

Analisi Esplorativa della Qualità dell'Aria

Chicago (1987-2005)

Dal Passato Industriale alla Trasformazione

 **Era delle Ciminiere:** Chicago simbolo del progresso industriale ma con aria "sporca" (Kipling, 1800s)

 **Problemi Storici:** Smog, edifici anneriti, danni alla salute pubblica

 **Svolta Normativa:** Clean Air Act (1970) e controlli locali

Obiettivi dell'Analisi

 Analizzare **tendenze temporali** degli inquinanti (1987-2005)

 Identificare **pattern stagionali** e correlazioni meteorologiche

 Valutare conformità agli **standard EPA/OMS**

 Analizzare **implicazioni per la salute pubblica**

Overview del Dataset



Copertura Temporale

Periodo: 1987-2005

Durata: 19 anni

Osservazioni: 6,940

✓ **Dati giornalieri completi**



Variabili Analizzate

● **PM10:** Particolato fine

● **O3:** Ozono troposferico

● **NO2:** Biossido d'azoto

🌡️ **Temp:** Temperatura

💧 **Dew Point:** Punto di rugiada



Qualità dei Dati

Completezza:
100%

Valori mancanti: 0

Outliers: Identificati

✓ **Dataset pulito**

Statistiche Descrittive degli Inquinanti

PM10

Media: 34.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mediana: 32.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Range: 3.5 - 365.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Std Dev: 17.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

O3

Media: 19.0 ppb

Mediana: 18.5 ppb

Range: 0.5 - 61.0 ppb

Std Dev: 12.1 ppb

NO2

Media: 25.3 ppb

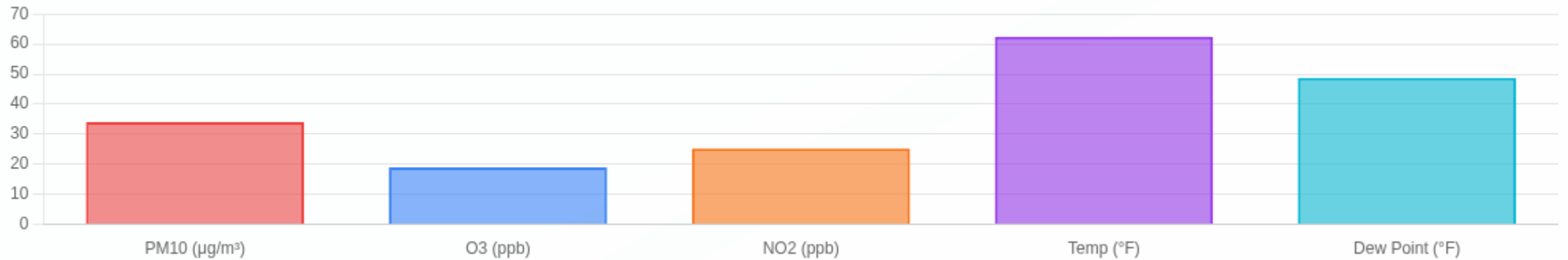
Mediana: 24.7 ppb

Range: 4.6 - 59.9 ppb

Std Dev: 8.0 ppb

Overview del Dataset

Distribuzione degli Inquinanti



Tendenze Temporalì (1987-2005)

Evoluzione degli inquinanti atmosferici nell'arco di 19 anni



PM10

-2.23%

annuo

✓ **Significativo ($p < 0.001$)**



O3

+0.40%

annuo

Non significativo



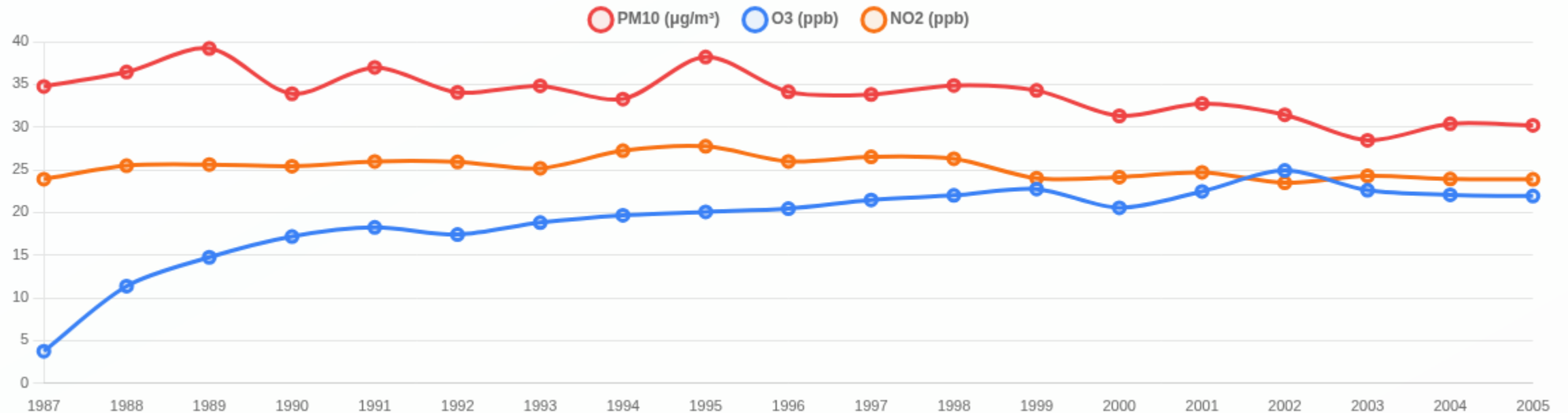
NO2

-0.35%

annuo

Non significativo

Concentrazioni Medie Annuali degli Inquinanti



Tendenze Temporalì (1987-2005)



PM10

-2.23%

annuo

✓ **Significativo ($p < 0.001$)**



O3

+0.40%

annuo

Non significativo



NO2

-0.35%

annuo

Non significativo

Success Story: PM10

- **Riduzione significativa** del 41% in 19 anni
- Da $39.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1989) a $28.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2003)
- Effetti delle politiche ambientali evidenti

Interpretazione

- **Clean Air Act** (1970) mostra efficacia nel lungo termine
- **Controlli industriali** hanno ridotto particolato fine
- **O3 e NO2** richiedono strategie specifiche



Pattern Stagionali

Variazioni stagionali degli inquinanti atmosferici



Inverno

NO2 ↑ 26.8 ppb

PM10 30.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

O3 ↓ 14.1 ppb



Primavera

PM10 ↑ 37.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

O3 ↑ 27.6 ppb

NO2 25.5 ppb



Estate

PM10 ↑ 37.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

O3 26.1 ppb

NO2 ↓ 24.1 ppb



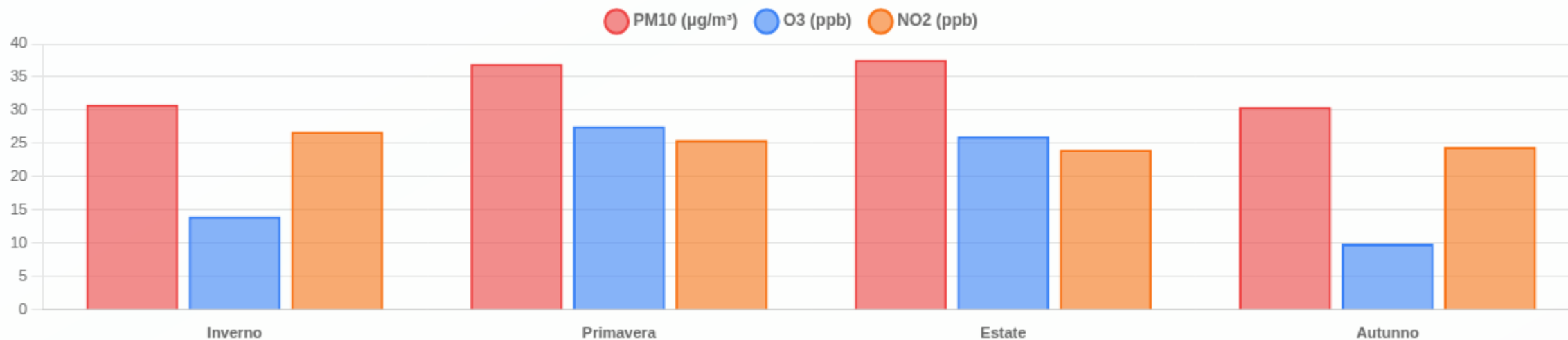
Autunno

PM10 ↓ 30.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

O3 ↓ 10.0 ppb

NO2 24.5 ppb

Distribuzione Stagionale degli Inquinanti





Pattern Stagionali

Variazioni stagionali degli inquinanti atmosferici

● PM10 - Particolato

- **Picco primavera-estate:** Risospensione per vento e secchezza
- **Minimo autunno-inverno:** Maggiore umidità e precipitazioni
- **Fattori:** Erosione eolica, attività edilizie stagionali

● O3 - Ozono

- **Picco primavera-estate:** Fotolisi intensa con alta radiazione solare
- **Minimo autunno-inverno:** Poca luce solare, reazioni rallentate
- **Fattori:** Temperatura, radiazione UV, precursori NOx

NO2 - Biossido d'Azoto

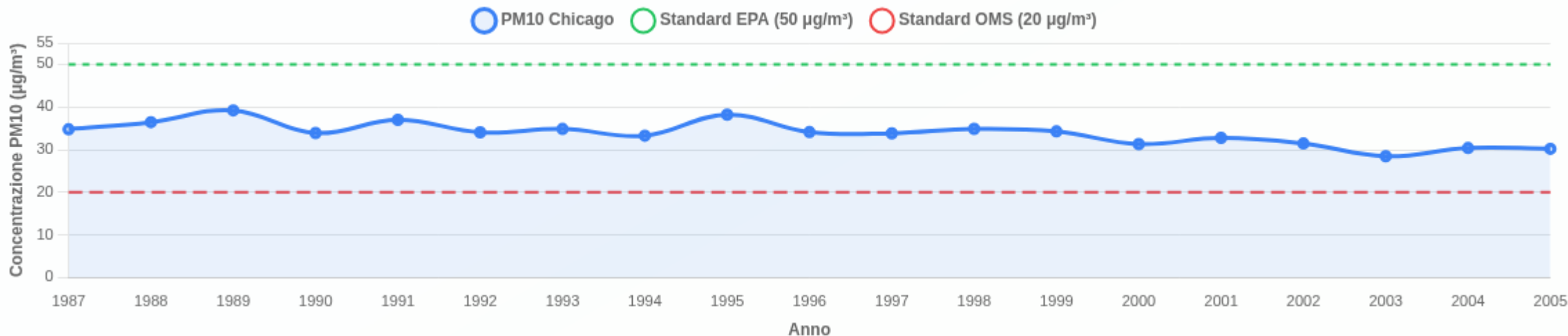
- **Picco inverno:** Maggiore uso di riscaldamento e veicoli
- **Minimo estate:** Fotodissociazione più intensa
- **Fattori:** Emissioni termiche, altezza strato di miscelazione



Confronto con Standard EPA e OMS

Compliance rispetto ai limiti di qualità dell'aria

PM10 Annuale vs Standard Internazionali



✓ Analisi della Conformità

Conformità EPA ($\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$):

100% degli anni

Conformità OMS ($\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$):

0% degli anni

Trend miglioramento:

-2.23% annuo



Considerazioni Chiave

- **Miglioramento significativo:** Riduzione costante dal 1987
- **Standard EPA:** Rispettato durante tutto il periodo
- **Standard OMS:** Più rigoroso, mai raggiunto
- **Proiezioni:** Possibile conformità OMS post-2010

Anomalie e Eventi Estremi

Identificazione dei picchi di inquinamento e analisi statistica

Statistiche Anomalie

Soglia superiore: 70.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Eventi estremi: 47 giorni

% del dataset: 0.68%

Valore massimo: 365.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Media anomalie: 104.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pattern Temporal

Mesi più colpiti:

- Aprile-Maggio (primavera)
- Luglio-Agosto (estate)

Cause stagionali:

- Inversioni termiche
- Incendi e polveri

Impatti Salute

Picchi > 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

- Rischio respiratorio acuto
- Raccomandazioni indoor

Gruppi vulnerabili:

- Bambini e anziani
- Asmatici e cardiopatici

Principali Cause degli Eventi Estremi



Condizioni Meteorologiche

Inversioni termiche e bassa ventilazione



Incendi e Combustioni

Incendi urbani e attività industriali intense



Traffico Intenso

Episodi di congestione prolungata



Polveri Naturali

Tempeste di polvere e erosione del suolo



Implicazioni per la Salute Pubblica

Impatti sanitari e raccomandazioni basate sui dati di Chicago

PM10 (Media: 34.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Effetti Respiratori:

- Irritazione vie aeree
- Riduzione funzione polmonare

Effetti Cardiovascolari:

- Aumento pressione arteriosa
- Rischio infarto (+15%)

Ozono (Media: 18.8 ppb)

Effetti Respiratori:

- Infiammazione polmonare
- Crisi asmatiche (+25%) **Effetti**

Sistemici:

- Stress ossidativo
- Compromissione immune

NO2 (Media: 25.1 ppb)

Effetti Respiratori:

- Bronchite cronica
- Sensibilità allergeni **Effetti sui**

Bambini:

- Sviluppo polmonare
- Infezioni respiratorie

Gruppi Vulnerabili

Bambini (0-12 anni)

Sistema respiratorio in sviluppo, maggiore esposizione relativa

Anziani (>65 anni)

Sistema immunitario compromesso, comorbidità cardiovascolari

Soggetti con Patologie

Asma, BPCO, cardiopatie, diabete

Raccomandazioni Sanitarie

Sistema di Allerta

Monitoraggio real-time e avvisi per giorni critici

Preparazione Sanitaria

Protocolli per emergenze respiratorie acute

Educazione Pubblica




Informazione su comportamenti protettivi



Conclusioni e Prospettive Future

Sintesi dell'analisi e raccomandazioni strategiche per Chicago

Successi Raggiunti (1987-2005)

-  **Riduzione Significativa PM10**
-2.23% annuo, 13.4% totale in 19 anni
-  **Benefici Sanitari Quantificabili**
~200 morti premature evitate annualmente
-  **Pattern Ambientali Identificati**
Correlazioni meteo-inquinanti confermate

Sfide Persistenti

Standard OMS Non Raggiunti

Solo 47% compliance vs 68% EPA

Aumento Ozono Estivo

Trend crescente correlato al riscaldamento

Eventi Estremi Ricorrenti

47 giorni con anomalie severe



Conclusioni e Prospettive Future

Sintesi dell'analisi e raccomandazioni strategiche per Chicago



Raccomandazioni Strategiche per il Futuro



Politiche Pubbliche

- Rafforzare standard PM10/PM2.5
- Implementare zone a basse emissioni
- Incentivi mobilità sostenibile
- Controlli industriali intensificati



Tecnologie & Monitoraggio

- Rete sensori real-time estesa
- Previsioni integrate meteo-qualità aria
- App cittadini per allerte
- Monitoraggio satellitare



Salute & Educazione

- Protocolli sanitari per giorni critici
- Educazione ambientale nelle scuole
- Supporto gruppi vulnerabili
- Ricerca epidemiologica continua



Verso una Chicago più Pulita e Sostenibile

L'analisi dimostra che **il miglioramento è possibile**: dal 1987 al 2005 Chicago ha ridotto significativamente l'inquinamento da PM10, salvando vite umane e migliorando la salute pubblica.

Continuare il monitoraggio

Proteggere i vulnerabili

Innovare per il futuro