

ANAS s.p.a.

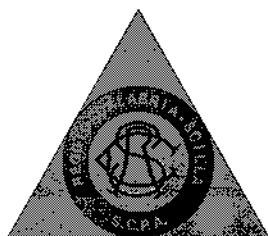
Direzione Generale

DG 87/03

AUTOSTRADA SALERNO-REGGIO CALABRIA

LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO AL TIPO 1A DELLE NORME CNR/80 DAL KM 423+300 (SVINCOLO DI SCILLA INCLUSO) AL KM 442+920

CODICE UNICO PROGETTO: F31 B05000070001



IMPREGILO - CONDOTTE

Reggio Calabria - Scilla societa' consortile per azioni

3
30/01/2004

PROGETTO ESECUTIVO

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	31/01/07	TERZA EMISSIONE	PROF. A. SABATO	PROF. D.C. FESTA	M.F. RUFFO
A	23/06/06	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA ANAS	PROF. A. SABATO	PROF. D.C. FESTA	M.F. RUFFO
O	20/09/05	PRIMA EMISSIONE	PROF. A. SABATO	PROF. D.C. FESTA	W. SACCO

OGGETTO:

INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE, RIPRISTINO E COMPENSAZIONE
MONITORAGGIO AMBIENTALE
RELAZIONE SPECIFICA: ATMOSFERA



L0411F PEXX GEC 000 0000000 000 AMB RE000 B SCALA: -

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI

C. LOTTI & ASSOCIATI
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

MANDATARIA

ESSE di
Società di Ingegneria s.r.l.

S.T.E. s.r.l.
Structure and Transport Engineering

SINT Ingegneria s.r.l. **STONE S.p.a.**

INGEGNERI CONSULENTI

MANDANTI

Responsabile integrazione prestazioni specialistiche:
Prof. Ing. F.M. La Camera

Il Geologo Dott. Guido Venturini

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Sergio Lagrotteria

Sergio Lagrotteria

Autostrada SALERNO-REGGIO CALABRIA

**LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO
AL TIPO 1A DELLE NORME CNR/80
DAL KM 423+300 (SVINCOLO DI SCILLA INSCLUSO)
AL KM 442+920**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE, RIPRISTINO E COMPENSAZIONE
MONITORAGGIO AMBIENTALE
Relazione specifica: atmosfera**

SOMMARIO

1. PRINCIPALI INDICAZIONI NORMATIVE.....	3
2. INQUINANTI DA MONITORARE	4
3. I LICHENI COME BIOINDICATORI – MONITORAGGIO.....	15
4. PRESCRIZIONI DERIVANTI DALLE FASI PROGETTUALI PRECEDENTI.....	19
5. METODOLOGIA, PARAMETRI E PROCEDURE.....	19
6. CRITERI DI SCELTA DELLE AREE, DEI PUNTI E DEI PERIODI DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE FASI (ANTE-OPERAM, IN CORSO D'OPERA, POST-OPERAM).....	27
7. COSTO DEL MONITORAGGIO RELATIVO ALLA COMPONENTE	28
8. ELABORAZIONE DI UNA TABELLA PER I PUNTI DI CAMPIONAMENTO.....	29
9. ELABORAZIONE DI UNA TABELLA PER LA STAZIONE METEOROLOGICA.....	33

1. PRINCIPALI INDICAZIONI NORMATIVE

La normativa vigente relativa alla qualità dell'aria ha subito negli ultimi venti anni una notevole evoluzione. Negli ultimi anni si è reso necessario armonizzare, a livello europeo, le varie normative nazionali, per cui sono state emanate alcune direttive, già recepite dal Governo Italiano, mentre altre, relative ad inquinanti specifici (arsenico, cadmio, nichel, mercurio, IPA) saranno emanate nell'immediato futuro.

Le norme relative all'inquinamento atmosferico sono riportate nel seguito.

Legislazione nazionale

- DPCM 28 Marzo 1983. "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria e dell'ambiente esterno".
- DPR 24 Maggio 1988 n. 203. "Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto da grandi impianti industriali".
- DM 20 Maggio 1991. "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria"
- DM 20 Maggio 1991. "Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria"
- DM 6 Maggio 1992. "Definizione del sistema finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio"
- DM 15 Aprile 1994. "Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane"
- DM 25 Novembre 1994. "Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti"
- DM 16 Maggio 1996. "Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono"
- Legge 4 Novembre 1997 n. 413. "Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene"
- DM 21 Aprile 1999 n. 163. "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione"
- Decreto Legislativo 4 Agosto 1999 n. 351. "Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente"
- DM 2 aprile 2002 n° 60. "Recepimento della Direttiva 99/30/CE concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di

azoto, le particelle e il piombo e della Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio”

- Decreto 1 ottobre 2002 n° 261. “Direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell’aria ambiente, i criteri per l’elaborazione del piano e dei programmi di cui agli artt. 8 e 9 del D. Lgs. N° 351/99”
- Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n° 183. “Attuazione della direttiva 2003/3/CE relativa all’ozono nell’aria”

Legislazione comunitaria

- Direttiva 99/30/CE , “Valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo”
- Direttiva 00/69/CE. “Valori limite di qualità dell’aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio”
- Direttiva 2002/03/CE, “Valori limite di qualità dell’aria ambiente per l’ozono”

2. INQUINANTI DA MONITORARE

Monossido di carbonio (CO)

Caratteristiche chimico fisiche

Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili.

Origine

La principale sorgente di CO è rappresentate dai gas di scarico dei veicoli, soprattutto funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali, come la produzione di acciaio, di ghisa e la raffinazione del petrolio.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

La sua tossicità è dovuta al fatto che, legandosi all'emoglobina al posto dell'ossigeno, impedisce una buona ossigenazione del sangue, con conseguenze dannose sul sistema nervoso e cardiovascolare.

Biossido di zolfo (SO₂)

Caratteristiche chimico fisiche

Il biossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante.

Origine

Il biossido di zolfo si forma nel processo di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili solidi e liquidi (carbone, olio combustibile, gasolio). Le fonti di emissione principali sono legate

alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali e al traffico. L'SO₂ è il principale responsabile delle "piogge acide", in quanto tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote di emissioni elevate, può diffondersi nell'atmosfera ed interessare territori situati anche a grandi distanze.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

È un gas irritante per gli occhi e per il tratto superiore delle vie respiratorie, a basse concentrazioni, mentre a concentrazioni superiori può dar luogo a irritazioni delle mucose nasali, bronchiti e malattie polmonari.

Biossido di azoto (NO₂)

Caratteristiche chimico fisiche:

Il biossido di azoto è un gas di colore rosso bruno, di odore pungente e altamente tossico.

Origine

Il biossido di azoto si forma in massima parte in atmosfera per ossidazione del monossido (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione. Le emissioni da fonti antropiche derivano sia da processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, traffico), che da processi produttivi senza combustione (produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati, ecc.).

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

È un gas irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi, causando bronchiti fino anche a edemi polmonari e decesso. Contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, come precursore dell'ozono troposferico, e contribuisce, trasformandosi in acido nitrico, al fenomeno delle "piogge acide".

Idrocarburi non metanici

Caratteristiche chimico fisiche

È una classe di composti organici molto varia, costituita da sostanze che esposte all'aria passano rapidamente dallo stato liquido a quello gassoso. I principali sono: idrocarburi alifatici, aromatici (benzene, toluene, xileni ecc.), ossigenati (aldeidi, chetoni, ecc.), ecc. La loro concentrazione in atmosfera nelle aree urbane è direttamente correlabile al traffico veicolare. È, tuttavia, un indicatore "grezzo", che può dare maggiori informazioni operando una sua speciazione, identificando i vari componenti chimici che lo costituiscono. Assieme agli ossidi di azoto, costituiscono i "precursori" dell'ozono troposferico.

Origine

Tali composti derivano da fenomeni di evaporazione delle benzine (vani motore e serbatoi), dai gas di scarico veicolari (per combustione incompleta dei carburanti) e, in particolari zone industriali, dallo stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Gli effetti sulla salute umana sono molto differenziati in funzione del tipo di composto.

Ozono

Caratteristiche chimico fisiche

È un gas fortemente ossidante che si forma nella bassa atmosfera per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare, che danno origine allo smog fotochimico.

Origine

La formazione di elevate concentrazioni di ozono è un fenomeno prettamente estivo, legato alla potenzialità della radiazione solare, alle alte temperature e alla presenza di sostanze chimiche (idrocarburi e biossido di azoto) dette "precursori", che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi e altre sostanze organiche, fortemente ossidanti (es: perossiacetilnitrati, ecc.). Il problema dell'ozono ha la sua origine nell'ambiente urbano, dove si possono verificare episodi acuti di inquinamento.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'ozono è un gas incolore irritante per le mucose (occhi, apparato respiratorio, ecc.). A causa della sua alta tossicità può causare effetti dannosi sia all'ecosistema che al patrimonio storico-artistico. La capacità di spostarsi con le masse d'aria anche a diversi chilometri dalla fonte, comporta la presenza di concentrazioni elevate a grandi distanze creando problemi anche alla componente vegetale dell'ecosistema.

Benzo(a)Pirene (BaP) e altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Caratteristiche chimico fisiche

Gli IPA sono idrocarburi con struttura ad anelli aromatici condensati. Sono sostanze solide a temperatura ambiente, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta. Il composto più studiato e rilevato è il BaP che ha una struttura con cinque anelli condensati.

Origine

Sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili). Si formano durante le combustioni incomplete. Le principali sorgenti sono individuabili nelle emissioni da motori diesel, da motori a benzina, da centrali termiche alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti e in alcune attività industriali (cockerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile).

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha inserito il BaP e altri IPA con 4-6 anelli condensati nelle classi 2A o 2B (possibili o probabili cancerogeni per l'uomo) per gli effetti dimostrati "in vitro". Pericolosità ancora più elevata è stata dimostrata da nitro e ossigeno derivati degli IPA, anch'essi generati nelle combustioni incomplete.

Idrogeno solforato (H₂S)

Caratteristiche chimico fisiche

È un gas incolore dall'odore caratteristico di uova marce, per questo definito gas putrido. È idrosolubile ha caratteristiche debolmente acide e riducenti. Il composto è caratterizzato da una soglia olfattiva decisamente bassa; in letteratura si trovano numerosi valori definiti soglia olfattiva: da 0.7 µg/mc a 14 µg/mc ("Analisi e controllo degli odori" D. Bertoni, P. Mazzali, A. Vignali - Ed. Pitagora, Bologna 1993); taluni soggetti sono in grado di percepire l'odore già a 0.2 µg/mc (soglia olfattiva OMS da "Air quality guidelines WHO", anno 1999), in corrispondenza di 7 µg/mc la quasi totalità dei soggetti esposti distingue l'odore caratteristico. Tale valore non è consolidato, per cui potrà variare nel tempo.

Origine

Naturale: è presente nelle emissioni delle zone vulcaniche e geotermiche, è prodotto dalla degradazione batterica di proteine animali e vegetali. Antropica: è un coprodotto indesiderato nei processi di produzione di carbon coke, di cellulosa con metodo Kraft, di raffinazione del petrolio, di rifinitura di oli grezzi, di concia delle pelli (calcinaio e pickel), di fertilizzanti, di coloranti e pigmenti, di trattamento delle acque di scarico e di altri procedimenti industriali.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

È una sostanza estremamente tossica poichè è irritante e asfissiante. L'azione irritante, che si esplica a concentrazioni superiori ai 15.000 µg/mc ha come bersaglio le mucose, soprattutto gli occhi; a concentrazioni di 715.000 µg/mc, per inalazione, può causare la morte anche in 5 minuti (WHO 1981, Canadian Centre for Occupational Health and Safety 2001).

L'inquinamento delle acque con idrogeno solforato provoca la moria di pesci; l'effetto sulle piante non è acuto, ma cronico per la sottrazione di microelementi essenziali per il funzionamento dei sistemi enzimatici. Nei confronti dei materiali mostra una discreta aggressività per i metalli, provocandone un rapido deterioramento.

Composti aromatici

Benzene

Caratteristiche chimico fisiche

Formula chimica: C₆H₆. Liquido incolore, volatile, altamente infiammabile. Peso molecolare 78,11 g mol. Tensione di vapore 76 mmHg a 20 °C.

Origine

Nell'aria dei centri urbani la sua presenza è dovuta quasi esclusivamente alle attività di origine umana, con oltre il 90% delle emissioni attribuibili alle produzioni legate al ciclo della benzina: raffinazione, distribuzione dei carburanti e soprattutto traffico veicolare, che da solo incide per circa l'80% sul totale. Il benzene viene prodotto su scala industriale principalmente attraverso processi di raffinazione del petrolio. Il benzene è contenuto nelle benzine in cui viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentarne il "numero di ottano" in sostituzione totale (nella benzina

verde) dei composti del Piombo. Come conseguenza circa l'80% delle emissioni di benzene sono legate alla combustione di benzina, risultando quindi direttamente riconducibili al traffico autoveicolare.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il benzene è facilmente assorbito per inalazione, contatto cutaneo ed ingestione. Gli effetti tossici, tuttavia, hanno caratteristiche diverse e colpiscono organi sostanzialmente differenti in base alla durata dell'esposizione, se acuta o cronica. È inserito dall'EPA nel gruppo A (cancerogeno per l'uomo, vi è sufficiente evidenza di cancerogenicità negli studi epidemiologici); dallo IARC nel gruppo 1 (cancerogeno accertato per l'uomo: vi è sufficiente evidenza di cancerogenicità nell'uomo in studi epidemiologici adeguati). È provato che la sua cancerogenicità sia dovuta, tra le altre cause, ad aberrazioni cromosomiche strutturali e numeriche provocate nel DNA umano.

Come effetti cronici non cancerogeni può causare aumento di casi di leucemia mieloide acuta e di anemia aplastica; esercita una marcata azione immunosoppressiva

Toluene

Caratteristiche chimico fisiche

Liquido incolore, infiammabile. Formula chimica $C_6H_5CH_3$. Peso molecolare 92,15 g mol⁻¹. Tensione di vapore 22 mmHg a 20 °C.

Origine

Il traffico veicolare è la principale sorgente di toluene in aria; seguono alcune tipologie di processi industriali che coinvolgono questo composto nel loro ciclo.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il sistema nervoso centrale (SNC) è il bersaglio primario della tossicità del toluene sia nell'uomo che negli animali, e sia per esposizioni acute che cronica.

Per esposizioni a basse e moderate concentrazioni, oltre a disfunzioni del SNC (spesso reversibili), si ha narcosi, fatica, mal di testa, nausea e aritmia cardiaca.

Per esposizioni croniche si riporta depressione del SNC con sintomi quali: tremori, atrofia cerebrale, movimenti involontari, indebolimento della vista, dell'udito e della voce. Inalazioni croniche causano nell'uomo anche irritazione del tratto respiratorio, degli occhi, vertigini, calo dell'attenzione, disturbi del sonno. Gli effetti del toluene nella riproduzione e nello sviluppo dell'uomo sono stati confermati. L'esposizione in gravidanza può portare nel neonato ad anomalie cranio-facciali e degli arti, ritardo della crescita e talvolta dismorfismo.

Xileni

Caratteristiche chimico fisiche

Gli xileni in miscela sono un liquido incolore dall'odore dolce. Formula chimica C_8H_{10} . Peso molecolare 106,16 g mol⁻¹. Tensione di vapore 6,72 mmHg a 21 °C.

Origine

L'esposizione a xilene può avvenire attraverso ognuno dei tre isomeri o una miscela dei tre. L'emissione è principalmente da traffico veicolare.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'esposizione cronica dell'uomo ad una miscela di xileni, come riscontrato in ambienti di lavoro, causa effetti neurologici quali emicrania, vertigini, fatica, tremori e mancata coordinazione.

Etilbenzene

Caratteristiche chimico fisiche

Liquido incolore con odore simile ai gasoli. Formula chimica C₈H₁₀. Peso molecolare 106,16 g mol⁻¹. Tensione di vapore 9,5 mmHg a 25°C.

Origine

Da traffico veicolare (motori diesel o benzina). In ambienti urbani si è riscontrata una concentrazione media di 2,86 µg m⁻³, in aree suburbane è di 2,69 µg m³ e in campagna 0,04 µg m³.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Esposizioni per inalazione a lungo termine possono avere nell'uomo effetti a livello ematico. Studi per esposizioni croniche su animali hanno riscontrato effetti su sangue, fegato e reni.

Trimetilbenzeni

Caratteristiche chimico fisiche

La miscela degli isomeri è un liquido incolore, facilmente infiammabile; due isomeri sono insolubili e uno leggermente solubile (1,3,4-trimetilbenzene). Formula chimica C₉H₁₂. Peso molecolare 120,19 g mol⁻¹. Tensione di vapore 1,86 mmHg a 20°C.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il trimetilbenzene può essere assorbito dall'organismo per inalazione, a causa dell'alta volatilità già a 20°C. Risulta quindi irritante per le vie respiratorie, ma anche per gli occhi e la cute. In caso di ingestione, l'aspirazione nei polmoni può causare stato confusionale, tosse, vertigini, sonnolenza, mal di testa, vomito e, infine, polmonite chimica. Inoltre può causare effetti tossici acuti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione a lungo termine può causare danni ai polmoni tra i quali bronchite cronica. Anche in questo caso si rileva che la sostanza può avere effetti cronici su sistema nervoso centrale e sul sistema vascolare. La sostanza è tossica per gli organismi acquatici. Si osserva bioaccumulo nei pesci.

IPA

Origine

Gli IPA si formano in seguito alla combustione incompleta di materiali organici contenenti carbonio. Gli IPA con un numero di anelli uguale o inferiore a quattro, in genere rimangono in forma gassosa quando vengono immessi nell'atmosfera. Non permangono però oltre le 24 ore nell'aria esterna perché di solito vengono degradati attraverso una sequenza di reazioni di radicali liberi innescata dall'aggiunta di un radicale

OH a un doppio legame. Inoltre, a causa della loro bassa tensione di vapore, queste sostanze tendono rapidamente a condensarsi e a venire adsorbite alla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere.

Anche gli IPA con due e tre anelli aderiscono a tali particelle nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura. Poiché molte particelle di fuliggine hanno dimensioni tali da essere respirate, gli IPA possono penetrare nei polmoni direttamente mediante la respirazione.

Le concentrazioni elevate degli IPA riscontrate nell'aria di ambienti chiusi sono tipicamente dovute al fumo del tabacco e alla combustione del legno e del carbone.

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti: principalmente dal traffico autoveicolare (dagli scarichi degli autoveicoli a benzina e diesel), dal catrame, dal fumo di sigaretta, dal fumo esalato dalla combustione del legno o del carbone e da altri processi di combustione in cui il carbonio del combustibile non viene completamente convertito in CO e CO₂; inoltre, in ambienti indoor, possono essere rilasciati dalla superficie di alimenti affumicati (carni in particolare) o cucinati alla griglia.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Sebbene gli IPA rappresentino solo circa lo 0,1% del particolato atmosferico, la loro presenza come inquinanti dell'aria rimane comunque un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi si rivelano cancerogeni, almeno secondo i risultati di numerosi test in vivo su animali. Le vie di assorbimento di questi composti sono correlate al tipo di esposizione: inalazione, assorbimento cutaneo, ingestione. L'escrezione può avvenire per via biliare o urinaria.

La liposolubilità degli IPA li rende pericolosi perché in grado di attraversare le membrane cellulari, di penetrare e depositarsi nei tessuti adiposi. Si verifica poi ad opera di enzimi, come la P450 monossigenasi, la biotrasformazione di un IPA in epossido in grado di formare con il DNA addotti non riparabili da parte della cellula. Da ciò l'azione mutagena e cancerogena degli IPA. Effetti sinergici degli IPA con particolato e SO₂ sono stati evidenziati nello sviluppo di neoplasie polmonari.

Come evidenziato nella Tabella della normativa che riporta gli inquinanti da monitorare, tra gli IPA si sono considerati solo quelli classificati dallo IARC come possibili o probabili cancerogeni per l'uomo (B2) e cioè:

- Benzo[a]antracene
- Benzo[b]fluorantene
- Benzo[k]fluorantene
- Benzo[a]pirene
- Crisene
- Dibenzo[a,h]antracene
- Indeno[1,2,3-cd]pirene

Metalli

I metalli considerati ai fini del monitoraggio chimico-fisico sono i seguenti:

- piombo
- cadmio
- arsenico
- nichel
- mercurio.

La normativa in vigore prevede la determinazione di piombo, cadmio, arsenico, nichel e mercurio sul particolato o sul PM10, e quindi anche in questo caso, come per IPA e nitro-IPA, non sono necessari campionatori specifici.

Per il mercurio, invece, si prevede un campionamento attivo o passivo del metallo in forma di vapore utilizzando un materiale adsorbente costituito da Hydrar.

Si ricorda che i metalli sono inquinanti primari e quindi l'altezza di campionamento deve coincidere con quella dell'intake respiratorio, pari a 1,5-2 metri.

Per i metalli campionati sulle polveri, a seconda della tecnica analitica può essere o meno necessario effettuare la mineralizzazione del materiale campionato su filtro mediante digestione acida.

Il mercurio, invece, viene desorbito mediante una miscela di acido nitrico e acido cloridrico.

L'analisi quantitativa del campione avviene mediante uno dei seguenti metodi chimici:

- assorbimento atomico con fometto di grafite: i filtri provenienti dalla determinazione del particolato vengono mineralizzati con acido nitrico e diluiti ad un volume noto con acqua; normalmente è richiesta una sequenza analitica per ciascun metallo.

- ICP-ottico o ICP-MS: anche in questo caso si effettua l'estrazione dei metalli in ambiente acido; la tecnica analitica consente di determinare per ogni campione tutti i metalli sopra elencati contemporaneamente; l'ICP-MS consente di determinare un più ampio spettro di metalli con una sensibilità comparabile all'assorbimento atomico con fometto di grafite.

- XRF: l'analisi viene eseguita direttamente sul filtro senza estrazione; questa tecnica sfrutta le proprietà che hanno gli atomi di emettere delle radiazioni elettromagnetiche, quando sono eccitati da fotoni X esterni, proporzionali al numero di atomi stessi.

- Per il Mercurio il campione viene analizzato in CVAAS (assorbimento atomico a vapori freddi) o CVAFS (fluorescenza atomica a vapori freddi).

METODO	VANTAGGI	SVANTAGGI
Campionamento estrazione da polveri assorbimento atomico	- Possibilità di identificare in maniera univoca il metallo con una elevata sensibilità	Presenta una prima fase di trattamento con acidi; rispetto all'ICP è normalmente necessaria più di una sequenza di analisi
Campionamento estrazione da polveri ICP	- Vengono determinati tutti i metalli in una unica corsa analitica - Possibilità di identificare in	Presenta una prima fase di trattamento con acidi con relativi tempi più lunghi rispetto all'XRF

	maniera univoca e con esattezza il metallo nel caso dell'IPC-MS	Per l'IPC-ottico c'è una minore sensibilità rispetto all'assorbimento atomico
Campionamento fluorescenza a raggi X (senza estrazione)	- Elimina la fase di pretrattamento, per cui tempi ridotti - Tecnica non distruttiva	Analisi quantitativa si basa su trattamento statistico della matrice e quindi i risultati sono approssimati La strumentazione è molto costosa

Piombo

Caratteristiche chimico fisiche

Formula chimica: Pb. Peso molecolare: 207,2 g mol⁻¹. Non ha particolari caratteristiche olfattive e lo si ritrova principalmente in combinazione con altri elementi a formare sali o altri composti.

Origine

Fino a pochi anni fa la maggior parte del piombo in atmosfera derivava dalle benzine (contenenti piombo, tetraetile e tetrametile, in quantità non superiore a 0,15 g Pb/L fino al 2001 e maggiore in passato) e quindi dai gas di scarico degli autoveicoli; in quantità minori dalle industrie.

In molti ambienti di lavoro vi può essere (o lo era soprattutto in passato) esposizione al piombo in quanto è utilizzato in numerosissimi processi come, ad esempio, nelle fonderie e per la produzione di vernici, di materie plastiche o di apparecchiature elettroniche.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Nell'ambito della esposizione cronica per via respiratoria esiste la possibilità di diverse situazioni cliniche: irritabilità, labilità pressoria, minore velocità di conduzione nervosa periferica sensitiva e motoria. Nei casi peggiori si riscontrano encefalopatia, in parte causata da un effetto diretto del metallo sul tessuto nervoso, e neuropatia che provoca una velocità di conduzione motoria estremamente alterata. I dati relativi alla cancerogenicità del piombo per l'uomo sono inadeguati, ma vi sono invece ampie dimostrazioni di danni cromosomici in lavoratori esposti e numerosi studi riportanti effetti cancerogeni per gli animali da laboratorio. Gli studi sulla mutagenicità e cancerogenicità del piombo nell'uomo sono stati ampiamente criticati poiché non è stata presa in considerazione la differenza tra i vari composti di questo metallo, perché l'esposizione non è stata adeguatamente misurata ed infine per la presenza di numerosi fattori di interazione di cui non si è tenuto conto a sufficienza (fumo, alcool, coesposizione ad altre sostanze, ecc.). La IARC ha classificato il piombo in classe 2B, ossia possibile cancerogeno per l'uomo. L'EPA come B2, probabile cancerogeno umano.

Cadmio

Caratteristiche chimico fisiche

Formula chimica: Cd. Peso molecolare 112,41 g mol⁻¹. Metallo chiaro (grigio-bianco), leggero, privo di particolari caratteristiche olfattive; in genere presente nell'ambiente come ossido o cloruro.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'assorbimento del cadmio avviene per inalazione e dal 10 al 40% della quantità inalata viene assorbita dal polmone. Una volta assorbito, il metallo si distribuisce in tutto l'organismo con forte tendenza preferenziale all'accumulo nel fegato e nel rene, che vengono a contenere il 50% del carico tossico totale.

L'escrezione del cadmio nell'uomo sembra avvenire prevalentemente per via urinaria.

L'effetto tossico acuto principale del cadmio è di tipo irritativo diretto sugli epitelii; l'inalazione di fumi, vapori o polveri porta a danni polmonari la cui gravità dipende dal composto chimico, dalla dimensione delle particelle inalate e dalla durata dell'esposizione.

In generale il cadmio è dunque un tossico cumulativo, che si elimina molto lentamente dall'organismo, con una emivita molto lunga, dell'ordine di qualche anno.

Questo metallo è un probabile cancerogeno umano, cioè rientra nella categoria B1, secondo l'EPA ed è cancerogeno accertato per lo IARC (categoria A). I test sull'uomo, limitati ad alcuni studi epidemiologici di esposizione occupazionale, hanno dato sufficienti risultati per una tale definizione, anche se non sono stati supportati da analoghi riscontri in esperimenti in vivo su animali di laboratorio.

Nichel

Caratteristiche chimico fisiche

Formula chimica: Ni. Peso molecolare g mol⁻¹. Il nichel è un metallo duro con proprietà tali da renderlo particolarmente adatto a leghe con altri elementi (ferro, rame, cromo e zinco).

Origine

Il nichel è ampiamente presente nell'ambiente soprattutto come lega metallica o in combinazione con altri elementi (a dare ossidi principalmente).

Il nichel elementare è rilasciato in atmosfera, dall'utilizzo di carburanti e da inceneritori di rifiuti.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'esposizione umana può avvenire principalmente attraverso la respirazione, ma anche attraverso il cibo o per contatto cutaneo diretto.

I primi effetti acuti nell'uomo sono sensibilizzazione delle prime vie respiratorie e della pelle; a livello cronico seguono una serie di patologie che colpiscono diversi organi, anche se nell'uomo l'organo in cui il nichel tende ad accumularsi e quindi ad esplicare il suo effetto tossico, sono i reni.

Sia lo IARC che l'EPA hanno classificato il nichel come cancerogeno accertato per l'uomo (classe A per l'EPA e gruppo 1 per IARC). Le principali forme neoplastiche ricondotte all'esposizione al nichel, per esempio in lavoratori di raffinerie o industrie di trattamento del metallo, sono ai polmoni e ad organi delle vie respiratorie (seni nasali).

Composti carbonilici

Formaldeide

Caratteristiche chimico fisiche

Formula chimica CH_2O . Peso molecolare 30.03 g mol⁻¹. Pressione di vapore 10 mmHg a -88 °C. La formaldeide è un gas incolore con odore penetrante e soffocante a temperatura ambiente.

Origine

Le principali sorgenti di immissione di formaldeide in ambiente sono:

Gas di scarico veicolare sia diesel che benzina.

Emissioni industriali.

Inceneritori.

Prodotto secondario di fotoossidazione di idrocarburi (alcani e alcheni).

In ambienti indoor è rilasciata dai mobili in truciolato e compensato (soprattutto se nuovi) e dal fumo di sigaretta.

I livelli di formaldeide più alti sono stati riscontrati in aria indoor (tra 9 e 70 $\mu\text{g m}^{-3}$ in appartamenti). La concentrazione media rilevata per ambienti urbani varia tra 13,5 e 24,5 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

La formaldeide è il composto più investigato tra i composti carbonilici per via della sua presenza nei luoghi di lavoro. L'esposizione occupazionale principale è di tipo inalatorio. La formaldeide ha caratteristiche di tossicità simili a quelle di altri solventi, e può quindi provocare irritazione delle mucose oculari e delle prime vie aeree, iperattività bronchiale, asma, cefalea.

Da alcuni studi sono emersi disturbi psicologici e neurologici quali perdita della memoria a breve termine e ansia.

PM10

Caratteristiche chimico fisiche

Chimicamente il particolato è composto da carbonio elementare ed inorganico, metalli di varia natura, nitriti e solfati (responsabili della componente acida del particolato).

Origine

Le particelle atmosferiche rappresentano una complessa miscellanea di sostanze organiche e inorganiche, solide e liquide derivate da fonti naturali (es. vulcani, polvere del terreno) o da attività antropiche (es. centrali termiche, processi industriali, traffico veicolare, riscaldamento domestico a carbone, inceneritori industriali).

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Le frazioni di particolato più pericolose sono quelle respirabili di diametro inferiore a 10 μm (PM10). Il limite massimo accettabile in aria esterna e limite tossicologico per il PTS è 150 $\mu\text{g m}^{-3}$ (media per 24h), mentre la soglia di attenzione per il PM10 è 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ superabile non più di 35 volte all'anno. L'azione fisiopatologica del particolato, che non contenga sostanze di per sé tossiche, incide sui meccanismi di

clearance alveolare e mucociliare; per elevate esposizioni il meccanismo meno efficiente (alveolare) viene superato per primo con conseguente penetrazione di particelle nelle cellule alveolari, nel tessuto interstiziale, nei vasi e nei gangli linfatici. Tutto ciò è in grado di potenziare l'azione tossica di altri contaminanti (es. ossidi di zolfo), contemporaneamente o successivamente inalati, e di determinare effetti tossici a breve e a lungo termine.

A breve termine episodi di inquinamento da PM10 sono stati associati ad un netto incremento della mortalità, in modo particolare per cause cardiovascolari. Ciò è probabilmente dovuto alla possibilità che il PM10 favorisca la coagulazione sanguigna.

Relazioni epidemiologiche sugli effetti del PM10 nell'incremento di patologie non sono state consistenti come la chiara associazione tra PM10 e la mortalità.

3. I LICHENI COME BIOINDICATORI - MONITORAGGIO

I licheni sono particolarmente sensibili agli stress ambientali specialmente per quanto riguarda l'inquinamento, l'eutrofizzazione ed i cambiamenti climatici. Le ragioni principali sono: l'assorbimento delle sostanze da parte dell'intera superficie del lichene esclusivamente attraverso l'atmosfera; diversamente dalle piante superiori i licheni non hanno la cuticola (strato con prevalente funzione protettiva); gli inquinanti possono quindi penetrare inalterati all'interno delle cellule fungine e algali; i licheni hanno un lento tasso di accrescimento e scarsa capacità di riparare rapidamente ad eventuali danni; durante i periodi con più umidità i licheni aumentano la loro attività metabolica; i licheni continuano a metabolizzare a basse temperature; le influenze esterne come l'inquinamento atmosferico possono gravemente danneggiare la fragile associazione simbiotica che li caratterizza.

Nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico complessivo permettono di realizzare indagini ambientali scientificamente valide e complete. Essi infatti possono essere impiegati sia come bioindicatori sia come bioaccumulatori. Le alterazioni indotte dall'inquinamento atmosferico sui licheni epifiti, si possono manifestare a tre diversi livelli:

fisiologico, con generale depressione della fotosintesi e della respirazione cellulare (per danneggiamento della clorofilla, nonché un'evidente riduzione della fertilità). In situazioni di inquinamento particolarmente accentuato è frequente osservare anche la modificazione della permeabilità agli ioni delle membrane cellulari, accompagnata da una riduzione della fissazione del C14 durante il processo fotosintetico. Studi ecologici in campo e ricerche di laboratorio hanno dimostrato che l'anidride solforosa è tra gli inquinanti più dannosi per i licheni. La diversità delle specie licheniche all'anidride solforosa è imputabile a diversi fattori: superficie disponibile per gli scambi gassosi, velocità di idratazione e idrorepellenza del tallo, attività metaboliche, pH e capacità tamponante del substrato;

- morfologico, con evidente scolorimento e modificazione della forma del tallo. In generale, avvicinandosi alle sorgenti inquinanti, si assiste ad un progressivo peggioramento delle condizioni di salute del lichene;

- ecologico, con generale diminuzione della copertura di specie e alterazione della comunità lichenica.

In zone densamente antropizzate si assiste spesso ad una modificazione della flora lichenica locale legata:

- alla riduzione del numero totale di specie;
- alla diminuzione del numero di individui appartenenti a ciascuna specie.

Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche sono difficilmente quantificabili e spesso di difficile interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici, riferibili ai diversi livelli di inquinamento atmosferico.

Ecologia e distribuzione dei licheni

Grazie alle loro caratteristiche morfologiche e fisiologiche i licheni possono insediarsi su vari tipi di substrati: sul terreno (licheni terricoli), sui muschi, sui tronchi e sui rami degli alberi (licheni epifiti), sulle superfici rocciose (licheni sassicoli) e su varie superfici prodotte dall'attività umana (come asfalto, cemento, tegole, cuoio).

Alcune specie possono crescere indifferentemente su diversi substrati, mentre altre sono strettamente legate ad un substrato preciso. Lo sviluppo dei licheni è inoltre condizionato anche dalla struttura della superficie di crescita (rugosità, porosità) e dalla sua composizione chimica. Ogni specie ha un intervallo preciso di tolleranza all'acidità nonché alla luminosità e all'umidità del substrato.

Generalità sul sistema di campionamento

Il sistema di campionamento dell'indagine sulla Biodiversità Lichena (BL) è basato su una selezione del campione oggettiva, documentata, riproducibile e coerente con gli scopi dell'indagine. La distribuzione spaziale del campione e le sue dimensioni tengono conto dell'esigenze connesse al mappaggio e della variabilità dei dati, considerando sia quella all'interno di una stessa unità di campionamento, sia quella tra unità di campionamento diverse. Entrambe queste informazioni sono state desunte da vari studi condotti a livello regionale e provinciale in Italia.

Il sistema di campionamento proposto è stato inoltre concepito in modo tale da consentire, con la semplice variazione della densità di campionamento e l'integrazione nella rete nazionale di reti biomonitoraggio a diverse scale territoriali, da subcomunale e regionale.

Caratteristiche principali

La popolazione di interesse dell'indagine (target population) è costituita dai valori di BL di celle territoriali di forma e superficie definita. Il sistema di campionamento si basa su un'insieme di Unità di Campionamento Primarie (UCP), costituite da un campione del totale delle celle territoriali costituenti la popolazione di interesse, e di Unità di Campionamento Secondarie (UCS), da selezionare all'interno delle UCP. UCP ed UCS sono quindi porzioni di territorio con superficie e forma definite all'interno delle quali, seguendo procedure standard, vanno individuati alberi su cui eseguire il rilevamento della Biodiversità Lichenica. UCP ed UCS hanno lo scopo di assicurare l'uniformità di selezione e l'omogeneità della

distribuzione del campione. La forma delle UCP è quadrata, le loro dimensioni variano a seconda delle scale territoriali da 1 x 1 Km a 250 x 250 m .

Unità di Campionamento Primarie (UCP) - Forme e dimensioni

Le UCP sono rappresentate di forma quadrate di forma quadrate da 1x1 Km (nel caso di indagini con estrazione del campione di UCP in base ad una griglia da 1x1 Km, come per la rete nazionale) A 250x250 m (per indagini a scala locale con estrazione del campione secondo una griglia di 250x250 m). Di seguito si farà riferimento alle UCP chilometriche.

Selezione e codificazione

In Italia ci sono nominalmente 301.249 celle di 1 Km² dalle quali estrarre il campione per le indagini del BL. Nella rete nazionale la selezione della UCP avviene in maniera sistematica utilizzando una griglia di 18x18 Km che si sviluppa seguendo le direzioni Nord Est Sud Ovest. Applicando tale griglia alle coordinate dei punti centrali dei quadrati di 1km² si ottiene il campione UCP su cui effettuare i rilievi per un totale di 929. Ciascuna delle UCP è definita dalle coordinate del suo punto centrale e da un codice (numerazione progressiva da 001 a 929). Le coordinate e la numerazione del UCP di interesse nazionale comprese in ciascuna regione. Per studi che richiedono una maggiore densità del campione sarà sufficiente scegliere un passo di maglia che sia sottomultiplo di 18. In questo modo l'insieme di stazioni individuate comprenderà anche quelle di interesse nazionale che ricadono nel territorio indagato.

Alberi da campionare in ciascuna UCP

In ciascuna UCP viene selezionato un campione di alberi compreso tra 1 e 12, a seconda delle disponibilità di alberi in possesso delle caratteristiche di rilevabilità. Gli alberi saranno selezionati all'interno delle UCS.

Forme e dimensioni

Le UCS sono costituite da aree circolari di raggio pari a 125m e superficie di circa 4,9ha (0,049 km²) che costituiscono un sottocampione di ciascuno UCP. Lo scopo delle UCS è di conferire maggiore robustezza al dato di BL, indagando omogeneamente il territorio dell'UCP stessa. In ciascuna UCP di 1km² vengono installate 4 UCS, una per ciascun quadrante (NE,SE,SW,NW). Con una tale suddivisione delle UCP è possibile integrare reti di monitoraggio a diverse scale.

Selezione e codificazione della UCS

La selezione della UCS si svolge procedendo dal quadrante NE in senso orario sino al quadrante NW della UCP. Il centro della UCS è situato ad una distanza di 177m da quello della UCP sulle direzioni azimutali di 45° (Nord-Est)- 135° (Sud-Est)-225° (sud-Ovest)-315° (Nord-Ovest).

L'UCS localizzata sulla direzione NE prende il codice 01, quella sulla direzione SE il codice 02, quella sulla direzione SW il codice 03 e quella sulla direzione NW il codice 04. Qualora fosse necessario costituire una UCS su una posizione diversa quello stesso quadrante la nuova UCS prende il codice 11,12,13,....., 41,42,43 a seconda il quadrante interessato sia NE, SE, SW, o NW rispettivamente.

Pianificazione del lavoro di campo

L'individuazione delle UCP comprese nell'area in studio avviene preventivamente sulla carta, utilizzando la lista di coordinate fornite dall'ente Committente. Ogni UCP è definita da un quadrato di 1 km di lato centrato sull'incrocio delle coordinate geografiche selezionate.

Saranno necessarie sia carte a piccola scala per la identificazione e la rappresentazione della rete nel suo complesso sia a grande scala per la localizzazione effettiva delle unità di campionamento sul territorio. Sulla carta di riferimento si tracciano i limiti della UCP, della UCS e delle eventuali sostituzioni. Ogni punto centrale di UCS deve essere verificato, posizionato e georeferenziato. Questa operazione sarà effettuata con apparecchiatura GPS. In assenza di GPS il raggiungimento di un punto di coordinate definite può avvenire tramite l'esecuzione di una poligonale a partire da un caposaldo in altre parole da un punto riconoscibile in cartografia e di cui devono essere definite con precisione le coordinate. Non è necessario identificare permanentemente sul terreno il punto centrale della UCP. Tuttavia è necessaria una identificazione provvisoria (es. pietra o bastone) che permetta la successiva identificazione delle UCS. Una volta identificato il centro, anche in questo caso non è necessario identificare permanentemente sul terreno il limite delle UCS, salvo dove vi sono dubbi sull'inclusione di alberi (es. alberi posti al limite dei 125 mt). In molti casi, potrà essere immediatamente verificabile se ci sono alberi campionabili nel raggio di 125 mt dal centro dell'UCS. Laddove necessario tuttavia a partire dal centro verrà misurato il raggio di 125 mt, procedendo con l'ausilio di un GPS o di una rotella metrica. All'interno dell'UCS la scelta degli alberi su cui effettuare il rilevamento è basata sul criterio oggettivo di distanza dal centro della UCS stessa. Saranno selezionati i 3 alberi più vicini al centro dell'UCS che presentino i requisiti standard previsti dal protocollo. Si considerano interni alla UCS anche gli alberi situati sulla linea del perimetro. Ciascun albero campione sarà georeferenziato secondo le procedure già descritte. Si riporterà ancora sulla scheda di campionamento una mappa schematica dell'UCS per facilitare il ritrovamento degli alberi in campagne successive. Per essere rilevabile è necessario che un UCS abbia almeno 1 albero nelle condizioni di rilevabilità. Per essere considerata rilevabile è necessario che ogni UCP abbia almeno 1 UCS rilevabile. Se tra le UCS una sola è rilevabile questa deve avere 3 forofiti.

Le specie di albero si ripartiscono in due gruppi distinti in primo luogo dal pH della scorza, ma anche da altri parametri (ritenzione idrica, durezza, tipo di scorza, ecc) come segue:

A fini di monitoraggio vanno esclusi alberi con scorza facilmente sfogliabile (es. *Platanus*, *Aesculus*); l'utilizzo di *Fagus* è permesso soltanto nella fascia montana e al di fuori di centri urbani. Studi basati su alberi di gruppi diversi non sono direttamente comparabili. Preferibilmente va utilizzata una sola specie di albero. Quando questo non sia possibile si può ricorrere ad altre specie nell'ambito dello stesso gruppo. E' preferibile utilizzare alberi del gruppo 2 ed in particolare *Tilia*. In via eccezionale è possibile utilizzare specie di gruppi diversi ma solo se si riesce ad individuare un congruo numero (almeno 10) di stazioni con tutti i forofiti per stabilire eventuali trasformazioni dei dati tramite adeguate giustificazioni statistiche. Gli alberi avranno le seguenti caratteristiche:

inclinazione del tronco non superiore ai 10° per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;

circonferenza minima di 60 cm per evitare situazioni con flora lichenica pioniera;

assenza di fenomeni evidenti di disturbo (gravi malattie delle piante, verniciatura, ecc).

Il reticolo di campionamento è costituito da 4 subunità ciascuna formata da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm, che devono essere disposte verticalmente sul tronco. La parte inferiore di ciascuna unità deve essere disposta ad un metro dalla superficie del suolo. Il valore di biodiversità lichenica relativo all'albero campionato (BLs) si ottiene facendo la somma delle frequenze rilevate per ciascuna subunità. Per ciascuna unità di campionamento (quadrato di 1 Km di lato) vanno rilevati da un minimo di 3 ad un massimo di 12 alberi. Per una più facile interpretazione dei dati, a ciascun valore di Biodiversità Lichenica è possibile associare il grado di deviazione da condizioni naturali tramite una scala; inoltre al fine di una migliore visualizzazione dei risultati può essere effettuata una elaborazione cartografica che mostri una suddivisione del territorio in esame in aree con biodiversità lichenica diverse: ad ogni classe di naturalità/alterazione viene associato un colore (vedi tabella).

Valore di BLS	Giudizio	Colore
Maggiore di 50	naturalità molto alta	Blu
50-41	naturalità alta	Verde scuro
40-31	naturalità media	Verde chiaro
30-21	naturalità bassa /alterazione bassa	Giallo
20-11	alterazione media	Arancione
10-01	alterazione alta	Rosso
0	alterazione molto alta	Cremisi

La presente scala è tratta da "Linee guida per il biomonitoraggio con i licheni epifiti" (Nimis, 1999 in Atti del Workshop sulla qualità dell'aria).

4. PRESCRIZIONI DERIVANTI DALLE FASI PROGETTUALI PRECEDENTI

Dalle fasi progettuali precedenti non esistono prescrizioni relative al monitoraggio dell'atmosfera.

5. METODOLOGIA, PARAMETRI E PROCEDURE

Scopo delle analisi ambientali condotte su scala locale è quello di analizzare la modifica della composizione dell'aria di piccole aree, soprattutto urbane.

L'entità dell'inquinamento di un'area è determinata dalla pericolosità biologica delle sostanze immesse in atmosfera. Il grado della pericolosità non dipende solo dal tipo di sostanza considerata, ma

anche da altri fattori quali, ad esempio, il tempo di persistenza in atmosfera, i processi dinamici di diffusione, etc.

La grande varietà di elementi che possono essere immessi nell'atmosfera dalle attività naturali e da quelle antropiche rende difficile realizzare una classificazione precisa degli inquinanti.

Usualmente, essi sono distinti in inquinanti primari e inquinanti secondari.

Gli inquinanti primari sono quelli che vengono immessi nell'atmosfera direttamente dalle sorgenti; tra questi è possibile includere ceneri, vapori, polvere e fumi, nonché gas inorganici come il monossido di carbonio (CO), l'anidride carbonica (CO₂), l'ossido di azoto (NO), il biossido di zolfo (SO₂), oltre agli idrocarburi (HC).

Gli inquinanti secondari sono quelli che si formano nell'atmosfera per effetto dell'interazione chimica e fotochimica fra gli inquinanti primari e i componenti ordinari dell'atmosfera stessa.

Tra gli inquinanti secondari, ricordiamo l'anidride solforica (SO₃), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃), il perossiacetilnitrato (PAN), aldeidi e chetoni, nonché diversi sali su base zolfo e azoto.

Gli inquinanti che devono essere presi in considerazione, nello studio dell'inquinamento da traffico autoveicolare, sono i seguenti:

- polveri PTS – PM10;
- monossido di carbonio (CO);
- anidride carbonica (CO₂);
- ossido di azoto (NO);
- biossido di azoto (NO₂);
- anidride solforosa (SO₂);
- idrocarburi metanici e non metanici;
- ozono (O₃);
- benzene (C₆H₆)

In osservanza delle disposizioni legislative vigenti, nel seguito sono riportati i livelli di attenzione e di allarme e, di conseguenza, i valori per dichiarare gli stati di attenzione e di allarme, nonché i valori di qualità.

Per quanto concerne la concentrazione di ozono, valori di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

Livello per la protezione della salute	110 µg/m ³ come valore medio su 8 ore
Livello per la protezione della vegetazione	200 µg/m ³ valore medio su 1 ora 65 µg/m ³ valore medio su 24 ore
Livello di attenzione (o informazione della popolazione)	180 µg/m ³ valore medio su 1 ora
Livello di allarme	360 µg/m ³ valore medio su 1 ora

T1 - Valori di riferimento per l'inquinamento da ozono

Nella tabella T2 sono riportati i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, secondo le disposizioni della direttiva 99/30/CE.

La direttiva prevede margini di tolleranza per i diversi inquinanti variabili nel tempo. I margini di tolleranza rappresentano i valori dei livelli di inquinamento che, nei diversi periodi di tempo a partire dal momento in cui la direttiva è entrata in vigore, sono consentiti. Essi sono espressi come percentuale del valore limite e decrescono in modo continuo anno dopo anno, fino al raggiungimento del valore limite stesso.

I dati riportati nelle tabelle T1, T2, T3 dovranno pertanto essere aggiornati qualora, nel corso del monitoraggio, fossero emanati provvedimenti legislativi di recepimento delle direttive comunitarie sull'argomento.

Nella tabella T4 sono riportate, per il biossido di zolfo e per il biossido di azoto, le soglie d'allarme, ovvero i valori del livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana anche in caso di esposizione di breve durata. Nella stessa tabella sono riportati anche indicazioni sulle informazioni che le Autorità locali devono fornire al pubblico in caso di superamento dei livelli di allarme.

La direttiva non fissa valori di soglia per il particolato, dal momento che non sono noti valori di concentrazioni per i quali si manifestano effetti nocivi per la salute umana. Anche nel caso del piombo non è fissata alcuna soglia in quanto i rischi per la salute umana alle concentrazioni nelle quali si trova generalmente nell'aria ambiente possono aversi solo in caso di esposizioni di lunga durata. La Direttiva impegna gli Stati membri, nel caso di superamento dei valori di soglia, ad informare la popolazione e a trasmettere alla Commissione Europea i dati relativi ai livelli registrati e alla durata degli episodi di inquinamento entro tre mesi dal rilevamento.

La Direttiva 00/69/CE "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio" stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ed i margini di tolleranza per il benzene ed il monossido di carbonio. (Tabella T5)

INQUINANTE	VALORE LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentuale di superamento	Periodo di misurazione	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
SO ₂	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	1 ora	1° gennaio 2005
	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	24 ore	1° gennaio 2005
SO ₂ (Prot. ecosistemi)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Anno civile e inverno (1°ottobre – 31 marzo)	19 luglio 2001
NO ₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	1 ora	1° gennaio 2010
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Anno civile	1° gennaio 2010
NO _x (Prot.	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Anno civile	19 luglio 2001

vegetazione)				
PM10 fase 1	50 µg/m ³ 40 µg/m ³	35	24 ore Anno civile	1° gennaio 2005 Data di entrata in vogare del DLgs
PM10 fase 2	50 µg/m ³ 20 µg/m ³	7	24 ore Anno civile	1° gennaio 2010 1° gennaio 2010
PIOMBO	0,5 µg/m ³		Anno civile	1° gennaio 2005

T2 - Valori limite, termini entro i quali devono essere raggiunti e numero massimo di superamenti permessi in un anno.

	Valore limite (µg/m ³)	Periodo di mesurazione	Margine di tolleranza
SO ₂	350	1 ora	42,9% del valore limite, pari a 150 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005
NO ₂	200 40	1 ora Anno civile	
PM10 fase 1	50 40	24 ore Anno civile	50% del valore limite, pari a 25 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005 20% del valore limite all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005
PM10 fase 2	50 20	24 ore Anno civile	Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1 10 µg/m ³ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010.
PIOMBO	0,5 ³	Anno civile	100% del valore limite, pari a 0,5 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005 20% pari a 0,1µg/m ³ dal 1/ 1/2004 0% pari a 0 µg/m ³ dal 1/ 1/2005

T3 - Margini di tolleranza.

INQUINANTE	SOGLIA DI ALLARME ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Margine di tolleranza
SO ₂ (*)	500	Misure su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerato sono meno estesi
NO ₂	400	

T4 - Soglie di allarme.

INQUINANTE	VALORE LIMITE	Periodo	Data alla quale deve essere raggiunto
CO	10000	Anno civile	1° gennaio 2010
Benzene	5	Media max giornaliera su 8 ore	1° gennaio 2005

T5 - Valori limite, termini entro i quali tali valori devono essere raggiunti

INQUINANTE	VALORE LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Margine di tolleranza
CO	10000	Il 100 % del valore limite il 13 dicembre 2000 con una riduzione il 1° gennaio 2006 ed ogni 12 mesi successivi di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010
Benzene	5	6 mg/m ³ il 13 dicembre 2000 con una riduzione il 1° gennaio 2003 ed ogni 12 mesi successivi di 2 mg/m ³ per raggiungere lo 0 % nel gennaio 2005.

T6 - Valori limite e margini di tolleranza.

La direttiva 2002/3/CE stabilisce i valori obiettivo, i valori bersaglio e le soglie di allarme e di informazione relativi alle concentrazioni di ozono nell'aria. Essa, inoltre uniforma, in tutti gli Stati membri, i metodi e criteri di valutazione delle concentrazioni di ozono e dei suoi precursori (ossidi di azoto e composti organici volatili).

Nella tabella T7 sono riportati i valori di obiettivo e di soglia per l'ozono.

(*) Per il biossido di azoto, fino al 1 gennaio 2010 valgono i limiti di cui alla direttiva 85/203/CEE.

Il Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60 ha recepito le direttive 99/30/CE e 00/69/CE riguardanti i valori limite di qualità dell'aria relativi a biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM10, piombo, benzene e monossido di carbonio.

Il decreto inoltre modifica il decreto ministeriale 21 aprile 1999 n° 163, al fine di raggiungere un maggior coordinamento fra l'attività dei sindaci e quella della regione, in funzione dei piani e programmi che le regioni devono predisporre in base al decreto legislativo del 4 agosto 1999.

Il decreto assegna ai sindaci la facoltà di adottare misure di limitazione della circolazione nelle zone nelle quali si verifica il superamento o sussiste il rischio di superamento dei valori limite o delle soglie di allarme.

Il decreto cancella l'obbligo di invio del rapporto annuale sulla qualità dell'aria da parte dei comuni individuati dal DM 21 aprile 1999 n° 163; le misure adottate dai sindaci, le quali possono essere rimodulate sulla base delle condizioni di qualità dell'aria, continuano ad essere applicate fino all'attuazione, da parte delle regioni, delle disposizioni di cui decreto legislativo n° 351.

INQUINANTE	Periodo di riferimento	VALORE LIMITE (µg/m ³)	(2005 µg/m ³)
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile di 8 ore		120 (Da non superare più di 25 giorni in un anno mediato su 3 anni)
Valore obiettivo per la promozione della vegetazione	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio		18000 (Mediato su 4 anni)
Soglia di informazione	Ora	180	
Soglia di allarme	Ora	240	
Obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della salute umana	Massimo della media di 8 ore	120	
Obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della vegetazione	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio	6000	

T7 - Valori di obiettivo e di soglia per l'ozono

Per quanto concerne gli IPA, le misure sulla limitazione e/o divieto della circolazione vengono adottate sulla base dei piani di risanamento e tutela della qualità dell'aria di cui al DPR 24 maggio 1988 n° 203. Infine il decreto stabilisce che:

- fino alla data entro la quale devono essere raggiunti i valori limite (2005 e 2010 a seconda dell'inquinante considerato), restano in vigore i valori limite fissati dal DPCM 28 marzo 1983 e dal DPR 24 maggio 1988 n° 203;
- le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio ed al benzene contenute nei decreti:

- DPCM 28 marzo 1983
- DPR 24 maggio 1988 n° 203 (Art. 20, 21, 22 e 23 – All. I, II, III e IV)
- DM 20 maggio 1991
- DPR 10 gennaio 1992
- DM 15 aprile 1994
- DM 25 novembre 1994

sono abrogate.

INQUINANTE	Periodo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto: VALORE LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	All'entrata in vigore del decreto: VALORE DI PARTENZA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1/1/2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1/1/2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂					
Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora		440	350	350
Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	125 Da non superare più di 3 volte l'anno			
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1/10-31/3)	200			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500			
NO ₂					
Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora		280 Da non superare più di 18 volte l'anno		200 Da non sup. più di 18 volte l'anno
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno	30 Come NO _x			
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno		58		40
Soglia di allarme	3 ore consecutive	400			
CO					
Valore limite per la protezione della salute umana	Max sulla media di 8 ore		16000	10000	
PM10					
Valore limite per la protezione della salute umana	24 ore		65	50 Da non superare più di 35 volte l'anno	50 Da non superare più di 35 volte l'anno
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno		77.8	49	20

PIOMBO					
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno		0.8	0.5	
BENZENE					
Valore limite per la protezione della salute umana	24 ore		10		5

T8 - Valori limite di qualità dell'aria per biossido di zolfo, ossidi di azoto, ossido di carbonio, PM10 e benzene

Il quadro normativo nel campo dell'inquinamento atmosferico, in particolare per quanto concerne la qualità dell'aria, è in continua evoluzione, anche in virtù del fatto che la pubblicazione delle direttive quadro comunitarie, che devono fornire le linee guida per una politica europea uniforme, non è stata ancora completata.

Per queste ragioni, all'atto dell'esecuzione delle misure, si deve verificare che il quadro normativo prima riportato non sia modificato.

La **strumentazione** che deve essere utilizzata per l'esecuzione dei rilievi è la seguente:

INQUINANTE	METODICA
SO ₂	Analizzatore UV a fluorescenza
NO _x	Analizzatore a chemiluminescenza
CO	Analizzatore ad infrarossi
O ₃	Analizzatore a chemiluminescenza
HC	Analizzatore a ionizzazione di fiamma
Benzene	Analizzatore gascromatografico
Polveri	Analizzatore ad assorbimento radiazione

Specifiche stazione meteorologica:

- misura della temperatura;
- misura della pressione atmosferica;
- misura dell'umidità relativa;
- misura della direzione ed intensità del vento;
- misura della radiazione solare;
- misure pluviometriche.

6. CRITERI DI SCELTA DELLE AREE, DEI PUNTI E DEI PERIODI DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE FASI (ANTE-OPERAM, IN CORSO D'OPERA, POST-OPERAM)

Il monitoraggio sarà effettuato esclusivamente con mezzo mobile, in quanto, per le caratteristiche proprie dei tessuti urbani attraversati dall'autostrada, il posizionamento di centraline fisse risulta inutile ed antieconomico.

I rilievi nelle postazioni individuate devono essere effettuati nelle fasi ante-operam e post-operam. Le aree da monitorare, riportate nella allegato specifico, sono quegli agglomerati urbani, significativi nell'area d'indagine. Il posizionamento preciso del mezzo mobile con il quale devono essere effettuate le misure, sarà scelto dopo attento studio delle condizioni meteorologiche al fine di individuare le precise velocità e direzione del vento, per caratterizzare le zone sottovento ed i profili verticali di temperatura, per individuare eventuali strati di inversione termica.

Per l'esatta individuazione dei punti ove deve essere effettuato il monitoraggio è necessario disporre di dati meteorologici storici, non essendo possibile basare queste scelte sulla conoscenza di dati registrati in prossimità temporale dei periodi nei quali deve essere effettuato il monitoraggio.

Per questa ragione è necessario effettuare ricerche, presso il vicino aeroporto "Tito Menniti" di Reggio Calabria e le Capitanerie di porto ricadenti nell'area interessata ed altri uffici pubblici o privati (consorzi di Bonifica, comunità montane , ecc.), di dati statisticamente significativi.

In linea di massima, i tempi di monitoraggio saranno quelli corrispondenti ai momenti nei quali il gradiente verticale di temperatura può provocare fenomeni di ristagno degli inquinanti sulle zone abitate, ed a quelli nei quali particolari condizioni di temperatura ed umidità relativa, nonché di pressione barometrica e assenza di vento, sono tali da non consentire il lavaggio dell'aria.

Un monitoraggio effettuato per un periodo inferiore ad una settimana non è utile in quanto la settimana è il periodo minimo per avere informazioni statisticamente valide sui possibili modi di utilizzo dell'autostrada.

7. COSTO DEL MONITORAGGIO RELATIVO ALLA COMPONENTE ATMOSFERA

Costo forfetario di una settimana di misura € 25.000,00

In tale importo è compresa la spesa per l'utilizzo del mezzo mobile, le spese del personale, le somme necessarie per l'utilizzo di materiale di consumo (banchi di permeazione, bombole per la calibrazione, ecc.), nonché le somme necessarie per la redazione della relazione e/o certificati.

Il costo globale del monitoraggio ammonta dunque a € 250.000,00 oltre I.V.A.

8. ELABORAZIONE DI UNA TABELLA PER I PUNTI DI CAMPIONAMENTO

La scheda dei parametri rilevati, che deve essere compilata per ogni punto di misura, è riportata nelle pagine seguenti.

SCHEDA INFORMATIVA DEL RILIEVO ATMOSFERICO

Località _____ Codice identificativo _____

Breve descrizione delle caratteristiche ambientali ed insediative dell'area

Sorgenti di emissione _____

N° punti di monitoraggio polveri aerodisperse _____

N° punti di monitoraggio deposizione _____

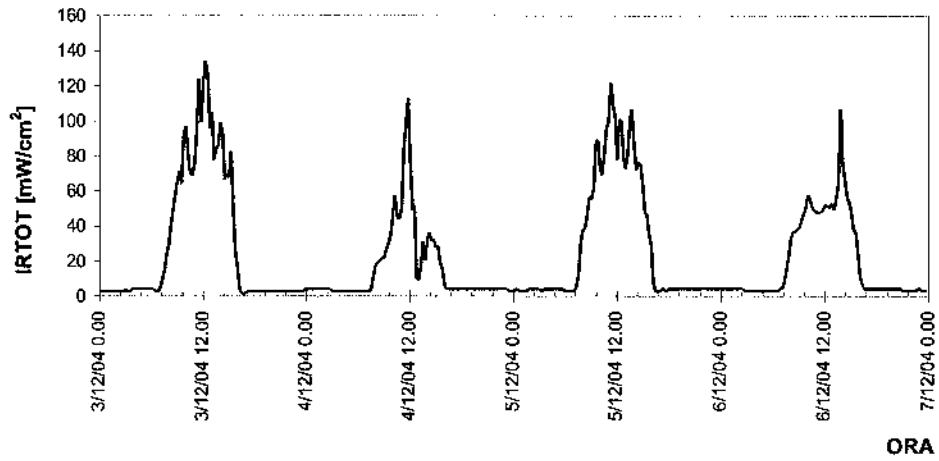
N° punti di monitoraggio bioaccumulo in talli lichenici _____

N° punti di monitoraggio meteorologico fisso/mobile _____

Condizioni meteorologiche

Profili orari su base settimanale delle grandezze rilevate dalla stazione meteorologica mobile, rappresentati graficamente come nell'esempio sotto riportato.

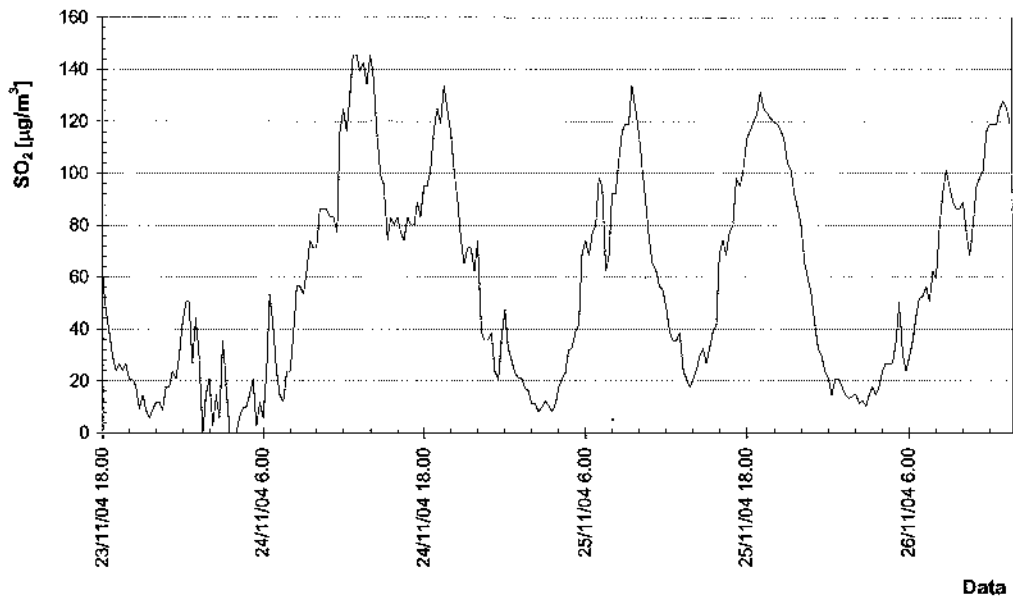
Le frequenze e distribuzioni dei venti vanno espresse con metodo codificato (rosa dei venti)



F1 - Esempio di rappresentazione di dato climatico

Concentrazione inquinanti

Profili orari su base settimanale delle concentrazioni dei singoli inquinanti rilevate dalla stazione meteorologica mobile, rappresentati graficamente come nell'esempio sotto riportato.



F2 - Esempio di rappresentazione di concentrazione di inquinante

Rappresentazione statistica dei dati rilevati attraverso l'analisi dei seguenti livelli percentili: L1, L10, L50, L99.

Redazione delle seguenti tabelle riepilogative.

SO ₂			N° sup.
Valore limite per la protezione della salute umana (valore medio su 1 ora)		NON SUPERATO	
		SUPERATO	
Valore limite per la protezione della salute umana (valore medio su 24 ore)		NON SUPERATO	
		SUPERATO	
Valore limite per la protezione degli ecosistemi		NON SUPERATO	
		SUPERATO	
Soglia di allarme		NON SUPERATA	
		SUPERATA	

CO		
Valore limite orario per la protezione della salute umana		NON SUPERATO
		SUPERATO

NO ₂			N° sup.
Valore limite per la protezione della salute umana (valore medio su 1 ora)		NON SUPERATO	
		SUPERATO	
Valore limite per la protezione degli ecosistemi		NON SUPERATO	
		SUPERATO	
Soglia di allarme		NON SUPERATA	
		SUPERATA	

HCNM		
Valore limite		NON SUPERATO
		SUPERATO

BENZENE		
Valore limite per la protezione della salute umana		NON SUPERATO
		SUPERATO

PM10			N° sup.
Valore limite per la protezione della salute umana (valore medio su 24 ore)		NON SUPERATO	
		SUPERATO	

O ₃		
Soglia d'informazione		NON SUPERATA
		SUPERATA

Soglia dall'allarme		NON SUPERATA
		SUPERATA
Livello per la protezione della salute umana		NON SUPERATO
		SUPERATO
Livello per la protezione della vegetazione (valore medio su 1 ora)		NON SUPERATO
		SUPERATO
Livello per la protezione della vegetazione (valore medio su 24 ore)		NON SUPERATO
		SUPERATO

9. ELABORAZIONE DI UNA TABELLA PER LA STAZIONE METEOROLOGICA

La scheda dei parametri rilevati, che deve essere compilata per ogni punto di misura, è riportata nelle pagine seguenti.

SCHEDA INFORMATIVA DEL RILIEVO ATMOSFERICO/METEOROLOGICO

Località _____

Caratteristiche meteorologiche dell'area

- precipitazioni

- turbolenza termica

- attività anemologica

Velocità del vento

Direzione del vento

Temperatura _____

Umidità relativa _____

Pressione barometrica _____