



LA RETE GAMMA DI ALLERTA NUCLEARE ARPA PIEMONTE: STRUTTURA E PRESTAZIONI

Mauro Magnoni

S. Bertino, M.C.Losana, F. Righino, F. Martire

ARPA Piemonte – Centro Regionale Radiazioni SS21.01

M. Giacomelli

ARPA Piemonte – Sistemi Informativi e Informatica



LA STRUTTURA GEOGRAFICA DELLA RETE

DISTRIBUZIONE DEI SENSORI

- Nella scelta della distribuzione dei rivelatori gamma (Geiger-Müller) sul territorio regionale si è fatto riferimento ad alcuni criteri generali:
 - a) copertura uniforme del territorio regionale
 - b) monitoraggio dei principali centri urbani (capoluoghi di provincia)
 - c) presidio del confine con la Francia (presenza centrali elettronucleari in funzione)
 - d) esistenza stazioni di misura della rete GM APAT
 - e) presenza siti nucleari in Piemonte

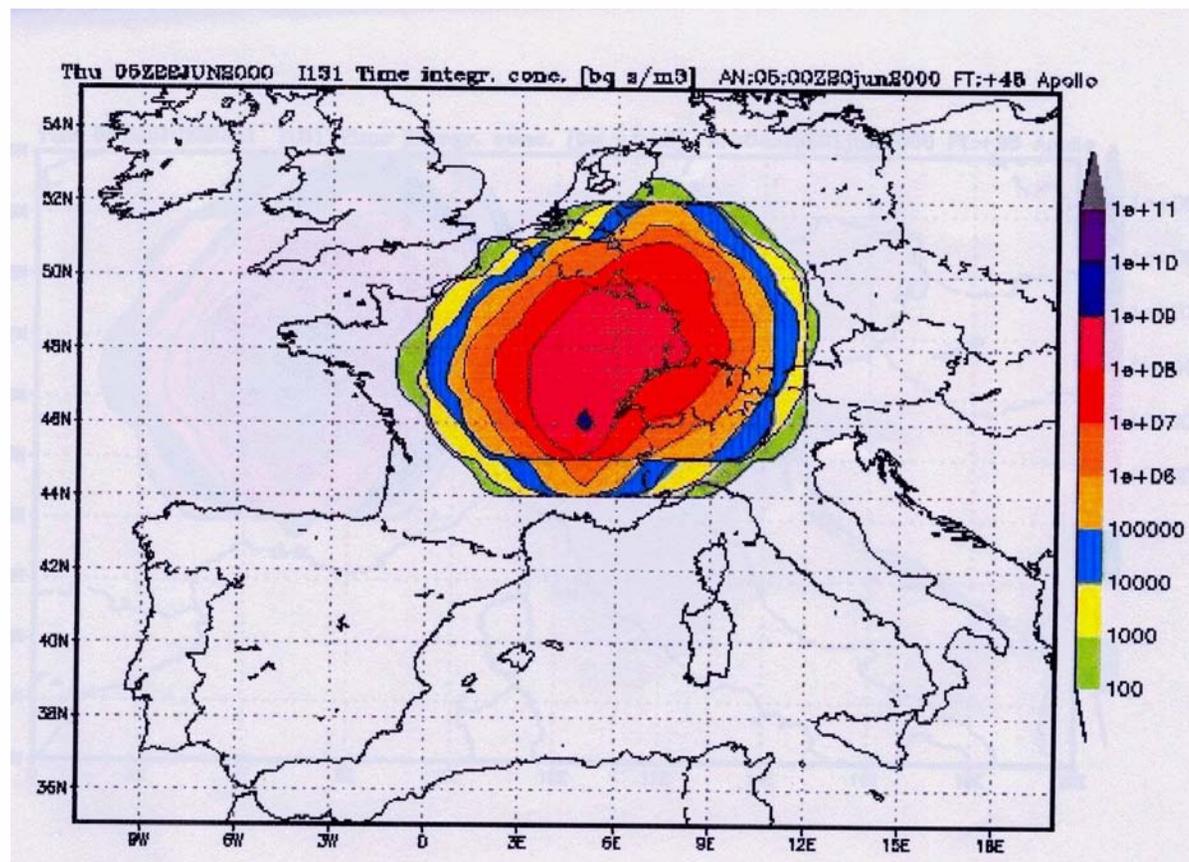


Il rischio nucleare transfrontaliero *(in blu le centrali a distanza < 200 km dal confine italiano)*





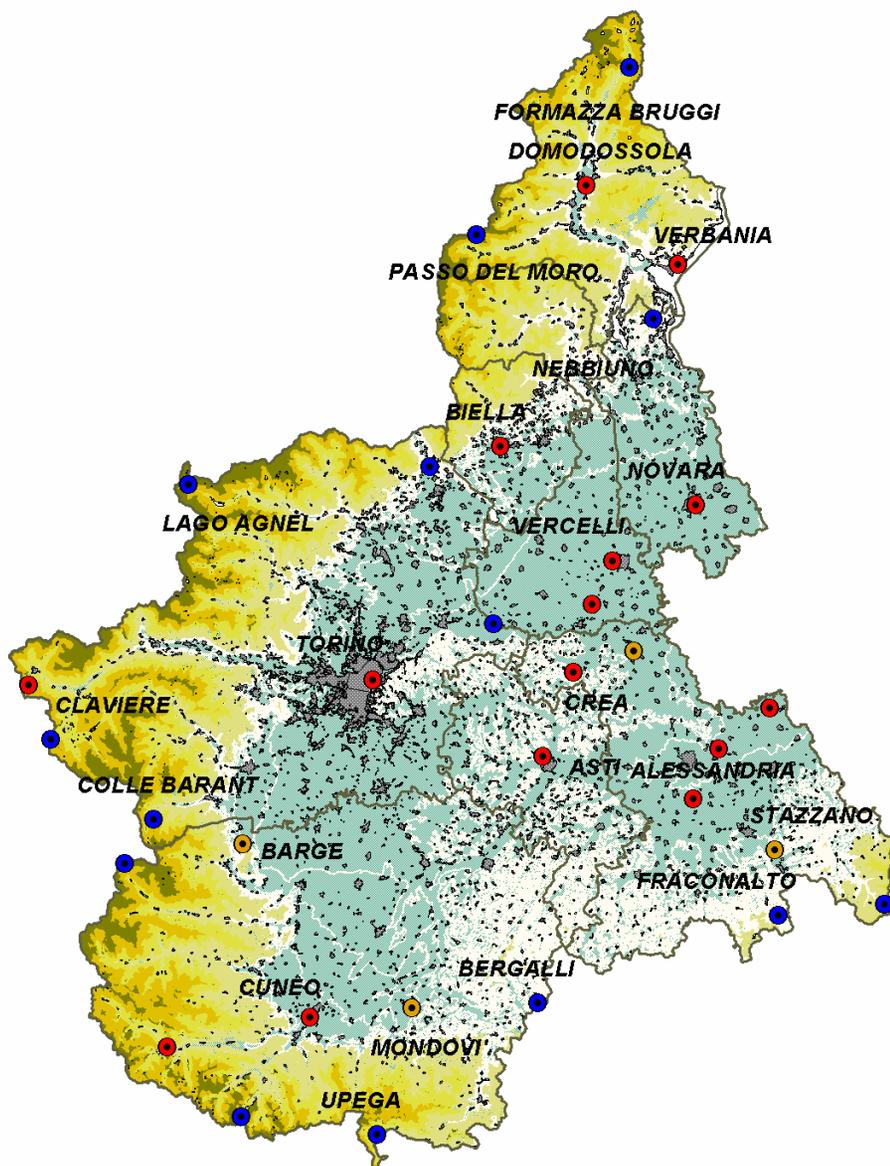
Simulazione, durante esercitazione CEVaD, (software APOLLO di APAT)
di un grave incidente a una centrale francese





LA STRUTTURA GEOGRAFICA DELLA RETE DISTRIBUZIONE DEI SENSORI

- Si è quindi deciso di installare 29 rivelatori γ Geiger-Müller
- Una prima tranche di 9 rivelatori è stata installata nel corso del 2006 (la rete è operativa dalla primavera 2006)
- La seconda e conclusiva tranche, è attualmente in fase di installazione
- Allo stato attuale sono in funzione 15 rivelatori che, entro l'anno, diventeranno 29



RETI DI MONITORAGGIO AUTOMATICO DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE

-  Geiger ARPA da installare
-  Geiger ARPA installati
-  Rete Geiger APAT



CARATTERISTICHE DEI SENSORI

- Sensore composto da due Geiger-Mueller accoppiati (mod. GammaTRACER della GENITRON)
- Dimensioni sonda: 40 mm di diametro e 544 mm di lunghezza o 90 mm e lunghezza 527, a seconda dei modelli
- Intervallo operativo da 10 nSv/h a 10 Sv/h
- Sensori installati presso centraline meteorologiche
- Misure di $H^*(10)$ ogni 10 minuti



I rivelatori GammaTRACER

- I sensori γ installati sono di 2 tipi:
 - a) GT-BASIC (i 9 della prima tranche)
 - b) GT XL2-2/3 (quelli installati più di recente)



Caratteristiche principali

	GT-BASIC	GT XL2-2/3
Numero di impulsi a 100 nSv/h in 10 minuti	150	1100
Range di misura (rateo di dose)	20 nSv/h – 10 mSv/h	10 nSv/h – 10 Sv/h
Range di misura (energia)	45 – 3000 keV	45- 2000 keV
Range di temperatura standard	da -20 °C a +50°C	da -20 °C a +50°C
Range di temperatura esteso (per alcuni sensori)	da -40 °C a +60°C	da -40 °C a +60°C

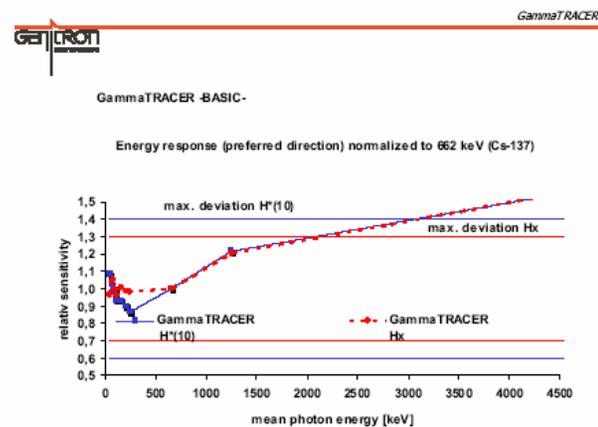


gammaTRACER XL2



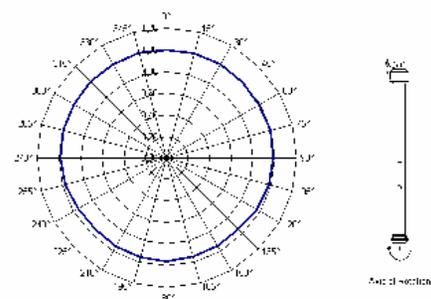


Taratura e risposta dei sensori



GammaTRACER -BASIC- H*(10)

Radial sensitivity at Cs-137 (662 keV)



Subject to technical alterations

For further technical data please contact us!



STRUTTURA DELLA RETE

- La particolarità della soluzione proposta, come si è visto, risiede nell'integrazione della rete di sensori γ con le stazioni della rete meteo idrografica, anch'essa gestita da Arpa Piemonte: la trasmissione dati radiometrici dai sensori al punto raccolta dati avviene assieme a tutto il pacchetto dati meteo idrografici acquisito dalla stazione, tramite ponte radio UHF attraverso un sistema di ripetitori
- I dati rilevati confluiscono, sempre in tempo reale, al Centro Funzionale dell'ARPA Piemonte, dove vengono visualizzati, elaborati, archiviati e gestiti ai fini della valutazione delle emergenze

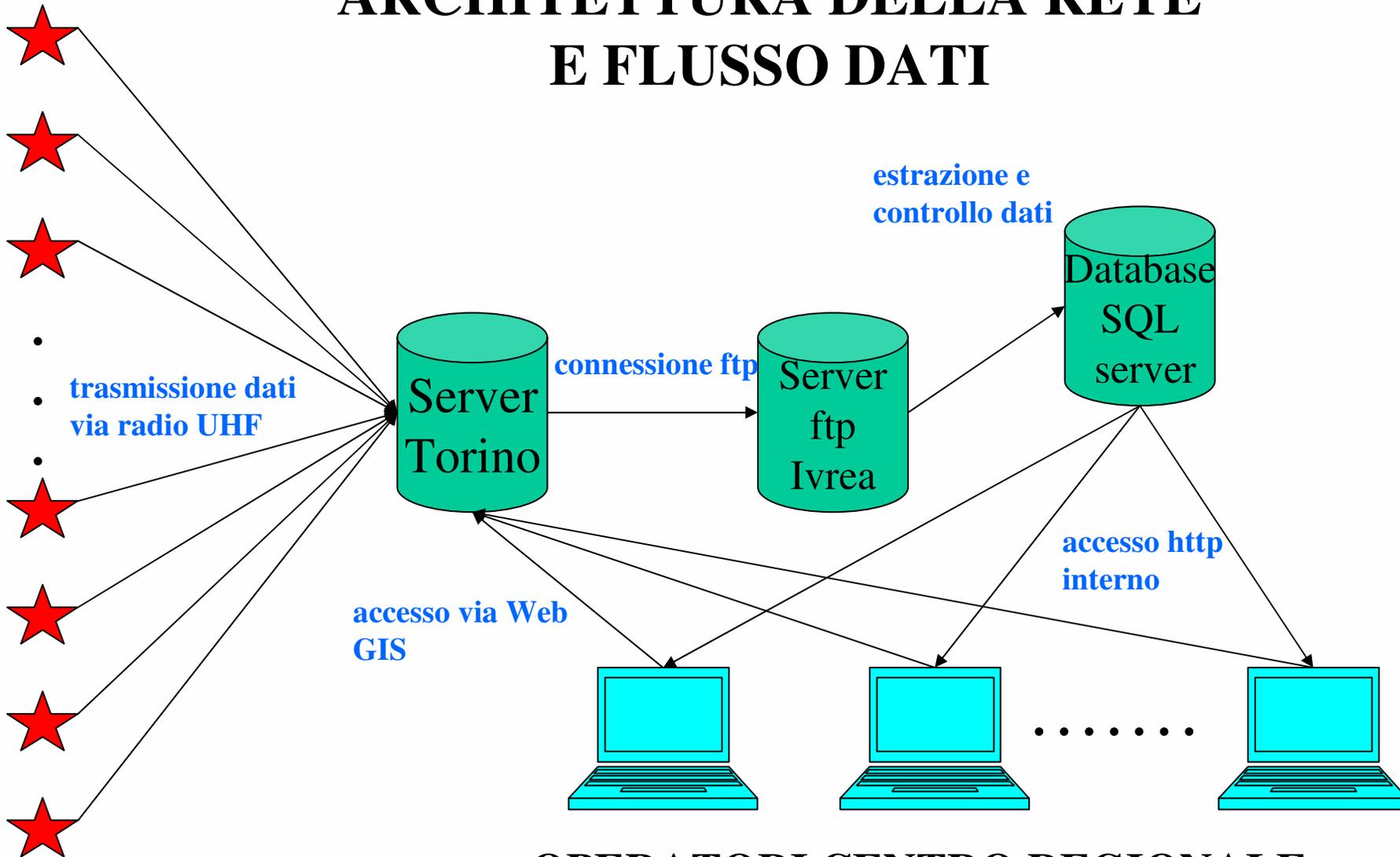


- Tale approccio ha fornito vari vantaggi sia in termini di tempi di realizzazione che di efficienza e affidabilità. Infatti, l'integrazione del sensore di radiazione gamma con le stazioni meteo è stata fatta velocemente ed a costi contenuti. L'affidabilità è garantita dal fatto che questo tipo di trasmissione dati della rete meteoidrografica è ormai ampiamente collaudato da vari anni
- La consultazione dei dati può avvenire in tempo reale, secondo modalità già utilizzate per i dati meteorologici
- Vengono a tal proposito utilizzate tecnologie GIS con accesso da remoto tramite Web (servizio Web GIS): uno strumento di estrema utilità già ampiamente sperimentato da Arpa Piemonte per il controllo e la gestione dei rischi ambientali. Accanto a queste modalità di accesso standard, è anche disponibile agli operatori ARPA un accesso "più diretto" tramite connessione del Centro Funzionale di Torino con un Server ftp



SENSORI GM

ARCHITETTURA DELLA RETE E FLUSSO DATI



OPERATORI CENTRO REGIONALE



VISUALIZZAZIONE DATI TRAMITE SERVIZIO WEB GIS

- Per i dati radiometrici provenienti dalle centraline Geiger sono state sviluppate le seguenti attività:
- creazione archivio DB e flusso di alimentazione in continuo
- produzione dei grafici degli andamenti temporali del parametro gamma confrontato con le soglie di attenzione
- servizio di consultazione Web GIS



- Un tale servizio è molto utile in caso di emergenza o presunta emergenza.
- Infatti in caso di superamento della soglia di attenzione presso una centralina, il Centro Grandi Rischi dell'ARPA, presidiato H24, contatterà il reperibile di turno per la radioattività
- E' infatti sempre attiva una squadra ARPA Piemonte, reperibile H24, specializzata per le emergenze radiologiche e nucleari. E' composta da un fisico e da un tecnico facenti capo al Centro Regionale Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti di ARPA Piemonte
- I tecnici del Centro, tramite il servizio di consultazione Web GIS, con un qualsiasi accesso a internet (protetto da password) possono visualizzare in tempo reale i dati misurati dalle centraline, seguirne l'evoluzione nel tempo e valutare se il superamento della soglia è dovuto ad un aumento effettivo del fondo o a una casuale oscillazione.



Indirizzo http://marcopolo.arpa.piemonte.it/website/ARPA/arpa_ib_meteorisintranet/viewer.htm

Arpa Mete GIS Area Riservata

Sistema Informativo Geografico On line

Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

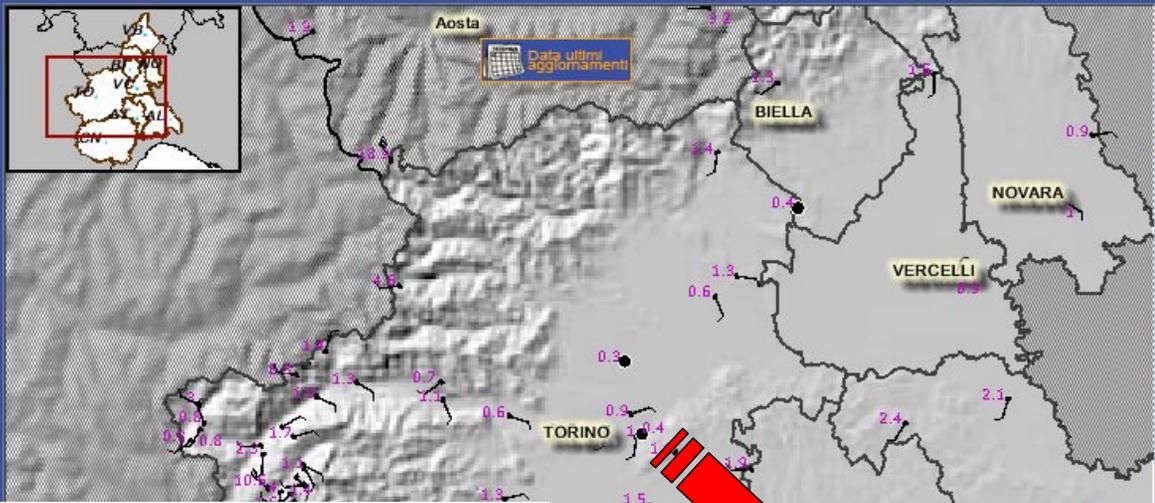
[Accedi ad altri Servizi](#) [Consulta alla scala](#)

Naviga nella mappa

Map navigation controls including zoom in/out, pan, and search tools.

Interroga i dati

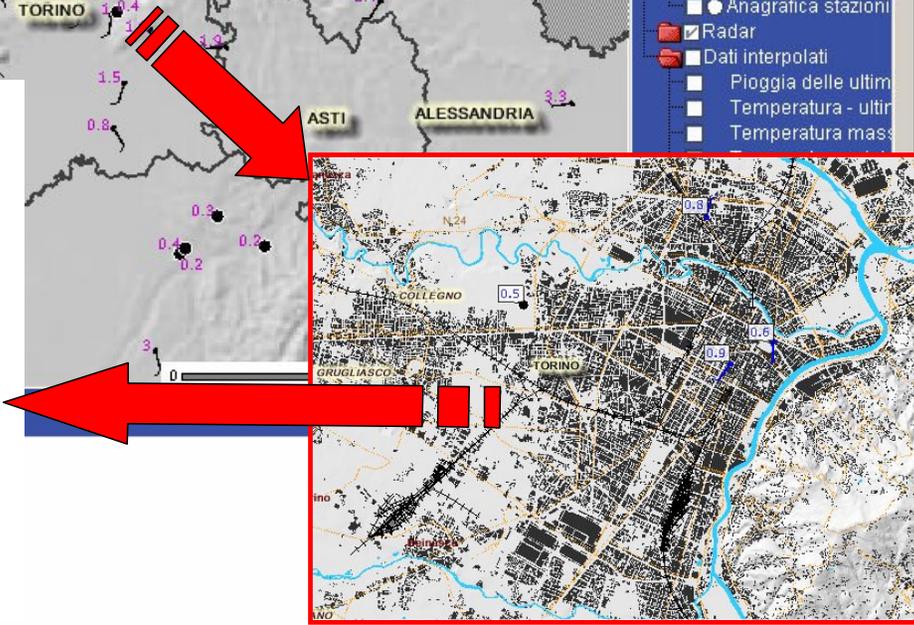
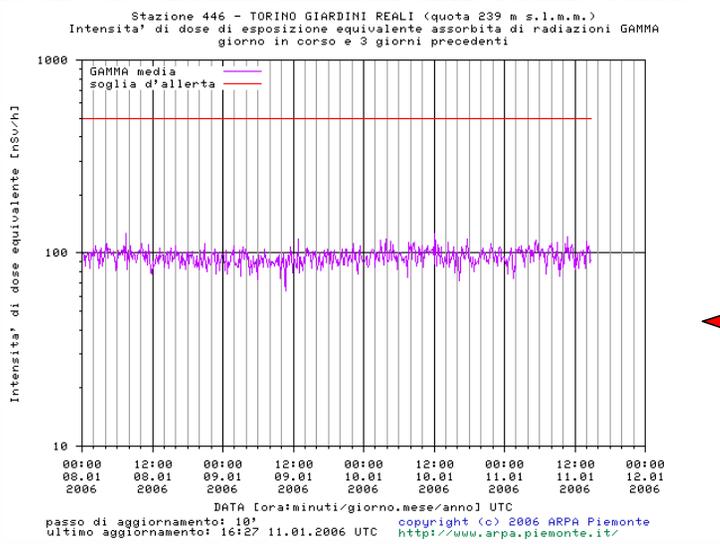
Data query controls including information and search icons.



Temi

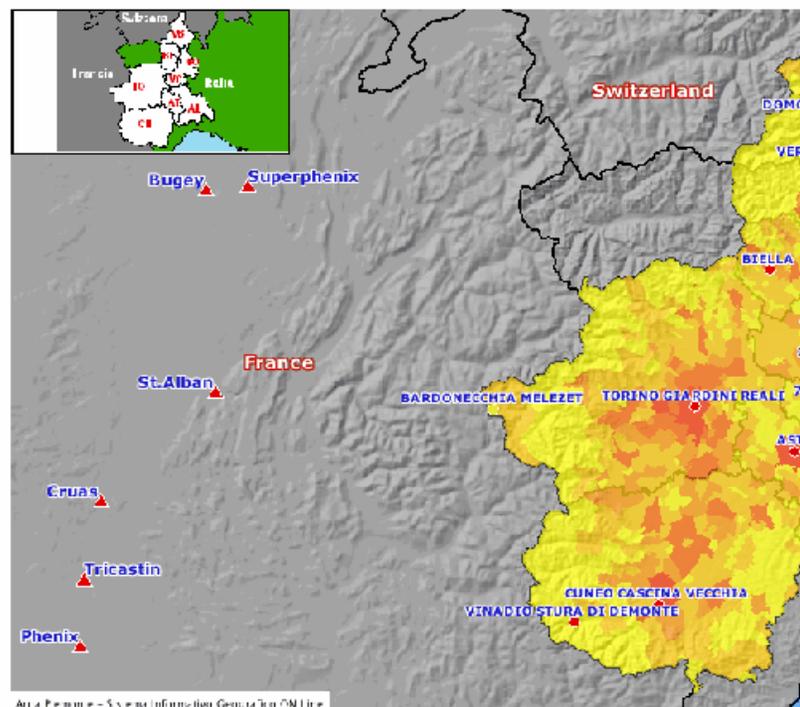
Legend for map layers:

- Tutti i Layers
- Dati di Base
- Bacini Idrografici
- Stazioni meteorologiche
 - Idrometri
 - Temperatura
 - Pioggia cumulata
 - Altezza neve fresca
 - Altezza neve al suo
 - Anemometri raffica
 - Anemometri media
 - Anagrafica stazioni
- Radar
- Dati interpolati
- Pioggia delle ultime
- Temperatura - ultime
- Temperatura massima





Punti di monitoraggio e centrali francesi in attività nei pressi del confine

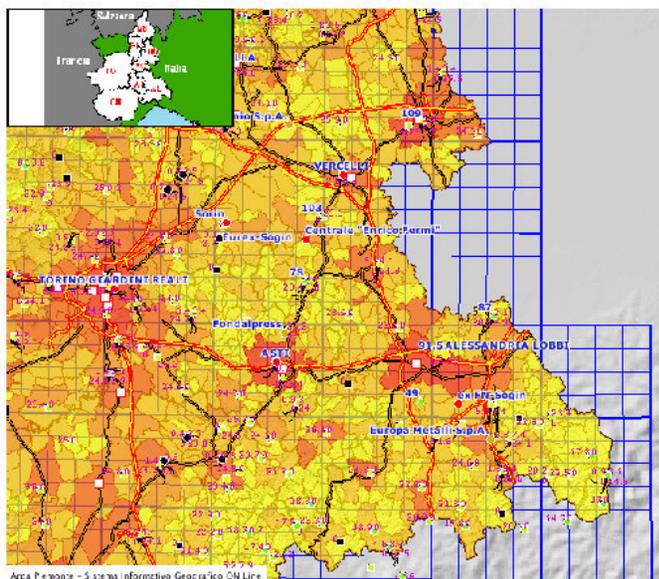




Visualizzazione dati e territorio (visualizzazione di insediamenti produttivi “a rischio”)

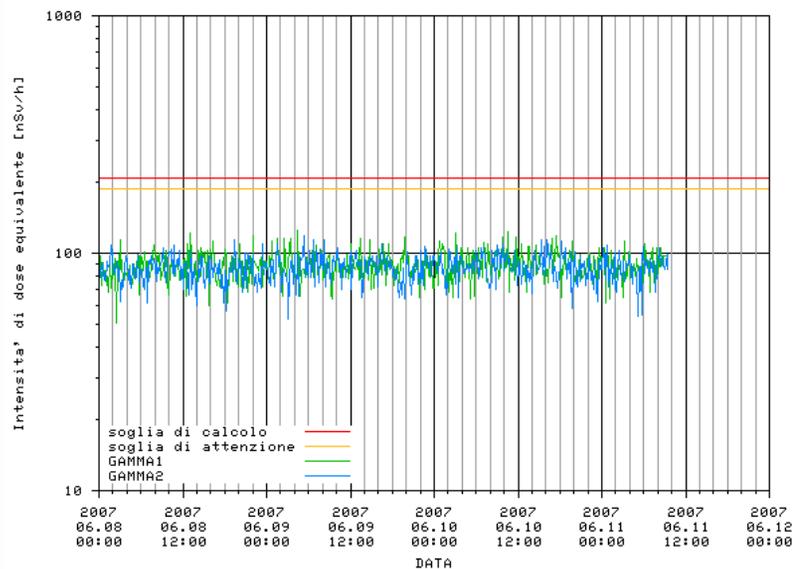
ArcIMS Viewer

Pagina 1 di 1



Arpa Piemonte - Sistema Informativo Geografico ON Line

Intensita' di dose equivalente di radiazione GAMMA
STAZIONE ALESSANDRIA LOBBI



aggiornamento: 2007.06.11 10:03 UTC

copyright (c) 2006 ARPA Piemonte



Accesso diretto ai dati (Server ftp Ivrea)

- Per una tale tipologia di accesso diretto ai dati è necessario essere fisicamente presso una sede ARPA del Centro Regionale Radiazioni ARPA: vengono abilitati a questo tipo di consultazione tutti i componenti del Centro coinvolti nel servizio di pronta disponibilità per le emergenze nucleari e radiologiche
- L'accesso diretto al server ARPA consente una più flessibile gestione dei dati e ne consente una agevole elaborazione



- Oltre a ciò, vi è anche la possibilità di avere servizi aggiuntivi quali:
 1. E-mail automatica inviata ai reperibili in caso di superamento soglie (già operativa)
 2. SMS automatici inviati ai reperibili in caso di superamento soglie (in fase sperimentale)



Stazione:

Dal:

Al:

Ultimo aggiornamento dati: 11/06/2007 alle ore 19:20
 Valori oltre la soglia rtbval negli ultimi 7 giorni: [Ard Douglis](#)

Accesso diretto ai dati

[Vedi Grafico](#) | [Filtra per superamenti](#): [Soglia di attenzione: 265(nSv)] - [Soglia di calcolo: 274(nSv)]

Data	Val. Min. (nSv)	Val. Med. (nSv)	Val. Max. (nSv)	Val. Min3 (nSv)	Val. Med3 (nSv)	Val. Max3 (nSv)	Pioggia (mm)	Vento (m/s)	Raffica (m/s)	LINK ORARI
16/06/2006	123	150	186	0	0	0	3.0	1.1	6.6	Cerca
17/06/2006	129	154	229	0	0	0	1.6	0.9	9.1	Cerca
18/06/2006	122	148	176	0	0	0	0.0	0.9	5.7	Cerca
19/06/2006	126	150	174	0	0	0	0.0	1.0	5.4	Cerca
20/06/2006	129	152	189	0	0	0	0.0	0.9	4.2	Cerca
21/06/2006	123	155	185	0	0	0	3.8	1.4	11.7	Cerca
22/06/2006	121	150	176	0	0	0	0.0	1.1	3.6	Cerca
23/06/2006	126	153	178	0	0	0	0.0	1.3	7.2	Cerca
24/06/2006	127	156	206	0	0	0	9.0	1.2	9.4	Cerca
25/06/2006	127	151	180	0	0	0	0.0	1.0	9.4	Cerca
26/06/2006	127	149	178	0	0	0	0.0	1.2	5.3	Cerca
27/06/2006	130	158	211	0	0	0	1.8	1.0	7.4	Cerca
28/06/2006	127	162	246	0	0	0	8.2	1.0	11.5	Cerca
29/06/2006	123	158	244	0	0	0	2.6	1.4	7.4	Cerca
30/06/2006	110	149	176	0	0	0	0.0	1.4	6.6	Cerca
01/07/2006	115	152	178	0	0	0	0.0	1.6	7.7	Cerca
02/07/2006	124	149	177	0	0	0	0.0	1.8	9.1	Cerca
03/07/2006	122	147	182	0	0	0	3.4	1.6	7.9	Cerca
04/07/2006	124	149	184	0	0	0	0.0	1.6	9.3	Cerca
05/07/2006	122	150	195	0	0	0	6.4	1.1	7.3	Cerca
06/07/2006	121	149	192	0	0	0	3.0	0.8	4.0	Cerca
07/07/2006	119	148	179	0	0	0	2.0	0.8	3.3	Cerca
08/07/2006	126	148	175	0	0	0	0.0	1.1	7.2	Cerca
09/07/2006	125	149	179	0	0	0	0.0	1.1	7.2	Cerca
10/07/2006	121	148	175	0	0	0	0.0	1.3	7.7	Cerca
11/07/2006	126	152	185	0	0	0	0.0	1.2	7.7	Cerca
12/07/2006	127	158	219	0	0	0	37.4	1.3	9.8	Cerca



Stazione di Vinadio (CN)

dati giornalieri 2006 - 2007





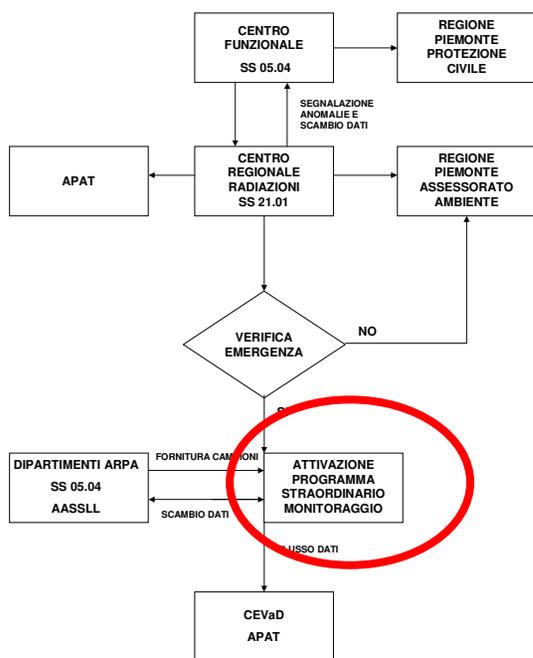
Stazione di Vinadio (CN)

dati orari 11 giugno 2007





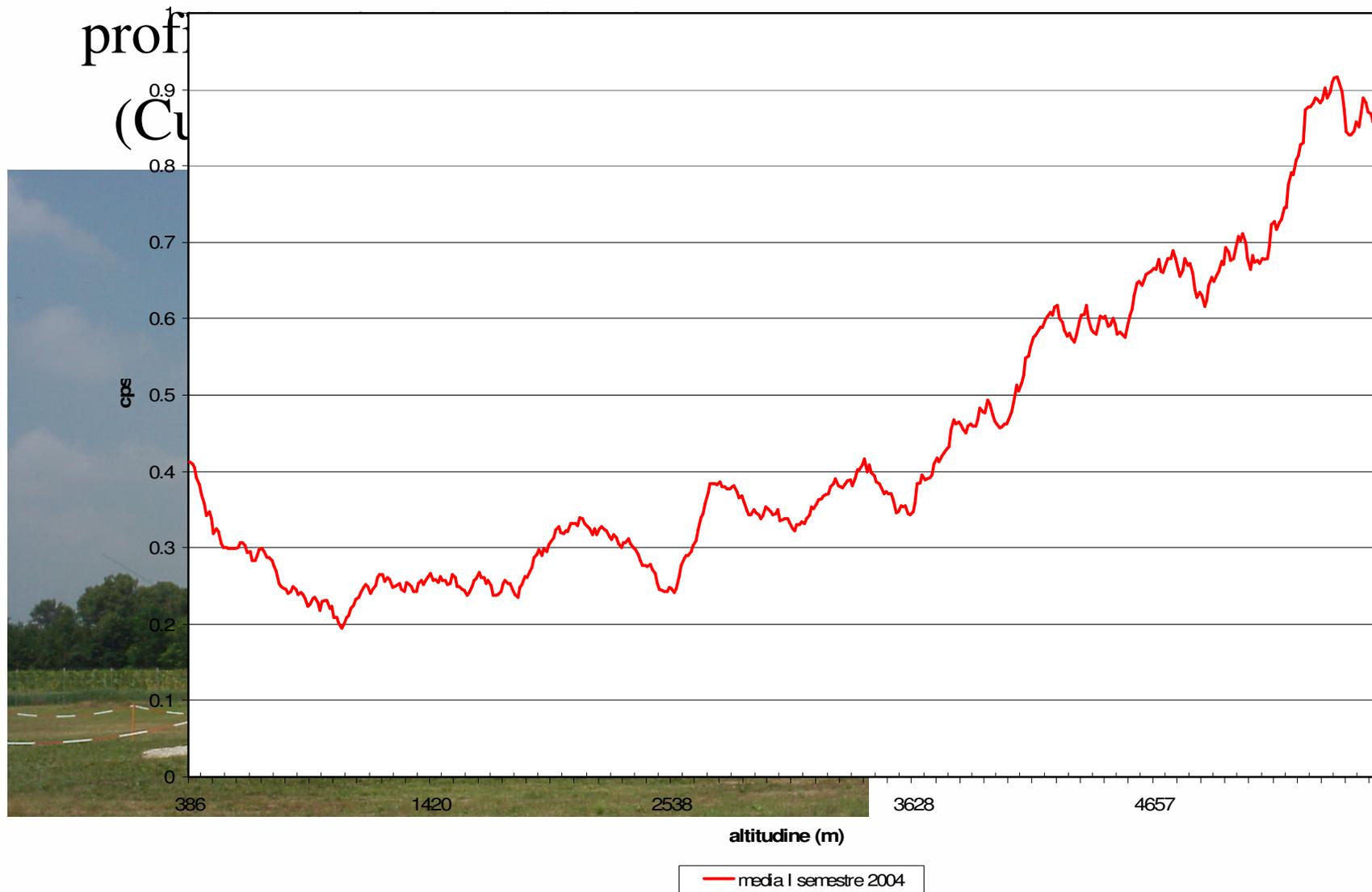
Procedura ARPA per l'emergenza radiologica o nucleare



- Intensificazione misure di spettrometria γ in aria, ad elevata sensibilità (HPGe)
- Programma straordinario di campionamento di matrici ambientali e alimentari

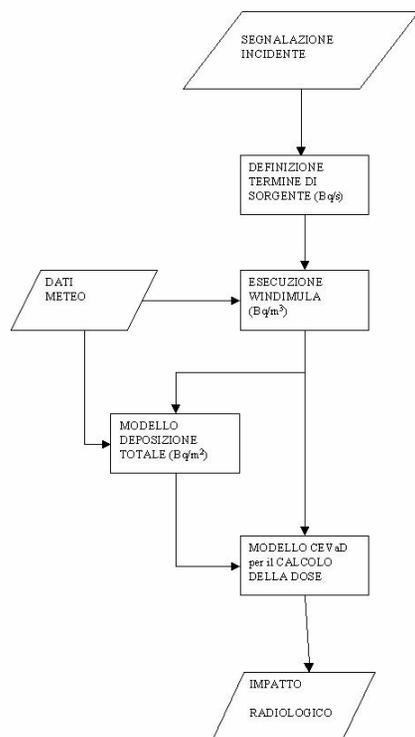


Lancio sonde per misura del ⁶⁰Co radiazione gamma





Modelli di impatto radiologico



CLASSI DI PASQUILLI	DISTANZE DALLA S (m)	CONCENTRAZIONI IN ARIA					RAPPORTO	
		PLUME	WINDIMULA 1.0	(WD 1.0/12)	WINDIMULA 2	(WD 2/12)	PLUME:WD 1.0/12	PLUME:WD 2/12
A	300	3.99E-01	2.11E+00	1.76E-01	4.28E+00	3.57E-01	2.27E+00	1.12E+00
	500	1.09E-01	7.80E-01	6.50E-02	1.58E+00	1.32E-01	1.68E+00	8.28E-01
	1000	1.44E-02	2.00E-01	1.67E-02	4.07E-01	3.39E-02	8.64E-01	4.25E-01
	1500	4.66E-03	9.13E-02	7.61E-03	1.85E-01	1.54E-02	6.12E-01	3.02E-01
	2000	3.25E-03	5.24E-02	4.37E-03	1.06E-01	8.83E-03	7.44E-01	3.68E-01
B	4000	1.62E-03	1.42E-02	1.18E-03	2.88E-02	2.40E-03	1.37E+00	6.75E-01
	300	3.09E-01	2.36E+00	1.97E-01	4.72E+00	3.93E-01	1.57E+00	7.86E-01
	500	1.20E-01	8.80E-01	7.33E-02	1.45E+00	1.21E-01	1.64E+00	9.93E-01
	1000	3.10E-02	2.30E-01	1.92E-02	4.50E-01	3.75E-02	1.62E+00	8.27E-01
	1500	1.34E-02	1.03E-01	8.58E-03	2.06E-01	1.72E-02	1.56E+00	7.81E-01
C	2000	7.26E-03	5.92E-02	4.93E-03	1.18E-01	9.83E-03	1.47E+00	7.38E-01
	4000	1.60E-03	1.59E-02	1.33E-03	3.20E-02	2.67E-03	1.21E+00	6.00E-01
	300	1.65E-01	2.15E+00	1.79E-01	4.32E+00	3.60E-01	9.21E-01	4.58E-01
	500	7.35E-02	8.19E-01	6.83E-02	1.64E+00	1.37E-01	1.08E+00	5.38E-01
	1000	2.01E-02	2.21E-01	1.84E-02	4.43E-01	3.69E-02	1.09E+00	5.44E-01
D	1500	9.51E-03	1.05E-01	8.75E-03	2.10E-01	1.75E-02	1.09E+00	5.43E-01
	2000	5.73E-03	6.27E-02	5.23E-03	1.25E-01	1.04E-02	1.10E+00	5.50E-01
	4000	1.60E-03	1.92E-02	1.60E-03	3.84E-02	3.20E-03	1.00E+00	5.00E-01
	300	1.59E-01	4.32E+00	3.60E-01	8.72E+00	7.27E-01	4.42E-01	2.19E-01
	500	1.01E-01	1.83E+00	1.53E-01	3.69E+00	3.08E-01	6.62E-01	3.28E-01
E	1000	3.75E-02	5.79E-01	4.83E-02	1.16E+00	9.67E-02	7.77E-01	3.88E-01
	1500	1.90E-02	3.02E-01	2.52E-02	6.05E-01	5.04E-02	7.55E-01	3.77E-01
	2000	1.15E-02	1.93E-01	1.61E-02	3.87E-01	3.23E-02	7.15E-01	3.57E-01
	4000	3.23E-03	6.93E-02	5.78E-03	1.39E-01	1.16E-02	5.59E-01	2.79E-01
	300	1.44E-01	4.98E+00	4.15E-01	1.22E+01	1.02E+00	3.47E-01	1.42E-01
F+G	500	1.55E-01	4.01E+00	3.34E-01	9.03E+00	7.53E-01	4.64E-01	2.06E-01
	1000	7.91E-02	1.65E+00	1.38E-01	3.56E+00	2.97E-01	5.75E-01	2.67E-01
	1500	4.73E-02	9.00E-01	7.50E-02	1.93E+00	1.61E-01	6.31E-01	2.94E-01
	2000	3.16E-02	5.91E-01	4.93E-02	1.25E+00	1.04E-01	6.42E-01	3.03E-01
	4000	1.06E-02	2.27E-01	1.89E-02	4.80E-01	4.00E-02	5.60E-01	2.65E-01
F+G	300	3.32E-02	1.90E+00	1.58E-01	4.01E+00	3.34E-01	2.10E-01	9.94E-02
	500	1.20E-01	5.89E+00	4.91E-01	1.23E+01	1.03E+00	2.44E-01	1.17E-01
	1000	1.25E-01	4.95E+00	4.13E-01	1.03E+01	8.58E-01	3.03E-01	1.46E-01
	1500	8.33E-02	3.17E+00	2.64E-01	6.59E+00	5.49E-01	3.15E-01	1.52E-01
	2000	5.80E-02	2.20E+00	1.83E-01	4.58E+00	3.82E-01	3.16E-01	1.52E-01
4000	2.31E-02	9.10E-01	7.58E-02	1.88E+00	1.58E-01	3.05E-01	1.47E-01	



RILEVAZIONI ANOMALIE E GESTIONE EMERGENZE

- Il sistema è dotato di criteri di interpretazione dei dati che permettono di gestire eventuali emergenze
- Il problema è la definizione dei parametri dosimetrici di riferimento, il cui superamento determina l'avvio di determinate azioni



- In particolare si è deciso di definire 2 diversi livelli di soglia e, sulla base del superamento di queste, una ulteriore condizione che definisce lo stato di allarme. Le soglie definite sono:
 1. Soglia di attenzione (definita in termini di rateo di dose, nSv/h)
 2. Soglia di allarme o di calcolo dosimetrico (nSv/h)



1. Soglia di attenzione

- La soglia di attenzione è definita dalla seguente espressione:

$$S_{att} = \text{fondo medio} + 2MDR$$

dove S_{att} è espressa in nSv/h e MDR è la Minima Dose Rivelabile dal singolo sensore GM, definita come:

$$MDR = 4.65 \cdot \sigma_{fondo}$$

- La soglia di attenzione è dunque specifica per ciascun sito



2. Soglia di allarme o di calcolo dosimetrico

- Essa è definita come il rateo di dose che, in aggiunta al livello del fondo medio, determinerebbe una dose annua di 1 mSv

$$S_{cal} = \text{fondo medio} + 114 \text{ nSv} / h$$

Anche questo parametro varia al variare del sito di misura, anche se meno della soglia di attenzione



Definizione di stato di allarme

- Si determina uno stato di allarme allorché, il rateo di dose misurato $M(t) > S_{cal}$ permane per un intervallo di tempo $\Delta\tau$ sufficiente affinché l'incremento di dose integrata superi il livello di dose di non rilevanza radiologica stabilito dalla normativa vigente ($10 \mu\text{Sv}$)
- Cioè quando:

$$DE_{all} = \int_{\Delta\tau} (M(t) - S_{cal}) dt > 10 \mu\text{Sv}$$

dove S_{cal} è la appunto la soglia di allarme (o di calcolo dosimetrico) testé definita

TRE LIVELLI PRIMA DI GIUNGERE A UNO STATO DI ALLARME

1) SOGLIA DI ATTENZIONE (nSv/h)

$$S_{att} = \text{fondo medio} + 2MDR$$

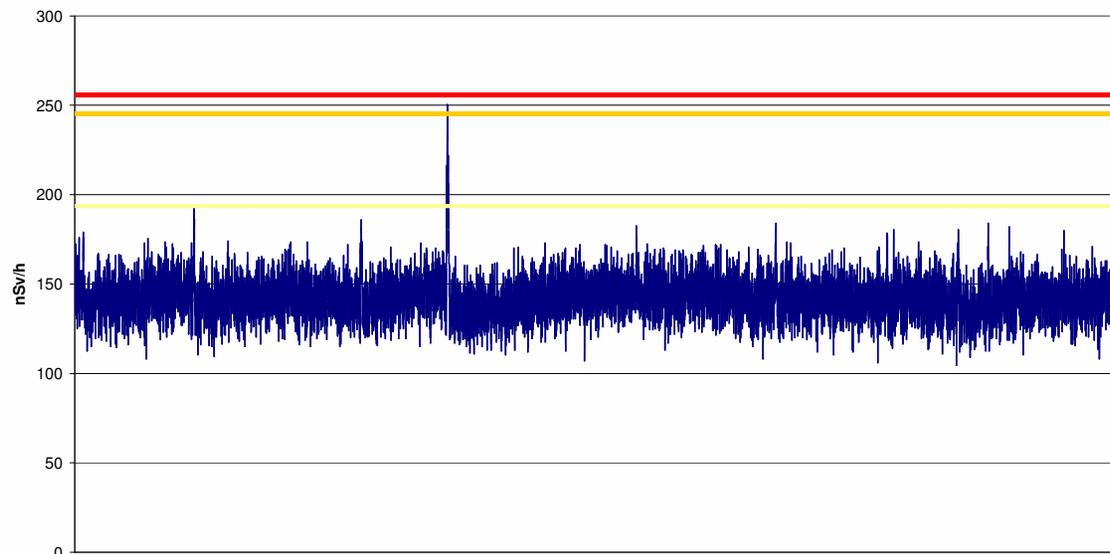
2) SOGLIA DI CALCOLO
DOSIMETRICO (nSv/h)

$$S_{cal} = \text{fondo medio} + 114 \text{ nSv / h}$$

3) STATO DI ALLARME (Dose integrata > 10 μSv)

$$DE_{all} = \int_{\Delta\tau} (M(t) - S_{cal}) dt > 10 \mu\text{Sv}$$

Rateo di dose in aria misurato dalla centralina di Cuneo



Esempio di
grafico

periodo 16 giugno 2006 - 30 agosto 2006

— fondo medio — fondo + MDR — fondo + 2MDR — soglia di calcolo



LA DEFINIZIONE DELLE SOGLIE

- Si è scelto inizialmente di analizzare i dati per un periodo abbastanza lungo, su base giornaliera:

con 75 dati, dal 16 giugno al 30 agosto 2006, si sono ottenute fluttuazioni abbastanza contenute (*MDR* da 12 a 21 nSv/h, compatibili con la sensibilità dei sensori)

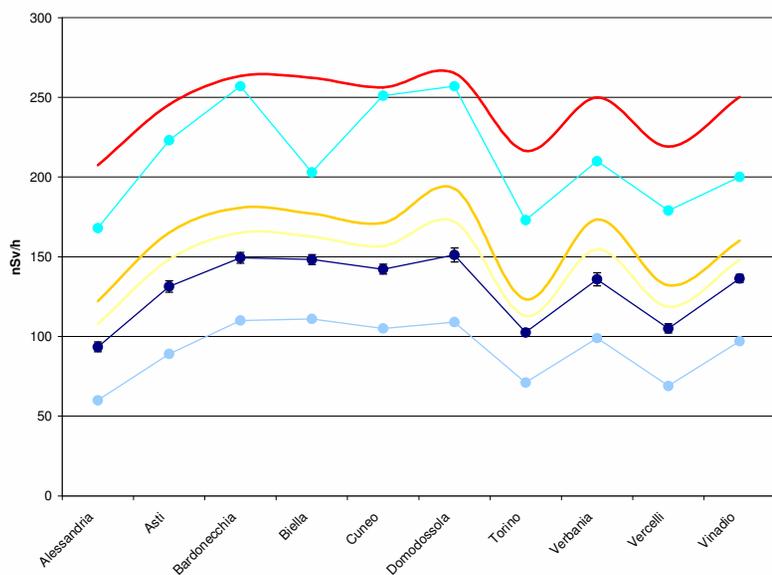
- Il dato giornaliero non è stato però ritenuto significativo per la fissazione di soglie di allarme e/o di attenzione: le fluttuazioni sono infatti eccessivamente smorzate rispetto a quanto si osserva considerando i dati puntuali



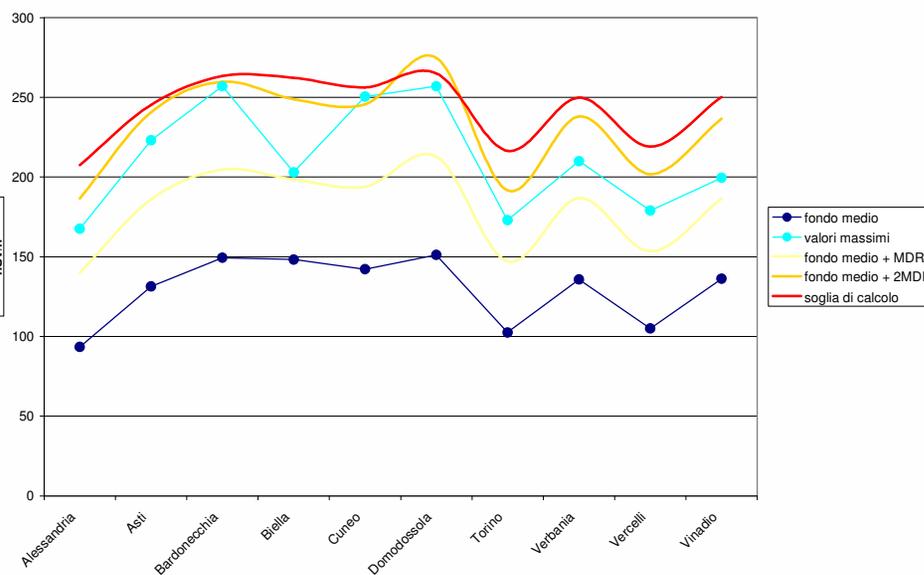
- Per una ottimale fissazione delle soglie è necessario procedere a costanti verifiche, tenendo conto dei nuovi dati che via via si aggiungono
- Bisogna infatti tenere in conto di possibili fluttuazioni stagionali
- E' quindi da prevedere un periodico aggiornamento/aggiustamento di questi valori
- L'obiettivo è quello di ottenere un sistema il più possibile sensibile, evitando falsi positivi



Soglie definite sulla base di dati giornalieri e puntuali



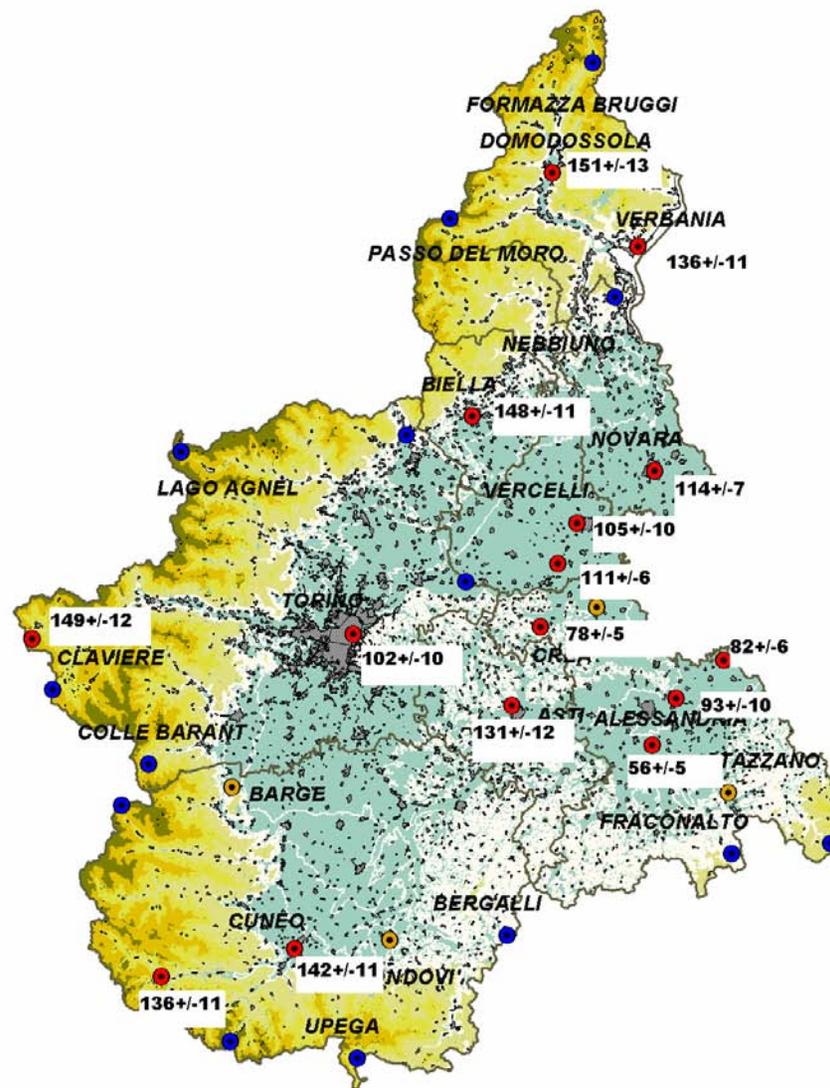
dati giornalieri



dati puntuali



Valori medi del rateo di dose (nSv/h)

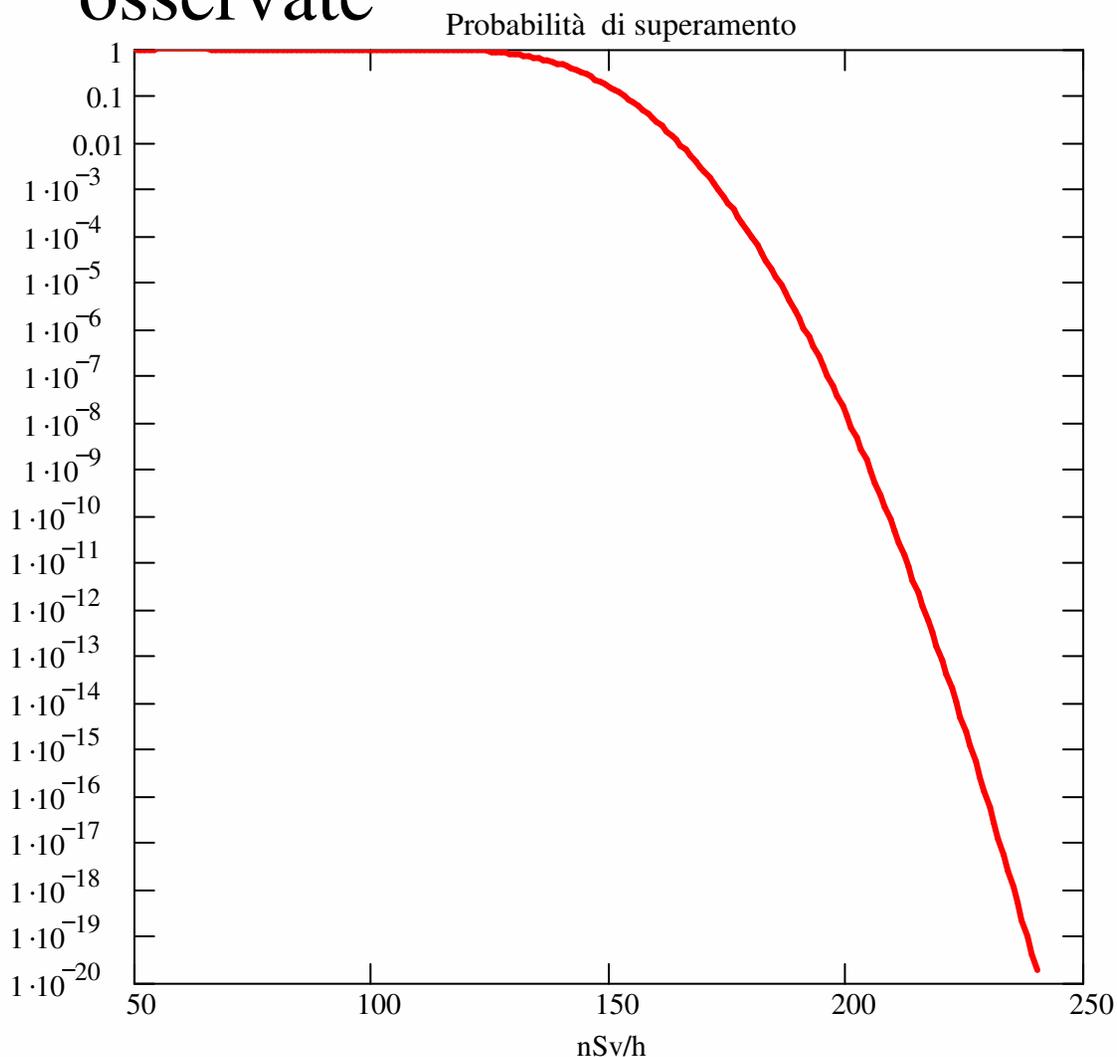




Alcune considerazioni sulle fluttuazioni

osservate

- Se si considerano i dati puntuali (quelli rilevati ogni 10') le fluttuazioni osservate non possono essere considerate come un unico e semplice fenomeno aleatorio
- Ciò lo si vede chiaramente osservando la frequenza dei superamenti delle soglie di attenzione che sono state fissate, molto superiori a quelle teoricamente previste



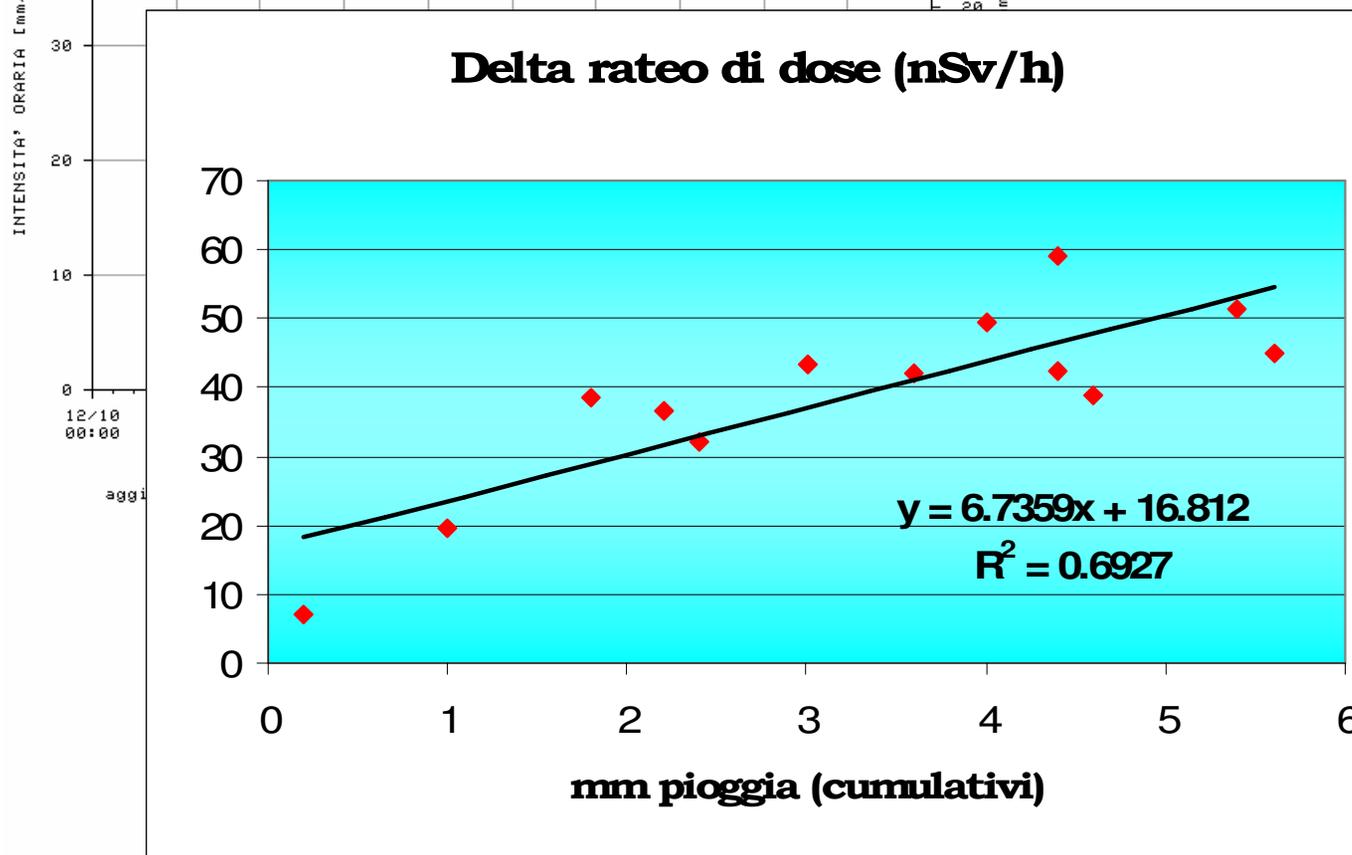
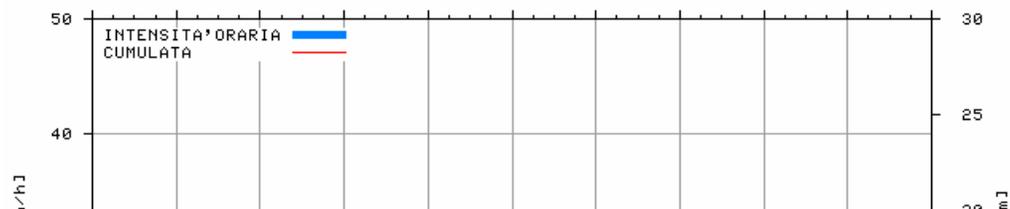


- La spiegazione di ciò sta nel fatto che il rateo di dose misurato è il risultato della somma e della interazione di vari contributi (componente cosmica, terrestre, atmosferica)
- Spesso le fluttuazioni sono legate a fenomeni atmosferici, che modificano la distribuzione spaziale della radioattività naturale
- La comprensione di questi effetti è importante per discriminare il contributo di un eventuale evento incidentale

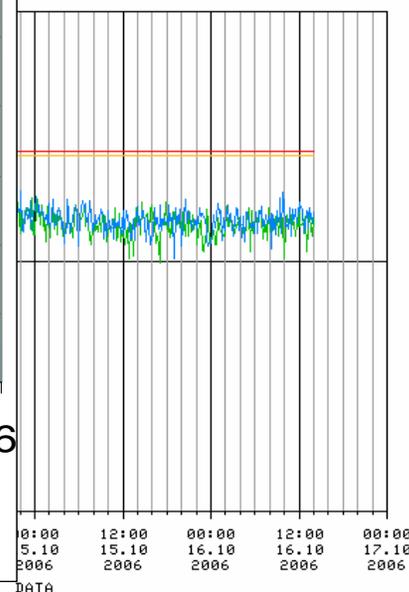


STAZIONE DOMODOSSOLA
 PRECIPITAZIONE

Correlazione dose - piovosità



MODOSSOLA
 equivalente assorbita di radiazioni GAMMA



DATA

0:00	12:00	00:00	12:00	00:00
5.10	15.10	16.10	16.10	17.10
2006	2006	2006	2006	2006



Conclusioni e prospettive

- Il sistema di monitoraggio ARPA è già fin d'ora funzionante, è in grado di monitorare i livelli di radiazione γ in gran parte del Piemonte ed è integrato nelle procedure ARPA per la gestione di emergenze radiologiche e nucleari
- La rete andrà a regime entro il 2007, con il completamento di tutte le 29 stazioni previste
- Già da ora però, è un valido supporto ad ARPA Piemonte per la comprensione di situazioni critiche o anomale



Conclusioni e prospettive

- Si prevede (e si auspica) una integrazione della rete piemontese nel contesto nazionale (APAT) ed europeo (EURDEP)
- Il monitoraggio della radiazione γ consente anche di raccogliere una gran quantità di dati che, messi in relazione con altre variabili ambientali, possono fornire interessanti indicazioni per studi e ricerche applicate a temi ambientali, legati ad sia ad aspetti radioprotezionistici che convenzionali