



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO**

Case Study

Gruppo G24 - MINSK

Anno Accademico 2020/2021

- ***Alessandro Belotti*** 1066721
- ***Matteo Vedovati*** 1064586

Introduzione

In questo report vogliamo descrivere lo studio che abbiamo svolto riguardo la relazione tra il Pm10 in funzione di condizioni atmosferiche e altri fattori inquinanti.

Questo particolato, di diametro inferiore o uguale ai 10 μm , è dannoso per la salute umana ed è considerato uno dei principali indicatori della qualità dell'aria. Inoltre è caratterizzato da tempi lunghi di permanenza in atmosfera, può essere trasportato anche a grande distanza dal punto di emissione ed ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile in funzione delle caratteristiche del territorio, della presenza di industrie, dei combustibili utilizzati, del clima e di tutti quei fattori che ne determinano la formazione.

Il nostro gruppo ha lavorato con i dati relativi alla stazione Arpa di **Moggio e di Bergamo**, che hanno evidenziato alcune interessanti relazioni e differenze legate soprattutto ai vari aspetti che caratterizzano le due stazioni. In particolare, la stazione di Moggio è situata in un piccolo paesino di montagna ad un'altitudine di circa 1000 m, e quindi, in una situazione sostanzialmente differente da quella di Bergamo, situata in via Meucci, dove il traffico e gli altri fattori inquinanti prodotti dall'uomo hanno un'impronta di carattere decisamente differente.

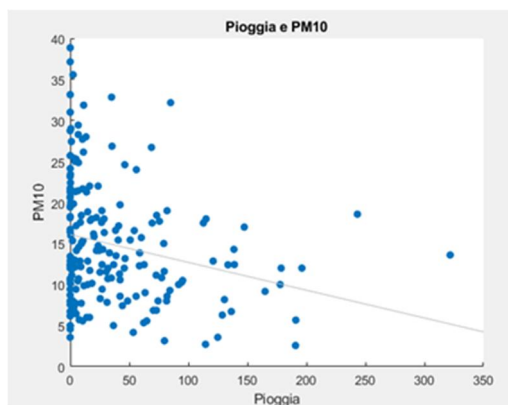
Descrizione

ANALISI DEI DATI

Attraverso l'utilizzo di grafici vogliamo descrivere l'andamento del Pm10 in funzione degli altri fattori inquinanti e ambientali.

I grafici scatter ottenuti per Moggio hanno evidenziato una generale dispersione delle rilevazioni. In particolare i livelli di PM10 si mantengono sostanzialmente bassi (inferiori ai 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Abbiamo voluto mettere in evidenza la relazione tra:

- Pm10 e Temperatura: il PM10 relazionato alla temperatura ha un andamento crescente.
- Pm10 e O3: il Pm10 relazionato all'ozono ha un andamento crescente.
- Pm10 e Pioggia: questo grafico ha un andamento decrescente e mostra che se i livelli di pioggia sono prossimi a zero la concentrazione di PM10 aumentano.

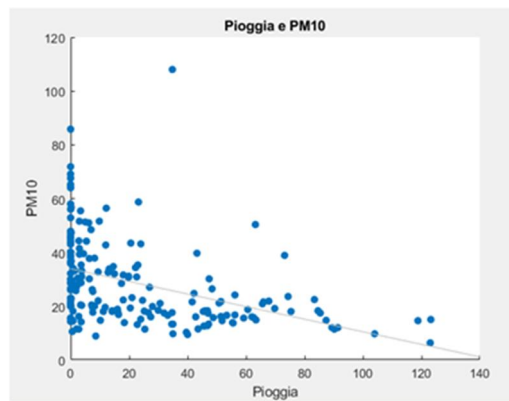


- Pm10 e Umidità: la pendenza di questo grafico è prossima allo zero
- Pm10 e NOx: i livelli di NOx sono per la maggior parte compresi fra 0 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il Pm10 aumenta all'aumentare di questo inquinante.

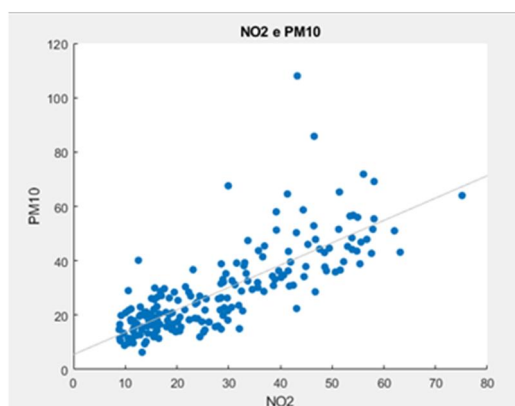
- Pm10 e NO2: il Pm10 relazionato all' NO2 ha un andamento crescente.

I **grafici scatter ottenuti per Bergamo** hanno messo in evidenza una generale concentrazione dei dati, più forte per quanto riguarda i fattori inquinanti (NO2, NOx e O3). Le relazioni evidenziate sono:

- Pm10 e Temperatura: il Pm10 relazionato alla temperatura ha un andamento decrescente, con un diminuire generale di tutte le rilevazioni di PM10 all'aumentare della temperatura (i punti dello scatter sono più vicini).
- Pm10 e O3: all'aumentare del Pm10 diminuisce la concentrazione di O3.
- Pm10 e Pioggia: questo grafico ha un andamento decrescente e mostra che se i livelli di pioggia sono prossimi a zero la concentrazione di PM10 aumentano.



- Pm10 e Umidità: la pendenza di questo grafico è prossima allo zero
- Pm10 e NOx: fra loro esiste una relazione crescente, i livelli di NOx si mantengono per lo più fra 0 e 60 $\mu g/m^3$. La retta di regressione è una buona approssimazione in quanto i punti sono molto ravvicinati intorno ad essa.
- Pm10 e NO2: fra loro esiste una relazione crescente, la retta di regressione è una buona approssimazione in quanto i punti sono molto ravvicinati intorno ad essa.



RICERCA DEL MODELLO MIGLIORE

Partendo dai dati di Moggio abbiamo investigato il modello di regressione multipla migliore partendo da un modello completo, contenente cioè tutti i dati a nostra disposizione, e provando a togliere man mano le variabili che avevano una significatività bassa, cercando

quindi di trovare un modello con forte significatività tra tutti i dati tenendo il più alto possibile il coefficiente di determinazione.

Trovato un modello buono abbiamo poi deciso di utilizzare la funzione stepwise per avere un modello migliore di quello trovato manualmente, ottenendo il **modello 4**, che abbiamo poi scelto per descrivere la concentrazione di PM10 nell'aria per la stazione di Moggio.

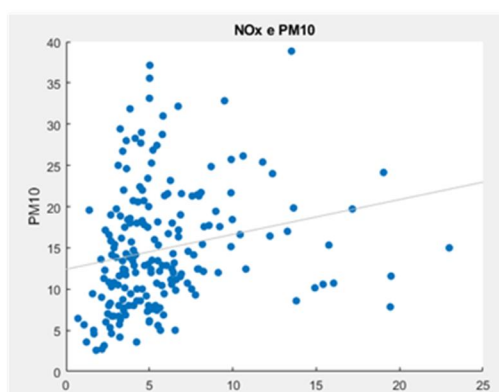
Per quanto riguarda i dati di Bergamo abbiamo utilizzato un approccio abbastanza simile, partendo sempre da un modello completo e tentando di togliere man mano variabili con una significatività medio-bassa, cercando sempre quindi di trovare un modello con forte significatività tra tutti i dati tenendo il più alto possibile il coefficiente di determinazione. Così facendo abbiamo ottenuto il **modello 3**, scelto poi per descrivere la concentrazione di Pm10 nell'aria per la stazione di Bergamo.

Risultati e commenti

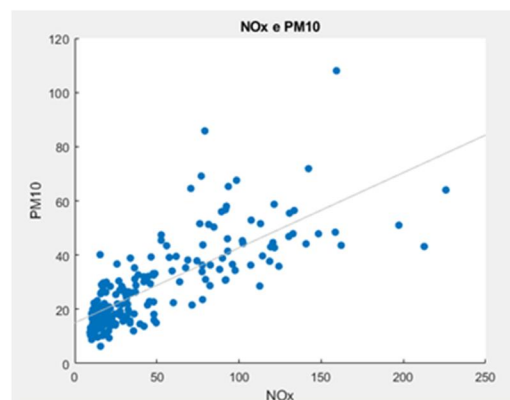
CONFRONTO FRA I DATI

Dai grafici scatter di Moggio e Bergamo sono evidenti alcune fondamentali relazioni:

- Per quanto riguarda la pioggia e l'umidità, questi influiscono allo stesso modo sia a Bergamo che a Moggio
- Il Pm10 aumenta all'aumentare di NOx e NO2 sia a Bergamo che a Moggio, un'importante ma ovvia osservazione è che a Bergamo questi inquinanti sono maggiori rispetto che a Moggio (l'intervallo di esistenza dei dati è molto più ampio nei due grafici di Bergamo rispetto che a Moggio). Questa osservazione è dovuta alla collocazione geografica di Moggio, che per la sua altitudine e per la scarsa presenza di industrie e traffico gli permette di avere in generale una migliore qualità dell'aria.

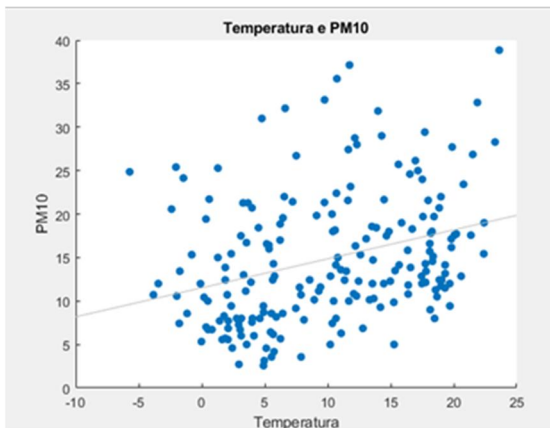


Moggio

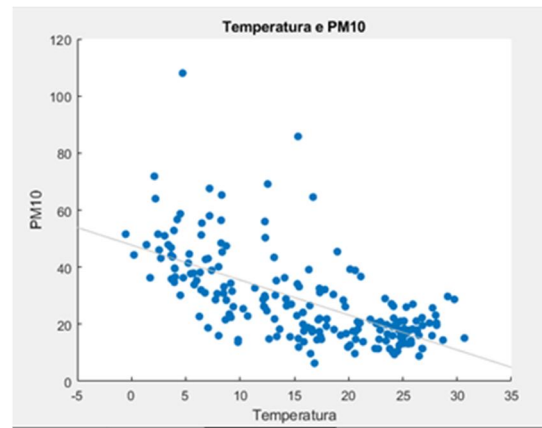


Bergamo

- I grafici di Moggio presentano una maggiore dispersione dei dati, questo è coerente con quanto trovato dai modelli, il coefficiente R^2 di adattamento dei dati è infatti minore per Moggio.
- Temperatura e Pm10 per Bergamo e Moggio hanno pendenza opposta, ci si aspetta che all'aumentare della temperatura (in Estate) i livelli di Pm10 diminuiscono ovunque, anche a Moggio.

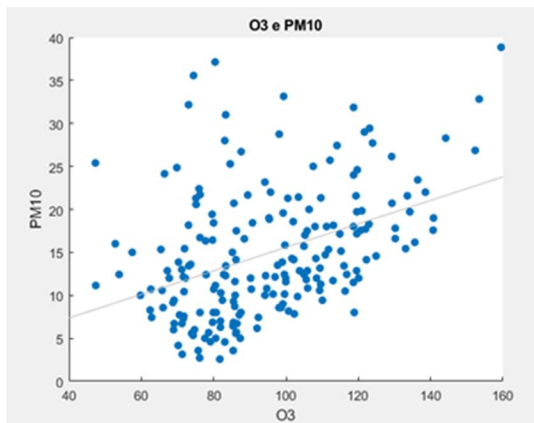


Moggio

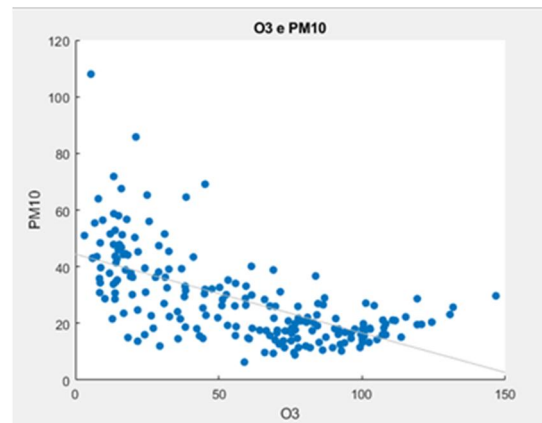


Bergamo

- Ozono e Pm10 per Bergamo e Moggio hanno pendenza opposta. Questo inquinante diminuisce all'aumentare di NO₂ e NO_x, infatti le concentrazioni di Ozono più elevate si registrano normalmente nelle zone distanti dai centri abitati ove minore è la presenza di sostanze inquinanti con le quali, a causa del suo elevato potere ossidante, può reagire. Sapendo questo ci si aspetterebbe che i livelli di ozono diminuiscono all'aumentare del Pm10 anche a Moggio come per Bergamo.



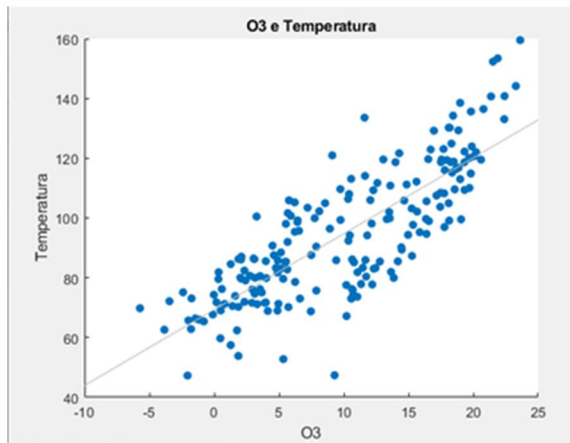
Moggio



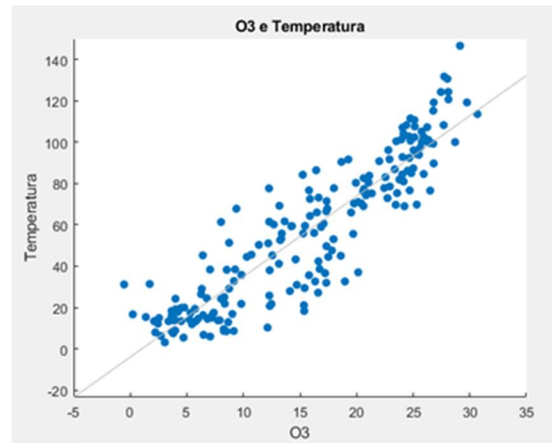
Bergamo

Questi ultimi due risultati possono essere commentati tenendo presente che a Moggio il fattore inquinamento è veramente debole, la sua **posizione geografica** gli permette di avere una qualità dell'aria migliore a prescindere dalla stagione dell'anno (e quindi dalla temperatura). Non è affatto detto che d'inverno (basse temperature) a Moggio ci siano maggiori concentrazioni di Pm10 (è un piccolo comune, gli effetti dovuti al riscaldamento domestico sono poco influenti).

Per quanto riguarda l'ozono, essendoci in linea generale pochi fattori inquinanti a Moggio rispetto che a Bergamo, l'ozono è maggiormente influenzato da fattori ambientali come la temperatura. Infatti dal seguente grafico si vede che l'andamento dell'ozono in relazione alla temperatura è concorde con quello di Bergamo e i grafici delle due stazioni sono molto simili.



Moggio



Bergamo

ANALISI DEI MODELLI SCELTI

Il modello scelto per **Moggio**, trovato tramite la stepwise, contenente i dati di pioggia, umidità, NO₂ e O₃ ha una significatività molto alta.

Infatti il p-value tende a zero ($p\text{-value} = 1.3 \cdot 10^{-13}$) e ha un adattamento $R^2 = 0.276$, valore basso ma prevedibile data l'alta dispersione delle rivelazioni. L'analisi dei residui mostra una media degli errori molto prossima allo zero, ciò conferma la validità del modello scelto.

Per quanto riguarda **Bergamo** invece il modello scelto contiene i dati di pioggia e NO₂.

Questo ha una significatività molto alta, il p-value tendente a zero ($p\text{-value} = 1.54 \cdot 10^{-45}$) e ha un adattamento $R^2 = 0.651$ cioè il 65% del Pm₁₀ dipende dalle variabili scelte (pioggia e NO₂).

L'analisi dei residui svolta conferma che anche per Bergamo è stato scelto un buon modello (la media degli errori è vicina a zero).

CONFRONTO FRA I MODELLI

Riproponendo il modello di Moggio per la città di Bergamo otteniamo valori parecchio differenti da quelli trovati nel primo comune. Ad esempio l'indice adattamento (R^2) del modello per Bergamo è maggiore di quello per Moggio.

Questo migliore adattamento è dovuto alla maggiore compattezza dei dati della città di Bergamo, la quale presenta forte dipendenza tra Pm₁₀ e i fattori climatici e l'andamento di tutti i fattori atmosferici (temperatura, pioggia e umidità).

Moggio al contrario ha dati molto dispersi fra loro, questo a causa della sua posizione geografica. Ciò non ci permette di determinare un legame così forte tra Pm₁₀ e gli altri inquinanti/fattori atmosferici.

Per quanto riguarda le significatività singole, nel modello per la stazione di Moggio queste sono tutte significative, poiché è il modello scelto, mentre per la stazione di Bergamo umidità è poco significativa mentre l'O₃ non è significativo.

Anche le stime dei coefficienti sono concordi per entrambi le stazioni. In particolare sono concordi anche le stime dell'O₃ nelle due rispettive stazioni, in contrasto con quanto visto in

precedenza nei grafici. Questo andamento spiega quindi la poca significatività dell'O3 nel modello applicato alla stazione di Bergamo.

I coefficienti di correlazione (ρ) sono tutti concordi in segno tra i modelli tranne l'ozono, che è positivo per Moggio, mentre è negativo per Bergamo.

in linea di massima quelli della stazione di Bergamo sono in modulo maggiori di quelli di Moggio come previsto.