

a.favaloro2@unimib.it
Antonio Favaloro
881198

Rilevamento Geologico-Campagna Geologica I
27 agosto-1° settembre 2023
Prof. Sergio Andò-Unimib

Campagna geologica I
“Capo Milazzo e la sua storia geologica”



Indice

1. Introduzione.....	5
1.1 Introduzione geografica.....	5
1.2 Introduzione geologica	7
2. Stop studiati	9
Stop 1: Spiaggia del Tono.....	9
.....	9
Stop 2: "La Madonnina".....	10
Stop 3: Notch di punta del Tono	10
Stop 4: Prima tasca di marne e arenarie	11
Stop 5: Marmitte dei giganti	12
Stop 6: Area Marina Protetto di Capo Milazzo	13
Stop 7: Fianco Nord delle Piscine di Venere	14
Stop 8: Falesia fossilifera delle Piscine di Venere	16
Stop 9: Busto di Filippo del Bono	16
Stop 10: Panchina di ponente.....	17
Stop 11: Casette dei pescatori	18
Stop 12: Limite conglomerato-calcare	18
Stop 13: Fine sentiero	19
Stop 14: Spiaggia del Covo degli Dei	19
Stop 15: Filone di pegmatite e quarzite	22
Stop 16: Scalinata di pietre rosse	23
Stop 17: Coralli in posizione di vita	25
Stop 18: Tre pietracce	25
Stop 19: Baia di Sant'Antonio	27
Stop 20: Grotta	27
Stop 21: Punta Mazza	28
Stop 22: Faglia della Città dei Bambini	29
Stop 23: Chiesa di San Francesco	29
Stop 24: Vista del castello	30
Stop 25: Castello Nord	30
Stop 26-27: Faglie e contatto basamento metamorfico e cemento	31
3. Tavole	32
3.1 Tavola rocce-minerali I	32
3.2 Tavola rocce-minerali II	33
3.3 Tavola fossili I.....	34

<i>3.4 Tavola fossili II</i>	35
<i>3.5 Tavola fossili III.....</i>	36
<i>3.6 Tavola fossili IV</i>	37
4. Colonnina stratigrafica.....	38
5. Dati stratigrafici	39
<i>5.1 Stratigrafia Marne-Formazione di Rometta.....</i>	39
<i>5.2 Stratigrafia calcilutiti e arenarie grigie</i>	39
<i>5.3 Proiezioni stereografiche: marne</i>	40
<i>5.4 Proiezioni stereografiche: calcilutiti e arenarie grigie</i>	40
6. Dati strutturali.....	41
<i>6.1 Faglie</i>	41
<i>6.2 Pieghe.....</i>	42
<i>6.3 Proiezioni stereografiche</i>	42
8. Conclusione	44
9. Bibliografia	44

Indice figure

<i>Figura 1. Visualizzazione 3D di Capo Milazzo osservata dal mare</i>	5
<i>Figura 2. Moti delle correnti all'interno dello Stretto di Messina</i>	6
<i>Figura 3. Visualizzazione della batimetria lungo lo Stretto di Messina</i>	6
<i>Figura 4. Schema dei fronti tetttonici nel Mediterraneo Centrale</i>	7
<i>Figura 5. Schema tettonico dei bacini di tipo oceanico e archi vulcanici del tirreno meridionale</i>	8
<i>Figura 6. Affioramento a ridosso della Spiaggia del Tono</i>	9
<i>Figura 7. Vista d'insieme delle faglie 1-2-3</i>	9
<i>Figura 8. Migmatite</i>	10
<i>Figura 9. Roccia magmatica</i>	10
<i>Figura 10. Pegmatite</i>	10
<i>Figura 11. Anfibolite</i>	10
<i>Figura 12. Solco di battente o notch</i>	11
<i>Figura 13. Boudinage</i>	11
<i>Figura 14. Cirripedi (balani) incrostanti su notch di 2,5m</i>	11
<i>Figura 15. Marne gialle calcaree</i>	12
<i>Figura 16. Grotta</i>	13
<i>Figura 18. Filone sedimentario</i>	13
<i>Figura 19. Filone pegmatitico</i>	13
<i>Figura 20. Cartellonistica AMP (Area Marina Protetta) di Capo Milazzo – zona B-Bs</i>	14
<i>Figura 21. Limite geologico tra Calcare</i>	14
<i>Figura 22. Fori (tana) di litodomi</i>	14
<i>Figura 22b. Fori (tana) di litodomi</i>	14
<i>Figura 23. Calciolititi rosa con interni</i>	15
<i>Figura 24. Arenaria grossolana con frammenti di</i>	15
<i>Figura 25. Tasca di erosione a marne vista da vicino</i>	16
<i>Figura 26. Bancata carbonatica e tasca di erosione a marne vista a maggiore distanza</i>	16
<i>Figura 27. Scoglio della portella a breccia carbonatica</i>	17
<i>Figura 28. Limite basamento metamorfico – calcari</i>	17
<i>Figura 29. Limite tra conglomerato metamorfico e breccia carbonatica</i>	18
<i>Figura 30. Limite tra conglomerato e calcare</i>	19
<i>Figura 31. Inizio applicazione dell'Area</i>	20
<i>Figura 32. Suddivisione dell'area in</i>	20
<i>Figura 33. Suddivisione finale dell'area in</i>	20
<i>Figura 34. Suddivisione per litologie dei campioni selezionati</i>	20
<i>Figura 35. Risultati proiettati su un diagramma ternario</i>	21
<i>Figura 36. Granati cristallini</i>	22
<i>Figura 37. Affioramento fagliato</i>	22
<i>Figura 38. Filoni pegmatitici e quarzitici</i>	22
<i>Figura 39. Vista dell'affioramento "Scalinata di pietre rosse" da lontano</i>	23
<i>Figura 40. Affioramento "Scalinata di pietre rosse" da vicino</i>	23
<i>Figura 42. Strato a clasti metamorfici</i>	24
<i>Figura 41. Ciclicità nella deposizione</i>	24
<i>Figura 43. Copertura della morfologia originaria e adattamento</i>	24
<i>Figura 44. Coralli in posizione di vita</i>	25
<i>Figura 45. Stratificazione ad arenarie e marne a</i>	26
<i>Figura 46. Visione da vicino dell'alternanza tra livelli</i>	26
<i>Figura 47. Foraminiferi</i>	26
<i>Figura 48. Foraminiferi visti con lente di ingrandimento 10mm x 21mm</i>	26
<i>Figura 49. Piega in anfibolite</i>	27
<i>Figura 50. Faglie e strutture sigma ed S-C al di fuori della grotta</i>	27
<i>Figura 51. Vista da lontano dell'affioramento di Punta Mazza</i>	28
<i>Figura 52. Faglie di Punta Mazza</i>	28
<i>Figura 53. Piscina naturale con notch, suolo vulcanico e terrazzo tirreniano</i>	28
<i>Figura 54. Marne a contatto con breccia</i>	29
<i>Figura 55. Faglie in affioramento e roccia brecciata</i>	29
<i>Figura 56. Grande parete con basamento metamorfico, breccia metamorfica e calcarea al di sotto del castello di Milazzo. Visibile paleodepressione</i>	30
<i>Figura 57. Breccia calcarea</i>	30
<i>Figura 58. Vista castello lato nord</i>	31
<i>Figura 59. Faglia 1</i>	31
<i>Figura 60. Faglia 2.1 e 2.2</i>	31
<i>Figura 61. Limite tra basamento metamorfico e breccia carbonatica</i>	31

1. Introduzione

1.1 Introduzione geografica

Capo Milazzo, prominenza estesa per circa 3,5 chilometri all'estremo nord della Sicilia, delimita il Golfo di Milazzo a ovest, separandolo dal Golfo di Patti a est. È situato ai piedi dei Monti Peloritani, che sono parte integrante dell'ampio sistema noto come l'Arco Calabro-Peloritano. La catena montuosa abbraccia la provincia di Messina e si estende per un totale di 65 chilometri in direzione est-ovest, partendo da Capo Peloro e proseguendo verso i Monti Nebrodi.

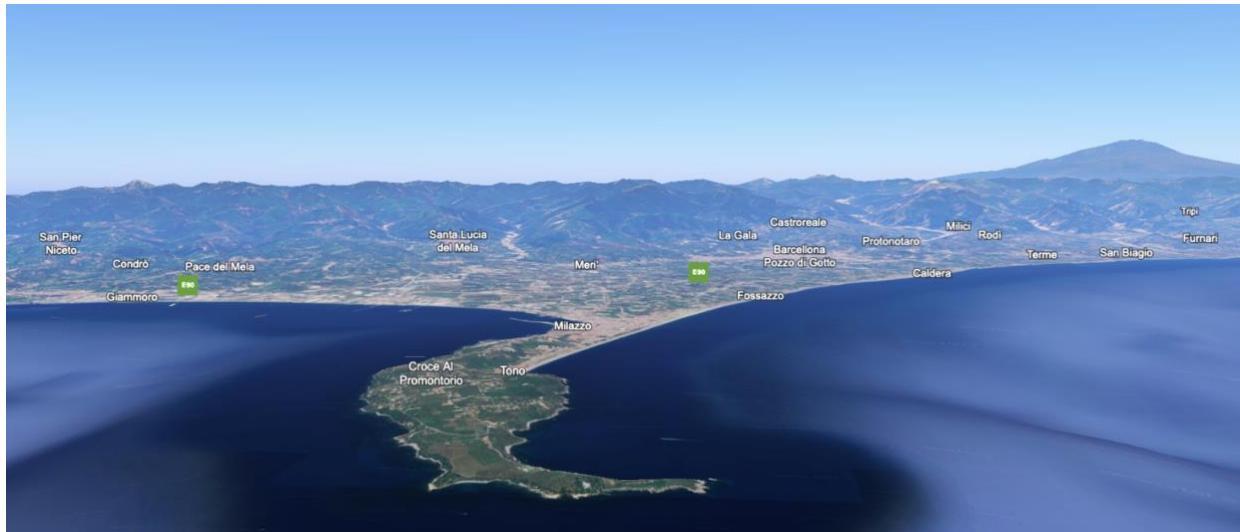


Figura 1. Visualizzazione 3D di Capo Milazzo osservata dal mare

I Monti Peloritani sono geomorfologicamente caratterizzati da profonde valli incise che terminano dove la terra incontra il mare. Le cosiddette ‘fiumare’ sono corsi d’acqua che possono fluire attraverso queste valli, e nonostante rappresentino un’importante risorsa idrica per la regione, possono anche rivelarsi la causa di disastri naturali. Le fiumare sono infatti state una minaccia storica per le comunità costiere; le piogge torrenziali nelle regioni montuose sono in grado di innescare alluvioni improvvise, causando danni e pericoli nelle zone limitrofe. Un esempio noto è la terribile alluvione del 1951 in Calabria, quando l’esondazione del fiume Crati causò ingenti danni e numerose vittime.

Capo Milazzo si trova in prossimità dello Stretto di Messina, unica via d’acqua che separa la Sicilia dalla Calabria. Lo stretto presenta una lunghezza di circa 33 chilometri e una larghezza variabile che oscilla tra i minimi di 3,2 chilometri e i massimi di 15 chilometri, collegando il Mar Tirreno a ovest con il Mar Ionio a est.

Nel cuore dello Stretto di Messina si registrano potenti correnti marine, e le ragioni risiedono nelle interazioni tra Mar Tirreno e Mar Ionio. Le acque del Mar Tirreno, più calde e salate, si contrappongono a quelle del Mar Ionio, caratterizzate da temperature più fredde e una salinità leggermente più bassa. Il risultato sono incessanti correnti marine. Durante il ciclo delle maree si verificano due principali tipi di correnti:

- la corrente scendente, che si sviluppa quando le acque del Mar Tirreno fluiscono verso il Mar Ionio durante l'alta marea settentrionale.
- la corrente montante, che si manifesta quando il Mar Ionio ha alta marea e le sue acque si riversano nel Tirreno, seguendo una direzione da sud a nord.

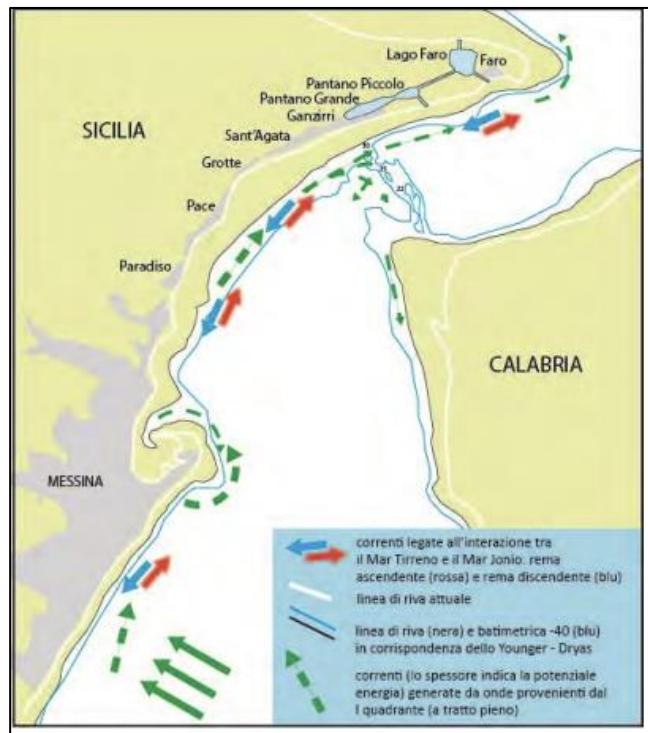


Figura 2. Moti delle correnti all'interno dello Stretto di Messina

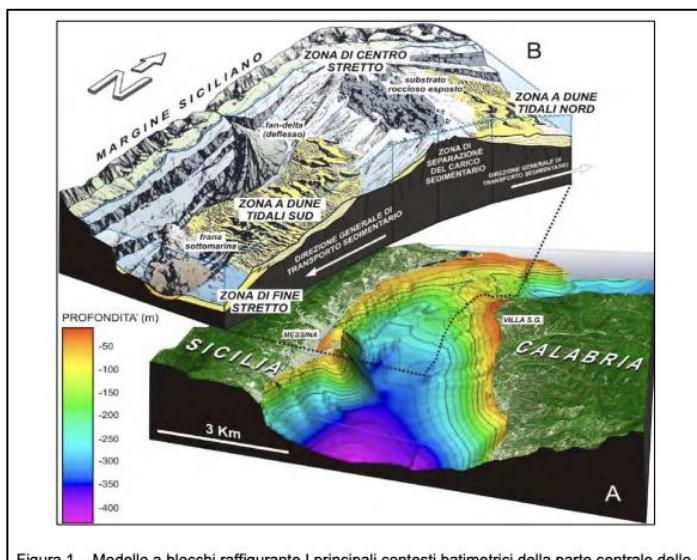


Figura 1 – Modello a blocchi raffigurante i principali contesti batimetrici della parte centrale dello stretto di Messina (da Longhitano, 2018).

Figura 3. Visualizzazione della batimetria lungo lo Stretto di Messina

installazione di impianti energetici da parte dell'Eni non riuscirono infatti a massimizzare l'efficienza delle correnti, rendendo di fatto il progetto insostenibile.

Le correnti di marea raggiungono velocità superiori ai 2,5 metri al secondo che, se sfruttate, potrebbero produrre 125 gigawattora di elettricità all'anno: quanto servirebbe per soddisfare il fabbisogno della città di Messina. Tra i vari tentativi di estrazione energetica spicca l'esempio di SeaPower, società legata all'Università di Napoli Federico II, che ha intenzione di installare nello stretto un sistema (un aquilone sottomarino) per convertire l'energia cinetica delle maree in energia elettrica.

In passato ci fu un tentativo di sfruttare questa preziosa e sostenibile risorsa energetica, ma senza ottenere risultati economicamente sostenibili. I progetti di

1.2 Introduzione geologica

La regione di Capo Milazzo riveste un'importanza all'interno del sistema dell'Arco Calabro - Peloritano offrendo preziosi spunti sugli intricati processi di subduzione e attività vulcaniche che hanno influenzato il paesaggio della regione mediterranea. Quest'area fa parte della catena alpina, che si interseca con la catena Appenninico – Magrebide contribuendo all'espansione del Mar Tirreno attraverso subsidenza e progressivo allargamento nel tempo.

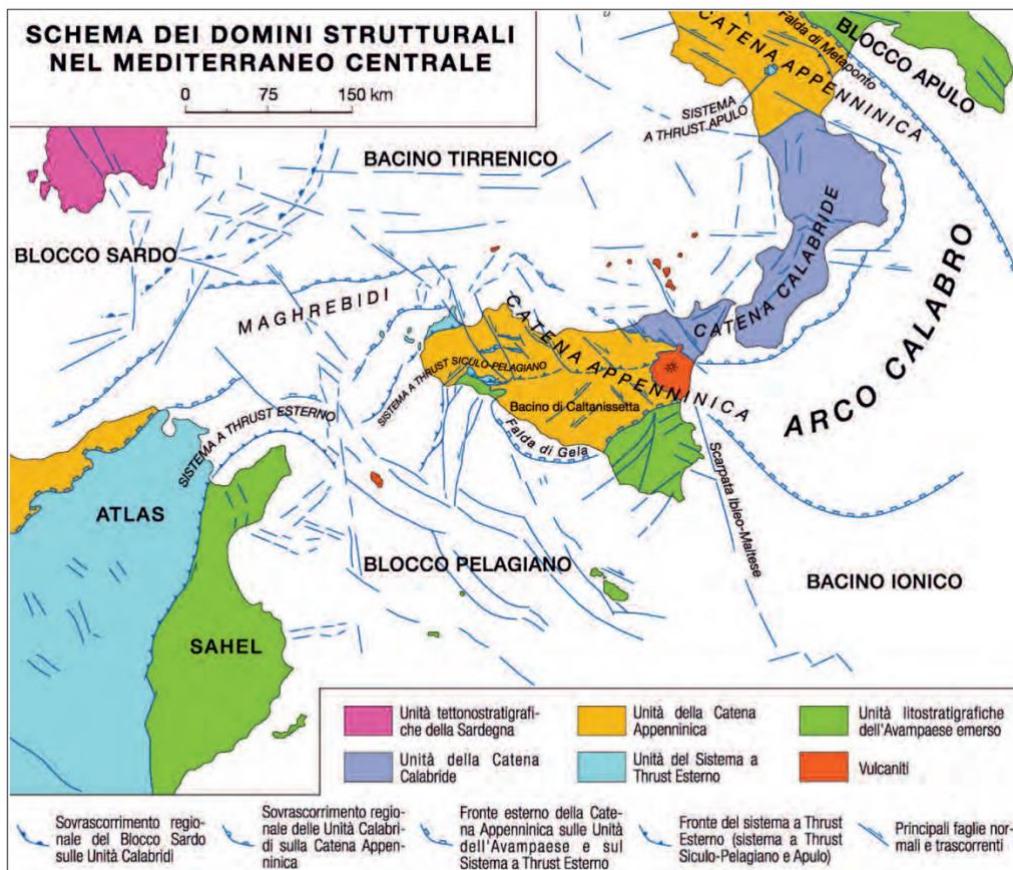


Figura 4. Schema dei fronti tettonici nel Mediterraneo Centrale

L'evoluzione di Capo Milazzo è strettamente legata alla chiusura dell'Oceano Tetide durante il Giurassico e ai successivi movimenti tettonici che hanno modellato la formazione dell'Italia. Inizialmente collegata alla Sardegna e alla Corsica come parte dell'Arco Calabro – Peloritano, questa regione subì modifiche durante il periodo dell'Eocene circa cinquanta milioni di anni fa agli inizi del processo di subduzione tra la placca Africana e la placca Euroasiatica; in particolare la placca Africana va in subduzione sotto la placca Euroasiatica. Questi eventi di subduzione innescarono processi che portarono ad un regime estensionale cruciale per l'apertura del Mar Tirreno, innescando anche un movimento in senso antiorario che coinvolse Sardegna, Corsica e Sicilia che quindi si separarono.

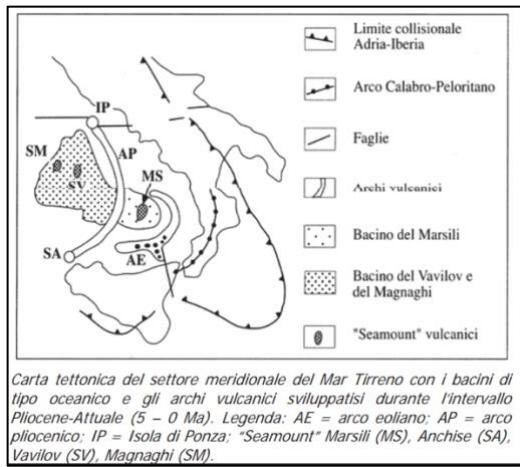


Figura 5. Schema tectonico dei bacini di tipo oceanico e archi vulcanici del tirreno meridionale

Nel periodo miocenico una diminuzione dei tassi di subduzione portò ad una variazione del regime tectonico da estensionale a compressivo. Questo cambiamento è indicato dall'emergere di terrazzi marini lungo il promontorio, che non sono causati dai semplici fattori eustatici, ma piuttosto a seguito di significativi episodi sismici che hanno causato il sollevamento del terreno.

Il regime di subduzione ha un impatto notevole sull'attività sismica della regione. Le pressioni generate dai movimenti delle placche possono essere improvvisamente rilasciate, innescando eventi sismici. La regione è infatti caratterizzata da faglie, come la faglia di Malta e la faglia di Alfeo dell'Etna, che contribuiscono alla sua sismicità. Queste strutture di faglia sono spesso collegate a terremoti, come il tristemente noto evento sismico del 1908 nello Stretto di Messina, che sottolinea quanto geologicamente fragili siano queste regioni.

La stratigrafia e la composizione del sito ne rivelano la natura attraverso una serie di rocce presenti - metamorfiche, magmatiche e sedimentarie - ciascuna delle quali offre approfondimenti sulla sua evoluzione geologica. La stratigrafia in questa località è diversificata ed elaborata e comprende unità che vanno dai depositi dell'era Carbonifero a quelli del periodo dell'Olocene.

Il basamento della regione, costituita dalle Metamorfiti dell'unità dell'Aspromonte si è formato, circa 300-350 milioni di anni fa, per effetto dell'orogenesi Ercinica. Strati di sedimenti sovrastanti come brecce e depositi con caratteristiche terrazzate mostrano invece un ambiente deposizionale in continuo cambiamento. Le formazioni marnose suggeriscono un ambiente marino con livelli energetici bassi dove prosperavano brachiopodi pelagici e octocoralli. D'altra parte, i depositi terrazzati, contenenti bivalvi dal guscio robusto, risalgono ad un recente periodo interglaciale testimoniando un'energia deposizionale più elevata.

2. Stop studiati

27 agosto 2023

Stop 1: Spiaggia del Tono

A Spiaggia del Tono è possibile avvistare una formazione rocciosa, alta circa 70-80 metri, in cui sono individuabili tre faglie distinte;

1. Una faglia inclinata di circa 55° e immersa verso sud-est.
2. Un altro faglia con immersione affine alla faglia 1. Con un'inclinazione leggermente inferiore.
3. Una faglia con inclinazione sub-verticale.

L'esistenza di faglie con angolazioni diverse e quasi verticali indica movimenti avvenuti nel passato che hanno portato all'innalzamento della struttura e hanno influenzato la formazione dell'area costiera.

Una caratteristica suggestiva di questo punto di avvistamento è infatti il terrazzo marino che si affaccia sulla spiaggia, delimitato da una scarpata rocciosa digradante verso il mare. Dalla spiaggia sono inoltre avvistabili blocchi di varie dimensioni, con materiale più chiaro o scuro a seconda dell'altezza della parete. Per descrivere in maniera più dettagliata la composizione sarà necessario appropiarsi alla parete.

La spiaggia stessa, invece, è costituita prevalentemente da sabbia, ghiaia e ciottoli di origine metamorfica, trasportati nel tempo dai corsi d'acqua originatesi nei Monti Peloritani. Il processo di trasporto fluviale mostra come l'erosione e la deposizione abbiano avuto un importante ruolo nella modellazione del paesaggio nel corso della storia.



Figura 6. Affioramento a ridosso della Spiaggia del Tono



Figura 7. Vista d'insieme delle faglie 1-2-3

Stop 2: “La Madonnina”

Avvicinandoci alla formazione avvistata nello stop 1, siamo in grado di attuare osservazioni più precise sulla composizione mineralogica e petrografica attraverso un rapido campionamento:

1. Migmatite: con biotite e quarzo; si tratta di una roccia metamorfica di alto grado, ovvero formatasi a importante profondità con condizioni di pressione e temperatura elevate.
2. Granodiorite: con plagioclasio, quarzo e pirite; si tratta di una roccia metamorfica
3. Pegmatite: con biotite, quarzo e muscovite; si tratta di una roccia ignea a grana grossa.
4. Anfibolite: con plagioclasio e anfibolo; si tratta di una roccia metamorfica di medio grado in facies anfibolitica.

Il 75% delle rocce campionate sono metamorfiche, e nonostante il campionamento sia sommario e quindi possibilmente forviante, possiamo comunque fare delle osservazioni a riguardo.

Le rocce predominanti in quest’area sono caratterizzate da una matrice carbonatica in cui si riconoscono prevalentemente elementi angolosi di natura metamorfica. Questa matrice deriva dai sedimenti marini del Miocene, testimoniando un lungo periodo di deposizione e successiva litificazione. La tipologia di rocce metamorfiche campionate, fa inoltre dedurre che le condizioni di pressione e temperatura di formazione, fossero generalmente di alto grado.

La presenza di faglie nella regione evidenzia l’attività tettonica. Queste strutture fagliate oltre a marcare i confini tra diversi tipi di roccia, rivelano anche i movimenti tettonici del passato. L’assenza di indicatori rende complicata la ricostruzione della cinematica della faglia, le brecce di faglia (cataclasiti) però, ci aiutano a delimitare la zona di scorrimento.



Figura 8. Migmatite



Figura 9. Roccia magmatica
con quarzo, plagioclasio e pirite



Figura 10. Pegmatite



Figura 11. Anfibolite

Stop 3: Notch di punta del Tono

Il terzo stop del percorso geologico a Punta del Tono mette in luce le interazioni tra i processi erosivi marini e le strutture geologiche del promontorio.

Una caratteristica notevole di questo sito è infatti la presenza di solchi di battente o "notch". Questi solchi sono depressioni concave scolpite nella roccia attraverso la costante azione delle onde lungo la linea di battigia. Nonostante possano apparire come dei semplici prodotti di processi erosivi, il loro studio fornisce invece dati preziosi sui livelli storici del mare e sulla dinamica erosiva locale.

Ad esempio, l'osservazione che i solchi di battente in questo stop si trovino al di sopra del livello del mare, è un indicatore di notevole importanza perché fa presumere un possibile sollevamento tettonico del promontorio negli ultimi millenni, un evento comune in aree geologicamente attive come la Sicilia.

Inoltre, questa posizione vanta di una serie di affioramenti rocciosi approcciabili su cui è quindi possibile attuare delle osservazioni di natura più geologica. Le rocce di questo sito raccontano infatti una storia di deformazione e metamorfismo, le pieghe e le strutture di boudinage osservate, ad esempio, indicano forze complessive e distensive che hanno agito sulla crosta terrestre e che hanno modellato il paesaggio in risposta a eventi sismici e movimenti tettonici.

Per approfondire la questione, analizzare la composizione mineralogica e la tessitura delle rocce, può aiutare alla deduzione delle condizioni di pressione e temperatura originarie. Ad esempio, la presenza di minerali, come orneblenda e plagioclasio, nelle anfiboliti indica un ambiente di metamorfismo di facies anfibolitica, tipicamente legata a condizioni di alta temperatura.



Figura 12. Solco di battente o notch



Figura 13. Boudinage



Figura 14. Cirripedi (balani) incrostanti su notch di 2,5m

Stop 4: Prima tasca di marne e arenarie

La quarta tappa ci conduce in un'area dedicata allo studio dei terrazzi marini e della stratigrafia sedimentaria del Quaternario.

La nostra attenzione è attratta dalla sequenza di piattaforme costiere rialzate, propriamente chiamati terrazzi marini. La formazione di quest'ultimi è riconducibile ai processi di sollevamento tettonico combinati con l'abbassamento del livello del mare, fornendo prova delle fluttuazioni storiche del livello del mare e facendo luce sull'attività tettonica nella regione del Mediterraneo durante l'era del Pleistocene.

I terrazzi presenti a Capo Milazzo sono costituiti da sabbia, ghiaia e ciottoli arrotondati depositati in ambiente marino poco profondo. Questi sedimenti risalgono a circa 125.000 anni fa durante il "MIS 5.5" un periodo interglaciale caratterizzato da condizioni climatiche leggermente più calde.

Osservando l'alternanza di strati di marne e arenarie viene alla luce un ambiente modellato dalle correnti marine e dalle forze erosive.

Le marne, fangose e costituite principalmente da fossili di foraminiferi, suggeriscono la deposizione in un ambiente idrodinamico a bassa energia, tipico degli ambienti marini profondi. Gli strati di arenaria mostrano dimensioni granulometriche variabili e presentano una stratificazione parallela. Le differenze nello spessore degli strati sono comunemente associate ai cicli di Milankovic, che spiegano i ciclici cambiamenti del clima e quindi del paesaggio su scala geologica.

Dal punto di vista paleontologico invece, il ritrovamento di fossili come brachiopodi e coralli fuori dalle loro posizioni di vita (rimaneggiati) suggerisce che siano stati trasferiti da processi di trasporto sedimentario. Infatti, questi organismi, inizialmente insediati nei fondali marini, furono successivamente veicolati a causa di movimenti tettonici o meccanismi di erosione.



Figura 15. Marne gialle calcaree

Stop 5: Marmitte dei giganti

Il quinto stop ci porta a Punta Rotolo, area che funge da esempio di come i processi naturali modellino il paesaggio costiero attraverso l'erosione e la sedimentazione.

Le piccole depressioni a forma di pozzo trovate a Punta Rotolo sono strutture scavate dal continuo impatto delle onde e prendono il nome di Marmitte dei Giganti. Queste cavità si originano e si espandono quando le rocce vengono consumate dal movimento vorticoso di sassi e ciottoli trasportati dalle onde. La presenza di queste formazioni a Punta Rotolo è significativa in quanto indica fenomeni di erosione meccanica dovuti dall'azione marina, accentuati durante le mareggiate.

Esplorando la parte più a sud di questo sito è possibile individuare e addentrarsi dentro grotte poco profonde. Un aspetto intrigante è la relazione tra la presenza di fratture e faglie che attraversano le formazioni rocciose e la concomitante presenza di grotte. Questa peculiarità può trovare una spiegazione nell'analisi della variazione della resistenza nelle zone di faglia, che sappiamo indebolire l'area interessata, permettendo più facilmente la formazione di grotte.



Figura 16. Grotta



Figura 17. Filone sedimentario



Figura 18. Filone pegmatitico

Stop 6: Area Marina Protetto di Capo Milazzo

Il sesto stop del nostro percorso geologico ci porta all'Area Marina Protetta di Capo Milazzo, istituita per salvaguardare la vita marina e le caratteristiche geologiche lungo questo tratto di costa siciliana.

L'Area Marina Protetta si estende su una porzione di costa dove emergono:

- Una roccia sedimentaria carbonatica, ricca di fossili con matrice a granulometria fine di color biancastro, definibile come Rudstone; suggerendo eventi deposizionali come frane o colate detritiche.
- Contatto irregolare e graduale tra la breccia calcarea e un'arenaria costituita da basamento metamorfico. La presenza di arenarie, formate da particelle di sabbia compattate, suggerisce la deposizione in ambienti fluviali o oceanici poco profondi

Le due litologie si collocano direttamente sopra la roccia di basamento, visibile nella parte a più bassa quota del sentiero. Tra il basamento di età ercinica e le formazioni soprastanti appartenenti al periodo neogenico, si registra un gap temporale pari a circa 300 mln di anni.

Un aspetto chiave di questo sito è l'analisi fossilifera di queste rocce; contenenti nella parte iniziale del percorso cirripedi, bivalvi e tracce di alghe, offrono uno spaccato sulla vita che un tempo prosperava qui. L'analisi però non si arresta al riconoscimento dei fossili ma si sviluppa per ricavare indizi sulle condizioni ambientali dell'epoca. Questa zona documenta infatti un ambiente marino profondo circa 500 m, simile a quello degli atolli corallini, con fasi di accrescimento carbonatico e fasi di deposizione gravitativa carbonatica.

Le connessioni tra i tipi di roccia e l'ecosistema marino nelle vicinanze sono chiaramente visibili attraverso le variazioni nei resti fossiliferi e nella distribuzione dei sedimenti lungo la costa, sottolineando l'importanza di salvaguardare interamente questi ambienti per mantenere la loro diversità geologica ed ecologica.

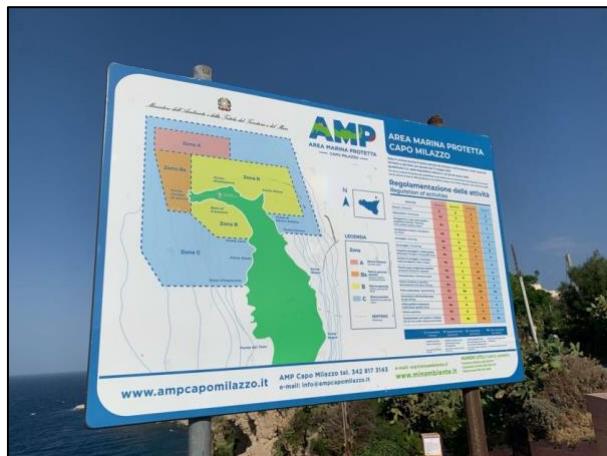


Figura 19. Cartellonistica AMP (Area Marina Protetta) di Capo Milazzo – zona B-Bs



Figura 20. Limite geologico tra Calcare



Figura 21 e 22b. Fori (tana) di litodomi



massivo e conglomerati. Visibile polarità

normale nella deposizione

Stop 7: Fianco Nord delle Piscine di Venere

Quest'area offre l'opportunità di analizzare il punto d'incontro di tipi di rocce diverse, offrendo preziose informazioni sulla storia della regione.

Descrizione dei 3 tipi di roccia e della tasca a Punta Gamba di Donna, in grado di fornirci uno spaccato sui processi geologici in atto nella zona;

1. Arenaria alterata; Questa roccia rivela segni di metamorfismo. Originariamente di natura sedimentaria, l'arenaria ha subito cambiamenti sotto pressione e temperatura risultando in una struttura più densa e compatta.

2. Calcilutite; Costituita da calcite granulosa, questa roccia sedimentaria indica un ambiente marino di bassa energia dove è avvenuta la deposizione. Gli strati definiti con contenuto fossile, in particolare bivalvi e briozoi, riflettono le condizioni marine passate e i cambiamenti nell'era miocenica.
3. Roccia carbonatica brecciata; Formatosi cementando frammenti di roccia con una matrice, questo tipo di roccia indica attività geologiche tumultuose, come frane sottomarine o colate detritiche che hanno rimescolato e compattato le rocce in questo sito.
4. Tasca di marne plio-pleistoceniche; paleo-depressione riempita da brecce e arenarie (con stratificazione piano-parallela).

La conformazione del paesaggio di Punta Gamba di Donna è inoltre significativamente influenzata dai processi di erosione e deposizione. Lungo la costa è indice di questi fenomeni la presenza delle marmitte dei giganti, che si formano per l'azione delle onde e per l'abrasione dei detriti.

L'interazione tra i tipi di roccia e i meccanismi di erosione/deposizione ha dato origine a un terreno geologico che contiene informazioni chiave sull'intricato passato geologico di Capo Milazzo.



Figura 22. Calcilutiti rosa con interni
briozoi della specie *Halimeda tuna*

Figura 23. Arenaria grossolana con frammenti di
bivalvi



Figura 24. Tasca di erosione a marne vista da vicino



Figura 25. Bancata carbonatica e tasca di erosione a marne vista a maggiore distanza

Stop 8: Falesia fossilifera delle Piscine di Venere

Lo studio di questa area si è concentrato sull'analisi fossilifera di alcuni blocchi rinvenuti in una posizione diversa rispetto a quella originaria. L'accumulo di fossili in quest'area non è casuale ma è strettamente legato al ruolo delle faglie e fratture nella sedimentazione. Le fratture, infatti, possono creare canali preferenziali di deposizione, ed è proprio il caso di questo stop, che presenta fratture parallele alla faglia avvistata nello stop 7, influenzanti la distribuzione e la conservazione dei sedimenti. Oltre a creare ambienti di deposizione preferenziali, le fratture possono essere anche responsabili di una migliore conservazione di questi sedimenti, creando microambienti con esposizione erosiva minore.

Tra i fossili osservati:

- Brachiopodi
- Bivalvi madreperlacei
- Coralli solitari
- Gasteropodi
- Frammenti di colonie di coralli
- Corallo bambù
- Echinodermi

Per immagini e descrizioni fossili vedi: [Tabelle fossili](#)

Stop 9: Busto di Filippo del Bono

Lo stop 9 ci porta allo Scoglio della Portella, su cui da lontano siamo in grado di fornire qualche osservazione riguardo la sua litologia; è visibile la superficie di contatto erosiva tra:

- breccia carbonatica
- basamento metamorfico

Andando a certificare la continuità geologica della zona.



Figura 26. Scoglio della portella a breccia carbonatica

Stop 10: Panchina di ponente

La parete osservabile dal sentiero mette in risalto il contatto tra:

- brecce calcaree (5m)
- anfiboliti scure del basamento metamorfico (25m)

In questo caso la vegetazione svolge un ruolo importante nell'aiuto dell'identificazione delle due diverse litologie; infatti dove cessa di crescere il manto vegetale è dove avviene il contatto tra le litologie (il limite è irregolare a causa dell'attività erosiva).

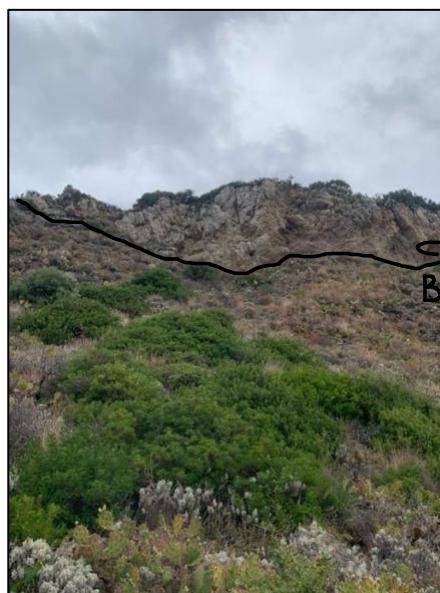


Figura 27. Limite basamento metamorfico – calcari

Stop 11: Casette dei pescatori

La parete affiorante sulle casette dei pescatori enfatizza il contatto tra:

- Breccia carbonatica
- Conglomerato metamorfico
- Basamento metamorfico

La storia geologica celata da questa parete rocciosa può essere riassunta con il seguente schema evolutivo:

1. Sollevamento tettonico del basamento metamorfico che col tempo subisce erosione.
2. Deposizione di sedimenti di origine continentale (assenza fossilifera) che andranno a formare i conglomerati.
3. Dopo il sollevamento e l'erosione iniziale, si stabiliscono nuovi livelli stratigrafici e i fenomeni gravitativi favoriscono la deposizione dei sedimenti. Questi processi conducono alla formazione delle brecce carbonatiche, che indicano una successiva fase di sedimentazione in ambiente marino.



Figura 28. Limite tra conglomerato metamorfico e breccia carbonatica

Stop 12: Limite conglomerato-calcare

Il dodicesimo stop del nostro percorso geologico è focalizzato sullo studio dei contatti tra:

- Breccia carbonatica
- Conglomerato metamorfico

offrendo una finestra preziosa sulla storia deposizionale e tettonica dell'area.

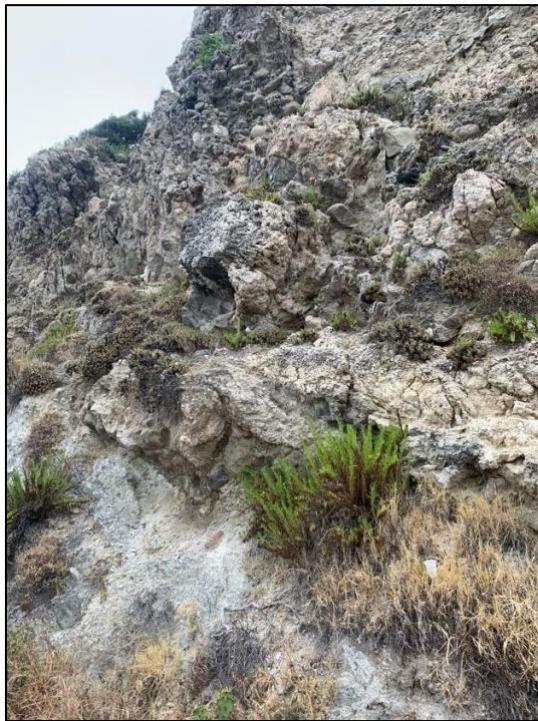


Figura 29. Limite tra conglomerato e calcare

Stop 13: Fine sentiero

Alla terminazione del sentiero si osservano strati di conglomerati e arenarie con una netta orientazione, la cui genesi è presumibilmente associata ad antichi corsi fluviali.

Stop 14: Spiaggia del Covo degli Dei

L'obiettivo di questo stop è realizzare un'analisi quantitativa delle diverse composizioni litologiche presenti sulla spiaggia. La metodologia si basa sulla tecnica dell'area-metodo che può essere sintetizzata nel seguente modo:

1. Preparazione dell'area di interesse e costruzione della griglia: nel nostro caso l'area che analizzeremo è relativamente limitata (meno di 1 metro quadrato). La scelta è stata fatta in base alla sua apparente eterogeneità e per la sua posizione non eccessivamente prossima al mare, né eccessivamente distante da esso, per prevenire possibili risultati biasati.
2. Line-counting:
 - Una griglia di linee è posizionata sopra l'area di interesse
 - Viene contato il numero di intersezioni tra le linee della griglia e quali rocce vi si trovano
3. Point-counting:
 - Una griglia di punti è posizionata in corrispondenza dell'area di interesse
 - Viene contato il numero dei punti e quali rocce vi si trovano



Figura 30. Inizio applicazione dell'Area Method; costruzione di una prima cornice per definire un'area su cui applicare il metodo

Figura 31. Suddivisione dell'area in esame tramite linee

Figura 32. Suddivisione finale dell'area in quadranti (griglia finale)

4. Analisi dei dati: le frequenze calcolate (trasformabili in percentuali) riflettono la teorica composizione litologica della spiaggia.



33. Suddivisione per litologie dei campioni selezionati

5. Risultati:

Campione	Frequenza	Percentuale
Roccia metamorfica di alto grado a biotite e quarzo	7	35%
Quarzite	5	25%
Micascisti	4	20%
Migmatite	2	10%
Calcarei biogenici	2	10%

6. Analisi dei risultati: in quanto l'area di analisi è poco estesa, bisogna interpretare i dati con cautela. I risultati forniscono un'indicazione generale della composizione della spiaggia del Covo degli Dei, sottolineando la maggior presenza di ciottoli legati al basamento metamorfico.

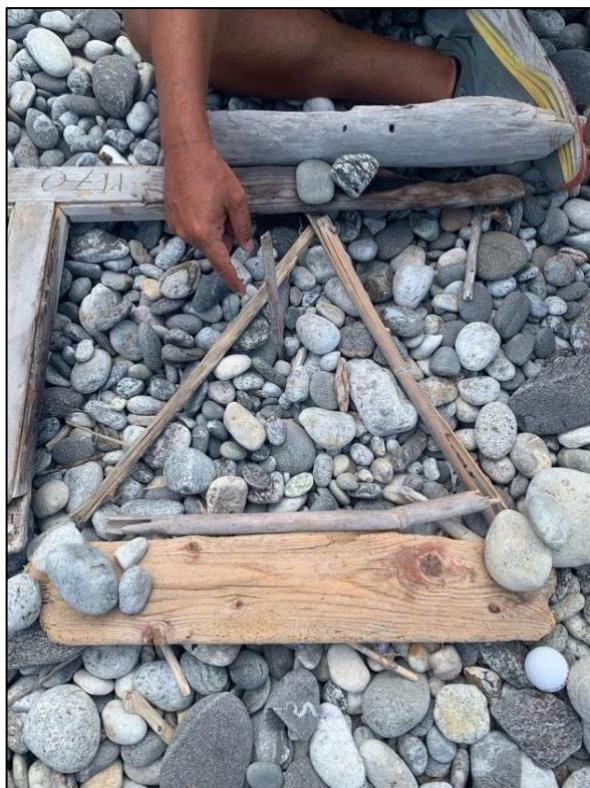


Figura 34. Risultati proiettati su un diagramma ternario

Restando sulla spiaggia, ma voltandoci verso la parete rocciosa siamo in grado di individuare quattro faglie:

1. **Faglia inversa**
 - Caratteristiche: Presenza di cataclasite, fratturazione in regime fragile.
2. **Faglia inversa**
3. **Faglia normale**
 - Caratteristiche: Presenza di micromylonite, indicativa di una zona duttile.
4. **Faglia normale**



Figura 35. Granati cristallini



Figura 36. Affioramento fagliato

Per immagini e descrizione delle rocce vedi: [Tabelle rocce-minerali](#)

Stop 15: Filone di pegmatite e quarzite

Il quindicesimo stop ci porta ad esplorare una parete rocciosa dove filoni di pegmatite e quarzite intersecano trasversalmente il basamento metamorfico.

1. **Pegmatite:** I filoni di pegmatite sono noti per la loro composizione di grandi cristalli, potenzialmente contenenti minerali rari. Questi filoni si formano durante l'ultima fase di cristallizzazione di un magma.
2. **Quarzite:** Le quarziti, trasformate da depositi di sabbia attraverso il metamorfismo, indicano un'intensa attività geologica.



Figura 37. Filoni pegmatitici e quarzitici

Stop 16: Scalinata di pietre rosse

La formazione rocciosa, in corrispondenza di Punta Lacci, si estende per una larghezza di circa 50 metri e un'altezza di circa 20 metri. In prossimità della sua base sono presenti microbrecce contenenti rocce del basamento inglobate in materiale carbonatico, con variazioni in forma e dimensione dei clasti (dai centimetri ai decametri), che crescono proporzionalmente all'altezza della formazione. Ciò suggerisce cambiamenti energetici nelle forze di trasporto durante la formazione dell'affioramento.

Gli strati continui della formazione sono disposti con un certo grado di parallelismo con una variazione dello spessore medio, riflettendo un modello che può essere collegato ai cicli di Milankovitch, dove ogni strato rappresenta circa 25.000 anni.

Se osserviamo da molto vicino le marne calcaree possiamo individuare la presenza di foraminiferi dei generi Globigerina e Orbulina, testimoniando un antico ambiente marino profondo.

La presenza di rocce con una distintiva colorazione ruggine invece indica processi di ossidazione del ferro contenuto nei minerali rocciosi.



Figura 38. Vista dell'affioramento "Scalinata di pietre rosse" da lontano



Figura 39. Affioramento "Scalinata di pietre rosse" da vicino



Figura 40. Ciclicità nella deposizione



Figura 41. Strato a clasti metamorfici



Figura 42. Copertura della morfologia originaria e adattamento

Stop 17: Coralli in posizione di vita

Eccezionale colonia di coralli e bivalvi in posizione di vita, conservata in una sezione rocciosa al lato della strada.



Figura 43. Coralli in posizione di vita

Stop 18: Tre pietracce

I cambiamenti geologici nell'affioramento nel tempo:

1. 2,5 milioni di anni fa- Fase Gelasiana
 - Sollevamento del basamento che è quindi a contatto con gli agenti erosivi
2. Periodo di transizione
 - Formazione delle marne per accumulo di sedimenti fangosi e foraminiferi all'interno delle tasche formate a causa dell'erosione. Erano presenti foraminiferi planctonici (come Globigerina e Orbulina) e coralli (come Isidelle e octocorallia gorgonis). L'ambiente era favorevole alla crescita suggerendo profondità comprese tra 100 e 150 metri.
3. Fase finale
 - La continua sedimentazione causa la formazione di strati alternati di marne e arenarie calcaree.

Inoltre, in questo stop sono stati rinvenuti numerosi fossili tra cui citiamo: bivalvi, gasteropodi, brachiopodi con guscio liscio (confermando l'ipotesi di un ambiente profondo e a bassa energia), coralli solitari e coralli bamboo.



Figura 44. Stratificazione ad arenarie e marne a diversa competenza



Figura 45. Visione da vicino dell'alternanza tra livelli più e meno competenti di questo affioramento



Figura 46. Foraminiferi



Figura 47. Foraminiferi visti con lente di ingrandimento 10mm x 21mm

Stop 19: Baia di Sant'Antonio

Il focus di questo stop è sull'analisi geomorfologica della spiaggia e sui fattori che possono influenzare il suo cambiamento.

La Cala Sant'Antonio presenta una spiaggia con una pendenza variabile, che riflette la dinamica interazione tra il sollevamento tettonico regionale e l'erosione costiera. Questa pendenza è determinata dall'accumulo di sedimenti trasportati sia da processi fluviali sia marini, oltre che dall'attività erosiva delle onde.

Un aspetto essenziale da analizzare è il ruolo delle mareggiate. Infatti, oltre ad accentuare i processi erosivi costieri, influenza anche la ridistribuzione di sabbia, ghiaia e ciottoli sulla spiaggia, trasportando le particelle più piccole lontano e facendo quindi accumulare sedimenti più grandi e pesanti sulla spiaggia.

Un'altra caratteristica chiave riguarda i cambiamenti nel profilo della spiaggia in relazione all'attività tettonica (fig.49), come il sollevamento o l'abbassamento del terreno, che possono alterare la linea di costa e modificare le condizioni di deposizione dei sedimenti.

Per esplorare questi eventi da un punto di vista quantitativo e scientifico vengono utilizzati metodi di campionamento che prevedono la raccolta e la miscelazione dei sedimenti creando tumuli. Questo approccio consente un'analisi dei materiali presenti offrendo approfondimenti sulla loro origine e distribuzione.



Figura 48. Piega in anfibolite

Stop 20: Grotta

Ancora una volta, come nello stop 5, abbiamo una testimonianza dello stretto rapporto tra la presenza di faglie e la formazione di grotte. In questo sito siamo infatti in grado di osservare una grotta e sulla parete:

- Tre faglie immergenti verso nord-est
- Cataclasite
- Strutture sigma e S-C

Che sottolineano la fragilità dell'area interessata.



Figura 49. Faglie e strutture sigma ed S-C al di fuori della grotta

Stop 21: Punta Mazza

Punta Mazza rappresenta il luogo perfetto per visualizzare in un unico sito la storia delle attività tettoniche e vulcaniche che hanno scolpito il paesaggio nel corso di milioni di anni. La base stratigrafica inizia con rocce risalenti a circa 300 milioni di anni fa che segnano le prime formazioni del Capo. Tali strati sono ricoperti da conglomerati contenenti frammenti carbonatici di epoca Tortoniana Inferiore indicanti fenomeni di erosione di strutture calcaree esistenti. Risalendo gli strati si incontrano depositi di marne calcaree ocracee formatesi circa 2,5 milioni di anni fa in ambienti marini profondi. Seguono depositi di terrazzamenti marini disposti orizzontalmente costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli arrotondati con fossili risalenti a circa 125 mila anni fa che riflettono un ambiente marino poco profondo. Nella parte superiore di questo profilo invece si trova uno strato di tufo caratterizzato da cenere vulcanica cineritica, che si ritiene sia stata rilasciata durante vigorose eruzioni dai vicini vulcani delle isole Eolie circa 80 mila anni fa in uno scenario di attività vulcanica freatomagmatica.

Infine, osservazioni locali a Punta Mazza mostrano anche l'esistenza di faglie immerse verso nord-ovest.



Figura 50. Vista da lontano dell'affioramento di Punta Mazza



Figura 51. Faglie di Punta Mazza



Figura 52. Piscina naturale con notch, suolo vulcanico e terrazzo tirreniano

31 agosto 2023

Stop 22: Faglia della Città dei Bambini

Il ventiduesimo stop del nostro itinerario geologico esamina un'area lungo la costa dove sono state individuate diverse faglie e un esemplare tasca erosionale.



Figura 53. Marne a contatto con breccia

1° settembre 2023

Stop 23: Chiesa di San Francesco

Verso il Santuario di San Francesco, appare un affioramento con alla base il basamento metamorfico seguito da brecce metamorfiche a supporto di matrice contenente anfiboliti e quarziti. Un altro aspetto cruciale da osservare sono le faglie e la loro interessante geometria di intersezione nell'affioramento.

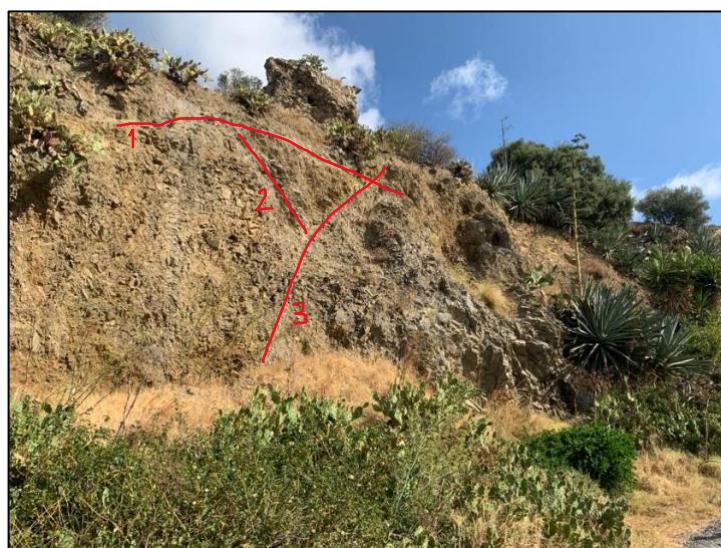


Figura 54. Faglie in affioramento e roccia brecciata

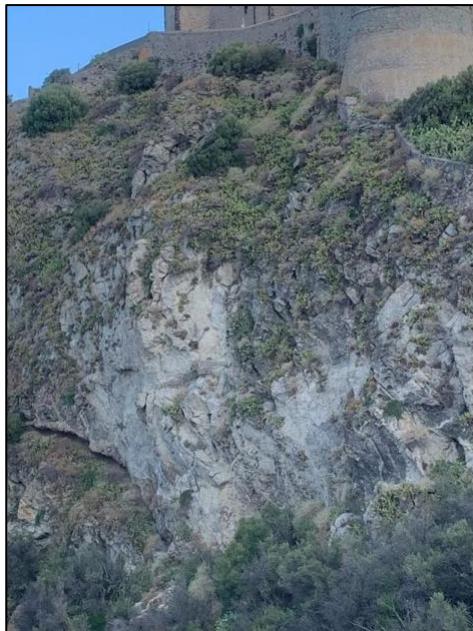
Stop 24: Vista del castello

Al di sotto dell'imponente castello di Milazzo, possiamo individuare la discontinuità stratigrafica tra il basamento e il calcareo. Osservando attentamente il basamento è osservabile anche una piccola tasca con la forma di un paleo canale.



Figura 55. Grande parete con basamento metamorfico, breccia metamorfica e calcarea al di sotto del castello di Milazzo. Visibile paleodepressione

Figura 56. Breccia calcarea



Stop 25: Castello Nord

Lo stop 25 ci offre un'ulteriore visuale del contatto tra basamento e brecce calcaree, e attraverso un'analisi più ravvicinata si riconosce anche un importante sistema di faglie.



Figura 57. Vista castello lato nord

Stop 26-27: Faglie e contatto basamento metamorfico e cemento



Figura 58. Faglia 1

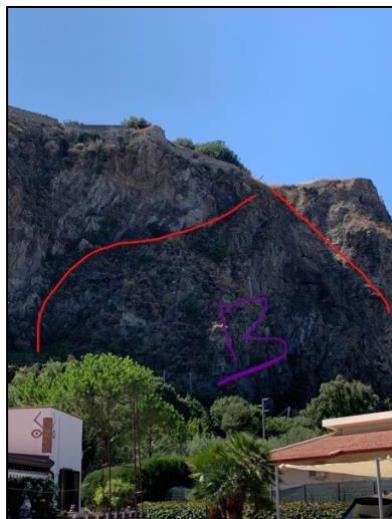


Figura 59. Faglia 2.1 e 2.2



Figura 60. Limite tra basamento metamorfico e breccia carbonatica

Importanti fratture del basamento metamorfico riempite da cemento carbonatico.

3. Tavole

3.1 Tavola rocce-minerali I



1. Anfibolite con minerali di anfibolo (orneblenda), plagioclasio e quarzo. Roccia in facies anfibolitica e metamorfismo di medie temperature e pressioni.

2 e 4. Pegmatite con quarzo, muscovite e biotite. Roccia ignea filoniana, caratterizzata dalla sua grana grossa.

3. Migmatite con quarzo e biotite. È una roccia di alto grado.

5. Pistacite. È un sottosilicato del gruppo degli epidoti, facies di medio grado metamorfico e ha una colorazione verde pistacchio che dà il nome a questa roccia.

6. Roccia magmatica con quarzo, plagioclasio e pirite.

3.2 Tavola rocce-minerali II



1. Pomice di Stromboli. Materiale vulcanico amorfo che si genera in seguito ad eruzione esplosiva. Ha struttura vescicolare dovuta al raffreddamento rapido a cui va incontro post eruzione.

2. Microconglomerato

6. Conglomerato

3. Conglomerato a matrice carbonatica

7. Roccia ad anfibolo e clorite (anfibolite)

4. Epidosite

8. Calcarenite

5. Leucosoma di migmatite con minerali di muscovite, biotite e granato

3.3 Tavola fossili I



1. Brachiopode *Gryphus vitreus* dal guscio liscio e poco robusto. Fornisce importanti indicazioni paleo ambientali. Abbondanti nelle marne.

2. *Keratoisis melitensis*. Elementi scheletrici (Isidelle) di octocoralli gorgonacei. Molto abbondanti nelle marne gialle. Questi coralli attualmente popolano le acque profonde dell'Oceano Atlantico

3. Corallo bambù

6 e 8. *Caryophylla coronata* (Pleistocene inferiore), esacorallo solitario.

4. Gasteropode

7. Frammenti di colonia di coralli

5. Bivalve madreperlaceo

3.4 Tavola fossili II



1. Esacoralli solitari

2. Piastre di echinodermi della specie *Cidaris* sp.

3. Bivalve madreperlaceo, taglia meglio la foto solo sul pezzo centrale dove c'è quella specie di impronta/calco/buco o usa solo la foto simile qua sotto

4. Gasteropode

5. Frammenti fossili di scheletro di Isidella

6. *Lithophaga lithophaga* fori di Litodomi, sono organismi che si nutrono di rocce. Questi fori sono legati ad organismi litofagi, chiamati datteri di mare, che in questi buchi costruiscono la loro tana per vivere.

7. Cirripedi (balani) su notch a 2,5m dal livello del mare

8. Brachiopode

3.5 Tavola fossili III



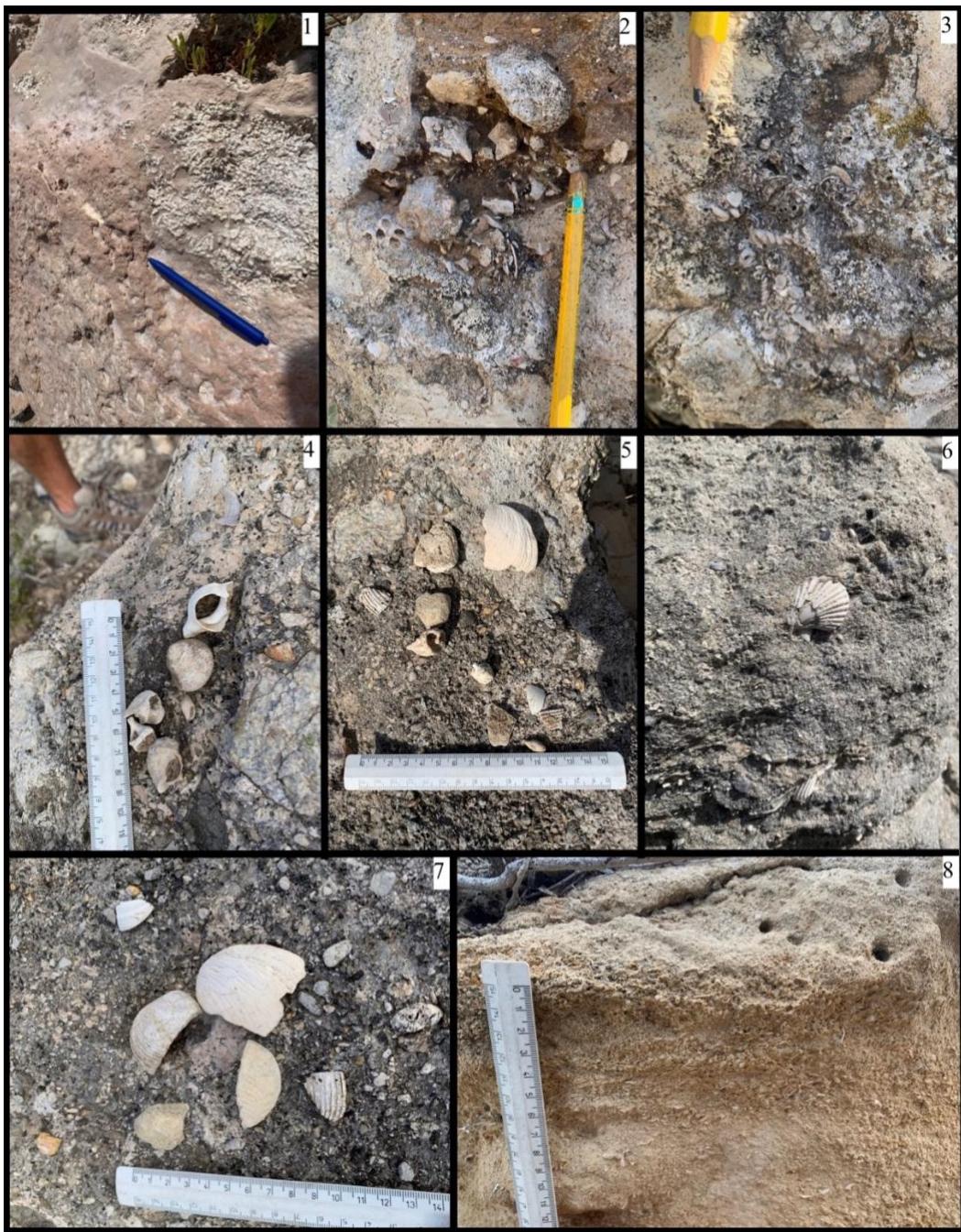
1. Esacorallo solitario

2. Frammento di isidella della specie ***Keratoisis melitensis*** che è un octocorallo gorgonaceo

3. Piastre di echinodermi della specie ***Cidaris sp*** **4 e 5.** Esacorallo solitari con i setti visibili

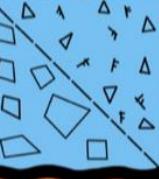
6. Frammenti di colonia di coralli che viveva a profondità tra 200m e 1000m. Il loro scheletro carbonatico presenta dei fori a forma di stella utili per ospitare polipi.

3.6 Tavola fossili IV



- 1.** *Halimeda* alga calcarea tipica di mari bassi, rinvenuta localizzata all'interno dei livelli calcilutitici
- 2.** *Lithophaga lithophaga* fori di Litodomi, organismi che si nutrono di rocce
- 3.** Cirripedi balani **4.** Brachiopodi **6.** Frammento di guscio di bivalve in arenaria grossolana
- 5 e 7.** Piastre calcitiche di cirripedi della specie *scalpellum zancleanum*
- 8.** Foraminiferi

4. Colonnina stratigrafica

1-2m			Eocene 80y	Tufi bruni.
0-1m		gn2	Eocene, Tirreniano 125y	Conglomerati con ciottoli e blocchi, bivalvi e gasteropodi.
0-20m		ROE	Plio- Pleistocene 2.5 Ma	Marne e arenarie con brachiopodi e echinidi.
10-30m		PCTd		Brecce calcaree grano sostenute con bivalvi e alghe.
0-10m			Miocene 8Ma	Sedimenti gravitazionali con matrice carbonatica.
1-5m		BPMA		Brecce di clasti metamorfosati contenenti migmatiti, anfiboliti e quarziti.
...-50m		PMA	Carbonifero 300Ma	Basamento metamorfico Ercinico, con anfiboliti, migmatiti e graniti.

Legenda

	Litodomi
	Coralli
	Bivalvi
	Anfiboliti
	Migmatiti

5. Dati stratigrafici

5.1 Stratigrafia Marne-Formazione di Rometta

Stop 4

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	045	15
2	048	10
3	040	20

Stop 16

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	145	30
2	095	30
3	090	32
4	085	28

Stop 18

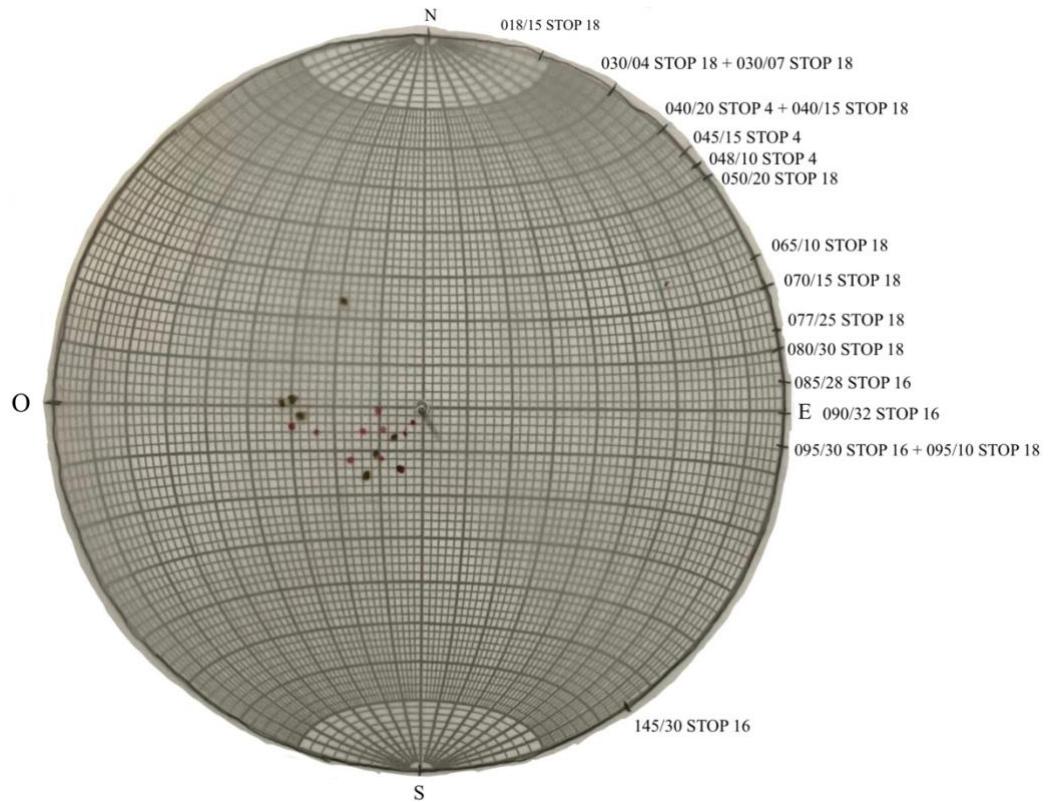
Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	018	15
2	080	30
3	050	20
4	040	15
5	030	04
6	070	15
7	065	10
8	077	25
9	030	07
10	070	15
11	095	10

5.2 Stratigrafia calcilutiti e arenarie grigie

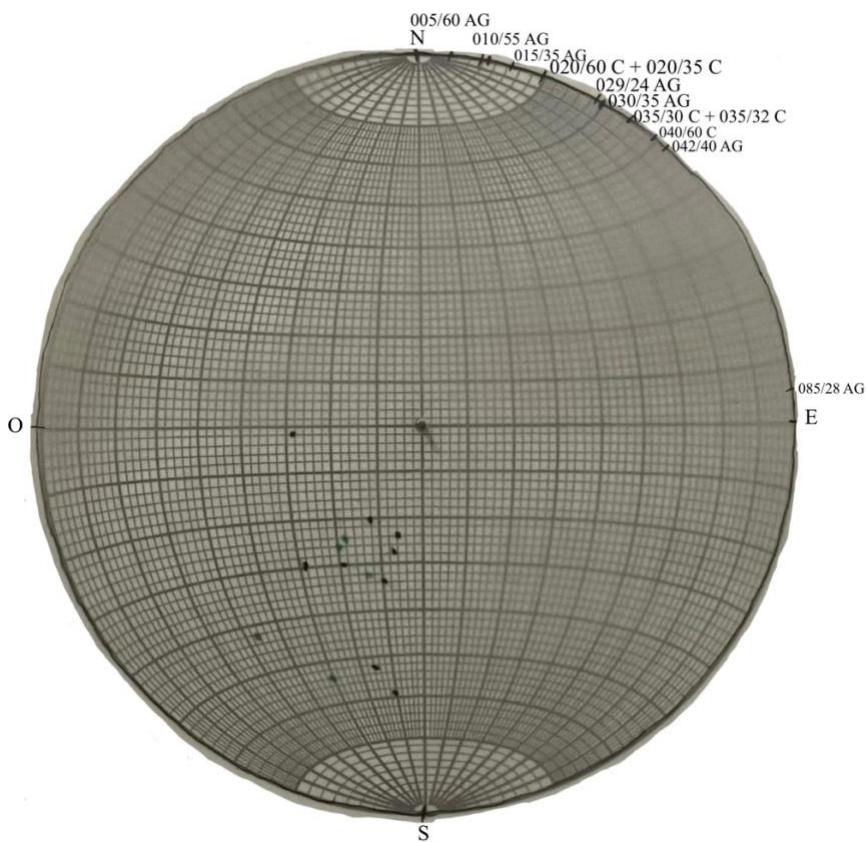
Stop 7

Nº misura	Immersione	Inclinazione	
1	035	32	Calcilutiti
2	035	30	
3	020	35	
4	020	60	
5	040	60	
6	010	55	Arenarie Grigie
7	085	28	
8	015	35	
9	042	40	
10	010	25	
11	005	60	
12	011	28	
13	029	24	
14	030	35	

5.3 Proiezioni stereografiche: marne



5.4 Proiezioni stereografiche: calcilutiti e arenarie grigie



6. Dati strutturali

6.1 Faglie

Stop 2

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	215	40
2	175	60

Stop 21

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	320	65
2	340	65
3	350	55

Stop 14

Faglia 1

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	053	81
2	060	70
3	053	75
4	060	80
5	055	65
6	054	81

Faglia 2

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	350	53
2	340	50

Faglia 2

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	150	60

Faglia 3

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	165	85
2	160	80

Faglia 4

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	065	70
2	070	73

Stop 20

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	002	25
2	085	30

Faglia 2

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	045	35
2	045	50
3	080	40
4	050	55

Faglia 3

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	220	60

Faglia 4

Nº misura	Immersione	Inclinazione
1	100	26

6.2 Pieghe

Stop 23

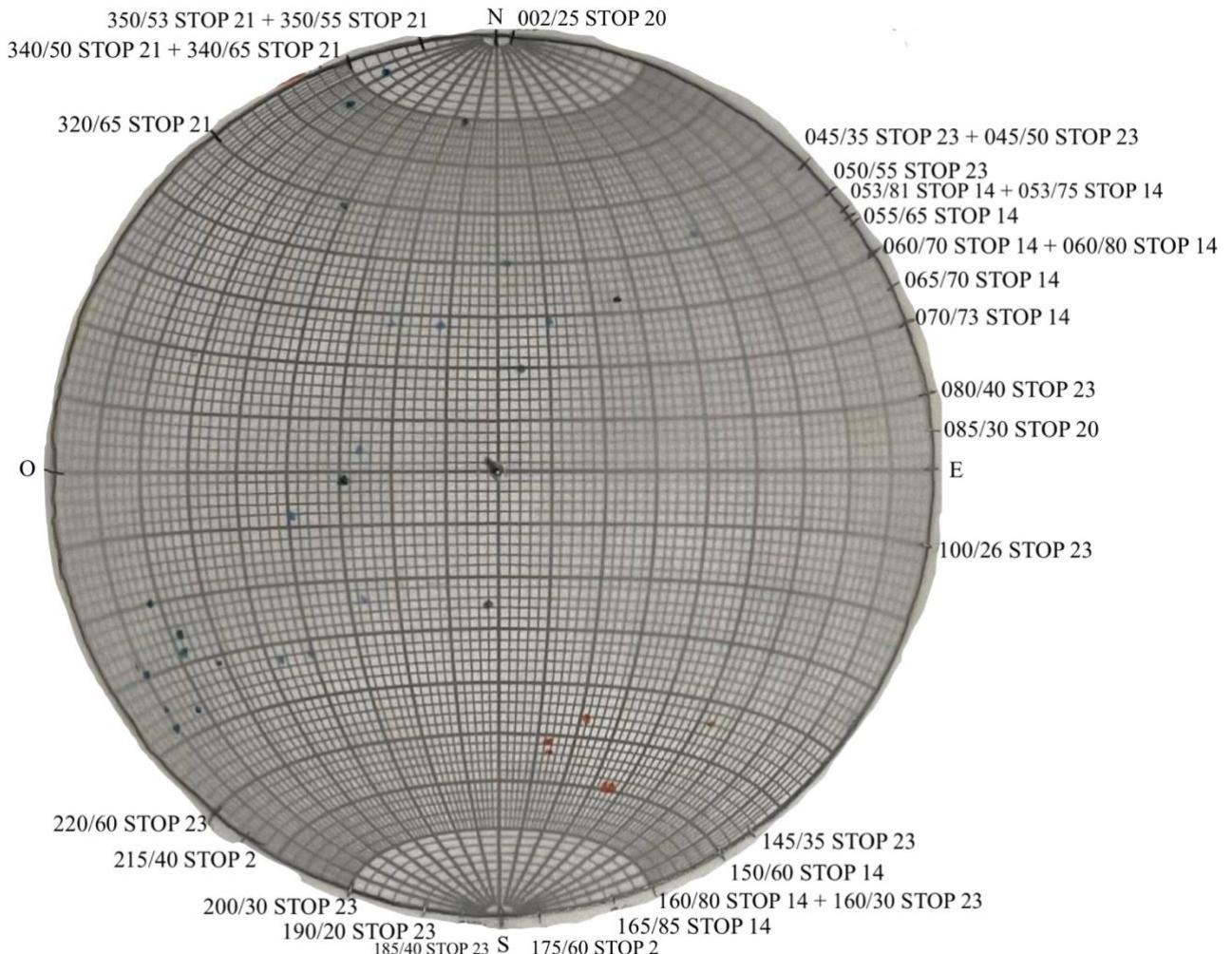
Piega 1

Elemento misurato	Immersione	Inclinazione
Fianco 1	315	15
	344	10
	330	14
Fianco 2	235	70
	240	59
Asse	197	13

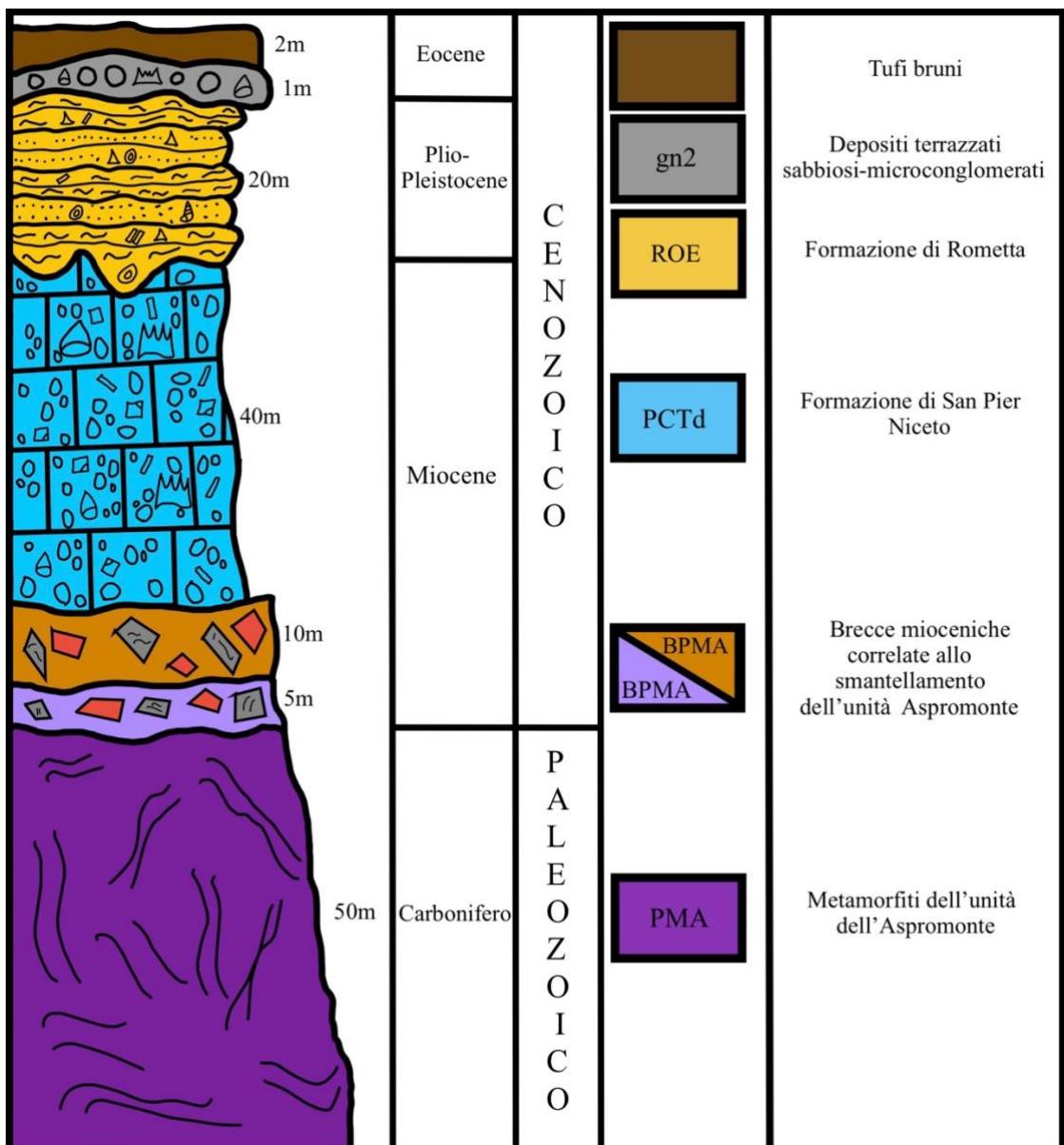
Piega 2

Elemento misurato	Immersione	Inclinazione
Fianco 1	030	30
Fianco 2	267	35

6.3 Proiezioni stereografiche



7. Log stratigrafico



Legenda	
Simbolo	Significato
□	Tane di organismi
螺旋形	Gasteropodi
△	Brachiopodi
◎	Echinidi
斜线	Coralli solitari Coralli coloniali
锯齿形	Frammenti biogenici
贝壳形	Bivalvi

8. Conclusione

L'individuazione della successione delle 6 unità litologiche, che spaziano temporalmente da Carbonifero a Eocene, è il risultato principale del rilevamento geologico in situ, che descriviamo attraverso la creazione del *log stratigrafico* e della *colonnina stratigrafica*. Gli affioramenti si sono inoltre mostrati ricchi di informazioni da leggere e interpretare, permettendoci di costruire delle *tavole riassuntive* delle principali rocce e fossili della regione, oltre a consentirci di raccogliere ed elaborare *dati stratigrafici e strutturali*.

E'inoltre essenziale preservare l'ecologia e la geologia di Capo Milazzo, sia da un punto di vista naturalistico, che da un punto di vista scientifico, in quanto future ricerche potrebbero svelare interessanti segreti nascosti in affioramenti meno accessibili della regione. In particolare, per successivi studi potrebbe essere interessante rilevare le zone subacque limitrofe alle coste, caratterizzando il sistema di faglie sott'acqua e studiando la stratigrafia sommersa.

9. Bibliografia

- *Fig.1 Google Earth*
- *Fig.2 e Fig.3 "Attività tecniche necessarie all'aggiornamento degli elaborati del PRP di Messina ai fini dell'uniformità e coerenza con le prescrizioni degli atti approvativi", Consulente per la sua redazione: Prof. Giovanni Randazzo. Da Longhitano 2018*
- *Fig.4 - Structural domains in the Central mediterranean area (after LENTINI et alii, 1994, modified)*
- *C. Isgrò (2016), Guida alla natura di Capo Milazzo con sentieri e punti di immersione*
- *Geology of Sicily- LENTINI F. , CARBONE S.*
- *SeaPower: <https://www.seapowerscrl.com/it/>*