

SERVIZIO LABORATORI

UNITA' FUNZIONALE AGENTI FISICI

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE
RADIOATTIVA NEI FANGHI DEI PRINCIPALI DEPURATORI
DELLA PROVINCIA DI VICENZA

ANNO 2002

ARPAV

Dipartimento Provinciale di Vicenza
Servizio Laboratori - Unità Funzionale Agenti Fisici

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA NEI FANGHI DEI PRINCIPALI DEPURATORI DELLA PROVINCIA DI VICENZA

ANNO 2002

A cura di: Dott. Anna Dalla Pellegrina, Dott. Laura Belleri *, P.I. Giuseppe Bernardi* , Dott. Ugo Dalla Vecchia**, Dott. Alessandro Bizzotto***, Dott. Antonio Stefani****

**Unità Funzionale Agenti Fisici Dipartimento ARPAV di Vicenza*

***Servizio Laboratori Dipartimento ARPAV di Vicenza*

****Servizio Territoriale Dipartimento ARPAV di Vicenza*

Hanno Collaborato: Dott. Lucia Rossi¹, Dott. Gerardo Gonzo¹, Dott. Paolo Francescon², Dott. Paolo Scalchi², Dott. Pierluigi Zanco³, T.R. Flavio De Luca³; Dott. R. Bianca Guglielmi⁴, Dott. Maurizio Sforzi⁵, Dott. Gianferruccio Righetto⁶, Dott. Adolfo Fiorio⁷.

¹Servizio Sistemi Ambientali - Dipartimento ARPAV di Vicenza; ²U. O. di Fisica Sanitaria -Ospedale di Vicenza; ³U. O. di Medicina Nucleare -Ospedale di Vicenza; ⁴U. O. di Radioterapia -Ospedale di Vicenza; ⁵Dipartimento di Prevenzione - ULSS 3; ⁶Dipartimento di Prevenzione - ULSS4; ⁷Dipartimento di Prevenzione - ULSS 5

<i>Indice</i>	<i>Pagina</i>
Presentazione.....	1
Ambiente e radionuclidi.....	2
Be7 (Berillio 7).....	2
Cs137 (Cesio 137) e Cs134 (Cesio134).....	3
I131 (Iodio131).....	4
K40 (Potassio 40).....	5
Catena dello U238 (Uranio 238).....	5
Catena del Th232 (Torio 232).....	6
Il fango di depurazione come indicatore di presenza di contaminazione radioattiva..	7
La rete di monitoraggio e la raccolta preliminare dei dati.....	8
Caratteristiche dei depuratori monitorati.....	10
Modalità di campionamento del fango e dei coadiuvanti di disidratazione.....	16
Procedura di misura della radioattività.....	17
Risultati delle misure di radioattività dell'anno 2002.....	19
Il radionuclide Be 7.....	36
Il radionuclide Cs 137.....	40
Il radionuclide K40.....	43
Catene naturali dell'U 238 e del Th 232.....	44
Il radionuclide I131.....	45
Lo smaltimento del fango, obblighi legislativi.....	48
Determinazione della dose efficace all'individuo e della dose collettiva efficace.....	48
Conclusioni.....	51

PRESENTAZIONE

Nel corso dell'anno 2002 l'Unità Funzionale Agenti Fisici del Dipartimento ARPAV di Vicenza ha potenziato la rete di controllo per la verifica della presenza di contaminazione radioattiva da radionuclidi gamma-emettitori sui fanghi risultanti dai processi di depurazione delle acque reflue. Si è passati dal monitoraggio dei soli depuratori del comune di Vicenza a quello degli altri otto impianti della provincia con potenzialità maggiore di 50.000 A.E.. Infatti dal giugno 2002 sono state eseguite mensilmente misure sui fanghi prodotti negli impianti di Thiene, Schio, Bassano del Grappa, Arzignano, Lonigo, Montebello Vicentino, Montecchio Maggiore, Trissino, Vicenza "Sant'Agostino" e Vicenza "Città di Vicenza" ("Casale").

Il potenziamento del monitoraggio si inserisce nell'ambito delle mansioni istituzionali di ARPAV: il controllo della radioattività ambientale. Tale misura fornisce molteplici informazioni in questo senso:

- rappresenta un indicatore della presenza di radioisotopi naturali o artificiali all'interno della rete fognaria e quindi di una loro possibile presenza anche nei corpi idrici recettori;
- permette di determinare l'impatto che lo smaltimento del fango stesso può avere sull'ambiente dal punto di vista delle sostanze radioattive;
- costituisce necessario riferimento per lo smaltimento dei fanghi nel rispetto della normativa vigente in materia di radiazioni ionizzanti.

I risultati ottenuti, se da un lato rassicurano circa le concentrazioni trovate, dall'altro dimostrano la necessità di effettuare periodici controlli anche per verificare la funzionalità degli impianti di smaltimento collocati nell'ambito dei Presidi Ospedalieri.

Il Direttore
Dipartimento ARPAV di Vicenza
Dott. Giorgio Poncato

Il Responsabile
Unità Funzionale Agenti Fisici
Dott. ssa Laura Belleri

AMBIENTE E RADIONUCLIDI

I radionuclidi dei quali si investiga l'eventuale presenza possono essere di origine naturale o artificiale. I radioisotopi di origine naturale possono avere origine cosmogenica ossia essere prodotti dall'interazione dei raggi cosmici con gli alti strati dell'atmosfera (es. Berillio 7), origine terrestre, presenti cioè nel suolo (catena dell'Uranio 238, catena del Torio 232 e Potassio 40) o essere presenti in tutti gli esseri viventi (Potassio 40). I radionuclidi di origine artificiale provengono in parte dai rilasci avvenuti in seguito ai test nucleari in atmosfera ma principalmente da quelli dovuti all'incidente della centrale nucleare di Chernobyl nel 1986 (es. Cesio 137). In parte minore il rilascio in ambiente può avvenire dalla diagnostica o terapia medica che utilizza radiotraccianti sui pazienti (es. Iodio 131, Tecnezio 99) o dall'utilizzo nell'industria.

I radionuclidi rilasciati in atmosfera (es. Berillio 7 e Cesio 137) in funzione della latitudine, del periodo dell'anno e della quota alla quale vengono immessi, ricadono a terra con un rateo più o meno elevato. La ricaduta radioattiva avviene sia per effetto gravitazionale tramite deposizioni secche (polveri, pulviscolo) che a causa delle precipitazioni tramite deposizioni umide (pioggia, neve). Le caratteristiche chimico-fisiche dei radioelementi, come anche la dimensione delle particelle e la loro forma fisica ne influenzano il rateo di rimozione dall'aria. Come conseguenza di quanto appena descritto la concentrazione nel terreno non sarà uniforme ovunque ma come si usa dire "a macchia di leopardo".

Nel caso dei radionuclidi presenti nel terreno la distribuzione può essere uniforme come nel caso del Potassio 40, o disomogenea come nel caso di Uranio e Torio la cui presenza dipende dalla composizione geologica del terreno.

In ambiente acquatico i radionuclidi sono rilasciati sia dall'aria che dal terreno per il fenomeno del dilavamento delle piogge, come anche scaricati direttamente (nel caso di artificiali) tramite sistemi di depurazione di acque reflue eventualmente contaminate. Il trasporto e la dispersione avvengono tramite moti turbolenti. L'interazione con la materia in sospensione e i sedimenti può rimuoverli dalla soluzione: la chimica del corpo idrico, ossia il pH, il contenuto di materia organica e inorganica, nonché le reazioni di ossido-riduzione, influenzano la quantità che rimane disciolta nell'acqua e quella che si unisce al sedimento.

I radionuclidi da monitorare nei fanghi di depurazione, tutti gamma emettitori, comprendono sia quelli naturali, che quelli dovuti a esplosioni nucleari, nonché quelli utilizzati in ambito ospedaliero o industriale: Berillio 7, Cesio 134, Cesio 137, Cobalto 57, Cobalto 60, Cromo 51, Gallio 67, Iodio 123, Iodio 131, Iodio 111, Potassio 40, Selenio 75, Stronzio 85, Tecnezio 99 Metastabile, Tallio 201, catena dell'Uranio 238, catena del Torio 232.

Di seguito verranno descritti i radioisotopi che si ritrovano più frequentemente nella matrice fanghi elencando sia le proprietà radioattive che, da un punto di vista generale, quelle chimiche (solubilità o meno dei composti in acqua).

Be7 (Berillio 7)

Il Berillio è un elemento chimico di simbolo Be appartenente al gruppo dei metalli. E' elettropositivo e in soluzione acquosa è presente come Be^{2+} idratato fino a pH 5.5 – 6 mentre a

valori più alti, precipita come idrossido $\text{Be}(\text{OH})_2$, bianco e gelatinoso. Quest'ultimo ha carattere anfotero e può sciogliersi per aggiunta di idrossidi alcalini (pH 10-13). Il Be (II) reagisce anche con i carbonati alcalini o di ammonio precipitando come carbonato basico; in presenza di ione ammonio e fosfato forma un fosfato doppio di Berillio e ammonio $\text{Be}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$, bianco, che è ancora meno solubile dell'idrossido. Il Be (II) forma complessi molto stabili con il tartrato ed il citrato, tanto che in loro presenza viene impedita la precipitazione di $\text{Be}(\text{OH})_2$.

Il Be ha due radioisotopi principali il ^7Be e il ^9Be . L'isotopo Berillio 7 è di origine cosmogenica. Raggi X e protoni ad alta energia provenienti dal cosmo, nell'interazione con l'alta atmosfera terrestre, danno luogo a reazioni nucleari con produzione di particelle sub-nucleari, raggi γ e neutroni. Questi ultimi reagiscono con l'azoto dando origine al ^7Be , con un rateo di 810 [atomi/sec/m²]. Le precipitazioni atmosferiche veicolano a terra il radionuclide.

Il ^7Be decade nel Litio 7 stabile, con un tempo di dimezzamento ($t_{1/2}$) di 53,3 giorni, tramite elettroni di conversione; il decadimento può essere diretto, tramite l'emissione di un elettrone o, con probabilità del 10%, può avvenire in cascata tramite un elettrone e un raggio γ di energia pari a 477 KeV (vedi Fig. 1).

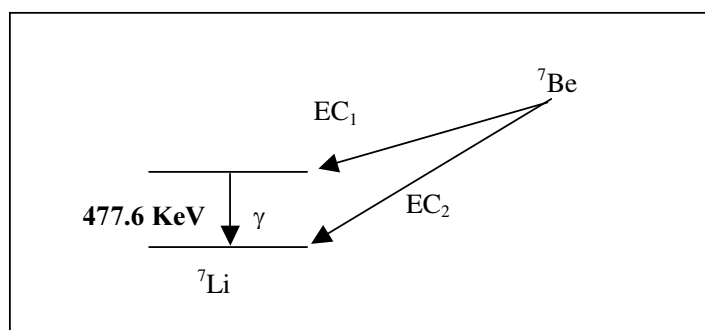


Figura 1: schema del decadimento del ^7Be

Cs137 (Cesio 137) e Cs134 (Cesio 134)

Il Cesio è un elemento chimico di simbolo Cs della famiglia dei metalli alcalini. E' fortemente elettropositivo e reagisce direttamente con l'ossigeno dando ossidi e perossidi. L'idrossido come anche i sali di cesio sono molto solubili in acqua a tutti i valori di pH, fatta eccezione per quelli costituiti con alcuni grossi anioni che risultano poco solubili.

Il Cesio ha molti isotopi ma quelli di interesse nel monitoraggio ambientale sono il Cs134 e il Cs137. Il Cs134 decade nel Ba134 stabile, $t_{1/2}$ di 2.06 anni, tramite 5 diversi decadimenti β^- (beta meno, ossia elettroni) cui seguono in cascata raggi γ , tra i quali i più probabili hanno energia 604.7 KeV (probabilità del 97.6%) e 795.8 KeV (probabilità del 85.4%) (vedi Fig. 2). Il Cs137 decade nel Ba137 stabile, $t_{1/2}$ di 30 anni, tramite 2 diversi decadimenti β^- ; il decadimento può essere diretto tramite l'emissione di un β^- o può avvenire in cascata tramite un β^- e un raggio γ di energia pari a 661.6 KeV (vedi Fig. 2). La presenza del Cesio è legata principalmente all'incidente della centrale nucleare di Chernobyl avvenuto il 24/04/1986. A riprova di ciò si può determinare il rapporto R tra la concentrazione di attività del Cs134 e quella del Cs137 a partire dal valore R_0 calcolato al momento della ricaduta massima sul nostro territorio, avvenuta il 06/05/1986, e stimato pari a 0.5.

Tenendo conto del decadimento fisico dei due radioisotopi il rapporto R dovrebbe risultare pari a $5 \cdot 10^{-3}$ alla data del 06/05/2002.

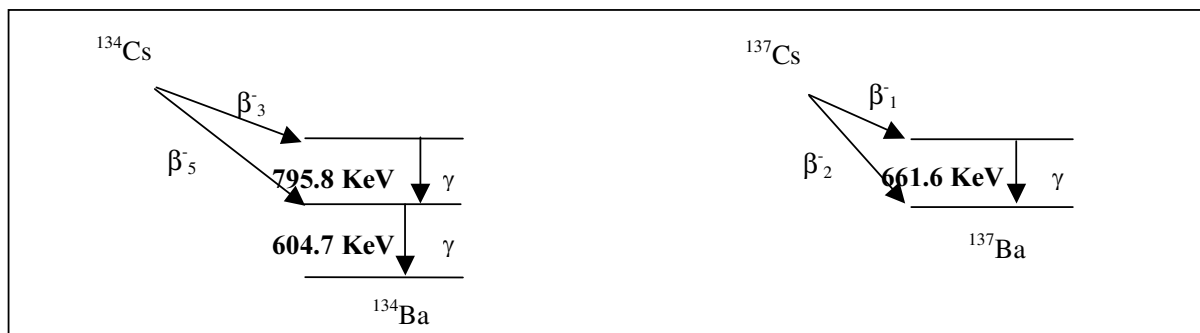


Figura 2: schemi del decadimento di Cs134 e Cs137

I131 (Iodio 131)

Lo Iodio è un elemento chimico di simbolo I della famiglia degli alogeni. E' assai diffuso sotto forma di ioduro e di iodato. Lo Iodio elementare (I_2) in condizioni standard di pressione e temperatura, è un gas, la cui solubilità in acqua aumenta al diminuire della temperatura e all'aumentare della pressione dell'atmosfera sovrastante. In presenza di soluzioni alcaline, lo iodio elementare può formare gli ioni ipiodito e ioduro. I principali ioni sono lo ioduro (I^-), lo iodato (IO_3^-) e il periodato (IO_4^-). Lo ione ioduro può essere ossidato a I_2 in soluzione acquosa, anche da ossidanti blandi come l'acido nitroso. Gli ioduri della maggior parte dei metalli sono solubili in acqua, fatta eccezione per quelli di Argento (I), Mercurio (I), Piombo (II), Rame (I), Tallio (I). Lo ioduro dà un'ampia serie di complessi con i metalli più pesanti (Pb (II), Cu (I), Hg (II), Bi (III), ecc.). Gli ioni iodato (IO_3^-) e periodato (IO_4^-) sono forti ossidanti; tale potere ossidante aumenta all'aumentare dell'acidità della soluzione acquosa. Il periodato, nella forma di ortoperiodato (IO_6^{5-}) forma numerosi complessi con molti metalli di transizione.

Anche lo Iodio, come il Cesio ha molti isotopi tra cui si ricordano lo I131, lo I125 e lo I123, tutti utilizzati in ambito ospedaliero sia per la diagnostica tiroidea che per la cura delle neoplasie tiroidee. Di questi radioisotopi si monitora l'isotopo I131. Lo I125 pur avendo un $t_{1/2}$ di 60.14 giorni ed essendo un gamma emettitore, ha un'energia troppo bassa per essere rivelata dal sistema di misura. Lo I123 è un gamma emettitore ma ha un $t_{1/2}$ di 13.2 ore, troppo breve per poter essere rivelato nei fanghi. Lo I131 invece decade nello Xe131 stabile con $t_{1/2}$ di 8.04 giorni, tramite 6 diversi decadimenti β^- cui seguono in cascata raggi γ , tra i quali il più probabile ha energia 364.5 KeV (probabilità del 81.2%) (vedi Fig. 3).

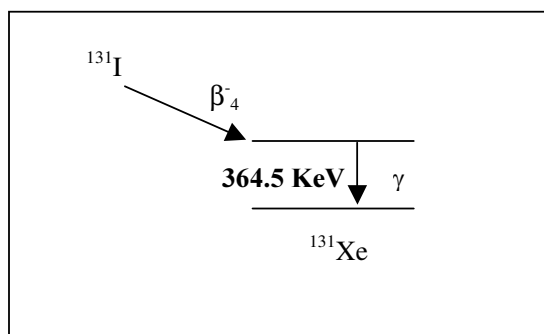


Figura 3: schema del decadimento dello I131

K40 (Potassio 40)

Il Potassio è un elemento chimico di simbolo K della famiglia dei metalli alcalini. Ha caratteristiche chimiche simili a quelle precedentemente descritte per il Cesio.

L'isotopo di interesse è il Potassio 40 che ha un'attività pari a 31.8 Bq per ogni grammo di K naturale. E' presente nel terreno e nelle rocce con una concentrazione variabile tra 700 e 2200 Bq/Kg, abbondante nel latte e nelle verdure. E' presente pure in tutti i tessuti corporei specie nella muscolatura: un uomo tipo di 70 Kg contiene 140 gr di K naturale e quindi 4452 Bq di K40.

Il K40 decade nell'Argon 40 stabile, con un tempo di dimezzamento ($t_{1/2}$) di $1.3 \cdot 10^9$ anni, tramite elettroni di conversione in cascata con un raggio γ di energia pari a 1461 KeV (vedi Fig. 4).

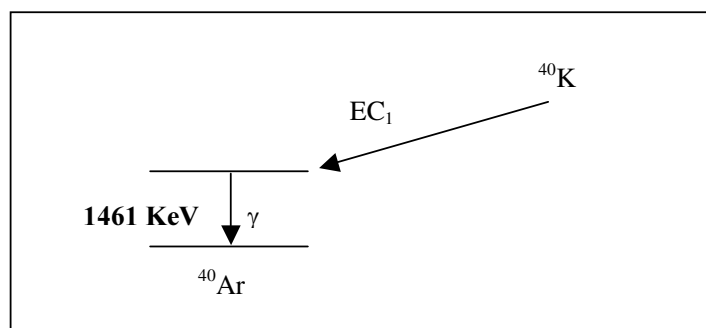


Figura 4: schema del decadimento del K40

Catena dello U238 (Uranio 238)

L'Uranio 238 è il capostipite di una catena di decadimento che si trasforma principalmente tramite decadimenti α (nuclei di Elio) in una serie di radionuclidi detti "figli" che sono anch'essi instabili fino al Piombo 206 stabile (vedi Fig. 5). Il tempo di dimezzamento dell'U238 è di $4.47 \cdot 10^9$ anni, mentre i figli possono avere $t_{1/2}$ anche dell'ordine di secondi. Dal momento che i decadimenti sono in equilibrio secolare, si attribuisce al capostipite e ai "figli" la stessa attività. In questo modo la rivelazione della presenza della catena e dell'attività del capostipite si deduce dalla presenza di alcuni radionuclidi "figli" come il Radio 226, il Piombo 214, il Bismuto 214 e il Piombo 210, che emettono raggi γ con una probabilità compresa tra il 7% e il 45%.

Tabella A1. Schema di decadimento dell' ^{238}U

Nuclide	$T_{1/2}$	Principali energie (MeV) e abbondanze		
		α	β_{max}	γ
$^{238}_{92}\text{U}$	$4,47 \cdot 10^9$ a	4,15 (21%) 4,20 (79%)	—	—
$^{234}_{90}\text{Th}$	24,1 d	—	0,103 (21%) 0,193 (79%)	0,063 (3,7%) 0,093 (5,2%)
$^{234\text{m}}_{91}\text{Pa}$	1,17 min	—	2,29 (98%)	0,766 (0,21%) 1,00 (0,008%)
$^{234}_{91}\text{Pa}$	6,78 h	—	0,53 (66%) 1,13 (13%)	0,095 (28,3%) 0,098 (45,7%) 0,131 (18,0%) 0,946 (13,4%)
$^{234}_{92}\text{U}$	$2,46 \cdot 10^5$ a	4,72 (28,4%) 4,77 (71,4%)	—	0,053 (0,12%)
$^{230}_{90}\text{Th}$	$7,54 \cdot 10^4$ a	4,62 (23,4%) 4,69 (76,3%)	—	0,068 (0,38%) 0,144 (0,049%)
$^{226}_{88}\text{Ra}$	1600 a	4,60 (5,55%) 4,78 (94,5%)	—	0,186 (3,29%)
$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,82 d	5,49 (99,9%)	—	0,512 (0,078%)
$^{218}_{84}\text{Po}$	3,05 min	6,00 (100%)	0,256 (0,02%)	—
$^{214}_{82}\text{Pb}$	26,8 min	—	0,672 (46,6%) 0,729 (41,4%) 1,024 (8,5%)	0,242 (7,41%) 0,295 (18,7%) 0,352 (35,8%)
$^{218}_{85}\text{At}$	1,6 s	6,65 (6,4%) 6,69 (90,0%) 6,76 (3,6%)	2,89 (0,1%)	—
$^{214}_{82}\text{Bi}$	19,9 min	5,45 (0,012%) 5,51 (0,008%)	1,423 (8,38%) 1,505 (17,7%) 1,540 (17,6%)	0,609 (45,0%) 1,12 (14,9%) 1,76 (16,1%)
$^{214}_{84}\text{Po}$	165 μs	7,69 (100%)	—	0,800 (0,014%)
$^{210}_{81}\text{Tl}$	1,3 min	—	1,32 (~25%) 1,87 (~56%) 2,34 (~19%)	0,298 (76,0%) 0,800 (98,9%) 1,31 (21,0%)
$^{210}_{82}\text{Pb}$	22,2 a	3,72 ($2 \cdot 10^{-6}\%$)	0,016 (80%) 0,063 (20%)	0,047 (4,06%)
$^{210}_{83}\text{Bi}$	5,01 d	4,64 ($8 \cdot 10^{-5}\%$) 4,68 ($5 \cdot 10^{-5}\%$)	1,16 (100%)	—
$^{210}_{84}\text{Po}$	138,4 d	5,30 (100%)	—	0,803 (0,001%)
$^{206}_{81}\text{Tl}$	4,2 min	—	1,53 (99,9%)	—
$^{206}_{82}\text{Pb}$	Stabile	—	—	—

Figura 5: catena di decadimento dell' ^{238}U

Catena del Th232 (Torio 232)

Anche per il Torio valgono le stesse considerazioni enunciate per l'Uranio 238. Il tempo di dimezzamento del Th232 è di $1,41 \cdot 10^{10}$ anni e i radionuclidi “figli” che si rivelano sono Radio 224,

Piombo 212 e Bismuto 212, tramite l'emissione di raggi γ con una probabilità compresa tra il 4% e il 43% (vedi Fig.6).

Tabella A3. Schema di decadimento del ^{232}Th

Nuclide	$T_{1/2}$	Principali energie (MeV) e abbondanze		
		α	β_{max}	γ
$^{232}_{90}\text{Th}$	$1,41 \cdot 10^{10}$ a	3,95 (23,0%) 4,01 (77,0%)	—	—
$^{228}_{89}\text{Ra}$	5,75 a	—	0,055 (100%)	—
$^{228}_{87}\text{Ac}$	6,15 h	—	1,18 (35%) 1,75 (12%) 2,09 (12%)	0,338 (11,5%) 0,911 (27,8%) 0,969 (16,7%)
$^{228}_{90}\text{Th}$	1,91 a	5,34 (26,7%) 5,42 (72,7%)	—	0,084 (1,22%) 0,216 (0,26%)
$^{224}_{88}\text{Ra}$	3,66 d	5,45 (5,07%) 5,69 (94,9%)	—	0,241 (4,05%)
$^{220}_{86}\text{Rn}$	55,6 s	6,29 (99,9%)	—	0,550 (0,11%)
$^{216}_{84}\text{Po}$	0,15 s	6,78 (100%)	—	—
$^{212}_{82}\text{Pb}$	10,64 h	—	0,159 (5,05%) 0,335 (83,3%) 0,574 (11,5%)	0,239 (43,5%) 0,300 (3,30%)
$^{212}_{83}\text{Bi}$	60,5 min	6,05 (25,2%) 6,09 (9,7%)	1,52 (4,45%) 2,25 (55,3%)	0,040 (1,03%) 0,727 (6,64%) 0,785 (1,10%) 1,62 (1,49%)
$^{212}_{84}\text{Po}$	2,98 s	8,78 (100%)	—	—
$^{208}_{81}\text{Tl}$	3,05 min	—	1,28 (25,8%) 1,52 (22,1%) 1,80 (48,9%)	0,511 (22,8%) 0,583 (85,1%) 0,860 (12,5%) 2,61 (99,8%)
$^{208}_{82}\text{Pb}$	Stabile	—	—	—

Figura 6: catena di decadimento del Th^{232}

IL FANGO DI DEPURAZIONE COME INDICATORE DI PRESENZA DI CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA

Il refluo in ingresso al depuratore porta con sé gli isotopi radioattivi disciolti nella matrice acquosa se solubili o non disciolti se insolubili. Nel paragrafo precedente si sono date in linea generale le caratteristiche di solubilità in acqua dei vari elementi ma, non conoscendo esattamente la forma chimica nella quale sono presenti all'interno del refluo, è difficile stabilire a priori se il radionuclide tenda a essere inglobato dal fango di depurazione o a rimanere in soluzione nel refluo in uscita.

Misure eseguite negli anni scorsi sul refluo in uscita dei quattro depuratori del comune di Vicenza, hanno evidenziato saltuariamente tracce dei soli K40 e I131. Contestualmente erano stati misurati anche i fanghi che invece mostravano la presenza anche degli altri radioisotopi. L'utilizzo della stessa metodica di misura sia per l'acqua reflua che per il fango suggeriva che quest'ultimo fosse un indicatore migliore dell'acqua depurata. Questa caratteristica potrebbe essere attribuita ad un'effettiva bassa solubilità dei radioisotopi ma anche alla modalità di depurazione e a quella di disidratazione del fango. Nella fase di depurazione infatti, i fanghi “freschi” mescolati all'acqua da depurare digeriscono la parte organica (o azotata) e crescono in volume. La parte in supero viene estratta e mandata alla linea trattamento fanghi. L'aliquota prelevata potrebbe essere composta dal

fango appena prodotto come anche da fango “vecchio” che ha trattato quantità maggiori di acqua, e quindi trattenuto più radionuclidi. Per quel che riguarda invece il trattamento di disidratazione, questo può avvenire con evaporazione dell’acqua (essiccamento) concentrando nel fango tutti i radioelementi o tramite l’allontanamento di soluzioni acquose (filtropressatura) che potrebbero sottrarre anche parte di radionuclidi impoverendo l’informazione fornita dal fango.

Il monitoraggio del fango disidratato abbinato a quello del refluo in uscita potrebbe fornire un’informazione più completa di ciò che viene versato in ambiente. Da una parte infatti il fango fornisce un indicatore della presenza di radioattività alla data del suo ingresso alla linea trattamento fanghi, dall’altra permette di determinare in modo approssimato la quantità di materiale radioattivo scaricato in discarica o inviato agli impianti di compostaggio. Il refluo in uscita, d’altro canto, può fornire un’indicazione in tempo reale di un evento di rilascio accidentale e se oltre all’acqua depurata comprende anche la soluzione acquosa derivante dalla disidratazione del fango, dà la quantità di radionuclide sversata direttamente nel corpo idrico. Inoltre se la misura del refluo è eseguita immediatamente dopo il prelievo potrebbe anche evidenziare la presenza di radionuclidi a vita breve ($t_{1/2}$ dell’ordine delle ore) quali I123, I131 o TC99m, tutti utilizzati in ambito ospedaliero.

LA RETE DI MONITORAGGIO E LA RACCOLTA PRELIMINARE DEI DATI

Il potenziamento del controllo sui fanghi ha visto la collaborazione attiva dei Servizi Territoriali del Dipartimento ARPAV di Vicenza. Gli ispettori del Servizio Territoriale nello svolgimento delle loro attività di controllo presso i depuratori hanno prelevato i campioni di fango allegando appositi verbali di prelievo in cui venivano indicati giorno e ora di prelievo, punto di prelievo all’interno della linea di trattamento fanghi e destinazione del fango (discarica, impianto di compostaggio).

Contestualmente sono stati richiesti ai gestori degli impianti di depurazione alcune informazioni da utilizzare nell’esecuzione delle elaborazioni successive: in Figura 7 è riportato il questionario utilizzato. Alcune informazioni necessarie all’esecuzione dei calcoli sono state estrapolate anche dalle “Schede ANPA”, richieste ai gestori all’interno dell’indagine ANPA sui depuratori pubblici di potenzialità uguale o superiore a 10000 A.E., al fine di valutare l’efficienza delle tecnologie di depurazione delle acque reflue (attuazione della direttiva 91/271/CE sul trattamento delle acque reflue urbane). Dette schede, compilate dai gestori nel 2000 sono state fornite dal Servizio Sistemi Ambientali del Dipartimento ARPAV di Vicenza. Altre informazioni sono state dedotte dal “Rapporto sulla stato dell’ambiente – anno 2000” della Provincia di Vicenza.

L’esito della raccolta preliminare dei dati ha evidenziato l’utilizzo in tutte le linee di trattamento fanghi di coadiuvante di disidratazione. Si è quindi proceduto al prelievo di un campione di coadiuvante per depuratore al fine di accertare l’assenza di radionuclidi.

QUESTIONARIO PRELIMINARE per determinazione prelievo fanghi di depurazione al fine di eseguire misure di contaminazione radioattiva

Depuratore: _____

1. Quante linee di trattamento fanghi sono presenti? _____
2. Per ogni linea di trattamento fanghi indicare quali sono le fasi attive e il tempo di permanenza del fango in ognuna di esse?

	LINEA 1	LINEA 2
tipologia	Tempo di permanenza (giorni / ore / mesi)	Tempo di permanenza (giorni / ore / mesi)
Preispessimento		
Preispessimento dinamico		
Digestione Aerobica		
Digestione Anaerobica		
Disidratazione centrifuga		
Disidratazione nastropressa		
Disidratazione filtropressa		
Letti di essiccamento		
Deposito		
Altro (*)		

(*)Specificare il tipo di fase nel trattamento: _____

3. Vengono utilizzati coadiuvanti di disidratazione? Se sì, di che tipo?

4. Qual è la destinazione dei fanghi trattati e qual è la frequenza di smaltimento?

Destinazione	SI	NO	Periodicità di smaltimento (es. ogni mese, ogni 3 mesi)
Discarica			
Impianto compostaggio			
Utilizzo agricolo			
Altro (*)			

(*)Specificare: _____

Compilatore: _____

Data: _____

Figura 7: questionario preliminare di richiesta dati ai gestori degli impianti di Depurazione

CARATTERISTICHE DEI DEPURATORI MONITORATI

Verranno proposte di seguito alcune caratteristiche dei depuratori monitorati, utili per le elaborazioni che verranno descritte nel corso della relazione.

In Tabella 1 viene dettagliata in percentuale la quantità di refluo in ingresso distinto per tipologia (scarico civile, scarico industriale) valutata rispetto alla portata idraulica media giornaliera di refluo totale trattato dal depuratore. Tutti i depuratori monitorati trattano anche le acque meteoriche; nel caso però di un aumento della portata in ingresso, dovuto per esempio ad eventi piovosi, si ha un corrispettivo aumento dell'acqua di sfioro e quindi di refluo non depurato. Inoltre come è stato fatto notare nel caso dei depuratori di Vicenza "S. Agostino" e "Città di Vicenza" nei depuratori non convoglia solo la rete fognaria ma anche una quantità notevole di canali di scolo, il contributo dei quali può alterare significativamente la presenza di radionuclidi naturali nei fanghi di depurazione.

In Tabella 2 viene indicato il tempo medio di permanenza del fango all'interno della linea fanghi, l'eventuale presenza di deposito prima dello smaltimento e la periodicità di smaltimento. Qualora però si verifichi una sovrapproduzione di fango, come avviene per esempio in primavera per il depuratore di Vicenza "Casale", il fango può essere anche depositato in attesa del trattamento

Depuratore	Refluo civile (%)	Refluo industriale (%)	Altro (%)	Portata media (m ³ /giorno)
Thiene	81	19	---	18087
Schio	60	35	5	16026
Bassano del Grappa	79	21	---	18881
Arzignano	36	64	---	27475
Lonigo	78	22	---	7809
Montebello Vicentino	28	72	---	9313
Montecchio Maggiore	20	77	3	12207
Trissino	60 (*)	38	2	24862
Vicenza "Sant'Agostino"	54	46	---	31749
Vicenza "Città di Vicenza"	73	27	---	23679

Tabella 1: provenienza del refluo e portata media giornaliera del depuratore (dati desunti da "schede ANPA" e "Rapporto sullo stato dell'ambiente anno 2000 della Provincia di Vicenza). (*): il 28% ha origine meteorica

Depuratore	t (giorni) durata trattamento	t (giorni) deposito pre-smaltimento	periodicità smaltimento (giorni)
Thiene	31.46	0	2
Schio	32	1	20
Bassano del Grappa	27.8	0	7
Arzignano	2.7	0.8	1
Lonigo	2.6	2	1.5
Montebello Vicentino	2	1	1
Montecchio Maggiore	63	0	2.9
Trissino	21.1	1	3.5
Vicenza "Sant'Agostino"	20	0	7
Vicenza "Città di Vicenza"	22.1	8.9	10

Tabella 2: durata del trattamento fanghi e frequenza smaltimento (dati desunti da questionario di Fig.7)

In Tabella 3 è indicata la percentuale di sostanza secca che caratterizza il fango all'uscita dal trattamento nonché la quantità annua di fango smaltita in discarica o in impianti di compostaggio.

Depuratore	% sostanza secca totale fango trattato	Fango smaltito (tonn/anno)	Smaltimento (%)	
			discarica	Impianto di compostaggio
Thiene	25	3270	0	100
Schio	27	3335	100	0
Bassano del Grappa	77	1139	20	80
Arzignano	28	74904	100	0
Lonigo	28	511	100	0
Montebello Vicentino	40	30221	100	0
Montecchio Maggiore	23.5	1700	0	100
Trissino	35	3120	0	100
Vicenza "Sant'Agostino"	24.1	1894	100	0
Vicenza "Città di Vicenza"	20.7	2417	100	0

Tabella 3: %ss nel fango trattato e fango smaltito all'anno con relativa destinazione (dati desunti da "schede ANPA" e da questionario di Fig.7)

Nelle Figure 8-17 viene proposta una rappresentazione cartografica dei territori comunali serviti da ogni depuratore e la localizzazione degli stessi.

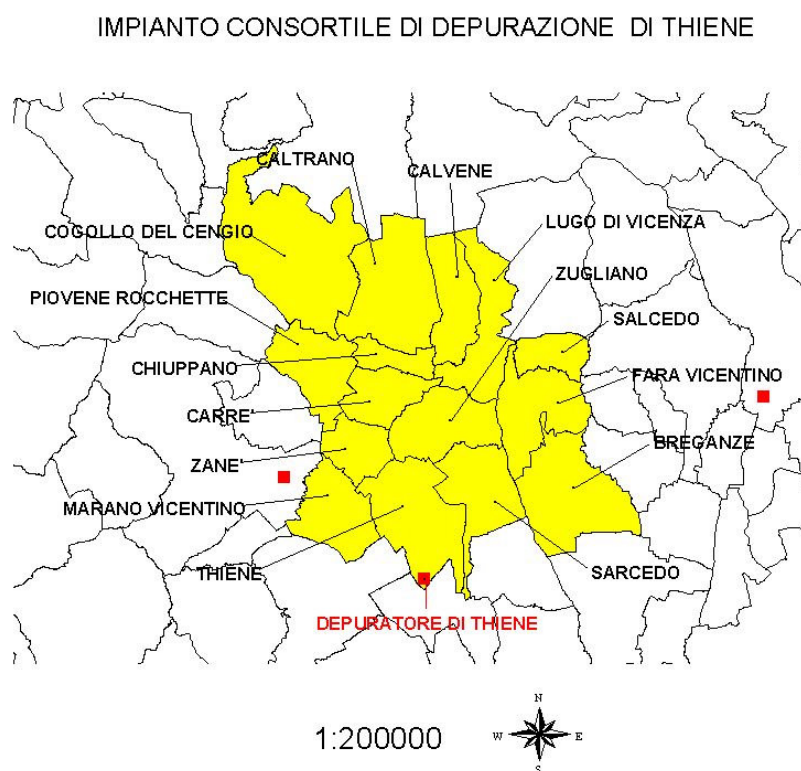


Figura 8: comuni serviti dal depuratore di Thiene

IMPIANTO DI DEPURAZIONE ACQUE DEL COMUNE DI SCHIO

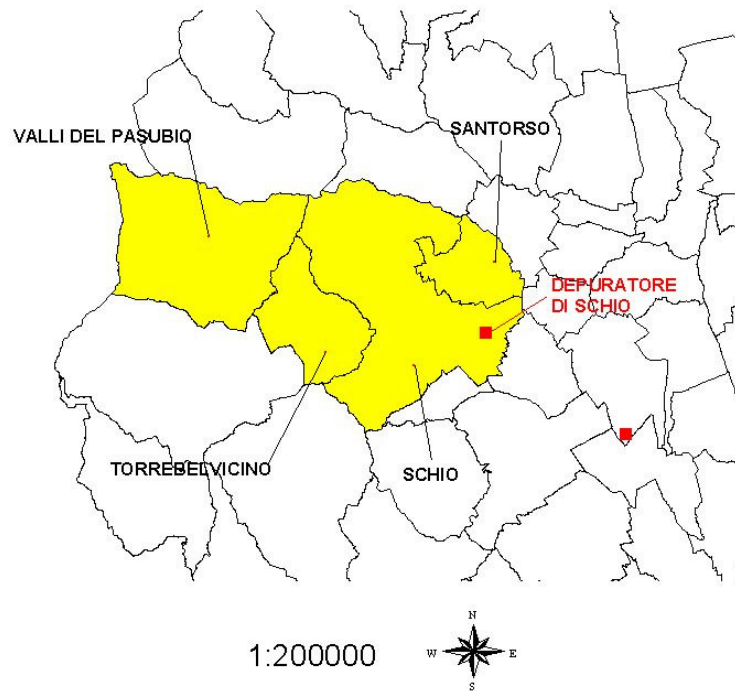


Figura 9: comuni serviti dal depuratore di Schio

DEPURATORE CONSORTILE DI BASSANO DEL GRAPPA



Figura 10: comuni serviti dal depuratore di Bassano del Grappa

IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI ARZIGNANO

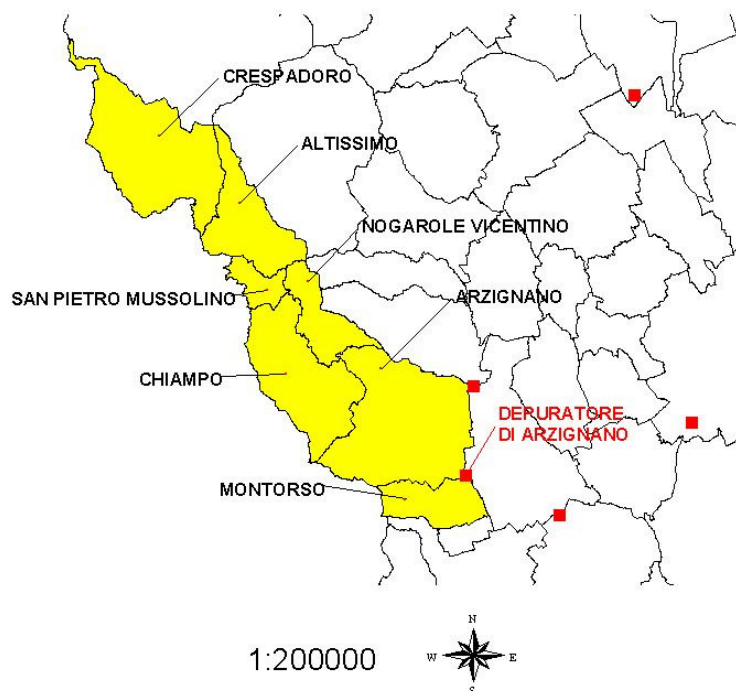


Figura 11: comuni serviti dal depuratore di Arzignano

IMPIANTO DI DEPURAZIONE COMUNALE DI LONIGO

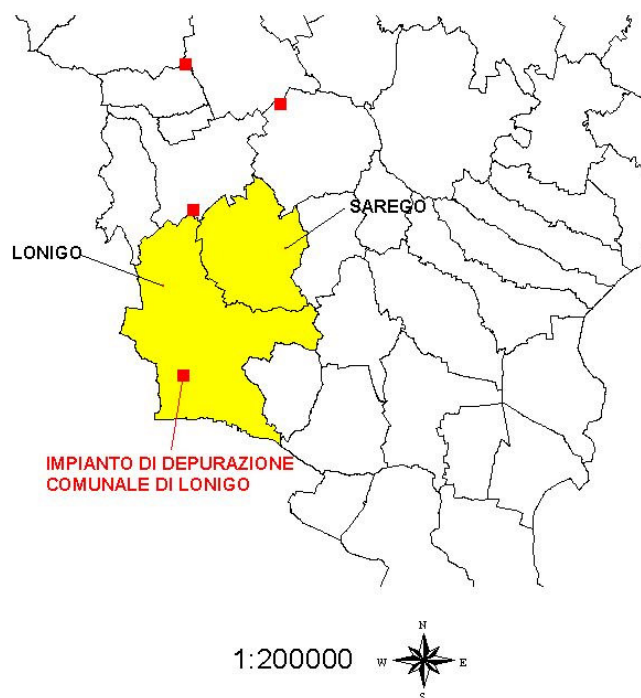


Figura 12: comuni serviti dal depuratore di Lonigo

IMPIANTO CONSORTILE DI MONTEBELLO VICENTINO

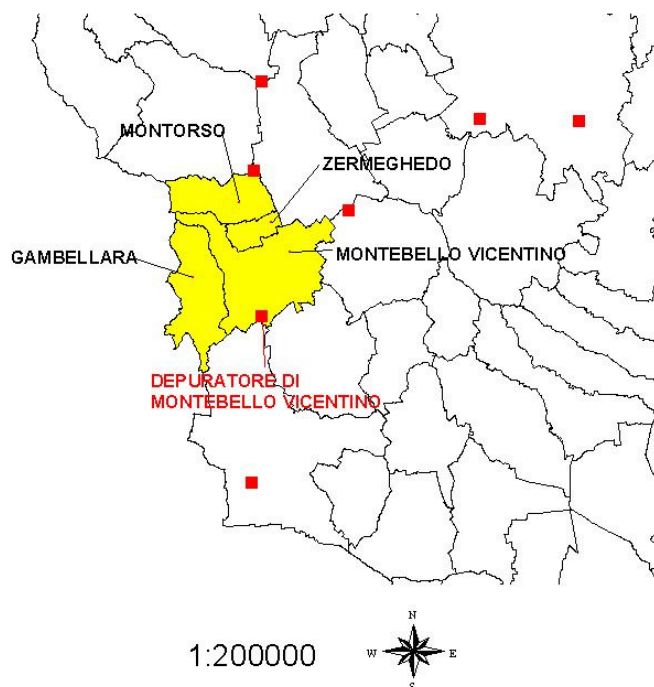


Figura 13: comuni serviti dal depuratore di Montebello Vicentino

DEPURATORE CONSORTILE DI MONTECCHIO MAGGIORE E BRENDOLA

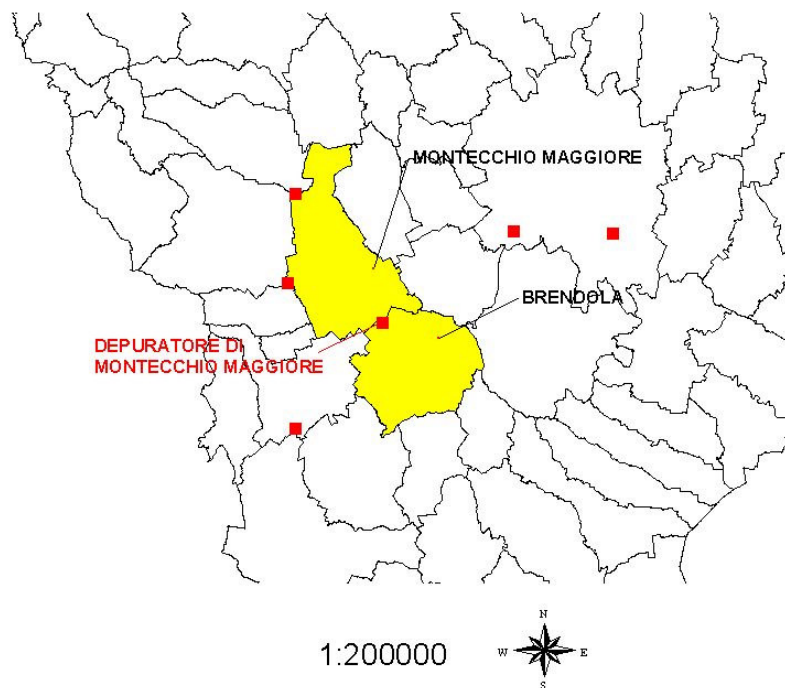


Figura 14: comuni serviti dal depuratore di Montecchio Maggiore

IMPIANTO DI DEPURAZIONE CONSORTILE DI TRISSINO

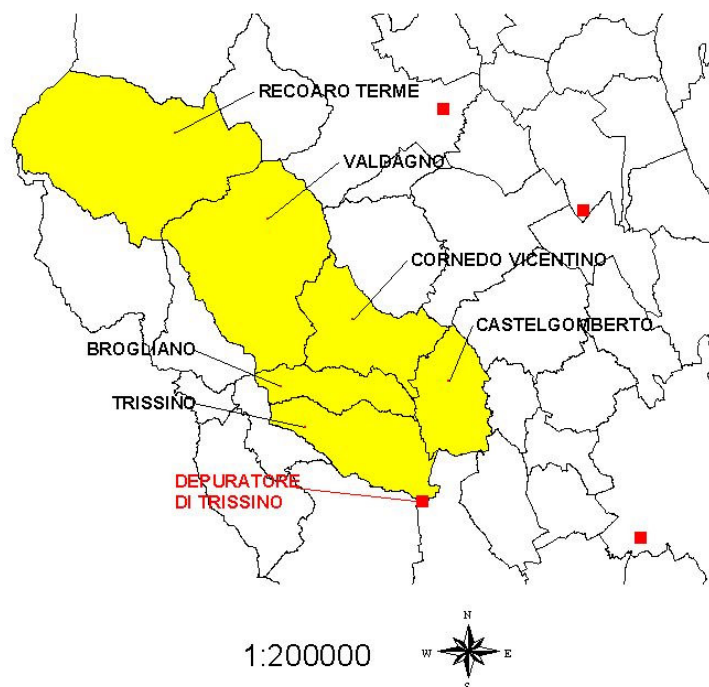


Figura 15: comuni serviti dal depuratore di Trissino

DEPURATORE SANT'AGOSTINO DI VICENZA

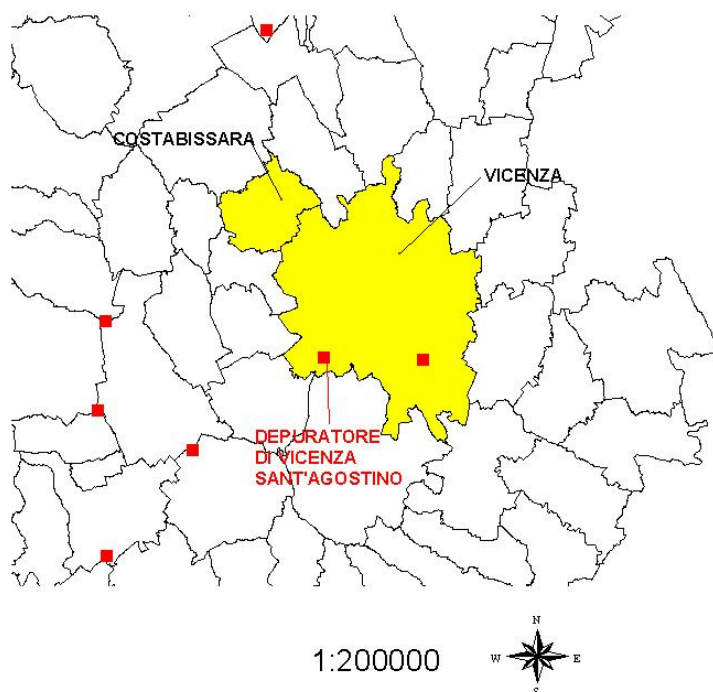


Figura 16: comuni serviti dal depuratore di Vicenza "Sant'Agostino"

DEPURATORE "CITTA' DI VICENZA" DI VICENZA

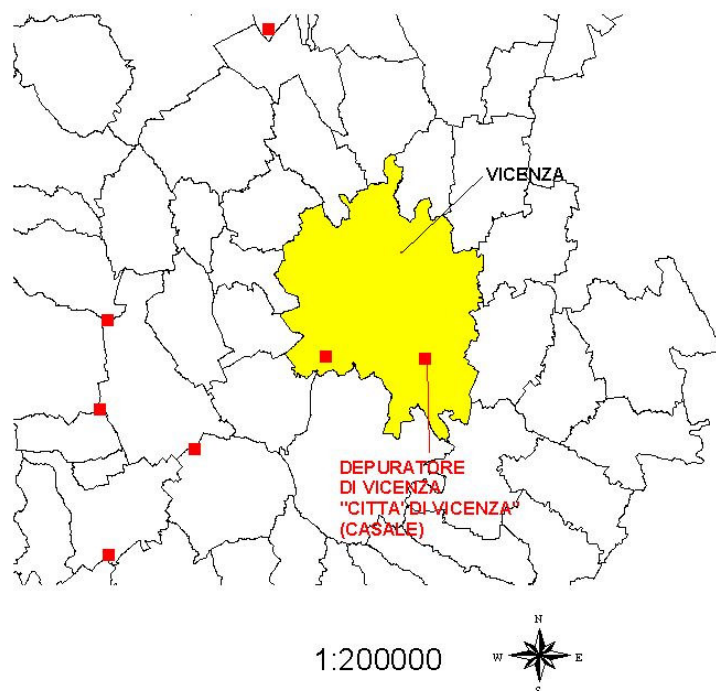


Figura 17: comuni serviti dal depuratore di Venezia “Città di Venezia”

MODALITA' DI CAMPIONAMENTO DEL FANGO E DEI COADIUVANTI DI DISIDRATAZIONE

I campioni di fango vengono prelevati con periodicità mensile. Dal momento infatti che il fango in supero viene inviato in continuo alla linea di trattamento e che il campione prelevato non può essere rappresentativo di tutto il fango trattato, si è stabilita la frequenza di prelievo a partire da quella massima compatibile con il carico di lavoro del Laboratorio Radiazioni Ionizzanti dell'Unità Agenti Fisici.

I campioni di fango sono presi all'uscita delle linee di trattamento fanghi, dopo gli stadi indicati in Tabella 4 e prima di un eventuale deposito in attesa di smaltimento. Le aliquote prelevate hanno un volume pari a 1000 cm³ e vengono riposte direttamente durante il prelievo in contenitori beaker di Marinelli utilizzati successivamente per la misura di contaminazione radioattiva. Detti beaker sono contenitori a tenuta e permettono di conseguenza la conservazione del rapporto tra percentuale d'acqua e percentuale di sostanza secca totale (sst) del fango prelevato. Il campione, identificato da apposito verbale di prelievo, viene consegnato in giornata al Laboratorio Radiazioni Ionizzanti. Qui, conservato in frigorifero, rimane in attesa che ne sia misurata la radioattività.

I campioni di coadiuvante, prelevati per una sola volta dai rispettivi depositi, hanno invece un'aliquota pari a 500 cm³ e vengono anch'essi riposti direttamente in contenitori beaker di Marinelli. In Tabella 5 sono elencati costituzione chimica e denominazione commerciale dei coadiuvanti utilizzati.

Depuratore	Punto di prelievo
Thiene	uscita dalla nastropressa
Schio	uscita dalla nastropressa
Bassano del Grappa	uscita dall'essicatore termico
Arzignano	uscita dall'essicatore termico
Lonigo	uscita dalla filtropressa
Montebello Vicentino	uscita stadio finale linea trattamento
Montecchio Maggiore	uscita dalla nastropressa
Trissino	uscita dalla filtropressa
Vicenza "Sant'Agostino"	uscita dalla nastropressa
Vicenza "Città di Vicenza"	uscita dalla nastropressa

Tabella 4: punto di prelievo del campione

Depuratore	costituzione chimica e/odenominazione commerciale
Thiene	polielettrolita SNF-DRY FLOC 492
Schio	polielettrolita organico PRAESTOL 650 BC
Bassano del Grappa	poliacrilammide cationica ZETAG 7210
Arzignano	DRY FLOC 2511-BIAFLOC B 78
Lonigo	soluzione latte di calce
Montebello Vicentino	polielettrolita cationico HIDROFLOCH 785
Montecchio Maggiore	polielettrolita ZETAG 72-10
Trissino	ZETAG 7653
Vicenza "Sant'Agostino"	polielettrolita cationico SEDIFLOC 1405/C
Vicenza "Città di Vicenza"	polielettrolita cationico SEDIFLOC 1405/C

Tabella 5: coadiuvanti di disidratazione analizzati nel 2002

PROCEDURA DI MISURA DELLA RADIOATTIVITA'

La determinazione della presenza di contaminanti radioattivi viene condotta tramite l'analisi di spettrometria gamma con una catena spettrometrica che utilizza un rivelatore al germanio iperpuro di tipo P, PGT, calibrato con sorgente multigamma LEA 9ML01-ELMB45 (certificato di taratura n. CT/010129/01/0624 emesso dal "Laboratoire Etalons d'Activité" il 10/04/2002). In Figura 18 è proposta una foto del sistema di misura del Laboratorio Radiazioni Ionizzanti e di un campione di fango nel beaker di Marinelli.

Il rivelatore è costituito da germanio di elevata purezza, mantenuto tramite un sistema criogenico alla temperatura dell'azoto liquido. Esso viene alimentato con una tensione di 4000 V in modo da permettere la raccolta delle coppie elettrone-lacuna che si formano al suo interno al passaggio della radiazione gamma. Le cariche liberate generano un segnale in tensione la cui ampiezza è proporzionale all'energia della radiazione incidente.

Il segnale viene preamplificato ed inviato ad una catena elettronica costituita da uno stadio amplificatore, da un convertitore del segnale da analogico in digitale e da un discriminatore