

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Tesi di Laurea Magistrale

**VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI NO_x DEGLI
IMPIANTI INDUSTRIALI NELLA REGIONE PIEMONTE:
SCENARIO ATTUALE E PROSPETTIVE FUTURE**

Relatore: Prof. Ing. Claudio
Comoglio

Candidata: Elisa Territo

Correlatore: Prof. Ing. Maurizio
Onofrio

Marzo 2020

ABSTRACT

Nitrogen oxides are considered among the most important atmospheric level pollutants due to the effects on human health and the secondary photochemical reactions that they are able to activate. From the latter, in fact, further polluting substances are originated such as ozone and secondary particulate. The main source of NO_x emissions is road transport, followed by civil heating and industry. This thesis is focused on the contribution due to the latter sector in the Piedmont Region through the assessment of the annual NO_x mass flows of the installations subject to *Autorizzazione Integrata Ambientale*.

The main point of the thesis is the reconstruction of the authorized scenario in the Piedmont Region starting from the Provinces, from which emerged the predominant contribution of the mining products industry (IPPC code 3.1) and energy activities (1.1 and 1.2). Through the consultation of the annual Reports, for the installations in the area of Metropolitan City of Turin with an authorized value beyond 20 t/y, a comparison was made with the real data recorded in 2018; it emerged that the real flow represents just the 30% of the authorized data. For these installations was also recalled the scenario authorized in 2008 showing a 23% reduction in the authorized flows due to a substantial lowering of the limit values and an improvement of technologies. The application of the measures of the *Piano Regionale di Qualità dell'Aria* on the authorized scenario 2018 of the AIA installations examined, showed a potential reduction of authorized emissions in the coming years of 30%. This comparison highlighted the presence of plants already subjected to the restrictive limits set by the BAT Conclusion and the need for others to reduce the concentrations. By the way, Selective Catalytic Reduction (SCR) technology is the most efficient for reducing NO_x emissions. The case study reported, Ahlstrom Munkjö thermoelectric power plant, offers a starting point to understand the obtainable flow decrease thanks to SCR and the economic investment required to realize.

Sommario

ABSTRACT	2
INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE	7
INTRODUZIONE	10
CAPITOLO 1 – INQUINAMENTO ATMOSFERICO DA NO _x	11
1.1 L’azoto in atmosfera e il ciclo dell’azoto.....	12
1.2 Protossido di azoto (N ₂ O)	14
1.3 Ossidi di Azoto (NO _x = NO+NO ₂)	14
1.4 Effetti degli NO _x sulla salute umana.....	15
1.5 Effetti degli NO _x sull’ambiente	16
1.6 Emissioni di NO _x in Italia.....	19
1.7 Emissioni di NO _x in Piemonte	21
1.7.1 Attività di valutazione della qualità dell’aria della Regione Piemonte.....	21
1.7.2 Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA).....	25
CAPITOLO 2 – EMISSIONI DI NO _x DELLE INSTALLAZIONI IN AIA NELLA REGIONE PIEMONTE	28
2.1 Metodologia di calcolo delle emissioni	28
2.2 Scenario autorizzato – Città Metropolitana di Torino	31
2.3 Scenario autorizzato – Provincia di Cuneo	36
2.4 Scenario autorizzato – Provincia di Novara.....	39
2.5 Scenario autorizzato - Provincia di Alessandria.....	41
2.6 Scenario autorizzato 2018 - Provincia di Vercelli.....	42
2.7 Scenario autorizzato - Provincia di Verbano-Cusio-Ossola.....	43
2.8 Scenario autorizzato - Provincia di Biella.....	44
2.9 Scenario autorizzato- Provincia di Asti	45
2.10 Scenario autorizzato – Installazioni Ministeriali Altre Province.....	47
2.11 Sintesi dei flussi autorizzati 2018 Regione Piemonte.....	47

2.12 Confronto emissioni reali 2018 - Città Metropolitana di Torino.....	49
2.13 Flussi autorizzati 2008 – Città Metropolitana di Torino.....	52
CAPITOLO 3 - IL PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA	57
3.1 Lo scenario emissivo base e lo scenario tendenziale	57
3.2 Riduzione delle Emissioni di NO ₂ : Ambito Industriale.....	59
3.3 L'impatto delle misure previste dal PRQA sulle attività 1.1	61
CAPITOLO 4 - TECNICHE DI PREVENZIONE E ABBATTIMENTO DEGLI NO _x	65
4.1 Tecniche primarie e secondarie	65
4.1.1 Riduzione non catalitica selettiva (SNCR).....	66
4.2 Riduzione Catalitica Selettiva (SCR).....	68
4.2.1 Configurazioni: High dust	70
4.2.2 Configurazione Low dust	71
4.2.3 Configurazione tail end	71
4.2.4 Le reazioni	72
4.2.5 Reattore e catalizzatore	73
4.2.6 Vantaggi e svantaggi di un sistema SCR	74
4.2.7 Stima dei costi	75
CAPITOLO 5 - CASO STUDIO: IL REVAMPING DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA DI AHLSTROM MUNKSJO	76
5.1 Il progetto	77
5.2 Emissioni attuali e future	78
5.3 Composizione del Sistema SCR Proposto da Neoterm	80
5.3.1 Serbatoio stoccaggio reagente	82
5.3.2 Modulo di circolazione	82
5.3.3 Modulo di dosaggio e iniezione.....	82
5.3.4 Camera di decomposizione urea in ammoniacca	83
5.3.5 Modulo di pompaggio e riscaldamento aria ambiente	83

5.3.6 Ammonia injection grid	83
5.3.7 Sintesi dei dati di processo e costi	83
CONCLUSIONI.....	85
Bibliografia e sitografia	87

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figura 1: Trend delle emissioni dei principali inquinanti EU- 28 (Fonte:[1]).....	11
Figura 2: Principali fonti di emissione nel 2017 EU-28 (Fonte: [1]).....	12
Figura 3: Ciclo dell'azoto (Fonte: [2]).....	13
Figura 4: Percentuale di azoto contenuto nei combustibili (Fonte: [3]).....	15
Figura 5: Reazioni che interessano gli NOx in troposfera (Fonte: [2]).....	17
Figura 6: Esempio di smog fotochimico sulla città di Los Angeles (Fonte: [19]).....	18
Figura 7: Reazioni che interessano gli NOx nella stratosfera (Fonte: [2]).....	18
Figura 8: Serie storica dei flussi di NOx in Italia dal 1990 al 2017 (Fonte dati: [5])	20
Figura 9: Singole componenti del sistema integrato di qualità dell'aria (Fonte: [7]).....	22
Figura 10: Zone di suddivisione del territorio piemontese per il monitoraggio (Fonte: [7])	22
Figura 11: Medie annuali misurate nel 2018 (Fonte: [8]).....	23
Figura 12: Medie annuali misurate dal 2003-2018 (Fonte: [8]).....	24
Figura 13: Contributi % dei macrosettori SNAP in Piemonte (Fonte dati: IREA 2013)	26
Figura 14: Flussi NOx (t/a) Province e macrosettori (Fonte dati: IREA 2013).....	27
Figura 15: Flussi NOx macrosettori 01-03-04-06-09 (Fonte dati: IREA 2013)	27
Figura 16: Esempio di Quadro Emissioni AIA (Azienda: 2A S.p.A)	30
Figura 17: Flussi autorizzati AIA CMTO per categoria IPPC.....	35
Figura 18: Flussi %i macrocategorie IPPC CMTO.....	36
Figura 19: Flussi autorizzati Provincia di Cuneo per categoria IPPC.....	39
Figura 20: Flussi autorizzati Provincia di Novara per categoria IPPC.....	40
Figura 21: Flussi autorizzati Provincia di Alessandria per categoria IPPC.....	42
Figura 22: Flussi autorizzati Provincia di Vercelli per categoria IPPC.....	43
Figura 23: Flussi autorizzati Provincia di Verbano-Cusio-Ossola per categoria IPPC.....	44
Figura 24: Flussi autorizzati Provincia di Biella per categoria IPPC.....	45
Figura 25: Flussi autorizzati Provincia di Asti per categoria IPPC.....	46
Figura 26: Flussi autorizzati % Province Piemonte	48
Figura 27: Flussi autorizzati % categorie IPPC Piemonte.....	48
Figura 28: Confronto tra flussi installazioni CMTO	50
Figura 29: Confronto fra flussi categorie IPPC.....	51
Figura 30: Confronto flussi reale autorizzato AIA Ministero.....	51
Figura 31: Flusso reale % autorizzato per la CMTO.....	52
Figura 32: Flussi autorizzati 2008-2018.....	55

Figura 33: Confronto flussi autorizzati 2008-2018 Ministeriali	56
Figura 34: Confronto fra flussi reali Ministeriali 2008-2018	56
Figura 35: Scenario emissivo di partenza IREA 2010	58
Figura 36: Scenario emissivo tendenziale	59
Figura 37: Confronto tra flussi autorizzati 2018-futuro per le attività 1.1 Ministero	63
Figura 38: Confronto tra flussi autorizzati 2018 e-futuro per le attività 1.1 Ministero.....	64
Figura 39: Confronto fra scenario autorizzato 2018-futuro attività 1.1 presenti in Piemonte.....	64
Figura 40: Impianto SNCR (Fonte: [18])	67
Figura 41: Schema processo SCR (Fonte: [19])	69
Figura 42: Configurazione Hight Dust (Fonte: [20])	70
Figura 43: Configurazione Low Dust (Fonte: [20]).....	71
Figura 44: Configurazione Tail End (Fonte: [20]).....	72
Figura 45: Tipologie di catalizzatori (Fonte: [21]).....	73
Figura 46: Reattore e catalizzatore (Fonte: [3]).....	74
Figura 47: Localizzazione dello stabilimento Ahlstrom Munksjo	76
Figura 48: Area dell'attuale centrale e area futura.....	77
Tabella 1: Valori limite per l'NO ₂ per la protezione della salute umana	16
Tabella 2: Emissioni di NO _x [kt/a] delle principali sottocategorie (Fonte dati: [5]).....	20
Tabella 3: Flussi annuali autorizzati per installazione CMTO	32
Tabella 4: Flussi autorizzati AIA Ministero della Città Metropolitana di Torino	35
Tabella 5: Flussi autorizzati Provincia di Cuneo	37
Tabella 6: Flussi autorizzati Provincia di Novara.....	39
Tabella 7: Flussi autorizzati Provincia di Alessandria	41
Tabella 8: Flussi autorizzati Provincia di Vercelli.....	42
Tabella 9: Flussi autorizzati Provincia di Verbano-Cusio-Ossola	43
Tabella 10: Flussi autorizzati Provincia di Biella	44
Tabella 11: Flussi autorizzati Provincia di Asti	45
Tabella 12: Flussi autorizzati installazioni AIA Ministero Province di NO, VC, VB.....	47
Tabella 13: Confronto tra flussi autorizzati e flussi reali 2018 installazioni CMTO.....	49
Tabella 14: Flussi autorizzati 2008	53
Tabella 15: Flussi autorizzati a confronto 2008-2018 CMTO.....	54
Tabella 16: Confronto emissioni di NO _x nei due scenari	59

Tabella 17: BAT-AEL per le emissioni in atmosfera di NOx turbine a gas.....	62
Tabella 18: BAT-AEL per le emissioni in atmosfera di NOx di gas naturale in caldaie e motori	62
Tabella 19: Parametri sistema SNCR.....	68
Tabella 20: Scenario attuale.....	78
Tabella 21: BAT-AEL nelle due configurazioni.....	79
Tabella 22: Parametri funzionamento.....	80
Tabella 23: Scenario futuro.....	80
Tabella 24: Costi per la realizzazione dell'impianto	84

INTRODUZIONE

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di valutare le emissioni di NOx delle installazioni soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale nella Regione Piemonte.

Dopo aver osservato nel Capitolo 1 le principali caratteristiche degli NOx e il relativo trend emissivo degli ultimi anni in Europa e Italia, il Capitolo 2 pone l'attenzione sul territorio della Regione Piemonte. In primis vengono illustrati i flussi di NOx autorizzati per le installazioni soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale per l'anno 2018. Viene evidenziato poi il contributo delle singole categorie di attività IPPC nonché il confronto con le emissioni reali nella Città Metropolitana di Torino. Un passo indietro al 2008 inoltre consente di comparare i flussi autorizzati a distanza di 10 anni.

Il Capitolo 3 tratta lo scenario futuro previsto dal Piano Regionale di Qualità dell'Aria del 2019 e gli effetti delle misure sullo scenario autorizzato 2018 delle attività IPPC 1.1.

Nel quarto capitolo vengono presentate le principali tecnologie di abbattimento delle emissioni di NOx disponibili. Lo studio si conclude con un esempio di applicazione del sistema SCR nella centrale termoelettrica della cartiera Ahlstrom Munksjö di Mathi (TO).

CAPITOLO 1 – INQUINAMENTO ATMOSFERICO DA

NO_x

Gli inquinanti atmosferici possono essere suddivisi in inquinanti primari e inquinanti secondari. I primi vengono emessi direttamente in atmosfera e tra questi rientrano: il PM, gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di azoto (NO_x), l'ammoniaca (NH₃), il monossido di carbonio (CO) e il metano (CH₄). I secondari, invece, si generano dai primi mediante una serie di reazioni che avvengono in atmosfera. Tra questi: il PM che si forma in atmosfera i cui precursori sono l'SO_x, gli NO_x (8), l'NH₃ e il COV; l'ozono O₃ che si genera a partire da reazioni chimiche in presenza di luce solare a seguito delle emissioni di gas precursori, l'NO₂ e i COV.

In Figura 1 è possibile osservare il trend negativo delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici, nei Paesi dell'Unione Europea, tra il 2000 e il 2017. Le riduzioni riguardano in misura maggiore inquinanti come gli ossidi di zolfo (SO_x), il monossido (CO), gli ossidi di azoto (NO_x) e il black carbon (BC).

Il trend negativo delle emissioni, a cui si contrappone una crescita del Prodotto Interno Lordo, è dovuto a una serie di fattori, come misure politiche più severe, utilizzo di combustibili differenti, miglioramento tecnologico, efficientamento energetico e aumento del consumo di beni prodotti al di fuori dell'Unione Europea [1].

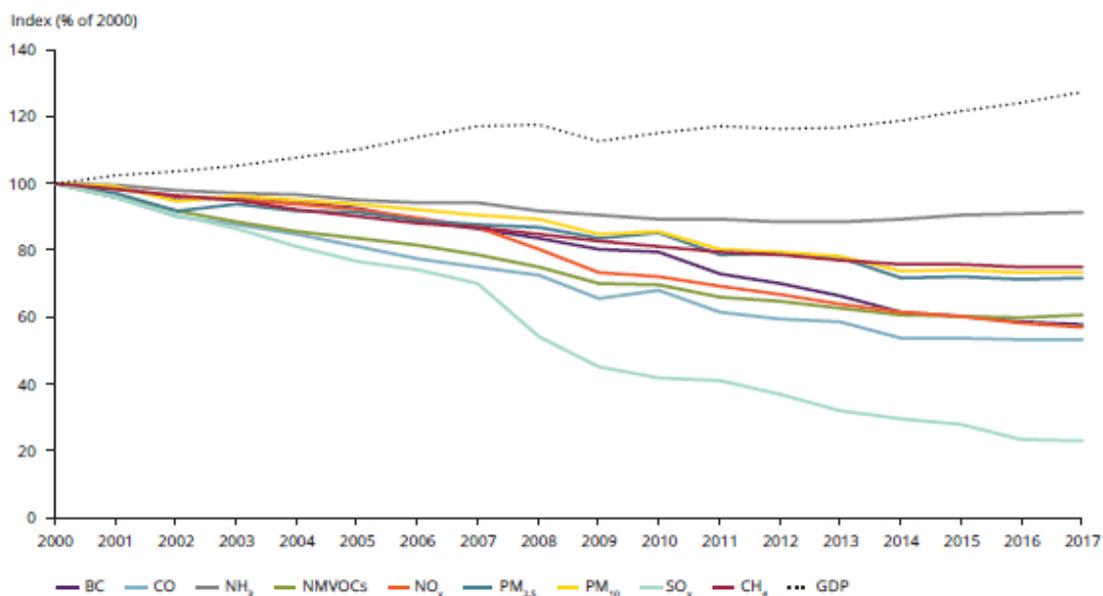


Figura 1: Trend delle emissioni dei principali inquinanti EU- 28 (Fonte:[1])

Per quanto concerne le fonti di emissione per i vari inquinanti, se per il PM, il CO e il BC la prima fonte è rappresentata dalla produzione di energia e per il CH₄ dall'agricoltura (Figura 2), per gli NO_x il contributo maggiore è dato dal trasporto stradale seguito dalla produzione e distribuzione di energia.

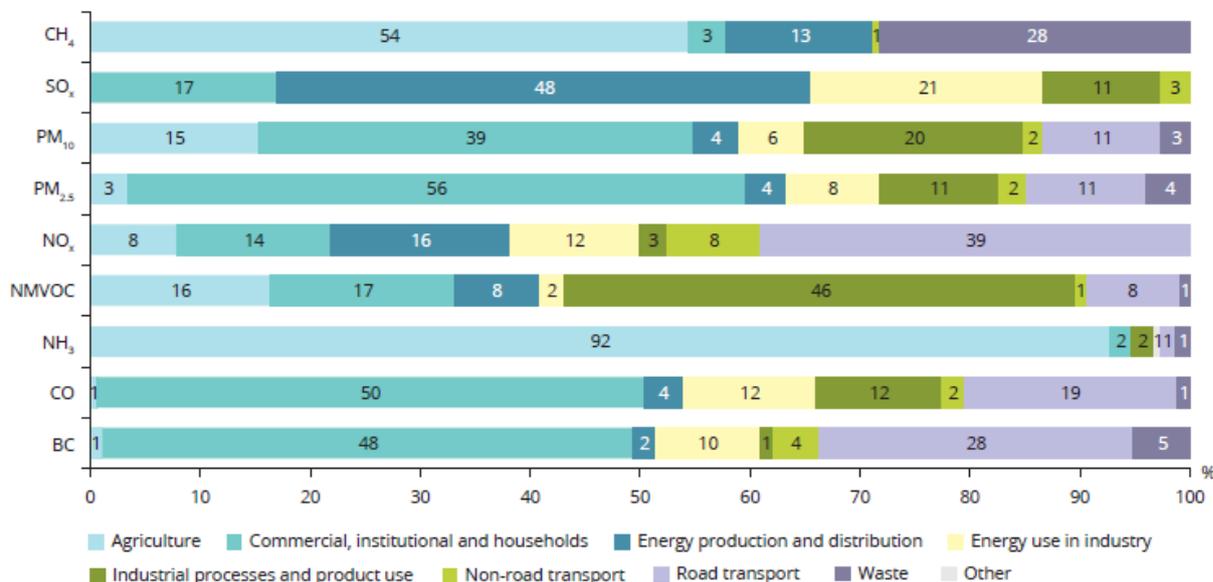


Figura 2: Principali fonti di emissione nel 2017 EU-28 (Fonte: [1])

1.1 L'azoto in atmosfera e il ciclo dell'azoto

L'azoto è uno dei nutrienti essenziali per tutti gli organismi viventi. La prima fonte è proprio l'atmosfera in cui sono presenti i seguenti composti: il protossido di azoto (N₂O), il monossido di azoto (NO), il biossido di azoto (NO₂), l'acido nitrico (HNO₃) e l'ammoniaca (NH₃) [2].

In Figura 3 vengono rappresentati l'insieme dei processi di fissazione e rilascio dell'azoto che formano il cosiddetto ciclo dell'azoto, ovvero: la fissazione dell'azoto, l'ammonificazione, la nitrificazione e la denitrificazione.

L'azoto in forma molecolare (N₂) non può essere utilizzato direttamente dagli organismi, ma deve essere convertito in una forma direttamente assimilabile dalle piante. La fissazione dell'azoto avviene in due processi. Il primo attraverso l'azione di una serie di microrganismi in grado di convertire l'N₂ in NH₃ e lo ione ammonio (NH₄⁺) e il secondo attraverso l'azione dei fulmini che fanno reagire l'N₂ con l'O₂ (1) formando l'ossido di azoto che, reagendo a sua volta con l'O₂, forma il biossido di azoto NO₂ (2) che si deposita in superficie sotto forma di nitrati biologicamente utili. L'NO₂, infatti, reagisce con l'acqua formando acido nitrico (3) che si depositerà al suolo attraverso le piogge.

Dalla dissociazione di quest'ultimo si formano NO_2^- ed NO_3^- (nitrificazione) e dalla riduzione dell' NO_3^- (processo di denitrificazione) l'atmosfera viene continuamente rifornita di azoto.

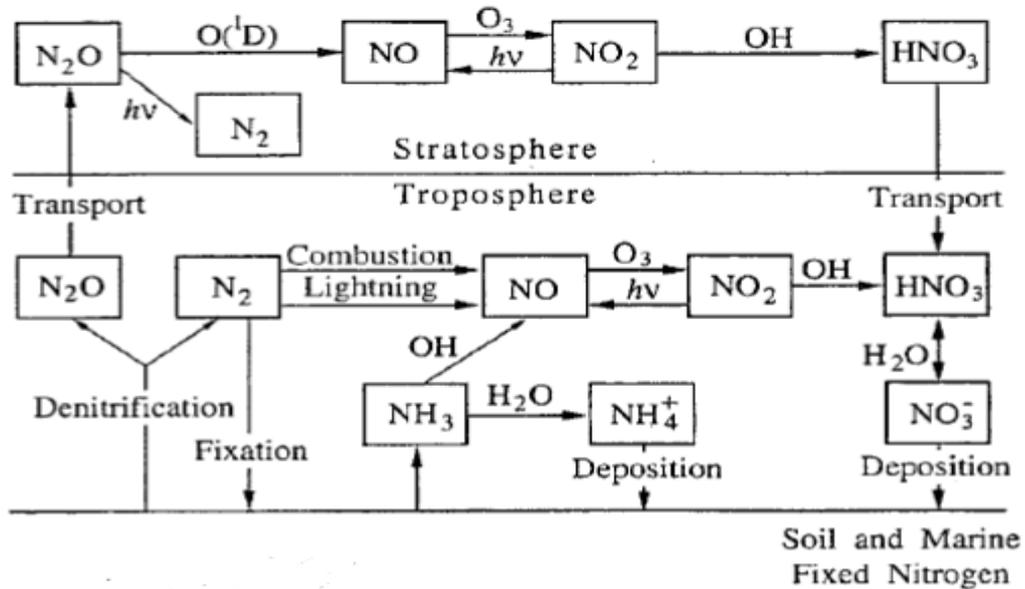


Figura 3: Ciclo dell'azoto (Fonte: [2])



Dal ciclo si evince che l'ammoniaca NH_3 deriva principalmente da fonti naturali. L'ossido di azoto (NO), invece oltre ad avere origine dall'azione naturale dei fulmini deriva dalle azioni antropiche legate ai processi di combustione, mentre il biossido di azoto (NO_2) proviene oltre che dai processi di combustione anche dall'ossidazione in atmosfera dell'ossido di azoto (NO).

1.2 Protossido di azoto (N₂O)

Come visibile in Figura 3 un ulteriore composto dell'azoto è rappresentato dal protossido di azoto (N₂O). Si tratta di un gas incolore e inodore che proviene principalmente dagli oceani, dalle foreste e dai batteri presenti nel suolo. Anche l'attività umana contribuisce all'emissione di questo gas: in particolare dall'eccessivo utilizzo di fertilizzanti a base di nitrati, e dalla combustione di biomasse e combustibili fossili, seppur in misura minore rispetto all'NO e all'NO₂ che verranno approfonditi nel paragrafo seguente. Si tratta, tuttavia, di un gas a effetto serra caratterizzato da un potenziale di riscaldamento globale. La sua vita in atmosfera è piuttosto lunga a causa della minima interazione con altri gas.

1.3 Ossidi di Azoto (NO_x = NO+NO₂)

I principali ossidi di azoto emessi durante i processi di combustione sono il monossido di azoto (NO), il biossido di azoto (NO₂) e il protossido di azoto (N₂O). Poiché nei processi di combustione il contributo maggiore è dovuto ai primi due si tende ad indicare l'insieme degli NO_x come somma di NO ed NO₂. Altri ossidi di azoto sono l'NO₃ e l'N₂O₅, presenti in concentrazioni molto basse rispetto ai primi due.

La reazione tra l'azoto molecolare N₂ e l'ossigeno O₂ avviene in condizioni di temperatura normali molto lentamente. Le elevate temperature che si raggiungono nei motori degli autoveicoli e nelle centrali termoelettriche accelerano il processo causandone un aumento delle quantità presenti in atmosfera.

Sulla base dei meccanismi di formazione, che dipendono dall'origine dell'azoto e dall'ambiente in cui si realizza la reazione, si distinguono [3] :

- *Termal NO_x*: si formano in condizioni di elevate temperature a partire dall'azoto e dall'ossigeno presenti nell'aria;
- *Fuel NO_x*: hanno origine a dalla reazione dell'O₂ con l'azoto contenuto nel combustibile;
- *Prompt NO_x*: si formano a partire da una rapida reazione dell'azoto atmosferico con i radicali idrocarburici.

I meccanismi che prevalgono maggiormente sono i primi due. L'ultimo, infatti, si verifica raramente. La formazione dei *termal NO_x* si realizza principalmente negli impianti che utilizzano combustibili liquidi e gassosi mentre quella di *fuel NO_x* dipende principalmente dalla quantità di azoto presente nel combustibile. Per gli impianti che utilizzano carbone come combustibile, la

quantità di NOx emessi è maggiore rispetto a quelli che utilizzano altri tipi di combustibile per via dell'elevata concentrazione di azoto presente nel combustibile.

Nella tabella seguente vengono riportate le percentuali di azoto presenti per ciascuna tipologia di combustibile.

Fuel	Fuel-bound nitrogen (wt-%, dry, ash-free basis)
Coal	0.5-2
Biomass (wood)	< 0.5
Peat	1.5-2.5
Fuel oil	< 1.0
Natural gas	0.0
Derived gases	0.1-1 (>> 1 chemical sources)

Figura 4: Percentuale di azoto contenuto nei combustibili (Fonte: [3])

1.4 Effetti degli NOx sulla salute umana

Sia il monossido che il biossido risultano potenzialmente pericolosi per la salute umana. Il biossido presenta una tossicità quattro volte maggiore di quella del monossido e può provocare irritazione alle mucose del naso e degli occhi.

Studi condotti su animali hanno dimostrato come una esposizione di diverse settimane/mesi a concentrazioni inferiori a $1880 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1ppm) possono determinare l'insorgenza di numerose patologie principalmente a livello dei polmoni, ma anche in altri organi quali fegato, sangue e milza. Tra i principali effetti vi sono quelli tipici dell'enfisema polmonare, aumento della suscettibilità alle infezioni batteriche virali del polmone che può portare all'insorgenza di bronchiti o allergie. [4]

La concentrazione più bassa a cui sono stati registrati degli effetti a seguito di una esposizione di trenta minuti di alcuni soggetti asmatici (riferimento) è di $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.3 ppm). Tra effetti a breve termine rientrano l'irritazione alle mucose del naso e degli occhi, le irritazioni della pelle, respirazione difficoltosa, nausea, mal di testa e aggravamento delle malattie respiratorie qualora già presenti (asma, tosse, soffocamento). Tra i soggetti maggiormente esposti rientrano sicuramente i bambini e gli asmatici.

Nonostante i numerosi studi sull'esposizione a breve termine, non ci sono prove per una relazione concentrazione-risposta per l'esposizione al biossido di azoto. Per esposizioni acute, solo concentrazioni molto elevate ($1990 \mu\text{g} / \text{m}^3$) colpiscono le persone sane mentre per gli asmatici, i bambini il valore più basso osservato riportato da diversi studi è compreso tra $375\text{-}565 \mu\text{g} / \text{m}^3$

pertanto considerando un margine di sicurezza del 50%, sulla base di questi dati viene proposta una linea guida su base oraria di 200 µg/m³.

Oltre a questa media oraria è stato proposto un limite annuale di 40 µg/m³ sulla base degli studi tossicologici condotti sugli animali. In Italia i valori previsti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità sono stati fissati dal DLgs.155/2010, che ha recepito la direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (Tabella 1).

In aggiunta a tali limiti viene stabilita anche una soglia relativa per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³.

Tabella 1: Valori limite per l'NO₂ per la protezione della salute umana previsti dal D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010

<i>LIMITE ORARIO</i>	200 µg/m³ Da non superare più di 18 volte all'anno
<i>LIMITE ANNUALE</i>	40 µg/m³
<i>SOGLIA D'ALLARME</i>	400 µg/m³ Misurata per tre ore consecutive in un'area di almeno 100 km ² oppure in una intera zona o agglomerato

1.5 Effetti degli NO_x sull'ambiente

Per quanto concerne l'impatto ambientale, gli NO_x sono tra gli inquinanti più importanti a livello atmosferico: in condizioni di forte irraggiamento infatti, innescano delle reazioni fotochimiche secondarie (smog fotochimico) da cui si originano altre sostanze inquinanti come l'ozono e i PAN.

Le reazioni che governano il ciclo fotochimico degli NO_x in condizioni di stato stazionario svengono di sotto riportate. In presenza delle reazioni (4), (5), (6) la quantità di NO e O₃ formata e distrutta sarebbe la stessa e il rapporto tra NO ed NO₂ rimarrebbe costante.





Tuttavia, la presenza di radicali liberi e l'elevata reattività degli NO_x determina la presenza di reazioni che alterano l'equilibrio che si avrebbe con conseguente aumento delle concentrazioni di ozono. Infatti, i radicali a loro volta ossidano l'NO a NO₂ (7), contribuendo all'accumulo di NO₂ e O₃, non facendo avvenire la reazione (6).

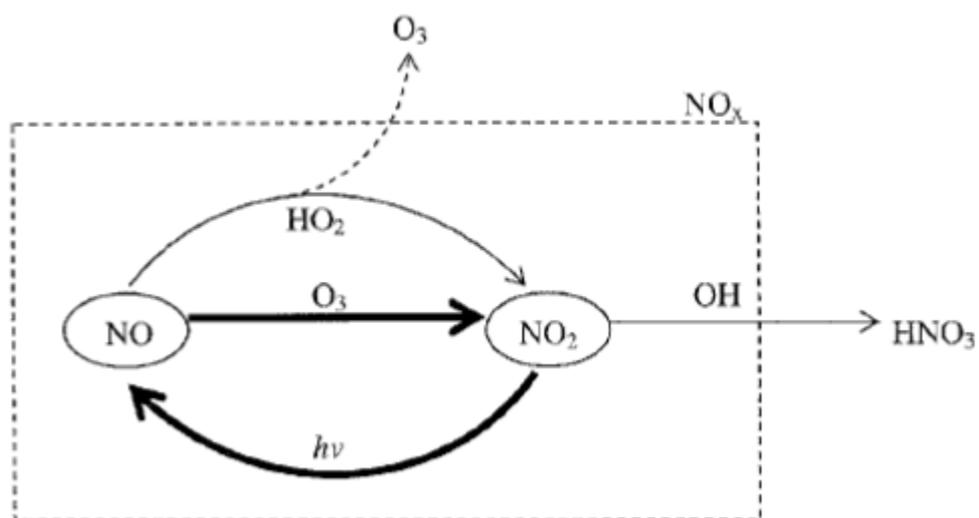


Figura 5: Reazioni che interessano gli NO_x in troposfera e che portano all'aumento di O₃ (Fonte: [2])

Un altro esempio di inquinante secondario è rappresentato dai PAN che si generano dalla reazione del radicale acetilperossidico con NO₂ (8):



Lo smog fotochimico è visibile come foschia marrone (Figura 6) e si presenta principalmente nelle città molto popolate e calde. Esempi di città che vedono quotidianamente questo smog sono Los Angeles, Sydney.



Figura 6: Esempio di smog fotochimico sulla città di Los Angeles (Fonte: [19])

Dalla Figura 3 è inoltre possibile vedere come la principale fonte di NO_x nella stratosfera sia l’N₂O, proveniente dalle fonti viste nel paragrafo precedente. Quest’ultimo, una volta rilasciato in

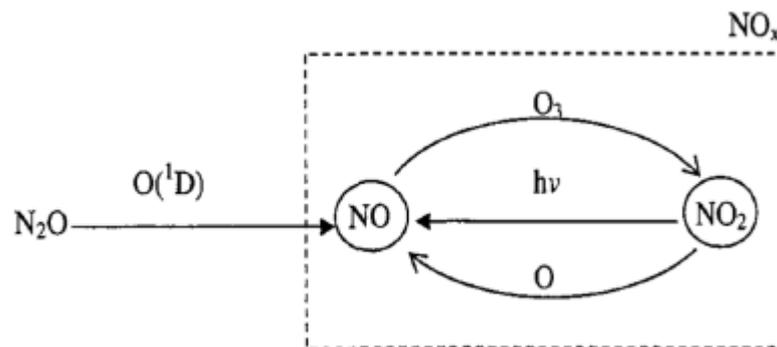
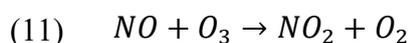
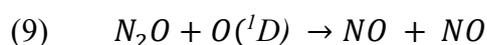
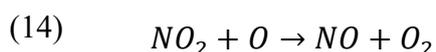
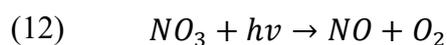


Figura 7: Reazioni che interessano gli NO_x nella stratosfera (Fonte: [2])

atmosfera a seguito del processo di denitrificazione, non reagisce e passa nella stratosfera.

La formazione degli NO_x a partire dall’N₂O provoca la riduzione dell’ozono stratosferico visibile dalle reazioni di seguito riportate. Il gruppo (10), (11), (12) si riferisce alla bassa stratosfera mentre il secondo (12), (13) all’ alta atmosfera.





La presenza degli NOx in atmosfera contribuisce, inoltre, alla formazione di piogge acide i cui principali effetti sono l'acidificazione dei corpi idrici superficiali, danni alle foreste e alla vegetazione, danni a materiali e strutture e l'accumulo di nitrati che può determinare un'alterazione degli equilibri ecologici ambientali.

1.6 Emissioni di NOx in Italia

Le emissioni nazionali di NOx sono consultabili nel sito del **Sistema Informativo Nazionale Ambientale** [5] che riporta le serie storiche dal 1990 al 2017 nel formato NFR (*Nomenclature For Reporting*). I metodi di stima sono coerenti con la Guida EMEP/EEA che rappresenta il riferimento per gli inventari delle emissioni nazionali associate a ogni attività antropica e naturale e rientra nei metodi individuati nell'ambito della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza – CLRTAP entrata in vigore nel 1983.

In Figura 8 è possibile osservare l'andamento tra il 1990 e il 2017 delle emissioni nazionali di NOx per le macrocategorie previste dalla classificazione NFR. Si può notare un trend negativo nel periodo compreso tra 1990 e il 2017. Le emissioni complessive nel 2017 sono diminuite del 66% rispetto ai livelli del 1990 interessando principalmente il comparto del trasporto su strada, la produzione di energia e la combustione industriale.

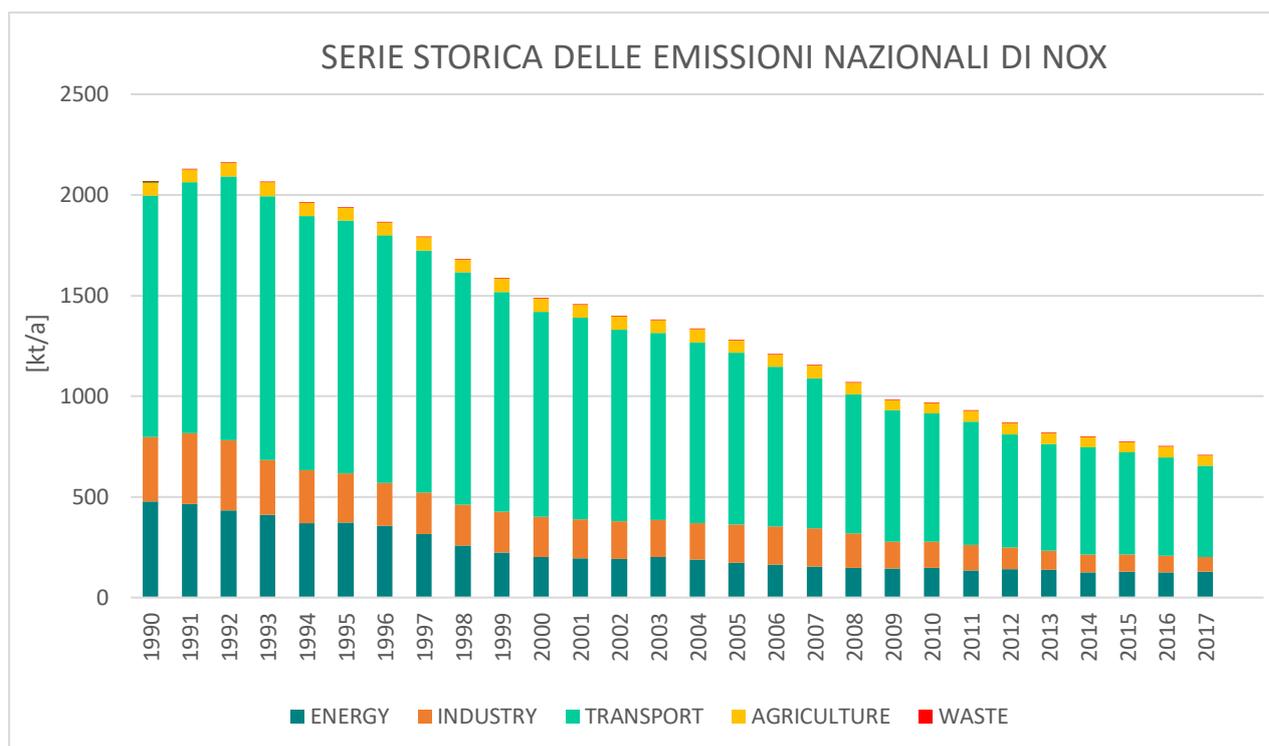


Figura 8: Serie storica dei flussi di NOx in Italia dal 1990 al 2017 (Fonte dati: [5])

In Tabella 2: Emissioni di NOx [kt/a] delle principali sottocategorie (Fonte dati:) vengono riassunti, per alcune annualità, i contributi emessi dalle sottocategorie più rilevanti:

Tabella 2: Emissioni di NOx [kt/a] delle principali sottocategorie (Fonte dati: [5])

	1990	2000	2010	2015	2016	2017
<i>Trasporto su strada</i>	935	757	618	377	358	327
<i>Altro trasporto</i>	261	260	183	130	127	125
<i>Produzione energia e trasformazione combustibili</i>	457	173	81	52	48	46
<i>Combustione industriale</i>	249	9	100	65	65	57
<i>Processi di produzione</i>	30	9	11	10	8	11
<i>Combustione non industriale</i>	64	69	87	87	88	89
<i>Treatmento e smaltimento di rifiuti</i>	3	3	3	2	2	2
<i>Agricoltura</i>	63	65	50	52	54	53
Totale	2062	1345	1133	775	750	710

La principale fonte di emissioni è il trasporto su strada che mostra una riduzione del 65% tra il 1990 e il 2017 mentre la combustione per la produzione di energia e nell'industria mostra una diminuzione rispettivamente del 90% e 77%.

Dei settori sopra riportati, l'unico che evidenzia un aumento delle emissioni è quello relativo alla combustione non industriale che mostra un aumento del 38%, pari quasi al 13% del totale del 2017. Tale aumento è dovuto principalmente all'aumento dei consumi energetici. Infatti, è proprio nel periodo considerato che tutti i nuovi edifici sono stati dotati di un impianto di riscaldamento mentre i vecchi sono stati modernizzati [6].

Per quanto concerne la produzione di energia e l'industria i dati mostrano delle notevoli diminuzioni dovute principalmente all'intensificazione della conversione all'uso di gas naturale per sostituire l'olio combustibile, agli incentivi concessi per il miglioramento dell'efficienza energetica e alla promozione delle energie rinnovabili e al risparmio energetico, hanno portato a un'ulteriore riduzione delle emissioni nel settore. Negli ultimi anni sono stati stabiliti limiti di emissione più severi per i nuovi impianti durante il processo di autorizzazione con l'obiettivo di prevenire problemi di qualità dell'aria a livello locale.

I dati relativi al settore industriale e alla produzione di energia vengono fornite direttamente dai gestori degli impianti principalmente raccolti nel quadro dell'E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*) il registro che annualmente deve essere aggiornato da alcuni impianti.

1.7 Emissioni di NOx in Piemonte

Dopo aver osservato l'andamento e i contributi delle singole fonti su scala europea e nazionale, nel presente paragrafo vengono riportate le concentrazioni misurate nelle stazioni distribuite su tutto il territorio piemontese nell'anno 2018 e i flussi stimati da IREA.

1.7.1 Attività di valutazione della qualità dell'aria della Regione Piemonte

L'attività di valutazione della qualità dell'aria della Regione Piemonte viene effettuata in maniera integrata a partire da tre strumenti informativi [7]:

- il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA);
- l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA);
- il Sistema modellistico Regionale.

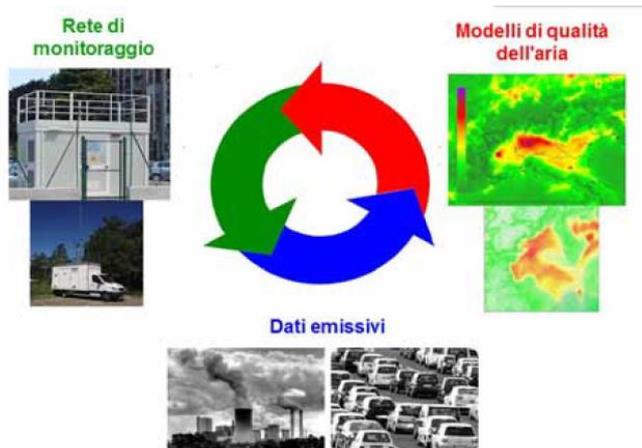


Figura 9: Singole componenti del sistema integrato di qualità dell'aria (Fonte: [7])

La catena modellistica regionale si basa su l'applicazione di modelli euleriani di chimica e trasporto idonei a territori che presentano una certa complessità dal punto vista emissivo e morfologico. La catena modellistica risulta essere una rete integrata di codici di calcolo costituita da un modulo territoriale, un modulo meteorologico, un modulo delle emissioni, il modello chimico di qualità dell'aria e un modulo post-processing.

La Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria attiva comprende 58 stazioni dislocate su tutto il territorio in modo da assicurare una valutazione in ogni zona. Solo 4 delle 58 stazioni sono di proprietà privata e sono poste in prossimità di alcuni impianti al fine di valutare le emissioni di quest'ultime sull'ambiente circostante.

In figura sottostante vengono riportate le zone e le stazioni presenti in ognuna di esse, ovvero stazioni di traffico, di fondo e industriali.

Le zone in cui il territorio viene suddiviso, visibili in Figura 10, sono le seguenti:

IT0118	Agglomerato torinese
IT0119	Zona di pianura
IT0120	Zona di collina
IT0121	Zona di montagna

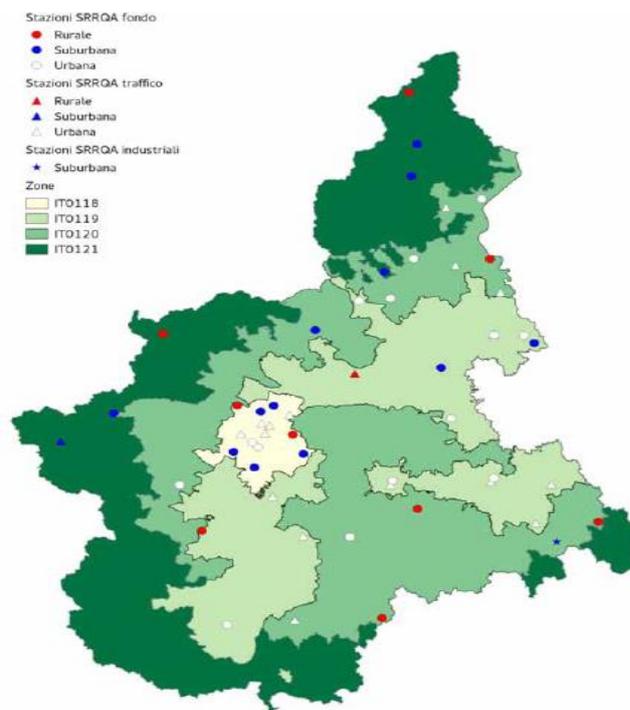


Figura 10: Zone di suddivisione del territorio piemontese per il monitoraggio (Fonte: [7])

Nel 2018 il superamento del limite annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato registrato esclusivamente nell'Agglomerato di Torino nelle stazioni di Torino-Consolata, Collegno-Francia, Torino-Rebaudengo ed è dovuto all'elevato traffico veicolare che si registra nell'area corrispondenti alle suddette stazioni (Figura 11). Le stazioni corrispondenti vengono di seguito riportate [8].

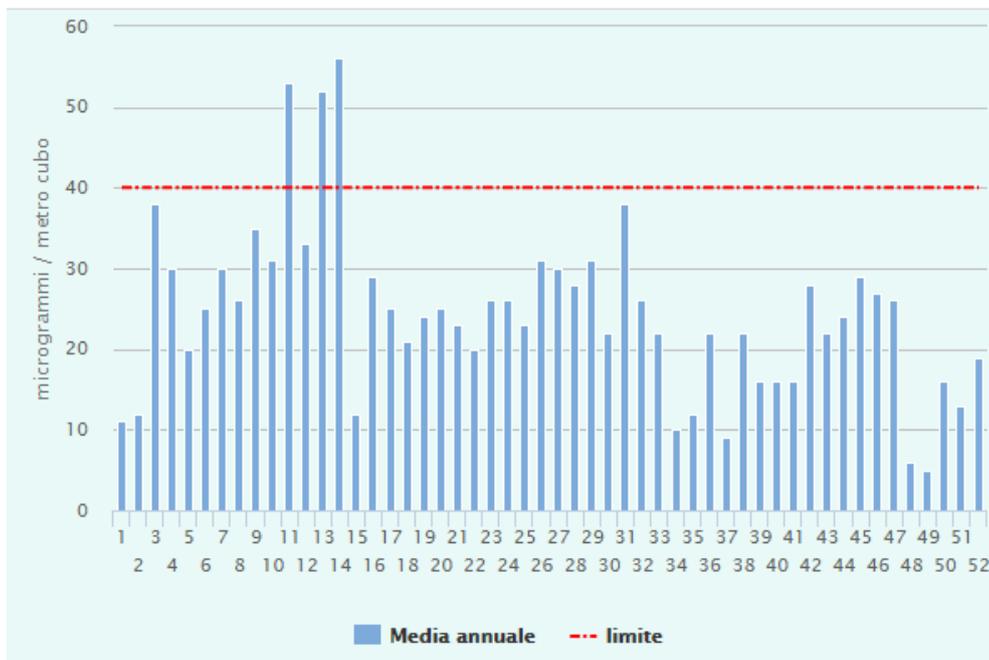


Figura 11: Medie annuali misurate nel 2018 (Fonte: [8])

Agglomerato di Torino:

1 Baldissero T. (ACEA) - parco; 2 Druento - La Mandria; 3 Beinasco (TRM) - Aldo Mei; 4 Borgaro T. - Caduti; 5 Chieri - Bersezio; 6 Leinì (ACEA) - Grande Torino; 7 Orbassano - Gozzano; 8 **Vinovo - Volontari; 9 Torino - Lingotto; 10 Torino - Rubino; 11 Collegno - Francia; 12 Settimo T. - Vivaldi; 13 Torino - Consolata; 14 Torino - Rebaudengo.

Zona di Pianura:

15 Revello - Staffarda; 16 Cigliano-Autostrada; 17 Cerano - Bagno; 18 Vercelli - CONI; 19 Alessandria - Volta; 20 Casale M.to - Castello; 21 Asti - D'Acquisto; 22 Biella - Sturzo; 23 Novara - Verdi; 24 Trecate - Verra; 25 Cuneo - Alpini; 26 Alessandria - D'Annunzio; 27 Novi Ligure - Gobetti; 28 Tortona - Carbone; 29 Asti - Baussano; 30 Biella - Lamarmora; 31 Carmagnola - I

Maggio; 32 Vercelli - Gastaldi; 33 Bra - Madonna Fiori.

Zona di Collina:

34 Dernice - Costa; 35 Vinchio - San Michele; 36 Castelletto T. - Fontane; 37 Saliceto - Moizo; 38 Ivrea - Liberazione; 39 Susa - Repubblica; 40 Cossato - Pace; 41 Borgosesia - Tonella; 42 Verbania - Gabardi; 43 Alba - Tanaro; 44 Borgomanero - Molli; 45 Oleggio - Gallarate; 46 Omegna - Crusinallo; 47 Mondovì - Aragno.

Zona di Montagna:

48 Ceresole Reale - Diga; 49 Baceno - Alpe Devero; 50 Domodossola - Curotti; 51 Pieve Vergonte - Industria; 52 Oulx - Roma.

In Figura 12 vengono riportate le medie annuali registrate dal 2003 al 2018 in due delle stazioni appartenenti all'Agglomerato di Torino (Torino- Lingotto e Torino-Rebaudengo) e due della Zona di Pianura (Biella – Sturzo e Biella – Lamarmora). Per l'anno 2018 in quasi tutte si sono registrate i valori più bassi dal 2003 grazie alle condizioni meteorologiche e all'abbassamento delle emissioni provenienti dagli impianti produttivi che verranno approfondite nel capitolo successivo.

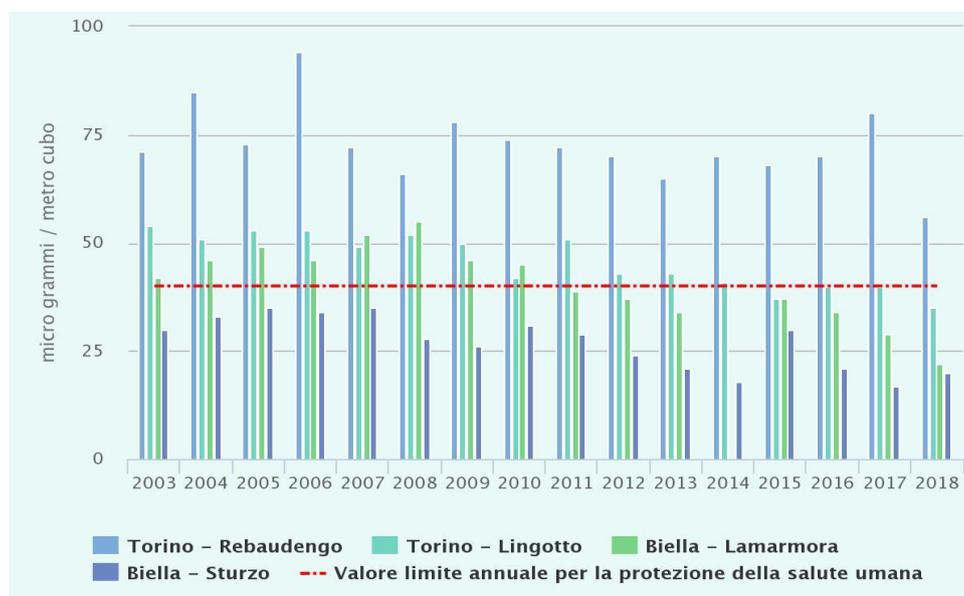


Figura 12: Medie annuali misurate dal 2003-2018 (Fonte: [8])

1.7.2 Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA)

L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) è uno degli strumenti più importanti attraverso cui vengono stimate le emissioni annuali in atmosfera provenienti sia da attività atriche che naturali realizzato dal Settore Risanamento acustico elettromagnetico ed atmosferico della Regione Piemonte.

Per la stima delle emissioni viene utilizzato il software *INEMAR* il quale stima le emissioni per ciascun inquinante a livello comunale per ogni attività e tipologia di combustibile. La classificazione utilizzata è denominata SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*) ed è quella adottata nella metodologia EMEP-CORINAIR (fino al 2007) che diventa EMEP-EEA a partire dal 2009. Le versioni successive al 2007 del manuale classificano le emissioni mediante la nomenclatura NFR (Nomenclature For Reporting) vista nel paragrafo e utilizzata per le emissioni nazionali. Per inventari regionali si continua ad utilizzare la nomenclatura SNAP che prevede 409 singole attività emmissive riorganizzate in 76 settori e 11 macrosettori di seguito riportati:

- 01- Combustione - Energia e industria di trasformazione
- 02- Combustione non industriale
- 03- Combustione nell'industria
- 04- Processi produttivi
- 05- Estrazione e distribuzione di combustibili fossili, geotermia
- 06- Uso di solventi e altri prodotti
- 07- Trasporto su strada
- 08- Altre sorgenti mobili e macchinari
- 09- Trattamento e smaltimento rifiuti
- 10- Agricoltura
- 11- Altre sorgenti di emissione ed assorbenti

L'inventario interessa diversi inquinanti quali il metano (CH_4), ammoniaca (NH_3), anidride carbonica (CO_2), protossido di azoto (N_2O), monossido di carbonio (CO), composti organici volatili non metanici (NMVOC), biossido di zolfo (SO_2), polveri fini di diametro $< 10\mu$ (PM10), polveri fini di diametro $< 2.5\mu$ (PM2.5) e ossidi azoto (NO_x).

Per la Regione Piemonte i dati disponibili più aggiornati si riferiscono all'anno 2013 e sono liberamente consultabili [9]. Il flusso di NO_x per la Regione Piemonte stimato per l'anno 2013 è pari a 68366,50 t/a.

Il grafico a torta (Figura 13) mostra i contributi percentuali degli 11 macrosettori. Anche qui è possibile notare che la principale fonte di emissione di NOx è il trasporto stradale che contribuisce per 46% del totale, mentre il contributo complessivo dei macrosettori 01, 03, 04, 06, 09 risulta essere pari al 28%.

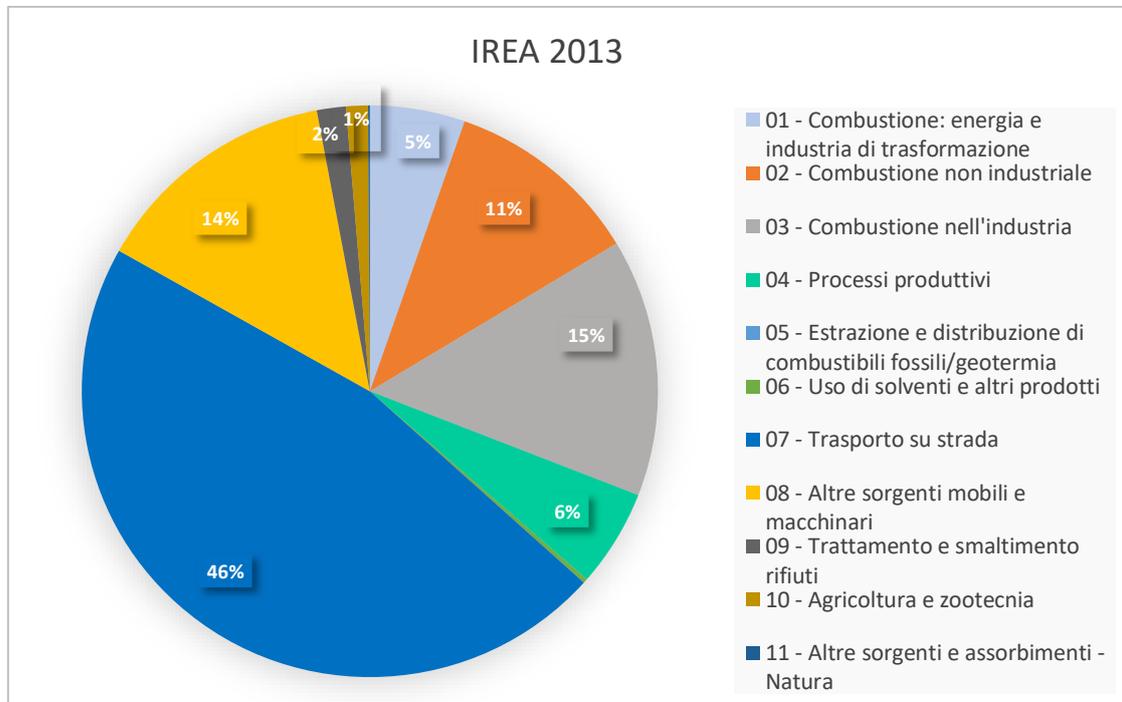


Figura 13: Contributi % dei macrosettori SNAP nella Regione Piemonte (Fonte dati: IREA 2013)

Il flusso maggiore è quello proveniente dalla Città Metropolitana di Torino rappresentando il 35% del flusso dell'intera regione a causa dell'elevato contributo del trasporto su strada. Quest'ultimo risulta inoltre essere superiore del 45% al flusso emissivo della provincia di Cuneo, seconda in ordine di emissioni e del 92% a quello della provincia di Biella che incide sul totale per appena il 3%. Nel grafico sottostante (Figura 14) si osserva la ripartizione dei flussi di ciascun macrosettore per le varie province.

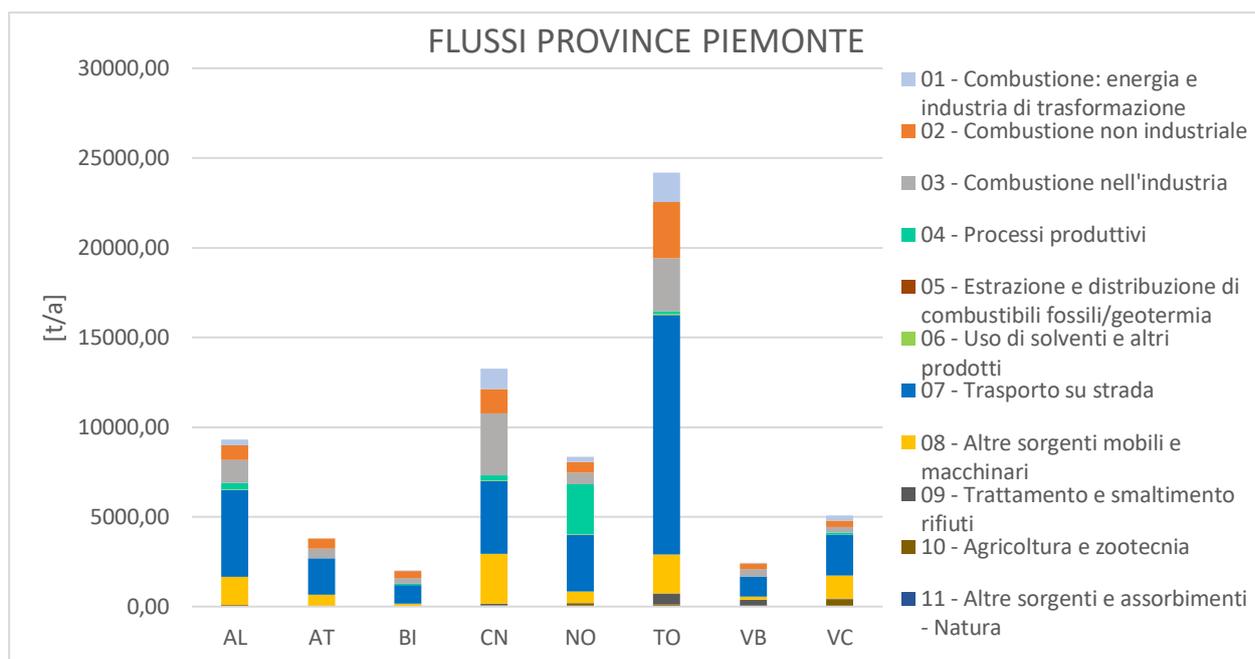


Figura 14: Flussi NOx (t/a) Province e macrosettori (Fonte dati: IREA 2013)

In Figura 15 invece si osservano i flussi dei macrosettori 01, 03, 04, 06, 09 per ciascuna provincia. Anche in questo caso il flusso complessivo maggiore è quello relativo alla Provincia di Torino. Tuttavia, la Provincia di Cuneo mostra un contributo maggiore del 15% nella combustione industriale e il doppio delle emissioni nel macrosetto relativo ai processi produttivi.

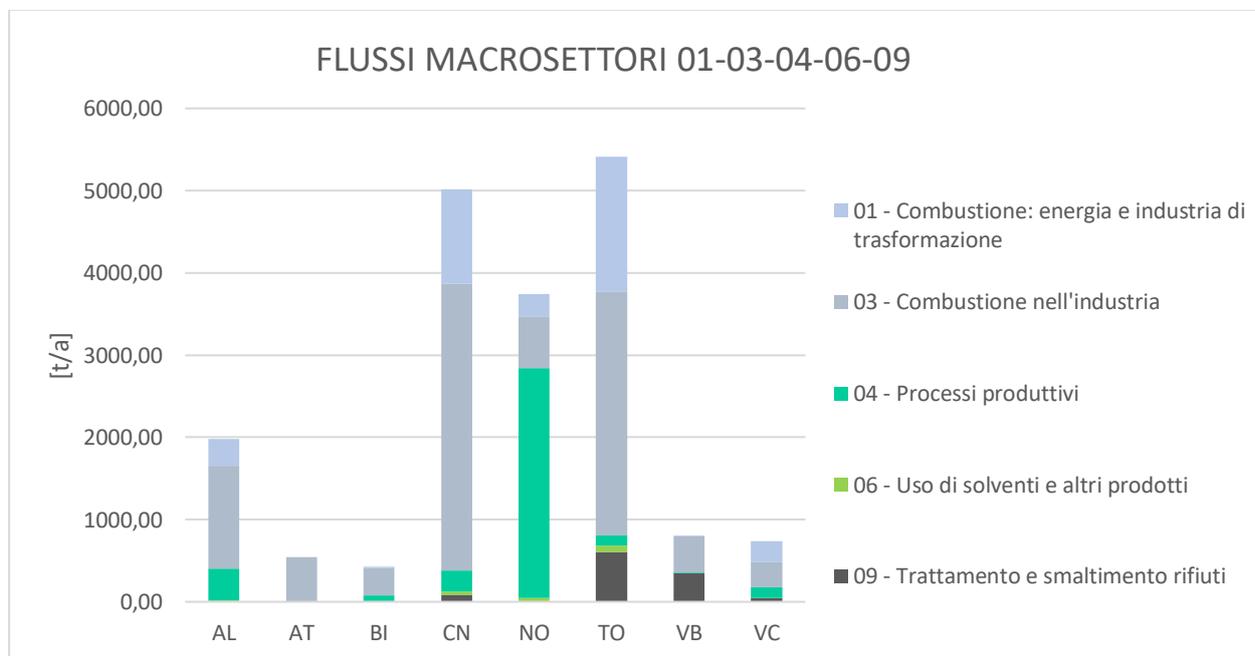


Figura 15: Flussi NOx macrosettori 01-03-04-06-09 (Fonte dati: IREA 2013)

CAPITOLO 2 – EMISSIONI DI NO_x DELLE INSTALLAZIONI IN AIA NELLA REGIONE PIEMONTE

Dopo aver osservato quali sono le principali fonti di emissione degli NO_x, nel presente capitolo ci si soffermerà sulle emissioni provenienti dagli impianti industriali presenti nella Regione Piemonte. In particolare, lo studio riguarderà tutte le attività industriali soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA).

Nel paragrafo 2.1 verranno illustrati i dati e la procedura utilizzata per il calcolo dei flussi i cui risultati sono visibili nei paragrafi successivi. Parte di questi verranno poi ripresi nel Capitolo 3 per valutare gli effetti delle misure previste dal Piano Regionale di Qualità dell’Aria (Marzo 2019) su una delle categorie più rilevanti, quella delle installazioni 1.1.

2.1 Metodologia di calcolo delle emissioni

Per la ricostruzione dello scenario autorizzato nel 2018 è stato consultato:

- il Quadro Emissioni riportato nelle Autorizzazioni Integrate Ambientali vigenti nell’anno considerato;

- i Report Annuali trasmessi nel 2019 (nel caso Città Metropolitana di Torino-Ministero);

Le Autorizzazioni esaminate nel presente elaborato sono tutte quelle rilasciate dalle seguenti Autorità Competenti:

- Città Metropolitana di Torino [4];
- Provincia di Alessandria [10]
- Provincia di Asti [11];
- Provincia di Biella [12];
- Provincia di Cuneo [13];
- Provincia di Novara [14]
- Provincia di Verbano-Cusio-Ossola [15]
- Provincia di Vercelli [16];
- Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare [17];

Le emissioni reali emesse nel 2018 sono state ricavate invece dalla consultazione dei seguenti documenti:

- i risultati degli autocontrolli periodici realizzati dall'Azienda;
- i dati rilevati dai sistemi di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME);
- le Dichiarazioni Ambientali laddove fosse presente una certificazione EMAS;

L'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) è il provvedimento che autorizza l'esercizio di una installazione a determinate condizioni che garantiscono la conformità ai requisiti IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*). L'elenco delle attività a cui l'AIA si applica è contenuto nell'Allegato VIII alla parte seconda del D.Lgs 152/06 e s.m.i per quelle di competenza provinciale, mentre l'Allegato XII riporta le categorie di impianti relativi alle attività industriali soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale di competenza statale. Ogni attività è identificata da un codice IPPC univoco da 1.1 a 6.11

Il riesame dell'Autorizzazione Integrata Ambientale con valenza di rinnovo avviene entro quattro anni dalla data di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea delle decisioni relative alle conclusioni sulle BAT riferite all'attività principale di un'installazione o dopo 10 anni dal rilascio dell'AIA o dall'ultimo riesame effettuato sull'intera installazione (art. 29-octies, comma 6, del D.Lgs 152/06). Inoltre, se l'installazione è certificata secondo la norma UNI ISO 14001 l'AIA ha durata di 12 anni; se registrata ai sensi del regolamento (CE) n.1221/2008 - EMAS. La base di dati è risultata rinnovata e regolare solo per alcune province grazie al continuo aggiornamento delle modifiche apportate agli impianti in esame.

La consultazione dei Report Ambientali è stata fondamentale per l'estrazione dei dati reali degli impianti presenti nella Città Metropolitana di Torino e per le attività di competenza dello Stato, gli unici per i quali è stato possibile ricavare le emissioni reali. I gestori degli impianti ogni anno entro il 30 Aprile sono tenuti a inviare all'Autorità competente (Provincia o Stato), ai Comuni e all'ARPA i dati caratteristici dell'anno precedente: produzione, ore lavorate, consumi di energia e materie prime e infine emissioni in aria, acqua, suolo forniti dagli autocontrolli con frequenza fissata nell'Autorizzazione.

Attraverso la consultazione del Quadro Emissioni, di ogni attività presente nell'elenco delle AIA rilasciate dalle singole Province, è stato possibile risalire alla totalità dei camini interessati da emissioni di NOx presenti nella Regione Piemonte.

All'interno del Quadro Emissioni per ogni camino vengono stabiliti:

- una portata massima oraria [Nm³/h];
- un valore limite di emissione per ogni singolo inquinante [mg/Nm³] ed eventuale flusso di massa orario [kg/h];
- il sistema di abbattimento delle emissioni laddove presente;
- la periodicità degli autocontrolli.

In Figura 16 è possibile osservare un esempio di Quadro Emissioni presente nelle suddette AIA e utilizzato per i calcoli di seguito riportati.

Punto di emissione	Impianto di Provenienza	Portata [Nm ³ /h]	Inquinanti			Impianto di abbattimento	Frequenza autocontrollo
			Tipologia (2)	Limiti			
				Concentrazione [mg/Nm ³] (1)	Flusso di massa [kg/h]		
E1	Pressofusione	55000	Polveri totali comprese nebbie oleose	10	0,55	Filtri metallici	Triennali
			COT (non metanici)	10	0,55		
E2	Pressofusione	20000	Polveri totali comprese nebbie oleose	10	0,2	Filtro metallico + Filtro a tessuto	Triennali
			COT (non metanici)	10	0,2		
E3	Forno fusorio	5000	Polveri totali comprese nebbie oleose	10	0,05	---	Annuali
			CO	50	0,25		
			NOx	50	0,25		
			COT (non metanici) (3)	---	---		
E4	Pressofusione	70000	Polveri totali comprese nebbie oleose	10	0,7	Filtri metallici	Triennali
			COT (non metanici)	10	0,7		

Figura 16: Esempio di Quadro Emissioni AIA (Azienda: 2A S.p.A)

Una volta ricavati tutti i parametri sopra citati, si è proceduto con il calcolo del flusso di massa di NOx autorizzato per ciascuna camino, ovvero il massimo emettibile nell'anno 2018. Per farlo è stata utilizzata la seguente la formula:

$$NOx \text{ singolo camino} = Q \cdot C \cdot N^{\circ} \text{ ore lavorate} \quad (14)$$

Dove

Q = portata autorizzata [Nm³/h];

C = valore limite di emissione NOx [mg/Nm³];

In presenza di più punti di emissione appartenenti alla medesima installazione, il flusso di massa complessivo dell'installazione è stato calcolato come somma dei flussi provenienti dai singoli camini. Per alcune installazioni, in assenza del numero di ore lavorate nell'anno esaminato è stato considerato un funzionamento continuo di 8760 h. Tenendo conto della manutenzione e di eventuali fermi per il calcolo sono state considerate 8000 h/anno.

In questo modo è stato ricostruito lo scenario autorizzato degli NOx nell'intera Regione Piemonte, il quale chiaramente non rappresenta le emissioni realmente emesse dagli impianti nel 2018 ma la quantità massima di NOx potenzialmente emettibile in atmosfera.

Grazie alla consultazione come riportato sopra dei dati ambientali del 2018 di ciascuna azienda soggetta ad AIA di competenza della Città Metropolitana di Torino e di competenza dello Stato, ha consentito di ricavare le emissioni reali e di confrontarle con le precedenti. Per le installazioni di competenza della Città Metropolitana il confronto del dato autorizzato con quello reale è stato effettuato per installazioni che presentavano un flusso autorizzato rilevante. È stata considerata una soglia di 20 t/a. Per farlo sono stati consultati i report, i dati SME qualora presenti o ricavati attraverso la metodologia utilizzata per il calcolo dei flussi autorizzati, utilizzando stavolta le portate e le concentrazioni misurate durante gli autocontrolli periodici.

Per le installazioni di competenza statale invece, il dato reale è stato estrapolato dalla Dichiarazione Ambientale nel caso l'installazione fosse certificata EMAS.

La definizione di questa soglia è stata utilizzata anche come punto di partenza per il calcolo dei flussi autorizzati nell'anno 2008 al fine ottenere delle informazioni circa l'evoluzione della normativa e delle tecnologie utilizzate per l'abbattimento delle emissioni di NOx.

Infine, nel capitolo 3, i dati ricavati saranno utilizzati come spunto per l'applicazione delle misure previste dal Piano Regionale di Qualità dell'Aria per la categoria 1.1.

2.2 Scenario autorizzato – Città Metropolitana di Torino

Il flusso totale autorizzato nella Città Metropolitana di Torino nel 2018 è risultato pari a **2631 t/a**. I flussi complessivi calcolati per ciascuna installazione vengono riportati in ordine decrescente in Tabella 3. Come è possibile vedere il flusso maggiore calcolato è quello per la Cartiera Ahlstrom Munksjö. L'elevato valore è dovuto ai numerosi camini che l'installazione presenta.

Tabella 3: Flussi annuali autorizzati per installazione CMTO

Ragione Sociale	CODICI IPPC	NOx [t/a]
<i>Ahlstrom-Munksjö Italia</i>	1.1, 6.1(b), 6.7	350,71
<i>Trm</i>	5.2(a)	228,63
<i>Iren Energia (Corso Unità D'italia)</i>	1.1	153,00
<i>Iren Energia (Rivoli)</i>	1.1	149,86
<i>Fenice (To Lungo Stura)</i>	1.1, 5.1 (b), 5.3 (a), 5.5	135,36
<i>Lumina (Energie)</i>	1.1	118,51
<i>Teksid Aluminum</i>	2.5(b)	112,26
<i>Fornace Laterizi Carena</i>	3.5	108,24
<i>Olon</i>	1.1, 4.5, 5.5	89,10
<i>Venator Pigments</i>	4.2 (e)	84,16
<i>Fornace Mosso</i>	3.5	67,80
<i>Fenice (Rivalta di Torino)</i>	5.1, 5.3(a), 6.11	64,65
<i>Lipitalia 2000</i>	6.5	58,78
<i>High Power</i>	1.1	58,15
<i>Leonardo</i>	1.1, 2.6	52,85
<i>Fenice (Carmagnola)</i>	6.11	51,25
<i>T2D</i>	3.5	51,22
<i>Nuova Zincorotostatica</i>	2.6	42,32
<i>Bru Zinc - Fratelli Costa</i>	2.6	34,00
<i>Zincotre</i>	2.6	33,58
<i>Decap</i>	2.6	31,96
<i>Ghiggia</i>	3.5	31,73
<i>Eni</i>	4.1(a),4.1(b),4.1(c)	31,54
<i>Protex</i>	2.6	30,57

<i>Sonoco Alcore Demolli</i>	6.1 (b)	28,51
<i>Parco Industriale Di Chivasso</i>	1.1	28,17
<i>Valente Group</i>	2.6	26,72
<i>Cartiera Giacosa</i>	4.1(b),6.1(b)	23,72
<i>Di Costa</i>	2.6	23,63
<i>Zincoplating</i>	2.6	23,52
<i>U-Shin Italia</i>	6.7	22,56
<i>Sital</i>	2.6	22,44
<i>Fca Grugliasco</i>	1.1,2.6,6.7	21,10
<i>Faga Fornace</i>	3.5	20,59
<i>Afv Acciaierie Beltrame</i>	2.2	16,35
<i>Sistemi Sospensioni</i>	2.6	14,38
<i>Ibs Bulloneria</i>	2.6	13,99
<i>Ats</i>	2.6	13,65
<i>Getti Speciali</i>	2.5 (b)	13,14
<i>2A S. p. A</i>	2.5 (b)	12,60
<i>G. Canale</i>	6.7	12,48
<i>Martini e Rossi</i>	6.4(b)	11,59
<i>Kastamonu</i>	4.1(b)	10,93
<i>Ge Avio</i>	2.6	10,80
<i>Cassina Cartiera</i>	6.1(b)	9,57
<i>Akerlund e Rausing</i>	6.7	9,50
<i>Lattes</i>	2.6	8,06
<i>Fini Stampa Giordanetto</i>	6.2	7,21
<i>Ecozing</i>	2.6	7,20

<i>Ocat</i>	2.6	6,84
<i>Icai Intermedi Chimici</i>	4.1(b),4.1(c),4.1(d),4.1(e)	6,57
<i>Endurance</i>	2.5(b)	6,24
<i>Tecnozinc</i>	2.6	4,80
<i>Aunde</i>	6.2	4,70
<i>General Fusti</i>	5.1(b), 5.3(a)	4,13
<i>Aimaretti</i>	6.4(a)	4,06
<i>Copar</i>	2.6	3,84
<i>Fonderia Careglio</i>	2.5(b)	3,81
<i>Margaritelli Ferroviaria</i>	6.1	3,33
<i>Glg Galvanicaa</i>	2.6	2,83
<i>Iren Energia (Ferrucci)</i>	1.1	2,75
<i>Luigi Lavazza</i>	6.4(b)	2,71
<i>Sesn</i>	4.1 (g), 4.1(h)	2,63
<i>Kemia Tau</i>	4.1 (a)	2,30
<i>A. Costantino & C</i>	4.5	1,49
<i>Savio</i>	2.6	1,47
<i>Fca</i>	2.6,6.7	0,90
<i>Acat</i>	2.6	0,66
<i>Baomarc</i>	2.6	0,66
<i>Comital</i>	6.11	0,00
<i>Fratelli Lucco</i>	2.5(b)	0,00
<i>Lamalu</i>	2.5 (b)	0,00
<i>MW Italia</i>	2.6, 6.7	0,00
<i>Industria Laterizi San Grato</i>	3.5	0,00
TOTALE		2649,3

In Figura 17 vengono riportate le emissioni di NO_x suddivise in base ai codici IPPC. Le installazioni sono state associate al codice IPPC di riferimento o, in presenza di più codici, a quello con contributo maggiore. Si nota che i flussi autorizzati maggiori sono legati alle attività energetiche, in particolare le attività 1.1 ovvero Impianti di combustione con potenza termica superiore ai 50 MW.

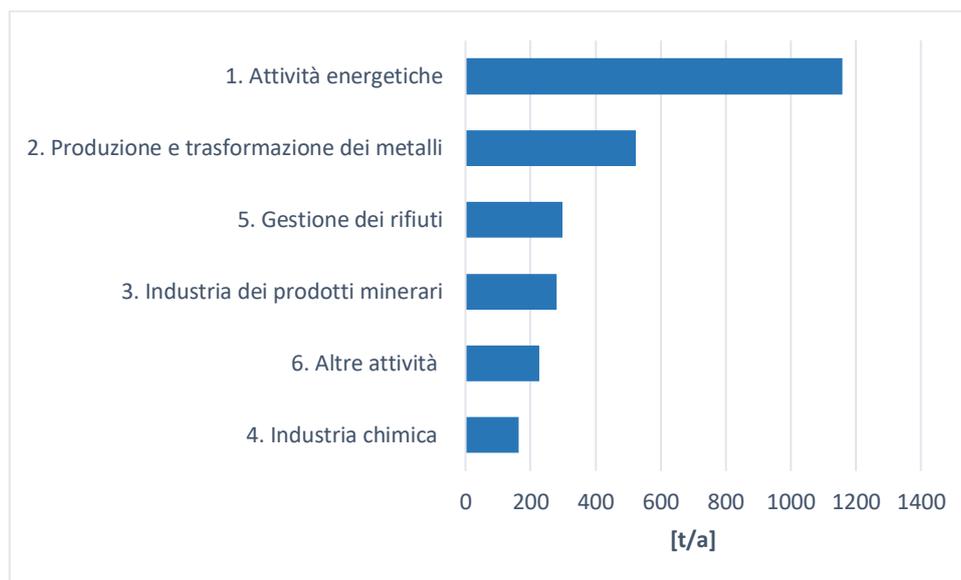


Figura 17: Flussi autorizzati AIA CMTO per categoria IPPC

Per quanto riguarda le installazioni in AIA di competenza del Ministero dell’Ambiente presenti nella Città Metropolitana di Torino, queste sono tutte centrali termoelettriche che rientrano nella categoria 1.1. Ciò che le contraddistingue dalle attività 1.1 di competenza delle province è la potenza termica, in questo caso superiore a 300 MW. I flussi autorizzati calcolati vengono di seguito riportati (Tabella 4).

Tabella 4: Flussi autorizzati AIA Ministero della Città Metropolitana di Torino

CODICI IPPC 1.1	NO _x [t/a]
Centrale Termoelettrica IREN Torino Nord	402,14
Centrale Termoelettrica ENGIE Chivasso	1706,85
Centrale Termoelettrica EDISON Mirafiori	350

Centrale Termoelettrica IREN Moncalieri	813,22
Centrale Termoelettrica A2A Leini	505,9
TOTALE	3778,12

La somma dei flussi calcolati per le installazioni di competenza della Città Metropolitana di Torino e di quelli del Ministero si attesta un valore di circa 6427 t/a. L'incidenza delle vane categorie nell'intera provincia sono visibili in Figura 18. È evidente come buona parte delle emissioni provenga dagli impianti di combustione che rientrano nella categoria 1.1, mentre i contributi delle categorie restanti risultano poco superiori del 20%.

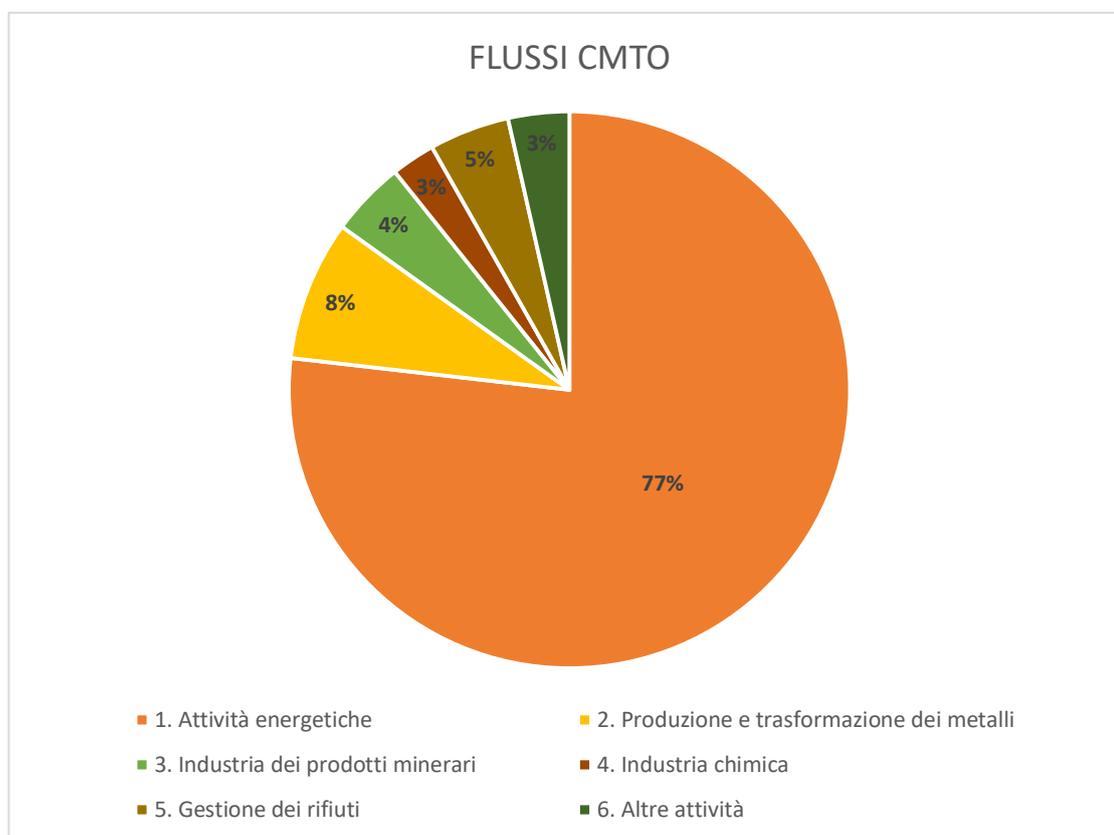


Figura 18: Flussi %i macrocategorie IPPC CMTO

2.3 Scenario autorizzato – Provincia di Cuneo

In Tabella 5 sono visibili i risultati relativi alle installazioni autorizzate dalla Provincia di Cuneo. A differenza di quanto emerso per la Provincia di Torino, in questo caso i flussi maggiori provengono dalle categorie 3 e 2. Il flusso maggiore calcolato, infatti, è quello connesso al cementificio Buzzi Unicem. Le concentrazioni e le portate in gioco in questo caso sono molto alte e si discostano di gran

lunga dai valori tipici per le altre attività. Il limite autorizzato infatti per il Forno 2 e per il Forno 3 è pari a 450 µg/Nm³.

Tabella 5: Flussi autorizzati Provincia di Cuneo

Ragione sociale	CODICE IPPC	NOx [t/a]
<i>Buzzi Unicem</i>	3.1.a), 5.2 a), 5.2b), 5.5	2736,00
<i>Riva Acciaio</i>	2.2, 2.3a), 5.1	733,20
<i>Agc Flat Glass</i>	3.3	702,60
<i>Garelli & Viglietti</i>	3.5	624,80
<i>Vincenzo Pilone</i>	3.5	565,60
<i>GEVER</i>	1.1	320,00
<i>Burgo Group</i>	6.1	259,80
<i>In.Pro.Ma.</i>	6.5	230,40
<i>Monge & C</i>	6.4b)	221,09
<i>Delsanto</i>	6.5	216,00
<i>Huvepharma Italia</i>	4.5, 5.1	215,60
<i>Stamperia Di Govone</i>	1.1, 6.2	198,93
<i>Engie Servizi</i>	1.1	138,64
<i>Fornace Eugenio Casetta</i>	3.5	135,60
<i>Cartiera Pirinoli</i>	6.1b)	115,20
<i>Ferrero Industriale Italia</i>	1.1	100,00
<i>Arpa Industriale</i>		84,00
<i>Silvachimica</i>	4.1	78,00
<i>Biraghi</i>	6,4	58,68
<i>Sublitex</i>	6.7	55,68
<i>Bertola</i>	2.6	28,80

<i>Galvanotecnica G.T.</i>	2.6	28,04
<i>Fim</i>	2.4	26,88
<i>Synthomer Specialty Resins</i>	4.1 h), 5.1	25,80
<i>Abet Laminati</i>	5.2 b), 5.5	25,39
<i>Bibielle</i>	6.7	24,00
<i>Calce Piasco</i>	3.1b)	22,90
<i>Hafliger Films</i>	6.7	21,92
<i>In.Al.Pi.</i>	6.4 c)	18,90
<i>Cartiera Torre</i>	6.1b)	14,28
<i>S.I.S.I.</i>	5.3	7,20
<i>San Carlo</i>	5.3b)	5,76
<i>Acsr</i>	5.3b)	5,01
<i>Zinca 2</i>	2.3)	4,80
<i>Mec</i>	6.4a)	2,57
TOTALE		8052,07

Per la Provincia di Cuneo il flusso maggiore è quello legato alla categoria 3 la quale rappresenta quasi il 60% del flusso complessivo autorizzato mentre le attività energetiche solo il 10%. I flussi aggregati per categoria sono riassunti in Figura 19.

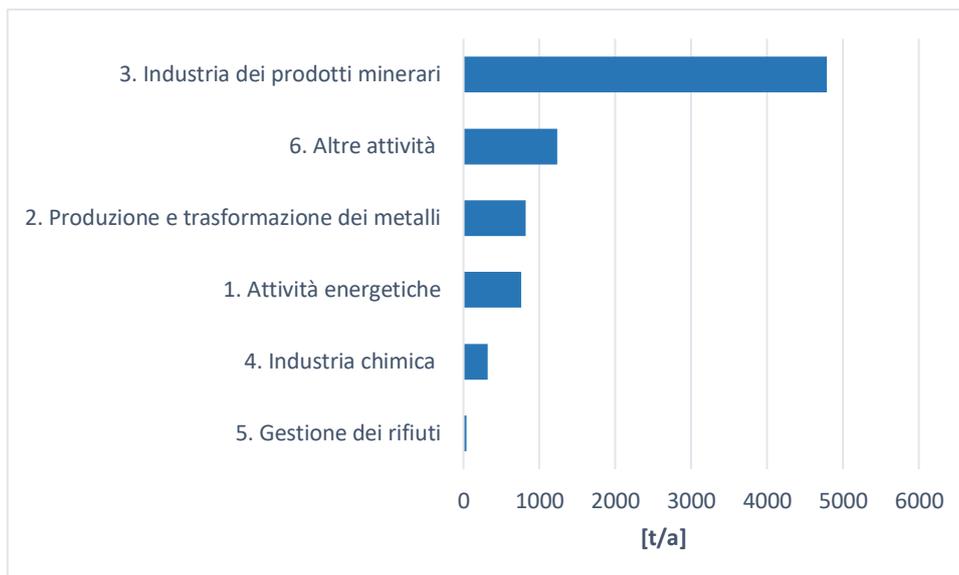


Figura 19: Flussi autorizzati Provincia di Cuneo per categoria IPPC

2.4 Scenario autorizzato – Provincia di Novara

In Provincia di Novara i flussi di NOx autorizzati più rilevanti sono quelli provenienti dalle attività che rientrano nella categoria 6. Altre attività. Più precisamente, le attività in questione sono le 6.7: *Trattamento di superficie di materie, oggetti o prodotti utilizzando solventi organici, in particolare per apprettare, stampare, spalmare, sgrassare, impermeabilizzare, incollare, verniciare, pulire o impregnare, con una capacità di consumo di solventi organici superiore a 150 kg all'ora o a 200 Mg all'anno* e attività 6.1b) *Fabbricazione in installazioni industriali di carta o cartoni con capacità di produzione superiore a 20 Mg al giorno*. Complessivamente la categoria 6 contribuisce al 44% del flusso totale seguita dalla categoria 4 che rappresenta invece il 39%. In Tabella 6 vengono riportati i singoli flussi mentre in Figura 20.

Tabella 6: Flussi autorizzati Provincia di Novara

Ragione sociale	CODICI IPPC	NOx [t/a]
<i>Columbian Carbon Europa</i>	4.2 e)	759,96
<i>Kimberly-Clark</i>	6.1 b)	545,77
<i>Barilla G. & R. Fratelli Spa</i>	6.4 b)	444,10
<i>Radici Chimica Spa</i>	4.2	260,22
<i>Eni Centro Olio Treocate</i>	1.1	254,41
<i>H-Old S.p.A.</i>	6.7	204,00
<i>Masterpack</i>	6.7	123,20
<i>Procos</i>	4.5	117,13
<i>Balchem Italia</i>	4.1 d)	102,30

<i>Parola & Luraghi</i>	2.4	100,00
<i>Cartiera di Momo</i>	6.1 b)	93,60
<i>Cromatura L.C.</i>	2.6	53,60
<i>Pulicrom</i>	2.6	34,56
<i>Clariant</i>	5.5	33,73
<i>Giacomini</i>	2.6	16,35
<i>Prochimica Novarese spa</i>	4.1	13,79
<i>Fratelli Creola Srl</i>	2.6	12,68
<i>Igor</i>	6.4 c)	12,48
<i>Sika</i>	4.1b) - 4.1h)	12,00
<i>Print and Packaging</i>	6.7	10,86
<i>Novel</i>	1.1	9,20
<i>Giardini</i>	5.1 - 5.5	7,20
<i>La Vichimica</i>	5.1 - 5.5	6,60
<i>Eigenmann & Veronelli Spa</i>	4.1	5,28
<i>Acqua Novara VCO</i>	5.3	3,74
<i>Acqua Novara VCO</i>	5.3	1,20
<i>Acqua Novara VCO</i>	5.3	0,40
TOTALE		3238,36

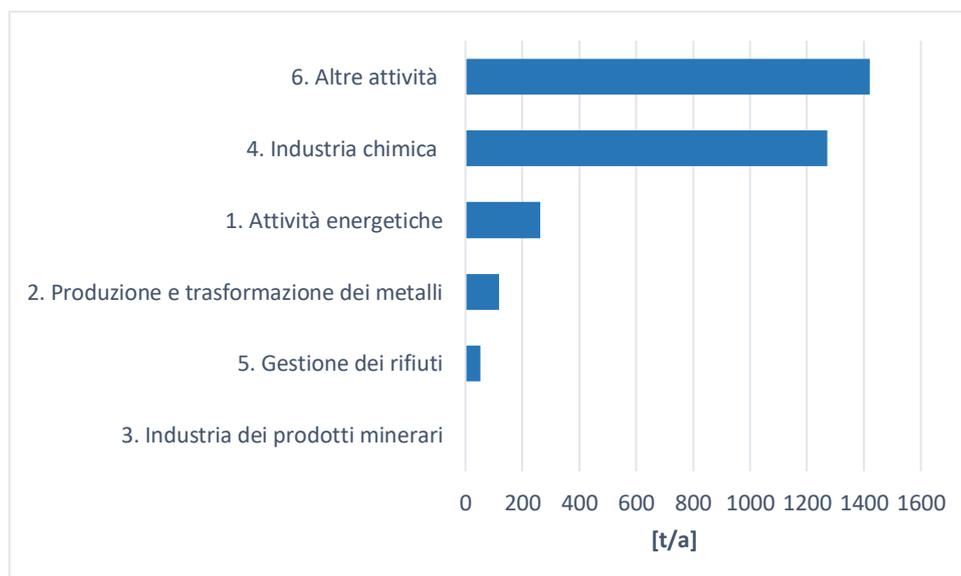


Figura 20: Flussi autorizzati Provincia di Novara per categoria IPPC

2.5 Scenario autorizzato - Provincia di Alessandria

Per le Province seguenti i flussi iniziano a diminuire per via della minore presenza di installazioni nel territorio. Nella Provincia di Alessandria il flusso maggiore visibile in Tabella 7 è quello calcolato per l'Ilva la quale presenta diversi codici IPPC ma è stata inserita nella categoria 1.1. I flussi più consistenti calcolati sono quelli dovuti alla generazione di calore per i forni di riscaldamento (Figura 21).

Tabella 7: Flussi autorizzati Provincia di Alessandria

Ragione sociale	CODICI IPPC	NOx [t/a]
<i>Ilva</i>	1.1,2.3c),2.6,5.1a),5.4	871,78
<i>Roquette Italia</i>	1.1.6.4.b) -2	866,17
<i>Bioland</i>	5.3	53,84
<i>Michelin Italiana</i>	6.7	46,50
<i>Baometal</i>	6.7	36,80
<i>Fornace Calandra</i>	3.5	36,00
<i>Ecoprogetto Tortona</i>	5.3 b)	14,40
<i>Cartiera Di Bosco Marengo</i>	6.1	8,32
<i>Elantas Italia</i>	4.1 b)	8,00
<i>Casalino Carta</i>	6.1 b)	7,62
<i>Prodotti Chimici E Alimentari</i>	4.5	4,80
<i>Terreal Italia</i>	3.5	4,40
<i>S.R.T. - Impianto Di Novi Ligure</i>	5.4	3,60
<i>Poliresin</i>	4.1	2,40
<i>Novigas</i>	4.2	2,33
<i>Nuova Solmine</i>	4.2	1,60
<i>Nobel Sport Martignoni</i>	4.6	1,52
<i>Zimetal</i>	2.3c), 2.6c)	0,40
TOTALE		1970,48

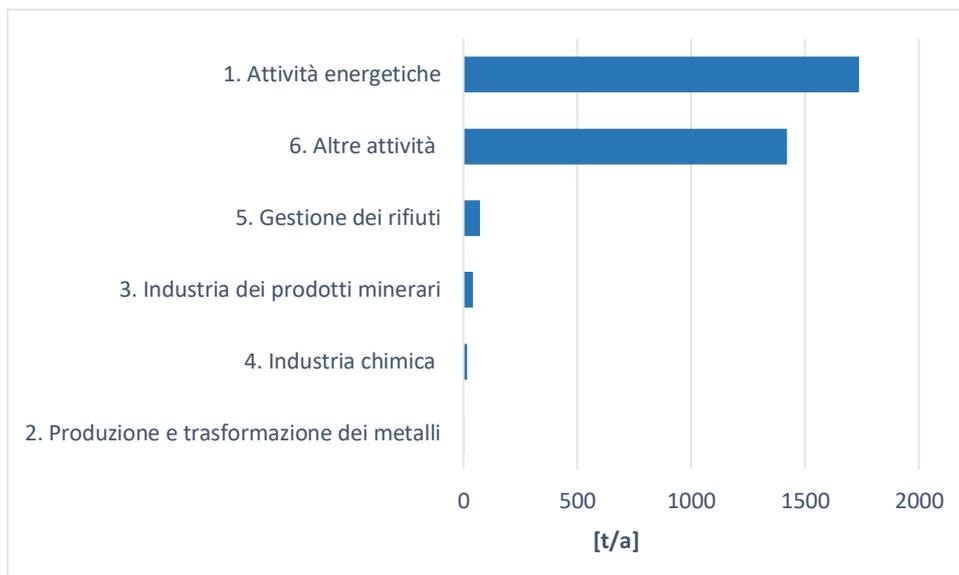


Figura 21: Flussi autorizzati Provincia di Alessandria per categoria IPPC

2.6 Scenario autorizzato 2018 - Provincia di Vercelli

I flussi nella Provincia di Vercelli sono decisamente inferiori ai valori visti finora (Tabella 8). Sono presenti solo due attività 1.1 Versalis e Alpiq che rappresentano il 50% dei flussi autorizzati nell'intera provincia. (Figura 22).

Tabella 8: Flussi autorizzati Provincia di Vercelli

REGIONE SOCIALE	CODICE IPPC	NOx [t/a]
<i>Versalis</i>	1.1, 4.1b	252,20
<i>Alpiq Energia Italia</i>	1.1	166,60
<i>Alcoplast</i>	4.1b)	144,00
<i>Zegna Baruffa Lane Borgosesia</i>	6.2	88,20
<i>Wienerberger Unipersonale</i>	3.5	86,40
<i>Gessi</i>	2.6	28,92
<i>Sanac</i>	3.5	18,00
<i>Zschimmer & Schwarz Italiana</i>	4.1m	12,60
<i>Zanolo</i>	6.2	7,78
<i>Filca Univel</i>	6.7	7,60
<i>Agiltek</i>	4.4	7,20
<i>Sicor</i>	4.5	6,44
<i>Luigi Lavazza</i>	6.4b2)	4,80
TOTALE		830,74

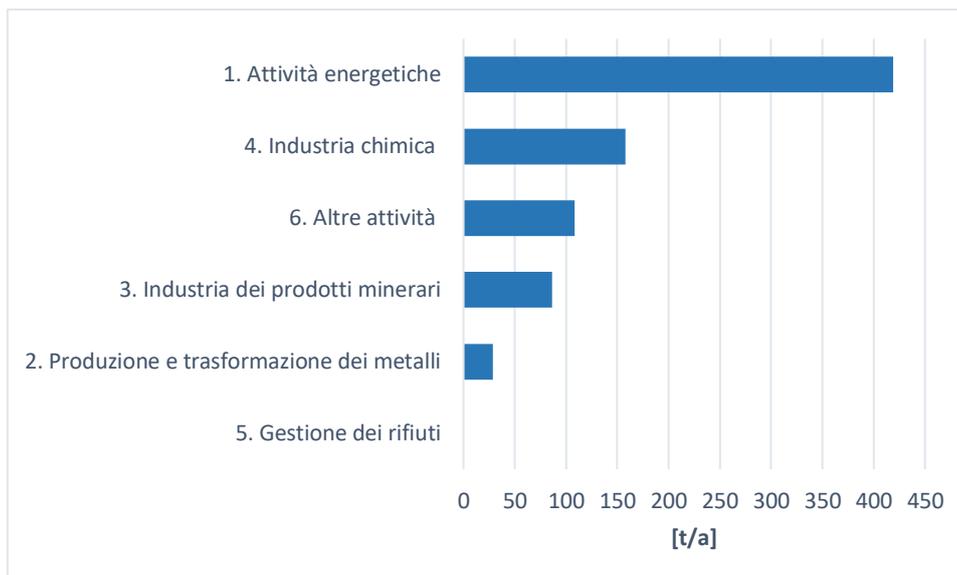


Figura 22: Flussi autorizzati Provincia di Vercelli per categoria IPPC

2.7 Scenario autorizzato - Provincia di Verbano-Cusio-Ossola

Il flusso minore calcolato risulta essere quello nella Provincia di Verbano-Cusio-Ossola che presenta solo sette attività interessate da emissioni di NO_x (Tabella 9). Non sono presenti nel territorio attività 1.1 autorizzate dalla Provincia ma solo autorizzate dallo Stato riportate di seguito.

Tabella 9: Flussi autorizzati Provincia di Verbano-Cusio-Ossola

REGIONE SOCIALE	CODICI IPPC	NO _x [t/a]
<i>Travi E Profilati di Pallanzeno</i>	2.3	211,80
<i>Vinavil</i>	4.1h)	149,56
<i>Vco Copper</i>	2.5b), 2.6	104,34
<i>Imerys Fused Minerals</i>	3.4	102,08
<i>Favini</i>	6.1	81,44
<i>Conser VCO</i>	5.2a) b)	52,56
<i>Galvanoplast</i>	2.6	37,27
TOTALE		739,05

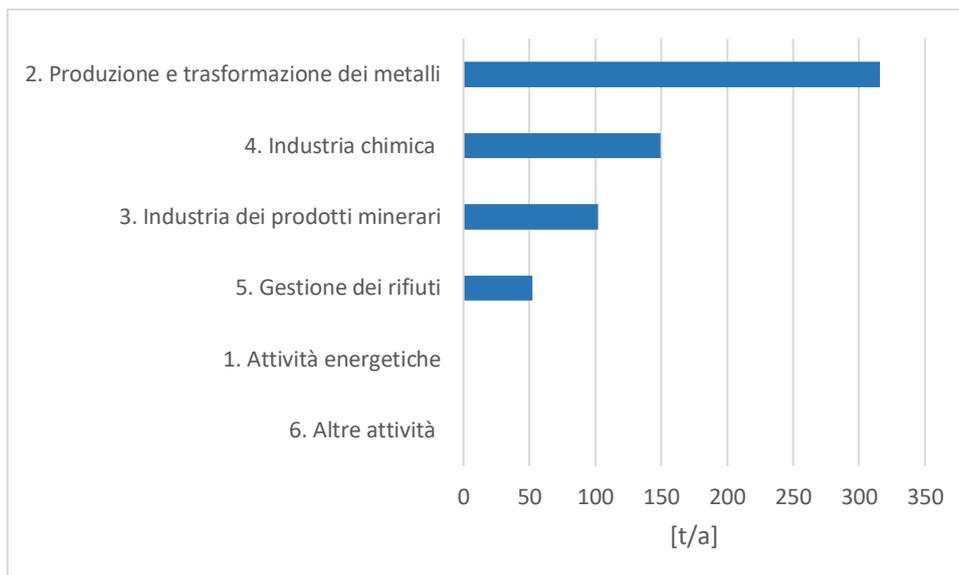


Figura 23: Flussi autorizzati Provincia di Verbano-Cusio-Ossola per categoria IPPC

2.8 Scenario autorizzato - Provincia di Biella

Anche in Provincia di Biella non sono presenti attività legate alla produzione di energia che rientrano nella categoria 1.1 (Tabella 10). I flussi di NOx interessano principalmente le attività 6.2 pretrattamento (operazioni di lavaggio, imbianchimento, mercerizzazione) o tintura di fibre tessili o di tessili la cui capacità di trattamento supera le 10 Mg al giorno (Figura 24).

Tabella 10: Flussi autorizzati Provincia di Biella

RAGIONE SOCIALE	CODICI IPPC	NOx [t/a]
<i>Filivivi</i>	6.2	88,40
<i>Altaeco</i>	3.5	86,61
<i>Sinterama</i>	6.2	75,28
<i>T2d</i>	3.5	64,00
<i>Polynt</i>	4.1	37,60
<i>Tintoria Di Pollone</i>	6.2	33,20
<i>Chiorino</i>		26,88
<i>A.S.R.A.B.</i>	5.4	23,40
<i>Finissaggio & Tintoria Ferraris</i>	6.2	8,20
<i>Gabba Giulio</i>	6.5	6,24
TOTALE		449,81

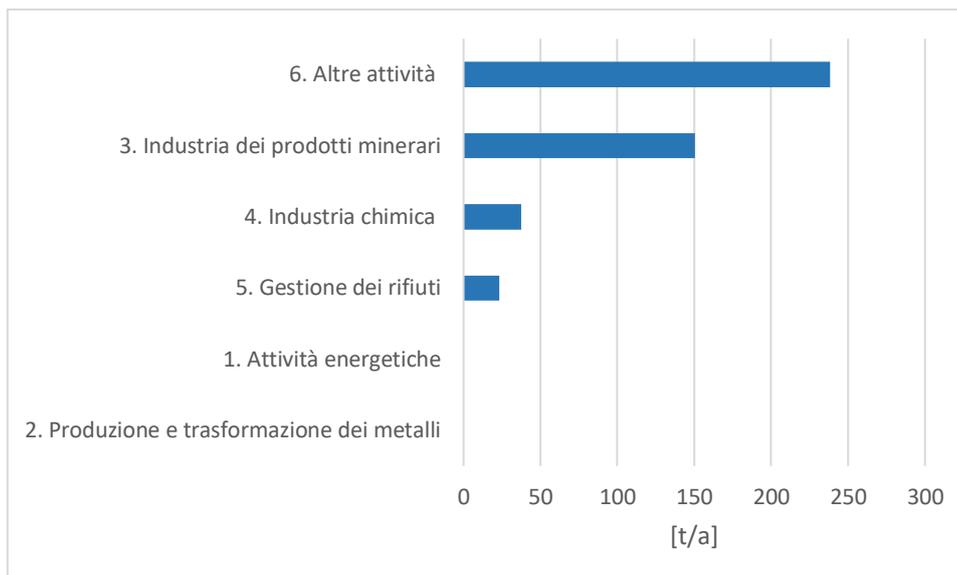


Figura 24: Flussi autorizzati Provincia di Biella per categoria IPPC

2.9 Scenario autorizzato- Provincia di Asti

Il flusso minore tra quelli calcolati per le installazioni di competenza provinciale è quello relativo alla Provincia di Asti visibile in tabella sottostante. I flussi in questa provincia sono dovuti principalmente alla fabbricazione di prodotti ceramici attività 3.5 (Figura 25).

RAGIONE SOCIALE	CODICI IPPC	NOx [t/a]
<i>Fornace Cellino</i>	3.5	123,26
<i>Fornace Ballatore</i>	3.5	98,40
<i>Fornace Di Baldichieri</i>	3.5	74,60
<i>Ardagh Metal Packaging Italy</i>	6.7	60,00
<i>Industrie Pica</i>	3.5	36,00
<i>Fondalpress</i>	2.3	8,10
<i>Gig</i>	2.6	7,49
<i>Reegenia</i>	5.1	0,10
TOTALE		407,96

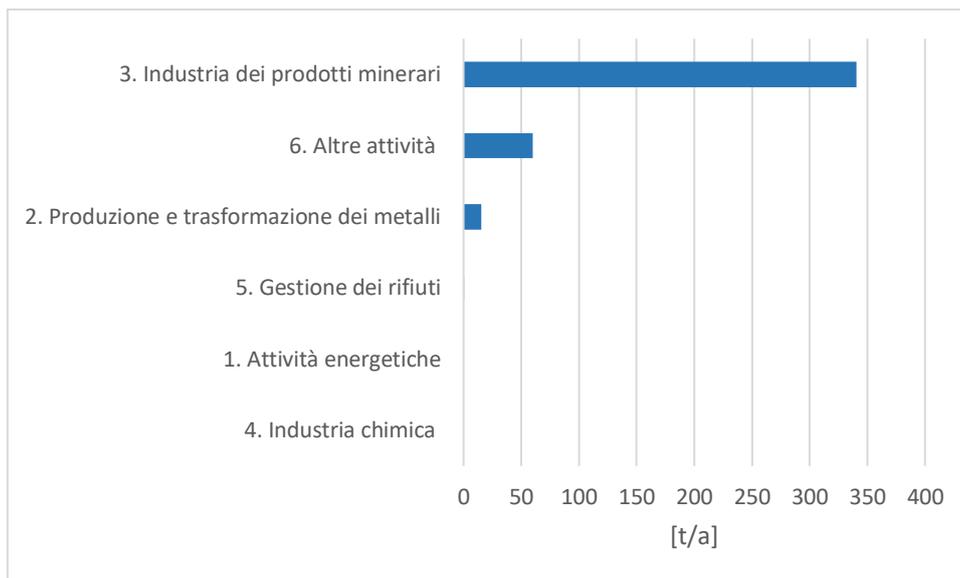


Figura 25: Flussi autorizzati Provincia di Asti per categoria IPPC

2.10 Scenario autorizzato – Installazioni Ministeriali Altre Province

Le installazioni autorizzate dal Ministero in aggiunta a quelle presenti nella Città Metropolitana riportate in Tabella 4 vengono riportate in Tabella 11. Anche qui il contributo maggiore è quello legato alle attività energetiche in particolare alla Raffineria di Treate.

Tabella 11: Flussi autorizzati installazioni AIA Ministero Province di Novara, Vercelli, Verbania-Cusio-Ossola

Installazioni	GESTORE	CODICE IPPC	PROVINCIA	NOx [t/a]
Raffineria Treate	<i>Sarpom</i>	1.2	NO	2000
Centrale Termoelettrica di Livorno Ferraris	<i>Ep Produzione Centrale</i>	1.1	VC	1112
Centrale di Compressione Gas Di Masera	<i>Snam Rete Gas</i>	1.1	VB	371,12
Stabilimento di Verbania	<i>Plastipak Italia Preforme</i>	4.1(h)	VB	43,78
Stabilimento di Pieve Vergonte	<i>Hydrochem Italia</i>	4.1(f),4.2(a)(b)(c)	VB	34
Stabilimento di San Martino di Treate	<i>Esseco</i>	4.2	NO	2,8
TOTALE				3563,7

2.11 Sintesi dei flussi autorizzati 2018 Regione Piemonte

Nel presente paragrafo vengono riassunti tutti i flussi autorizzati visti finora. Sulla base dei risultati ottenuti si evince che il flusso maggiore è quello proveniente dalla Provincia di Cuneo il quale incide sul totale per oltre il 30% del flusso totale pari a **25237 t/a** (Figura 26). Ciò è dovuto all'elevato flusso autorizzato calcolato per il Cementificio Buzzi Unicem. L'impianto infatti è attualmente il primo produttore di NOx nella Regione.

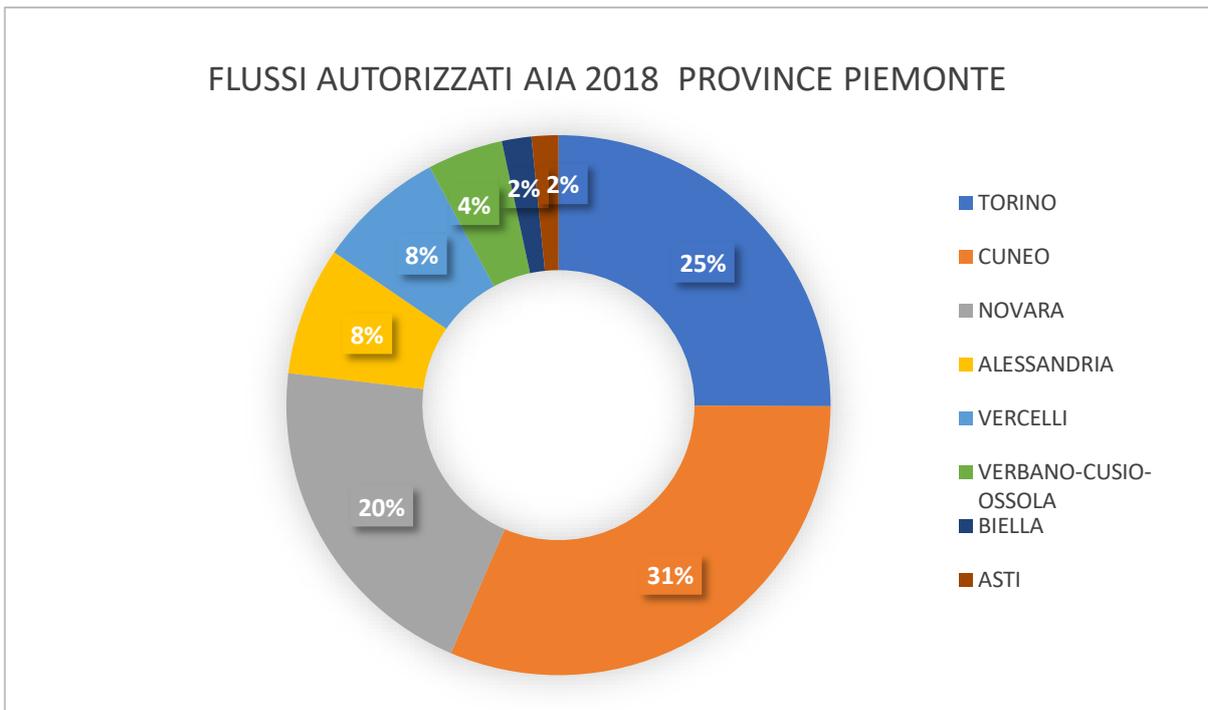


Figura 26: Flussi autorizzati % Province Piemonte

In Figura 27 invece vengono riportati i flussi autorizzati in ciascuna categoria IPPC espressi in %. Anche sul totale è possibile osservare che il flusso maggiore è quello proveniente dall'industria dei prodotti minerari seguito dalle attività energetiche.

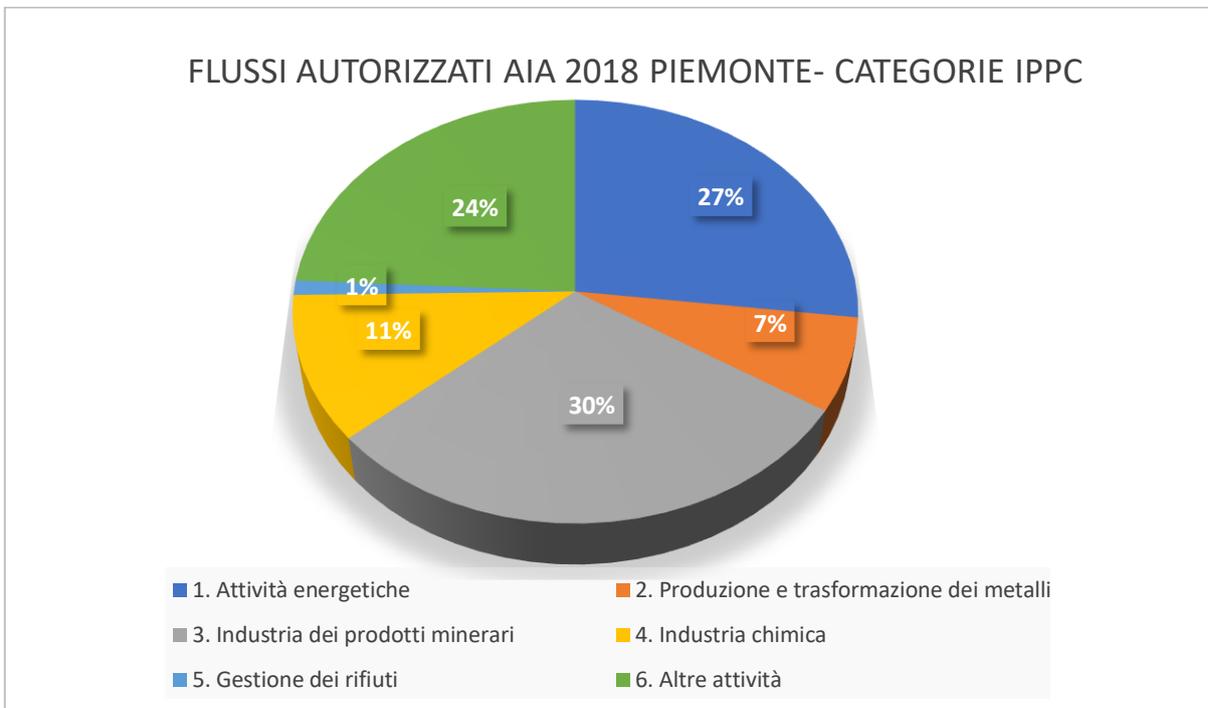


Figura 27: Flussi autorizzati % categorie IPPC Piemonte

2.12 Confronto emissioni reali 2018 - Città Metropolitana di Torino

Nel presente paragrafo vengono riportati i flussi reali emessi nella Città Metropolitana di Torino nel 2018. Come anticipato, per le emissioni reali sono state considerate tutte le installazioni che hanno riportato un flusso superiore a 20 t/a quindi le più rilevanti. La Tabella 12 offre un confronto dei singoli flussi. Per le seguenti installazioni Teksid Aluminum, Fornace Mosso, T2D, Ghiggia, Di Costa, Zincoplating, U-Shin Italia e Faga Fornace non è stato possibile ricavare il flusso realmente emesso a causa della mancanza di dati ambientali nel 2018. Si nota come il dato reale è sempre inferiore a quello autorizzato e che c'è un discostamento sostanziale che si evidenzia per la centrale Iren situata in Corso Unità Italia. Ciò è dovuto principalmente al fatto che le installazioni non lavorano mai al massimo delle proprie potenzialità. In altri casi come ad esempio le concentrazioni misurate durante gli autocontrolli sono risultate molto inferiori rispetto al limite autorizzativo.

Tabella 12: Confronto tra flussi autorizzati e flussi realmente emessi nel 2018 installazioni CMTO

Ragione Sociale	NOx AUTORIZZATO [t/a]	NOx REALE [t/a]
<i>Ahlstrom-Munksjö Italia</i>	350,7054	114
<i>Iren Energia (Corso Unità D'italia)</i>	153	1,0
<i>Trm</i>	228,627	98,41
<i>Iren Energia (Rivoli)</i>	149,856	44,42
<i>Fenice (To Lungo Stura)</i>	135,3552	15,36
<i>Lumina (Energie)</i>	118,5072	18,12
<i>Fornace Laterizi Carena</i>	108,239	15,66
<i>Olon</i>	89,103	45,49
<i>Venator Pigments</i>	84,15576	13,46
<i>Fenice (Rivalta Di Torino)</i>	64,6488	12,8
<i>Lipitalia 2000</i>	58,7808	32,77
<i>High Power</i>	58,15488	9,98
<i>Leonardo</i>	52,8491	12,65
<i>Fenice (Carmagnola)</i>	51,246	15,6
<i>Nuova Zincorotostatica</i>	42,31542	0,17
<i>Bru Zinc - Fratelli Costa</i>	33,99552	31,67
<i>Zincotre</i>	33,58	0,01

<i>Decap</i>	31,96	0,36
<i>Eni</i>	31,536	6,06
<i>Protex</i>	30,565	0,25
<i>Sonoco Alcore Demolli</i>	28,5065	12,31
<i>Parco Industriale Di Chivasso</i>	28,1655	4,42
<i>Valente Group</i>	26,71872	0,34
<i>Cartiera Giacosa</i>	23,7167	18
<i>Sital</i>	22,442	2,84
<i>Fca Grugliasco</i>	21,1024	1,66

I flussi complessivi della Città Metropolitana di Torino vengono confrontati in Figura 28. Il flusso complessivo realmente emesso nell'anno 2018 rappresenta poco più del 20% del flusso autorizzato.

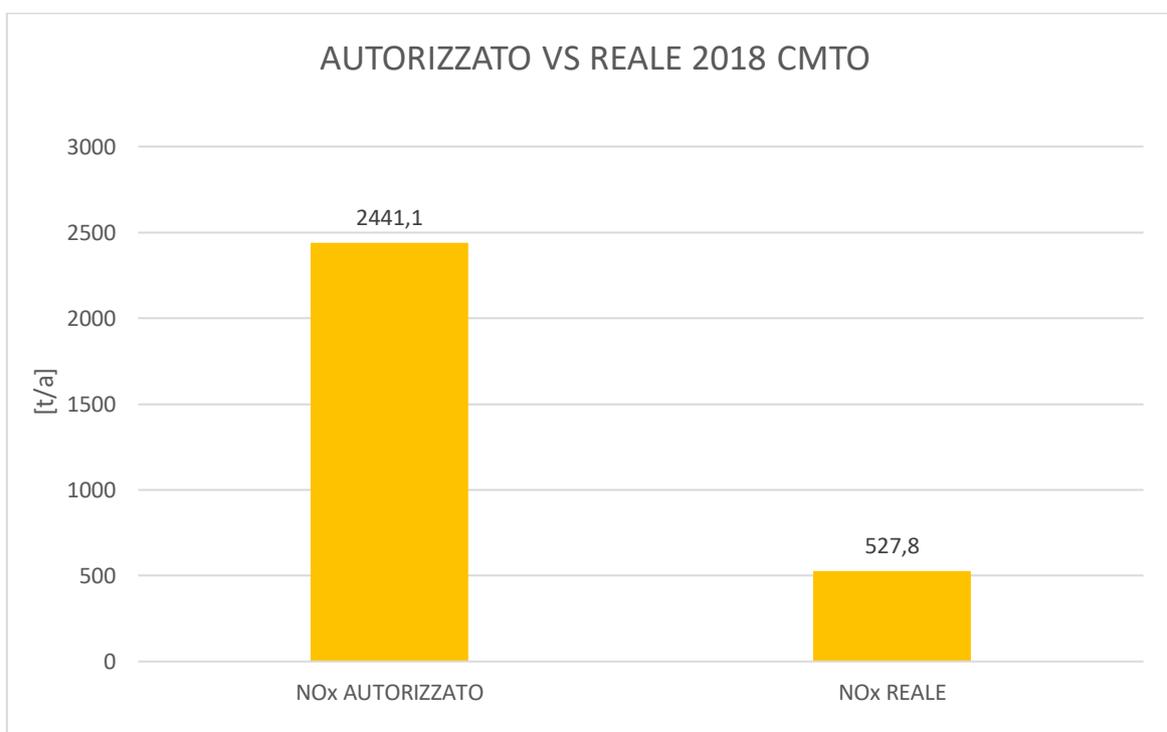


Figura 28: Confronto tra flussi installazioni CMTO

Un ulteriore confronto fra flussi viene riportato in Figura 29 in cui si evidenzia il discostamento per le categorie di produzione e trasformazione dei metalli e industria dei prodotti minerali i cui flussi reali rappresentano rispettivamente appena il 6.8% e il 5.6%.

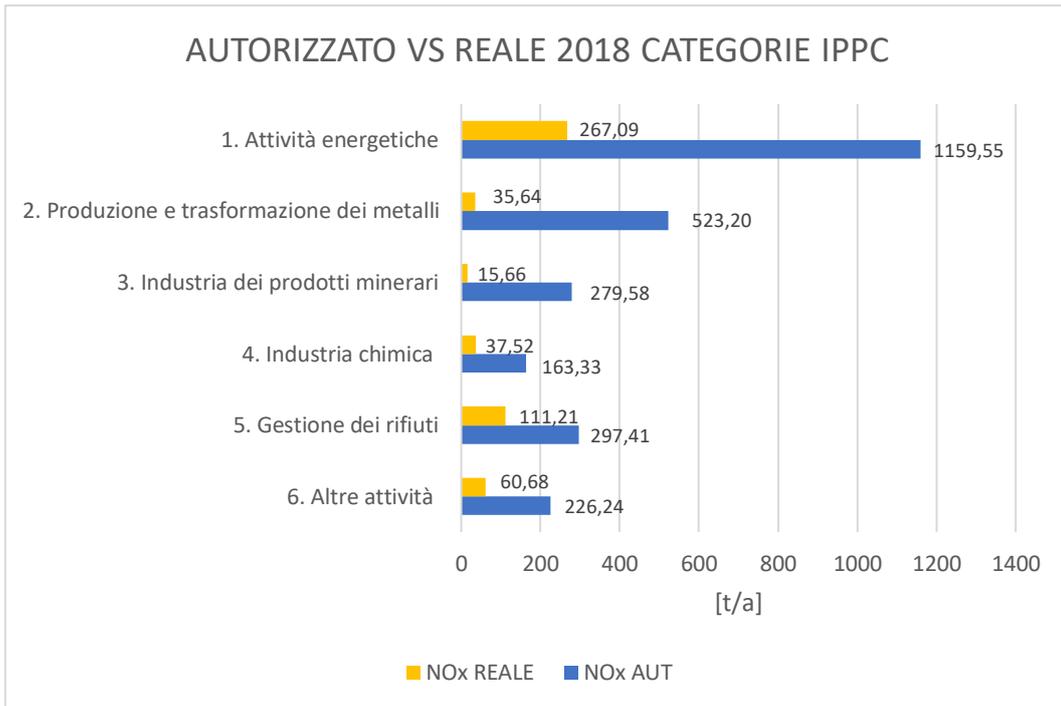


Figura 29: Confronto fra flussi categorie IPPC

Per le attività 1.1 di competenza ministeriale, invece, il flusso reale seppur sempre al di sotto di quello autorizzato rappresenta una quota maggiore.

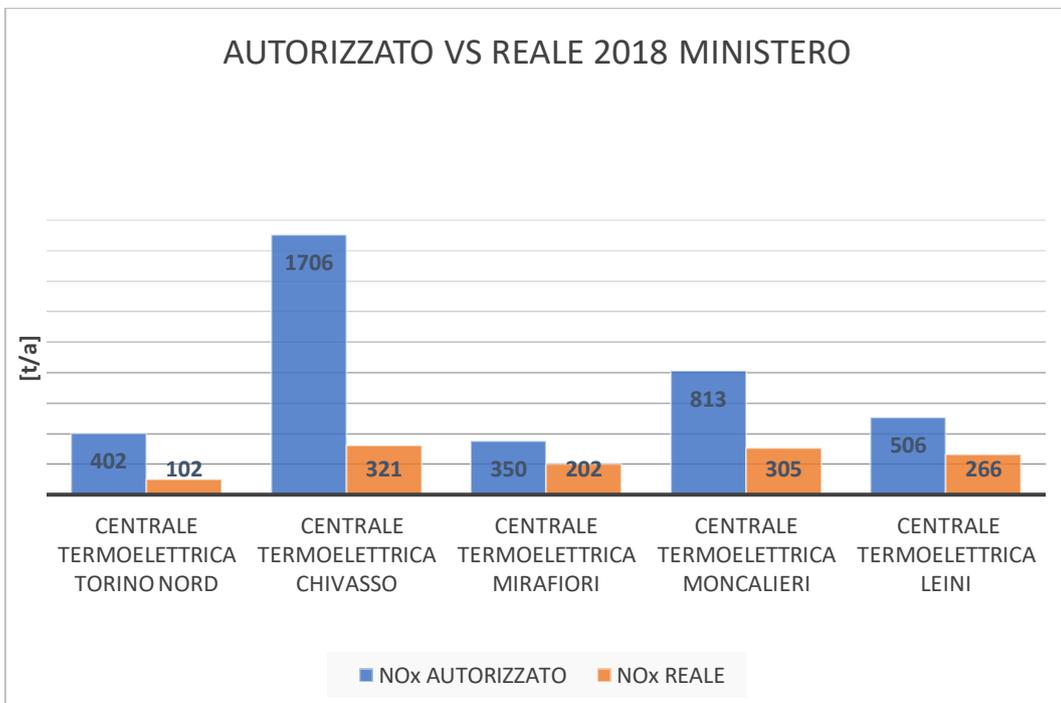


Figura 30: Confronto flussi reale autorizzato AIA Ministero

Se si considerano invece sia le installazioni in AIA di competenza della Città Metropolitana che quelle ministeriali il flusso totale reale rispetto al precedente si abbassa rappresentando meno del 30% del flusso autorizzato (Figura 31).

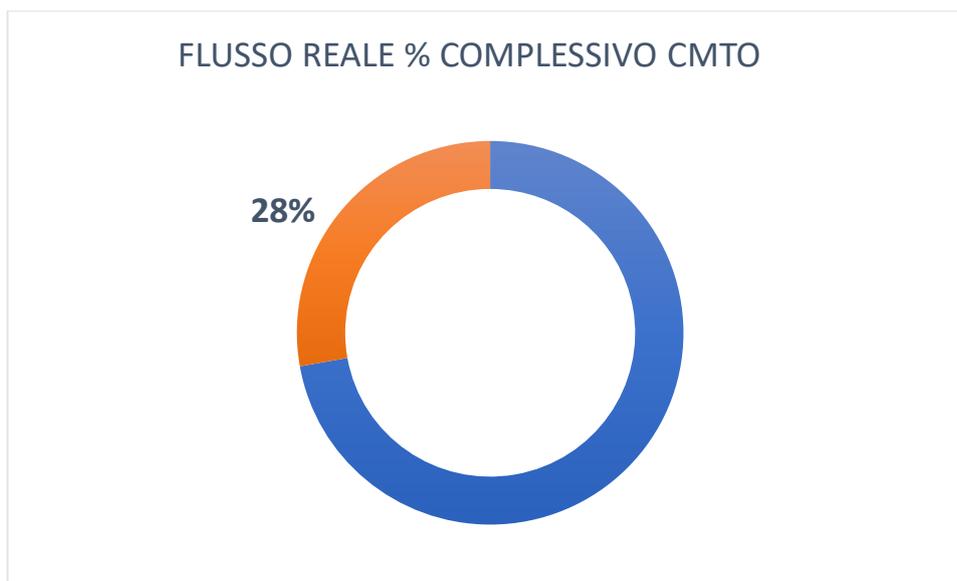


Figura 31: Flusso reale % autorizzato per la CMTO

2.13 Flussi autorizzati 2008 – Città Metropolitana di Torino

Nel presente paragrafo vengono riportati flussi autorizzati nel 2008, ricavato dal Quadro Emissioni a cui si è risaliti, vigente in quell'anno per quasi tutte le installazioni eccetto per: Fornace Mosso, T2D, Decap, Sonoco Alcore Demolli, Valente Group, U-Shin. I singoli flussi vengono riportati in Tabella 13.

Per il calcolo è stata utilizzata la formula utilizzata per l'autorizzato 2018 mantenendo le ore di funzionamento degli impianti relative al 2018 poiché non è stato possibile risalire al numero di ore lavorate del 2008. Le modifiche pertanto, visibili in Tabella 15 sono legate a eventuali modifiche agli impianti, variazioni delle portate e/o principalmente riduzione dei valori limite di concentrazione dovuta a una normativa sempre più rigida. Nella maggior parte dei casi è visto che i valori di concentrazione erano superiori. Un maggiore approfondimento sui flussi verrà riportato successivamente.

Tabella 13: Flussi autorizzati 2008

Ragione Sociale	CODICI IPPC	NOx AUT [t/a]
<i>Ahlstrom-Munksjö Italia</i>	1.1, 6.1(b), 6.7	355,31
<i>Iren Energia (Corso Unità D'italia)</i>	1.1	204
<i>Trm</i>	5.2(a)	670,19
<i>Iren Energia (Rivoli)</i>	1.1	192,78
<i>Fenice (To Lungo Stura)</i>	1.1, 5.1 (b), 5.3 (a), 5.5	223,92
<i>Lumina (Energie)</i>	1.1	155,98
<i>Teksid Aluminum</i>	2.5(b)	117,4
<i>Fornace Laterizi Carena</i>	3.5	74,44
<i>Olon</i>	1.1, 4.5, 5.5	54,8
<i>Venator Pigments</i>	4.2 (e)	78,34
<i>Fenice (Rivalta Di Torino)</i>	5.1, 5.3(a), 6.11	70
<i>Lipitalia 2000</i>	6.5	58,78
<i>High Power</i>	1.1	176,79
<i>Leonardo</i>	1.1, 2.6	58,18
<i>Fenice (Carmagnola)</i>	6.11	51,24
<i>Nuova Zincoerotostatica</i>	2.6	25,38
<i>Bru Zinc - Fratelli Costa</i>	2.6	33,99
<i>Zincotre</i>	2.6	33,58
<i>Ghiggia</i>	3.5	31,73
<i>Eni</i>	4.1(a),4.1(b),4.1(c))	17
<i>Protex</i>	2.6	30,57
<i>Sonoco Alcore Demolli</i>	6.1 (b)	
<i>Parco Industriale Di Chivasso</i>	1.1	204,33
<i>Valente Group</i>	2.6	
<i>Cartiera Giacosa</i>	4.1(b),6.1(b)	56,6
<i>Di Costa</i>	2.6	46,9
<i>Zincoplating</i>	2.6	23,52
<i>Sital</i>	2.6	22,44
<i>Fca Grugliasco</i>	1.1,2.6,6.7	26,66
<i>Faga Fornace</i>	3.5	20,59

In Tabella 14 invece è possibile osservare i flussi autorizzati nel 2008 e nel 2018.

Tabella 14: Flussi autorizzati a confronto 2008-2018 CMT0

Ragione Sociale	CODICI IPPC	NOx AUT 2008 [t/a]	NOx AUT 2018 [t/a]
<i>Ahlstrom-Munksjö Italia</i>	1.1, 6.1(b), 6.7	355,31	350,71
<i>Trm</i>	5.2(a)	670,19	228,63
<i>Iren Energia (Corso Unità D'italia)</i>	1.1	204	153,00
<i>Iren Energia (Rivoli)</i>	1.1	192,78	149,86
<i>Fenice (To Lungo Stura)</i>	1.1, 5.1 (b), 5.3 (a), 5.5	223,92	135,36
<i>Lumina (Energie)</i>	1.1	155,98	118,51
<i>Teksid Aluminum</i>	2.5(b)	117,4	112,26
<i>Fornace Laterizi Carena</i>	3.5	74,44	108,24
<i>Olon</i>	1.1, 4.5, 5.5	54,8	89,10
<i>Venator Pigments</i>	4.2 (e)	78,34	84,16
<i>Fornace Mosso</i>	3.5		67,80
<i>Fenice (Rivalta Di Torino)</i>	5.1, 5.3(a), 6.11	70	64,65
<i>Lipitalia 2000</i>	6.5	58,78	58,78
<i>High Power</i>	1.1	176,79	58,15
<i>Leonardo</i>	1.1, 2.6	58,18	52,85
<i>Fenice (Carmagnola)</i>	6.11	51,24	51,25
<i>T2d</i>	3.5		51,22
<i>Nuova Zinchorotostatica</i>	2.6	25,38	42,32
<i>Bru Zinc - Fratelli Costa</i>	2.6	33,99	34,00
<i>Zincotre</i>	2.6	33,58	33,58
<i>Decap</i>	2.6		31,96
<i>Ghiggia</i>	3.5	31,73	31,73
<i>Eni</i>	4.1(a),4.1(b),4.1(c)	17	31,54
<i>Protex</i>	2.6	30,57	30,57
<i>Sonoco Alcore Demolli</i>	6.1 (b)		28,51
<i>Parco Industriale Di Chivasso</i>	1.1	204,33	28,17
<i>Valente Group</i>	2.6		26,72
<i>Cartiera Giacosa</i>	4.1(b),6.1(b)	56,6	23,72

<i>Di Costa</i>	2.6	46,9	23,63
<i>Zincoplating</i>	2.6	23,52	23,52
<i>U-Shin Italia</i>	6.7		22,56
<i>Sital</i>	2.6	22,44	22,44
<i>Fca Grugliasco</i>	1.1,2.6,6.7	26,66	21,10
<i>Faga Fornace</i>	3.5	20,59	20,59

Complessivamente il flusso autorizzato nel 2018 presenta una riduzione del 22% rispetto al totale del 2008 (Figura 32).

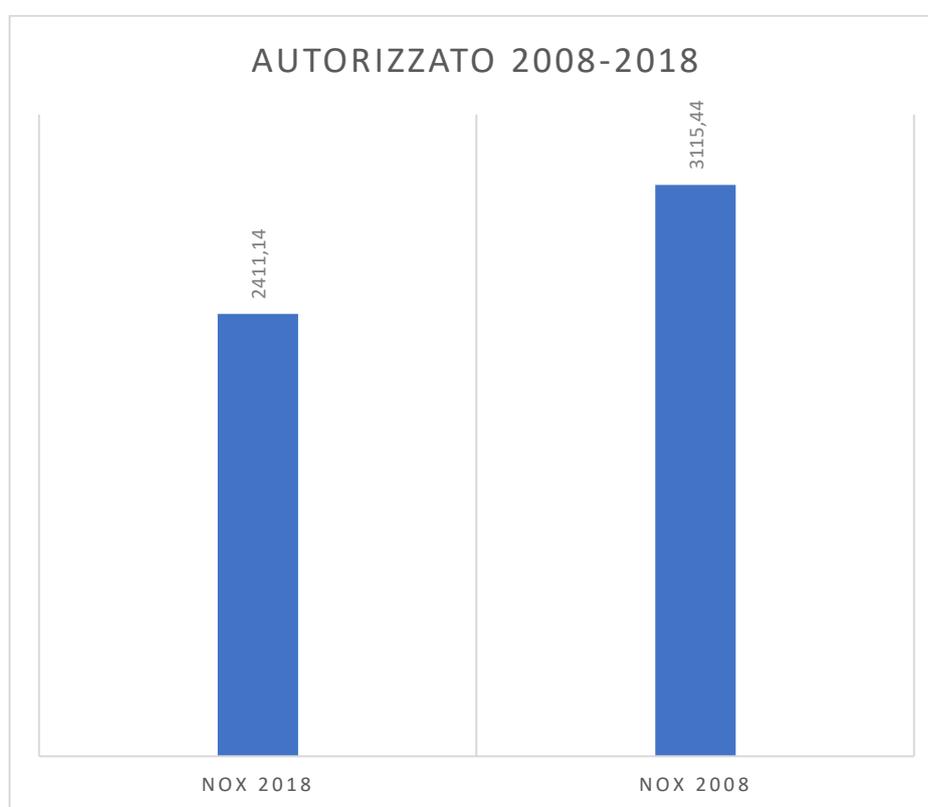


Figura 32: Flussi autorizzati 2008-2018

Notevoli differenze sono state riscontrate anche nelle autorizzazioni ministeriali vigenti nel 2008 per le centrali presenti nella provincia di Torino. Queste si evidenziano per le centrali di Moncalieri e di Mirafiori mentre per la centrale di Chivasso la situazione è rimasta la stessa per la centrale di Torino Nord invece non viene riportato il flusso relativo al 2008 poiché la centrale è stata realizzata dopo il 2008. Complessivamente si osserva una riduzione del 37% rispetto ai livelli del 2008.

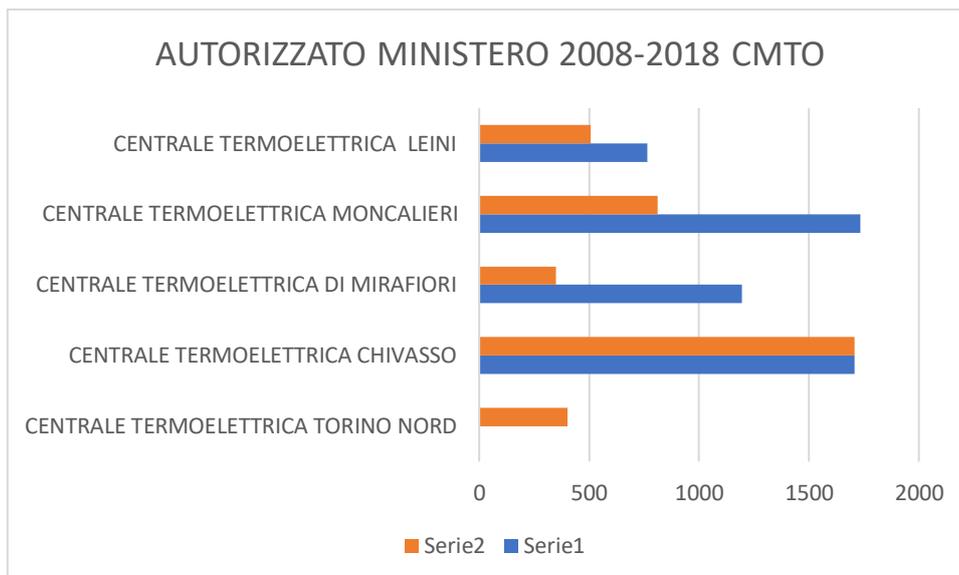


Figura 33: Confronto flussi autorizzati 2008-2018 Ministeriali

Un precedente studio elaborato dalla Provincia di Torino nel 2010 ha consentito di ricavare anche i flussi emessi nel 2008 da queste centrali. In Figura 34 se ne riporta il confronto con i flussi reali emessi nel 2018. In tutti i casi il flusso è nettamente inferiore in particolare la centrale di Mirafiori.



Figura 34: Confronto fra flussi reali Ministeriali 2008-2018

CAPITOLO 3 - IL PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA

L'obiettivo del Piano Regionale di Qualità dell'Aria del 2019 è quello di valutare gli effetti delle azioni politiche relative ai diversi settori responsabili dell'inquinamento atmosferico, ovvero quello dei trasporti, dell'agricoltura, dell'energia e dell'industria, per capire se e quanto l'introduzione di nuove misure possano determinare una valida azione di contrasto al cambiamento climatico.

La legge regionale n.43/2000 è l'atto normativo per la gestione e il controllo della qualità dell'aria che definisce gli obiettivi del Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA) e le modalità di gestione degli strumenti di pianificazione: il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) e l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) spiegati nel dettaglio nel Capitolo 2.

La metodologia utilizzata, descritta nelle direttive europee del 1996/62/CE e 2008/50/CE, prevede la realizzazione di uno scenario futuro, in questo caso al 2030, a partire da uno scenario di riferimento. Tale scenario futuro è ottenuto a seguito dell'introduzione di una serie di misure in ciascun settore, volte a un miglioramento progressivo delle condizioni ambientali, in modo da ridurre le emissioni al di sotto dei limiti di legge posti a tutela dei cittadini [7].

3.1 Lo scenario emissivo base e lo scenario tendenziale

Lo scenario emissivo di base scelto come punto di partenza per l'elaborazione dello scenario futuro al 2030 è quello fornito dall'Inventario IREA del 2010 (Figura 35). Seppur disponibile una base di dati più aggiornata (IREA 2013) sono stati utilizzati i dati meno recenti poiché i dati del 2013 presenta infatti delle notevoli riduzioni rispetto ai precedenti a causa della riduzione della produzione che ha interessato la quasi totalità degli impianti.

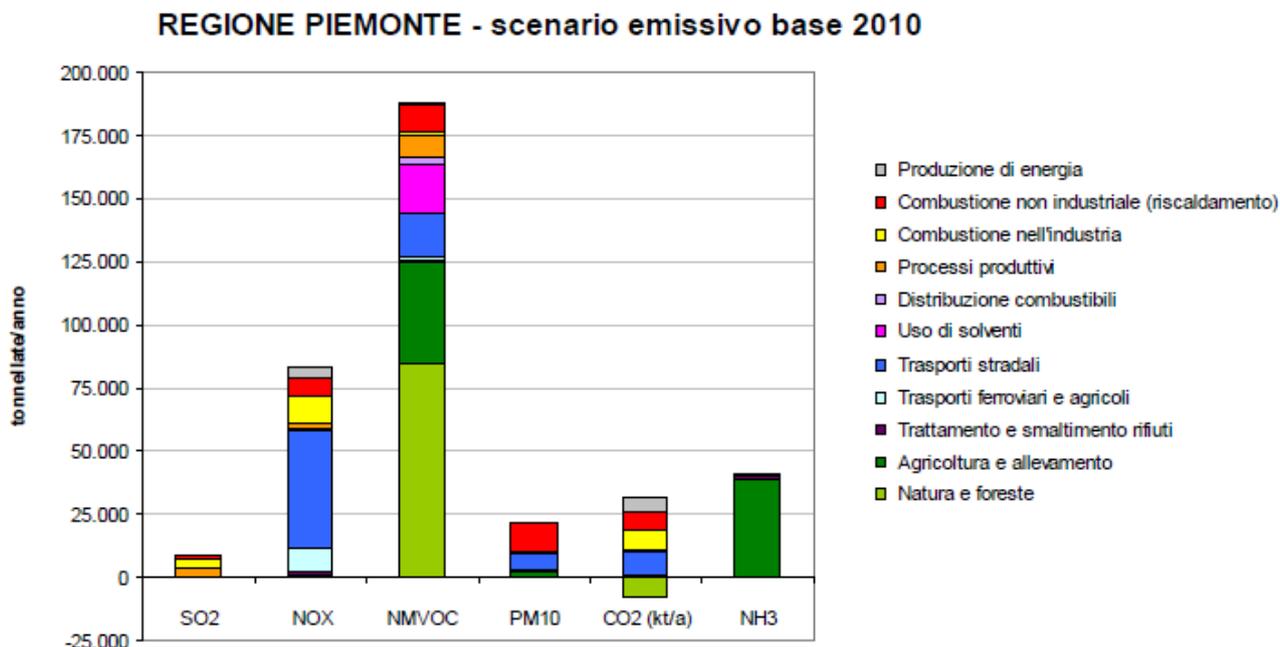


Figura 35: Scenario emissivo di partenza IREA 2010

Lo scenario emissivo tendenziale al 2030 in Figura 36 è stato ottenuto a seguito dell'applicazione, allo scenario di partenza sopra riportato, dei trend evolutivi regionali ricavati dallo scenario SEN2014 di GAINS. Lo scenario si applica a tutte le tipologie di sorgenti diffuse, lineari e puntuali.

Relativamente alle emissioni di NO_x, unico inquinante che viene approfondito nel presente capitolo, si osservano delle riduzioni sostanziali rispetto ai livelli del 2010. Le differenze sono visibili in Tabella 15 e interessano principalmente il comparto dei trasporti stradali e off road per cui è prevista una riduzione rispettivamente del 33% e del 48% basati sull'innovazione tecnologica legata all'evoluzione dei veicoli.

Gli altri due comparti interessati da un forte calo delle emissioni sono quello della combustione nell'industria e quello dei processi produttivi, per i quali è previsto una riduzione rispettivamente del 30% e del 26%.

Il raggiungimento di tali obiettivi consentirebbe una complessiva del 29% dei flussi totali rispetto ai livelli di partenza del 2010.

REGIONE PIEMONTE - scenario emissivo tendenziale 2030

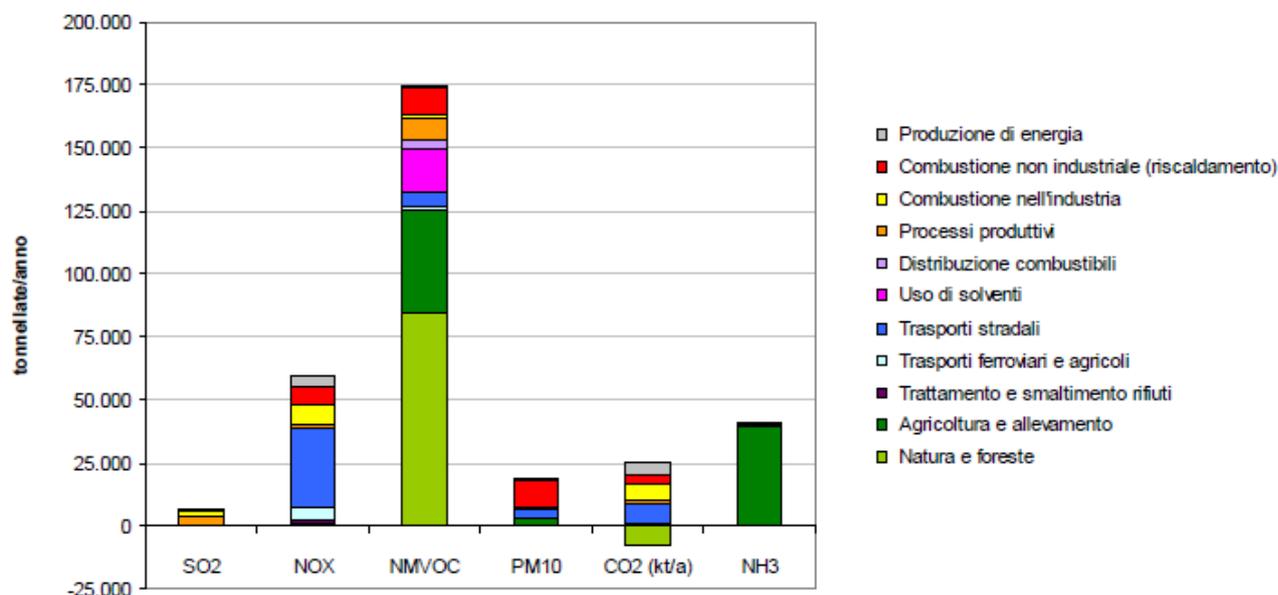


Figura 36: Scenario emissivo tendenziale

Tabella 15: Confronto emissioni di NOx nei due scenari

	NO _x base 2010 base (t/a)	NO _x 2030 trend (t/a)	Differenza NO _x : 2030 trend - 2010 base (t/a)	Differenza NO _x %: 2030 trend - 2010 base %
Produzione di energia	3747	3747	0	0
riscaldamento	7535	7535	0	0
Combustione nell'industria	10741	7518	-3223	-30
Processi produttivi	2571	1903	-669	-26
Distribuzione combustibili	0	0	0	0
Uso di solventi	172	172	0	0
Trasporti stradali	46659	31262	-15398	-33
Trasporti off-road	9479	4929	-4550	-48
Trattamento e smaltimento rifiuti	1286	1286	0	0
Agricoltura e allevamento	840	840	0	0
Natura e foreste	16	16	0	0
	83047	59209	-23838	-29

3.2 Riduzione delle Emissioni di NO₂: Ambito Industriale

Nel presente paragrafo vengono approfondite le misure relative al settore industriale previste nel PRQA che consentirebbero il raggiungimento dei livelli attesi nel 2030.

Le attività considerate per la valutazione delle riduzioni riguardano:

- Produzione di energia;
- Combustione nell'industria;
- Processi produttivi;
- Trattamento e smaltimento rifiuti;
- Agricoltura e allevamenti.

Gli interventi di miglioramento e controllo sono connessi al miglioramento delle prestazioni emissive degli impianti conseguibile attraverso processi meno inquinanti o mediante l'utilizzo di tecnologie di abbattimento delle emissioni.

La riduzione prevista nel 2030 è di **3891 t/a** e interessa esclusivamente i grandi impianti di combustione e i processi produttivi di una certa rilevanza, quindi non tiene conto delle Piccole Medie Imprese (PMI).

Le riduzioni sono ottenibili agendo sulle politiche autorizzative ovvero sull'AIA, attraverso alcuni provvedimenti specifici e mediante l'efficientamento energetico.

Per quanto concerne l'AIA, la quale stabilisce i limiti di emissione al momento del rilascio o del rinnovo, viene stabilito:

- In caso di nuovi impianti: la prescrizione, da parte dell'Autorità Competente per il rilascio, dei valori limite più bassi previsti nelle BAT conclusions in cui viene riportato un range; la misura si applica su tutte le aree del territorio, sia alle installazioni di competenza provinciale, sia a quelle di competenza ministeriale;
- In caso di riesame o modifica: la prescrizione, da parte dell'Autorità Competente per il rilascio delle AIA, dei valori più bassi per le polveri e gli ossidi di azoto, previsti nelle BAT conclusions, per gli impianti esistenti situati in aree critiche relativamente alla qualità dell'aria; anche qui la misura si applica su tutto il territorio regionale quindi sia alle installazioni di competenza provinciale che ministeriale;

Oltre alle azioni attuabili attraverso le autorizzazioni, altre possibili misure da intraprendere per la riduzione delle emissioni di NOx sono possibili attraverso alcuni provvedimenti specifici per comparto come l'obbligo di utilizzare dei bruciatori Low NOx, di inserire dei sistemi di monitoraggio in continuo, ridurre/eliminare l'utilizzo di alcune tipologie di combustibili e materie prime.

L'incentivazione inoltre degli audit energetici consentirebbe di rendere più efficienti i processi, ottenendo un risparmio energetico e una conseguente riduzione delle emissioni.

3.3 L'impatto delle misure previste dal PRQA sulle attività 1.1

Sulla base delle limitazioni imposte dal PRQA, è stato valutato l'impatto delle misure relative alle politiche autorizzative sulle attività 1.1 Le BATc di seguito riportate si riferiscono alle seguenti attività di cui all'allegato I della direttiva 2010/75/UE [3]:

- 1.1: combustione di combustibili in installazioni con una potenza termica nominale totale pari o superiore a 50 MW, solo quando questa attività ha luogo in impianti di combustione con una potenza termica nominale totale pari o superiore a 50 MW;
- 1.4: gassificazione di carbone o altri combustibili in installazioni con una potenza termica nominale totale pari o superiore a 20 MW, solo quando questa attività è direttamente associata a un impianto di combustione,
- 5.2: smaltimento o recupero dei rifiuti in impianti di incenerimento dei rifiuti o in impianti di coincenerimento dei rifiuti per i rifiuti non pericolosi con una capacità superiore a 3 t l'ora oppure per i rifiuti pericolosi con una capacità superiore a 10 t al giorno, solo quando questa attività ha luogo in impianti di combustione contemplati al precedente punto 1.1.

Per le considerazioni che di seguito verranno affrontate sono stati considerati gli impianti nella Regione Piemonte che rientrano nella categoria 1.1 visti nel capitolo precedente.

A ciascun camino è stato attribuito il valore limite di emissione inferiore Tabella 16 e Tabella 17 ed è stato ricalcolato il flusso di massa annuale t/a autorizzato quindi massimo che si avrebbe a seguito dell'applicazione dei nuovi limiti.

Tabella 16: BAT-AEL per le emissioni in atmosfera di NOx risultati dalla combustione di gas naturale nelle turbine a gas

Tipo di impianto di combustione	Potenza termica nominale totale dell'impianto di combustione (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³) (1) (2)	
		Media annua (3) (4)	Media giornaliera o media del periodo di campionamento
Turbine a gas a ciclo aperto (OCGT) (5) (6)			
Nuove OCGT	≥ 50	15-35	25-50
OCGT esistenti (escluse le turbine per applicazioni con trasmissione meccanica) — Tutte eccetto gli impianti in funzione < 500 ore/anno	≥ 50	15-50	25-55 (7)
Turbine a gas a ciclo combinato (CCGT) (5) (8)			
Nuove CCGT	≥ 50	10-30	15-40
CCGT esistenti con consumo totale netto di combustibile < 75 %	≥ 600	10-40	18-50
CCGT esistenti con consumo totale netto di combustibile ≥ 75 %	≥ 600	10-50	18-55 (9)
CCGT esistenti con consumo totale netto di combustibile < 75 %	50-600	10-45	35-55
CCGT esistenti con consumo totale netto di combustibile ≥ 75 %	50-600	25-50 (10)	35-55 (11)
Turbine a gas a ciclo combinato e a ciclo aperto			
Turbine a gas entrate in funzione non oltre il 27 novembre 2003, o turbine a gas esistenti per uso di emergenza e in funzione < 500 ore/anno	≥ 50	Nessun BAT-AEL	60-140 (12) (13)
Tipo di impianto di combustione	Potenza termica nominale totale dell'impianto di combustione (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³) (1) (2)	
		Media annua (3) (4)	Media giornaliera o media del periodo di campionamento
Turbine a gas esistenti per applicazioni con trasmissione meccanica — Tutte eccetto gli impianti in funzione < 500 ore/anno	≥ 50	15-50 (14)	25-55 (15)

Tabella 17: BAT-AEL per le emissioni in atmosfera di NOx risultati dalla combustione di gas naturale in caldaie e motori

Tipo di impianto di combustione	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Media annua (1)		Media giornaliera o media del periodo di campionamento	
	Nuovo impianto	Impianto esistente (2)	Nuovo impianto	Impianto esistente (3)
Caldaia	10-60	50-100	30-85	85-110
Motore (4)	20-75	20-100	55-85	55-110 (5)

In Figura 37 viene riportato il confronto tra lo scenario autorizzato nel 2018 e quello futuro per le installazioni 1.1 di competenza Ministeriale.

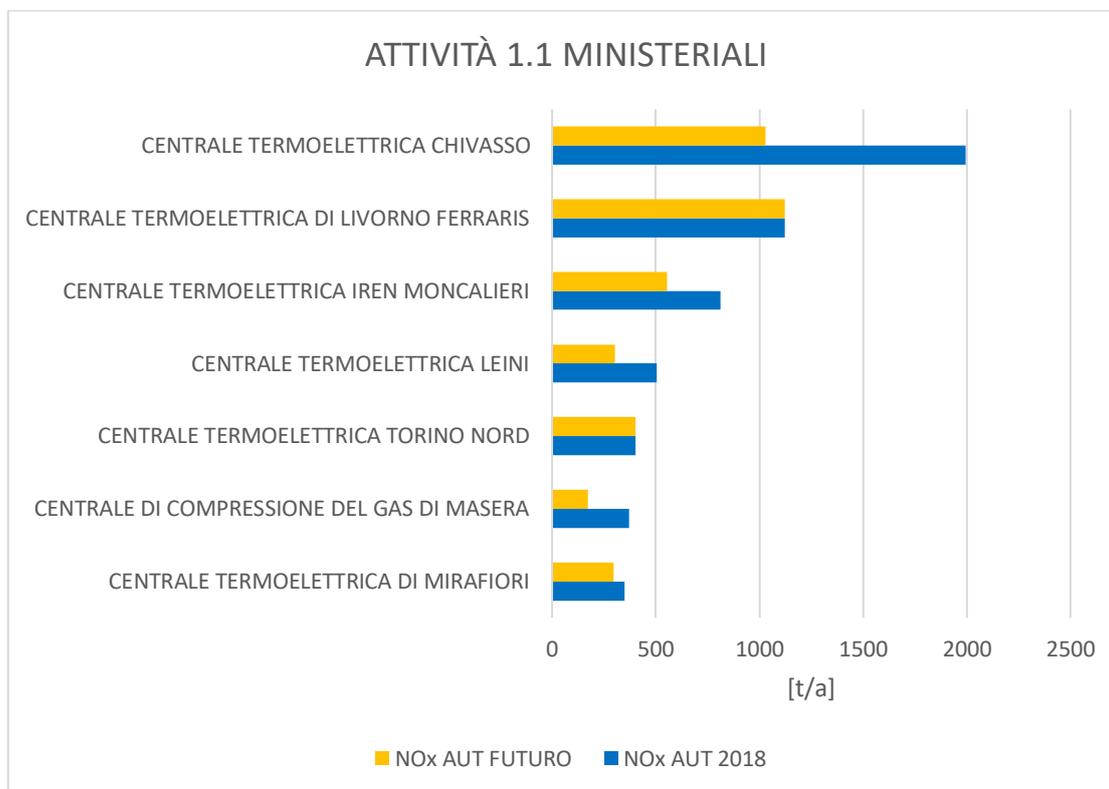


Figura 37: Confronto tra flussi autorizzati 2018-futuro per le attività 1.1 di competenza del Ministero

Come è possibile notare in figura, alcune delle centrali sopra riportate sono già sottoposte ai limiti più stringenti. Tra queste la Centrale Termoelettrica di Livorno Ferraris, la centrale di di riserva Iren di Corso Ferrucci e la centrale Iren di Torino Nord nonché tra le più recenti. Le riduzioni per la centrale Iren di Moncalieri interesserebbero solo il camino interente al primo modulo poiché il secondo già sottoposto a limiti inferiori. Per le centrali termoelettriche situate nella Città Metropolitana di Torino le riduzioni si accentuano per la Centrale di Chivasso e quella di Leini per entrambe attorno al 40%. Chiaramente le riduzioni in gioco risultano decisamente minori se si considera il reale valore delle emissioni che, come si è potuto osservare dal confronto tra i flussi degli impianti presenti nella Città Metropolitana di Torino, risulta essere sempre inferiore al valore massimo emettibile.

Ad esempio per la centrale di Chivasso la concentrazione su base oraria fornita dallo SME è molto al di sotto del limite ovvero 25 mg/Nm^3 . Il limite inferiore applicato in questo caso sarebbe pari 18 mg/Nm^3 quindi si tratterebbe di una riduzione del 28%. Anche per la Centrale termoelettrica che attualmente presenta un limite di 35 mg/Nm^3 la concentrazione misurata è decisamente inferiore nonché $19,6 \text{ mg/Nm}^3$.

In Figura 38 vengono mostrate invece le differenze per le attività di competenza delle Province che si evidenziano per la central Roquette e per le Centrale Termica di Fenice situa in Lungo Stura. Per quest'ultima abbassamento dei limiti sulle caldaie provocherebbe una riduzione dei flussi autorizzati di oltre il 57%.

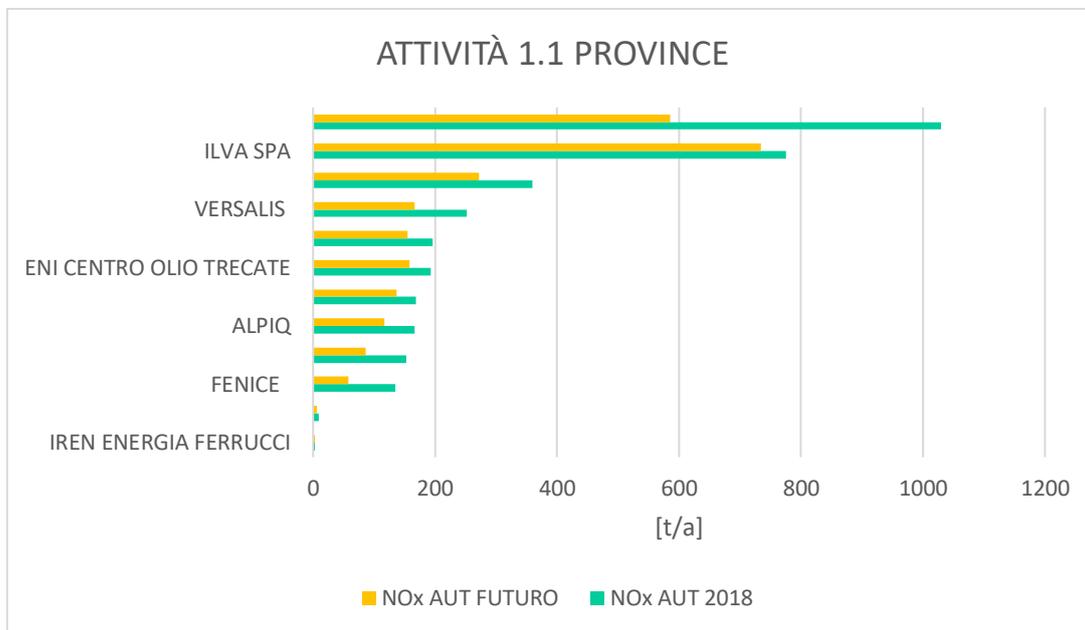


Figura 38: Confronto tra flussi autorizzati 2018 e-futuro per le attività 1.1 di competenza del Ministero

Complessivamente l'applicazione delle misure previste dal PRQA sulle installazioni AIA che rientrano nella categoria 1.1 determinerebbe una riduzione complessiva dei flussi autorizzati nel 2018 di quasi il 30%.

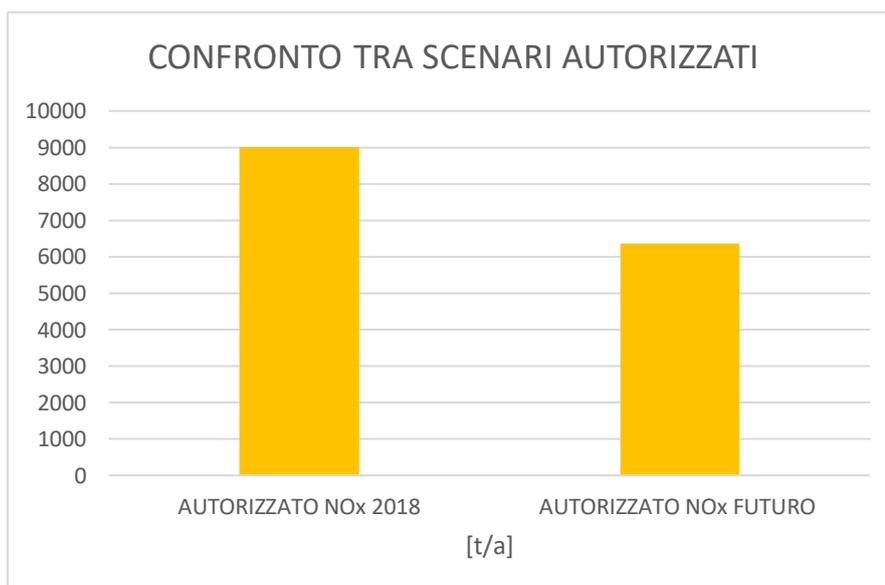


Figura 39: Confronto fra scenario autorizzato 2018-futuro attività 1.1 presenti in Piemonte

CAPITOLO 4 - TECNICHE DI PREVENZIONE E ABBATTIMENTO DEGLI NO_x

Il raggiungimento degli obiettivi visti nel capitolo precedente richiederà la necessità per la maggior parte degli impianti analizzati di adottare una tecnologia di abbattimento delle emissioni di NO_x.

Le tecniche per la prevenzione e/o la riduzione degli ossidi di azoto vengono suddivise in tecniche primarie e tecniche secondarie [3]. Le primarie vengono adottate in corrispondenza della camera di combustione e sono finalizzate a minimizzare la formazione degli ossidi di azoto; le seconde o di tipo end of-pipe invece, vengono applicate a valle del processo e sono volte a ridurre il valore della concentrazione dell'inquinante prima del rilascio in atmosfera.

4.1 Tecniche primarie e secondarie

Di seguito vengono riportate le principali tecniche di prevenzione applicabili a livello della camera di combustione:

- Utilizzo di combustibili aventi un basso tenore di azoto;
- *Low excess air firing*: riduzione della quantità di ossigeno disponibile nella zona di combustione alla quantità minima necessaria per la combustione completa in modo da ridurre al minimo la conversione dell'azoto presente nel combustibile;
- Immissione di aria in fasi successive – *Air staging*: creazione di zone con differente tenore di ossigeno all'interno della camera di combustione, ovvero una zona di combustione primaria in condizioni carenti e una secondaria con eccesso di ossigeno;
- Immissione di combustibile in fasi successive – *Fuel staging*: creazione di zone di combustione con diversi livelli di iniezione del combustibile e dell'aria che determinano una diminuzione della temperatura di fiamma o di punti caldi localizzati;
- Modalità di combustione magra e modalità avanzata di combustione magra: riduzione del rapporto aria/combustibile nelle zone in cui si ha la formazione di NO_x il picco di temperatura nella fiamma inferiore rispetto alla temperatura adiabatica di fiamma in condizioni stechiometriche;

- Ricircolo degli effluenti gassosi: sostituzione parziale dell'aria fresca di combustione con parte degli effluenti, con conseguente abbassamento della temperatura e della quantità di O₂ e della produzione di NO_x;
- Utilizzo di bruciatori a bassa emissione di NO_x (low NO_x burners): agiscono sulla temperatura di picco della fiamma la quale subisce una riduzione dovuta al ritardo della combustione che determina un miglioramento della stessa e un incremento del trasferimento di calore. Prevedono immissione in fasi successive di aria/combustibile e il ricircolo dei gas;
- Utilizzo di bruciatori a basse emissioni di NO_x a secco (DLN): prevedono la miscelazione dell'aria e del combustibile a monte della zona di combustione. In questo modo si riesce a ottenere una distribuzione omogenea e una diminuzione della temperatura con conseguente riduzione delle emissioni;
- Aggiunta di acqua/vapore: si agisce sulla diminuzione della temperatura di combustione e di conseguenza sulla formazione degli NO_x termici.

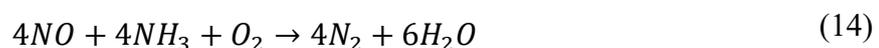
Per la riduzione degli ossidi di azoto a valle del processo di combustione è possibile ricorrere unicamente a una delle seguenti soluzioni o in combinazione con uno dei trattamenti visti sopra.

- Riduzione non catalitica selettiva (SNCR);
- Riduzione catalitica selettiva (SCR);

4.1.1 Riduzione non catalitica selettiva (SNCR)

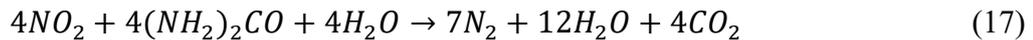
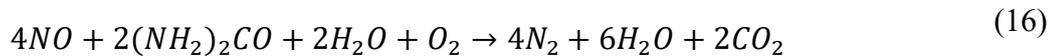
La soluzione non catalitica selettiva (SNCR) non richiede l'utilizzo di un catalizzatore e prevede l'iniezione di composti riducenti a base di azoto, ammoniaca o urea, nella parte alta della camera di combustione. La reazione (1,3) avviene a elevate temperature, tra gli 800-1100 °C. Con una temperatura inferiore infatti le reazioni sarebbero troppo lente e si avrebbe come effetto un aumento della concentrazione dell'ammoniaca non reagita che sfugge nell'effluente (*ammonia slip*). Al contrario, se troppo elevate potrebbero innescare una reazione indesiderata con conseguente formazione di NO (2).

Reazioni con utilizzo ammoniaca come reagente:





Reazioni con utilizzo urea come reagente:



Il rapporto NH_3/NO_x è generalmente compreso tra 1 e 2, 5 secondi. Un aumento dell'ammoniaca provoca un aumento della rimozione ma allo stesso tempo aumenta lo slittamento dell'ammoniaca con conseguente aumento della concentrazione in uscita. Un sistema SNCR può essere utilizzato da solo nel caso di caldaie con bassi livelli di emissione o accompagnato da un trattamento primario.

Un sistema SNCR è costituito dalle seguenti parti:

- Unità di conservazione dei reagenti, raffreddamento ed evaporazione;
- unità SNCR in cui avviene l'iniezione vera e propria del reagente con conseguente formazione di N_2 e vapore d'acqua;
- sistema di controllo per l'iniezione del reagente.

Possibili vettori per l'agente riducente sono aria compressa, vapore o acqua.



Figura 40: Impianto SNCR (Fonte: [18])

Le principali caratteristiche di un sistema SCR vengono riassunte nella tabella sottostante:

Tabella 18: Parametri sistema SNCR

SNCR - Selective non-catalytic reduction	
Temperatura	800-1050 °C
Agente riducente	urea/ammoniaca
NH3/NOx	1.5 - 2.5
NH3 slip	<10 mg/Nm3
Tempo di residenza	0.2-0.5 s
% di riduzione NOx	30-50

Le principali problematiche sono legate all'utilizzo dell'ammoniaca poiché è possibile la formazione di solfati di ammonio nel caso in cui siano presenti combustibili contenenti zolfo. L'applicabilità di tale sistema può essere limitata anche nel caso di caldaie aventi grandi dimensioni e aree a sezione trasversale elevata. Un'ulteriore problematica è legata alla tossicità dell'ammoniaca pura, per questo si utilizza generalmente una soluzione di acqua e ammoniaca il cui stoccaggio risulta meno rischioso.

4.2 Riduzione Catalitica Selettiva (SCR)

La riduzione catalitica selettiva (SCR) viene applicata agli impianti di combustione a combustibile fossile a partire dagli anni '70 ed è attualmente la tecnica più utilizzata per l'abbattimento delle emissioni di NOx in Giappone, Stati Uniti, Europa ed altri paesi grazie alle elevate rese di abbattimento che possono raggiungere anche il 99%. I sistemi SCR possono essere installati in diversi settori, caldaie industriali, turbine a gas, motori a combustione interna, acciaierie, inceneritori di rifiuti. Tale soluzione può essere accompagnata da una riduzione selettiva non catalitica SNCR o bruciatori a bassi livelli di NOx. A differenza dell'SNCR, l'SCR impiega un catalizzatore per aumentare la velocità della riduzione.

I principali elementi che compongono un sistema SCR sono:

- il sistema di stoccaggio dell'ammoniaca;
- la griglia di iniezione dell'ammoniaca;
- il reattore del catalizzatore;

Il processo consiste nell'utilizzo di un riducente a base di azoto, ammoniacale o ammoniacale derivata dall'urea, il quale viene iniettato nel gas di combustione a seguito della combustione. Il reagente agisce con i gas di combustione in un intervallo di temperatura specifico, riducendo in presenza del catalizzatore e dell'ossigeno, gli NOx in azoto molecolare N₂ e vapore acqueo. L'aggiunta del catalizzatore rispetto a un sistema di tipo SNCR determina un aumento dell'efficienza di riduzione degli NOx e un range di temperatura inferiore e più ampio. Tali variazioni si traducono ovviamente in un aumento dei costi di realizzazione e dei costi operativi dovuti principalmente ai volumi di catalizzatore necessari per la riduzione. I costi operativi dipendono dal costo di sostituzione del catalizzatore e del reagente. Se fino a poco tempo fa il costo maggiore era legato alla sostituzione del catalizzatore, attualmente i costi più significativi sono dovuti al reagente.

Lo schema sottostante sintetizza il processo. Il reagente viene iniettato nel gas di scarico a valle dell'unità di combustione e dell'economizzatore attraverso una griglia di iniezione. Qui il reagente viene generalmente diluito con aria compressa o vapore per facilitarne l'iniezione. Il reagente si miscela con il gas di combustione, entrambi entrano nella camera del reattore contenente il catalizzatore. Il gas di combustione caldo e il reagente si diffondono all'interno del catalizzatore contenuto nel reattore, entrando in contatto con i siti di catalizzazione attivati. In questo modo gli NOx si riducono in azoto e acqua.

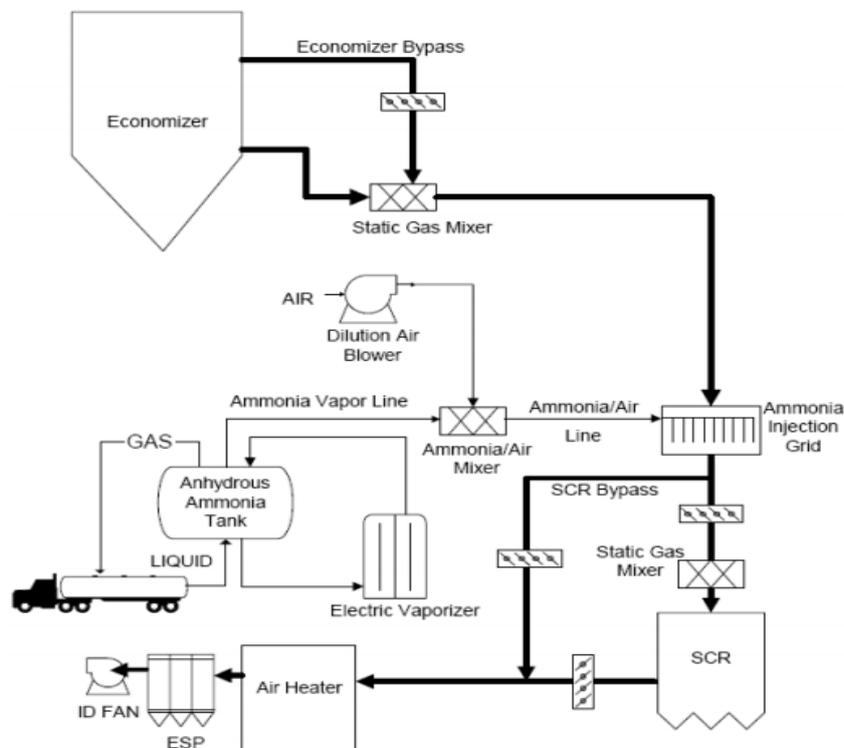


Figura 41: Schema processo SCR (Fonte: [19])

Esistono diverse posizioni di installazione a valle dell'unità di combustione per il reattore SCR. Le configurazioni possibili sono le seguenti: *high dust*, *low dust*, *tail end dust*.

4.2.1 Configurazioni: High dust

La configurazione “ad alta polvere” è la più utilizzata e la più economica. Necessita di grandi spazi vicino all'economizzatore in quanto viene posto a valle di quest'ultimo e a monte del riscaldatore. Evita l'ulteriore riscaldamento dei fumi a causa dell'elevata temperatura di uscita dei gas (beneficio al bilancio energetico dell'impianto).

Tratta il gas all'uscita prima della rimozione delle polveri pertanto uno dei possibili problemi è legato proprio all'alto contenuto di polveri nei gas di scarico che porta a intasamento, un aumento della velocità di degradazione del catalizzatore e conseguente riduzione dell'efficienza della rimozione degli NOx.

Il volume del catalizzatore varia a seconda dell'installazione. In generale questa configurazione richiede 3- 4 strati di catalizzatore.

Per le caldaie alimentate a gas naturale e ad olio, i gas di scarico sono caratterizzati da un contenuto di polveri ed SO₂ molto bassa. La configurazione *high dust* risulta essere pertanto la più adatta.

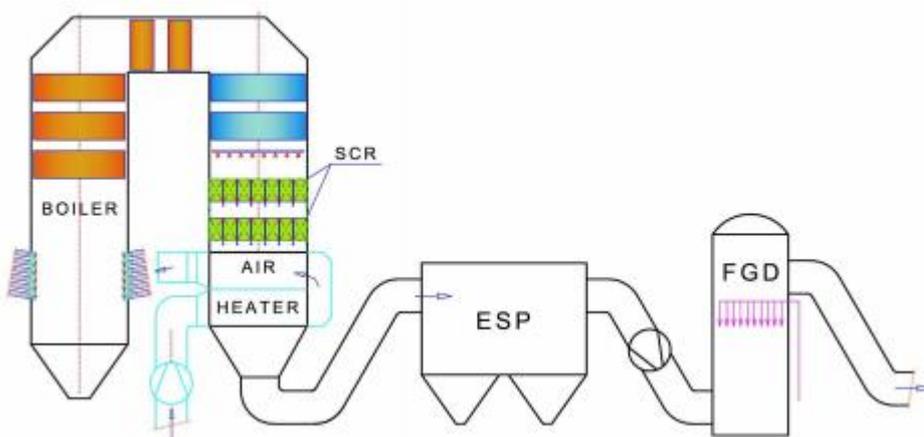


Figura 42: Configurazione Hight Dust (Fonte: [20])

4.2.2 Configurazione Low dust

In questo caso il reattore SCR viene posto a valle del precipitatore elettrostatico. Ciò si traduce in una significativa riduzione della sollecitazione meccanica sul catalizzatore aumentandone la vita utile. Il processo tuttavia opera senza riscaldamento supplementare rendendo necessaria l'installazione di precipitatori per polveri ad alta temperatura a sfavore dell'economicità del processo.

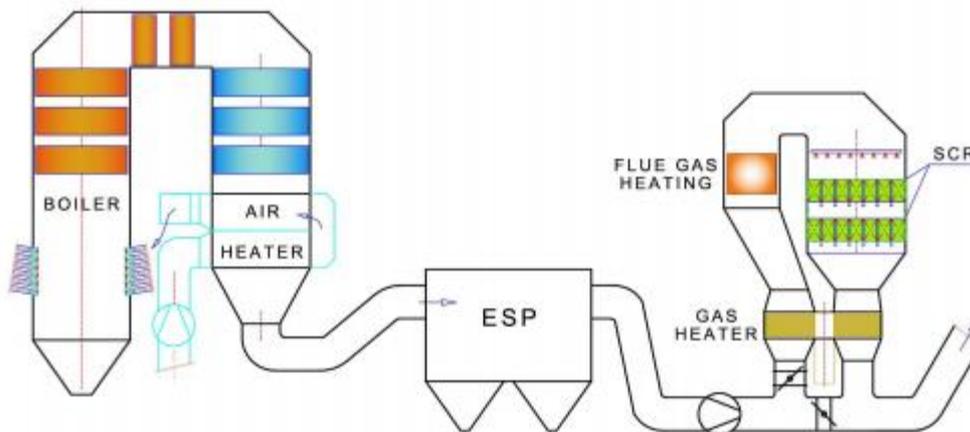


Figura 43: Configurazione Low Dust (Fonte: [20])

4.2.3 Configurazione tail end

In questa configurazione il reattore SCR viene posto a valle di tutte le apparecchiature di controllo dell'inquinamento atmosferico. Si tratta di una valida alternativa alla configurazione high dust qualora quest'ultima non possa essere applicata. Tale configurazione però presenta uno svantaggio: la temperatura dei gas di scarico è inferiore all'intervallo richiesto per la reazione quindi nasce l'esigenza di scaldare il gas di scarico.

Un sistema SCR con una configurazione di questo tipo può avere costi più elevati rispetto ad altri a causa dell'ulteriore apporto di calore. Questi costi sono però in parte compensati dalla riduzione dei costi sul catalizzatore che in questo caso richiede un passo minore e solo due strati. La durata inoltre è maggiore grazie alle minori concentrazioni di ceneri e grazie alle temperature operative più basse.

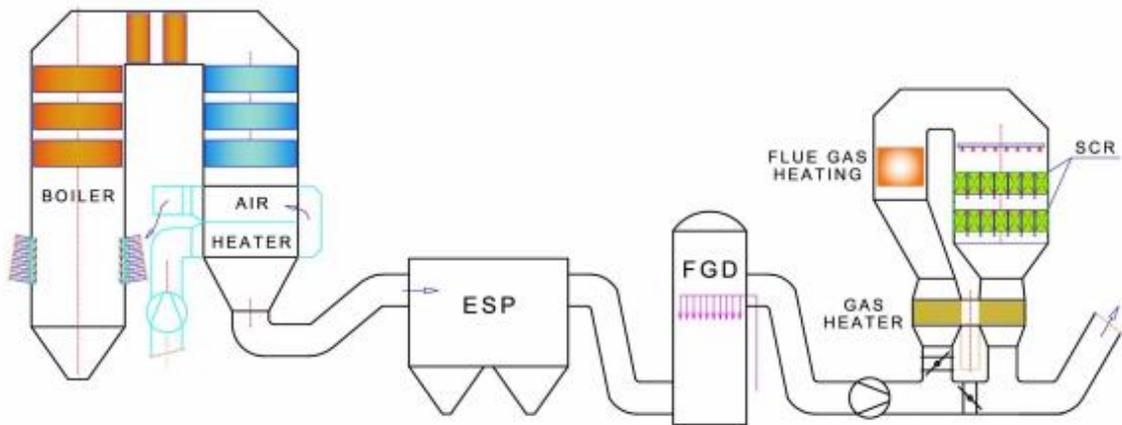
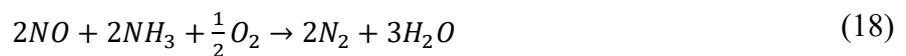


Figura 44: Configurazione Tail End (Fonte: [20])

4.2.4 Le reazioni

Come riportato sopra, riducente impiegato nella maggior parte dei sistemi SCR è l'ammoniaca in fase gassosa NH_3 perché penetra rapidamente nei pori del catalizzatore. L'ammoniaca in forma anidra o acquosa viene vaporizzata prima dell'iniezione da un vaporizzatore. Nell'intervallo di temperatura appropriato, l'ammoniaca in fase gassosa si decompone in radicali liberi, tra cui l' NH_3 e un'ammine NH_2 . Dopo una serie di reazioni, i radicali di ammoniaca entrano in contatto con gli NO_x che vengono ridotti a N_2 ed H_2O .

Poiché l'insieme degli NO_x comprende sia l' NO che l' NO_2 le reazioni in gioco durante il processo sono le seguenti:



Dalle reazioni sopra si evince che per rimuovere una mole di NO sono necessarie 2 moli di NH_3 ; mentre per rimuovere 1 mole di NO_2 sono necessarie 2 moli di NH_3 . La reazione predominante è tuttavia la prima poiché nel gas è principalmente presente l' NO . L'alta temperatura del gas di combustione converte l'ammoniaca in radicali liberi e fornisce l'energia di attivazione per la reazione;

quando questa non è sufficiente è necessario il surriscaldare la corrente gassosa (Configurazione Tail End).

4.2.5 Reattore e catalizzatore

La velocità di reazione dipenderà dalla temperatura, dalla velocità della corrente gassosa, dalla concentrazione dell'inquinante nel gas e dal contenuto di polveri. L'efficienza di rimozione degli NOx oltre a dipendere da tali parametri è funzione della tipologia di catalizzatore utilizzato e quindi del numero di siti attivi. Il catalizzatore viene inserito all'interno del reattore che costituisce il blocco centrale.

Distinguiamo a seconda della forma geometrica tre tipologie di catalizzatori:

- catalizzatori a nido d'ape;
- catalizzatori a piastre;
- catalizzatori corrugati.

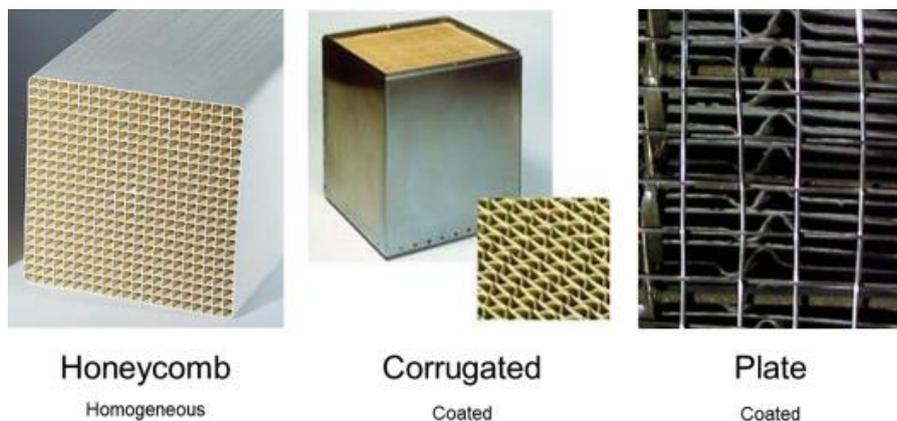


Figura 45: Tipologie di catalizzatori (Fonte: [21])

Il volume del reattore dipende dalle condizioni operative, dal volume dei gas di scarico, dalla concentrazione di NOx, dalla composizione del gas, dalla temperatura dei fumi. I singoli elementi del catalizzatore vengono assemblati in un modulo catalizzatore (Figura 46)

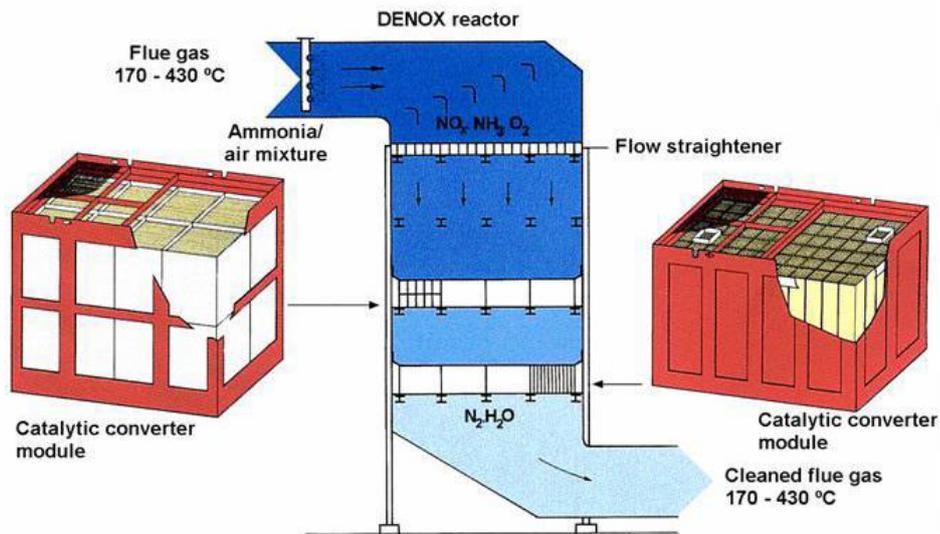


Figura 46: Reattore e catalizzatore (Fonte: [3])

Per quanto concerne la durata del catalizzatore, in genere varia tra i 3 e 7 anni nelle unità alimentate a carbone e dagli 8 ai 12 anni in quelle alimentate a petrolio e gas (il tutto varia a seconda ovviamente delle ore di funzionamento). È buona prassi lasciare spazio per uno strato di riserva utilizzato quando l'efficacia del sistema inizia a diminuire.

4.2.6 Vantaggi e svantaggi di un sistema SCR

Un sistema di questo tipo può essere utilizzato con qualsiasi tipo di combustibile (gas naturale, olio, carbone). La conversione degli NO_x non genera alcun inquinante secondario ed è possibile una riduzione fino al 99% o anche più. Consente quindi emissioni di NO_x nell'aria molto ridotte e la possibilità di ridurre anche il mercurio a causa della sua ossidazione.

Uno dei problemi maggiori è rappresentato dallo slittamento dell'ammoniaca. Per risolvere questo problema è possibile optare per un volume maggiore del catalizzatore o migliorando la miscelazione di NH₃ ed NO_x nel gas di combustione. Un altro problema è rappresentato dalla formazione di ammonio solfati che si depositano su catalizzatore e aria. L'installazione di un sistema SCR su impianti esistenti potrebbe risultare complicata a causa degli spazi. I costi inoltre risultano considerevoli.

4.2.7 Stima dei costi

I costi di investimento di un dispositivo SCR variano a seconda del tipo di impianto, dal volume del catalizzatore che è funzione della portata dei gas di combustione, dall'*ammonia slip* e dal tasso di conversione degli NOx che deve essere raggiunto a partire dalle concentrazioni che caratterizzano i fumi in uscita quindi il tipo di combustibile.

Rispetto a un sistema SNCR, un SCR tail-end può costare 5-10 volte in più. Il costo di un'apparecchiatura SNCR è dato numero di lance e dal numero di livelli di iniezione necessari, oltre che dalla dimensione del serbatoio. Tipicamente è compreso tra 150.000-300.000 euro a cui si aggiunge il costo di montaggio 100.000-200.000 euro.

Per i sistemi SCR il costo di investimento stimato in presenza di turbine a gas o motori a combustione interna sulla base della potenza elettrica è di 10-50 €/kW [3].

Il costo dei reagenti dipende molto anche dal costo del trasporto, dunque dalla posizione. Il prezzo indicativo per la soluzione di ammoniaca al 25% e soluzione d'urea al 40% è circa 160-200 Euro/ton.

I costi del catalizzatore invece sono compresi tra 6.000-10000 Euro/m³ e incidono tipicamente solo per un 10-20% del costo finale dell'impianto.

I costi d'investimento per un SCR dotato di catalizzatore a due strati, che raggiunge efficienze di rimozione tra l'85% e il 95%, per le caldaie che utilizzano gas metano utilizzate nell'industria chimica, sono nell'intervallo di EUR 30-50 / kW_{th} [3].

Tra i costi operativi rientrano il costo del reagente, la sostituzione del catalizzatore e i costi di consumo dell'energia elettrica. Grazie alla rigenerazione dei catalizzatori usati è possibile aumentare considerevolmente la durata del catalizzatore e quindi ridurre i costi operativi. Il prezzo dei catalizzatori SCR rigenerati è fino alla metà di quello dei nuovi catalizzatori.

CAPITOLO 5 - CASO STUDIO: IL REVAMPING DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA DI AHLSTROM MUNKSJÖ

Nel seguente capitolo viene trattato un esempio di installazione di sistemi SCR. Quest'ultimo rientra nel progetto di revamping della centrale termoelettrica della Cartiera Ahlstrom Munksjö di Mathi in fase di esecuzione; la fine dei lavori e quindi l'avviamento del nuovo assetto impiantistico è prevista per settembre/ottobre 2020.

La trattazione di questo caso studio ha consentito di trarre spunto anche per le valutazioni economiche che verranno affrontate alla fine del presente lavoro di tesi.

La Cartiera Ahlstrom Munksjö si trova nel Comune di Mathi a 28 km circa da Torino e produce carte speciali e carte impregnate. Lo stabilimento Ahlstrom Munksjö è situato a sud ovest del centro abitato confina con la Stura di Lanzo (Figura 47).



Figura 47: Localizzazione dello stabilimento Ahlstrom Munksjö

5.1 Il progetto

La centrale termoelettrica attualmente presente nello stabilimento è localizzata nella parte superiore dello stabilimento, la stessa in cui verrà realizzata la nuova centrale.

L'area prevista per la realizzazione del nuovo impianto andrà ad occupare parte del piazzale di manovra autocarri (Figura 48).



Figura 48: Area dell'attuale centrale e area futura

La configurazione attuale è formata dalle unità di seguito riportate:

- **TURBINA A GAS (SIEMENS SGT400)** avente una potenza elettrica nominale pari a 11,84 MW e una potenza termica nominale (immessa col combustibile): 22,50 MW_t
- **CALDAIA A RECUPERO IDROTERMICI** alimentata dai gas in uscita dalla turbina avente n° 2 bruciatori supplementari di potenza pari a 12,6 MW_t
- **CALDAIA NEOTERM** con Potenza termica nominale (immessa col combustibile): 60 MW_t
- **CALDAIE FERROLI** (Ferrolì 19 e Ferrolì 12) aventi potenza termica nominale (immessa col combustibile) entrambe pari a 17 MW_t.
- **TURBINA A VAPORE** A contropressione avente Potenza elettrica nominale pari a 6,6 MW_e.

Il progetto di revamping prevede:

- la dismissione della caldaia a recupero attualmente presente (Idrotermici) e della caldaia Neoterm;
- L'installazione di una nuova turbina a gas di potenza uguale a 18,4 MW_e;
- L'installazione di una nuova caldaia a recupero alimentata dai gas in uscita dalla nuova turbina dotata di bruciatori supplementari di potenza uguale a 39,5 MW_t;
- l'impiego della turbina a vapore attualmente presente che utilizzerà il vapore prodotto dalla nuova caldaia a recupero.

Il nuovo assetto determinerà un aumento della produzione di energia rispetto ai livelli attuali da 19,5 MWe a 25 MWe consentendo di raggiungimento dell'autosufficienza dal punto di vista del fabbisogno elettrico e una notevole riduzione delle emissioni di CO ed NO_x grazie all'installazione di sistemi conformi alle più recenti BAT Conclusions che verranno analizzate di seguito.

5.2 Emissioni attuali e future

Nel seguente paragrafo viene descritto il quadro emissivo degli NO_x relativo all'attuale centrale termoelettrica. In Tabella 20 vengono riportati i flussi autorizzati per le singole unità e le emissioni reali provenienti dalla centrale relativi all'attuale assetto impiantistico.

Tabella 19: Scenario attuale

SITUAZIONE ATTUALE		
Idrotermici		Autorizzato in AIA
<i>Autorizzato</i>		
NO ₂	mg/Nm ³ (15% O ₂)	50
Portata fumi	Nm ³ /h	158.000
Ipotesi ore/anno		8760
Flusso massa NO ₂	kg/h	7,90
	kg/anno	69.204
<i>Emesso da misura SME</i>	kg/anno	26.220
Neoterm		
<i>Autorizzato</i>		
NO ₂	mg/Nm ³ (3% O ₂)	150
Portata fumi	Nm ³ /h	75.000
Ipotesi ore/anno		8760
Flusso massa NO ₂	kg/h	11,25
	kg/anno	98.550
<i>Emesso da misura SME</i>	14.752	kg/anno
Ferrolti 12	42	kg/anno

Ferrolì 19	188	kg/anno
Totale autorizzato NO₂	167.754	kg/anno
Totale emesso NO₂	41.202	kg/anno

Per lo scenario futuro si fa riferimento alle nuove concentrazioni previste dalle BAT Conclusions, di cui alla decisione di esecuzione UE 2017/1442 della Commissione del 30 luglio 2017 viste nel Capitolo 3 per le due condizioni di funzionamento previste.

Il primo caso rappresenta la condizione di normale funzionamento della centrale, mentre nel secondo caso (condizione di *fresh air*) si realizza in situazioni di manutenzione del turbogas. La caldaia a recupero in questo caso verrà infatti alimentata con aria esterna. In Tabella 20 vengono riassunti i valori limite di concentrazione su base annuale per gli NO_x e i valori limite di concentrazione limite per l'NH₃ come media annuale o media nel periodo di campionamento.

Tabella 20: BAT-AEL nelle due configurazioni

Emissioni in rinnovo di autorizzazione	Ossigeno di riferimento	NO _x [mg/Nm ³]		NH ₃ [mg/Nm ³]	
		min	max	min	max
Nuova turbina + postcombustore	15%	10	30	3	3
Fresh air	3%	10	60	3	3

Poiché la prima condizione di funzionamento (nuova turbina + postcombustore) rappresenta la situazione che si realizzerà quasi sempre, ci si soffermerà sui flussi emessi durante questa condizione di funzionamento. I flussi sono stati calcolati sotto l'ipotesi di un funzionamento continuo dell'impianto 8760 ore/anno per cui per la manutenzione, che implicherà l'arresto della turbina e quindi il funzionamento in condizioni di *fresh air*, si stimano 180 ore/ anno. In questa situazione la produzione di energia elettrica avverrà solo dalla turbina a vapore e le emissioni di NO_x e saranno inferiori rispetto alla configurazione precedente (Tabella 21).

I valori limite di emissione come media nel periodo di campionamento per il turbogas per i nuovi impianti sono compresi tra 15-40 mg/Nm³. Sulla base di quanto previsto nel PRQA il nuovo impianto le emissioni reali dovranno soddisfare una concentrazione limite di 15 mg/Nm³. Il totale autorizzato ottenibile è riportato in Tabella 22.

La soluzione proposta dal produttore Neoterm che consentirebbe il raggiungimento di tali obiettivi è riportata in tabella:

Tabella 21: Parametri funzionamento

Soluzione	T Amb. (°C)	Portata Fumi al camino (Nmc/h)	O2 %	Emission e da TG mg/Nm3 15% O2	Emissione NO ₂ [kg/h]
Nuova turbina + post combustore	-10	326.036	15,00	15	9,78

La nuova configurazione è riportata in tabella sottostante:

Tabella 22: Scenario futuro

SITUAZIONE FUTURA		
Concentrazione Neoterm nuova turbina	15	mg/Nm3
Totale autorizzato NO₂ in 8760 h/anno	42.841	kg/anno

Nel paragrafo seguente viene approfondita la parte del nuovo impianto destinata all'abbattimento degli NOx.

5.3 Composizione del Sistema SCR Proposto da Neoterm

Le reazioni chimiche principali sono le seguenti:



L'ammoniaca (NH₃) è iniettata nei fumi attraverso una griglia d'iniezione (AIG), posizionata a monte del catalizzatore composto da un substrato corrugato a base di TiO₂ e WO₃ contenente metalli ad alta attività (Vanadio) per la reazione con gli NOx.

Il sistema prevede l'utilizzo dell'urea in soluzione acquosa al 40% in peso come reagente da stoccare e dal quale mediante il processo di decomposizione termica ottenere l'NH₃ necessaria per l'abbattimento degli NOx; l'utilizzo di questo reagente consente di eliminare i problemi di sicurezza legati allo stoccaggio ed all'utilizzo diretti di NH₃.

Con il processo di decomposizione termica, l'urea [CO(NH₂)₂] viene iniettata e dosata in soluzione acquosa al 40% in una camera di decomposizione, operativa ad una temperatura intorno ai 500 °C, dove è decomposta in ammoniaca (NH₃) producendo una corrente gassosa finale ammoniaca/aria tra lo 0,7 – 1,7% in NH₃ (in funzione del tipo di funzionamento). La temperatura di decomposizione è ottenuta, riscaldando aria ambiente, soffiata nella camera con un ventilatore, per mezzo di un riscaldatore elettrico.

Le reazioni chimiche fondamentali sono le seguenti:



Accanto alla reazione prevalente nel catalizzatore secondo l'equazione (24), ci si può attendere la reazione competitiva seguente con l'acido isocianico:



La decomposizione dell'urea avviene, pertanto, controllando l'iniezione di urea in soluzione acquosa al 40% nella camera progettata per fornire una buona miscelazione, il necessario tempo di permanenza e le temperature idonee per la conversione di urea in NH₃.

L'iniezione d'urea in soluzione acquosa per la riduzione degli NO_x è effettuata tramite un modulo di circolazione con pompe ridondanti (1+1 in stand-by), che hanno il compito di mettere in pressione la soluzione d'urea per l'utilizzo e di fare ricircolare al serbatoio di stoccaggio giornaliero la quantità in eccesso del flusso di reagente, richiesto dal processo e dosato con il modulo di dosaggio. Il processo ha il vantaggio di seguire in tempi relativamente brevi le possibili variazioni di carico, inclusi i transitori.

Il processo proposto ha il vantaggio di unire le caratteristiche d'efficienza del DeNO_x SCR con le migliori condizioni di sicurezza rappresentate da un reagente che non necessita di condizioni particolari di stoccaggio e movimentazione, né di procedure vincolanti per il personale di gestione.

L'efficienza del processo di riduzione è simile a quella ottenibile utilizzando ammoniaca pura a parità di stechiometria.

Il sistema SCR in costruzione è composto dai seguenti elementi:

1. Modulo di Caricamento Serbatoio
2. Serbatoio di stoccaggio del reagente
3. Modulo di circolazione
4. Modulo di dosaggio ed iniezione

5. Camera di decomposizione di urea in ammoniaca
6. Modulo di pompaggio e riscaldamento aria ambiente
7. A.I.G. (Ammonia Injection Grid)
8. Sistema modulare DeNOx SCR

5.3.1 Serbatoio stoccaggio reagente

Il serbatoio di stoccaggio del reagente è in FRP (Plastica rinforzata con fibra di vetro) e ha una capacità di 23 m³ geometrici e 21 m³ utili che corrispondono a circa 40 gg. di stoccaggio. Il serbatoio verrà coibentato con lana di roccia ricoperta con lamierino d'alluminio.

Al fine di impedire la cristallizzazione del reagente, il serbatoio comprende un serpentino di riscaldamento elettrico da 3 kW che verrà controllarlo da una sonda di temperatura e da un regolatore per mantenere il valore di temperatura al di sopra del punto di cristallizzazione in condizioni di bassa temperatura ambientale.

5.3.2 Modulo di circolazione

Il modulo di circolazione è costituito da una struttura in acciaio zincato e serve per il pompaggio e la circolazione del reagente. Comprende anche due pompe (1+1 in stand-by) aventi ciascuna il 100% della capacità totale delle due linee inoltre un filtro a cartuccia doppio che permette la pulizia della cartuccia durante la marcia normale e le valvole manuali d'isolamento e di by-pass delle pompe.

5.3.3 Modulo di dosaggio e iniezione

Il modulo montato sullo skid della camera di decomposizione ha la funzione di dosare il reagente e comprende le apparecchiature di regolazione portata di reagente e dei fluidi di servizio all'iniettore. La regolazione della portata di reagente è effettuata in funzione del livello di NOx misurato a monte del catalizzatore e riaggiustata in funzione del livello di NOx a valle del catalizzatore. Ciò permette di ottimizzare la portata di reagente in funzione del livello di abbattimento NOx richiesto.

Il modulo di dosaggio è dotato di valvola di controllo portata, trasmettitore di portata ad induzione magnetica, regolatore di pressione, il sistema di alimentazione aria di atomizzazione alla lancia prevista sulla camera di decomposizione.

5.3.4 Camera di decomposizione urea in ammoniacca

La camera di decomposizione termica ha la funzione di convertire la soluzione d'urea in vapori d'ammoniaca miscelati con aria calda che verranno poi introdotti nella griglia di iniezione del catalizzatore. La camera di decomposizione termica è in acciaio al carbonio e ha una forma cilindrica coibentata esternamente con materiale isolante. All'interno della camera la soluzione di urea viene iniettata attraverso un iniettore bifasico creando uno spray e viene fatta evaporare e decomporre.

Il processo di decomposizione dell'urea in ammoniacca fornisce una miscela ammoniacca/aria che verrà immessa nella griglia d'iniezione del catalizzatore con una concentrazione max. di NH₃ inferiore al 0,6 % in volume, ed una temperatura di uscita di c.a 300 - 410 °C. Per l'iniezione d'urea, l'alimentazione dell'iniettore è controllata in pressione e portata.

5.3.5 Modulo di pompaggio e riscaldamento aria ambiente

L'aria che verrà utilizzata per diluire l'urea viene riscaldata attraverso un riscaldatore elettrico e pompata da ventilatori che aspirano l'aria esterna così da avere un'adeguata portata e velocità che consenta una distribuzione omogenea del flusso ammoniacale.

5.3.6 Ammonia injection grid

Attraverso l'*Ammonia injection grid* (AIG) il flusso ammoniacale proveniente dalla camera di decomposizione termica viene distribuito all'interno del condotto fumi principale.

La griglia è composta da una serie di tubi con fori posizionati in modo equidistante e posizionati in modo uniforme all'interno del condotto fumi e, da uno o più collettori esterni muniti di valvole a farfalla necessarie per eseguire eventuali "tuning" del sistema posizionati all'esterno del condotto.

5.3.7 Sintesi dei dati di processo e costi

Vengono di seguito sintetizzati i principali dati del sistema:

- Sistema di conversione urea: Ad aria bollente con riscaldatore elettrico
- Portata massima soluzione ureica (kg/h): 32
- Temperatura di decomposizione (°C): 500
- Campo delle temperature di reazione (°C) 320 – 410

- Temperatura di esercizio all'ingresso della griglia AIG (°C) > 310
- Portata della miscela aria/ammoniaca immessa nei gas di combustione (Nm³/h): 850
- Potenza elettrica spesa per il riscaldamento aria di reazione (kW): 105
- Consumo di aria compressa (Nm³/h): 15

Dati del catalizzatore:

- Profondità (mm): 500
- Volume (m³): 5.76
- Layer: 1
- NOx outlet (mg/Nm³): 10
- Dimensioni del reattore WxH (mxm): 2.9x6.6

Vengono di seguito i costi per la realizzazione del sistema:

Tabella 23: Costi per la realizzazione dell'impianto

COMPLESSIVO PER LA REALIZZAZIONE	€ 560.000
INSTALLAZIONE	€ 110.400
CATALIZZATORE	€ 57.600
ALTRO (CAMERA DI DECOMPOSIZIONE, MODULO POMPAGGIO E RISCALDAMENTO ARIA ETC..)	€ 446.400

Tra i costi di gestione rientrano il costo dell'urea stimato tra 42.000-56.000 EURO/annui, il costo dell'energia elettrica richiesta per il riscaldamento dell'urea e il funzionamento delle pompe e la sostituzione del catalizzatore. Per quest'ultimo trattandosi di fumi da combustione di gas naturale non dovrebbero esserci particolari problemi di sporco assenza di polveri e/o avvelenamento pertanto si possono considerare durate molto lunghe (10 anni e più). Il ricorso a catalizzatori generati consentirebbe dei costi di gran lunga inferiori, anche sotto il 50%.

CONCLUSIONI

L'analisi effettuata nel presente elaborato ha permesso di valutare l'impatto ambientale dell'inquinamento da NOx, trend storici e i contributi dei settori del trasporto e, più dettagliatamente, dell'industria.

Le emissioni nazionali di NOx tra 1990 e il 2017 si sono ridotte del 66% interessando principalmente il trasporto su strada, la produzione di energia e la produzione industriale accompagnate di contro dall'aumento delle emissioni provenienti dalla combustione non industriale.

In Piemonte i dati IREA 2013 mostrano che il contributo maggiore è dovuto al trasporto stradale, 46% delle emissioni complessive, mentre la quota relativa alla produzione di energia, la combustione nell'industria, la produzione industriale e lo smaltimento dei rifiuti rappresentano il 28%.

Le valutazioni più approfondite riguardano il comparto delle attività industriali soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale attraverso l'analisi dei flussi di massa annuali autorizzati per le province Piemontesi nell'anno 2018. Tra queste il contributo maggiore è quello proveniente dalla Provincia di Cuneo il quale incide per oltre il 30% del flusso totale pari a 25.237 t/a seguito dalla Città Metropolitana di Torino al 27%. Tale studio ha altresì messo in luce le categorie di attività che influiscono maggiormente sul flusso totale regionale, ovvero la 3.1 che rientra nell'industria dei prodotti minerali e le attività energetiche (1.1 e 1.2) di competenza statale.

Focalizzando l'attenzione sul caso della Città Metropolitana di Torino, lo scenario dei flussi reali mostra una rilevante discrepanza da quello dei flussi autorizzati: le emissioni reali nel 2018 risultano essere appena il 30% di quelle autorizzate. È stato inoltre ricostruito lo scenario in un periodo precedente, il 2008, da cui è emersa una riduzione del 23% dei flussi autorizzati delle installazioni presenti in entrambi gli scenari, dovuta a un cospicuo abbassamento dei valori limite e miglioramento delle tecnologie. La flessione si accentua notevolmente per gli impianti di competenza dello stato arrivando al 38% in meno rispetto ai valori del 2008.

L'applicazione delle misure del Piano Regionale di Qualità dell'Aria sullo scenario autorizzato del 2018 delle installazioni in AIA esaminate, ha evidenziato una potenziale riduzione delle emissioni autorizzate nei prossimi anni del 30%. Il confronto tra lo scenario attuale e quello futuro, ha messo in luce da un lato la presenza di impianti già sottoposti ai limiti più restrittivi imposti dalle BAT Conclusion e dall'altro la necessità per gran parte essi di adeguarsi ai nuovi vincoli emissivi attraverso investimenti sulle migliori tecnologie disponibili.

A tal proposito la tecnologia SCR risulta essere la più efficiente per l'abbattimento delle emissioni di NOx. Il caso studio riportato, quello della centrale termoelettrica di Ahlstrom Munksjö, è un esempio pratico di implementazione di questa tecnologia che permetterà una riduzione delle emissioni reali di oltre il 30% a fronte di un investimento pari a 560.000€ per la realizzazione dell'impianto SCR.

Tale avanzamento tecnologico limiterà senza dubbio l'inquinamento atmosferico da NOx ma dovrà necessariamente essere accompagnato dalla riduzione delle emissioni provenienti dal comparto stradale, prima fonte di emissione di questo inquinante. Pertanto, un decisivo cambio di rotta sarà raggiunto con la transizione all'elettrificazione e ai carburanti alternativi.

Bibliografia e sitografia

- [1] European Environment Agency, Air quality in Europe - 2019 Report, 2019.
- [2] J. H. Seinfeld e S. N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, John Wiley & Sons, Incorporated, 2016.
- [3] Joint Research Centre (JRC), Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, 2017.
- [4] Città Metropolitana di Torino-Sportello Ambiente, «Autorizzazione Integrata Ambientale - AIA rilasciate,» [Online]. Available: http://eds.cittametropolitana.torino.it/ippc/ditte_autor_cm.php.
- [5] Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, «Serie storiche delle emissioni nazionali di inquinanti atmosferici 1990-2017,» [Online]. Available: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>.
- [6] ISPRA, Italian Emission Inventory 1990 - 2017. Informative Inventory Report 2019, March 2019.
- [7] Regione Piemonte, Arpa Piemonte, Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA), Deliberazione del Consiglio regionale 25 Marzo 2019, n. 364 - 6854..
- [8] Arpa, Regione Piemonte, «Stato dell'ambiente in Piemonte - Relazione 2019,» 2019. [Online]. Available: <http://relazione.ambiente.piemonte.it/2019/it/aria/stato/no2>.
- [9] Settore Risanamento acustico elettromagnetico ed atmosferico della Regione Piemonte, «Sistemapiemonte IREA-Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera,» [Online]. Available: <http://www.sistemapiemonte.it/fedwinemar/elenco.jsp>.
- [10] Provincia di Alessandria, «Elenco autorizzazioni AIA,» [Online]. Available: <http://provincia.alessandria.it/index.php?ctl=progetti&fl=index&idbl=361¶m=aia&blpd=108>.
- [11] Provincia di Biella, «Elenco AIA rilasciate,» [Online]. Available: <http://www.provincia.biella.it/aree-tematiche/ambiente/autorizzazione-integrata-ambientale/elenco-aia-rilasciate>.

- [12] Provincia di Asti, «Autorizzazione integrata ambientale (AIA) - Autorizzazioni rilasciate Categorie,» [Online]. Available: http://158.102.224.7/supporto_provat/index.php/ambiente-conferenza-servizi/autorizzazione-integrata-ambientale-aia-autorizzazioni-rilasciate.
- [13] Provincia di Cuneo, «Autorizzazioni rilasciate A.I.A,» [Online]. Available: <https://www.provincia.cuneo.gov.it/tutela-ambiente/autorizzazioni-rilasciate-aia>.
- [14] Provincia di Novara, «AIA rilasciate,» [Online]. Available: <https://www.provincia.novara.it/Ambiente/AIA/rilasciate.php>.
- [15] Provincia di Verbano-Cusio-Ossola, «ELENCO INSTALLAZIONI AIA,» [Online]. Available: <http://www.provincia.verbano-cusio-ossola.it/la-provincia/uffici-e-servizi/settore-ii/area-ambiente-e-georisorse/servizio-rifiuti-e-bonifiche/ufficio-aia/elenco-installazioni-aia/>.
- [16] Provincia di Vercelli, «AIA Rilasciate,» [Online]. Available: <https://www.provincia.vercelli.it/it/page/aia-rilasciate>.
- [17] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare , «VALUTAZIONI E AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI: VAS - VIA - AIA,» [Online]. Available: <https://va.minambiente.it/it-IT/Ricerca/AIA>.
- [18] E. Vernon, Heat Recovery Steam Generator Technology 1st Edition, Woodhead Publishing, 2017.
- [19] Institute for Advanced Sustainability Studies, «New Database on Global Surface Ozone Levels Shows Regions Most Affected by Air Pollution,» [Online]. Available: <https://www.iass-potsdam.de/en/news/new-database-global-surface-ozone-levels-shows-regions-most-affected-air-pollution>.