـة خلال فصل الخريف بنسبة ٣٨,٩%، يليه فصل الصيف، ثم الربيع بنسبة ٢٨,٧%، ٢١,٥%، لكل منهما على التوالي، بينما تقل نسـب التوزيع خلال فصـل الشـتاء بنسبة ١٠,٩%.

- يتضاعف أعداد قواقع بيومفالاريا من الشتاء إلى الصيف بحوالي ١٠ آلاف قوقع، ثم ينخفض إلى حوالي ٧ آلاف في الخريف، على الرغم من اسـتمرار الرطوبـة في الارتفاع. ويمكن تفسير بأن هذا النوع من القواقع يملك عتبة حرارية عليا ضـيّقة يبلغ

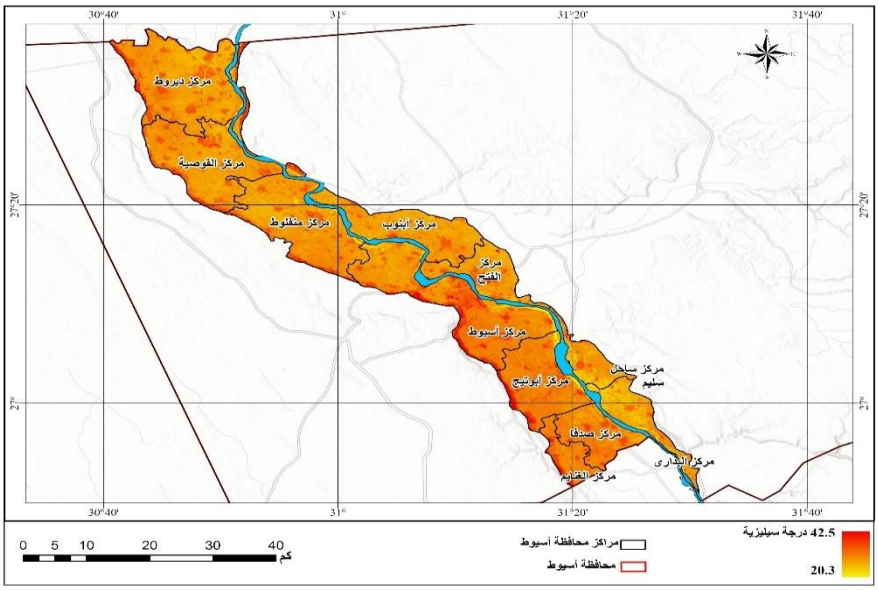
أقصاها حوالي 30 درجة؛ فعندما تتجاوز درجة الحرارة هذه القيمة صيفًا تتحقق ذروة التكاثر، ولكن اســـتمرار الارتفاع الحراري أو تزايده مع رطوبة مرتفعة يخلق إجهادًا حراريًا، فيقلّ العدد مع الاتجاه نحو الخريف. وهذا يفسّــر وجود هذا النوع من القواقع الأعلى نسبيًا في مراكز المحافظة الشمالية والوسطى الأبرد قليلًا.

- كذلك بالنسبة لقوقع بيومفالاريا يعد فصل الصيف هو أكبر فصول توزيع القوقع في المسطحات المائية حيث بلغ ٣٩,٣% من إجمالي التوزيع للقوقع بمنطقة الدراسة، ثم جاء فصل الخريف، يليه الربيع بنسب تقدر بحوالي ٢٥,٢%، ٢٤,٨%، وتقل خلال فصل الشتاء لتصل إلى ١٠,٦%.

- تسجِّل ليمنيا كايودي نمطًا ثنائي القمة، حيث الارتفاع السريع من الشتاء إلى الربيع بحوالي ٤٥ ألف قوقع، ثم هبوط خلال فصل الصيف لحوالي ٣٥ ألف، ثم صعود جديد في فصـــل الخريف بحوالي ٦٠ ألف. حيث يعتمد تكاثر قوقاع ليمنيا كايودي على رطوبة ≤ ٦٠ %، مع حرارة معتدلة تتراوح بين ٢٠–٢٦ درجة، حيث يتزامن الانخفاض الصيفى لأعداد قواقع ليمنيا كايودي مع وصول الحرارة إلى حوالي ٢٨ درجة، وتراجع الرطوبة إلى أدنى نقطة موسمية، في حين يتيح اقتران رطوبة الخريف المرتفعة ٧٠ % مع حرارة أضـــعف ٢٦ درجة موجة ثانية من التزاوج. وتشـــير هذه المرونة إلى قدرة ليمنيا كايودي على استغلال فتراتَ الريّ الموسميّ وتوزّعها العريض بالمحافظة.

- أما بالنســـبة لقوقع ليمنيا فيعد فصـــل الخريف هو أكبر الفصـــول في توزيع القوقع بالمسطحات المائية بنسبة تصل إلى ٣٥,٤%، يليه فصل الربيع، والصيف بنسب تقدر بـ ٢٩%، ٢٤%، لكل منهما على التوالي، وتقل أيضا خلال فصل الشتاء مثل باقي أنواع القواقع لتصل إلى ١١,٥%.

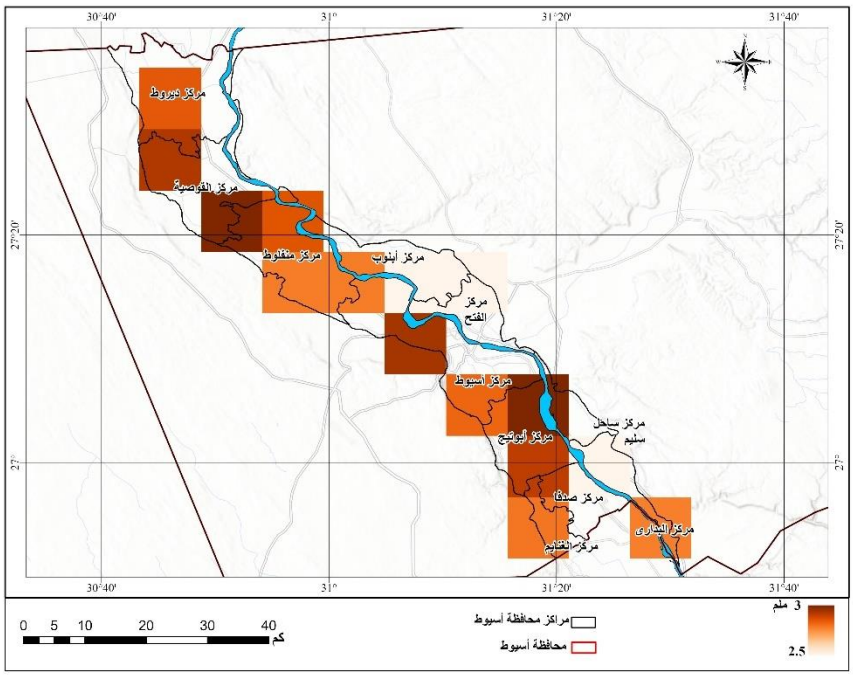
- يتضـــح من التحليل الجغرافي للجدول والشـــكل أن المواســـم التى ترتفع بها درجات الحرارة وتقل بها الرطوبة النسبية مثل فصـلي الصـيف والربيع والخريف، تزداد نسب التوزيع الموســـمي للقواقع بالمســـطحات المائية بالمحافظة. بينما تقل نســـبة التوزيع الموسمي خلال فصل الشتاء حيث انخفاض درجة الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية. حيث يتضـــح من ذلك أن هناك علاقة طردية بين درجات الحرارة وزيادة توزيع القواقع، وعلاقة عكسية بين الرطوبة النسبية وزيادة توزيع القواقع بالمسطحات المائية بمحافظة أسيوط.




**شكل (١٩) متوسط درجة حرارة سطح الأرض LST في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣**

وعلى مستوى التوزيع المكاني لدرجات الحرارة في محافظة أسيوط، يشير شكل (١٩) إلى أن درجة حرارة ســـطح الأرض LST تتراوح بين ٢٠ درجة على ضـــفاف النيل و٤٢ درجة في السهول المكشوفة جنوب – شرقي محافظة أسيوط كمتوسط للفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣. تُسجِّل المنطقة الواقعة بين القوصـيّة – منفلوط – أبوتيج نطاقًا حراريًا شـــبه دائم عند ٣٠-٣٤ درجة، وهو المجال الذي يبلغ فيه تكاثر قواقع بولينس

وبيومفالاريا ذروته؛ فالتجارب المعملية أظهرت تعطّل وضـــع البيض عند ١٥ درجة و٣٦ درجة، بينما بلغ متوســط البيض ٣٤٤ كتلة/أنثى عند ٢٦ درجة، ثم انخفض إلى أقل من الثلث عند ٣١ درجة (**Kalinda et al, 2017**). وبالتالي تمثّل هذه «البقعة الحرارية» أنســب المواقع لموائل القواقع، كما يوفِّر نهر النيل شــريطًا أبرد بنحو ٢–٣ درجة، مما يُقلّل الإجهاد الحراري ويُطيل موســم الإباضـــة، حيث يعمل كملاذ حراري يحمي البيوض خلال فترات الحر الشديد، ممايُفسِّر تركز القواقع على ضفتيه.




**شكل (٢٠) متوسط رطوبة التربة SMAP في محافظة أسيوط للفترة ٢٠١٩–٢٠٢٣**

ويشـــير شـــكل (٢٠) إلى أن رطوبة التربة الســـطحية SMAP في محافظة أســيوط، ولاحظ منه تركّز القيم الأعلى لرطوبة التربة الســطحة SMAP (≥ 3 mm) في المراكز الشـمالية ديروط، والقوصـية، وعلى شـريط فرعي غرب النيل، بينما تنخفض إلى ٢,٥ mm في مركزي البداري وســـاحل ســـليم. هذه الرطوبة الكافية تُعزز فقس البيوض وبقاء اليرقات، حيث تُعَدّ القيم > ٢,٨ mm لرطوبة التربة عتبة حرِجة لنجاح

فقس البيوض في ليمنيّات وفصـائل بولينس **(Zhu, et al, 2019)**، ما يهيّئ شـروطًا مواتية خاصـــة بالمناطق التي تجمع بين رطوبة مرتفعة وقرب دائم من قنوات الري. ويشير هذا التباين إلى أنّ الرطوبة؛ وليس الحرارة وحدها، هى المحدِّد الأول لاستمرارية مستعمرات القواقع خلال الصيف الجاف.

**جدول (١٠) الترابط بين المتغيرات المناخية ومعدلات الإصابة بالأمراض المنقولة عبر القواقع المائية في مراكز محافظة أسيوط**

| المركز | معدل إصابة بالبلهارسيا | معدل إصابة بالفشيولا | درجة حرارة سطح الأرض (C°) | مستوى الرطوبة السطحية (%) |
|---|---|---|---|---|
| ديروط | أعلى | أعلى | 35 | 7 |
| القوصية | أعلى | أعلى | 33 | 8 |
| منفلوط | أدنى | أدنى | 28 | 14 |
| أبنوب | أعلى | أعلى | 30 | 10 |
| الفتح | أعلى | أعلى | 31 | 11 |
| أسيوط | أدنى | أدنى | 27 | 15 |
| أبوتيج | أعلى | أعلى | 30 | 9 |
| ساحل سليم | أعلى | أعلى | 31 | 10 |
| صدفا | أعلى | أعلى | 32 | 8 |
| الغنايم | أعلى | أعلى | 33 | 9 |
| البداري | أعلى | أعلى | 34 | 7 |

يوضـح جدول (١٠) الترابط بين المتغيرات المناخية لدرجة حرارة سطح الأرض LST ورطوبة التربة السـطحية SMAP، بنتائج التحليل المكاني للإصـابة بالبلهارسـيا والفاشـــيولا والذي انتهى إلى وجود تركز واضـــح لمناطق الترابط العالي بين القواقع المصابة والإصابات البشرية والحيوانية في مراكز جنوب ووسط محافظة أسيوط، أبرزها مراكز أبوتيج، وصـــدفا، والغنايم، والبداري، وهي ذاتها التي ظهرت في خرائط الكثافة بأنها تمثل نقاطًا ساخنة (Hotspots) لتواجد القواقع المصابة، يتضـح أن هذه المناطق تتشـارك في خصـائص مناخية تدعم دورة حياة الطفيليات والقواقع على حد سـواء، على النحو التالي:

– تُظهر خريطة متوسط درجة حرارة سطح الأرض LST للفترة ٢٠١٩–٢٠٢٣ ارتفاعًا ملحوظًا في نفس المراكز التي سجلت أعلى كثافات قوقعية ومعدلات إصابة، إذ بلغ المتوسط في تلك المناطق ما بين ٣٧–٣٢ درجة خلال شهور الذروة، وهي درجة حرارة مثالية لنشاط القواقع وانتقال الطفيليات، خاصة بولنيس وليمنيا كايودي. فالقواقع المائية تعتمد جزئيًا على درجة حرارة البيئة في تنظيم نشاطها الحيوي، وتُظهر أعلى معدلات نمو وتكاثر ضمن هذا النطاق الحراري، كما تشير دراسات **(Pedersen et al., 2014)**.

– تُظهر خريطة رطوبة التربة المستخرجة من بيانات SMAP للفترة ٢٠١٩–٢٠٢٣ توافقًا مكانيًا لافتًا، حيث سجلت مراكز أبوتيج، وصدفا، والغنايم مستويات مرتفعة نسبيًا من الرطوبة السطحية تتراوح بين ١٨ – ٢٢%، وهي كافية لتوفير بيئة رطبة للقواقع حول المجاري المائية والقنوات. وتُعد الرطوبة أحد الشروط الحاسمة لبقاء البيوض واليرقات الطفيلية، كما تسهم في دعم نمو الغطاء النباتي حول الترع، والذي يمثل موئلًا بيئيًا مناسبًا لارتكاز القواقع.

– يُظهر هذا الترابط المكاني أن تداخل درجة الحرارة المرتفعة مع الرطوبة المعتدلة أو العالية يشكل بيئة مثالية لدورة حياة القواقع والطفيليات معًا، وهو ما يُفسر تركز معدلات الإصابة في تلك المراكز دون غيرها. أما المراكز التي ظهرت في التحليل المكاني كمناطق ذات ترابط منخفض مثل منفلوط، والفتح، وأسيوط فغالبًا ما تتميز بواحدة من خاصيتين، إما انخفاض في رطوبة التربة نتيجة تربة شديدة التصريف أو مواقع مرتفعة عن مستوى المياه، أو تباين حراري شديد يقلل من استقرار ظروف التكاثر القوقعي.

– تشير هذه النتائج إلى أن التحليل المكاني وحده غير كافٍ دون إدماج المعطيات المناخية، والتي توفّر بُعدًا تفسيريًا هامًا للأنماط المكانية المسجلة. وتؤكد النتائج أن الضوابط البيئية المناخية، وعلى رأسها درجة حرارة سطح الأرض والرطوبة السطحية للتربة، تعمل كعوامل محددة رئيسية للتحكم في توزيع وتكاثر القواقع المصابة، ومن ثم

انتشـــار الأمراض المنقولة مائيًا مثل البلهارســيا والفاشــيولا. وتدعم هذه العلاقة أهمية إدماج مخرجات الاستشعار عن بعد في نظم الإنذار المبكر للأوبئة.

**جدول (١١) الحدود الحرارية المثلى لنمو وتكاثر القواقع المائية**

| نوع القوقع | الحد الأعلى (°C) | الحد الأدنى (°C) | درجة الحرارة المثلى (°C) | المصدر |
|---|---|---|---|---|
| ***بولينس*** | 38 | 15 | 22–30 | Appleton, 1978; WHO, 1995 |
| ***بيومفالاريا*** | 36 | 15 | 24–28 | De Kock & Wolmarans, 2005 |
| ***ليمنيا كايودي*** | 35 | 10 | 18–25 | Oso et al., 2022 |

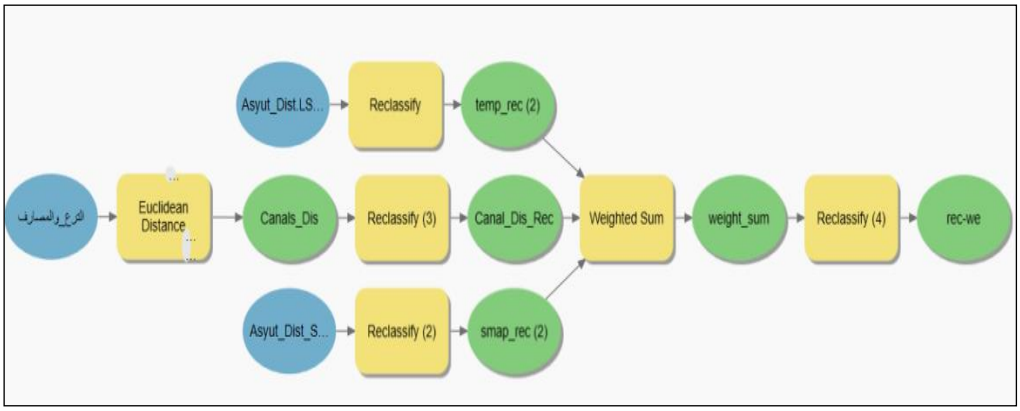
**جدول (١٢) الحدود المثلى لرطوبة التربة والمياه لنمو وتكاثر القواقع المائية**

| الخاصية | القيمة الحرجة/غير الملائمة | القيمة المثلى | المصدر |
|---|---|---|---|
| **رطوبة التربة السطحية** | أقل من ١٠% أو أكثر من ٥٠% | 20%–40% محتوى الماء الحجمي | Scholte et al., 2014; Tchakonte et al., 2023 |
| **مستوى الماء في القناة/الترعة** | مياه متدفقة بشدة أو جافة | مياه راكدة أو منخفضة الجريان (٠,١–٠,٥ م/ث) | Guan et al., 2023 |
| **الملوحة (EC)** | أعلى من ٤dS/m | أقل من ٢dS/m | WHO, 1995 |
| **الرقم الهيدروجيني (pH)** | أقل من ٥ أو أكثر من ٩ | 6.5–8.5 | Okeke et al., 2020 |

يشير جدولي (١١، و١٢) إلى الحدود الحرارية ورطوبة التربة وخصائص المياه المُثلى لنمو وتكاثر القواقع المائية، ويتضح منهما تحقق القدر الأكبر من محددات الحياة المُثلى للقواقع المائية في محافظة أسيوط، وهو ما ينعكس على ارتفاع معدلات الخطورة من نمو وتكاثر القواقع المائية في المحافظة.

## ١١/ التنبؤ المستقبلي بالأخطار المرتبطة بالقواقع المائية في ضوء التغيرات المناخية

اعتمدت الدراسة الحالية على تقنيات نمذجة نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء خريطة لمعامل الخطورة لاحتمالية التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء الحدود الحرارية ورطوبة التربة وطبيعة المياه المُثلى لتكاثر القواقع المائية في ظل الظروف المناخية الحالية والتغيرات المناخية المحتملة حتى عام ٢١٠٠، كما يتضح من خلال جدولي (١١، و١٢). ويشير شكل (٢١) إلى نموذج نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء خريطة محتملة لدرجة خطورة التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء الظروف المناخية الحالية، واعتمد بناء النموذج على بيانات درجة الحرارة السطحية المستخرجة من مرئيات LandSAT8/9 OLI& TIRS متوسط الفترة ٢٠١٩-٢٠٢٣، وبيانات رطوبة التربة السطحية SMAP متوسط الفترة نفسها، وخريطة توزيع شبكة الترع والمصارف في محافظة أسيوط، وما انتهت إليه الدراسة الحالية من تحديد معاملات الارتباط المكاني بين العوامل المناخية وأعداد القواقع المائية ومعدلات الإصابة بالأمراض المرتبطة بها في محافظة أسيوط.




**شكل (٢١) نمذجة نظم المعلومات الجغرافية لمستويات الخطورة المحتملة للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط**

ويشـير شـكل (٢٢) إلى معامل خطورة التعرض للإصـابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسـيوط في ظل الظروف المناخية الحالية، ويلاحظ منه تطابق التوزيع الحالي لكثافة القواقع المائية والإصـابة في محافظة أسـيوط خاصـة في مراكز منفلوط، والقوصـية، وأبوتيج مع أعلى كثافتين حرارية ورطوبة وقرب هيدرولوجي من شـبكة الترع والمصـارف، ويصـنفها النموذج على أنها في فئة الأعلى خطورة، بينما تتطابق مراكز ديروط، وأبو تيج في كثافة أقل في أعداد القواقع المائية مع مواقع أقل حرارة أو أكثر تصـريفًا للمياه، ويصـنفها النموذج على أنها في فئة الأقل خطورة. في حين تمثل مراكز أبنوب، والفتح، وصـدفا متغيرات مناخية ملائمة جزئيًا، ويصـنفها النموذج في الفئة متوسـطة الخطورة. ويُترجم هذا التوافق المكاني حسـاسـية نموذجية تقارب ٠,٨٥.

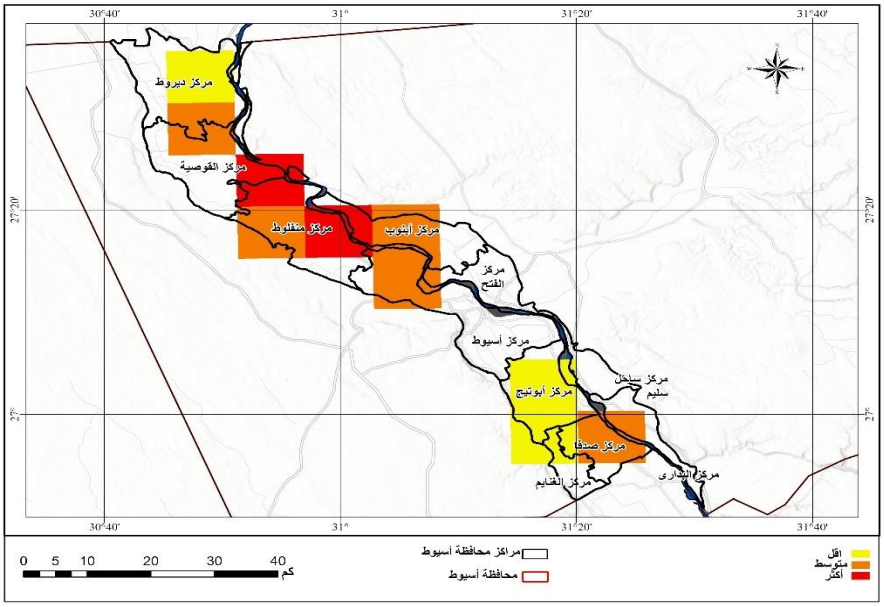
ويمكن تقييم مـدى التوافق بين نموذج نظم المعلومـات الجغرافيـة المقترح للملاءمة المكانية للقواقع المائية، وتوزيع القواقع الفعلي في النقاط التالية:

- تمثل مراكز منفلوط، القوصـية، أبو تيج التطابق التام بين النموذج المقترح والتوزيع الفعلي، حيث تمثل أعلى خطورة وأعلى كثافة وإصابة.
- تمثل مركز البداري مواطن الاختلاف، حيث يصـنف في فئة الخطورة المتوسـطة على الرغم من الكثافة المنخفضـة للقوقاع، ويمكن تفسير ذلك بتخطي درجة الحرارة ٣٨ درجة.
- يُعطي التحليل البصري دقة إجمالية تصل إلى ٨٢% مما يفيد الاتساق الإحصائي بين المتغيرين مما يدعم اعتماد النموذج كأداة اسـتشـراف لمكافحة القواقع ومرض البلهارسيا حتى ٢٠٥٠، و٢١٠٠.

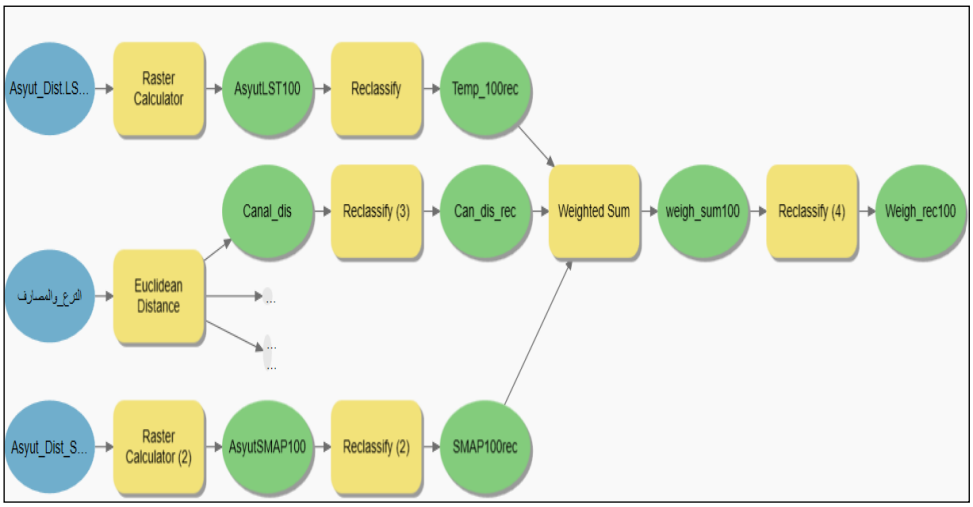
وفي ضـوء التغيرات المنـاخيـة المحتملـة والارتفـاع المتوقع لـدرجـات الحرارة العالمية الذي يشـير إليه التقرير السـادس الصـادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية **(IPCC, 2021)** والذي أكد على إمكانية تعرض المنطقة المدارية لارتفـاع درجـات الحرارة ونقص كميـة الأمطـار وزيـادة معـدلات الجفـاف بحلول عـام

٢١٠٠، وفي ظل هذه التغيرات المحتملة للظروف المناخية فمن المتوقع أن تنعكس آثارها على التنوع البيولوجي والبيئة الحيوية بشكل عام والقواقع المائية بشكل خاص، فهي تُعد أحد المؤشرات البيئية على حدوث تغيرات في الظروف المناخية نتيجة حساسيتها الشديدة للتغير في البيئية والمحيط الحيوي. ويتوقع أن تعمل التغيرات المناخية والتقلبات الفصلية على تقليل فترة الخمول للقواقع وزيادة فترة ومدة الحركة والنشاط والتكاثر والتبويض ومعها زيادة الأخطار التي يتعرض لها الإنسان من انتقال الأمراض المرتبطة بالقواقع المائية.

واعتمدت الدراسة الحالية على بيانات السيناريو المتفائل ( SSP2 – 4.5/Median 50th) للمرحلة السادسة للإسقاطات المناخية – كأحد مخرجات نماذج المناخ العالمي لمشاريع المقارنة المزدوجة (CMIP6) التي يُشرف عليها البرنامج العالمي لأبحاث المناخ المستخدمة في التقرير السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية IPCC، وهي البيانات التي تمثل النتائج المتوقعة وفقًا للمسار المتوسط لسيناريو الانبعاثات وتأثيرها على التغير في النظام المناخي، وهو السيناريو الذي يفترض زيادة متوسط درجة الحرارة العالمية بحوالي ٢,٣ درجة سيليزية أعلى من معدلات الحرارة لما قبل الثورة الصناعية بحلول ٢٠٥٠، لتصل إلى حوالي ٣,٧ درجة سيليزية بحلول ٢١٠٠ **(CCKP, WB, 2022)**، علاوة على افتراض انخفاض رطوبة التربة السطحية لنسب تتراوح بين –٦% إلى –٩% بحلول ٢٠٥٠، وتتراوح بين –١٠% إلى –١٣% بحلول ٢١٠٠. ذلك إضافة إلى تقنيات نمذجة نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء خريطة لمعامل الخطورة لاحتمالية التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء التغيرات المناخية المحتملة حتى عام ٢١٠٠، ويشير شكل (٢٣) إلى نموذج نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء الخريطة المحتملة لدرجة خطورة التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء الظروف المناخية المحتملة عامي ٢٠٥٠، و٢١٠٠ على التوالي.

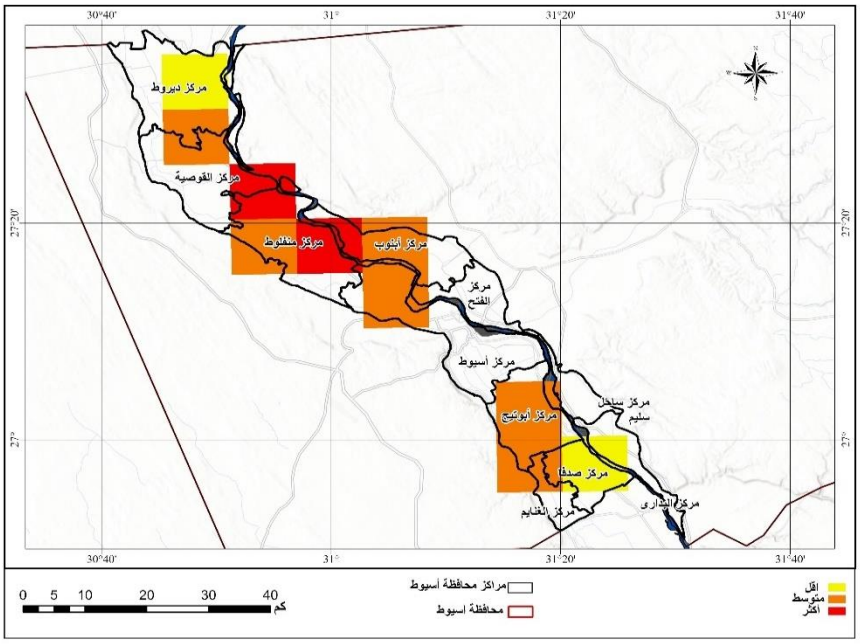



**شكل (٢٢) مستويات الخطورة المحتملة للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء الظروف المناخية الحالية**



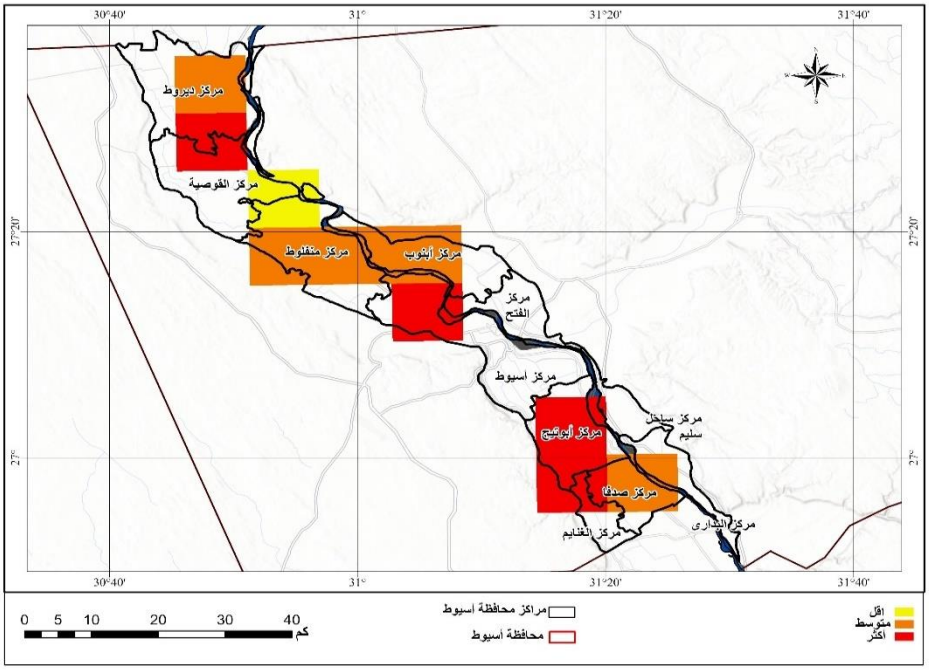

**شكل (٢٣) نمذجة نظم المعلومات الجغرافية لمستويات الخطورة المحتملة للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط ٢٠٥٠ و ٢١٠٠**

ويشير شكل (٢٤) إلى معامل خطورة التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط عام ٢٠٥٠ ويلاحظ منه أن القطاع الأوسط من المحافظة يحافظ على مستوى خطورته، بينما يرتفع مستوى الخطورة جنوب مركز ديروط إلى فئة أعلى نتيجة احترار متوقَّع +١,٨ درجة لتصل إلى ما بين ٣٠-٣٢ درجة مع زيادة التبخر، مما يقربه من المجال الحراري المثالي لنمو وتكثار القواقع المائية بفضل بقاء الرطوبة مدعومة بالري النيلي. في المقابل تنخفض خطورة مركز صدفا قليلًا بسبب ارتفاع الحرارة لأكثر من ٣٦ درجة، وانخفاض الرطوبة بنسبة -٨%، مما يقلص من ملاءمة نمو وتكاثر قواقع الليمنيا كايودي. علاوة على بقاء مراكز القوصية وأبوتيج ضمن فئة الأعلى خطورة. حيث الجمع بين القنوات المائية الكثيفة والري الدائم الذي يطغى على خسارة رطوبة المتوقعة بالتبخر نتيجة للنموذج والاحترار المتوقع +١,٨ درجة، وانخفاض الرطوبة بنسبة -٨ % في محافظة أسيوط.




**شكل (٢٤) مستويات الخطورة المحتملة للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط عام ٢٠٥٠**

ويشـير شـكل (٢٥) إلى معامل خطورة التعرض للإصـابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسـيوط عام ٢١٠٠ ويلاحظ منه تحول مركزي أبنوب وأبوتيج وغرب صـدفا إلى فئة الأكثر خطورة على الرغم من انخفاض رطوبة التربة المتوقع بنسـبة –٢٠ %، لكن اسـتمرار الزراعة المروية بتعويض الفاقد، بينما ارتفاع الحرارة المتوقع إلى ٣٦ درجة يجعلها تظل تحت الحد الأقصـى لإجهاد قواقع بولينس، مما يحافظ على ملاءمة تلك الظروف المناخية لتكاثرها. ويعكس الشـكل تحول موائل القواقع باتجاه مناطق زراعة كثيفة مما يجعلها ملاذات بشرية المنشأ.




**شكل (٢٥) مستويات الخطورة المحتملة للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية في محافظة أسيوط عام ٢١٠٠**

ومن العرض السـابق، يمكن القول بأن أثر التغيرات المناخية المحتملة على معدلات الإصـابة بالأمراض المنقولة بالقواقع المائية في محافظة أسـيوط يمكن إيجازه على النحو التالي:

- تحرّك الخطر في الاتجاه الشـمالي- الغربي عام ٢٠٥٠، وذلك عند انتقال درجات الحرارة إلى النطاق الأمثل.
- تزحزح نطـاقـات الخطورة الأعلى إلى الجنوب عـام ٢١٠٠، وذلـك مع قيـام الرى المستمر للأراضي الزراعية بتعويض الجفاف المناخى.
- الاحترار المتوقع +١,٨ درجة بحلول ٢٠٥٠، سيعمل على زيادة درجة حرارة فصل الشتاء من ١٨ إلى ٢٠ درجة، مما يزيد من الملاءمة المناخية لفصل الشتاء لتكاثر قواقع بولينس وليمنيا كايودي، وربما يُطيل موسم بيومفالاريا لشهرين إضافيين.
- جفاف التربة السطحية المتوقع بنسبة -٨%، سيعمل على انخفاض موجة الصيف في ذروة تكاثر ليمنيا كايودي وبيومفالاريا، لكن استمرار رطوبة الخريف بفعل الري يتيح ذروة ثانية، بما يمثل زجزجة للنطاقات المناخية الحالية الأكثر ملاءمة تكاثر ونمو القواقع المائية.
- الاحترار المتوقع +٥ درجة وانخفاض الرطوبة بنسـبة -٢٠% بحلول ٢١٠٠، سـيجعل الصـيف غير ملائم لتكاثر بيومفالاريا تمامًا، بينما يحافظ بولينس على وجوده حول الترع المروية، وذلك بفضـل قدرته على السـبات الصـيفي في قاع القنوات المائية.
- يمكن القول بأن التفاعل غير الخطّى بين الحرارة عند الحد الأمثل بين ٣٠-٣٤ درجة، ورطوبة التربة أكبر من ٢,٨ ملم، مع عامل المسـافة للقنوات المائية، هو المحرك الأساسي لديناميات القواقع في محافظة أسيوط. وأن سيناريو SSP2-4.5 سيعيد تشكيل بؤر الشمال لتركز القواقع المائية بحلول منتصف القرن، بينما يرفع عبء المرض جنوبًا مع نهاية القرن، حيث تصبح الموائل مدفوعة بشريًا من خلال ري الأراضـي الزراعية بدلًا من العوامل الطبيعية. ويعكس نموذج نظم الملعومات الجغرافية المقترح الواقع حاليًا بدقة عالية ويوفّر إطارًا للتخطيط الوقائي المسـتقبلي شـريطة تحديث حدوده الحرجة كلّ خمس سـنوات وتشـديدها على حرارة قصـوى ورطوبة دنيا لنمو وتكاثر القواقع المائية.

**الخلاصة والتوصيات**:

انتهت الدراسة إلى وجود علاقة طردية قوية على المستوى المكاني بين عدد حالات الإصابة بالأمراض المنقولة عبر القواقع المائية وهي البلهارسيا والفاشيولا من ناحية، ودرجات الحرارة ومعدلات الرطوبة السطحية للتربة في منطقة الدراسة وتؤكدها العلاقة الإحصائية الطردية المتوسطة بين المتغيرين على الترتيب، وهو ما يؤكد بشكل كبير موسمية الخطورة للتعرض للإصابة بالأمراض المنقولة عبر القواقع المائية في منطقة الدراسة، تلك الموسمية المرتبطة بالظروف المناخية والتقلبات الطقسية الفصلية والشهرية. وانتهت الدراسة إلى تباين معدلات الخطورة على المستوى المكاني بين مراكز محافظة أسيوط، وعلى المستوى الزمني لاحتمالية التعرض وفقا للتغيرات المناخية المحتملة على منكقة الدراسة.

وانتهت الدراسة إلى الخروج بخريطة محتملة لمعدلات الخطورة للتعرض للإصابة بالأمراض المنقولة عبر القواقع المائية في محافظة أسيوط في ضوء الظروف المناخية الحالية ووفقًا للتغيرات المناخية المحتملة ٢٠٥٠، و٢١٠٠. فمن المتوقع أن تبدأ القواقع في الانتشارفي بيئات إيكوجغرافية غير ملاءمة في الوقت الحالي، ولكنها ستكون أكثر ملاءمة نتيجة للتغيرات المناخية.

تُعد الدراسة الحالية دراسة جغرافية تحليلية للظروف المناخية والجيوبيئية لأخطار التعرض للإصابة بالأمراض المرتبطة بالقواقع المائية ذات فائدة لمتخذي القرار لمسئولي السياسات الصحية وعلماء البيئة والباحثين، فهي بمثابة بداية للتوجه نحو بناء قاعدة بيانات للمراقبة الجيو وبائية للأنماط المكانية والزمنية لتوزيع القواقع المائية؛ لتُمكّن مسؤولي الصحة العامة في مصر من التصدي للأمراض المرتبطة بالقواقع المائية وإنشاء نظم الإنذار المبكر للأوبئة. علاوة على أهمية إدماج مخرجات الاستشعار عن بعد في نظم الإنذار المبكر للأوبئة.

## قائمة المصادر والمراجع

**أولًا المصادر والمراجع العربية:**

١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (CAPMAS)، النتائج النهائية لتعداد سكان محافظة أسيوط، ٢٠١٧، إصدار ٢٠١٨.

٢- دوجلاس لي، المناخ وأثره في التنمية الاقتصادية بالمناطق المدارية، ترجمة محمد زكي الرشيدي، دار الفكر العربي، ١٩٦٢.

٣- السبعاوي، محمد نور الدين (٢٠٢٢): الاتجاهات الحديثة في الدراسات الجغرافية، الجغرافيا الطبية مناهج البحث وأساليب التطبيق، ط٢٣.

٤- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطة أرصاد أسيوط، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

٥- وزارة الري والموارد المائية، مديرية الري بأسيوط، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

٦- وزارة الصحة والسكان، مديرية الصحة بأسيوط، إدارة مكافحة القواقع، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩: ٢٠٢٣.

٧- الوكيل، حمدي بديع محمد (٢٠١٠): القواقع المائية والأرضية بين الطب والبيئة، المملكة العربية السعودية، وزارة التعليم العالى، إدارة النشر العلمى، جامعة الطائف، الطائف.

**ثانيًا المراجع والمصادر الأجنبية:**

1- Adekiya, T. A., Aruleba, R. T., Oyinloye, B. E., Okosun, K. O., & Kappo, A. P. (2020). The effect of climate change and the snail-schistosome cycle in transmission and bio-control of schistosomiasis in Sub-Saharan Africa. International journal of environmental research and public health, 17(1), 181.

2- Alda, P., Lounnas, M., Vázquez, A. A., Ayaqui, R., Calvopiña, M., Celi-Erazo, M., & Hurtrez-Boussès, S. (2021). Systematics and geographical distribution of Galba species, a group of cryptic and worldwide freshwater snails. Molecular Phylogenetics and Evolution, 157, 107035.

3- Appleton, C. C. (1978). Review of the literature on abiotic factors influencing the distribution and life cycles of Bilharziasis intermediate host snails. Malacologia, 17(1), 1–20.

4- Asare, K. K., Mohammed, M.-D. W., Aboagye, Y. O., Arndts, K., & Ritter, M. (2025). Impact of Climate Change on Schistosomiasis Transmission and Distribution-Scoping Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 22(5), 812. https://doi.org/10.3390/ijerph22050812

5- Babbitt, C. R., Laidemitt, M. R., Mutuku, M. W., Oraro, P. O., Brant, S. V., Mkoji, G. M., & Loker, E. S. (2023). Bulinus snails in the Lake Victoria Basin in Kenya: systematics and their role as hosts for schistosomes. PLOS Neglected Tropical Diseases, 17(2), e0010752.

6- Betterton, 1984). Ecological studies on the snail hosts of schistosomiasis in the South Chad Irrigation Project Area, Borno State, northern Nigeria. Journal of arid environments, 7(1), 43-57.

7- Boitt, M. K., & Suleiman, M. K. (2021). Mapping of freshwater snails' habitat-A source of transmitting Bilharzia in Mwea sub-county, Kenya. Journal of Geoscience and Environment Protection, 9(10), 130-150.

8- Brooker, S., & Michael, E. (2000). The potential of geographical information systems and remote sensing in the epidemiology and control of human helminth infections. Advances in parasitology, 47, 245-288.

9- CCKP (The Climate Change Knowledge Portal), The World Bank, 2022, https://climateknowledgeportal.worldbank.org/

10- Conrads, P. A., Roehls, E., Daamen, R. U. B. Y., & Kitchens, W. M. (2006, August). Using artificial neural network models to integrate hydrologic and ecological studies of the snail kite in the Everglades, USA. In Proceedings of the 7th International Conference on Hydroinformatics. Nice, France (pp. 1651-1658).

11- Cross, E. R., Perrine, R., Sheffield, C., & Pazzaglia, G. (1984). Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and a Landsat database. Military medicine, 149(10), 542-544.

12- De Kock, K. N., & Wolmarans, C. T. (2005). Distribution and habitats of the freshwater snail Biomphalaria pfeifferi (Krauss) in South Africa. Water SA, 31(1), 117–123.

13- Dube, A., Kalinda, C., Manyangadze, T., Mindu, T., & Chimbari, M. J. (2023). Effects of temperature on the life history traits of intermediate host snails of fascioliasis: A systematic review. PLOS Neglected Tropical Diseases, 17(12), e0011812.

14- Epstein, P. R. (2004). Climate change and public health: emerging infectious diseases. Encyclopedia of Energy.

15- Galavani, H., Haniloo, A., Raeghi, S., Ghatee, M. A., & Karamian, M. (2024). Bioclimatic analysis and spatial distribution of fascioliasis causative agents by assessment of Lymnaeidae snails in northwestern provinces of Iran. Parasites & Vectors, 17(1), 244.

16- Guan, Q., Wu, H., Xu, X., Zhang, Z., & Xue, Z. (2023). Geographical and climate dependent patterns in spatial distributions of snail (Mollusca: Gastropoda) assemblages in freshwater wetlands across Northeast China. Freshwater Biology, 68(6), 1066-1078.

17- Guan, W., Li, S., Liu, Q., & Zhou, X. N. (2023). Current challenges in schistosomiasis control and elimination. Infectious Diseases of Poverty, 12(1), 55.

18- Guimarães, R. J., Freitas, C. C., Dutra, L. V., Moura, A. C., Amaral, R. S., Drummond, S. C., and Carvalho, O. S. (2008). Schistosomiasis risk estimation in Minas Gerais State, Brazil, using environmental data and GIS techniques. Acta Tropica, 108(2-3), 234-241.

19- Hailegebriel, T., Nibret, E., & Munshea, A. (2022). Distribution and seasonal abundance of Biomphalaria snails and their infection status with Schistosoma mansoni in and around Lake Tana, northwest Ethiopia. Scientific Reports, 12(1), 17055.

20- Hoover, C. M., Rumschlag, S. L., Strgar, L., Arakala, A., Gambhir, M., De Leo, G. A., and Remais, J. V. (2020). Effects of agrochemical pollution on schistosomiasis transmission: a systematic review and modelling analysis. The Lancet Planetary Health, 4(7), e280-e291.

21- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. Trends in ecology & evolution, 15(2), 56-61.

22- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

23- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

24- Kalinda C, Chimbari MJ, Mukaratirwa S. (2017). Effect of temperature on the Bulinus globosus - Schistosoma haematobium system. Infect Dis Poverty. 2017 May 1;6(1):57. doi: 10.1186/s40249-017-0260-z. PMID: 28457230; PMCID: PMC5410706

25- Kantzoura, V., Kouam, M. K., Feidas, H., Teofanova, D., & Theodoropoulos, G. (2011). Geographic distribution modelling for ruminant liver flukes (Fasciola hepatica) in south-eastern Europe. International journal for parasitology, 41(7), 747-753.

26- Khalafala, R. E. (2020). Prevalence and phylogenetic analysis of Fasciola species in upper Egypt based on ribosomal ITS-2 gene sequencing. Egyptian Veterinary Medical Society of Parasitology Journal (EVMSPJ), 16(1), 142-158.

27- Kistemann, T., Dangendorf, F., & Schweikart, J. (2002). New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. International journal of hygiene and environmental health, 205(3), 169-181.

28- Kopolrat, K., Sithithaworn, P., Kiatsopit, N., Namsanor, J., Laoprom, N., Tesana, S., & Petney, T. N. (2020). Influence of water irrigation schemes and seasonality on transmission dynamics of Opisthorchis viverrini in the snail intermediate host, Bithynia siamensis goniomphalos in rice paddy fields in Northeast Thailand. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 103(1), 276.

29- Koudenoukpo, Z. C., Odountan, O. H., Agboho, P. A., Dalu, T., Van Bocxlaer, B., de Bistoven, L. J., and Backeljau, T. (2021). Using self–organizing maps and machine learning models to assess mollusc community structure in relation to physicochemical variables in a West Africa River–estuary system. Ecological Indicators, 126, 107706.

30- Kristensen, T. K., Malone, J. B., & McCarroll, J. C. (2001). Use of satellite remote sensing and geographic information systems to model the distribution and abundance of snail intermediate hosts in Africa: a preliminary model for Biomphalaria pfeifferi in Ethiopia. Acta Tropica, 79(1), 73-78.

31- Magero, V. O., Kisara, S., & Wade, C. M. (2021). Geographical distribution of Biomphalaria snails in East Africa. bioRxiv, 2021-11.

32- Manning, S. D., Woolhouse, M. E. J., & Ndamba, J. (1995). Geographic compatibility of the freshwater snail Bulinus globosus and schistosomes from the Zimbabwe highveld. International Journal for Parasitology, 25(1), 37-42.

33- Mas-Coma, S., Valero, M. A., & Bargues, M. D. (2009). Climate change effects on trematodiases, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. Veterinary parasitology, 163(4), 264-280.

34- Meshgi, B., Majidi-Rad, M., Hanafi-Bojd, A. A., & Fathi, S. (2019). Ecological niche modeling for predicting the habitat suitability of fascioliasis based on maximum entropy model in southern Caspian Sea littoral, Iran. Acta tropica, 198, 105079.

35- NASA Jet Propulsion Laboratory. (2020). *Soil Moisture Active Passive (SMAP) Data Products*. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Retrieved from https://smap.jpl.nasa.gov/data

36- Okeke, O. C., Akinwale, O. P., Ubachukwu, P. O., Gyang, P. V., Henry, E. U., Nwafor, T. E., and Dido, M. S. (2020). Report of high prevalence of schistosome infection in Biomphalaria snails from a geographic area with no previous prevalence of human schistosomiasis in Nigeria. Acta tropica, 210, 105326.

37- Oso, O. G., Sunday, A. A., & Odaibo, A. B. (2022a). Environmental correlates of snail intermediate hosts of schistosomiasis in Nigeria. Acta Tropica, 234, 106604.

38- Oso, O. G., Sunday, J. O., & Odaibo, A. B. (2022b). Models for predicting bulinids species habitats in southwestern Nigeria. Parasite Epidemiology and Control, 18, e00256.

39- Pedersen, U. B., Stensgaard, A. S., Madsen, H., & Kristensen, T. K. (2014). Modelling climate change impacts on the potential schistosomiasis transmission in Africa using a biogeographical approach. African Journal of Environmental Science and Technology, 8(5), 268–280. https://doi.org/10.5897/AJEST2013.1624

40- Poulin, R., & Mouritsen, K. N. (2006). Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems. Journal of helminthology, 80(2), 183-191.

41- Preston, D. L., Crone, E. R., Miller-ter Kuile, A., Lewis, C. D., Sauer, E. L., & Trovillion, D. C. (2022). Non-native freshwater snails: a global synthesis of invasion status, mechanisms of introduction, and interactions with natural enemies. Freshwater Biology, 67(2), 227-239.

42- Rainey, M. B., & Hess, A. D. (1967). Public health problems related to irrigation. Irrigation of Agricultural Lands, 11, 1070-1081.

43- Recopuerto-Medina, L. M., Gutierrez, F. C. U., San Diego, J. A. S., Alviar, N. A. E., Santos, J. R. M., & Dagamac, N. H. A. (2024). MaxEnt modeling of the potential risk of schistosomiasis in the Philippines using bioclimatic factors. Parasitology International, 98, 102827.

44- Scholte, R. G. C., et al. (2014). Mapping snail habitat suitability and risk of schistosomiasis transmission in Africa. Geospatial Health, 8(2), 465–478.

45- Scholte, R. G., Gosoniu, L., Malone, J. B., Chammartin, F., Utzinger, J., & Vounatsou, P. (2014). Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models. Acta tropica, 132, 57-63.

46- Sil, M., Aravind, N. A., & Karanth, K. P. (2019). Role of geography and climatic oscillations in governing into-India dispersal of freshwater snails of the family: Viviparidae. Molecular Phylogenetics and Evolution, 138, 174-181.

47- Stensgaard, A. S., Utzinger, J., Vounatsou, P., Hürlimann, E., Schur, N., Saarnak, C. F., ... & Kristensen, T. K. (2013). Large-scale determinants of intestinal schistosomiasis and intermediate host snail distribution across Africa: does climate matter?. Acta tropica, 128(2), 378-390.

48- Stensgaard, A. S., Vounatsou, P., Sengupta, M. E., & Utzinger, J. (2019). Schistosomes, snails and climate change: current trends and future expectations. Acta tropica, 190, 257-268.

49- Tabo, Z., Breuer, L., Fabia, C., Samuel, G., & Albrecht, C. (2024). A machine learning approach for modeling the occurrence of the major intermediate hosts for schistosomiasis in East Africa. Scientific Reports, 14(1), 4274.

50- Tabo, Z., Neubauer, T. A., Tumwebaze, I., Stelbrink, B., Breuer, L., Hammoud, C., & Albrecht, C. (2022). Factors controlling the distribution of intermediate host snails of schistosoma in crater lakes in Uganda: A machine learning approach. Frontiers in Environmental Science, 10, 871735.

51- Tchakonte, S., et al. (2023). Freshwater mollusks as bioindicators of aquatic ecosystem pollution. Environmental Monitoring and Assessment, 195(8), 989.

52- Tchakonte, S., Nana, P. A., Tamsa, A. A., Tchatcho, N. L. N., Koji, E., Onana, F. M., & Ajeagah, G. A. (2023). Using machine learning models to assess the population dynamic of the freshwater invasive snail Physa acuta Draparnaud, 1805 (Gastropoda: Physidae) in a tropical urban polluted streams-system. Limnologica, 99, 126049.

53- U.S. Geological Survey. (2019). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook: TIRS Temperature Retrieval*. U.S. Department of the Interior. Retrieved from https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8

54- USDA–NASA Hydrology Satellite Lab. (2020). *SMAP10KM Soil Moisture Product Documentation*. Retrieved from https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_USDA_HSL_SMAP10KM_soil_moisture

55- Wang, T., Zhang, T., An, W., Wang, Z., & Li, C. (2024). Predicting the Potential Geographic Distribution of Invasive Freshwater Apple Snail Pomacea canaliculate (Lamarck, 1819) under Climate Change Based on Biomod2. Agronomy, 14(4), 650.

56- World Health Organization (WHO). Climate change and health. Available at https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health. Accessed on 15 March 2023.

57- World Health Organization. (1995). Control of schistosomiasis: Second report of the WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series, No. 830

58- Wu, J. Y., Zhou, Y. B., Li, L. H., Zheng, S. B., Liang, S., Coatsworth, A., & Jiang, Q. W. (2014). Identification of optimum scopes of environmental factors for snails using spatial analysis techniques in Dongting Lake Region, China. Parasites & vectors, 7, 1-12.

59- Yang, G. J., Vounatsou, P., Xiao-Nong, Z., Utzinger, J., & Tanner, M. (2005). A review of geographic information system and remote sensing with applications to the epidemiology and control of schistosomiasis in China. Acta tropica, 96(2-3), 117-129.

60- Yilma, J. M., & Malone, J. B. (1998). A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia. Veterinary parasitology, 78(2), 103-127.

61- Zanaty, N., Ibrahim, N., Ramadan, H.KA. et al. Significance of climate change in the emergence of human fascioliasis in Upper Egypt. Trop Dis Travel Med Vaccines 10, 24 (2024). https://doi.org/10.1186/s40794-024-00234-z

62- Zein-Eddine, R., Djuikwo-Teukeng, F. F., Dar, Y., Dreyfuss, G., & Van den Broeck, F. (2017). Population genetics of the Schistosoma snail host Bulinus truncatus in Egypt. Acta Tropica, 172, 36-43.

63- Zhu, Q., Luo, Y., Xu, Y.-P., Tian, Y., & Yang, T. (2019). Satellite Soil Moisture for Agricultural Drought Monitoring: Assessment of SMAP-Derived Soil Water Deficit Index in Xiang River Basin, China. Remote Sensing, 11(3), 362. https://doi.org/10.3390/rs11030362