

Nuove tecnologie per la mappatura ed il monitoraggio delle frane

Nicola Casagli - Sandro Moretti

Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Firenze

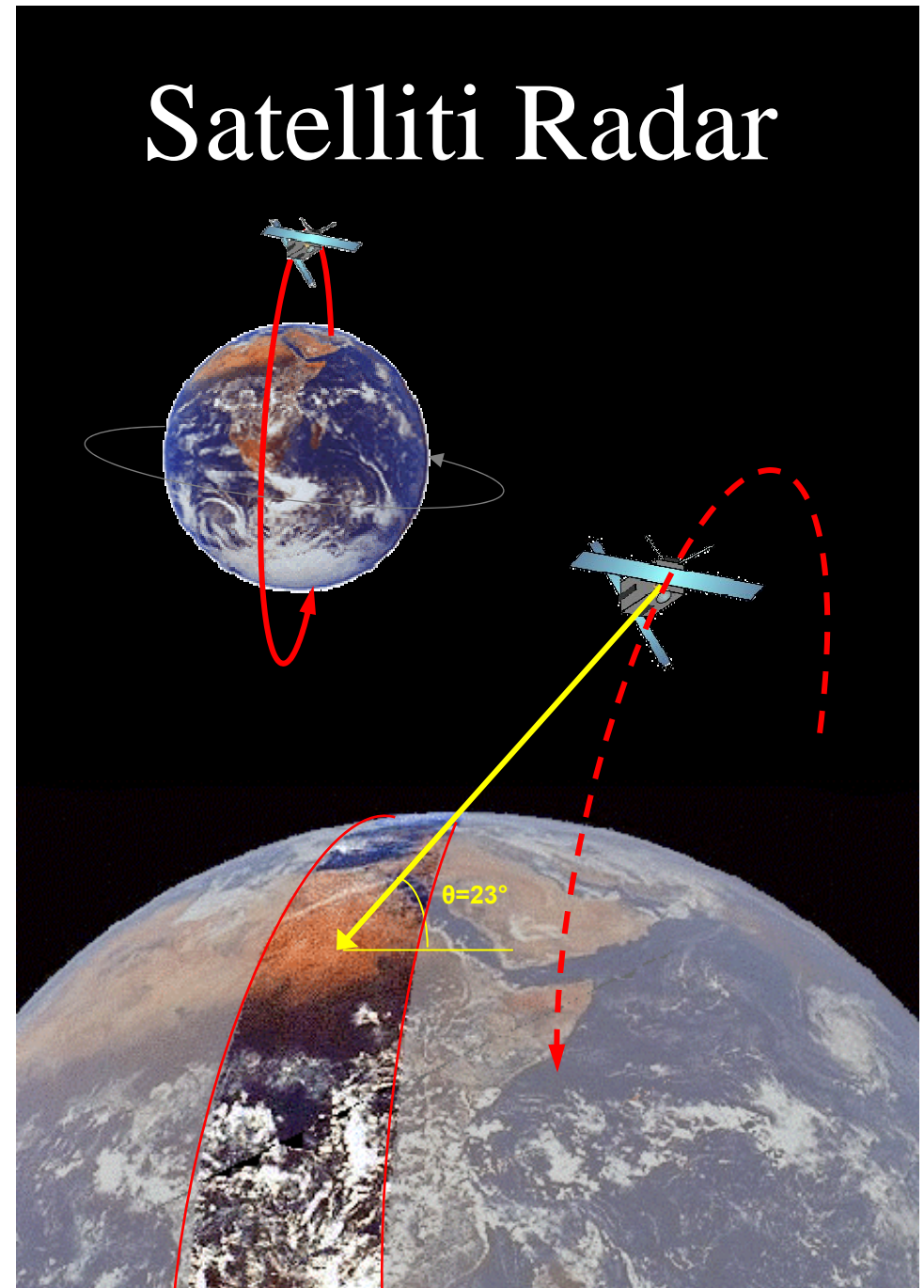
Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile



**Il Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia:
metodologia e risultati**

Roma, 13-14 novembre 2007

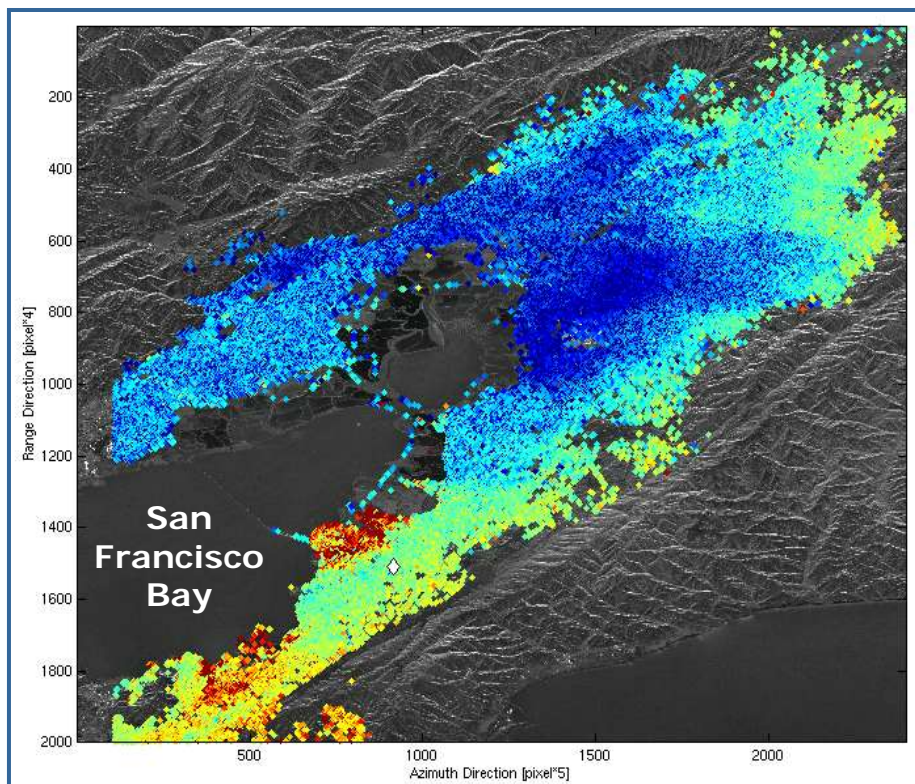
Satelliti Radar



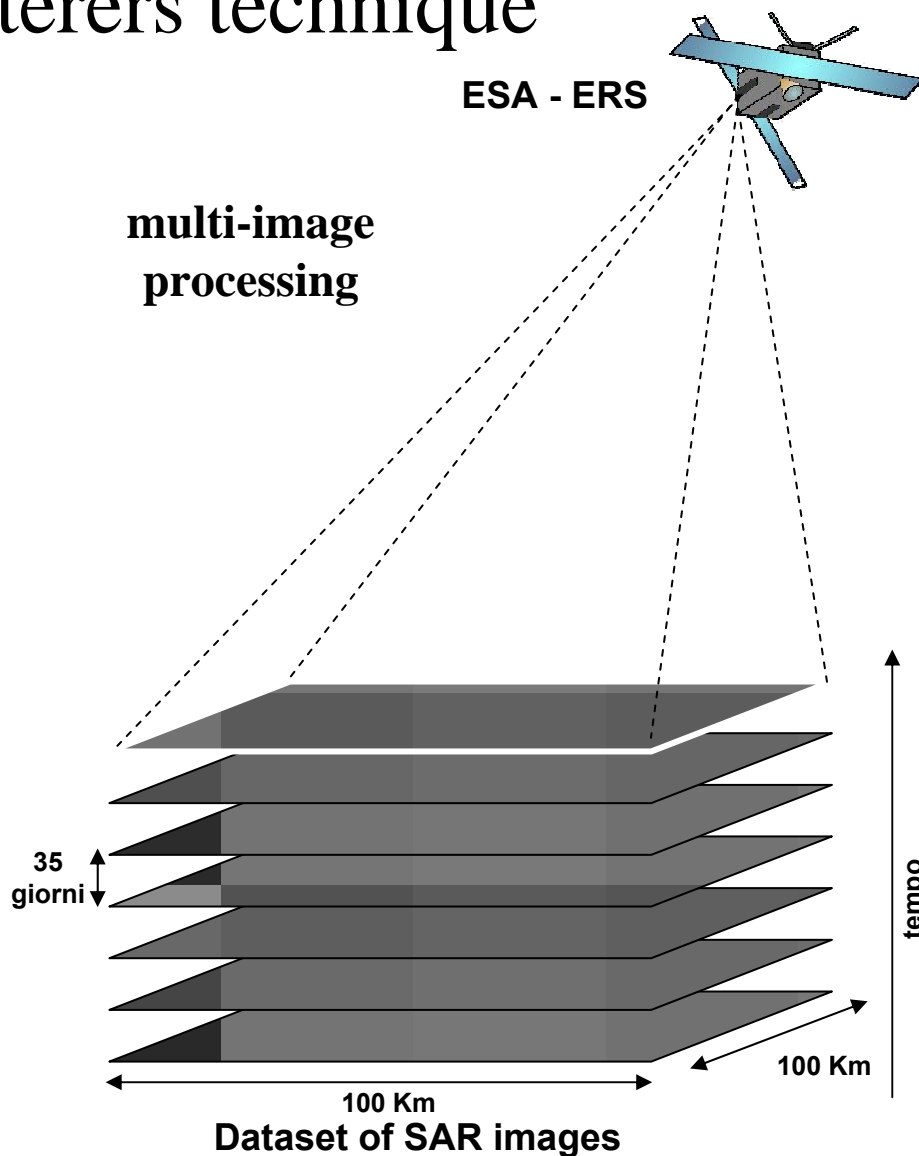


Analisi pixel by pixel

Permanent Scatterers technique



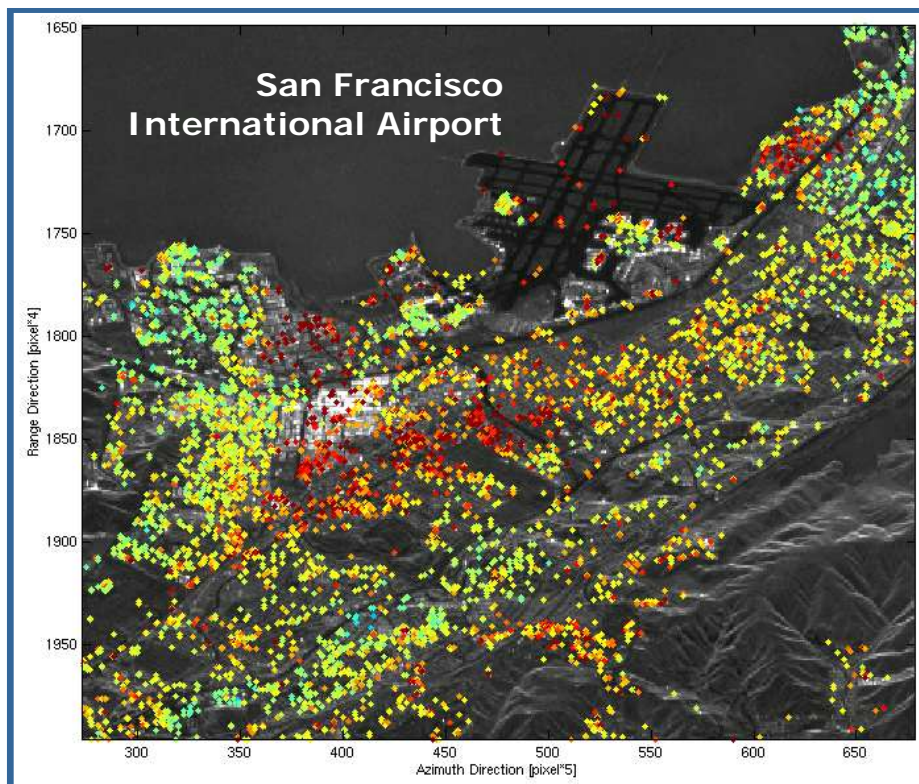
Tecnica di processamento delle immagini SAR che consente di valutare deformazioni con accuratezza millimetrica su singoli punti (PS), coincidenti con elementi della superficie che possiedono una elevata riflettività



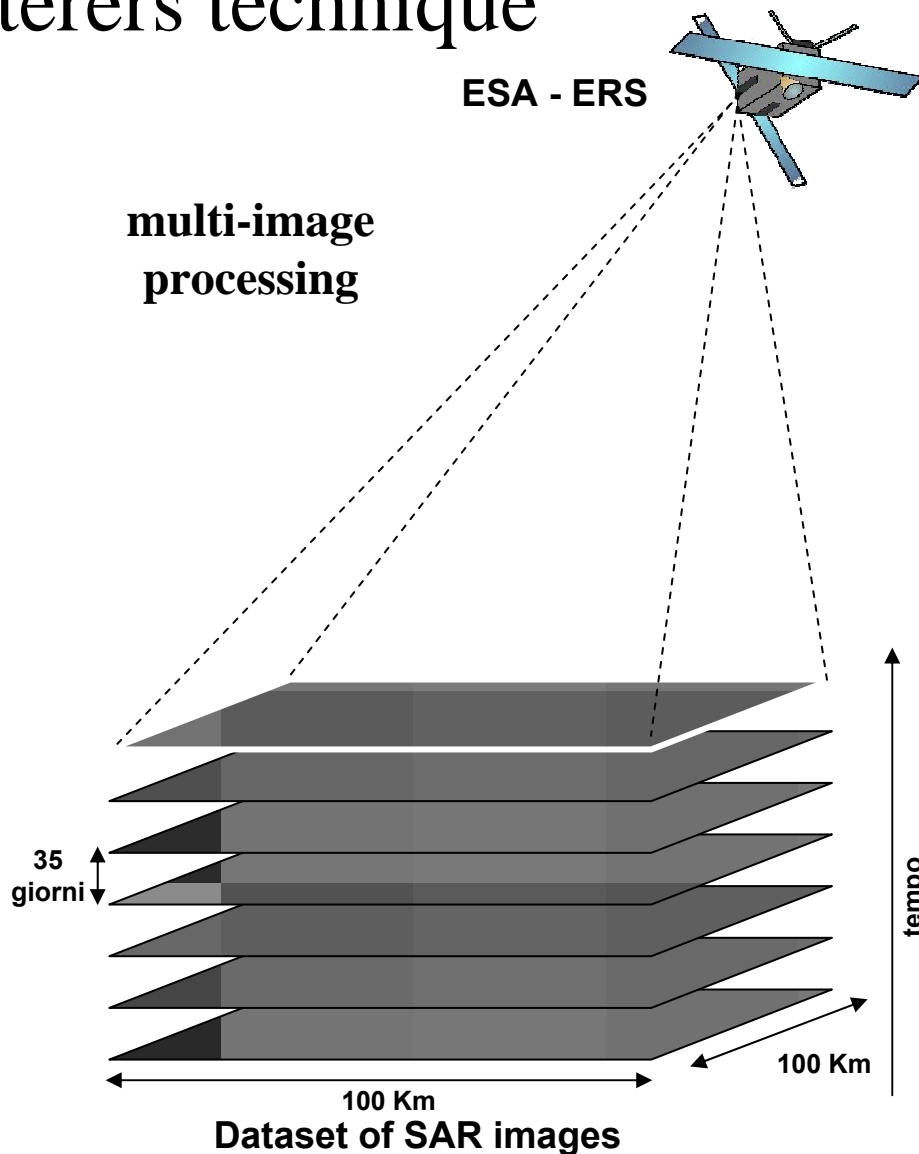


Analisi pixel by pixel

Permanent Scatterers technique



Tecnica di processamento delle immagini SAR che consente di valutare deformazioni con accuratezza millimetrica su singoli punti (PS), coincidenti con elementi della superficie che possiedono una elevata riflettività



Telerilevamento ottico

Immagini VHR



IKONOS

Risoluzione 1 m pancromatica e 4 m multispettrale

Quickbird



Risoluzione 0.61 m pancromatica e 2.44 m multispettrale

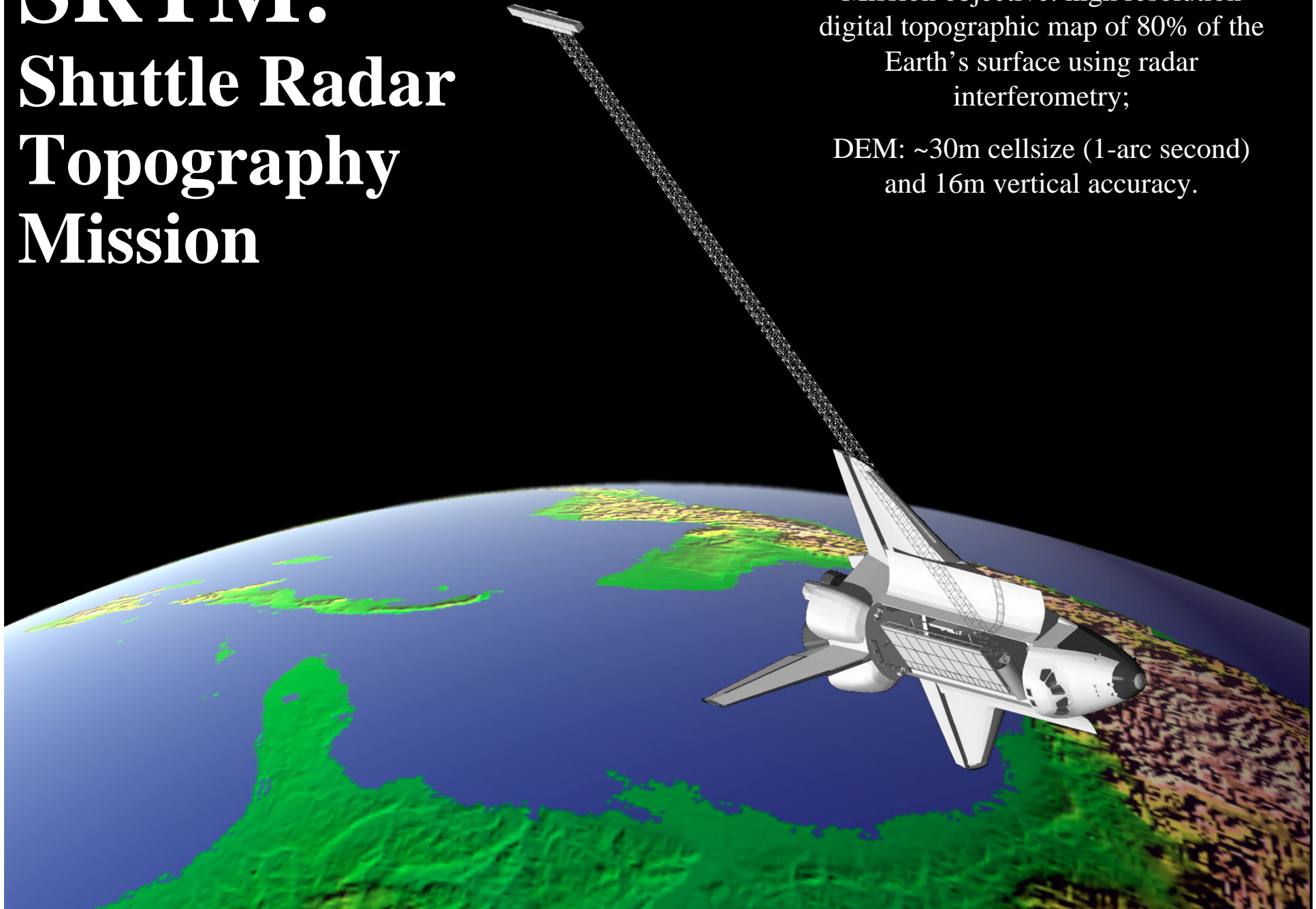


Utilizzo per fotointerpretazione

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

Mission objective: high resolution
digital topographic map of 80% of the
Earth's surface using radar
interferometry;

DEM: ~30m cellsize (1-arc second)
and 16m vertical accuracy.





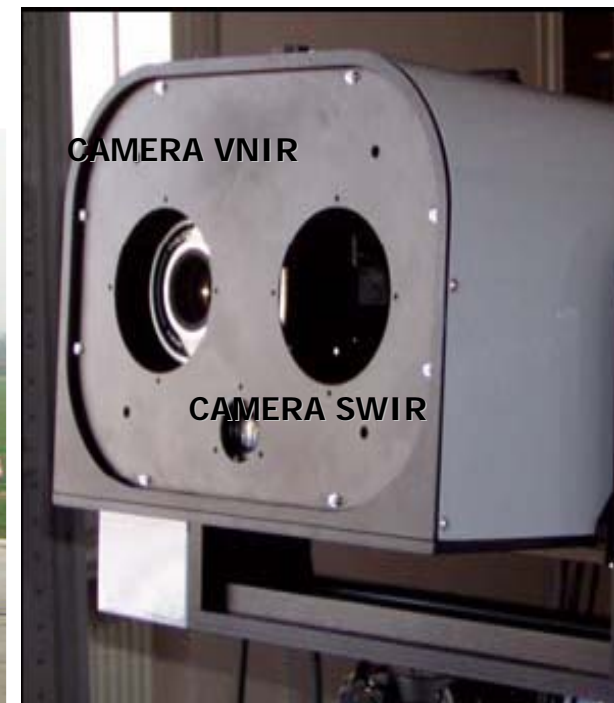
Galileo Avionica

Iperspettrale

SIM-GA è un nuovo sistema aviotrasportato composto da due camere iperspettrali ad elevata risoluzione spaziale e spettrale

	VNIR	SWIR
Range Spettrale (nm)	421-1033	965-2574
N.canali	512	256
Ris. spaziale (m) @1500m	1	2
Ris. spettrale (nm)	1.2	6.3

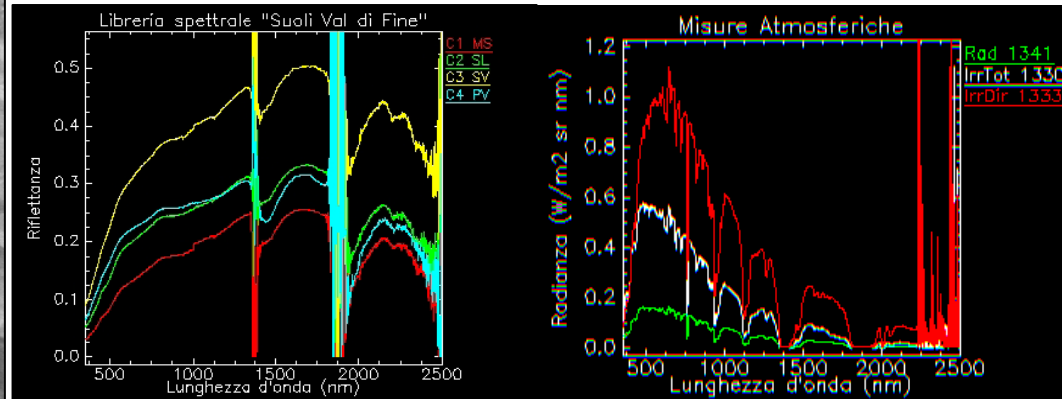
ULM - Folder "SKY-EYE".





Galileo Avionica

Analisi di dati iperspettrali

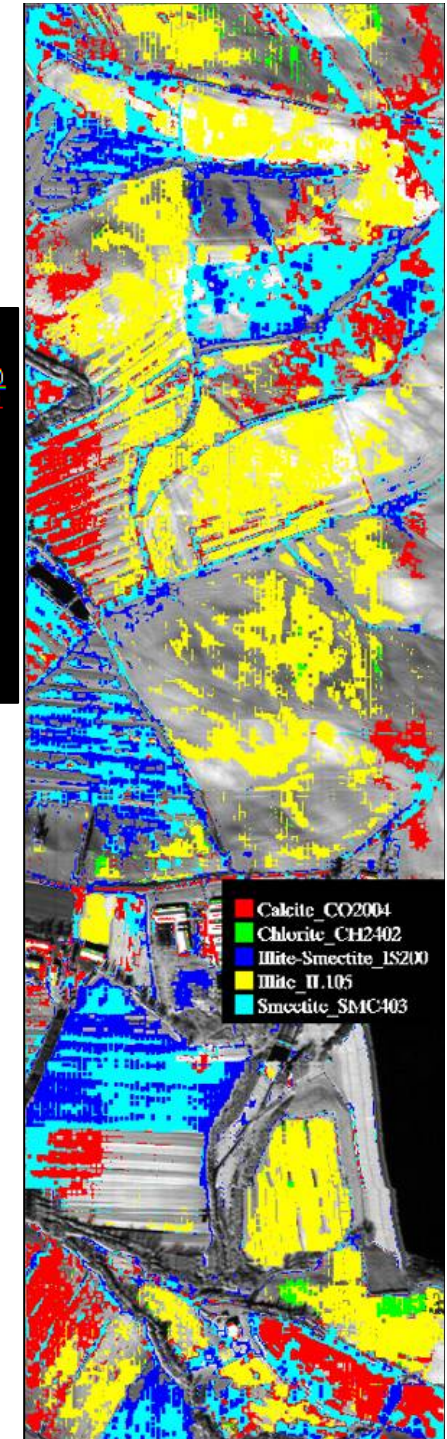


Firme spettrali su campioni di suolo

Misure atmosferiche di radianza e irradianza durante il volo

	Calcite_CO2004
	Chlorite_CH2402
	Illite-Smectite_IS200
	Illite_II.105
	Smectite_SMC403

SAM (Spectral Angle Mapper) Classification on a SWIR image in the spectral interval 2.0-2.4 μm





European Space Agency



Università degli Studi di Firenze



- ESA Data User Program

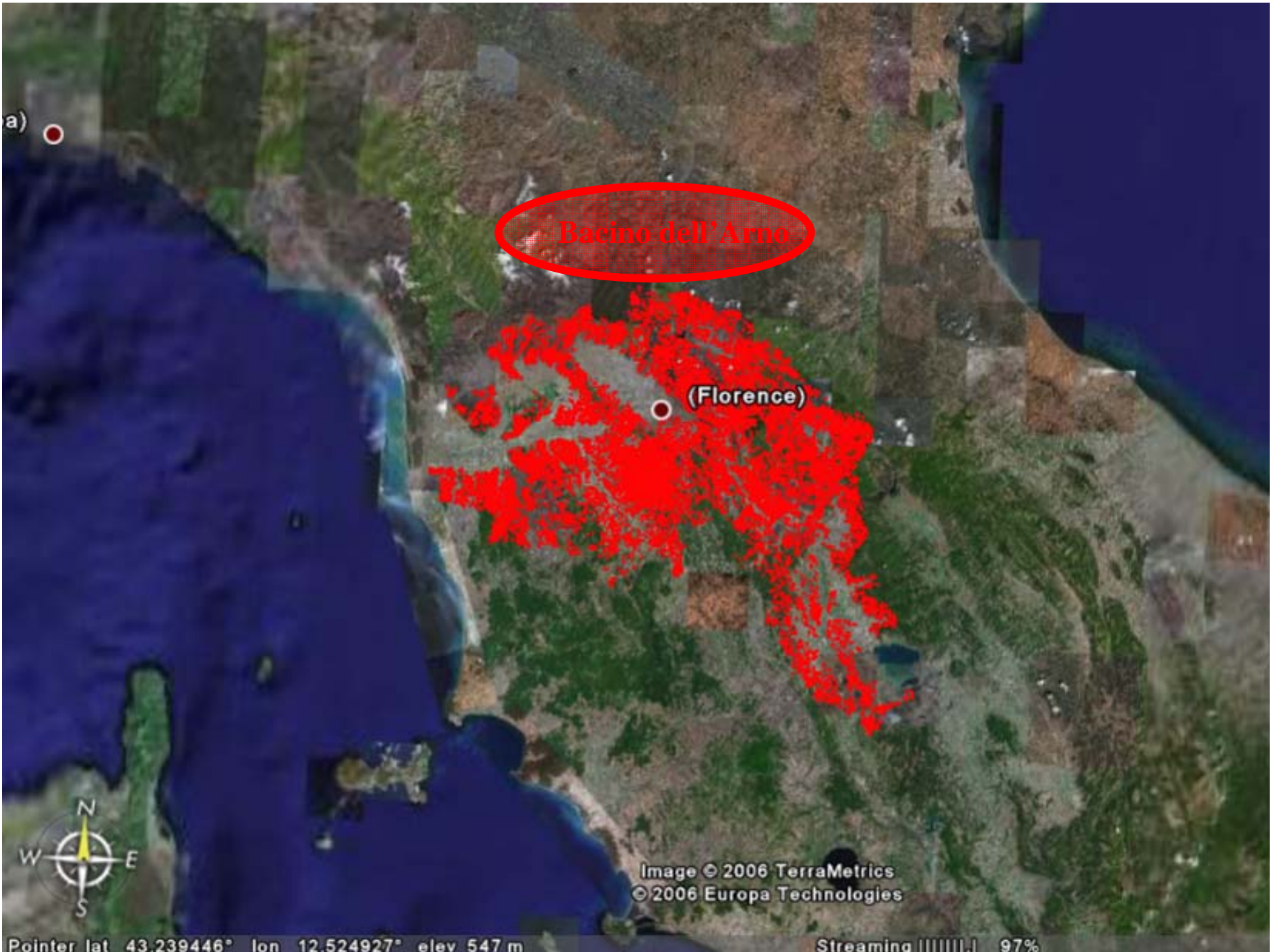
- 3 servizi operativi:

- Mappatura delle frane
- Monitoraggio
- Valutazione della suscettibilità

- Aree sperimentali:

- Bacino dell'Arno
- Bacino del Liri Garigliano
- Tre Cantoni svizzeri

END USER: Autorità di Bacino del Fiume Arno



Bacino dell'Arno

(Florence)

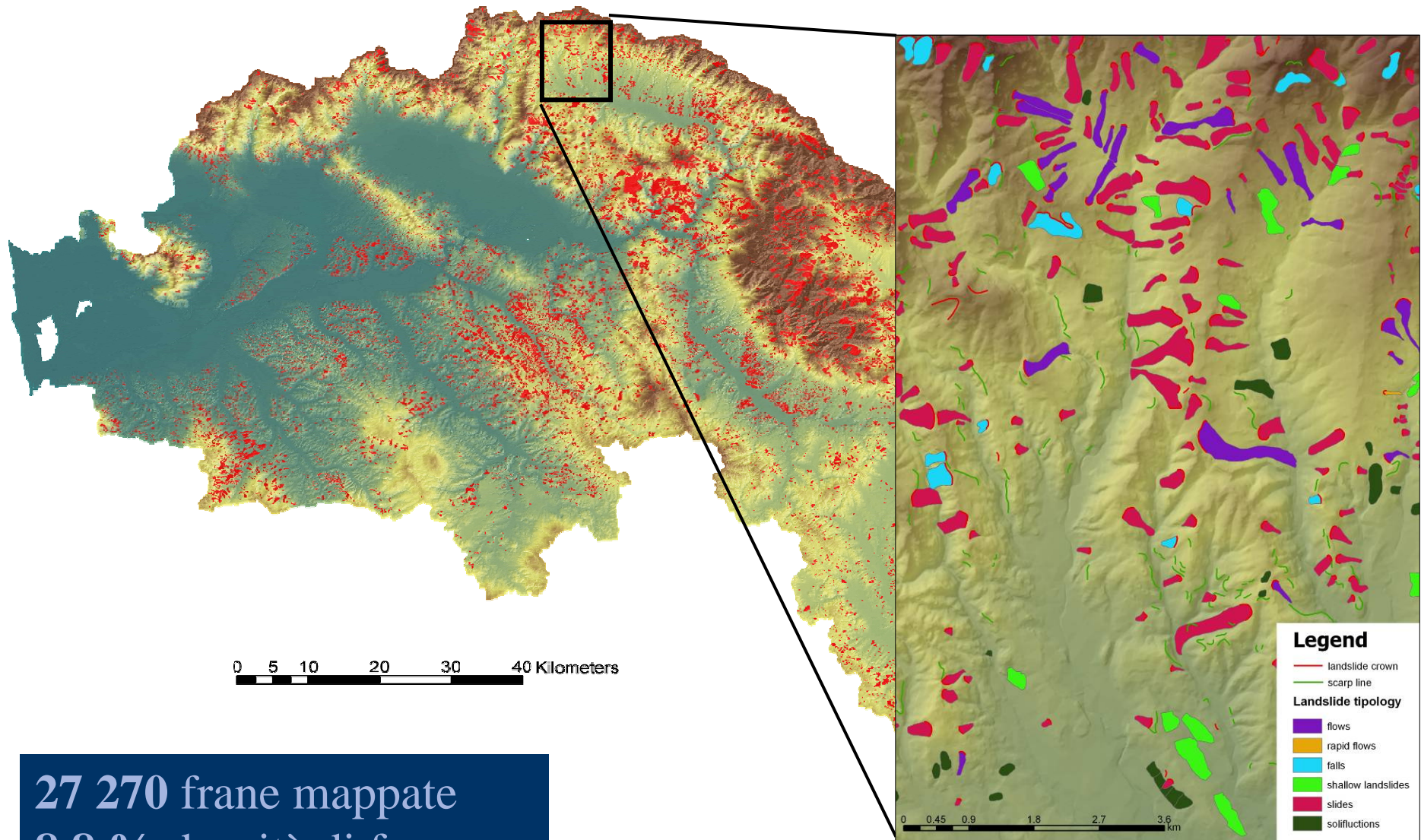


Image © 2006 TerraMetrics
© 2006 Europa Technologies

Streaming ||||| 97%

Pointer lat 43.239446° lon 12.524927° elev 547 m

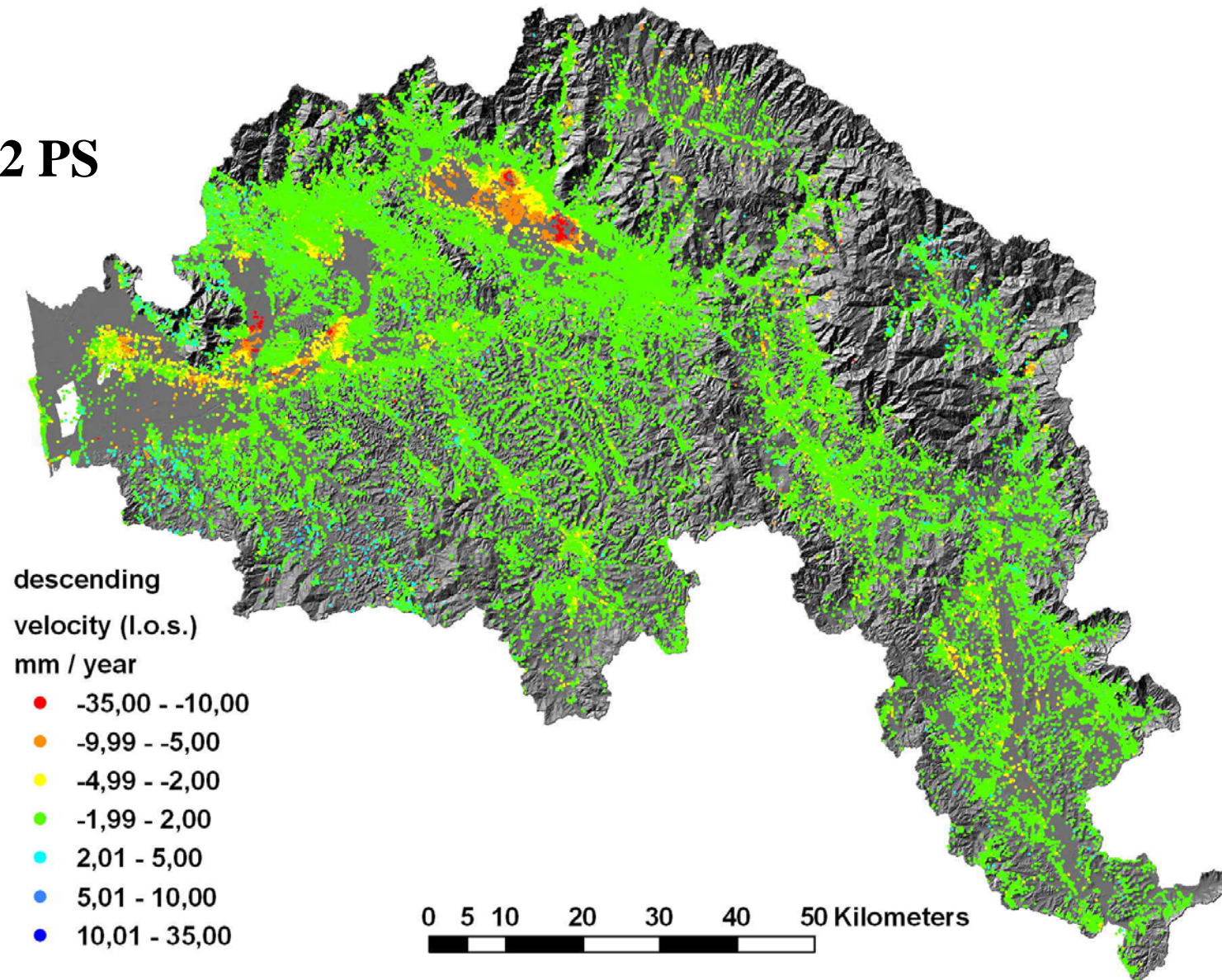
Aggiornamento dell'inventario



27 270 frane mappate
8.8 % densità di frane

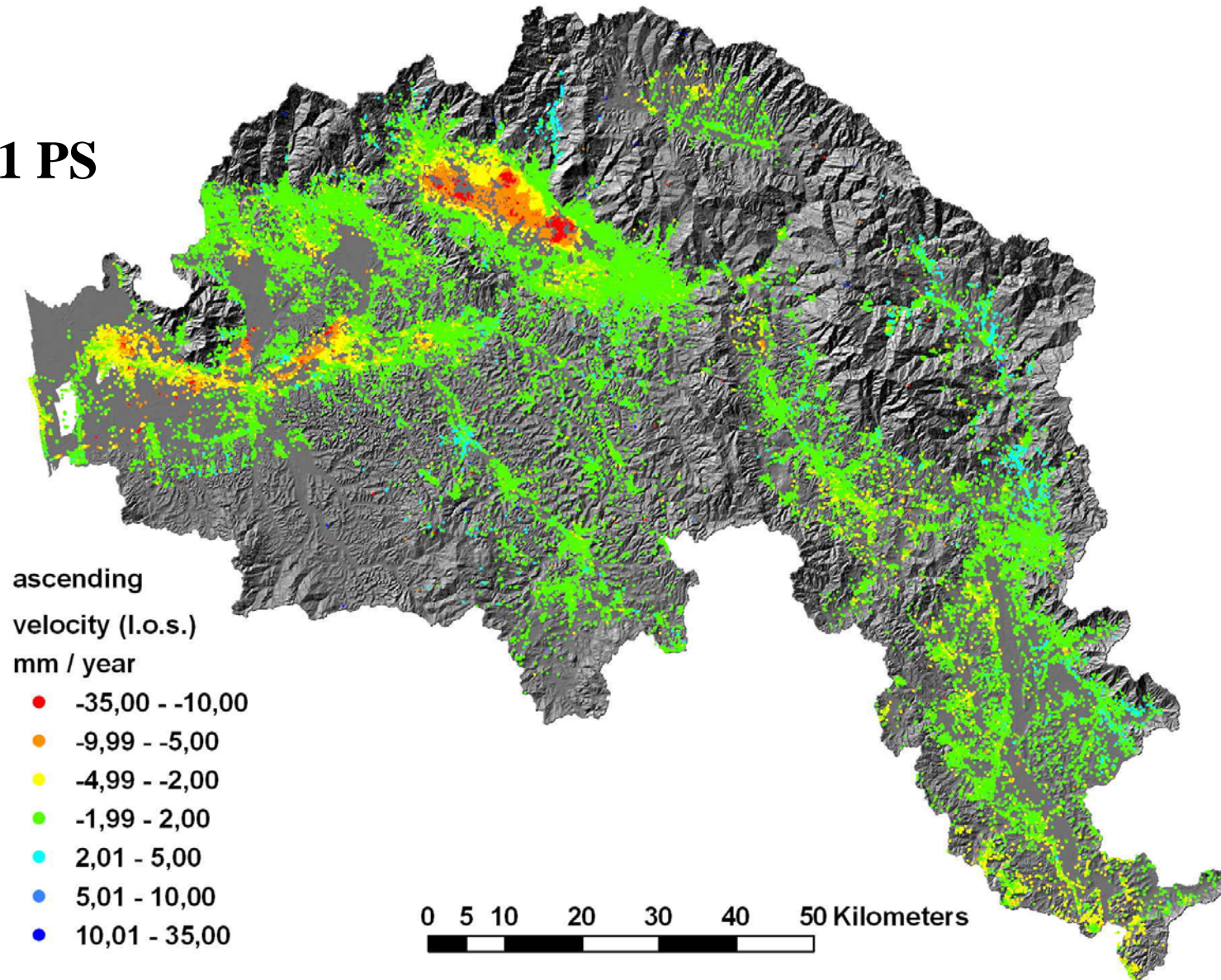
PS ERS discendenti 1992-2002

**totale:
327 942 PS**

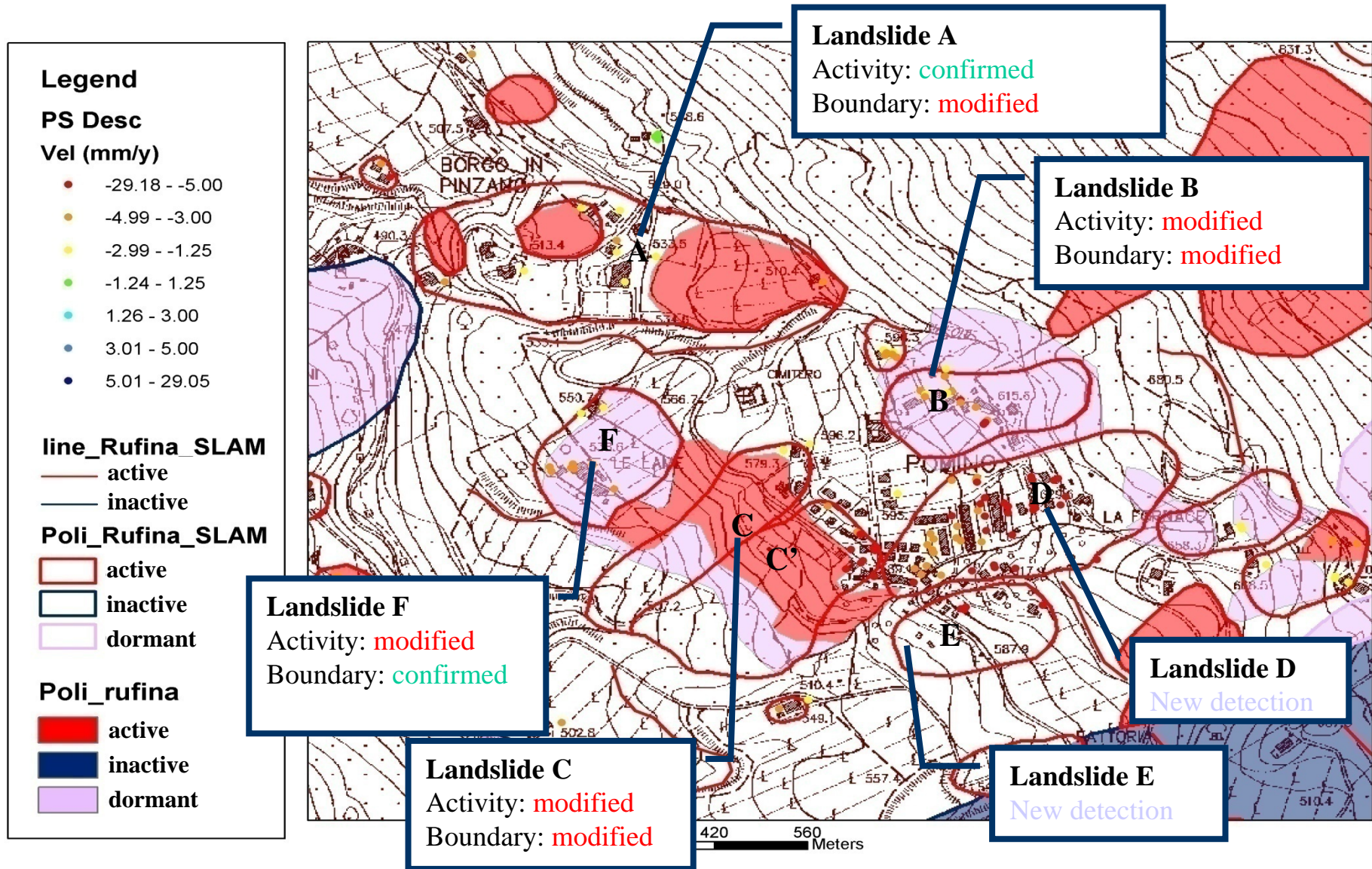


PS ERS ascendenti 1992-2002

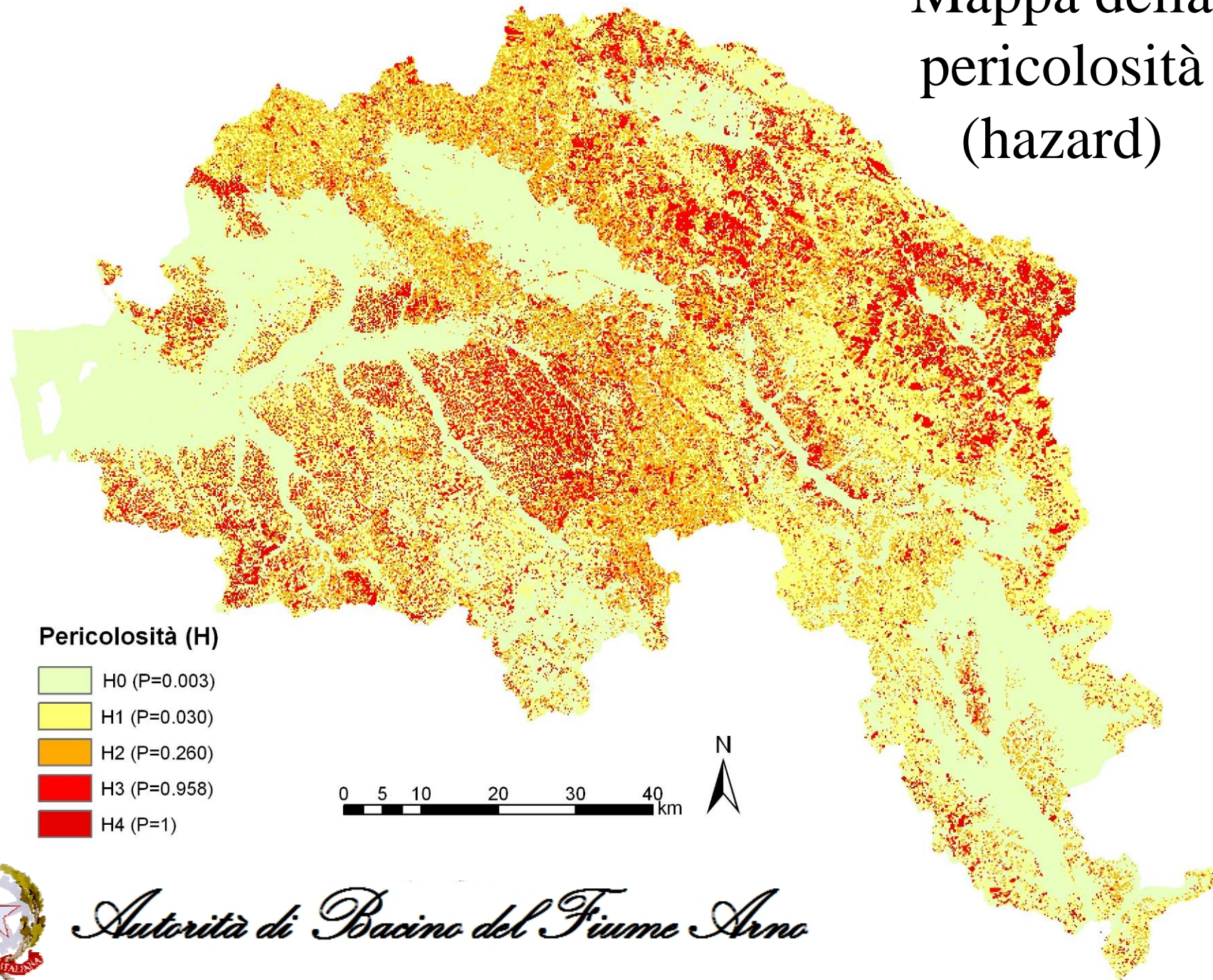
**totale:
263 321 PS**



Utilizzo dell'informazione PS

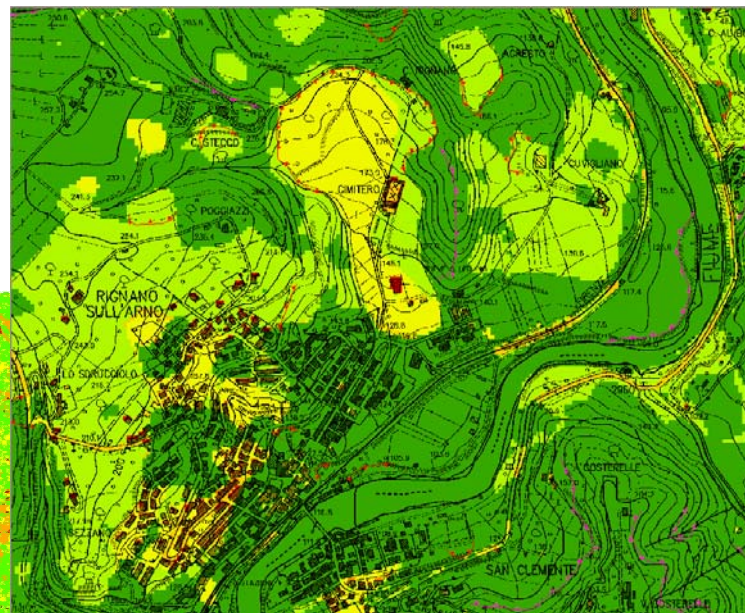


Mappa della pericolosità (hazard)



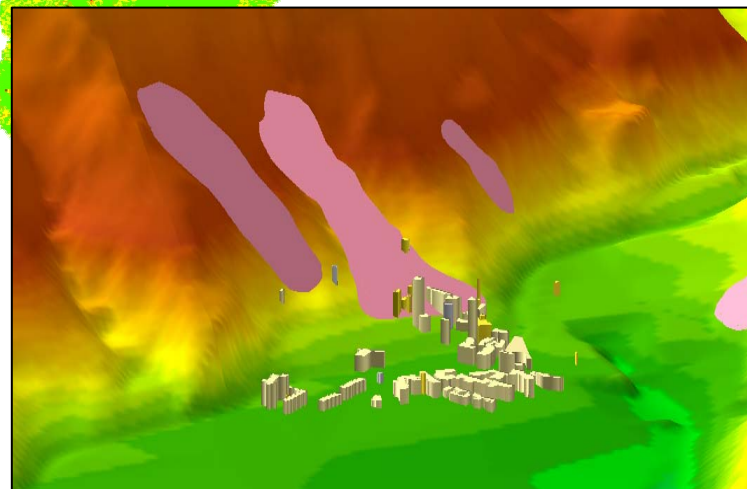
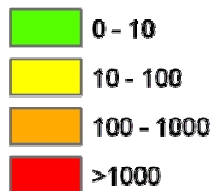
Autorità di Bacino del Fiume Arno

Mappa del Rischio

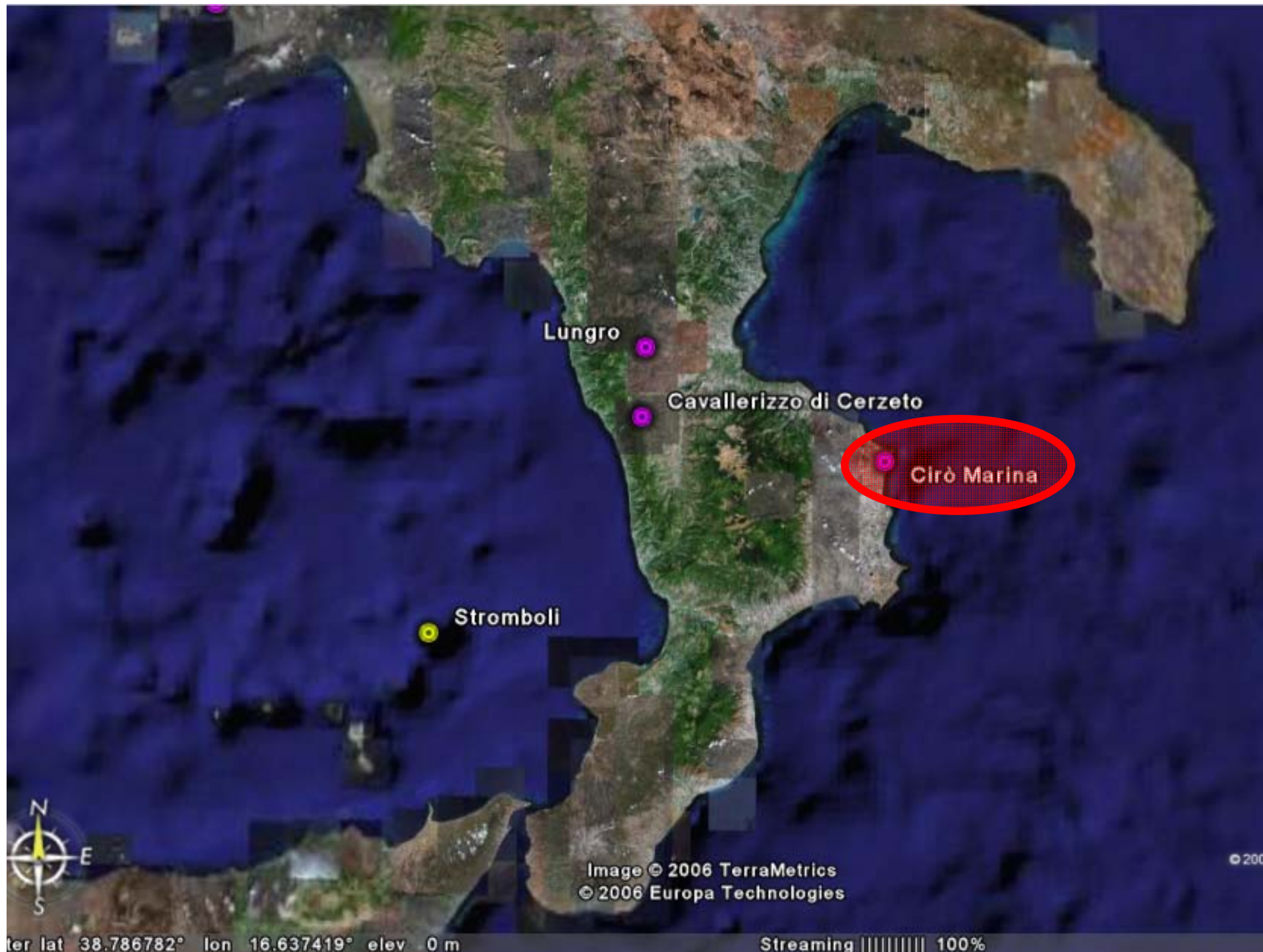


Danno atteso:
 $R = H \cdot V \cdot E = \sim 5.6$ miliardi di
Euro in 30 anni (5‰ del PIL)

Risk as expected
economic losses
(euro/pixel)



Autorità di Bacino del Fiume Arno



Lungro

Cavallerizzo di Cerzeto

Cirò Marina

Stromboli

Image © 2006 TerraMetrics
© 2006 Europa Technologies

© 2005

ter lat 38.786782° lon 16.637419° elev 0 m

Streaming ||||| 100%

E

PS RADARSAT ascending

2003-2005

Displacement
= 4-12
mm/year

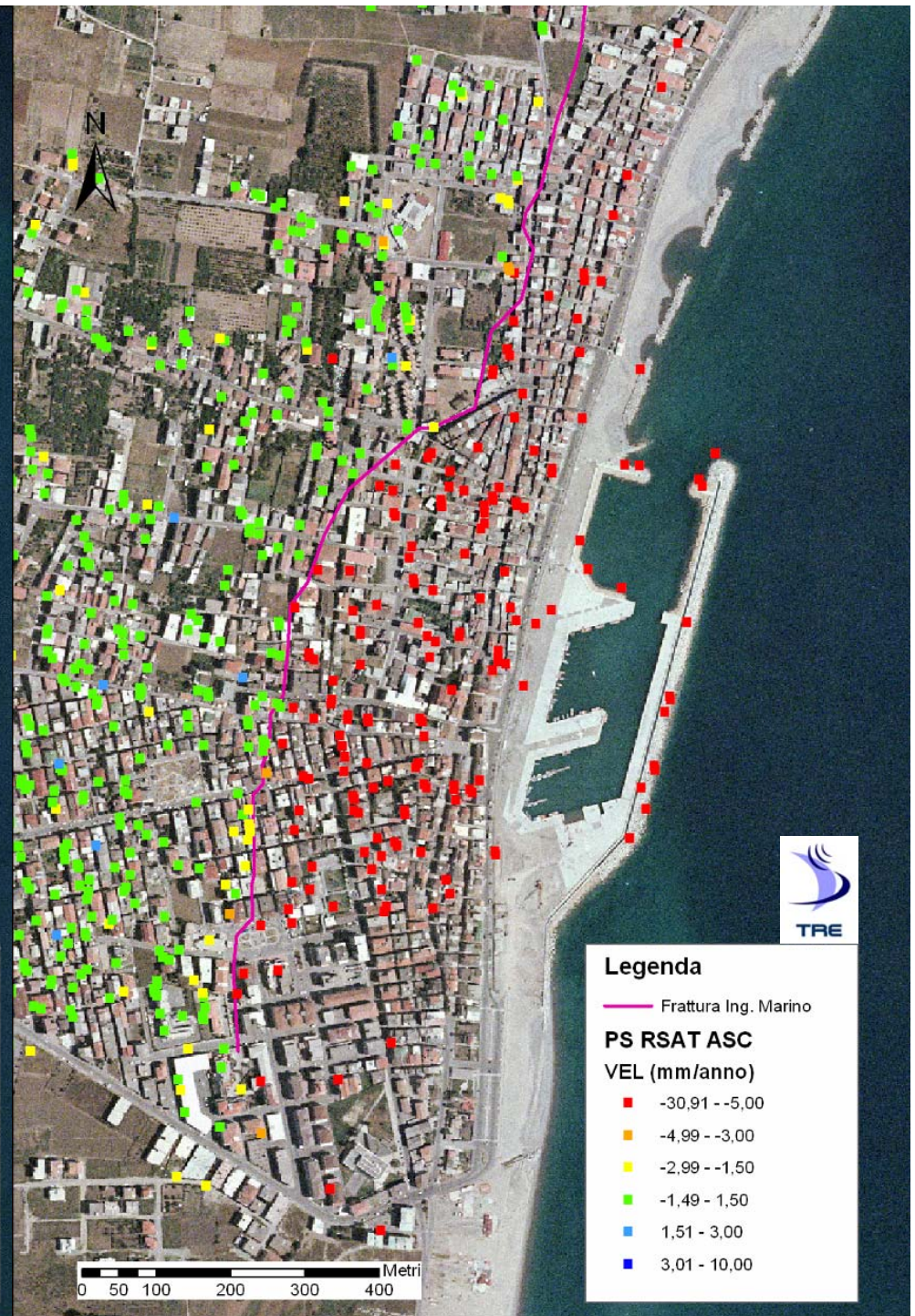
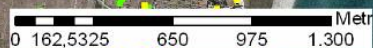


Legenda

— Frattura Ing. Marino

PS RSAT ASC
VEL (mm/anno)

- -30,91 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 10,00

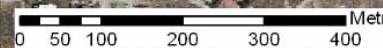


Legenda

— Frattura Ing. Marino

PS RSAT ASC
VEL (mm/anno)

- -30,91 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 10,00



PS RADARSAT

descending 2003-2005

Displacement=
4-8 mm/year



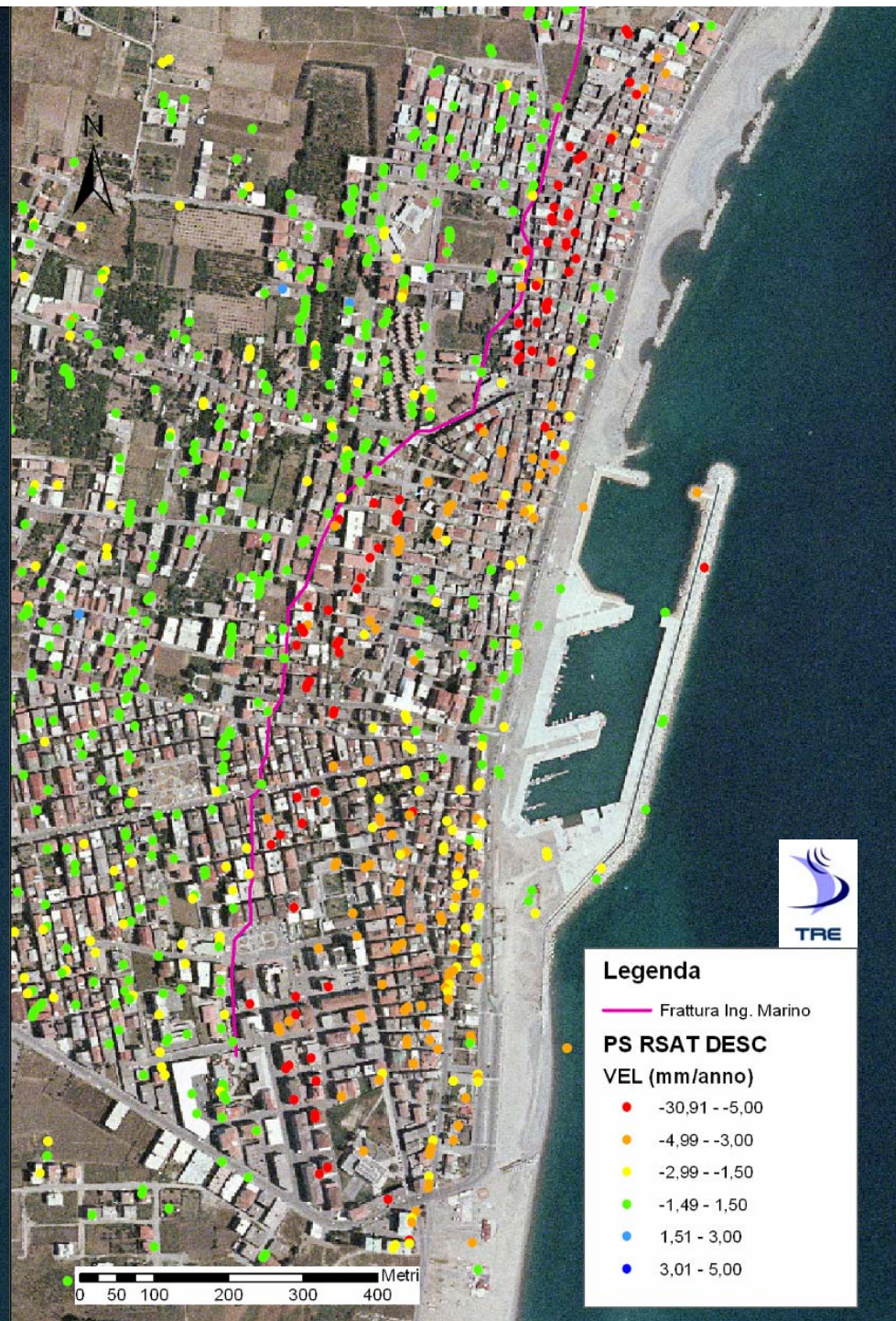
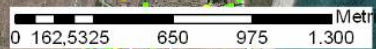
Legenda

— Frattura Ing. Marino

PS RSAT DESC

VEL (mm/anno)

- -30,91 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00



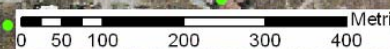
Legenda

— Frattura Ing. Marino

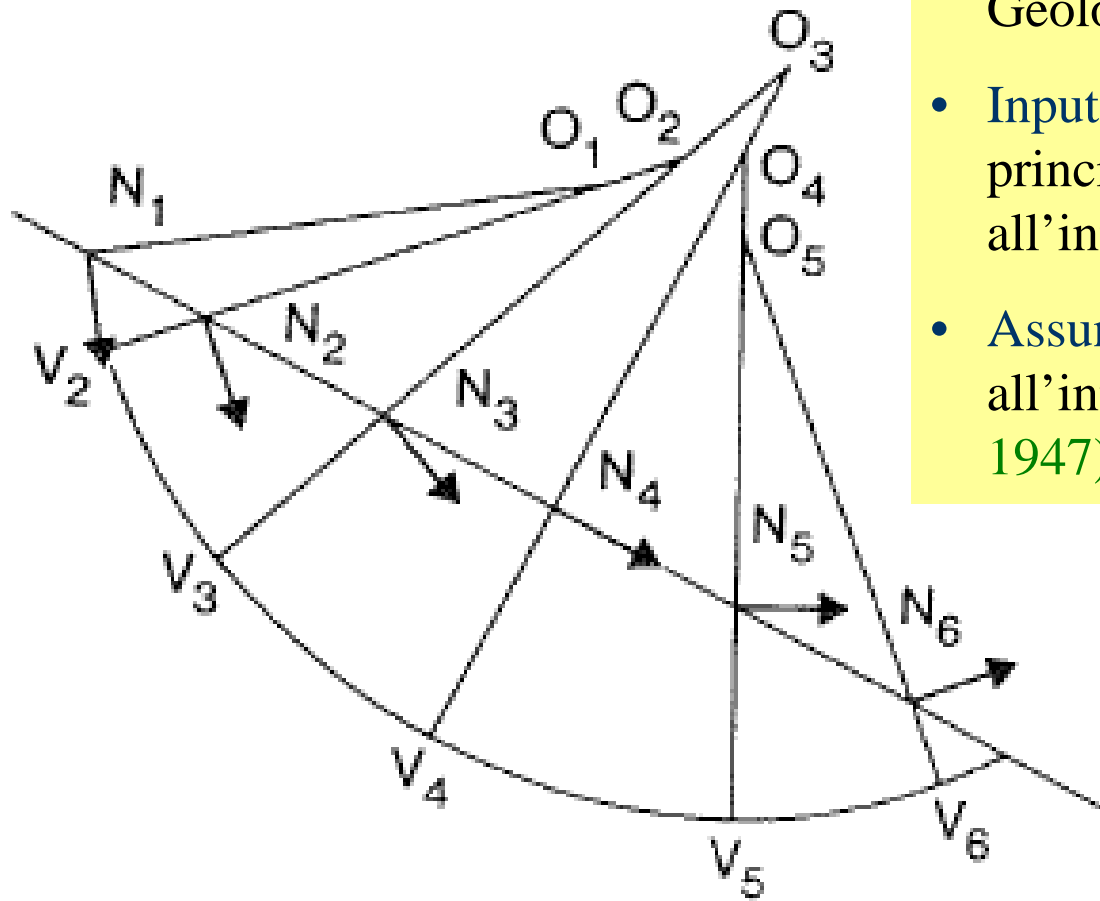
PS RSAT DESC

VEL (mm/anno)

- -30,91 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00

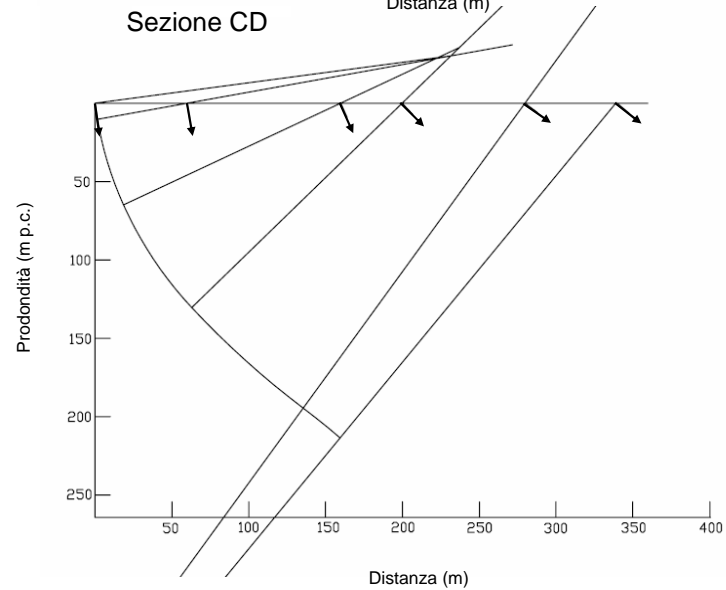
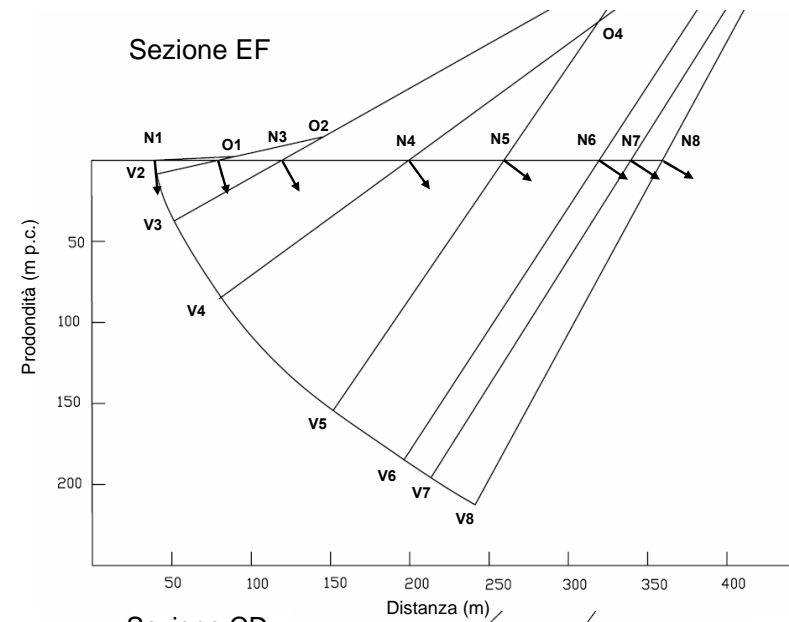
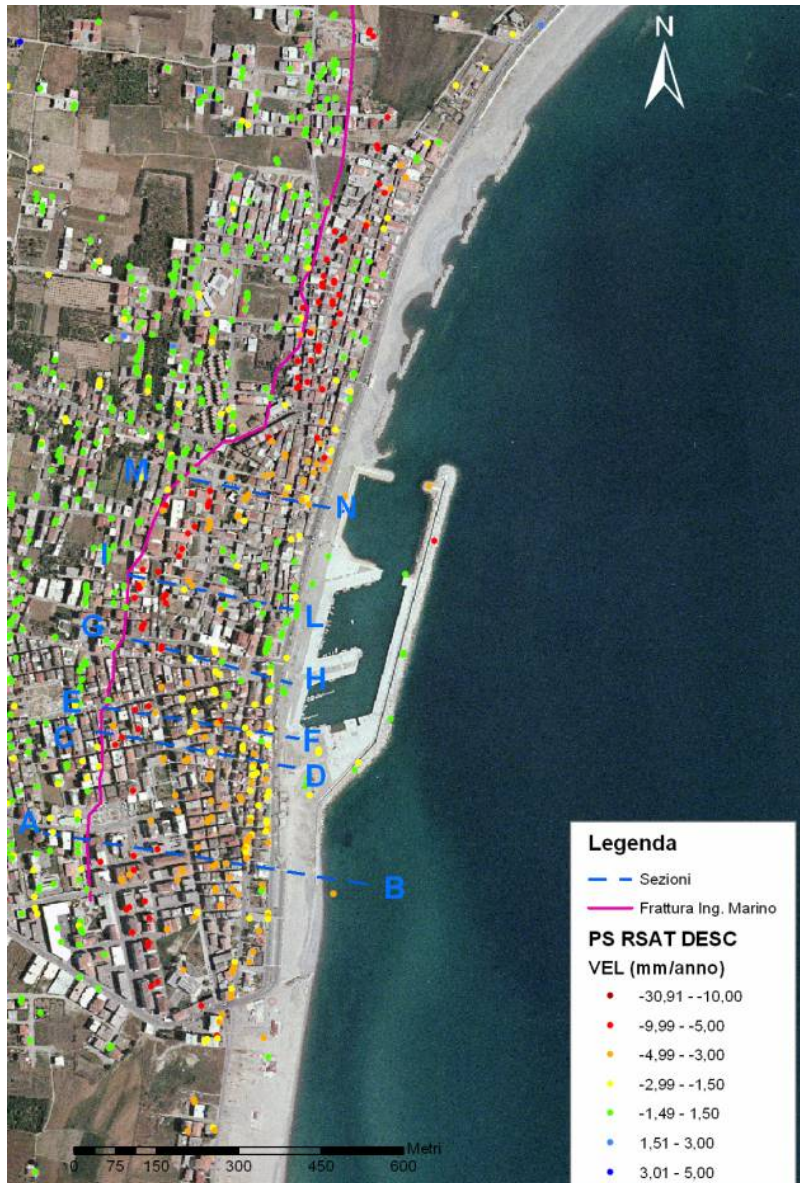


Ricostruzione della superficie di scivolamento

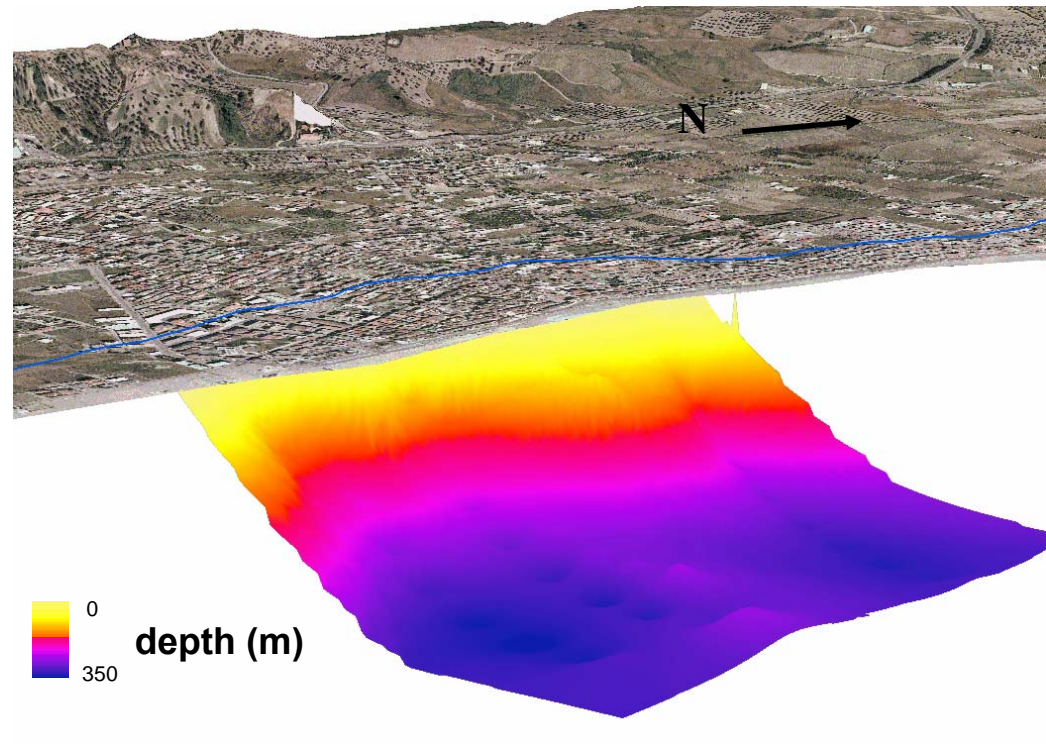
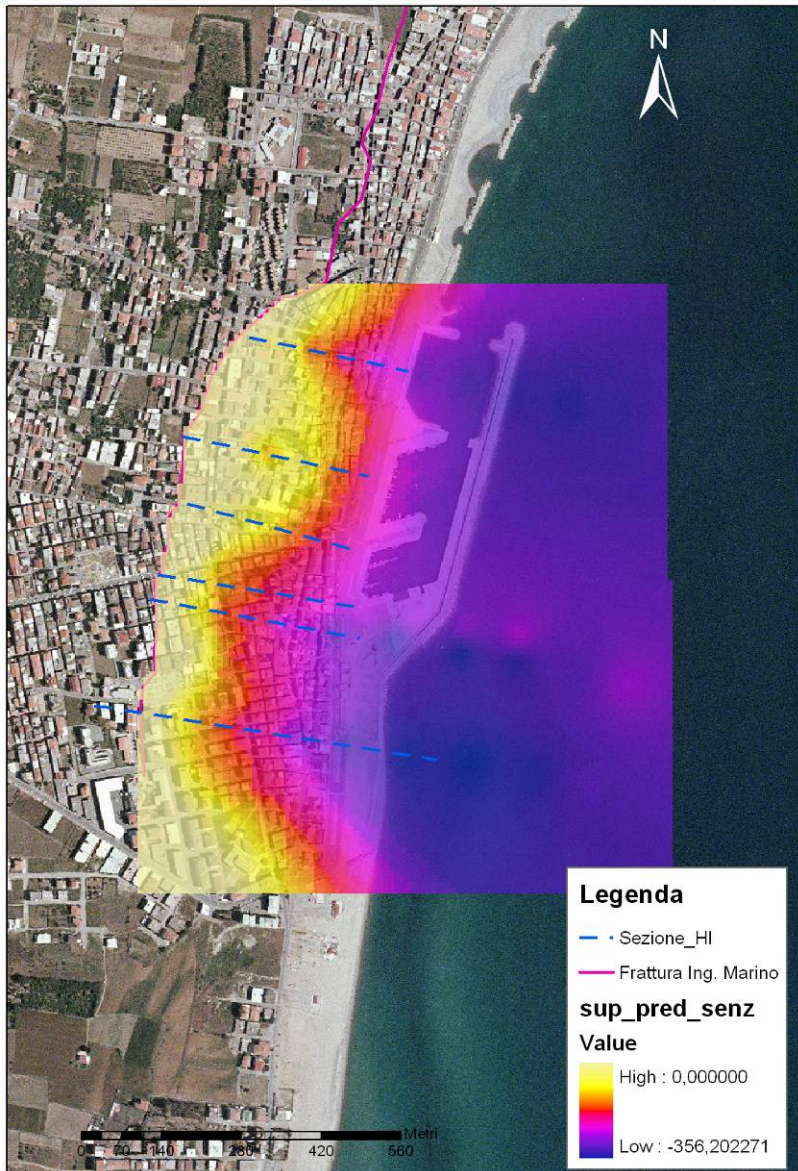


- Metodo grafico per la ricostruzione della superficie di scivolamento (Carter & Bentley, 1985; Cruden, 1986) usato in Geologia Strutturale
- **Input data:** posizione della scarpata principale e dei vettori spostamento all'interno del corpo di frana
- **Assunzioni:** deformazioni rigide all'interno di ogni elemento (Mertie, 1947)

Reconstruction of the slip surface

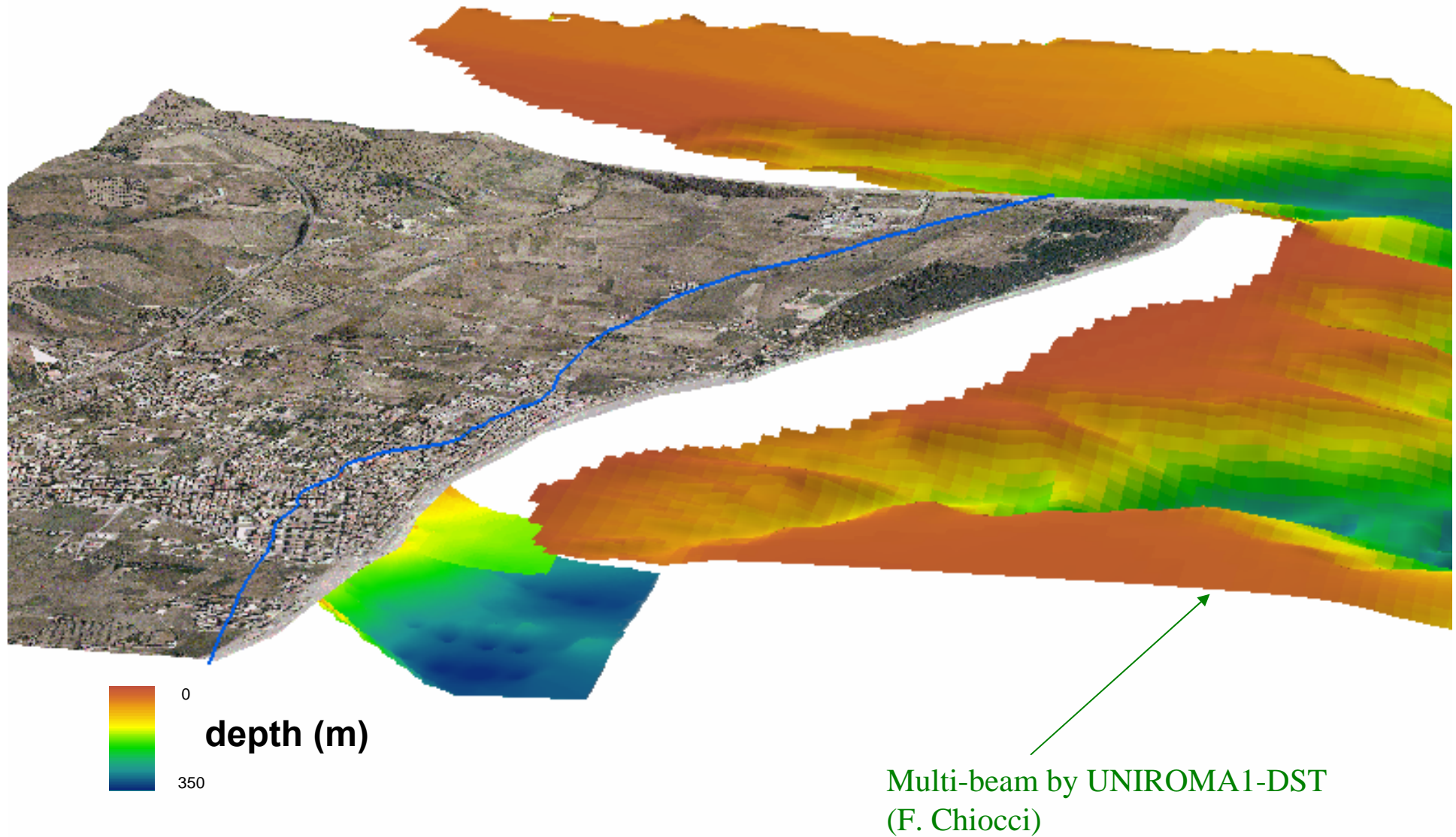


Extrapolation

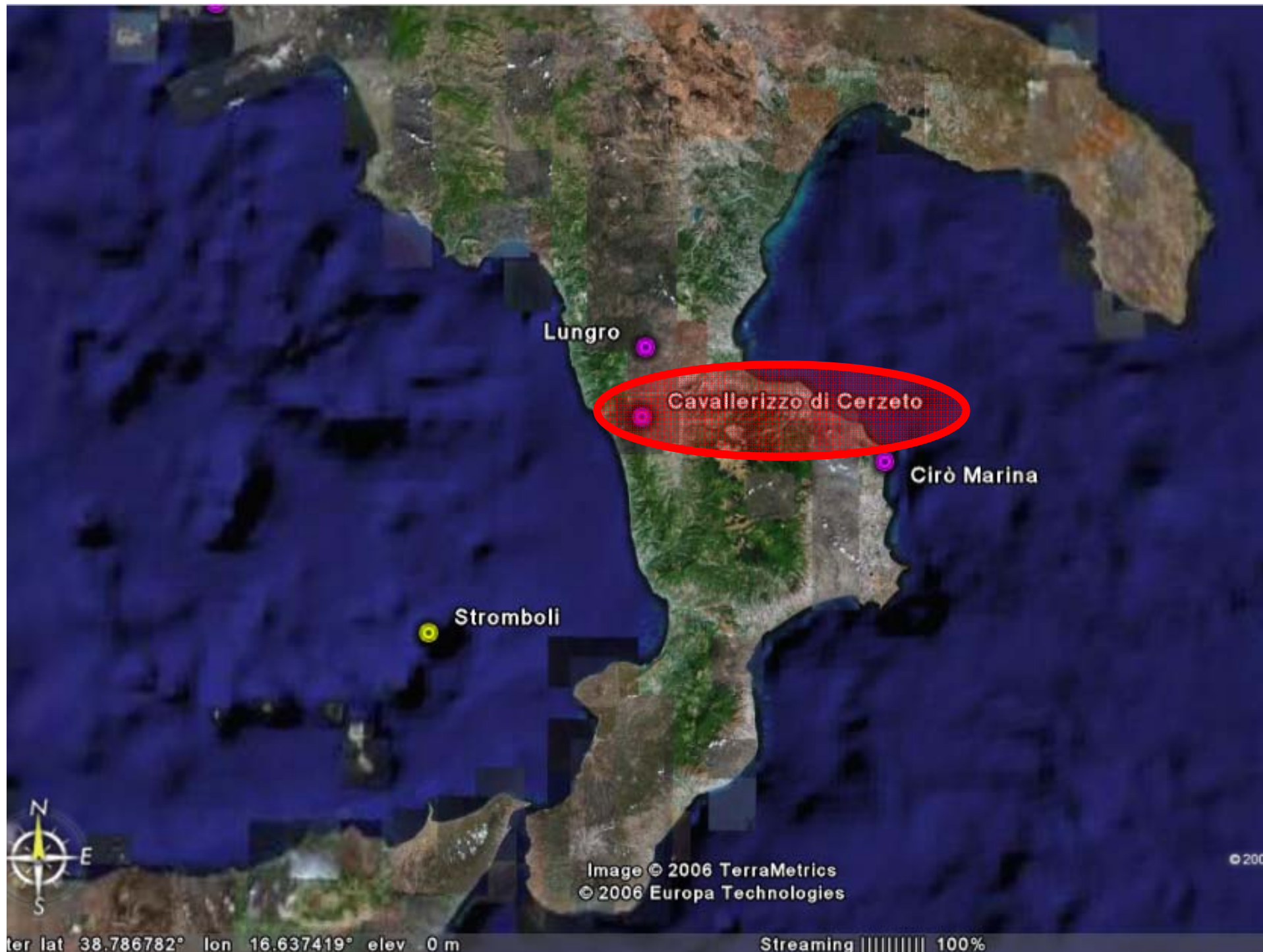


Extrapolation of the sections below the sea level based on a constant reduction of the local inclination of the slip surface

Comparison with bathymetry



Estimated landslide volume = **1 billion m³** = 1 km³



Lungro

Cavallerizzo di Cerzeto

Cirò Marina

Stromboli



Image © 2006 TerraMetrics
© 2006 Europa Technologies

© 2005

ter lat 38.786782° lon 16.637419° elev 0 m

Streaming ||||| 100%

E

Cavallerizzo di Cerzeto: 7 march 2005



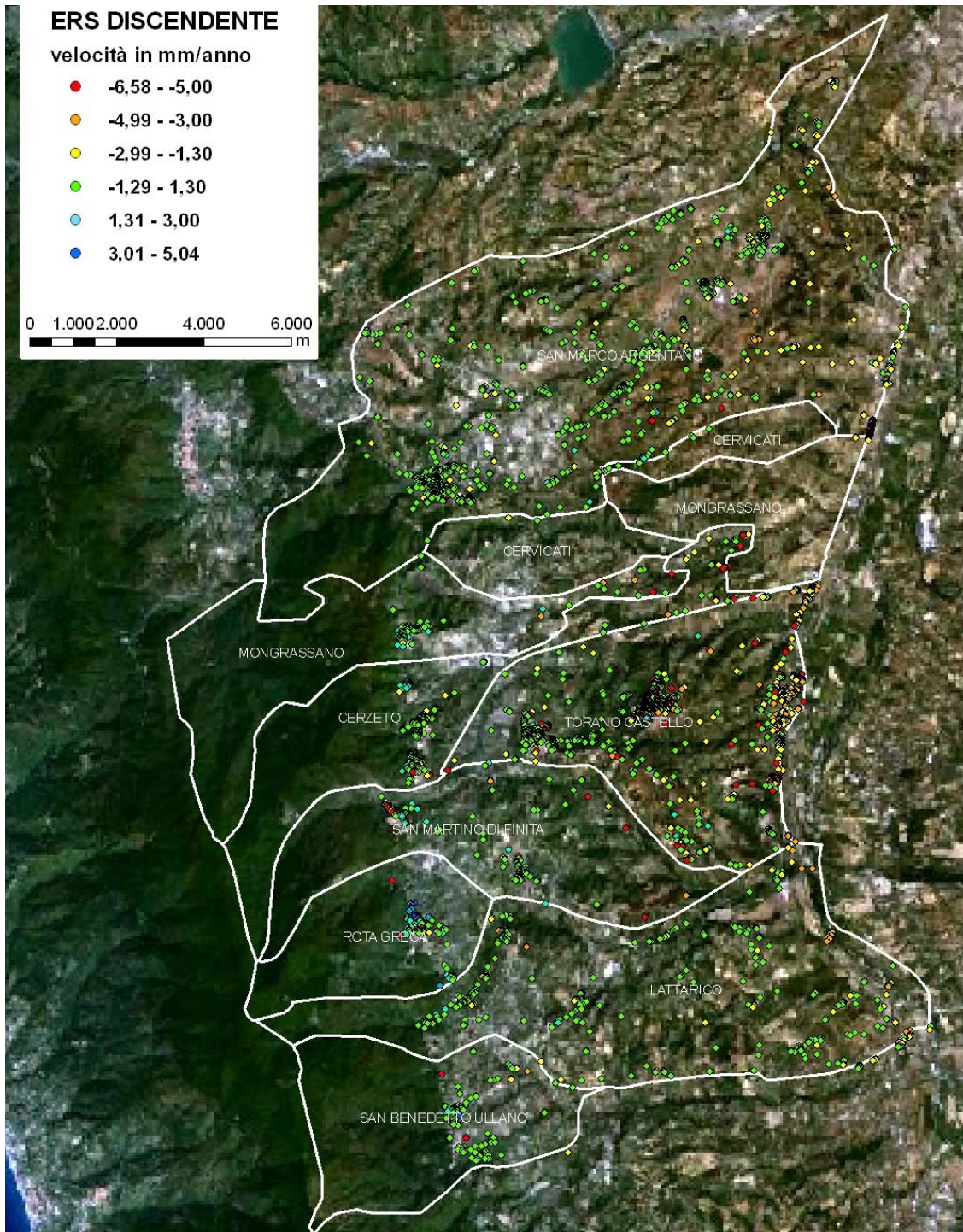


ERS DISCENDENTE

velocità in mm/anno

- -6,58 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,30
- -1,29 - 1,30
- 1,31 - 3,00
- 3,01 - 5,04

0 1.000 2.000 4.000 6.000
m

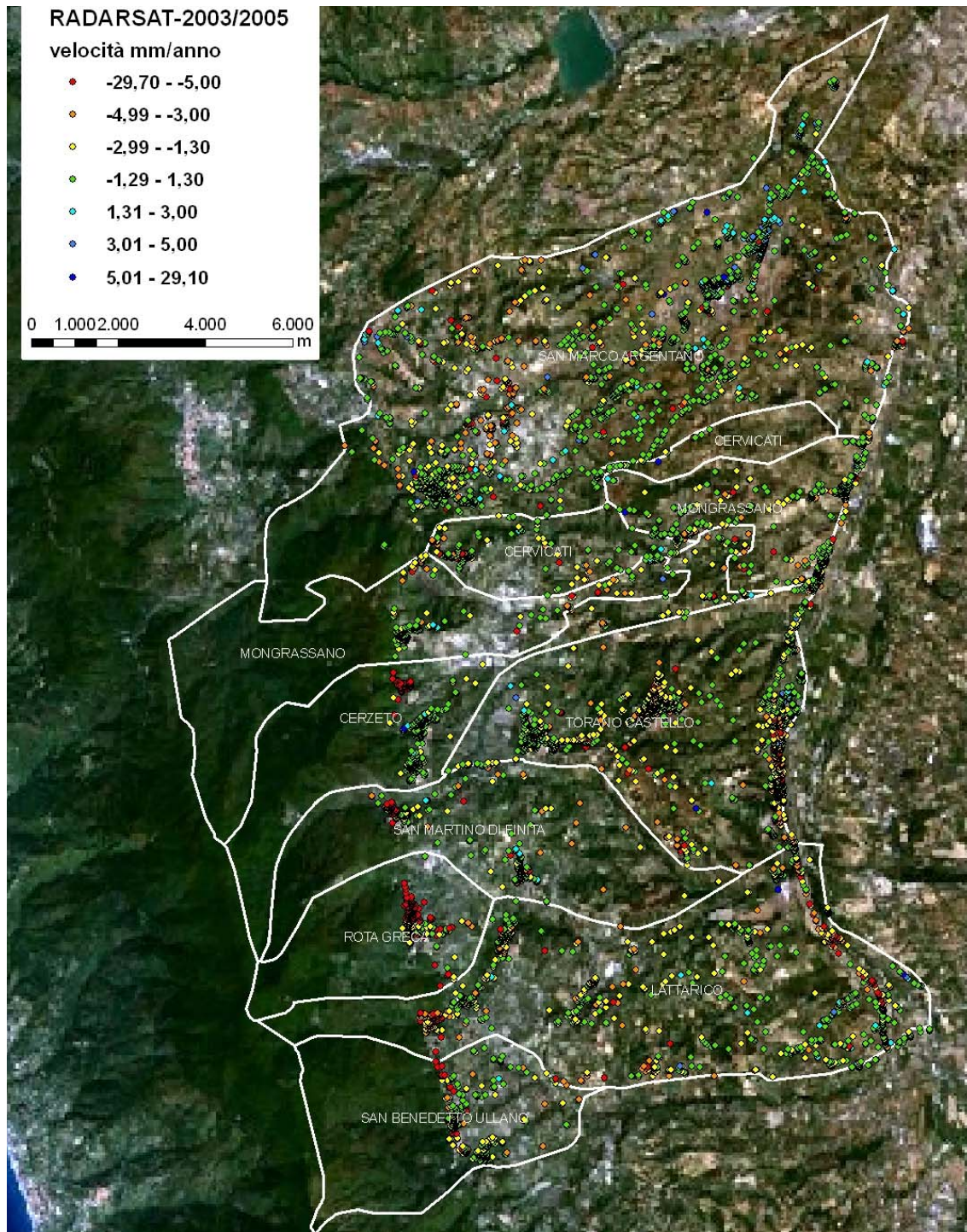


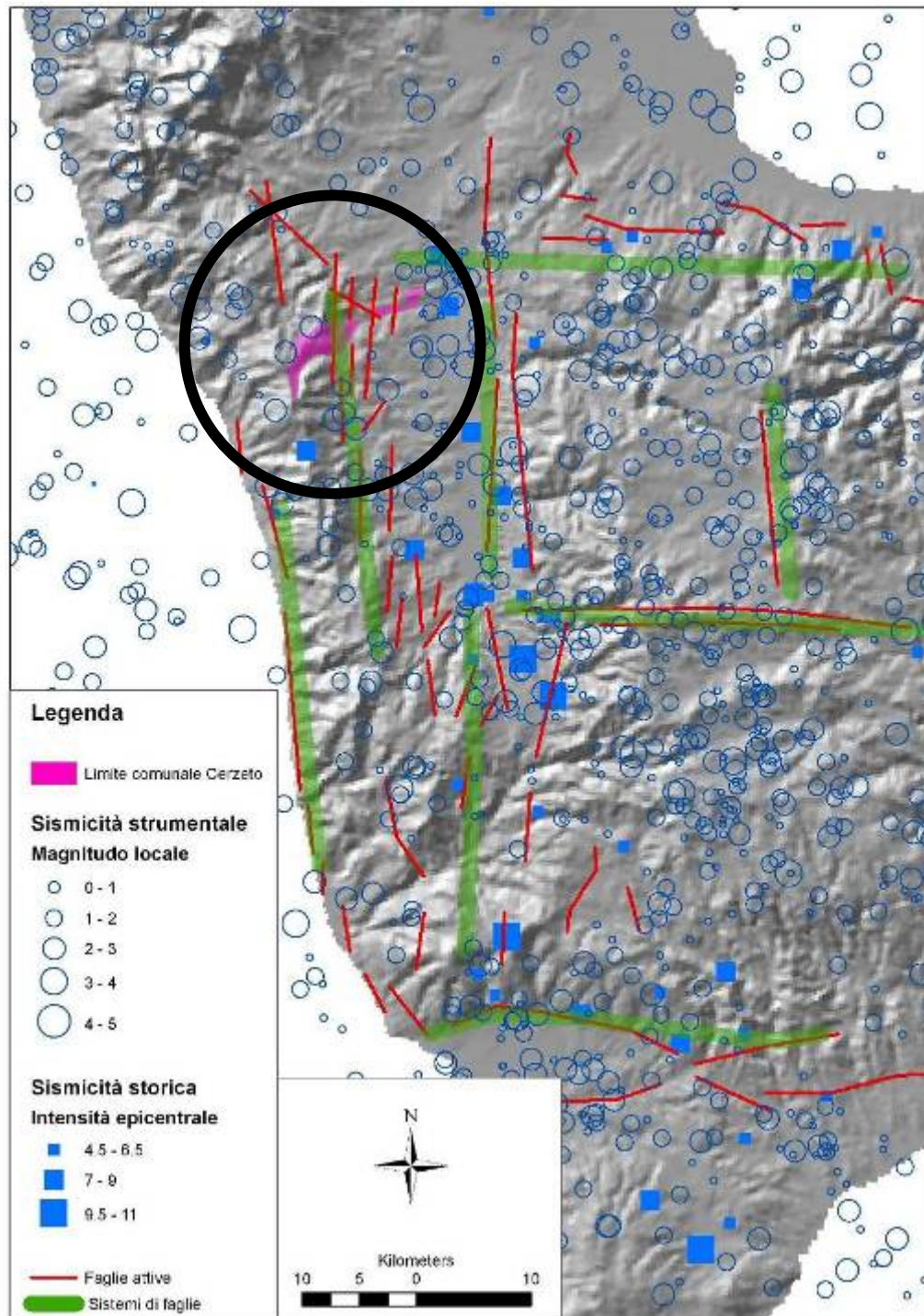
RADARSAT-2003/2005

velocità mm/anno

- -29,70 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,30
- -1,29 - 1,30
- 1,31 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 29,10

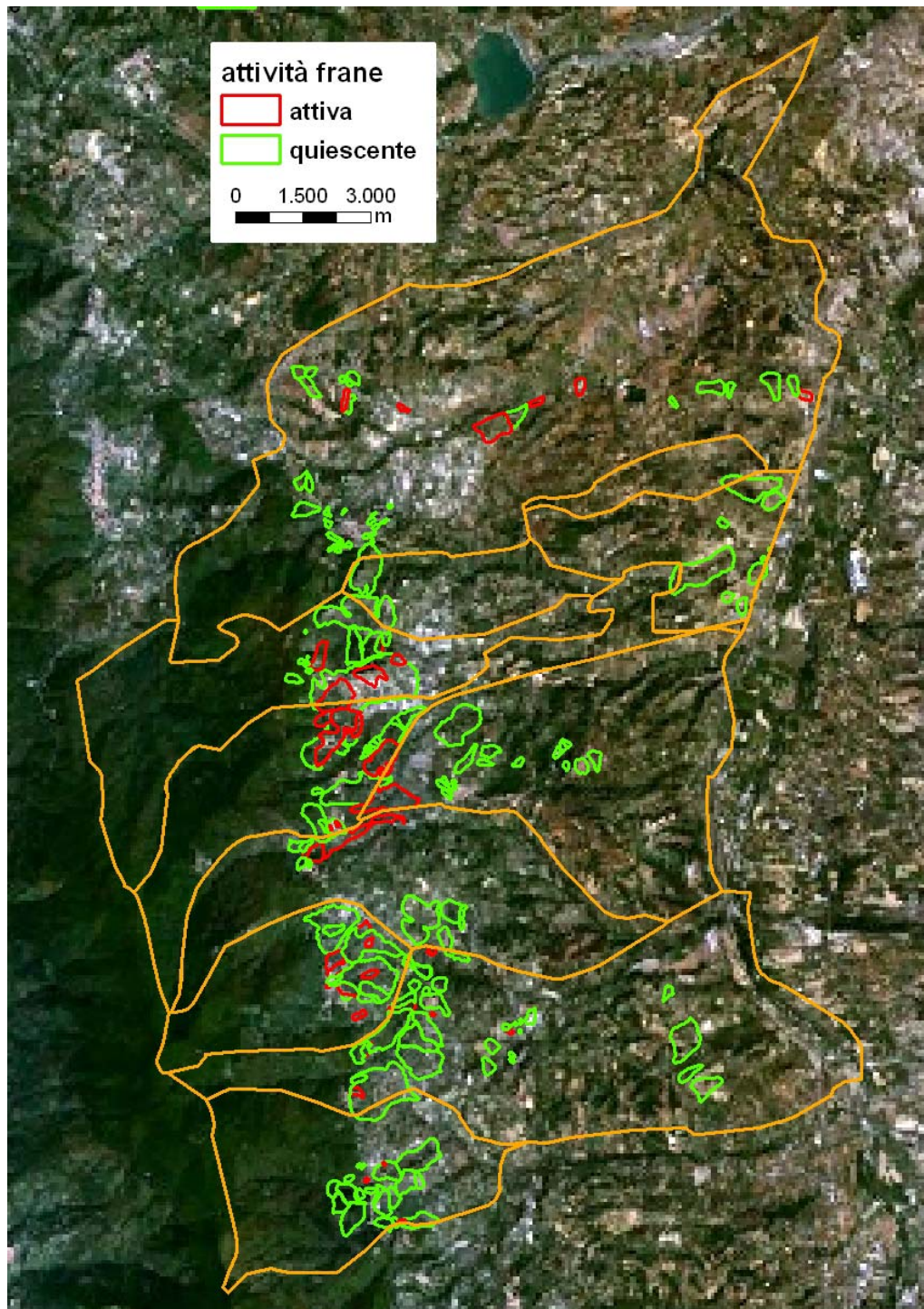
0 1.000 2.000 4.000 6.000
m





Faglie attive e sismicità regionale

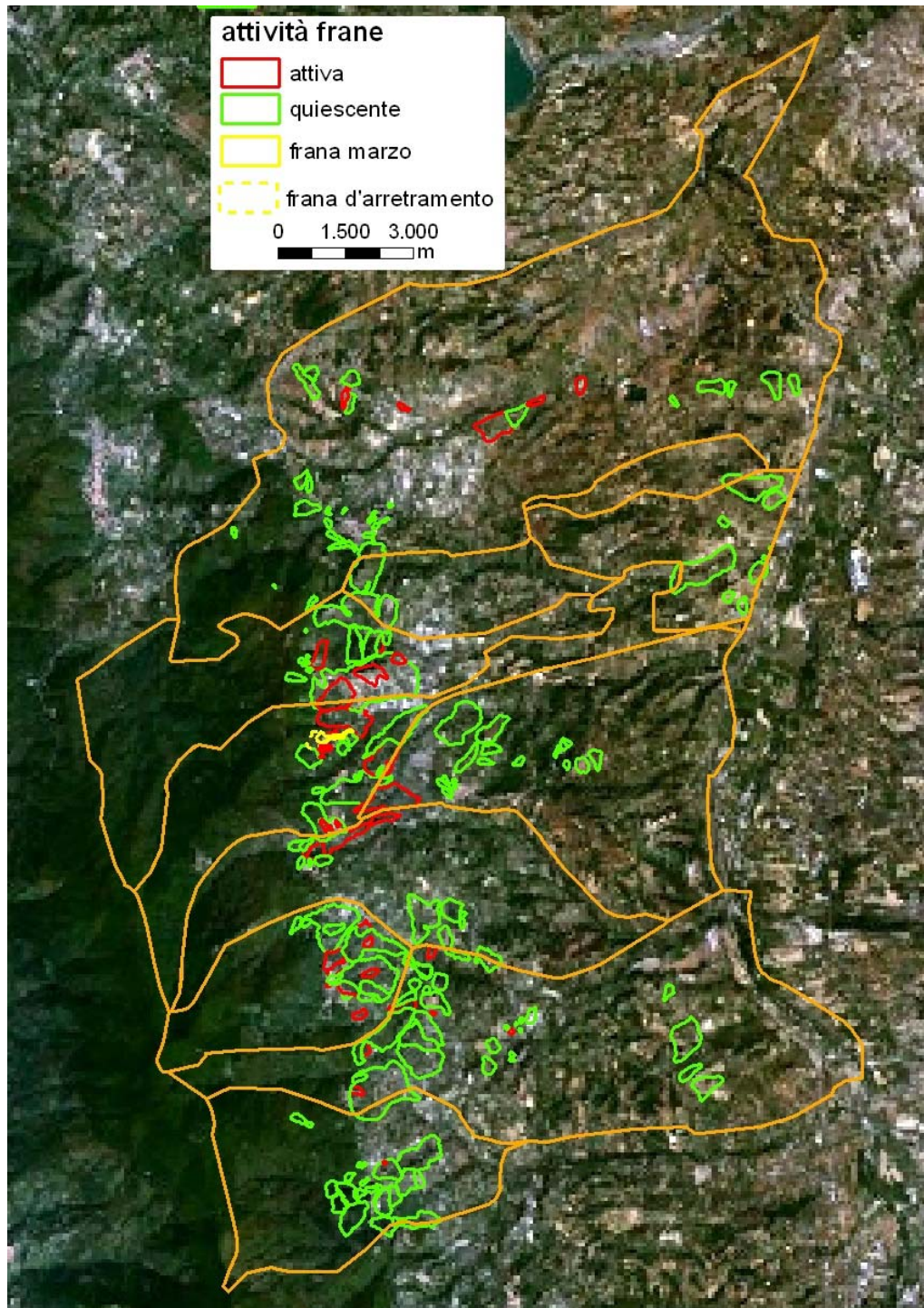
(www.ingv.it)



Product No.1

PAI validation

187 landslides

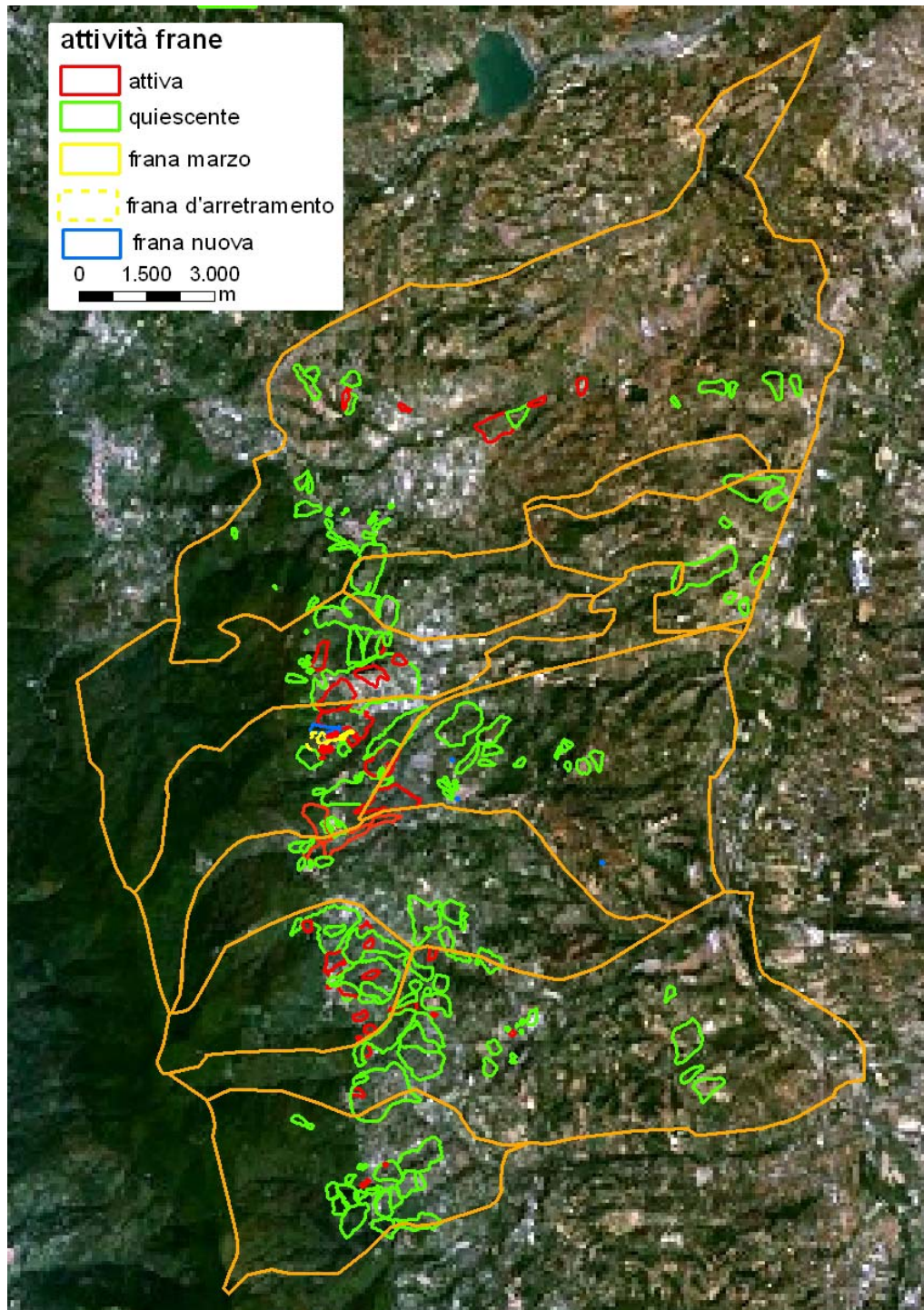


Product No.2

IKONOS/QUICKBIRD Photointerpretation

187 landslides:

- 85 modified
- 14 confirmed
- 88 no added value

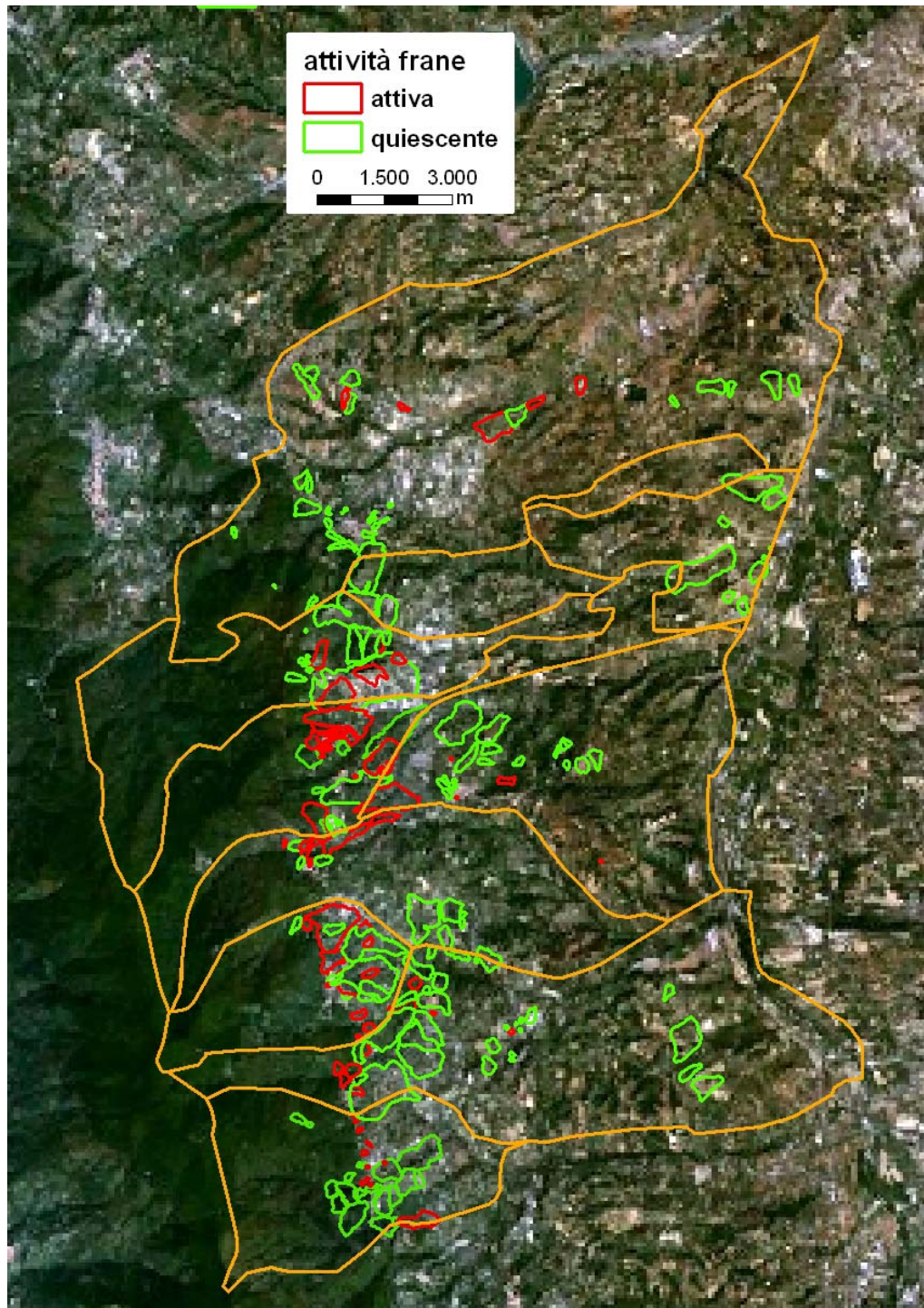


Product No.3

Radarinterpretation of ERS-ENVISTAT data

191 landslides:

- 13 modified
- 57 confirmed
- 4 new
- 117 no added value

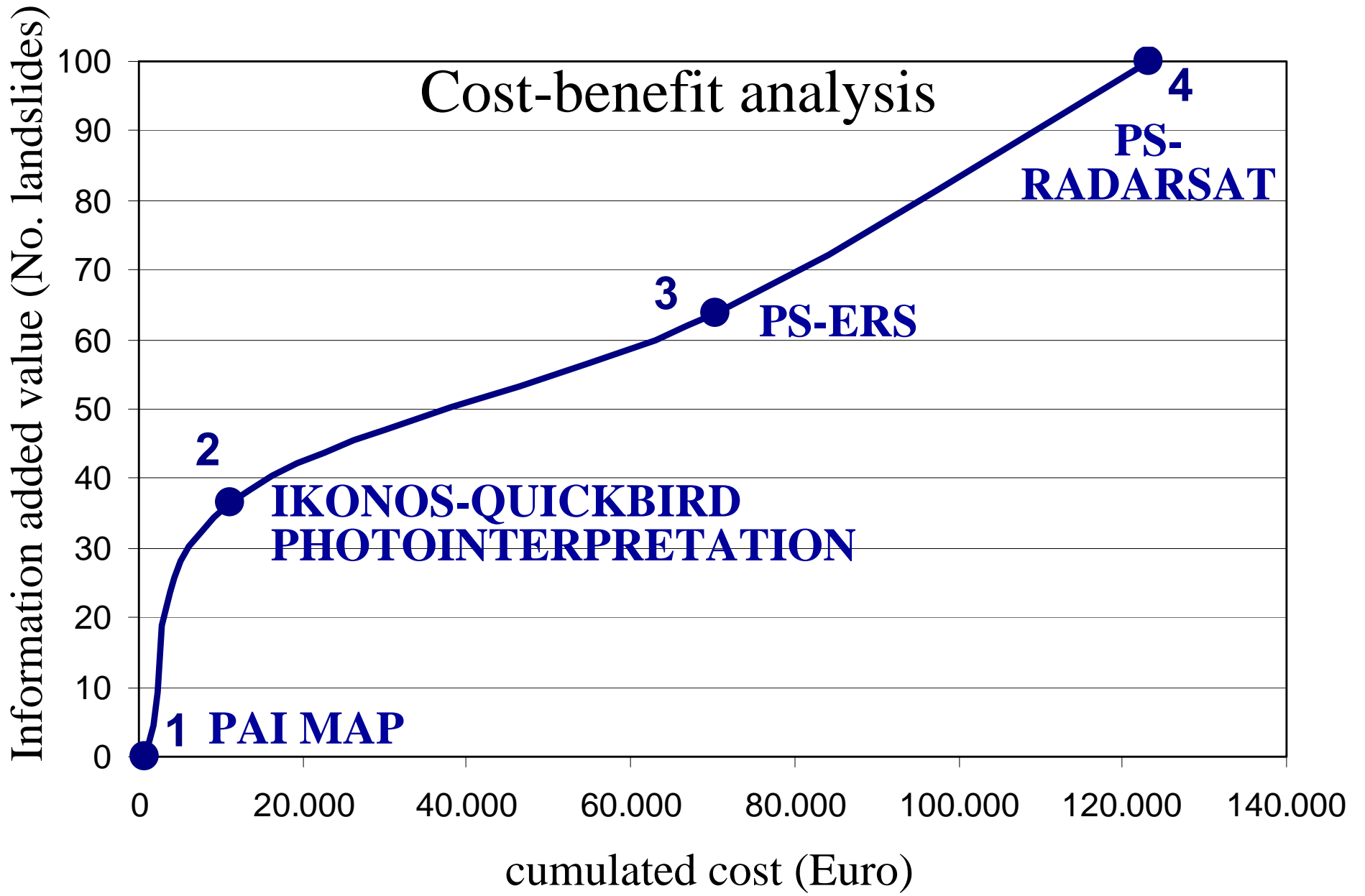


Product No.4

Radarinterpretation of RADARSAT data

203 landslides:

- 44 modified
- 42 confirmed
- 12 new
- 105 no added value



OBBIETTIVI

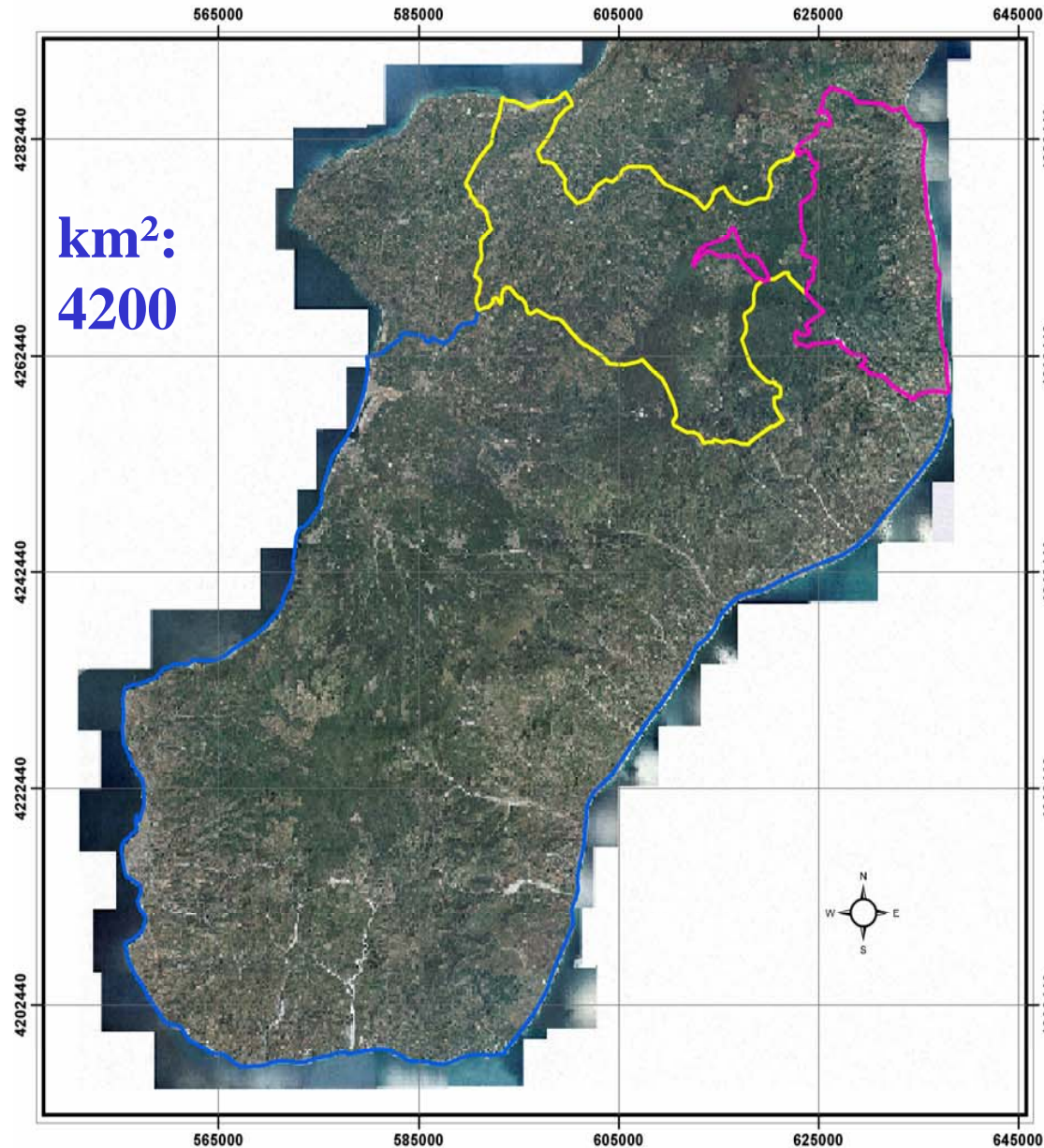
Progetto Terrafirma

Aggiornamento della carta inventario, prodotta con metodi geomorfologici convenzionali, mediante l'integrazione delle informazioni fornite dalla tecnica dei Permanent Scatterers.



In questo progetto gli enti coinvolti sono rappresentati dalle Agenzie di Protezione Civile Nazionali e pubbliche autorità locali e nazionali che hanno il compito di gestire il rischio di frana.

Area di studio



km²:
4200



Università degli Studi di Firenze
Earth Sciences Department
CENTRE OF COMPETENCE OF THE CIVIL PROTECTION DEPARTMENT
PRESIDENCY OF THE COUNCIL OF MINISTERS



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO
VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region



Legend

Analysed area

Districts

CATANZARO

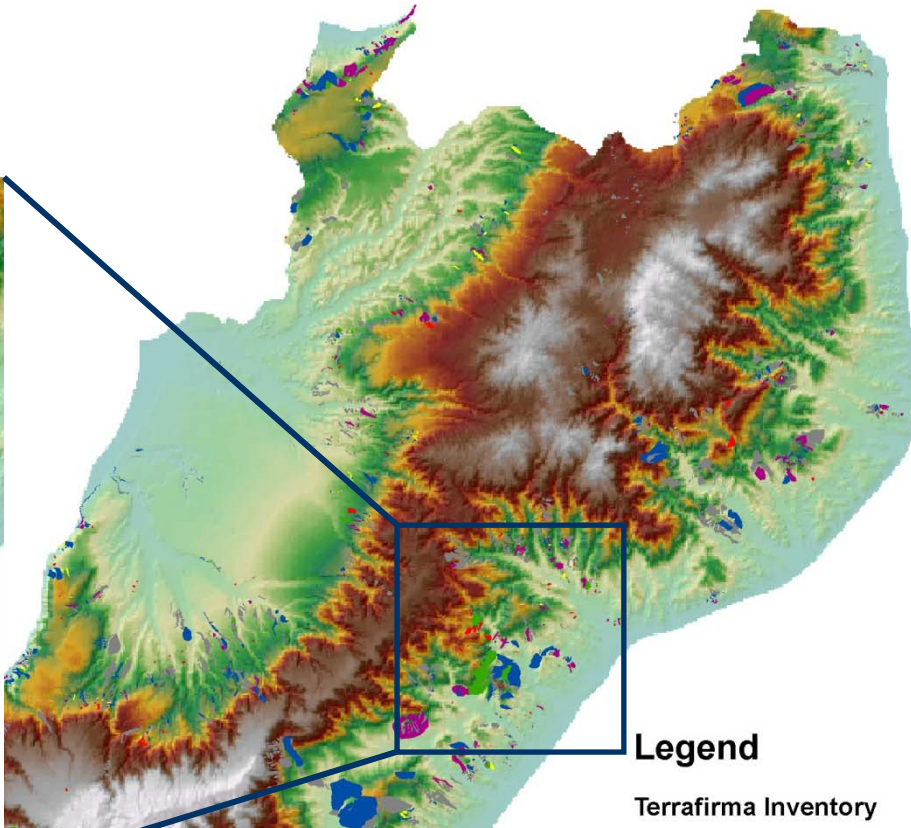
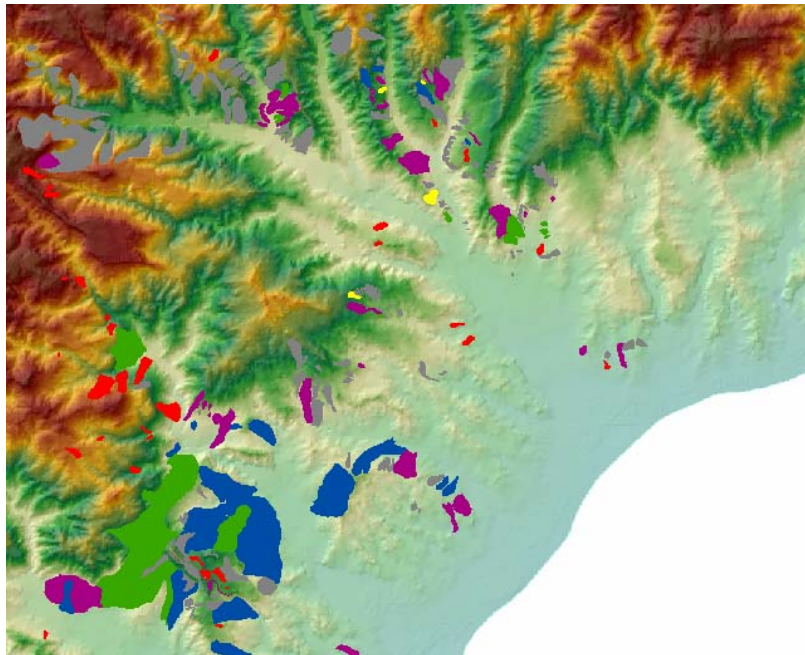
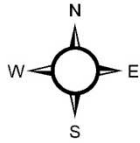
REGGIO CALABRIA

VIBO VALENTIA

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 32N



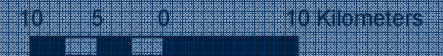
LSI CALABRIAN BASIN



Legend

Terrafirma Inventory

- no ps
- new landslide
- confirmed
- changed activity
- changed boundaries
- changed boundaries and activity



Calabrian basin: 4200 km²

Number of landslide: 3276

Landslide area: 206.6 km²

Landslide density: 4.9 %

METODOLOGIA

L'aggiornamento del preesistente inventario viene eseguito mediante l'integrazione con i dati da remote sensing ottici e radar

4 steps:

- 1. Acquisizione del PS datasets**
- 2. Acquisizione delle carte Tematiche**
- 3. Acquisizione della carta inventario**
- 4. Interpretazione dei dati PS e Ottici**

CALABRIAN BASIN: INSAR DATA

Investigated area: 4200 km²

187 images ERS (1992-2002)

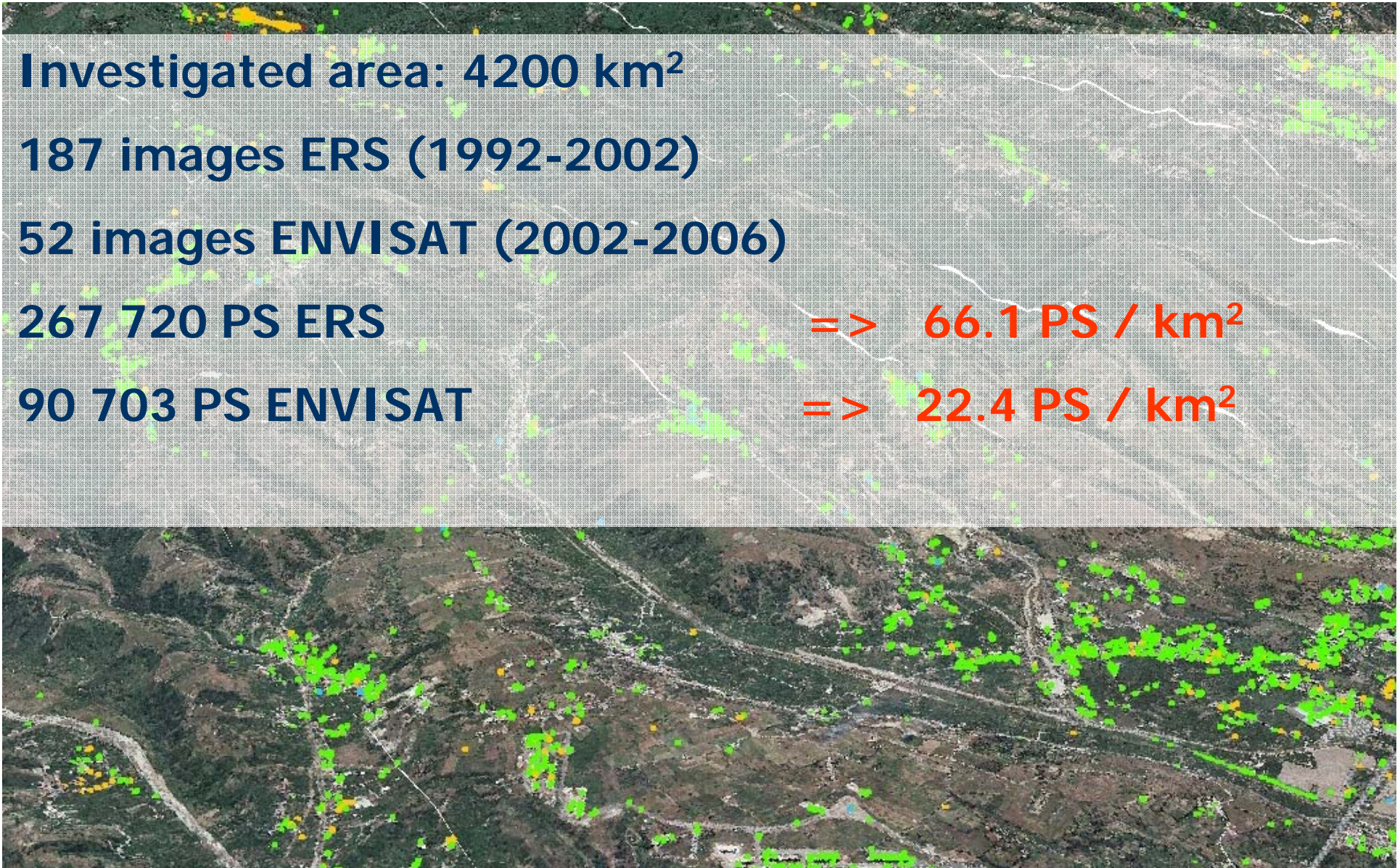
52 images ENVISAT (2002-2006)

267 720 PS ERS

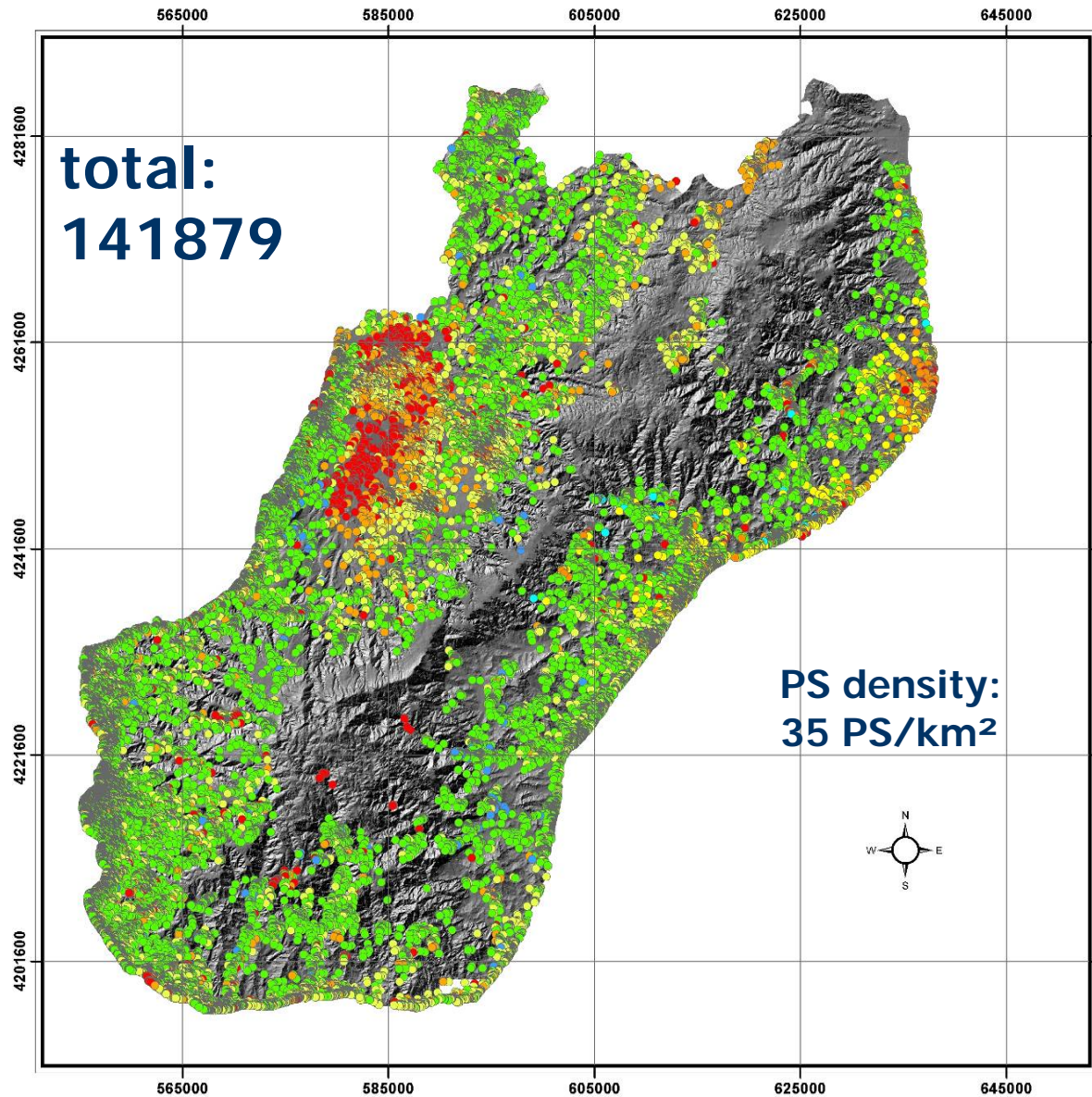
=> 66.1 PS / km²

90 703 PS ENVISAT

=> 22.4 PS / km²



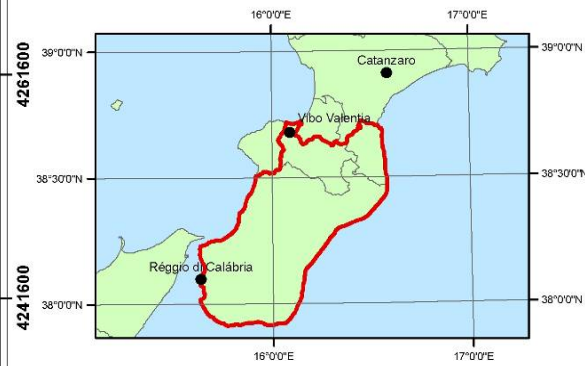
PS ERS descending 1992 - 2002



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region

Permanent Scatterers ERS
time 1992/2002



Legend

PS descending

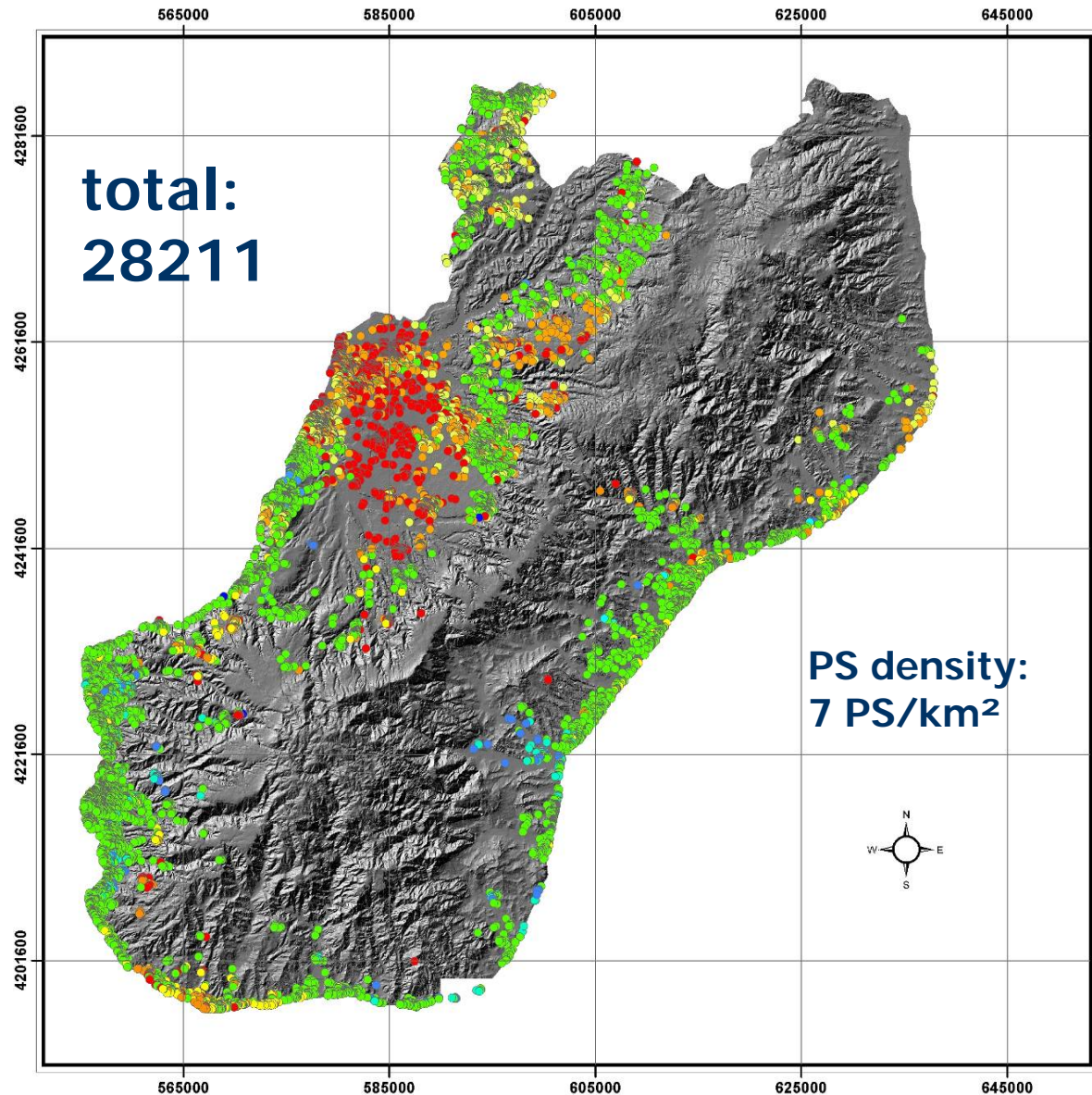
Velocity (mm/y)

- -17,10 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 9,60

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 33N



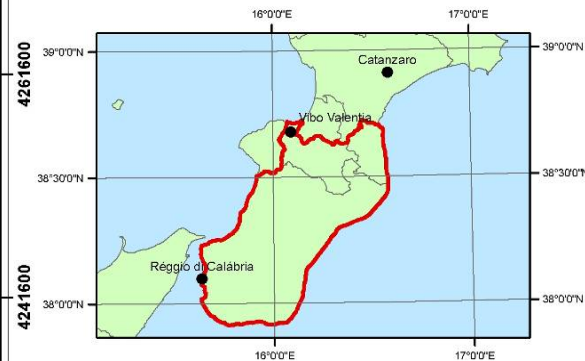
PS ENVISAT descending 2002 - 2006



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region

Permanent Scatterers ENVISAT
time 2002/2006



Legend

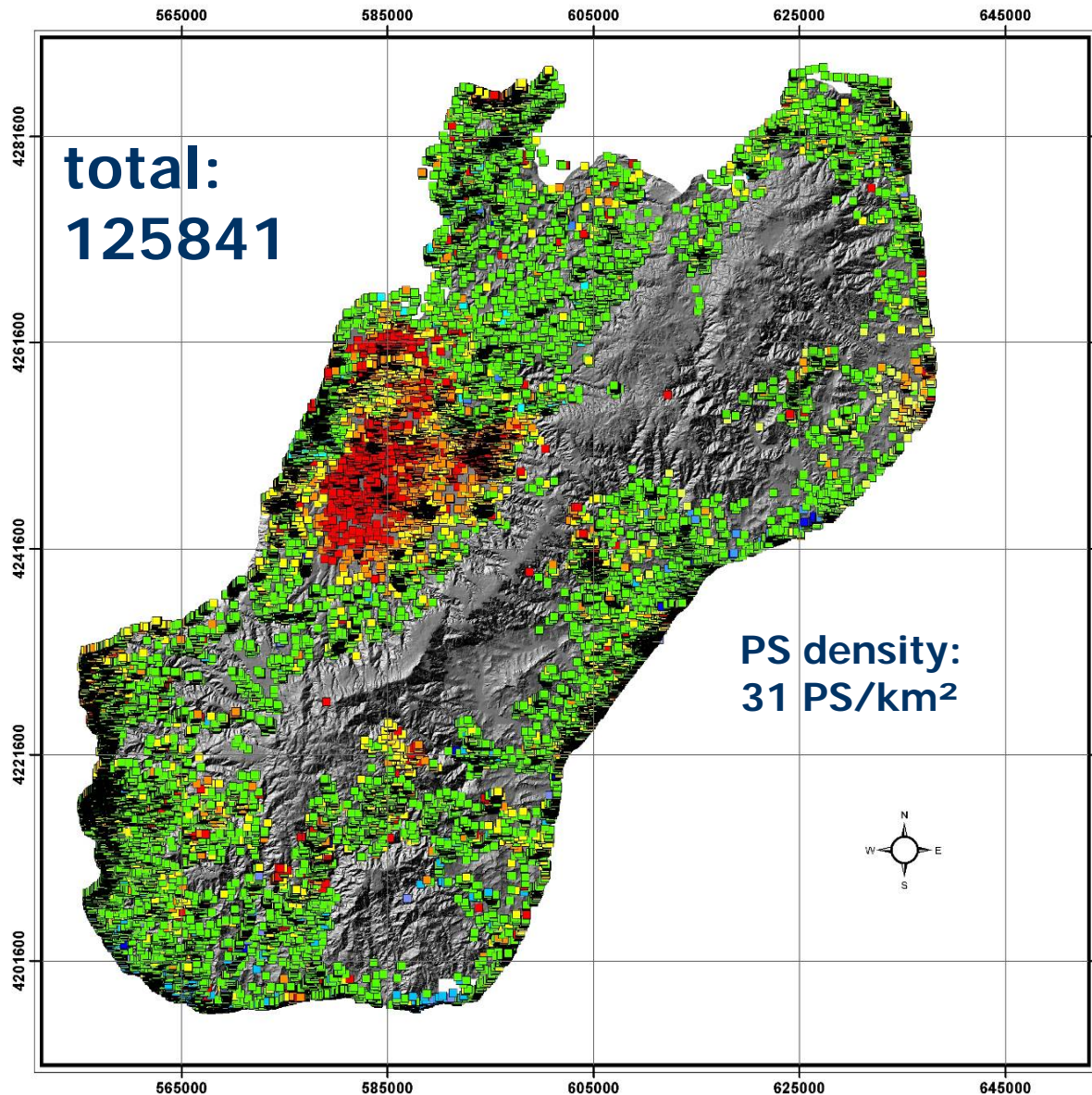
PS descending
Velocity (mm/y)

- -17,10 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 9,60

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 33N



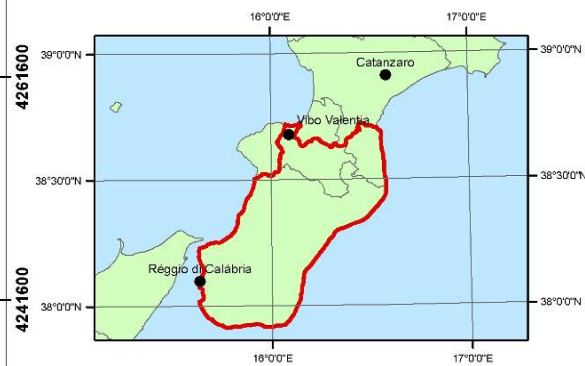
PS ERS ascending 1992 - 2002



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region

Permanent Scatterers ERS
time 1992/2002



Legend

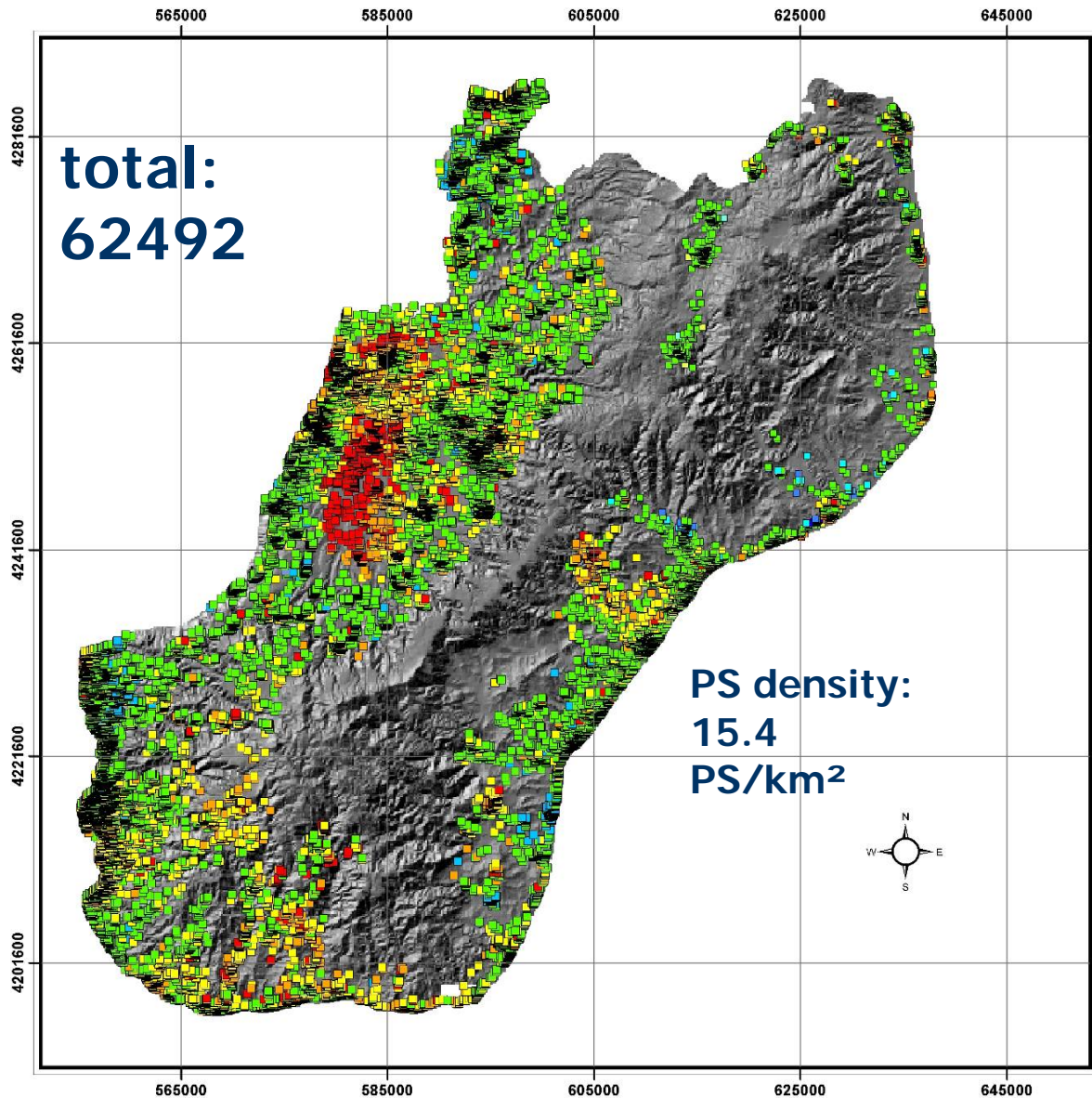
PS ascending
Velocity (mm/y)

- -31,60 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 15,70

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 33N



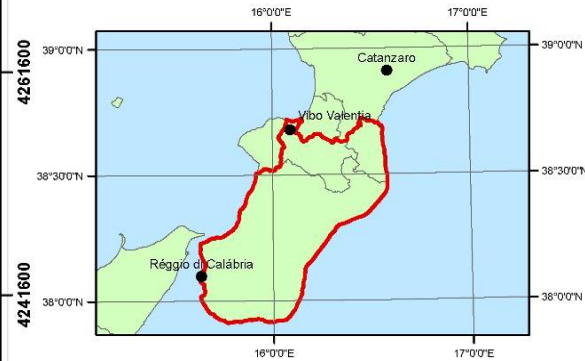
PS ENVISAT ascending 2002 - 2006



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region

Permanent Scatterers ENVISAT
time 2002/2006



Legend

PS ascending
Velocity (mm/y)

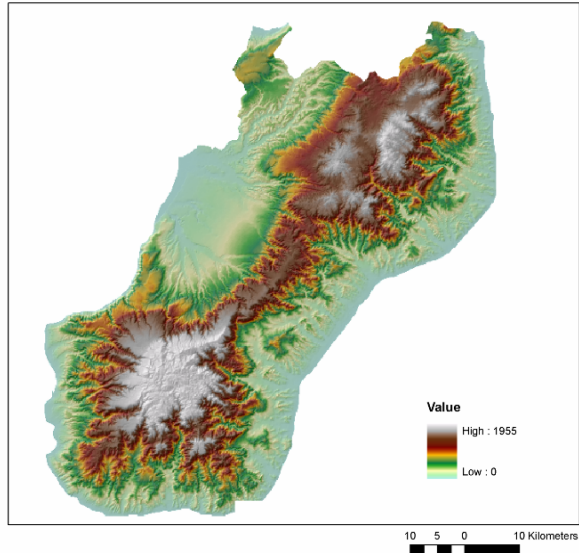
- -31,60 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 15,70

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 33N

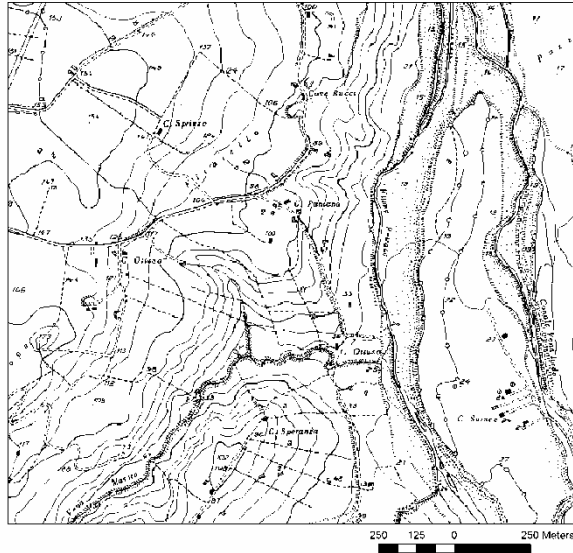


INPUT DATA

Digital elevation models (DEM) 20 m pixel resolution



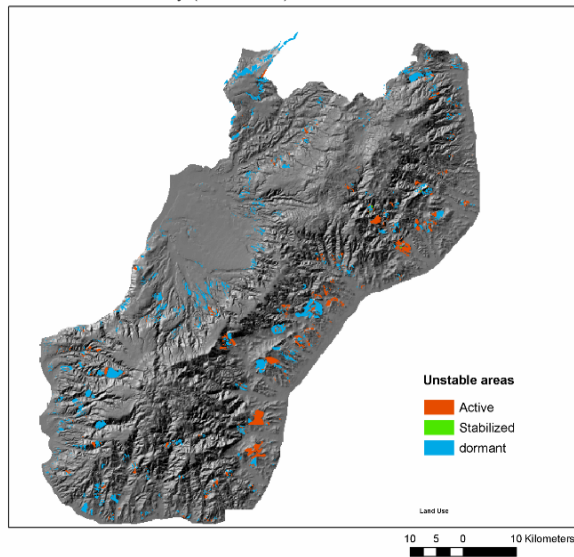
Topographic map 1:10.000 scale



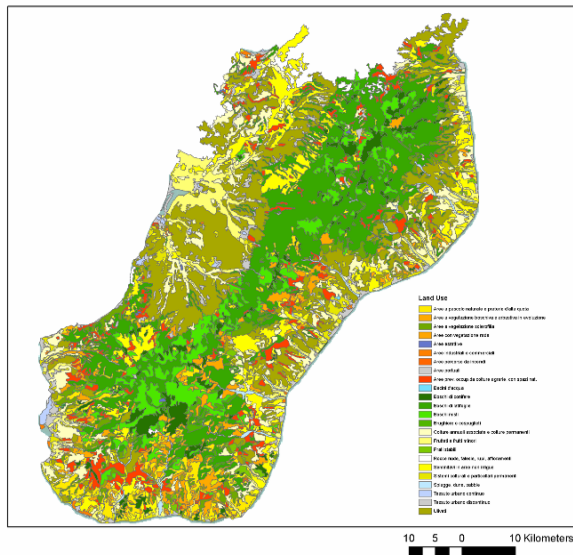
Digital color orthophotos Volo ITALIA 2000 (1 m ground resolution)



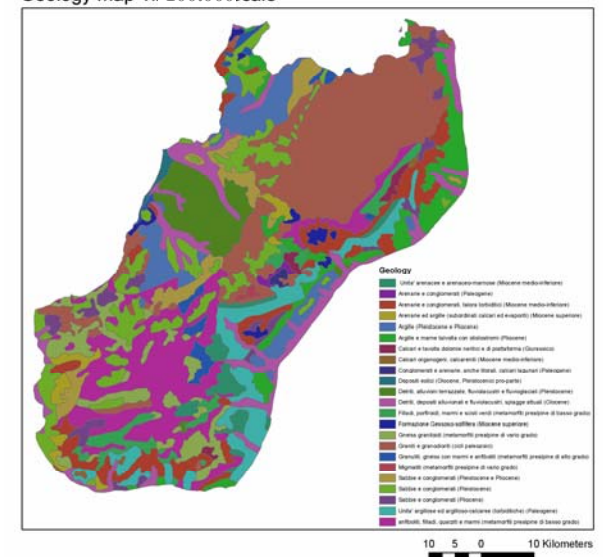
Landslides Inventory (PAI + IFFI)



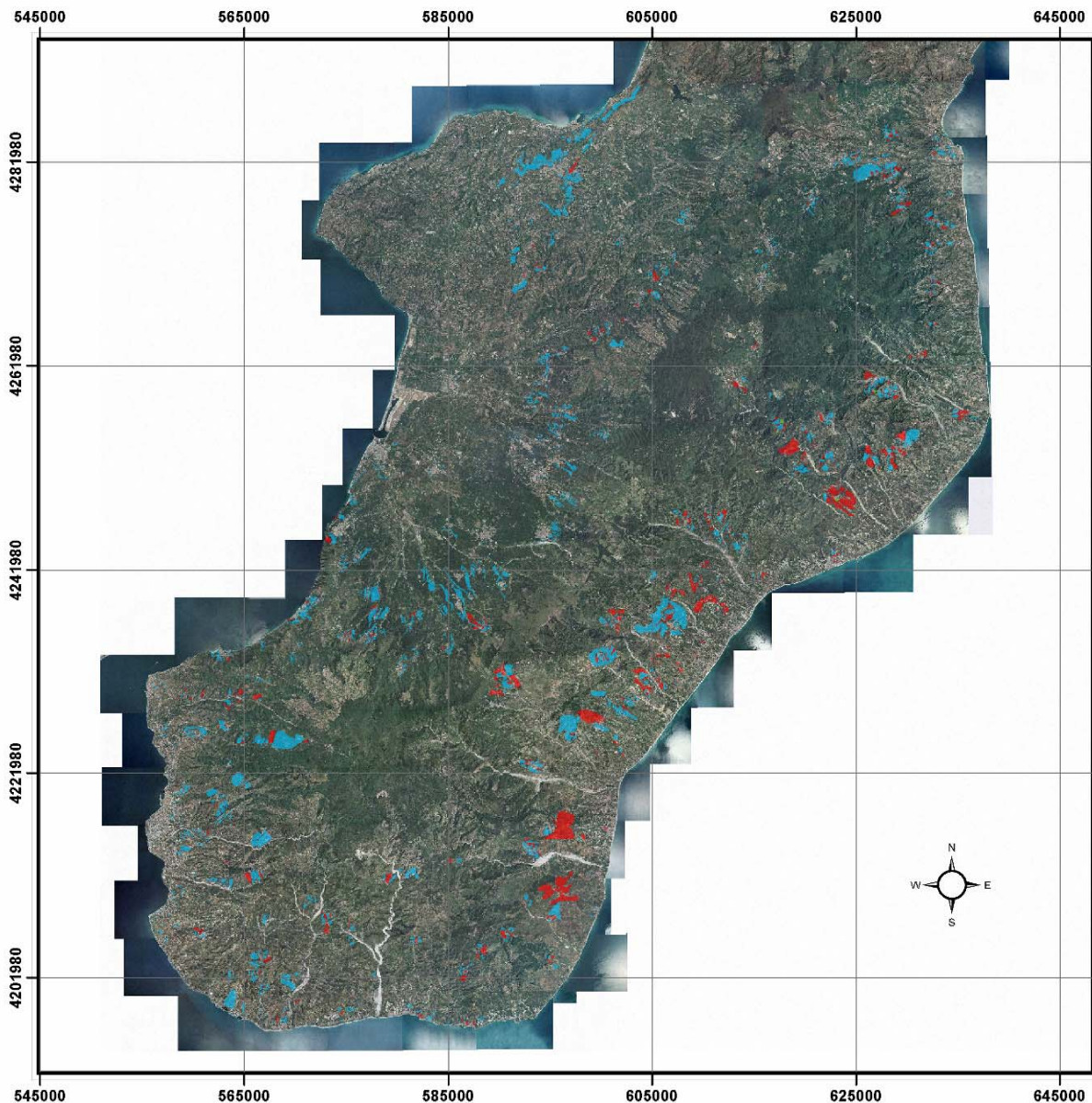
Corine Land Cover 2000 1:100.000 scale



Geology map 1: 100.000 scale



LANDSLIDE INVENTORY PAI + IFFI



Università degli Studi di Firenze
Earth Sciences Department
CENTRE OF COMPETENCE OF THE CIVIL PROTECTION DEPARTMENT
PRESIDENCY OF THE COUNCIL OF MINISTERS



Districts of CATANZARO (CZ), VIBO
VALENTIA (VV) and REGGIO CALABRIA (RC)

Calabria Region

Landslides Inventory PAI + IFFI



Legend

Unstable areas

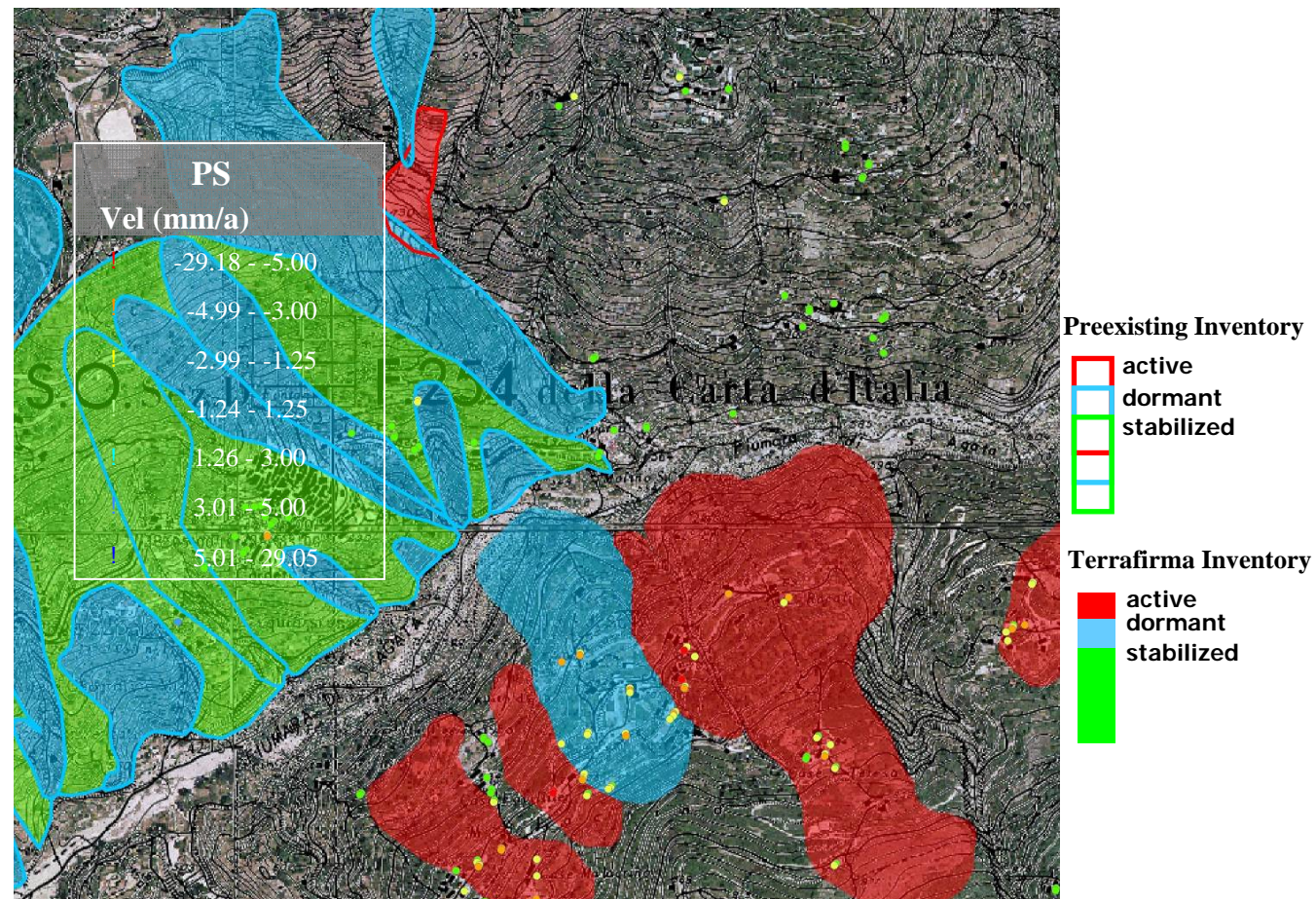
- active
- dormant
- stabilized

Coordinate system UTM, Datum WGS 84, Zona 33N

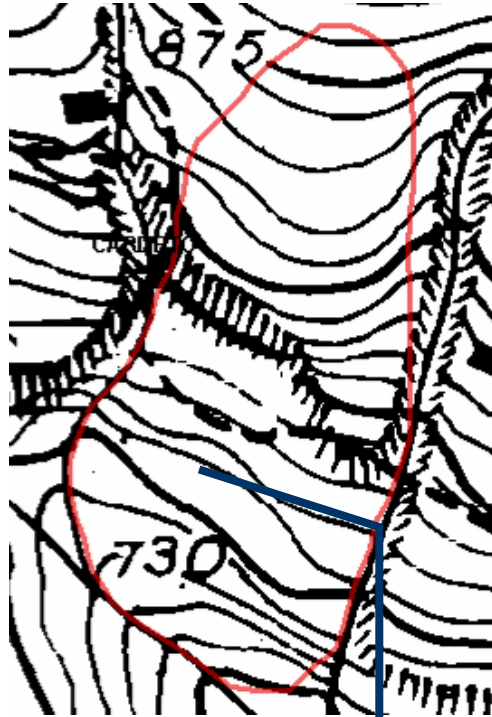


AGGORNAMENTO INVENTARIO FRANE

Per estendere spazialmente l'informazione dei PS è necessario usare dati cartografici, ottici e ancillari per identificare morfologie diagnostiche e caratteristiche del terreno correlate alle frane



MORFOLOGIE DIAGNOSTICHE



Clear variations of curvature,
escarpments
Topographic map 1:10.000



Escarpments, absence of
soil, stripped substrate,
clear difference of
vegetation between inside
and outside
Volo Italia 2000

AGGIORNAMENTO CARTA INVENTARIO

Matrice di attività utilizzata per definire lo stato di attività della frana.

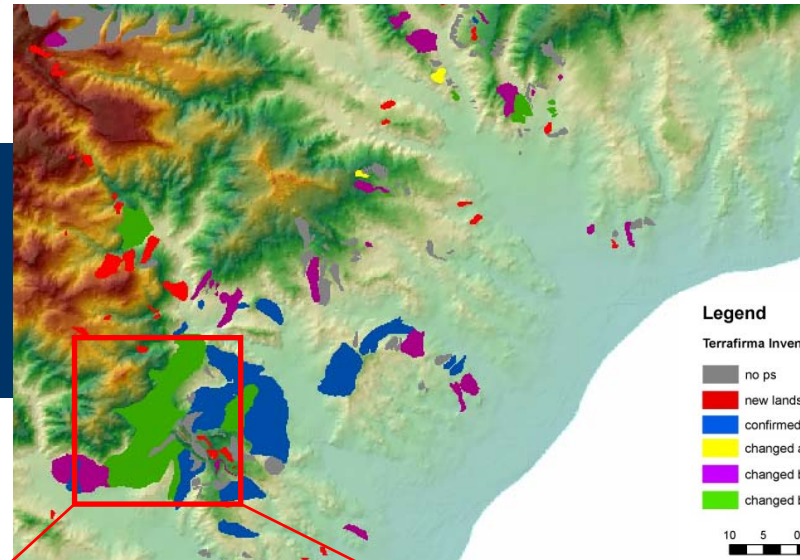
Si basa sulla velocità media calcolata per ogni frana mediante dati ERS PS ed ENVISAT PS.

MATRIX OF ACTIVITY	ERS < 2mm	ERS > 2mm
ENVISAT < 2 mm	Stable	Dormant
ENVISAT > 2 mm	Active (reactivated)	Active (continuous)

CARATTERISTICHE DELL'INVENTARIO

Landslides data base:

- Geometric boundary
- Data origin
- State of activity
- N° PS ERS and ENVISAT
- Velocity statistical data



Attributes of terrafirma_inventory_calabria

Shape	FONTE	CONFRONTO	STATO_NEW	N_ERS_A	N_ERS_D	MAX_ERS_A	MIN_ERS_A	MAX_ERS_D	MIN_ERS_D	VEL_ERS_A	VEL_ERS_D	N_ENVI_A	MAX_ENVI_A	MIN_ENVI_A	VEL_ENVI_A	N_EN
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	2	5	1.6	1.2	2.7	-1.9	1.4	-0.2	0	0	0	0	0
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	15	0	-1.5	-4.8	0	0	-2.8	0	4	0	-5.2	-2.2	-2.2
Polygon	PAI + TF	var_lim	QUIESCENTE	4	0	-1.5	-2	0	0	-1.7	0	1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Polygon	TF	nuova	QUIESCENTE	8	0	-1.4	-3.1	0	0	-2.2	0	7	-0.5	-1.4	-1	-1
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	2	2	-7.1	-7.7	-4.7	-6.1	-7.4	-5.4	2	-8.9	-9.1	-9	-9
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	13	2	-1.7	-6.4	17	0.3	-2.8	-2.8	2	-2.9	-3.2	-3	-3
Polygon	PAI + TF	var_lim_att	ATTIVA	0	2	0	0	-4.9	-3.5	0	-4.2	0	0	0	0	0
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	14	11	-1.3	-2.6	-0.8	-10	-1.9	0	11	0.9	-2.8	0	0
Polygon	PAI + TF	var_att	INATTIVA	1	39	-1.8	-1.8	1.5	-1.3	-1.8	0.7	0	0	0	0	0
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	18	17	1.7	-0.7	-0.8	-2.7	0.7	-1.4	2	0.5	-0.1	0.2	0.2
Polygon	PAI + TF	var_att	ATTIVA	1	0	-5	-5	0	0	-5	0	3	-2.2	-3	-2.5	-2.5
Polygon	PAI + TF	conferma	ATTIVA	3	7	-1.6	-2.2	0.1	-2.1	-1.8	-1	0	0	0	0	0
Polygon	PAI + TF	var_lim	QUIESCENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polygon	PAI + TF	conferma	QUIESCENTE	2	25	-1.3	-1.3	0.3	-3.1	-1.6	-1.2	0	0	0	0	0
Polygon	PAI + TF	var_lim	QUIESCENTE	1	0	-1.5	-1.5	0	0	-1.5	0	1	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5
Polygon	PAI + TF	conferma	QUIESCENTE	1	0	-5	-5	0	0	-5	0	0	0	0	0	0
Polygon	PAI + TF	var_lim_att	ATTIVA	17	8	0.6	-8.1	0.9	-1.9	-0.6	-0.4	9	-0.1	-2.6	-1.5	-1.5
Polygon	PAI + TF	conferma	ATTIVA	4	5	-2.2	-3.2	3.7	0.1	-2.5	1.5	3	0.2	-0.3	-0.1	-0.1
Polygon	PAI + TF	var_lim_att	ATTIVA	64	51	2	-0.8	1.1	-2.3	0.3	-0.1	41	0	-0.7	1.3	1.3
Polygon	PAI + TF	var_lim	QUIESCENTE	0	4	-0.3	-4.9	0	0	-1.8	0	0	0	0	0	0
Polygon	PAI + TF	conferma	QUIESCENTE	1	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0	1	0.4	0.4	0.4	0.4
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	3	-1.9	-2.4	-2.2	-2.2
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	12	2	-0.9	-4.2	1.7	0.7	-2.8	1.2	9	-3.1	-5.1	-3.8	-3.8
Polygon	TF	nuova	ATTIVA	192	91	-0.4	-7	2.9	-1.7	-2.4	1.4	81	-2.1	-6.8	-3.4	-3.4
Polygon	PAI + TF	var_lim	ATTIVA	25	13	2.5	-4.3	2.9	-3.1	-1.4	1.3	16	-0.3	-3.5	-1.5	-1.5

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 3276 Selected) Options

RISULTATI E FEEDBACK

5.7 % PS (TOT.) con informazioni di spostamento (20.385)
nel 38.8 % delle frane i PS danno informazioni (1.271)

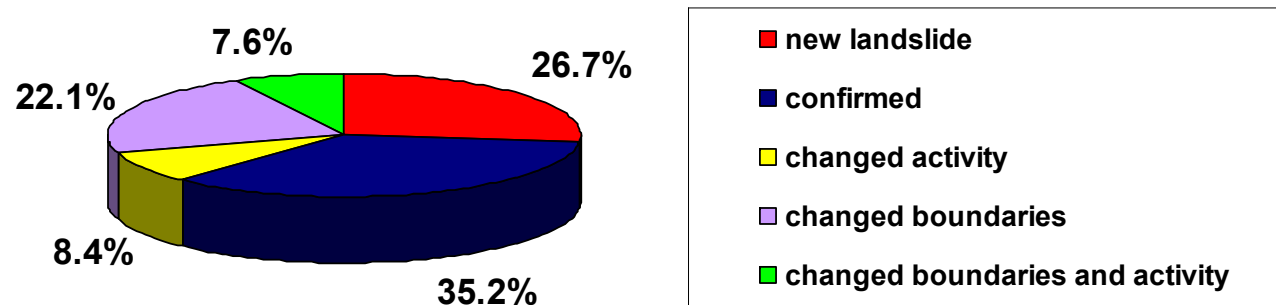
340 nuove frane (276 delle quali attive)

35.2 % frane riconfermate

8.4% frane modificate in attività

22.1 % frane modificate nel perimetro

7.6 % frane modificate sia in perimetro che attività



CONCLUSIONI

- **I risultati confermano la capacità di dati multi-interferometrici InSAR, integrati e supportati dalle tecniche convenzionali, nel supportare indagini sui movimenti di massa (movimenti lenti) a scala regionale.**
- **In media circa il 40% delle frane hanno informazioni derivanti dai PS : nei casi appena descritti 1271 su 3276; 38 % dei quali in aree urbane.**
- **20385 punti di misura (5.7% del totale dei PS) mostrano informazioni di movimento correlate a frane.**
- **340 nuove frane cartografate, 35.2 % di frane confermate, 8.4% di frane modificate in attività, 22.1 % di frane riperimate, 7.6 % di frane riperimate e modificate in attività.**