



## الجيومورفولوجيا الحضرية لمدينة السويس

### إعداد

د . وهبه حامد حامد شلبي  
أستاذ مساعد جغرافيا طبيعية (جيومورفولوجي)  
كلية الآداب جامعة بورسعيد

### الإستشهاد المرجعي:

وهبه حامد حامد شلبي (2023). الجيومورفولوجيا الحضرية لمدينة السويس.  
حولية كلية الآداب. جامعة بني سويف. المجلد 12 :ج3- ص ص 115-  
1206

### المستخلص:

يعرض هذا البحث دراسة أثر الأشكال الأرضية على نشأة مدينة السويس والتوسعات العمرانية منذ عام 1914-2020م، فقد نشأت المدينة على رأس خليج السويس منذ أقدم العصور كميناء رئيسي لمصر على البحر الأحمر يربطها بشرق أفريقيا وعالم المحيط الهندي، وكانت تعرف باسم القلزم ولهذا تم ربطها بعمران وادي النيل بعدة قنوات أو ترع تأخذ من نهر النيل وتنتهي إليها منها ترعة نخاو وخليج أمير المؤمنين.

ويتميز موقع مدينة السويس بإحاطتها بعدة أشكال جيومورفولوجية أثرت على امتدادها، حيث يحدها خليج السويس من الجنوب وقناة السويس من الشرق، وهما مسطحات مائية مالحة أدت إلى وجود السبخات وتوغل مياه البحر في الرواسب المجاورة لها، وما يتبع ذلك من صعود هذه المياه بواسطة الخاصية الشعرية وترسب الأملاح على الأسطح، وقد أثرت هذه الأشكال الجيومورفولوجية البحرية على جميع المنشآت الأخرى وغيرها.

ويحد المدينة من الغرب والجنوب الغربي جبل عتاقة وينحدر منه مجموعة من الأودية الجافة باتجاه المدينة، مما يعرض أجزاء منها لخطر السيول التي تشهدها المدينة من وقت لآخر، ورغم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لدرء هذا الخطر إلا أن أثره ما زال خطر يهدد بعض أحياء المدينة، وتلعب المياه الجوفية نفس تأثير مياه البحر في تأثيرها على أساسات وهياكل المباني في ظل المناخ الصحراوي شديد الجفاف.

وقد أثرت الأشكال الجيومورفولوجية على النواحي الحضرية في نشأة المدينة التي بدأت فوق شاطئ 17م المرتفع ثم امتدت إلى الشواطئ الأدنى والأعلى، وأثرت هذه الأشكال أيضا على العمران الحضري في أحياء الجنانين والسويس وعتاقة ونجم عنها أخطار وكوارث كثيرة.

## الكلمات الدالة: التوزيع الجغرافي- التوزيع الاتجاهي- المسافة المعيارية- الارتباط

الذاتي التلقائي- النطاق- مؤشر موران.

## مقدمة

يعد التحضر ظاهرة عالمية انتشرت انتشارا واسعا في العقود الأخيرة، ويعيش أكثر من نصف سكان العالم في المناطق الحضرية، وأصبحت الجيومورفولوجيا الحضرية ظاهرة واسعة الانتشار، ويتطلب عند القيام بالتخطيط العمراني أو لنشأة مدينة جديدة أو لزيادة رقعة المدينة القائمة لاستيعاب الزيادة السكانية المطردة أو لإقامة منشآت صناعية بها عمليات مسح جيولوجي للتعرف على إمكانات التربة بطبقاتها، وعمليات مسح جيومورفولوجي للتعرف على طبيعة المنطقة وتهيئة بعض الأشكال الأرضية فيها، وأحيانا إزالتها بشكل كامل والقضاء

عليها بسبب عملية التوسع العمراني والبنية التحتية المرتبطة بها، وقد لا ينظر أحيانا لاحتمالات الأخطار المحدقة بالمنطقة الحضرية من حيث النشاط الزلزالي، وإمكانات التربة ورطوبتها، والمؤثرات البحرية، والجريان السيلي وغيرها.

وتعد الجيومورفولوجيا الحضرية لمدينة السويس مثيرة للاهتمام بشكل خاص من وجهة النظر الجيومورفولوجية، لموقعها المتميز علي رأس خليج السويس، وتحكمها في المدخل الجنوبي لقناة السويس، ونشأتها على مراوح مجموعة من الأودية منحدره من جبل عتاقة، وتفاعل العمران مع الأشكال الأرضية المختلفة، وحولت المنطقة من تربة طينية إلى أرض صلبة مصمته لها طابع يختلف عن الأصل الذي كانت عليه، وبذلك ظهرت بيئة جديدة لها أبعادها الجغرافية وعرضه للكوارث الطبيعية كالجريان السيلي وأيضا نتيجة لاستقبالها لسيول الأودية، لذا يستلزم تطبيق بعض الأساليب المحددة للتعامل مع تلك العمليات إذا ما نشطت في وقت ما أو تفاقمت بعض الأخطار الأخرى، لأن المدينة ذات أهمية تاريخية واجتماعية واقتصادية ولوجستية عالية في مصر.

وتبلغ نسبة التحضر فيها 100% (الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء 2020م)، وعادة ما يصاحب ذلك تنمية حضرية في ظهيرها الصحراوي المتاخم، والذي قد بدأ بالفعل بعد حرب أكتوبر المجيدة عام 1973م، ونمت في اتجاهات محددة بسبب طبوغرافية المنطقة، بالإضافة إلى زيادة تعبيد الطرق الخدمية لزيادة كفاءتها وربطها بالمدن المجاورة، وغالبا ما يؤدي سوء التخطيط لمواقع البناء إلى مشكلات قد تؤثر على الأشخاص واقتصاديات المشاريع والحياة الاجتماعية، لأن التنمية الحضرية عملية ديناميكية معقدة ومختلفة السلوك عن العمليات الجيومورفولوجية، لهذا فإن فهم سلوك العمليات الجيومورفولوجية بالمنطقة شرط أساسي لأية تنمية حضرية.



## أهداف البحث:

تهدف هذه الدراسة التعرف على كيفية توظيف المظاهر الجيومورفولوجية منذ عام 1914-2020م، للاستفادة منها في عملية التنمية الحضرية المستهدفة، ومدى ملائمة طبيعة التربة والأشكال الأرضية المختلفة لاستخدامات حضرية مستقبلاً، وتأثير تلك الأنشطة الحضرية عليها، وتقييم الأخطار المحتملة على الجيومورفولوجيا الحضرية ومحاولة التنبؤ الدقيق وتوصيف الخطر وقياسه للحد من أضراره وزيادة الوعي به، وبالتالي كيفية التكيف معه، حيث أصبحت إدارة الأزمات الطارئة في المناطق الحضرية متروكةً للمحليات والشركات الخاصة، والتي قد لا تكون أهدافها متطابقة تماماً مع الخطر القائم.

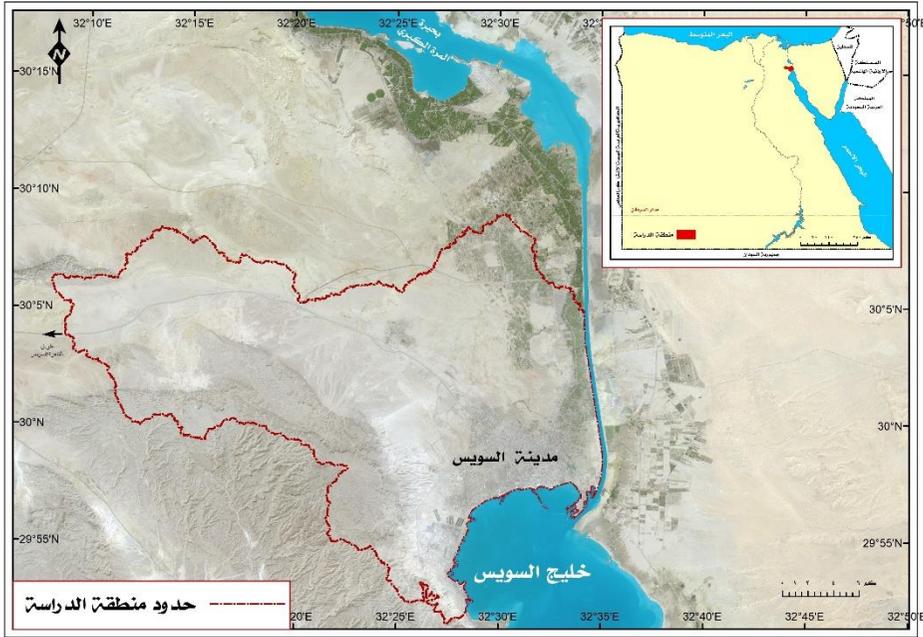
## المنهج وأسلوب الدراسة:

طبقت النمذجة الرياضية في معالجة جوانب البحث التي تعد منهجاً مكماً للمناهج الأصولية الموضوعية، لتقييم الأخطار الجغرافية المحتملة والتي يمكن أن تشكل تهديداً أو ضرراً محتملاً للإنسان والممتلكات، وتم الاعتماد على التصوير الجوي الأمريكي Corona 1967، وصورة القمر الصناعي الأمريكي Landsat 1972 م بدقة 30م، والبيانات الرقمية للقمر الصناعي Sentinel-2 2020 م بدقة 10م، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 10م (هيئة الاستشعار عن بعد) لمنطقة خليج السويس. والخريطة الجيولوجية الرقمية لجمهورية مصر العربية مقياس 1/250.000، والخريطة الجيولوجية لمنطقة السويس مقياس 1/500.000 (المساحة الجيولوجية)، والخرائط الطبوغرافية مقياس 1/50,000 (المساحة العسكرية)، وقاعدة البيانات الجغرافية لمدينة السويس (وزارة الإسكان والتعمير)، وقاعدة البيانات لمواقع الهزات الأرضية (هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS من عام 1900م وحتى 2020/8/1م).

وتم دمج تقنيات الاستشعار عن بعد وأساليب نظم المعلومات الجغرافية معا، من أجل الحصول على خريطة التراث الجيولوجي والجيومورفولوجي لموضع المدينة ورسم الخريطة الحضرية لها، وتحديد الأخطار المحتملة بها، وطبقت النمذجة الرياضية لقياس الشدة الزلزالية، ولقياس رطوبة التربة السطحية، وكذلك محاكاة ارتفاع مستوي سطح البحر لعام 2100م، وطبق مؤشر البلال الطبوغرافي على مساحة المدينة، والنموذج الهيدرولوجي لحماية التربة الأمريكية (SCS) على المساحات الكبيرة للأودية المتبقية ظهير المدينة للحصول على قيمة منحني الجريان (CN) السيلي، وقياس بعض المؤشرات الهيدرولوجية مثل حجم الجريان وقيمه وسرعته وزمن التركيز كمؤشر خطر على خط سيره بمناطق العمران.

### الموقع والمساحة:

يقع عمران مدينة السويس على رأس الخليج، بداية من غرب المدخل الجنوبي لقناة السويس، ثم يتجه غرباً ثم جنوباً موازياً لساحل الخليج، وينتهي بمنشآت ميناء الأدبية، وتتحدد الحدود الشمالية والغربية للمدينة بخطوط تقسيم المياه لمجموعة الأودية التي تنتهي إليها وقد تكون ذات تأثير جيومورفولوجي عليها. وتتحصر المنطقة فلكيا ما بين دائرتي عرض 30° - 51' 29° - 2° 9' 30° ش، بأقصى طول 32 كم، وبين خطي طول 5° 8' 32° - 39° 34' 32°، بأقصى عرض 46 كم، وبلغ طول محيط المنطقة 209.6 كم، بمساحة قدرها 697.9 كم<sup>2</sup> (شكل 1).



المصدر: بالاعتماد على صورة القمر الصناعي Sentinel-2 ونتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي .DEM

(شكل 1) موقع مدينة السويس وظهيرها

## الدراسات السابقة:

تمت مجموعة من الدراسات على مدينة السويس جيولوجية وفيزيائية وجيومورفولوجية وعمرانية منها: محمد حسن (2010) عن الأخطار الجيومورفولوجية لغرب خليج السويس، ومروة عبد الفتاح (2016) عن النمو العمراني وأثره في مدينة السويس.

Moustafa, (1976), Doornkamp, et al. (1980), Martinez, et al. (1988), Mahfouz, (1999), Jones, (2001), El-Alfy, (2005), Saada, (2006), Hamdy, et al. (2008), Afify, (2009), Abd El-Aziz, et al. (2010), Abd El-Aal, et al. (2010), Arnous, (2013), Heikal, (2013), El-Sayed, (2016), Hammam, (2018).

ودرس ظاهرة الجيومورفولوجيا الحضرية عالميا بعدد من الباحثين نذكر منها دراسة:

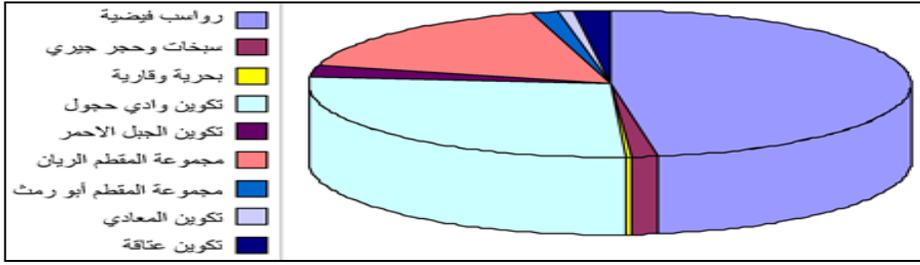
Cooke, 1976, Cooke, et al. 1985, Douglas, 2005, Adeli, et al. 2011, Lucchesi, et al. 2015, Thornbush, 2015.

## أولاً: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

### أ- الخصائص الجيولوجية:

تُظهر الخريطة الجيولوجية توزيع التكوينات السطحية بالمنطقة (شكل 2)، وتسود التكوينات الفيضية التي تفتش المنطقة بوجه عام بمساحة  $331.9 \text{ كم}^2$  بنسبة 47.5% (جدول 1)، وتتألف من الغرين والظمي وتختلط بالقرب من ساحل الخليج بتكوينات رملية وحصوية وأصداف، ويرجع تكوينها للفترات المطيرة التي حدثت في عصري البلايوستوسين والحديث، يليها تكوينات وادي حجل بمساحة  $190.8 \text{ كم}^2$  بنسبة 27.3% (شكل 3)، وهي أقدم من التكوين السابق، وتتألف من حجر رملي وحجر جيرى ومارل، وتشير خصائصها إلى الظروف البحرية الضحلة التي تنسب لفترة الميوسين الأعلى، أما باقي التكوينات فقد استجابت لعمليات التصدع والظي التي حدثت لها بدءاً من عصر الإليجوسين وانتهاء بعصر البلايوسين (Said, 1962) وتتمثل على أطرافها الغربية والشمالية الغربية وعلى ارتفاعات أعلى من التكوينات السابقة، وتنسب جميعها للزمن الثالث، وتشغل أقل من ربع المساحة الكلية، وتبلغ جملة مساحتها  $164.9 \text{ كم}^2$  بنسبة 23.6%، وأوسعها انتشاراً تكوين المقطم من الحجر الجيري الذي يتمثل في واجهة جبل عتاقة بمساحة  $116.2 \text{ كم}^2$  بنسبة 16.6%. أما التكوينات السبخية والجيرية فتنتهي إلى الزمن الرابع، وتظهر في أقصى الشرق موازية للمجرى الملاحي لقناة السويس بمساحة تبلغ  $10.1 \text{ كم}^2$  بنسبة 1.4% (شكل 3).





(شكل 3) التوزيع النسبي للمساحات الجيولوجية

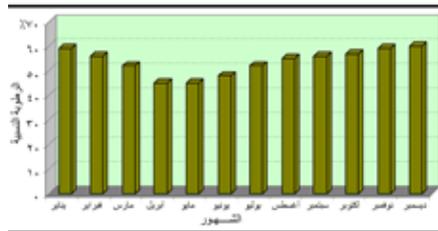
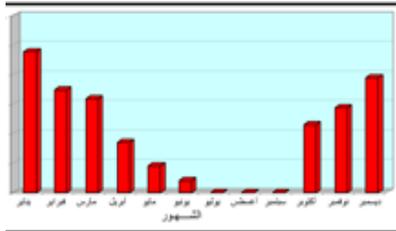
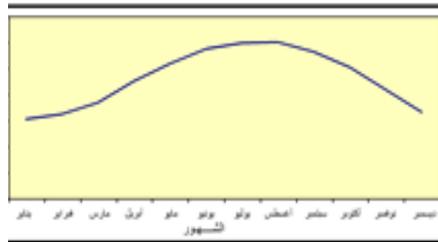
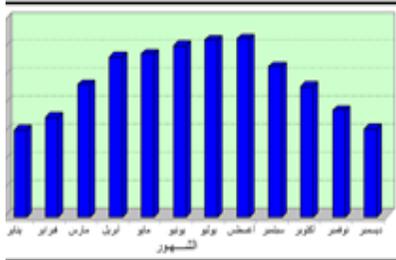
## ب- الخصائص المناخية:

ترجع أهمية دراسة بعض عناصر المناخ إلى مدى فعاليتها بشكل مباشر أو غير مباشر وعلاقتها ببعض العمليات الجيومورفولوجية التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالمنطقة الحضرية وتمثل خطراً عليها (جدول 2)، ويظهر تحليل بيانات محطة أرصاد السويس أنها تقع في نطاق جاف حار ترتفع فيه درجة الحرارة صيفاً وتبلغ أعلى متوسطاتها في شهري يوليو ( $30^{\circ}\text{C}$ ) وأغسطس ( $30.1^{\circ}\text{C}$ )، وتصل في بعض الأيام إلى  $45^{\circ}\text{C}$ ، مما يزيد من عملية التبخر اليومي (14مم) في ظل انخفاض متوسطات الرطوبة النسبية الشهرية (53.7%). وتكشف متوسطات هطول الأمطار السنوي (23.8 ملم) التي تسقط في فصل الشتاء خلال الفترة الزمنية من 1939 إلى 2015م أن المنطقة شديدة الجفاف، ويعد شهر يناير أعلى الشهور في كمية التساقط 4.8مم وهي كمية بسيطة (شكل 4)، ويكمن الخطر المباشر للمطر على المنطقة الحضرية بكمية التساقط في الرخة الواحدة الذي ينتج عن تركيز في الجريان وحدوث السيول، والذي قد يتولد عنه عملية جريان سيلى تتوقف فاعليته على الخصائص الهندسية للمنطقة الحضرية وأحواض التصريف المتبقية.

(جدول 2) متوسطات العناصر المناخية لمحطة السويس

| الشهر  | الحرارة (°) | التبخر (مم) | الرطوبة % | المطر (مم) |
|--------|-------------|-------------|-----------|------------|
| يناير  | 15.2        | 6.2         | 59        | 4.8        |
| فبراير | 16.2        | 7.1         | 56        | 3.5        |
| مارس   | 18.4        | 9.4         | 52        | 3.2        |
| ابريل  | 22.6        | 11.4        | 45        | 1.7        |
| مايو   | 25.9        | 11.6        | 45        | 0.9        |
| يونية  | 28.7        | 12.2        | 48        | 0.4        |
| يوليو  | 30.0        | 12.6        | 52        | 0          |
| أغسطس  | 30.1        | 12.7        | 55        | 0          |
| سبتمبر | 28.3        | 10.7        | 56        | 0          |
| أكتوبر | 25.3        | 9.3         | 57        | 2.3        |
| نوفمبر | 20.8        | 7.6         | 59        | 2.9        |
| ديسمبر | 16.5        | 6.3         | 60        | 3.9        |
| المعدل | 23.3        | 9.8         | 53.7      | 23.8       |

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بيانات غير منشورة في الفترة 1939-2015م

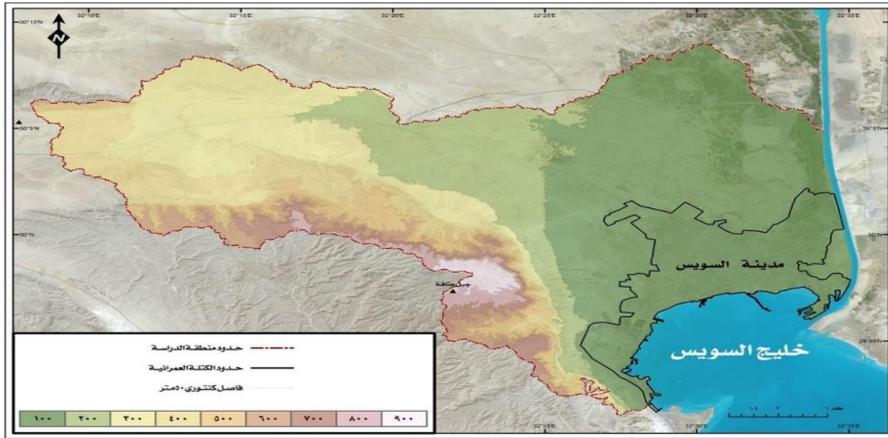


(شكل 4) خصائص متوسطات العناصر المناخية

## ج- الخصائص الجيومورفولوجية

تظهر المنطقة في نطاقين جيومورفولوجيين (شكل 5) وكل نطاق له استخدامات معينة ومناسبة لطبيعته، ويمكن عرض خصائصها كالتالي من خلال (شكلي 6، 7) و(جدول 3):

(شكل 5) مجسم لمنطقة الدراسة



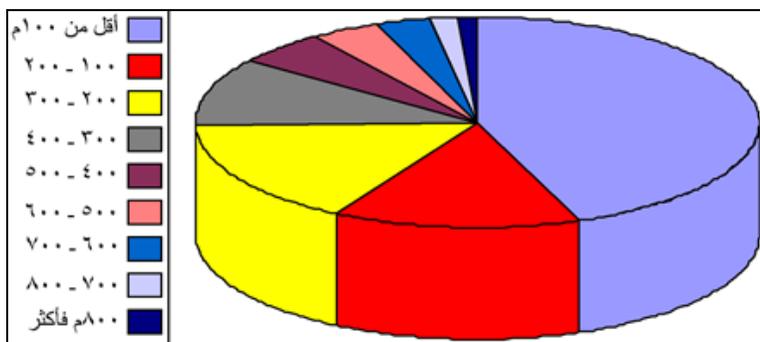
المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.

(شكل 6) مستويات سطح الأرض بمنطقة الدراسة

(جدول 3) مساحات فئات الارتفاع للمنطقة

| فئات الارتفاع   | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
|-----------------|-------------------------|------|
| أقل من 100 متر  | 308.9                   | 44.3 |
| 100 - 200       | 98.5                    | 14.1 |
| 200 - 300       | 114.7                   | 16.4 |
| 300 - 400       | 71.2                    | 10.2 |
| 400 - 500       | 36.0                    | 5.2  |
| 500 - 600       | 28.5                    | 4.1  |
| 600 - 700       | 21.0                    | 3.0  |
| 700 - 800       | 11.2                    | 1.6  |
| أكثر من 800 متر | 7.9                     | 1.1  |
| الإجمالي        | 697.9                   | 100% |

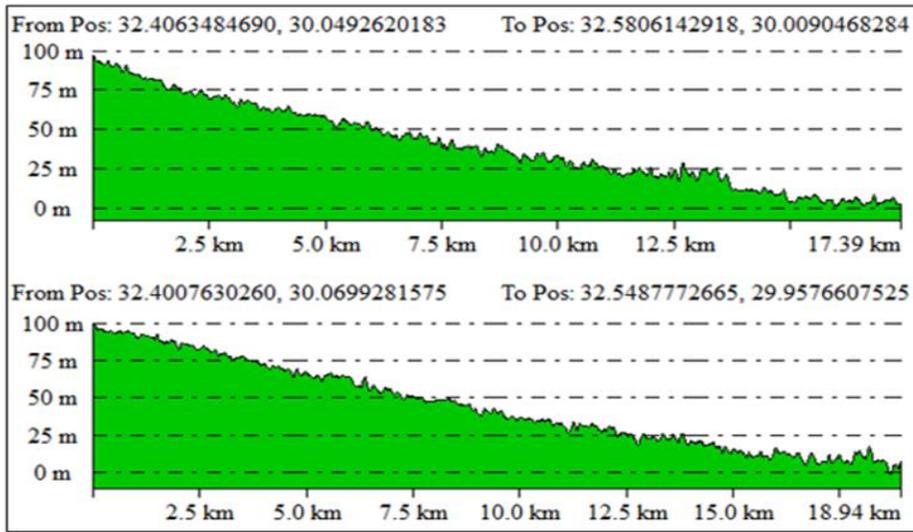
المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.



(شكل 7) التوزيع النسبي لمساحات فئات الارتفاع

- **النطاق الأول:** يظهر كأرض شبه مستوية وفسيحة في اتجاه الشمال والشمال الغربي للمدينة وكشريط بطول الساحل تجاه الجنوب ولا يتعدى ارتفاع 300م، وبه مجموعة من التلال متسعة القاعدة ترتفع عن السطح المحلي ببضعة أمتار، وتتخللها مجموعة مجاري ينحدر معظمها من واجهة جبل عتاقة، وتبلغ مساحتها 521.9 كم<sup>2</sup> بنسبة 74.8%، ومقسمة إلى ثلاث فئات بفاصل كنتوري 100م، وتقع مدينة السويس بهياكلها العمرانية مختلفة الأنماط

وشوارعها والمساحات الخضراء والأراضي الخالية والمسطحات المائية في الفئة الأولى (أقل من 100م) وهي الفئة الأهم، وتبلغ مساحتها 308.9 كم<sup>2</sup> بنسبة 44.3% من إجمالي المنطقة، وتشغل المنطقة الحضرية فيها مساحة 91.7 كم<sup>2</sup> بنسبة 29.7% من تلك الفئة، وينتظم انحدار سطح الأرض في هذه الفئة نحو الجنوب، ويبلغ المتوسط العام للانحدار أقل من درجة واحدة (شكل 8)، وتعد هذا الفئة صالحة لزيادة رقعة المدينة والخدمات المرتبطة بها عن طريق هدم قمم الريفات وإضافتها كحشوات للمناطق المنخفضة.

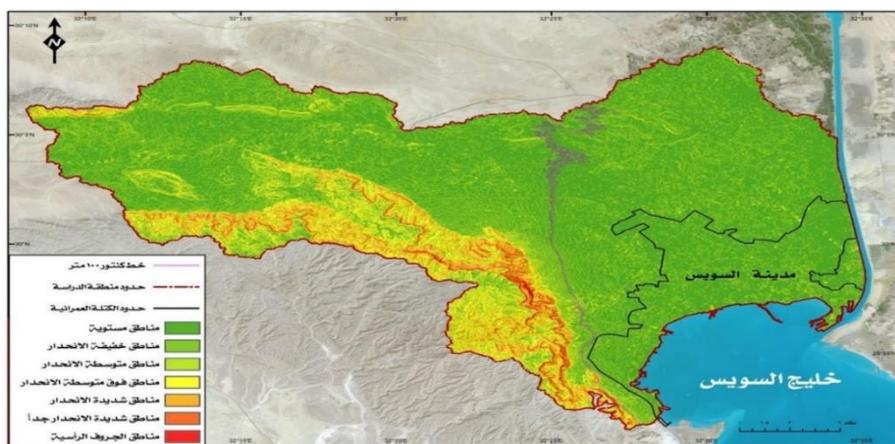


المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.

(شكل 8) قطاع لسطح الأرض في الفئة الأولى

- أما النطاق الثاني فأرضه جبلية يزيد ارتفاعها على 300م، وذات انحدارات شديدة تزيد على 10 درجات (شكل 9) وتتمثل في أقدام وواجهة جبل عتاقة في غرب المنطقة وأقصى ارتفاع له 893م، وكتلة جبل عوبيد (472م) وتتمثل في شمال جبل عتاقة، ويفصلهما وادي رقم (3)، ويمثلان معاً مساحة 175.7 كم<sup>2</sup> بنسبة 25.2%، وتشكل أقدام جبل عتاقة

عائقاً أمام التنمية الحضرية لاقترابها من الساحل في القسم الجنوبي من المدينة، ولن تسهم تلك المنحدرات الجبلية في خريطة المنشآت العمرانية للمدينة، فيجب دراسة تطور تلك الأشكال الأرضية لتساعد في فهم العمليات الجيومورفولوجية إذا ما نشطت في الوقت الحاضر ومستقبلاً، لما قد يحدث منها من أخطار طبيعية، مثل الانهيارات الصخرية وتدفقات الحطام عند حدوث الزلازل والأمطار الغزيرة، ولا سيما على مستوطنات شركات المحاجر التي تم تشييدها بالقرب من منحدراتها غير المستقرة، فأشكالها الأرضية تقرض قيداً جيومورفولوجياً على التنمية الحضرية بالسويس، لكنها تقدم مجموعة من المواد الأساسية لعمليات البناء مثل: استخراج أحجار البناء واستخدامات أخرى، والمادة الخام لصناعة الأسمنت من الحجر الجيري والطفلة، وما جرفته مياه الأمطار في الماضي من المناطق الجبلية من رمال وحصي يستخدم في عملية البناء كمواد بناء حضري، وتربات طينية صالحة للزراعة، بالإضافة إلى كمية الأمطار التي تأتي سنوياً عبر أوديتها أثناء فصل الشتاء وحدث السيول التي تغذي طبقات المياه الجوفية المستخدمة في إمدادات مياه الآبار.



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.

(شكل 9) خصائص الانحدارات بمنطقة الدراسة

## ثانياً: المركب الجيولوجي والجيومورفولوجي

### 1- المركب الجيولوجي

أوضح التوزيع الجيولوجي (شكل 10) للتكوينات الصخرية لمدينة السويس سيادة انتشار التكوينات الطينية الجيرية المفككة والمختلطة أحيانا بالرمال ويتراوح سمكها بين 2-4م (Mostafa, 2019)، يوجد أسفلها طين جيبي متماسك بسمك يتراوح بين 2-4م (شكل 11)، ويرجع ذلك إلى نشاط عمليات الترسيب النهري لمجموعة الأودية التي تنحدر من اتجاه الشمالي الغربي والغرب تجاه القناة وخليج السويس أثناء الفترات المطيرة، وبلغت مساحتها  $80.8 \text{ كم}^2$  من إجمالي التكوينات بالمدينة ( $91.7 \text{ كم}^2$ ) بنسبة 88.1% (جدول 4) (شكل 12) وتمثلة في جميع الأحياء، ويستأثر حي عتاقة من بين الأحياء بالمساحة الأكبر ( $34.4 \text{ كم}^2$ ) من تلك التكوينات (جدول 5)، ويرجع ذلك إلى طبيعة التقسيم الإداري لأحياء المحافظة وامتداده الكبير على ساحل الخليج الغربي (شكل 13)، وظل العمران مرتبطاً بالتكوينات الطينية أكثر من تكوينات وادي حبول الجيرية (راجع شكل 2).



المصدر: بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية الرقمية مقياس 250.000، هيئة المساحة الجيولوجية وقاعدة البيانات الجغرافية التفصيلية لمدينة السويس.

(شكل 10) التكوينات الجيولوجية لمدينة السويس

| الوصف                    | التكوين | العمق م | الوصف                         | التكوين | العمق م |
|--------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| طفل طيني جيري غير متماسك |         | ٢       | طفل طيني جيري ورمل غير متماسك |         | ٢       |
| طفل طيني جيري متماسك     |         | ٤       | طفل طيني جيري متماسك          |         | ٤       |
|                          |         | ٦       |                               |         | ٦       |
|                          |         | ٨       |                               |         | ٨       |
| رمل                      |         | ١٠      | طفل طيني جيري ورمل            |         | ١٠      |
| طفل طيني جيري متماسك     |         | ١٢      |                               |         | ١٢      |
|                          |         | ١٤      |                               |         | ١٤      |

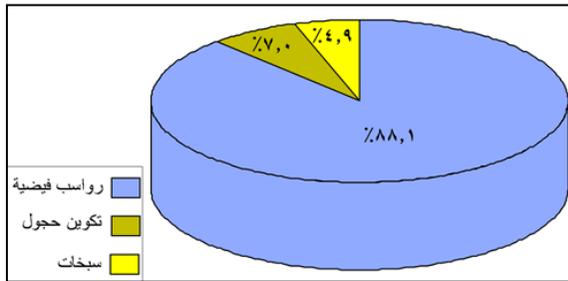
المصدر: Mostafa, 2019

(شكل 11) قطاعان جيولوجيان بمدينة السويس

(جدول 4) التكوين الجيولوجي لمدينة السويس

| التكوين     | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
|-------------|-------------------------|------|
| رواسب فيضية | 80.8                    | 88.1 |
| تكوين حجول  | 6.4                     | 7.0  |
| سبخات       | 4.5                     | 4.9  |
| المجموع     | 91.7                    | 100  |

المصدر: بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية الرقمية مقياس 250.000، هيئة المساحة الجيولوجية.

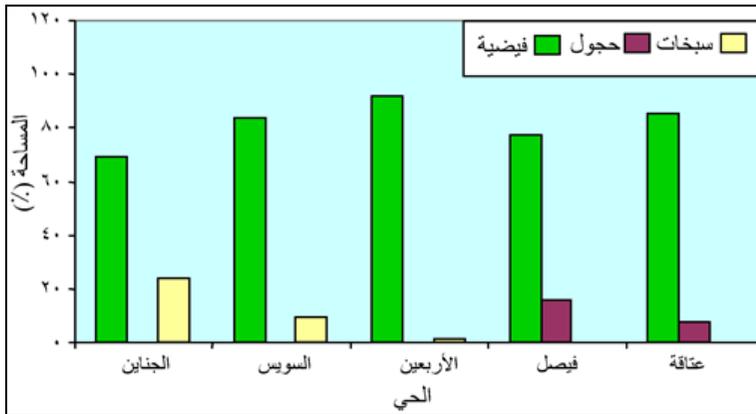


(شكل 12) مساحات التكوينات الجيولوجية لمدينة السويس

(جدول 5) مساحات التكوينات الجيولوجية بالأحياء

| التكوين | حي الجنانين |                 | حي السويس |                 | حي الأربعين |                 | حي فيصل |                 | حي عتاقة |                 |
|---------|-------------|-----------------|-----------|-----------------|-------------|-----------------|---------|-----------------|----------|-----------------|
|         | %           | كم <sup>2</sup> | %         | كم <sup>2</sup> | %           | كم <sup>2</sup> | %       | كم <sup>2</sup> | %        | كم <sup>2</sup> |
| فيضية   | 74.6        | 9.4             | 83.4      | 16.6            | 99          | 9.7             | 81.5    | 9.7             | 91.7     | 34.4            |
| حجول    | 0           | 0               | 16.6      | 3.3             | 0           | 0               | 0       | 0               | 8.3      | 3.1             |
| سبخات   | 25.4        | 3.2             | 0         | 0               | 1           | 0.1             | 18.5    | 2.2             | 0        | 0               |
| المجموع | 100         | 12.6            | 100       | 19.9            | 100         | 9.8             | 100     | 11.9            | 100      | 37.5            |

المصدر: بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية الرقمية مقياس 250.000، هيئة المساحة الجيولوجية.



(شكل 13) التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية بالأحياء السكنية

أما تكوينات وادي حجول فهي سابقة في تكوينها زمنيا على الرواسب الفيضية، ويرجع ظهورها على السطح في صورة عدسات وسط الرواسب الفيضية بمساحة 6.4 كم<sup>2</sup> بنسبة 7% إلى عاملين مختلفين (التعرية النهرية والبحرية)، ويعد خط كنتور 17.2م (الشاطئ البحري الأعلى) الفاصل بينها، وتعد عمليات النحت النهري للجريان المائي وبالذات المجاري الرئيسية هي التي أدت لكشفها على السطح في شمال خط الكنتور المذكور، أما في جنوبه فيرجع إلي عمليات التشكيل البحري لهوامش المرواح الفيضية وانحساره عنها علي مراحل، أما عن عدم اتصالها واختفائها من القطاعات الجيولوجية الرأسية بعمق 14م (شكل 11)، فقد



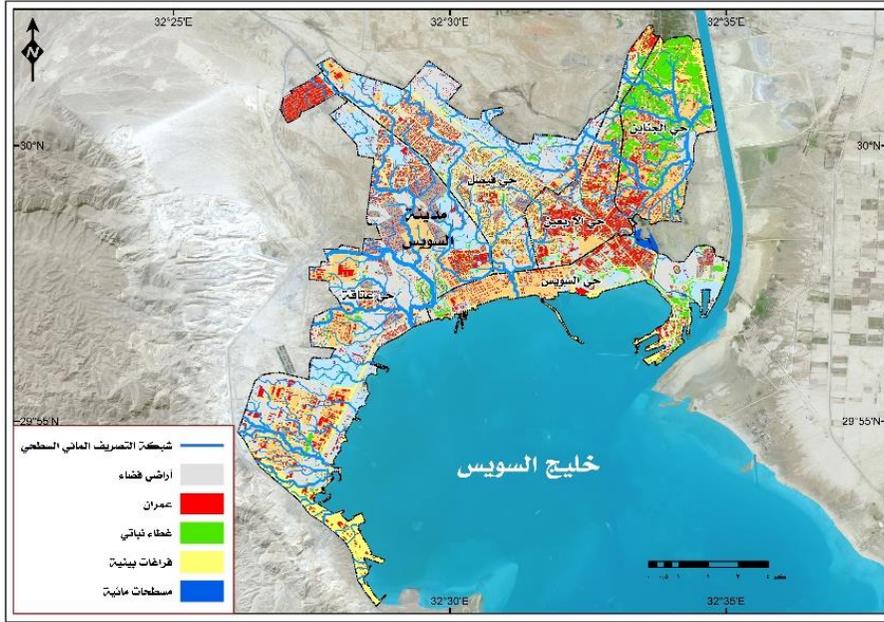
يرجع إلى عمليات تعرية سابقة تركتها في صورة تلال منفصلة واحتوتها وغطتها رواسب الطين اللاحقة ثم كشفت عن قممها عمليات النحت البحري والنهري بعد ذلك، أو قد تكون في صورة تراكيب تحت سطحية استجابت لعمليات الطي في الماضي (Mostafa, 2019). وتختفي تلك التكوينات من أحياء الجنابين والسويس والأربعين وترتبط بحبي فيصل وعتاقة، ويستأثر حي فيصل بالمساحة الأكبر (3.3 كم<sup>2</sup>) بنسبة 16.6% من إجمالي تكويناته.

وترتبط رواسب السبخات عادة بالمناطق المنخفضة التي عادة ما تظهر بنهاية المرواح الفيضية عند التقائها بمياه البحر، وتتمثل في القسم الشرقي للمدينة، وترتبط بأحياء الجنابين والسويس والأربعين، وبلغت مساحتها 4.5 كم<sup>2</sup> بنسبة 4.9%، ويستحوذ حي الجنابين على المساحة الأكبر (3.2 كم<sup>2</sup>) بنسبة 25.4% من إجمالي تكويناته.

## 2- المركب الجيومورفولوجي

### أ- المرواح الفيضية ومجاري الأودية

نشأت المرواح الفيضية لمجموعة من الأودية (17 واديا) بسبب أنشطة الجريان النهري المتوالي وما يحمله من رواسب طينية خلال الفترات الرطبة، وتطورت على طول ساحل خليج السويس وبطول المجري الملاحي بشكل نموذجي، وهذا النموذج الأرضي له اهتمام خاص بالبحث الحالي، وتتألف رواسبها من نواتج التجوية والتحات النهري في التضاريس المرتفعة، وتتألف من الرمل والطين، وبلغ إجمالي مساحتها بالمدينة 80.8 كم<sup>2</sup>، واستبعدت مروحة الحوض الشمالي (46.9 كم<sup>2</sup>) من الدراسة لندرة العمران بمروحته وسيادة الاستخدام الزراعي.



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM وخريطة استعمالات الأراضي بالسويس.

#### (شكل 14) مجاري الأودية المفقودة بمراوح الأحواض

وطمست المنطقة الحضرية للسويس معالم خمسة أحواض صغيرة المساحة (4.8 كم<sup>2</sup>) تماما بحي عتاقة بنسبة 5.2% من إجمالي مساحة المدينة وهي أرقام (7، 13، 14، 15، 16)، وزحفت جزئياً على أسطح المراوح الفيضية لأحد عشر حوضاً (شكل 14) بمساحة 70.6 كم<sup>2</sup> بنسبة 77%، والمساحة الباقية من إجمالي مساحة المدينة (16.3 كم<sup>2</sup>) بنسبة 17.2% ما هي إلا مساحات فاصلة بين مصبات أحواض الأودية علي الخليج. واختلفت المساحات المقتطعة من كل حوض لحساب المنطقة الحضرية (جدول 6)، وبلغ أطوال الروافد المفقودة فيها 357.8 كم (شكل 15)، ومتوسط كثافتها العامة 4.7 كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>، وتفاوتت الأطوال بين أجزاء الأحواض المقتطعة من 1.3-108.5 كم.



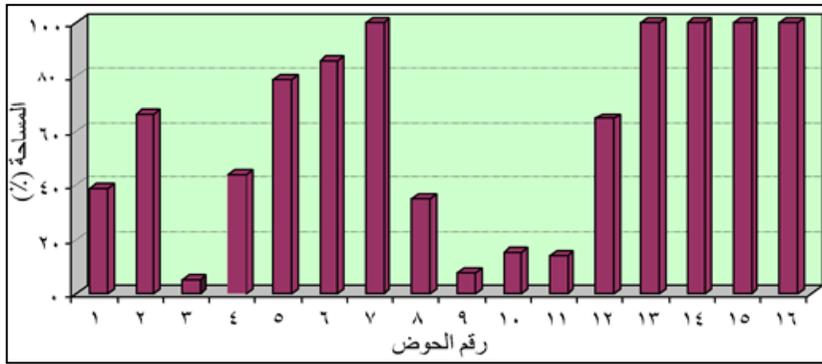
(جدول 6) خصائص المساحات المقتطعة من أحواض الأودية لحساب المدينة

| الحوض   | المساحة الكلية كم <sup>2</sup> | المساحة المقتطعة لحساب الحضر كم <sup>2</sup> | النسبة % لحساب الحضر | المساحة الباقية للأودية كم <sup>2</sup> | أطوال الروافد كم | الكثافة كم <sup>2</sup> |
|---------|--------------------------------|--|----------------------|---|------------------|-------------------------|
| 1       | 92.2                           | 21.7   | 23.5                 | 70.5                                    | 108.5            | 5                       |
| 2       | 40.3                           | 16.2   | 40.1                 | 24.2                                    | 75.9             | 4.7                     |
| 3       | 452.9                          | 22   | 4.9                  | 430.9                                   | 100.8            | 4.6                     |
| 4       | 3.5                            | 1.1  | 31.4                 | 2.4                                     | 3.5              | 3.2                     |
| 5       | 3.2                            | 1.4  | 43.8                 | 1.8                                     | 6.3              | 4.5                     |
| 6       | 4.0                            | 1.9  | 47.5                 | 2.1                                     | 9.2              | 4.8                     |
| 7       | 1.6                            | 1.6  | 100                  | 0                                       | 4.1              | 2.5                     |
| 8       | 15.5                           | 4  | 25.8                 | 11.5                                    | 25.3             | 6.3                     |
| 9       | 10.5                           | 0.8  | 7.6                  | 9.7                                     | 5.0              | 6.2                     |
| 10      | 2.3                            | 0.3  | 13                   | 2                                       | 1.8              | 6.0                     |
| 11      | 3.3                            | 0.4  | 12.1                 | 2.9                                     | 1.3              | 3.2                     |
| 12      | 2.1                            | 0.8  | 38.1                 | 1.3                                     | 2.1              | 2.6                     |
| 13      | 1.3                            | 1.3  | 0                    | 0                                       | 4.3              | 3.3                     |
| 14      | 0.6                            | 0.6  | 0                    | 0                                       | 3.8              | 6.3                     |
| 15      | 0.7                            | 0.7  | 0                    | 0                                       | 2.5              | 3.6                     |
| 16      | 0.6                            | 0.6  | 0                    | 0                                       | 3.1              | 5.1                     |
| المجموع | 634.7                          | 75.4   | 11.9                 | 559.3                                   | 357.5            | 4.7                     |

المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.

ويمكن تقسيم المساحات المقتطعة من الأحواض لحساب المدينة إلى فئتين علي حسب نسبة الاقتطاع، الفئة الأولى: أكثر من 25% وتتمثل في أحواض أرقام (2، 4، 5، 6، 8، 12) وتراوحت نسبة الاقتطاع بين 25.8% لحوض وادي رقم (8) البالغ مساحته 2.1 كم<sup>2</sup>، وبين 47.5% لحوض وادي رقم (2) البالغ مساحته 40.3 كم<sup>2</sup>، ولا تمثل تلك الفئة

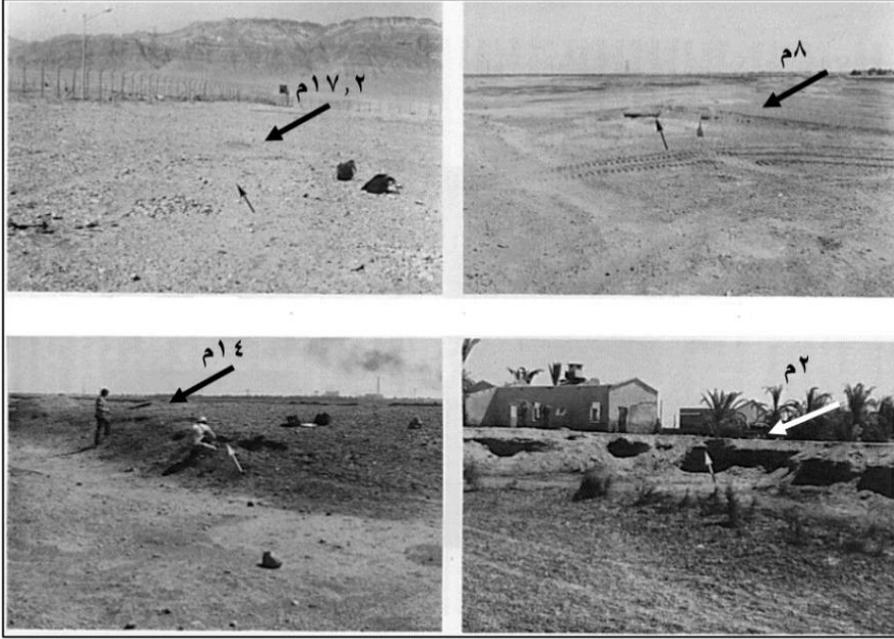
خطرا علي عمران المدينة لانخفاض المساحة المتبقية من الأودية تستقبل مياه الأمطار. الفئة الثانية: أقل من 25% لأحواض أرقام (1، 3، 9، 10، 11) وتراوحت نسبة الاقتطاع بين 4.9% لحوض وادي رقم (3) البالغ مساحته 452.9 كم<sup>2</sup>، وبين 23.5% لحوض وادي رقم (1) البالغ مساحته 92.2 كم<sup>2</sup>، ويعد بقايا حوض رقم (1) بمساحته المتبقية (70.5 كم<sup>2</sup>) وحوض رقم (3) بمساحته المتبقية (430.9 كم<sup>2</sup>) خطر كبير على عمران المدينة بجي عتاقة لاستقبالها مياه الأمطار.



(شكل 15) التوزيع النسبي للمساحات المقتطعة من أحواض الأودية

## ب- الشواطئ البحرية

أشارت دراسة (Doornkamp, et al. 1982) لمنطقة السويس بوجود آثار لأربعة شواطئ بحرية تقع عند هوامش المراوح الفيضية موازية لساحل الخليج الحالي، وتتراوح ارتفاعاتها ما بين 2 - 17.2م فوق مستوى سطح البحر (صورة 1)، وتظهر آثارها في شمال شرق الكتلة العمرانية القديمة وجنوب غربها، ويرجع عدم اتصالها بسبب الأنشطة البشرية والنشاط النهري القديم لمجاري الأودية التي تتحد اتجاه القناة أو رأس الخليج، ويغطيها رواسب بحرية تتألف من الكربونات ورمال الكوارتز وبقايا الأصداف البحرية مختلطة بالرواسب الغرينية.



المصدر/ الباحث بعد (Doornkamp, et al. 1980, P, 276)

(صورة 1) آثار الشواطئ البحرية على مقدمات المراوح الفيضية بمنطقة الدراسة

وتم تحديد مستويات الشواطئ المذكورة بواسطة برنامج Global Mapper, v 17 على النموذج الرقمي (دقة 10م) لمنطقة العمران بالمدينة لتحديد علاقة نشأة العمران بظاهرة الشواطئ فقد لوحظ أن عمران مدينة السويس بلغت مساحته 4.9 كم<sup>2</sup> في عام 1914م (هيئة التخطيط العمراني) ونشأ على ربوة مرتفعة ومنتسعة بمنسوب يزيد على 17م في النصف الشرقي لشمال رأس الخليج، وتبعد البداية الجنوبية له عن الشاطئ الحالي ما بين 0.7-1.1 كم، وتبعد بدايته الشرقية عن المجرى الملاحي لقناة السويس بحوالي 2.2 كم في المتوسط (شكل 16)، وتوالت عمليات الزحف العمراني في جميع الاتجاهات حتى طمست معالم ظاهرة الشواطئ، وزادت مساحة المدينة حتى بلغت 91.7 كم<sup>2</sup>/2020، وتمثل مساحة الشواطئ التي طمسها العمران 61.9 كم<sup>2</sup> بنسبة 70.2% من إجمالي مساحة الكتلة الحضرية الحالية، ويمكن عرض بعض خصائصها من خلال جدول (7) وشكل (17) في التالي:



المصدر: وثائق قناة السويس ونتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر.

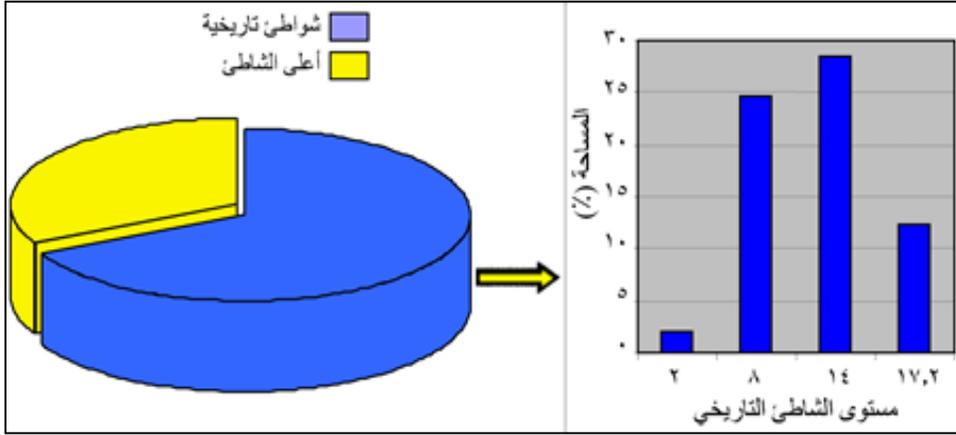
(شكل 16) مساحة مدينة السويس قديما

(جدول 7) الخصائص المورفومترية للشواطئ البحرية القديمة بالسويس

| المساحة كم <sup>2</sup> | عدد التلال | %    | المساحة كم <sup>2</sup> | مستوى الشاطئ م |
|-------------------------|------------|------|-------------------------|----------------|
| 0.001                   | 6          | 2.1  | 2                       | 2              |
| 1.16                    | 142        | 24.6 | 22.5                    | 8              |
| 2.31                    | 105        | 28.5 | 26.1                    | 14             |
| 1.3                     | 117        | 12.3 | 11.3                    | 17.2           |
| -                       | -          | 32.5 | 29.8                    | أعلى الشاطئ    |
| 4.771                   | 370        | 100  | 91.7                    | المجموع        |

المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية الرقمية وبرمجيات نظم

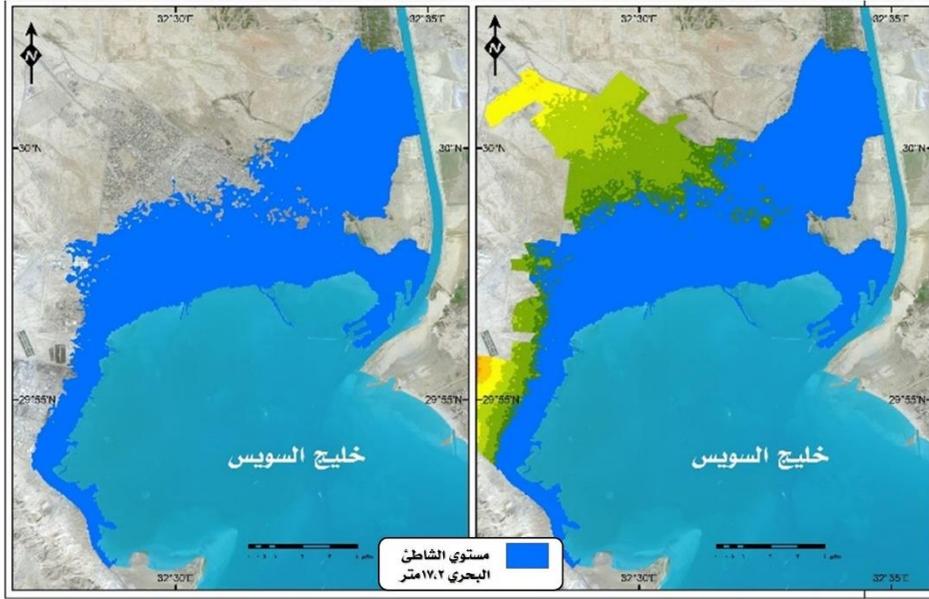
المعلومات الجغرافية



(شكل 17) التوزيع النسبي لمساحات الشواطئ البحرية والبرية بأرض السويس

### - الشاطئ الأول (17.3م):

يظهر هذا المستوي موازيا للساحل الحالي ومقتربا منه عند ميناء الأدبية بمتوسط 0.8 كم وذلك لمسافة 8.5 كم في الاتجاه الشمالي الجنوبي تقريبا، ثم يغير اتجاهه نحو الشرق لمسافة 5 كم تقريبا، ومتوسط بعده عن الساحل الحالي 2.6 كم، ثم يتجه نحو الشمال الشرقي، وبلغت المساحة المنحسر عنها المياه البحرية آنذاك 61.9 كم<sup>2</sup> بنسبة 70.2% من مساحة الكتلة الحضرية الحالية، ويظهر سطحه به مجموعة من التلال المتخلفة عن عمليات النحت البحري وتعلو قممها المستوى المذكور.



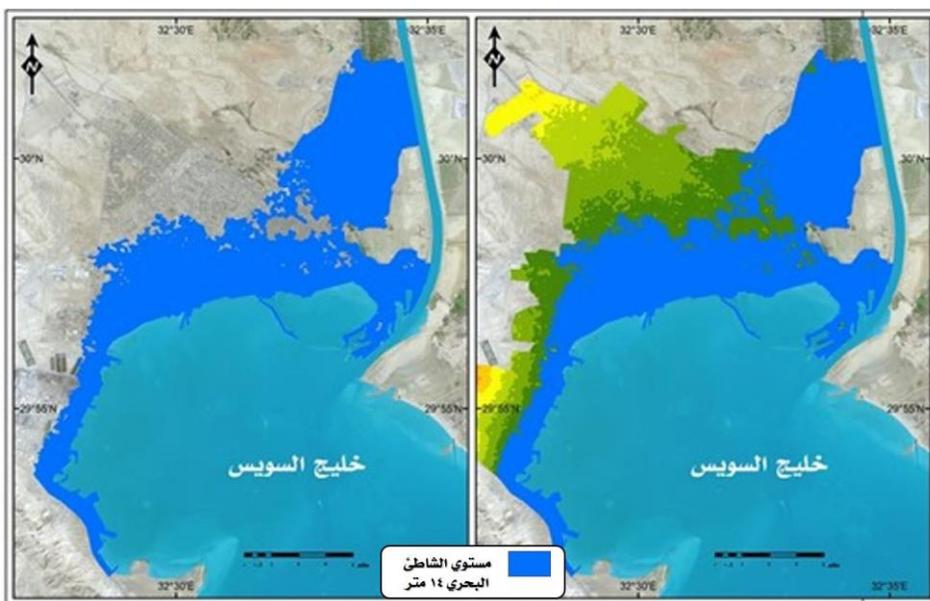
المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10 متر وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

(شكل 18) مستوى البحر عند ارتفاع 17.2م

وبلغ عددها 117 تلاً بمساحة 1.3 كم<sup>2</sup>، وأكبرها مساحة 0.2 كم<sup>2</sup>، وتتمثل في منطقة النواة الأولى لنشأة العمران القديم للمدينة (شكل 18). وأشار تحليل كربون 14 (NERC Radiocarbon) لعينة من الحفريات البحرية المفتتة التي أخذت من سفح منحدر الشاطئ المذكور الذي يبعد 2 كم شمال غرب الخليج، أنها كانت في بيئة شبه ساحلية منذ 43.725 سنة مضت (Doornkamp, et al. 1982)، وحدد بول (Ball, 1939) هذا المستوى البحري على ارتفاع 18 م بمنطقة القصير، وأرجعه إلى فترة البلايوسين الأعلى (العصر الحجري القديم الأوسط والأعلى) أي معاصر لشاطئ 17.2 م في منطقة السويس.

## - الشاطئ الثاني (14م)

يأخذ هذا المستوى الشاطئي نفس اتجاهات الشاطئ السابق ويقترّب منه في الغرب بنحو 0.1 كم في الاتجاه الشمالي الجنوبي، ويبتعد عنه قليلا في الاتجاه الشرقي الغربي بنحو 0.1 كم، وبلغت المساحة الفاصلة بينهما 1.3 كم<sup>2</sup>، ومتوسط بعده عن الساحل الحالي في الاتجاه الشرقي الغربي 2.5 كم، وبلغت المساحة المنحسر عنها المياه 50.6 كم<sup>2</sup> بنسبة 55.1% من إجمالي المساحة الحضرية الحالية.



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10 متر وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

(شكل 19) مستوي البحر عند ارتفاع 14م

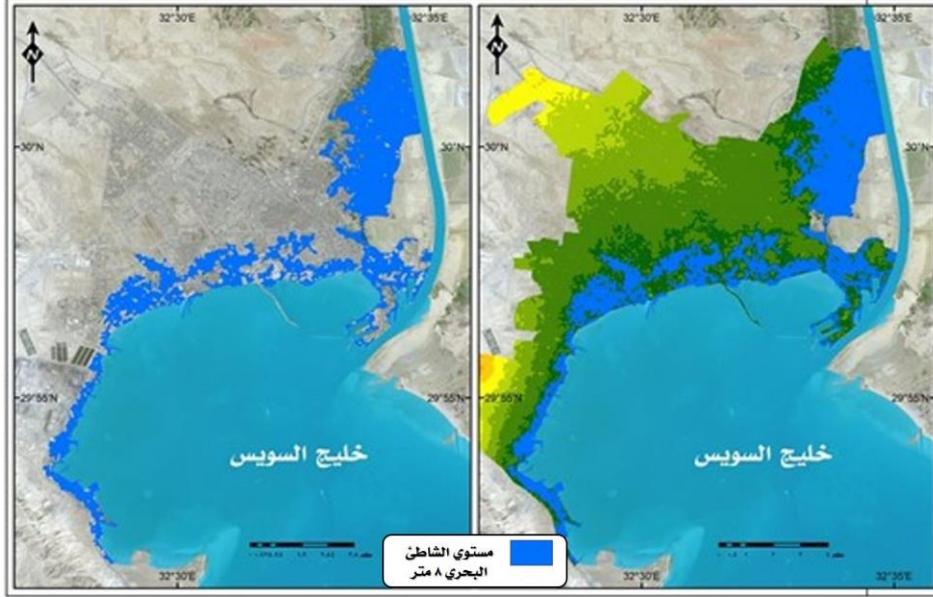
ويظهر الشاطئ به مجموعة من التلال المتخلّفة عن عمليات النحت البحري بعضها يتفق قممها مع المستوى المذكور والبعض الآخر أعلى منسوباً، ويتمثل على جوانبها المستوي الشاطئي الذي نحن بصددّه، وبالذات تلال النواة الأولى للمدينة، وبلغ عدد تلاله 105 تلاً

بمساحة 2.31 كم<sup>2</sup> عند مستوى الشاطئ المذكور (شكل 19). وتشير العينة المأخوذة من هذا المستوى والتي تبعد عن ساحل الخليج بنحو 1.8 كم بأنها مضي عليها من العمر 37.310 سنة، وجدت في بيئة ساحلية أقل عمقا عن سابقتها (Doornkamp, et al. 1982). وحدد هذا المستوى على ارتفاع 15.3 م بأقدام هضبة الجلالة القبلية (شلمي 2019 ص 62)، وينسب تشكيله للفترة التيرانية الثانية التي كان يرتفع فيها مستوى البحر عن مستواه الحالي.

### - الشاطئ الثالث (8م):

يظهر هذا المستوى من رأس الأدبية في أقصى جنوب منطقة الدراسة، بامتداد أكبر نحو الجنوب من المستويين السابقين لمسافة 2.9 كم، ويقترّب من الشاطئ الحالي ويشرف على البحر مباشرة في أكثر من موضع، ويأخذ الاتجاه الشمالي الغربي لمسافة 4.7 كم، ثم الاتجاه الشمالي الجنوبي لمسافة 6.9 كم، ويبعد عن المستوي الأعلى بنحو 0.3 كم، ومتوسط بعده عن الشاطئ الحالي نحو 0.4 كم (شكل 20)، ثم يأخذ الاتجاه الشرقي الغربي لمسافة 6.8 كم، ويبعد عن المستوي السابق بأكثر من 1 كم، ثم يتجه نحو الشمال الشرقي، وعلى ما يبدو أن هذا المستوى البحري كان ضحلا لأنه يظهر مقطعا وغير متصل كسابقه، ومعظمه في صورة مجموعة من التلال كبيرة المساحة، يفصلها مجموعة من المداخل البحرية الضيقة، وبلغت المساحة المنحسر عنها المياه 22.5 كم<sup>2</sup> بنسبة 24.6%، وبلغ عدد تلاله 142 تالا بمساحة 1.16 كم<sup>2</sup>.

ويشير المحتوى الأحفوري لهذا المستوى أنه أكثر تنوعا قليلا وحفريات أقل تفتتا من حفريات المستويين السابقين، وموضع العينة على بعد 0.9 كم من ساحل الخليج، ومضي عليها من العمر 34.155 سنة (Doornkamp, et al. 1982) ويتمثل هذا المستوى على ارتفاع 6.9 م بأقدام هضبة الجلالة القبلية (شلمي 2019 ص 64).

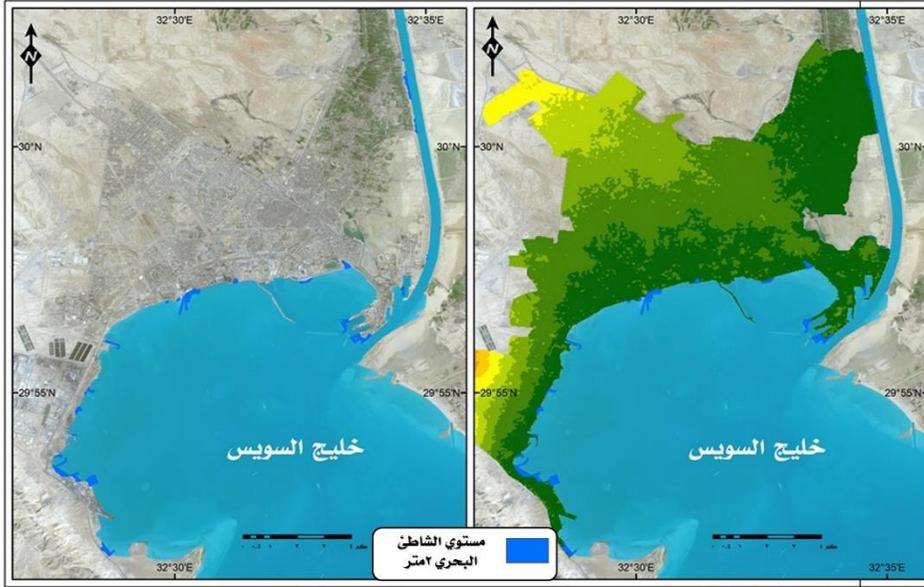


المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

(شكل 20) مستوى البحر عند ارتفاع 8م

## - الشاطئ الرابع (2م):

تظهر معظم بقايا هذا المستوى في صورة جيوب بحرية منفصلة ومتباعدة، وأكبر جزء فيه ممتد ومتصل يقع بشاطئ ميناء الأدبية لمسافة 1.2 كم، ومتوسط بعده عن الشاطئ الحالي بنحو 0.1 كم (شكل 21)، وبلغ إجمالي المساحة المنحسر عنها المياه 2 كم<sup>2</sup> بنسبة 2.1%، وعدد تلاله (6) بمساحة 0.001 كم<sup>2</sup>، وتشير الحفريات العظمية للكائنات البحرية أنها أكثر تنوعا من المستويات السابقة، وتحفظ معظم شظايا أصدافها بصبغاتها الأصلية، ومضي عليها من العمر 4.475 سنة، وتقع على مستوى أعلى قليلا من الشاطئ الحالي للخليج (Doornkamp, et al. 1982)، ويظهر هذا المستوى على ارتفاع 2م بأقدام هضبة الجلالة القبلية (شلبي 2019 ص64).



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10 متر وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

### (شكل 21) مستوى البحر عند ارتفاع 2م

نستنتج من العرض السابق أن مدينة السويس القديمة نشأت على الروابي المتخلفة عن عمليات النحت البحري للمستوي الشاطئي الأول، وامتدت بعد ذلك حتي تجاوزت مستوي الشاطئي التيراني الأول (35م) في الاتجاه الشمالي الغربي ويشغلها الآن حيي فيصل وعتاقة، ومن نتائج التحليل العمري لكاربون 14 لبقايا حفریات مستويات الشواطئ، تبين أن الانحسار البحري عن هوامش المرواح الفيضية كان معظمه في الفترة الأخيرة من عصر البلايوسين وبالذات المستويات الثلاثة الأعلى، وكانت الفترات الزمنية الفاصلة متغيرة، فمنذ 43.725 سنة ظل البحر عند المستوي البحري الأول (17.2م) لفترة زمنية بلغت 6.415 سنة، ثم انحسر إلى المستوي البحري الثاني (14م)، وظل قرابة 3.155 سنة، ثم انحسر البحر إلى المستوي البحري الثالث (8م)، ومكث عند هذا المستوي فترة زمنية طويلة جدا بلغت

29.680 سنة، وتلك الفترة تشير إلى أن مستوى سطح البحر ظل ثابتا لنهاية عصر البلايوسين وامتدت لبضعة آلاف من السنين حتى منتصف عصر الهولوسين تقريبا، ثم انحسر البحر إلى المستوى البحري الرابع (2م)، وظل البحر قرابة 4.475 سنة حتى انحسر إلى المستوى الحالي.

### ثالثا: الأخطار الجيومورفولوجية:

يعرف الخطر بأنه النتائج المحتملة لأضراره المتوقعة، لهذا استخدمت التقنية الحديثة في رسم خريطة امتداد عمران مدينة السويس من المرئية الفضائية باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية، وطبقت النمذجة اللازمة لتقييم ورصد الأخطار الطبيعية على موضعها، مثل الزلازل ورطوبة التربة السطحية وارتفاع مستوى سطح البحر على موضع المدينة، ورسم شبكة التصريف المنتهية إليها من النموذج الرقمي دقة 10م، وتقدير حجم التصريف الواصل إليها باستخدام برنامج WMS لعاصفة مطرية محددة.

ومعروف أن منطقة خليج السويس بيئة جيومورفولوجية معقدة، نتجت من تفاعل الحركات التكتونية في الماضي، وتم غمرها بالرواسب المختلفة، وقد يواجه الامتداد العمراني لمدينة السويس في المستقبل ديناميات العمليات الجيومورفولوجية، مما يخلق حالات من الأخطار الحادة عليها سواء السريعة أو البطيئة، ويؤدي غياب التدابير اللازمة للحيز الحضري إلى الوقوع في العديد من الأخطار الجيولوجية والجيومورفولوجية، في حين أن التنبؤ الدقيق بتلك الأخطار يساهم بشكل كبير في الحد من أضرارها، ويعد إنشاء خرائط لمؤشر الخطر المكاني من خلال النمذجة المكانية التحليلية مساهمة هامة جدا، لأنها تأخذ في الاعتبار المناطق التي يتوقع أن يحدث فيها الخطر. ويمكن عرض الأخطار المحتملة والمتوقعة في الآتي:

## أ- أخطار الزلازل:

يُعرّف الخطر الزلزالي بأنه المستوى المحتمل لاهتزاز الأرض، ويشير التوزيع المكاني لمراكز الزلازل في مصر إلى أن النشاط الرئيسي يحدث في الجزء الشمالي الشرقي من الأراضي المصرية، وبالذات في خليجي السويس والعقبة، بسبب أخطار البحر الأحمر الذي فصل بين الصفيحتين العربية والأفريقية، ويتفرع منه صدعين شمالاً أحدهما يمتد على طول خليج العقبة تجاه البحر الميت، والآخر على طول خليج السويس، ويرتبط النشاط الزلزالي في خليج العقبة بالصدع الجانبي للانزلاق الإضافي، ويتأثر خليج السويس بشكل أساسي بالحركات التكتونية التوسعية مع امتداد متزايد من الشمال إلى الجنوب، ويخضع خليج السويس لإجهاد امتدادي شديد ناتج عن القوى الإقليمية لحدود الصفيحة المجاورة ، بالإضافة إلى تلك الهياكل التكتونية المحلية في خليج السويس (Abd El-Aziz, et al. 2010)، ودائماً ما يُهاجر النشاط الزلزالي شمالاً من مدخل خليج السويس جنوباً تجاه رأسه شمالاً.

ويتحدد تقييم الحركات الأرضية لموضع مدينة السويس بالمسافة بينها وبين المنطقة التي نشأ منها الزلزال وحجمه، وهما من العناصر المهمة عند تحليل الأخطار الزلزالية على الكتلة الحضرية، ويتطلب عند تقييم الخطر الزلزالي في منطقة خليج السويس أو التنبؤ بالحركة الأرضية القوية التي ستتولد عن الزلازل تقييماً لاحتمالات حدوث زلزال في المستقبل في المنطقة، لأنها من القوى السريعة المؤثرة على المدينة، والهدف منه زيادة الوعي العام بالخطر الزلزالي للأجهزة المعنية بالمحافظة، ورفع مستوى المباني القائمة والأعمال الهندسية بالمدينة بحيث تقاوم هذه الهزات، حيث تؤثر تلك الهزات الزلزالية في الهياكل الهندسية الكبيرة، مثل المباني العالية والجسور الطويلة ونفق قناة السويس.



ويحدث تسارع لموجات السطح الطولية الناشئة عن الزلازل في مواقع التربة الناعمة التي شيد عليها عمران المدينة وتساوي 20 هرتز، وتزيد عن ذلك في صخور الأساس (25 هرتز) (Abd El-Aal, 2008-2010)، ومن شأنها أن تكون مصدرا للخطر أساسا على المباني الحضرية، وتتراوح سرعة الموجة في الطبقة السطحية ذات سمك 3م للتربة الطميية المختلطة ببعض الرمال المشيدة عليها المدينة بين 130 - 190 م/ث (Mostafa, 2019 et al.)، لهذا يؤخذ ذلك في الاعتبار أثناء تشييد المباني مستقبلا. وتعزى تنوع الموجات الزلزالية إلى خصائص المواد بالقرب من سطح الأرض، واعداد خريطة للأخطار الناجمة عن الزلازل ضرورية لتقييم معدل التآمين في لوائح البناء.

إن تشييد المباني في مصر عامة والسويس بخاصة ليست مصممة لمقاومة تلك الاهتزازات إذا ما زادت قوتها، وبالتالي فإن الزلازل يمكن أن يكون لها أثر سيئ على المنشآت الحضرية بالسويس، مما قد يؤدي إلى مزيد من الكوارث الاجتماعية والاقتصادية الضخمة، وأشارت التقارير الهندسية بديوان محافظة السويس عن جود خطر يهدد سلامة عدد كبير من الأبراج السكنية المقامة بمناطق المحروسة والملاحة الجديدة وشارع النيل بالسويس، بسبب عدم ملاءمة التصميمات الهندسية لأساسات التربة المقامة عليها للزلازل، مما يهدد بانهارها خلال الفترة القادمة بسبب التصميمات الهندسية التي لم تراعى إجهاد التربة (صورة 2).



(صورة 2) تنوع المنشآت بمدينة السويس

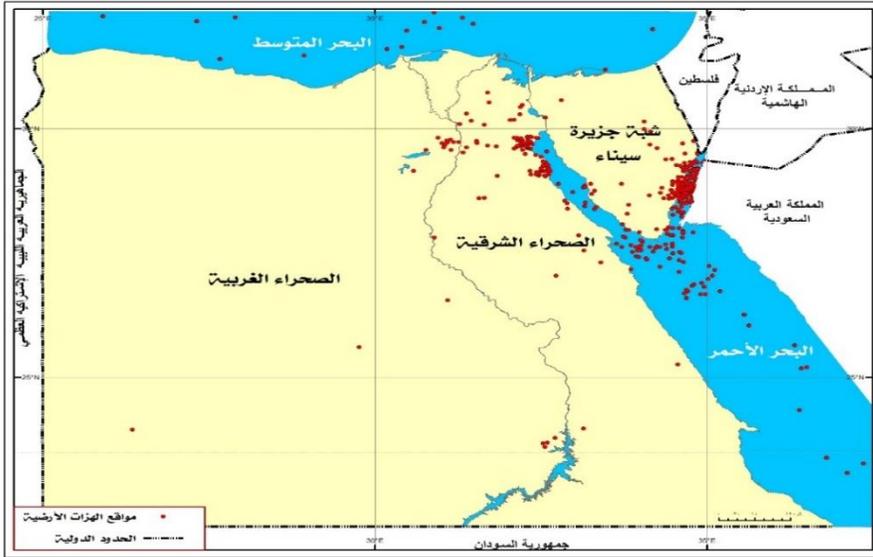
(جدول 8) الزلازل التي تأثرت بها محافظة السويس

| الموقع    | التاريخ   | القوة | الأثر                                |
|-----------|-----------|-------|--------------------------------------|
| وادي حجول | 1975      | 3     | لا يشعر به الإنسان                   |
|           | 2014/7/5  | 3.5   | يشعر به سكان الطوابق العالية         |
|           | 2014/7/22 | 4.2   | يشعر به الكل                         |
| شرم الشيخ | 1962/1/30 | 4.6   | يحدث اهتزازاً للأبواب والنوافذ       |
|           | 1969/3/31 | 6.7   | تصدع الطرقات وانهيار المباني القديمة |
|           | 1972/7/28 | 5.6   | تتساقط محتويات المنازل               |
|           | 2013/1/22 | 4.1   | يشعر به الكل                         |
|           | 2013/7/1  | 5.1   | تتساقط محتويات المنازل               |
|           | 2015/7/27 | 5.2   | تتساقط محتويات المنازل               |

|                                     |     |             |                |
|-------------------------------------|-----|-------------|----------------|
| يشعر به سكان الطوابق العالية        | 3.5 | 2020/1/6    | خليج العقبة    |
| لا يشعر به الإنسان                  | 3.1 | 2020/3/2    |                |
| تتساقط محتويات المنازل              | 5.1 | 2016/5/16   |                |
| أضرار كبيرة                         | 7.3 | 1995/10/22  |                |
| يشعر به الكل                        | 4.3 | 1987        | البحيرات المرة |
| يحدث اهتزازاً للأبواب والنوافذ      | 4.6 | 2002/5/21   | غرب السويس     |
| تهتز الأبواب بشدة                   | 4.8 | 1999 /12/28 | أبو حماد شرقية |
| تصدع الطرقات وانهار المبانى القديمة | 5.9 | 1992 /10/12 | محافظة الفيوم  |

المصدر: معهد البحوث الفلكية والجيوفيزيقية

(شكل 22) التوزيع المكاني للزلازل

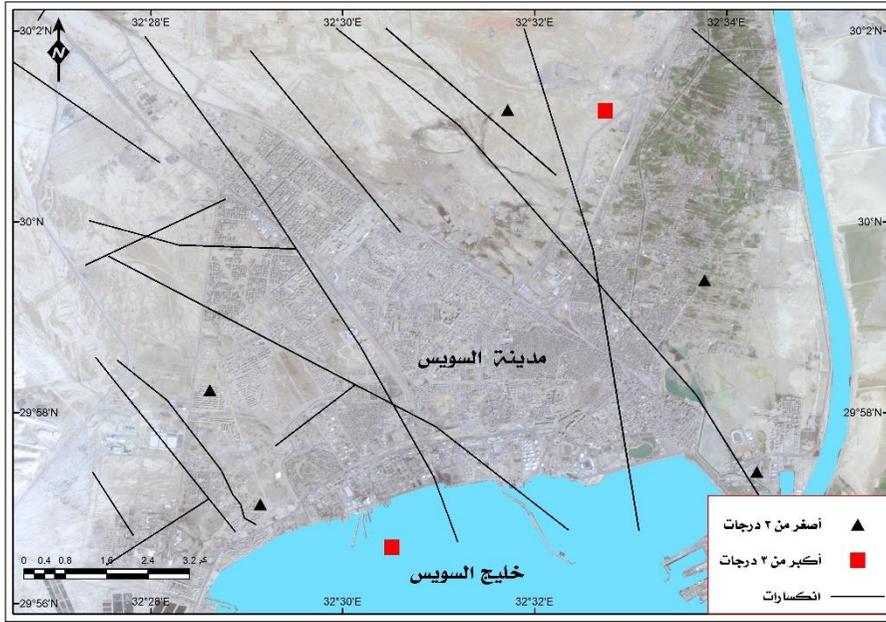


المصدر: الباحث اعتماداً على جدول (8) وبيانات الزلازل من عام 1900م وحتى

2020/8/1م، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS.

(شكل 22) التوزيع المكاني للزلازل بجمهورية مصر العربية

نلاحظ من جدول (8) وشكل (22) أن موضع مدينة السويس به عدة بؤر زلزالية ضعيفة تقيس موجاتها المرصد فقط، ولا يشعر بها السكان وتتراوح شدتها بين أقل من 3-1 ريختر، ويرجع ذلك لوجود تراكيب تحت سطحية (شكل 23) لها اتجاهات شمالية غربية- جنوبية شرقية موازية لانكسار خليج السويس (Arnous, 2013)، وتتأثر المدينة بهزات أرضية أشد تصلها من مناطق متفاوتة البعد عنها وبعضها متكرر (جدول 9) (شكل 24)، فمنطقة "وادي حجول" التي تقع في جنوبها الغربي بنحو 45 كم تعد من المناطق النشطة زلزاليا، وقد تكرر حدوث ثلاثة زلازل على مدار الفترة المدروسة (1962-2020) وتراوح شدتها بين 3-4.2 علي مقياس ريختر، ويرجع ذلك لوجود صدع بالقشرة الأرضية أسفل منطقة وادي حجول. وتأتي في الدرجة الأولى زلازل شرم الشيخ المتكررة ومركزها جزيرة شدون، ويبعد مركزها عن السويس بنحو 310 كم، يليها زلازل خليج العقبة بواقع زلزالين أحدهما بقوة 5.1 ريختر وهو الأحدث ومحسوس، أما الأقدم فهو الأعنف على الإطلاق في الفترة المدروسة وبلغت قوته 7.3 ريختر، وشعرت به دول مصر والأردن وفلسطين، ويبعد مركزه عن المدينة بنحو 237 كم، ثم زلزال البحيرات المرة شمال المدينة علي مسافة 45 كم من المدينة، وبلغت قوته 4.3 ريختر، ثم زلزال غرب السويس وكان مركزه المنطقة الواقعة بين القاهرة والسويس وبلغت قوته 4.6 ريختر وعلي مسافة 50 كم من المدينة، أما زلزال شمال غرب السويس فكان مركزه مدينة أبو حماد بمحافظة الشرقية، وبلغت قوته 4.8 ريختر، ويبعد عنها بنحو 106 كم، يليه زلزال الفيوم الذي ضرب الأراضي المصرية في أكتوبر 1992 وكان مركزه دهب وشعر به سكان مصر بعامه وتأثرت به مدينة القاهرة بخاصة في الأضرار المادية وسقوط ضحايا بشرية، وبلغت قوته 5.9 ريختر، ويبعد عن السويس بنحو 195 كم.



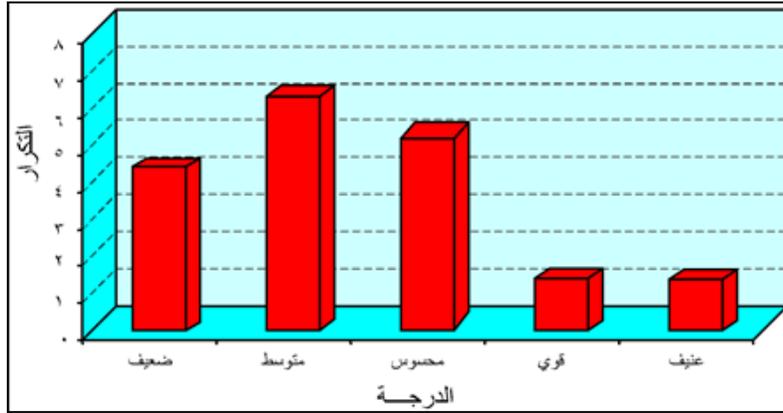
المصدر/ الباحث بعد (Arnous, 2013)

(شكل 23) الخريطة التكتونية لموضع مدينة السويس

(جدول 9) تكرارات الزلازل النوعية البالغة مدينة السويس في الفترة 1962-2020

| التصنيف | التكرارات | الفئة   |
|---------|-----------|---------|
| ضعيف    | 4         | 4-3     |
| متوسط   | 6         | 5-4     |
| محسوس   | 5         | 6-5     |
| قوي     | 1         | 7-6     |
| عنيف    | 1         | 7 فأكثر |

المصدر/ تصنيف الباحث على مقياس ريختر



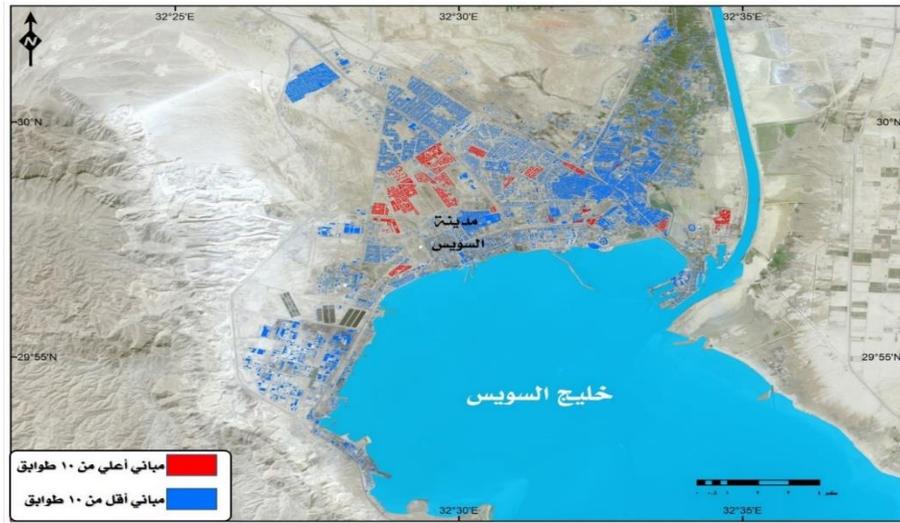
المصدر/ الباحث اعتمادا على جدول (9)

#### شكل 24) تكرارات الزلازل النوعية في الفترة 1962-2020

ومما لا شك فيه أن موضع مدينة السويس به نقط نشطة زلزالية وإن كانت ضعيفة لكنها تمثل خطرا على المباني والمنشآت إذا ما زادت قوتها، كما أنها محاطة بنقط زلزالية أشد منها، ويرجع ذلك بسبب موضعها على رأس خليج السويس الذي يمثل نهاية الصدع الرئيسي لأخدود البحر الأحمر والذي تنتهي إليه باستمرار الموجات الزلزالية الآتية من الجنوب، مما يدل على أن المنطقة لا تزال متصلة بالصفحة الأفريقية (Salamon, et al. 2003)، ويتمثل الخطر الزلزالي على حياة الإنسان، والجسور، والسكك الحديدية، والمشاريع الإستراتيجية وجميع الهياكل الهندسية التي من صنع الإنسان بالمدينة.

وتجمع المنشآت الحضرية بالسويس ما بين المنشآت البسيطة التي لها مقدرة وفرصة أكبر لمقاومة تأثير الهزات الأرضية إذا ما حدثت، ومعظمها في حيي الأربعين والجنابين، يستثني منها المنشآت القديمة التي حدث بها ضعف في مادة البناء، أما المنشآت الحديثة متعددة الطوابق (أكثر من 10 طوابق) فمعظمها في جميع الأحياء باستثناء حي الجنابين (شكل 25)، ويبلغ عددها 1978 برجا سكنيا (الدراسة الميدانية)، وتشغل مساحة 0.9 كم<sup>2</sup>،

ويستأثر حي عتاقة بأكبر عدد من الأبراج (1368 برجاً) بمساحة 0.6 كم<sup>2</sup>، أما الأحياء الثلاثة الباقية فيتراوح العدد فيها بين 136-303 برجاً، وإجمالي مساحتها 0.3 كم<sup>2</sup>، والتي قد تستجيب بدرجات متفاوتة تبعاً لخصائص شكل وارتفاع كل منها للهزات الأرضية، التي عادةً ما سيحدث لها تلف وتهدم لمنشآتها، ويزداد تأثيرها إذا كان النسيج العمراني لها ضعيفاً، لهذا يجب الاستمرار في معرفة وتسجيل شدة الزلازل التاريخية للمنطقة وزمن تكراره، لأنه عند حدوث هزة أرضية شديدة فإن الارتجاجات الناتجة عنها تنتقل إلى المنشآت المرتفعة على هيئة اهتزازات ذات دورانات بالاتجاهات المختلفة المقابلة للفترة الأساسية للاهتزاز، وحيث إن هذه المدة الزمنية يختلف مقدارها من مادة بناء لأخرى، فإن دورة اهتزاز حبيبات التربة تختلف في حالة منشأة من الخرسانة المسلحة عن منشأة ذات هيكل معدني، وكلما كانت المدة الزمنية لدورة اهتزاز المباني ذات قيمة قريبة جداً من مدة اهتزاز التربة فإن ذلك قد يؤدي إلى انهياره بسبب ظاهرة الرنين (دانة الفوال 2014)، فعدم دراسة ميكانيكا التربة وجيولوجيتها منذ البداية يؤدي إلى زيادة الأخطار الزلزالية.



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نتائج الدراسة الميدانية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

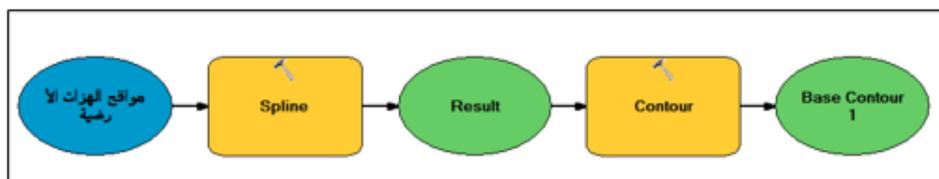
(شكل 25) التوزيع المكاني لمستويات الكتل العمرانية

ويتوقف التأثير الزلزالي على المنشآت الحضرية للسويس بالعوامل الآتية: خصائص التربة الطينية المقامة عليها ومدى تأثرها بموجات الزلازل الطولية والمستعرضة، وخصائص الأساسات والمنشآت المدفونة تحت الأرض وتلك التي تعلو سطح الأرض، وتمثل التربة الطينية نسبة كبيرة من مساحة المدينة التي تتأثر بالموجات الزلزالية الشديدة والتي قد يحدث بها انزلاقات كبيرة وتهبط من مستوى إلى آخر فيحدث هبوط شديد للأساسات وتدمر المباني، وخاصة إذا كانت المياه الجوفية مختلطة مع التربة فتحولها إلى بركة كثيفة من الوحل المنتفخ، مما يساعد على تضخيم ونقل الاهتزازات الأرضية إلى السطح بشكل مضاعف عن تلك التي حدثت عند البؤرة. ويختلف السلوك الديناميكي للزلازل في التربة منتظمة المقطع التي لا تتغير مكوناتها بزيادة العمق في باطن الأرض عن التربة متغيرة المقطع التي تتكون من عدة طبقات طينية (دانة الفوال 2014) ويظهر قطاع التربة بالمدينة متعدد الطبقات (شكل 11) حتى عمق 14م الذي قد يحتوي على عمق أساسات المباني الذي يرتبط بطبقات التربة وخواصها الميكانيكية، إذ يجب الوصول إلى طبقة قوية تتحمل الإجهاد المناسب نتيجة لأحمال المنشأة المقامة عليها، والتربة القوية بموضع المدينة على عمق 40م (Abd-Allah, 1991).

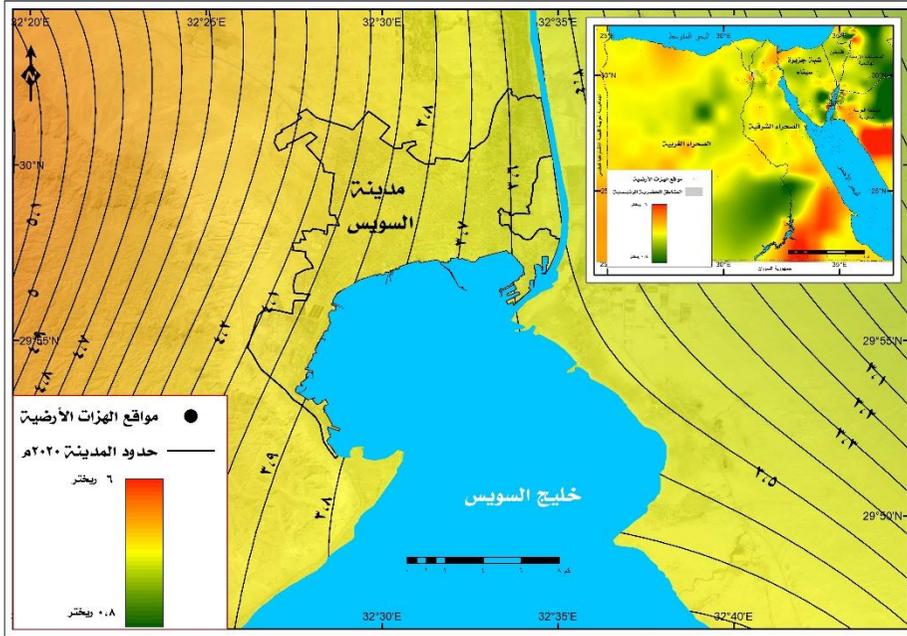
ولهذا قد تتأثر المنشآت الممتدة أفقياً لمسافة طويلة مثل الكباري الموجودة على محاور الطرق ونفق الشهيد أحمد حمدي والنفق الموازي الجديد له بشكل غير متزامن مع مختلف السرعات التتابعية للموجات الزلزالية، مما يمثل إجهاداً وشداً وضغطاً طويلاً وإزاحات أفقية مختلفة، وبالتالي يعاني من مشاكل في التجاوب مع اهتزازات الأرض كوحدة واحدة، بسبب احتمال تطابق خط مسار الموجات الزلزالية مع خط مسار الجسر أو النفق، وخصوصاً إذا صادف هذا التطابق تساوي طول الجسر أو اقترابه مع طول الموجات الزلزالية (دانة الفوال 2014)، ويعود سبب هذا التأثير الزلزالي إلى ظاهرة التضخيم الديناميكي للقوى التي سيتعرض لها الجسر. وكلما زاد ارتفاع المنشآت زادت الحركة الترددية لها، وزادت احتمالات

حدوث الإجهادات عليها وانهارها، ومدى تأثير المنشآت المنخفضة ضعيف مما يكسبها الاتزان والثبات عن المنشآت المرتفعة، والمنشآت النحيفة المرتفعة تكون أكثر عرضة من العريضة للانقلاب عند تعرضها للزلازل، إذن كلما زاد امتداد المنشأة أفقياً مع الارتفاع المتوسط كانت المنشأة أكثر أماناً. وتبين من خلال الدراسة الميدانية لاستخدامات الأرض أن الاستخدام الصناعي هو السائد والمسيطر على باقي الاستخدامات لوقوعهما في حيي السويس وعتاقة على ساحل الخليج ويتمثل الإسكان الاجتماعي في ظهيرهما.

وقد تم عمل محاكاة للشدة الزلزالية ونطاقات التركيز الزلزالي حول مدينة السويس عن طريق الاعتماد على عملية Spline التي تعتمد على محاكاة الشدة الزلزالية وقيمتها Mg بصيغة Raster ومن خلالها تم عمل خطوط للمسح عبر أسلوب الحد الأدنى للانحناء في خطوط انسيابية بشكل ثنائي الأبعاد (شكل 26)، ومن خلالها تم الخروج بشكل (27) والذي يعبر عن الشدة الزلزالية ومناطق تركيز الزلازل إضافة لمواقع الهزات الأرضية عبر التاريخ بجمهورية مصر العربية. والذي يظهر الشدة الزلزالية التي تصل موضع المدينة من مواقع الهزات الأرضية التي نوقشت من قبل. وأشارت مخرجات النمذجة أن موضع المدينة آمن في ضوء شدة الزلازل المرصودة تاريخياً، وتتحصر بين الشدة الزلزالية التي بلغت شرقاً بين 3.5 ريختر و 4.2 ريختر غرباً بمتوسط 3.8 ريختر، وتقع بين الفئة الضعيفة والمتوسطة.



(شكل 26) آلية النمذجة المكانية لتحديد المناطق المتأثرة بالهزات الأرضية في منطقة الدراسة



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نتائج محاكاة الشدة الزلزالية باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

(شكل 27) محاكاة الشدة الزلزالية ثنائية الأبعاد لمدينة السويس

## ب- أخطار المياه الجوفية:

لوحظ من خلال الدراسة الميدانية لأكثر من موقع حفر داخل الأحياء بالسويس أن منسوب الخزان الجوفي دائما قريب من السطح، وقد يرجع سبب تغذيته المستمرة من بعض المصادر المتعددة مثل شبكة الصرف الصحي المتهالكة بالمدينة، وترعة المياه العذبة المتفرعة من ترعة الإسماعيلية والزراعة السنوية عن طريق الغمر بالمياه في شمال شرق المدينة، بالإضافة إلى ما تأتي به مياه الأمطار سنويا في فصل الشتاء عبر أوديتها من غرب وشمال غرب المدينة إلى البحر وقناة السويس، وتؤثر المياه الجوفية على استقرار أساس المنشآت الحضرية.

وذكر (Mahfouz, 1999) أن التحليل الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة السويس أظهر ارتفاعا في نسبة الأملاح في العديد من المواقع لهذا تحتاج جميع الأعمال الخرسانية الخاصة بالأساسات إلى استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات، بالإضافة إلى تحليل المياه الجوفية لأي موقع قبل عملية التنمية الحضرية للتحقق وتحديد خصائصها الكيميائية. وتعتبر المناطق الأقل ملاءمة للعمران التي يتراوح منسوبها بين 0-5 م، والمناطق ذات المنسوب بين 5-10م متوسطة الملاءمة، ويقصد بهما أراضي الحزام الساحلي، والمناطق الأكثر ملاءمة للعمران ما زاد منسوبها على ارتفاع 10 م (Arnous, 2011)، وقد يكون هذا العامل هو الذي أدى إلى تركيز العمران الأول بعد افتتاح قناة السويس بعيدا عن خط الساحل وعلى ارتفاع 17م، أما سبب تركيز الأملاح دون هذا المستوى فيرجع إلى استمرار الطغيان البحري لعشرات آلاف من السنين على اليابس وخلفت عملية انحساره بحيرات ساحلية جفت بعد ذلك وتركت المحتوي الملحي مختلط بالرواسب السطحية، لهذا ارتبطت الموانئ البحرية بالمنسوب المنخفض بالإضافة إلى الأنشطة الصناعية بمدينة السويس بعد الثورة الصناعية عام 1952 التي ارتبطت بالحزام الساحلي.

وتظهر عدسات رقيقة من الطين الغريني في قطاع تربة مدينة الصباح بحي فيصل بالأجزاء الشمالية والوسطى من مدينة السويس، وهذه التكوينات لها قدرة تحمل منخفضة عند الضغط العالي للمنشأة إذا ما اختلطت بماء (Abdel Tawab, et al. 1993)، أما الطين الصلب فيظهر في معظم مسطح المدينة وبالقرب من السطح ويتميز بسمكه الكبير وقدرته على التحمل والضغط، لذا يتطلب اهتماما خاصا من المهندسين الجيوتقنيين معرفة الخصائص الفيزيائية للتربة التي تلعب دوراً هاماً في إقامة المنشآت من حيث مؤشر اللدونة، ومحتوى المياه الطبيعية، والكثافة الجافة (Shendi, 2000) وإن كانت تقع تلك التكوينات فوق عدسات من الرواسب الغرينية القابلة للانتفاخ المسؤولة عن ميل المنشآت الحضرية أم لا، وأن

يكون نظام الصرف الصحي في المدينة تحت السيطرة والصيانة الدورية لمنع أي تسرب في المستقبل إلى هذه التكوينات، ومحاولة خفض مستوي الخزان الجوفي من خلال متابعته من الآبار.

وطبقت التقنية الحديثة على سطح المدينة لاستكشاف المناطق ذات الرطوبة السطحية المتأثرة بالمياه الجوفية بمدينة السويس كخطر يهدد المباني والمنشآت، وتم معالجة البيانات الرقمية لصور الأقمار الصناعية للمدينة ببرنامج Erdas Imagine من أجل إجراء عمليات التحليل اللازمة مثل أعمال التصحيح الهندسي والإرجاع الجغرافي Geometric Correction وعمليات التحسين Enhancement المختلفة على صورة القمر الصناعي الأوروبي Sentinel-2 للحصول علي تحديد واضح للمناطق السطحية الرطبة بالمدينة، وذلك بحساب القيم الاحتمالية للخلايا Pixels بتطبيق المعادلة الخاصة بها، وتصميم نموذج اعتمد علي أسلوب الـ Band Ratio للحصول علي مخرجات رقمية تحمل مؤشرات رطوبة التربة السطحية بالمنطقة Normalized Difference Water Index واستخدمت المعادلة التالية:

$$NDWI=(B08 - B11)/(B08 + B11) \text{ أو } NDWI= (NIR - MIR)/(NIR + MIR)$$

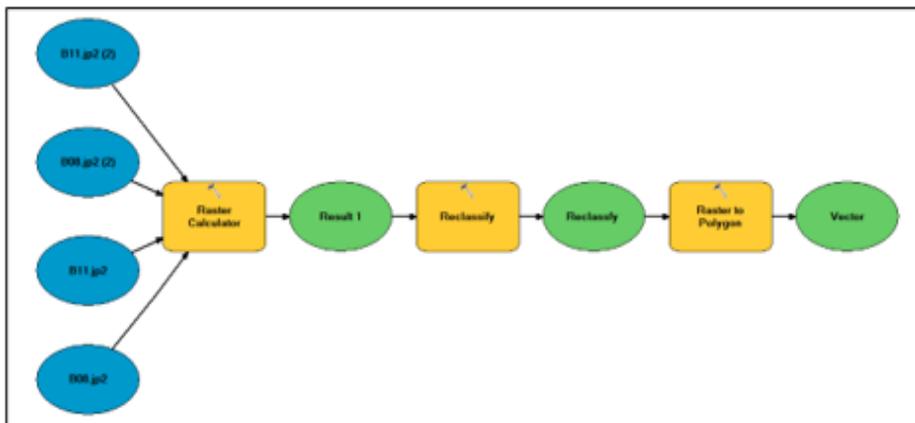
حيث إن:

NIR الأشعة الحرارية تحت الحمراء القريبة باند رقم (8)

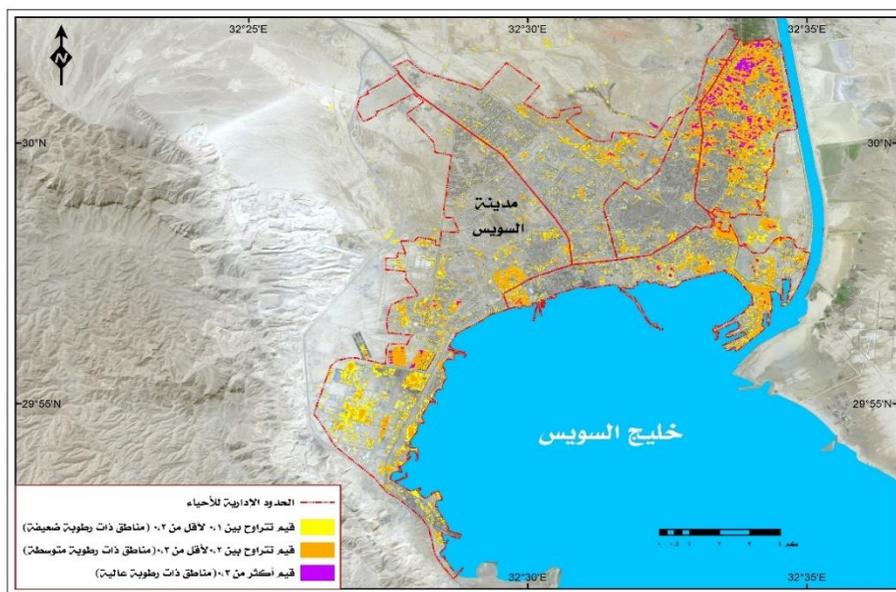
MIR الأشعة الحرارية تحت الحمراء المتوسطة باند رقم (11)

وصنفت نتائج المعادلة من خلال عملية إعادة التصنيف Reclassification أو ما يطلق عليها Supervised Classification بهدف تصنيف المحتوى الرقمي لفئات محددة

(شكل 28)، وبعد ذلك تم حساب نطاق التغطية لكل فئة ونسبتها من إجمالي المنطقة، ويمكن عرض التالي:



(شكل 28) آلية النمذجة المكانية لاستخراج المناطق الرطبة في منطقة الدراسة



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نتائج تحليل صورة القمر الصناعي Sentinel-2 باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

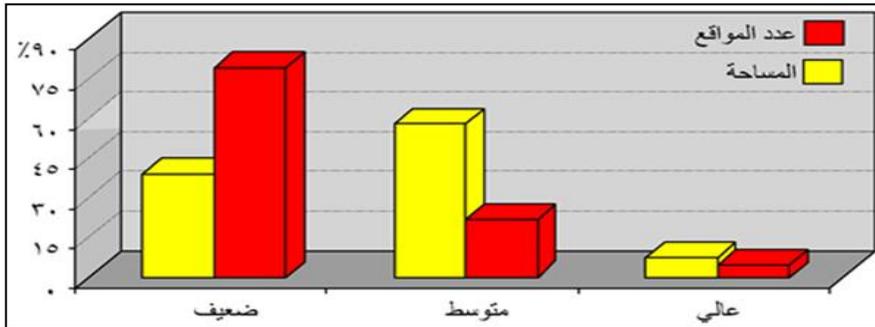
(شكل 29) توزيع رطوبة التربة السطحية بمدينة السويس

بلغت مساحات المناطق السطحية الرطبة بوجه عام في المدينة 21.4 كم<sup>2</sup> وتمثل نسبة 23.3% من إجمالي مساحتها (جدول 12)، وصنفت النتائج إلى ثلاث فئات ضعيفة ومتوسطة وعالية، وبلغت مساحات رطوبة الأرض الضعيفة 8.1 كم<sup>2</sup> بنسبة 37.8%، وتوزع على عدد من المواقع (8287 موقعا) بنسبة 76.6% من جملة المواقع الرطبة، وتشير هذه القيمة إلى كثرة انتشارها مع تقلص مساحتها (شكل 30)، أما فئة الرطوبة المتوسطة فكانت الأكبر من حيث المساحة وبلغت 11.7 كم<sup>2</sup> بنسبة 45.7% مع قلة عدد مواقعها (2052 موقعا) بنسبة 18.9%، أما فئة مساحة التربة عالية الرطوبة فبلغت 1.6 كم<sup>2</sup> بنسبة 7.5% مع عدد أقل من المواقع (484 موقعا).

(جدول 12) مساحات الرطوبة السطحية بمدينة السويس

| الفئة   | عدد المواقع | %    | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
|---------|-------------|------|-------------------------|------|
| ضعيف    | 8287        | 76.6 | 8.1                     | 37.8 |
| متوسط   | 2052        | 18.9 | 11.7                    | 45.7 |
| عالي    | 484         | 4.5  | 1.6                     | 7.5  |
| المجموع | 10823       | 100  | 21.4                    | 100  |

المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على شكل (29)



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على جدول (12)

(شكل 30) مواقع ومساحات الرطوبة السطحية

ويستنتج من بيانات (جدول 13) والأعمدة المرفقة عليه والذي يوضح توزيع المناطق الرطبة باختلاف فئاتها في أحياء المدينة، أن فئة الأراضي الرطبة الضعيفة تزيد وتتركز بحي عتاقة بعدد 2686 موقعا بنسبة 32.4% من إجمالي المواقع بالأحياء، وبمساحة 3.5 كم<sup>2</sup> بنسبة 43.2% من جملة مساحة الأراضي الرطبة، ومعظم تلك المواقع تتركز بميناء الأدبية، وربما يرجع هذا لنشاط خاص بالميناء، أما حي الأربعين فسجل أقل عدد من المواقع الرطبة الضعيفة (644 موقعا بنسبة 7.8%) وأقل مساحة (0.5 كم<sup>2</sup> بنسبة 6.2%). ويختلف الحال في الأراضي متوسطة الرطوبة حيث سجل حي الأربعين مساحة فاقت جميع الأحياء بلغت 3.9 كم<sup>2</sup> بنسبة 33.3%، وتلك المساحة تزيد قليلا عن ثلث مساحة الحي، وقد يرجع ذلك لقدمه وتهالك شبكة الصرف الصحي به، وكذلك قربه من ترعة المياه العذبة الموازية لامتداده بحي الجنائين، وتتوزع تلك المساحة على عدد قليل من المواقع متوسطة الرطوبة (163 موقعا بنسبة 7.6%)، وكثيرا ما تحدث به عمليات هبوط للتربة (صورة 3).

وسجل حي فيصل لبعده عن المسطحات المائية أقل الأحياء في مساحة الأراضي متوسطة الرطوبة (1.2 كم<sup>2</sup> بنسبة 10.3%) ومقسمة على 431 موقعا بنسبة 21.1%، وتأتي الفئة الأخيرة للأراضي عالية الرطوبة وتسود في حي الجنائين عن باقي الأحياء ويرجع ذلك لوجود ترعة السويس به وكذلك كثرة المساحات المزروعة، وسجل 330 موقعا بنسبة 68.2% من إجمالي عدد المواقع، بمساحة 1.2 كم<sup>2</sup> بنسبة 74%، وتتقارب باقي الأحياء في عدد المواقع والمساحة لهذه الفئة.

وتسبب المياه الجوفية المشبعة بالأملاح مجموعة من المشاكل للمنشآت الحضرية، حيث ترتفع في بنية المنشأة عن طريق الخاصة الشعرية ومع جفاف جو المدينة وارتفاع درجة الحرارة وانخفاض تشبع الهواء بالرطوبة النسبية تجف تلك المياه من حوائط المبني وتتبلور جزيئات الملح داخل مادة البناء مما يؤدي إلى إضعاف المادة اللاصقة بعد فترة من الزمن،

وتؤثر عملية التجوية الملحية ونمو بلورات الملح على واجهات المباني وطلاتها وجدرانها وتشققها وأكسدة حديد التسليح وانهيار أجزاء من المبني بعد فترة زمنية (صورة4)، وتشيع هذه الظاهرة في المباني القديمة خاصة بحي الأربعين، وهو عامل خطير طويل الأمد وقائم ونشط ويعمل على تقليل العمر الافتراضي للمنشأة.

(جدول 13) خصائص مناطق الرطوبة السطحية بأحياء المدينة

| مناطق ذات رطوبة ضعيفة) قيم تتراوح بين 0.1 لأقل من 0.2  |             |       |                         |      |
|--|-------------|-------|-------------------------|------|
| الحي   | عدد المواقع | %     | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
| الجنائين   | 1478        | 17.8  | 1.3                     | 16   |
| السويس   | 1904        | 23    | 1.6                     | 19.8 |
| الأربعين   | 644         | 7.8   | 0.5                     | 6.2  |
| فيصل   | 1575        | 19    | 1.2                     | 14.8 |
| عتاقة  | 2686        | 32.4  | 3.5                     | 43.2 |
| الإجمالي   | 8287        | 100   | 8.1                     | 100  |
| مناطق ذات رطوبة متوسطة) قيم تتراوح بين 0.2 لأقل من 0.3 |             |       |                         |      |
| الحي   | عدد المواقع | %     | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
| الجنائين   | 237         | 11.5  | 2.1                     | 17.9 |
| السويس   | 476         | 23.2  | 1.8                     | 15.4 |
| الأربعين   | 163         | 7.9   | 3.9                     | 33.3 |
| فيصل   | 431         | 21.1  | 1.2                     | 10.3 |
| عتاقة  | 745         | 36.3  | 2.7                     | 23.1 |
| الإجمالي   | 2052        | 171.1 | 11.7                    | 100  |
| مناطق ذات رطوبة عالية) قيم أكثر من 0.3                 |             |       |                         |      |
| الحي   | عدد المواقع | %     | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
| الجنائين   | 330         | 68.2  | 1.2                     | 74.9 |
| السويس   | 45          | 9.2   | 0.1                     | 6.6  |
| الأربعين   | 40          | 8.3   | 0.1                     | 6.5  |
| فيصل   | 30          | 6.2   | 0.1                     | 6.5  |
| عتاقة  | 39          | 8.1   | 0.1                     | 5.5  |
| الإجمالي   | 484         | 100   | 1.6                     | 100  |

المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على شكل (29)



(صورة 3) هبوط أرضي بحي الاربعين



(صورة 4) آثار الرطوبة في قواعد المنشآت بحي الاربعين

وتعمل أيضا المياه الجوفية على انتفاخ التربة الطينية عند الاختلاط بها مما يؤدي إلى اختلال في توازن المنشأة سواء بهبوطها من تحت الأساس أو برفعه كما حدث لمباني مدينة الصباح بحي فيصل حيث مالت بعض المنشآت بنحو 30 درجة بسبب نشاط العمليات

الجيومورفولوجية تحت السطحية كما ذكرنا من قبل، وأوضحت الدراسة الميدانية أن المياه الجوفية دائما قريبة من السطح في شرق حي فيصل وتظهر في الحفر الضحلة داخل الأحياء ويغلب عليها التملح (صورة5). ومن المعروف أن مياه البحر تتوغل في الرواسب الساحلية والقريبة من البحر وتساعد بواسطة الخاصية الشعرية وتتبخر تاركة الأملاح على السطح.



(صورة5) ارتفاع مستوى المياه الجوفية من السطح بمناطق متفرقة بالمدينة

### ج- أخطار المياه البحرية:

تمتاز مدينة السويس بسواحل طويلة تبدأ من شمال حي الجنان الذي يطل على الساحل الغربي لقناة السويس وتنتهي بساحل رأس الأدبية جنوبا على الخليج بطول 63.8 كم، بما فيها أطوال الأشكال الهندسية لحواجز الموانئ والمحطتان البخاريتان بحري السويس وعتاقة، ويشغل الحزام الساحلي على رأس الخليج الهياكل الحضرية السكنية والمعدنية للموانئ

ومستودعات البترول (صورة6) ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والصرف الصحي، ويبلغ طول واجهة حي الجنان والقسم الشرقي لحي السويس على ساحل القناة 17.2 كم، وامتداده شمالي جنوبي تقريبا، ثم يواصل حي السويس امتداده على ساحل رأس الخليج بطول 17.4 كم، واتجاهه شرقي غربي ويتقاسمه ميناء بور توفيق ومستودعات شركة البترول (ميناء الزيتيات) والمحطة البخارية بالحي، ثم ينحرف الساحل تجاه الجنوب الغربي حيث يدخل إداريا ضمن حي عتاقة، ويبدأ بساحل قرية الكابيتون السياحية، ثم الاتجاه الجنوبي لسواحل محطة توليد كهرباء عتاقة، ومحطة معالجة الصرف الصحي بالمدينة، ونادي الرياضات البحرية، والترسانة البحرية، وميناء الأتكة للصيد، وميناء الأدبية بإجمالي طول 29.2 كم.



(صورة6) الهياكل المعدنية بمستودعات البترول (ميناء الزيتيات)

وأوضحت الدراسة الميدانية وفحص المرئيات الفضائية لسنوات مختلفة أن أرض المدينة مرتفعة عن خط ساحل المدينة فيما يزيد عن 1م عند مستوى المد العالي (1.8م) في الكثير من أجزائه، وتتأثر مياه الخليج بالعوامل البحرية وخاصة ظاهرة المد والجزر فيتراوح المد العالي بين 1.1-1.8م، وارتفاع الأمواج به منخفضة وتصل إلى 0.3م وهي السائدة،

وقد تزيد إلى 0.5م وقت العواصف في فصل الشتاء، ويعزز من خطرها المد العالي (شلبي 2019)، فتدفع الرياح الأمواج إلى قواعد الكورنيش وتؤدي إلى انهياره كما حدث في يناير 2020 (صورة7). وتمثل الشواطئ الرملية أعلى مستوى المد بحي عتاقة فقط مقابل قرية الكابيتون والمحطة البخارية ومحطة معالجة الصرف الصحي ونادي الرياضات، أما باقي الشواطئ فتشغلها هياكل خرسانية أو ستائر حديدية أو حجرية (صورة8).

وتظهر الرواسب الرملية عند انحسار المياه وقت الجزر في بعض المناطق عن أرصفة الموانئ مثل خليج بور توفيق ومقابل سواحل محطات توليد الطاقة الكهربائية ومعالجة الصرف الصحي لما تلقيه من مياه عبر أنابيب بالخليج مما أدى إلى نشأة تيارات محلية جنحت إلى الإرساب بجوار الحواجز الخرسانية (صورة9). وعادة ما تشيد الهياكل الخرسانية المتعامدة على خط الساحل لتهدئة سرعة التيارات الشاطئية كما حدث بتشييد الرأس المتعامدة على الساحل بميناء الأدبية مطلع عام 2016 فنجت المياه إلى الإرساب (صورة10).



(صورة7) انهيار أجزاء من الكورنيش بحي السويس



(صورة 8) أشكال السواحل بمدينة السويس



المصدر/ المرئيات الفضائية

(صورة 9) رواسب تيارات مياه المحطة البخارية والصرف الصحي



المصدر/ المرئيات الفضائية

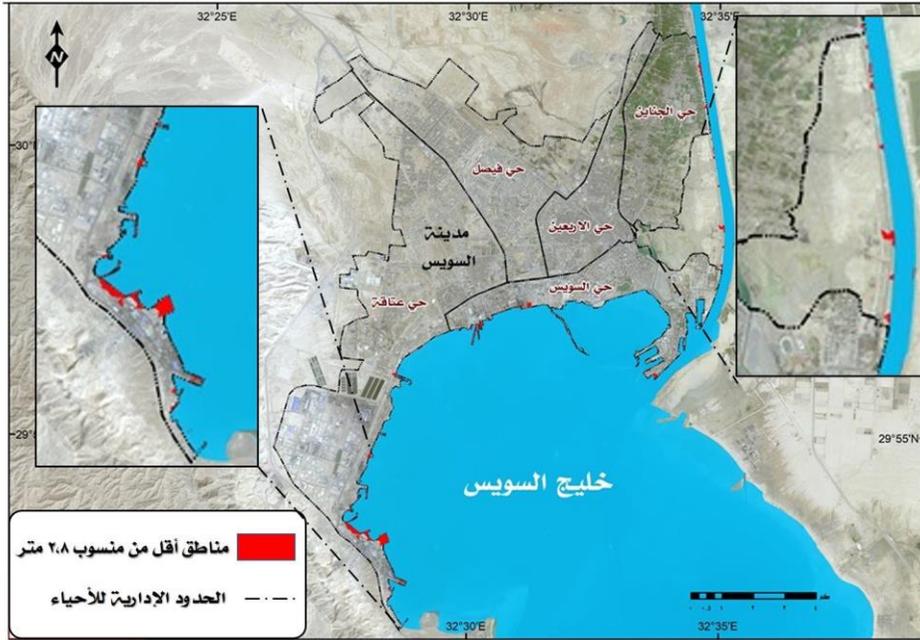
### (صورة 10) الهياكل الخرسانية المتعامدة والإرساب بميناء الأدبية

وأشارت أبحاث التغيرات المناخية أن هناك تسارع في ارتفاع مستوى البحر العالمي في الآونة الأخيرة مما يهدد بغرق السواحل المنخفضة عامة، وأن مستوى سطح البحر سيبلغ ارتفاعه نحو 1م فوق مستواه الحالي في عام 2100 في حالة ثبات تلك الظروف (شلابي 2019)، لهذا طبقت النمذجة المكانية على شاطئ مدينة السويس عند ارتفاع المد العالي 1.8م، بغية التعرف مدى تأثير سواحلها بارتفاع المياه البحرية عند المستوى المحتمل، ولوحظ أن هناك جيوب بحرية متقطعة ستكتنف الشاطئ سواء من شاطئ القناة أو الخليج بالأحياء الثلاثة المطلة عليها (جدول 14)، وبلغ عدد المواقع التي ستتأثر بالغرق 132موقعا، وقدرت المساحة التي ستضر ساحل حي السويس 946.7 ألف م<sup>2</sup> بنسبة 47.7%، واستحوذ حي الجنان بالنصيب الأكبر بنسبة 49.3% رغم قلة مواقعه، ويرجع ذلك لانخفاض سطح أرضه بطول ساحل القناة والتي كانت تمثل سبخات في الماضي، والمساحات المحسوبة صغيرة بساحل المدينة يمكن تداركها تباعا، وتعد المدينة آمنة من هذا الخطر إذا ما طبقت التدابير اللازمة أولا بأول.

(جدول 14) المواقع والمساحات المهددة بالغرق عام 2100

| اسم الحي  | عدد المواقع | %    | بالألف م <sup>2</sup> | %    |
|-----------|-------------|------|-----------------------|------|
| حي الجنين | 10          | 7.6  | 466.6                 | 49.3 |
| حي السويس | 63          | 47.7 | 185.9                 | 19.6 |
| حي عتاقة  | 59          | 44.7 | 294.2                 | 31.1 |
| الجملة    | 132         | 100  | 946.7                 | 100  |

المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نتائج تحليل صورة القمر الصناعي Sentinel-2 باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.



المصدر: من حساب الباحث بالاعتماد على نتائج تحليل صورة القمر الصناعي Sentinel-2

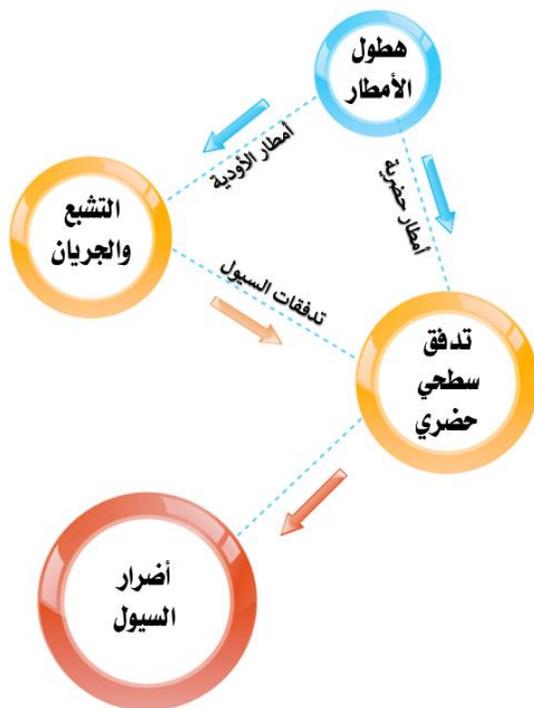
باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

(شكل 31) المساحات المهددة بالغمر عام 2100

## د - أخطار الجريان السيلي بمدينة السويس

ينجم عن الهطول المطري المركز على منطقة الدراسة جريان سيلي بالمدينة وحوضي بالأودية المنتهية إليها، مما قد يسبب ضررا بالغا من المستحيل درؤه أو منعه، ولكن يمكن التحكم فيه أو ضبطه لتقليل أثره (شكل 31)، وذلك من خلال إنشاء قاعدة معلومات مكانية لأحواض الأودية المنتهية إلى عمران مدينة السويس والطرق المرتبطة بها ورسم مجموعة الخرائط الخاصة بها وتحليلها باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد وبرامج نظم المعلومات الجغرافية، ويتم محاكاة خصائص الجريان السيلي بواسطة أدوات النمذجة وذلك لتصميم معيار معين للتعامل مع ديناميكا الجريان داخل المنطقة الحضرية لتخفيف أخطارها على عمران المدينة ووضع حلول متكاملة لمعالجتها بطريقة فعالة وتشمل الحلول مخزرات للسيول تنتهي بالساحل، وعمل تخطيط مكاني لمياه سيول الأودية وما تجرفه من رواسب طينية للاستفادة القصوى منها والحد من أخطارها. وإذا كانت السيول تمثل خطرا يسبب مجموعة من الخسائر في البيئة الحضرية يمكن تحويلها إلى مجموعة من المكاسب بحجز تلك المياه أمام مجموعة من السدود والاستفادة منها في إنشاء غابة شجرية تحقق مآرب اقتصادي على المدى الطويل.

إن ترك عملية الجريان السيلي دون تخطيط يعمل على غمر شوارع المدينة وفيضان في شبكة الصرف الصحي والتي عادة ما يكون تصميمها أقل بكثير من استيعابها لمياه السيول، وتعتمد دراسة خطر الجريان السيلي في المناطق الحضرية على الخصائص الهندسية للبيئة والجريان بشوارع المدينة والأودية، ويمكن عرضها كالتالي:



المصدر/ من عمل الباحث

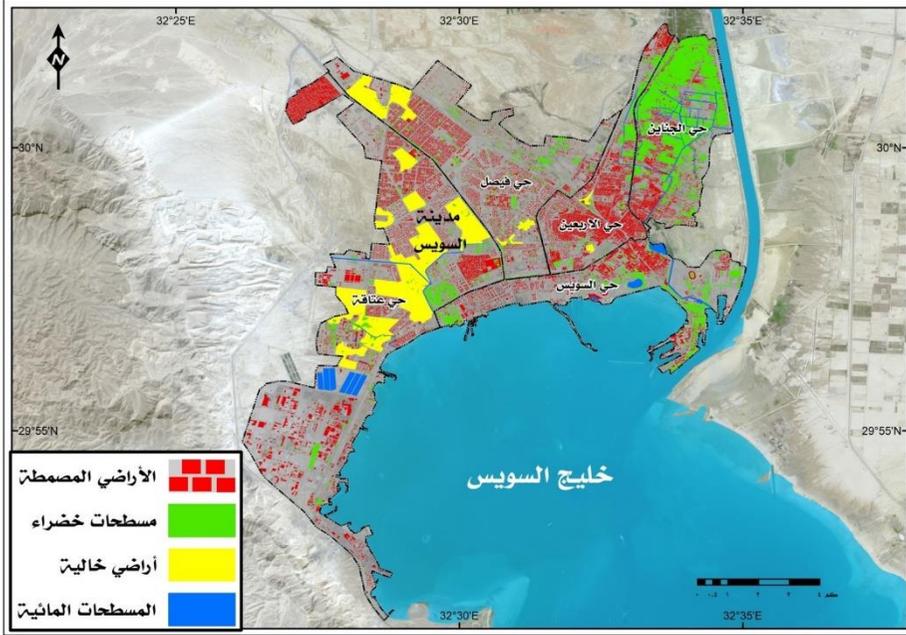
(شكل 31) نموذج لمركب الجريان السيلي

## الخصائص الهندسية للبيئة والجريان السيلي

أولاً: أ- البيئة الحضرية:

ساعد التطور في دقة التميز المكاني لبيانات الأقمار الصناعية ذات دقة الوضوح العالية في استخلاص العمران الفعلي بالمدينة بجميع أنماطه بناء على التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد متمثلاً في استخدام صورة القمر الصناعي Sentinel-2 لمدينة السويس ملتقطة عام 2020م ونظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS, v 10.8)، وتقدير مساحة السطوح المتنوعة بشكل أكثر تفصيلاً، وتمييز أنواع الغطاءات الأرضية، وحساب مساحاتها ومعرفة نسبة ما تغطيه تلك الأسطح من مساحة المدينة وأثرها على عملية الجريان السيلي

الذي يؤثر على النواحي العمرانية (شكل 32)، وتنقسم الغطاءات الأرضية بمدينة السويس إلى عدة غطاءات كالتالي:



المصدر: بالاعتماد على نتائج الدراسة الميدانية وقاعدة البيانات التفصيلية لمدينة السويس.

(شكل 32) الغطاءات الأرضية في مدينة السويس

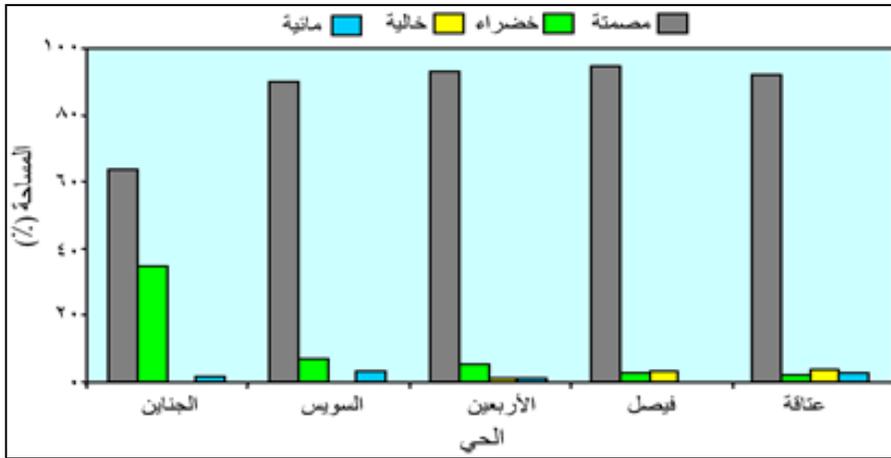
### - الغطاءات الأرضية

- الأراضى المصمطّة: تشمل البيئة غير الطبيعية التي غيرها الإنسان من تربة طبيعية إلى تربة اصطناعية (المباني، الشوارع، المواقف، الميادين، الجسور، الكباري، الموانئ... إلخ)، وتبلغ مساحتها 81.3 كم<sup>2</sup> بنسبة 88.6% من إجمالي مساحة المدينة (جدول 15)، وتتفاوت مساحتها فيما بين الأحياء فتزيد نسبتها في حي فيصل إلى 94.5% من إجمالي مساحته، وتقل في حي الجنان إلى 63.5% (شكل 33).

(جدول 15) استخدام الأراضي بمدينة السويس بالكم<sup>2</sup> 2020

| عقاقة |         | فيصل |         | الأربعين |         | السويس |         | الجنان |         | الأحياء   |
|-------|---------|------|---------|----------|---------|--------|---------|--------|---------|-----------|
| %     | المساحة | %    | المساحة | %        | المساحة | %      | المساحة | %      | المساحة | الاستخدام |
| 92.2  | 34.6    | 94.5 | 18.9    | 92.9     | 9.1     | 89.9   | 10.7    | 63.5   | 8.0     | مصمتة     |
| 1.9   | 0.7     | 2.5  | 0.5     | 5.1      | 0.5     | 6.7    | 0.8     | 34.9   | 4.4     | خضراء     |
| 3.5   | 1.3     | 3    | 0.6     | 1        | 0.1     | -      | -       | -      | -       | خالية     |
| 2.4   | 0.9     | -    | -       | 1        | 0.1     | 3.4    | 0.4     | 1.6    | 0.2     | مائية     |
| 100   | 37.5    | 100  | 19.9    | 100      | 9.8     | 100    | 11.9    | 100    | 12.6    | المجموع   |

المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل قاعدة البيانات التفصيلية لمدينة السويس، هيئة التخطيط العمراني.



(شكل 33) استعمالات الأراضي بمدينة السويس

- المساحات الخضراء: استخلصت المناطق الخضراء Normalized Difference Vegetation Index من مدينة السويس بالمعادلة التالية:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \text{ أو } NDVI = (B08 - B4) / (B08 + B4)$$

حيث إن:

NIR = الباند 8 (الأشعة الحرارية تحت الحمراء القريبة).

R = الباند 4 (الضوء المرئي الأحمر).

وصنف ناتج المعادلة السابقة من خلال عملية إعادة التصنيف Reclassification أو ما يطلق عليها Supervised Classification بهدف تصنيف المحتوى الرقمي لفئات محددة، وتم حساب نطاق التغطية لكل فئة ونسبتها من إجمالي المنطقة.

وتشمل الأراضي المزروعة والحدائق والمتنزهات العامة وأراضي الملاعب... إلخ)، وبلغت المساحات الخضراء بمسطح المدينة 6.8 كم<sup>2</sup> بنسبة 7.5% من إجمالي مساحتها، وسجل حي الجنان أعلى مساحة (4.36 كم<sup>2</sup>) بنسبة 34.9% من مساحته، ويرجع ذلك إلى كثرة أراضيه المنزرعة وحدائقه، أما أدنى مساحة (0.5 كم<sup>2</sup>) فسجلت في حي فيصل بنسبة 2.5%.

• **الأراضي الخالية:** تشمل البيئة الطبيعية للتربة التي لم يتدخل فيها الإنسان، وهي متخللات داخل الكتلة السكنية غير مستخدمة ويغلب على سطحها التملح وليست مسطحة وتظهر بها آثار لروافد نهريّة ضحلة، وتتمثل في ثلاثة أحياء فقط، وتكثر في حي عتاقة بمساحة 1.3 كم<sup>2</sup> بنسبة 3.5% من إجمالي مساحته، يليه حي فيصل بمساحة 0.6 كم<sup>2</sup> بنسبة 3%، ويأتي حي الأربعين في المرتبة الأخيرة بمساحة 0.1 كم<sup>2</sup> بنسبة 1%.

• **المسطحات المائية:** يختص بها حي الجنان بمسطحات المياه العذبة (ترعة السويس) وتشغل مساحة 0.2 كم<sup>2</sup> بنسبة 1.6%، ويختص بتلك الصفة أيضا شمال حي الأربعين المنزرع بمساحة صغيرة (0.1 كم<sup>2</sup>) بنسبة 1%، أما مسطحات المياه المالحة فيختص بها حي السويس ببحيرتين أحدهما مغلقة وقريبة من الساحل في غرب ميناء بور توفيق والأخرى في شمال شرقه ومتصلة بقناة اصطناعية من حوض الدرس بمدخل القناة، وتشغلا مساحة 0.4 كم<sup>2</sup> بنسبة 3.4% من إجمالي مساحته، وتزيد مساحة المسطحات المائية



الاصطناعية في حي عتاقة وتبلغ مساحتها  $0.9 \text{ كم}^2$  بنسبة 2.4%، وتقسم إلى مسطح القناة المبطن لتصريف مياه السيول غرب حي السويس، وقناة صرف لمياه الصرف الصحي المعالج إلى الخليج، وأحواض المعالجة لمياه الصرف الصحي للمدينة.

### • الهياكل الحضرية:

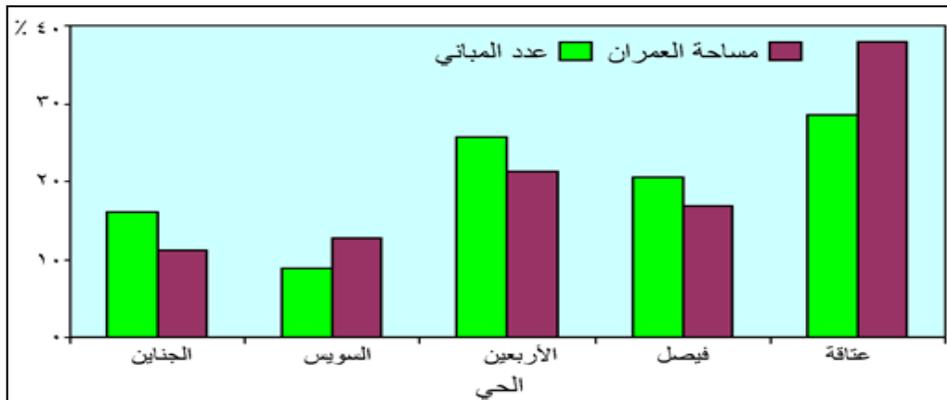
تختص الهياكل الحضرية بالأراضي المصمتة وبلغت مساحتها الحضرية بجميع أنماطها  $13.1 \text{ كم}^2$  بنسبة 14.3% من مساحة المدينة ( $91.7 \text{ كم}^2$ ) لعام 2020 (جدول 16)، وبلغت الكثافة العامة لها  $0.14 \text{ كم}^2/\text{كم}^2$ ، وبلغ عدد هياكل عمرانها 36808 هيكلًا بكثافة  $401.4$  هيكل/كم<sup>2</sup>، وموزعة على خمسة أحياء ليست بالتساوي، وتتفاوت مساحتها وأعدادها فيما بين الأحياء، ولوحظ أن حي عتاقة يمثل أكبر مساحة عمرانية ( $4.97 \text{ كم}^2$ ) بنسبة 38% من إجمالي مساحة عمران المدينة، وتمثل تلك المساحة 13.2% من إجمالي مساحة الحي، بكثافة محلية  $0.13 \text{ كم}^2/\text{كم}^2$ ، وهي أقل من الكثافة العامة للمساحة، وبلغ عدد هياكله العمرانية 10580 هيكلًا بنسبة 28.7% من إجمالي هياكل المدينة، بكثافة محلية  $282.1$  هيكل/كم<sup>2</sup> وهي أقل من الكثافة العامة للهياكل، لاتساع مساحته وزيادة التباعد بين أبنيته، يليه في المرتبة الثانية حي الأربعين بمساحة  $2.8 \text{ كم}^2$  بنسبة 21.4% من الإجمالي العام بنسبة 28.6% من مساحة الحي، بكثافة محلية  $0.29 \text{ كم}^2/\text{كم}^2$  وتلك القيمة تزيد عن أكثر من الضعفين للكثافة العامة للمساحة، وبلغ عدد هياكله 9513 هيكلًا بنسبة 25.8% من هياكل المدينة، بكثافة محلية  $970.7$  هيكل/كم<sup>2</sup> وأيضًا تلك القيمة تزيد عن أكثر من الضعفين للكثافة العامة للهياكل العمرانية (شكل 34)، ويرجع ذلك لقدمه وعشوائية أبنيته وقلة تباعدها، ثم يأتي حي فيصل في المرتبة الثالثة بكثافة محلية أقل من الكثافة العامة سواء في عدد هياكله ( $380.4$  هيكل/كم<sup>2</sup>) أو مساحتها ( $0.11 \text{ كم}^2/\text{كم}^2$ )، أما حي السويس فنظرًا لشغله بمينائي بور توفيق والزيتيات والمحطة البخارية لطبيعته الساحلية ووجود قليل من العمران في ظهوره فكانت

كثافته المحلية في عدد هياكله العمرانية قليلة (272.6 هيكلا/كم<sup>2</sup>)، وشغلت مساحة بلغت كثافتها قيمة الكثافة العامة (0.14 كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>) لاتساع مساحة هياكلها نظرا لطبيعة الاستخدام، ويتضاد معه حي الجنانين بزيادة كثافته المحلية في هياكله (468.4 هيكلا/كم<sup>2</sup>) عن الكثافة العامة، وبمساحة أقل في كثافته المحلية (0.12 كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>) من الكثافة العامة ويرجع ذلك لانتشار الأبنية الخاصة للأفراد.

(جدول 16) خصائص العمران بالأحياء (2020)

| الحي        | مساحة الحي كم <sup>2</sup> | عدد المباني | %    | الكثافة عدد/كم <sup>2</sup> | مساحة العمران كم <sup>2</sup> | %    | الكثافة كم <sup>2</sup> /كم <sup>2</sup> |
|-------------|----------------------------|-------------|------|-----------------------------|-------------------------------|------|--|
| حي الجنانين | 12.6                       | 5902        | 16.1 | 468.4                       | 1.45                          | 11.1 | 0.12                                     |
| حي السويس   | 11.9                       | 3244        | 8.8  | 272.6                       | 1.66                          | 12.7 | 0.14                                     |
| حي الاربعين | 9.8                        | 9513        | 25.8 | 970.7                       | 2.80                          | 21.4 | 0.29                                     |
| حي فيصل     | 19.9                       | 7569        | 20.6 | 380.4                       | 2.22                          | 16.9 | 0.11                                     |
| حي عتاقة    | 37.5                       | 10580       | 28.7 | 282.1                       | 4.97                          | 38.0 | 0.13                                     |
| الإجمالي    | 91.7                       | 36808       | 100  | 401.4                       | 13.1                          | 100  | 0.14                                     |

المصدر: بالاعتماد على تحليل قاعدة البيانات الجغرافية التفصيلية لمدينة السويس، هيئة التخطيط العمراني.

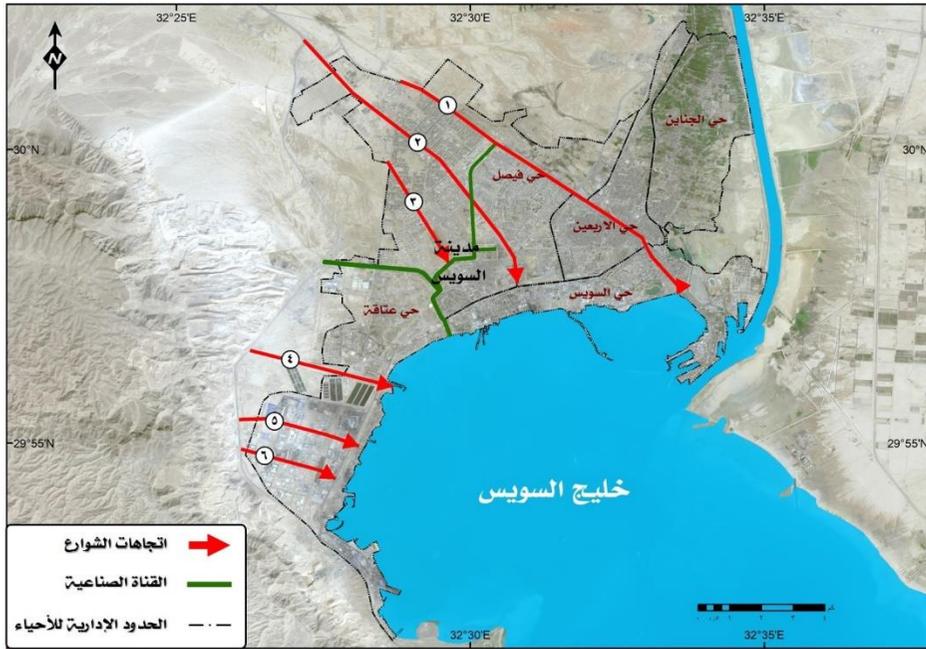


(شكل 34) النسبة المئوية للهياكل الهندسية ومساحتها بالأحياء



## - اتجاهات الشوارع:

تأخذ اتجاهات الشوارع الرئيسية الاتجاه العام لانحدار الأرض تجاه الخليج والقناة ومعظمها لا يصل إلى خط الساحل وإنما تعترضه الهياكل الحضرية بشكل متعامد عليها، ومتوسط عرضها 50م، وتختلف في أطوالها طبقاً لامتدادها داخل المدينة، ومن خلال شكل (35) لوحظ أن الاتجاه الأول يتمثل في شارع 23 يوليو الذي يمثل الحد الشرقي لحي فيصل ويخترق الكتلة السكنية بحي الأربعين، ثم يواصل امتداده في حي السويس ويقرب من خط الساحل ويسير موازياً للساحل بحوض المدرس، وبه بعض الانحناءات البسيطة، ويبلغ طوله 11.5 كم، وينحدر من ارتفاع 38م وينتهي بارتفاع 6م بمعدل انحدار 2.8م/كم. والاتجاه الثاني هو شارع السويس الفاصل بين حي فيصل شرقاً وحي عتاقة غرباً وبلغ طوله 9.8 كم، وينحدر من ارتفاع 55م وينتهي بارتفاع 6م، بمعدل انحدار 5م/كم، وبه بعض الانحناءات الخفيفة، لكنه لا يصل إلى الساحل، ويتعامد على شارع صلاح نسيم ويوجد بنهايته الجنوبية حديقة عامة، وجنوبها منشآت مستودعات شركة البترول والمحطة البخارية التابعة لحي السويس. والاتجاه الثالث هو شارع الأنابيب داخل حي عتاقة وهو مستقيم وطوله 3.6 كم، وينحدر من ارتفاع 29م وينتهي بارتفاع 11م، بمعدل انحدار 5م/كم، ويلتقي بقناة صناعية أنشئت لغرض تصريف مياه الأمطار بحي عتاقة واستقبال مياه السيول الآتية من حوض وادي رقم 3 (وادي العسال) الذي ينتهي بحي عتاقة وبعض روافد الأودية الأخرى، وتبدأ القناة الاصطناعية من الساحل غرب المحطة البخارية بإجمالي طول يزيد على 7 كم، وتتفرع إلى فرعين شرقي وغربي بعد 1.6 كم من المصب، وهي مبطنة وعمقها 2م وعرضها 15م.



المصدر: بالاعتماد على نتائج الدراسة الميدانية وقاعدة البيانات التفصيلية لمدينة السويس.

### (شكل 35) اتجاهات الشوارع الرئيسية بمدينة السويس

أما الشوارع الثلاثة الباقية فمتعامدة على خط الساحل ظهير ميناء الأتكة للصيد، وأطولها يزيد قليلا على 4 كم وهو الاتجاه الرابع ويطلق عليه شارع محطة معالجة الصرف الذي يفصل بين المحطة وميناء الأتكة للصيد وينتهي إلى خط الساحل، وينحدر من ارتفاع 67 م وينتهي بارتفاع 2 م بمعدل انحدار 16 م/كم، أما الشارع الخامس (خاص بالشركات) فيبلغ طوله 3.4 كم وينحدر من ارتفاع 90 م وينتهي بارتفاع 7 م بمعدل انحدار 24 م/كم، والشارع الأخير (خاص بالشركات) بلغ طوله 2.8 م وينحدر من ارتفاع 72 م وينتهي عند ارتفاع 11 م بمعدل انحدار 21.7 م/كم، والشارعان الأخيران تعترض نهايتهما الهياكل العمرانية بميناء الأتكة للصيد.



## - شبكة الصرف الصحي:

تم تصميم البنية التحتية لشبكة الصرف الصحي للمدينة من قبل المهندسين الممارسين على افتراض أن المناخ ثابت، وأن مياه الأمطار التي تصيب المدينة سنويا قليلة، ولم يتم تصمم البنية التحتية لاستيعاب التساقط المطري الفجائي بالمدينة، وكذلك السيول الواردة إليها من ظهيرها، وكان من المفروض الرجوع للبيانات التاريخية للمناخ، والتعرف على تقديرات الهطول المطري الشاذ الذي أصاب المدينة والفواصل الزمني للتكرار ومدة هطول الأمطار وذروة تدفقه من الأودية، وذلك لتصميم مجموعة من المعايير المختلفة في شبكة الصرف لتستوعب مياه المطر بناء على الكميات المسجلة لفترة طويلة ولتخدم الجريان السيلي الآتي من الأودية، لأنه تم القضاء على المجاري الرئيسية لمصببات الأودية بانتشار العمران، ولم تترك مجاريها الرئيسية تعمل وقت الجريان السيلي المكثف، لهذا صممت شبكة الصرف لاحتياجات المدينة وليس للأثر المتوقع لزيادة كثافة هطول الأمطار في بعض السنوات. ويمكن عرض خصائص شبكة الصرف الصحي بالمدينة على النحو التالي:

صممت شبكة الصرف الصحي كبنية تحتية بأقطار مختلفة لصرف المخلفات بالمدينة، وأكبرها اتساعا الخط الرئيسي الذي يجمع صرف الأحياء بطول 78.1 كم وقطره 2م (شكل 36) بسعة 245 ألف م<sup>3</sup> (الصرف الصحي بمحافظة السويس)، ويمثل الطاقة القصوى لمحطة المعالجة في اليوم، ويلتقي الخط الرئيسي في عدة عقد ترفع منها مياه الصرف على مراحل وتنتهي بمحطة المعالجة الرئيسية في غرب المدينة بحي عتاقة، ثم تصرف المياه المعالجة إلى الخليج شمال ميناء الصيد بقناة طولها 1.5 كم تقريبا.



المصدر: بالاعتماد علي بيانات شبكة الصرف الصحي، محافظة السويس.

(شكل 36) شبكة الصرف الصحي الرئيسي بالسويس

## ب- خصائص الجريان بالمدينة

أدي تغير المناخ في العقود الأخيرة إلى هطول أمطار أكثر شدة على المنطقة الحضرية بالسويس كما هو مسجل تاريخياً، بالإضافة إلى أحواض الأودية التي تنتهي إليها والتي قد ينشأ عنها جريان سيالي طميي تجاه المدينة عندما يتجاوز معدل المياه المتساقطة على الأحواض معدل التبخر والتسرب إلى الأرض، وعادة ما تتجاوز هذه الكمية من المياه بجملتها الحضرية والحوضية قدرة شبكات الصرف الصحي بالمدينة، مما يؤدي إلى تراكمها وتسبب أضراراً شديدة وتعطيلاً لأنظمة البنية التحتية الحضرية بالمدينة، وعادة ما ترتبط غزارة الأمطار بخصائص المطر الصحراوي التي تحدث بشكل متباعد زمنياً وتتطوي على تصريفات عالية، لهذا يزداد الخطر على أحياء المناطق الحضرية الساحلية.



## - الجريان السطحي بمدينة السويس

إن توقع الجريان السيلي كمشكلة قبل حدوثها يسمح للمسؤولين بتحذير الناس وتوعيتهم بالخطر، وإعدادهم مسبقاً واتخاذ الاحتياطات والتدابير اللازمة المطلوبة تجاهه، حتى يتم التخلص من مياه الجريان السيلي وليس الحفاظ عليه، وحساب الهيدرولوجيا الحضرية أصعب من حساب هيدرولوجيا الأودية لتعقد النسيج الحضري بسبب تنوع الأسطح بداخله (Limin, et al. 2003)، وعادة ما تكون النمذجة الهيدرولوجية الحضرية عبارة عن اقتران بين نموذج هيدرولوجي سطحي ونموذج هيدرولوجي تحت سطحي خاص بشبكة الصرف الصحي، وأشارت سجلات البيانات المناخية أن هناك شذوذاً في الهطول المطري لفترة زمنية قصيرة لليوم الواحد منذ عام 1939 وحتى عام 2015 (جدول 18) وعلى فترات زمنية متباعدة على مدينة السويس، واستخلصت من البيانات المرصودة القيم التي تزيد عن 9م في اليوم الواحد، وبلغ عددها ثماني حالات تساقط وتراوح قيمها بين 9.2م بتاريخ 12/أبريل/1976 و46.9م بتاريخ 2/فبراير/1966، والقيمة الأخيرة تعد من القيم الشاذة جداً.

ويمكن تقسيم تلك القيم إلى فئات: الفئة الأولى أقل من 20م وتضم أربع تكرارات وتتراوح قيمها بين 9.2-16.3م وتكررت على مدار 40 عاماً، والفئة الثانية من 20-40م وتضم ثلاث تكرارات، وتتراوح قيمها بين 22-32.3م، وتكررت على مدار 51 عاماً، والفئة الأخيرة أكثر من 40م وتضم تكراراً واحداً حدث 2/فبراير/1966 ولم يحدث له تكرار منذ 54 عاماً وهو الأشد.

وقدرت القيم المرصودة في صورة أحجام بالأمتار المكعبة الساقطة على سطح المدينة الحالي، وخصمت منها الكمية المفقودة بالتبخر على مدار 24 ساعة والذي يصل متوسطه في فصل الشتاء إلى 8م/يوم، حيث إن الجريان السيلي داخل النطاق الحضري سيقابله الكثير من المعوقات ولن يكون على طبيعته بسبب الهياكل العمرانية مما يزيد من

عملية الفقد بالتبخر. وقد صنفت النتائج إلى أربع فئات: الفئة الأولى منخفضة وقيمتها أقل من مليون م<sup>3</sup> وتمثل أربع حالات، والفئة الثانية متوسطة وقيمتها أقل من 2 مليون م<sup>3</sup> وتمثل حالتان، والفئة الثالثة عالية وقيمتها أقل من 3 مليون م<sup>3</sup> وتمثل حالة واحدة، والفئة الرابعة عالية جدا وقيمتها أكثر من 3 مليون م<sup>3</sup> وتمثل حالة واحدة أيضا.

(جدول 18) أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد

| التاريخ         | القيمة مم | بالأف م <sup>3</sup> | الفئة    |
|-----------------|-----------|----------------------|----------|
| 11/ نوفمبر/1939 | 32.3      | 2228.3               | عالي     |
| 2/ فبراير/1966  | 46.9      | 3567.1               | عالي جدا |
| 15/ مايو/1967   | 22.0      | 1283.8               | متوسط    |
| 12/ ابريل/1976  | 9.2       | 110.0                | منخفض    |
| 22/ مارس/1985   | 16.3      | 761.1                | منخفض    |
| 26/ يناير/1990  | 22.0      | 1283.8               | متوسط    |
| 29/ سبتمبر/2016 | 14.0      | 550.2                | منخفض    |
| 30/ سبتمبر/2016 | 13.4      | 495.2                | منخفض    |

الهيئة العامة للأرصاد الجوية بيانات غير منشورة في الفترة 1939-2016م

ويستنتج من ذلك أن كميات الأمطار المسجلة تاريخيا لو أصابت المدينة في يوم ما سيكون حجمها بهذا القدر، وصحيح أن الأمطار إذا ما سقطت لا يحدث لها تسرب في الأراضي المصمتة (الأسفلت وأسطح المباني) حيث تشير قيمة المنحني (CN) للجريان 98 (USDA, 1986)، وما سيفقد منها سيكون بالتبخر ويرجع ذلك لموقع المدينة بالإقليم الجاف وانخفاض الرطوبة النسبية في هوائها، أو بالتسرب من خلال مسام التربة في الأراضي الفضاء الخالية من البناء (2كم<sup>2</sup>) والأراضي الزراعية والحدائق (6.9كم<sup>2</sup>)، أو ما يتخلف بالمناطق المنخفضة كبرك مؤقتة بالشوارع (صورة 11)، أو ما يتسرب إلى شبكة الصرف الصحي، ويحدث للجزء المتبقي جريان سيالي حضري من أعالي المدينة التي تنحدر من ارتفاع 60م

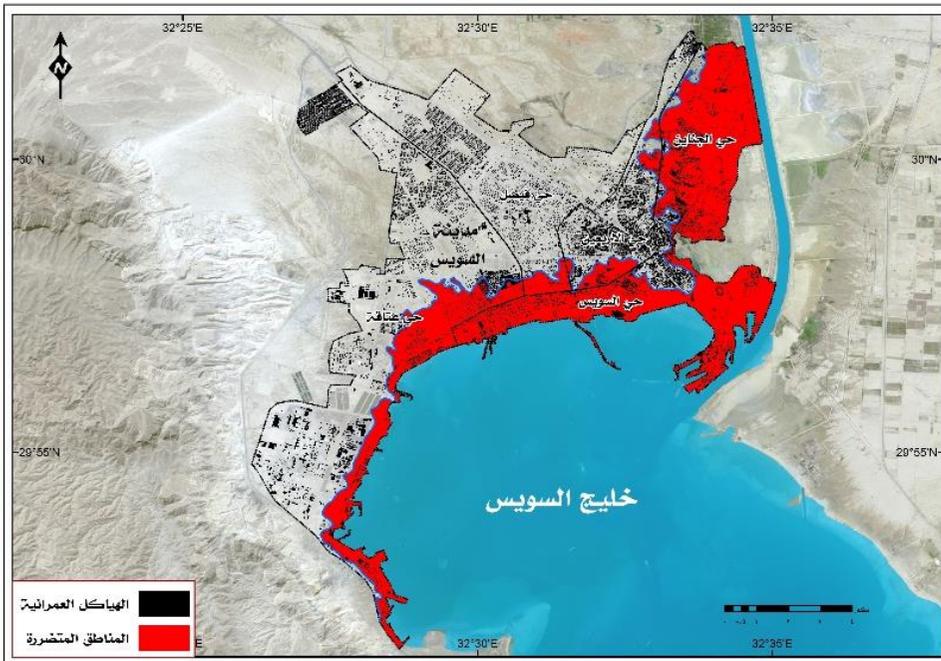
تجاه موضع الأحياء الخاصة بالحزام الساحلي (قناة السويس والخليج) حيث تستقبل جميع الجريان السطحي من الاتجاهات المختلفة، ويعمل الانحدار على زيادة سرعة تدفق الجريان على سطحها نحو المناطق المنخفضة بسبب الأسطح المصمتة، ومع تزايد الجريان تظهر المشاكل في المناطق العمرانية شديدة الكثافة التي يمر بها مثل حي الأربعين وأجزاء من حي السويس (صورة 11) وجنوب حي الجنائين. وأثر الفئتان الضعيفة والمتوسطة لمياه الأمطار المحسوبة محدود ومؤقت على أنظمة البيئة العمرانية لمناطق الحزام الساحلي.



(صورة 11) تراكم مياه الامطار بحي السويس بشتاء 2020

أما قيم الفئتان الشديدة والشديدة جدا فتأثيرهما بلا شك سيكون عظيم الضرر، ويتضرر حي الأربعين ضررا مؤقتا لأنه من الأحياء القديمة التي لم يخطط لها مسبقاً، ولم تراخ فيه اشتراطات البناء المخطط الذي يتبع القواعد الحديثة، فكثر فيه العشوائيات والأزقة الضيقة والكثافة العالية في الهياكل الحضرية وانخفاض نسبة التباعد، وعدم اتجاه شوارعه مع الانحدار العام، وأغلقت فيه الفراغات بين الوحدات السكنية كالحدايق العامة، والمكان قابل للاختناق باعتباره النواة التي نمت حوله المدينة، وستمر منه المياه القادمة من الشمال والغرب وستتصرف مياهه تجاه حي الجنائين وحي السويس، والضرر الأكبر سيكون لكل من حي السويس وحي الجنائين والحزام الساحلي من حي عتاقة لأنهما يستقبلن المياه الساقطة ومياه الجريان القادمة من أعالي المدينة، ويرجع ذلك لانخفاض المنسوب بطول القناة ورأس الخليج

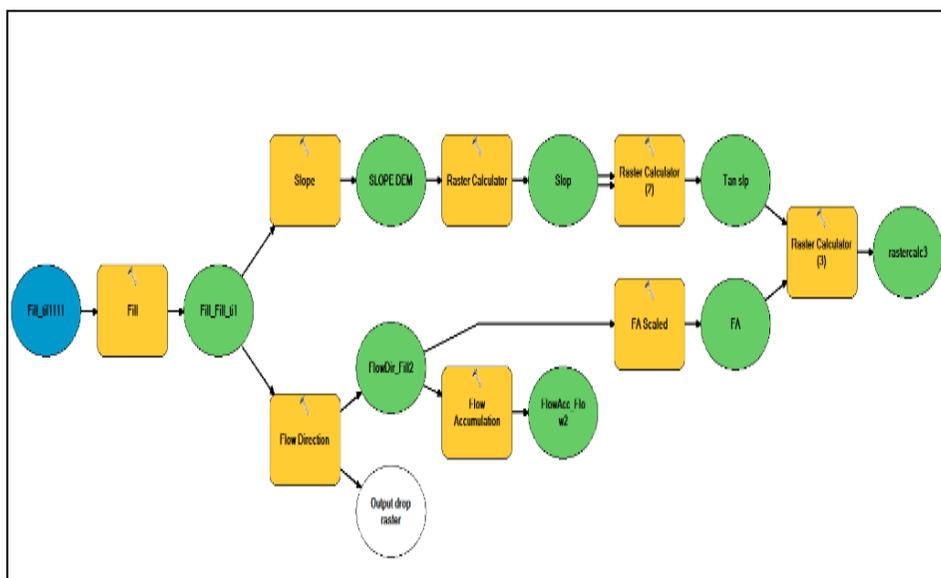
(شكل 37)، بالإضافة إلى أن بعض الهياكل العمرانية تعترض الطريق على سير مياه الجريان نحو الخليج، ولن تتأثر أطراف المدينة بضرر الجريان السيلي لارتفاع منسوبها والانحدار نحو الداخل، والأشد تعقيداً أن المدينة ستمتلئ بمياه الجريان الحوضي مما يكون لها دوراً خطيراً في زيادة تدفقات الجريان السيلي ببعض المناطق طبقاً لمساحة كل حوض ومقدار تجميعه، وما تحمله من رواسب طميية قد تؤدي إلى شلل بالحياة الحضرية لمناطق سير الجريان. لهذا يجب أن تكون منطقة الحزام الساحلي مجهزة لتصبح أكثر قدرة على التكيف مع الخطر لنشأتها في هذا الموضع بعمل استراتيجيات وتدابير مبتكرة قابلة للتكيف وقتما حل خطر الجريان السيلي بنوعيه حتى تتفادى أضراره.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM وقاعدة البيانات التفصيلية لمدينة السويس.

(شكل 37) المناطق المتضررة بالجريان السيلي بالمدينة

ويوضح مؤشر البلب الطبوغرافي (TWI) للمدينة أثر المنحدرات المحلية على العمليات الهيدرولوجية (شكل 38)، ومن خلاله يمكن حصر مناطق تراكم المياه بناء على حركتها تحت تأثير قوى الجاذبية بالمناطق الحضرية (Pourali, et al. 2014) المعرضة لتجمع مياه الأمطار بعد انتهاء الجريان، واعتمد في قياسه على التضاريس السطحية من نموذج الارتفاع الرقمي دقة 10م الخاص بالمدينة، وهو نموذج هيدرولوجي مكاني خاص بتجمع مياه السيول بالمدينة ويقوم بتحديد الأماكن التي تمثل أكثر المناطق المعرضة لتراكم المياه.



(شكل 38) آلية النمذجة المكانية لاستخراج مؤشر البلب الطبوغرافي لمدينة السويس

وأشارت مخرجات المؤشر الطبوغرافي (شكل 39) أن المناطق الأكثر تجمعاً للمياه بانتهاج الجريان الحضري تتمثل في الأحياء الثلاثة الجنانين وعتاقة والسويس بنسبة 93.5% (جدول 19)، وتبلغ مساحتها كم<sup>2</sup> واحد تقريبا، وأقصاها في حي الجنانين ( 0.785 كم<sup>2</sup>) بنسبة 74.3% ويرجع ذلك إلى أن أرضه كانت تمثل مناطق لمصببات الأودية في الماضي ومنخفضة (شكل 40)، وتحولت بعد ذلك إلى مستنقعات بفعل المياه البحرية، ومن ثم تم

التعامل معها سواء زراعيًا أو عمرانيًا على وضعها الطبوغرافي، يليه حي عتاقة بمساحة  $0.127 \text{ كم}^2$  بنسبة 12% ويرجع ذلك لوجود بعض المساحات الخالية والمنخفضة التي كانت تمثل أشكالًا فيضية سواء في نطاق القناة الاصطناعية المنشأة في موضع المجرى الرئيسي لحوض رقم (3) أو في ميناء الأدبية، ثم حي السويس بمساحة  $0.076 \text{ كم}^2$  بنسبة 7.2% لوجود أراضي خالية داخل نطاق ميناء بور توفيق وشركة مستودعات البترول والمحطة البخارية، ثم نطاق ضيق في شمال حي الأربعين بنسبة 4.5%، ويأتي حي فيصل في المؤخرة بنسبة 2% لمنطقة خالية في جنوبه.



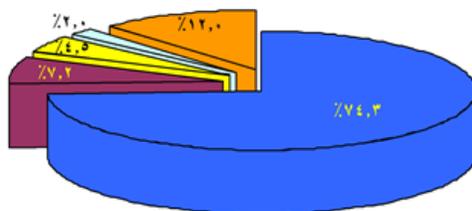
المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل صورة القمر الصناعي Sentinel-2 والنموذج الرقمي DEM بدقة 10متر.

(شكل 39) المناطق الأكثر تراكمًا لمياه الجريان بالمدينة

(جدول 19) مساحات تراكم مياه الجريان بالمدينة

| الأحياء  | المساحة كم <sup>2</sup> | %    |
|----------|-------------------------|------|
| الجنين   | 0.785                   | 74.3 |
| السويس   | 0.076                   | 7.2  |
| الأربعين | 0.047                   | 4.5  |

|      |       |          |
|------|-------|----------|
| 2.0  | 0.021 | فيصل     |
| 12.0 | 0.127 | عتاقة    |
| 100  | 1.056 | الإجمالي |



الجنائين فيصل الاربعين السويس عتاقة

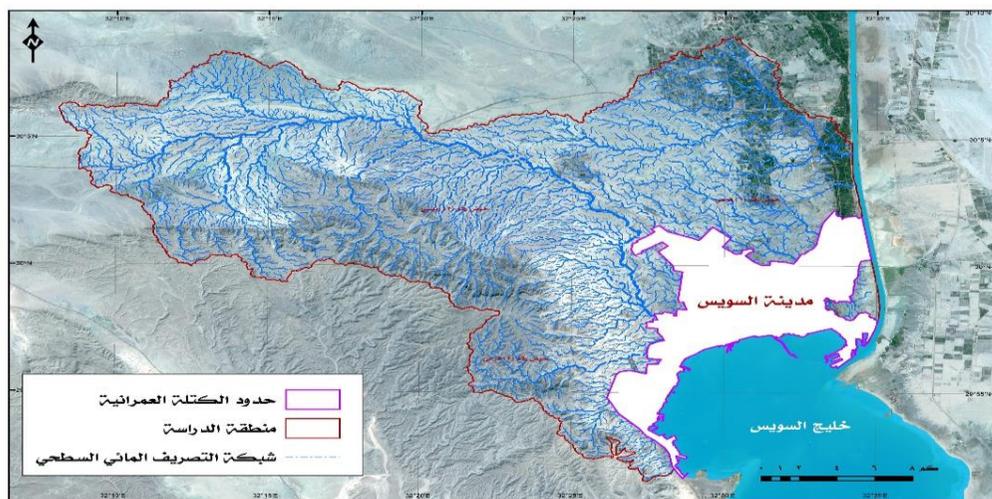
(شكل 40) مساحات تراكم مياه الجريان بالأحياء

## ثانيا: أ – البيئة الحوضية:

تم رسم شبكة التصريف من النموذج الرقمي دقة 10م بواسطة برنامج WMS التي تنتهي إلي رأس خليج السويس وموضع قناة السويس وعددها 17 واديا، ومعظمها ينحدر من واجهة جبل عتاقة، وبلغت مساحة أحواضها 681.6 كم<sup>2</sup> بنسبة 97.7% بعد استبعاد المساحات الفاصلة (16.3 كم<sup>2</sup>) بين مصبات الأودية، واستبعد مساحة الوادي الشمالي (46.9 كم<sup>2</sup>) الذي ينتهي مصبه عند القناة في شمال حي الجنائين لزيادة الاستخدام الزراعي بمروحته وقلة الهياكل العمرانية بها (شكل 41)، وبلغت مساحة الأودية المتبقية بعد استبعاد مساحة المراوح المقتطعة (75.4 كم<sup>2</sup>) لحساب المدينة أيضا 559.3 كم<sup>2</sup> بنسبة 80.1% من إجمالي مساحة المنطقة، وقد دمرت مصباتها بشكل كامل بسبب عمران المدينة باستثناء مصب وادي رقم (3)، حيث أنشئت قناة اصطناعية بدلا من المجرى الرئيسي عام 2006 لتلقي نهايتها مع المجرى الرئيسي غربا عند حدود العمران بحي عتاقة، وانتهت علاقة باقي الأودية بساحل الخليج أو بقناة السويس وأصبحت مصباتها ومراوحها الفيضية لها طبيعة

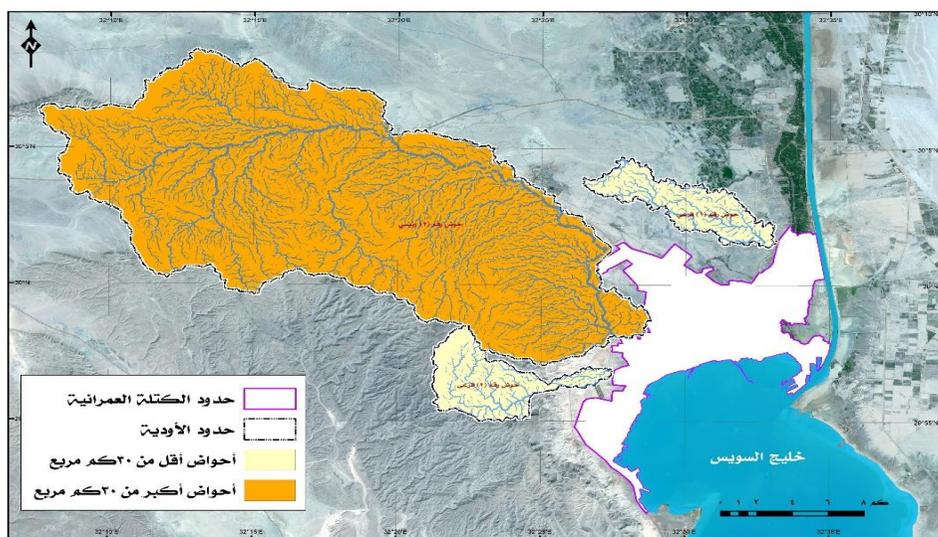
تختلف عن طبيعتها الأولى، بسبب الزراعة فوقها ونمو عمران المدينة على ساحل الخليج، ومنها ما تم القضاء علي حوضه تماما، أما أحواض الأودية التي لا تمثل ضررا على عمران المدينة فعددها ستة أحواض (4، 5، 6، 10، 11، 12) ومساحتها دون 3 كم<sup>2</sup>، أما الأحواض الخمسة الباقية فمنها ثلاثة أحواض (2، 8، 9) تتراوح مساحتها بين 9.7 - 24.2 كم<sup>2</sup>، وروافدها لها جريان حر نحو حدود المدينة بدون التقاء بالمجري الرئيسي كما كان.

وبقيت مساحات كبيرة لواديين (1، 3) تزيد عن 70 كم<sup>2</sup> وقد يكون لها تأثير على عمران المدينة إذا ما أصابها كمية أمطار مركزة ليتولد عنها جريان سيلبي تجاهها (شكل 42)، منها حوض الرافد الشمالي لحوض رقم (1) الذي ينتهي مصبه نحو حدود حي الجنابن، وبلغت مساحته 24.4 كم<sup>2</sup> وأطوال روافده 112 كم بكثافة 4.9 كم<sup>2</sup>/كم (جدول 20)، ويمتد حوضه تجاه الشمال الغربي بطول 11.6 كم، وتتحد روافده العليا من ارتفاع 71 م على أرض شبه سهلية وتنتهي عند ارتفاع 21 م بفاصل تضاريسي 50 م، بقناة ضحلة من الرتبة الخامسة حسب تصنيف سترهلمر ويزيد عرضها على 90 م وعمقها يزيد على 2 م، وبلغ طول مجراه الرئيسي 15.9 كم، بمعدل انحدار 3 م/كم. ويتقاطع المجري الرئيسي مع طريق السويس الإسماعيلية بدون معبر سيل أسفله.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10 متر ببرمجيات WMS.

(شكل 41) شبكة الأودية بمنطقة الدراسة



(شكل 42) أحواض أوديتها ذات تأثير سيلى على عمران المدينة.

(جدول 20) الخصائص المورفومترية لمساحات الأحواض الكبرى

| رقم الحوض | المساحة كم <sup>2</sup> | طول الحوض كم | المجري الرئيسي كم | أطوال الروافد كم | التضاريس م | الانحدار م/كم | الكثافة كم <sup>2</sup> /كم <sup>2</sup> |
|-----------|-------------------------|--------------|-------------------|------------------|------------|---------------|--|
| 1         | 24.4                    | 11.6         | 15.9              | 112              | 50         | 3.0           | 4.9                                      |
| 3 رئيسي   | 366.3                   | 36.9         | 56.5              | 1783             | 864        | 12.2          | 4.9                                      |
| 3 فرعي    | 27.4                    | 10.11        | 16.6              | 135              | 855        | 30            | 4.9                                      |

أما حوض رقم (3) فقد تبقي منه حوضين ينتهيان إلى المدينة الأول الرئيسي بمساحة 366.3 كم<sup>2</sup>، ويمتد حوضه لمسافة 36.9 كم تجاه الشمال الغربي، وتتحد روافده من واجهة جبل عتاقة من ارتفاع 893 م، ويبلغ طولها 1783 كم بكثافة 4.8 كم/كم<sup>2</sup>، ويلتقي جزء من مصبه ببداية القناة الاصطناعية بحي عتاقة عند ارتفاع 29 م، بقناة عرضها تزيد على 500 م وتحمل الرتبة السابعة وأقصى عمق لها يصل إلى 38 م، وبلغ طول مجراه الرئيسي 56.5 كم بمعدل انحدار 11 م/كم. ويتقاطع المجري الرئيسي بالطريق الأسفلتي الذي يربط السويس بالقاهرة في سبعة مواضع خصص لها معابر أسفل الطريق لعبور المياه في حالة حدوث جريان (صورة 12).



(صورة 12) معبر مياه السيل أسفل طريق السويس القاهرة

والثاني الفرعي لحوض رقم (3) والذي كان يلتقي بالمجري الرئيسي قرب المصب فأصبح الآن مستقلا، ويمتد حوضه تجاه الغرب لمسافة 10.1 كم، وبلغت مساحته 27.4 كم<sup>2</sup> بروافد طولها 135 كم بكتافة 3.8 كم/كم<sup>2</sup>، وتتبع روافده من على سفوح جبل عتاقة من ارتفاع 890 م، ويلتقي بحدود حي عتاقة عند ارتفاع 35 م خلف المحطة البخارية بعتاقة، بقناة بلغ عرضها 170 م وأقصى عمق 24 م وتحمل الرتبة الخامسة، وبلغ طول مجراه الرئيسي 16.6 كم بمعدل انحدار 30 م/كم، وليس له مخر سيل يمكن أن ينتهي إلى الخليج رغم شدة انحداره تجاه المدينة باستثناء مخر أنبوبي أسفل سكة حديد الأدبية (صورة13).

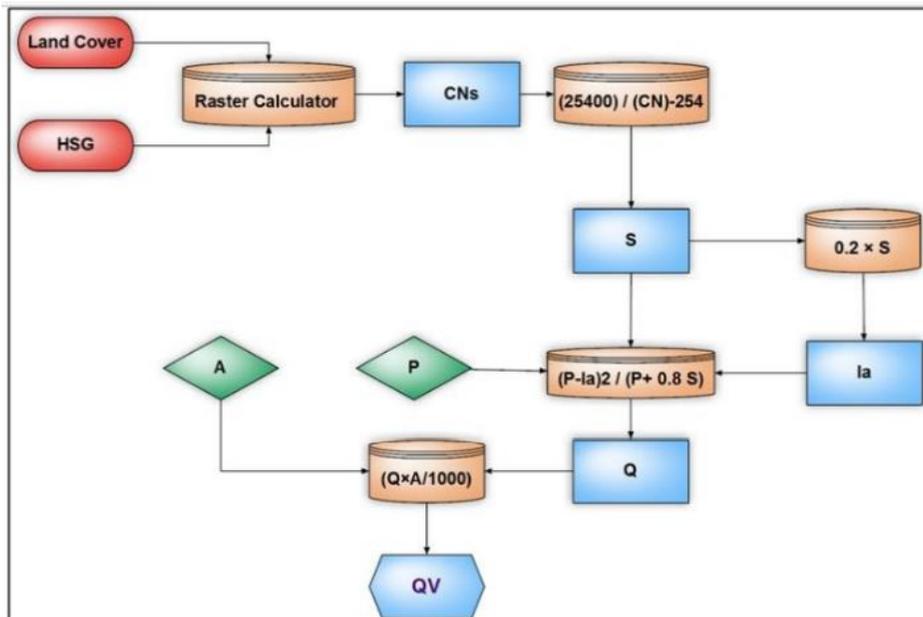


(صورة13) معبر سيول أسفل السكة الحديد خلف ميناء الأدبية

## ب- المؤثرات الهيدرولوجية للجريان السطحي:

يساهم تقدير الجريان الحوضي لمجموعة الأودية المتبقية في أعالي المدينة بشكل كبير في فهم الموقف الهيدرولوجي مورفولوجي لأحواضها، ويعكس الظروف الجيولوجية والجيومورفولوجية والمناخية العارضة لها، ويتم حساب سعة كل حوض تصريفي من خلال تقييم تجاوز هطول مطري معين لقيم متنوعة من كثافة الهطول المطري المسجلة سابقا، لتحديد مدة الحدث الحرجة التي ولدت أعلى تدفق للذروة عند نقطة التقاء القناة الرئيسية ببداية العمران، واستخدمت الدراسة الحالية نموذج حماية التربة الأمريكية (SCS, 1986) لتحديد

قيمة المنحنى (CN) على الأحواض المدروسة، وهو معامل هيدرولوجي يستخدم للتعبير عن إمكانية الجريان السيلي رياضيا للأودية ومناسب تطبيقه على أودية الدراسة لصغر مساحتها عن 500 كم<sup>2</sup>، ويعتمد في حسابه على الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف، وبيانات تتعلق باستعمالات الأراضي، وهيدرولوجية التربة، والغطاء النباتي، وكمية الأمطار لأقصى عاصفة مطرية (46.9 مم)، التي أصابت المدينة بتاريخ 2/فبراير/1966 لتحديد قيمته، ولقياس خصائص الجريان وإمكانية التنبؤ من خلاله بالضرر المتوقع على العمران، وتتراوح قيمته بين صفر - 100 وهو يعبر عن قدرة التربة على تسرب مياه الجريان، فكلما اقتربت القيمة من الصفر كان التسرب عاليا وانخفض الجريان السطحي والعكس صحيح (شكل 43). وسنناقش بعض المؤشرات الهيدرولوجية المحسوبة بعد حساب رقم المنحنى من البرنامج (WMS) لكل حوض محل الدراسة.

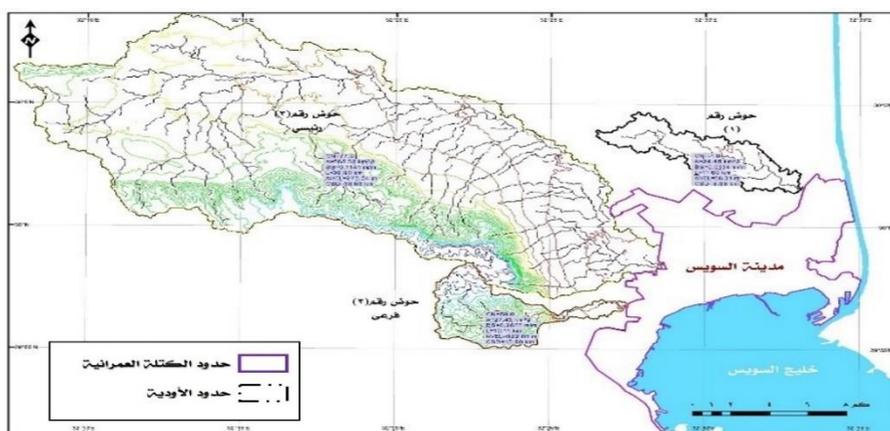


USDA, 1986

(شكل 43) النمذجة المكانية لاستخراج حجم التصريف السطحي للأحواض

وتمثل درجة الانحدار بالأحواض المدروسة عاملاً مهماً في الدراسات الهيدرولوجية وتلعب دوراً أساسياً في عملية الجريان السطحي، وتتحكم أيضاً في العلاقة بين الجريان السطحي والتسرب، وهي علاقة عكسية بينهما (سالم 1989)، وبدراسة قيم المنحني (CN) للأحواض المحددة لوحظ أنها جاءت معبرة للخصائص المدخلة لكل حوض (شكل 44)، ففي حوض الرافد الشمالي بلغت قيمة المنحني (1) مما يدل على زيادة معدلات الفواقد من التسرب والتبخر وتراكم المياه بسبب قلة الانحدار ورواسبه المفككة المكونة من اللوم الرملي المؤلف لمكونات قاع الحوض، وبذلك لن ينتج عنه أي جريان حوضي ذو تأثير سلبي على عمران حي الجنان بالعاصفة المطرية المدروسة.

أما الحوض الرئيسي لوادي رقم (3) ورافده الفرعي الجنوبي اللذان ينبعان من مرتفعات جبل عتاقة فبلغت قيمة المنحني لهما على التوالي 77، 59. لهذا طبقت بعض المعادلات الآتية للتعرف على حجم الجريان السطحي وسرعته وزمن الوصول إلى قمة التصريف وزمن التركيز.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10متر وبرمجيات نمذجة الجريان المائي السطحي Watershed Modeling System

(شكل 44) مخرجات خصائص الأحواض

أقصى تصريف مائي:

$$QV = (Q * A / 1000) \text{ (Sundara \& Reshma, 2010)}$$

حيث إن:

$$QV = \text{حجم الجريان (م}^3\text{)}. Q = \text{عمق الجريان (مم)}. A = \text{مساحة الحوض (م}^2\text{)}.$$

ونحصل على عمق الجريان (Q) من هذه المعادلة:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P + 0.8S)}$$

حيث إن:

$$P = \text{الأمطار الساقطة (مم)}. La = \text{التسرب والتبخر (مم)}. S = \text{أقصى تجمع سطحي}$$

بعد بدء الجريان (مم).

ونحصل أقصى تجمع سطحي (S) بعد بدء الجريان (مم) من هذه المعادلة:

$$S = \frac{(25400)}{(CN)} - 254$$

$$I_a = 0.2 * S$$

Cn قيمة المنحني

ويحسب زمن التركيز من هذه المعادلة (محمود سعيد السلاوي، 1989، ص283)

$$T_c = L^{1.15} / 7700 H^{0.38}$$

حيث إن:



$Tc$  = زمن تصريف الحوض (ساعة).  $L$  = الطول الحوضي (م).  $H$  = التضرس الحوضي (م).

وتحسب سرعة المياه في الحوض من هذه المعادلة:  $Vw = L / Tc$

حيث إن:  $Vw$  = سرعة المياه.  $L$  = الطول الحوضي (م).  $Tc$  = زمن تصريف الحوض (ساعة).

### (جدول 21) المؤشرات الهيدرولوجية للحوضين

| الحوض (3) | قيمة المنحني | حجم التصريف (م <sup>3</sup> /ث) | قمة التصريف (م <sup>3</sup> /ث) | زمن التركيز (س) | زمن التصريف س | سرعة المياه (س) |
|-----------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| الرئيسي   | 77           | 3.443.220                       | 626.4                           | 1.8             | 3.6           | 20.8            |
| الفرعي    | 59           | 256.410                         | 46.9                            | 0.4             | 1.2           | 25.1            |

وينتهي مصبا الوادي الرئيسي ورافده الفرعي إلى حدود العمران بحي عتاقة، وبلغ حجم الجريان السطحي الناتج عن هذا الحدث للمجرى الرئيسي 3.4 مليون م<sup>3</sup>، ويرجع ذلك لكبير مساحته (366.3 كم<sup>2</sup>)، وبلغت قمة التصريف 626.4 م<sup>3</sup>/ث عند نقطة التقائه بالعمران، بزمن تركيز 1.8 ساعة، وبلغت سرعة السيول إلى 20.8 كم/ساعة، وسيتخلص الحوض من مياه العاصفة المطرية بعد 3.6 ساعة.

أما رافده الفرعي نظرا لصغر مساحته (27.45 كم<sup>2</sup>) فبلغ حجم التصريف المائي له 0.25 مليون/م<sup>3</sup> بقمة تصريف 46.9 م<sup>3</sup>/ثانية وزمن تركيز قصير (0.4 ساعة) وسرعة في الجريان (25.1 كم/ساعة) ويرجع ذلك إلى زيادة الانحدار، وسيتخلص الحوض من مياه سيول العاصفة بعد 1.2 ساعة.

وتقع المنطقة التي شيدت فيها الكثير من الهياكل العمرانية في حي عتاقة على مسار المجرى الرئيسي وستكون عرضة لمياه الجريان السيلبي وأن القناة الاصطناعية المنشأة لهذا

الغرض والتي يغلب عليها الاستقامة ولم تتوافق نشأتها مع طبيعة المجري القديم حتى مصبه، ولن تقي باستيعاب مياه الجريان السيلي في حالة عودة حدوث العاصفة المطرية المدروسة، مما قد يؤدي إلى غمر مساحة من أرض الحي بسبب تغيير طبيعتها على جانبي المجري الرئيسي بحيث يصل عرضها على ما يزيد على عرض المجري (500م) عند التقاءه بالعمران وحتى انتهائه إلي الخليج، وبلغت المساحة المتضررة 2.8 كم<sup>2</sup>، بطول 6 كم ويشغلها 582 هيكلا هندسيا مشيدة على مساحة 0.2 كم<sup>2</sup>، لهذا غالبا ما تهدد الهياكل العمرانية المحددة بحرم الرافد الرئيسي بخطر الجريان السيلي في حال حدوثه (شكل 45)، أما حوض الرافد الفرعي فنظرا لصغر مساحته وضيق عرض مجراه الرئيسي (170م) وقلة المساحة التي سيغطيها الجريان 0.8 كم<sup>2</sup> بطول 4.1 كم، وقلة عدد الهياكل العمرانية بحرم مجراه 34 هيكلا تشغل مساحة 0.06 كم<sup>2</sup> فتأثيره ضعيف على الهياكل العمرانية وليس منه خطورة عليها ولهذا لم تكن له قناة اصطناعية تصرف مياهه وقت حدوث الجريان.



المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة 10 متر وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

(شكل 45) سيناريو الجريان السيلي لحوض رقم 3 ورافده الفرعي



## الخاتمة

تعد السويس مدينة قديمة النشأة، وتختلف في ذلك عن بقية مدن منطقة قناة السويس وكانت تعرف في الماضي باسم القلزم وكانت الميناء التجاري علي البحر الأحمر، وشيدت النواة الأولى للمدينة بعيدا عن ساحل الخليج منذ أن تم حفر قناة السويس على المرواح الفيضية ذات التكوينات الطميية التي شكلتها مجموعة الأودية التي تتحدر معظمها من واجهة جبل عتاقة، وظل التوسع الحضري لأهمية المدينة التجاري والصناعي على حساب المساحات الدنيا لأحواض الأودية بتسوية الأشكال الأرضية المرتفعة وإضافتها كحشوات للمناطق المنخفضة حتى بلغت مساحتها 91.7 كم<sup>2</sup> في عام 2020، وشغلت ساحل الخليج من غرب القناة وانتهاء بميناء الأدبية جنوبا وامتدت أيضا في الاتجاه الشمالي الغربي على حساب الأودية.

وأشارت الدراسات الجيولوجية أن هناك بعض العدسات من التربة الطميية الطفلية تحت سطحية عادة ما تتغير خصائصها إذا اختلطت بالمياه مما تهدد أساسات الهياكل العمرانية كما حدث في مدينة الصباح بحي فيصل في تسعينيات القرن الماضي، ونظرا لموضع المدينة على رأس الخليج فقد تواجه هياكلها العمرانية القديمة الموجودة بحي الأربعين أو الأبراج العالية المنتشرة أكثر بحي عتاقة الموجات الزلزالية التي تعمل على إجهادات التربة بهبوطها من تحت أساساتها أو زيادة الحركة الترددية لها بسبب عامل الارتفاع، سواء من البؤر الزلزالية الموجودة في موضع المدينة أو الآتية من أماكن قريبة منها لأن موضعها يقع في نطاق تكتوني معقد، وقد قيست الشدة الزلزالية الواصلة إليها باستخدام نظام المحاكاة الزلزالية، وأشارت النتائج إلى أنها تتأثر بالشدة المنخفضة والمتوسطة.

أما مؤشر مستوى الرطوبة بسطح المدينة فصنف بثلاث فئات، وكانت الفئة المتوسطة تمثل أعلى نسبة 45.7%، وتأثر حي الأربعين بالنسبة الأكبر بين الأحياء (33.3%) لقدمه وتهالك شبكة الصرف الصحي به، وتسبب الرطوبة ضررا للهياكل العمرانية عن طريق صعود الرطوبة في بنيتها عن طريق خاصية الأنابيب الشعرية وترتفع فيها نسبة الأملاح، ومع جفاف جو المدينة الساخن وارتفاع معدلات التبخر اليومية صيفا وشتاء (8-14م) فتجف تلك الرطوبة منها تاركة بلورات الملح في بنيتها مما يؤدي إلى تفككها وضعفها بسبب توالي عملية البلل والجفاف، وتؤثر على حديد التسليح والخرسانة بالمباني.

وتتأثر سواحل المدينة بالعوامل البحرية وبالذات ظاهرة المد والجزر، ويتراوح أعلى مد بين 1.2-1.8م، وارتفاع الأمواج منخفضة بالخليج وتأثيرها محدود باستثناء أثرها وقت العواصف الشتوية في حالة المد العالي فقط. وتتدفق تيارات مائية اصطناعية بسبب ما تلقى محطات توليد الكهرباء والصرف الصحي من المياه داخل الخليج فتشكل دوامات بحرية محلية تعمل على الترسيب بجوار الأرصفة البحرية وتظهر عند انحسار المياه وقت الجزر، ومع تسارع التغيرات المناخية وذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر ستزيد حدتها، وقد قيس سيناريو ارتفاع المياه البحرية بحسب تقديرات الظروف الحالية في عام 2100 إلى 1م فوق المستوى الحالي، ولوحظ أن موضع المدينة آمن نظراً لطوبوغرافيتها المرتفعة باستثناء جيوب بسيطة علي ساحل القناة وميناء الأدبية يمكن تداركها أولاً بأول.

وتستقبل منطقة الحزام الساحلي مياه الجريان السيلي نظراً لانخفاضها، وأشار مؤشر البلل الطبوغرافي أن حي الجنين أكثر الأحياء المتضررة من تراكم المياه بعد انتهاء الجريان، ويظل الزحف الحضري يعمل على طمس أشكال الأودية والقضاء علي بعض أحواضها، وتؤثر بعض الأودية التي تشكل مساحات كبيرة في ظهير المدينة على المناطق الحضرية



بالجريان السيلي الطمبي مثل وادي رقم (3) ورافده الفرعي تأثيرا بالغا على الهياكل العمرانية بحى عتاقة، وسيظل لكل منهما تأثير على الآخر فى ظل الزحف وتواتر السيول الطمبية، والواقع يكون خطر السيول وأضراره منعدمة تماما إذا كانت المنطقة التي ستغمرها المياه خالية من أي هياكل عمرانية.

### التوصيات

- إنشاء مجموعة من السدود والخزانات على المجري الرئيسي لوادي رقم (3) ورافده الفرعي.
- إنشاء قناة اصطناعية للرافد الفرعي لاستيعاب خطر الجريان السيلي وتحويله بعيدا عن العمران.
- إنشاء نظام الإنذار المبكر في منظومة مركزية لتحديد مستوى المياه الجوفية الحرج ونسبة الملوحة بها من خلال الآبار، وكذلك في الجريان السيلي.
- الصيانة الدورية لشبكة الصرف الصحي لمنع أي تسرب تحت سطحي.
- معالجة التربات المالحة قبل البناء عليها، وتحديد أية عدسات طفلية في حجر الأساس بعناية واستبدالها برواسب رملية.
- إنشاء مجموعة من القنوات الاصطناعية بحى السويس لتصريف مياه الجريان السيلي الوارد إليها.
- ردم الحفر المنخفضة بالمتخللات لعدم تجمع مياه السيول لعدم انتشار الأمراض.
- استخدام مواد كيميائية بالبناء تقاوم التجوية الملحية.

## المراجع:

- 1) أحمد سالم 1989: الجريان السيلي في الصحاري " دراسة في جيومورفولوجية الأودية الصحراوية" معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية - القاهرة، 93 ص.
- 2) دانة الفوال 2014: انعكاس تأثير الزلازل على التصميم المعماري (دراسة حالة لأبنية مدينة دمشق السكنية). رسالة ماجستير غير منشورة كلية الهندسة، جامعة دمشق.
- 3) محمد حسن محيسن 2010: الأخطار الجيومورفولوجية غرب خليج السويس، من السويس إلى رأس الزعفرانة. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
- 4) مروة عبد الفتاح صديق 2016: النمو العمراني وأثره على استخدامات الأرض في مدينة السويس، مجلة البحث العلمي في الآداب، كلية البنات للآداب والعلوم التربوية، جامعة عين شمس.
- 5) محمود سعيد السلاوي 1989م: هيدرولوجية المياه السطحية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، طرابلس، ليبيا، ص:606.
- 6) وهبه شلبي 2019: أثر التغيرات المناخية على الألسنة البحرية بمصب وادي عربية (دراسة جيومورفولوجية)، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد 11، العدد 2، أكتوبر 2019.

## References

Abd El-AaL, A. K. (2008). Simulating Time-Histories and Pseudo Spectral Accelerations from the 1992 Cairo earthquake at the Proposed El-Fayoum New City Site Egypt. *Acta Geophysica* 56 (4), 1025-1042.



Abd El-AaL, A. K. (2010a). Modeling of seismic hazard at the northeastern part of greater Cairo metropolitan area, Egypt. *J. Geophys, Eng.* 7, 75–90. doi 10.1088/ 1742-2132/7/1/007.

Abd El-Aal, A. K. (2010b). Ground motion prediction from nearest seismogenic zones in and around Greater Cairo Area, Egypt. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10 (7).

Abd el-aal, A. k.; & Badreldin, H. (2016). Seismological aspects of the 27 June 2015 Gulf of Aqaba earthquake and its sequence of aftershocks. *J. Seismol.*, 20 (3), 935–952.

<https://doi.org/10.1007/s10950-016-9572-x>.

Abd-Allah, A. (1991). Structural setting of the central part of Cairo-Suez district. *M.E.R.C.*, Ain Shams Univ, Earth Sci Ser., 5, 133-145.

Abdel Tawab, S.; & Shendi, E. H. (1993). Geotechnical and geophysical studies on the building subsidence of a building at El Sahab sector, Suez Governorate. *Annals of Geological survey of Egypt*, xix, 525–543.

Adeli, Z.; & Khorshiddoustb, A. (2011). Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 19, 662–667. doi:

10.1016/j.sbspro.2011.05.183.

Afify, W. (2009). Reservoir characteristics of upper cretaceous rocks in October oil field, Gulf of Suez, Egypt. Egypt: Fac. of Eci., Zagazig University. (Unpublished M. Sc. Thesis)

Arnous, M. O. (2013). Geotechnical site investigations for possible urban extensions at Suez City, Egypt using GIS. *Arab J Geosci*, 1349-1369.



Cooke, R. U. (1976). Urban geomorphology. *Geographical Journal*, 142: 59–65.

Dawson, R. J.; Speight, L.; Hall, J. W.; Djordjevic, S.; Savić, D. A.; & Leandro, J. (2008). Attribution of flood risk in urban areas. *J. Hydroinformatics*, 10 (4), 275-288.

Doornkamp, J. C.; Cooke, R. U.; Brunnsden, D.; & Jones, D. K. C. (1980). Geology and geomorphology of the Suez city region, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 265-281.

Doornkamp, J. C.; Cooke, R.U.; Brunnsden, D.; & Jones, D. K. C. (1982). *Urban geomorphology in Drylands*. Oxford: Oxford University Press.

El-Alfy, I. (2005). Subsurface exploration of significant radioactive zones and determination of reservoir characteristics of paleozoic rocks in October Oil Field, Gulf of Suez, Egypt. Egypt: Fac. of Eci., Zagazig University. (Unpublished M. Sc. Thesis)

El-Sayed, E. (2016). Early warning information system for land degradation hazards in New Suez Canal region, Egypt model. *Earth Syst. Environ Soil and Water Department*, Faculty of Agriculture, Suez Canal University, Ismailia 41522, Egypt.

Hammam, A.; Gaber, A.; Abdelwahed, M.; & Hamed, M. (2018). Geological mapping of the Central Cairo-Suez District of Egypt, using space-borne optical and radar dataset. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. doi:10.1016/J.EJRS.2018.11.004.

Hamdy, A. A.; & Arnous, O. A. (2008). Geo-Hazards assessment of Western Adabyia Port area, Gulf of Suez, Egypt. *The Egyptian Society for Environmental Sciences*.

Heikal, S. (2013). Mapping Terrain Characteristic in the Northern Gulf of Suez. Egypt: Fac. of Computers and Informatics, Zagazig



University. (Unpublished M. Sc. Thesis in Geographical Information Systems [UNIGIS])

Jones, D. K. C. (2001). Ground conditions and hazards: Suez City development, Egypt. *Geological Society*, London, Engineering Geology Special Publications, 18, 159–169.

Jones, B. S. (2006). Five-Minute Unit Hydrographs for Selected Texas Watersheds. Egypt: Fac. of Texas, Tech. University. (Unpublished M. Sc. Thesis in Civil Engineering)

Lucchesi, S.; & Giardino, M. (2015). Historical archives data for the reconstruction of geomorphological modifications in the urban area of Turin (NW Italy). In Lollino G. et al. (eds), *Engineering Geology for Society and Territory*, 8, 447–452, doi:10.1007/978-3-319-09408-3\_46.

Mahfouz, A. H. A. (1999). Geotechnical investigation for construction purposes at the new extension of Suez City (p 132). Ismailia, Egypt: Geological Engineering Dept., Fac. of Petroleum and Mining Engineering. Suez Canal Univ. (Unpublished M. Sc. Thesis in Civil Engineering)

Martinez, F.; & Cochran, J. (1988). Structure and tectonics of the Northern Red Sea: Catching a continental margin between rifting and drifting. *Tectonophysics*, 150, 1–32.

Mostafa, T, et al. (2019). *Site characterization using passive seismic techniques: A case of Suez city*.

Moustafa, A. (1976). Block faulting of the Gulf of Suez. *5th Exploration Seminar*, Egyptian General Petroleum Company, Cairo (p. 19). (Unpublished Report)

Moustafa, A. (1993). Structural setting and tectonic evolution of the east margin blocks of the Suez Rift. *Tectonophysics*, 233, 381–399.



Moustafa, A; & Abdellah, A. (1991). Structural setting of the central part of the Cairo–Suez district. *Earth Sci.*, 5, 133–145.

Pourali, S. H.; Arrowsmith, C.; Chrisman, N.; Matkan, A. A.; & Mitchell, D. (2014). Topography wetness index application in flood-risk-based land use planning. *Appl. Spatial Analysis*. doi: 10.1007/s12061-014-9130-2.

Saada, A, S. (2006). Geophysical studies on the northern offshore part of Gulf of Suez, Egypt. Egypt: Fac. of Texas, Tech. University. (Unpublished Ph.D. Sc. Dissertation)

Said, R. (1962). *The geology of Egypt*. Amsterdam: Elsevier Publication.

Salamon, A.; Avraham, H.; Garfunkel, Z.; & Ron, H., (2003). Seismotectonics of Sinai subplate-Eastern Mediterranean region. *Geophys. JInt.*, 155, 149–17.

Shendi, E. H. (2000). Results of geophysical site investigations near a destroyed building in El-Sahab sector, Suez government, Egypt. *Proceedings of the 1st international Conference on Geotechnical* (pp. 493–497). Geoenvironmental Engineering and Management in Arid Lands, Al-Ain, UAE.

Thornbush, M. (2015). Geography, urban geomorphology and sustainability. *Area*, 47, 350–353. doi: 10.1111/area.12218.

USDA, TR55. (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Wilson, USA: Department of Agriculture.



## Abstract:

This research paper examines how the literature of both geology (with the physical & chemical potentials of the soil) and geomorphology (with its sea & river shapes) is applied by the urban geomorphological studies to Suez City in the period of 1914-2020, for the purposes of the targeted urban development and the possibility of using the various ground shapes in future urban fields, while weighing out the expected effects of urban geomorphology on the ground surface shapes. Geomorphological processes, which might cause damage to the future urban structures in the region where the city overlooks the gulf, are modelled by modern techniques, and it has been found out that seismic intensity ranges between the small and the moderate, and that the average moisture strikes the highest in al-Arba'een District. The sea transgression would result in sea pockets distributed along the coast, which would be bigger by the canal in al-Ganayen District by 2100. The urban region in the coastal strip of al-Ganayen, Suez, and Ataqah Districts receive the urban runoff water from the top of the city due to its low level; still, al-Ganayen District is the most afflicted of all because of the accumulated water that reaches its end there, according to the topography wetness index. The Soil Conservation Service Curve Number (henceforth, SCS-CN) has been applied to the three big valleys in the hinterland, and has shown that basin III drains the biggest amount of watershed runoff and, hence, endangers the neighboring urban structures of Ataqah District the most.

**Descriptors:** Urban Geomorphology - Suez City- the soil- al-Ganayen District





د . وهبة حامد حامد شلبي



# Urban Geomorphology of Suez City

By

**Dr. Wahba Hamed Hamed Shalaby**  
Assistant Professor of Geography, Faculty of Arts,  
Port Said University