



Geofisica elitrasportata e modeling geologico 3D applicati alla valutazione delle risorse geotermiche superficiali in Sicilia Occidentale

Santilano A.¹, Manzella A.¹, Viezzoli A.² Menghini A.², Donato A.¹,
Montanari D.¹, Galgaro A.¹, Destro E.¹, Di Sipio E.¹

1. CNR-IGG 2. Aarhus Geophysics Aps

email address a.santilano@igg.cnr.it

www.vigor-geotermia.it



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Terra e Ambiente





Struttura presentazione

- La prospezione Airborne EM
 - Risultati geofisici
- Interpretazione geologica e Modeling 3D
 - Intepretazione geotermica

www.vigor-geotermia.it



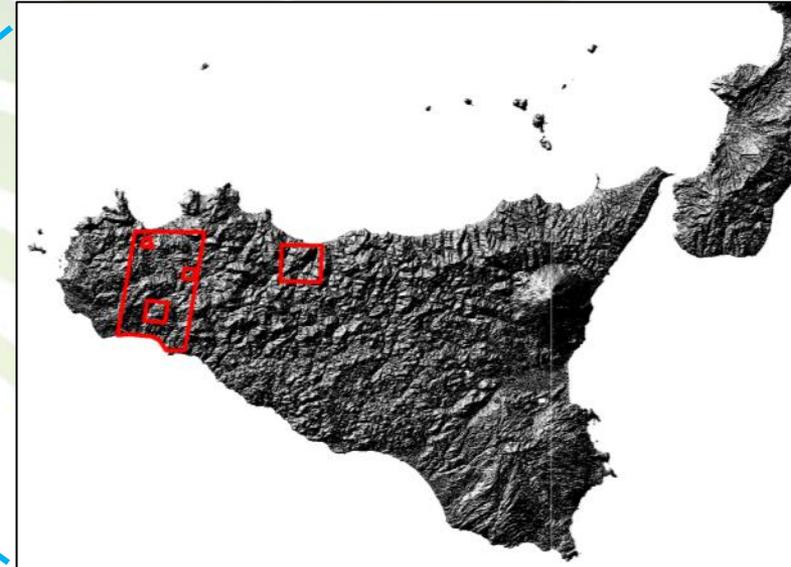
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Terra e Ambiente





Prospezione AEM applicata allo studio delle risorse geotermiche superficiali

- Nell'ambito delle attività geofisiche di esplorazione del Progetto VIGOR, è stata eseguita una prospezione AEM in Sicilia nel 2011 in due siti (denominati Termini and Western Sicily);

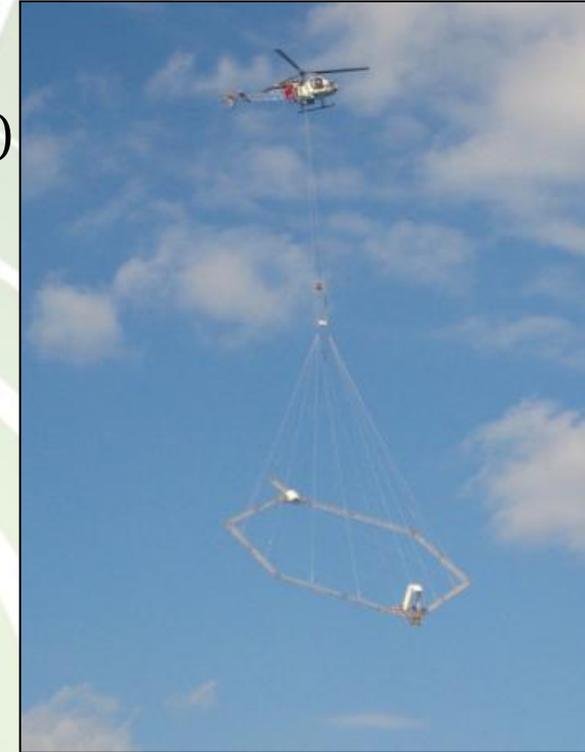


- Il survey AEM è stato eseguito utilizzando il sistema SkyTEM.
 1. Acquisizione dati: SkyTEM Surveys Aps
 2. Data processing e inversione: Aarhus Geophysics Aps
 3. Interpretazione geologica and geotermica: CNR IGG.



AEM METHOD FOR THE STUDY OF SHALLOW GEOTHERMAL RESOURCES

- SkyTEM è un sistema elettromagnetico (time-domain) elitrasmportato;
- Trasmittitore (314 m²):
 - ❖ super low moment (SLM) circa 10 A
 - ❖ high moment (HM) circa 112 A
- Maximum magnetic moment 150000 A/m²;
- Il ricevitore (posto circa 2 metri al di sopra) misura in continuo durante il volo;
- Profondità di investigazione massima 250-300 metri



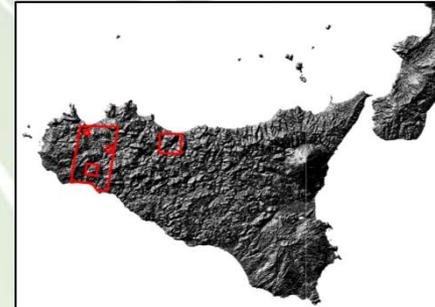
www.vigor-geotermia.it





Termini e Western Sicily

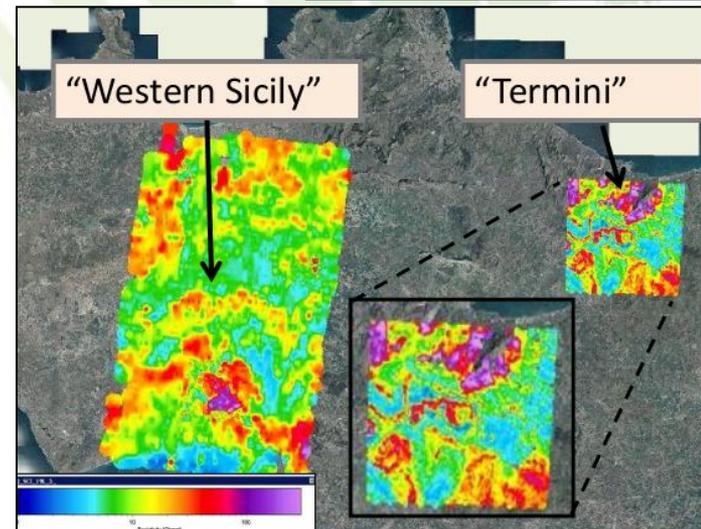
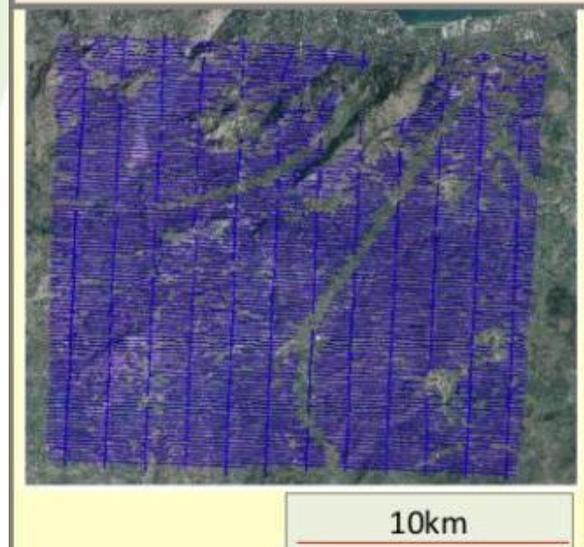
- Superficie investigata circa 1500 km² per il sito “Western Sicily” e 300 km² per il sito di Termini;
- 150 m la spaziatura delle linee di volo per il sito di Termini;
- 1 km la spaziatura delle linee di volo per la valutazione regionale del sito “Western Sicily” e 100 m l’infittimento in prossimità delle sorgenti termali (“Montevago”, “Calatrasi” e “Terme Segestane”).



“Western Sicily”



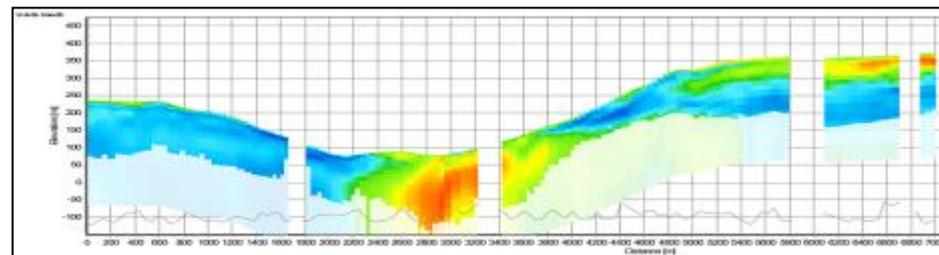
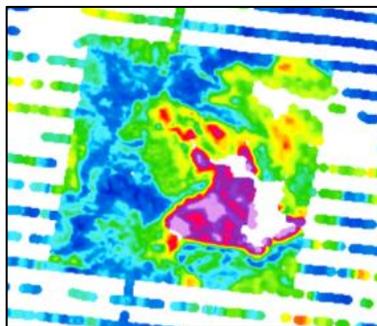
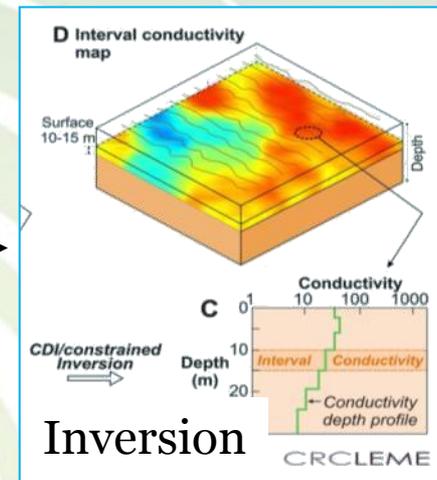
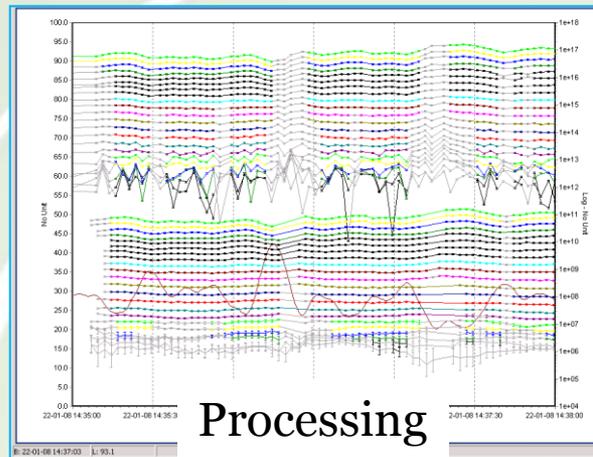
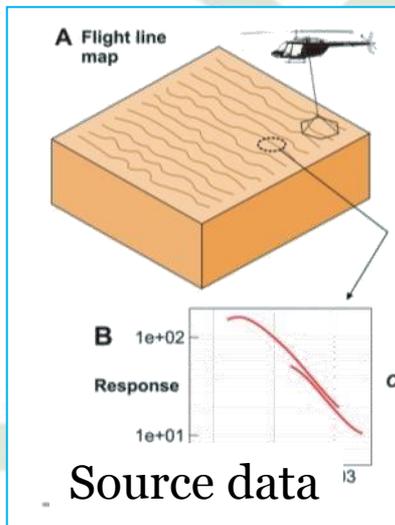
“Termini”





Risultati geofisici AEM

- I risultati geofisici sono costituiti da una distribuzione 3D di resistività (X, Y, Z, ρ). Mappe di resistività (sia in profondità sia in quota s.l.m.) e sezioni di resistività sono state estrapolate da modelli (smooth e blocky).



Geophysical results

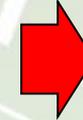
Workflow per la valutazione delle risorse superficiali



Analisi integrata dei dati di resistività e geologici-litologici in superficie



Identificare i valori di resistività associate alle unità in affioramento e definire le Unità-LitoElettriche (LE)



Costruzione di sezioni geologiche interpretando i profili AEM



Modeling 3D geologico delle Unità LE individuate

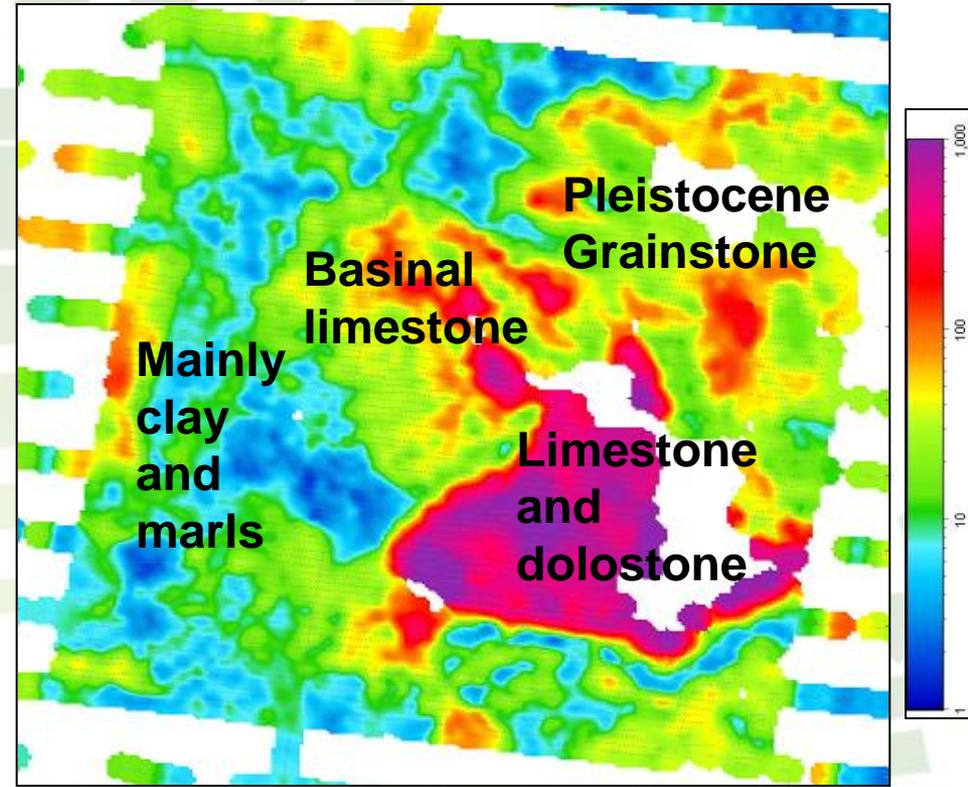
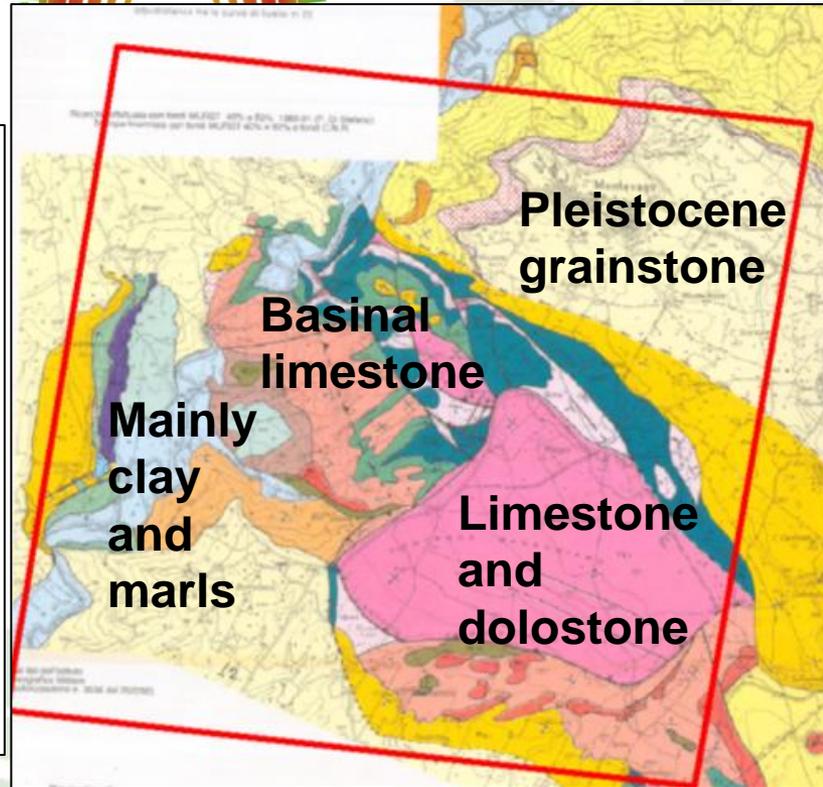
Caratterizzazione delle proprietà termiche delle rocce

Valutazione del potenziale di geoscambio per gli "usi diretti" geotermici sulla base del modello 3D usando un software sviluppato dal CNR-IGG di Padova

Inquadramento geologico sito di Montevago



Geological map modified from Di Stefano et alii 1993



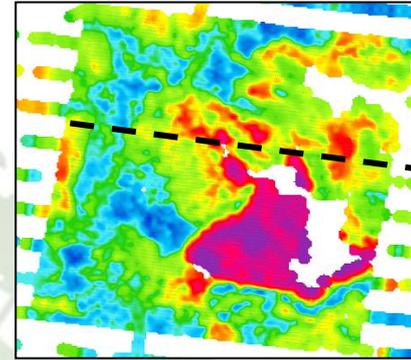
Quattro Unità Lito-Elettriche:

- **Depositi Quaternari** (200 ohm/m per le calcareniti fino a 10 ohm/m per le marne)
 - **Depositi Neogenici** (principalmente <10 ohm/m)
 - **Carbonatico “Saccense” (Miocene-Cretaceo)** (da 10 a 80 Ohm/m)
 - **Carbonatico “Saccense” (Cretaceo-Giurassico)** (200-1000 ohm/m)



Interpretazione geologica Sito di Montevago

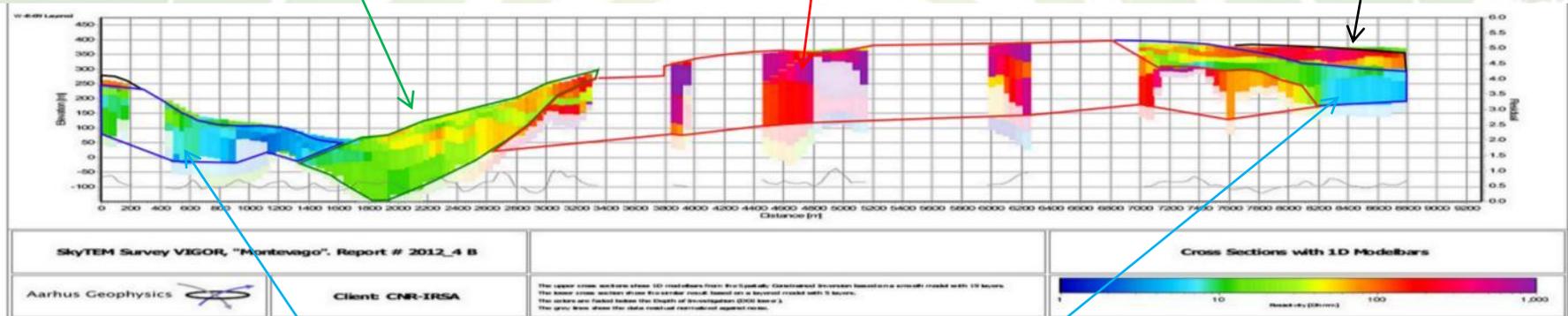
Sezione di resistività Montevago WE n.9



Miocene-Cretaceous
Carbonate Medium Resistive
units

Pleistocene
grainstone

Cretaceous-Jurassic Carbonate
High Resistive units

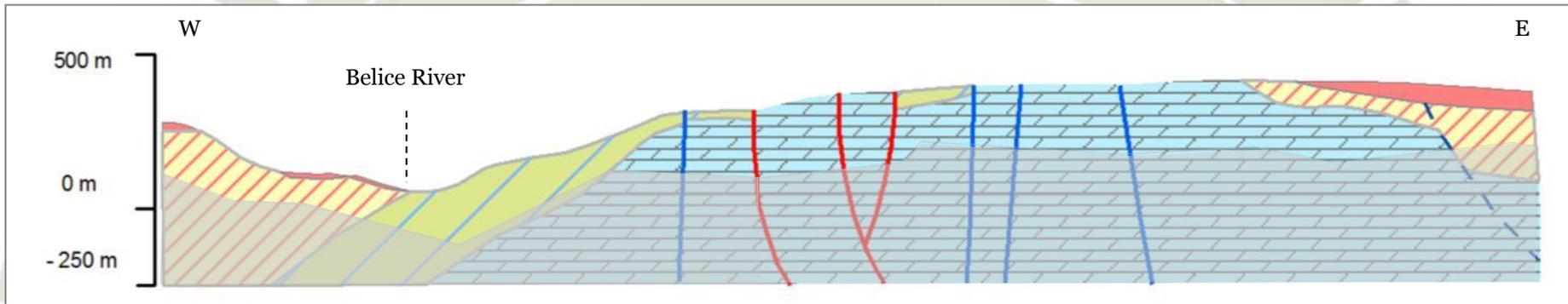


Neogene Deposits Low to
Medium Resistivity units



Interpretazione geologica Sito di Montevago

Sezione geologica n.6
da sezione di resistività Montevago WE n.9



Esagerazione verticale 2x

Legend

 Depositi quaternari

 Carbonatico "Saccense" (Miocene-Cretaceo)

 Depositi neogenici

 Carbonatico "Saccense" (Cretaceo-Giurassico)

 Profondità di
investigazione



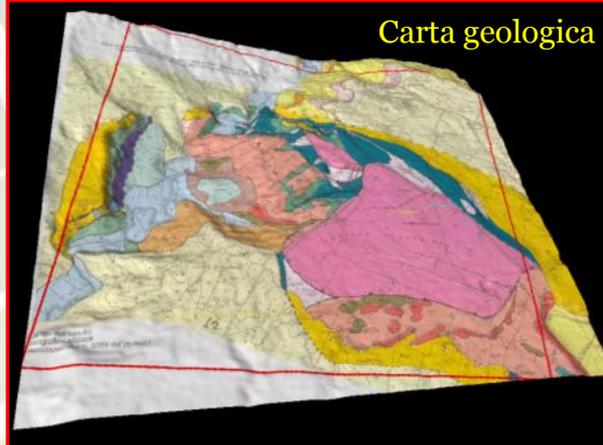
MONTEVAGO

Modello geologico 3D

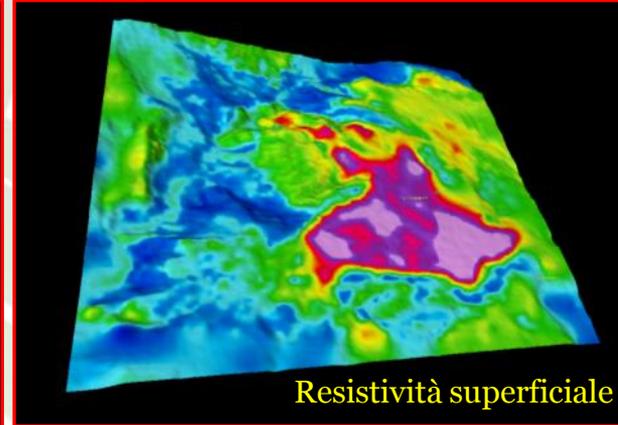
Carte geologiche vecchie



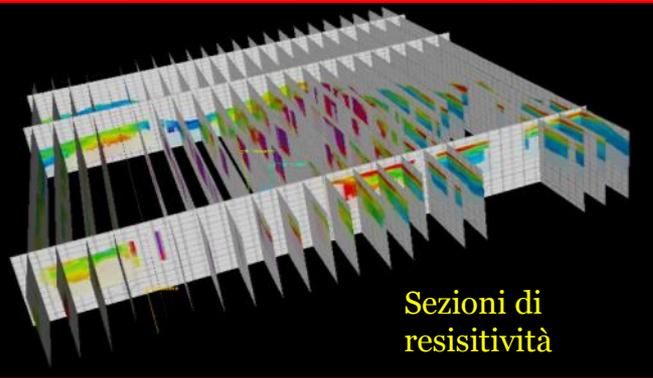
Carta geologica



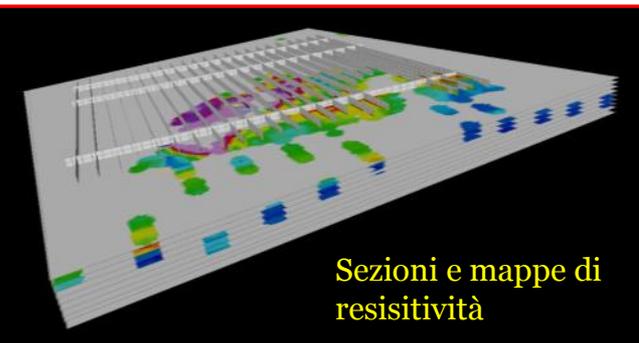
Resistività superficiale



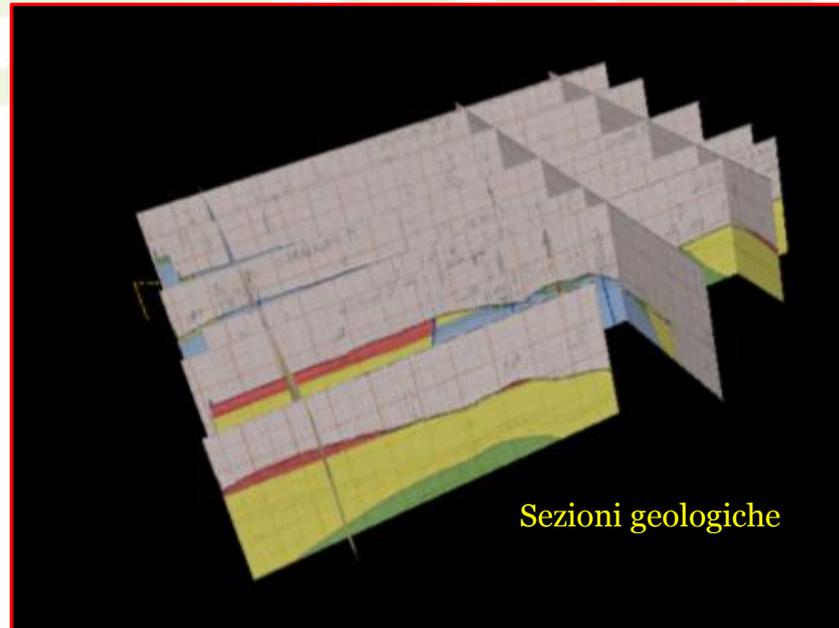
Sezioni di resistività



Sezioni e mappe di resistività

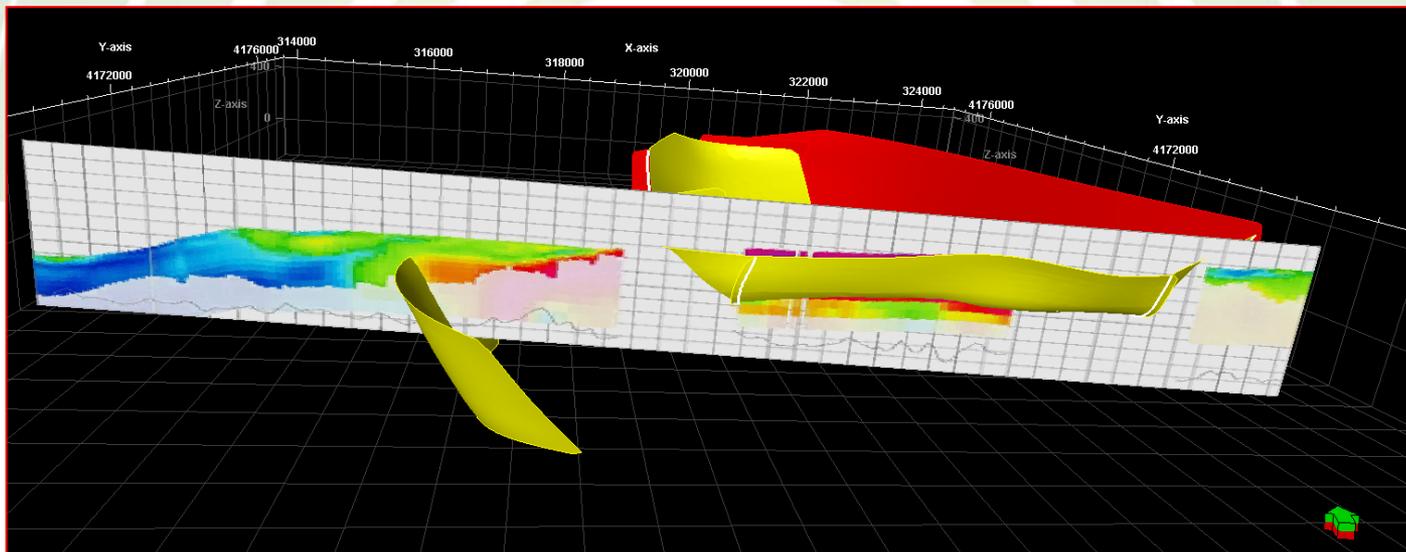
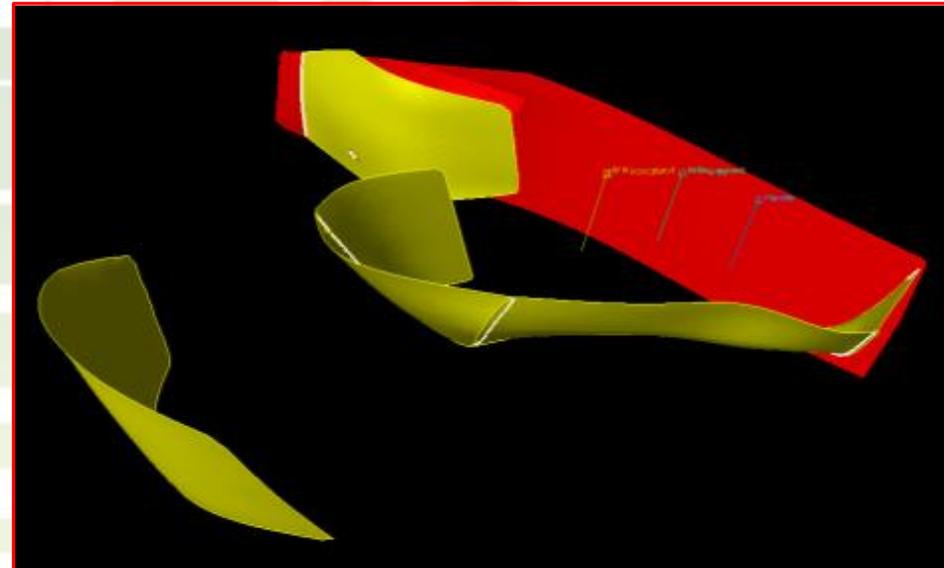
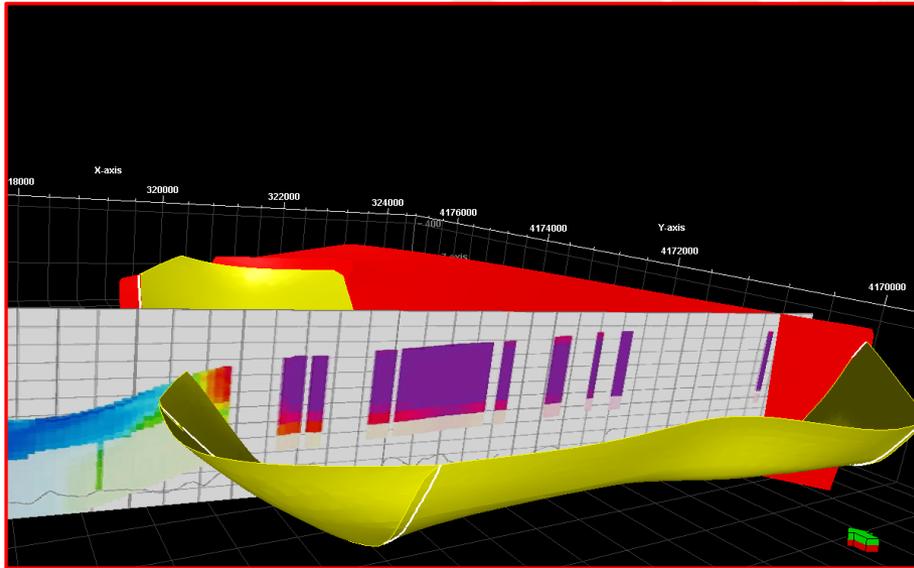


Sezioni geologiche



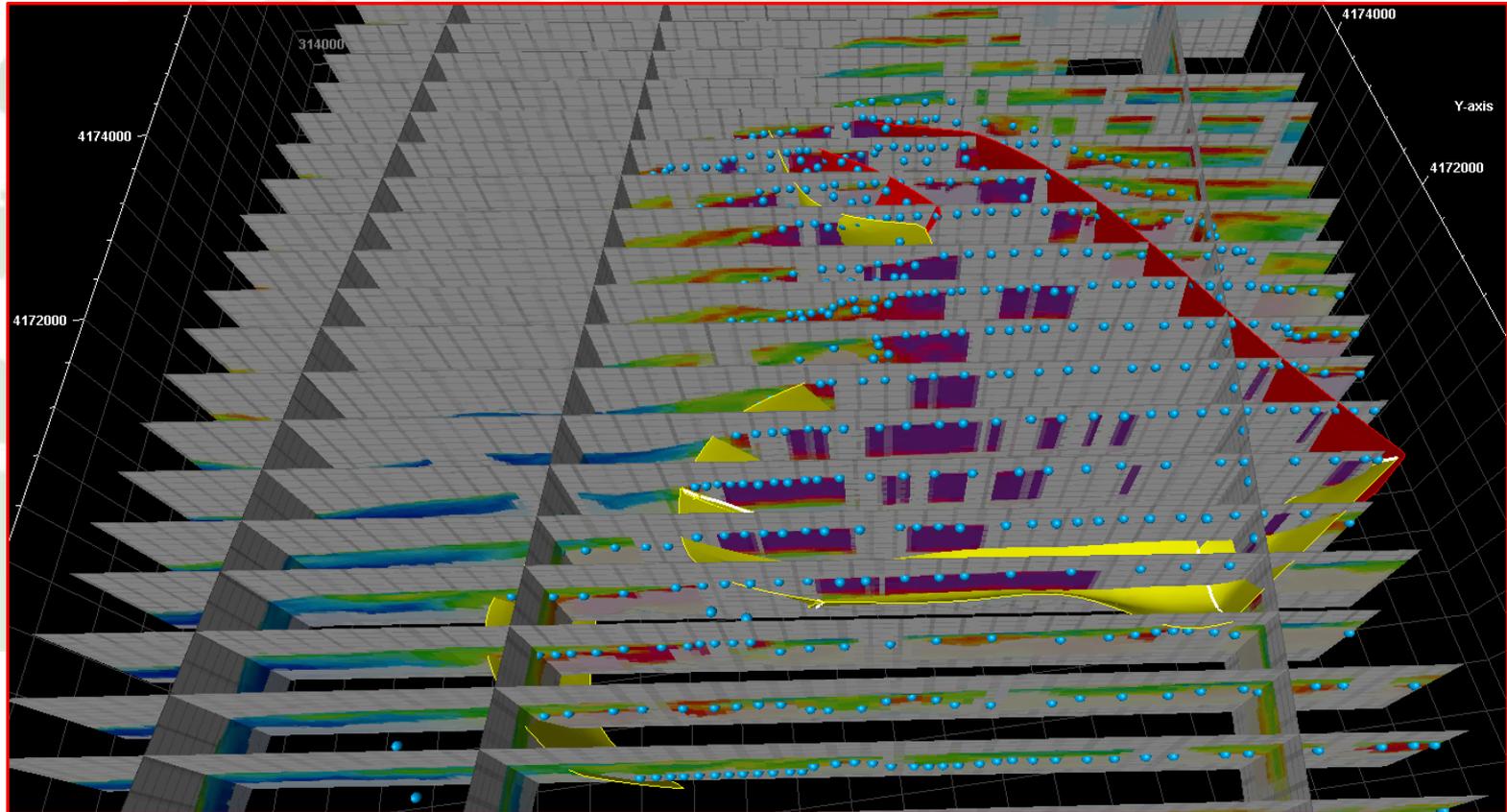


Modello geologico 3D Montevago Fault Modeling





Modello geologico 3D Montevago Top Unità LE

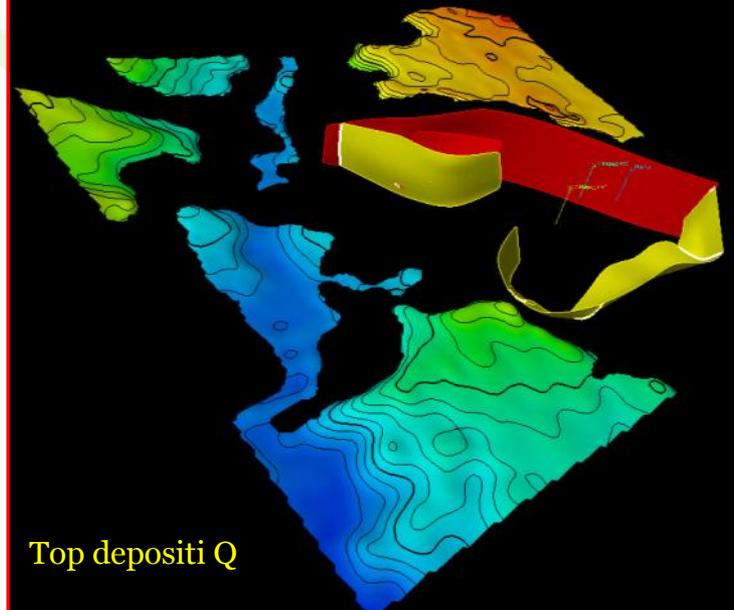
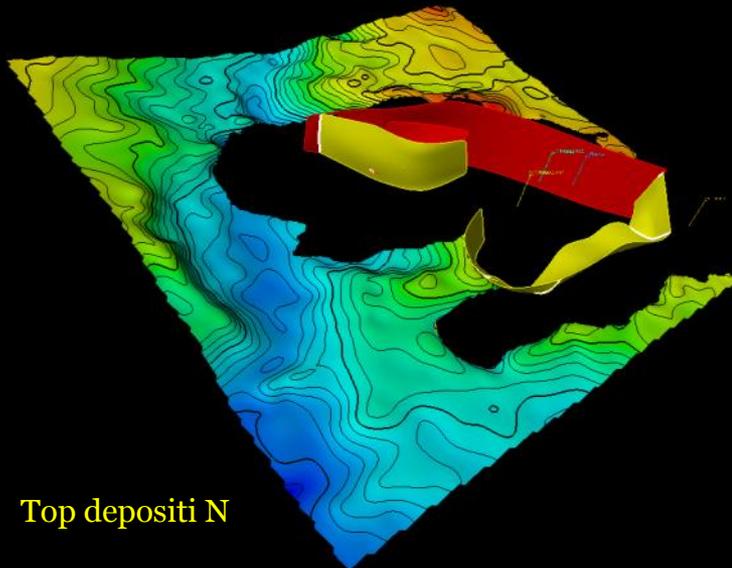
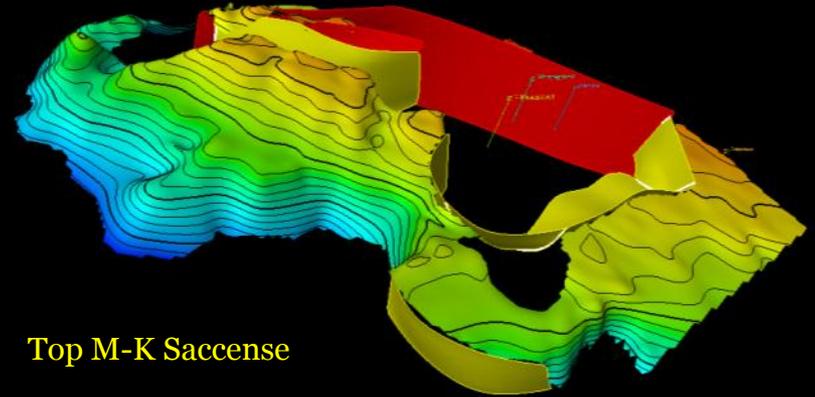
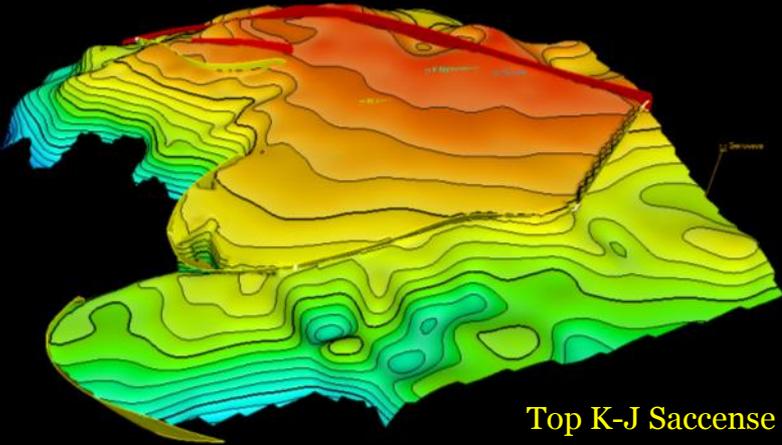


Top Cretaceo-Giurassico
Saccense



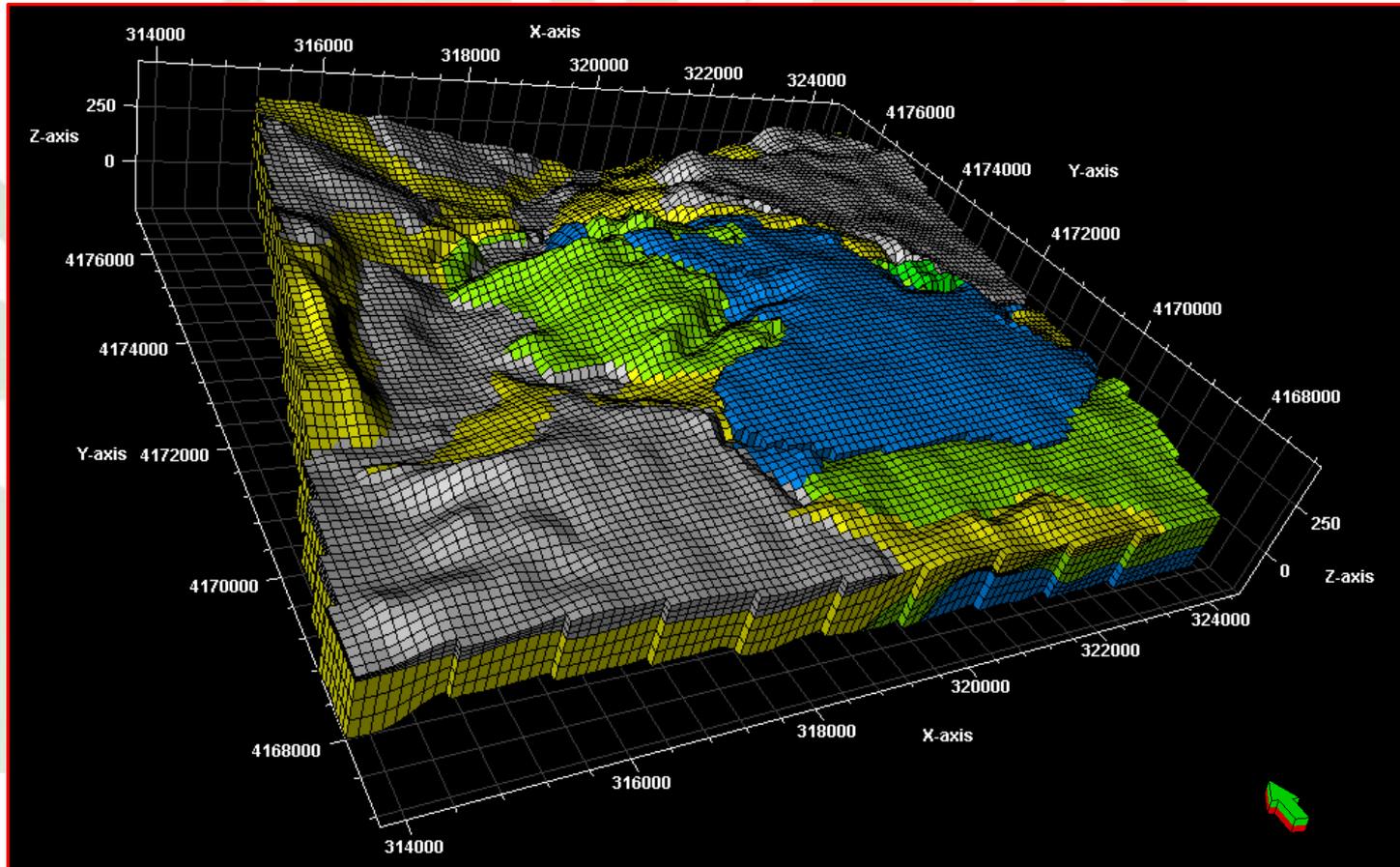
Modello geologico 3D Montevago

Horizon modeling





Modello geologico 3D Montevago Structural Gridding



Depositi quaternari

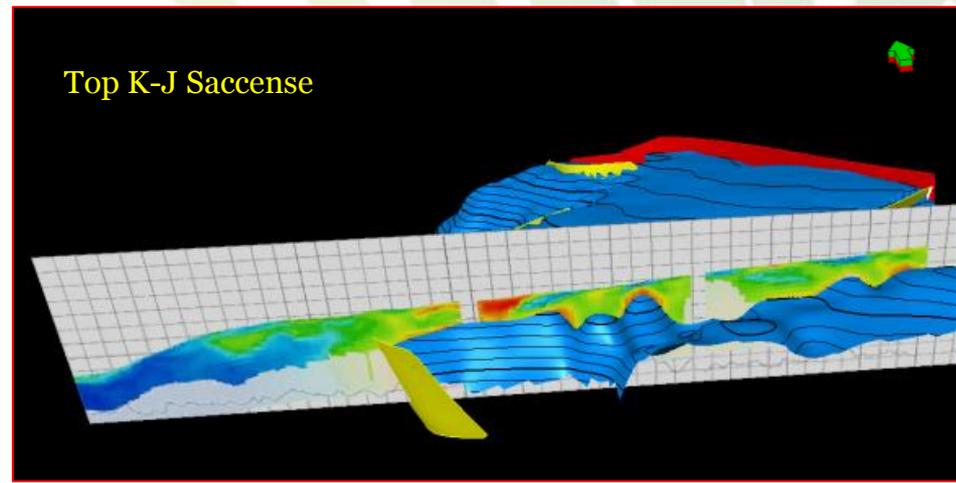
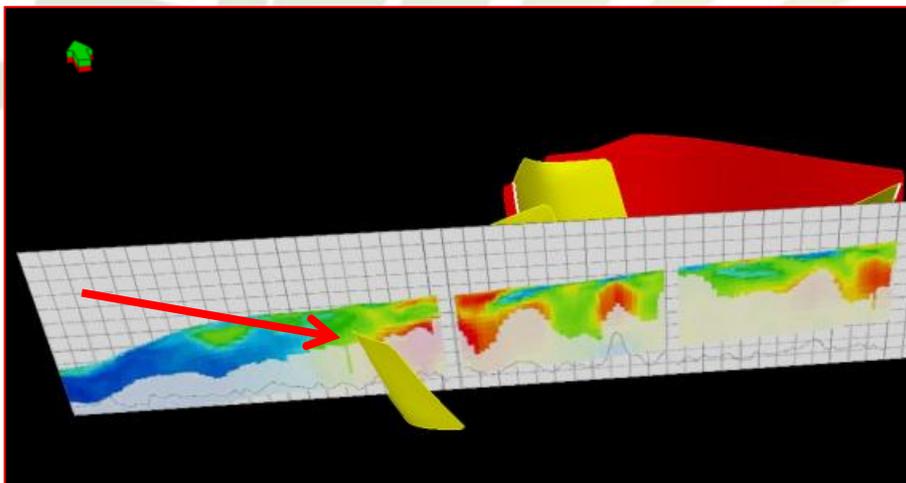
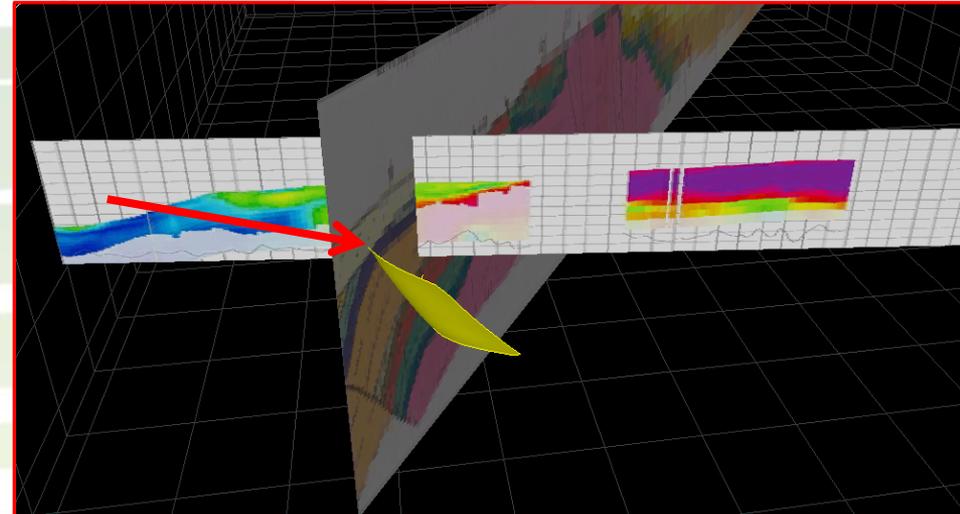
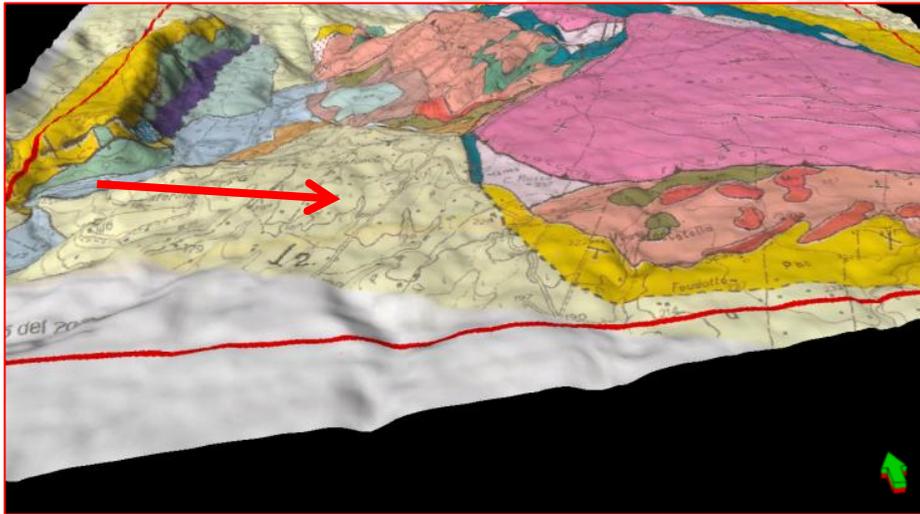
Carbonatico "Saccense" (Miocene-Cretaceo)

Depositi neogenici

Carbonatico "Saccense" (Cretaceo-Giurassico)



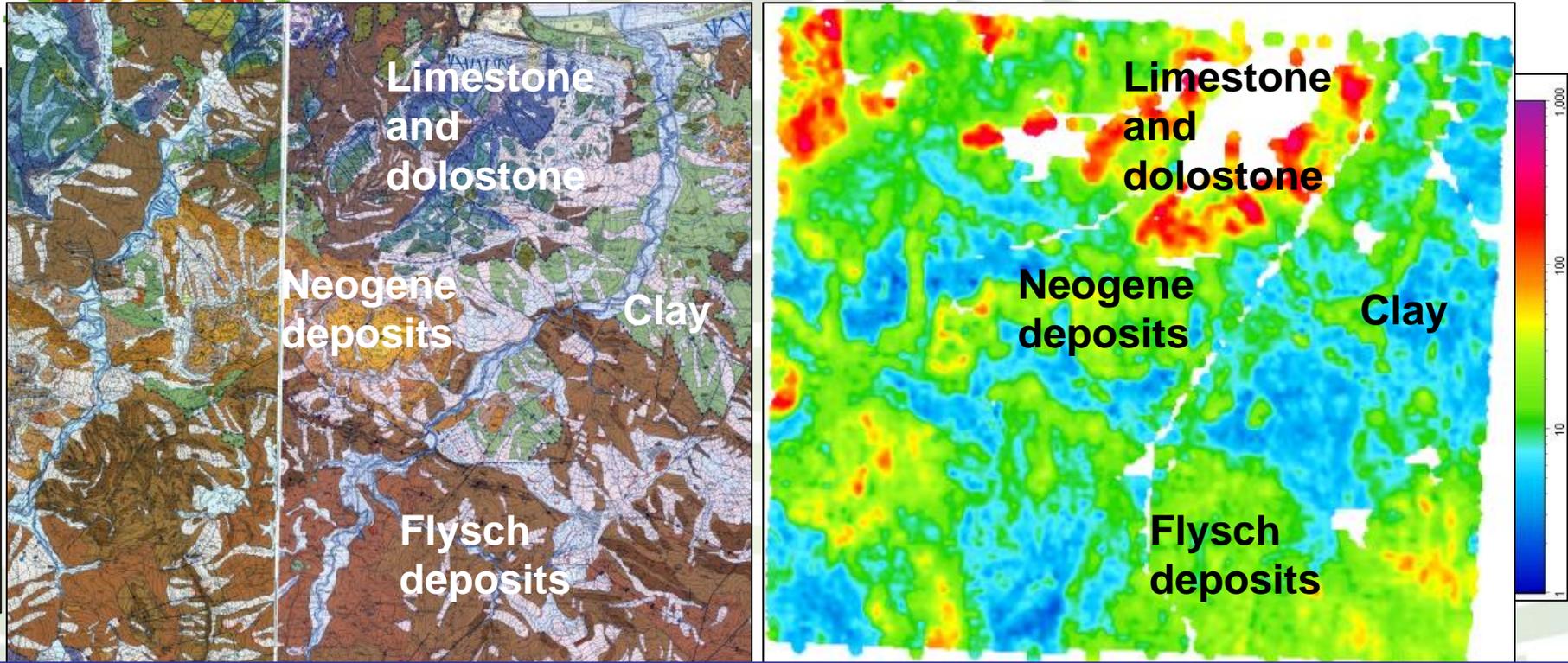
Modello geologico 3D Montevago Highlights



Inquadramento geologico Sito di Termini



Geological map modified from
Catalano et alii 2010-2011



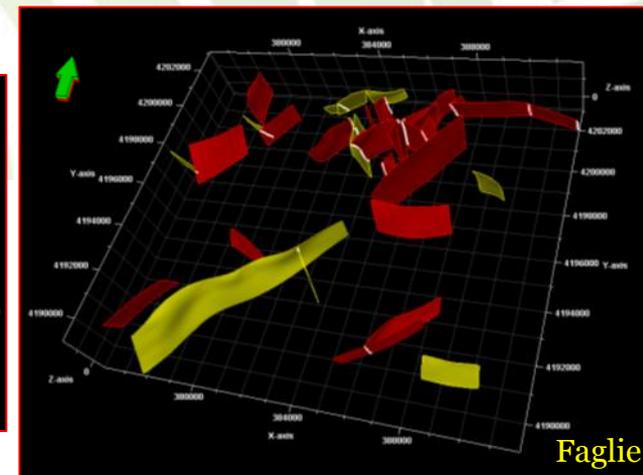
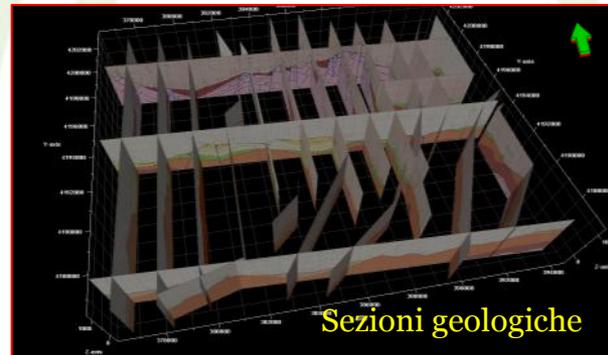
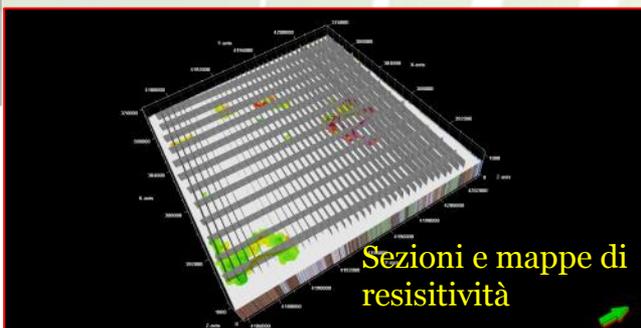
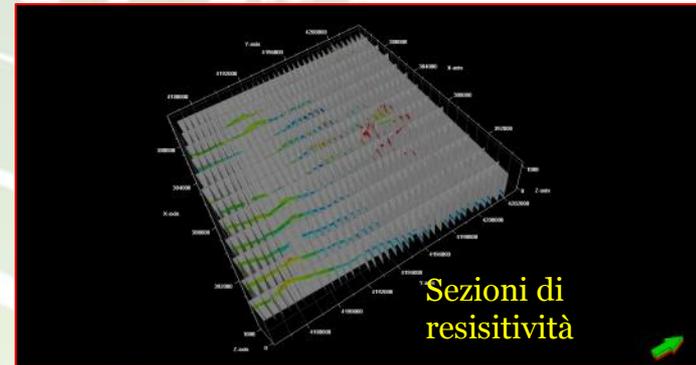
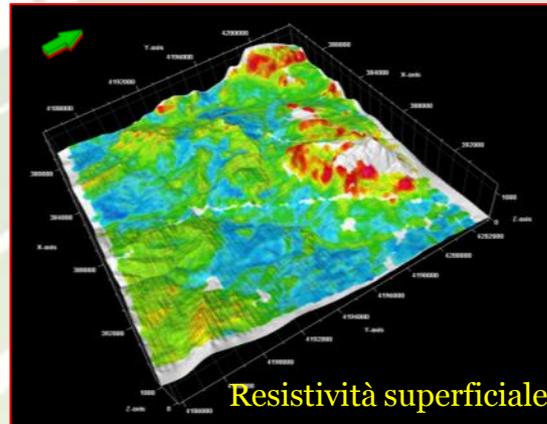
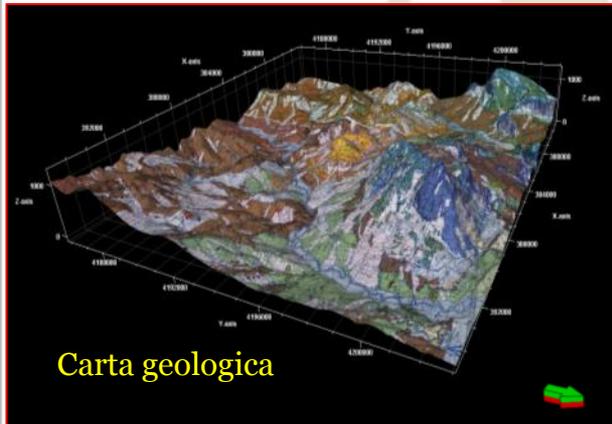
Sette Unità LE:

Depositi Quaternari (molto variabili)

- **Depositi Neogenici** (da 10 ohm/m a > 100 ohm/m)
- **Dominio "Sicilide"** (principalmente < 10 ohm/m)
 - **Tavernola Fm.** (principalmente < 10 ohm/m)
- **Flysch Numidico membro GS** (10 to 50 ohm/m)
 - **Flysch Numidico membro PC** (5-30 ohm/m)
- **Dominio "Imerese" Carbonatico** (80-1000 ohm/m)

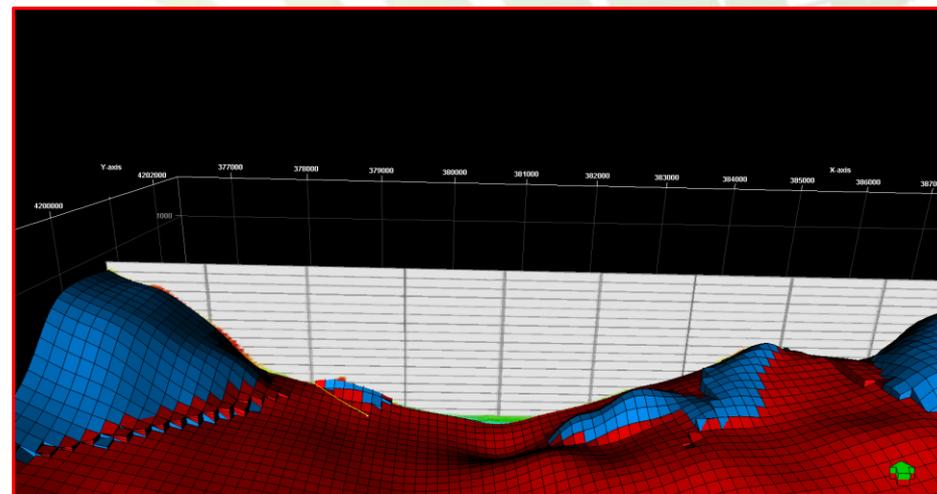
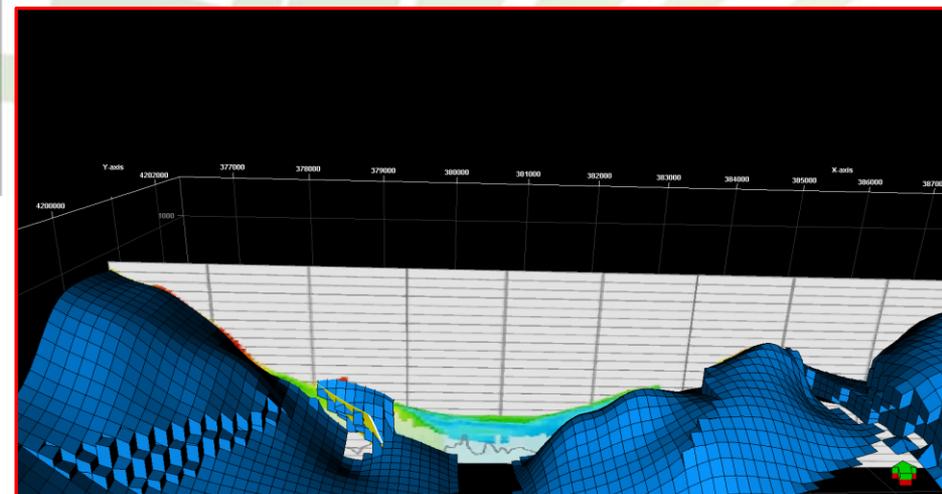
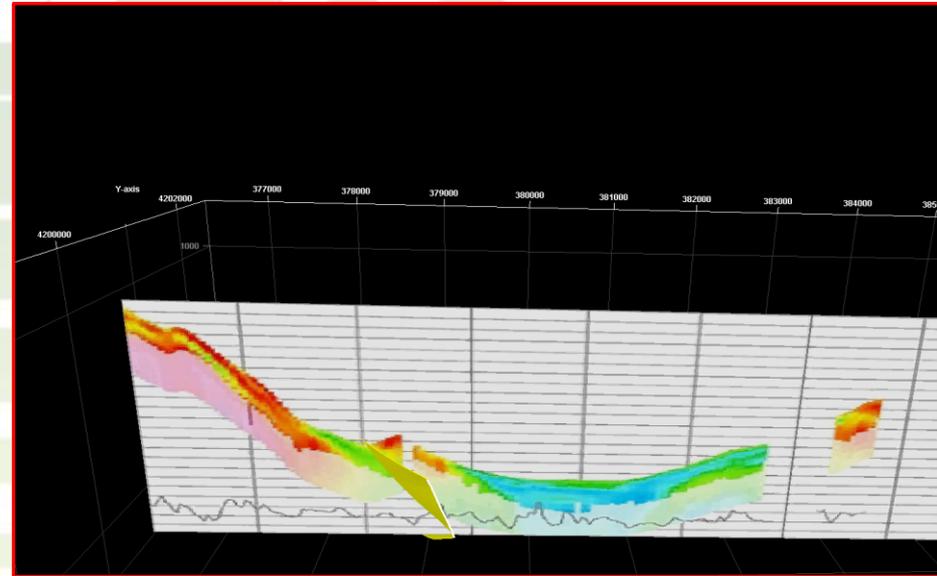
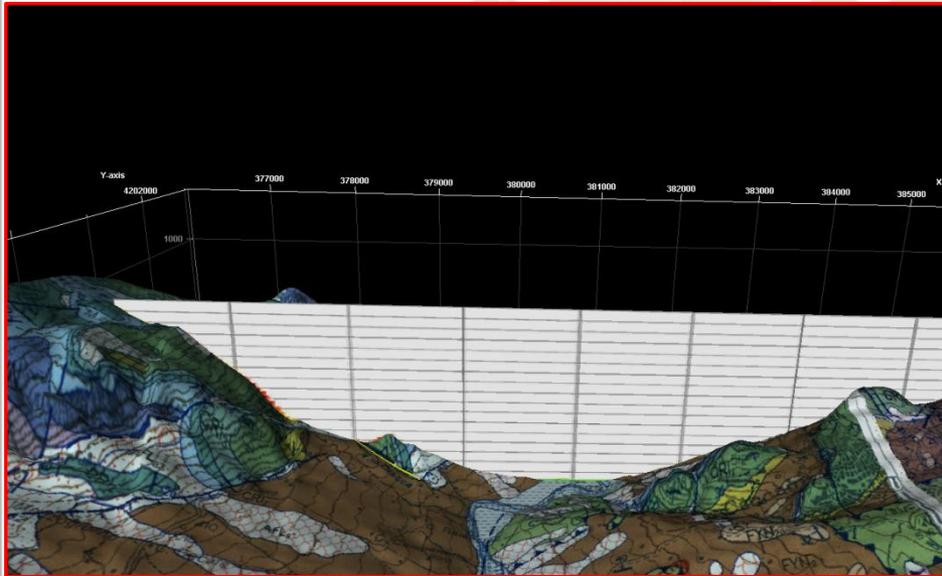


Modello geologico 3D sito di Termini



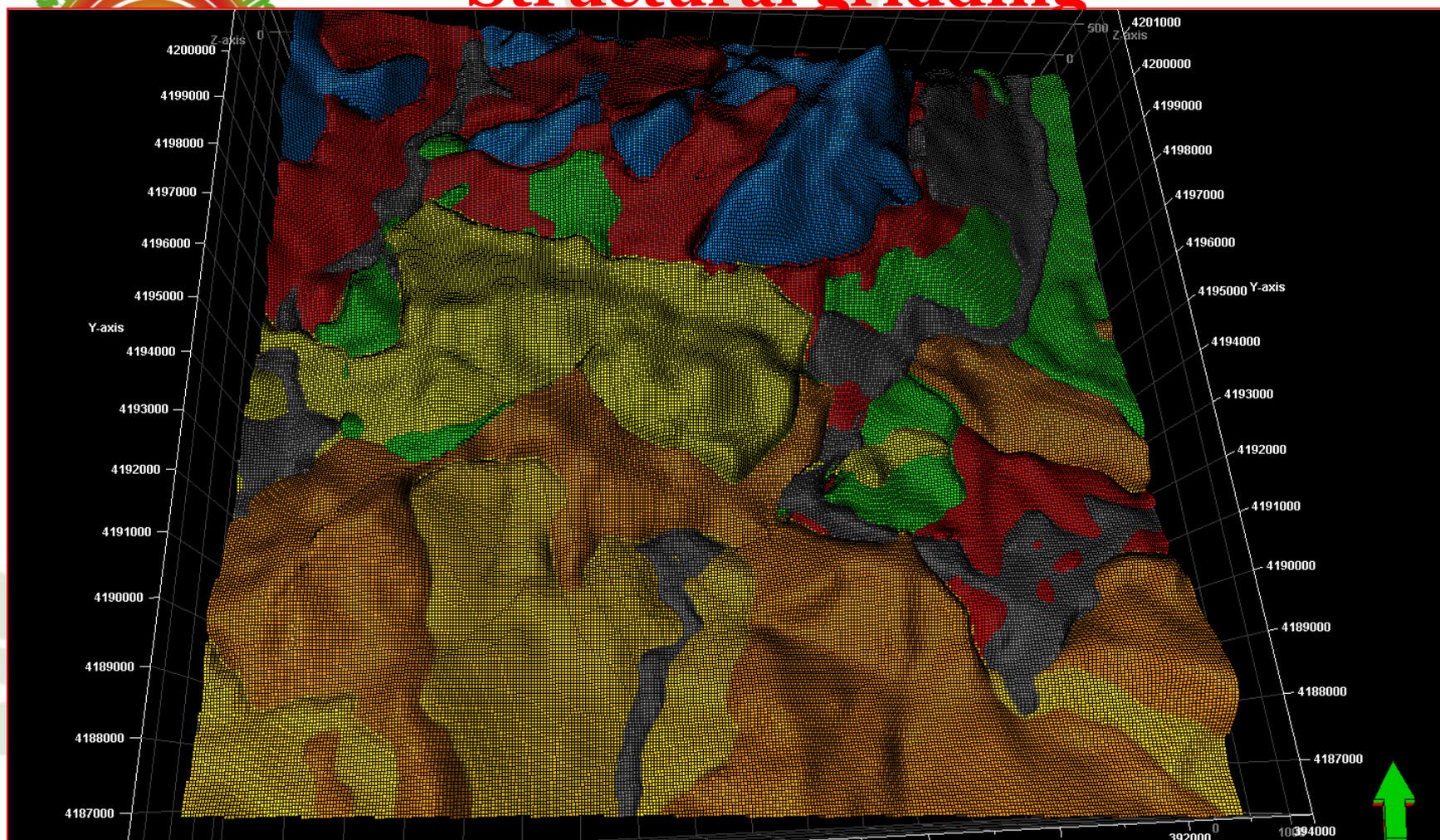


Modello geologico 3D sito di Termini Structural Framework



Modello geologico 3D sito di Termini

Structural gridding



Depositi
Quaternari



Depositi Neogenici
(P-M)



Flysch Numidico GS (M-O)



Dominio Sicilide (K-E)



Tavernola Fm. (M)

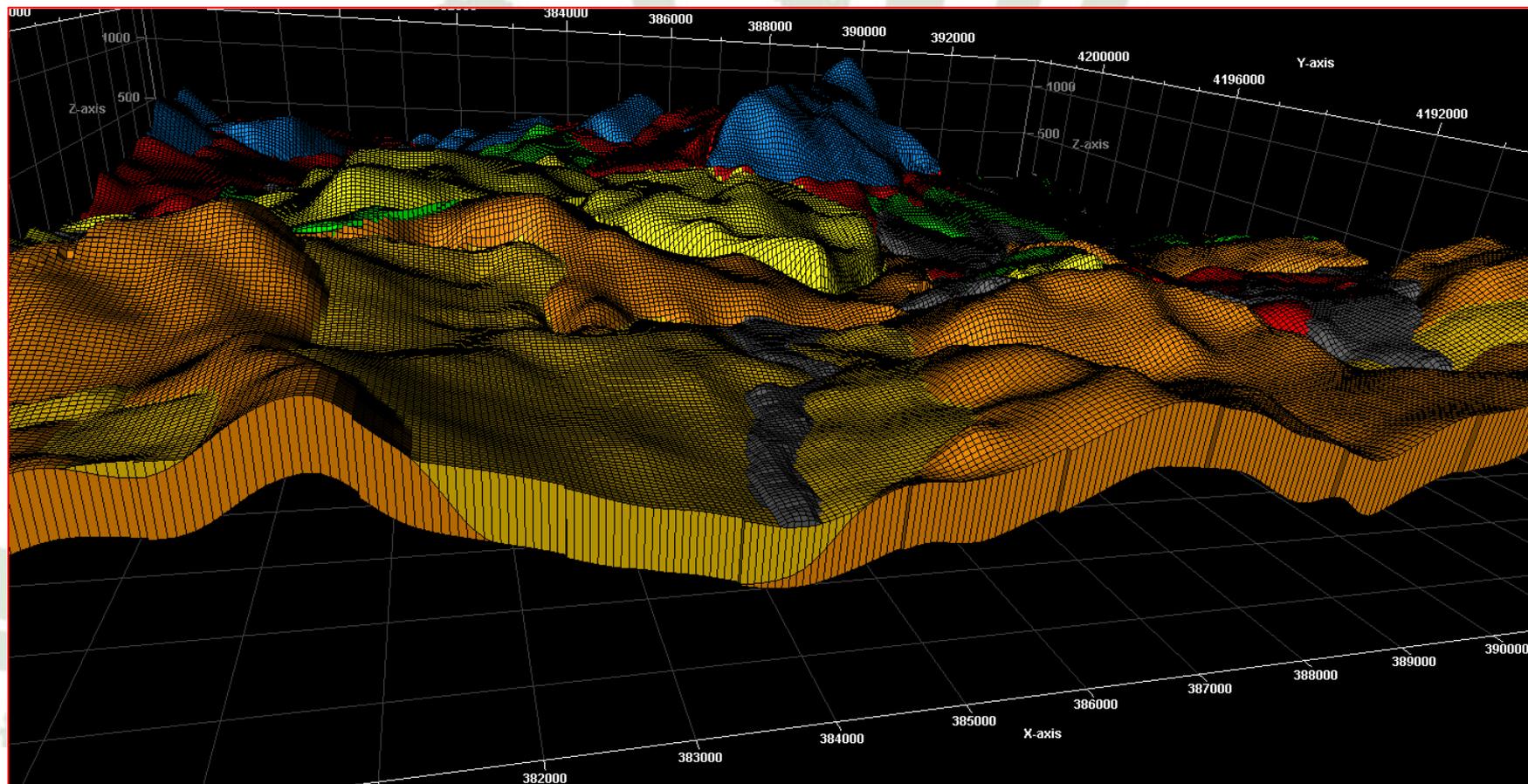


Flysch Numidico PC (M-O)



Dominio Imerese (T-O)

Modello geologico 3D sito di Termini Structural gridding



Depositi
Quaternari



Depositi Neogenici
(P-M)



Flysch Numidico GS (M-O)



Dominio Sicilide (K-E)



Tavernola Fm. (M)



Flysch Numidico PC (M-O)



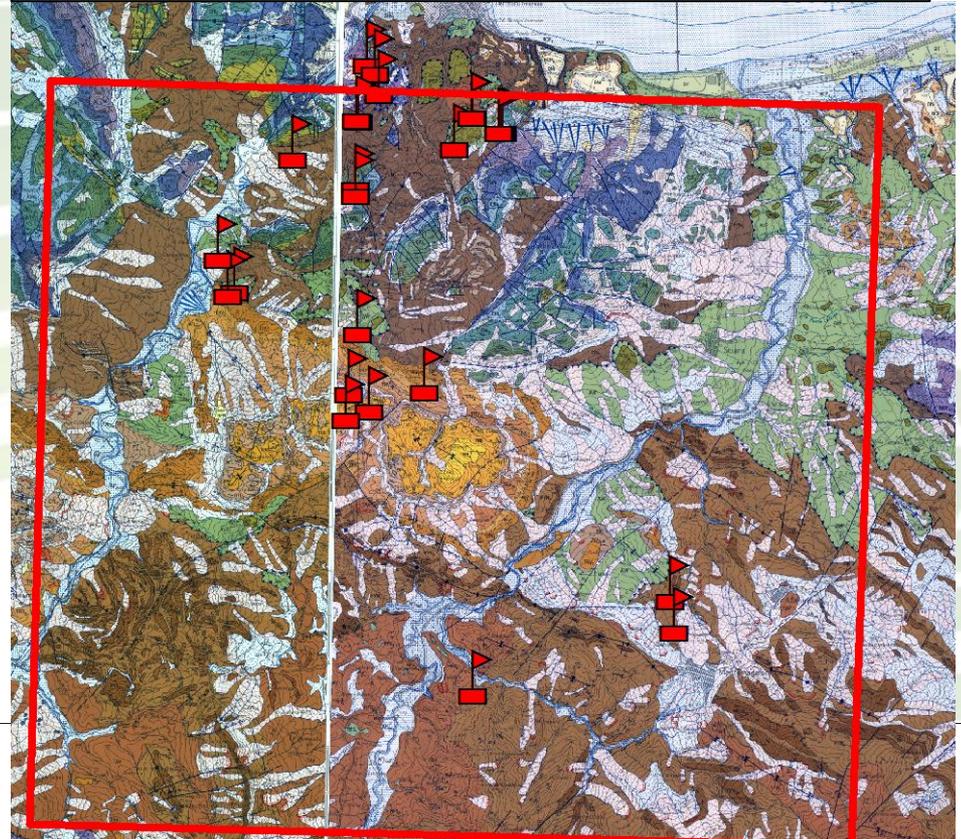
Dominio Imerese (T-O)



Caratterizzazione Proprietà termiche delle rocce

- Analisi di conducibilità termica delle rocce (in situ ed in laboratorio)
- Assegnazione di un valore di conducibilità termica mediata alle unità LE

Campioni di roccia analizzati. Carta geologica di Catalano et alii 2010-2011



www.vigor-geotermia.it



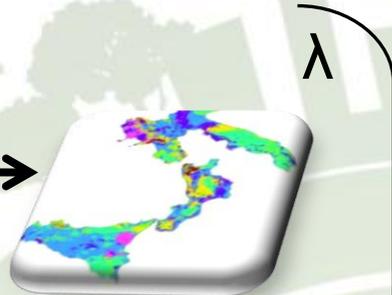
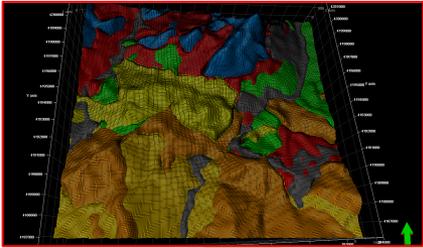
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Terra e Ambiente



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007-2013

Una scelta illuminata

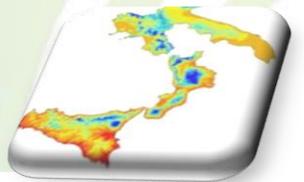
Applicazione geotermica



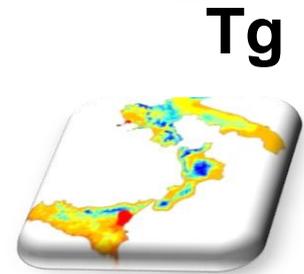
λ



ϕ



T_m

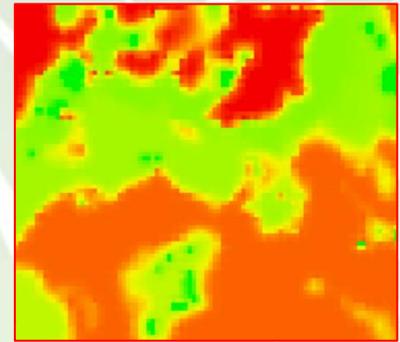


T_g



L_{tot}

Energia termica che può essere scambiata per unità di volume di terreno per un impianto GSHP di riferimento

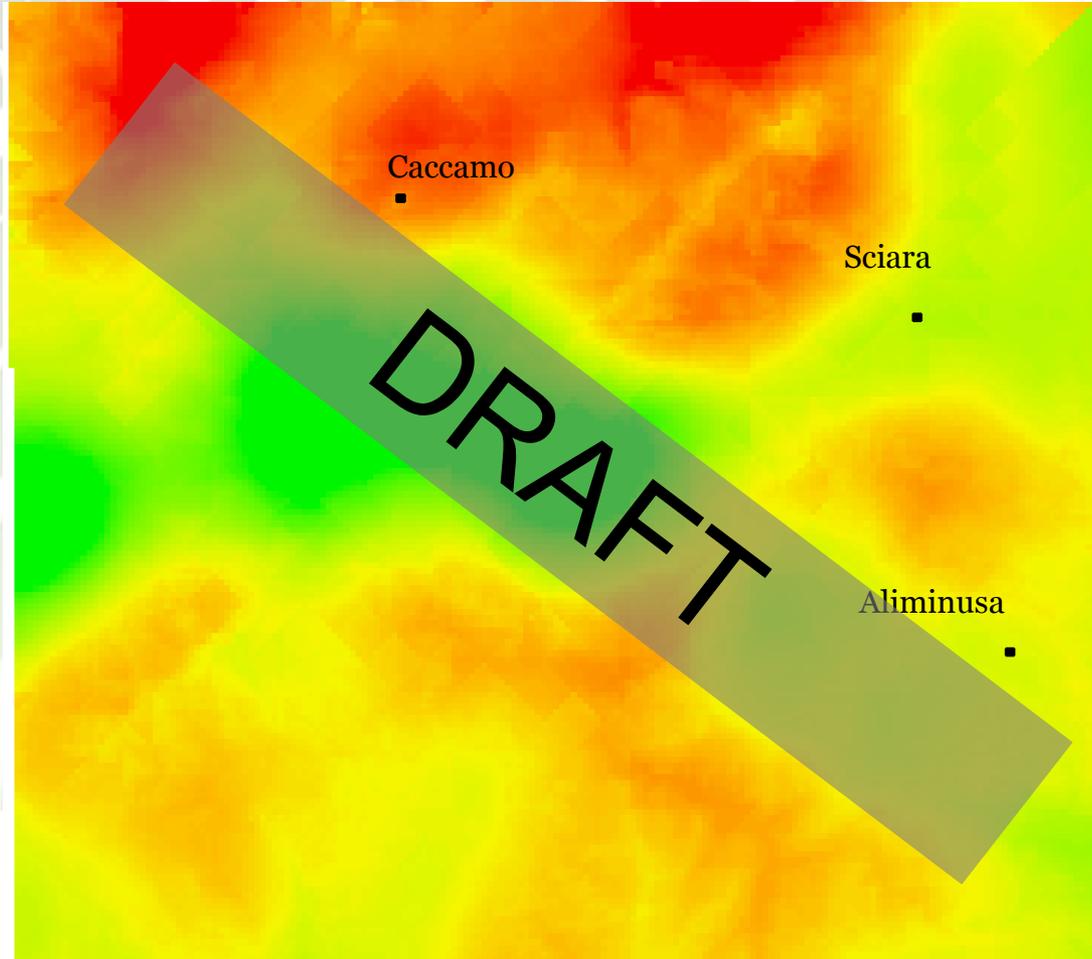
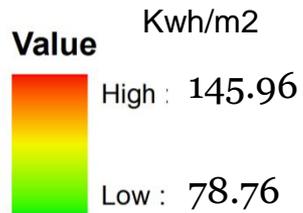


La fase finale dello studio prevede la valutazione del potenziale di geoscambio basato sul modello geologico 3D. È stato utilizzato un software sviluppato dal CNR-IGG di Padova.



Potenziale di geoscambio

**Termini
Test
Site**

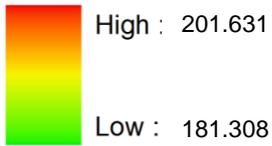




Potenziale di geoscambio

Montevago Test Site

Value

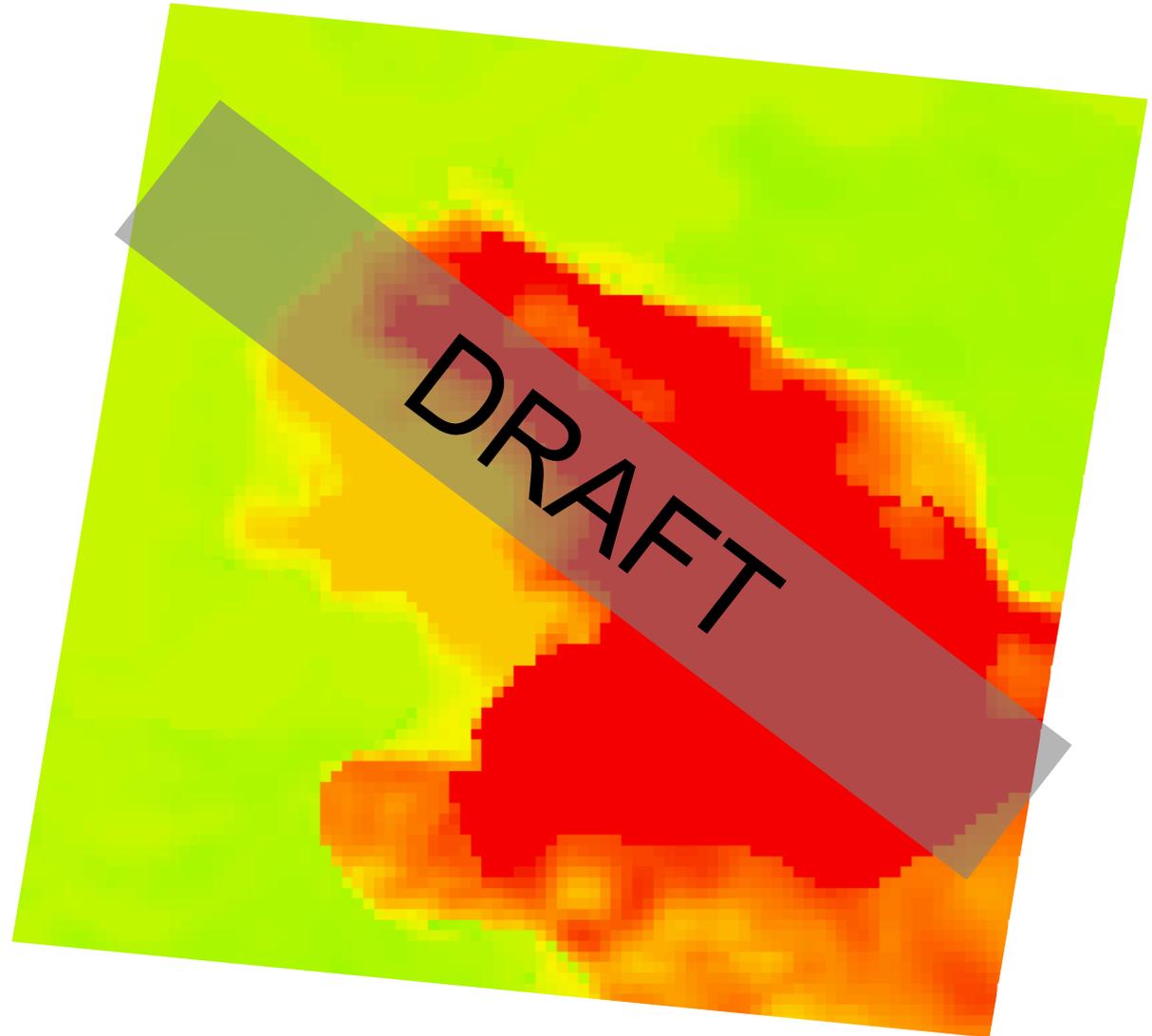


Kwh/m2

Meters

0

2500





Conclusioni

- Buona corrispondenza dei dati AEM e geologici in un'area molto ampia e geologicamente molto complessa (FTB);
- Il workflow proposto rappresenta uno strumento utile per la valutazione degli usi diretti geotermici
- Le ultime aree di infittimento (Calatrasi e Terme Segestane) sono quasi ultimate
- L'esplorazione AEM regionale potrebbe rappresentare un'ottima opportunità per quelle aree della Sicilia occidentale che non hanno una copertura totale della cartografia geologica.

www.vigor-geotermia.it



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Terra e Ambiente





GRAZIE



www.vigor-geotermia.it



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata