



Università degli Studi di Pavia
Centro Interdisciplinare di Bioacustica e
Ricerche Ambientali



Effetti dell'inquinamento acustico subacqueo sul comportamento dei mammiferi marini

Gianni Pavan

gianni.pavan@unipv.it

<http://www.unipv.it/cibra>

<http://mammiferimarini.unipv.it>

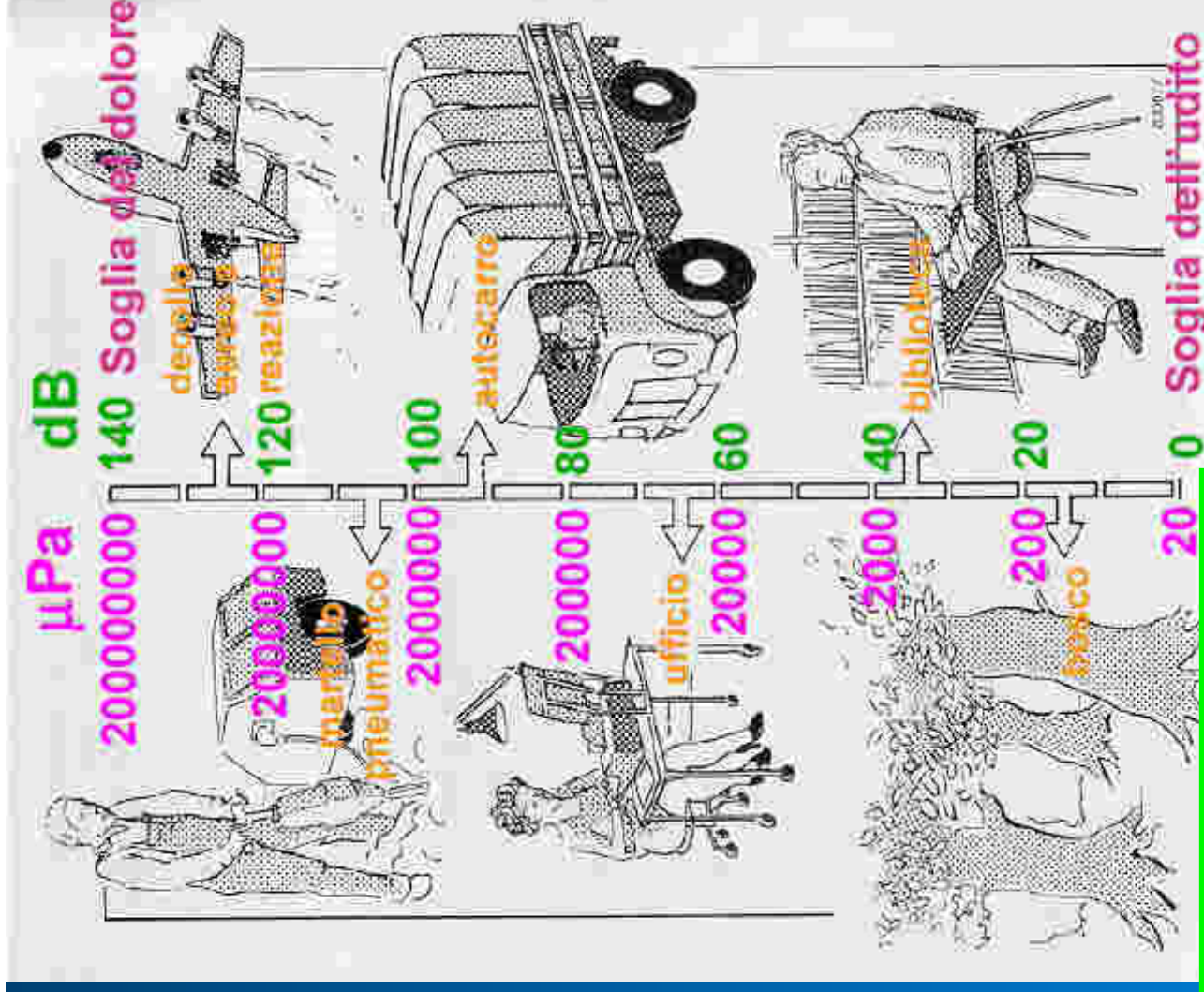


L'impatto del rumore sull'uomo è ampiamente studiato e la normativa è sempre più attenta e stringente.

Il rumore contribuisce in modo significativo all'incidenza di malattie cardiovascolari e il controllo del rumore è un importante aspetto di sanità pubblica.

In ambiente marino il rumore ha un significativo impatto sugli animali, ma i numeri e i criteri sono differenti.

26 dB
in acqua!



Scala in dB per l'udito umano

Acustica subacquea e oceanografia acustica

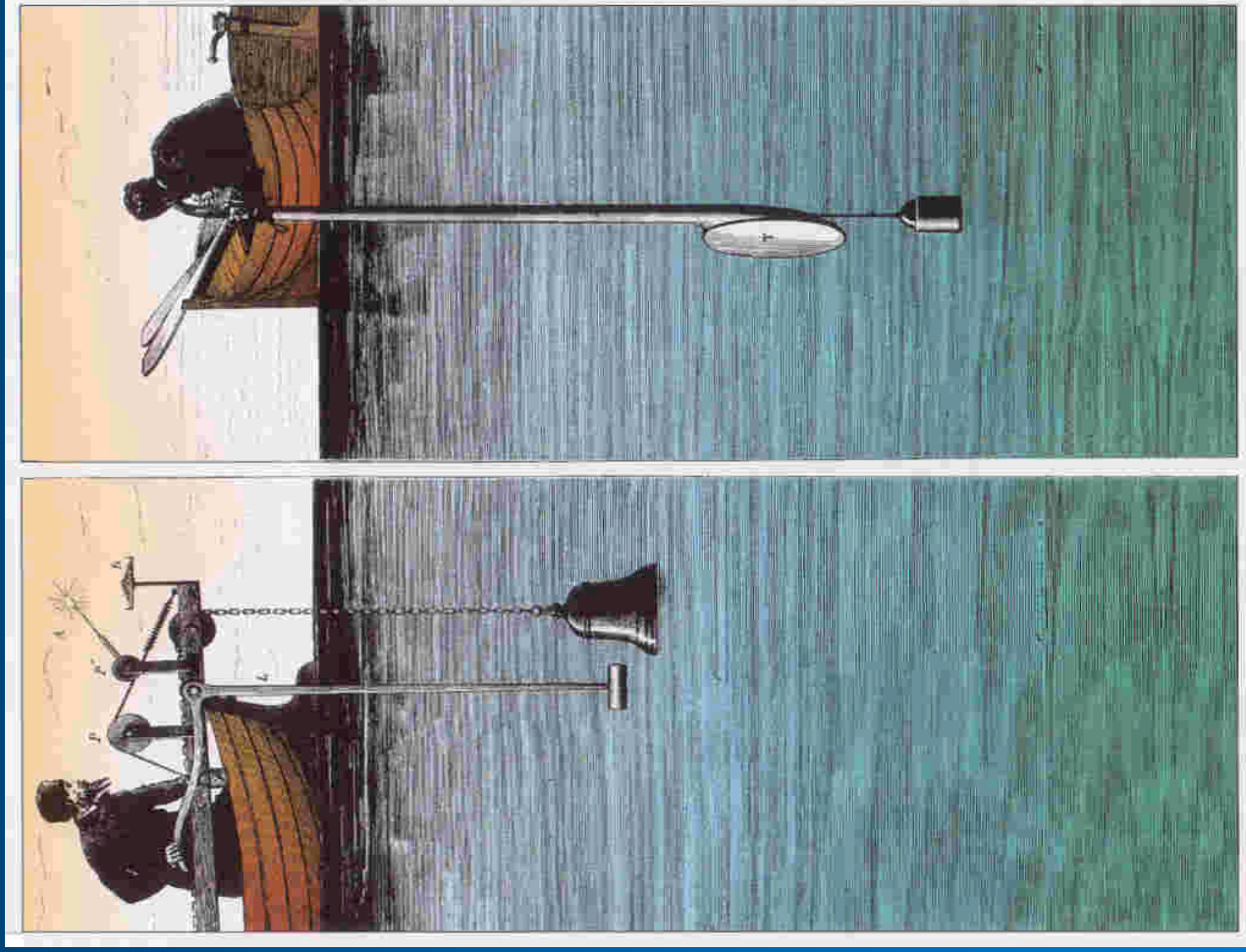
In acqua cambiano le scale di misura

Le misure di pressione sono riferite a $1 \mu\text{Pa}$

La maggior densità dell'acqua implica un maggior trasferimento di energia dal mezzo al soggetto ricevente

La velocità di propagazione del suono è di circa 1500m/s

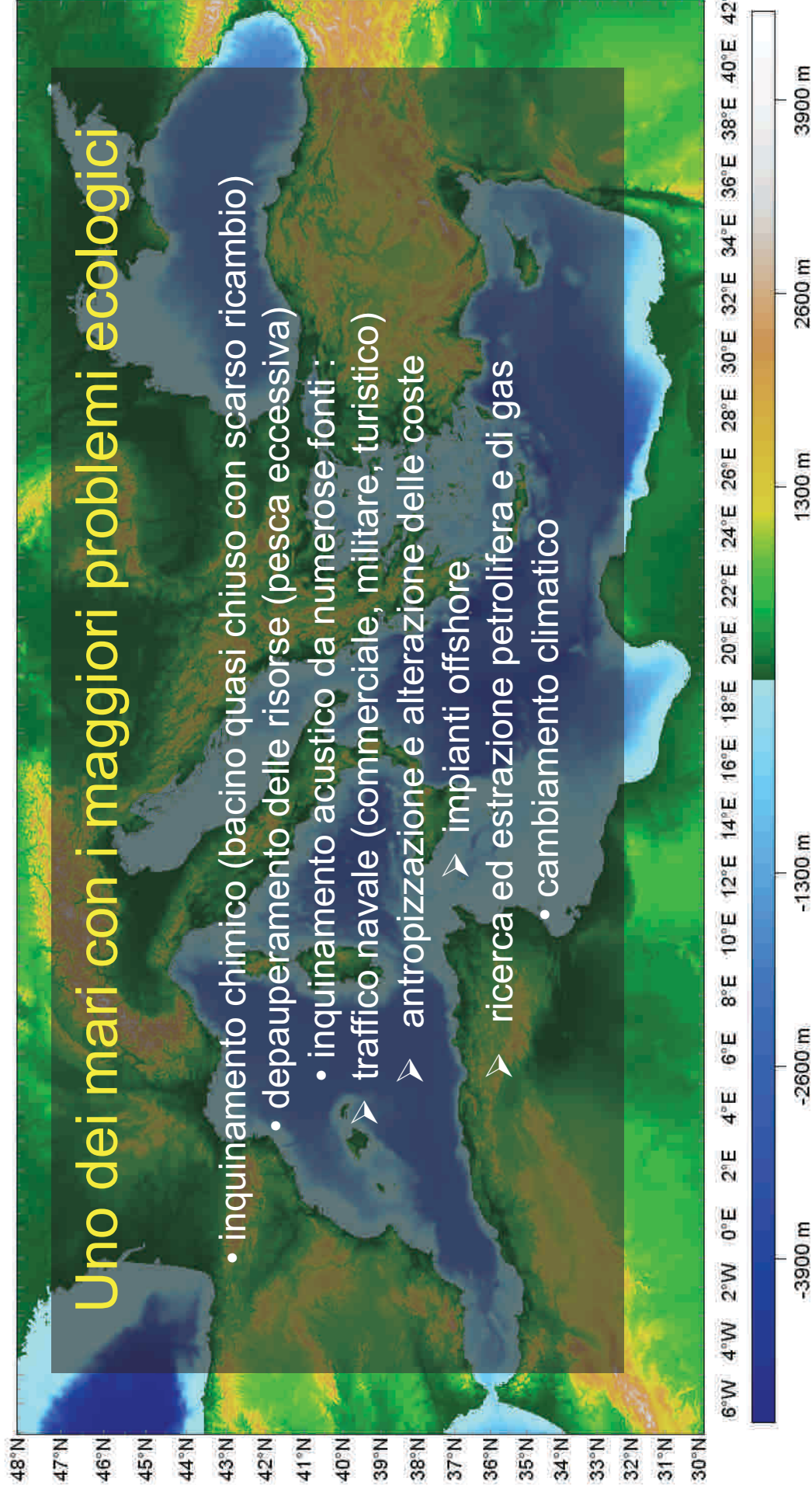
Il suono si propaga su distanze maggiori che in aria, soprattutto alle basse frequenze





Mediterraneo

2,512,000 km²
461,000 km² Black Sea
max depth 5150 m



Spiaggiamenti singoli e di massa

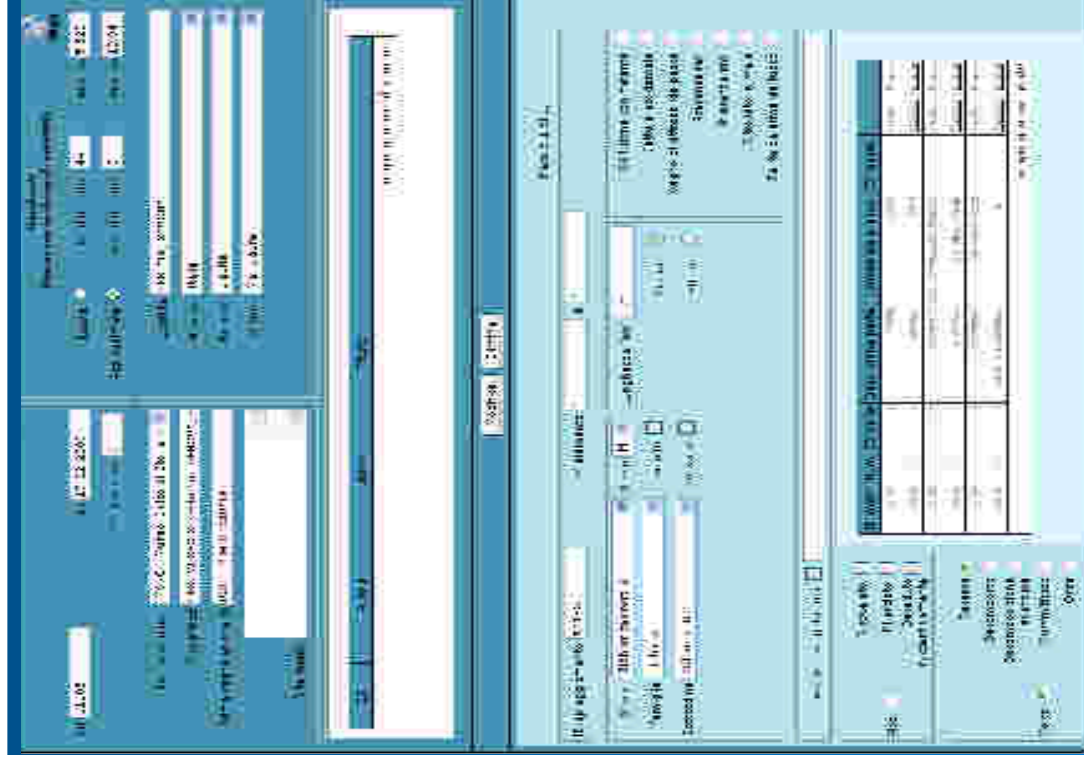
Molte cause diverse, spesso sinergiche, in alcuni casi il rumore, anche come fattore scatenante di comportamenti anomali fatali.

In molti animali spiaggiati sono evidenziati danni agli apparati uditivi.





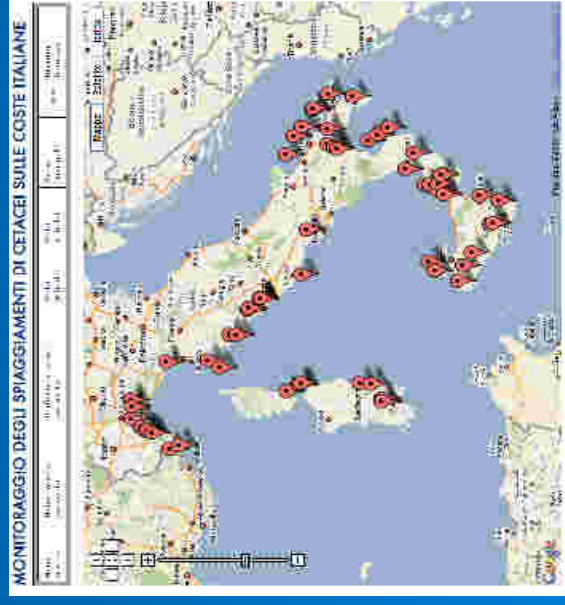
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



National Strandings Data Bank and Monitoring Network on Cetacean Strandings in Italy

<http://mammiferimarini.unipv.it>

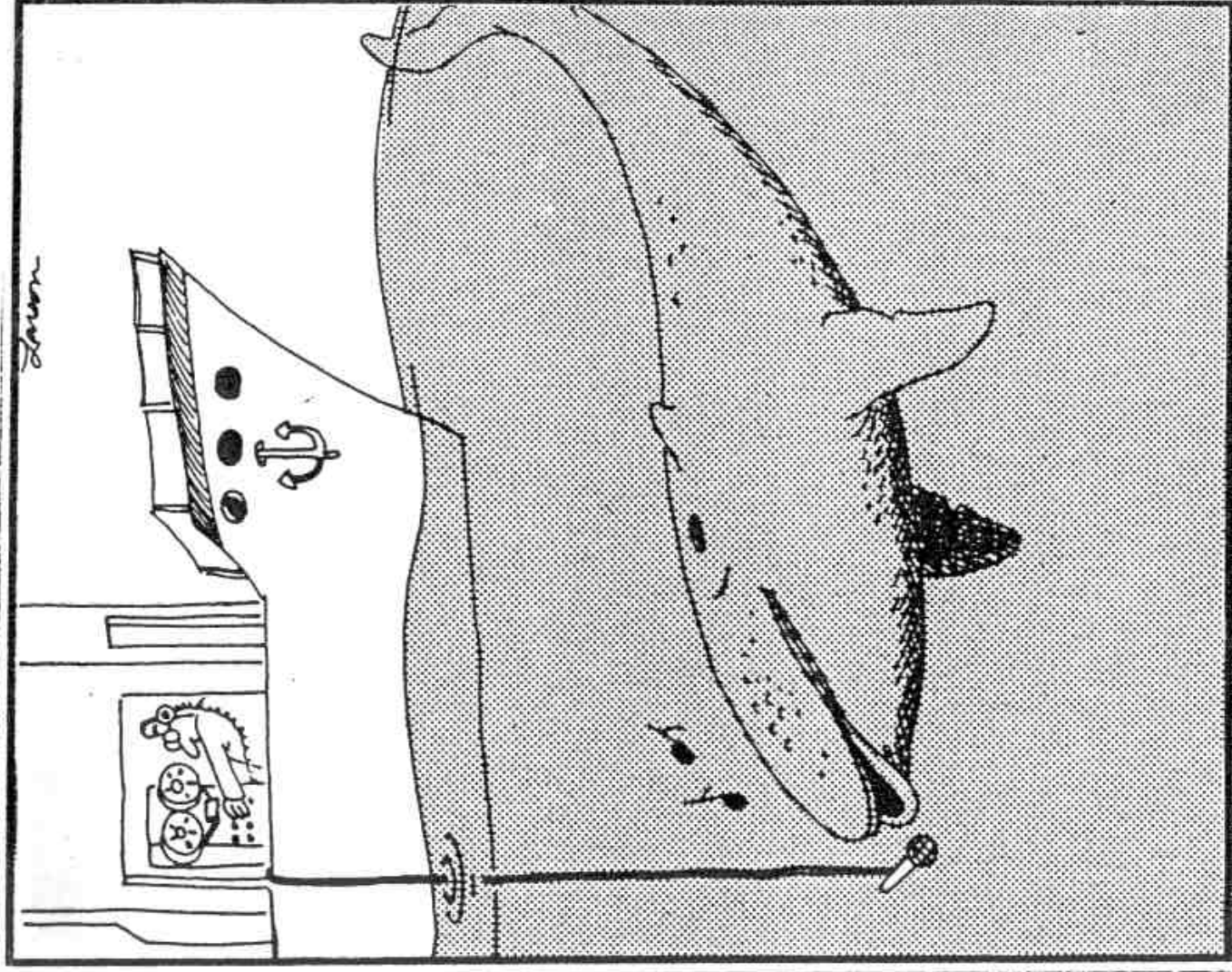
[email spiaggiamenti@unipv.it](mailto:spiaggiamenti@unipv.it)



In acqua il suono si propaga 5 volte più velocemente che in aria e con grande efficienza in quanto l'incomprimibilità del mezzo garantisce una scarsa attenuazione.

I cetacei hanno sviluppato specifici adattamenti all'ambiente acquatico per sfruttare il suono come strumento di comunicazione, di caccia, di orientamento e di indagine dell'ambiente.

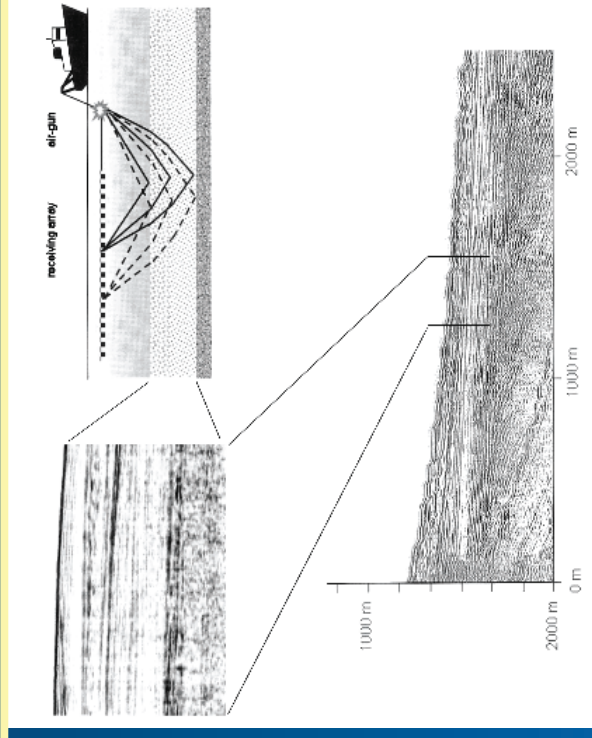
Nell'oscurità delle acque profonde il suono è essenziale per la loro vita.



"A Louie, Louie ... wowoooo ... We gotta go now ..."



Sonar e survey sismici



Prime preoccupazioni con il progetto ATOC negli anni '70

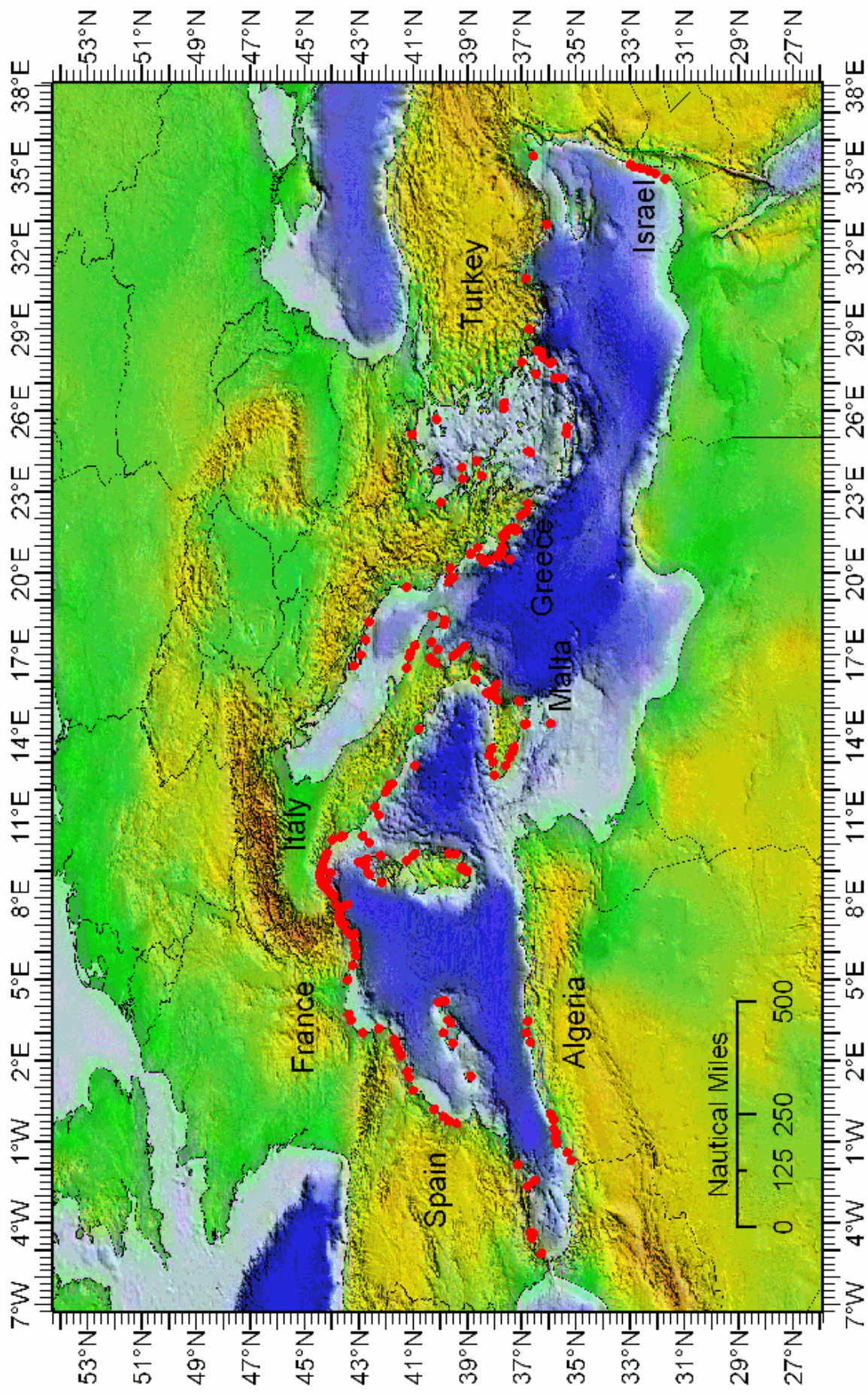
Nel 1995, in mancanza di una evidenza scientifica dell'impatto dei sonar, la MMI ha incominciato a occuparsi del problema e ad applicare il principio di precauzione. Con l'incidente in Grecia del 1996 il problema diventa evidente e prioritario. Nel 1998 il programma SOLMAR – ora MMRMP - del NURC produce una policy di mitigazione dei rischi per le flotte NATO. Linee guida di ACCOBAMS – prendono in considerazione altri tipi di impatti del rumore. Il Progetto EDA PoMM intende sviluppare le conoscenze necessarie per pianificare accuratamente le esercitazioni navali.



Lo zifio è particolarmente studiato per la frequenza con cui si spiaggia in concomitanza con esercitazioni sonar.

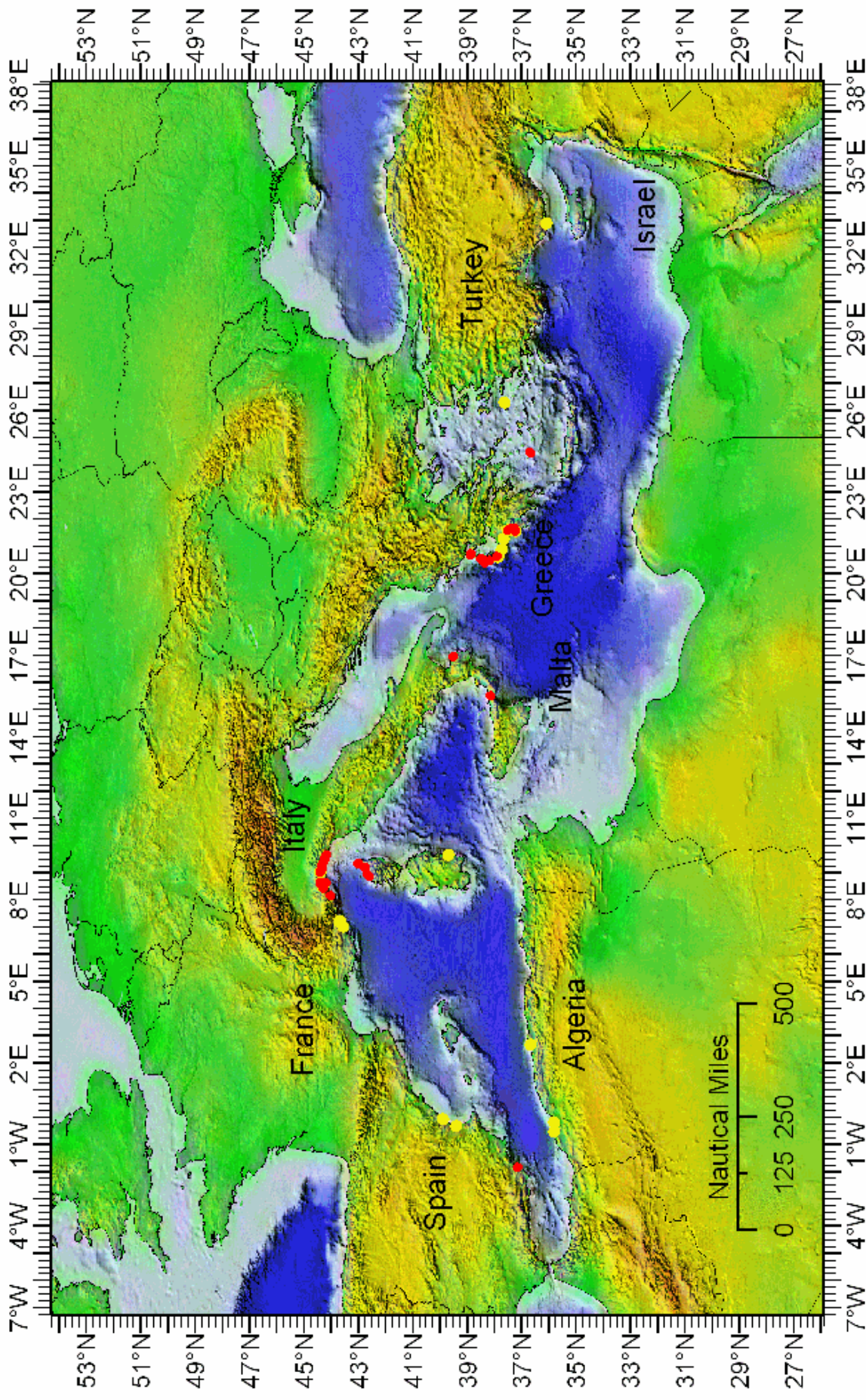
La sua vulnerabilità è legata alla capacità di compiere immersioni estreme (2000m).

I dati indicano che gli spiaggiamenti non dipendono solo dal livello sonoro ricevuto.

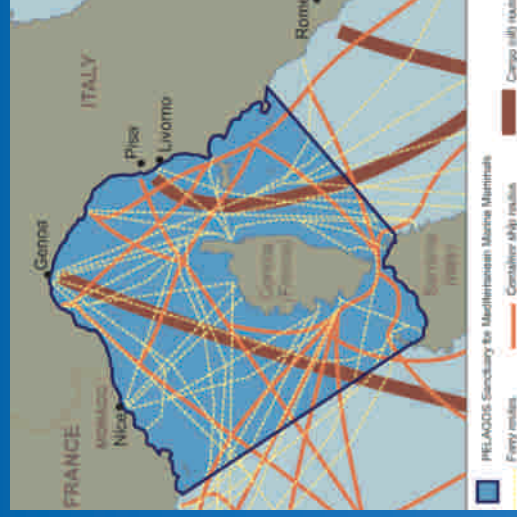
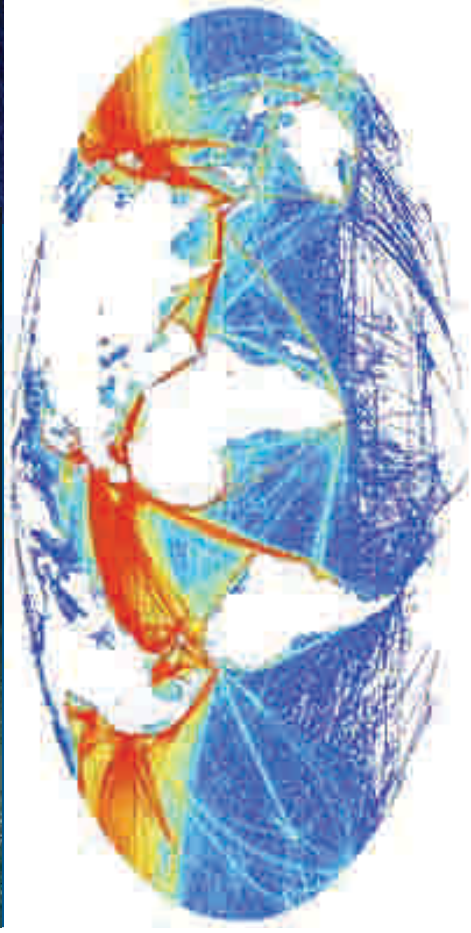


Spiaggiamenti di zifio in Mediterraneo 1803 – 2006 (Podestà et al.)

(ma non per tutte le coste si hanno dati completi)



- Spiaggiamento di 2 animali
 - Spiaggiamenti di 3 o più animali
- Numerosi spiaggiamenti di massa dal 1963 ad oggi sono verosimilmente legati a esercitazioni navali, anche in altre parti del mondo



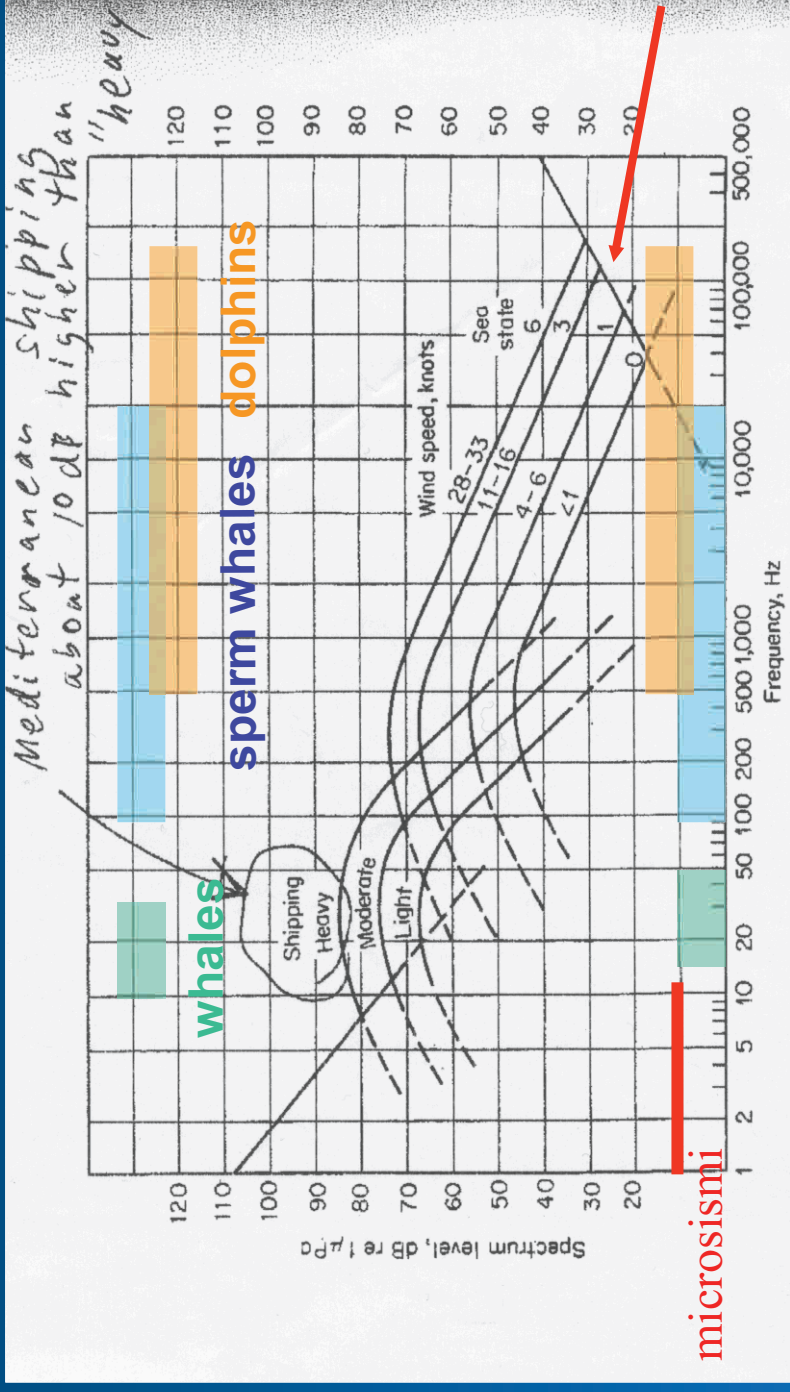
EEC 2008/56 Directive “Marine Strategy”

Identifica 11 descrittori della qualità dell’ambiente marino e chiede ai governi di predisporre opportuni strumenti di monitoraggio e controllo.

Fra questi il monitoraggio delle popolazioni di cetacei e del rumore subacqueo (descrittore 11).



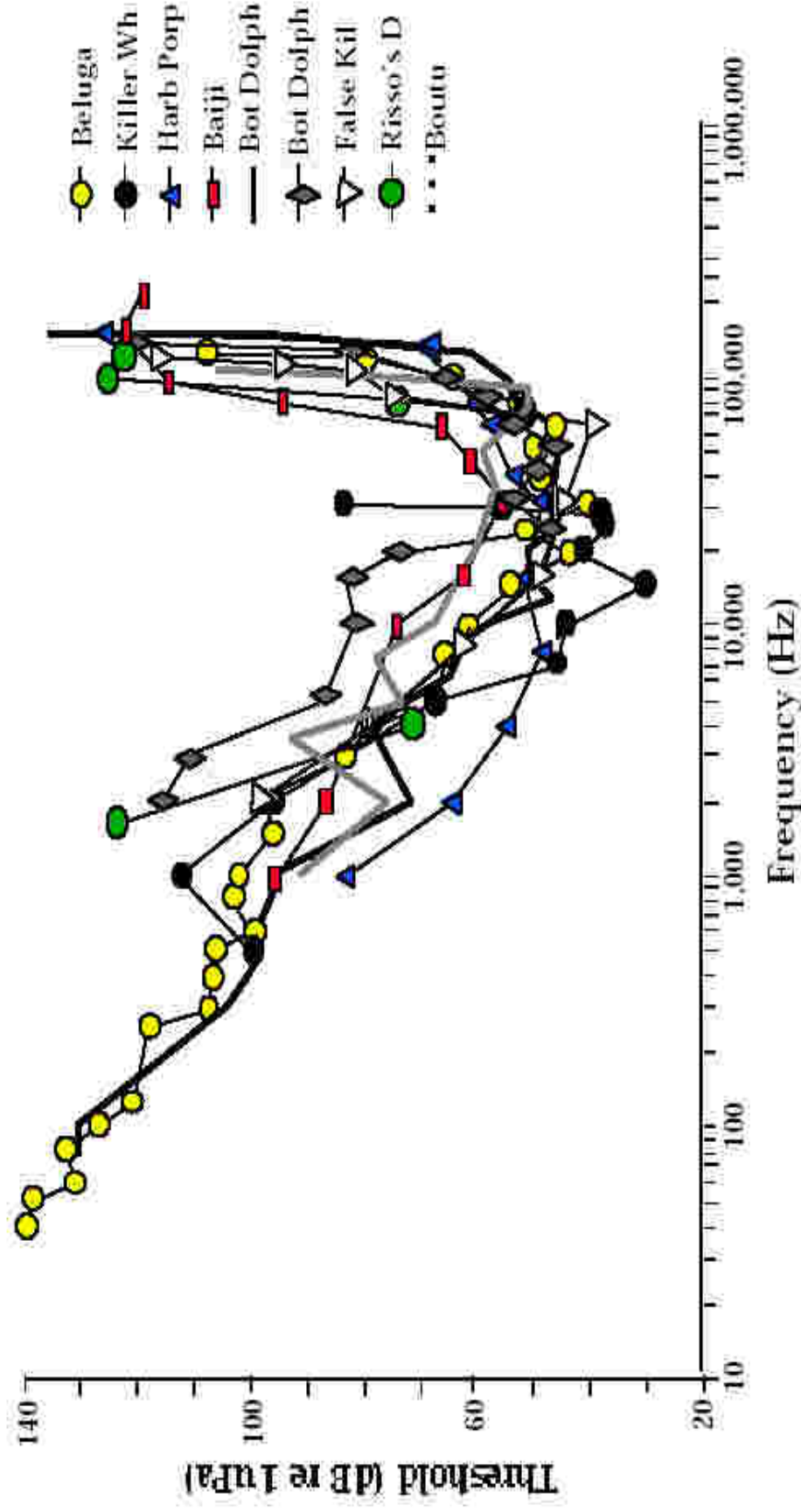
Il rumore dell'oceano...



Suoni biologici
20Hz-25kHz
fino a 200dB
Biosonar
50-150kHz
up to 240dB
ref 1 μPa @ 1m

Rumore termico
 $\propto kT \cdot f^2$

L'ambiente marino è certamente rumoroso, ma i mammiferi marini hanno sviluppato nel corso dell'evoluzione specifici adattamenti. Ora si trovano a dover affrontare il rumore prodotto dall'uomo.



Le curve di sensibilità sono note solo per gli Odontoceti. Come nell'uomo vi è una zona di massima sensibilità e un calo alle basse frequenze per limitare la percezione del rumore ambiente. Si nota che la sensibilità è molto estesa verso le alte frequenze usate per l'ecolocalizzazione. I limiti superiori di pressione acustica, quelli che determinano fastidio, dolore e poi danno sono ancora da determinare con precisione.



Rumore di origine antropica

- navi
- esplorazioni sismiche
- piattaforme petrolifere
- operazioni di dragaggio
- ATOC (Acoustic Thermography of Ocean Climate) e altri esperimenti di oceanografia acustica
- ecoscandagli
- comunicazioni strumentali
- sonar civili e militari
- usi militari
- strumenti oceanografici
- strumenti da pesca illegali (esplosivi)
- pingers
- brillamento residuati bellici
- vibrazioni dalla costa



Mammiferi marini e inquinamento acustico

- Inquinamento acustico puntiforme o acuto (sonar, airguns, esplosioni, navi)
- Inquinamento acustico diffuso (traffico navale)

SCALA DEGLI EFFETTI

Danno

- Barotraumi (danni agli apparati uditivi e a vari organi)
- Perdita di sensibilità uditiva permanente (PTS)

Disturbo

- Perdita di sensibilità uditiva temporanea (TTS)
- Allontanamento (avoidance)
- Mascheramento dei segnali di comunicazione (masking effects)
- Alterazione del comportamento (stress, behavioural disruption)
- Udibilità ?

PROBLEMATICHE

- Osservazione e interpretazione delle reazioni comportamentali
- Effetti a lungo termine
- Effetti cumulativi (esposizione ripetuta o continua, sorgenti multiple)
- Differenti effetti in relazione alla specie, all' ambiente, al ciclo biologico



Rumore diffuso vs sorgente puntiforme

L'interesse per impatto del rumore nasce con gli eventi puntiformi legati a sorgenti di alta potenza, in primis sonar e airguns per le prospezioni sismiche.

Si riconosce che gli impatti negativi, sia a livello individuale che di popolazione, nascono anche da altre attività finora sottovalutate.

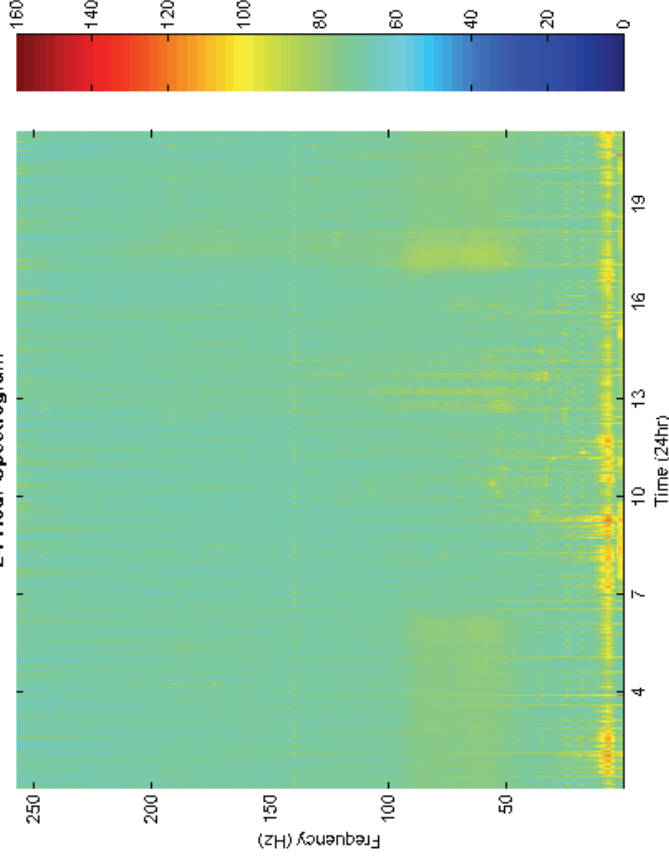
Ora l'interesse degli scienziati e dei legislatori è anche rivolto al rumore diffuso che nasce da una moltitudine di sorgenti puntiformi il cui rumore si diffonde e si somma su grandi aree, ad esempio il rumore del traffico navale, le vibrazioni che si propagano dalla costa, il rumore diffuso anche a grande distanza dalle prospezioni sismiche, il rumore dei grandi impianti offshore quali piattaforme di perforazione/estrazione, e impianti eolici.



Il rumore dell' oceano...

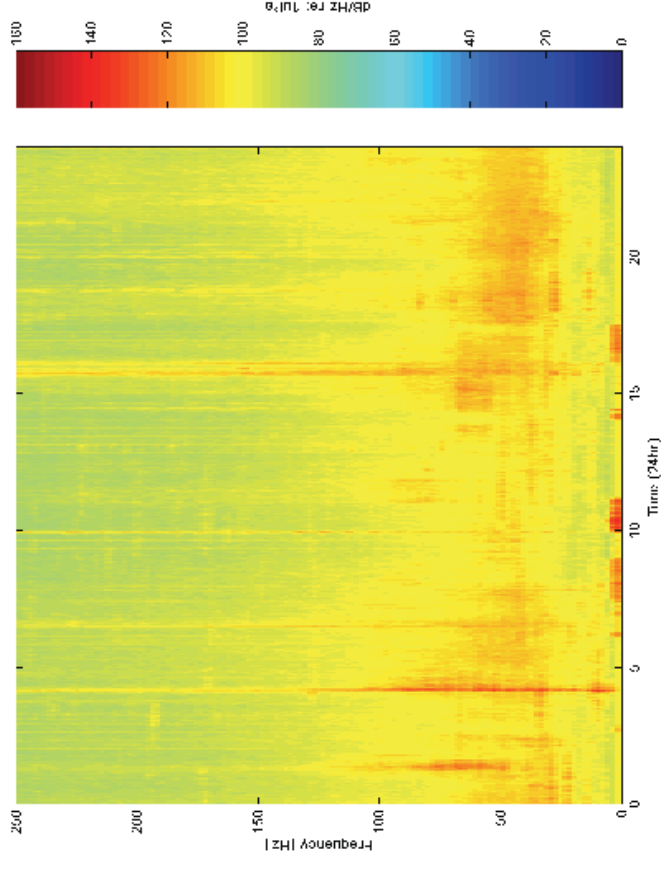
Mare di Cortez, Messico

Baja March-01-2000
24 Hour Spectrogram



Mar Ligure, Mediterraneo

Ligurian Sea May-08-2002
24 Hour Spectrogram

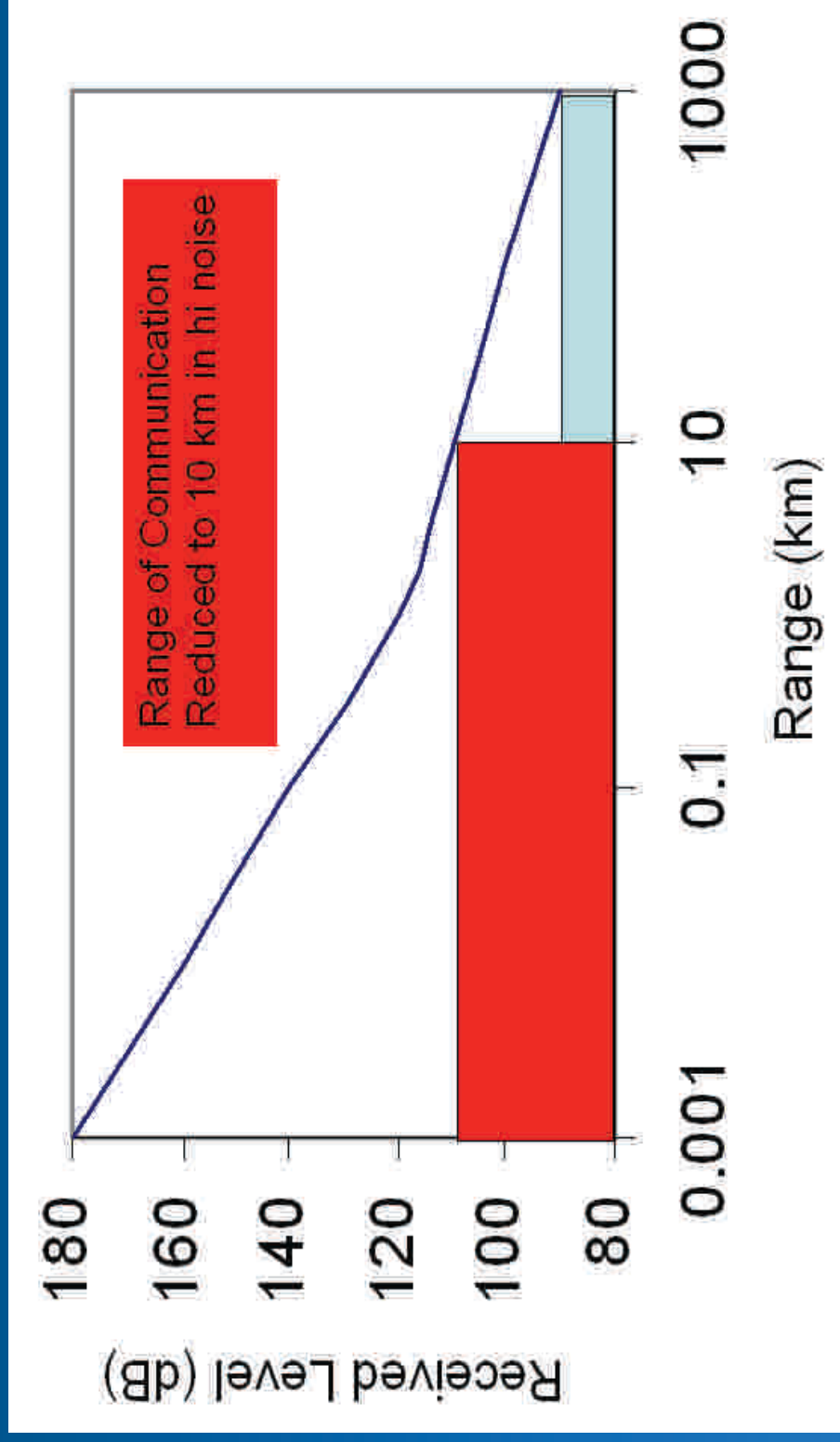


Il rumore ambientale ha un significativo impatto sulle distanze alle quali i cetacei possono comunicare. Un aumento di soli 6 dB dimezza la distanza di comunicazione!

Christopher Clark, Cornell University

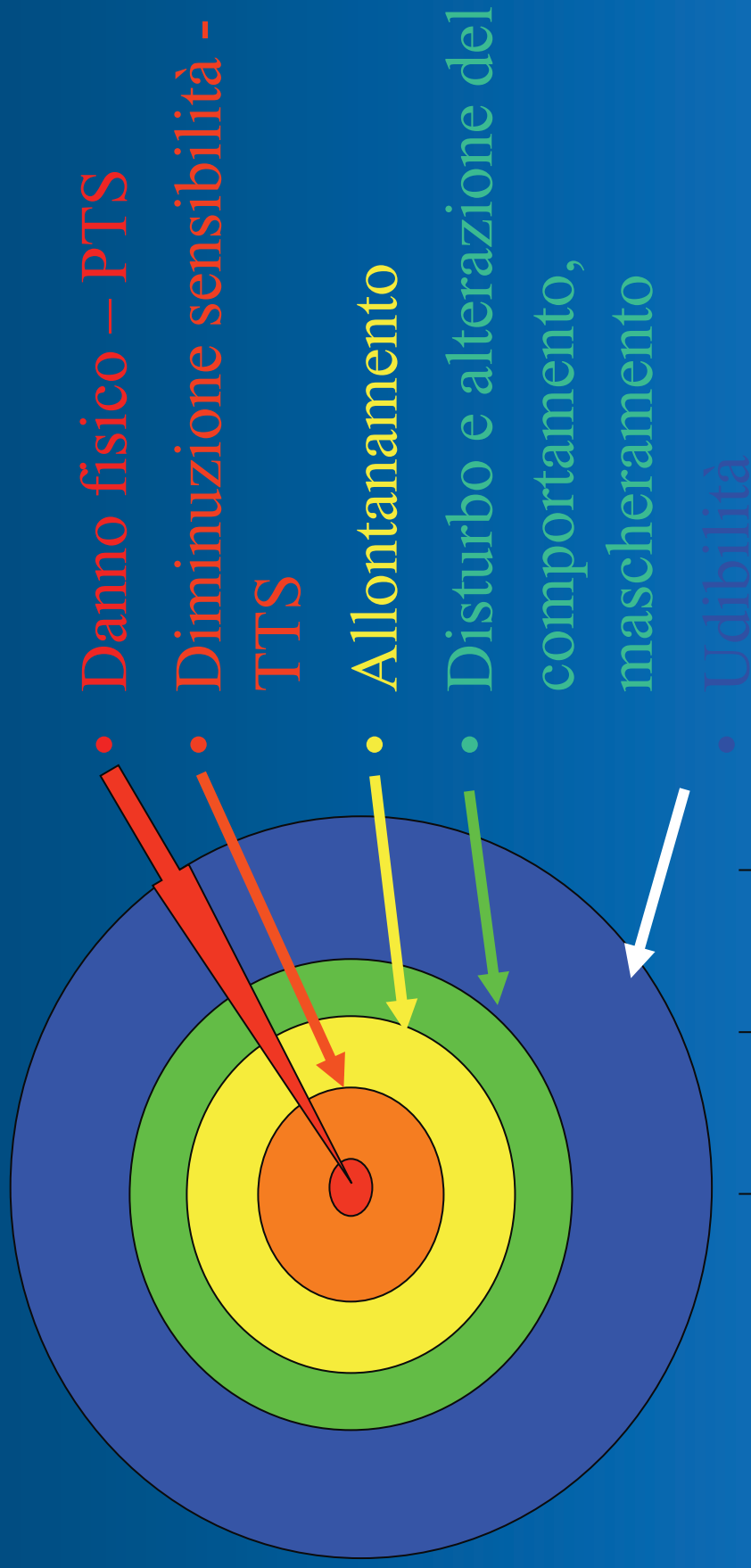
Il rumore ha un effetto sul comportamento degli animali, produce stress, riduce le distanze di comunicazione (mascheramento), induce all'allontanamento da aree potenzialmente utili.

Come per l'uomo, è necessario garantire un certo livello di “comfort acustico”





Distanze di influenza del rumore



0
100 km
1000 km

La scala dipende dalla potenza della sorgente e dalle caratteristiche di propagazione



Quali livelli sono sicuri ?

Transmission loss from 210 dB Sound Source assuming spherical spreading

RANGE FROM SOURCE (M)	RECEIVED LEVEL (dB re 1 μ Pa) assuming $20 \log R$
1	210
10	190
32	180
100	170
316	160
1000	150

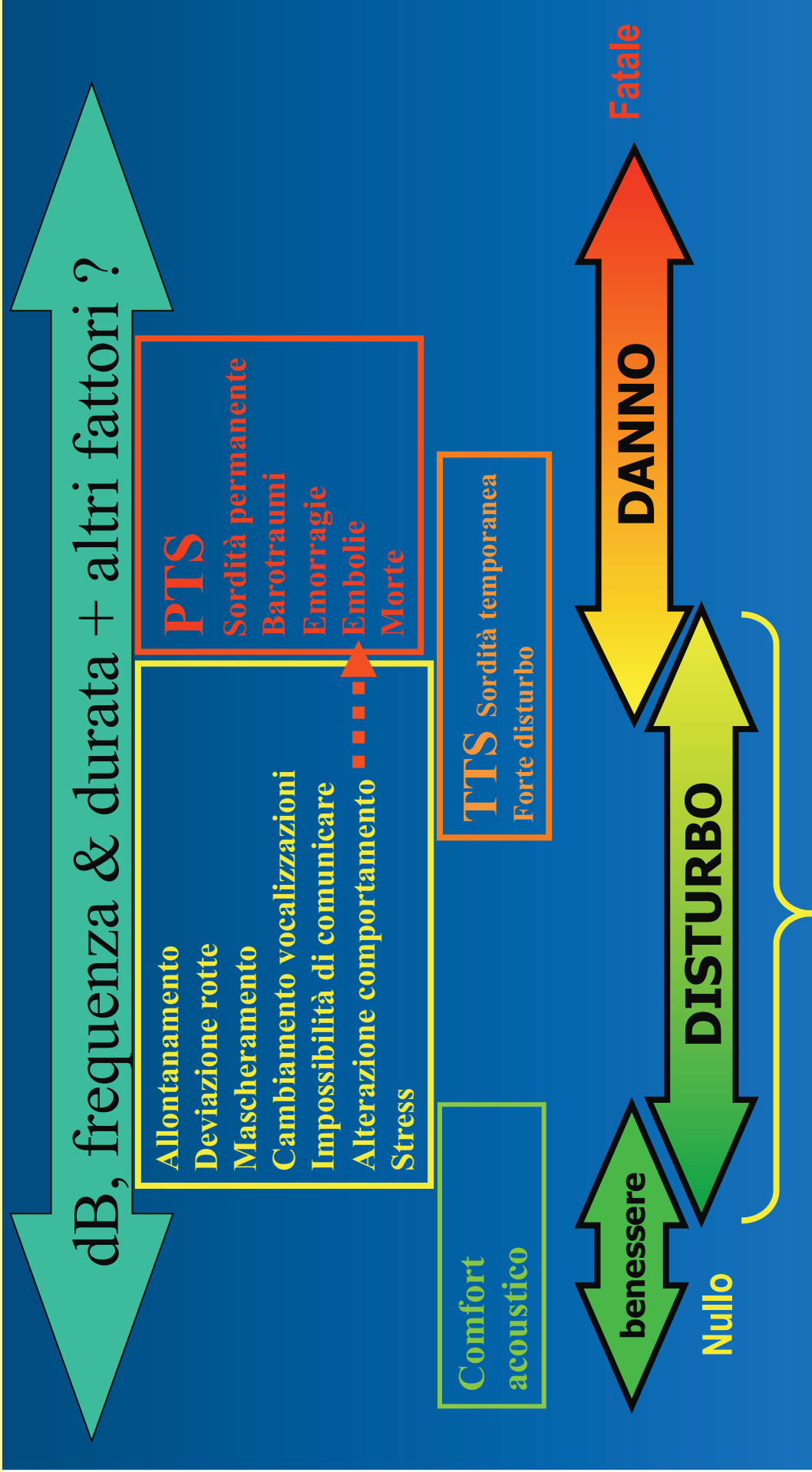


Considerando una singola sorgente si possono determinare le distanze di sicurezza... ma non è importante solo il livello ricevuto.

Anche la struttura del rumore e la durata complessiva dell'esposizione determinano il fattore di rischio.



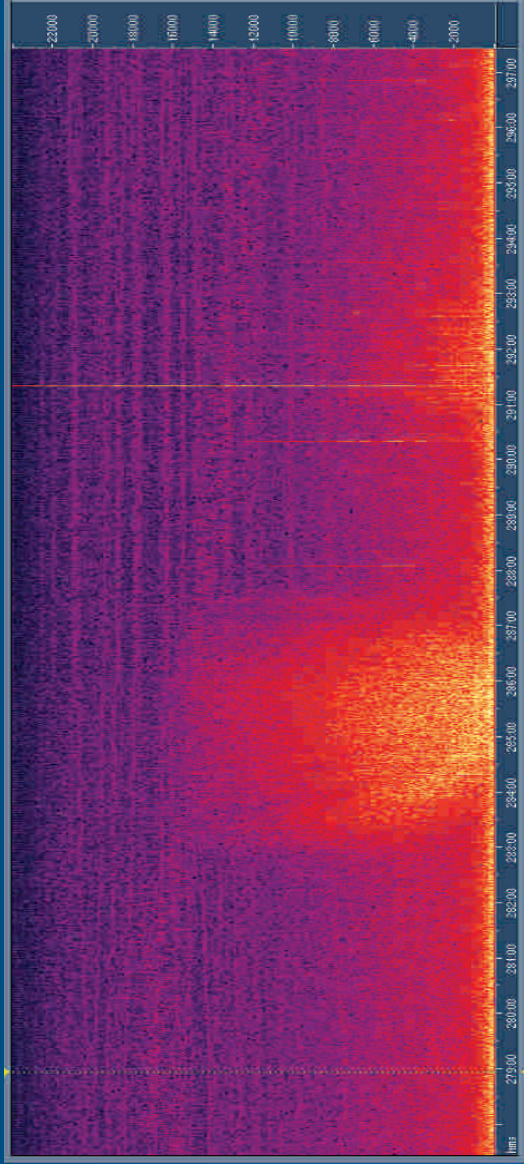
Il “continuum” dal benessere agli effetti fatali



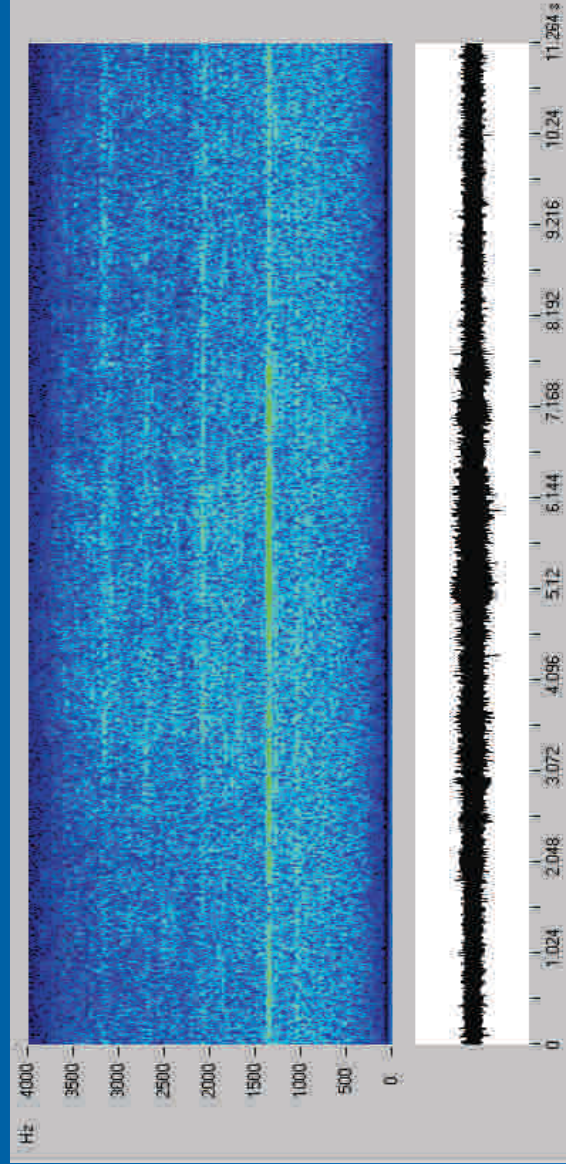
Effetti biologici del disturbo ? Effetti a lungo termine ? Effetti cumulativi ? Come misurare e valutare gli effetti a livello di individuo e di popolazione ?



Traffico navale



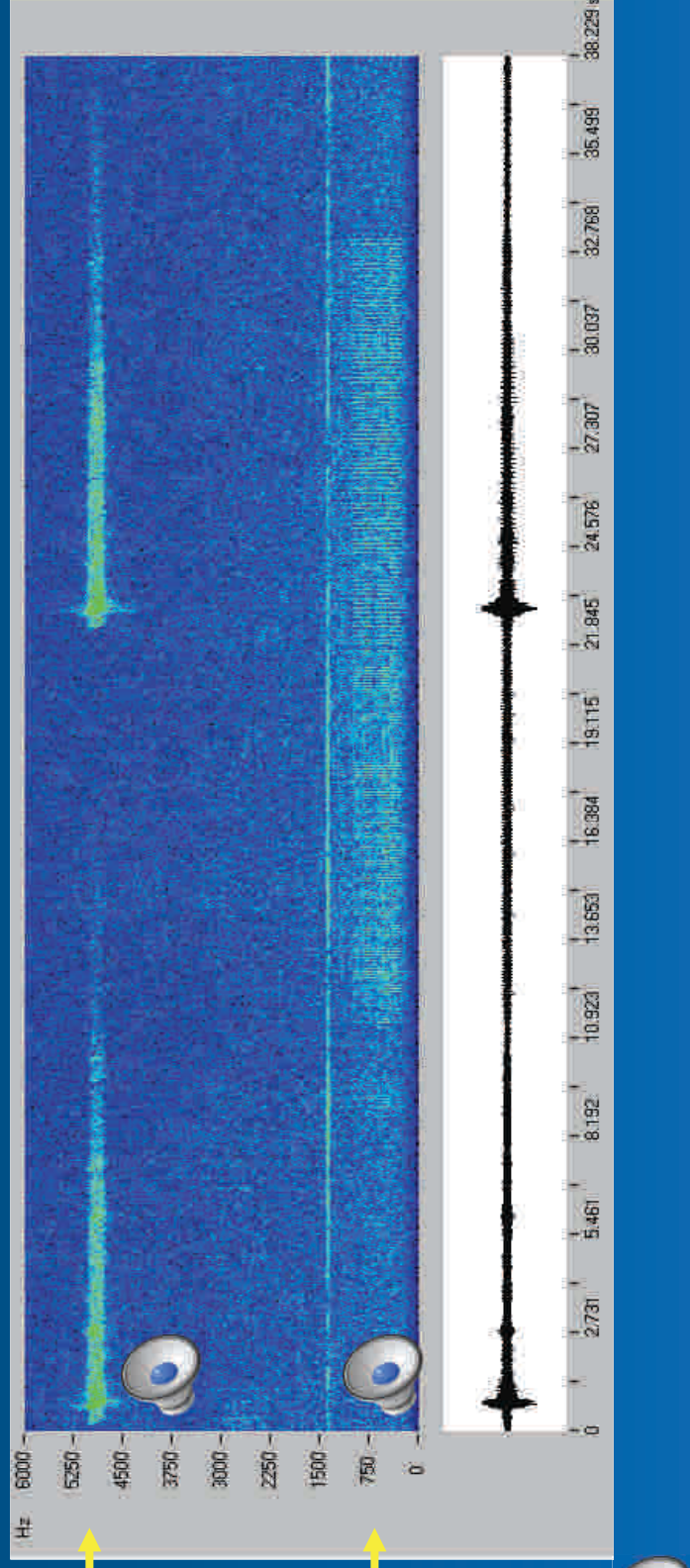
Transito di una nave
(spetrogramma di 20
minuti)



Il transito di un fast ferry
evidenzia forti
componenti tonali nel
rumore emesso
(spetrogramma di
11 secondi)
(SIRENA 99)



Rumore di origine antropica



Sonar

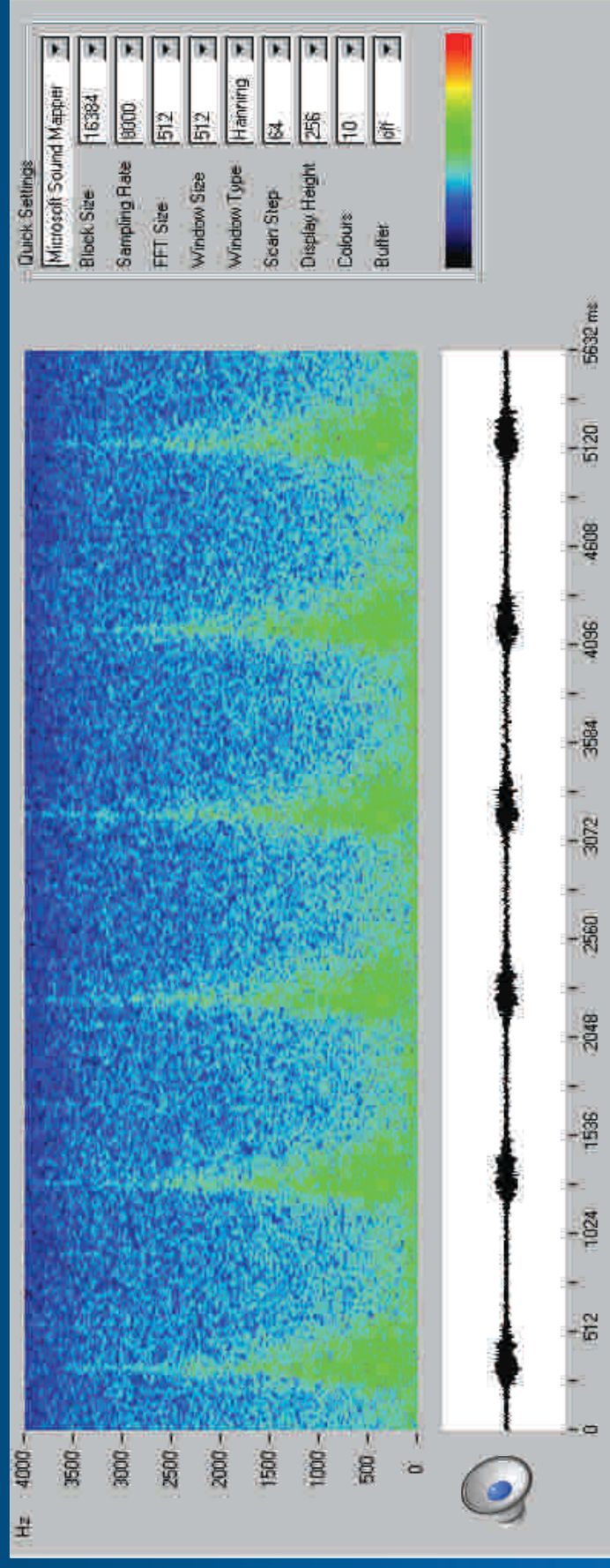
Martello
pneumatico
(Monaco,
45 miglia di
distanza)

Oltre che i suoni generati direttamente in mare (navi, sonar militari e civili, uso di esplosivi, detonazione di ordigni bellici), anche i rumori generati sulla terraferma o sulla costa possono propagarsi in mare ed avere un impatto sulla fauna marina.

(SIRENA 2000)



Rumore di origine antropica



Nel corso della crociera di Ricerca SIRENA 2000 sono stati registrati per molti giorni segnali impulsivi a bassa frequenza generati da lavori di costruzione nel porto di Monaco. Lo spettrogramma mostra i colpi prodotti da un battipali registrati con una sonoboa a 47 miglia nautiche da Monaco. Si tratta di rumori molto intensi che si propagano a grande distanza e possono avere un impatto significativo sui mammiferi marini. (SIRENA 2000)

Ma non dobbiamo
preoccuparci solo dei
cetacei: anche
invertebrati, pesci e rettili
subiscono l'impatto del
rumore



Foto C.Fossati



Ringraziamenti



Marina Militare Italiana



NATO Undersea Research Centre



Office of Naval Research (ONR)



Ministero dell' Ambiente

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E TERRACIA, TUTELA DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO



ACCOBAMS



EDA PoMM

ARPAT