

VU Research Portal

An archaeoseismological approach to seismic hazard assessment

Yerli, B.

2011

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Yerli, B. (2011). *An archaeoseismological approach to seismic hazard assessment: A case study of the Esen Basin Fethiye-Burdur Fault Zone, SW Turkey*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Sinds ongeveer 100 jaar kunnen aardbevingen gemeten worden door middel van een wereldwijd instrumenteel seismisch netwerk dat een betrouwbare bepaling van het tijdstip, de omvang en de locatie van deze geologische gebeurtenissen waarborgt. Vóór het tijdperk dat deze aardbevingen instrumenteel gemeten konden worden, is informatie hieromtrent zeer beperkt, daar aardbevingen zelden en bovendien onvolledig zijn beschreven in historische bronnen, ondanks het feit dat ze menselijke nederzettingen en hun omgeving beïnvloed kunnen en zullen hebben.

Archaeoseismologie is een discipline in ontwikkeling die zich tot doel heeft gesteld het ontbreken van directe en betrouwbare waarnemingen van historische aardbevingen aan te vullen door, waar mogelijk, onafhankelijke criteria te definiëren voor de herkenning, de datering en de kwalificatie van aardbevingen in archeologische en historische vindplaatsen. Aan de ene kant draagt dit onderzoek bij aan een beter begrip van aardbevingen en de daaraan gerelateerde gebeurtenissen in de oudheid, aan de andere kant kan het de basis vormen voor de voorspelling van seismische dreigingen in gebieden met cultureel erfgoed. Door het kunnen doen van betere seismische voorspellingen en door gebruik te maken van de kennis over hoe archeologische structuren en historische bouwwerken reageren op aardbevingen, kan het potentiële verwoestinggevaar van dit cultureel erfgoed geschat worden.

De verschillende soorten schade die kunnen optreden aan archeologische structuren en bouwwerken als gevolg van aardbevingen zijn talrijk en worden nog niet altijd goed begrepen. Hierdoor is de betrouwbaarheid van deze archaeoseismologische indicatoren onderwerp van diverse kritische beschouwingen in de literatuur. Het hier gepresenteerde onderzoek is gericht op het opzetten en testen van een interdisciplinair werkschema dat een degelijke, kritische en systematische analyse biedt van deze indicatoren. Met behulp van dit werkschema kunnen de onderzoeksresultaten van seismisch actieve gebieden beter geëxtrapoleerd worden naar het historisch verleden, maar ook dienen om voorspelling over toekomstige aardbevingen te doen.

Voor het opzetten en testen van het beoogde interdisciplinaire werkschema, is de Pinara site in het Eşen Bekken in ZW Turkije gekozen als studiegebied. Dit bekken ligt in een seismisch actieve zone met sterke en grote aardbevingen, de Fethiye-Burdur Fault Zone (FBFZ). De interdisciplinaire studie van deze site is vernieuwend daar deze is gebaseerd op de integratie van verschillende disciplines en technieken van de aardwetenschappen, de archeologie en de bouwkunde. De waarnemingen en de analyses hebben betrekking op geologische, archeologische, historische en recente tijden en omvatten onder andere geologische, palaeoseismologische, en archeologische datasets, maar betreffen ook het verzamelen van geofysische data, een regionaal seismotectonische evaluatie en een numerieke modelleringstechniek.

Door gebruik te maken van breuk-kinematische metingen uit het veld kunnen door middel van numerieke inversie technieken uitspraken gedaan worden over de tektonische spanning die de breuken in het geologische verleden heeft doen bewegen. Een dergelijke analyse is toegepast in een geologische studie van het Eşen Bekken, waaruit blijkt dat van het Laat Mioceen tot Pleistoceen afschuivingsbreuken actief waren als gevolg van een E-W gerichte rektektoniek. Dit spanningsveld wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door de interactie van verschillende grootschalige plaattektonische processen die samenkomen in ZW Turkije.

Voor de inventarisatie van recentere seismische activiteit in ZW Turkije (en het Eşen Bekken in het bijzonder) is een seismotectonische achtergrondstudie uitgevoerd waarin verschillende tektonische en seismologische gegevens uit gepubliceerde catalogi zijn geëvalueerd. Uit de instrumentale seismische gegevens blijkt dat in het studiegebied slechts kleine of lichte aardbevingen plaatsvonden wat doet vermoeden dat het gebied momenteel in een relatief seismische rust verkeert.

Deze vermeende rust valt niet goed te begrijpen, vooral omdat stress-inversieberekeningen aan 36 aardbevingen in ZW Turkije aangeven, dat de E-W rektektoniek ook vandaag de dag het gebied domineert. Zowel het geologische onderzoek en de seismotektonische analyse suggereren dat het gebied sinds miljoenen jaren gekenmerkt wordt door tektonische activiteit. De tot nu toe ontbrekende informatie om de huidige rust te begrijpen toont de noodzaak van archeoseismologisch onderzoek aan om de gebeurtenissen in de oudheid en subrecente tijd te kunnen interpreteren.

Seismische activiteit in de oudheid wordt aangetoond door archeoseismologisch onderzoek in de Lycisch-Romeinse stad Pinara, gelegen op de rand van de westelijke randbreuk van het Eşen Bekken. Het hiervoor genoemde werkschema begint met een *logic-tree* analyse die de geschiktheid van de Pinara site als archeoseismologische “data recorder” onderstreept. De archeoseismologische waarnemingen tonen aan dat de stad is getroffen door minstens drie aardbevingen met een intensiteit tussen VIII - IX (MSK schaal, gebaseerd op de effecten ter plaatse), sinds ongeveer de 5e eeuw voor Christus, waarbij er zware tot zeer zware schade is opgetreden.

De deformatie aan het Romeinse theater in Pinara is in beeld gebracht door middel van een ground laser detection and ranging systeem (LIDAR). Dergelijke meetgegevens zijn ook als input gebruikt voor een numerieke bouwtechnische modellering van de sarcofaag van Arttumpara, ten einde diverse scenarios voor de oorsprong van de verplaatsing te testen. Deze numerieke experimenten wijzen uit dat de rotatie van de sarcofaag waarschijnlijk veroorzaakt is door antropogene invloeden en niet door aardbevingen. Dit is echter een uitzondering; de meeste schades en vervormingen zullen veroorzaakt zijn door één of meerdere aardbevingen in de oudheid. De in dit proefschrift gepresenteerde aanpak onderstreept de noodzaak van een kwantitatieve evaluatie van de beschadigde structuren om de effecten van aardbevingen goed in te kunnen schatten en om overschatting van deze effecten te voorkomen.

Ondanks een lange periode van relatieve seismische rust, vormen de bevindingen in dit proefschrift reden genoeg het seismische risico voor het gebied opnieuw te evalueren, daar de continue tektonische en/of seismische activiteit van het Laat Mioceen tot aan de historische tijd en de intense recente regionale seismische activiteit hebben aangetoond dat grote seismische gebeurtenissen kunnen plaatsvinden in en rond het Eşen Bekken.