

Qui ReLUIS

G. Manfredi¹ ■



Il terremoto di Van ($M_w = 7.2$) del 23 ottobre 2011

Alle ore 10.41 (GMT) di domenica 23 ottobre 2011 un devastante terremoto di magnitudo $M_w = 7.2$ ha colpito la provincia di Van, nella Turchia orientale, a circa 80 km dal confine con l'Iran. Secondo le stime del Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) di Istanbul, il sisma ha avuto l'epicentro localizzato a circa 20 km a Nord-Est della città di Van. Si è trattato di un evento molto superficiale, essendo stato generato ad una profondità stimata tra i 5 km (secondo l'USGS) e 20 km (secondo il KOERI).

A partire dal 23 ottobre c'è stato un intenso sciame sismico che ha interessato tutta la regione di Van, con numerosi eventi di magnitudo (locale, M_l) variabile tra 3 e 5 km, così come illustrato anche in Figura 1, dove sono riportate anche le principali faglie attive. Il 9 novembre, alle ore 19.23 (GMT) c'è stata una scossa di magnitudo $M_w = 5.7$, con profondità ipocentrale tra i 4 ed 8 km ed epicentro in prossimità di Edremit (circa 15 km a Sud della città di Van).

La Turchia orientale è una zona ad elevata sismicità con numerose faglie attive. In particolare, l'area colpita dal terremoto del 23 ottobre e dai vari aftershocks tuttora registrati è caratterizzata dalla collisione di due placche tettoniche: placca arabica ed eurasiatica. Nella pro-

vincia di Van, la placca arabica converge con quella eurasiatica, in direzione Nord; la velocità media di spostamento è pari a circa 24 mm/anno. Il meccanismo focale (oblique-thrust faulting) che ha dato luogo all'evento principale di domenica 23 ottobre risulta consistente con i meccanismi di strike-slip che caratterizzano tutta la zona orientale dell'Anatolia.

Lo sciame sismico tuttora in corso nella provincia di Van è stato registrato da diverse stazioni accelerometriche. In particolare l'Earthquake Engineering Research Center del Middle East Technical University (METU) di Ankara ha una stazione posizionata nella città di Muradiye, a circa 30 km dall'epicentro del terremoto del 23 ottobre. Per tale stazione è stata registrata un'accelerazione massima, durante il primo terremoto, pari a 0.179 g. Nel secondo terremoto, invece, l'accelerazione di picco misurata nella stazione posizionata nel centro della città di Van, a circa 10 km dall'epicentro, è risultata pari a 0.246 g. Le analisi preliminari dei segnali registrati dal KOERI mostrano una evidente direttività per l'evento sismico del 9 novembre.

La popolazione dell'intera provincia di Van è al 2010 pari a 1.035.418, secondo le stime del Turkish Statistical Institute, di cui 539.619 persone (circa il 52%) vivono nella sola città di Van e nelle altre città limitrofe, mentre 495.799

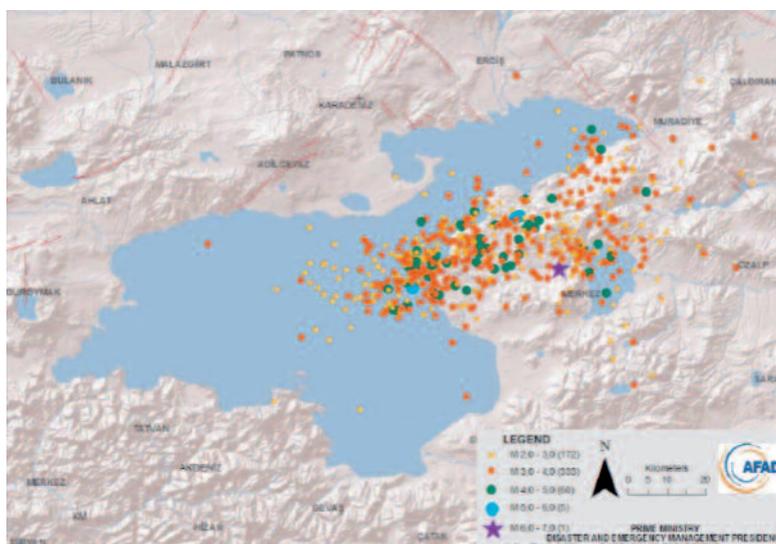


Figura 1
Mappa delle faglie attive in prossimità delle zone colpite dal terremoto e localizzazione degli epicentri dello sciame sismico (fonte: METU).

¹ Presidente della Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica.

(circa il 48%) persone vivono in aree rurali (villaggi). Le condizioni economiche della popolazione sono medio-basse, con alcune situazioni locali particolarmente critiche. È stato stimato che la popolazione della provincia di Van, che risulta essere tra le più povere di tutta la Turchia, abbia un Human Development Index (HDI) simile a quella del Butan e del Congo. Si tenga conto che l'HDI è un indice combinato che tiene conto del livello di alfabetizzazione, dell'aspettativa della vita e del PIL (pro-capita). Nell'area di Van il valore dell'HDI è pari a 0.63, di molto inferiore rispetto a 0.81 relativo al resto della Turchia, valore simile a quello di paesi del tipo Brasile, Perù o Colombia. Stime preliminari delle perdite economiche causate dai due terremoti che hanno colpito la provincia di Van riportano valori totali compresi tra 1 e 4 miliardi di lire turche (corrispondenti, rispettivamente a 500 milioni e 1.6 miliardi di euro).

Durante i due eventi sismici dello scorso ottobre e novembre si sono avute complessivamente 645 vittime. In particolare, durante il primo evento sono decedute 604 persone, di cui 475 nella sola città di Erciş e 61 nella città di Van; altre 68 vittime si sono avute nei villaggi vicini ad Erciş e Van. Le vittime del sisma del 9 novembre sono state complessivamente 41, tutte nel centro di Van. Il numero complessivo dei feriti è stato di 2.000 persone.

Il patrimonio edilizio presente nella provincia di Van colpita dal terremoto è costituito prevalentemente da edifici residenziali multipiano con struttura in c.a., così come riportato anche nella Tabella 1.

A seguito degli eventi sismici del 23 ottobre e 9 novembre il Consorzio Reluis, insieme al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, ha inviato sul posto gli ingg. Luigi Di Sarno e Claudio Moroni, quali esperti tecnici, che, insieme anche all'ing. Angela Chiara Corina, presente a titolo personale, e supportati localmente dall'ing. Cem Yenidoğan, del KOERI di Istanbul, hanno compiuto un sopralluogo nelle zone colpite dal sisma. La ricognizione, che si è svolta nei giorni 30 novembre - 3 dicembre 2011 sul territorio Turco della regione dell'Ana-

tolia Orientale, rientra in un'iniziativa ReLUIIS (Rete Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica), volta a studiare e migliorare la conoscenza di quanto accaduto a seguito dell'evento sismico ed i legami causa-effetto che potrebbero essersi manifestati.

I sopralluoghi tecnici eseguiti hanno evidenziato che il sisma ha causato numerosi crolli di edifici in c.a., muratura ed adobe in diverse città (in particolare il centro di Erciş e Van) ed aree rurali nella provincia di Van. In particolare, durante l'evento sismico del 23 ottobre sono crollati 86 edifici in c.a. ad Erciş, edifici costituiti prevalentemente da 2-6 piani. Nella città di Van sono crollati complessivamente 29 edifici, di cui 25 nel terremoto del 9 novembre.

Da una prima valutazione dello scenario di danno è emerso che le strutture in c.a. maggiormente colpite sono quelle che hanno i tipici difetti dei sistemi strutturali di scadente qualità ovvero dettagli sismici inadeguati o del tutto assenti (Figura 2). Sono stati infatti rilevati insufficienti percentuali di armature longitudinali e trasversali, mancanza di confinamento dei nodi trave-colonna, calcestruzzo di scarsa qualità e la presenza di piani soffici.

Molto diffusi sono stati anche i danni rilevati alle parti non strutturali, in particolare le murature di tompagno e le tramezzature. Per i tompagni, realizzati in prevalenza con doppia fodera ed interposto strato di isolante termico, si sono rilevati numerosissimi casi di ribaltamento della fodera esterna ovvero di tipiche lesioni diagonali indotte dall'eccessiva vibrazione laterale del sistema intelaiato soggetto a sisma. Le tramezzature sono in genere realizzate con blocchi di mattoni forati in cemento piuttosto pesanti, ma molto fragili per effetto di meccanismi taglienti. Danni rilevanti sono stati trovati anche nelle strutture residenziali in muratura, soprattutto quelle realizzate in adobe ovvero pietrame a secco. Tali tipologie costruttive, utilizzate per lo più per costruzioni monopiano, sono presenti prevalentemente nei villaggi limitrofi alle città di Erciş e Van.

Nei centri urbani visitati degli esperti tecnici ReLUIIS sono state identificate molte aree di svi-

Tabella 1 - Caratteristiche del patrimonio costruito nella provincia di Van, Turchia (fonte: KOERI)

	Van (Totale)	Erciş	Edremit	Merkez	Muradiye
Numero di edifici	78000	10700	20100	35200	3600
Cemento Armato	12.7%	27%	51%	5%	5%
Muratura non confinata	75%	63%	36%	82%	81%
Adobe	9.5%	8%	12%	9%	12%
Pietrame a secco	2.8%	2%	1%	4%	2%



Figura 2 –
Danni rilevati sulle strutture
in c.a. ad Erciş, dovuti a
dettagli costruttivi inefficienti:
inadeguata staffatura di un
pilastro (sinistra) ed assenza
di staffatura in un nodo
trave-colonna (destra).

luppo di nuove costruzioni in c.a. Gli edifici in costruzione ispezionati hanno evidenziato il rispetto delle regole antisismiche di base, attraverso l'utilizzo di dettagli costruttivi adeguati. Ciononostante, la qualità del calcestruzzo e la natura dei getti è risultata molto scarsa all'esame visivo. Sono state rilevati molti nidi di ghiaia, mancanza di copriferri di adeguato spessore, scadenti riprese di getto soprattutto nei pilastri e nelle pareti in c.a. Sembra comunque che molte delle strutture in c.a. per edifici multipiano realizzate di recente e/o ancora in fase di ultimazione siano state realizzate seguendo procedure amministrative antecedenti all'entrata in vigore dell'obbligatorietà, a partire del 2010, di controlli specifici sui progetti redatti e sulla qualità dei materiali di costruzione, in particolare il calcestruzzo gettato in opera.

L'introduzione di un maggiore controllo *ex lege* durante tutta la filiera del processo costruttivo è finalizzato ad una più affidabile prestazione delle strutture anche sotto azioni sismiche, con conseguente maggiore sicurezza per la privata e pubblica incolumità. Si rileva esplicitamente che l'emanazione da parte del Ministro dei Lavori Pubblici e dello Sviluppo, nel 2007, del recente Turkish Earthquake Code (Specifiche per le costruzioni da realizzare in zona sismica) è improntata su innovativi criteri prestazionali. Ovviamente, tali criteri devono essere implementati a livello progettuale e vanno curati durante le fasi costruttive, il cui ruolo è fondamentale per il raggiungimento delle prestazioni strutturali attese.

Anche il patrimonio monumentale, in particolare molte moschee e minareti, sono stati severamente danneggiati dai due eventi sismici di ottobre e novembre. Sono stati, infatti, rilevati danni alle pareti in muratura di numerose moschee e di

crolli parziali ovvero globali di molti minareti.

Tra le strutture strategiche e/o pubbliche si sono effettuati diversi sopralluoghi presso ospedali e scuole. Nella città di Van erano presenti 2 ospedali pubblici e 5 cliniche private, mentre nella città di Erciş era presente 1 ospedale statale e 7 cliniche private. A valle del primo evento sismico l'ospedale di Erciş è stato danneggiato perdendo la propria funzionalità e dovrà essere demolito. Comunque, l'inagibilità dell'ospedale non ha creato grossi problemi poiché si è fatto ricorso ai Posti Medici Avanzati, ed al sistema di elisoccorso per trasportare i pazienti presso altri ospedali in caso di necessità. Anche due delle cliniche private risultano danneggiate.

Con il secondo evento, invece, a Van è stato chiuso uno solo dei due ospedali pubblici (il Yuzuncu Yil Hospital, Ospedale Universitario da 500 posti letto, vedi Figura 3), mentre l'altro (il Van Bolge Eğitim ve Araştırma Hastanesi), di recente costruzione (costruito nel 2008 ed entrato in esercizio il 5 gennaio 2011) ha mantenuto la sua funzionalità, sebbene l'incremento di degenze ha comportato l'allestimento di tende esterne volte ad aumentare l'ospitalità complessiva che era di soli 350 posti. Delle 5 cliniche private, invece, 3 sono state chiuse in quanto non utilizzabili, mentre altre 2 cliniche continuano ad operare regolarmente.

Nella città di Van ben 12 scuole sono risultate gravemente danneggiate, altre hanno subito dei danni per cui il Governo Locale ha deciso di fare approfondimenti mediante l'utilizzo di gruppi di esperti tecnici reclutati tra il personale accademico. Nella città di Erciş non è stato possibile reperire notizie sull'agibilità delle 30 scuole presenti.

Il governo turco ha istituito il centro di coordinamento generale per l'emergenza nella città di

Figura 3
Ospedale Universitario
Yuzuncu Yil a Van: ingresso
Pronto Soccorso.



Van, gestito dal Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), che dipende direttamente dal Primo Ministro, ed un centro di coordinamento locale ad Erciş.

Le organizzazioni internazionali hanno fornito team di search and rescue (moduli USAR) ed aiuti in termini economici e materiali coordinati dall'UN OCHA. Va comunque rilevato che le condizioni meteorologiche (clima rigido, tempe-

rature minime molto al di sotto dello zero) aggravano significativamente il disagio sia della popolazione sia degli operatori che lavorano alle attività assistenziali.

Tutte le informazioni raccolte e le attività svolte dall'ing. Di Sarno e Moroni durante la missione nella provincia di Van saranno a breve pubblicate in un rapporto tecnico che sarà reso anche disponibile sul sito www.reluis.it.