



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

TECNATOX

**MONITORITZACIÓ DE DIOXINES I FURANS EN
MOSTRES D'AIRE I SÒLS RECOLLIDES A LES
RODALIES DE LA PLANTA INTEGRAL DE
VALORITZACIÓ DE RESIDUS DE
SANT ADRIÀ DE BESÒS I AVALUACIÓ
DELS RISCOS PER A LA SALUT**

**Projecte encarregat per
ECOPARC DEL MEDITERRANI, S.A.**

Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental
Facultat de Medicina i Ciències de la Salut de Reus
Universitat Rovira i Virgili

Direcció
Dr. Josep Ll. Domingo
Dr. Martí Nadal

Agost de 2015

Índex

Resum	3
1.- Introducció	4
2.- Objectiu	6
3.- Materials i mètodes	7
3.1.- Presa de mostra de sòls i aire.....	7
3.2.- Determinació analítica de PCDD/Fs	10
3.3.- Avaluació de riscos per a la salut humana.....	11
3.4.- Anàlisi estadística.....	13
4.- Resultats i discussió	14
4.1.- Concentració de PCDD/Fs en mostres de sòls	14
4.2.- Concentració de PCDD/Fs en mostres d'aire	21
4.3.- Avaluació de riscos associats a l'exposició a PCDD/Fs	27
5.- Conclusions	30
6.- Bibliografia	32
7.- Annex	35

Resum

Al Febrer de 2015, es van recollir 36 mostres de sòls i 12 d'aire als voltants de planta integral de valorització de residus (PIVR) de Sant Adrià de Besòs (Barcelona). En totes les mostres es van analitzar les concentracions dels 17 congèneres tòxics de les dibenzo-*p*-dioxines policlorades i els dibenzofurans policlorats (PCDD/Fs). Tot i no detectar-se diferències estadísticament significatives en els nivells de PCDD/Fs en sòls, en funció de la distància i direcció respecte a la planta, es van poder identificar clarament tres punts al nord, propers a la PIVR, amb nivells molt elevats (67.2, 5.36 i 4.99 ng OMS-TEQ/kg). De fet, les concentracions de PCDD/Fs en sòls recollits l'any 2015 són força elevades en comparació amb les trobades a les rodalies d'altres plantes de valorització energètica de residus catalanes, exceptuant els valors obtinguts amb anterioritat també al voltant de la mateixa PIVR a Sant Adrià de Besòs. Respecte a les PCDD/Fs en aire, i anàlogament a les mostres de sòls, es va observar una zona al nord i l'oest, molt pròxima a la PIVR de Sant Adrià de Besòs, amb concentracions també força elevades (0.085 i 0.071 pg OMS-TEQ/m³). Tanmateix, la concentració màxima de PCDD/Fs en aire es va assolir en el punt ubicat al barri de Sant Andreu (0.115 pg OMS-TEQ/m³). Amb tot, els nivells de PCDD/Fs en aire són també més elevats que els registrats al voltant d'altres plantes de tractament de residus de Catalunya.

L'avaluació de riscos indica que els no cancerígens associats a l'exposició a PCDD/Fs, estan per sota del llindar de seguretat pels habitants dels 3 municipis avaluats (Barcelona, Badalona i Sant Adrià de Besòs). Així mateix, el risc cancerigen mitjà per aquestes tres poblacions és inferior al nivell màxim de risc acceptat per la legislació espanyola (10⁻⁵). Tot i això, el nivell de risc cancerigen pels residents a les proximitats del punt N^o4 supera aquest límit (3.1·10⁻⁵). Per tant, s'estima que la població de Sant Adrià de Besòs té una probabilitat 3 vegades superior de desenvolupar càncer al llarg de la seva vida, a causa de l'exposició ambiental a PCDD/Fs, que la estimada pels residents de Barcelona i Badalona. Aquest risc cancerigen és també molt més elevat que l'estimat en poblacions properes a altres plantes de valorització energètica de residus sòlids urbans de Catalunya.

1.- Introducció

La planta integral de valorització de residus (PIVR) de Sant Adrià de Besòs és la principal instal·lació de tractament de residus municipals de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Està bàsicament formada per dues instal·lacions amb processos de tractament diferents, però ahora complementaris. D'una banda, la planta de tractament mecànic-biològic (PTMB), on es valoritza materialment i energèticament la fracció resta dels residus sòlids urbans. I de l'altra, la planta de valorització energètica (PVE), on s'incinera el rebuig de la PTMB i d'altres plantes de l'àrea metropolitana (TERSA, 2015). La capacitat de tractament anual de la PTMB i la PVR és de 192,000 i 350,000 tones anuals, respectivament.

La valorització energètica dels residus suposa la combustió d'una gran heterogeneïtat de materials, tals com restes orgàniques, plàstics, productes tèxtils, cautxú, fusta, etc., en presència de clor, i amb continguts de metalls pesants. Això fa que les incineradores de residus sòlids urbans puguin ser font potencial de substàncies orgàniques clorades. Tanmateix, cal destacar que hi ha moltes altres activitats, com ara els processos industrials de fabricació de ciment, el trànsit, les cremes agrícoles, les calefaccions etc., que poden generar també importants emissions d'aquests contaminants (Fabrellas et al. 2004; Breivik i col·ls., 2006; Ooi i col·ls., 2011; Rey et al. 2014). Les altes temperatures de treball que tenen lloc en els forns de les plantes incineradores, així com el refredament dels gasos que té lloc posteriorment, poden afavorir la formació no intencionada de diferents subproductes de combustió tal com diversos compostos orgànics (Abad i col·ls., 2004; Fabrellas i col·ls., 2004). Entre aquests, destaquen les dibenzo-*p*-dioxines policlorades i els dibenzofurans policlorats (PCDD/Fs), que poden ser emeses tant en forma gas com adsorbits a partícules. Les PCDD/Fs han estat catalogades com a contaminants orgànics persistents (COPs) a causa de la seva alta persistència en el medi, bioacumulació en els organismes i notable toxicitat. Així mateix, les PCDD/Fs tenen la capacitat de dipositar-se lluny dels focus d'emissió, ja sigui per volatilització, en el cas dels congèneres més lleugers, o per absorció a la matèria particulada de l'aire, en el cas dels congèneres més pesants. Les PCDD/Fs, normalment conegudes com a "dioxines i furans", són un conjunt de 210 congèneres, que varien en el grau i posició dels àtoms de clor (Figura 1.1). D'entre aquests congèneres, se n'identifiquen 17 de tòxics, els quals es caracteritzen per contenir àtoms de clor en les posicions 2, 3, 7 i 8. La seva toxicitat s'expressa sota el terme TEF (Factor d'Equivalència

Tòxica), factor establert en relació al nivell de toxicitat del congènere més tòxic, la 2,3,7,8-TCDD, que té un valor assignat d'1. La concentració global de PCDD/Fs (en equivalents tòxics o TEQ) resulta de sumar, pels 17 congèneres, el producte resultant de la concentració de cada congènere pel seu corresponent TEF.

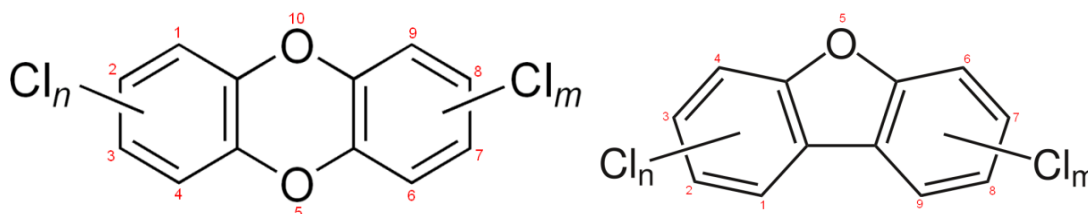


Figura 1.1: Estructura general de les dibenzo-*p*-dioxines policlorades, a l'esquerra, i dels dibenzofurans policlorats, a la dreta.

Entre els anys 1998 i 2002, el Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental va dur a terme, per encàrrec de l'Ajuntament de Barcelona, un estudi plurianual de monitorització ambiental de PCDD/Fs a les rodalies de la PVE de Sant Adrià del Besòs (Domingo i col·ls., 2000; Schuhmacher i col·ls., 2000). Es van recollir mostres de sòls i vegetació en diversos indrets als voltants de la planta, i es van comparar els nivells de PCDD/Fs abans i després de l'adaptació de la incineradora a la normativa europea quant a emissions de PCDD/Fs (Domingo i col·ls., 2002a,b). En el període 2005-2006, es va fer un estudi particular dels nivells d'aquests mateixos contaminants en mostres d'aire de la zona, avaluant la idoneïtat d'utilitzar mostrejadors d'aire actius i passius (Mari i col·ls., 2008a,b). D'ençà, i llevat d'algun petit estudi molt específic, no es tenen dades actualitzades dels nivells de PCDD/Fs als entorns de la PIVR de Sant Adrià de Besòs, malgrat els importants canvis ocorreguts en els darrers anys, com són el tancament de la central tèrmica i la posada en marxa de la pròpia PTMB.

2.- Objectiu

Objectiu general

Avaluar l'impacte ambiental, i els potencials riscos per a la salut, derivats de l'exposició a PCDD/Fs per a la població resident a les rodalies de la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

Objectius específics

- Determinar els nivells actuals de PCDD/Fs en mostres de sòl recollides en diferents punts al voltant de la PIVR de Sant Adrià de Besòs.
- Avaluar la concentració actual de PCDD/Fs en mostres d'aire recollides en diferents punts al voltant de la PIVR de Sant Adrià de Besòs.
- Estudiar la variabilitat espacial i estacional dels nivells de PCDD/Fs, tot comparant els resultats amb valors obtinguts en estudis previs.
- Estimar la potencial exposició actual a PCDD/Fs per la població resident a les rodalies de la planta, i avaluar els riscos per a la salut pública.

3.- Materials i mètodes

3.1.- Presa de mostra de sòls i aire

Durant el mes de Febrer de 2015, es van recollir 12 mostres d'aire i 36 mostres de sòls en diversos punts als voltants de la PIVR de Sant Adrià de Besòs. La Figura 3.1 detalla la localització dels punts de presa de mostra. Per les seves característiques de distància i direcció respecte a la planta, el punt N°12 es va considerar com a blanc o punt de referència de l'estudi.

Per al mostreig de PCDD/Fs en aire, es van utilitzar captadors d'alt volum TE-1000 de la casa Tisch Environmental (Cleves, OH, USA), d'acord amb el mètode US EPA TO-9. Tot i que a Europa no hi ha legislació relativa a aquests contaminants en aire, els estudis es realitzen habitualment utilitzant aquests tipus de mostrejadors. La fase lligada a partícules de les dioxines i furans es va recollir sobre filtres de microfibra de quars, mentre que la fase gas va quedar retinguda en escumes de poliuretà (PUFs). Aquests PUFs havien estat prèviament netejats amb diclorometà en equips Soxhlet durant 24 hores, amb la finalitat d'eliminar qualsevol possible contaminació. El volum d'aire de les mostres va ser d'entre 550 a 670 m³, en un temps de mostreig d'aproximadament 48 hores. Els PUFs i els filtres de microfibra es van guardar junts en un recipient hermètic de vidre ambre amb tap de tefló, per tal d'evitar la foto-degradació dels compostos. Les mostres es van guardar a una temperatura de -20°C fins al moment de les anàlisis. La Taula 3.1 detalla la ubicació exacta dels 12 punts de mostreig on es van instal·lar captadors actius d'alt volum.

Respecte als sòls, es van recollir mostres superficials corresponents a una profunditat d'entre 0 i 5 cm. Aquesta és la capa on tendeixen a acumular-se els contaminants per deposició. Es van recollir diverses submostres en una àrea d'aproximadament uns 25 m². Els sòls es van conservar en bosses de polietilè, i es van assecar a temperatura ambient. Un cop secs, es van tamisar (2 mm), a fi d'homogeneïtzar la mida de partícula. Els punts de presa de mostra es detallen a la Figura 3.1.

L'Annex recull informació més detallada de cadascun dels 36 punts de presa de mostra on es van recollir sòls.

Taula 3.1: Localització dels punts on es van instal·lar captadors actius d'aire d'alt volum.

Punt	Localització	Població
1	IES Fòrum 2004	Sant Adrià de Besòs
2	Escola Mediterrània	Sant Adrià de Besòs
3	Zona Esportiva de la Mina	Sant Adrià de Besòs
4	IES Manuel Vázquez Montalban	Sant Adrià de Besòs
5	Institut Barri Besos	Barcelona
6	Escola Cascavell	Sant Adrià de Besòs
7	Escola Ramon Llull	Barcelona
8	Escola Pompeu Fabra	Sant Adrià de Besòs
9	IES Joan D'Àustria	Barcelona
10	Escola Mestre Enric Gibert i Camins	Barcelona
11	Escola Mare Déu de l'Assumpció	Badalona
12	Escola Sant Gregori	Barcelona

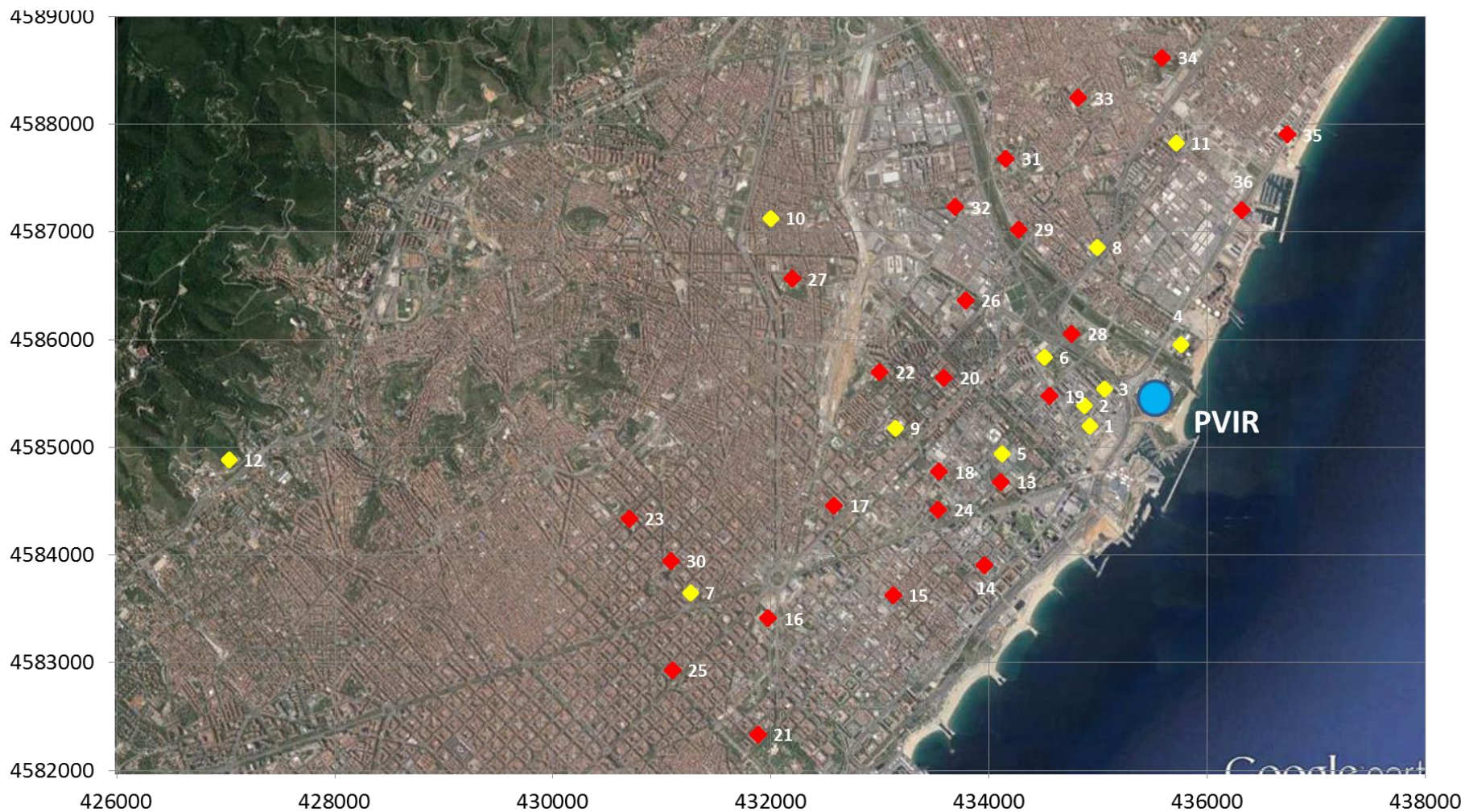


Figura 3.1: Punts de presa de mostra al voltant de la PIVR de Sant Adrià del Besòs. Punts de mostreig de només sòls, en vermell, i de sòls i aire, en groc.

3.2.- *Determinació analítica de PCDD/Fs*

L'anàlisi del contingut de dioxines i furans en les 36 mostres de sòls es va realitzar al Laboratori Mediambiental de l'Institut Químic de Sarrià (IQS) de Barcelona. D'altra banda, la determinació de PCDD/Fs en les mostres d'aire es va efectuar al Laboratori Ambiental d'SGS (Anvers, Bèlgica). Ambdós laboratoris estan plenament certificats per a l'anàlisi de PCDD/Fs en matrius mediambientals, disposant de les certificacions ISO 9001 i ISO 17025.

Les etapes fonamentals que caracteritzen la metodologia són:

1. Extracció:

A la mostra se li afegeix una quantitat coneguda de patró intern de extracció marcat amb $^{13}\text{C}_{12}$. S'extreu amb un equip Soxhlet, utilitzant toluè com a dissolvent.

2. Purificació o "clean-up" mitjançant cromatografia de columna:

En aquesta etapa s'eliminen els compostos que hagin pogut ser extrets conjuntament amb les dioxines i furans en l'etapa anterior. Aquesta purificació es realitza mitjançant columna de sílice multicapa i carbó grafititzat. Com últim pas de purificació, es concentra l'extracte i s'addiciona patrons interns.

3. Anàlisi de l'extracte purificat mitjançant cromatografia de gasos d'alta resolució (HRGC) acoblat a espectrometria de masses d'alta resolució (HRMS):

La quantificació de PCDD/Fs es realitza mitjançant estàndards interns. Paral·lelament s'analitzen blancs i patrons amb concentració coneguda.

Els límits de detecció de les PCDD/Fs en sòls van ser: 0.03 ng/kg per la 2,3,7,8-TCDD i el 2,3,7,8-TCDF, 0.05 ng/kg per les penta- i hexa-dioxines i pels penta-, hexa- i hepta-furans, 0.10 ng/kg per les hepta- i octa-dioxines, i l'octa-furà. L'extracció dels patrons de recuperacions va ser d'entre el 56% i el 120%

Els límits de detecció de les PCDD/Fs en aire van ser: 0.001 pg/m^3 per la 2,3,7,8-TCDD i el 2,3,7,8-TCDF, i les penta- i hexa-dioxines i furans, 0.008 pg/m^3 per les hepta-dioxines i furans, i 0.029 pg/m^3 per l'OCDD i l'OCDF.

Pel càlcul dels equivalents tòxics, es van fer servir els factors tòxics de l'Organització Mundial de la Salut (OMS-TEF) (van der Berg i col·ls, 2006).

3.3.- Avaluació de riscos per a la salut humana

Es defineix com a risc la probabilitat que una substància present en el medi entri en contacte amb algun receptor amb conseqüències negatives per a la salut humana (MMA, 2007). Per a la protecció de la salut humana, s'assumeix com a acceptable una situació de risc a causa de substàncies cancerígenes amb una freqüència d'aparició de càncer en la població exposada menor a l'un per cada cent mil habitants (1:100,000). En el cas de substàncies amb efectes sistèmics, s'assumeix com a acceptable una situació en què el quocient entre la dosi d'exposició a llarg termini i la dosi de referència, anomenat quocient de perill (HQ), sigui inferior a la unitat.

El primer pas en l'avaluació del risc és el càlcul de l'exposició de la població en contacte amb els diferents contaminants. D'una banda, l'exposició ambiental o directa a PCDD/Fs es va calcular considerant tres vies diferenciades: ingesta de sòls i pols, inhalació d'aire i contacte dèrmic amb sòls (Rovira i col·ls., 2011). D'altra banda, es va tenir en compte l'exposició dietètica als mateixos contaminants. Els càlculs d'exposició es van realitzar considerant els factors recomanats per la Guia Tècnica del Reial Decret 9/2005, de 14 de gener, pel qual s'estableix la relació d'activitats potencialment contaminants del sòl i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminats (MMA, 2007). A la vegada, aquesta informació està basada en diversos documents de l'Agència de Protecció Ambiental dels Estats Units (EPA, 1989). Pel cas concret de l'avaluació de l'exposició per inhalació, es va utilitzar la metodologia més actualitzada de l'EPA (2009). Concretament, el càlcul de l'exposició via inhalació, absorció dèrmica i ingesta es féu aplicant les següents equacions:

$$D_{ing} = \frac{C_s \times 10^{-6} \times EF \times IF_p}{BW \times 365},$$

$$D_{derm} = \frac{C_s \times 10^{-6} \times SL \times ABS \times EF \times SA}{BW \times 365},$$

$$D_{inh} = \frac{C_a \times Vr \times EF}{BW \times 365}$$

on D_{ing} és l'exposició per ingesta de sòl (mg/kg·dia); C_s és la concentració del contaminant en el sòl (mg/kg); EF és la freqüència d'exposició (dies/any); IF_p és la ingesta de sòl

ponderada (mg/dia); BW és el pes corporal (kg); D_{derm} és l'exposició per contacte dèrmic (mg/kg·dia); SL és el factor d'adherència sòl-pell (mg/cm²); ABS és el factor d'absorció a través de la pell (adimensional); SA és la superfície de pell exposada (cm²); D_{inh} és l'exposició per inhalació d'aire (mg/kg·dia); C_a és la concentració del contaminant a l'aire (ng/m³) i Vr és la taxa de ventilació (m³/dia).

Per al càlcul del risc cancerigen i no cancerigen, és necessari calcular prèviament la concentració d'exposició per inhalació:

$$CD_{\text{inh}} = \frac{C_a \times ET \times EF \times ED}{AT \times 365 \times 24}$$

on CD_{inh} és la concentració d'exposició per inhalació (ng/m³); C_a és la concentració del contaminant en aire (ng/m³); ED és la durada de l'exposició (anys); AT és el temps mig dels efectes (anys) i ET és el temps d'exposició (hores/dia)

Per al càlcul del risc cancerigen (RC), es multiplica l'exposició al contaminant pel valor toxicològic o factor de potència cancerígena del mateix, per a cadascuna de les vies d'exposició considerades.

$$RC_{\text{ing+derm}} = \frac{D_{\text{ing+derm}} \times ED \times SF_o}{AT};$$

$$RC_{\text{inh}} = CD_{\text{inh}} \times IUR$$

on SF és el factor de potència cancerígena (mg/kg·dia)⁻¹; IUR és el risc unitari per inhalació (ng/m³)⁻¹; ED és la durada de l'exposició (anys) i AT és el temps mig dels efectes (anys).

Per al càlcul del risc sistèmic o quocient de perill (HQ), es divideix el valor de l'exposició per la dosi de referència, tenint en compte tant el contaminant com la via de penetració.

$$HQ_{\text{ing+derm}} = \frac{D_{\text{ing+derm}} \times ED}{RfD_o \times AT};$$

$$HQ_{\text{inh}} = \frac{CD_{\text{inh}}}{RfC}$$

on RfD_o és la dosi de referència oral (mg/kg·dia) i RfC és la concentració de referència per inhalació (ng/m³).

Les dades de RfD_o , RfC i SF es van obtenir de la base de dades Risk Assessment Information System (RAIS, 2015). A l'hora d'avaluar els riscos no cancerígens per exposició dèrmica, la dosi de referència dèrmica (RfD_d) es va assumir com el producte entre RfD_o i el factor de absorció gastrointestinal (GI_{ABS}). Paral·lelament, el factor de potencia cancerígena dèrmica (SF_d) es va estimar com el quocient entre SF_o i GI_{ABS} , assimilant així el traspàs del contaminant a través del tracte digestiu al traspàs que té lloc a través de la pell.

3.4.- Anàlisi estadística

Per a l'avaluació estadística dels resultats, pels contaminats amb nivells per sota del límit de detecció, es va assumir que tenien una concentració igual a la meitat del seu corresponent límit de detecció ($ND = \frac{1}{2} LD$). L'anàlisi estadística es va realitzar mitjançant el software SPSS. Es va considerar un nivell de significació inferior a 0.05 ($p < 0.05$). Per avaluar les diferències entre grups es va aplicar el test de Levene, per verificar la igualtat de les variàncies. Finalment, es va aplicar l'anàlisi de la variància (ANOVA) o el test de Kruskal-Wallis, depenent de si les dades seguien una distribució normal o no, respectivament.

4.- Resultats i discussió

4.1.- Concentració de PCDD/Fs en mostres de sòls

La Taula 4.1 recull la concentració de cadascun dels 17 congèneres de PCDD/Fs, així com els nivells totals en OMS-TEQ, en les 36 mostres de sòls recollides al Febrer de 2015 a les rodalies de la PIVR de Sant Adrià de Besòs. Addicionalment, la Figura 4.1 representa geogràficament els nivells totals de PCDD/Fs.

Els congèneres més pesants, tant de les dioxines (OCDD i 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD) com dels furans (OCDF i 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF), van presentar les concentracions més elevades. D'altra banda, l'1,2,3,7,8,9-HxCDF únicament es va poder detectar en 4 de les 36 mostres analitzades. Els congèneres més tòxics, la 2,3,7,8-TCDD i la 1,2,3,7,8-PeCDD, es van detectar en 11 i 20 de les mostres, presentant un valor mig de 0.29 i 0.43 ng/kg, respectivament.

La concentració total de PCDD/Fs en sòls, donada en OMS-TEQ, va mostrar un valor mig de 2.66 ng OMS-TEQ/kg (mediana: 0.41 ng OMS-TEQ/kg), situant-se en un rang de 0.22 a 67.2 ng OMS-TEQ/kg.

En estudiar la distribució espacial dels nivells totals de PCDD/Fs (Figura 4.1), es pot observar que les mostres recollides a la zona nord més propera a la PIVR de Sant Adrià del Besòs van mostrar valors molt més elevats que els obtinguts a la resta de punts de mostreig. Especialment elevades foren les concentracions de PCDD/Fs obtingudes en les mostres N°4, N°8 (ambdues a Sant Adrià de Besòs) i N°36 (a Badalona), i que assoliren un valor de 67.2, 5.36 i 4.99 ng OMS-TEQ/kg, respectivament. Així mateix, els punts més pròxims ubicats en direcció oest respecte a la planta presentaren nivells relativament més elevats que els observats en punt llunyans, essent de 1.36, 1.05 i 1.45 ng OMS-TEQ/kg en els punts N°1, N°2 i N°3, respectivament. A mode comparatiu, la concentració de PCDD/Fs en el punt considerat com a blanc o de referència en aquest estudi (N°12) fou de 0.27 ng OMS-TEQ/kg.

Taula 4.1: Nivells de PCDD/Fs (ng/kg) en sòls al voltant de la PIVR de Sant Adrià del Besòs.

Mostra	TD	PeD	HxD1	HxD2	HxD3	HpD	OD	TF	PeF1	PeF2	HxF1	HxF2	HxF3	HxF4	HpF1	HpF2	OF	OMS-TEQ
1	0.06	0.23	0.28	0.61	0.59	11.6	138	1.68	0.46	0.68	1.80	0.59	<LD	0.65	4.45	0.50	5.52	1.36
2	0.04	0.15	0.19	0.40	0.40	6.97	49.3	1.87	0.50	0.57	1.55	0.54	0.05	0.50	3.48	0.33	3.15	1.05
3	0.04	0.15	0.20	0.96	0.63	34.7	202	1.79	0.41	0.65	1.16	0.45	<LD	0.53	4.10	0.32	8.88	1.45
4	9.59	12.15	18.2	146.5	77.4	849	2355	22.4	2.94	9.67	45.54	7.25	0.37	2.96	94.97	14.29	262	67.2
5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0.47	2.12	0.09	<LD	<LD	0.05	<LD	<LD	<LD	0.10	<LD	0.14	0.29
6	0.03	0.09	0.12	0.26	0.27	4.92	33.2	0.57	0.14	0.20	0.70	0.24	<LD	0.28	2.48	0.23	2.55	0.54
7	<LD	0.05	0.06	0.14	0.12	2.96	17.7	0.45	0.10	0.17	0.25	0.12	<LD	0.13	0.45	0.05	0.53	0.31
8	0.05	0.15	0.40	0.59	0.64	56.6	1949	6.66	10.35	4.23	9.92	3.08	1.23	0.54	8.82	2.96	18.7	5.36
9	<LD	0.09	0.12	0.30	0.27	6.39	42.9	0.71	0.16	0.25	0.49	0.21	<LD	0.23	1.11	0.17	1.17	0.54
10	<LD	<LD	<LD	0.17	0.13	6.20	35.5	0.20	<LD	0.06	0.12	<LD	<LD	0.06	0.42	<LD	0.52	0.33
11	<LD	0.06	0.12	0.43	0.26	16.6	99.1	2.00	0.73	0.43	0.71	0.23	<LD	0.23	2.67	0.21	3.44	0.87
12	<LD	<LD	<LD	<LD	0.07	1.01	5.20	0.14	<LD	<LD	0.12	<LD	<LD	0.06	0.69	<LD	0.93	0.27
13	<LD	<LD	<LD	0.09	0.11	2.07	19.8	0.31	0.10	0.10	0.61	0.17	<LD	0.14	9.65	0.31	23.5	0.40
14	<LD	<LD	<LD	0.06	0.07	1.75	12.1	0.17	<LD	<LD	0.11	<LD	<LD	<LD	0.27	<LD	0.31	0.28
15	<LD	<LD	<LD	0.08	0.07	0.88	4.41	0.19	0.08	0.09	0.22	0.07	<LD	0.06	0.41	<LD	0.45	0.23
16	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0.65	4.08	0.09	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0.18	<LD	0.13	0.31
17	0.04	0.25	0.39	3.01	0.79	38.5	434	0.33	0.12	0.15	1.59	0.30	<LD	0.53	8.23	0.70	12.5	1.67
18	0.04	0.14	0.16	0.37	0.35	5.56	39.3	1.75	0.44	0.53	1.29	0.47	<LD	0.61	3.18	0.31	3.93	0.98
19	<LD	<LD	<LD	0.07	0.06	2.27	13.1	0.16	<LD	0.05	0.14	0.07	<LD	0.05	0.39	<LD	0.55	0.24
20	<LD	0.06	0.07	0.15	0.20	2.50	15.0	0.56	0.12	0.18	0.35	0.13	<LD	0.15	0.68	0.08	0.83	0.36
21	<LD	0.10	0.11	0.30	0.23	7.08	43.2	0.68	0.19	0.27	0.61	0.24	<LD	0.27	1.54	0.12	1.54	0.57
22	<LD	<LD	<LD	0.14	0.14	1.75	7.91	0.25	<LD	0.06	0.17	0.06	<LD	0.08	0.34	<LD	0.21	0.27
23	<LD	0.06	0.11	0.27	0.28	7.25	54.7	0.40	0.09	0.12	0.38	0.13	<LD	0.18	1.09	0.10	1.61	0.41
24	<LD	0.09	0.09	0.22	0.24	3.48	25.2	0.87	0.22	0.34	0.84	0.26	<LD	0.30	1.59	0.13	1.43	0.58
25	<LD	<LD	<LD	<LD	0.05	0.90	5.02	0.15	<LD	0.06	0.11	<LD	<LD	0.05	0.23	<LD	0.26	0.26
26	0.06	0.18	0.22	0.55	0.56	10.0	74.9	1.20	0.39	0.61	1.45	0.53	<LD	0.52	2.92	0.31	2.69	1.12
27	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0.98	6.55	0.13	<LD	<LD	0.09	<LD	<LD	<LD	0.20	<LD	0.21	0.30
28	<LD	<LD	<LD	0.08	0.09	1.93	14.2	0.15	<LD	0.06	0.18	0.06	<LD	0.06	0.53	0.06	0.62	0.22
29	<LD	0.08	0.10	0.23	0.25	5.67	44.0	0.74	0.18	0.25	0.75	0.26	<LD	0.24	1.78	0.20	2.19	0.55
30	<LD	<LD	<LD	0.07	<LD	2.03	15.1	0.15	<LD	<LD	0.09	<LD	<LD	<LD	0.34	<LD	0.42	0.30
31	<LD	<LD	0.06	0.18	0.14	3.17	26.2	0.40	0.12	0.16	0.49	0.18	<LD	0.21	1.29	0.20	1.82	0.34
32	0.03	0.12	0.16	0.35	0.28	5.87	35.7	1.14	0.26	0.39	0.94	0.33	<LD	0.37	1.81	0.18	1.66	0.75
33	<LD	0.08	0.14	0.44	0.27	18.6	165	0.40	0.12	0.16	0.39	0.16	<LD	0.19	1.63	0.13	1.94	0.62
34	<LD	<LD	<LD	0.08	0.06	2.77	22.9	0.10	<LD	<LD	0.07	<LD	<LD	<LD	0.21	<LD	0.21	0.28
35	<LD	<LD	0.08	0.16	0.14	5.74	44.2	0.24	0.05	0.07	0.28	0.09	<LD	0.11	1.14	0.10	1.80	0.28
36	0.12	0.63	0.87	2.37	1.63	38.8	317	6.59	1.91	2.92	9.08	2.81	0.16	2.54	18.98	2.33	27.6	4.99

LD: Límit de detecció; TD: 2,3,7,8-TCDD; PeD: 1,2,3,7,8-PeCDD; HxD1: 1,2,3,4,7,8-HxCDD; HxD2: 1,2,3,6,7,8-HxCDD; HxD3: 1,2,3,7,8,9-HxCDD; HpD: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OD: OCDD; TF: 2,3,7,8-TCDF; PeF1: 1,2,3,7,8-PeCDF; PeF2: 2,3,4,7,8-PeCDF; HxF1: 1,2,3,4,7,8-HxCDF; HxF2: 1,2,3,6,7,8-HxCDF; HxF3: 1,2,3,7,8,9-HxCDF; HxF4: 2,3,4,6,7,8-HxCDF; HpF1: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; HpF2: 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OF: OCDF.

La Taula 4.2 i la Figura 4.2 mostren els resultats de concentració de PCDD/Fs en sòls en funció a la distància a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

Taula 4.2: Concentració de PCDD/Fs en sòls (ng OMS-TEQ/kg) en funció de la distància a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

	n	Mitjana	Desviació estàndard	Mediana	Mínim	Màxim
<1 km	6	11.9	27.1	1.21	0.22	67.2
1-2 km	10	1.55	1.93	0.71	0.29	5.36
2-3 km	10	0.55	0.43	0.44	0.23	1.67
>3 km	10	0.34	0.09	0.30	0.26	0.57

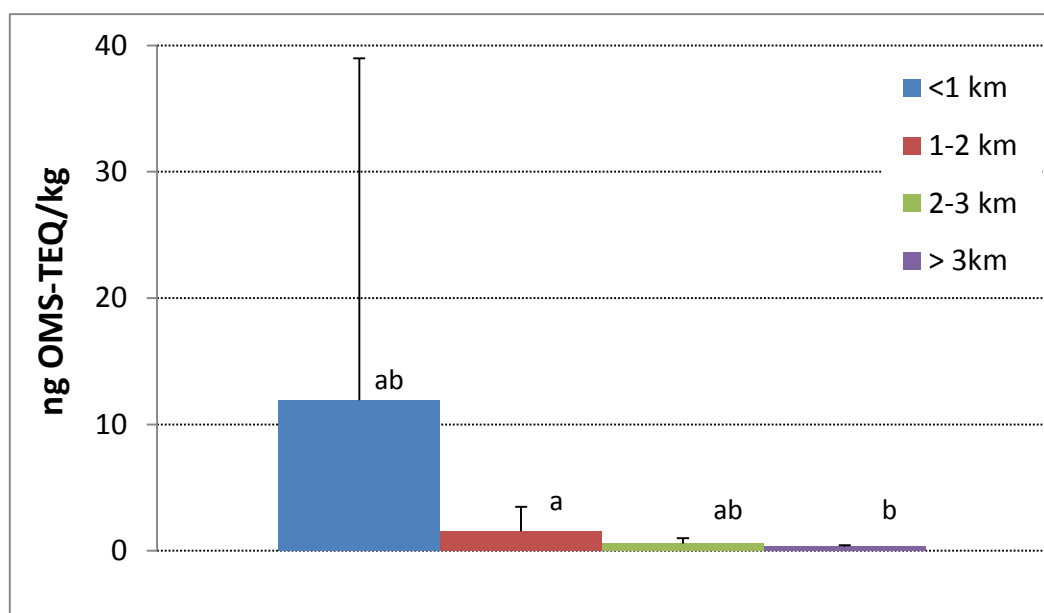


Figura 4.2: Nivells de PCDD/Fs en sòls (ng OMS-TEQ/kg) en funció de la distància a la PIVR de Sant Adrià de Besòs. Diferents superíndexs indiquen que la diferència és estadísticament significativa ($p < 0.05$).

Tot i la gran diferència registrada en les concentracions de PCDD/Fs entre les mostres més properes (<1 km) i la resta, aquesta no assolí un nivell de significació estadística ($p > 0.05$), a causa de la gran desviació existent entre uns punts i altres. Tot i això, caldria destacar que les concentracions de PCDD/Fs van ser significativament diferents en funció de la distància, quan es comparen els valors obtinguts a 1-2 km de la planta amb aquells situats a >3 km.

La Taula 4.3 i la Figura 4.3 resumeixen els resultats de PCDD/Fs en sòls en funció de la direcció respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

Taula 4.3: Concentració de PCDD/Fs en sòls (ng OMS-TEQ/kg) en funció a la direcció respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

	n	Mitjana	Desviació estàndard	Mediana	Mínim	Màxim
N	8	9.99	23.2	0.75	0.28	67.15
NO	12	0.60	0.41	0.45	0.22	1.45
O-SO	16	0.55	0.43	0.36	1.67	0.36

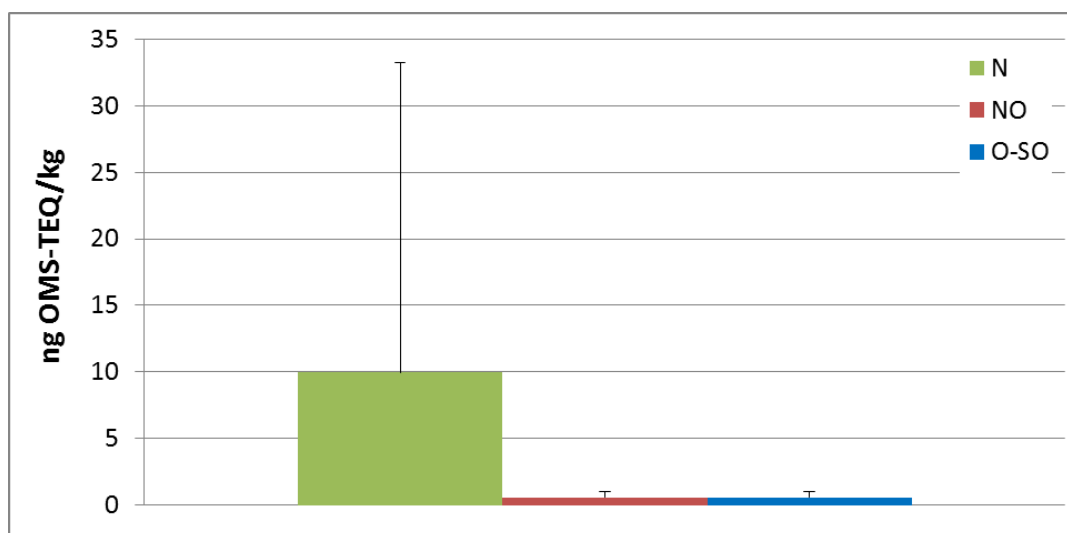


Figura 4.3: Concentració de PCDD/Fs en sòls en els sectors N, NO i O-SO.

Tot i la diferència en els nivells totals de PCDD/Fs en funció la direcció de la planta, aquesta no fou significativa a nivell estadístic ($p < 0.05$), degut a la gran variabilitat en els valors.

En tot cas, els resultats analítics indiquen clarament que la zona nord (N) més propera a la planta (<1 km) va mostrar concentracions de PCDD/Fs molt més elevades que en altres zones.

Actualment no hi ha un marc legal, ni a nivell català, ni espanyol, ni europeu, que reguli la utilització dels sòls en funció del seu contingut en dioxines i furans. Alguns països europeus, però, disposen d'una legislació que assenyalava els requeriments relatius als possibles usos dels sòls depenent de la seva concentració en PCDD/Fs. Així, per raons preventives, a Alemanya les concentracions de PCDD/Fs en sòls utilitzats amb finalitats agrícoles no han de superar els 5 ng TEQ/kg, mentre que a les zones residencials i industrials el límit està en 1,000 i 10,000 ng TEQ/kg, respectivament, segons apunta l'Ordenança Federal de Protecció de Sòls i Punts Contaminats. A Suïssa, s'estableix en 5 ng I-TEQ/kg el nivell "guia" pel qual un sòl pot tenir qualsevol ús, i 20 ng I-TEQ/kg com a nivell "control" que es considera que pot ser de risc en el cas que es cultivin vegetals per consum humà/animal, o si els usos impliquen possible ingesta de sòls

En l'actual estudi, la mostra de sòl N°4, amb un nivell de 67.2 ng OMS-TEQ/kg, va superar amb escreix el límit de PCDD/Fs en sòls residencials establerts en el marc normatiu d'alguns països europeus. Anàlogament, dos punts també propers a la PIVR de Sant Adrià de Besòs (mostres N°8 i N°36) van presentar nivells molt propers o fins i tot superiors (5.36 i 4.99 ng OMS-TEQ/kg, respectivament) al límit més exigent en sòls, establert en 5 ng I-TEQ/kg per diferents legislacions vigents actualment a Europa.

Per les seves especials característiques i la proximitat a la planta incineradora, des de l'any 1998 s'ha fet un seguiment dels nivells de PCDD/Fs en sòls del punt N°4, car en el primer estudi realitzat es va registrar un valor molt elevat (19.1 ng I-TEQ/kg). En el present estudi, la concentració de PCDD/Fs fou de 67.2 ng OMS-TEQ/kg, un valor molt proper a l'obtingut en el mostreig de l'any 2000 (67.9 ng I-TEQ/kg) (Domingo i col·ls., 2002b). En altres campanyes, aquest punt també ha presentat concentracions relativament elevades, tot i ser menors a les de l'actual estudi (7.9 ng I-TEQ/kg l'any 1999 i 10.1 OMS I-TEQ/kg l'any 2014 (Domingo i col·ls., 2002b, 2015).

La Taula 4.4 resumeix els nivells de PCDD/Fs en sòls obtinguts en estudis similars al voltant d'altres plantes de valorització energètica de residus sòlids urbans a Catalunya. Les concentracions de PCDD/Fs en sòls obtingudes als voltants de la PIVR de Sant Adrià del Besòs estan a la part alta del rang, situant-se molt per damunt de la mitjana.

Taula 4.4. Concentracions de PCDD/Fs en sòls als voltants d'altres plantes de valorització energètica de residus sòlids urbans a Catalunya.

Lloc	Any	Mitjana (ng TEQ/kg)	Rang (ng TEQ/kg)	Referència
Tarragona	1999	1.20	0.15 - 4.89	Domingo i col·ls., 2001
	2008	0.64	0.13 - 2.41	Vilavert i col·ls., 2009
	2010	0.58	0.11 - 1.35	Vilavert i col·ls., 2012
	2014	0.63	0.16 - 1.69	Vilavert i col·ls., 2015
Constantí	2011	0.67	0.08 - 2.93	Mari i col·ls., 2013
Campdorà, Girona	2015	0.39	0.13 - 0.76	No publicat
Mataró	2008	0.34	0.14 - 0.46	Rovira i col·ls., 2010
	2011	0.23	0.13 - 0.56	Rovira i col·ls., 2015
	2013	0.34	0.12 - 0.61	Rovira i col·ls., 2015
Sant Adrià de Besòs	1998	9.06	1.22 - 34.3	Domingo i col·ls, 2002b
	1999	11.8	1.33 - 54.2	Domingo i col·ls, 2002b
	2000	7.09	0.41 - 121	Domingo i col·ls, 2002b
	2014	3.60	0.40 - 10.6	Domingo i col·ls., 2015
	2015	2.66	0.22 - 67.2	Present estudi

Per tal d'estimar la contribució de les emissions de la PIVR de Sant Adrià de Besòs en la concentració de PCDD/Fs en sòls de cadascun dels 36 punts de mostreig, es van comparar els valors obtinguts en el present estudi de monitorització amb els nivells estimats en un estudi de modelització, realitzat de manera paral·lela (Annex). Els percentatges de contribució van variar entre 0.1% i 14.9%, en funció del punt de mostreig.

4.2.- Concentració de PCDD/Fs en mostres d'aire

La Taula 4.5 presenta les concentracions dels 17 congèneres de PCDD/Fs, així com els nivells totals en OMS-TEQ, en cadascuna de les 12 mostres d'aire recollides al Febrer de 2015 als voltants de la PIVR de Sant Adrià de Besòs. Addicionalment, a la Figura 4.4 es representen geogràficament els nivells totals de PCDD/Fs.

Anàlogament als sòls, els congèneres més pesants (OCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, OCDF i 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF) foren els que presentaren concentracions més elevades. D'altra banda, la 2,3,7,8-TCDD, un dels congèneres més tòxics, únicament es va poder detectar en la meitat de les mostres recollides, presentant un valor mig de $2.7 \cdot 10^{-3}$ pg/m³ (rang: <LD- $1.1 \cdot 10^{-2}$ pg/m³). Globalment, la concentració total de PCDD/Fs va mostrar una mitjana de 0.038 pg OMS-TEQ/m³, amb uns valors mínim i màxim de 0.009 i 0.115 ng OMS-TEQ/kg, respectivament.

En estudiar la distribució espacial dels nivells totals de PCDD/Fs (Figura 4.5), es pot veure clarament que els nivells més elevats es van trobar a la zona nord respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs, assolint-se concentracions de 0.071 i 0.085 pg OMS-TEQ/m³ en els punts N°3 i N°4, respectivament. No obstant això, el nivell màxim de PCDD/Fs en aire (0.12 pg OMS-TEQ/m³) es va registrar al punt N°10, ubicat al barri de Sant Andreu (Barcelona). En termes comparatius, el punt considerat com a blanc en aquest estudi (N°12) presentà un valor de PCDD/Fs en aire de 0.009 pg OMS-TEQ/m³.

Taula 4.5: Concentració de PCDD/Fs (pg/m³) en aire al voltant de la PIVR ubicada a Sant Adrià de Besòs.

Mostra	TD	PeD	HxD1	HxD2	HxD3	HpD	OD	TF	PeF1	PeF2	HxF1	HxF2	HxF3	HxF4	HpF1	HpF2	OF	OMS-TEQ
1	<LD	6.3E-03	5.0E-03	1.1E-02	1.1E-02	9.2E-02	1.9E-01	8.3E-03	9.4E-03	1.8E-02	1.4E-02	1.1E-02	2.8E-03	1.9E-02	6.3E-02	1.2E-02	6.0E-02	0.021
2	1.0E-03	6.9E-03	8.5E-03	1.4E-02	1.6E-02	1.2E-01	2.3E-01	1.1E-02	1.2E-02	2.1E-02	2.1E-02	1.6E-02	3.9E-03	2.3E-02	6.7E-02	1.4E-02	6.9E-02	0.026
3	1.1E-02	2.9E-02	3.7E-02	4.9E-02	4.2E-02	1.9E-01	2.9E-01	2.0E-02	3.0E-02	4.4E-02	5.4E-02	4.6E-02	2.7E-02	6.7E-02	2.0E-01	4.7E-02	1.5E-01	0.085
4	9.0E-03	2.5E-02	3.2E-02	4.0E-02	3.8E-02	1.7E-01	3.7E-01	1.7E-02	2.3E-02	3.7E-02	4.7E-02	4.2E-02	2.2E-02	4.2E-02	1.2E-01	3.2E-02	7.7E-02	0.071
5	<LD	4.1E-03	3.9E-03	9.8E-03	7.7E-03	8.9E-02	1.8E-01	9.6E-03	8.0E-03	1.7E-02	1.5E-02	1.5E-02	3.2E-03	2.3E-02	7.2E-02	8.7E-03	3.8E-02	0.020
6	<LD	1.3E-03	5.7E-03	1.3E-02	8.9E-03	1.2E-01	2.5E-01	8.9E-03	3.3E-03	1.3E-02	1.5E-02	1.5E-02	1.8E-03	2.5E-02	6.9E-02	<LD	3.9E-02	0.016
7	<LD	1.5E-03	8.1E-03	1.0E-02	8.7E-03	1.3E-01	2.7E-01	1.4E-02	1.1E-02	2.0E-02	1.7E-02	1.3E-02	4.7E-03	1.8E-02	4.7E-02	<LD	3.5E-02	0.018
8	<LD	3.3E-03	4.8E-03	6.0E-03	6.9E-03	9.9E-02	3.2E-01	6.7E-03	5.7E-03	9.7E-03	8.0E-03	5.7E-03	2.2E-03	7.5E-03	3.3E-02	<LD	<LD	0.012
9	1.4E-03	6.4E-03	1.1E-02	1.2E-02	1.9E-02	1.7E-01	3.7E-01	1.3E-02	9.8E-03	2.5E-02	2.4E-02	1.7E-02	2.0E-03	2.5E-02	7.3E-02	<LD	3.7E-02	0.028
10	5.9E-03	3.4E-02	4.0E-02	6.1E-02	6.7E-02	2.7E-01	3.5E-01	2.9E-02	3.7E-02	8.0E-02	1.1E-01	8.0E-02	9.1E-03	9.3E-02	2.6E-01	3.0E-02	1.1E-01	0.115
11	1.5E-03	8.8E-03	1.4E-02	1.7E-02	1.8E-02	1.7E-01	4.0E-01	8.1E-03	8.8E-03	2.2E-02	3.4E-02	2.5E-02	2.5E-03	3.4E-02	9.7E-02	1.4E-02	4.3E-02	0.030
12	<LD	2.9E-03	2.2E-03	3.1E-03	2.2E-03	3.5E-02	8.6E-02	6.7E-03	6.1E-03	1.0E-02	6.4E-03	5.0E-03	1.6E-03	6.7E-03	2.2E-02	<LD	<LD	0.009

LD: Límit de detecció; TD: 2,3,7,8-TCDD; PeD: 1,2,3,7,8-PeCDD; HxD1: 1,2,3,4,7,8-HxCDD; HxD2: 1,2,3,6,7,8-HxCDD; HxD3: 1,2,3,7,8,9-HxCDD; HpD: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OD: OCDD; TF: 2,3,7,8-TCDF; PeF1: 1,2,3,7,8-PeCDF; PeF2: 2,3,4,7,8-PeCDF; HxF1: 1,2,3,4,7,8-HxCDF; HxF2: 1,2,3,6,7,8-HxCDF; HxF3: 1,2,3,7,8,9-HxCDF; HxF4: 2,3,4,6,7,8-HxCDF; HpF1: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; HpF2: 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OF: OCDF.



Figura 4.4: Concentració de PCDD/Fs en aire. Resultats en pg OMS-TEQ/m³. La mida de la bombolla és proporcional al nivell de PCDD/Fs. En taronja, ubicació de la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

La Taula 4.6 i la Figura 4.5 resumeixen els resultats de PCDD/Fs en aire en funció a la distància de la PIVR de Sant Adrià de Besòs. Tot i que la diferència no és estadísticament significativa ($p > 0.05$), el valor més alt, tant de mitjana com de mediana, correspon a la zona més propera a la planta.

Taula 4.6: Nivells de PCDD/Fs en aire (pg OMS-TEQ/m³) en funció de la distància a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

	n	Mitjana	Desviació estàndard	Mediana	Mínim	Màxim
<1 km	4	0.051	0.032	0.049	0.021	0.085
1-2 km	4	0.020	0.0078	0.018	0.012	0.030
2-3 km	1	0.028	-	0.028	0.028	0.028
>3 km	3	0.047	0.059	0.018	-	0.115

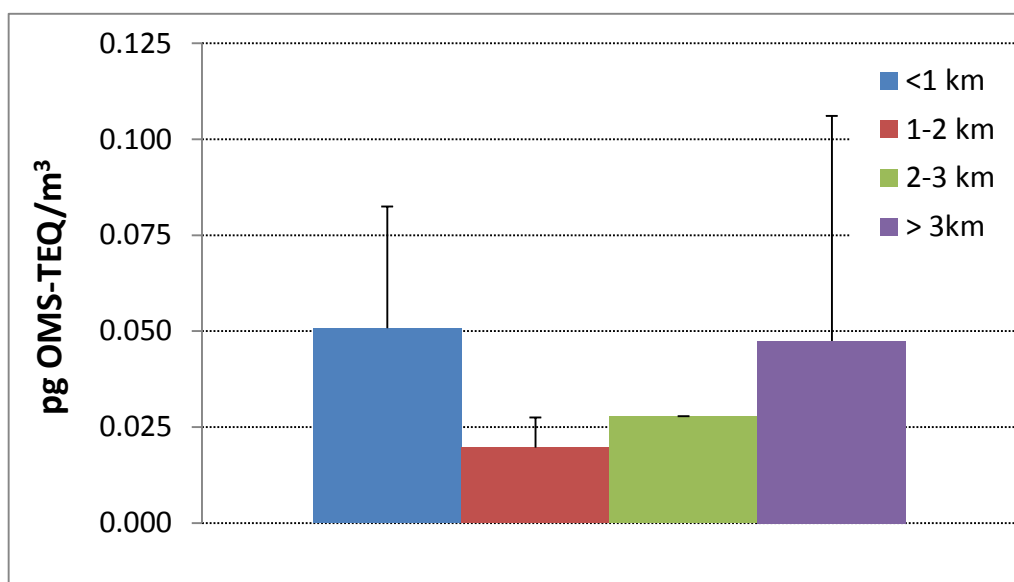


Figura 4.5: Nivells de PCDD/Fs en aire (pg OMS-TEQ/m³) en funció de la distància a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

D'altra banda, la Taula 4.7 i la Figura 4.6 mostren els resultats de PCDD/Fs en aire en funció a la direcció a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

Taula 4.7: Nivells de PCDD/Fs en aire en funció de la direcció respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

	n	Mitjana	Desviació estàndard	Mediana	Mínim	Màxim
N	3	0.038	0.030	0.030	0.012	0.071
NO	4	0.060	0.047	0.056	0.016	0.115
O-SO	5	0.019	0.007	0.020	0.009	0.028

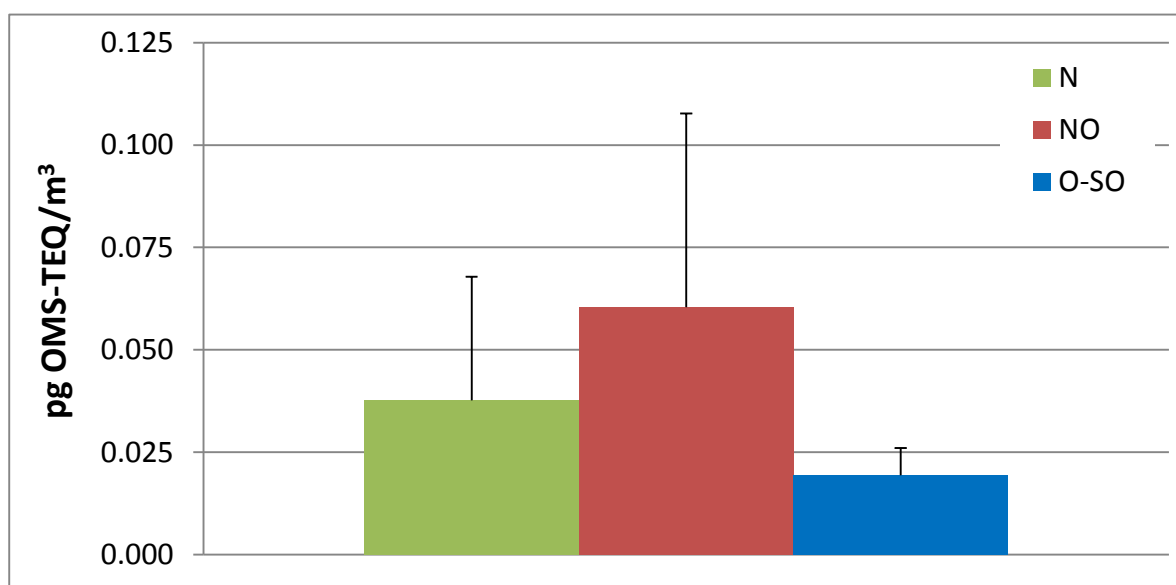


Figura 4.6: Nivells de PCDD/Fs en aire (pg OMS-TEQ/m³) en funció de la direcció respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

No es van detectar diferències significatives ($p < 0.05$) en els nivells totals de PCDD/Fs en funció de la direcció dels punts de presa de mostra respecte a la planta.

En comparar els nivells de PCDD/Fs en aire de l'actual presa de mostra (2015) amb els obtinguts en estudis precedents, realitzats els anys 2005, 2006 i 2014 (Figura 4.7), s'observa una clara tendència a l'alça, essent especialment evident en els punts N°3 i N°4 (Mari et al. 2008b, Domingo et al. 2015), ambdós situats en una zona propera, al nord de la PIVR. De fet, aquest fet es correlaciona totalment amb les concentracions relativament més elevades trobades en sòls d'aquesta zona.

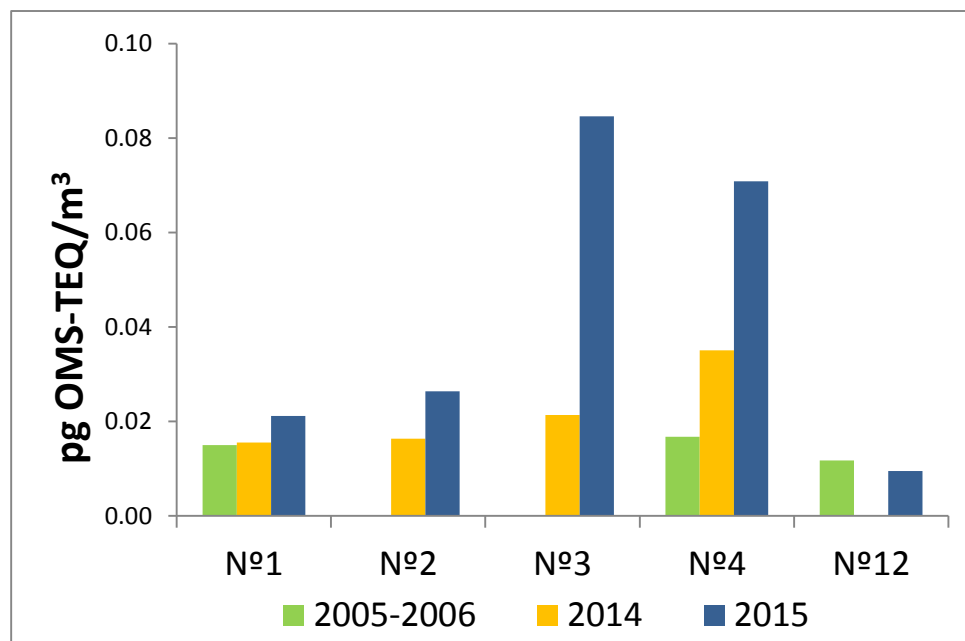


Figura 4.7: Nivells de PCDD/Fs en aire en estudis realitzats anteriorment a l'àrea d'estudi.

A la Taula 4.8 es presenta resumidament un recull dels valors de PCDD/Fs en aire obtinguts en estudis similars al voltant d'altres plantes de valorització energètica de residus de Catalunya. De la mateixa manera que succeïa amb els sòls, els nivells de PCDD/Fs en mostres d'aire recollides als voltants de la PIVR de Sant Adrià de Besòs són de les més elevades. De fet, en el present estudi es va detectar la màxima concentració de PCDD/Fs en aire de tots els estudis d'immissió realitzats fins ara en zones properes a plantes incineradores de Catalunya ($0.119 \text{ pg OMS-TEQ/m}^3$).

Taula 4.8: Concentració de PCDD/Fs en mostres d'aire al voltant de diverses plantes de valorització energètica de residus sòlids urbans de Catalunya.

Lloc	Any	Mitjana (pg TEQ/m ³)	Rang (pg TEQ/m ³)	Referència	
Tarragona	2007	0.012	0.004 – 0.033	Vilavert i col·ls., 2009	
	2009	0.009	0.007 – 0.022	Vilavert i col·ls., 2012	
	2013	0.004	0.002 – 0.005	Vilavert i col·ls., 2015	
Mataró	2008	0.011	0.008 - 0.015	Rovira i col·ls., 2010	
	2011	0.010	0.006 - 0.013	Rovira i col·ls., 2015	
	2013	0.014	0.010 - 0.018	Rovira i col·ls., 2015	
Campdorà, Girona	2015	0.015	0.009 - 0.028	No publicat	
Sant Adrià de Besòs	2005-2006	Àrea incineradora	0.018	0.010 - 0.024	Mari i col·ls., 2008b
		Àrea control	0.012	0.008 - 0.019	
Sant Adrià de Besòs	2014	0.026	0.018 - 0.041	Domingo i col·ls., 2015	
Present estudi	2015	0.038	0.009 - 0.115		

4.3.- Avaluació de riscos associats a l'exposició a PCDD/Fs

La Taula 4.9 detalla els nivells d'exposició humana a PCDD/Fs, en funció de la via d'exposició (ingesta de sòls, inhalació d'aire i contacte dèrmic amb sòls i pols) per a la població resident a diferents distàncies i direccions respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs. Així mateix, es detalla l'exposició pels habitants dels tres municipis més propers on es van recollir mostres de sòls i aire: Sant Adrià de Besòs, Barcelona i Badalona.

Taula 4.9: Concentració mitjana de PCDD/Fs en sòls i aire, i exposició a PCDD/Fs per la població resident a diferents distàncies i direccions de la PIVR de Sant Adrià de Besòs, així com pels habitants dels tres municipis més propers.

	Concentració PCDD/Fs		Exposició (ng OMS TEQ/(kg·dia))		
	Sòls	Aire	Ingesta de sòls	Contacte dèrmic	Inhalació
<1 km	11.9	0.055	1.8E-05	1.9E-05	1.5E-05
1-2 km	1.55	0.017	2.3E-06	2.4E-06	4.6E-06
2-3 km	0.53	0.033	7.9E-07	8.4E-07	9.1E-06
>3 km	0.34	0.050	5.1E-07	5.4E-07	1.4E-05
N	9.99	0.042	1.5E-05	1.6E-05	1.2E-05
NO	0.60	0.064	9.0E-07	9.6E-07	1.8E-05
O-SO	0.58	0.023	8.7E-07	9.3E-07	6.3E-06
Barcelona	0.47	0.040	7.3E-07	7.7E-07	1.1E-05
Sant Adrià de Besòs	8.72	0.042	1.4E-05	1.5E-05	1.1E-05
Badalona	1.23	0.035	1.9E-06	2.1E-06	9.7E-06

Unitats: PCDD/Fs en sòls: ng OMS-TEQ/kg; PCDD/Fs en aire: pg OMS-TEQ/m³

La principal ruta d'exposició a PCDD/Fs fou la inhalació, excepte en aquells grups que inclouen el punt N^o4 (<1 km, N i municipi de Sant Adrià del Besòs), pels quals la principal ruta és el contacte dèrmic. Aquest fet és causat pels alts nivells de PCDD/Fs en sòls d'aquesta mostra puntual (67.2 ng OMS-TEQ/kg).

És ben conegut que la dieta és, generalment, la principal via d'exposició a les dioxines, havent-se estimat una ingesta dietètica a PCDD/Fs per la població catalana de $2.3 \cdot 10^{-4}$ ng TEQ/kg·dia (Perelló i col·ls., 2012). Aquest valor és entre un i dos ordres de magnitud superior a l'exposició ambiental calculada a partir de les concentracions de PCDD/Fs en mostres d'aire i sòls recollides al voltant de la planta. Més específicament, s'estima que la dieta suposa entre un 85%, en els residents de Sant Adrià del Besòs, a un 95%, en els

residents de Barcelona, de l'exposició total a PCDD/Fs, conclouent que la via alimentària continua essent el factor més contributiu al risc total per dioxines i furans. Tanmateix, la dieta contribuiria tan sols un 49% a l'exposició total pels residents al voltant del punt N°4 (Parc del Litoral/IES Vázquez Montalbán). Conseqüentment, l'exposició ambiental seria la principal via d'entrada a PCDD/Fs per la població veïna, un fet molt excepcional segons la bibliografia científica, i que requereix un aprofundiment per conèixer-ne les causes.

El quocient de perill (HQ) s'utilitza per avaluar els efectes adversos no cancerígens deguts a un contaminant en qüestió. Representa la relació entre l'exposició a una substància i la dosi de referència (RfD), definida com aquella exposició per la qual està establert que no es produeixen efectes adversos. Un valor de quocient de perill per sota la unitat és considerat com a segur. A la Taula 4.9 es resumeixen els quocients de perill derivats de l'exposició humana en funció de la distància i direcció a la planta, així com també en funció del municipi de residència. D'altra banda, el risc cancerigen s'expressa en termes de probabilitat de desenvolupar càncer donada una exposició al llarg de tota la vida (70 anys). La legislació espanyola estableix 10^{-5} com a nivell màxim de risc acceptat. Tanmateix, l'Agència de protecció ambiental Americana (US EPA) considera admissible valors situats en un rang d'entre 10^{-6} i 10^{-4} , tenint compte la variabilitat, la incertesa relacionada amb les característiques individuals de cada individu i l'acumulació de risc per exposició a altres substàncies. La Taula 4.10 detalla els valors de risc cancerigen en funció de la distància i direcció a la planta, i també en funció del municipi de residència.

Taula 4.10: Risc cancerígens i no cancerígens (HQ) en diferents distàncies i direccions de la planta, i pels tres municipis més propers a la PIVR de Sant Adrià de Besòs.

	HQ	Risc Cancerigen
<1 km	0.054	6.81E-06
1-2 km	0.007	1.23E-06
2-3 km	0.003	1.41E-06
>3 km	0.003	1.96E-06
N	0.045	5.56E-06
NO	0.004	2.57E-06
O-SO	0.003	1.07E-06
Barcelona	0.003	1.65E-06
Sant Adrià Besòs	0.041	5.18E-06
Badalona	0.007	1.81E-06

En tots els casos, els riscos no cancerígens (HQ) foren inferiors a la unitat, indicant que no existeix risc no cancerigen en cap dels escenaris contemplats, ja sigui en funció de la distància, direcció de la planta o municipi de residència. Els residents al voltant del punt N°4 mostren els valors de quocient de perill (HQ) més elevats (0.31).

D'altra banda, precisament la població resident a les rodalies del punt N°4 supera el límit establert per la legislació espanyola (10^{-5}) quant al risc cancerigen, amb un valor de $3.1 \cdot 10^{-5}$. Tot i trobar-se dins del rang considerat com a assumible per la US EPA (10^{-4} - 10^{-6}), aquest valor de risc és el més elevat trobat mai en plantes de valorització energètica de residus urbans de Catalunya (Tarragona, Mataró i Girona). Per poblacions, els residents de Sant Adrià del Besòs tenen una probabilitat al voltant de 3 vegades superior de desenvolupar càncer al llarg de una vida que els residents de Barcelona i Badalona, atenent només a l'exposició a PCDD/Fs.

5.- Conclusions

- Les concentracions més elevades de PCDD/Fs en sòls s'han detectat en la direcció Nord, a una distància inferior a 1 km respecte a la PIVR de Sant Adrià de Besòs, amb uns valors puntuals de 67.2, 5.36 i 4.99 ng OMS-TEQ/kg (punts N°4, N°8 i N°36, respectivament). Altrament, els nivells de PCDD/Fs en mostres de sòls recollides a una distància d'1-2 km de la PIVR són significativament més elevats que els observats en les zones més llunyanes respecte a la planta (>3 km).
- Els nivells de PCDD/Fs en sòls recollits al voltant de la PIVR de Sant Adrià de Besòs són notablement més elevats que els observats a les rodalies d'altres instal·lacions de tractament de residus sòlids urbans de Catalunya.
- Comparant els valors obtinguts respecte als d'un estudi de modelització, realitzat de manera paral·lela, s'estima que la contribució de les emissions de la PIVR de Sant Adrià de Besòs en la concentració de PCDD/Fs en sòls varia entre 0.1% i 14.9%, en funció del punt de mostreig.
- La concentració mitjana de PCDD/Fs en 12 mostres d'aire ha estat de 0.038 pg OMS-TEQ/m³, amb un màxim de 0.115 pg OMS-TEQ/m³ (al barri de Sant Andreu de Barcelona). Les mostres d'aire recollides en una zona propera al nord de la PIVR de Sant Adrià de Besòs han presentat nivells de PCDD/Fs molt elevats (0.071 i 0.085 pg OMS-TEQ/m³ en els punts N°3 i N°4, respectivament).
- Tot i que no s'han detectat diferències significatives en les concentracions en aire de PCDD/Fs, en funció de la distància i la direcció de la planta, els actuals nivells de PCDD/Fs en aire són més alts que els observats a les rodalies d'altres plantes de valorització energètica de residus de Catalunya.
- L'exposició ambiental a PCDD/Fs per a la població de Barcelona, Sant Adrià de Besòs i Badalona s'ha estimat en $1.2 \cdot 10^{-5}$, $4.0 \cdot 10^{-5}$ i $1.4 \cdot 10^{-5}$ ng TEQ/kg·dia, respectivament. A títol informatiu, aquesta exposició és notablement més baixa que la ingesta dietètica de PCDD/Fs per la població catalana, prèviament estimada en $2.3 \cdot 10^{-4}$ ng TEQ/kg·dia.

- Els riscos no cancerígens per la població, presenten quocients de perill (HQ) inferiors a la unitat, pels residents dels tres municipis més propers a la PIVR de Sant Adrià de Besòs. En la majoria dels punts de mostreig, el risc cancerigen mitjà associat a l'exposició a PCDD/Fs és inferior al nivell màxim de risc acceptat per la legislació espanyola (10^{-5}).
- Tanmateix, el risc cancerigen pels residents en la proximitat del punt N°4 supera aquest límit ($3.1 \cdot 10^{-5}$). Globalment, els habitants de Sant Adrià del Besòs tenen una probabilitat al voltant de 3 vegades més elevades de desenvolupar càncer al llarg de la seva vida, que els residents de Barcelona i Badalona, atenent a l'exposició a PCDD/Fs. Aquest risc cancerigen és també més elevat que l'observat en poblacions residents a les rodalies d'altres plantes de valorització energètica de residus sòlids urbans de Catalunya (Tarragona, Mataró i Girona).

6.- Bibliografia

Abad E, Martínez K, Caixach J, Rivera J (2004). Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin/polychlorinated dibenzofuran release into the atmosphere from the use of secondary fuels in cement kilns during clinker formation. *Environmental Science and Technology* 38: 4734-4738.

Breivik K, Vestreng V, Rozovskaya O, Pacyna JM (2006). Atmospheric emissions of some POPs in Europe: a discussion of existing inventories and data needs. *Environmental Science and Policy* 9: 663-674.

Domingo JL, Schuhmacher M, Müller L, Rivera J, Granero S, Llobet JM (2000). Evaluating the environmental impact of an old municipal waste incinerator: PCDD/F levels in soil and vegetation samples. *Journal of Hazardous Materials* 76: 1-12.

Domingo JL, Schuhmacher M, Llobet JM, Müller L, Rivera J (2001). PCDD/F concentrations in soil and vegetation in the vicinity of a municipal waste incinerator after a pronounced decrease in the emissions of PCDD/Fs from the facility. *Chemosphere* 43: 217-226.

Domingo JL, Bocio A, Nadal M, Schuhmacher M, Llobet JM (2002a) Monitoring dioxins and furans in the vicinity of an old municipal waste incinerator after pronounced reductions of the atmospheric emissions. *Journal of Environmental Monitoring* 4: 395-399.

Domingo JL, Schuhmacher M, Agramunt MC, Llobet JM, Rivera J, Müller L (2002b). PCDD/F levels in the neighbourhood of a municipal solid waste incinerator after introduction of technical improvements in the facility. *Environment International* 28: 19-27.

Domingo JL, Rovira J, Vilavert L, Nadal M, Figueras MJ, Schuhmacher M (2015). Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Science of the Total Environment* 518-519: 363-370.

EPA (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual. EPA/540/1-89/002. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA.

EPA (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). EPA-540-R-070-002. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA.

Fabrellas B, Larranzabal D, Matínez M, Sanz P, Ruiz M, Abad E, Rivera J (2004). Global Assesment of PCDD/F emissions from the Spanish cement sector. Effect of conventional/alternative fuels. *Organohalogen Compounds* 28: 249-254.

Mari M, Schuhmacher M, Feliubadaló J, Domingo JL (2008a). Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. *Chemosphere* 70: 1637-1643.

Mari M, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2008b) Monitoring PCDD/Fs, PCBs and metals in the ambient air of an industrial area of Catalonia, Spain. *Chemosphere* 73: 990-998.

Mari M, Díaz-Ferrero J, Schuhmacher M, Nadal M, Domingo JL (2013) Health risks of environmental exposure to PCDD/Fs near a hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response* 3: 77-87.

MMA (2007). Guía Técnica de aplicación del RD 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente.

Ooi TC, Lu L (2011). Formation and mitigation of PCDD/Fs in iron ore sintering. *Chemosphere* 85: 291-299.

RAIS (2015). Risk Assessment Information System. US Environmental Protection Agency. Disponible a la web: <http://rais.ornl.gov/>.

Rey MD, Font R, Aracil I (2014). PCDD/F emissions from light-duty diesel vehicles operated under highway conditions and a diesel-engine based power generator. *Journal of Hazardous Materials* 278: 116-123.

Rovira J, Mari M, Schuhmacher M, Nadal M, Domingo JL (2010). Environmental monitoring of metals, PCDD/Fs and PCBs as a complementary tool of biological surveillance to assess human health risks. *Chemosphere* 80:1183-1189.

Rovira J, Mari M, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2011). Levels of metals and PCDD/Fs in the vicinity of a cement plant: Assessment of human health risks. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 46: 1075-1084.

Rovira J, Vilavert L, Nadal M, Schuhmacher M Domingo JL (2015). Temporal trends in the levels of metals, PCDD/Fs and PCBs in the vicinity of a municipal solid waste incinerator. Preliminary assessment of human health risks. *Waste Management*, en premsa.

Schuhmacher M, Granero S, Rivera J, Müller L, Llobet JM, Domingo JL (2000). Atmospheric deposition of PCDD/Fs near an old municipal solid waste incinerator: Levels in soil and vegetation. *Chemosphere* 40: 593-600.

TERSA (2015). Planta integral de valorització de residus. Disponible: http://www.teresa.cat/ca/planta-integral-de-valoritzaci%C3%B3-de-residus_2115

Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE (2006). The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences* 93: 223-241.

Vilavert L, Nadal M, Mari M, Schuhmacher M, Domingo JL (2009). Modification of an environmental surveillance program to monitor PCDD/Fs and metals around a municipal solid waste incinerator. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 44: 1343-1352.

Vilavert L, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2012). Long-term monitoring of dioxins and furans near a municipal solid waste incinerator: Human health risks. *Waste Management and Research* 30: 908-916.

Vilavert L, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2015) Two decades of environmental surveillance in the vicinity of a waste incinerator: Human health risks associated with metals and PCDD/Fs. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, en premsa.

7.- Annex

Punts de presa de mostra

Punt Presa mostra: N°1

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Ramon Llull, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434922 N

4585198 E



Punt Presa mostra: N°2

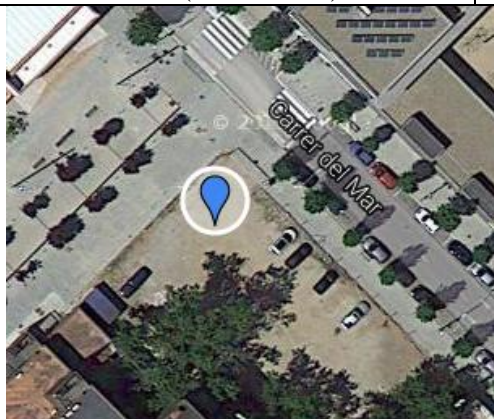
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer del Mar, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434872 N

4585388 E



Punt Presa mostra: N°3

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Av. Manuel Fernández Márquez, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

435056 N

4585542 E



Punt Presa mostra: N°4

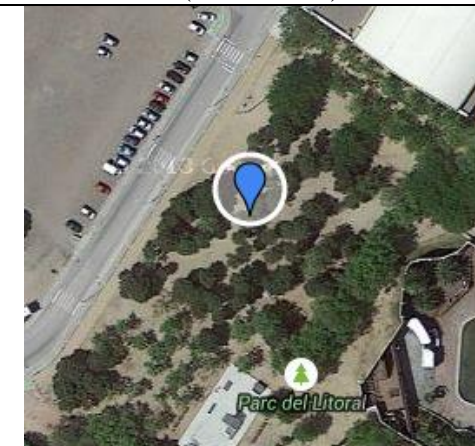
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc del Litoral, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

435757 N

4585953 E



Punt Presa mostra: N°5

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Pallars amb Carrer de l'Agricultura, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

434119 N

4584676 E



Punt Presa mostra: N°6

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc de Besòs, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434505 N

4585836 E



Punt Presa mostra: N°7

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Av. Diagonal amb Carrer d'Aragó, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431263 N

4583648 E



Punt Presa mostra: N°8

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Plaça Rosa Sensat, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434990 N

4586856 E



Punt Presa mostra: N°9

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Plaça Eduard Torroja, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433140 N

4585177 E



Punt Presa mostra: N°10

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Plaça de les Palmeres, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431998 N

4587125 E



Punt Presa mostra: N°11

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Entre Carrer Sant Marc i Carrer de Tortosa, Badalona

Coordenades (31 T UTM):

435715 N

4587825 E



Punt Presa mostra: N°12

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Carles Riba, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

427033 N

4584884 E



Punt Presa mostra: N°13

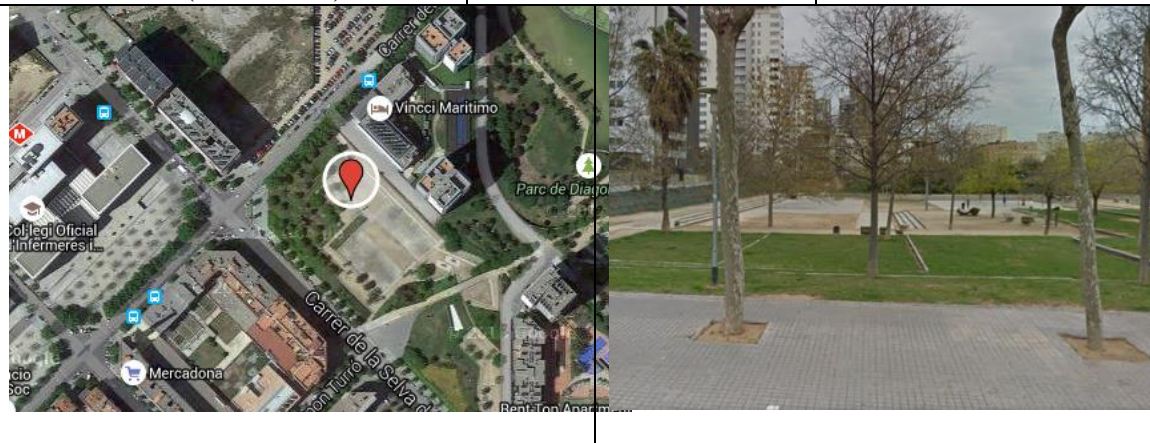
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Llull amb Carrer de Selva del Mar, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

434118 N

4584940 E



Punt Presa mostra: N°14

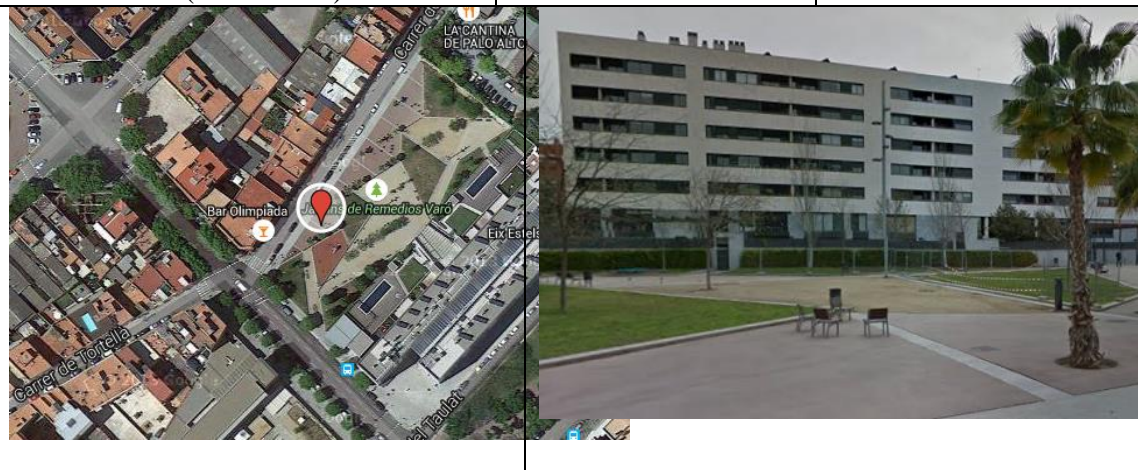
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Jardins Remedios Varó, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433966 N

4583903 E



Punt Presa mostra: N°15

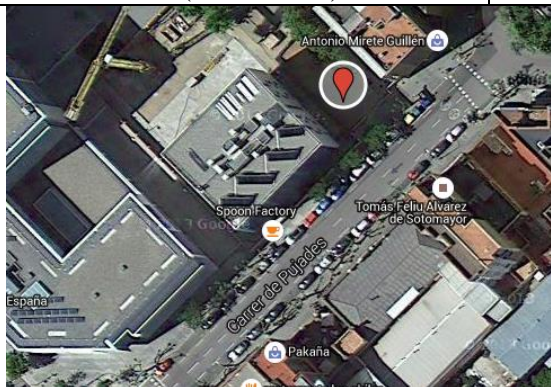
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Pujades 165, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433131 N

4583623 E



Punt Presa mostra: N°16

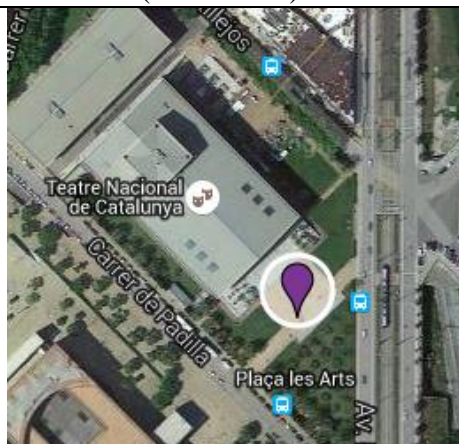
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Plaça de les Arts, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431983 N

4583408 E



Punt Presa mostra: N°17

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer de Guatemala, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

432588 N

4584456 E



Punt Presa mostra: N°18

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer de la Selva de Mar 110, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433552 N

4584769 E



Punt Presa mostra: N°19

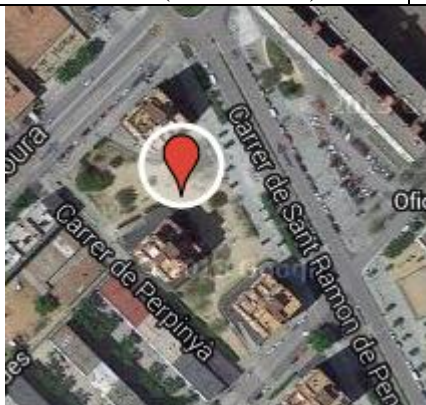
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Entre Carrer Ramon de Penyafort i Carrer Perpinyà, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434562 N

4585474 E



Punt Presa mostra: N°20

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: plaça de la palmera de Sant Martí

Coordenades (31 T UTM):

433596 N

4585644 E



Punt Presa mostra: N°21

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc de la Ciutadella (Passeig Pujades), Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431892 N

4582330 E



Punt Presa mostra: N°22

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc de Sant Martí, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433006 N

4585698 E



Punt Presa mostra: N°23

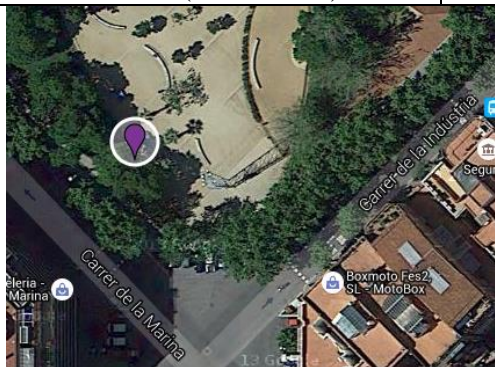
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Marina amb Carrer Indústria, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

430710 N

4584336 E



Punt Presa mostra: N°24

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Venezuela amb Av. Diagonal, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433544 N

4584417 E



Punt Presa mostra: N°25

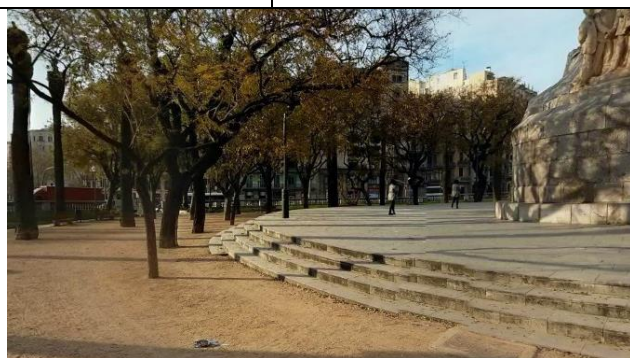
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: plaça Tetuan, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431108 N

4582927 E



Punt Presa mostra: N°26

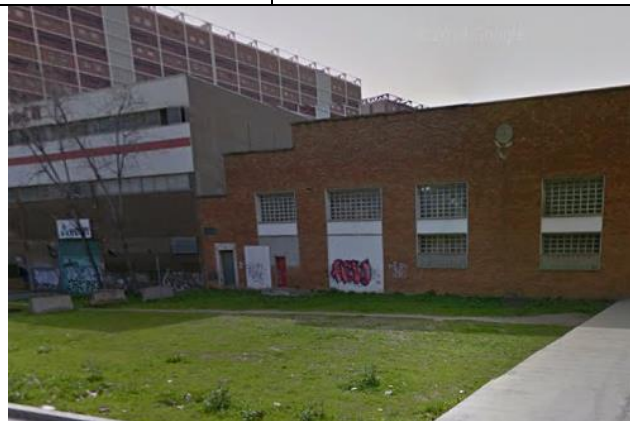
Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Via Trajana 20, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

433793 N

4586364 E



Punt Presa mostra: N°27

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc de la Pegaso (Carrer Rovira i Virgili), Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

432204 N

4586561 E



Punt Presa mostra: N°28

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Clara Campoamor, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434769 N

4586051 E



Punt Presa mostra: N°29

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Passeig de la Pollancreda amb Plaça Andreu Molins, Sant Adrià de Besòs

Coordenades (31 T UTM):

434278 N

4587021 E



Punt Presa mostra: N°30

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Plaça Gaudí, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

431093 N

4583941 E



Punt Presa mostra: N°31

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc del Molinet, Santa Coloma de Gramenet

Coordenades (31 T UTM):

434163 N

4587679 E



Punt Presa mostra: N°32

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Carrer Caresmar, Barcelona

Coordenades (31 T UTM):

433702 N

4587227 E



Punt Presa mostra: N°33

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc Gran Sol, Badalona

Coordenades (31 T UTM):

434827 N

4588243 E



Punt Presa mostra: N°34

Campanya presa de mostra: Febrer 2015

Localització: Parc Turó Caritg (Carrer Pere Martell), Badalona

Coordenades (31 T UTM):

435596 N

4588614 E



**PERCENTATGE DE CONTRIBUCIÓ DE LES EMISSIONS DE LA PIVR SOBRE
LA CONCENTRACIÓ DE PCDD/Fs EN SÒLS**

Punts presa mostra sòls	x	y	Concentració estimada en sòls (ng TEQ/kg)	Concentració mesurada en sòls (TEQ ng/kg)	contribució de la PIVR (percentatge)
1	434922	4585198	0.044	1.36	3.2
2	434872	4585388	0.038	1.05	3.6
3	435056	4585542	0.041	1.45	2.8
4	435757	4585953	0.042	67.2	0.1
5	434119	4584676	0.023	0.29	8.1
6	434505	4585836	0.030	0.54	5.5
7	431263	4583648	0.012	0.31	3.9
8	434990	4586856	0.029	5.36	0.6
9	433140	4585177	0.014	0.54	2.6
10	431998	4587125	0.015	0.33	4.4
11	435715	4587825	0.015	0.87	1.7
12	427033	4584884	0.003	0.27	1.2
13	434118	4584940	0.025	0.4	6.1
14	433966	4583903	0.015	0.28	5.3
15	433131	4583623	0.015	0.23	6.7
16	431983	4583408	0.014	0.31	4.5
17	432588	4584456	0.015	1.67	0.9
18	433552	4584769	0.018	0.98	1.8
19	434562	4585474	0.031	0.24	12.7
20	433596	4585644	0.017	0.36	4.8
21	433006	4585698	0.015	0.27	5.4
22	430710	4584336	0.010	0.41	2.4
23	433544	4584417	0.018	0.58	3.0
24	431108	4582927	0.010	0.26	4.0
25	433793	4586364	0.018	1.12	1.6
26	432204	4586561	0.014	0.3	4.6
27	434769	4586051	0.033	0.22	14.9
28	434278	4587021	0.019	0.55	3.4
29	431093	4583941	0.010	0.3	3.4
30	434163	4587679	0.016	0.34	4.7
31	433702	4587227	0.015	0.75	1.9
32	434827	4588243	0.016	0.62	2.6
33	435596	4588614	0.013	0.28	4.6
34	436744	4587901	0.017	0.28	6.2
35	436321.9	4587198	0.028	4.99	0.6
36	431892	4582330	0.014	0.57	2.4

