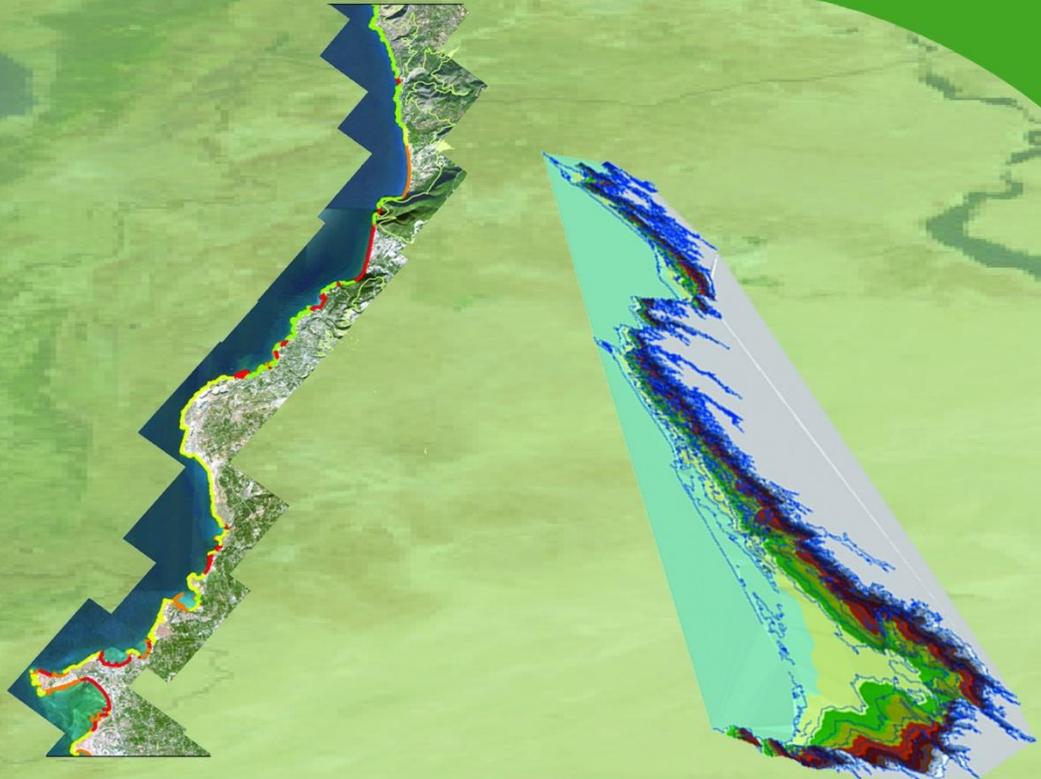


تقييم هشاشة الساحل السوري لارتفاع منسوب مياه البحر 2000 - 2100 (نظم المعلومات الجغرافية, GIS)



الفعالية المتعلقة بالدراسة:

برامج تسهيل التكيف مع التغيرات المناخية

اسم المشروع:

نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة
الإطارية للتغيرات المناخية (رقم المشروع: /00045323 / برنامج الأمم المتحدة الإنمائي).

وزارة الإدارة المحلية والبيئة بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
ومرفق البيئة العالمي

البلاغ الوطني الأول للجمهورية العربية السورية
الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغيرات المناخية

"Enabling activities for Preparation of Syria's initial National Communication
to UNFCCC", (Project Nr.00045323).

تقييم هشاشة الساحل السوري لارتفاع منسوب مياه البحر

(2100-2000)

(باستعمال نظم المعلومات الجغرافية، GIS)

(INC-SY_V&A_Syrian Sea Level Rise- Ar)

(INC-SY_V&A_Syrian Sea-Level-Rise-Ar)

المدير الوطني للمشروع
الدكتور يوسف مسلماني
info@inc-sy.org

آذار / مارس 2009

© حقوق الطبع والنشر محفوظة:

يسمح بالنسخ والنقل عن هذا التقرير للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية من إدارة المشروع.

Copyright © 2009 _ INC-SY_V&A_Sea-Level-Rise-Ar, United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA.

فريق الدراسة:

الدكتور يوسف مسلماني
 المدير الوطني للمشروع.
 الدكتور غالب فاعور
 عضو فريق تدابير التكيف.

اللجنة التوجيهية للمشروع:

برئاسة المهندس هلال الأطرش وزير الإدارة المحلية و البيئة، وعضوية كل من:

السيد إسماعيل ولد الشيخ أحمد	الممثل المقيم لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في سورية
الدكتور تيسير رداوي	رئيس تخطيط الدولة
المهندس عماد حسون	معاون الوزير/ نقطة الاتصال الوطنية لمرفق البيئة العالمي
المهندسة عبير زينو	رئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
المهندس هيثم نشواتي	المنسق الوطني للمشروع / وزارة الدولة لشؤون البيئة
الدكتور يوسف مسلماني	المدير الوطني للمشروع

اللجنة الفنية للمشروع:

تتألف من المدير العام للهيئة العامة لشؤون البيئة، ورئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، والمدير الوطني للمشروع، والمنسق الوطني للمشروع، وممثلين عن كل من: وزارة الدولة لشؤون البيئة، و هيئة تخطيط الدولة، و وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، و وزارة الري، و وزارة الصناعة، و وزارة الكهرباء/مركز بحوث الطاقة، و وزارة الإسكان والتعمير، و وزارة النقل، و وزارة النفط والثروة المعدنية، و المديرية العامة للأرصاد الجوية، والجامعات ومراكز البحث العلمي، والجمعيات الأهلية.

تم المصادقة على هذا التقرير بالإجماع من قبل اللجنة الفنية، خلال ورشة العمل الفنية التي جرت بتاريخ 24/03/2009، في فندق ديبلمان - تدمر.

الفهرس

5	مقدمة:
8	1- المظاهر الفيزيائية والبيئية والإقتصادية- الإجتماعية:
15	2- نظرة عامة على ارتفاع منسوب مياه البحر:
21	3- الأدوات والطرائق:
28	4- سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر:
32	5- عمر المناطق الساحلية:
36	6- تقييم مؤشر هشاشة الساحل
39	7- الآثار والمناقشة
42	8- المراجع
45	الملحق رقم (1) الخرائط
51	الملحق رقم (2) مؤشر هشاشة الساحل (CVI)

مقدمة:

يعتبر الارتفاع المتسارع في منسوب مياه البحار (Sea Level Rise SLR) نتيجة مباشرة لظاهرة الدفيئة أو ما يعرف بالاحتباس الحراري العالمي (تقارير IPCC WG). ويترافق ارتفاع منسوب مياه البحر مع نتائج خطيرة على المناطق الساحلية وتتمثل هذه المخاطر بشكل رئيس بخطر غمر وتدمير المناطق ذات المناسيب المنخفضة وكذلك المناطق الرطبة، ازدياد هشاشة المناطق الساحلية (ونعني بذلك انجراف الساحل وغمر وتدمير المناطق الساحلية وتملح المياه ضمن الأحواض الجوفية المجاورة. إن ازدياد احتمال تعرض المناطق الساحلية للغمر قد يقود إلى خسائر اقتصادية إجتماعية كبيرة كما في فقدان بنية المناطق الساحلية، إحداث أضرار بالمباني والمناطق السكنية، تفكك البنية السكانية، وفقدان الإنتاج الزراعي. تعالج هذه الدراسة تقييم مخاطر الآثار الإقتصادية والفيزيائية الناتجة عن ارتفاع منسوب مياه البحر وذلك وفقاً لعدة سيناريوهات وتحليل التأثيرات الناتجة عن هذا الارتفاع (المساحة المغمورة من الساحل وانجراف المناطق الساحلية وأثرها على السكان واستعمالات الأراضي).

تم تطوير عدة سيناريوهات حول الارتفاع الحالي والمستقبلي لمنسوب مياه البحر المتوسط، وتشير الدراسات المتعددة لمنطقة غرب المتوسط والمعتمدة على سجلات المد والجزر مع الأخذ بالحسبان التأثيرات الجوية إلى أن ارتفاع منسوب مياه البحر يبلغ حوالي 1.3 ± 0.4 م / سنة. كما أنها تتفق على أن ارتفاع منسوب مياه البحر يتبع نمودجاً لا خطياً. وفي حين تم إثبات أن ارتفاع منسوب مياه البحر يشكل خطراً جدياً إلا أن التغيرات القصوى التي يمكن أن تصيب منسوب مياه البحر تعتبر أهم من التغيرات الاعتيادية التي تصيب المنسوب وهي بالتالي تمثل خطراً أكبر يمكن أن يصيب المناطق الساحلية. وتعزى التغيرات القصوى التي يمكن أن تحدث إلى ظروف بيئية وجوية غير متوقعة تعزى بدورها إلى التغيرات المناخية (حالة جوية متطرفة، رياح شديدة، أعاصير..). تم إدخال معاملات (بارامترات) أخرى لها تأثيرات أقل على ارتفاع منسوب مياه سطح البحر وهي تأثير المد والجزر والظروف المناخية العادية في منطقة المتوسط وهذه يمكن الحصول عليها من القياسات المستمرة التي تتم خلال فترات زمنية والموجودة على شبكة الإنترنت مثل نظام التنبؤ المتوسطي.

الأهداف الأساسية لهذه الدراسة هي الإجابة على تساؤلات من نمط:

ما هو مقدار ارتفاع منسوب مياه البحر وما هي الآثار المترتبة على هذا الارتفاع؟ ما هي الموارد التي ستتأثر؟ ما هي التأثيرات والأضرار التي ستصيب الأنظمة البيئية؟ وهل ستؤدي إلى نزوح للسكان؟ ما هي المناطق المهددة بالخطر والتميزه بكثافات سكانية عالية، وكذلك الأمر بالنسبة للاقتصاد واستعمالات الأراضي؟

لما كانت الإجابة على هذه التساؤلات أبعد ما تكون عن البساطة فإن النتائج الأساسية للدراسة ستشمل:

1. وضع عدة سيناريوهات لمخاطر الارتفاع المتوقع لمنسوب مياه البحر مثل التقديرات المثلى والدنيا والإعتيادية والعالية.
2. خريطة الخطر للشريط الساحلي السوري الذي يمكن أن يتأثر بالمقادير المختلفة لارتفاع منسوب مياه البحر حسب السيناريوهات المختلفة من المنخفض إلى العالي (مثلاً: 1 متر، 2 متر، 5 متر).
3. هشاشة المناطق الساحلية (أي المناطق الساحلية التي سوف تتعرض للغمر، النسبة المئوية للاستعمالات المختلفة للأراضي التي ستتأثر، تقديرات لعدد السكان الذين سيتم ترحيلهم من أماكن سكنهم الواقعة في مناطق منخفضة، تقدير المناطق التي سيزداد فيها حت الشواطئ، فقدان قيمة المناطق المنخفضة التي تمت تميمتها وكذلك المناطق المحمية المنخفضة، احتمال تسرب المياه المالحة..) وهنا تأخذ مصطلحات (سيناريو، خطير، مخاطر، هشاشة) المعنى نفسه المتعارف عليه في تقارير IPCC و WG.

وقد شملت البيانات المستعملة: الخرائط الطبوغرافية من مقياس 1:50000 وذلك للحصول على خطوط التسوية وكذلك على نقاط التحكم الأرضية اللازمة لإرجاع الصور الفضائية. وقد استخدمت خطوط التسوية لاحقاً للحصول على نموذج التضاريس الرقمي (DTM) المستخدم في تقييم المخاطر في المناطق المغمورة، كما تم استخدام صور فضائية من نوع Ikonos و Landsat ملتقطة في أوقات مختلفة خلال الفترة من 1972 إلى 2005 وذلك لترسيم تغيرات خط الساحل، خريطة استعمالات الأراضي، خريطة شكل التضاريس (جيومورفولوجية)، خريطة كثافة السكان، وهذه كلها استعملت لتقييم هشاشة الساحل.

وقد شملت النتائج ما يلي:

ما هي المناطق الساحلية السورية التي يمكن تصنيفها كمناطق عالية الحساسية تجاه ارتفاع منسوب مياه البحر الذي يتوقع أن ينتج عن التغيرات المناخية العالمية؟ في ضوء فهم التنوع الكبير في المناطق الساحلية من حيث الطبوغرافية والتضاريس، تم إجراء تحليل لدرجة هشاشة (الحساسية) اعتماداً على معايير مختلفة وذلك للحصول على تحديد أفضل للمناطق الأكثر حساسية لارتفاع منسوب مياه البحر المتوقع، وقد تضمنت هذه المعايير: شكل التضاريس، الانحدارات (طبوغرافية الأرض)، ارتفاع منسوب سطح البحر. إضافة إلى ذلك فإن هذه الدراسة قد قيمت المناطق التي يحتمل غمرها حسب السيناريوهات المختلفة لارتفاع منسوب مياه البحر وبنسب مختلفة.

الهدف من هذه الدراسة تقييم مؤشر هشاشة الساحل Coastal Vulnerability Index (CVI) ودمجه مع العوامل الرئيسية التي تؤثر على المنطقة الساحلية (حت المناطق الساحلية أو نموها، الطبوغرافيا، الرواسب وارتفاع منسوب مياه البحر المرافق). النتيجة هي تحديد درجة الهشاشة اعتماداً على ارتفاع منسوب مياه البحر. يضاف إلى هذا الهدف: إجراء قياسات للمناطق المغمورة وفقاً للتغيرات المختلفة في منسوب مياه البحر. كما تمت مناقشة النتائج المحتملة لارتفاع منسوب مياه البحر وإجراءات التخفيف.

وقد بينت النتائج أن هناك تفاوتاً في حساسية الساحل السوري للارتفاع المتسارع في منسوب مياه البحر.

قد يكون لارتفاع منسوب مياه البحر تأثيرات هامة على المدى البعيد على المنطقة الساحلية وخاصة في المناطق التي وجد أنها ذات درجة هشاشة عالية. وقد تشمل هذه الآثار تملح المياه الجوفية وانجراف المناطق الساحلية الضيقة.

1- المظاهر الفيزيائية والبيئية والإقتصادية - الإجتماعية:

تتميز المنطقة المدروسة بالكثير من الخصائص الجغرافية، التضاريسية والإجتماعية التي تجعل دراسة مناخها ممتعة من الناحية العلمية. الهدف من هذه المقدمة تلخيص هذه المميزات وتقديم المادة العلمية التي تمت مناقشتها بالتفصيل لاحقاً خلال هذا التقرير. هذه المقدمة قام بوضعها الدكتور أمير إبراهيم في تقريره عن التغير المناخي وتأثيره على المناطق الساحلية في سورية (INC-SY_V&A_Coastal-Zone-Ar).

1 1 المنطقة المدروسة:

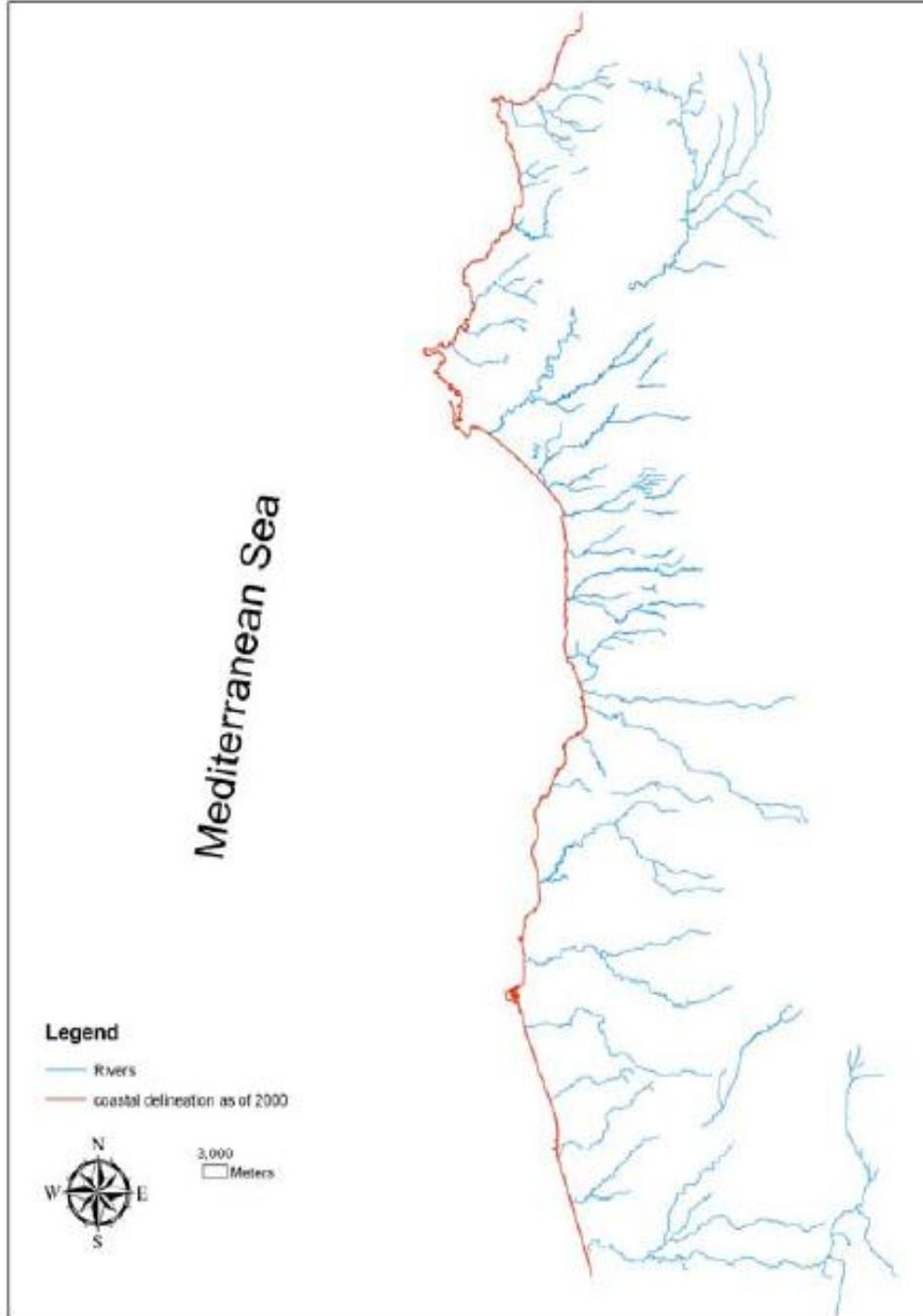
يقع الساحل السوري على الساحل الشمالي الشرقي للبحر المتوسط ويمتد الشريط الساحلي (كإحداثيات جغرافية (خط طول / خط عرض) من (35.917 ، 35.92) شمالاً على الحدود التركية إلى الجنوب حيث الحدود اللبنانية (34.633 / 35.975) و يبلغ طوله 183 كم تنقسم ما بين محافظتي طرطوس و 90 كم واللاذقية 93 كم (الشكل 1) وتغطي المنطقة الساحلية مساحة تبلغ 4200 كم² تنقسم بين محافظتي اللاذقية شمالاً (2300 كم² و 1139897 نسمة) وطرطوس جنوباً (1900 كم² و 888952 نسمة) وتعتبر نسبة النمو مرتفعة (إذ تبلغ 2.58 % في سورية عامة حسب بيانات المكتب المركزي للإحصاء 2001). وتعتبر أهم استعمالات الأراضي هي المناطق الزراعية والمزرعة (225000 هكتاراً)، الغابات (114000 هكتاراً)، مناطق العمران (46000 هكتاراً) الشواطئ الصخرية والرملية (21000 هكتاراً) البحيرات (7000 هكتاراً)، السهول والهضاب (5000 هكتاراً)

تمثل المنطقة الساحلية حوالي 2 % من مساحة سورية ويقطنها ما يزيد على 11 % من التعداد الكلي للسكان (يبلغ التعداد الكلي للسكان 21.4 مليون نسمة حسب تقديرات عام 2006، وزارة الإدارة المحلية والبيئة MOLA عام 2007) ويعيش ربع السكان المقيمين في المنطقة الساحلية ضمن أربع مدن ساحلية هي اللاذقية (351305 نسمة)، جبلة (66070 نسمة)، بانياس (39827 نسمة) وطرطوس (90209 نسمة) وهذه المدن جميعها تقع على الساحل.

1 2 المظاهر الفيزيائية:

تتألف التضاريس في المنطقة الساحلية من سهول ساحلية ضيقة تحتوي على نظم بيئية متنوعة، وتتضمن عدداً محدوداً من الأراضي الرطبة، مصبات الأنهار، الأنهار الساحلية، مناطق صخرية مسطحة.

78% من الشريط الساحلي (أي 143 كم) عبارة عن شاطئ صخري في حين أن 22% (أي حوالي 40 كم) عبارة عن شواطئ رملية. ويتواجد عدد قليل من الخلجان والموانئ على طول الشريط الساحلي.



الشكل رقم (1): خريطة الساحل السوري تظهر الأنهار الساحلية.

وتقع ضمن المياه الإقليمية السورية أربع جزر هي أرود، الحبس، النمل وأبو علي. وتعتبر أرود أكبر هذه الجزر إذ تقع على بعد 3 كم عن طرطوس وتبلغ مساحتها 2 كم² ومحيطها حوالي 3 كم. وتعتبر جزيرة أرود ذات كثافة سكانية عالية إذ يسكنها 45000 نسمة حسب تقديرات وزارة السياحة. وتتضمن النشاطات الاقتصادية الأساسية للسكان صيد السمك وصناعة السفن التي تعتبر حرفة تاريخية فيها. أما الجزر الثلاثة الأخرى فهي ذات مساحة صغيرة كما أنها غير مأهولة وهي تقع إلى الجنوب من أرود.

1 3 طوبوغرافية الأرض:

يضم الساحل السوري مساحة كبيرة يتراوح منسوبها بين الصفر (منسوب سطح البحر) و 5 أمتار. كما أن جزءاً كبيراً يتراوح ارتفاعه بين الصفر ومتر واحد فوق منسوب مياه البحر.

ويتراوح عرض المناطق الساحلية المنخفضة بين بضعة أمتار (منطقة أم الطيور) وتبلغ عدة مئات من الأمتار (قرب مدينة بانياس) في حين تبلغ عدة كيلومترات (في منطقتي اللاذقية والحميدية) وتبلغ كثافة السكان في المنطقة الساحلية 500 نسمة / كم² وفقاً لتقرير المكتب المركزي للإحصاء لعام 2006.

تتكون السهول الساحلية الشمالية المنخفضة من صخور كلسية وبارلتية تتخللها مناطق رملية مغطاة بالرمل والحصى في منطقة رأس البسيط وتتكسر هذه المواصفات في منطقة أم الطيور. في حين أن الصخور الكلسية والحصى النهرية تغلب على المناطق الواقعة جنوب وادي قنديل وبرج إسلام. أما بقية مناطق السهول الساحلية المنخفضة فهي تتكون من الصخور الرملية البحرية وتتخللها مناطق من الرمل والحصى حول مصبات الأنهار. كما توجد منطقتان واسعتان متميزتان بالكثبان الرملية: الأولى بطول 13 كم وبعرض عدة مئات من الأمتار وترتفع فوق متوسط منسوب مياه البحر بحدود 10 - 15 متراً. وهي تقع جنوب اللاذقية بين مصب نهر الكبير الشمالي ومصب نهر الصنوبر. أما الثانية فهي بطول 12 كم وارتفاع يتراوح بين 4 - 10 أمتار فقط فوق متوسط منسوب مياه البحر وهي تقع على طول منطقة الحميدية جنوب طرطوس.

1 4 المظاهر البيئية:

يعتبر المناخ في المنطقة الساحلية متوسطياً رطباً أو مناخاً شبه استوائي مع ارتفاع تدريجي في معدلات الهطول ودرجات الحرارة من الغرب إلى الشرق وانخفاض من الشمال إلى الجنوب. وهذا التنوع يزداد من المنطقة الساحلية إلى المناطق ذات المناسيب الأعلى (المناطق الجبلية) (تقرير PAP/RAC 1990) ويبلغ معدل درجة الحرارة السنوي 20 درجة مئوية (عيد، 2004). وتحدث

معظم الهطولات خلال فصل الشتاء ووفقاً للاختلافات الطبوغرافية فهي تزداد ابتداءً من الخط الساحلي باتجاه الشرق. وتتراوح كميات الهطول بين 800 ملم سنوياً في المنطقة الساحلية إلى 1500 مم سنوياً في المناطق الجبلية.

اتجاه الرياح السائدة هي الاتجاه الغربي والجنوبي الغربي، بمعدل سرعة يتراوح بين 8 إلى 24 متر/ساعة خلال مدة 3 أيام وسطياً. وعادة ما تترافق الرياح مع الأمطار التي توصف بأنها غزيرة وعرضية (GDOP 2006). أما الرياح المتكررة التي تؤدي إلى نشوء العواصف فهي جنوبية غربية وهي عادة ما تدوم عدة أيام. ويمكن أثرها السلبي بشكل أساسي في تأثيرها على الملاحة البحرية. يمكن للرياح الشمالية والشمالية الشرقية أن تكون شديدة للغاية ولكن هذه الرياح لا تتسبب في أمواجٍ عالية نسبياً قرب الساحل السوري. تترافق الأمواج العالية عادة مع الرياح الغربية ولكن نادراً ما تتجاوز مدتها يومين.

أما درجة حرارة مياه البحر تحت سطح البحر تماماً فهي تتراوح بين 14 - 16 درجة مئوية خلال أشهر الشتاء وبين 26 - 29 درجة مئوية خلال أشهر الصيف. وذلك وفق بيانات المعهد العالي للأبحاث البحرية - المهمة الاستكشافية السورية الروسية المشتركة لشرق المتوسط 12 شباط إلى 11 آذار 1992.

تزداد ظاهرة تملح المياه في المناطق الساحلية بشكل ثابت كما هو الحال في حوض شرق المتوسط. إن التملح في الشريط الساحلي السوري يعزى إلى زيادة نسبة التبخر نتيجة للإرتفاع العالمي في درجة حرارة الهواء ومياه البحر والنقص العام في جريان المياه العذبة نتيجة للاستغلال المكثف للأشجار، إذ أن عدد السدود القائمة حالياً هو 20 سداً. وقد تم تسجيل درجة ملوحة مياه البحر السطحية فوجد أنها بين 37 و 39 ppt. ويمكن الحصول على معلومات إضافية حول ملوحة ومنسوب سطح المياه في البحر المتوسط من شبكة الإنترنت.

التيارات البحرية كما هو الحال في الحوض الشرقي، تتميز بسرعة منخفضة تتراوح بين 13 - 17 سم/ثانية متجهة من الجنوب إلى الشمال بعكس اتجاه عقارب الساعة. تتحصر التيارات السطحية في الطبقات العليا من مياه البحر ويمكن أن تزداد سرعتها لتبلغ 1 متر/الثانية إذا ما تعرضت لرياح قوية وتبلغ التيارات السطحية ذروتها في الفترة الواقعة بين تشرين الأول أو تشرين الثاني إلى آذار. ويمكن التعرف على التيارات السطحية المختلفة من خلال شبكة الإنترنت.

لا توجد بيانات حول مراقبة ظاهرة المد والجزر على طول الساحل السوري. ولكن يمكن أن نلاحظ من المراقبة العادية أن الاختلافات في مستوى المد والجزر هي اختلافاتٌ قليلة. وبشكل مشابه لحالات

المد في شرق المتوسط فإن ارتفاع المد لا يتجاوز 0.5 متر. هذا المستوى المنخفض لمياه المد يضاف إليه بطء التيارات المائية نقل من تشتت الملوثات وتزيد من تأثير التلوث على الحياة البحرية. لا تتوفر بيانات حول قياس ارتفاع الأمواج في سورية. ولكن بشكل مشابه لارتفاع الأمواج في شرق المتوسط فإن متوسط ارتفاع الأمواج حوالي 4 - 5 أمتار في حين يبلغ ارتفاع الأمواج العالية 7 - 8 أمتار. وتحدث الأمواج العالية بتواترٍ منخفضٍ جداً إذ تتكرر عدة مرات في العام.

1 5 الموارد المائية:

تعتبر الهطولات المطرية في الساحل السوري غزيرة، إذ يتجاوز معدلها 1000 ملم /السنة. وتتناقص الهطولات بشدة كلما اتجهنا إلى الشرق من الجبال الساحلية وكذلك كلما اتجهنا إلى الجنوب ابتداءً من الحدود التركية. تحدث الهطولات التي تحملها الرياح القادمة من البحر المتوسط في الفترة ما بين تشرين الثاني وأيار. وتتلقى قمم الجبال الساحلية معظم الهطولات المطرية. نادراً ما يحدث الصقيع في السهول الساحلية. في حين أن قمم الجبال الساحلية يمكن أن تكسى بالثلوج في بعض الأحيان. وفي حين أن كميات الأمطار الكافية تدعم قيام زراعات كثيفة في المنطقة الساحلية، فإن الاختلاف في الهطولات المطرية في الكمية والتوقيت بين سنة وأخرى تجعل الزراعات البعلية في خطر.

تعرف المنطقة الساحلية بغناها بالموارد المائية. تقدر كميات المياه السطحية والجوفية في المنطقة الساحلية بـ 2235 مليون متراً مكعباً. ويقدر المخزون المائي الموجود خلف السدود في المنطقة الساحلية بحوالي 850 مليون متراً مكعباً وفق سجلات وزارة الري. هذه الكميات إضافة إلى ما توفره الأنهار والآبار تستخدم في ري حوالي 79629 هكتاراً. قامت المؤسسة العامة للاستشعار عن بعد باكتشاف مخزونات المياه الجوفية في المنطقة الساحلية وحددت مواقع المخزونات الرئيسية في منطقة تغذية النهر الكبير الشمالي، برج إسلام (نهر العرب)، كنسبا، جيجانية، موران. في حين أن بعض موارد المياه الجوفية اعتبرت مناسبة للتعبئة كما في جبة الريند، متا، بصيرة الجريد و الشقارة (بيانات الاستشعار عن بعد).

تنوزع الآبار على طول المنطقة الساحلية متنسبة باستنزافٍ كبيرٍ للمياه العذبة. وقد منع منح أي ترخيص لحفر آبار جديدة بسبب انخفاض منسوب المياه الجوفية وتغلغل مياه البحر في عدة مناطق على طول المنطقة الساحلية.

يصب 28 نهراً في البحر كما يتبين من الشكل 1، معظم هذه الأنهار هي مجارمائية فصلية لا يتجاوز طولها عادة 50 كم. وقد أقيم على الأنهار الكبرى حوالي 20 سداً لتأمين المياه اللازمة للري (بيانات وزارة الري 2008). يؤدي استثمار المياه العذبة في المنطقة الساحلية إلى انخفاض كميات

المياه العذبة المصروفة إلى البحر وبالتالي سيؤدي إلى انخفاض إنتاجية البيئة البحرية وازدياد ملوحة المياه فيها. بالإضافة إلى الأنهار الموجودة يوجد عدد كبير جداً من الينابيع في المنطقة الساحلية تتجه هذه الينابيع من الشرق نحو الغرب. وينتهي الكثير من الينابيع والجداول إلى أنهار فصلية صغيرة تخترق السهول الساحلية المنخفضة وصولاً إلى البحر. إن الإندماج بين الأنهار والمسيلات الفصلية يعتبر أحد العناصر المكونة للمصببات الساحلية. وتعتبر المصببات أحد المكونات الهامة لتضاريس المنطقة الساحلية وتعتبر أحد أكثر النظم البيئية هشاشة والمتأثرة بظاهرة ارتفاع منسوب مياه البحر.

تعتبر أودية الأنهار مكوناً هاماً آخر من مكونات المنطقة الساحلية وهي تخترق السهول الساحلية لتصل إلى البحر في عدة مناطق. وتعتبر هذه الأودية حساسة للغمر الذي يمكن أن ينتج عن ارتفاع منسوب مياه البحر.

يوجد 17 ينبوعاً على طول الشريط الساحلي، وتعتبر بعض هذه الينابيع البحرية مصدراً رئيسياً للمياه العذبة للصيادين. وتتوضع الينابيع الرئيسية في محافظة طرطوس، معظمها في منطقة بانياس. وقد اكتشف مؤخراً وجود نبع واحد في برج إسلام شمال اللاذقية. من الواضح أن توفر المياه العذبة في المنطقة الساحلية يمكن أن يوفر كميات ضخمة من موارد المياه العذبة الضرورية للاستخدامات المنزلية والزراعية. وفي هذا السياق فقد حددت الهيئة العامة للاستشعار عن بعد عدة ممرات للمياه العذبة في منطقتي طرطوس واللاذقية. وقد وجد أن هذه الممرات المائية تتوزع على طول المنطقة الممتدة بين (34 55 12N , 35 54 24E) جنوباً وحتى (35 13 45N , 35 58 20E) شمالاً وقد كان الهدف البحث في إمكانية حجز المياه العذبة التي تجري تحت الأرض قبل وصولها إلى البحر. إن التوازن بين المياه الجوفية الساحلية ومياه البحر محقق معظم أيام السنة. إلا أن تسرب مياه البحر يحدث حالياً في منطقة سهول الحميدية الساحلية، قرب الحدود اللبنانية، قرب بانياس، البصة وشمال اللاذقية (منطقة دمسرقو وشمال وادي قنديل). يكون تسرب مياه البحر واضحاً بشكل أساسي خلال الأشهر الجافة. إن الاستثمار الزائد غير المضبوط للكمية المحدودة من المياه العذبة الموجودة في الحوض المائي يعتبر السبب الرئيسي لتسرب المياه المالحة. يزداد تملح التربة باستمرار ويسهم إلى حد كبير في الإنتاج الزراعي.

أما البحيرات التخزينية الصغيرة التي تحدث أثناء فيضانات الشتاء القليلة فتستخدم لتأمين مياه الري خلال فصل الصيف.

بنظرة عامة، من الواضح أن مخزونات المياه الموجودة في تناقص عبر الزمن، نتيجة لانخفاض معدلات الهطول بشكل أساسي وبسبب زيادة الطلب على موارد المياه نتيجة ازدياد النشاطات البشرية والزراعية وتتميتها.

1 6 المظاهر الاقتصادية - الاجتماعية

تتوضع معظم النشاطات الاقتصادية التي تشكل العمود الفقري للإقتصاد السوري في المنطقة الساحلية. وتتضمن النشاطات الاقتصادية (مصفاة نפט وإنتاج الإسمنت والزراعة والبيوت البلاستيكية وبساتين الفاكهة والزراعات الكثيفة) وتمثل مساهمة الساحل في الناتج الوطني الإجمالي أكثر من 12 % ويعتمد السكان في المنطقة الساحلية في تأمين دخلهم على ثلاثة مصادر أساسية: الزراعة، صيد السمك، والصناعة/ السياحة.

تقسم الأراضي المزروعة إلى أراض مروية تبلغ مساحتها 58000 هكتاراً وأراض بعلية مساحتها 154000 هكتاراً ويبقى حوالي 13000 هكتاراً من الأراضي غير مستثمرة (تقرير CBS عام 2006). أما المحاصيل السائدة فيها فهي الخضار، الحمضيات والزيتون. وتتواجد البيوت البلاستيكية بكثرة في المنطقة الساحلية إذا يوجد أكثر من 150000 بيتاً بلاستيكياً تستخدم لإنتاج البندورة والخيار. وتشكل النشاطات الزراعية مصدر دخل أكثر من 50000 أسرة وآلاف العمال الموسمييين أو الذين يعملون بدوام جزئي (DOA 2008).

يمارس صيد السمك على أساس مجموعات صغيرة. ويسهم قطاع الصيد بما لا يتجاوز 0.002 % من إجمالي الناتج الوطني (CBS 2006) ويتوزع أسطول الصيد على 14 ميناءاً للصيد تتوزع على طول الساحل. وتقع الموانئ الست الكبرى في طرطوس، أرواد، بانياس، جبلة، اللاذقية وبرج إسلام. وبالإضافة إلى موانئ الصيد الـ 14 توجد أربعة موانئ تجارية هي اللاذقية، طرطوس، بانياس وجزيرة أرواد.

يقع عدد كبير من المنشآت الصناعية في السهل الساحلي وهي تتضمن على سبيل المثال: معامل البطاريات، صناعات خشبية، صناعات غذائية، المشروبات، النسيج، ومعامل المحركات، إضافة إلى المعامل الصغيرة مثل معاصر الزيتون، المحطة الحرارية لتوليد الطاقة، مصفاة النفط، أنابيب النفط، معمل الإسمنت. كما يوجد عدد من المطامر الواقعة في المنطقة الساحلية ومواقع صرف مياه الصرف الصحي.

تضم المنطقة الساحلية عدداً كبيراً من المواقع السياحية وقد وضعت هذه المنطقة مؤخراً قيد استثمار مكثف سياحياً.

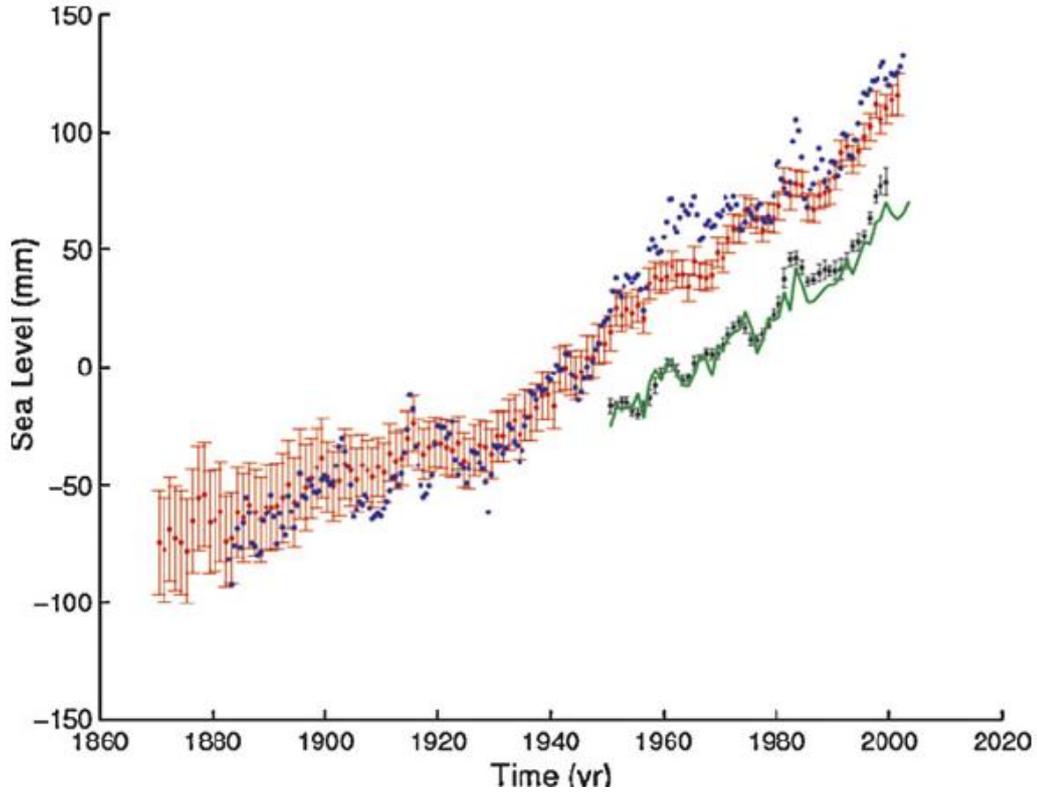
2- نظرة عامة على ارتفاع منسوب مياه البحر:

يشكل ارتفاع منسوب مياه البحر خطورة رئيسية على المناطق الساحلية. وتوضح السيناريوهات المختلفة لارتفاع منسوب مياه البحر في العالم أن قيمة الارتفاع ستتراوح بين 19 - 58 سم خلال القرن الحالي وذلك اعتماداً على مدخلات افتراضية وعلى النموذج العالمي المستخدم (IPCC AR4, 2007) وتبين النماذج المختلفة أنه من المتوقع ازدياد ارتفاع مستوى سطح البحر خلال القرن 21 وذلك ناتج بصورة أساسية عن التمدد الحراري لمياه المحيطات، إضافة لتأثير ذوبان الكتل الجليدية (IPCC AR4, 2007).

إن سيناريوهات التغيرات المناخية في البحر المتوسط تعتبر منسجمة نسبياً مع النماذج العالمية (نماذج IPCC). وإن ارتفاع منسوب مياه البحر الموافقة لأكبر ارتفاع لمنسوب المد والجزر في البحر المتوسط في المتوسط هي 1.1 إلى 1.3 مم / السنة (Spencer و Tsimplis عام 1997). وبالتالي فهي قريبة من العتبة الدنيا المتوقعة لارتفاع منسوب مياه البحر في العالم والتي تبلغ 1 - 2 مم / السنة.

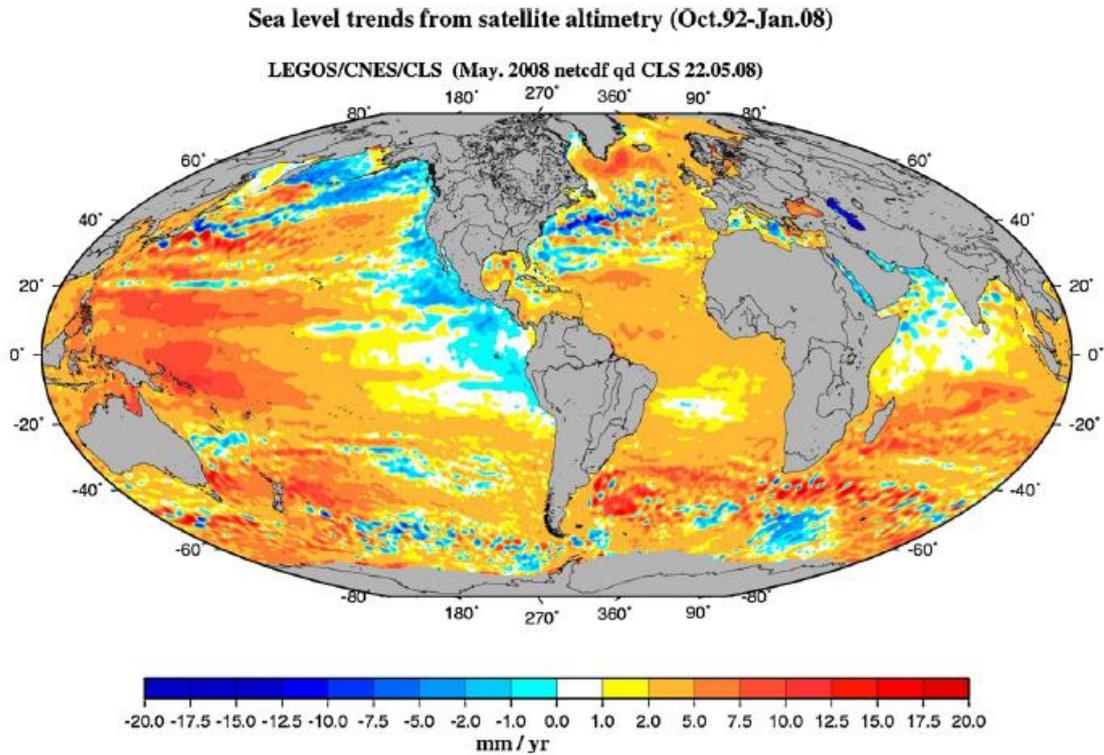
في العقدين الماضيين لوحظ وجود ارتفاع سريع في منسوب مياه البحر في البحر المتوسط ولاسيما في الشرق (Cazenava et al., 2001; Fenoglio-Marc, 2002) وقد تم ربط تغيرات منسوب سطح البحر مع التغيرات الملحوظة على درجات حرارة سطح البحر (Cazenave et al., 2001). إن القيم الملحوظة لمنسوب مياه البحر وحرارتها التي تعتبر المسبب قد تم التأكد منها من خلال البيانات المناخية لحرارة المحيطات. يضاف إلى ذلك التأثير الكبير لذوبان الجليديات (في غرينلاند والقارة المتجمدة) سيؤثر على منسوب مياه البحر المتوسط في المستقبل. ووفقاً لـ IPCC AR4, 2007 فإن المعدل العالمي المتوقع لارتفاع مياه البحر بسبب ذوبان الكتل الجليدية يتراوح بين 4 - 23 سم. ويوفر التقرير الرابع للتقييم باستخدام نموذج IPCC (IPCC AR4, 2007) مجموعة من المؤشرات التي تدل على التقدم الذي تم إدراكه من خلال القياسات الدقيقة للتغير في متوسط ارتفاع منسوب مياه البحر في العالم كما يقدم لنا فهماً لأسباب هذا الارتفاع الملحوظ. إن البيانات المتعلقة بقياس ارتفاع منسوب مياه البحر والمستمدة من الأقمار الصناعية مثل Jason و Topex/Poseidon. متاحة لأكثر من 15 عاماً. إن ارتفاع منسوب مياه البحر خلال القرن الماضي وكذلك الإرتفاع المتوقع في القرن الحادي والعشرين يمكن تلخيصها من خلال المعلومات التي يوفرها Cazenava et al. (2008) وتقدر نسبة ارتفاع منسوب مياه البحر من خلال بيانات أمواج المد والجزر ومن خلال طرق بنيوية تدمج ما بين سجلات المد والجزر والتغيرات الإقليمية المأخوذة من قياسات

القرن الماضي (Cazenava et al. 2008). يظهر الشكل 2 تقديراً للمتوسط العالمي لارتفاع منسوب مياه البحر خلال Topex/Poseidon.



الشكل رقم (2): منحنى يمثل تغيرات منسوب البحار خلال القرن العشرين اعتماداً على بيانات المد والجزر المختلفة وعمليات التحليل البنيوية. تمثل النقاط الحمراء بيانات مأخوذة من (Church et al. 2006) والنقاط الزرقاء بيانات مأخوذة من (Jevrejeva et al. 2006) أما النقاط السوداء فهي بيانات مأخوذة من (Holgate et al. 2004). ويمثل المنحنى الأخضر (Cazenava et al. 2008).

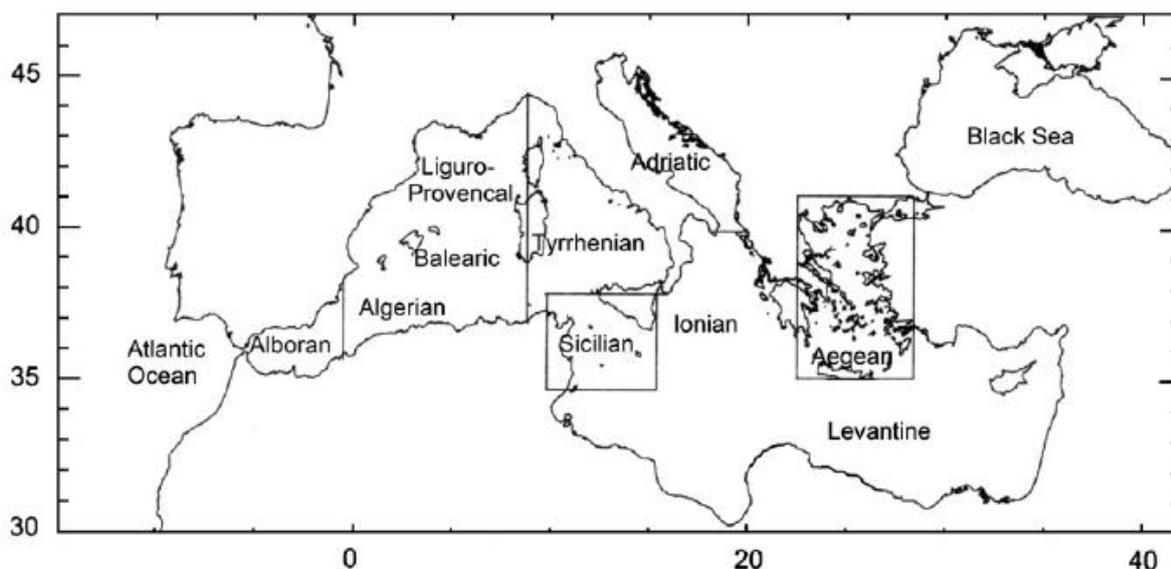
إن التغيرات التي حدثت على مدى سنوات/ عقود والتي طرأت على المتوسط العالمي لمنسوب مياه البحر هي نتيجة لتغيرات درجة الحرارة في المحيطات، حجم الأراضي المغطاة بالجليد وكذلك كميات المياه الموجودة في الخزانات والأحواض الأرضية. يمكن ملاحظة التفاعل بين درجة الحرارة والملوحة في الشكل رقم 3. والذي يعتمد على (Lombard et al. 2008) ويستخدم نموذج ميركاتور MERCATOR عالي الدقة في دراسة دورة المحيطات خلال الفترة من 2001 – 1993.



الشكل رقم (3): التوزيع الجغرافي للتغيرات الخطية في منسوب سطح البحر خلال الفترة من 1993 – 2008 باستخدام قياسات ارتفاع منسوب مياه البحر من مجموعة أقمار صناعية.

1-2 تغيرات منسوب مياه البحر المتوسط:

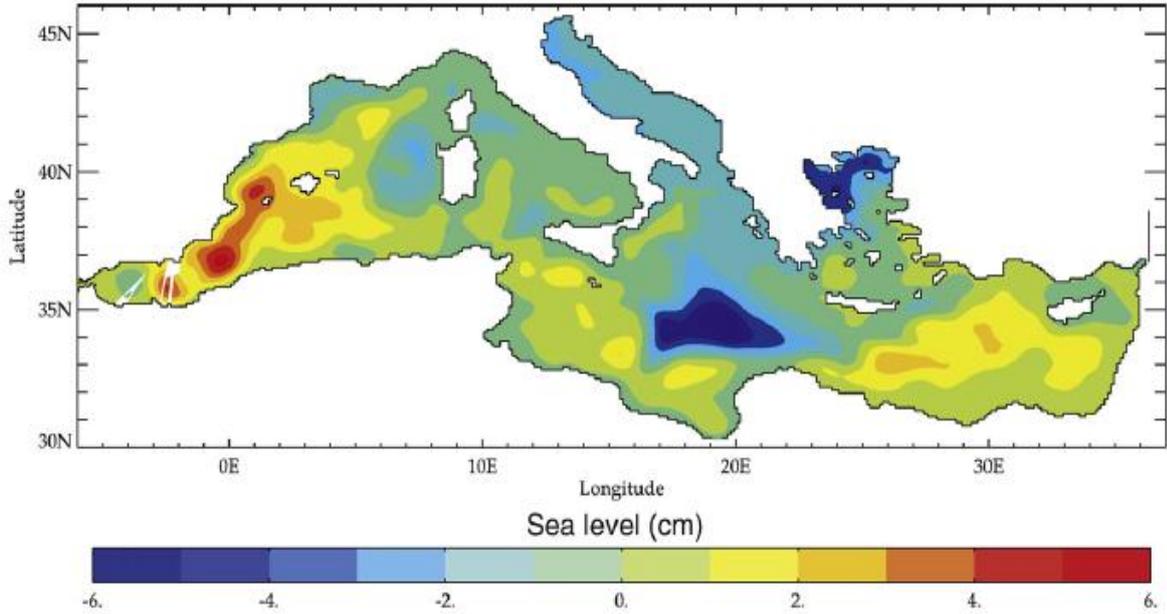
يمتد البحر المتوسط (وهو بحر شبه مغلق كما يوضح الشكل 4) على مسافة 3000 كم في اتجاه خطوط الطول وعلى حوالي 1500 كم باتجاه خطوط العرض. ويتصل بالمحيط الأطلسي من خلال مضيق جبل طارق، ومع البحر الأسود من خلال مضيق البوسفور والدرديل التركيين. كما أن مضيق صقلية يفصل بين شرق المتوسط وغربه.



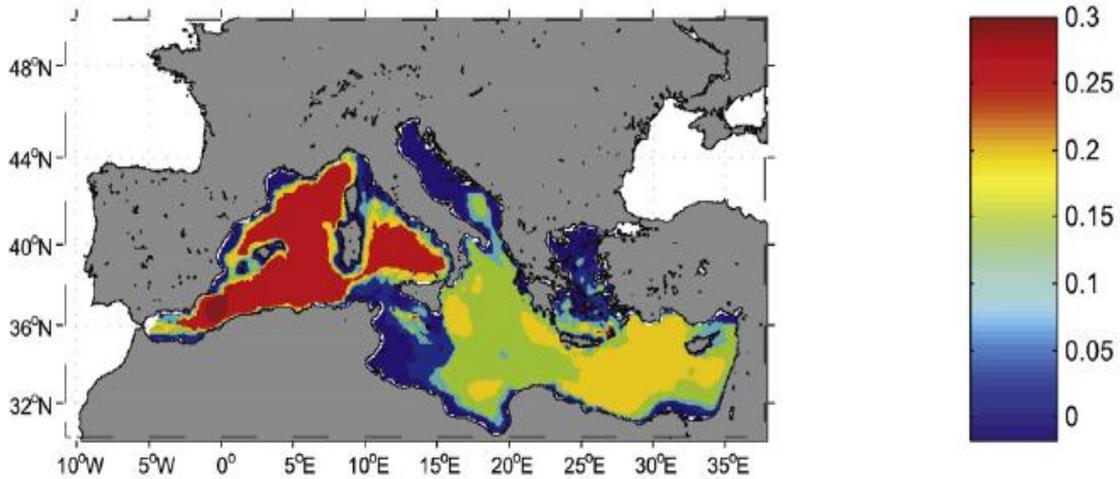
الشكل رقم (4): البحر المتوسط: الحوض الأساسي والأحواض الفرعية

تم وصف الدورة العامة للبحر المتوسط من خلال سلسلة من برامج المراقبة والدراسات المعتمدة على النمذجة على مدى العقد الماضيين (مثل PRIMO، POEM، EU/MAS/MTP/II) والتي تختلف فيما بينها بالمقياس (مقياس حوض البحر المتوسط كاملاً أو على مقياس الأحواض الفرعية أو على مقاييس أصغر تناسب ظواهر مناخية معينة Mesoscale) كما تختلف بالزمن (فصلية، سنوية، أو عبر عقد أو أكثر). بشكل عام فإن المناخ في البحر المتوسط وإلى حد كبير تقوده نماذج وأنماط ذات مجال تأثير عالمي. حيث أن توزع الجبال وكذلك توزع البر - البحر يلعب دوراً هاماً في تشكيل المناخ ضمن الحوض وكذلك في المعلومات المناخية العالمية.

تم تطوير نماذج إقليمية بمقاييس مختلفة. ويمكن رؤية نتائج أحد النماذج المستخدمة على الشكلين رقم 5 و 6 وهو نموذج (Tsimplis et al. 2008). وتقود المدخلات في هذا النموذج إلى توقع ارتفاع سطح البحر وفقاً لعوامل مختلفة يمكن إيجازها كما يلي، في الأقاليم الساحلية التي يتوقع ارتفاع منسوب مياه البحر فيها بمقدار 5 سم، فإن ازدياد الضغط الجوي سيسهم في إنقاص ارتفاع منسوب مياه البحر بمقدار 1-2 سم، كما أن هناك عوامل أخرى ككمية المياه المتوقعة نتيجة لذوبان الجليد والصفائح الجليدية يمكن أن تسهم في ارتفاع منسوب مياه البحر في القرن 21 إذ يتوقع أن تساهم بحوالي 0.01 إلى 0.13 متراً نتيجة ذوبان الجليد في القارة الأوربية، حوالي 0.07 إلى 0.17 متراً من غرينلاند و حوالي 0.14 إلى 0.02 متراً من القارة المتجمدة الجنوبية IPCC AR4, 2007. وهذه القيم تقود إلى تغيرات تتراوح بين 0.07 إلى 0.18 م في البحر المتوسط (Mitrovica et al. 2001)



الشكل رقم (5): اختلاف منسوب مياه البحر نتيجة لتغيرات الدورة المحيطية خلال الفترة 2070 – 2099 وخلال 1961 – 1990 (Tsimplis et al. 2008)



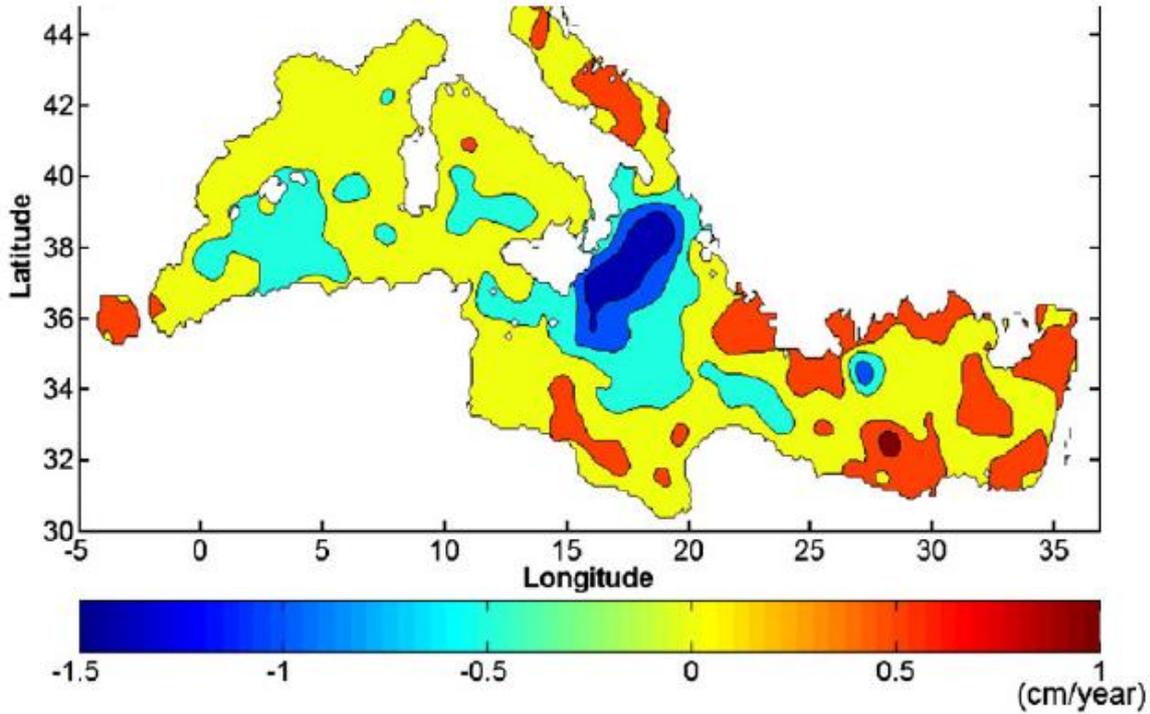
الشكل رقم (6): اختلاف مستوى سطح البحر خلال الفترات 1961 – 1990 و 2070 – 2099 (Tsimplis et al. 2008)

2-2 تغيرات منسوب مياه شرق البحر المتوسط (الحالية والمتوقعة)

الهدف الأساسي هو تحديد التغيرات الأساسية في منسوب مياه شرق البحر المتوسط ولاسيما فيما يتعلق بتوصيف الكتلة المائية على المدى الطويل، تغيرات منسوب مياه البحر نتيجة للأحداث المختلفة التي تحدث في شرق المتوسط. Eastern Mediterranean Transient events EMT. اعتماداً على المعلومات المتوفرة فإن تقديرات ارتفاع منسوب مياه البحر تم إنجازها أساساً باستعمال

محطات رصد المد والجزر المنتشرة على الشواطئ في كل أنحاء العالم. وفي حين أن من الواضح أن التغيرات تختلف بشكل واضح وفقاً للموقع فإن بإمكاننا القول إن منسوب سطح البحر يتغير بمعدل 1-2 مم / السنة كحد أقصى و 0.5 مم / السنة كحد أدنى (Criado-Aldeanueva et al. 2008).

كان إطلاق الأقمار الصناعية ERS-1 و Topex/Poseidon (T/P) عام 1991 بداية لمهمة قياس منسوب مياه البحر والتي زودتنا بمصدرٍ مستمرٍ لبيانات مستوى سطح البحار فاتحة مجالات متعددة في الدراسات في هذا المجال. وقد تم توضيح معلومات مفصلة حول التغيرات الأساسية في منسوب مياه المتوسط على مستوى الحوض بكامله، وعلى مستوى الأحواض الفرعية من خلال (Cazenava et al. 2002). الذي دمج بيانات القمر الصناعي T/P لمدة ست سنوات (1993 - 1998 مع بيانات ERS-1 في الفترة من 1992 - 1996. أورد (Cazenava et al. 2002) إن متوسط ارتفاع منسوب مياه البحر حوالي 7 ± 1.5 مم / السنة في البحر المتوسط. رغم أن توزيعه المكاني غير موحد، حيث أن الحوض الشرقي يرتفع بمعدل 25 - 30 مم/ السنة أما بحر اليونان فهو يشهد انخفاضاً في منسوب مياهه بمعدل 15 - 20 مم/السنة. في الحوض الغربي فإن تغيرات منسوب المياه منخفضة بشكل واضح حيث يرتفع في بعض المناطق بينما ينخفض في بعضها الآخر. من جهة أخرى فإن سلسلة طويلة من البيانات تمتد على طول 6 سنوات من بيانات القمر T/P و ERS-1 وكذلك ERS-2 قد تم دمجها واستعمالها من قبل (Fenoglio et al. 2002) واستنتج تغيرات معتدلة: 2.2 مم/ السنة للبحر المتوسط بكامله مع قيم أدنى في الحوض الغربي (حوالي 0.4 مم/ السنة)، وقيم أعلى في المنطقة الشرقية (حوالي 9.3 مم/ السنة)، ومرة أخرى انخفاض كبير في منطقة بحر اليونان يبلغ 11.9 مم/ السنة. وفي هذا السياق فإن توفر بيانات قياس منسوب مياه البحر على مدى 15 عاماً قد وضحت وجود تغيرات كبيرة في منسوب مياه البحر ابتداءً من منتصف 1999 في بعض المناطق في البحر المتوسط. لذلك فقد أعلن عن الحاجة إلى أبحاثٍ لتحديد دقيق للتغيرات (Vigo et al. 2005).



الشكل رقم (7): الإرتفاع الإجمالي في منسوب مياه البحر بعد (Criado- Aldeanueva et al. 2008)

3- الأدوات والطرائق:

3-1 الأدوات

تتطلب الدراسة الحصول على البيانات التالية ومعالجتها.

3 + + الطوبوغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمي DEM

من أجل تقييم سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر فقد استخدمت الدراسة خرائط طوبوغرافية بمقياس 1:50000 يتراوح فيها التباعد الشاقولي بين خطوط التسوية بين 10 - 20 متراً وذلك للتوليد خطوط تسوية جديدة. تم إنتاج نموذج ارتفاعات رقمي DEM من خلال تفسير بيانات الارتفاع من خلال شبكة المثلثات غير المنتظمة TIN. كما استخدمت نقاط تحكم أرضية إضافية GCPs (نقاط ضبط وارتفاعات معروفة مسبقاً لنقاط أرضية) كنقاط ارتفاع عند حساب DEM. كما استخدمت بيانات SRTM بدقة 30 متراً كبديل للمعلومات في المناطق التي لا تتوفر فيها نقاط التحكم الأرضية ولاسيما عند ترسيم الأودية. تم الحصول على DEM باستخدام برنامج ARCGIS للمنطقة الساحلية بكاملها (الشكل 12). الدقة الأفقية لنموذج الإرتفاعات الرقمي DEM هي 10 أمتار في حين أن

الدقة الشاقولية تراوحت ما بين 5 - 10 أمتار. ولما كانت هذه الدقة تعتبر منخفضة فلا بد من بناء قاعدة بيانات لنقاط تحكم أرضية باستخدام GPS نظام التوضع العالمي وذلك للحصول على تحليل دقيق. الدقة المطلوبة في نموذج الإرتفاعات الرقمي المستخدم في دراسة تغيرات منسوب مياه البحر يجب أن لا تتجاوز 2-5 أمتار.

3 + 2 استعمالات الأراضي:

تم ترسيم خريطة استعمالات الأراضي / الغطاء الأرضي من قبل GORS الهيئة العامة للإستشعار عن بعد خلال مشروع COLD باستعمال التفسير البصري لصور القمر Landsat متعددة الأطياف باستخدام دليل FAO. هذه الخريطة ستستعمل لتحليل الشرائح وتقييم المخاطر.

3 + 3 بيانات الأقمار الصناعية

تم استخدام صور فضائية تغطي المنطقة المدروسة بكاملها تعود لفترات زمنية مختلفة. وتمتد منطقة الدراسة على موضعين (مشهدين) يوافقان المسارين 174/35 و 175/36 وتغطي فترة زمنية تعود إلى 16 سنة. تم الحصول على الصور الفضائية Landsat عام 1987 من خلال Thematic Mapper (TM) في حين أن مجموعتين من الصور المأخوذة عام 2000 و 2005 التقطت من خلال القمر الأكثر تطوراً ETM+ أي Enhanced Thematic Mapper. تم جمع الصور ودمجها مع الـ Panchromatic Band وذلك للحصول على دقة مكانية قدرها 15 متراً للصور المرجعة (orthorectified) وقد تم تعريف الصور الفضائية باستخدام نظام الإحداثيات UTM 1984 Zone 37N. تم إهمال الفروقات في المد والجزر بين الصور المختلفة بسبب عدم توفر البيانات حول هذه التغيرات والتي يجب أن تتوفر من قياسات أرضية. وقد تم استخدام التفسير البصري لترسيم الشريط الساحلي أعوام 1987 و 2000 و 2005.

كما استخدمت صورة من القمر الصناعي IKONOS تغطي كل المنطقة بدقة مكانية قدرها متر واحد مأخوذة في العام 2006 وذلك للتفسير البصري لتضاريس الساحل. وقد تم استخدام نظام الإحداثيات UTM 1984 Zone 37N نفسه في إرجاع صورة IKONOS.

3 + 4 معلومات أساسية:

تم جمع أشكال متعددة من البيانات وتضمنت خرائط طبوغرافية بمقياس 1:50000، خرائط جيولوجية بمقياس 1:200000، خرائط تربة بمقياس 1:500000، خرائط جيومورفولوجية بمقياس 1:1000000. تم استخدام هذه الخرائط في تقييم أو تطوير بيانات المشروع (مثل استخلاص الآبار والمسيلات من الخرائط الطبوغرافية).

3 2 معالجة وتحليل البيانات

خلال المرحلة الأساسية من هذا المشروع استخدم برنامج GIS لاستخلاص المعلومات، تصنيفها وتجميع المعلومات المكانية. يتضمن تعقب التغيرات باستخدام بيانات الأقمار الصناعية العائدة لفترات زمنية مختلفة عمليات معالجة وتصنيف وتطبيق تقنيات تعقب التغيرات. ويمكن تصنيف عمليات التحليل إلى المواضيع التالية:

3 2 1 معالجة الصور:

لكل مشهد من مشاهد القمر الصناعي Landsat يتم دمج الحزم الثلاث المرئية وهي الأحمر، الأخضر والأزرق مع بعضها بصورة واحدة (صورة RBG). ومن ثم خضعت هذه الصور إلى عمليات تصحيح (Geometric Correction) ومن ثم عمليات تحليل لتحري التغيرات.

إن عمليات التصحيح الجيو-مترى لصور الأقمار الصناعية هي تقنيات أساسية وحاسمة لعمليات تحليل تحري التغيرات وثانوية لعمليات التفسير البصري، حيث أنها ضرورية للحصول على مطابقة أعظمية بين الصور المختلفة وبيانات الـ GIS من نمط vector. تم تنفيذ عمليات الإرجاع الجغرافي والتصحيح الجيو-مترى للصور كلها. واستخدم في جميع الصور إسقاط ميركاتور العالمي UTM Zone 37N وذلك لمطابقتها مع الخرائط الطبوغرافية.

تم ربط الصور بالخرائط الطبوغرافية للأعوام 1987، 2000 و 2005 لصور القمر الصناعي Landsat باستخدام 20 نقطة تحكم أرضية موزعة بصورة مناسبة (GCPs) وباستخدام تابع تحويل من الدرجة الثانية مع المحافظة على الخطأ بحيث لا يتعدى حدود 20 متراً لكل الصور.

استخدمت صورة Landsat عائدة للعام 2005 كمرجع لإرجاع بقية الصور إلى النظام الإحداثي نفسه UTM Zone 37N باستخدام عملية مطابقة صورة مع صورة وباستخدام 20 نقطة تحكم أرضية. وقد استخدمت الطريقة نفسها مع صور القمر Ikonos باستخدام 200 نقطة تحكم أرضية على طول المنطقة الساحلية. وقد تم الإرجاع بخطأ يساوي 2 متراً.

استخدمت صور القمر Landsat المرجعة لمراقبة تراجع/تقدم الساحل على طول المنطقة الساحلية. كان استخدام هذه الصور مفيداً جداً في تحري النظم البيئية الساحلية / تغيرات المناظر على منطقة الدراسة بأكملها. رغم أن الدقة بحدود 15-30 متراً فقد كان من المناسب الحصول على فكرة عامة عن تطور الساحل على مدى أربعة عقود. تم تقييم نتائج تحري تقدم / تراجع الساحل ومناقشتها في المقطع الخاص بتحري التغيرات من هذا التقرير.

3 2 2 تحليل التغيرات

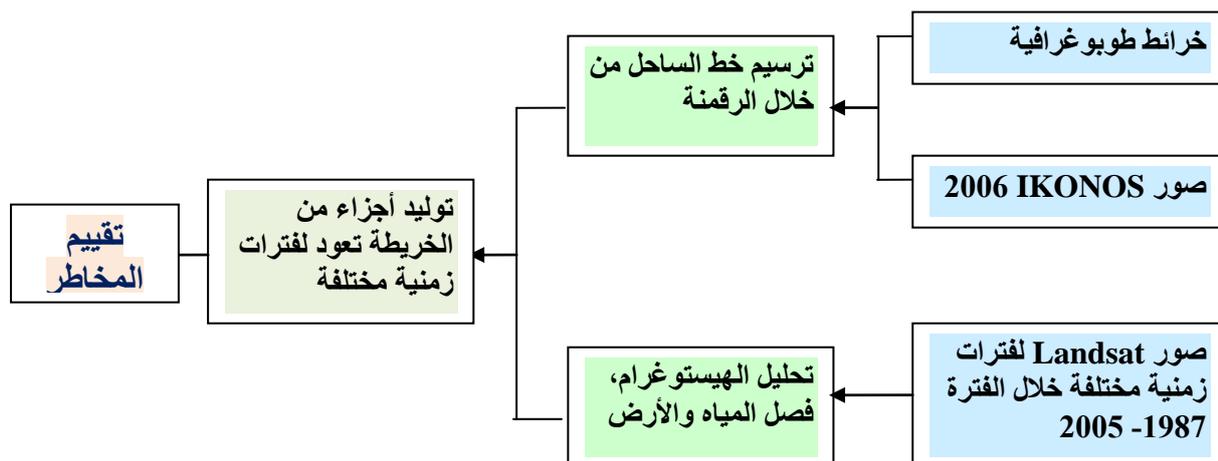
يتضمن تحري التغيرات باستخدام الاستشعار عن بعد بالتعريف استخدام صور متعددة الأطياف تعود لفترات زمنية متعددة لتصنيف التغيرات الرئيسية في استعمالات الأراضي / الغطاء الأرضي بين تواريخ مختلفة من الصور. تم استخدام تقنيات تحري التغيرات ضمن هذه الدراسة لدراسة تطور تغير خط الساحل خلال فترات زمنية مختلفة باستخدام الخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية. وبما أن عملية تحري التغيرات ليست إحدى مكونات هذه الدراسة وكذلك موضوع تحليل تقدم أو تراجع الساحل فقد تم إجراء هذه التحليلات بصورة منطقية لتعطي فكرة عامة عن تطور خط الشاطئ. من وجهة نظر خبير لا بد من إجراء تحليل جاد لتراجع/ تقدم الساحل على طول خط الساحل ولاسيما في المناطق التي ستحدد لاحقاً بأنها هشة ويمكن أن تتأثر بارتفاع منسوب مياه البحر.

ولما كان هذا التحليل خارج نطاق هذه الدراسة ونظراً لعدم توفر البيانات الدقيقة حول حالة تقدم / تراجع الساحل على طول الشاطئ السوري. استخدمت تقنية تحري التغيرات لتحديد مناطق التغيرات فقط مع نظرة عامة على نمط وحجم التغير. لم تعط أية أرقام أو تقديرات لعدم إمكانية تنفيذ وإجراء أي تحريات حقلية أو عمليات تحقق.

هدفنا الاستفادة من المعلومات المتاحة والحصول على تقييم واقعي وأساسي لتغيرات الساحل عبر الزمن.

تم تنفيذ عملية تحري التغيرات المباشرة بترسيم خط الساحل من خلال الصورة الفضائية المتعددة والخرائط الطبوغرافية. تعتمد هذه الطريقة على إجراء مقارنة مباشرة لتمايز الساحل والأرض من خلال التفسير البصري والتصنيف المراقب لصورة القمر Landsat الحرارية. تعرف الصور الفضائية بقدرتها على التمييز بوضوح بين الماء وما يحيط به.

نجحت نتيجة هذه المرحلة في الحصول على معلومات إضافية حول التغيرات. وقد تبين أن التوسع الأساسي في الشريط الساحلي كان من صنع الإنسان (مثلاً تطور المناطق العمرانية الساحلية كما في الموانئ وأرصفتها السفن). لم يلاحظ وجود أي تقدم في الساحل نتيجة لتراكم الرسوبيات. وكما هو الحال مع التقدم في شريط الساحل فإن التراجع أيضاً كان على نطاق محدود. وقد تمت مناقشة هذا الموضوع في فقرة نماذج تقدم/ تراجع الساحل من هذا التقرير. يظهر في الشكل 8 نموذج المنهجية المطبقة:



الشكل رقم (8): نموذج تزايد الحت الساحلي

3 2 3 أبحاث إضافية:

من الفضل تنفيذ تقنيات تحري تغيرات كمية ونوعية في حال إجراء أبحاث معمقة أكثر. التقنيات الكمية والنوعية لتحري التغيرات يمكن ان تتضمن التمييز بين الحزم ومطابقة الحزم وتصنيف الصور العائدة لفترات زمنية متعددة وتحليل أساسي للمكونات Principal Component Analysis (PCA).

3 3 التقدم والتراجع في خط الساحل

لا تتوفر أية بيانات حول قياسات الأمواج بحيث نتمكن من افتراض الاتجاه المسيطر للأمواج، وينطبق الأمر نفسه على بيانات المد والجزر في هذا الدراسة. كما لا تتوفر دراسات حول تموضع خط الشاطئ وتغير وضع الرواسب على طول الشاطئ وكذلك حول الحت الساحلي (تراجع خط الساحل). واعتماداً على تقنيات تحليل التغيرات المستخدمة سابقاً تم وضع نموذج لحت الساحل (تراجع) مقابل تقدمه بحيث أعطيت له قيمة $7.5 \pm$ متر بحيث فسر ذلك بعدم وجود تغير ملحوظ أو عدم وجود تغير على الإطلاق وذلك عند النظر إلى مجمل الساحل. وسيستخدم هذا النموذج في تقييم مؤشر هشاشة الساحل (Costal Vulnerability Index CVI).

3 3+ التفسير البصري

بسبب عدم دقة تصنيف التضاريس في المنطقة الساحلية فقد كان لا بد من استخدام الخريطة الجيومورفولوجية المتاحة وإجراء التفسير البصري لصورة فضائية من نوع Ikonos (الشكل 9). يتضمن التفسير البصري - بالتعريف - تحديد وترسيم أنماط الغطاء الأرضي/ استعمالات الأراضي.

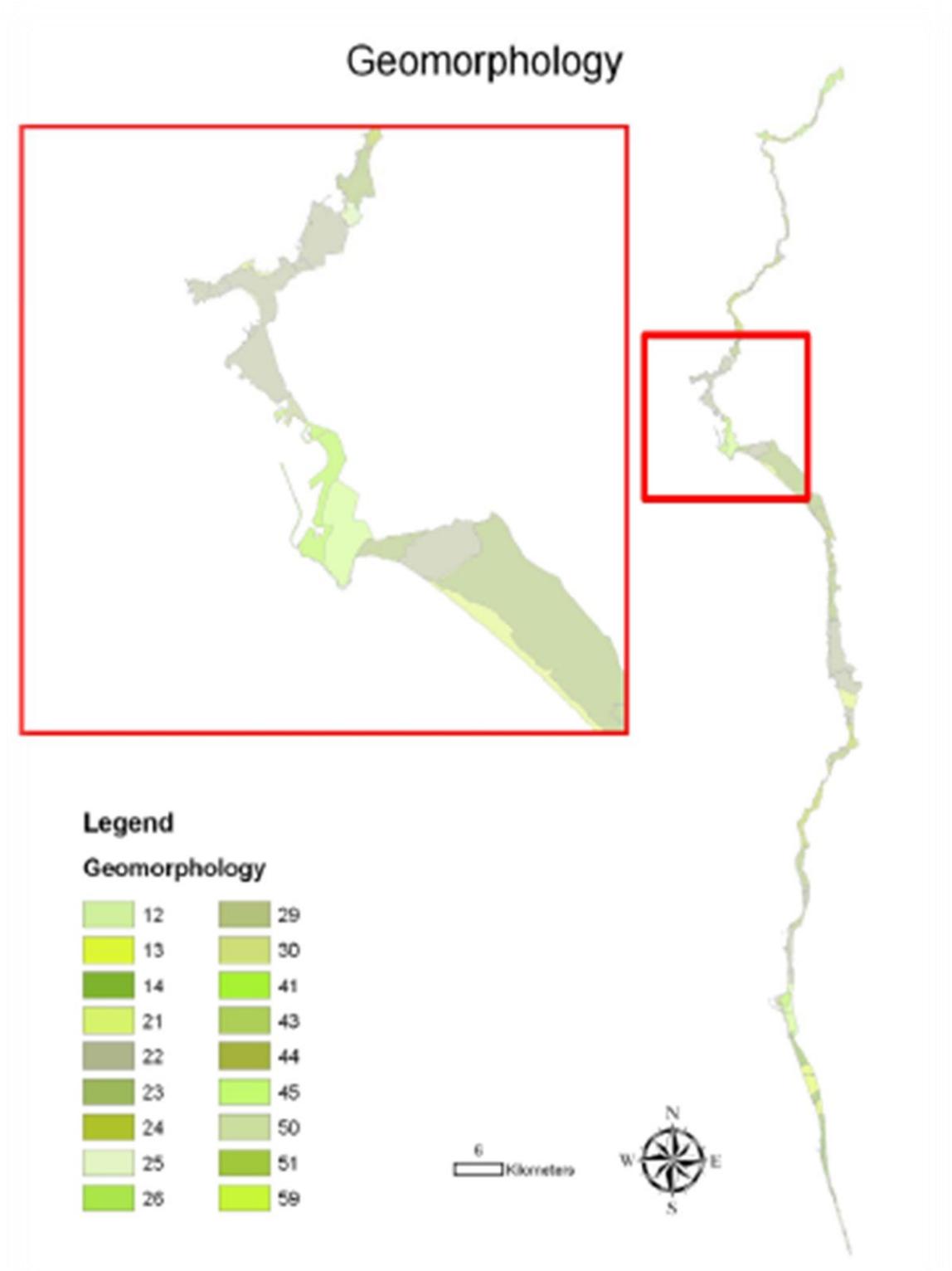
وقد أجري التفسير البصري لصورة Ikonos وصور Landsat، خرائط طوبوغرافية، خطوط تسوية، خرائط تربة وجيولوجية. في حين لم تجر أية عمليات تحقق أو مراقبة على أرض الواقع.

تم تصنيف التضاريس الساحلية اعتماداً على التضاريس العامة لمنطقة الساحل وتم تكييفها قدر المستطاع مع متطلبات تصنيف مؤشر هشاشة الساحل CVI. ومع غياب عمليات التحقق والمراقبة الحقلية فقد أجريت عمليات تعميم generalization لتخفيف التشويش الناتج عن العناصر المتشابهة إلى الحد الأدنى ولاستخلاص ترسيم صحيح قدر المستطاع لتضاريس الساحل. ويبين الجدول 1 تصنيف التضاريس.

الجدول رقم (1): تصنيف التضاريس:

التضاريس الساحلية

التصنيف	التصنيف الفرعي	الدليل	
الشواطئ (الرملية)	ساحلية	11	
	متوسطة (كثبان رملية)	12	
	عالية (< 5 م من الكثبان الرملية المستمرة)	13	
	مختلطة	14	
السواحل الصخرية	أراض منبسطة	21	
	أراض هضبية	22	
	منحدرات	23	
	أراض جبلية	24	
	جروف صخرية	25	
	مناطق الدلتا، مصبات أنهار وأراض رطبة	سبخات (أعشاب، شجيرات، مناطق غابات)، مناطق مزروعة	30
	مناطق من صنع الإنسان (تتضمن المحميات)	ميناء	41
حاجز بحري		42	
حاجز أمواج		43	
سدود		44	
مناطق مبنية		45	
الجزر	جزر، صخور، جروف	50	



الشكل رقم (9): خريطة تضاريسية مشتقة من صور Ikonos

4- سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر:

تم تقييم تقارير IPCC وذلك للحصول على معرفة شاملة عن التأثيرات الممكنة للتغيرات المناخية على ارتفاع منسوب مياه البحر. استخدمت المجموعة الأخيرة من تقييمات تقارير IPCC (IPCC AR4, 2007) إضافة إلى الدراسات التي أجريت على البحر المتوسط، راجع المقطع 2 من هذا التقرير، لتقييم السيناريوهات المحتملة لارتفاع منسوب مياه البحر. السيناريو الأساسي كان هو متوسط سيناريوهات IPCC الثلاثة. وبناء على نتائج سيناريو التغيرات المناخية فإن القيم المستتجة لمنسوب مياه البحر لعام 2100 هي من 32 - 56 سم بالمعدل مع قيمة عظمى متوقعة قدرها 95 سم وقيمة متوسطة قدرها 60 سم. وبسبب المجال الواسع نسبياً من النتائج، قياس تغيرات المؤشرات، التوقعات المستخدمة في هذه الدراسة تعتبر توقعات عامة لمعدل ارتفاع منسوب مياه البحر في الجزء الشمالي الشرقي من البحر المتوسط. وأخذت سيناريوهات أخرى التغيرات الفصلية بعين الاعتبار. التوقعات المستخدمة في التقرير الحالي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار كقيمة متوقعة لسيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر للعام 2100. إن سيناريوهات منسوب مياه البحر المستقبلية ستقوم بعملية حساب القيم المتوقعة في عام محدد ابتداء من الوقت الحاضر. وقد تم الحصول على القيم المتوقعة من خلال ضرب التغير المتوقع والمقاس بالسنتيمتر في السنة بعدد السنوات الفاصلة بين الوقت الحاضر وسنة الهدف. فمثلاً لحساب الزيادة في عام 2100 اعتماداً على سيناريو 0.6 سم / السنة وبالاعتماد على خط السواحل المرسم عام 2000 نجري جداء 0.6 بـ 100 لتكون الزيادة المتوقعة هي 60 سم. ويتم اختيار السيناريو الأعلى ليكون الحد الأعظمي لارتفاع منسوب مياه البحر المتسارع (متشائم). والسيناريو الأخفض ليعطي الحد الأدنى (متفائل). ووفقاً لنتائج السيناريوهات المختلفة فإن قيمة ارتفاع منسوب مياه البحر المتوقعة هي 60 سم بالمعدل مع توقع أعظمي يتراوح بين 5 - 7.5 متراً.

1-4 التغيرات الفصلية

يمكن الحصول على التغيرات الفصلية والسببية من خلال العديد من العمليات المناخية والدراسات المحلية البحرية ويتضمن ذلك التغيرات في حرارة المياه، الضغط الجوي، والرياح. يعتقد أن موجات المد العالية على طول الساحل السوري يمكن أن ترفع من منسوب المياه بحدود 50 سم فوق المتوسط الطبيعي لمنسوب مياه البحر (MSL). يبلغ ارتفاع الأمواج المتوسطة حوالي 2 م. أما الأمواج العالية الناتجة عن الأجواء العاصفة الشديدة فيمكن أن تبلغ 6-7 م. هذه التغيرات الفصلية التي تحدث في فترات متقطعة تلعب دوراً في الحث المتسارع للشاطئ، الفيضانات التي تضرب المناطق المنخفضة.

ويمكن ملاحظة تأثيرات التغيرات الفصلية في منسوب سطح البحر في (الشكل رقم 10). تعتبر سجلات المد والجزر إضافة إلى معرفة التغيرات الفصلية والشهرية أمر أساسي لأن التوقعات تشير إلى أن الغمر يصبح محتمل الوقوع أكثر خلال الفترات التي يرتفع فيها متوسط منسوب مياه البحر.

4-1-1 تغيرات المد والجزر

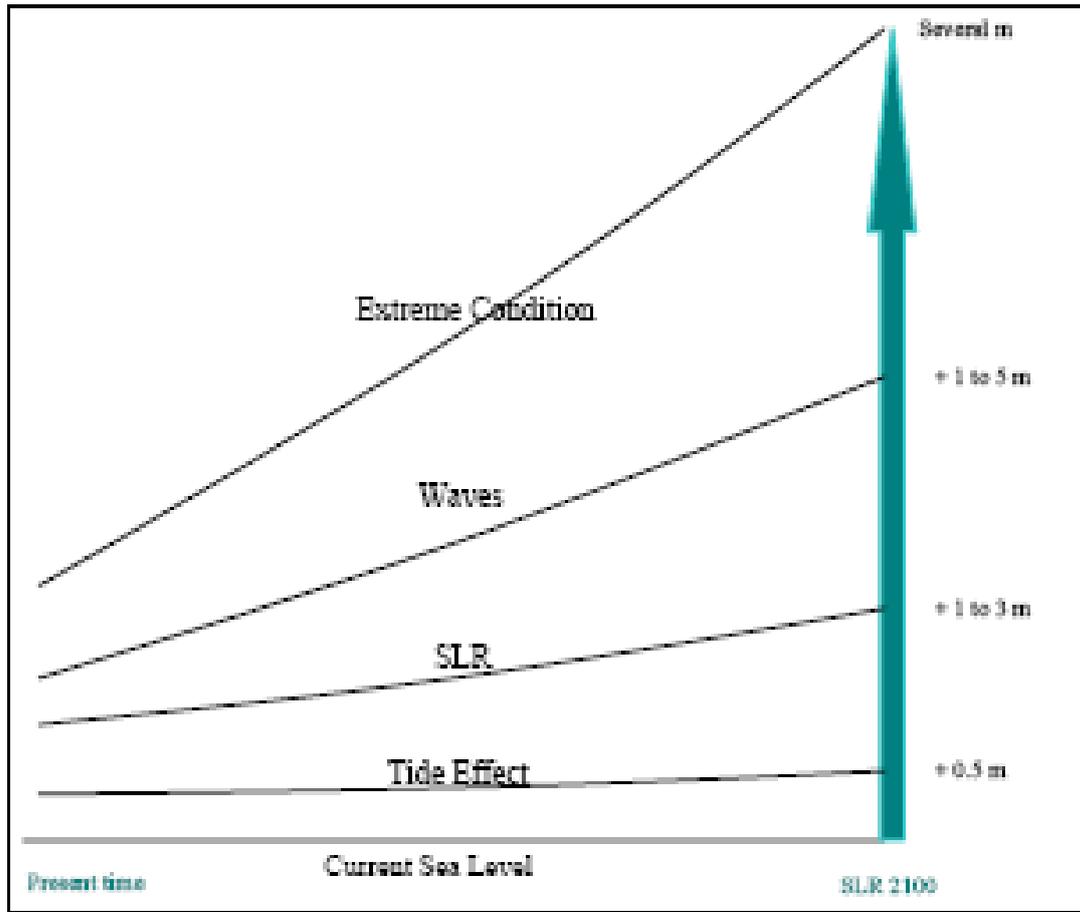
لم يتم تحديد مميزات المد الذي يشهده الساحل السوري. ولا تتوفر أية بيانات لمراقبة يومية، أو معلومات حول تصنيف المد، كما أن تحديد ذروة المد وانسجامه أساسية جداً لدراسات معمقة أكثر حول تغيرات منسوب مياه البحر.

4-1-2 التغيرات الشهرية لمتوسط منسوب مياه البحر:

تعتبر الدورة المناخية الفصلية أساسية ولا بد من أخذها بالاعتبار. كما لا بد من المعرفة الدقيقة بمعدل الهطول، والصرف الأعظمي والأصغري للأنهار ولما كانت هذه المعلومات غير متوفرة، لم يتم إجراء هذه الدراسات ضمن دراستنا هذه.

4-1-3 الدورة الفصلية:

لا بد من التحديد الدقيق لمتوسط منسوب مياه البحر، وسيتم استخدام هذا المعدل الشهري لتقليل تأثير التغيرات في المد. ويعتبر التأثير الشهري فعالاً في تقليل كل الآثار في فترة أقل من شهر واحد. تم إجراء عمليات تقييم مستمرة لـ IPCC لتأمين مسح كامل للمعارف المتعلقة بالتغيرات المناخية ليتم استخدامها على المقياسين الوطني والدولي. التقرير الأخير من تقارير IPCC وهو (IPCC AR4, 2007) عززت الاستنتاجات السابقة. كما أن سجلات ارتفاع منسوب مياه البحر في سورية غير متوفرة بسبب عدم وجود دراسات سابقة. وقد التزمت هذه الدراسة بالمتوسط الذي توفره تقارير IPCC وهو 60 سم. ولتطوير توقعات ارتفاع منسوب مياه البحر في منطقة محددة تم استنتاج السيناريوهات المستقبلية المستخدمة في هذه الدراسة من خلال إضافة القيم المتوقعة إلى القيم الرئيسية المختلفة المعطاة للتغيرات الفصلية والشهرية. ويمكن الاطلاع على سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر في الجدول 2.



الشكل رقم (10): تأثيرات سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر (تم تخفيف الأخطاء بالطريقة نفسها المتبعة ضمن هذا التقرير)

سيناريوهات ارتفاع منسوب مياه البحر

المرجع	التغيرات بين 2000-2001 مقدرة بـ سم	الارتفاع سم / السنة	
متوسط IPCC	60	0.6	منخفض جداً
متوسط IPCC	90	0.9	خطورة منخفضة
-	130	1.3	خطورة متوسطة
متوسط IPCC + التغيرات الفصلية	190	1.9	خطورة معتدلة
-	250	2.5	خطورة عالية
-	500 - 750	>5	خطورة عالية جداً

الجدول رقم (2): سيناريوهات مختارة لتغيرات منسوب مياه البحر

4-2 النتائج المحتملة لارتفاع منسوب مياه البحر

بشكل مشابه للمناطق الساحلية الأخرى في منطقة المتوسط فمن المنطقي أن هناك أجزاءً من الساحل السوري قد صنفت على أنها مناطق هشة فيما يتعلق بارتفاع منسوب مياه البحر كنتيجة للتغيرات المناخية المتوقعة. سيكون لارتفاع منسوب مياه البحر آثار فيزيائية، بيولوجية واجتماعية - اقتصادية. وهذا يتضمن آثار على السواحل، المناطق العمرانية، المناطق الزراعية، البنى التحتية الهامة، تسرب مياه البحر إضافة إلى الزيادة في التملح. وسيتراوح الأثر الاقتصادي الإجتماعي لارتفاع منسوب مياه البحر على المناطق المنخفضة اعتماداً على درجة تطور استعمال الأراضي والنشاطات المختلفة.

وكنتيحة فإن ارتفاع منسوب مياه البحر له آثار فيزيائية على المناطق الساحلية ويمكن أن نميز هذه الآثار بصورة رئيسية من خلال:

- 1) غمر المناطق المنخفضة والمناطق الرطبة وتغيير أماكنها.
- 2) ازدياد ملوحة الأحواض المائية.
- 3) زيادة الحث الساحلي.
- 4) زيادة الفيضانات والأضرار الساحلية.

ستكون عمليات الغمر الساحلية مشكلة خطيرة ليس فقط على المناطق العمرانية الساحلية بل أيضاً على الأراضي الرطبة والأراضي الزراعية الساحلية والجزر الصغيرة. وقد تقود عمليات الغمر الساحلية المتزايدة إلى خسائر اقتصادية اجتماعية كبيرة كما في خسارة البنى التحتية الساحلية، أضرار على المباني والمناطق السكنية، تهجير السكان وخسائر في الإنتاج الزراعي. وتوضح هذه الدراسة تقييماً للمخاطر للآثار الفيزيائية والاقتصادية اعتماداً على السيناريوهات المختلفة لارتفاع منسوب مياه البحر وتحليل التأثيرات وفقاً لهذا الارتفاع (أي الغمر المتزايد للمنطقة الساحلية، الحث الساحلي، الفيضانات، وزيادة التملح) على السكان واستعمالات الأراضي.

من المحتمل أن يؤثر ارتفاع منسوب مياه البحر على البيئة البحرية بدرجات مختلفة. أكثر المناطق هشاشة هي السواحل الرملية، المناطق الرطبة الساحلية، مناطق الدلتا والجزر الصغيرة. يتسبب ارتفاع منسوب البحر بحت السواحل من خلال ازدياد فقدان الرواسب الموجودة على طول الساحل، الغمر المباشر أو غمر السبخات والأراضي الأخرى المنخفضة، زيادة ملوحة مصبات الأنهار والأحواض المائية، ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في المناطق الساحلية وتفاقم الفيضانات الساحلية. يتم تحديد كلفة هشاشة المناطق الساحلية من خلال الترحيل المحتمل لملايين السكان. ويتم تمييز الآثار البيئية والاقتصادية لارتفاع منسوب مياه البحر من خلال اختفاء المناطق المنخفضة، مناطق الدلتا والجزر. ولا بد من الإنذار بخصوص إمكانية وقوع آثار شديدة على المناطق السكنية. وعلى الأغلب سيهدد حث السواحل النشاطات السياحية وسيطلب ذلك إنشاء وصيانة مكلفة للسواحل الساحلية.

أهداف ما تبقى من هذا التقرير تتلخص في: تحديد عامل هشاشة السواحل CVI، والذي يعتبر بدوره هاماً جداً في تقييم النتائج والتكيف مع تأثيرات الارتفاع المتسارع لمنسوب سطح البحر. وتقييم المخاطر المحتملة لغمر المناطق الساحلية الناتجة عن السيناريوهات المختلفة. أخيراً تقييم التأثيرات التي ستطغى على المكونات البيولوجية والفيزيائية المختلفة.

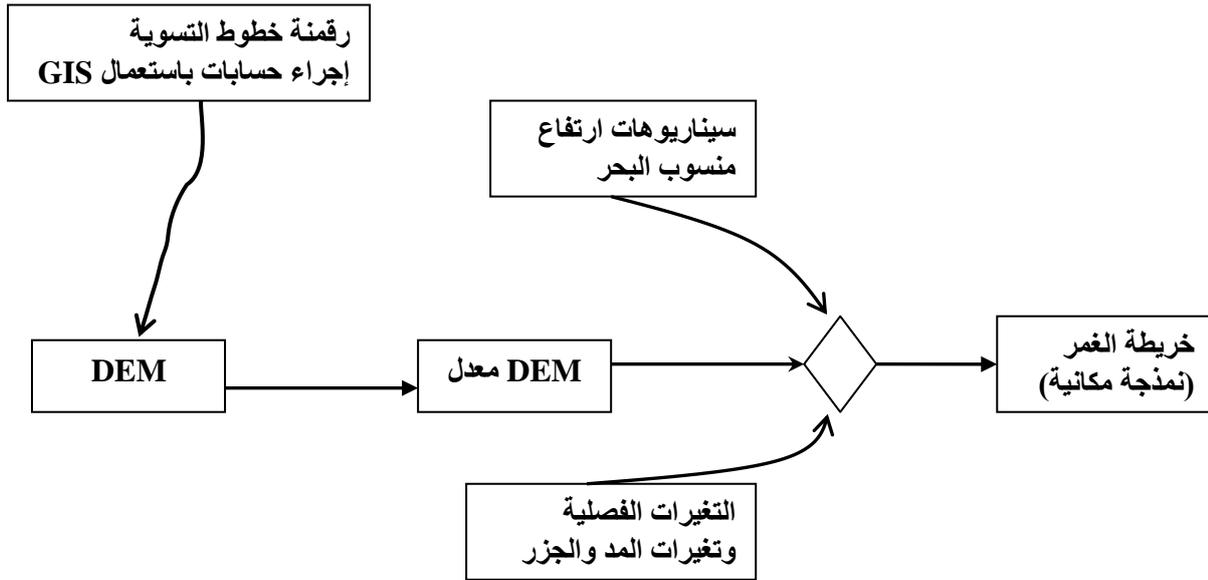
يصنف تحليل الهشاشة إلى خمسة أصناف تتدرج من مناطق معرضة لخطورة ضئيلة للغاية إلى مناطق معرضة لخطورة عالية للغاية. تم ترسيم المناطق التي ستتعرض للغمر نتيجة ارتفاع منسوب سطح البحر باستخدام GIS والنماذج الطبوغرافية. فيما يتعلق بالآثار فلا بد من أخذ الآثار على الزراعة، حالة التملح ومصادر المياه العذبة المتوفرة بعين الاعتبار.

5- غمر المناطق الساحلية:

إن فهم نتائج الغمر وانتشاره في المناطق الساحلية يتطلب نموذجاً للمنطقة المعرضة للغمر نتيجة لارتفاع منسوب مياه البحر. ولهذا السبب فقد تم استعمال التقنيات الجيو- مكانية لنمذجة الانتشار المكاني للغمر. وقد تم توليد نموذج المناطق المعرضة للغمر باستخدام تفسير البيانات من نمط Raster باستخدام GIS وعمليات التحليل باستخدام مفهوم neighborhood operation وتكرار الحساب. يتم تقييم الخطورة المحتملة في القسم الأخير، وذلك على السكان، المناطق العمرانية، واستعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي وقيمه الاقتصادية.

5-1-1-1-1 نمذجة ارتفاع منسوب سطح البحر والغمر اللاحق له باستخدام GIS

إن التأثيرات المحتملة لارتفاع منسوب مياه البحر لعام 2100 قد حددت على أنها خطر مستقبلي محتمل. كما أن توفر المعلومات المفصلة حول بيانات الارتفاع يعتبر أمراً أساسياً لتقييم الخطر المحتمل. استخدام البيانات الموجودة وبالتحديد الخرائط الطبوغرافية ونقاط التحكم الأرضية GCP تعتبر الطريقة الأكثر ملاءمة لمحاكاة غمر السواحل الناتج عن ارتفاع منسوب سطح البحر. الهدف الأساسي من هذا القسم هو تطوير نموذج GIS بسيط وسهل التطبيق لمحاكاة غمر الساحل. سيأخذ النموذج بالمعلومات المتاحة مثل الخرائط الطبوغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية DEM. ويظهر في (الشكل 11) نموذج الغمر الذي تم تطويره.

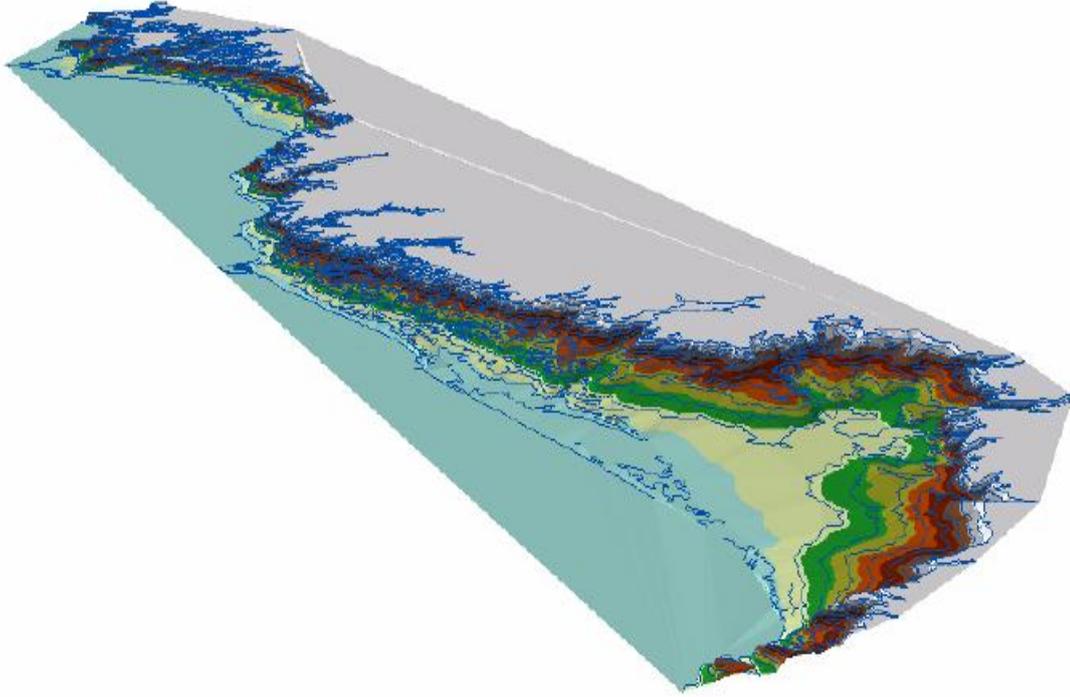


الشكل رقم (11): نموذج الغمر.

تسمح النمذجة باستعمال GIS بدمج البيانات المختلفة (الطوبوغرافية، التضاريس، الجيولوجيا، استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي). ومع ذلك فإن مسألة عدم الوثوقية تعتبر واحدة من العوائق الرئيسية في عملية النمذجة باستعمال GIS. يمكن استعمال متغيرات مختلفة خلال تطبيق أي نموذج للتخفيف من عدم الوثوقية. وقد تم اعتماد المتغيرات التالية ضمن النموذج الحالي:

- تعريف مناسب لقيم المؤشرات، ولاسيما نسبة ارتفاع منسوب سطح البحر.
 - الحفاظ على الدقة المكانية ودقة البيانات، بحيث تم تحديد خطأ الإرجاع قدر الإمكان خلال عمليات إرجاع الصور، راجع قسم البيانات، الأدوات والمنهجية ضمن هذا التقرير.
- إن جمع بيانات عالية الدقة المكانية ولاسيما فيما يتعلق ببيانات الارتفاع هو أمر مكلف ويستهلك وقتاً طويلاً بحيث من الصعب تطبيقه على منطقة كبيرة. يمكن أن نعتبر أن النموذج الذي تم تطويره مناسب ليزودنا بتقديرات أولية عن عمر خط الساحل اعتماداً على المعلومات المتوفرة حالياً.

إن نموذج الارتفاعات الرقمي الذي يظهر في الشكل 12 بعد إخرجه باستخدام Arcscene قد تم الحصول عليه باستخدام التحليل المكاني في GIS وقد تم ذلك باستخدام خطوط التسوية ذات التباعد الشاقولي 10 و 20 متراً إضافة إلى نقاط التحكم الأرضية كنقاط ارتفاعات وذلك خلال توليد شبكة المثلثات غير المنتظمة TIN وقد غطت هذه الشريحة الارتفاعات من 0 حتى 100 متراً. وقد تم إنشاء هذه الشريحة بحجم بكسل قدره 10 X 10 .

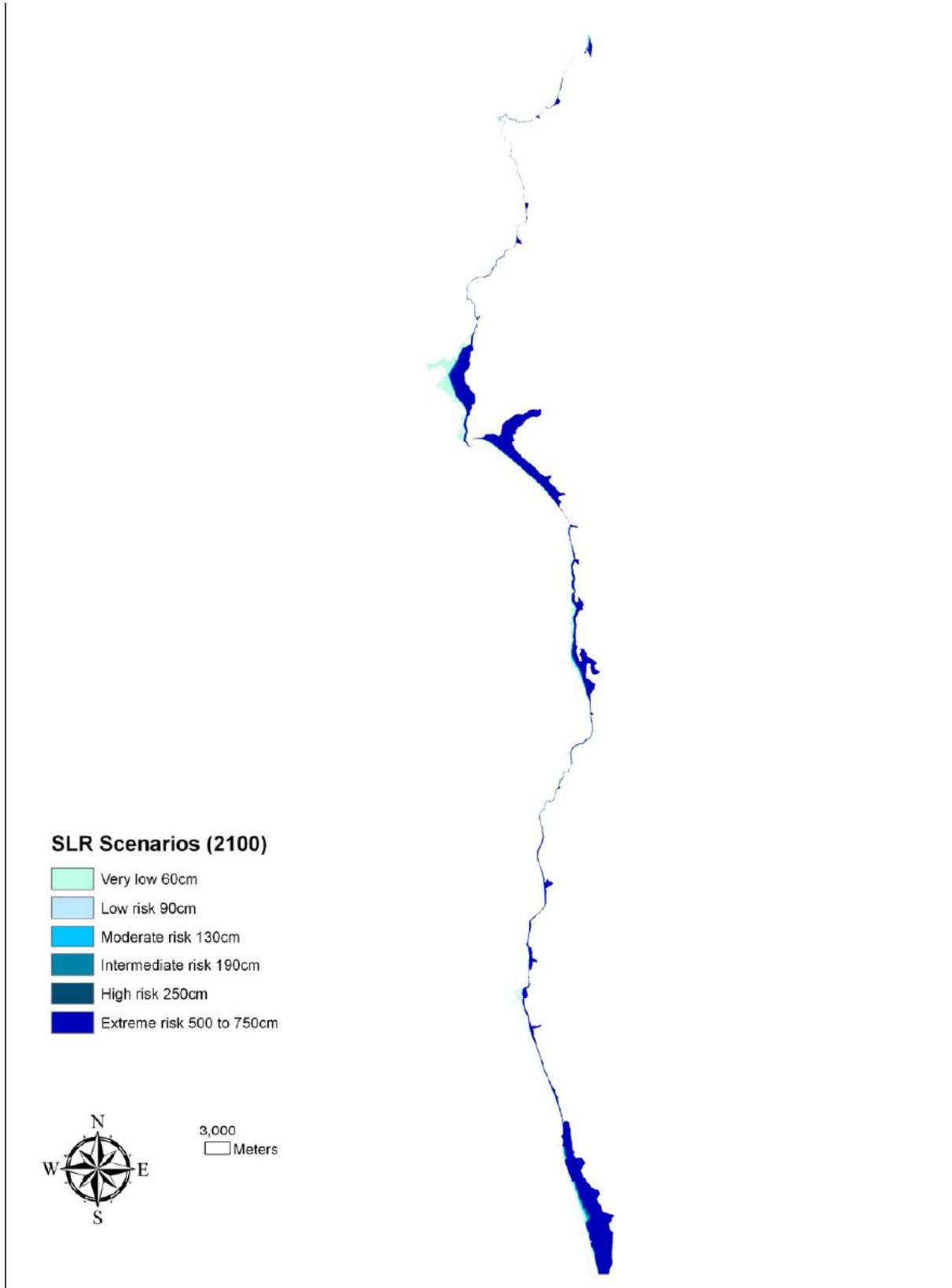


الشكل رقم (12): نموذج الارتفاعات الرقمي DEM في الساحل السوري

تم تطبيق ستة سيناريوهات مختلفة لارتفاع منسوب مياه البحر. لنمذجة الإمتداد المكاني لتغيرات خط الساحل تم استخدام Arcinfo ARCGIS. تمت نمذجة المناطق التي يحتمل غمرها من الساحل باستخدام التحليل المكاني والتحليل ثلاثي الأبعاد ضمن GIS. (الشكل 13) يوضح النتائج. اعتماداً على الخريطة التي تم الحصول عليها فقد تم حساب مساحات المناطق التي سيتم غمرها وتم تلخيصها في الجدول 3.

الجدول رقم (3): المناطق المغمورة عام 2100 نتيجة لارتفاع منسوب مياه البحر بسيناريوهات مختلفة:

السيناريو	معدل الارتفاع سم/سنة	التغيرات بين 2000 و 2100 بالسم	المساحة المغمورة بالكم ²
منخفض جداً	0.6	60	17.56
خطورة منخفضة	0.9	90	20.27
خطورة متوسطة	1.3	130	23.89
خطورة معتدلة	1.9	190	27.57
خطورة عالية	2.5	250	30.35
خطورة بالغة	< 5	500 - 750	118.90



الشكل رقم (13): خريطة المناطق المغمورة نتيجة ارتفاع منسوب مياه البحر عام 2100

6- تقييم مؤشر هشاشة الساحل

لا يمكن التنبؤ بعامل هشاشة الساحل بصورة مباشرة. إذ لا توجد منهجية معتمدة وحتى أنماط البيانات المطلوبة للقيام بهذه التنبؤات ما تزال موضوع نقاش وجدال علمي. من أجل تطوير تنبؤ منطقي بمدى هشاشة الساحل لا بد من الحصول على بيانات ومعلومات ولا بد من إتمام قاعدة البيانات وذلك ليكون بالإمكان ترسيم التغيرات المحتملة في الشريط الساحلي نتيجة لارتفاع منسوب مياه البحر. تعتبر قاعدة البيانات تطويراً لقاعدة بيانات تم بناؤها مسبقاً من قبل (Gornitz et al. 1997). تم إجراء تقييم مقارن لهشاشة الساحل لارتفاع منسوب مياه البحر وتم عرضه من قبل (Shaw et al. 1998). المتغيرات الفيزيائية الستة يمكن تحديد خصائصها في الجدول 4 وهي تغطي:

- التضاريس
- انحدار الساحل (نسبة مئوية)
- معدل ارتفاع منسوب مياه البحر النسبي (م/السنة)
- تراجع/ تقدم خط الساحل (م.السنة)
- معدل متوسط المد (متر)
- متوسط ارتفاع الأمواج (متر)

الجدول رقم (4): ترتيب مؤشر CVI

المتغير	منخفض جداً	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
تصنيف التضاريس	1	2	3	4	5
انحدار الساحل %	>2	1.5-2	1-1.5	0.5-1	0.5 >
تغيرات ارتفاع منسوب مياه البحر م/السنة	<-1.2	-1.2-0.1	0.1-1.2	1.2-1.4	>1.4
تراجع/ تقدم خط الساحل متر	>2	1-2	(-1)- (1)	(-2) - (-1)	<-2
متوسط المد م	>6	4-6	2-4	2-1	<1
معدل ارتفاع الموج متر	<1	1-2	2-2.25	2.25-2.5	>2.5

كما هو موضح أعلاه فإن كل متغير قد أعطي قيمة للمخاطرة اعتماداً على المقدار المحتمل لمساهمته في التغيرات الفيزيائية للساحل نتيجة لارتفاع منسوب مياه البحر. يظهر الجدول 4 المتغيرات الفيزيائية الستة كما شرحت في متغيرات المخاطرة. وهي مرتبة وفق مقياس خطي من 1-5 وفق ترتيب زيادة الهشاشة نتيجة لارتفاع منسوب مياه البحر. بكلام آخر فإن القيمة 1 تمثل المخاطرة

الأقل في حين أن القيمة 5 تمثل المخاطرة الأعظم تتضمن قاعدة البيانات معلومات كمية ونوعية. ولذلك فقد أعطيت المتغيرات الرقمية ترتيباً يعنى على مجالات قيم البيانات في حين أن المتغيرات التضاريسية غير الرقمية قد رتبنا وفقاً للمقاومة النسبية لمنطقة معينة لعوامل الحت. إن مؤشر هشاشة الساحل CVI مشابه لذلك المستخدم لدى (Gornitzet al., 1994)، إضافة إلى عامل الحساسية المستخدم من قبل (Shaw et al., 1998). يسمح هذا المؤشر أن يتم ربط المتغيرات الفيزيائية الستة بطريقة كمية تعبر عن الهشاشة النسبية للساحل تجاه التغيرات الفيزيائية الناتجة عن ارتفاع منسوب مياه البحر. تنتج عن هذه الطريقة بيانات رقمية لا يمكن مساواتها مباشرة بتأثيرات فيزيائية محددة. إلا أنها تشير إلى المناطق التي تكون فيها التأثيرات المختلفة الناتجة عن ارتفاع منسوب سطح البحر كبيرة. وحالما يتم تحديد إحدى مناطق الساحل على أنها تمتلك قيمة خطورة لكل متغير من المتغيرات الواردة في البيانات يتم حساب CVI على أنه الجذر التربيعي للمتوسط الهندسي لهذه القيم. أو أنه الجذر التربيعي لجداء هذه المتغيرات مقسوماً على عددها كما هو موضح أدناه

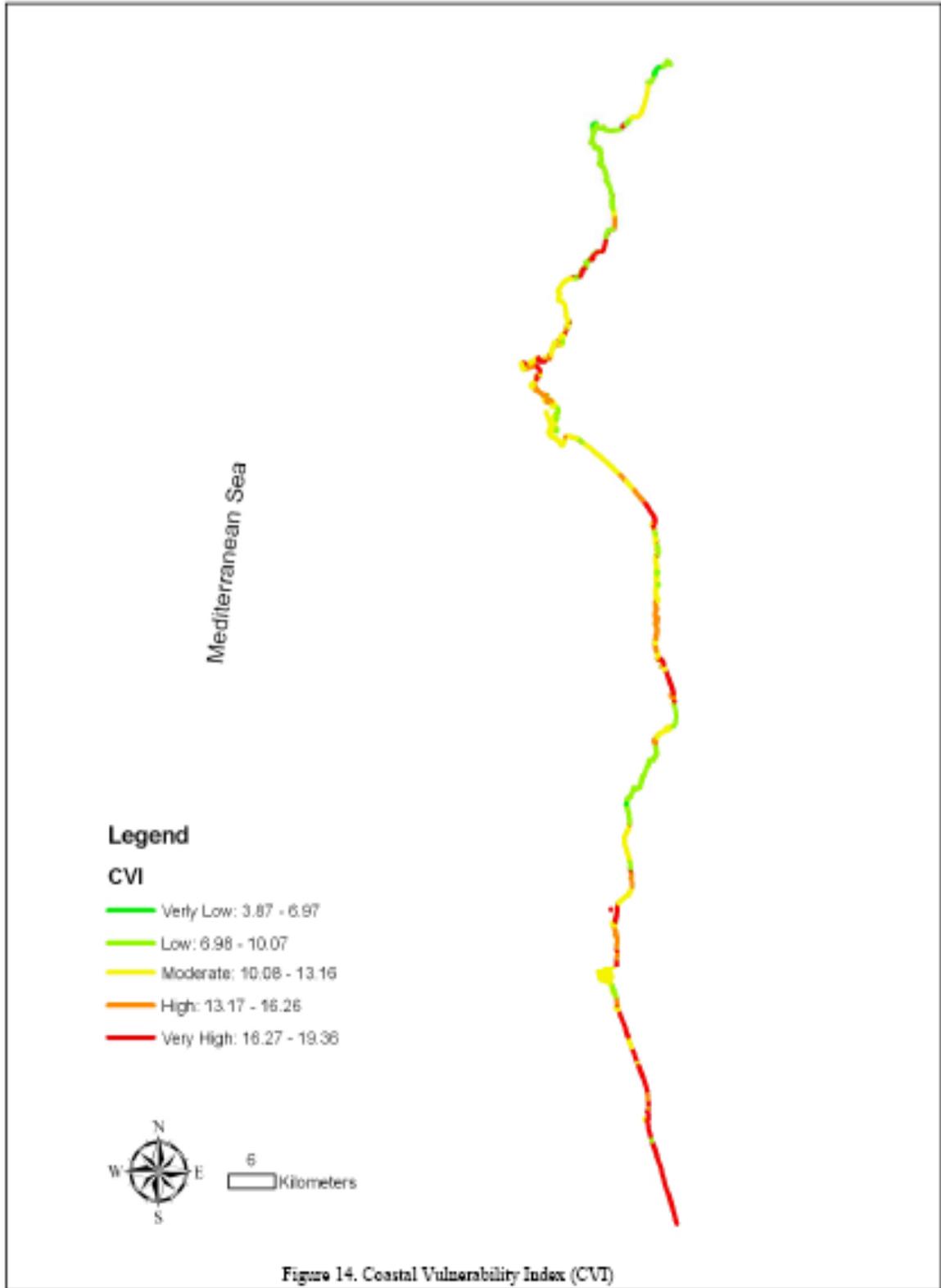
$$CVI = \sqrt{a \times b \times c \times d \times e \times f / 6}$$

حيث أن a تمثل التضاريس، b تمثل انحدار الساحل، c المعدل النسبي لارتفاع منسوب سطح البحر، d معدل تقدم/تراجع الساحل، e متوسط معدل المد، f متوسط ارتفاع الأمواج. تتراوح قيمة CVI الناتجة بين 3.87 و 19.36 بمتوسط قدره 14.10 وبانحراف معياري قدره 3.78. يظهر الشكل 14 مؤشر هشاشة الساحل CVI للساحل السوري. وقد تم تقسيم هذا المؤشر إلى خمسة تصنيفات تبدأ من خطورة منخفضة جداً وتنتهي بخطورة مرتفعة جداً اعتماداً على التقسيم المتساوي للمجال الناتج. وقد تم تلخيص الخصائص الإحصائية لمؤشر CVI في الجدول رقم 5.

الجدول رقم (5): الخصائص الإحصائية اعتماداً على مؤشر هشاشة الساحل CVI

الدرجة	الطول بالمترا	% من الطول الكلي
1	2741	1.5
2	40307	22.0
3	74722	40.8
4	29479	16.1
5	35751	19.5
المجموع	183000	100

Coastal Vulnerability Index (CVI)



الشكل رقم (14): مؤشر هشاشة الساحل CVI

7- الآثار والمناقشة

إن موضوع هذا القسم هو التحديد الكمي للآثار الاقتصادية والاجتماعية اعتماداً على النتائج الفيزيائية المحتملة التي يمكن أن يسببها ارتفاع منسوب مياه البحر. وعادة ما تكون أكثر الآثار أخذاً بعين الاعتبار هي الآثار المتوقعة على المناطق الساحلية المنخفضة. تعتبر الأراضي المنخفضة هشة بشكل كبير أمام تواتر غمر الساحل. التأثيرات على المياه الراكدة وكذلك على تسرب مياه البحر تعتبر من الأنماط الأخرى التي يجب أخذها بعين الاعتبار. كما تمت أيضاً مناقشة البعد البشري وكذلك المظاهر الحية الأخرى. أما الآثار على الإدارة الزراعية فهي المظهر الأخير الذي تمت مناقشته في هذه الدراسة. ويمكن أن تجد أدناه مراجعة للآثار المختلفة إضافة إلى الأرقام المتوقعة ومن المنطقي أيضاً تحديد المناطق الأكثر هشاشة.

1-7 درجة الهشاشة

تشير الهشاشة إلى المناطق الحساسة للارتفاع المتوقع في منسوب مياه البحر. المعايير التي تسهم في تحديد درجة الهشاشة هي: ارتفاع منسوب مياه البحر (SLR، CVI، التضاريس، استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي وعدد السكان. واعتماداً على هذه المعايير فإن هشاشة الساحل تحدد كما هو مبين أدناه:

أكثر مناطق الساحل هشاشة هي:

- السهول الساحلية المستوية والمنخفضة (المناطق الرملية الصخرية ذات الارتفاع 0-1 م فوق منسوب سطح البحر)
- مناطق الدلتا والسهول المتكونة عند مصبات الأنهار.
- الشواطئ الرملية المميزة بميولها الخفيفة.

2-7 فقدان الأراضي وتهجير السكان نتيجة للغمر:

ستحدث التغيرات الأهم في المناطق المنخفضة، تم إجراء التحليل على الغطاء الأرضي وعلى السكان باستخدام GIS حيث اعتمدت نسبة نمو تبلغ 2.5% لحساب عدد السكان عام 2100. وذلك باستخدام السيناريوهات الأكثر تفاؤلاً (60 سم) والأكثر تشاؤماً (5 أمتار) وقد تم توضيح النتائج لمناطق الغمر الأصغري 60 سم والأعظمي 5 أمتار في الجدولين 6 و7 على التوالي.

الجدول رقم (6): تأثيرات ارتفاع منسوب سطح البحر على الغطاء الأرضي / استعمالات الأراضي

السيناريو	مخاطرة منخفضة جداً 0.6 متر	مخاطرة مرتفعة جداً 5-7.5 متر
الغطاء الأرضي	المساحة بالكم ²	المساحة بالكم ²
زراعات الحمضيات	0.69	11.50
زراعات الحمضيات والمحاصيل الحقلية	2.31	24.92
زراعات الحمضيات والزيتون	0.14	1.09
الغابات الكثيفة	0.00	0.23
البيوت البلاستيكية والمحاصيل الحقلية	2.05	33.63
الزيتون	0.04	0.41
الزيتون والمحاصيل الحقلية	0.02	0.11
الزيتون والبيوت البلاستيكية	0.13	0.46
الغابات الغير كثيفة	0.00	0.01
الغابات الغير كثيفة والمناطق العشبية	0.31	1.80
الغابات الغير كثيفة والزيتون	0.00	1.05
التربة الرملية	0.99	7.98
المناطق العمرانية	5.12	16.73

سيناريو المخاطرة الأقصى 5 - 7.5 متر

عدد السكان المهددين	عدد سكان الساحل	
50,000	1,300,000	1994
125,000	3,250,000	2100

الجدول رقم (7): تأثير ارتفاع سطح البحر على السكان

3-7 التأثيرات الاقتصادية الإجتماعية:

يجري تحديد التأثيرات الاقتصادية الإجتماعية من خلال الكلفة الاقتصادية الناتجة عن ازدياد خطر الفيضانات والتأثيرات الناتجة عن الغمر. ستتراجع الشواطئ أو ستزول. تعتبر الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية والتخطيط الملائم بما في ذلك تحاشي التنمية ضمن المناطق المعرضة للغمر عاملاً أساسياً للتقليل من مخاطر الفيضان. تتطلب الآثار الاقتصادية الإجتماعية دراسة مستقلة. ويظهر الشكل 16 إطاراً مقترحاً لتقييم حساسية النظام الساحلي. حيث تعتمد خيارات الإدارة على العوامل الاقتصادية - الإجتماعية والسياسية أكثر من اعتمادها على العوامل الفيزيائية. وقد ميز هذا الإطار

8- المراجع

- Lombard, G. Garric, T. Penduff, J.M. Molines, *Regional variability of sea level change using a global ocean model at 1/4° resolution, in revision, Ocean Dyn.* (2008).
- B.D. Beckley, F.G. Lemoine, S.B. Luthcke, R.D. Ray, N.P. Zelensky, *A reassessment of global rise and regional mean sea level trends from TOPEX and Jason-1 altimetry based on revised reference frame and orbits, Geophys. Res. Lett.* 34 (2007) L14608, doi:10.1029/2007GL030002.
- Cracknell, A. *Remote sensing and climate change.* Springer, 2001.
- Carlo, T. and Ammar, O., 1998. *Groundwater exploration by satellite remote sensing in the Syrian Arab Republic, RSC Series 76, FAO 1998.*
- Cazenave, A., Cabanes, C., Dominh, K., Mangiarotti, S., 2001. *Recent sea level changes in the Mediterranean Sea revealed by TOPEX/POSEIDON satellite altimetry. Geophys. Res. Lett.* 28 (8), 1607–1610.
- Cazenave A., Lombard A., Llovel, W., 2008. *Present-day sea level rise: A synthesis. C. R. Geoscience xxx* (2008).
- Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K., Toumazou, V., 2002. *Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges. Global and Planetary Change* 34, 59–86.
- CBS (2006): *Statistical Abstracts, Central Bureau of Statistics, Syria.*
- Criado-Aldeanueva, F., Del Río Vera, J., García-Lafuente, J.,. *Steric and mass-induced Mediterranean Sea level trends from 14 years of altimetry data. Global and Planetary Change* 60 (2008) 563–575
- Gornitz, V. M., Daniels, R. C., White, T. W., and Birdwell, K. R., 1994, *The development of a coastal risk assessment database: Vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast: Journal of Coastal. Research, Special Issue No. 12, p. 327-338.*
- DOWR, 2008: *Official records of the Directorate of Water Resources in Lattakia, Ministry of Irrigation, Syria.*
- Eid, Y. (2004): *Report on predominant climatic situation in the Syrian coast.*
- Fenoglio-Marc, L., 2002. *Long-term sea level change in the Mediterranean Sea from multi-satellite altimetry and tide gauges. Physics and Chemistry of the Earth* 27, 1419–1431.
- Fenoglio-Marc, L., 2002. *Long-term sea level change in the Mediterranean Sea from multi-satellite altimetry and tide gauges. Phys. Chem. Earth* 27, 1419–1431.
- GDOP, 2006: *Data collected by the General Directorate of Ports*
- Ghodban, A., 1998. *Water resources and their usage in Syria. Workshop on water resources in Syria. 2-4 May 1998. Supreme Council of Science, Ministry of Higher Education-Syria.*
- GORS: *General Organization for Remote Sensing, Damascus, Syria.*
- Gornitz, V. M., Beaty, T.W., and R.C. Daniels, 1997, *A coastal hazards database for the U.S. West Coast. ORNL/CDIAC-81, NDP-043C: Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.*
- Klein, R.J.T and Nicholls, R.J., 1999. *Assessment of coastal vulnerability to climate change. Ambio*, 28, 182-187.
- Hardy, J. *Climate change: causes, effects, and solutions.* Wiley, 2003.
- <http://www.ipcc.ch>
- <http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/contents.htm>
- <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-178/pages/risk.html>

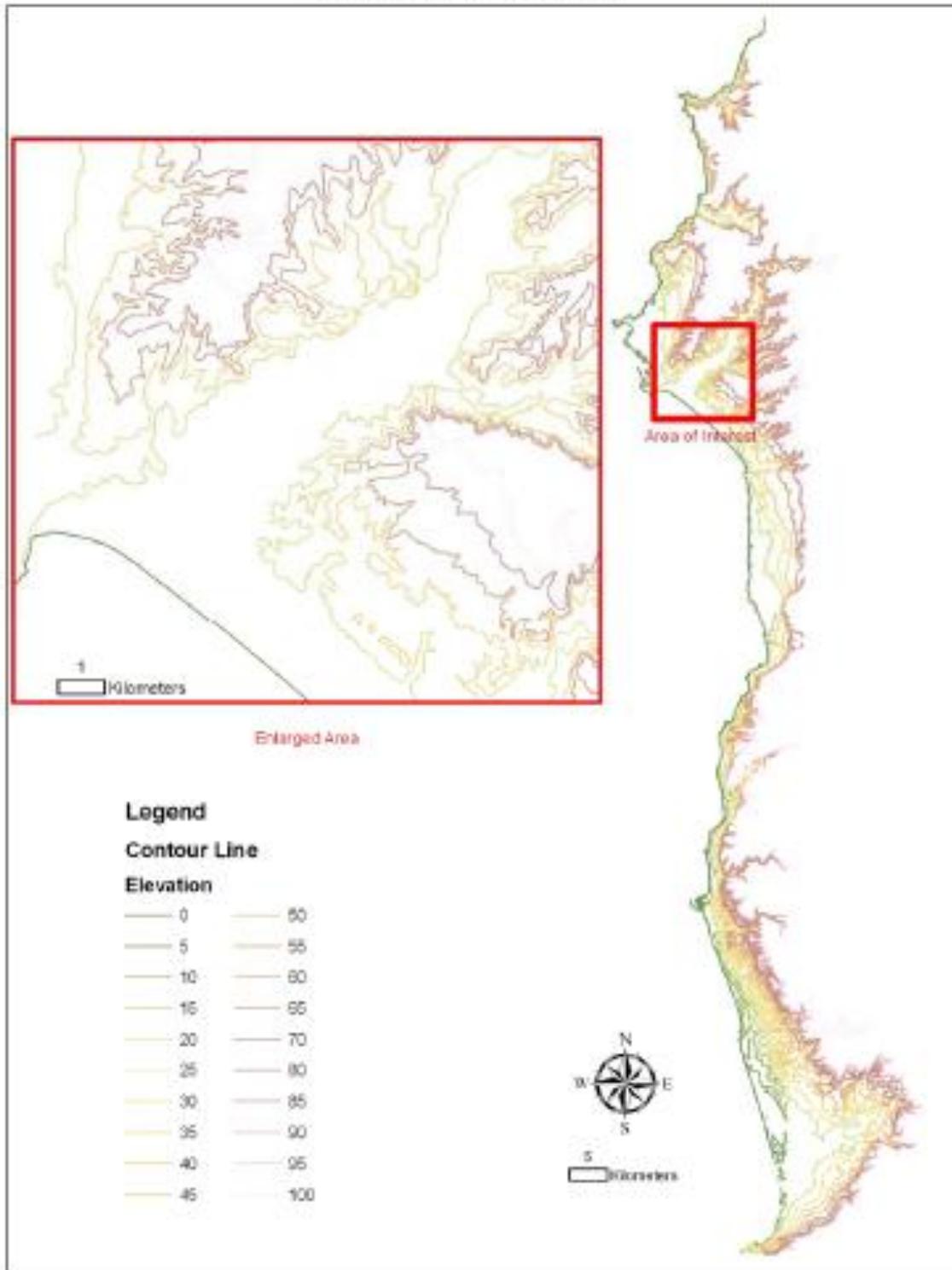
- Ibrahim, A. (2003): *National Diagnostic Analysis (NDA) of Syria, technical report UNEP/MEDU.*
- IPCC, 2007. *Climate change 2008: The physical science basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge. p. 996.
- J.A. Church, N.J. White, A 20th century acceleration in global sea level rise, *Geophys. Res. Lett.* 33 (2006), doi:10.1029/2005GL024826.
- Meslmani, Y., and Hoff, H., (2008): *Impacts of Climate Change on water sector and adaptation in the MENA region and Syria. Modernization Programme for the Syrian Water Sector and German Development Cooperation - GTZ, Damascus, Syria. June 2008. (Arabic report).*
- Meslmani, Y., and Eido, M., (2008): *Climate-Changes-and-the-Mediterranean-Environmental-and-societal-impacts. (INC-SY_Climate Changes and the-Mediterranean); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA Damascus, Syria. June 2008.*
- Meslmani, Y., and Droubi, A., (2009): *Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures of Water Policy. (INC-SY_V&A_Water-Policy); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Faour, G., (2009): *Syrian Sea Level Rise Vulnerability Assessment 2000-2100 (GIS). (INC-SY_V&A_Syrian Sea Level Rise); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., Mawed, K., Khaleel, I., and Eido, M., (2009): *Vulnerability Assessment and Adaptation of Climate Sector in Syria. (INC-SY_V&A_Climate); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Hainoun, A., (2009): *Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures of Energy Sectors in Syria. (INC-SY_V&A_Energy); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., Murtada, S., Jafari, R., and Al Tawil, A., (2009): *Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures of Health Sector. (INC-SY_V&A_Health); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., Masri, A., and Mawlawi, B., (2009): *Vulnerability Assessment of Range Sector in Syria due to Drought and Climate Change. (INC-SY_V&A_Rangeland); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Jnad, I., (2009): *Vulnerability Assessment and Adaptation Measures of Agricultural Sector (Modeling). (INC-SY_V&A_Agriculture Model); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Al-Sibai, M., (2009): *Vulnerability Assessment and Adaptation Measures of Water Resources (Modeling). (INC-SY_V&A_Water Model); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Wardeh, M. F., (2009): *Vulnerability Assessment and possible Adaptation Policies on Agricultural Sector in Syria. (INC-SY_V&A_Agriculture-Policy); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Ali, M. K., (2009): *Evaluating the Vulnerability of Forest Sector in Syria to Climate Changes. (INC-SY_V&A_Forest); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*

- Meslmani, Y., Asfary, A. F., Wahbi, A., and Shaaban, S., (2009): *Desertification / Land Use: Vulnerability Assessment in Syria. (INC-SY_V&A_Desertification); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Khazma, M., (2009): *Socioeconomic Impacts of Climate Change in Syria. (INC-SY_V&A_Socioeconomic impacts); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Meslmani, Y., and Ibrahim, A., (2009): *Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures for Syria's Coastal areas. (INC-SY_V&A_Socioeconomic impacts); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
- Mitrovica, J.X., Tamisiea, M.E., Davis, J.L., Milne, G.A., 2001. *Recent mass balance of polar ice sheets inferred from patterns of global sea-level change. Nature 409 (6823), 1026–1029.*
- MOLA (2007): *Records of the Ministry of Local Administration and Environment, Damascus- Syria.*
- MOT (2003): *Official records of the Ministry of Tourism, promotion & marketing Dep't. Damascus, Syria.*
- PAP/RAC (1990): *Preliminary study of the integrated plan for the Syrian coastal region, P.7 (CCP/1988-1989/SY/PS) Split.*
- Ovchinnikov, M. and Abu Samra, F. (1994): *Investigations of the winter regime in Syrian Waters of the Eastern Mediterranean Sea. OCEANOLOGY, Vol.34 (3): 428-431.*
- SRTM WEB
- Shaw, J., Taylor, R.B., Forbes, D.L., Ruz, M.H., and Solomon, S., 1998, *Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level Rise: Geological Survey of Canada Bulletin 505, 114 p.*
- S.J. Holgate, P.L. Woodworth, *Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s, Geophys. Res. Lett. 31 (2004) L07305, doi:10.1029/2004GL019626.*
- *The Scientific basis. IPCC WG1. IPCC, 2001.*
- Tsimplis, M.N., Spencer, N.E., 1997. *Collection and analysis of monthly mean sea level data in the Mediterranean and the Black Sea. J. Coast. Res. 13 (2), 534–544.*
- Tsimplis, M.N., Rixen, M., 2002. *Sea level in the Mediterranean Sea: The contribution of temperature and salinity changes. Geophys. Res. Lett. 29 (3) art. no. 2136.*
- Tsimplis, M. et al. *Changes in the Oceanography of the Mediterranean Sea and their link to Climate Variability. Mediterranean Climate Variability p 227-282. Elsevier, 2006.*
- Tsimplis, M. et al. *Mediterranean sea level trends: atmospheric pressure and wind contribution. Geophys. Res. Lett. 32(20) 2005.*
- Tsimplis, M.N., Marcos, M., Somot, S., 2008, *21st century Mediterranean sea level rise: Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model. Global and Planetary Change 63 (2008) 105–111, doi:10.1016/j.gloplacha.2007.09.006*
- Vigo, I., García, D., Chao, B.F., 2005. *Change of sea level trend in the Mediterranean and Black seas. Journal of Marine Research 63, 1085–1100.*
- Vitayz, (1992): *The Syrian-Russian joint exploration mission in the Eastern Mediterranean Feb. 12 – Mar. 11, 1992.*

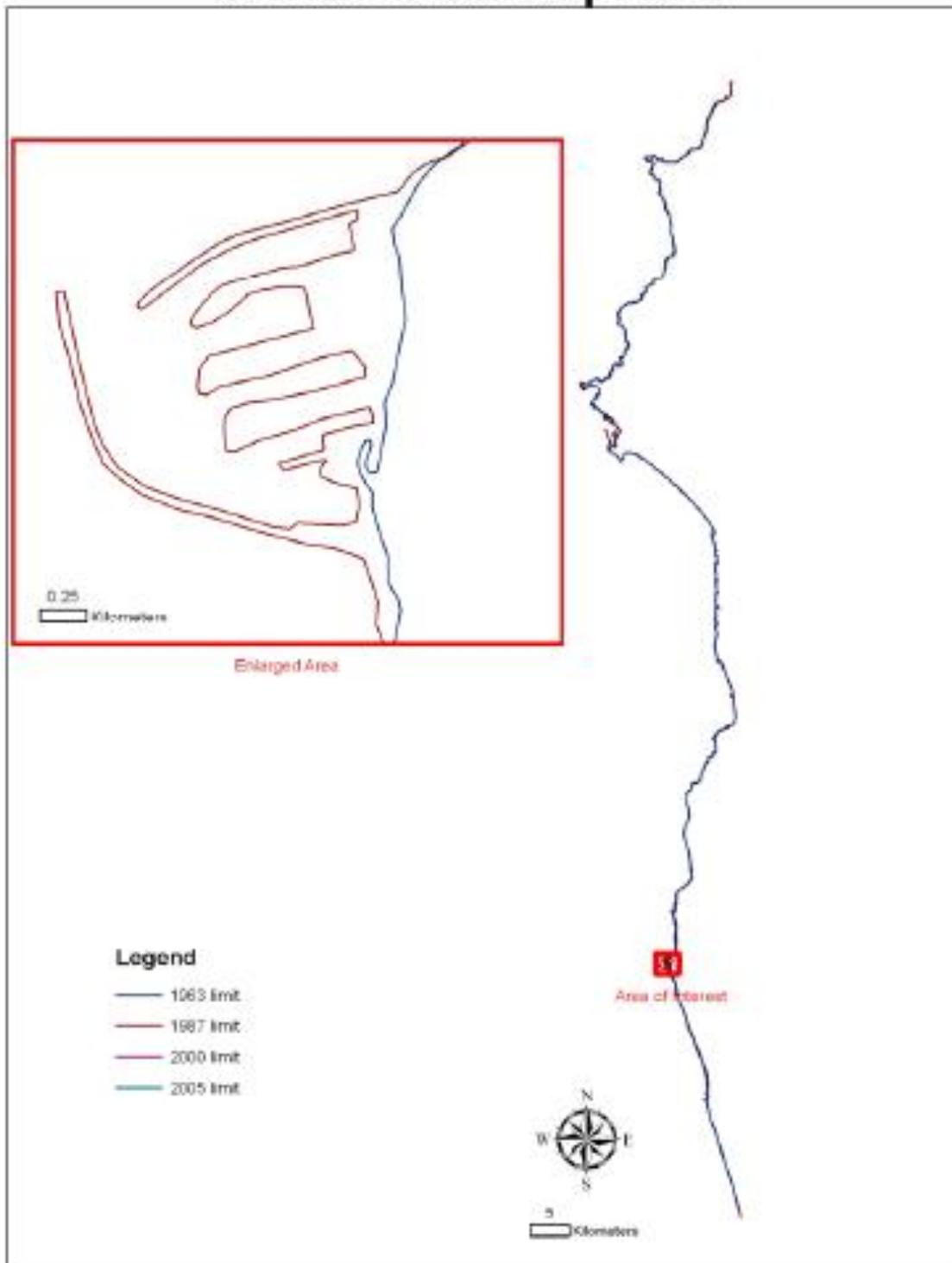
الملحق رقم (1)

الخرائط

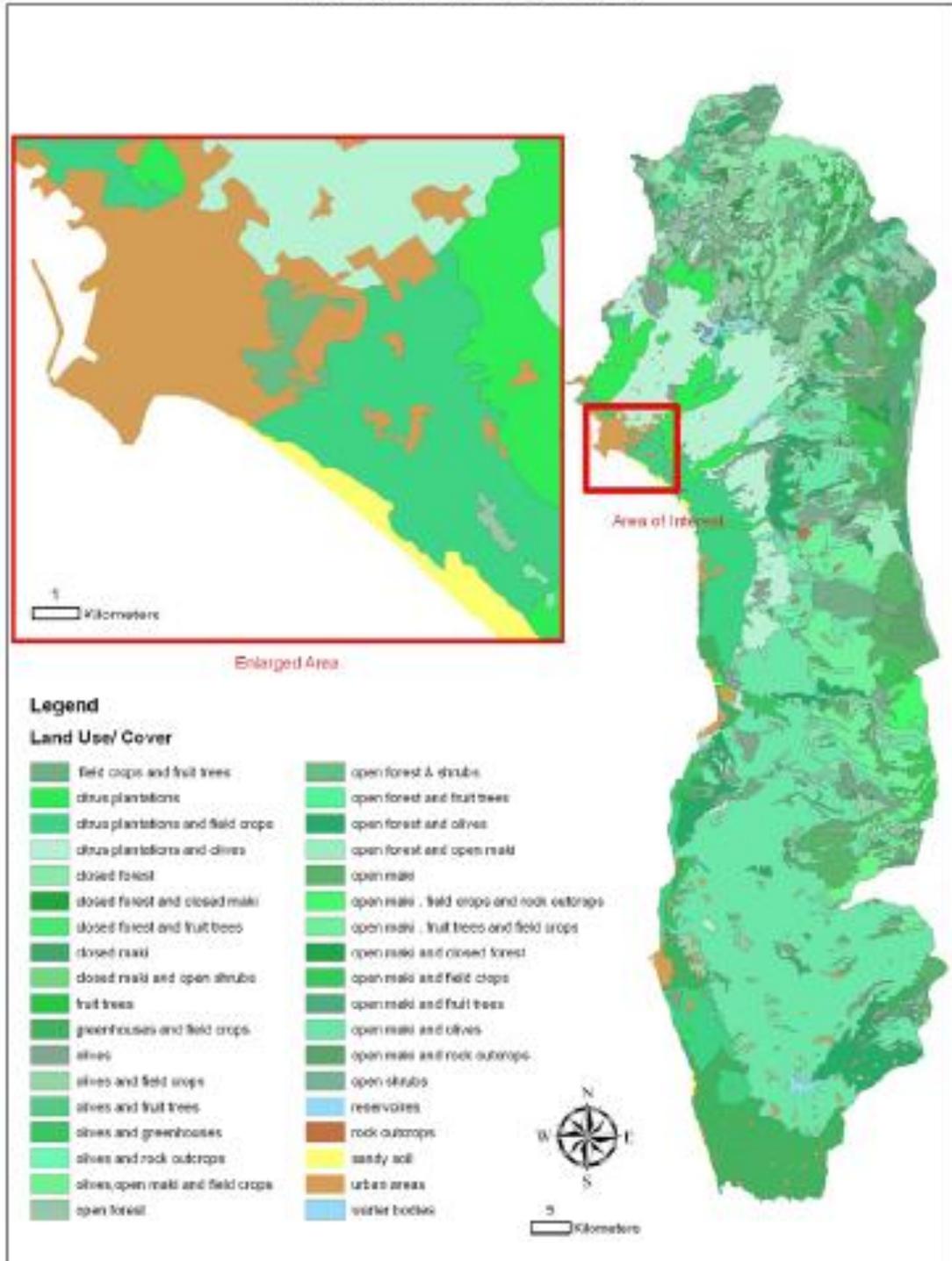
Contour Lines

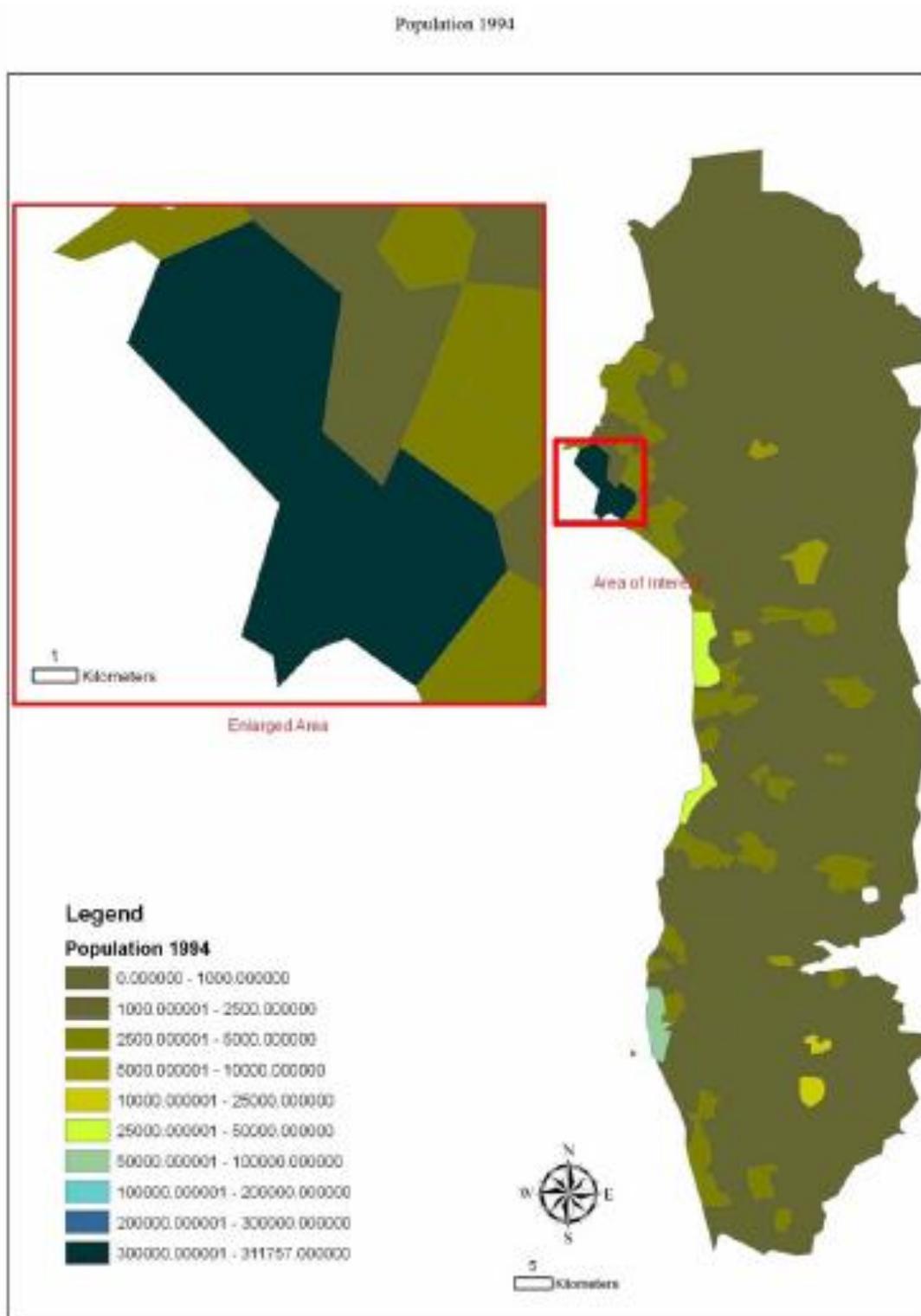


Shoreline development

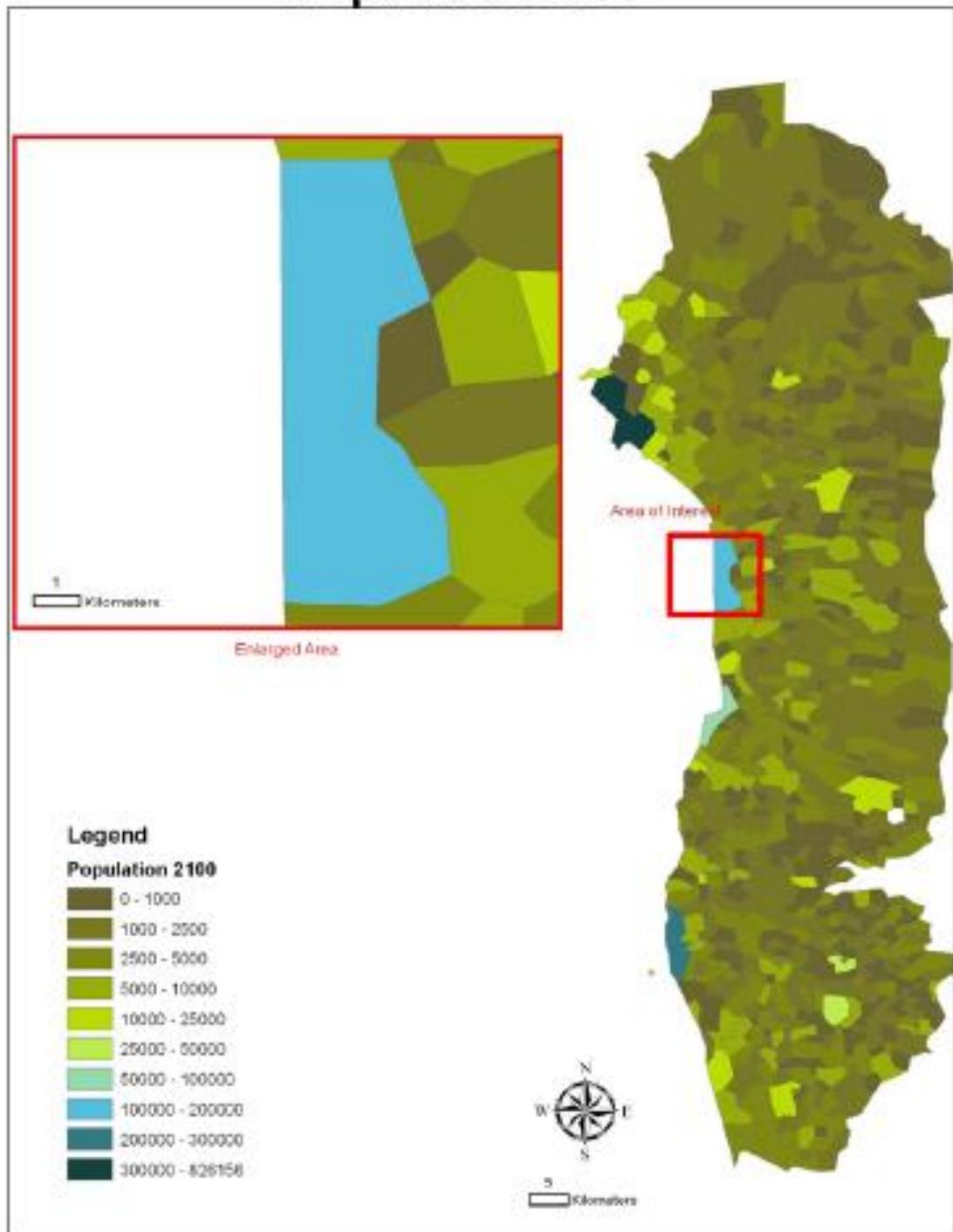


Land Use/ Cover





Population 2100

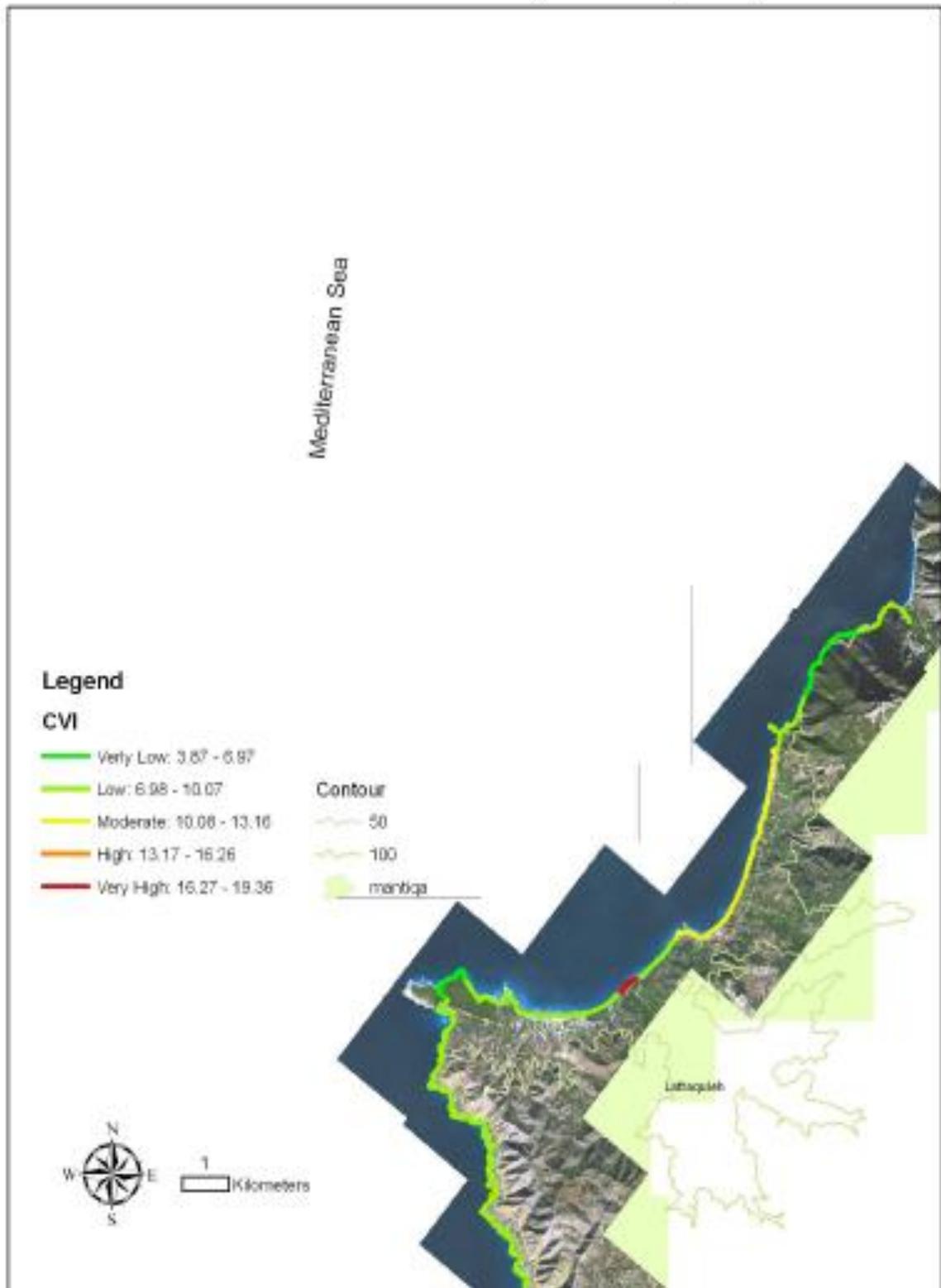


الملحق رقم (2)

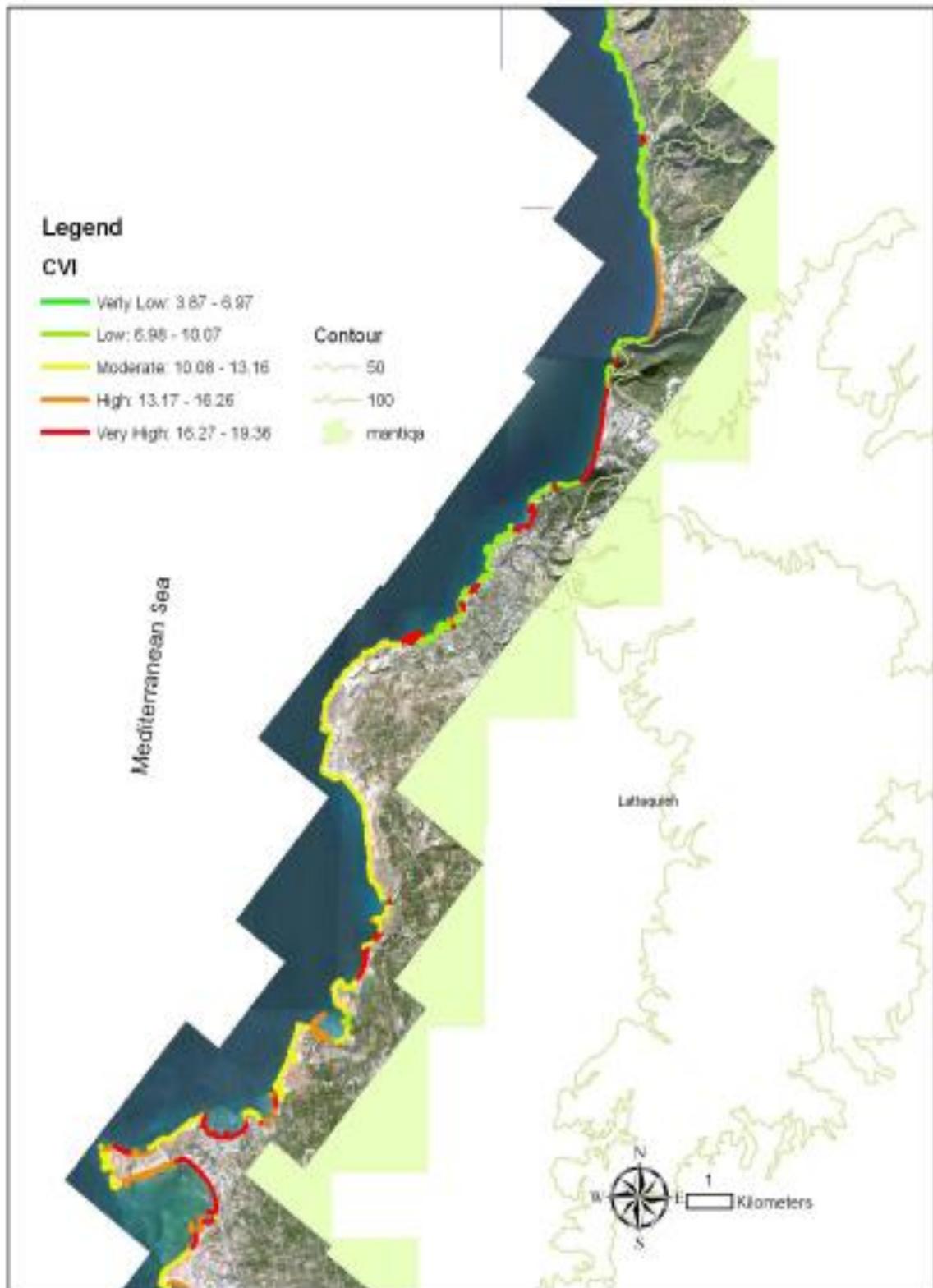
مؤشر هشاشة الساحل (CVI)

الخرائط بمقياس 1:100000

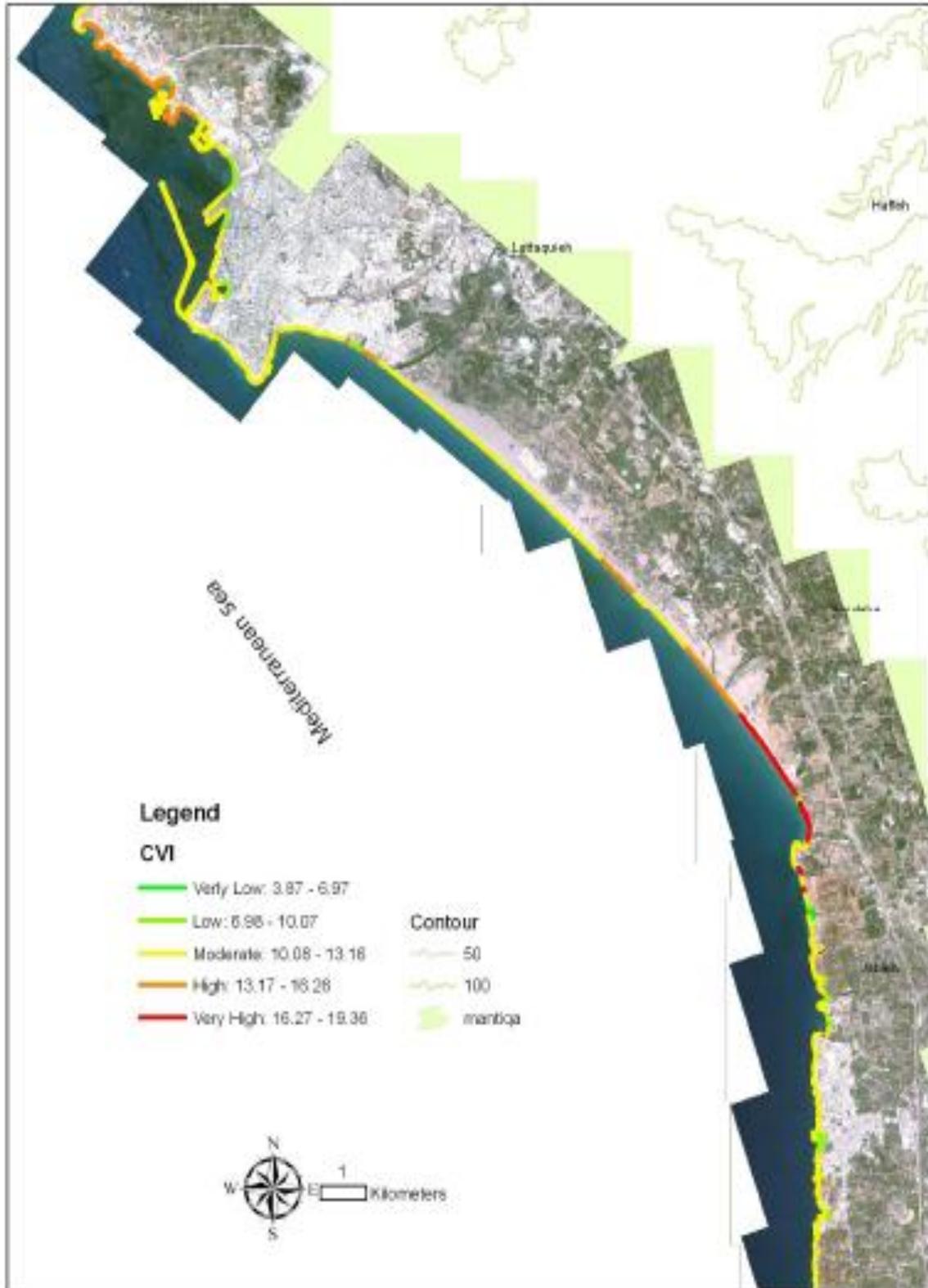
Coastal Vulnerability Index (CVI)



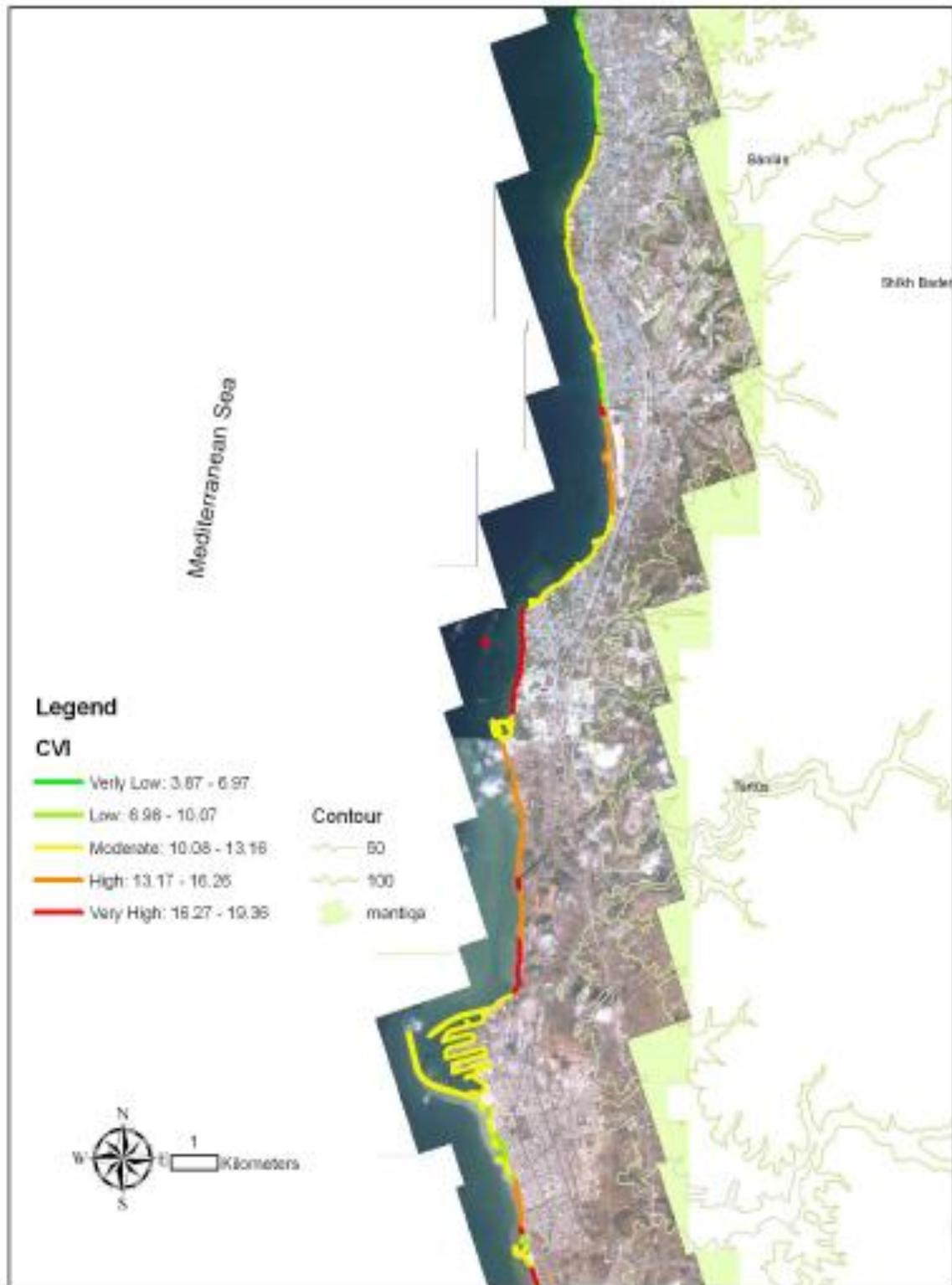
Coastal Vulnerability Index (CVI)



Coastal Vulnerability Index (CVI)



Coastal Vulnerability Index (CVI)



Coastal Vulnerability Index (CVI)

