



# APPENDIX I

## Earthquake Environmental Effects Photo gallery



# PRIMARY EFFECTS



January 3, 1911, Chon Kemin, Kirgystan earthquake ( $M_s=8.2$ ).

A fault slip of more than ten meters was produced by one single seismic event. In such a case, a paleoseismological trench needs to be very deep to recognize past events (centre of photo, man for scale).

- *Un rigetto di oltre 10 metri venne generato da un singolo evento sismico. In questi casi servono trincee paleosismiche molto estese per ricostruire gli eventi precedenti (per confronto, si osservi l'uomo al centro della foto).*

Photo: E. Vittori



December 4, 1957, Mogod, Gobi-Altay earthquake ( $M_w=8.1$ ).

Bogd Toromhon coseismic fault rupture: 6 m of left lateral and 5 m (cfr. Shmulik Marco + Kelvin Berryman + Thomas Rockwell) of vertical slip.

- *Fagliazione superficiale cosismica a Bogd Toromhon: lo spostamento cosismico è stato pari a circa 6 metri di movimento laterale sinistro, e a circa 5 m (cfr. Shmulik Marco + Kelvin Berryman + Thomas Rockwell) di dislocazione verticale.*

Photo: R. Amit



March 27, 1964 Alaska earthquake ( $M_w=9.2$ ). Hanning Bay fault scarp on Montague Island. Vertical displacement in the foreground, in rock, is about 3.6 m. The maximum measured displacement of 4.2 m is at the beach ridge near the trees in the background.

- *Scarpata di faglia di Hanning Bay, Montague Island. In primo piano, la dislocazione verticale è pari a 3,6 m. La massima dislocazione, pari a 4,2 m, è stata misurata vicino agli alberi sullo sfondo.*

Source: U.S. Geological Survey Photographic Library (<http://libraryphoto.cr.usgs.gov>) . Published on U.S. Geological Survey Professional paper 541.





December 7, 1988 Spitak, Armenia earthquake (Ms 6.9).

Coseismic surface rupture produced by one single event. Here the rupture cuts across the ground without clear morphological evidence of past tectonic activity.

- *Rottura cosismica superficiale prodotta da un singolo terremoto. La rottura cosismica ha tagliato la superficie topografica in un punto in cui non si hanno evidenze morfologiche di attività tettonica precedente.*

Photo: E. Vittori

December 7, 1988 earthquake, Spitak, Armenia, Ms=6.9. Evidence of coseismic surface faulting: local displacements are more than one meter.

- *Fagliazione superficiale cosismica: qui l'entità della dislocazione cosismica è superiore al metro.*

Source: CISTERNAS *et alii*, (1989). The Spitak (Armenia) earthquake of 7 December 1988: field observation, seismology and tectonics. *Nature*, 339, N 6227, p.675-679.



September 27, 2003 Altai, Russia earthquake (Ms=7.4)

Coseismic surface ruptures: local offsets of topographic surface are in the order of a few meters.

- *Rotture superficiali cosismiche: localmente le dislocazioni della superficie topografica sono dell'ordine di pochi metri.*

Photo: A. Ovsyuchenko





October 28, 1983, Borah Peak, Nevada, USA, earthquake (Ms = 7.3)

The height of fault scarp is locally in the order of one meter. A clear gentler sloping scarp indicates the penultimate event.

- L'altezza della scarpata di faglia è pari a circa un metro. Un tratto della scarpata meno pendente indica il penultimo evento.

Photo: E. Vittori



December 16, 1954 Dixie Valley, Nevada, USA, earthquake (M = 7.2)

Trace of the fault escarpment associated to this event. The mountain front is the result of repeated earthquakes like the 1954 event over a geological time interval.

- Traccia della scarpata di faglia associata a questo evento. Il fronte montuoso è il risultato di ripetuti terremoti simili a quello del 1954 in un intervallo di tempo geologico.

Photo: E. Vittori

October 02, 1915 Pleasant Valley, Nevada, USA, earthquake (M = 7.8).

Trace of the coseismic fault scarp and associated Mt. Tobin mountain front.

- Traccia della scarpata di faglia e del fronte montuoso (Monte Tobin) ad essa associato.

Photo: B. Slemmons







January 17 1995, Kobe, Japan, earthquake (M=6.9).  
 Hokudan, Awaji island: the surface rupture of the Nojima fault preserved inside a museum built on purpose.  
 - Hokudan, isola di Awaji: la rottura superficiale della faglia di Nojima conservata all'interno di un museo appositamente costruito.

Photo: L. Guerrieri



January 13, 1915, Fucino, Central Italy, earthquake (M = 7.0).  
 San Venezzano, Eastern border of the Fucino basin: Eye-witnesses have testified to Serva L. that coseismic displacement along the fault was about 80-90 cm.  
 - San Venezzano, margine orientale del bacino del Fucino. Testimoni oculari hanno dichiarato a Serva L. che il rigetto cosismico lungo la faglia è stato pari ad 80-90 cm.

Source: SERVA L., BLUMETTI A.M. & MICHETTI A.M. (1988) - Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 gennaio 1915); tentativo di interpretazione dell'evoluzione tettonica recente di alcune strutture. Mem. Soc. Geol. It., 35, 893-907.





October 23, 2004, Chuetsu, Japan, earthquake (Mw=6.6).

A trench exposure across the Obirou thrust fault which caused the earthquake. The scarp is the cumulative effect of several earthquakes. The last event produced offsets of only a few cm.

- La parete di una trincea attraverso il thrust di Obirou che ha generato il terremoto. La scarpata è l'effetto cumulato di diversi terremoti. L'ultimo evento ha prodotto rigetti dell'ordine di pochi cm.

Photo: T. Azuma



1811-1812 New Madrid (USA) earthquakes (Mw between 7.2 and 8.3).

Reelfoot Lake, Tennessee, USA. This lake was formed by coseismic uplift triggered by a blind thrust that caused the inundation of the forested area in foreground.

- Questo lago si è formato per il sollevamento cosismico innescato dalla riattivazione di un sovraccorrimiento cieco che ha provocato l'inondazione dell'area forestata in primo piano.

Photo: courtesy J. & D. Richardson Photography (<http://www.jdrichardson.com/>)



# SECONDARY EFFECTS



February 5, 1783 Calabria earthquake ( $M_m=7.1$ ).

A seismically-induced landslide dammed the S. Cristina narrow valley and formed a temporary lake.

- *Una frana sismoindotta sbarrò la stretta valle di S. Cristina e formò un lago temporaneo.*

Source: Sarconi (1784) - *Istoria de' fenomeni del Tremoto avvenuto nelle Calabrie e nel Valdemone nell'anno 1783.* Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli. Naples.

October 23, 2004 Chuetsu, Japan, earthquake ( $M_w=6.6$ ).  
Seismically induced landslide in the hills of Yamakoshi.  
- *Una frana sismoindotta sulle colline di Yamakoshi.*

Photo: T. Azuma







January 25, 1999, Armenia, Colombia earthquake ( $M = 6.1$ ).  
Seismically induced landslide at Cristales, Cajamarca.  
- *Una frana sismoindotta a Cristales, Cajamarca.*

Photo: A.N. Gomez



November 23, 1980 Irpinia-Basilicata, Italy earthquake ( $M_s = 6.9$ ).  
S. Giorgio La Molara: coseismic reactivation of a landslide.  
- *S. Giorgio La Molara: riattivazione cosismica di una frana.*

Source: Ufficio Tecnico Comune San Giorgio La Molara



August 6, 2002 Bullas, Spain earthquake (VI MSK; 5.0 mb)

A massive block of  $25 \text{ m}^3$  located 4 km from the epicentre rolled for several hundreds of meters. Another block of  $15 \text{ m}^3$  fell down in the same zone. Blocks were overturned during a second earthquake (VI MSK; 4.8 Mw), 2005 La Paca earthquake.

- *Un blocco di  $25 \text{ m}^3$  a circa 4 km dall'epicentro è rotolato per centinaia di metri. Un altro blocco di  $15 \text{ m}^3$  è caduto nella stessa zona. I blocchi sono stati rimobilizzati durante il terremoto del 2005 a La Paca (VI MSK; 4.8 Mw).*

Source: Murphy Corella, P. (2005) Field Report for the January 29th 2005 earthquakes in Lorca, Spain. <http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Documentos/SismoLorca.htm>



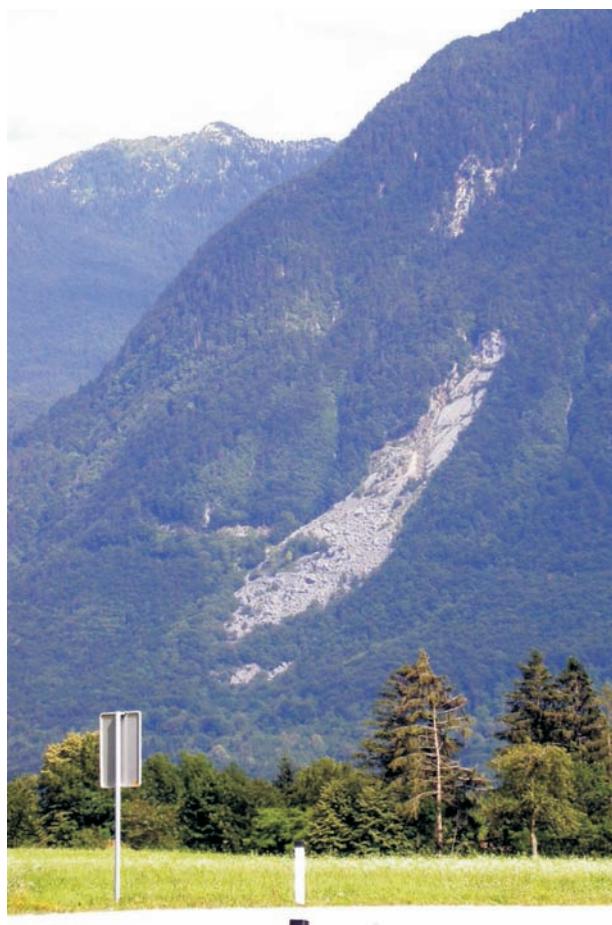
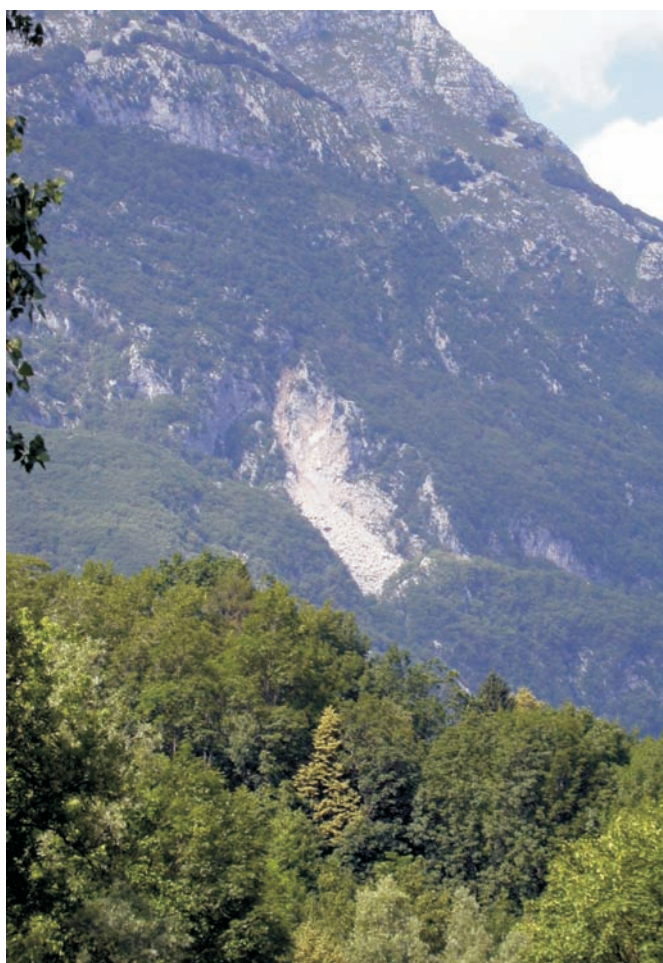


November 24, 2004, Salò, Italy earthquake ( $M_I=5.2$ ).

At Clibbio, along the Chiese River, large rockfalls with dolostone boulders up to ca.  $75 \text{ m}^3$  detached from the mountain slope of Mt. Acuto; two houses were hit by the boulders.

- *A Clibbio, lungo il fiume Chiese, imponenti frane di crollo con blocchi di dolomia di dimensioni anche fino a  $75 \text{ m}^3$  si sono staccati dal versante montuoso di Monte Acuto. Due case furono colpite dai blocchi.*

Photo: S. Porfido



April 12, 1998 Bovec, Slovenia earthquake ( $M_d = 5.6$ ) - Two rock falls reactivated along the Mt. Cucla mountain slope.

- *Due frane di crollo si sono riattivate lungo il versante montuoso di Monte Cucla.*

Photo: P. Di Manna, E. Vittori





July 12, 2004, Kobarid, Slovenia earthquake ( $M_d = 5.1$ ). Two small landslides along the Kobarid - Bovec road.  
- *Due piccole frane lungo la strada Kobarid - Bovec.*

Photo: P. Di Manna, E. Vittori



September 06, 2002, Palermo, Italy earthquake ( $M_i = 5.6$ ).

Cerda: trace of the main scarp of a ca. 500 m x 1500 m landslide. An ESI scale value of VII degree might be attributed based on such a landslide. However, the nearby village of Cerda and the country houses around the slide did suffer a MCS intensity V. No other similar or even smaller slides were observed in the area.

This is a case where a specific analysis is required to verify if the isolated, though large, landslide, better portrays the local intensity or it should be disregarded.

- *Cerda: un tratto della corona di una frana di dimensioni pari a circa 500 m x 1500 m. Si potrebbe attribuire a questo effetto un grado di intensità ESI pari a VII. Tuttavia, al vicino paese di Cerda e alle case adiacenti alla frana è stata attribuita un intensità MCS pari a V. Non sono stati osservati altri movimenti di versante nell'area.*

*Questo è un caso in cui è necessaria un'analisi specifica con l'obiettivo di verificare se un fenomeno franoso isolato, anche se molto esteso, sia rappresentativo dell'intensità locale o se invece debba essere ignorato.*

Photo: E. Vittori





March 27, 1964 Alaska earthquake ( $M_w = 9.2$ ). Collapse pits at Kasilof formed after eruptions of ground water and sand. The pit in the foreground is about one meter in diameter.

- Kasilof, cavità di collasso formate dalle eruzioni di acqua sotterranea e sabbia. La cavità in primo piano ha un diametro di circa un metro.

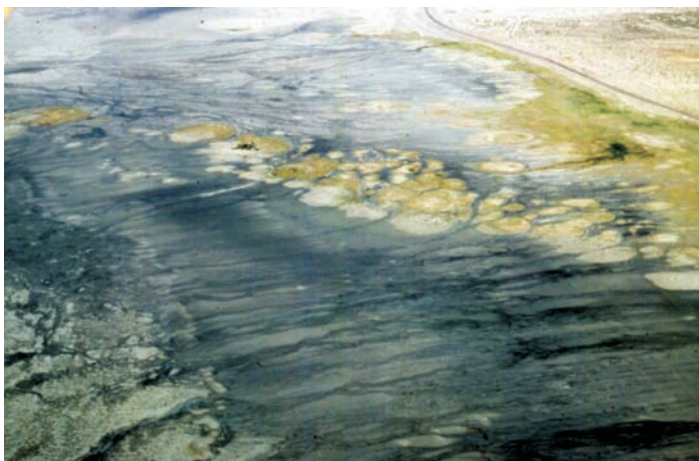
Photo by H.L. Foster, 1964. U.S. Geological Survey Professional paper 543-F.

May 27, 1995 Neftegorsk earthquake ( $M_s=7.4$ ).

A ground collapse occurred after the earthquake.

- Un collasso occorso a seguito del terremoto.

Source: IVASHCHENKO *et alii*, (1995). Neftegorskoye zemletryaseniye 27(28) maya 1995 g. na Sakhaline. (The Neftegorsk 27(28) May, 1995, earthquake in Sakhalin - in Russian). // In: Federal'naya sistema seismologicheskikh nablyudeniy i prognoza zemletryaseniya. Neftegorskoye zemletryaseniye 27 (28).05.1995. Moskva, 48-67.



March 3, 1872 Owens Valley, California, USA earthquake ( $M_s=7.6$ ). Owens Lake: aligned mud volcanoes in the playa of the lake, dried in 1925.

- Owens Lake: vulcanelli di fango allineati sul fondo del lago, prosciugato nel 1925.

Photo: E. Vittori





November 22, 1995 Nuweiba, Sinai, earthquake, (Mw=7.2).

Gulf of Elat - Aqaba: an about one meter large sand blow with coarse sand on its surface, suggesting that coarser material was likely ejected during a late liquefaction phase.

- *Golfo di Elat - Aqaba: un vulcanello di sabbia di circa un metro con sabbia grossolana in superficie. Il materiale grossolano dovrebbe essere fuoriuscito in una fase tardiva del fenomeno di liquefazione.*

Source: The November 22, 1995 Nuweiba earthquake, Gulf of Elat - Aqaba: post-seismic analysis of failure features and seismic hazard implications. Edited by Hillel Wust, Report GSI/3/97, Elat.



October 23, 2004 Chuetsu, Japan, earthquake (Mw=6.6).

Kawabukuro: a sand bowl a few meters wide.

- *Kawabukuro: un vulcanello di sabbia ampio diversi metri.*

Photo: T. Azuma



August 14, 2003, Lefkada, Ionian Sea, Greece, earthquake (Mw=6.2).

Ground crater in the sandy beach of Agios Nikitos.

- *Un cratere formatosi nella spiaggia sabbiosa di Agios Nikitos.*

Source: Earth Planets Space, 55, 713-718, 2003 (G.A. PAPADOPOULOS, V. KARASTATHIS, A. GANAS, S. PAVLIDES, A. FOKAEFS & K. ORFANOIANNAKI).





November 24, 2004, Salò, Italy, earthquake ( $M_l=5.2$ )  
 Salò: in the harbor evidence of liquefaction and localized (over an area of ca.  $500 \text{ m}^2$ ) lateral spreading was observed, with fissuring up to 30 cm wide parallel to the waterfront area.  
 - Salò: nel porto sono state osservate evidenze di liquefazione ed espansioni laterali localizzati in un'area di circa  $500 \text{ m}^2$ , con fessure ampie fino a 30 cm parallele al fronte del porto.

Photo: E. Esposito



October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake ( $M_w=7.1$ )  
 Murindo River basin, Colombia: The vegetation cover was heavily damaged and trees collapsed even in flat areas.  
 - Bacino del fiume Murindo, Colombia: La copertura vegetale venne profondamente devastata e alberi caddero anche in aree pianeggianti.

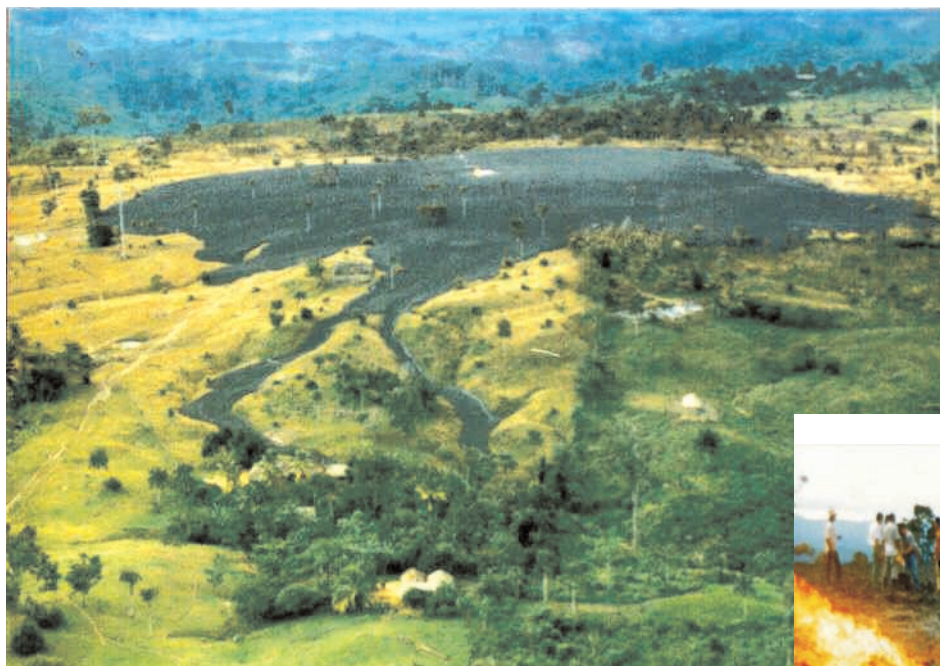
Photo: E. Parra



October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake ( $M_w=7.1$ )  
 Damaquiel Island ( $50 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ ) emerged in the Gulf of Uraba Colombia.  
 - L'isola di Damaquiel ( $50 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ ) emerse nel Golfo di Uraba, Colombia.

Photo: E. Parra



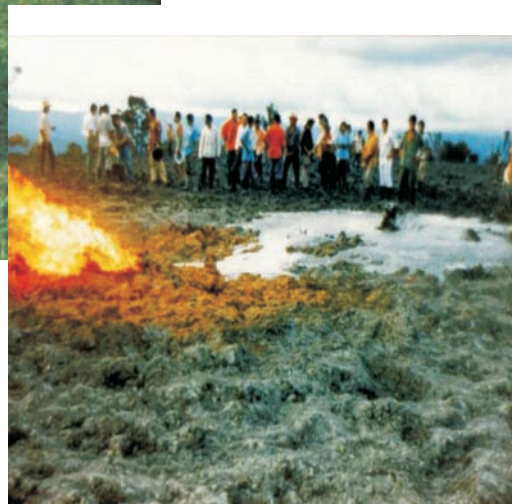


October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake ( $M_w=7.1$ )

San Pedro de Uraba: the Cacahual mud-volcano erupted some minutes after the event emitting gas that burnt for days.

- *San Pedro de Uraba: il mud-volcano di Cacahual ha iniziato ad eruttare alcuni minuti dopo l'evento con emissioni gassose che alimentarono incendi per diversi giorni.*

Photo: E. Parra



March 27, 1964, Alaska earthquake ( $M_w=9.2$ ).

Shoup Bay: a boulder estimated to weigh almost 800 kg was thrown 27 m above the shoreline.

- *Shoup Bay: un enorme blocco il cui peso è stato stimato pari a quasi 800 kg è stato scagliato fino a 27 metri sopra la linea di costa.*

Photo by G. Plafker, 1964. Figure 4, U.S. Geological Survey Professional paper 542-G.





February 11, 2004, Northeastern Dead Sea earthquake (ML=5.2).  
Anomalous wave in the Dead Sea, half an hour after the event.

- *Un'onda anomala nel Mar Morto, mezz'ora dopo l'evento.*

Source: SALAMON, A., 2005. Natural seismogenic effects of the February 11, 2004, ML=5.2, Dead Sea earthquake, Israel Journal of Earth Sciences, 54, 145-169).

Photo taken by C. Barghoorn

February 11, 2004, Dead Northeastern Sea earthquake (ML=5.2).

Ponds along the Darga coast, probably formed by the run-up wave of a small tsunami.

- *Pozze d'acqua lungo la costa di Darga, formate probabilmente dall'onda di run-up di un piccolo tsunami.*

Source: SALAMON, A., 2005. Natural seismogenic effects of the February 11, 2004, ML=5.2, Dead Sea earthquake, Israel Journal of Earth Sciences, 54, 145-169).

Photo taken by G. Baer.

