



Istituto Tecnico Industriale  
**STANISLAO CANNIZZARO**  
CATANIA



**CENTRO POLIFUNZIONALE DI SERVIZIO DEL MIUR, SCUOLA RETE ENIS**

Direzione: Via C. Pisacane, 1 - 95122 Catania  
Tel.095451557 – 095455337 – Fax.095457166

Via Palermo, 282 (Ingresso merci e locali tecnici)  
[www.cannizzaroct.it](http://www.cannizzaroct.it) [preside.cannizzaro@tin.it](mailto:preside.cannizzaro@tin.it)

**Anno Scolastico 2008-2009**

**Classe VA Chimica**

**Cambiamenti climatici  
L'effetto serra e il riscaldamento planetario**



*Centralina di monitoraggio ambientale  
situata a Piazza Europa -Catania*



*Filtri con polveri totali sospese prelevati in  
due postazioni diverse della città di Catania*



**Laboratorio chimico della Dogana di Catania: Assorbimento Atomico**

*Gli allievi della classe VA Chimica dopo la pesatura dei filtri per la determinazione delle polveri totali sospese, inceneriscono e disciolgono gli stessi in acido nitrico e sulla soluzione determinano mediante spettroscopia di assorbimento atomico piombo, nichel e cadmio.*

## Premessa

Il lavoro sull'effetto serra e il riscaldamento planetario, eseguito da alcuni allievi della classe VA - Indirizzo Chimica, è frutto di un'esperienza diretta, pratica e di laboratorio iniziata lo scorso anno con un progetto di alternanza scuola lavoro effettuato presso i laboratori chimici della Dogana di Catania che prevedeva uno studio **sullo stato dell'ambiente nella città di Catania** e sui biocarburanti che potrebbero ridurre la produzione dei gas serra responsabili dell'innalzamento di temperatura nel nostro pianeta; l'azione progettuale si è protratta anche quest'anno con uno studio particolareggiato sulla **qualità dell'aria** a Catania eseguita in collaborazione con il laboratorio Chimico di monitoraggio ambientale del Comune di Catania.

Grazie alla disponibilità del Dott. Carmelo Oliveri, funzionario responsabile della rete di monitoraggio inquinamento atmosferico nella città di Catania, gli allievi hanno potuto arricchire le proprie conoscenze e competenze teorico-pratiche svolgendo importanti attività presso il Laboratorio Chimico sia della Dogana di Catania che del Comune di Catania ed in particolar modo presso le centraline di monitoraggio aria dislocate in vari punti della città.

Gli allievi hanno eseguito una serie di misure sulla presenza di inquinanti in atmosfera ed inoltre hanno potuto elaborare tutta una serie di dati forniti dal Comune di Catania riguardanti i valori medi di temperatura e piovosità nella città dal 1973 ad oggi. In sintesi si è rilevato come la temperatura media in città nel corso degli ultimi 35 anni sia aumentata di circa +2°C.

Lo studio sull'inquinamento dell'aria, effetto serra ed innalzamento della temperatura, e successivamente uno studio particolareggiato sui combustibili alternativi che potrebbero ridurre la produzione di questi gas serra da parte dell'uomo pur consentendo ancora la crescita economica, ha permesso di accrescere il bagaglio professionale di giovani diplomandi, prossimi all'inserimento nel mondo del lavoro, in rapporto al contesto sociale attuale che pare stia prendendo consapevolezza delle potenzialità di sviluppo della realtà isolana. Ci si riferisce alle varie fonti comunitarie di finanziamento che, in un futuro molto prossimo, consentiranno di attuare nuove imprese e di potenziare quelle già esistenti nel campo delle *bioenergie*. Interessante è stato infine lo studio sulle variazioni climatiche che hanno determinato un incremento del rischio di desertificazione su tutto il territorio della Regione.

Le previsioni climatiche della temperatura, mostrano una Sicilia drammaticamente avviata a divenire sempre più arida. Per mitigare il fenomeno della desertificazione è necessario intraprendere importanti misure quali iniziative internazionali che mirino ad una significativa limitazione delle emissioni di gas-serra, gestione agro-forestale eco-compatibile; conservazione della sostanza organica, ad esempio attraverso iniziative che prevedano il reimpiego agricolo razionale dei residui colturali, l'impiego di fertilizzanti ad alto contenuto di sostanza organica, il riuso agricolo sicuro della componente organica dei rifiuti solidi urbani il "*compost*", prodotto ottenuto dalla fermentazione aerobica di rifiuti organici selezionati.

Purtroppo in Sicilia mancano ancora impianti di compostaggio che producano compost di qualità da utilizzare come ammendante per i terreni.



*Gli allievi dell'ITI Cannizzaro studiano la fermentazione aerobica di rifiuti organici selezionati (determinazione della temperatura durante la biodegradazione) e producono compost di qualità.*

La tutela dell'ambiente è un presupposto fondamentale all'innalzamento della qualità della vita e gli alunni con tale lavoro hanno avuto modo di constatare come una delle problematiche principali da risolvere nel più breve tempo possibile, sia quella di riuscire a conciliare il binomio sviluppo – ambiente.

## Il riscaldamento planetario oggi

La questione dei cambiamenti climatici è un settore di ricerca in cui le professionalità coinvolte sono tante; l'argomento viene dibattuto a livello internazionale per i potenziali impatti che i mutamenti climatici possono avere sull'ambiente e sulla società, sulla produttività e sull'economia. Molti scienziati ritengono che tale riscaldamento su scala planetaria sia in atto già da molto tempo e che esso sia in larga misura responsabile dell'aumento di circa due terzi di grado centigrado della temperatura media mondiale verificatosi a partire dal 1860.

In genere si considera il fenomeno del rapido riscaldamento globale – con la conseguente necessità di aggiustamenti su larga scala- come il problema ambientale più serio, ma questo a differenza della riduzione dell'ozono nella stratosfera, che si è manifestato in modo spettacolare sotto forma di buco dell'ozono, non è stato però ancora osservato in un modo tale da convincere ognuno della sua effettiva esistenza.

Le espressioni effetto serra e cambiamenti climatici nel linguaggio corrente sottolineano semplicemente l'aspettativa che la temperatura media globale dell'aria aumenterà di più gradi in conseguenza della massiccia immissione nell'atmosfera di biossido di carbonio e di altri gas serra, responsabili di questo fenomeno.

Oggi è chiaro che le emissioni di gas serra in atmosfera prodotte dalle attività umane sono in continua crescita e che a seguito di ciò anche l'atmosfera terrestre ha modificato la sua composizione chimica arricchendosi, sia pur lentamente ma con continuità, di quei composti, gas serra, in grado di intrappolare maggiore energia nel pianeta.

Secondo i 2500 scienziati facenti parte dell'Ipcc (Panel intergovernativo sui Cambiamenti climatici) entro una ventina d'anni il nostro pianeta cambierà completamente faccia, flagellato da carestie, siccità, epidemie, inondazioni, estinzioni di massa destinate a peggiorare in maniera esponenziale fino a portare, intorno al 2100 alla scomparsa della metà della vegetazione mondiale.

Secondo l'Ipcc il primo fattore di crisi sarà la siccità, causata da un aumento delle temperature oggi arrivato a +1° rispetto ai primi del Novecento e destinato a salire presto oltre i +2°. In Africa e in sud America, grandi aree saranno rese inabitabili dalla mancanza d'acqua; al contrario altre aree del Sud America e zone dell'emisfero nord registreranno un aumento della produttività agricola, aprendosi anche a produzioni un tempo proibitive, come la soia e il riso; l'aumento però successivo della temperatura oltre i 4° porterà carestie e siccità in gran parte del pianeta.

Alla mancanza d'acqua e di cibo si affiancheranno le inondazioni causate dal rapido scioglimento dei ghiacciai montani e polari, che porterà al periodico allagamento di chilometri di coste.

Alimentate dall'aumento della temperatura, favorite dalla siccità e veicolate dalle inondazioni, numerose infezioni tropicali inoltre si diffonderanno a macchia d'olio; numerose specie animali arriveranno all'estinzione e fra le vittime ci saranno gli orsi polari che non avranno più un habitat adatto alla vita; anche per i pesci ci sono prospettive negative in quanto questi non riusciranno a sopravvivere negli oceani invasi dall'acqua dolce proveniente dai ghiacciai sciolti e resi acidi dall'anidride carbonica disciolta.

Il rapporto della commissione ONU per l'Ambiente tratteggia un futuro fatto di siccità; secondo gli scienziati le misure proposte dal Protocollo di Kyoto (riduzione dell'8% delle emissioni rispetto ai livelli del 1990), e nemmeno adottate da tutti e in maniera adeguata, non bastano più e bisogna passare ad azioni più decise e non solo di riduzione delle cause di squilibrio ma di adattamento vero e proprio, ossia di "difesa attiva" tali da ridurre gli effetti degli estremi climatici.

Oggi è fondamentale oltre che insistere sul versante della riduzione dei gas serra, imparare ad **adattarsi al cambiamento già in atto**, specie negli ambienti urbani, che sono i più esposti agli effetti del riscaldamento globale.

Per rendere più vivibili città che somigliano sempre più a degli altiforni è necessario che le pubbliche amministrazioni prendano misure che vanno dall'**incremento del verde urbano** alle politiche per la riduzione del traffico, fino all'impiego di materiali permeabili per manti stradali e coperture dei tetti. La vegetazione, in particolare, produce un duplice effetto di mitigazione sul caldo cittadino, attraverso l'ombreggiamento da una parte e l'evapotraspirazione, che "sottrae" calore a livello del suolo, dall'altra. Un contributo significativo può venire anche dalla **riduzione del traffico veicolare**, che aggrava molto il bilancio termico già pesante delle città; è importante che in città si diffonda l'uso di mezzi pubblici alimentati con carburanti a basso impatto ambientale. Fondamentale, infine, la **ripermeabilizzazione delle aree libere da edifici, come strade, parcheggi e piazze**, di solito asfaltate o cementate.: nelle giornate estive, la temperatura dell'asfalto può superare quella dell'aria anche di 20°C. Le città italiane, che sono tra le più

interessate, in Europa, al cambiamento climatico, sono spesso ricoperte da tappeti ininterrotti di asfalto e cemento mentre in diverse città del nord Europa si impiegano da tempo coperture di ultima generazione che lasciano passare l'acqua.

Al di là della scelta dei materiali, è poi evidente la necessità di rimodulare la progettazione degli edifici e dello stesso tessuto urbano in chiave di adattamento al cambiamento climatico. **Torri di ventilazione, atri bioclimatici e intercapedini ventilate nelle fondamenta degli edifici** sono accorgimenti usati da secoli e molto efficaci per migliorare il microclima delle nostre case; si tratta, in sostanza, di recuperare tecniche antiche di condizionamento naturale, economiche e a impatto zero. Le risposte tecnologiche, come spesso accade, sono già disponibili, restano "soltanto" da inquadrare le volontà individuali e politiche.

Sembra comunque che né le politiche locali, né quelle comunitarie potranno far sì che l'Europa raggiunga gli obiettivi di Kyoto in tempo. Con le sole misure fin qui attuate si prevede al 2010 una riduzione delle emissioni di solo lo 0,5% nei confronti del 1990. per questo sono state prese misure aggiuntive, incluse in varie direttive europee che potranno portare ad una riduzione finale dell'emissione di gas serra del 5,1%. Tali misure prevedono l'accordo europeo commerciale sui gas serra, l'incentivazione alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e della produzione combinata di calore ed energia, la diminuzione del consumo energetico negli edifici e nei grandi stabilimenti industriali, l'uso di elettrodomestici a basso consumo energetico. Altre misure comprendono l'adozione di biocombustibili nei trasporti ( ad esempio gas naturali), la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> delle auto, la diminuzione del conferimento di rifiuti biodegradabili in discarica, il recupero dei gas naturali dalle discariche ( CH<sub>4</sub> ed altri) e la riduzione dei gas fluorurati in genere. L'intenzione degli Stati Europei sembra essere quella di sfruttare la flessibilità del protocollo di Kyoto e di introdurre anche metodi di rimozione attiva del carbonio atmosferico.

*Gli scenari catastrofici prospettati dall'Ipcc, se ci saranno , saranno probabilmente gradualmente e , pertanto ci sarà modo di adottare contromisure, se ce ne sarà la volontà politica a livello globale.*

### La chimica dell'atmosfera

Tutti i pianeti eccetto Mercurio hanno un'atmosfera, cioè uno strato esterno di gas e vapori. L'atmosfera terrestre ha dimensioni limitate. Un'interfaccia Terra-aria così ridotta è in un equilibrio molto delicato, e le emissioni prodotte dall'uomo possono alterarlo. La nostra atmosfera è fatta d'aria. un miscuglio di sostanze tipico del nostro pianeta, fatto di **N<sub>2</sub>** (78% in volume), **O<sub>2</sub>** (20%), **Ar** (circa 1%), **CO<sub>2</sub>** (0,04%) e altre sostanze in quantità molto variabili. Fra queste il vapor d'acqua è un fattore meteorologico essenziale: influenza in modo determinante il clima, il bilancio energetico del pianeta e contribuisce all'effetto serra naturale. Tuttavia poiché la Terra è avvolta da un'**idrosfera** estesa e complessa che ha continui scambi di materia ed energia con l'atmosfera, esso raggiunge percentuali in volume molto alte specie negli strati d'aria più vicini al suolo. Dato che la sua concentrazione varia tanto pur non superando mai il 4% in volume, lo si esclude dal calcolo appena visto, che si riferisce a percentuali di aria secca, considerate costanti fino a circa 100 Km. Questo è lo strato dell'atmosfera che più ci interessa dove avvengono tutti i fenomeni biologici, meteorologici e dinamici. Oltre i 100 Km l'aria cambia caratteristiche di temperatura, pressione e umidità. Altri componenti dell'aria sono anche cenere vulcanica, pollini, sabbia, terra, micro meteoriti e polveri d'altra origine che, sollevati dal vento costituiscono il **pulviscolo atmosferico naturale**. Ci sono anche particelle di sostanze come metalli pesanti, zolfo, composti organici, derivati dalle combustioni ..... rare in natura e prodotte dalle attività umane che costituiscono il **pulviscolo atmosferico artificiale**. Infine, molte particelle di origine naturale o artificiale si disciolgono nell'acqua formando **aerosol**: fanno parte di questo gruppo anche gli spruzzi delle onde marine che, di dimensioni molto ridotte, sono trasportati dal vento e costituiscono i più efficaci nuclei di condensazione su cui il vapore acqueo si condensa se diminuisce la temperatura. Le sostanze prodotte dall'uomo e chiamate genericamente **inquinanti atmosferici** sono quasi assenti in natura, e si accumulano nelle nebbie. Riconoscibili dall'odore e dal colore formano lo smog dannoso alla salute e all'ambiente. I principali prodotti che innescano un episodio di smog fotochimico sono l'ossido d'azoto NO e le molecole incombuste di idrocarburi emesse nell'aria come inquinanti contenuti negli scarichi dei veicoli con motore a combustione interna e anche l'NO emesso dalle centrali elettriche . Le sostanze comprendenti gli idrocarburi e i loro derivati che evaporano con facilità sono dette composti organici volatili COV. Un altro importante ingrediente dello smog fotochimico è la luce solare che aumenta la concentrazione dei radicali liberi che partecipano ai processi di formazione dello smog.

Sebbene i reagenti NO e COV siano relativamente innocui, i prodotti finali delle reazioni che producono lo smog - ozono, acido nitrico e composti organici parzialmente ossidati sono molto tossici.

**COV + NO + O<sub>2</sub> + luce solare → miscela di O<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, e prodotti organici.**

L'ozono che si forma a basse quote è anch'esso responsabile dell'effetto serra.

Tale effetto viene definito come *strato di ozono nel posto sbagliato* per distinguerlo dal problema della diminuzione dell'ozono nella stratosfera.

Ogni gas dell'aria assorbe una quantità diversa di radiazione solare a precise lunghezze d'onda: può essere trasparente ai raggi infrarossi e non esserlo agli UV (è il caso dell'O<sub>3</sub>) o viceversa (è il caso della CO<sub>2</sub>). L'assorbimento totale atmosferico, dunque, non è uniforme su tutto lo spettro solare.

L'energia assorbita dall'atmosfera può essere:

- Trasformata in energia cinetica (alimenta i venti);
- Assorbita da trasformazioni fisico-chimiche (evaporazione, condensazione, fotosintesi dell'ozono e di altri ioni ...);
- Irradiata nuovamente verso lo spazio.

Il flusso energetico solare dipende dalla latitudine e dalla stagione. Su scala globale, però, si fanno considerazioni quantitative utili a definire il bilancio energetico terrestre, essenziale per comprendere la dinamica dell'atmosfera e caratterizzare climi e ambienti. Se non è semplicemente riflessa nello spazio (accade al 35% di tutta la radiazione incidente), l'energia solare è assorbita da gas e molecole che si trasformano in ioni o cambiano stato fisico; oppure è riflessa in tutte le direzioni.

La radiazione globale che investe il nostro pianeta può essere considerata come la somma di una radiazione diretta e una radiazione diffusa.

**Radiazione diretta.** Se si equipara la radiazione incidente al 100% (assenza di atmosfera), i principali scambi energetici che avvengono nell'atmosfera da quando l'energia solare vi entra possono essere quantificati così:

- Il **16%** dell'energia incidente (radiazione a breve  $\lambda$ ) è assorbito da O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> e vapore acqueo;
- Il **18%** dell'energia incidente viene disperso: almeno l'11% è rinviato verso la superficie terrestre, il 7% è riflesso nello spazio;
- Il **40%** dell'energia incidente è intercettato dalle nubi: di questa percentuale, il 24% riflesso nello spazio, il 14% irradiato verso terra, il 2% assorbito da gocce d'acqua e cristalli di ghiaccio;
- Il **26%** dell'energia incidente giunge direttamente a terra soprattutto in forma di luce visibile, di questa, il 4% viene riflesso.

**Radiazione diffusa**, è pari al **25%** della radiazione incidente totale; proviene per l'11% dall'aria e per il 14% dalle nubi.

**Radiazione terrestre.** L'energia che giunge al suolo lo riscalda. Il suolo perciò emette una radiazione soprattutto di raggi infrarossi ad ampia lunghezza d'onda. La quantità di energia emessa equivale al **114%** della radiazione in arrivo e, come quest'ultima, attraversando l'atmosfera viene assorbita dai gas, rimessa in ogni direzione e irradiata nello spazio:

- Il **96%** dell'energia di origine terrestre rimane negli strati inferiori assorbita soprattutto dai **gas serra** (CO<sub>2</sub> e vapore) e re irradiata verso terra (contro radiazione atmosferica);
- Il **18%** si disperde nello spazio.

Fare un bilancio che tenga conto di ogni componente energetica è complesso. Posta come unità di misura la quantità di radiazione incidente fuori dall'atmosfera (100%), a terra esso diventa:

$$Q=S+H-a-(E-G) \text{ dove:}$$

- **Q** è il bilancio generale della radiazione;
- **S** la radiazione diretta;
- **H** la radiazione indiretta;
- **a** l'albedo del suolo, cioè radiazione riflessa nello spazio;
- **E** la radiazione terrestre;
- **G** la contro radiazione atmosferica.

In percentuale si ha:

$$Q=22+25-4-(114-96) = 29\%$$

Il **29%** della radiazione incidente, quindi, è disponibile per alimentare i processi meteorologici, climatici, geofisici e biologici.

La radiazione solare che giunge a terra non è solo selezionata dai gas che assorbono specifiche lunghezze d'onda, ma anche molto ridotta per contenuto energetico: si calcola che a terra arrivi in media solo il 10-20% circa dell'energia irradiata dal sole verso terra. Ciò nonostante essa è sufficiente a mantenere attivi tutti i principali fenomeni dinamici terrestri, dalla vita al ciclo dell'acqua dai venti alle correnti marine, dall'erosione alle attività umane.

### **L'effetto serra naturale**

La contro radiazione atmosferica (=96% dei raggi infrarossi emessi dalla Terra) è essenziale in climatologia poiché fa sì che il nostro pianeta conservi per un po' il calore assorbito prima di disperderlo nello spazio. L'atmosfera arresta fino all'80% della radiazione emessa dal suolo se il cielo è sereno, e oltre il 90% se è nuvoloso. L'effetto serra naturale è una catena di equilibri autoregolati da una serie di retroazioni, dovuto soprattutto alla CO<sub>2</sub> e al vapore presenti negli strati atmosferici più bassi. La presenza di anidride carbonica causa una catena di eventi che porta all'aumento della temperatura planetaria che, a sua volta, influenza la quantità di CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera:

1. La luce visibile assorbita dal suolo viene riemessa a frequenze più basse;
2. L'anidride carbonica riflette gli infrarossi terrestri e ostacola l'irraggiamento;
3. Ciò provoca un lieve aumento di temperatura al quale segue lo scioglimento di una certa quantità di ghiaccio;
4. Con l'aumento del volume dell'acqua marina aumenta la quantità di CO<sub>2</sub> che vi si scioglie. Qui parte della CO<sub>2</sub> si combina coi sali e precipita, uscendo dal ciclo;
5. Diminuendo l'anidride carbonica atmosferica aumenta l'irraggiamento (*forma di propagazione dell'energia, fenomeno per cui i corpi emettono radiazioni energetiche di lunghezza d'onda inversamente proporzionale alla loro temperatura. Termine usato anche per indicare l'afflusso di energia solare sulla terra*): la temperatura diminuisce di nuovo;
6. Ciò provoca l'aumento dei ghiacci e la diminuzione del volume delle acque marine;
7. Di conseguenza, anche la CO<sub>2</sub> disciolta diminuisce e aumenta quella atmosferica;
8. Il ciclo ricomincia.

In questo modo la quantità di CO<sub>2</sub> atmosferica oscilla intorno a un valore medio costante e la temperatura globale resta nella media di 15°C.

### **L'effetto serra artificiale.**

La rapida combustione di materia organica accumulata in milioni d'anni ha immesso nell'aria grandi quantità di CO<sub>2</sub>, l'effetto serra artificiale dovuto all'attività industriale umana ha prodotto un sensibile aumento della temperatura media nell'ultimo secolo. L'aumento di energia atmosferica ha già avuto numerose conseguenze, lo scioglimento dei ghiacciai, l'accelerazione e l'intensificazione dei fenomeni atmosferici disastrosi.

## I meccanismi dell'effetto serra

Come qualsiasi corpo caldo, la terra emette energia che non appartiene né alla componente visibile, né a quella UV; l'emissione della terra ha un massimo intorno a  $10\ \mu\text{m}$  e consiste di luce infrarossa di lunghezza d'onda comprese tra  $4$  e  $50\ \mu\text{m}$ ; tale componente è nota come regione dell'infrarosso termico perché la sua energia si manifesta sotto forma di calore. Alcuni gas presenti nell'aria possono assorbire determinate lunghezze d'onda dell'infrarosso termico, cosicché non tutta la radiazione IR emessa dall'atmosfera e dalla superficie terrestre sfugge direttamente nello spazio. Subito dopo essere stata assorbita dalle molecole di gas quali la  $\text{CO}_2$ , questa radiazione infrarossa viene riemessa in tutte le direzioni e torna alla superficie terrestre dove viene riassorbita andando a riscaldarne di nuovo la superficie e l'aria. Il fenomeno del ritorno a terra della radiazione IR è detto effetto serra ed è responsabile del fatto che la temperatura media della superficie terrestre è di  $+15^\circ\text{C}$ . Il fatto che il nostro pianeta non sia ricoperto di una lastra di ghiaccio è una conseguenza di quel fenomeno naturale detto effetto serra. Il fenomeno però che preoccupa gli scienziati è che l'aumento dei gas presenti in tracce nell'atmosfera responsabili dell'assorbimento della radiazione termica infrarossa potrebbe causare il ritorno alla superficie terrestre di una quantità maggiore di radiazione infrarossa emessa, innalzando la temperatura media oltre i  $15^\circ\text{C}$ .

I principali gas costituenti l'atmosfera ossia l'azoto e l'ossigeno non sono in grado di assorbire le radiazioni infrarosse.

I gas che producono invece l'effetto serra sono: il vapore acqueo, l'anidride carbonica, il metano, il protossido d'azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ), l'ozono ( $\text{O}_3$ ), i clorofluorocarburi (CFC) e i loro sostituti (idroclofluorocarburi HCFC e idrofluorocarburi HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo ( $\text{SF}_6$ ). Tali molecole assorbono le radiazioni IR perché durante la fase del movimento vibrazionale possiedono una variazione di momento di dipolo. Il campo elettrico della radiazione entra in risonanza con il campo elettrico generato dal dipolo e si avrà assorbimento. Questi gas possiedono dunque bande di assorbimento di tipo vibrorotazionali che permettono di assorbire e successivamente emettere la radiazione infrarossa creando una sorta di filtro alla fuoriuscita della radiazione emessa dalla terra e dalla sua atmosfera.

Misure effettuate sull'aria racchiusa in campioni di ghiaccio prelevati da ghiacciai perenni indicano che la concentrazione atmosferica del biossido di carbonio nel periodo preindustriale era approssimativamente pari a  $280\ \text{ppm}$ ; entro il 2002 tale concentrazione era aumentata di circa un terzo raggiungendo il valore di  $373\ \text{ppm}$ . Gran parte del considerevole contributo dell'uomo all'aumento di  $\text{CO}_2$  è dovuto alla combustione dei combustibili fossili, soprattutto carbone, petrolio e gas naturale. Mediamente ogni persona è responsabile dell'emissione annua di circa  $5$  tonnellate di  $\text{CO}_2$  proveniente dai combustibili fossili ma esiste una notevole variabilità nell'emissione pro-capite nei diversi paesi industrializzati. Parte delle emissioni sono dirette, per esempio quelle contenute nei gas di scarico delle automobili e negli scarichi degli impianti di riscaldamento domestico. Le restanti emissioni sono indirette e accompagnano le attività di produzione e raffinazione del petrolio. Una quantità di  $\text{CO}_2$  raggiunge inoltre l'atmosfera in seguito alla deforestazione realizzata mediante incendi per ottenere nuovi terreni agricoli.

La molecola di biossido di carbonio non viene decomposta né chimicamente, né fotochimicamente. In media, entro pochi anni dalla sua immissione nell'aria, una molecola di  $\text{CO}_2$  finisce per sciogliersi in acque superficiali o essere assorbita da una pianta in crescita. Tuttavia molte di queste molecole vengono nuovamente immesse nell'aria, cosicché l'eliminazione è solo temporanea. L'unico pozzo permanente per le molecole di  $\text{CO}_2$  è la deposizione nelle profondità delle acque e la precipitazione come carbonati, ma sono necessarie centinaia di anni perché la  $\text{CO}_2$  penetri nelle profondità degli oceani; di conseguenza sebbene gli oceani finiscano per sciogliere la maggior parte dell'aumentata produzione di  $\text{CO}_2$  presente nell'aria, la scala temporale di questo pozzo permanente è molto lunga, dell'ordine delle centinaia d'anni. L'effettiva vita media delle molecole di  $\text{CO}_2$  deve essere considerata lunga, dell'ordine di molti decenni o anche secoli.

Il riscaldamento globale, determinato dall'aumento di  $\text{CO}_2$ , porta inoltre ad un aumento della concentrazione del vapore acqueo. Le molecole d'acqua assorbono le radiazioni dell'IR termico in conseguenza della vibrazione da flessione del legame  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ ; il riscaldamento globale per effetto dell' $\text{H}_2\text{O}$  è di dimensioni confrontabili a quello dell'anidride carbonica; tale comportamento dell'acqua è un fenomeno noto come feedback positivo.

Subito dopo il biossido di carbonio e l'acqua, il metano è il terzo in ordine di importanza tra i gas responsabili dell'effetto serra. Le fonti significativamente importanti di metano atmosferico sono: le zone umide naturali, i combustibili fossili, le discariche di rifiuti, gli animali ruminanti, la combustione di

biomasse. Al contrario però del lungo periodo di permanenza nell'atmosfera delle emissioni di CO<sub>2</sub>, le molecole di metano nell'aria hanno un tempo di vita di solo un decennio circa.

Il protossido d'azoto è un gas serra molto potente e con un tempo di permanenza in atmosfera piuttosto elevata ma con una bassa concentrazione; le principali fonti antropiche di emissione derivano dai fertilizzanti azotati usati in agricoltura e in alcune produzioni industriali.

CFC, HFC, CF<sub>4</sub> sono dei composti a base di carbonio che contengono fluoro, cloro, iodio e bromo. Con il protocollo di Montreal del 1987 è stato vietato l'uso di una serie di sostanze responsabili del buco dell'ozono tra le quali i clorofluorocarburi e quindi si è arrivati ad una diminuzione della loro concentrazione ma anche i prodotti sostitutivi ( HFC e CF<sub>4</sub>) sono potenti gas serra.

L'aumento di temperatura e i valori al di sopra dei limiti delle concentrazioni di biossido d'azoto e monossido di carbonio portano alla conclusione che le azioni attuate a livello generale e locale per contenere gli inquinanti ( miglioramento della qualità dei combustibili, diminuzione del tenore di benzene, introduzione del controllo dei gas di scarico tra le prove di revisione dei veicoli, obbligo della revisione biennale dei veicoli, limitazione del traffico in alcune strade, bollino blu per le macchine con conseguente controllo obbligatorio dei gas di scarico) devono essere migliorate e rafforzate al fine di migliorare ancor più la qualità dell'aria.

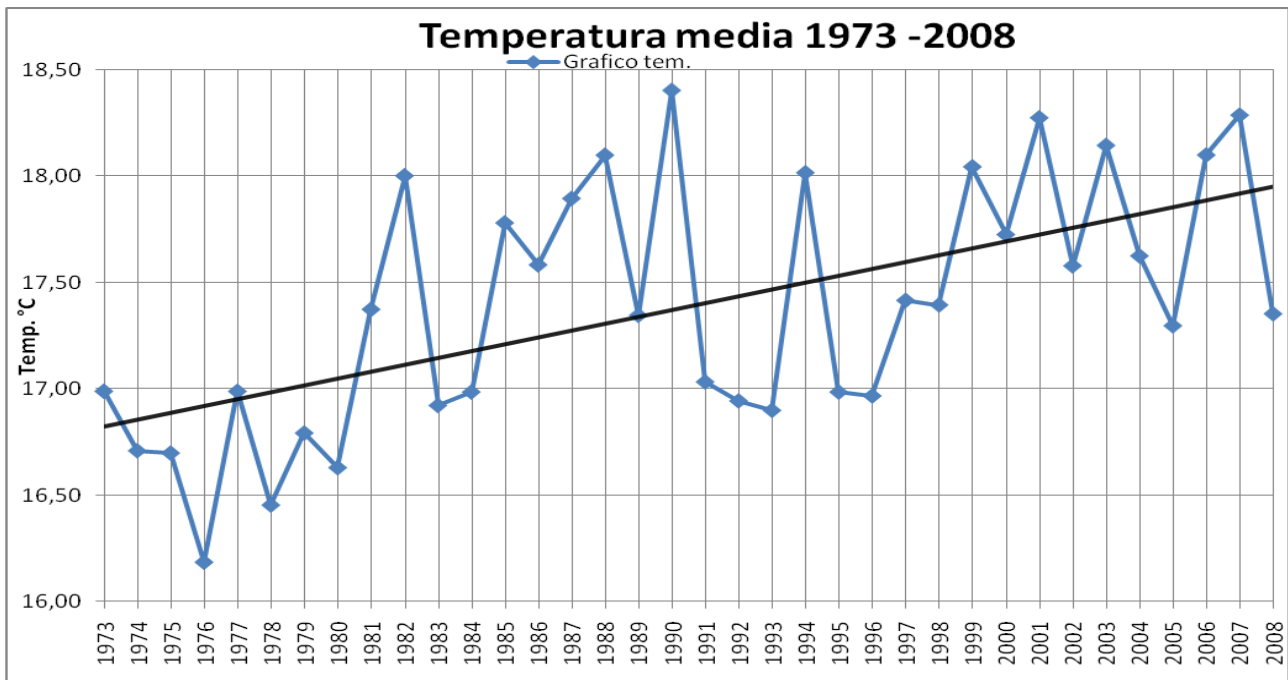
### **Variazioni climatiche nella città di Catania**

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria attualmente in funzionamento nel Comune di Catania è composta da 17 centraline fisse distribuite sul territorio comunale in modo tale da poter coprire sia le aree più esposte all'inquinamento atmosferico che quelle meno esposte. Le stazioni sono collegate via modem e linee telefoniche ad un centro di elaborazione dati che incamera e memorizza le informazioni. La rete di monitoraggio e' stata attivata nella primavera del 1993; oggi dispone di una banca dati contenente oltre 5.000.000 di valori validati delle concentrazioni medie orarie, riferiti alle sostanze: Monossido di Carbonio CO, Ozono O<sub>3</sub>, Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>, Anidride Solforosa SO<sub>2</sub>, Polveri Sospese PS, metano CH<sub>4</sub>, idrocarburi non metanici, benzene – toluene e xilene, PM<sub>10</sub>; ai quali vanno aggiunti oltre 100.000 dati di parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, piovosità temperatura al suolo, umidità) rilevati da due stazioni. Le centraline di monitoraggio aria sono dei veri e propri laboratori. Il biossido di zolfo viene misurato in continuo attraverso un analizzatore basato sul principio della misura dell'intensità della radiazione emessa per **fluorescenza** dalle molecole di SO<sub>2</sub> quando vengono eccitate con radiazioni UV. Uno spettrofotometro IR misura il monossido di carbonio mentre uno spettrofotometro UV misura la concentrazione dell'ozono. Un gas-cromatografo misura benzene, toluene e xilene.

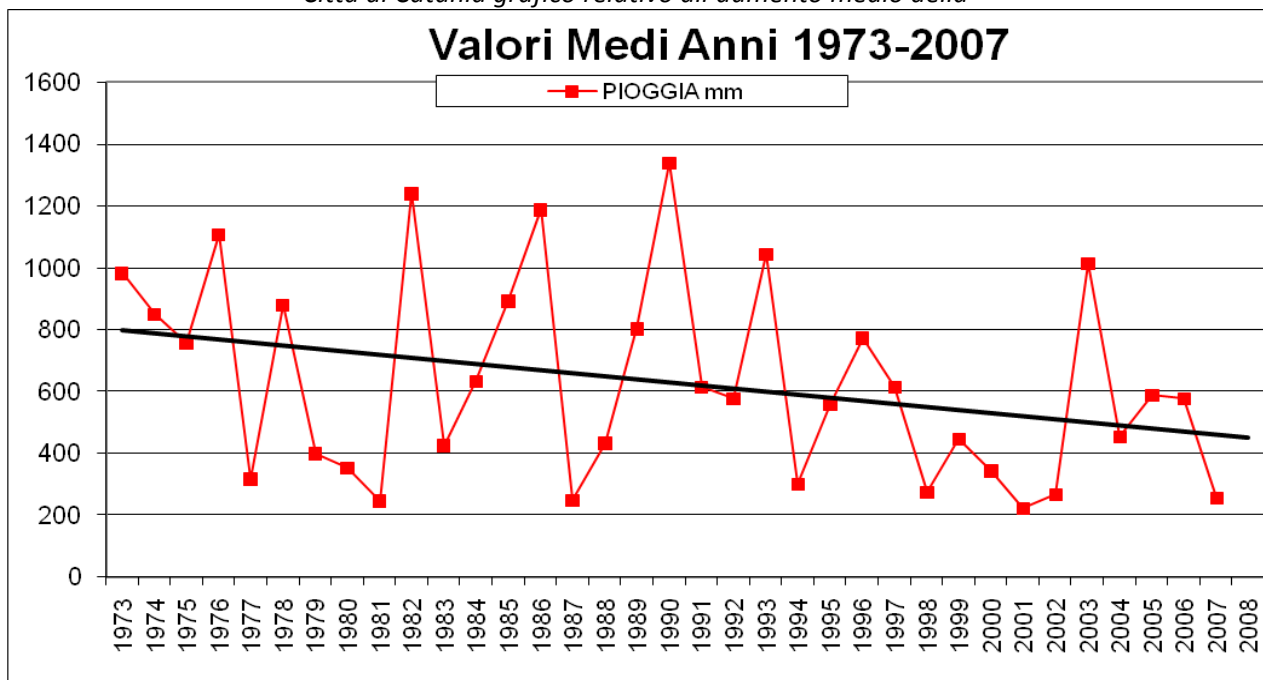
Gli NO<sub>x</sub> vengono rilevati per chemiluminescenza mentre le polveri sospese con il metodo gravimetrico.

Oggi alcune centraline misurano il materiale particolato sospeso PTS tramite assorbimento di radiazioni beta. I metalli pesanti ( piombo, cadmio e nichel ) vengono misurati attraverso campionamento delle polveri totali sospese con il metodo gravimetrico e successivamente vengono rilevati mediante la tecnica dell'assorbimento atomico con sistema di atomizzazione con fornetto di grafite. Dall'analisi dei dati di immissione rilevati e dall'analisi delle stime delle emissioni, è possibile concludere come a Catania la principale fonte di inquinamento sia il traffico veicolare. Il contributo delle sorgenti inquinanti di tipo fisso (riscaldamento domestico e insediamenti produttivi), grazie alla ottima posizione della città che risente della brezza marina e grazie al clima mite e ventilato ed alle poche industrie, può ritenersi sostanzialmente trascurabile rispetto alle emissioni generate dal traffico veicolare. In città sostanzialmente risultano quasi assenti la SO<sub>2</sub> e il piombo grazie agli interventi fatti sulla qualità del carburante; anche per il benzene e il monossido di carbonio vengono rispettati i limiti di legge grazie alla catalizzazione del parco veicoli; qualche superamento si osserva per l'inquinante secondario biossido d'azoto che deriva dalla conversione che avviene in atmosfera del monossido d'azoto suo precursore. Il monossido d'azoto è il prodotto primario che si ottiene dalla reazione tra ossigeno e azoto ad alte temperature. I catalizzatori delle macchine non hanno permesso la riduzione di tale inquinante che è presente quindi necessariamente nell'atmosfera. Per quanto riguarda i valori di PM<sub>10</sub>, questi rimangono entro i limiti anche se spesso a Catania si verificano intrusioni di sabbia Sahariana che incide in modo rilevante sulle polveri totali sospese e sul particolato; ancora più problematica diventa poi la situazione nelle centraline quando interviene la cenere vulcanica dell'Etna. I livelli di attenzione e di allarme non vengono superati nel caso delle concentrazioni orarie di ozono. Da uno studio effettuato negli ultimi 35 anni si è osservato inoltre a Catania un aumento medio di temperatura di circa 2°C confermando così come l'immissione nell'atmosfera di biossido di carbonio e di altri gas serra

quali metano e protossido d'azoto ( N<sub>2</sub>O), hanno modificato la composizione chimica dell'atmosfera che si è arricchita, sia pur lentamente ma con continuità, di quei composti, *gas serra*, in grado di intrappolare maggiore energia nel pianeta.



Città di Catania grafico relativo all'aumento medio della



Città di Catania grafico relativo alla diminuzione media della pioggia

### Aumento di temperatura e processo di desertificazione in Sicilia

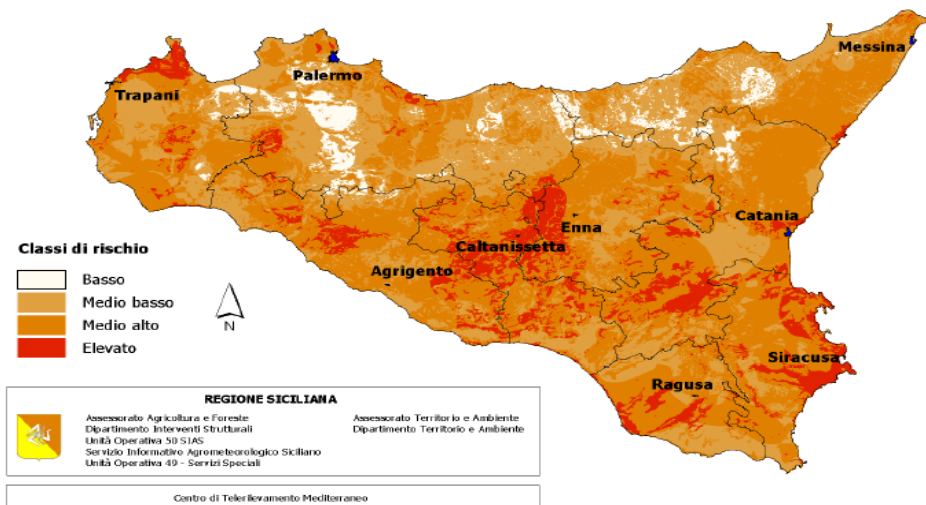
L'aumento di temperatura ha avviato già il processo di desertificazione in Sicilia.

Più alte temperature causate dall'effetto serra, causano una maggiore evaporazione, per cui i suoli tenderanno negli anni a seccarsi più rapidamente. Maggiore quantità di acqua disponibile nell'atmosfera significa anche più precipitazioni; tutto ciò significa che le precipitazioni (anche se in quantità maggiori) saranno concentrate in pochi eventi di maggiore intensità

Le variazioni climatiche hanno determinato un incremento del rischio di desertificazione su 6.617 km<sup>2</sup> del territorio della regione. Naturalmente la variazione del clima non limita i suoi effetti alle zone "secche" ma coinvolge anche le zone ancora attualmente classificate "umide".

Utilizzando alcuni degli indicatori più importanti: indice di aridità, indice di siccità, indice di perdita di suolo (aggressività delle precipitazioni, copertura vegetale, erodibilità dei suoli, pendenza) è stata elaborata una “Carta delle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sicilia”.

Carta delle aree vulnerabili alla desertificazione



I dati degli ultimi anni dimostrano chiaramente come in Sicilia, nel corso dell'ultimo ottantennio si sia assistito ad una netta riduzione delle quantità di precipitazioni totali annue.

Questo oltre a provocare disastri, molto spesso anche a causa del delicato equilibrio geologico del nostro territorio, avrà un'azione desertificante sul territorio, in quanto l'effetto del ruscellamento dell'acqua in superficie, impoverisce il suolo delle sostanze organiche.

Una recente analisi del SIAS, condotta su numerose stazioni ma su un periodo breve (dal 1921 al 2004) illustra chiaramente come in Sicilia, nel corso dell'ultimo ottantennio si sia assistito ad una netta riduzione delle quantità di precipitazioni totali annue

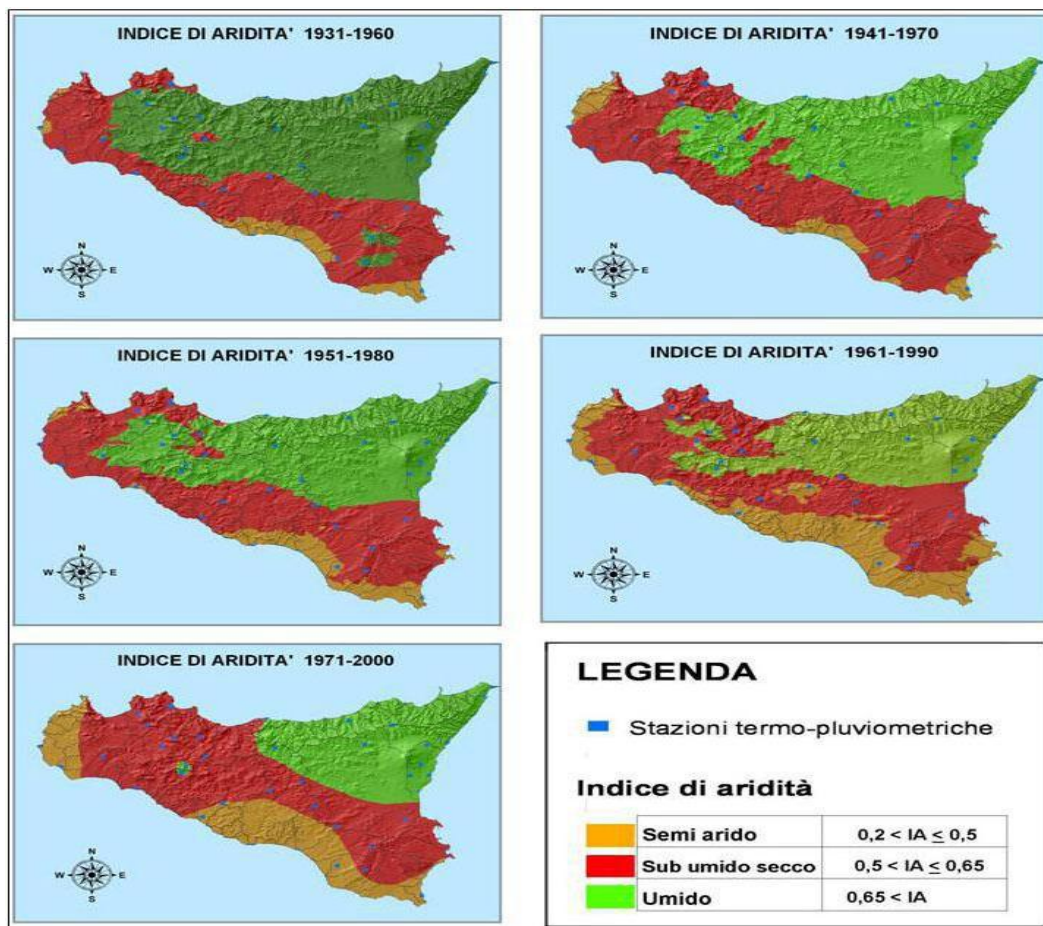
Ma ciò che spesso non si comprende bene è il danno che potrà venire dall'eventuale, maggiore frequenza ed intensità degli eventi pluviometrici estremi. I fenomeni intensi di precipitazione sono proprio una delle più importanti cause di desertificazione, e poco giova sapere che essi innalzeranno, per quell'anno in cui si sono verificati, i valori delle precipitazioni totali fino ai livelli teoricamente ottimali per la vita e per l'agricoltura.

Va infine evidenziato che anche la salinizzazione dei suoli, si aggraverebbe se si andasse incontro, come ormai appare sempre più evidente, ai fenomeni di *global change*. L'incremento degli indici di aridità e di siccità porterebbe infatti ad un maggiore fabbisogno di acqua irrigua per le coltivazioni: se le quantità di acqua disponibili tenderanno a decrescere è verosimile che essa, in alcune zone, potrebbe progressivamente concentrarsi in sali. Così, se ad esempio si continuerà a prelevare acqua in eccesso dalle falde in prossimità delle coste è possibile attendersi una sempre più frequente intrusione di acqua marina verso le stesse falde, con un conseguente innalzamento del loro contenuto salino.

### L'indice di aridità e valutazione del rischio di desertificazione in Sicilia

L'indice di aridità (IA) è ottenuto dalla media di lungo periodo (almeno trentennale) del rapporto calcolato su base mensile fra le precipitazioni e la perdita potenziale per evapotraspirazione ( $IA = P / ETP$ ).

La distribuzione dell' IA riflette la distribuzione delle precipitazioni e delle temperature sul territorio regionale.



L'indicatore di stato climatico rappresentato dall'indice di aridità permette di individuare le aree maggiormente vulnerabili alla desertificazione e la loro evoluzione nel tempo. Dal 1931-1960 al 1971-2000 le zone semi-aride sono aumentate notevolmente con un incremento della superficie di oltre tre volte. Le zone sub umide-secche sono aumentate con un incremento del 20% e le zone umide sono diminuite con un decremento del 46%.

L'erosione, la salinizzazione, la riduzione della sostanza organica nel suolo ed il sovrasfruttamento delle risorse idriche sono le cause principali del processo di desertificazione in Sicilia; l'agricoltura costituisce, paradossalmente, al tempo stesso causa e rimedio ai problemi della desertificazione poiché ancora oggi nell'isola rappresenta il principale utilizzo del territorio. L'abbandono delle zone marginali collinari e la concentrazione delle attività agricole nelle zone di pianura ha contribuito ad innescare processi di erosione nelle zone abbandonate e di degrado del suolo e nelle zone sottoposte ad uno sfruttamento intensivo. Rispetto a tali scenari è doveroso per tutti, intraprendere azioni e misure di contrasto, tendenti a mitigare i fenomeni di desertificazione. Tra le misure più importanti, che dovrebbero interessare le comunità tecnico-scientifiche e socio-politiche, si possono citare brevemente:

- Riequilibrio e riqualificazione di eco-sistemi e riserve naturali;
- Conservazione della sostanza organica, ad esempio attraverso iniziative che prevedano il reimpiego agricolo razionale dei residui colturali, l'impiego di fertilizzanti ad alto contenuto di sostanza organica, il riuso agricolo sicuro della componente organica dei rifiuti solidi urbani;
- Adozione di tecniche agronomiche che prevedano la diffusione di sistemazioni idraulico-agrarie e tecniche di lavorazione dei terreni a basso impatto erosivo;
- Adozione di sistemi di allevamento che prevedano razionali carichi di pascolamento;
- Prevenzione e repressione del fenomeno degli incendi a carico della vegetazione;
- Uso razionale delle risorse idriche;
- Uso attento delle risorse territoriali, soprattutto quelle destinate alle opere di urbanizzazione;
- Iniziative internazionali che mirino ad una significativa limitazione delle emissioni di gas-serra.
- Gestione agro-forestale eco-compatibile;

- Recupero e valorizzazione delle zone interne mediante la gestione integrata del territorio (agricoltura, industria, ambiente, aree urbane, ecc.);
- Turismo sostenibile.

Per frenare il processo di degrado ambientale è necessario sviluppare una sensibilità ecologica che ripristini una relazione armonica tra uomo e ambiente, anche attraverso il recupero di conoscenze e tecniche tradizionali preferendo l'acquisto di prodotti che sono stati realizzati utilizzando sistemi di gestione ambientali sostenibili.

**Docenti:**

Prof.ssa Percolla Angela,  
Prof. Consoli Salvatore,  
Prof.ssa Palermo Maria