



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI**

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE  
SEZIONE DI..

## **Analisi di aggregazione delle aree di pesca sarde**



Prof. Angelo Cau

Dr Paola Pesci

Dr Antonio Angelo Pendugiu

# Introduzione

Obiettivo del presente studio è un'indagine sulle diverse caratteristiche dei mari circostanti la Sardegna al fine di individuare possibili relazioni di uniformità e collegamenti tra le aree di pesca sarde. Tra le caratteristiche sono state prese in esame la natura dei fondali la produttività di questi ed i parametri antropici, ovvero l'intervento di prelievo da parte dell'uomo.

Lo stesso approccio di studio è stato seguito in due direzioni parallele. Una via tiene conto della suddivisione dell'area di indagine secondo i parametri attualmente utilizzati per la campagna sperimentale MEDITS, finanziata dalla CEE e svolta ogni anno dal Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università di Cagliari nei mari sardi. Il secondo approccio ha utilizzato dei nuovi criteri di suddivisione delle aree circostanti la Sardegna, basati sui limiti geografici dei compartimenti marittimi sardi, come stabilito dal D. P. R. in G. U. serie generale n° 121 del 26-05-2000.

## Materiali e metodi

I parametri relativi alla produttività, utilizzati nelle analisi, sono stati estrapolati dai dati della campagna sperimentale di pesca a strascico, compiuta nei mari circostanti la Sardegna nell'ambito del progetto MEDITS, svolta nell'estate 2010. I dati riguardanti la flotta operante in Sardegna nell'anno 2010 sono stati forniti dall' I.R.E.P.A. (Istituto di Ricerche Economiche per la Pesca e l'Acquacoltura), suddivisi per circoscrizione territoriale e per classi di tonnellaggio.

Per ordinare omogeneamente le aree è stata effettuata l'analisi dei cluster con l'utilizzo del programma "Statistica", che permette di individuare analogie tra gruppi analizzando opportuni set di dati. Sono state effettuate due analisi parallele, ciascuna delle quali ha utilizzato una diversa suddivisione in zone dell'area marina circostante la Sardegna. La prima ha tenuto conto della suddivisione in sette zone (fig. 1) utilizzata nelle elaborazioni per la campagna MEDITS.

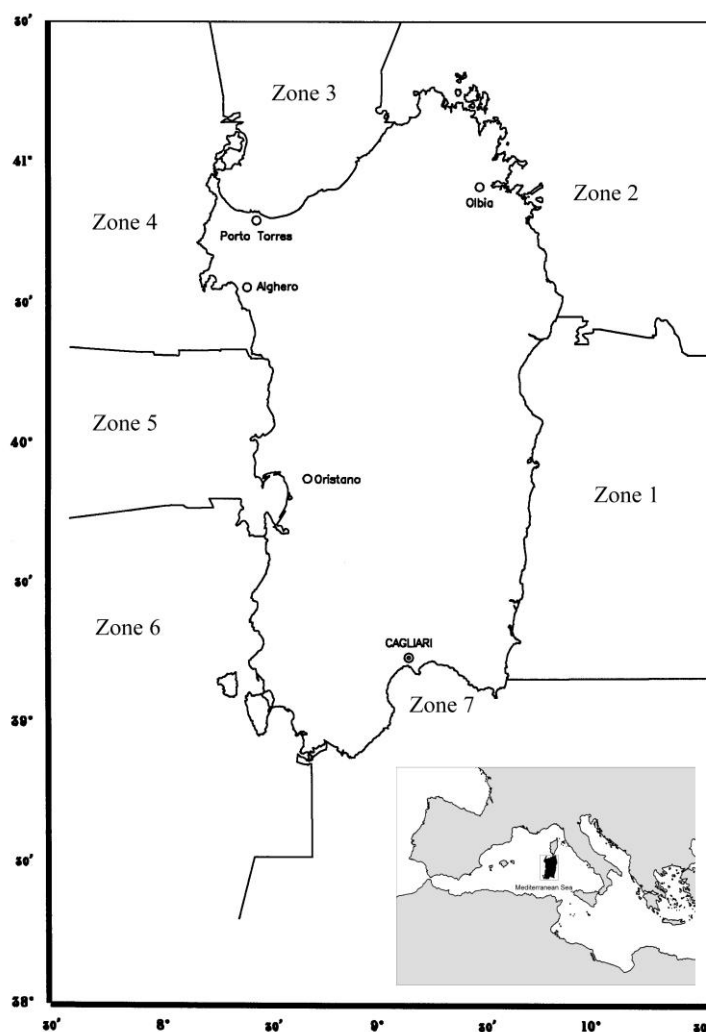


Fig. 1 – Suddivisione dell'area marina circostante la Sardegna in sette zone

La seconda analisi ha considerato un rimaneggiamento delle aree utilizzate nella campagna sperimentale sopramenzionata, al fine di ottenere la superficie dei mari circostanti la Sardegna suddivisa in dieci zone (fig. 2), ciascuna facente capo ad uno dei Circomare presenti sull'isola (tab. 1).

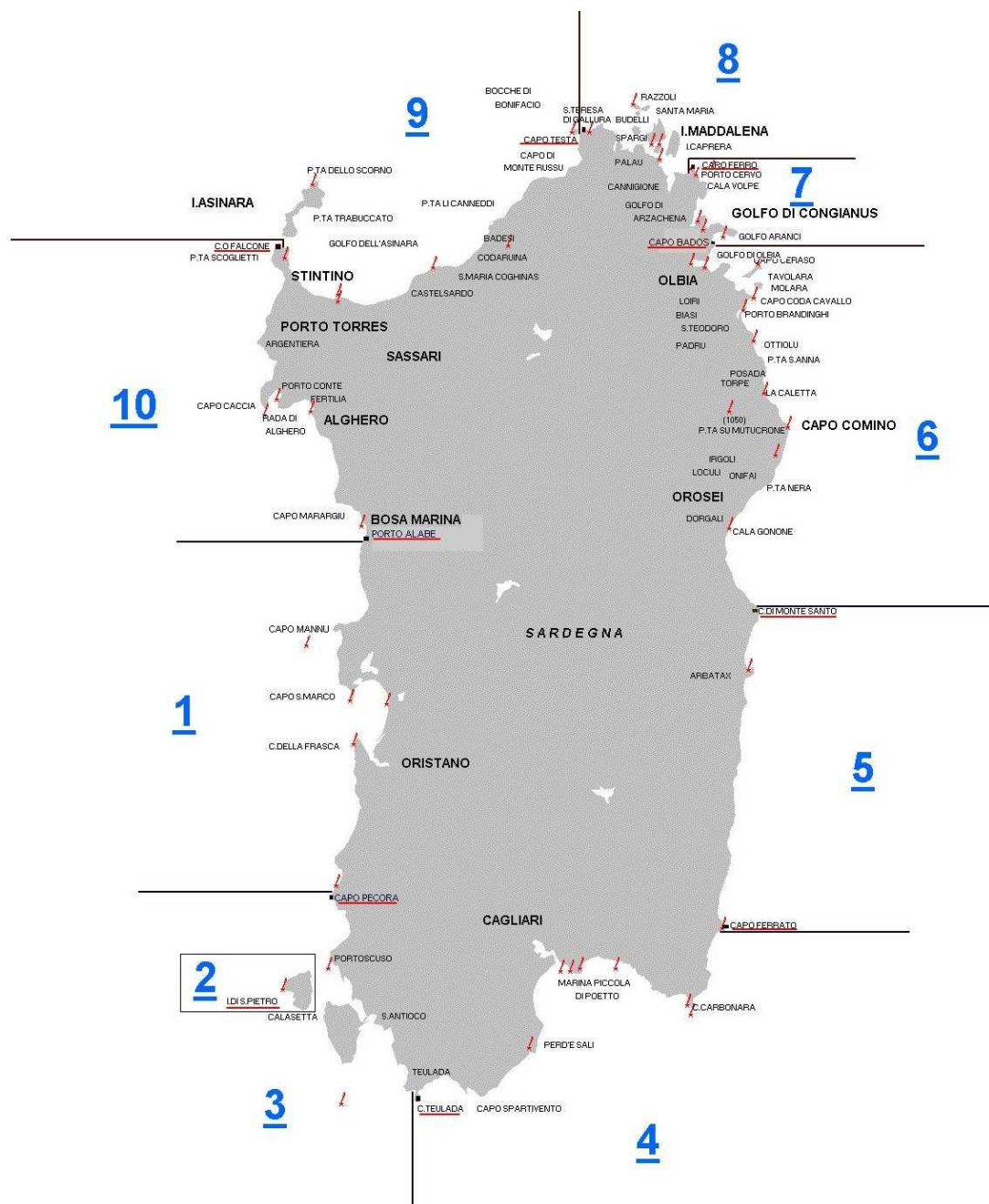


Fig 2 – Suddivisione dell'area marina circostante la Sardegna in dieci zone

Tab. 1 – Uffici circondariali marittimi presenti in Sardegna

Capitaneria di porto	Uffici circondariali marittimi	Limiti territoriali dei circomari
4 - Cagliari	1 – Oristano	Da porto Alabe escluso a capo Pecora escluso
	2 – Carloforte	Isola di S. Pietro e isolotti vicini
	3 – S. Antioco	Da capo Pecora incluso a capo Teulada escluso, compresa l'isola di S. Antioco e gli isolotti vicini
		Da capo Teulada incluso a capo Ferrato escluso
	5 – Arbatax	Da capo Ferrato incluso a capo Monte Santo incluso
6 – Olbia		Da capo Montesanto escluso a capo Bados escluso
	7 – Golfo Aranci	Da capo Bados incluso a capo Ferro incluso
	8 – La Maddalena	Da capo Ferro escluso a capo Testa incluso, compresa l'isola di La Maddalena e isolotti adiacenti
9 – Porto Torres		Da capo Testa escluso a capo Falcone escluso, compresa l'isola dell'Asinara
	10 - Alghero	Da capo Falcone incluso a porto Alabe incluso

Prima di effettuare l'analisi con "Statistica" sono stati studiati, per ciascuno dei due tipi di suddivisione, alcuni parametri al fine di valutarne la possibilità di utilizzo come variabili per l'agglomerazione:

- *Indici di biomassa*; sono stati calcolati gli indici di biomassa (in Kg/Km<sup>2</sup>) per dieci specie presenti in Sardegna di alta rilevanza economica: per i molluschi sono stati presi in considerazione il polpo comune (*Octopus vulgaris*) e il moscardino (*Eledone cirrhosa*); per i crostacei, il gambero rosso (*Aristaeomorpha foliacea*), il gambero viola (*Aristeus antennatus*), il gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*) e lo scampo (*Nephrops norvegicus*); infine per i teleostei, il merluzzo (*Merluccius merluccius*), la triglia di fango (*Mullus barbatus*), la musdea (*Phycis blennoides*) e il potassolo (*Micromesistius poutassou*). Gli indici di biomassa sono stati calcolati utilizzando i dati provenienti dalla campagna MEDITS.
- *Superficie*; per ciascuna zona è stata calcolata la superficie (in Km<sup>2</sup>) (tab 2 e 3), suddivisa nei relativi strati batimetrici (A 0-50, B 51-100, C 101-200, D 201-450, E 451-800). Per poter effettuare l'analisi con la suddivisione della Sardegna in 10 zone, si è partiti dalle 768 aree che costituiscono le normali aree di indagini MEDITS, ognuna di estensione pari a circa 30,8 Km<sup>2</sup>. Queste sono state raggruppate a seconda del circomare di appartenenza (tab. 1);

Tab. 2 – Superfici (in Km<sup>2</sup>), suddivise in cinque strati batimetrici, relative alla divisione dell'area marina circostante la Sardegna in 7 zone

	STRATO	SUPERFICIE	AREE		STRATO	SUPERFICIE	AREE
<b>Zona 1</b>	A	524	17	<b>Zona 2</b>	A	739	24
	B	431	14		B	1109	36
	C	400	13		C	400	13
	D	616	20		D	524	17
	E	585	19		E	862	28
	Tot.	2556	83		Tot.	3634	118
<b>Zona 3</b>	A	554	18	<b>Zona 4</b>	A	277	9
	B	554	18		B	493	16
	C	493	16		C	862	28
	D	370	12		D	431	14
	E	277	9		E	524	17
	Tot.	2248	73		Tot.	2587	84
<b>Zona 5</b>	A	739	24	<b>Zona 6</b>	A	431	14
	B	339	11		B	770	25
	C	893	29		C	2156	70
	D	308	10		D	1571	51
	E	462	15		E	1324	43
	Tot.	2741	89		Tot.	6252	203
<b>Zona 7</b>	A	524	17	<b>TOTALE</b>	A	3788	123
	B	370	12		B	4066	132
	C	708	23		C	5914	192
	D	832	27		D	4651	151
	E	1109	36		E	5144	167
	Tot.	3542	115		Tot.	23562	765

Tab. 3 – Superfici (in Km<sup>2</sup>), suddivise in cinque strati batimetrici, relative alla divisione dell'area marina circostante la Sardegna in 10 zone

	STRATO	SUPERFICIE	AREE		STRATO	SUPERFICIE	AREE
<b>Zona 1</b> <b>(Oristano)</b>	A	770	25	<b>Zona 2</b> <b>(Carloforte)</b>	A	62	2
	B	493	16		B	62	2
	C	770	25		C	123	4
	D	585	19		D		
	E	893	29		E		
	Tot.	3511	114		Tot.	246	8
<b>Zona 3</b> <b>(S. Antioco)</b>	A	277	9	<b>Zona 4</b> <b>Cagliari</b>	A	554	18
	B	400	13		B	400	13
	C	1632	53		C	739	24
	D	1140	37		D	862	28
	E	801	26		E	1109	36
	Tot.	4250	138		Tot.	3665	119
<b>Zona 5</b> <b>(Arbatax)</b>	A	246	8	<b>Zona 6</b> <b>(Olbia)</b>	A	585	19
	B	246	8		B	400	13
	C	216	7		C	400	13
	D	400	13		D	462	15
	E	339	11		E	678	22
	Tot.	1448	47		Tot.	2526	82
<b>Zona 7</b> <b>(Golfo Aranci)</b>	A	123	4	<b>Zona 8</b> <b>(La Maddalena)</b>	A	216	7
	B	400	13		B	308	10
	C	92	3		C	92	3
	D	185	6		D	62	2
	E	246	8		E	185	6
	Tot.	1047	34		Tot.	862	28
<b>Zona 9</b> <b>(Porto Torres)</b>	A	616	20	<b>Zona 10</b> <b>(Alghero)</b>	A	277	9
	B	585	19		B	616	20
	C	585	19		C	1294	42
	D	431	14		D	524	17
	E	370	12		E	524	17
	Tot.	2587	84		Tot.	3234	105
<b>TOTALE</b>	A	3727	121				
	B	3912	127				
	C	5944	193				
	D	4651	151				
	E	5144	167				
	Tot.	23377	759				

- *Numero di pescherecci e tonnellaggio totale*; per ciascuna zona si è tenuto conto della quantità di pescherecci presenti separati per tonnellaggio, e del tonnellaggio totale gravante su ciascuna area (“analisi complessiva”). Lo sforzo di pesca è stato anche esaminato in base al diverso sfruttamento dei fondali che imbarcazioni di dimensione differente apportano. In particolare le imbarcazioni con tonnellaggio inferiore a 20 tonnellate di stazza lorda (TSL) sono state considerate impegnate nei fondali da 0 a 200 m (strati A, B e C), mentre i motopescherecci con TSL superiore a 20 sono stati ritenuti impegnati a batimetriche superiori (strati D ed E).

Le analisi dei cluster effettuate sono state suddivise in tre gruppi principali: “analisi complessiva”, che ha tenuto conto di tutto lo sforzo di pesca, di tutte le batimetrie e di tutti gli indici senza distinzioni; l’analisi per batimetrie inferiori a 200 m e quella per batimetrie superiori a 200 m, che invece hanno utilizzato i dati opportunamente suddivisi.

Le analisi di agglomerazione effettuate hanno considerato inizialmente come unico parametro per l’agglomerazione gli indici di biomassa.

Successivamente è stato effettuato un confronto mediante il t-test allo scopo di verificare se numero di pescherecci e tonnellaggio totale, entrambi indici dello sforzo di pesca, possono essere considerati equivalenti ai fini dell’analisi. Una volta verificata l’equivalenza è stato effettuato il rapporto tra la superficie di ciascuna zona con uno dei due parametri, allo scopo di ottenere una “pesatura”.

Questo rapporto è stato aggiunto agli indici di biomassa come parametri per le successive analisi dei cluster, al fine di verificare se lo sforzo di pesca influisca o meno nell’agglomerazione.

Come misura di distanza per le analisi è stata scelta la distanza euclidea. Come metodi di unione sono stati confrontati la media pesata, quella non pesata e il legame completo, per poter avere maggiori riscontri sull’esattezza dei gruppi formati.

Tutte le analisi dei gruppi sono state effettuate sia come analisi “complessive” che applicando la suddivisione a seconda delle batimetrie.

### Indici di biomassa

Il calcolo dell'indice è stato effettuato con il metodo di Cochran (1977) che consente di fare una pesata degli indici in base alla superficie interessata. Sono stati calcolati inizialmente gli indici per strato batimetrico, con l'utilizzo di una procedura automatizzata in GEST 4, secondo la formula:

$$\bar{x}_{i,j} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n_i} A_{i,j}}$$

Dove:

$x_{i,j}$  = peso delle specie nel tratto j;

$A_{i,j}$  = area spazzata per il tratto j;

Per la pesatura a seconda della zona in esame, ciascun indice per strato è stato moltiplicato per il peso dello strato corrispondente, secondo la formula:

$$W_i = \frac{A_i}{A}$$

Dove:

$A_i$  = area della zona i;

$A$  = area totale dell'indagine;

In questo modo sono stati calcolati gli indici di biomassa per zona e per campagna, necessari nell'analisi dei cluster "complessiva", utilizzando le superfici delle singole zone come numeratore e come area totale di indagine ( $A$ ) la superficie totale della Sardegna.

Per l'analisi effettuata con la suddivisione dei pescherecci in base alle differenti profondità di lavoro, è stato necessario calcolare dei nuovi indici, suddivisi a seconda degli strati batimetrici. Sono stati associati gli strati A, B e C (0 – 200 m) e gli strati D ed E (201 – 800 m). Le aree relative per effettuare la pesatura degli indici sono state quindi non più le aree delle singole zone, ma la somma delle superfici di ciascun strato ( $A+B+C$  e  $D+E$ ) per ciascuna zona. Come aree totali d'indagine la somma di queste.



## Risultati

### Elaborazione con le sette aree

(rif. Appendice I)

#### Indici

Il calcolo degli indici di abbondanza ( $\text{Kg/Km}^2$ ) ha evidenziato la presenza delle dieci specie esaminate in tutte le aree.

Gli indici di biomassa (MEDITS, tab. 4) evidenziano come zona con un più alto rendimento, la zona 4 il cui indice totale, relativamente alle dieci specie studiate nell'analisi, è di circa  $2034,5 \text{ Kg/Km}^2$ . La quota principale in questo distretto è data dalla specie *M.merluccius* che rappresenta il 71% dell'indice di biomassa totale ( $1448,3 \text{ Kg/Km}^2$ ). Il secondo teleosteo in termini di abbondanza in questa zona è la triglia con un indice percentuale pari a 25 (circa  $508,7 \text{ Kg/Km}^2$ ). La zona con indice di abbondanza totale più basso di tutta la Sardegna è la zona 2, il cui rendimento è di  $93,4 \text{ Kg/Km}^2$ ; il maggior contributo di questa zona è portato dal moscardino con  $29,6 \text{ Kg/Km}^2$  e dalla triglia con  $19,5 \text{ Kg/Km}^2$  circa.

Tab. 4 – Indici di biomassa ( $\text{Kg/Km}^2$ ) calcolati per la campagna MEDITS 2010

MEDITS	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7
<i>A. foliacea</i>	2.85	4.69	0.19	0.01	0.94	1.72	44.42
<i>A. antennatus</i>	2.99	3.09	2.75	0.00	10.78	31.23	16.03
<i>P. longirostris</i>	0.51	1.00	0.88	0.01	3.28	27.79	12.68
<i>N. norvegicus</i>	1.41	3.94	8.13	6.49	9.95	5.04	8.56
<i>O. vulgaris</i>	49.81	17.42	47.86	33.13	235.60	87.87	209.46
<i>E. cirrhosa</i>	25.22	29.58	4.48	33.17	60.06	118.56	30.39
<i>M. merluccius</i>	33.90	6.39	160.68	1448.31	803.14	841.02	196.47
<i>M. barbatus</i>	4.95	19.49	29.11	508.71	756.26	187.21	16.94
<i>Ph. blennoides</i>	6.56	3.96	4.71	4.64	21.24	37.70	34.37
<i>M. poutassou</i>	1.29	3.79	2.17	0.00	0.00	3.54	12.02
<b>Totale</b>	129.49	93.35	260.95	2034.48	1901.25	1341.69	581.35

Le specie più rappresentate sono state il merluzzo (*Merluccius merluccius*) nelle zone 3 ( $160,7 \text{ Kg/Km}^2$ ), 4 ( $1448,3 \text{ Kg/Km}^2$ ), 5 ( $803,1 \text{ Kg/Km}^2$ ) e 6 ( $841 \text{ Kg/Km}^2$ ) e il polpo (*Octopus vulgaris*) nelle zone 1 ( $49,8 \text{ Kg/Km}^2$ ) e 7 ( $209,5 \text{ Kg/Km}^2$ ).

Per *Ph. blennoides* il rendimento più alto è stato riscontrato nella zona 6 con circa 37,7 Kg/Km<sup>2</sup> mentre nelle zone 1, 2, 3 e 4 sembra molto meno abbondante, con valori che variano da un massimo di 6,5 ad un minimo di 4 Kg/Km<sup>2</sup> circa.

I molluschi sono rappresentati in tutte le zone, con un massimo per la zona 5 con la specie *O. vulgaris* che arriva a 235,6 Kg/Km<sup>2</sup>, mentre il valore minimo per questa specie è riscontrato nella zona 2 con indice di 17,4 Kg/Km<sup>2</sup>. Per l'altro mollusco cefalopode considerato nelle nostre analisi, *E. cirrhosa*, i rendimenti variano da 118,6 Kg/Km<sup>2</sup> della zona 6 ai 4,5 Kg/Km<sup>2</sup> della zona 3.

Per i crostacei i valori più alti di biomassa si ritrovano nella zona 7, dove la specie *A. foliacea* presenta un indice di 44,4 Kg/Km<sup>2</sup>; e nella zona 6, dove *A. antennatus* e *P. longirostris* raggiungono indici di circa 31,2 e 27,8 Kg/Km<sup>2</sup> rispettivamente. Per *N. norvegicus* l'indice maggiore di 10 Kg/Km<sup>2</sup> lo ritroviamo nella zona 5.

#### *Superfici (tab. 2, fig. 1)*

I circa 23 mila Km<sup>2</sup> che costituiscono i mari attorno alla Sardegna vengono suddivisi, ai fini delle elaborazioni per la campagna sperimentale MEDITS, in 7 zone, ciascuno con superficie media di poco più di 3300 Km<sup>2</sup>. La superficie maggiore spetta alla zona 6 della Sardegna Occidentale, con circa 6200 Km<sup>2</sup>, mentre la zona 2 della Sardegna Orientale, con 2200 Km<sup>2</sup> circa, è la più piccola. Tutti gli strati batimetrici (A 0-50, B 51-100, C 101-200, D 201-450, E 451-800) sono rappresentati in ciascuna zona.

In generale, lo strato C (101-200 m) è quello più grande; costituisce dall'11% (zona 2, 739 Km<sup>2</sup>) al 35% (zona 6, 2156 Km<sup>2</sup>) sul totale.

#### *Imbarcazioni (tab. 5)*

Dai dati della suddivisione della flotta dei pescherecci sardi forniti dall'I.R.E.P.A. per il 2010, risulta che il maggior numero di natanti, in tutte le zone, è costituito da imbarcazioni con TSL inferiore a 10. Questi, nelle zone 2, 3, 4, 5 e 6 costituiscono la proporzione maggiore anche per quanto riguarda il tonnellaggio totale gravante nell'area (54, 53, 69, 68 e 52% rispettivamente ).

Le grosse imbarcazioni (TSL maggiore di 20) sono rappresentate in tutte le zone e, pur essendo in numero sempre minore delle piccole imbarcazioni da pesca con TSL inferiore a 10,

costituiscono la più grossa parte di TSL totale gravante nelle zone 1 e 7, mentre nelle altre rappresentano comunque una porzione importante del TSL totale. Il tonnellaggio medio delle imbarcazioni con TSL >20 è di 61t, natanti quindi di grosse dimensioni.

I motopescherecci con TSL tra 10 e 15 e tra 15 e 20 sono poco rappresentati in tutte le zone. In particolare nelle zone 3 e 5 sono assenti le imbarcazioni con TSL compreso tra 10 e 15, mentre nella zona 5 mancano anche quelle con tonnellaggio tra 15 e 20.

Tab. 5 – Suddivisione dei pescherecci per zona ed in base al tonnellaggio

Zona	Classe TSL	Barche TOT	TSL TOT
1	0 - 10 TSL	62	260
	10 - 15 TSL	2	22
	15 - 20 TSL	1	17
	> 20 TSL	9	679
2	0 - 10 TSL	167	657
	10 - 15 TSL	2	27
	15 - 20 TSL	3	54
	> 20 TSL	11	467
3	0 - 10 TSL	80	355.15
	10 - 15 TSL	0	0.00
	15 - 20 TSL	2	34.96
	> 20 TSL	7	280.84
4	0 - 10 TSL	81	297.63
	10 - 15 TSL	1	14.62
	15 - 20 TSL	2	31.89
	> 20 TSL	3	84.17
5	0 - 10 TSL	294	848.63
	10 - 15 TSL	0	0.00
	15 - 20 TSL	0	0.00
	> 20 TSL	6	398.54
6	0 - 10 TSL	240	1111.06
	10 - 15 TSL	2	26.29
	15 - 20 TSL	1	18.49
	> 20 TSL	16	994.78
7	0 - 10 TSL	141	767.80
	10 - 15 TSL	3	39.95
	15 - 20 TSL	0	0.00
	> 20 TSL	25	1826.00

Il t-test, effettuato per valutare l'equivalenza dei parametri numero di imbarcazioni e tonnellaggio totale, ha confermato l'ipotesi; il p-value calcolato nei tre gruppi di dati (per l'analisi complessiva e per quelle a batimetrie separate) è sempre risultato inferiore a 0.05, indicando differenze non significative e quindi omogeneità tra le serie analizzate. Tra i due parametri è stato scelto arbitrariamente il tonnellaggio totale per effettuare il rapporto con la superficie e questo è stato utilizzato nelle successive analisi di agglomerazione.

### *Analisi dei cluster*

Le analisi dei cluster effettuate, come precedentemente spiegato, sono state suddivise in due gruppi. Il primo ha consentito di avere una visione delle varie zone nel loro complesso, e l'analisi è stata effettuata considerando tutti i dati nel loro insieme ("analisi complessiva").

Il secondo gruppo di analisi ha utilizzato i dati raggruppati a seconda delle batimetriche e del tonnellaggio di pescherecci. Alle profondità fino ai 200 m sono state attribuite tutte le imbarcazioni con TSL inferiore a 20; a profondità superiori sono stati assegnati invece i natanti più grossi (TSL>20). Questa suddivisione ha consentito di raggruppare le diverse zone tenendo conto dei differenti metodi di lavoro che hanno, almeno in teoria, natanti di dimensioni differenti.

### *Analisi complessiva*

Le analisi dei cluster effettuate utilizzando come parametri per l'agglomerazione i soli indici di biomassa complessivi (fig. 3) sono risultate molto simili. In entrambe si nota uno stretto legame e quindi una maggiore affinità per le zone 1, 2, 3 e 7 della Sardegna Orientale, Nord-Orientale e Meridionale. Un altro insieme evidente è quello raggruppa le zone della costa Occidentale, zone 4, 5 e 6; benché la zona 4 (Sardegna Nord-Occidentale) mostri di distinguersi maggiormente dalle altre.

Il passo successivo dello studio è stato quello di aggiungere agli indici di biomassa un nuovo parametro, il rapporto tra la superficie e il tonnellaggio totale gravante nelle aree. Lo scopo è stato quello di mettere in evidenza eventuali differenze con l'analisi precedente attribuibili quindi al diverso tonnellaggio per Km<sup>2</sup> relativo. Il risultato, identico a quello della prima analisi, mostra però che le similitudini tra le varie zone sono attribuibili più agli indici di biomassa che ai natanti (fig. 4).

In tutte queste analisi i tre tipi di unione utilizzati considerati (medie -pesata e non pesata- e legame completo) (fig. 3) hanno mostrato lo stesso andamento, indicando una buona affidabilità nei raggruppamenti.

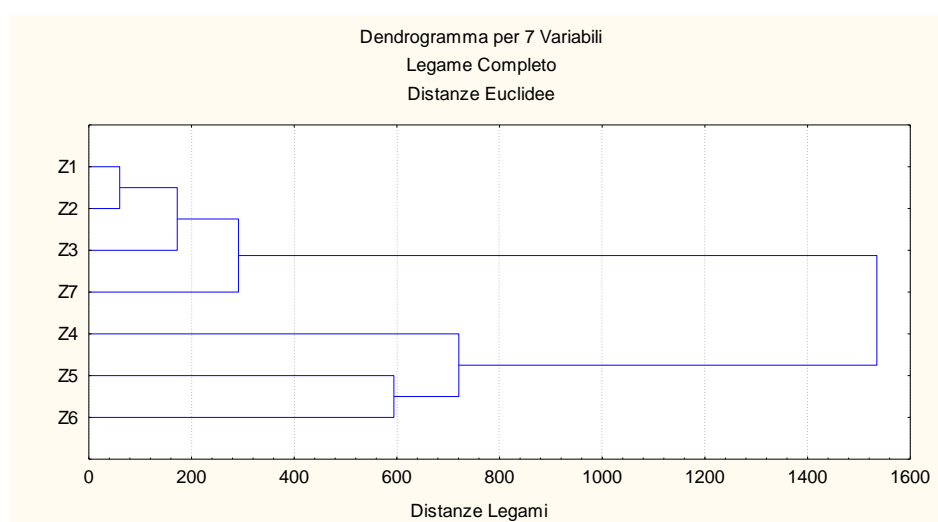
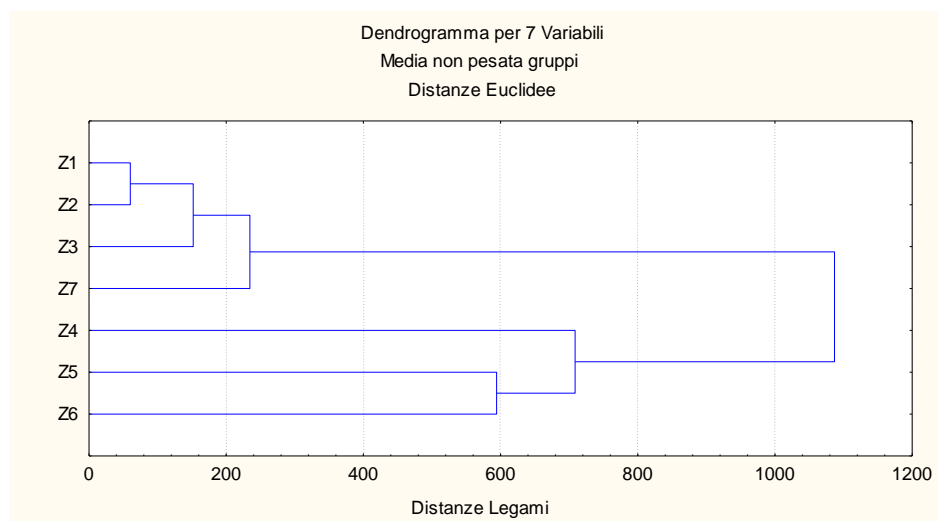
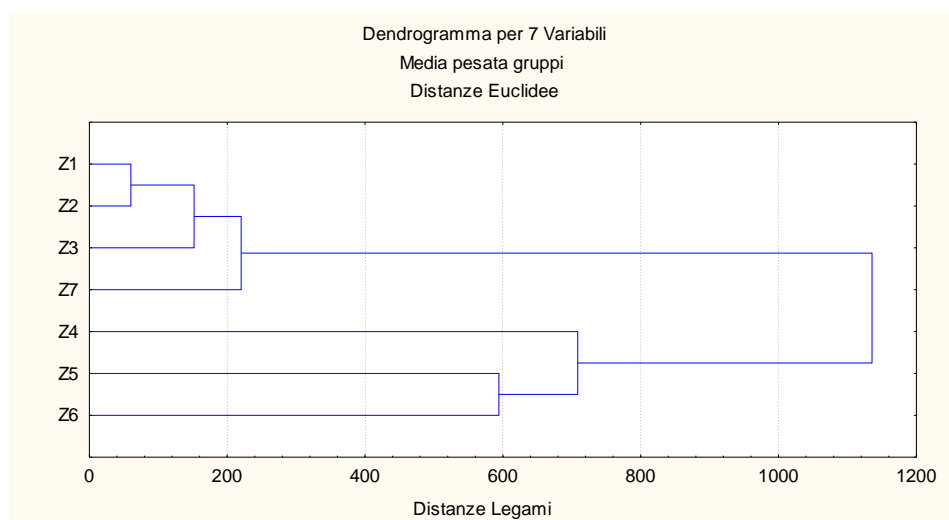


Fig. 3 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per tutte le batimetrie, ottenuti con i tre metodi di unione



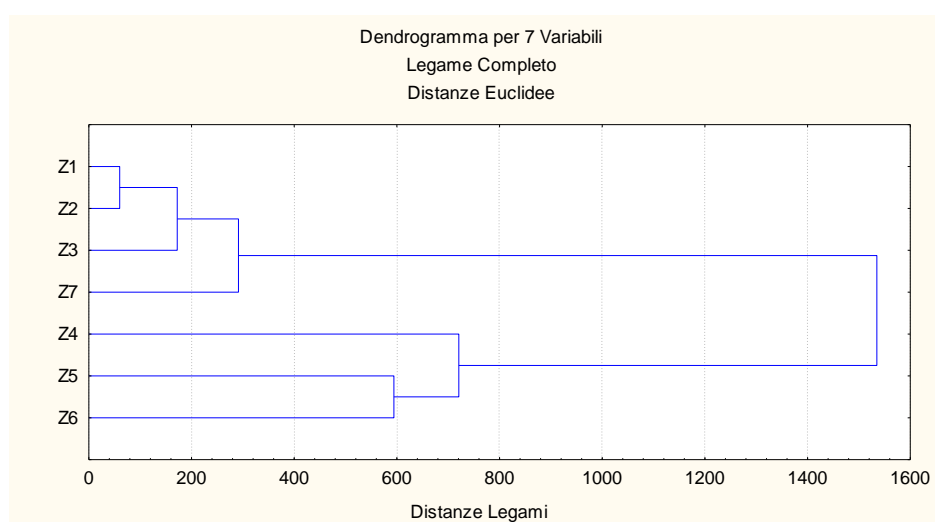
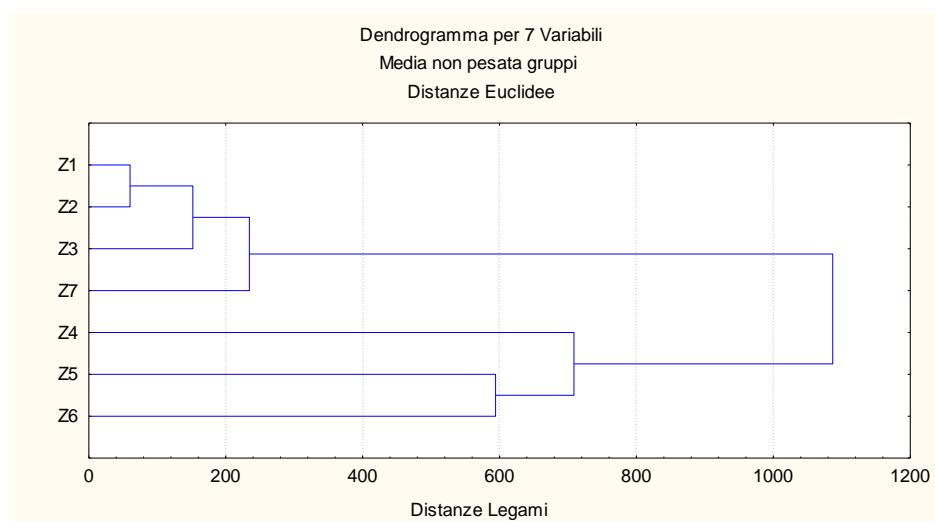
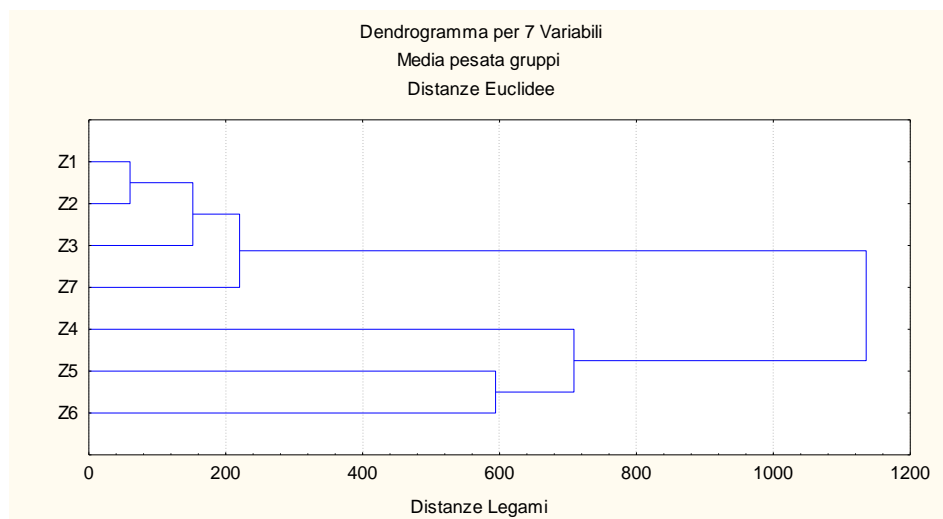


Fig. 4 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per tutte le batimetrie e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



#### *Analisi per batimetriche inferiori a 200 m*

Per questa analisi sono state considerate solo le imbarcazioni con tonnellaggio di stazza lorda inferiore a 20 TSL, operative a profondità inferiori ai 200 m, inoltre sono stati calcolati nuovi indici di biomassa relativamente alle superfici coperte dalle batimetriche studiate (tab. I, app. I). Non è stato possibile calcolare un indice di biomassa per tutte le dieci specie in esame, dato che certe specie, primi fra tutti i crostacei, vivono a profondità elevate e le catture a batimetriche inferiori a 200 m sono solo sporadiche.

Utilizzando come parametro per l'analisi dei cluster esclusivamente gli indici di biomassa, (fig. 5), sono stati ottenuti risultati molto simili a quelli dell'analisi complessiva. Il gruppo più strettamente associato è quello costituito dalle zone della Sardegna Orientale, Settentrionale e Meridionale (1, 2, 3 e 7). Un secondo gruppo è formato dalla costa Sud-Occidentale (zone 5 e 6), alle quali si associa, con distanza di legame maggiore, la costa Nord-Occidentale (zona 4).

Con l'aggiunta del rapporto superficie/TSL come parametro per l'agglomerazione (fig. 6) si ottiene la formazione dei medesimi gruppi, indicando anche in questo caso, la maggiore importanza del fattore biomassa nel raggruppamento delle zone.

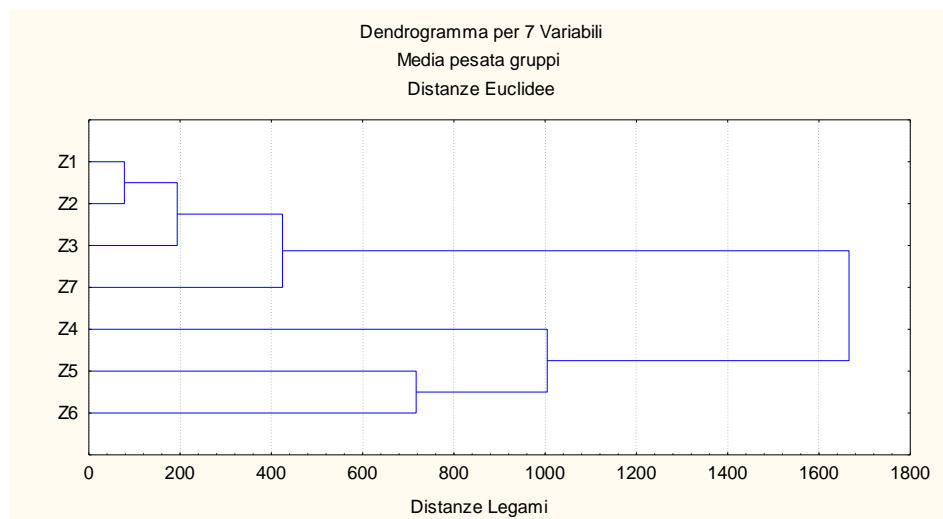
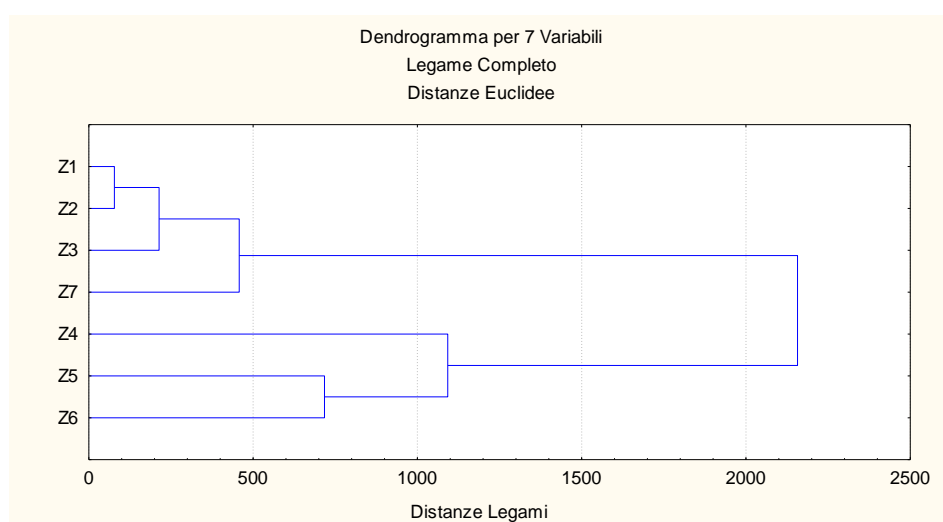
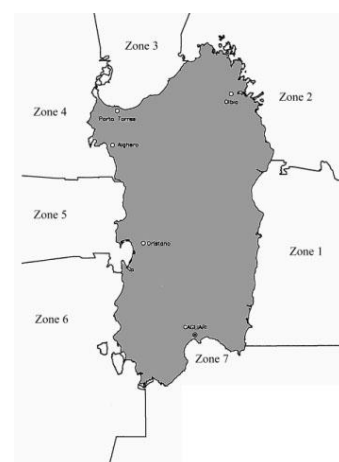
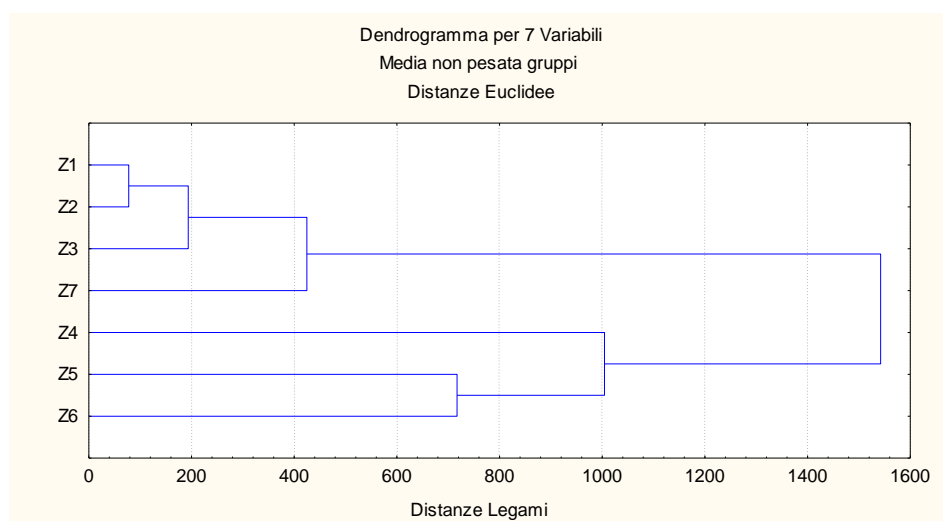


Fig. 5 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche A, B e C (0-200 m), ottenuti con i tre metodi di unione





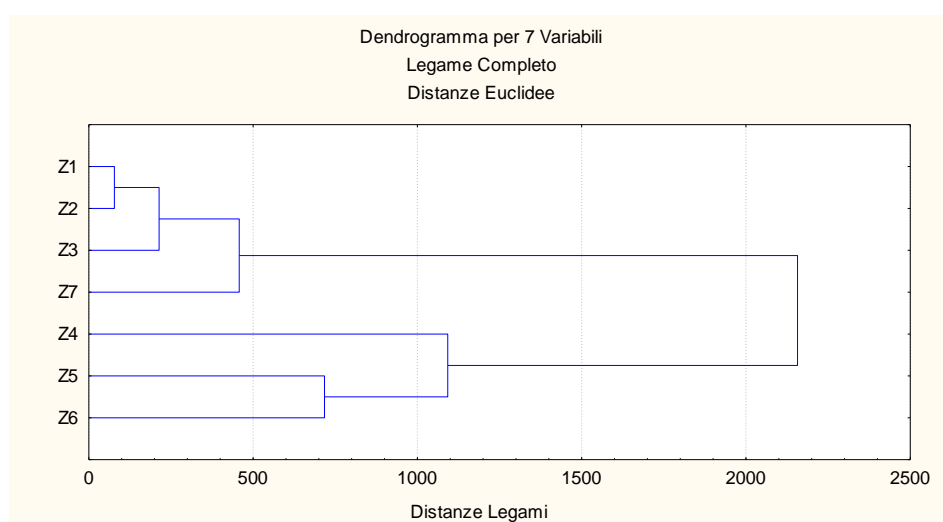
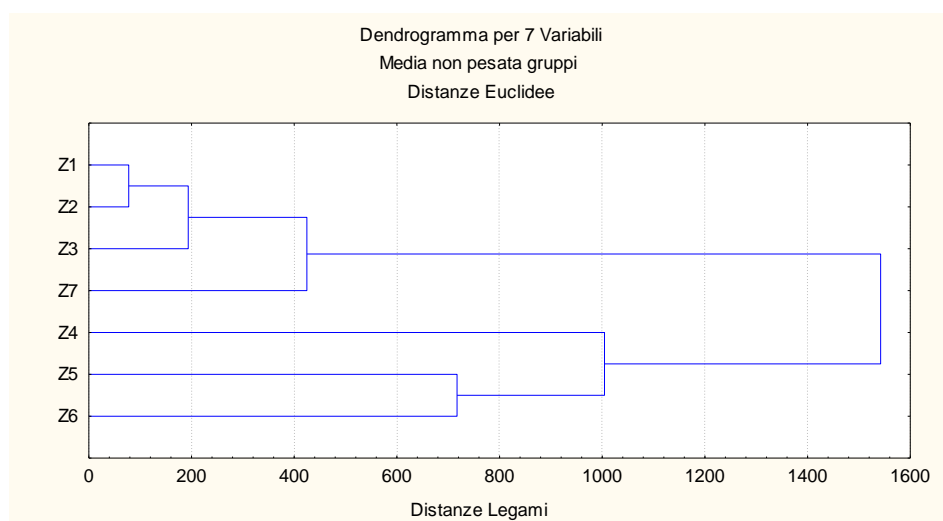
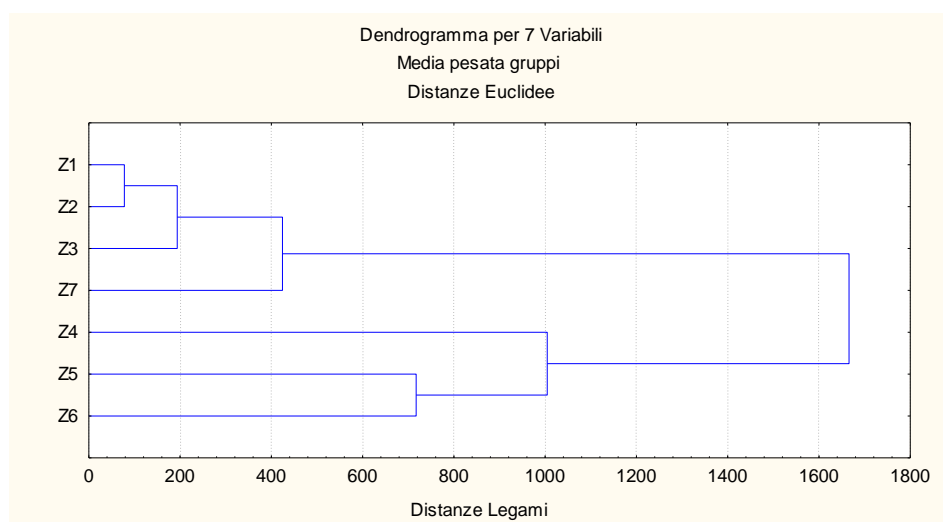
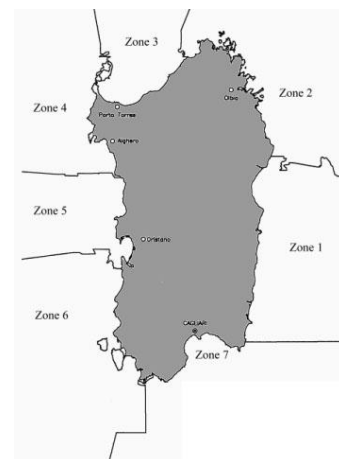


Fig. 6 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche A, B e C (0-200 m) e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



### *Analisi per batimetriche superiori a 200 m*

In questa analisi sono stati presi in considerazione solo le imbarcazioni con tonnellaggio di stazza lorda superiore a 20 TSL, ritenuti i natanti operativi a profondità superiori ai 200 m. Sono inoltre stati calcolati nuovi indici di biomassa (tab. **II**, app. **I**) relativi alle batimetriche D ed E. Come per l'elaborazione precedente questo calcolo è relativo alle sole specie che possono essere pescate alle profondità in esame, in questo caso oltre i 200 m. Sono escluse quindi alcune specie, tipicamente costiere, il cui habitat si trova a batimetriche inferiori, come il polpo comune e la triglia di fango.

Effettuando la ricerca dei cluster utilizzando solo i parametri di biomassa (fig. 7) si ottengono risultati molto diversi da quelli ottenuti precedentemente. Il gruppo associato più strettamente è quello delle zone 1, 2, 3 e 4 (Sardegna Orientale, Settentrionale e Nord-Occidentale), alle quali si associa con una distanza di legame maggiore la zona 5 (Sardegna Occidentale). Si discostano dalle altre le zone 6 e 7 (Sardegna Sud-Occidentale e Meridionale) che costituiscono un secondo gruppo, meno affine del precedente.

Questi raggruppamenti così diversi sono stati ottenuti con tutti e tre i tipi metodi di legame di usati. Analizzando i dati con l'aggiunta del rapporto superficie/TSL, la situazione non varia (fig. 8).

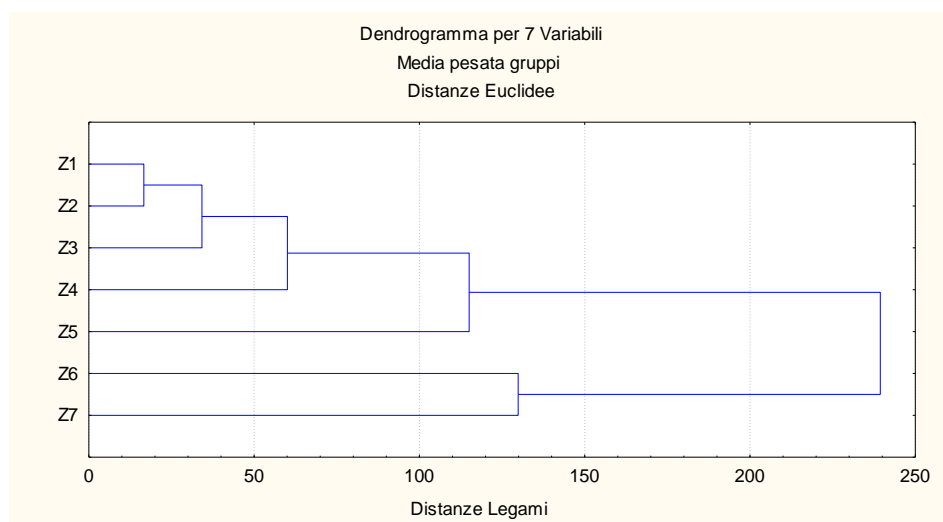
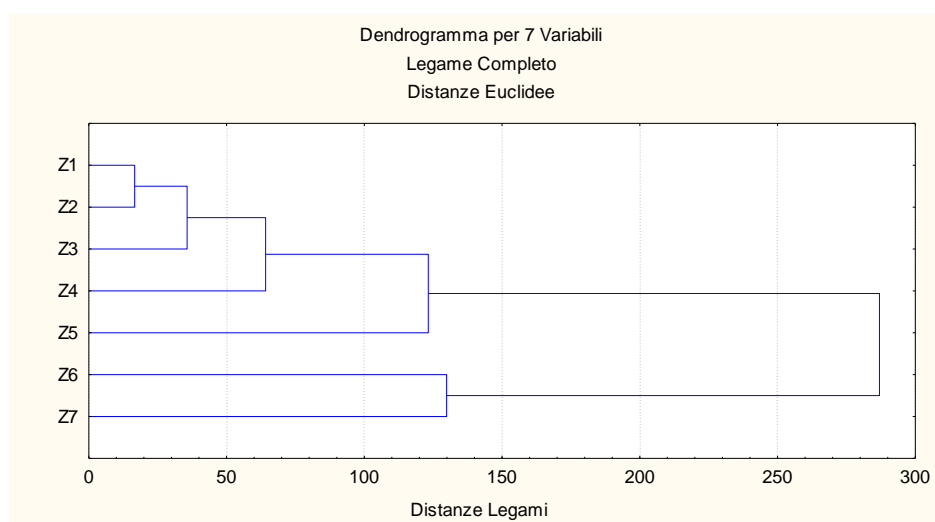
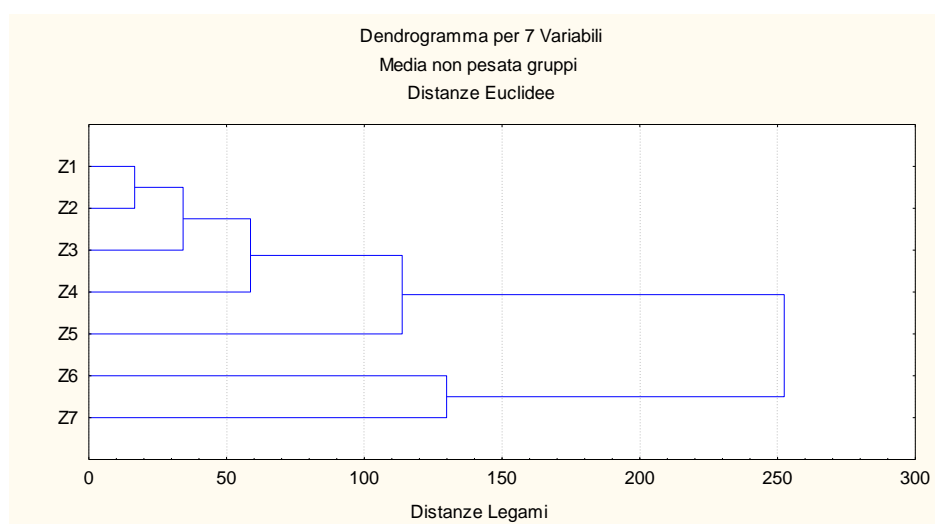


Fig. 7 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche D ed E (>200 m), ottenuti con i tre metodi di unione



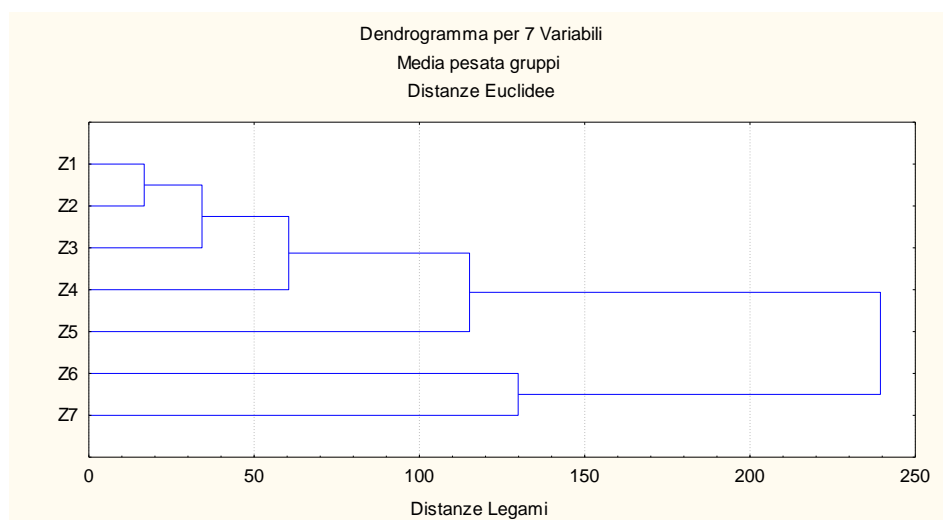
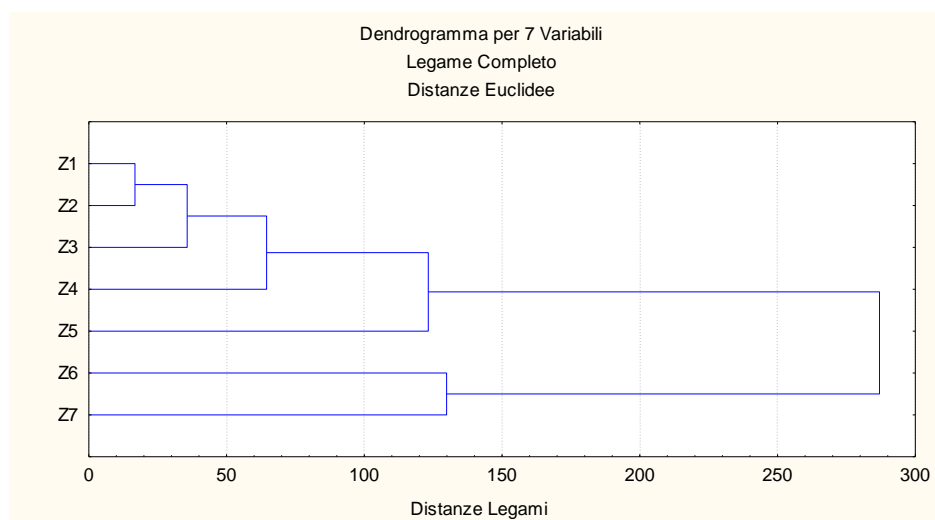
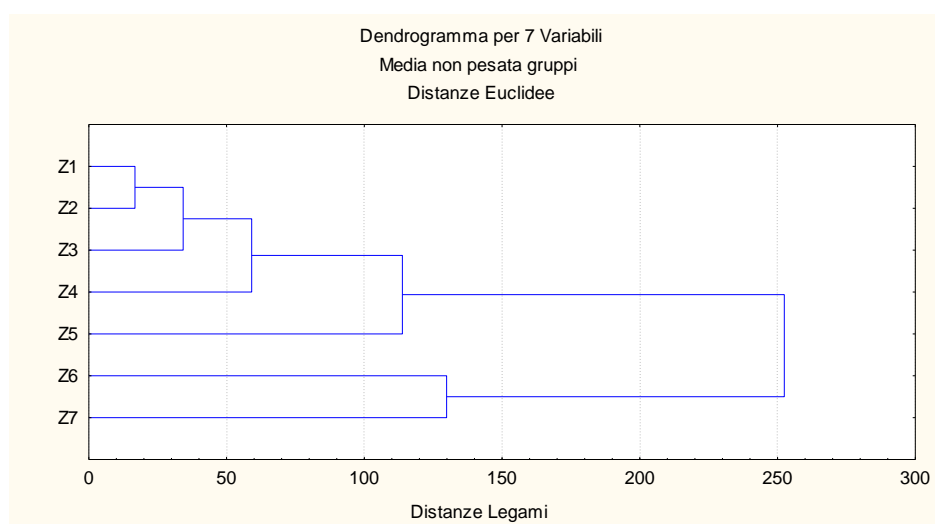


Fig. 8 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per tutte le batimetrie e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



## Elaborazione con le dieci aree

(rif. Appendice II)

### *Indici*

Il calcolo degli indici di biomassa ha messo in evidenza in alcune zone la presenza di una specie predominante (tra le 10 prese in considerazione) ed alcuni distretti mostrano rassomiglianza dal punto di vista di indice di biomassa.

Dalle analisi dei dati raccolti durante la campagna MEDITS (tab. 6) risulta che la zona con indici di biomassa totale maggiori, ovvero la somma di tutte le specie bersaglio, è il distretto comprendente il circomare di Alghero (zona 10) con circa 1938,15 Kg/Km<sup>2</sup>. La frazione principale è data dai teleostei, in particolare dal merluzzo (*M. merluccius*) che rappresenta circa il 72% delle specie (1386,65 Kg/Km<sup>2</sup>). Il merluzzo presenta rendimenti alti anche nelle altre aree, ad eccezione delle zone 6, 7 ed 8. Altra grossa fetta di pescato per il circomare di Alghero è data dalla triglia (*M. barbatus*) con circa il 25% (479 Kg/Km<sup>2</sup>). La triglia rappresenta un'importante componente della pesca anche nel circomare di Oristano (zona 1), dove rappresenta il 38% dell'indice di biomassa totale.

Per quanto riguarda la categoria dei molluschi, il polpo comune (*O. vulgaris*) presenta una buona resa nelle zone 1, 2 e 4; mentre il moscardino (*E. cirrosa*), che raggiunge un indice particolarmente elevato nel circomare di Carloforte (zona 2), è ben rappresentato anche nelle zone 1 e 3.

Per i crostacei il valore più significativo viene indicato nella zona 3 (Circomare di Sant'Antioco) con 56,11 Kg/Km<sup>2</sup> di *A. antennatus* e nella zona 4 con 45 Kg/Km<sup>2</sup> di *A. foliacea*; sono rappresentate anche le altre due specie di crostacei ma in bassa quantità.

Per *P. longirostris* e *N. norvegicus* i valori più alti sono riferiti invece alla zona 1, relativa al circomare di Oristano (16,14 e 12,05 Kg/Km<sup>2</sup> rispettivamente).

Tabella 6 - Indici di biomassa (Kg/Km<sup>2</sup>) calcolati per la campagna MEDITS 2000

MEDITS	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7	zona 8	zona 9	zona 10
<i>A. foliacea</i>	3.24	0.00	0.77	45.02	5.14	5.93	3.95	1.41	0.30	0.02
<i>A. antennatus</i>	28.24	0.00	56.11	16.25	2.61	6.11	0.00	1.84	4.34	0.00
<i>P. longirostris</i>	16.14	0.00	13.16	11.64	0.64	0.77	1.98	0.06	0.78	0.02
<i>N. norvegicus</i>	12.05	0.00	3.73	8.23	1.78	4.58	2.15	2.34	7.34	8.35
<i>O. vulgaris</i>	178.56	53.88	28.23	75.49	14.43	32.49	4.08	6.00	28.75	26.84
<i>E. cirrhosa</i>	42.50	552.33	90.24	18.25	31.99	25.65	36.89	16.62	4.07	31.27
<i>M. merluccius</i>	356.47	877.90	892.19	189.28	36.69	2.43	6.20	9.86	139.26	1386.65
<i>M. barbatus</i>	420.43	120.58	103.07	17.83	4.58	9.51	46.95	0.29	20.94	479.01
<i>Ph. blennoides</i>	51.99	0.00	32.97	34.23	4.66	8.13	1.08	1.84	4.97	5.99
<i>M. poutassou</i>	0.42	0.00	5.12	10.96	1.60	3.72	5.05	0.00	1.93	0.00
<b>Totale</b>	1110	1604.6	1225.5	427.18	104.12	99.34	108.32	40.26	212.68	1938.15

#### *Superfici (tab. 3, fig. 2)*

Per quanto riguarda le superfici analizzate, la zona 2 è l'unica fra quelle in studio a non presentare aree di profondità superiore ai 200 m; questo a causa dell'esigua superficie di lavoro attribuitagli, costituita da solo 8 aree per una superficie complessiva di circa 260 Km<sup>2</sup>.

La zona 1 è rappresentata in percentuale maggiore dallo strato E (25%) con una superficie pari a circa 890 Km<sup>2</sup>. Lo strato rappresentato in misura minore è lo strato B, con il 14%, equivalente a circa 490 Km<sup>2</sup>.

Per la zona 3, Sardegna sud Occidentale, la maggiore estensione si ha per lo strato C con il 38% sulla superficie totale (1630 Km<sup>2</sup> circa), mentre la batimetrica da 0 a 50 m costituisce solo il 7% (circa 280 Km<sup>2</sup>).

Lo strato E corrisponde al 30% della zona 4 (circa 1100 Km<sup>2</sup>) ed è quello di maggior estensione; lo strato B è invece quello che presenta la superficie inferiore, con circa 400 Km<sup>2</sup>, pari all'11% della superficie totale della zona.

La zona di Arbatax (zona 5) è formata, in percentuale, per metà dagli strati D ed E, con superfici rispettivamente pari a circa 340 e 400 Km<sup>2</sup>.

La zona 6 presenta le superfici più estese percentualmente, ai due estremi delle batimetriche considerate, strati A ed E che rispettivamente occupano un'area di 585 e 680 Km<sup>2</sup> circa.

La batimetrica da 50 a 100 è quella più rappresentata nelle zone 7 ed 8 dove costituisce il 37% e il 36% sul totale. Nella zona 8 lo strato D è poco rappresentato (7% sul totale).

Gli strati A, B e C hanno superfici simili nella zona 9, facente parte del circomare di Porto Torres (23% ciascuna).

Nella zona 10 lo strato C è quello più esteso, coprendo il 40% della superficie totale della zona.

#### *Imbarcazioni (tab. 7)*

In tutte e dieci le zone il maggior numero di imbarcazioni è rappresentato da natanti con TSL inferiore a 10. Questi rappresentano anche una fetta ragguardevole del tonnellaggio totale nelle zone corrispondenti ai circomare di Carloforte, Oristano, La Maddalena, Porto Torres e Alghero; nelle restanti zone il tonnellaggio maggiore è quello relativo alle grosse imbarcazioni (TSL maggiore di 20). In generale sono poco rappresentati i natanti con tonnellaggio compreso tra 10 e 20, questi risultano assenti nel circomare di Oristano e Carloforte. Nella zona di Porto Torres e Golfo Aranci non compaiono imbarcazioni tra i 10 e i 15 TSL, mentre a Cagliari sono assenti pescherecci con TSL compreso tra 15 e 20.

Tab. 7 – Suddivisione dei pescherecci per zona ed in base al tonnellaggio

<b>Zona</b>	<b>Classe TSL</b>	<b>Barche TOT</b>	<b>TSL TOT</b>
<b>1 Oristano</b>	0 - 10 TSL	294	849
	10 - 15 TSL	0	0
	15 - 20 TSL	0	0
	> 20 TSL	6	399
<b>2 Carloforte</b>	0 - 10 TSL	39	189.30
	10 - 15 TSL	0	0
	15 - 20 TSL	0	0
	> 20 TSL	1	79.79
<b>3 S. Antioco</b>	0 - 10 TSL	201	921.76
	10 - 15 TSL	2	26.29
	15 - 20 TSL	1	18.49
	> 20 TSL	15	914.99
<b>4 Cagliari</b>	0 - 10 TSL	141	767.80
	10 - 15 TSL	3	39.95
	15 - 20 TSL	0	0
	> 20 TSL	25	1826.00
<b>5 Arbatax</b>	0 - 10 TSL	56	228.10
	10 - 15 TSL	1	11.74
	15 - 20 TSL	1	17.00
	> 20 TSL	7	540.98
<b>6 Olbia</b>	0 - 10 TSL	73	267.61
	10 - 15 TSL	1	10.62
	15 - 20 TSL	1	19.00
	> 20 TSL	8	437.14
<b>7 Golfo Aranci</b>	0 - 10 TSL	32	113.89
	10 - 15 TSL	0	0.00
	15 - 20 TSL	1	16.78
	> 20 TSL	4	132.40
<b>8 La Maddalena</b>	0 - 10 TSL	68	307.07
	10 - 15 TSL	2	27.31
	15 - 20 TSL	1	17.78
	> 20 TSL	1	34.99
<b>9 Porto Torres</b>	0 - 10 TSL	80	355.15
	10 - 15 TSL	0	0
	15 - 20 TSL	2	34.96
	> 20 TSL	7	280.84
<b>10 Alghero</b>	0 - 10 TSL	81	297.63
	10 - 15 TSL	1	14.62
	15 - 20 TSL	2	31.89
	> 20 TSL	3	84.17



### *Analisi dei cluster*

Anche per le dieci zone l'analisi dei cluster è stata effettuata sia per avere una visione di insieme per quanto riguarda le zone, sia per vedere come i distretti da noi considerati possano variare se, almeno teoricamente, ogni classe di imbarcazioni lavora a determinati range di profondità.

### *Analisi complessiva*

Considerando il confronto dei soli indici di biomassa per tutte le batimetriche, si mettono in evidenza dei gruppi differenti da quelli dell'analisi a 7 zone. Le aree di Carloforte, Sant'Antioco e Alghero si discostano nettamente dalle altre, e sono caratterizzate da una distanza di legame maggiore (fig. 9).

Il secondo raggruppamento mostra invece una forte affinità per le aree Nord-Orientali della Sardegna (Arbatax, Olbia, Golfo Aranci e La Maddalena), mentre un'altra associazione stretta è stata riscontrata tra le zone 4 e 9 (Cagliari e Porto Torres).

L'area del circomare di Oristano è associata maggiormente a questo gruppo, sebbene con minore affinità.

Questi risultati sono simili nella media pesata e non, e nelle analisi con il legame completo.

Affiancando all'analisi dei cluster il parametro che tiene conto del rapporto superficie/TSL (fig. 10) abbiamo esattamente le stesse conclusioni viste per le analisi con i soli indici di biomassa.

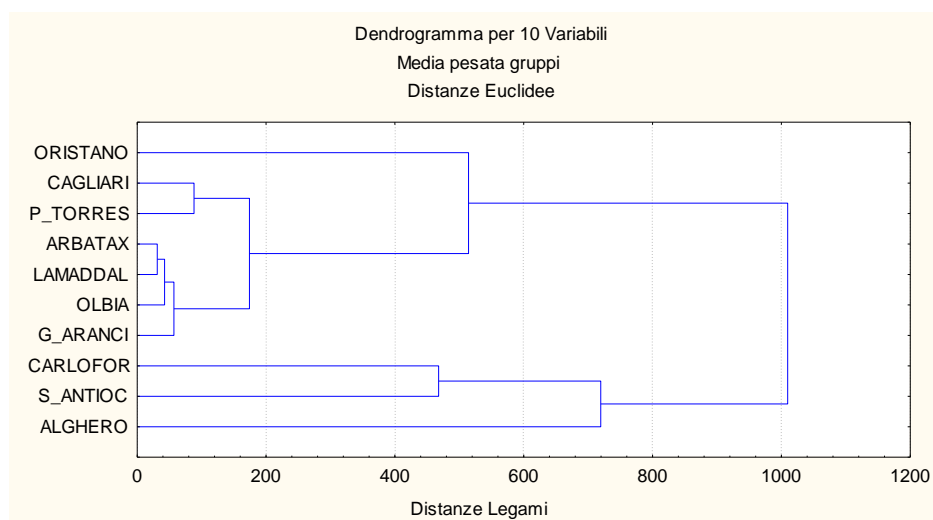
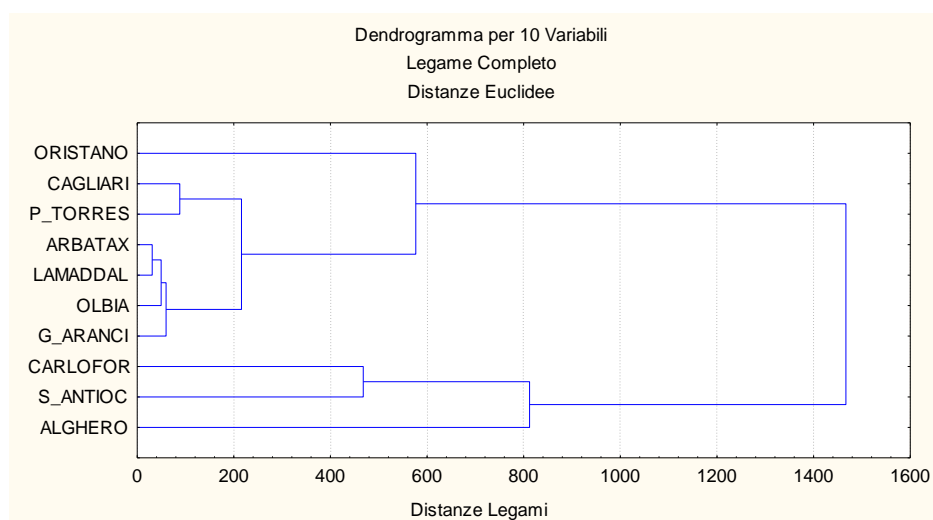
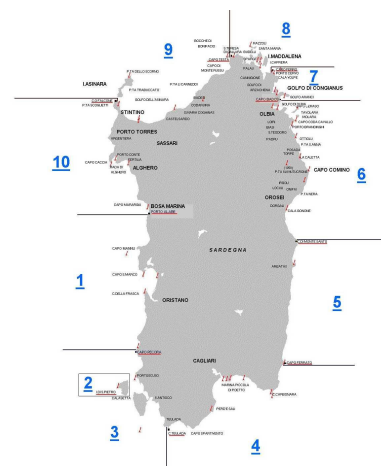
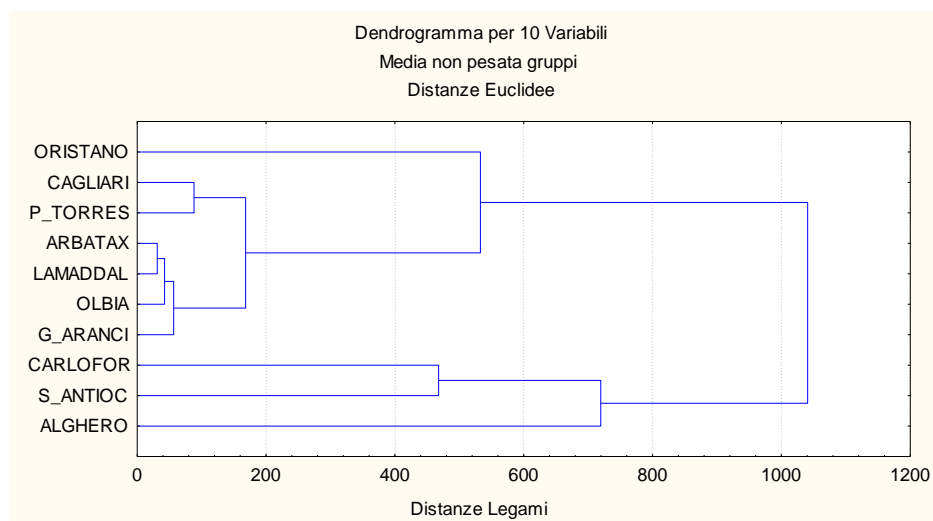


Fig. 9 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per tutte le batimetrie, ottenuti con i tre metodi di unione



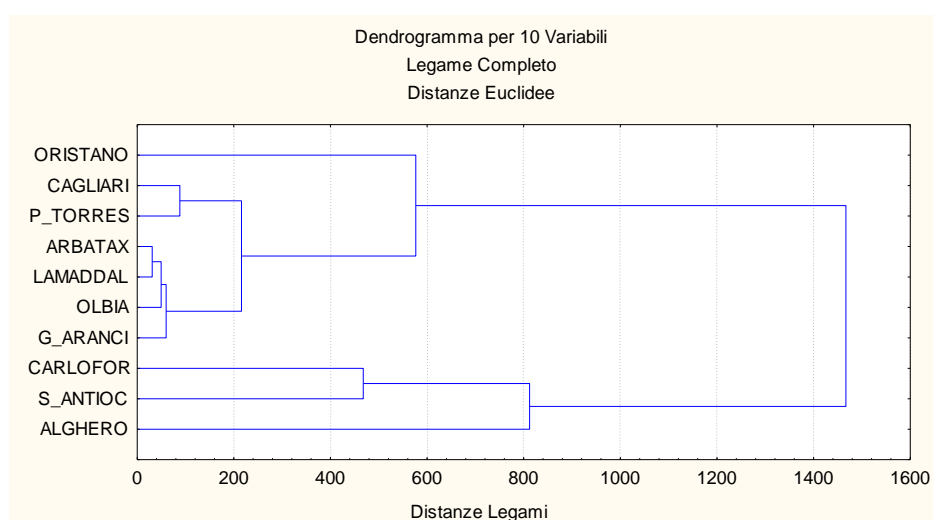
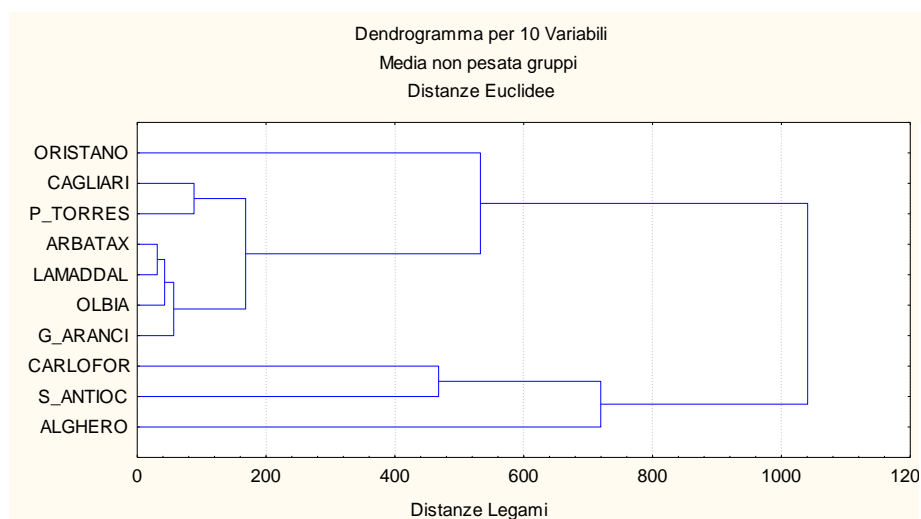
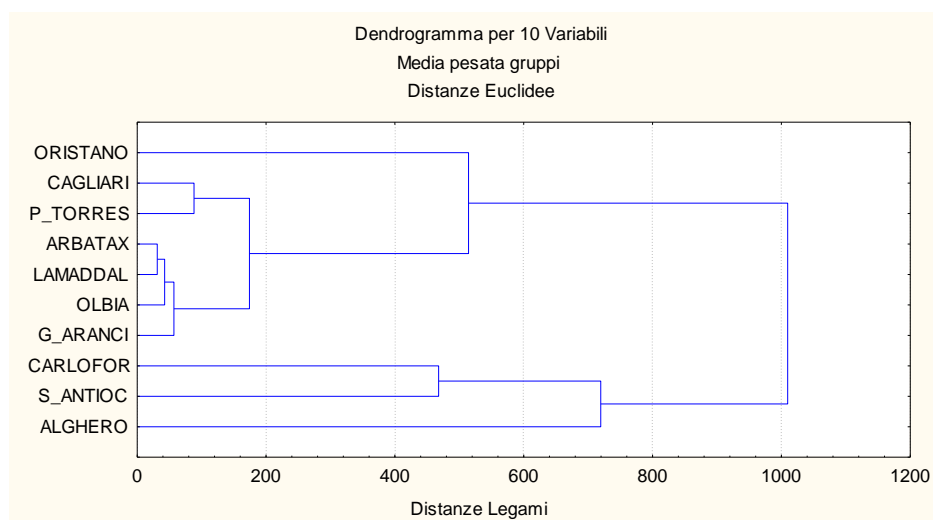
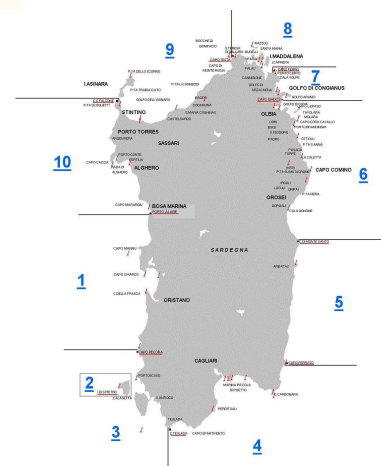


Fig. 10 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per tutte le batimetrie e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



### *Analisi delle batimetriche inferiori ai 200 m*

I risultati dell'analisi dei cluster affrontata considerando separatamente le batimetriche da 0 a 200 m, prendendo i natanti fino a 20 tonnellate di TSL e ricalcolando gli indici di biomassa per gli strati A, B e C associati (tab. **I**, appendice **II**), mostra nella media pesata e non pesata, sempre una separazione della costa Nord-Orientale e dei golfi di Cagliari e Porto Torres rispetto alle restanti aree prese in esame.

Delle rimanenti zone si discostano Oristano, ed in modo più ampio i distretti di Carloforte e San'Antioco che però sono leggermente affini tra loro. La zona di Alghero si distingue invece in maniera notevole da tutte le altre, a differenza dell'analisi complessiva, in cui presentava un certo grado di affinità con le aree 2 e 3.

Introducendo nell'analisi il parametro superficie/TSL (fig. 12), l'analisi rimane invariata ed è possibile osservare gli stessi gruppi visti precedentemente.

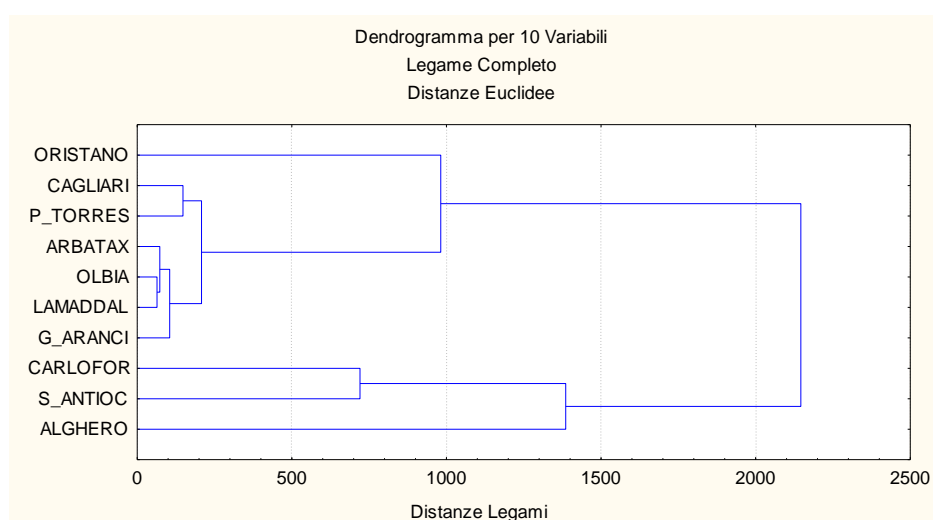
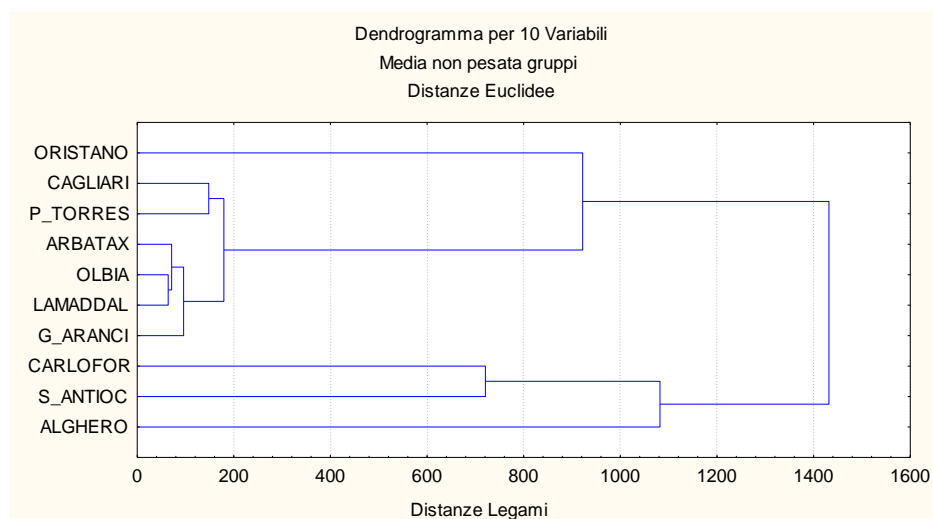
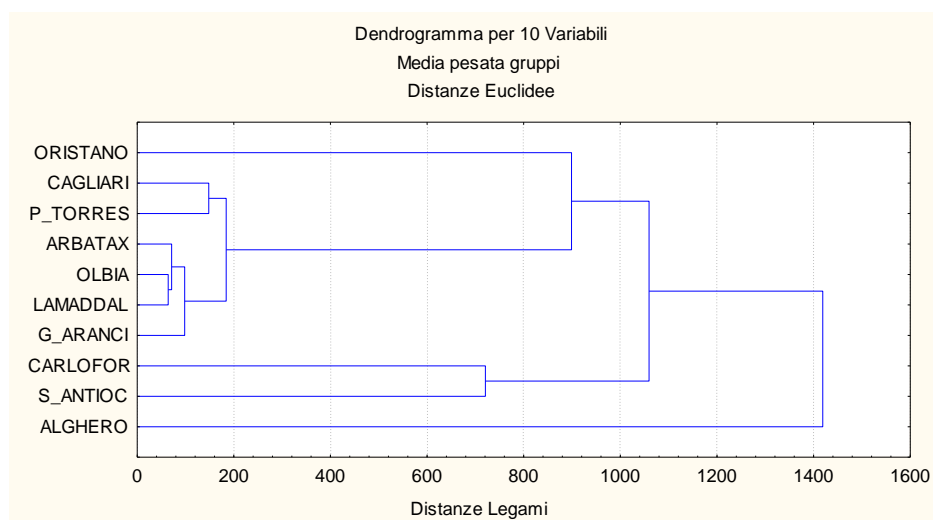
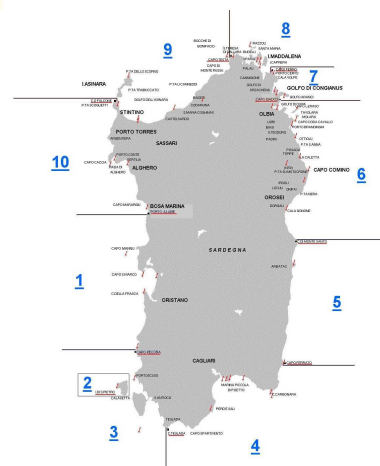


Fig. 11 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche A, B e C (0-200 m), ottenuti con i tre metodi di unione



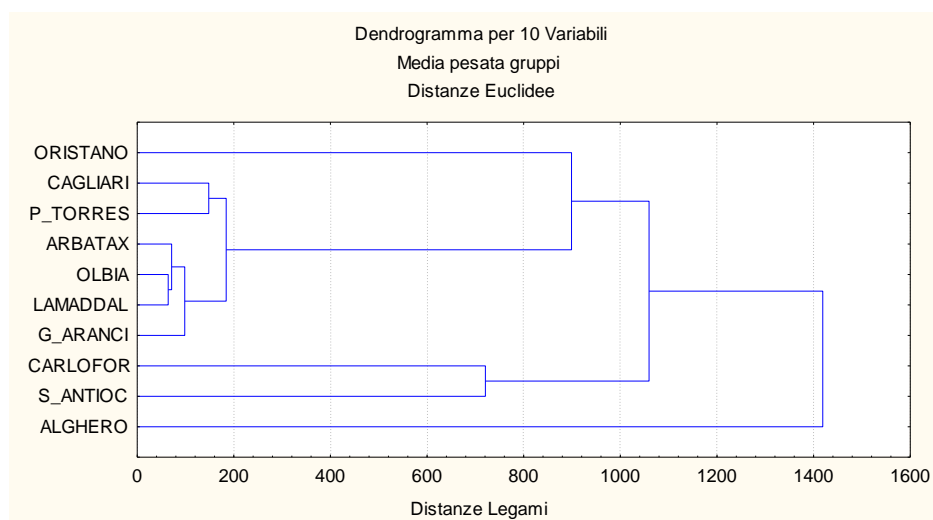
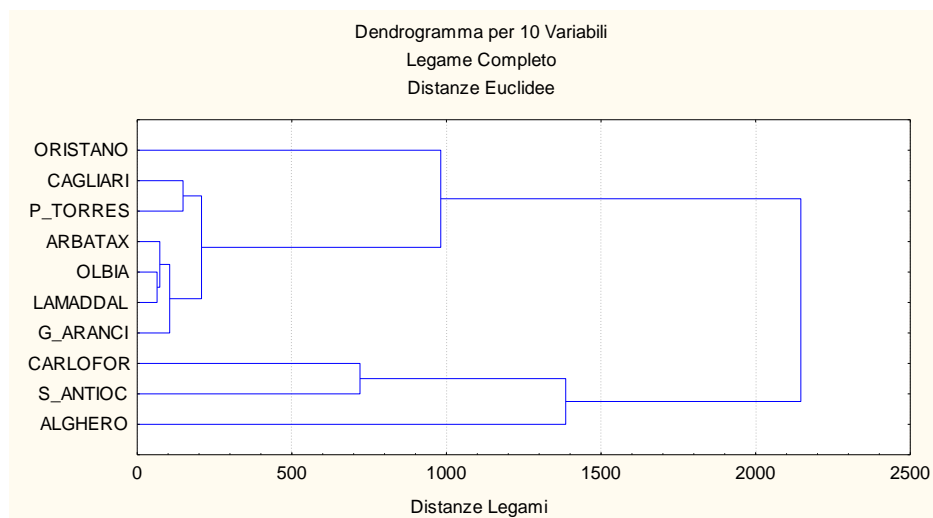
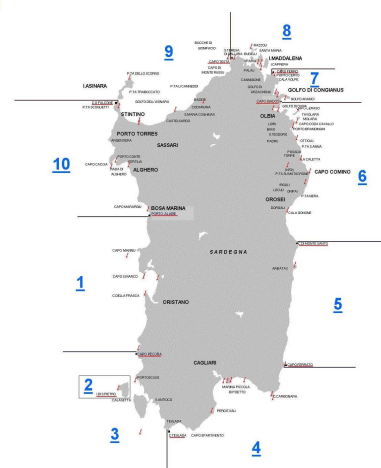
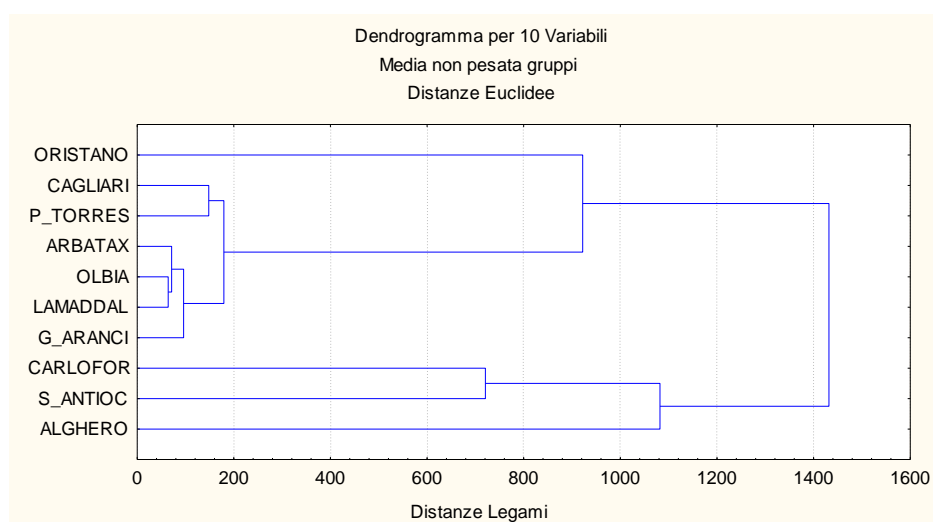


Fig. 12 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche A, B e C (0-200 m) e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



### *Analisi delle batimetriche superiori ai 200 m*

Eseguendo l'analisi per la flotta con TSL maggiore di 20 che opera a profondità superiori ai 200 m, e considerando gli indici di biomassa rivisti per questa nuova analisi (tab. II, app. II), si ottiene una aggregazione tra le aree differente dall'analisi complessiva (fig. 13). Sant'Antioco e Cagliari formano un gruppo a parte ben distanziato dalle restanti aree. Queste sono associate in maniera piuttosto stretta ad eccezione dell'area del circomare di Oristano. L'area Orientale e Nord-Orientale forma anche in quest'analisi un gruppo affine, a cui si associa però Carloforte, a differenza delle analisi precedenti.

Inserendo nell'analisi i parametri di sup./TSL abbiamo sostanzialmente gli stessi tipi di unione visti precedentemente (fig. 14).

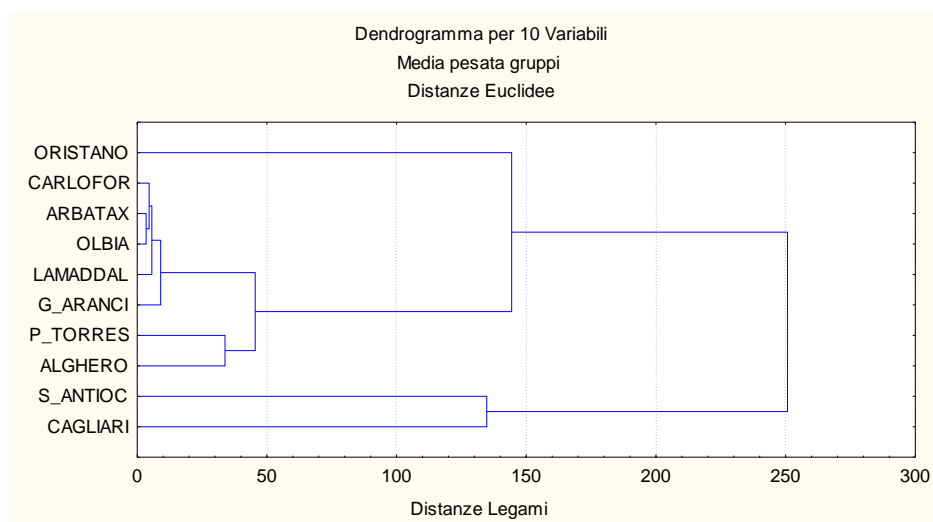
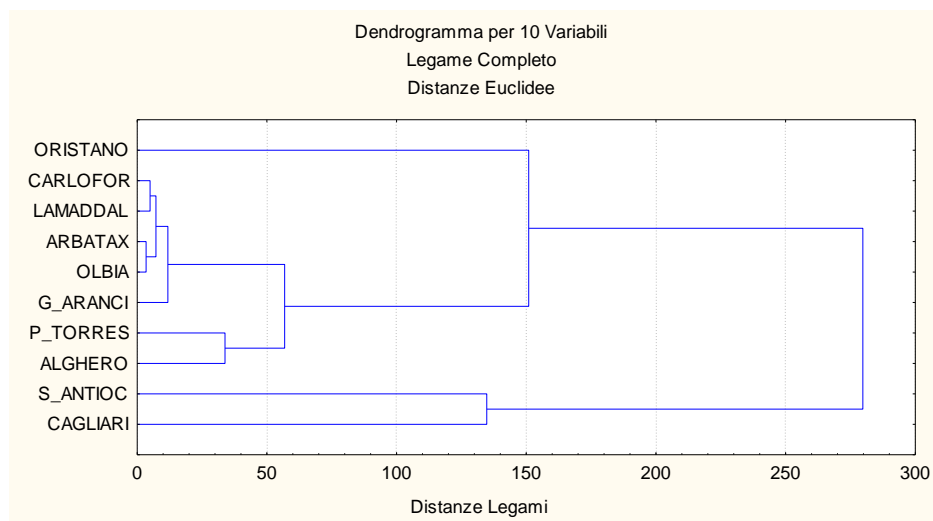
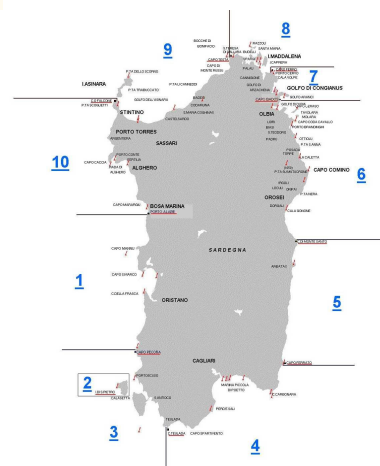
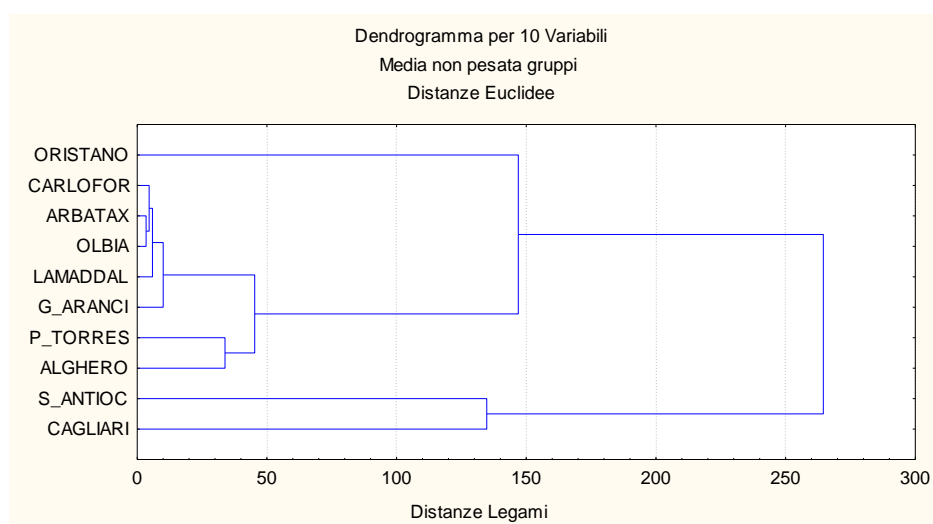


Fig. 13 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche D ed E (>200 m), ottenuti con i tre metodi di unione





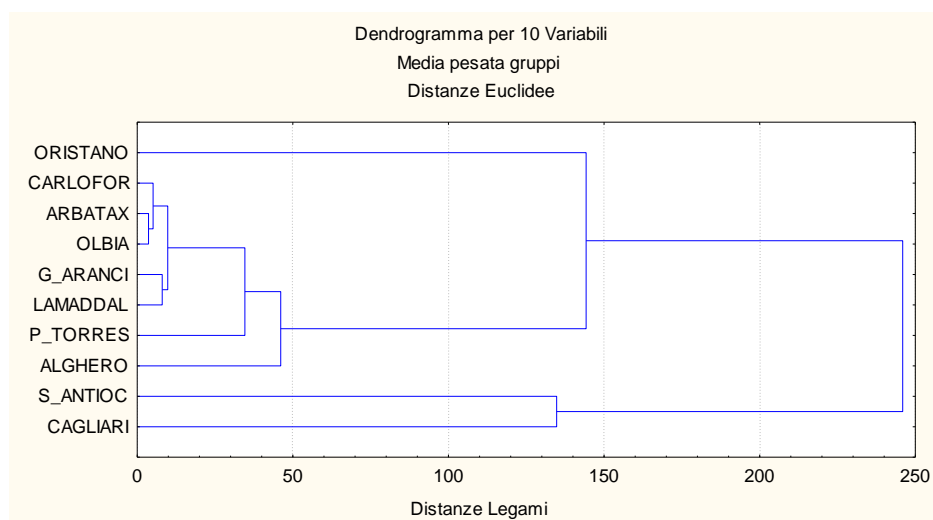
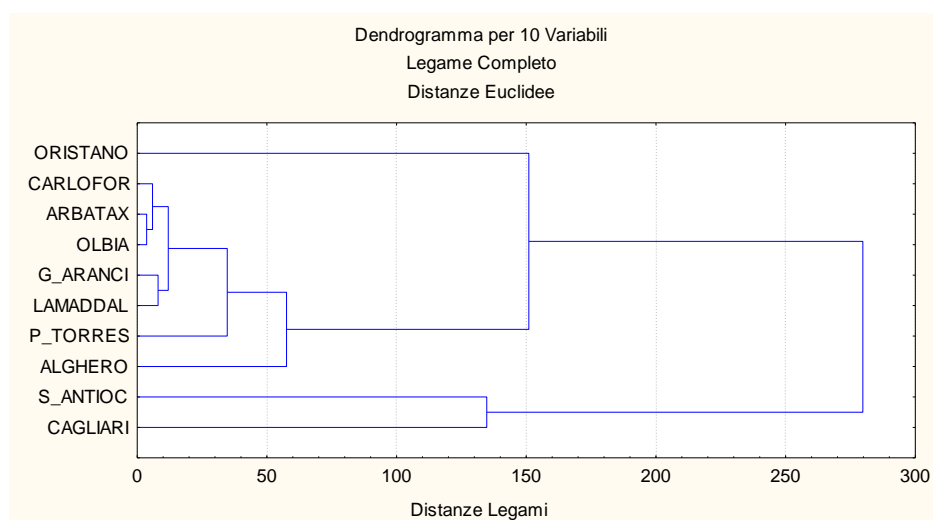
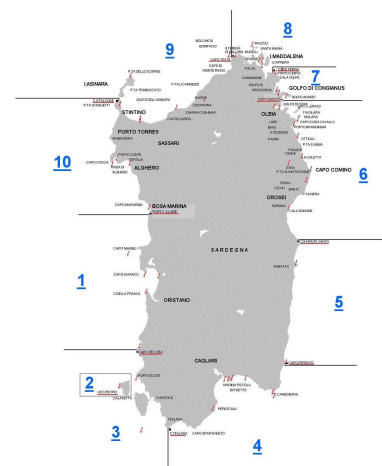
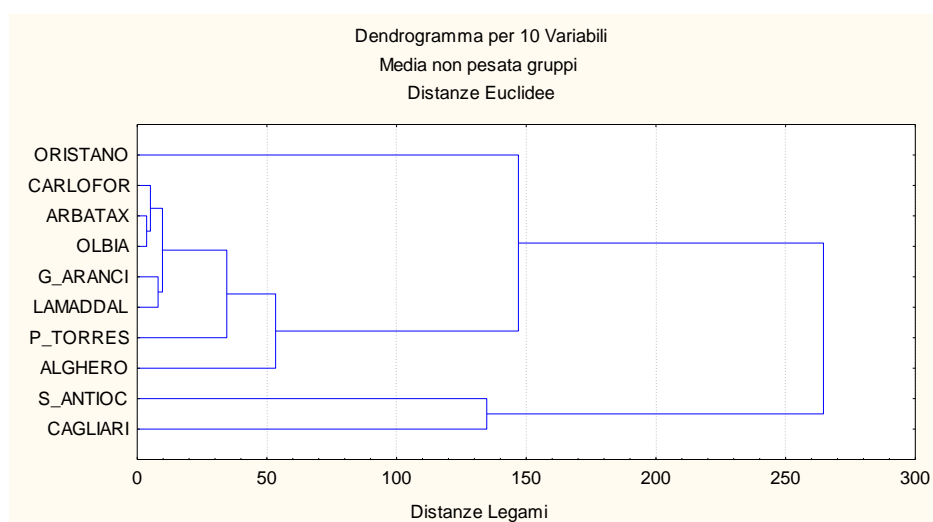


Fig. 14 – Risultati del confronto con gli indici di biomassa MEDITS per le batimetriche D ed E (>200 m) e con il rapporto superfici-TSL, ottenuti con i tre metodi di unione



## Conclusioni

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di mettere in evidenza legami fra le aree di pesca sarde, sfruttando parametri quali la superficie, il tonnellaggio totale gravante nelle varie zone (o il numero di pescherecci), e alcuni indici di biomassa come fattori di “agglomerazione”

Sono state studiate due possibili suddivisioni dei mari sardi, una a sette e l'altra a dieci zone, e in ciascuna analisi le zone sono state raggruppate a seconda dei parametri considerati di volta in volta.

Con la suddivisione in sette zone, nelle analisi con tutte le batimetrie e in quella con gli strati A, B e C associati, sono state raggruppate prevalentemente insieme le zone 4, 5 e 6 della Sardegna Occidentale, mentre quelle della Sardegna Orientale, Settentrionale e Meridionale (1, 2, 3 e 7) hanno costituito un secondo cluster. Questo risultato era in parte prevedibile, a causa della conformazione dei fondali in queste aree. Tutta la costa Orientale è infatti caratterizzata da una stretta area strascicabile, una platea continentale molto ridotta e una ripida scarpata a poche miglia dalla costa. La situazione è diametralmente opposta invece nella costa Occidentale, dove l'area sfruttabile per la pesca a strascico si estende per una superficie maggiore.

La zona 4 della Sardegna Nord-Occidentale, è quella raggruppata meno strettamente alle altre, in particolare nell'analisi complessiva e quella per le batimetriche meno profonde.

L'analisi relativa alle batimetriche superiori ai 200 m evidenzia raggruppamenti lievemente differenti: in questo caso la Sardegna Meridionale e Sud-Occidentale (zone 6 e 7) si distingue rispetto alle restanti aree Orientali e Settentrionali. (zone 1, 2, 3 e 4)

La costa Orientale (Arbatax, Olbia, Golfo Aranci e La Maddalena) nell'analisi a dieci zone, si mette in risalto sia nell'analisi complessiva che in quella degli strati A, B e C, a conferma dell'affinità di queste aree. Le zone di Cagliari e di Porto Torres appaiono spesso accomunate nelle analisi, sono infatti entrambe aree con un ricambio idrico notevole e di conseguenza un grande apporto di nutrienti, fattori comunque non costanti nel tempo e che rendono queste zone variabili in quanto a biomassa presente. L'area di Oristano, sebbene più affine al gruppo appena descritto, se ne distacca leggermente.

Un raggruppamento a parte formano invece le aree di Carloforte, Sant'Antioco ed Alghero, quest'ultima in particolare è visibilmente separata da tutte le altre.

Nell'analisi con le batimetrie superiori ai 200 m si evidenzia nuovamente il gruppo della costa Orientale, al quale viene associata anche l'area di Carloforte. Porto Torres si trova invece in quest'analisi accomunato ad Alghero, mentre l'area di Oristano si associa nuovamente in maniera debole a questo gruppo.

Le aree di Cagliari e Sant'Antioco formano un ramo a parte nell'analisi relativa alle batimetrie superiori a 200 m, andando a confermare l'affinità della Sardegna Meridionale e di quella Sud-Occidentale per gli strati più profondi, come già evidenziato nell'analisi a sette zone.

Da ricordare, comunque, che la suddivisione nelle dieci zone dei circomare di appartenenza utilizzata in questa elaborazione, pur consentendo uno studio probabilmente più dettagliato, non è da considerarsi necessariamente la migliore. Le zone, infatti, sono state identificate arbitrariamente, seguendo i limiti dei circomare sardi, ma non sono risultate omogenee. Caso limite la zona 2 di Carloforte, costituita da sole 8 aree per una superficie di 250 Km<sup>2</sup> circa; in questa zona le batimetrie oltre i 200 m non sono rappresentate e quindi nell'analisi per queste profondità gli indici di biomassa per questa zona sono risultati pari a zero.