



" وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ "



# Tsunamis موجات الميناء

## ومدى تأثيرها على الوطن العربي

أ.د. عبدالله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

سلسلة إصدارات جيولوجية ثقافية ④

١٤٢٨ هـ - ٢٠٠٧ م



### المقدمة

التسونامي ظاهرة طبيعية وتعتبر من أشد الظواهر فتكا عبر التاريخ قديما وحديثا ومن أعنفها خلال القرن الحالي تسونامي جزر شرق الوبسيان في أبريل ١٩٤٦م حيث بلغ ارتفاع الموجة ٣٥م وتسونامي نيكاراغوا في سبتمبر ١٩٩٢م حيث أغرقت موجة ارتفاعها ١٠ أمتار ١٧٠ شخصاً. وتسونامي أوكو شيري اليابانية في ديسمبر ١٩٩٣م حيث وصل ارتفاع الموجة إلى ٣١م وكذلك تسونامي بابوا غينيا الجديدة في يوليو ١٩٩٨م بارتفاع بلغ ١٥م و ٥٠٠٠ قتيل غير أن التسونامي الذي ضرب جزيرة سومطره والهند وسريلانكا في ديسمبر ٢٠٠٤م يعد الأعنف خلال الأربعين سنة الماضية وأودى بحياة أكثر من ٢٨٠٠٠٠ شخص. ويرى الخبراء أن ٨٠٪ من موجات تسونامي تسجل في المحيط الهادئ و ١٠٪ في المحيط الهندي وبين ٥ إلى ١٠٪ في البحر الأبيض المتوسط (١).

تعتبر ظاهرة التسونامي من أشد الظواهر الطبيعية فتكا عبر التاريخ وتولد من حركة الدفع الفجائية التي يحدثها الزلزال تحت قاع المحيط نتيجة حركة تصدعية عنيفة من جراء تصادم صفيحتين، وفي بعض الحالات قد تنجم عن ثوران بركاني أو سقوط نيزك أو حدوث انزلاق أرضي تحت الماء. تتميز بمدى طويل جداً قادرة على نقل الطاقة المدمرة من مصدرها في المحيط إلى مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات. تمر التسونامي أثناء نشوئها بثلاث مراحل: التولد - الانتشار - الغرق. تتمثل عملية توليد الموجة بأي إزاحة عمودية مفاجئة في قاع البحر نتيجة حركة تصدعية عنيفة، حيث تقوم هذه الحركة بدفع ما فوقها من مياه نحو الأعلى. تنتشر عبر مياه المحيط بسرعة عالية تصل إلى ٧٠٠ كم/س غير أن ميل هذه الأمواج التي يصل طولها إلى ٦٠٠ ضعف ارتفاعها يكون من الصعوبة ملاحظتها في عرض البحر.



إن الظروف الحركية والبيئية التي تتشكل فيها التسونامي لا تتوفر في المنطقة العربية، حيث أن ذلك يتطلب أولاً أن تكون منطقة بحار أو محيطات مفتوحة بآلاف الكيلومترات بالإضافة إلى أن مناطق التسونامي النشطة تتولد من تصادم صفيحتين بشكل فجائي ورأسي. هذه الظروف لا تتوفر في البحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط والخليج العربي نظراً لمحدودية اتساعهم علاوة على أن الفوائق في البحر الأحمر و خليج العقبة من النوع الرأسي و المضربي ليس لديها القدرة الكافية على توليد موجات تسونامية مدمرة كما هو الحال في المحيطين الهادي والهندي. لم يسبق تاريخياً أنه سجل أي موجات تسونامية منذ ٥٢٥ ق.م في شبه الجزيرة العربية بينما تم تسجيل تسع تسوناميات في منطقة البحر الأبيض المتوسط منذ ذلك التاريخ.

### ماهية التسونامي

إن كلمة تسونامي **Tsu-nami** مصطلح ياباني مكون من كلمتين: "تسو" ومعناها "ميناء" و"نامي" و معناها "موجة" ويعني حرفياً موجة الميناء **Harbor Wave** ربما لأنها تتسارع بصمت عبر المحيط دون أن يشعر بها أحد لتظهر فجأة أمواج عالية مدمرة. وقد استخدمها اليابانيون القدامى للفرقة بين موجة المياه العاتية التي تدمر موانئ الصيد وموجات المياه العادية.

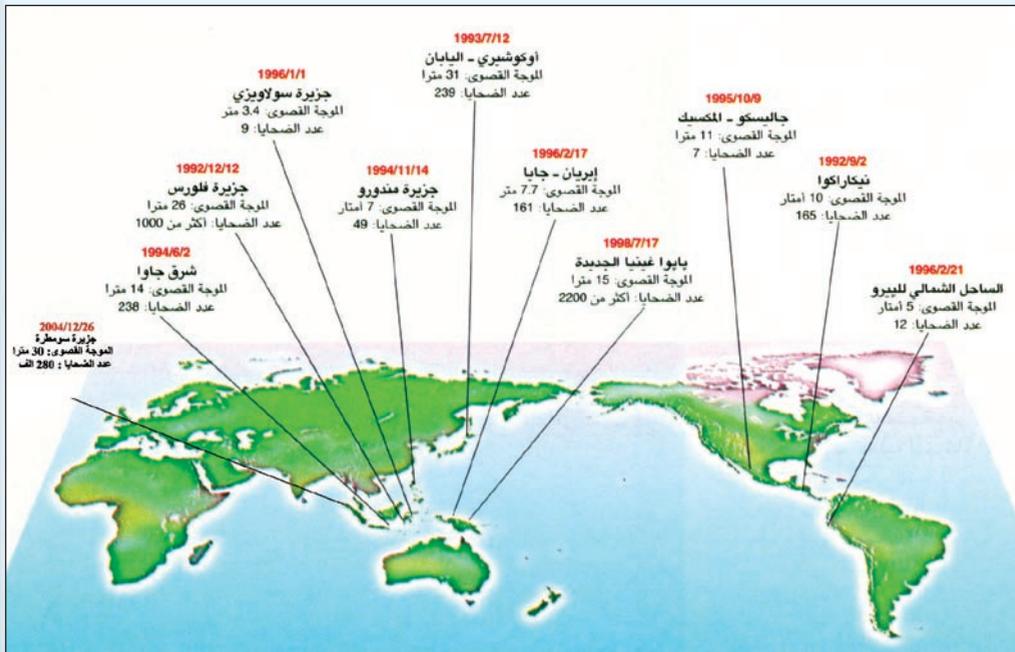
وتجدر الإشارة أنه يجب التمييز أولاً بين ظاهرة التسونامي والأمواج المتولدة من الرياح أو من المد والجزر. فالرياح الخفيفة تؤدي إلى تجعد سطح المحيط على شكل أمواج قصيرة وقد يصل ارتفاعها إلى ٣٠م في عرض المحيط ولكن حتى



## موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي

هذه الأمواج العالية ليست قادرة على تحريك المياه العميقة. أما أمواج المد والجزر فإنها تتولد من قوة الشد الناجمة عن جاذبية القمر أو الشمس التي تزحف مرتين يومياً حول الكرة الأرضية فهي تولد أيضاً تيارات مائية تصل إلى قاع المحيط كما تفضل التسوناميات.

أما التسوناميات فإنها تتولد من حركة الدفع الفجائية التي يحدثها الزلزال تحت قاع المحيط نتيجة حركة تصدعية عنيفة من جراء تصادم صفيحتين. وفي بعض الحالات قد تنجم عن ثوران بركاني ( جزيرة كراكاتوا الأندونيسية عام ١٨٨٣ م ) أو سقوط نيزك أو حدوث انزلاق أرضي تحت الماء.



التسوناميات المدمرة خلال ربع القرن الماضي ( ١٩٩٠ - ٢٠٠٥ م ) ، ويتضح أن تسونامي سومطرة- الذي وقع في ديسمبر ٢٠٠٤ م كان الأعنف والأكثر دمارا (١).



# T s u n a m i s

## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

وتحدد حجم أضرار أمواج التسونامي عدة عوامل أهمها:

♦ وقوع السواحل في محيط دائرة تحرك موجات التسونامي والتي لا تفقد الكثير من طاقتها مع التحرك نتيجة لطولها الموجي الكبير.

♦ الوضع الجغرافي للمنطقة الساحلية من ناحية ارتفاعها عن سطح البحر وكذلك تعامله مع اتجاه حركة الأمواج.

وعلاوة إلى ما تلحقه هذه الأمواج من خسائر في الأرواح والمنشآت إلا أن أضرار هائلة تلحق ببيئة المناطق الساحلية قد تحتاج إلى عشرات السنين لاستعادة طبيعتها. والواقع أن عدم توفر احتمالات حدوث كارثة ما لا يعد مبرراً عقلانياً لتجاهل المخاطر التي قد تترتب عليها إذا ما وقعت.

الخاصية	التسونامي	الرياح	المد والجزر
طول الموجة	٢٠٠ كم تقريباً	١٥٠ متر تقريباً	أكبر من ١٠٠٠ كم
السرعة	٦٠٠ كم/الساعة تقريباً	٦٠ كم/الساعة	أكبر من ١٠٠٠ كم/الساعة
الإرتفاع	نصف متر	عدة أمتار	متغير
الفترة	٢٠ دقيقة	١٠ ثوان	١٢ ساعة



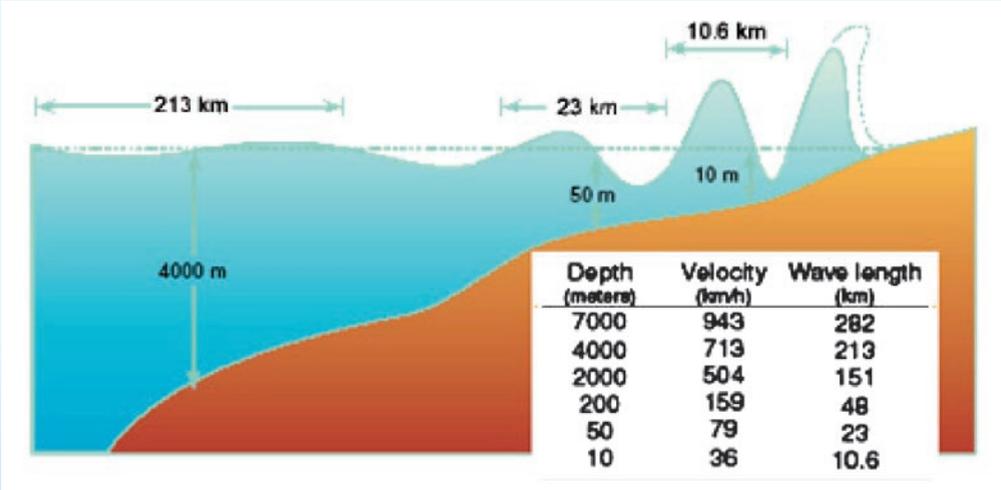
مناطق التسونامي حول العالم ويلاحظ انتشارها حول حزام حلقة النار



### ميكانيكية ظاهرة التسونامي

تتميز أمواج التسونامي العملاقة بمدى طويل جداً فهي قادرة على نقل الطاقة المدمرة من مصدرها في المحيط إلى مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات. حيث تندفع في أعماق المحيطات بسرعة تزيد على ٧٠٠ كم في الساعة وعلى الرغم من سرعتها فإنها لا تشكل خطراً في المياه العميقة. فالموجة الواحدة منها لا يزيد ارتفاعها عادة عن متر واحد في وسط المحيط في حين يصل ارتفاعها إلى أكثر من ١٠ أمتار عند اصطدامها بالشواطئ.

ويمكن حساب سرعة الموجات التسونامية من الجذر التربيعي لقيمة العجلة الأرضية مضروباً في عمق الماء. فإذا كان عمق الماء ٥ كم فإن السرعة تساوي ٨٠٠ كم/س. أما طول موجة التسونامي فتبلغ ٢٠٠ كم إذا كانت الفتره الدوريه ١٥ دقيقة. أي أنه كلما كانت المياه أكثر عمقا وكانت الموجة أكثر طولاً كانت الموجة التسونامية ذات سرعة أكبر.



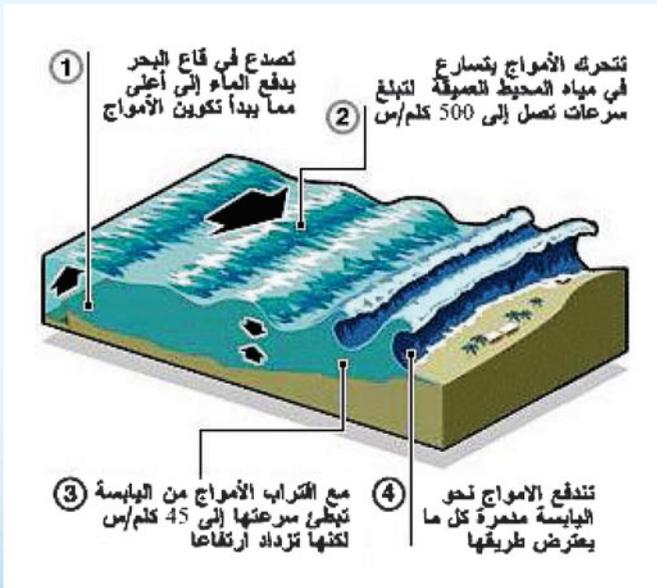
العلاقة بين طول الموجة والسرعة وعمق الماء عند حدوث التسونامي



# T s u n a m i s

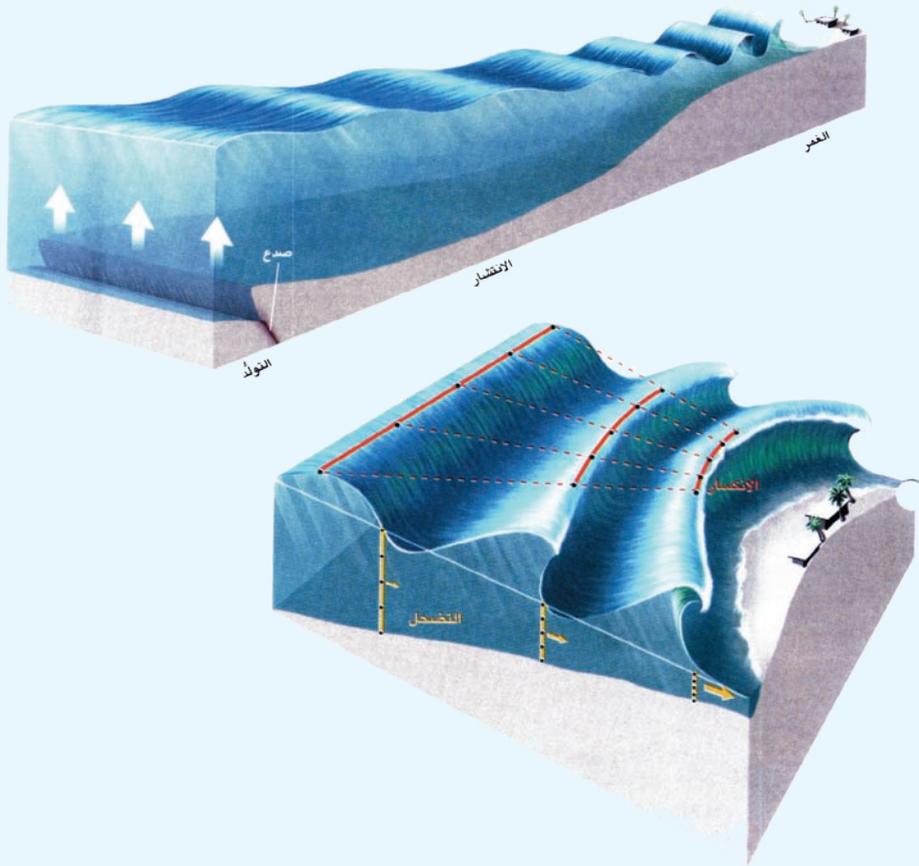
## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

تمر التسونامي أثناء نشوئها بثلاث مراحل فيزيائية متتابعة: التولد والانتشار ثم الغرق. تتمثل عملية توليد الموجة بأي إزاحة عمودية مفاجئة في قاع البحر نتيجة حركة تصدعية عنيفة. حيث تقوم هذه الحركة بدفع ما فوقها من مياه نحو الأعلى. تنتشر عبر مياه المحيط بسرعة عالية تصل إلى ٧٠٠ كم/س غير أن ميل هذه الأمواج التي يصل طولها إلى ٦٠٠ ضعف ارتفاعها يكون من الصعوبة ملاحظتها في عرض البحر. أي أنه كلما كانت المياه أكثر عمقاً وكانت الموجة أكثر طولاً كانت الموجة التسونامية ذات سرعة أكبر. وعندما تصل الموجة إلى المياه الضحلة تتباطأ سرعتها حتى تصل إلى ٨٠ كم/س تقريباً. وتؤدي ظاهرة انكسار الموجة وتضلعها إلى حشد طاقة الموجة وتركيزها ومن ثم تبدأ تنضغط طاقة الموجة داخل حجم أصغر أثناء دخولها إلى المياه الضحلة وتتباطأ لتلحق بها الموجة التي تليها أو أنها تلتف حول الشاطئ وتؤدي هذه الزيادة في كثافة الطاقة بدورها إلى زيادة في ارتفاع الموجة والتيارات.



# T s u n a m i s

موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي



الثلاث مراحل لنشأة التسونامي : التولد والانتشار والإغراق. يؤدي الانكسار والتضحل إلى حشد طاقة الموجة وتركيزها، لتصبح حائطا عاليا وخطيرا من المياه (الخطوط المنقطة) أثناء دخولها إلى المياه الضحلة (١).



في أحيان أخرى يؤدي الانكسار **refraction** والتضحل **shoaling** إلى حشد طاقة الموجة وتركيزها ، لتصبح حائطا عاليا وخطيرا من المياه. تنضغط طاقة الموجة داخل حجم أصغر (الخطوط المنقطة) أثناء دخولها إلى المياه الضحلة. وتتباطأ لتلحق بها الموجة التي تليها، أو أنها تلف حول أي لسان أو أرض متقدمة (٢).

وتبدأ خطورة هذه الموجات عند دخولها منطقة المياه الضحلة عند الموانئ والخلجان الضيقة حيث تصطدم بمستوى عمق المياه في هذه المناطق مما ينتج عنه انخفاض مفاجئ في سرعتها ، وتسبب عملية الانخفاض المفاجئ هذه إلى حدوث زيادة وفيرة في كمية المياه فيزداد معها ارتفاع الموجة بشكل ضخم ومروع ، وتتسبب هذه القوة الضخمة الهدامة في إحداث دمار شديد عند ارتطامها بالشاطئ ، وعادة ما تتعرض المباني الكبيرة والمنازل في هذه المناطق لانهيار عند ارتطام مثل هذه الموجات بها ، وكثيراً ما تحمل هذه الموجات التسونامية البواخر الكبيرة وترفعها ثم تجرفها نحو الأرض اليابسة لتستقر بعد ذلك فوق رمال الشاطئ.

### تسونامي سومطره

لم يشهد العالم منذ العام ١٩٦٤ زلزالاً يضاهي قوة الزلزال العنيف الذي ضرب دول جنوبي شرقي آسيا وهي إندونيسيا وسريلانكا والهند وتايلاند وماليزيا وجزر المالديف وأودى بحياة ٢٨٠٠٠٠ شخص ويعتبر خامس أقوى زلزال منذ العام ١٩٠٠ م .



## موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي

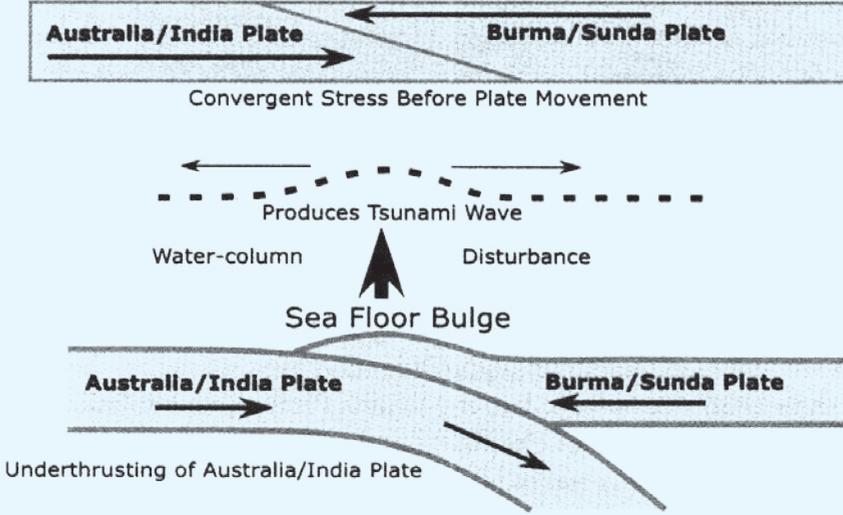
لقد تعرضت غرب جزيرة سومطرة بتاريخ ٢٦/١٢/٢٠٠٤م إلى زلزال مدمر نجم عن موجات بحرية عاتية تجاوز قدره ٩ درجات. دلت الدراسات أن فترة هذه الهزة استمرت ١٠ دقائق على الأقل وتعتبر الأطول في التاريخ الحديث.

وقع مركز الزلزال السطحي عند  $3.316^{\circ}N, 95.854^{\circ}E$  إلى الغرب من القسم الشمالي من جزيرة سومطرة الاندونيسية وعلى بعد ٢٥٠ كيلومترا من الساحل الجنوبي الشرقي لباندا اتشيه و ٣٢٠ كيلومترا إلى الغرب من مدينة ميدان عند نهاية الحافة الغربية "لحلقة النار" (Fire Belt) التي يتركز فيها ٨١ بالمائة من الزلازل الكبرى في العالم. حيث يمتد هناك خط الانقطاع الصخري الفاصل بين الصفيحتين الكبيرتين الغربية وهي الهندية المحيطية والصفحة الشرقية القارية اليوراسية-البورمية وهذه الصفائح في حركة دائمة بشكل بطيء، ونتيجة لحركة هاتين الصفيحتين بشكل مواز لبعض، فقد حدث نوع من التصادم والتضاغط الشديد بينهما نجم عن ذلك تصدعات مختلفة حيث انزلقت الصفيحة الهندية المحيطية الأكثر كثافة تحت الصفيحة اليوراسية-البورمية بسرعة ٦ سم في السنة تقريبا لتولد زلزالا على عمق ١٠ كم تحت سطح المحيط الهندي وامتدت الحركة على فائق طوله ٤٠٠ كم في اتجاه الشمال الغربي بإزاحة بلغت ٢٠ مترا على امتداد الفائق. عندما اصطدمت الموجه بالشاطئ تحولت طاقتها الحركية إلى موجة عالية بلغ ارتفاعها أكثر من ١٠ أمتار.



# T s u n a m i s

## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

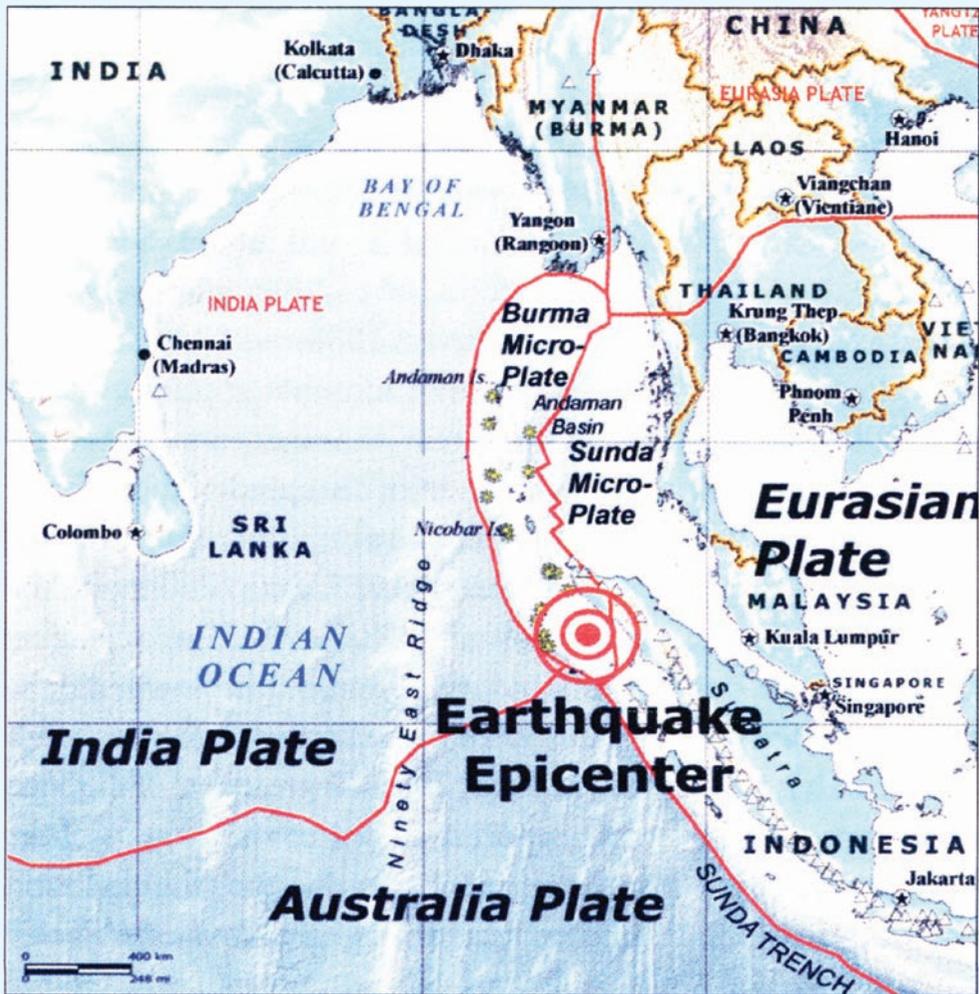


انزلاق الصفيحة الهندية المحيطية الأكثر كثافة تحت الصفيحة اليوراسية  
البورمية شمال غرب سومطرة بسرعة ٦ سم في السنة تقريبا

بلغت الطاقة الكلية التي أصدرها زلزال المحيط الهندي حوالي  $10^{28}$  جول وهذه تعادل تقريبا طاقة قنبلة بقوة مائة جيجا طن **Gigaton** ( $1 \text{ gigaton} = 10^6 \text{ ton of TNT}$ ) (3). وقد أدى زحزحة الكتلة الصخرية والطاقة الهائلة التي أطلقها الزلزال إلى إحداث تغير طفيف في دوران الأرض . وتشير النماذج النظرية إلى أن يوم الأرض سيقصر بمقدار ٢,٦٨ أجزاء من المليون من الثانية (٢,٦٨  $\mu\text{S}$ ) (أو حوالي واحد **billionth** من طول اليوم) وذلك نتيجة لنقصان في تفلطح (oblateness) الأرض. كما قد يؤدي الزلزال أيضا إلى "تحلل" (**Wobble**) في حدود ٢,٥ سنتيمتر، أو ربما بحدود ٥ أو ٦ سنتيمترات . وبصورة مذهلة، تحركت بعض الجزر الصغيرة المتواجدة بسومطرة في بعض المناطق الجنوبية الغربية في حدود ٢٠م ، بل إن النهاية الشمالية لسومطرة التي تقع على صفيحة بورما ، قد تنتقل أيضا لمسافة ٣٦م باتجاه الجنوب الغربي.

# Tsunamis

موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي



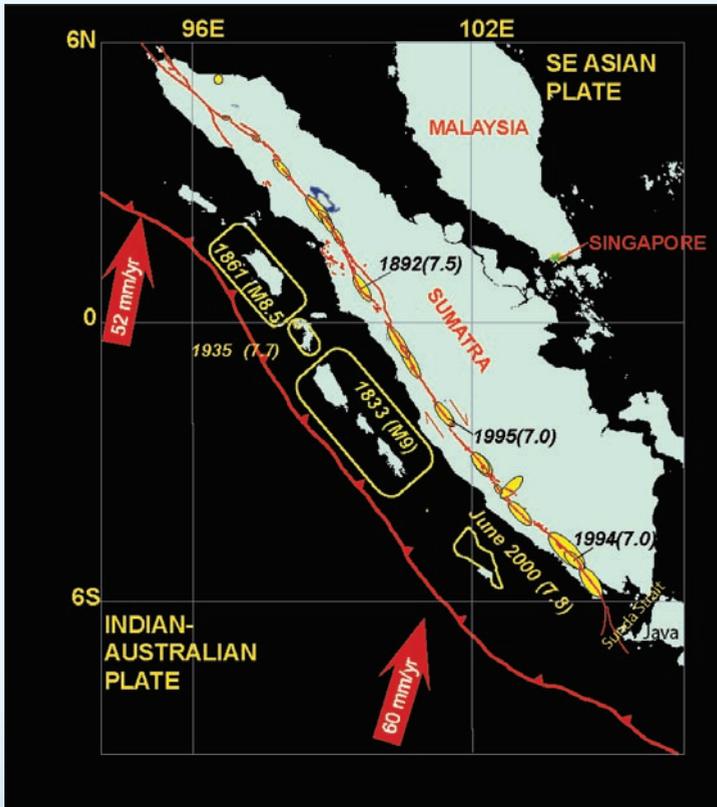
حركية تسونامي سومطرة والتي تبين منطقة تصادم الصفيحة الهندية المحيطية من الغرب مع الصفيحة القارية /اليوراسية-البورمية من الشرق بمعدل ٦ سم في السنة تقريبا. ويظهر في الشكل البؤرة السطحية لزلزال سومطرة الذي حدث في ديسمبر ٢٠٠٤م.



# T s u n a m i s

## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

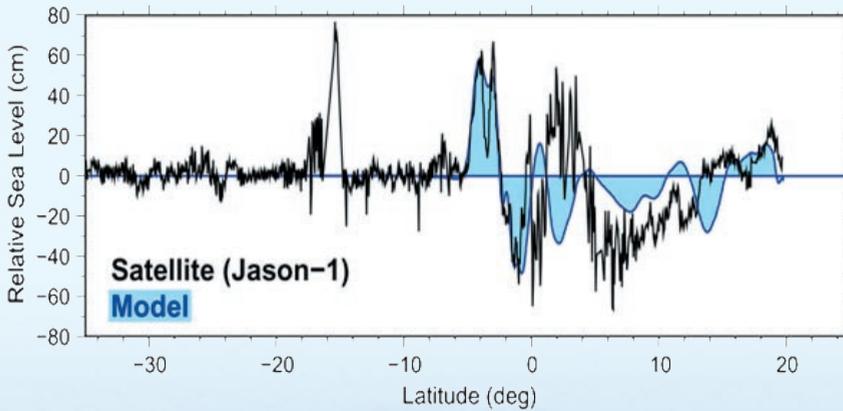
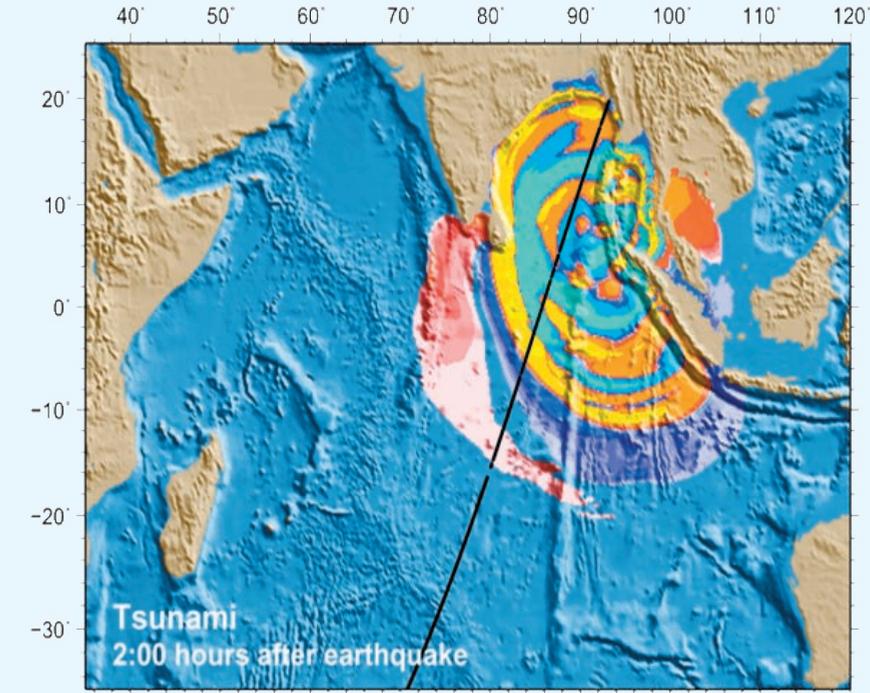
لم تتضرر بنجلادش كثيرا بزلزال المحيط الهندي بالرغم من أنها تقع على الطرف الشمالي لخليج البنجال، علاوة على كونها أرض منخفضة، ويرجع السبب إلى أن اتجاه خط الفالق (الصدع) يمتد اتجاه شمال-جنوب، الأمر الذي جعل القوة العظمى للموجات التسونامية تسافر عمودياً على اتجاه خط الفالق، أي باتجاه شرق-غرب. دلت الدراسات الزلزالية التاريخية والحديثة على امتداد فالق سومطرة أن مثل هذا النوع من الزلازل وبقدر ٩ قد يتكرر كل ٢٣٠ سنة تقريبا والله أعلم .



الزلازل التسونامية التاريخية والحديثة المدمرة التي وقعت في اندونيسيا وبلغ مقدارها أكبر من ٧ ويظهر تغير معدل تصادم الصفائح على امتداد صدع سومطرة.

# Tsunamis

موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي

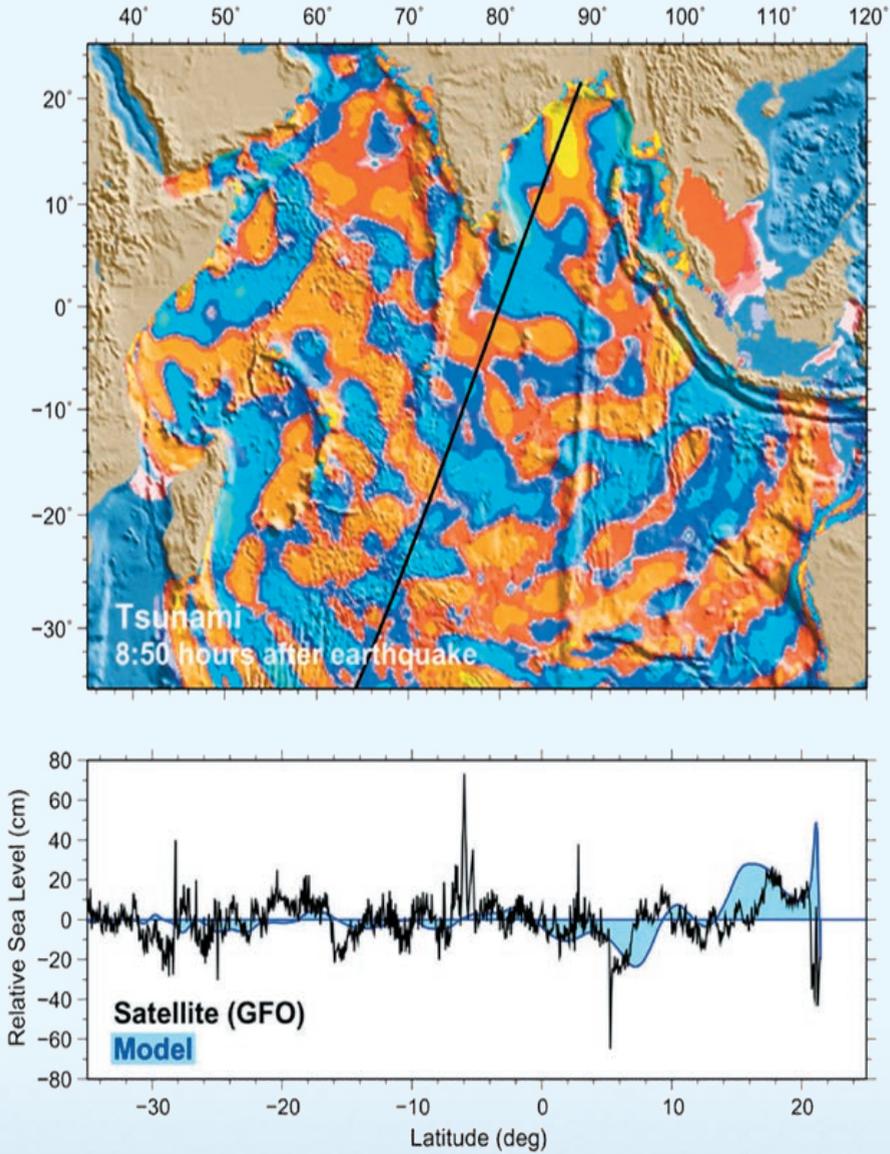


المناطق التي غمرها التسونامي بعد ساعتين من حدوث الزلزال حيث شمل اندونيسيا وماليزيا وتايلند ويظهر السجل الزلزالي خلال تلك الفترة



# T s u n a m i s

موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي



المناطق التي غمرها التسونامي بعد تسع ساعات تقريباً من حدوث الزلزال حيث شمل اندونيسيا وماليزيا وتايلند والهند وسيريلانكا والمالديف والصومال وسواحل البحر العربي ويظهر السجل الزلزالي خلال تلك الفترة

# T s u n a m i s

موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي



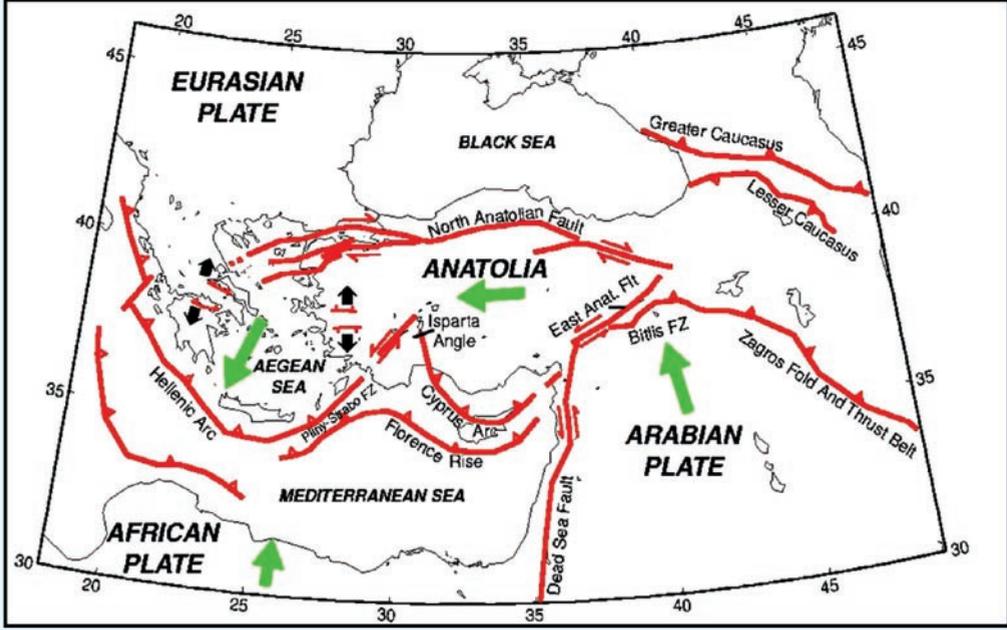
منطقة باندا اتشيه الأندونيسية التي دمرها التسونامي بالكامل ويلاحظ دلائل رفع أو غمر الشواطئ .



### مدى تأثير ظاهرة التسونامي على الوطن العربي

تتأثر منطقة شبه الجزيرة العربية حركيا بالانفتاح في منطقة البحر الأحمر ثم منطقة التصادم غرب إيران ممتدة حتى صدع الأناضول الذي يأخذ الاتجاه من الشرق إلى الغرب في جنوب تركيا، هذا الصدع تحدث عليه حركة أفقية. أما منطقة البحر الأبيض المتوسط نجد أن الصفيحة التركية مع الصفيحة اليوراسية والصفيحة الأفريقية تتحركان حركة جانبية بالنسبة لكل منهما الآخر ولا يوجد تصادم في هذه المنطقة أما إلى الجنوب قليلا في منطقة البحر الأبيض المتوسط يحدث تصادم وإن كان التصادم مازال في مرحلة المهد لا يقارن بالتصادم في منطقة المحيط الهادي أو المحيط الهندي حيث تصطدم الصفيحة الأفريقية مع الصفيحة اليوراسية تحت القوس اليوناني والقوس القبرصي. معدل اندساس الصفيحة الأفريقية في هذا المكان حوالي ٢سم لكل عام هو نفس معدل الانفتاح في البحر الأحمر بينما يصل المعدل إلى ٣ سم في منطقة تصادم الصفيحة العربية مع اليوراسية.

يتميز الخليج العربي بأنه بحر ضحل وشبه مغلق حيث يبلغ طوله ١٠٠٠ كم وعرضه من ٢٠٠-٣٠٠ كم ومساحته ٢٥٠٠٠٠ كم<sup>٢</sup> ويصل أقصى عمق له ١٠٠ م. أما البحر الأحمر فيبلغ طوله ٢٠٠٠ كم ومساحته ٤٤٠٠٠٠ كم<sup>٢</sup> مربع وعرضه ٣٥٠ كم ويصل أقصى عمق له حوالي ٢٨٥٠ مترا ومتوسط العمق ٥٠٠ متر.



خارطة حركية تبين الصدوع النشطة في الوطن العربي وعلاقتها بالصفائح التكتونية العربية واليوراسية والأفريقية.

يتضح إن الظروف الحركية والبيئية التي تتشكل فيها التسونامي عموماً لا تتوفر في المنطقة العربية حيث أن ذلك يتطلب أولاً أن تكون منطقة بحار أو محيطات مفتوحة بآلاف الكيلومترات بالإضافة إلى أن مناطق التسونامي النشطة تتولد من حركة الدفع الفجائية التي يحدثها الزلزال تحت قاع المحيط نتيجة حركة تصدعية عنيفة من جراء تصادم صفيحتين. وفي بعض الحالات قد تنجم التسونامي عن ثوران بركاني أو سقوط نيزك أو حدوث انزلاق أرضي تحت الماء. علاوة على أن موجات التسونامي تتميز بمدى طويل جداً لها القدرة على نقل الطاقة المدمرة من مصدرها في المحيط إلى مسافة تبلغ آلاف الكيلومترات.



إن ظروف تشكيل التسونامي لا تتوفر في البحر الأحمر وخليج العقبة والخليج العربي نظراً لمحدودية اتساعهم وضحالة أعماقهم علاوة على أن الفوالق في البحر الأحمر وخليج العقبة من النوع الرأسي و المضربي ليس لديها القدرة الكافية على توليد موجات تسونامية مدمرة كما هو الحال في المحيط الهادي. ولم يسبق تاريخياً أنه سجل أي موجات تسونامية منذ ٥٢٥ ق.م في شبه الجزيرة العربية.

أما الوضع في منطقة البحر الأبيض المتوسط فيعتبر أكثر قابلية وعرضة للزلازل التسونامية ويرجع ذلك إلى عرضه الكبير نسبياً، وكذلك إلى نوعية الصدوع في منطقة قبرص وما تحتها، المؤهلة لكي يتولد منها موجات تسونامية. حيث نجد أن محرك النشاط الزلزالي هي منطقة اندساس الصفيحة الأفريقية تحت الصفيحة اليوراسية الواقعة تحت منطقة الأطلس في شمال أفريقيا من المغرب حتى تونس وتمتد أيضاً في البحر حتى شمال صقلية. الجدول ١ يوضح تسجيل تسع تسوناميات في منطقة البحر الأبيض المتوسط منذ ٥٢٥ ق.م وخلو شبه الجزيرة العربية من هذا النوع من الزلازل.

وعموماً فإنه يمكن تخفيف مخاطر الزلازل وتصميم المباني والمنشآت المقاومة لها أما كوارث التسونامي فالوضع أصعب نسبياً في البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر لأن زمن انتقال الموجة من المصدر إلى الشواطئ لا يكفي لبناء منظومة إنذار مبكر كما في المحيطين الهادي والهندي.



## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

الزلازل التسونامية المؤثرة التي حدثت في الوطن العربي.

الوصف	السنة
زلزال وأمواج بحرية ومد زلزالي أدى إلى تدمير مدينة صور.	٥٢٥ ق.م
تعرضت صور إلى أمواج عاتية ومد زلزالي.	١٤٠ ق.م
أمواج زلزالية أدى إلى دمار واسع على طول ساحل شرق البحر المتوسط	٢٠٦ م
زلزال وأمواج بحرية دمرت بيروت تدميراً كاملاً وانحسرت مسافة ثلاثة كيلومترات وربما كان الأقوى في تاريخ المنطقة.	٥٥١ م
زلزال بقوة ٧,٣ أدى إلى أمواج عاتية وصلت إلى غور الأردن.	٧٤٦ م
أمواج بحرية عاتية دمرت مدينة عكا.	٨٨١ م
موجة من الزلازل والأمواج البحرية عصفت بقبرص وفلسطين وسوريا.	١٢٠١ م
أمواج بحرية عملاقة أحدثت دماراً على طول الساحل اللبناني.	١٤٠٤ م
أمواج بحرية ضربت شواطئ فلسطين.	١٧٥٢ م

## تخفيف مخاطر التسونامي

من المعروف أن أكثر من ربع مجموع التسوناميات التي وقعت في منطقة المحيط الهادي منذ عام ١٨٩٥م نشأت بالقرب من اليابان نظراً لقربها من إلتقاء أربع صفائح حركية نشطة. ومن أجل هذا كرس اليابانيون أموالاً طائلة في محاولة للتنبؤ بالتسونامي والتقليل من أثارها. اشتمل برنامج تخفيف المخاطر في اليابان على:

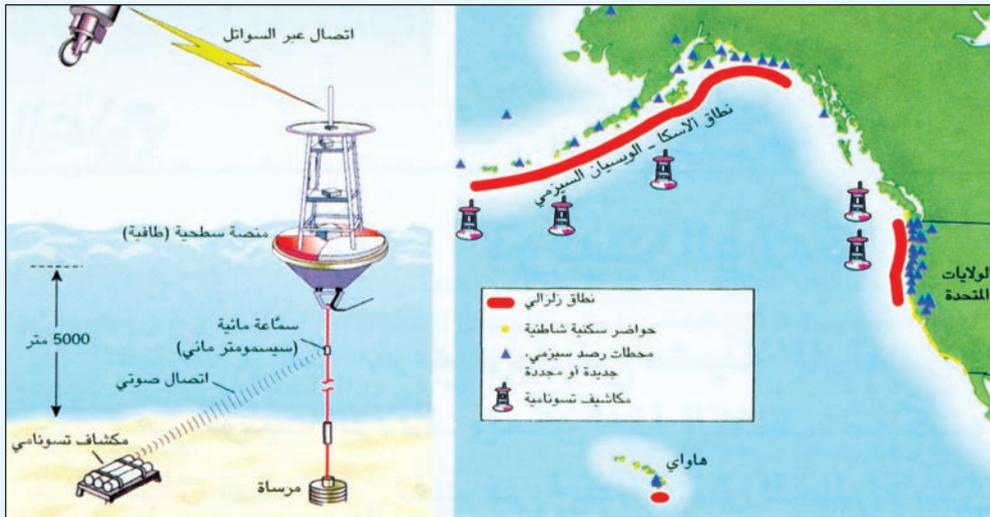


# T s u n a m i s

## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

- إعداد البرامج التعليمية والثقافية.
- إنشاء نظام فعال للإنذار المبكر.
- زراعة غابات اعتراضية شاطئية.
- إشادة مصدات بحرية.

وفي الدول النامية، تكون المعاناة من أثر الكوارث الطبيعية أشد وطأة، حيث أن أكثر من ٩٥% من إجمالي الخسائر في الأرواح الناجمة عن الكوارث تكون في الدول النامية، ويمكن أن يصل حجم الخسائر المادية التي تتكبدها هذه الدول إلى ٢٠ مرة ضعف ما تتكبده الدول الصناعية (كنسبة من إجمالي الناتج المحلي). وعلى مدى القرن الماضي ضرب اليابان ١٥٠ تسونامياً أحدث ١٥% خسائر مادية وبشرية بينما أحدث أكثر من نصف عدد التسوناميات ال ٣٤ التي ضربت إندونيسيا خلال القرن الماضي خسائر كبيرة في الممتلكات والأرواح.



أجهزة للكشف عن التسونامي في المياه العميقة في المحطات الزلزالية الواقعة على امتداد نطاق الاسكا النشط زلزاليا (المثلثات الزرقاء). تعتمد هذه الأجهزة على مجسات عالية الدقة توضع في قاع البحر (OBS) وعندما يستشعر أحد هذه المجسات موجة تسونامية فوقه، يبعث إشارات صوتية إلى منصة طافية على سطح الماء لتقوم بدورها بنقل التحذير عبر الأقمار الصناعية VSAT .



## موجات المياه ومدى تأثيرها على الوطن العربي

قامت الإدارة الأمريكية NOAA بتطوير شبكة تضم محطات رصد في أعماق المحيطات تسمح بتقضي التسوناميات والإبلاغ عنها فوراً ويعرف هذا المشروع باسم DART توضع الراصدات في قاع البحر وعند شعورها بموجة تسونامية فوقها تبعث إشارات ضوئية إلى منصة طافية على سطح الماء لتقوم بدورها بنقل التحذير عبر الأقمار الصناعية إلى المسؤولين عن إطلاق صفارات الإنذار.

في الوقت الذي يتعذر فيه إيقاف أمواج التسونامي والأعاصير، ثمة فرصة كبيرة لتخفيف وطأتها تتمثل في التأهب لمثل هذه الكوارث من خلال مشاركة المجتمعات المحلية على نحو صحيح ووضع أنظمة بناء وتصميم منشآت ساحلية أفضل وتحسين طرق إدارة الشعب المرجانية وأشجار المانغروف.



تمتص أشجار المانغروف طاقة موجة التسونامي

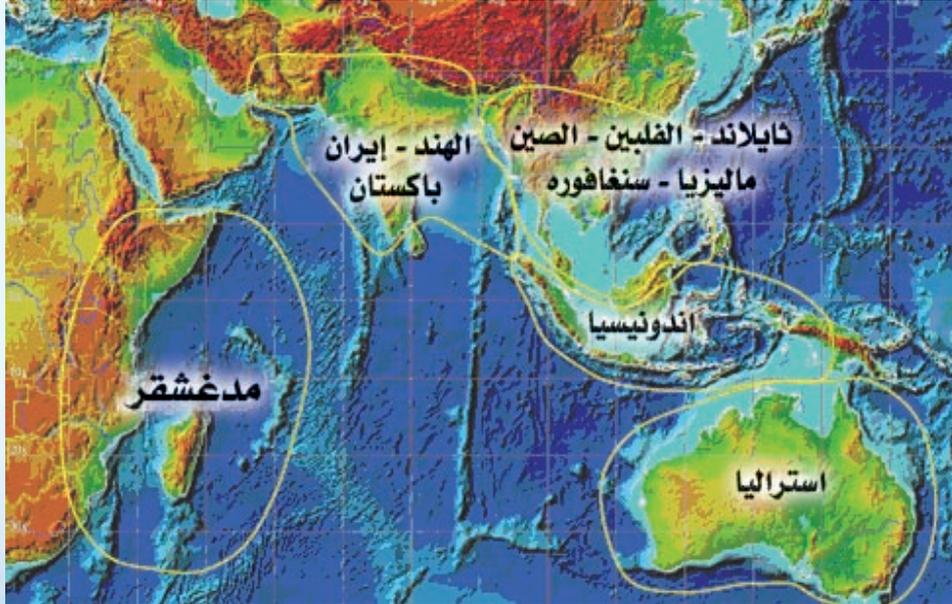


# T s u n a m i s

## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي

"لقد بدأت الوكالات المانحة والحكومات تدرك أن التأهب للكوارث والتكيف مع التغيرات المناخية لا بد وأن يكون لهما الأولوية القصوى في مساعدات التنمية، ولا سيما في المناطق القريبة من مستوى سطح البحر والأكثر عرضة لهذه الكوارث مثل جزر المحيط الهادي".

والحقيقة أن تثقيف المقيمين في المناطق الساحلية المنخفضة بشأن علامات التحذير التي قد تشير إلى اقتراب حدوث موجة تسونامي (مثل الاهتزازات والانحسار المفاجئ للمحيط)، وإنشاء نظام إنذار يتضمن نشرات طوارئ وتحذيرات تبث على الهواتف، وصفارات إنذار، وتحسين أنظمة الاستجابة للطوارئ، كل ذلك كان من شأنه أن ينقذ العديد ممن قتلوا بسبب موجة التسونامي التي ضربت سواحل المحيط الهندي .



مواقع أنظمة الإنذار المبكر بالتسونامي المحلية والإقليمية

# T s u n a m i s

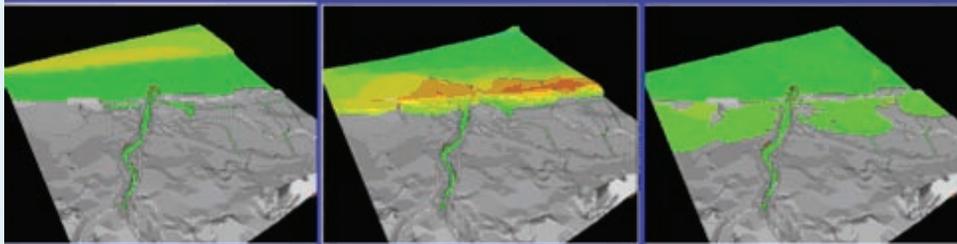


## موجات الميناء ومدى تأثيرها على الوطن العربي



تؤدي توعية المجتمعات المحلية دوراً حاسماً لتفادي كوارث التسوناميات في المستقبل. وحالياً تنتشر لافتات موحدة في جميع الولايات المطلة على المحيط الهادي لتحذير سكان السواحل في المناطق المعرضة لمخاطرها.

### Numerical simulation of Tsunami inundation



Required Data



- Topography
- Coastal Bathymetry
- Land Cover (Surface Roughness)

نموذج محاكاة رقمية لفيضان التسونامي



### الخلاصة

إن ظروف تشكيل التسونامي لا تتوفر في البحر الأبيض المتوسط والأحمر والخليج العربي نظرا لمحدودية اتساعهم وضحالة أعماقهم وطبيعة ميكانيكية حركة الصفائح التكتونية ونوعية الصدوع بالإضافة إلى أن زمن انتقال الموجة من المصدر إلى السواحل قصير وبالتالي فإن هذا لا يكفي لبناء منظومة إنذار مبكر كما هو الحال في المحيطين الهادي والهندي.

وحيث أن هناك العديد من المشاريع البحرية والجزر الاصطناعية على امتداد شواطئ الخليج العربي والبحر الأحمر فإنه من الضرورة إنشاء كاسرات أو مصدات الأمواج التي تعمل على تشتيت الطاقة الموجية وانكسارها قبل وصولها إلى الشواطئ بمسافة ٢٠ مترا. وينصح بأن يتم التصميم الهندسي للمنشآت الحيوية والعمرائية على امتداد شواطئ المنطقة العربية على اعتبار وقوعها في منطقة النشاط الزلزالي العالي **Zone 2A** وإعطائها معامل أمان زلزالي مرتفع نسبيا بحيث يكون لديها القدرة على تحمل زلازل ذات قدر زلزالي ٦ درجات .

### المراجع

- (١) كونزاليس (١٩٩٩)، "تسونامي"، مجلة العلوم، الكويت، المجلد ١٥، العدد الثامن، ٤-١٣.
- (٢) العمري، عبدالله محمد (١٤٢٦هـ)، "طوفان تسونامي-الزلازل وسبل تخفيف مخاطرها"، مركز بحوث كلية العلوم، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، العدد الأول، ١-٣٠.
- (٣) خضر، أحمد (٢٠٠٦م)، "في الذكرى الأولى لكارثة تسونامي"، مجلة معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت، العدد ١٣٥، ٢٢-٣٥.

