

POLITECNICO DI MILANO

SCUOLA DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E TERRITORIALE

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



**UN PROTOTIPO DI SIT PER FONTI E DATI SUI
TERREMOTI STORICI**

Relatore:

Prof.ssa Federica Migliaccio

Correlatore:

Prof.ssa Daniela Carrion

Tesi di Laurea Magistrale di:

Livia Manenti 834289

Marco Martocchia 837131

Anno Accademico 2015/2016

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro, frutto di un anno di sforzi e sacrifici, è stato svolto grazie al supporto di molte persone che abbiamo incontrato nel nostro cammino.

E' doveroso ringraziare le persone con cui abbiamo collaborato più strettamente per realizzare questo progetto: la Prof.ssa Federica Migliaccio e la Dott.ssa Daniela Carrion, che ci hanno consentito di lavorare sempre nelle migliori condizioni possibili e che ci hanno trasmesso tante conoscenze, le quali sicuramente saranno utili per il proseguimento delle nostre carriere professionali.

Inoltre un sentito grazie va al Dott. Guido Minini che ci ha accompagnato nella prima parte del lavoro aiutandoci a risolvere alcuni problemi tecnici che abbiamo incontrato.

Desideriamo ringraziare anche i ricercatori dell'INGV, la Dott.ssa Paola Albini e il Dott. Mario Locati, che ci hanno permesso di conoscere un affascinante ambito di ricerca trasmettendoci, oltre alla loro vasta conoscenza, anche la passione per questa tematica.

Il ringraziamento più importante è rivolto ai nostri familiari e alle persone a noi care, che ci hanno sostenuto anche nei momenti più difficili. Grazie per essere stati al nostro fianco e per averci incoraggiato sempre!

INDICE

INTRODUZIONE E SOMMARIO DELLA TESI.....	1
1 GESTIONE DEI DATI DI TERREMOTI STORICI: IL CASO DI STUDIO E LE FONTI.....	7
1.1 LA GESTIONE DEI DATI DI TERREMOTI STORICI IN AMBIENTE GIS.....	7
1.2 FONTI DEI DATI.....	11
2 PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA	17
2.1 PROGETTAZIONE CONCETTUALE DEL DB.....	18
2.2 PROGETTAZIONE LOGICA DEL DB.....	27
2.3 PROGETTAZIONE FISICA DEL DB	29
2.4 POPOLAMENTO DEL DATABASE.....	30
2.5 SCELTA DEL SOFTWARE GIS	33
3 ELABORAZIONE, INTERROGAZIONI ED ANALISI DEI DATI CON ARCGIS	35
3.1 VISUALIZZAZIONE CARTOGRAFICA DEI DATI SISMICI.....	35
3.2 DIGITALIZZAZIONE DEI PERCORSI.....	49
3.3 ESEMPI DI INTERROGAZIONI	51
3.4 ANALISI DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI DATI.....	55
3.5 CONSIDERAZIONI SULLE ELABORAZIONI.....	71
4 CONDIVISIONE DEI GEODATI ONLINE	73
4.1 COSA E' UN WEBGIS	73
4.2 GEONODE.....	74

4.3 CARICAMENTO DEI LAYER E REALIZZAZIONE DI MAPPE IN GEONODE	76
4.4 QUERY IN GEONODE	79
CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	84
LISTA DEGLI ACRONIMI.....	87
BIBLIOGRAFIA	89
SITOGRAFIA	93
ALLEGATO 1: TABELLE DEI DATI	95
ALLEGATO 2: FONTI.....	103
ALLEGATO 3: DIZIONARIO DEI DATI.....	109
ALLEGATO 4: CODICE POWER ARCHITECT.....	119
ALLEGATO 5: CODICE POPOLAMENTO TABELLE IN POSTGRESQL	129
INDICE DELLE FIGURE.....	133
INDICE DELLE TABELLE	137

INTRODUZIONE E SOMMARIO DELLA TESI

Il lavoro oggetto della tesi riguarda l'implementazione di un database *geofederenziato*, che potrà essere utilizzato per supportare la gestione di studi sismologici da parte di Enti di ricerca quali l'INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) e la condivisione via Web di tali dati attraverso strumenti quali i *WebGIS*.

I vantaggi dell'adozione di tale strumento prescindono dall'ambito di applicazione e consentono nuove opportunità di ricerca sia nelle discipline tecnico-analitiche che in quelle umanistiche.

Nell'ambito della ricerca storica sismologica, ad esempio, è disponibile una grande quantità di dati, raccolti da fonti eterogenee e con una forte connotazione territoriale: gli strumenti GIS ben si prestano quindi ad analisi di dati storici provenienti da questo tipo di studi. Tale indagine può beneficiare di un supporto cartografico che deve essere strutturato in forma digitale per poter essere facilmente gestito e aggiornato.

Lo studio dei terremoti¹ storici, cioè degli eventi sismici che si sono verificati prima dello sviluppo della sismica moderna (1964), si basa principalmente sulle osservazioni dei loro effetti percepiti o sull'importanza dei danni che hanno causato agli edifici. La posizione geografica e l'estensione delle aree danneggiate e/o degli effetti percepiti, sono alcune delle informazioni utilizzate per la valutazione dell'epicentro del terremoto e della sua magnitudo (*Camelbeeck et al., 2009*).

Gli archivi sono pieni di testi storici che riportano gli effetti dei terremoti, i quali sono sconosciuti ai sismologi. La sismologia storica si pone l'obiettivo di ricostruire lo scenario macrosismico causato da un dato terremoto avvenuto nel passato, più o meno lontano. Non essendo possibile ovviamente eseguire rilievi diretti o avere contatti con le persone coinvolte, l'unico strumento disponibile diventa la "fonte storica", ovvero qualunque documento scritto (fonti archivistiche, cronache di giornali,

¹ Si fa presente che in questo elaborato i termini "terremoto" ed "evento sismico" sono utilizzati come sinonimi.

diari, studi storiografici o sismologici, perizie tecniche, ma anche epigrafi e lapidi) che riporti informazioni su un dato evento sismico. Lo scopo è quello di riuscire a ricavare dalle informazioni recuperate un valore di intensità macrosismica per il maggior numero possibile di località fra quelle menzionate dalle fonti. Per i terremoti di epoca pre-strumentale, ma non solo, il dato macrosismico diventa l'unica forma di "registrazione" dell'evento, alla stregua dei moderni dati strumentali, e le singole località alle quali è possibile assegnare una stima di intensità diventano punti di osservazione, ovvero l'equivalente delle attuali stazioni sismiche.

L'aspetto più critico in tali studi storici, è la mancanza di accesso per i sismologi alle informazioni originali, che possono essere di tipo storico, cioè appartenenti all'epoca dell'evento, o di tipo scientifico/sismologico, cioè elaborate a posteriori.

Questo è particolarmente significativo se si considera l'importanza dello studio degli eventi sismici avvenuti in passato per poter eseguire a posteriori una corretta valutazione della pericolosità sismica per una determinata area.

Inoltre spesso sorge la necessità di verificare l'affidabilità dei dati storici disponibili e delle valutazioni fatte su di essi perciò si deve avere la possibilità di risalire alle informazioni originali.

Per quanto riguarda il territorio italiano, la prima versione disponibile al pubblico del *Database Macrosismico Italiano* risale al maggio 2007 (*Stucchi et al., 2007*). Esso conteneva i dati di intensità che vanno dal 217 a.C. al 2002 utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 (*CPTI04; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004*), a sua volta utilizzato per la compilazione della Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (*MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004*).

I dati contenuti in questi cataloghi riguardavano:

- Tempo origine (Anno, Mese, Giorno, Ora, Minuti, Secondi);
- Denominazione dell'area dei massimi effetti;
- Numero dei punti di intensità;

- Intensità massima in scala MCS²;
- Intensità epicentrale;
- Localizzazione epicentrale;
- Magnitudo;
- Profondità.

Nel dicembre 2008 sono poi state pubblicate online le porzioni 1901-2006 del catalogo CPTI08 e del relativo Database Macrosismico DBMI08. Nel gennaio 2009 è stato avviato il completamento del catalogo e del database macrosismico, con riferimento alla porzione pre-1900. Questa operazione ha comportato anche un aggiornamento dei contenuti relativi alla finestra temporale già pubblicata. Alla data del 6 aprile 2009 il catalogo parametrico e il database macrosismico erano appena stati sottoposti all'ultima tornata di verifiche. Gli autori hanno allora ritenuto opportuno accelerare la pubblicazione di una porzione del catalogo e del Database Macrosismico, definite CPTI08aq (*Rovida e Gruppo di Lavoro CPTI, 2009*) e DBMI08aq (*Locati e Gruppo di Lavoro DBMI, 2009*), relative ad un'area comprendente la zona colpita dai terremoti dell'Aquilano, per consentire agli operatori impegnati nell'area di utilizzare dati aggiornati.

Nel 2010 è stata pubblicata una versione aggiornata del database, denominata *DBMI10beta*, che copre la finestra temporale 1000-2006. Questa versione è stata resa disponibile ai ricercatori che operano nell'ambito di progetti dell'Istituto per un periodo di sperimentazione.

Nel 2011 è stata rilasciata la terza versione pubblica denominata *DBMI11*, che raccoglie le osservazioni emerse nel corso del periodo di sperimentazione. Questa versione non contiene ancora i risultati di alcuni sviluppi metodologici realizzati nell'ambito del progetto EC "SHARE" (*Seismic Hazard Harmonization in Europe*); inoltre, non utilizza ancora un considerevole quantitativo di nuove informazioni reso disponibile da: (*Molin et al., 2008*) e (*Camassi et al., 2011*), la versione 2009 di ECOS (*Faeh et al., 2011*) e la versione 2010 di SisFrance (*SisFrance, 2010*). Questi elementi,

² Scala Macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg è una scala che misura l'intensità di un terremoto mediante gli effetti distruttivi che esso produce sulla superficie terrestre su persone, cose e manufatti. Nel 1902 la Scala Mercalli di 10 gradi venne espansa a 12 gradi dal fisico italiano Adolfo Cancani. Essa fu in seguito completamente riscritta dal geofisico tedesco August Heinrich Sieberg e divenne nota come scala Mercalli-Cancani-Sieberg, abbreviata con MCS e detta brevemente Scala Mercalli.

unitamente ad altri sviluppi, verranno considerati per la prossima versione del database (Locati et al., 2011).

Nel luglio 2016 è stata resa disponibile l'ultima versione del catalogo CPTI15 e del relativo Database Macrosismico DBMI15, con:

- la copertura temporale, estesa dal 2006 a tutto il 2014;
- il DBMI15 significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati.

I cataloghi fino ad ora realizzati quindi non gestiscono informazioni riguardanti le fonti.

L'obiettivo primario del presente elaborato è la realizzazione di un DB georeferenziato che gestisca i dati dei terremoti storici, con le relative fonti e i relativi dati spaziali. Il DB contenete queste nuove informazioni permette la loro gestione e consultazione per poter fare la valutazione della pericolosità sismica in una certa area (si veda, a titolo di esempio (Stucchi et al., 2011)).

A questo scopo è stato implementato un prototipo basato sui dati di un caso di studio riguardante due eventi sismici avvenuti il 20 e 27 Aprile del 1894 in Locride (Grecia centrale) affrontati in (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004).

Il lavoro di tesi è suddiviso in quattro parti:

- Nei capitoli 1 e 2, dopo aver dopo aver studiato i dati disponibili, si descrive come è stato progettato un DB georeferenziato di terremoti, comprese le informazioni sulle fonti storiche e sugli studi disponibili; si illustra il percorso seguito nelle diverse fasi progettuali (concettuale e logica) e vengono descritte le procedure di realizzazione del DB tramite *SQL Power Architect* e popolamento tramite *PostgreSQL*;
- La seconda parte (Cap. 3) è dedicata alle “elaborazioni cartografiche, alle interrogazioni e alle analisi statistiche svolte, a partire dal DB realizzato (utilizzando il software ESRI *ArcMap*);
- Nella terza parte (Cap. 4) viene descritto lo strumento di condivisione dei dati tramite la piattaforma on-line *GeoNode*, che permette l'accesso alle

informazioni attraverso la rete internet; per mostrare il funzionamento vengono inoltre mostrati i risultati di alcune interrogazioni;

- Nell'ultima parte si delineano le conclusioni del lavoro svolto e si introducono alcuni spunti per possibili sviluppi futuri.

1

GESTIONE DEI DATI DI TERREMOTI STORICI: IL CASO DI STUDIO E LE FONTI

Nel primo capitolo vengono presentate le fonti (costituite da due studi sismologici) da cui sono state estratte le informazioni da gestire. Tali informazioni oltre ad essere presentate vengono analizzate e descritte in dettaglio. Questa fase risulta cruciale per la successiva definizione della struttura del DB, in quanto, i due studi presentano differenti tipologie di informazioni, come verrà esposto di seguito.

1.1 LA GESTIONE DEI DATI DI TERREMOTI STORICI IN AMBIENTE GIS

Il DB dei dati dei terremoti storici dovrà contenere informazioni sulla loro georeferenziazione pertanto la scelta immediata è quella di lavorare in ambiente GIS, per strutturare le possibilità di svolgere elaborazioni spaziali e ottenere visualizzazioni cartografiche grazie alle funzionalità offerte da questi strumenti.

I *GIS (Geographical Information System)* sono ormai diventati uno strumento molto sofisticato e versatile, che si basa non solo sulla cartografia, ma anche sui nuovi sviluppi nell'ambito della tecnologia delle basi di dati, della grafica computerizzata,

del *processamento* di immagini, della statistica spaziale, dell'intelligenza artificiale e della ricerca operativa.

I Sistemi Informativi Geografici sono Sistemi Informativi, nei quali gli elementi fondamentali sono rappresentati dalle informazioni spaziali, definite in un sistema cartografico e di riferimento comune.

La base di dati di un GIS comprende le seguenti tipologie di dati:

- dati di tipo spaziale (rappresentano la geometria e la posizione in cartografia degli oggetti o dei fenomeni per i quali si vogliono archiviare informazioni, e di solito sono individuate tramite coordinate geografiche); grazie alla presenza di questi dati fondamentali, si dice che le informazioni in un GIS sono “spazialmente referenziate”;
- dati sulle relazioni spaziali reciproche fra i diversi oggetti o fenomeni individuati;
- dati di tipo non spaziale (informazioni tematiche o statistiche).

Una caratteristica peculiare dei GIS è che i dati che riguardano un particolare “*tema*” sono solitamente raggruppati insieme e formano uno “*strato informativo*” (o “*layer*”).

Uno strato informativo contiene informazioni (organizzate in tabelle) su un determinato tematismo, che dal punto di vista cartografico è rappresentabile in modo omogeneo (attraverso punti, linee o poligoni).

L'approccio di gestione dei dati sui terremoti storici si avvale della memorizzazione delle informazioni in modo persistente all'interno di un DB, fornendo semplici meccanismi di accesso e condivisione evitando ridondanza e possibilità di incoerenza.

Il DB sarà gestito da un apposito *sistema software*, detto *DBMS (Database Management System)*. Un DBMS è un software in grado di gestire collezioni di dati che siano grandi, condivise e persistenti, assicurando la loro affidabilità e privacy. Di seguito elenchiamo le principali caratteristiche delle basi di dati e dei DBMS:

- Le basi di dati sono solitamente di grandi dimensioni e condivise, nel senso che applicazioni e utenti diversi devono poter accedere, secondo opportune modalità, a dati comuni. In questo modo si riduce la ridondanza dei dati, poiché si evitano ripetizioni e conseguentemente si riduce la possibilità di

inconsistenze: se ogni dato è memorizzato in modo univoco, non è possibile incorrere in disallineamenti;

- Le basi di dati sono persistenti, cioè hanno un tempo di vita che non è limitato a quello delle singole esecuzioni dei programmi che le utilizzano;
- I DBMS garantiscono l'affidabilità, cioè la capacità, in caso di malfunzionamenti dell'*hardware* o del *software*, di conservare intatto il contenuto della banca dati (o almeno di permetterne la ricostruzione). A questo scopo i DBMS forniscono diverse funzionalità di salvataggio e ripristino (*backup e recovery*);
- I DBMS garantiscono la privacy dei dati; ciascun utente registrato viene abilitato a svolgere solo determinate azioni sui dati, attraverso meccanismi di autorizzazione;
- I DBMS sono programmi efficienti, ovvero sono in grado di svolgere operazioni utilizzando un insieme di risorse, in termini di tempo e spazio, accettabile per gli utenti; naturalmente l'efficienza dipende fortemente dalle scelte fatte nella fase di progettazione della base di dati e dal dimensionamento del sistema informatico che ospita la banca dati;
- I DBMS devono essere efficaci, cioè rendere produttive le attività degli utenti; l'attività di progettazione della banca dati e delle sue applicazioni mira a garantire una buona efficacia del sistema.

Le basi di dati possono essere organizzate secondo diversi modelli, a seconda di come si vogliono realizzare le connessioni fra le tabelle che contengono le informazioni digitali. È infatti poco vantaggioso archiviare i dati in una (o poche) tabelle di grandi dimensioni, mentre è molto più conveniente per la loro gestione che essi siano suddivisi in più tabelle, che possiamo pensare corrispondenti ai diversi temi di interesse. Le diverse tabelle saranno poi connesse fra di loro per mezzo di qualche "meccanismo" (sempre di tipo informatico): più questo "meccanismo" è flessibile, e maggiore sarà la facilità di consultazione della base di dati e lo svolgimento delle interrogazioni da parte dell'utente. Il più diffuso modello in base al quale si può organizzare la struttura di una base dati è il modello relazionale. In questo modello, i dati sono suddivisi in tabelle corrispondenti a diverse "entità" (termine per definire

oggetti o fenomeni del mondo reale per i quali si vogliono archiviare informazioni nella base di dati), le quali possono essere messe in “relazione” (cioè connesse) fra di loro utilizzando dei semplici codici identificativi (Atzeni *et al*, 2002). Nel presente lavoro di tesi il modello utilizzato è appunto questo.

Il modello relazionale offre diversi vantaggi rispetto ad altri modelli di organizzazione dei dati:

- è basato su una solida e consolidata teoria matematica (la teoria degli insiemi) con quello che ne consegue in termini di operazioni;
- è flessibile in quanto non ci sono riferimenti espliciti (non ci sono puntatori) che legano le tabelle fra di loro; ogni tabella si può collegare a qualsiasi altra definita nel database utilizzando gli operatori che verranno illustrati nel paragrafo 3.3;
- garantisce l'indipendenza dall'organizzazione fisica dei dati; chi interroga un DBMS non ha necessità di conoscere dove e come sono registrati in memoria i dati: dal suo punto di vista esistono solo le relazioni;
- garantisce l'indipendenza dell'organizzazione logica dei dati dalle procedure di accesso ad essi; le tabelle non sono pensate per rispondere solo a determinate query ma per descrivere la realtà di interesse;
- garantisce un elevato livello di sicurezza; infatti i dati sono gestiti in modo centralizzato dal DBMS e le procedure interrogano il DB per ottenere quelli di proprio interesse; inoltre il DBMS può tenere nota di chi accede e a quali dati;
- garantisce una bassa e controllata ridondanza; la duplicazione dei dati può essere limitata solo a casi indispensabili per l'ottimizzazione della gestione (ridondanza strategica); qualora si dovesse presentare una ridondanza, la relazione può sempre essere divisa in due sotto relazioni con dati non ridondanti.

1.2 FONTI DEI DATI

Il progetto del DB dei dati dei terremoti storici è stato realizzato a livello prototipale a partire dai dati di un caso di studio individuato come particolarmente significativo, basato su due eventi sismici avvenuti in Grecia il 20 e il 27 Aprile 1894.

Tali eventi hanno colpito circa 70 località, per lo più situate nella Locride, una regione della Grecia centrale, a nord-est di Atene, di fronte all'isola di Evia (o Eubea).

Grazie a numerose fonti storiche (raccolte in Allegato 1) lo studio (Albini e Pantosti, 2004) ha ottenuto, tramite un algoritmo (che verrà descritto in seguito nel presente paragrafo) la magnitudo di ciascun evento: per il terremoto del 20 Aprile è stata calcolata una magnitudo pari a 6,4 e per quello del 27 Aprile una magnitudo di 6,5.

Gli studi su cui si basa tale lavoro e da cui si attingono tutte le informazioni sono:

- *Makropoulos, K. C., V. Kouskouna (1994). The 1894 April 20 and 27 Atalanti earthquakes: 100 years after—lessons learnt, in Proc. XXIV ESC General Assembly, Athens, Greece 19–24 September 1994, Vol.1, 61–71;*
- *Albini P., Pantosti D. (08/2004), The 20 and 27 April 1894 (Locris, Central Greece) Earthquake Sources through Coeval Records on Macroseismic Effects, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 4, pp. 1305–1326.*

I dati in essi raccolti riguardano:

- Le località colpite dai due eventi dell'Aprile del 1894;
- I due eventi (intensità, latitudine, longitudine, magnitudo);
- Tutti gli studi sismologici fatti sui due eventi;
- La presenza di osservazioni/testimonianze relative ai due eventi fatte da 3 personaggi dell'epoca (disegni, lettere, articoli di giornale).

Tali dati sono sia numerici (ad esempio: numero di morti, feriti, case crollate ecc.) che qualitativi (descrizione dei danni subiti da una località senza fornire stime numeriche).

In particolare in (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004) sono presenti diverse tabelle di dati non organizzati come un DB, che sono servite come punto di partenza per reperire le informazioni che hanno permesso di strutturare il caso di studio. Le tabelle originali sono riportate in Allegato 1.

In (Makropoulos e Kouskouna, 1994) sono presenti le seguenti informazioni:

- La lista delle località colpite;
- L'orario;
- Gli effetti subiti dalle località;
- La valutazione dell'intensità in scala EMS-92³, aggiornata successivamente dalla scala EMS-98.

In (Albini e Pantosti, 2004) sono presenti le seguenti informazioni:

- I parametri disponibili da studi sismologici precedentemente fatti sui due eventi:
 - IDP (Intensity Data Points) = numero di punti con dato di intensità;
 - I_x = massima intensità dell'evento;
 - I = intensità epicentrale dell'evento;
 - Lat (Latitudine) = distanza angolare del punto dall'equatore espressa in gradi decimali;
 - Lon (Longitudine) = distanza angolare del punto dal meridiano fondamentale di Greenwich espressa in gradi decimali;
 - M = magnitudo momento⁴ dell'evento secondo un determinato studio.
- Gli osservatori (personaggi contemporanei ai due eventi) con le relative località osservate e le date di osservazione;

³La scala EMS92 (Scala Macrosismica Europea del 1992) è una versione di prova che rileva la forza degli effetti di un terremoto in un luogo specifico, diversamente dalle scale di magnitudo dei terremoti, che esprimono l'energia sismica rilasciata dal terremoto.

⁴La scala di magnitudo del momento sismico (MMS) è utilizzata dai sismologi per misurare le dimensioni dei terremoti in termini di energia liberata. La magnitudo si basa sul momento sismico del terremoto, che è uguale alla rigidità della Terra moltiplicata per il momento medio di spostamento della faglia e la dimensione dell'area dislocata. La scala MMS è attualmente diventata il metodo standard per la misura dei moderni terremoti da parte dell'United States Geological Survey.

- Re Giorgio I di Grecia (30 marzo 1863-18 marzo 1913);
 - T. Skouphos (geologo greco);
 - W. Bouchier (disegnatore e giornalista inglese).
- I danni subiti dalle località (danni sia agli edifici che alle persone):
 - Edifici collassati;
 - Edifici non agibili;
 - Morti;
 - Feriti.
 - La georeferenziazione delle località colpite (latitudine e longitudine) e l'intensità (scala EMS-98⁵) con cui sono state colpite dai due eventi.

In generale, si può dire che le differenze più evidenti tra gli studi sono rappresentate dalle fonti a cui fanno riferimento. Per quanto riguarda lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) le fonti a disposizione sono circa una ventina, mentre per lo studio (Albini e Pantosti, 2004) sono dell'ordine di un centinaio.

Altra differenza fra i due studi è rappresentata dal fatto che in (Makropoulos e Kouskouna, 1994) ci sono un minor numero di località rilevate e le informazioni sui danni ad esse associate sono più che altro di carattere descrittivo, mentre (Albini e Pantosti, 2004), essendo uno studio più recente, contiene un maggior numero di località colpite con informazioni riportate per lo più in forma quantitativa.

Tale dato assume grande importanza nell'ambito della ricerca, specialmente in quella storica, infatti un "terremoto" è sempre il risultato di un assemblaggio critico di diverse informazioni storiche, come si può vedere dalla Figura 1.1 dove si mostrano le diverse fasi in cui si suddivide il processo di analisi dei dati macrosismici.

⁵ La scala EMS98 (Scala Macrosismica Europea del 1998) rileva la forza degli effetti di un terremoto in un luogo specifico, diversamente dalle scale di magnitudo dei terremoti, che esprimono l'energia sismica rilasciata dal terremoto.

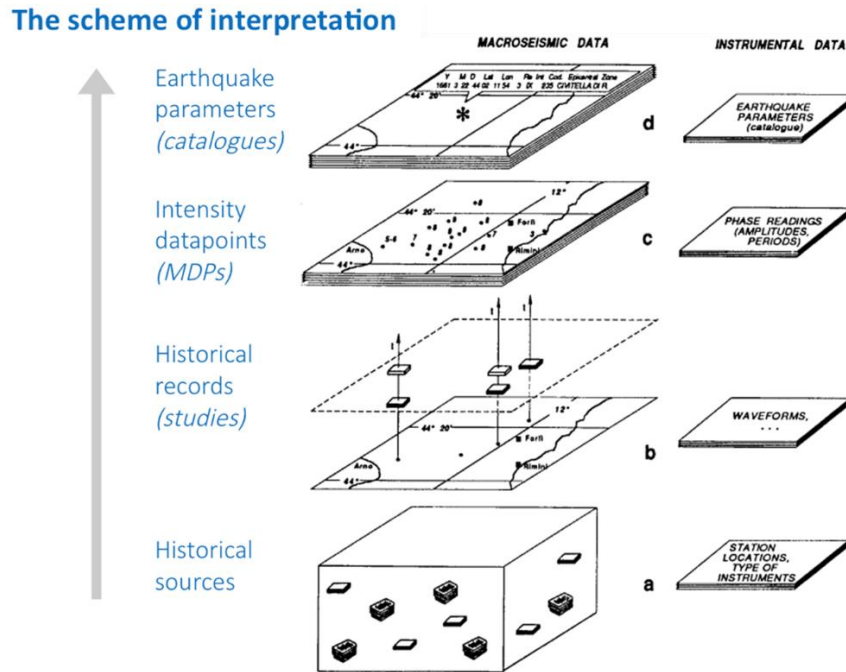


Figura 1.1 - Procedure per il processamento dei dati macrosismici, comparate con quelle per ricavare i dati strumentali (Stucchi et al., 1990; Postpischl et al., 1991)

- Le fonti storiche sono indagate: le informazioni sui terremoti sono estratte e riferite a un sistema di riferimento spazio-temporale;
- Qualcuno decide che alcune informazioni appartengono allo stesso evento e ricostruiscono un terremoto;
- Le informazioni sono interpretate in termini di intensità macrosismica: viene prodotta una mappa delle intensità;
- Si produce una mappa contenente, oltre al dato di intensità, i parametri focali (latitudine, longitudine, profondità, intensità epicentrale etc.).

Per classificare i terremoti a livello internazionale si utilizza la magnitudo momento che viene ricavata a partire dai valori di intensità macrosismica tramite diversi algoritmi. Nello studio (Albini e Pantosti, 2004) è stato utilizzato il metodo Boxer v.3.3 (Gasperini et al., 1999), che richiede in ingresso dati sulla latitudine,

longitudine e intensità delle località colpite e fornisce in output la localizzazione dell'epicentro e la magnitudo momento.

Questo metodo necessita di passare attraverso una fase di calibrazione, in cui viene fornito un set di punti di cui si conoscono sia dati strumentali che dati macrosismici. Il software è così in grado di stimare i parametri della trasformazione e in base a questi applicare l'algoritmo di conversione di dati macrosismici di interesse.

La gestione e consultazione di queste nuove informazioni permette di poter fare la valutazione della pericolosità sismica in una certa area come già discusso nell'introduzione. In Allegato 2 vengono mostrate le fonti citate nel primo e secondo studio.

2

PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA

In questo capitolo viene descritta la progettazione e l'implementazione del sistema per la gestione dei dati di eventi sismici storici. La progettazione è articolata in due fasi, da eseguire in cascata (Figura 2.1):



Figura 2.1- Le due fasi della progettazione del DB

- La progettazione concettuale, è basata soprattutto sulle specifiche sui dati, mentre le specifiche sulle operazioni servono solo a verificare che lo schema concettuale sia completo, che contenga cioè tutte le informazioni necessarie per eseguire le operazioni previste. Lo scopo della progettazione concettuale di una banca dati consiste nel rappresentare le specifiche raccolte nella fase dell'analisi dei requisiti in termini di una descrizione "formale", completa e indipendente dai criteri di rappresentazione utilizzati nei sistemi di gestione

delle basi di dati. Il prodotto finale di questa fase è chiamato schema concettuale e fa riferimento a un modello concettuale dei dati. I modelli concettuali consentono di descrivere l'organizzazione dei dati ad un alto livello di astrazione, senza tenere conto degli aspetti implementativi (Atzeni et al., 1999). Lo schema concettuale rappresenta quindi il contenuto informativo della banca dati, senza tenere conto delle modalità con le quali queste informazioni verranno codificate in un sistema reale, né dell'efficienza dei programmi che faranno uso di queste informazioni;

- Nella progettazione logica, lo schema concettuale in ingresso riassume le specifiche sui dati, mentre le specifiche sulle operazioni si utilizzano, insieme alle previsioni sul carico applicativo, per ottenere uno schema logico che renda tali operazioni eseguibili in maniera efficiente.

A seguito di queste due fasi si ha l'implementazione del sistema, che a livello informatico può essere anche preceduta dalla cosiddetta progettazione fisica, in cui si fa uso dello schema logico e delle specifiche sulle operazioni per ottimizzare le prestazioni del sistema. Nel caso di studio qui presentato, per l'implementazione del sistema si sono utilizzati due software specifici (*SQL Power Architect* e *PostgreSQL*) dedicati all'implementazione automatica del modello fisico fornendo in ingresso il modello logico.

2.1 PROGETTAZIONE CONCETTUALE DEL DB

La progettazione concettuale di una base di dati relazionale consiste nella costruzione di uno schema *Entità-Relazioni* in grado di descrivere le specifiche relative ai dati di una applicazione. Il modello *Entità-Relazioni* (Chen, 1976), indicato anche con l'abbreviazione ERM, è un modello concettuale dei dati e, come tale, fornisce una serie di costrutti, utili a descrivere la realtà di interesse in una maniera facile da comprendere e che prescinde dai criteri di organizzazione dei dati.

I costrutti principali del modello *ER* sono:

- le entità;
- gli attributi semplici o composti con relative cardinalità;
- gli identificatori;
- le relazioni con relative cardinalità;
- le generalizzazioni (e il caso particolare dei “sottoinsiemi”).

Le entità rappresentano classi di oggetti che hanno proprietà comuni ed esistenza “autonoma” ai fini dell’applicazione di interesse. In uno schema ER, ogni entità ha un nome che la identifica univocamente e viene rappresentata mediante un rettangolo. Gli elementi contenuti nelle entità prendono il nome di occorrenze (record).

L’elenco di tutte le entità definite per il caso di studio in esame, suddivise tra spaziali e non spaziali, è riportato nelle Tabelle 2.1 e 2.2. In queste tabelle è riportata anche una descrizione sintetica per ogni entità.

Tabella 2.1 - Entità “spaziali” e loro descrizione sintetica

Entità	Descrizione
localita_colpite	informazioni relative ad una località colpita da un evento sismico
evento	informazioni relative ad un evento sismico

Tabella 2.2 - Entità “non spaziali” e loro descrizione sintetica

Entità	Descrizione
osservazioni_testimonianze	informazioni relative alle osservazioni e/o testimonianze di un evento sismico
bibliografia	fonti relative ad uno studio su un evento sismico
studi_di_riferimento	studi fatti su un evento sismico

Ogni entità è identificata in maniera univoca da un attributo semplice (con significato fisico o appositamente realizzato) oppure da un insieme di attributi, che prende

il nome di identificatore. Per quest'applicazione sono stati scelti identificatori semplici (un solo attributo) ed interni (non sono necessarie informazioni relative ad altre entità).

A seguito di alcuni confronti con esperti del settore, per garantire una buona flessibilità della struttura, si sono introdotti campi (ad es. LAU 1-2-3, NUTS 1-2, periodo, luogo_custodita, ecc.) all'interno delle entità stesse predisposti per contenere dati che non erano presenti all'interno dei due studi, ma che potrebbero essere forniti da nuovi studi sugli stessi eventi o su altri casi di studio.

Lo schema ER è stato realizzato inizialmente partendo dall'entità *localita_colpita*, che raccoglieva tutte le informazioni relative alle località elencate nei due studi:

- Nome attuale della località colpita;
- Latitudine;
- Longitudine;
- Intensità (scala EMS98);
- Numero di abitanti per località;
- Numero di edifici esistenti;
- Numero di edifici collassati;
- Numero di edifici inagibili;
- Numero di morti;
- Numero di feriti.

Dopo di che si è definita l'entità *evento*, la quale contiene la data di avvenimento dell'evento sismico.

Vista la struttura delle tabelle nello studio (Albini e Pantosti, 2004) in principio non sembrava necessario avere un'entità che raccogliesse i toponimi storici delle località, in quanto ogni località aveva al massimo un nome storico. Invece analizzando lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994), dove alcune località possiedono diversi toponimi, è sorta la necessità di realizzare l'entità *nome_localita* in cui si sono raccolti i seguenti dati:

- Toponimi posseduti dalle località colpite all'epoca dell'evento sismico;
- Distretto storico di appartenenza della località colpita;
- Distretto attuale di appartenenza della località colpita;
- Lingua;
- Periodo di utilizzo del toponimo;

- NUTS⁶ (1,2,3) della località;
- LAU⁷ (1,2) della località.

Dopo di che ci si è concentrati sulla parte focale del DB: la raccolta delle fonti storiche. Tali informazioni sono state strutturate in due entità:

- *studi_di_riferimento*;
- *bibliografia*.

L'entità *studi_di_riferimento* ha all'interno informazioni riguardanti tutti gli studi effettuati su uno o più eventi secondo quanto riportato in (Makropoulos e Kouskouna 1994) e (Albini e Pantosti, 2004):

- Orario dell'evento;
- IDP;
- Massima intensità;
- Intensità epicentrale;
- Latitudine epicentro;
- Longitudine epicentro;
- Magnitudo momento;
- Profondità;
- Autore studio;
- Giorno;
- Mese;
- Anno;
- Titolo studio;
- Dettagli pubblicazione;
- Tipologia dello studio;
- Luogo di pubblicazione;

⁶ La nomenclatura delle unità territoriali statistiche, in acronimo NUTS (dal francese: Nomenclature des unités territoriales statistiques) identifica la ripartizione del territorio dell'Unione europea a fini statistici. È stata ideata dall'Eurostat nel 1988 tenendo come riferimento di base l'unità amministrativa locale.

⁷ Le unità amministrative locali o LAU (dall'inglese local administrative unit) sono, in generale, unità amministrative che stanno al di sotto della classificazione di provincia, regione, stato o altra suddivisione nazionale. A livello dell'Unione europea, le LAU costituiscono l'elemento base per determinare i livelli NUTS delle varie regioni europee.

- DOI⁸.

All'interno dell'entità *bibliografia* sono contenute invece tutte le fonti note riguardanti uno studio specifico. In particolare all'interno erano presenti:

- Autore fonte;
- Giorno;
- Mese;
- Anno;
- Nome pubblicazione;
- Titolo della fonte;
- Dettagli di riferimento bibliografico;
- Tipologia della fonte;
- Luogo di scrittura;
- Luogo in cui è custodita.

Per entrambe le entità sopra citate si è deciso di aggiungere un campo detto *codice_identificativo*, il quale ha il compito di identificare in maniera univoca gli studi all'interno dell'entità *bibliografia*, dato che alcuni studi di riferimento possono essere utilizzati in altri studi come fonti. In questo campo si alternano (come riportati negli studi) numeri e lettere secondo la seguente logica:

iniziali del nome e cognome del primo autore/iniziale del primo soggetto nel titolo della pubblicazione/anno pubblicazione/bibliografia_id

Data la presenza di informazioni riguardanti osservazioni/testimonianze contemporanee agli eventi, si è deciso di realizzare l'entità *osservazioni_testimonianze*, contenente:

- Osservatore;
- Data dell'osservazione;
- Ruolo dell'osservatore.

⁸ Il Digital Object Identifier (acronimo DOI, in italiano "Identificatore dell'oggetto digitale") è uno standard che consente l'identificazione duratura, all'interno di una rete digitale, di qualsiasi entità che sia oggetto di proprietà intellettuale e di associarvi i relativi dati di riferimento, i metadati, secondo uno schema strutturato ed estensibile.

Infine, per tenere conto della presenza di percorsi effettuati dagli osservatori/testimoni, si è realizzata l'entità *percorsi*, contenente esclusivamente la geometria del percorso.

In uno schema ERM, per ogni entità partecipante ad una relazione, viene specificata una cardinalità di relazione costituita da una coppia di numeri naturali che definisce il numero minimo e massimo di istanze di relazione a cui una istanza dell'entità può partecipare.

È possibile indicare con la costante N un numero generico maggiore di uno quando la cardinalità non è nota con precisione.

A partire dalla relazione tra l'entità *localita_colpita* e quella *evento*, la cardinalità è di tipo N:N, in quanto una località può essere stata colpita da uno o più eventi (in questo caso uno o al massimo due), e, viceversa un evento può colpire più località.

Analizzando invece la relazione tra l'entità *localita_colpita* e l'entità *nome_localita*, come detto in precedenza, una località può possedere zero, uno, o più toponimi storici. Mentre un toponimo storico è associato ad una e una sola località, in questo caso.

La relazione tra *localita_colpita* e *studi_di_riferimento* è del tipo N:N, ovvero: una località colpita può essere presente in uno o più studi, viceversa uno studio può analizzare una o più località.

Lo stesso ragionamento è stato fatto per la relazione presente tra l'entità *evento* e l'entità *studi_di_riferimento*, infatti un evento sismico può essere analizzato in più studi e uno studio può trattare uno o più eventi.

Anche per la relazione tra *bibliografia* e *studi_di_riferimento* si ha cardinalità N:N, poiché una fonte può essere utilizzata da uno o più studi, e uno studio può utilizzare una o più fonti (appartenenti all'entità *bibliografia*).

Dall'analisi dello studio (Albini e Pantosti, 2004) è emerso che una località colpita può avere da nessuna a molte osservazioni/testimonianze, mentre un'osservazione/testimonianza si riferisce ad una e una sola località, quindi la cardinalità è di tipo 0:N.

La relazione tra *bibliografia* e *osservazioni_testimonianze* ha cardinalità del tipo molti a molti, in quanto un'osservazione/testimonianza è presente in almeno una fonte, invece una fonte può contenere da nessuna a molte osservazioni.

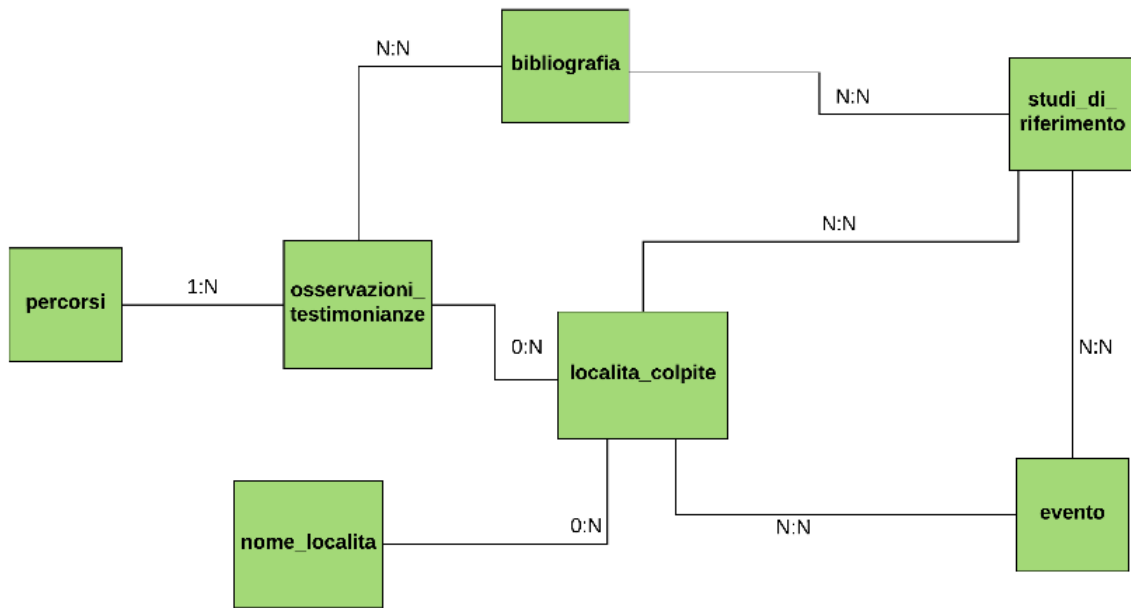


Figura 2.2 - Prima versione del modello concettuale.

Infine la relazione tra l'entità *percorsi* e l'entità *osservazioni_testimonianze*, in questo caso è del tipo 1:N, dato che nello studio (Albini e Pantosti, 2004) ogni osservazioni/testimonianza è associata ad un percorso, tali percorsi possiedono invece una o più osservazioni/testimonianze.

Dall'analisi delle cardinalità delle relazioni dello schema ERM (Figura 2.2), si è osservato che le relazioni erano di tipo 0:N, 1:N e N:N. Le associazioni di tipo N:N sono state trasformate in nuove tabelle, chiamate tabelle "ponte", così da ottenere relazioni 1:N o 0:N.

Di conseguenza, sono state realizzate le seguenti tabelle ponte (denominate in base alle due entità che mettono in collegamento) con i loro relativi campi:

- *evento_localita_colpite*;
- *parametri_evento*:
 - Orario dell'evento;
 - IDP;
 - Massima intensità;
 - Intensità epicentrale;
 - Latitudine epicentro;
 - Longitudine epicentro;
 - Magnitudo;

- Profondità.
- *studi_localita:*
 - Intensità (scala EMS98);
 - Numero di abitanti per località;
 - Numero di edifici esistenti;
 - Numero di edifici collassati;
 - Numero di edifici inagibili;
 - Numero di morti;
 - Numero di feriti;
 - Data;
 - Ora;
 - Effetti.
- *bibliografia_studi_riferimento;*
- *osservazioni_bibliografia;*
- *studi_localita:*
 - Intensità (scala EMS98);
 - Numero di abitanti per località;
 - Numero di edifici esistenti;
 - Numero di edifici collassati;
 - Numero di edifici inagibili;
 - Numero di morti;
 - Numero di feriti;
 - Data;
 - Ora;
 - Effetti.

In quest'ultima entità, vista la presenza, per lo stesso tipo di informazione (ad es. edifici collassati) sia di record contenenti valori numerici sia di descrizioni qualitative (ad es. tanti, molti, pochi), è stato necessario realizzare campi sia per il tipo di informazione numerica che qualitativa.

In Figura 2.3 viene presentato lo schema ER completo per il database degli eventi sismici progettato.

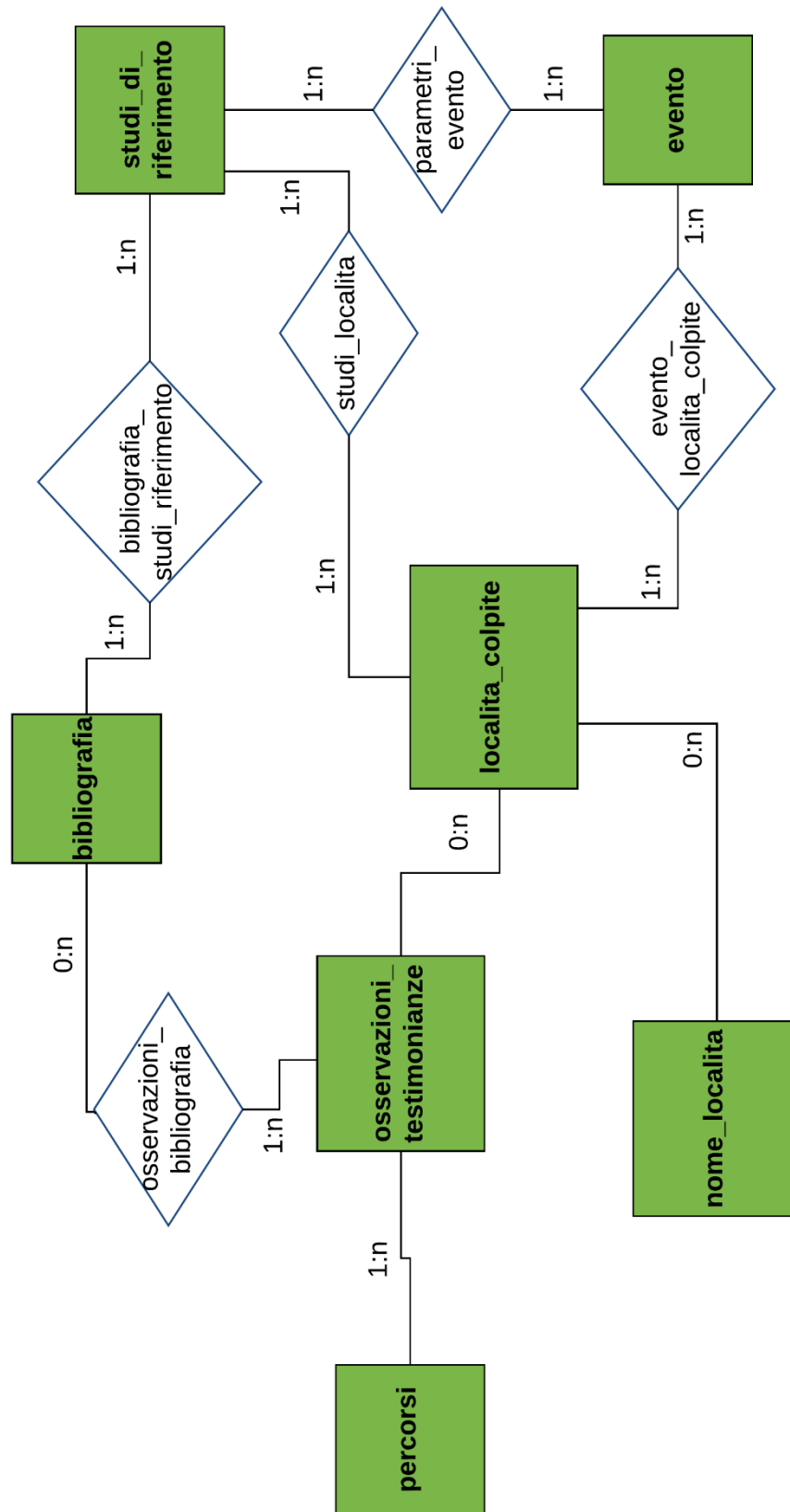


Figura 2.3 - Modello concettuale del database degli eventi sismici storici

Questa è stata la fase più critica per la realizzazione del DB georeferenziato, in quanto si sono dovuti organizzare i dati eterogenei a disposizione tenendo conto di eventuali future integrazioni e ristrutturazioni del DB.

2.2 PROGETTAZIONE LOGICA DEL DB

L'obiettivo della progettazione logica è quello di costruire uno schema logico in grado di descrivere, in maniera corretta ed efficiente, tutte le informazioni contenute nello schema ER prodotto nella fase di progettazione concettuale.

La progettazione logica costituisce la base per l'effettiva realizzazione dell'applicazione e deve tenere conto, per quanto possibile, delle sue prestazioni: questa necessità può portare a una ristrutturazione dello schema concettuale che renda più efficiente l'esecuzione delle operazioni previste. Pertanto, è necessario prevedere sia un'attività di riorganizzazione, sia un'attività di traduzione dal modello concettuale a quello logico (Atzeni *et al.*, 1999).

La semplificazione dello schema ER nel nostro caso è consistita principalmente nell'eliminazione degli attributi composti "tempo" e "coordinate", che sono stati scissi negli attributi semplici che li costituiscono.

Le associazioni con cardinalità 1:N sono state implementate aggiungendo la chiave esterna nell'entità che partecipa con cardinalità 1 (ad esempio l'entità *nome_localita* ha una chiave esterna che corrisponde alla chiave primaria dell'entità *localita_colpita* a cui è legata da una cardinalità 1:N).

Per facilitare l'interpretazione dello schema logico e descrivere le proprietà dei dati che non possono essere esplicitati, è stata redatta una documentazione di supporto, il Dizionario dei dati (riportato nell'Allegato 3).

Nella Figura 2.3 viene riportato lo schema logico. Si può osservare che in generale i tipi di dato utilizzati sono i seguenti: *integer*, *varchar*, *double*.

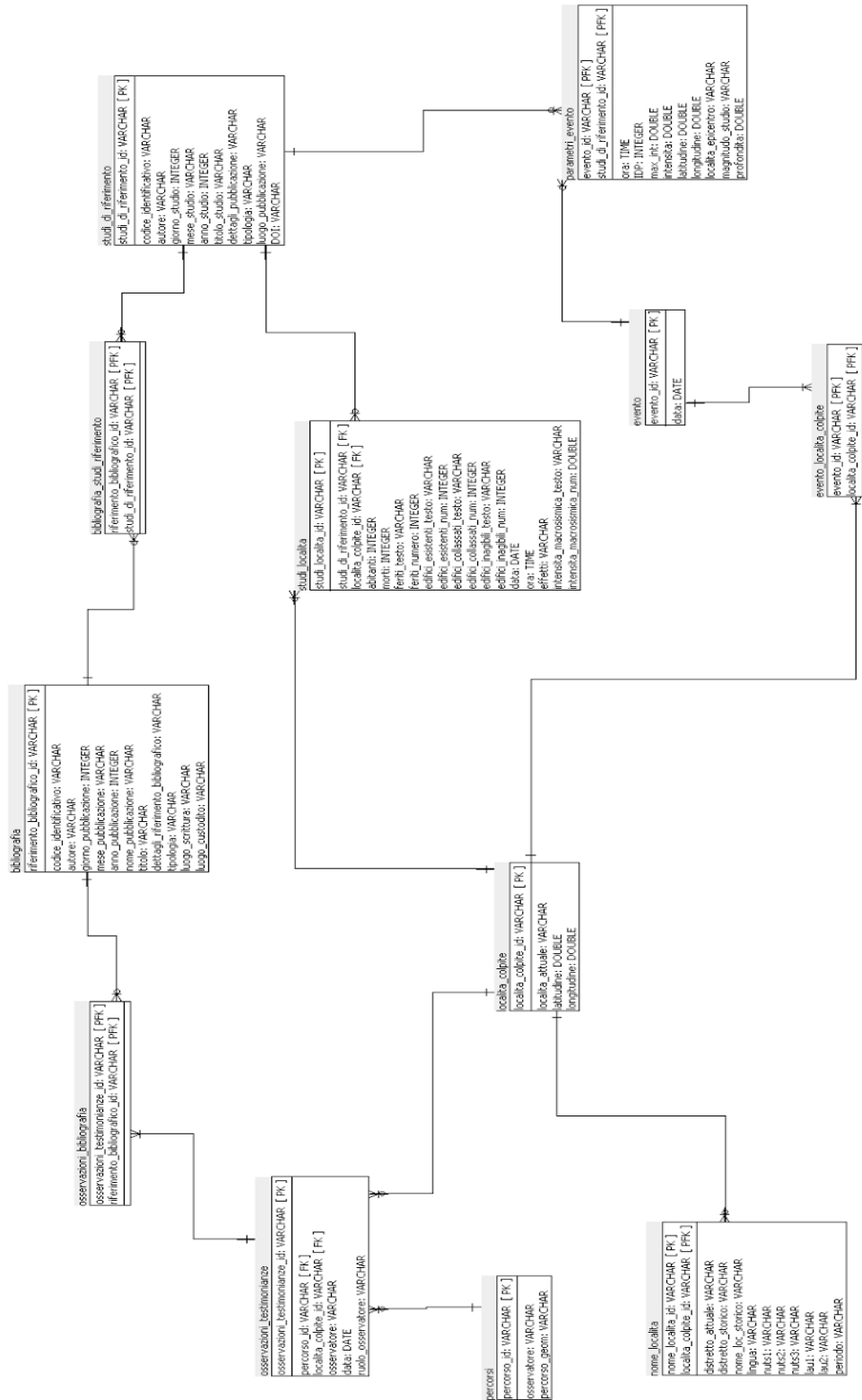


Figura 2.4 - Modello logico del database degli eventi sismici storici

2.3 PROGETTAZIONE FISICA DEL DB

Per la progettazione fisica del DB sono stati utilizzati i software *SQL Power Architect* e *PostgreSQL*, strumenti di modellazione dei dati e Open Source.

SQL Power Architect è un software Open Source, con licenza GPL⁹ v.3 che consente agli utenti di decodificare le banche dati esistenti, eseguire la strutturazione dei dati sul database di origine, e auto-generare metadati ETL¹⁰. Disponibile per i Sistemi Operativi Linux, Windows, Mac OS X, in questo lavoro è stata utilizzata la versione 1.0.7 compilata per Windows 10.

PostgreSQL è un completo DBMS ad oggetti rilasciato con licenza libera (stile Licenza BSD¹¹), disponibile sia nella versione compilata (che comprende i file eseguibili o binari) sia nella versione da compilare (comprende solo i sorgenti) per i Sistemi Operativi Linux, Windows, Mac OS X e Solaris. In questo lavoro è stata utilizzata la versione 9.4 compilata per Windows 10.

In Allegato 4 si riporta il codice *SQL Power Architect* utilizzato, mentre di seguito, nella Figura 2.5, è possibile vedere la sua implementazione su *PostgreSQL*.

⁹ La GNU General Public License, comunemente indicata con l'acronimo GNU GPL o semplicemente GPL, è una licenza fortemente copyleft per software libero.

¹⁰ In informatica Extract, Transform, Load (ETL) è un'espressione in lingua inglese che si riferisce al processo di estrazione, trasformazione e caricamento dei dati in un sistema di sintesi (data warehouse, data mart...).

¹¹ Le licenze BSD sono una famiglia di licenze permissive, senza copyleft, per software. Due varianti della licenza, la nuova Licenza BSD (o Licenza BSD Modificata), e la Licenza semplificata BSD (o FreeBSD) sono stati verificati come licenze di software libero compatibili con la GPL dalla Free Software Foundation, e sono stati controllati come licenze open source dalla Open Source Initiative

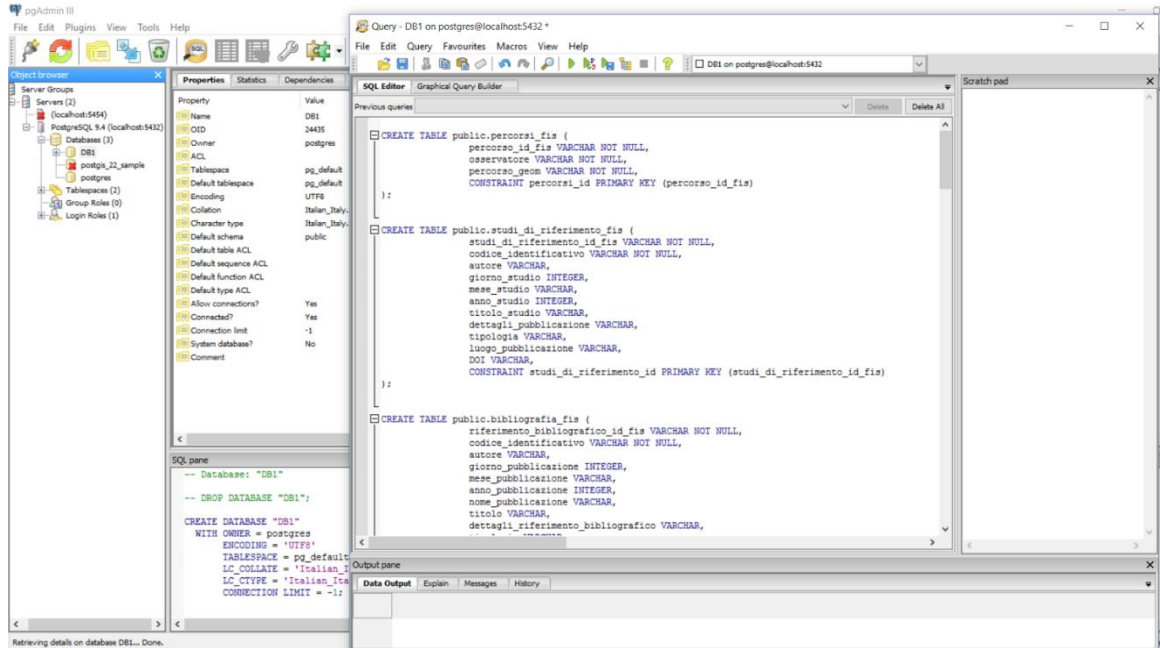


Figura 2.5 - Implementazione del codice SQL Power Architect, su PostgreSQL

2.4 POPOLAMENTO DEL DATABASE

Col termine “*popolamento del database*” si intende l’attività di inserimento dei dati all’interno della struttura del DB stesso. Normalmente la memorizzazione di una singola informazione corrisponde all’inserimento di una o più righe in una o più tabelle del database. L’ordine delle operazioni non è puramente casuale, infatti l’inserimento delle righe deve essere fatto in modo da rispettare i vincoli d’integrità referenziale imposti sulle tabelle. Ad esempio, poiché non può esistere una chiave esterna senza che sia stata prima inserita la riga a cui essa si riferisce, prima di poter inserire una riga nella tabella in cui è presente una chiave esterna, dovrà essere stata inserita la corrispondente riga nella tabella a cui la chiave esterna si riferisce. Nel caso in cui un vincolo venga violato, il DBMS impedirà l’operazione di inserimento facendola fallire (Agosti et al., 1997).

Il DBMS utilizzato per lo Spatial DataBase in questione è PostgreSQL. Dopo una valutazione delle alternative disponibili, PostgreSQL è stato scelto per due ragioni principali:

- si tratta di un progetto Open Source, distribuito gratuitamente, in grado di fornire strumenti che consentono di gestire la complessità del database;
- può essere integrato con l'estensione *PostGIS* utilizzata per la gestione della componente spaziale. La combinazione PostgreSQL + PostGIS dà la possibilità di lavorare con un DBMS spaziale, che consente l'interazione tra il database e un software GIS (sia software proprietario, come ESRI ArcGIS, che software Free/Open Source, come QGIS).

Le operazioni di popolamento del DB sono state automatizzate tramite degli script in linguaggio SQL. In tali script è possibile individuare due passaggi fondamentali:

- Copia dei dati da file di testo in formato .csv nelle tabelle del database. I file .csv sono organizzati secondo la struttura delle tabelle realizzate nel database e delimitati dal carattere “;”. Di seguito è riportato il codice relativo al popolamento dell'entità *localita_colpите*. Nell'Allegato 5 è riportato il codice per il popolamento dell'intero DB.

```
COPY localita_colpите_fis
FROM 'C:\\localita_colpите.csv'
WITH
DELIMITER AS ';'
NULL AS '<Null>';
```

- Realizzazione delle geometrie spaziali e definizione del sistema di riferimento e di coordinate mediante l'uso delle funzioni di PostGIS. In tutte le tabelle che prevedono l'archiviazione delle coordinate è stato aggiunto un nuovo campo “geom” contenente la geometria puntuale, nel sistema di riferimento WGS84 in coordinate geografiche, che nel linguaggio di programmazione ha codice SRID¹² = 4362. Di

¹² Il codice SRID (Spatial Reference System Identifier) identifica univocamente le definizioni dei sistemi di coordinate. I codici dell'European Petroleum Survey Group (EPSG), dal 2005 gestiti dall'associazione internazionale Oil & Gas Producers (OGP) Surveying & Positioning Committee, sono molto diffusi e considerati standard di riferimento.

seguito si riporta il codice per la realizzazione delle geometrie spaziali e la definizione del sistema di riferimento e di coordinate per l'entità *localita_colpите*.

```
SELECT AddGeometryColumn
('localita_colpите_fis', 'geom', 4362, 'POINT',
2);
UPDATE localita_colpите_fis
SET
geom=ST_SetSRID(ST_Makepoint(longitudine,latitudin
e),4362);
```

La stessa procedura è stata eseguita anche per l'entità *parametri_evento*.

A partire dai dati analizzati si è realizzata la progettazione e implementazione del sistema, infatti il DB ottenuto tiene in considerazione le numerose informazioni provenienti dai due studi (con particolare attenzione alle fonti) e le mette in relazione tra loro.

Nel corso della progettazione si è costantemente tenuto conto della possibilità di espansione futura dalla base di dati con l'inclusione di nuove informazioni di tipo sismologico e non: si è scelta quindi una struttura modulare formata da entità molto semplificate in termini di tipologia di dati contenuti, al fine di mantenere estensibile e aggiornabile il database.

Un aspetto importante di cui si è dovuto tenere conto nella progettazione del DB è stato il dover soddisfare due diverse necessità:

- l'efficienza dal punto di vista informatico con una struttura semplice e snella ottenuta applicando il procedimento della normalizzazione volto all'eliminazione della ridondanza informativa e del rischio di incoerenza nel database;
- la completezza delle informazioni raccolte dagli studi nel DB, requisito di assoluta importanza nell'ambito della sismologia storica per poter permettere la valutazione della pericolosità sismica da parte degli esperti del settore.

2.5 SCELTA DEL SOFTWARE GIS

Per la realizzazione del GIS sono state considerate due possibilità: una *suite* di tecnologie *Open Source* e una *suite* di tecnologie ESRI (Tabella 2.3). Entrambe le soluzioni prevedono l'utilizzo di programmi molto diffusi e con un'attiva comunità di utilizzatori e sviluppatori che garantiscono aggiornamenti frequenti delle tecnologie e assistenza agli utenti.

Tabella 2.3 - Suite di tecnologie considerate: alternativa open source e ESRI.

	Open Source Software	ESRI
DBMS	PostgreSQL + PostGIS	PostgreSQL + PostGIS
GIS Software	QGIS	ArcGIS

Riguardo la scelta della tecnologia migliore per questo lavoro, è importante dire che le soluzioni *Open Source* richiedono personale con maggiore conoscenza informatica, non solo in fase di sviluppo ma anche per la manutenzione del servizio, e in mancanza di queste risorse può risultare necessario rivolgersi a personale esterno a pagamento. Inoltre, per capire la sinergia tra le tecnologie *Open Source* coinvolte è necessario un periodo di “addestramento”, che influisce in maniera rilevante sui tempi di realizzazione e sviluppo.

I potenziali utenti (ricercatori, sismologi, storici sismologi, ingegneri, etc.) del sistema qui sviluppato sono già in possesso del software ESRI e abituati ad utilizzarlo e hanno le competenze necessarie per la gestione delle informazioni geografiche nella base di dati implementata.

Infine, considerata in alcuni casi la maggiore disponibilità di funzionalità di analisi spaziale e topologica di ArcGIS, si è preferito il suo utilizzo rispetto a QGIS, uno dei più diffusi pacchetti GIS Open Source.

3

ELABORAZIONE, INTERROGAZIONI ED ANALISI DEI DATI CON ARCGIS

Per comprendere i possibili utilizzi dei dati raccolti e i vantaggi della loro gestione in ambiente GIS, sia dal punto di vista documentale sia da quello cartografico, nel presente capitolo verranno presentati diversi esempi di elaborazioni cartografiche, interrogazioni (*query*) e analisi della distribuzione spaziale dei dati macrosismici. Tutte le operazioni sono state eseguite in ambiente GIS, sfruttando il software ESRI *ArcGIS*.

3.1 VISUALIZZAZIONE CARTOGRAFICA DEI DATI SISMICI

Come precedentemente visto, le coordinate fornite dai due studi sono di tipo geografico, espresse in gradi decimali. Il sistema di riferimento cartografico utilizzato, per questa parte del lavoro, è il WGS84 (*World Geodetic System 1984*), proiezione UTM.

Per quanto riguarda la cartografia sulla quale sovrapporre i dati dei terremoti storici si è scelto di utilizzare, in ArcGIS, sia *OpenStreetMap*¹³ che due fogli di una mappa antica,

¹³ OpenStreetMap (OSM) è un progetto collaborativo finalizzato a realizzare mappe a contenuto libero del mondo. Il progetto punta ad una raccolta mondiale di dati geografici, con scopo principale la realizzazione di mappe e cartografie. La caratteristica fondamentale dei dati geografici presenti in OSM è che possiedono una licenza libera, la Open Database License.

così da avere a disposizione un riferimento cartografico attuale e uno del XIX secolo (contemporaneo agli eventi).

Il fatto di potersi avvalere di una mappa contemporanea agli eventi studiati non è di poco conto, in quanto, è importante poter visualizzare le località colpite su uno sfondo cartografico del periodo studiato in maniera tale da avere una rappresentazione degli elementi del territorio (morfologia, viabilità) come apparivano all'epoca dell'accaduto.

Queste mappe sono state realizzate nel 1885 dal *Militärgeographische Institut* di Vienna e sono la Tavola IV e la Tavola VII della *General-Karte des Königreichs Griechenland*, in scala nominale 1:300.000, custodite presso la British Library di Londra.

Di seguito sono presentate entrambe le tavole, prima singolarmente, poi unite, così come sono state utilizzate come sfondo cartografico nelle successive elaborazioni.

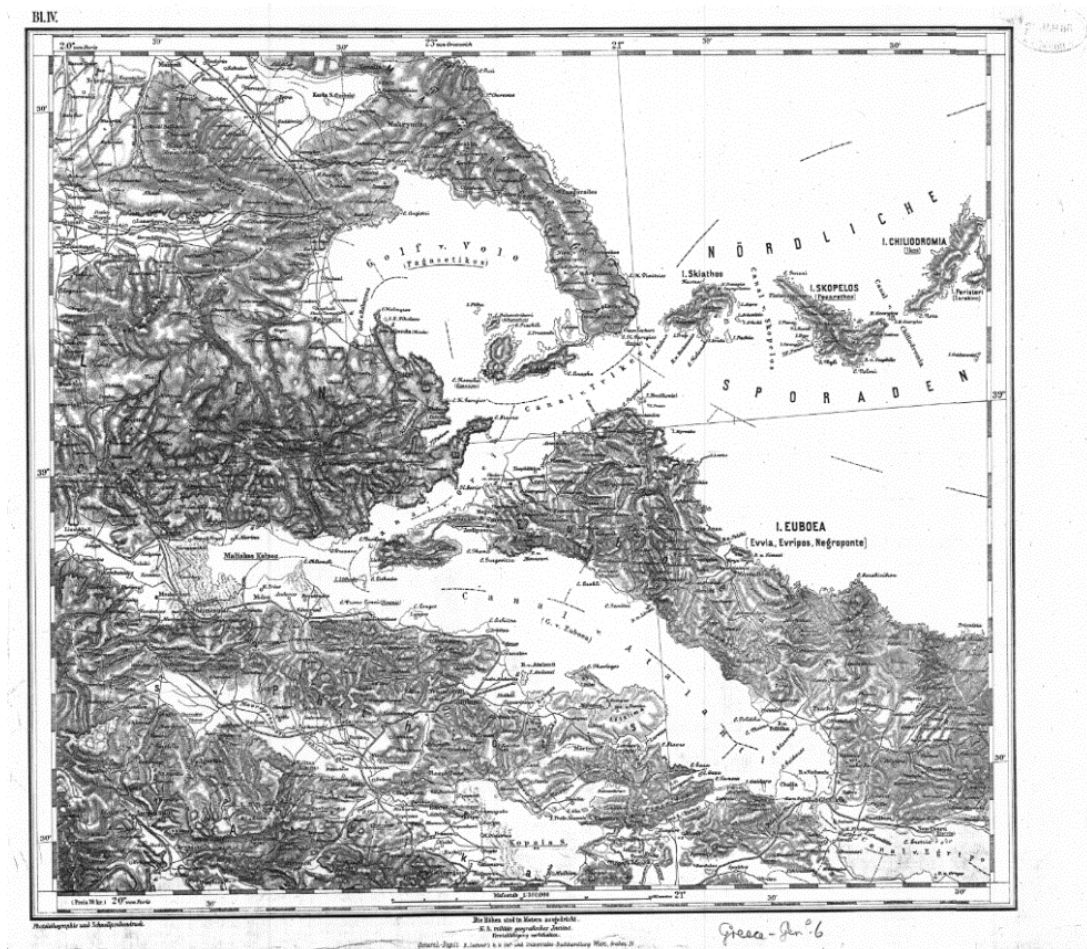


Figura 3.1- Tavola IV della *General-Karte des Königreichs Griechenland*, in scala nominale 1:300.000

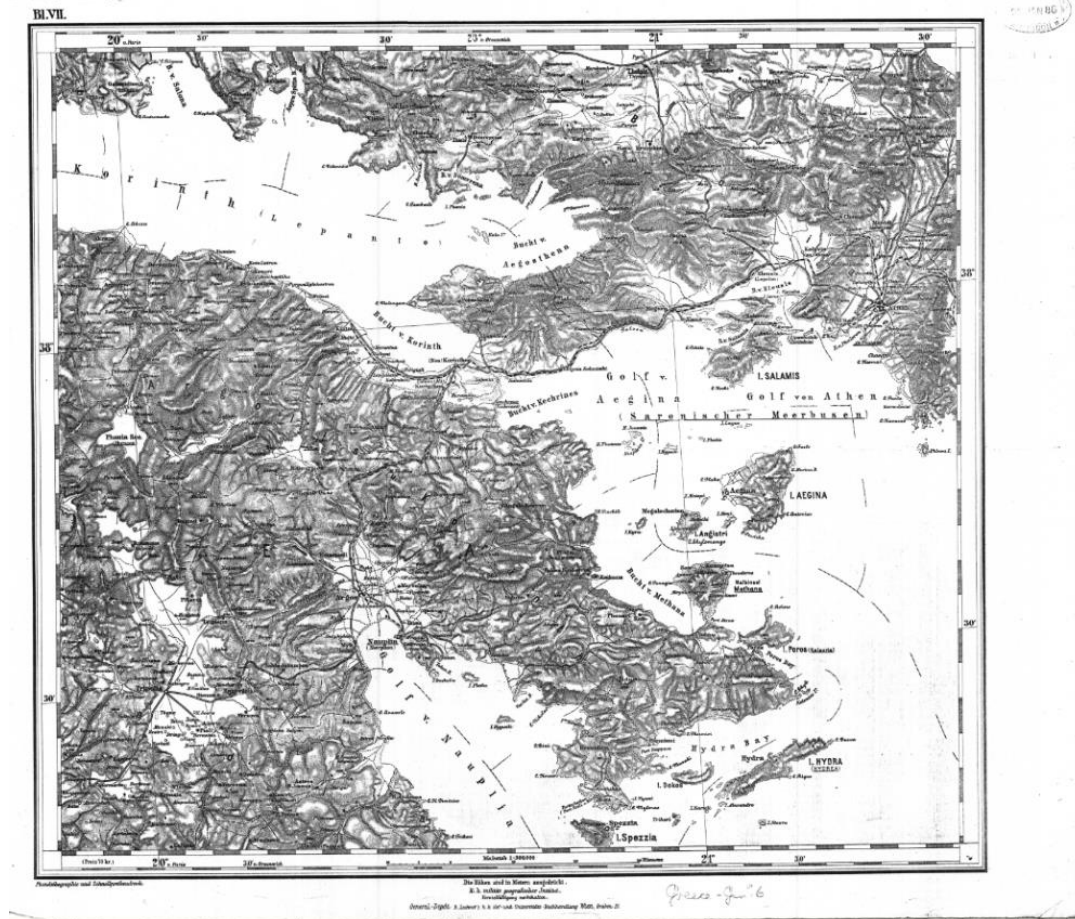


Figura 3.2- Tavola VII della General-Karte des Königreichs Griechenland, in scala nominale 1:300.000



Figura 3.3- Unione della Tavola IV e della Tavola VII della General-Karte des Königreichs Griechenland, in scala nominale 1:300.000

La mappa antica della Figura 3.3 è stata georeferenziata nel moderno sistema di riferimento WGS84.

La georeferenziazione è stata eseguita, in ArcGIS, mediante una trasformazione polinomiale del primo ordine (affine), la quale preserva la collinearità e consiste di fatto in una rototraslazione con variazione di scala.

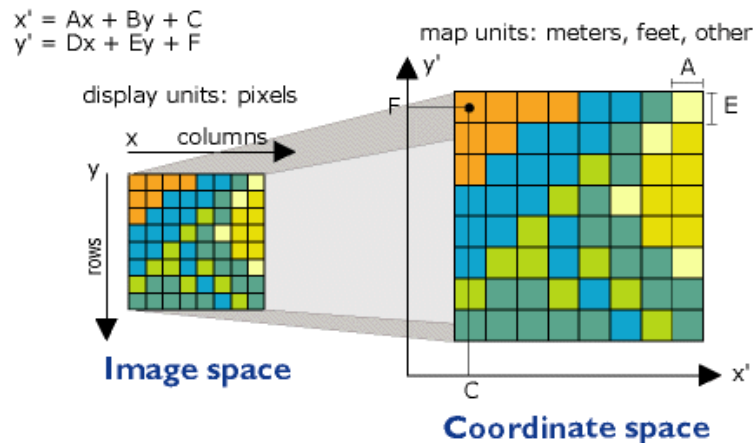


Figura 3.4 - Equazioni usate dalla trasformazione polinomiale affine

Dove:

- x è il contatore di colonne nello spazio dell'immagine;
- y è il contatore di righe nello spazio dell'immagine;
- x' è il contatore di colonne nello spazio delle coordinate;
- y' è il contatore di righe nello spazio delle coordinate;
- A è l'ampiezza della cella espressa nell'unità di misura della mappa;
- B è un termine di rotazione;
- C è il valore di x' nel centro della cella in alto a sinistra;
- D è un termine di rotazione;
- E è l'altezza negativa della cella nell'unità di misura della mappa;
- F è il valore di y' nel centro della cella in alto a sinistra.

Il processo utilizzato prevede la selezione dal layer di origine (mappa antica) utilizzando il comando "Aggiungi punti di controllo" di un certo numero di punti (superiore a 3) e il successivo posizionamento di tali punti sulla cartografia di base (OpenStreetMap). I punti di controllo utilizzati sono: Calcide, Atene, Corinto, Volo, Lamia, Nauplia, Akrata e

Galaxidi. Sono state scelte queste località in modo da avere una distribuzione abbastanza uniforme dei punti sull'intera mappa.

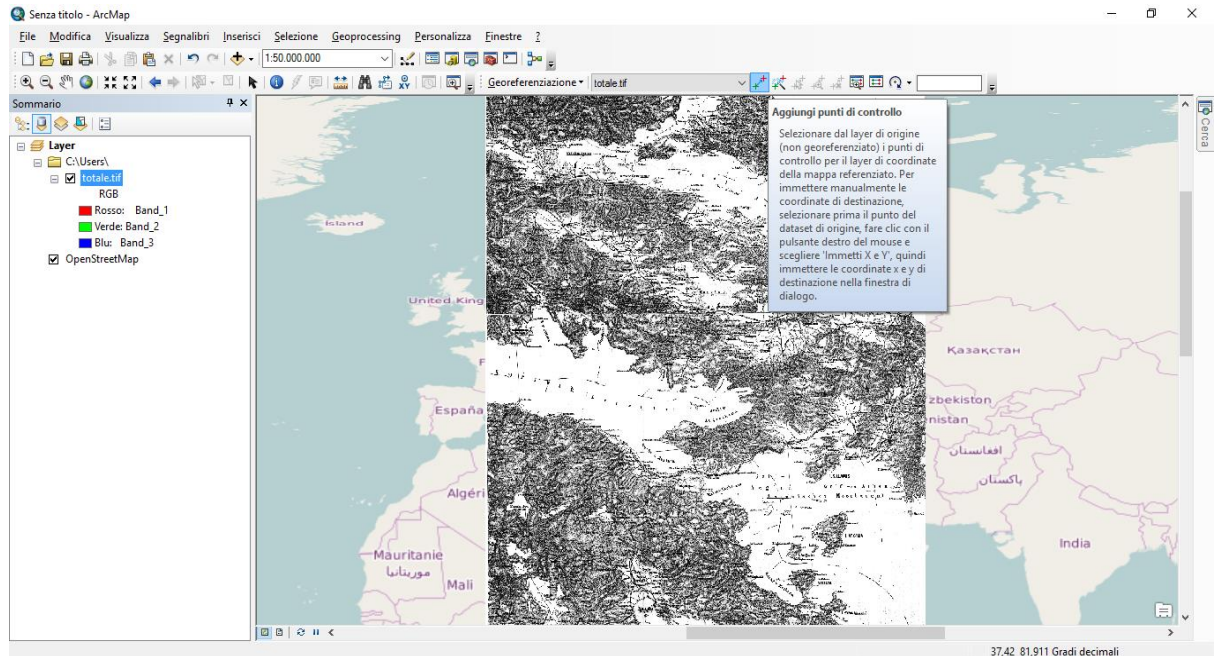


Figura 3.5 - Caricamento della mappa storica da georeferenziare e selezione dello strumento che permette la georeferenziazione

Il risultato finale della georeferenziazione è visibile nella Figura 3.6, nel sistema di riferimento WGS84.

Per quanto riguarda una stima dell'accuratezza della georeferenziazione della mappa, è stato verificato che le differenze tra essa e il supporto cartografico moderno di OpenStreetMap sono al massimo nell'ordine di 3 km. Questo livello di accuratezza viene giudicato adeguato dai sismologi e altri studiosi del settore.

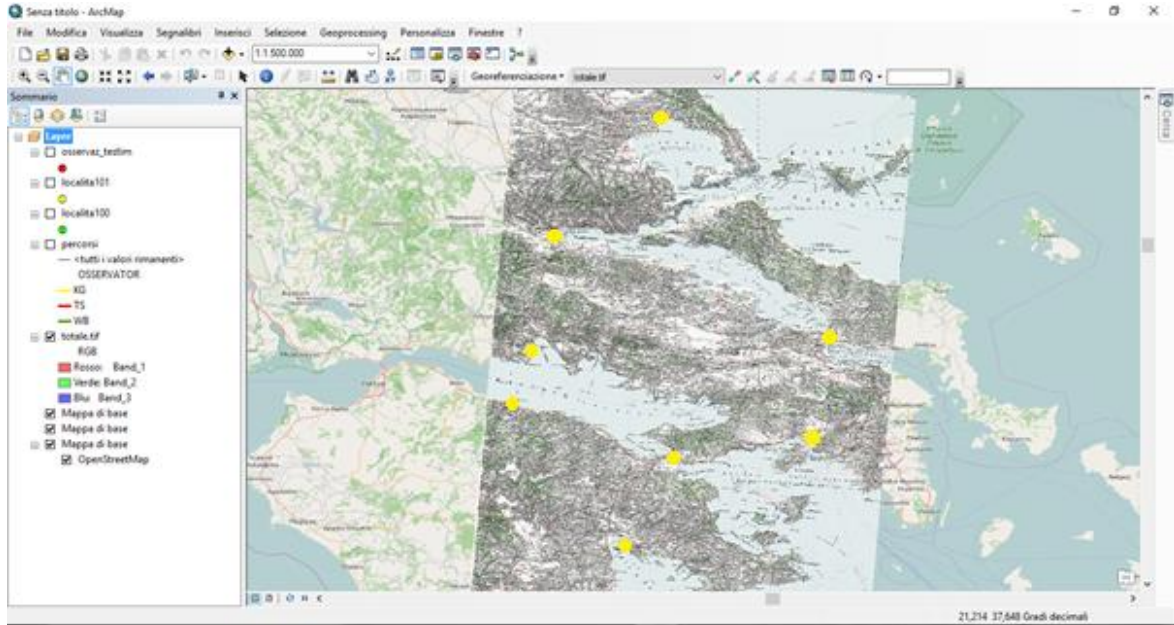


Figura 3.6 - Mappa antica georeferenziata in WGS84 con gli 8 punti di controllo (in giallo).

A questo punto è possibile visualizzare con sfondo cartografico del XIX secolo i dati spaziali, cioè le località colpite dal primo evento sismico (20 Aprile) e le località colpite dal secondo evento sismico (27 Aprile), fornite da entrambi gli studi a disposizione.

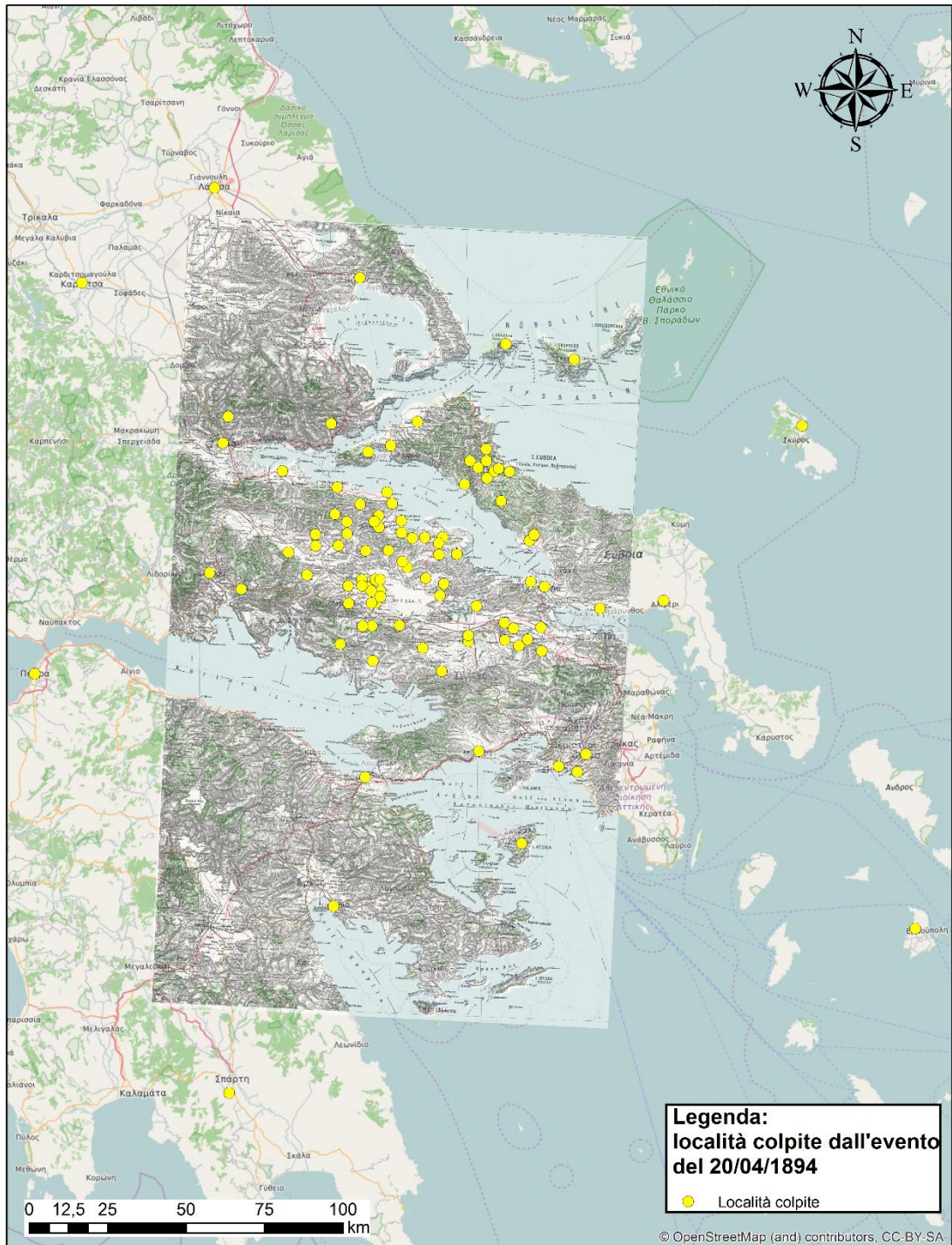


Figura 3.7 - Località colpite dall'evento sismico del 20 Aprile 1894 su sfondo cartografico (mappa antica georeferenziata e OpenStreetMap)

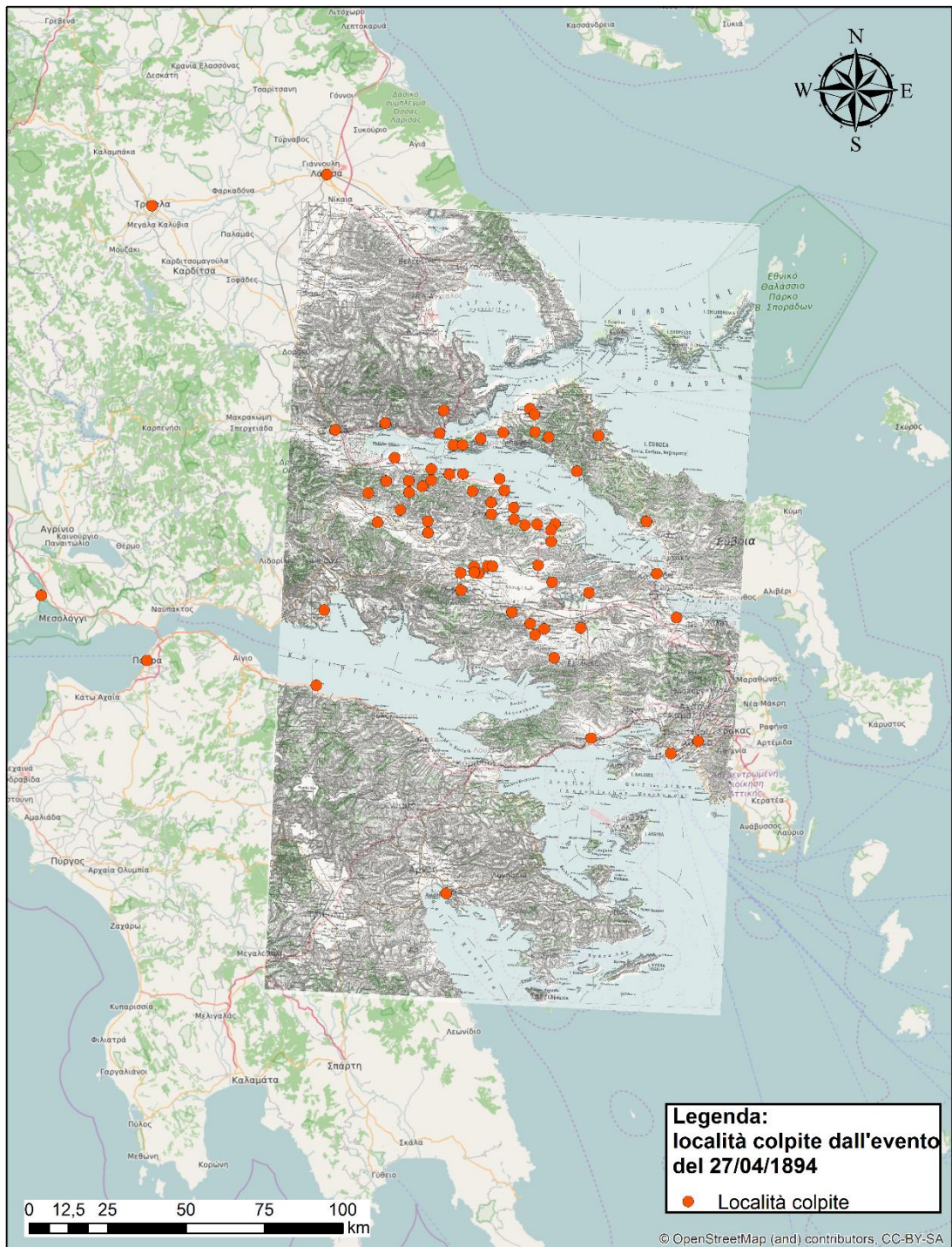


Figura 3.8 - Località colpite dall'evento sismico del 27 Aprile 1894 su sfondo cartografico (mappa antica georeferenziata e OpenStreetMap)

Le elaborazioni cartografiche delle Figure 3.7 e 3.8 possono permettere ad un sismologo di avere una visione d'insieme delle località colpite da ciascun evento, dando

quindi un'idea di massima della quantità di informazioni a disposizione e la localizzazione dell'area colpita.

Oltre alla localizzazione delle località colpite è possibile realizzare altre elaborazioni cartografiche come ad esempio delle mappe d'intensità macrosismica.

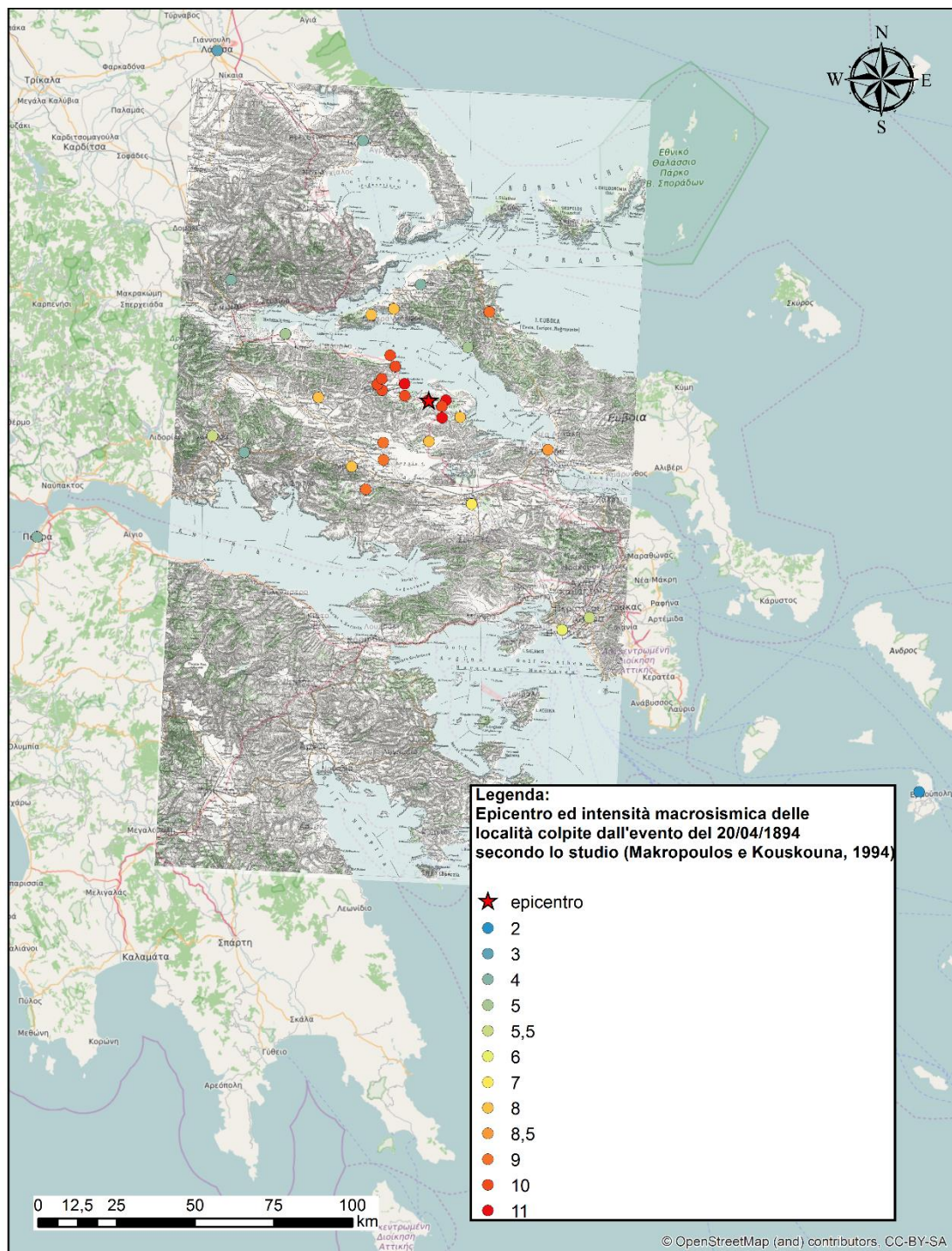


Figura 3.9 Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

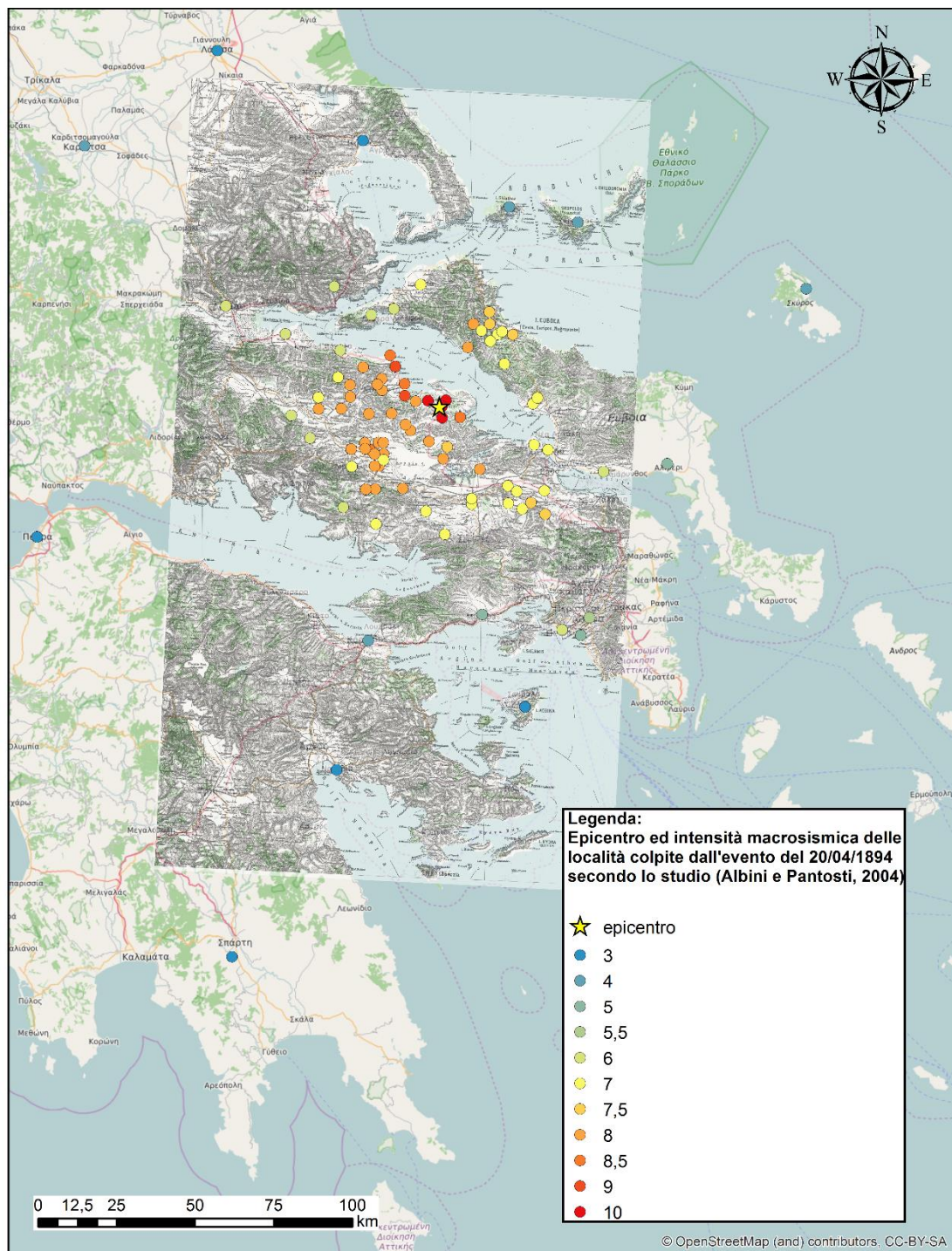


Figura 3.10 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004)

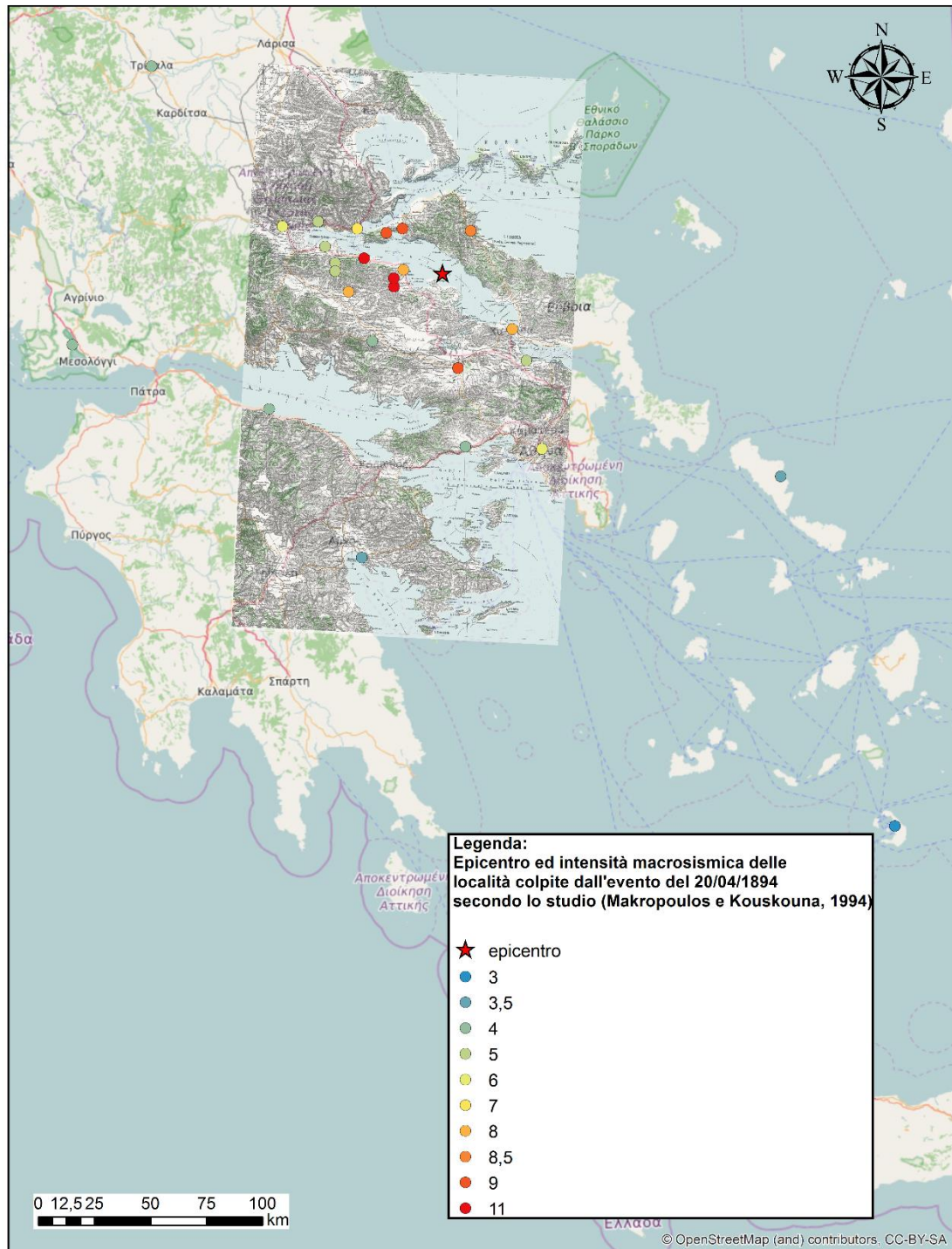


Figura 3.11 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

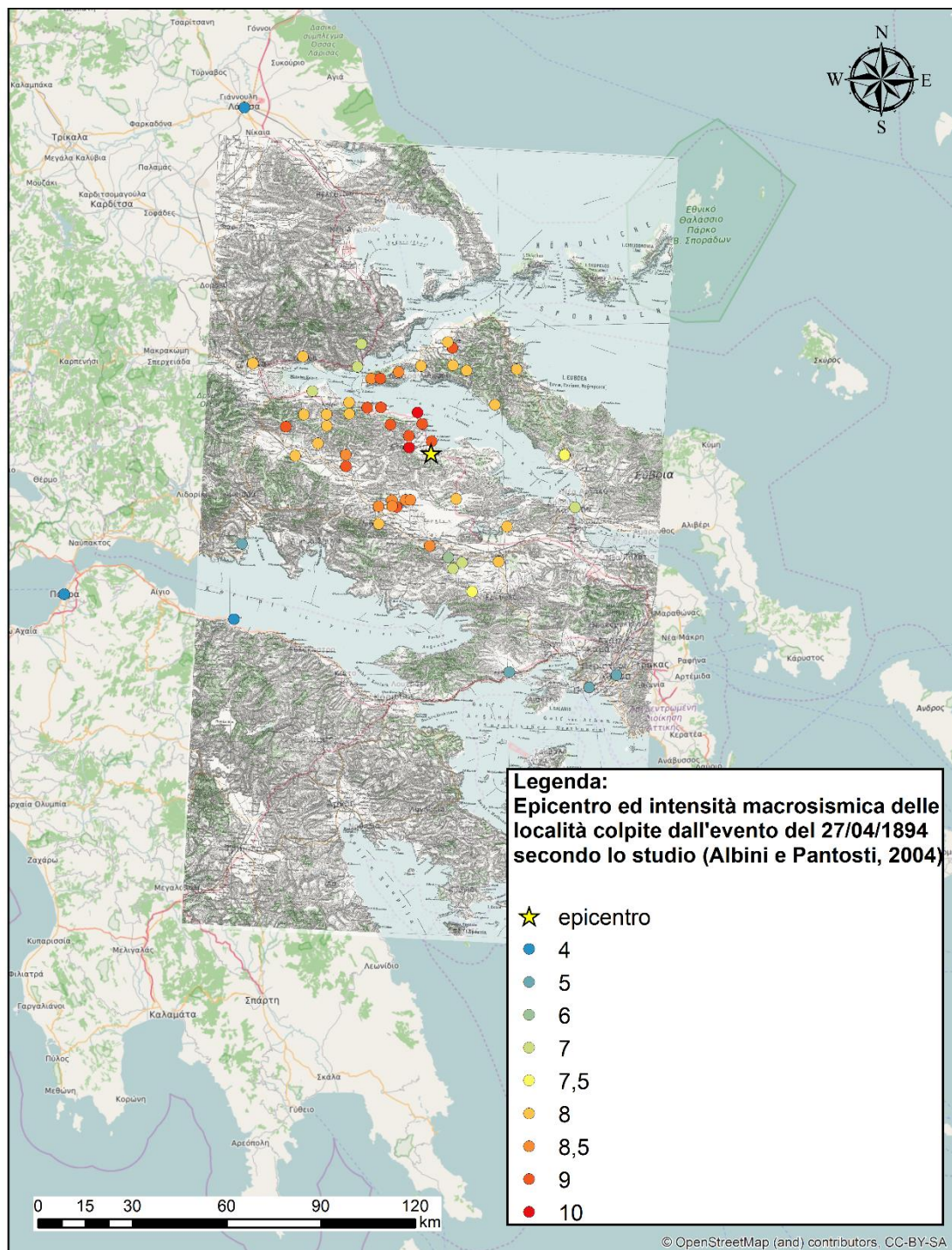


Figura 3.12 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004)

Nelle Figure da 3.9 a 3.12 ovviamente si nota come le località colpite nelle vicinanze dell'epicentro abbiano valori di intensità macrosismica più elevati, tale valore decresce con la distanza.

3.2 DIGITALIZZAZIONE DEI PERCORSI

Su ArcGIS, tramite il tool “Editor”, si è eseguita la digitalizzazione dei percorsi compiuti dagli osservatori (introdotti nel paragrafo 1.2) contemporanei agli eventi sismici oggetto di studio, testimoni oculari dei danni. Questo genere di informazione riveste una notevole importanza nell’ambito della ricerca storica, in quanto buona parte dei dati raccolti provengono dalle testimonianze di questi osservatori.

Conoscere quindi i percorsi e le località visitate supporta gli studiosi nella comprensione e consultazione delle informazioni fornite dagli osservatori.

La digitalizzazione permette, per esempio, di visualizzare e consultare il tragitto di ogni personaggio che ha riportato importanti testimonianze storiche sui due eventi.

Seguendo cronologicamente le località osservate utilizzando le informazioni contenute nella Tabella D (in Allegato 1), le informazioni di viaggio fornite dallo studio (Albini e Pantosti, 2004) e con il supporto della mappa antica (contenente la viabilità dell’epoca) si sono tracciati i percorsi.

Le località di partenza degli osservatori sono:

- Calcide per Re Giorgio I;
- Atene per T. Skouphos (non interamente vettorializzato per necessità grafiche);
- Calcide per W. Bouchier.

Tutti gli osservatori hanno raggiunto l’area colpita dai due terremoti via mare, il primo a giungere sul posto è stato Re Giorgio I di Grecia che è sbarcato a Livanates il 23 Aprile 1894 e successivamente si è mosso via terra per poi lasciare la Locride il 25 Aprile, quindi egli non fornisce osservazioni sull’evento del 27 Aprile.

W. Bouchier è stato il secondo osservatore a raggiungere la zona il 24 Aprile, per l’esattezza la località di Kato Pelli, anch’egli si è spostato via terra ed ha potuto osservare in prima persona il terremoto del 27 Aprile.

Anche T. Skouphos ha visitato l’area negli stessi giorni di W. Bouchier e ha osservato il terremoto del 27 Aprile nella località di Martino.

Nella Figura 3.13, viene mostrato il risultato finale della digitalizzazione, che fornisce un layer contenente dati vettoriali.

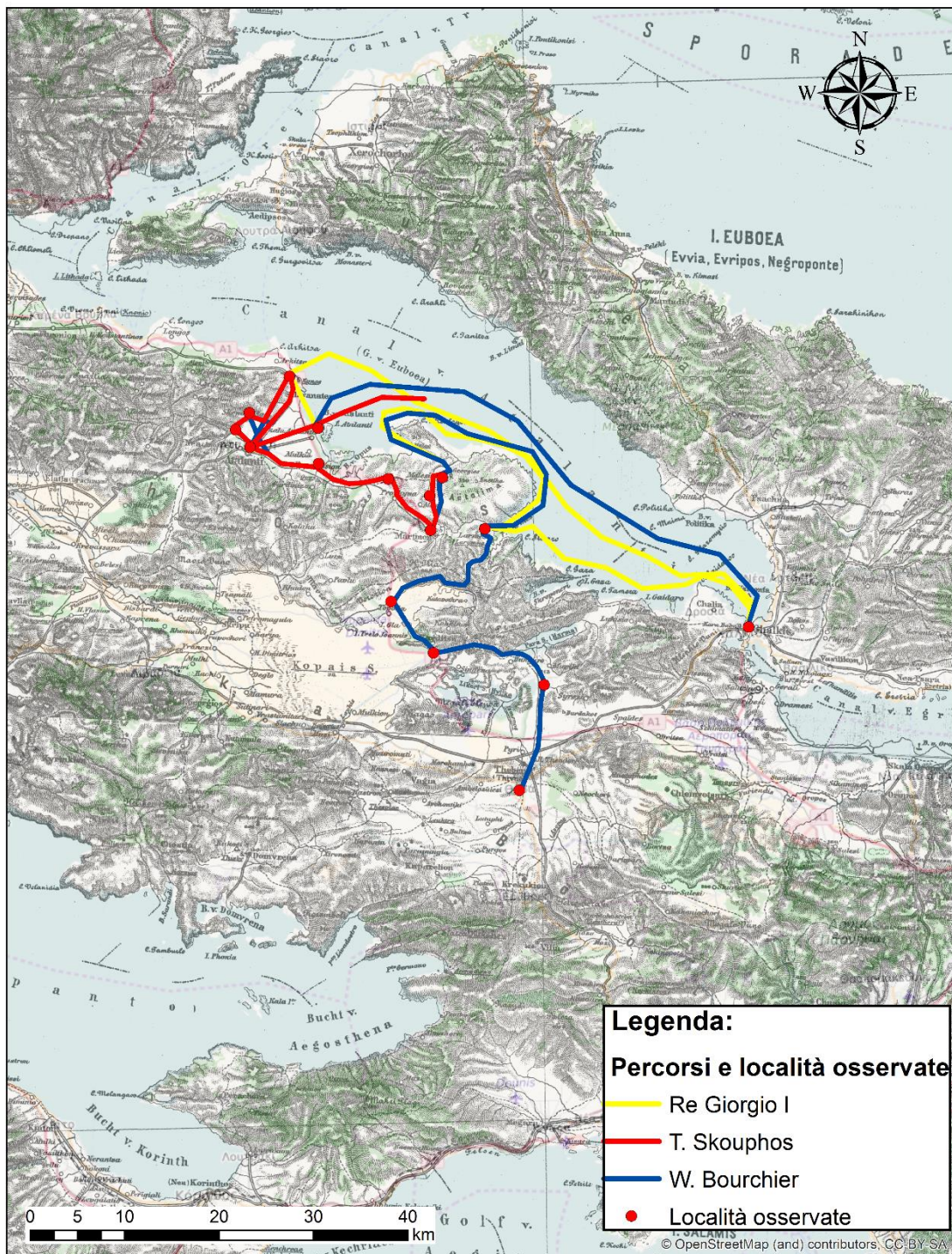


Figura 3.13 - Visualizzazione dei percorsi compiuti dagli osservatori storici e delle località colpite osservate, con sfondo cartografico (mappa storica georeferenziata)

3.3 ESEMPI DI INTERROGAZIONI

Una volta sistemati i supporti cartografici si è proceduto all'importazione del DB implementato con PostgreSQL in ArcGIS.

Per interfacciare i due software è necessario prima configurare ArcGIS con l'installazione del driver di PostgreSQL (PostgreSQL ODBC).

Nonostante ArcGIS permetta l'importazione corretta delle tabelle popolate, non mantiene in memoria le relazioni definite in PostgreSQL. Quindi prima di poter effettuare delle interrogazioni è stato necessario ridefinire le relazioni che legano tra loro le diverse entità.

Le relazioni che legano due tabelle possono essere implementate tramite gli operatori JOIN e RELATE.

- **JOIN:** è un operatore che associa dati in relazioni diverse, sulla base di valori uguali in attributi con lo stesso nome. Il risultato che si ottiene è una tabella avente come campi tutti i campi delle entità su cui si è eseguito il join. Si usa il join tra due tabelle quando i dati nelle tabelle hanno una relazione con cardinalità 1:1.
- **RELATE:** (definito con questo nome da ESRI) è un join con cardinalità 1:N, che associa dati in relazioni diverse, sulla base di valori uguali in attributi con lo stesso nome. Il risultato che si ottiene è una tabella avente come campi tutti e soli i campi della entità di partenza da cui si è eseguito il relate con l'altra entità.

Nel DB di dati di terremoti storici sono presenti numerose tabelle ponte. Per esplicitare le relazioni intercorrenti tra due entità tramite una tabella ponte si è proceduto nel seguente modo:

- definizione delle relazioni di JOIN tra la tabella ponte e le due entità connesse mediante la tabella ponte;
- definizione delle relazioni di RELATE tra la prima entità e la tabella ponte e tra la seconda entità e la tabella ponte.

Per fare un esempio si considera il caso della tabella ponte “*studi_localita*” che lega le due entità “*localita_colpите*” e “*studi_di_riferimento*”:

- Per prima cosa si definiscono le relazioni di JOIN tra “*studi_localita*” e “*localita_colpите*” e “*studi_di_riferimento*” (Figura 3.14).
- Dopo di che si definiscono le relazioni di RELATE tra “*localita_colpите*” e “*studi_localita*” e “*studi_di_riferimento*” e “*studi_localita*” (Figura 3.15).

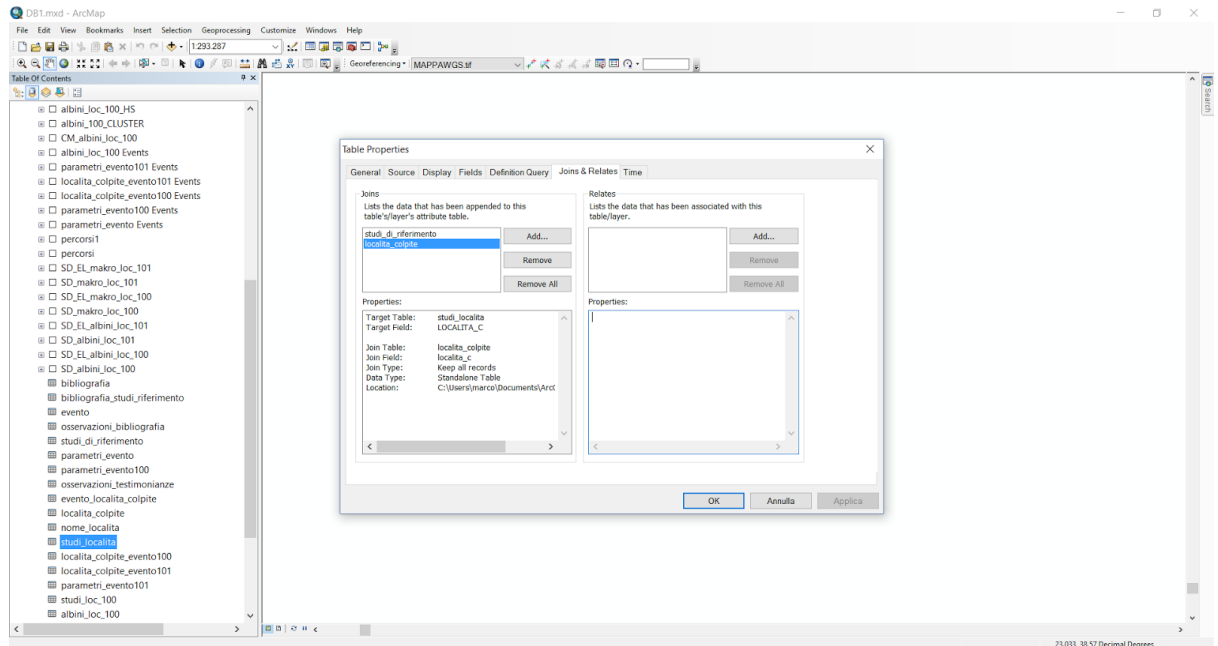


Figura 3.14 - Definizione delle relazioni di JOIN tra “*studi_localita*” e “*localita_colpите*” e “*studi_di_riferimento*”

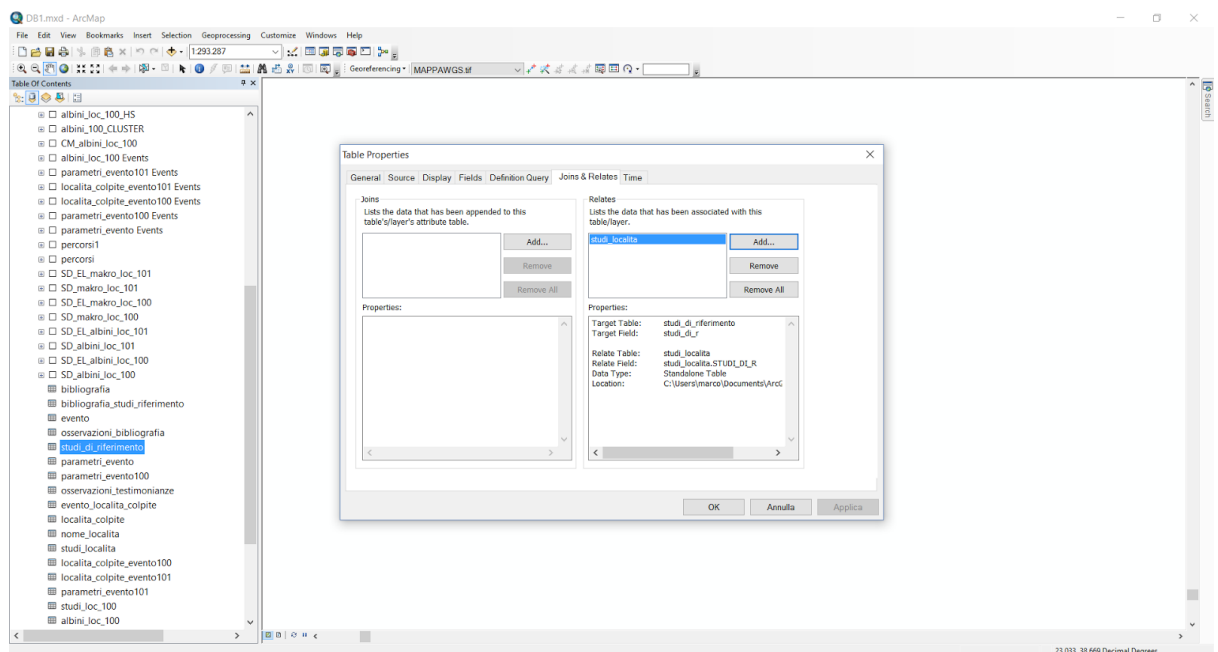


Figura 3.15 - Definizione delle relazioni di RELATE tra “*localita_colpите*” e “*studi_localita*” e “*studi_di_riferimento*” e “*studi_localita*”

Una volta effettuato questo procedimento per tutte le entità e le tabelle ponte si può procedere alla formulazione delle interrogazioni (query).

Si riportano, a titolo esemplificativo, tre risultati di interrogazioni effettuate con il software ArcGIS:

- Selezione della bibliografia dello studio (Albini e Pantosti, 2004), contenente sia le fonti storiche che gli studi svolti dopo gli eventi (Figura 3.16);
- Selezione degli studi svolti sull'evento sismico del 20/04/1894 (Figura 3.17);
- Selezione del percorso compiuto e delle località osservate dall'osservatore W. Bouchier (Figura 3.18).

OID	bibliogr	studi_di	codice_ide	nome_bibli	titolo	
81	781	16	APC18947	C. R. Hebdomadaires des Seances de l'Acad. Sci	Sur le tremblement de terre de Locride (Grece) du mois d'avril 1894	Papavasiliou A.
82	782	16	APC18947	C. R. Hebdomadaires des Seances de l'Acad. Sci	Sur la nature de la grande crevasse produite a la suite du dernier tremblement	Papavasiliou A.
83	783	16	APV18947	Verhandlungen der Gesellschaft fur Erdkunde zu Berlin	Das diesjahrige Erdbeben in Lokris	Philipsson, A.
84	784	16	APB18947	Bericht: Sitzung der naturw. Sektion vom 4. Niederrhein	-9999	Philipsson, A.
85	785	16	NAG19907	Geophys. J. Int.	Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988	Ambraseys, N. N. and J. Jackson
86	786	16	ACM20007	Marine Geol. Spec.	Coastal impacts of the 1894 Gulf of Atalanti earthquakes, central Greece	Cundy, A. B., S. Kortekaas, T. Dewez, Galanopoulos, A. G.
87	787	16	AGA19607	Athens Seismol. Lab. Univ. of Athens	A catalogue of shocks with intensity greater or equal than VI or M greater or	
88	788	16	AGT19977	Ph.D. Thesis, University of Reading	Fault segmentation and seismic hazard assessment in the Gulf of Evia rift, c	Ganas, A.
89	789	16	AGB19987	Bull. Geol. Soc. Greece	A model for the tectonic subsidence of the Allai archaeological site, central	Ganas, A., and A. V. Buck
90	790	16	AGO19987	-9999	Segment boundaries, the 1894 ruptures, and strain patterns along the Atalan	Ganas, A., G. P. Roberts, and T. Men
91	791	16	PGA20007	Ann. Geophys.	From earthquake intensities to earthquake sources: extending the contributi	Gasperini, P., and G. Valensise
92	792	16	PGB19997	Bull. Seism. Soc. Am.	Defining seismogenic sources from historical earthquake felt report	Gasperini, P., F. Bernardini, G. Valensise
93	793	16	GGC19987	Cah. du Centre Europeen de Geodinamique et de Seismol	European Macroseismic Scale 1998	Grunthal, G.
94	794	16	IGO198979	-9999	Seismotectonic map of Greece, scale 1:500.000	Institute of Geology and Mineral Explo
95	795	16	VKS19717	The Seismicity of the European Area, Vol. 2	-9999	Karnik, V.
96	796	16	FLT197779	These de Troisième Cycle, Université Paris XI, Centre Or	Etudes neotectoniques en Grèce centrale nord-orientale (Eubée centrale, Att	Lemelle, F.
97	797	16	PMO19937	-9999	Historical Atlas of East Central Europe: A History of East Central Europe, Vo	Magosci, P. R.
98	798	16	KMP19947	Proc. XXIV ESC General Assembly, Athens, Greece 19-	The 1894 April 20 and 27 Atalanti earthquakes: 100 years after-lessons lear	Makropoulos, K. C., and V. Kouskoun
99	799	16	DPB20017	Bull. Seism. Soc. Am.	A reappraisal of the 1894 Atalanti earthquake surface ruptures, central Gree	Pantosti, D., P. M. De Martini, D. Pap

Figura 3.16 - Output dell'interrogazione elaborata per ottenere la bibliografia dello studio (Albini e Pantosti, 2004)

L'interrogazione in Figura 3.16 mostra come il sistema implementato permette la consultazione di informazioni di tipo bibliografico da parte dei ricercatori, tale funzionalità era uno dei requisiti prefissati all'inizio del lavoro. L'interrogazione restituisce dati riguardanti sia le fonti storiche (contemporanee all'evento) sia gli studi svolti dopo gli eventi.

codice_ide	autore	giorno_stu	mese_stu	anno_stud	titolo_stu	dettagli_p	tipologia	luogo_p	doi
VKS19717	Karnik V.	-9999	-9999	1971	The Seismicity of the European Area, Vol. 2	-9999	-9999	-9999	-9999
NSC19748	Shebalin N.V. et al.	-9999	-9999	1974	Catalogue of earthquakes of the Balkan region, I, UNDP-UNESCO survey of the seismic	-9999	-9999	-9999	-9999
BPS19898	Papazachos B. and Papazachou	-9999	-9999	1989	Oi Seismoe tis Ellados (The Earthquakes of Greece)	-9999	-9999	-9999	-9999
BPE19898	Papazachos B. and Papazachou	-9999	-9999	1997	The Earthquakes of Greece	-9999	-9999	-9999	-9999
NAG19907	Ambraseys N. N. and Jackson J.	-9999	-9999	1990	Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988	-9999	-9999	-9999	-9999
KMP19947	Makropoulos K. C. and Kouskoun	-9999	-9999	1994	The 1894 April 20 and 27 Atalanti earthquakes: 100 years after-lessons learnt	-9999	-9999	-9999	-9999
PAB20048	Albini P. Pantosti D.	-9999	-9999	2004	The 20 and 27 April 1894 (Locris, Central Greece) Earthquake Sources through Coeval	-9999	-9999	-9999	-9999

Figura 3.17 - Output dell'interrogazione elaborata per ottenere tutti gli studi svolti sull'evento sismico del 20 Aprile 1894

Analogamente a quanto fatto nella query precedente, in Figura 3.17 è mostrato un altro tipo di interrogazione che potrebbe essere fatta da chi si occupa di sismologia storica, in questo caso riferita agli studi svolti sull'evento sismico del 20 Aprile.

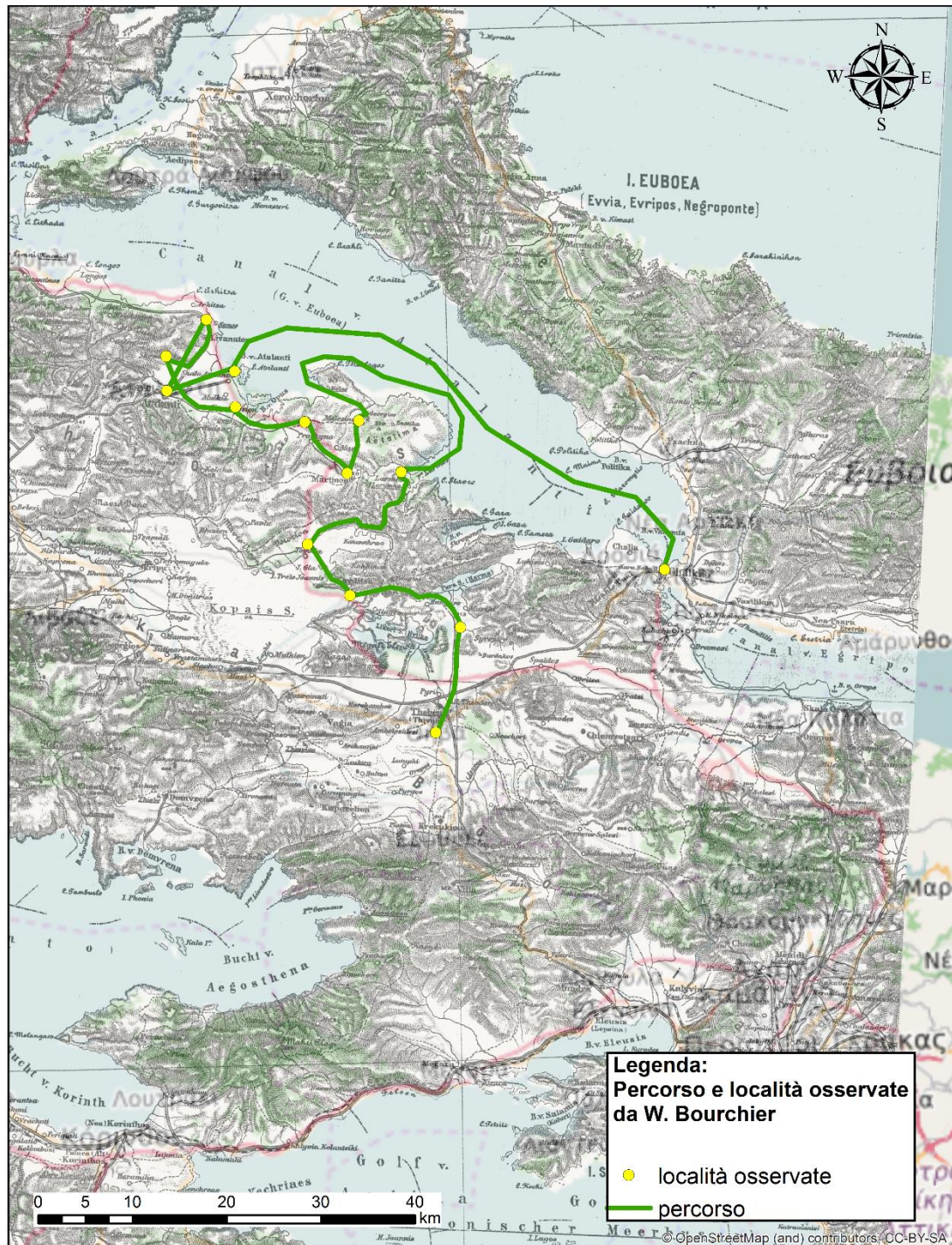


Figura 3.18 - Output dell'interrogazione elaborata per ottenere il percorso compiuto (con località di partenza Atene) e le località osservate dall'osservatore W. Bouchier

Infine, in Figura 3.18, un'interrogazione che potrebbe risultare interessante per approfondire la conoscenza relativa alle testimonianze dirette, è quella riferita ai percorsi svolti dagli osservatori con le località osservate da essi. Questa interrogazione è arricchita dalla presenza della mappa antica.

3.4 ANALISI DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI DATI

All'interno di ArcGIS sono presenti diversi strumenti per effettuare analisi spaziali e/o tematiche sui dati a disposizione. In particolare, è possibile calcolare alcuni indicatori di distribuzione spaziale:

- centro medio (mean center);
- ellisse di dispersione (standard deviation ellipse);
- statistica di Getis e Ord G_i^* (Hot Spot analysis).

L'uso di tali indicatori è uno strumento di analisi di tipo spaziale/statistico che mostra le diverse potenzialità del software ArcGIS.

Gli indicatori forniscono informazioni sulla posizione spaziale del centro medio, la direzione e la distribuzione (casuale o dipendente da alcuni fattori) dei dati, pertanto i risultati statistici ottenuti non saranno interpretati da un punto di vista sismologico.

Prima di procedere all'utilizzo dello Spatial Analyst di ArcGIS è necessario effettuare la proiezione cartografica delle coordinate passando da coordinate geografiche nel sistema di riferimento WGS84 a coordinate cartografiche nel sistema di riferimento proiettato ETRS 1989 UTM Zona 34 N (alla quale appartiene la Grecia), dato che gli strumenti per il calcolo degli indicatori di distribuzione lavorano con dati espressi in metri, come nel caso di sistemi di riferimento proiettati. Questa operazione è immediata grazie all'uso di un tool dedicato (Calculate Geometry).

La tabella degli attributi dell'entità *localita_colpita* contiene i campi con latitudine e longitudine dei punti in coordinate geografiche in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84.

Si descrivono qui di seguito gli indicatori spaziali calcolati a partire dai dati in possesso.

Il centro medio (mean center) è un indicatore che, nota la distribuzione spaziale dei dati, calcola la posizione del centro medio. Esso quindi identifica il centro geografico di una serie di dati.

$$x_c = \frac{\sum x_i}{N} ; y_c = \frac{\sum y_i}{N} \quad (3.1)$$

Ove:

x_i : ascissa del punto i -esimo;

y_i : ordinata del punto i -esimo;

N : numero totale di punti.

L'ellisse di dispersione (standard deviation ellipse) rappresenta invece la deviazione standard della distanza di ogni punto dal centro medio, anche dal punto di vista direzionale.

La statistica di Getis and Ord G_i^* (Hot spot analysis) identifica infine la presenza statistica significativa di punti caldi (hot spots) e zone fredde (cold spots) data una distribuzione di punti e fissata una caratteristica di tali punti.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}} \quad (3.2)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (3.4)$$

La statistica G_i^* restituisce per ciascuna caratteristica del set di dati un punteggio detto *z-score*:

- per valori statistici significativamente positivi dello *z-score*, più è alto il valore dello *z-score* più il raggruppamento è intenso per valori alti della caratteristica studiata (hot spot);

- per valori statistici significativamente negativi dello z-score, più è piccolo il valore dello z-score più il raggruppamento è intenso per valori bassi della caratteristica studiata (cold spot).

Oltre allo z-score viene fornito il p-value, che nel caso abbia un valore basso significa che è molto improbabile che il modello spaziale osservato sia il risultato di processi casuali.

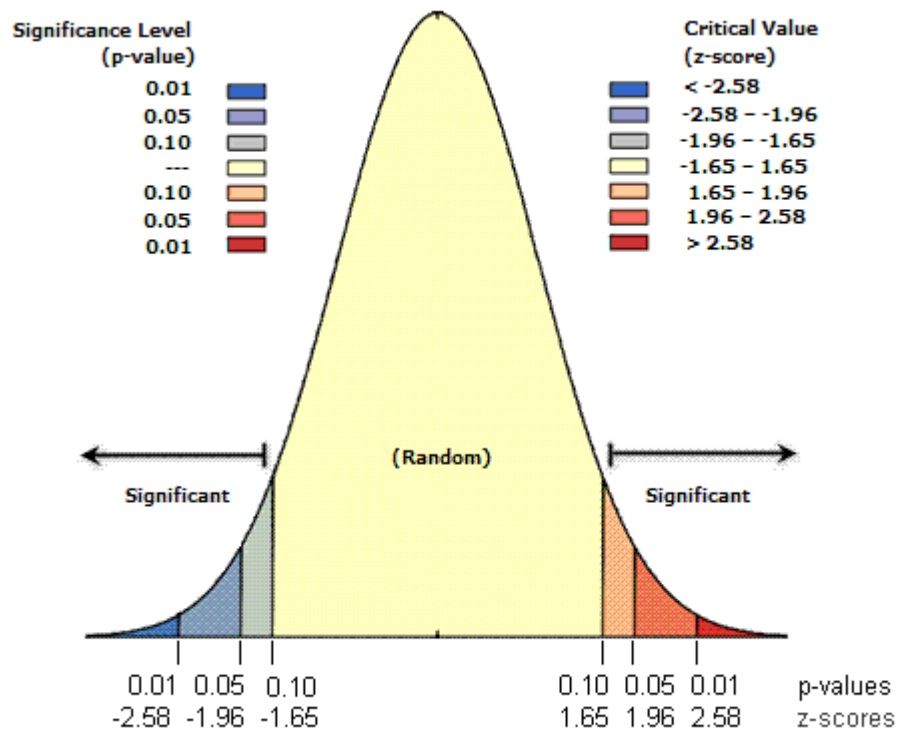


Figura 3.19 - z-score e p-value associati ad una distribuzione normale con livelli di significatività come rappresentato nel report di ArcGIS

CENTRO MEDIO E ELLISSE DI DISPERSIONE DELLE LOCALITÀ COLPITE

Per quanto riguarda l'evento del 20/04/1894 si sono calcolati:

- il centro medio e l'ellisse di dispersione delle località colpite citate nello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) (Figura 3.20);
- il centro medio e l'ellisse di dispersione delle località colpite citate nello studio (Albini e Pantosti, 2004) (Figura 3.21).

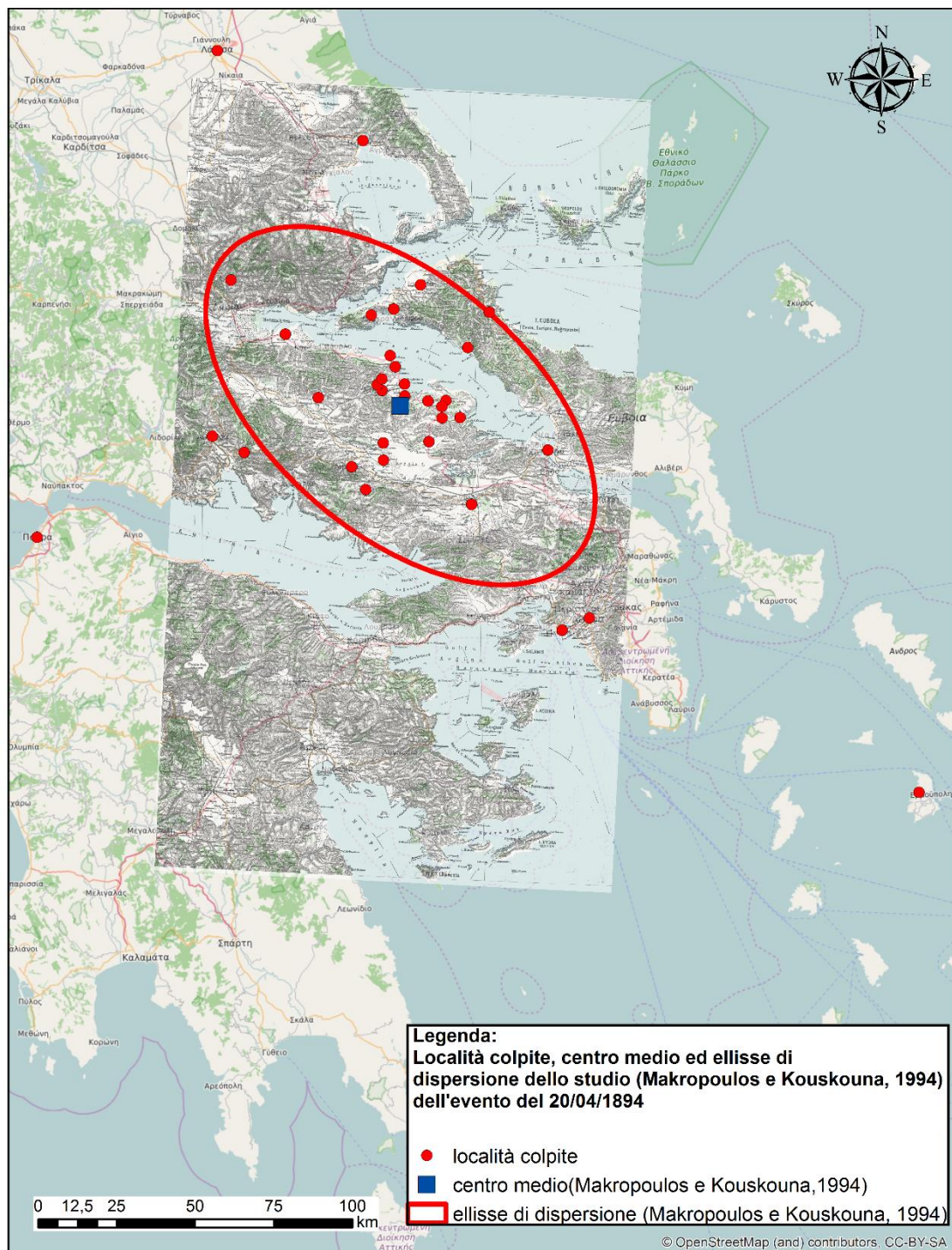


Figura 3.20 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

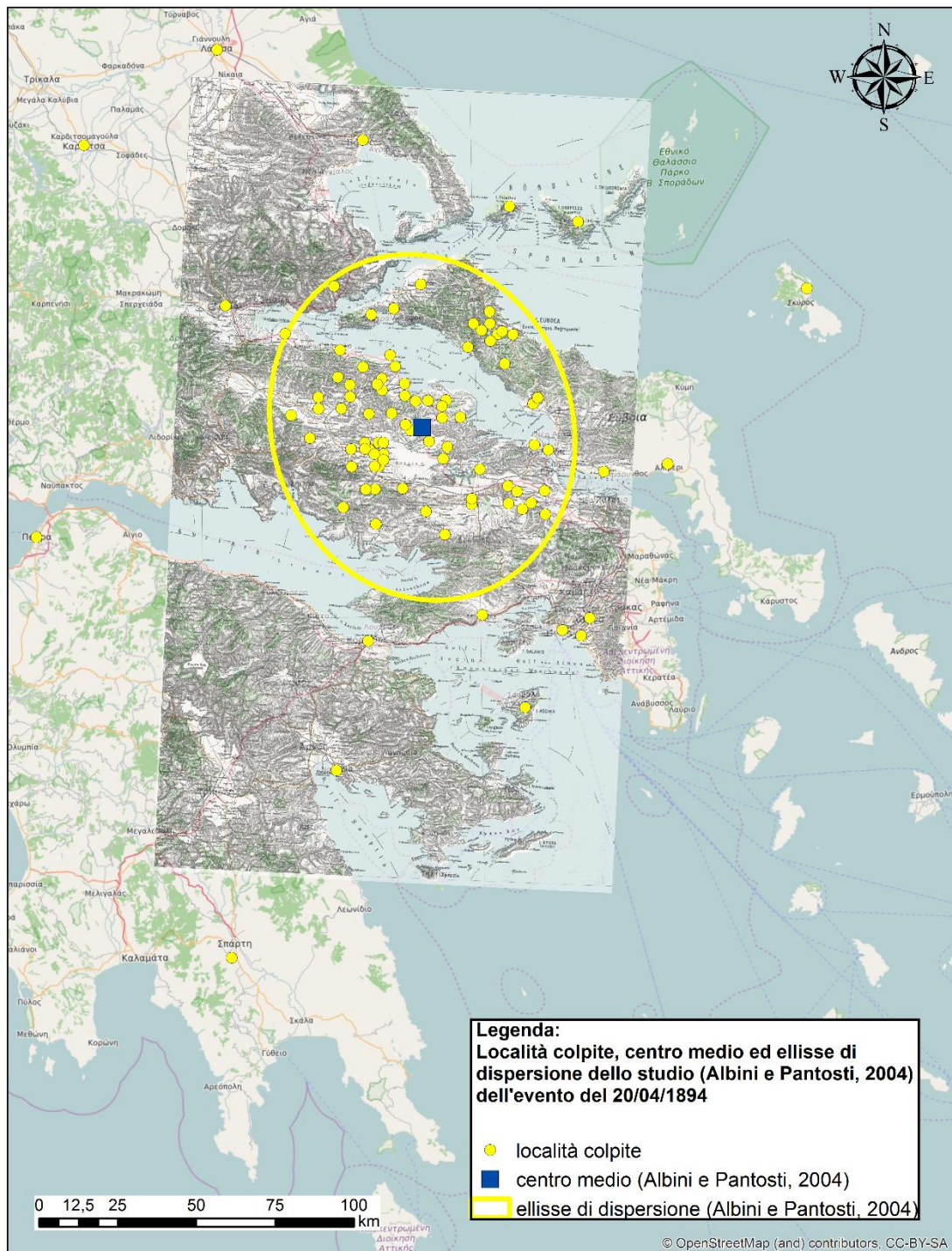


Figura 3.21 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 1994)

Facendo un'analisi di tipo statistico, si può osservare che:

- a causa del numero ridotto e della dispersione delle località colpite, nello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994), l'ellisse che si ottiene risulta essere di forma allungata nella direzione nord-ovest e sud-est, in accordo con la morfologia del territorio, come si può osservare nella Figura 3.20;
- nello studio (Albini e Pantosti, 2004) è disponibile un maggior numero di località colpite, le quali sono concentrate nella parte centrale dell'area colpita, quindi l'ellisse ottenuta ha una forma quasi circolare, posizionata attorno al centro medio.

Per quanto riguarda l'evento del 27/04/1894 si sono calcolati:

- il centro medio e l'ellisse di dispersione delle località colpite citate nello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) (Figura 3.22);
- il centro medio e l'ellisse di dispersione delle località colpite citate nello studio (Albini e Pantosti, 2004) (Figura 3.23).

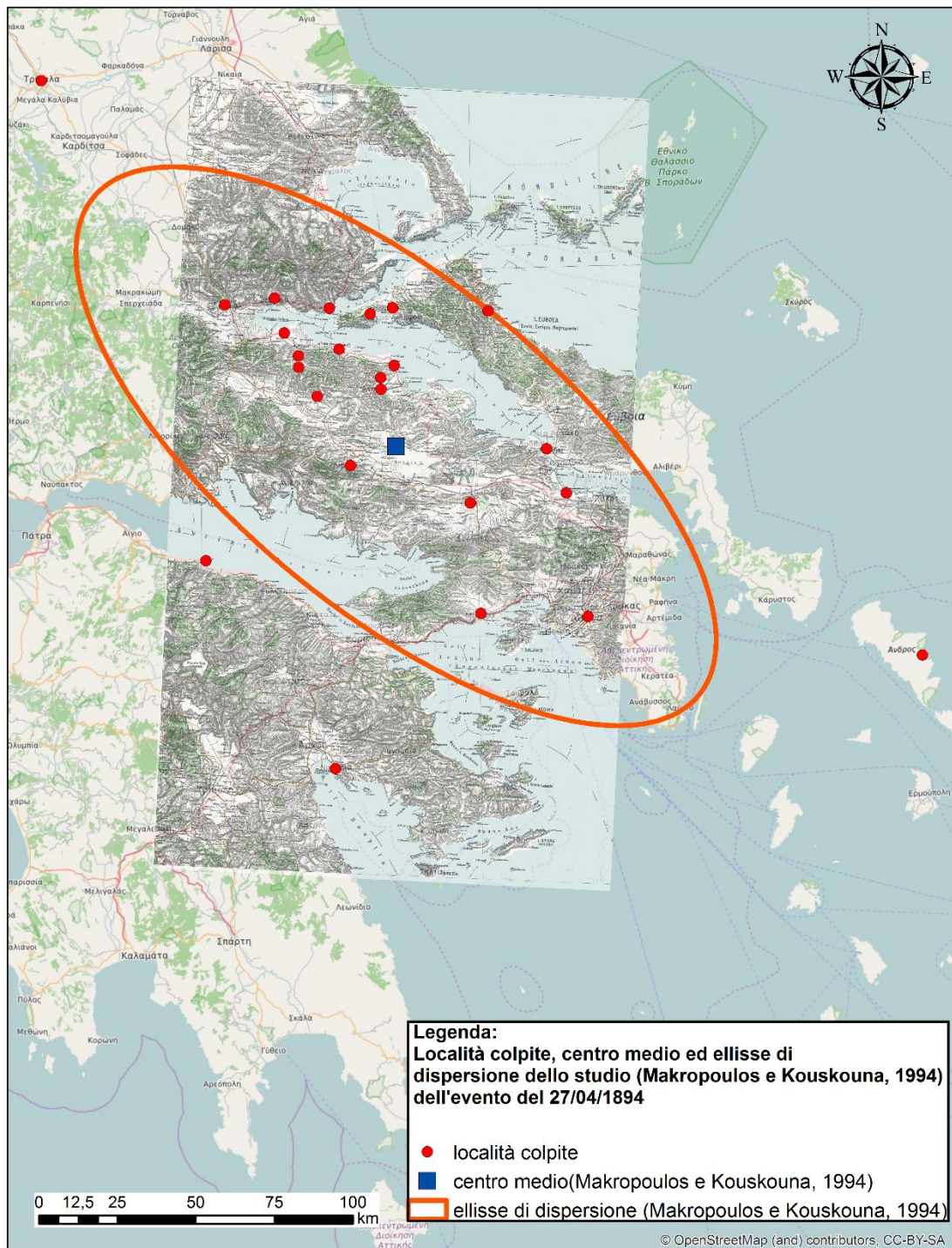


Figura 3.22 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

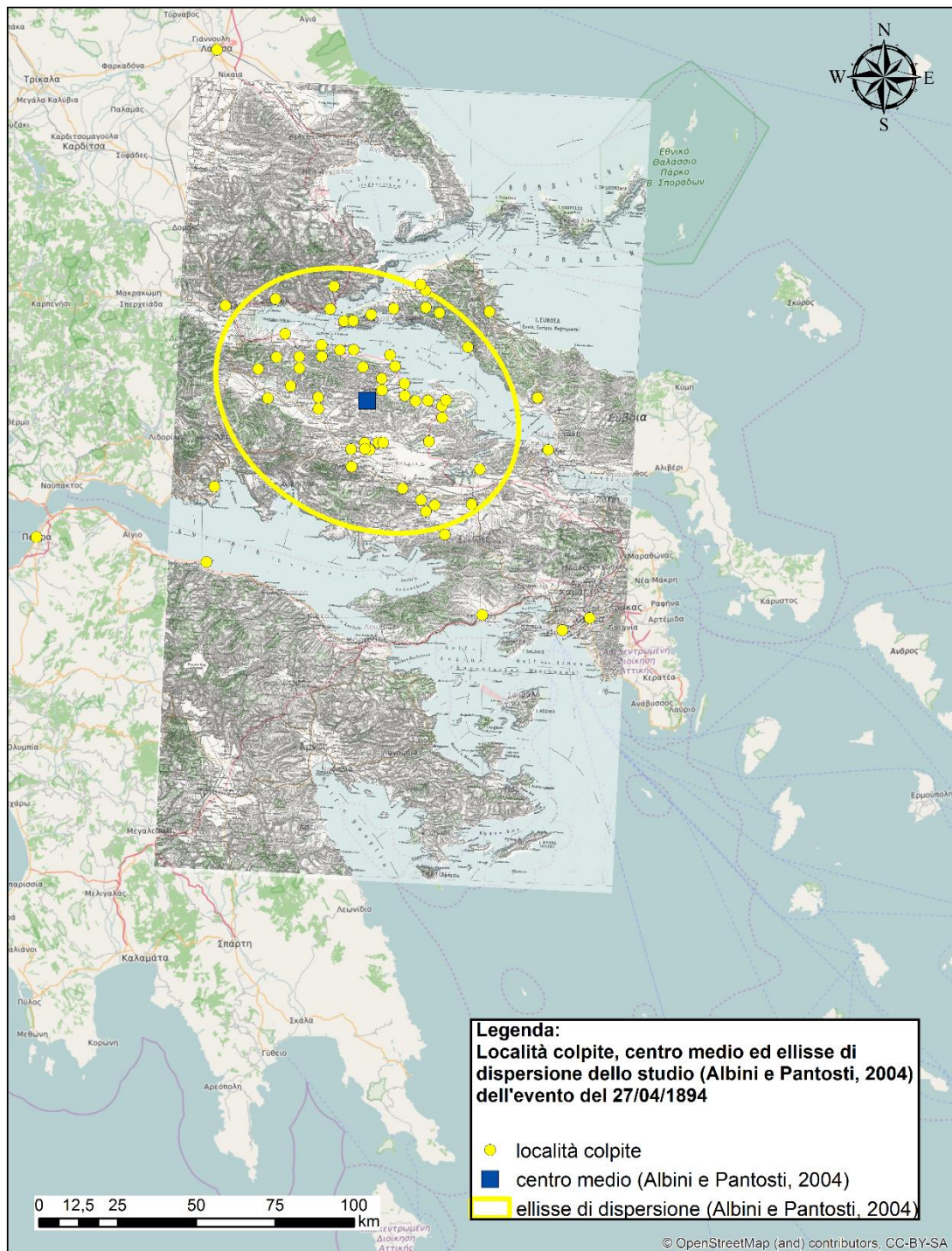


Figura 3.23 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 1994)

L'analisi svolta sui dati relativi al 27 Aprile 1894 conferma le considerazioni fatte in precedenza per le ellissi di dispersione relative all'evento del 20 Aprile. Infatti si può notare in Figura 3.22 come l'ellisse di dispersione abbia la stessa direzione con una forma ancor più allungata.

Per quanto riguarda la direzione di distribuzione dei punti, l'analisi fatta sullo studio (Albini e Pantosti, 2004) in Figura 3.23, fa notare come, a differenza del caso del 20 Aprile (Figura 3.21), l'orientamento è coerente con quello ottenuto dallo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) presente in Figura 3.22.

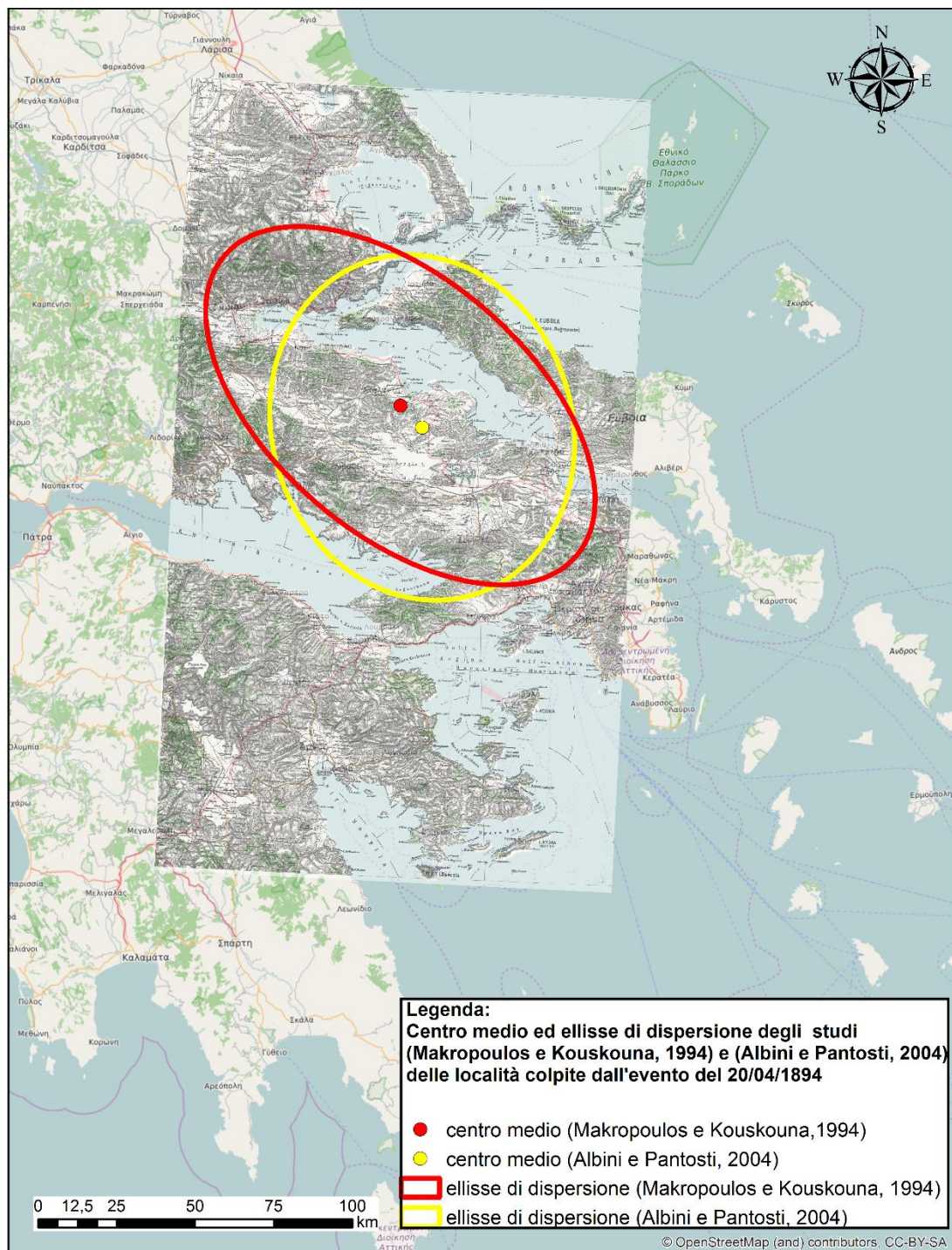


Figura 3.24 - Centri medi ed ellissi di dispersione dell'evento del 20 Aprile 1894

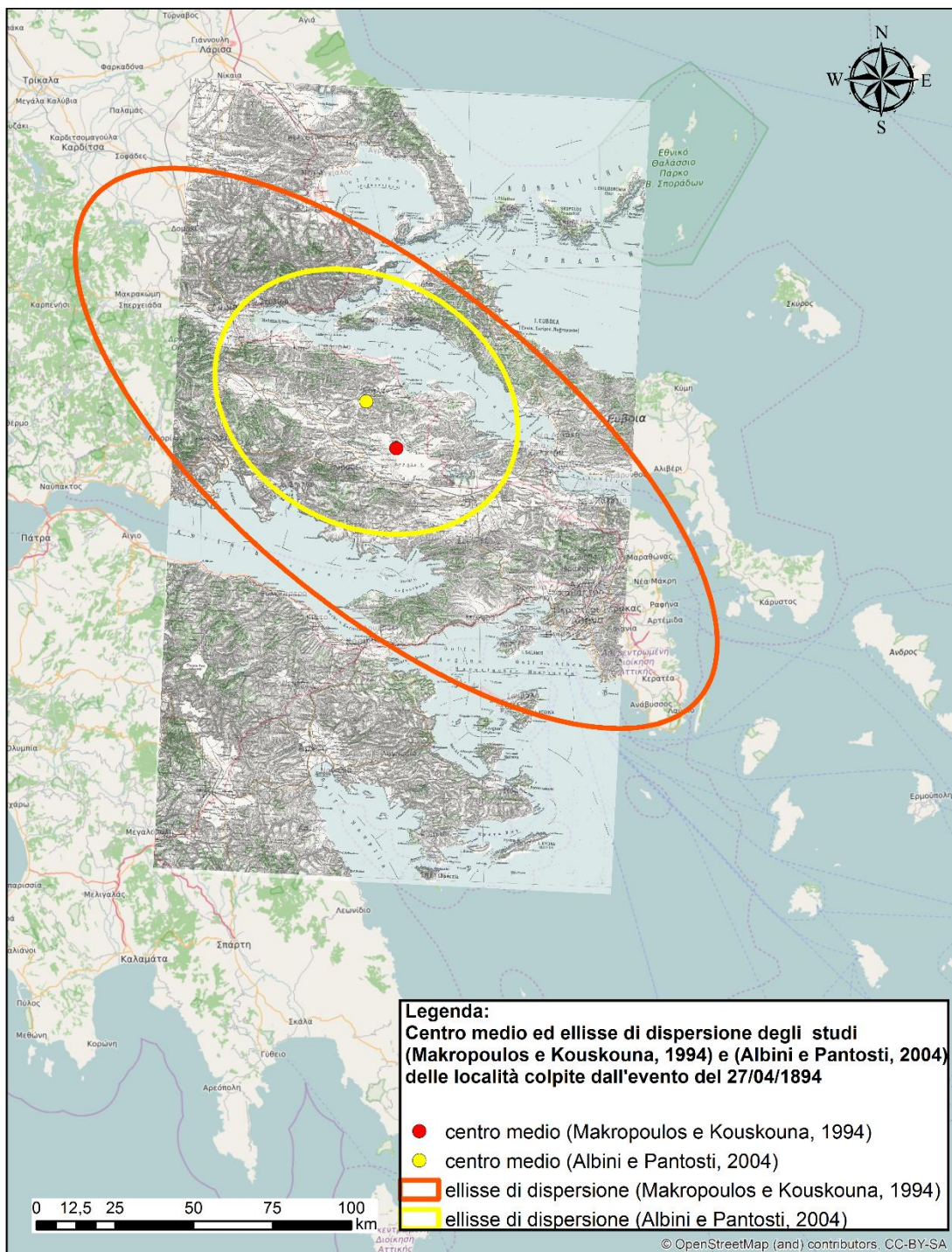


Figura 3.25 - Centri medi ed ellissi di dispersione dell'evento del 27 Aprile 1894

Le Figure 3.24 e 3.25 forniscono una visione sintetica di confronto degli indicatori ottenuti dai due studi per ciascun evento.

A causa della dispersione e del minor numero di dati presenti dallo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) le ellissi ottenute, come già detto in precedenza, sono più allungate e hanno una maggiore dimensione rispetto a quelle ottenute dallo studio (Albini e Pantosti, 2004).

STATISTICA DI GETIS E ORD GI* (Hot spot/cold spot analysis)

Per quanto riguarda l'evento del 20/04/1894 si sono calcolati:

- Hot spot analysis delle località colpite citate nello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994);
- Hot spot analysis delle località colpite citate nello studio (Albini e Pantosti, 2004).

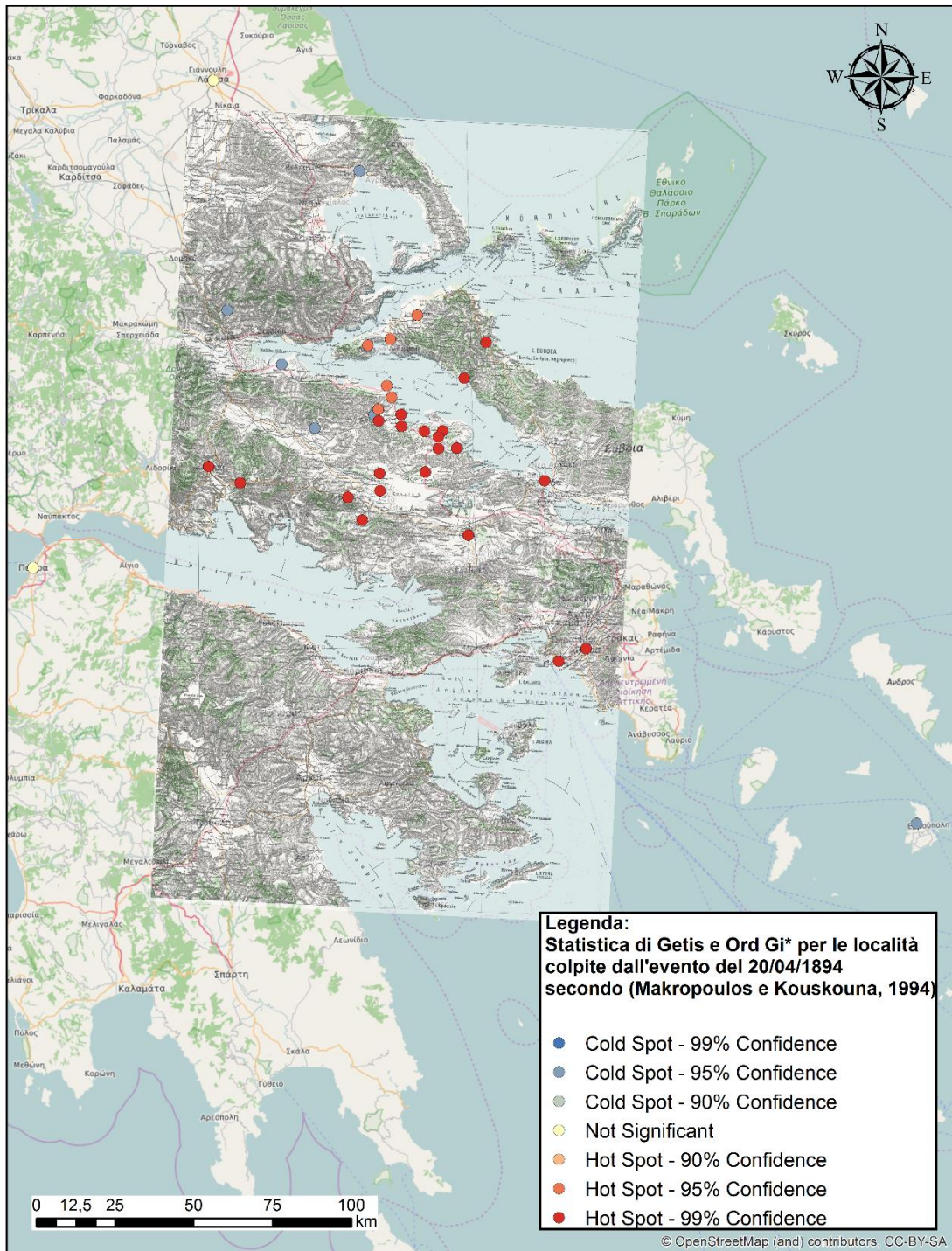


Figura 3.26 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

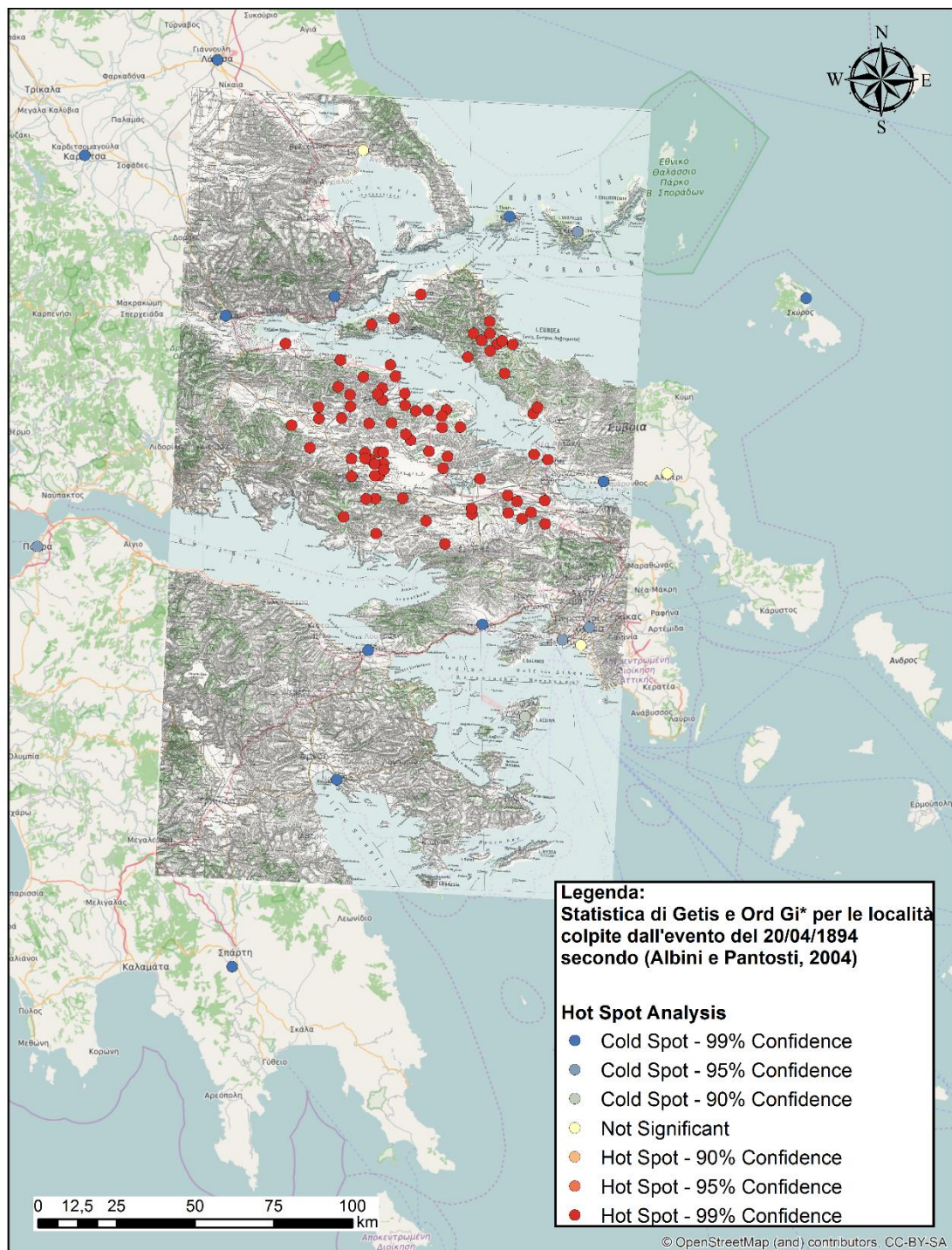


Figura 3.27 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004)

Per quanto riguarda l'evento del 27/04/1894 si sono calcolati:

- Hot spot analysis delle località colpite citate nello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994);

- Hot spot analysis delle località colpite citate nello studio (Albini e Pantosti, 2004).

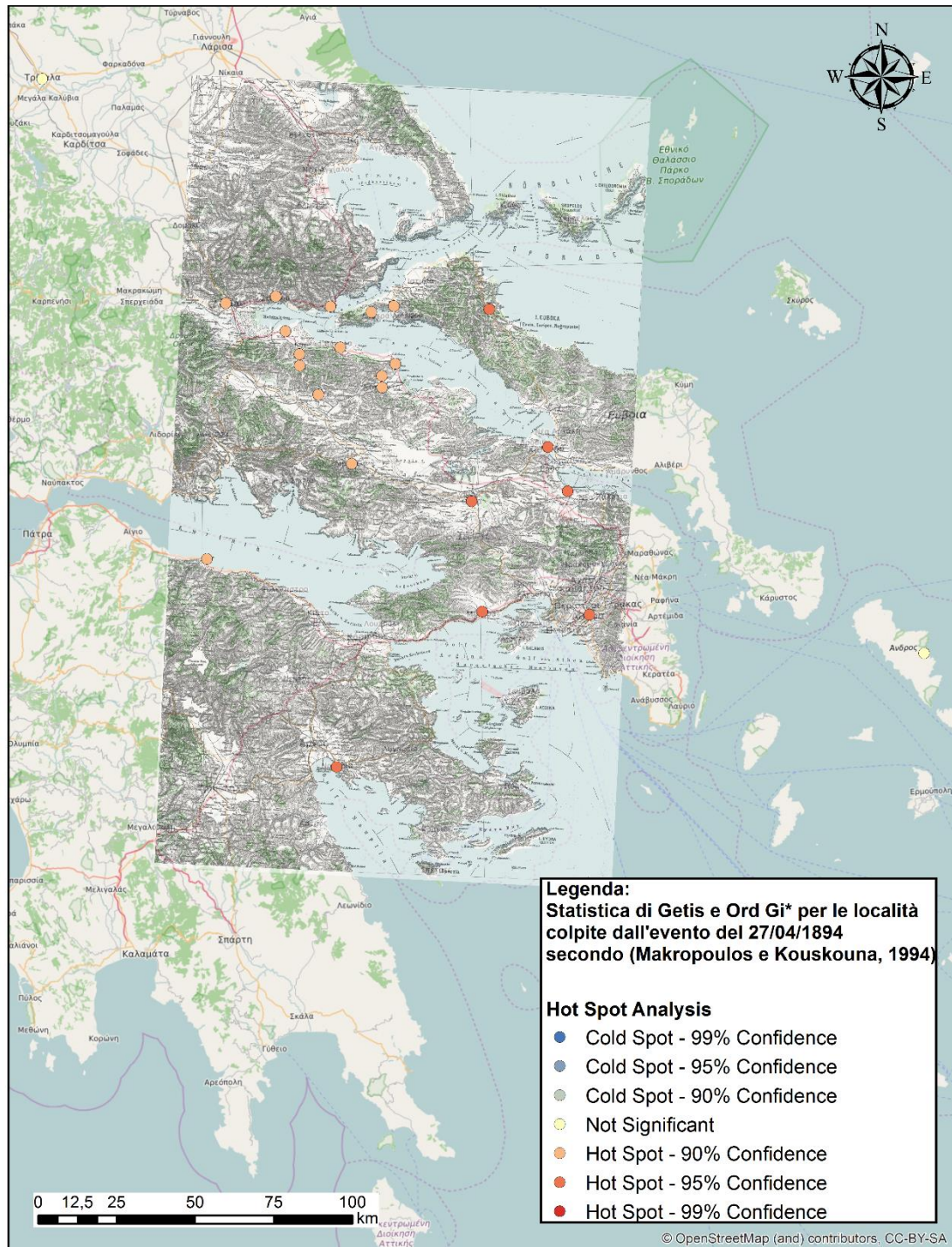


Figura 3.28 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

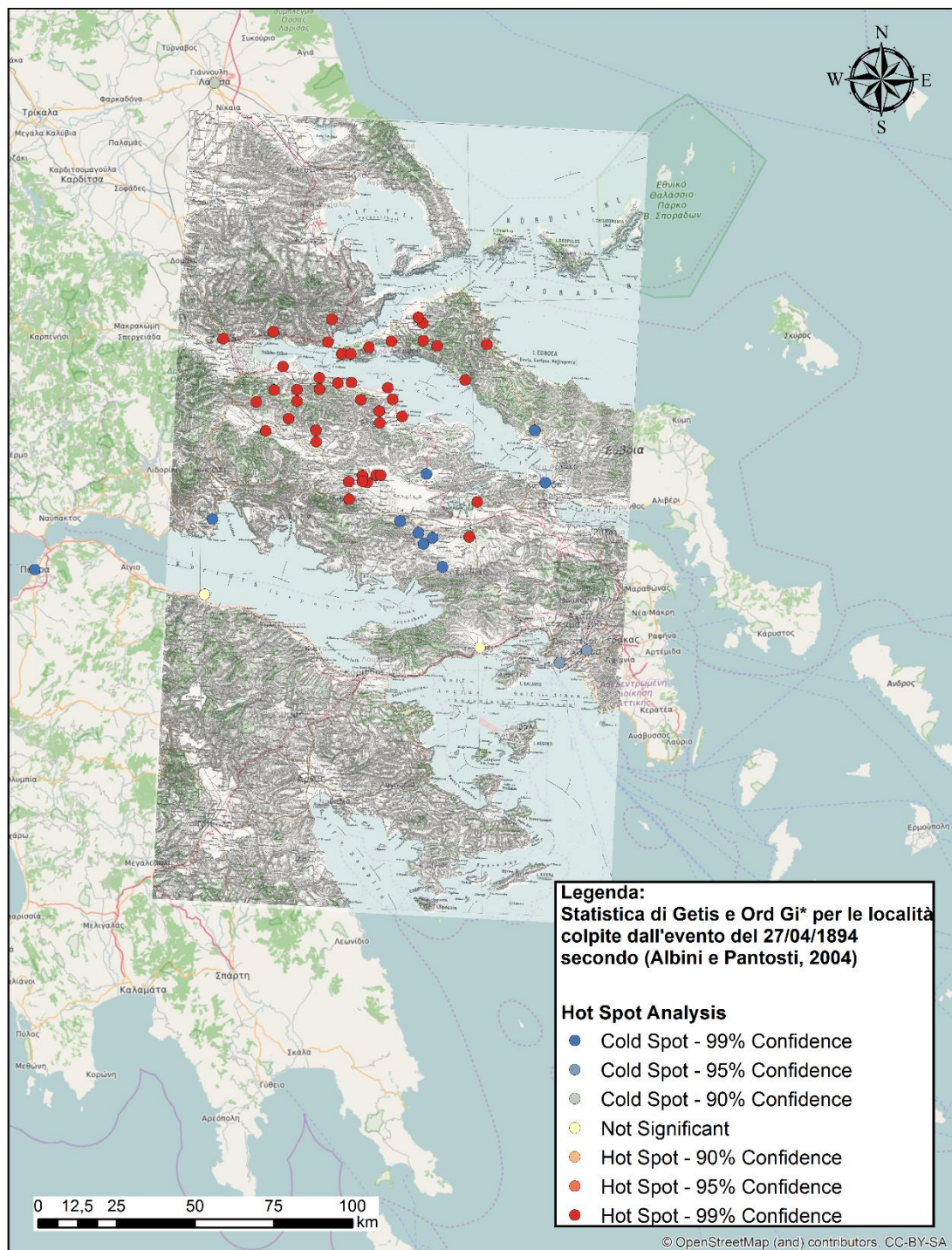


Figura 3.29 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004)

Facendo un confronto sulle elaborazioni dei risultati dei due studi, evento per evento (20 aprile e 27 aprile), si nota che c'è consistenza (dal punto di vista statistico) fra (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004), nonostante il primo studio

fornisca un minor numero di dati.

Le elaborazioni sono in accordo con quanto ci si aspetta osservando le mappe dell'intensità (Figure da 3.9 a 3.12). I risultati ottenuti in entrambi gli studi definiscono in maniera univoca i "punti caldi" delle località colpite dal primo evento, tale considerazione si può fare anche per il secondo evento nonostante lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994) presenti meno dati.

Analizzando i valori ottenuti del p-value, si può dire che l'intensità macrosismica causata dai due terremoti sulle località non è il risultato di un processo casuale, bensì è fortemente correlata alla distanza dall'epicentro.

3.5 CONSIDERAZIONI SULLE ELABORAZIONI

In questo capitolo si è dimostrato quali sono le potenzialità del DB spaziale che è stato realizzato per i dati dei terremoti storici. A partire da dati di tipo tabellare si sono potuti realizzare diversi elaborati cartografici nei sistemi di riferimento WGS84 e ETRS 1989 UTM.

Un'altra importante considerazione da fare è rappresentata dallo sfondo cartografico fornito dalla mappa antica georeferenziata perché permette di visualizzare cartograficamente le caratteristiche dei territori colpiti al tempo in cui gli eventi sono avvenuti.

La capacità di ArcGIS di gestire dati di tipo spaziale e tabelle degli attributi ad essi associati, ha reso possibile la realizzazione di interrogazioni che permettono agli utenti di esplorare in maniera dettagliata tutte le informazioni disponibili. A seconda delle proprie necessità ArcGIS fornisce dati in formato tabellare e, se necessario, traduce tali informazioni sotto forma di elaborati cartografici.

Utilizzando gli indicatori di distribuzione spaziale, si è fatta un'analisi di tipo spaziale/statistico che permette di confrontare i risultati dei diversi studi sui terremoti avvenuti in passato. Gli indicatori hanno fornito informazioni sulla posizione spaziale del centro medio, la direzione e la distribuzione (casuale o dipendente da alcuni fattori) dei dati relativi alle località. Tali informazioni possono essere prese come spunto per ulteriori indagini e interpretazioni dei dati da parte dei sismologi.

4

CONDIVISIONE DEI GEODATI ONLINE

Nel presente capitolo viene descritto il metodo utilizzato per la condivisione via Web dei geodati dei terremoti storici, tramite la piattaforma GeoNode, che ha permesso di realizzare un WebGIS. Questo lavoro è stato eseguito per fare sì che sia possibile un accesso più rapido e condiviso alle informazioni archiviate, e quindi la loro consultazione e analisi da parte di studiosi del settore.

4.1 COSA E' UN WEBGIS

Un WebGIS è un Sistema Informativo Territoriale pubblicato su Web, il quale permette anche di:

- esplorare i dati (con query semplificate);
- eseguire analisi;
- produrre mappe a partire dai geodati che esso rende disponibili.

Dal punto di vista informatico, l'architettura di questi Sistemi è di tipo *client/server*. Il termine *client-server* si riferisce normalmente all'architettura di una applicazione *software* costituita da due programmi distinti e fra loro indipendenti (Fu e Sun, 2011):

- un programma *server*, che fornisce una serie di servizi;
- un programma *client*, che richiede ed utilizza tali servizi.

Il programma *client* consiste fundamentalmente in una "interfaccia utente" che accetta le richieste di un utilizzatore umano, ne verifica la correttezza e compone un "messaggio" di richiesta al *server*, attendendo adeguata risposta. Quando il *server* risponde, il *client* può convertire il messaggio di risposta nella forma più opportuna affinché possa essere compresa dall'utilizzatore.



Figura 4.1 -Componenti dell'architettura client/server (F. Migliaccio,2016).

4.2 GEONODE

Sono diverse le tecnologie disponibili, in questo caso si è scelto di pubblicare il Sistema Informativo attraverso la piattaforma GeoNode.

L'applicazione GeoNode nasce appositamente per lo sviluppo di Sistemi Informativi Territoriali, permettendo di importare, esplorare, processare e condividere i propri dati attraverso strumenti propri di un software GIS. Al fine di garantire una completa idoneità alla condivisione e al trasferimento dei geodati, la piattaforma implementa molti standard

OGC (Open Geospatial Consortium). Attraverso l'implementazione di standard si persegue l'interoperabilità del Sistema Informativo realizzato, permettendo così a sistemi sviluppati in tempi diversi, da enti diversi, su piattaforme diverse di collaborare, rendendo compatibili ed ugualmente utilizzabili le informazioni del SIT a prescindere dall'ambiente in cui è consultato (F. Migliaccio, 2016).

Anche la compilazione e la pubblicazione dei metadati su GeoNode corrispondono a stili standard, selezionabili tra ISO, FGDC, NASA DIF e Dublin Core. L'applicazione riconosce tre tipi di utenti:

- utilizzatori: possono caricare, gestire e condividere dati geospaziali, realizzare e condividere mappe, collaborare con altri utilizzatori;
- amministratori: possono installare e distribuire siti web GeoNode;
- sviluppatori: scrivono i codici per aggiungere nuove funzionalità, curano l'integrazione con altri sistemi e provvedono alla correzione di eventuali bug che si potrebbero generare (Brovelli, 2014).

Per poter utilizzare la piattaforma è necessario prima eseguire l'installazione (nel presente caso si è utilizzata la versione 2.4 per Windows 10). Durante questa fase si definisce un "superuser", ovvero l'amministratore del sito.

Connettendosi poi al localhost (termine utilizzato per identificare la macchina locale su cui il programma è in esecuzione) della piattaforma installata, si può effettuare l'accesso al software come amministratore.

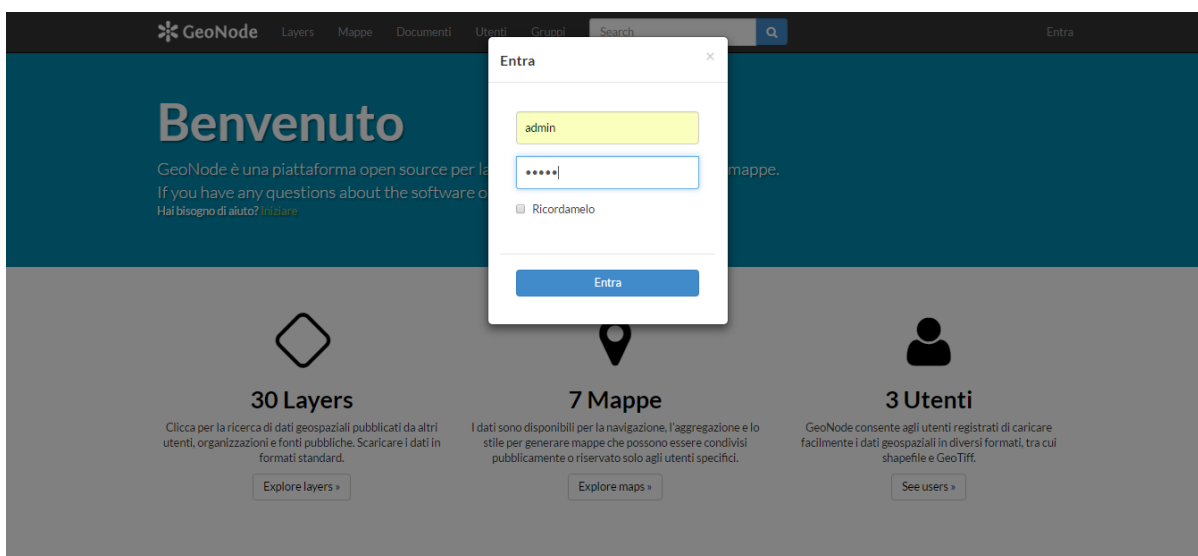


Figura 4.2 - Schermata di accesso alla piattaforma GeoNode

4.3 CARICAMENTO DEI LAYER E REALIZZAZIONE DI MAPPE IN GEONODE

Attraverso una pagina dedicata, la piattaforma GeoNode permette di caricare i layer, realizzati in ArcGIS, fornendo in ingresso le estensioni .dbf .prj .sbn .sbx .shx .shp¹⁴, proprie degli shapefile, formato ESRI divenuto ormai uno standard per i dati vettoriali.

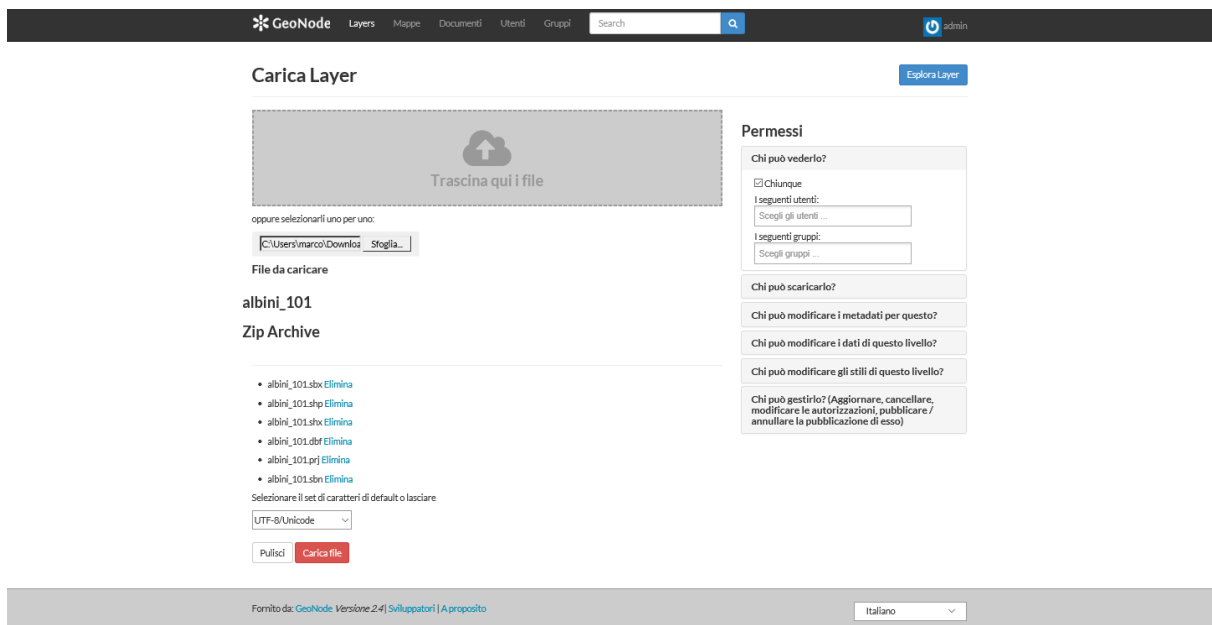


Figura 4.3 - Caricamento del layer selezionato

Nella versione usata in questo lavoro è possibile compilare in maniera completa i metadati associati ai layer caricati.

¹⁴ .dbf: formato di file che contiene i dati in formato tabellare; .prj: formato di file che contiene informazioni sul sistema di coordinate; .sbn: formato di file che contiene l'indice spaziale; .sbx: formato di file che contiene l'indice spaziale; .shp: formato di file che conserva le geometrie.

Modifica metadati

Modifica dettagli per geonode:albin_101

Aggiorna

Owner
© admin

Titolo
località colpite 20/04/1894 (albin)

Date
1894-04-20

Tipo di data
Publication

Edizione

Abstract
layer delle località colpite dal terremoto del 20/04/1894 secondo lo studio fatto da albin e pantosti.
Paola Albin and Daniela Pantosti (08/2004), The 20 and 27 April 1894 (Locris, Central Greece) Earthquake Sources through Coeval Records on *Macroseismic Effects*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 4, pp. 1305-1326.

Finalità
Studio sismologico storico

Figura 4.4 - Compilazione dei metadati associati ai layer caricati

Gli strati informativi importati in GeoNode sono stati quelli relativi a:

- Le località colpite dall'evento del 20 aprile 1894 secondo (Makropoulos e Kouskouna, 1994);
- Le località colpite dall'evento del 27 aprile 1894 secondo (Makropoulos e Kouskouna, 1994);
- Le località colpite dall'evento del 20 aprile 1894 secondo (Albin e Pantosti, 2004);
- Le località colpite dall'evento del 27 aprile 1894 secondo (Albin e Pantosti, 2004).

Sono stati impostati i permessi relativi alla visualizzazione ed alla modifica sia dell'entità che dei metadati e sono anche stati compilati i metadati di ciascun strato informativo. In ogni caso, entrambe le operazioni sono attuabili anche in un secondo momento accedendo al layer e modificando opportunamente le impostazioni.

Una volta caricati i layer si possono realizzare delle mappe selezionando i layer da inserire all'interno di esse.

La schermata di GeoNode è tipo GIS in quanto possiede elementi quali:

- Legenda;

- Scala;
- Query spaziali e tematiche;
- Zoom;
- Personalizzazione dei layer (stili e colori);
- Sovrapposizione layer;
- Consultazione delle informazioni associate agli elementi dei layer.

Il supporto cartografico di base usato da GeoNode è OpenStreetMap. Fornendo in ingresso l'estensione .prj del layer si definisce automaticamente il sistema di riferimento delle coordinate.

Per quanto riguarda le mappe delle località colpite, il sistema di riferimento è ETRS89/UTM zona 34N, mentre la mappa dei percorsi con le località osservate è in WGS84, cioè in coordinate geografiche.

Si sono realizzate tre mappe caricando i layer relativi a:

- località colpite dal primo evento citate negli studi (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004);
- località colpite dal secondo evento citate negli studi (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004);
- percorsi seguiti dagli osservatori dei due eventi e località da essi osservate.

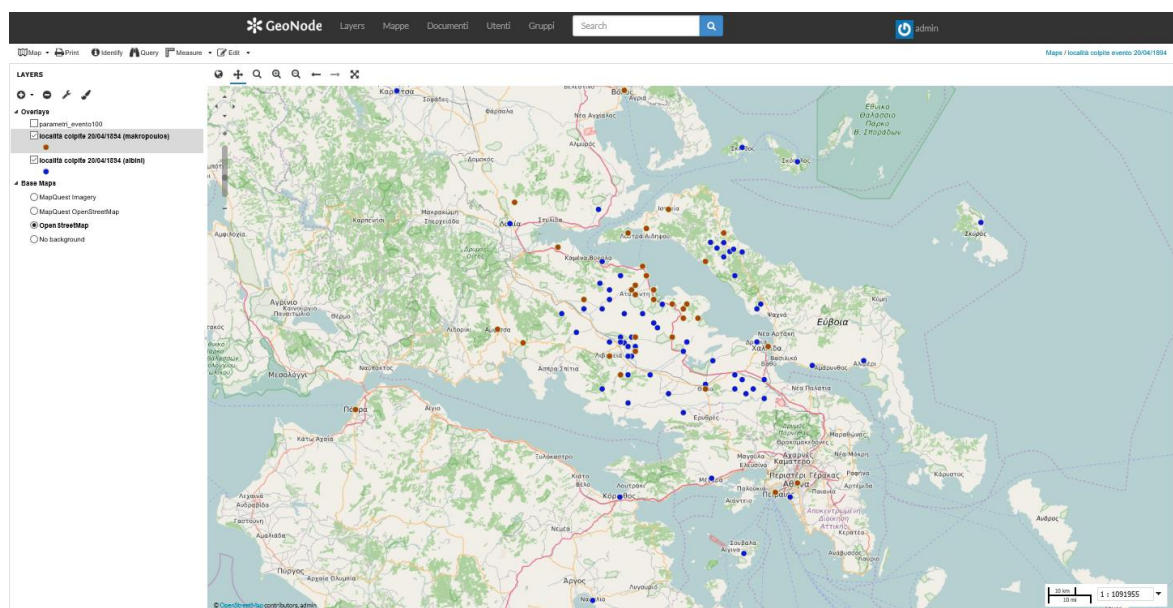


Figura 4.5 - Località colpite dal primo evento, citate in entrambi gli studi

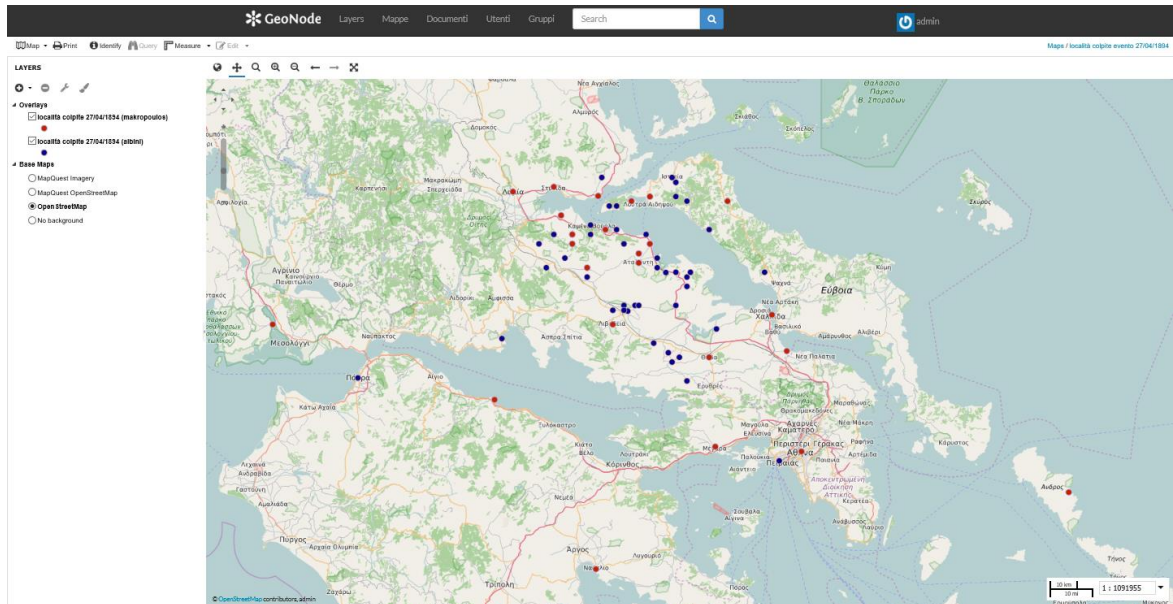


Figura 4.6 - Località colpite dal secondo evento citate in entrambi gli studi

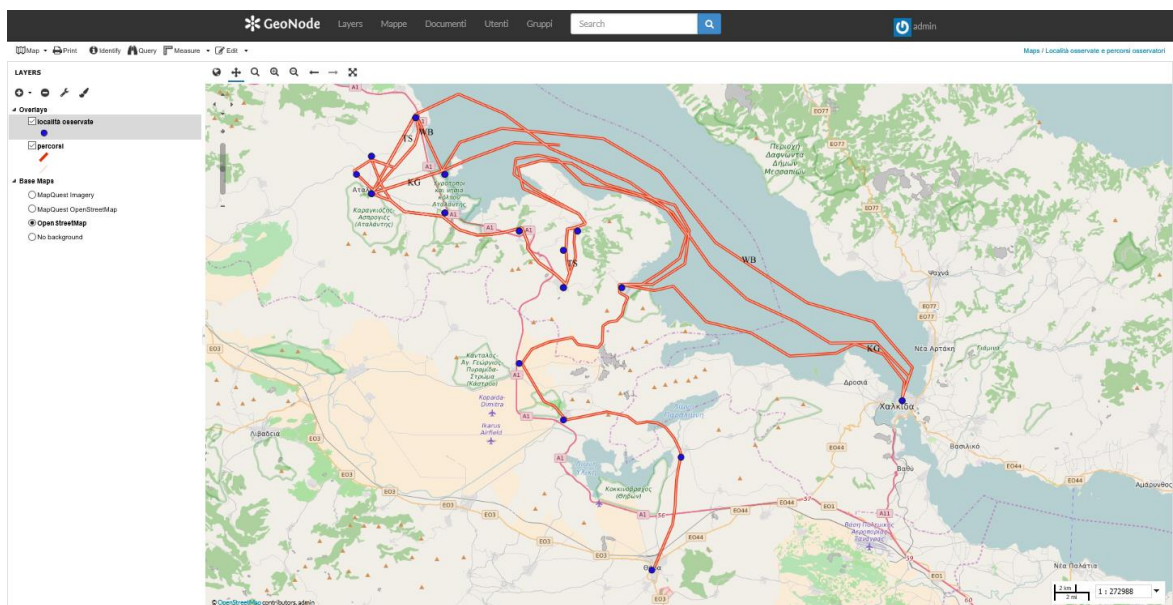


Figura 4.7 - Percorsi seguiti dagli osservatori con le località osservate

4.4 QUERY IN GEONODE

GeoNode permette di effettuare delle query sulle mappe realizzate, si è provato quindi ad effettuarne alcune per verificare la bontà della piattaforma.

The screenshot shows the GeoNode interface with a map of Greece. A query window is open, displaying a table of data for the selected layer 'località colpite evento 20/04/1894 (albin)'. The table has the following columns: STUDL_LOCA, STUDL_DIR, LOCALITA_C, ABITANTI, MORTI, FERITI_TES, FERITI_NUM, EDIFICLES, EDIFICI_E, EDIFICI_CO, EDIFICI_C, EDIFICI_IN, EDIFICI_I, DATA, ORA, and EFFE. The table contains 10 rows of data.

STUDL_LOCA	STUDL_DIR	LOCALITA_C	ABITANTI	MORTI	FERITI_TES	FERITI_NUM	EDIFICLES	EDIFICI_E	EDIFICI_CO	EDIFICI_C	EDIFICI_IN	EDIFICI_I	DATA	ORA	EFFE
1037	16	400	951	130	30	30	300	300	200	200	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1038	16	401	1434	40	50	50	480	480	480	480	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1039	16	402	118	6	25	25	50	50	50	50	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1040	16	403	516	33	25	25	120	120	120	120	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1041	16	404	143	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	30	30	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1042	16	405	596	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	12	12	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1043	16	406	1021	5	29	29	-9999	-9999	200	200	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1044	16	407	350	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	48	48	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9
1045	16	408	160	-9999	-9999	-9999	35	35	8	8	-9999	-9999	1894-04-20...	-9	-9

Figura 4.8 - Sezione dedicata alle interrogazioni della mappa selezionata

Una volta selezionato il layer da interrogare (GeoNode infatti permette di interrogare un solo layer alla volta) si definisce il campo o i campi su cui effettuare la query e si definisce l'interrogazione.

La query restituisce una tabella posizionata nella parte bassa dello schermo contenente tutti i record che soddisfano la condizione.

A titolo di esempio si mostrano delle query effettuate:

- sulle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 con un'intensità (in scala MCS) ≥ 8.0 sullo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994);
- sulle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 con un'intensità (in scala MCS) ≥ 8.0 sullo studio (Albini e Pantosti, 2004);
- sugli studi fatti dopo il 1990 sull'evento sismico del 20 Aprile 1894;
- sulle località osservate dal geologo T. Skouphos;
- sul percorso fatto da Re Giorgio I di Grecia.

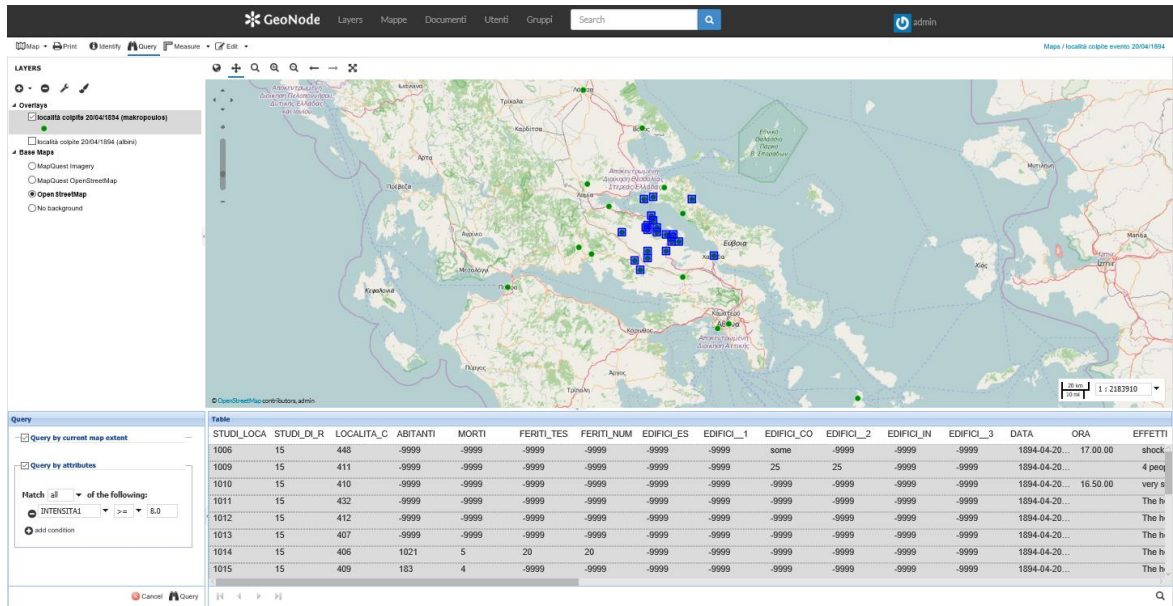


Figura 4.9 - Output dell'interrogazione per ottenere le località colpite dal primo evento con un'intensità ≥ 8 , studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)

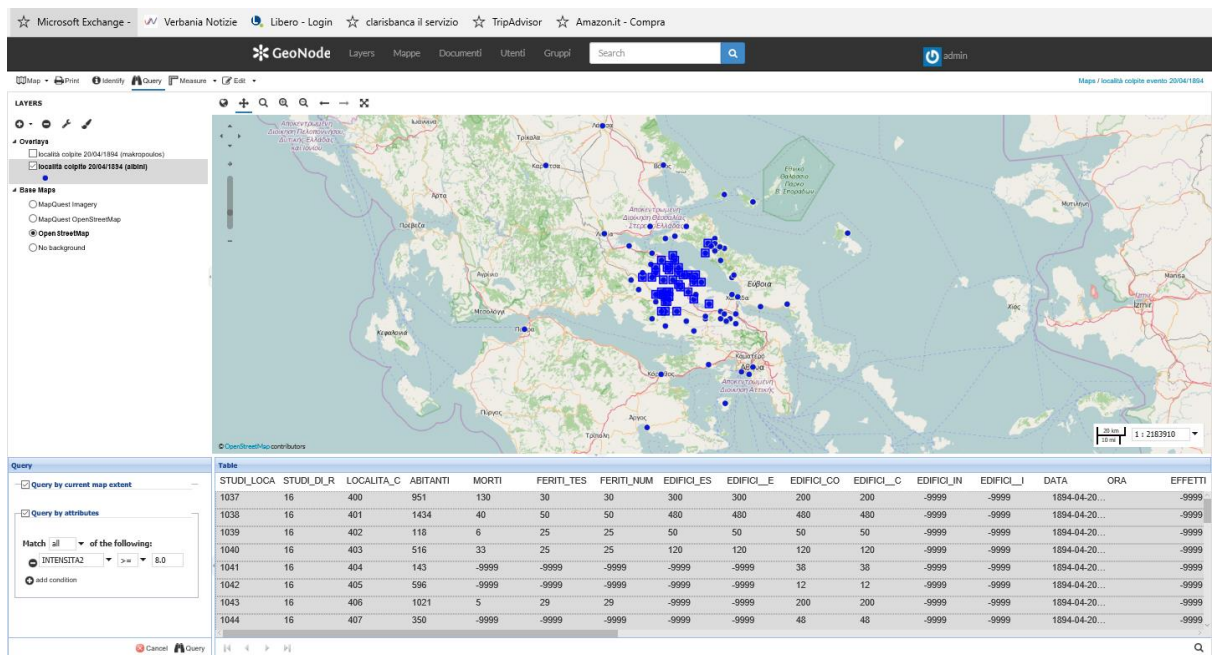


Figura 4.10 - Output dell'interrogazione per ottenere le località colpite dal primo evento con un'intensità ≥ 8 , studio (Albini e Pantosti, 2004)

Nelle Figure 4.9 e 4.10 sono state ricavate informazioni di tipo esclusivamente spaziale. GeoNode permette di evidenziare sulla mappa i record selezionati dall'interrogazione.

E' possibile estrarre non solo informazioni di tipo spaziale, ma anche informazioni tematiche, ad esempio sulle fonti da cui provengono tali studi (ad esempio interrogando la

mappa dell'evento del 20/04/1894 si può chiedere di selezionare gli studi fatti dopo il 1990 su quel terremoto (Figura 4.11).

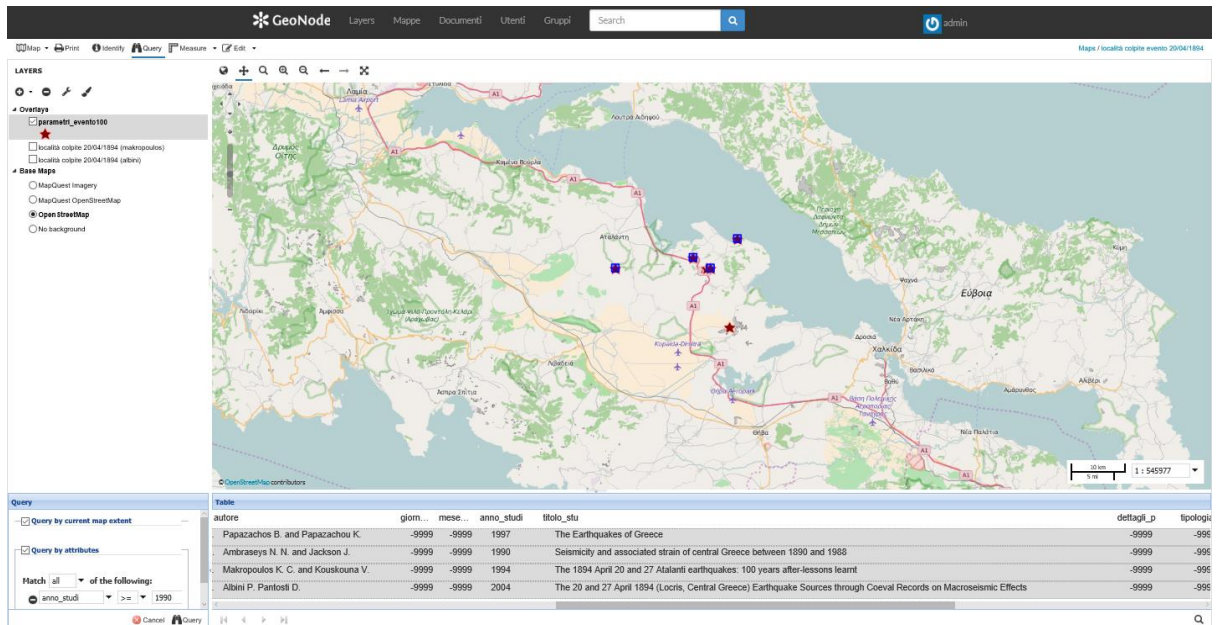


Figura 4.11 - Output dell'interrogazione per selezionare gli studi fatti dopo il 1990 sull'evento sismico del 20/04/1894

Anche sulle località osservate e sui percorsi si possono formulare interrogazioni, ad esempio riguardo l'osservatore che le ha viste e al percorso da lui compiuto (Figura 4.12 e 4.13).

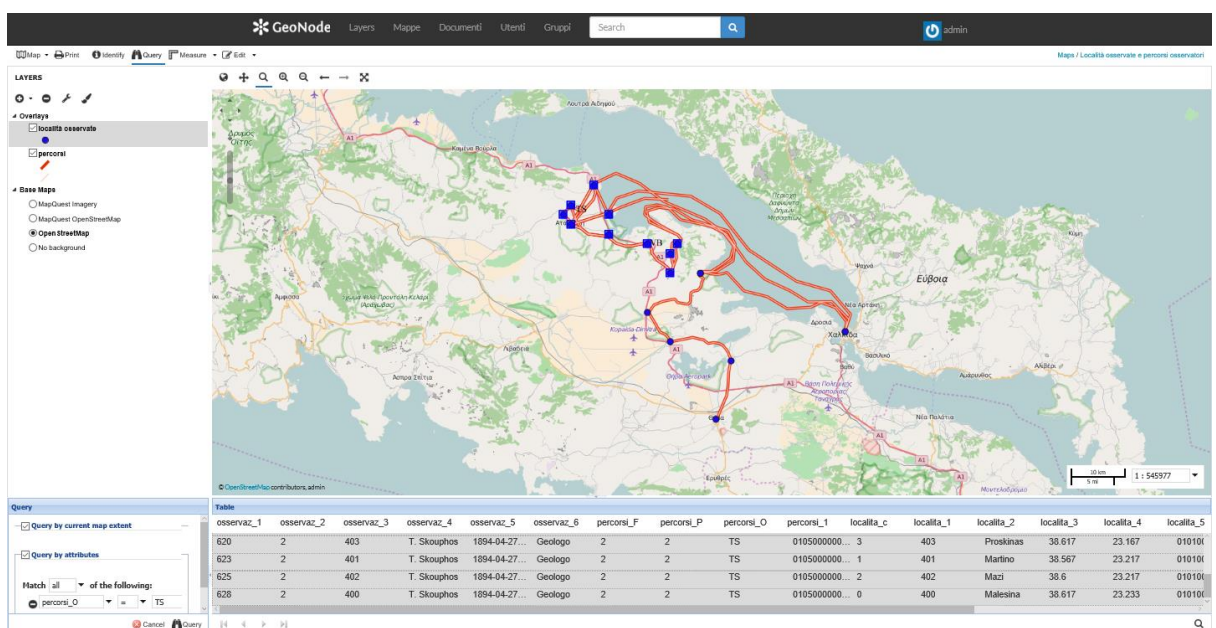


Figura 4.12 - Output dell'interrogazione per ottenere le località osservate dal geologo T. Skouphos

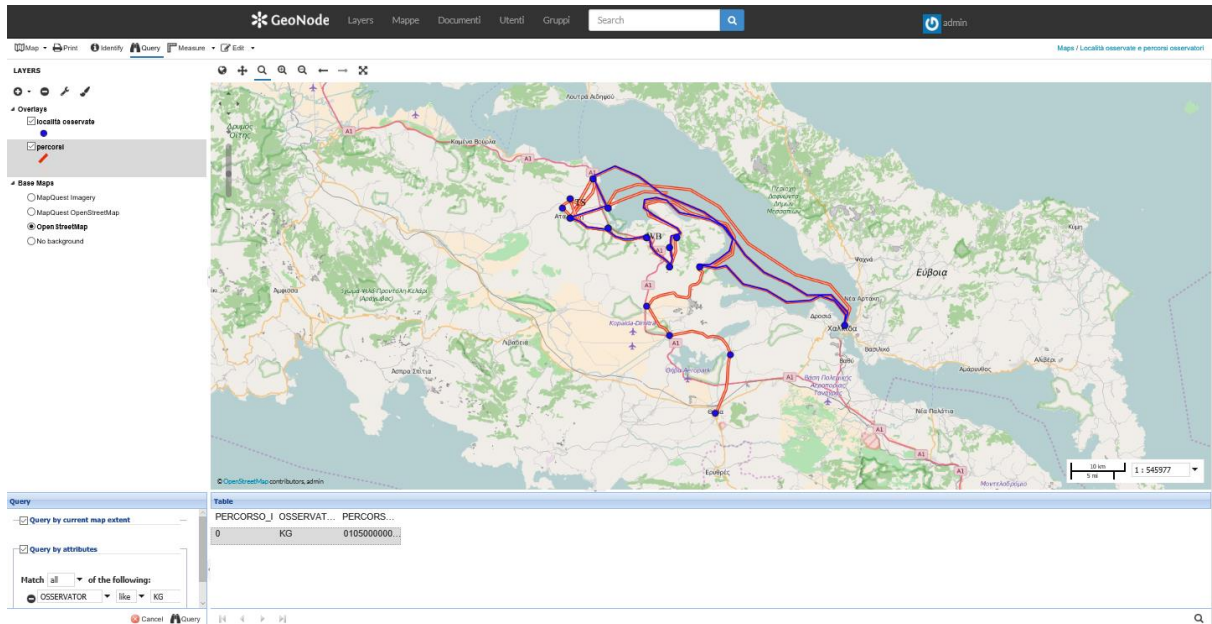


Figura 4.13 - Output dell'interrogazione per ottenere il percorso fatto da Re Giorgio I di Grecia

Come si può vedere dalle Figure 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 e 4.13 la piattaforma GeoNode permette agli utenti di poter esplorare in maniera sufficientemente approfondita i layer resi disponibili.

Ovviamente come ci si attende da una piattaforma web, rispetto al software ArcGIS, GeoNode offre un minor numero di funzionalità (ad es. non effettua analisi spaziali sui dati, non permette di esportare layer a partire dalle interrogazioni, i layer caricati sono rigidi e non possono essere messi in relazione tra loro nonostante appartengano alla stessa mappa) ma rende possibile la rapida e semplice condivisione via web delle informazioni.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il risultato di questo lavoro di Tesi è l'implementazione di un prototipo di SIT basato su un DB georeferenziato per la gestione di dati riguardanti terremoti storici, con le relative fonti e i relativi dati spaziali, e la condivisione Web di tali informazioni (WebGIS).

Nello specifico, per quanto riguarda il DB georeferenziato, le fasi seguite sono state le seguenti:

- analisi dei dati ricavati dai due studi sismologici a disposizione (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004) per definire la quantità, le tipologie e la struttura dei dati a disposizione;
- definizione della struttura del DB georeferenziato, tramite le classiche fasi progettuali: concettuale e logica, in maniera da ottenere un sistema di gestione dei dati semplice e flessibile;
- attuazione delle procedure di realizzazione del DB (tramite SQL Power Architect) e popolamento della base di dati (tramite PostgreSQL), per permettere la gestione dei dati in maniera strutturata e relazionata tra loro.

La disponibilità del DB realizzato ha permesso di eseguire numerose elaborazioni cartografiche (tra cui la visualizzazione dei dati su mappa antica georeferenziata), interrogazioni (query) e analisi della distribuzione dei punti mappati, con l'ausilio del software ArcGIS di ESRI.

La parte relativa alle interrogazioni ha anche permesso di verificare la correttezza della struttura del DB realizzato e ha consentito di selezionare con facilità le informazioni che più servono o che si vogliono consultare per eventuali studi di tipo sismologico.

L'analisi della distribuzione dei dati ha permesso di ottenere informazioni di tipo spaziale/statistico relative alla posizione del centro medio, alla direzione e distribuzione dei punti corrispondenti alle località colpite dagli eventi sismici; inoltre è stato possibile il riconoscimento della presenza di cluster statisticamente rilevanti nel modello spaziale dei dati. Tali informazioni possono essere utilizzate per ulteriori indagini e interpretazioni sismologiche dei dati.

Per quanto riguarda invece l'ultima parte del lavoro, cioè quella relativa alla condivisione via Web dei dati sismici tramite piattaforma GeoNode, le fasi seguite sono state:

- installazione della piattaforma GeoNode e definizione del “superuser” (amministratore del sito);
- caricamento dei layer e realizzazione delle mappe;
- interrogazione delle mappe per mostrare le potenzialità della piattaforma.

In conclusione, si è ottenuto un prototipo di WebGIS, che rende possibile la rapida e semplice condivisione delle informazioni.

Il DB realizzato durante il lavoro di tesi, è stato pensato per la gestione dei dati resi disponibili dai due studi a disposizione, che comunque risultano completi di fonti storiche e informazioni sismologiche. Nel corso della progettazione si è costantemente tenuto conto della possibilità di espansione futura dalla base di dati con l'inclusione di nuove informazioni di tipo sismologico e non: si è definita quindi una struttura di tipo modulare formata da entità semplificate in termini di tipologia di dati contenuti, al fine di mantenere estensibile e aggiornabile con facilità il database. Per come è stato concepito e realizzato, si può dire che la sua struttura può essere adattabile a seconda dei casi che si possono presentare.

La consultazione di tali dati potrà fornire agli esperti il punto di partenza per eseguire la valutazione della pericolosità sismica su una particolare area di studio.

Inoltre sarà possibile in futuro arricchire la piattaforma presente su GeoNode implementando l'intero DB su GeoServer¹⁵. Si potrebbe anche procedere alla valutazione di piattaforme alternative a GeoNode, che potrebbero essere rese disponibili nei prossimi anni.

Il prototipo di WebGIS è disponibile attualmente solo localmente dal PC con cui si è effettuata l'importazione dei dati. Installare la piattaforma di pubblicazione su un server e importarvi la base di dati del SIT lo renderebbe facilmente fruibile online ad utenti esterni forniti di account.

¹⁵ GeoServer è un server open source scritto in Java che permette agli utenti di condividere, elaborare e modificare dati geospaziali. Progettato per l'interoperabilità, pubblica dati da qualsiasi fonte di dati spaziali che usa standard aperti. GeoServer si è evoluto per diventare un metodo facile di connettere l'informazione esistente su globi virtuali come Google Earth, NASA World Wind ed anche mappe via web come OpenLayers, Google Maps e Bing Maps

LISTA DEGLI ACRONIMI

CPTI	Catalogo Parametrico Italiano (riferito al DBMI)
DB	Data Base
DBMI	Data Base Macrosismico Italiano
DBMS	Data Base Management System
CSV	Comma Separated Values (tipologia di formato dati)
EMS92	Scala Macrosismica Europea del 1992
EMS98	Scala Macrosismica Europea del 1998
ER	Entità – Relazioni (diagramma)
ESC	European Seismological Commission
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GIS	Geographical Information System
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
I	Intensità macrosismica
ISO	International Organization for Standardization
MPS	Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale
NASA DIF	Directory Interchange Format (DIF) della NASA
OGC	Open Geospatial Consortium
OSS	Open-source software
PC	Personal Computer

| *LISTA DEGLI ACRONIMI*

SIT	Sistemi Informativi Territoriali
SQL	Structured Query Language
SRID	Spatial Reference System Identifier
UTM	Universal Transverse of Mercator
WEB	World Wide Web
WebGIS	Sistemi Informativi Geografici pubblicati su Web
WGS84	World Geodetic System 1984

BIBLIOGRAFIA

Agosti M., Benfante L. e Melucci M., (1997). OFAHIR: “On-the-Fly” Automatic Authoring of Hypertexts for Information Retrieval. In S. Spaccapietra, F. Maryansky (Eds), Searching for Semantics: Data Mining, Reverse Engineering. Proc. of the 7th IFIP 2.6 Working Conference on Database Semantics (DS-7), Leysin, Svizzera, 7-10 Ottobre 1997.

Albini P. e Pantosti D., (08/2004), The 20 and 27 April 1894 (Locris, Central Greece) Earthquake Sources through Coeval Records on Macroseismic Effects, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 4, pp. 1305–1326;

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S. e Torlone R., (1999). Basi di dati. Modelli e linguaggi di programmazione, Milano, Mc Graw Hill.

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S. e Torlone R., (2002). Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione, Milano, Mc Graw Hill.

Bozzetti L., (2014). Tesi di laurea in Urbanistica: “Pubblicazione e condivisione online di un sit per i gruppi d’acquisto solidale”. AA 2013/2014 , Politecnico di Milano.

Brovelli M. A., (2014). “GIS data sharing for Local Government”, Dispense del Workshop PLANNING THEMES AND TOOLS – Capacity Building for Palestinian Local Government, Politecnico di Milano.

Camelbeeck T., Knuts E., Devos F. e Alexandre P., (2009). The historical earthquake database of the Royal Observatory of Belgium. Internal report.

Chen P.P.-S., (1976). The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data. ACM on Database Systems, Special issue: papers from the international conference on very large data bases, Framingham, USA, Settembre 22–24, 1975, Vol. 1 n.1, pp. 9-36.

Codd, E. F., (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, New York, USA, Vol. 13, n.6, pp. 377-387.

Fäh D., Giardini D., Bay F., Bernardi F., Braunmiller J., Deichmann N., Furrer M., Gantner L., Gisler M., Isenegger D., Jimenez M.J., Kästli P., Koglin E., Masciadri V., Rutz M., Scheidegger C., Schibler R., Schorlemmer D., Schwarz-Zanetti G., Steimen S., Sellami S., Wiemer S. e Wössner J., (2003). Earthquake Catalogue Of Switzerland (ECOS) and the related macroseismic database. *Eclogae geol. Helv.* 96, pp. 219–236, doi:10.1007/s00015-003-1087-0

Fu P. e Sun J., (2011). *WebGIS, Principles and applications*. Esri Press. ISBN 978-1- 58948-245-6.

Godefroy P., Lambert J., Levret A. e Vaskou P., (1990). The French macroseismic data base "SIRENE". XXII ESC General Assembly, Proceedings and activity report 1988-1990, pp.377-382.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G. e Valensise G., (2007). CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA.

Hara S., Ishikawa M., Koyama M., Satake K., Tsuji Y., Hayakawa Y., Ebara M., Sasamoto S., Takahashi M., Tarashima S., Fujita A., Yata T. e Ishibashi K. , (2005). GIS and Historical Documents, Application of GIS to historical earthquakes documents in Japan. Proceedings of the PNC Annual conference, University of Hawaii at Manoa.

Hara S., Ishibashi K., Koyama M., Satake K., Tsuji Y., Hayakawa Y., Ebara M., Sasamoto S., Takahashi M., Tarashima S., Fujita A., Yata T., Yasunaga H. e Maejima Y. (2011). Full-text Database of Historical Earthquake Documents in Japan. (Presentation).

Locati M. e Cassera A., (2010). MIDOP, Macroseismic Intensity Data Online Publisher. *Rapporti tecnici INGV*, 123, 92 pp.

Locati M., Camassi R. e Stucchi. M., (2011). DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna.

BIBLIOGRAFIA

Locati M., Rovida A., Albini P. e Stucchi. M., (2014). The AHEAD Portal: A Gateway to European Historical Earthquake Data. *Seismological Resource Letters*, 85, 3, pp.727-734, doi:10.1785/0220130113.

Makropoulos, K. C. e Kouskouna V., (1994). The 1894 April 20 and 27 Atalanti earthquakes: 100 years after—lessons learnt, in *Proc. XXIV ESC General Assembly*, Athens, Greece 19–24 September 1994, Vol.1, 61–71.

Migliaccio F., “Analisi statistiche su dati spaziali”, *Dispense dell’insegnamento di Sistemi Informativi Territoriali*, Corso di Laurea in Ingegneria per l’ambiente e il territorio, Politecnico di Milano, a.a. 2015/2016.

Migliaccio F. e Carrion D., (2016), *Sistemi Informativi territoriali Principi e applicazioni*, UTET Università, Novara.

Postpischl D., Stucchi M. e Bellani A., (1991). Some ideas for a databank of macroseismic data. *Tectonophysics*, 193, pp.215-223.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P. e Stucchi. M., (2011). CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna.

Schorlemmer D., Wyss A., Maraini S., Wiemer S., Baer M., (2004). QuakeML, an XML schema for seismology. *Orfeus Newsletter*, 6(2)

Schorlemmer D., Euchner F., Kästli P. e Saul J., (2011). QuakeML, status of the XML-based seismological data exchange format. *Annals of Geophysics*, 54(1), pp.59-65, doi:10.4401/ag-4874

Scotti O., Baumont D., Quenet G. e Levret A., (2004). The French macroseismic database SISFRANCE: objectives, results and perspectives. *Annals of Geophysics*, 47(2-3), pp.571-581.

BIBLIOGRAFIA

Stucchi M. e Albinì P., (1991). New developments in macroseismic investigation. In: Proceedings of the International Workshop Seismology and Earthquake Engineering, pp.47-69.

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., (2011). Seismic Hazard Assessment (2003–2009) for the Italian Building Code. Bulletin of the Seismological Society of America 101, 4, 1885–1911, doi: 10.1785/0120100130

Stucchi M., Rovida A., Gomez Capera A. A., Alexandre P., Camelbeeck T., Demircioglu M.B., Gasperini P., Kouskouna V., Musson R.M.W., Radulian M., Sesetyan K., Vilanova S., Baumont D., Bungum H., Fäh D., Lenhardt W., Makropoulos K., Martinez Solares J.M., Scotti O., Živčić M., Albinì P., Batllo J., Papaioannou C., Tatevossian R., Locati M., Meletti C., Viganò D. e Giardini D., (2012). The SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC). Journal of Seismology, doi: 10.1007/s10950-012-9335-2.

Zambrano C., (2013), Tesi di Dottorato: Progettazione e realizzazione del sistema informativo territoriale “Geografie dell’Italia medievale (XIII – XV SEC.)” , Politecnico di Milano, Milano.

SITOGRAFIA

Ultimo accesso alle pagine Web: 5 settembre 2016

GeoNames

<http://geonames.nga.mil/gns/html/>

British Library

<http://www.bl.uk/>

SQL Power Architect

<http://www.sqlpower.ca/page/architect>

PostgreSQL

<https://www.postgresql.org/>

Documentazione di PostgreSQL

<https://www.postgresql.org/docs/>

SiGeoNode

<http://www.geonode.org>

BIBLIOGRAFIA

Documentazione di GeoNode per utenti

<http://docs.geonode.org/en/latest/tutorials/users/>

Wikipedia - l'Enciclopedia Libera

<http://it.wikipedia.org>

Conversione coordinate da WGS84 a UTM

<https://www.youtube.com/watch?v=ewUcbSnQSuI&feature=youtu.be>

Documenti di supporto per l'uso di ArcGIS

<http://support.esri.com/>

Definizione di sismologia storica (da INGV)

<http://www.bo.ingv.it/italiano/ricerca/Sismologia/Macrosismica-e-Sismologia-Storica/>

ALLEGATO 1: TABELLE DEI DATI

Vengono qui di seguito riportate le tabelle contenenti i dati degli studi (Makropoulos e Kouskouna, 1994) e (Albini e Pantosti, 2004).

Dati dello studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994):

Tabella A - Località, effetti correlati e intensità valutate, del terremoto del 20 Aprile 1894

LOCALITY	TIME	EFFECTS	I _{FMS92}
Athens	16:52:30	Two strong shocks, one of 3-4 sec duration the other of 5-6 or 6-7 sec duration Some houses were cracked A stone was dislodged from Adrian's Arch, the capital of an old column in the Agora was thrown down Felt by few outdoors, by many indoors Many people run out of the houses	5-6
Larisa	16:55	Weak shock, 3 oscillations	3
Patras	16:55	Two successive shocks of 10 sec duration in a W-E direction, vibration	4?
Thivai	16:55	Some workers were injured, one woman was killed Very strong shock Some houses collapsed, serious damage	7
Syros	16:58	Shock	2
Xerokhori	17:00	Very strong shock In Berdini, large stone blocks fell down	4
Delfi	17:00	Strong shock of 9 sec duration	4?
Amphissa	17:00	Very strong shock of 7 sec duration Some walls partly collapsed	5-6
Divri	17:00	Two strong shocks	4?
Volos	17:00	Very strong shock (or two shocks) with vibration, direction N-S	4?
Ayia Anna	17:00	Strong shock of 5 sec duration, subterranean noise 30 houses collapsed Several houses were cracked	9
Khalkis	17:00	Shock with vibration Many houses destroyed Most houses came tumbling down Some houses collapsed Serious damage	8-9
Molos	17:10	Very strong shock of 4 sec duration Some houses were cracked	5
Pireus		Some roofs, chimneys and walls fell down The bells of two big churches rang	6
Skala (Kato Pelli)		Four people dead Almost all of the 25 houses along the coast collapsed The 50m long and 8m wide pier partly submerged The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	11
Atalanti	16:50?	Very strong shock The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	10
Ano Pelli		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	10
Skender Agas		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	10

Arkitsa		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	10
Livanates		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage, Great damage Out of 1021 inhabitants 5 dead and 20 injured	10
Kiparissia		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage Great damage Out of 183 inhabitants 4 dead	10
Proskinas		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage Out of 516 inhabitants 45 dead. Terrible subterranean noise coming from the coast The church of the village collapsed Complete destruction	11?
Malesina		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage Out of 951 inhabitants 131 dead Not one of the 300 houses was left intact Complete destruction	11?
Ayios Yeorgios Monastery (Malesina)		Subterranean noise coming from the sea The eastern and western walls of the church and of the monastery cells partly collapsed	9?
Mazi		The houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage	10
Martino		All the 450 houses were destroyed from their foundations or suffered serious damage Out of 1434 inhabitants 33 dead Great damage, complete destruction	11?
Livadhia		Serious damage	8?
Kastri		Terrible subterranean noise Collapse of walls and houses	8?
Limni	16:50?	Strong shock of 6 sec duration with vibration Some houses were cracked Serious damage	5
Aidhipsos		Serious damage	8?
Yialtra		Serious damage	8?
Petromagoula		Many houses collapsed	9?
Karia		Many houses collapsed	9?
Vrantza		Many houses collapsed	9?
Ayios Dhimitrios		Many houses collapsed	9?
Topolias		Two rail workers were killed	8?
Drakhmanio		Few houses collapsed	8
Dadhi		Shaken but no damage	4
Loutra Aidhipsou		Shaken but no damage	4

Tabella B - Località, effetti correlati e intensità valutate, del terremoto del 27 Aprile 1894

LOCALITY	TIME	EFFECTS	IEMS92
Athens	19:21:06	Some persons standing outdoors were shaken strongly Ground shaking largely observed Rocking of buildings Minor and major cracks were observed in some governmental buildings	6
Thivai	19:20	Destructive earthquake	9?
Trikala	19:20	Very strong shock	4?
Ayia	19:25	Shock of 5 sec duration	3-4
Atalanti	19:30	Very strong shock Major tectonic effects 16 houses collapsed Was turned inhabitable, terror	11
Nafplion	19:30	Shock with vibration at a N-S direction and a medium duration	3-4
Ayia Anna	19:30	Strong shock Almost all houses suffered serious damage	8-9
Livadhia	19:30	Very strong shock	4?
Acrata	19:30	very strong shock of 5 sec duration	4?
Drakhmani	19:30	Strong shock Several houses collapsed or were cracked	8
Aitoliko	19:30	Very strong shock of 11 sec duration	4?
Santorini	19:30	Weak shock	3
Andros	19:35	Two shocks, the second stronger than the first	3-4
Megara	19:40	Very strong shock	4
Khalkis	19:30	16 houses collapsed, the church of Ayia Paraskevi came tumbling down Houses were cracked	8
Lamia	19:10?	Many houses were cracked	6
Ayios Konstantinos & Monastery		Completely destroyed Four people dead	11
Akhladi		At least two houses suffered serious damage	7
Aidhipsos		Great damage	9?
Yialtra		Great damage	9?
Loutra		No damage	4
Aidhipsou			
Molos		Houses were cracked	5
Stylida		Houses were cracked	5
Dilesi		Houses were cracked	5
Regginio		Houses were cracked	5
Komnina		Houses were cracked	5
Livanates		Houses were cracked, some houses collapsed	8
Skender Agas		Completely destroyed	11

Dati dello studio (Albini e Pantosti, 2004):

Tabella C - Confronto dei parametri disponibili da precedenti studi sismologici sui terremoti dell'Aprile 1894

Catalog or Study	IDP	I_x	I_0	Lat	Lon	M
20 April 1894						
Karnik, 1971	—	—	10	38.600	23.200	6.7
Shebalin <i>et al.</i> , 1974	—	—	10	38.500	23.250	—
Papazachos and Papazachou, 1989	—	—	10	38.600	23.200	6.7
Papazachos and Papazachou, 1997	—	—	10	38.600	23.000	6.7
Ambraseys and Jackson, 1990*	19	—	>9	38.650	23.267	6.4
Makropoulos and Kouskouna, 1994*	39	11	11	38.618	23.170	6.7
27 April 1894						
Karnik, 1971	—	—	11	38.700	23.100	6.9
Shebalin <i>et al.</i> , 1974	—	—	11	38.750	23.000	—
Papazachos and Papazachou, 1989	—	—	10	38.700	23.000	7.0
Papazachos and Papazachou, 1997	—	—	10	38.660	23.040	7.2
Ambraseys and Jackson, 1990*	53	—	>9	38.667	23.050	6.9
Makropoulos and Kouskouna, 1994*	28	11	11	38.700	23.250	7.0

IDP = number of intensity data points (Ambraseys and Jackson [1990] assessed intensity for a few places only; the figure refers to the places shown in their figures A4 and A6, respectively, the legend of which is given in their figure A2); I_x = maximum intensity; I_0 = epicentral intensity; Lat and Lon = epicenter coordinates; M = magnitude.

*These are studies; all other entries are catalogs.

Tabella D - I tre osservatori sul posto

Place	Date (dd-mm)				
	23-04	24-04	25-04	26-04	27-04
Chalkis	KG	WB	KG		
Livanates	KG		WB	TS	
Megaplatanos			WB	TS	
Kato Pelli	KG	WB	TS		
Atalanti	KG	WB	TS		
Ano Pelli				TS	
Kyparissi		KG		WB	TS
Proskinas		KG		WB	TS
Martino		KG		WB	TS*
Masi		KG			TS
Malesina		KG		WB	TS
Larimna			KG	WB	
Topolia					WB
Karditsa					WB
Mouriki					WB
Thivai					WB

KG = King George I; WB = W. Bouchier; TS = T. Skouphos.

*Place where Skouphos experienced the 27 April earthquake, at about 9:15 p.m. local time.

Tabella E - Località più danneggiate dal terremoto del 20 Aprile 1894

Place	District	Demos	Inhabitants	Buildings			Dead	Injured
				Existing	Collapsed	Uninhabitable or Heavily Damaged		
Malesina	Locris	Larimna	951	300	200		130	30
Martino	Locris	Larimna	1434	480	480		40	50
Mazi	Locris	Larimna	118	50	50		6	25
Proskyna	Locris	Larimna	516	120	120		33	25
Kastri/Larimna	Locris	Larimna	143		38			
Pavlo	Locris	Larimna	596		12			
Livanates	Locris	Dafnesion	1021		200		5	29
Arkitsa	Locris	Dafnesion	350		48			
Goulemio	Locris	Dafnesion	160	35	8			
Kyparissi	Locris	Atalanti	183	32	Most		3	4
Atalanti	Locris	Atalanti	1700		Few	Many		
Kato Pelli	Locris	Atalanti	800		50		4	
Skender Agas	Locris	Atalanti	300				5	
Kalapodi	Locris	Atalanti	357	70		22		
Zelion	Locris	Atalanti	457	100	5			
Kolakas	Locris	Atalanti	232		Most			
Exarchos	Locris	Atalanti	398		4			
Arapochori	Livadhia	Livadhia	163	27	17			
Veli	Livadhia	Livadhia	165	22	3	14		
Bramaga	Livadhia	Livadhia	234	40	15	10		
Scripou	Livadhia	Orchomenos	684		Some			
Petromagoula	Livadhia	Orchomenos	798		8			
Karya	Livadhia	Orchomenos	455		15	Most		
Vranesi	Livadhia	Orchomenos	278		3	Most		
Degle	Livadhia	Orchomenos	82		Some	Most		
Rhachi	Livadhia	Orchomenos	73	Most				
Limni	Chalkis	Limni	1869		2	Some		
Agia Anna	Chalkis	—	1382		50	Many		
Tsouka	Chalkis	—			4	8		
Kourkouloi	Chalkis	—			5			

Data are taken from *Acropolis* (1894d-f) and from Skouphos (1894). Names are given as quoted by the sources (see Table 5 for today's place names).

Tabella F - Localizzazione e intensità in scala EMS98 con cui sono state colpite le località dal terremoto del 20 Aprile 1894

QuLoc	Dst	IdLoc	LatDp	LonDp	I _c EMS98
Proskyna	Loc	Proskinas	38.617	23.167	10
Masi	Loc	Mazi	38.600	23.217	10
Martino	Loc	Martino	38.567	23.217	10
Malessina	Loc	Malesina	38.617	23.233	10
Livanataes	Loc	Livanates	38.717	23.050	9
Kyparissi	Loc	Kyparissi	38.633	23.083	9
Skala	Loc	Kato Pelli	38.667	23.083	8-9
Arkitsa	Loc	Arkitsa	38.750	23.033	8-9
Kastri-Larymna	Loc	Larimna	38.567	23.283	8-9
Arapochori	Liv	Arapochori	38.480	22.950	8-9
Bragana	Loc	Tragana	38.616	23.122	8
Skender Aga	Loc	Megaplatanos	38.683	23.000	8
Manesi	Loc	Manesi-Lefkochori	38.600	22.767	8
Kolaka	Loc	Kolaka	38.583	23.033	8
Ano Pelli	Loc	Nea Pelli	38.667	22.983	8
Topolias	Thi	Kastron	38.500	23.167	8
Muriki	Thi	Mouriki	38.417	23.350	8
Kalapodion	Loc	Kalapodhion	38.633	22.883	8
Gkolemion	Loc	Golemi-Goulemion	38.717	22.933	8
Atalanti	Loc	Atalanti	38.650	23.000	8
Skripou	Liv	Orchomenos	38.500	22.983	8
Rachi	Liv	Rakhi	38.433	22.967	8
Katsoumala	Liv	Koutoumoula-Koronia	38.367	22.967	8
Karya	Liv	Karya	38.467	23.000	8
Bramesi-Vranesi	Liv	Vranezi-Agios Spiridhon	38.467	22.967	8
Bramaga	Liv	Thourion	38.483	22.883	8
Beli/Veli	Liv	Veli-Prosilio-Prosilion	38.500	22.933	8
Petromagoula	Liv	Petromagoula	38.500	23.000	8
Degle	Liv	Dheglesli-Mavroyia	38.433	22.983	8
Karditsa	Thi	Akraifnion	38.450	23.217	8
Zelion	Loc	Zelion	38.667	22.883	8
Sphakas	Loc	Sfaka	38.600	22.850	8
Pavlu	Loc	Pavlos	38.533	23.100	8
Lutzi	Loc	Lutsi	38.550	23.083	8
Exarchos	Loc	Exarkhos	38.583	22.950	8
Romaiko	Liv	Romaiikon	38.483	22.933	8
Petra	Liv	Petra-Siakhon	38.367	23.067	8
Agios Georgios	Liv	Agios Georgios	38.367	22.933	8
Limne	Cha	Limni	38.767	23.317	8
Kouraoulioi	Cha	Kourkouloi	38.834	23.340	8
Tanagras + Bratsi	Thi	Tanagra	38.317	23.533	7-8
Liatani	Thi	Liatani	38.283	23.583	7-8
Mantudion	Cha	Mantoudi-Mandoudhion	38.800	23.483	7-8
Keramia	Cha	Keramia	38.833	23.400	7-8
Kokkinon	Thi	Kokkinon	38.483	23.233	7-8
Agia Anna	Cha	Agia Anna	38.867	23.400	7-8
Agios Demetrios	Liv	Agios Dhimitrios	38.450	23.000	7
Chalkis	Cha	Chalkis	38.467	23.600	7
Kerkiais	Xer	Kechries	38.814	23.369	7
Thisvi	Thi	Thisvi	38.267	22.967	7
Spaidhes	Thi	Spaidhes	38.367	23.450	7
Schimasarion	Thi	Skhimatari	38.350	23.583	7
Plataion	Thi	Kapareli Plataion	38.233	23.217	7
Mountrades	Thi	Mustafadhes	38.317	23.450	7
Erimokastro + Thespion	Thi	Thespiiai-Thespies	38.300	23.150	7
Chlimbotsari	Thi	Khlembotsarion-Asopia	38.300	23.500	7
Chalia	Thi	Khalia-Dhrosia	38.483	23.550	7
Xerokhori	Xer	Xirokhori-Istiaia	38.950	23.150	7
Tsouka	Xer	Tsouka	38.802	23.427	7
Korinthos	Xer	Kerinthos	38.810	23.444	7
Thivai	Thi	Thivai	38.317	23.317	7

Dhritsa	Thi	Dhritsa–Arma	38.350	23.483	7
Tachtali	Loc	Tachtali	38.690	22.840	7
Drachmani–Elatea	Loc	Elatia	38.633	22.767	7
Livadhia	Liv	Livadhia	38.433	22.883	7
Politika	Cha	Politika	38.600	23.550	7
Pyri	Thi	Piri	38.333	23.317	7
Zura	Cha	Kamaritsa	38.617	23.567	7
Nea Pharakli	Cha	Pharakla	38.783	23.400	7
Drasi	Cha	Dhrazion	38.717	23.450	6
Gardiki	Oth	Gardhiki–Pelasyia	38.950	22.833	6
Gialtra	Xer	Yaltra	38.867	22.967	6
Aidipsos	Xer	Aidhipsos	38.883	23.050	6
Pireus	Oth	Pireus	37.950	23.633	6
Lamia	Oth	Lamia	38.900	22.433	6
Molos	Loc	Molos	38.817	22.650	6
Agios Kostantinos	Loc	Agios Kostantinos	38.767	22.850	6
Belitza	Loc	Tithorea	38.583	22.667	6
Koukoura	Liv	Kukura	38.317	22.850	6
Davlia	Liv	Dhavlia	38.517	22.733	6
Eretria	Cha	Eretria	38.400	23.800	5
Athens	Oth	Athens	37.983	23.733	5
Megara	Oth	Megara	38.000	23.733	5
Phalero	Oth	Old Phalero	37.933	23.345	5
Aliverio	Cha	Aliverio	38.417	23.700	4
Skyros	Oth	Skiros	38.904	24.033	4
Skopelos	Oth	Skopelos	39.117	24.563	4
Skiathos	Oth	Skiathos	39.167	23.733	4
Karditsa	Oth	Karditsa	39.365	23.483	3
Corinth	Oth	Corinth	37.933	21.921	3
Nauplion	Oth	Nauplion	37.564	22.930	3
Volos	Oth	Volos	39.367	22.807	3
Sparti	Oth	Sparta	37.033	22.950	3
Patras	Oth	Patras	38.244	22.420	3
Larisa	Oth	Larisa	39.633		
Egina	Oth	Egina	37.732		

Tabella G - Località più danneggiate dal terremoto del 27 Aprile 1894

Place	District	Demos	Inhabitants	Buildings			Dead	Injured
				Existing	Collapsed	Uninhabitable or Heavily Damaged		
Atalanti	Locris	Atalanti	1700		Most	Many		3
Arkitsa	Locris	Dafnesion	350		Most			2
Agios Kostantinos	Locris	Dafnesion	327		Many	Most	3	4
Livanates	Locris	Dafnesion	1021		250			
Glounitsa–Drimea	Locris	Dadhion	510	90	30	Most		
Dadhion	Locris	Dadhion	—			Most		
Charma	Locris	Thronion	120		20	Many		
Rigginion	Locris	Thronion	516		70			
Kamena + Bourla	Locris	Thronion	288		16			
Drachmani	Locris	Elatea	903		Few	Many	2	2
Kamaria	Xerochori	—	560	—	17			
Lichades	Xerochori	—	—		30	Many		
Palaiochori	Xerochori	—	78			10		
Yaltra	Xerochori	—	672	83		50		
Xerochori	Xerochori	—	3027		2	Many		Some
Scripou	Livadhia	Orchomenos	684		40			
<i>Arapochori</i>	<i>Livadhia</i>	<i>Livadhia</i>	<i>163</i>	<i>27</i>	<i>27</i>			
<i>Veli</i>	<i>Livadhia</i>	<i>Livadhia</i>	<i>165</i>	<i>22</i>	<i>8</i>	<i>14</i>		
<i>Bramaga</i>	<i>Livadhia</i>	<i>Livadhia</i>	<i>234</i>	<i>40</i>	<i>25</i>	<i>20</i>		
Chalkis	Chalkis	Chalkis	9919		7	Most		
Lamia	—	—	—		3	30		

Data are taken from *Acropolis* (1894h–dd) and from Skouphos (1894). Names are given as quoted by the sources (see Table 6 for today's place names). For places in italic, figures give the number of collapsed buildings due to both earthquakes.

Tabella H - Localizzazione e intensità in scala EMS98 con cui sono state colpite le località dal terremoto del 27 Aprile 1894

QuLoc	Dst	IdLoc	LatDp	LonDp	I ₄ EMS98
Atalanti	Loc	Atalanti	38.650	23.000	10
Arkitsa	Loc	Arkitsa	38.750	23.033	10
Skender Aga	Loc	Megaplatanos	38.683	23.000	9
Skala	Loc	Kato Pelli	38.667	23.083	9
Palaiochori	Xer	Palaiokhorion	38.850	22.900	9
Manesi	Loc	Manesi-Lefkochoi	38.600	22.767	9
Longos	Loc	Longos	38.767	22.900	9
Livanataes	Loc	Livanates	38.717	23.050	9
Kamaria	Xer	Kamaria	38.933	23.167	9
Agios Kostantinos	Loc	Agios Kostantinos	38.767	22.850	9
Glounitsa + Drumeia	Loc	Glounitsa-Drimeia	38.717	22.550	9
Gkolemion	Loc	Golemi-Gouleimion	38.717	22.933	9
Arapochori	Liv	Arapochori	38.480	22.950	9
Skipou	Liv	Orchomenos	38.500	22.983	8-9
Romaiko	Liv	Romaikon	38.483	22.933	8-9
Petromagoula	Liv	Petromagoula	38.500	23.000	8-9
Petra	Liv	Petra-Siakhon	38.367	23.067	8-9
Lichades	Xer	Lichas	38.850	22.867	8-9
Gialtra	Xer	Yaltra	38.867	22.967	8-9
Drachmani-Elatea	Loc	Elatia	38.633	22.767	8-9
Charma	Loc	Kharma	38.733	22.750	8-9
Bramaga	Liv	Thourion	38.483	22.883	8-9
Beli-Veli	Liv	Veli-Prosillo-Prosilion	38.500	22.933	8-9
Xerokhori	Xer	Xirokhori-Istiaia	38.950	23.150	8
Topolias	Thi	Kastron	38.500	23.167	8
Thivai	Thi	Thivai	38.317	23.317	8
Stylis + Agia Marina	Oth	Stylis	38.917	22.617	8
Simia	Xer	Simia	38.867	23.217	8
Rigginion	Loc	Rigini	38.717	22.700	8
Muriki	Thi	Mouriki	38.417	23.350	8
Modion	Loc	Modion	38.667	22.667	8
Mesountion	Xer	Telethron	38.883	23.167	8
Medenitsa	Loc	Mendenitsa	38.750	22.617	8
Livadhia	Liv	Livadhia	38.433	22.883	8
Limne	Cha	Limni	38.767	23.317	8
Lamia	Oth	Lamia	38.900	22.433	8
Komnena	Loc	Komnina	38.750	22.700	8
Karya	Loc	Karia	38.750	22.783	8
Kamena + Bourla	Loc	Kamena Vourla	38.783	22.783	8
Agia Anna	Cha	Agia Anna	38.867	23.400	8
Dadhion	Loc	Amfiklia	38.633	22.583	8
Aidippos	Xer	Aidhipsos	38.883	23.050	8
Plataion	Thi	Kapareli Plataion	38.233	23.217	7-8
Kamaritsa	Cha	Kamaritsa	38.617	23.567	7-8
Vagia	Thi	Vagia	38.317	23.183	7
Molos	Loc	Molos	38.817	22.650	7
Gardiki	Oth	Gardhiki-Pelasyia	38.950	22.833	7
Erimokastro + Thespion	Thi	Thespiiai-Thespies	38.300	23.150	7
Chalkis	Cha	Chalkis	38.467	23.600	7
Akladhion	Loc	Akladhion	38.885	22.817	7
Mavrommati	Thi	Mavrommation	38.333	23.133	6
Pireus	Oth	Pireus	37.950	23.633	5
Megara	Oth	Megara	38.000	23.345	5
Galaxidion	Oth	Galaxidhion	38.383	22.383	5
Athens	Oth	Athens	37.983	23.733	5
Aitoliko	Oth	Aitoliko	38.433	21.350	5
Patras	Oth	Patras	38.244	21.734	4
Larisa	Oth	Larisa	39.633	22.417	4
Akratous	Oth	Akrata	38.167	22.350	4
Proskyna*	Loc	Proskinas	38.617	23.167	—
Masi*	Loc	Mazi	38.600	23.217	—
Martino*	Loc	Martino	38.567	23.217	—
Malessina*	Loc	Malesina	38.617	23.233	—
Kyparissi*	Loc	Kyparissi	38.633	23.083	—
Bragana*	Loc	Tragana	38.616	23.122	—

ALLEGATO 2: FONTI

Nel presente allegato sono raccolte le References da (Albini P., Pantosti D., 2004) e (Makropoulos e Kouskouna, 1994).

References da (Albini P., Pantosti D., 2004)

Coeval Sources

Newspapers

Acropolis (1894a–dd). Athens. (a) April 9 (21), no. 4372; (b) April 10 (22), no. 4373; (c) April 11 (23), no. 4374; (d) April 12 (24), no. 4375; (e) April 13 (25), no. 4376; (f) April 14 (26), no. 4377; (g) April 15 (27), no. 4378; (h) April 16 (28), no. 4379; (i) April 17 (29), no. 4380; (j) April 19 (May 1), no. 4381; (k) April 20 (May 2), no. 4382; (l) April 21 (May 3), no. 4383; (m) April 22 (May 4), no. 4384; (n) April 23 (May 5), no. 4385; (o) April 24 (May 6), no. 4386; (p) April 25 (May 7), no. 4387; (q) April 26 (May 8), no. 4388; (r) April 27 (May 9), no. 4389; (s) April 28 (May 10), no. 4390; (t) April 29 (May 11), no. 4391; (u) April 30 (May 12), no. 4392; (v) May 1 (13), no. 4393; (w) May 2 (14), no. 4393 [sic]; (x) May 3 (15), no. 4394; (y) May 4 (16), no. 4395; (z) May 5 (17), no. 4396; (aa) May 6 (18), no. 4397; (bb) May 7 (19), no. 4398; (cc) May 8 (20), no. 4399; (dd) May 9 (21), no. 4490.

Corriere della Sera (1894a–i). Milano. (a) 22–23 April, no. 110; (b) 24–25 April, no. 112; (c) 25–26 April, no. 113; (d) 28–29 April, no. 116; (e) 29–30 April, no. 117; (f) 30 April–1 May, no. 118; (g) 3–4 May, no. 120; (h) 6–7 May, no. 123; (i) 9–10 May, no. 126.

Levant Herald and Eastern Express (1894a–h). Constantinople. (a) April 21, no. 93; (b) April 23, no. 94; (c) April 24, no. 95; (d) April 25, no. 96; (e) April 26, no. 97; (f) May 1, no. 100; (g) May 2, no. 101; (h) May 3, no. 102.

Stamboul (1894a–e). Constantinople. (a) 21 April; (b) 23 April; (c) 24 April; (d) 8 May; (e) 15 May.

Times (1894a–u). London. (a) April 21, no. 34244; (b) April 23, no. 34245; (c) April 24, no. 34246; (d) April 25, no. 34247; (e) April 26, no. 34248; (f) April 27, no. 34249; (g) April 28, no. 34250; (h) April 30, no. 34251; (i) May 1, no. 34252; (j) May 2, no. 34253; (k) May 3, no. 34254; (l) May 4, no. 34255; (m) May 5, no. 34256; (n) May 7, no. 34257; (o) May 8, no. 34258; (p) May 9, no. 34259; (q) May 10, no. 34260; (r) May 11, no. 342561; (s) May 12, no. 34262; (t) May 14, no. 34263; (u) May 15, no. 34264.

Maps and Pictures

Bon, A. (1932). In Greece, Kauffman Publisher, Athens.

Illustrated London News (1894). June 2, no. 2876, vol. 54.

Anonymous (1885). Tables IV and VII of a general map of Greece. Edited by K. K. Militär, Geografisches Institut, Vienna (courtesy of the Royal Geographical Society, London), scale 1:300,000.

Seismological Studies

Eginites, D. 1899. Tremblements de terre observe´s en Gre`ce de 1893 a` 1898, *Annales Obs. Natl. Athenes*, 2.

Mitsopoulos, K. (1894). Die Erdbeben von Theben und Lokris in den Jahren 1893 und 1894. Abdruck aus Dr. A. Petermanns Geographische Mit- teilungen, Heft X, 1–11.

Mitsopoulos, K. (1895). O megas tis Lokridos seismos kata aprilion tou 1894, Ethnikon Typographeion, Athinai, 40 pp. (in Greek).

Nature. (1894). (a) April 26, no. 1278, vol. 49, p. 604; (b) May 3, no. 1279, vol. 50, pp. 7, 13; (c) October 18, no. 1303, vol. 50, p. 607.

Papavasiliou, A. (1894a). Sur le tremblement de terre de Locride (Gre`ce) du mois d'avril 1894, C. R. Hebdomadaires des Se´ances de l'Acad. Sci. 69, 112–114.

Papavasiliou, A. (1894b). Sur la nature de la grande crevasse produite a` la suite du dernier tremblement de terre de Locride, C. R. Hebdomadaires des Se´ances de l'Acad. Sci. 69, 380–381.

Philippson, A. (1894a). Das diesja`hrige Erdbeben in Lokris, Verhandlungen der Gesellschaft fu¨r Erdkunde zu Berlin, 21, 332–334.

Philippson, A. (1894b). Bericht: Sitzung der naturw. Sektion vom 4. Niederrheinische Gesellschaft in Bonn, 63–65.

Skouphos, Th. G. (1894). Die zwei grossen Erdbeben in Lokris am 8/20 und 15/27 April 1894, Zeitschrift der Gesellschaft fu¨r Erdkunde zu Berlin, 29, 409–475.

Scientific Papers

Ambraseys, N. N. and J. Jackson 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988, *Geophys. J. Int.* 101, 663–708.

Cundy, A. B., S. Kortekaas, T. Dewez, I. S. Stewart, I. W. Croudace, H. Maroukian, D. Papanastassiou, K. Gaki-Papanastassiou, K. Pavlo-poulos, and A. Dawson (2000). Coastal impacts of the 1894 Gulf of Atalanti earthquakes, central Greece, *Marine Geol. Spec. Publ.* 170, 3–26.

Galanopoulos, A. G. (1960). A catalogue of shocks with I o VI or M 5 for the years 1801–1958, Athens Seismol. Lab. Univ. of Athens, 119 pp.

Ganas, A. (1997). Fault segmentation and seismic hazard assessment in the Gulf of Evia rift, central Greece, Ph.D. Thesis, University of Reading, United Kingdom, 368 pp.

Ganas, A., and A. V. Buck (1998). A model for the tectonic subsidence of the Allai archaeological site, central Greece, *Bull. Geol. Soc. Greece*, 32, no. 1, 181–187.

Ganas, A., G. P. Roberts, and T. Memou (1998). Segment boundaries, the 1894 ruptures, and strain patterns along the Atalanti fault, central Greece, *J. Geodyn.* 26, no. 2–4, 461–486.

Gasperini, P., and G. Valensise (2000). From earthquake intensities to earthquake sources: extending the contribution of historical seismology to seismotectonic studies, *Ann. Geofis.* 43, no. 4, 765–785.

Gasperini, P., F. Bernardini, G. Valensise, and E. Boschi (1999). Defining seismogenic sources from historical earthquake felt report, *Bull. Seism. Soc. Am.* 89, 94–110.

Gruenthal, G. (Editor) (1998). European Macroseismic Scale 1998, in *Cah. du Centre Européen de Géodynamique et de Sismologie*, Vol. 15, Luxembourg, 99 pp.

Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME) (1989). Seismotectonic map of Greece, scale 1:500.000. IGME, Athens.

Karnik, V. (1971). *The Seismicity of the European Area*, Vol. 2, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.

Lemeille, F. (1977). *Etudes néotectoniques en Grèce centrale nord-orientale (Eubée centrale, Attique, Béotie, Locride) et dans le Sporades du Nord (île de Skiros)*, Thèse de Troisième Cycle, Université Paris XI, Centre Orsay, 173 pp.

Magosci, P. R. (1993). *Historical Atlas of East Central Europe: A History of East Central Europe*, Vol. 1, University of Washington Press, Seattle, 218 pp.

Makropoulos, K. C., and V. Kouskouna (1994). The 1894 April 20 and 27 Atalanti earthquakes: 100 years after—lessons learnt, in *Proc. XXIV ESC General Assembly*, Athens, Greece 19–24 September 1994, Vol. 1, 61–71.

Pantosti, D., P. M. De Martini, D. Papanastassiou, N. Palyvos, F. Lemeille, and G. Stavrakakis (2001). A reappraisal of the 1894 Atalanti earthquake surface ruptures, central Greece, *Bull. Seism. Soc. Am.* 91, no. 4, 760–780.

Pantosti, D., P. M. De Martini, D. Papanastassiou, F. Lemeille, N. Palyvos, and G. Stavrakakis (2004). Paleoseismological trenching across the Atalanti (Central Greece): evidence for the ancestors of the 1894 earthquake during the Middle Ages and Roman times, *Bull. Seism. Soc. Am.* 94, no. 2, 531–549.

Papazachos, B., and K. Papazachou (1989). *Oi Seismoe tis Ellados (The Earthquakes of Greece)*, Ekdoseis Ziti, Thessaloniki, 356 pp.

Papazachos, B., and K. Papazachou (1997). *The Earthquakes of Greece*, Editions Ziti, Thessaloniki, 304 pp.

Shebalin, N. V., V. Karnik, and D. Hadzievski (Editors) (1974). *Catalogue of earthquakes of the Balkan region, I*, UNDP-UNESCO survey of the seismicity of the Balkan region, Printing Office of the University Kiril and Metodij, Skopje, 600 pp.

Sieberg, A. (1932). *Erdbebengeographie*, in *Handbuch der Geophysik*, B. Gutenberg (Editor), Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, Band 4, Lieferung 3, 687–1005.

Wells, D. L., and K. J. Coppersmith. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 974–1002.

References da (Makropoulos, K. C., V. Kouskouna , 1994):

References

- Ambraseys, N.N and J.A. Jackson, 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988. *Geophys. J. Int.*, 101, 663-708.
Annales de l'Observatoire National d'Athènes, 1899. Tome II, Athenes.

- Galanopoulos, A., 1960. A catalogue of shocks with $I_0=VI$ or $M=5$ for the years 1801-1958. Athens, 119 pp.
- Gruenthal, G., R.M.W. Musson, J. Schwartz and M. Stucchi (editors), 1993. European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK-scale), C. Cent. Eur. Geodyn. & Seismol., Conseil de l'Europe, Luxembourg, 79 pp.
- Lagios, E., N. Delibasis, J. Drakopoulos and V. Kouskouna, 1987. Gravity and seismological studies in the area of Atalanti fault. Bull. Geol. Soc. Greece, XIX, 285-308.
- Lemeille, 1977. Etudes Neotectoniques en Grece centrale nord-orientale (Eubee Central, Attique, Beotie, Locride) et dans les Sporades du nord (ile de Skiros). These, Paris.
- Makropoulos, K.C. and J.C. Drakopoulos, 1984. Seismicity and hazard analysis studies in the area of Greece. Technical rep., Seismol. Lab. Athens Univ., 184 pp
- Makropoulos, K.C., J.C. Drakopoulos and J.B. Latoussakis, 1989. A revised and extended earthquake catalogue for Greece since 1900. Geophys. J. Int., 98, 391-394.
- Mitsopoulos C., 1895. O megas tis Lokridos seismos. Athinai, 42 pp.
- Montandon, F., 1953. Les tremblements de terre destructeurs en Europe, 195 pp., Geneve.
- Papaioannou, C., 1984. Attenuation of seismic intensities and seismic hazard in Greece and surrounding area. PhD thesis, Univ. of Thessaloniki, 200 pp.
- Papavassiliou, S., 1894a. Sur le tremblement de terre de Lokride (Grece) du mois d'avril 1894. C. R. Acad. Sci. Paris, CXIX, No 1.
- Papavassiliou, S., 1894b. Sur la nature de grande crevasse produite a la suite du dernier tremblement de terre de Locride. C. R. Acad. Sci. Paris, CXIX, No 6.
- Papazachos B. and C. Papazachou, 1989. Oi seismoi tis Elladas. Thessaloniki, 356 pp.
- Richter, C., 1958. Elementary Seismology. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 768 pp.
- Skouphos, T.G., 1894. Die zwei grossen Erdbeben in Lokris am 8/20 und 15/27 April 1894. Zeitschr. Ges. Erdkund. zu Berlin, 29, 409-474.
- UNDP - UNESCO, 1974. Catalogue of earthquakes, Part III: Atlas of isoseismal maps. Survey of the seismicity of the Balkan region. Skopje, 275 pp.

ALLEGATO 3: DIZIONARIO DEI DATI

Nel presente allegato è stata raccolta una documentazione di supporto, che dovrebbe facilitare l'interpretazione dello schema stesso e descrivere le proprietà dei dati che non possono essere esplicitati nello schema logico.

località_colpita : entità georeferenziata puntuale, rappresenta la posizione in cartografia delle località colpite da un fenomeno sismico.

Attributi:

- localita_colpita_id: CHIAVE PRIMARIA
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- localita_attuale: denominazione attuale della località colpita
- Stringa di testo lunghezza xxx caratteri
- latitudine: distanza angolare del punto dall'equatore espressa in gradi decimali
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza xxx cifre e precisione xxx decimali
- longitudine: distanza angolare del punto dal meridiano fondamentale di Greenwich espressa in gradi decimali
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza xxx cifre e precisione xxx decimali

nome_località : entità non georeferenziata che rappresenta tutti i toponimi posseduti da una località all'epoca dell'evento studiato.

Attributi:

- Nome_localita_id: CHIAVE PRIMARIA
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- Localita_colpita_id: CHIAVE ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *localita_colpita*)
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- Distretto_attuale: nome del distretto attuale di appartenenza della località
- Stringa di testo lunghezza xxx caratteri
- Distretto_storico: nome del distretto storico di appartenenza della località
- Stringa di testo lunghezza xxx caratteri

- Nome_loc_storico: denominazione storica della località colpita
- Stringa di testo di lunghezza xxx caratteri
- Lingua: lingua di appartenenza del toponimo
- Stringa di testo di lunghezza xxx caratteri
- Nuts1: nomenclatura delle unità territoriali statistiche (popolazione tra 3000000 e 7000000)
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- Nuts2: nomenclatura delle unità territoriali statistiche (popolazione tra 800000 e 3000000)
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- Nuts3: nomenclatura delle unità territoriali statistiche (popolazione tra 150000 e 800000)
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- Lau1: unità amministrativa locale che sta al di sotto della classificazione di provincia, regione, stato o altra suddivisione nazionale
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- Lau2: unità amministrativa locale che sta al di sotto della classificazione di provincia, regione, stato o altra suddivisione nazionale
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- periodo: intervallo di tempo di utilizzo del toponimo storico
- stringa di lunghezza xxx caratteri

studi_località : entità non georeferenziata che rappresenta tutti gli studi fatti su una determinata località.

Attributi:

- studi_localita_id: CHIAVE PRIMARIA
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- studi_di_riferimento_id: CHIAVE ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *studi_di_riferimento*)
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- localita_colpita_id: CHIAVE ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *localita_colpita*)

- Stringa di lunghezza xxx caratteri
- abitanti: numero di abitanti presenti in una località all'epoca dell'evento sismico
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- morti: numero di abitanti morti in una località all'epoca dell'evento sismico
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- feriti_testo: descrizione quantitativa/qualitativa del numero di feriti in una località all'epoca dell'evento sismico in formato testuale per preservare le fonti originarie.

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) dati numerici e dati qualitativi del tipo:

- few: pochi feriti
- some: alcuni feriti
- many: molti feriti
- most: in gran parte feriti
- feriti_numero: descrizione quantitativa del numero di feriti in una località all'epoca dell'evento sismico in formato numerico
- Numero intero lunghezza xxx cifre
- edifici_esistenti_testo: descrizione quantitativa/qualitativa del numero di edifici esistenti in una località all'epoca dell'evento sismico in formato testuale per preservare le fonti originarie.
- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) dati numerici e dati qualitativi del tipo:

- few: pochi edifici
- some: alcuni edifici
- many: molti edifici
- most: in gran parte edifici
- edifici_esistenti_num: descrizione quantitativa del numero di edifici in una località all'epoca dell'evento sismico in formato numerico
- Numero intero lunghezza xxx cifre

· edifici_collassati_testo: descrizione quantitativa/qualitativa del numero di edifici collassati in una località all'epoca dell'evento sismico in formato testuale per preservare le fonti originarie.

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) dati numerici e dati qualitativi del tipo:

- few: pochi edifici collassati

- some: alcuni edifici collassati

- many: molti edifici collassati

- most: in gran parte edifici collassati

· edifici_collassati_num: descrizione quantitativa del numero di edifici collassati in una località all'epoca dell'evento sismico in formato numerico

- Numero intero lunghezza xxx cifre

· edifici_inagibili_testo: descrizione quantitativa/qualitativa del numero di edifici inagibili in una località all'epoca dell'evento sismico in formato testuale per preservare le fonti originarie.

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) dati numerici e dati qualitativi del tipo:

- few: pochi edifici inagibili

- some: alcuni edifici inagibili

- many: molti edifici inagibili

- most: in gran parte edifici inagibili

· edifici_inagibili_num: descrizione quantitativa del numero di edifici inagibili in una località all'epoca dell'evento sismico in formato numerico

- Numero intero lunghezza xxx cifre

· data: giorno/mese/anno di avvenimento dell'evento sismico in una determinata località

- Campo in formato DATE del tipo dd/mm/yy

· ora: ora:minuti:secondi di avvenimento dell'evento sismico in una determinata località

- Campo in formato TIME del tipo hh:mm:ss

- effetti: descrizione degli effetti subiti da una determinata località a seguito del terremoto

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

- intensità_macrosismica_testo: valore di intensità macrosismica stimato dallo studio per una località così come riportato nella fonte.

- stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) dati numerici e dati qualitativi del tipo:

- valore?: l'intensità stimata è affetta da incertezza

- valore1_valore2: intensità compresa tra valore1 e valore2

- intensità_macrosismica_num: valore di intensità macrosismica stimato dallo studio per una località in formato numerico.

- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza 2 cifre e precisione 1 decimale

Per passare dal dato in formato testo al formato numerico si è usata la seguente convenzione:

- valore?= valore

- valore1_valore2=valore1+0.5

studi_di_riferimento : entità non georeferenziata che rappresenta tutti gli studi fatti su un determinato evento sismico.

Attributi:

- studi_di_riferimento_id: CHIAVE PRIMARIA

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

- codice_identificativo: codice alfanumerico creato per questo caso di studio, che identifica univocamente uno studio in funzione della pubblicazione. Codice creato per includere gli studi di riferimento all'interno della *bibliografia* esistente e inoltre per evitare confusioni con i nomi degli autori.

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) numeri e lettere secondo la seguente logica:

iniziali del nome e cognome del primo autore/iniziale primo soggetto nel titolo della pubblicazione/anno pubblicazione/bibliografia_id

- autore: nome e cognome degli autori che hanno scritto lo studio sull'evento sismico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - giorno_studio: giorno pubblicazione dello studio
- Numero intero lunghezza xxx cifre
 - mese_studio: mese pubblicazione dello studio
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - anno_studio: anno pubblicazione dello studio
- Numero intero lunghezza xxx cifre
 - titolo_studio: titolo con cui è stato pubblicato lo studio
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - dettagli_publicazione: informazioni aggiuntive sulla pubblicazione
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - tipologia: informazioni sulla tipologia della pubblicazione
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - luogo_publicazione: informazioni sul luogo della pubblicazione
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - DOI: Digital Object Identifier è uno standard che consente identificazione duratura, all'interno di una rete digitale di qualsiasi entità che sia oggetto di proprietà intellettuale e di associarvi relativi dati di riferimento, i metadati, secondo uno schema strutturato ed estensibile.
- Stringa di lunghezza xxx caratteri

bibliografia: entità non georeferenziata che rappresenta tutti i riferimenti bibliografici citati in uno studio su un determinato evento sismico.

Attributi:

- riferimento_bibliografico_id: CHIAVE PRIMARIA
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - codice_identificativo: codice alfanumerico creato per questo caso di studio, che identifica univocamente un riferimento bibliografico in funzione della pubblicazione. Codice creato per evitare confusioni con i nomi degli autori e inoltre distinguere studi usati come *bibliografia* all'interno di altri *studi di riferimento*.
- Stringa di lunghezza xxx caratteri

In questo campo si alternano (come riportati negli studi) numeri e lettere secondo la seguente logica:

iniziali del nome e cognome del primo autore/iniziale primo soggetto nel titolo della pubblicazione/anno pubblicazione/bibliografia_id

· autore: nome e cognome degli autori che hanno scritto la bibliografia sull'evento sismico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· giorno_publicazione: giorno pubblicazione del riferimento bibliografico

- Numero intero lunghezza xxx cifre

· mese_publicazione: mese pubblicazione del riferimento bibliografico

- Numero intero lunghezza xxx cifre

· anno_publicazione: anno pubblicazione del riferimento bibliografico

- Numero intero lunghezza xxx cifre

· nome_publicazione: nome della pubblicazione in cui è pubblicato il riferimento bibliografico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· titolo: titolo con cui è stato pubblicato il riferimento bibliografico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· dettagli_riferimento_bibliografico: informazioni aggiuntive sul riferimento bibliografico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· tipologia: informazioni sulla tipologia di riferimento bibliografico

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· luogo_scrittura: informazioni sul luogo in cui è stato scritto

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

· luogo_custodito: informazioni sul luogo in cui è custodito

- Stringa di lunghezza xxx caratteri

bibliografia_studi_riferimento: entità non georeferenziata che collega (TABELLA PONTE) i riferimenti bibliografici con gli studi di riferimento di un determinato evento sismico.

- riferimento_bibliografico_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *bibliografia*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- studi_di_riferimento_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *studi_di_riferimento*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri

osservazioni_testimonianze : entità non georeferenziata che rappresenta tutte osservazioni/testimonianze contemporanee ad un determinato evento sismico.

Attributi:

- osservazioni_testimonianze_id: CHIAVE PRIMARIA
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- percorso_id: CHIAVE ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *percorsi*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- localita_colpita_id: CHIAVE ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *localita_colpita*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- osservatore: nome e cognome dell'osservatore
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- data: giorno/mese/anno dell'osservazione dell'evento sismico in una determinata località
 - Campo in formato DATE del tipo dd/mm/yy
- ruolo_osservatore: compito/professione dell'osservatore
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri

osservazioni_bibliografia: entità non georeferenziata che collega (TABELLA PONTE) i riferimenti bibliografici con le osservazioni/testimonianze di un determinato evento sismico. Le osservazioni vengono raccolte nei riferimenti bibliografici che vengono poi usati negli *studi di riferimento*.

Attributi:

- osservazioni_tetimonianze_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *osservazioni_tetimonianze*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- riferimento_bibliografico_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *bibliografia*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri

percorsi: entità georeferenziata che rappresenta tutti i percorsi fatti da ciascun osservatore durante un determinato evento sismico.

Attributi:

- percorso_id: CHIAVE PRIMARIA
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- osservatore: nome e cognome dell'osservatore
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- percorso_geom: codice di rappresentazione del percorso su supporto cartografico
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri

evento : entità non georeferenziata che rappresenta tutti gli eventi sismici.

Attributi:

- evento_id: CHIAVE PRIMARIA
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- data: giorno/mese/anno dell'evento sismico
 - Campo in formato DATE del tipo dd/mm/yy

parametri_evento : entità georeferenziata (TABELLA PONTE) che rappresenta tutti i parametri che descrivono gli eventi sismici, secondo uno specifico studio.

Attributi:

- evento_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *evento*)
 - Stringa di lunghezza xxx caratteri
- studi_di_riferimento_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *studi_di_riferimento*)

- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - ora: minuti:secondi di avvenimento dell'evento sismico
- Campo in formato TIME del tipo hh:mm:ss
 - IDP: numero di punti con dato di intensità
- Numero intero lunghezza xxx cifre
 - max_int: massima intensità dell'evento
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza 2 cifre e precisione 1 decimale
 - intensita: intensità epicentrale dell'evento
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza 2 cifre e precisione 1 decimale
 - latitudine: distanza angolare del punto dall'equatore espressa in gradi decimali
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza xxx cifre e precisione xxx decimali
 - longitudine: distanza angolare del punto dal meridiano fondamentale di Greenwich espressa in gradi decimali
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza xxx cifre e precisione xxx decimali
 - localita_epicentro: toponimo dell'epicentro
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - magnitudo_studio: magnitudo dell'evento secondo un determinato studio
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - profondita: profondità rispetto alla superficie terrestre alla quale si è verificato l'evento sismico
- Numero reale (DOUBLE) di lunghezza 2 cifre e precisione 1 decimale

evento_localita_colpita: entità non georeferenziata che collega (TABELLA PONTE) l'evento sismico alle *localita_colpita*.

- evento_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *evento*)
- Stringa di lunghezza xxx caratteri
 - localita_colpita_id: CHIAVE PRIMARIA ESTERNA (corrisponde a chiave primaria dell'entità *localita_colpita*)
- Stringa di lunghezza xxx caratteri

ALLEGATO 4: CODICE POWER ARCHITECT

Nel presente allegato si riporta il codice fornito da SQL Power Architect per l'implementazione del DB in PostgreSQL.

```
CREATE TABLE public.percorsi_fis (  
    percorso_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
    osservatore VARCHAR NOT NULL,  
    percorso_geom VARCHAR NOT NULL,  
    CONSTRAINT percorsi_id PRIMARY KEY  
(percorso_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.studi_di_riferimento_fis (  
    studi_di_riferimento_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
    codice_identificativo VARCHAR NOT NULL,  
    autore VARCHAR,  
    giorno_studio INTEGER,  
    mese_studio VARCHAR,  
    anno_studio INTEGER,  
    titolo_studio VARCHAR,  
    dettagli_publicazione VARCHAR,  
    tipologia VARCHAR,  
    luogo_publicazione VARCHAR,  
    DOI VARCHAR,  
    CONSTRAINT studi_di_riferimento_id PRIMARY  
KEY (studi_di_riferimento_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.bibliografia_fis (  

```

ALLEGATO CODICE POWER ARCHITECT

```
        riferimento_bibliografico_id_fis VARCHAR NOT
NULL,
        codice_identificativo VARCHAR NOT NULL,
        autore VARCHAR,
        giorno_publicazione INTEGER,
        mese_publicazione VARCHAR,
        anno_publicazione INTEGER,
        nome_publicazione VARCHAR,
        titolo VARCHAR,
        dettagli_riferimento_bibliografico VARCHAR,
        tipologia VARCHAR,
        luogo_scrittura VARCHAR,
        luogo_custodito VARCHAR,
        CONSTRAINT bibliografia_id PRIMARY KEY
(riferimento_bibliografico_id_fis)
);
```

```
CREATE TABLE public.bibliografia_studi_riferimento_fis (
        bibliografia_id_fis VARCHAR NOT NULL,
        studi_di_riferimento_id_fis VARCHAR NOT NULL,
        CONSTRAINT
bibliografia_studi_riferimento_fis_pk PRIMARY KEY
(bibliografia_id_fis, studi_di_riferimento_id_fis)
);
```

```
CREATE TABLE public.evento_fis (
        evento_id_fis VARCHAR NOT NULL,
        data DATE,
        CONSTRAINT evento_id PRIMARY KEY
(evento_id_fis)
);
```

```
CREATE TABLE public.parametri_evento_fis (
```

```
        evento_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        studi_di_riferimento_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        ora TIME,  
        IDP INTEGER,  
        max_int DOUBLE PRECISION,  
        intensita_fis DOUBLE PRECISION,  
        latitudine DOUBLE PRECISION,  
        longitudine DOUBLE PRECISION,  
        localita_epicentro VARCHAR,  
        magnitudo_studio VARCHAR,  
        profondita DOUBLE PRECISION,  
        CONSTRAINT parametri_evento_fis_pk PRIMARY  
KEY (evento_id_fis, studi_di_riferimento_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.localita_colpite_fis (  
        localita_colpite_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        localita_attuale VARCHAR,  
        latitudine DOUBLE PRECISION,  
        longitudine DOUBLE PRECISION,  
        CONSTRAINT localita_colpite_id PRIMARY KEY  
(localita_colpite_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.nome_localita_fis (  
        nome_localita_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        localita_colpite_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        distretto_attuale VARCHAR,  
        distretto_storico VARCHAR,  
        nome_loc_storico VARCHAR,  
        lingua VARCHAR,  
        nuts1 VARCHAR,  
        nuts2 VARCHAR,
```

```
        nuts3 VARCHAR,  
        lau1 VARCHAR,  
        lau2 VARCHAR,  
        periodo VARCHAR,  
        CONSTRAINT nome_localita_id PRIMARY KEY  
(nome_localita_id_fis, localita_colpite_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.osservazioni_testimonianze_fis (  
        osservazioni_testimonianze_id_fis VARCHAR NOT  
NULL,  
        percorso_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        localita_colpite_id_fis VARCHAR,  
        osservatore VARCHAR,  
        data DATE,  
        ruolo_osservatore VARCHAR,  
        CONSTRAINT osservazioni_testimonianze_id  
PRIMARY KEY (osservazioni_testimonianze_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.osservazioni_bibliografia_fis (  
        osservazioni_testimonianze_id_fis VARCHAR NOT  
NULL,  
        bibliografia_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        CONSTRAINT osservazioni_bibliografia_fis_pk  
PRIMARY KEY (osservazioni_testimonianze_id_fis,  
bibliografia_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.studi_localita_fis (  
        studi_localita_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        studi_di_riferimento_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        localita_colpite_id_fis VARCHAR NOT NULL,
```

```
        abitanti INTEGER,  
        morti INTEGER,  
        feriti_testo VARCHAR,  
        feriti_numero INTEGER,  
        edifici_esistenti_testo VARCHAR,  
        edifici_esistenti_num INTEGER,  
        edifici_collassati_testo VARCHAR,  
        edifici_collassati_num INTEGER,  
        edifici_inagibili_testo VARCHAR,  
        edifici_inagibili_num INTEGER,  
        data DATE NOT NULL,  
        ora TIME,  
        effetti VARCHAR,  
        intensita_macrosismica_testo VARCHAR,  
        intensita_macrosismica_num DOUBLE PRECISION,  
        CONSTRAINT studi_localita_fis_pk PRIMARY KEY  
(studi_localita_id_fis)  
);
```

```
CREATE TABLE public.evento_localita_colpите_fis (  
        evento_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        localita_colpите_id_fis VARCHAR NOT NULL,  
        CONSTRAINT evento_localita_colpите_pk PRIMARY  
KEY (evento_id_fis, localita_colpите_id_fis)  
);
```

```
ALTER TABLE public.osservazioni_testimonianze_fis ADD  
CONSTRAINT percorsi_fis_osservazioni_testimonianze_fis_fk  
FOREIGN KEY (percorso_id_fis)  
REFERENCES public.percorsi_fis (percorso_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.parametri_evento_fis ADD CONSTRAINT
studi_eventi_fis_studi_eventi_eventi_fis_fk
FOREIGN KEY (studi_di_riferimento_id_fis)
REFERENCES public.studi_di_riferimento_fis
(studi_di_riferimento_id_fis)
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.bibliografia_studi_riferimento_fis ADD
CONSTRAINT studi_eventi_fis_referenze_studi_eventi_fis_fk
FOREIGN KEY (studi_di_riferimento_id_fis)
REFERENCES public.studi_di_riferimento_fis
(studi_di_riferimento_id_fis)
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.studi_localita_fis ADD CONSTRAINT
studi_eventi_fis_studi_eventi_localita_fis_fk
FOREIGN KEY (studi_di_riferimento_id_fis)
REFERENCES public.studi_di_riferimento_fis
(studi_di_riferimento_id_fis)
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.bibliografia_studi_riferimento_fis ADD
CONSTRAINT fonte_eventi_fis_fonte_eventi_eventi_fk
FOREIGN KEY (bibliografia_id_fis)
REFERENCES public.bibliografia_fis
(riferimento_bibliografico_id_fis)
```

ALLEGATO CODICE POWER ARCHITECT

```
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.osservazioni_bibliografia_fis ADD  
CONSTRAINT referenze_fis_osservazioni_referenze_fis_fk  
FOREIGN KEY (bibliografia_id_fis)  
REFERENCES public.bibliografia_fis  
(riferimento_bibliografico_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.evento_localita_colpiti_fis ADD  
CONSTRAINT eventi_fis_eventi_luoghi_colpiti_fis_fk  
FOREIGN KEY (evento_id_fis)  
REFERENCES public.evento_fis (evento_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.parametri_evento_fis ADD CONSTRAINT  
eventi_fis_studi_passati_eventi_fis_fk  
FOREIGN KEY (evento_id_fis)  
REFERENCES public.evento_fis (evento_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.evento_localita_colpiti_fis ADD  
CONSTRAINT luoghi_colpiti_fis_eventi_luoghi_colpiti_fis_fk  
FOREIGN KEY (localita_colpiti_id_fis)
```

ALLEGATO CODICE POWER ARCHITECT

```
REFERENCES public.localita_colpите_fis  
(localita_colpите_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.studi_localita_fis ADD CONSTRAINT  
localita_colpите_fis_studi_eventi_localita_fis_fk  
FOREIGN KEY (localita_colpите_id_fis)  
REFERENCES public.localita_colpите_fis  
(localita_colpите_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.osservazioni_testimonianze_fis ADD  
CONSTRAINT  
localita_colpите_fis_osservazioni_testimonianze_fis_fk  
FOREIGN KEY (localita_colpите_id_fis)  
REFERENCES public.localita_colpите_fis  
(localita_colpите_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.nome_localita_fis ADD CONSTRAINT  
localita_colpите_fis_nome_localita_fis_fk  
FOREIGN KEY (localita_colpите_id_fis)  
REFERENCES public.localita_colpите_fis  
(localita_colpите_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE public.osservazioni_bibliografia_fis ADD  
CONSTRAINT osservazioni_fis_osservazioni_referenze_fis_fk  
FOREIGN KEY (osservazioni_testimonianze_id_fis)  
REFERENCES public.osservazioni_testimonianze_fis  
(osservazioni_testimonianze_id_fis)  
ON DELETE NO ACTION  
ON UPDATE NO ACTION  
NOT DEFERRABLE;
```


ALLEGATO 5: CODICE POPOLAMENTO

TABELLE IN POSTGRESQL

Nel presente allegato si riporta il codice utilizzato per il popolamento delle entità nel software PostgreSQL.

```
COPY localita_colpite_fis
FROM 'C:\\localita_colpite.csv'
WITH
DELIMITER AS ';'
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY nome_localita_fis
FROM 'C:\\nome_localita.csv'
WITH
DELIMITER AS ';'
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY evento_fis
FROM 'C:\\evento.csv'
WITH
DELIMITER AS ';'
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY percorsi_fis
FROM 'C:\\percorsi.csv'
WITH
DELIMITER AS ';'
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY osservazioni_testimonianze_fis
```

ALLEGATO 4: CODICE POPOLAMENTO TABELLE IN POSTGRESQL

```
FROM 'C:\\osservazioni_testimonianze.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY bibliografia_fis  
FROM 'C:\\bibliografia.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY osservazioni_bibliografia_fis  
FROM 'C:\\osservazioni_bibliografia.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY evento_localita_colpite_fis  
FROM 'C:\\evento_localita_colpite.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY studi_di_riferimento_fis  
FROM 'C:\\studi_di_riferimento.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY bibliografia_studi_riferimento_fis  
FROM 'C:\\bibliografia_studi_riferimento.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;
```

ALLEGATO 4: CODICE POPOLAMENTO TABELLE IN POSTGRESQL

```
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY studi_localita_fis  
FROM 'C:\\studi_localita.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```

```
COPY parametri_evento_fis  
FROM 'C:\\parametri_evento.csv'  
WITH  
DELIMITER AS ';' ;  
NULL AS '<Null>';
```


INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 - Procedure per il processamento dei dati macrosismici, comparate con quelle per ricavare i dati strumentali (Stucchi et al., 1990; Postpischl et al., 1991)	14
Figura 2.1- Le due fasi della progettazione del DB	17
Figura 2.2 - Prima versione del modello concettuale.	24
Figura 2.3 - Modello concettuale del database degli eventi sismici storici	26
Figura 2.4 - Modello logico del database degli eventi sismici storici	28
Figura 2.5 - Implementazione del codice SQL Power Architect, su PostgreSQL.....	30
Figura 3.1- Tavola IV della General-Karte des Königreichs Griechenland, in scala nominale 1:300.000	36
Figura 3.2- Tavola VII della General-Karte des Königreichs Griechenland, in scala nominale 1:300.000	37
Figura 3.3- Unione della Tavola IV e della Tavola VII della General-Karte des Königreichs Griechenland, in scala nominale 1:300.000	38
Figura 3.4 - Equazioni usate dalla trasformazione polinomiale affine	39
Figura 3.5 - Caricamento della mappa storica da georeferenziare e selezione dello strumento che permette la georeferenziazione	40
Figura 3.6 - Mappa antica georeferenziata in WGS84 con gli 8 punti di controllo (in giallo).....	41
Figura 3.7 - Località colpite dall'evento sismico del 20 Aprile 1894 su sfondo cartografico (mappa antica georeferenziata e OpenStreetMap).....	42
Figura 3.8 - Località colpite dall'evento sismico del 27 Aprile 1894 su sfondo cartografico (mappa antica georeferenziata e OpenStreetMap).....	43
Figura 3.9 Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	45
Figura 3.10 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004).....	46
Figura 3.11 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	47

Figura 3.12 - Epicentro ed intensità macrosismica delle località colpite dall'evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004).....	48
Figura 3.13 - Visualizzazione dei percorsi compiuti dagli osservatori storici e delle località colpite osservate, con sfondo cartografico (mappa storica georeferenziata)	50
Figura 3.14 - Definizione delle relazioni di JOIN tra “studi_localita” e “localita_colpite” e “studi_di_riferimento”	52
Figura 3.15 - Definizione delle relazioni di RELATE tra “localita_colpite” e “studi_localita” e “studi_di_riferimento” e “studi_localita”	52
Figura 3.16 - Output dell’interrogazione elaborata per ottenere la bibliografia dello studio (Albini e Pantosti, 2004).....	53
Figura 3.17 - Output dell’interrogazione elaborata per ottenere tutti gli studi svolti sull’evento sismico del 20 Aprile 1894	53
Figura 3.18 - Output dell’interrogazione elaborata per ottenere il percorso compiuto (con località di partenza Atene) e le località osservate dall’osservatore W. Bourchier	54
Figura 3.19 - z-score e p-value associati ad una distribuzione normale con livelli di significatività	57
Figura 3.20 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell’evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	58
Figura 3.21 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell’evento del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 1994).....	59
Figura 3.22 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell’evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	61
Figura 3.23 - Località colpite, centro medio ed ellisse di dispersione dell’evento del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 1994).....	62
Figura 3.24 - Centri medi ed ellissi di dispersione dell'evento del 20 Aprile 1894.....	64
Figura 3.25 - Centri medi ed ellissi di dispersione dell'evento del 27 Aprile 1894.....	65
Figura 3.26 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	67
Figura 3.27 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 20 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004).....	68
Figura 3.28 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994)	69

Figura 3.29 - Hot spot analysis delle località colpite dal sisma del 27 Aprile 1894 secondo lo studio (Albini e Pantosti, 2004).....	70
Figura 4.1 -Componenti dell'architettura client/server (F. Migliaccio,2016).	74
Figura 4.2 - Schermata di accesso alla piattaforma GeoNode.....	75
Figura 4.3 - Caricamento del layer selezionato	76
Figura 4.4 - Compilazione dei metadati associati ai layer caricati	77
Figura 4.5 - Località colpite dal primo evento, citate in entrambi gli studi	78
Figura 4.6 - Località colpite dal secondo evento citate in entrambi gli studi.....	79
Figura 4.7 - Percorsi seguiti dagli osservatori con le località osservate.....	79
Figura 4.8 - Sezione dedicata alle interrogazioni della mappa selezionata	80
Figura 4.9 - Output dell'interrogazione per ottenere le località colpite dal primo evento con un'intensità ≥ 8 , studio (Makropoulos e Kouskouna, 1994).....	81
Figura 4.10 - Output dell'interrogazione per ottenere le località colpite dal primo evento con un'intensità ≥ 8 , studio (Albini e Pantosti, 2004)	81
Figura 4.11 - Output dell'interrogazione per selezionare gli studi fatti dopo il 1990 sull'evento sismico del 20/04/1894	82
Figura 4.12 - Output dell'interrogazione per ottenere le località osservate dal geologo T. Skouphos.....	82
Figura 4.13 - Output dell'interrogazione per ottenere il percorso fatto da Re Giorgio I di Grecia.....	83

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1 - Entità “spaziali” e loro descrizione sintetica	19
Tabella 2.2 - Entità “non spaziali” e loro descrizione sintetica	19
Tabella 2.3 - Suite di tecnologie considerate: alternativa open source e ESRI.	33
Tabella A - Località, effetti correlati e intensità valutate, del terremoto del 20 Aprile 1894	95
Tabella B - Località, effetti correlati e intensità valutate, del terremoto del 27 Aprile 1894	97
Tabella C - Confronto dei parametri disponibili da precedenti studi sismologici sui terremoti dell'Aprile 1894.....	98
Tabella D - I tre osservatori sul posto.....	98
Tabella E - Località più danneggiate dal terremoto del 20 Aprile 1894	99
Tabella F - Localizzazione e intensità in scala EMS98 con cui sono state colpite le località dal terremoto del 20 Aprile 1894.....	100
Tabella G - Località più danneggiate dal terremoto del 27 Aprile 1894	101
Tabella H - Localizzazione e intensità in scala EMS98 con cui sono state colpite le località dal terremoto del 27 Aprile 1894.....	102