



Estudi de qualitat de l'aire a la ciutat de Girona 2025

Mapificació de les concentracions de diòxid de
nitrogen (NO₂)

Projecte AD00914

Restringit-comercial

Estudi de qualitat de l'aire a la ciutat de Girona 2025

Mapificació de les concentracions de diòxid de
nitrogen (NO₂)

Jaume Targa, Jaume Archilés i Maria Colina

© 4sfera Innova
Carrer Cor de Maria 2, àtic 1a
17002 Girona
www.4sfera.com
contact@4sfera.com

Publicació: 11/03/2026

Índex

1	Resum	3
2	Introducció	4
3	Objectius	6
4	La contaminació atmosfèrica	7
4.1	El diòxid de nitrogen (NO ₂)	7
5	Legislació de referència per avaluar la qualitat de l'aire	8
6	Metodologia	10
6.1	Sistema de mesura	10
6.2	Punts de mesura	12
6.3	Període de mesura	15
6.4	Control de qualitat	15
7	Contextualització de les dades	18
7.1	Variació anual	18
7.2	Variació temporal	18
7.3	Variació diària	20
7.4	Variació horària	20
8	Resultats	23
8.1	Verificació de les dades	23
8.1.1	Precisió de la mesura	23
8.1.2	Exactitud de la mesura	23
8.2	Anàlisi de les dades dels dosímetres passius	25
9	Conclusions	30
10	Annex	32

1 Resum

La qualitat de l'aire ha esdevingut un tema de gran rellevància a escala global, especialment en entorns urbans on l'exposició a la contaminació pot tenir greus conseqüències per a la salut humana i el medi ambient. En aquest context, aquest informe presenta els resultats de l'estudi de qualitat de l'aire realitzat a la ciutat de Girona, impulsat per l'Ajuntament de Girona i dut a terme per la consultora ambiental 4sfera Innova. A més, l'informe és especialment rellevant en el marc de la implantació de la Zona de Baixes Emissions (ZBE) a Girona, ja que proporciona una base tècnica per a l'avaluació de l'estat de la qualitat de l'aire i el seguiment dels seus efectes.

Aquest estudi anual ha inclòs 4 períodes de mesura al llarg de l'any 2025 per analitzar la qualitat de l'aire a la ciutat durant els períodes **gener/febrer**, **abril/maig**, **setembre/octubre** i **novembre/desembre**.

Es van mesurar un total de 25 ubicacions, de les quals 21 corresponen a zones de trànsit, 3 a zones de fons, a més d'una ubicació situada a una estació de control de referència. Mitjançant dosímetres passius, es van obtenir dades durant 4 períodes de 4 setmanes, amb resultats vàlids en 25 punts. Les concentracions observades van oscil·lar entre 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, amb una mitjana de la ciutat de 27.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La recent revisió de la Directiva Europea 2024/2881 (European Parliament i Council of the European Union, 2024) de qualitat de l'aire, aprovada al desembre de 2024, introdueix nous valors límit més restrictius per contaminants com el NO_2 , amb l'objectiu d'alinejar la legislació amb les recomanacions de l'OMS (WHO, 2021) per protegir millor la salut pública. Aquesta actualització reforça la necessitat de continuar monitoritzant les concentracions de NO_2 i altres contaminants, especialment en períodes i ubicacions amb un risc elevat d'exposició.

Aquest informe constitueix una base per comprendre l'impacte local de les emissions de contaminants atmosfèrics, especialment del diòxid de nitrogen (NO_2). A més, proporciona una referència clau per a l'adaptació als nous requeriments normatius. L'estudi inclou una introducció a la problemàtica de la contaminació atmosfèrica, un resum de la legislació vigent, una descripció detallada de la metodologia emprada, l'anàlisi dels resultats obtinguts i les conclusions derivades de les dades analitzades.

2 Introducció

La qualitat de l'aire és un factor determinant per a la salut pública i el medi ambient (Khomenko et al., [2021](#)). Diversos estudis científics han demostrat que l'exposició a contaminants atmosfèrics, especialment el diòxid de nitrogen (NO_2), està associat a un increment de malalties respiratòries i cardiovasculars, així com a altres efectes adversos per a la salut. Per exemple, una exposició prolongada al NO_2 s'ha vinculat amb nivells més alts de biomarcadors de la malaltia d'Alzheimer en el cervell (Alemany et al., [2021](#)).

El NO_2 és un gas contaminant que es genera principalment per la combustió de combustibles fòssils en vehicles de motor i activitats industrials. La seva presència en l'atmosfera contribueix a la formació de boirum i afecta negativament la qualitat de l'aire. A més, estudis recents han associat una major exposició a $\text{PM}_{2.5}$, diòxid de nitrogen (CO_2) i carboni negre amb un major risc d'hospitalització per COVID-19, ingrés en UCI i mort (Ranzani et al., [2023](#)).

Conscient d'aquesta problemàtica, l'Ajuntament de Girona ha implementat diverses iniciatives per monitoritzar i millorar la qualitat de l'aire a la ciutat. Una de les mesures destacades és la creació d'una xarxa semi-permanent per avaluar les concentracions de NO_2 mitjançant dosímetres passius, gestionada per la consultora ambiental 4sfera Innova. Aquesta xarxa complementa l'estació fixa de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) i permet una avaluació més detallada de la distribució espacial del contaminant a diferents punts de la ciutat, esdevenint, a més a més, una eina clau per al seguiment i l'avaluació dels efectes de la Zona de Baixes Emissions (ZBE).

La creació d'aquesta xarxa va ser recomanada després d'un projecte de col·laboració entre l'Ajuntament de Girona i la Universitat d'Oxford Brookes, així com d'estudis realitzats pel Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya entre els anys 2007 i 2008. Aquests estudis van identificar punts conflictius dins la ciutat on es podrien superar els valors límit anuals de NO_2 establerts per la legislació vigent.

És important destacar que, segons la Directiva 2008/50/CE (EU, [2008](#)), el valor límit anual per al NO_2 és de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No obstant això, la Unió Europea ha anunciat l'enduriment dels límits de contaminació de l'aire amb l'actualització de l'anterior Directiva 2008/50/CE, amb l'objectiu de reduir a la meitat els nivells permesos de contaminants com el NO_2 per al 2030 segons la nova Directiva 2024/2881/CE (European Parliament i Council of the European Union, [2024](#)).

Aquesta actualització normativa reforça la necessitat de continuar i intensificar els esforços de monitorització i millora de la qualitat de l'aire a nivell local.

En aquest context, l'informe actual presenta els resultats de l'estudi de qualitat de l'aire realitzat a Girona, amb l'objectiu d'avaluar les concentracions de NO₂ i identificar possibles superacions dels valors límit establerts. Aquesta informació és essencial per al desenvolupament de polítiques públiques efectives que protegeixin la salut dels ciutadans i el medi ambient.

3 Objectius

Aquest estudi té com a finalitat principal avaluar la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona a través de la mesura de les concentracions de diòxid de nitrogen (NO_2). Els objectius específics són:

- **Complementar la XVPCA** de la Generalitat de Catalunya amb mesures indicatives obtingudes mitjançant dosímetres passius.
- **Monitoritzar i analitzar la variació espacial i temporal de les concentracions de NO_2** en diferents zones de la ciutat, incloent àrees de trànsit intens (UT) i zones de fons urbà (UB).
- **Identificar possibles superacions dels valors límit establerts per la legislació vigent** i proporcionar dades que ajudin a la planificació de polítiques públiques de millora de la qualitat de l'aire.
- **Avaluar el risc d'exposició de la població** als nivells de contaminació atmosfèrica detectats i identificar zones de major vulnerabilitat.

4 La contaminació atmosfèrica

La contaminació de l'aire és un problema global amb conseqüències locals, ja que afecta la salut de les persones i els ecosistemes. Les accions efectives per reduir la contaminació atmosfèrica, i per tant el seu impacte, requereixen un bon coneixement de les seves causes: quines són les principals fonts de contaminació, i com es transporten i transformen els contaminants a l'atmosfera. A més a més, la col·laboració i coordinació d'accions a nivell internacional, nacional i local és fonamental per tal de disminuir la contaminació de l'aire.

La qualitat de l'aire és actualment una de les principals preocupacions mediambientals a Europa. Segons la Comissió Europea, després del canvi climàtic, la contaminació atmosfèrica és la preocupació més gran que tenen els ciutadans europeus en matèria de medi ambient (European Commission, 2022). Així mateix, s'estima que una mala qualitat de l'aire causa al voltant de 400.000 morts prematures anuals a Europa (European Environment Agency, 2023; GBD 2021 Risk Factors Collaborators, 2024).

En els darrers anys, la majoria de la població europea que viu en zones urbanes ha estat exposada a nivells de contaminació que incompleixen els valors recomanats per la Directiva Europea i per l'Organització Mundial de la Salut (OMS) (WHO, 2021). Aquesta exposició pot provocar diverses malalties respiratòries i cardiovasculars, com infeccions respiratòries o asma, i també pot afectar el desenvolupament fetal.

4.1 El diòxid de nitrogen (NO₂)

El NO₂ és un gas format per dos àtoms d'oxigen i un de nitrogen. Es caracteritza pel seu color marronós i la seva olor forta. Aquest contaminant és un dels elements que formen el boirum fotoquímic, precursor de l'àcid nítric i partícules secundàries, i té un paper destacat en la formació de la pluja àcida.

Les principals fonts d'emissió de NO₂ inclouen **fonts antropogèniques** (transport terrestre, especialment vehicles dièsel, aeri, marítim i indústries) i **fonts naturals** (crema de biomassa i processos naturals, com les erupcions volcàniques).

En entorns urbans, el NO₂ prové principalment de les emissions del trànsit rodat (Colville et al., 2001). L'exposició prolongada a concentracions elevades de NO₂ pot incrementar els símptomes de bronquitis en nens asmàtics, reduir la funció pulmonar i augmentar la probabilitat de malalties cardiovasculars.

5 Legislació de referència per avaluar la qualitat de l'aire

Per a la valoració de l'estat de la qualitat de l'aire, es comparen els valors mesurats en el territori amb els valors límit de referència establerts per la legislació vigent. La Unió Europea ha introduït diverses directives per fixar aquests valors límit i definir els objectius per als anys futurs.

Durant els darrers anys, l'avaluació de la qualitat de l'aire a Europa s'ha dut a terme d'acord amb la Directiva 2008/50/CE (UE, 2008), que els estats membres han hagut d'adoptar. En el cas de l'Estat espanyol, aquesta directiva ha estat transposada mitjançant el Reial Decret 102/2011 i la Llei 34/2007.

A finals de l'any 2024, concretament el 15 de desembre de 2024, s'ha implementat una nova directiva: la Directiva 2024/2881/CE (European Parliament i Council of the European Union, 2024), que serà vigent durant els pròxims 10 anys. Aquesta nova normativa introdueix modificacions als valors límit amb l'objectiu de millorar la qualitat de l'aire i fixa l'any **2030** com a termini per a l'aplicació efectiva de les mesures establertes.

Aquesta directiva no només estableix nous valors límit més estrictes, sinó que també fomenta l'ús de tecnologies sostenibles, la col·laboració internacional i el monitoratge continu per assegurar el compliment. Així mateix, es preveuen sancions més rigoroses per als estats membres que no compleixin amb els objectius establerts. A partir de la nova Directiva Europea 2024/2881/CE, s'han ajustat els valors límit per a protegir la salut humana segons l'any (Taula 1):

- Valors límits per la protecció de la salut humana a ser assolits l'11 de desembre del 2026:
 - **Valor horari:** 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (no pot superar-se més de 18 vegades a l'any)
 - **Valor anual:** 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valors límits per la protecció de la salut humana a ser assolits l'1 de gener del 2030:
 - **Valor horari:** 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (no pot superar-se més de 3 vegades a l'any)
 - **Valor diari:** 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (no pot superar-se més de 18 vegades a l'any)
 - **Valor anual:** 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

En el marc nacional, es recomana als municipis l'elaboració de plans locals de millora de la qualitat de l'aire, adaptats a les especificitats de cada territori.

A Catalunya, la implementació de la Directiva 2024/2881/CE es coordina a través de la Generalitat mitjançant la Xarxa de Vigilància i Prevenció de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA). Segons l'informe anual de qualitat de l'aire (Generalitat de Catalunya, 2023), els contaminants més

problemàtics han estat el diòxid de nitrogen (NO_2) i l'ozó troposfèric (O_3). Amb la nova directiva, es preveu que la Generalitat reforci les mesures de control en zones urbanes d'alta densitat de trànsit i fomenti estratègies per reduir les emissions.

Entre les accions proposades destaca la promoció del transport públic sostenible, zones de baixes emissions (ZBE) i la transició cap a vehicles elèctrics. Així mateix, s'han destinat recursos a l'ampliació de la xarxa de sensors per garantir una monitorització més precisa.

Aquest esforç també inclou campanyes de sensibilització dirigides a la ciutadania per reduir les emissions individuals, com ara l'ús compartit de vehicles i la millora de l'eficiència energètica a les llars.

Taula 1: Taula de valors límit actualitzats segons la Directiva 2024/2881/CE

Descripció	Període	Valor límit fins al 2026	Valor límit fins al 2030
Valor límit horari per a la salut (VLh)	1 hora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^a	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^b
Valor límit diari per a la salut (VLh)	1 dia	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^a
Valor límit anual per a la salut (VLa)	1 any	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valor límit per a la vegetació (VLv)	1 any	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Llindar d'alerta (LLA)	1 hora	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^c	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^c

Font:

Directiva 2024/2881/CE

^a no podrà superar-se més de 18 vegades per any

^b no podrà superar-se més de 3 vegades per any

^c 3 hores consecutives

6 Metodologia

6.1 Sistema de mesura

Les concentracions de NO₂ s'han mesurat com a indicador de la qualitat de l'aire utilitzant la tècnica dels dosímetres passius de NO₂ del tipus Palmes (figura 1). Aquest mètode és considerat indicatiu, de manera que les dades que s'obtenen són indicatives i en cap cas es poden utilitzar com a dades de referència per compliment normatiu.



Figura 1: Dosímetre passiu de NO₂ del tipus Palmes.

No obstant, la utilització dels dosímetres passius ha estat validada i utilitzada en nombrosos estudis arreu del món (Bower et al., 1991; Byanju, Gewali i Manandhar, 2011; Glasius et al., 1999; Silva et al., 2006; Tang, Cape i Sutton, 2001). Es tracta d'una tècnica que presenta molts avantatges perquè no necessita ni manteniment, ni calibratge, ni electricitat, la qual cosa fa que es pugui aplicar fàcilment en qualsevol ambient i/o circumstàncies. S'utilitza sobretot en estudis preliminars i estudis base per investigar les distribucions espacials dels contaminants atmosfèrics tant en ambients urbans com rurals, ja que és un mètode que permet cobrir àrees molt extenses del territori.

Tot i els molts avantatges que presenta la tècnica, cal tenir en compte que els dosímetres passius s'han d'utilitzar amb precaució i degudament ja que poden donar problemes intrínsecs al mètode, és per això que la validació dels resultats és molt necessària.

Un dosímetre passiu de NO_2 del tipus Palmes és un captador de gas que consisteix en un tub acrílic de 7.1 cm amb un diàmetre intern de 1.1 cm. Una membrana impregnada de triethanolamine (TEA) col·locada al tap superior del captador absorbeix el diòxid de nitrogen de l'aire (figura 2). El transport del gas a través del tub és degut al procés físic de difusió (Targa, 2001).

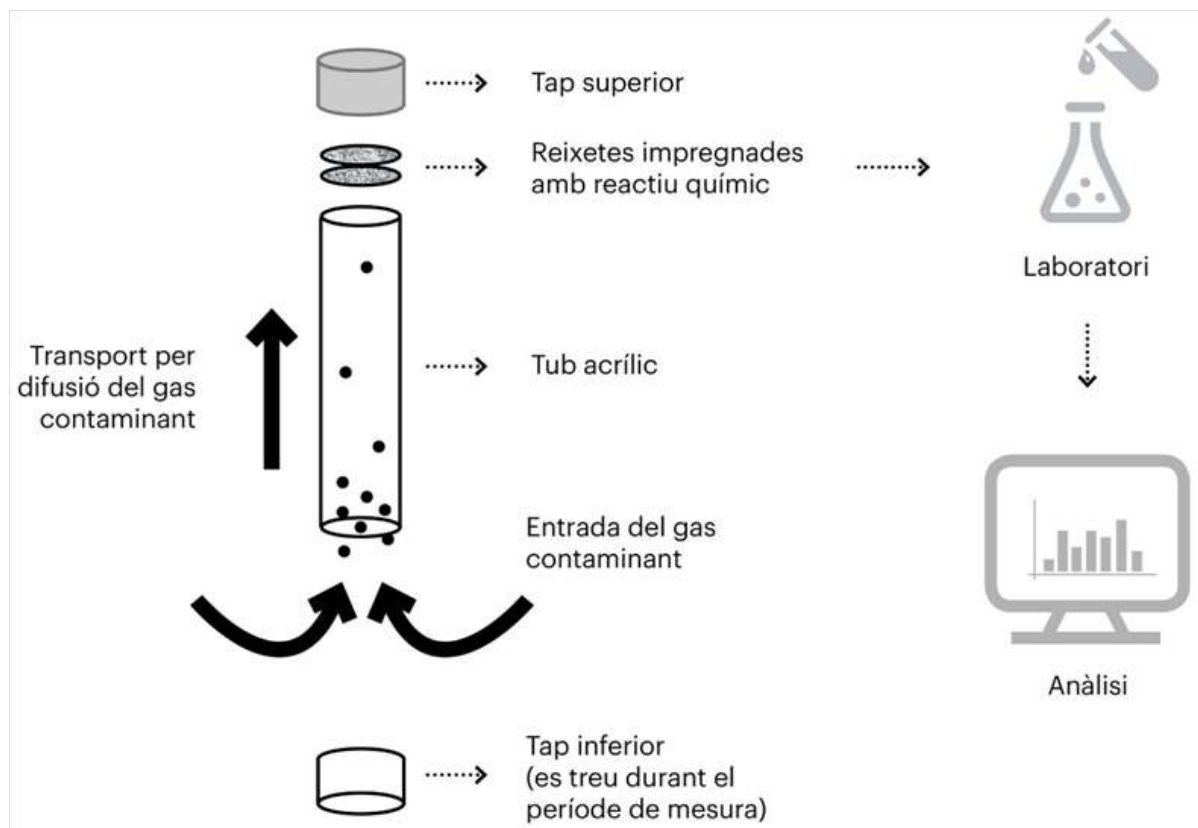


Figura 2: Funcionament d'un dosímetre passiu de NO_2 del tipus Palmes.

Amb els dosímetres passius, la resolució temporal és igual al període d'exposició d'aquest mateix, que sol ser de 3-4 setmanes. És a dir, que els resultats obtinguts amb els dosímetres són iguals a la mitjana del període. Per aquesta raó, els resultats obtinguts només es poden comparar a valors referents a mitjanes mensuals/anuals i no a mitjanes horàries ja que el mètode no és capaç de mesurar en una resolució de temps tan petita.

6.2 Punts de mesura

Les mesures de les concentracions de NO₂ s'han portat a terme a 25 punts repartits per tota la ciutat de Girona (figura 3). A més a més, per tal de validar els resultats, s'ha col·locat un punt de mesura a una estació de referència que la Generalitat de Catalunya té instal·lada a Girona.

Punts de mesura

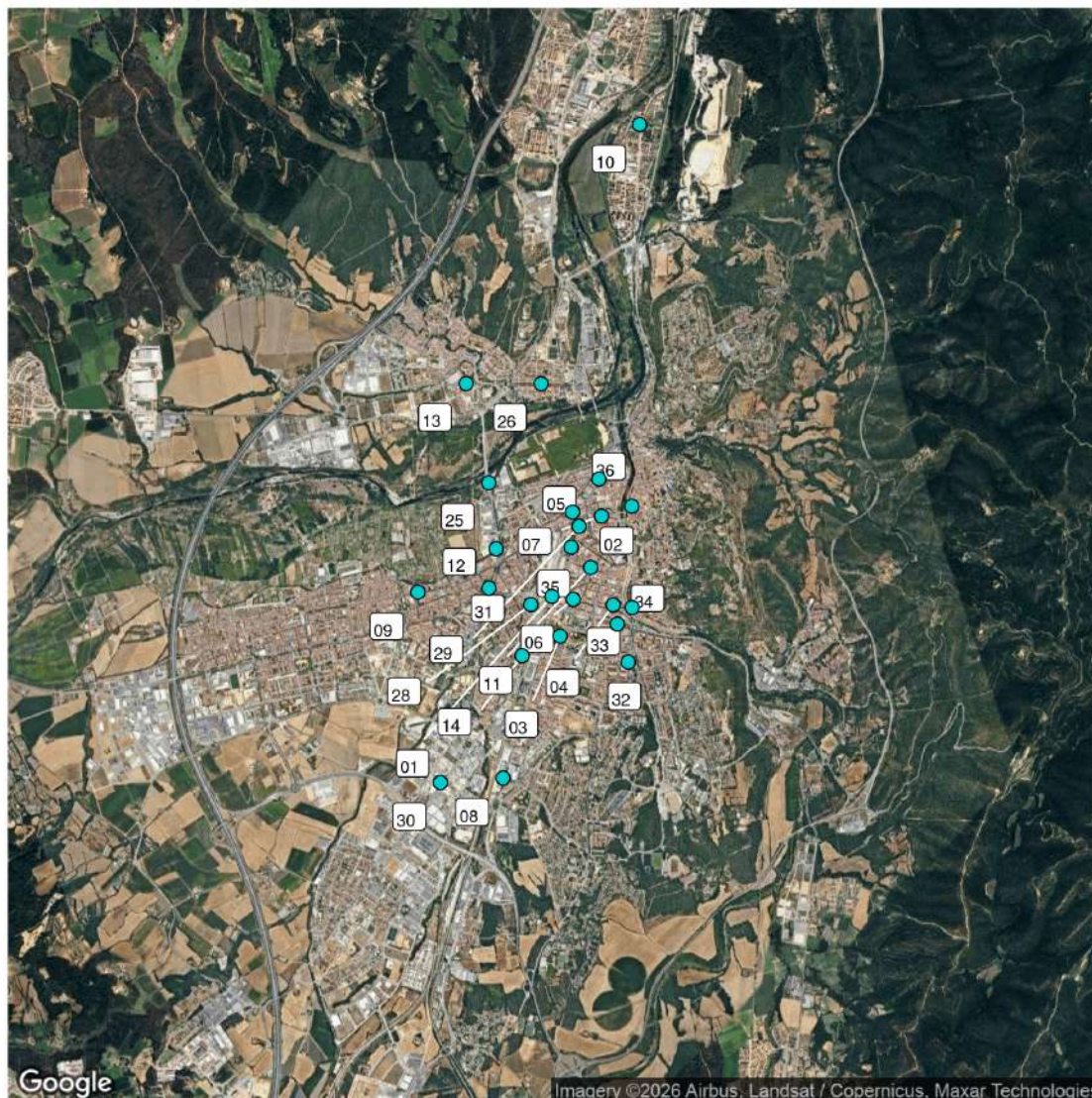


Figura 3: Mapa dels punts de mesura.

A la figura 4 es pot observar els punts de mesura situats a la zona del centre de la ciutat.

Punts de mesura a la zona del centre



Figura 4: Mapa dels punts de mesura a la zona del centre.

El següent mapa (figura 5) mostra la classificació de cada punt de mesura segons si estan situats a prop o lluny de vies de circulació.

Tipus de punts de mesura

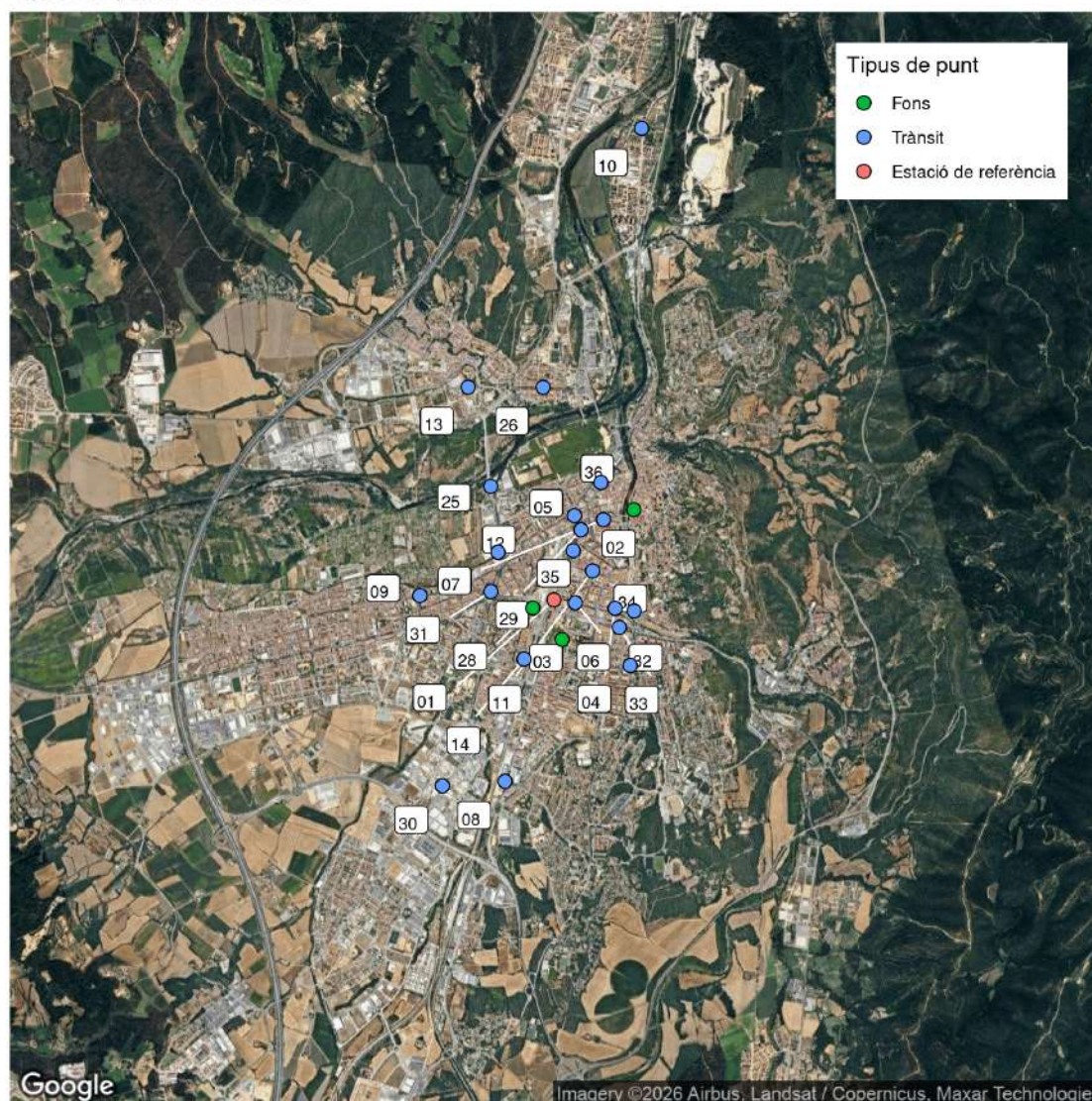


Figura 5: Mapa de la classificació dels punts de mesura.

Es consideren punts de trànsit (UT) aquells que estan ubicats a menys de 10 metres d'una via per on circulen vehicles motoritzats. Mentre que els punts de fons (urban background, UB) són aquells situats a més de 20 metres d'una via per on circulen vehicles motoritzats. Poden ser parcs, places, zones de verd o carrers per vianants. Del total de punts analitzats (25), s'han inclòs 21 punts de trànsit, 3 punts de fons i 1 punt a una estació de control. L'estudi ha evitat la col·locació de tubs en cruïlles segons normes de micro-implantacions. La llista completa dels punts i la seva descripció es troba a la taula 4 de l'Annex.

Tenint en compte únicament aquest criteri per a la classificació dels punts, cal tenir en consideració que poden existir punts classificats com a fons amb una gran influència del trànsit (per exemple, punts situats a una distància lleugerament superior a 10 metres d'una via amb una gran afluència de trànsit, com pot ser una autovia, autopista...), mentre que, per contra,

poden existir punts classificats com a trànsit amb molt poca influència del mateix (a causa, per exemple, que per la via més pròxima circuli un nombre molt petit de vehicles).

Per tot això, pot donar-se el cas que hi hagi punts de fons amb nivells superiors als registrats en els punts de trànsit.

6.3 Període de mesura

Les concentracions de NO₂ s'han mesurat durant 4 períodes de 4 setmanes. Concretament les mesures s'han realitzat en les següents dates:

- del 29/01/2025 al 26/02/2025
- del 29/04/2025 al 27/05/2025
- del 17/09/2025 al 15/10/2025
- del 19/11/2025 al 16/12/2025

6.4 Control de qualitat

Tal i com s'ha comentat, els dosímetres passius són un mètode indicatiu i no de referència, tot i així 4sfera utilitza una metodologia de validació molt acurada per tal que els resultats siguin rigorosos i fiables. És per això que un punt de mesura s'ha col·locat a l'estació de referència més propera a la zona d'estudi. En aquest cas s'ha posat a l'estació de qualitat de l'aire de Girona, que forma part de la XVPCA. Aquestes estacions estan equipades amb un analitzador automàtic de quimioluminiscència, que és l'aparell de mesura de referència (veure figura 6 per la localització de l'estació).

Localització de les estacions de referència

**Figura 6: Localització de l'estació de referència.**

En aquest punt de l'estació de referència els dosímetres passius s'han col·locat en triplicat, 3 tubs (figura 7). Aquest exercici es porta a terme per calcular la precisió i l'exactitud de la campanya. A més a més, si s'escau convenient, es pot calcular un factor d'ajustament.



Figura 7: Col·locació del triplicat de control a l'estació de referència.

7 Contextualització de les dades

Aquest informe inclou una petita anàlisi de les concentracions de NO₂ observades a l'estació de referència de Girona per tal de contextualitzar els resultats obtinguts i donar valor afegit a les dades indicatives. Les dades de referència utilitzades s'han obtingut de la web de dades de qualitat de l'aire a Catalunya (<https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Ambient/Qualitat-de-l-aire-als-punts-de-mesurament-autom-t/tasf-thgu/data>), de la XVPCA, que utilitza equips de mesura de referència.

7.1 Variació anual

La figura 8 il·lustra les concentracions mitjanes anuals de NO₂ a l'estació de Girona entre l'any 2011 i 2025. Els nivells anuals de NO₂ a aquesta estació han oscil·lat entre 18.7 µg/m³ l'any 2025 i 36 µg/m³ l'any 2012. Veiem que la tendència dels últims anys ha estat de disminució.

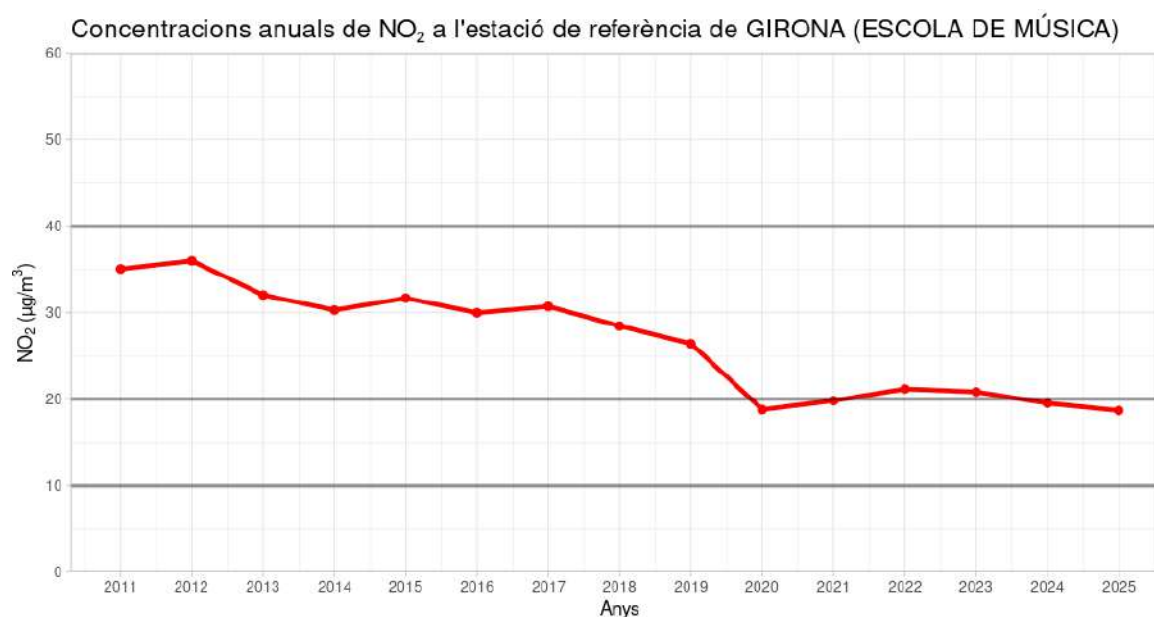


Figura 8: Mitjanes anuals de NO₂ a l'estació de referència.

Les línies horitzontals marquen el límit anual segons l'antiga Directiva europea (2008/50/CE) (40 µg/m³), la nova Directiva (2024/2881/CE) (European Parliament i Council of the European Union, 2024) (20 µg/m³) i segons l'OMS (WHO, 2021) (10 µg/m³).

7.2 Variació temporal

La variació temporal promitjada amb dades dels últims 14 anys (figura 9) mostra la gran influència del trànsit en les concentracions de NO₂ a aquesta estació, ja que els cicles diaris presenten

dos màxims a les hores puntes de trànsit i les concentracions mínimes són durant els caps de setmana que és quan hi ha menys circulació (Carslaw i Ropkins, 2012). La variació al llarg de l'any segueix un patró amb concentracions elevades a l'hivern i baixes a l'estiu, perquè durant l'hivern hi ha més episodis d'estancament d'aire que dificulten la dispersió dels contaminants, i a més a més, a l'estiu els períodes de vacances fan disminuir molt el trànsit.

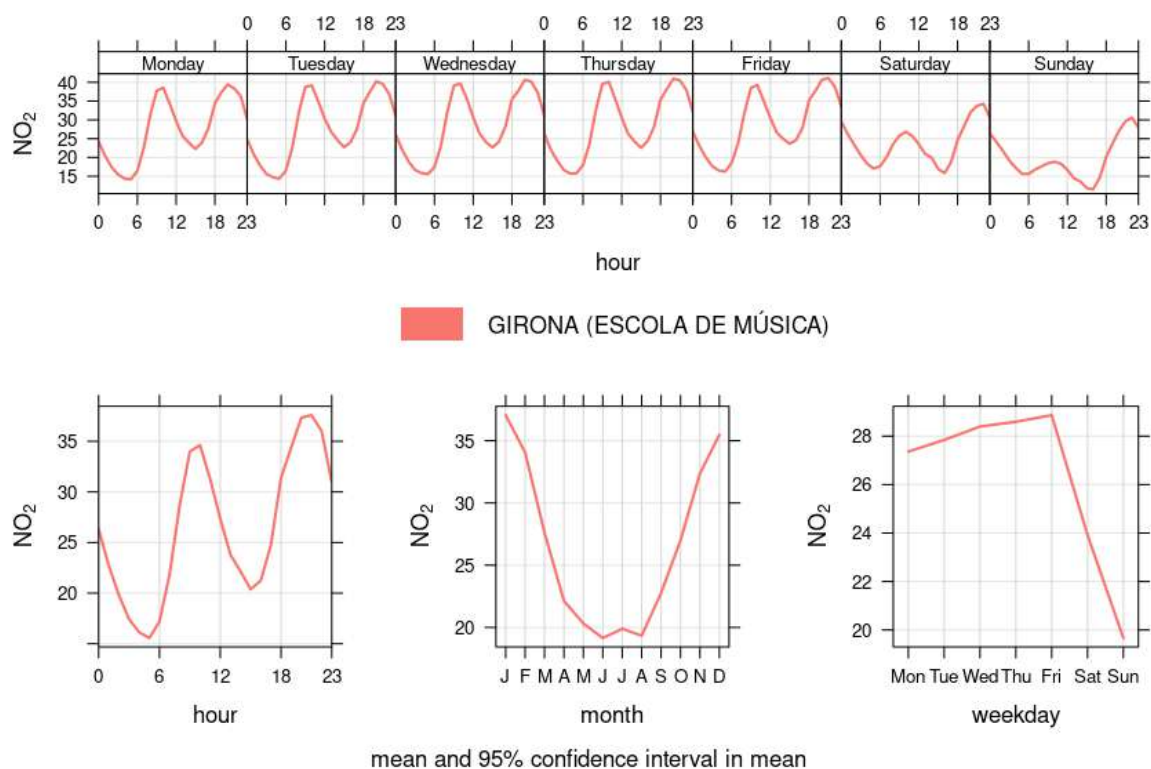


Figura 9: Anàlisi detallada de la variació temporal de les concentracions de NO_2 durant el 2011-2025.

7.3 Variació diària

La figura 10 il·lustra les concentracions mitjanes diàries de NO_2 a l'estació de Girona durant l'any en què s'ha realitzat l'estudi, indicant el/s seu/s període/s. La línia horitzontal a ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) marca el límit diari segons l'OMS (WHO, 2021), mentre que la línia horitzontal a ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) marca el límit segons la nova Directiva 2024/2881/CE (European Parliament i Council of the European Union, 2024).



Figura 10: Mitjanes diàries de NO_2 a l'estació de referència durant el 2025.

7.4 Variació horària

La variació horària de les concentracions de NO_2 a l'estació de Girona durant la campanya de mesures es mostra a les següents figures.

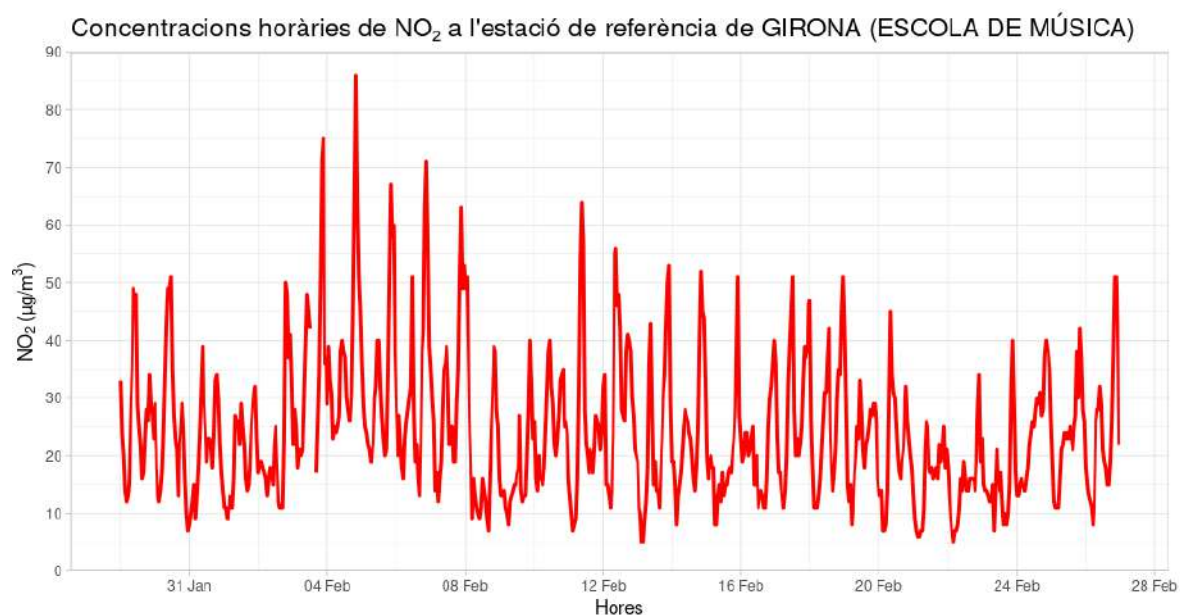


Figura 11: Mitjanes horàries de NO₂ a l'estació de referència durant el període 1

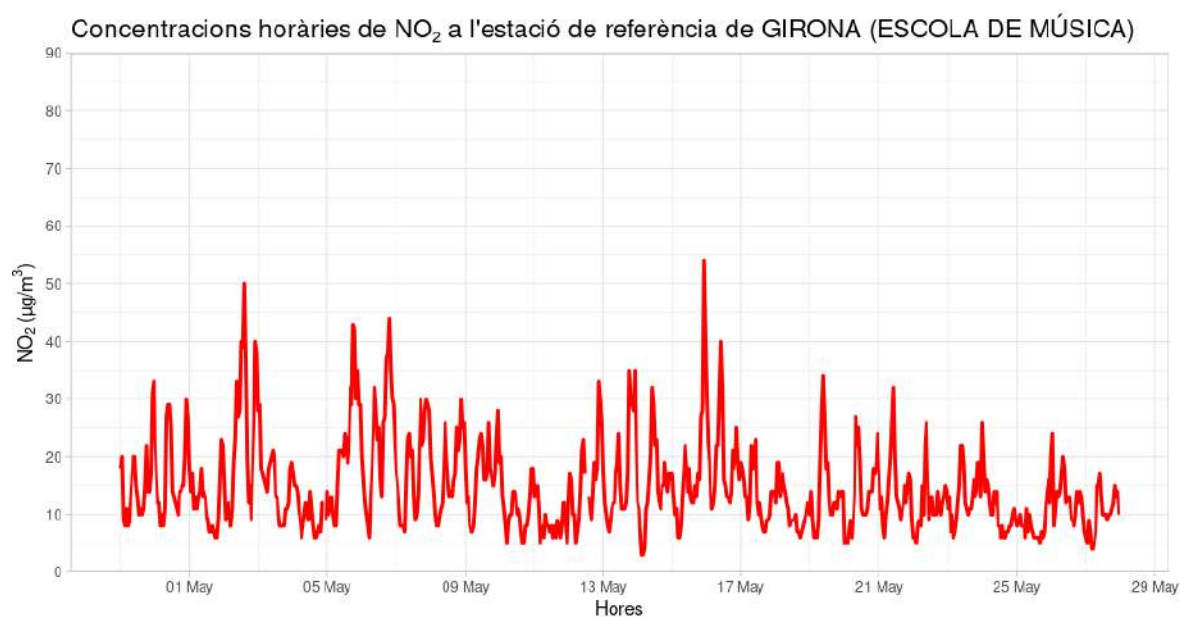


Figura 12: Mitjanes horàries de NO₂ a l'estació de referència durant el període 2

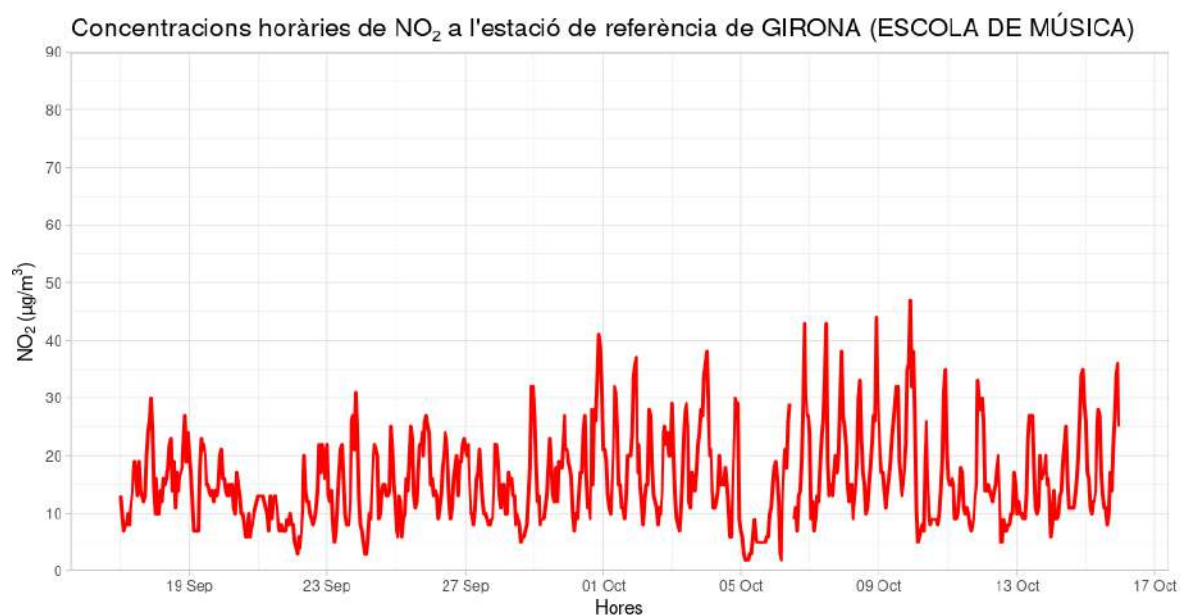


Figura 13: Mitjanes horàries de NO₂ a l'estació de referència durant el període 3

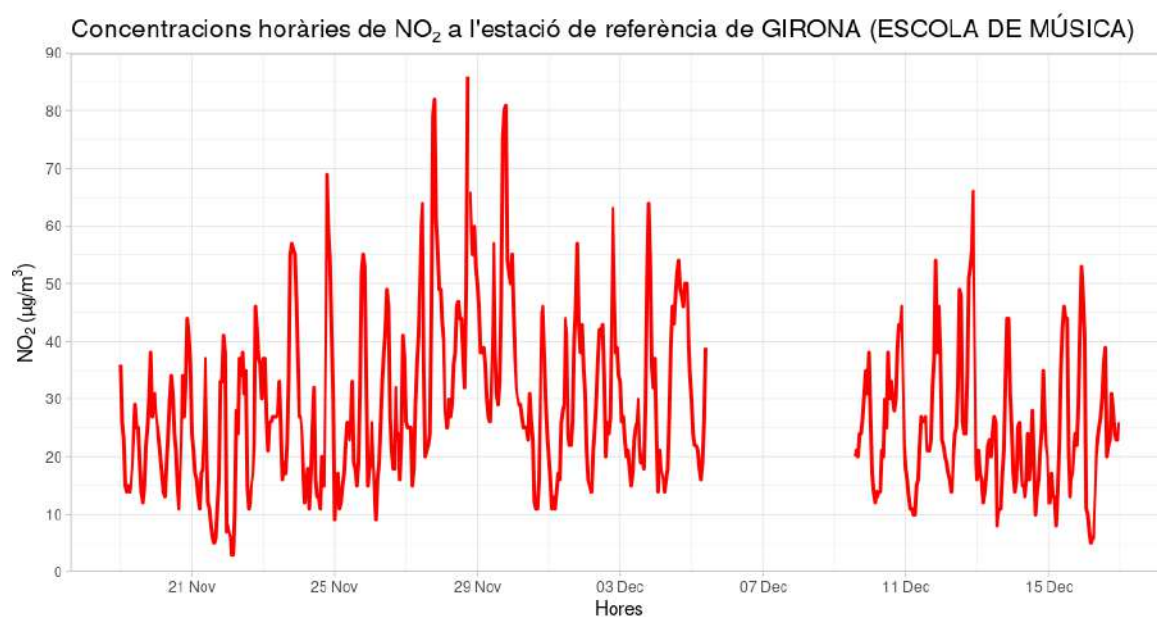


Figura 14: Mitjanes horàries de NO₂ a l'estació de referència durant el període 4

8 Resultats

A continuació es presenten els resultats de les concentracions de NO₂ i la seva interpretació. És important recalcar que el mètode utilitzat és indicatiu i que, per tant, les dades obtingudes en cap cas es poden utilitzar com a dades de referència per a compliment normatiu, sinó que són dades indicatives.

8.1 Verificació de les dades

Tot i els molts avantatges que presenta la tècnica dels dosímetres passius, aquests s'han d'utilitzar amb precaució i degudament ja que poden donar problemes intrínsecs al mètode. És per això que 4sfera sempre realitza la verificació dels resultats obtinguts seguint els protocols internacionals relacionats amb aquesta tècnica (Department for Environment Food and Rural Affairs, 2022). La verificació de les dades consisteix en calcular la precisió i l'exactitud de la mesura gràcies a la comparació dels resultats obtinguts amb els dosímetres passius i les dades registrades a l'estació de referència.

8.1.1 Precisió de la mesura

La **precisió** es refereix a la proximitat d'una sèrie de mesures entre si (repetibilitat). En aquest cas la precisió ens dona una idea de com d'iguals són les dades obtingudes amb els 2 tubs col·locats a un mateix punt. Això s'obté mitjançant el càlcul del coeficient de variació (CV), que no és res més que el quocient entre la desviació estàndard i la mitjana dels tubs. Segons les recomanacions establertes per aquest mètode, el CV ha de ser inferior al 20% per tal que els resultats es puguin considerar acceptables.

En el present estudi s'ha obtingut un CV que va del 0% al 29.1% (taula 5). Per tant la precisió de les dades es pot considerar bona.

8.1.2 Exactitud de la mesura

L'**exactitud** correspon a la proximitat de la mesura al valor real. En aquest cas l'exactitud es refereix a com s'assemblen els resultats obtinguts amb els dosímetres passius i els de l'estació de referència (taula 2). Per corregir qualsevol desviació sistemàtica dels tubs (ja sigui per sobreestimació o subestimació), es calcula el factor d'ajust de biaix, conegut com a **Bias A**. Aquest coeficient multiplicatiu s'utilitza per calibrar i ajustar els resultats crus obtinguts a la campanya.

D'altra banda, per garantir la representativitat temporal de l'estudi, s'avalua si és necessari aplicar un procés d'**anualització**. Aquest pas depèn exclusivament de la cobertura de dades (*data capture*) de cada punt de mostreig. Si es col·loquessin passius durant la gran majoria de l'any, la seva mitjana es podria considerar representativa de la mitjana anual.

Seguint la metodologia estàndard, a les dades que ho requereixen se'ls aplica primer el factor R_a per corregir la representativitat temporal i, posteriorment, a tots els punts se'ls aplica el factor **Bias A** per garantir-ne l'exactitud.

La mitjana del "Bias A" aplicada en aquest estudi ha estat de **0.93**. Aquest valor s'ha aplicat a la mitjana de les 4 campanyes realitzades per obtenir els resultats finals ajustats.

Taula 2: Dades estadístiques obtingudes per a la verificació dels resultats.

Lloc	Període	Tub 1	Tub 2	Tub 3	Mitjana tubs	DS	CV(%)	Mitjana referència	Bias A
Gi-101	del 29/01/2025 al 26/02/2025	25.8	25.7	26.3	25.9	0.3	1.2	24.2	0.93
Gi-101	del 29/04/2025 al 27/05/2025	16.6	15.8	16.7	16.4	0.5	3.0	14.8	0.90
Gi-101	del 17/09/2025 al 15/10/2025	18.0	17.7	18.3	18.0	0.3	1.7	15.8	0.88
Gi-101	del 19/11/2025 al 16/12/2025	28.3	28.4	26.8	27.8	0.9	3.2	28.2	1.01

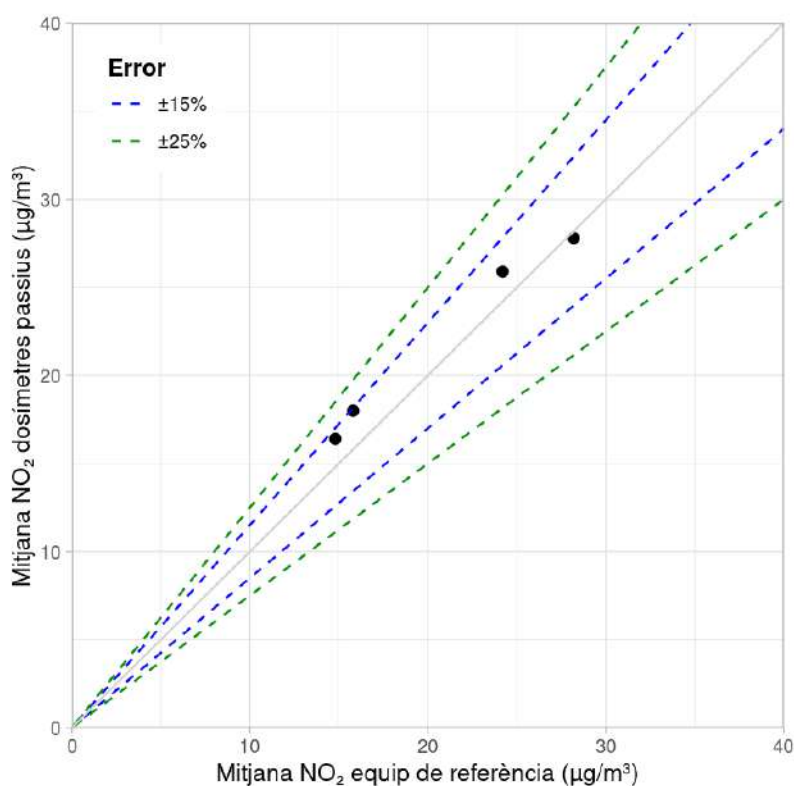


Figura 15: Correlació entre els resultats obtinguts amb els dosímetres i els registrats a l'estació de referència. Cadascun dels punts correspon a un període de mesura.

8.2 Anàlisi de les dades dels dosímetres passius

Les dades obtingudes han estat verificades. Per a la seva representació i anàlisi de les concentracions de NO₂, les dades s'han ajustat amb el factor Bias A i es consideren representatives de l'any 2025.

La distribució espacial de les concentracions de NO₂ a Girona s'il·lustra al mapa de la figura 16. Aquest mapa mostra les concentracions tant en els punts de trànsit com en els punts de fons.

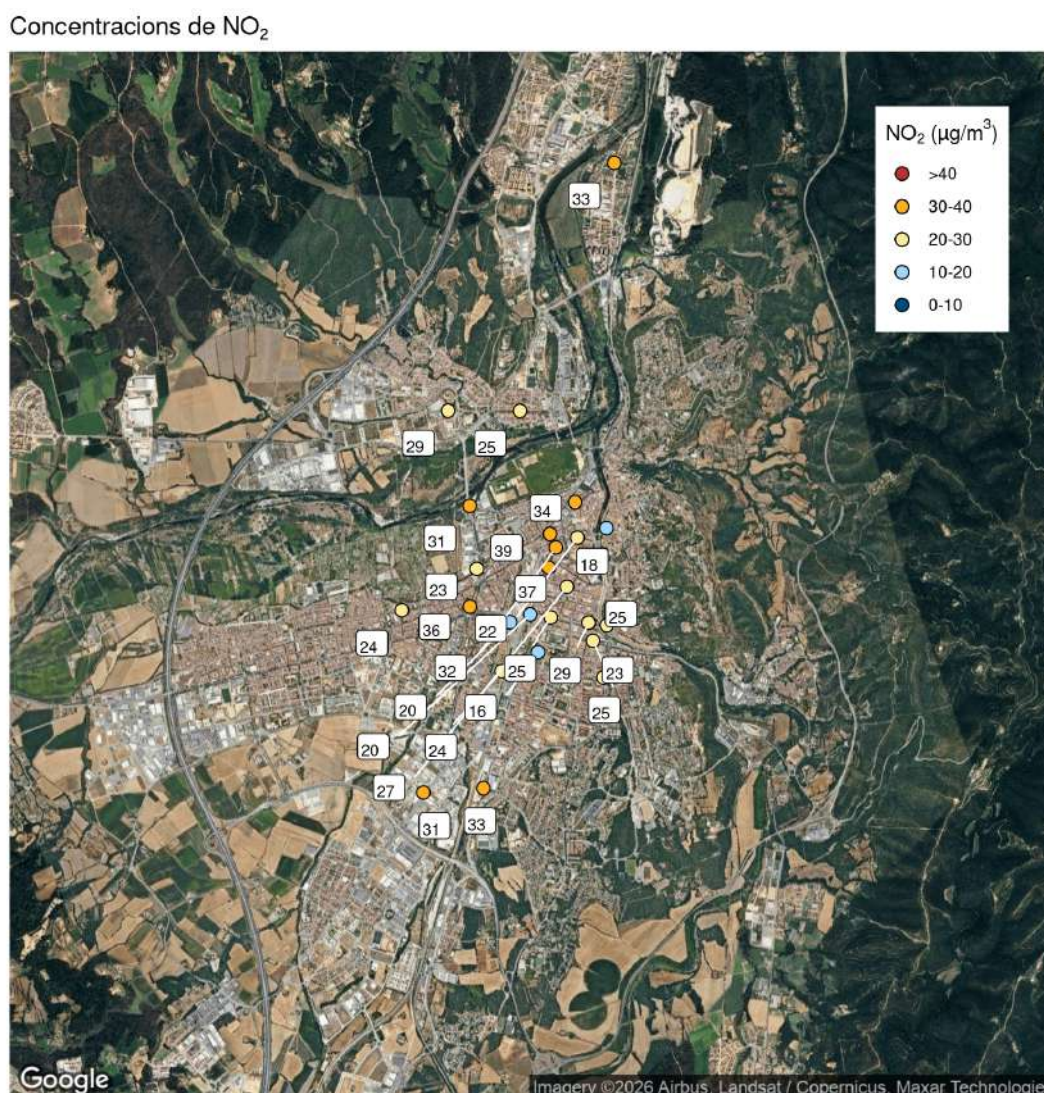


Figura 16: Mapa de les concentracions mitjanes de NO₂ durant el període de mesures.

Aquests resultats mostren que les concentracions de NO₂ a Girona durant el període de mesures oscil·len entre 16 µg/m³ i 39 µg/m³, amb una mitjana de la ciutat de 27.2 µg/m³.

A la figura 17 es pot veure les concentracions tant en els punts de trànsit com en els punts de fons a la zona del centre de la ciutat.

Concentracions de NO₂ a la zona del centre



Figura 17: Mapa de les concentracions mitjanes de NO₂ a la zona del centre

A la taula 3 i a la figura 18 es poden veure de manera ordenada els resultats de les concentracions mitjanes de NO₂, prèviament ajustades amb el factor Bias A.

Taula 3: Llista dels punts mesurats amb les concentracions de NO2 per punt.

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció	Concentració mitjana NO2
01	41.97643	2.816498	Estació de referència	Estació de referència	20
02	41.98315	2.824510	Fons	plaça del Vi - (Gi-002)	18
03	41.97346	2.817335	Fons	Parc Migdia (Gi-003)	16
04	41.97578	2.822636	Trànsit	Rutlla (Gi-004)	29
05	41.98270	2.818569	Trànsit	Ferran Puig (Gi-005)	39
06	41.97620	2.818644	Trànsit	Creu (Gi-006)	25
07	41.98241	2.821465	Trànsit	Sant Francesc (Gi-007)	22
08	41.96287	2.811614	Trànsit	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)	33
09	41.97673	2.803057	Trànsit	Santa Eugenia (Gi-009)	24
10	42.01159	2.825311	Trànsit	Pont Major (Gi-010)	33
11	41.97858	2.820368	Trànsit	Maragall - (Gi-011)	27
12	41.97997	2.810903	Trànsit	Maristes (Gi-012)	23
13	41.99230	2.807892	Trànsit	Sant Gregori (Gi-013)	29
14	41.97199	2.813501	Trànsit	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)	24
25	41.98489	2.810161	Trànsit	Devesa (Gi-025)	31
26	41.99229	2.815424	Trànsit	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)	25
28	41.97580	2.814398	Fons	Plaça Europa (Gi-028)	20
29	41.98164	2.819211	Trànsit	Bcn Marques Camps (Gi-A29)	32
30	41.96254	2.805318	Trànsit	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)	31
31	41.97704	2.810178	Trànsit	Güell (Gi-031)	36
32	41.97151	2.824166	Trànsit	Av. Pericot 16 (Gi-032)	23
33	41.97436	2.823079	Trànsit	Emili Grahit 75 (Gi-033)	25
34	41.97559	2.824548	Trànsit	Carrer del Carme 149(Gi-034)	25
35	41.98008	2.818446	Trànsit	Carretera Barcelona (Gi-035)	37
36	41.98516	2.821220	Trànsit	Av. Jaume I 24 (Gi-036)	34

Tal i com es pot veure en la següent gràfica de barres (figura 18), les concentracions més elevades s'han registrat en els punts de trànsit, com era d'esperar. En particular, les concentracions en les zones de trànsit varien entre 22 µg/m³ i 39 µg/m³, amb una mitjana de 28.9 µg/m³. Els 5 punts amb les concentracions més elevades són el punt 05 (Ferran Puig (Gi-005)) amb 39 µg/m³, el punt 35 (Carretera Barcelona (Gi-035)) amb 37 µg/m³, el punt 31 (Güell (Gi-031))

amb **36** $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el punt **36 (Av. Jaume I 24 (Gi-036))** amb **34** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i el punt **08 (Ctra Bcn Bolera (Gi-008))** amb **33** $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Els punts amb nivells més alts són deguts a l'elevada quantitat de vehicles motoritzats que hi circulen i a la poca dispersió dels contaminants a causa de l'orografia urbana.

Pel que fa al fons urbà, les concentracions en aquest tipus de punts oscil·len entre **16** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i **20** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 18), amb una mitjana de **18** $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aquests nivells tendeixen a ser representatius de zones més àmplies on està exposada més població que no els punts de trànsit.

Pel que fa al fons urbà, les concentracions en aquest tipus de punts oscil·len entre $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 18), amb una mitjana de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aquests nivells tendeixen a ser representatius de zones més àmplies on està exposada més població que no els punts de trànsit.

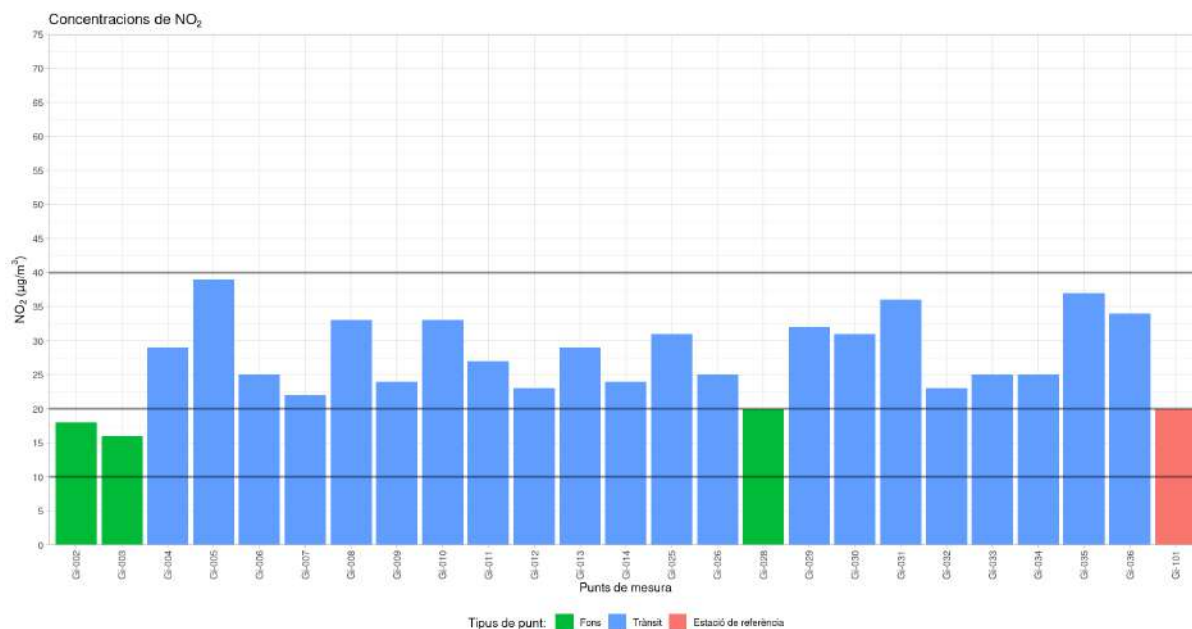


Figura 18: Concentracions de NO₂ per a tots els punts mesurats.

En l'anterior gràfica es representen les mitjanes anuals juntament amb:

- Límit anuals (VLA) segons l'antiga Directiva europea (2008/50/CE) de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Límit anuals (VLA) segons la nova Directiva europea (2024/2881/CE) de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valor recomanat segons l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Podem observar que el VLA vigent ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no es supera, però sí que es supera el futur VLA de 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i el valor de l'OMS.

La taula 5 de l'Annex conté les concentracions de NO₂ obtingudes a tots els punts de mesura durant el 2025.

9 Conclusions

L'estudi de contaminació atmosfèrica que ha portat a terme 4sfera per l'Ajuntament de Girona mitjançant dosímetres passius de NO₂ ha ajudat a complementar les dades que es tenen de les estacions de referència. A més a més, la mapificació de les concentracions de NO₂ a la ciutat de Girona, ha permès fer el seguiment de l'evolució de les concentracions a diferents parts de la zona.

En el marc de l'estudi desenvolupat durant l'any 2025, del total de punts mostrejats (25 punts), s'ha inclòs 21 punts de trànsit, 3 punts de fons i 1 punt a una estació de control. S'han obtingut resultats vàlids de 25, ja que en tots els punts es van trobar els tubs a la recollida. Les dades s'han obtingut durant 4 períodes de 4 setmanes.

Els resultats obtinguts mostren que les concentracions de NO₂ a Girona durant el període de mesures oscil·len entre 16 µg/m³ i 39 µg/m³, amb una mitjana de la regió de 27.2 µg/m³.

En concret, les concentracions en les zones de trànsit varien entre 22 µg/m³ i 39 µg/m³, amb una mitjana de 28.9 µg/m³. Els 5 punts amb les concentracions més elevades són el punt **05 (Ferran Puig (Gi-005))** amb 39 µg/m³, el punt **35 (Carretera Barcelona (Gi-035))** amb 37 µg/m³, el punt **31 (Güell (Gi-031))** amb 36 µg/m³, el punt **36 (Av. Jaume I 24 (Gi-036))** amb 34 µg/m³ i el punt **08 (Ctra Bcn Bolera (Gi-008))** amb 33 µg/m³. Els punts amb nivells més alts són deguts a l'elevada quantitat de vehicles motoritzats que hi circulen i a la poca dispersió dels contaminants a causa de l'orografia urbana.

Pel que fa al fons urbà, les concentracions en aquest tipus de punts oscil·len entre 16 µg/m³ i 20 µg/m³ (figura 18), amb una mitjana de 18 µg/m³. Aquests nivells tendeixen a ser representatius de zones més àmplies on està exposada més població que no els punts de trànsit.

La variació estacional dels nivells de NO₂ a l'aire ambient té una importància crucial en la qualitat de l'aire i en la salut pública. El NO₂ és un gas tòxic que es produeix principalment a partir de les emissions dels vehicles, la indústria i la calefacció domèstica. Durant els mesos d'hivern, quan les condicions meteorològiques afavoreixen la inversió tèrmica i la concentració d'emissions és més elevada, els nivells de NO₂ solen ser més alts. D'altra banda, durant els mesos d'estiu, els nivells de NO₂ tendeixen a ser més baixos a causa de la major dispersió dels contaminants atmosfèrics i menor activitat industrial. Comprendre i gestionar aquesta variació estacional és important.

Es recomana la mesura dels nivells de NO₂ en diferents períodes de l'any per captar la variació estacional i comprendre millor els factors que influeixen en la seva concentració a l'aire ambient. Això permetrà identificar les fonts d'emissió més importants i avaluar l'eficàcia de les mesures de control de la contaminació.

A més, repetir una campanya de monitoratge amb mostrejadors passius és una pràctica encertada. Els mostrejadors passius són una opció efectiva i econòmica per avaluar la contaminació atmosfèrica a llarg termini, ja que permeten obtenir dades continuades. Repetir la campanya en diferents èpoques de l'any proporcionarà una imatge més completa del comportament del NO₂ al llarg del temps i ajudarà a identificar tendències a llarg termini.

Aquest enfocament també permet comparar les dades recollides amb altres fonts d'informació, com ara dades meteorològiques i de trànsit, per comprendre millor els factors que influeixen en els nivells de NO₂. A partir d'aquesta informació, es poden dissenyar polítiques i mesures de control més efectives per reduir l'exposició a aquest contaminant i protegir la salut pública.

10 Annex

Taula 4: Llista dels punts mesurats.

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
01	41.97643	2.816498	Estació de referència	Estació de referència
02	41.98315	2.824510	Fons	plaça del Vi - (Gi-002)
03	41.97346	2.817335	Fons	Parc Migdia (Gi-003)
04	41.97578	2.822636	Trànsit	Rutlla (Gi-004)
05	41.98270	2.818569	Trànsit	Ferran Puig (Gi-005)
06	41.97620	2.818644	Trànsit	Creu (Gi-006)
07	41.98241	2.821465	Trànsit	Sant Francesc (Gi-007)
08	41.96287	2.811614	Trànsit	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)
09	41.97673	2.803057	Trànsit	Santa Eugenia (Gi-009)
10	42.01159	2.825311	Trànsit	Pont Major (Gi-010)
11	41.97858	2.820368	Trànsit	Maragall - (Gi-011)
12	41.97997	2.810903	Trànsit	Maristes (Gi-012)
13	41.99230	2.807892	Trànsit	Sant Gregori (Gi-013)
14	41.97199	2.813501	Trànsit	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)
25	41.98489	2.810161	Trànsit	Devesa (Gi-025)
26	41.99229	2.815424	Trànsit	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)
28	41.97580	2.814398	Fons	Plaça Europa (Gi-028)
29	41.98164	2.819211	Trànsit	Bcn Marques Camps (Gi-A29)
30	41.96254	2.805318	Trànsit	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)
31	41.97704	2.810178	Trànsit	Güell (Gi-031)
32	41.97151	2.824166	Trànsit	Av. Pericot 16 (Gi-032)
33	41.97436	2.823079	Trànsit	Emili Grahit 75 (Gi-033)
34	41.97559	2.824548	Trànsit	Carrer del Carme 149(Gi-034)
35	41.98008	2.818446	Trànsit	Carretera Barcelona (Gi-035)
36	41.98516	2.821220	Trànsit	Av. Jaume I 24 (Gi-036)

Taula 5: Resultats de les concentracions de NO₂ a Girona durant el 2025.

Punt	Mesos	NO ₂	DS	CV(%)	Descripció
01	Jan - Feb	25.9	0.3	1.2	Estació de referència
01	Apr - May	16.4	0.5	3.0	Estació de referència
01	Sep - Oct	18.0	0.3	1.7	Estació de referència
01	Nov - Dec	27.8	0.9	3.2	Estació de referència
02	Jan - Feb	22.7	0.4	1.8	plaça del Vi - (Gi-002)
02	Apr - May	13.6	0.1	0.7	plaça del Vi - (Gi-002)
02	Sep - Oct	15.3	0.5	3.3	plaça del Vi - (Gi-002)
02	Nov - Dec	26.8	0.4	1.5	plaça del Vi - (Gi-002)
03	Jan - Feb	20.7	0.2	1.0	Parc Migdia (Gi-003)
03	Apr - May	10.7	0.3	2.8	Parc Migdia (Gi-003)
03	Sep - Oct	13.6	0.1	0.7	Parc Migdia (Gi-003)
03	Nov - Dec	25.5	0.9	3.5	Parc Migdia (Gi-003)
04	Jan - Feb	34.0	0.4	1.2	Rutlla (Gi-004)
04	Apr - May	26.5	1.6	6.0	Rutlla (Gi-004)
04	Sep - Oct	28.7	1.6	5.6	Rutlla (Gi-004)
04	Nov - Dec	35.3	2.5	7.1	Rutlla (Gi-004)
05	Jan - Feb	43.9	0.8	1.8	Ferran Puig (Gi-005)
05	Apr - May	40.6	3.0	7.4	Ferran Puig (Gi-005)
05	Sep - Oct	40.4	0.4	1.0	Ferran Puig (Gi-005)
05	Nov - Dec	42.0	2.1	5.0	Ferran Puig (Gi-005)
06	Jan - Feb	31.3	0.5	1.6	Creu (Gi-006)
06	Apr - May	21.1	0.2	0.9	Creu (Gi-006)
06	Sep - Oct	21.9	0.5	2.3	Creu (Gi-006)
06	Nov - Dec	32.7	0.4	1.2	Creu (Gi-006)
07	Jan - Feb	27.6	0.7	2.5	Sant Francesc (Gi-007)
07	Apr - May	18.9	0.2	1.1	Sant Francesc (Gi-007)
07	Sep - Oct	18.0	1.1	6.1	Sant Francesc (Gi-007)
07	Nov - Dec	27.9	2.1	7.5	Sant Francesc (Gi-007)
08	Jan - Feb	38.1	0.7	1.8	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)
08	Apr - May	34.2	1.2	3.5	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)
08	Sep - Oct	32.9	0.7	2.1	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)
08	Nov - Dec	37.1	0.2	0.5	Ctra Bcn Bolera (Gi-008)
09	Jan - Feb	28.8	0.1	0.3	Santa Eugenia (Gi-009)
09	Apr - May	18.9	1.4	7.4	Santa Eugenia (Gi-009)

Taula 5: Resultats de les concentracions de NO₂ a Girona durant el 2025. (continued)

Punt	Mesos	NO ₂	DS	CV(%)	Descripció
09	Sep - Oct	24.6	0.1	0.4	Santa Eugenia (Gi-009)
09	Nov - Dec	30.7	0.6	2.0	Santa Eugenia (Gi-009)
10	Jan - Feb	38.2	1.2	3.1	Pont Major (Gi-010)
10	Apr - May	31.9	0.4	1.3	Pont Major (Gi-010)
10	Sep - Oct	33.8	1.1	3.3	Pont Major (Gi-010)
10	Nov - Dec	36.7	0.9	2.5	Pont Major (Gi-010)
11	Jan - Feb	30.8	0.3	1.0	Maragall - (Gi-011)
11	Apr - May	24.8	0.7	2.8	Maragall - (Gi-011)
11	Sep - Oct	25.9	1.2	4.6	Maragall - (Gi-011)
11	Nov - Dec	32.7	1.4	4.3	Maragall - (Gi-011)
12	Jan - Feb	29.0	0.9	3.1	Maristes (Gi-012)
12	Apr - May	21.5	1.1	5.1	Maristes (Gi-012)
12	Sep - Oct	21.5	0.1	0.5	Maristes (Gi-012)
12	Nov - Dec	26.8	0.4	1.5	Maristes (Gi-012)
13	Jan - Feb	34.8	1.1	3.2	Sant Gregori (Gi-013)
13	Apr - May	25.5	0.7	2.7	Sant Gregori (Gi-013)
13	Sep - Oct	28.8	1.2	4.2	Sant Gregori (Gi-013)
13	Nov - Dec	35.0	1.4	4.0	Sant Gregori (Gi-013)
14	Jan - Feb	28.3	0.7	2.5	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)
14	Apr - May	20.1	0.6	3.0	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)
14	Sep - Oct	24.1	1.2	5.0	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)
14	Nov - Dec	30.0	0.2	0.7	C. Oviedo (Hisenda) (Gi-014)
25	Jan - Feb	36.9	0.3	0.8	Devesa (Gi-025)
25	Sep - Oct	28.8	0.8	2.8	Devesa (Gi-025)
25	Nov - Dec	35.8	1.2	3.4	Devesa (Gi-025)
26	Jan - Feb	29.7	0.8	2.7	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)
26	Apr - May	22.2	0.5	2.3	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)
26	Sep - Oct	23.2	1.3	5.6	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)
26	Nov - Dec	31.7	0.1	0.3	Rambla Xavier Cugat (Gi-026)
28	Jan - Feb	26.2	1.5	5.7	Plaça Europa (Gi-028)
28	Apr - May	15.1	0.0	0.0	Plaça Europa (Gi-028)
28	Sep - Oct	16.7	0.4	2.4	Plaça Europa (Gi-028)
28	Nov - Dec	28.0	0.5	1.8	Plaça Europa (Gi-028)
29	Jan - Feb	41.4	1.5	3.6	Bcn Marques Camps (Gi-A29)

Taula 5: Resultats de les concentracions de NO₂ a Girona durant el 2025. (continued)

Punt	Mesos	NO ₂	DS	CV(%)	Descripció
29	Apr - May	31.5	2.2	7.0	Bcn Marques Camps (Gi-A29)
29	Sep - Oct	26.0	0.4	1.5	Bcn Marques Camps (Gi-A29)
29	Nov - Dec	37.2	4.5	12.1	Bcn Marques Camps (Gi-A29)
30	Jan - Feb	38.1	0.1	0.3	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)
30	Apr - May	28.8	0.3	1.0	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)
30	Sep - Oct	31.0	0.5	1.6	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)
30	Nov - Dec	35.0	6.9	19.7	Santa Coloma (Mossos) (Gi-030)
31	Jan - Feb	45.5	0.3	0.7	Güell (Gi-031)
31	Apr - May	32.3	9.4	29.1	Güell (Gi-031)
31	Sep - Oct	37.5	0.0	0.0	Güell (Gi-031)
31	Nov - Dec	41.2	0.9	2.2	Güell (Gi-031)
32	Jan - Feb	27.6	0.3	1.1	Av. Pericot 16 (Gi-032)
32	Apr - May	18.5	0.1	0.5	Av. Pericot 16 (Gi-032)
32	Sep - Oct	20.9	0.3	1.4	Av. Pericot 16 (Gi-032)
32	Nov - Dec	31.2	0.7	2.2	Av. Pericot 16 (Gi-032)
33	Jan - Feb	28.7	0.2	0.7	Emili Grahit 75 (Gi-033)
33	Apr - May	21.2	0.2	0.9	Emili Grahit 75 (Gi-033)
33	Nov - Dec	31.2	2.0	6.4	Emili Grahit 75 (Gi-033)
34	Jan - Feb	31.0	1.6	5.2	Carrer del Carme 149(Gi-034)
34	Apr - May	23.2	0.9	3.9	Carrer del Carme 149(Gi-034)
34	Sep - Oct	23.6	0.7	3.0	Carrer del Carme 149(Gi-034)
34	Nov - Dec	29.3	1.5	5.1	Carrer del Carme 149(Gi-034)
35	Jan - Feb	42.9	0.4	0.9	Carretera Barcelona (Gi-035)
35	Apr - May	44.2	2.9	6.6	Carretera Barcelona (Gi-035)
35	Sep - Oct	37.1	0.8	2.2	Carretera Barcelona (Gi-035)
35	Nov - Dec	36.5	2.0	5.5	Carretera Barcelona (Gi-035)
36	Jan - Feb	38.6	1.3	3.4	Av. Jaume I 24 (Gi-036)
36	Apr - May	30.7	2.0	6.5	Av. Jaume I 24 (Gi-036)
36	Sep - Oct	38.7	0.5	1.3	Av. Jaume I 24 (Gi-036)
36	Nov - Dec	37.4	1.5	4.0	Av. Jaume I 24 (Gi-036)

Referències

- Alemaný, S, M Crous-Bou, N Vilor-Tejedor, M Milà-Alomà, M Suárez-Calvet, G Salvadó, M Cirach, EM Arenaza-Urquijo, G Sanchez-Benavides, O Grau-Rivera, C Minguillon, K Fauria, G Kollmorgen, J Domingo Gispert, M Gascón, M Nieuwenhuijsen, H Zetterberg, K Blennow, J Sunyer i J Luis Molinuevo (2021). Associations between air pollution and biomarkers of Alzheimer's disease in cognitively unimpaired individuals. *Environment International* **157**, 106864.
- Bower, JS, JE Lampert, KJ Stevenson, DHF Atkins i GS Driver (1991). A diffusion tube survey of NO₂ levels in urban areas of the UK. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere* **25**(2), 255 - 265.
- Byanju, RM, MB Gewali i K Manandhar (2011). Low cost Passive Monitoring of Nitrogen dioxide and Sulphur dioxide in ambient air. *Journal of Nepal Chemical Society* **27**(1988), 34 - 45.
- Carslaw, D i K Ropkins (2012). openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling and Software* **27-28**, 52 - 61.
- Colville, R, E Hutchinson, J Mindell i R Warren (2001). The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment* **35**, 1537 - 1565.
- Department for Environment Food and Rural Affairs (2022). *Local Air Quality Management Technical Guidance (TG22)*. Inf. tèc. London. <https://laqm.defra.gov.uk/wp-content/uploads/2022/08/LAQM-TG22-August-22-v1.0.pdf>.
- EU (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *OJ L 152*, 11.6.2008, pp. 1-44.
- European Commission (2022). *Fairness perceptions of the green transition*.
- European Environment Agency (2023). *Air quality in Europe 2023*. Inf. tèc. EEA Report 12/2023. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2023>.
- European Parliament i Council of the European Union (2024). Directive (EU) 2024/2881 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). *Official Journal of the European Union* **L(2024/2881)**.
- GBD 2021 Risk Factors Collaborators (2024). Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet* **403**(10440), 2162 - 2203.

- Glasius, M, M Carlsen, T Hansen i C Lohse (1999). Measurements of nitrogen dioxide on Funen using diffusion tubes. *Atmospheric Environment* **33**, 1177 - 1185.
- Khomenko, S, M Cirach, E Pereira-Barboza, N Mueller, J Barrera-Gomez, D Rojas-Rueda, K de Hoogh i M Nieuwenhuijsen (2021). Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health* **5**(3), e121 - e134.
- Ranzani, O, A Alari, S Olmos, C Milà, A Rico, J Ballester, X Basagaña, C Chaccour, P Dadvand, T Duarte-Salles, M Foraster, M Nieuwenhuijsen, J Sunyer, A Valentín, M Kogevinas, U Lazcano, C Avellaneda-Gómez, R Vivanco i C Tonne (2023). Long-term exposure to air pollution and severe COVID-19 in Catalonia: a population-based cohort study. *Nature Communications* **14**(1).
- Silva, AS da, MR Cardoso, K Meliefste i B Brunekreef (2006). Use of passive diffusion sampling method for defining NO₂ concentrations gradient in São Paulo, Brazil. *Environmental Health: A Global Access Science Source* **9**(2), 1 - 9.
- Tang, YS, JN Cape i MA Sutton (2001). Development and types of passive samplers for monitoring atmospheric NO₂ and NH₃ concentrations. *TheScientificWorldJournal* **1**(2), 513 - 529.
- Targa (2001). *Urban air quality monitoring in Girona by passive diffusion sampling*. Inf. tèc. School of Biological, Molecular Sciences i School of Planning. Oxford Brookes University.
- WHO (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. *World Health Organization*.