



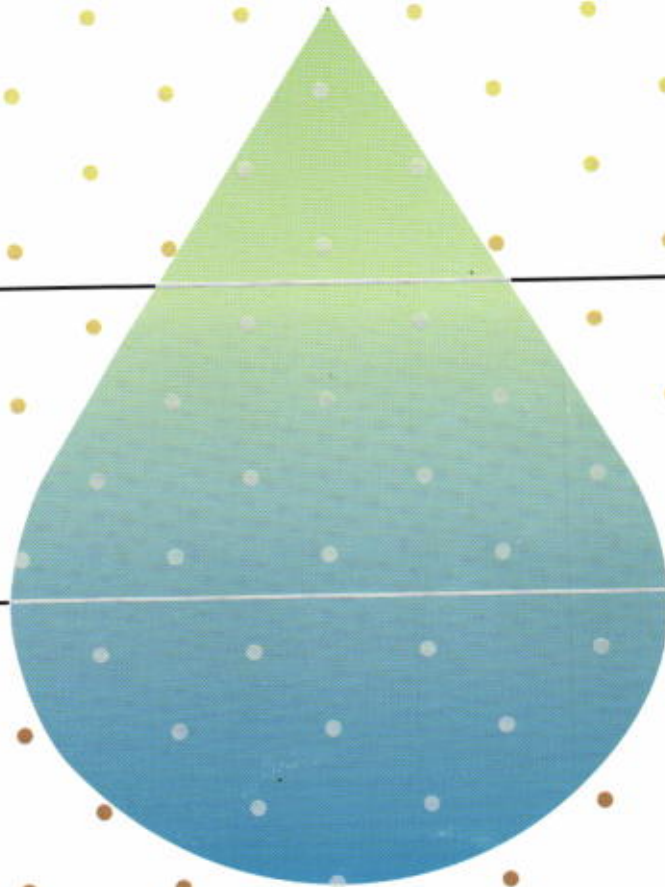
PROVINCIA DI MILANO

COMUNE DI MILANO

AZIENDA CONSORZIO ACQUA POTABILE

AZIENDA USSL - PMIP

MILANO / PARABIAGO / LODI / MONZA



NITRATI IN FALDA

ANNI

1990/95

SISTEMA INFORMATIVO FALDA



QUADERNO N. 1

PROVINCIA DI MILANO

COMUNE DI MILANO

AZIENDA CONSORZIO ACQUA POTABILE

AZIENDA USSL - PMIP

MILANO / PARABIAGO / LODI / MONZA

NITRATI IN FALDA

ANNI

1990/95

NITRATI IN FALDA ANNI 1990-95
Quaderno n.1 - Sistema Informativo Falda

Coordinamento ed organizzazione generale
Guido Rosti

Testo ed elaborazione dati
Cristina Arduini

Idrogeologia dell'area
Andrea Zelioli

Carte tematiche e commento
Giovanni Porto

Consulenza informatica
Alberto Bellani

Copertina
Alberto Longhi

© Copyright Provincia di Milano, gennaio 1997

Stampato su carta ecologica

INDICE

	PREMESSA	PAG. 5
1.	INTRODUZIONE	PAG. 7
2.	CICLO DELL'AZOTO	PAG. 9
3.	FONTI DEI NITRATI	PAG. 13
	3.1 Fonti localizzate	PAG. 13
	3.2 Fonti diffuse	PAG. 14
4.	CENNI SANITARI	PAG. 17
5.	INTERVENTI DI ABBATTIMENTO DEI NITRATI	PAG. 19
6.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO	PAG. 25
7.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	PAG. 29
8.	VALUTAZIONE DEI DATI	PAG. 31
	8.1 Modalità di elaborazione	PAG. 31
	8.2 Andamento della concentrazione dei nitrati	PAG. 33
	8.2.1 Area sud	PAG. 33
	8.2.2 Area nord, nord est	PAG. 34
	8.2.3 Area nord ovest	PAG. 36
	8.2.4. Milano	PAG. 36
	8.3 STRUMENTI TECNICI PER LA CONOSCENZA	PAG. 40
	8.4 ED IL CONTEROLLO DELLA CONTAMINAZIONE	PAG. 43
	DA NITRATI	
9.	CONCLUSIONI	PAG. 45
	<i>Bibliografia</i>	PAG. 49

ALLEGATI:

GRAFICI DEI POZZI PUBBLICI DIVISI PER COMUNE IN ORDINE ALFABETICO

GRAFICI DELLE CENTRALI E DEI POZZI DI MILANO

CARTE TEMATICHE DELL'AREA DELLA PROVINCIA DI MILANO

PREMESSA

Lo sforzo compiuto dagli Enti che collaborano nel contesto del Sistema Informativo Falda ha fatto sì che tutti i dati prodotti relativi alle conoscenze di carattere idrogeologico venissero raccolti in un contenitore unico, che dopo essere opportunamente catalogati ed omogeneizzati possano correttamente venire analizzati per fornire indicazioni utili fra l'altro sullo stato di salute degli acquiferi utilizzati a scopo potabile.

Questo quaderno n.1 della Nuova Collana curata dal Sistema Informativo Falda, che fa seguito alle precedenti monografie sulle stesse tematiche, ci fornisce utilissime informazioni circa la presenza di un particolare inquinante nelle acque di falda, che negli ultimi anni ha provocato un sempre maggiore allarme per un continuo, anche se lento, aumento di concentrazione rilevata.

I nitrati infatti provenienti in parte dalle pratiche agricole, ma anche e soprattutto dai rilasci dei sistemi fognari assumono la caratteristica di inquinanti primari nelle acque di falda, costringendo gli acquedotti pubblici ad interventi che per la natura stessa del composto risultano di difficile approntamento sia sotto il profilo tecnico-impiantistico che sotto quello economico.

Nella speranza di fornire a tutti gli operatori del settore informazioni utili ai fini operativi e a tutti i cittadini interessati un valido strumento di conoscenza, confermiamo insieme a tutti gli Enti partecipanti al Sistema Informativo Falda il nostro impegno per l'ambiente e per porre in essere tutto quanto possibile per la sua migliore tutela.

Il Presidente
Livio Tamberi

1. INTRODUZIONE

Il Sistema Informativo Falda è uno strumento fondamentale per la corretta gestione delle acque sotterranee, in quanto costituisce la base conoscitiva di tutte le informazioni relative alla falda, raccolte in un unico contenitore razionalmente organizzato nel quale confluiscono tutti i dati al momento disponibili presso vari Enti.

Gli Enti costituenti il Sistema Informativo Falda ossia i PMIP di Milano, Parabiago, Monza e Lodi, il Comune di Milano ed il Consorzio Acqua Potabile che gestisce la maggioranza degli acquedotti pubblici del territorio provinciale milanese, hanno creato questo unico punto di riferimento per tutti i dati riguardanti la falda per una facilità di gestione degli stessi sul territorio.

I dati raccolti nel S.I.F. sono infatti utilizzati come base di conoscenza dello stato di contaminazione della falda del territorio provinciale milanese ed è in quest'ottica che si sviluppa il presente lavoro sulla concentrazione dei nitrati nella falda acquifera milanese.

I due precedenti lavori, il primo del 1988 riguardante tutta la provincia ed il secondo del 1993 che, al contrario, era solo una sintesi dei dati riguardanti le analisi contenute nel Sistema Informativo Falda, erano concepiti in maniera totalmente diversa rispetto al presente studio in cui si vuole evidenziare una visione più ampia del problema "nitrati" e della loro presenza nelle acque sotterranee.

Consci che anche il presente studio rappresenta solo un ulteriore gradino verso una conoscenza più approfondita del problema e ben lungi dal chiarirlo in tutta la sua complessità, si ritiene comunque che rappresenti

un momento di riflessione importante sullo stato di contaminazione delle acque di falda del milanese.

La conoscenza infatti, della contaminazione delle acque sotterranee è importante perché tali acque risultano essere uno dei principali punti di approvvigionamento di acqua destinata al consumo umano, la cui potabilità viene stabilita dal D.P.R. 236/88. Si vuole sottolineare a tale proposito che vi è una sostanziale differenza tra le caratteristiche delle acque sotterranee e tra quelle distribuite dagli acquedotti, che sono il prodotto di acque miscelate captate da falde diverse con facies idrochimiche differenti e di trattamenti di potabilizzazione (filtri a carboni attivi, ozonizzazione, ventilazione, ecc.).

Come sopra evidenziato la Provincia con il proprio Sistema Informativo Falda concentra essenzialmente la propria attenzione sulle acque sotterranee, in quanto è importante avere una visione realistica della situazione di contaminazione esistente e di conseguenza si vuole disporre di strumenti utili al corretto sfruttamento della risorsa, ma anche e soprattutto a consentire la predisposizione di interventi atti all'individuazione di fonti di contaminazione e quindi, dove possibile, alla loro rimozione.

2. CICLO DELL'AZOTO

Gli innumerevoli elementi chimici esistenti sul pianeta formano caratteristici cicli che vanno dall'ambiente agli esseri viventi e viceversa.

Uno dei cicli fondamentali per gli esseri viventi è quello biogeochimico dell'azoto ed è detto gassoso perché la maggior riserva di azoto molecolare è nell'atmosfera dove circa il 77% dell'aria è composta proprio da N₂.

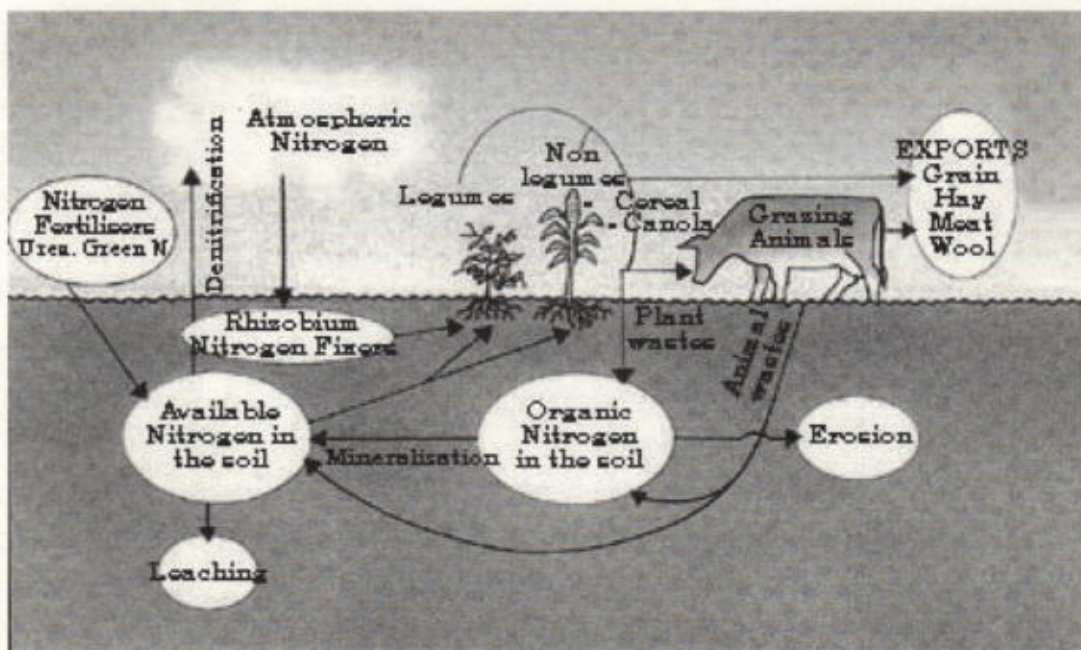
Come tutti i cicli gassosi viene considerato perfetto, in quanto ha efficienti meccanismi di autoregolazione dovuti, appunto, all'enorme riserva presente nell'atmosfera. Questo ciclo, come tutti gli altri esistenti, ha subito però delle profonde alterazioni dovute all'azione dell'uomo con l'introduzione di composti chimici di sintesi di origine antropica e soprattutto l'uomo è intervenuto nel raddoppiare la velocità di entrata dell'azoto molecolare nel ciclo, con conseguente aumento della quantità media di azoto ed i suoi componenti, come gli ossidi, in circolo.

Il ciclo si compone essenzialmente di quattro fasi: tre delle quali sono di fissazione dell'azoto (fissazione azoto, produzione di ammoniaca, nitrificazione) e una di denitrificazione e sono elencati di seguito i passi fondamentali del ciclo dell'azoto:

- **azotofissazione**: la trasformazione da azoto inerte a sostanza utilizzabile da parte degli esseri viventi avviene per il 90% attraverso batteri come *Rhizobium* in simbiosi con le leguminose o come *Azobacter* e *Clostridium* batteri liberi azotofissatori, ed entra nella catena alimentare come elemento indispensabile partecipando alla formazione di molecole fondamentali come acidi nucleici e proteine. Vi

sono anche le alghe azzurre o cianobatteri che sono in grado di fissare l'azoto e trasformarlo in ammoniaca. Il restante 10% di fissazione dell'azoto avviene attraverso radiazioni cosmiche, fulmini, ecc. in cui si combina l'ossigeno con l'azoto nell'atmosfera dando origine a molecole di nitrato, trasportate poi al suolo dalle piogge.

- **Produzione di ammoniaca:** essa avviene come primo gradino di formazione dei composti azotati.
- **Nitrificazione:** i nitrati sono i composti centrali del ciclo dell'azoto e si formano soprattutto ad opera di batteri come Nitrosomonas e Nitrobacter che ossidano l'ammoniaca a nitrito e acqua e quindi da nitrito a nitrato. I nitrati possono essere utilizzati direttamente dai vegetali per produrre sostanza organica.
- **Denitrificazione** è il processo inverso all'azotofissazione, che chiude il ciclo dell'azoto con liberazione di azoto molecolare in atmosfera, sempre tramite batteri specializzati anaerobi facoltativi (Pseudomonas, Spirillum) che possono attingere energia da composti contenenti ossigeno (NO) in ambienti anaerobi.



Esempio di ciclo dell'azoto. (da Pivot Lmt. Australia)

Il passaggio da N_2 , chimicamente inerte, ad altri composti, invece attivi, avviene quindi prevalentemente per via biologica ed è al momento l'unico modo conosciuto per l'utilizzo della riserva di azoto molecolare, altrimenti non disponibile.

Da quanto sopra descritto l'importanza dei nitrati nel ciclo è evidente sia perché sono il prodotto finale della mineralizzazione della sostanza organica, sia perché sono il punto da cui riparte il ciclo per la riutilizzazione e la ritrasformazione in azoto molecolare.

I nitrati hanno quindi un'origine "naturale", sono indispensabili alla vita, molto importanti ai fini della biosfera e sono ubiquitari.

3. FONTI DEI NITRATI

Riferendosi sostanzialmente alle fonti di origine antropica si elencano qui di seguito tutte quelle esistenti, che possono essere divise in due grandi gruppi: **localizzate e diffuse**:

3.1. Fonti localizzate

Le fonti localizzate possono essere individuate soprattutto negli scarichi di reflui di varia origine che si possono dividere:

- scarichi domestici o civili non o parzialmente trattati scaricanti sul terreno o in fosse perdenti o anche in corsi d'acqua superficiali. Nonostante la promulgazione di leggi, come la Merli (L.319/76), la situazione dei fiumi italiani e soprattutto nel bacino del Po è comunque altamente compromessa, a causa di una mancata pianificazione degli scarichi urbani e produttivi ed all'intensa antropizzazione esistente nell'area padana.

Gli scarichi domestici e soprattutto le fosse perdenti tipiche degli anni passati (sia private che comunali), hanno disperso e disperdono nel terreno molti inquinanti, tra cui i nitrati in misura molto rilevante.

Da quanto sopra esposto si evidenzia che gli scarichi in corso d'acqua superficiale sono sempre stati un sistema per allontanare e non trattare i rifiuti prodotti dalla civiltà, confidando nella capacità di autodepurazione dei fiumi; attualmente, considerando la situazione italiana ed in particolare la Pianura Padana, la totalità dei corsi d'acqua

risulta compromessa e la maggioranza in maniera grave. Nella pianura Padana, infatti, dove vive un terzo della popolazione italiana, si ha una delle più elevate concentrazioni europee di insediamenti urbani, industriali e zootecnici con un carico organico (di cui una parte rilevante sono nitrati) equivalente a quella di 138 milioni di abitanti e di cui solo il 22% viene trattato.

- effluenti da allevamenti zootecnici soprattutto quelli intensivi di tipo industriale, che spandono sui terreni circostanti gli allevamenti, i liquami in quantità sovrabbondanti alla capacità di utilizzo e di adsorbimento del terreno.
- effluenti industriali provenienti da industrie essenzialmente alimentari come zuccherifici, cartiere, concerie, industrie per la produzione di birra, di vino, caseifici, mattatoi ed in generale industrie che utilizzano nel ciclo di lavorazione i nitrati.
- discariche di rifiuti soprattutto urbani ed assimilabili. Fino all'inizio degli anni 80 non esisteva una normativa specifica a livello nazionale per lo smaltimento dei rifiuti e quindi la mancata impermeabilizzazione di discariche ha portato e porta tuttora una contaminazione del terreno e della falda sottostante da parte di vari inquinanti, tra cui principalmente i nitrati.

3.2. Fonti diffuse

- piogge: la pioggia che arriva al suolo, soprattutto nelle aree intensamente antropizzate, trasporta le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera al suolo aumentando quindi le possibilità di contaminazione. Nell'atmosfera sono presenti ossidi di azoto derivanti dalla combustione di combustibili fossili, da scarichi di industrie e da scarichi di autoveicoli.

- suoli coltivati: si valuta che solo una bassa percentuale dei fertilizzanti immessi nei terreni viene utilizzata dalle piante, mentre il resto si disperde in acque superficiali, nel sottosuolo e nell'atmosfera. In Italia è stato calcolato che la perdita annua di azoto è pari a 16 Kg/ha, più alta sui suoli con agricoltura molto intensiva. La quantità di nitrati che si infiltra nei terreni varia con il tipo di coltura in atto, con quelle pregresse, con i fattori ambientali ed i sistemi di coltivazione e con l'abuso dell'utilizzo del fertilizzante, aumentato, per esempio, di 18 volte dal 1960 al 1970. Attualmente si ha una flessione nel consumo di concimi, seppur minima, a causa di una maggiore sensibilizzazione degli operatori del settore.
- aree urbane: le città sono ormai degli agglomerati urbani caratterizzate da un disordinato sviluppo urbanistico, spesso non supportato da alcun impianto di trattamento di rifiuti, liquami, ecc., che ha portato nell'arco solo di qualche decennio al degrado dell'ambiente della città stessa con conseguenze facilmente immaginabili sulla qualità della vita urbana. Nell'area urbana, ormai considerata come un microecosistema, vi sono scarichi di automezzi e ricadute di fumi dai camini domestici ed industriali, che veicolati dalle precipitazioni atmosferiche nelle acque sotterranee e superficiali ne aumentano fra l'altro anche il carico di azoto. Una di queste sostanze, la cui pericolosità è determinata dall'alta concentrazione e localizzazione è l'ossido di azoto (NO_2), che ha una forte capacità ossidante ed è estremamente solubile in acqua. I maggiori produttori di tale sostanza sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento, le centrali di energia e le attività industriali.

Le fonti dei nitrati sopra esposte sia localizzate che diffuse intervengono pertanto anche sulla qualità delle acque sotterranee, che sono circa il 50% dei circa 7 miliardi di mc/anno di acqua che vengono erogati dagli acquedotti italiani. Perciò in Italia la quasi totalità delle acque destinate al consumo umano è di origine sotterranea e quindi particolare attenzione va alla salvaguardia di questa risorsa idrica ed al controllo degli inquinanti in essa presenti. I problemi dei nitrati in falda in Italia si sono presentati in varie regioni come Piemonte, Lombardia, Toscana, Marche e Campania.

La contaminazione elevata da nitrati può creare anche problemi di logistica, come a Fano dove per anni, causa un massiccio inquinamento da nitrati, la popolazione veniva rifornita con autobotti.

E' quindi di fondamentale importanza riconoscere sia tutte le fonti di origine dei vari inquinanti, sia conoscere nel dettaglio la struttura idrogeologica e infine tutti i fattori antropogenici afferenti per avere una conoscenza approfondita del grado di vulnerabilità delle acque sotterranee. La definizione del livello di tale vulnerabilità deve considerare vari aspetti sia naturali che non. Alla vulnerabilità naturale, i cui fattori sono rappresentati dalla permeabilità superficiale e profonda e dalle caratteristiche idrauliche della falda si aggiunge la vulnerabilità che deriva da fattori antropogenici, come la intensa cementificazione delle aree dovuta a piani urbanistici, l'eccessivo sfruttamento delle acque con conseguente degrado della loro qualità, l'instaurarsi di pratiche agricole come la monocoltura intensiva, la concentrazione in aree non adatte di industrie altamente inquinanti, etc.

In particolare per quanto riguarda i nitrati si evidenzia, da studi effettuati, che sono naturalmente presenti e quindi da considerare normali, concentrazioni di nitrati pari a 14 mg/l nelle acque sotterranee. Di conseguenza tutte le quantità superiori si possono imputare all'attività antropica.

La contaminazione da nitrati per le acque di falda ricalca quanto sopra esposto con particolare riferimento alla struttura e alla composizione del suolo, che può permettere o meno un passaggio più rapido dei nitrati alla soluzione acquosa. Infatti il nitrato, avendo carica negativa, non forma agglomerati complessi con il suolo, ma si solubilizza facilmente nell'acqua di falda e ne accompagna gli spostamenti.

4. CENNI SANITARI

Parecchi studi hanno stabilito la relativa pericolosità dei nitrati dal punto di vista sanitario.

I nitrati, nel corpo umano, in certe condizioni di ipoacidità gastrica e di flora batterica riduttrice presente nell'intestino possono trasformarsi in nitriti. Questi ultimi sono composti instabili con una tossicità elevata e che si possono formare abbastanza facilmente nei ruminanti e nei neonati fino al sesto mese di vita. I nitriti si combinano con l'emoglobina e formano un composto stabile, la metaemoglobina, non più utilizzabile da parte dell'organismo. E' provato che, oltre ad una certa quantità di metaemoglobina, il sistema enzimatico di regolazione della trasformazione metaemoglobina-emoglobina non funziona più, e si può arrivare ad asfissia e morte (blue syndrome).

Il ciclo dei nitrati-nitriti nel corpo umano normalmente avviene passando attraverso l'intestino e l'apparato circolatorio, mentre, se si ha presenza di flora riduttrice nello stomaco si ha produzione di nitrito che arrivando nel sangue altera il rapporto tra emoglobina e metaemoglobina. I nitriti, poi, si possono unire con delle ammine secondarie e terziarie e formare delle nitrosoammine, sostanze sospette cancerogene. E' da anni che si discute sull'effettiva pericolosità di alcune nitrosoammine in quanto le indagini epidemiologiche danno risultati contraddittori, ma sembra che ci sia una certa associazione con l'insorgenza dei tumori a livello gastrico. Infatti la dieta alimentare costituisce una fonte importante di assunzione di nitrati da parte degli esseri umani soprattutto dalle verdure e dagli insaccati come di seguito elencato:

Verdure da 16 mg/Kg di NO come nei carciofi fino ad arrivare a 9040 mg/Kg di NO presenti nelle cime di rapa;

Salumi da 50 a 200 mg di NO/Kg;

Sono inoltre presenti in varie concentrazioni anche in:

Carne affumicata

Cereali

Latte

Infine un neonato, che beve molto più di un adulto relativamente al suo peso e ha un pH gastrico più elevato, con l'assunzione di acqua con valore di nitrati uguale a 50 mg/l assimilerebbe circa 37 mg/giorno di nitrati che sono nettamente superiori alla quantità massima ammissibile secondo l'OMS (Organizzazione Mondiale Sanità).

La direttiva CEE 80/778 riguardante la qualità delle acque destinate al consumo umano e recepita in Italia dal D.P.R.236/88 dà un limite per la concentrazione massima ammissibile dei nitrati (C.M.A.) pari a 50 mg/l tale normativa è stata tuttavia più volte derogata per alcune aree del territorio italiano nel corso degli anni per l'impossibilità di fornire quantitativi d'acqua sufficienti sotto il limite di concentrazione definito dalla legge vigente.

5. INTERVENTI DI ABBATTIMENTO DEI NITRATI.

L'aumento costante della concentrazione dei nitrati in falda richiede ormai interventi di depurazione da parte delle Autorità competenti soprattutto per i connessi problemi di ordine sanitario, perciò negli anni si è configurata la necessità di individuare dei processi di abbattimento dei nitrati, che sono comunque problematici, in quanto il nitrato è di difficile abbattimento per le caratteristiche chimiche che presenta.

I metodi di intervento per l'abbattimento dei nitrati prima dell'immissione nella rete di distribuzione sono essenzialmente di tre tipi diversi:

- palliativi :**
- a) raccordo con altri acquedotti che riforniscono acqua a basso contenuto di nitrati*
 - b) approfondimento dei pozzi con il rischio, spesso presente nella Pianura Padana, di trovare concentrazione elevate di ferro, manganese ed altre caratteristiche organolettiche indesiderate e non conformi al D.P.R. 236/88*
 - c) nuove fonti di captazione*
- preventivi:**
- a) protezione delle fonti di captazione*
 - b) incoraggiamento al cambiamento delle pratiche agricole*
 - c) censimento e controlli su discariche di varia natura e pozzi perdenti*
 - d) maggiore divulgazione sulle modalità di utilizzo e dosaggio dei concimi ed erbicidi in agricoltura*

a posteriori: *predisposizione di impianti per il trattamento e l'abbattimento dei nitrati.*

Il problema della contaminazione delle acque di falda da nitrati ha assunto nel tempo una sempre maggiore rilevanza dovuta principalmente ai problemi sanitari connessi. Dato l'alto livello di contaminazione già esistente, gli interventi per ridurre la concentrazione di nitrati sono prevalentemente effettuati a posteriori. Dapprima si sono privilegiati metodi palliativi come il miscelamento di acque, approfondimento dei pozzi, ecc., pensando con ciò di limitare i danni più a lungo termine. Purtroppo però negli ultimi anni si è affermata sempre più la necessità di ricorrere ad interventi depurativi prima dell'immissione delle acque in rete.

Attualmente sono presenti sul mercato una serie di attrezzature ed impianti, che si possono dividere in due tipologie principali:

5.1. Metodi chimici:

5.1.1. Scambio ionico

E' un processo che presenta molti aspetti positivi come semplicità, basso investimento di capitali, trattamento affidabile.

L'inconveniente maggiore è rappresentato dalla produzione di soluzioni difficilmente smaltibili. L'acqua da trattare viene fatta passare su una resina, che trattiene le molecole di nitrati. Quando le resine vengono rigenerate si produce una soluzione di sali di nitrati che, potrebbero essere eliminati con il passaggio su resine acide in eccesso di CO₂.

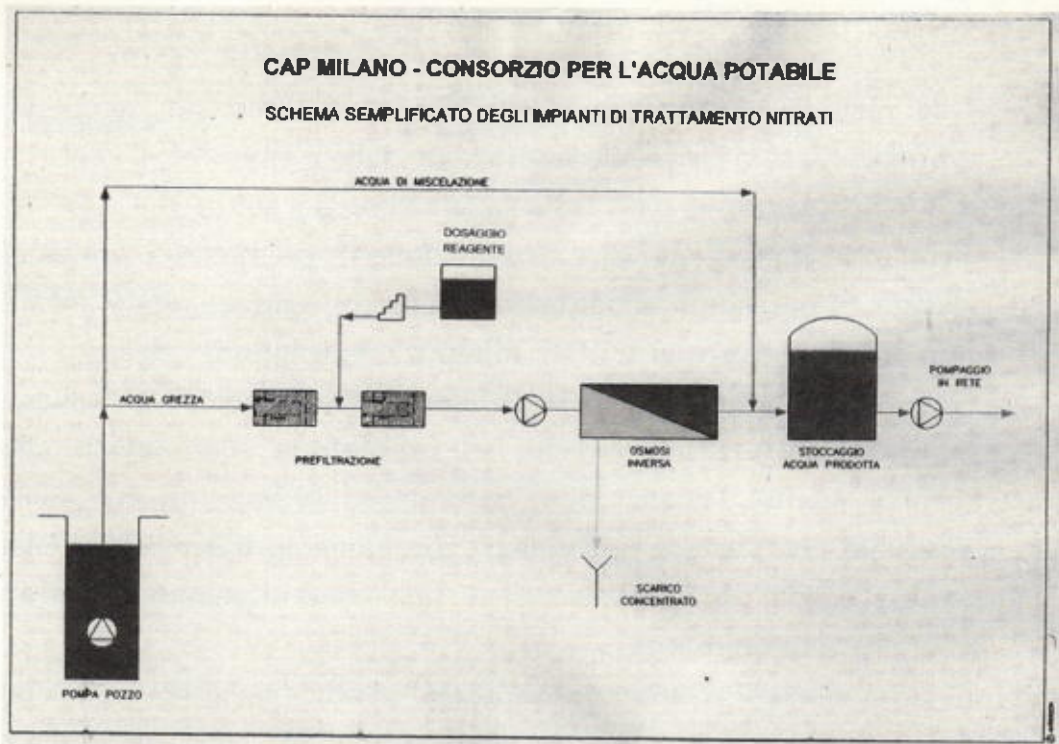
Vi è anche la possibilità di ottimizzare il processo abbinando un reattore biologico attraverso il quale si ha il vantaggio di non mettere a diretto contatto l'acqua, destinata ad uso potabile, con batteri. E' un metodo che ha preso ampiamente piede specialmente in Francia, dove il problema nitrati è molto grave, perché tale metodo è adattabile a tutti i tipi di acqua sia di superficie che di falda ed i risultati sembrerebbero soddisfacenti.

5.1.2. Osmosi inversa

Tale metodo presenta un costo elevato di esercizio e media efficienza data la frequente saturazione delle membrane. Il concetto di funzionamento si basa sulla separazione del soluto dal solvente sfruttando il gradiente di concentrazione in presenza di pressioni elevate. Si ottiene un abbattimento della concentrazione dei nitrati fino al 90% nell'acqua trattata minimizzando quindi i dosaggi dei reagenti chimici necessari per il buon funzionamento del sistema (antincrostanti). I sali raccolti nel concentrato sono inviati allo scarico, mentre l'acqua viene stoccata in serbatoi in cui viene miscelata con l'acqua proveniente direttamente dal pozzo. In tal modo l'acqua distribuita contiene una concentrazione di nitrati inferiore ai limiti di legge.

E' attualmente il metodo più utilizzato perchè ha subito nel tempo un'evoluzione verso una tecnologia migliore con conseguente riduzione dei costi di gestione.

Il Consorzio Acqua Potabile che gestisce la maggioranza degli acquedotti della Provincia di Milano, con una popolazione servita di 226.000 unità, ha in funzione 21 impianti di potabilizzazione in grado di abbattere le concentrazioni dei nitrati. Tutti gli impianti esistenti sono ad osmosi inversa ed è stata scelta questa tecnologia per la brevità dei tempi di esecuzione e per il risparmio di acquisto iniziale con un costo effettivo di esercizio annuale pari a £.343/mc.



Esempio di impianto di trattamento per i nitrati (da XI corso residenziale sull'acqua - CISPEL).

5.2. Metodi biologici :

5.2.1. autotrofo

Questo metodo si può effettuare con diverse modalità:

- **fotochimico** con materiale organico come substrato (acido acetico, alcool etilico) in eccesso e $\text{pH}=8$ per l'acqua; metodo semplice che, assieme alla denitrificazione, opera la sterilizzazione dell'acqua;
- **letto di zolfo-calce** utilizzato soprattutto per la ricarica di acque di falda, dove si crea un ambiente riducente in cui i batteri riducono i nitrati;

- utilizzo di idrogeno come substrato: con l'eliminazione selettiva dei nitrati e formazione di azoto molecolare ed ammoniaca. Non vi sono prodotti nocivi durante il trattamento e la produzione di fango è molto bassa. Esempi di questo processo sono in Germania. Unico rischio è la presenza di idrogeno molecolare, che ha facilità di esplosione, per cui vi sono particolari modalità di utilizzo.

I metodi sopra descritti non hanno avuto negli anni una grande diffusione per vari motivi, tra cui la difficoltà di esercizio, i costi elevati, etc.

5.2.2. eterotrofo

Attualmente è il metodo biologico più in auge per i bassi rischi che comporta e per la notevole esperienza acquisita in questo campo attraverso la depurazione degli scarichi civili ed industriali. Si tratta di colonie di batteri adese a dischi rotanti con fonti di carbonio organico come energia ed utilizzo dei nitrati al posto dell'ossigeno disciolto. E', però, un metodo complesso per il coinvolgimento di materia - vivente e più spesso soggetto a malfunzionamento, necessitando quindi di un controllo regolare e frequente.

In conclusione se da un lato sembrerebbe sussistere un buon rendimento con i processi biologici che sono risultati i più affidabili ed economicamente fattibili, allo stato attuale sono tuttavia preferiti i processi chimici mediante l'osmosi inversa soprattutto per la facilità di esercizio.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio della provincia di Milano comprende l'alta e la media Pianura Padana estendendosi sino a parte della bassa, ed è caratterizzata da terreni alluvionali e fluvioglaciali quaternari, localmente incisi dall'azione dei corsi d'acqua superficiali.

Per meglio definire i lineamenti geologici dell'area, si ritiene opportuno descrivere in modo sintetico la dinamica geologica della Pianura Padana, relativamente al settore di interesse.

L'evoluzione geologica della pianura è geneticamente legata all'orogenesi alpina e successivamente appenninica, costituendo l'avanfossa di ambedue i sistemi e presentando pendenze minori sul versante alpino (monoclinale pedealpina), rispetto a quello appenninico.

A partire dal Pliocene la deposizione sedimentaria ha progressivamente colmato questa depressione, dapprima in condizioni di sedimentazione in ambiente marino e successivamente continentale, raggiungendo anche notevoli spessori (oltre i 6000 m. lungo l'asta del fiume Po).

I sedimenti pliocenici, i più antichi della fase di colmamento, costituiscono i litotipi in affioramento discontinuo ai piedi delle Alpi meridionali, mentre nella Pianura Padana affiorano unicamente in corrispondenza di alcune strutture anticlinaliche che interrompono localmente l'uniformità della monoclinale pedealpina.

I depositi pliocenico-quadernari che costituiscono il sottosuolo del territorio della provincia di Milano, vengono suddivisi in letteratura nelle seguenti unità, dalle più antiche alle più recenti:

Villafranchiano (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

Depositi costituiti in prevalenza da sedimenti a granulometria fine, limi, limi sabbiosi ed argillosi con livelli sabbiosi e rare ghiaie. I limi presentano una caratteristica colorazione grigio-azzurra con intercalazioni torbose nerastre. L'ambiente deposizionale varia dal marino-transizionale al continentale, gli spessori aumentano verso sud sino a superare i 100 m.

Quaternario marino (Pleistocene inferiore)

E' costituito da depositi siltoso argillosi nella parte basale, che si arricchiscono di intercalazioni sabbiose sino a divenire, verso l'alto, prevalentemente sabbiosi; la presenza di livelli torbosi indicherebbe l'alternarsi di periodiche trasgressioni e regressioni marine, proseguite nei settori orientali della Pianura Padana sino al Pleistocene superiore.

Quaternario continentale (Pleistocene inf.-Pleistocene sup.)

Caratterizzato in prevalenza da depositi di origine glaciale e fluvioglaciale (relativi alle fasi Mindel e Riss), eolica e deltizio-fluviale, con eventi marini limitati al settore orientale della pianura. Nella fascia dell'alta pianura lombarda, nelle zone profondamente incise dalla rete idrografica, affiora la caratteristica Unità del Ceppo, costituita da arenarie e conglomerati generalmente molto cementati, con spessori variabili, sino a ridursi verso sud a isolati banchi o lenti.

Fluvioglaciale Würm (Pleistocene sup.)

Costituisce il Livello Fondamentale della Pianura, si estende soprattutto dalla media alla bassa pianura ed è caratterizzato da alluvioni sabbioso-

ghiaiose a matrice limosa, talvolta alterate superficialmente e con granulometria in diminuzione da nord verso sud.

Alluvioni antiche (Olocene inf.)

Costituiscono i terrazzi fluviali topograficamente sottostanti le precedenti unità, sono caratterizzate da sedimenti da ghiaioso-sabbiosi a ghiaioso-ciottolosi, intercalate a livelli sabbioso-limosi con alterazione superficiale ridotta o mancante.

Alluvioni recenti (Olocene)

Sono i depositi affioranti con continuità sulle sponde dei corsi d'acqua principali e costituiscono le alluvioni ghiaioso-sabbioso-limose degli attuali alvei attivi.

I lineamenti morfologici del territorio della provincia di Milano sono caratterizzati nell'alta pianura dalle ondulazioni dovute alle propaggini delle cerchie moreniche frontali.

Verso Sud le morene degradano verso la fascia dei terrazzi ferrettizzati, che si alternano a quote altimetriche ben distinte, con orientamento Nord-Sud.

La media e la bassa pianura sono caratterizzate dai depositi alluvionali pianeggianti del "livello fondamentale della pianura", che risultano localmente incisi dai corsi d'acqua principali.

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Viene di seguito descritta la classica suddivisione in litozone appartenenti alle unità geologiche del Quaternario, corrispondenti alle diverse fasi di colmamento del bacino padano, con passaggio da ambienti di tipo marino a continentale.

Litozona ghiaioso-sabbiosa

Corrisponde al cosiddetto "acquifero tradizionale" con base a circa -90/100m. dal p.c.

Sono presenti prevalentemente ghiaie e sabbie con intercalazioni di conglomerati ed argille riferibili alle unità continentali fluviali e fluvioglaciali. E' suddivisa in una parte superiore costituita da depositi fluvioglaciali würmiani ed alluvionali, ed una più profonda con fluvioglaciali più antichi.

Litozona sabbioso-argillosa

E' costituita da sabbie, sabbie argillose ed argille con livelli torbosi, depositi fluvio-palustri o marino costieri del Villafranchiano ascrivibili ad un ambiente di transizione. La base di questa litozona non è determinabile con precisione.

Litozona argillosa

Composta da depositi di ambiente marino attribuibili al Pleistocene inferiore, talvolta fossiliferi, prevalentemente argillosi e limosi e subordinati livelli di sabbie.

In base a considerazioni idrogeologiche ed idrochimiche, nel sottosuolo del territorio della provincia di Milano si evidenziano quindi tre diversi acquiferi:

1° acquifero, sede della falda libera contenuta nei depositi del fluvioglaciale Würm e delle alluvioni, la cui base è costituita da alcuni metri di argilla o limo presenti a circa -55m dal p.c. variabili.

La conducibilità idraulica è compresa tra 10^{-3} e 10^{-4} m/sec.

2° acquifero, sede di falde semiconfinate, contenute nei depositi del fluvioglaciali Riss e Mindel e del Ceppo, base a circa -90/100 m. dal p.c., conducibilità idraulica pari a 10^{-4} - 10^{-5} m/sec.

3° acquifero, sede di falde confinate denominate "profonde" contenute nei depositi marini a granulometria fine del Villafranchiano, base oltre i 250 m. dal p.c., conducibilità idraulica nell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/sec.

8. VALUTAZIONE DEI DATI

8.1 Modalità di elaborazione

Le analisi chimico- fisiche inserite nel Sistema Informativo Falda dal 1989 riguardano principalmente i pozzi pubblici, che in base al D.P.R. 236/88, vengono esaminati due volte l'anno per disporre di un controllo regolare sullo stato di contaminazione delle acque destinate alla successiva immissione in rete che tuttavia prevede controlli molto più stretti .

Di conseguenza nel presente lavoro sono stati presi in considerazione solo i dati relativi ai pozzi pubblici esistenti sul territorio provinciale, riguardanti prelievi effettuati da parte delle Ussl per controllo dei pozzi inseriti nelle reti acquedottistiche comunali. Ciò è risultato particolarmente complesso a causa di una serie di problemi che si sono andati configurando nelle modalità di effettuazione delle analisi.

Le Aziende Ussl, delegate principalmente al controllo delle acque potabili, hanno ultimamente privilegiato particolarmente le analisi delle acque di rete rispetto alle analisi delle acque di falda, soprattutto in relazione alla necessità di più puntuali controlli di carattere sanitario dell'acqua immessa nella rete acquedottistica. Ciò ha creato talora delle lacune nella conoscenza dello stato di contaminazione delle acque di falda, vere e proprie non permettendo spesso una valutazione completa della situazione esistente.

A ciò si aggiunge il fatto estremamente importante per cui i pozzi pubblici che per motivi diversi sia tecnici sia di contaminazione, vengono esclusi

dalla rete acquedottistica, non vengono più analizzati del tutto o solo saltuariamente.

La situazione più problematica si presenta nella città di Milano, dove la maggioranza dei prelievi dal 1993 in avanti vengono effettuati nei bacini delle centrali di pompaggio, quindi dopo la miscelazione delle acque provenienti dai diversi pozzi della centrale stessa. Non è pertanto possibile disporre di una valutazione di qualità puntuale relativa alle diverse falde captate dai singoli pozzi.

Il periodo considerato nel presente studio è quello che comprende gli anni compresi tra il 1990 e il 1995. I pozzi pubblici attivi considerati sono circa 1350 che almeno una volta l'anno vengono esaminati dal punto di vista delle componenti chimico-fisiche.

I dati raccolti negli anni considerati hanno subito una iniziale verifica e validazione e quindi si è proceduto ad una elaborazione degli stessi evidenziandone l'andamento per singolo pozzo mediante l'impiego di grafici e tabelle.

Stante la mole di materiale disponibile le analisi sono state tuttavia elaborate graficamente solo su pozzi risultati realmente significativi e riferiti unicamente all'acquifero tradizionale in quanto la contaminazione da nitrati non ha ancora fortunatamente raggiunto gli acquiferi più profondi.

Oltre all'elaborazione sopra esposta e per disporre di una visione areale della distribuzione dei nitrati nelle acque sotterranee sono state approntate inoltre specifiche carte tematiche.

Tali carte, divise per ogni anno analizzato, sono state approntate seguendo dei criteri diversi: in due carte sono state considerate le caratteristiche dei soli pozzi che disponevano di ubicazione validata e di analisi continue per tutto il periodo di tempo considerato. Con tali limitazioni su tutto il territorio provinciale è stato possibile considerare complessivamente solo circa 400 pozzi che comunque risultano sufficientemente rappresentativi della situazione esistente. (Vedi allegati 1 e 2). In un'altra serie di carte sono state realizzate delle interpolazioni raffiguranti le distribuzioni areali del contaminante sulla base di tutti i dati disponibili, evidenziando le curve di isoconcentrazione dello stesso.

Nel presente studio non viene esaminato il territorio della nuova Provincia di Lodi soprattutto perché la contaminazione da nitrati è irrilevante, rilevandosi quantitativi massimi al di sotto dei 20 mg/l (CMA 50 mg/l per il DPR 236/88).

8.2. Andamento della concentrazione dei nitrati

Di seguito vengono esaminate in dettaglio le diverse situazioni riportate nei singoli grafici e rilevate nel territorio provinciale, cercando di evidenziare le posizioni con maggiori problemi di contaminazione.

In seguito allo studio effettuato si può dividere il territorio provinciale come di seguito elencato:

◇ ***AREA SUD***

◇ ***AREA NORD, NORD-EST***

◇ ***AREA NORD-OVEST***

◇ ***MILANO***

8.2.1 AREA SUD

Questa zona, che comprende i territori delle USSL 26, 35, 39, e una parte delle USSL 27 e 40 presenta in generale una contaminazione da nitrati analoga a quella citata per il lodigiano entro il limite dei 20 mg/l con alcune situazioni peculiari, come i comuni di Opera, Melegnano e San Giuliano Milanese, in cui la media della contaminazione dei pozzi pubblici negli anni considerati si colloca tra 20-30 mg/l, molto alta rispetto

alle zone limitrofe che sono orientativamente sotto i 10 mg/l. Inoltre nel territorio di S.Giuliano vi è un pozzo, che presenta una concentrazione di nitrati che si trova al limite superiore della concentrazione massima ammissibile (D.P.R. 236/88). I comuni sopracitati sono, rispetto alle altre realtà esistenti, i più intensamente antropizzati dell'area sud milanese.

Inoltre si notano parecchie variazioni stagionali di concentrazione tra pozzi dello stesso comune o in uno stesso pozzo come nei comuni di Basiglio, Casarile, Locate Triulzi, ecc. in cui si evidenziano dei picchi di concentrazioni superiori anche di 10-15 mg/l rispetto al valore precedente, che successivamente rientrano nella media nelle analisi.

Vi sono infine delle situazioni particolari, come ad esempio nell'unico pozzo di Colturano, in cui si ha un continuo aumento di concentrazione fino al 60-70% nel periodo di tempo considerato, realtà fortunatamente poco diffuse nell'area in questione.

In generale invece si ha una tendenza alla stabilità di concentrazione in quasi tutti i comuni della zona e persino alla diminuzione come nel comune di Motta Visconti.

L'area in questione è essenzialmente agricola, con una concentrazione di industrie limitata ad alcune aree ristrette e poco antropizzata.

Riassumendo si può affermare che l'area sud è una zona a bassa compromissione di nitrati, non presentando al momento grossi fattori di rischio, pur rilevando tuttavia singole situazioni che mostrano una tendenza all'aumento.

8.2.2 AREA NORD, NORD-EST

La zona afferente alle USSL 28, 29, 30, 31 e 32 è sicuramente l'area più compromessa dal punto di vista della contaminazione da nitrati. A parte qualche sporadico caso come Trezzo d'Adda, con una concentrazione media al di sotto dei 20 mg/l, in generale lo stato di compromissione è molto elevato.

In molti comuni, specialmente nella USSL 28, come Agrate Brianza e limitrofi, Ronco Briantino e Vaprio d'Adda, la maggioranza, se non la

totalità dei pozzi supera largamente la C.M.A.. Oltre ciò i pozzi che sono al limite della concentrazione ammessa per legge manifestano una preoccupante tendenza all'aumento.

Nell'area sono pertanto molti i pozzi chiusi e molti dotati di impianti di trattamento delle acque. Il Consorzio Acqua Potabile che gestisce parecchi acquedotti nella zona ha predisposto numerosi impianti di trattamento ad osmosi inversa che, per quanto abbastanza costosi sia come costi iniziali che come gestione, sembra diano risultati abbastanza soddisfacenti.

La situazione di maggiore compromissione è localizzata a nord est in una zona altamente antropizzata in cui si nota una decisa tendenza all'aumento della concentrazione.

Lo stato di compromissione è talmente elevato che la media di concentrazione dei nitrati si attesta su valori intorno ai 40 mg/l, con notevoli e costosi problemi di gestione e di trattamento delle acque compromesse.

Procedendo verso ovest la situazione si presenta meno drammatica anche se lo stato di contaminazione ancora in alcuni comuni supera la C.M.A. (Bovisio Masciago, Muggiò, Seregno, ecc.).

Come si nota dalle carte allegare la media dei pozzi oscilla tra 30 e 40 mg/l con punte tra 40 e 50 mg/l a Paderno Dugnano, Sesto San Giovanni, Bresso, Desio, Lissone, Ceriano Laghetto, Lazzate, ecc. (Allegati 3 - 8)

Inoltre se si confrontano i percorsi dei fiumi pesantemente inquinati esistenti nella Provincia di Milano come Lambro, Olona, Seveso, ecc. si rilevano interessanti analogie con la diffusione dei nitrati nei pozzi dei comuni interessati (cfr. allegati 3 - 8)

Questa analogia era stata evidenziata in un lavoro precedente (Francani, Denti, Sala et alii, 1996), in quanto alcuni corsi d'acqua disperdono nel terreno sottostante la carica inquinante che trasportano.

In generale, quindi, in quest' area la situazione è ad alto livello di rischio con estrema difficoltà di approvvigionamento idrico in molti comuni.

8.2.3 AREA NORD - OVEST

Comprende essenzialmente il territorio delle USSL 33 e 34 con la parte nord della USSL 35. In quest'area la situazione si presenta nettamente migliore rispetto alla zona in precedenza esaminata, pur essendo lo stesso rilevabile un notevole livello di contaminazione. La presenza dei nitrati al di sopra del limite di legge non è così diffusa come nell'area nord-est, ma comunque si riscontrano lo stesso delle zone a rischio come il comune di Parabiago, in cui esistono pozzi, ora esclusi i dalla rete di distribuzione, con concentrazioni anche superiori a 100 mg/l. (cfr. grafico)

Si rileva anche che la zona maggiormente contaminata è localizzata nella parte più a nord dell'area mentre verso ovest, fino all'altezza del comune di Magenta, la quantità di nitrati si attesta su valori medi meno elevati.

Esaminando poi i grafici elaborati per pozzo, si nota che gli aumenti della concentrazione sono abbastanza contenuti, pur presentando una tendenza costante all'aumento. Si rilevano però alcune situazioni peculiari, come a Nerviano in cui si registra anche il 73% di aumento di contaminazione, oppure a Cerro Maggiore dove tale percentuale raggiunge il 60%, nell'intervallo considerato.

Si nota al contrario anche una tendenza alla diminuzione della concentrazione dei nitrati in alcuni pozzi della zona di Busto Garolfo, Arluno, Vanzago e Pregnana Milanese.

8.2.4 MILANO

La città di Milano rappresenta ovviamente un'area particolare rispetto al resto del territorio provinciale, in quanto è la più intensamente antropizzata con una popolazione, peraltro, attualmente in diminuzione, attestata su circa 1.300.000 abitanti.

Storicamente, come noto, l'area milanese è sempre stata caratterizzata da un'intensa industrializzazione con presenza di grandi insediamenti

produttivi come acciaierie e industrie chimiche che richiedevano notevoli approvvigionamenti idrici.

La necessità di ingenti quantitativi d'acqua in passato (anni 60-80) ha portato alla formazione di un profondo cono di depressione della falda nella città con conseguente richiamo di molti inquinanti provenienti dalle aree situate a nord del territorio di Milano.

Per quanto riguarda l'acqua potabile, questa viene distribuita dall'Acquedotto del Comune di Milano, attraverso 31 centrali di pompaggio, che sono ubicate prevalentemente nel territorio comunale ed in ciascuna centrale vengono convogliate le acque di numerosi pozzi in genere 20 per centrale. I pozzi esistenti sul territorio comunale sono circa 600 di cui attualmente 349 collegati alla rete acquedottistica.

La situazione di Milano è di difficile lettura in quanto, mentre si dispone di una notevole quantità di dati rilevati nei bacini delle centrali e quindi acque miscelate, non si hanno a disposizione quelli riguardanti le acque specifiche di ogni pozzo.

Con i limiti del caso, è pertanto possibile effettuare solo una valutazione di larga massima dello stato di compromissione della falda considerando la situazione dell'acqua dei bacini confrontata con quella dei pochi pozzi esaminati negli anni considerati.

Analizzando infatti le acque delle centrali e ricordando ancora che si tratta di acque miscelate provenienti anche da pozzi profondi, ovviamente non contaminati, si nota che su 31 centrali quattordici si trovano nella fascia compresa fra i 20-30 mg/l, con una percentuale pari al 45% del totale, mentre solo due, Anfossi e Suzzani, si collocano nella fascia dei 40-50 mg/l. (cfr. tabella p. 38)

Il 25% del totale delle centrali si trova pertanto nella fascia dei 30-40 mg/l, mentre solo sette centrali si trovano al di sotto dei 20 mg/l pari al 22% del totale, ciò presumibilmente per l'apporto di ingenti quantitativi di acque profonde.

TABELLA DELLA MEDIA DELLA CONCENTRAZIONE DI NITRATI NELLE CENTRALI DI MILANO (ANNI 1990-1995).

CENTRALI	0-20 mg/l	20-30 mg/l	30-40 mg/l	40-50 mg/l	> 50 mg/l
ABBIATEGRASSO	♦				
ANFOSSI				♦	
ARMI		♦			
ASSIANO		♦			
BAGGIO		♦			
BICOCCA			♦		
CANTORE	♦				
CHIUSABELLA	♦				
CIMABUE		♦			
COMASINA			♦		
CORSICO	♦				
CREMA			♦		
CRESCENZAGO		♦			
ESPINASSE		♦			
ESTE		♦			
FELTRE		♦			
GORLA			♦		
ITALIA			♦		
LINATE	♦				
MARTINI			♦		
NAPOLI		♦			
NOVARA		♦			
OVIDIO	♦				
PADOVA			♦		
PARCO			♦		
SALEMI		♦			
SAN SIRO		♦			
SUZZANI			♦		

TONEZZA		♦			
VERCELLI	♦				
VIALBA		♦			

L'acqua distribuita a Milano presenta quindi uno stato di compromissione medio-alto con un costante aumento generalizzato, pur se contenuto. Sono anche presenti alcuni pozzi che mostrano punte di aumento persino del 45% come avviene nelle centrali Baggio, Comasina, Chiusabella e Parco.

Interessante è notare che tale aumento avviene anche nelle centrali più esterne come Baggio e Chiusabella che dispongono di molti pozzi profondi.

Infine si sottolinea che il valore minimo rilevato si attesta su valori piuttosto elevati, evidenziando una tendenza all'aumento della media della concentrazione di nitrati nelle acque dell'acquifero tradizionale.

Questa tendenza all'aumento della concentrazione di nitrati registrata nell'ambito dei bacini di raccolta delle acque nelle centrali di pompaggio necessita di una verifica puntuale sulle acque dei singoli pozzi e ciò sarà possibile con un programma " ad hoc " di prelievi su pozzi in spurgo e/o non inseriti nella rete acquedottistica. Tale programma sarà attuato nel 1997 anche per altri inquinanti, per cui sarà possibile valutare la tendenza registrata e quantificare esattamente la reale portata del fenomeno di compromissione della falda.

8.3. STRUMENTI TECNICI PER LA CONOSCENZA ED IL CONTROLLO DELLA CONTAMINAZIONE DA NITRATI.

Nell'affrontare i problemi connessi ai fenomeni di contaminazione da nitrati su scala territoriale è utile ribadire alcuni elementi, peraltro già affrontati nel resto del presente lavoro, sulla base dei quali incardinare le successive fasi di ricerca.

In primo luogo possiamo dividere fonti di tipo diffuso e di tipo concentrato; tra le prime sono riconoscibili le pratiche agricole attraverso lo spandimento di liquami e di fertilizzanti, tra le altre la dispersione localizzata di reflui urbani attraverso infrastrutture inadeguate o vetuste. Queste ultime hanno un ruolo preponderante in aree intensamente urbanizzate come la provincia di Milano, dove oltre alla presenza di vecchie fosse biologiche e condotte fognarie perdenti vi sono veri e propri corsi d'acqua superficiali altamente inquinati che rappresentano fonti di contaminazione "lineari".

Altri fattori condizionanti la presenza e la concentrazione in falda dei nitrati riguardano le caratteristiche del mezzo non saturo e della falda, in particolare :

- ⇒ i fattori che influenzano l'infiltrazione dei nitrati come la soggiacenza della falda e la permeabilità verticale del non-saturo;
- ⇒ i fattori che determinano la diluizione dei contaminanti come lo spessore della falda, la permeabilità ed il gradiente della stessa, la ricarica idrica superficiale (percolazione delle acque piovane e corsi d'acqua).

Questi elementi, insieme alle condizioni di flusso e trasporto in falda, determinano i meccanismi e la dinamica dei fenomeni di contaminazione, la conoscenza dei quali è necessaria per la progettazione di interventi efficaci.

Esiste inoltre un problema imprescindibile legato al corretto monitoraggio dei fenomeni stessi, come già evidenziato in questo lavoro, per il quale è necessaria una rete di controllo idrochimico e piezometrico omogenea dal punto di vista areale e dal punto di vista delle falde captate e continua

rispetto ai tempi di misura ed ai punti della rete ; spesso infatti vengono esclusi i pozzi nei quali si sono superati i limiti di concentrazione consentiti (CMA DPR. 236/88).

Una volta raggiunto un grado di conoscenza adeguato alla scala su cui si vuole operare è possibile utilizzare alcuni strumenti analitici in grado di fornire utili informazioni sulle origini e dimensioni delle contaminazioni nonché di produrre validi sistemi di supporto alle decisioni in materia di corretta gestione dei sistemi di smaltimento dei reflui urbani.

In particolare per quanto riguarda il corretto dimensionamento dei fenomeni, numerosi studi tra i quali quelli eseguiti da Francani e Alberti (Politecnico di Milano, 1996), hanno dimostrato l'utilità del concetto di carico inquinante anche nella rappresentazione grafica dei fenomeni; tale approccio in estrema sintesi tiene conto delle reali "quantità di contaminante che attraversano in un tempo unitario una sezione unitaria dell'acquifero".

Questo metodo di analisi rende più univoca l'interpretazione dei dati puntuali ricavati dai singoli pozzi, restituendo un valore espresso come mg/s di nitrati (flusso unitario) in grado di dare reali indicazioni sulla presenza di incrementi localizzati dovuti ad immissioni in falda.

Queste elaborazioni potranno altresì essere sfruttate al meglio attraverso l'implementazione di un sistema informativo georeferenziato per la gestione dei dati; sono infatti cresciuti negli ultimi anni le possibilità di applicazione di sistemi computerizzati basati su software tipo GIS come ArcInfo, Mapinfo ecc.

Il loro uso permette di gestire contemporaneamente numerosi piani informativi, è, ad esempio, possibile correlare dati numerici e cartografici diversi, tra i quali :

- ⇒ posizione e tipologia dei pozzi pubblici e privati
- ⇒ rete idrografica superficiale
- ⇒ linee isopiezometriche e di uguale soggiacenza
- ⇒ distribuzione dei principali parametri idrogeologici (T, i)
- ⇒ uso del suolo in relazione al grado di impermeabilizzazione superficiale

⇒ rete fognaria principale ed azionamento delle aree servite da pubblica fognatura.

Attraverso l'analisi integrata dei dati e l'elaborazione di carte tematiche si possono evidenziare tutti gli aspetti utili alla comprensione dei fenomeni ed alla pianificazione degli interventi ; superando in tal modo il concetto classico di vulnerabilità degli acquiferi per affrontare il problema in termini di rischio per la disponibilità idrica ad uso potabile.

Di notevole interesse risultano elaborazioni riguardanti :

⇒ la distribuzione del contaminante, sia in termini di concentrazioni che di carico inquinante

⇒ l'individuazione di aree di maggior criticità per la risorsa secondo i seguenti criteri :

- condizioni geologiche ed idrogeologiche (vulnerabilità intrinseca)
- uso della risorsa idrica per scopi potabili (disponibilità e consumi)
- stato di fatto degli impianti di collettamento e depurazione dei reflui urbani (efficienza, stato di deterioramento, aree non servite)

I risultati ottenibili al termine di tali analisi riguardano :

⇒ la predisposizione di reti di monitoraggio sempre più efficienti,

⇒ la determinazione degli interventi operativi da eseguire sul territorio secondo criteri di priorità,

⇒ la predisposizione di strumenti pianificatori efficaci per la tutela delle risorse idriche sotterranee.

E' importante ribadire che gli strumenti fin qui brevemente descritti sono sperimentati ed affinati in sede nazionale ed internazionale da parte di istituti scientifici universitari; è purtroppo ancora lontana una loro diffusa applicazione in Italia da parte di enti di controllo e di pianificazione . La Provincia di Milano che da alcuni anni gestisce in modo informatizzato i dati idrochimici e piezometrici sulla falda (attraverso il Sistema

Informativo Falda) stà muovendo i primi significativi passi per quanto riguarda l'uso di sistemi georeferenziati (GIS) dedicati alla gestione delle acque sotterranee; lo sviluppo di queste tecniche è condizionato dalla possibilità di acquisire sempre più informazioni sul territorio in maniera compatibile con i sistemi in uso, oltre che dalle disponibilità umane ed economiche messe a disposizione dagli altri enti che a livello locale si occupano di questi problemi.

8.4. VALUTAZIONI AREALI SUI NITRATI

Questo studio ha cercato di evidenziare lo stato di compromissione da nitrati dell'acquifero tradizionale usato storicamente a scopo potabile.

Si è creduto opportuno approfondire la conoscenza della contaminazione da parte di tali composti, poiché rivelano una preoccupante tendenza all'aumento di concentrazione in tutti i paesi industrializzati.

Sulla scorta dei dati analizzati si vuole ora esaminare il problema nitrati nella sua interezza, pur in presenza delle limitazioni già accennate (mancanza analisi pozzi chiusi o in spurgo, analisi acque di centrale per Milano, etc.).

Le carte tematiche elaborate nel presente studio, sono state approntate per ogni singolo anno di indagine per evidenziarne maggiormente le eventuali variazioni di concentrazione rilevabili lungo l'arco di tempo considerato. (cfr. allegati 3-8)

Esaminandole si notano alcune indicazioni particolari:

in tutto il periodo considerato permane una situazione di elevatissima contaminazione nell'area nord-est del territorio provinciale addirittura con un deciso peggioramento. Il periodo più critico sembra essere l'anno

1994, ma ciò potrebbe anche dipendere dalla disomogeneità nell'effettuazione delle analisi sul territorio.

Si nota infine una maggiore estensione verso sud della isolina dei 50 mg/l e una netta riduzione dell'area interessata dalla minore contaminazione (0-20 mg/l).

La stessa problematica si evidenzia a nord di Milano all'altezza di Bovisio Masciago e comuni limitrofi e a nord ovest nella zona di Parabiago.

Si rileva anche nel corso del tempo una riduzione della superficie interessata da basse concentrazioni di nitrati a favore di aumenti considerevoli nell'ambito dei 30 mg/l.

La peculiarità maggiore si nota nell'area della città di Milano in cui una vasta superficie nella parte est è interessata da una contaminazione da nitrati che negli anni aumenta fino ad arrivare a concentrazioni sui 40 mg/l. Tale pennacchio di nitrati arriva fino a sud Milano lambendo i comuni di S. Donato, Melegnano e San Giuliano. In quest'ultimo infatti sono ubicati due pozzi che presentano un'elevata concentrazione di nitrati rispetto agli altri pozzi adiacenti.

9. CONCLUSIONI

Da quanto esposto in precedenza si può affermare pertanto che la situazione di contaminazione da nitrati nel territorio provinciale milanese è in deciso peggioramento soprattutto nelle aree più intensamente antropizzate e che presentano una vulnerabilità dell'acquifero elevata.

L'analisi della situazione di contaminazione della falda milanese mostra una preoccupante tendenza all'aumento soprattutto nelle basse concentrazioni di nitrati. Per cui si sta raggiungendo una distribuzione areale della concentrazione dello ione nitrato che si attesta mediamente su valori dell'ordine del 30 mg/l, raggiungendo in alcune zone anche i 50 mg/l.

Le considerazioni fin qui effettuate sono soggette però alle limitazioni più volte sottolineate ma che qui si ritiene opportuno ricordare:

- i pozzi pubblici esaminati per anno sono diversi. Solo 400 su 1390 sono stati regolarmente analizzati nel periodo 1990-1995 e di conseguenza i dati utilizzati per le carte tematiche che si riferiscono a questi sono approssimati per difetto;
- i dati considerati in questo studio fanno riferimento alle analisi effettuate dalle Ussl per controllo sui pozzi pubblici e di conseguenza quando i pozzi sono stati esclusi dalla rete per inquinamento non sono stati più analizzati. Da ciò ne consegue ovviamente che la situazione reale di contaminazione della falda potrebbe essere anche molto più grave di quanto si rilevi dalle analisi riportate.

Tutto ciò premesso si evidenzia da questo studio che le conoscenze attuali sulla situazione di contaminazione della falda non sono adeguate alla realtà appunto per le ragioni sovraesposte.

La situazione di contaminazione delineatasi in Provincia di Milano, focalizza pertanto la preoccupazione in aree ben localizzate su cui sarà necessario intervenire in tempi molto stretti, per non arrivare ad una situazione di emergenza idrica, che in alcuni comuni si sta ormai profilando all'orizzonte.

D'altro canto esistono ancora estese zone della provincia milanese che hanno concentrazioni di nitrati ben al di sotto della soglia di allarme, ma che cominciano già a mostrare i primi segni di peggioramento, con aumenti del trend anche del 60-70 % in alcuni pozzi della zona sud. Da ciò ci si rende conto della necessità di adottare delle metodologie di intervento che si sviluppino in contemporanea in due direzioni:

- interventi destinati a rispondere a richieste di approvvigionamento idrico nei termini della normativa sanitaria con trattamenti a posteriori delle acque contaminate da nitrati. Come precedentemente esposto sono interventi palliativi e sicuramente non risolutivi e costosi, ma rimangono una delle poche soluzioni possibili.
- interventi di più largo respiro atti a risanare le aree meno contaminate.

Comunque gli interventi dovranno essenzialmente essere indirizzati come segue:

- - migliorare la difesa dei punti di captazione;
- - creare dei sistemi integrati sovracomunali di distribuzione dell'acqua ;
- - ricercare nuovi punti di captazione;
- - risanare i sistemi fognari esistenti;
- - ridurre l'utilizzazione dei nitrati in agricoltura;
- - suddividere le reti di distribuzione (alto/basso grado di potabilità).

Ultimo fattore da considerare perché manifestatosi recentemente, ma non per questo meno importante è l'inversione di tendenza che si è evidenziata dall'inizio degli anni 90 che, causa la intensa deindustrializzazione dell'hinterland milanese, ha portato ad un innalzamento della falda in tutta l'area milanese con conseguenze notevoli sia sulle strutture sotterranee esistenti sia e soprattutto sull'eventuale aumento di

concentrazione degli inquinanti presenti nello strato superficiale del terreno nelle acque di falda in seguito alla diluizione. A seguito di ciò purtroppo ci si dovrà aspettare un conseguente ulteriore aumento delle concentrazioni anche di nitrati nelle acque utilizzate a scopo potabile.

In base a tutto quanto è stato esposto nel presente studio ci si rende conto che la prevenzione è l'unica via per risolvere la grave situazione di contaminazione da nitrato presente nel milanese e che gli interventi di depurazione e di tamponamento che attualmente sono i più diffusi devono essere considerati solo una momentanea soluzione al problema, la cui risoluzione finale passa solo attraverso una corretta prevenzione.

Bibliografia

BARNABA P.F. (1996): "*Motivi di riflessione sulla situazione idrogeologica del Sud-Est milanese*", Università degli Studi di Milano - Dipartimento delle Scienze della Terra, Milano.

BERETTA G.P., CAVALLIN A., FRANCANI V., MAZZARELLA S., PAGOTTO A. (1985): "*Primo bilancio idrogeologico della Pianura Milanese*", Acque Sotterranee, n. 2, 3, 4, Milano.

CAVALLIN A., FRANCANI V., MAZZARELLA S. (1983): "*Studio idrogeologico della pianura compresa fra Adda e Ticino*", Costruzioni, n. 326-327, Milano.

CHIELLINO G. (1995): "*Nitrati nelle acque*", Quaderno n.12, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano

C.N.R.-I.R.S.A. (1981): "*Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana*", Quad. I.R.S.A., n. 51 (2), Roma.

CONSORZIO ACQUA POTABILE (1996): "*Esperienze applicative di trattamento dei nitrati*", XI corso residenziale sull'acqua, CISPEL Lombardia.

CORRADI, SILVERIO (1987): "*Il contenuto in ione nitrato nelle acque destinate al consumo umano nella Provincia di Milano*", Acqua e Aria, settembre.

FRANCANI V., POZZI R. (1981): "*Condizioni di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese*", La Rivista della Strada, L 303, Milano.

FRANCANI V., DENTI E., SALA P., ALBERTO L. (1996): "*Proposte per la protezione della qualità delle risorse idriche in Lombardia*", Atti Convegno Geofluid 3.10.96, Piacenza.

GIULIANI, BERBENNI (1988): "*Progetto sperimentale per la rimozione dei nitrati dalle acque potabili*" Ambiente, Risorse e Salute, novembre 1988, Milano.

HALLER L. et alii (1996): "*Nitrate Pollution in Groudwater*" USA

JENNINGS G., SNEED R. (1996): *"Nitrate in Drinking Water"* North Carolina Cooperative Extension Service USA.

MARCHETTI R (1987): *"L'eutrofizzazione"*, Angeli Ed., Milano.

ODUM (1970): *"Principi di Ecologia"*, Piccin Ed.

PIVOT Lim.(1997): *"Soil Nitrogen Cycle"* Melbourne, Australia

PROVINCIA DI MILANO (1988): *"Nitrati in falda 1988"*, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992): *"Catasto pozzi pubblici 1991"*, Sistema Informativo Falda, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992): *"Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento regionale negli anni 1987-1991"*, Sistema Informativo Falda, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1992): *"Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei"*, Sistema Informativo Falda, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1995): *"Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano"*, Vol. I-Lineamenti idrogeologici, a cura dell'Assessorato all'Ambiente e del Politecnico di Milano D.S.T.M. - Geologia Applicata, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1996): *"Valutazioni sull'innalzamento della falda nella città di Milano nei primi anni '90"*, a cura dell'Assessorato all'Ambiente-Settore Ecologia, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1996): *"La distribuzione spaziale degli ossidi di azoto nel territorio milanese"* Studi monografici sulla qualità dell'aria, Milano

PROVINCIA DI MILANO (1989): *"Composti organo alogenati e nitrati"* Sistema Informativo Falda, Milano.

PROVINCIA DI MILANO (1996): *"Prime indicazioni su monitoraggio automatico di falda profonda"* Sistema Informativo Falda, Milano.

TAKLE E. (1997): *"Nitrogen and sulfur cycles, tropospheric ozone"* USA

TECNIQUES, SCIENCE, METHODES (1988)-"*Spécial Nitrates*" aprile 1988, Paris.

TECNIQUES, SCIENCE, METHODES (1995)-"*Le traitement des nitrates de l'eau potable. Bilan économique et perspectives*" ,dicembre 1995, Paris.

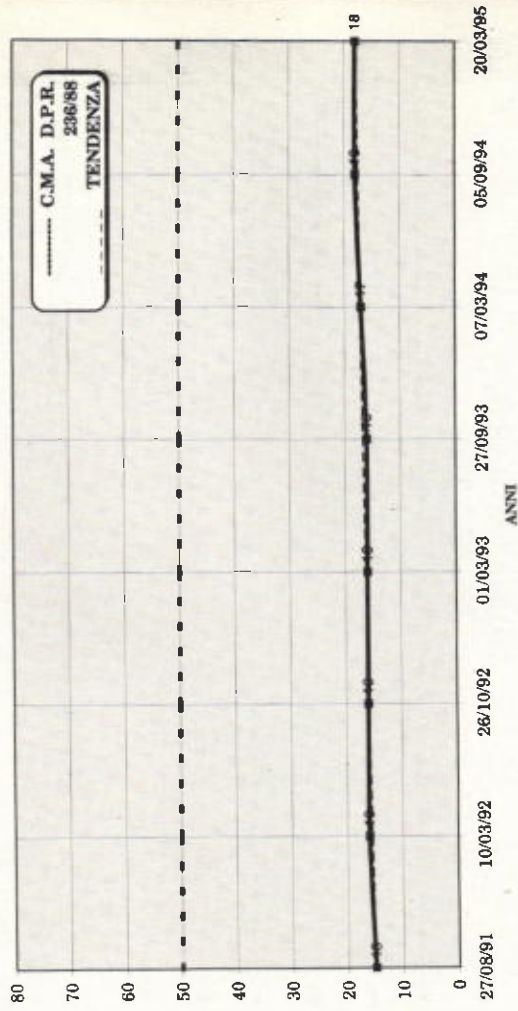
TYSON A. et alii (1996): "*Your Drinking Water: Nitrates*" USA

VITOUSEK P.M. et alii (1996): "*Human alteration of the global nitrogen cycle: causes and consequences*". Ecological Society of America, USA.

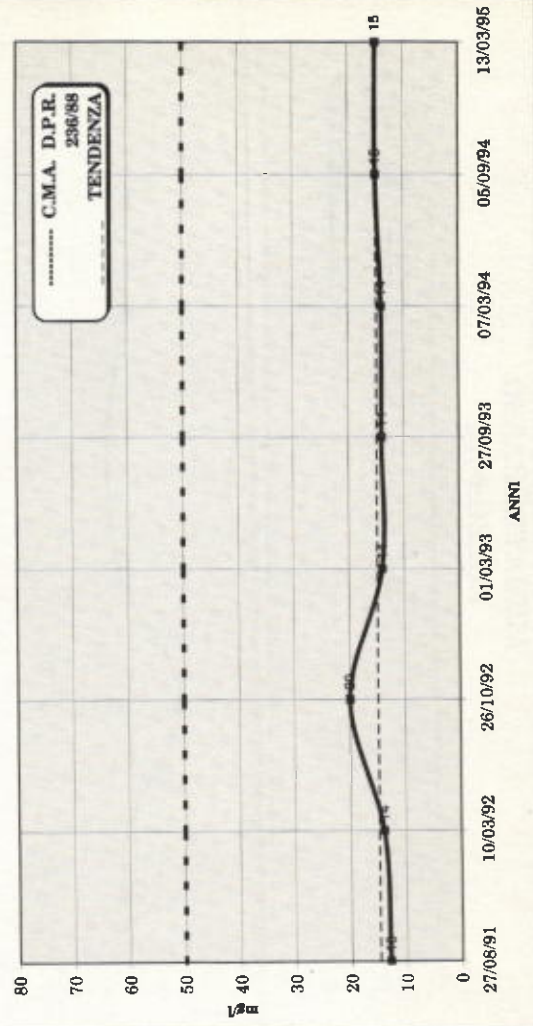
***GRAFICI DEI POZZI DIVISI
PER COMUNE IN ORDINE
ALFABETICO***

* Per un errore di composizione il comune di Ceriano Laghetto è inserito a pag. 132

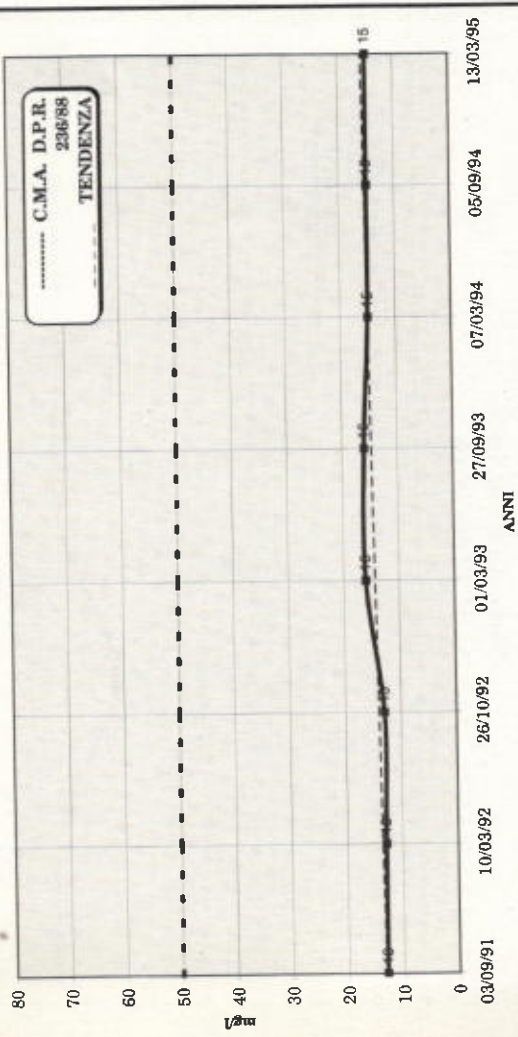
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0012**



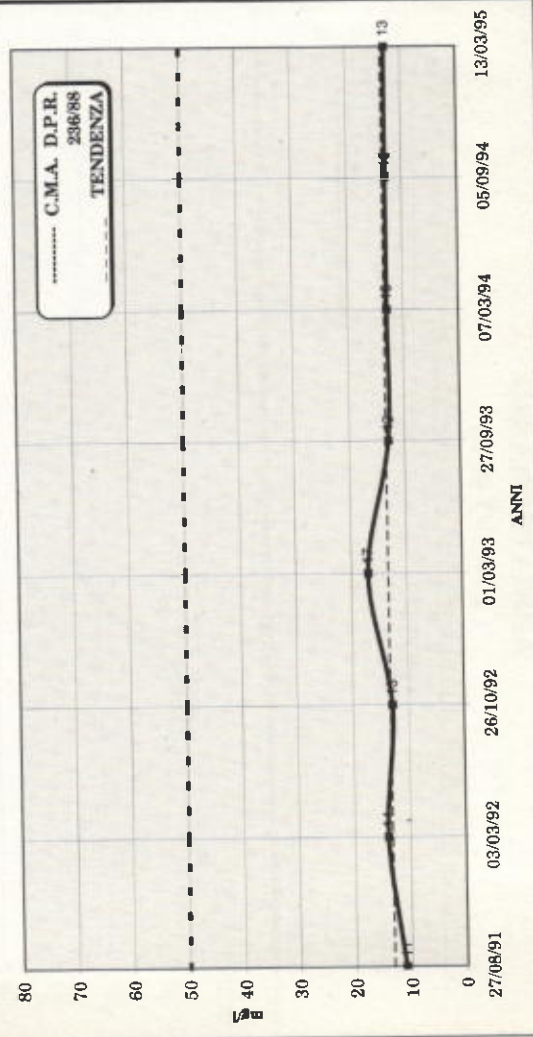
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0014**



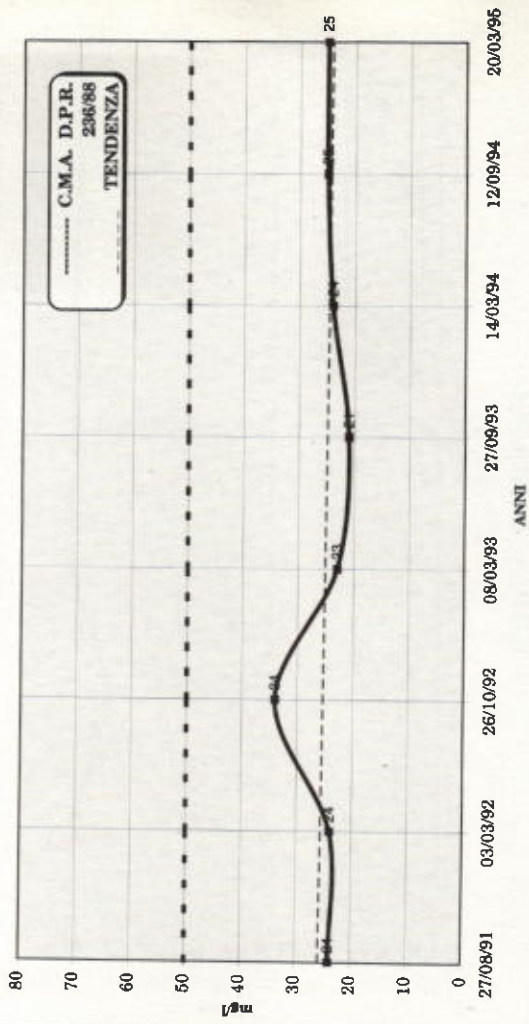
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0002**



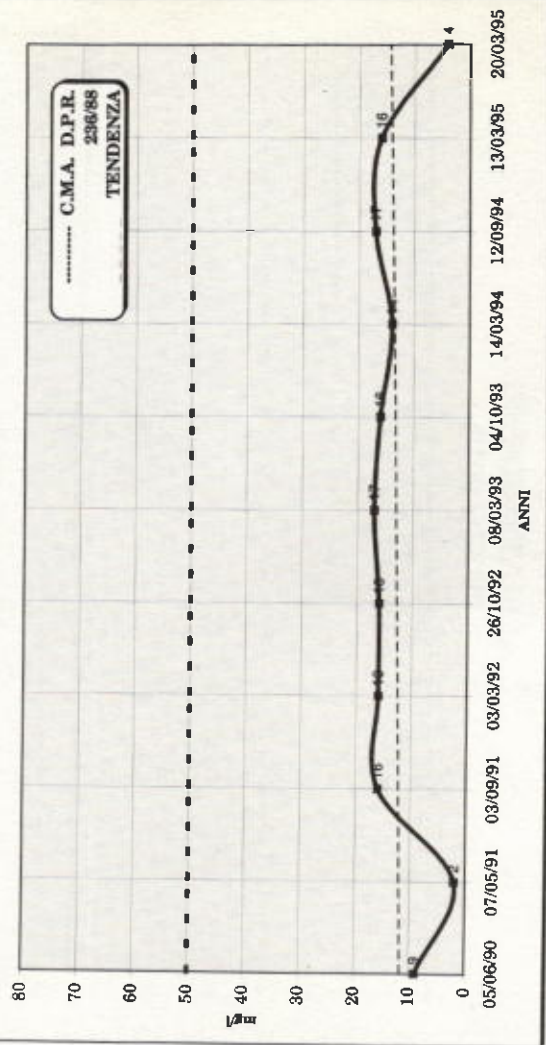
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0013**



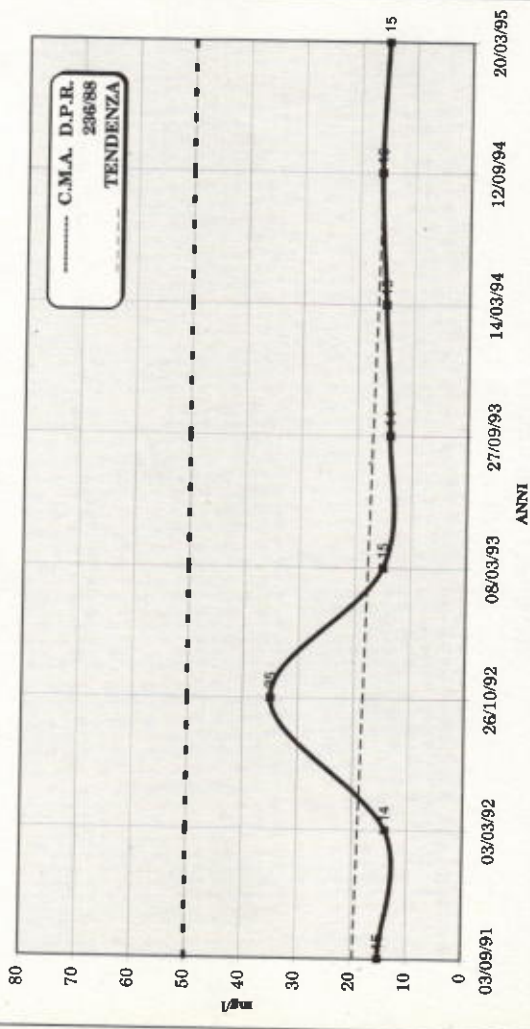
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0016**



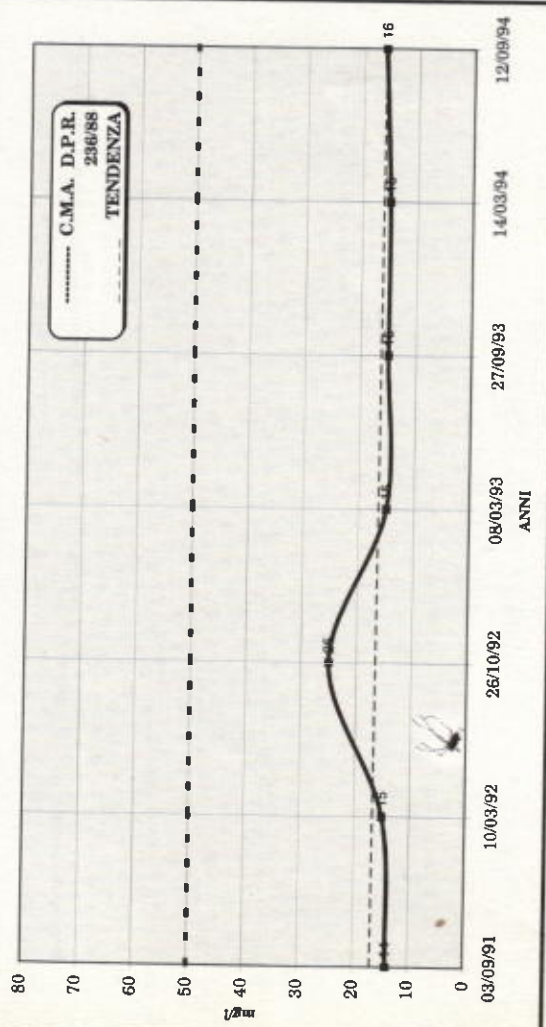
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0019**



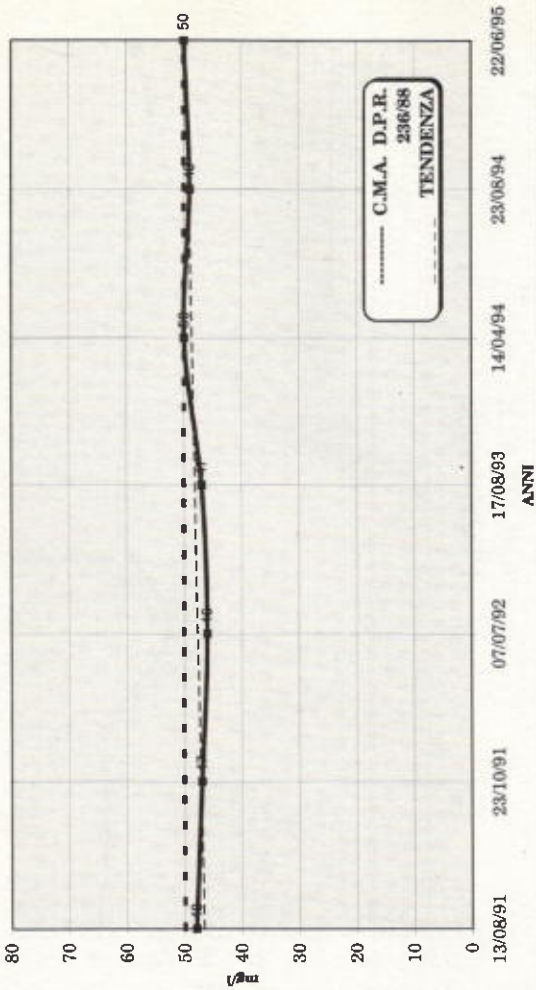
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0015**



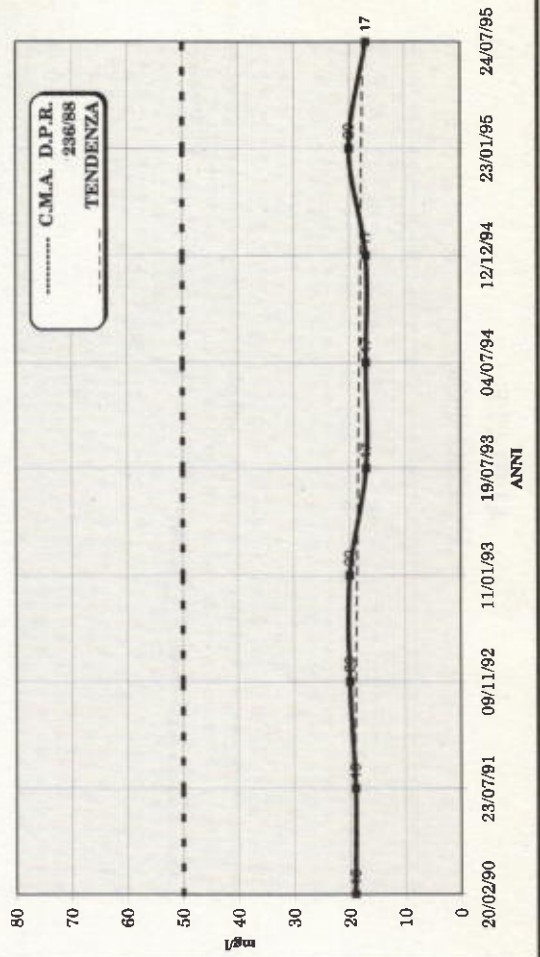
**ABBIATEGRASSO
POZZO 0018**



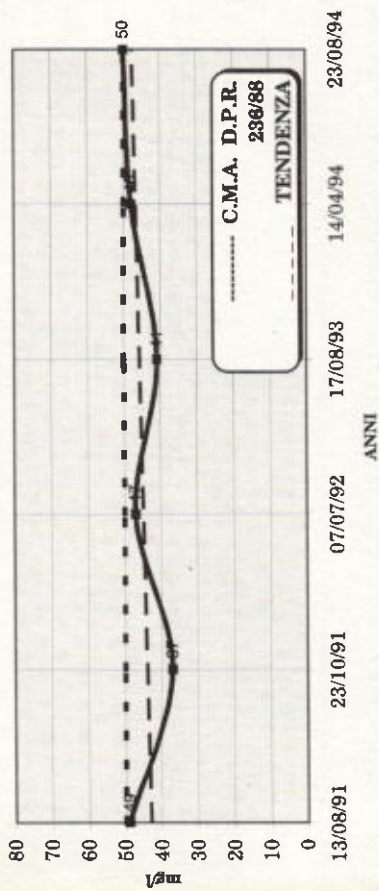
**AICURZIO
POZZO 0003**



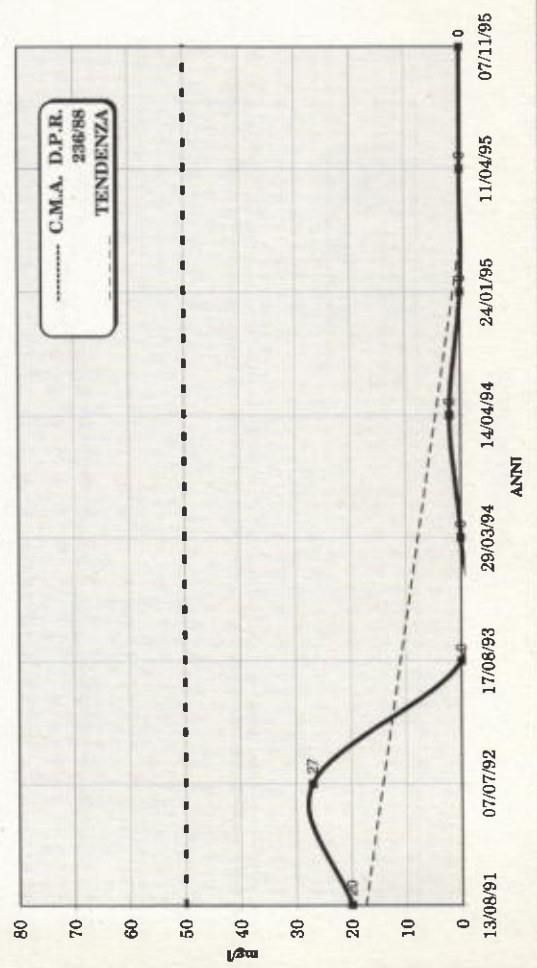
**ALBAIRATE
POZZO 0001**



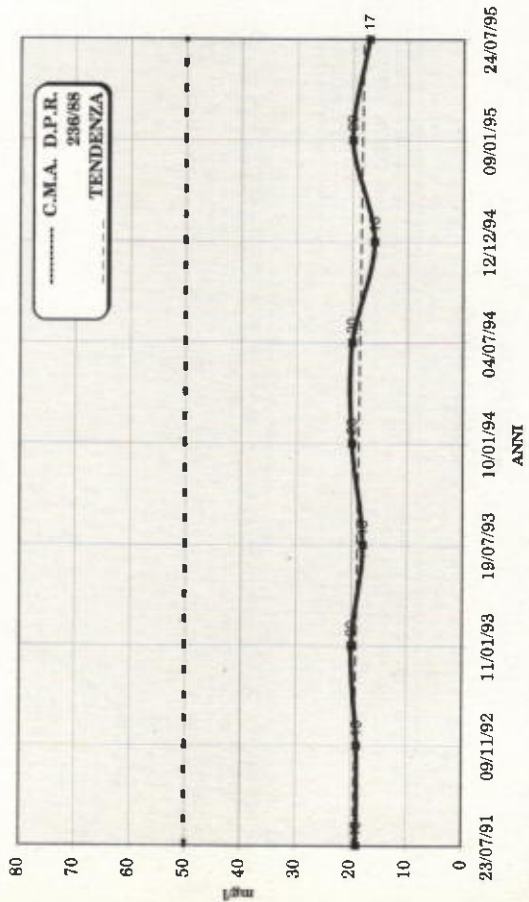
**AICURZIO
POZZO 0002**



**AICURZIO
POZZO 0009**

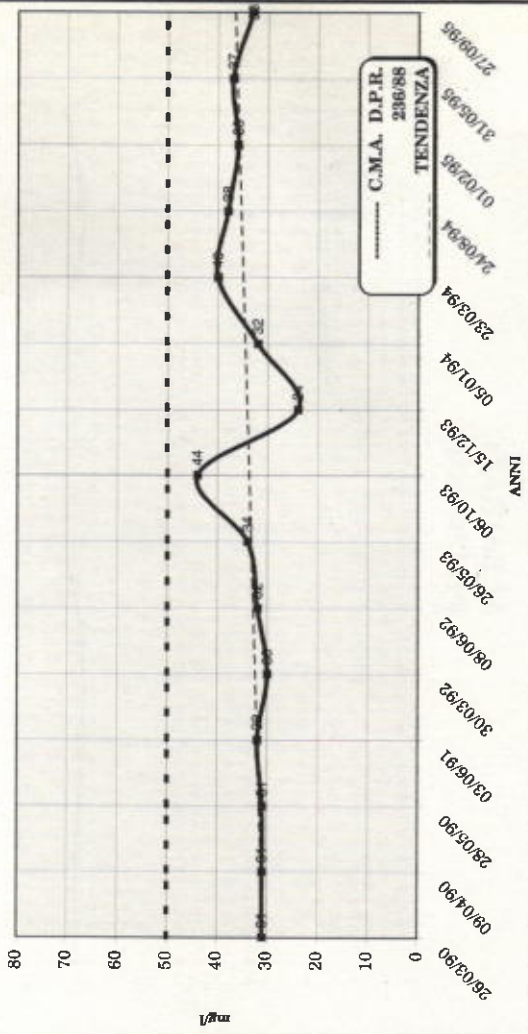


**ALBAIRATE
POZZO 0003**



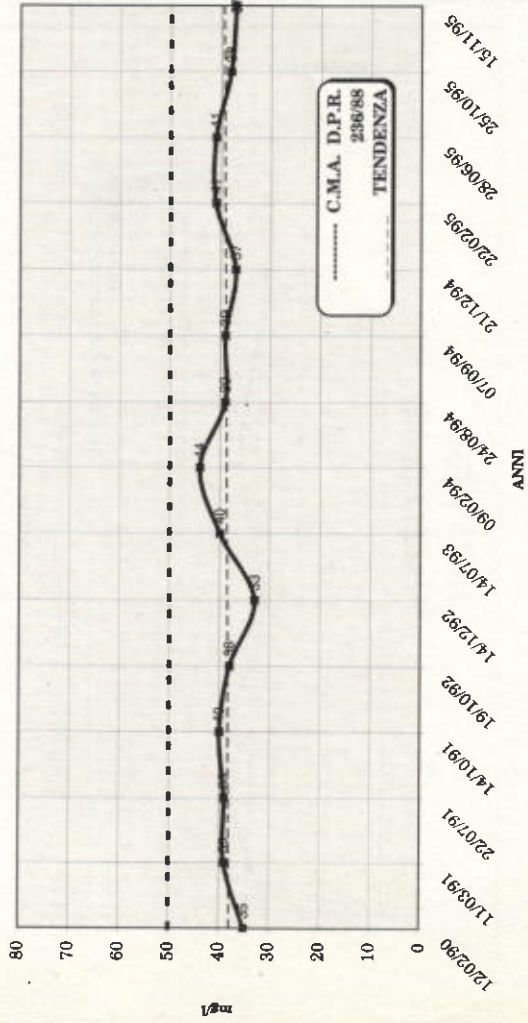
----- C.M.A. D.P.R. 236/88
TENDENZA

**ALBIATE
POZZO 0001**



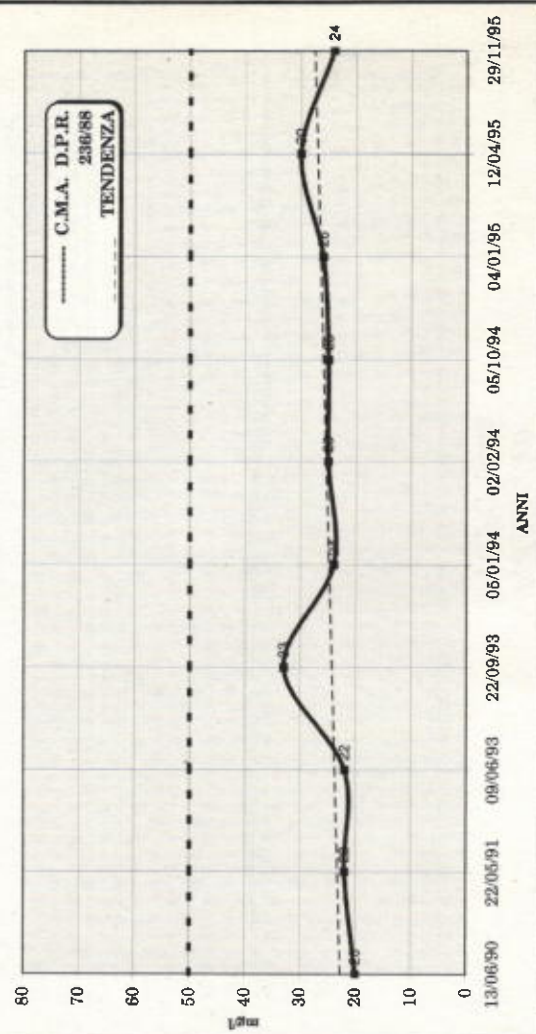
----- C.M.A. D.P.R. 236/88
TENDENZA

**ALBIATE
POZZO 0002**



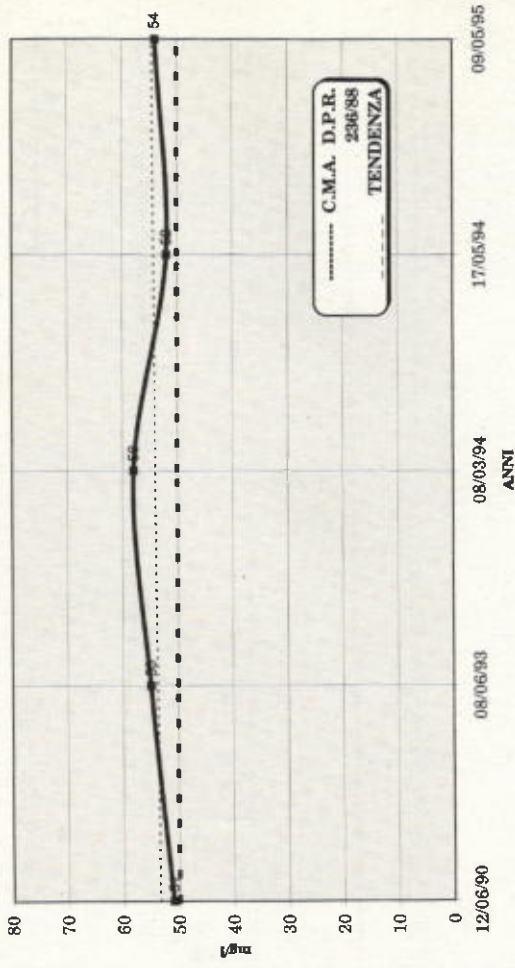
----- C.M.A. D.P.R. 236/88
TENDENZA

**ARCONATE
POZZO 0002**

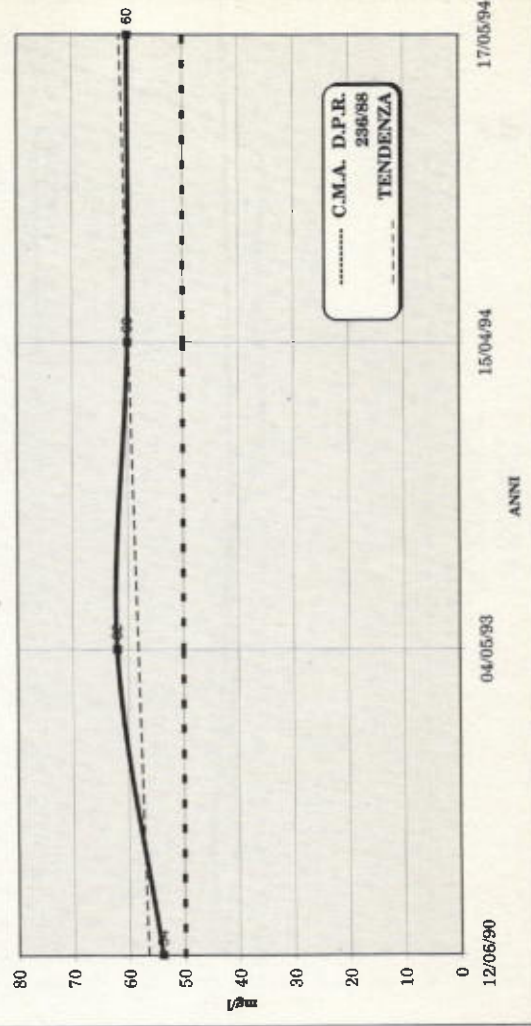


----- C.M.A. D.P.R. 236/88
TENDENZA

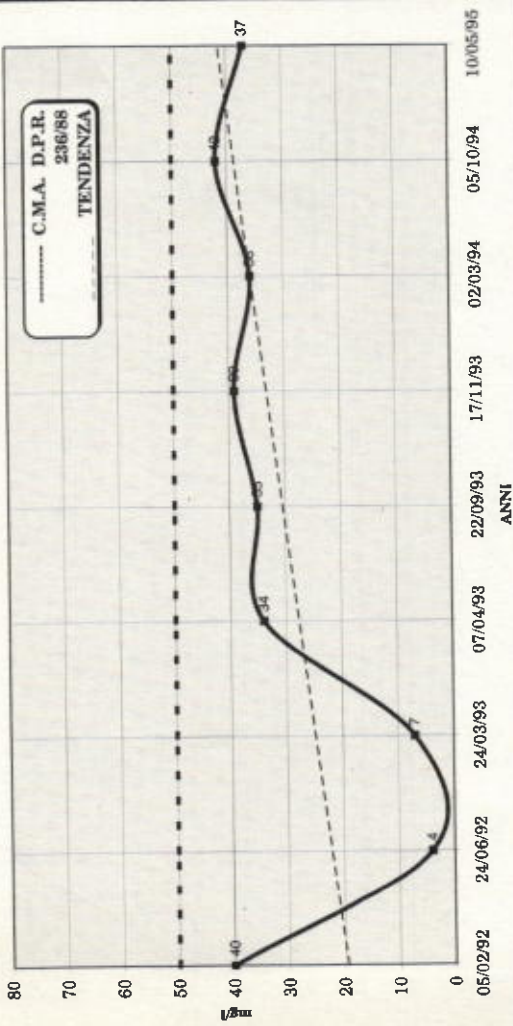
**AGRATE BRIANZA
POZZO 0008**



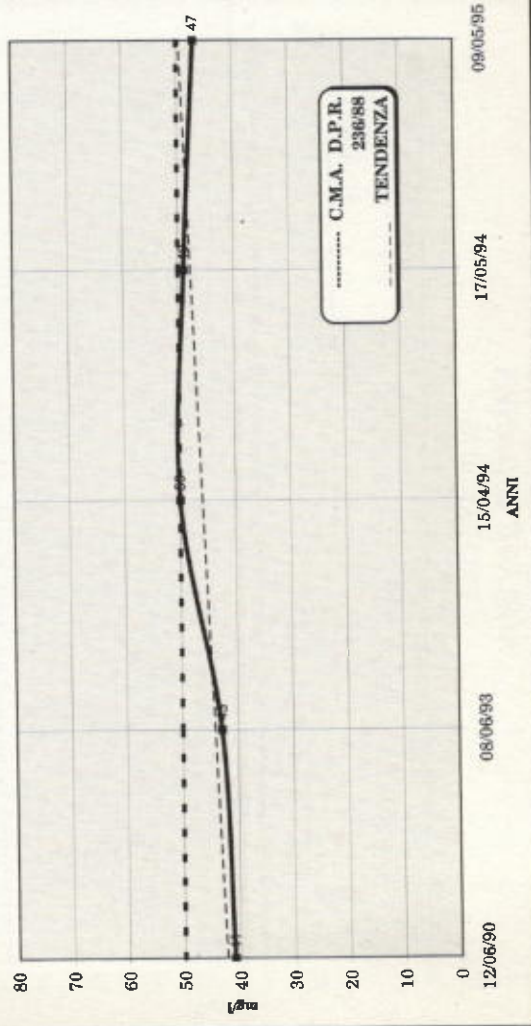
**AGRATE BRIANZA
POZZO 0060**



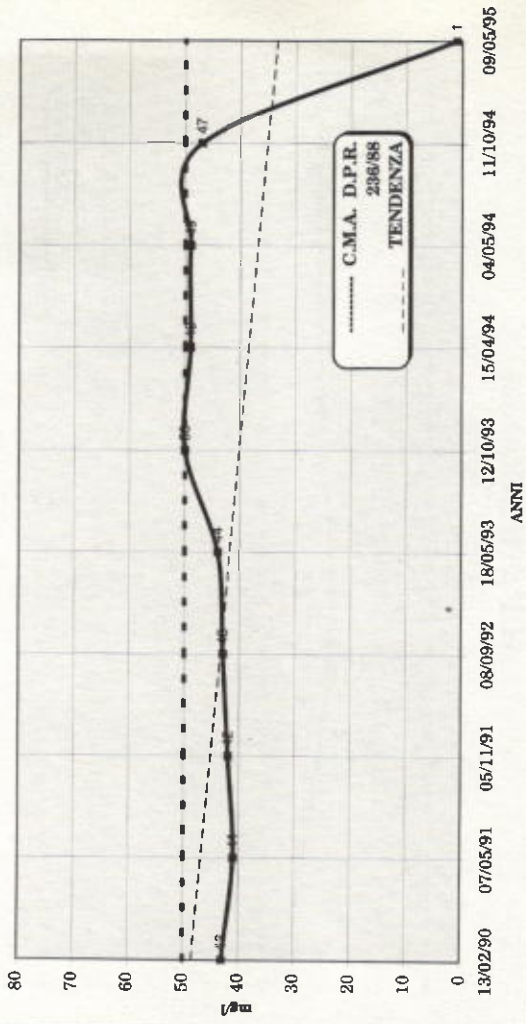
**ARCONATE
POZZO 0008**



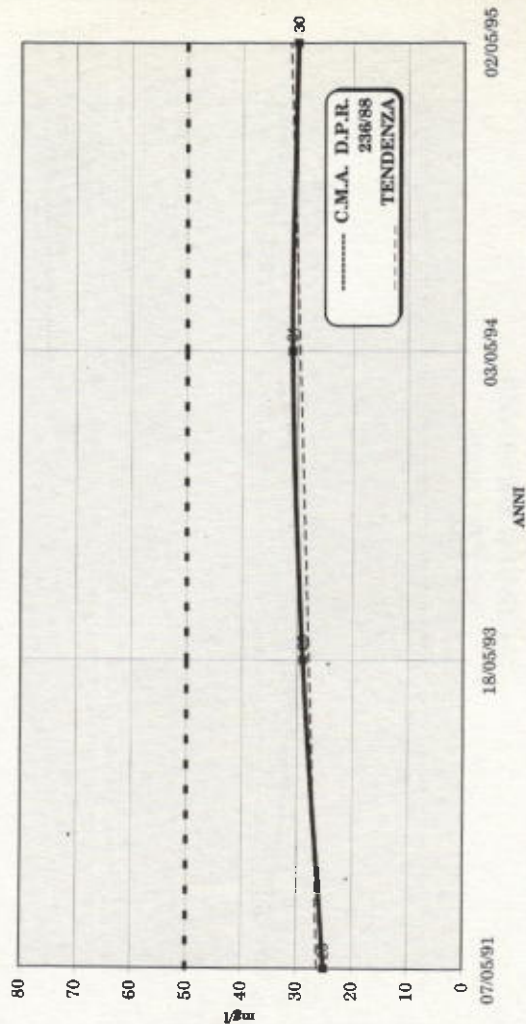
**AGRATE BRIANZA
POZZO 0010**



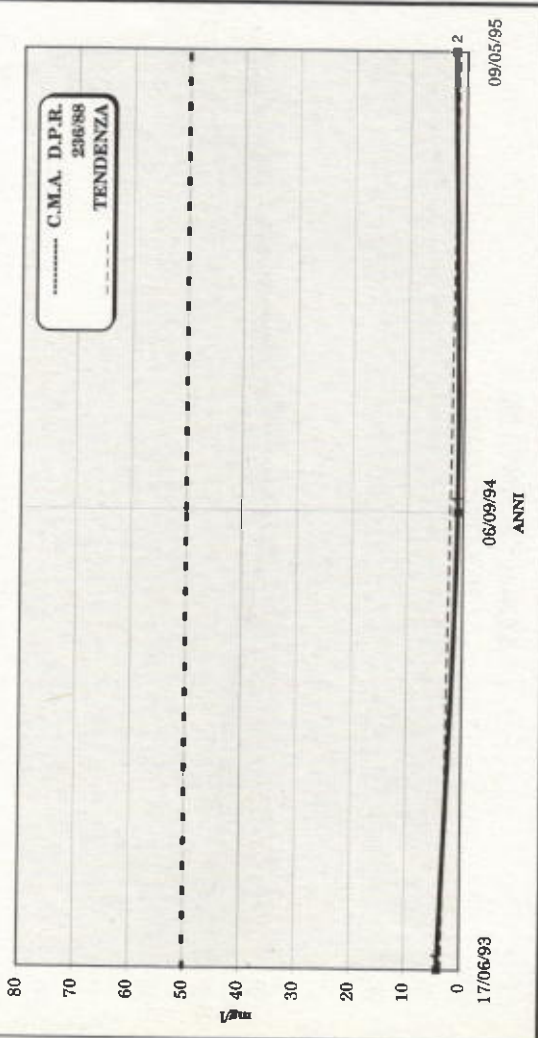
**ARCORE
POZZO 0002**



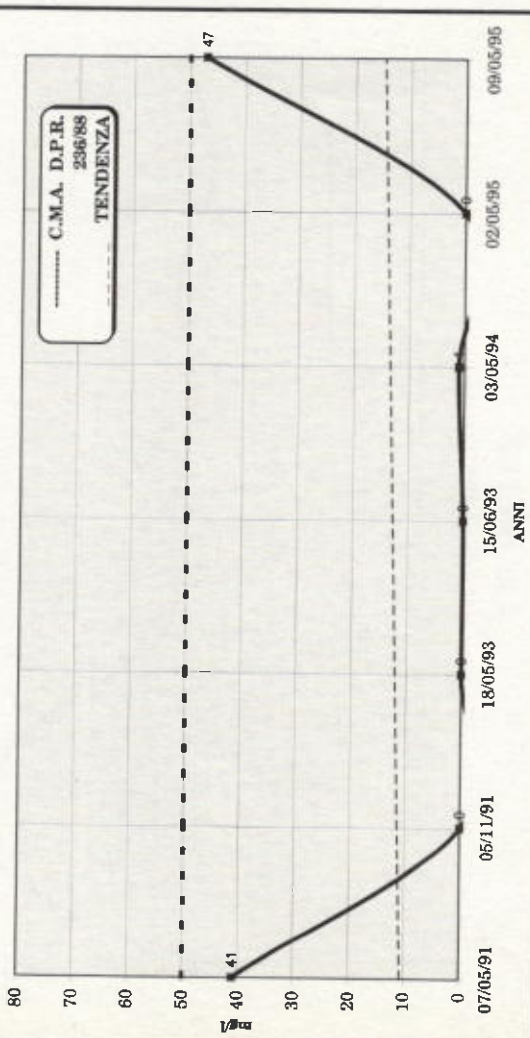
**ARCORE
POZZO 0005**



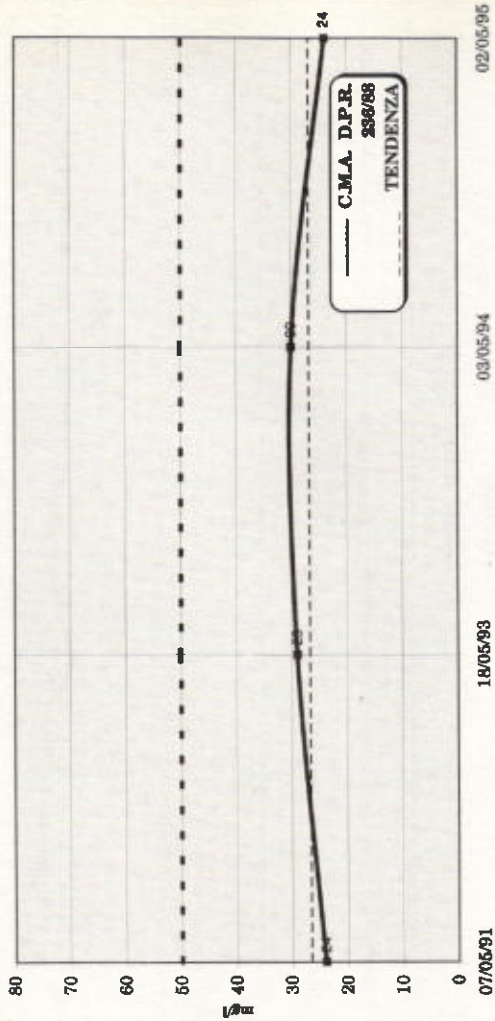
**AGRATE BRIANZA
POZZO 0075**



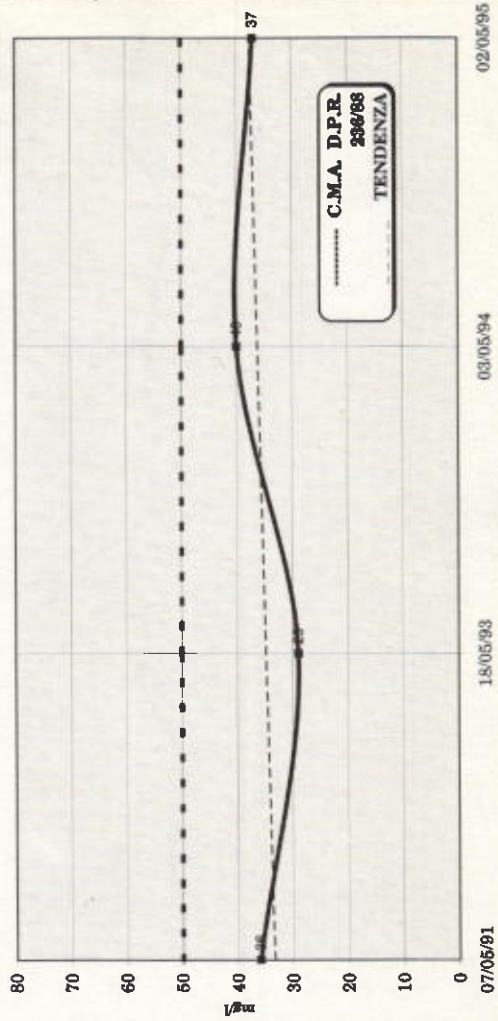
**ARCORE
POZZO 0003**



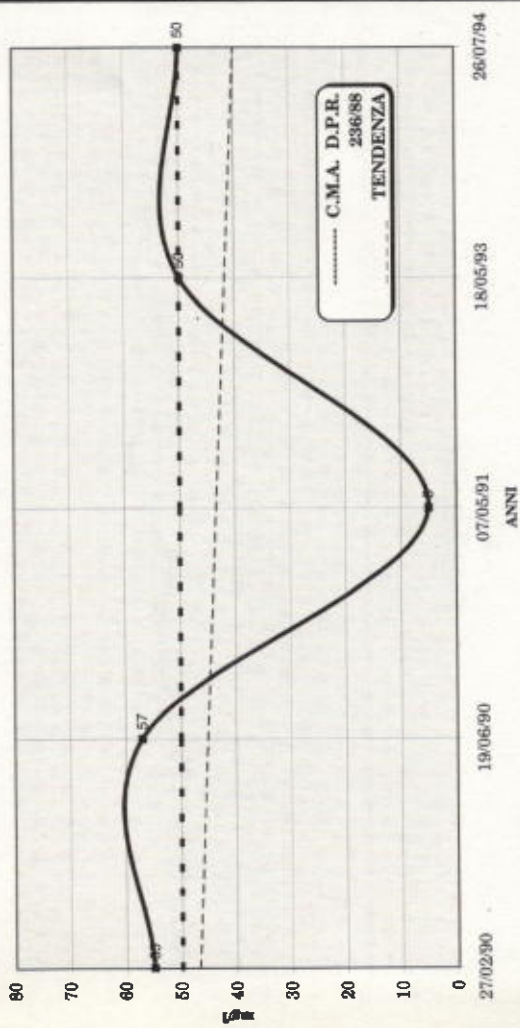
**ARCORE
POZZO 0046**



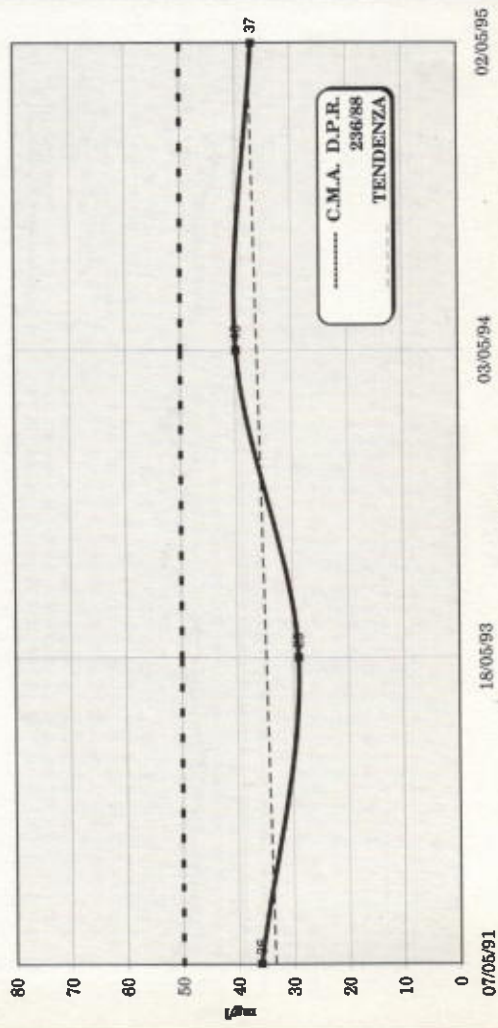
**ARCORE
POZZO 0006**



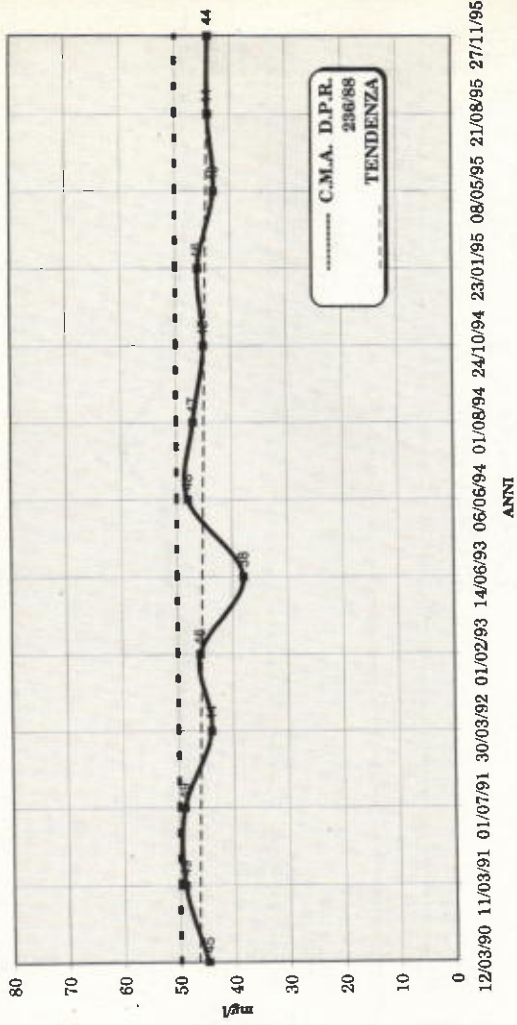
**ARCORE
POZZO 0039**



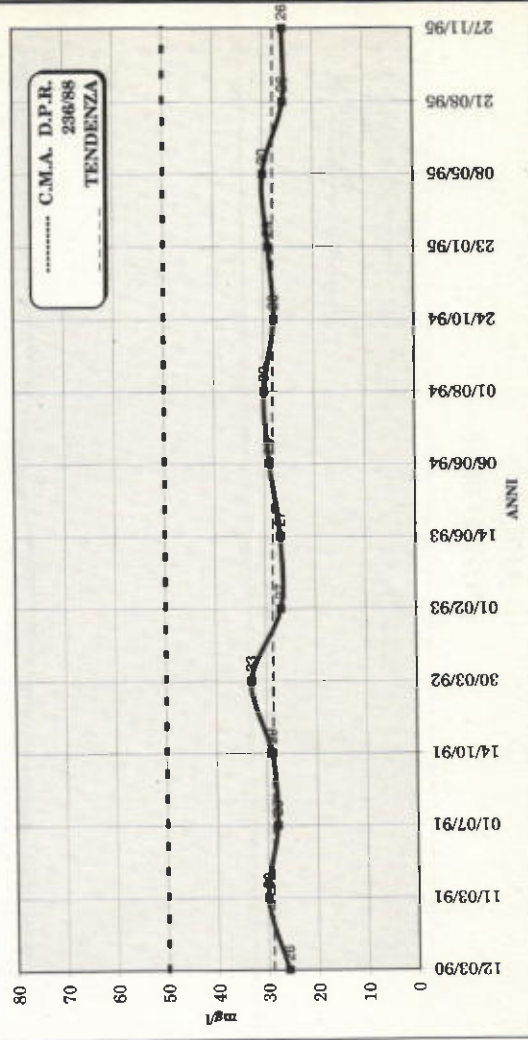
**ARCORE
POZZO 0048**



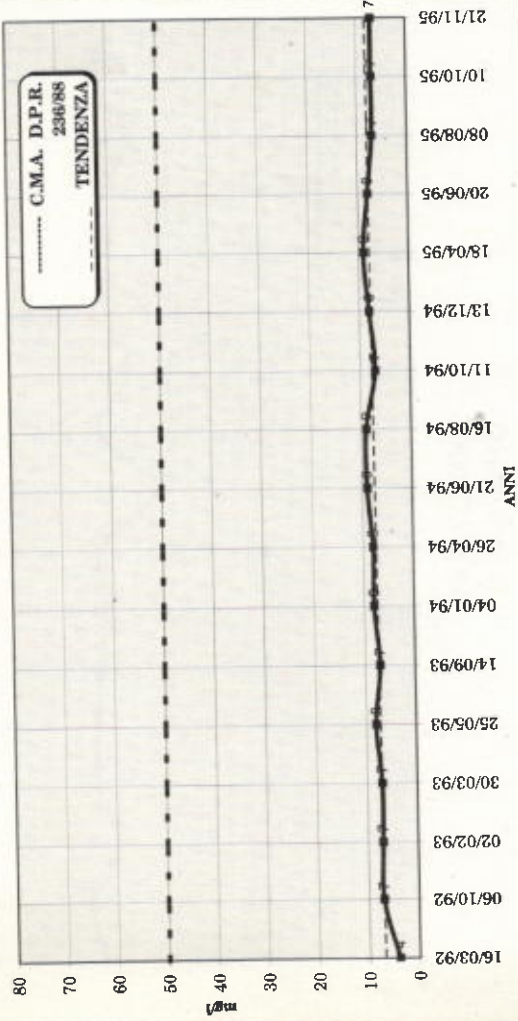
**ARLUNO
POZZO 0002**



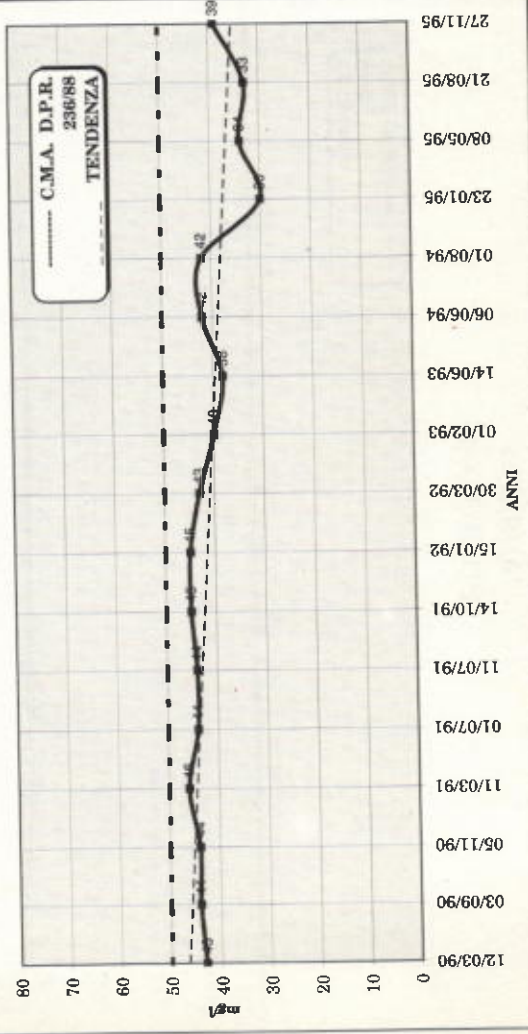
**ARLUNO
POZZO 0004**



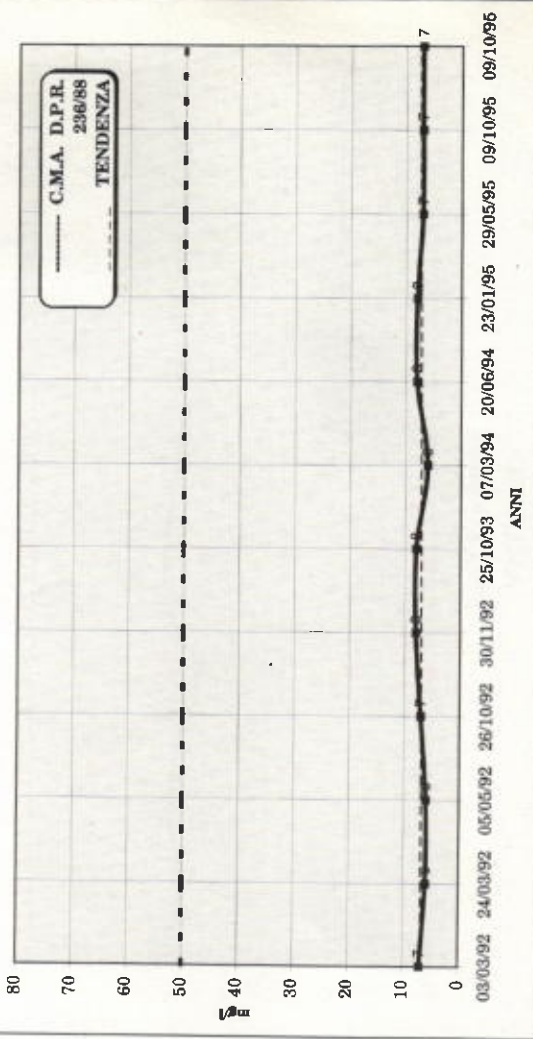
**ARESE
POZZO 0035**



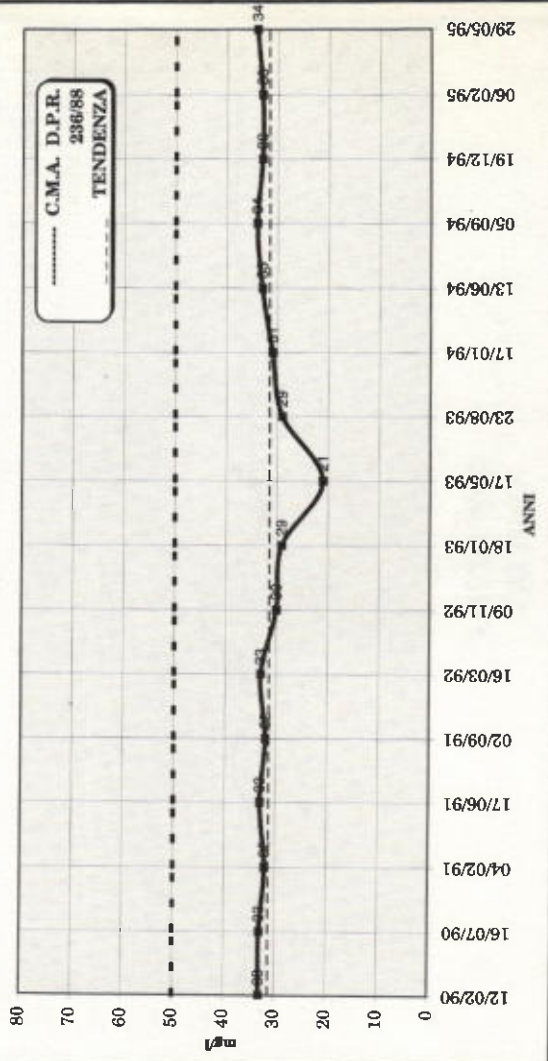
**ARLUNO
POZZO 0003**



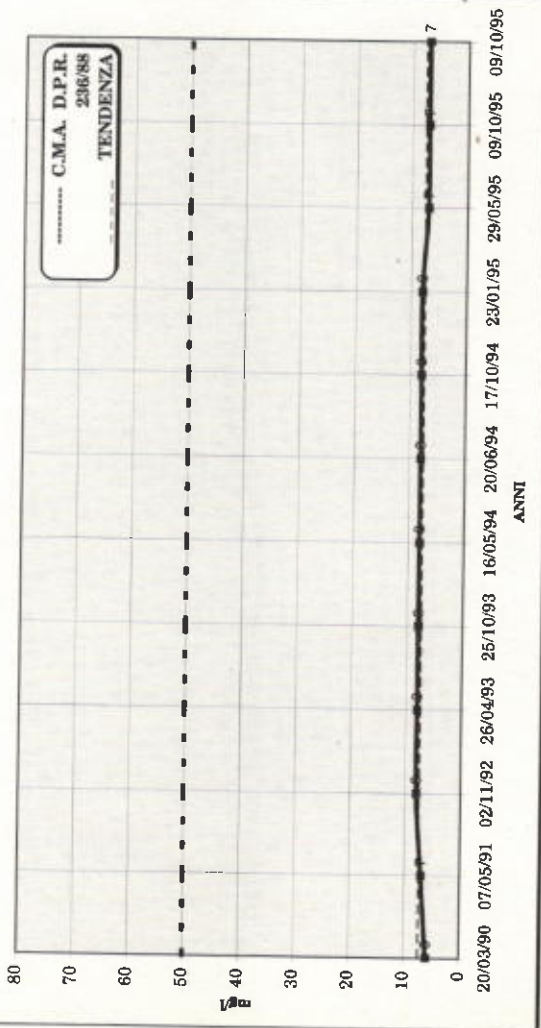
**ASSAGO
POZZO 0005**



**BAREGGIO
POZZO 0004**



**ASSAGO
POZZO 0003**



**BAREGGIO
POZZO 0001**

