



# Studio degli impatti sulla qualità dell'aria del sistema di teleriscaldamento di Torino



Prof. M.C. Zanetti  
Prof. D. Panepinto  
Dott. Ing. M. Ravina



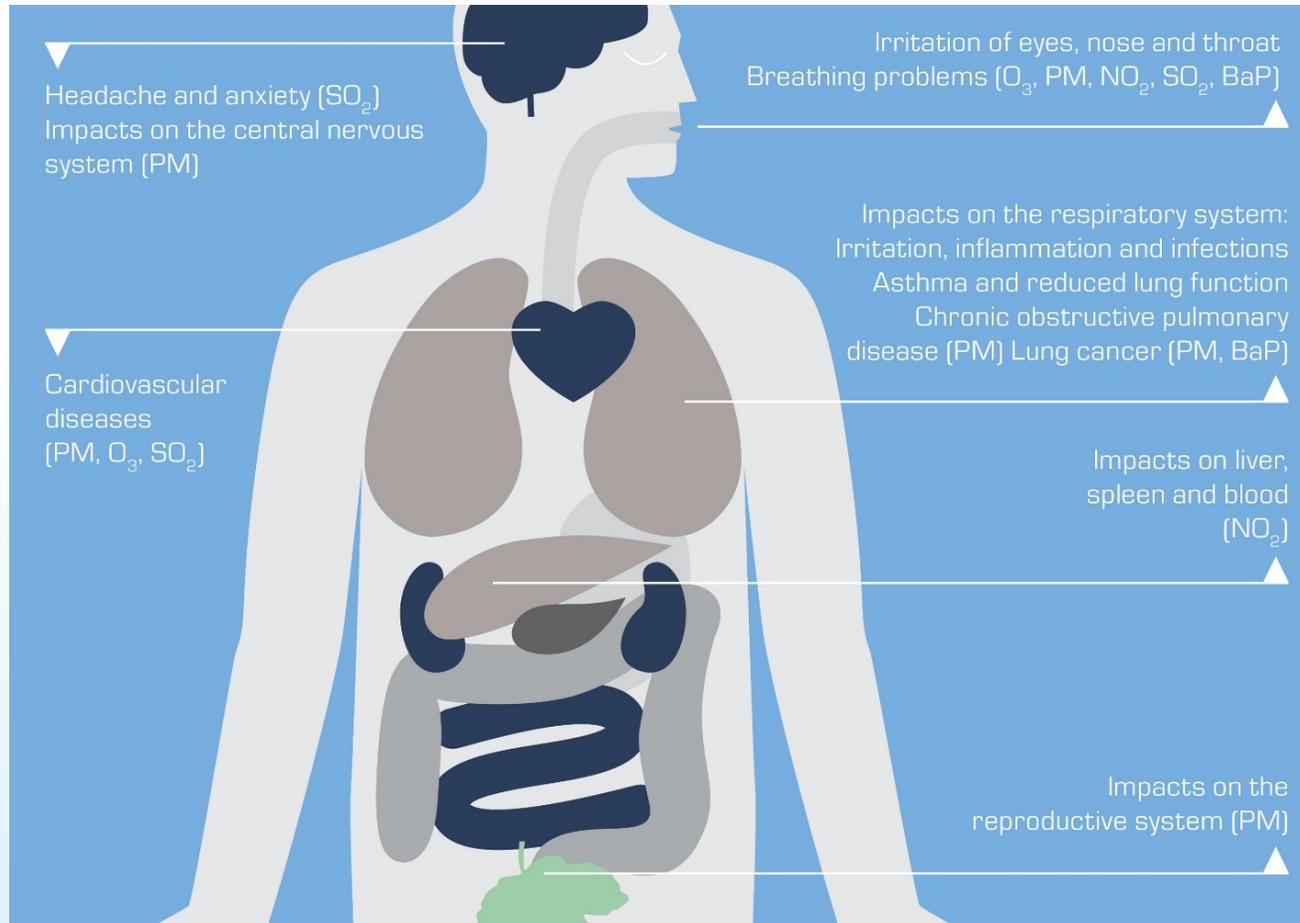
Torino, 16 Marzo 2018

---



# Introduzione

## Perché l'inquinamento atmosferico è un problema?



- 3 milioni di morti premature nel mondo (OMS, 2012), 91.000 in Italia (EEA, 2016)
- 8,6 mesi in meno di aspettativa di vita in Europa
- In Europa circa il 10% della popolazione respira una concentrazione media annuale di  $\text{PM}_{2,5}$  superiore ai limiti di legge ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Questa percentuale sale all'88% se consideriamo il limite proposto dall'OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- L'inquinamento atmosferico comporta costi che gravano sulla collettività





# Introduzione

## La situazione in Italia



Le città del nord Italia sono tra le più inquinate d'Europa

Posiz.	Paese	Città	Conc. media annuale di PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
1	PL	Krakow	45,0
2	PL	Gliwice	36,5
3	PL	Nowy Sacz	33,1
...	...	...	...
20	IT	Cremona	27,2
25	IT	Milano	26,2
30	IT	Brescia	25,1
31	IT	Torino	24,9

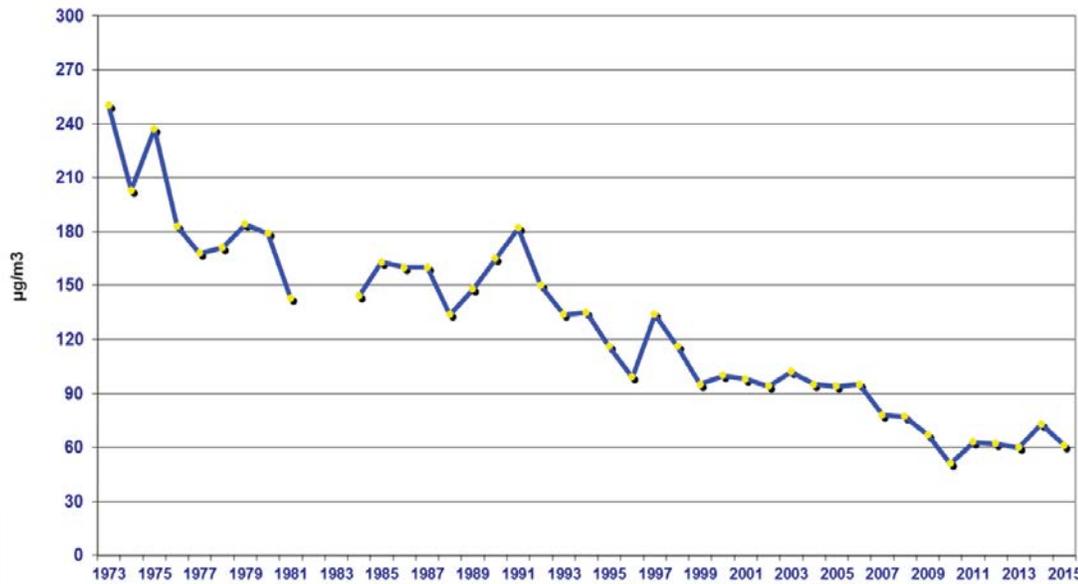
EEA, 2014



# Introduzione

## La situazione in Piemonte e a Torino

Concentrazione media di particolato totale, stazione Torino Consolata



anni '70



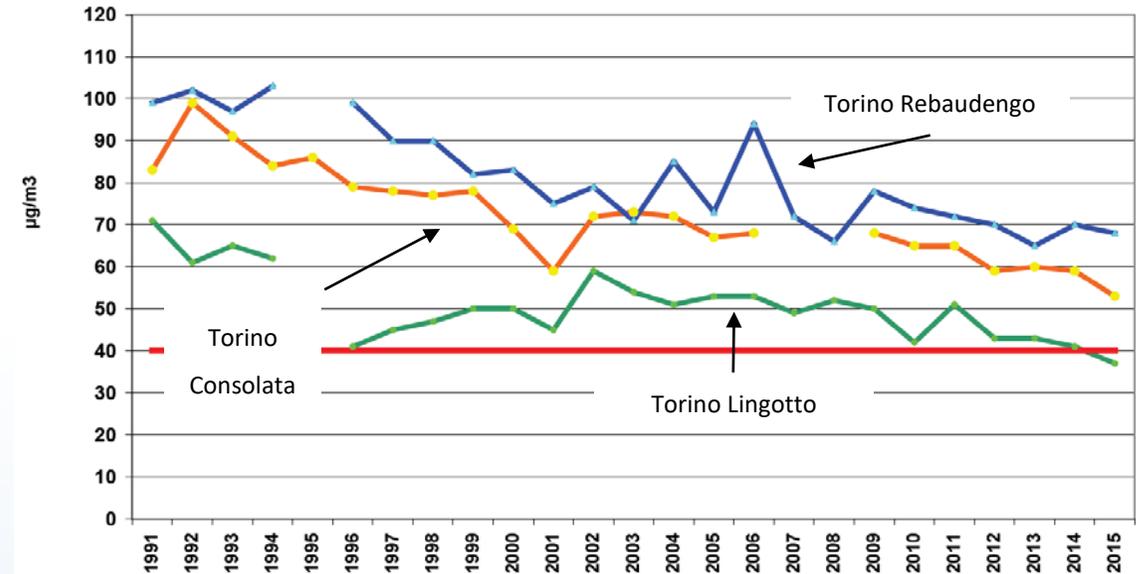
oltre 200 µg/m³

2016



35 µg/m³

Concentrazione media di NO<sub>x</sub> a Torino



2017

già 70 superamenti del limite giornaliero per le PM<sub>10</sub> (limite normativo: 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte)

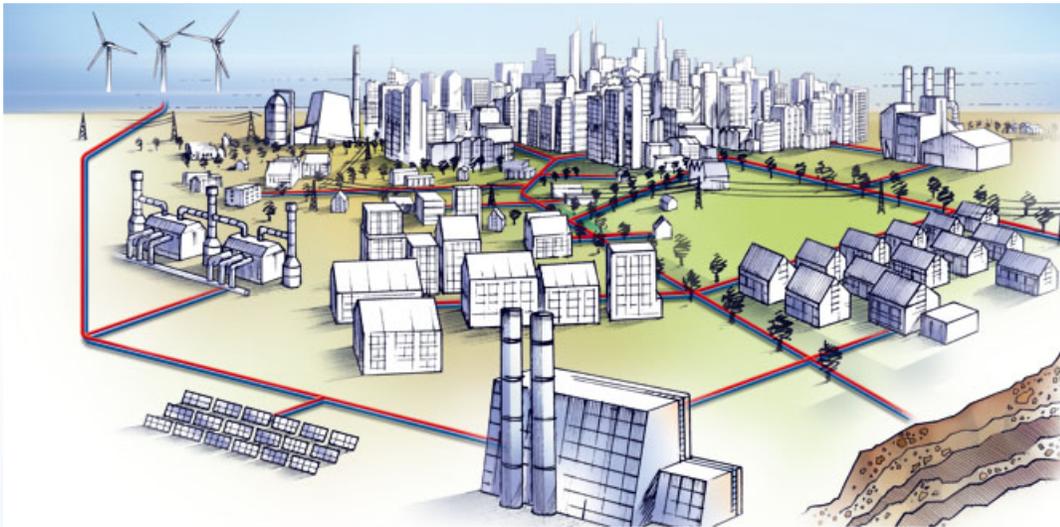
La qualità dell'aria è migliorata, ma servono ulteriori misure



# Introduzione

## Teleriscaldamento (TLR) efficiente

Il teleriscaldamento alimentato da centrali di cogenerazione ad alta efficienza è riconosciuto come una soluzione per la riduzione dell'inquinamento



Torino è oggi la città più teleriscaldata d'Italia:

- 59,8 milioni di m<sup>3</sup> allacciati (57% della volumetria totale)
- 550 km di doppia tubazione
- 600.000 abitanti serviti
- 1.766 MWt e 1.140 MWe di potenza installata
- 2166 GWh di energia termica immessa in rete
- 96% del calore fornito da centrali di cogenerazione



**Il contratto di ricerca tra Politecnico e IREN ENERGIA ha per oggetto la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria e sulla salute dei cittadini del teleriscaldamento di Torino**





---

# **Studio degli impatti sulla qualità dell'aria del sistema di teleriscaldamento di Torino**

---



---

## Obiettivi dello studio

1. Quali sono le emissioni del teleriscaldamento alimentato da centrali di cogenerazione rispetto ad un sistema tradizionale? → Differenza di emissioni totali (tonnellate/anno)
  2. Come è cambiata la qualità dell'aria da quando esiste il teleriscaldamento? → Differenza di concentrazione media di inquinanti nell'aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
  3. Quali sono i costi esterni (esternalità) del teleriscaldamento alimentato da centrali di cogenerazione rispetto ad un sistema tradizionale? → Differenza di costi sanitari che gravano sulla collettività (€/anno)
-

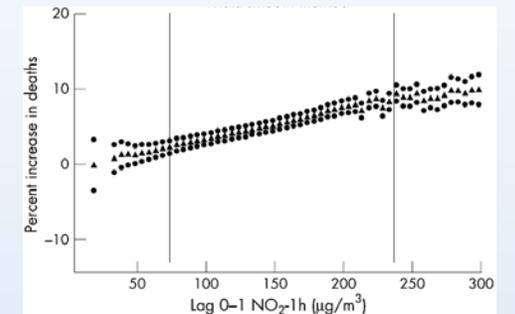
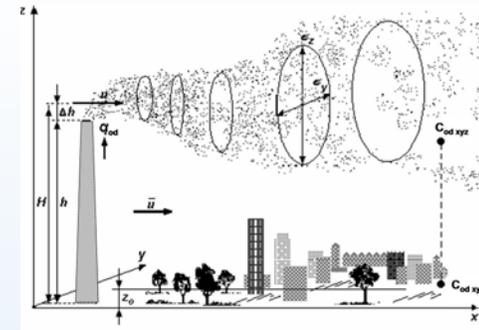
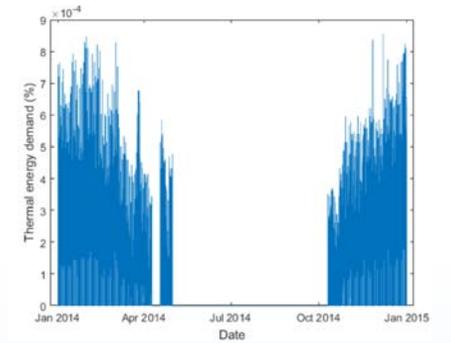




# Metodologia - collaborazione con



1. Definizione del sistema e degli scenari
2. Raccolta dati ambientali ed energetici
3. Calcolo del bilancio energetico ed emissivo (bilancio globale)
4. Studio della qualità dell'aria (studio locale)
5. Calcolo degli effetti sulla salute e dei relativi costi esterni





---

# Definizione del sistema e degli scenari

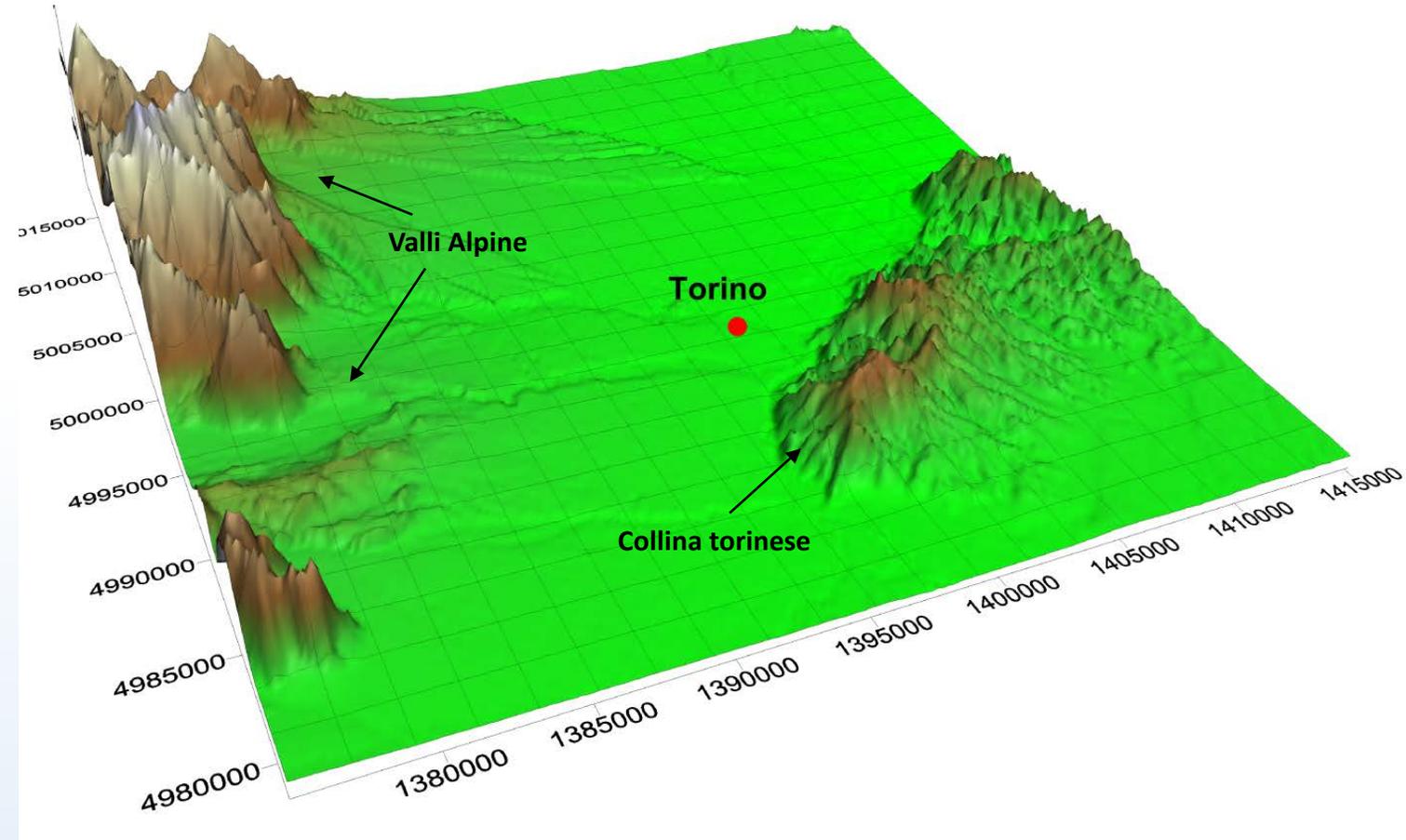
---



# Definizione del sistema e degli scenari

## Area di studio

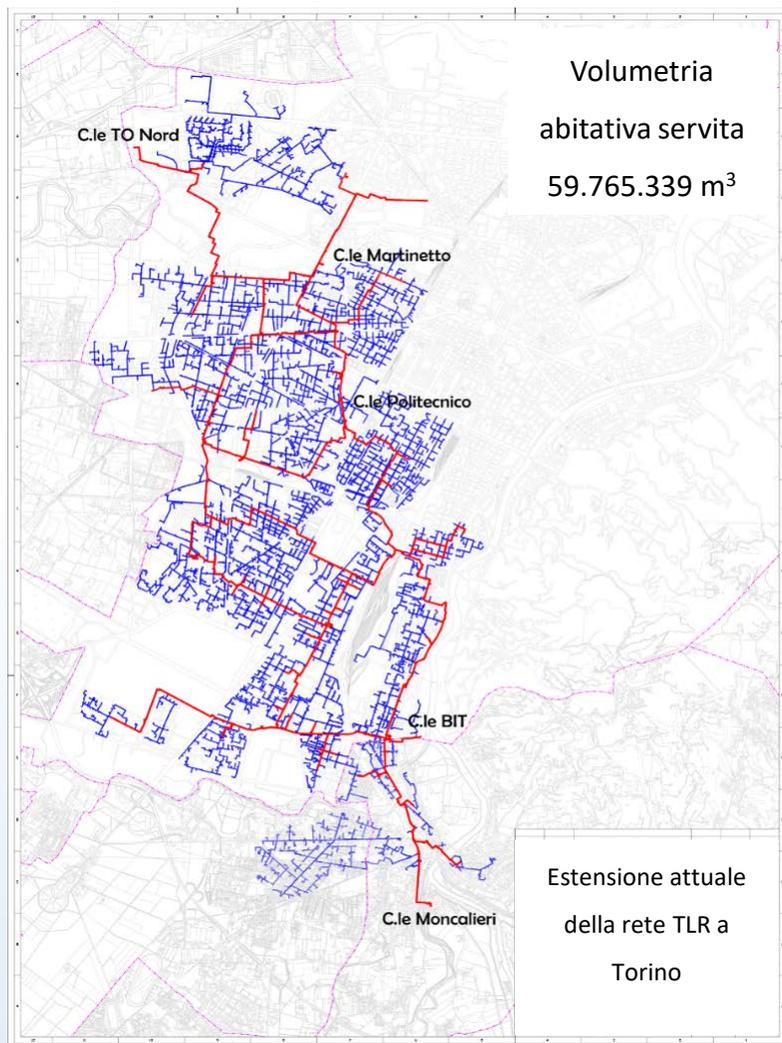
- Copertura spaziale: reticolo di circa 100 km x 100 km celle, risoluzione 1 km
- Copertura temporale: anno solare 2016 (bilancio locale), stagione termica 2016 (studio locale)
- Inquinanti considerati: Ossidi totali di azoto ( $\text{NO}_x$ ), Monossido di carbonio (CO) e Particolato totale (TSP, total suspended particulate).





# Definizione del sistema e degli scenari

## Situazione attuale (anno 2016)



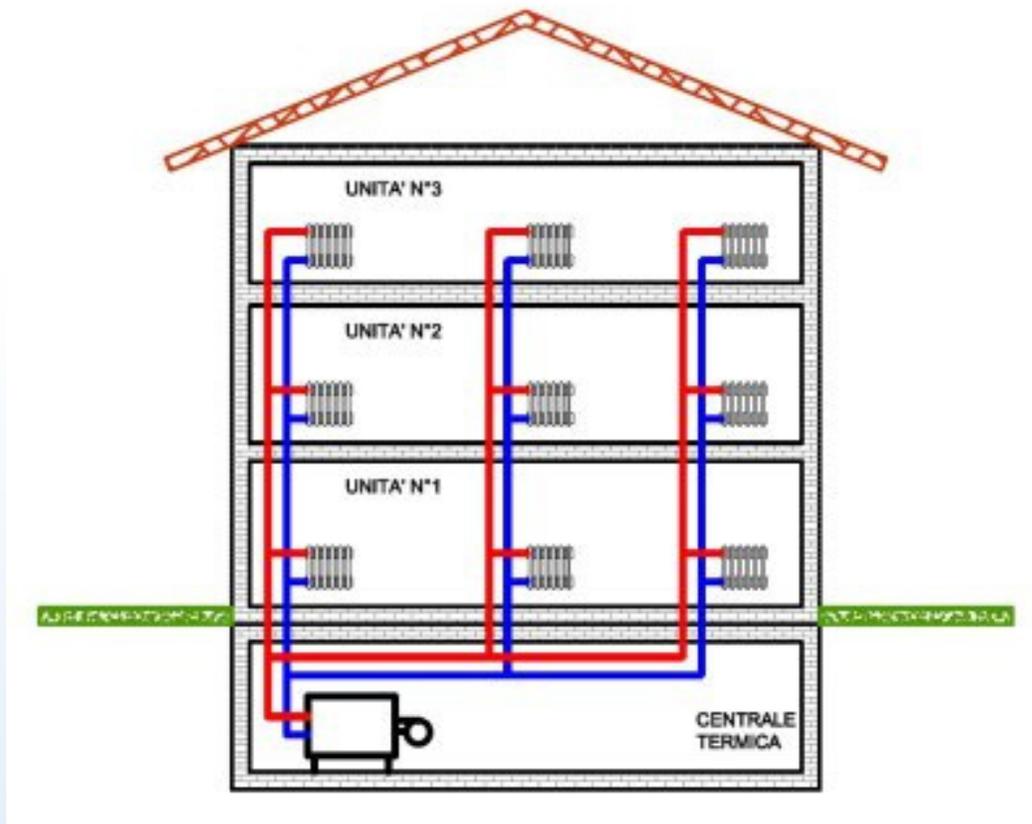
Rete di Teleriscaldamento TORINO: Centrali termoelettriche e termiche IREN ENERGIA S.p.A.				
Sito	Sorgente emissiva	Potenza nominale impianto	Punto emissione (camino)	
			Altezza [m]	Diametro [m]
Centrale di cogenerazione di Moncalieri	Ciclo combinato RPW 2°GT	395 MWe 260 MWt	60	7,5
	Ciclo combinato 3°GT	383 MWe 260 MWt	60	7,0
	Caldaie di riserva	47 MWt x 3	70	1,5
Centrale di cogenerazione Torino Nord	Ciclo combinato	400 MWe 220 MWt	60	6
	Caldaie di integrazione e riserva	113 MWt x 3	60	1,8
Centrale di integrazione e riserva BIT	Caldaie 1-3	85 MWt x 3	43	1,8
Centrale di Integrazione e riserva Politecnico	Caldaie 1-3	85 MWt x 3	50	1,8



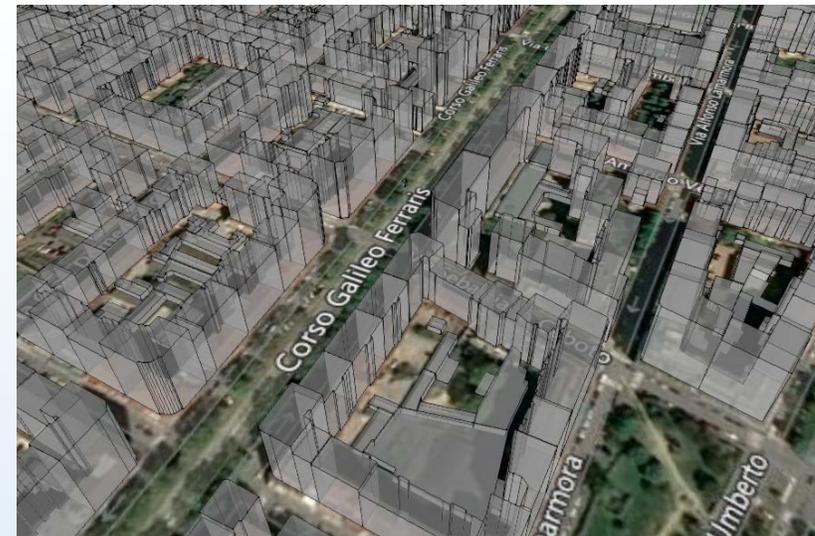
# Definizione del sistema e degli scenari

## Scenario progressivo

Come sarebbe la situazione oggi senza la rete di teleriscaldamento?



- edifici riscaldati con impianti termici centralizzati
- fattori di emissione medi maggiori rispetto alle centrali termiche
- maggiore consumo di energia primaria per riscaldamento
- maggior numero di sorgenti emissive ad una minore altezza





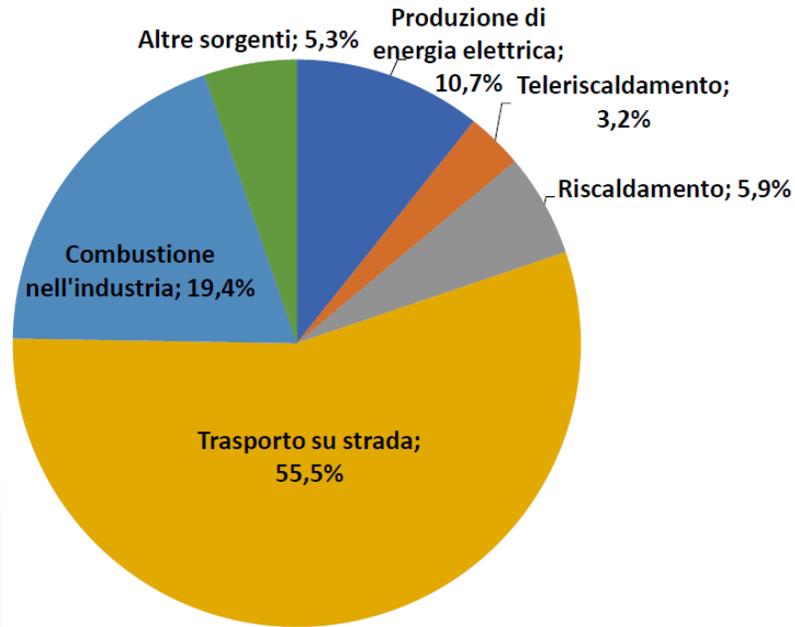
# **Bilancio energetico ed emissivo globale**

---



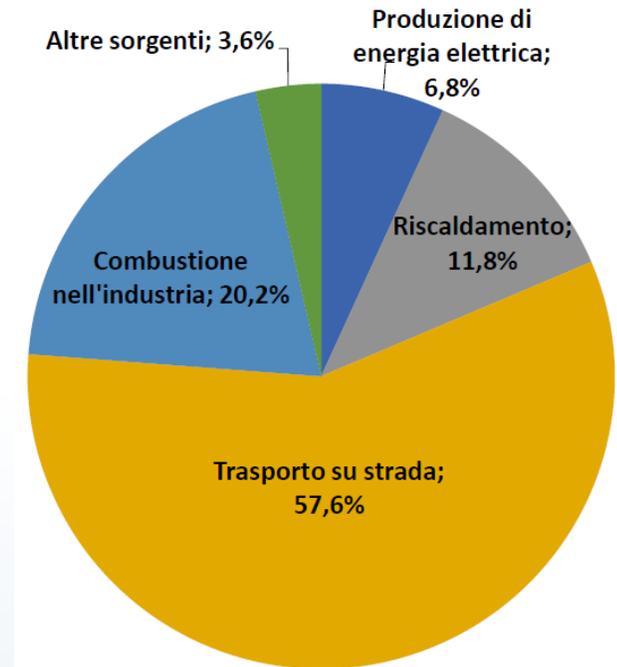
# Bilancio energetico ed emissivo

## Quanto è significativo questo risultato?



**NO<sub>x</sub> - ripartizione emissioni scenario ATTUALE (con TLR)**

### Scenari da fonte IREA 2010\*



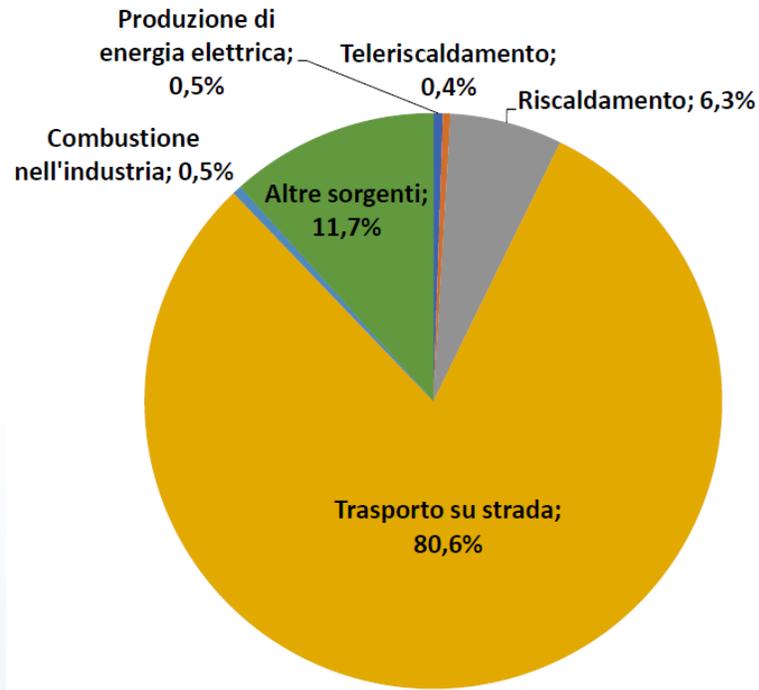
**NO<sub>x</sub> - ripartizione emissioni scenario PREGRESSO (senza TLR)**

- In termini assoluti, il contributo degli impianti di riscaldamento sulle emissioni totali di NO<sub>x</sub> nei comuni di Torino e Moncalieri è stato ridotto di circa il 3%.
- Considerando le sole emissioni del settore riscaldamento, la riduzione in termini relativi data dalla presenza del sistema TLR è stimabile pari a circa il 30%.

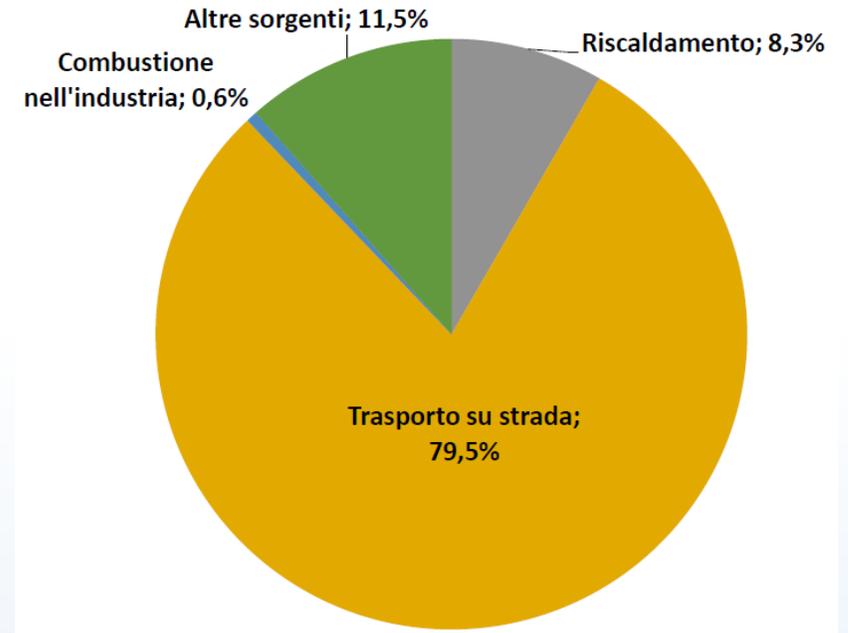


# Bilancio energetico ed emissivo

## Quanto è significativo questo risultato?



### Scenari da fonte IREA 2010\*



**PM<sub>10</sub> - ripartizione emissioni scenario ATTUALE (con TLR)**

**PM<sub>10</sub> - ripartizione emissioni scenario PREGRESSO (senza TLR)**

- In termini assoluti, il contributo degli impianti di riscaldamento sulle emissioni totali di PM<sub>10</sub> nei comuni di Torino e Moncalieri è stato ridotto di circa il 2%.
- Considerando le sole emissioni del settore riscaldamento, la riduzione in termini relativi data dalla presenza del sistema TLR è stimabile pari a circa il 25%.



# Qualità dell'aria

Studio della dispersione locale di inquinanti

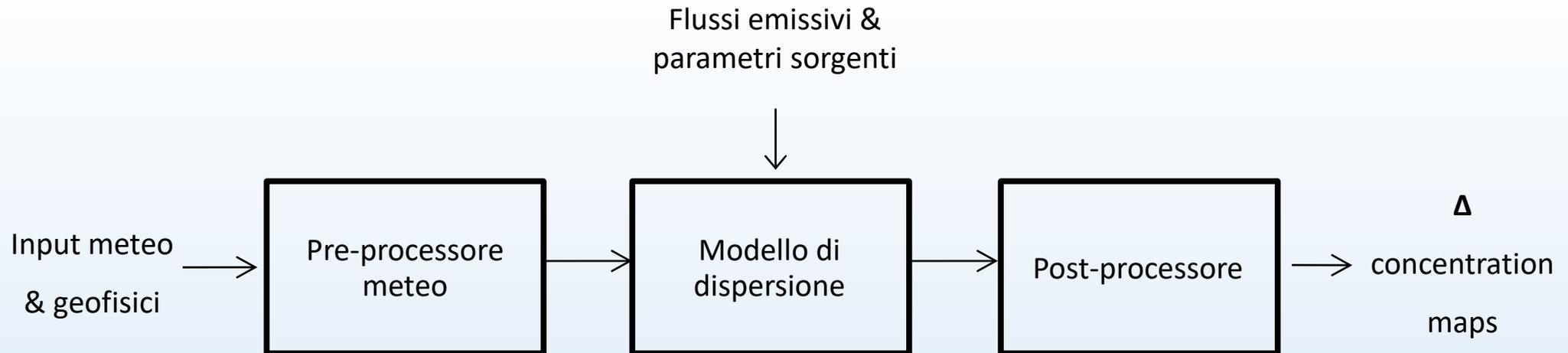
---



# Studio della dispersione locale di inquinanti

L'obiettivo di questa fase è calcolare la differenza di concentrazione media di inquinanti tra situazione attuale (con il TLR) e scenario pregresso (senza TLR). Per il calcolo è stato utilizzato il modello di dispersione CALPUFF. Un modello di dispersione è uno strumento matematico/informatico che cerca di ricostruire il più fedelmente possibile lo stato della concentrazione dei vari inquinanti in un dominio di calcolo spazio-temporale di interesse.

## Schema di funzionamento del modello di dispersione CALPUFF





# Studio della dispersione locale di inquinanti

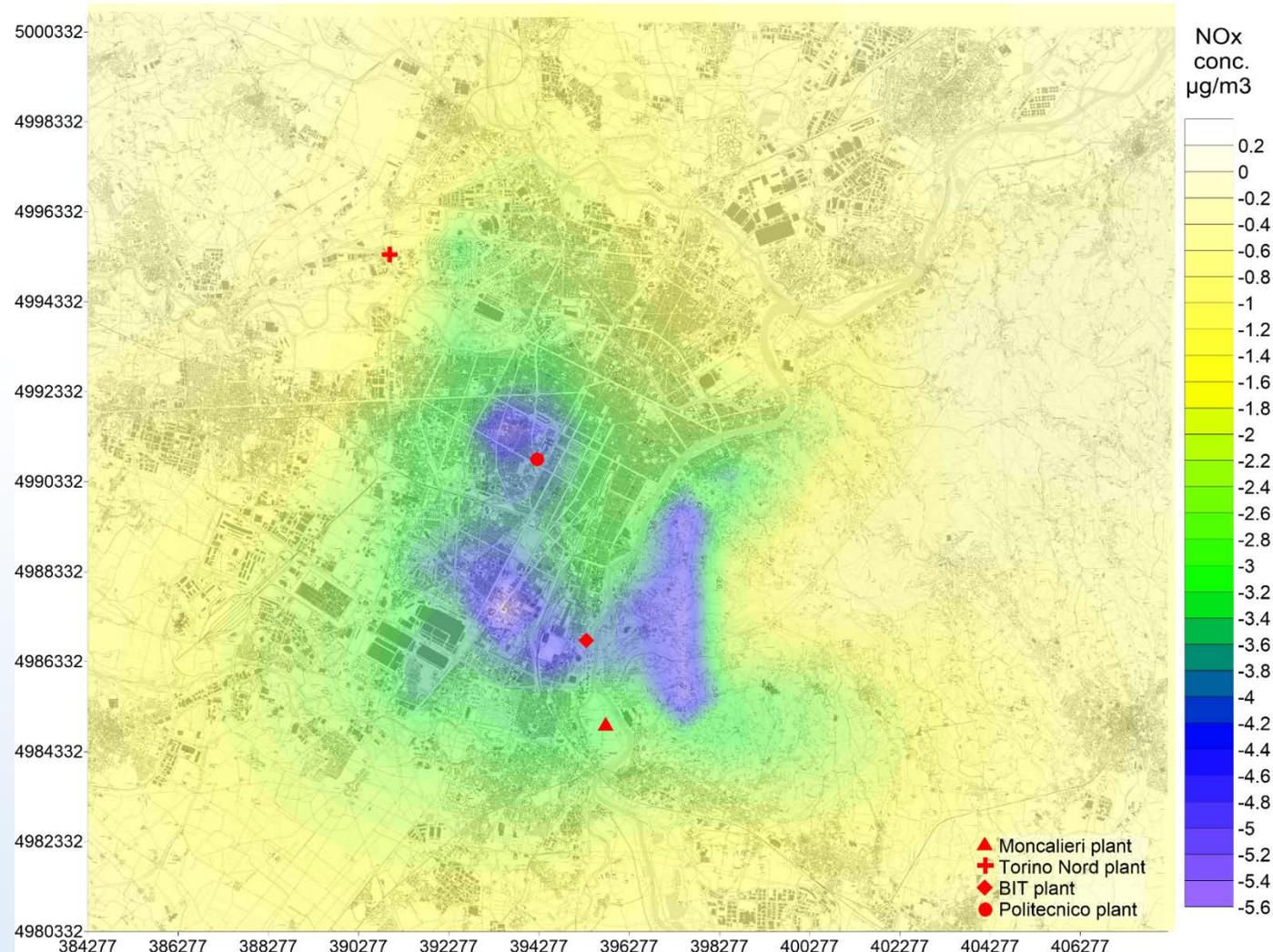
Differenza di concentrazione di  $\text{NO}_x$  tra situazione attuale (con TLR) e scenario pregresso (senza TLR)

## DIFFERENZA DI CONCENTRAZIONE

Tra situazione attuale  
(con TLR) e scenario  
pregresso (senza TLR)

A parità di energia utile  
fornita alle utenze

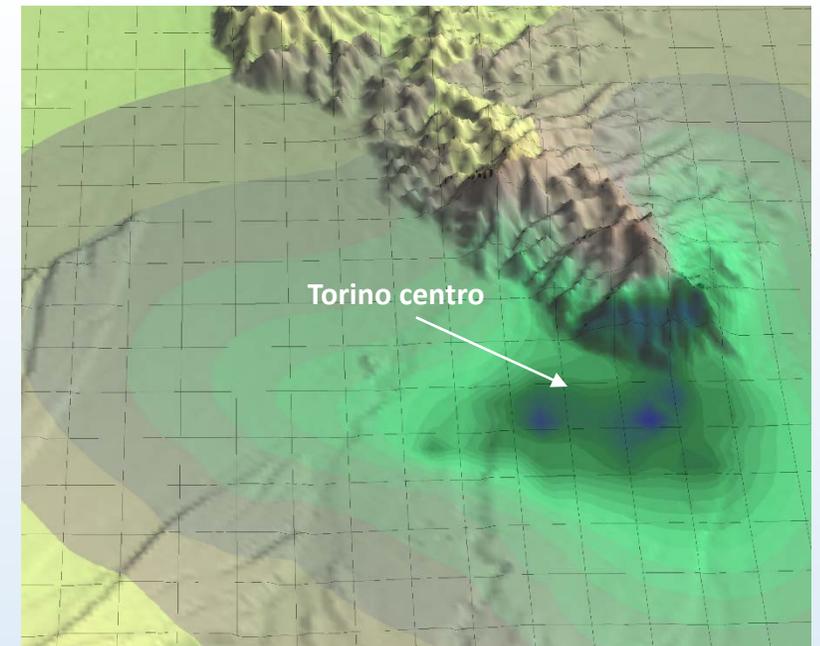
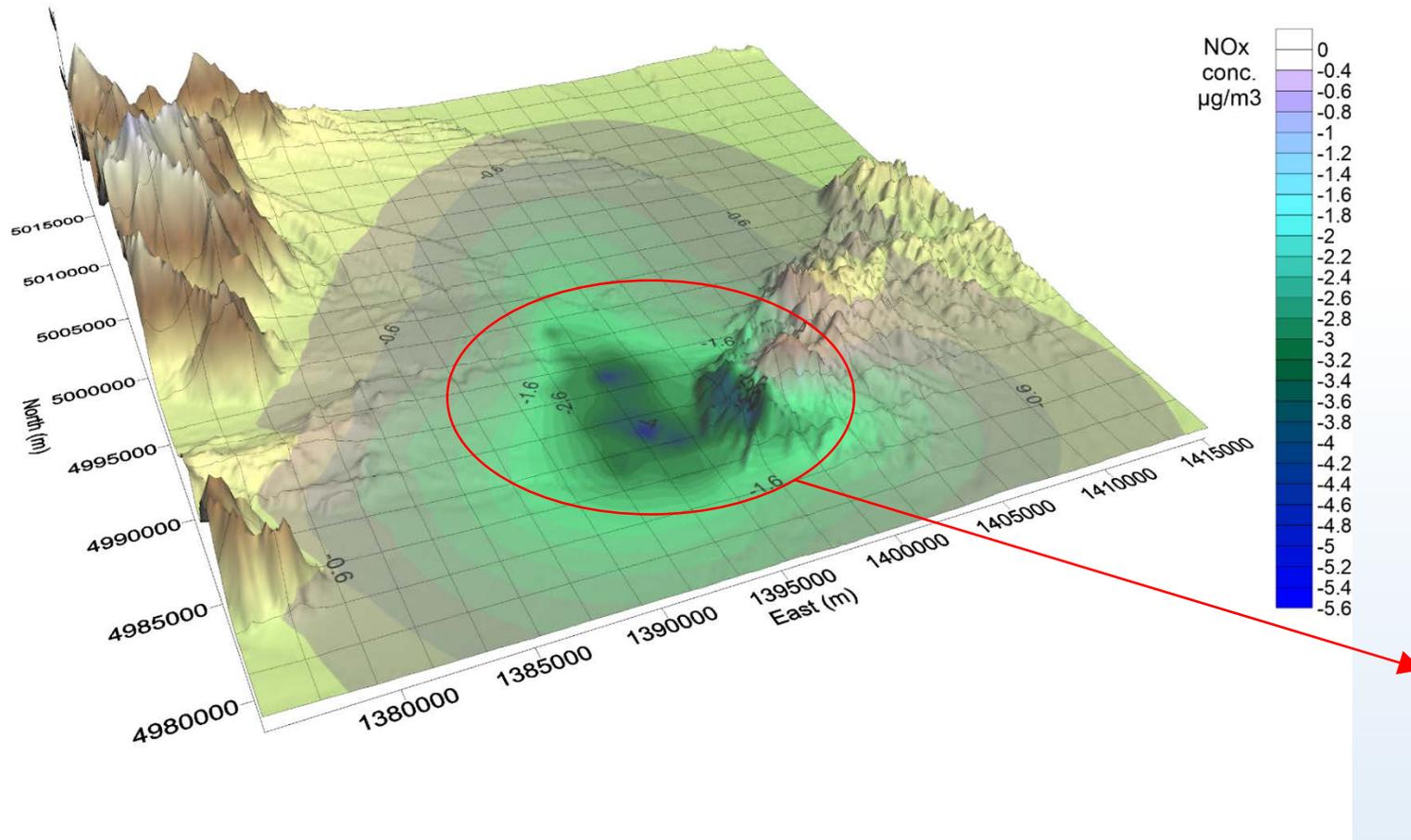
Valori negativi indicano  
una migliore qualità  
dell'aria





# Studio della dispersione locale di inquinanti

Differenza di concentrazione di  $\text{NO}_x$  tra situazione attuale (con TLR) e scenario pregresso (senza TLR)





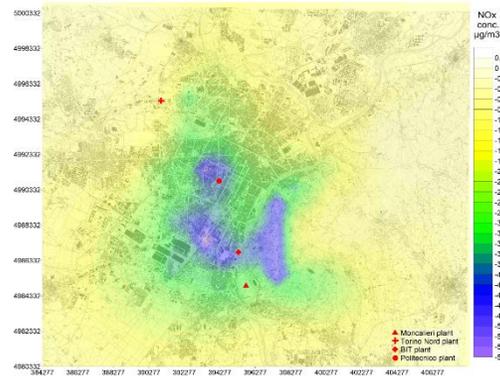
# **Calcolo degli effetti sulla salute e dei costi esterni associati**

---



# Effetti sulla salute e costi esterni

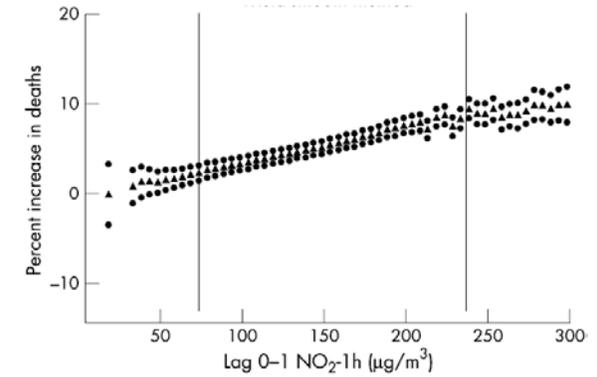
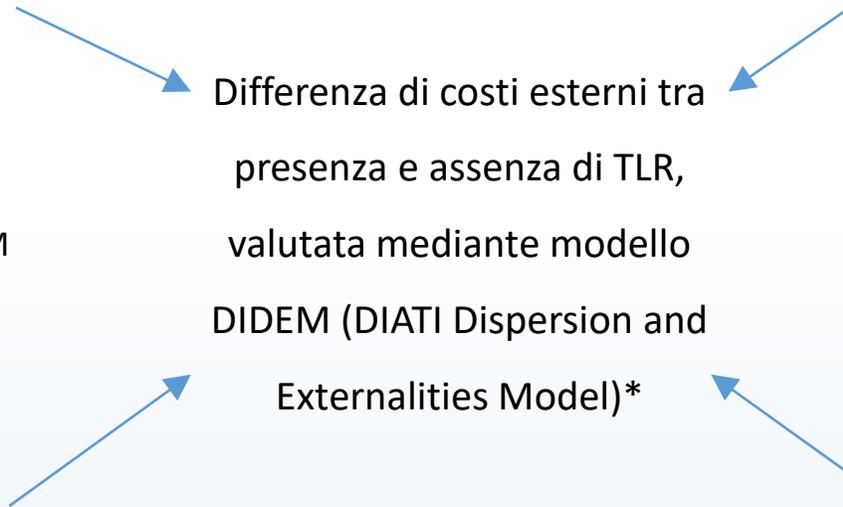
## Metodologia



Differenza di concentrazione di  $\text{NO}_x$  e PM



Dati sulla popolazione esposta



Funzioni di concentrazione-risposta



Costi unitari per ciascun evento sulla salute

\* Ravina et al. (2018), Atmos. Env. 173, 81–95



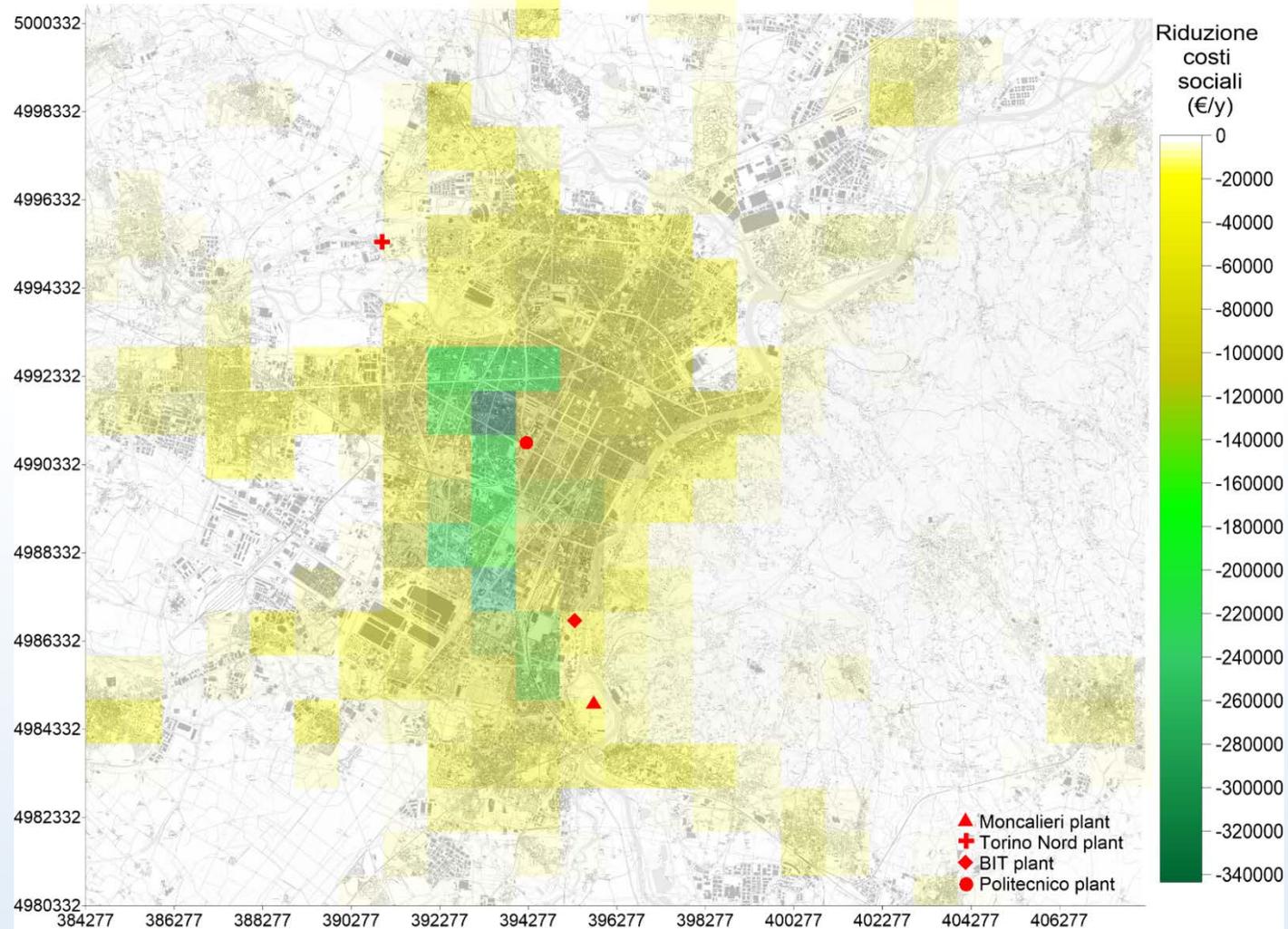
# Effetti sulla salute e costi esterni

Risultati - riduzione dei costi esterni tra situazione attuale e scenario futuro

Distribuzione della differenza di costi esterni sul dominio di calcolo

Dettaglio all'area metropolitana di Torino

Valori negativi = minori costi sociali grazie alla riduzione di inquinamento





# Effetti sulla salute e costi esterni

Risultati - Riduzione totale di costi esterni tra situazione attuale e scenario futuro

Somma dei costi esterni evitati su tutta l'area di Torino (circa 40 km x 40 km)

La metodologia permette di distinguere tra associazioni effetto / risposta con livello di confidenza dei dati alto e medio

Opzione fattore di emissione degli impianti sostituiti	Livello di confidenza	Costi sociali evitati MEDIA (€/anno)
1) Regione Piemonte - adeguamento ( $EF_{NOx}=80$ kg/GWh)	Alto	- 6.041.000
2) Regione Piemonte - comparativo ( $EF_{NOx}=120$ kg/GWh)	Alto	- 8.550.000
3) Standard EMEP/EEA ( $EF_{NOx}=183,6$ kg/GWh)	Alto	- 12.254.000

Opzione fattore di emissione degli impianti sostituiti	Livello di confidenza	Costi sociali evitati MEDIA (€/anno)
1) Regione Piemonte - adeguamento ( $EF_{NOx}=80$ kg/GWh)	Medio	- 39.329.000
2) Regione Piemonte - comparativo ( $EF_{NOx}=120$ kg/GWh)	Medio	- 58.815.200
3) Standard EMEP/EEA ( $EF_{NOx}=183,6$ kg/GWh)	Medio	- 88.150.000



# Sintesi dei risultati

---



---

## Sintesi dei risultati

La presenza a Torino di un sistema di teleriscaldamento alimentato da centrali di cogenerazione ad alta efficienza comporta un vantaggio dal punto di vista ambientale perché:

1. Il consumo di energia primaria e le emissioni di inquinanti totali sono significativamente ridotte rispetto ad uno scenario tradizionale.
  2. La concentrazione media al suolo di  $\text{NO}_x$ , particolato e CO viene ridotta rispetto all'uso di impianti termici decentralizzati (**riduzioni medie di 5 - 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per gli  $\text{NO}_x$ , 0,1 - 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il particolato totale e 4 - 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il CO**).
  3. La riduzione di concentrazione al suolo comporta a sua volta minori costi esterni legati agli effetti sulla salute (**riduzione massima pari a 88.150.000 €/y**, in funzione dello scenario di dispersione considerato, e dal livello di confidenza associato ai dati).
-



**Grazie**

Mariachiara Zanetti

Deborah Panepinto

Marco Ravina

Gruppo di Ingegneria Sanitaria Ambientale

Dipartimento DIATI

---