



ISTITUTO NAZIONALE

DI OCEANOGRAFIA E DI GEOFISICA SPERIMENTALE

CARATTERIZZAZIONE DI UNA ZONA DI FAGLIA NELL'AREA DEL BACINO DEL SULCIS: SISMICA A RIFLESSIONE

INTERPRETAZIONE

Piano triennale di Realizzazione 2014-2016

Linea 2 “Caratterizzazione del bacino del Sulcis per il confinamento della CO₂”

Dario Civile

Valentina Volpi

Federica Donda

Relazione 2016/68 SEZ. GEO 8 GEOS

Borgo Grotta Gigante, 42/C
34010 Sgonico (Trieste)

Tel. +39 040 21401
Fax +39 040 327307

Cod. Fisc. e Partita IVA: 00055590327
CEE IT 00055590327

E-mail: mailbox@ogs.trieste.it
<http://www.ogs.trieste.it>

INDICE

1. INTRODUZIONE

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1 STRATIGRAFIA

2.1.1 Successioni affioranti

2.1.2 Stratigrafia di riferimento

2.2. ASSETTO TETTONICO

3. INTERPRETAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E STRUTTURALE DEL DATASET SISMICO AD ALTA RISOLUZIONE

3.1 ORIZZONTE MARKER E SEQUENZE SISMICHE RICONOSCIUTE

3.2 ASSETTO STRUTTURALE E FAGLIA DI MATZACCARA

4. CONCLUSIONI

5. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati dell'interpretazione sismo-stratigrafica e strutturale dei profili sismici multicanale ad alta risoluzione, acquisiti da OGS, nel periodo giugno-luglio 2016, immediatamente a nord dell'abitato di Matzaccara, nell'area centro-occidentale del Permessso di Ricerca Monte Ulmus nel bacino del Sulcis (Fig. 1).

Il rilievo sismico consiste in tre profili paralleli (HR_1,2 e 3) orientati NO-SE della lunghezza di circa 1 km ciascuno, e spaziati poche centinaia di metri (Fig. 2).

L'obiettivo dell'acquisizione sismica era quello di identificare e caratterizzare, fino ad una profondità di circa 300 m, la parte settentrionale della presunta faglia diretta sepolta (da qui in avanti "**Faglia di Matzaccara**") osservata sul profilo sismico regionale 105 (Fig. 2), acquisito, insieme ad altri 7 profili sismici, tra il 2007 e il 2008 nell'ambito del progetto denominato ECBM Carbosulcis.

Il dataset geofisico ECBM Carbosulcis è stato recentemente reinterpretato da OGS (Civile et al., 2015) e ciò ha permesso di evidenziare che la faglia in oggetto è la struttura tettonica principale, con rigetto verticale di alcune centinaia di metri, del "Sistema di faglie dirette di Matzaccara", caratterizzato da lineamenti ad andamento NNE immergenti verso i quadranti orientali, che ha generato l'omonimo *half-graben* oggi coperto da depositi quaternari alluvionali.

La Faglia di Matzaccara potrebbe rappresentare la candidata ideale per studiare il comportamento delle faglie come "via di fuga" o "barriera" al passaggio di fluidi nell'area del Permessso di Ricerca Monte Ulmus, in seguito ad iniezione di CO₂. I motivi che hanno portato alla scelta di caratterizzare la suddetta faglia sono i seguenti:

- la Faglia di Matzaccara insieme alla Faglia di Conca di Monserrato (Civile et al., 2015, vedi Fig. 6 per la sua posizione), la cui presenza deve però ancora essere definitivamente accertata, rappresentano le due strutture tettoniche che hanno definito l'assetto strutturale dell'area del Permessso di Ricerca Monte Ulmus;
- l'interpretazione della Linea sismica 105 ha evidenziato che l'attività tettonica della Faglia di Matzaccara potrebbe essere molto recente (Civile et al. 2015). Lungo questa sezione sismica, la faglia disloca i depositi vulcanici miocenici del bacino del Sulcis e sembra deformare anche la parte più profonda del riempimento continentale quaternario.

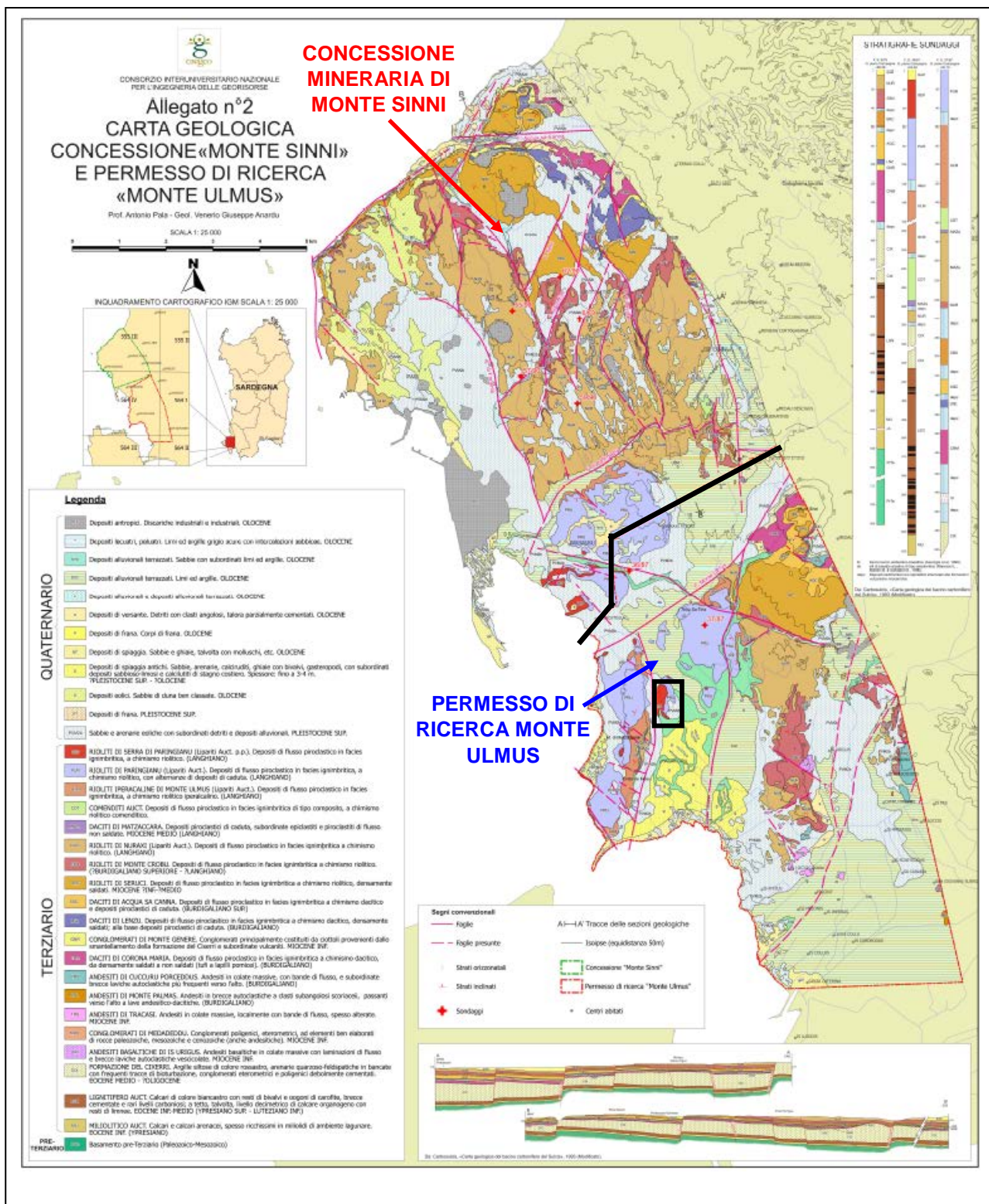


Figura 1 - Carta geologica, in scala 1:25.000, comprendente la Concessione Mineraria di Monte Sinni e il Permessi di Ricerca Monte Ulmus, a cura del Prof. Antonio Pala e del Geol. V. G. Anardu per il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Ingegneria delle Georisorse (2012). Il rettangolo nero indica l'area all'interno della quale sono state acquisite le linee sismiche descritte nella presente relazione.

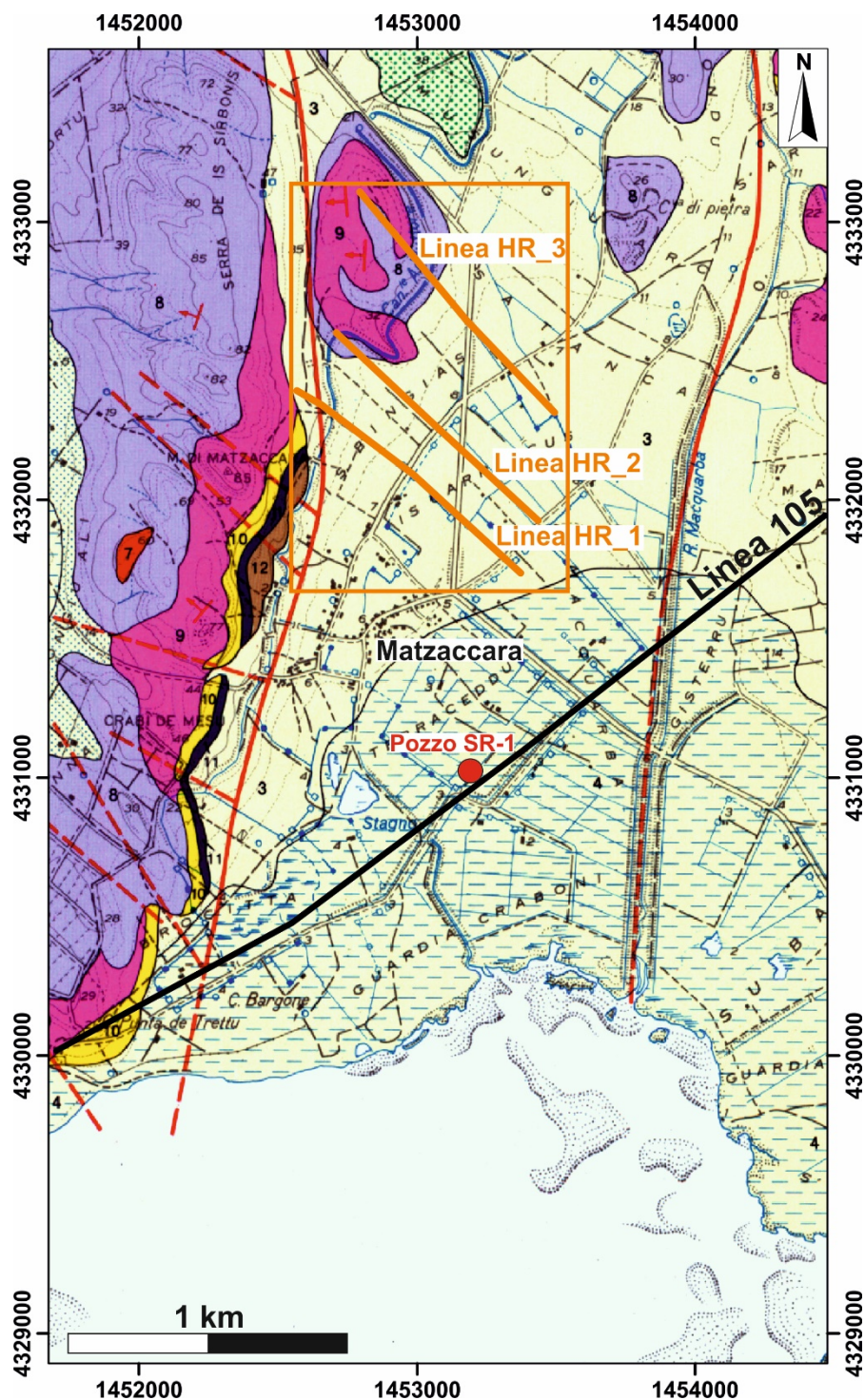


Figura 2 - Parte della Carta geologica del bacino carbonifero del Sulcis (Carbosulcis, 1993) su cui è riportata l'ubicazione delle tre linee sismiche a riflessione multicanale (in arancione) acquisite nel periodo giugno-luglio 2016. È inoltre riportata la posizione della Linea 105 acquisita nel 2008 nell'ambito del progetto ECBM Carbosulcis e la posizione del pozzo SR-1 perforato nell'ambito dello stesso progetto.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I tre profili sismici interpretati sono ubicati immediatamente a nord dell'abitato di Matzaccara nel settore centro-occidentale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus (Fig. 2), il quale ricade all'interno del bacino carbonifero del Sulcis.

2.1 STRATIGRAFIA

2.1.1 Successioni affioranti

Il settore centro-occidentale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus è caratterizzato dalla presenza di una piana alluvionale bordata ad est ad ovest da due dorsali, orientate circa N-S, costituite da depositi vulcanici miocenici. Questi depositi affiorano anche in corrispondenza dei modesti rilievi presenti nel settore settentrionale della piana alluvionale (Fig. 3).

In particolare, sulla base di quanto riportato nel Foglio Carg 564 Carbonia (in press), l'area della piana è occupata nella parte centro-settentrionale da depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi terrazzati di età Pleistocene-Olocene e subordinatamente da sabbie eoliche, mentre la parte meridionale, a ridosso della linea di costa, è costituita da depositi di spiaggia, lacustri e palustri di età olocenica.

Le dorsali vulcaniche sono costituite da depositi piroclastici da flusso più o meno densamente saldati e, subordinatamente, da piroclastiti da caduta a composizione riolitico-dacitica di età Miocene inferiore-medio ("Ignimbriti" Auct.).

In dettaglio, sulla base dei dati di superficie disponibili (Foglio Carg 564 Carbonia della Cartografia Geologica d'Italia in scala 1:50.000, in press; Pasci et al., in press; Carta geologica del Bacino carbonifero del Sulcis in scala 1:25.000, Carbosulcis, 1993; Carbosulcis 1994), sono state riconosciute dall'alto verso il basso, lungo la dorsale posta ad ovest dell'area indagata e in corrispondenza dei piccoli rilievi ubicati nella parte settentrionale della piana alluvionale, le seguenti formazioni vulcaniche di età langhiana (si riporta per ogni formazione la doppia nomenclatura Carg/Carbosulcis; lo spessore delle formazioni è tratto da Carbosulcis, 1994:

- *Rioliti di Serra Paringianu*: depositi piroclastici da flusso massivi e densamente saldati spesse tra 7 e 20 m;
- *Rioliti di Paringianu/Unità di Paringianu*: depositi piroclastici (tufi e tufi a lapilli) sia da caduta che da flusso poco o non saldati con paleosuoli intercalati, spessore tra 14 e 35 m;
- *Rioliti Iperalcaline di Monte Ulmus/Unità di Monte Ulmus*: depositi piroclastici da flusso densamente saldati con a tetto breccie piroclastiche con elementi etrometrici fino a dimensioni metriche, spessore compreso tra 45 e 130 m;
- *Comenditi di Cala Saboni/Comenditi Auct.*: Depositi piroclastici da flusso da non saldati a densamente saldati, spessore compreso tra 4 e 58 m;

- *Daciti di Matzaccara/Unità di Matzaccara*: depositi piroclastici da flusso e subordinatamente da caduta da poco a mediamente saldati, spessore compreso tra 6 e 15 m;
- *Rioliti di Nuraxi/Unità di Nuraxi*: depositi piroclastici da flusso densamente saldati spessi tra 2 e 160 m.

In particolare, per quanto riguarda l'area attraversata dai profili sismici, si osserva che:

- il profilo sismico HR_1, il più meridionale tra quelli acquisiti, attraversa un'area pianeggiante dove si trovano in affioramento esclusivamente depositi alluvionali quaternari (Fig. 2);
- il confronto tra Il Foglio Carg 564 Carbonia (in press) e la Carte del Bacino carbonifero del Sulcis redatta dalla Carbosulcis (1993) mostrano alcune differenze relativamente ai terreni attraversati dalle Linee sismiche HR_2 e HR_3. La porzione sud-orientale di questi profili attraversa aree di piana alluvionale, mentre la loro estremità nord-occidentale interessa il modesto rilievo vulcanico di forma ellissoidale costituito dalle due formazioni stratigraficamente più elevate della successione vulcanica descritta in precedenza (*Rioliti di Serra Parigianu* e *Rioliti di Paingianu/Unità di Parigianu*) (Fig. 2). Il profilo HR_2 è posizionato lungo il versante meridionale di tale rilievo vulcanico dove è presente, secondo il Foglio Carg 564 Carbonia, una conoide alluvionale, mentre la sezione HR_3 attraversa la zona centrale dello stesso rilievo caratterizzata, sempre secondo il Folgio Carg 564 Carbonia, dalla presenza di una copertura quaternaria costituita da deposti eolici sabbiosi.

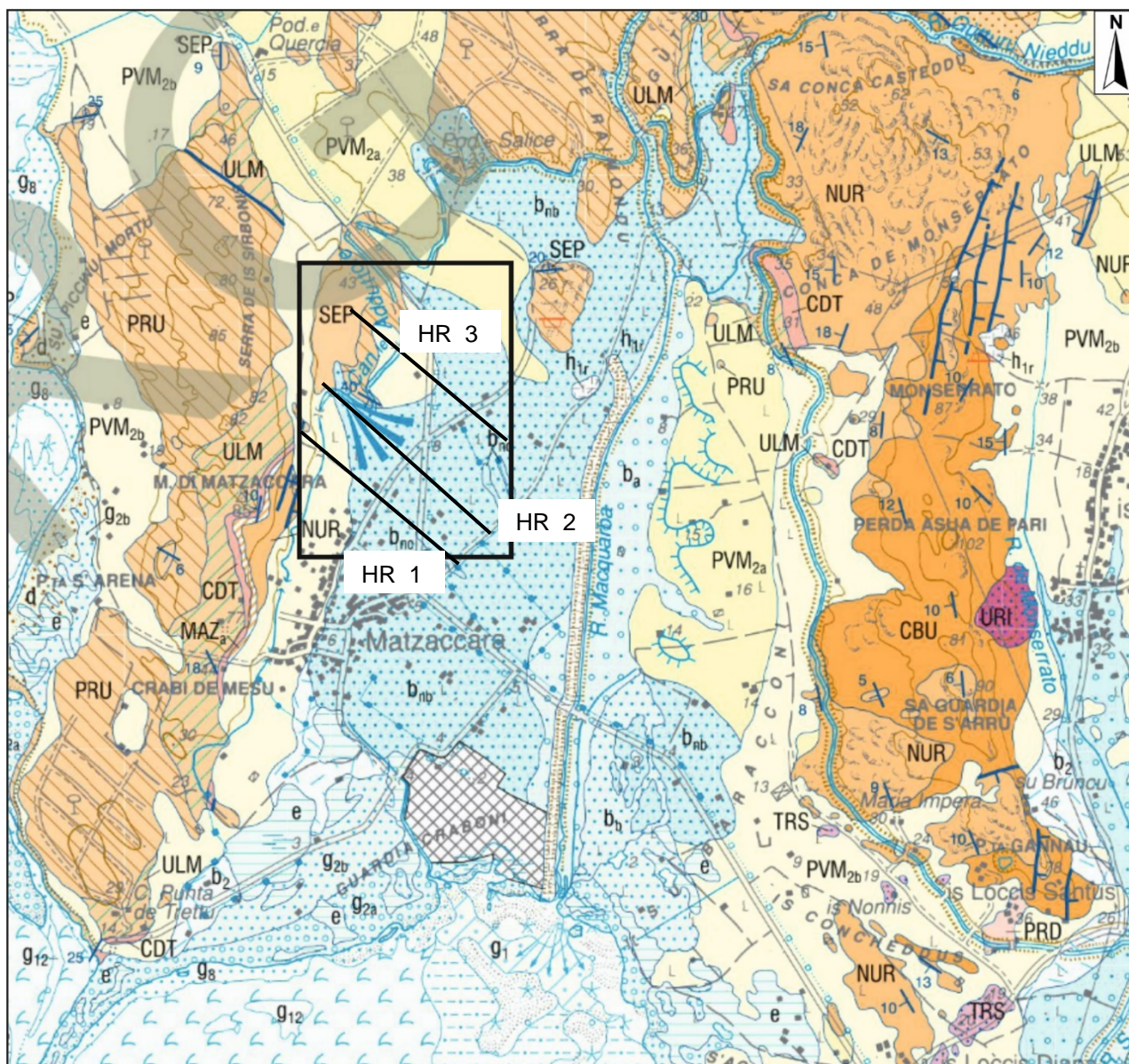


Figura 3 - Parte del Foglio Carg 564 Carbonia (in press) in cui ricade l'area di studio (rettangolo nero). È ben osservabile una zona centrale sub-pianeggiante dove affiorano depositi alluvionali terrazzati olocenici (b_{nc}) e pleistocenici (PVM_{2a}), questi ultimi talora associati a depositi eolici (PVM_{2b}). Un modesto rilievo vulcanico (43 m) occupa la porzione centro-settentrionale dell'area di studio, esso è costituito dai depositi appartenenti alle Rioliti di Serra di Paringianu (SEP) e alle Rioliti di Paringianu (PRU) del Miocene medio. Tali depositi poggiano sulle Rioliti Iperalcine di Monte Ulmus (ULM) affioranti estesamente lungo dorsale vulcanica orientata circa N-S posta ad ovest dell'area di studio.

2.1.2 Stratigrafia di riferimento

Non essendo disponibili dati da pozzo nell'area di studio, che consentano di calibrare l'interpretazione sismo-stratigrafica delle sezioni sismiche acquisite e di avere misure attendibili di velocità delle successioni attraversate, è stata utilizzata, per l'interpretazione, la stratigrafia di riferimento aggiornata per il Permesso di Ricerca Monte Ulmus nell'ambito della reinterpretazione sismo-stratigrafica e strutturale delle linee sismiche del progetto ECBM Carbosulcis prodotta da OGS (Civile et al., 2015) (Fig. 4).

Tale stratigrafia si basa sulle seguenti informazioni geologiche disponibili a livello regionale e locale, quali:

- carte geologiche e pubblicazioni scientifiche;
- sondaggi eseguiti dalla Carbosulcis per la ricerca del carbone nell'ambito della Concessione Mineraria di Monte Sinni e nella zona più settentrionale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus (pozzo 37/87);
- informazioni ottenute dalle perforazioni SR-1 ed SR-2 profonde circa 850 m e dall'interpretazione preliminare del dataset geofisico effettuata da OGS in collaborazione con il TNO (*Netherlands Institute of Applied Research*) nell'ambito del progetto ECBM Carbosulcis.

Di seguito, viene descritta in dettaglio la stratigrafia delle successioni di età miocenico-paleogenica. È da precisare che, dato il target superficiale dell'acquisizione geofisica effettuata (primi 300 metri circa), è altamente probabile che la successione interessata dalle tre sezioni sismiche sia interamente compresa all'interno del Complesso Vulcanico miocenico che presenta spessori di diverse centinaia di metri.

STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO PER IL PERMESSO DI RICERCA MONTE ULMUS

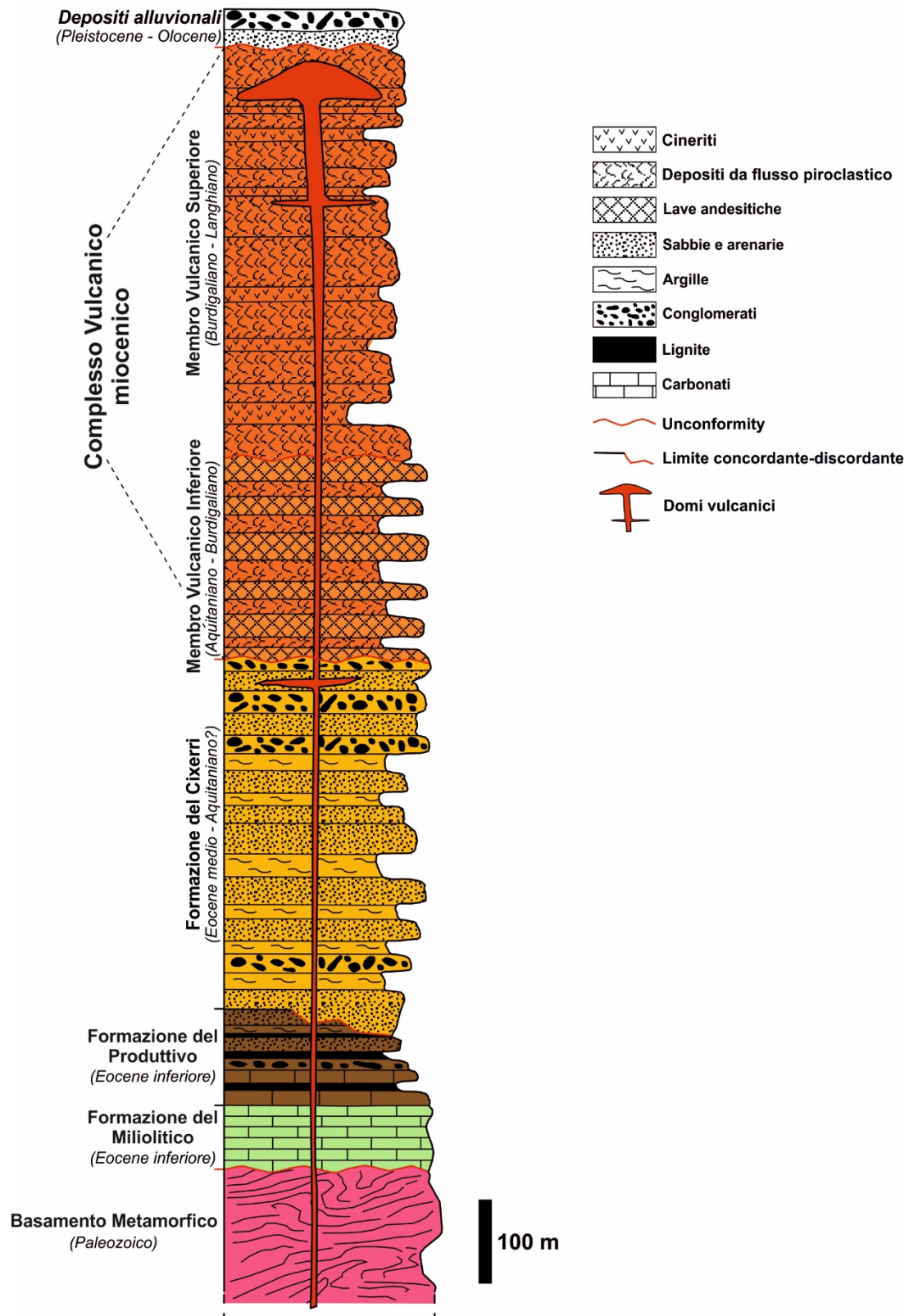


Figura 4 - Possibile stratigrafia di riferimento per l'area del Permessi di Ricerca Monte Ulmus redatta sulla base delle informazioni contenute in carte geologiche e pubblicazioni scientifiche, nei pozzi disponibili e dalle interpretazioni effettuate da OGS nel 2009 (Brancolini et al., 2009) e nel 2015 (Civile et al., 2015).

Complesso Vulcanico miocenico

Al di sotto dei depositi quaternari, per lo più alluvionali il cui spessore può variare da zero a oltre 300 m lungo la Linea 105, è presente, come già accennato, una potente successione vulcanica, di età Miocene inferiore-medio (Pasci et al., in press), caratterizzata da una notevole eterogeneità litologica. La parte sommitale di quest'ultima è stata descritta in dettaglio nel paragrafo 2.1.1 relativo alle successioni affioranti.

La potente successione vulcanica che costituisce la parte alta della successione del bacino del Sulcis è il risultato di un'attività vulcanica di tipo orogenico ad affinità calcalina prodotta durante le prime fasi dell'orogene appenninica in seguito alla subduzione, in direzione NNO, di litosfera oceanica al di sotto del Blocco Sardo-Corso (margine europeo) (Pasci et al., in press). Questo processo determinò la formazione della cosiddetta "Fossa Sarda", cioè di un *graben* esteso per circa 200 km che attraversava l'intera Sardegna in direzione N-S (Cherchi e Montardet, 1982). L'attività vulcanica precedette e accompagnò l'apertura del bacino Algerino-Provenzale, causata dal distacco dal margine europeo e dalla successiva rotazione antioraria del Blocco Sardo-Corso.

Nell'ambito di tale successione sono state distinte due fasi caratterizzate da diversi prodotti vulcanici (Pasci et al., in press). Nella prima fase, furono prodotte colate laviche e cupole di ristagno a composizione intermedia (andesitica), nella seconda fase depositi piroclastici a composizione intermedia e acida (dacitica e riolitica), costituiti per lo più da ignimbriti (depositi da flusso piroclastico), discordanti sulle lave precedenti. Questi prodotti sono distinti in due membri vulcanici.

Il Membro Vulcanico Superiore, di età Burdigaliano-Langhiano, è costituito da alternanze di ignimbriti massive e depositi da caduta, saldati e non saldati, con presenza anche di sottili livelli sedimentari e/o epiclastici e di superfici pedogenizzate. Questi livelli sedimentari testimoniano periodi di stasi nell'attività vulcanica. Lo spessore di tale successione si aggira, nei pozzi SR-1 ed SR-2, sui 500 m circa, mentre nel sondaggio 37/87 è di 470 m. In seguito alla reinterpretazione del dataset geofisico ECBM Carbosulcis (Civile et al., 2015), si è ipotizzato che lo spessore di questo membro vari tra i 250 e i 750 m circa ed in particolare nell'area di studio dovrebbe aggirarsi sui 400 m circa.

Il Membro Vulcanico Inferiore, di età Aquitaniano-Burdigaliano, è costituito da lave andesitiche e andesitico-basaltiche alternate a depositi da flusso piroclastico più o meno saldati. Lo spessore di questa successione, desunto dal pozzo SR-2 e dalla reinterpretazione del dataset geofisico ECBM Carbosulcis, è in genere sui 250-300 m.

Lo spessore medio dell'intero Complesso Vulcanico miocenico dovrebbe aggirarsi su 800 m circa con punte massime di oltre 1000m.

Infine, bisogna ricordare che il membro inferiore della successione vulcanica manca nell'area più settentrionale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus (sondaggio 37/87) a causa probabilmente dell'azione di un'importante faglia diretta orientata circa E-W, denominata faglia di Conca de Monserrato, che divide il Permesso di Ricerca in due settori caratterizzati da una diversa evoluzione geologica (Civile et al., 2015).

Successione sedimentaria Paleogenica

Il bacino carbonifero del Sulcis è costituito da una successione sedimentaria di età eocenico-oligocenica, corrispondente ad un ciclo trasgressivo-regressivo (Pasci et al., in press). La trasgressione marina, proveniente da ovest, è stata molto rapida rispetto alla fase regressiva che è stata a sua volta intervallata da ingressioni marine di breve durata. In particolare, i sondaggi eseguiti dalla Carbosulcis e le informazioni bibliografiche hanno evidenziato che nelle aree occidentali del bacino del Sulcis è presente una successione costituita, dall'alto verso il basso, dalle seguenti formazioni:

- Formazione del Cixerri
- Formazione del Produttivo o Lignitifero
- Formazione del Miliolitico

Per la descrizione delle formazioni paleogeniche ci si è basati soprattutto su quanto riportato nelle note illustrative del Foglio Carg 564 Carbonia (Pasci et al., in press) e a quanto riportato nel report Carbosulcis del 1994.

Formazione del Cixerri

La Formazione del Cixerri (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969) poggia generalmente sulla Formazione del Produttivo ed è coperta in discordanza angolare dalle vulcaniti mioceniche. Questa formazione, caratterizzata da una notevole eterogeneità litologica verticale e laterale, è costituita da depositi continentali alluvionali formati da arenarie, conglomerati, marne ed argille siltose di età certamente compresa tra l'Eocene medio e l'Oligocene e probabilmente fino all'Aquitaniense (Pasci et al., in press; Barca e Costamagna, 2000; 2010; Costamagna e Barca, 2008; Costamagna e Schafer, 2013). In particolare, la parte inferiore della successione del Cixerri è caratterizzata da una relativa abbondanza di depositi clastici a granulometria da fine a media (argille ed arenarie e subordinatamente microconglomerati), mentre procedendo verso l'alto le porzioni fini tendono a diminuire e diventano via via più importanti prima le frazioni arenacee e poi quelle conglomeratiche.

Lo spessore di questa formazione, ricavato da sondaggi Carbosulcis effettuati essenzialmente nell'area di Monti Sinni e da dati geologici di superficie, sarebbe di oltre 300 m. La reinterpretazione del rilievo geofisico ECBM Carbosulcis (Civile et al., 2015) avrebbe evidenziato uno spessore superiore che si aggirerebbe in media sui 600 m.

Formazione del Produttivo/Lignitifero

La Formazione del Produttivo dell'Eocene inferiore è in contatto stratigrafico concordante sulla sottostante Formazione del Miliolitico ed è coperta dalla Formazione del Cixerri. La successione del Produttivo, affiorante solo nell'area immediatamente ad est di Carbonia, è per lo più nota dai sondaggi. Essa è costituita da alternanze di livelli e strati lenticolari, decimetrici o metrici, di argille carboniose, calcari marnosi, calcari bituminosi, livelli di lignite, arenarie, marne e microconglomerati. Nella parte bassa sono più frequenti le litologie carbonatiche in facies salmastra, ricche in Milioliodi, interrotte da brevi ingressioni marine testimoniate da livelli di calcari marnosi ricchi in bivalvi e gasteropodi. Verso l'alto i foraminiferi e gli organismi di ambiente salmastro tendono a diminuire e diventano abbondanti gli organismi di ambiente lacustre-palustre o debolmente salmastro (ostracodi, oogoni di characee, molluschi). I banchi di lignite diventano meno numerosi ma più potenti e sono sempre più frequenti le intercalazioni di depositi alluvionali (arenarie e conglomerati). Lo spessore massimo del Produttivo in affioramento non supera i 20 m (Serbariu) mentre nei sondaggi effettuati nella zona più occidentale del bacino del Sulcis può superare i 100 m.

Formazione del Miliolitico

La Formazione del Miliolitico è costituita da una successione carbonatica di età Eocene inferiore riconosciuta in affioramento nella zona di Carbonia e al Monte Margiani (posto a sud dell'area del Permesso di Ricerca Monte Ulmus) (Foglio Carg 564 Carbonia, in press) e attraversata in diversi sondaggi della Carbosulcis senza che ne sia stata raggiunta la base.

La parte bassa di questa formazione è costituita da sedimenti marini costieri formati da calcari a macroforaminiferi (Alveolinidi, Orbitolinidi, Miliolidi) e alghe calcaree (Fanni et al., 1982; Cherchi, 1983; Murru e Salvadori, 1987). La restante successione è costituita da calcari bioclastici che tendono verso l'alto a diventare arenacei e marnosi e ad intercalarsi a sottili livelli carboniosi. Il contenuto fossilifero dei calcari è rappresentato da organismi marini (Miliolidi, Rotaliidi, bivalvi e gasteropodi), associazioni di acqua salmastra (lumachelle) e associazioni dulcicole (ostracodi e Carofite) (Cocozza et al., 1986). Verso l'alto le associazioni fossili diventano oligotipiche e rappresentate solo da Miliolidi. La progressiva diminuzione dell'indice di diversità delle faune

corrisponde all'inizio della fase regressiva che porterà all'emersione del bacino. Lo spessore massimo della successione noto nel sottosuolo è di circa 70 m (Murru e Salvadori, 1987).

2.2 ASSETTO TETTONICO

A scala regionale nel bacino del Sulcis dominano le faglie dirette che hanno prodotto nel complesso un assetto strutturale ad *horst* e *graben* (Fig. 5). In particolare, l'area del Permesso di Ricerca Monte Ulmus sarebbe separata dalla zona di Carbonia e da quella di S. Giovanni Suèrgiu da un'importante struttura tettonica orientata circa N-S, denominata Faglia di Serbariu-Sirai. Altre faglie significative sarebbero ubicate nella parte più settentrionale del Permesso di Ricerca, come la faglia di Monte Ulmus, orientata NE-SO, e quella di Paringianu, orientata invece circa E-O. Le interpretazioni sismiche OGS effettuate sul dataset geofisico ECBM Carbosulcis (Brancolini et al., 2009; Civile et al., 2015) hanno evidenziato la presenza di due lineamenti tettonici principali sepolti che avrebbero definito l'assetto strutturale dell'area del Permesso di Ricerca (Fig. 6):

- il "Sistema di faglie dirette di Matzaccara", orientato circa N-S, che ha generato l'omonimo *half-graben* in tempi recenti, probabilmente nel Quaternario. La faglia principale di tale sistema, come già ricordato in precedenza, sarebbe la Faglia di Matzaccara che borda ad ovest l'*half-graben* e presenta un rigetto di oltre 300 m (visibile unicamente sulla linea sismica 105). Questo sistema di faglie potrebbe proseguire verso sud, cioè in mare, fino a comprendere la Faglia di Maladroxia, situata circa 10 km più a sud lungo il bordo orientale dell'isola di Sant'Antioco;
- la struttura denominata Faglia di Conca de Monserrato (civile et al., 2015), orientata ENE-OSO e immergente verso sud. Questa faglia diretta, caratterizzata da un rigetto di centinaia di metri, sarebbe responsabile della distinzione in due settori del bacino del Sulcis, caratterizzati da diverse successioni stratigrafiche. Un settore a nord della faglia, in posizione di alto strutturale, corrispondente alla Concessione Mineraria di Monte Sinni e alla porzione più settentrionale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus, e un settore meridionale, in posizione di basso strutturale, corrispondente all'area in cui è stato effettuato il rilievo sismico ECBM e quello oggetto della presente relazione. A nord della faglia è assente il Membro Vulcanico Inferiore del Complesso Vulcanico miocenico, che invece è presente a sud di tale lineamento tettonico con spessori anche superiori ai 300 m. Inoltre, l'attività di questa struttura avrebbe determinato una notevole differenza, tra il settore nord e il settore sud, negli spessori della Formazione del Cixerri. Quest'ultima risulta potente fino a 700-750 m nel settore meridionale, mentre in quello settentrionale sono noti spessori massimi non superiori ai 300 m circa.

Infine, l'assetto giaciturale generale della successione del bacino del Sulcis, evidenziato dai sondaggi Carbosulcis, dai dati di campagna e dall'interpretazione sismica delle linee del progetto ECBM Carbosulcis, vede le diverse formazioni geologiche paleogenico-mioceniche immergere verso SSO con un'inclinazione media di 10-15°.

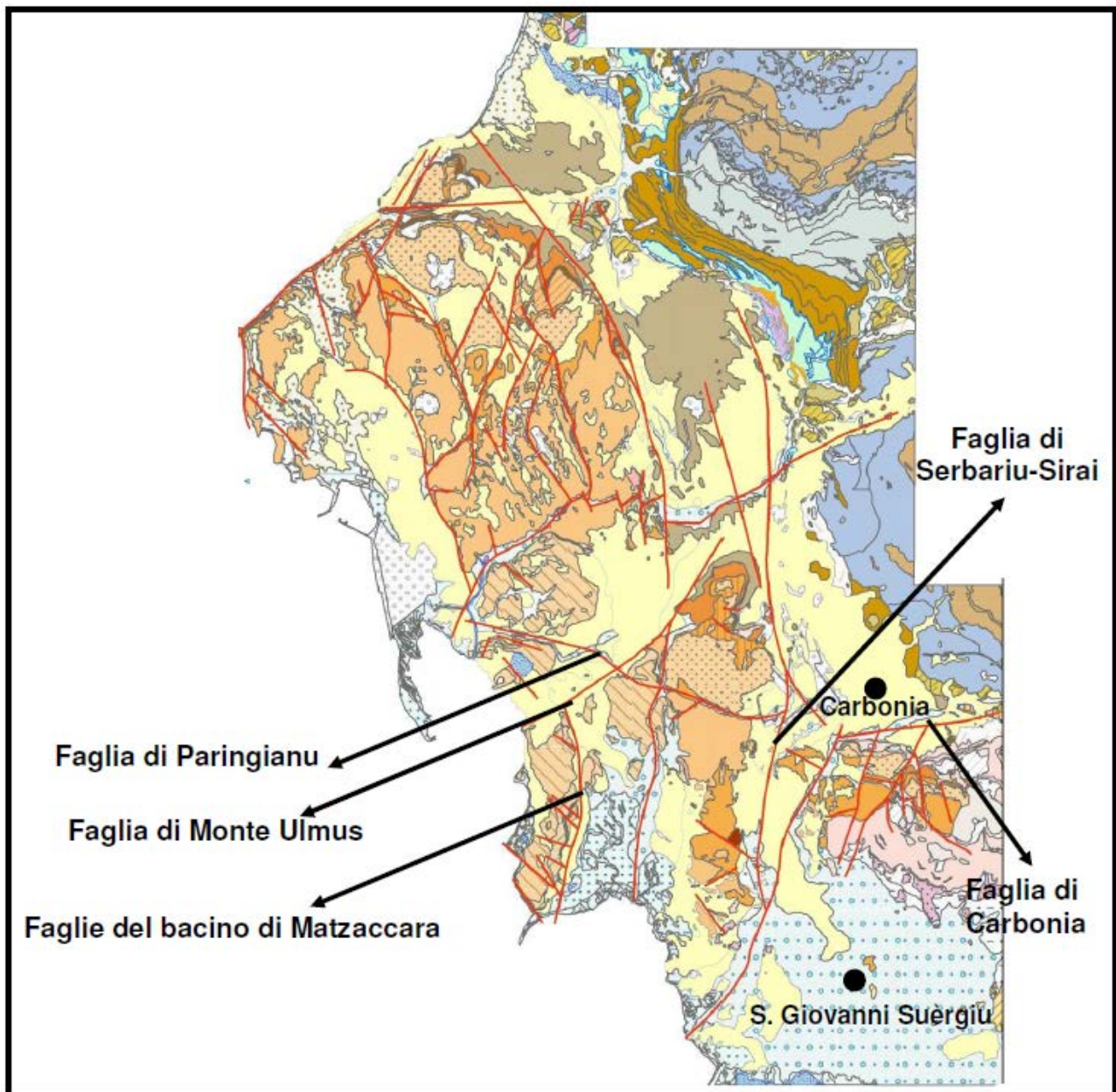


Figura 5 - Carta tettonica del bacino del Sulcis (modificata da Ciccu et al., 2010).

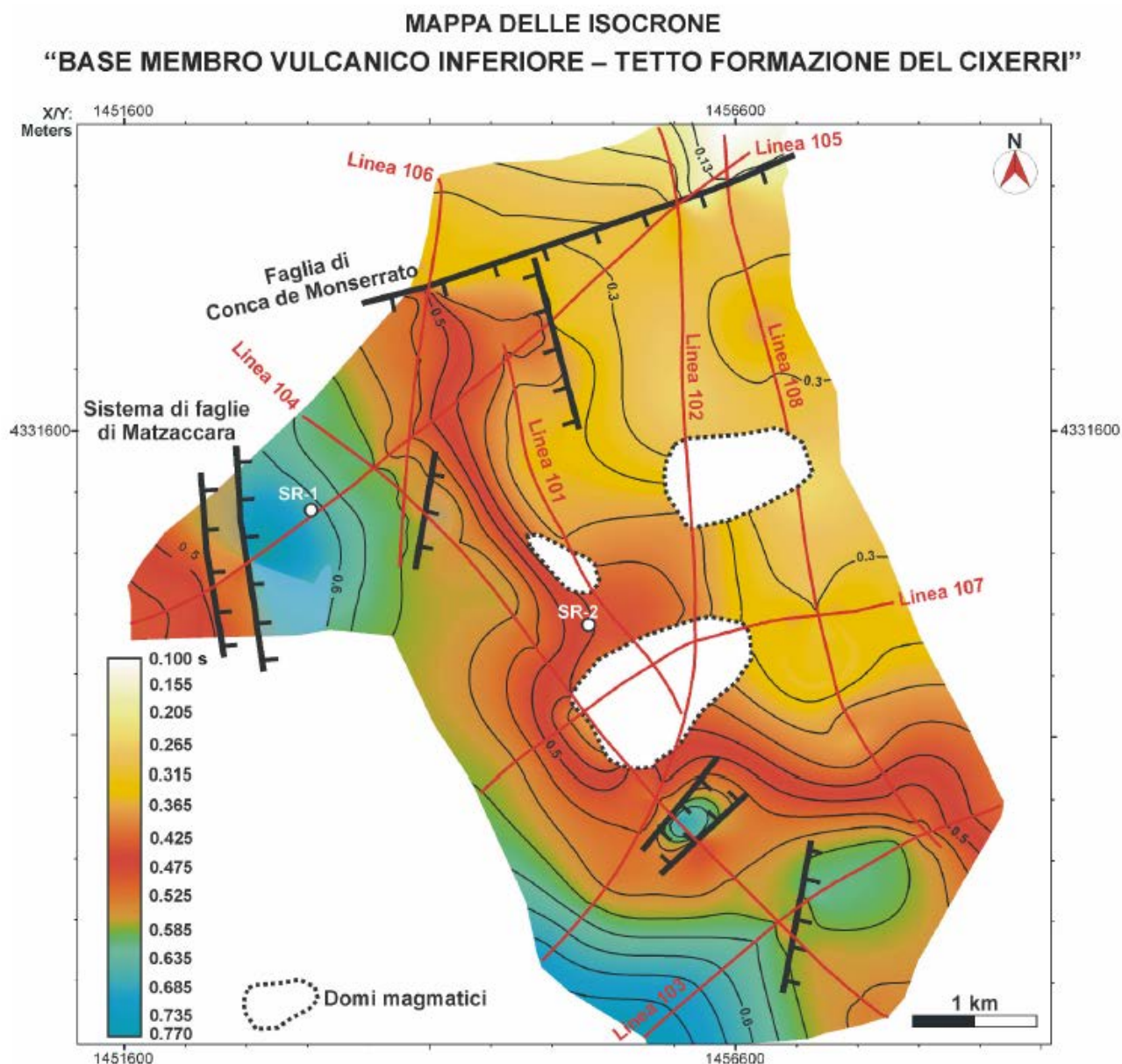


Figura 6 - Mappa delle isocrone in secondi relativa all’orizzonte sismico definito “base Membro Vulcanico Inferiore - tetto Formazione del Cixerri” in cui è possibile osservare la posizione delle due faglie che costituiscono il Sistema di faglie di Matzaccara (quella più orientale è la Faglia di Matzaccara oggetto del presente lavoro) quello della Faglia di Conca de Monserrato (da Civile et al., 2015).

3. INTERPRETAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E STRUTTURALE DEL DATASET SISMICO AD ALTA RISOLUZIONE

Il dataset sismico acquisito consiste di 3 linee sismiche a riflessione multicanale ad alta risoluzione lunghe circa 1 km e parallele, denominate, da sud verso nord: HR_1, HR_2 e HR_3 (Fig. 2).

La distanza tra le linee HR_1 e HR_2 è di circa 200 m, mentre le linee HR_2 e HR_3 sono separate di circa 400 m.

L'obiettivo del rilievo sismico è quello di verificare la presunta prosecuzione settentrionale della Faglia di Matzaccara, precedentemente interpretata sulla Linea sismica 105 Carbosulcis (Fig. 7), e di caratterizzarla da un punto di vista strutturale. La linea 105 dista circa 1600 m dalla linea HR_1 (Fig. 2).

L'interpretazione del dataset sismico si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- 1) Riconoscimento di riflettori marker (generalmente corrispondenti a variazioni litologiche significative e/o a superfici di *unconformity*) spesso identificabili per la loro alta ampiezza (contrasto di impedenza acustica) e continuità laterale;
- 2) Riconoscimento di sequenze sismiche delimitate in genere da orizzonti marker. Le sequenze sismiche sono costituite da insiemi di riflettori caratterizzati da una facies sismica e/o architettura distintiva, e da una certa profondità e spessore;
- 3) Correlazione tra le sequenze sismiche identificate e formazioni geologiche note, sulla base della stratigrafia OGS di riferimento per l'area del Permesso di Ricerca Monte Ulmus. Tale correlazione rimane comunque speculativa, data la mancanza di pozzi di calibrazione;
- 4) Riconoscimento delle strutture tettoniche che interessano le sequenze sismiche in esame, cercando di definirne continuità, orientazione, cinematica e rigetto.

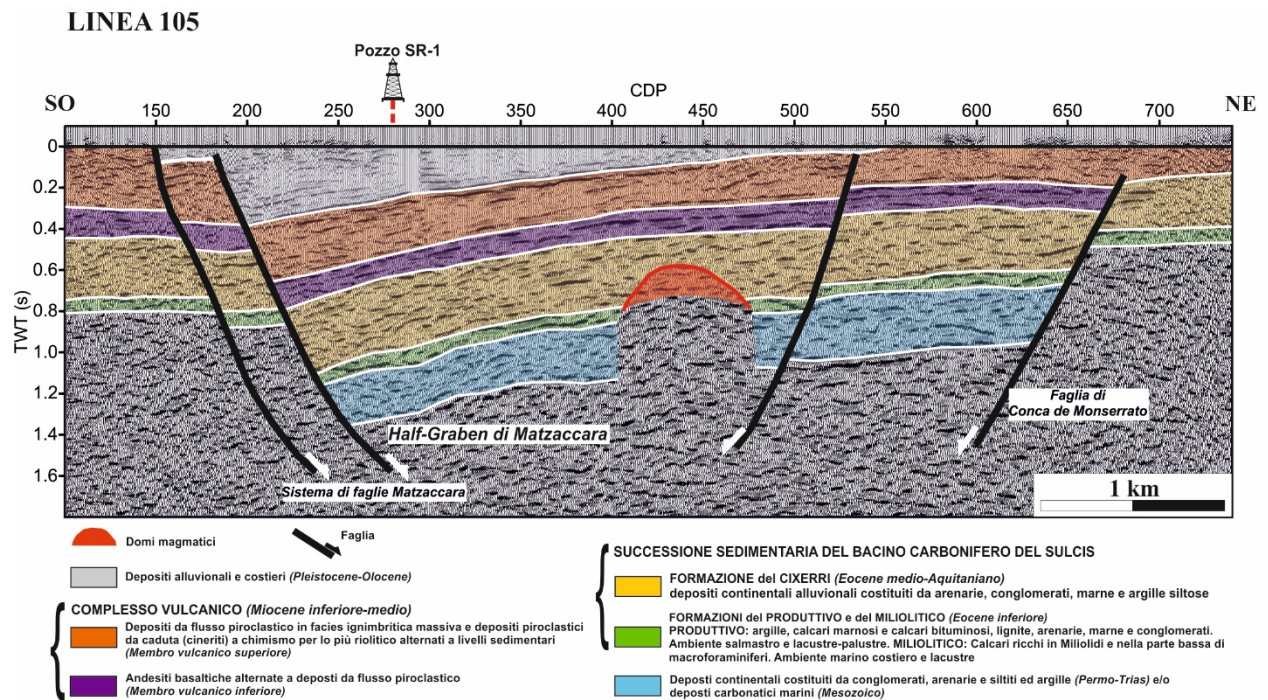


Figura 7 - Linea sismica 105 interpretata (da Civile et al., 2015). La Faglia di Matzaccara è osservabile al CDP 180 circa.

3.1 ORIZZONTE MARKER E SEQUENZE SISMICHE RICONOSCIUTE

L'interpretazione è stata effettuata per ogni linea sismica considerando sia il dato stack (Tavole 1-3) che quello migrato in tempi (Tavole 4-6) e in profondità (Tavole 7-9). Ciò ha permesso di riconoscere 3 sequenze sismiche e 1 orizzonte marker.

L'interpretazione finale è stata riportata sia sulle sezioni migrate in tempi (Tavole 10-12) che su quelle migrate in profondità (Tavole 13-15). Ricordiamo che la conversione da tempi in profondità risulta attendibile per i primi 100 m, in quanto basata sui campi di velocità ottenuti dall'inversione tomografica dei primi arrivi.

Inoltre, sono state elaborate le mappe in tempi e in profondità (Figg. 8 e 9) dell'orizzonte marker che corrisponde alla base della Sequenza sismica 1 ed è il primo riflettore interpretato dal piano campagna. Pertanto, tali mappe risultano corrispondere alle mappe delle isopache, in tempi e in profondità, della stessa Sequenza 1.

Sequenza sismica 1

La Sequenza Sismica 1, la più superficiale tra quelle identificate, è delimitata a tetto dal piano campagna e alla base da un orizzonte marker ad elevata ampiezza che risulta chiaramente riconoscibile su tutte le linee sismiche acquisite (Tavole 1-15) e anche sul dato tomografico (vedi Relazione Elaborazione).

La facies sismica della Sequenza 1 è caratterizzata da riflettori sub-paralleli ad alta frequenza, scarsa continuità laterale ed ampiezza variabile. La geometria dei riflettori è generalmente ondulata (*hummocky reflectors*) o inclinata, ma sono osservabili aree con riflettori sub-orizzontali. Riflettori inclinati sono particolarmente ben visibili sulle linee HR_1, tra i CDP 200 e 270, e HR_3, tra i CDP 250 e 360, dove terminano in *downlap* sull'orizzonte marker alla base della sequenza. Contatti tipo *onlap* sono visibili all'estremità SE della Linea HR_3.

Lo spessore della Sequenza 1 varia in funzione della morfologia del piano campagna e delle dislocazioni tettoniche dell'orizzonte marker, provocate dalla presenza di faglie dirette. Lungo la Linea HR_1 lo spessore in tempi riferito al piano campagna varia tra circa 60 e 110 ms, rispettivamente tra i CDP 300 e 350 circa e tra i CDP 350 e 430 (Tavole 4 e 10). Convertendo questi dati in profondità, e ricordando che nell'ambito della Sequenza 1 le velocità sismiche sono molto variabili (da 800 a 1200 m/s) si ottiene un range compreso tra 30 e 80-90 m circa (Tavola 13 e Fig. 9) riferiti sempre al piano campagna. Tali variazioni si registrano proprio in corrispondenza della Faglia di Matzaccara (Tavole 10 e 13). La Sequenza 1 mostra, in corrispondenza del blocco rialzato da questa struttura, un progressivo assottigliamento da NO verso SE fino ad arrivare al piano di faglia principale. Nella parte ribassata, invece, lo spessore è più uniforme ed è massimo in prossimità del piano di faglia principale.

Lungo la Linea HR_2 lo spessore in tempi varia tra 45 e 90 ms circa, rispettivamente tra i CDP 250 e 300 e tra i CDP 375 e 480 (Tavola 11). Convertendo in profondità si ottiene un range compreso tra 25 e 90-100 m circa (Tavola 14 e Fig. 9). Anche in questo caso, lo spessore della Sequenza 1 è fortemente condizionato dalla presenza delle faglie che dislocano l'orizzonte marker alla base. Lungo la Linea HR_3 lo spessore della sequenza è invece influenzato essenzialmente dalla morfologia, data l'assenza di faglie con rigetti significativi, e in particolare dalla presenza del modesto rilievo vulcanico ubicato all'estremità nord-occidentale della sezione. La potenza è quindi massima, intorno a 130-140 ms, tra i CDP 101 e 150 e si riduce progressivamente a 50-60 ms intorno al CDP 390 e all'estremità SE della linea (Tavola 12). Convertendo in profondità si ottiene un range compreso tra 45 e 85 m circa (Tavola 15 e Fig. 9). Osservando la mappa di figura 9, si osserva come lo spessore sia minimo, al di sotto dei 40 m, nella zona centro-meridionale dell'area investigata (zone centrali delle linee HR_1 e 2) e massimo, intorno ai 90-100 m, nell'area sud-orientale. Il passaggio dallo spessore minimo allo spessore massimo avviene in modo repentino a causa della presenza della Faglia di Matzaccara. Nella parte settentrionale dell'area investigata, le variazioni di spessore sembrano attenuarsi in modo significativo per l'assenza di importanti disturbi tettonici e lo spessore tende ad aumentare solo all'estremità nord-occidentale della Sezione HR_3 in corrispondenza del rilievo vulcanico presente. Infine, si nota un graduale

aumento dello spessore della Sequenza 1 verso ovest, causato sia dall'azione di faglie normali minori che ribassano l'orizzonte marker nella stessa direzione che per un aumento di quota del piano campagna.

Sulla base dei dati geologici di superficie disponibili (Foglio Carg 564 Carbonia, in press; Carbosulcis, 1993), le sezioni sismiche HR_3 e HR_2 sembrano interessare, alla loro estremità nord-occidentale, le successioni vulcaniche piroclastiche affioranti in corrispondenza del piccolo rilievo ubicato a nord di Matzaccara (Figg. 2 e 3) e ascrivibili alla parte sommitale del Membro Superiore del Complesso Vulcanico miocenico. In considerazione di questo, la Sequenza 1 dovrebbe essere costituita sia da depositi sedimentari quaternari, per lo più alluvionali, che, almeno, dalle vulcaniti appartenenti alle formazioni delle Rioliti di Serra Paringianu e delle Rioliti di Paringianu/Unità di Paringianu. Pertanto, la Sequenza 1 è stata denominata "Depositi vulcano-sedimentari del Miocene medio-Quaternario".

Orizzonte marker

Nelle tre linee sismiche acquisite è sempre chiaramente riconoscibile un riflettore marker caratterizzato da alta ampiezza e notevole continuità laterale. Questa riflessione è provocata da un forte contrasto di impedenza acustica probabilmente connesso ad un importante passaggio litologico. Sulla base dei dati disponibili dalla geologia di superficie, ciò dovrebbe verificarsi all'interno della successione del Membro Superiore del Complesso Vulcanico miocenico. In mancanza di pozzi che permettano di chiarire l'origine di tale riflessione, l'orizzonte marker è stato tentativamente correlato al tetto delle Rioliti Iperalcaline di Monte Ulmus/Unità di Monte Ulmus. Questa unità è infatti caratterizzata da depositi da flusso densamente saldati (ignimbriti) rispetto ai sovrastanti depositi vulcanici, poco o nulla saldati, delle Rioliti di Paringianu/Unità di Paringianu affioranti in corrispondenza del rilievo attraversato dalle linee sismiche HR_2 e HR_3.

La profondità in tempi di tale orizzonte è compresa tra 40 e 140 ms (Tavole 10-12) circa rispetto al piano campagna corrispondenti a circa 25-100 metri (Tavole 13-15). L'andamento di questo riflettore è fortemente condizionato dalla presenza delle faglie e in particolare della Faglia di Matzaccara.

Lungo la Linea HR_1, l'orizzonte marker, la cui profondità è compresa tra 30 e 90 m circa, è dislocato dalla Faglia diretta di Matzaccara che presenta un piano principale immergente verso i quadranti orientali, intorno al CDP 360, con rigetto verticale valutabile in circa 40-45 m (Tavole 10 e 13). Sia nel blocco rialzato dalla faglia che in quello ribassato, l'orizzonte marker risulta debolmente inclinato verso i quadranti occidentali. L'orizzonte è interessato da altre faglie normali con rigetti molto modesti. Lungo la Linea HR_2 (Tavole 11 e 14) non è identificabile un piano di

faglia principale, ma è presente una “zona di deformazione” dove il rigetto totale viene distribuito su tre distinti lineamenti tettonici. In particolare, si identifica: un blocco rialzato, tra i CDP 101 e 300, dove l’orizzonte marker si approfondisce progressivamente verso NW per l’azione di due faglie dirette, con rigetti dell’ordine della decina di metri, immergenti anch’esse a NW; la zona di deformazione principale, compresa tra i CDP 300 e 380 circa, caratterizzata da tre faglie normali con rigetti modesti che al massimo raggiungono i 30 m circa sulla struttura più orientale; un blocco ribassato, compreso tra i CDP 380 e la fine della linea, dove l’orizzonte marker è all’incirca sub-orizzontale e giace ad una profondità intorno ai 100 m circa . Lungo questa linea la profondità dell’orizzonte marker è compresa tra 25 e 100 m circa.

Sulla Linea HR_3, l’orizzonte marker presenta un andamento all’incirca sub-orizzontale in quanto non è interessato da faglie con rigetti significativi (una decina di metri circa) (Tavole 12 e 15). La sua profondità varia tra 45 e 85 m circa. In ogni caso, tra i CDP 101 e 390, l’orizzonte si approfondisce progressivamente verso i quadranti occidentali per l’azione di due faglie normali con rigetti di qualche decina di metri, mentre una zona di diffusa deformazione è presente tra i CDP 390 e 470 circa. All’estremità nord-orientale della linea, l’orizzonte marker tende invece a risalire verso est.

Le mappe in tempi e in profondità prodotte per questo orizzonte marker (Figg. 8 e 9) mostrano una zona di profondità minima nel settore centrale-meridionale dell’area di studio, e il progressivo approfondimento dell’orizzonte verso NO in maniera graduale e in maniera repentina verso SE. Nella zona settentrionale l’orizzonte è nel complesso debolmente inclinato.

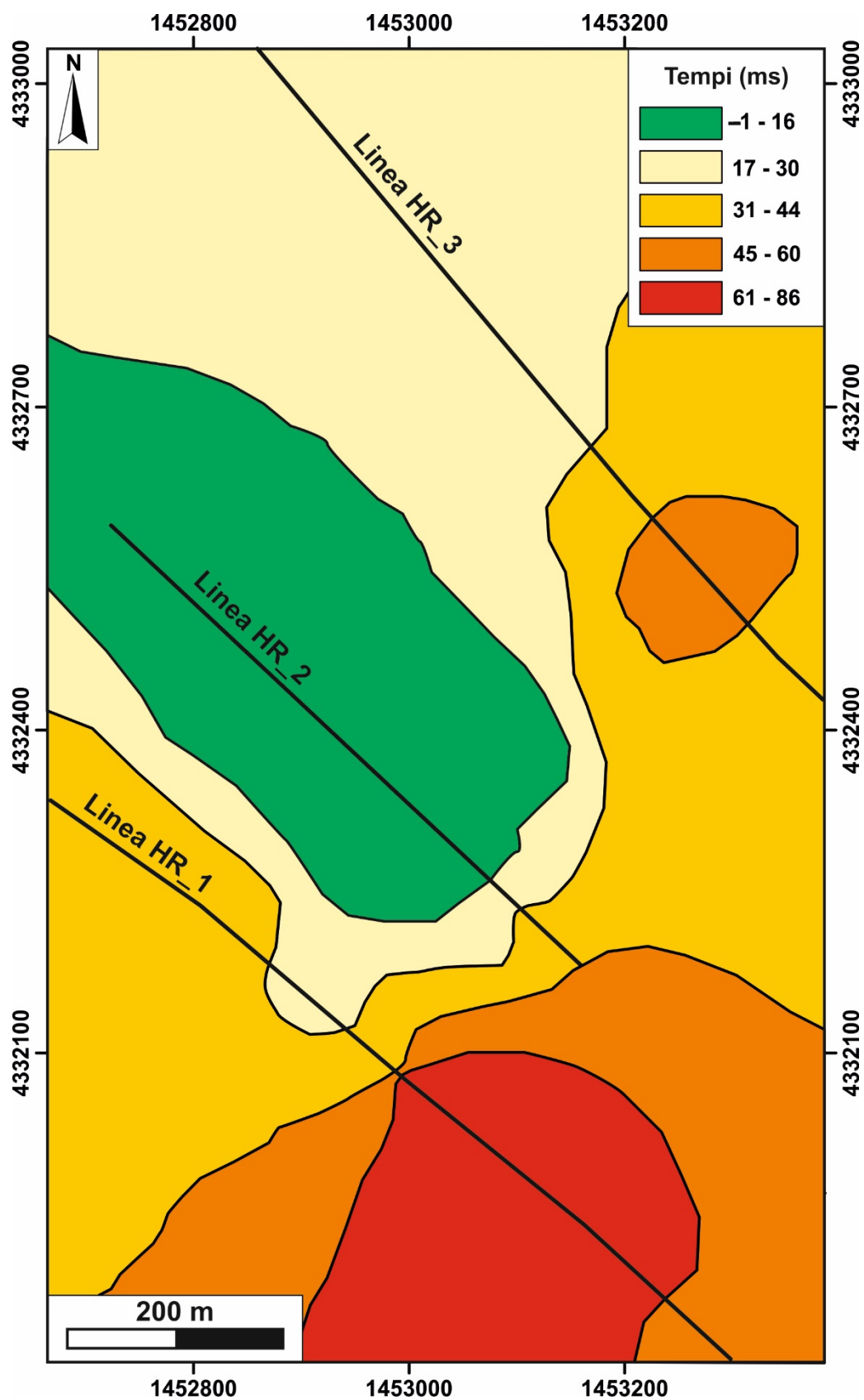


Figura 8 - Mappa delle isocrone dell'orizzonte marker identificato. 0 ms è riferito a -25m sul livello del mare. Proiezione: Gauss Boaga, Fuso Ovest (6°-12°E); Datum: Roma40.

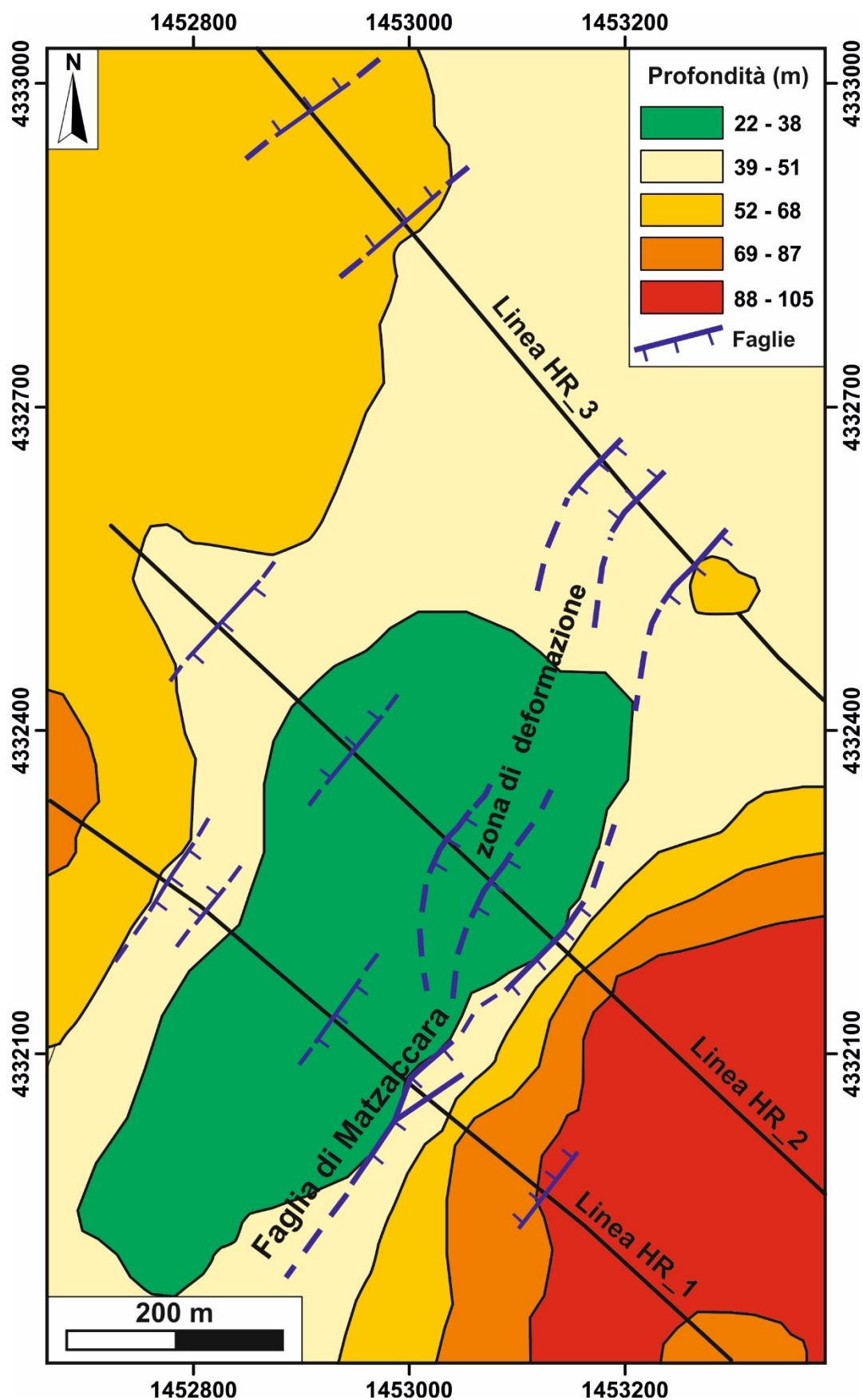


Figura 9 - Mappa in profondità relativa all'orizzonte marker identificato e riferita al piano campagna. Tale mappa corrisponde anche alle isopache della Sequenza 1. Le faglie interpretate sulle sezioni sismiche sono state riportate in blu. La zona di deformazione è connessa alla terminazione della Faglia di Matzaccara. Proiezione: Gauss Boaga, Fuso Ovest (6°-12°E); Datum: Roma40.

Sequenza sismica 2

Al di sotto dell'orizzonte marker è in genere sempre ben riconoscibile una seconda sequenza caratterizzata nel complesso da una risposta sismica semi-trasparente (Tavole da 1 a 15). All'interno di questa facies si possono distinguere riflettori sub-paralleli ad alta frequenza, ad ampiezza generalmente medio-bassa e discontinui. Inoltre, si osservano configurazioni ondulate tipo *hummocky* e contatti di tipo *downlap* sull'orizzonte ad alta ampiezza che è talora identificabile alla base di tale sequenza. Quest'ultimo orizzonte non risulta sempre chiaramente identificabile e, sembrerebbe marcare il passaggio in profondità ad una ulteriore sequenza sismica (Sequenza 3) con caratteristiche molto diverse. In particolare, ciò avviene lungo gran parte della Linea HR_3, e nel settore nord-occidentale della Linea HR_2 (Tavole 5-6, 8-9, 11-12 e 14-15).

La Sequenza 2 presenta uno spessore in tempi variabile tra 210 e 250 ms circa (Tavole 10-12), che convertito in metri utilizzando una velocità di 3500 m/s per tutta la sequenza, corrisponde a circa 360-430 m (Tavole 13-15). La base della Sequenza 2 risulta ben riconoscibile lungo la Linea HR_1 (Tavole 4, 7, 10 e 13) dove si trova ad una profondità variabile tra 300 e 400 m (280-340 ms circa) circa. Lungo le linee HR_2 e 3, la profondità della base, laddove riconoscibile, varia tra 320 e 420 m circa (210-280 ms circa) (Tavole 5-6, 8-9, 11-12 e 14-15).

Sulla base dei dati geologici di superficie disponibili, dei dati di pozzo e dei risultati derivanti dalla reinterpretazione del dataset geofisico acquisito nell'ambito del progetto ECBM Carbosulcis (Civile et al., 2015), la Sequenza 2 è stata correlata alla successione del Membro Superiore del Complesso Vulcanico miocenico, la cui parte sommitale ricadrebbe però all'interno della Sequenza 1.

Sequenza sismica 3

Al di sotto della Sequenza 2 è stata riconosciuta un'ulteriore sequenza sismica profonda, la Sequenza 3, caratterizzata da una facies in genere ben distinguibile da quella soprastante in quanto caratterizzata da un insieme di riflettori ad elevata ampiezza (Tavole 1-15). Il tetto della Sequenza 3 è ben visibile lungo la Linea HR_1 (Tavole 4, 7, 10 e 13) mentre non è facilmente identificabile sulla Linea HR_2 (Tavole 5, 8, 11 e 14) e soprattutto sulla HR_3 (Tavole 6, 9, 12 e 15). In dettaglio, la facies sismica della Sequenza 3 è costituita da un insieme di riflettori sub-orizzontali a bassa frequenza caratterizzati da ampiezza media ed elevata e in genere discontinui. La parte alta di tale sequenza è stata tentativamente correlata, sulla base dei dati dei pozzi SR-1 e SR-2 e sui risultati derivanti dalla reinterpretazione del dataset geofisico ECBM Carbosulcis (Civile et al., 2015), alla successione del Membro Inferiore del Complesso Vulcanico miocenico, costituito da lave andesitiche e andesitico-basaltiche alternate a livelli piroclastici. Il limite inferiore della Sequenza 3,

che dovrebbe corrispondere al tetto della Formazione del Cixerri, non è identificabile sulle sezioni sismiche acquisite. Pertanto, lo spessore di questa successione vulcanica non è valutabile.

3.2 ASSETTO STRUTTURALE E FAGLIA DI MATZACCARA

L'obiettivo principale dell'acquisizione sismica era quello di accertare e nel caso caratterizzare, la presenza della prosecuzione settentrionale dell'importante Faglia di Matzaccara, chiaramente osservata sulla Linea sismica 105 del rilievo ECBM Carbosulcis (Fig. 7). Ciò al fine di poterla utilizzare come struttura test per verificare il comportamento delle faglie dell'area del Permesso di Ricerca Monte Ulmus in seguito ad iniezione di CO₂.

L'identificazione dei lineamenti tettonici lungo le linee sismiche, è stata notevolmente agevolata dal riconoscimento di un chiaro orizzonte marker che ha permesso di valutare con una certa affidabilità la posizione e il rigetto delle faglie.

Lungo la Linea HR_1, la Faglia di Matzaccara è ben evidente (Tavole 4, 7, 10 e 13) e presenta un rigetto molto inferiore a quello osservato sulla Linea 105. Tale faglia, sepolta al di sotto di poche decine di metri di depositi della Sequenza 1, presenta un piano principale a geometria listrica immergente verso i quadranti orientali ed un rigetto diretto valutabile sulla verticale in circa 80 m al passaggio tra le sequenze 2 e 3, e in circa 40 m verso la superficie, in corrispondenza dell'orizzonte marker (Tavola 13). Sono inoltre osservabili strutture minori da accommodation, antitetiche e sintetiche rispetto al piano principale, con rigetti diretti molto modesti valutabili al massimo in una decina di metri.

Sulla Linea HR_2 (Tavola 5, 8, 11 e 14) l'assetto tettonico risulta diverso, infatti, non è più possibile riconoscere una faglia principale, ma il rigetto diretto, chiaramente osservabile dall'andamento dell'orizzonte marker tra i CDP 300 e 380, viene distribuito su tre strutture indipendenti. La presenza di una zona di deformazione ampia e non di un singolo piano è chiaramente visibile anche sui dati tomografici (vedi Relazione Elaborazione). Il rigetto verticale maggiore, circa 30 m sull'orizzonte marker e 40-45 m in profondità al passaggio tra le sequenze 2 e 3, si osserva in corrispondenza della faglia diretta più orientale (Tavola 14). Nel settore nord-occidentale della Linea HR_2, sono visibili due faglie dirette minori che, con rigetti modesti di circa 10 m, che interessano l'orizzonte marker ribassandolo progressivamente verso i quadranti occidentali.

Sulla Linea HR_3 l'assetto strutturale cambia ulteriormente (Tavole 6, 9, 12 e 15). L'orizzonte marker risulta poco deformato ed interessato solo da faglie dirette con rigetti molto limitati. È però ancora riconoscibile una zona di maggiore deformazione tra i CDP 390 e 470 circa che dovrebbe corrispondere alla prosecuzione della Faglia di Matzaccara. Le faglie identificate in questa zona,

presentano rigetti trascurabili (massimo 10 m) e non è identificabile una loro chiara prosecuzione in profondità. Sempre nell'ambito di questa zona di deformazione, è stata riconosciuta, intorno al CDP 450 e ad una profondità di circa 400 m (260 ms) (Tavole 12 e 15), una faglia diretta con rigetto di circa 35-40 m. Questa struttura, che potrebbe rappresentare la prosecuzione settentrionale della faglia principale osservata sulla Linea HR_2 al CDP 380, non sembra però proseguire né in superficie né in profondità.

In sintesi (Fig. 9), la Faglia di Matzaccara sembra chiaramente riconoscibile come singolo piano di faglia principale solo lungo la Linea HR_1 dove presenta un rigetto di circa 40 m in corrispondenza dell'orizzonte marker e di circa 80 m in profondità al passaggio tra le sequenze 2 e 3. La Linea HR_1 dista all'incirca 1600 m dalla Linea 105, sulla quale la Faglia di Matzaccara presentava un rigetto valutato in diverse centinaia di metri (circa 300). Provando a congiungere idealmente la faglia sulle due linee si ottiene una direzione del piano NNE (tra N15° e N20° circa) molto simile alla struttura tettonica mappata alla base della dorsale vulcanica ubicata ad ovest dell'abitato di Matzaccara (Fig. 10). A nord della Linea HR_1, la Faglia di Matzaccara sembra progressivamente avvicinarsi alla sua terminazione. Il rigetto tende a diminuire e non è più identificabile un piano principale ma una zona di deformazione estesa per circa 150 m, all'interno della quale sono riconoscibili strutture minori indipendenti e a rigetto via via più modesto passando dalla Linea HR_2 alla Linea HR_3.

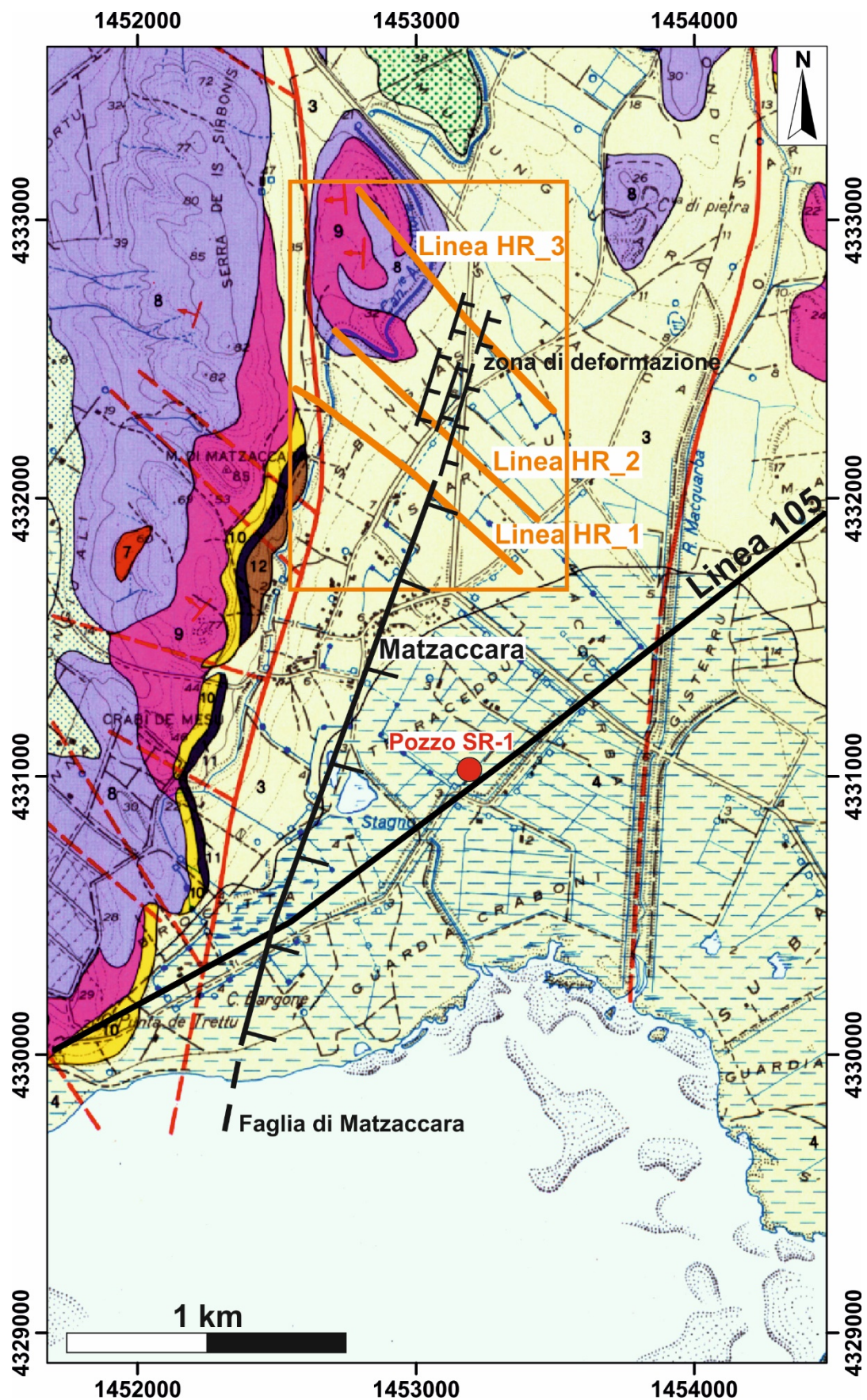


Figura 10 - Faglia di Matzaccara ottenuta congiungendo l'interpretazione effettuata sulle linee sismiche 105 e HR_1. A nord della Linea HR_1 la faglia prosegue verso la sua chiusura come zona di deformazione e non come singolo piano principale.

4. CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'acquisizione sismica effettuata a nord dell'abitato di Matzaccara (giugno-luglio 2016), nell'area centro-occidentale del Permesso di Ricerca Monte Ulmus, era quello di accertare la presenza e nel caso caratterizzare, la prosecuzione settentrionale della Faglia di Matzaccara, identificata in precedenza sulla Linea sismica 105 del rilievo ECBM Carbosulcis.

L'interpretazione delle tre linee sismiche ad alta risoluzione acquisite, basata sul confronto tra dati stack e dati migrati in tempi e in profondità, ha permesso di riconoscere la prosecuzione settentrionale della Faglia di Matzaccara e di caratterizzarne l'assetto strutturale, che era appunto l'obiettivo dell'acquisizione sismica. A tal fine, è stata di fondamentale importanza la chiara identificazione di un orizzonte marker superficiale che ha permesso di valutare con una certa affidabilità la posizione e il rigetto delle faglie. Questo riflettore, la cui presenza è connessa ad un forte contrasto di impedenza acustica, separa successioni caratterizzate da velocità sismiche e quindi da litologie molto differenti: una sequenza superiore (Sequenza 1) a bassa velocità, tra 800 e 1200 m/s, e una sequenza inferiore (Sequenza 2) a velocità elevata, circa 3500 m/s. Tale orizzonte, sulla base dei dati di superficie, di pozzo e di letteratura disponibili, è stato tentativamente correlato, con il tetto della formazione vulcanica denominata Rioliti Iperalcaline di Monte Ulmus/Unità di Monte Ulmus contenuta all'interno della successione del Membro Superiore del Complesso Vulcanico miocenico. Questa attribuzione, così come le correlazioni effettuate con successioni note per le sequenze sismiche riconosciute in questo lavoro, potranno essere confermate solo attraverso l'esecuzione di pozzi che permettano di calibrare il dato sismico. In tal senso, è probabile che il rilievo sismico regionale, che verrà acquisito a breve (settembre-ottobre 2016), consenta di dare una maggiore affidabilità all'interpretazione effettuata.

La Faglia diretta di Matzaccara è ben riconoscibile lungo la Linea HR_1, la più meridionale tra quelle acquisite, dove si presenta come un unico piano di faglia principale su cui si concentra tutto il rigetto, valutato in circa 40 m alla profondità di circa 60-70 m, e in circa 80 a quella di 350 circa. A nord della Linea HR_1, le altre due linee acquisite sembrano documentare la progressiva terminazione della faglia. Quest'ultima non è più identificabile da un piano principale ma da una zona di deformazione all'interno della quale sono riconoscibili più strutture con rigetti diretti che diventano via via più modesti passando dalla Linea HR_2 alla Linea HR_3. Sulla Linea HR_2, nell'ambito della zona di deformazione, sono state riconosciute tre strutture tra le quali la più orientale presenta il rigetto maggiore di circa 30 m in prossimità della superficie e di 40-45 in profondità (circa 380-400 m). Sulla Linea HR_3, invece, nella zona di deformazione sono presenti solo faglie molto superficiali e con rigetto trascurabile. Sempre lungo questa linea sembra essere

presenta, a circa 400 m di profondità, una faglia diretta con rigetto di circa 40 m che potrebbe rappresentare la prosecuzione settentrionale della faglia principale osservata sulla Linea HR_2.

In conclusione, la Faglia di Matzaccara prosegue verso nord, a partire dalla Linea 105, per oltre 2 km con un andamento NNO all'incirca parallelo a quello della struttura posta alla base della dorsale vulcanica ubicata a ovest dell'abitato di Matzaccara e con la quale dovrebbe formare il Sistema di Faglie dirette di Matzaccara che ha generato l'omonimo *half-graben*. La faglia sembra essere prossima alla sua terminazione all'altezza della Linea HR_3, come confermerebbero anche i dati delle prospezioni elettromagnetiche VLF acquisiti nella stessa zona dall'Università di Cagliari.

Infine, ricordiamo che:

- pur essendo l'interpretazione delle strutture tettoniche affidabile, grazie alla presenza dell'orizzonte marker, le faglie riconosciute hanno carattere probabilistico e non deterministico;
- che la conversione da tempi in profondità risulta attendibile solo per i primi 100 m, entro i quali il campo di velocità tomografico è affidabile. Pertanto le sezioni migrate in profondità sono certamente affette da un margine di errore non trascurabile oltre tale profondità;
- l'interpretazione sismo-stratigrafica necessita di una validazione che derivi da informazioni dirette come misure in pozzo e su carote (pozzi a carotaggio continuo), sia per quanto riguarda la litologia delle successioni interpretate, e quindi la loro correlazione con formazioni note, che per le velocità da utilizzare nella conversione in profondità.

5. BIBLIOGRAFIA

Brancolini G., Giustiniani M., van Bergen F., Vandeweyer V., Pluymaekers M. (2009). Report of Work Package 2A.4 “Seismic Interpretation”. ECBM Project, Carbosulcis.

Carbosulcis (1993). Carta Geologica del Bacino carbonifero del Sulcis. Carbosulcis S.p.A.

Carbosulcis (1994). “Il Bacino carbonifero del Sulcis: geologia, idrogeologia, miniera”. Carbosulcis S.p.A., Rimin S.p.A., Montan Consulting GMBH (1990-91), RIMIN S.p.A, 143 pp.

Barca S., Costamagna L. G. (1997). Compressive “Alpine” tectonics in western Sardinia (Italy): geodynamic consequences. *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris*, 325, 791-797, Paris.

Barca S., Costamagna L. G. (2000). Il bacino paleogenico del Sulcis-Inglesiente (Sardegna SW): nuovi dati stratigrafico-strutturali per un modello geodinamico nell’ambito dell’orogenesi pirenaica. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 119, 497-515.

Barca S., Costamagna L. G. (2010). New stratigraphic and sedimentological investigations on the Middle Eocene-Early Miocene continental successions in Southwestern Sardinia (Italy): paleogeographic and geodynamic implications. *Comptes Rendus Geoscience*, 342, 116-125.

Cherchi A. (1983). Presenza dell’Ilerdiano a Alveolinidae ed Orbitolitidae nel bacino paleogenico del Sulcis (Sardegna sud-ovest). *Bollettino Società Sarda Scienze Naturali*, 22, 107-119, Cagliari.

Cherchi A., Montadert L. (1982). Il sistema di rifting oligomiocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo. *Memorie della Società Geologica Italiana*: 24, 387-400.

Ciccu R., Gazzella A., Tilocca C. (2010). Caratterizzazione e prove di miscele di acqua e carbone e sviluppo di un sistema informativo geografico a supporto della scelta di siti idonei allo stoccaggio di CO₂. Report Ricerca di Sistema Elettrico, Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – Enea, Report RdS/2010/20.

Civile D., Giustiniani M., Donda F., Volpi V., Accaino F., Brancolini G., Tinivella U., Persoglia S. (2015). Rielaborazione indagini geofisiche pregresse. Report OGS nell’ambito del Piano Triennale di Realizzazione 2014-2016 del progetto Centro di Eccellenza sull’Energia Pulita della SotaCarbo S.p.A., Linea 2 “Caratterizzazione del bacino del Sulcis per il confinamento della CO₂”.

Cocozza T., Decandia F. A., Gandin A. (1986). Studio geologico stratigrafico e paleogeografico del bacino carbonifero del Sulcis, nel programma di ricerche minerarie di base. *Convenzione Società Carbosulcis e Università di Siena, Relazione inedita*, 88 pp., Siena.

Costamagna L. G., Barca S. (2008). Stratigraphy and depositional architecture of the continental Middle Eocene-Early Miocene successions of Southwestern Sardinia: changing tectostratigraphic significance of the “Cixerri Fm” *Auct. Along times?* *Rendiconti online Società Geologica Italiana*, 3, 270-271.

Costamagna L. G., Schafer A. (2013) The Cixerri Fm (Middle Eocene-Early Oligocene): analysis of a “Pyrenean” continental molassic system in southern Sardinia. *Journal of Mediterranean Earth Sciences, Special Issue* (2013), 41-44.

Fanni S., Murru M., Salvadori I, Sarria E. (1982). Nuovi dati strutturali sul bacino del Sulcis. L'Industria Mineraria, 4, 25-31, Roma.

Foglio CARG 564 Carbonia (in press). ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Murru M., Salvadori A. (1987). Ricerche stratigrafiche sul bacino paleogenico del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Geologica Romana, 26, 149-165, Roma.

Pala A., Anardu V. G. (2012). Carta Geologica Concessione "Monte Sinni" e Permesso di Ricerca "Monte Ulmus". Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Ingegneria delle Georisorse, Cagliari.

Pasci S., Carmignani L., Pisanu G, Sale V. (in press). Note illustrative del Foglio 564 "Carbonia della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000,". Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Pecorini G., Pomesano Cherchi A. (1969). Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Memorie Società Geologica Italiana, 8, 421-451, Roma.