

ISTITUTO DI RICERCHE FARMACOLOGICHE «MARIO NEGRI»

FONDAZIONE PER RICERCHE ERETTA IN
ENTE MORALE CON D. P. R. 361 DEL 5
APRILE 1961 - REG. PERSONE GIUR.
PREFETTURA MILANO N. 227 CONTO
CORRENTE POST. N. 58337205
COD. FISC. E PARTITA IVA 03254210150
ANAGRAFE NAZIONALE RICERCHE
COD.G1690099



RECOGNIZED AS A TAX EXEMPT
ORGANIZATION UNDER SECTION 501 (c) (3)
OF THE UNITED STATES OF AMERICA
INTERNAL REVENUE CODE TAX I.D. No.: 98-
6000957

SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO
9001:2000. PROGETTAZIONE ED EROGAZIONE
DI CORSI DI FORMAZIONE SPECIALISTICA
NELL'AMBITO DELLA BIOLOGIA E DELLA
MEDICINA.



**Rapporto sull'accumulo al suolo e l'ingresso nelle catene
trofiche critiche di microinquinanti emessi da un impianto di
termovalorizzazione rifiuti situato nel territorio della Valle
d'Aosta**

Milano, Novembre 2007

Indice

Premessa

Generalità sulle emissioni di microinquinanti persistenti da parte di impianti di termovalorizzazione dei rifiuti.

Simulazione dell'accumulo al suolo e di trasferimento nella catena alimentare di inquinanti persistenti emessi da un termovalorizzatore rifiuti situato nella Valle d'Aosta

Conclusioni

All.1

Premessa

La presente relazione nasce dalla richiesta da parte della III Commissione Consiliare permanente sull' Assetto del Territorio della Valle d'Aosta, di approfondimenti relativi all'esame della " Presentazione di una proposta di valorizzazione energetica dei rifiuti". In particolare durante l'esame dello " Studio comparativo tra i sistemi di trattamento e smaltimento dei rifiuti in Valle d'Aosta" era emersa la necessità di approfondimenti circa "..la valutazione dell'accumulo di inquinanti nell'ambiente esterno ricettore e negli organismi inferiori o superiori oggetto di impatto...".

Questo rapporto va inteso come un primo contributo alla comprensione dei meccanismi di trasporto ed accumulo degli inquinanti sul territorio per permettere una valutazione di massima circa la compatibilità ambientale dell' impianto di termovalorizzazione.

Generalità sulle emissioni di microinquinanti persistenti da parte di impianti di termovalorizzazione dei rifiuti.

Come per tutte le attività che implicano una combustione, anche la termodistruzione dei rifiuti comporta la formazione ed il rilascio di sottoprodotti che possono venire rilasciati nell'ambiente in quantità variabili a seconda della tecnologia usata sia per la combustione vera e propria, sia per i sistemi di abbattimento utilizzati. Il problema della compatibilità ambientale di questi impianti è relativo alle emissioni di sostanze presenti in quantità infinitesimali ma che comportano preoccupazioni per la loro alta tossicità intrinseca, la loro scarsa degradabilità ambientale ed il conseguente accumulo nell'ambiente. Si tratta in particolare di microinquinanti appartenenti alla classe delle diossine e furani policlorurati a cui si devono aggiungere alcuni metalli pesanti che per la loro persistenza devono essere tenuti in considerazione anche se la loro tossicità intrinseca è di ordini di grandezza inferiore a quella dei precedenti.

L'attenzione sugli impianti di termodistruzione come sorgenti importanti di inquinanti persistenti nacque negli anni 80 quando venne dimostrato per la prima volta che nei fumi emessi dagli impianti di termodistruzione dei rifiuti erano presenti diossine. Va notato che la tecnologia della combustione in questi impianti e le tecnologie di abbattimento relative erano a quei tempi inadeguate a contenere le emissioni di questo tipo, all'epoca sconosciute, e quindi era stato possibile rilevare nel territorio circostante gli impianti concentrazioni di questi composti superiori alla media. Inoltre la misura di questi inquinanti nel biota e nei tessuti biologici

umani aveva rivelato che questi composti erano ormai presenti e diffusi nell'ambiente come inquinanti ubiquitari a concentrazioni tali da non garantire gli opportuni margini di sicurezza per la protezione da potenziali danni alla salute e all'ecosistema.

Questa situazione rese necessario l'intervento di organizzazioni internazionali e di singoli stati per attivare una serie di azioni tese a ridurre le concentrazioni ambientali di microinquinanti e quindi l'esposizione della popolazione. Tra gli interventi più efficaci si possono citare l'identificazione delle principali sorgenti di emissione, l'introduzione di limiti restrittivi alle emissioni e recentemente l'introduzione di limiti restrittivi per il mercato europeo alle concentrazioni di questi composti negli alimenti, che sono la principale via di assunzione per l'uomo.

Tutte queste azioni hanno determinato nei paesi che hanno recepito le indicazioni delle organizzazioni internazionali una sostanziale diminuzione delle emissioni nell'ultimo decennio e di conseguenza dell'esposizione da parte della popolazione generale. Va detto però che le indicazioni sono per una ulteriore riduzione delle emissioni in modo tale da aumentare i margini di sicurezza relativi all'assunzione di microinquinanti soprattutto per quella parte di popolazione più esposta in virtù di diete particolari come l'alto consumo di pesce ed i bambini che hanno nel periodo di crescita una maggiore assunzione di alimenti rispetto al peso corporeo.

La progettazione e l'inserimento di impianti nelle cui emissioni possono trovarsi tracce di microinquinanti va collocato come un caso particolare nel contesto sopra accennato. I termovalorizzatori di nuova generazione possono garantire valori di emissione di microinquinanti tali da non provocare in generale variazioni delle concentrazioni locali di microinquinanti e quindi dell'esposizione della popolazione. Naturalmente in ogni situazione reale sarà sempre necessario verificare, tramite modelli di diffusione e di ricaduta al suolo, che le concentrazioni di microinquinanti nei vari comparti ambientali interessati non raggiungano valori significativi durante tutta la vita dell'impianto tenendo in considerazione le condizioni atmosferiche ed orografiche del territorio interessato. La simulazione dovrà anche tenere conto dei possibili passaggi nella catena alimentare e dei suoi effetti sull'esposizione della popolazione. Preliminarmente alla messa in funzione dell'impianto sarà necessario ottenere dei dati di "fondo" del territorio interessato e successivamente alla messa in funzione dell'impianto sarà necessario prevedere un piano di monitoraggio regolare del territorio per validare quanto previsto dai modelli di simulazione.

Questa relazione ha lo scopo di valutare, basandosi sui dati ad oggi disponibili, il possibile accumulo sul territorio interessato dei principali inquinanti persistenti e il possibile loro ingresso nella catena alimentare in modo da permettere una valutazione di massima della compatibilità ambientale dell'impianto proposto.

Al fine di limitare l'incertezza della valutazione si sono usate delle assunzioni molto conservative che possano dare le massime garanzie circa la validità delle conclusioni raggiunte.

Simulazione dell'accumulo al suolo di inquinanti persistenti emessi da un termovalorizzatore rifiuti situato nella Valle d'Aosta

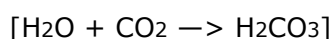
Scopo del seguente studio è quello di calcolare l'accumulo degli inquinanti al suolo emessi da un sistema di termovalorizzazione dei rifiuti posto nel territorio della Valle d' Aosta.

Lo studio prevede la valutazione in scenari da ritenersi ragionevolmente conservativi, ovvero :

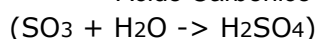
1. Il flusso di massa considerato è relativo al valore massimo consentito dalla vigente legislazione ed in subordine ai valori garantiti all'emissione.
2. L'emissione/immissione di aeriforme avviene a 50 metri dal suolo.
3. Si assume che il flusso di massa immesso in atmosfera venga totalmente depositato al suolo.
4. Si assumono come deposizioni totali, le deposizioni secche che avvengono nelle giornate non piovose e le deposizioni umide che avvengono durante le giornate di pioggia (66), ovviamente per il totale delle 365 giornate annuali e per un periodo complessivo di 20 anni.
5. Viene calcolato l'accumulo con due modalità, nelle aree di massima ricaduta e assumendo che la massa d'inquinante si distribuisca uniformemente solo sull'aree di maggiore ricaduta come identificate dallo studio ARPA per la "valutazione modellistica della dispersione degli inquinanti emessi a camino"

6. Si assume che tutto l'inquinante rimanga contenuto nei primi 5 centimetri di suolo (al di sotto del tappeto erboso) e che il terreno abbia un peso specifico medio, o meglio una densità apparente di 1,25 kg/litro.

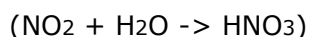
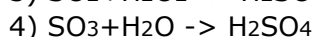
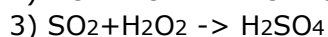
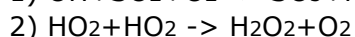
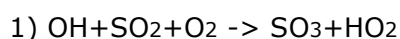
Le deposizioni umide vengono prese in considerazione per valutare il decadimento di inquinanti di cui normalmente non si calcola la deposizione in quanto sono allo stato gassoso, ovvero ossidi di azoto e di zolfo che però con l'acqua formano sostanze acide (acido Nitrico e solforico) analogamente agli acidi cloridrico e fluoridrico e come pure l'anidride carbonica che forma l'acido carbonico, come illustrato di seguito



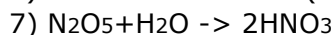
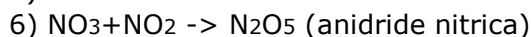
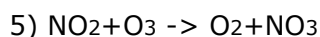
Acido Carbonico



Acido Solforico



Acido Nitrico



Queste reazioni danno luogo a piogge acide con conseguenze potenzialmente dannose sull'ecosistema .

I dati relativi sulle precipitazioni locali nella Valle maggiore e precisamente ad Aosta città e presso l'aeroporto ci sono stati forniti dall'ARPA locale (Dr.^{ssa} Zublena),.

	cumulata [mm]		n ore pioggia		n giorni pioggia	
	SC	AO	SC	AO	SC	AO
1997	435,6	435,4	502	485	73	65
1998	456,8	401,8	426	417	58	53
1999	696,0	681,6	659	662	87	83
2000	859,2	875,4	626	631	68	75
2001	568,4	572,4	606	607	79	82
2002	650,6	711,0	669	728	80	87
2003	304,0	462,2	307	395	47	61
2004	438,2	387,8	500	495	50	61
2005	374,6	251,2	411	320	59	46
2006	470,0	496,4	486	505	67	65

Descrizione

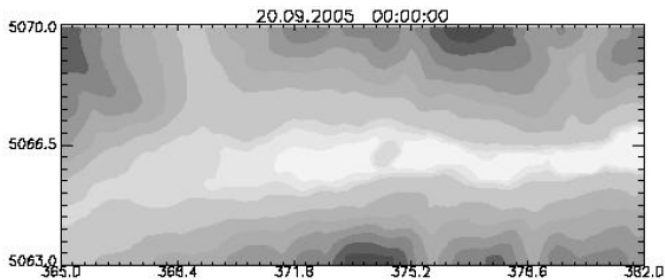
Di seguito riportiamo le tabelle che riassumono i dati di input e loro elaborazioni

Camino valori massimi ammessi						
altezza	metri	50	Deposizioni Secche			
diámetro	metri	1,5				
portata	Nm ³ /h	55000				
Temperatura	°C	145				
Velocità	m/sec	10				
PM /1/2,5/10	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	4738800
Cd+Tl	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	23694
Hg	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	23694
As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	236940
IPA	mg/Nm ³	0,01	mg/h	550	g/anno	4738,8
PCDD/PCDF/(PCB)	ng/Nm ³	0,1	ng/h	5500	ng/anno	47388
TOC	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	4738800
Acido Fluoridrico	mg/Nm ³	1	mg/h	55000	g/anno	473880
Acido Cloridrico	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	4738800
Biossido di Zolfo	mg/Nm ³	50	mg/h	2750000	g/anno	23694000
Biossido di Azoto	mg/Nm ³	200	mg/h	11000000	g/anno	94776000

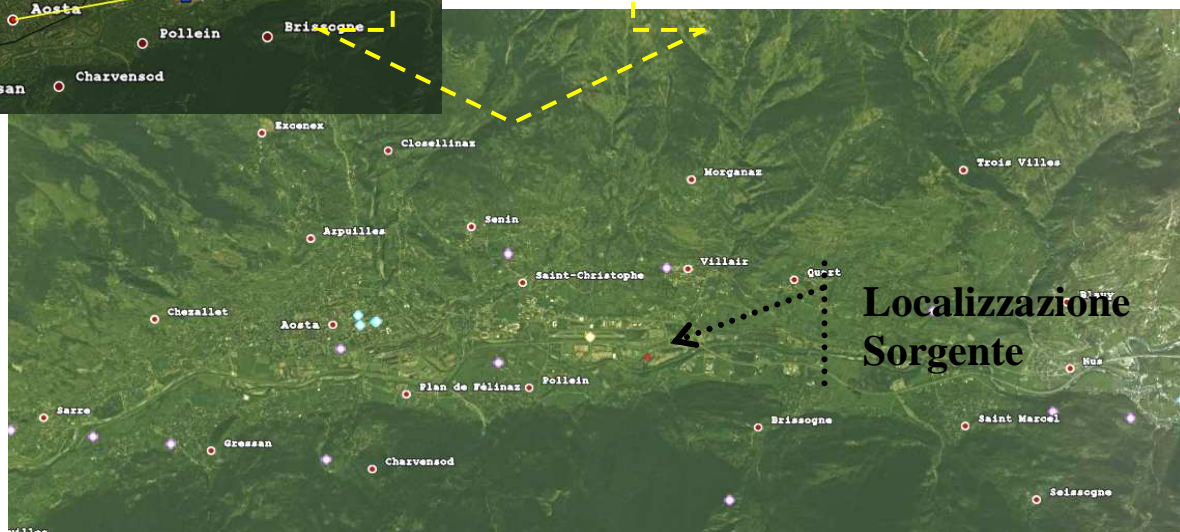
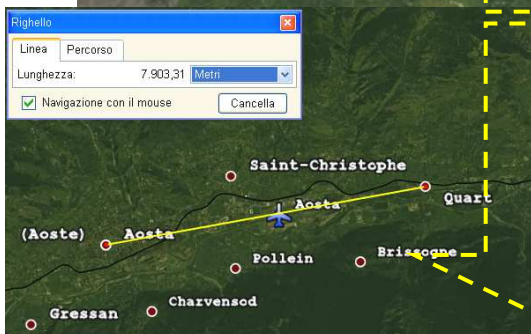
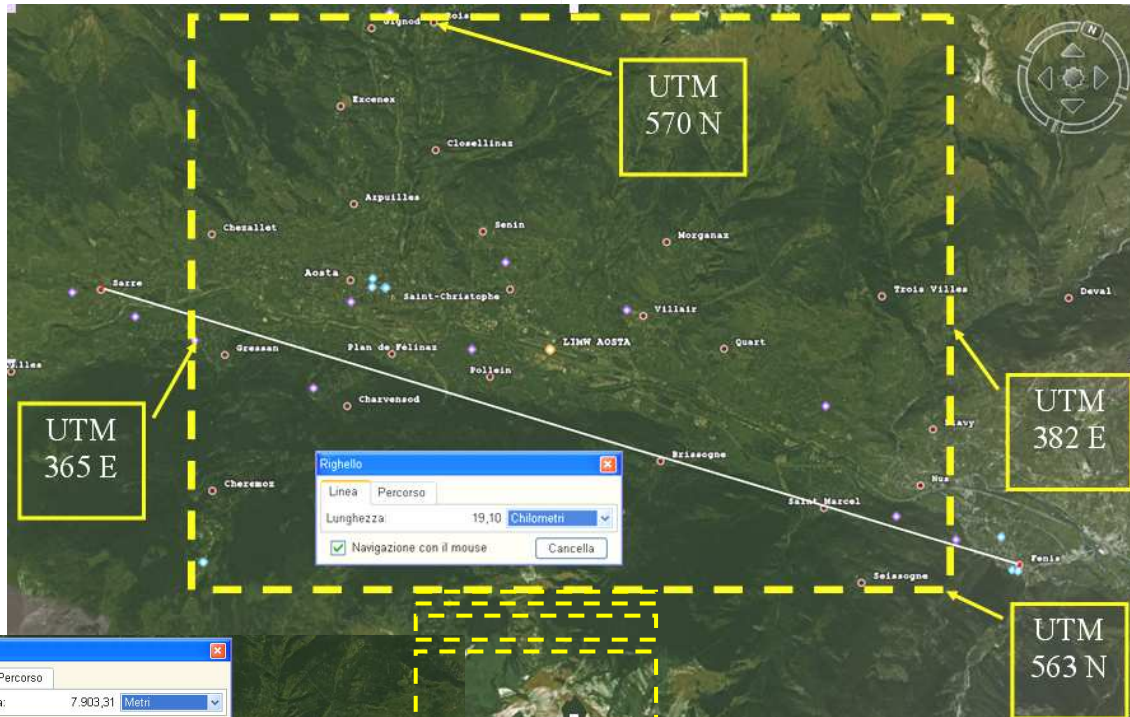
Camino valori massimi ammessi						
altezza	metri	50	Deposizioni umide			
diámetro	metri	1,5				
portata	Nm ³ /h	55000				
Temperatura	°C	145				
Velocità	m/sec	10				
PM /1/2,5/10	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	871200
Cd+Tl	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	4356
Hg	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	4356
As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	43560
IPA	mg/Nm ³	0,01	mg/h	550	g/anno	871,2
PCDD/PCDF/(PCB)	ng/Nm ³	0,1	ng/h	5500	ng/anno	8712
TOC	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	871200
Acido Fluoridrico	mg/Nm ³	1	mg/h	55000	g/anno	87120
Acido Cloridrico	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	871200
Biossido di Zolfo	mg/Nm ³	50	mg/h	2750000	g/anno	4356000
Biossido di Azoto	mg/Nm ³	200	mg/h	11000000	g/anno	17424000

Camino valori massimi garantiti						
altezza	metri	50	Deposizioni Secche			
diametro	metri	1,5				
portata	Nm ³ /h	55000				
Temperatura	°C	145				
Velocità	m/sec	10				
PM /1/2,5/10	mg/Nm ³	5	mg/h	275000	g/anno	2369400
Cd+Tl	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	23694
Hg	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	23694
As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	236940
IPA	mg/Nm ³	0,01	mg/h	550	g/anno	4738,8
PCDD/PCDF/(PCB)	ng/Nm ³	0,05	ng/h	2750	ng/anno	23694
TOC	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	4738800
Acido Fluoridrico	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	236940
Acido Cloridrico	mg/Nm ³	5	mg/h	275000	g/anno	2369400
Biossido di Zolfo	mg/Nm ³	50	mg/h	2750000	g/anno	23694000
Biossido di Azoto	mg/Nm ³	200	mg/h	11000000	g/anno	94776000

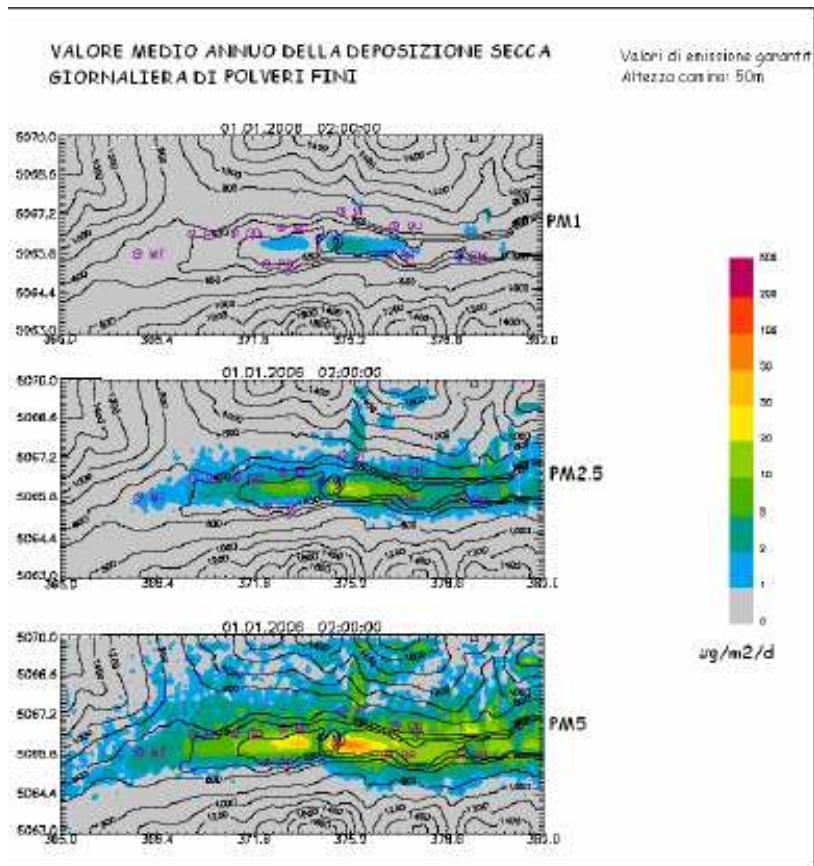
Camino valori massimi garantiti						
altezza	metri	50	Deposizioni Umide			
diametro	metri	1,5				
portata	Nm ³ /h	55000				
Temperatura	°C	145				
Velocità	m/sec	10				
PM /1/2,5/10	mg/Nm ³	5	mg/h	275000	g/anno	435600
Cd+Tl	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	4356
Hg	mg/Nm ³	0,05	mg/h	2750	g/anno	4356
As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	43560
IPA	mg/Nm ³	0,01	mg/h	550	g/anno	871,2
PCDD/PCDF/(PCB)	ng/Nm ³	0,05	ng/h	2750	ng/anno	4356
TOC	mg/Nm ³	10	mg/h	550000	g/anno	871200
Acido Fluoridrico	mg/Nm ³	0,5	mg/h	27500	g/anno	43560
Acido Cloridrico	mg/Nm ³	5	mg/h	275000	g/anno	435600
Biossido di Zolfo	mg/Nm ³	50	mg/h	2750000	g/anno	4356000
Biossido di Azoto	mg/Nm ³	200	mg/h	11000000	g/anno	17424000



Per il dominio delle deposizioni è stato riproposto lo stesso utilizzato nel citato studio dell'ARPA e così delimitato

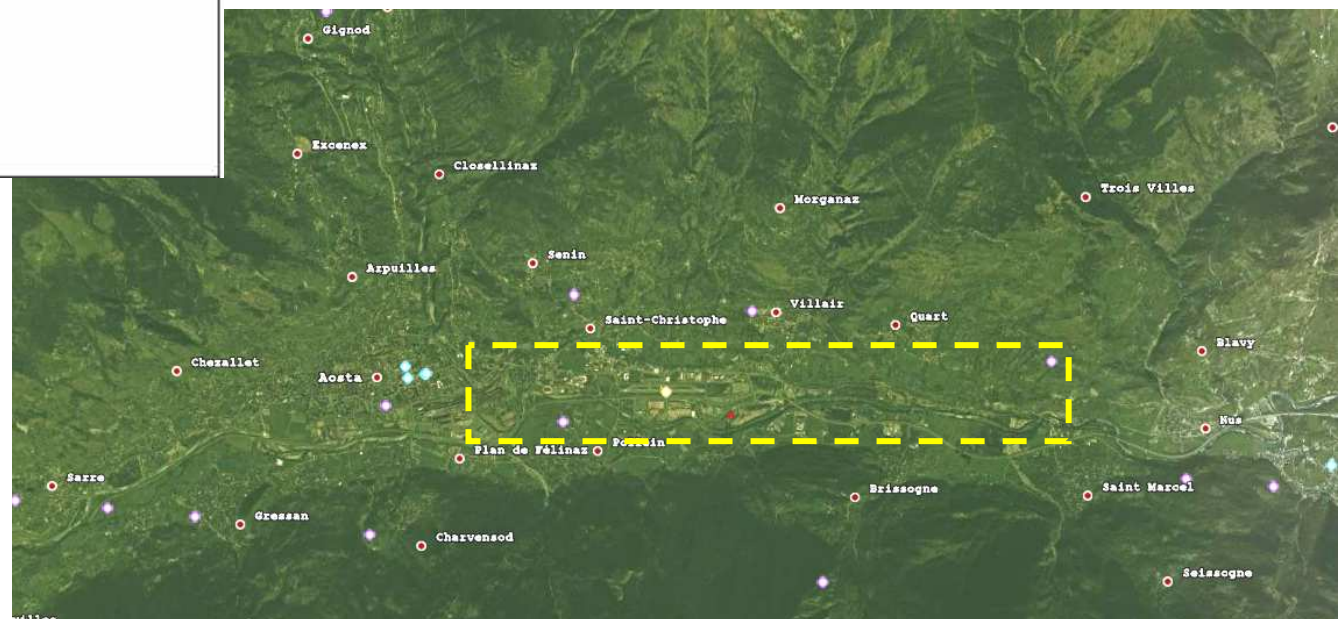


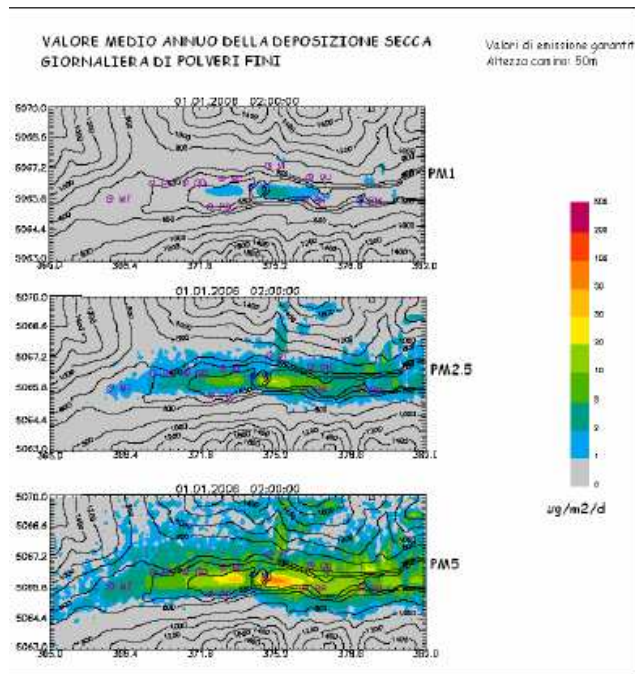
Di seguito riportiamo le schede dove viene calcolata la possibile deposizione di inquinanti emessi dal camino del termovalorizzatore ed immessi nell'ambiente circostante.



Deposizione SECCA media annua di POLVERI FINI

Assumendo che l'aeriforme emesso con con una miscela di particolato micronico ($1 \div 5 \mu\text{m}$) si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta, ovvero per il $\text{PM}_{1,0 \mu\text{m}} (> 1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, per $\text{PM}_{2,5 \mu\text{m}} (> 2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, per $\text{PM}_{5,0 \mu\text{m}} (> 5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, come identificata a fondovalle da Plan de Felinaz a Saint Marcel di 22 km^2 , ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di $0,11 \text{ mg}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni; assumendo invece il valore emissivo garantito si otterrà una deposizione di $0,055 \text{ ng}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni;





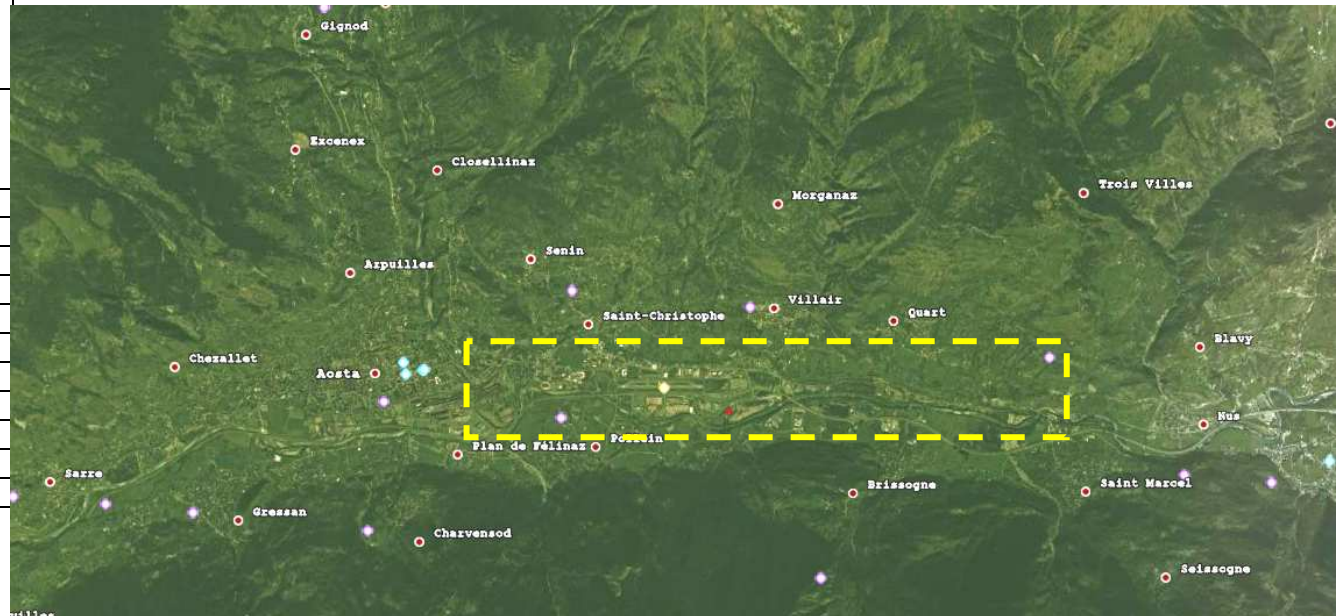
Deposizione SECCA media annua di

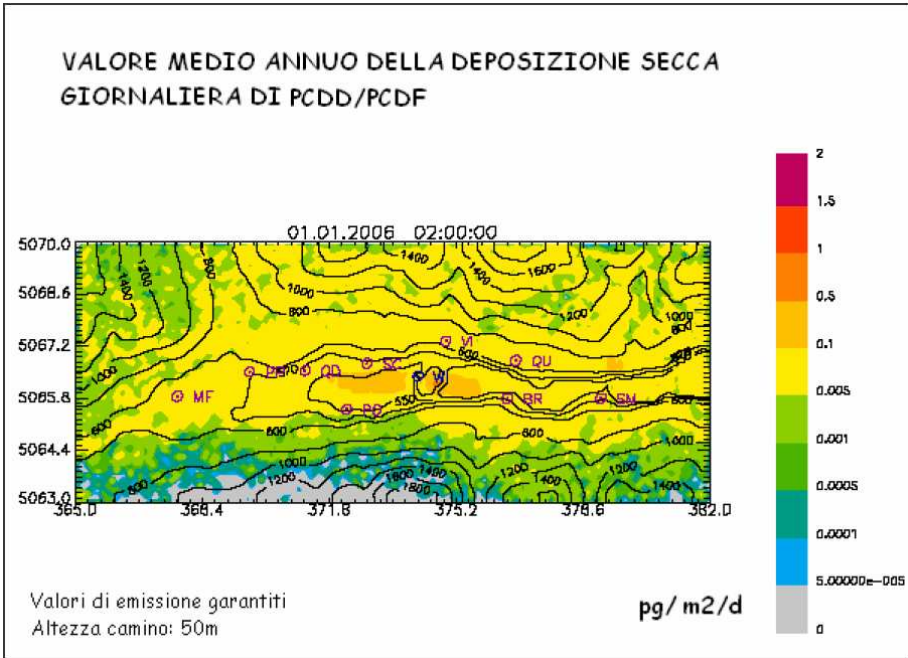
METALLI As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Cd,Tl,Hg

I metalli aerodispersi sono per lo più allo stato solido, generalmente adsorbiti al microparticolato, assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta come identificata approssimativamente da Plan de Felinaz a Saint Marcel di 22 km², ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente per la sommatoria di metalli (di 0,5 mg/Nm³), si otterrà una deposizione di 5,39 µg/Kg_{suolo} in 20 anni; per il Cd+Tl e per il Hg si otterrà una deposizione di 0,54 µg/Kg_{suolo} in 20 anni.

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
As	20	50
Pb	100	1000
Cr tot	150	800
Hg	1	5
Co	20	250
Cd	2	15
Cu	120	600
Tl	1	10
Ni	120	500
V	90	250
Zn	150	1500

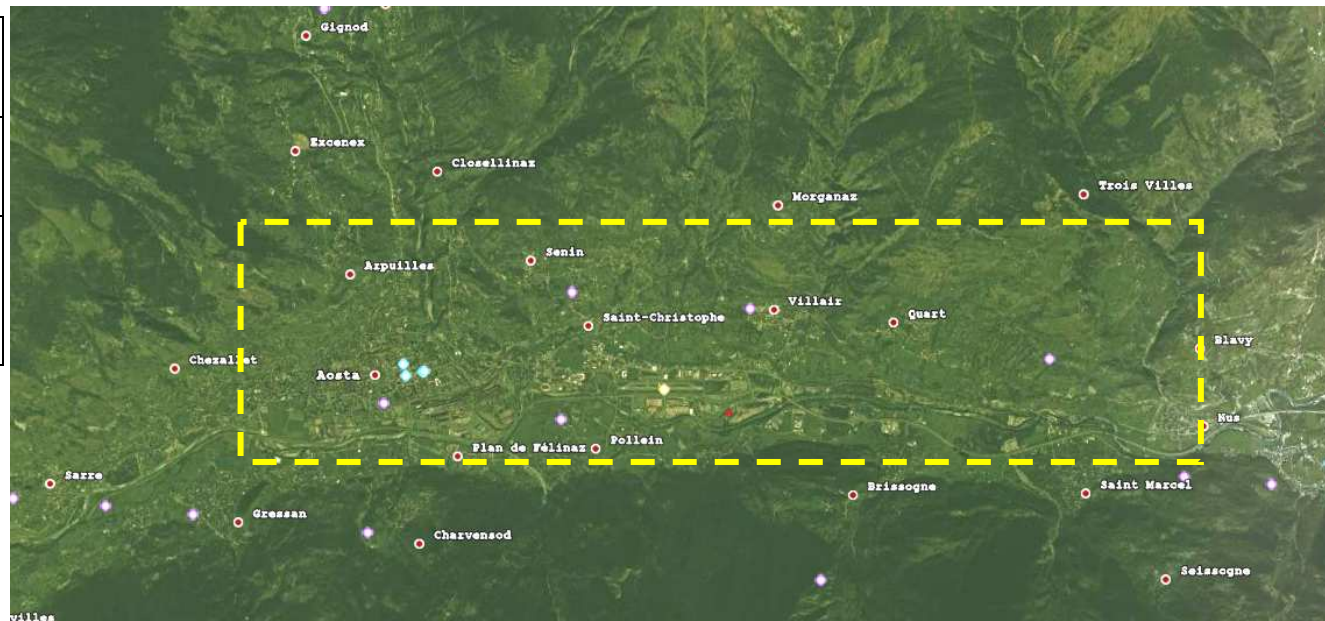


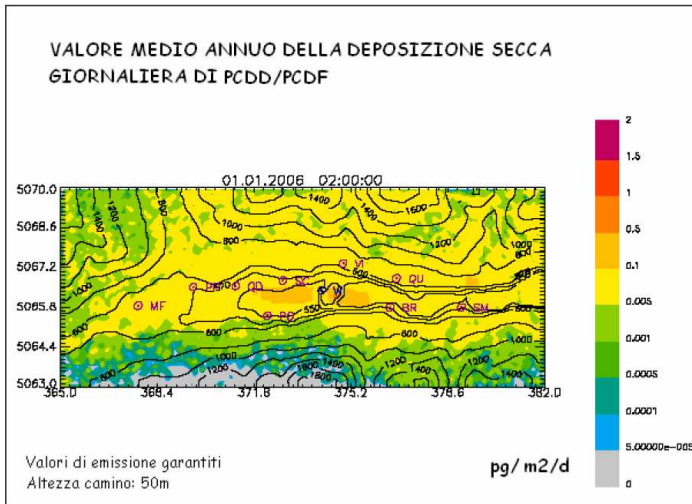


Deposizione SECCA media annua di DIOSSINE E FURANI

Assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta (>0,005pg/m²/d), con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Chezallet e Nus di circa 51 km², ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di 0,46 pg/Kg_{suolo} in 20 anni; assumendo invece il valore emissivo garantito si otterrà una deposizione di 0,23 pg/Kg_{suolo} in 20 anni

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006		
Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
PCDD+PCDF iTEQ	1*10 ⁻⁵	1*10 ⁻⁴



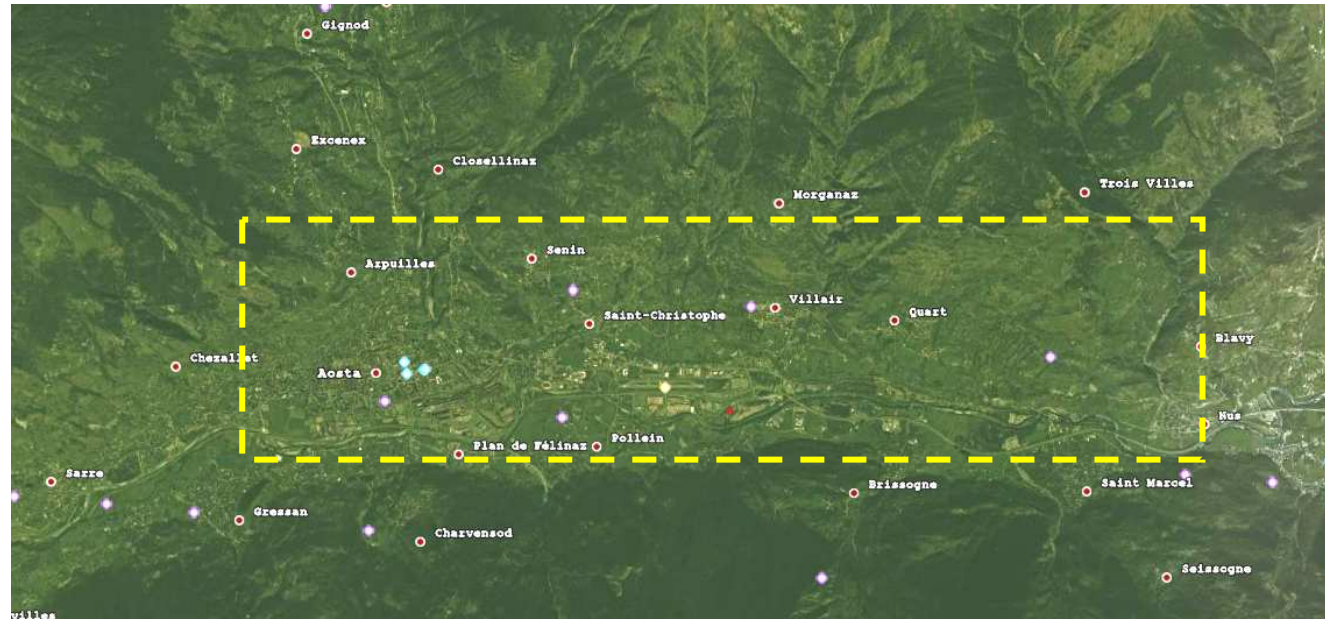


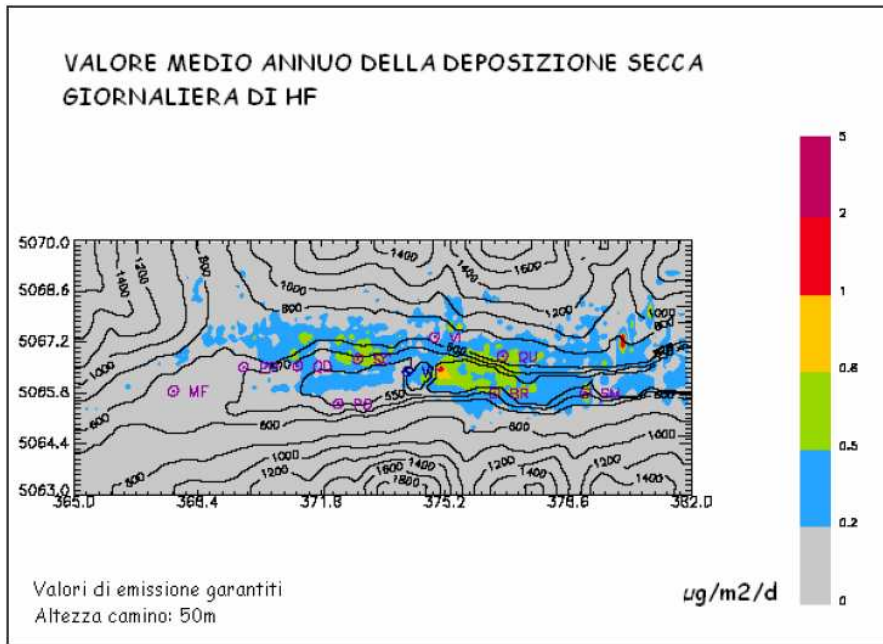
Deposizione SECCA media annua di Idrocarburi Policiclici Aromatici

Se si ipotizza che queste sostanze organiche aerodisperse, abbiano una diffusione simile a diossine e furani, e assumendo inoltre che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Chezallet e Nus di circa 51 km², con un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di IPA di 0,046 µg/Kg_{suolo} in 20 anni;

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
BaA	0,5	10
BaP	0,1	10
BbF- BkF	0,5	10
BghiP	0,1	10
Crisene	5	50
DBaeP	0,1	10
DBalP	0,1	10
DBaiP	0,1	10
DBahP	0,1	10
Σ IPA ↑	10	100
DBahA	0,1	10
IndenoPirene	0,1	5
Pirene	5	50



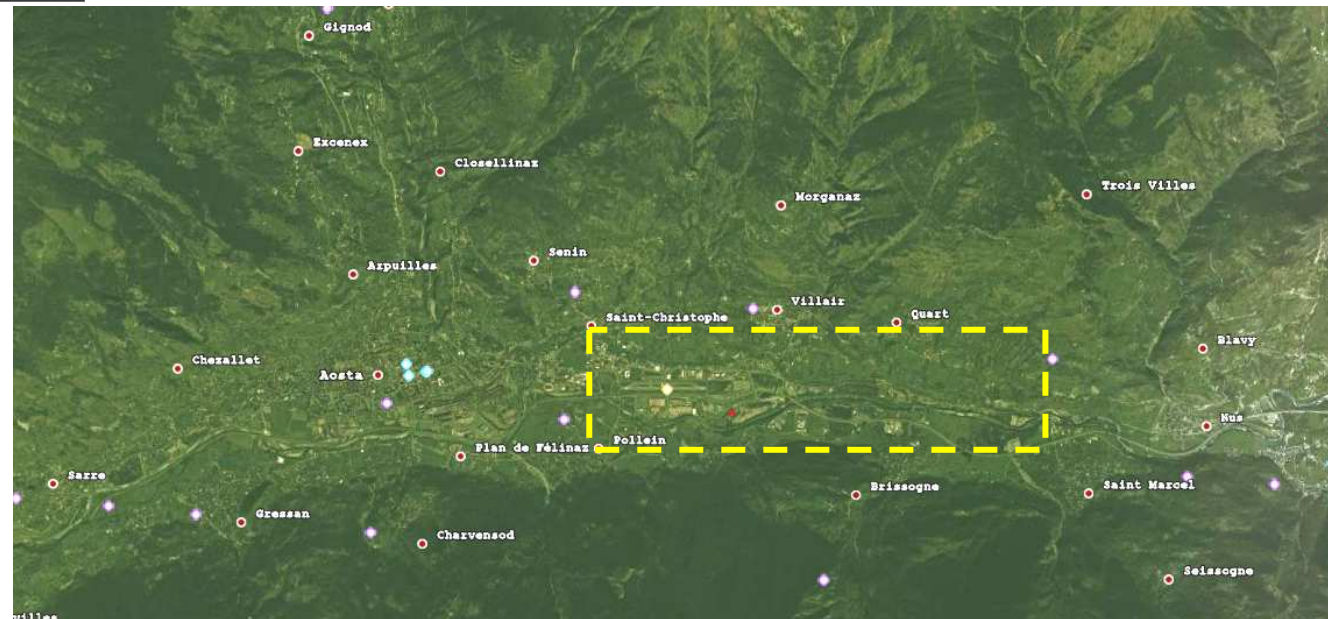


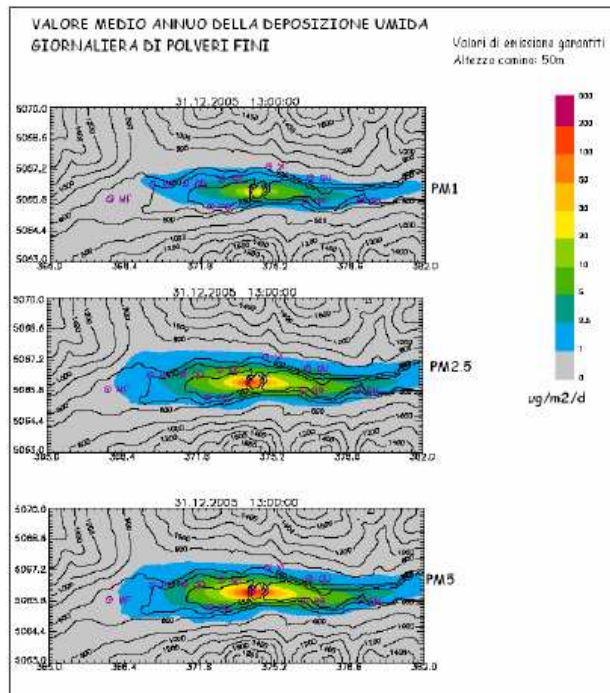
Deposizione SECCA media annua di Acido Fluoridrico

Assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta ($>0,5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$) con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Saint Christophe e La Plantaz di circa 11 km^2 , ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di $21,54 \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni; assumendo invece il valore emissivo garantito si otterrà una deposizione di $10,8 \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

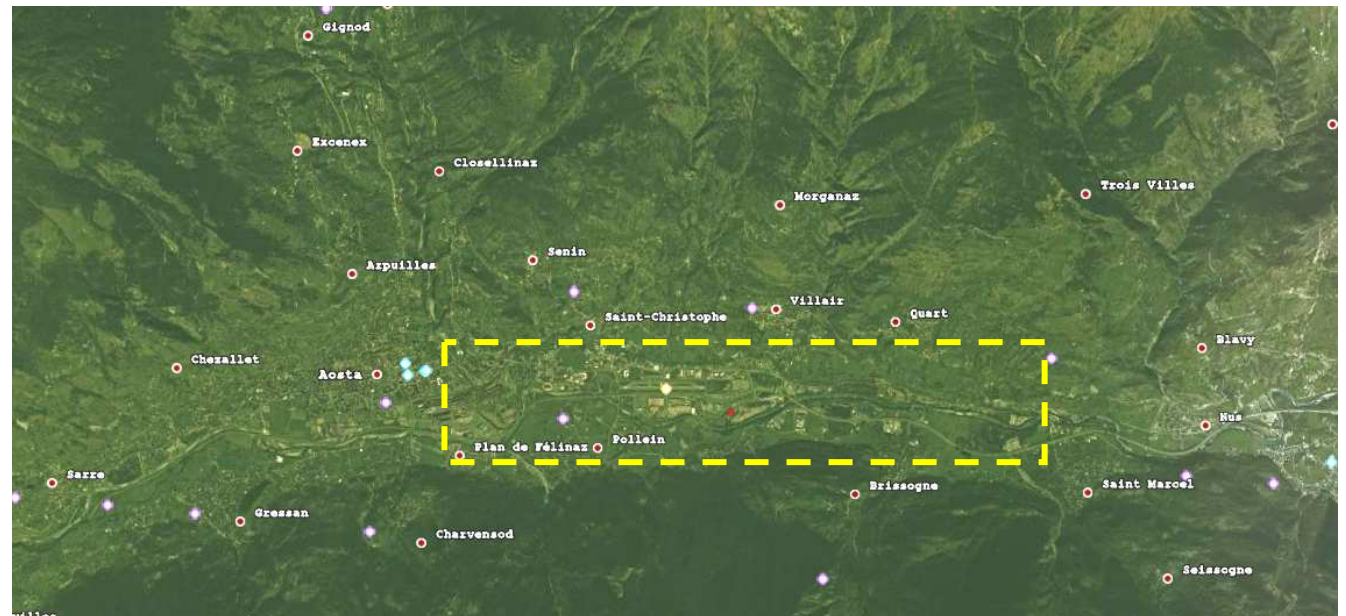
Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
Fluoruri	100	2000

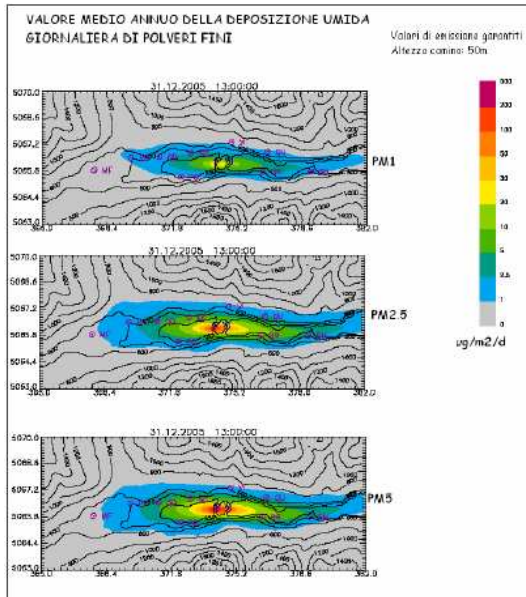




Deposizione UMIDA media annua di POLVERI FINI

Assumendo che l'aeriforme emesso con con una miscela di particolato micronico ($1\div 5\mu\text{m}$) si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta, ovvero per il $\text{PM}_{1,0\mu\text{m}} (>2,5\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, per $\text{PM}_{2,5\mu\text{m}} (>7,5\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, per $\text{PM}_{5,0\mu\text{m}} (>10\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$, come identificata a fondovalle da Plan de Felinaz a LILIAZ di CIRCA 16 km^2 , ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di $27,2\ \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni; assumendo invece il valore emissivo garantito si otterrà una deposizione di $13,6\ \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni;





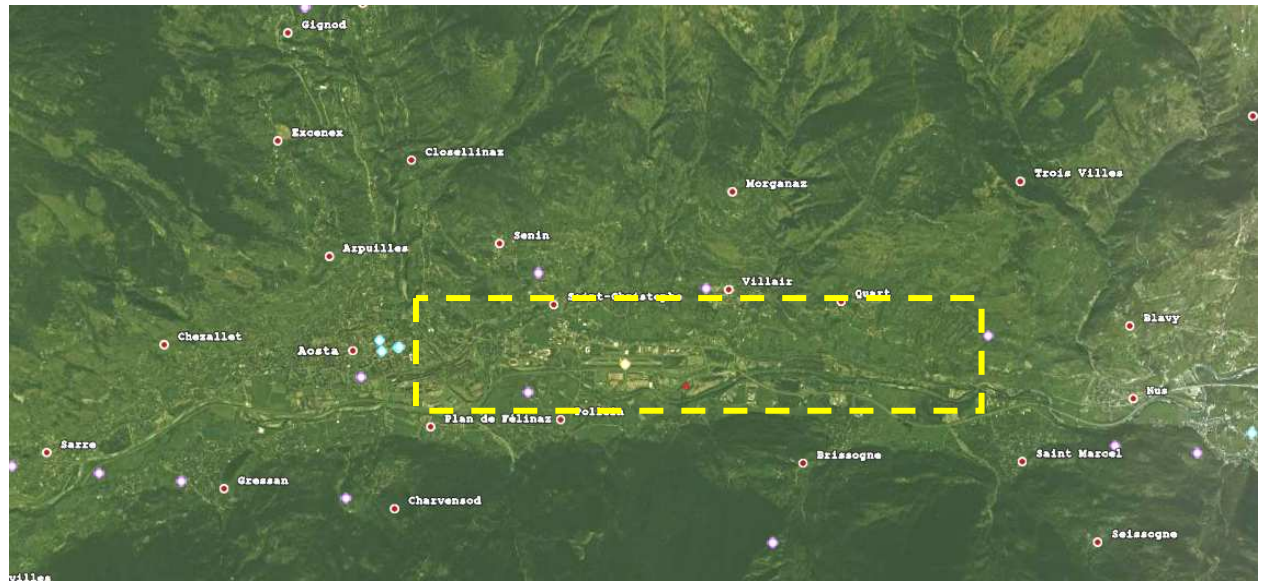
Deposizione UMIDA media annua di

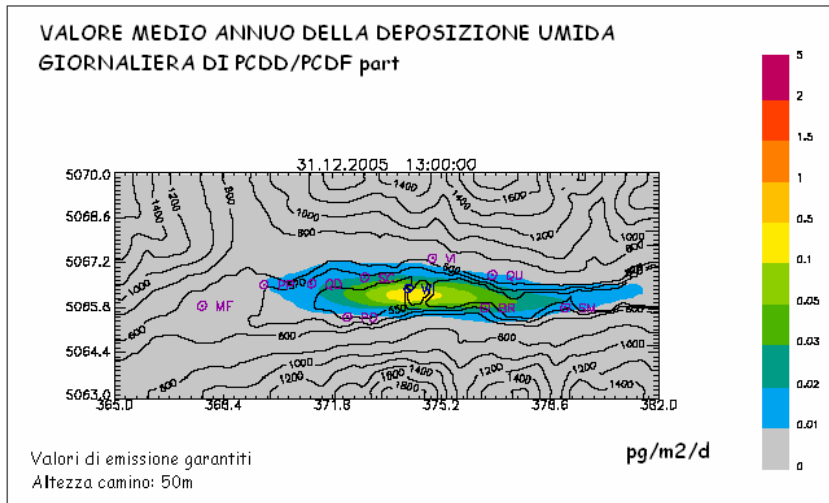
METALLI As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Cd,Tl,Hg

I metalli aerodispersi sono perlopiù allo stato solido, generalmente adsorbiti al microparticolato, assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta come identificata a fondovalle da Plan de Felinaz a LILIAZ di CIRCA 16 km², ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente per la sommatoria di metalli (di 0,5 mg/Nm³), si otterrà una deposizione di 1,36 µg/Kg_{suolo} in 20 anni; per il Cd+Tl e per il Hg si otterrà una deposizione di 0,14 µg/Kg_{suolo} in 20 anni.

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
As	20	50
Pb	100	1000
Cr tot	150	800
Hg	1	5
Co	20	250
Cd	2	15
Cu	120	600
Tl	1	10
Ni	120	500
V	90	250
Zn	150	1500



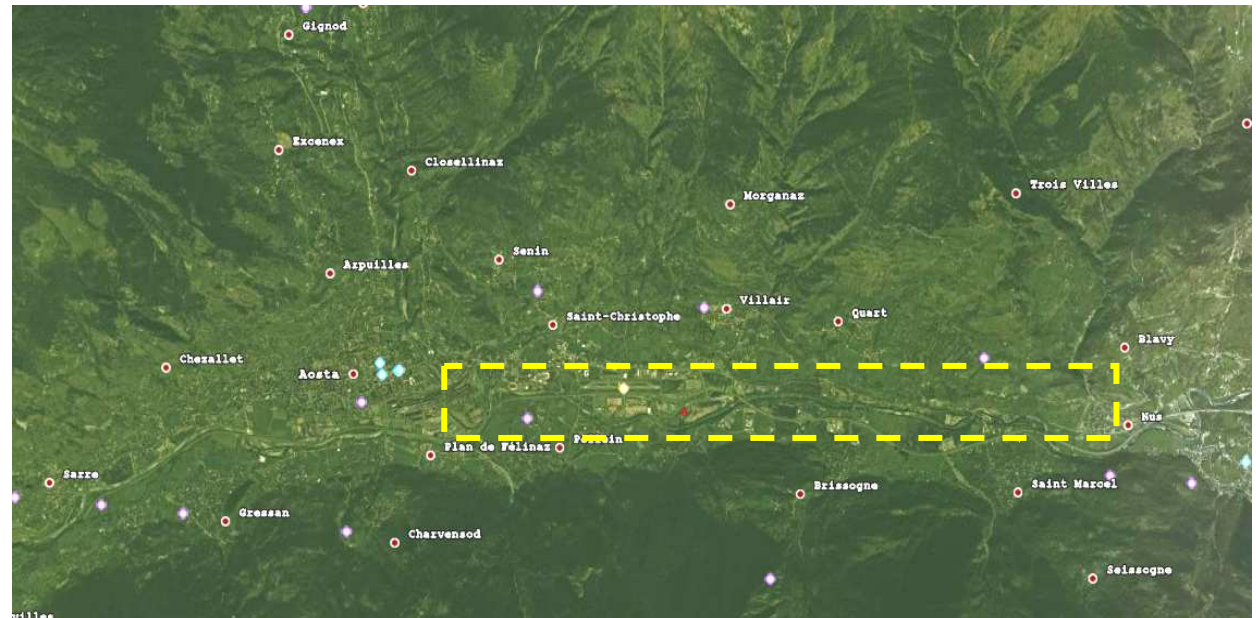


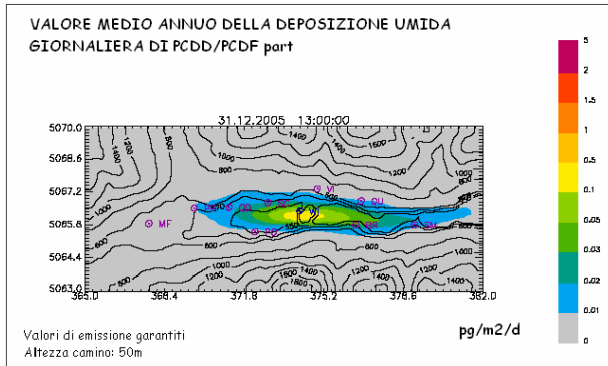
Deposizione UMIDA media annua di DIOSSINE E FURANI

Assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediana di maggiore ricaduta (>0,001pg/m²/d) con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Chezallet e Nus di circa 12 km², ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di 0,091 pg/Kg_{suolo} in 20 anni; assumendo invece il valore

emissivo garantito si otterrà una deposizione di 0,045 pg/Kg_{suolo} in 20 anni

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006		
Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
PCDD+PCDF iTEQ	1*10 ⁻⁵	1*10 ⁻⁴





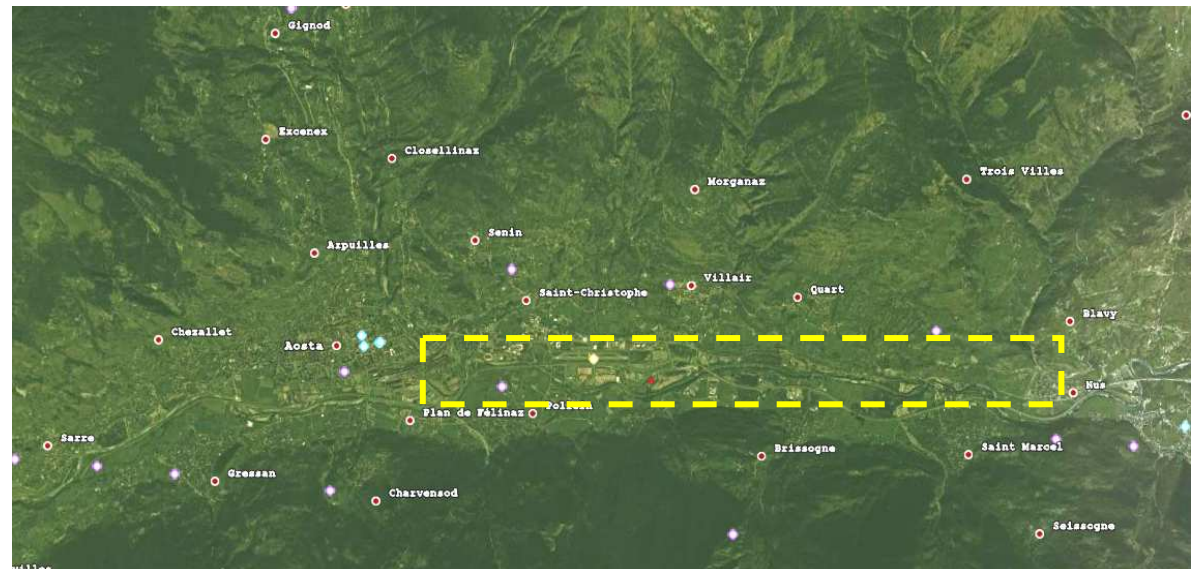
Deposizione UMIDA media annua di Idrocarburi Policiclici Aromatici

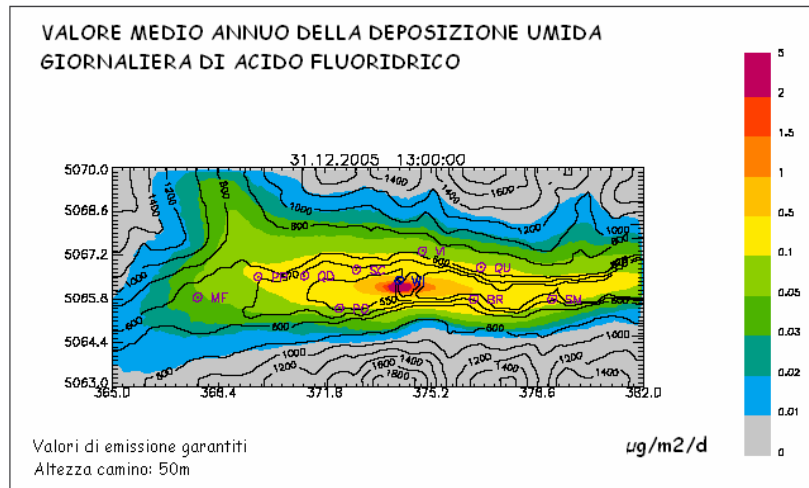
Se si ipotizza che queste sostanze organiche aerodisperse, abbiano una diffusione simile a diossine e furani, e assumendo inoltre che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Chezallet e Nus di circa 12 km², con un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si

otterrà una deposizione di 0,0091 µg/Kg_{suolo} in 20 anni.

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

Inquinante mg/kg _{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
BaA	0,5	10
BaP	0,1	10
BbF- BkF	0,5	10
BghiP	0,1	10
Crisene	5	50
DBaeP	0,1	10
DBalP	0,1	10
DBaiP	0,1	10
DBahP	0,1	10
Σ IPA ↑	10	100
DBahA	0,1	10
IndenoPirene	0,1	5
Pirene	5	50



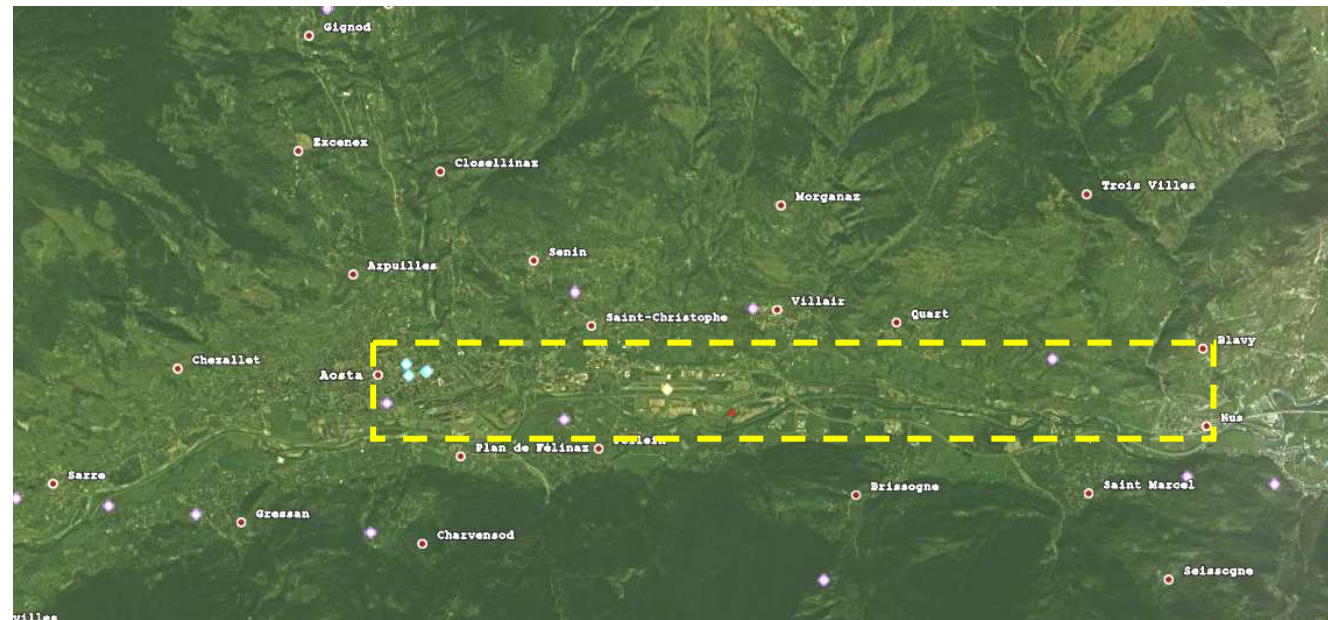


Deposizione UMIDA media annua di Acido Fluoridrico

Assumendo che l'aeriforme emesso si depositi completamente nell'area mediamente di maggiore ricaduta ($>0,1\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$) con superficie identificata nel fondovalle approssimativamente fra Aosta e Nus di circa 16 km^2 , ed assumendo un'emissione costante uguale al valore massimo consentito dalla legislazione vigente si otterrà una deposizione di $2,7\ \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni; assumendo invece il valore emissivo garantito si otterrà una deposizione di $1,4\ \mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{suolo}}$ in 20 anni

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006

Inquinante $\text{mg}/\text{kg}_{\text{suolo}}$	Uso residenziale	Uso Industriale
Fluoruri	100	2000



Considerazioni

Fin qui sono stati elaborati i dati in nostro possesso, dedotti principalmente dalla relazione dell'ARPA relativa alla "Valutazione modellistica della dispersione degli inquinanti emessi dal camino.

Da questo documento, di ottima qualità, sono state dedotte le aree di deposizione di alcuni inquinanti aerodispersi dall'emissione canalizzata.

Peraltro abbiamo integrato le informazioni, implementando alcuni inquinanti, di cui non si è per ora tenuto conto, ma che hanno anch'essi dei limiti di concentrazione all'emissione del flusso di massa aeriforme immesso nell'atmosfera.

Valutazioni

Le prime valutazioni che si possono fare sono di natura comparativa fra le risultanze del computo di accumulo d'inquinanti al suolo, e i limiti di concentrazione ammessi dalla legislazione vigente.

In Italia è in vigore il **DLgs 152 del 2006** noto come Testo Unico Ambientale, che riassume tutte le norme in vigore nel nostro paese.

L'allegato 5 riporta le concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee, in relazione alla specifica destinazione dei siti, di cui di seguito riportiamo un'estratto relativo agli inquinanti fin'ora oggetto d'indagine.

Allegato 5 Testo Unico Ambientale 152/2006		
Inquinante mg/kg_{suolo}	Uso residenziale	Uso Industriale
Fluoruri	100	2000
BaA	0,5	10
BaP	0,1	10
BbF	0,5	10
BkF	0,5	10
BghiP	0,1	10
Crisene	5	50
DBaeP	0,1	10
DBalP	0,1	10
DBaiP	0,1	10
DBahP	0,1	10
Σ IPA ↑	10	100
DBahA	0,1	10
IndenoPirene	0,1	5
Pirene	5	50
PCDD+PCDF iTEQ	1*10⁻⁵	1*10⁻⁴
As	20	50
Pb	100	1000
Cr tot	150	800
Hg	1	5
Co	20	250
Cd	2	15
Cu	120	600
Tl	1	10
Ni	120	500
V	90	250
Zn	150	1500

Metalli

Il DLgs 15/7/2005 n°133 fissa il limite di concentrazione all'emissione per alcuni metalli:

Inquinante	Unità di misura	Valore limite
Cd+Tl	mg/Nm ³	0,05
Hg	mg/Nm ³	0,05
As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V	mg/Nm ³	0,5

il DLgs 152 del 2006 fissa i limiti di contaminazione nei suoli

Inquinante	Valore limite Uso residenziale mg/kg _{suolo}	Valore limite Uso Industriale mg/kg _{suolo}
As	20	50
Pb	100	1000
Cr tot	150	800
Hg	1	5
Co	20	250
Cd	2	15
Cu	120	600
Tl	1	10
Ni	120	500
V	90	250
Zn	150	1500

Dalle ipotesi di deposizione si evincono le seguenti massime deposizioni in 20 anni e i relativi incrementi di concentrazione al suolo rispetto ai valori limite di legge che rappresentano il 100%

Inquinante	Deposizione Totale MAX mg/kg _{suolo}	Incremento Deposizione MAX	Incremento Deposizione MAX
		LIM _{residenziale} %	LIM _{industriale} %
Cd+Tl	0,0013	0,04	0,007
Hg	0,0013	0,1	0,003
As,Pb,Cr,Co, Cu,Mn,Ni,V	0,0128	0,0002	0,00004

Idrocarburi Policiclici Aromatici

Il DLgs 15/7/2005 n°133 fissa il limite di concentrazione all'emissione per alcuni IPA:

Inquinante	Valore limite mg/Nm ³
Benzo(a)Antracene*BaP	Max 0,01
Benzo(b)Fluorantene*BbF	Max 0,01
Benzo(j)Fluorantene*BjF	Max 0,01
Benzo(k)Fluorantene*BkF	Max 0,01
Benzo(a)pirene*BaP	Max 0,01
Indeno(1,2,3cd)pirene*IndenoPirene	Max 0,01
Dibenzo(a,h)antracene*DBahA	Max 0,01
Dibenzo(a,e)pirene*DBaeP	Max 0,01
Dibenzo(a,h)pirene*DahP	Max 0,01
Dibenzo(a,i)pirene*DaiP	Max 0,01
Dibenzo(a,l)pirene*DBalP	Max 0,01
Σ – IPA ↑	0,01

il DLgs 152 del 2006 fissa i limiti di contaminazione nei suoli

Inquinante	Valore limite Uso residenziale mg/kg_{suolo}	Valore limite Uso Industriale mg/kg_{suolo}
BaA	0,5	10
BaP	0,1	10
BbF	0,5	10
BkF	0,5	10
BghiP	0,1	10
Crisene	5	50
DBaeP	0,1	10
DBalP	0,1	10
DBaiP	0,1	10
DBahP	0,1	10
Σ IPA ↑	10	100
DBahA	0,1	10
IndenoPirene	0,1	5

Dalle ipotesi di deposizione si evincono le seguenti massime deposizioni in 20 anni e i relativi incrementi di concentrazione al suolo rispetto ai valori limite di legge che rappresentano il 100%

Inquinante	Deposizione Totale MAX mg/kg_{suolo}	Incremento Deposizione MAX	Incremento Deposizione MAX
		LIM_{residenziale} %	LIM_{industriale} %
Σ IPA	0,000056	0,0006	0,00005
BaP	0,000056	0,06	0,006

Diossine e Furani

Il DLgs 15/7/2005 n°133 fissa il limite di concentrazione all'emissione per PCDD+PCDF

Inquinante	Valore limite MAX ng/Nm ³
PCDD+PCDF (TEQ)	0,1
Inquinante	Valore limite GARANTITO ng/Nm ³
PCDD+PCDF (TEQ)	0,05

il DLgs 152 del 2006 fissa i limiti di contaminazione nei suoli

Inquinante	Valore limite Uso residenziale ng/kg _{suolo}	Valore limite Uso Industriale ng/kg _{suolo}
PCDD+PCDF (TEQ)	10	100

Dalle ipotesi di deposizione si evincono le seguenti massime deposizioni in 20 anni e i relativi incrementi di concentrazione al suolo rispetto ai valori limite di legge che rappresentano il 100%

Inquinante	Deposizione Totale MAX ng/kg _{suolo}	Incremento Deposizione MAX	Incremento Deposizione MAX
		LIM _{residenziale} %	LIM _{industriale} %
PCDD+PCDF (TEQ)	0,555	5,5	0,6
Inquinante	Deposizione Totale GARANTITO ng/kg _{suolo}	Incremento Deposizione GARANTITO	Incremento Deposizione GARANTITO
		LIM _{residenziale} %	LIM _{industriale} %
PCDD+PCDF (TEQ)	0,232	2,3	0,2

Ora riportiamo alcune elaborazioni computazionali di accumulo degli inquinanti sulle base delle risultanze modellistiche di deposizione riportate nello studio modellistica dell'ARPA.

Nelle tabelle sono riassunti i valori di deposizione degli inquinanti in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ e $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$ relativamente alle aree di massimo impatto come dedotte dalle mappe edite dall'ARPA.

E' stato poi calcolato l'accumulo d'inquinante per kg di suolo per un periodo di 20 anni.

DEPOSIZIONI SECCHIE

area max ricaduta valori garantiti	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$	$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$		
PM 1,0	2,0	359,0		
PM 2,5	20,0	3590,0		
PM 5,0	50,0	8975,0		
HF	0,8	143,6		
area max ricaduta valori garantiti	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$	$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$	Incremento Deposizione GARANTITO	Incremento Deposizione GARANTITO
			LIM_{residenziale}	LIM_{industriale}
			%	%
PCDD/PCDF/(PCB)	0,1	0,018	0,18	0,018
PCDD/PCDF/(PCB)	1,00	0,180	1,8	0,18

DEPOSIZIONI UMIDE

area max ricaduta valori garantiti	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$	$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$		
PM 1,0	50,0	1650		
PM 2,5	100,0	3300		
PM 5,0	200,0	6600		
HF	5	165		
area max ricaduta valori garantiti	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$	$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$		
PM 1,0	5000,0	2500		
PM 2,5	7500,0	3750		
PM 5,0	10000,0	5000		
HF	1000	500		
area max ricaduta valori garantiti	$\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$	$\text{ng}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$	Incremento Deposizione GARANTITO	Incremento Deposizione GARANTITO
			LIM _{residenziale} %	LIM _{industriale} %
PCDD/PCDF/(PCB) particolato	0,1	0,003	0,0033	0,0033
PCDD/PCDF/(PCB) particolato	0,5	0,017	0,17	0,017
area max ricaduta valori garantiti	$\text{pg}/\text{m}^2/\text{anno}$	$\text{ng}/\text{kg}_{\text{suolo}}/20\text{anni}$	Incremento Deposizione GARANTITO	Incremento Deposizione GARANTITO
			LIM _{residenziale} %	LIM _{industriale} %
PCDD/PCDF/(PCB) particolato	10,0	0,005	0,05	0,005
PCDD/PCDF/(PCB) particolato	150,0	0,075	0,75	0,075

Dalle elaborazioni fin qui effettuate sui flussi di massa degli inquinanti che hanno più spiccate caratteristiche alla deposizione al suolo e conseguente anche all'accumulo, si deduce che :

Per i **metalli** , come sommatoria, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,013 \text{ mg/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento dello $0,0002\%$ **rispetto al valore limite** di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per il **Cadmio ed il Tallio** , come sommatoria, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,0013 \text{ mg/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento dello $0,04\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per il **Mercurio**, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,0013 \text{ mg/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento dello $0,1\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per gli **Idrocarburi Policiclici aromatici**, come sommatoria, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,00006 \text{ mg/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento dello $0,0006\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per il **benzo(a)pirene**, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,00006 \text{ mg/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento dello $0,06\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per le **diossine ed i furani**, come sommatoria, in venti anni si può stimare un deposito massimo di $0,55 \text{ ng/kg}_{\text{suolo}}$, computabile in un incremento del $5,5\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Per quest'ultima categoria di sostanze chimiche, vista la loro elevata tossicità, abbiamo effettuato delle elaborazioni supplementari basate sulle risultanze modellistiche dell'ARPA che ne ha calcolato sia le deposizioni secche che umide sia giornaliere che annuali con scenario emissivo ai livelli garantiti.

Pur prendendo in esame le aree a maggior deposito, si ottengono proiezioni di accumulo nei venti anni computabile in un incremento massimo dello $0,75\%$ rispetto al valore limite di concentrazione ammissibile per un suolo ad uso residenziale.

Se ne conclude che, **allo stato attuale delle conoscenze**, l'accumulo degli inquinanti mostra essere molto limitato, pur avendo considerato degli scenari certamente molto conservativi.

Ingresso ed accumulo di inquinanti persistenti nella catena alimentare relativo ad un impianto di termovalorizzazione situato nella Valle d'Aosta

Nonostante le concentrazioni calcolate al suolo durante 20 anni di vita dell'impianto facciano prevedere un accumulo di modesta entità nelle catene alimentari e nell'ecosistema, a scopo esemplificativo abbiamo ritenuto di stimare un possibile accumulo nella catena alimentare per mezzo di uno scenario tra i più conservativi illustrato in seguito, nel documento allegato (All.1) vengono riportati più in dettaglio i meccanismi di ingresso e di accumulo dei microinquinanti nella catena alimentare e le metodologie utilizzate per la loro stima.

E' stata quindi quantificata la concentrazione di diossine nel grasso dei polli (e delle uova) allevati in un terreno con i livelli di concentrazione pari a quelli massimi risultati dalla simulazione (0,6 ng/kg suolo) . E' stato ipotizzato uno scenario in cui i polli possono razzolare liberamente nutrendosi di mangime sparso direttamente sul terreno, così che una certa quantità di suolo e vegetazione (contaminata da diossine e composti diossino-simili) possa entrare a far parte incidentalmente della loro alimentazione. La concentrazione di diossine nella vegetazione è stata assunta pari a quella media riportata in letteratura mentre il mangime dei polli è stato assunto non essere contaminato. L'algoritmo utilizzato per stimare la concentrazione di diossine nel grasso del pollo e delle uova, a partire dalla concentrazione nel suolo e nella vegetazione, è il seguente:

$$C_{fat} = (BCF \times DF_s \times B_s \times AC_s) + (BCF \times DF_g \times AC_g)$$

(5)

Dove:

- C_{fat} = concentrazione di diossine e composti diossino-simili nel grasso del pollo o delle uova (pg TEQ/g)
- BCF = fattore di bioconcentrazione per il pollo o per le uova
- DF_s = frazione della dieta del pollo dovuta ad ingestione accidentale di suolo (10 %)
- B_s = biodisponibilità delle diossine attraverso "veicolo" suolo rispetto al veicolo "vegetazione"

- AC_s = concentrazione delle diossine e composti diossino-simili nel suolo (pg TEQ/g)
- DF_g = frazione della dieta del pollo dovuta ad ingestione accidentale di vegetazione (5 %)
- AC_g = concentrazione del contaminante nella vegetazione (pg WHO-TEQ/g).

I risultati della simulazione indicano una concentrazione di 0,315 pg/g grasso per le uova e di 0,356 pg/g grasso per la carne di pollo. Questi valori vanno confrontati con i valori limite in vigore attualmente nell'Unione Europea (Official Journal of the European Union 14.2.2006) che sono rispettivamente di 2,0 pg/g di grasso per le uova e 1,5 pg /g di grasso per il pollame. Anche in questo caso, considerando le assunzioni piu che conservative utilizzate per la valutazione delle concentrazioni al suolo ed il fatto che i valori ottenuti sono una frazione minore di quanto permesso dalla legislazione, si può concludere che l' accumulo nelle catene alimentari non costituisce un fattore di rischio rilevante.

Conclusioni

Considerando le assunzioni molto conservative utilizzate nei modelli di simulazione ed i risultati ottenuti riteniamo ragionevoli le seguenti conclusioni:

L'accumulo al suolo dei principali microinquinanti persistenti durante una simulazione che prevede l'accumulo per 20 anni nelle zone interessate dalla ricaduta delle emissioni, della quantità totale emessa al camino e dell'assenza di fenomeni di degradazione e dissipazione, dà come risultato valori frazionari rispetto ai valori massimi permessi dalla vigente legislazione.

L'ingresso nella catena alimentare calcolato su uno scenario conservativo basato sulla concentrazione massima calcolata al suolo di composti diossino simili e sull'allevamento di pollame all'aperto, che costituisce uno degli scenari più conservativi per valutare l'ingresso di queste sostanze nella catena alimentare, dà risultati frazionari rispetto ai valori attualmente permessi negli alimenti (carne e uova). Si può ragionevolmente concludere che l'eventuale attivazione dell'impianto di termovalorizzazione non determinerà un incremento significativo dell'esposizione della popolazione ai microinquinanti presi in considerazione.

Allegato 1

Catene trofiche critiche e fenomeni di bioaccumulo

Questo capitolo è propedeutico alla comprensione dell'attività svolte per la valutazione dell'ingresso nella catena alimentare dei microinquinanti persistenti che rappresentano l'emissione più significativa, a questo riguardo, degli impianti di termovalorizzazione: diossine e furani policlorurati.

ANALISI DELLA FENOMENOLOGIA DI TRASFERIMENTO ED ACCUMULO

Le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD), i policlorodibenzofurani (PCDF) e i policlorobifenili (PCB) rilasciati dalle diverse fonti di emissione si distribuiscono nei comparti ambientali in conseguenza delle loro proprietà chimico-fisiche. La proprietà fondamentale relativamente al potenziale di trasferimento all'interno degli organismi viventi, e quindi delle catene trofiche, è il coefficiente di ripartizione ottanolo-acqua (K_{ow}) che indica la misura della solubilità di una sostanza nei lipidi. Il valore del K_{ow} , espresso in logaritmi decimali ($\log P$), per le PCDD, i PCDF e i PCB varia tra 6 a 8 e tra 4 e 8, rispettivamente (1) aumentando con l'incremento del grado di clorurazione. Questi valori sono tipici delle sostanze che mostrano un elevato potenziale di bioaccumulo.

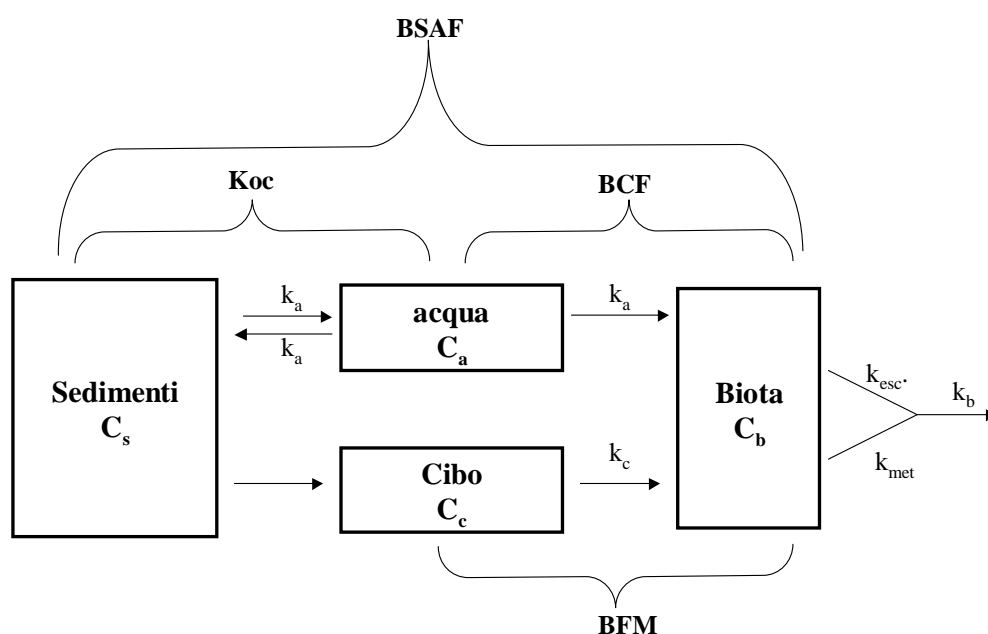


Figura 1. Modello semplificato di bioaccumulo per l'ambiente acquatico. Da van der Ost et al. (2), modificato.

Legenda: C = concentrazione, k = costante di trasferimento, s = sedimenti, a = acqua, c= cibo, b = biota, esc = escrezione, met = metabolismo, koc = coefficiente di ripartizione su carbonio organico, BSAF = fattore di accumulo biota-sedimenti; BCF = fattore di bioconcentrazione; BFM = fattore di biomagnificazione.

In generale il bioaccumulo è un fenomeno complesso che risulta dall'equilibrio dinamico di diversi processi quali assorbimento, escrezione e trasformazione metabolica (Figura 1), che sono caratteristiche sia sostanza- che specie-specifiche (2); inoltre si riferisce all'accumulo netto della sostanza in questione a partire da qualunque via di esposizione (alimentazione, respirazione, contatto dermico). Per le PCDD, i PCDF e PCB, a causa delle loro bassa solubilità in acqua, il fenomeno di bioconcentrazione (assorbimento diretto dell'organismo dall'ambiente acquatico) assume un'importanza minore rispetto al fenomeno di biomagnificazione, che si riferisce al trasferimento e accumulo della sostanza specificatamente attraverso la catena alimentare. Anche per gli organismi terrestri la biomagnificazione è il processo fondamentale che porta all'accumulo di questi inquinanti. Per l'uomo, ad esempio, vie di esposizione quali inalazione o esposizione attraverso suolo contaminato sono generalmente del tutto irrilevanti rispetto all'assunzione di questi inquinanti attraverso la dieta (3). Inoltre nel concetto di biomagnificazione è implicito l'aumento della concentrazione nei tessuti in direzione degli animali posizionati ai vertici della piramide alimentare.

Sia le PCDD, i PCDF e i PCB, quindi si trasferiscono attraverso la catena trofica terrestre e acquatica determinando l'esposizione maggiore per organismi quali rapaci, uccelli ittivori, mammiferi predatori e ovviamente l'uomo.

FORMULAZIONE PRELIMINARE DEL MODELLO CONCETTUALE

Le catene trofiche prese in considerazione fanno riferimento sia all'ambiente acquatico che a quello terrestre e, in entrambi i casi, viene valutato il trasferimento di questi inquinanti nell'uomo e negli organismi dell'ambiente (*wildlife*). In particolare viene esaminato il trasferimento attraverso la catena alimentare terrestre che partendo dalla contaminazione del suolo porta, attraverso la contaminazione degli animali ipogei del terreno e della vegetazione, al bioaccumulo negli animali erbivori e da

cortile utilizzati nella alimentazione umana. La catena alimentare acquatica viene esaminata ove necessario in termini di trasferimento della contaminazione dai sedimenti e invertebrati bentonici ai pesci commestibili per l'uomo.

In entrambi i casi l'obiettivo finale è quello di valutare l'esposizione umana attraverso il consumo di alimenti quali pesce, carni, latte, latticini e uova derivati nelle zone interessate dalla ricaduta delle emissioni.

La catena alimentare acquatica e terrestre viene analizzata per valutare l'effetto della contaminazione sulla *wildlife* e viene stimata la biomagnificazione attraverso i diversi livelli trofici per calcolare il bioaccumulo negli animali ai vertici della piramide alimentare terrestre (rapaci, piccoli mammiferi predatori) e acquatica (pesci predatori, uccelli ittiofagi) presenti nel territorio sotto indagine. Anche in questo caso la valutazione parte dai dati sperimentali di contaminazione dei sedimenti e macrobentos, in ambiente acquatico, e del suolo e organismi inferiori ipogei in ambiente terrestre.

In questo caso l'obiettivo finale è quello di stimare il carico corporeo (*body burden*) di questi inquinanti negli organismi appartenenti ai livelli superiori della catena trofica per individuare le specie a rischio. Dalla letteratura scientifica sull'argomento abbiamo indicazioni che le specie più sensibili alla contaminazione da composti diossino-simili sono i pesci, gli uccelli e i mammiferi, relativamente agli effetti sulla riproduzione e sullo sviluppo, mentre altre specie quali macroinvertebrati sembrerebbero meno sensibili a causa della mancanza del recettore Ah (4).

Catene trofiche critiche per l'uomo

In ambiente terrestre, partendo dai livelli di contaminazione ambientale (in particolare suolo e deposizione atmosferica) ed applicando algoritmi specifici, viene stimata la concentrazione nella frutta e nella verdura direttamente utilizzata per l'alimentazione umana, e nella vegetazione utilizzata per il pascolo degli animali. Gli algoritmi utilizzati sono quelli descritti nelle procedure EPA che consistono di equazioni sperimentali basate sui fattori di biotrasferimento (aria-foglia) e bioconcentrazione (terreno-radici); queste equazioni sono state già utilizzate dagli scriventi per la valutazione della esposizione della popolazione residente nell'area di Seveso, dove è presente della contaminazione residua di 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina nel terreno (3, 4). In sintesi questi modelli si

basano, per quanto riguarda la contaminazione della verdura ipogea, sul fattore di concentrazione delle radici (RCF) che è il rapporto tra la concentrazione del contaminante nel suolo e quella nelle radici, mentre per la vegetazione epigea sul trasferimento degli inquinanti alla pianta attraverso la deposizione secca ed umida ed attraverso la fase di vapore. Il modello per la vegetazione epigea non prende in considerazione la possibilità di traslocazione degli inquinanti a partire dalle radici, nonostante vi siano delle indicazioni sperimentali che questo fenomeno invece si verifica, almeno in alcune specie vegetali della famiglia delle cucurbitacee. Una volta stimata la concentrazione nella vegetazione da pascolo viene calcolato il trasferimento negli animali erbivori e nel latte utilizzando i modelli sviluppati da Fries e colleghi (6) basato sul fattore di bioconcentrazione (BCF), espresso come il rapporto tra la concentrazione dell'inquinante nell'alimento (vegetazione da pascolo, mangimi) su peso secco e la concentrazione dell'inquinante, su base lipidica, nell'animale, nel latte o nei prodotti derivati. Con un algoritmo sostanzialmente uguale a quello utilizzato per gli animali ruminanti erbivori e basato sul fattore di bioconcentrazione, verrà stimato anche l'accumulo degli inquinanti negli animali da cortile utilizzati nell'alimentazione umana. In particolare viene calcolata la concentrazione degli inquinanti in questione nel pollo e nelle uova assumendo uno scenario nel quale i polli possano razzolare liberamente nelle aree in esame nutrendosi di mangime che viene sparso del terreno contaminato così che una certa quantità di suolo, invertebrati del terreno e vegetazione entri a far parte incidentalmente della loro dieta.

In ambiente acquatico viene valutata la concentrazione nei pesci utilizzati nell'alimentazione umana a partire dalla contaminazione del corpo idrico. In particolare viene utilizzata come misura sito-specifica del potenziale di bioaccumulo il fattore di accumulo biota-sedimenti (BSAF- Biota Sediment Accumulation Factor) in quanto per contaminanti quali diossine e PCB la contaminazione dei sedimenti, rispetto a quella della colonna d'acqua rappresenta un indicatore migliore della contaminazione del corpo idrico.

Catene trofiche critiche per la wildlife

Sia in ambiente acquatico che terrestre la *wildlife* è esposta a diossine e PCB attraverso la catena trofica e la concentrazione di questi inquinanti nel cibo dipende in ultima analisi dalla concentrazione nei sedimenti e nel suolo. Il primo passaggio per valutare il trasferimento della contaminazione nella *wildlife* sarà il calcolo sia per i sedimenti che per il suolo dei BASF:

$$BASF = \frac{C(\text{organismo})}{C(\text{suolo / sedimenti})}$$

dove:

- BASF = Fattore di bioaccumulo biota-suolo/-sedimenti;
- C(organismo) = concentrazione della sostanza su base lipidica;
- C (suolo/sedimenti) = concentrazione della sostanza normalizzata al carbonio organico.

Il calcolo dei BASF viene effettuato per gli organismi ipogei inferiori del suolo e per il macrobentos dei sedimenti, quindi sugli organismi appartenenti ai primi livelli trofici più bassi della piramide alimentare. La concentrazione negli organismi appartenenti ai livelli trofici superiori sono stimati mediante l'applicazione dei modelli riportati nella letteratura scientifica in cui la concentrazione degli inquinanti nel livello trofico più basso viene utilizzata come parametro input per il calcolo della concentrazione negli organismi di livello trofico più elevato. Viene quindi predetto il *body burden* relativo a PCDD, PCDF e PCB per gli animali che, appartenendo ai livelli più alti della catena trofica, sono quelli maggiormente esposti. Tra questi si possono identificare, tra gli uccelli, il gabbiano reale (*Larus cachinnans*), lo sparviero (*Accipiter nisus*) e il falco pellegrino (*Falco peregrinus*) e tra i mammiferi la lontra (*Lutra lutra*), che oltre ad essere una delle specie più a rischio in Italia, è particolarmente sensibile alla tossicità dei composti diossino-simili. In una fase successive dovrà essere previsto ove possibile un censimento delle specie più significative nel territorio dell Valle d' Aosta

La validazione del modello viene effettuata mediante analisi mirate su campioni biologici selezionati.

Riferimenti bibliografici

1. USEPA (Environmental Protection Agency) Draft Dioxin Reassessment. Draft Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds. Sito internet: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/part1and2.cfm?ActType=default>.
2. Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N.P.E. 2003. Environmental Toxicology and Pharmacology 13, 57-149.
3. Fattore, E., di Domenico, A., Pastorelli, G., Facchetti, S., Bertazzi, P., Fanelli R. 2003. Assessment to the exposure to dioxins of the Seveso (milan, Italy) area inhabitants. Organoalogen Compunds 65,

- 4 Fattore E., Fanelli, R. Exposure Assessment to Dioxins of People Living in the Seveso (Italy) Area. In: Trends in Agriculture and Soil Pollution Research. J.V. Livingston Ed., 2005, pp. 79-94.
- 5 Loonen, H., van de Guchte, C., Parsons, J.R., de Voogt, P., Govers., H.A.J. 1996, The Science of the Total Environment, 182, 93-103.
- 6 Fries, G.F., Paustenbach D.J., Mather D.B., Luksemburg, W.J. 1999. A congener specific evaluation of transfer of chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans to milk of cows following ingestion of pentachlorophenol-treated wood. Environmental Science and Technology 33, 1165-1170.
- 7 van den Berg, M., Birnbaum, L., Bosveld, B.T.C., Brunström, B., Cook, P., et al. 1998. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, and PCDFs for humans and for wildlife. Environmental Health Perspectives, 106, 775–792.