

Quadro di Riferimento Ambientale

Componente Atmosfera

Agrigento novembre-dicembre 2004



Hanno collaborato:

Settore “Sviluppo criteri e strumenti di valutazioni integrate”

- Dott.ssa Luciana Sinisi
- Dott.ssa Anna Cinzia Bartoccioni
- Ing. Stefano Pranzo
- Dott.ssa Valentina Sini
- Dott.ssa Jessica Tuscano

Settore “Metodologie di analisi e valutazioni dell’impatto ambientale”

- Ing. Vincenzo Cammarata
- Arch. Giampiero Baccaro
- Dott.ssa Anna Cacciuni
- Dott.ssa Caterina D’Anna
- Ing. Enrico Mazzocchi
- Dott. Giorgio Occhipinti
- Ing. Stefano Saffioti
- Dott. Paolo Sciacca
- Sig.ra Rossella Sisti



Componente Atmosfera

- Aspetti normativi
- Elementi per la caratterizzazione dello stato attuale e futura della componente
- Valutazione degli impatti



Da: allegato I DPCM 27/12/1988

Definizione delle componenti e dei fattori ambientali

- a) Atmosfera: caratterizzazione meteoroclimatica e qualità dell'aria

L'allegato II del DPCM 27/12/1988

Fornisce gli elementi per la
“Caratterizzazione ed analisi delle componenti e
dei fattori ambientali”



Definizione della componente: Atmosfera

da allegato II –art.5 DPCM 27/12/1988

Obiettivo della caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria e delle condizioni meteorologiche è quello di stabilire la **compatibilità ambientale sia di eventuali emissioni**, anche da sorgenti mobili, con le normative vigenti, **sia di eventuali cause di perturbazione meteorologiche** con le condizioni naturali.

Le analisi concernenti l'atmosfera sono pertanto effettuate attraverso:

- a) **i dati meteorologici convenzionali** (temperatura, precipitazioni, umidità relativa, vento), riferiti ad un periodo di tempo significativo, nonché eventuali dati supplementari (radiazione solare ecc.) e **dati di concentrazione di specie gassose e di materiale particolato**;
- b) la caratterizzazione dello stato fisico dell'atmosfera attraverso la definizione di parametri quali: regime anemometrico, regime pluviometrico, condizioni di umidità dell'aria, termini di bilancio radiativo ed energetico;



Definizione della componente: Atmosfera

da allegato II art.5 DPCM 27/12/1988

- c) la caratterizzazione preventiva dello stato di qualità dell'aria (gas e materiale particolato);
- d) la localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti;
- e) la **previsione degli effetti del trasporto** (orizzontale e verticale) degli effluenti mediante modelli di diffusione di atmosfera;
- f) **previsioni degli effetti delle trasformazioni fisico- chimiche** degli effluenti attraverso modelli atmosferici dei processi di trasformazione (fotochimica od in fase liquida) e di rimozione (umida e secca), applicati alle particolari caratteristiche del territorio.



Definizione della componente: Atmosfera

da allegato III DPCM 27/12/1988

Inoltre, nell'allegato III vengono riportate indicazioni specifiche per alcune categorie d'opera:

per le **Centrali termiche e impianti per la produzione di energia elettrica** (impianti di combustione centrali nucleari ed altri reattori nucleari) si dovranno descrivere e stimare gli effetti sull'ambiente con riferimento alle scelte progettuali ed alle misure di attenuazione individuate.

Per le **Infrastrutture lineari di trasporto** (autostrade e vie di rapida comunicazione, tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza), si dovranno descrivere e stimare gli effetti connessi alle concentrazioni degli inquinamenti atmosferici dovute alle sorgenti in movimento, in relazione a particolari condizioni meteo-climatiche ed orografiche ed in riferimento alla diversa sensibilità dei ricettori.



Caratterizzazione dello stato attuale

componente Atmosfera

La caratterizzazione dello stato attuale può essere condotta attraverso:

- dati storici delle misure effettuate da stazioni meteorologiche di rilevamento esistenti nell'area di studio;
- campagne sperimentali appositamente eseguite;
- dati raccolti dagli organismi titolari della gestione delle reti e dei dati di monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio (Regioni, Province, Agenzie regionali per la protezione dell'Ambiente);
- modelli di diffusione atmosferica.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

La totalità dei fenomeni di inquinamento atmosferico avviene nella porzione più bassa dell'atmosfera chiamata “Planetary Boundary layer” (Strato Limite Planetario), o PBL.

Il PBL è quella porzione di troposfera a diretto contatto con la superficie terrestre prevalentemente interessata dall'Inquinamento atmosferico e si estende fino a oltre 1 km di altezza.



Caratterizzazione dello stato attuale

componente Atmosfera

Nell'atmosfera, ma soprattutto nella troposfera e negli strati più bassi della stratosfera, si verifica la maggior parte di fenomeni quali:

- L'assorbimento, la trasmissione e la distribuzione dell'energia solare;
- i principali cicli naturali (dell'acqua, del carbonio, dell'ossigeno, dell'energia, dell'erosione e della sedimentazione);
- le grandi modificazioni fisico-chimiche dei gas atmosferici che stanno alla base della circolazione generale e della formazione di perturbazioni;
- la presenza di fenomeni meteorologici;
- la progressiva diminuzione della temperatura (gradiente termico verticale);
- fino ad almeno 3 km dal suolo, l'orografia, e la presenza di oceani, influenzano i venti e il gradiente termico verticale.



Caratterizzazione dello stato attuale

componente Atmosfera

Dati meteorologici convenzionali:

Tra le principali reti di rilevamento di dati meteoclimatici:

- la rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (**AM**);
- la rete dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria del Ministero di Agricoltura e Foreste (**UCEA**);
- **Servizio Idrografico** del Ministero dei Lavori Pubblici,
- **le reti locali**, realizzate a livello regionale, provinciale, metropolitano, nell'ambito di programmi per disinquinamento atmosferico, o approntate da Consorzi industriali o Enti di ricerca;
- infine l'APAT ha avviato alcuni anni fa la realizzazione del Sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale, denominato **SCIA**.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Nel caso in cui i dati disponibili siano insufficienti è necessario prevedere **apposite campagne** di rilevamenti in “situ” dei parametri meteoroclimatici.

Il ricorso a tali campagne è indispensabile quando **particolari condizioni climatiche od orografiche** influenzino fortemente il fenomeno diffusivo nella zona oggetto di studio.

Le campagne meteorologiche dovrebbero prevedere una cadenza stagionale, per un periodo di almeno quindici giorni ciascuna, ed essere ripetute per almeno due anni consecutivi.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Tra i fattori che principalmente influiscono sulla diffusione degli inquinanti:

- Direzione e intensità del vento
- Pluviometria
- Temperatura
- Classi di stabilità atmosferica



Caratterizzazione dello stato attuale

componente Atmosfera

Direzione e intensità del vento

La misura della direzione del vento è di fondamentale importanza in quanto permette di stabilire i settori più probabili lungo i quali vengono trasportate le sostanze inquinanti poiché individua le aree collocate in posizione più sfavorevole rispetto alla sorgente.

La velocità del vento controlla il processo di rimozione e di diluizione degli inquinanti.

Gli strumenti utilizzati per misurare la velocità del vento sono:

- Anemometro misura la velocità istantanea; si misura in m/s o km/h o, in nodi (=1.852 m/h).
- Anemografo è un anemometro che registra le variazioni di velocità del vento in un arco di tempo.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Pluviometria

Le precipitazioni rappresentano un altro importante fattore climatico che **agisce sui tempi di residenza dei contaminanti in atmosfera** ("wet deposition"). I meccanismi con i quali la pioggia determina la rimozione o "scattering" dei composti gassosi e particolati sono due: il primo si fonda sull'incorporazione nelle goccioline sospese all'interno delle nubi dei vari contaminanti portati verso l'alto dalla turbolenza dello strato limite ("rainout"), il secondo meccanismo si esplica con l'azione dilavante compiuta dalle precipitazioni nell'attraversare l'atmosfera inquinata al di sotto delle nubi ("washout").



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Temperatura

Uno tra gli elementi fondamentali nel trasporto delle sostanze inquinanti e per i valori di concentrazione al suolo, è quello del **grado di stabilità termica** dell'aria.

Il comportamento di un effluente è profondamente diverso a secondo se lo strato d'aria nel quale viene emesso è in equilibrio instabile, neutrale o stabile.

Nella **troposfera la T normalmente decresce all'aumentare dell'altitudine** (atmosfera **neutra**); se la T decresce con l'altezza velocemente si hanno **condizioni instabili**; se la T decresce con l'altezza lentamente o addirittura aumenta (**situazione di inversione termica**) si ha situazione **stabile**.

L'inversione termica si ha quando l'aria vicino al terreno è più fredda di quella che la sovrasta. I più gravi fenomeni di inquinamento si verificano in questa condizione; gli inquinanti emessi non riescono ad innalzarsi poiché risalendo si trovano ad essere più freddi e dunque più pesanti dell'aria circostante.



Classi di stabilità atmosferica

La stabilità atmosferica è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i mescolamenti dell'aria e quindi il processo di diluizione degli inquinanti.

La quantità di turbolenza nell'aria ha effetti significativi sulla risalita e dispersione degli inquinanti atmosferici. Detta quantità può essere classificata in incrementi definiti noti come "classi di stabilità". Le categorie più comunemente utilizzate sono le classi di stabilità di Pasquill, suddivise in A, B, C, D, e F. La classe A denota le condizioni di maggior turbolenza o maggiore instabilità mentre la classe F definisce le condizioni di maggior stabilità o minore turbolenza.

Le classi di stabilità di Pasquill tengono conto di:

- **velocità del vento** al suolo misurata a 10 metri di altezza rispetto alla superficie del suolo;
- **radiazione solare diurna incidente o percentuale notturna di copertura nuvolosa**



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Aspetti qualitativi

Lo stato di qualità dell'aria in un determinato territorio viene espresso in termini di presenza di agenti inquinanti, che alterano la composizione del miscuglio aria in condizioni indisturbate. Le concentrazioni dei vari inquinanti vengono rapportate a standard di qualità fissati a livello normativo.

Gli organismi titolari della gestione delle reti e dei dati di monitoraggio della qualità dell'aria sul nostro territorio sono:

- le regioni,
- le province,
- le Agenzie regionali per la protezione dell'Ambiente (Arpa),
- infine l'APAT effettua la raccolta dei dati e l'aggiornamento dei metadati (cioè informazioni sulle reti, stazioni e configurazioni di misura) nazionali di qualità dell'aria.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Qualora non si disponga di serie storiche sufficientemente estese di rilievi dell'inquinamento in corrispondenza dell'area di studio, lo stato attuale di qualità dell'aria può essere stimato mediante:

➤ **indagini in loco**, sia mediante postazioni di misura fisse sia mediante mezzi mobili;

Le campagne debbono essere estese ad archi temporali di almeno due anni, al fine di ridurre la possibilità di rilevare valori anomali. Possono essere considerati accettabili cicli di rilevamento di almeno 15 giorni, in ciascuna stagione, da ripetere per due anni consecutivi, in condizioni meteorologiche particolarmente avverse alla dispersione;

➤ **opportuni modelli di calcolo.**

L'utilizzazione di tali modelli richiede la predisposizione di un catasto delle emissioni di tutte le sorgenti di inquinamento presenti nell'area di studio e la caratterizzazione delle proprietà diffusive dell'atmosfera.



Caratterizzazione dello stato attuale componente Atmosfera

Monitoraggio mediante campionatori passivi e attivi

Dal punto di vista delle tecniche di campionamento è possibile distinguere fra:

- Campionatori attivi (dotati di un dispositivo che filtra l'aria in moto forzato)
- Campionatori passivi (basati sulla diffusione e deposizione naturale). Il campionatore passivo può essere sia un dispositivo artificiale che biologico.

Per i macroinquinanti si usano in genere campionatori attivi in continuo di tipo fisico-chimico, organizzati in una rete di centraline fisse o mobili che, a seconda di quanto richiesto dalla normativa vigente, forniscono anche in tempo reale dati relativi a medie orarie o giornaliere di specifici inquinanti.



**Tabella 9.17: Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria disaggregate per regione
 Numero di analizzatori presenti per i principali inquinanti - febbraio 2003**

Regione	Stazioni	C ₆ H ₆	CO	VOC	Pb	NO ₂ n.	O ₃	IPA	PM10	PTS	SO ₂
Piemonte	76	15	45	7	-	66	31	-	31	26	38
Valle d'Aosta	14	3	5	-	-	10	9	2	1	1	10
Lombardia	169	8	83	1	-	133	53	-	48	73	135
Trentino Alto Adige	21	4	18	9	-	20	19	-	13	17	20
Veneto	65	9	34	16	-	27	29	-	12	53	52
Friuli Venezia Giulia	36	2	19	5	-	30	18	-	9	20	31
Liguria	67	6	29	17	4	36	23	6	9	46	53
Emilia Romagna	107	14	74	11	7	91	37	-	32	60	44
Toscana	76	17	47	19	-	47	29	2	42	6	33
Umbria	16	3	5	1	2	14	12	3	4	9	9
Marche	26	3	21	-	-	20	18	-	10	5	15
Lazio	51	8	20	5	-	35	15	-	8	28	39
Abruzzo	9	4	6	3	-	7	5	1	3	1	2
Campania	24	-	9	-	-	20	6	-	5	15	11
Puglia	7	-	-	-	-	7	-	-	-	7	7
Basilicata	3	2	3	-	-	3	3	-	3	-	3
Calabria	7	-	2	-	-	7	1	-	-	5	5
Sicilia	64	9	24	16	-	21	13	3	14	38	53
Sardegna	46	4	18	20	-	40	22	-	10	42	46
ITALIA	884	111	462	130	13	634	343	17	254	452	606

Fonte: APAT

LEGENDA:

C₆H₆ (benzene), CO (monossido di carbonio), VOC (composti organici volatili), NO₂ (biossido di azoto), O₃ (ozono), IPA (idrocarburi policiclici aromatici), Pb (piombo), PM 10 (particolato di dimensioni inferiore a 10 µm), PTS (particolato totale sospeso), SO₂ (biossido di zolfo)



Inquinanti tipicamente monitorati (inquinanti principali e fonti)

Inquinante	Sorgenti	Caratteristiche	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
Biossido di zolfo (SO₂)	Deriva dalla combustione di carburanti contenenti zolfo (es. olio combustibile, gasolio, carbone). Sono responsabili delle sue emissioni le centrali termoelettriche, l'industria, gli impianti di riscaldamento domestico, gli autoveicoli (diesel).	L'anidride solforosa è un gas incolore e con odore pungente e caratteristico, che a contatto con l'umidità dell'aria si trasforma in acido solforico. Quando c'è nebbia o pioggia, le concentrazioni in atmosfera rilevate dagli strumenti di misura calano bruscamente; nella nebbia però questo inquinante continua a svolgere la sua azione acidificante quando viene inalato. Negli ultimi anni si è osservata una diminuzione delle emissioni, grazie alle modifiche nella quantità e qualità dei combustibili utilizzati.	È un irritante delle mucose e dell'apparato respiratorio. Per lunghe esposizioni altera la funzionalità respiratoria. Gli asmatici sono i soggetti più a rischio.	Contribuisce alla formazione delle piogge e delle deposizioni acide, che recano danni alla vegetazione, alla fauna ittica (acidificazione dei laghi) e corrodono edifici e monumenti.
Ossidi di azoto (NO_x)	Si generano a causa dei processi di combustione, negli autoveicoli e negli impianti industriali e di riscaldamento, indipendentemente dal tipo di combustibile utilizzato.	Durante le combustioni, l'azoto molecolare (N ₂), presente nell'aria che brucia insieme al combustibile, si ossida a monossido di azoto (NO). Nell'ambiente esterno il monossido si ossida a biossido di azoto (NO ₂), che è quindi un inquinante secondario, perché non emesso direttamente. Il biossido di azoto è "ubiquitario": si ritrova in atmosfera un po' ovunque, con concentrazioni abbastanza costanti.	Il biossido di azoto causa irritazioni alle vie respiratorie e modeste alterazioni della funzionalità respiratoria, in particolare nei soggetti asmatici. Per lunghe esposizioni a dosi elevate, può causare enfisemi polmonari e diminuzione della resistenza alle infezioni batteriche.	Il biossido di azoto contribuisce ad originare lo smog fotochimico. Contribuisce anche ad originare nebbie e piogge acide, formando acido nitrico a contatto con l'umidità atmosferica.

http://space.comune.re.it/cea/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap5_inquinamento/inquinam3.htm



Inquinanti tipicamente monitorati (inquinanti principali e fonti)

Inquinante	Sorgenti	Caratteristiche	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
Monossido di carbonio (CO)	Si forma in tutte le combustioni che avvengono in carenza di ossigeno, situazione che si verifica in diversa misura sia nei motori degli autoveicoli che negli impianti di riscaldamento domestici e negli impianti industriali. Viene prodotto anche dal fumo di sigaretta e questa fonte assume importanza negli ambienti chiusi.	Le sue concentrazioni negli ambienti esterni sono molto variabili e legate alla presenza di traffico intenso. Il monossido di carbonio viene emesso dai motori ad un basso numero di giri e quindi soprattutto in concomitanza con code ingorghi e in generale nelle ore di punta. Inoltre il tempo di vita della molecola risulta elevato (in media un mese).	Il monossido di carbonio si lega all'emoglobina del sangue formando carbossiemoglobina, che non può in grado di trasportare l'ossigeno. Diminuisce quindi la capacità di trasporto dell'ossigeno nell'organismo. A basse dosi diminuisce la resistenza allo sforzo fisico. Ad alte dosi può essere letale, come nei casi di avvelenamento o asfissia dovuti al cattivo funzionamento delle stufe domestiche.	L'anidride carbonica che si forma in atmosfera dal monossido di carbonio è uno dei gas responsabili dell'effetto serra.
Particelle sospese (Polveri)	Si formano nelle combustioni (particelle incombuste); nelle aree urbane sono generate dalle centrali termiche e dagli autoveicoli. Fanno parte di questa categoria anche le polveri prodotte dall'abrasione dei freni, dei pneumatici, del manto stradale.	Le particelle sospese hanno piccole dimensioni (fino a qualche decina di millesimi di millimetro). Le particelle più grandi tendono a depositarsi al suolo, anche se vengono frequentemente riportate in sospensione dal passaggio degli autoveicoli; quelle più piccole rimangono in sospensione più a lungo e quindi vengono più facilmente inalate. La pioggia ha un effetto depurante, mentre con la nebbia, al contrario, si rilevano concentrazioni elevate.	Sono in generale irritanti per l'apparato respiratorio. La loro pericolosità è però soprattutto dovuta alle sostanze nocive che contengono o che su di esse sono adsorbite: ad esempio, piombo, vanadio, cromo, amianto, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). È stato dimostrato che alcune di queste sostanze sono cancerogene (amianto, benzopirene ed altri IPA).	Nell'ambiente contribuiscono alla diminuzione della trasparenza dell'aria e all'annerimento e/o corrosione di monumenti, edifici, ecc.

http://space.comune.re.it/cea/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap5_inquinamento/inquinam3.htm



Inquinanti tipicamente monitorati (inquinanti principali e fonti)

Inquinante	Sorgenti	Caratteristiche	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
Ozono (O₃)	È un inquinante secondario che si origina per reazioni chimiche, favorite dalla radiazione solare, tra inquinanti primari che vengono immessi direttamente nell'atmosfera, quali gli ossidi di azoto e gli idrocarburi, che svolgono la funzione di precursori.	È un gas di colore azzurro pallido che si comporta come un forte agente ossidante. Nell'atmosfera è presente, in condizioni naturali, in percentuale molto bassa (0,00004%) e si concentra ad un'altezza dal suolo compresa tra i 20 ed i 60 km. Quello presente nei bassi strati dell'atmosfera (ozono troposferico) è un inquinante secondario, non esistendo significative emissioni di ozono da parte dell'uomo. Nelle aree industriali e urbane il fattore limitante della sua presenza è costituito dalle condizioni meteorologiche, in particolare la radiazione solare. Può essere trasportato anche a centinaia di km dal luogo di emissione. È il principale indicatore della presenza di smog fotochimico.	È un gas che esplica i suoi effetti negativi anche a concentrazioni molto basse. Provoca irritazione agli occhi (in concentrazioni attorno ai 200 mg/m ³); per valori più elevati si riscontrano sintomi a carico delle vie respiratorie. Valori elevati aumentano l'incidenza degli attacchi asmatici nei soggetti malati.	Produce un rapido deterioramento dei materiali e riduce la produttività delle colture (la pianta del tabacco, ad esempio, è utilizzata come bioindicatore per rilevarne la presenza, risultando molto sensibile all'o
Idrocarburi non metanici	Categoria che comprende tutti gli idrocarburi volatili diversi dal metano, che sono quelli di maggior impatto ambientale. Sono generati dalle combustioni e dall'utilizzo del petrolio e dei suoi derivati. Nelle aree urbane la loro presenza è dovuta ai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore a benzina. È una fonte importante anche l'evaporazione diretta dai depositi e dai distributori di carburante.	Questi idrocarburi vengono emessi come tali dalle perdite di carburante o trasformati in composti più semplici e leggeri dalle combustioni incomplete. Durante queste reazioni si formano anche gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), molto importanti dal punto di vista tossicologico. La miscela di idrocarburi presente in atmosfera è molto complessa e comprende composti molto nocivi come il benzene (presente come additivo nelle benzine) e gli IPA, accanto ad altri idrocarburi innocui. Gli idrocarburi sono anche precursori della formazione dello smog fotochimico.	Gli effetti sulla salute sono molto diversificati, a seconda di quale componente della complessa miscela atmosferica viene considerato. Gli effetti del benzene e degli IPA, emessi dagli autoveicoli, sono stati studiati con attenzione: l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) li ha classificati come cancerogeni, per cui non è possibile definire una soglia minima al di sotto della quale non si hanno effetti apprezzabili sulla salute. Anche se meno noti, sembrano rischiosi anche gli effetti sanitari prodotti dai derivati ossigenati degli idrocarburi.	I derivati ossigenati degli idrocarburi risultano essere dei forti ossidanti, in grado di danneggiare piante e materiali.



Inquinanti tipicamente monitorati (inquinanti principali e fonti)

Inquinante	Sorgenti	Caratteristiche	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
Smog fotochimico	È una miscela atmosferica di sostanze inquinanti, che si originano dalle reazioni fra idrocarburi e ossidi di azoto nella bassa atmosfera, per l'effetto della radiazione solare. L'ozono è uno dei componenti dello smog fotochimico e viene utilizzato come indicatore della presenza di questa miscela di sostanze inquinanti. Altri componenti importanti della miscela sono i perossiacetilnitrati (PAN).	Lo smog fotochimico è un inquinante secondario, che deriva da altri inquinanti per reazioni fotochimiche; si forma prevalentemente nella stagione estiva. Venne segnalato per la prima volta a Los Angeles, negli anni '40. Le sostanze che lo costituiscono hanno un'azione chimica fortemente ossidante. Lo smog fotochimico si genera in presenza di idrocarburi che vanno ad interferire con il ciclo fotolitico degli ossidi di azoto: gli idrocarburi reagiscono con l'ossigeno formando un composto intermedio molto reattivo, che a sua volta reagisce con gli ossidi di azoto e con l'ossigeno per dare i PAN.	Queste sostanze hanno in comune un elevato potere ossidante. Sono sufficienti basse concentrazioni di smog fotochimico (0,1 ppm) per provocare bruciore agli occhi e irritazione delle vie respiratorie. Concentrazioni più elevate provocano alterazioni della funzione respiratoria e attacchi frequenti nei soggetti asmatici.	Lo smog fotochimico esercita un'azione ossidante anche sulle piante ed è implicato nei processi di acidificazione e nell'effetto serra.
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	Si formano durante la combustione incompleta delle sostanze organiche. Sono un'ampia famiglia di composti, di cui il più noto è il benzopirene, considerato indicatore di tutta la categoria. Le fonti di emissione in atmosfera sono costituite dagli autoveicoli, dai grandi impianti di combustione (in special modo quelli a carbone), dagli inceneritori.	L'emissione di IPA aumenta considerevolmente quando la combustione non avviene in modo efficiente. Ci sono anche altre importanti fonti di esposizione umana agli IPA: il fumo di sigaretta, che ne contiene concentrazioni elevate, e gli alimenti preparati con i seguenti sistemi: grigliatura, affumicatura, torrefazione, tostatura.	In generale si può affermare che gli IPA hanno azione cancerogena. Più noti sono gli effetti cancerogeni sull'apparato respiratorio, meno conosciuti risultano invece quelli sull'apparato digerente, anche se la quantità di IPA ingerita con i cibi è probabilmente molto maggiore rispetto a quella inalata. Indagini epidemiologiche hanno evidenziato il ruolo di questi inquinanti nello sviluppo del cancro al polmone, in particolare per il più noto tra questi, il benzopirene. Secondo l'OMS 9 persone su 100.000 esposte nell'arco di una vita a 1 ng/m ³ di benzopirene corrono il rischio di contrarre il cancro; in una stanza inquinata di fumo di sigaretta si possono superare i 20 ng/m ³ di questa sostanza.	

Inquinanti tipicamente monitorati (inquinanti principali e fonti)

Inquinante	Sorgenti	Caratteristiche	Effetti sulla salute umana	Effetti sull'ambiente
Benzene (C ₆ H ₆)	Le sorgenti principali sono costituite dalle emissioni dei veicoli a motore e dalle perdite per evaporazione durante la lavorazione, dallo stoccaggio e dalla distribuzione dei prodotti petroliferi, quindi anche e soprattutto dei combustibili per autotrazione.	Il benzene esce incombusto dai normali motori a scoppio, mentre la sua concentrazione è significativamente ridotta dalle marmitte catalitiche, soltanto quando queste hanno raggiunto una temperatura ottimale (dopo 15-20 minuti dall'avviamento del motore). Il benzene è utilizzato come additivo antidetonante nelle benzine senza piombo ed anche nelle benzine "super". Il benzene è contenuto in concentrazioni abbastanza elevate anche nel fumo di sigaretta e in quantità non trascurabili in diversi cibi.	Indagini epidemiologiche hanno dimostrato un'aumentata incidenza della leucemia in lavoratori esposti al benzene; esperimenti su animali hanno confermato questo effetto cancerogeno. Come per gli IPA e per altre sostanze cancerogene, non è possibile stabilire una concentrazione al di sotto della quale non si evidenziano effetti nocivi. Secondo l'OMS il rischio aumenta all'aumentare dell'esposizione; un individuo esposto ad una concentrazione atmosferica di 1 mg/m ³ di benzene ha una probabilità su 250.000 di sviluppare una leucemia. Nelle aree urbane le concentrazioni di benzene oscillano tra 3 e 30 mg/m ³ di benzene.	
Piombo (Pb)	L'utilizzo di benzine addizionate di piombo è il principale responsabile delle emissioni del piombo stesso in atmosfera.	Il piombo tetraetile viene addizionato alle benzine come antidetonante, elevando il numero di ottani ed evitando l'esplosione anticipata della miscela aria-combustibile nei motori a scoppio. Negli ultimi anni l'avvento delle auto catalizzate e delle benzine senza piombo, che utilizzano come antidetonanti i non meno pericolosi idrocarburi aromatici (benzene), ha comportato una forte diminuzione delle emissioni di piombo.	Le concentrazioni di piombo riscontrate normalmente in atmosfera, anche negli anni passati, non comportano il rischio di effetti tossici acuti. L'esposizione prolungata a basse concentrazioni (tossicità cronica) può causare invece effetti sulla salute quando nel sangue si raggiungono livelli di piombo (piombemia) di 0,4-0,5 mg/l; a queste concentrazioni si notano una ridotta produzione di emoglobina ed alcuni effetti neuropsicologici. Effetti più severi (anemia, encefalopatia) si riscontrano a concentrazioni più elevate.	



Normativa di settore:

- **DPCM 28.03.1983** (limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno);
- **DPR n. 203/1988** (Attuazione delle direttive CEE n. 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 dagli impianti industriali); tale decreto ha introdotto alcune modifiche rispetto al precedente nei valori limite della concentrazione del SO₂ e del NO₂, nonché nelle modalità di misura delle concentrazioni di taluni inquinanti.
- **D.lgs 4 agosto 1999, n.351** (Attuazione della Direttiva Europea 96/62/CE del 27 settembre 1996 sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente);
- **DM n. 60 del 2002** (recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio).



Normativa attualmente in vigore

Il Dlgs 351/99 e il DM 60/2002 introducono elementi innovativi nella gestione della qualità dell'aria, tra cui:

- La fissazione di valori limite sia a breve che a medio termine (annuali);
- L'abrogazione dei livelli di attenzione di cui al DM 25/11/1994;
- L'introduzione di limiti per la protezione della vegetazione, oltre a quelli per la protezione della salute umana;
- La fissazione di valori limite per il benzene, Idrocarburi Policiclici Aromatici e PM10, in sostituzione dei precedenti "obiettivi di qualità", meno vincolanti, di cui al DM 25/11/1994;
- La definizione di un arco temporale di alcuni anni per l'adeguamento della QA ai nuovi standard;
- L'enfasi particolare data alle attività di divulgazione delle informazioni sullo stato di QA.

Normativa specifica per l'ozono

- Decreto Ministeriale del 16/05/1996: "Attivazione di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono"
- Direttiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio Del 12/2/2002, relativa all'ozono nell'aria (non ancora recepita dall'Italia)



IL DM 60/2002 per gli inquinanti SO₂, NO₂, NO_x, materiale particolato, piombo, benzene e CO stabilisce :

- **Soglie di allarme e valori limite per la protezione della salute umana (orari o giornalieri).** Prevede un numero massimo di superamenti di tale valore nell'arco dell'anno, ponendo così l'accento sull'importanza di gestire le emergenze, ma anche di attuare una pianificazione di interventi a medio/lungo termine che riporti l'accadimento delle emergenze entro limiti ristretti;
- **I valori limite annuali per la protezione della salute umana** e prevede un **marginale di tolleranza** per ciascun inquinante che permette un adeguamento temporale ai requisiti del decreto stesso. Il margine di tolleranza viene progressivamente ridotto di anno in anno fino ad un valore 0% (generalmente nell'arco di 5 o 10 anni) ed è stato introdotto solo allo scopo di pianificare gli interventi di adeguamento e perciò non ha effetto sul valore limite;
- **Valori limite per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione** che costituiscono dei parametri di riferimento in base ai quali fissare l'impatto sugli ecosistemi.



Tabella A: Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria previsti dalla normativa nazionale e attualmente in vigore (dicembre 2002)

INQUINANTE	PERIODO DI RIFERIMENTO	LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TEMPO DI MEDIAZIONE DEI DATI	COMMENTI
BIOSSIDO DI ZOLFO	anno (1 apr.-31 mar.)	80 (mediana) 250 (98° percentile) ¹	giorno	Valori limite DPR 203/24.5.1988
	semestre freddo (1 ott.-31 mar.)	130 (mediana)	giorno	Valore limite DPR 203/24.5.1988
	anno (1 apr.-31 mar.)	40-60 (media aritm.)	giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	Giorno (0 - 24)	100-150	giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)	20	anno e inverno	Valore limite per la protezione degli ecosistemi DM 60/2.4.2002
	3 ore consecutive	500 (allarme)	ora	Soglia di allarme DM 60/2.4.2002
PARTICOLATO PST (gravimetrico)	anno civile	150 (media arit.) 300 (95° percentile)	giorno	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
BIOSSIDO DI AZOTO	anno civile	200 (98° percentile)	ora	Valore limite DPR 203/24.5.1988
	anno civile	50 (mediana)	ora	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	anno civile	135 (98° percentile)	ora	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	3 ore consecutive	400	ora	Soglia di allarme DM 60/2.4.2002
OSSIDI DI AZOTO	anno civile	30	anno	Valore limite per la protezione della vegetazione DM 60/2.4.2002
OZONO	ora	200 ²	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
	ora	180 (attenzione) ³ 360 (allarme) ³	ora	Livelli di attenzione e di allarme DM 16.5.96
	8 ore	110 (media mobile trascinata)	ora	Livello per la protezione della salute DM 16.5.96
	ora	200	ora	Livello per la protezione della vegetazione DM 16.5.96
	giorno 3 ore	65 200 (media aritm.) ⁴	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
IDROCARBURI NON METANICI	ora	40000	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
MONOSSIDO DI CARBONIO	ora	10000 (media aritm.)	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
	8 ore	10000 (media aritm.)	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
FLUORO	giorno	20	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
	mese	10 (media aritm.)	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
PIOMBO	anno	2 (media aritm.)	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
IPA con riferimento al BENZO(A)PIRENE	anno	0,0010 (media mobile)	giorno	Obiettivo qualità DM 25.11.94

www.apat.gov.it/site/_Files/TabelleStandardQualitàAria.pdf



Tabella B: Quadro normativo nazionale relativo ai limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria al 1° gennaio 2005

INQUINANTE	PERIODO DI RIFERIMENTO	LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TEMPO DI MEDIAZIONE DEI DATI	COMMENTI
BISOSSIDO DI ZOLFO	anno civile	350 (da non superare più di 24 volte per anno civile)	ora	Valore limite DM 66/2.4.2002
	anno civile	125 (da non superare più di 3 volte per anno civile)	giorno	Valore limite DM 66/2.4.2002
	anno civile e invernato (1° ottobre - 31 marzo)	50	anno e invernato	Valore limite per la protezione degli ecosistemi DM 66/2.4.2002
	3 ore consecutive	500 (allarme)	ora	Soglia di allarme DM 66/2.4.2002
PARTICOLATO PM10	anno civile	50 (da non superare più di 20 volte per anno civile)	giorno	Valore limite DM 66/2.4.2002
	anno civile	40	anno	Valore limite DM 66/2.4.2002
BISOSSIDO DI AZOTO	anno civile	250 (90° percentile)	ora	Valore limite DPCM 28.3.1983
	anno civile	50 (media)	ora	Valore guida DPCM 28.3.1983
	anno civile	150 (50° percentile)	ora	Valore guida DPCM 28.3.1983
	3 ore consecutive	400	ora	Soglia di allarme DM 66/2.4.2002
OSSIDI DI AZOTO	anno civile	20	anno	Valore limite per la protezione della vegetazione DM 66/2.4.2002
OZONO	ora	200 ¹	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
	ora	180 (calcolazione) ² 140 (calcolazione) ²	ora	Livello di attenzione e di allarme DM 16.5.99
	8 ore	118 (media mobile triennale)	ora	Livello per la protezione della salute DM 16.5.99
	giorno	45	ora	Livello per la protezione della vegetazione DM 16.5.99
IDROCARBURI NON AROMATICI	3 ore	200 (media arit.) ¹	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
MONOSSIDO DI CARBONIO	8 ore	1000	ora	Valore limite DM 66/2.4.2002
FLUORO	giorno	50	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
	anno	10 (media arit.)	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
PIOMBO	anno civile	0,5	anno	Valore limite DM 66/2.4.2002
BENZENE	anno	0,010 (media mobile)	giorno	Obiettivo qualità DM 21.1.94

Rappresentano i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni ed i limiti massimi delle esposizioni relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno.

Costituiscono le concentrazioni tali da determinare uno stato di allarme, ovvero una situazione di inquinamento atmosferico che determina una potenziale condizione di superamento dei valori limite di qualità dell'aria di rischio immediato per la popolazione

Costituiscono i limiti delle concentrazioni e delle esposizioni e destinati alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e di protezione dell'ambiente e a costituire parametri di riferimento per la tutela della qualità dell'aria.

Individuano il valore medio annuale delle concentrazioni di alcuni inquinanti (benzene e PM10) da raggiungere e rispettare a partire da un determinato anno.



Tabella C: Quadro normativo nazionale relativo ai limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria

al 1° gennaio 2010 (considerando anche il recepimento della direttiva ozono)

INQUINANTE	PERIODO DI RIFERIMENTO	LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TEMPO DI MEDIAZIONE DEI DATI	COMMENTI
BISOSSIDO DI Zolfo	anno civile	140 (da non superare più di 24 volte per anno civile)	ora	Valore limite DM 60/2.4.2002
	anno civile	120 (da non superare più di 3 volte per anno civile)	giorno	Valore limite DM 60/2.4.2002
	anno civile a inversione (1° dicembre - 31 marzo)	50	anno a inversione	Valore limite per la protezione degli eccitatori DM 60/2.4.2002
	3 ore consecutive	300 (allarme)	ora	Soglia di allarme DM 60/2.4.2002
PARTICOLATO PM10 (gravimetrico)	anno civile	50 (da non superare più di 7 volte per anno civile)	giorno	Valore limite DM 60/2.4.2002
	anno civile	30	anno	Valore limite DM 60/2.4.2002
BISOSSIDO DI AZOTO	anno civile	200 (da non superare più di 16 volte per anno civile)	ora	Valore limite DM 60/2.4.2002
	anno civile	40	anno	Valore limite DM 60/2.4.2002
	3 ore consecutive	400	ora	Soglia di allarme DM 60/2.4.2002
OSSE DI AZOTO	anno civile	30	anno	Valore limite per la protezione della vegetazione DM 60/2.4.2002
Ozono	anno civile	120 (da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni)	8 ore	Valore bersaglio Direttiva 2002/31/CE
	anno	18000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ²	ora	Livelli di attenzione e di allarme DM 16.3.95
IDROCARBURI NON METANICI	3 ore	200 (media arit.) ²	ora	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.3.1983
MIBACCENO DI CARBONIO	3 ore	1000	ora	Valore limite DM 60/2.4.2002
	giorno	30	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
FENOLI	giorno	10 (media arit.)	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
	anno	10 (media arit.)	giorno	Valore limite DPCM 28.3.1983
FORMI	anno civile	0,5	anno	Valore limite DM 60/2.4.2002
BENZENE	anno civile	5	anno	Valore limite DM 60/2.4.2002
IPA con riferimento al BENCEN(A)PIRENE	anno	0,011 (media mobile)	giorno	Obiettivo qualità DM 23.11.94

www.apat.gov.it/site/_Files/TabelleStandardQualitàAria.pdf



Analisi interazione opera-componente

La valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria, dipendentemente dalla tipologia di opera, deve prendere in considerazione:

- la stima della entità delle emissioni degli inquinanti;
- la modellizzazione dei fenomeni di dispersione e trasporto degli stessi;
- lo studio delle interazioni tra inquinanti primari e componenti dell'atmosfera, che conducono alla formazione degli inquinanti secondari e dello smog fotochimico.



Caratterizzazione della componente: l'Ozono

La presenza dell'ozono nella stratosfera svolge un'importantissima funzione protettiva per la salute umana e l'ambiente; nello strato dell'atmosfera che va dalla superficie terrestre fino a 10-15 km d'altezza (la troposfera), alte concentrazioni di ozono risultano nocive per la salute dell'uomo, per la vita degli ecosistemi e per la conservazione dei materiali.

L'ozono troposferico è di origine sia antropica che naturale ed è un **inquinante cosiddetto secondario**, cioè non viene emesso direttamente da una o più sorgenti, ma si produce per effetto della **radiazione solare** in presenza di **inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto (NO_x)** e i **composti organici volatili (VOC)**, prodotti in larga parte dai motori a combustione e dall'uso di solventi organici. Il complesso dei fenomeni che porta a elevate concentrazioni di ozono viene denominato "**smog fotochimico**".



Caratterizzazione della componente: l'Ozono

SMOG FOTOCHIMICO



Inquinanti primari \longrightarrow Inquinanti secondari

NO è prodotto essenzialmente dalla reazione:



Gli ossidi di azoto (NO e NO₂) sono composti instabili che si decompongono lentamente e che possono reagire con l'ossigeno dell'aria:



In presenza di idrocarburi (COV) NO viene convertito in NO₂ senza consumare O₃ che si accumula. L'ozono è un gas tossico e irritante



Analisi interazione opera-componente

Nel caso dello studio di una arteria stradale, occorre in primo luogo caratterizzare i flussi di traffico.

I flussi di traffico descrivono la quantità di veicoli che percorrono la strada considerata e la loro distribuzione (a livello orario) nell'arco delle 24 ore.

Tali caratteristiche vengono descritte mediante due parametri distinti: il Traffico Medio Giornaliero (TGM) e il profilo orario.

TGM: la media del numero di veicoli che complessivamente in 24 ore circolano sulla strada considerata.

Il profilo orario: il numero di veicoli che transitano su una strada a livello orario.

Nello *studio* occorre caratterizzare almeno due scenari di riferimento:

- Situazione attuale: risulta dal monitoraggio del traffico che attualmente fluisce nell'area oggetto di studio;
- Situazione futura: questo scenario viene caratterizzato dalla modifica del TGM indotto dal nuovo tratto e sulle strade influenzate dall'esercizio del tracciato in progetto, tale previsione si può basare sui modelli di traffico.



Analisi interazione opera-componente

Altri parametri necessari:

- La geometria della rete stradale (attuale e futura), e in particolare la localizzazione delle arterie stradali e la loro dimensione (larghezza, numero corsie, larghezza delle corsie e dello spartitraffico);
- I fattori di emissione delle sostanze inquinanti relativi alle tipologie di mezzi circolanti. I fattori di emissione sono espressi in g di sostanza inquinante/Km/veicolo e sono specifici per differenti categorie di veicoli (leggeri, pesanti, a benzina o diesel, etc.). Le fonti dei dati sono:
 - CORINAIR per i fattori di emissione
 - ACI per la caratterizzazione del parco circolante.



Analisi interazione opera-componente

CORINAIR

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti stradali si avvale di un modello di calcolo denominato COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic) (Eggleston et al., 1993) basato su un ampio insieme di parametri che tengono conto delle caratteristiche generali del fenomeno e delle specifiche realtà di applicazione. Questa metodologia è stata indicata dall'EEA (European Environment Agency, Agenzia Europea per l'Ambiente) come lo strumento da utilizzare per la stima delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR (CORe INventory AIR) per la realizzazione degli inventari nazionali delle emissioni (CORINAIR, 1988; EMEP/ CORINAIR, 2002).

Per poter effettuare il calcolo delle emissioni inquinanti su base annua occorre conoscere la composizione del parco veicolare riferita alle categorie di veicoli, la percorrenza annua complessiva disaggregata per tipo di strada e velocità media di spostamento.



Analisi interazione opera-componente

Il modello COPERT considera le informazioni relative al parco circolante suddiviso per tipologia di veicolo (autovetture passeggeri, veicoli commerciali leggeri, bus e veicoli commerciali pesanti, ciclomotori e motoveicoli), tipo di combustibile utilizzato (benzina, gasolio, gas di petrolio liquefatto), classe di anzianità, in relazione alle normative europee di introduzione di dispositivi per la riduzione delle emissioni, classe di cilindrata (per le autovetture) o di peso complessivo (per i veicoli commerciali); a ciascuna classe dei veicoli così ripartiti sono associate altre informazioni relative alle condizioni di guida quali le percorrenze medie annue e le velocità medie distinte in base al ciclo di guida ovvero alla tipologia di percorso effettuato (urbano, extraurbano, autostradale).

L'ultima versione disponibile, COPERT III (vers. 2.2 del giugno 2001) è stata applicata ai dati di base coerenti per ciascun anno dal 1990 al 2000. I risultati fanno parte integrante della serie storica dei dati dell'inventario nazionale CORINAIR.



Analisi interazione opera-componente

Il **fattore di emissione** medio di un gas prodotto di combustione è definito, come un grandezza statistica associata ad una particolare classe veicolare e per un particolare tipo di percorso o ciclo di guida, calcolata rapportando il corrispondente dato di emissione nazionale (stimato per mezzo di COPERT ed espresso in tonnellate/anno) al prodotto del numero di veicoli appartenenti a quella categoria per le relative percorrenze medie annue (esprese in km/anno):

$$fe_{ijk} = [E_{ijk} / (N_j * Perc_{jk})]$$

dove:

fe_{ijk} rappresenta il fattore di emissione dell'inquinante i , per la classe veicolare j sul ciclo di guida k (espresso in grammi per veicolo e per chilometro);

- E_{ijk} rappresenta l'emissione nazionale dell'inquinante i , per la classe veicolare j sul ciclo di guida k (espressa in tonnellate/anno);
- N_j è il numero di veicoli appartenenti alla classe veicolare j ;
- $Perc_{jk}$ è la percorrenza media annua del veicolo appartenente alla classe j , effettuata sul ciclo di guida k (espressa in km/anno).



Analisi interazione opera-componente

Stima degli impatti

Per la stima degli impatti si può ricorrere a modelli matematici per la valutazione della dispersione di inquinanti in atmosfera

Nel SIA dovrà essere specificato *quale modello* è stato utilizzato e *come* è stato usato (quali parametri, quali dati di ingresso), e fornire inoltre in maniera esauriente tutte le informazioni e i riferimenti che illustrino l'adeguatezza dell'applicazione del modello al caso in esame.



Analisi interazione opera-componente

Principali categorie di modelli previsionali e valutativi utilizzati nei SIA:

- ❖ Modelli di diffusione di inquinanti in atmosfera da sorgenti puntuali e areali;
- ❖ Modelli di diffusione di inquinanti in atmosfera da sorgenti lineari;
- ❖ Modelli parametrici per la stima delle emissioni da traffico (COPERT);



Analisi interazione opera-componente

La scelta del modello o dei modelli da applicare deve essere effettuata rispondendo, ad una serie di requisiti ad esempio definire lo scenario di applicazione, cioè l'insieme degli elementi caratteristici del problema che consentono di individuare la categoria di modelli appropriata:

- **scala spaziale e temporale,**
- **complessità orografica e meteorologica dell'area,**
- **tipologia delle sorgenti di emissione,**
- **sostanze inquinanti da considerare** (in particolare, se soggette a reazioni chimiche o no).



Analisi interazione opera-componente

In particolare, la valutazione della **complessità** dell'area su cui si effettua la valutazione deve tenere conto delle:

- **caratteristiche orografiche del territorio**, di disomogeneità superficiali (discontinuità terra-mare, città-campagna, acque interne)
- **condizioni meteo-diffusive non omogenee** (calma di vento negli strati bassi della troposfera, inversioni termiche eventualmente associate a regimi di brezza)

L'uso di modelli analitici (gaussiani e non) si considera generalmente appropriato nel caso di **siti non complessi**, mentre qualora le disomogeneità spaziali e temporali siano rilevanti per la dispersione, è opportuno ricorrere all'uso di **modelli numerici tridimensionali**, articolati in un preprocessore meteorologico (dedicato principalmente alla ricostruzione del campo di vento) e in un modello di diffusione.



Analisi interazione opera-componente

I dati in ingresso necessari per il modello matematico possono così riassumersi:

dati di ingresso relativi alla *caratterizzazione del territorio*

Dati orografici

➤ **Orografia:** matrice delle quote altimetriche, necessaria per i modelli che tengono conto del carattere tridimensionale del campo di moto; la risoluzione spaziale varia molto a seconda della scala a cui il modello lavora (da 50 m per la microscala a 50 km per la grande scala);

➤ **Cartografia:** base su cui si riportano i dati al fine di rappresentare in forma distribuita nello spazio i risultati delle simulazioni matematiche; questo procedimento può essere automatizzato tramite l'utilizzo di sistemi GIS.



Analisi interazione opera-componente

Dati di ingresso relativi alla *meteorologia*

Dati meteorologici

- *Velocità e direzione del vento:* al suolo e in quota;
- *Temperatura, umidità, pressione e radiazione solare al suolo:* servono per determinare il parametro di stabilità atmosferica in maniera indiretta quando non esistano misure più sofisticate di turbolenza atmosferica;
- *Gradiente termico verticale:* è utilizzato per la determinazione della quota di inversione termica (che definisce la regione in prossimità del suolo in cui resta confinato l'inquinante);
- *Carte meteorologiche a scala sinottica:* servono nei modelli a grande scala per definire le condizioni al contorno.



Analisi interazione opera-componente

Dati di ingresso relativi alle emissioni

Dati di emissione

- *Localizzazione* della/e sorgente/i;
- *Caratteristiche geometriche*: altezza e diametro in caso di sorgenti puntuali, lunghezza in caso di sorgenti lineari, area e forma in caso di sorgenti areali estese; temperatura e velocità di rilascio del/degli inquinante/i;
- *Portata e natura chimica* dell'inquinante immesso in atmosfera: peso molecolare e stato chimico al momento del rilascio (gas, solido o vapore);
- *Velocità di decadimento* o di produzione per gli inquinanti secondari.



Analisi interazione opera-componente

L'integrazione delle informazioni che hanno origine dal monitoraggio, dagli inventari di emissione e dai modelli, costituisce l'approccio ottimale al problema della valutazione e gestione della qualità dell'aria.

I tre elementi concorrono alla valutazione in maniera integrata, ma differenziata a seconda del livello di inquinamento della zona o agglomerato su cui viene effettuata la valutazione.

La domanda di informazione si estende quindi dalle misure provenienti dalle reti di rilevamento, agli inventari delle emissioni e ai dati, compresi quelli meteorologici, necessari all'impiego dei modelli di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti.



Misure di mitigazione degli impatti

LE STRADE

➤ **Barriere verdi**

L'efficacia delle barriere verdi (alberi d'alto fusto) per la riduzione dei livelli di inquinamento, è dovuta a due differenti fenomeni fisici, l'incremento della turbolenza atmosferica (formazione di un vortice che accentua i fenomeni i processi di diluizione degli inquinanti e riduzione della concentrazione degli stessi) e all'adsorbimento per opera del fogliame (le barriere sono dotate di un certo potere filtrante, maggiore per le particelle solide e per gli idrocarburi mentre è basso per gli inquinanti gassosi).

➤ **Controllo del traffico**

I provvedimenti di controllo del traffico possono seguire tre strategie, da adottare con opportuna gradualità, ed essere estese a fasce orarie determinate, all'intero arco giornaliero, oppure a più giornate successive:

- Divieto di transito per i veicoli che non rispettano limiti stringenti alle emissioni unitarie;
- Riduzione del carico veicolare;
- Chiusura generalizzata del traffico veicolare, estesa all'intera giornata o ad orari determinati.



FINE PRESENTAZIONE

