



Analisi Idrografica del Mediterraneo

Integrazione tra Oceanografia e Sistemi Informativi Geografici

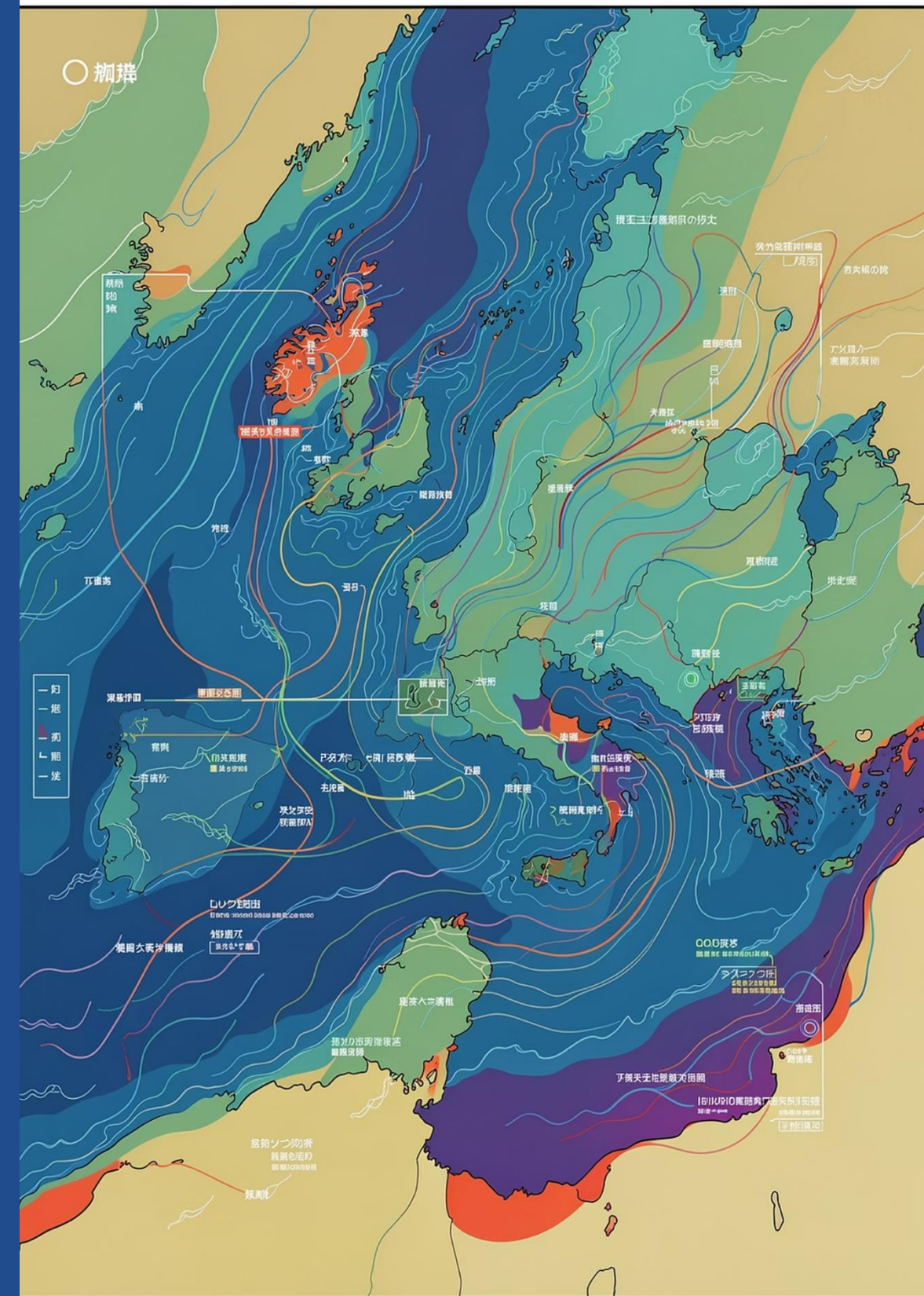
Alunni in rappresentanza della 4A CAT ISS Mario Rutelli Palermo:

Modica Francesco Pio

Asia li Vigni

Martina Segreto

Proff. Venturella S. e Militello S.



Il Dataset CTD del Mediterraneo Centrale

17.000 Record

Dati idrografici elaborati attraverso misurazioni CTD in 5 stazioni strategiche.

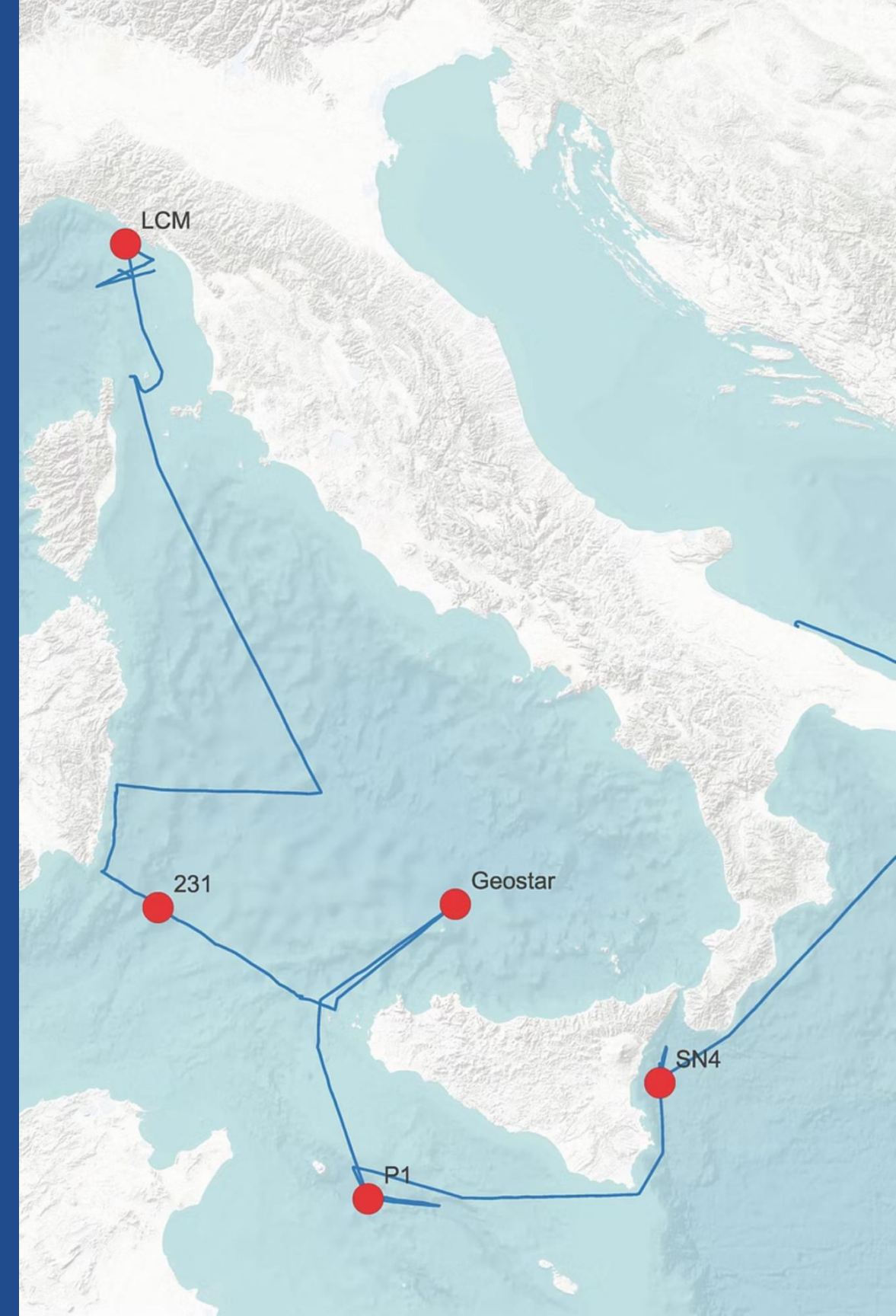
5 Stazioni

GEOSTAR, SN4, P1, 231 e LCM: copertura da Nord a Sud del bacino del Mar Mediterraneo.

Strumenti GIS

QGIS e SQL per la gestione e analisi spaziale dei dati oceanografici.

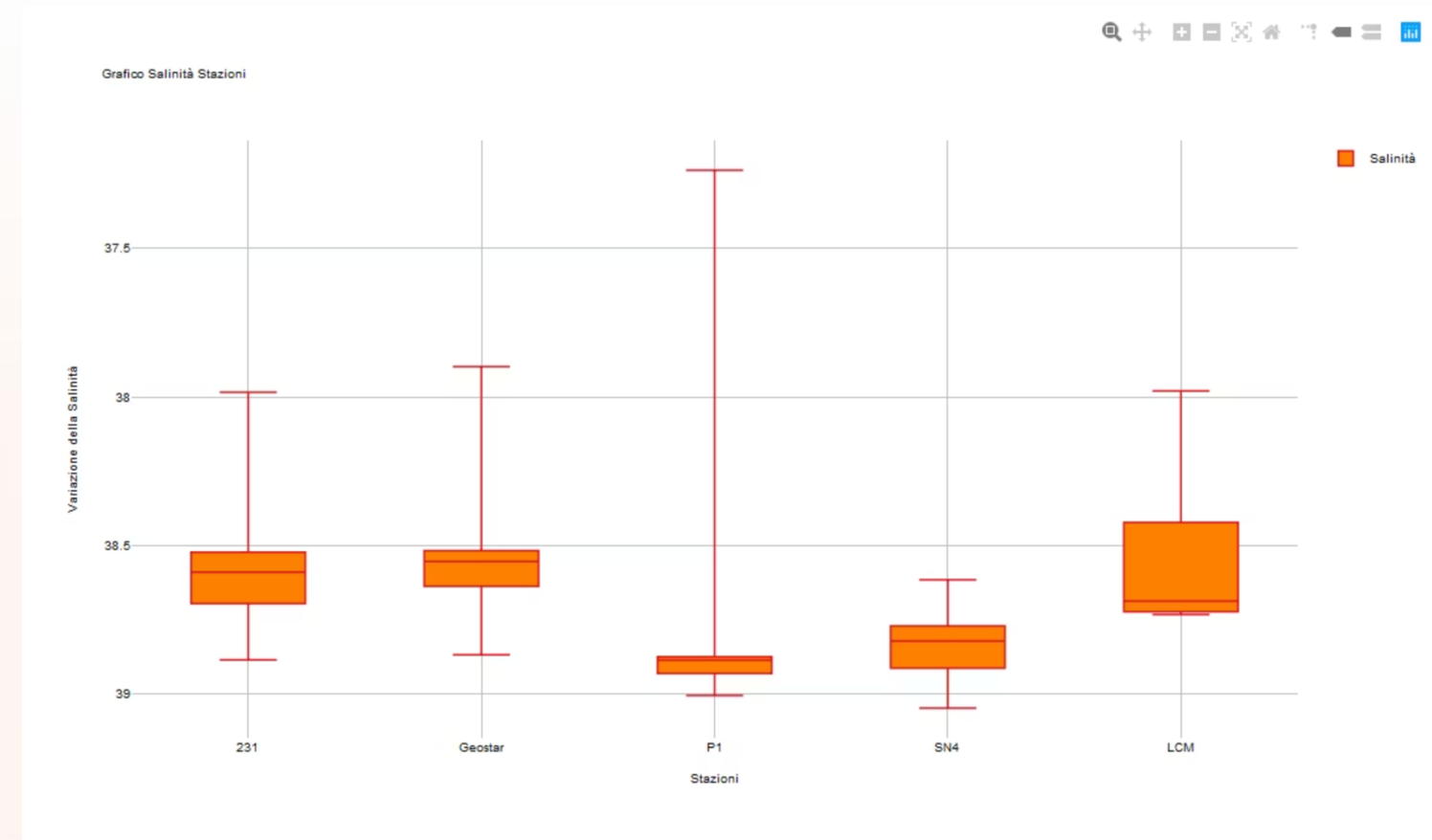
Questa indagine ha ricostruito la "carta d'identità" fisica del Mediterraneo, integrando misurazioni di temperatura, salinità e pressione per comprendere la struttura delle masse d'acqua nel bacino.



Variazione della Salinità tra le Stazioni

Il box plot rivela la dispersione dei valori di salinità per ogni stazione, con l'altezza della scatola che indica la variabilità tra superficie e fondo.

- **P1 (Sicilia):** scatola schiacciata verso il basso a valori alti (~38.9 ppt), confermando la stazione mediamente più salata.
- **LCM (Liguria):** scatola più ampia, indica una variabilità maggiore tra superficie e profondità. L'acqua cambia gradualmente.
- **SN4:** mediana meno elevata rispetto a LCM, indicando salinità media inferiore



Analisi della Temperatura

14°C

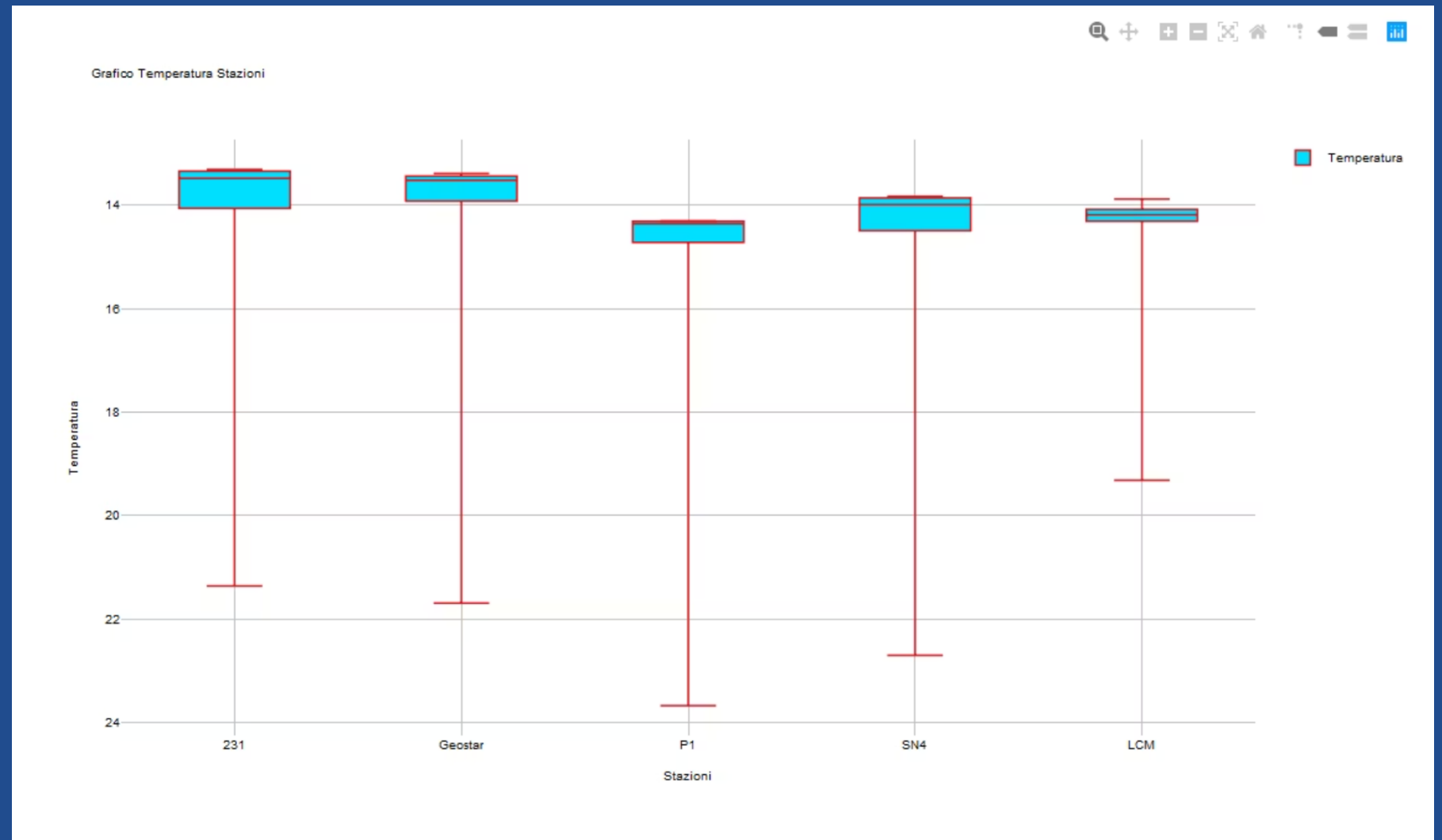
Temperatura Dominante

La scatola azzurra (50% dei dati) si concentra tra 13.5°C e 14.5°C

20/24°C

Temperatura Superficiale

Solo lo strato superficiale raggiunge valori elevati



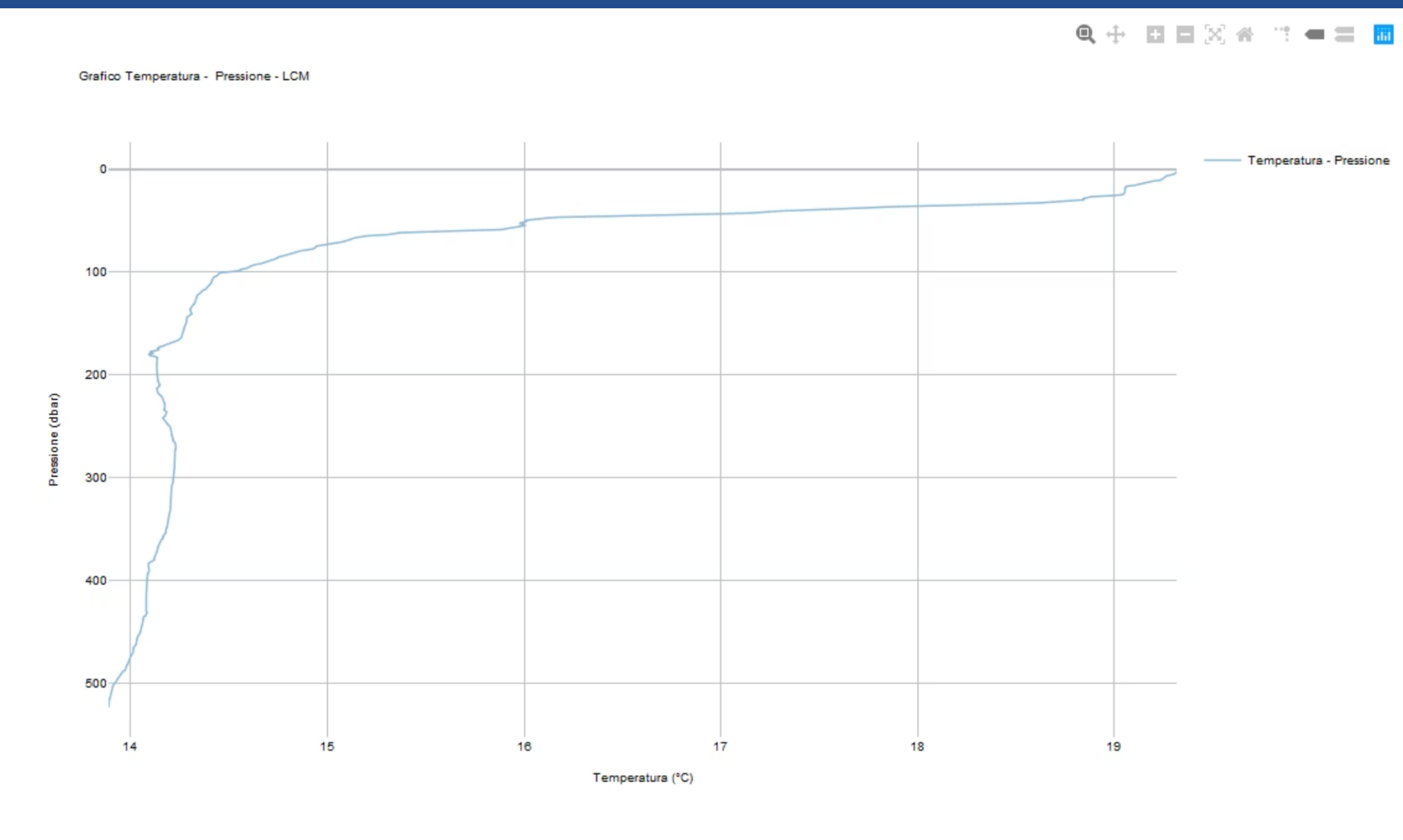
"Il Mediterraneo è un mare freddo con una sottile pelle calda. Nonostante in superficie ci siano 23°C, la stragrande maggioranza dell'acqua è ferma a 14°C."

Stratificazione Termica

Il Mar Mediterraneo non è uniforme ma stratificato, in superficie è influenzato dal sole mentre negli abissi è ovunque costante a circa 13.8°C. In tutti i grafici, nei 100-200m si nota un calo drastico della temperatura, è il Termoclino.

Il termoclino rappresenta il confine fisico tra il mondo riscaldato dal sole e le acque profonde fredde. La separazione netta è tipica dei mari stratificati, dove lo strato superficiale galleggia sopra le acque profonde più dense. Scendendo verso Sud, l'irraggiamento solare aumenta scaldando molto di più lo strato superficiale.

Nei grafici illustriamo il rapporto tra Temperatura e Profondità (T/P):



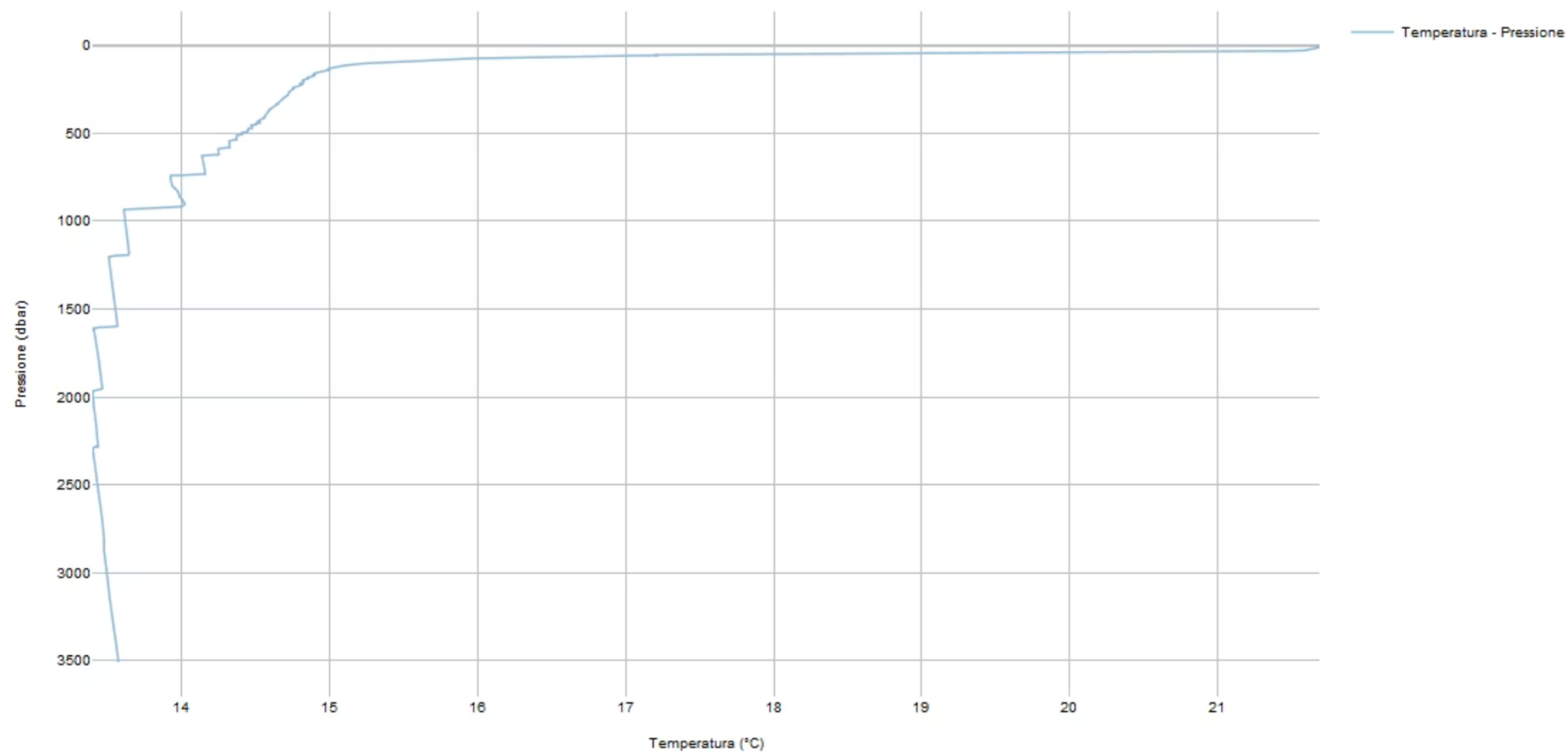
La temperatura superficiale è di circa 19.5°C.

Tra i 200 e i 300 m la linea non è perfettamente dritta, sembra quasi tremare.

È un dettaglio tecnico che dimostra quanto sia dinamico il Mar Ligure.



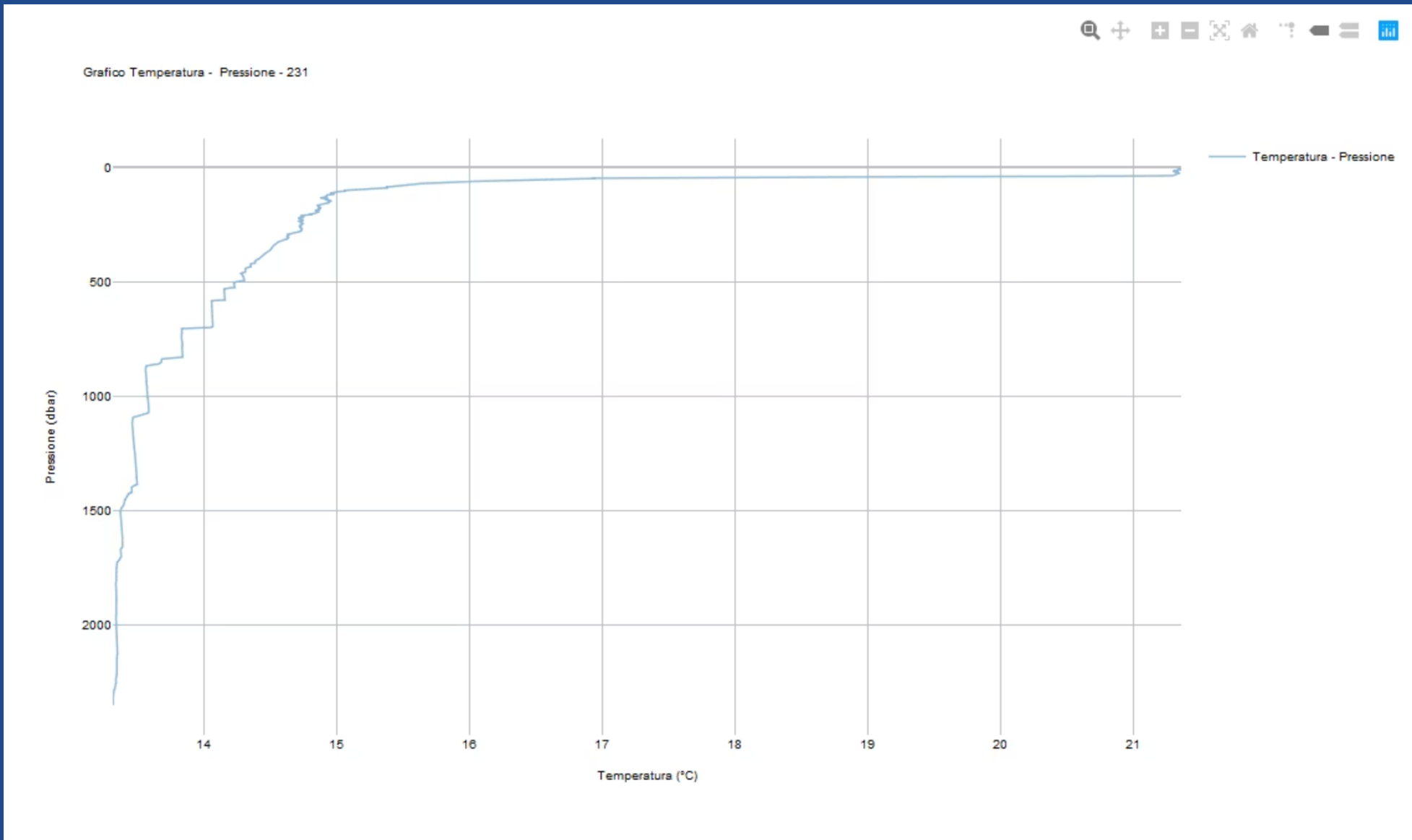
Grafico Temperatura - Pressione - GEOSTAR



GEOSTAR è una delle stazioni più profonde che arriva a 3500 m.

Superati i 1000 m la linea diventa quasi verticale.

La temperatura si stabilizza intorno ai 13.5 °C - 13.8 °C

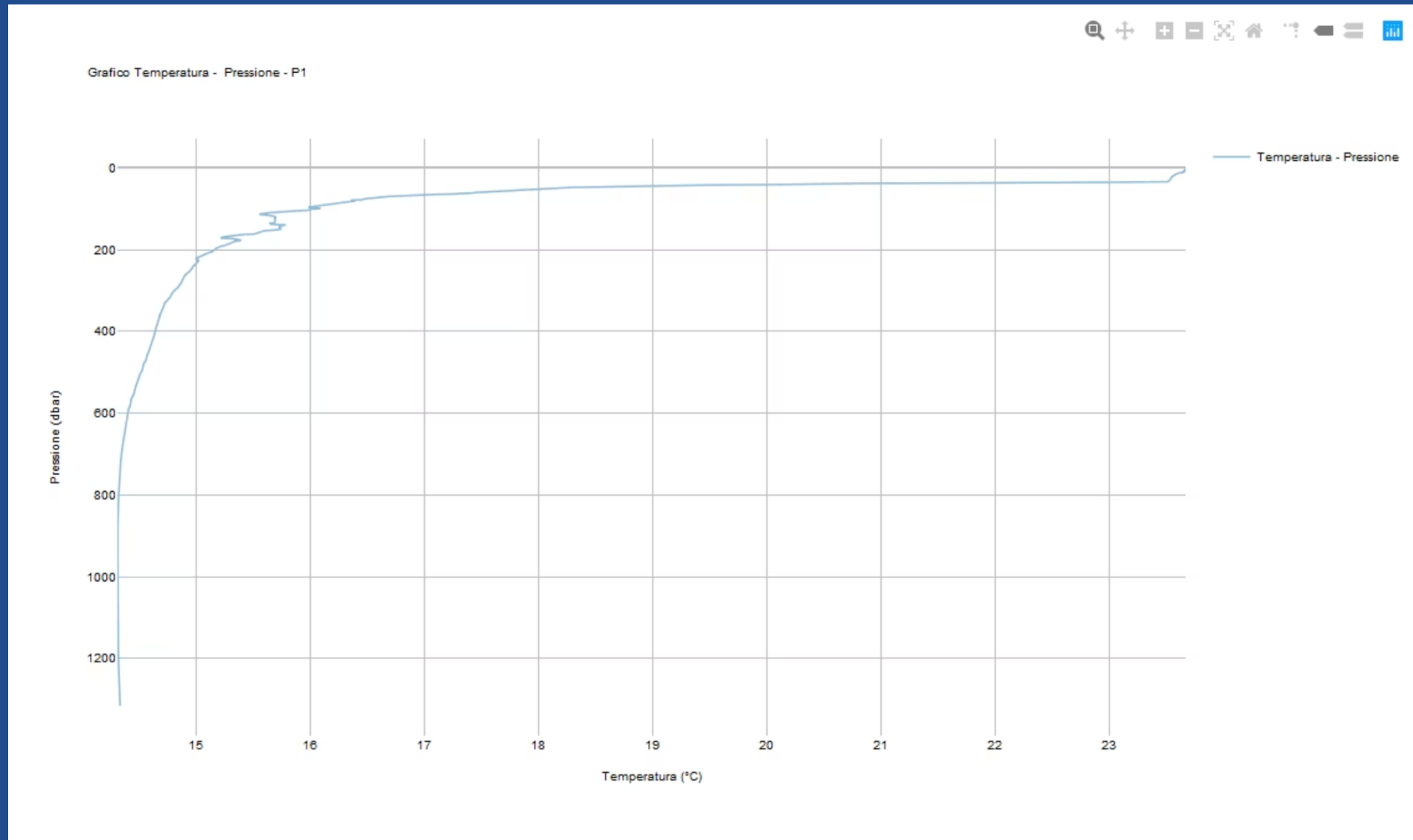


Profondità raggiunta: circa **2000 dbar** (meno profonda di GEOSTAR ma più di LCM)

Il termoclino è **ben definito e netto** - separa chiaramente l'acqua superficiale da quella profonda

Dopo il termoclino, la temperatura rimane **stabile e uniforme** in profondità

Posizione geografica intermedia tra Nord e Sud, quindi mostra caratteristiche intermedie



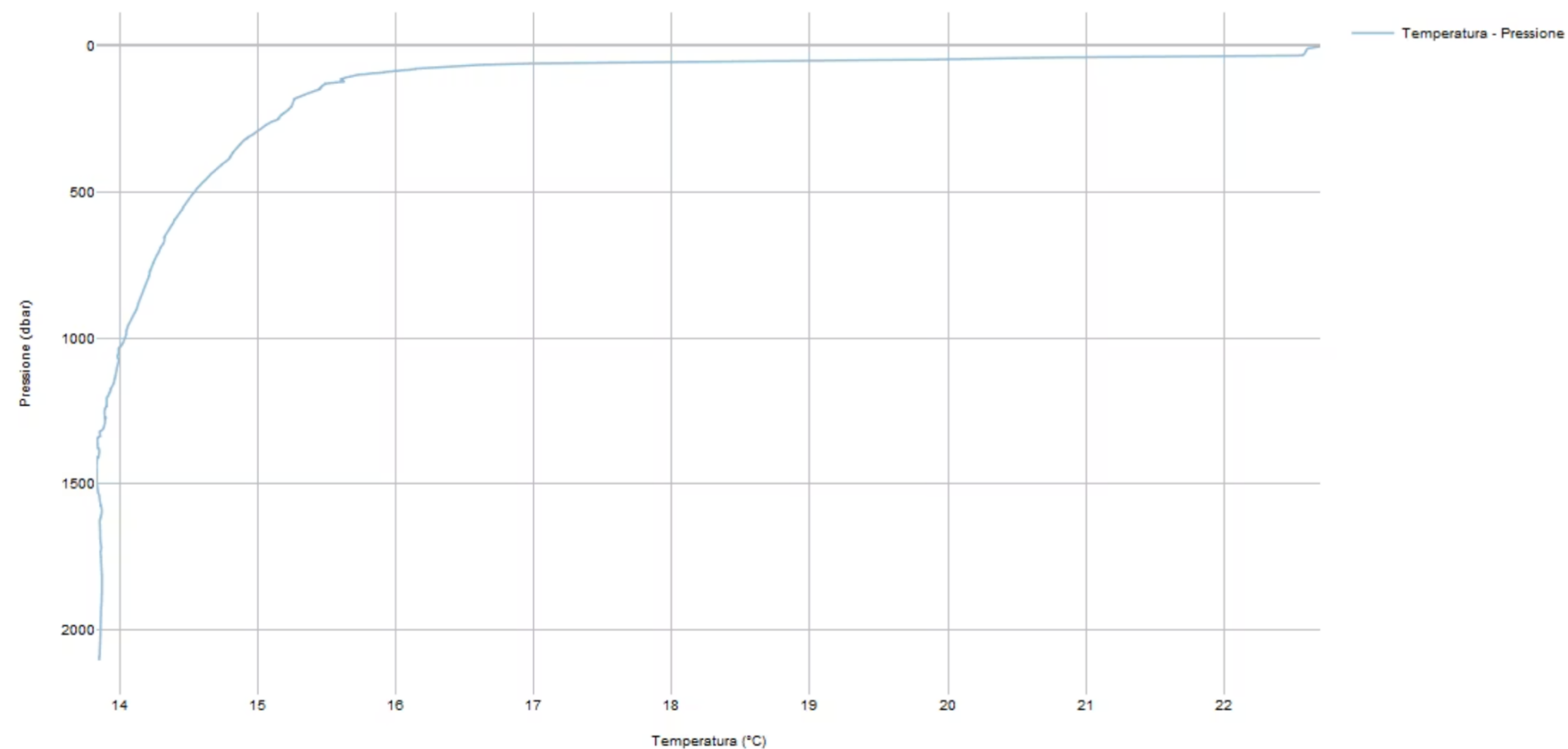
P1 è una stazione nel sud (Sicilia), quindi l'acqua superficiale è più calda

Il termoclino è ben marcato: c'è una netta separazione tra l'acqua calda di superficie e quella fredda profonda

Sotto i 500 metri, il mare è freddo e uniforme



Grafico Temperatura - Pressione - SN4



Temperatura intermedia: 16-17°C in superficie

Termoclino marcato: calo drastico tra 100 e 300 dbar

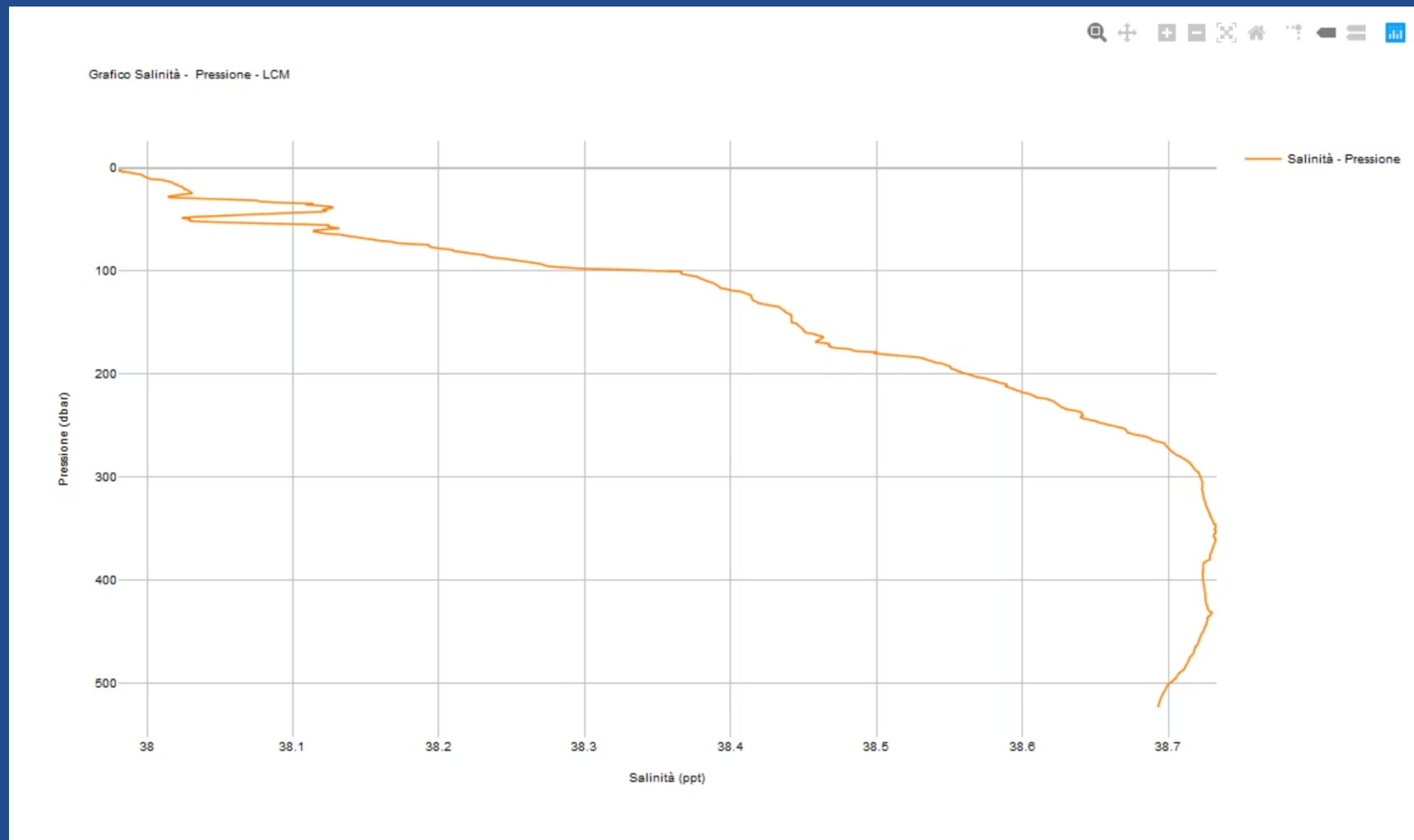
Stabilità in profondità: oltre 500 dbar costante, ~14°C

È una stazione di transizione che conferma il modello stratificato

Salinità

I grafici della salinità ci hanno permesso di fare i 'detective' delle correnti. Abbiamo trovato l'acqua dolce atlantica in superficie, che galleggia perché meno densa, e abbiamo chiaramente identificato l'Acqua Levantina tra i 300 e i 600 metri: un vero e proprio 'fiume di sale' che attraversa tutto il Mediterraneo e che è fondamentale per la circolazione globale.

In quasi tutti i grafici si notano che nei primissimi metri la salinità è più bassa. l'acqua dell'Oceano Atlantico entra da Gibilterra ed è meno salata, poichè è più leggera rimane in superficie e viaggia lungo le coste del Mediterraneo



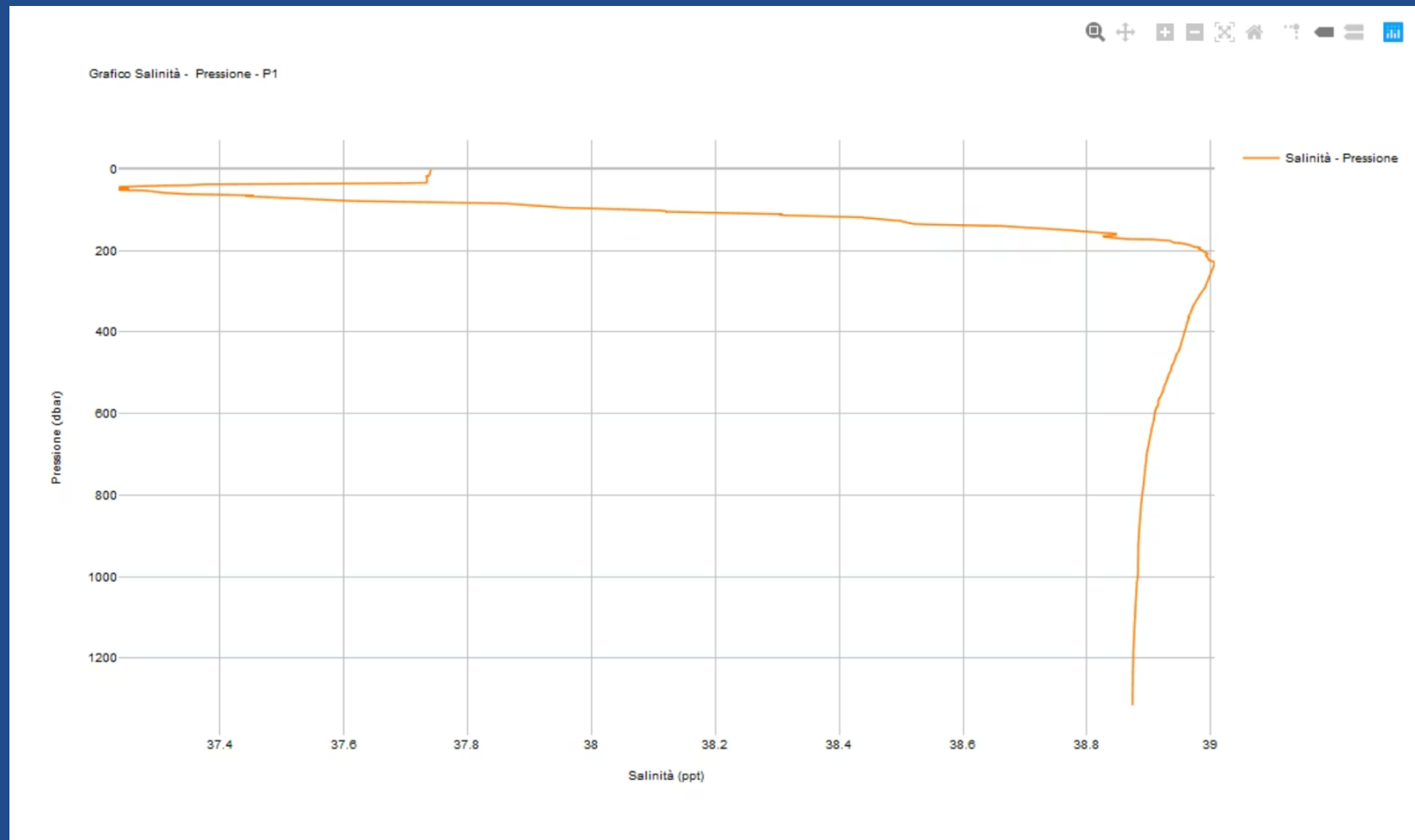
SUPERFICIE MENO SALATA (0-50 dbar):

~38.0-38.2 ppt - Acqua Atlantica

Acqua Levantina Intermedia (LIW)

Acqua Profonda Mediterranea Occidentale (WMDW)

LCM mostra il profilo classico del Mediterraneo settentrionale con una chiara identificazione delle tre masse d'acqua principali. L'Acqua Atlantica galleggia in superficie, il "fiume di sale" (LIW) attraversa il bacino a profondità intermedia, e l'acqua profonda rimane stabile e omogenea.



SUPERFICIE MOLTO SALATA

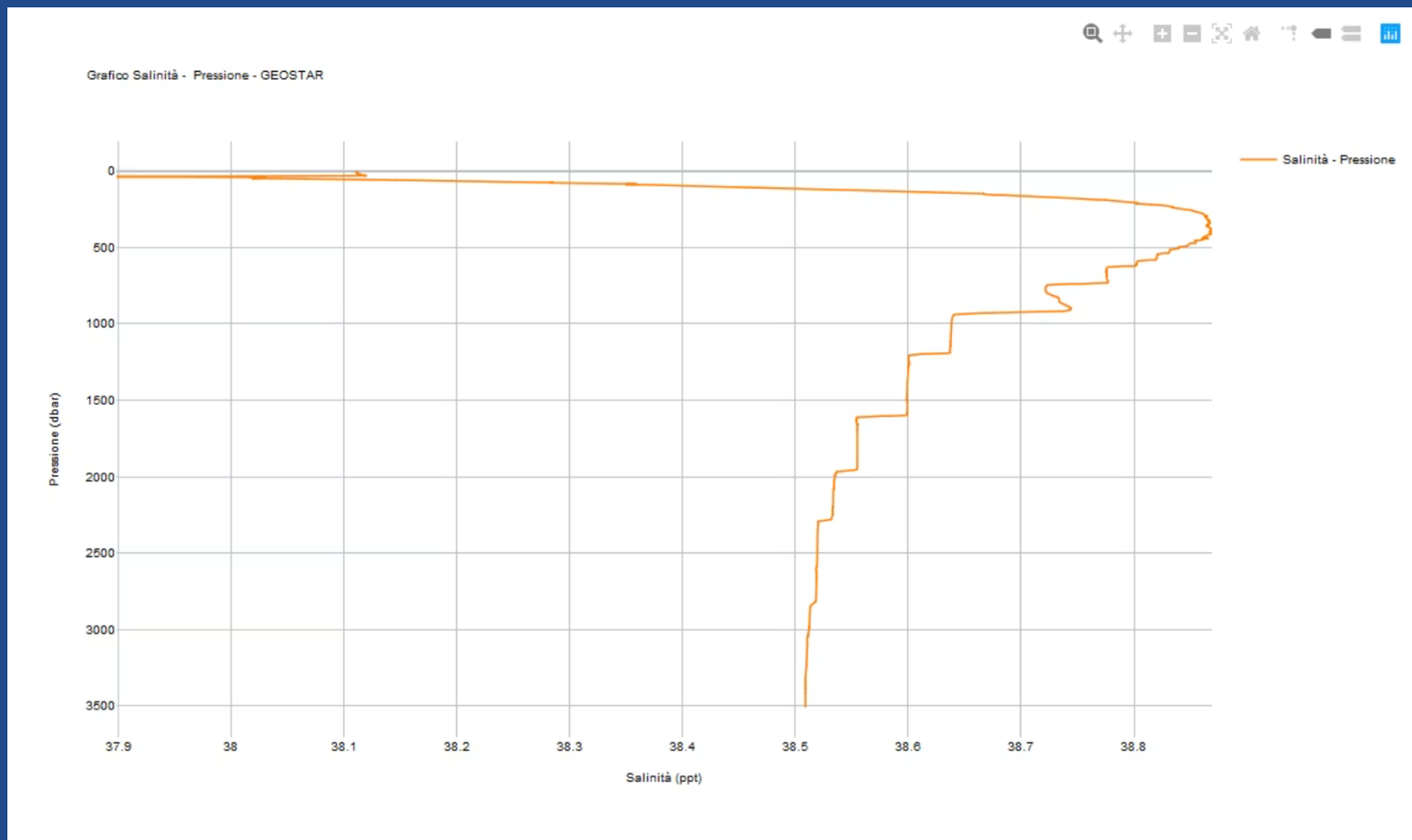
La più salata tra tutte le stazioni Acqua Atlantica

Linea quasi orizzontale nei primi 200 metri
Poca variabilità tra superficie e 200 dbar
Acqua omogenea e stabile

calo drastico in profondità

Tra 200 e 1200 dbar: crollo verticale della
salinità Transizione netta verso acque
profonde meno saline

P1 è la stazione più salata in superficie del
Mediterraneo, confermando l'effetto
dell'evaporazione nel Sud.

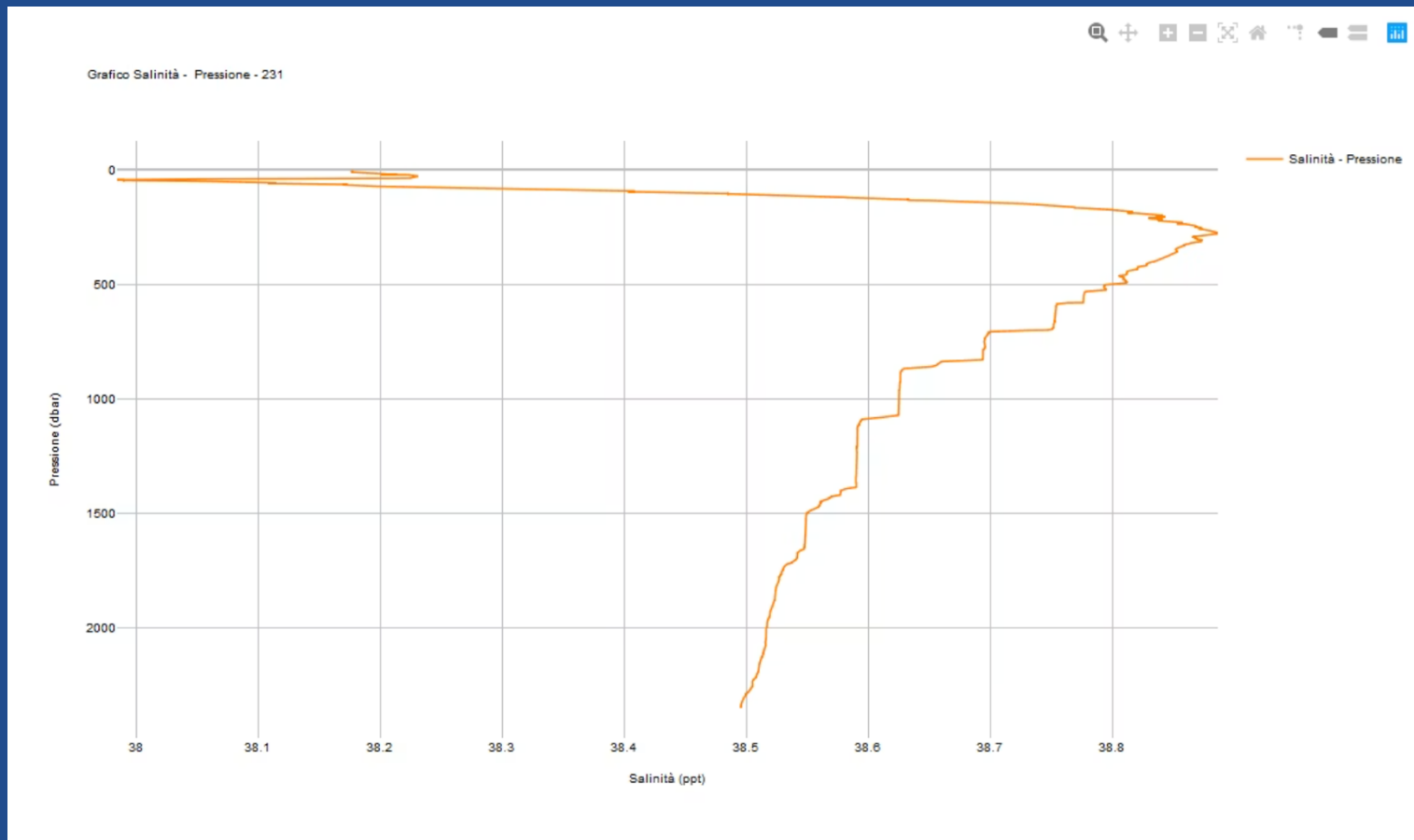


SUPERFICIE OMOGENEA E SALATA Linea quasi verticale ma con gradini visibili

PICCO DI SALINITÀ IN PROFONDITÀ Tra 2000 e 3000 dbar: salinità raggiunge ~38.9 ppt

Massimo valore registrato nella stazione
Acqua Levantina Intermedia (LIW) molto marcata

GEOSTAR è la stazione più profonda (3500 m) e mostra il profilo più completo. La salinità rimane alta ovunque, confermando che il Mediterraneo è un bacino molto salato.



SUPERFICIE MOLTO SALATA E STABILE

Poca variabilità nei primi 300 metri

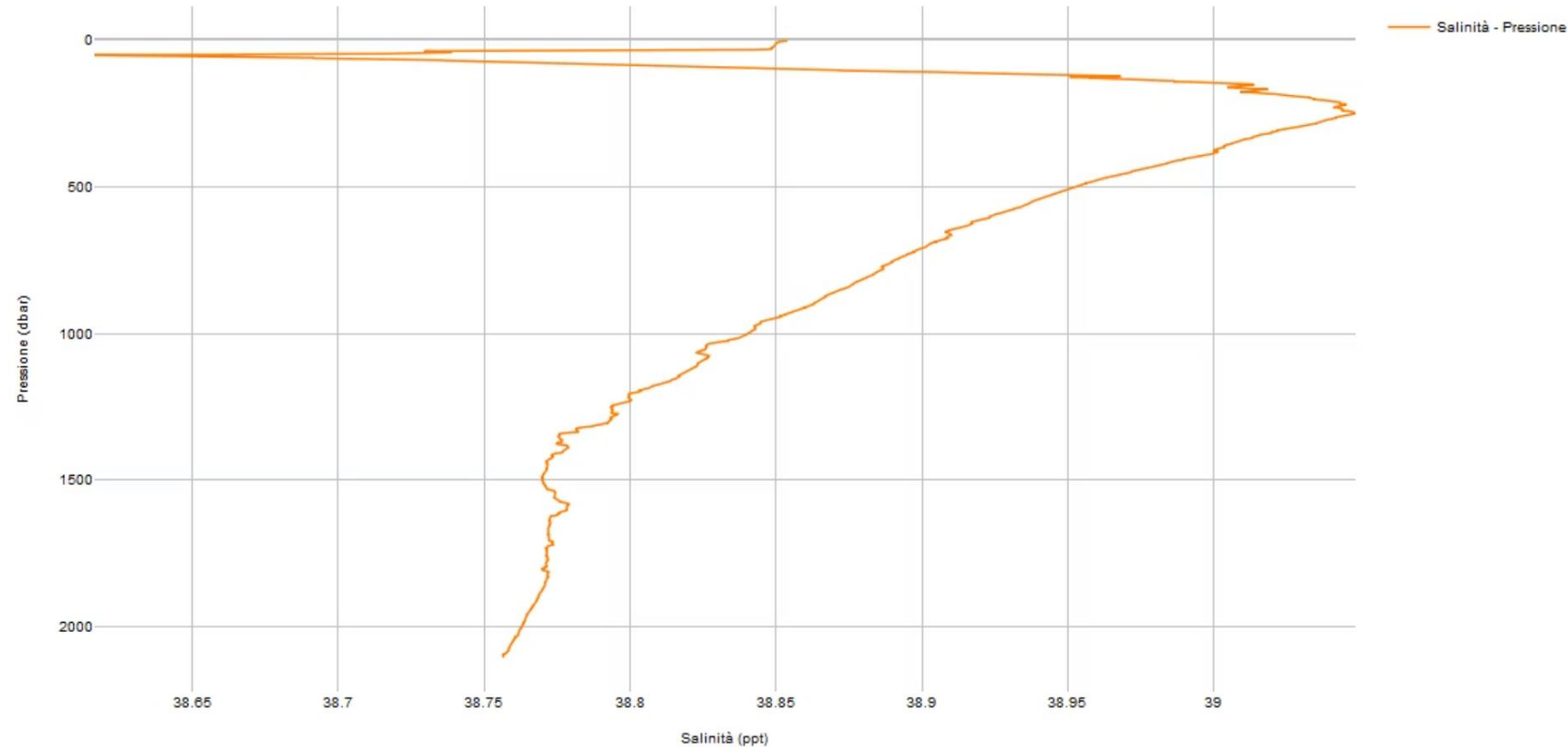
Tra 300 e 1500 dbar: aumento lento della salinità
Linea quasi verticale con gradini visibili
Stratificazione complessa e progressiva

PICCO DI SALINITÀ IN PROFONDITÀ

Tra 1500 e 2000 dbar: salinità raggiunge ~38.9 ppt
Massimo valore della stazione Acqua Levantina Intermedia (LIW) ben marcata

La 231 è una stazione intermedia che mostra il profilo classico del Mediterraneo centrale. La salinità rimane alta ovunque, confermando l'elevata mineralizzazione del bacino.

Grafico Salinità - Pressione - SN4



SUPERFICIE MOLTO SALATA

TRANSIZIONE NETTA E MARCATA

Tra 200 e 1000 dbar: calo drastico della salinità

Linea quasi verticale con gradini ben visibili

Confine fisico molto evidente tra strati

CALO PROGRESSIVO IN PROFONDITÀ

Cambio di massa d'acqua ben marcato

La SN4 mostra un profilo unico con superficie molto salata e calo drastico in profondità. È la stazione con la transizione più netta tra superficie e abissi, confermando l'importanza della stratificazione salina nel Mediterraneo.

Conducibilità Elettrica: Il Parametro Fisico

Abbiamo voluto mostrare i dati grezzi misurati dai sensori CTD. La conducibilità è il parametro fisico reale rilevato dalla sonda; mostrarla garantisce la trasparenza scientifica del nostro processo di elaborazione dei dati e conferma l'accuratezza della stratificazione che abbiamo osservato negli altri grafici.

Valori Alti in Superficie: Dovuti all'alta temperatura e salinità (Acqua Atlantica/Levantina riscaldata)

Flesso del grafico: Corrisponde alla profondità del termoclino

Plateau Profondo: Indica l'omogeneità delle acque di fondo del bacino

La conducibilità elettrica aumenta con la temperatura e la salinità. I grafici mostrano valori altissimi in superficie perché l'acqua è calda e molto mineralizzata. Questo significa che l'acqua superficiale è un conduttore elettrico molto più efficace rispetto alle acque profonde fredde.

In superficie (pressione vicina a 0), i valori sono massimi (oltre 5.0-5.5 uS/cm). Scendendo in profondità, i valori calano drasticamente stabilizzandosi intorno a 4.6-4.7 uS/cm.

La curva della conducibilità somiglia molto a quella della temperatura perché la capacità dell'acqua di trasmettere corrente elettrica dipende fortemente da quanto è calda.

Anche la conducibilità ci conferma la presenza del termoclino. Il calo della conducibilità nei primi 100-200 metri è rapidissimo (come osservato nelle stazioni LCM in Liguria e P1 in Sicilia). Il salto netto di valore tra la superficie e i 200 metri marca il confine fisico tra lo strato rimescolato dall'atmosfera e il corpo idrico profondo.

Nei grafici più profondi come GEOSTAR (3500 metri) e SN4 (2000 metri), la linea diventa quasi perfettamente verticale dopo i 1000 metri. Dalle osservazioni deduciamo che nelle stazioni osservate oltre i 1000 metri, la conducibilità diventa costante. Questo è un indicatore di omogeneità: le masse d'acqua profonde del Mediterraneo hanno caratteristiche chimico-fisiche stabili che non risentono delle fluttuazioni stagionali.

Grafico Conducibilità - Pressione - GEOSTAR

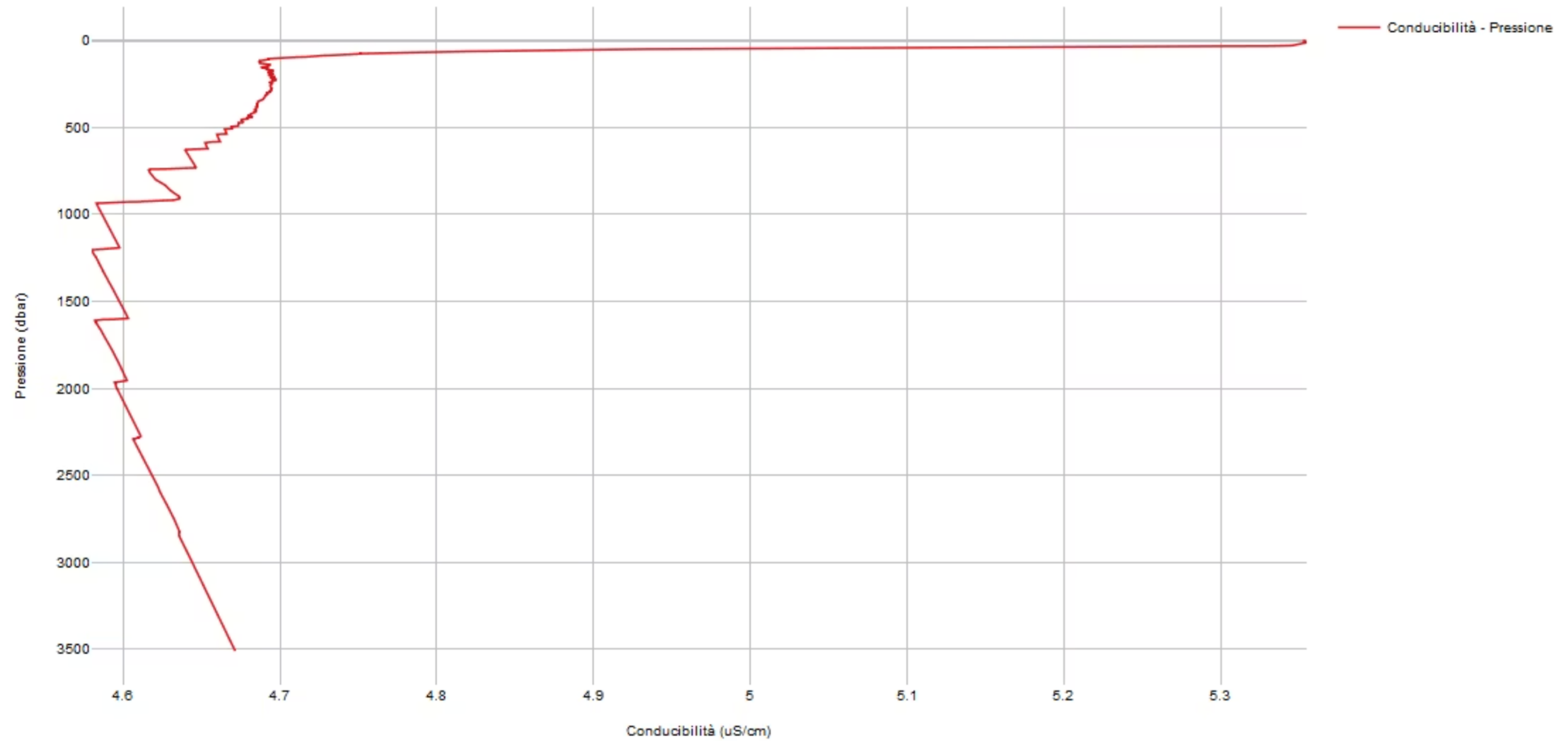


Grafico Conducibilità - Pressione - LCM

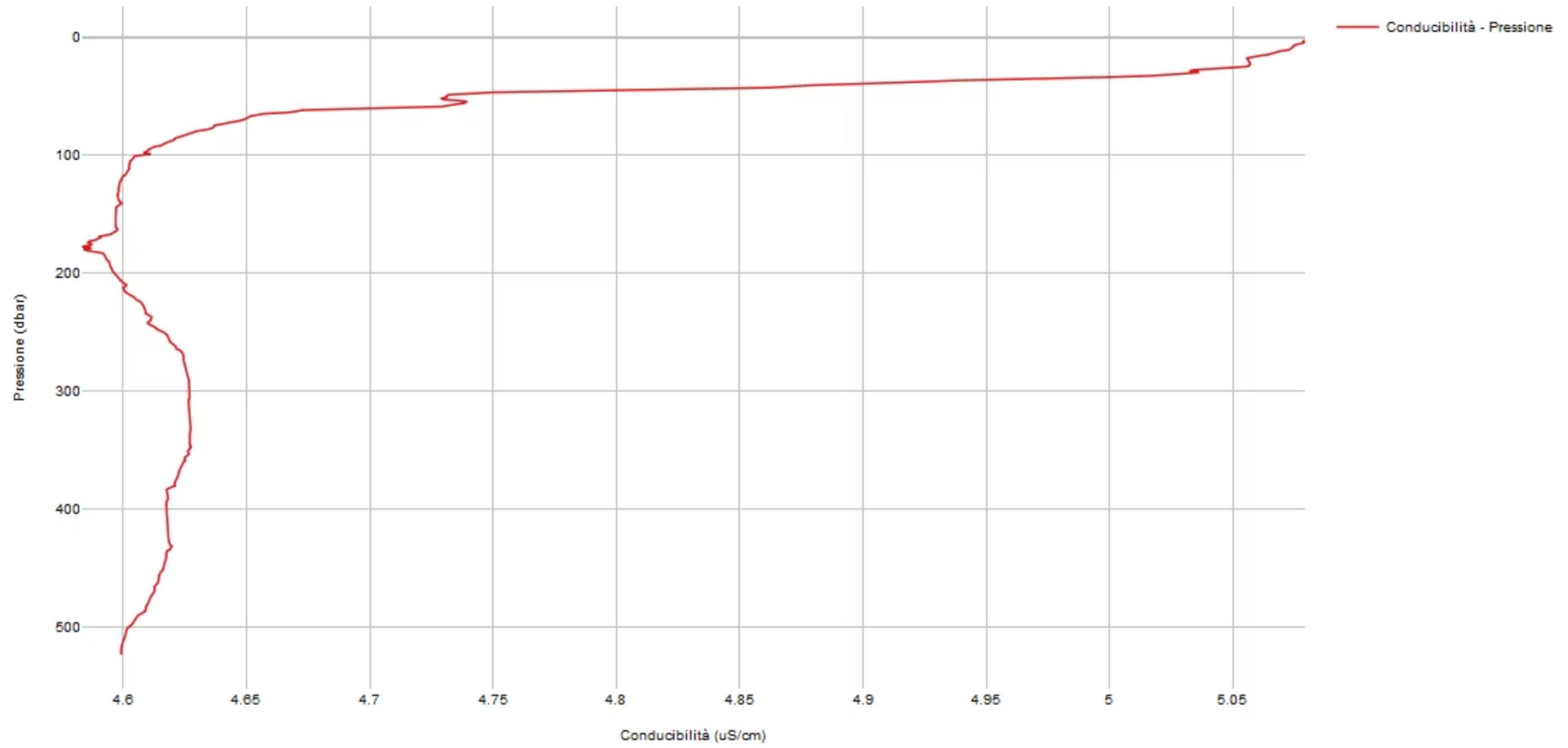




Grafico Conducibilità - Pressione - P1

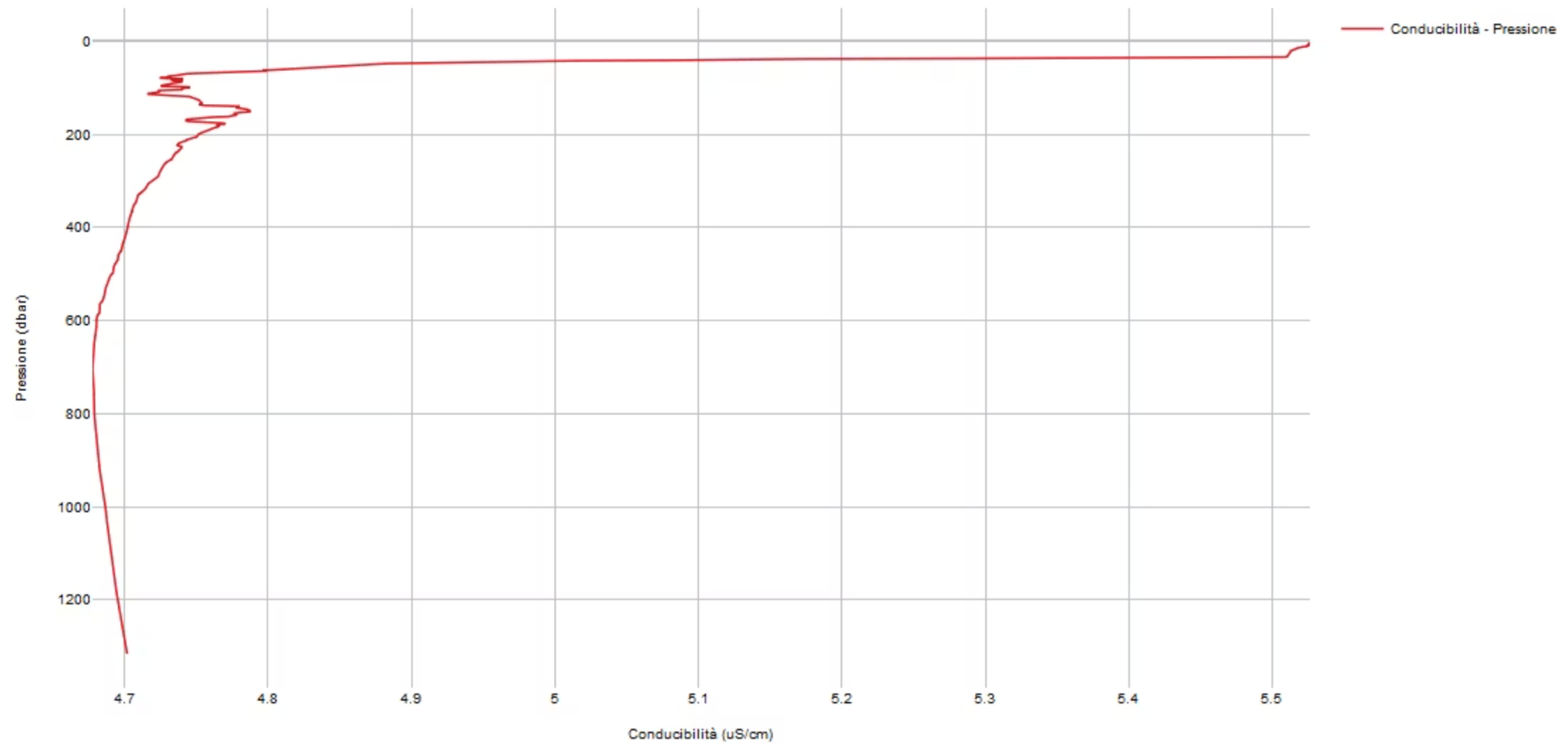


Grafico Conducibilità - Pressione - SN4

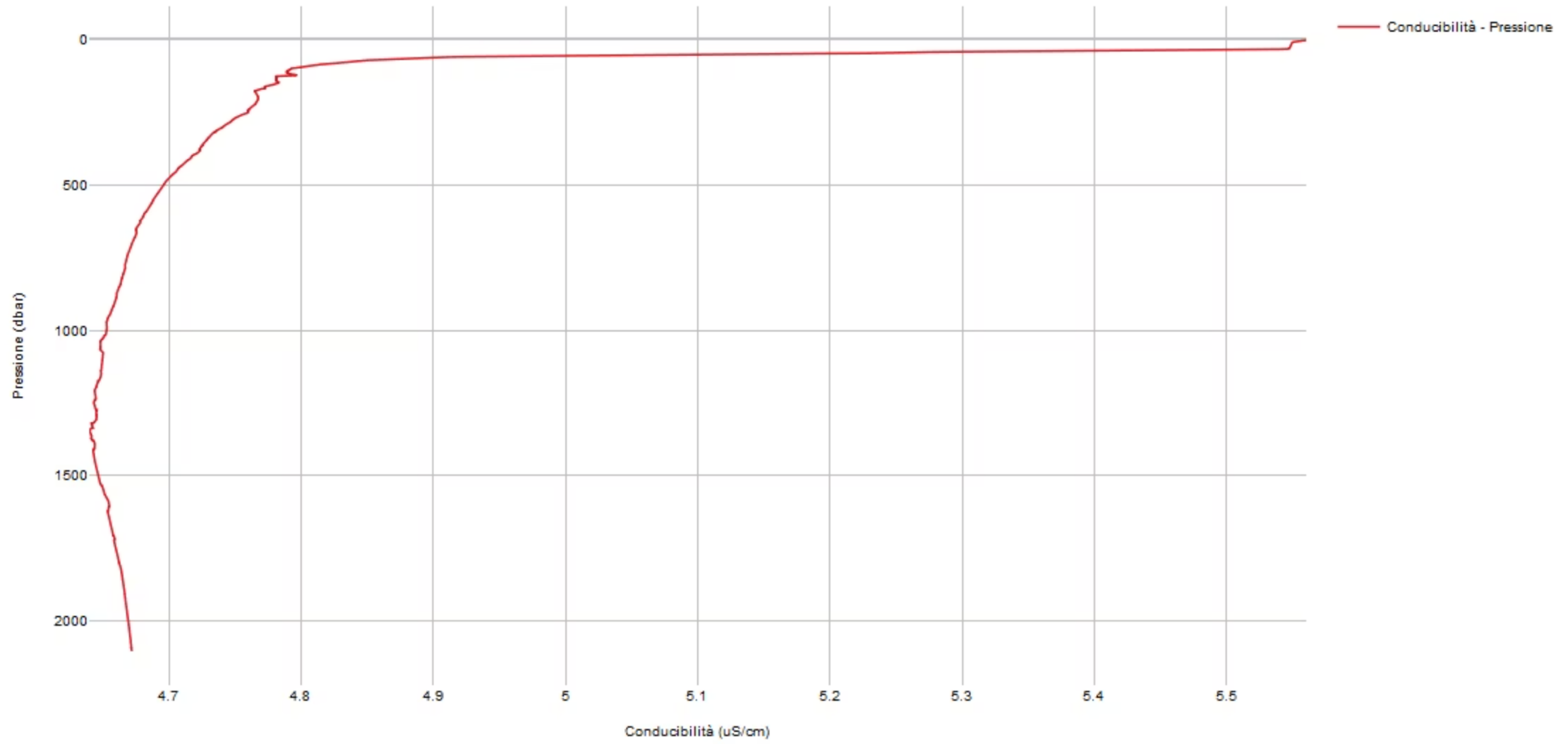
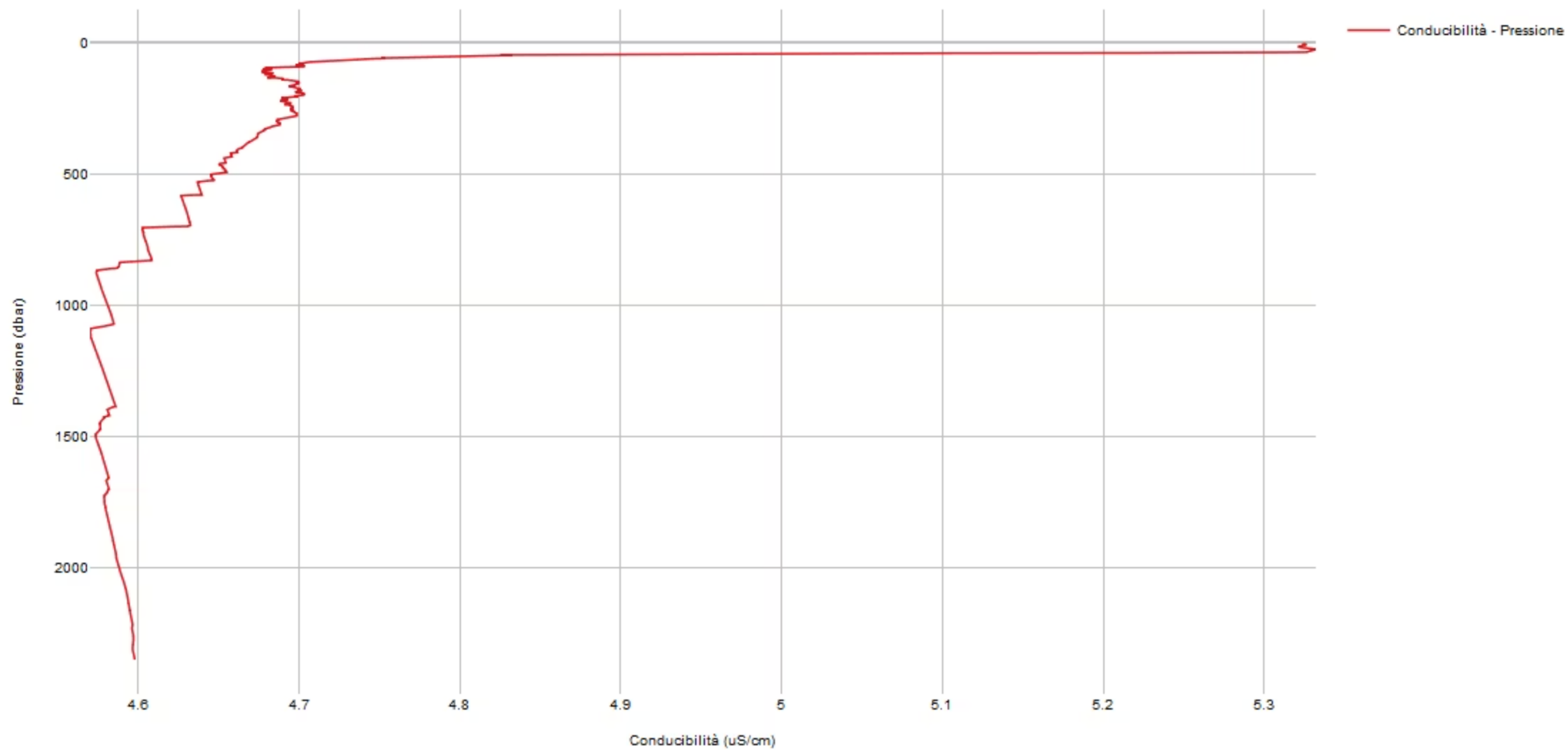


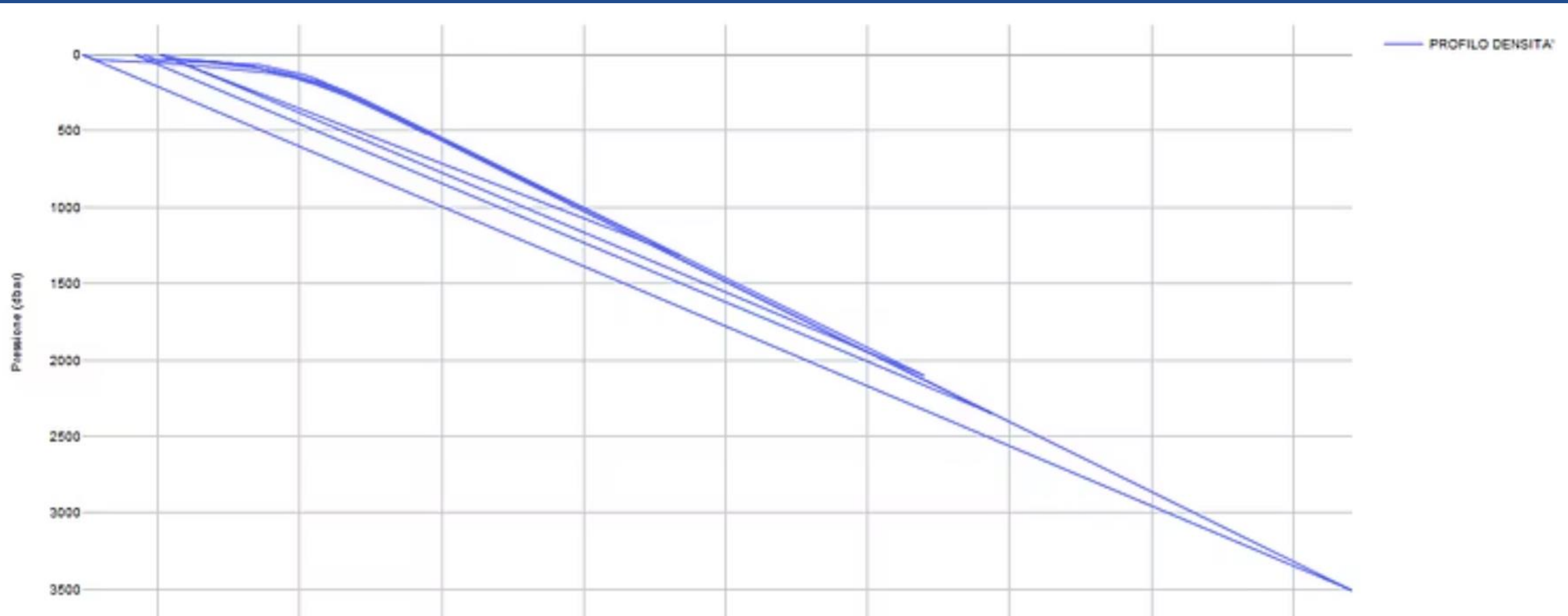
Grafico Conducibilità - Pressione - 231



Stabilità

Il Profilo di Densità

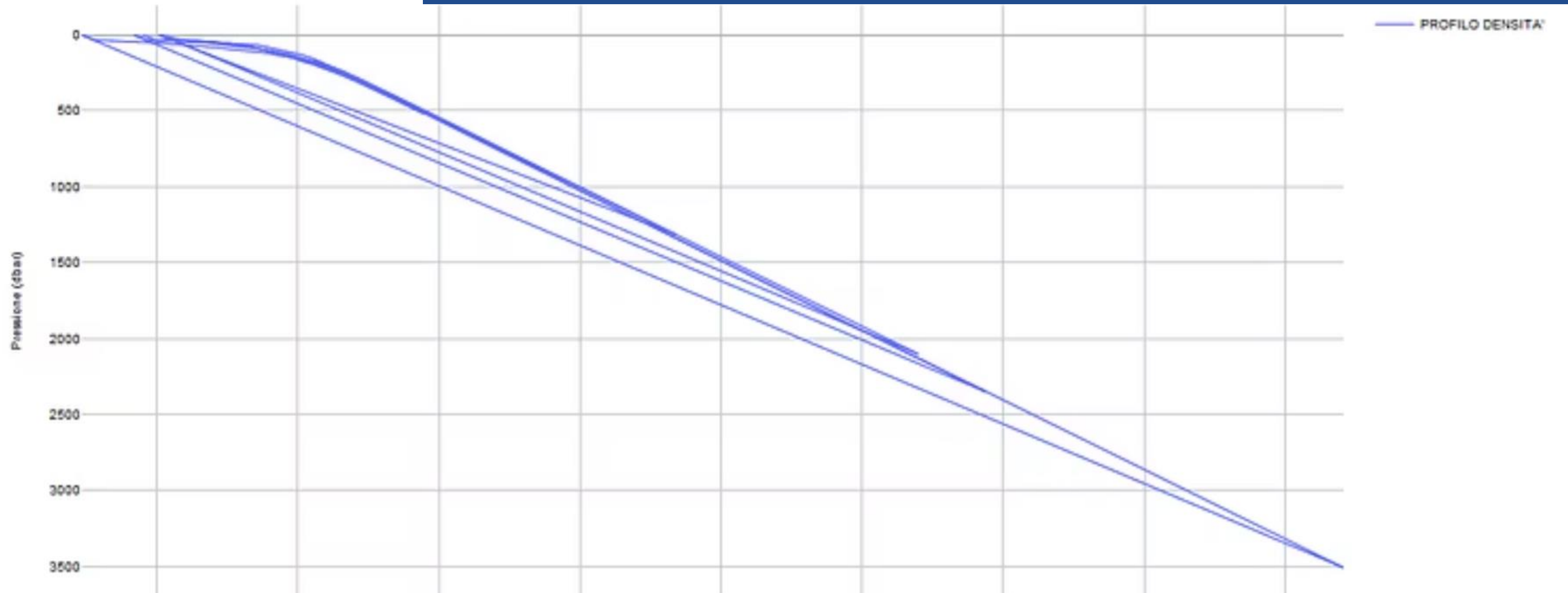
Guardando il grafico, notiamo subito che tutte le linee si spostano inesorabilmente verso destra man mano che scendiamo in profondità. Questo significa che la densità aumenta costantemente. Poiché l'acqua più densa si trova sempre sotto quella meno densa, non ci sono moti convettivi spontanei che portano l'acqua del fondo in superficie. Il Mediterraneo, in questo periodo dell'anno, è come una torta a strati perfettamente ordinata. In superficie, l'acqua è calda e quindi dovrebbe essere leggera, ma è anche molto salata e per questo tenderebbe a diventare più pesante. La densità nasce proprio da questo braccio di ferro tra temperatura e salinità. Qui, nonostante l'alta salinità spinga l'acqua verso il basso, è il calore a prevalere e a mantenerla relativamente leggera. Poi, scendendo, il sole perde forza, il calore svanisce e a prendere il sopravvento sono la salinità e la pressione, che fanno aumentare rapidamente la densità.



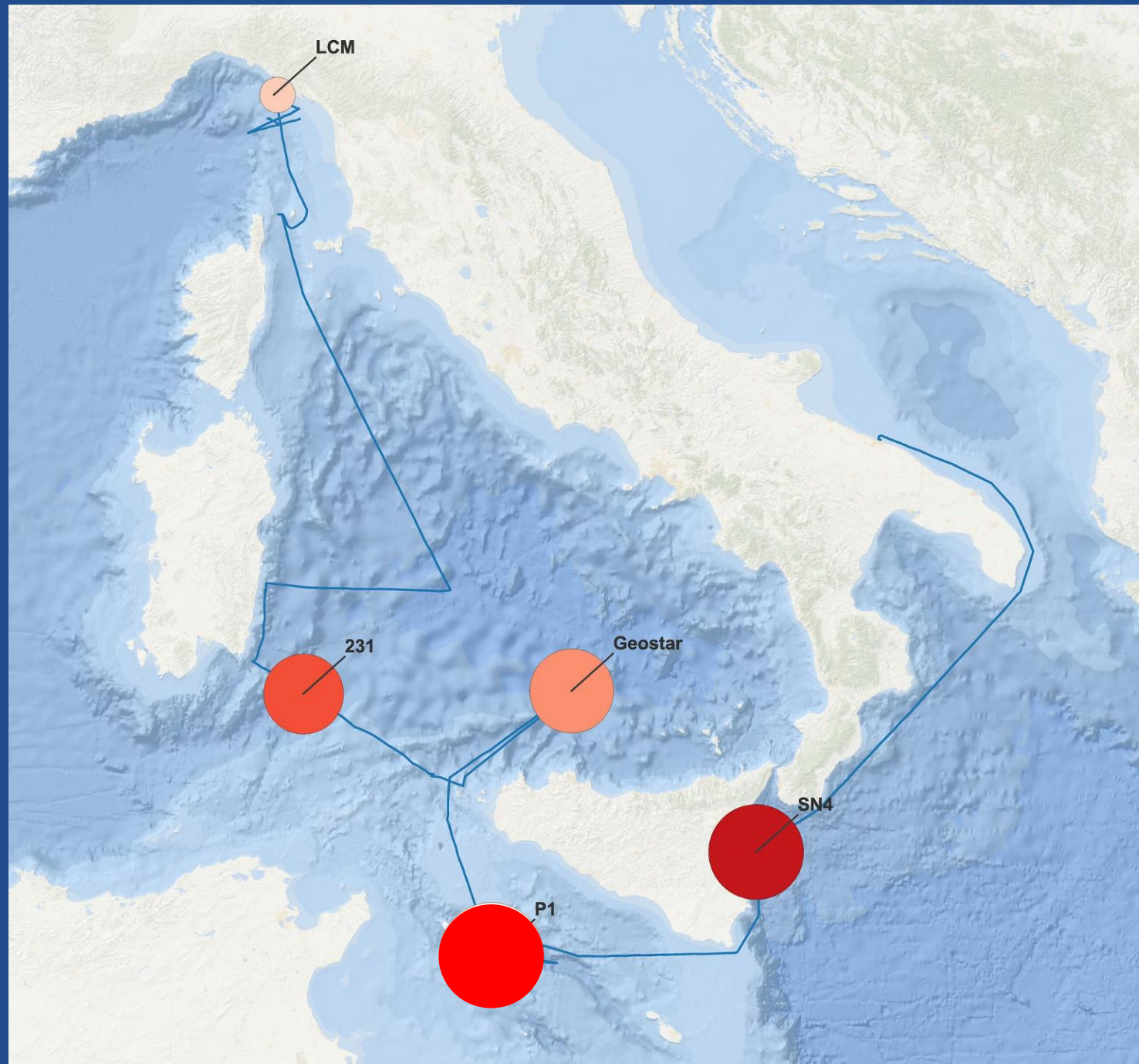
Stabilità

Il Profilo di Densità

Un aspetto affascinante emerge quando osserviamo come le linee partano distanti in superficie ma tendano a unirsi verso il fondo, oltre i 2000-3000 dbar. Questo fenomeno rivela qualcosa di profondo: le differenze regionali tra le stazioni, come Liguria e Sicilia, svaniscono completamente con la profondità. Negli abissi, le caratteristiche fisiche convergono verso un unico valore di densità. È il segno che il bacino profondo del Mediterraneo è un ambiente estremamente omogeneo, isolato dalle variazioni climatiche superficiali che invece dominano i primi 500 metri. Proprio nei primi 500 dbar le linee risultano più distanti tra loro e mostrano pendenze diverse rispetto alla parte profonda. Qui il rimescolamento avviene soprattutto in superficie, mentre scendendo le stazioni iniziano a somigliarsi sempre di più. Questo accade perché l'acqua profonda del Mediterraneo conserva caratteristiche fisiche molto stabili e uniformi, che rendono la colonna d'acqua progressivamente più ordinata e meno soggetta a cambiamenti.



Gradienti Latitudinali: Il Cuore del Mediterraneo



Spostandoci verso Sud:

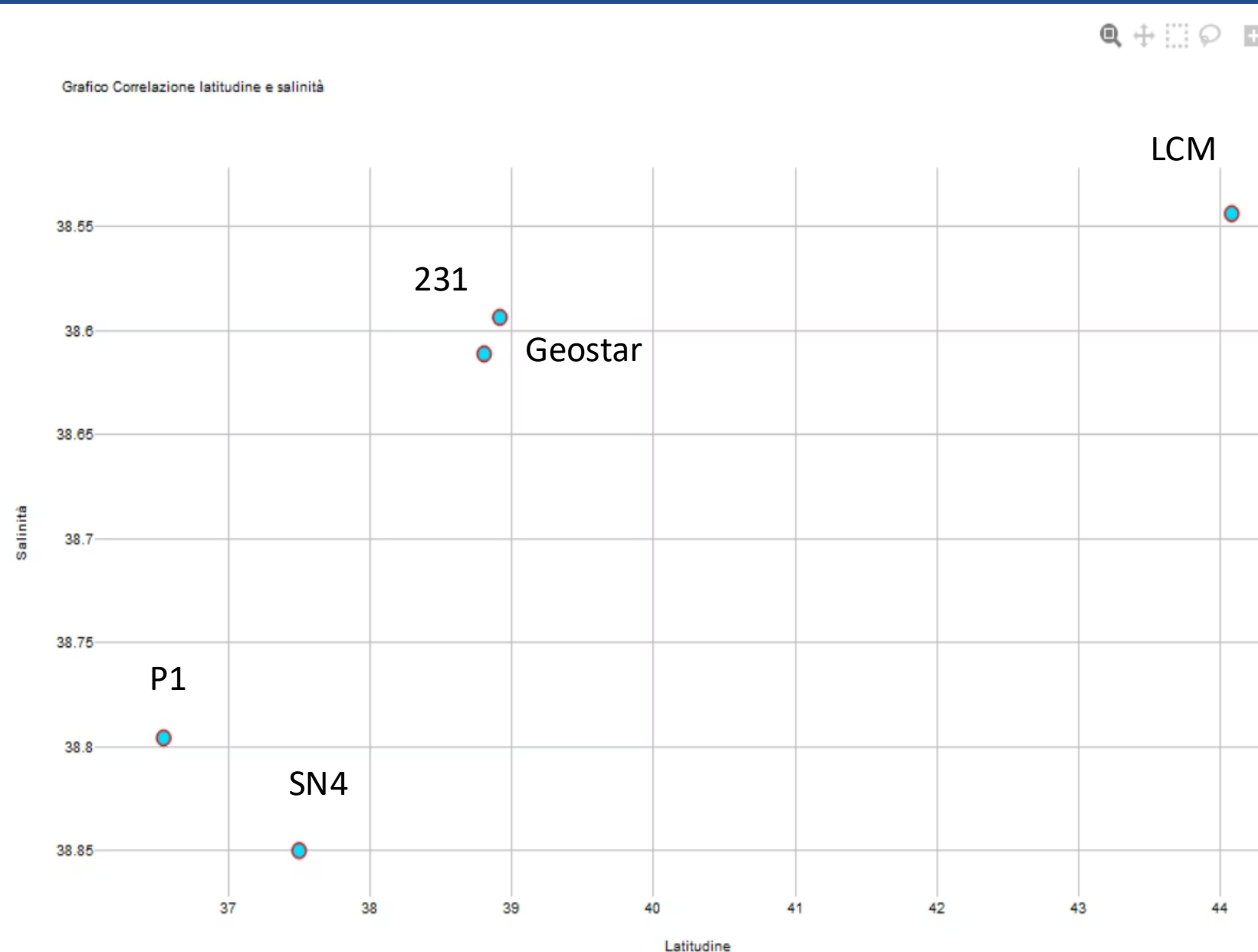
I cerchi sono **più scuri**: la Salinità aumenta per la forte evaporazione.

I cerchi sono **più grandi**: la Temperatura superficiale è più alta.

Questa mappa dimostra visivamente il gradiente latitudinale che guida la circolazione superficiale.

La Prova Scientifica: Latitudine/Salinità

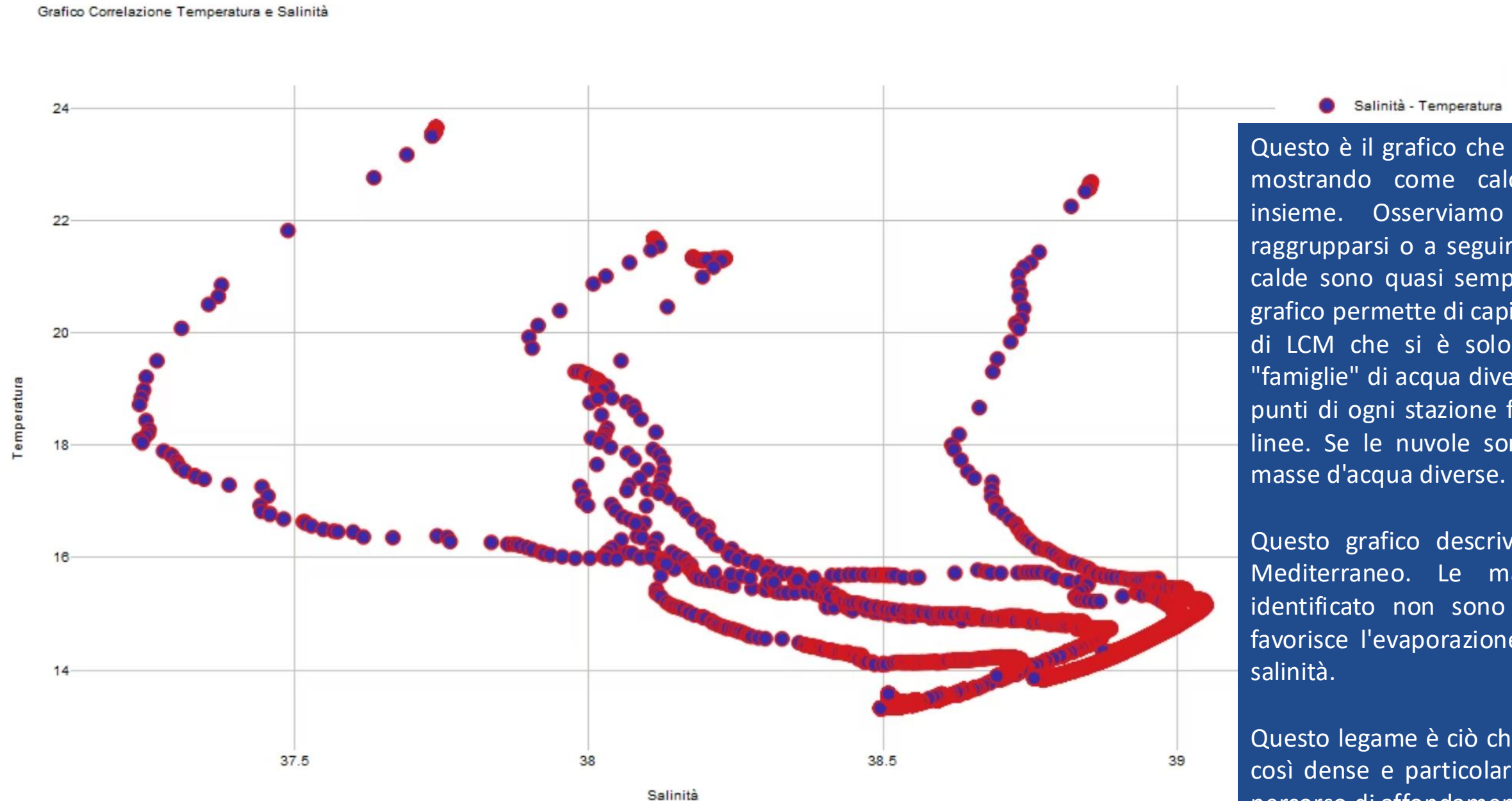
La latitudine controlla l'evaporazione, e l'evaporazione lega indissolubilmente calore e sale. Più scendi a Sud, più il sale aumenta. Man mano che la latitudine diminuisce ovvero ci spostiamo verso Sud, la salinità aumenta.



Esiste una correlazione inversa tra latitudine e salinità. Scendendo verso l'equatore, l'aumento dell'irraggiamento solare provoca una maggiore evaporazione delle acque superficiali. Poiché l'evaporazione rimuove l'acqua dolce ma lascia il sale, le stazioni meridionali come P1 risultano significativamente più saline rispetto a quelle settentrionali come LCM. Notare la disposizione dei punti: formano una diagonale che scende da destra verso sinistra. A destra (Latitudine 44): si ha il punto più in alto (Salinità circa 38.54). Questa è la stazione LCM (Mar Ligure). Essendo la più a Nord, riceve più apporti di acqua dolce e ha meno evaporazione. Al centro (Latitudine ~38.8 - 39) ci sono le stazioni 231 e Geostar.

Si trovano a una latitudine intermedia e infatti hanno una salinità intermedia (circa 38.6). A sinistra (Latitudine ~36.5 - 37.5): I punti più in basso (Salinità tra 38.8 e 38.85). Sono P1 e SN4. Essendo le stazioni più a Sud, l'evaporazione è molto forte e l'acqua diventa molto più concentrata e salata. In questo modo abbiamo dimostrato il **Gradiente Latitudinale Negativo della salinità che vale a dire** diminuendo la latitudine (andando verso l'equatore), la salinità aumenta.

Salinità/Temperatura - Il Bilancio Idro-Termico

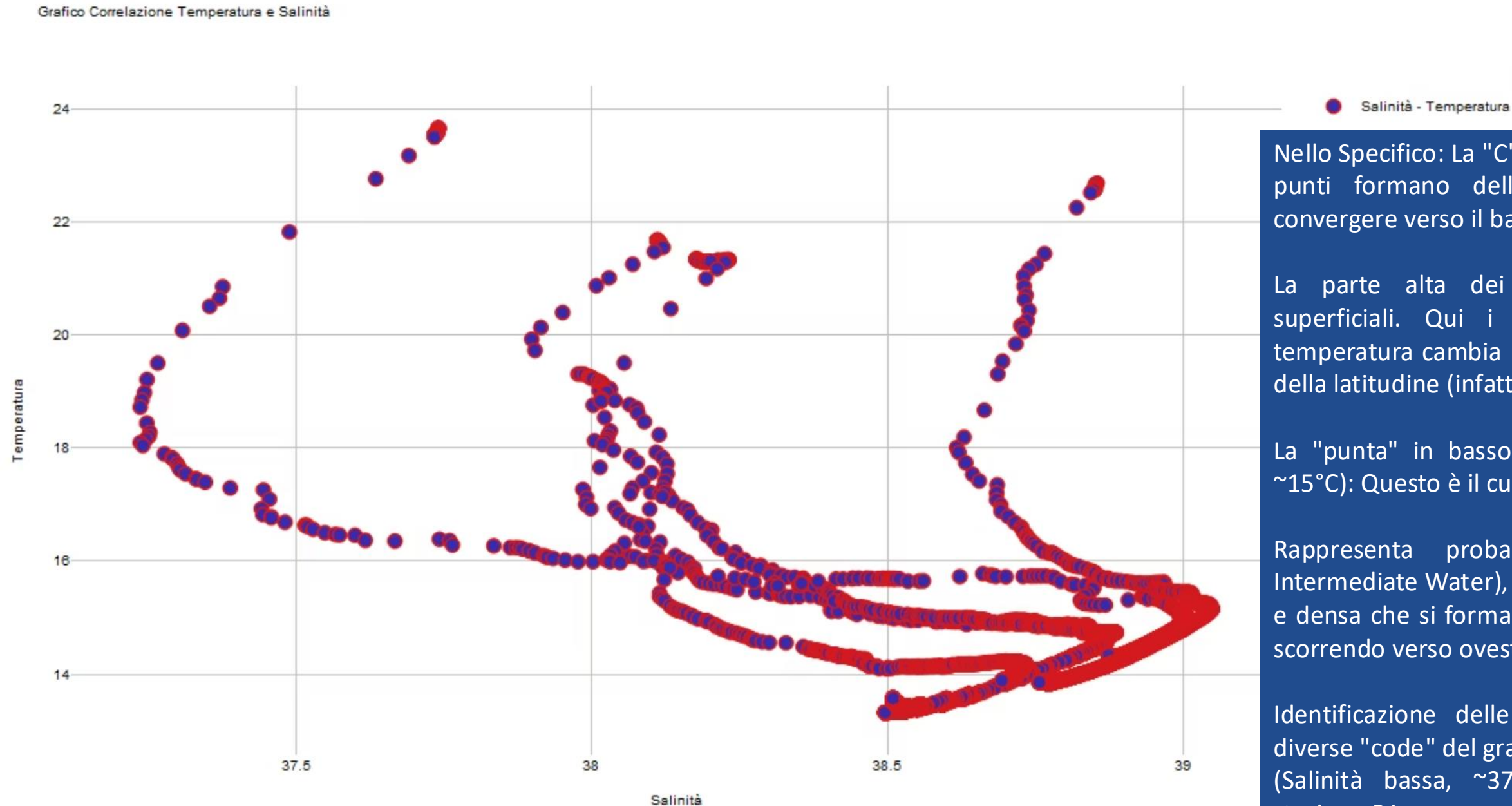


Questo è il grafico che riassume la "fisica" del bacino, mostrando come calore e sale viaggino spesso insieme. Osserviamo che i punti tendono a raggrupparsi o a seguire una diagonale. Le acque più calde sono quasi sempre anche le più salate. Questo grafico permette di capire se l'acqua di SN4 è la stessa di LCM che si è solo scaldata, o se sono proprio "famiglie" di acqua diverse. DAL risultato, noterai che i punti di ogni stazione formano delle "nuvole" o delle linee. Se le nuvole sono separate, si sono scoperte masse d'acqua diverse.

Questo grafico descrive il bilancio idro-termico del Mediterraneo. Le masse d'acqua che abbiamo identificato non sono isolate: il calore superficiale favorisce l'evaporazione, che a sua volta aumenta la salinità.

Questo legame è ciò che rende le acque mediterranee così dense e particolari una volta che iniziano il loro percorso di affondamento verso gli abissi.

Salinità/Temperatura - Il Bilancio Idro-Termico



Nello Specifico: La "C" o il "Gancio" (Miscele d'acqua) i punti formano delle linee curve che sembrano convergere verso il basso.

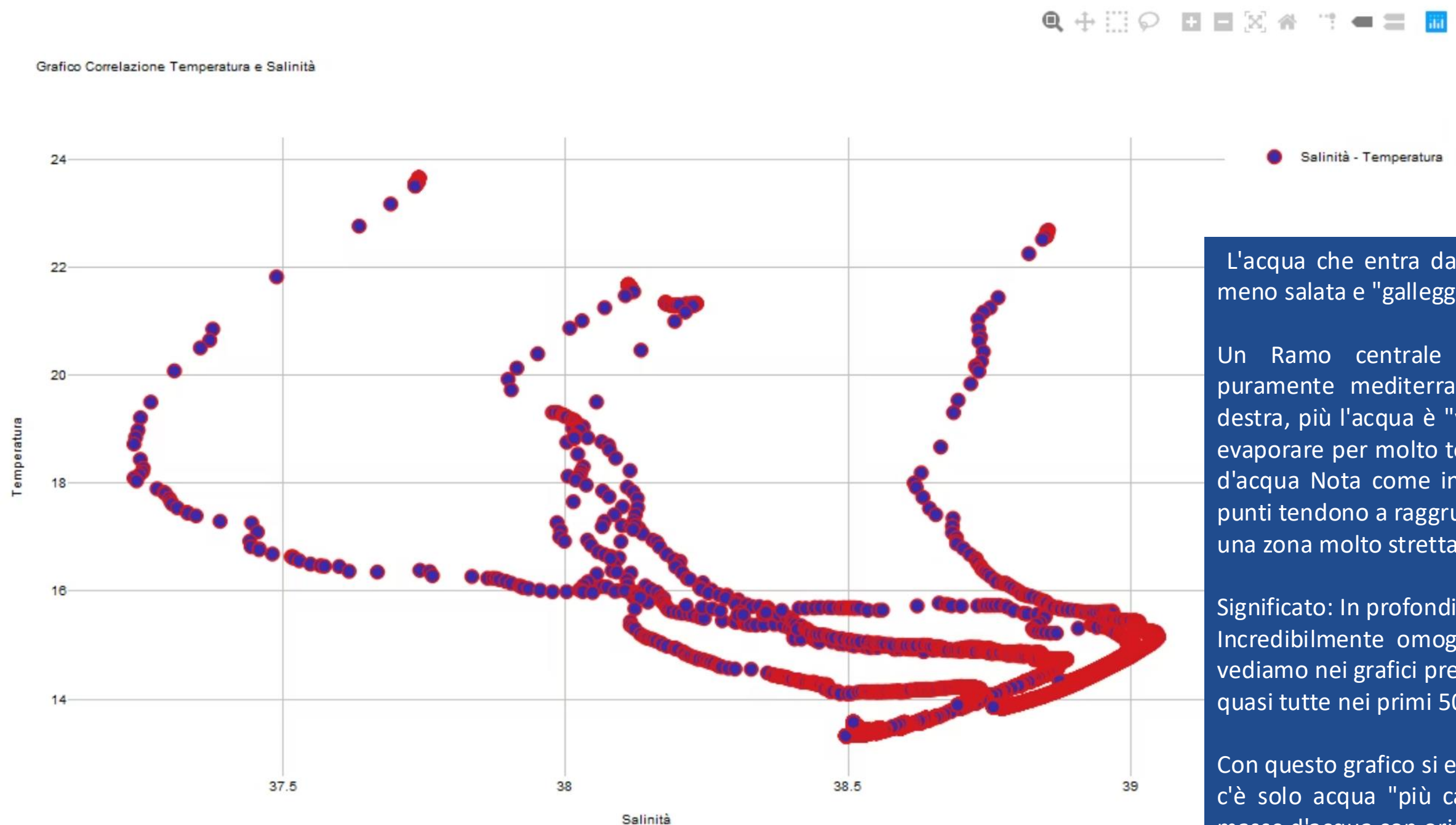
La parte alta dei rami: Rappresenta le acque superficiali. Qui i punti sono sparsi perché la temperatura cambia molto a seconda della stagione e della latitudine (infatti arrivano fino a 24°C).

La "punta" in basso a destra (Salinità ~39.1, Temp ~15°C): Questo è il cuore del Mediterraneo.

Rappresenta probabilmente la LIW (Levantine Intermediate Water), un'acqua molto salata e densa che si forma nel bacino orientale e "affonda" scorrendo verso ovest.

Identificazione delle masse d'acqua Guardando le diverse "code" del grafico: Ramo a sinistra (Salinità bassa, ~37.2): Questa è sicuramente la stazione P1 o comunque quella influenzata dall'ingresso di Acqua Atlantica (MAW - Modified Atlantic Water).

Salinità/Temperatura - Il Bilancio Idro-Termico



L'acqua che entra dallo Stretto di Gibilterra è molto meno salata e "galleggia" sopra quella mediterranea.

Un Ramo centrale e destro: Sono le stazioni puramente mediterranee. Più la curva si sposta a destra, più l'acqua è "vecchia" (è rimasta nel bacino a evaporare per molto tempo). La stabilità della colonna d'acqua Nota come in basso (tra 13°C e 15°C) tutti i punti tendono a raggrupparsi in una zona molto stretta tra 38.5 e 39 di salinità.

Significato: In profondità il Mediterraneo è Incredibilmente omogeneo. Le grandi differenze che vediamo nei grafici precedenti avvengono quasi tutte nei primi 500-1000 metri.

Con questo grafico si evidenzia che nelle 5 stazioni non c'è solo acqua "più calda o più fredda", ma ci sono masse d'acqua con origini diverse:

1. Un'acqua di origine Atlantica (meno salata).
2. Un'acqua Intermedia (molto salata).
3. Un'acqua Profonda (stabile e fredda).

Sintesi: Un Viaggio Oceanografico

Attraverso l'integrazione di strumenti GIS e analisi oceanografiche, abbiamo trasformato circa 17.000 dati grezzi in un modello idrografico. I risultati dimostrano la stabilità del bacino mediterraneo e identificano i gradienti che rendono questo mare unico.

Ringraziamo la **dott.ssa Nadia Lo Bue** (INGV) e il dott. **Mattia Barsanti** (ENEA). Inoltre, ringraziamo i nostri docenti proff. Venturella e Militello del CAT Rutelli di Palermo.