

# **AVALUACIÓ DELS IMPACTES DE L'IMPOST SOBRE L'EMISSIÓ D'ÒXIDS DE NITROGEN A L'ATMOSFERA PRODUÏDA PER L'AVIACIÓ COMERCIAL**

Valeria Bernardo (TecnoCampus-UPF)  
Xavier Fageda (Universitat de Barcelona)  
Jordi Teixidó (Universitat de Barcelona)

## **Resum executiu**

L'any 2014 es va aprovar l'impost que grava l'emissió d'òxids de nitrogen de les aeronaus en vols comercials que s'enlairin des de l'aeroport de Barcelona-El Prat. És un tribut propi de la Generalitat de Catalunya que té una motivació mediambiental amb una doble vessant. En primer lloc, influir en el comportament de les companyies aèries generant incentius a la reducció de vols i l'ús d'avions menys contaminants. I, en segon lloc, la obtenció d'ingressos addicionals per a la Generalitat. La intervenció suposa una novetat en el context d'Espanya, i va en la línia de mesures similars aplicades en altres països europeus. Tanmateix, no hi ha estudis previs que hagin avaluat la seva efectivitat.

L'avaluació busca identificar els efectes de l'impost sobre el nombre de passatgers, vols i seients, les emissions d'òxid de nitrogen i el tipus d'avió utilitzats per les companyies aèries. L'anàlisi és causal en el sentit que comparem canvis a l'aeroport de Barcelona respecte a aeroports de control similars d'Espanya i Europa tenint en compte els volums de tràfic, i la renda i població de les seves regions. L'avaluació també aporta un càlcul aproximat de la generació d'ingressos derivada de la recaptació del impost.

La principal avantatge teòrica del impost al nitrogen és que pot comportar reduccions de la contaminació local d'una manera cost-efectiva, el que implica que donat un objectiu de reducció d'emissions, posant un impost s'aconseguirà al menor cost. No obstant, no trobem evidències d'un efecte causal significatiu de l'impost que s'explica pel fet que el tipus impositiu de l'impost és molt baix, representant una part molt petita del total de taxes que les aerolínies paguen per operar a l'aeroport de Barcelona.

### **Problemàtica i intervenció**

L'aviació té un impacte rellevant en la qualitat de l'aire, sent els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>) un dels que generen major preocupació. Les emissions de nitrogen tenen efectes adversos per la salut humana. En

aquest sentit, hi ha evidència científica dels seus efectes directes negatius sobre la mortalitat, hospitalitzacions i en l'aprenentatge dels infants. A més, les emissions de NOx mitjançant la seva relació amb l'ozó impliquen impacte climàtic també. Davant d'aquesta creixent i preocupant evidència, tant institucions internacionals com governs d'arreu han pres diferents mesures per tal de disminuir els impactes ambientals de l'aviació.

Diversos països europeus han implementant taxes relacionades amb el nitrogen, com és el cas d'Alemanya, Dinamarca, Noruega, Suècia, Suïssa i els aeroports de Londres, tot i que no s'han avaluat els seus efectes. En aquest context, el parlament de Catalunya va aprovar la Llei 12/2014, de l'impost sobre les emissions de nitrogen produïda per la aviació comercial. La base imposable és el producte del número total de vols (enlairaments) pel factor d'emissió mitjà expressat en quilograms i el tipus impositiu general ha anat variant de 2,5€ a 3,5€ per quilogram d'òxid de nitrogen. A més, hi ha una bonificació del 5% pels avions que disposin d'aleta d'extremitat.

L'impost al nitrogen suposa costos addicionals per les companyies aèries. Un augment de costos pot comportar directament una reducció de l'oferta. Alternativament, les aerolínies poden traslladar l'augment de costos als passatgers via augment de preus que hauria de suposar una reducció de la demanda. I la reducció de la demanda pot finalment implicar una reducció de l'oferta. La reducció de l'oferta i la demanda de vols porta automàticament a una reducció de les emissions de qualsevol contaminant. A més, l'impost al nitrogen podria incentivar l'ús d'avions que generin menys emissions d'aquest contaminant en la mesura que pot suposar una disminució dels costos associats l'impost.

### **Avaluació**

L'objectiu és avaluar si la implantació de l'impost a finals del 2014 ha tingut efectes en el nombre de passatgers, vols i seients, emissions de nitrogen i la mida dels avions a l'aeroport de Barcelona respecte a altres aeroports comparables. També es fa un càlcul aproximat de la generació d'ingressos derivada de l'impost de les principals aerolínies que operen al Prat.

Per tal d'assolir aquests objectius, hem utilitzat dades mensuals per aeroport pel període 2006-2019. La mostra inclou tots els aeroports europeus de més de 10 milions de passatgers. La informació disponible inclou el volum total de tràfic mesurat amb el nombre total de passatgers que proporciona Eurostat. D'altra banda, RDC Aviation proporciona dades del total de vols i seients per tipus d'avió. Això ens permet considerar les següents variables: seients, vols, grandària de l'avió i la quota en termes del percentatge total de vols que representen els avions amb aleta d'extremitat. A més, la agència Europea del Medi ambient proporciona els factors d'emissió de nitrogen per avions de més de 100 seients de

manera que també podem calcular de forma aproximada el total d'emissions de nitrogen. També considerem la població i la renda per càpita de la regió de referència de l'aeroport, informació que estat extreta d'Eurostat que proporciona les dades a nivell de NUTS 3, que pel cas espanyol equival a les províncies. A més, també disposem d'informació de les taxes que paguen les aerolínees per operar en els aeroports de la mostra considerant un vol representatiu que permeti la comparació. Finalment, podem fer un càlcul aproximat de la recaptació de l'impost tenint en compte el número de vols (total i per tipus d'avió) de cada companyia aèria, els factors d'emissió del nitrogen per cada model d'avió i el tipus impositiu

Per avaluar els efectes de l'impost, s'han utilitzat dues metodologies complementàries que estan entre les més habitualment utilitzades per avaluar l'impacte de polítiques: el mètode de diferències en diferències i el mètode del control sintètic. L'estimació de diferències en diferències compara canvis en el grup de tractament arran de la política (l'aeroport de Barcelona) respecte a un grup de control no afectat per la política (aeroports de gran dimensió de la resta d'Espanya i Europa). El mètode control sintètic refina el grup de control, construint-ne un que reproduïx les característiques principals de la unitat tractada abans de la política. Si el grup de control és un bon contrafactual del grup de tractament, l'evolució del grup de control ens permet predir què hagués passat al grup de tractament si no s'aplicava la política. Per a garantir que el grup de tractament i els de control són comparables, tenim en compte els valors de la variable a explicar abans de la política i els nivells de renda i població regionals.

## **Resultats**

Per un vol representatiu amb dades de 2019, les taxes que paguen les companyies aèries per operar a l'aeroport de Barcelona són relativament baixes en el context europeu suposant un total de 3.300 euros per vol (27,14 euros per passatger). L'impost al nitrogen només suposa un cost addicional de 28 euros per vol (0,23 euros per passatger) de manera que tan sols representa el 0,84% del total de taxes pagades per les companyies aèries a l'aeroport de Barcelona. Tanmateix, la recaptació aproximada de l'impost per les principals companyies aèries que operen al Prat no és menyspreable, assolint un mínim de 4 milions d'euros per any.

Els resultats de la implementació de les metodologies de diferències en diferències i del mètode de control sintètic mostren clarament que l'impost a l'aviació aplicat a Catalunya no ha tingut cap efecte causal estadísticament significatiu respecte a les emissions de nitrogen, nombre de passatgers, vols i seients, i tipus d'avió. És a dir, no trobem cap evidència de canvis rellevants a l'aeroport de Barcelona com a conseqüència de l'aplicació del impost respecte a altres aeroports comparables de la resta

d'Espanya i Europa. L'evolució d'aquestes variables a l'aeroport de Barcelona sembla que ha estat més condicionada per altres factors com ara canvis en la demanda degut a la conjuntura econòmica o a l'atractiu de Barcelona com a destinació turística o canvis en l'oferta com la inauguració de la T1, l'arribada de Ryanair al Prat o la congestió que pateixen les companyies aèries (i passatgers) en alguns dels anys del període considerat.

### **Aprenentatges**

La disponibilitat de dades de les variables necessàries per un període suficientment llarg que va de 2006 a 2019 ens ha permès duu a terme l'avaluació del impost a les emissions de nitrogen produïda per l'avaluació comercial. Tanmateix, l'accés a les dades no és obert sinó que requereix d'un pagament per subscripció. L'accés obert a dades facilitaria l'avaluació d'aquesta i altres mesures.

L'impost a les emissions de l'aviació comercial aplicat a Catalunya presenta avantatges potencials a destacar. Pretén reduir els impactes mediambientals de l'aviació pels que hi ha una creixent preocupació a nivell social. A més, els impostos mediambientals poden permetre reduir la contaminació al menor cost possible i, el cas objecte d'estudi, no hi ha potencials efectes regressius en la mesura que els usuaris del transport aeri són en general de renda relativament alta. Finalment, va en la línia de mesures similars aplicades a altres països europeus que són capdavaners a nivell mundial en la implementació de polítiques mediambientals. No obstant, la seva efectivitat es veuria clarament incrementada amb uns tipus impositius molt més alts.

# Continguts

1.	Introducció.....	6
2.	Polítiques mediambientals en l'aviació .....	7
2.1.	El mercat d'emissions Europeu (EU ETS) .....	9
2.2.	Tributs a passatgers .....	10
2.3.	Restriccions de quantitat. El cas de França i Amsterdam.....	10
2.4.	Estàndards tecnològics en motors i aeroports.....	11
2.5.	Tributs mediambientals .....	12
3.	Impost al nitrogen i taxes aeroportuàries.....	14
4.	Tràfic a l'aeroport de Barcelona.....	22
5.	Impacte de l'impost al nitrogen: Diferències en diferències. ....	26
6.	Impacte de l'impost al nitrogen: Mètode de control sintètic .....	35
7.	Resum i conclusions .....	50
8.	Referències .....	53

# 1. Introducció

L'impost sobre l'emissió d'òxids de nitrogen a l'atmosfera produïda per l'aviació comercial és un tribut propi de la Generalitat de Catalunya. És un impost que grava l'emissió d'òxids de nitrogen de les aeronaus en vols comercials que s'enlairin des d'aeroports de Catalunya en zones de protecció especial (a la pràctica, l'impost només afecta a l'aeroport de Barcelona-El Prat).

La motivació de l'impost és mediambiental amb una doble vessant. En primer lloc, influir en el comportament de les companyies aèries (el subjecte passiu de l'impost) de forma que internalitzin les externalitats negatives que generen en termes de contaminació de l'aire. I, en segon lloc, l'obtenció d'ingressos addicionals per a la Generalitat.

La Llei 12/2014, del 10 d'octubre de 2014, estableix les bases reguladores de l'impost: entra en vigor l'1 de novembre de 2014 i s'aplica a vols de passatgers; la base imposable és el producte del número total de vols (enlairaments) pel factor d'emissió *mitjà* expressat en quilograms amb un límit de 20.000 vols; el tipus impositiu general és de 3 euros per quilogram d'òxid de nitrogen, i un tipus reduït per a vols en connexió i de llarg recorregut d'1,5€; hi ha una bonificació del 5% pels avions que disposin d'aleta d'extremitat (Winglet). Mitjançant la Llei 2/2016, de 2 de novembre, que va entrar en vigor l'1 de gener de 2017, s'elimina el límit de 20.000 vols, s'amplia el fet imposable al transport de mercaderies i es fixa un tipus impositiu únic de 2,5€. Finalment, amb el Decret llei 12/2019, s'augmenta el tipus impositiu a 3,5 euros per quilogram d'òxid de nitrogen, amb efectes a partir de l'1 de gener de 2020.

**L'objectiu principal d'aquest treball és fer una avaluació dels impactes de l'impost sobre l'emissió d'òxids de nitrogen produïda per l'aviació en la demanda i oferta de vols i en la recaptació total.** Es poden avaluar aquests impactes des de dos punts de vista. En primer lloc, la generació d'ingressos derivada de la recaptació de l'impost. En segon lloc, els efectes sobre la demanda, el número de vols, les emissions d'òxid de nitrogen i el tipus d'avió utilitzats per les companyies aèries (en particular les millores en els avions de la flota existent com l'aleta d'extremitat). D'altra banda, un altre dels objectius de l'avaluació és posar aquesta política en el context d'altres polítiques amb finalitats similars que estiguin actualment vigents a la Unió Europea.

**L'impost al nitrogen és una política mediambiental que suposa costos addicionals per les companyies aèries.** Les aerolínies operen en un context de competència imperfecta ja que la majoria de rutes aèries són operades per una o unes poques aerolínies. En un context de competència imperfecta, un augment de costos pot comportar directament una reducció de l'oferta. Alternativament, les aerolínies poden traslladar l'augment de costos als passatgers via augment de preus. Tanmateix, l'augment de preus

hauria de suposar una reducció de la demanda i la reducció de la demanda pot finalment implicar una reducció de l'oferta. La reducció de la oferta i la demanda de vols porta automàticament a una reducció de les emissions de qualsevol contaminant. A més, l'impost al nitrogen podria incentivar l'ús d'avions que generin menys emissions d'aquest contaminant en la mesura que pot suposar una disminució dels costos associats a l'impost. Dit això, tots aquests efectes podem esperar que tinguin lloc si els costos addicionals per les aerolínies són importants. Com veurem més endavant, **el cost addicional que representa l'impost al nitrogen aplicat a Catalunya per les companyies aèries és molt modest, pel que a priori no hauríem d'esperar que tingui efectes significatius sobre el tràfic o les emissions.**

## **2. Polítiques mediambientals en l'aviació**

L'impacte ambiental de l'aviació es pot classificar en tres grans blocs: en primer lloc hi ha l'impacte climàtic. Els avions emeten gasos d'efecte hivernacle (GEH) al llarg de les diferents fases de vol, sent especialment rellevants l'aterratge i l'enlairament. A més, a diferència d'altres fonts de GEH, les emissions de les aviacions tenen un impacte climàtic incremental al emetre's a capes més altes de l'atmosfera (Azar & Johansson, 2012). En segon lloc, a nivell ja més local, l'activitat als aeroports és una important font de contaminació acústica, amb efectes adversos per la salut, per l'aprenentatge dels infants, o trastorns del son (Basner et al. 2017). En tercer lloc, també a nivell local i el focus d'aquest informe, **l'aviació té un impacte rellevant en la qualitat de l'aire. Els principals pol·luents generats als aeroports son el monòxid de Carboni (CO), els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>), els hidrocarburs (HC), les partícules fines (PM), els òxids de sulfur (SO<sub>x</sub>), l'ozó (O<sub>3</sub>) i el plom (Pb), entre altres.** La major part d'aquests contaminants provenen dels motors dels avions per la crema de combustibles, tot i així, el transport rodat que es genera al voltant d'un aeroport també n'és una font important. De tots aquests, les principals emissions són els hidrocarburs i els òxids de nitrogen i el monòxid de carboni, sent els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>) un dels que generen major preocupació (ICAO, 2012).

**Aquestes emissions tenen efectes adversos per la salut humana.** Diversos estudis han identificat el seu efecte sobre diferents variables de la salut humana física i mental i a partir de diferents bases de dades i diferents metodologies d'inferència causal, cosa que fa el resultat encara més robust. Així, per exemple, la emissió d'aquestes substàncies té un efecte directe sobre la mortalitat i les hospitalitzacions (Deryugina et al 2019; Shlenker i Walker 2016), sobre el cost al sistema sanitari nacional (Barwick et al 2018), tenen

efectes cognitius i negatius en l'aprenentatge (Ebenstein et al 2016; Aguilar-Gomez et al 2022), i fins i tot s'ha pogut establir el vincle causal d'aquests amb l'absentisme laboral (Holub et al 2020).<sup>1</sup>

**La major part de les emissions NO<sub>x</sub> es deriven del avions a terra operant al ralenti** (Shlenker i Walker 2016). Val a dir a més que les emissions de NO<sub>x</sub> mitjançant la seva relació amb l'ozó impliquen impacte climàtic també. Davant d'aquesta creixent i preocupant evidència, tant institucions internacionals com governs d'arreu han pres diferents mesures per tal de disminuir els impactes ambientals de l'aviació. A continuació en repassem les principals alhora que detallem el que en sabem de la seva efectivitat.

Tot i que el nostre centre d'atenció son les emissions de NO<sub>x</sub>, ens sembla rellevant visualitzar un mapa de polítiques que vagi més enllà de les que de manera implícita busquen la reducció d'aquest tipus de contaminant en particular. Això implica per tant repassar polítiques ambientals de l'aviació que sovint se centren en el canvi climàtic o altres. La raó ve en part explicada perquè **moltes mesures, malgrat estar adreçades a reduir l'impacte climàtic, o fins i tot a l'increment d'ingressos fiscals, acaben tenint un efecte més o menys directe en altres impactes ambientals, inclòs les emissions de NO<sub>x</sub>, per l'elevada correlació de pol·luents**. Així, tal i com exposarem a continuació, posar un preu al CO<sub>2</sub> com fa el mercat d'emissions europeu ha aconseguit reduir les emissions de CO<sub>2</sub> (encara que tímidament) a partir de provocar una disminució del nombre de vols (comparant amb el que hagués passat sense la política particular).<sup>2</sup> Per això, aquestes polítiques poden haver tingut efectes també en les emissions de NO<sub>x</sub> en la aviació (tot i que no s'ha quantificat). Això es deu en part a que a dia d'avui **la tecnologia de volar és encara força dependent de l'energia fòssil**, cosa que fa que l'opció més racional per reduir emissions fins on es maximitza la rendibilitat de les companyies aèries és la de reduir vols. No obstant, la tecnologia per reduir emissions NO<sub>x</sub> està més avançada i per això, una política centrada a les emissions NO<sub>x</sub> ha de ser necessàriament més efectiva que qualsevol efecte indirecte d'una política climàtica com és el cas (Calel 2020). De fet, uns investigadors irlandesos troben que la introducció d'un impost al CO<sub>2</sub> que generen els cotxes a Irlanda va implicar un augment de les emissions de NO<sub>x</sub> (malgrat la millora en CO<sub>2</sub>) a causa de la major dieselització que, segons mostren, va comportar l'impost (Leinhert et al. 2013).

---

<sup>1</sup> Finalment, una quarta porta que no s'ha de negligir seria l'impacte dels aeroports al medi natural proper per mitjà del seu efecte sobre la biodiversitat, la generació de residus o la gestió de l'aigua

<sup>2</sup> Veure per més detalls (Fageda i Teixidó, 2022a; Kang et al., 2022).



## 2.1. El mercat d'emissions Europeu (EU ETS)

**A nivell Europeu destaca la incorporació el 2013 de l'aviació al mercat Europeu d'emissions (EU ETS).** Aquesta mesura implica que des de llavors, les companyies aèries afronten un cost per cada tona de CO<sub>2</sub> emesa en vols entre països de l'Espai Econòmic Europeu. Tanmateix, una part important dels permisos d'emissió (vora la meitat dels que acabaran utilitzant) son assignats gratuïtament a les companyies aèries. Per l'altra meitat, les companyies compren permisos sobrants d'altres sectors del mercat d'emissions. Això ha fet que l'aviació hagi estat un comprador net de permisos d'emissions d'altres sectors, convertint-se en l'únic sector cobert pel mercat europeu d'emissions que no ha deixat d'incrementar les seves emissions. Certament, aquest creixement d'emissions a l'aviació pot considerar-se un estalvi d'emissions en tant que finança la reducció en altres sectors. Entre 2013 i 2020 han estat 193 Milions de tones de CO<sub>2</sub> (24 milions de tones l'any).<sup>3</sup> Tanmateix, al quantificar l'efecte causal de la política a les emissions de la pròpia aviació l'efecte resulta molt inferior, tot i que significatiu, d'uns 3 milions de tones de CO<sub>2</sub> per any (Fageda i Teixidó 2022a). Això vol dir que de no ser pel mercat d'emissions, les emissions de l'aviació, que no han parat de créixer, haguessin estat encara més altes.

Altres estudis amb mètode d'inferència causal han analitzat també el mercat europeu d'emissions, la majoria centrant-se en l'efecte sobre la quantitat de vols. La majoria d'estudis utilitzen la estimació de diferències en diferències o el mètode de control sintètic que compara els canvis en la variable d'interès en el grup afectat per la política després de la seva aplicació respecte a un grup de control que no està afectat per la política. Fageda i Teixidó (2022a) estudien l'efecte de l'EU ETS sobre les emissions de CO<sub>2</sub> i troben un efecte negatiu del 5%, el qual ve sobretot explicat pel major efecte a les rutes de menys de 1.000 quilòmetres (-10 %) i de les companyies aèries de baix cost (-11 %). Kang et al. (2022) analitzen l'efecte de la mateixa política sobre l'oferta i trobem que l'ETS ha suposat caigudes en l'oferta en el grup de tractament de fins al 20%. D'altra banda, Fageda i Teixidó (2022b) i De Jong (2022) també troben certa evidència de que l'EU ETS ha generat incentius a les companyies a substituir avions vells per més nous i eficients o a aplicar millores en els avions existents, tanmateix, la reducció d'emissions induïda per la política continua venint principalment per la disminució de vols. Els canvis tecnològics observats (i previstos pels propers anys) no son ni de bon tros suficients per absorbir el creixement d'emissions que prové del creixement del tràfic aeri.

---

<sup>3</sup> European Union Transaction Log (EUTL) ofereix la informació de les emissions de CO<sub>2</sub> dels sectors coberts pel EU ETS. Es pot consultar aquesta informació en el següent link: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>

En una línia similar, i malgrat no centrar-se en la política ambiental en sí, hi ha altres estudis que troben evidència que l'augment del cost del combustible té efectes significatius sobre la oferta i la demanda de vols (Brueckner i Zhang, 2010; i Brueckner i Abreu, 2017). En aquest sentit, **els impostos sobre les emissions o els mercats d'emissions com és el cas de la UE, poden tractar-se de forma similar a un augment de costos del combustible per a les companyies aèries.** Resulta pertinent recordar aquí, que a diferència dels combustibles usats en altres mitjans de transport on els impostos son una part substancial del preu final, el querosè, combustible dels avions, està exempt d'impostos.

## 2.2. Tributs a passatgers

**Malgrat no tenir una motivació nítidament ambiental, les taxes per passatger encareixen els bitllets i per tant tenen un efecte sobre el nombre de vols.** Diversos països del nostre entorn tenen taxes per passatger que es cobren segons l'aeroport de sortida.

Falk i Hagsten (2019) analitzen l'impacte de les taxes a Àustria i Alemanya i troben que les taxes han reduït el tràfic aeroportuari en un 10% tot i que l'efecte es concentra sobretot en aeroports dominats per companyies de baix cost. Borbely (2019) se centra en el cas d'Alemanya i troba que pot haver hagut un desplaçament de tràfic a aeroports fronterers. Bernardo et al. (2022) estenen l'anàlisi a altres països i troben que les taxes per passatger han reduït l'oferta en un 12%. Aquests últims a més estimen un efecte sobre les emissions de CO2 del -14%. Un altra resultat d'aquest estudi és que la taxa ha implicat un augment de preus, sobretot en les tarifes més baixes de manera que les companyies traslladen gran part de l'augment del cost que suposa la taxa a augmentos de preus pels passatgers.

## 2.3. Restriccions de quantitat. El cas de França i Amsterdam

Una segona mesura, tot i que menys popular, és el cas de França i la seva prohibició, aprovada per Brussel·les, en prohibir els vols que connectin destinacions amb connexió ferroviària inferior a les 2.5 hores. **Les restriccions de quantitat, a diferència de les mesures que operen mitjançant l'alteració dels preus, tenen l'avantatge de la certesa de la reducció d'emissions que s'aconseguiran. El desavantatge ve per la banda de que la mesura no sol ser cost efectiva, que vol dir que la mateixa quantitat d'emissions estalviades es podria haver aconseguit a un menor cost.** En el cas francès, la prohibició afectarà tres rutes, la cost-efectivitat implica que posant un nou impost que incrementi el preu de volar (per tal d'internalitzar els efectes adversos de volar), s'hauria aconseguit el mateix a un cost

inferior per la societat. En aquest sentit, resulta pertinent recuperar els resultats de Fageda i Teixidó (2022a) que troben que el mercat d'emissions té més efecte a l'hora de reduir vols en les rutes curtes. No obstant, sovint les restriccions de quantitat poden ser més fàcils d'implementar de cara l'opinió pública, qüestió també força rellevant.

Un segon exemple rellevant de restricció quantitativa és el cas de l'aeroport d'Amsterdam. El juny de 2022, el govern holandès anunciava que l'aeroport de Schiphol, el tercer amb més tràfic d'Europa només darrera Londres-Heathrow i Paris-Charles De Gaulle, limitaria, a partir de 2023, l'activitat de l'aeroport a 440mil vols per any, un 12% per sota del nivell de 2019, amb l'objectiu de reduir l'impacte climàtic i la contaminació global. Al mateix temps el govern anunciava la seva intenció de millorar les opcions de viatge amb modes de transport més nets.

#### **2.4. Estàndards tecnològics en motors i aeroports**

L'Organització de l'Aviació Civil Internacional (ICAO en les seves sigles en anglès) és una agència de les Nacions Unides creada el 1944 a la Convenció de Chicago. A diferència d'altres organitzacions internacionals, la ICAO és la única amb autoritat internacional entre els Estats signants (192 països). Una de les seves principals tasques és la provisió d'estàndards diversos referents a l'operativa de la indústria aèria com son les comunicacions, la navegació, la regulació del tràfic aeri, entre molts d'altres.

Entre les seves funcions, **la ICAO és responsable de la definició dels estàndards tecnològics que regulen el nivell màxim d'emissions de NOx (entre d'altres contaminants) que poden emetre els motors dels avions donades les seves característiques. Aquestes especificacions tècniques resulten en certificacions necessàries a l'hora de fer volar un avió.**

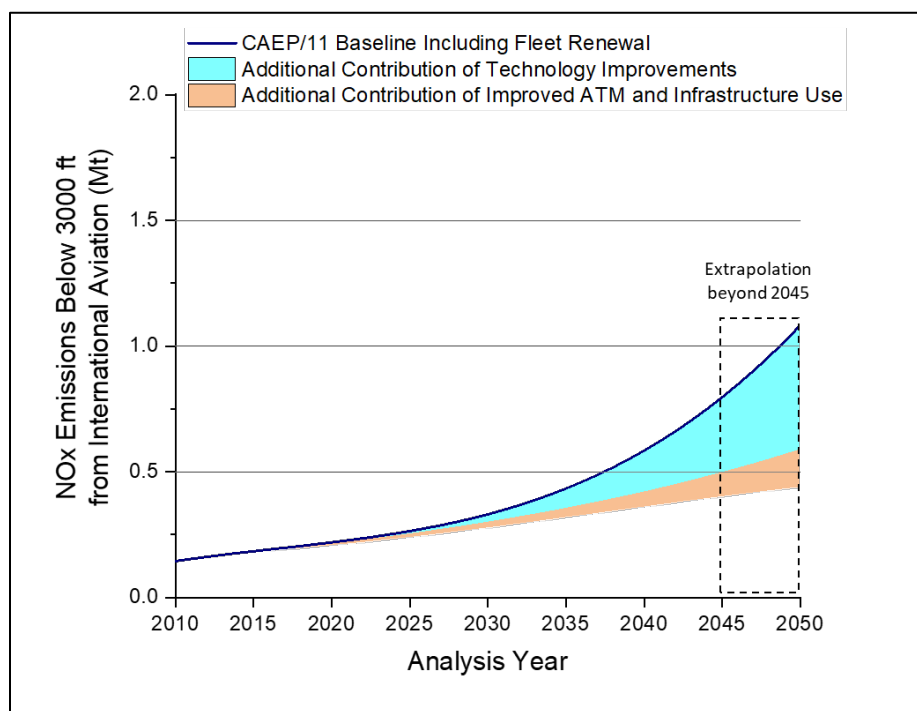
**Les seves avantatges son de nou la certesa de les emissions reduïdes un cop implementades.** Les diferents actualitzacions dels estàndards ambientals mínims que han de tenir els avions han vingut acompanyades de la reducció del nivell de NOx, sense saber si els estàndards responen a una ambició ambiental o a una mera descripció de la realitat del sector ajustada a les necessitats de la indústria. Tanmateix, sense mesures addicionals, **els estàndards tecnològics no proporcionen incentius a continuar reduint les emissions un cop complerta la mesura. Per això, són idonis com a complement de política.**

En la mateixa línia, la ICAO marca la línia que els aeroports d'arreu han de seguir per gestionar les seves emissions locals. Així, es proposen línies d'actuació que busquen augmentar eficiència dels

aeroports en tots els àmbits, des del ús de les pistes pels avions a l'estalvi d'energia per calefacció o ventilació, sovint a partir de millores tecnològiques en la pròpia infraestructura.

El gràfic 1 mostra l'evolució de les emissions de NOx per les properes dècades segons la ICAO, tenint en compte les millores tecnològiques previstes. Com es pot observar, segons aquesta projecció, les emissions de NOx només moderaran el seu creixement (a nivell global): de 0.18 milions de tones el 2015 creixeran fins a 0.44 o 0.80 milions al 2045, segons l'escenari de creixement i de tecnologia.

**Gràfic 1. Emissions de nitrogen de l'aviació internacional (per sota del 3000 peus)**



Font: ICAO. Trend in local Air quality.

## 2.5. Tributs mediambientals

Finalment, la darrera mesura disponible, no bastament aplicada, és la consistent en els **tributs mediambientals**. L'objectiu d'aquests tributs és donar incentius a les companyies aèries per fer servir avions amb el mínim possible d'emissions contaminants, com ara les emissions de NOx.

**Diversos aeroports europeus han implementant taxes relacionades amb el nitrogen** utilitzant la mateixa classificació d'emissions per tipus d'avió que s'utilitza en el cas de Catalunya. No es tracta pròpiament d'un impost sinó d'un tipus de taxa que l'aeroport (i no el govern) cobra directament a les

aerolínies. **El disseny d'aquesta taxa implica la neutralitat d'ingressos de l'aeroport.** És a dir, la imposició o augment de l'import d'aquesta taxa implica la reducció d'altres taxes, normalment les associades al pes de l'avió, de manera que els ingressos totals de l'aeroport es mantenen constants. Per tant, segons la flota d'avions que tinguin, algunes companyies aèries poden acabar pagant més o menys que abans de la imposició de la nova taxa però en conjunt acaben pagant el mateix. Per tant, l'objectiu de la taxa no és reduir el tràfic perquè no hi ha un encariment general del cost d'operar a l'aeroport. L'objectiu és incentivar a les aerolínies a que canviïn la composició dels avions que operen a l'aeroport, afavorint aquells que generen menys emissions de nitrogen.

Aquesta mesura s'ha implementant en els aeroports més grans de Suïssa (1997), Suècia (1998), Alemanya (2008), a més dels dos grans aeroports de Londres (2004) i Copenhage (2010). L'únic país que ha implementant un impost al nitrogen similar al que s'aplica a Catalunya és Noruega que ho va fer al 2007. Tanmateix, només afecta als vols domèstics la qual cosa limita molt la seva aplicació pràctica.

No coneixem estudis que hagin avaluat l'efectivitat ambiental d'aquests impostos o taxes i per tant només podem referir-nos als seus efectes esperats des de la teoria.<sup>4</sup> Així, **la principal avantatge teòrica d'aquest instrument és que pot comportar reduccions de la contaminació local d'una manera cost-efectiva, el que implica que donat un objectiu de reducció d'emissions, posant un tribut s'aconseguirà al menor cost. Aquesta és en general la característica més rellevant que tenen tots els instruments que consisteixen en posar un preu a la externalitat (i.e. la contaminació).** No obstant, cal tenir en compte que la cost-efectivitat és només un criteri que, malgrat important, no ha desmerèixer les altres opcions. En aquest cas, com ja s'ha dit, la principal mesura i més estesa per reduir les emissions de NOx són les regulacions tècniques (estàndards tecnològics). Aquestes tenen l'avantatge de tenir fàcil implementació i d'assegurar un efecte ràpid i concret. Tanmateix, també és cert que a diferència dels tributs, les regulacions tècniques no compten amb un sistema d'incentius continu: amb els tributs, qualsevol disminució de NOx té un guany associat en forma d'estalvi tributari, mentre que amb la regulació, un cop es compleix l'estàndard no hi ha incentius per continuar reduint. El més important és però que no són incompatibles.

Un problema sovint associat als impostos ambientals d'aquest tipus és que la seva efectivitat ambiental sol ser molt baixa atès el baix nivell dels impostos. Això fa que aquests instruments sovint no acabin de mostrar el seu potencial ambiental. Això és així sovint perquè la naturalesa de l'impost no és tan el seu

---

<sup>4</sup> L'estudi de Scheelhaase (2010) aporta informació descriptiva sobre l'aplicació d'aquesta taxa a Alemanya.

efecte ambiental si no la de generar ingressos fiscals. En el que segueix ens proposem analitzar de manera empírica i amb mètode d'inferència causal l'efecte ambiental de l'impost de NOx de Catalunya.

### **3. Impost al nitrogen i taxes aeroportuàries**

La taula 1 i el gràfic 2 aporten informació sobre les taxes que l'aeroport de Barcelona cobra a les companyies aèries, taxes que en gran mesura podem esperar que es traslladin als passatgers en el preu dels bitllets. Fem servir dades proporcionades per RDC Aviation per un vol representatiu. En aquest sentit, considerem el vol Barcelona-Paris operat amb un Airbus A320 que és l'avió més utilitzat en vols europeus amb un factor d'ocupació del 80% que va en la línia dels valors mitjos del sector. I agafem com a període de referència juny de 2019. Les diferències no serien molt grans si considerem altres destinacions, avions o anys.

Les dues principals taxes fan referència a les taxes d'aterratge i ús de la infraestructura que es relacionen amb el pes de l'avió, i sobretot amb les taxes per passatger que en alguns casos es relacionen amb la destinació (nacional, Unió Europa, resta del món). En aquest sentit, les taxes per passatger representen el 67% del total, les taxes basades en el pes de l'avió entorn el 20% i les taxes per ús de la infraestructura el 11%. **L'impost al nitrogen només representa el 0,84% del total de taxes pagades per les companyies aèries.**

En valors absoluts, les aerolínies paguen entorn a 3.300 euros de taxes per vol que representa entorn a 27 euros per passatger. **L'impost al nitrogen només suposa un cost addicional de 28 euros per vol, una xifra molt baixa per esperar que tingui efectes en les decisions de les companyies aèries (i dels passatgers).**

L'aeroport de Barcelona està gestionat per AENA. AENA és la que fa la proposta d'augment de taxes que ha de ser aprovada per la Comissió Nacional de Competència. En els anys previs a la pandèmia, AENA ha sigut una empresa amb nivells de rendibilitat molt alts generant beneficis que es compten per centenars de milions a l'any. Hi ha molta opacitat sobre els beneficis individuals de cada aeroport, però no hi ha dubte que l'aeroport de Barcelona amb creixements de tràfic exponencials abans de la pandèmia és un dels més rendibles de la xarxa d'AENA. De fet, això explica el fort interès d'AENA en l'ampliació.

Els nivells tant elevats de beneficis que de forma estructural té un negoci monopolístic com el d'AENA (descomptant els anys durs de la pandèmia on els beneficis s'han transformat en fortes pèrdues) fan molt difícil que la Comissió Nacional de Competència aprovi augments significatius de taxes en els

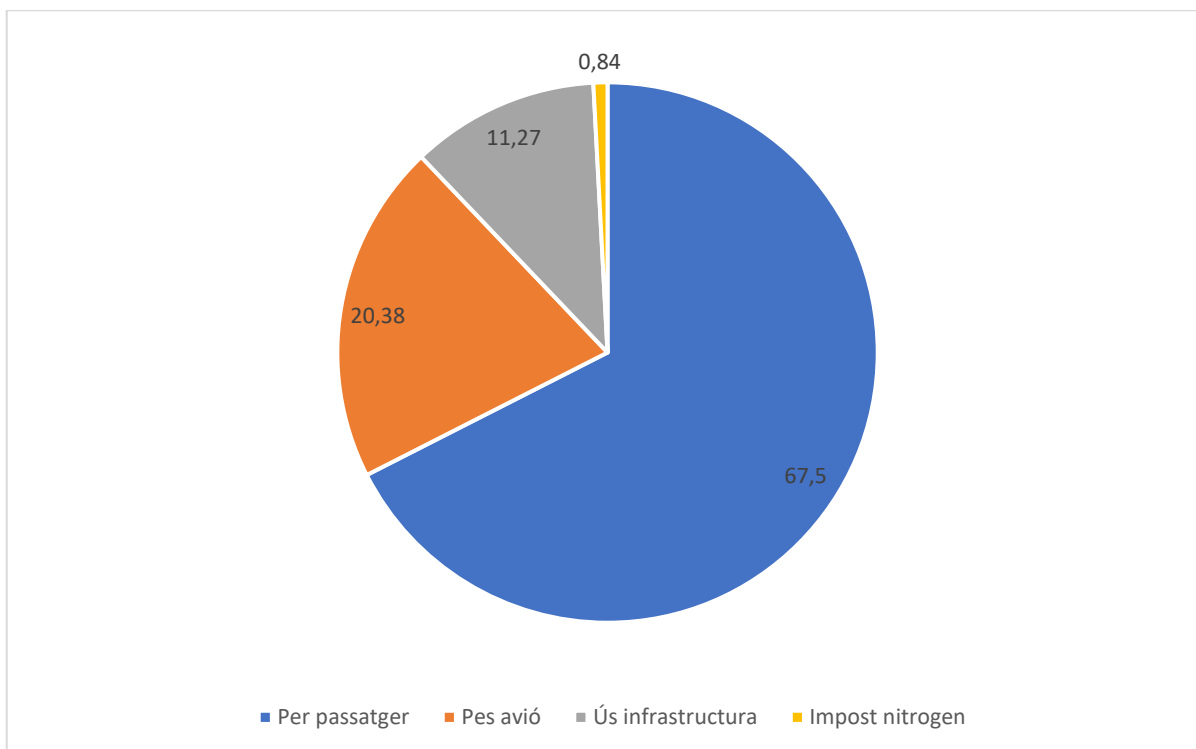
propers anys. Així doncs, **si es vol influir en el comportament de les companyies aèries i passatgers via augment de costos, augmentar el tipus impositiu de l'impost de nitrogen pot ser una alternativa més factible que no augmentar altres taxes.**

**Taula 1. Taxes aeroportuàries a l'aeroport de Barcelona**

<b>Categoria</b>	<b>Taxa</b>	<b>Objecte</b>	<b>Import total (euros)</b>	<b>Import per passatger</b>	<b>Percentatge sobre el total</b>
Taxa d'aterratge	Aterratge	Pes avió (tones)	546,20	4,48	16,35
Taxa d'aterratge	Serveis meteorològics	Pes avió (tones)	13,24	0,11	0,40
Taxa d'estacionament	Ús de plataformes d'estacionament	Ús	101,55	3,04	0,83
Taxes als passatgers	Passatger	Passatger	1671,40	13,7	50,05
Taxes als passatgers	Assistència a passatgers amb mobilitat reduïda	Passatger	81,74	0,67	2,45
Taxa per l'ús de la infraestructura	Assignació slot (arribada)	Slot	0,45	0	0,01
Taxa per l'ús de la infraestructura	Assignació slots (sortida)	Slot	0,45	0	0,01
Taxa per l'ús de la infraestructura	Ús de la infraestructura	Pes avió (tonnes)	248,55	2,04	7,44
Taxa per l'ús de la infraestructura	Serveis de handling (maletes)	Pes avió (tonnes)	81,19	0,67	2,43
Taxa per l'ús de la infraestructura	Serveis de handling (rampa)	Pes avió (tonnes)	25,79	0,21	0,77
Taxa per l'ús de la infraestructura	Serveis a l'aeronau	Pes avió (tonnes)	14,16	0,12	0,42
Taxa de seguretat	Taxa de seguretat	Passatger	427	3,5	12,79
Taxa de navegació aèria	Taxa de terminal	Passatger	25,33	0,21	0,76
Impost	Impost per serveis de seguretat	Vol	74,42	0,61	2,23
Impost	Impost al nitrogen	Vol (segons model avió)	28,2	0,23	0,84
<b>TOTAL</b>			<b>3.339,67</b>	<b>27,14</b>	<b>100</b>

Nota: Aquests càlculs fan referència a: 1) Un vol de Barcelona a Paris, 2) L'avió és operat amb un A-320 amb un factor d'ocupació del 80%, 3) El període de referència és juny de 2019. Font: RDC Aviation

**Gràfic 2. Tipus de tributs a l'aeroport de Barcelona (percentatge sobre el total)**



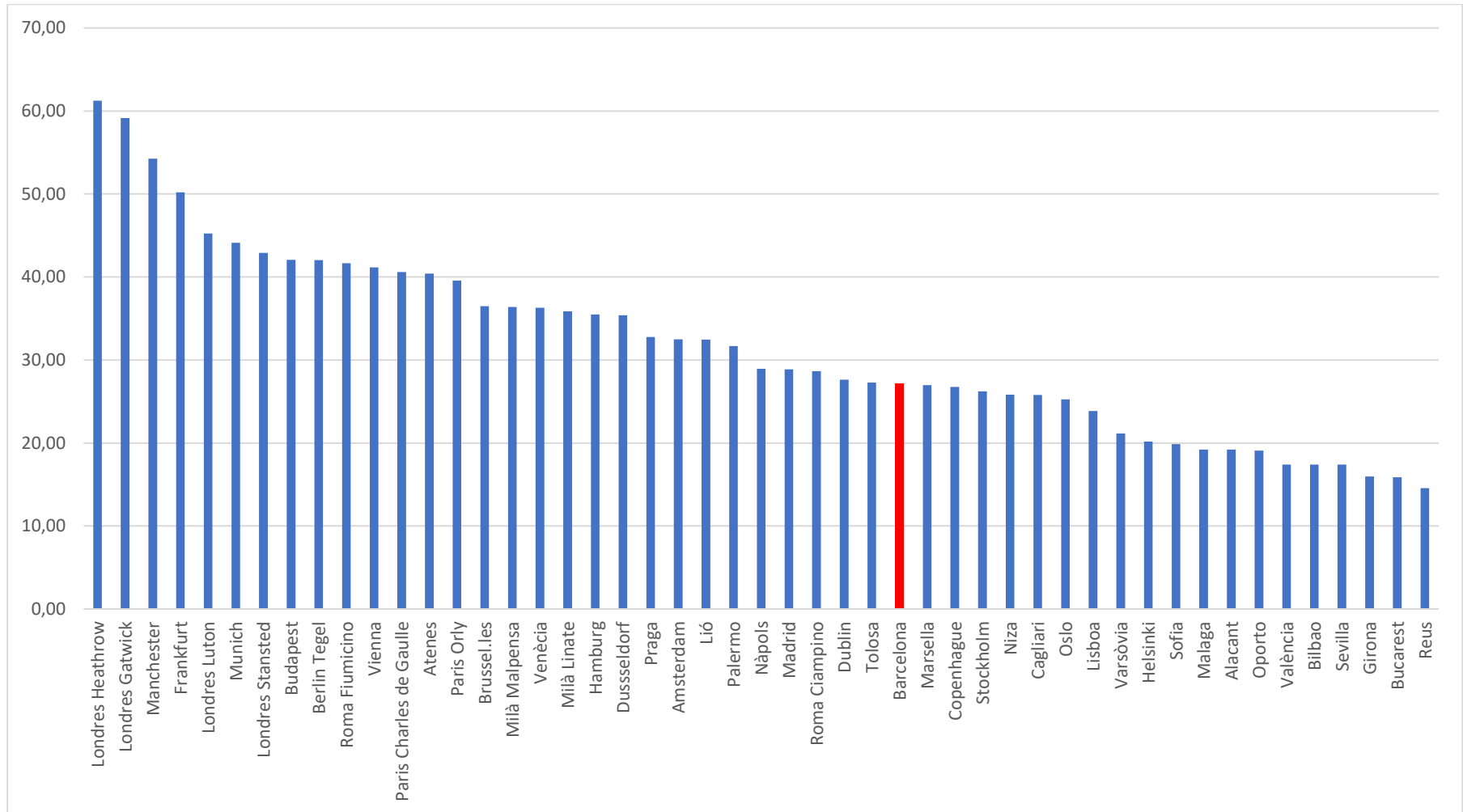
Nota: Aquests càlculs fan referència a: 1) Un vol de Barcelona a Paris, 2) L'avió és operat amb un A-320 amb un factor d'ocupació del 80%, 3) El període de referència és juny de 2019. Els percentatges mostren el pes de cada tipus de taxa sobre el total de taxes aeroportuàries que paga l'aerolínia en el vol representatiu mencionat en les notes 1 i 2. Font: RDC Aviation

El gràfic 3 compara l'import mig de les taxes aeroportuàries a Barcelona respecte als aeroports de més tràfic a Europa, Espanya i Catalunya. Les taxes a l'aeroport de Barcelona són relativament baixes en el context europeu amb un import de 27 euros per passatger. Per exemple, a ciutats com Atenes, Berlin, Brussel·les, Milà, Manchester, Munic, Roma, Londres o Paris les taxes són molt més altes que les que cobra l'aeroport de Barcelona. D'altra banda, les taxes que cobra l'aeroport de Madrid són lleugerament més altes mentre que les que cobren Girona i Reus són clarament més baixes. Per tant, **hi ha marge per augmentar la quantia de les taxes que es paguen a l'aeroport de Barcelona (per exemple mitjançant un augment del tipus impositiu de l'impost al nitrogen) sense que es pugui argumentar que això situa en desavantatge a les companyies aèries que operen al Prat en relació a si operen en altres aeroports de grans dimensions.** Si de cas, es podria argumentar que l'augment del tipus impositiu podria perjudicar al Prat respecte a l'aeroport de Madrid ja que ara mateix les taxes que paguen ambdós aeroports són similars. Tanmateix, l'aeroport de Madrid és l'aeroport hub d'Iberia i Air Europa que competeixen en el segment de llarg radi mitjançant l'explotació de tràfic de connexió. En canvi, l'aeroport de Barcelona està dominant per companyies aèries de baix cost que operen en el segment de



curt i mig radi mitjançant l'exploració del tràfic punt a punt. Cal tenir en compte a més que Vueling, la principal aerolínia al Prat, és una empresa subsidiària d'Iberia, i que els dos aeroports són gestionats per AENA. És cert que Madrid i Barcelona poden ser considerats com a destinacions alternatives per alguns passatgers en vols per motius d'oci. No obstant, a la pràctica, podríem esperar que la competència entre els dos aeroports és limitada (tot i que no s'ha quantificat) pel que un augment de l'impost a Barcelona sense canvis a Madrid no hauria de tenir una gran incidència en termes de competitivitat relativa.

**Gràfic 3. Taxes aeroportuàries per passatger en aeroports seleccionats**



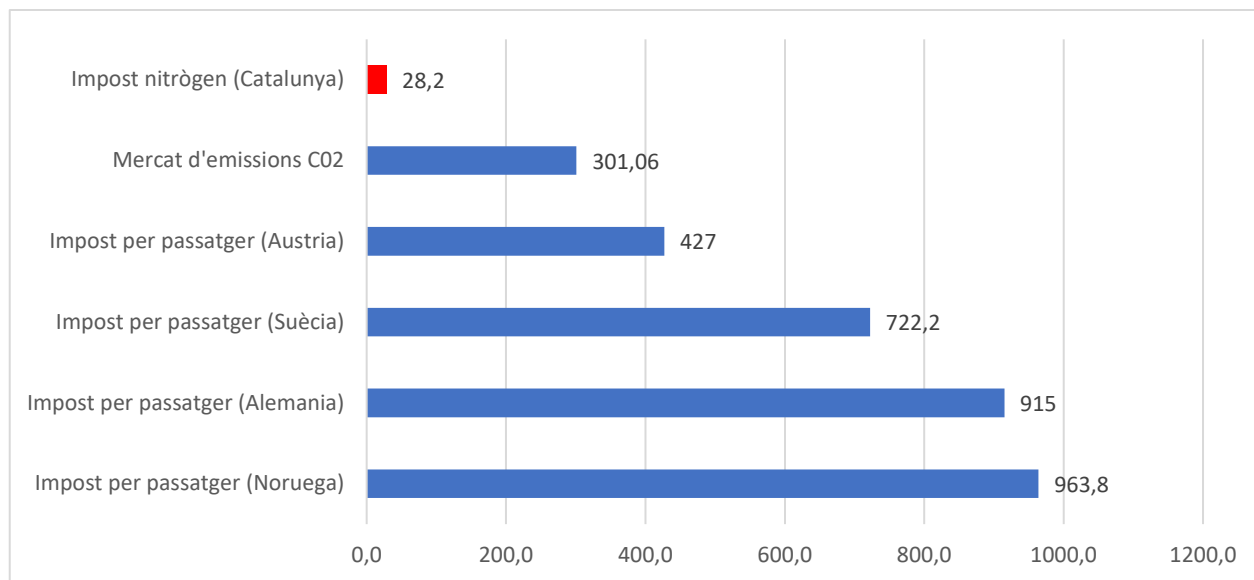
Nota: Aquests càlculs fan referència a: 1) Un vol de Barcelona a Paris, 2) L'avió és operat amb un A320 amb un factor d'ocupació del 80%, 3) El període de referència és juny de 2019. Els valors del gràfic són el total d'euros per passatger que les aerolínies paguen en concepte de taxes aeroportuàries en el vol representatiu mencionat en les notes 1 i 2. Font: RDC Aviation

El gràfic 4 compara els costos per vol que suposa per les companyies aèries la implementació de diferents polítiques mediambientals. La comparació de costos fa referència al total que l'aerolínia paga per un vol representatiu, en aquest un vol de Barcelona a Paris operat amb un Airbus A320. Analitzem els costos addicionals que representen aquestes polítiques respecte a les taxes que les aerolínies paguen per operar a l'aeroport.

En primer lloc, tenim l'impost al nitrogen que s'aplica a vols que surten de l'aeroport del Prat. En segon lloc, tenim el mercat d'emissions de CO2 de la Unió Europea. I finalment, tenim en compte els costos dels tributs per passatger que hem comentat en la secció 2.2 que es cobra a diferents països de la Unió Europea (Alemanya, Àustria, Noruega i Suècia). Els tributs per passatgers són tributs específics que en general ha establert el govern nacional i que són un cost addicional al de les taxes que les aerolínies paguen per operar a l'aeroport. Aquí estem considerant el que pagaria l'aerolínia en cas de que s'apliqués a Catalunya el tribut que s'aplica als països mencionats amb l'import corresponent.

L'augment de costos que representa l'impost al nitrogen és molt baix en comparació a les altres polítiques mediambientals. En efecte, l'impost al nitrogen representa uns costos addicionals per vol de 28 euros. El mercat d'emissions representa un augment de costos de 300 euros, mentre que els tributs per passatger suposen un augment de costos d'entre 400 i 900 euros. Per tant, **l'augment de costos que representa per les companyies aèries el mercat d'emissions i els tributs per passatger és entre 10 i 30 vegades més alt que el que representa l'impost al nitrogen a Catalunya.**

**Gràfic 4. Comparació costos d'un vol representatiu per una aerolínia de diferents polítiques mediambientals (total euros per vol)**

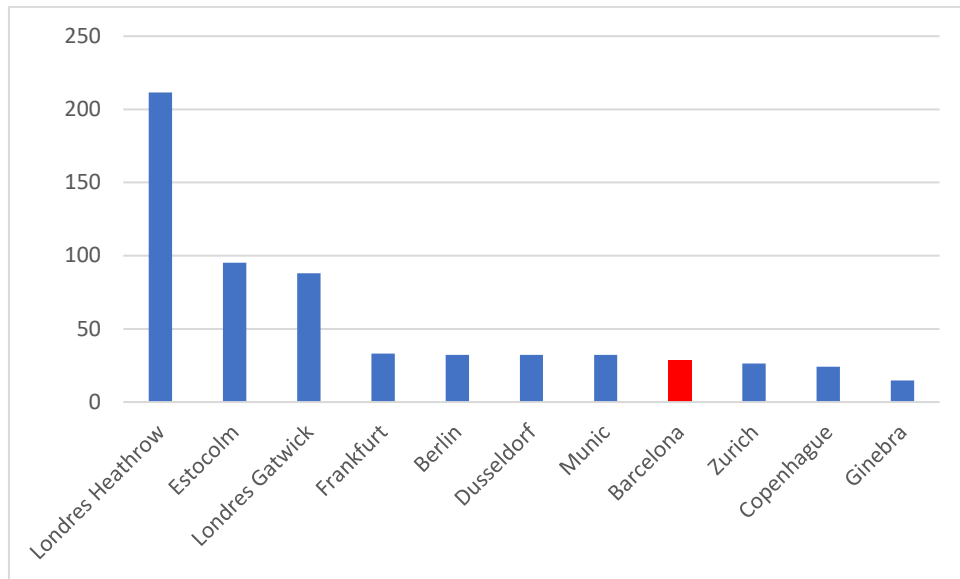


Nota: Els càlculs del impost del nitrogen fan referència a: 1) Un vol de Barcelona a París, 2) L'avió és operat amb un A-320 amb un factor d'ocupació del 80%, 3) El període de referència és juny de 2019 (RDC Aviation). Simulem el cost si s'apliqués l'impost per passatger amb un factor d'ocupació del 80% que s'aplica al 2019 a Alemanya (7,5 euros per passatger), Àustria (3,5 euros per passatger), Noruega (7,9 euros per passatger) i Suècia (5,9 euros per passatger). El cost del mercat d'emissions es calcula agafant el preu mig de la tona de CO<sub>2</sub> a 2010 (24.74 euros per tona) i les emissions de CO<sub>2</sub> per un A320 en la distància de la ruta (Font: Eurocontrol). Els imports del gràfic són el total d'euros que les aerolínies haurien de pagar per operar el vol mencionat en les notes 1 i 2 i 3.

El gràfic 5 compara els costos per vol que suposa per les companyies aèries les taxes relacionades amb el nitrogen que s'apliquen a diversos aeroports europeus i l'impost al nitrogen que s'aplica a vols que surten de l'aeroport del Prat. En aquest sentit, el cas de Barcelona és diferent al dels altres aeroports que considerem en la comparació. En el cas de Barcelona, estem parlant d'un impost. En el cas dels altres aeroports, d'una taxa que es relaciona directament amb les emissions de nitrogen (que és diferent d'altres costos com el impost per passatger que s'aplica als aeroports alemanys). Per tant, l'impost al nitrogen a Barcelona és un cost addicional respecte a les taxes que l'aerolínia paga per operar a l'aeroport, i en el cas de les altres taxes és una més de les taxes que l'aerolínia paga per operar a l'aeroport amb la particularitat que són taxes relacionades directament amb les emissions. A Barcelona, cap taxa al marge de l'impost està relacionada directament amb les emissions de nitrogen.

**L'import de l'impost aplicat a Catalunya és similar a la taxa que s'aplica als aeroports d'Alemanya, Suècia i Suïssa, mentre la taxa és molt més alta en els casos dels aeroports de Londres i Estocolm.**

**Gràfic 5. Comparació costos d'un vol representatiu per una aerolínia d' impostos o taxes al nitrogen (total euros per vol)**



Nota: Els càlculs del impost del nitrogen fan referència a: 1) Un vol de Barcelona a Paris, 2) L'avió és operat amb un A-320 amb un factor d'ocupació del 80%, 3) El període de referència és juny de 2019. Els imports del gràfic són el total de euros que les aerolínies haurien de pagar per operar el vol mencionat en les notes 1 i 2 i 3. Font: RDC Aviation.

**Tanmateix, la recaptació aproximada de l'impost per les principals companyies aèries que operen al Prat no és menyspreable, la qual cosa mostra el potencial de generació de recursos que representen els impostos a l'aviació.** La taula 2 mostra aquest càlcul aproximat tenint en compte el número de vols (total i per tipus d'avió) de cada companyia aèria, els factors d'emissió del nitrogen per cada model d'avió i el tipus impositiu. Cal tenir en compte aquí que els factors d'emissió del nitrogen no estan disponibles pels avions regionals de menys 100 seients, la qual cosa no afecta a aerolínies de baix cost com Ryanair o Vueling però sí a aerolínies de xarxa com Iberia o Air Europa. El cost de l'impost per Vueling i Ryanair és d'entorn als 2 milions i 670 mil euros, respectivament. Per altres aerolínies amb presència important al Prat com Easyjet, Iberia o Norwegian els costos són de l'ordre de 200 a 300 mil euros.

**Taula 2. Recaptació aproximada de l'impost per les aerolínies amb més vols a l'aeroport de Barcelona**

<b>Aerolínia</b>	<b>Total vols</b>	<b>Models utilitzats</b>	<b>Recaptació aproximada (en termes anuals)</b>
Vueling	66.531	A320 (amb i sense winglet), A319, A321	1.966.808
Ryanair	22.912	B738-800 (Winglet)	669.164
easyjet	11.811	A319, A320, A321	296.594
Iberia	6.438	A319, A320 (amb i sense winglet), A321, A330-200, A340-600	260.898
Norwegian	4.686	B737-800 Winglets, A320, A321, B737 MAX 8, B767-300, A330-300, B787-9	202.383
Lufthansa	4.634	A319, A320 (amb i sense winglet), A321, A320neo, A321neo	170.088
Air Europa	3.156	B737-800 Winglets, A330-200, B787-8	128.849
British Airways	3.006	A319, A320 (amb i sense winglet), A321, A320neo	84.290
TAP	2.725	A319, A320, A321, A320neo, A321neo	58.585
Wizzair	2.723	A320, A321, A321neo	98.802
Eurowings	2.538	A320, A320 (amb i sense winglet), B737-800 Winglets	63.668
<b>TOTAL</b>	<b>131160</b>	<b>-</b>	<b>4.000.129</b>

Nota: Les dades de Iberia no inclou els vols de Air Nostrum perquè no està disponible el factor d'emissió de nitrogen d'avions regionals. Les dades de Air Europa i TAP no inclou els vols operats amb Embraer E-Jet. Les dades de la taula mostren el total aproximat d'euros que hauria de pagar cada aerolínia tenint en compte el número de vols (total i per tipus d'avió) de cada companyia aèria, els factors d'emissió del nitrogen per cada model d'avió i el tipus impositiu. Font: RDC aviation i Generalitat de Catalunya.

#### **4. Tràfic a l'aeroport de Barcelona**

El gràfic 6 mostra l'evolució del tràfic a l'aeroport de Barcelona des del 2006. El creixement del tràfic fins l'arribada de la pandèmia es pot considerar molt elevat. Així, el tràfic ha passat de 30 milions de passatgers el 2006 a poc més de 50 milions el 2019. En aquest últim, l'aeroport de Barcelona es va situar com el sisè aeroport amb més tràfic de Europa. Només van generar més tràfic aeroports que fan la funció de hub de companyies aèries de xarxa i que per tant una part important del seu tràfic es basa en passatgers

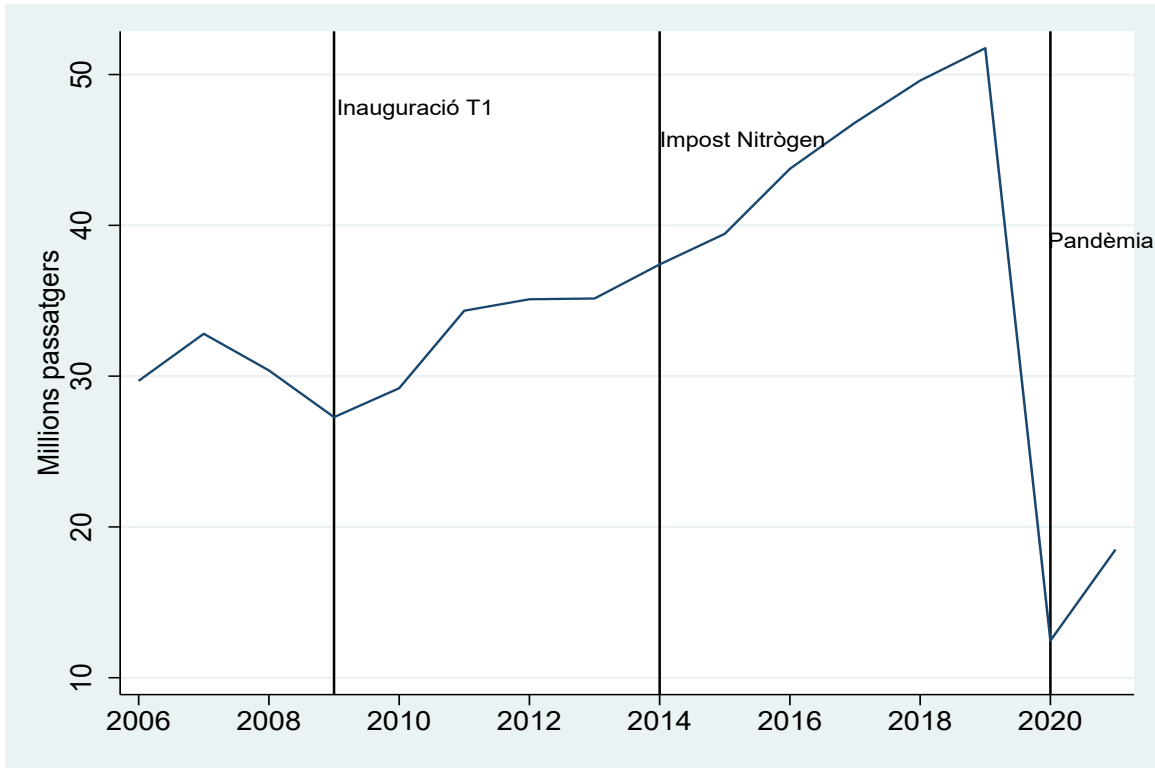
en connexió (Londres-Heathrow, Paris Charles de Gaulle, Frankfurt, Amsterdam i Madrid). Tenint en compte que el paper del tràfic de connexió a Barcelona és modest, podem afirmar que el de Barcelona va ser l'aeroport d'Europa amb més tràfic punt a punt, és a dir, l'aeroport amb major nombre de passatgers que tenen com o origen o destinació final el mateix aeroport. Evidentment, la pandèmia ha representat un xoc molt fort tot i que probablement es tracta d'un fet puntual ja que s'espera que al 2023 o 2024 el tràfic aeri recuperi els nivells que tenia abans de la pandèmia.

L'evolució del tràfic al Prat va ser negativa els anys 2008 i 2009, probablement com a resultat de dos factors. En primer lloc, la crisi financera global d'aquests anys que va tenir repercussions sobre el tràfic aeri en general. En segon lloc, l'aeroport es trobava en una situació de forta congestió ja que s'estava operant al límit de la seva capacitat operativa, amb freqüents retards i cancel·lacions de vols que limitava el seu creixement potencial.

El 16 de juny de 2009 s'inaugura la nova terminal del aeroport, l'anomenada T1, que juntament amb la segona pista paral·lela (que es va posar en marxa al 2004) va permetre augmentar la capacitat operativa de l'aeroport de 30 a 55 milions de passatgers anuals. Aquesta ampliació de la capacitat de l'aeroport va venir acompanyada de la progressiva marxa de Ryanair de Girona i Reus per anar concentrant operacions al Prat; Ryanair comença a operar-hi des de Setembre de 2010. Des del 2010, l'aeroport de Barcelona no ha deixat de créixer fins l'arribada de la pandèmia de la COVID. De fet, **el creixement del Prat s'accelera des del 2014 que és quan s'estableix l'impost al nitrogen**. En aquests anys, l'activitat econòmica ja està totalment recuperada de la crisi financera, Ryanair augmenta la seva aposta pel Prat i la ciutat de Barcelona es consolida com una de les principals destinacions turístiques d'Europa (al 2019, el Prat va ser l'aeroport europeu amb més vols de companyies aèries de baix cost).

Per tant **aquesta anàlisi descriptiva preliminar suggereix que l'impost no ha tingut efectes en el tràfic aeri, tot i que es necessari una anàlisi més detallada fent la comparació amb altres aeroports i tenint en compte simultàniament diferents factors que afecten al tràfic aeri.**

## Gràfic 6. Evolució anual del tràfic de l'aeroport de Barcelona



Nota: Tràfic anual de passatgers (en milions) a l'aeroport de Barcelona. Font: Eurostat

El gràfic 7 mostra la quota en percentatge sobre el tràfic total de les companyies aèries que operen al Prat. Les companyies aèries de baix cost representen el 70% del total, les companyies aèries de xarxa el 27% i altres aerolínies el 3%.<sup>5</sup> Com dèiem abans, l'aeroport de Barcelona és l'aeroport amb més vols operats per companyies aèries de baix cost i és l'aeroport que no és un hub d'una aerolínia de xarxa amb més tràfic de tota Europa. D'altra banda, el grup Iberia, incloent a Vueling, concentra el 45% del tràfic i les tres principals companyies aèries de baix cost, Ryanair, Easyjet i Norwegian, concentren entorn al

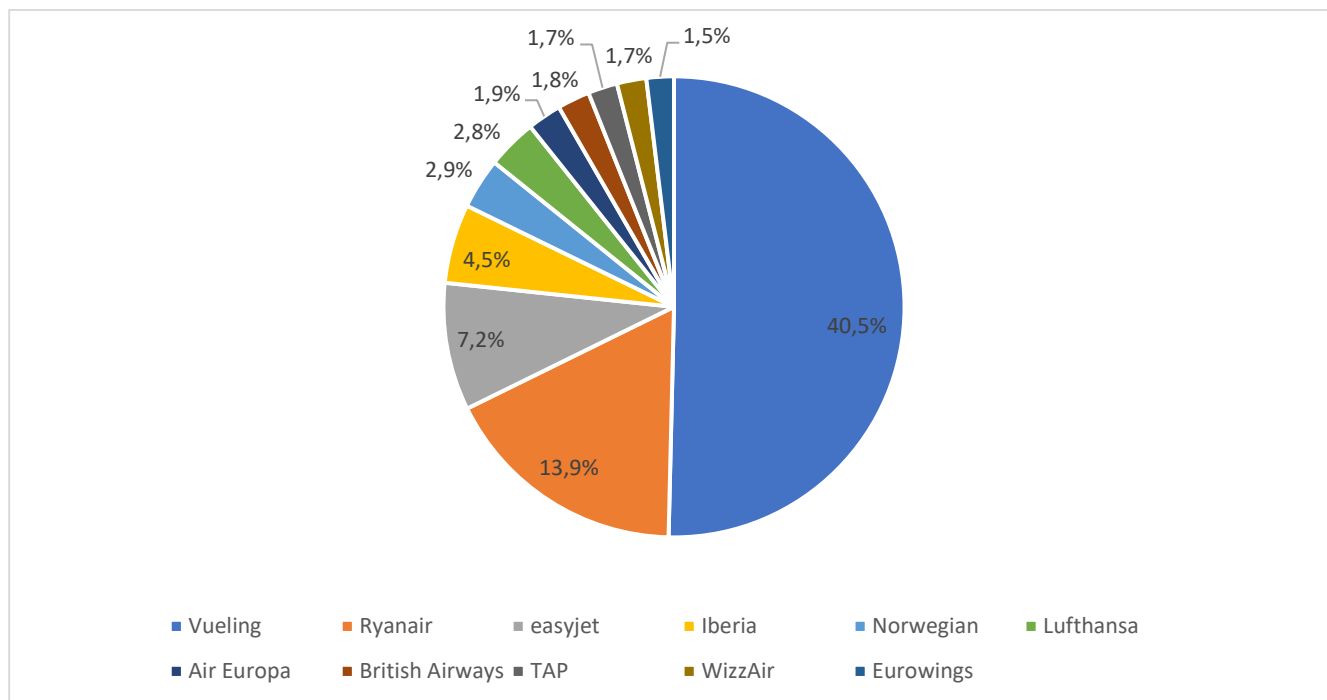
---

<sup>5</sup> El mercat de l'aviació a Europa està dominat per dos tipus diferents de companyies aèries. Les companyies aèries de xarxa, moltes de les quals antigues aerolínies de bandera, són companyies aèries integrades en una de les tres aliances globals (Oneworld, Star o SkyTeam). Operen en forma de xarxes radials i la majoria dels seus passatgers són passatgers de vols amb escala. En canvi, les companyies aèries de baix cost operen en rutes «punt a punt» i la majoria dels seus passatgers són viatgers sense escala. El capítol 5.1 del *Manual sobre la regulació del transport aeri internacional*, publicat per l'Organització de l'Aviació Civil Internacional (OACI), defineix una companyia aèria de baix cost com «una companyia aèria que té una estructura de cost relativament baix en relació amb altres companyies comparables i ofereix tarifes i taxes baixes». En funció d'aquests criteris, l'OACI ofereix una llista de companyies aèries de baix cost, que és la que utilitzem aquí per establir la nostra categoria d'aerolínies de baix cost.



24% del total. És important tenir en compte que les aerolínies de baix cost reaccionen de forma més intensa que les companyies aèries de xarxa a canvis en costos pel que un augment significatiu de taxes al Prat podria tenir un efecte important en el tràfic que operen aquestes companyies.

**Gràfic 7. Quota per companyia aèria a l'aeroport de Barcelona**

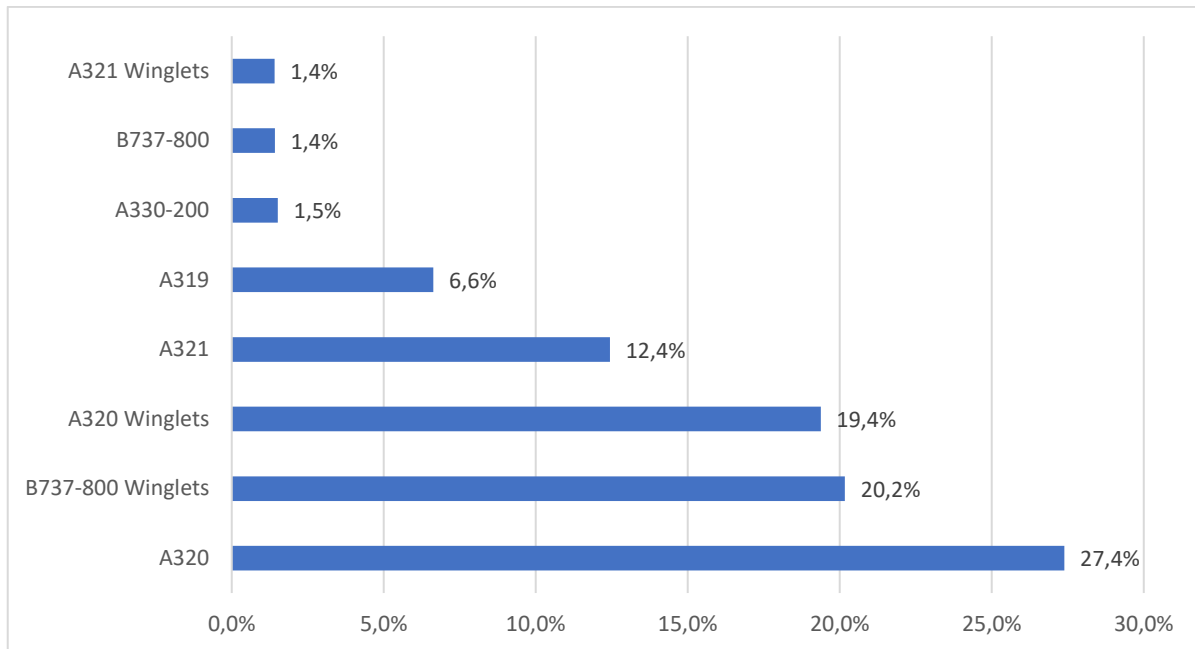


Nota: Les dades de quota fan referència al percentatge sobre el total de vols al 2019. Iberia inclou Air Nostrum, Level i CanaryFly. Font: RDC.

El gràfic 8 mostra la quota en percentatge sobre el total de vols per model d'avió a l'aeroport de Barcelona. Dues famílies d'avions, la de l'Airbus A320 i la del Boeing 737-800 Next Generation representen gran part del tràfic. En particular, la família Airbus A320 (A319, A320, A321) representa el 68% del total, i la del B737 Next Generation el 23%. Val a dir que els dos avions més populars, A320 i B737-800 tenen un pes similar i uns factors d'emissió de nitrogen similars. Aquest també és el cas en la majoria de grans aeroports europeus. En canvi, hi ha molta més variabilitat en el ús de l'aleta d'extremitat o winglets en aquests models d'avió. Així doncs, centrem l'anàlisi del impacte del impost del nitrogen sobre el tipus d'avió en el fet de si ha estimulat un augment de l'ús de l'aleta d'extremitat o winglets. L'impost estableix un descompte del 5% si s'utilitza winglets. Com veurem en la secció següent, la quantia de l'impost és molt petita i per les companyies aèries és molt menys costos introduir millores en

la flota d'avions ja existents com pot ser el winglet que no renovar la flota amb avions més nous i menys contaminants. Per tant, **l'únic possible efecte que podem esperar de l'impost al nitrogen sobre el tipus d'avió és l'estímul o no a l'ús de winglets.**

**Gràfic 8. Quota per model d'avió a l'aeroport de Barcelona**



Nota: Les dades de quota fan referència al percentatge sobre el total de vols al 2019. Font: RDC.

## **5. Impacte de l'impost al nitrogen: Diferències en diferències.**

Per avaluar l'efecte del impost al nitrogen, apliquem la lògica de diferències en diferències (DD), una metodologia comuna adoptada dins del marc de l'avaluació de polítiques (Angrist i Pischke, 2008). **La estimació de DD compara canvis en el grup de tractament arran de la política respecte a un grup de control no afectat per la política.** Per tant, l'estimació per DD exigeix tenir dades anteriors i posteriors a l'aplicació de la política, i dades que inclouen un subconjunt d'observacions afectades per la política (grup de tractament) i un subconjunt d'observacions no afectades per la política (grup de control).

La implementació de DD ens permet identificar la relació causal entre la variable d'interès (per exemple nombre de passatgers o emissions de nitrogen) i la política (impost al nitrogen) comparant els

canvis al grup de tractament respecte als canvis al grup de control després de l'aplicació de la política. Si el grup de control és un bon contrafactual del grup de tractament, l'evolució del grup de control ens permet predir què hagués passat al grup de tractament si no s'aplicava la política. Val a dir, que es pot concloure que **l'estimació de DD ens permet identificar un efecte causal només en el cas de que es compleixi el supòsit de tendències paral·leles**. És a dir, abans de la implementació de la política el grup de control i tractament haurien d'haver seguit una tendència similar respecte a la variable de interès.

Comptem amb dades mensuals del 2006 al 2021 de tots els vols d'aeroports europeus. Centrem l'atenció en el període 2006-2019 perquè el xoc de la pandèmia és massa fort com per poder identificar altres efectes que no siguin els de la pròpia pandèmia en el 2020 i 2021. D'altra banda, l'anàlisi se centra en aeroports del Espai Econòmic Europeu per poder descartar l'efecte del mercat europeu d'emissions que s'aplica a vols dintre l'Espai Econòmic Europeu des del 2013. És a dir, tots els aeroports de la mostra estan igualment afectats pel mercat d'emissions pel que no hauria d'haver efectes relacionats amb aquest mercat. Això implica, per exemple, que Suïssa no s'inclouï en l'anàlisi. Ni tampoc els aeroports de Canàries perquè per la seva condició perifèrica estan exclosos del mercat d'emissions. A més, també excloem països que han aplicat taxes per passatger amb finalitats mediambientals en anys propers al 2014 per tal de també descartar els efectes relacionats amb aquesta política. Això implica excloure Alemanya i Àustria que van imposar la taxa al 2011, Noruega que la va imposar al 2016 i Suècia que la va imposar al 2018. A més, Irlanda va treure la taxa al 2014.

Pel que fa a les taxes relacionades amb les emissions, aquestes s'apliquen als aeroports d'Alemanya, Suècia, Suïssa, Noruega i els aeroports de Londres i Copenhaga. Com dèiem en el paràgraf anterior, els aeroports d'Alemanya, Suècia, i Noruega no els considerem en les estimacions perquè han aplicat taxes per passatgers en un període recent, mentre que els aeroports de Suïssa queden exclosos perquè no es veuen afectats pel mercat d'emissions de CO<sub>2</sub>. En el cas dels aeroports de Londres, les taxes relacionades amb les emissions s'apliquen des de 2004, un període prou llunyà com per esperar que tinguin efecte en les regressions. Copenhaga és l'únic cas on la taxa relacionada amb les emissions s'implementa en un període relativament recent, al any 2010. Tanmateix, com que la taxa s'aplica seguint el criteri de neutralitat d'ingressos de l'aeroport, no hauria d'afectar al número de vols o passatgers tot i que sí podria tenir efectes en termes del tipus d'avió utilitzat. Per tant, Copenhaga queda exclòs de la mostra en les regressions que se centren en el volum total de nitrogen o tipus d'avió utilitzat.

D'altra banda, també exclouem de l'anàlisi aeroports amb menys de 10 milions de passatgers a l'any ja que donada la magnitud de tràfic de l'aeroport de Barcelona aquestes aeroports petits no són un bon contrafactual.

L'execució del model de DD es duu a terme mitjançant l'estimació economètrica de la següent Equació [1] per l'aeroport  $i$  en el mes  $m$  i any  $t$ :

$$\log(Y)_{imt} = \alpha + \beta \text{Impost\_nitrogen}_{imt} + \lambda X_{it} + \gamma_i + \eta_t + \nu_m + \varepsilon_{imt} \quad [1]$$

Considerem diferents variables dependents ( $Y$ ). En primer lloc, el volum total de tràfic mesurat amb el nombre total de passatgers que proporciona Eurostat. D'altra banda, RDC Aviation proporciona dades del total de vols i seients per tipus d'avió. Això ens permet considerar les següents variables dependents: seients, vols, mida de l'avió i quota en termes del percentatge total de vols que representen els avions amb aleta d'extremitat. A més, l'Agència Europea del Medi Ambient proporciona els factors d'emissió de nitrogen per avions de més de 100 seients de manera que també podem calcular de forma aproximada el total d'emissions de nitrogen.

La variable principal de l'equació [1] és la que fa referència a l'impost al nitrogen. És una variable binària que pren el valor 1 per l'aeroport de Barcelona des de 2014. Si el coeficient associat a aquesta variable és negatiu i estadísticament significatiu, trobaríem evidència de que l'impost ha comportat una reducció de la variable d'interès en el grup de tractament (Barcelona) respecte al grup de control (aeroports de més de 10 milions de passatgers a l'any).

Com a variables explicatives de control ( $X$ ), es consideren els dos factors que més efectes tenen sobre la demanda de vols i per tant també sobre la oferta. Considerem la població i la renda per càpita de la regió de referència. Aquesta informació ha estat extreta d'Eurostat que proporciona les dades a nivell de NUTS 3, que pel cas espanyol equival a les províncies.

A més, incloem efectes fixes de mes ( $\nu_m$ ) per capturar efectes estacionals en la mesura que a l'estiu hi ha més tràfic aeri que a l'hivern. També incloem efectes fixes d'any ( $\eta_t$ ) per controlar xocs que poden ser comuns per a tots els aeroports. I sobretot considerem efectes fixes d'aeroport ( $\gamma_i$ ) que permet capturar tots aquells factors no observables que no varien en el temps  $\gamma_i$ . Cal tenir en compte a més que apliquem clústers a nivell d'aeroport de manera que tenim en compte possibles problemes d'autocorrelació i heterocedasticitat.

La taula 3 mostra els resultats de l'estimació de l'equació 1 en la que considerem com a grup de control aeroports europeus de més de 10 milions de passatgers a l'any. És oportú mencionar aquí que la capacitat explicativa del model és molt gran, de manera que no sembla que hi hagi xocs no observables que afectin de forma rellevant la nostra anàlisi.

**Trobem que el tràfic i les emissions de nitrogen augmenten en un 10% a l'aeroport de Barcelona en relació al grup de control des del 2014, tot i que la significació estadística és modesta. En canvi, no trobem diferències significatives en termes de seients, vols o la quota d'avions que usen aleta d'extremitat. L'únic efecte que és estadísticament significatiu al 1% és la mida de l'avió que augmenta de forma significativa a Barcelona respecte a altres aeroports europeus. L'augment de la mida de l'avió podria explicar augments de tràfic i de nitrogen tot i no haver canvis significatius en número de vols. Una possible explicació d'aquest resultat, més que relacionar-se amb l'impost, és la creixent dificultat que tenen les companyies aèries per operar al Prat. Al 2019, el tràfic operat estava al límit de la capacitat operativa màxima i l'operativa de vols està molt condicionada pel fet de que les pistes funcionen de forma segregada.<sup>6</sup> En aquest context, les companyies aèries poden tenir incentius a augmentar l'oferta amb avions més grans més que no pas amb més vols.**

**Taula 3. Impacte de l'impost al nitrogen (Aeroports europeus amb més de 10.000 milions passatgers a l'any: 2006-2019)**

VARIABLES	(1) Tràfic	(2) Seients	(3) Vols	(5) Nitrogen	(4) Mida avió	(6) Quota aleta extremitat
Impost	0.108* (0.0542)	0.0796 (0.0468)	0.0212 (0.0492)	0.113** (0.0429)	0.0546*** (0.0104)	0.238 (0.442)
Constant	11.43 (9.819)	5.549 (9.142)	3.290 (9.021)	-0.399 (9.745)	4.267 (3.961)	39.39 (106.1)
Observacions	3,274	3,276	3,276	3,120	3,120	3,120
R <sup>2</sup>	0.942	0.945	0.927	0.963	0.948	0.549
Controls	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes aeroport	SI	SI	SI	SI	SI	SI

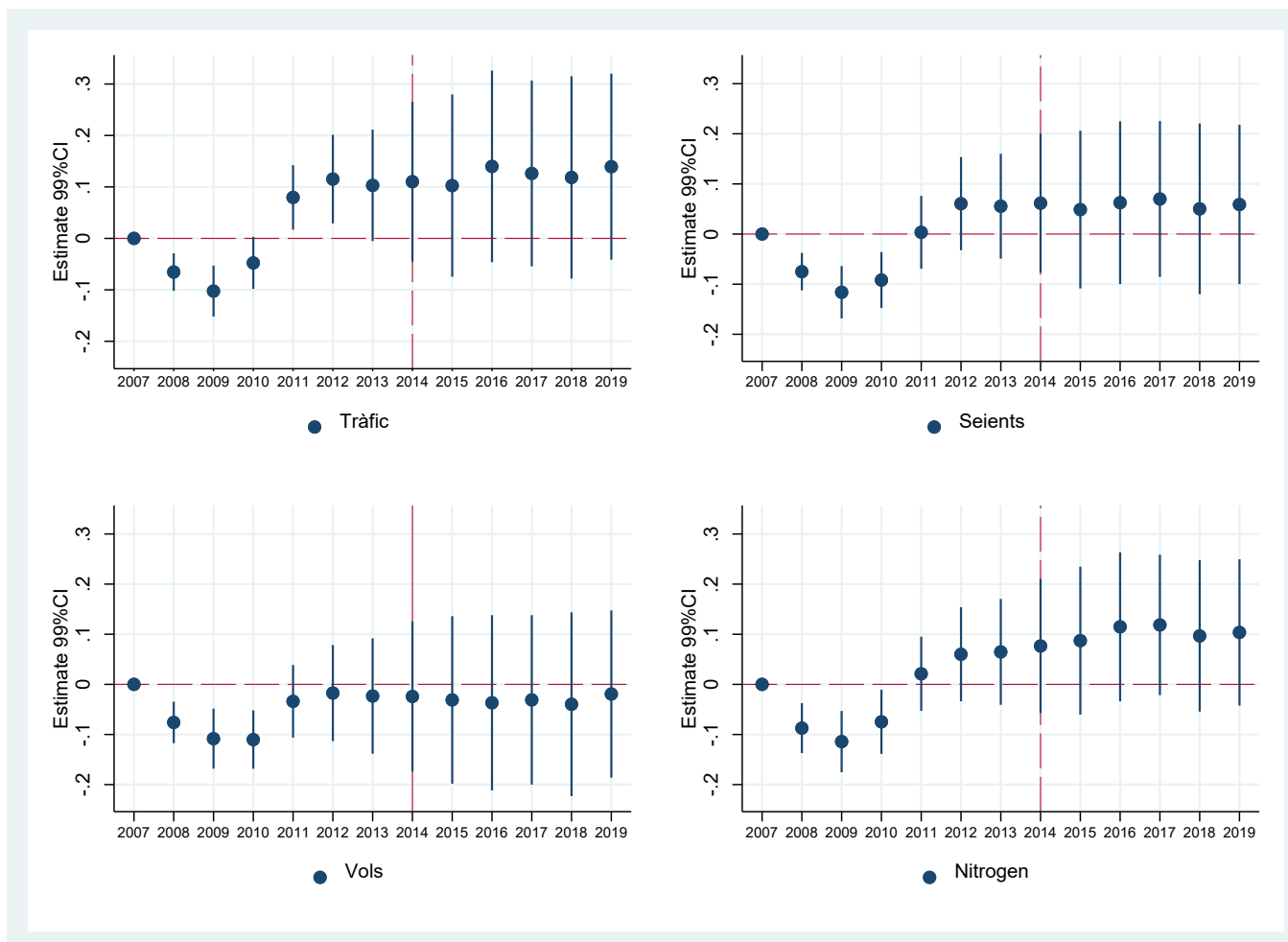
<sup>6</sup> El sistema de pistes al Prat funciona de forma segregada per tipus d'operació. La pista llarga s'utilitza per a aterratges i la pista curta per enlairaments girant cap al mar. El pas cap a un model on les dues pistes paral·leles operin de forma independent (amb aterratges i enlairaments de les dues) topa amb la forta oposició dels residents a llocs propers a l'aeroport com ara Gavà mar o Castelldefels

Efectes fixes any i mes	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Clústers	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport

Nota: Errors Standard en parèntesi \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

El gràfic 9 mostra la dinàmica temporal de Barcelona respecte al grup de control. Aquest gràfic en particular mostra els resultats de l'estimació de l'equació 1 però considerant com a variable explicativa principal la interacció entre Barcelona i cada un dels anys de la mostra. En aquest sentit, un dels supòsits principals del DD és la existència de tendències paral·leles. El gràfics mostren que la forta congestió en els anys inicials del període considerat i el xoc que representa la nova T1 i l'arribada de Ryanair pot condicionar els resultats ja que el comportament de Barcelona respecte al grup de control és diferent en el període 2007-2010. Tanmateix, no s'observen diferències remarcables en els anys just abans de l'aplicació de l'impost i en els anys posteriors. En qualsevol cas, el fet que no es compleixi el supòsit de tendències paral·leles implica que no podem concloure que el resultat d'aquesta estimació identifiqui un efecte causal de la política.

### Gràfic 9. Comparació Barcelona respecte altres aeroports europeus grans



Nota: Aquest gràfic mostra el coeficient estimat en les regressions en base a la equació (1) que identifica les diferències entre Barcelona i aeroports de control any per any.

La taula 4 replica l’anàlisi de la taula 3 però considerant el període 2011-2019 per tenir en compte la possible distorsió derivada de l’ampliació del Prat al 2009. De fet, l’efecte pel tràfic i nitrogen deixa de ser significatiu i només es manté l’augment de la mida dels avions tot i que el coeficient és de menor magnitud.

**Taula 4. Impacte de l'impost al nitrogen (Aeroports europeus amb més de 10.000 milions passatgers a l'any: 2011-2019)**

VARIABLES	(1) Tràfic	(2) Scients	(3) Vols	(4) Nitrogen	(5) Mida avió	(6) Quota aleta extremitat
Impost	0.0306 (0.0448)	0.0126 (0.0400)	-0.00706 (0.0394)	0.0571 (0.0365)	0.0178** (0.00672)	0.240 (0.470)
Constant	8.257 (10.37)	6.000 (9.494)	1.935 (9.321)	-4.533 (10.10)	5.438 (3.519)	75.52 (137.2)
Observacions	2,266	2,268	2,268	2,160	2,160	2,160
R <sup>2</sup>	0.941	0.945	0.930	0.961	0.950	0.584
Controls	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes aeroport	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes any i mes	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Clústers	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport

Nota: Errors Standard en parèntesi \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Les taules 5 i 6 i el gràfic 10 repliquen l'anàlisi anterior però centrat en aeroports espanyols de més de 10 milions de passatgers. També considerem tot el període i el sub-període 2011-2019 per tenir en compte la possible distorsió derivada de l'ampliació del Prat al 2009. Els resultats són similars als que trobem quan el grup de control són els aeroports europeus. Si de cas, les diferències són menors. Si considerem tota la mostra, l'únic efecte significatiu (de forma modesta) és l'augment de la mida de l'avió. Quan considerem el període 2011-2019 no trobem efectes significatius per a cap variable d'interès. Val a dir que l'anàlisi gràfica mostra una tendència prèvia de creixement més alt a l'aeroport de Barcelona. Per tant, l'augment relatiu de tràfic i emissions al Prat des del 2014 (tot i que no estadísticament significatiu) pot estar més relacionat amb una tendència que venia d'abans de créixer més que altres aeroports espanyols grans que no pas amb un efecte causal que tingui relació amb l'impost (que en tot cas hauria de comportar créixer menys en termes relatius que el grup de control).



**Taula 5. Impacte del impost al nitrogen (Aeroports Espanya amb més de 10.000 milions passatgers a l'any: 2006-2019)**

VARIABLES	(1) Tràfic	(2) Seients	(3) Vols	(4) Nitrogen	(5) Mida avió	(6) Quota aleta extremitat
Impost	0.146 (0.104)	0.158 (0.121)	0.105 (0.140)	0.170 (0.113)	0.0521* (0.0221)	-0.659 (0.755)
Constant	24.39 (21.36)	-0.432 (22.67)	-29.63 (26.58)	3.594 (21.42)	29.20** (6.971)	551.9** (173.4)
Observacions	624	624	624	624	624	624
R <sup>2</sup>	0.883	0.903	0.912	0.920	0.850	0.600
Controls	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes aeroport	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes any i mes	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Clústers	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport

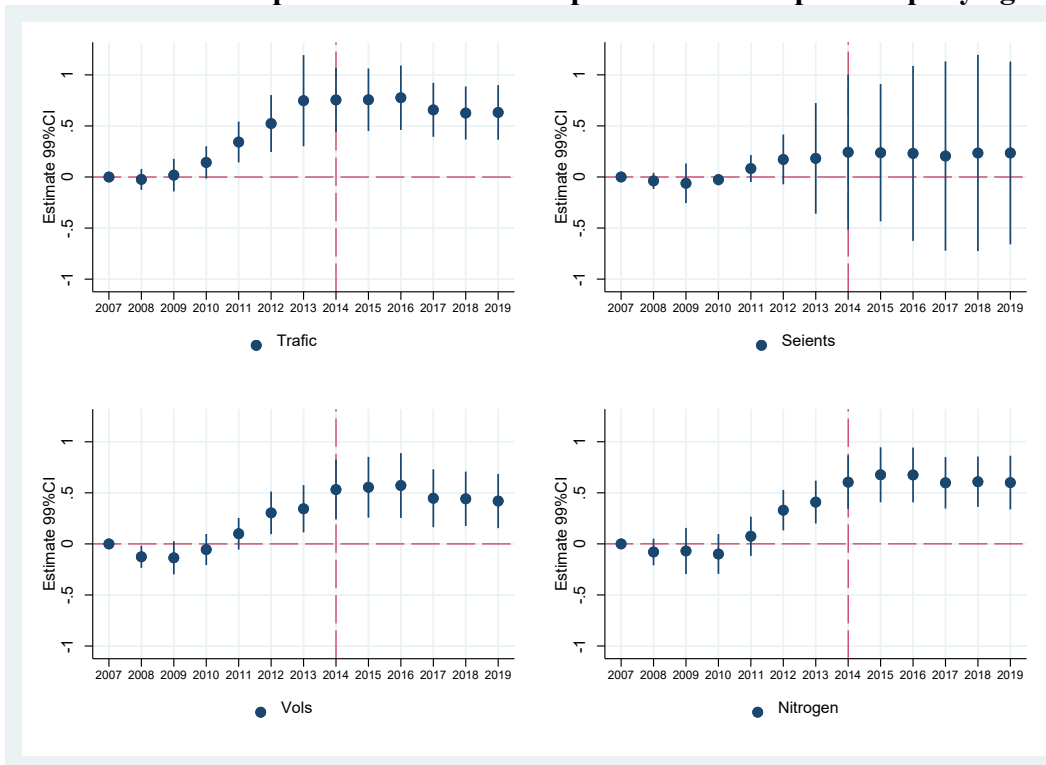
Nota: Errors Standard en parèntesi \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Taula 6. Impacte del impost al nitrogen (Aeroports Espanya amb més de 10.000 milions passatgers a l'any: 2011-2019)**

VARIABLES	(1) Tràfic	(2) Seients	(3) Vols	(4) Nitrogen	(5) Mida avió	(6) Quota aleta extremitat
Impost	0.0434 (0.0582)	0.0718 (0.0821)	0.0453 (0.105)	0.0919 (0.0845)	0.0265 (0.0225)	-1.023 (0.838)
Constant	20.10 (13.37)	-4.499 (17.84)	-32.62 (24.92)	1.678 (19.17)	28.12** (8.377)	957.1** (283.7)
Observacions	432	432	432	432	432	432
R <sup>2</sup>	0.878	0.897	0.904	0.915	0.797	0.651
Controls	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes aeroport	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectes fixes any i mes	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Clústers	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport	Aeroport

Nota: Errors Standard en parèntesi \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Gràfic 10. Comparació Barcelona respecte altres aeroports Espanya grans**



Nota: Aquest gràfic mostra el coeficient estimat en les regressions en base a la equació (1) que identifica les diferències entre Barcelona i aeroports de control any per any.

**En resum, no trobem evidències de que l'impost al nitrogen hagi tingut efectes significatius sobre el tràfic de passatgers, l'oferta de vols, les emissions de nitrogen o el tipus d'avió.** L'evolució d'aquestes variables sembla que ha estat més condicionada per altres factors com ara canvis en la demanda degut a la conjuntura econòmica o a l'atractiu de Barcelona com a destinació turística o canvis en l'oferta com la inauguració de la T1, l'arribada de Ryanair al Prat o la congestió que pateixen les companyies aèries (i passatgers) en alguns dels anys del període considerat. En aquest sentit, cal destacar que **els resultats específics sobre l'impacte del impost poden patir algun tipus de biaix, ja que sembla que estan capturant altres factors idiosincràtics de l'aeroport de Barcelona.** Això pot explicar perquè l'impacte de l'impost surt positiu en algunes regressions. És a dir, no trobem evidències causals de cap impacte significatiu del impost en les variables analitzades.

Hi ha evidències de que les polítiques mediambientals en l'aviació poden tenir efectes significatius sobre l'oferta de vols i les emissions. No obstant, quan s'ha comprovat aquest efecte positiu el cost

addicional de la política en qüestió és molt més alt que no pas el que representa actualment l'impost al nitrogen a Catalunya

## **6. Impacte de l'impost al nitrogen: Mètode de control sintètic**

En aquesta secció refinem l'avaluació duta a terme anteriorment mitjançant la construcció d'un grup de control més precís amb el propòsit que aquest grup de control sigui un bon contrafactual del que hauria passat a l'aeroport de Barcelona de no haver-se implementat l'impost al nitrogen.

**La metodologia del control sintètic es basa en identificar l'impacte d'una política o xoc en una unitat d'observació (unitat tractada), construint un control perfecte que reproduïxi les característiques principals de la unitat tractada abans de la política/xoc.** Aquest control perfecte es construeix a partir d'una mostra de diversos aeroports, dels quals el control sintètic agafa diferents pesos d'alguns aeroports o de tots de manera que amb la suma d'aquestes parts es reproduïx el comportament de la unitat tractada abans de la política/xoc. El control sintètic mostra quina és l'evolució que hagués tingut la unitat tractada sense tractament, i així, permet identificar l'impacte de la política.

Per a identificar l'impacte sobre les emissions de nitrogen, nombre de passatgers i nombres de vols de l'impost cobrat a les aerolínies que operen al Prat des de 2014, seguint a Boverly (2019), es construeix el control per a l'aeroport del Prat tenint en compte dues mostres diferents, per a comprovar la robustesa dels resultats. La primera, considera com a possibles controls tots els aeroports espanyols amb tràfic comercial en tot el període considerat, per la proximitat al cas d'estudi, tenint 27 aeroports aquestes característiques. La segona, considera com a possibles controls als aeroports de més de més de 10 milions de passatgers a l'any de l'espai econòmic europeu, i que no han implementat una taxa per passatger durant el període d'anàlisi. En total, la mostra europea té 18 d'aeroports. Tots ells estan subjectes a l'ETS, amb la qual cosa s'evita que la identificació de l'impacte de l'impost al NOx al Prat estigui esbiaixada per a l'ocurrència de l'ETS des de 2013. Així mateix, les dues mostres d'aeroports comparteixen una evolució macroeconòmica i política comuna amb l'aeroport del Prat.

Les variables que s'utilitzen per a conformar el control sintètic són les mateixes variables de control que s'inclouen en l'anàlisi de la secció anterior: població i renda de la regió on es localitzen els aeroports. També s'inclou la quota de les companyies aèries de baix cost en termes de proporció de vols sobre el total. A més, s'inclouen les mateixes variables del que es vol mesurar l'efecte; emissions de nitrogen, nombre de passatgers, nombre de vols i tipus d'avió. Per a les variables població, renda i quota de les

companyies aèries de baix cost, es demana que el control tingui una mitjana semblant a Barcelona els anys abans de l'impost (2006 a 2013). Per a les variables que es vol mesurar, es demana que siguin iguals els anys 2006, 2009 i 2013, donat que el Prat va tenir una ampliació a l'any 2010. Així mateix, es verifica que els resultats no varien si s'agafen tots els anys previs a l'impost (2006-2013). Es presenten els resultats a continuació

### **Mostra aeroports espanyols**

#### 1. Nitrogen

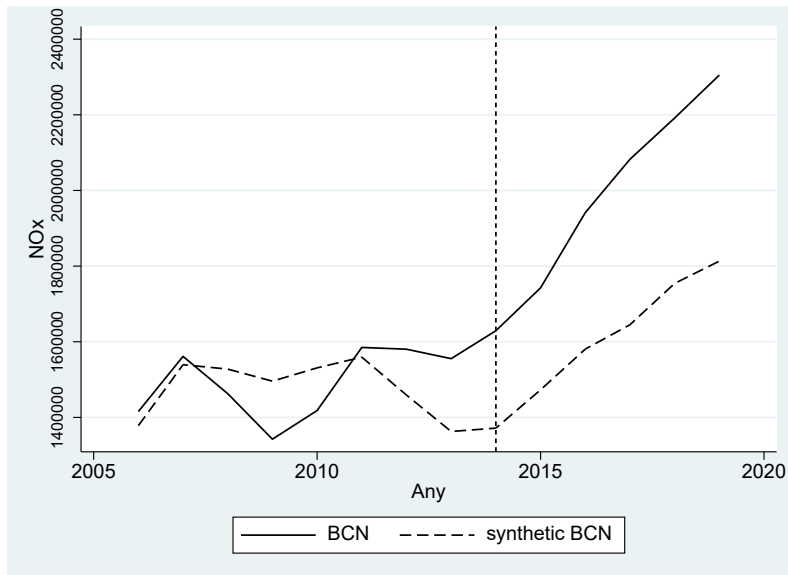
El sintètic per a Barcelona, amb la mostra de controls d'Espanya, està conformat per a Madrid (0.388) i Palma de Mallorca (0.612). Es tracta dels dos únics aeroports d'Espanya amb volums de tràfic comparables als del Prat, en el cas de Madrid per sobre i en el cas de Palma de Mallorca per sota. Però és la variable dependent la que determina en gran mesura la composició del control sintètic. A la taula següent es presenten les característiques de Barcelona, del control sintètic i de tota la mostra d'aeroports espanyols. Com es pot observar, el control reproduceix més properament l'evolució del nitrogen al Prat, que el total de la mostra

**Taula 7. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a nitrogen.**

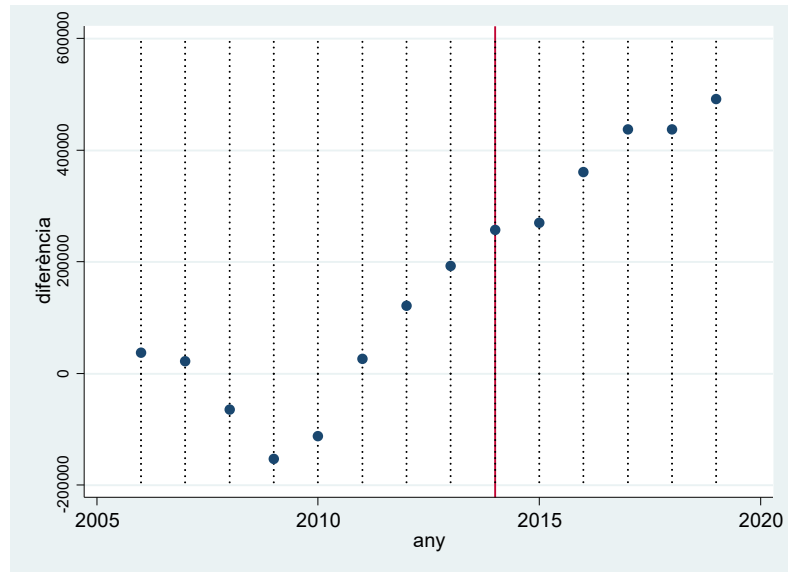
	<b>Barcelona (real)</b>	<b>Barcelona (sintètic)</b>	<b>Tota la mostra</b>
<b>Població</b>	5.457.143	2.965.555	1.320.601
<b>Renda</b>	30.850	30.850	30.844
<b>Quota baix cost</b>	0,3629872	0,243602	0,3259872
<b>NOx 2006</b>	1.415.479	1.378.198	2.431.40,5
<b>NOx 2009</b>	1.342.473	1.495.850	2.576.66,7
<b>NOx 2013</b>	1.555.328	1.362.902	2.430.74,9

Al gràfic següent es poden observar les evolucions del Prat i el seu control al panell a, i l'evolució de la diferència entre les emissions de nitrogen al Prat i al control sintètic en el panell b. Com es pot observar al panell a, **no es verifica una reducció de les emissions de nitrogen al Prat des de l'aplicació de l'impost**. Tanmateix, al panell b, es veu que la diferència es redueix al 2015, per tornar a pujar, amb un augment de les emissions al Prat més pronunciada que en el cas del control des de l'any 2016.

**Gràfic 11. Evolució del nitrogen al Prat i al control sintètic espanyol.**



**a**



**b**

## 2. Passatgers

El control sintètic del Prat per a passatgers està conformat per Madrid (0.353) i Palma de Mallorca (0.647). A la taula següent es presenten les característiques del Prat, del control sintètic, i, de tota la mostra.

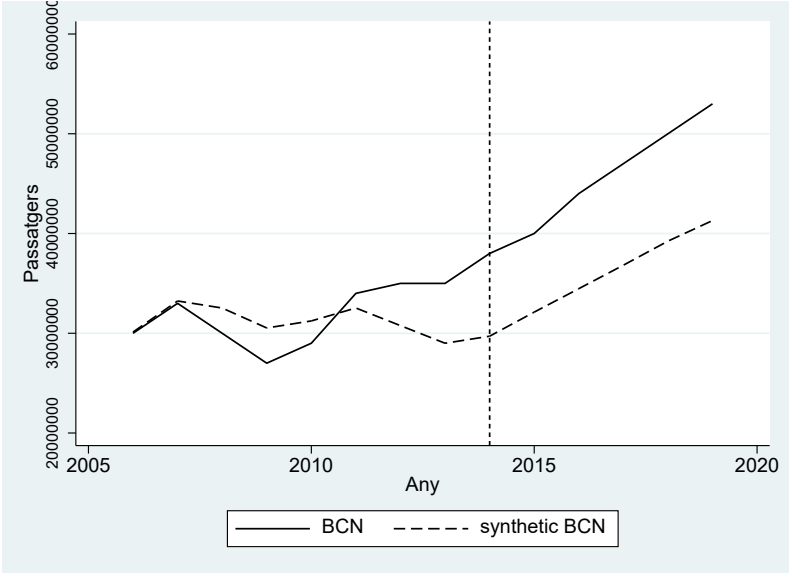
**Taula 8. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a passatgers.**

	<b>Barcelona (real)</b>	<b>Barcelona (sintètic)</b>	<b>Tota la mostra</b>
<b>Població</b>	5.457.143	2.774.042	1.320.601
<b>Renda</b>	30.850	30.850	30.844
<b>Quota baix cost</b>	0,3629872	0,2497043	0,3259872
<b>Passatgers 2006</b>	30.000.000	30.119.000	5.520.382
<b>Passatgers 2009</b>	27.000.000	30.531.000	5.506.541
<b>Passatgers 2013</b>	35.000.000	29.001.000	5.452.015

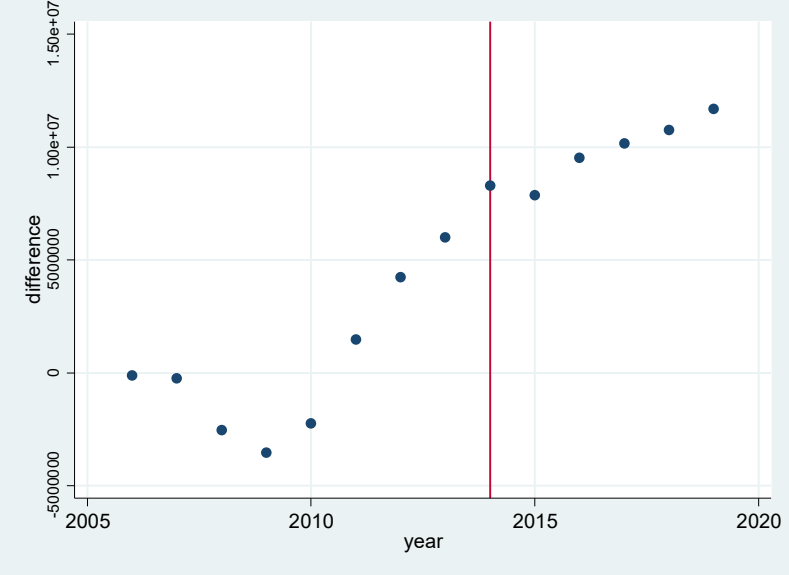
Nota: El programa Stata que s'ha fet servir per les estimacions arrodoneix els números grans.

Respecte als efectes de l'impost de nitrogen al Prat, al panell a del gràfic 11, **no es pot observar cap reducció al nombre de passatgers des de la seva imposició**. Contràriament, des de 2016 s'observa un augment més fort del nombre de passatgers al Prat, respecte al seu control. Si s'observa la diferència en passatgers entre el Prat i el control (panell b), es veu que, novament, hi ha una disminució de la diferència a l'any 2015, que després torna a créixer.

**Gràfic 12. Evolució del nombre de passatgers anual al Prat i al control sintètic espanyol**



**a**



**b**

### 3. Nombre de vols

Respecte al control sintètic, els Madrid i Palma de Mallorca tornen a ser els utilitzats per a construir el control, amb una participació de 0.509 i 0.491, respectivament. Com es pot observar, el control reproduceix molt properament el nombre de vols abans de la imposició de l'impost.

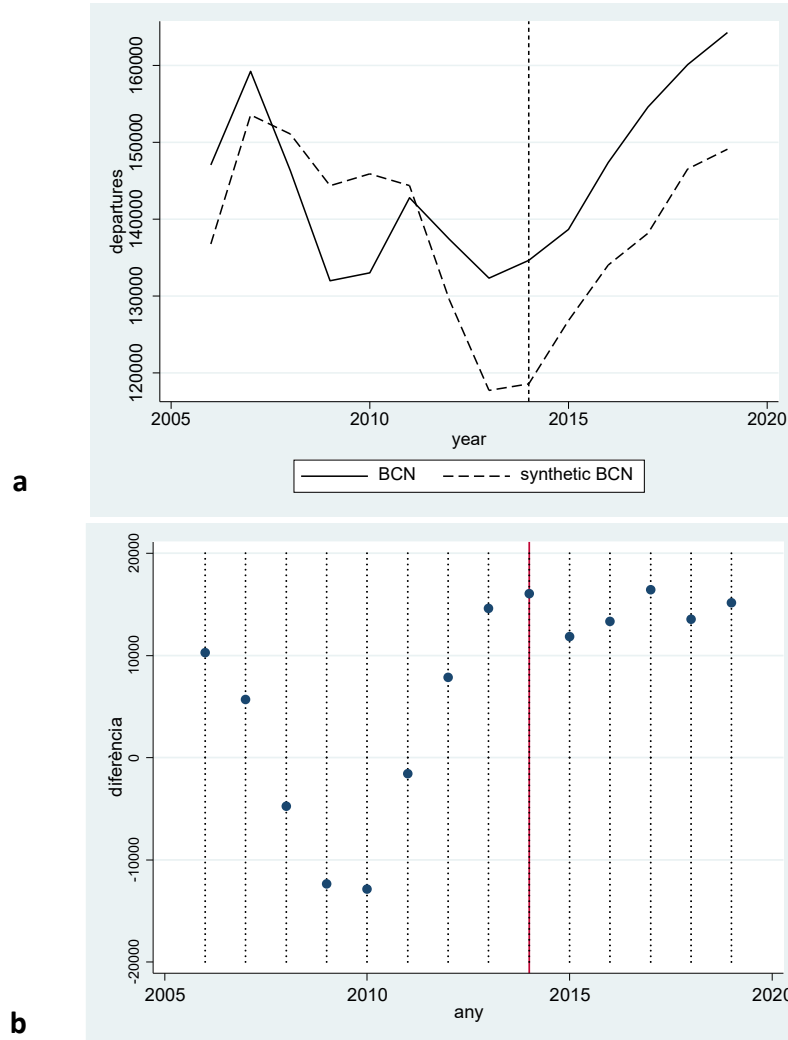
**Taula 9. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a nombre de vols.**

	<b>Barcelona (real)</b>	<b>Barcelona (sintètic)</b>	<b>Tota la mostra</b>
<b>Població</b>	5.457.143	2.774.042	1.320.601
<b>Renda</b>	30.850	30.850	30.844
<b>Quota baix cost</b>	0,3629872	0,2497043	0,3259872
<b>N. de vols 2006</b>	147.058	136.772,9	24.472,61
<b>N. de vols 2009</b>	131.989	144.353,5	24.726,5
<b>N. de vols 2013</b>	132.329	117.723,4	21.064,57

Respecte als efectes, es presenten les evolucions de nombre de vols de Barcelona i del seu control sintètic al panell a del gràfic següent, i, 'evolució de la diferència al panell b. Com s'observa al panell a, hi ha una tendència creixent del nombre de vols des de 2014 endavant. Tanmateix, al 2015, d'acord al panell b, disminueix la diferència del Prat amb el seu control, però torna a créixer a l'any 2016 i 2017.



**Gràfic 13. Evolució del nombre de vols anual al Prat i al control sintètic espanyol**



## Mostra aeroports europeus

### 1. Nitrogen

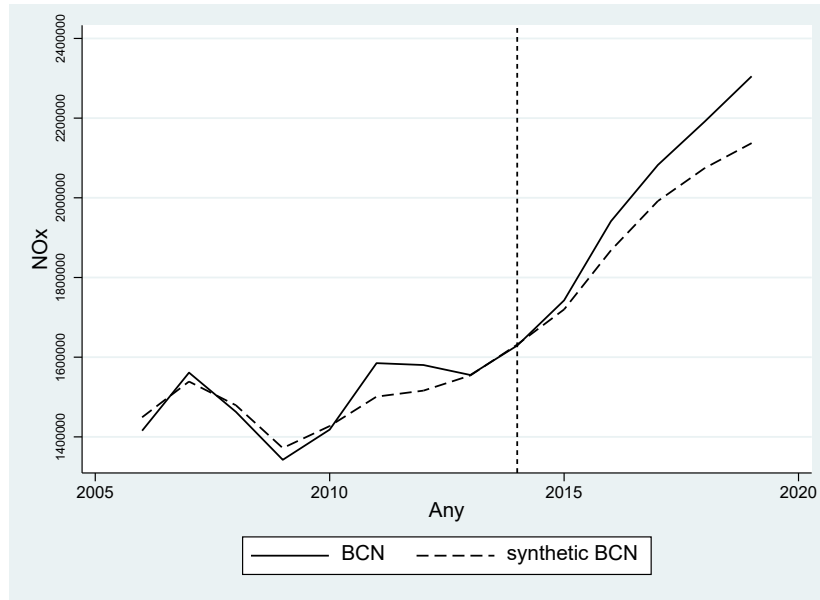
El control sintètic de Barcelona per al Nitrogen està conformat per Amsterdam (0.228), Londres Gatwick (0.46), Lisboa (0.256), Manchester (0.019) i Paris Orly (0.036). Com en el cas dels aeroports espanyols, el control sintètic només inclou aeroports amb volums de tràfic comparables als de Barcelona. No obstant, cal destacar que el fet de comptar amb més aeroports similars que no en el cas d'Espanya, fa millorar la precisió en la construcció del control sintètic. Com es pot veure en la taula següent, el control reproduceix molt properament el nitrogen abans de la imposició de l'impost al Prat.

**Taula 10. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a nitrogen. Mostra europea.**

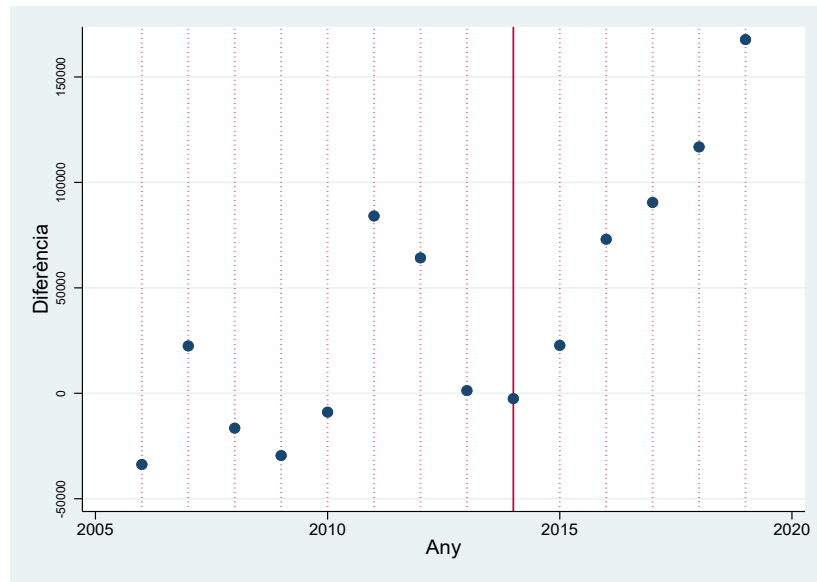
	<b>Barcelona (real)</b>	<b>Barcelona (sintètic)</b>	<b>Tota la mostra</b>
<b>Població</b>	5.457.143	5.450.501	4.385.332
<b>Renda</b>	30.850	40.387,63	36.743,03
<b>Quota baix cost</b>	0,3629872	0,2586986	0.245561
<b>NOx 2006</b>	1.415.479	1.449.229	1.384.236
<b>NOx 2009</b>	1.342.473	1.371.980	1.387.152
<b>NOx 2013</b>	1.555.328	1.554.041	1.456.131

Respecte als efectes de l'impost a l'evolució del nitrogen novament es presenten les evolucions del Prat i del control sintètic (panell a), i l'evolució de la diferència entre ambdues (panell b). **Per a la mostra europea, no s'observa cap impacte de la imposició de l'impost.** Com es pot observar al gràfic següent, a partir de l'aplicació de l'impost, les emissions de nitrogen augmenten més al Prat que al seu control, contràriament als efectes esperats d'una política d'augment de taxes. La diferència, doncs, també mostra una tendència creixent.

**Gràfic 14. Evolució del nitrogen al Prat i al control sintètic europeu.**



**a**



**b**

## 2. Nombre de passatgers

El control sintètic europeu per a nombre de passatgers està conformat per els aeroports d'Amsterdam (0.566), Milà (0.032) i Varsòvia (0.402). Com es pot observar a la següent taula, la mostra d'aeroports que fan de control sintètic del Prat, reproduïxen molt properament el nombre de passatgers abans de 2014.

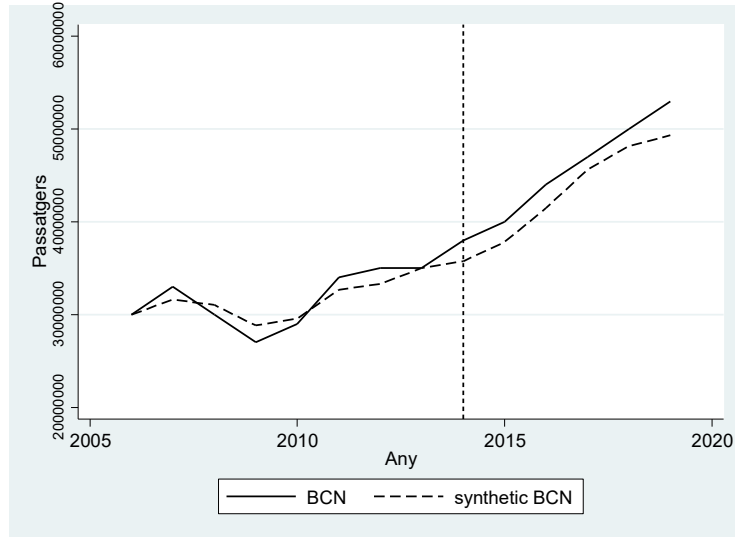
**Taula 11. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a passatgers. Mostra europea.**

	<b>Barcelona (real)</b>	<b>Barcelona (sintètic)</b>	<b>Tota la mostra</b>
<b>Població</b>	5457143	2283800	4093714
<b>Renda</b>	30850	36053.45	38841.03
<b>Quota baix cost</b>	0.3629872	0.1138271	0.1944727
<b>Passatgers 2006</b>	30.000.000	29.996.200	26.117.647
<b>Passatgers 2009</b>	27.000.000	28.816.600	25.294.117
<b>Passatgers 2013</b>	35.000.000	34.996.000	27.882.352

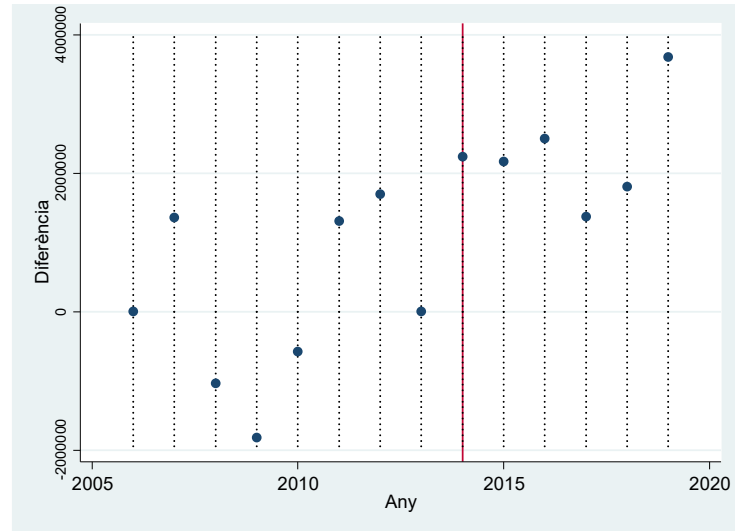
Nota: El programa Stata que s'ha fet servir per les estimacions arrodoneix els números grans.

Respecte als resultats obtinguts de l'efecte de la política d'imposició de l'impost al Prat, es pot veure al gràfic 14 que al 2015, es redueix mínimament la diferència entre el Prat i el seu control, tot que torna a pujar al 2016, i novament decreix al 2017, el que fa pensar que la disminució no està relacionada amb la política sota estudi.

**Gràfic 15. Evolució del nombre de passatgers al Prat i al control sintètic europeu.**



**a**



**b**

### 3. Nombre de vols, mostra europea

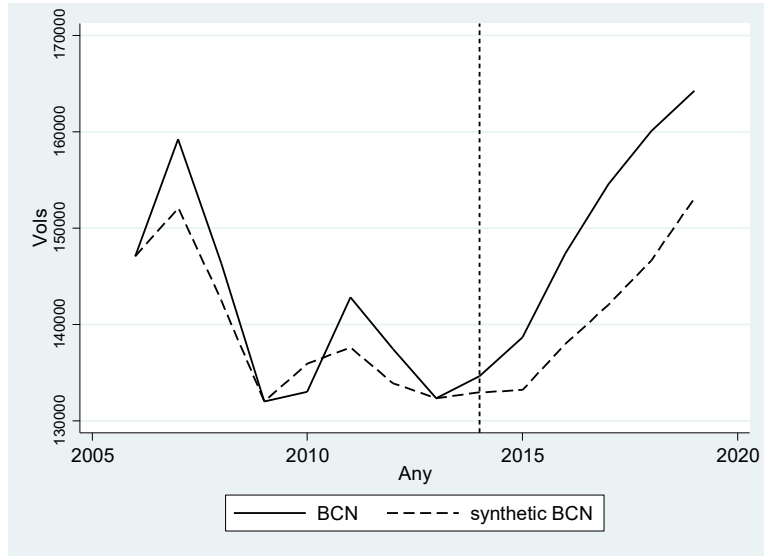
El control sintètic respecte a nombre de vols per a la mostra d'aeroports europeus està conformat per l'aeroport d'Amsterdam (0.133), Londres Heathrow (0.229), Milà (0.403), Paris Orly (0.153), i, Varsòvia (0.082). En aquest cas, tal i com mostra la taula 12, el nombre de passatgers abans de l'impost és quasi idèntic entre El Prat i el seu control.

**Taula 12. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a passatgers.**

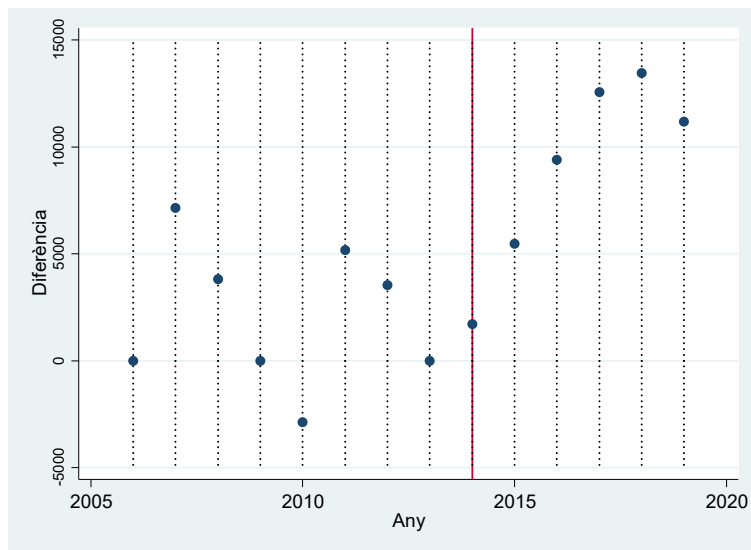
	Barcelona (real)	Barcelona (sintètic)	Tota la mostra
Població	5.457.143	5.378.829	4.093.714
Renda	30.850	39.684,92	38.841,03
Quota baix cost	0,3629872	0,1510714	0,1944727
N. de vols 2006	147.058	147,070,2	117.730,7
N. de vols 2009	131.989	132.003,4	112.233,2
N. de vols 2013	132.329	132.334,6	109.502,3

En aquest cas, respecte al nombre de vols post-impost, és prou clar en el gràfic que al Prat augmenta més que al seu control, evidenciant que **la política d'imposició de l'impost no va tenir cap incidència negativa al total del vols de l'aeroport de Barcelona.**

**Gràfic 16 . Evolució del nombre de passatgers al Prat i al control sintètic europeu.**



**a**



**b**

#### 4. Mida de l'avió, mostra europea

Finalment, analitzem l'impacte de la taxa sobre la mida de l'avió. Una mesura alternativa per identificar l'efecte de la taxa sobre el tipus d'avió seria el percentatge d'avions que tenen l'aleta d'extremitat. Aquesta anàlisi no la podem duu a terme perquè en els primers anys del període considerat, molts pocs avions tenien aleta d'extremitat. Això comporta que el número d'anys previs a la implementació de la política sigui massa petit com per a poder implementar la metodologia del control sintètic. D'altra banda, tampoc es pot implementar l'anàlisi de l'impacte de la política sobre la mida de l'avió en la mostra espanyola perquè el model no convergeix a cap resultat, probablement per la impossibilitat de generar un bon control sintètic respecte al cas de Barcelona.

El control sintètic de Barcelona per a mida de l'avió està conformat per Paris Charles de Gaulle (0.16), Manchester (0.618) i Londres Stansted (0.221). Com es pot veure en la taula següent, el control reproduïx molt prouperament la mida de l'avió abans de la imposició de l'impost al Prat.

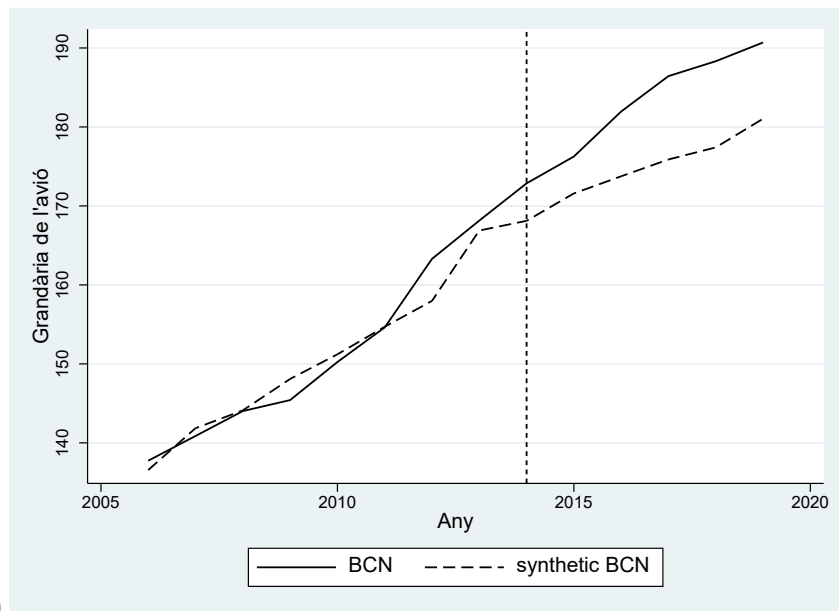
**Taula 12. Característiques del Prat, el control sintètic, i tota la mostra, per a nitrogen. Mostra europea.**

	Barcelona (real)	Barcelona (sintètic)	Tota la mostra
Població	5.457.143	3.993.673	4.170.038
Renda	30.850	43.942,05	35.705,5
Quota baix cost	0,3629872	0,3509336	0,2639411
Mida avió 2006	137,7419	136,5563	134,4813
Mida avió 2009	145,417	148,093	142,0265
Mida avió 2013	168,1443	166,8897	152,3902

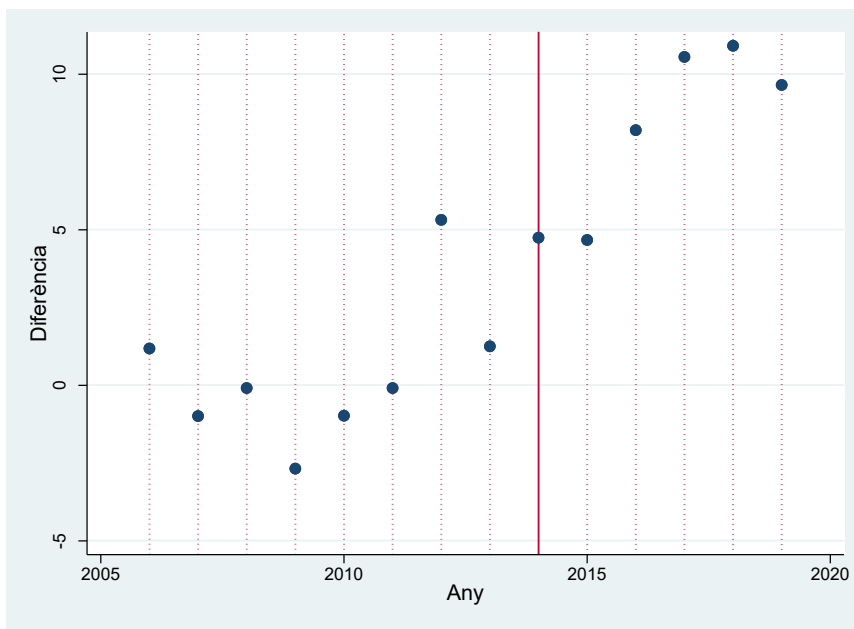
Respecte als efectes de l'impost sobre la mida de l'avió, es pot observar al gràfic següent que, a partir de l'any de la imposició de la mesura, la mida dels avions augmenta més al Prat que al seu control. Tanmateix, hi ha també una tendència prèvia a un major augment de la mida de l'avió al Prat pel que es pot concloure que aquest major augment de la mida mitjana de l'avió al Prat no es relaciona directament amb l'impost.



Gràfic 17. Evolució de la grandària de l'avió al Prat i al control sintètic europeu.



a



b

## 7. Resum i conclusions

En aquest treball, hem dut a terme l'avaluació dels impactes de l'impost sobre l'emissió d'òxids de nitrogen produïda per l'aviació que afecta a l'aeroport de Barcelona des de finals de 2014. En primer lloc, aportem informació sobre la motivació mediambiental i social de l'impost, pels efectes negatius sobre la qualitat de l'aire i la salut de les emissions d'òxids de nitrogen i per la seva correlació amb altres contaminants que afecten també al canvi climàtic. En aquest sentit, l'estudi aporta una panoràmica de les diferents polítiques de caire mediambiental amb efectes al mercat de l'aviació a Europa. En segon lloc, hem analitzat l'impost al nitrogen tenint en compte altres taxes que les aerolínies paguen per operar a l'aeroport al Prat i altres polítiques de caire mediambiental que afecten a l'aviació a Europa. També aportem de forma aproximada el càlcul dels ingressos anuals que pot representar l'impost per a la hisenda pública. Finalment, hem analitzat els efectes de l'impost sobre les emissions de nitrogen, el número de vols i seients, el número de passatgers, la mida dels avions i la quota d'avions que usen l'aleta d'extremitat. Per a aquesta avaluació, s'han utilitzat dues metodologies complementàries que estan entre les més habitualment utilitzades per avaluar l'impacte de polítiques: el mètode de diferències en diferències i el mètode del control sintètic. L'estimació de diferències en diferències compara canvis en el grup de tractament arran de la política (l'aeroport de Barcelona) respecte a un grup de control no afectat per la política (aeroports de gran dimensió de la resta d'Espanya i Europa). El mètode de control sintètic refina el grup de control, construint-ne un que reproduïx les característiques principals de la unitat tractada abans de la política. Val a dir que aquesta anàlisi ha sigut possible perquè comptem amb dades de les variables necessàries per un període suficientment llarg que va de 2006 a 2021 tot i que excloem 2020 i 2021 per la gran distorsió que suposa la pandèmia, la distorsió més gran en l'aviació des de la segona guerra mundial.

La principal avantatge teòrica dels impostos mediambientals, com l'impost al nitrogen a l'aviació, és que pot comportar reduccions de la contaminació local d'una manera cost-efectiva, el que implica que donat un objectiu de reducció d'emissions, posant un impost s'aconseguirà al menor cost. En aquest sentit, és esperable que les polítiques que impliquen un augment de costos per les companyies aèries comportin una reducció directa de l'oferta i de les emissions associades o alternativament que impliquin una reducció indirecta en la mesura que augments de costos poden traslladar-se a augment de preus i per tant menys demanda. I les aerolínies reaccionen a menys demanda oferint menys vols i/o seients. Les polítiques que graven directament les emissions, com és el cas de l'impost al nitrogen, també poden tenir

un efecte addicional de reducció de la intensitat de les emissions mitjançant canvis en la flota d'avions de les companyies aèries, ja sigui substituint avions antics per més nous i eficients o via millores dels avions de la flota existent. D'altra banda, una conseqüència clara de l'impost al nitrogen, és la generació d'ingressos per a la hisenda pública.

No tenim coneixement de cap estudi previ que hagi fet una avaluació d'un impost al nitrogen sobre l'aviació. Tanmateix, hi ha estudis que han avaluat l'impacte d'altres polítiques com el mercat europeu d'emissions de CO2 o les taxes per passatger i troben un efecte estadísticament significatiu sobre l'oferta i emissions derivat de les emissions. També hi ha evidències que el mercat europeu d'emissions ha incentivat canvis en els tipus d'avions utilitzats, cap a models més eficients.

L'impost a les emissions al nitrogen aplicat a Catalunya suposa una novetat en el context d'Espanya, i ho és també relativament en el context europeu. En aquest sentit, diversos aeroports europeus han implementant taxes relacionades amb el nitrogen utilitzant la mateixa classificació d'emissions per tipus d'avió que s'utilitza en el cas de Catalunya. No obstant, a diferència del cas de Catalunya, no es tracta pròpiament d'un impost sinó d'un tipus de taxa que l'aeroport (i no el govern) cobra directament a les aerolínies. El disseny d'aquesta taxa a la resta d'Europa implica la neutralitat d'ingressos de l'aeroport. És a dir, la imposició o augment de l'import d'aquesta taxa relacionada amb les emissions de nitrogen implica la reducció d'altres taxes, normalment les associades al pes de l'avió, de manera que els ingressos totals de l'aeroport es mantenen constants. Per tant, segons la flota d'avions que tinguin, algunes companyies aèries poden acabar pagant més o menys que abans de la imposició de la nova taxa però en conjunt acaben pagant el mateix. Així doncs, l'objectiu de la taxa no és reduir el tràfic perquè no hi ha un encariment general del cost d'operar a l'aeroport. L'objectiu és incentivar a les aerolínies a que canviïn la composició dels avions que operen a l'aeroport, afavorint aquells que generen menys emissions de nitrogen. L'únic país que ha implementant un impost al nitrogen similar al que s'aplica a Catalunya perquè implica un encariment de costos per totes les aerolínies és Noruega que ho va fer al 2007. Tanmateix, només afecta als vols domèstics la qual cosa limita molt la seva aplicació pràctica.

D'altra banda, la quantia de l'impost a Catalunya és molt baixa com per esperar que indueixi a canvis en els incentius de les companyies aèries i passatgers i per tant no es pot esperar a priori efectes rellevants sobre demanda, oferta, emissions i tipus d'avions utilitzats. Val a dir, que en el cas de la resta d'aeroports europeus on s'apliquen taxes relacionades amb les emissions de nitrogen, l'import de la mateixa també és relativament baix.

Per un vol representatiu, les taxes que paguen les companyies aèries per operar a l'aeroport de Barcelona són relativament baixes en el context europeu suposant un total de 3.300 euros en comparació a la mitjana europea de 4.200 euros (27,14 euros per passatger a Barcelona per 34,48 de mitjana a grans aeroports europeus). L'impost al nitrogen només suposa un cost addicional de 28 euros (0,23 euros per passatger) de manera que només representa el 0,84% del total de taxes pagades per les companyies aèries a l'aeroport de Barcelona. En comparació, l'augment de costos que representa per les companyies aèries el mercat d'emissions i els impostos per passatger són entre 10 i 30 vegades més alt que el que representa l'impost al nitrogen a Catalunya. Com dèiem anteriorment, hi ha evidències que el mercat d'emissions i els impostos per passatger han contribuït a reduir les emissions de forma significativa (estadísticament diferent de zero), però aquesta reducció en termes quantitativus és modesta sobretot en termes dels reptes climàtics que hi ha sobre la taula. Si l'efecte d'aquestes polítiques és modest, no podem esperar gaire impacte doncs de l'impost al nitrogen.

Tanmateix, la recaptació aproximada de l'impost per les principals companyies aèries que operen al Prat no és menyspreable, la qual cosa mostra el potencial de generació de recursos que representen els impostos a l'aviació. El cost de l'impost per Vueling i Ryanair és d'entorn als 2 milions i 670 mil euros, respectivament. Per altres aerolínies amb presència important al Prat com Easyjet, Iberia o Norwegian els costos són de l'ordre de 200 a 300 mil euros.

Els resultats de la implementació de les metodologies de diferències en diferències i del mètode de control sintètic mostren clarament que l'impost a l'aviació aplicat a Catalunya no ha tingut efectivament cap efecte respecte a les emissions de nitrogen, número de vols i seients i tipus d'avió. És a dir, no trobem cap evidència de canvis rellevants a l'aeroport de Barcelona com a conseqüència de l'aplicació de l'impost respecte a altres aeroports comparables de la resta d'Espanya i Europa. L'evolució d'aquestes variables a l'aeroport de Barcelona sembla que ha estat més condicionada per altres factors com ara canvis en la demanda degut a la conjuntura econòmica o a l'atractiu de Barcelona com a destinació turística o canvis en l'oferta com la inauguració de la T1, l'arribada de Ryanair al Prat o la congestió que pateixen les companyies aèries (i passatgers) en alguns dels anys del període considerat.

L'aeroport de Barcelona està gestionat per AENA. AENA és la que fa la proposta d'augment de taxes que ha de ser aprovada per la Comissió Nacional de Competència. Els nivells tant elevats de beneficis que de forma estructural té un negoci monopolístic com el d'AENA (descomptant els anys durs de la pandèmia on els beneficis s'han transformat en fortes pèrdues) fan molt difícil que la Comissió

Nacional de Competència aprovi augments significatius de taxes en els propers anys. Així doncs, si es vol influir en el comportament de les companyies aèries i passatgers via augment de costos, augmentar el tipus impositiu de l'impost de nitrogen pot ser una alternativa més factible que no augmentar altres taxes. Donat que l'import de les taxes a l'aeroport de Barcelona és relativament baix respecte a altres aeroports europeus de dimensions similars, hi ha marge per augmentar la quantia de les taxes que es paguen a l'aeroport de Barcelona, sense que es pugui argumentar que això situa en desavantatge a les companyies aèries que operen al Prat en relació a si operen en altres aeroports de grans dimensions.

## 8. Referències

- Angrist, J. D., Pischke, J.-S. (2008). *Mostly harmless econometrics*. Princeton University Press.
- Barwick, P. J., S. Li, D. Rao, and N. B. Zahur (2018). The Healthcare Cost of Air Pollution: Evidence from the World's Largest Payment Network. Technical Report 24688, National Bureau of Economic Research, Inc. Publication Title: NBER Working Papers.
- Basner, M., Clark, C., Hansell, A., Hileman, J. I., Janssen, S., Shepherd, K., & Sparrow, V. (2017). Aviation Noise Impacts: State of the Science. *Noise & health*, 19(87), 41–50.
- Bernardo, V., Fageda, X., Teixidó, J. (2022). Flight ticket taxes in Europe: Environmental and economic impact, Working paper Universitat de Barcelona.
- Borbely, D. (2019). A case study on Germany's aviation tax using the synthetic control approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126, 377–395.
- Brueckner, J.K., Abreu, C. (2017). Airline fuel usage and carbon emissions: Determining factors. *Journal of Air Transport Management*, 62, 10-17
- Brueckner, J.K., Zhang, A. (2010). Airline emission charges: Effects on airfares, service quality and aircraft design. *Transportation Research B*, 44, 960-971.
- Calel, R. (2020). Adopt or Innovate: Understanding Technological Responses to Cap-and-Trade. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(3), 170–201. <https://doi.org/10.1257/pol.20180135>
- De Jong, G. (2022). *Emission Pricing and Capital Replacement: Evidence from Aircraft Fleet Renewal*, TI 2022-060/VIII Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Deryugina, T., Heutel, G., Miller, N. H., Molitor, D., & Reif, J. (2019). The Mortality and Medical Costs of Air Pollution: Evidence from Changes in Wind Direction. *American Economic Review*, 109(12), 4178–4219. <https://doi.org/10.1257/aer.20180279>
- Ebenstein, A., Lavy, V., & Roth, S. (2016). The Long-Run Economic Consequences of High-Stakes Examinations: Evidence from Transitory Variation in Pollution. *American Economic Journal: Applied Economics*, 8(4), 36–65. <https://doi.org/10.1257/app.20150213>

- EC- European Commission (2019). Taxes in the Field of Aviation and their impact. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-76-08132-6
- Fageda,X., Teixidó, J. (2022a). Pricing carbon in the aviation sector: Evidence from the European emissions trading system. *Journal of Environmental, Economics and Management*, 111, 102591.
- Fageda,X., Teixidó, J. (2022b).The effect of Carbon Pricing on low-carbon Technology Diffusion, Working paper University of Barcelona.
- Falk, M., Hagsten, E. (2019). Short-run impact of the flight departure tax on air travel. *International Journal of Tourism Research*, 21(1), 37–44.
- Holub F, Hospido, L. Wagner, U,J . (2020). "Urban air pollution and sick leaves: evidence from social security data," Working Papers 2041, Banco de España.
- ICAO, (2012), ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services Doc 9082, (9th edition), International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada
- Kang,Y., Liao, S., Jiang, C., D’Alfonso, T. (2022). Synthetic control methods for policy analysis: Evaluating the effect of the European Emission Trading System on aviation supply. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 162, 236-252.
- Leinert, S., Daly, H., Hyde, B., & Gallachóir, B. Ó. (2013). Co-benefits? Not always: Quantifying the negative effect of a CO2-reducing car taxation policy on NOx emissions. *Energy Policy*, 63, 1151–1159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.063>
- Scheelhaase, J.D. (2010). Local emission charges – A new economic instrument at German airports. *Journal of Air Transport Management*, 16, 94–99.
- Schlenker. W., Walker, R. (2016). Airports, air Pollution, and contemporaneous health, *Review of Economic Studies*, 83, 768–809