

## تأثير صدوع سهل البقاع على دمشق وريفها

رحمه جمعه\* د. نضال شقير\*\* د. رندة محمد\*\*\*

### الملخص

تم في هذا البحث دراسة خصائص انتشار الأطوار الموجية للهزات الأرضية الناجمة عن الصدوع في منطقة البقاع اللبناني وتأثير البنيات الجيولوجية التي تمر بها تلك الموجات الزلزالية ويتم تسجيلها في محطات الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي (محطة قاسيون - محطة بربر - محطة طوطح) الواقعة في دمشق وريفها بحساب طيف الطاقة للتسجيلات الزلزالية لتحديد التأثير المتبادل بين البنيات تحت السطحية والإشارات الزلزالية وانعكاسها على سيطرة أدوار محددة أو تضخيم للإشارة أو تخميدها. وقد خلصت النتائج إلى أن الاختلاف واضح في أطيايف الطاقة للأطوار الموجية في السجلات الزلزالية للهزات الأرضية باختلاف موقعها بين شمال سهل البقاع ووسطه وجنوبه، وذلك وفقاً لاختلاف مسارات تلك الأمواج، وبسبب مواقع المحطات.

إن معرفة الخصائص الزلزالية للمواقع والمسارات المختلفة للموجات الزلزالية من المصدر الزلزالي في البقاع اللبناني إلى حوض دمشق وريفها حيث توجد محطات الرصد سوف يسهم في دراسات تخفيف المخاطر (hazard) المحتملة للزلازل التي يكون مصدرها من البقاع اللبناني.

**الكلمات المفتاحية:** دمشق، طيف الاستجابة، سهل البقاع، قاسيون، طوطح، بربر.

\* طالبة دراسات عليا (ماجستير).

\*\* رئيس قسم علم الزلازل في المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية.

\*\*\* باحث في المركز الوطني للزلازل.

## Seismic effect of the Bekaa valley fault on the city of Damascus and it is country side

Rahma Gomaa    Dr. N. Shouker    Dr. R.Mohamad

### Abstract

In this research, the characteristics of the wave phase's propagation of earthquakes caused by faults. in the Lebanese Bekaa region and the effect of the geological structures through which these seismic waves pass and are recorded in the stations of the National earthquake Center that located in Damascus and its countryside were studied.

The energy spectrum calculation was used to determine the mutual influence between subsurface structures and seismic signals and their reflection on the control of specific period or amplification factor or attenuation of the signal. We conclude from the results to a difference in the energy spectra of the wavelength phases in the seismic records of earthquakes, according to the difference in their location between those areas, according to the difference in the paths of the seismic waves and the locations of the seismic monitoring stations.

Knowing the seismic characteristics of the different sites and paths of seismic waves from the seismic source in the Lebanese Bekaa to the Damascus basin and its countryside where the monitoring stations are located will contribute the seismic hazard mitigation studies that come from the Lebanese Bekaa.

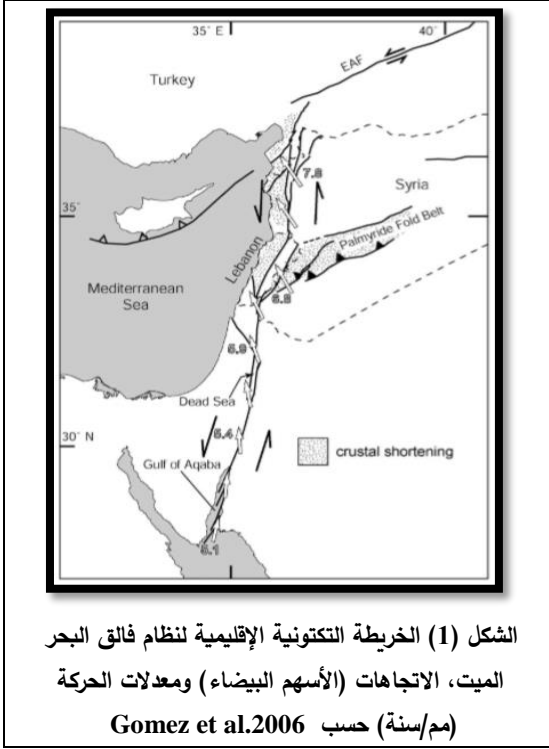
**Key wards :** Damascus, Response Spectrum, Bekaa valley, Qasn, Toth, Barb.

## 1- مقدمة:

حاول الإنسان منذ القدم فهم مسببات الكوارث الطبيعية ومنها الزلازل والبحث عن مسبباتها واستنباط المعلومات التي تحملها الهزات نتيجة مرورها بالبنيات الجيولوجية ومعرفة المسارات التي تسلكها لوضع تصور واضح عن تأثير البنى تحت السطحية في هذه الإشارات. ومن ثمّ فإن دراسة خصائص انتشار الأطوار الموجية بدقة من التسجيلات الزلزالية مهم جداً للتعرف على التأثير المتبادل بين البنيات تحت السطحية والإشارات الزلزالية وانعكاسها في سيطرة أدوار محددة أو تضخيم الإشارة أو تخميدها، والتي ستسهم في دراسات تخفيف الخطر الزلزالي hazard التي قد تتجم عن حدوث الزلازل في المستقبل. وفي هذا البحث سوف نركز على دراسة خصائص انتشار الأمواج الزلزالية من الهزات الأرضية الناجمة عن الصدوع في منطقة البقاع اللبناني والمسجلة في محطات (بربر \_ قاسيون \_ طوطح) الواقعة في دمشق وريفها.

## 2- الوضع التكتوني والزلزالي لسورية ومنطقة الدراسة:

## 1-2 الوضع التكتوني:



تقع سورية في الجزء الشمالي من الصفحة العربية التي تعد، وفق المراجع الجيولوجية العالمية، إحدى أهم الصفائح التكتونية المتحركة في العالم. إذ تتحرك باتجاه الشمال بمعدل من 3 إلى 4 سم بالسنة محسوبة من نماذج الصفائح التكتونية المعتمدة وقياسات نظام تحديد المواقع العالمي المنفذة في السنوات الماضية. ينجم عن حركة هذه الصفحة باتجاه الشمال تصادمها بالصفحة الأناضولية التي تشكل أغلب الأراضي التركية. يحد الصفحة العربية من جهة الغرب نظام صدعي إقليمي كبير هو نظام

صدع غرب بلاد الشام (ما يسمى عالمياً بنظام صدع البحر الميت System Fault Sea Dead) الممتد بطول 1000 كم من خليج العقبة جنوباً حتى مدينة أنطاكية شمالاً. إذ يبلغ مقدار الحركة النسبية بين الصفيحتين العربية والإفريقية على امتداد هذا الصدع ما بين 4 إلى 8 مم بالسنة كما هو واضح في الشكل (1) الذي يوضح الحركة على طول صدع البحر الميت حسب Gomez et al.2006 .

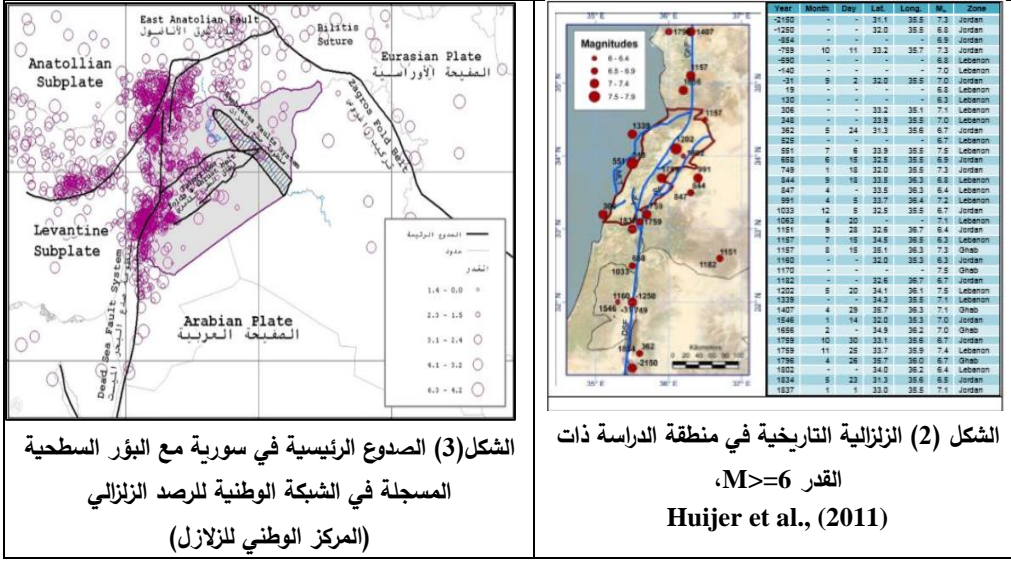
## 2-2 الوضع الزلزالي التاريخي والحديث:

على الرغم من أنه خلال القرن العشرين لم تحدث هزات أرضية ذات قدر أكبر من 7/، وشدة أكثر من 9/ في منطقة شرق البحر المتوسط، فإن المصادر التاريخية الغزيرة مليئة بالدلائل عن مثل هذه الهزات خلال الـ 3000 سنة الأخيرة، فمنطقة دمشق تعرضت عبر التاريخ إلى العديد من الزلازل، ذات شدة / 8-10 / حسب مقياس ميركالي.

كما تشير الوقائع التاريخية لحدوث أضرار بشرية ومادية كبيرة يوضح الشكل (2) الزلزالية التاريخية في منطقة الدراسة ذات القدر أكبر أو تساوي 6 حسب Huijer et al.,2011. وآخرها الزلزال الذي حدث عام 1759 وقدرت التكرارية الزلزالية في منطقتنا بنحو 250-300 سنة بعد هذا التاريخ.

كما أن التسجيلات الحديثة لشبكات الرصد الزلزالي العالمية والشبكة الوطنية للرصد الزلزالي للفترة الزمنية 1900-2004 تشير إلى أن المراكز السطحية لمعظم الهزات الأرضية المسجلة تتركز على امتداد صدع البحر الميت والصدوع الفرعية المرتبطة به، والتي أشارت إليها الدراسات الحديثة وتسجيلات شبكات الرصد الزلزالية على أنها نشطة (صدع سرغايا وصدع البحر الميت). ومن ثم فإن معظم المناطق الممتدة بالقرب من هذه المصادر الزلزالية النشطة تقع في دائرة الخطر الزلزالي، ومنها منطقة الدراسة التي تضم مدينة دمشق وريفها، والتي تقع بالقرب من هذه الصدوع.

تكمُن أهمية البحث في دراسة الخصائص الزلزالية لانتشار الموجات الزلزالية في منطقة عرفت بأن لها تاريخاً زلزالياً حافلاً وواقعة بالقرب من تغيير الفالق لمساره في سهل البقاع الذي يؤدي إلى كثافة في النشاط الزلزالي، كما يظهر في الشكل (3) مواقع المراكز السطحية للهزات الأرضية المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي (المركز الوطني للزلازل).



الشكل (2) الزلزالية التاريخية في منطقة الدراسة ذات  
القدر  $M \geq 6$   
Huijer et al., (2011)

الشكل (3) الصدوع الرئيسية في سورية مع البؤر السطحية  
المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي  
(المركز الوطني للزلازل)

### 3- الوضع الجيولوجي العام لمسارات الأمواج الزلزالية من المركز السطحي للهزات في

سهل البقاع اللبناني إلى مواقع محطات الرصد الزلزالي في دمشق وريفها:

يظهر الشكل (4) A: خارطة تكتونية و جيولوجية تظهر أماكن القوالب والتوضعات الجيولوجية في لبنان ودمشق وريفها موقعا عليها الأحداث الزلزالية في سهل البقاع ومحطات الرصد الزلزالي ( QASN و TOTH و BARB). قمنا برسم المقاطع الجيولوجية التقريبية لمسارات الأمواج الزلزالية الناجمة عن الهزات التي تقع مراكزها السطحية في الموقع نفسه تقريبا، مع اختلاف بسيط في المسار يظهر الشكل 4 (B,C) المسارين الجيولوجيين لأحداث الشمال والوسط والجنوب إلى المحطتين قاسيون وطوطح والشكل 4 (D,E) المسار الجيولوجي لأحداث الشمال والوسط والجنوب إلى محطة بربر.

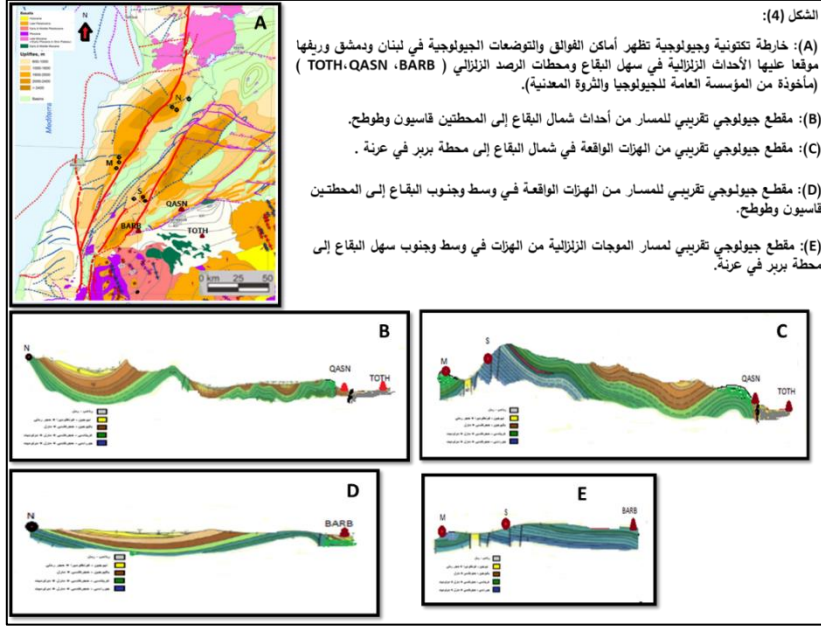
يلاحظ في الشكل 4(B) مقطع جيولوجي تقريبي للمسار من الهزات في شمال البقاع إلى محطة قاسيون في جبل قاسيون ومحطة طوطح في حوض دمشق. تنتشر الإشارة الزلزالية من الهزة الواقعة في شمال سهل البقاع لتعبر السطح الغربي لسلسلة جبال لبنان الشرقية باتجاه

جنوب - جنوب شرق إلى سلسلة جبال القلمون، ثم لتعبر منخفض لتصل إلى جبل قاسيون (جنوب الطي التدمري) حيث تم تسجيلها في محطة قاسيون أولاً، ومن ثم تعبر حوض دمشق الرسوبي لتسجل في محطة طوطح.

يظهر الشكل 4 (C) مقطعاً جيولوجياً تقريبياً للمسار من الهزات الواقعة في وسط البقاع وجنوبه إلى المحطتين قاسيون وطوطح، نلاحظ بأن الإشارة الزلزالية من الهزات الواقعة في وسط سهل البقاع وجنوبه سوف تنتشر وتعبّر من غرب الصدع باتجاه الجنوب الشرقي إلى شرق الصدع حيث تقترب من الهزات الواقعة في جنوب السطح الغربي لسلسلة جبال لبنان الشرقية قاطعة صدع سرغايا ثم إلى منخفض الزبداني ومن ثم إلى جبل قاسيون حيث تسجل في محطة قاسيون ولتعبّر حوض دمشق الرسوبي وتسجل في محطة طوطح.

يمثل الشكل 4 (D) المقطع جيولوجي تقريبي لمسار الموجات الزلزالية من الهزات في شمال البقاع إلى محطة بربر في عرنة؛ إذ إن الإشارة الزلزالية الناتجة من الهزة الواقعة في شمال سهل البقاع تعبر السطح الغربي لسلسلة جبال لبنان الشرقية باتجاه الجنوب - جنوب غرب، وتمر بوادي بردى إلى منطقة عرنة لتسجل في محطة بربر.

كما نلاحظ في الشكل 4 (E) المقطع الجيولوجي التقريبي لمسار الأمواج الزلزالية الناتجة من الهزات الواقعة في وسط سهل البقاع مروراً بقرب الهزات الواقعة في جنوب سهل البقاع إلى محطة بربر في عرنة. تعبر الإشارة الزلزالية من غرب الصدع حيث أحداث وسط سهل البقاع باتجاه الجنوب الشرقي إلى شرق الصدع، فتقترب من أحداث جنوب سهل البقاع في السطح الغربي لسلسلة جبال لبنان الشرقية، ثم تقطع صدع سرغايا إلى منطقة عرنة لتسجل في محطة بربر.



#### 4- الدراسات السابقة:

رنده محمد (2003)، درست حوض دمشق ومعاملات الحركة الأرضية المحتملة لزلزال يمكن أن يتولد عن مصدر زلزالي مقترض (صدع سرغايا) في الجزء المركزي من حوض دمشق باستخدام تقانة نمذجة المحاكات الرقمية.

يسار عابدين (2005)، أشار إلى الزلازل المؤثرة في دمشق خصوصاً، مع استعراض نتائج بعض الدراسات التي تشير إلى انتهاء فترة الهدوء النسبية وبدء فترة النشاط الزلزالي وقدم دراسة حوت على عينات عشوائية من مباني دمشق وأحيائها، وأشار إلى أخطاء الدراسة والتنفيذ، التي من شأنها زيادة أخطار الهزات الأرضية وعرض أهم الأسس التي تسهم في تخفيف هذه الأضرار.

درس (Gomez et al., 2006) توضعات السينوزوي على طول صدع البحر الميت في لبنان وسورية، حيث تم تأكيد نشاط الصدع بواسطة الدلائل الجيولوجية والمورفولوجية التي



لوحظت بالقياسات الحقلية، وتطرق إلى صدع سرغايا في غرب سورية وفي لبنان وتم توضيحه على الصور الفضائية.

محمد خير عبد الواحد (2010): التحري عن احتمال وجود بعض الصدوع التكتونية في غرب دمشق وتقييم نشاطها، استخدم معطيات آبار محفورة في موقعين لهيئة الطاقة الذرية - دوبايا والصووجة غرب دمشق- بالإضافة إلى قياسات غاز الرادون في المياه والتربة، مع نتائج المعطيات الزلزالية، لتحديد مواقع الصدوع ومراقبة سلوكها وتحديد نشاطها(حول صدع سرغايا) دلت النتائج على وجود صدوع دفيئة.

استخدمت أحلام خليل (2012) قياسات الضجيج الزلزالي لدراسة خصائص التربة في منطقة الغوطة الشرقية بهدف تحديد الدور المسيطر ومعامل التضخيم لكل موقع، باستخدام تقنية نكامورا، نُقِّدَ نحو 1000 قياس للضجيج الزلزالي موزعة على 265 موقعاً تغطي التوضعات الجيولوجية المختلفة.

أحمد منير محمد (2021)، مؤشرات الخطر الزلزالي وتأثيرها ضمن مدينة دمشق، درس قابلية الإصابة والخطر الزلزالي في قطاعات ضمن مدينة دمشق.

خلصت هذه الدراسة إلى أن مؤشرات الخطر الأعلى كانت متركزة في المناطق الواقعة في سفوح جبل قاسيون مع قيمة تصل إلى 80% - 85% في حين وصلت القيم في دمشق القديمة إلى 55% - 60% في حين وسط منطقة الدراسة كانت الأماكن الأكثر أماناً بقيم تصل إلى 45% - 50%.

##### 5-الأعمال المنفذة:

- جمع المعلومات وبناء قاعدة المعطيات تم في هذه المرحلة تجميع الوثائق والتقارير العلمية والخرائط المتعلقة بمنطقة الدراسة.

- جمع المعطيات الجيولوجية والليتولوجية والبنوية: تم الحصول عليها من الخرائط الجيولوجية والتكتونية بمختلف المقاييس مع التركيز على سهل دمشق.

- الحصول على التسجيلات الزلزالية الرقمية التي سجلت في الشبكة الوطنية السورية للرصد الزلزالي التي حدثت في الفترة من عام 2009 إلى 2011، والتي تحقق الشروط التالية: أن تكون الهزات الأرضية واقعة في سهل البقاع ويزيد قدرها عن 2 ريختر ومسجلة في المحطات (قاسيون - طوطح - بربر)، وأن تكون التسجيلات واضحة وتم بواسطتها الحصول على قاعدة بيانات لهذه التسجيلات تضمن موقع الهزة والقدر وزمن حدوثها وعمقها إضافة إلى الرمز المعطى وفق الدراسة.

#### 6- معالجة وتفسير النتائج:

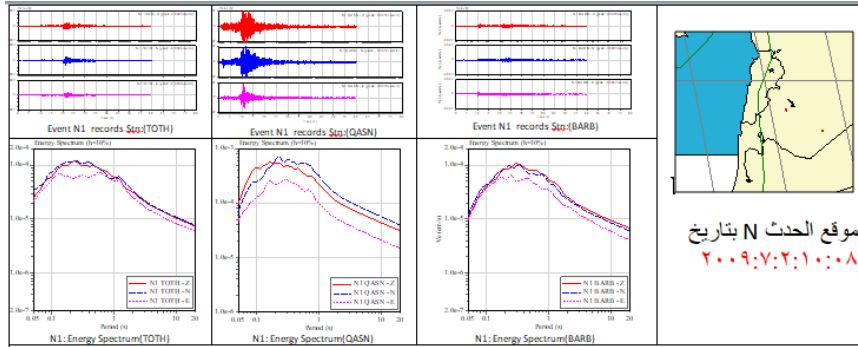
تم معالجة تسجيلات الهزات الأرضية وتحليلها باستخدام برنامج Seisan لتحديد قدرها وعمقها وتحديد إحداثياتها، كما تم رسم خارطة المواقع لهذه الهزات باستخدام برنامج W-emap البرنامج الملحق لبرنامج التحليل Seisan، ومن ثم قمنا بفرز الأحداث تبعاً للموقع في سهل البقاع على النحو التالي: شمال سهل البقاع ووسطه وجنوبه.

قمنا باختيار نماذج من الهزات التي تم تحليلها في المواقع المذكورة أعلاه حيث تمت الإشارة بالحرف N مرفقاً برقم الحدث لمواقع المراكز السطحية للهزات في شمال البقاع، والإشارة بالحرف M مرفقاً برقم الحدث لمواقع المراكز السطحية للهزات في وسط البقاع والحرف S للإشارة لمواقع المراكز السطحية للهزات في جنوب البقاع مرفقاً أيضاً برقم الحدث أيضاً. تم حساب منحنيات طيف الطاقة للمركبات الثلاث لكل التسجيلات الزلزالية المسجلة في كل محطة، والتي قمنا بمعالجتها وإظهار تسجيلاتها باستخدام برنامج View Wave ، وذلك بهدف إيجاد البصمة الطيفية للتسجيلات الزلزالية للهزات التي تقع مراكزها السطحية قريبة من بعضها وواقعة على المصادر الزلزالية المختلفة في البقاع اللبناني. ولإيجاد الأدوار المسيطرة الناجمة عن انتقال الموجات الزلزالية وانتشارها عبر المسارات التي تسلكها من المصدر مجتازة الطبقات والبنىات الجيولوجية المختلفة حتى تصل إلى مواقع محطات الرصد الزلزالي في دمشق وريفها مشيرة إلى تأثير البنات الجيولوجية تحت السطحية التي مرت بها.

كذلك قمنا بدراسة التغيرات التي تطرأ على طيف الطاقة للتسجيلات الزلزالية باختلاف مواقع المحطات والمسارات للموجات الزلزالية وتأثير الموقع مع اختلاف موقع المحطة بحد ذاتها بالنسبة للمحطات الثلاثة. وفيما يلي أهم النتائج التي تم التوصل إليها:

**6-1 نتائج المقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة للهزات التي تقع مراكزها السطحية في شمال سهل البقاع اللبناني:**

يبين الشكل (5) تسجيلات إحدى الهزات مع منحنيات طيف الطاقة المحسوبة، والتي حدثت بتاريخ 2009/7/2 الساعة 10:08 والمسجلة في المحطات الثلاث بربر وقاسيون وطوطح.



الشكل (5) مقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة في المحطات بربر وقاسيون وطوطح لهزة N تقع مركزها في شمال البقاع

- محطة بربر: نلاحظ في منحنى طيف الطاقة لمحطة بربر بأن طيف الطاقة للمركبات الثلاث تكون متجانسة ومتساوية وترتفع القيم ارتفاعاً حاداً من بداية المنحنى حتى تصل للدور 0.15 ثانية، ثم تنخفض قيم طيف الطاقة لحركة الجزيئات للمركبة الشرقية عن قيم طيف الطاقة للمركبتين الشاقولية والشمالية، وتبلغ القيم العظمى لطيف الطاقة ضمن المجال من 0.15 وحتى 1.3 ثانية لتبدأ بعد ذلك بالانخفاض تدريجياً.
- محطة قاسيون: يلاحظ أن قيم طيف الطاقة للمركبتين الشاقولية Z والشمالية N متقاربة وتكون قيم طيف المركبة Z أعلى من قيم N من بداية المنحنى حتى 0.2 ثانية لتنعكس

بعد ذلك القيم بين المركبتين، وتكون قيم طيف الطاقة للمركبة الشرقية E أخفض من قيم طيف المركبتين  $Z, N$ ، وتتركز القيم العظمى لمنحني طيف الطاقة وللمركبات الثلاث ضمن المال 0.09 وحتى 1 ثانية لتبدأ بعد ذلك بالانخفاض تدريجياً.

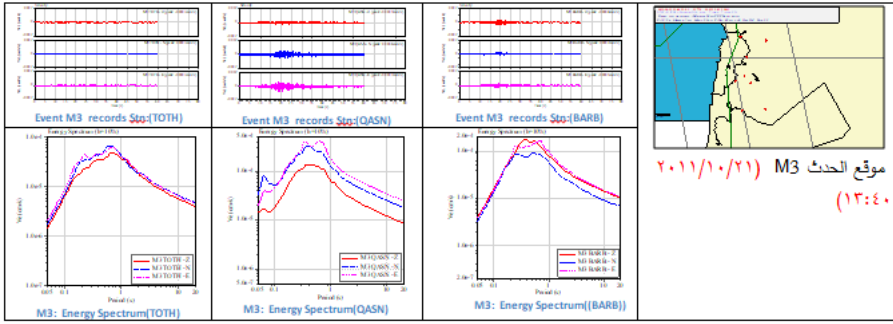
- محطة طوطح: نلاحظ في منحني طيف الطاقة لمحطة طوطح بأن طيف الطاقة للمركبات الثلاث تكون متجانسة ومتساوية وترتفع القيم من بداية المنحني حتى تصل للدور 0.1 ثانية، ثم تنخفض قيم طيف الطاقة لحركة الجزيئات للمركبة الشرقية عن قيم طيف الطاقة للمركبتين الشاقولية والشمالية ضمن المجال 0.1 وحتى 0.7 ثانية لتعود وتتساوى القيم حتى نهاية المنحني، وتبلغ القيم العظمى لطيف الطاقة ضمن المجال من 0.09 وحتى 1.3 ثانية لتبدأ بعد ذلك بالانخفاض تدريجياً.

**6-2 نتائج المقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة للهزات التي تقع مراكزها السطحية في وسط سهل البقاع اللبناني (M) والمسجلة في المحطات الثلاث بربر وقاسيون وطوطح (الشكل 6):**

- محطة بربر: يوجد تجانس وتساوي في قيم طيف الطاقة للمركبات الثلاث مع ملاحظة ارتفاع حاد في القيم من بداية المنحني وحتى الدور 0.2 ثانية حيث تستقر قيم المركبة الشمالية لتأخذ قيمةً أعظميةً متساوية تقريباً وأقل من قيم طيف الطاقة للمركبتين الشاقولية والشرقية اللتين توصلان الارتفاع حتى الدور 1 ثانية لتعود جميع قيم الطيف إلى الانخفاض تدريجياً حتى نهاية المنحني، وتتركز القيم العظمى ضمن مجال الأدوار 0.2 وحتى 1 ثانية.
- محطة قاسيون: يلاحظ في منحني الطاقة للمركبات الثلاث عدم تساوي القيم وارتفاعها من بداية المنحني وظهور قمة أولية عند الدور 0.065 ثانية، ثم انخفاضها لتصل إل أقل قيمة عند الدور 0.08 ثانية لتعود القيم بالارتفاع مرة أخرى مع ملاحظة تساوي قيم طيف الطاقة للمركبتين الشمالية والشرقية. في حين تكون قيم المركبة الشاقولية أخفض

منهما، وتتركز القيم العظمى ضمن مجال الأدوار 0.2 وحتى 1 ثانية وتنخفض القيم بعد ذلك تدريجيًا حتى نهاية المنحني.

- محطة طوطح: تتساوى قيم طيف الطاقة من بداية المنحني وتزداد ازديادًا حادًا حتى الدور 0.13 ثانية للمركبة الشاقولية وحتى الدور 0.19 للمركبتين الشمالية والشرقية مع تساوي قيمتيهما، ثم يتغير ميل المنحني مع تزايد تدريجي للقيم لتصل إلى أعلى قيمة عند الدور 0.7 ثانية ولنحصر القيم العليا ضمن المجال 0.13 حتى 1.3 ثانية، يلاحظ بأن قيم الطاقة للمركبة الشاقولية تكون أخفض من قيم الطاقة للمركبتين الأفقيتين في المجال 0.13 وحتى 1 ثانية، ثم تتساوى بعد ذلك قيم المركبات الثلاث وتبدأ بالانخفاض إلى نهاية المنحني.



الشكل (6) مقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة في المحطات بربر وقاسيون وطوطح

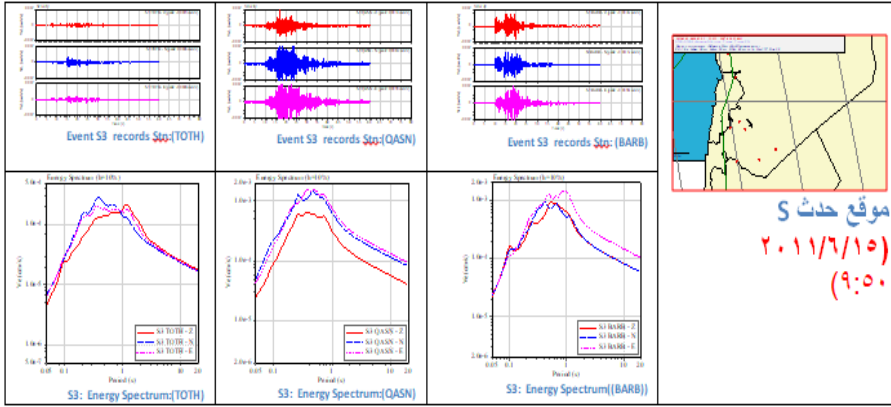
للهزات M1، M2، M3 التي تقع مراكزها السطحية في وسط البقاع

- 3-6 نتائج المقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة للهزات التي تقع مراكزها السطحية في جنوب سهل البقاع اللبناني (S) والمسجلة في المحطات الثلاث بربر وقاسيون وطوطح (الشكل 7):

- محطة بربر: يوجد تجانس وتساوي في قيم طيف الطاقة للمركبات الثلاث مع ملاحظة ارتفاع حاد في القيم من بداية المنحني وحتى الدور 0.1 ثانية حيث تظهر قمة أولية لتتخفض بعد ذلك حتى الدور 0.13 ثانية، ثم تعود القيم إلى الارتفاع مرة أخرى مع

ملاحظة تساوي القيم للمركبتين الشاقولية والشمالية باستثناء المجال 0.23 وحتى 0.45 ثانية حيث تكون القيم لطيف الطاقة للمركبة الشاقولية أخفض منها، في حين تكون قيم طيف الطاقة للمركبة الشرقية أعلى منهما في المجال من 0.4 ثانية وحتى نهاية المنحني. تتركز القيم العظمى ضمن المجال 0.23 وحتى 1.3 ثانية.

- محطة قاسيون: يلاحظ تساوي في قيم طيف الطاقة للمركبتين الأفقيتين من بداية المنحني وحتى نهايته وتكون القيم أعلى من قيم المركبة الشاقولية، نلاحظ أن القيم العظمى تتركز ضمن المجال 0.2 حتى 1 ثانية.
- محطة طوطح: تتساوى قيم طيف الطاقة للمركبتين الأفقيتين لتصل إلى أعلى قيمة لهما عند الدور 0.3 ثانية، وتكون القيم أعلى من قيم المركبة الشاقولية حتى الدور 1 ثانية حيث ترتفع قيمها وتتساوى مع قيم المركبة الشرقية وتأخذ قيمة عظمى عند الدور 1.3 ثانية، يلاحظ أن القيم العظمى للمركبات الثلاث تتركز في المجال 0.2 وحتى 2 ثانية.



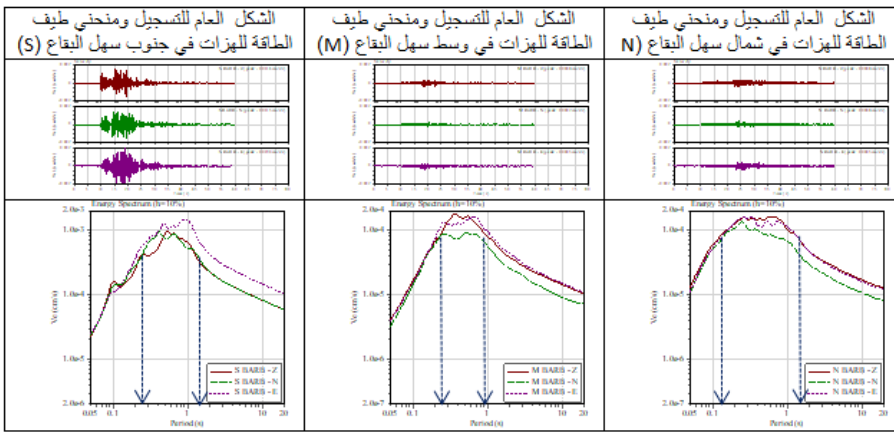
الشكل (7) مقارنة بين التسجيلات ومنحنيات الأطياف المحسوبة في المحطات بربر وقاسيون وطوطح للهزات S1، S2، S3 التي تقع مراكزها السطحية في جنوب البقاع

## 7- تغيرات طيف الطاقة للتسجيلات الزلزالية في كل محطة على حدة باختلاف مواقع

المراكز السطحية للهزات بين الشمال والوسط والجنوب:

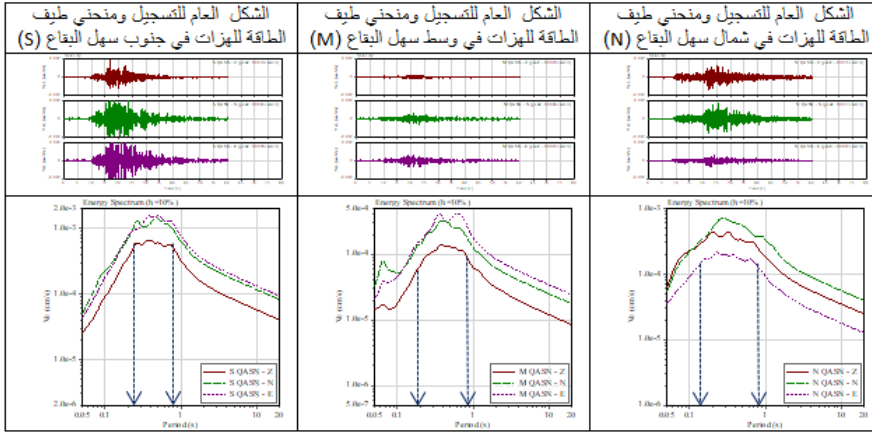
لوحظ من دراسة منحنيات طيف الطاقة للهزات التي لها مراكز سطحية متقاربة في شمال سهل البقاع اللبناني ووسطه وجنوبه وجود تشابه في الشكل الموجي للأطوار الموجية ونسبتها لبعضها، وأطياف الطاقة لكل موقع من المواقع المذكورة لتعكس تلك الأطياف البصمة الزلزالية لكل مكان. وفيما يلي الشكل العام للتسجيلات الزلزالية وأطياف الطاقة في كل محطة على حدة؛ بربر وقاسيون وطوطح على الترتيب، وذلك باختلاف المراكز السطحية للهزات.

### 1-7 طيف الطاقة للتسجيلات في محطة بربر:



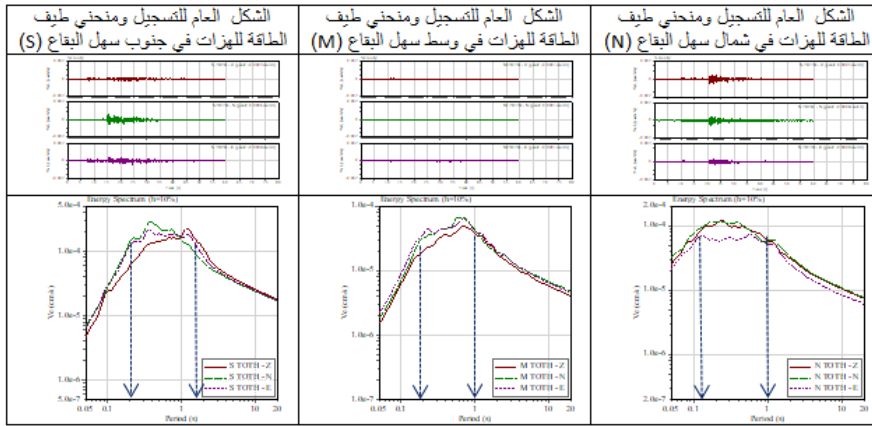
الشكل (8) الشكل العام للتسجيلات الزلزالية وأطياف الطاقة في محطة بربر للهزات في شمال سهل البقاع ووسطه وجنوبه

## 2-7 الشكل العام لطيف الطاقة والتسجيلات في محطة قاسيون:



الشكل (9) الشكل العام للتسجيلات الزلزالية وأطياف الطاقة في محطة قاسيون للزهات في شمال سهل البقاع ووسطه وجنوبه

## 3-7 الشكل العام لطيف الطاقة والتسجيلات في محطة طوطح:



الشكل (10) الشكل العام للتسجيلات الزلزالية وأطياف الطاقة في محطة طوطح للزهات في شمال سهل البقاع ووسطه وجنوبه



#### 8- النتائج والتفسيرات:

- تضمن طيف الطاقة المحسوب لجميع التسجيلات في هذا البحث دراسة طيف الطاقة للتسجيل الزلزالي للهزة الأرضية بشكل كامل بما فيه تأثير المصدر الزلزالي والمسار الذي تنتشر فيه الأمواج الزلزالية حتى تصل إلى موقع محطة الرصد الزلزالي وتأثير الموقع عند المحطة، وأزيل تأثير الجهاز بحساب استجابة جهاز الرصد الزلزالي للحركة الأرضية للحصول على الحركة الأرضية الحقيقية.
  - وجد تشابه في التسجيلات الزلزالية للأطوار الموجية المسجلة في كل محطة وللحزات القادمة من المكان نفسه تقريباً.
  - لوحظ من منحنيات طيف الطاقة للمركبات الثلاث في كل محطة بأنها تكون متجانسة ومتساوية ضمن مجال معين من الأدوار، والتي تختلف من محطة إلى أخرى، الأمر الذي يمكن أن يعزى إلى تجانس استجابة الحركة في هذا الوسط ضمن هذا المجال.
  - كما لوحظ بأن طيف الطاقة لإحدى المركبات الثلاث تأخذ قيمةً أخفض من قيم المركبتين الباقيتين أو أعلى ضمن مجال محدد أو ضمن جميع الأدوار المحسوبة للإشارة، ما يشير إلى اختلاف الطاقة الحركية ضمن الوسط المجتاز باتجاه هذه المركبة لتتضخم الإشارة أوتتخامد، وللدلالة على عدم تجانس طيف الطاقة للوسط لحركة الجزيئات بالاتجاهات المختلفة.
  - تركزت القيم العظمى للمحطات بربر وقاسيون وطوطح للهزات التي وقعها في الشمال والوسط والجنوب على التوالي ضمن المجالات الآتية:
    - محطة بربر: (0.15 وحتى 1.3 ثانية) ، (0.2 وحتى 1 ثانية)، (0.23 وحتى 1.3 ثانية).
    - محطة قاسيون (0.09 وحتى 1 ثانية)، (0.2 وحتى 1 ثانية)، (0.2 وحتى 1 ثانية).
    - محطة طوطح (0.09 وحتى 1.3 ثانية)، (0.13 وحتى 1.3 ثانية)، (0.2 وحتى 2 ثانية).
- تعكس هذه التغيرات اختلاف الخصائص الزلزالية للمصادر الزلزالية في سهل البقاع واختلاف المسارات التي تأخذها الموجات الزلزالية بين المصدر وموقع المحطة، والتي تتباين ضمنها

البنيات الجيولوجية وصخور القشرة الأرضية بخواصها الفيزيائية المؤثرة في انتقال الموجات الزلزالية وسرعة انتشارها، إضافة إلى تأثير الموقع للمحطة بحد ذاته كالوضع البنيوي والطبوغرافي ونوعية الطبقات الصخرية تحت محطة الرصد الزلزالي. ومن ثم فإن جميع الظروف التي ذكرناها أثرت في الخصائص الزلزالية لطيف الطاقة والأدوار التي أخذت قيمًا أعظمية؛ إذ إن المحطتين بربر وقاسيون تقعان على قمم جبلية صخرية، في حين تقع محطة طوطح ضمن حوض دمشق.

مجالات الأدوار الفعالة المحددة لكل مصدر زلزالي، والتي يكون فيها طيف الطاقة أعظمية هامة في دراسة تخفيف المخاطر الزلزالية.

#### 9- شكر:

أتقدم بجزيل الشكر للأستاذ الدكتور نزيه عبود عميد المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية لدعمه المستمر، والدكتور نضال شقير رئيس قسم علم الزلازل في المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية لمساعدته وتشجيعه، والدكتورة رنده محمد لما قَدَّمته لي من فيض علمها ووقتها الثمين وكل الدعم العلمي والمعنوي. كما أشكر كلاً من الدكتور عبد المطلب الشلبي والأستاذ نظير يوسف والأنسة نور خرسى من المركز الوطني للزلازل، وذلك لمساعدتهم في التدريب على معالجة البيانات.

### المراجع:

- 1- أحلام خليل ومحمد داوود (2012) دراسة تأثير الجيولوجيا السطحية على الاستجابة الأرضية باستخدام تقنية نكامورا . دراسة حالة في منطقة الغوطة الشرقية - مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية- المجلد (29)- العدد الأول -2013.
- 2- أحلام خليل (2012) دراسة تأثير الجيولوجيا السطحية على التجاوب الأرضي بالاعتماد على تقنية نكاموار ، أطروحة ماجستير ، جامعة دمشق، دمشق.
- 3- أحمد منير محمد (2021)، مؤشرات الخطر الزلزالي وتأثيرها ضمن مدينة دمشق، درس قابلية الإصابة والخطر الزلزالي في قطاعات ضمن مدينة دمشق- رسالة دكتوراه ، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية، جامعة دمشق، دمشق.
- 4- خريطة المركز الوطني للزلازل- النشرات الدورية للشبكة الوطنية السورية للرصد الزلزالي- 2011.
- 5- خريطة المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية- تقرير مشروع الاستراحتات في جبل قاسيون- 2007.
- 6- رنده محمد (2003) نمذجة المحاكاة الرقمية وأثرها في تخفيف المخاطر الزلزالية «دراسة حالة . سهل دمشق» -مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية- المجلد (20)- العدد الثاني- 2004.
- 7- رنده محمد (2004) الأوضاع الهيدروجيولوجية في سهل دمشق وأثرها على التمنطق الزلزالي لمدينة دمشق، رسالة ماجستير - جامعة دمشق - دمشق.
- 8- محمد خير عبد الواحد، محمد الهلال، أحمد العلي، هيثم النجار(2010) التحري عن احتمال وجود بعض الصدوع التكتونية في غرب دمشق وتقييم نشاطها- هيئة الطاقة الذرية- ه ط ذ س- ج / ت ن ب ع 469 - آب 2010.
- 9- يسار عابدين (2005) المعايير المعمارية لقياس استعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل- جامعة دمشق-العدد الأول-2005.

- 10- Gomez,F ., Khale,M. Darkal ,A.. Barazangy,M . (2006)– Late Cenozoic uplift along the northern Dead Sea transform in Lebanon and Syria – Earth and Planetary Science Letters 241 (2006) 913–931.
- 11 - Huijer, C., Harajli, M., and Sadek, S . (2011) -Upgrading The Seismic Hazard of Lebanon in Light of The Recent Discovery of The Offshore Thrust Fault System - Lebanese Science Journal Vol. 12, No. 2, 2011.