

Applicazioni per il computo del rumore ambiente

1) Generalità

I rumori subacquei sono la causa principale che ostacola il riconoscimento dei segnali idrofonicamente irradiati dai bersagli, in questa memoria vogliamo puntualizzare sulla natura di questi rumori per poter sviluppare gli algoritmi di calcolo che ne consentono la quantizzazione.

2) Sui disturbi in generale

La pressione acustica dei disturbi subacquei può variare in una ampia gamma di valori in dipendenza da molti fattori, non tutti ponderabili, che saranno esaminati nel seguito.

La distribuzione delle frequenze che compongono i disturbi si estende in tutto il campo di quelle impiegate dai sonar, penalizzando il loro funzionamento quale che sia la banda di ricezione dei segnali.

I disturbi subacquei sono la risultante di molte cause indipendenti che si possono così elencare:

- agitazione termica dell'acqua
- moto ondoso di superficie
- organismi marini
- traffico marittimo e attività industriali

tra queste la più determinante è costituita dal moto ondoso di superficie che a volte può raggiungere ampiezze molto critiche per il sonar; per questa ragione e per il fatto che la legge di variazione del rumore del mare è conosciuta, questo sarà l'argomento del quale eseguiremo alcune esercitazioni numeriche.

3) Sul disturbo del moto ondoso

Il disturbo del moto ondoso è compreso in 7 categorie, dipendenti dall'entità stessa del moto, distinte da una sigla SS (Sea State) ed un numero come di seguito riportato :

- | | |
|----------------|--------|
| -molto calmo | SS = 0 |
| -calmo | SS=1 |
| -increspato | SS=2 |
| -moderato | SS=3 |
| -agitato | SS=4 |
| -molto agitato | SS=5 |
| -molto forte | SS=6 |

Il livello della pressione acustica generata dal rumore del mare decresce con il crescere della frequenza di +5dB per ogni raddoppiamento della frequenza stessa; se ad esempio il livello spettrale del rumore del mare alla frequenza di 1000Hz, per lo

stato $SS=1$, è di $+55\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$, alla frequenza di 2000Hz , sempre per $SS=1$, è di $+50\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$.

4) Applicazioni numeriche di base per il computo dei livelli del rumore del mare

Come si è visto in precedenza il livelli del rumore del mare vengono definiti come "livelli spettrali" in $\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$ sono espressi cioè per unità di banda; questo significa che se si devono misurare o computare livelli di pressione in una banda di frequenza $w=f_2-f_1$ al loro livello spettrale dovrà essere aggiunto l'incremento di banda, vediamo un esempio:

Si voglia calcolare il livello del rumore del mare, per $SS=1$, nella banda $1000-4000\text{Hz}$

-si calcola la frequenza media geometrica della banda $(1000*4000)^{1/2}=2000\text{Hz}$

-si determina (in seguito vedremo come) il valore spettrale alla frequenza di 2000Hz
 $NL = +50\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$

-si calcola l'incremento di banda $BW = 10 \text{Log} (4000-1000) = 34.77\text{dB}$

-si calcola infine il livello complessivo del rumore in banda
 $NL_w = +50\text{dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2} + BW = 50 + 34.77 = 84.77$

In questo esercizio abbiamo calcolato il livello con due decimali, questa precisione non è necessaria per le applicazioni tecniche; per queste è sufficiente o un solo decimale o l'approssimazione all'intero più vicino.

5) Applicazioni numeriche con l'ausilio del P.C.

Le potenzialità del personal computer consentono di eseguire una chiara panoramica sul fenomeno del rumore del mare dovuto al moto ondoso; partendo dalla funzione NL della legge di variazione del livello spettrale in funzione della frequenza, con l'introduzione di parametri N_{10} di livello ad 1KHz , si tracciano intere famiglie di curve di notevole importanza applicativa.

La legge di variazione del livello spettrale del rumore del mare in funzione della frequenza è, con sufficiente approssimazione,:

$$NL = N_{10} - 16.6 * \text{Log} (f / 1000) \text{ 'dB/microPa}/\text{Hz}^{1/2}$$

dove N_{10} è il parametro di livello ad 1KHz , parametro variabile in dipendenza dello stato del mare SS .

Secondo la funzione illustrata ed una serie di valori N_{10} è stato strutturato un programma in Qbasic; il programma è ridondante per evitare la chiamata di sub routine, ma assolve bene il proprio compito.

Una volta che il programma è stato implementato nel P.C. ed è fatto girare presenta una prima pagina di scelta:

- 1) Campo di frequenza (100Hz-1000Hz): tasto 1
- 2) Campo di frequenza (1000Hz-10000Hz): tasto 2
- 3) Campo di frequenza (10000Hz-100000Hz): tasto 3

digitando 1; 2; 3, si seleziona il campo delle frequenze entro il quale sarà calcolata e tracciata la famiglia delle curve del livello spettrale NL.

Le curve vengono tracciate in un sistema di assi cartesiani che in ascisse ha il valore della frequenza:

50Hz/divisione per il campo 100-1000Hz

500Hz/divisione per il campo 1000-10000Hz

5000Hz/divisione per il campo 10000-100000Hz

Il sistema delle ordinate, comune ai tre campi, prevede la scala dei livelli NL in dB/microPa/Hz^{1/2} con 20 divisioni ciascuna di ampiezza pari a 5 dB.

Le curve sono diversamente colorate per individuare al meglio lo stato del mare di appartenenza:

- SS=6 (verde)
- SS=5 (celeste)
- SS=4 (viola)
- SS=3 (grigio)
- SS=2 (rossa)
- SS=1 (gialla)
- SS=1/2 (marrone)
- SS=0 (bianca)

Esaminiamo ora la famiglia delle curve compresa nell'intervallo di frequenze che si estende da 100 Hz a 1000 Hz; con la prima selezione il programma visualizza quanto riportato in figura 1.

Dalla figura si osserva la presenza di otto curve, una per ciascun stato del mare, che si sviluppano con NL in decrescita per valori crescenti della frequenza.

Le curve, che qui sono tracciate in nero, sono ben distinte sul video del P.C. con i colori che abbiamo sopra indicato.

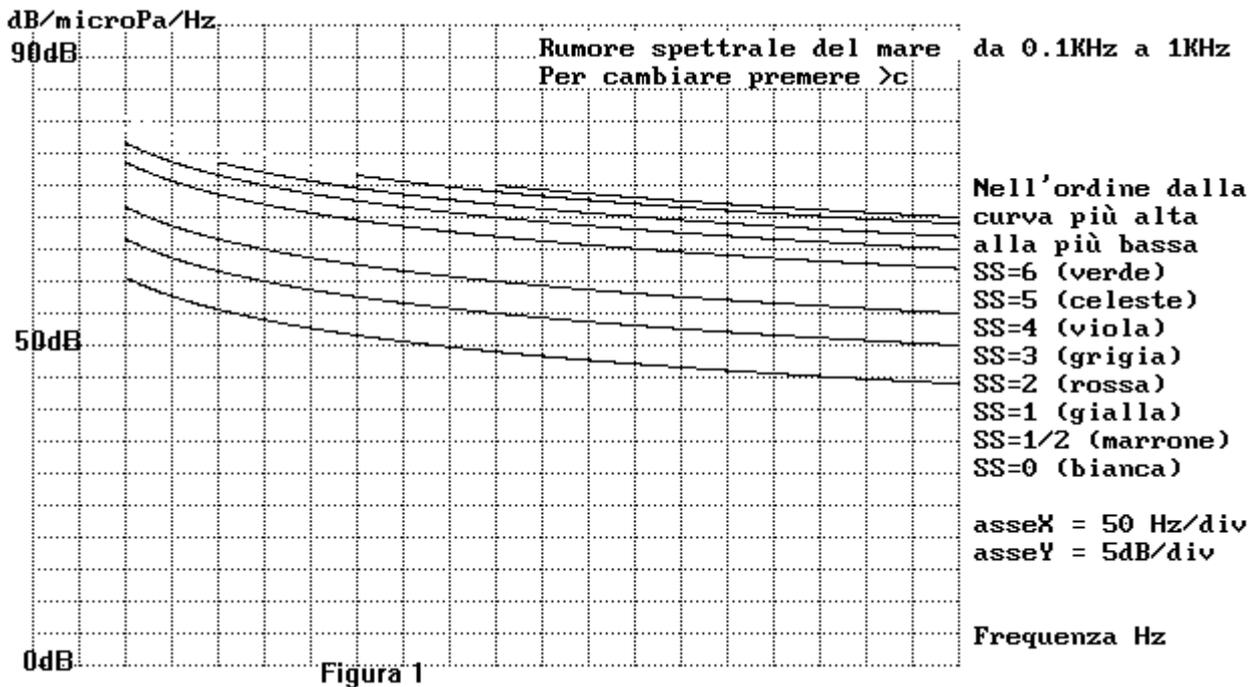
Con le curve riportate impostiamo un primo esercizio di calcolo che ha lo scopo di stabilire quale pressione del rumore del mare è presente in una banda di frequenze compresa tra $f_1=250$ ed $f_2=700$ Hz quando lo stato del mare è pari ad SS=4:

-si calcola la frequenza media geometrica degli estremi della banda
 $f_0=(250*700)^{1/2} = 418$ Hz

-si valuta, sulla sesta curva dal basso (SS=4), il valore di NL corrispondente alla frequenza f_0 , risulta $NL = 73 \text{ dB}/\mu\text{Hz}^{1/2}$

-si valuta l'incremento di banda $BW = 10 \text{ Log} (700-250) = 26.5 \text{ dB}$

-si computa infine la pressione del rumore del mare nella banda
 $NL_w = 73 \text{ dB}/\mu\text{Hz}^{1/2} + 26.5 \text{ dB} = 99.5 \text{ dB}$



Un secondo esercizio che utilizza i diagrammi di figura 1 è ora mostrato:

Un amplificatore idrofonico, collegato ad un idrofono immerso in mare, è dotato di un filtro la cui banda passante si estende da 500Hz a 1000Hz, all'uscita dell'amplificatore si misura una tensione di rumore pari a 1.8 mV.

Sapendo che il guadagno dell'amplificatore con filtro è di 60dB ($G=1000$) e che l'idrofono ha una sensibilità di $-80\text{dB}/\mu\text{V}/\mu\text{Pa}$ calcolare qual è lo stato del mare.

Si procede come segue:

-Si valuta il livello di rumore in banda presente all'ingresso dell'amplificatore:
 $v_i = 1.8\text{mV}/(G=1000) = 1.8\mu\text{V}$ pari a $+5 \text{ dB}/\mu\text{V}$

-Si calcola la frequenza media geometrica della banda $f_0 = (500 \cdot 1000)^{1/2} = 707 \text{ Hz}$

-Si calcola il guadagno di banda $BW = 10 \text{ Log} (1000-500) = 27 \text{ dB}$

-Si calcola il livello spettrale della tensione all'ingresso dell'amplificatore
 $V_{li} = +5 \text{ dB}/\mu\text{V} - 27 \text{ dB} = -22\text{dB}/\mu\text{V}/\text{Hz}^{1/2}$

-Si calcola la pressione spettrale che colpisce l'idrofono
 $NL = -22\text{dB}/\mu\text{V}/\text{Hz}^{1/2} - (-80\text{dB}/\mu\text{V}/\mu\text{Pa}) = 58 \text{ dB}/\mu\text{V}/\mu\text{Pa}$

- Si cerca nelle curve di figura 1, in corrispondenza della frequenza $f_0=707 \text{ Hz}$ quale curva ha il livello di $59 \text{ dB}/\mu\text{V}/\mu\text{Pa}$; si trova che la curva che risolve il problema è quella con $SS = 1$

Esaminiamo ora la famiglia delle curve compresa nell'intervallo di frequenze che si estende da 1000 Hz a 10000 Hz ; con la seconda selezione il programma visualizza quanto riportato in figura 2.

Con le curve tracciate impostiamo un esercizio di calcolo che ha lo scopo di stabilire quale pressione del rumore del mare è presente in una banda di frequenze compresa tra $f_1=2500$ ed $f_2= 7000 \text{ Hz}$ quando lo stato del mare è pari ad $SS=0$:

-si calcola la frequenza media geometrica degli estremi della banda
 $f_0=(2500*7000)^{1/2} = 4183 \text{ Hz}$

-si valuta, sulla prima curva dal basso ($SS=0$), il valore di NL corrispondente alla frequenza f_0 , risulta $NL= 34 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$

-si valuta l'incremento di banda $BW= 10 \text{ Log} (7000-2500) = 36.5 \text{ dB}$

-si computa infine la pressione del rumore del mare nella banda
 $NL_w= 34 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2} + 36.5 \text{ dB} = 70.5 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

Esaminiamo infine la famiglia delle curve compresa nell'intervallo di frequenze che si estende da 10000 Hz a 100000 Hz ; con la terza selezione il programma visualizza quanto riportato in figura 3.

Con le curve di figura 3 risolviamo il seguente problema:

Dati due filtri di banda, l'uno con banda compresa tra 15KHz e 25KHz , l'altro con banda compresa tra 45KHz e 90KHz , quale dei due fornirà il più elevato livello di tensione dovuta al rumore del mare per $SS=3$, se entrambi sono collegati ad un amplificatore che riceve tensione da un idrofono immerso in acqua?

Se supponiamo che tanto l'idrofono quanto l'amplificatore abbiano risposta piatta tra 15KHz e 90KHz il quesito si risolve semplicemente esaminando le bande dei due filtri:

-Si calcola la f_0 del primo filtro $f_0 = (15000 \cdot 25000)^{1/2} = 19365 \text{ Hz}$

-Si calcola il guadagno di banda del primo filtro $BW = 10 \text{ Log}(25000 - 15000) = 40 \text{ dB}$

-Sulla curva per $SS=3$, in corrispondenza di $f_0 = 19365$ si legge il valore di $NL = 44 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$

-Si calcola ora il livello complessivo nel primo filtro
 $NL_w = 44 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2} + 40 \text{ dB} = 84 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

-Si calcola la f_0 del secondo filtro $f_0 = (45000 \cdot 90000)^{1/2} = 63640 \text{ Hz}$

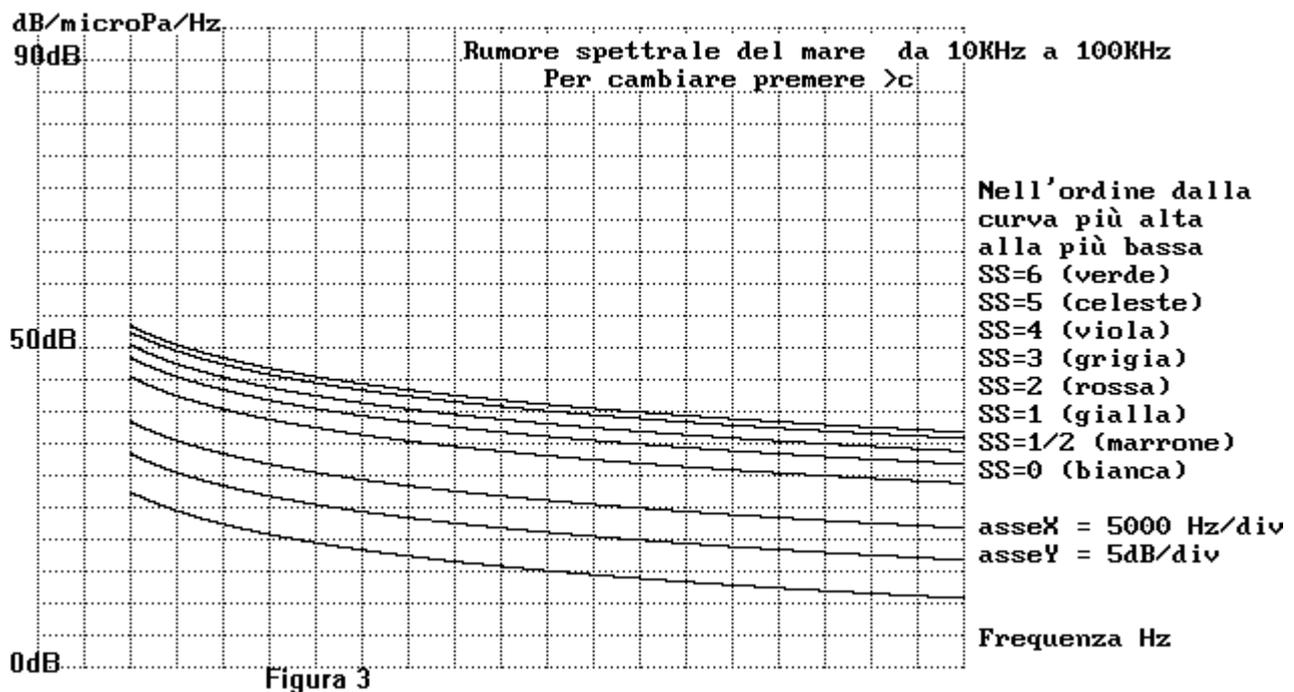
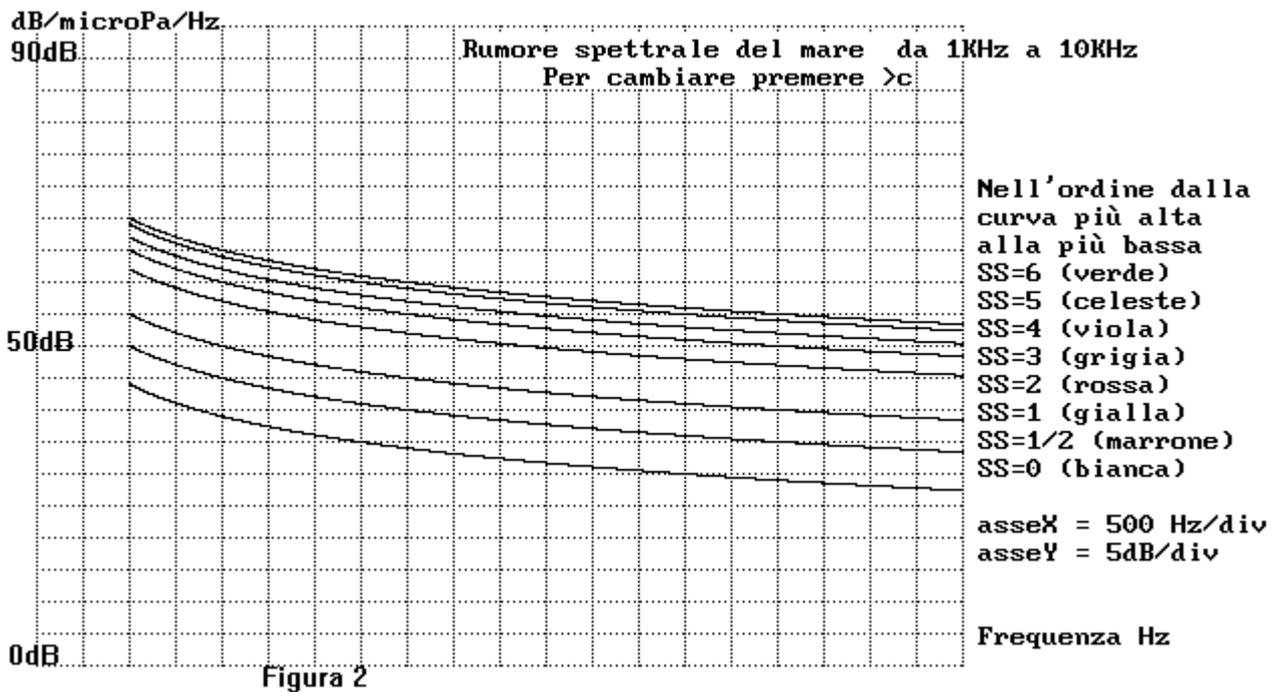
-Si calcola il guadagno di banda del primo filtro $BW = 10 \text{ Log}(90000 - 45000) = 46 \text{ dB}$

-Sulla curva per $SS=3$, in corrispondenza di $f_0 = 63640$ si legge il valore di $NL = 35 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$

-Si calcola ora il livello complessivo nel primo filtro
 $NL_w = 35 \text{ dB}/\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2} + 46 \text{ dB} = 81 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

A seguito dell'ultimo dato si evince che il livello complessivo di rumore all'uscita del primo filtro è superiore a quello del secondo filtro; si hanno infatti 84 dB del primo contro gli 81 dB del secondo.

Questo risultato, che non concorda con le larghezze di banda dei filtri che sono 10000Hz del primo contro i 45000Hz del secondo, larghezze per le quali dovrebbe esserci meno energia nella banda più stretta che non nella banda più ampia, è dovuto al particolare andamento del rumore del mare in funzione della frequenza; infatti il rumore del mare decresce con il crescere della frequenza come abbiamo messo in evidenza all'inizio di questo lavoro e l'esercizio mette in primo piano questo importante fenomeno.



5)Esposizione del programma di calcolo

Nel presente paragrafo è riportato il listato del programma di calcolo sviluppato in Qbasic; con piccole modifiche è possibile trascrivere il programma in altro linguaggio con il quale si abbia maggiore pratica.

```
'PROGRAMMA DI CALCOLO DEL LIVELLO SPETTRALE RUMORE DEL MARE
aaa:
CLS
pik: i$ = INKEY$

LOCATE 1, 2: PRINT "CALCOLO DEL LIVELLO SPETTRALE DEL RUMORE DEL MARE"

LOCATE 3, 30: PRINT "1) Campo di frequenza (100Hz-1000Hz): tasto 1"

LOCATE 4, 30: PRINT "2)Campo di frequenza (1000Hz-10000Hz): tasto 2"

LOCATE 5, 30: PRINT "3)Campo di frequenza (10000Hz-100000Hz): tasto 3"

LOCATE 11, 20: PRINT "Per ripetere: tasto R "

LOCATE 12, 20: PRINT "Per cambiare: tasto C "

LOCATE 13, 20: PRINT "Per uscire: tasto U "

SELECT CASE i$

CASE IS = "u" 'tasto u

GOTO fine

fine: END

CASE IS = "1" 'tasto 1

GOTO ini

CASE IS = "2" 'tasto 2

GOTO cc

CASE IS = "3" 'tasto 3

GOTO nn

END SELECT

GOTO pik

ini:
CLS
SCREEN 9
```

```

FOR x = 20 TO 480 STEP 23
FOR y = 10 TO 330 STEP 2
PSET (x, y), 7
NEXT y
NEXT x
FOR y = 10 TO 330 STEP 16
FOR x = 20 TO 480 STEP 3
PSET (x, y), 7
NEXT x
NEXT y

LOCATE 1, 2: PRINT "dB/microPa/Hz"

LOCATE 2, 35: PRINT "Rumore spettrale del mare da 0.1KHz a 1KHz"

LOCATE 3, 35: PRINT "Per cambiare premere >c"

LOCATE 7, 62: PRINT "Nell'ordine dalla"

LOCATE 8, 62: PRINT "curva pi- alta"

LOCATE 9, 62: PRINT "alla pi- bassa"

LOCATE 10, 62: PRINT "SS=6 (verde)"

LOCATE 11, 62: PRINT "SS=5 (celeste)"

LOCATE 12, 62: PRINT "SS=4 (viola)"

LOCATE 13, 62: PRINT "SS=3 (grigia)"

LOCATE 14, 62: PRINT "SS=2 (rossa)"

LOCATE 15, 62: PRINT "SS=1 (gialla)"

LOCATE 16, 62: PRINT "SS=1/2 (marrone)"

LOCATE 17, 62: PRINT "SS=0 (bianca)"

LOCATE 19, 62: PRINT "asseX = 50 Hz/div"

LOCATE 20, 62: PRINT "asseY = 5dB/div"

LOCATE 23, 62: PRINT "Frequenza Hz"

FOR k = 100 TO 1000'00

NL00 = 44 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL0 = 50 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL1 = 55 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL2 = 62 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL3 = 65 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz

```

```

NL4 = 67 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL5 = 69 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL6 = 70 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz

PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL0))
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL1)), 6
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL2)), 14
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL3)), 4
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL4)), 7
IF k > 200 THEN colore2 = 5
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL5)), colore2
IF k > 350 THEN colore4 = 3
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL6)), colore4
IF k > 500 THEN colore6 = 2
PSET ((k * 4.6 / 10 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL6)), colore6
NEXT k

```

```

pk: i$ = INKEY$
SELECT CASE i$
CASE IS = "c" 'tasto c
GOTO aaa
CASE IS = "r" 'tasto r
GOTO cc
END SELECT
GOTO kk
END

```

```

'-----
-

```

```

cc:
CLS
SCREEN 9
FOR x = 20 TO 480 STEP 23
FOR y = 10 TO 330 STEP 2
PSET (x, y), 7
NEXT y
NEXT x
FOR y = 10 TO 330 STEP 16
FOR x = 20 TO 480 STEP 3
PSET (x, y), 7
NEXT x
NEXT y

```

```
LOCATE 1, 2: PRINT "dB/microPa/Hz"
```

```
LOCATE 2, 30: PRINT "Rumore spettrale del mare da 1KHz a 10KHz"
```

```
LOCATE 3, 35: PRINT "Per cambiare premere >c"
```

```
LOCATE 7, 62: PRINT "Nell'ordine dalla"
```

```
LOCATE 8, 62: PRINT "curva pi- alta"
```

```

LOCATE 9, 62: PRINT "alla pi- bassa"

LOCATE 10, 62: PRINT "SS=6 (verde)"

LOCATE 11, 62: PRINT "SS=5 (celeste)"

LOCATE 12, 62: PRINT "SS=4 (viola)"

LOCATE 13, 62: PRINT "SS=3 (grigia)"

LOCATE 14, 62: PRINT "SS=2 (rossa)"

LOCATE 15, 62: PRINT "SS=1 (gialla)"

LOCATE 16, 62: PRINT "SS=1/2 (marrone)"

LOCATE 17, 62: PRINT "SS=0 (bianca)"

LOCATE 19, 62: PRINT "asseX = 500 Hz/div"

LOCATE 20, 62: PRINT "asseY = 5dB/div"

LOCATE 23, 62: PRINT "Frequenza Hz"

FOR k = 1000 TO 10000

NL00 = 44 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL0 = 50 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL1 = 55 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL2 = 62 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL3 = 65 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL4 = 67 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL5 = 69 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
NL6 = 70 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz

PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL00))
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL0)), 6
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL1)), 14
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL2)), 4
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL3)), 7
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL4)), 5
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL5)), 3
PSET ((k * 4.6 / 100 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL6)), 2
NEXT k

kk: i$ = INKEY$
SELECT CASE i$
CASE IS = "c" 'tasto c
GOTO aaa
CASE IS = "r" 'tasto r
GOTO cc

```

```
END SELECT
GOTO kk
END
```

'-----

```
nn:
```

```
CLS
```

```
SCREEN 9
```

```
FOR x = 20 TO 480 STEP 23
```

```
FOR y = 10 TO 330 STEP 2
```

```
PSET (x, y), 7
```

```
NEXT y
```

```
NEXT x
```

```
FOR y = 10 TO 330 STEP 16
```

```
FOR x = 20 TO 480 STEP 3
```

```
PSET (x, y), 7
```

```
NEXT x
```

```
NEXT y
```

```
LOCATE 1, 2: PRINT "dB/microPa/Hz"
```

```
LOCATE 2, 30: PRINT "Rumore spettrale del mare da 10KHz a 100KHz"
```

```
LOCATE 3, 35: PRINT "Per cambiare premere >c"
```

```
LOCATE 7, 62: PRINT "Nell'ordine dalla"
```

```
LOCATE 8, 62: PRINT "curva pi- alta"
```

```
LOCATE 9, 62: PRINT "alla pi- bassa"
```

```
LOCATE 10, 62: PRINT "SS=6 (verde)"
```

```
LOCATE 11, 62: PRINT "SS=5 (celeste)"
```

```
LOCATE 12, 62: PRINT "SS=4 (viola)"
```

```
LOCATE 13, 62: PRINT "SS=3 (grigia)"
```

```
LOCATE 14, 62: PRINT "SS=2 (rossa)"
```

```
LOCATE 15, 62: PRINT "SS=1 (gialla)"
```

```
LOCATE 16, 62: PRINT "SS=1/2 (marrone)"
```

```
LOCATE 17, 62: PRINT "SS=0 (bianca)"
```

```
LOCATE 19, 62: PRINT "asseX = 5000 Hz/div"
```

```
LOCATE 20, 62: PRINT "asseY = 5dB/div"
```

```
LOCATE 23, 62: PRINT "Frequenza Hz"
```

```
FOR k = 10000 TO 100000
```

```
NL00 = 44 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL0 = 50 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL1 = 55 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL2 = 62 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL3 = 65 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL4 = 67 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL5 = 69 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz  
NL6 = 70 - 16.6 * LOG(k / 1000) / LOG(10) 'dB/microPa/Hz
```

```
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL00))  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL0)), 6  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL1)), 14  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL2)), 4  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL3)), 7  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL4)), 5  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL5)), 3  
PSET ((k * 4.6 / 1000 + 20), (320 + 10 - 3.2 * NL6)), 2  
NEXT k
```

```
pp: i$ = INKEY$  
SELECT CASE i$  
CASE IS = "c" 'tasto c  
GOTO aaa  
CASE IS = "r" 'tasto r  
GOTO nn  
END SELECT  
GOTO pp  
END
```