

Geologia II
(Geologia Strutturale e Tettonica)
e
Principi di Rilevamento
A.A. 2021-2022

corso a erogazione annuale

Lezioni frontali in modalità in presenza (con registrazione, almeno per il primo semestre, e possibile modalità mista per «validi motivi»), esercitazioni/laboratori in presenza, attività sul terreno e «campo» di rilevamento (ovviamente in presenza)

Docenti

Lorenzo Bonini & Gian Andrea Pini

Struttura e argomenti del Corso – Parte Prima

Geologia Strutturale e Tettonica

- ◇ *Introduzione*
Campi di lavoro della geologia strutturale, concetto di tettonica, differenti scale di osservazione e di approccio metodologico.
- ◇ *Sforzi e Deformazioni*
Significato geologico di sforzo e deformazione. Relazioni sforzi-deformazioni. Fattori che influenzano il comportamento reologico delle rocce. Deformazione fragile, deformazione duttile. Processi della deformazione fragile, meccanica della fratturazione.
- ◇ *Le strutture tettoniche elementari “fragili”*
Tipi e nomenclatura.
- ◇ *Le strutture tettoniche elementari “duttili”*
Tipi e nomenclatura. Processi della deformazione duttile. Ricristallizzazione e cristallizzazione sin-cinematica; deformazione duttile e metamorfismo.
- ◇ *Le strutture tettoniche elementari “fragili-duttili”*
Tipi e nomenclatura. Evoluzione delle zone di faglia, flusso cataclastico, miloniti, pseudotachiliti, terremoti.

◇ *Le pieghe*

Descrizione e nomenclatura, modelli di piegamento, strutture minori associate al piegamento

◇ *Associazioni di strutture tettoniche e ambienti geodinamici*

Ambienti geodinamici divergenti: faglie dirette e tettonica estensionale: associazione di faglie dirette, faglie listriche, graben, semigraben, zone di rift, bacini e crosta oceanici, margini continentali passivi, stadi evolutivi e relazioni con la sedimentazione (pre-, sin-, post-rift), modelli alternativi di estensione crostale: taglio semplice, taglio puro.

Ambienti geodinamici convergenti: accavallamenti, sovrascorrimenti, falde e tettonica compressive. Sistemi di catene collisionali con esempi, basamento e coperture, ofioliti. Associazioni accavallamenti-pieghe. Sistemi di subduzione, prismi di accrezione, erosione e accrezione tettonica, bacini di retroarco, terranes, mélanges.

Ambienti geodinamici trascorrenti / trasformi: tettonica trascorrente: le faglie trascorrenti e le strutture associate, transpressioni e transtensioni, faglie trasformi.

Diapirismo: tettonica diapirica, diapirismo salino, pseudodiapirismo, diapirismo di argille, vulcani di fango.

Struttura e argomenti del Corso – Parte Seconda

Principi di Rilevamento Geologico

Finalità: imparare i fondamentali per il rilevamento dei dati geologici sul terreno, la loro rappresentazione grafica e statistica e la elaborazione di carte e sezioni geologiche

- ◇ Costruzioni grafiche elementari: Giaciture di piani e linee rette. Linee di intersezione tra superfici.
- ◇ L'individuazione della giacitura di un piano con il metodo dei tre punti.
- ◇ Costruzione della linea di affioramento di un piano. Inclinazione reale e apparente di un piano.
- ◇ Relazione tra lo spessore degli strati e l'ampiezza dell'affioramento.
- ◇ Misura dello spessore reale di una formazione. Spessori apparenti di una formazione e loro misura.
- ◇ Sezioni geologiche: principi per la loro costruzione.
- ◇ Proiezioni stereografiche. Tracce ciclografiche di piani e poli di rette. Misure di angoli tra piani, tra rette complanari, tra rette e piani.

Quanto conoscete di queste cose???????????

Informazioni astronomiche, meteoritiche e geofisiche.
Discontinuità. Nucleo, mantello e crosta. Isostasia. Astenosfera e litosfera. Campo magnetico terrestre, paleomagnetismo. La “tettonica a zolle”. Le zolle e i tipi di margine. Giunzioni triple, “punti caldi”, “pennacchi”. Cinematica e meccanismi di movimento delle placche. Celle convettive.

Struttura del Corso: testi

Mercier J. & Vergely P. - *Tettonica* - Pitagora (1995)

Kearey P., Klepeis K.A. & Vine F.J. – *Global Tectonics* – Wiley-Blackwell (2009)

van der Pluijm B. & Marshak S. - *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics* - WW Norton & Company. Second Edition (2004)

Doglioni C. – *Tettonica delle placche* - PDF dall'Autore pre-print da «Enciclopedia degli Idrocarburi» Treccani

Doglioni C. – *Elementi di Tettonica* – Casa Editrice il Salice (1993)

Suppe J. – *Principles of Structural Geology* - Prentice-Hall Inc. (1985) out-of-print available from author, copyright 2005 John Suppe

Lisle R., Brabham P. & Barnes J. - *Basic Geological Mapping* - Wiley-Blackwell (2011)

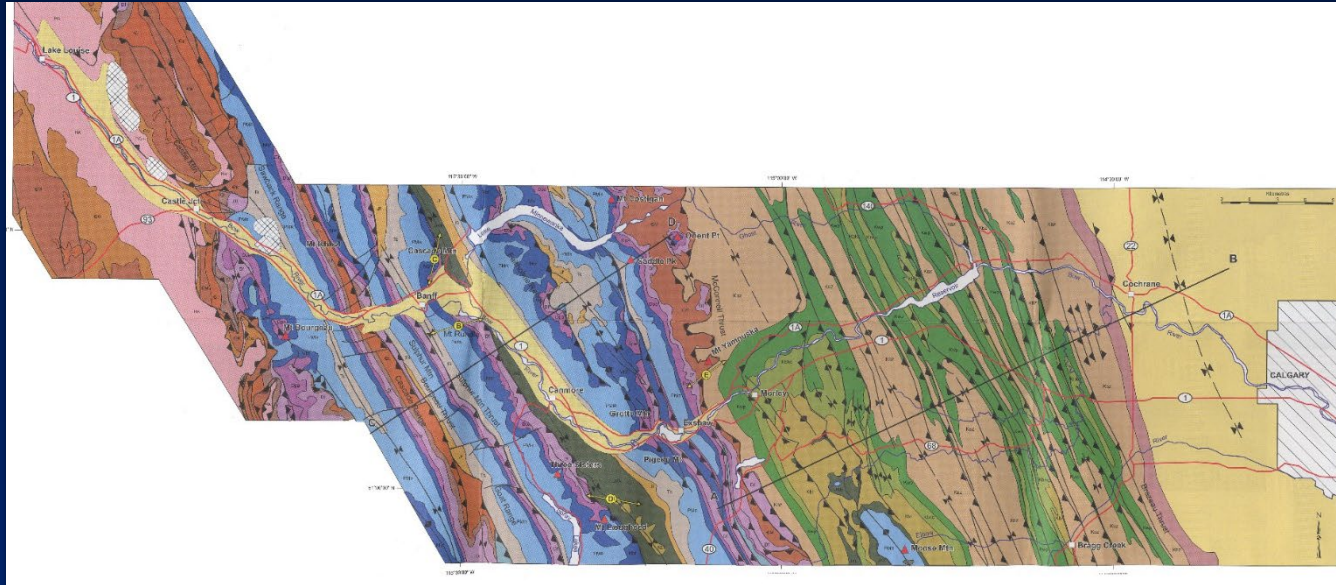
Geologia Strutturale e Tettonica

Tettonica = dal greco antico *tektion* (costruttore),
e *tektionikos* (relativo al costruire)

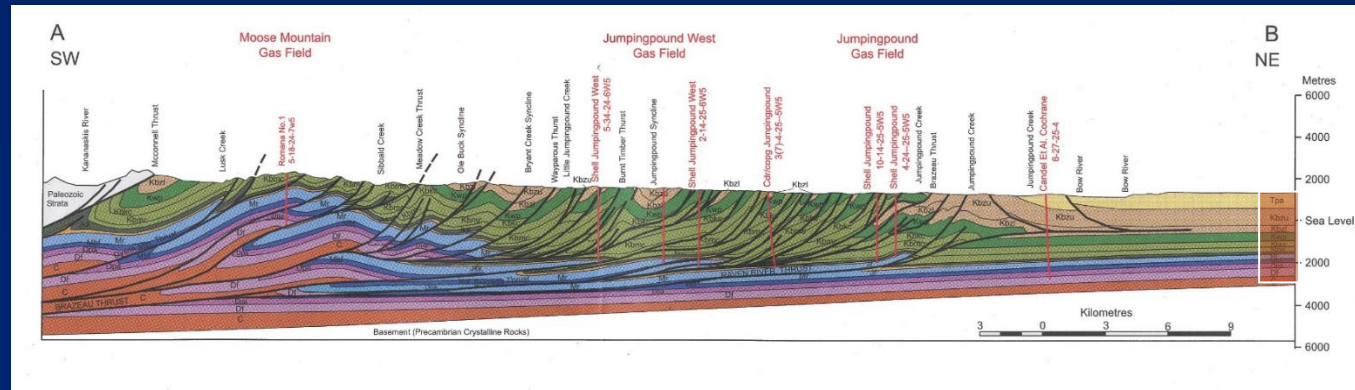
applicata storicamente alle catene montuose,
studiando la loro “struttura”,
ovvero come vari elementi si giustappongono per formare, ad esempio,
una catena montuosa, vista come un “edificio”.

Geologia Strutturale da *struttura*,
cioè quella branca della Geologia che studia le deformazioni delle
rocce e della crosta terrestre, le loro conseguenze (strutture tettoniche)
e cerca di capire come e quando si sono generate, di ricostruire la
situazione pre-deformazione (retrodeformazione).

Strutture tettoniche (accavallamenti-sovrascorrimenti e pieghe) che deformano un successione stratigrafica (il mattone)



Da Price, 2000; Ollerenshaw, 1978



Da Price, 2000; Ollerenshaw, 1978

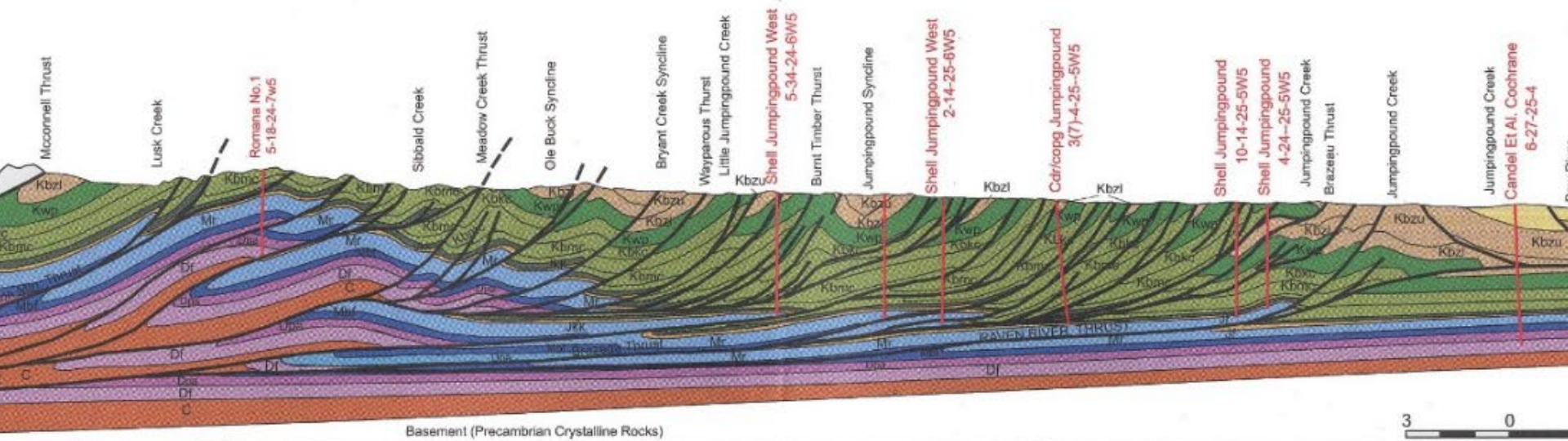
Successione non deformata Dal Cambriano al Terziario!!

BANFF AREA STRATIGRAPHIC SUCCESSION								
ERA	PERIOD	EPOCH-STAGE	COLOR	LITHOLOGY and MAP COLOUR	FORMATION	GROUP		
Mesozoic	Tert.	Paleo.			PASKAPOO	Tp		
					COALSPUR	Tkc		
	Cretaceous	Maas.				KbZ - u KbZ - l	BRAZEAU	
								Camp.
		Sant.				WAPIABI	Kwp	ALBERTA
		Cont.				CARDIUM	Kctc	
		Ceno.				BLACKSTONE	Kbmc	
		Albian				BLAIRMORE Gp.	Kbl	
		Aptian				CADOMIN		
		Neo.				KOOTENAY	JKk	
		Jurassic				FERNIE	Jf	
		Triassic				SULPHUR MTN	Ts	SPRAY RIVER
	Permian				ISHBEL GP.		PMR	
	Penn.				KANANASKIS			
	Mississippian	Chest.				TUNNEL MTN	BERRY LAKER	
ETHERINGTON								
Mera.					MT. HEAD			
Osag.					LIVINGSTONE			
Kinder.					BANFF	Mbr		
Paleozoic	Devonian	Fam.			PALLISER	Dpa		
					ALEXO			
	Fras.				SOUTHESK	FAIRHOLME		
	CAIRN							
	Ordovician				FLUME	SKOKI		
					OUTRAM SURVEY PEAK		Co	
	Cambrian	Croix.				ARCTOMYS	LYNX Ck	
						PIKA		Cepa
		Alber.				ELDON	CM	
						STEPHEN		
CATHEDRAL						Cwcs		
Wauc.					Cg	GOG		
Precambrian					HA	MIETTIE		

Moose Mountain Gas Field

Jumpingpound West Gas Field

Jumpingpound Gas Field



Modelli sperimentali in sabbia (sand o clay box)

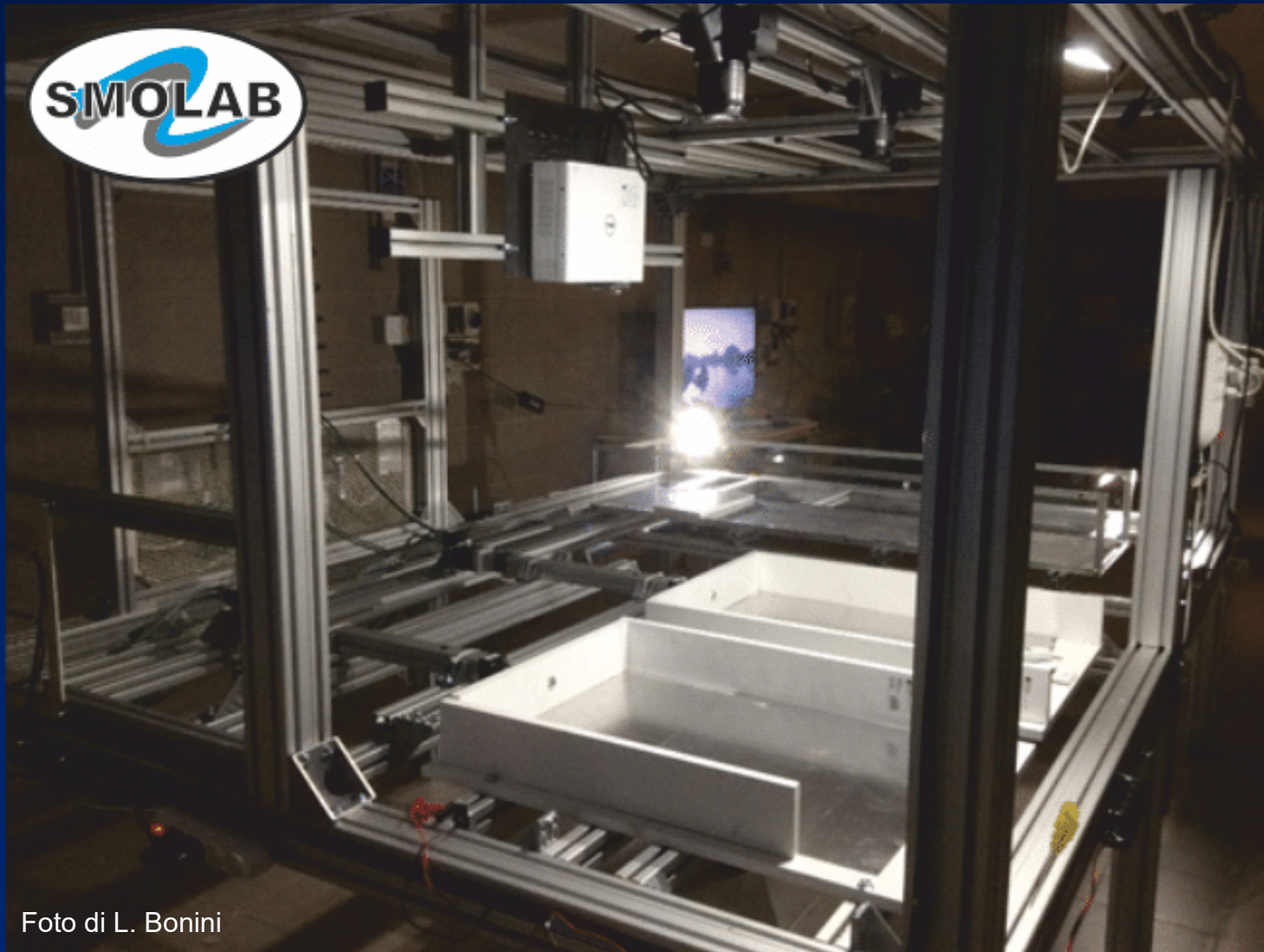
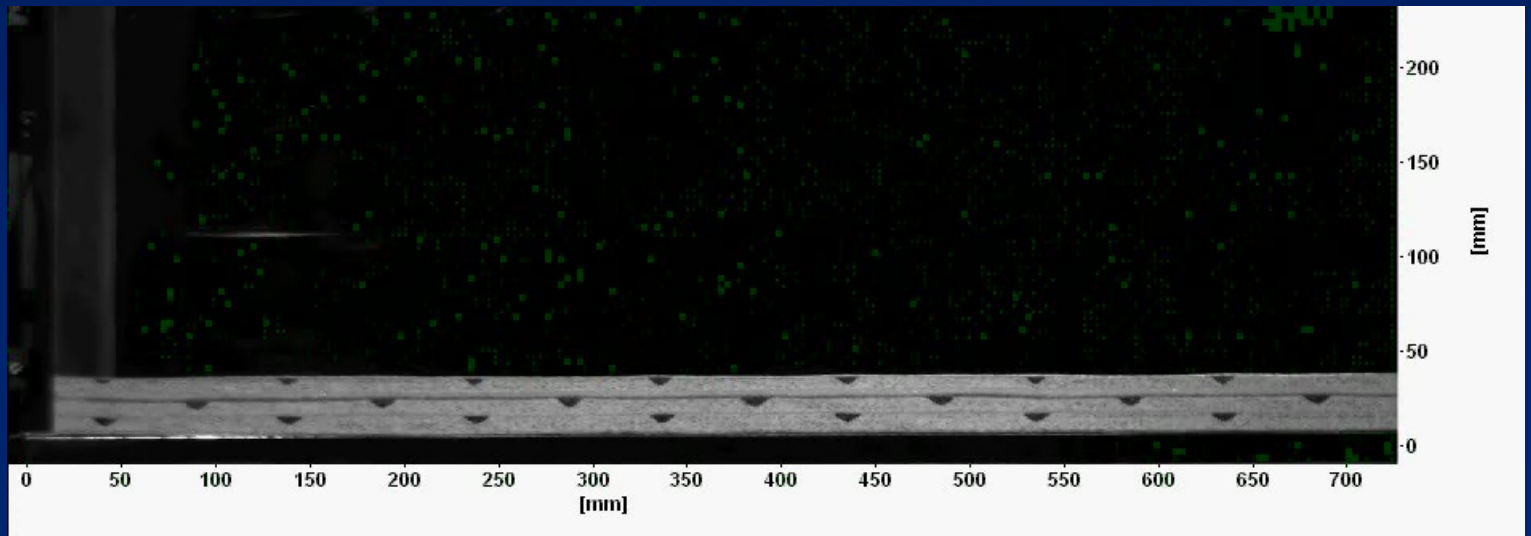
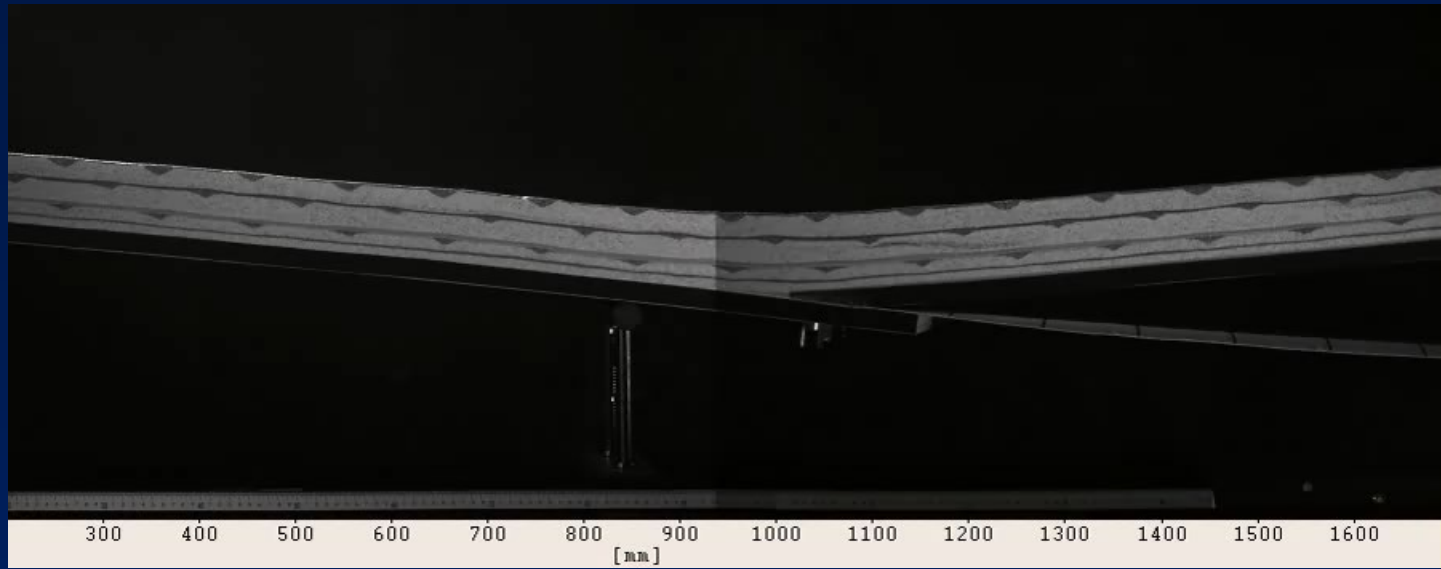


Foto di L. Bonini



Cosa studiano Geologia Strutturale e Tettonica?

- ✓ **Geometrie (disposizione delle strutture tettoniche nello spazio, rapporti tra di loro e le strutture non tettoniche)**
- ✓ **Cinematica (modalità di enucleazione e movimento delle strutture nel tempo)**
- **Dinamica (forze e lavoro..... Geodinamica)**

G.A. Pini



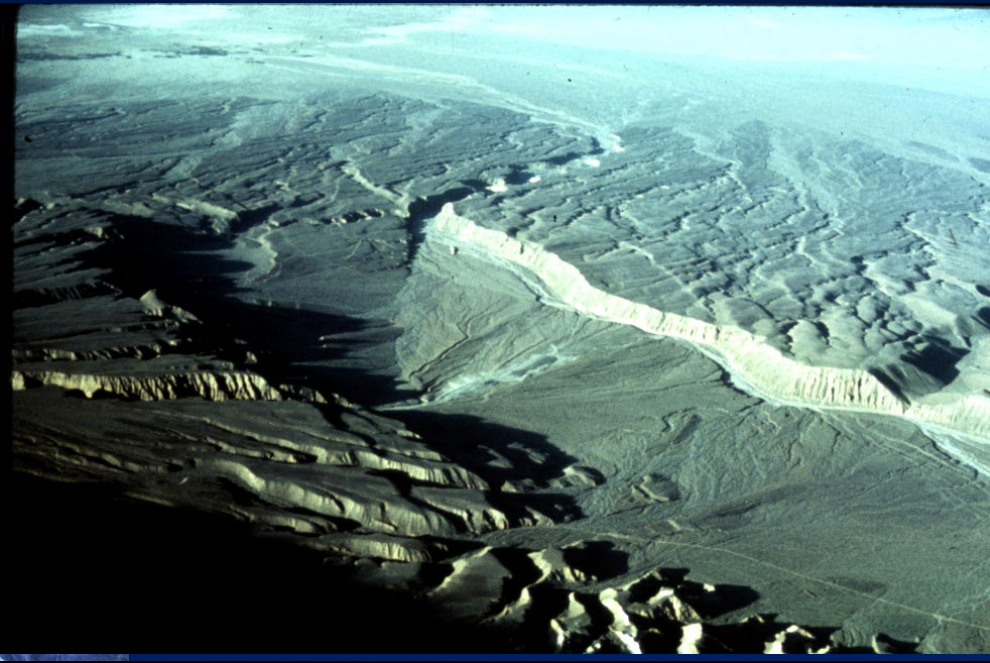
Da Ramsay & Huber, 1987



Da Ramsay & Huber, 1987



Da Ramsay and Huber, 1987



Da Ramsay and Huber, 1987



Foto di L. Selli





Strutture tettoniche fragili:

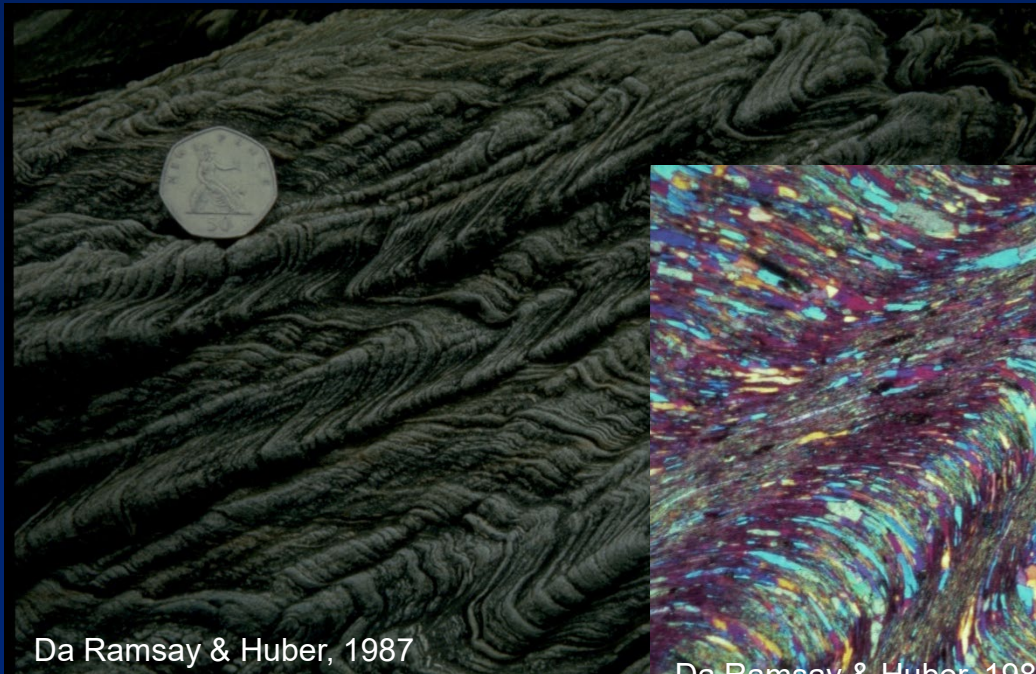
Caratteri comuni: deformazione di tipo “discontinuo”, ovvero la roccia è interessata da piani di discontinuità, evidenti alla scala dell’osservazione diretta sul terreno (mesoscopica). Le varie superfici si distinguono per il tipo di movimento dei lembi.

NB, per favore = anche le **pieghe** possono svilupparsi in un regime deformativo “fragile”.

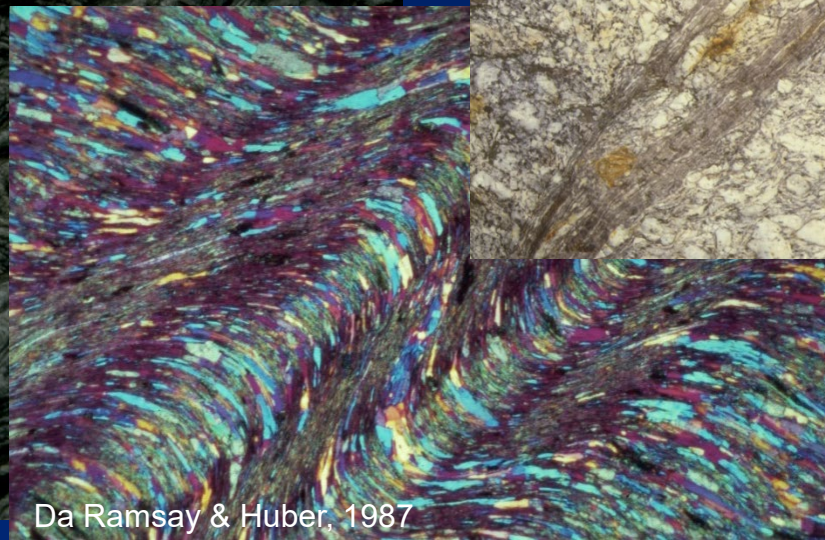
Strutture tettoniche duttili:

Caratteri comuni: deformazione di tipo “continuo”, ovvero la roccia è non interessata da piani di discontinuità alla scala dell’osservazione diretta sul terreno (mesoscopica). Le superfici esistenti (piani di foliazione) sono dovute a distribuzione differenziale e/o isorientamento di minerali e granuli e alla crescita di nuovi minerali (in stretta connessione con il metamorfismo)

NB: Le pieghe possono svilupparsi anche nel regime deformativo fragile, ma NON sono SOLO duttili



Da Ramsay & Huber, 1987

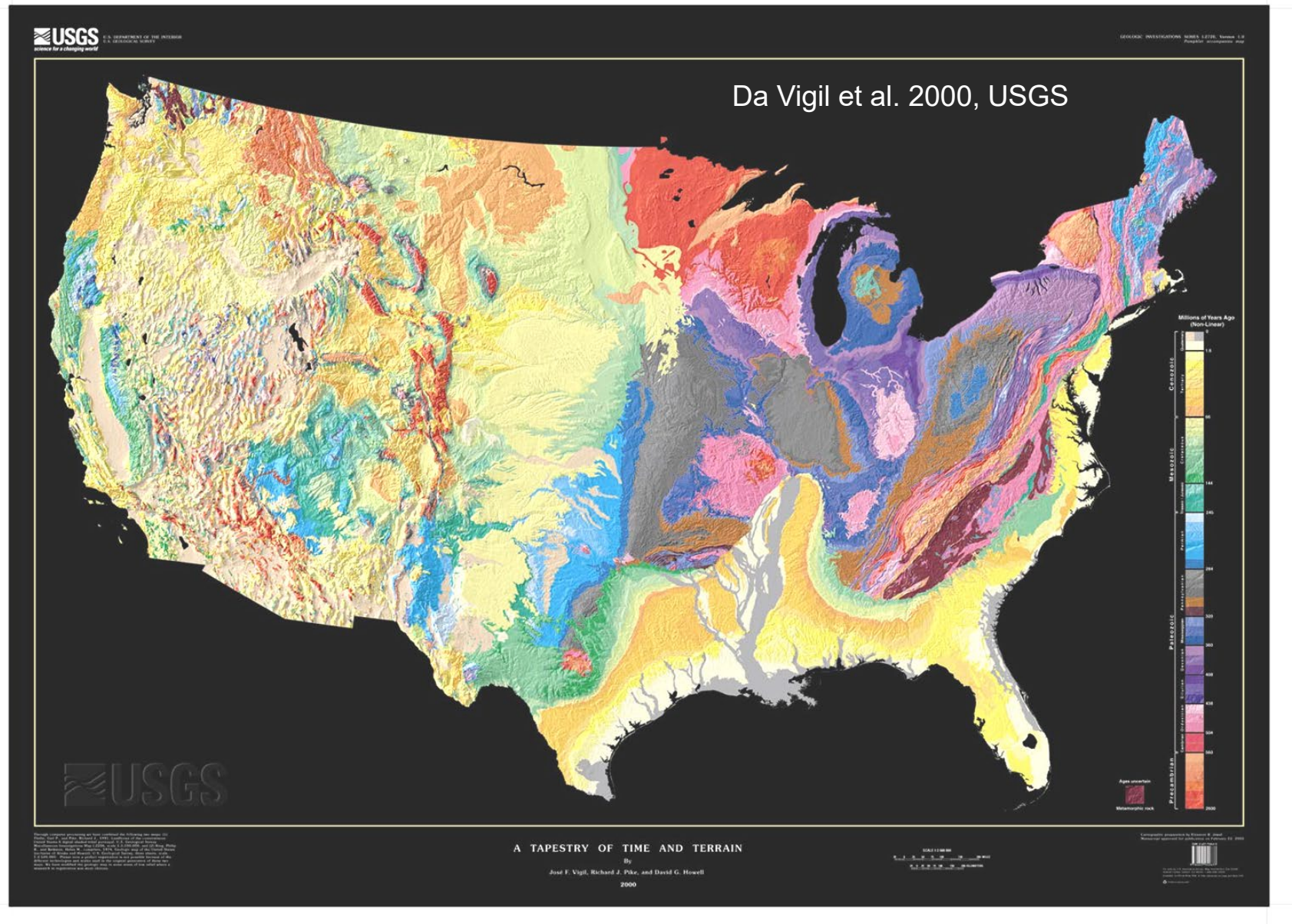


Da Ramsay & Huber, 1987



G.A. Pini,

Alcuni esempi di strutture tettoniche alle diverse scale



Intero continente, migliaia di chilometri, più catene montuose.

Appalachiani (Appalachians Mts.)



Singola catena montuosa,
Dimensioni:
Centinaia di chilometri (larghezza)
Centinaia/migliaia di km (lunghezza)

Da mosaico foto satellitari NOAA
(fonte USGS)

Shaded relief da DEM, Theling & Pike, 1991,
Miscellaneous Investigations Series Map I-2206USGS



James Mountains, Australia - NASA Photo ID
PSTS61B-44-6,
<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/>



Zagros Folded Belt, Fars, Iran - Da Google Earth

Pieghe da foto da satellite
Decine di chilometri



Pieghe da foto da satellite
Decine di chilometri-chilometri

© 2010 Europa Technologies
© 2010 Cnes/Spot Image
© 2010 Google
Image © 2010 GeoEye

© 2009 Google

4000 metri!

Vulcaniti quaternarie

Rocce metamorfiche
Precambriane

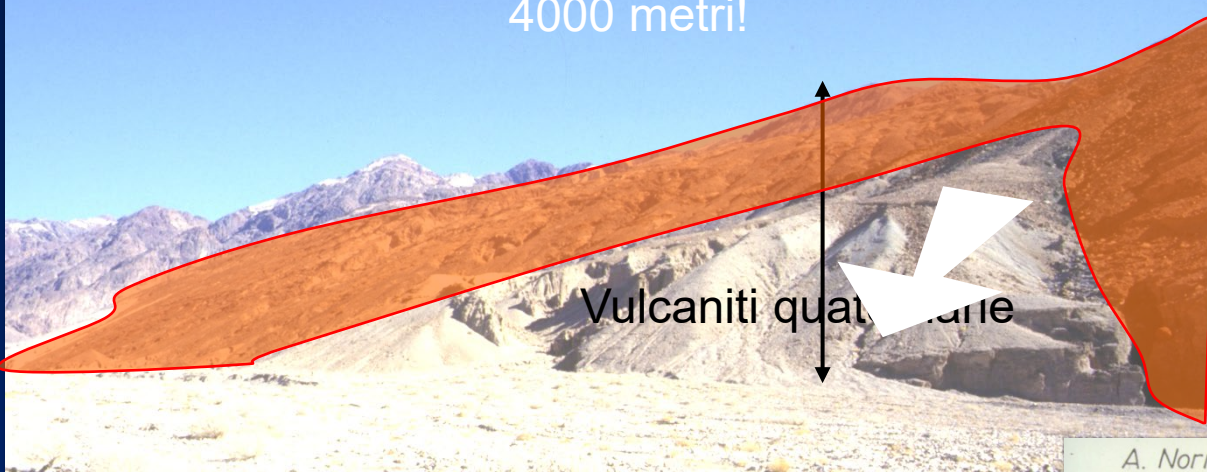
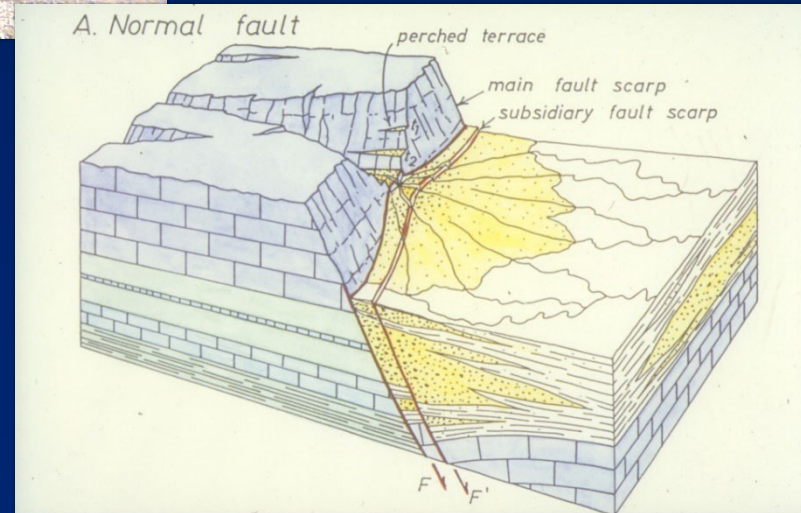


Foto aeree, foto panoramiche
Migliaia di metri
Faglie normali a basso angolo, Valle
della Morte, NV-CA, USA

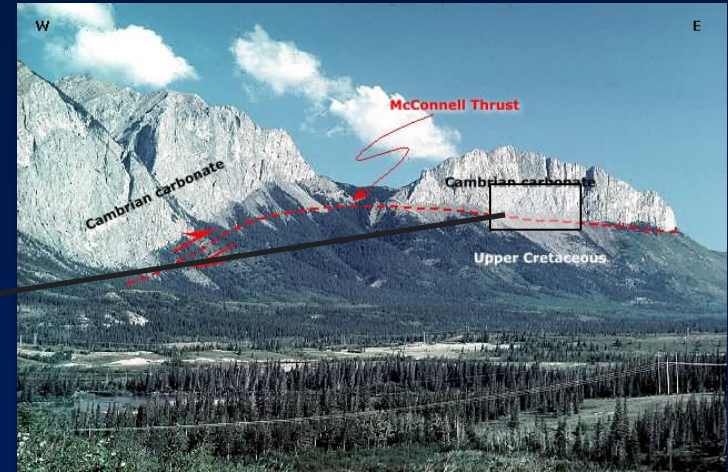




G.A. Pini

Affioramenti, dalla decina di metri al metro

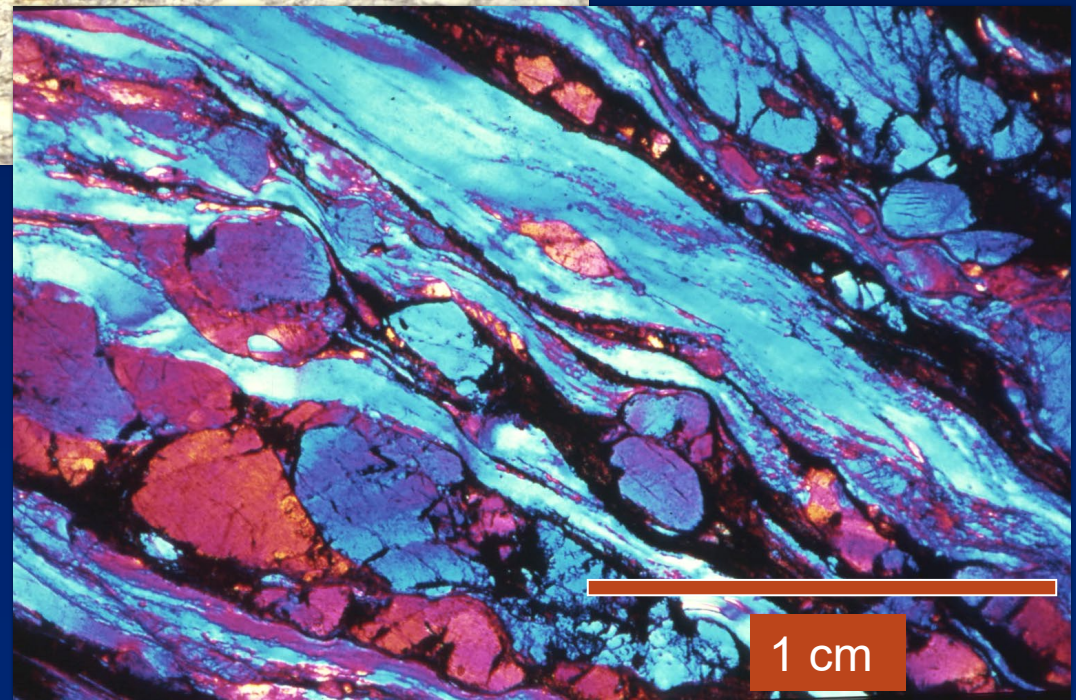
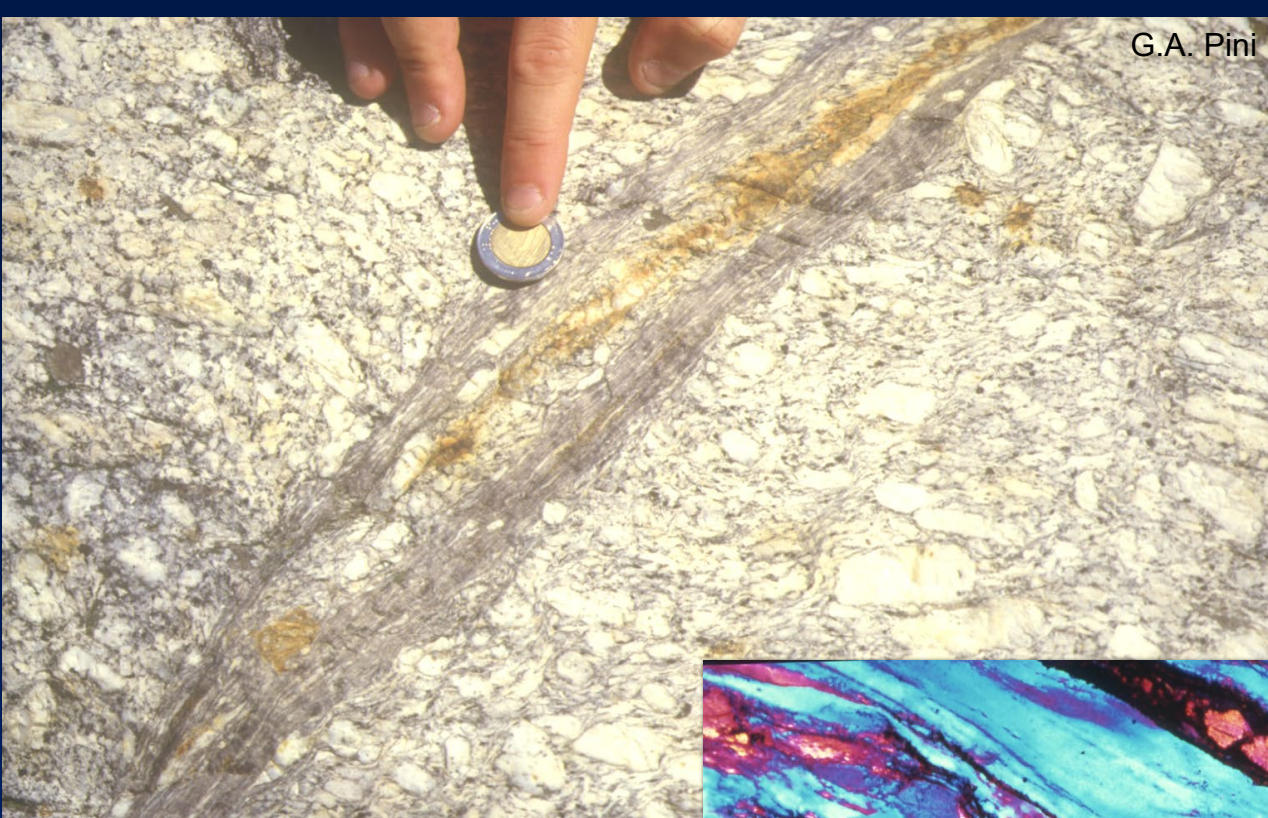
Sovrascorrimento "McConnell", Monte Jamnуска, Canadian Rocky Mountains



Da Allmendinger R.W., 2008-2012

Affioramenti,
dalla decina di metri
al metro, al decimetro,
al centimetro



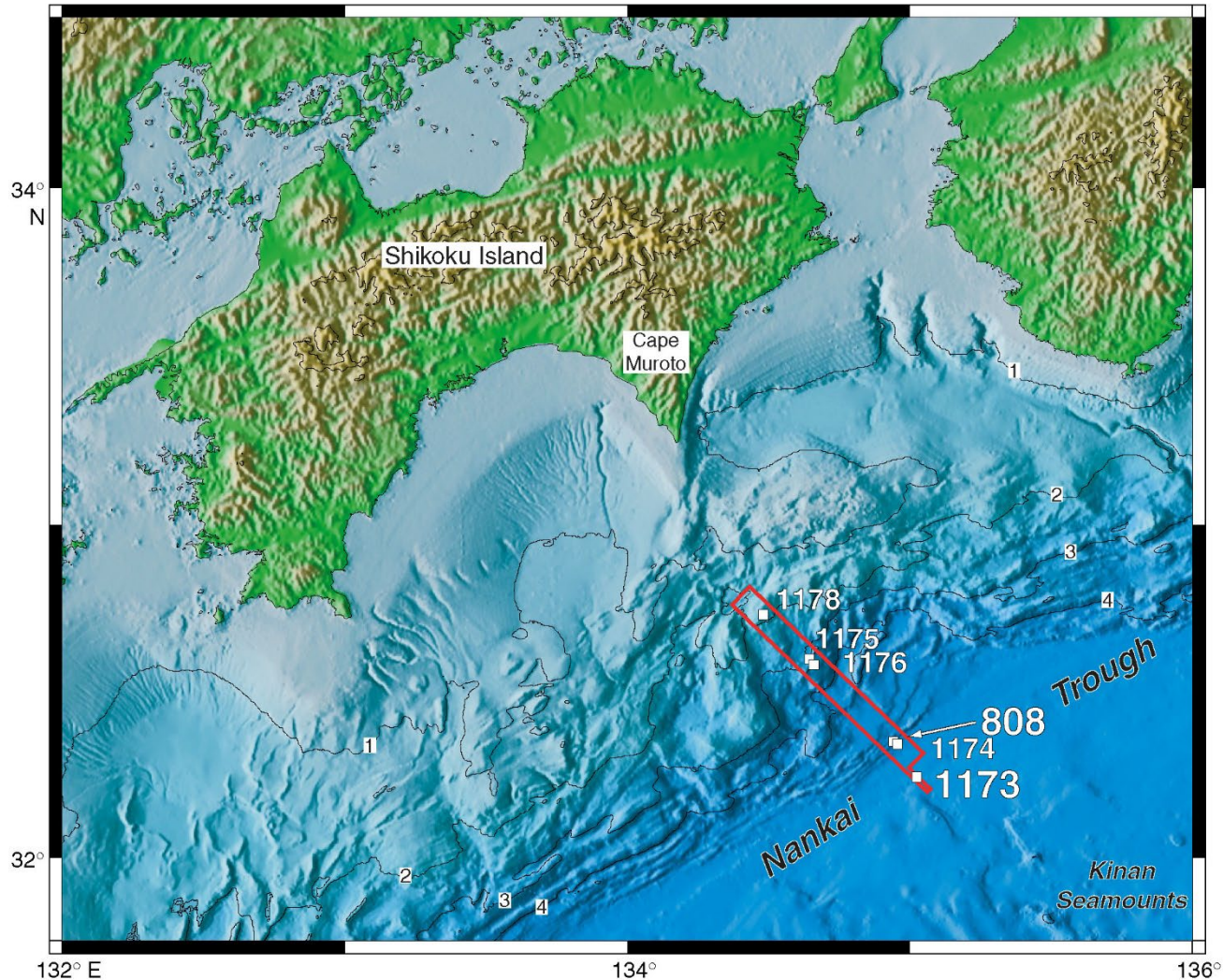


1 cm

Dall'affioramento, al campione alla sezione sottile

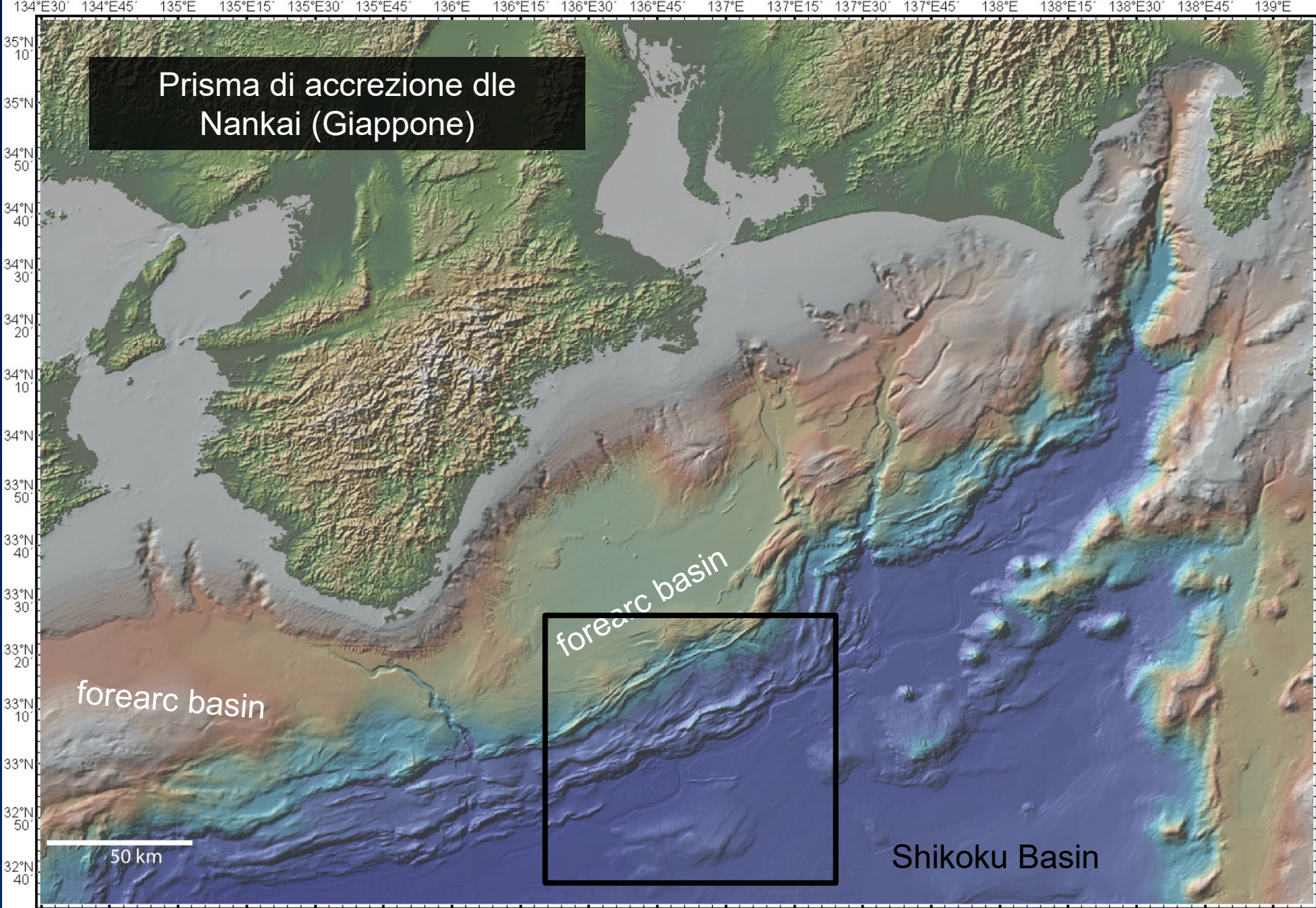
Informazioni dai programmi DSDP e ODP, prismi di accrezione, subduzione crosta oceanica

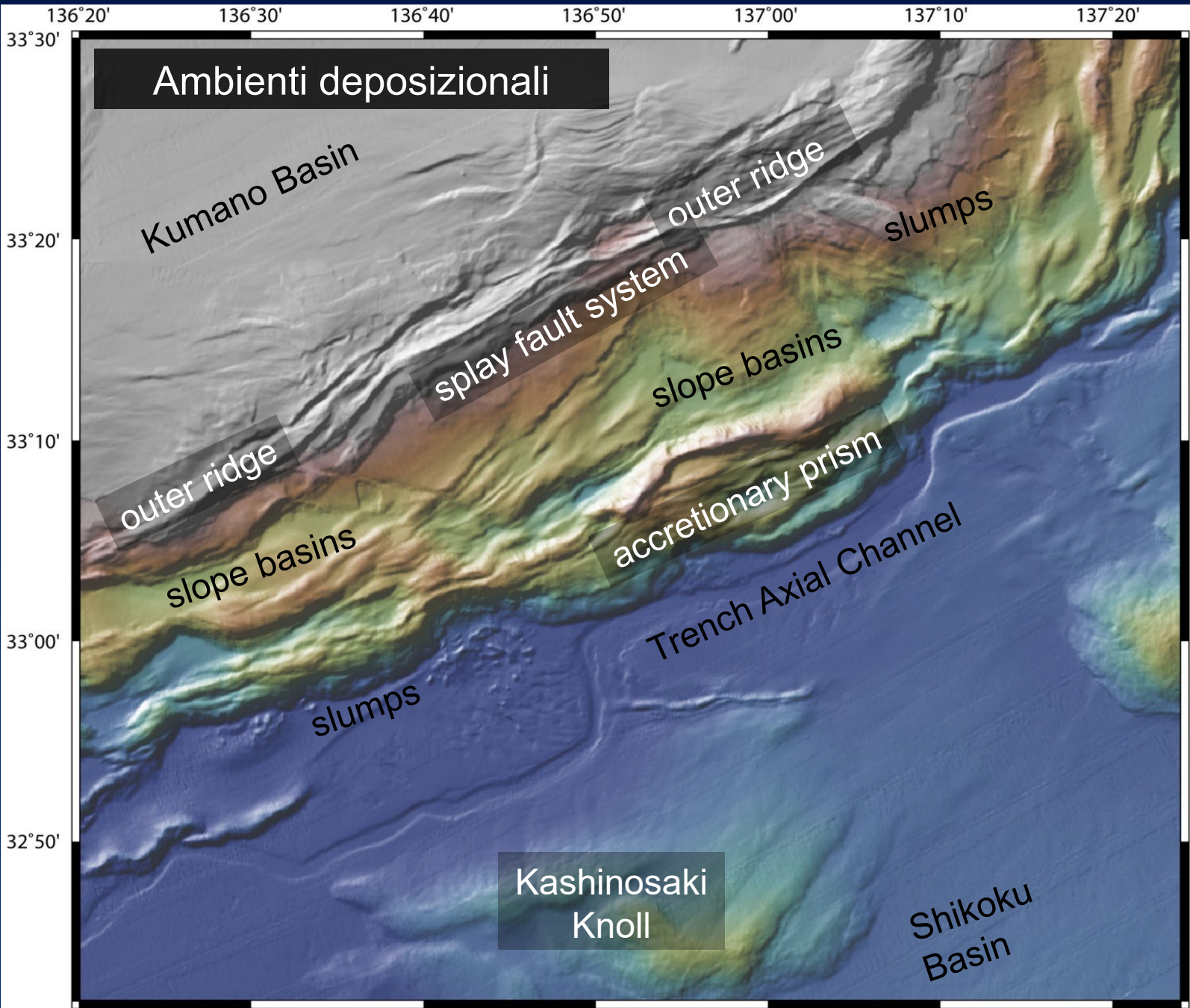
Figure F1. Map showing locations of Leg 190 and 196 sites. The red box outlines the location of the three-dimensional seismic survey. Yellow numbers indicate sites revisited during Leg 196. Depth contours are in kilometers.



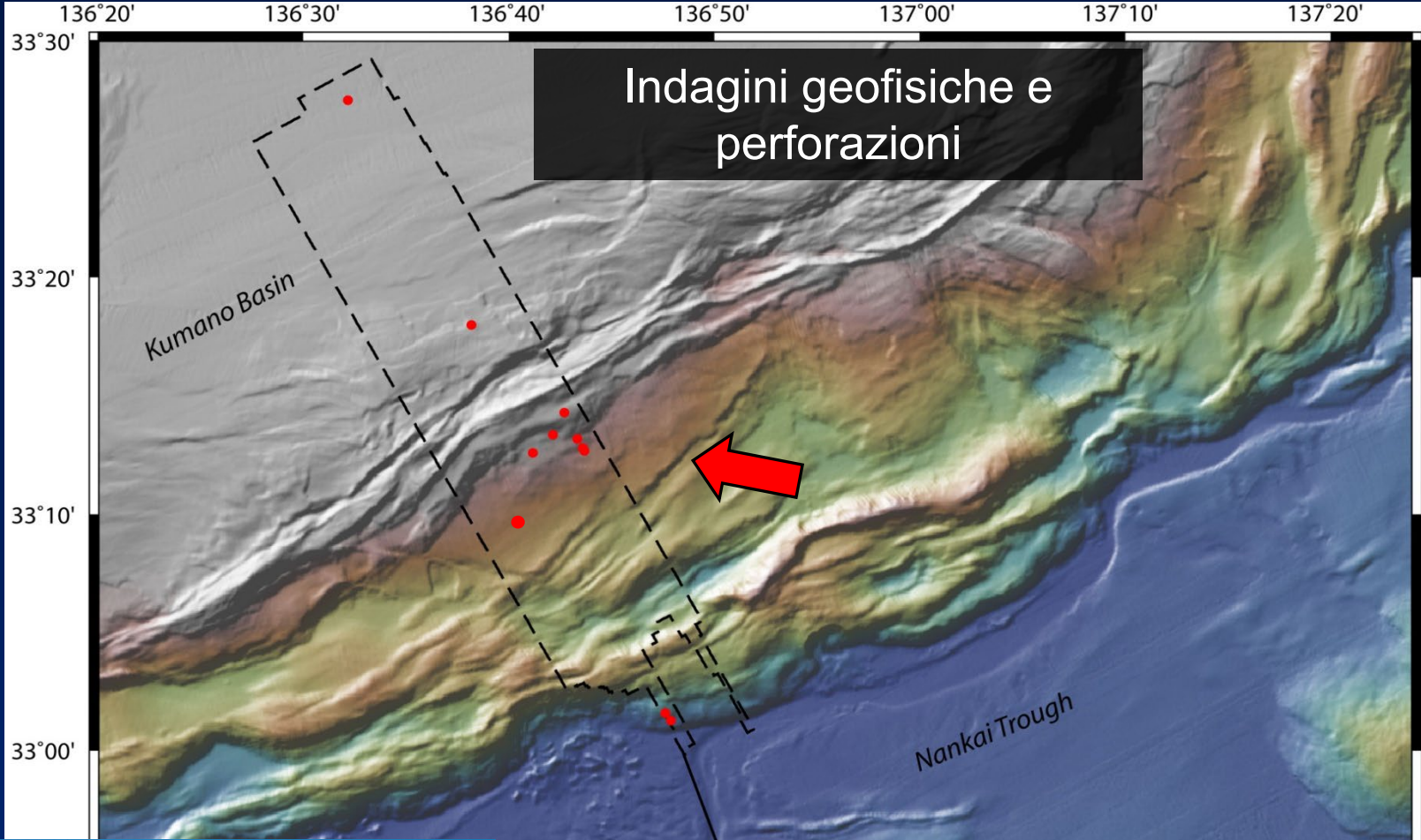
Leg 190-196 Site Map,
ODP Publications, Scientific
Results

<http://www-odp.tamu.edu/publications/190196SR/19096TOC.HTM>





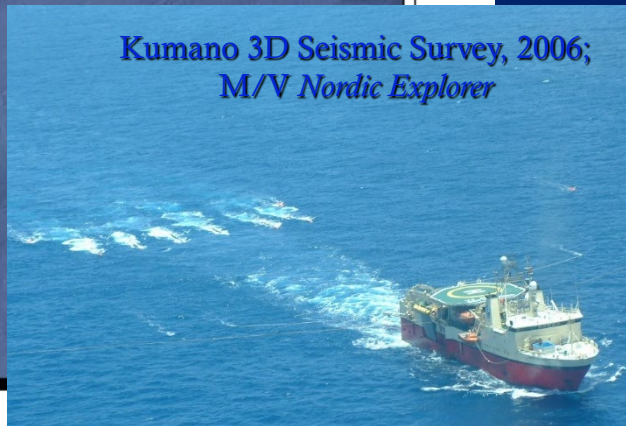
Indagini geofisiche e perforazioni



IODP Expeditions 314,
315, 316, 319, 322, 332,
333



Kumano 3D Seismic Survey, 2006;
M/V *Nordic Explorer*



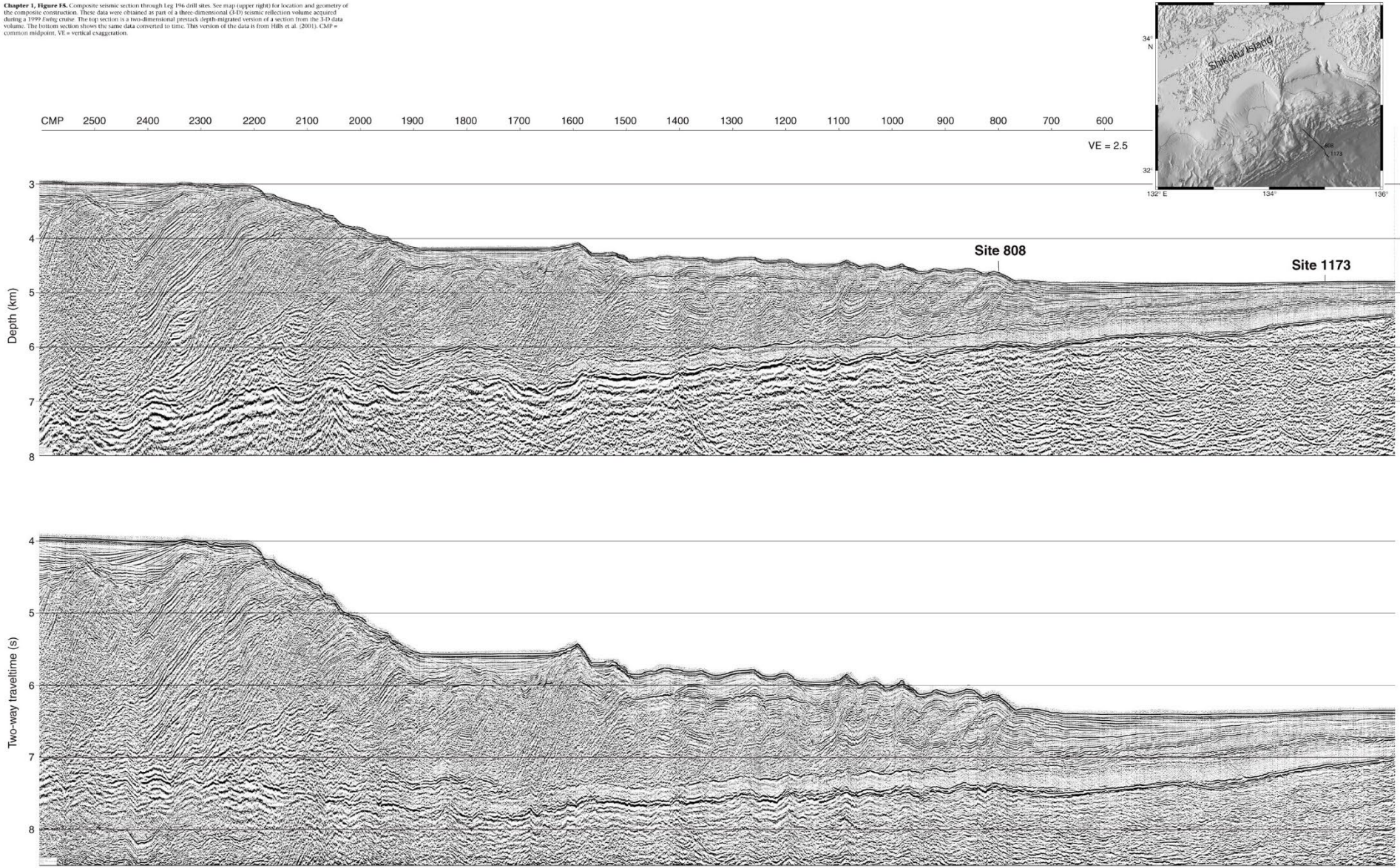
Moore et al., 2009

Cortesy G.F. Moore

ODP Initial Reports Leg 196, Prismi di accrezione, subduzione di crosta oceanica, Profili sismici

ODP Proceedings, Initial Reports, Volume 196:
Chapter 1, Figure 15
Chapter 1, Figure 16
Chapter 1, Figure 17

Chapter 1, Figure 18. Composite seismic section through Leg 196 drill sites. See map (upper right) for location and geometry of the composite construction. These data were obtained as part of a three-dimensional 3-D seismic reflection volume acquired during a 1999 Iwagi cruise. The top section is a two-dimensional prestack depth migrated version of a section from the 3-D data volume. The bottom section shows the same data converted to time. The version of the data is from Hill et al. (2001). CMP = common midpoint, VE = vertical exaggeration.



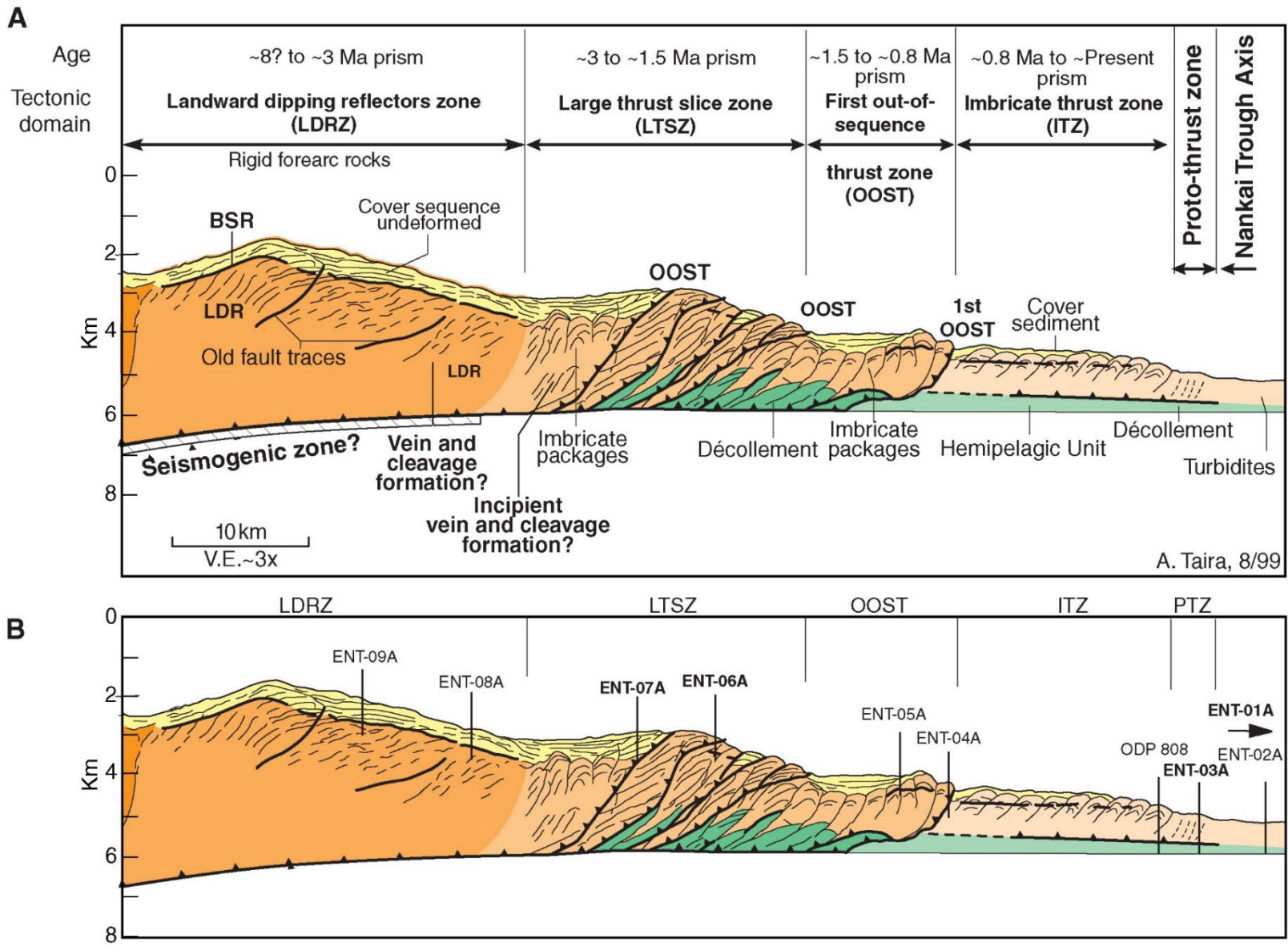
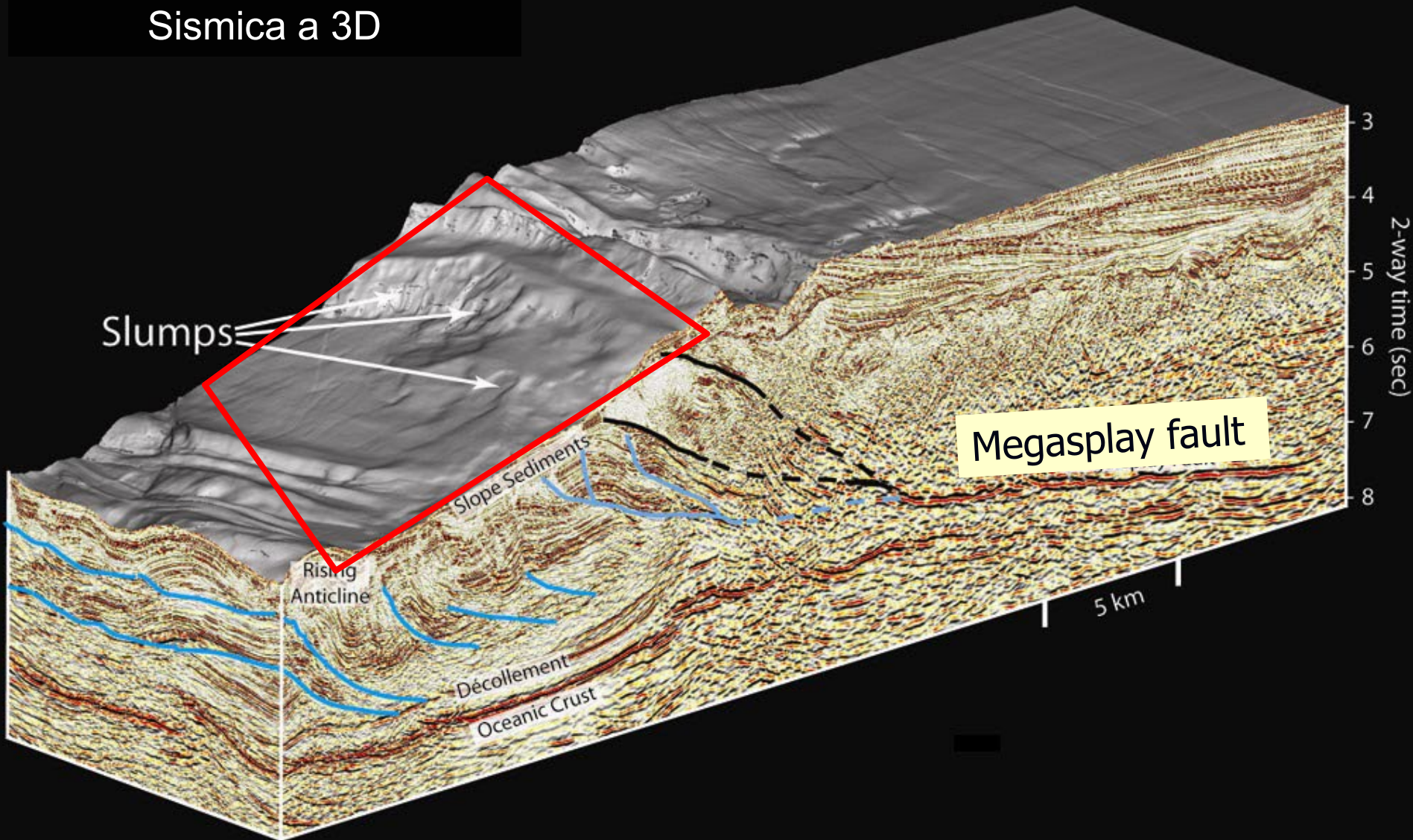
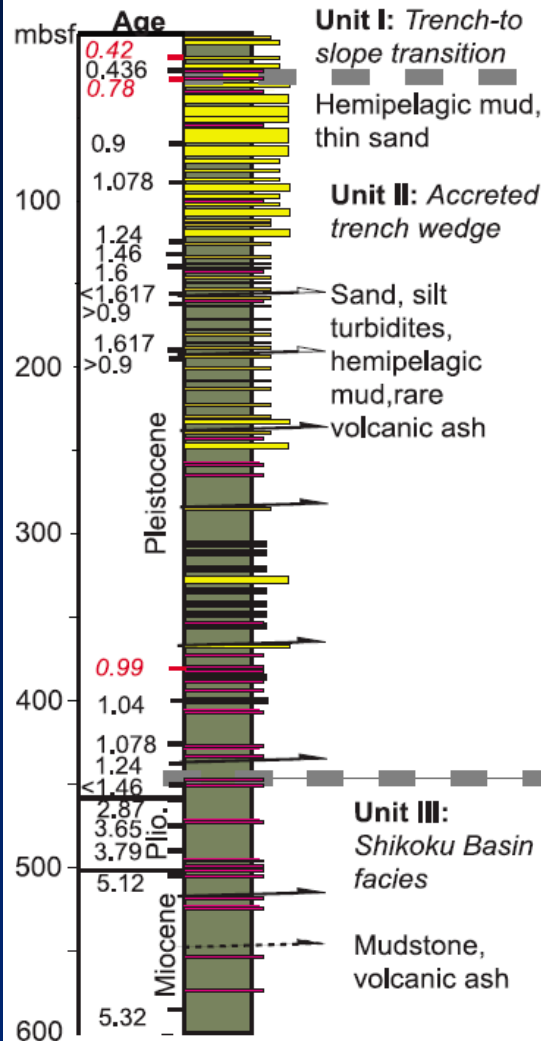


Figure 3

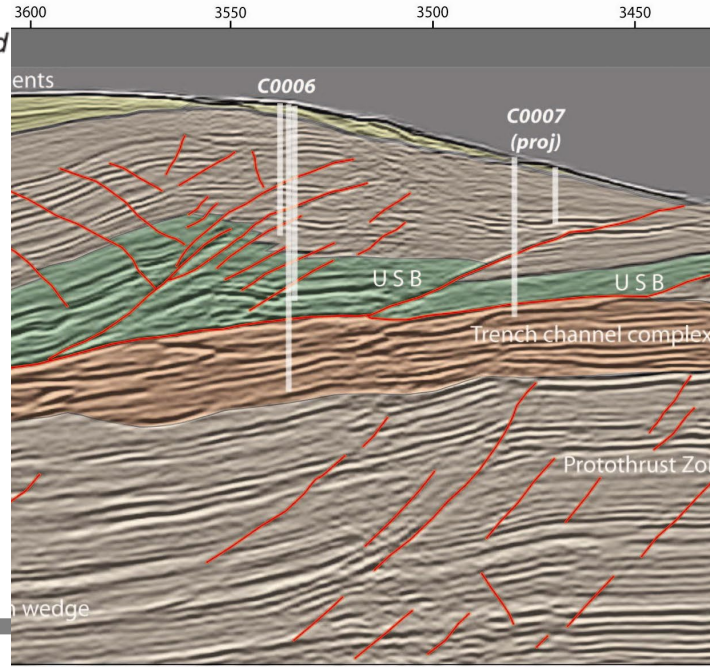
Sismica a 3D



Site C0006

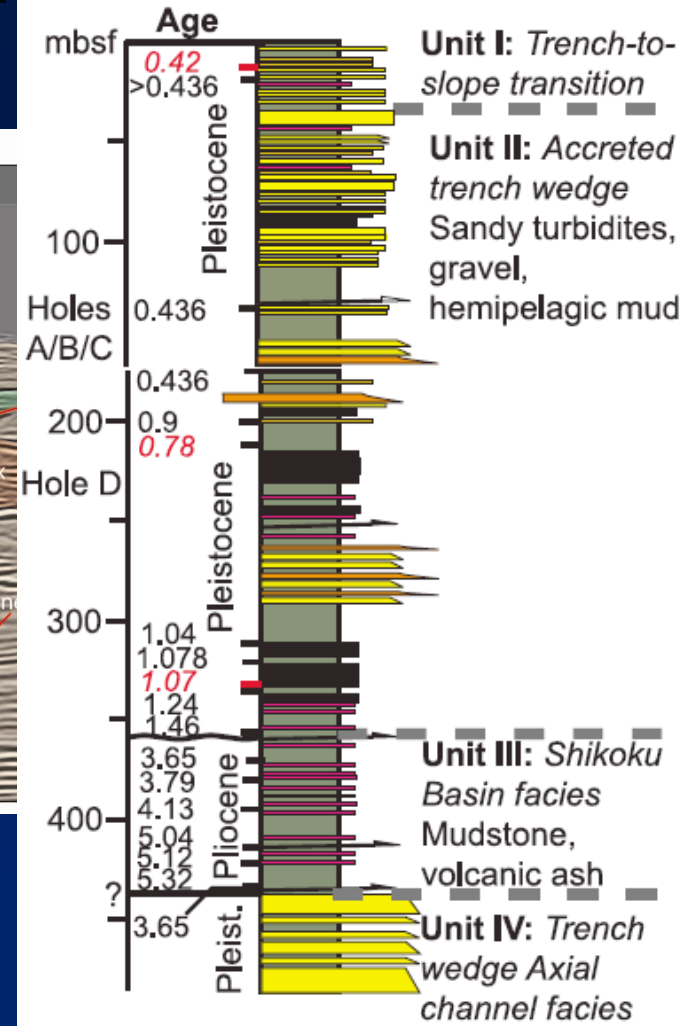


Pozzi di esplorazione

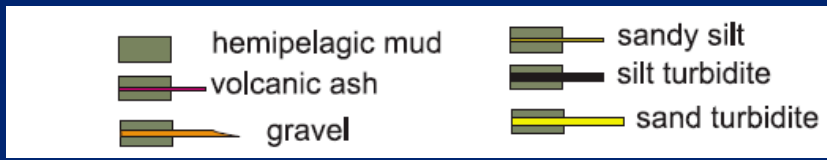


Moore et al., 2009

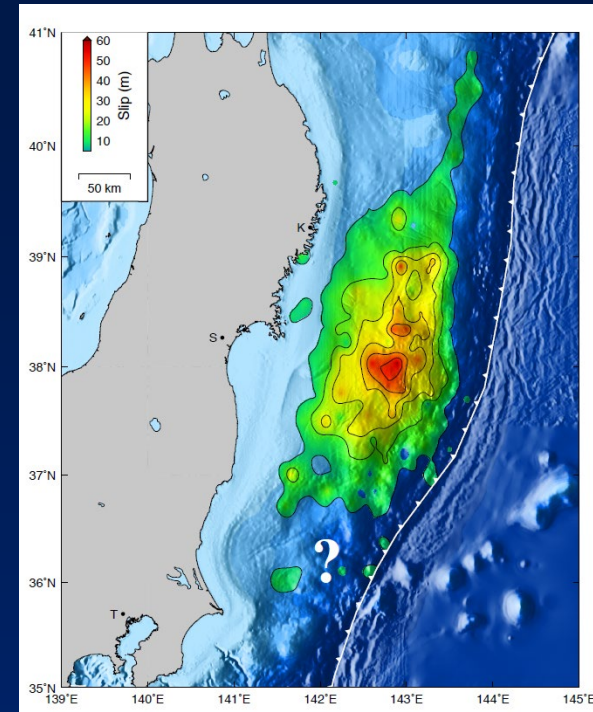
Site C0007



Kinoshita et al., 2009

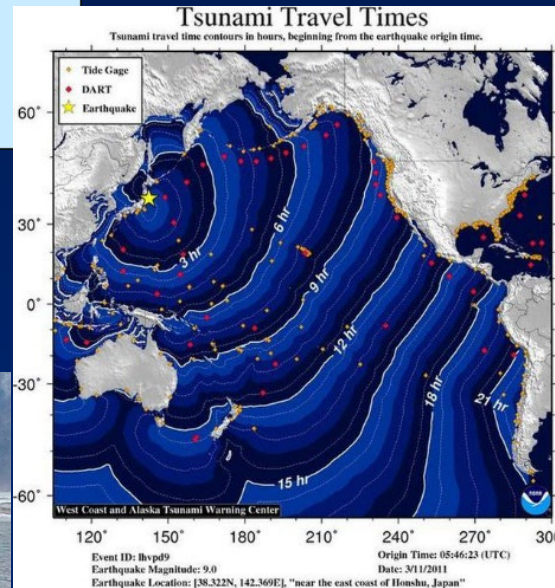


Elaborazione Caltech



Tohoku-oki, movimento stimato della faglia poco dopo il sisma

Fossa e prisma del Nankai, sisma e tsunami di Tohoku-oki («Fukushima»), M. 9,1



NOAA/NWS



Photo from San Francisco Department of Emergency (SFDEM Blog)

Immagini e fotografie tratte da:

- Ahmadi R. et al., 2006. The geomorphologic responses to hinge migration in the fault-related folds in the Southern Tunisian Atlas. *Journal of Structural Geology* 28, 721–728.
- Allmendinger R.W., 2008-2012
http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/RWA/GS_326/photo_galleries/thrust_faults/mcconnell.html
- Banerjee S., Mitra S., 2005. Fold–thrust styles in the Absaroka thrust sheet, Caribou National Forest area, Idaho–Wyoming thrust belt. *Journal of Structural Geology* 27, 51–65.
- Kinoshita M., Tobin H., Thu M.K., and the Expedition 314 Scientists, 2009. NanTroSEIZE Stage 1A: NanTroSEIZE LWD Transect, Integrated Ocean Drilling Program Expedition 314 Preliminary Report http://publications.iodp.org/preliminary_report/314/314PR.PDF
- Moore G.F., Bangs N.L., Taira A., Kuramoto S., Pangborn E., Tobin H.J., 2007. Three-Dimensional Splay Fault Geometry and Implications for Tsunami Generation. *Science* 318, 1128.
- Moore G.F. et al., 2009. Structural and seismic stratigraphic framework of the NanTroSEIZE Stage 1 transect. *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, Volume 314/315/316.*
- ODP Publications <http://www-odp.tamu.edu/publications/>
- Ollerenshaw, N.C., 1978, *Geology, Calgary, West of the Fifth Meridian, Alberta-British Columbia: in Geological Survey of Canada, Map 1457A, scale:1/250,000.*
- Price R.A., 2000. *The Southern Canadian Rockies: Evolution of a Foreland Thrust and Fold Belt.*
- Ramsay J. G., Huber M. I., 1984. *The Techniques of Modern Structural Geology. Volume 1: Strain analysis.* Academic Press Inc.
- Ramsay J. G., Huber M. I., 1987. *The Techniques of Modern Structural Geology. Volume 2: Folds and Fractures.* Academic Press Inc.
- Selli L., 2006. *Appunti dalle lezioni di Geologia Strutturale.*
- Strasser M. et al., 2013. A slump in the trench: Tracking the impact of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Geology*, 41 (8), 935–938.