

Una caratterizzazione dell'Osservatorio Geomagnetico a Lampedusa

Paolo Bagiacchi¹, Mauro Regi², Domenico Di Mauro¹, Stefania Lepidi², Antonio Guarnieri³

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italia

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, L'Aquila, Italia

³ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, Italia



106° Congresso Nazionale della società Italiana di Fisica (SIF)

Sezione 4: Geofisica, Fisica dell'ambiente

14-18 settembre 2020 (<https://www.sif.it/attivita/congresso/106>)

Osservatori geomagnetici INGV impiegati per la presente analisi

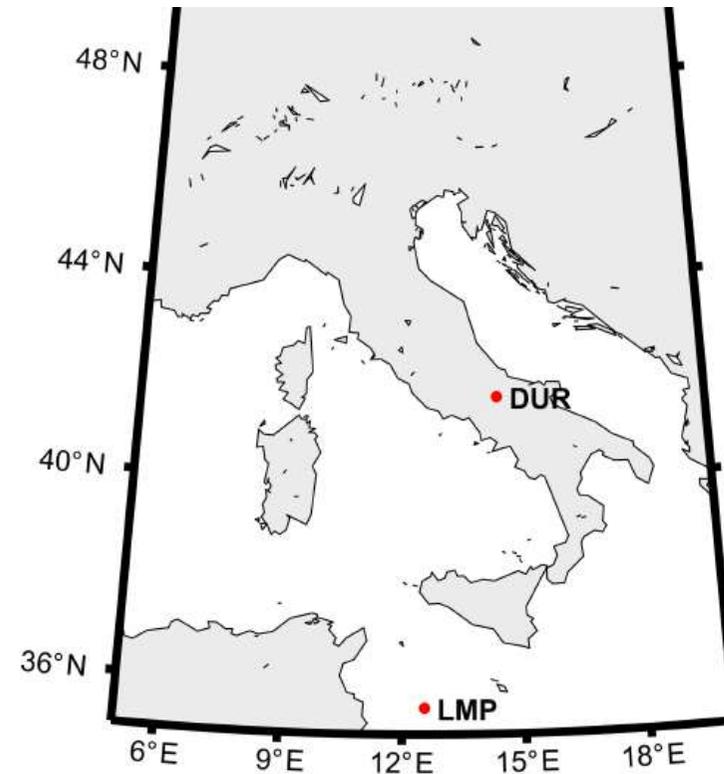


Oss. DURONIA



Oss. LAMPEDUSA

| Name | CODE | Geographic coordinates | AACGM coordinates | MLT |
|-----------|------|------------------------|-------------------|-------|
| Lampedusa | LMP | 35.52° N, 12.55° E | 27.9° N, 86.0° E | 00:29 |
| Duronia | DUR | 41.65° N, 14.47° E | 35.9° N, 88.5° E | 00:39 |

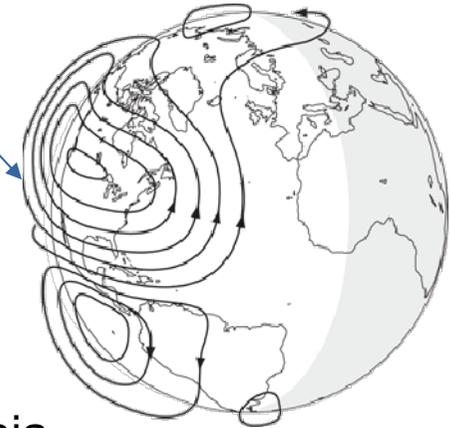


Variazione diurna (regolare) del campo geomagnetico

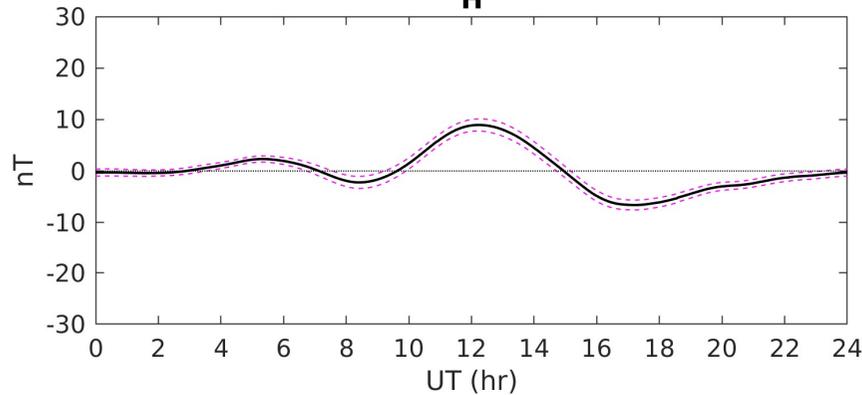
Analisi dati a 1 min – anni 2017-2019

- Le variazioni diurne sono ottenute applicando un filtro PB a 3 giorni.
- È stata applicata una SEA su intervalli di 24 hr

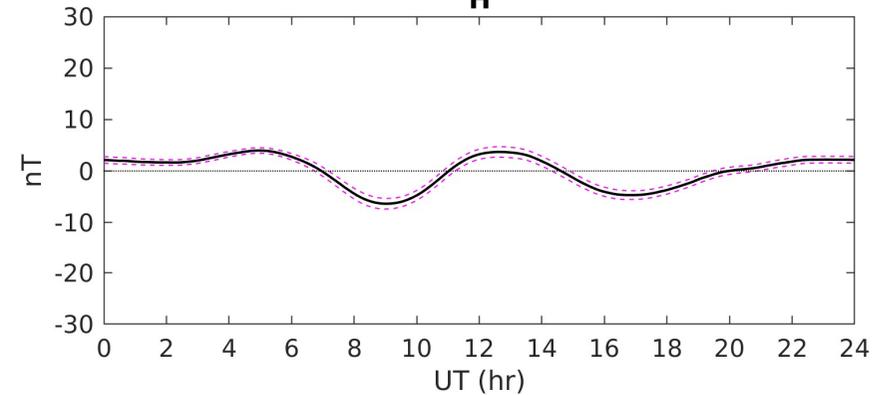
Correnti ionosferiche di S_q



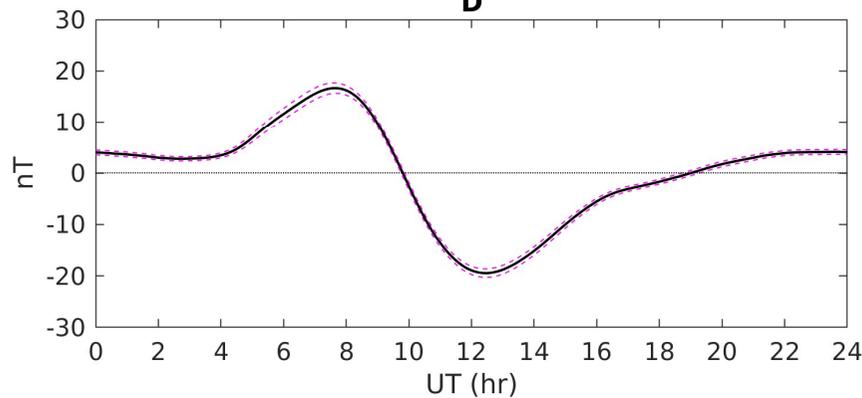
Lampedusa
H



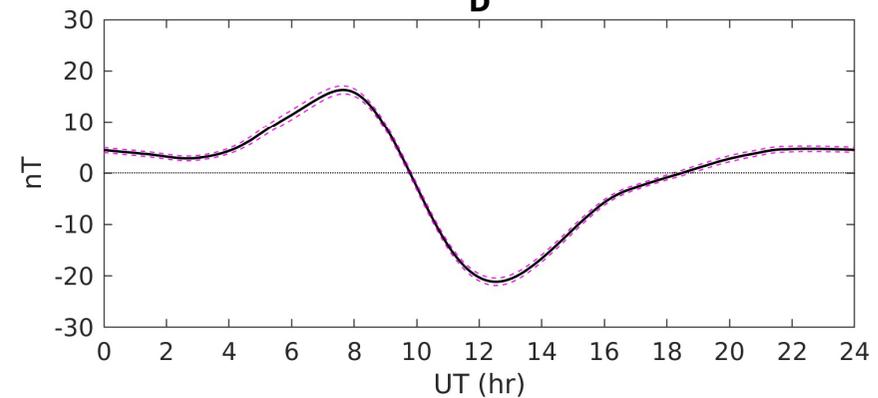
Duronia
H



D

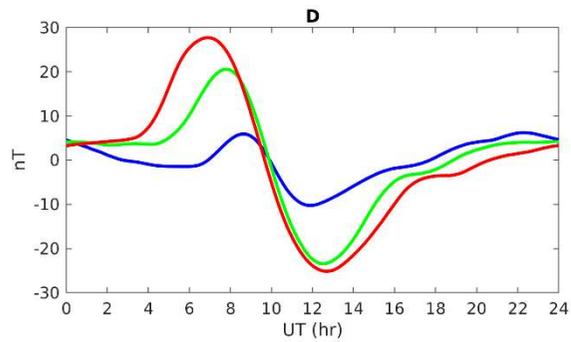
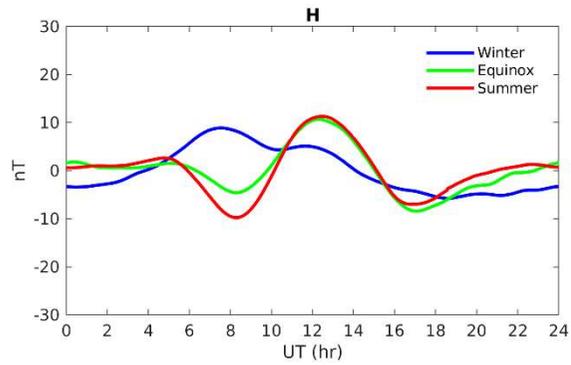


D

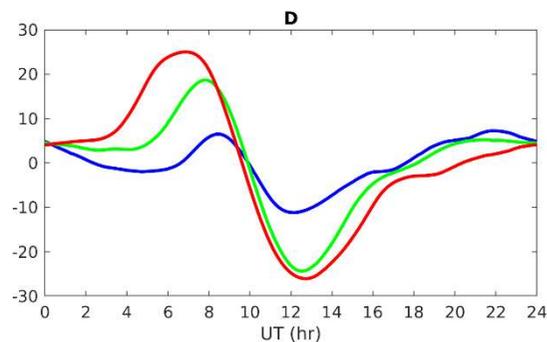
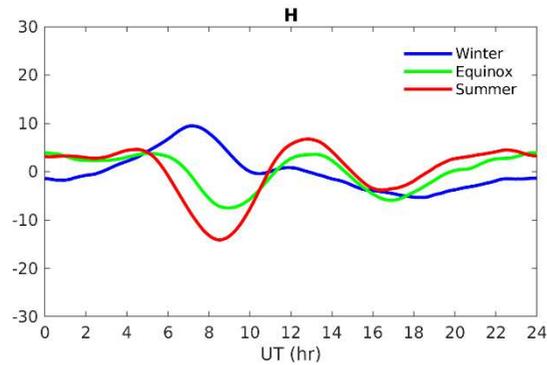


Variazione diurna: dipendenza stagionale

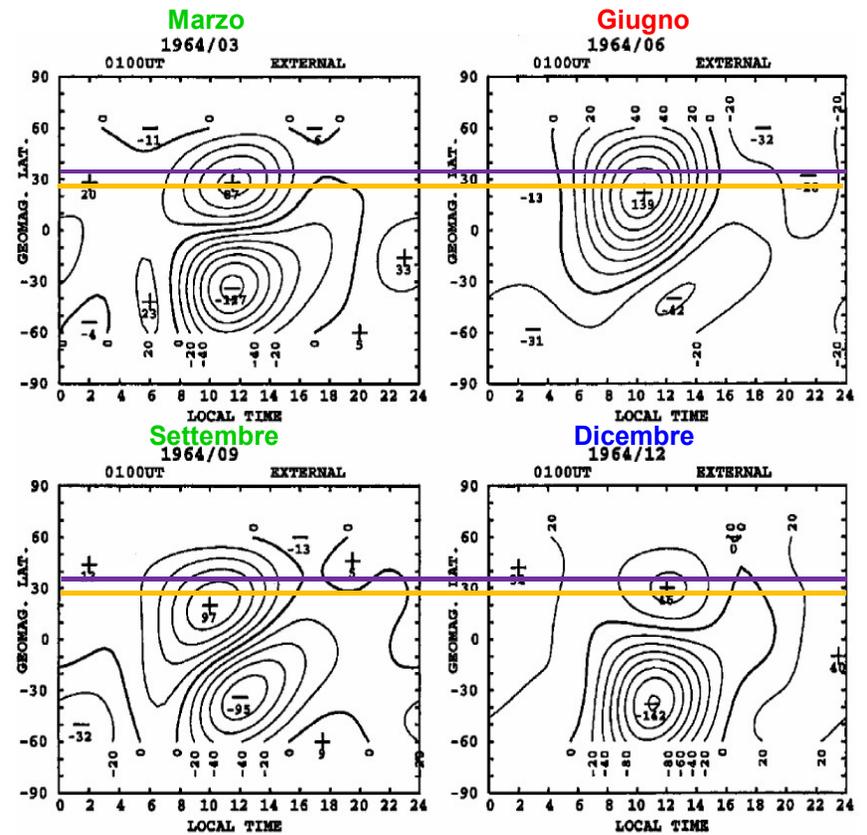
Lampedusa



Duronia



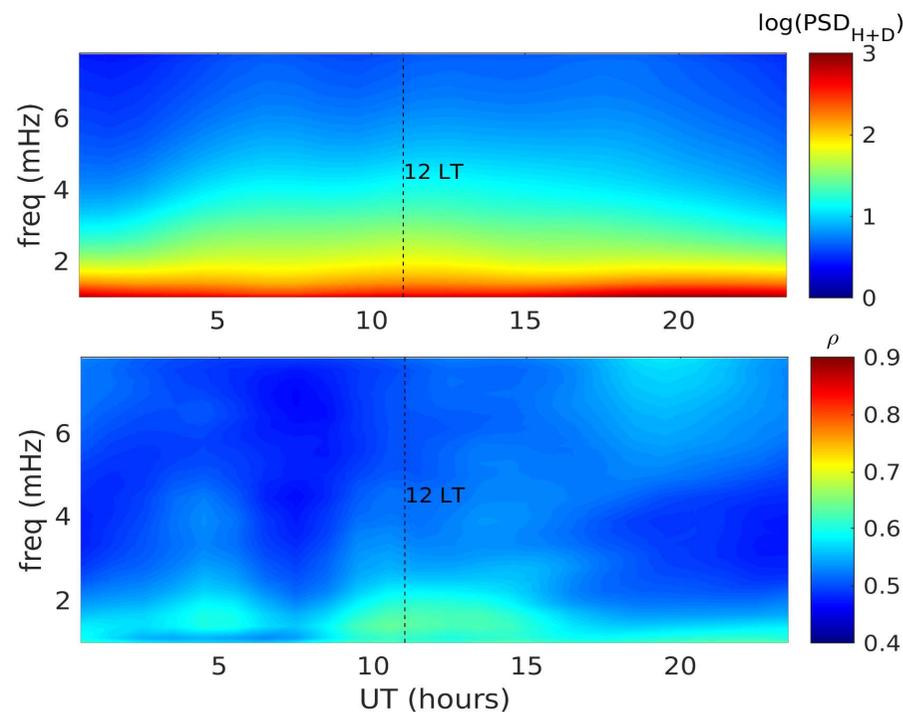
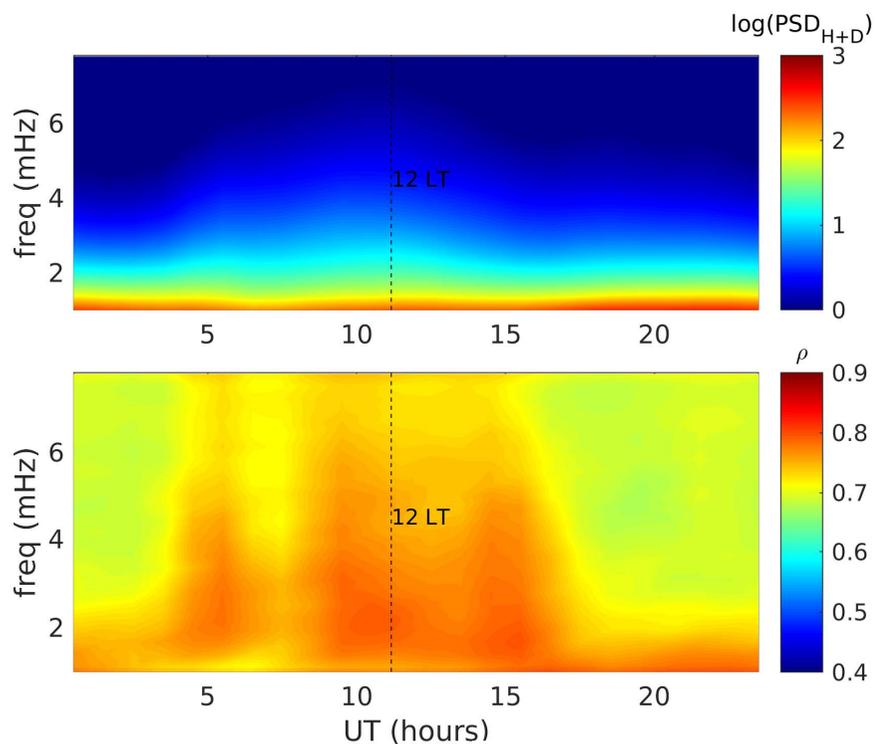
Sq current system (Takeda, 1999)



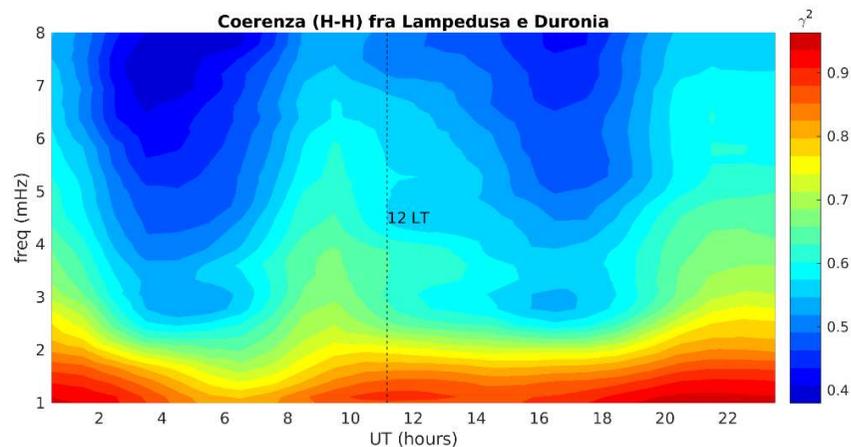
Analisi spettrale e di polarizzazione

Lampedusa

Duronia



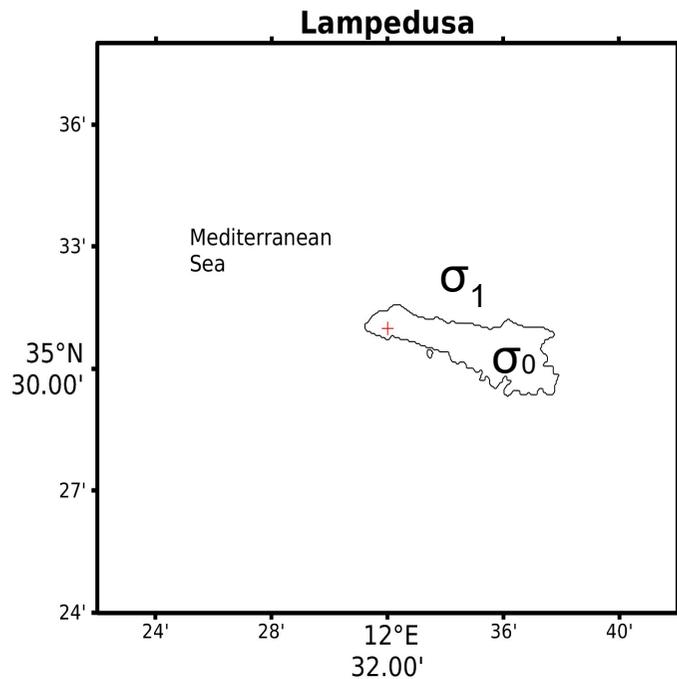
A Lampedusa i segnali sembrano essere **meno contaminati dal rumore locale**



Coerenza H-H (Lampedusa-Duronia)

Analisi di Parkinson: vettori d'induzione ruotati di +180° (Wiese)

Effetto costa



Analisi nel dominio delle frequenze della dipendenza delle correnti indotte come $Z=Z(H,D)$

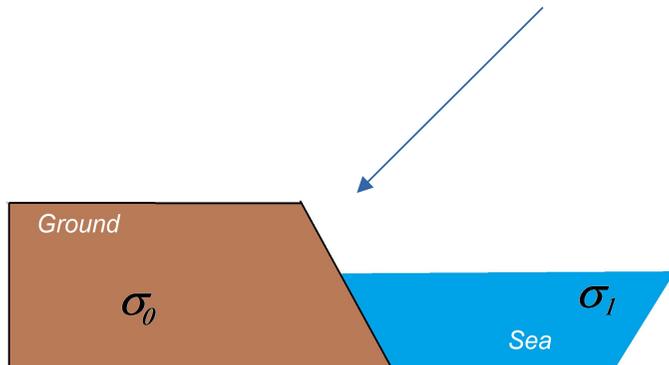
$$Z(f) = A(f)H(f) + B(f)D(f) + \epsilon$$

Minimi quadrati su n-intervalli temporali (Everett & Hyndman, 1967)

$A(f), B(f)$ Funzioni di trasferimento complesse

$\vec{W} = -(\text{real}(A), \text{real}(B))$ Vettore d'induzione (punta allo strike)

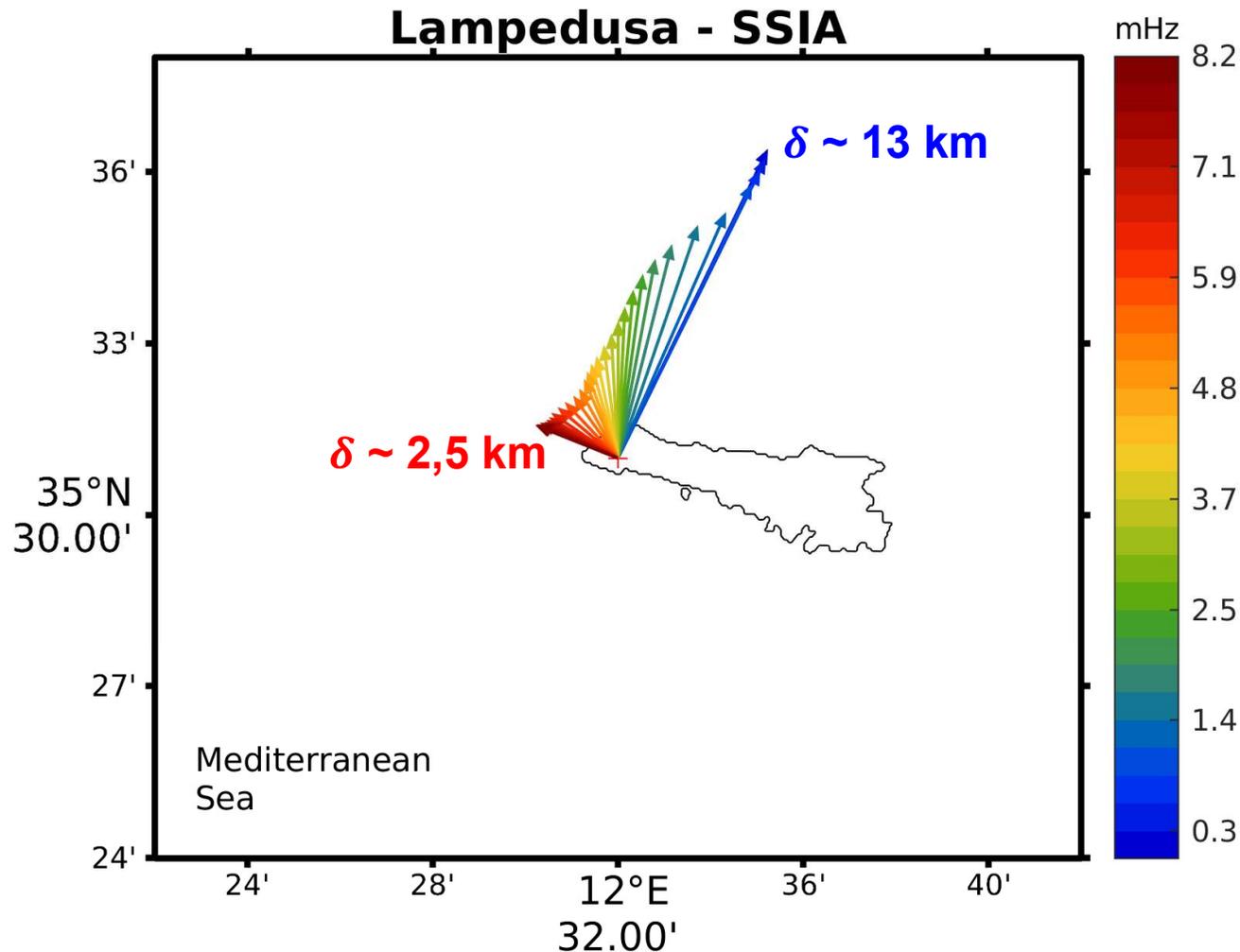
discontinuità terra-mare



L'effetto costa dipende dalla conducibilità σ , dalla **profondità del mare** e dalla disposizione del **profilo costiero** rispetto all'ubicazione del magnetometro.

Analisi di Parkinson-Wiese: anni 2017-2019

Single Station Induction Arrows (SSIAs)



Profondità di penetrazione

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}}$$

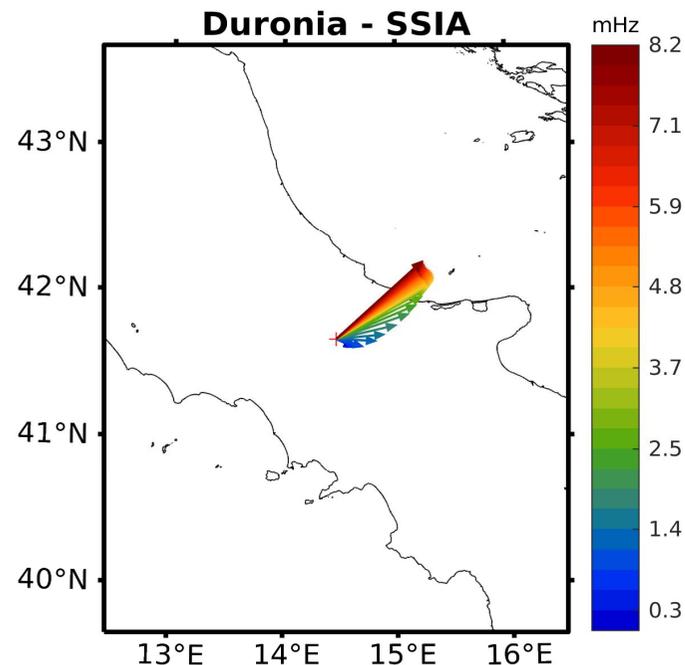
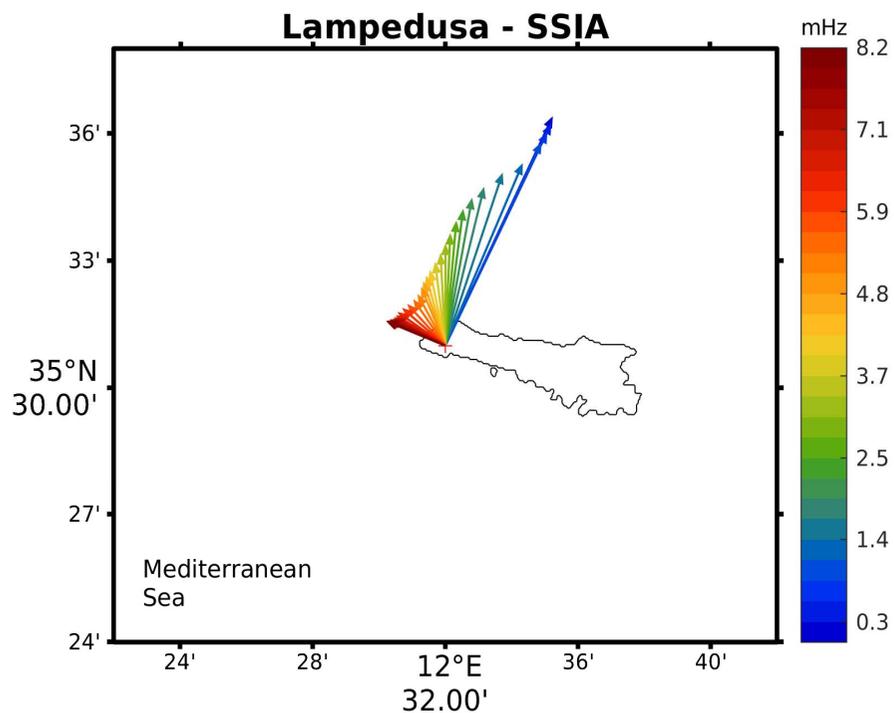
Dove f è la frequenza, σ la conducibilità apparente e μ è la permeabilità magnetica.

A parità di conducibilità, i vettori di alta frequenza puntano verso regioni più superficiali.

Ad es.: per $\sigma = 5.2 \text{ S/m}$ (tipica conducibilità elettrica dell'acqua marina nel Mediterraneo), abbiamo i due seguenti valori per $\delta(0.3 \text{ mHz}) \sim 13 \text{ km}$ e $\delta(8 \text{ mHz}) \sim 2,5 \text{ km}$

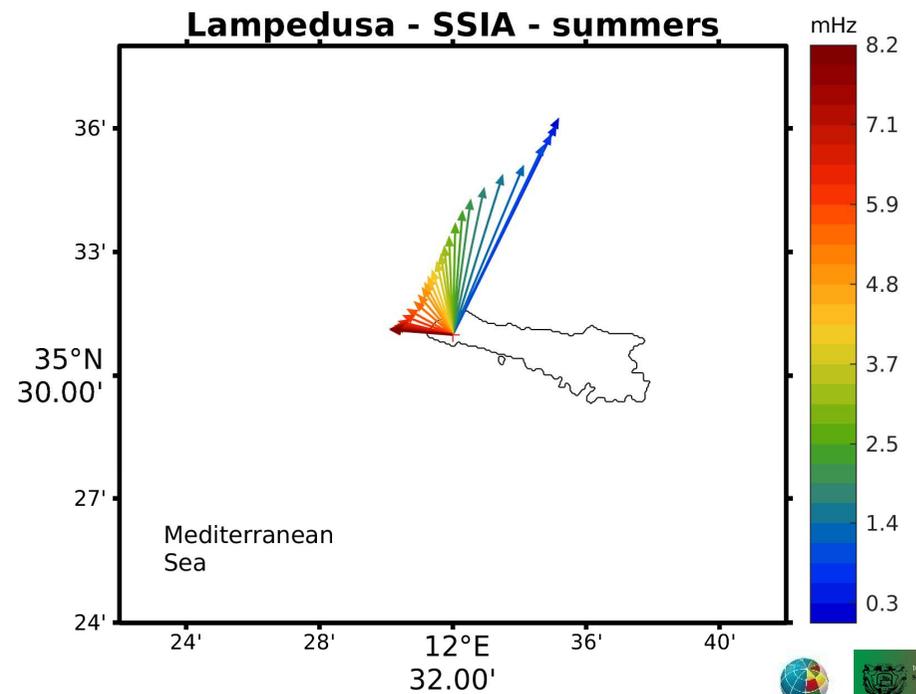
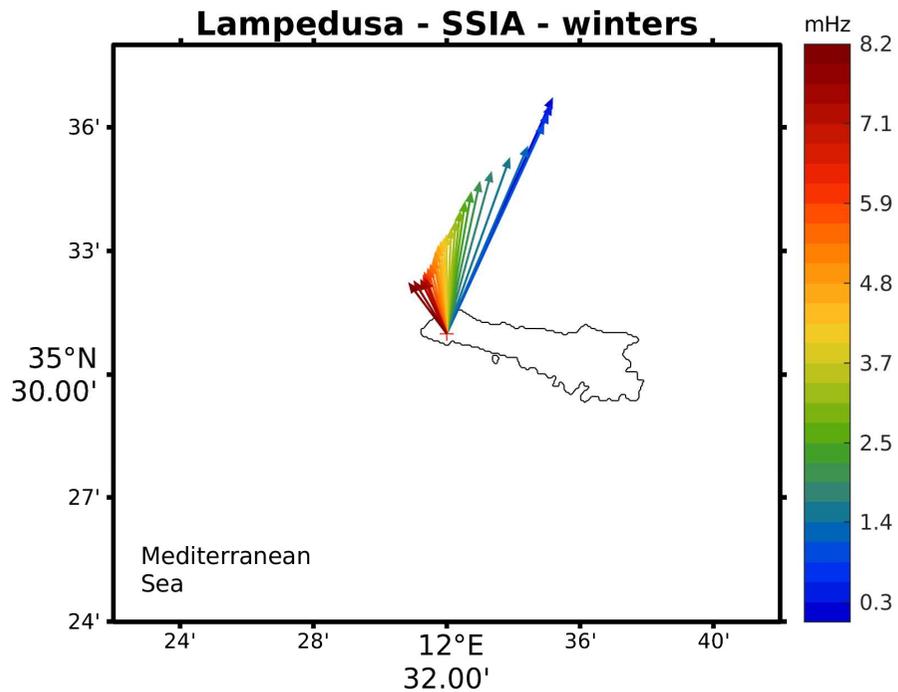
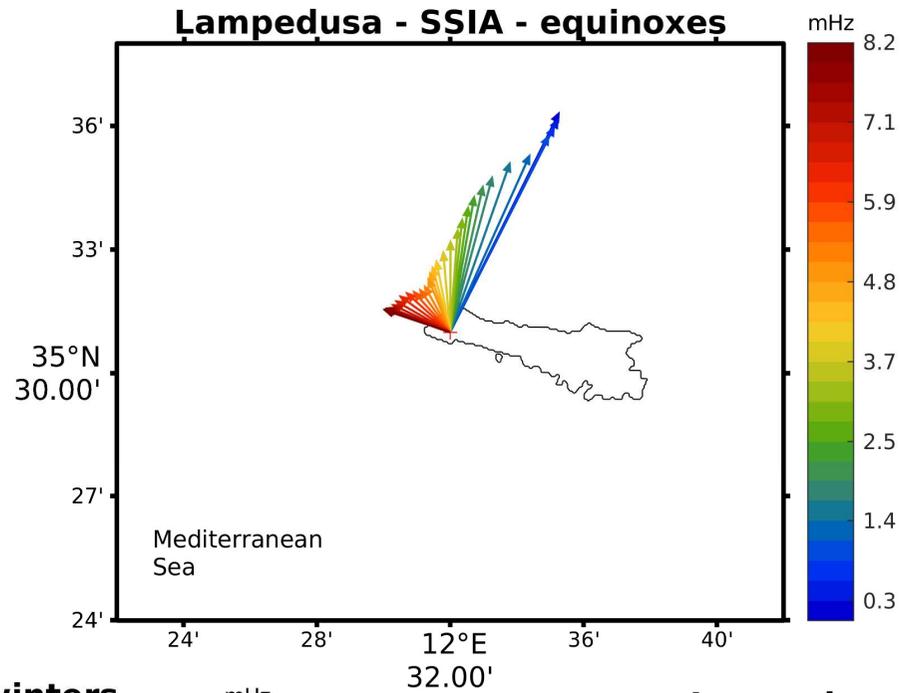
Analisi di Parkinson-Wiese: confronto tra Lampedusa e Duronia

Single Station Induction Arrows (SSIAs)



Ampiezze dei vettori ~3 volte maggiore di quelle di Lampedusa !!

Analisi di Parkinson-Wiese a LMP: dipendenza stagionale



Quali possono essere le sorgenti dei segnali magnetici indotti a Lampedusa ?

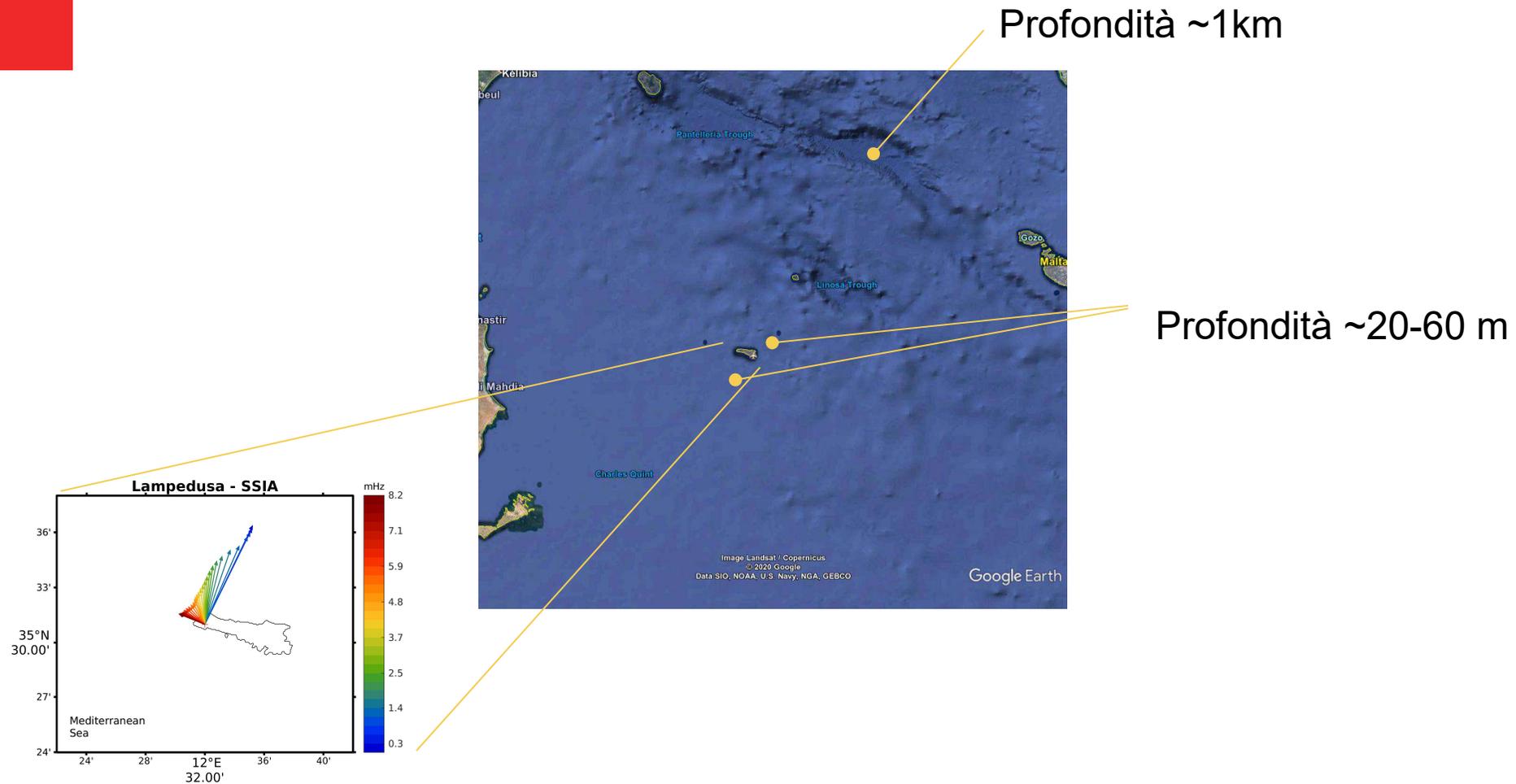
Valutiamo diverse possibilità di disomogeneità spaziali intorno all'osservatorio:

- 1) Differenti profondità del fondale marino: differenti masse d'acqua;
- 2) Differenti conducibilità elettriche marine;
- 3) Differenti velocità di flusso di acqua ionizzata (correnti marine).

Le condizioni (1) e (2) possono dare una marcata differenza nell'effetto costa fra le diverse direzioni, mentre la (3) influenza essenzialmente le correnti elettriche nel mare.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad \text{dove} \quad \vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$$

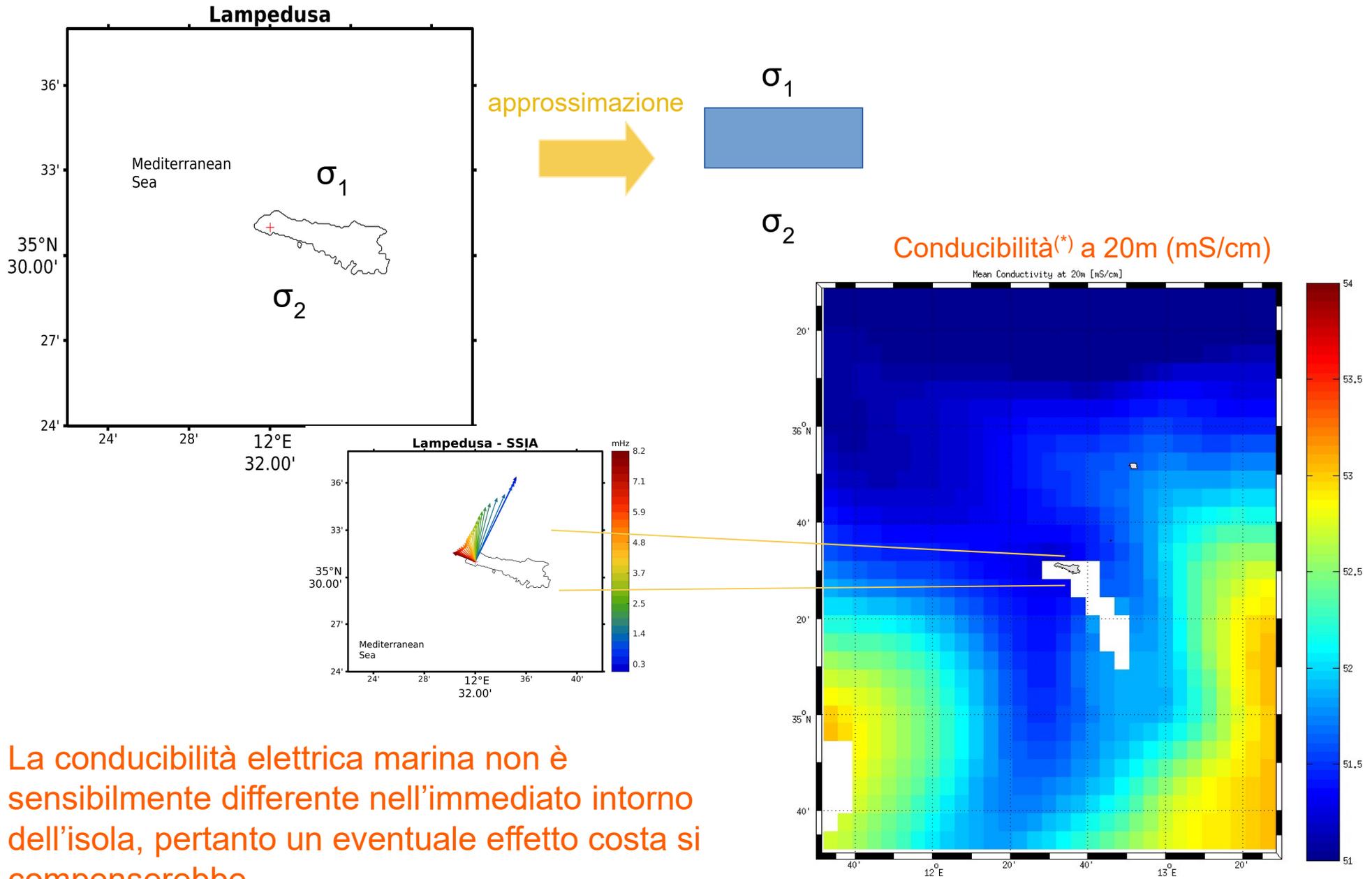
Differenti profondità del fondale marino?



Nell'immediato intorno dell'isola di Lampedusa le profondità del fondale sono ampiamente confrontabili. È quindi da escludere una dipendenza dell'effetto costa dalla direzione dovuto alla differente profondità.

Solo più a nord si osservano profondità molto maggiori, a distanze superiori a 100 km

Differenti conducibilità elettriche marine intorno a Lampedusa?



La conducibilità elettrica marina non è sensibilmente differente nell'immediato intorno dell'isola, pertanto un eventuale effetto costa si compenserebbe

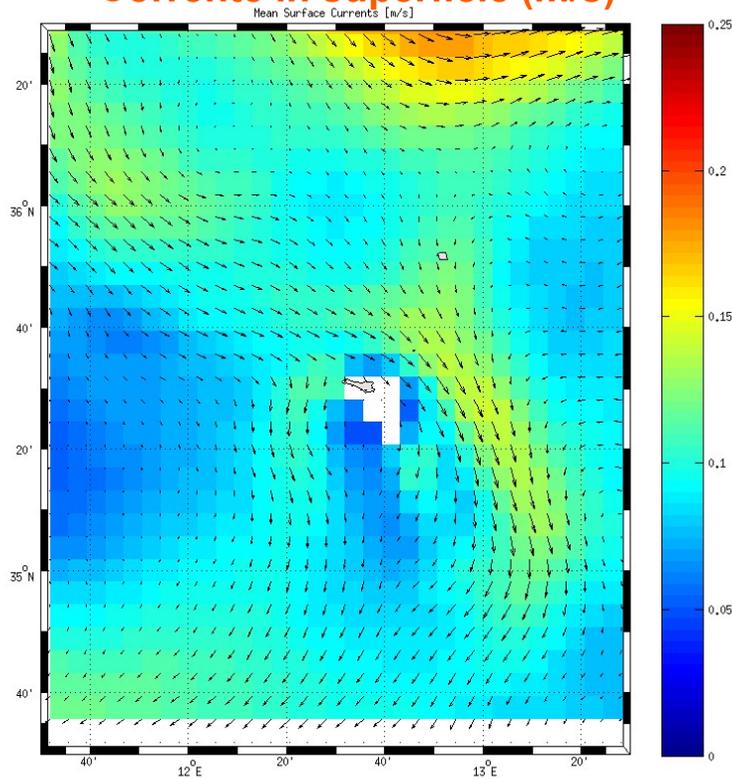
(*) calcolata seguendo Hill et al 1986

Differenti velocità di flusso di acqua ionizzata (correnti marine)?

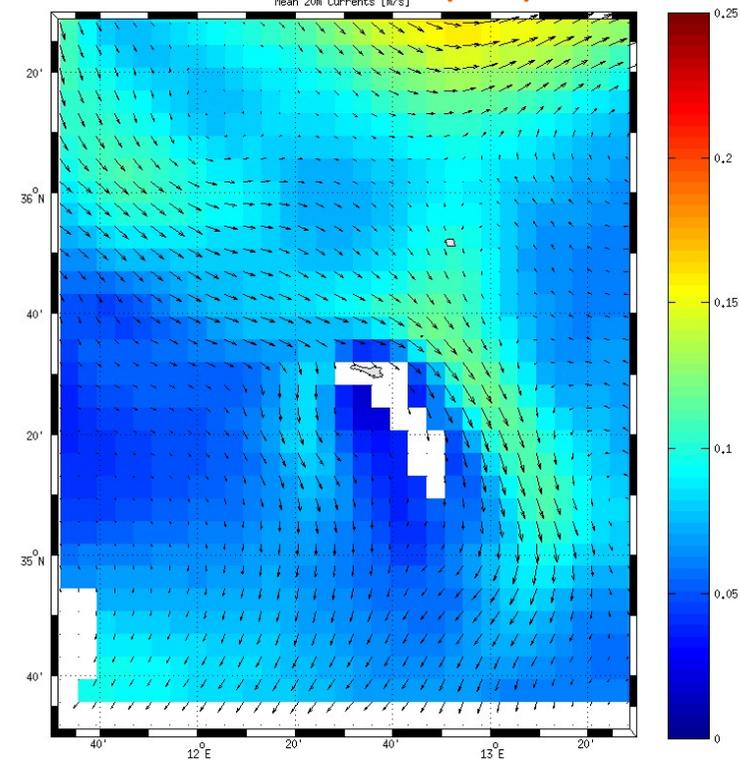
Dati di origine provenienti dal dataset di rianalisi oceanografiche del mar Mediterraneo DOI:

https://doi.org/10.25423/MEDSEA_REANALYSIS_PHYS_006_004

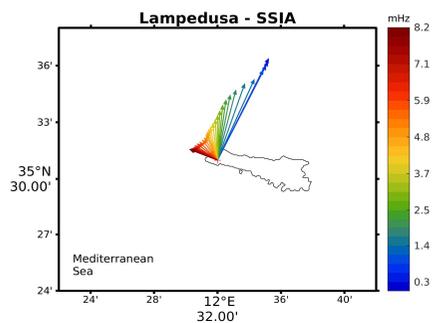
Corrente in superficie (m/s)



Corrente a 20m (m/s)



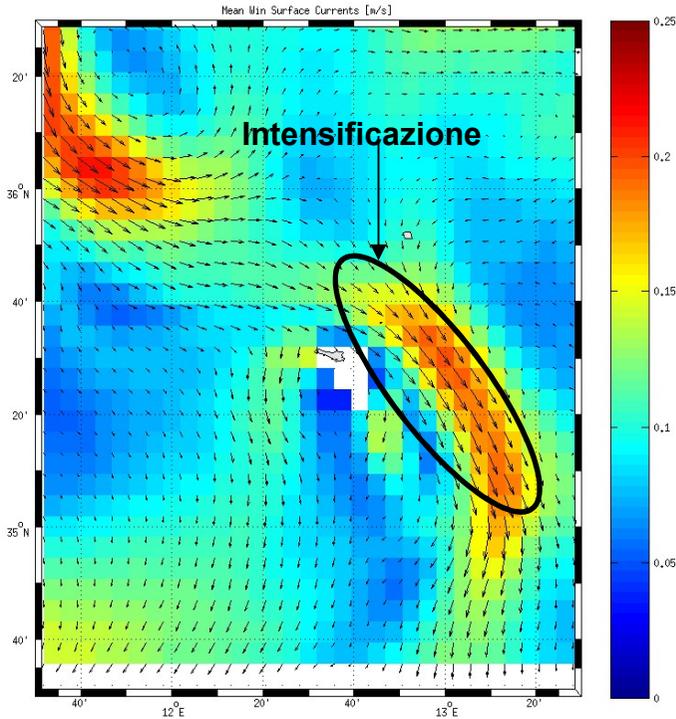
I flussi d'acqua sono mediamente più intensi a **Nord-Est** dell'isola sia in superficie che a 20 m di profondità. Solo in superficie, c'è anche una corrente significativa a **Ovest** nelle immediate vicinanze dell'isola



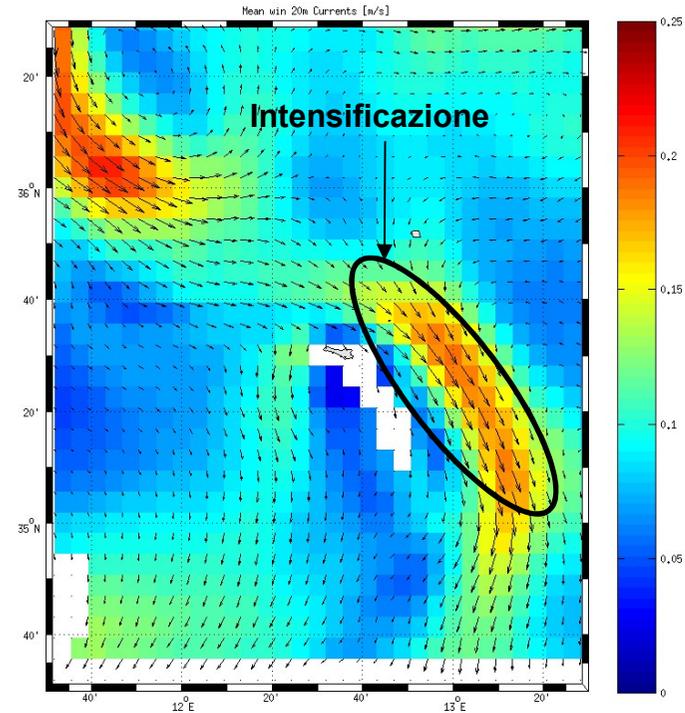
I vettori di induzione a più basse frequenze puntano a **Nord-Est**; quelli a più alte frequenze puntano a **Ovest**.

Correnti marine e vettori di induzione: stagione invernale

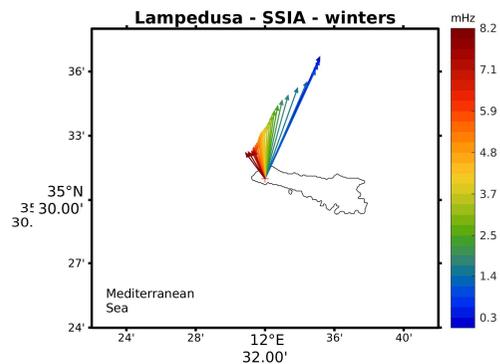
Corrente in superficie (m/s)



Corrente a 20m (m/s)



Durante l'inverno, si ha una intensificazione delle correnti, soprattutto quelle a **Nord-Est**



I vettori di induzione a più basse frequenze puntano ancora **Nord-Est**; quelli a più alte frequenze puntano non più a **Ovest** ma a **Nord-Ovest**.



CONCLUSIONI

Abbiamo investigato le possibili cause dei segnali magnetici indotti a Lampedusa mettendoli in relazione con dati marini: profondità dei fondali, conducibilità elettrica e flusso di correnti d'acqua.

La profondità dei fondali e la conducibilità elettrica sono pressoché omogenee intorno all'isola, pertanto un eventuale effetto costa si compenserebbe.

Di conseguenza non abbiamo un “effetto costa” evidente come rilevato in altri osservatori geomagnetici costieri (Regi et al. 2018).

L'ipotesi di differenti correnti marine intorno all'isola è stata infine investigata come ultima possibile motivazione. Le aree marine a nord dell'isola sono caratterizzate dall'esistenza di una corrente mediamente più intensa rispetto ad altre aree.

Inoltre durante la stagione invernale le stesse correnti sono intensificate, così come quelle più vicine al settore nord-ovest dell'isola, in accordo con la direzione a cui puntano i vettori di induzione per $f > 3.7$ mHz