

UNITA' LABORATORIO CENTRALE

GIT BRINDISI SUD

RICERCA AGENTI SCHIUMOGENI E INTERPRETAZIONE DEL FENOMENO DI
FORMAZIONE DELLE SCHIUME ALLE OPERE DI SCARICOSommario

Durante le operazioni di avviamento della Centrale Termoelettrica di Brindisi Sud è stata ripetutamente osservata la formazione di schiume persistenti all'opera di scarico del circuito acqua di raffreddamento.

Al fine di ricercare le cause del fenomeno sono state prese in esame le matrici ambientali (acqua di mare, sedimenti e vegetali marini) e additivi di natura organica utilizzati nella posa del calcestruzzo delle condotte di adduzione e scarico.

L'insieme dei risultati delle campagne analitiche effettuate esclude senz'altro contributi da parte degli additivi e/o da altre fonti di inquinamento di origine antropica (es. tensioattivi) e conferma l'origine naturale del fenomeno. Le sostanze organiche naturalmente presenti anche a livello di tracce nel corpo d'acqua sottoposte ad agitazione con la frazione fine argillosa del sedimento marino, danno origine ad una schiuma persistente con struttura a celle a pareti rigide che risulta stabile. Il sistema più efficace per demolire tale struttura è di tipo fisico, con abbattimento a pioggia.

Piacenza, 06.06.1991

amCA:CB; cdCO:AtL/sf

INDICE

1.	<u>PREMESSA</u>	PAG. 1
2.	<u>RISULTATI E DISCUSSIONE</u>	PAG. 2
2.1.	ACQUA DI MARE	PAG. 2
2.1.1.	<u>Parametri chimici</u>	PAG. 2
2.1.2.	<u>Composti organici cromatografabili</u>	PAG. 4
2.2.	SEDIMENTI MARINI	PAG. 4
2.3	SCHIUMA PERSISTENTE	PAG. 5
2.3.1	<u>Particolato sospeso</u>	PAG. 5
2.3.2	<u>Fase liquida</u>	PAG. 6
2.3.2.1.	Parametri chimici	PAG. 6
2.3.2.2.	Composti organici cromatografabili	PAG. 7
2.4.	ORIGINE DEI PRODOTTI ORGANICI CROMATOGRAFABILI E DEI POLISACCARIDI E PROTEINE DELLA SCHIUMA	PAG. 8
2.4.1.	<u>Additivi</u>	PAG. 8
2.4.2.	<u>Macroalghe</u>	PAG. 9
2.5.	PROVENIENZA DEI PRINCIPALI COMPOSTI ORGANICI	PAG. 10
2.6.	FORMAZIONE DELLE SCHIUME PERSISTENTI	PAG. 11
3.	<u>CONCLUSIONI</u>	PAG. 12
	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	PAG. 14

1.

PREMESSA

Nell'ambito delle operazioni preliminari di avviamento dell'Impianto in oggetto, è stata ripetutamente osservata una abbondante formazione di schiume persistenti all'opera di scarico del circuito acqua di raffreddamento. In merito a tale problema, ULC è stato incaricato di effettuare indagini circa l'origine del fenomeno.

Il sistema di raffreddamento della Centrale di Brindisi Sud è costituito essenzialmente da opera di presa a mare, quattro condotti di adduzione di circa 450 m, vasca di calma, pompe di circolazione che inviano l'acqua ai condensatori e quindi allo scarico (Fig. 1).

La geometria delle opere di scarico prevede al termine di ciascun condotto una vasca in parte a cielo aperto, da cui il fluido viene scaricato con bocca a stramazzo.

Ogni gruppo si avvale di due pompe di circolazione ($\approx 24 \text{ m}^3/\text{s}$), che entrano in funzione in sequenza. Dopo circa 30 minuti dalla messa in servizio della prima pompa si osserva già una evidente formazione di schiuma nella vasca monte stramazzo. Dopo qualche tempo dall'avvio della seconda pompa, il fenomeno si attenua in tale zona per ricomparire in modo notevolmente esaltato a valle stramazzo.

Sulla base di tali osservazioni in data 18 e 22/03/91 e nel periodo dal 16 al 19/04/91 sono stati effettuati campionamenti di:

- acqua di mare in diversi punti del circuito opera presa-canale scarico a mare;
- schiume persistenti raccolte a valle stramazzo;
- sedimento marino prelevato in corrispondenza del fondale delle opere di presa;
- macroalghe raccolte in prossimità del canale di scarico.

Poichè gran parte del circuito acque di raffreddamento è costituito da opere in cemento armato, sono stati altresì presi in esame gli additivi di natura organica (Fluidificanti, Disarmanti) utilizzati nella posa del calcestruzzo come possibili fonti di inquinamento derivanti da rilasci delle opere stesse.

Le serie di indagini hanno riguardato aspetti analitici specifici sulle diverse matrici ambientali e non, focalizzando pertanto i parametri direttamente correlabili con i processi di formazione delle schiume.

In fig. 2 viene riportato lo schema operativo delle principali procedure analitiche relative alle diverse matrici per la identificazione dei composti organici. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

2.1. ACQUA DI MARE

2.1.1. Parametri chimici

I rilievi effettuati sui parametri tensioattivi anionici e non ionici, fosforo totale, olii e grassi di origine vegetale e animale, avevano lo scopo di verificare eventuali scarichi accidentali nonchè l'incidenza di questi su altri parametri di interesse contemplati dalla legge 319/76 (COD e BOD5). Oltre ai parametri di legge è stato determinato anche il contenuto di Carbonio Organico Totale (TOC) quale indice di contaminazione da organici.

In tab. 1 si riportano le concentrazioni dei parametri chimici citati rilevati nelle tre serie di indagini in diversi punti del circuito acqua raffreddamento.

Dalla tabella si nota come per tutti i campioni le concentrazioni dei parametri di interesse risultano ben inferiori ai rispettivi valori di legge.

Nel dettaglio si può rilevare quanto segue:

- Le concentrazioni di Fosforo totale, BOD5 e TOC sono basse e, come risulta dal seguente prospetto, rientrano come valori massimi, nei rispettivi campi di concentrazione rilevate nelle acque antistanti la Centrale di Brindisi Sud in tempi precedenti all'avviamento (1987-1988) della Centrale, durante le campagne naturalistiche per la localizzazione del sito (ENEL - DCO, 1988).

PARAMETRI CAMPAGNE	BOD5 mg/l O ₂	FOSFORO TOTALE mg/l P	CARBONIO OR- GANICO TOTALE T.O.C. mg/l C
ESTIVA 1987	0.1 ÷ 0.3	0.018 ÷ 0.075	1.41 ÷ 5.9
AUTUNNALE 1988	4 ÷ 6	< 0.01	1.10 ÷ 4.3
ATTUALE	2.7	0.03	0.04 ÷ 2.7

- La concentrazione dei tensioattivi anionici (riconducibili alla classe degli Alchil Benzene Solfonati) è bassa e, come valore massimo, risulta dello stesso ordine di grandezza di quello rilevato nel medesimo periodo stagionale (1988) nell'acqua di mare antistante la Centrale Termoelettrica del Sulcis (CA) che è risultato mediamente pari a 0,029 mg/l. (Università di Cagliari; 1990). I tensioattivi non ionici poliossietilenici, rilevati per la prima volta il 18.04.91, dopo opportuna messa a punto del metodo al picrato di potassio (PPAS) (Assanelli et.

all.; 1984), risultano prossimi al limite minimo di determinazione.

Per quanto riguarda il comportamento di alcuni parametri lungo le condotte è stato rilevato che le concentrazioni di carbonio organico totale nel circuito tendono a diminuire dall'opera di presa allo scarico; probabilmente ciò è dovuto alla sedimentazione lungo le condotte del particolato fine di tipo biodegradabile.

Anche i tensioattivi subiscono decrementi nel campione a valle stramazzo: ciò è dovuto all'effetto "scrematura" durante la fase di formazione della schiuma.

2.1.2. Composti organici cromatografabili

Su campioni di acqua di mare prelevati nelle diverse posizioni sono stati ricercati composti organici mediante gas-cromatografia capillare, esaminando la fase organica ottenuta per estrazione liquido/liquido. Nei diversi campioni tra loro molto simili (fig. 3) non sono state rilevate concentrazioni apprezzabili di organici, anche utilizzando volumi elevati di acqua (25 l) e tecniche di preconcentrazione su cartucce di assorbente polimerico.

2.2. SEDIMENTI MARINI

I fondali marini antistanti la Centrale termoelettrica sono costituiti da sedimenti ove predominano elementi biogenetici (ENEA-CNR, 1986). Le concentrazioni di carbonio organico nei sedimenti alla batimetrica di -10 m (dove pascano le opere di presa a mare) sono ~~variabili~~ variabili nel corso dell'anno con valori massimi nei

periodi autunnale e primaverile (da 1.9 a 2%) e minimo estivo (da 0.36 a 0.66%). (ENEL-DCO, 1988)

Nel sedimento campionato il 18.04.1991 la concentrazione di carbonio organico è risultata pari a 1,3%, valore intermedio fra quelli sopra citati.

Mineralogicamente i sedimenti sono costituiti dalle seguenti fasi cristalline: Quarzo, Calcite, Dolomite, Calcite-magnesiaca e Feldspati di sodio e potassio. Questa composizione risulta analoga a quella trovata da ENEA-CNR nel 1986 per i sedimenti antistanti il sito termoelettrico.

2.3. SCHIUMA PERSISTENTE

Campioni di schiuma persistente sono stati prelevati nel canale di scarico in corrispondenza della panna di contenimento.

La schiuma raccolta è stata sottoposta a centrifugazione separando la fase prettamente liquida da quella particellare.

2.3.1. Particolato sospeso

Il particolato della schiuma, ottenuto per separazione dalla fase liquida, è stato sottoposto ad una preliminare indagine mediante microscopia ottica a trasmissione. Esso è risultato costituito eminentemente da particellato inorganico in cui vi erano frammisti numerosi frustoli di Diatomee (alghe unicellulari fitoplanctoniche) dei generi Navicula e Nitzschia per i campioni di marzo e Rhizosolemia per il campione di aprile.

Sono stati anche evidenziati frammenti e larve di Copepodi (microorganismi zooplanctonici) e batteri.

L'indagine effettuata con tecnica all'infrarosso ha rilevato che il particolato della schiuma ha una

struttura di tipo "terrigena" con presenza in particolare di carbonati e silicati e composti organici di varia natura.

Fra i sedimenti schiuma campionati nei mesi di marzo e aprile non sono state rilevate differenze significative.

Con tecnica a diffrazione a raggi X è stata precisata la composizione mineralogica.

Essa è risultata costituita dalle seguenti fasi: Quarzo, Calcite, Dolomite, Calcite-Magnesiaca, Feldspati di sodio e potassio.

Le fasi mineralogiche sono risultate comuni a quelle del sedimento marino campionato in data 18.04.1991 dai fondali antistanti l'opera di presa a mare (Fig. 4).

Le piccole differenze nella composizione mineralogica fra sedimento schiuma e sedimento marino (in quello marino sono predominanti le concentrazioni di Quarzo, Calcite e Dolomite, mentre in quello schiuma domina la Calcite-Magnesiaca) è dovuto al fatto che quello della schiuma è particolarmente ricco di fini costituiti da detriti scheletrici di microorganismi marini.

2.3.2. Fase liquida

2.3.2.1. Parametri chimici

Nella fase liquida della schiuma sono stati misurati i parametri tensioattivi e il carbonio organico totale.

I tensioattivi non ionici sono stati ricercati solo nel campione del 18.04 dopo messa a punto dell'opportuna metodologia analitica. Nel seguente prospetto si riportano i risultati ottenuti.

PARAMETRI DATA CAMPIONA- MENTO	TENSIOATTIVI		CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC) mg/l C
	ANIONICI mg/l (OTS)	NON-IONICI mg/l (PPAS)	
18.03.91	57.5		1.700
22.03.91	5.0		193
18.04.91	8.0	5	530

Dal prospetto si evidenziano, rispetto all'acqua di mare, fattori di arricchimento da 2 a 3 ordini per i tensioattivi e da 2 a 4 ordini per il contenuto di carbonio organico totale.

Un commento è subito possibile: le concentrazioni dei tensioattivi sono molto contenute e tali da non giustificare l'entità del fenomeno schiuma. Peraltro l'elevata concentrazione di carbonio organico totale ha fatto ipotizzare la presenza di composti organici potenzialmente schiumogeni.

2.3.2.2. Composti organici cromatografabili

La ricerca di questi composti è stata in una prima fase condotta mediante tecnica di gas-cromatografia capillare e riconoscimento mediante spettrometria di massa.

Sono stati così individuati composti appartenenti alle classi di Alcoli ed Acidi Carbossilici superiori, Esteri alchilici dell'acido ftalico, unitamente ad una serie di normal-idrocarburi C13-C30 (Fig. 5).

Tuttavia in base alla sommatoria delle intensità dei picchi cromatografici, da un esame semiquantitativo, emergeva la presenza di altre molecole complesse di caratteristiche decisamente polari non rilevabili in gas-massa. La seconda parte dello studio ha rilevato, mediante metodi colorimetrici, la presenza di Polisaccaridi e Proteine in quantità confrontabili con

i valori di TOC misurati. Le concentrazioni misurate di Polisaccaridi sono dell'ordine di 350 mg/l (prendendo come riferimento glucosio/galattosio); le Proteine dell'ordine di 300 mg/l (riferimento Albumina).

I valori trovati sono comprensivi delle rispettive forme monomere, monosaccaridi e aminoacidi, presenti. Sotto il profilo qualitativo mediante tecnica cromatografica di esclusione molecolare (SE-HPLC), sono stati messi in evidenza composti glico-proteici di peso molecolare compresi fra 10.000 e 30.000.

2.4. ORIGINE DEI PRODOTTI ORGANICI CROMATOGRAFABILI E DEI POLISACCARIDI E PROTEINE DELLA SCHIUMA

2.4.1. Additivi

E' stato ipotizzato che questi prodotti potessero provenire da rilasci da parte di additivi organici impiegati nella posa in opera delle condotte in calcestruzzo, anche se dalle analisi del T.O.C. nell'acqua di mare risultavano decrementi lungo il percorso. Sono stati presi in esame il Superfluidificante SIKAMENT-R (impiegato nelle condotte fra opera presa e vasca di calma) nonchè il SIKA Disarmante U.

Esami gas-cromatografici effettuati su estratti dei prodotti puri su citati, condotti su soluzioni diluite (100 mg/l) in acqua di mare non hanno fornito spettri cromatografici confrontabili con quelli della schiuma (Fig. 6); peraltro questi prodotti alle rispettive concentrazioni di 1000 mg/l e 100 mg/l in acqua di mare non danno origine a formazione di schiuma dopo energica agitazione (Fig. 7: documentazione fotografica).

L'attenzione è stata allora rivolta all'impasto cementizio per la impermeabilizzazione superficiale delle condotte comprese fra vasca di calma e scarico a mare.

Ipotizzando una sua alterazione, rilasci di Polisaccaridi avrebbero potuto provenire dal fluidificante FLUIDAL 177 utilizzato nella posa del calcestruzzo.

Valida l'ipotesi del danneggiamento il sedimento della schiuma avrebbe presentato fasi mineralogiche tipiche della polvere cementizia utilizzata (CHELACEM 1/3). Il confronto degli spettri difrattometrici a raggi X, fra polvere cementizia e sedimento schiuma (Fig. 8) ha indicato una netta differenza mineralogica fra i due prodotti, escludendo in tal modo il danneggiamento e quindi il concorso dell'additivo alla formazione di schiuma.

2.4.2. Macroalghe

Di particolare interesse sono risultati invece gli esami relativi alle macroalghe filamentose (Halopteris Scoparia) campionate dai substrati rocciosi in prossimità delle opere di scarico.

Mediante trattamento di ultraomogenizzazione in acqua di mare e successiva estrazione con solvente della fase acquosa è stato possibile ottenere un cromatogramma di intensità significativamente comparabile con quello relativo alla schiuma (Fig. 9). Dall'analisi degli estratti organici sono emersi i presupposti per approfondire le indagini circa l'influenza delle micro e macro alghe e piante acquatiche sulla schiuma, attraverso la ricerca sistematica dei loro principali costituenti quali Polisaccaridi e Proteine, caratterizzati da molecole relativamente complesse (v. 2.3.2.2).

2.5. PROVENIENZA DEI PRINCIPALI COMPOSTI ORGANICI

I principali composti organici presenti nella schiuma persistente quali Polisaccaridi, Proteine, Acidi carbossilici superiori (C12; C15), Alcole ramificato (C15), la serie di Normal Idrocarburi (C12+C30) sono prodotti intermedi di decomposizione di componenti naturali (Stum et. al; 1970).

Le altre sostanze, in particolare gli esteri dell'acido ftalico e i tensioattivi, sono di origine antropica.

Oltre ai prodotti organici su citati la schiuma persistente presenta un elevato carico particellare eminentemente composto dalla frazione fine di sedimento marino di tipo biodetritico.

Nei sedimenti biodetritici dell'ambiente marino delle coste pugliesi la "sostanza umica" costituisce più del 40% della sostanza organica totale (ENEA-CNR op. citata; pagg. 197-212). Nella struttura umica, in cui si ritrovano anche sequenze di carboidrati e proteiche è stata identificata una grande varietà di gruppi funzionali per lo più ossigenati (carbossilico, alcolico, fenolico, estereo ecc.).

La Posidonia Oceanica (pianta acquatica presente nei fondali antistanti l'opera presa) sembra essere quella che contribuisce in modo determinante alla produzione di materiale organico per il dominio biodetritico (ENEA-CNR; op. citata pag. 163).

Le Posidonie sono particolarmente ricche di lipidi (circa il 7,6%) che nella fase di decomposizione danno origine a prodotti intermedi costituiti da alcoli, steroli, idrocarburi (paraffine) acidi grassi. Fra gli acidi grassi il Palmitico (C15) è il maggiore componente della frazione estraibile con solventi e risulta pari a circa il 25,5% nelle foglie e al 43,9% nel detrito (Nichols et al; 1982).

Alcuni autori (Larkum et al; 1989) hanno notato che le foglie morte di Posidonia presentano un lungo

periodo per il loro completo processo di decomposizione (oltre 100 giorni).

Considerato che nei fondali prospicienti la Centrale di Brindisi Sud la Posidonia dovrebbe "morire" nel periodo tardo autunnale (Ottobre - Novembre) gli effetti più marcati della decomposizione avverrebbero nel successivo periodo primaverile. Tale supposizione è convalidata dall'aver ritrovato in data 18.04.91 foglie di Posidonia non ancora completamente decomposte nei fondali marini prospicienti l'opera di presa (Fig. 10). Nel periodo Maggio - Settembre si ricostituisce la prateria a Posidonia. Il materiale organico contenuto nei sedimenti subisce un decremento per l'accelerazione del processo di mineralizzazione dovuta all'innalzamento della temperatura media stagionale. Ne deriva quindi che il tasso di rilascio delle sostanze organiche dai detriti delle piante acquatiche e/o dai sedimenti stessi è variabile nel corso delle stagioni.

2.6. FORMAZIONE DELLE SCHIUME PERSISTENTI

E' noto che la "spumosità dell'acqua di mare aumenta in presenza di sostanze organiche" e che la proprietà della sostanza organica di formare schiuma dipende dalla sua capacità di diminuire la tensione superficiale dei liquidi (Jirgensons et. al; 1962 pag. 430).

Le sostanze organiche rilevate in schiuma quali Alcoli superiori, Acidi grassi (Palmitico in particolare), le Proteine, i Polisaccaridi, sono capaci di diminuire la tensione superficiale della soluzione acquosa e formare schiuma.

La stabilità di una schiuma però non dipende tanto dall'attività dei suoi componenti di abbassare la tensione superficiale, ma dalla possibilità di formare

una schiuma a struttura con pareti rigide costituite da particelle di tipo lamellare o fibrose.

La letteratura riporta ad esempio (op. citata pag. 427) che schiume molto stabili sono prodotte dopo agitazione di argilla (particelle a placche esagonali) con una soluzione acquosa contenente alcole e una piccola quantità di acido oleico.

La struttura della schiuma persistente risulta simile al nido d'ape dove le bolle d'aria sono racchiuse da pareti rigide costituite da particelle di argilla "cementate" fra loro da uno strato di acido oleico. Questa struttura detta a tre fasi con pareti rigide risulta essere fra le più stabili.

Nella schiuma persistente del sito Brindisino sono stati rilevati composti organici simili a quelli citati; alcoli superiori, acidi grassi, proteine ecc, e particolato inorganico argilloso tipico dei sedimenti marini.

Ne deriva quindi che il particolato marino (inorganico e planctonico) associato a materiale organico in lenta decomposizione (detriti di foglie di Posidonia o di altro materiale organico) e a tracce di sostanze attive sulla tensione superficiale (alcoli, acidi grassi, proteine ecc.) sottoposti ad energica agitazione danno origine a una schiuma persistente di struttura del tipo a nido d'ape con pareti di grosso spessore altamenti stabili.

3.

CONCLUSIONI

In merito al problema della formazione di schiume persistenti nel canale di scarico del sito in oggetto l'insieme dei risultati delle campagne analitiche effettuate esclude senz'altro contributi significativi da fonti di inquinamento antropico (es. tensioattivi) confermando invece l'origine naturale del fenomeno.

Le sostanze organiche naturalmente presenti anche a livello di tracce nel corpo d'acqua sottoposte ad agitazione con la frazione fine argillosa' del sedimento marino danno origine ad una schiuma persistente con struttura a celle a pareti rigide che risulta stabile.

Sull'origine naturale del fenomeno si è espresso anche l'Istituto di Biologia del Mare di Bari nel caso di un analogo problema di schiume persistenti rilevate presso un complesso industriale nel foggiano.

Il sistema più efficace per demolire la "struttura" delle schiume persistenti è di tipo fisico con abbattimento a pioggia escludendo, evidentemente, l'impiego di prodotti antischiomogeni.

BIBLIOGRAFIA

- Assanelli et al; 1984 "Contributo alla microdeterminazione dei tensioattivi non ionici poliossietilenici nelle acque come sostanze attive al potassio picrato (PPAS).
La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse - Vol. LXI - Novembre 1984 pagg. 633-638.
- ENEL-DCO, 1988: "Caratterizzazione ecologico-naturalistica dei siti di Brindisi Nord e di Brindisi Sud" a cura di ECO-SUD (Taranto)
Rapporto definitivo di dettaglio, 1988.
- ENEA-CNR, 1986: "Indagine Ambientale del sistema marino costiero della Regione Puglia"
Luglio 1986
- Jirgensons et. al; 1962: "Colloid Chemistry". Pergamon Press; 1962.
- Larkum et al; 1989: "Biology of Seagrasses"
ELSEVIER - 1989 pagg. 412-503.
- Nichols et al; 1982: "Lipid components of the seagrasses Posidonia Australis and Heterozostera Tasmanica as indicators of carbon source".
Phytochemistry, vol. 21. No 7, pp. 1613-1621, 1982
- STUM et. all, 1970: "Aquatic Chemistry"; John Wiley Sons, INC., WILEY-INTERSCIENCE, 1970
- Università di Cagliari, 1990: "Indagine sull'ambiente marino antistante la Centrale Termoelettrica del Sulcis" -
Università di Cagliari in collaborazione con ENEL-DCO - Unità Laboratorio di Piacenza (1990).

Data campionamento	Punti di controllo	Parametri	Tensioattivi anionici mg/l OTS.	Carbonio organico totale mg/l C (T.O.C)	Fosforo totale mg/l P	Domanda biologica di ossigeno (BOD5) mg/l O2	Oli e grassi di origine vegetale e animale mg/l	Tensioattivi non-ionici poliossietilenici mg/l	Domanda chimica di ossigeno (COD) mg/l O2
18.03.91	Acqua mare (superficiale)		0,03	2,6	0,03	2,7	-	-	5
	Vasca di calma		0,03	2,0	0,03	1,5	-	-	29,4
	Monte Stramazzo		0,02	1,7	0,16	1,8	-	-	25,5
	Acqua mare (superficiale)		0,03	1,2	-	-	-	-	-
22.03.91	Vasca di calma		0,03	1,1	-	-	-	-	-
	Monte Stramazzo		0,138(*)	3,6(*)	-	-	-	-	-
	Valle Stramazzo		< 0,02	2,2	-	-	-	-	-
18.04.91	Mare opera presa (- 8+10 m)		< 0,02	0,04	-	-	< 0,5	0,02	117
	Vasca di calma		< 0,02	0,03	-	-	< 0,5	0,02	109
	Monte Stramazzo		< 0,02	0,02	-	-	< 0,5	0,02	98
	Valle Stramazzo		< 0,02	0,01	-	-	< 0,5	< 0,02	80
Valori limite tab. A (L. 319/76)			2	-	10	40	20	2	160

(*) Acqua con schiuma

Tab. 1 - ACQUE CIRCUITO DI RAFFREDDAMENTO
PARAMETRI CHIMICI

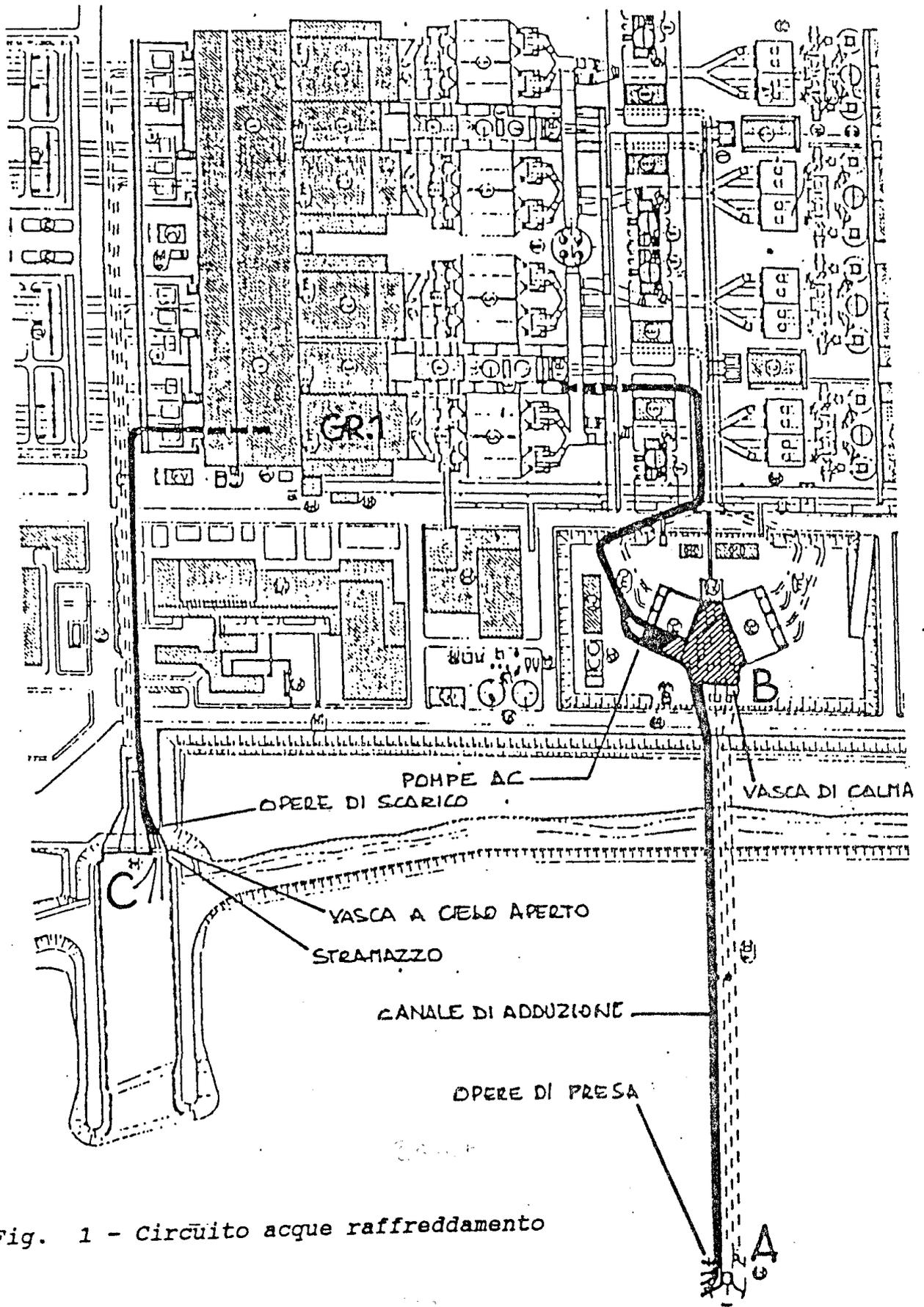


Fig. 1 - Circuito acque raffreddamento

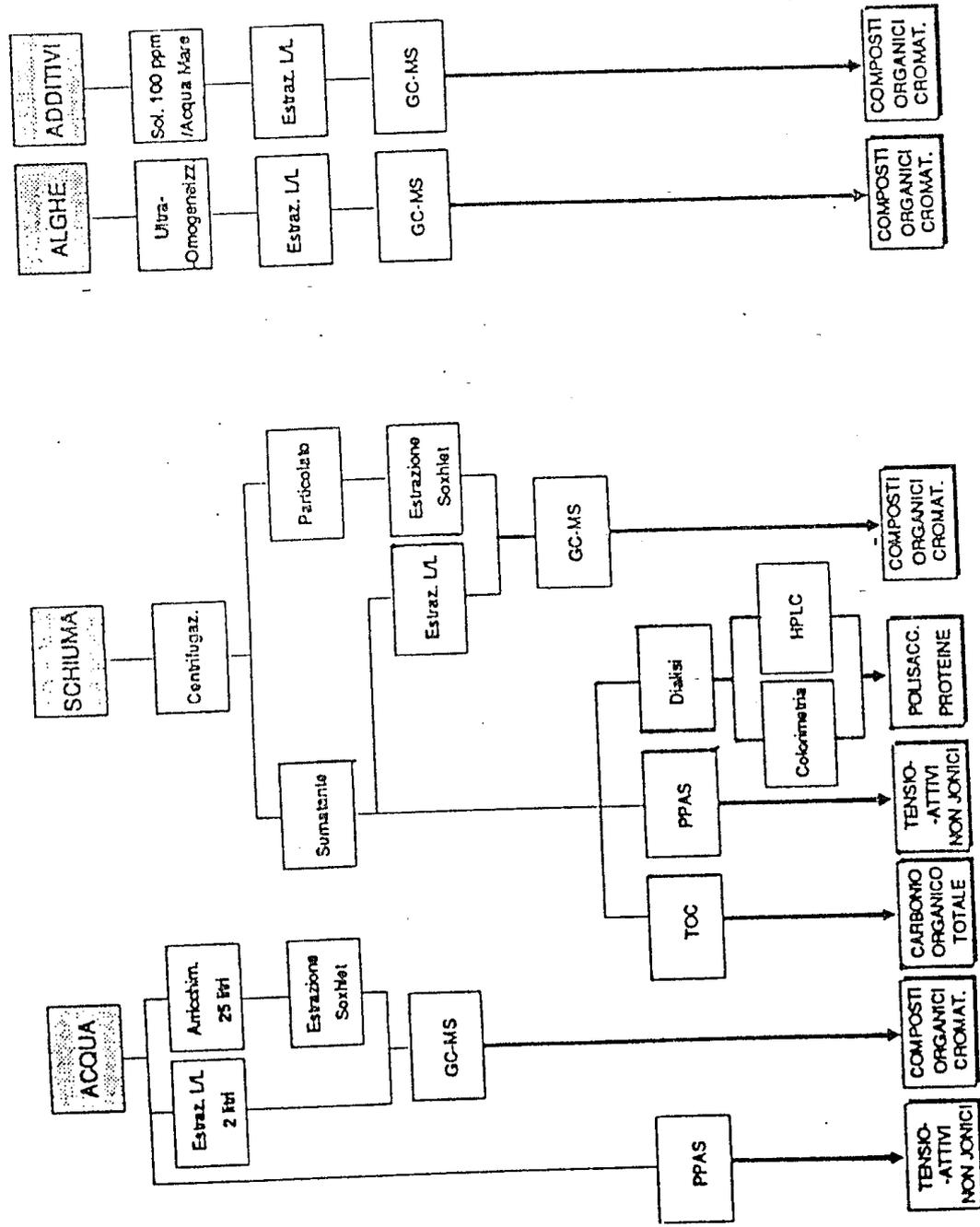
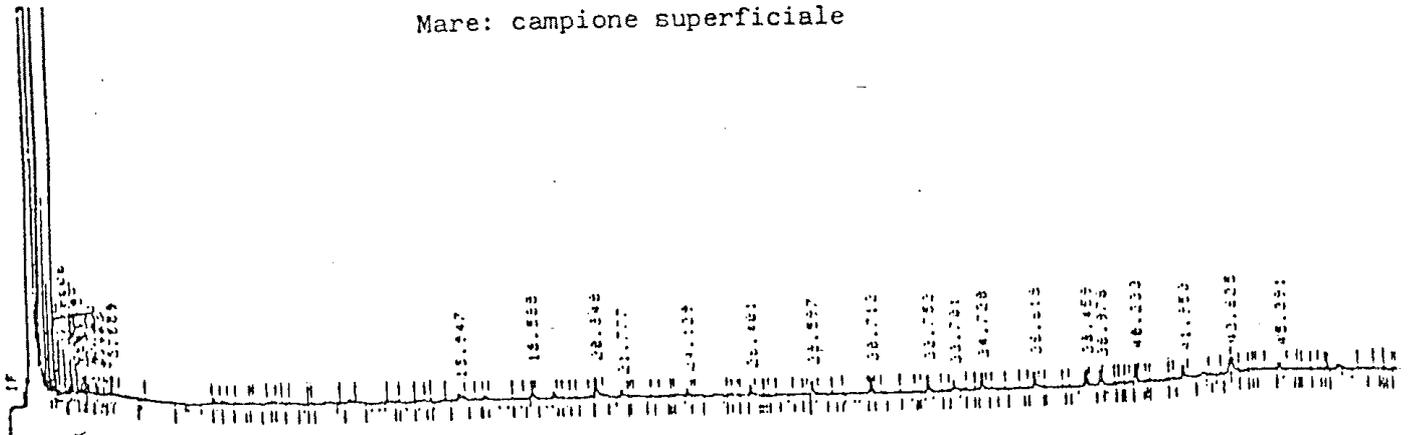
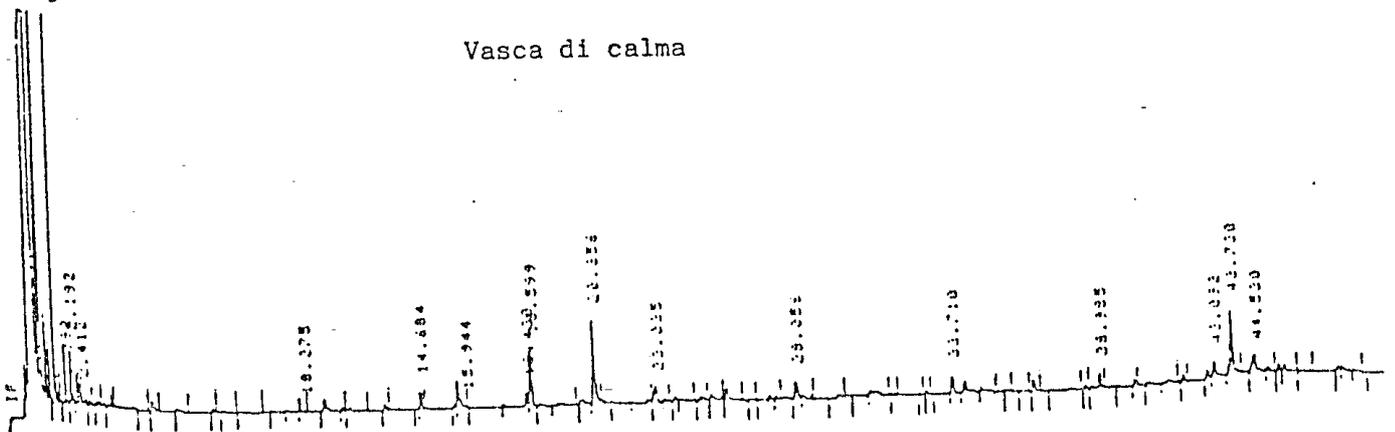


Fig. 2 - Schema operativo procedure analitiche per la identificazione dei composti organici.

Mare: campione superficiale



Vasca di calma



Monte stramazzo

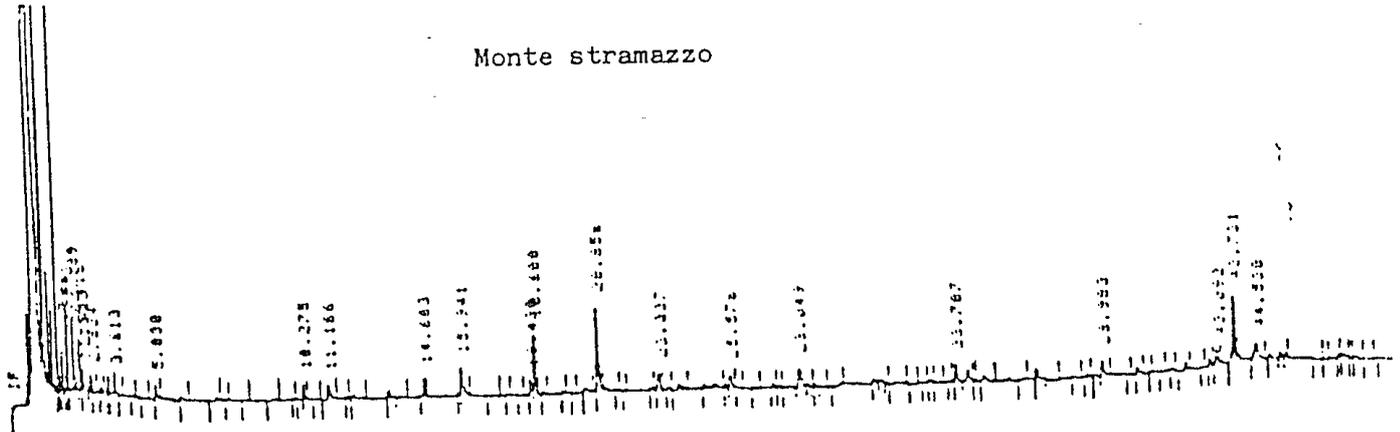
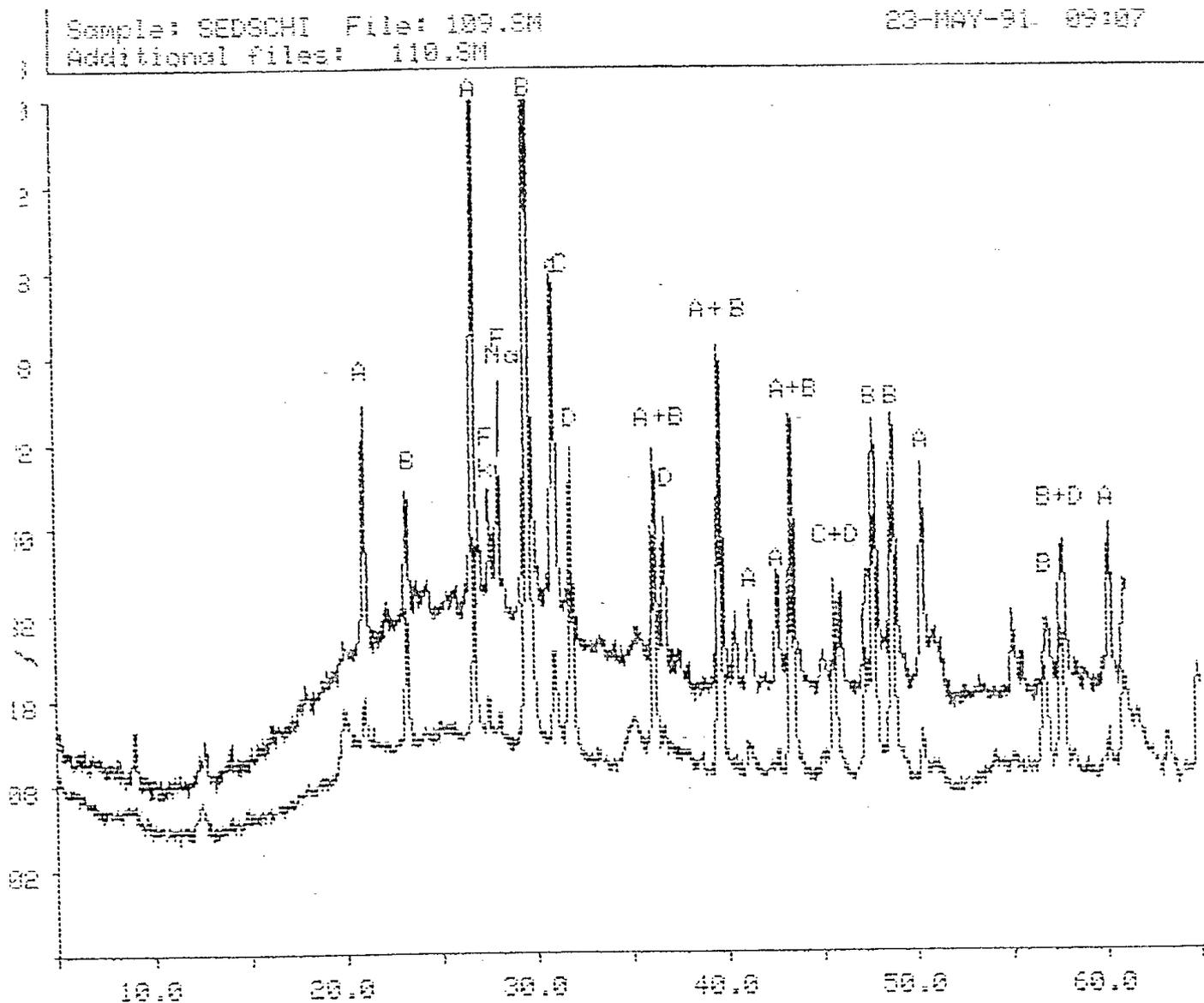


Fig. 3 - Tracciati di composti organici cromatografabili estratti dalle acque nei diversi punti di campionamento

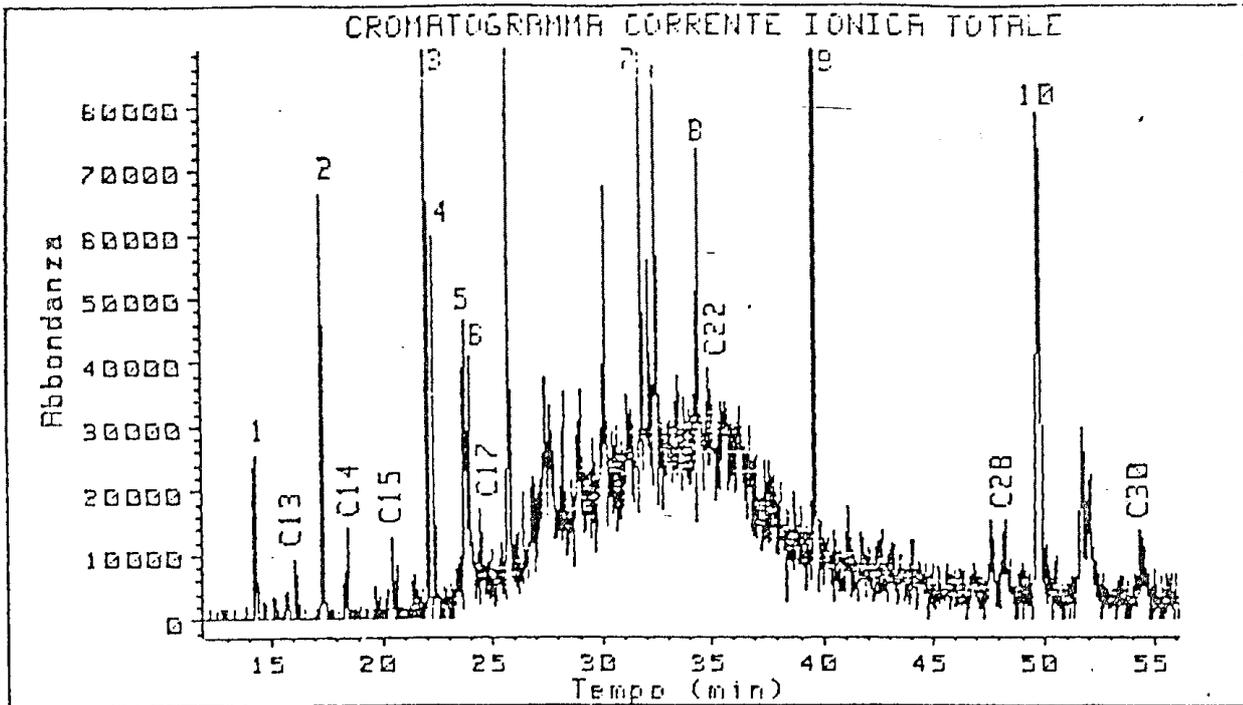
Analisi diffrattometrica a raggi x

Confronto fra sedimento schiuma (tracciato nero) e sedimento marino (tracciato rosso).



FASI MINERALOGICHE COMUNI

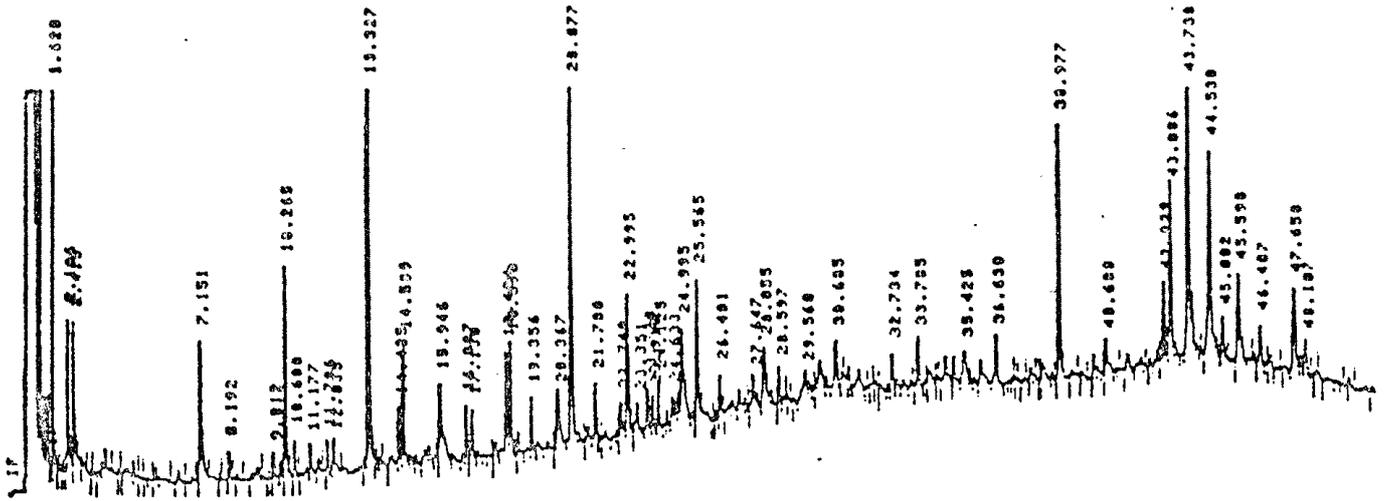
- A : QUARZO
- B : CALCITE
- C : DOLOMITE
- D : CALCITE MAGNESIACA
- F : FELDSPATO POTASSICO
- K
- F_{Na} : FELDSPATO SODICO



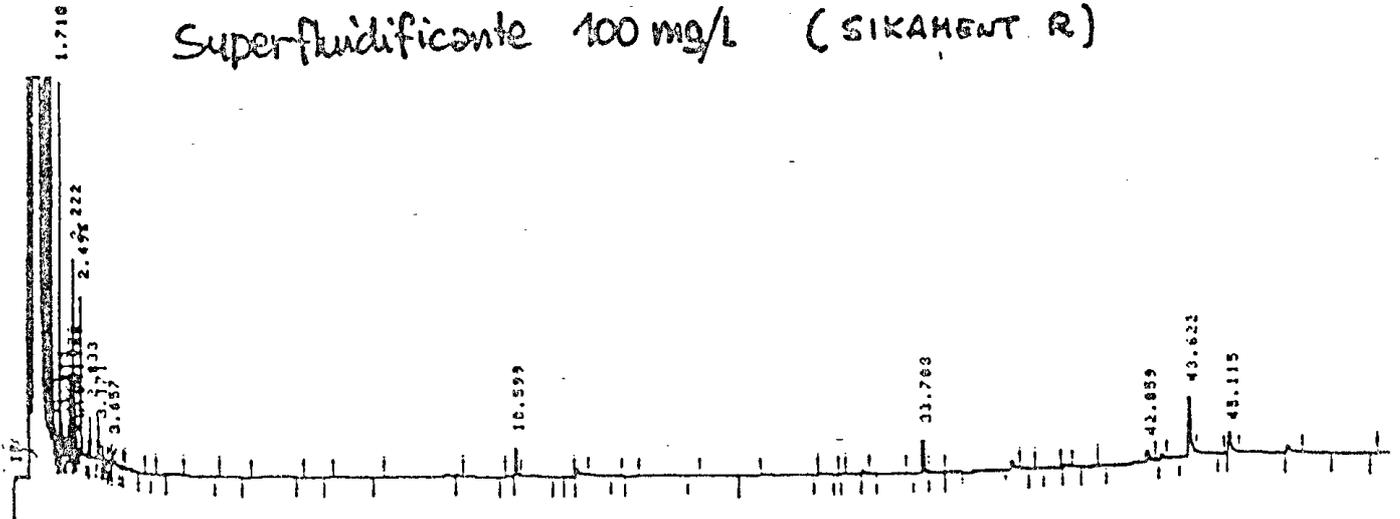
Picco N.	Composto Identificato
1.	Trialchil fosfato (butil)
2.	Trialchil fosfato
3.	Ftalato
4.	Idrocarburo (aril/alchil)
5.	Acido carbossilico (C= 12...)
6.	Ftalato
7.	Acido carbossilico (C= 15...)
8.	Ftalato
9.	Alcol ramificato (C= 15...)
10.	Idrocarburo alifatico ramificato
C#	Serie normal idrocarburi

Fig. 5 - Schiuma (Fase liquida): Composti/classi identificati mediante esame GC-MS

Schiuma liquida



Superfluidificante 100 mg/L (SIKAHEMT R)



Disarmante 100 mg/l (SIKA DISARMANTE U)

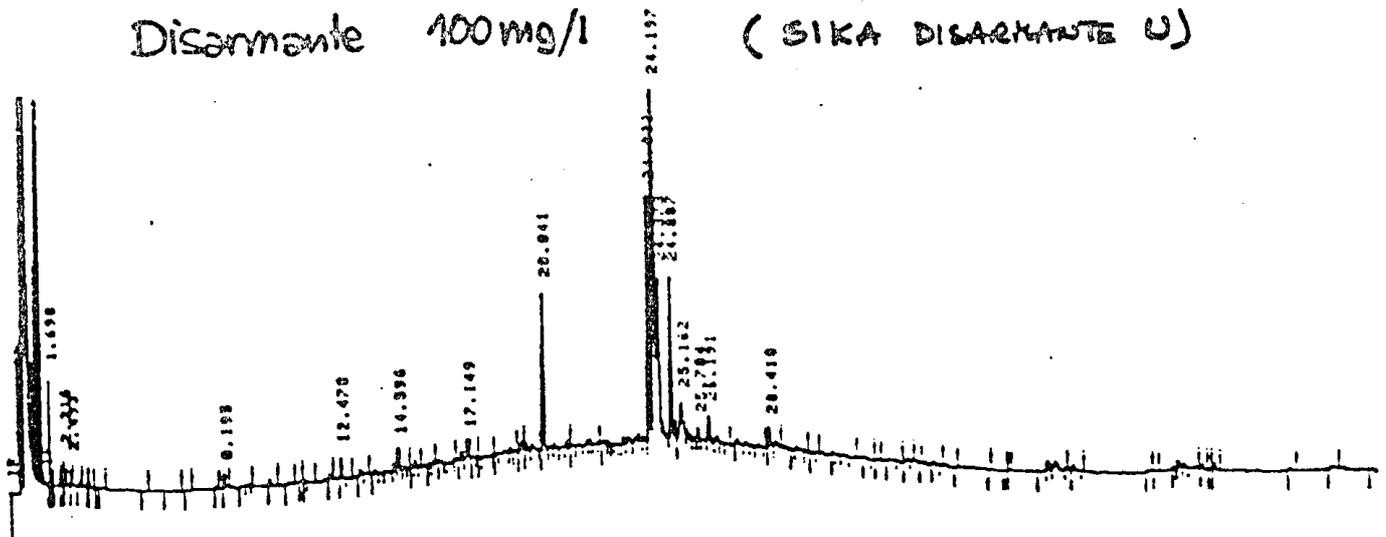


Fig. 6 - Tracciati cromatografici di organici estratti dagli additivi cementizi a confronto con quelli della schiuma



Fig. 10 - Foglie di Posidonia Oceanica parzialmente decomposte campionate il 18.04.1991 nei fondali marini antistanti le opere di presa.

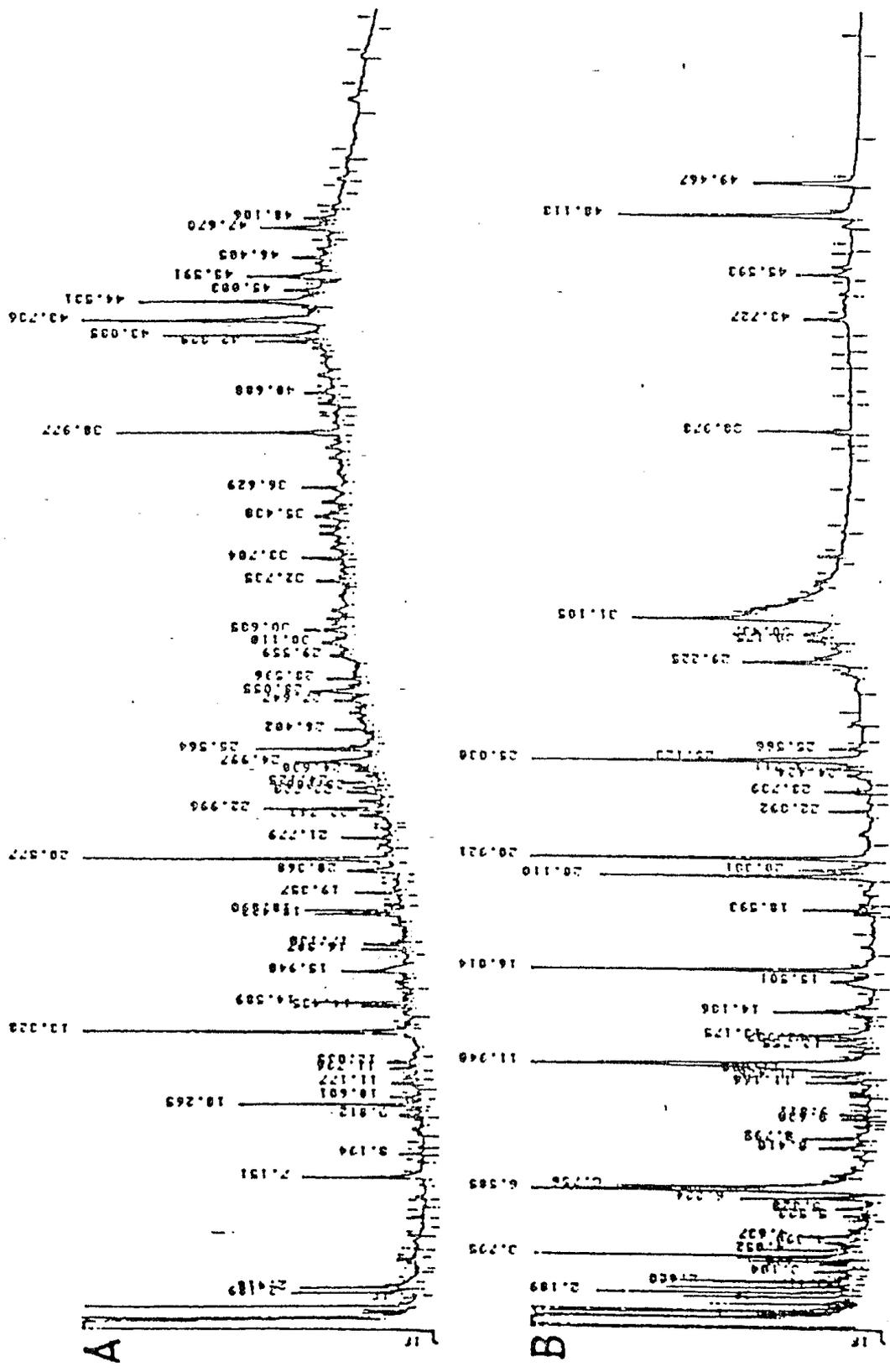


Fig. 9 - Tracciati GC-FID Estratti organici
 A: Campione di schiuma
 B: Macroalghe ultramogeneizzate con acqua di mare

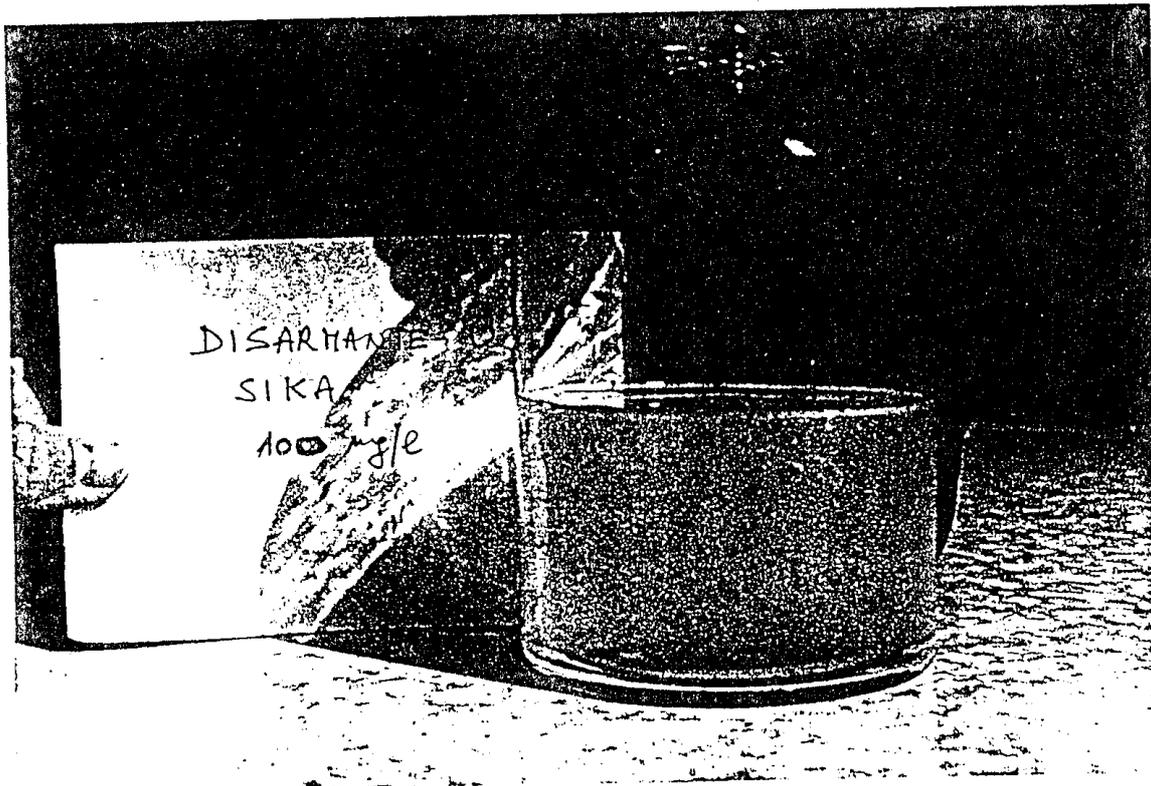
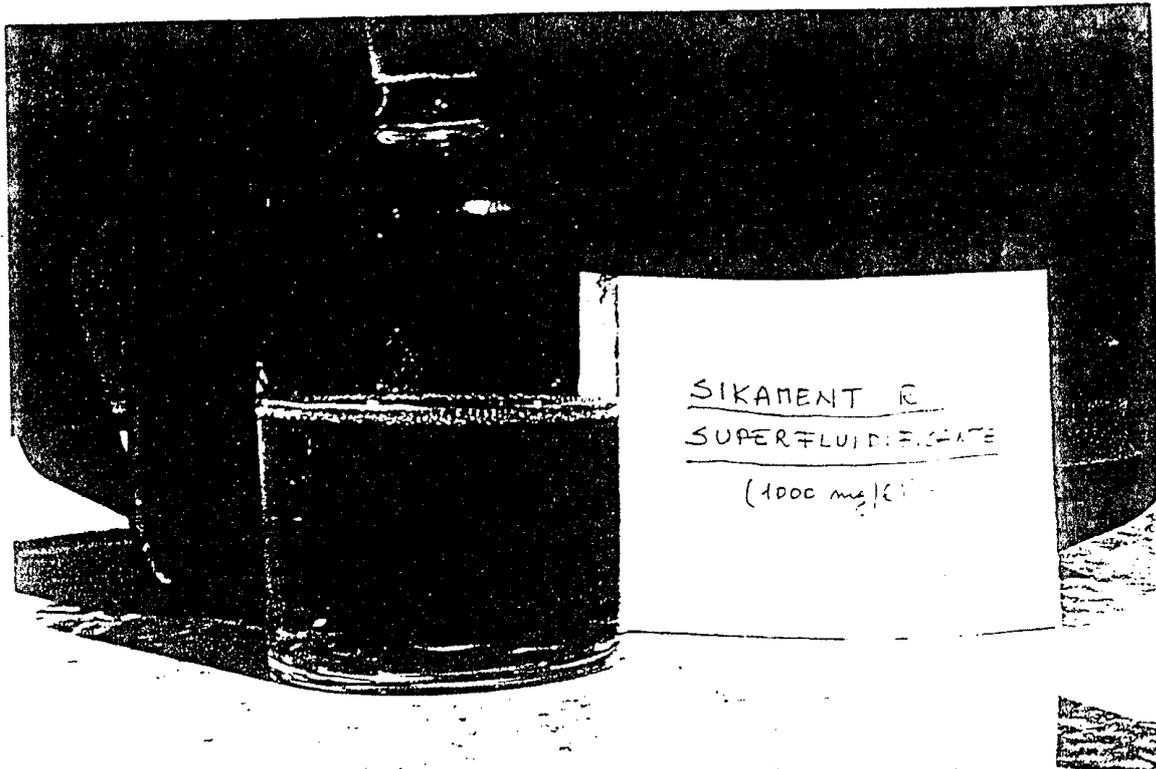


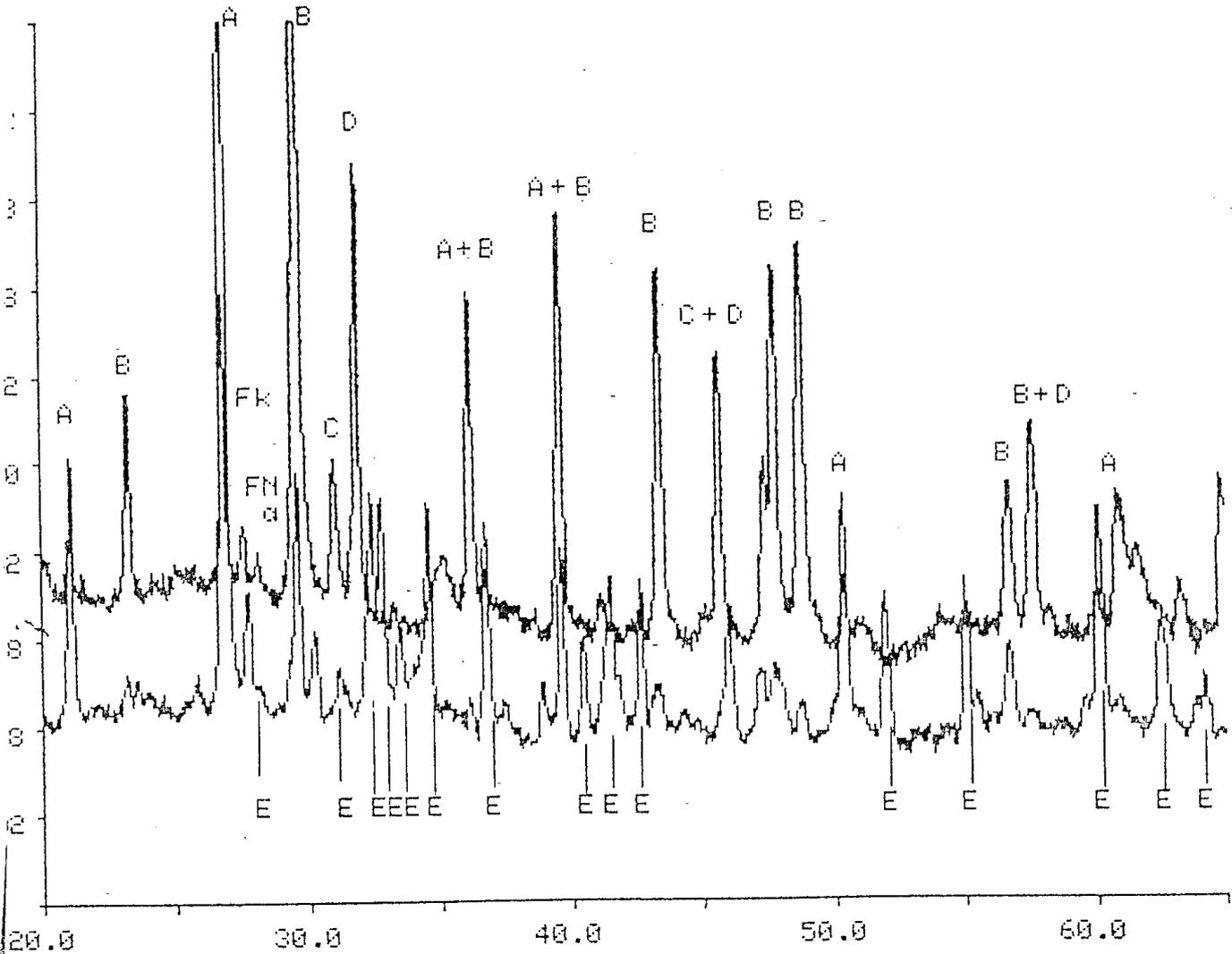
Fig. 7 - Additivi - Prove di schiumosità.
Assenza di schiume persistenti dopo 1' da energica
agitazione.

ANALISI DIFFRATTOMETRICA A RAGGI X

Confronto fra CHELACEM 1/3 (tracciato nero) e Sedimento schiuma (tracciato rosso)

Sample: CHELACE File: 104.SM
Additional files: 109.SM

13-MAY-91 14:52



FASI MINERALOGICHE COMUNI: A (Quarzo), B (Calcite)

FASI MINERALOGICHE TIPICHE
SEDIMENTO SCHIUMA: C (Dolomite), D (Calcite magnesiacca), F_K (Feldspato potassico), F_{Na} (Feldspato sodico)

FASE MINERALOGICA TIPICA
CHELACEM 1/3 : E (trisilicato di calcio)