



3. CONCRECIÓ DESCRIPTIVA DELS RISCOS

Per a cadascun dels riscos inclosos al MPCC es descriu de forma concreta el seu contingut mitjançant els apartats següents:

- Introducció: descripció del risc i referents; breu descripció introductòria del risc tant pel que fa als elements de perill com a la vulnerabilitat.
- Descripció de l'índex del risc: reflexió breu sobre l'índex que s'empra per a la quantificació, classificació i gestió del risc.
- Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa: indicació del mètode que s'empra per al càlcul de l'índex de risc.
- Descripció general del mapa i municipis afectats: breu referència als paràmetres explicatius del mapa del risc concret i distribució dels municipis afectats (a banda d'aquesta descripció, l'apartat 4 inclou el criteri d'obligació o recomanació d'elaborar planificació municipal, el llistat concret de municipis obligats o recomanats i el grau de compliment de la planificació municipal).
- Descripció de la informació de prevenció: quan s'escaigui, exposició de la metodologia i resultats del mapa en quant a criteris definits per al control de la implantació dels nous elements vulnerables compatible amb la gestió del risc, des del punt de vista de les possibles emergències i l'aplicació de les mesures d'autoprotecció per part de la població.

El text s'acompanya d'imatges corresponents a Catalunya, excepte quan s'indiqui el contrari.



3.1. Risc bàsic

3.1.1. Introducció: descripció del risc i referents

Es coneix com a risc bàsic el que representa el criteri tècnic de necessitat d'un sistema bàsic de protecció civil, que en tot cas inclou el Pla Territorial de Protecció Civil de Catalunya (PROCICAT) de la Generalitat de Catalunya, i a nivell municipal el pla bàsic d'emergència municipal (PBEM). Aquest últim és el pla que recull l'organització, l'esquema i els recursos bàsics de protecció civil del municipi per a respondre als riscos que pot generar o patir el municipi i també una anàlisi preliminar dels riscos municipals. Així, disposar del PBEM permet al municipi disposar d'un coneixement previ de les seves capacitats i recursos alhora que dels riscos que poden afectar al municipi. En ambdós casos el que es pretén és una planificació i preparació prèvia a les possibles emergències municipals per facilitar la seva gestió.

3.1.2. Descripció de l'índex del risc.

El criteri que indica els municipis amb obligació de planificació bàsica d'emergències és, inicialment i amb caràcter general, el poblacional, ja sigui per habitants censats o per turistes. Així, el PROCICAT considera municipis amb risc bàsic els següents:

- Municipis amb més de 20.000 habitants.
- Municipis considerats turístics, per motiu de l'increment puntual de la població o també població flotant.

Aquest criteri de planificació bàsica municipal d'emergència està recollit al pla PROCICAT d'acord a la llei de protecció civil de Catalunya que estableix al seu article 17 que *“els municipis amb una població superior als vint mil habitants i els que, sense arribar a aquesta població, tenen la consideració de turístics o els que són considerats de risc especial per llur situació geogràfica o llur activitat industrial, segons la Comissió de Protecció Civil de Catalunya, han d'elaborar i aprovar plans bàsics d'emergència municipal que garanteixin la coordinació i l'aplicació correctes en llur territori del Pla de protecció civil de Catalunya”*. Aquesta obligació també queda recollida a l'article 2 del Decret 210/1999, de 27 de juliol, pel qual s'aprova l'estructura del contingut per a l'elaboració i l'homologació dels plans de protecció civil municipals

Alhora, d'acord a la redacció anterior i al contingut del pla especial d'emergències aeronàutiques (AEROCAT) i del pla d'actuació del PROCICAT per emergències en el transport de viatgers per ferrocarril que es descriuen en apartats posteriors, es considera que han d'elaborar el PBEM els municipis afectats pels riscos següents:

- Emergència aeronàutica:
 - Municipis inclosos en la zona d'afectació de 8 kilòmetres que envolta els aeroports que tinguin una població superior a 20.000 habitants.
 - Municipis inclosos a les zones de risc dels aeroports quan al territori afectat no hi hagi elements vulnerables.
- Emergència en el transport de viatgers per ferrocarril: municipis amb les infraestructures crítiques següents:
 - Estacions amb capacitats superiors a 1.500 usuaris
 - Túnel de longitud superior a 1.000 m (o túnels separats menys de 500 m que la suma de les seves longituds superi els 1.000 m)



- o Metro.

Els municipis anteriors tenen un tractament sectorial en funció del pla especial per emergències aeronàutiques i del pla d'actuació del Procicat per emergències en el transport de viatgers per ferrocarril, respectivament, i que es descriuen més endavant.

També Sallent està afectat pel risc bàsic i ha d'elaborar PBEM com a conseqüència del risc de subsidències a la zona urbana del barri de l'Estació.

D'altra banda, cal tenir en compte que el PROCICAT no concreta de forma específica el risc bàsic en relació a l'assegurament dels serveis i subministraments bàsics, és a dir, pel que fa a la vulnerabilitat social envers la manca d'aigua, gas, electricitat, transport, telecomunicacions, sanitat i medicaments, aliments i combustibles.

3.1.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

Per a l'elaboració del mapa del risc bàsic de protecció civil el pla PROICAT identifica:

- Aquells municipis que actualment tenen una població censada superior als 20.000 habitants.
- Els municipis considerats turístics d'acord a la normativa sectorial vigent, en aquest cas el Decret legislatiu 2/2003, de 28 d'abril, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei municipal i de règim local de Catalunya, que estableix al seu article 75 (municipis turístics):

"75.1 Tenen la consideració de municipis turístics els que, d'acord amb la normativa sectorial que els regula, compleixin almenys una de les condicions següents:

- a) Que la mitjana ponderada anual de població turística sigui superior al nombre de veïns i el nombre de places d'allotjament turístic i de places de segona residència sigui superior al nombre de veïns.*
- b) Que el terme municipal inclogui una àrea territorial que tingui la qualificació de recurs turístic essencial."*

3.1.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

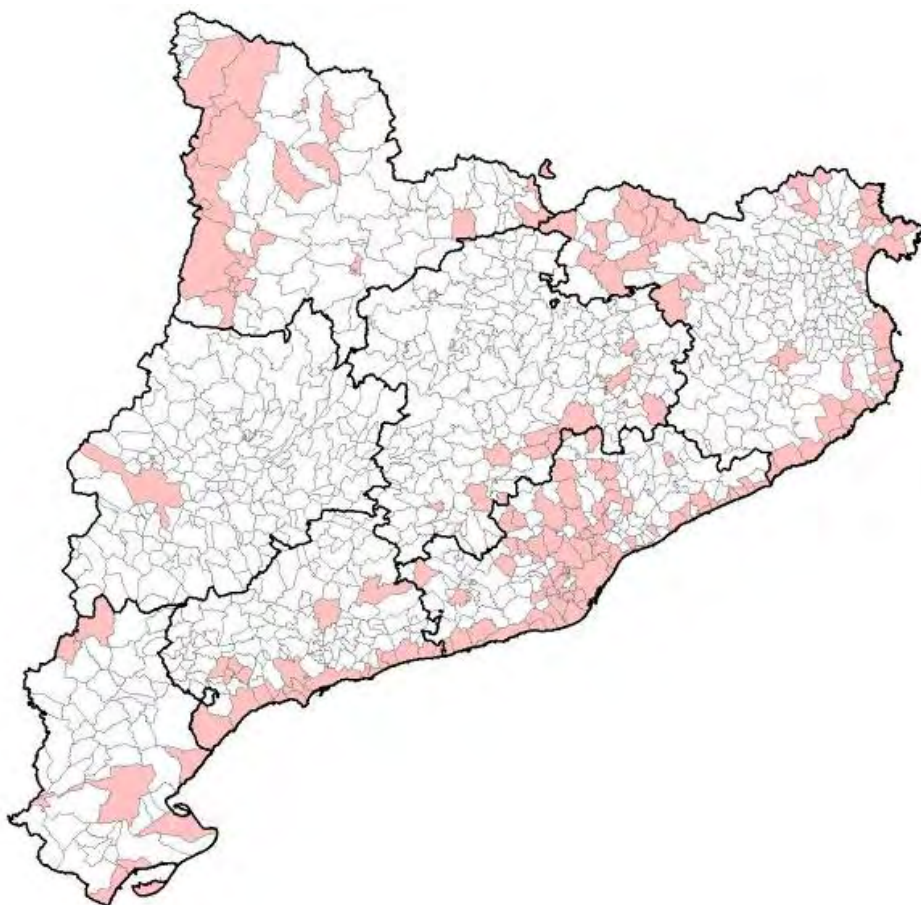
Cal considerar que el mapa presenta quatre paràmetres bàsics en la seva distribució territorial:

- Municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona: majoritàriament els municipis d'aquesta àrea (especialment a les comarques del Barcelonès, Baix Llobregat, Vallès Occidental i Vallès Oriental) tenen poblacions superiors als 20.000 habitants i per tant es consideren afectats pel risc bàsic.
- Municipis capital de demarcació i altres de referència: Lleida, Girona, Tarragona, Manresa són capitals de demarcació que units a altres municipis de referència al territori, com és el cas per exemple de Vic o Vilafranca del Penedès, es consideren afectats per risc bàsic per motiu de la seva població.
- Municipis costaners: tots es consideren amb risc bàsic degut a ser turístics excepte l'Ampolla, Amposta, Cabrera de Mar, Cadaquès, l'Escala, Mont-ras, el Perelló, Sant Jaume d'Enveja, Sant Pere Pescador, Sant Vicenç de Montalt i Vilassar de Mar.
- Municipis de muntanya: alguns d'ells es consideren turístics per estar vinculats al turisme d'hivern tant a la comarca gironina del Ripollès, com a la Cerdanya i a les comarques de l'Alt Pirineu i Aran.



Finalment, existeixen altres municipis que no responen als paràmetres anteriors i que recullen singularitats pròpies (activitat turística destacable, ...) o del territori concret al que es vinculen (capital de comarca, per exemple).

Les demarcacions més afectades són Barcelona amb 64 municipis (representen el 43% dels municipis obligats i corresponen al 39% dels municipis de la demarcació) i especialment l'Àrea Metropolitana de Barcelona amb la presència de municipis amb més de 20.000 habitants. Segueix la demarcació de Girona amb 37 municipis (25% del total dels obligats) i especialment municipis costaners turístics. Tarragona i Alt Pirineu i Aran amb 17 i 16 municipis afectats respectivament se situen a l'entorn de l'11% i pel caràcter turístic dels seus municipis (costaner i de muntanya respectivament). Finalment, la Catalunya Central amb 11 municipis, Terres de l'Ebre amb 5 i Lleida amb 1 (Lleida ciutat), completen la llista d'afectació.



Municipis amb risc bàsic: indicats en color vermell (s'inclouen criteris ferroviari i aeronàutic).



3.2. Risc d'emergència en el transport de viatgers per ferrocarril.

3.2.1. Introducció: descripció del risc i referents

Els serveis de transport de viatgers per ferrocarril són un servei bàsic cada vegada més fonamental en l'activitat laboral i quotidiana del ciutadà, especialment pel que fa als serveis de rodalies amb origen o destinació a l'àrea metropolitana de Barcelona i al seu entorn. És per aquest i altres motius, que els serveis de transport de passatgers per ferrocarril són cada vegada més objecte d'especial atenció social i mediàtica, tot sol·licitant per part del ciutadà uns nivells de servei i qualitat elevats en aquests serveis i en la gestió de les incidències i emergències que es puguin derivar. Cal considerar, per tant, que aquest és un **servei bàsic i especialment estratègic i per tant amb dependència i vulnerabilitat per part del ciutadà**.

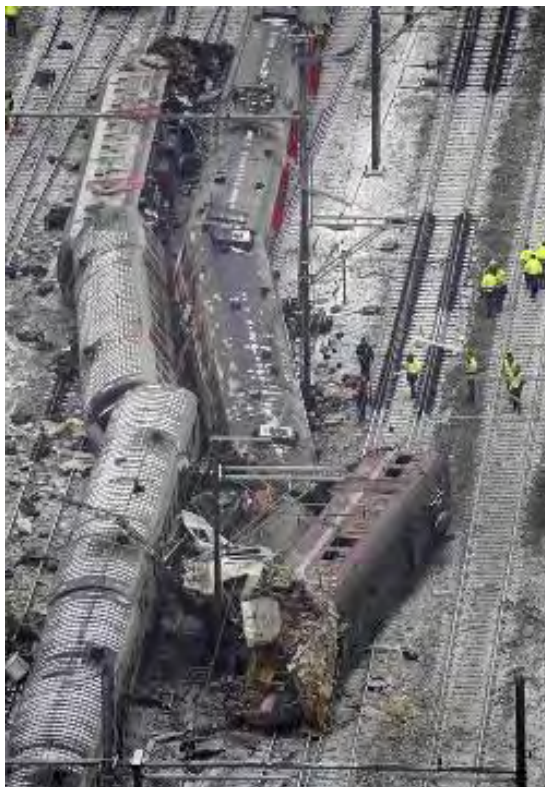
El transport de viatgers per ferrocarril és una activitat de servei que comporta un risc essencialment associat a la pública concurrència, és a dir, a la presència de persones (elements vulnerables) en gran nombre i densitat i a la vulnerabilitat d'aquests envers perills molt concrets. Aquestes persones són principalment els usuaris del servei de transport, encara que cal tenir en compte també altres com els treballadors del servei i les poblacions residencials i laborals implantades a l'entorn de les infraestructures. Així, en l'anàlisi de risc del transport de viatgers per ferrocarril la vulnerabilitat i el nombre / exposició dels elements vulnerables té un pes específic molt important. D'aquesta manera, el risc en el transport de viatgers per ferrocarril es modula en base a:

- fluxos de viatgers (usuaris) i
- densitat d'ocupació del servei.

Aquest flux i densitat d'ocupació varia en funció del territori, malgrat es tracti d'una activitat amb voluntat i potencial d'arribar a tot el territori de Catalunya. També es presenta una dependència temporal respecte franges horàries (demanda i ocupació dels serveis) i en general períodes de risc. Alhora, el risc està també determinat per la perillositat de la pròpia activitat i l'estat del servei i les infraestructures, ja que les incidències, accidents i emergències en general que es poden produir dependran en bona mesura del bon estat dels elements físics implicats en el servei (màquines, vagons, vies, catenàries, ...) i de les obres i millores associades a aquests. D'altra banda, la importància creixent que actualment té per al ciutadà el servei de transport de viatgers per ferrocarril, fa que aquest sigui objecte d'una demanda creixent de qualitat en el servei i que els llindars de tolerància de les incidències del servei siguin cada cop menors. Així doncs, es tracta d'una activitat amb un impacte social i mediàtic potencialment molt elevat, de manera que cal tenir molt en compte la percepció social del fenomen.

En la planificació de la resposta a les emergències associades al transport ferroviari de viatgers al territori de Catalunya s'han prioritzat les **operatives associades als accidents que comportin la presència de múltiples víctimes i per tant necessitats operatives extraordinàries per motiu de la presència de víctimes**. Alhora, es contemplen les actuacions de seguiment i contenció dels incidents que puguin derivar en accidents o emergències.

En definitiva, la gestió d'aquest servei com un risc forma part de les línies estratègiques d'actuació en relació a l'assegurament dels subministraments bàsics al ciutadà i per tant de la seva vulnerabilitat front aquests.



Xoc entre trens a Brussel·les (Bèlgica) el 15/02/2010. Font: Gazet van antwerpen.

3.2.2. Descripció de l'índex del risc.

L'índex de risc emprat en el pla ha estat la pròpia infraestructura, tot establint la diferenciació de les infraestructures crítiques a efectes d'operativitat de gestió d'emergències, d'acord al que estableix el Pla d'Actuació del PROCICAT per emergències en el transport ferroviari de passatgers.

Es tenen en compte els serveis i infraestructures de transport de viatgers per ferrocarril següents:

- Ferrocarril d'ample convencional (ample ibèric).
- Ferrocarril d'alta velocitat (ample internacional o UIC).
- Ferrocarril metropolità o suburbà (metro).
- Ferrocarrils o trens cremallera.
- Tren turístics amb plataforma ferroviària.
- Funiculars (sense perjudici d'estar regulat per la legislació de transport per cable i estar exclòs de l'àmbit de la legislació ferroviària).

Expressament el pla va excloure del seu abast, i per motius exclusivament operatius i de gestió del risc, els serveis i infraestructures de transport de viatgers següents:

- Tramvia (sense perjudici de la seva regulació per la legislació ferroviària).
- Telefèrics.
- Aeris.



- Telecabines.

No s'ha pogut realitzar fins ara un estudi probabilístic que permeti una anàlisi de risc quantitativa de les emergències associades al transport de viatgers per ferrocarril per a les infraestructures abans indicades. Tanmateix, sí es disposa de dades històriques que varen permetre realitzar una anàlisi de risc qualitativa del que es desprenen les conclusions següents:

- La vulnerabilitat territorial (en funció del perill associat a les infraestructures) o temporal (franges horàries) no és significativa en relació a la definició de les fases d'operativitat.
- La vulnerabilitat dels municipis (població no usuària ni treballadora del servei) és mínima en el cas de grans accidents (xocs i col·lisions de combois ferroviaris), però és molt important en els atropellaments i col·lisions als passos a nivell i estacions. Aquests últims supòsits són probables a Catalunya d'acord a l'anàlisi històrica, no només pel que fa a atropellaments individuals sinó especialment pel que fa a múltiples víctimes com el recent cas de l'estació de Castelldefels Platja el 23 de juny de 2010 on es van produir 12 morts i 14 ferits. Aquesta vulnerabilitat també es conclou de l'anàlisi de la infraestructura ferroviària catalana actual, atès que es varen detectar nombrosos àmbits on aquesta conviu amb zones de pública concurrència (no només àmbits residencials), de manera que la consciència de l'autoprotecció per part del ciutadà es converteix en un element estratègic.
- Les incidències amb actuacions singulars d'operatius (serveis policials, sanitaris i en casos molt menors bombers) i els accidents sense víctimes o amb un nombre mínim (atropellaments, suïcidi, ...) són els més probables.
- Els accidents a la infraestructura de rodalies presenten una incidència en nombre de ferits o víctimes mortals inferior a la llarga distància i aquesta inferior a l'alta velocitat.

Així, de l'estudi de l'anàlisi històrica i de perillositat es va concloure que el tractament territorial ha de ser homogeni a excepció de les infraestructures crítiques on les actuacions operatives són especialment complexes per motiu de l'accessibilitat a la infraestructura (viaductes, ponts, ...), de ser un espai tancat (estacions soterrades, túnels, ...) i/o de la presència d'un gran nombre de població. Es va concloure que les **infraestructures crítiques** són les següents:

- Estacions amb capacitat superior a 1.500 persones.
- Transport suburbà.
- Túnels de més de 1.000 m o túnels distanciats menys de 500 m entre si amb una longitud total de més de 1.000 m:
- Altres: estacions soterrades, viaductes i ponts.

3.2.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

La informació sobre el traçat de les infraestructures ferroviàries per al transport de viatgers, incloses les infraestructures crítiques, va ser facilitada d'una banda per les respectives empreses (Renfe, Adif, FGC i Metro) i de l'altra a partir de la base cartogràfica 1:50.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

S'han representat les infraestructures abans descrites.

3.2.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.2.4.1. *Les infraestructures.*



Pel que fa a la tipologia de serveis de ferrocarril cal diferenciar:

- **Ferrocarril convencional:** es tracta dels serveis habituals de transport de viatgers per ferrocarril que operen sobre plataformes ferroviàries amb ample de via convencional (o ample ibèric) i que poden ser d'àmbit local (Rodalies Renfe i serveis de FGC concrets), regional (línies Regionals de Renfe i serveis de FGC) o estatal (llarg recorregut de Renfe).
- **Ferrocarril d'alta velocitat:** serveis de transport de ferrocarril que operen amb ample de via internacional (inferior a l'ample convencional) i que es caracteritzen per ser infraestructures de transport que poden operar a alta velocitat. A Catalunya trobem la línia d'alta velocitat AVE d'Adif que opera entre Madrid i Barcelona tot connectant al territori català les ciutats de Lleida, Tarragona i Barcelona. La línia està en fase d'ampliació per a la connexió de Barcelona amb la frontera francesa.
- **Ferrocarril metropolità o suburbà (metro):** sistema ferroviari de transport massiu de passatgers dins de grans nuclis urbans o àrees metropolitanes mitjançant una infraestructura ferroviària soterrada formada bàsicament per túnels i estacions suburbanes ubicades a distàncies curtes. A Catalunya es disposa del ferrocarril metropolità de Barcelona que opera a Barcelona ciutat i a determinats nuclis urbans de l'àrea metropolitana de Barcelona (Badalona, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, l'Hospitalet de Llobregat, Montcada i Reixac, Sant Adrià del Besòs i Santa Coloma de Gramanet).
- **Ferrocarril o tren cremallera:** es tracta de línies de ferrocarril on el funcionament està basat en la unió mecànica del tren a la via mitjançant un sistema de cremallera. Aquest sistema cremallera permet que a zones de muntanya o gran desnivell pugui operar el servei de ferrocarril, ja que assegura l'estabilitat del sistema que d'altra banda no seria possible degut a la baixa fricció entre els rails i les rodes del ferrocarril per motiu de la pendent elevada. A Catalunya existeixen actualment dos trens cremalleres operats per FGC, el Cremallera de Montserrat i el Cremallera de Núria.
- **Funiculars:** es tracta d'un sistema constituït per combois (cabines o grups de cabines) que transiten sobre infraestructura ferroviària (rails) i són estirades per un cable tractor. Els funiculars operen per a l'ascensió a zones elevades mitjançant una pendent constant de la via o infraestructura. En trobem els de Montjuïc, Tibidabo, Montserrat (Santa Cova i Sant Joan), Vallvidrera i Gelida.
- **Trens turístics i similars:** trens caracteritzats per curts recorreguts a baixa velocitat en zones de muntanya o turístiques, i amb baixes capacitats i freqüències.

La xarxa globalment es distribueix en :

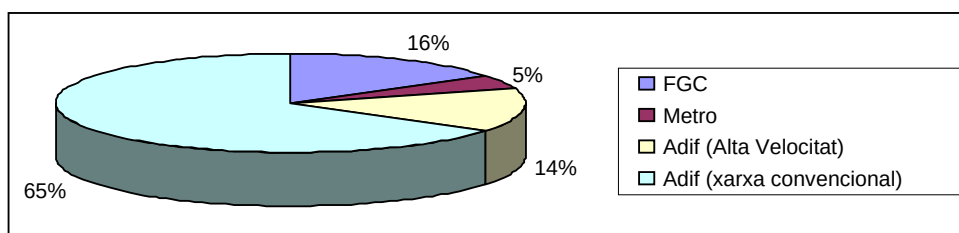
- **Xarxa estatal d'Adif d'ample convencional:** 1.206 km i 236 estacions distribuïts en els serveis següents:
 - o Rodalies (dades memòria anual 2006 i de l'informe anual del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya amb dades fins a 2007): 448 km i 79 estacions.
 - o Regionals i llarg recorregut (dades Idescat 2007): 758 km i 157 estacions.
- **Xarxa estatal d'Adif d'ample internacional – AVE Madrid – Barcelona:**
 - o Format per 263 km i 3 estacions (Lleida, Tarragona – la Secuita i Barcelona – Sants).
 - o Infraestructura en ampliació per a connexió de Barcelona – Figueres – frontera francesa.



- **Metro** (dades de 2010 facilitades per l'empresa):
 - o 100 km distribuïts entre Barcelona (80%), l'Hospitalet de Llobregat (10%), Badalona (3%), Cornellà de Llobregat (2,5%), Santa Coloma de Gramanet (2%), Sant Adrià del Besòs (1%), Esplugues de Llobregat (<1%) i Montcada i Reixac (<1%).
 - o La xarxa es compon actualment de 8 línies (1, 2, 3, 4, 5, 9, 10 i 11).
 - o Es compon actualment de 137 estacions.
- **Xarxa de FGC** (dades de 2007 facilitades per l'empresa):
 - o La xarxa està formada per la línia del Llobregat – Anoia, la del Vallès i la de Barcelona (aquestes dues últimes s'integren en una línia parcialment comuna Barcelona – Vallès), amb un total de 183 km i 73 estacions. Cal afegir a la xarxa la línia Lleida – la Pobla de Segur de 88 km. En aquesta xarxa de FGC no es consideren les estacions i infraestructura de funiculars i tren cremallera de Montserrat, que es recullen a part.
 - o Línia Barcelona – Vallès: 31 estacions.
 - o Línia Llobregat – Anoia: 42 estacions.
 - o Línia Lleida – la Pobla de Segur: 17 estacions
- **Xarxa complementària FGC** (memòria FGC 2006): 21 km i 15 estacions:
 - o Cremallera de Montserrat: 5 km i 3 estacions.
 - o Cremallera de Núria: 12,5 km i 4 estacions.
 - o Funiculars de Montserrat: 0,7 km i 4 estacions (2 per funicular).
 - o Ferrocarril turístic Alt Llobregat: 3 km i 4 estacions.

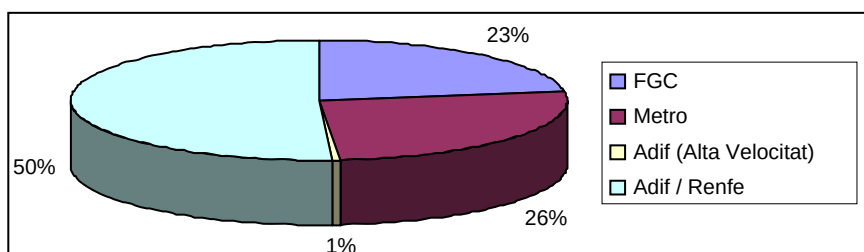
Les dades de km i estacions resumides són:

- **Km de via fèrria aproximats: 1.860 km**



Distribució percentual km via fèrria

- **Estacions: 465**



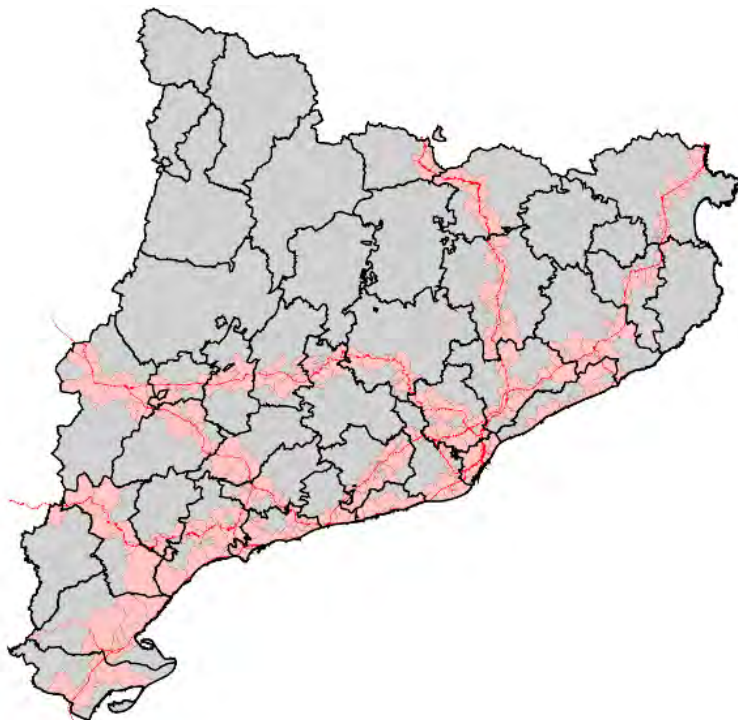
Distribució percentual d'estacions



3.2.4.2. *Els territoris on està present el risc: municipis amb infraestructures crítiques.*

A.- *Les infraestructures de transport ferroviari de passatgers al territori.*

Les diferents infraestructures ferroviàries per al transport de viatgers, d'acord a l'àmbit abans descrit, es recullen als mapes següents:



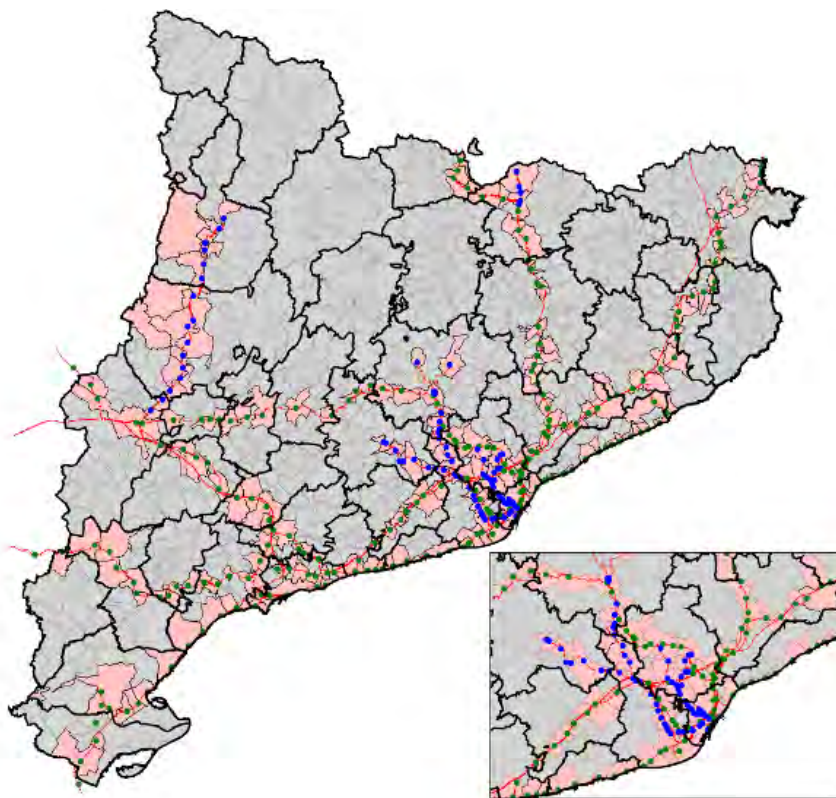
Infraestructures d'ample convencional (Adif) i municipis.



Infraestructures d'ample internacional (alta velocitat) i municipis (groc provisional o en projecte).



Infraestructures de FGC i municipis.



Estacions i municipis: FGC (blau) i Adif / Renfe (verd).



Túnels i municipis: FGC (blau) i Adif / Renfe (verd).

B.- Els municipis afectats

Per tal de determinar la necessitat d'un municipi d'elaborar el pla municipal d'emergències pel risc d'emergència en el transport de viatgers per ferrocarril es varen valorar els aspectes municipals del risc, especialment pel que fa a les demandes d'actuació que puguin escaure per part dels operatius municipals, i les conclusions assolides a l'anàlisi de risc del Pla d'Actuació del PROCICAT per emergències en el transport ferroviari de passatgers són:

- La vulnerabilitat de les poblacions municipals es prou baixa com per a considerar que en general no caldrà l'aplicació de mesures de protecció a les poblacions.

La baixa vulnerabilitat a la que es fa referència correspon als accidents (xocs o col·lisions) de combois i s'exclouen els atropellaments i accidents en els passos a nivell on la vulnerabilitat és essencialment municipal (no usuaris o treballadors del servei ferroviari). L'anàlisi històric mostra que a Catalunya no hi havia hagut incidència significativa de casos de múltiples víctimes en aquest tipus d'atropellaments, fins al cas de l'estació de Castelldefels Platja del 23 de juny de 2010, amb 12 morts i 14 ferits.

- Les operatives municipals es limitaran a actuacions logístiques i d'ordre (si es disposa de policia local) quan el supòsit accidental es produeixi al nucli urbà o zones de població residencial o de pública concurrència, o quan es pugui generar una evacuació d'usuaris del servei ferroviari a aquests àmbits. En la resta de supòsits l'actuació municipal serà mínima a excepció dels casos d'infraestructures crítiques:
 - o Línies ferroviàries metropolitanes o transport ferroviari suburbà (metro)
 - o Túnels (especialment aquells de longitud superior a 1.000 m).
 - o Estacions i intercanviadors (soterrades i amb ocupació superior a 1.500).
 - o Viaductes i ponts.



Tot atenent a les conclusions de l'anàlisi de risc del pla i especialment a la baixa vulnerabilitat de la població municipal envers les emergències en el transport de viatgers per ferrocarril amb presència de múltiples víctimes per motiu de xocs o descarrilaments, la planificació municipal associada a aquestes emergències es va fixar a través del Pla Bàsic d'Emergència Municipal (PBEM) que és el pla territorial municipal. Aquells municipis que tenen obligació d'elaborar el PBEM per altres criteris de risc ho complementen tot incorporant les actuacions que ha de fer el municipi per a recolzar la gestió d'una emergència en el transport de viatgers per ferrocarril.

La principal afectació municipal se situa a la **demarcació de Barcelona i especialment a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, amb la presència de 25 dels 46 municipis afectats (el 54%)**, tot responant a la major concentració d'infraestructures de servei ferroviari. La demarcació de Tarragona amb 7 municipis és la següent més afectada i especialment per les noves infraestructures ferroviàries d'alta velocitat. L'Alt Pirineu i Aran i Lleida amb 4 municipis cadascun, Girona amb 3, Terres de l'Ebre amb 2 i Catalunya Central amb 1 completen la llista.



Municipis obligats a elaborar PBEM pel risc d'emergència en el transport de viatgers per ferrocarril (color vermell).



3.3. Risc d'emergència aeronàutica.

3.3.1. Introducció: descripció del risc i referents

El transport aeronàutic, especialment el de viatgers, ha experimentat un desenvolupament molt important durant els últims anys que ha provocat la socialització d'aquest mitjà de transport. Així, aquest ha deixat d'estar associat a una certa exclusivitat i ha passat a ser un mitjà habitual de transport i desplaçament en ocasió tant de treball, com d'oci i vacances.

L'increment tant del nombre d'usuaris com d'operacions i hores de vol, suposa de forma indissoluble un increment del risc d'emergència o accident aeronàutic, tant pel que fa a l'augment del perill (probabilitat de l'accident) com de la vulnerabilitat (major nombre d'elements vulnerables).

Els casos recents d'accidents aeronàutics amb conseqüències especialment dramàtiques per motiu de les múltiples víctimes presents, que l'anàlisi històrica recull tant a l'Estat espanyol (Madrid – Barajas, 20/08/2008, 154 morts) com a la resta d'Europa (Smolesnk – Rússia, 10/04/2010, 97 morts) i del món (Oceà Atlàntic, 01/06/2009, 228 morts; Comoras – nord Madagascar, 30/06/2009, 152 morts; Iran, 15/07/2009, 168 morts), mostren que aquest és un risc que cal tenir molt present i que calia planificar, especialment en atenció a les dificultats d'actuació operativa en els escenaris de múltiples víctimes que es generen (informes de les actuacions en l'accident de Madrid – Barajas del 20/08/2008).



Restes fuselatge de l'avió accidentat a Madrid el 20/08/2008. Font: Agència EFE

Un dels paràmetres definitoris del risc d'emergència aeronàutica és la tipologia d'aeronau i que es correspon a les categories següents:

- Categoria 1: Aeronaus civils lleugeres (pes màxim autoritzat inferior a 2,3 tones)
- Categoria 2: Helicòpters civils i militars



- Categoria 3: Aeronaus de transport tipus B (pes màxim autoritzat superior a 2,3 tones i inferior a 20 tones). Són aeronaus de fuselatge estret i regionals. Algun exemple serien els aerotaxis o reactors petits.
- Categoria 4: Aeronaus de transport tipus C o D, és a dir, no incloses a les altres categories. Són aeronaus de fuselatge ample. Alguns exemples són Boeing 737 o A320 per a la categoria C i Boeing 767 o Airbus A340 per a la categoria D
- Categoria 5: Aeronaus de combat, jets d'ús militar.

En general, les tipologies d'aeronau es relacionen amb el tipus d'instal·lació aeronàutica de la forma següent:

Instal·lació	Categories	Descripció general
Aeroports	1, 2, 3, 4, 5	Tota mena d'aeronaus, fins i tot militars en determinats casos (aeroport de Reus).
Aeròdroms	1, 2	Avionetes i helicòpters.
Heliports	2	Helicòpters.

L'anàlisi històrica es resumeix de la forma següent:

- Segons les dades de NTSB (National Transportation Safety Board) referides als darrers 10 anys, l'estadística d'accidents aeris comparada amb el nombre de vols dona un promig de 2×10^{-7} accidents per vol.
- Segons l'Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents només el 8% dels accidents es produeixen durant el recorregut en règim estable de vol, tot i representar el 57% del temps de vol, en promig per un vol d'1,5 hores.
- També segons la font anterior, el 36% dels accidents són durant l'aterratge, un 10% en les maniobres d'aproximació i un 4 % en el descens inicial. Per tant, un total del 50% dels accidents es donen en el transitori d'aterratge complet.
- En les maniobres d'enlairament, tant a pista com un cop en elevació, el total és del 30%. Mentre hi ha un 12% d'accidents a plataforma.

Pel que fa a la mortalitat en els accidents:

- Fins a un 43 % dels morts es produeixen en els accidents durant el transitori d'enlairament,
- un 41 % en descens i aterratge, i
- un 16 % a velocitat de creuer.



Fatal Accidents and Onboard Fatalities by Phase of Flight Worldwide Commercial Jet Fleet – 1999 Through 2008



Gràfica resum accidentalitat aèria. Font: Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents

D'acord amb això, encara que la probabilitat més alta d'accident es troba en el transitori d'aterratge, la probabilitat més alta de mort en accident aeronàutic és durant el transitori d'enlairament.

La zona de màxima probabilitat d'impacte fora dels límits de la pista en cas d'accident a l'aterratge és de 500 metres previs pel que fa a aterratges massa curts, i 500 metres més enllà del final de pista pel que fa a enlairaments, ampliant fins a 1000 metres en ambdós casos per abastar la pràctica totalitat dels accidents.

Pel que fa als accidents d'helicòpters:

- D'acord amb els CMT Reports, la freqüència d'accidents en vol per a helicòpters és de $1,2 \times 10^{-5}$ accidents per hora de vol, i a més només el 17% d'ells amb víctimes mortals, que dona una freqüència de 2×10^{-6} morts per hora de vol.
- Pel que fa a les maniobres d'enlairament i aterratge, es considera una freqüència de $2,9 \times 10^{-6}$ accidents per maniobra, la majoria dels quals no van més enllà d'incidents sense víctimes. Quant a la ubicació, el 93% d'aquests accidents es produeixen a menys de 100 m de l'heliport (freqüència resultant $2,7 \times 10^{-6}$), i el 7% restant entre 100 i 200 metres (freqüència resultant 2×10^{-7}).

Com a referència es presenta la taula de probabilitat de cada tipus d'aeronau d'accident per operació, en règim estable o permanent extreta del pla Aerocat:

Aeronau	Probabilitat d'accident
Aeronaus civils lleugeres	10^{-7}
Helicòpters civils i militars	10^{-7}
Aeronaus de transport tipus B	$3,9 \times 10^{-10}$
Aeronaus de transport tipus C, D	$4,7 \times 10^{-10}$
Aeronaus de combat, jets d'ús militar	2×10^{-8}

Per concloure, i d'acord al pla Aerocat, els accidents aeronàutics tenen una alta probabilitat de produir escenaris d'emergència amb presència de múltiples víctimes i un elevat nombre de defuncions. Alhora, els accidents són més probables a l'entorn de les instal·lacions aeroportuàries (operacions d'enlairament i aterratge) que a d'altres zones (accidents en ruta o règim estable).



3.3.2. Descripció de l'índex del risc.

De forma similar a com s'analitzen altres riscos de societat, l'índex de risc es basa en la definició i delimitació d'unes zones de planificació que representin les àrees del territori amb major probabilitat de rebre els efectes directes de l'emergència, en aquest cas per accident aeronàutic. Per tant, no es realitza estrictament una anàlisi de risc probabilística (anàlisi quantitativa de risc) sinó una anàlisi semi-quantitativa on es tenen en compte les probabilitats d'accident de les diferents aeronaus (d'acord a diferents factors), però on l'objectiu final és avaluar els territoris amb major probabilitat d'afectació en cas d'accident aeronàutic. Aquesta afectació s'ha traduït amb la caiguda de l'aeronau a un determinat punt del territori, ja que és un paràmetre fàcilment relacionable amb l'operativitat en cas d'emergència.

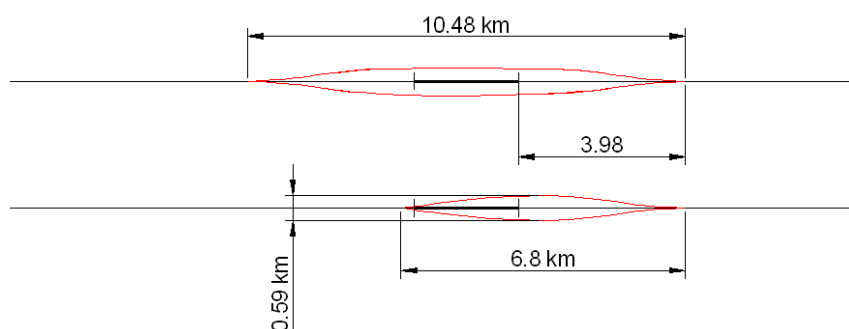
La zonificació s'ha establert de forma similar a la que s'emptra en l'índex dels riscos tecnològics, tot definint dues zones:

- Zona I: zona de probabilitat significativa d'impacte d'aeronau en cas d'accident.
- Zona II: zona de probabilitat relativament significativa d'impacte d'aeronau en cas d'accident (amb límit superior la zona I).

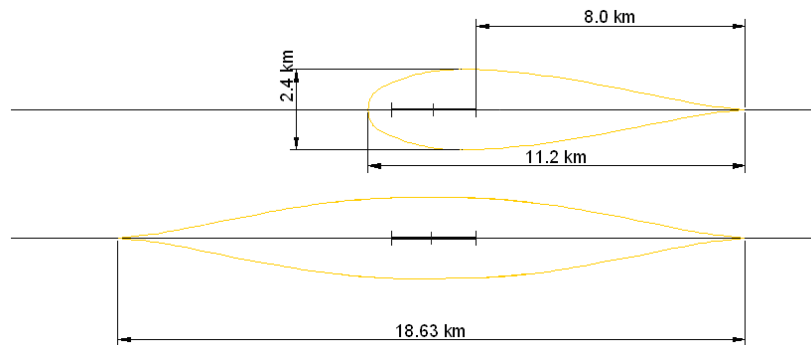
3.3.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

Pel que fa als criteris per a la definició de les zones d'afectació, atès que en cas d'accident aeronàutic l'afectació és bàsicament l'entorn immediat del lloc d'impacte, en el pla, es va prendre com a referència la probabilitat d'impacte a l'entorn de l'aeroport, que és la zona amb més probabilitat d'acord a l'anàlisi històrica (de l'ordre del 75 %, inclosa la plataforma). Per aquest motiu, s'han analitzat els accidents possibles en les operacions d'enlairament i aterratge. Els paràmetres concrets, diferents en funció de la instal·lació aeroportuària, són els següents:

- Aeroports
 - Zona I: probabilitat d'impacte superior a 10^{-1} donat un accident ($> 10\%$).
 - Zona II: probabilitat d'impacte superior a 10^{-2} i inferior a 10^{-1} ($> 1\%$ i $< 10\%$).

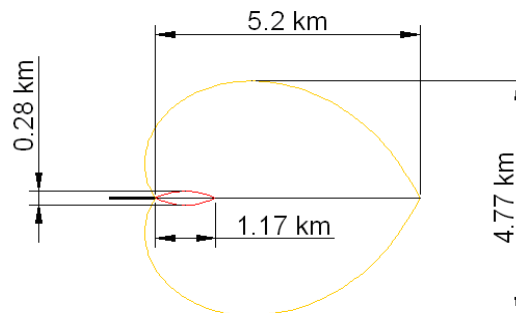


Exemple zona I aeroports



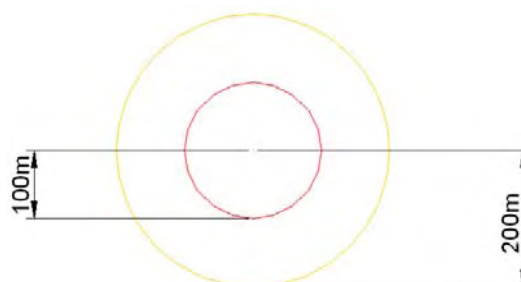
Exemple zona II aeroports

- Aeròdroms
 - o Zona I: probabilitat d'impacte superior a 5×10^{-2} donat un accident ($> 5\%$).
 - o Zona II: probabilitat d'impacte superior a 10^{-2} i inferior a 5×10^{-2} donat un accident ($> 1\%$ i $< 5\%$).



Exemple zones I i II aeròdroms

- Heliports:
 - o Zona I: radi inferior o igual a 100 m (probabilitat d'impacte del 93 %)
 - o Zona II: radi superior a 100 m i inferior o igual a 200 m (probabilitat d'impacte del 7 %).



Zones I i II heliports

Per al càlcul de les zones I i II es fan servir les fórmules implementades per l'organisme britànic *HSE (Health and Safety Executive)*, que permeten calcular la probabilitat de que una aeronau impacti en un punt determinat, tot considerant que l'accident es produirà, i en funció del tipus d'aeronau i de l'operació (aterratge o enlairament). Aquestes fórmules es poden extrapolar a les instal·lacions aeronàutiques ubicades a Catalunya.



En cap cas es va considerar l'impacte en el territori d'accidents aeris en ruta o fora de les proximitats de les instal·lacions aeroportuàries, excepte la consideració dels hipòdroms o zones d'espera com a àmbit de referència.

També es van considerar els elements vulnerables existents al territori on s'han definit les zones de perill o de probabilitat d'impacte en cas d'accident, per tal de completar l'anàlisi de risc amb la component de vulnerabilitat.

La informació sobre les instal·lacions aeroportuàries ha estat obtinguda directament de les instal·lacions aeronàutiques en alguns casos i dels òrgans públics responsables en d'altres. S'ha emprat la base cartogràfica 1:50.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

3.3.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.3.4.1. *Instal·lacions aeroportuàries*

El resum de les instal·lacions aeroportuàries ubicades a Catalunya és el següent:

- 5 aeroports:
Barcelona – el Prat de Llobregat, Girona – Costa Brava, Reus, Lleida – Alguaire i Sabadell¹.
- 7 aeròdroms ubicats als municipis següents:
Òdena (Igualada – Òdena), Das – Fontanals de Cerdanya, Alfés, Castelló d'Empúries (Empuriabrava), Sant Pere de Sallavinera (Calaf – Sallavinera), Montferrer i Castellbó (Pirineus – Alt Urgell) i Sant Fruitós de Bages.
- 6 heliports de la Generalitat de Catalunya als municipis següents:
Vielha e Mijaran, Vilaller, Berga, Tírvia, Tremp, Das - Fontanals de Cerdanya.
- 10 heliports privats, que són els següents:
Amposta, Costa Brava Centre (Platja d'Aro), Ullastrell, Repsol (els Garidells), Sant Martí Sescorts (Santa Maria de Corcó), Circuit de Catalunya – Evacuació (Granollers), Circuit de Catalunya – Serveis Generals (Montmeló), Autoritat Portuària de Barcelona, Hotel Mas Passamer (la Selva del Camp), RACC (Barcelona).
- 13 heliports hospitalaris, que són els següents:
Hospital Dr. Josep Trueta (Girona), Hospital comarcal de l'Alt Penedès (Vilafranca del Penedès), Hospital General de Catalunya (Sant Cugat del Vallès), Hospital Joan XXIII (Tarragona), Ciutat Sanitària i Universitària de Bellvitge (l'Hospitalet de Llobregat), Hospital de Vall d'Hebron (Barcelona), Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona), Centre Hospitalari Parc Taulí (Sabadell), Hospital de Mataró, Hospital Verge de la Cinta (Tortosa), Hospital Germans Tries i Pujol (Badalona), Hospital General de Manresa (Manresa) i Hospital Universitari Arnau de Vilanova (Lleida).

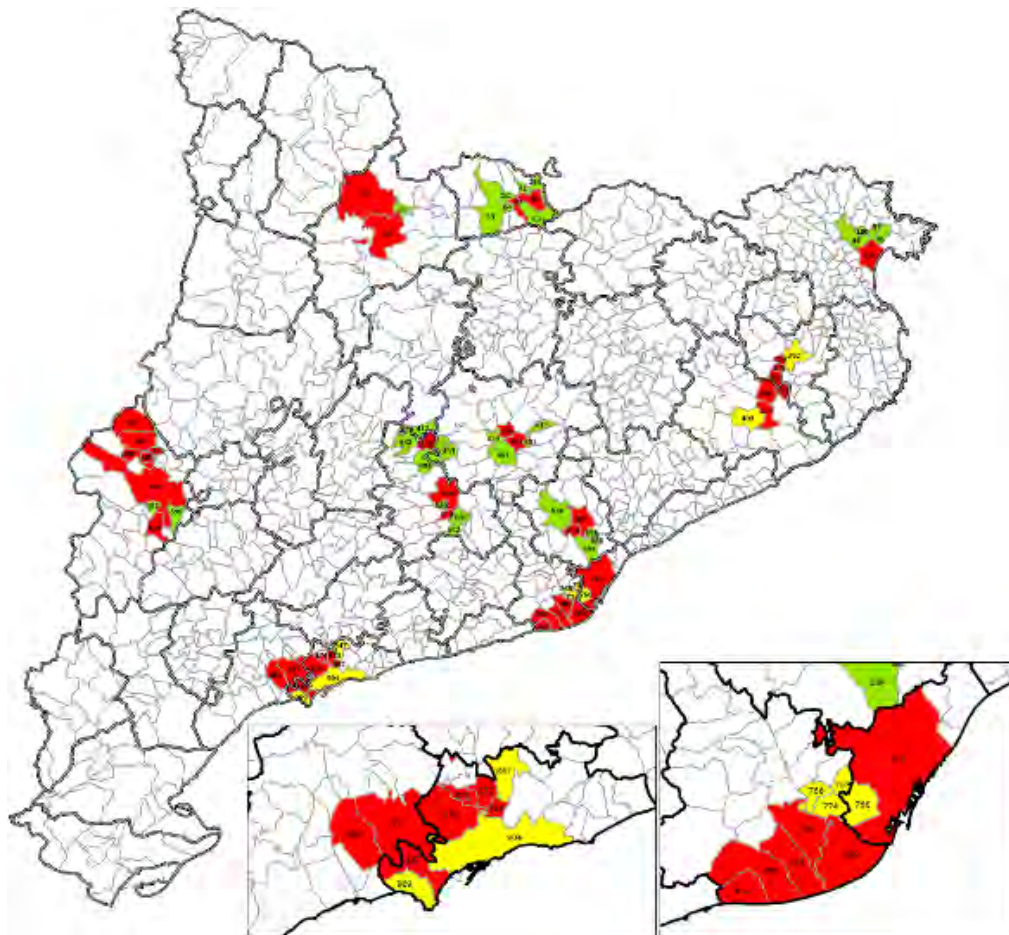
La potenciació de la xarxa aeroportuària catalana mitjançant la creació de nous heliports i aeròdroms i especialment de nous aeroports de la Generalitat de Catalunya (com el recent de Lleida – Alguaire), la transformació dels usos d'altres infraestructures (per exemple aeròdroms a aeroports) i el traspàs de les competències de gestió dels aeroports controlats per l'Administració de l'Estat, suposen una modificació del valor de l'índex de risc anterior.

¹ A efectes de càlcul de les zones I i II s'ha aplicat els paràmetres dels aeròdroms per al cas de Sabadell, atès que el tipus d'aeronau que actualment opera és de categoria 1 i 2.



3.3.4.2. *Municipis afectats pel risc d'emergència aeronàutica.*

Els 76 municipis afectats segons el pla Aerocat, es distribueixen homogèniament entre les diferents demarcacions catalanes, a excepció de Terres de l'Ebre que no presenta afectació per risc d'emergència aeronàutica, d'acord al criteris de planificació municipal d'emergències del pla Aerocat.



Planificació municipal d'emergències: vermell PAM obligat, verd PAM recomanat, groc PBEM.

Els municipis afectats se situen a l'entorn dels aeroports de Barcelona – El Prat (10 municipis), Reus (10 municipis), Lleida – Alguairó (9 municipis), Girona – Costa Brava (8 municipis) i Sabadell (6 municipis). La resta de municipis correspon a les ubicacions d'aeròdroms i heliports on les potencials afectacions generades per la instal·lació aeronàutica són inferiors als aeroports.



3.4. Risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.

3.4.1. Introducció: descripció del risc i referents

3.4.1.1. Establiments industrials i substàncies perilloses.

Catalunya ha presentat històricament un nivell d'industrialització important molt pròxim al de les regions més industrialitzades d'Europa.

D'altra banda, l'evolució d'aquest teixit industrial, i molt especialment de les tipologies d'activitats industrials i del seu pes específic, està fortament condicionat per la tipologia de societat i en concret per la seva modernització. Així, la indústria ha permès i permet a la societat assolir elevats estàndards de qualitat de vida, i alhora, aquesta mateixa indústria se sustenta sobre la demanda d'aquests estàndards per part de la societat, ja que aquests es poden traduir en la també demanda de diferents béns i serveis, i gran part d'aquests béns i serveis requereixen d'un procés industrial per a la seva obtenció o disponibilitat.

Del conjunt de béns i serveis abans referit, existeix un ampli ventall que requereix de la manipulació industrial de substàncies químiques perilloses per a la seva obtenció (els plàstics i els polímers, per exemple), o fins i tot directament es corresponen amb substàncies químiques perilloses (combustibles d'origen fòssil, especialment en funció del seu estat de manipulació o emmagatzematge). La qualificació de substància perillosa està associada a la perillositat intrínseca de la substància que es pot classificar en les categories següents:

- Química:
 - o Toxicitat (sobre persones)
 - o Contaminació (del medi ambient: aire, aigua i sòl)
- Física:
 - o Tèrmica:
 - Inflamabilitat: que poden produir incendis.
 - Comburència: que faciliten la combustió o inflamació.
 - Deflagració: gasos que es poden inflamar ràpidament.
 - o Mecànica:
 - Explosivitat: que poden explotar o detonar.
 - Deflagració: gasos que es poden inflamar ràpidament.
 - Inestabilitat: poden reaccionar violentament o descompondre alliberant energia.

En tots els casos la perillositat es pot mesurar mitjançant paràmetres fisicoquímics. Aquests paràmetres permeten comparar entre si els nivells de perillositat de diverses substàncies i establir graduacions. Així, per exemple, malgrat tant el gasoil com la gasolina són substàncies inflamables, la segona té major perill d'incendi per comparació de les temperatures d'autoignició, dels punts d'inflamació, de la pressió de vapor i altres paràmetres. També, la toxicitat del clor és superior a la de l'amoníac, malgrat ambdós productes siguin tòxics, a través de la comparació dels índexs (dosis) de toxicitat.



Explosiu



Comburent



Inflamable



Tòxic



**Perillós per al
medi ambient**

Pictogrames i símbols de perill que recullen les tipologies de substàncies perilloses.

D'acord amb la perillositat indicada, les substàncies perilloses poden ser dels tipus següents:

- **Explosius:** substàncies i preparats sòlids, líquids, pastosos o gelatinosos que, fins i tot en absència d'oxigen atmosfèric, poden reaccionar de forma exotèrmica amb formació ràpida de gasos i que, en determinades condicions, detonen, deflagren ràpidament o sota l'efecte del calor, i en cas de confinament parcial, exploten.
- **Comburents:** substàncies i preparats que, en contacte amb substàncies inflamables, originen una reacció exotèrmica molt forta degut a que aporten oxigen a la combustió.
- **Inflamables:** substàncies i preparats que en contacte amb l'oxigen de l'aire o un comburent i amb una font d'ignició, es poden inflamar i per tant generar un incendi o una combustió. En determinats casos la combustió no requereix de font d'ignició i es produeix per l'energia acumulada (calor), en aquest cas es parla d'autoignició.

En aquesta categoria es poden incloure els deflagrants: substàncies i preparats inflamables que poden generar núvols de gas que es poden inflamar sobtadament en combinació amb l'oxigen de l'aire o un comburent.

- **Tòxics:** substàncies i preparats que, per inhalació, ingestió o penetració cutània en petites quantitats, poden produir efectes aguts o crònics i fins i tot la mort.

Les substàncies químiques perilloses no s'han d'entendre com a substàncies emprades exclusivament a la indústria química, ja que també en trobem exemples d'usos quotidians a d'altres tipologies industrials (clor a les potabilitzadores, centres logístics d'emmagatzematge i distribució de combustibles líquids, ...) i fins i tot a àmbits no industrials com és el cas del consum particular sigui residencial (gas natural, gasoil de calefacció,...) o no (gasolines i gasoils).

El pes específic de les substàncies químiques perilloses varia amb la seva demanda industrial que, a banda dels aspectes abans indicats, també pot variar en funció de les evolucions econòmiques (períodes de crisi o de bonança econòmica), polítiques (major o menor regulació del sector) i culturals i socials (per exemple, l'ús de les energies renovables en detriment dels combustibles fòssils).

El risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses es defineix com el risc que genera l'activitat per la presència i manipulació (emmagatzemar, processar, expedir, ...) de les substàncies perilloses. Per tant, **el risc químic és conseqüència de la perillositat intrínseca d'aquestes substàncies que es pot caracteritzar a través de paràmetres fisicoquímics** i està modulada en el seu valor final per les condicions de seguretat en que es



realitza l'activitat industrial i l'exposició d'elements vulnerables al perill químic d'aquestes substàncies en cas d'emergència.



Complex petroquímic al polígon sud del sector de Tarragona. Font: www.elpunt.cat

3.4.1.2. Les emergències per risc químic

A.- Característiques bàsiques de les emergències:

La major part de les emergències possibles presenten paràmetres característics comuns pel que fa a la seva evolució i gestió:

- Imprevisió i manca de detecció primerenca: no es disposa, de forma general, de capacitat per a anticipar o predir l'emergència de tipus químic. Això suposa una incapacitat d'aplicar mesures de protecció preventives abans de l'emergència (a excepció de les estructurals ja implantades) i per tant que les actuacions de protecció es realitzen un cop ha esdevingut l'emergència en paral·lel a la seva mitigació.
- Celeritat en els efectes: les emergències de tipus químic evolucionen ràpidament en quant als seus efectes sobre la població, béns i medi ambient. La velocitat d'afectació és sovint superior a les capacitats de resposta i d'actuació, i per tant els temps associats a l'afectació als àmbits immediats al focus de l'emergència són inferiors als de protecció, autoprotecció i/o mitigació. Les simulacions realitzades en casos concrets mostren avenços de la zona de confinament general de fins a 1 km en 15 minuts, així com l'extensió màxima de les afectacions en el territori en un temps de 30 minuts aproximadament.
- Intensitat crítica: les emergències poden arribar a tenir una intensitat en els seus efectes prou important com per a afectar de forma crítica a les poblacions, arribant a poder produir efectes irreversibles i mortalitat.
- Afectació territorial potencialment gran: les emergències poden arribar a suposar l'afectació a grans àmbits territorials, especialment quan es tracta de fuites tòxiques on les quantitats implicades són importants.

Així, les emergències de tipus químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses: no es poden anticipar, afecten amb gran celeritat, poden tenir uns efectes i extensió molt intensos i per tant són de difícil gestió per la manca de temps en l'aplicació de la protecció i autoprotecció. Són aquestes característiques les que van fer necessària la definició d'una estratègia global de gestió del risc que a partir de l'estudi de les emergències possibles a cada



establiment concreti la planificació de la resposta i la prevenció del risc, aquesta última a través del control de la implantació de nous elements vulnerables, de noves instal·lacions i de la correcció del risc existent no gestionable.

B.- Tipologies:

Ja s'ha indicat que el risc químic en establiments que manipulen substàncies perilloses deriva de la presència en instal·lacions industrials de substàncies que tenen una perillositat intrínseca. El risc es pot materialitzar en emergències de tipus químic i aquestes poden tenir lloc en condicions i amb característiques molt diverses, ja que poden tenir origen en les àrees d'emmagatzematge, de producció i transformació o de transport i distribució interna (cadascuna d'aquestes, al seu torn, poden ser molt diverses). En funció de l'àrea les substàncies perilloses estaran sotmeses a unes condicions de major o menor estrès o energia (sobrepessió, temperatura, reacció, ...) i estaran presents en quantitats majors o menors (normalment en els processos les quantitats són inferiors a les zones d'emmagatzematge). Aquestes condicions determinaran també la major o menor extensió de l'afectació al territori i població.

En tot cas, es van establir les tipologies genèriques d'emergència següents:

- Fenòmens tèrmics:
 - Incendis (dard de foc, incendis de basal i boles de foc).
 - BLEVEs (combinació de fenòmens mecànics i tèrmics).
 - Flamarades / deflagracions (combinació de fenòmens mecànics i tèrmics).
- Fenòmens mecànics:
 - Explosions i detonacions.
 - Deflagracions / flamarades (combinació de fenòmens mecànics i tèrmics).
 - BLEVEs (combinació de fenòmens mecànics i tèrmics).
- Fenòmens tòxics:
 - Núvols tòxics.
 - Contaminació del medi ambient (especialment els vectors sòl i aigua).
 - Asfíxies en cas de fums negres per incendis i altres similars.

Cal indicar que, en alguns casos, els supòsits responen a la combinació de diverses tipologies de fenòmens, com en el cas dels núvols inflamables i BLEVEs (fenòmens tèrmics i mecànics) o el cas dels incendis (fenòmens tèrmics i tòxics).

Les de major incidència territorial i vulnerabilitat potencial són els núvols tòxics i les BLEVEs, seguides de les flamarades i les explosions i finalment els dards de foc i incendis de toll.

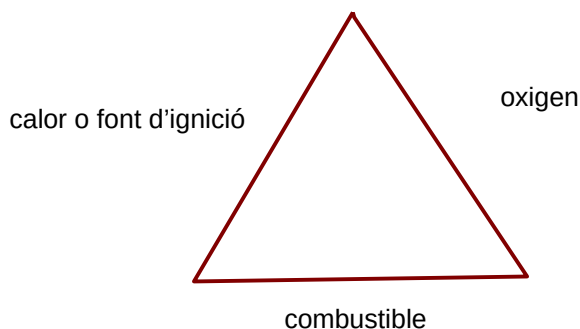
C.- Fenòmens tèrmics:

El foc o combustió és una reacció química (una oxidació) en la qual una substància es combina amb l'oxigen (el de l'aire o el que aporta una substància comburent), en presència d'una font d'ignició, i com a conseqüència es desprèn energia en forma de calor. El calor es transfereix principalment de tres formes: conducció, convecció i radiació. D'aquestes, la radiació és la que causa més danys en espais oberts, ja que es transmet directament als objectes del voltant en totes direccions i creua els espais buits a gran velocitat (superior a l'avenç d'una ona de sobrepessió en cas d'explosió). La quantitat i intensitat de radiació despresa en un incendi depèn d'un gran nombre de factors. En determinats casos la combustió no requereix de font d'ignició i es produeix per l'energia acumulada (calor), en aquest cas es parla d'autoignició.



Els tipus de foc més importants són:

- **Incendi de bassal:** es produeix quan una acumulació de líquid inflamable en un bassal, en el terra o en l'aigua, s'encén. Les flames s'alimenten a través del vapor que es genera en l'evaporació del líquid per motiu del calor de les mateixes flames.
- **Dard de foc:** s'origina quan es produeix una fuga a pressió d'un líquid o gas inflamable per un forat d'un dipòsit o una canonada i aquest s'inflama en el mateix punt de fuga (en el mateix moment de la fuga o posteriorment amb retrocés). Normalment, la pressió generada permet generar una llarga flama estable.
- **Flamarada o núvol inflamable:** es produeix quan un núvol de gas inflamable barrejat amb aire s'inflama. El foc es de curta durada i a gran velocitat, i les flames travessen ràpidament el núvol. La velocitat de les flames es de pocs metres per segons. Si, sota certes circumstàncies, la velocitat de les flames accelera fins a una gran velocitat, llavors es produeixen efectes explosius a més dels tèrmics, és el que es coneix com a deflagració (explosió de menor velocitat que la detonació).
- **Bola de foc:** es produeix quan una fuga d'una determinada quantitat de líquid o gas inflamable s'inflama de forma immediata, sense que s'hagi produït una barreja completa amb l'aire. El combustible crema ràpidament amb forma de bola de foc i ascendeix. La massa inicial de combustible determina el diàmetre i alçada de la bola de foc així com la seva durada.



Triangle de la combustió

L'afectació en els fenòmens tèrmics es produeix per:

- **Radiació tèrmica:**

La radiació que pot afectar fins a una certa distància a éssers vius, instal·lacions i estructures en general, consisteix en la propagació d'energia calorífica en forma d'ones electromagnètiques. Si la matèria sobre la que incideix el flux de radiació tèrmica no pot dissipar-ho a la mateixa velocitat que el rep, se li produeix un increment de temperatura. Si aquest increment no es limita es produeixen alteracions irreversibles i catastròfiques que poden arribar al dany, destrucció, combustió, fusió o volatilització de la matèria exposada.

En les proximitats del punt on es desenvolupa la flama es produeix una transmissió de calor tant per convecció com per radiació i conducció. Així doncs, l'única forma d'evitar o mitigar els seus efectes, en les proximitats, és la utilització de roba o protecció adient. En contraposició, a partir d'una certa distància del focus del incendi, la transmissió de calor es fa exclusivament per radiació. La intensitat de la radiació tèrmica disminueix en augmentar la distància al focus. Qualsevol pantalla opaca a la radiació tèrmica pot constituir una mesura de protecció molt eficaç.



Sobre les persones, la radiació pot provocar cremades (destrucció dels teixits vius) que en funció de la seva intensitat i penetració dèrmica poden ser de primer, segon o tercer grau (en ordre de menor a major intensitat o efecte). Cal considerar que les valors de radiació tèrmica de l'entorn d' $1,5 \text{ kW/m}^2$ ja provoquen cremades de primer grau lleus per efecte d'insolació a l'estiu.

- **Flama directa:**

El contacte directe amb les flames pot provocar la destrucció de teixits, materials i estructures per destrucció o debilitament de les estructures internes.

En general, es considera que els elements ubicats a l'interior de la zona d'ignició o inflamació són vulnerables i susceptibles de patir danys irreversibles (mort, cremades de tercer grau, destrucció de finestres, de dipòsits, ...).

D.- Fenòmens mecànics.

Una explosió es pot definir com un procés en el que s'allibera energia de forma sobtada i que com a conseqüència d'aquest diferencial energètic genera una ona de pressió en l'aire que es desplaça mentre l'energia inicialment alliberada es va dissipant.

Els principals fenòmens mecànics que deriven de les explosions són:

- **Ones de pressió combinada amb l'impuls:**

La ona de pressió consisteix en compresions i expansions alternatives de l'aire que depenen de l'energia alliberada en el moment de l'explosió. Les ones avancen i la velocitat amb que ho fan es coneix com l'impuls de l'ona.

El comportament de les ones de pressió és complex i depèn de múltiples factors. Cal tenir en compte que, en espais urbans o amb presència d'elements físics, es produeix la reflexió de les ones de pressió en les superfícies de les estructures i alhora la seva distorsió.

A partir de determinats valors d'impuls aquest provocarà danys més importants que la sobrepressió (ona de pressió), sempre que aquest últim no superi determinats valors.

En general, i d'acord a les funcions Probit de vulnerabilitat existents, les estructures són més vulnerables a la sobrepressió i impuls que les persones, és a dir, a partir de determinats valors de sobrepressió els danys a les persones no seran directament per l'ona de pressió sinó per la destrucció, total o parcial, dels edificis o estructures.

Els efectes de l'ona de pressió consisteixen bàsicament en: fenòmens de deformació i vibratori que afecten a l'estructura dels edificis i instal·lacions, l'afectació als organismes en els òrgans que contenen aire (pulmons) o els teixits de densitat heterogènia o amb cavitats; també es poden produir fragments dels edificis i instal·lacions que poden afectar a les persones o aquestes també poden ser desplaçades per l'ona de xoc i impactar contra les estructures.

- **Projectils:**

Fragments del continent o de sòlids del voltant impulsats.

Els projectils es carreguen d'energia cinètica (en funció de l'energia alliberada en l'explosió) i poden arribar a distàncies considerables en funció de les condicions del terreny i la presència o no d'obstacles.

La predicció del trencament dels recipients (número, forma i grandària) i del seu desplaçament és complex i està sotmès a gran incertesa, malgrat existeixen models i algorismes de simulació, i fins i tot, escenaris tipus de trencament en funció del recipient.

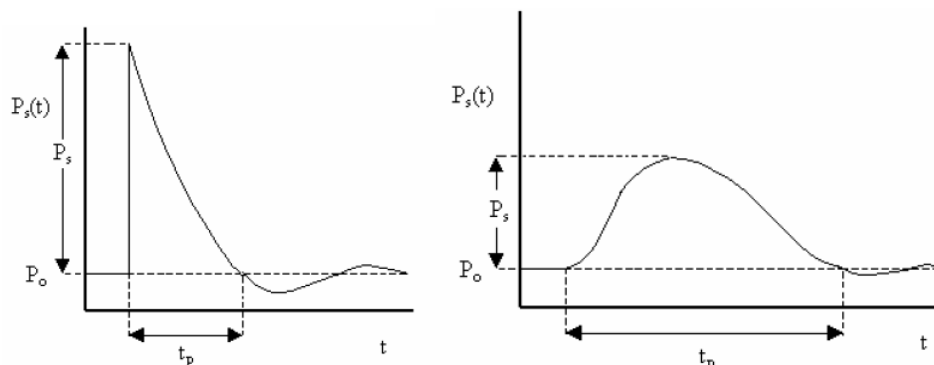


Explosió de nitrat amònic a Tolouse (França) l'any 2004: cràter generat al lloc de l'explosió.

Les explosions es poden originar d'acord a processos de tipus físic o químic.

- **Explosió física:** associada a la pressió que produeixen les substàncies sobre les parets del recipient i que provoquen el seu trencament i esclat. Per exemple la pressió exercida per un gas a l'interior d'un recipient quan s'escalfa el gas o recipient. Un dels casos més importants i destructius és el fenomen BLEVE que es descriu més endavant.
- **Explosió química (tèrmica):** basada en reaccions de la matèria o la seva descomposició a alta velocitat, on s'alliberen grans quantitats d'energia. Per exemple la descomposició d'un producte inestable, una reacció fora de control (runaway) o d'altres similars.

Els tipus més comuns d'explosions químiques són deflagració i detonació. La deflagració produeix una ona de pressió que pot ser des d'insignificant (flamarada) a tenir uns efectes importants, mentre que en la detonació la ona de pressió sempre és important. La diferència principal entre deflagració i detonació està en el valor pic de sobrepressió que s'assoleix i en el temps en que es produeix. En la detonació els valors són molt més elevats i s'assoleixen en temps més curts. La detonació és típica de les substàncies classificades pròpiament com a explosives (amb el TNT com a referent) mentre que la deflagració és pròpia de gasos inflamables que s'inflamen a gran velocitat, i similars.



Sobrepressió en la detonació (esquerra) i en la deflagració (dreta).

S'inclouen les tipologies següents:



- o Detonació de materials explosius.
- o Explosions de núvols de vapors inflamables:
 - Confinades
 - No confinades
- o Explosió per ignició de pols en suspensió.

Un dels casos més comuns d'explosions és el de núvols de vapor inflamables, és a dir, el de la flamarada. Aquest fenomen consisteix en la fuga d'un gas inflamable sense ignició immediata, de forma que quan l'avenç del núvol de gas inflamable generat ja s'ha barrejat amb l'oxigen de l'aire i troba un punt d'ignició, es produeix la seva combustió sobtada i per tant la deflagració (no detonació). Si el gas està confinat o semi-confinat els valors de sobrepressió que es poden assolir són majors (l'energia involucrada en el procés és superior). Per tant, en el cas de la flamarada es combinen fenòmens tèrmics (flames) amb mecànics (sobrepressió). Quan la fuga del gas no ha finalitzat o si existeix continuïtat entre el núvol de vapor i el recipient o canonada, es produeix una ignició amb retrocés de la flama fins al punt de fuga i per tant després de la flamarada es produeix un dard de foc.

El fenomen BLEVE (acrònim anglès de Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) és un cas d'explosió física. Es produeix quan un recipient que conté gas líquid a pressió se sobreescalfa fins que la sobrepressió a l'interior del recipient provoca el trencament del dipòsit i la vaporització sobtada de tot el líquid. Això provoca un onatge de pressió molt important i la projecció de fragments del dipòsit, i en el cas que el líquid sigui inflamable també es produeix una bola de foc per la ignició sobtada del vapor alliberat. La sobrepressió a l'interior es genera per la impossibilitat de transferir l'energia calorífica aportada (escalfament) a la fase vapor ja que arriba un punt en el que no es pot incrementar el volum de gas al recipient i per tant tampoc es pot produir canvi de fase de líquid a gas (vaporització). Per tant, en el cas de la BLEVE es combinen fenòmens tèrmics (bola de foc) amb mecànics (sobrepressió i projecció de fragments).

E.- Fenòmens tòxics.

Les substàncies tòxiques són aquelles que produeixen danys en els organismes quan penetren per absorció de les mucoses o de la pell, per ingestió o directament per inhalació. L'afectació als organismes dependrà del tipus de substàncies (toxicitat intrínseca i per tant potencial afectació) i també de la dosi rebuda (combinació dels valors de concentració i dels temps als que l'organisme està exposat a aquest valor de concentració) i dels paràmetres següents:

- la quantitat de substància que fuga,
- la distància de la substància al focus emissor en el moment de l'afectació,
- les condicions atmosfèriques (direcció i velocitat del vent, pressió i estabilitat atmosfèrica, grau d'insolació, temperatura i humitat),
- l'orografia de la zona,
- el comportament físic del producte quan és un gas que forma un núvol tòxic (si es pesant i per tant es mou arran de terra amb dificultats de dispersió i dilució vertical, o si té tendència a elevar-se i per tant a diluir-se amb facilitat),
- l'exposició de les persones al tòxic (protecció o no i dosis rebudes) i
- l'estat físic de les persones (especialment malalties respiratòries que poden agreujar les potencials afectacions per inhalació, o l'estat de la dermis en el cas d'absorció), així com la seva resistència.



Els fenòmens tòxics són els de major extensió territorial, i en general la intensitat dels seus efectes és igual o superior a la dels efectes tèrmics i mecànics, ja que pot provocar efectes irreversibles i també la mort. En general, i a diferència dels efectes tèrmics i mecànics, sovint no es produeix una afectació instantània o directa sinó retardada en el temps (per exemple, disfunció hepàtica dilatada en el temps amb motiu d'exposicions a núvols tòxics de clor).



Núvol d'òxids de nitrogen a Tarragona el 22/07/2009. Font: www.elpunt.cat i <http://mariussera.com>

Els fenòmens tòxics es classifiquen en:

- Vessaments de sòlids tòxics: considerant que no es tracta de fluids que puguin discórrer fins a masses d'aigua, l'afectació es limitaria al sòl en el lloc de la fuga. En el cas de les persones caldria el contacte directe (ingestió o absorció per la pell o mucoses) per a que es produís afectació.
- Fuites i vessaments de líquids tòxics no volàtils: l'afectació es limitaria bàsicament al component mediambiental (sòl i aigua, bàsicament). En el cas de les persones caldria també el contacte directe (ingestió o absorció per la pell o mucoses) per a que es produís afectació.
- Fuites de líquids volàtils que poden generar vapors tòxics i fuites de gasos tòxics: és el cas de major importància ja que l'extensió de la seva afectació, a través de l'avenç dels núvols tòxics que es generen, és la més important. En aquest cas el contacte es produeix a través de les vies respiratòries i per tant per inhalació del producte que penetra directament a l'organisme sense processos d'absorció més enllà dels de les mucoses. Alhora, la toxicitat en aquests casos és superior a la que es pot donar per contacte a través de la pell o mucoses (comparació dels índexs de toxicitat).

La major problemàtica en el cas dels núvols tòxics es concentra en el seguiment i mitigació del núvol tòxic, ja que aquest sovint no es pot visualitzar (a excepció de casos concrets on la substància té una coloració característica, com els òxids de nitrogen) i alhora no es pot abatre amb aigua ni amb mitjans habituals. Sovint l'atac es limita a la dilució del tòxic a través de l'aportació d'aire (ventiladors o similars) quan la fuga està continguda en espais tancats o a cortines d'aigua a les proximitats de la fuga que dificultin la formació i extensió del núvol tòxic. En tot cas, un cop el núvol tòxic s'ha generat i ha iniciat l'avenç és difícil contenir la seva extensió al territori, especialment quan les condicions meteorològiques i les propietats del producte dificulten la seva dilució natural.

Els núvols tòxics presenten en el seu avenç dos comportaments extrems:

- Núvols tòxics densos o pesants: en el seu desplaçament la component gravitatòria té un paper important de forma que tenen dificultat per a elevar-se



(com a mínim inicialment) i per tant es desplacen arran de terra. Es desplacen de forma compacta i per tant presenten resistències per a la seva dispersió a partir de la dilució amb l'aire. El comportament com a gas pesant pot ser degut a la densitat del núvol tòxic generat respecte l'aire (i també al seu pes molecular) o bé per motiu de les condicions de fuga (gasos líquids que en el moment de la fuga i per motiu de la descompressió es refreden ràpidament i la baixa temperatura fa que es desplacin arran de terra com a gas pesant o directament passen a estat líquid).

- o Núvols tòxics neutres o lleugers: alhora que es produeix un desplaçament longitudinal també es produeix un desplaçament vertical d'aquest i per tant s'eleva des de l'inici de la fuga. En aquesta cas la component gravitatòria té poca influència i el comportament es pot simplificar amb el gaussià (dispersió proporcional en els tres eixos).

Les distàncies d'afectació poden arribar a ser de quilòmetres en determinats casos i condicions.

- Formació de fums negres i atmosferes tòxiques en cas d'incendi: els subproductes de la reacció oxidant de combustió poden ser diversos, a banda del diòxid de carboni sempre present. Entre aquests subproductes s'inclouen compostos tòxics, especialment en funció de la composició del combustible (allò que crema) i de les condicions d'oxigenació o d'aportació d'oxigen a la combustió. Alhora, determinats incendis s'acompanyen de columnes de fum negre que poden generar boires negres i on hi ha material en suspensió (partícules sòlides de diàmetre reduït, com ara les PM10 o d'altres) que pot afectar les vies respiratòries. Així, en cas d'incendi, i en funció de les condicions, es poden generar atmosferes tòxiques (monòxid de carboni en condicions de baixa aportació d'oxigen a la combustió, òxids de nitrogen i de sofre, sulfurs, cianurs, clorurs i d'altres) i també boires i fums negres amb afectació a les vies respiratòries.
- Formació d'atmosferes asfixiants (absència d'oxigen): en cas d'incendi el diòxid de carboni, que es genera com a producte de la reacció oxidant de combustió, pot desplaçar l'oxigen present a un espai o àmbit (alhora que es produeix el consum de l'oxigen en la combustió) de forma que es genera una atmosfera asfixiant per manca d'oxigen. Aquest no és un fenomen estrictament de toxicitat ja que l'asfíxia no consisteix en el bloqueig de l'hemoglobina que transporta l'oxigen o en l'afectació als òrgans dels éssers vius, sinó en l'afectació per manca d'oxigen per a la funció vital.

A banda dels efectes directament sobre les persones, és evident el dany important que les substàncies perilloses poden ocasionar al medi: vessament de productes contaminants en aigües superficials amb possible repercussió en les aigües potables, filtració de productes contaminants en el sòl i aigües subterrànies, afectació a la qualitat de l'aire de l'atmosfera provocant alteracions dels ecosistemes receptors i d'altres similars.

3.4.2. Descripció de l'índex del risc.

El risc referit a un accident es defineix com la combinació de la probabilitat de que passi aquest accident (perill) i les possibles conseqüències (vulnerabilitat). El risc té, doncs, un caràcter quantitatiu i s'expressa habitualment en termes de risc individual i de risc social pel que fa a les substàncies perilloses en instal·lacions industrials.

Tanmateix, aquesta forma quantitativa no és l'única manera d'avaluar el risc i, de fet, no és la més eficaç en quant a la identificació de les mesures de protecció i autoprotecció a aplicar en cada cas concret i la valoració de si les capacitats operatives permeten realment aquestes mesures. Així, l'índex de risc emprat en el mapa de protecció civil pel que fa a substàncies



perilloses presents en instal·lacions industrials, és la **definició de zones d'afectació concretes que queden vinculades a determinats valors dels paràmetres de perillositat (efectes possibles) característics del fenomen**: radiació tèrmica (kW/m²), sobrepressió (mbar), impuls (mbar.s), límit inferior d'inflamabilitat, toxicitat (índexs AEGL, ERPG o TEEL) i abast de projectils. **Aquestes zones d'afectació estan recollides al Plaseqcat** (Pla d'emergència exterior del sector químic de Catalunya).

Les zones d'afectació i els paràmetres a emprar en la seva definició estan definits pel Reial decret 1196/2003, de 19 de setembre, pel que s'aprova la Directriu bàsica de protecció civil per al control i planificació enfront el risc d'accidents greus en els que intervinguin substàncies perilloses. Aquestes zones són les següents:

- **Zona d'intervenció**: és la zona en la qual les conseqüències dels accidents produeixen un nivell de danys que justifica l'aplicació immediata de mesures de protecció. Per tant, és la zona on qualsevol persona situada a l'exterior (no protegits pel confinament, que és la mesura d'autoprotecció general) podria patir danys.
- **Zona d'alerta**: és la zona en la qual les conseqüències dels accidents provoquen efectes que, encara que perceptibles per la població, no justifiquen la intervenció, excepte per als grups de població crítics. Per tant, és la zona on només les persones que formin part d'un grup crític (nens petits, gent gran i/o malalts) podrien patir danys si estan situats a l'exterior (no protegits pel confinament, que és la mesura d'autoprotecció general).

A banda de les zones anteriors, regulades normativament, també es treballa habitualment amb les següents:

- Zones de mortalitat 1% a l'exterior (LC1%): zona que recull l'àmbit on els efectes a l'exterior són especialment intensos i per tant on l'aplicació de les mesures d'autoprotecció, confinament, són especialment crítiques.
- Zona d'evacuació (habitualment mortalitat 0,1% a l'interior): zona on el confinament no és segur i cal l'aplicació de l'evacuació. Aquesta és sempre una mesura a evitar en la mesura que sigui possible, especialment en el cas dels núvols tòxics que no es poden visualitzar, ja que per motiu d'evitar un confinament insuficient es pot produir una situació de major exposició al perill.

La combinació de les zones de perill anteriors amb la vulnerabilitat del territori permet una **determinació no quantitativa sinó qualitativa del risc**. Aquesta determinació del risc està basada en el denominat **mètode de conseqüències o mètode determinista** i té l'avantatge, com ja s'ha indicat anteriorment, de permetre identificar quines són les mesures de protecció a la població que cal aplicar i per tant poder preparar els plans i protocols de resposta a les emergències que permetin aplicar aquestes mesures, i fins i tot, avaluar si aquestes seran realment possibles o no, d'acord a les capacitats tecnològiques i als recursos humans i materials disponibles.

En el cas de les instal·lacions que no estan afectades pel nivell alt de la normativa d'accidents greus no existeix l'obligació normativa de fer aquests estudis de seguretat i per tant no existeixen distàncies d'afectació per a escenaris accidentals concrets. En aquest cas només es disposa del perímetre de l'establiment. Les tipologies d'establiments industrials considerats de risc químic per motiu de la manipulació de substàncies perilloses i presents al mapa són les següents:

- Establiments afectats pel nivell alt de la normativa d'accidents greus (article 9 del Reial decret 1254/99 i posteriors modificacions).



- Establiments afectats pel nivell baix de la normativa d'accidents greus (articles 6 i 7 del Reial decret 1254/99, i posteriors modificacions).
- Resta d'establiments considerats generadors de risc químic per manipulació de substàncies perilloses (i per tant incloses en el Plaseqcat):
 - Establiments afectats en ambdós llinars que s'hi preveuen a la Instrucció Tècnica Complementària número 10 (Ordre PRE/252/2006, de 6 de febrer) sobre prevenció d'accidents greus del Reglament d'Explosius (Reial decret 230/98, de 16 de febrer).
 - Aparcaments de mercaderies perilloses d'Adif (Administrador d'Infraestructures Ferroviàries).
 - Altres establiments industrials concrets per similitud en el nivell de risc.

D'altra banda, el mapa també incorpora la ubicació de les sirenes d'avís a la població d'emergència química, i el seu radi de cobertura acústica teòrica.

3.4.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.4.3.1. *Introducció.*

El mapa s'elabora en base a la representació de les zones d'afectació màximes (intervenció i alerta) dels diferents establiments industrials afectats per la normativa d'accidents greus en el nivell més alt (article 9 del Reial decret 1254/1999, de 16 de juliol, pel que s'aproven les mesures de control dels riscos inherents als accidents greus en els que intervinguin substàncies perilloses, i Reial decret 948/2005 pel qual es modifica el Reial Decret 1254/99) , que recull el Plaseqcat. Les zones, especificades a l'apartat anterior, s'obtenen a partir dels estudis de seguretat elaborats pels propis establiments industrials, on es recullen els escenaris accidentals possibles i les zones d'afectació que en deriven per a cada escenari concret. Aquests estudis de seguretat són avaluats per l'òrgan de la Generalitat de Catalunya competent en matèria de seguretat industrial de forma que les zones d'afectació calculades estan validades per l'administració de la Generalitat de Catalunya.

Les avaluacions dels estudis de seguretat, però, no determinen la vulnerabilitat de l'entorn, ja que aquesta és una funció pròpia de la Direcció General de Protecció Civil i dels òrgans locals de protecció civil. Així, es pot considerar que els estudis de seguretat, a través de les zones d'afectació, només determinen la component de perillositat de l'equació del risc, i és protecció civil qui determina l'altra component, la vulnerabilitat, per a determinar així el risc associat als establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.

3.4.3.2. *Zones d'afectació.*

Les zones, per a tots el fenòmens i casos, són radials amb centre en el punt o instal·lació de l'empresa (línia, reactor, dipòsit, àrea de càrrega i descàrrega, ...) on es produeix l'accident. El fet que siguin radials ve donat per la simetria radial de l'afectació de la major part dels fenòmens tèrmics o mecànics (propagació de la radiació tèrmica, de l'ona de xoc, ...) o perquè es consideren totes les direccions dels vents en les fuites que produeixen els núvols (inflamables o tòxics). Sovint, l'emergència pot tenir origen en més d'un punt de l'establiment (especialment si hi ha diversos dipòsits que emmagatzemen una mateixa substància perillosa i tenen característiques similars) i en aquests casos les zones d'afectació resultants són l'evolvent de les diferents zones de circulars. En els casos dels núvols tòxics, quan es detecta que aquests poden tenir un comportament de gas pesant o dens i alhora l'orografia de l'entorn presenta diferencials de cota importants, la Direcció General de Protecció Civil estudia la



dispersió en alçada del núvol tòxic. Així, detectades les alçades màximes relatives del núvol tòxic a les que s'assoleixen les concentracions que defineixen les respectives zones d'afectació, i comparada aquesta alçada amb el diferencial de cota del terreny respecte el punt de fuga, es poden identificar els àmbits que queden fora de l'afectació tòxica per efecte de l'orografia, i que en absència d'aquesta orografia quedarien a l'interior de les zones d'afectació circulars teòriques. El resultat d'aquest estudi són zones d'afectació que, en comptes de ser circulars, tenen com a límit les corbes de nivell que representen, respecte la corba de nivell del punt de fuga, l'alçada màxima relativa del núvol tòxic on s'assoleixen les concentracions tòxiques d'afectació.

Respecte els paràmetres fisicoquímics que cal emprar per a la definició de les zones d'afectació, el Reial decret 1196/2003 abans indicat estableix, en funció del tipus d'emergència o escenari accidental, els valors següents:

Tipus d'accident	Paràmetre	Zona d'intervenció	Zona d'Alerta
Fuites tòxiques	Fuita tòxica	AEGL-2 ERPG-2 TEEL-2	AEGL-1 ERPG-1 TEEL-1
Explosions	Sobrepessió	125 mbar	50 mbar
	Impuls	150 mbar.s	100 mbar.s
	Projectils	95% projectils (10 mbar.s)	99,9% projectils (10 mbar.s)
Incendis	Radiació tèrmica	246 (kw/m ²) ^{4/3} .s (si > 1,7 kw/m ²)	115 (kw/m ²) ^{4/3} .s (si > 1,7 kw/m ²)
Flamarada	Flamarada	1/2 de LII	-

Cal destacar que els valors anteriors són els que s'assoleixen en el límit de la zona, i per tant, a l'interior d'aquestes els valors dels paràmetres de perillositat seran molt superiors. Així, per exemple, a la zona d'intervenció d'un escenari d'explosió la sobrepressió màxima que podem trobar no és 125 mbar, al contrari, 125 mbar és la sobrepressió més petita que es podrà assolir.

En el cas de la flamarada, la normativa no recull cap valor i per tant la utilització del valor d'1/2 del LII (límit inferior d'inflamabilitat) és un acord establert en matèria d'elaboració d'informes de seguretat. També fora de l'àmbit de la regulació normativa es determina sovint l'abast dels projectils en el cas de les BLEVES i altres esclats de recipients, o el diàmetre de les boles de foc.

En el cas dels fenòmens tòxics els líndars són índexs de toxicitat que s'empren en l'ordre de prelació següent:

- AEGL: *Acute Exposure Guideline Levels*.
- ERPG: *Emergency Response Planning Guidelines*.
- TEEL: *Temporary Emergency Exposure Limits*.

El Reial decret 1196/2003 estableix que s'utilitzaran els índex AEGL amb prioritat respecte els índexs ERPG i aquests respecte els TEEL (per tant si una substància té definits els índexs AEGL s'utilitzaran aquests i si no se seguirà la prioritat d'aplicació dels altres). Els dos primers índexs, AEGL i ERPG, recullen concentracions en referència a diferents temps d'exposició i per tant es corresponen al concepte de dosi, mentre que el valor TEEL és un valor absolut de concentració. Per a cada índex s'estableixen tres subtipus (1, 2 i 3) de forma que a major número major efectes de toxicitat. En concret, la zona d'intervenció està referenciada al subtipus 2 i la d'alerta al subtipus 1. Tot seguit es descriuen aquests índexs:



- **AEGL (*Acute Exposure Guideline Levels*):** definit per l'EPA (*Environmental Protection Agency*) és un índex de dosi que es divideix en tres nivells.
 - AEGL – 1: concentració per sobre de la qual es prediu que la població general, incloent-hi individus susceptibles però excloent-hi els hipersusceptibles, pot experimentar una incomoditat notable. Concentracions per sota de l'AEGL – 1 representen nivells d'exposició que produeixen lleuger olor, sabor o altre irritació sensorial lleu.
 - AEGL – 2: concentració per sobre de la qual es prediu que la població general, incloent-hi individus susceptibles però excloent-hi els hipersusceptibles, pot experimentar efectes a llarg termini seriosos o irreversibles o veure impedita la seva capacitat per a escapar. Concentracions per sota de l'AEGL – 2 però per sobre de l'AEGL – 1 representen nivells d'exposició que poden causar notable malestar.
 - AEGL – 3: és la concentració per sobre de la qual es prediu que la població general, incloent-hi individus susceptibles però excloent-hi els hipersusceptibles, podria experimentar efectes amenaçants per a la vida. Concentracions per sota de l'AEGL – 3 però per sobre de l'AEGL – 2 representen nivells d'exposició que poden causar efectes a llarg termini, seriosos o irreversibles o impedir la capacitat d'escapar.
- **ERPG (*Emergency Response Planning Guidelines*):** definits per l'AIHA (*American Industrial Hygiene Association*) es divideix en tres nivells.
 - ERPG – 1: és la màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus poden estar exposats fins a una hora experimentant només efectes adversos lleugers i transitoris o percebent un olor clarament definit.
 - ERPG – 2: és la màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus poden estar exposats fins a una hora sense experimentar o desenvolupar efectes seriosos o irreversibles o símptomes que poguessin impedir la possibilitat de portar a termini accions de protecció.
 - ERPG – 3: és la màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus poden estar exposats fins a una hora sense experimentar o desenvolupar efectes que amenacin a la seva vida. No obstant, poden patir efectes seriosos o irreversibles i símptomes que impedeixin la possibilitat de portar a termini accions de protecció.
- **TEEL (*Temporary Emergency Exposure Limits*):** definits pel HSS del DOE (*Office of Health, Safety and Security del Department of Energy*) es divideix en tres nivells.
 - TEEL – 1: màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus experimentarien efectes lleugers i transitoris sobre la salut o percebrien un olor clarament definit.
 - TEEL – 2: màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus podrien estar exposats sense experimentar o desenvolupar efectes sobre la salut seriosos o irreversibles, o símptomes que poguessin impedir la possibilitat de portar a termini accions de protecció.
 - TEEL – 3: màxima concentració en aire per sota de la qual es creu que gairebé tots els individus podrien estar exposats sense experimentar o desenvolupar efectes amenaçants per a la vida. No obstant, poden patir efectes seriosos o



irreversibles i símptomes que impedeixin la possibilitat de portar a termini accions de protecció.

Totes les hipòtesis accidentals es classifiquen en una de les tres categories que defineix el Reial decret 1196/2003 i que es qualifiquen en funció dels efectes potencials o reals:

- Categoria 1: Accidents en els que es prevegi que tinguin com a única conseqüència danys materials a la instal·lació accidentada. No hi ha danys de cap tipus a l'exterior de la instal·lació.
- Categoria 2: Possibles víctimes i danys materials a la instal·lació industrial. Les repercussions exteriors es limiten a danys lleus o efectes adversos sobre el medi ambient en zones limitades.
- Categoria 3: Possibles víctimes, danys materials greus o alteracions greus del medi ambient en zones extenses a l'exterior de la instal·lació industrial.

A més, habitualment succeeix que els accidents de categoria 3 tenen abasts diferents de manera que podem parlar de centenars de metres, milers de metres o diversos milers de metres. Així, els elements vulnerables podem ser molt diferents segons un accident o un altre (polígon industrial immediat, vivendes aïllades, nuclis urbans, ...) de manera que cal realitzar una graduació. En aquests casos el Plaseqcat parla de categoria 3 tipus A, B o C.

En general, les distàncies més grans s'assoleixen, tal i com ja s'ha comentat anteriorment, en el cas dels núvols tòxics i posteriorment de les BLEVES, deflagracions i explosions. Els incendis de toll i els dards de foc són els d'abast potencial més contingut.

Pel que fa a la selecció d'escenaris accidentals que hi figuraran a l'estudi de seguretat, s'empren els diferents mètodes existents basats en una revisió sistemàtica de les instal·lacions crítiques i els escenaris iniciadors que es poden produir. Entre els mètodes destaca el HAZOP, hi ha també d'altres disponibles com ara l'arbre de fallades o de successos, el *what if* o la consulta de bases de dades històriques d'accidents greus. Alguns d'aquests mètodes permeten determinar probabilitats i d'aquesta forma es poden seleccionar només aquells escenaris accidentals que tenen una probabilitat mínimament significativa, i prescindir d'aquells que tenen probabilitats molt baixes.

3.4.3.3. *Metodologia de càlcul de les zones d'afectació*

L'abast dels accidents i per tant el càlcul de les zones d'afectació es realitza mitjançant eines informàtiques (simuladors) que incorporen algorismes per a simular el comportament de les emergències químiques i els fenòmens associats. També es poden realitzar les estimacions directament a partir dels algorismes.

En tot cas, l'extensió dels efectes i per tant de les zones d'afectació està parametritzada de forma que es calcula fins a quina distància màxima respecte el focus de l'emergència s'assoleixen els valors dels paràmetres fisicoquímics de perillositat que s'indiquen a l'apartat anterior (i recollits al Reial decret 1196/2003). Com a exemple, la simulació d'una explosió retorna fins a quina distància màxima s'assoleix el valor de 125 mbar (zona d'intervenció) i fins a quina el de 50 mbar (zona d'alerta). Aquestes distàncies corresponen al límit de les zones i per tant a distàncies inferiors els valors assolits són majors.

El procés de càlcul parteix de considerar com es produiria la fuga tot tenint en compte en quin estat i condicions es troba inicialment la substància perillosa (temperatura, pressió, estat físic, ...), inclosos els paràmetres característics del dipòsit o continent (volum, posició, ...). Posteriorment, i realitzant la suposició de com seria el punt de fuga (perforació, trencament



total, desacoblament de conductes, o d'altres), es determinen els cabals de fuga i a partir d'aquí i en funció del tipus d'escenari:

- L'extensió del toll de líquid format.
- Les fraccions d'evaporació o flash en el moment de la fuga.
- Els cabals d'evaporació o aportació a núvol.
- Els càlculs de dispersió dels cabals d'evaporació o núvols.

Finalment, a partir de la caracterització anterior es poden determinar les conseqüències a partir dels valors concrets dels paràmetres fisicoquímics (radiació tèrmica, sobrepressió, ...) indicats al Reial decret 1196/2003.

Cal tenir en compte que els càlculs estan sotmesos a incerteses, no tant per la indeterminació de l'algoritme o model emprat, sinó per la consideració de determinats valors en les variables que determinen el comportament de l'emergència. Per tant, els càlculs representen només unes condicions concretes d'emergència que en situacions reals poden ser diferents. En general es tendeix a realitzar els càlculs en les condicions més desfavorables (les de major afectació) que es poden considerar mínimament probables (per tant, és possible que en probabilitats molt baixes existeixin condicions que facin que els efectes siguin majors). Aquestes variables no només són les pròpies de les instal·lacions industrials sinó també les condicions meteorològiques (vent, estabilitat atmosfèrica, insolació, ...), que en el cas concret dels núvols tòxics poden modificar substancialment les extensions de les zones calculades.

3.4.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.4.4.1. *Els establiments industrials amb risc químic i la variabilitat*

Com a mapa (de protecció civil) del risc d'accidents greus en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses a Catalunya, cal entendre la distribució sobre el territori de Catalunya dels establiments industrials afectats per la normativa d'accidents greus així com les zones d'afectació teòriques en cas d'emergència (zones de planificació) associades a cadascun d'aquests establiments industrials i als territoris inclosos a aquestes zones o territoris afectats. Als establiments industrials anteriors cal afegir aquells que, sense estar afectats directament per la normativa d'accidents greus, sí ho estan per altres similars o bé es pot considerar que per motiu de les substàncies perilloses que manipulen el risc químic que generen és similar o del mateix ordre i que consten al Plaseqcat. Aquestes tipologies, indicades als apartats anteriors, es recullen al mapa de la forma següent: en color vermell es representen els de major risc o afectats pel nivell alt, i en color blau els de menor risc. La resta d'establiments té un color diferencial (lila per als aparcaments de mercaderies perilloses d'Adif i marró – groguenc per a la resta).

En general, el mapa de risc d'accidents greus presenta una gran variabilitat, de manera que la fotografia del mapa té associada una elevada temporalitat. Això és degut al fet que el nombre d'establiments afectats per la normativa d'accidents greus, així com el seu nivell d'afectació, varien molt sovint tot reflectint la realitat industrial del territori. Així, un establiment industrial que estigui afectat pel nivell alt de la normativa d'accidents greus degut a una substància perillosa que utilitza i té emmagatzemada per a la seva utilització en un dels seus processos, pot passar directament a estar no afectada com a resultat de l'eliminació de l'emmagatzematge de la substància fruit de la implantació d'un procés de treball en continu o de l'eliminació del procés que utilitza aquesta substància perillosa (per exemple, l'eliminació del clor que es té emmagatzemat perquè es passa fabricar en continu, sota demanda de la planta, el clor a partir de l'àcid clorhídric, pot fer que un establiment deixi d'estar afectat si l'afectació era deguda només al clor). D'altra banda, cal tenir en compte que els establiments industrials que tenen



com a activitat principal l'emmagatzematge i distribució de productes químics tenen una variabilitat molt elevada pel que fa a les substàncies que manipulen, ja que depenen de la demanda i necessitats de la resta d'establiments industrials que treballen amb aquestes substàncies.



Moll d'inflamables del Port de Barcelona: establiments industrials de risc químic. Font: ICC

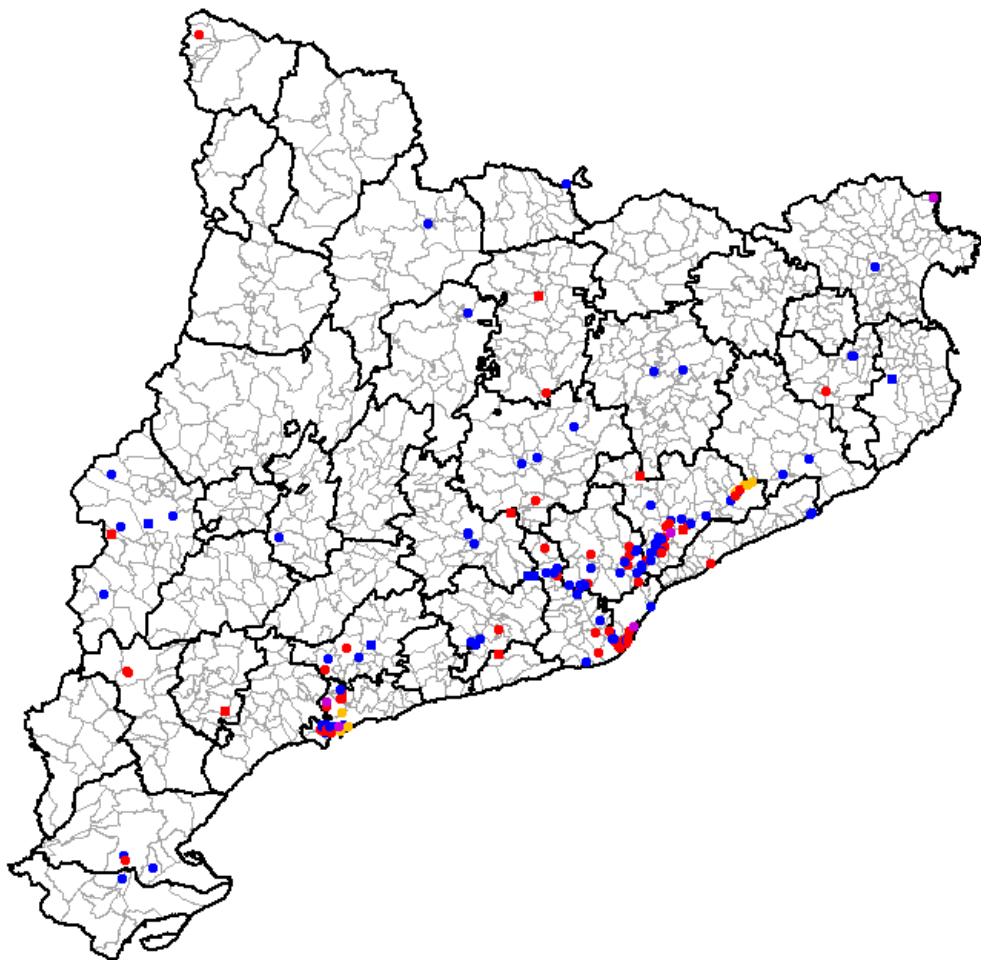
En general, podem dir que el nombre d'establiments afectats per la normativa d'accidents greus ha anat augmentant amb el pas del temps fruit especialment de l'actualització de la normativa d'accidents greus (Reial decret 948/2005 de modificació del Reial decret 1254/1999) que va suposar uns criteris d'afectació més restrictius per a determinades tipologies de substàncies químiques. Aquest fet ha compensat parcialment la desafectació de determinats establiments afectats a partir de les inversions en la millora de la seguretat i especialment en els canvis de processos (supressió o substitució de substàncies perilloses o del seu emmagatzematge, especialment).

A data de setembre de 2010 en el Plaseqcat figuren les xifres següents:

- Establiments afectats pel nivell alt de la normativa d'accidents greus: 79
- Establiments afectats pel nivell baix de la normativa d'accidents greus: 82
- Establiments afectats pel nivell alt de la Instrucció Tècnica Complementària número 10 del Reglament d'Explosius: 7
- Establiments afectats pel nivell alt de la Instrucció Tècnica Complementària número 10 del Reglament d'Explosius: 5
- Aparcaments de mercaderies perilloses d'Adif: 5
- Altres establiments industrials: 10

Per tant, en total parlem de 188 establiments.

Aquestes xifres poden variar en qualsevol moment tot augmentant o disminuint el nombre total o parcial d'establiments afectats.



Distribució d'establiments industrials de risc químic

3.4.4.2. Els territoris on està present el risc: establiments i les zones d'afectació

A.- Municipis afectats

Cal tenir en compte que la distribució sobre el territori dels establiments d'accidents greus, coincideix, majoritàriament, amb la distribució del teixit industrial de Catalunya. Així doncs, les zones amb major presència d'indústries són també les que presenten una major concentració d'establiments afectats per la normativa d'accidents greus. Les principals zones són:

- Barcelona (Zona Franca) i la resta del Barcelonès.
- Les comarques del Baix Llobregat (a l'extrem nord i sud), Vallès Occidental i Vallès Oriental (aquestes especialment a l'entorn de l'eix vertebrador que esdevé l'AP-7).
- Sector de la Tordera: Sant Celoni i els municipis de la seva àrea d'influència.
- Sector de Tarragona: el municipi de Tarragona i altres de l'àrea central del Camp de Tarragona: Vila-seca, Reus i Constantí al sud i la Pobla de Mafumet, Perafort i el Morell al nord.
- Sector de Terres de l'Ebre: Flix i Tortosa i els municipis de la seva àrea d'influència.



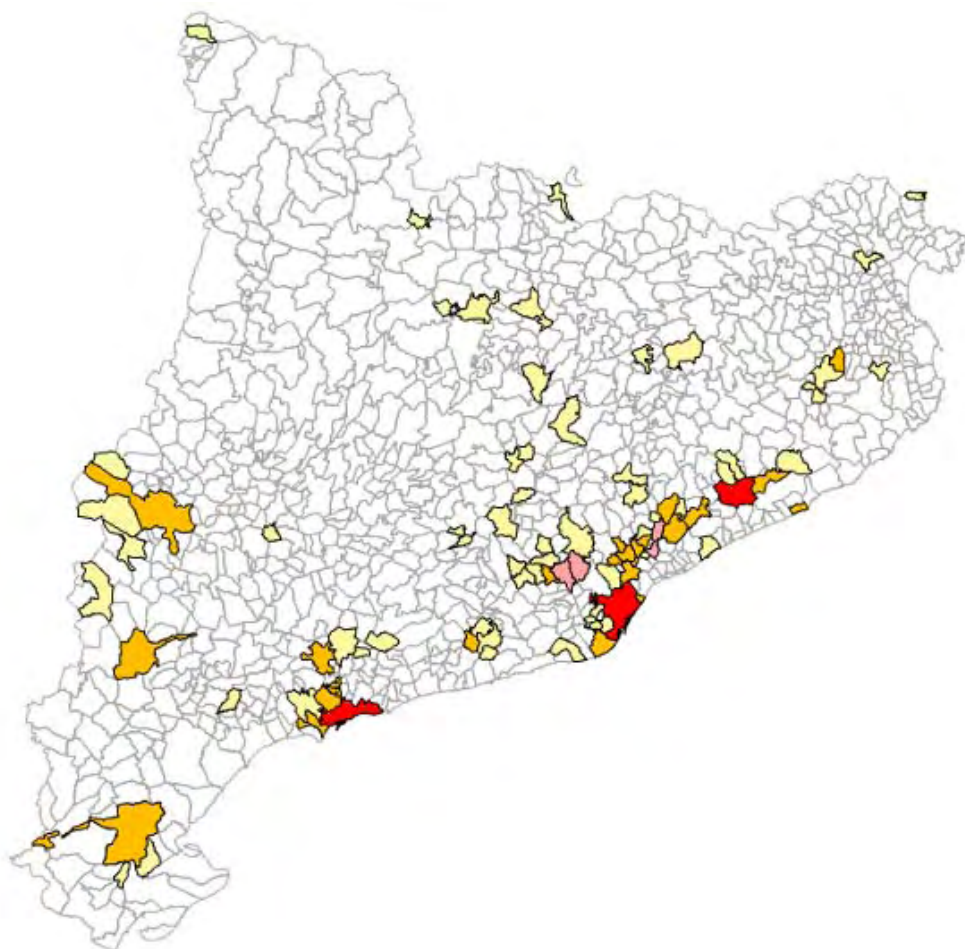
Totes aquestes zones han presentat històricament establiments industrials considerats generadors de risc químic, de forma que sempre s'han ubicat al mapa de risc d'accidents greus de Catalunya. Aquestes zones són també les que presenten les zones d'afectació més grans.



Sector industrial de risc químic de la Tordera (Sant Celoni). Font: ICC

A banda de les anteriors, també hi ha zones amb presència d'establiments afectats per la normativa d'accidents greus, però o bé es tracta d'establiments afectats pel nivell baix, o bé són establiments, de nivell alt o baix, amb caràcter més o menys aïllat. Aquestes zones es caracteritzen, a diferència de les esmentades inicialment, per la seva temporalitat en l'afectació, de manera que a vegades poden esdevenir zones d'afectació durant un temps i més tard desaparèixer del mapa de risc d'accidents greus de Catalunya. Aquestes són:

- El Segrià.
- El Gironès.
- La zona del Penedès.
- El nord de la comarca del Maresme.
- La zona central de la comarca d'Osona
- La zona sud de la comarca del Berguedà.



Distribució d'establiments industrials de risc químic

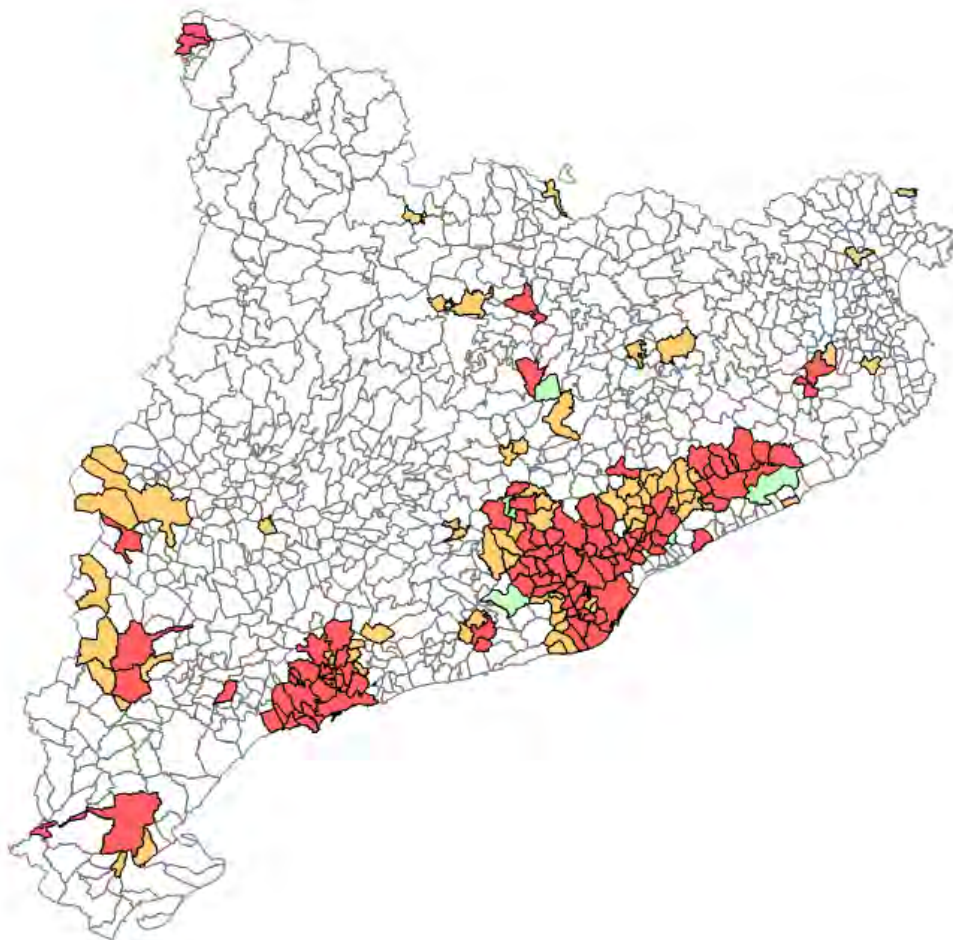
De cara al mapa de risc d'accidents greus cal tenir en compte que a partir de la identificació dels àmbits anteriors el territori s'ha dividit en zones de concentració d'establiments industrials conegudes com a sectors.

A data de setembre de 2010 els municipis que presenten establiments industrials considerats de risc químic són 91 (~10% municipis catalans). Als anteriors cal afegir els que presenten zones d'afectació que tenen origen en establiments industrials de risc químic ubicats en els municipis propers, i que en total són 87. Per tant, a data de setembre de 2010 el nombre de municipis afectats pel risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses és 178 (que representa el 19% dels municipis catalans).

El mapa recull en color vermell els municipis obligats a elaborar el pla d'actuació municipal per motiu del risc químic establiments industrials que manipulen substàncies perilloses i en groc els recomanats. El **nombre total de municipis afectats** és 178 (108 obligats i 70 recomanats)

Es pot comprovar que la distribució territorial dels municipis afectats es concentra a la demarcació de Barcelona amb 96 municipis afectats (54% del total d'afectats), i especialment a l'Àrea Metropolitana i a la zona del Vallès Oriental a l'entorn de Sant Celoni. Tarragona amb 33 municipis (19% del total) és la segona demarcació més afectada. La Catalunya Central amb 17 i Girona amb 14 se situen en un àmbit intermedi. Finalment, Terres de l'Ebre amb 8 municipis, Lleida amb 6 i l'Alt Pirineu i Aran amb 4 completen la llista de municipis afectats.

Les dades absolutes anteriors representen l'afectació al 59% dels municipis de la demarcació de Barcelona i al 25% dels municipis de la demarcació de Tarragona.



Municipis afectats pel risc químic en establiments industrials

B.- Zones d'afectació.

Pel que fa a la representació de les zones d'afectació, la zona d'intervenció es representa amb el límit en color vermell i la zona d'alerta té el límit de color taronja. El mapa recull les zones d'afectació majors a cada territori, i per tant, s'han suprimit les de menor afectació que queden per tant a l'interior de les representades.

3.4.5. Prevenció

3.4.5.1. *Introducció*

La presència d'establiments industrials que manipulen substàncies perilloses és d'una banda una font de béns i recursos necessaris per al manteniment dels estàndards de qualitat de vida actuals, alhora que una font de riquesa per als territoris i per al conjunt de Catalunya com a peça important del teixit industrial, i de l'altre banda un element generador de risc, en major o menor grau en funció de les polítiques i mesures preventives i de seguretat implantades.

El risc latent es pot materialitzar en escenaris d'emergència i en general es caracteritza per la incapacitat de predir aquests escenaris accidentals amb antelació (impedeix disposar de temps abans de l'accident per a preparar la protecció de la població), per la celeritat amb que es produeix l'afectació en aquestes emergències (limita les capacitats d'avís a la població molt propera a la infraestructura) i pels seus efectes potencialment greus i extensos en el territori



(l'aplicació de les mesures de protecció són crítiques). Per aquest motiu, l'estratègia preventiva és absolutament necessària pel que fa al risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.

La prevenció, que es realitza conjuntament amb l'òrgan sectorial competent d'acord a les competències corresponents, segueix les tres línies bàsiques d'actuació genèriques següents:

- Control de nous elements vulnerables.
- Control de nous focus generadors de risc.
- Adequació dels nivells de risc existent.

En l'àmbit de la Direcció General de Protecció Civil i de les actuacions estrictament pròpies de protecció civil com és la gestió de les possibles emergències, la prevenció del risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses té un caràcter clarament operatiu que permet diferenciar aquesta prevenció de la que es desenvolupa en l'àmbit sectorial de la seguretat industrial. Així, la prevenció que realitza protecció civil es fonamenta en models i mètodes deterministes o de càlcul de conseqüències per tal de determinar les mesures d'autoprotecció a aplicar i si aquestes són o no viables d'acord als diferents paràmetres a analitzar (recursos disponibles, fiabilitat humana, evolució de l'emergència, ...) Aquests aspectes operatius no són propis de l'àmbit competencial de seguretat industrial, atès que no participa en la coordinació de les emergències i la difusió de l'aplicació de l'autoprotecció, àmbits propis de protecció civil. En resum, es tracta de dues actuacions preventives que en tots dos casos són necessàries i que responen a criteris i objectius diferenciats en relació a una matèria, els riscos i la seva gestió, de caràcter concurrent.

Fins ara, els majors esforços per part de protecció civil en l'àmbit de prevenció s'han dedicat majoritàriament al control de la compatibilitat amb la gestió del risc dels nous elements vulnerables previstos a les actuacions i planejaments urbanístics, amb l'elaboració d'uns criteris clars que permetin informar sobre aquesta compatibilitat. Alhora, s'han identificat les situacions que en l'actualitat es poden qualificar com a potencialment no gestionables d'acord a l'abast de les emergències que es poden produir, les mesures d'autoprotecció a aplicar i les condicions de vulnerabilitat (absoluta i relativa) existents.. La Direcció General de Protecció Civil ja ha definit els criteris que permeten aquesta identificació i per tant treballa en el disseny d'una estratègia per a la seva correcció mitjançant actuacions sobre els elements vulnerables quan sigui possible.

3.4.5.2. Control de la implantació de nous elements vulnerables

Els criteris estan recollits a la Resolució IRP/971/2010, de 31 de març, per la qual es dona publicitat als criteris per a l'elaboració dels informes referents al control de la implantació de nous elements vulnerables compatibles amb la gestió dels riscos de protecció civil.

L'estratègia se centra en el control de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb el risc d'acord a criteris de capacitat operativa. Aquesta capacitat està condicionada per la celeritat i intensitat potencial de l'emergència i per la proximitat dels elements vulnerables al focus de l'emergència.

En funció de la zonificació del risc i la capacitat operativa de gestió es van definir:

- Tipologies d'elements vulnerables compatibles amb el risc de cada zona.
- Control de la vulnerabilitat màxima absoluta i del seu creixement relatiu.



Complex petroquímic al polígon nord de Tarragona: establiments industrials de risc químic i municipis. Font: ICC

Es va definir la **zona d'assegurament de la capacitat d'autoprotecció** que està formada per la suma de diferents zones de risc on s'estableixen diferents criteris de compatibilitat:

- Control d'elements vulnerables compatibles:
 - **Zona d'indefensió envers l'autoprotecció:** franja de seguretat amb control d'elements vulnerables compatibles (no residencial ni pública concurrència, excepte usos industrials compatibles) per a assegurar la capacitat d'aplicació de les mesures d'autoprotecció per part de la població, en base a la proximitat de la població al focus de l'emergència, temps de resposta i efectes possibles.
 - **Zona d'intensitat límit a l'exterior:** franja de seguretat amb control d'elements vulnerables compatibles (no ús residencial i de pública concurrència, excepte usos industrials compatibles) en base a la zona d'efectes límit o extrems a l'exterior; ja que aquesta zona recull l'àmbit on les conseqüències sobre la població o elements vulnerables són especialment significatives.
- Control de la vulnerabilitat i del creixement màxims.

Zona de confinament general: límits i mesures preventives i compensatòries per a permetre l'avís a la població i l'aplicació de l'autoprotecció.

El valor numèric de les zones anteriors depèn del tipus de substàncies perilloses presents als establiments industrials així com de la manipulació d'aquests (processos als que se sotmeten) i de les condicions en que es produeix tant la seva transformació com l'emmagatzematge i distribució (per exemple, de si els dipòsits estan o no soterrats).



A.- Zona d'indefensió envers l'autoprotecció.

Aquesta zona respon a les dificultats d'avís als elements vulnerables i per tant d'aplicació de mesures d'autoprotecció quan aquests s'ubiquen molt pròxims al focus o origen de l'emergència química. Atès que l'emergència no es pot predir, sinó que es detecta un cop s'ha produït, l'avís en aquests àmbits és posterior a l'arribada de l'emergència i per tant els seus efectes ja s'estan produint. En aquest sentit, en la definició dels criteris es van considerar els elements vulnerables en situació potencial d'indefensió envers l'autoprotecció.

Els criteris recullen que, en general, a l'interior de la zona d'indefensió envers l'autoprotecció es considera que no són compatibles amb el risc químic en instal·lacions que manipulen substàncies perilloses els nous elements vulnerables de les tipologies següents: edificació residencial, edificis de pública concurrència o àmbits d'oci en general. S'exceptuen els usos industrials sempre i quan aquests es destinin a activitat industrial compatible amb la presència d'instal·lacions considerades de risc (d'acord amb la denominada normativa Seveso o d'accidents greus abans esmentada) i s'assegurin certes mesures preventives i d'informació. D'altra banda, també s'incorporen excepcions a les restriccions de tipologies d'elements vulnerables en base a un increment no significatiu de la vulnerabilitat (tant percentual com en valor absolut) i a les mesures extraordinàries de seguretat que permetin l'eficàcia del sistema de protecció civil (avís i aplicació de l'autoprotecció abans dels efectes) i a les millors tecnologies disponibles.

El valor de la zona depèn del tipus d'emergència possible i per tant de les substàncies perilloses presents, amb un valor màxim de 500 m que es correspon als fenòmens de núvols tòxics i incendis de grans dimensions en els centres logístics de distribució de combustibles, i que es modula d'acord a la taula següent extreta directament de la Resolució abans indicada:

Tipologia de substàncies perilloses	Fenomen	Valor zona (m)	
		Amb prevenció	Sense prevenció
Gasos tòxics i líquids tòxics amb punt d'ebullició baix	Núvol tòxic	500	350
Gasos líquids extremadament inflamables	BLEVE	500	250
Combustibles líquids molt inflamables a grans centres de distribució logística	Grans incendis, deflagracions i/o explosions	500	250
Líquids molt inflamables (punt ebullició baix)	Núvol Inflamable	250	100
	Explosió		
	Dard de foc		
Líquids inflamables	Incendi de Toll	100	50
Resta casos	Vessament contaminant i similars	50	50

Com es pot comprovar, la taula incorpora reduccions del valor de la zona a través de mesures preventives. Aquestes, són mesures preventives estructurals envers els fenòmens físics de radiació, sobrepressió, impuls i projecció de fragments (barreres físiques) o els fenòmens químics de toxicitat (analitzadors en continu dels tòxics), que permeten la seva reducció. En la reducció del valor de la zona es tenen en compte també factors climàtics (distribució de vents), orogràfics (proteccions naturals) i els efectes de contenció i protecció de dunes o paraments similars implantats de forma extensa al territori.

B.- Zona d'intensitat límit a l'exterior



Com s'ha indicat anteriorment, d'acord a la normativa vigent les indústries afectades pel nivell alt de la normativa d'accidents greus han d'elaborar informes de seguretat que contemplin els escenaris accidentals associats a les seves instal·lacions així com les zones d'afectació que es deriven, segons els criteris establerts a la normativa vigent. Aquest informe de seguretat és avaluat des de la Generalitat de Catalunya per la Subdirecció General de Seguretat Industrial del Departament d'Innovació, Universitats i Empresa per tal d'obtenir els escenaris accidentals amb les distàncies d'afectació validades des de l'Administració pública. Entre els càlculs incorporats es troba el càlcul de la zona LC1% emprat per a la definició de la zona d'intensitat límit a l'exterior. Aquesta zona es correspon amb la de major intensitat del fenomen de perill, és a dir, l'àmbit on la seva capacitat d'afectar a la població o als elements vulnerables és extrem o superior al valor mitjà de la zona de planificació d'emergència. Per tant, amb aquesta zona s'identifica l'àmbit extrem o de major intensitat del perill en què els elements vulnerables queden exposats de forma tal que la no aplicació de les mesures d'autoprotecció dona lloc a uns efectes especialment intensos.

D'acord a la Resolució anterior, a l'interior de la zona d'intensitat límit a l'exterior no es considera compatibles amb el risc químic en instal·lacions que manipulen substàncies perilloses els nous elements vulnerables de les tipologies següents: edificació residencial o vivendes, àmbits de pública concurrència i àmbits d'oci. No obstant, s'exceptuen els usos industrials sempre i quan aquests es destinin a activitat industrial compatible amb la presència d'instal·lacions considerades de risc i s'assegurin certes mesures preventives i d'informació. Aquesta zona també incorpora excepcions a les restriccions de tipologies d'elements vulnerables en base a un increment no significatiu de la vulnerabilitat (tant percentual com en valor absolut) i a les mesures extraordinàries de seguretat que permetin l'eficàcia del sistema de protecció civil (avis, tecnologies i aplicació de l'autoprotecció abans dels efectes).

C.- Zona de confinament general.

Es descriu la zona de confinament general com aquella on els efectes possibles generalitzats sobre la població fan necessari el confinament de totes les persones al seu interior per a evitar aquests efectes. Aquesta zona és de major abast que les abans descrites que queden al seu interior. En aquesta zona no s'estableix control de la tipologia d'elements vulnerables però sí de la vulnerabilitat màxima que pot estar present i també de l'increment màxim relatiu respecte el nombre d'elements vulnerables ja implantats. La zona de confinament general es correspon, aproximadament, amb la zona d'intervenció recollida a les avaluacions dels informes de seguretat dels establiments industrials afectats pel nivell alt de la normativa d'accidents greus. En tot cas, l'experiència demostra l'existència de zones d'intervenció que responen a escenaris que són de molt baixa probabilitat. Alhora, existeixen actualment escenaris accidentals les zones d'afectació dels quals (zona d'intervenció, especialment) són tan extenses que cal considerar que l'aplicació de l'operativa de resposta a una emergència i protecció a la població no seria garantia de la capacitat d'autoprotecció de la població. Són, per tant, escenaris que ja actualment es consideren com a potencialment no gestionables. En aquestes situacions es considera que els nivells de risc actualment ja no es consideren acceptables i no poden revertir en limitacions absolutes del creixement del territori i per tant, a efectes de determinar la zona de confinament general i les mesures de contenció associades, es divideixen els escenaris en dos subgrups i s'estableixen els criteris de control següents:

- Escenaris 1: aquells que actualment no es considerarien no gestionables (per tant, el diferencial entre tot el conjunt i els escenaris 2 descrits tot seguit). Creixement limitat a la presència d'un màxim de 20.000 habitants per a cada octà (sector de 45°) de la zona circular màxima.
- Escenaris 2: aquells considerats actualment com a potencialment no gestionables. Creixement limitat al 33% respecte els valors de població actuals. Cal entendre l'extensió dels escenaris 2 com tota la zona inclosa l'afectada pels escenaris 1.



		Element vulnerable				
Zona*		Infraestructures (carrers, vials, carreteres, ...)	Industrial	Terciari	Residencial	Equipaments
IEA		Sí	Sí (amb mesures compensatòries del risc). No usos comercials	No (exemple, centres d'oci, hotels, ...).	No. Sí compleció nuclis límit increment 5% o 500 persones.	No (exemple camp de futbol).
ILE	< IEA	Sí	Sí amb mesures compensatòries. No amb usos comercials	No (exemple, centres d'oci, hotels, ...).	No. Sí compleció nuclis límit increment 5% o 500 persones.	No (exemple camp de futbol).
	> IEA	Sí	Sí	Sí oficines, magatzems no local comercial i similars amb límit 250 persones / edifici	No. Sí compleció nuclis límit increment 5% o 500 persones.	Sí jardins i zones verdes de baixa densitat amb capacitat d'afluència màxima de 500 persones. No per a usos i activitats de pública concurrència (fires, concerts, ...)
CG		Sí. Límit de vulnerabilitat de 20.000 persones a l'interior d'un octà (45°) de la zona circular corresponent a qualsevol escenari d'emergència del conjunt escenaris I de les avaluacions dels informes de seguretat de les instal·lacions industrials. Límit de creixement del 33% per a àmbits en zona de confinament dels escenaris II i a l'exterior de la zona dels escenaris I.				

IEA: Zona d'indefensió envers l'autoprotecció

ILE: Zona d'intensitat límit a l'exterior

CG: Zona de confinament general



3.4.5.3. Altres: campanyes d'informació a la població i prova de sirenes.

A) Campanyes d'informació i sensibilització a la població.

Les campanyes d'informació a la població són un element preventiu essencial ja que facilita al ciutadà la comprensió del risc químic i el situa d'una forma objectiva en la percepció del risc químic real al seu entorn laboral o residencial.

1 Podríem detectar un accident químic pel soroll d'una explosió o per molèsties respiratòries.
Si un accident us pot afectar, es declararà l'alerta:
l'alarma sonarà a través de les sirenes. Són tres senyals d'un minut de durada cadascun:
1 min (5 s) 1 min (5 s) 1 min

2 **Tanqueu-vos a casa**
Si sou al carrer, refugieu-vos dins l'edifici més proper. És preferible que us tanqueu a les habitacions més interiors. Atureu els aparells de climatització.

3 **Escolteu la ràdio**
Sintonitzeu la ràdio local, Catalunya Ràdio o Ràdio Nacional d'Espanya. Les autoritats us donaran la informació i els consells necessaris.

4 **Final de l'alerta**
El final de la situació d'emergència s'anunciarà també amb les sirenes i a la ràdio. És un senyal continu de 30 segons de durada: 30 s

No aneu a buscar els nens a l'escola
Els educadors ja tenen instruccions de com actuar.

No!

Eviteu utilitzar el telèfon
Les línies de telèfon i la xarxa de mòbils es poden col·lapsar si tothom comença a fer trucades.

No!

No us quedeu dins del cotxe
Els vehicles no són espais segurs per refugiar-s'hi.

No!

Plase Q Cat
Pla d'emergència del risc químic a Catalunya

Segurs davant el risc químic

Generalitat de Catalunya
Departament d'Interior,
Relacions Institucionals i Participació
Direcció General de Protecció Civil

Les característiques d'algunes indústries properes fan que existeixi un cert risc químic. Aquest fullet us explica que cal fer en cas d'accident. Llegiu-lo i conserveu-lo en un lloc on el tingueu a mà.

Plase Q Cat
Pla d'emergència del risc químic a Catalunya

Segurs davant el risc químic als centres educatius

Generalitat de Catalunya
Departament d'Interior,
Relacions Institucionals i Participació
Direcció General de Protecció Civil

Les característiques d'algunes indústries properes al nostre municipi fan que existeixi un cert risc químic. Aquest fullet explica als centres educatius i als professors que cal fer en cas d'accident. Llegiu-lo i conserveu-lo en un lloc on el tingueu a mà.

Consells a la població (imatge superior) i portades del fulletó general (esquerra) i per als centres educatius (dreta)



Les campanyes de risc químic en establiments industrials es realitzen conjuntament amb les activitats generadores del risc i amb els municipis on existeix aquest risc, ja siguin aquells on s'ubiquen les activitats o bé els que reben el risc d'activitats situades a d'altres municipis.

S'elabora un material genèric que s'adapta a cada municipi i que s'acompanya de sessions formatives i divulgatives. A aquest material s'afegeix el que s'elabora específicament per als centres educatius i el que recentment s'ha començat a divulgar de forma adaptada als treballadors dels polígons industrials on s'ubiquen activitats de risc químic.

B) Prova de sirenes.

Semestralment es realitza una prova general de les sirenes d'avís a la població a tota Catalunya. Aquesta prova només es practica als àmbits on s'han implantat les sirenes d'avís, és a dir, on s'han instal·lat i s'ha acompanyat aquesta instal·lació de la campanya d'informació i sensibilització a la població.

L'existència de sirenes d'avís a la població és indispensable per a garantir l'eficàcia del confinament en els àmbits residencials de major densitat de població on cal l'aplicació d'aquesta mesura en cas d'emergència química, d'acord als estudis de seguretat, atesa la dificultat d'avisar a un nombre important de població amb els mitjans habituals.



Pòster de la prova de sirenes del 3 de maig de 2010



3.5. Risc químic en el transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril.

3.5.1. Introducció: descripció del risc i referents

Les societats actuals requereixen d'un nombre important de béns i serveis per al desenvolupament de les seves activitats habituals: industrial, oci i servei, ús i consum personal, ... Una gran part d'aquests béns i serveis es perceben com a irrenunciables per a una societat en desenvolupament constant i amb uns nivells de qualitat de vida, econòmics i de confort especialment, sempre en augment. Gran part d'aquests béns i serveis es troben molt allunyats en el moment de la seva producció (cas de béns materials fabricats) o de la seva disponibilitat (cas de recursos naturals transformats en béns i serveis) respecte l'usuari final o intermedis. Per tant, gran part d'aquests béns i serveis requerits per la societat necessiten d'un transport entre el seu origen o disponibilitat i els àmbits propers als usuaris. Aquest transport es realitza pel mode viari, ferroviari, marítim i aeri i genera l'existència de fluxos de mercaderies al llarg de tot el territori, que són d'especial importància no només als orígens i destinacions finals, sinó també a àmbits territorials intermedis on es poden ubicar usuaris o processadors intermitjos o que simplement són la plataforma d'un flux de pas, sense rebre beneficis directes a canvi.

Dins els fluxos de mercaderies existents abans referits, cal especificar l'existència del flux de mercaderies perilloses com a element diferenciat i singular. Així, entre els béns i serveis requerits per la societat actual es localitzen mercaderies que tenen un component específic de perillositat per motiu de ser o incorporar substàncies perilloses. La qualificació de substància perillosa està associada a la seva perillositat intrínseca de tipus químic (toxicitat bàsicament) o físic (inflamabilitat, explosivitat, ...), i es pot mesurar mitjançant els paràmetres fisicoquímics que permeten comparar entre si la perillositat de diverses substàncies. El flux de les mercaderies perilloses es realitza majoritàriament per mode viari (camions) i en menor grau pel mode ferroviari que, en el cas de Catalunya, presenta valors percentuals respecte el flux total (viari + ferroviari) significativament inferiors als valors mitjans europeus. El transport ferroviari de mercaderies perilloses és molt més específic que el viari, és a dir, transporta substàncies molt concretes de forma que absorbeix part del flux que no es produeix en mode viari. S'exclou d'aquest estudi el transport de mercaderies perilloses marítim i aeri i també el que es realitza mitjançant instal·lacions i infraestructures fixes (conducces), que tenen un tractament diferenciat en atenció a la seva especificitat.

Les mercaderies perilloses no s'han d'entendre com a substàncies emprades exclusivament a la indústria química, ja que també en trobem exemples d'usos quotidians a d'altres tipologies industrials (clor a les potabilitzadores, centres logístics d'emmagatzematge i distribució de combustibles líquids, ...) i fins i tot a àmbits no industrials com és el cas del consum particular sigui residencial (gas natural, gasoil de calefacció,...) o no (gasolines i gasoils). En general, i a excepció dels hidrocarburs emprats com a combustibles d'automoció (gasolines i gasoil) o per al consum energètic (gas natural, propà, butà i gasoil), el flux de mercaderies perilloses està fortament vinculat a la demanda industrial, i majoritàriament a l'activitat de transformació, a excepció de casos concrets com es feia esment anteriorment. El pes específic d'aquesta demanda industrial pot variar en funció de les evolucions econòmiques (períodes de crisi o de bonança econòmica), polítiques (major o menor regulació del sector) i culturals i socials (per exemple, l'ús de les energies renovables en detriment dels combustibles fòssils). Per tant, el flux de mercaderies perilloses està sotmès a un important component de variabilitat i no sempre es podrà preveure la seva evolució ni aquesta respondrà a un paràmetre únic. D'altra banda, és important destacar que les mercaderies perilloses, com a substàncies químiques amb perillositat intrínseca, presenten una graduació d'aquesta perillositat. Així, el perill d'incendi és molt inferior en el cas del gasoil que en el cas del gas natural, malgrat pugui existir en ambdós casos. Per tant, no totes les mercaderies perilloses ni tots els fluxos poden ser tractats de la mateixa forma, és a dir, cal una visió comuna però alhora específica de les tipologies de



mercaderies perilloses donada la heterogeneïtat d'aquestes. Les mercaderies perilloses s'identifiquen i classifiquen a través de normativa tècnica internacional adoptada per l'Estat que concretament és: ADR (transport de mercaderies perilloses per carretera) i RID (transport de mercaderies perilloses per ferrocarril).

Per tant, el risc químic en el transport de mercaderies perilloses per carretera o ferrocarril es defineix com el risc que genera l'activitat de desplaçar substàncies perilloses (en el mode viari o ferroviari) entre àmbits territorials concrets, especialment entre establiments o instal·lacions industrials. **El risc és conseqüència de la perillositat intrínseca d'aquestes substàncies que es pot caracteritzar a través de paràmetres fisicoquímics** i està modulats en el seu valor final per les condicions de seguretat en que es realitza el transport i l'exposició d'elements vulnerables al perill químic d'aquestes substàncies en cas d'emergència.



Cisternes amb mercaderies perilloses sobre plataforma ferroviària. Font: Adif.

El risc químic en el transport de mercaderies perilloses està fortament modulats pel factor de temporalitat, ja que les substàncies perilloses estan en moviment i per tant el temps que un territori està sotmès a la presència d'aquestes substàncies és mínim (sense considerar els espais d'aturada o aparcament de les unitats transportadores) i queda determinat per la velocitat de pas. Això fa que les quantitats de substàncies perilloses que es consideren representatives del risc químic en el transport de mercaderies perilloses siguin significativament molt superiors al cas del risc químic en instal·lacions industrials que manipulen substàncies perilloses (en molts casos un canvi d'ordre de fins a 1.000 unitats). Tanmateix, cal tenir en compte el factor de territorialitat i deslocalització de l'activitat, de forma que malgrat l'exposició a les substàncies perilloses és temporalment baixa, el territori exposat és molt gran ja que l'activitat de transport consumeix intrínsecament molt territori i es deslocalitza al llarg d'extenses infraestructures (trams viaris i ferroviàries). Alhora les possibles emergències tenen una afectació territorial potencialment molt elevada, que contraresta el factor de temporalitat i incrementen el factor territorial d'exposició. En general, el transport de mercaderies perilloses pot seguir una distribució molt similar a la resta del transport de mercaderies en general, de forma que el transport és important, afecta a bona part del territori català, el flux de mercaderies perilloses de pas té un pes a considerar i el transport es realitza majoritàriament en el mode viari. Tanmateix, no sempre s'empren les mateixes infraestructures ja que el transport de mercaderies perilloses té unes regulacions específiques i alhora en part està molt condicionat per factors de demanda específics del sector de les mercaderies perilloses.



*Camions cisterna amb transport de gas líquat: per pressió i per temperatura.
Font: Guia planificació municipal Transcat (DGPC).*

Les possibles emergències associades al transport de mercaderies perilloses són les pròpies de les substàncies perilloses i per tant, en quant a efectes sobre la població, béns i medi ambient, són les mateixes que es poden produir en el cas d'instal·lacions industrials que manipulen substàncies perilloses²:

- Toxicitat per fuga i formació de núvol tòxic.
- Radiació tèrmica i flames directes en cas d'incendis, deflagracions i BLEVES
- Sobrepressió i impuls en cas d'explosions, deflagracions i BLEVES
- Projecció de fragments en cas d'explosions i BLEVES
- Altres com asfíxies en cas de fums negres.

Les de major incidència territorial i vulnerabilitat potencial són, com en el cas del risc químic en establiments que manipulen substàncies perilloses, els núvols tòxics i les BLEVES, seguides de les deflagracions per núvol inflamable, les explosions i finalment els dards de foc i incendis de toll. La principal diferència amb les emergències en instal·lacions que manipulen substàncies perilloses radica en les condicions d'origen de les fuites. En el cas d'instal·lacions industrials la fuga es pot produir en diferents parts o unitats (línies o conduccions, reactors, càrrega i descàrrega, dipòsits, ...) i per tant en diferents condicions no només d'estabilitat sinó també de quantitat. Per contra, en el cas del transport de mercaderies perilloses les emergències tindran sempre uns elements comuns, de manera que sempre s'originaran en una unitat de transport en moviment (camió cisterna, contenidor, ...) i on destaca que les quantitats de substància implicades seran sempre importants (a excepció de les emergències que es produeixen en unitats de transport buides però no netes) i estaran en condicions aproximades a les d'emmagatzematge.

² Apartat 3.4.1 Descripció del risc i referents. Risc químic en establiments industrials.



Com en el cas del risc químic en establiments que manipulen substàncies perilloses, la major part de les emergències possibles presenten paràmetres característics comuns pel que fa a la seva evolució i gestió³:

- Imprevisió i manca de detecció primerenca.
- Celeritat en els efectes.
- Intensitat crítica.
- Afectació territorial potencialment important.

Així, les emergències de tipus químic en el transport de mercaderies perilloses no es poden anticipar, afecten amb gran celeritat, poden tenir uns efectes i extensió molt intensos i per tant són de difícil gestió per la manca de temps en l'aplicació de la protecció i autoprotecció. Són aquestes característiques les que fan necessària la definició d'una estratègia global de gestió del risc que a partir de l'estudi dels fluxos significatius concreti la planificació de la resposta a les emergències possibles i la prevenció del risc, aquesta última a través del control de la implantació de nous elements vulnerables, de noves infraestructures i la correcció del risc existent no gestionable.

3.5.2. Descripció de l'índex del risc.

El Transcat és el pla d'emergència de la Generalitat de Catalunya per a accidents en el transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril. Es tracta d'un pla que té com a objectiu principal protegir a la població en cas d'accident durant el transport de productes químics perillosos per carretera o ferrocarril. El tractament del risc que fa el pla Transcat configura l'índex de risc a través de l'estudi de mapes de flux on el flux s'associa als moviments per unitat de temps tal i com s'indica tot seguit:

- Transport viari: el mapa de flux es presenta en base a camions que transporten mercaderies perilloses per dia estàndard, que es un concepte equivalent al nombre de camions que es pot esperar que circulin per una via un dia qualsevol de l'any. Es defineixen els nivells de flux següents:

Nivell de flux	Camions / dia estàndard
Flux molt important	> 150
Flux important	100 – 150
Flux mitjà	50 – 100
Flux moderat	10 – 50
Flux baix	< 10

- Transport ferroviari: el mapa de flux recull les quantitats totals anuals de mercaderies perilloses transportades per una línia ferroviària concreta. Es defineixen els nivells de flux següents:

Nivell de flux	Tones per any (t/a)
Flux molt important	$t/a \geq 380.000$
Flux important	$180.000 \leq t/a < 380.000$
Flux mitjà	$90.000 \leq t/a < 180.000$
Flux moderat	$45.000 \leq t/a < 90.000$
Flux baix	$t/a < 45.000$

³ Apartat 3.4.1 Descripció del risc i referents. Risc químic en establiments industrials.



Tot i que no s'ha representat en el mapa, degut a la seva complexitat, també existeix un estudi de les potencials conseqüències dels accidents possibles amb les substàncies transportades de forma significativa.

D'altra banda, l'índex de risc també inclou la representació dels municipis afectats com aquells que tenen part del seu terme municipal a l'interior de la zona de 500 metres a banda i banda de la via o infraestructura ferroviària amb flux de mercaderies perilloses. Aquest valor està vinculat directament a les conseqüències possibles i especialment als temps disponibles, les capacitats de resposta del sistema de protecció civil i les intensitats i efectes potencials que es poden produir en cas d'accident. Per tant, està fortament vinculat al control de la implantació de nous elements vulnerables.

Finalment cal anotar que, des d'un punt de vista conceptual estricte, no es pot considerar el mapa del transport de mercaderies perilloses com un mapa de risc, ja que el que es representa és el flux de vehicles en les principals vies o infraestructures ferroviàries, mentre que el valor de risc quantitatiu referit a un accident es defineix com el producte de la probabilitat de que ocorri aquest accident per les seves possibles conseqüències.

3.5.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

L'estudi del flux de mercaderies perilloses té una metodologia clarament diferencial entre el mode viari i el mode ferroviari en atenció, entre d'altres, a la disponibilitat i origen de les dades i especialment a la limitació i concreció de les infraestructures de transport ferroviari (en el cas del mode viari no existeix un nombre limitat i controlat d'infraestructures).

3.5.3.1. Mode viari

De forma general el mapa de flux per carretera estableix quin és el trànsit de mercaderies perilloses associat a les principals vies catalanes, en base a dades obtingudes a partir de sessions de control a peu de carreteres i autopistes i també a partir de consultes a certes empreses i entitats públiques i privades. El flux es presenta en base a camions per dia estàndard, que es un concepte equivalent al nombre de camions que es pot esperar que circulin per una via un dia qualsevol de l'any.

Cal considerar que, a diferència del mode ferroviari, no es pot disposar de totes les rutes (origen i destinació) de totes les mercaderies perilloses transportades amb camió a Catalunya a partir de les declaracions dels transportistes, expenedors o receptors. El volum de dades que suposa impedeix el seu tractament des d'un punt de vista d'eficàcia i eficiència, i cal afegir les dificultats de control i recopilació d'aquesta informació. Alhora, no es poden realitzar comptatges a totes les carreteres de forma permanent si no es disposa de tecnologies innovadores dissenyades *adhoc* per a aquesta funció de comptatge, és a dir, no es pot disposar de forma permanent de recursos humans a peu de totes les vies catalanes on pot haver-hi transport de mercaderies perilloses. Per aquest motiu, per a obtenir els fluxos de mercaderies perilloses de les vies catalanes primerament es va fer l'estudi corresponent al flux de mercaderies perilloses a les autopistes catalanes. Per a aquest estudi es van emprar les dades proporcionades per les operadores Acesa, Autema i Aumar. Es considera que aquest estudi de flux és prou representatiu del flux general de mercaderies perilloses que es produeix a Catalunya de forma que a partir dels resultats obtinguts s'ha elaborat un model senzill de distribució temporal (hores, setmanes i mesos) del flux d'un comptatge concret a qualsevol via catalana. El model es basa en consideracions simples. A partir de les dades de les autopistes es van determinar el percentatge particular de cada mes respecte a un any estàndard, el percentatge particular de cada dia de la setmana respecte a una setmana estàndard i el percentatge d'una hora particular respecte al dia sencer. Aquests percentatges, extrets de les dades de les autopistes, es consideren vàlids per a totes les carreteres de Catalunya i s'utilitzen per extrapolar els resultats dels comptatges fets en cada punt. Per tant, a partir de l'estudi dels



fluxos a les autopistes es va poder determinar el pes específic o percentual dels valors obtinguts en un comptatge en un tram horari concret d'un dia concret, un mes concret.

Així, a partir del comptatge fet en un punt determinat i del percentatges deduïts per a les autopistes, es pot definir el flux de camions d'un "dia estàndard" per la següent expressió:

$$y = (x/n) * (1 / \% \text{ hores}) * (1 / \% \text{ setmanes}) * 4.3 * (1 / \% \text{ mes}) * (1 / 365)$$

Un dia estàndard és aquell que representa el promig dels valors anuals.

Els símbols tenen el següent significat:

- y = nombre estimat de camions que passa pel punt de control en un dia estàndard.
- x= camions comptabilitzats en el punt de control en el "n" dies de comptatge.
- n = nombre de dies de comptatge.
- % hores = proporció del flux respecte al dia sencer que representa el flux durant les hores en que s'ha fet el comptatge.
- % setmanes = proporció de flux respecte a una setmana sencera que representa el flux durant el dia de la setmana en que s'ha realitzat el comptatge.
- % mes = proporció de flux respecte a un any sencer que representa el flux durant el mes en que s'ha realitzat el comptatge
- 365: dies d'un any.
- 4.3 : mitjana del nombre de setmanes que té un més.

Posteriorment, es va dissenyar una xarxa de 80 punts de comptatge a diverses carreteres a partir dels paràmetres, entre d'altres, següents:

- resultat dels comptatges de les autopistes (identificació de possibles vies amb transport de mercaderies perilloses a partir de les diferències de flux entre trams de les autopistes)
- situació de les indústries amb productes perillosos més importants a Catalunya i especialment les afectades per la normativa de risc químic (veieu risc químic en instal·lacions que manipulen substàncies perilloses)
- enquestes i prospecció de dades de les instal·lacions anteriors

En aquests punts es van comptar els camions que transportaven mercaderies perilloses durant algunes hores al dia en alguns dies d'una setmana. Aplicant l'equació anterior a aquestes dades es determina el flux per dia estàndard.

El flux per dia estàndard és el paràmetre representat en el mapa.



*Detall de dos fragments d'una cisterna de propà que va patir una BLEVE a Tivissa l'any 2002.
El primer va originar un incendi forestal i el segon va caure damunt d'un habitatge a uns 100 m de l'accident.*

3.5.3.2. Mode ferroviari:

La complexitat del flux de mercaderies en el mode viari, per motiu de l'extensió i capillaritat de la xarxa, no es produeix en el cas del mode ferroviari, entre d'altres pels motius següents:

- Només existeix, actualment, un operador o transportista ferroviari de mercaderies perilloses (Renfe)
- La xarxa ferroviària és limitada, es pot manipular (pel que fa als km o extensió) i manca de ramificacions i capillaritat.

Així, la metodologia en el cas ferroviari es basa en disposar de les dades de flux de les mercaderies perilloses que representen en conjunt percentatges superiors al 90% dels valors totals. Aquestes dades suposen que per a les mercaderies perilloses transportades es disposa de: origen, destinació, ruta (trajecte concret) i finalment quantitat total anual per a cadascuna de les combinacions anteriors (és a dir, per a cada origen, destinació i ruta d'una mercaderia perillosa). Això permet assolir resultats amb una molt bona precisió. Les dades són proporcionades directament per l'empresa operadora del transport (Renfe) a partir dels seus sistemes informatitzats. Les dades es mantenen actualitzades anualment de forma que es poden disposar de valors promig de períodes plurianuals i suprimir així les particularitats dels períodes anuals concrets (com ara temps de crisi o de bonança econòmica). Es considera un bon període el corresponent als últims 4 anys, com a valor de referència.

Així, la metodologia permet que a partir de dades per a tot el conjunt de Catalunya es pugui determinar amb exactitud els fluxos concrets a qualsevol punt concret del territori. És, per tant, el cas contrari del mode viari on a partir de comptatges i dades per a infraestructures o parts concretes del territori s'interpolen la resta de territoris i s'obtenen dades globals per a tot el conjunt de Catalunya

En tots dos casos la representació de vies i infraestructures s'ha realitzat a partir de la base cartogràfica 1:50.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.



*A la dreta vagon de propà accidentats i incendi derivat, a l'Abruzzo (Itàlia) a l'any 2009.
A l'esquerra els efectes sobre els habitatges propers que va provocar l'explosió d'un dels vagon*

3.5.4. Descripció general del mapa i municipis afectats.

L'objectiu final del mapa és determinar els municipis amb més risc degut al transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril. Cal per tant representar prèviament les vies a les que s'associa els diferents nivells de flux de transport de mercaderies perilloses i associar a les infraestructures ferroviàries els nivells de flux de mercaderies perilloses obtinguts, d'acord a l'índex de risc definit.

3.5.4.1. *Mode viari:*

Els fluxos viaris de mercaderies perilloses recollits al mapa i al pla Transcat són els següents:



Nivell de flux	Camions / dia estàndard	Via	Tram
Molt important	> 150	AP-2	
		AP-7	
Important	100 – 150	C-31b	Polígon químic sud Tarragona
		C-17	Vic – AP-7
		A-2	Provisional: accés Port Barcelona
Mitjà	50 – 100	C-16	Terrassa – Manresa
		C-58	AP-7 a Terrassa
		C-12	Ascó – enllaç AP-2
		N-260	Vilafant - Olot
		C-66	AP-7 (Girona) - N-260
		N-II	Fornells de la Selva – AP-7 (Girona)
		C-25	Enllaç N-II (Riudellots) a Cassà de la Selva
Moderat	10 – 50	AP-7	Montornès del Vallès - Vilobí d'Onyar
		C-32	Enllaç B-10 - Mataró
		N-230	Enllaç A-2 – Alfarràs
		C-17	les Masies de Voltregà - Ripoll
		C-16	Manresa - Berga
		C-260	Figuères - Roses
		C-66	Sant Joan de Mollet – C-31 (Palafrugell)
		N-II	Palafolls – Sils / Caldes
		C-63	Vidreres – enllaç N-II (Sils)
		C-65	Llagostera - Sant Feliu de Guíxols
		C-31	C-65 (Sta. Cristina d'Aro) – C-66 (Palafrugell)
		C-12	Enllaç C-44 – Ascó
		C-44	Enllaç AP-7 – enllaç C-12
Baix	< 10	AP-7	Vilobí d'Onyar – la Jonquera
		C-32	Mataró – Palafolls
		C-25	AP-7 (Vilobí d'Onyar) – C-17
		C-66	Enllaç N-II (Celrà) – Sant Joan de Mollet

S'han suprimit de la taula anterior les vies que, malgrat inicialment presentaven flux de mercaderies perilloses en base als comptatges realitzats, la normativa establerta amb posterioritat pel Servei Català de Trànsit per a la regulació i control del trànsit viari de mercaderies perilloses va determinar com a vies de pas restringit a aquest tipus de transport (en la seva totalitat o parcialment). Són les següents:

- N-340 de Vilafranca del Penedès a l'enllaç amb l'AP-7 (El Vendrell)
- N-240 de l'enllaç amb l'AP-7 (Tarragona) a l'enllaç amb l'AP-2 (Montblanc).
- C-12 de l'enllaç amb la N-340 (enllaç amb l'AP-7) fins a l'enllaç amb la C-44.
- C-14 de Reus a l'enllaç amb la N-240.
- C-16 al sud de l'AP-7
- C-16 al sud de Terrassa (substituït per la C-58 de l'AP-7 a Terrassa)
- C-17 al sud de l'AP-7.



- C-32 de l'enllaç amb la C-31 (Castelldefels) a l'enllaç amb la B-10 (Cornellà)
- C-55 de l'enllaç amb l'A-2 (Abera) a l'enllaç amb la C-16 (Manresa)
- N-II de Mataró a Palafrons i de Vilamallà a Medinyà.

També s'han actualitzats els fluxos corresponents al tram de la C-12 entre Ascó i l'enllaç amb la C-44, i al tram de la C-44 entre l'enllaç amb l'AP-7 i l'enllaç amb la C-12. Els comptatges elaborats de forma preliminar per a l'actualització del Transcat mostren que el flux és molt inferior al que preveu la versió actual del pla. L'explicació rau, amb tota probabilitat, a la prohibició actual de connexió entre l'AP-7 i l'AP-2 a través de la C-12 i la C-44, restricció no existent en el moment de la redacció del pla Transcat.



Vies de transport de mercaderies perilloses a Catalunya amb flux molt important (lila) i flux important (taronja).

Per a la interpretació dels fluxos associats a les diferents vies cal tenir en compte que el complex petroquímic del Tarragonès (polígon sud a Tarragona i Vila-seca i polígon nord a la Pobla de Mafumet, Perafort, el Morell i Constantí) és un important centre de producció de matèries primeres per a la indústria química que alhora requereix la recepció terrestre i marítima de mercaderies perilloses (veieu l'apartat de risc químic en establiments que manipulen substàncies perilloses). El port de Barcelona també rep una important quantitat de productes químics que després distribueix a diverses indústries de l'entorn. Juntament amb aquests focus existeix una concentració d'indústria química important especialment en la demarcació de Barcelona (Barcelonès, Baix Llobregat, Vallès Oriental i Vallès Occidental principalment). Aquesta distribució de la indústria que manipula substàncies perilloses (veieu mapa del risc químic per instal·lacions industrials a Catalunya) determina el mapa de fluxos de



mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril en quant a consum intern i exportació i importació. D'altra banda existeix un trànsit elevat de combustibles líquids i gas (gasolines, gasoil, butà i propà) als nuclis importants de població que genera un flux destacable que s'ha d'afegir també al trànsit de pas al territori català a través de les autopistes AP-2 i AP-7.



Principals vies amb transport de mercaderies perilloses.

En base al paràgraf anterior, de les vies amb més flux al mapa es pot destacar:

- La gran importància de l'autopista AP-7 com a artèria fonamental de transport de mercaderies perilloses entre les demarcacions de Barcelona i Tarragona i com a via de sortida i entrada de mercaderies al sud i al nord. Per tant, l'AP-7 és un eix vertebrador del transport de mercaderies perilloses tant intern com extern i de pas o trànsit, especialment entre Europa i la resta de l'Estat. Aquesta via presenta un flux molt important.
- D'importància és també l'autopista AP-2 que absorbeix els fluxos de consum intern amb origen o final a ponent i facilita alhora el trànsit de mercaderies entre Europa i la meitat nord de l'Estat. Cal destacar que una part del transport de mercaderies perilloses de consum intern amb origen o destinació a les comarques de Ponent o del seu entorn és absorbit per l'autovia A-2 quan l'autopista AP-2 no dona accés directe a aquestes comarques (per exemple el cas de la Segarra).



- El conjunt de la C-44 i la C-12 entre l'enllaç amb l'AP-7 i Ascó presenta un flux important, entre d'altres degut a la presència a prop d'una important indústria de clor i derivats així com d'altres pols d'activitat industrial.
- La C-31b presenta igualment flux important, degut a que actua com a entrada i sortida directa del polígon industrial químic sud de Tarragona, on es localitza un percentatge molt important del conjunt dels establiments industrials que manipulen substàncies perilloses de Catalunya, i del Port de Tarragona.
- La C-17 també presenta flux important, degut en gran part a les matèries inflamables de consum general i a la presència d'empreses que manipulen substàncies perilloses en el primer tram entre Granollers i Vic.
- L'accés al Port de Barcelona també recull un flux destacable de mercaderies perilloses com a conseqüència del tràfec d'aquestes substàncies al Port.

D'acord a les estimacions dels comptatges realitzats, les 20 primeres substàncies transportades per carretera són:

Núm. ONU	Substància	Perill
1202	gasolis i fuels	inflamable
Caixa	substàncies diverses	diversos
1203	gasolines	molt inflamable
1965	butà i propà	gas líquid inflamable
1824	dissolució d'hidròxid de sodi	corrosiva
1230	alcohol metílic	molt inflamable i tòxica
1789	àcid clorhídric	corrosiva
1093	acrilonitril	molt inflamable i tòxica
1791	hipoclorit de potassi	corrosiva
1830	àcid sulfúric	corrosiva
1247	metacrilat de metil	molt inflamable i perill polimerització
1350	sofre	sòlid inflamable
1977	nitrogen líquid refrigerat	gas líquid
2582	clorur fèrric	corrosiva
1888	cloroform	tòxica
1073	oxigen líquid refrigerat	gas líquid comburent
1223	querosè	inflamable
1866	resines en líquids inflamables	molt inflamable
1972	gas natural líquid refrigerat	gas líquid inflamable
1969	isobutà	gas líquid inflamable
1005	amoníac anhidre	gas líquid tòxic i corrosiu

Els gasos líquids inflamables i els tòxics són els que presenten un major abast potencial en quant a vulnerabilitat en cas d'accident d'acord a la descripció del risc a la introducció. En el cas dels núvols tòxics cal afegir una afectació territorial potencialment extraordinària.

Els criteris de planificació municipal del pla Transcat identifiquen 181 municipis afectats pel risc. En general, la major **afectació municipal** es concentra a l'entorn de l'autopista AP-7 i especialment a la demarcació de Barcelona amb 61 municipis (34% del total) i més concretament a l'Àrea Metropolitana (Baix Llobregat, Vallès Occidental i Vallès Oriental). La demarcació de Tarragona amb 42 municipis (23% del total) també recull un nombre important de municipis afectats, així com Lleida amb 35 municipis (19% del total). Terres de l'Ebre i la Catalunya Central tenen una afectació inferior i a Girona és encara menor. Finalment, l'Alt



Pirineu i Aran no té cap municipi afectat. Les xifres anteriors d'afectació representen a l'entorn del 25 - 30% dels municipis de cada demarcació, excepte per al cas de Girona on és inferior.

Cal tenir en compte que actualment s'està revisant el pla Transcat per a adaptar-lo a les millores en el sistema de protecció civil actuals i també per a actualitzar les dades del risc (flux de mercaderies perilloses, noves vies i infraestructures, ...) i, paral·lelament, també s'està treballant en la millora de la definició dels fluxos viaris de mercaderies perilloses a través de l'estudi dels recursos tecnològics disponibles actualment.

3.5.4.2. *Mode ferroviari:*

Pel que fa al ferrocarril, cal considerar que el mapa representa totes les línies ferroviàries amb transport de mercaderies perilloses, ja que l'operador l'únic d'aquest transport declara gairebé el 100% del transport existent.

El mapa representa els valors de flux, d'acord a l'índex de risc definit, per al període 2005 – 2008 (com a dades disponibles per al període més recent), per a cadascun dels trams ferroviaris definits. Aquests trams ferroviaris es defineixen en base a la detecció dels punts on es pot derivar el flux de mercaderies perilloses: aparcaments de mercaderies perilloses d'Adif i creuaments de les vies de ferrocarril.

A la taula següent s'indiquen aquests valors de flux així com també la mitjana i els valors màxims i mínims detectats al conjunt del període més recent del que es disposen dades contínues (2002 – 2008):

Tram	2002 – 2008	2005 – 2008	Flux 2005 – 2008	2002 – 2008	
				Màxim	Mínim
Almacelles – Plana Picamoixons	57.904	62.998	Moderat	71.691	12.978
Barcelona – Nus Castellbisbal est	21.980	11.382	Baix	47.376	4.127
Faió/La pobla de Massaluca – Flix	386.425	339.443	Important	524.847	304.664
Flix – Reus	374.264	326.878	Important	513.319	289.873
Granollers– Portbou	227.710	176.073	Mitjà	356.416	154.126
Martorell – Nus Castellbisbal oest	429.350	322.722	Important	688.225	290.974
Nus Castellbisbal est – Granollers	280.307	218.034	Important	443.289	180.431
Nus Castellbisbal est – oest	258.327	206.652	Important	402.648	180.407
Nus Castellbisbal oest – Barcelona	171.023	116.070	Mitjà	285.577	101.563
Reus – Constantí	217.047	185.014	Important	283.382	149.334
Reus – Plana Picamoixons	55.153	62.877	Moderat	68.353	51.166
Reus – Tarragona	429.737	378.177	Molt Important	540.804	321.233
St Vicenç de Calders – Martorell	405.261	315.809	Important	640.035	290.583
Tarragona – St Vicenç de Calders	402.510	315.688	Important	631.885	290.583
Ulldecona – Tarragona	70.874	49.866	Moderat	139.909	24.175

Es pot detectar una davallada del valor mitjà dels fluxos del període 2005 – 2008 respecte els del període 2002 – 2008. Amb tota seguretat cal considerar aquesta davallada com a circumstancial, especialment en atenció a l'impuls que des de les administracions públiques (estat, Generalitat de Catalunya i Unió Europea) es vol donar al transport de mercaderies per ferrocarril.

Pel que fa a la distribució dels fluxos en els diferents trams ferroviàries, en el conjunt del període més recent (2005 – 2008) destaca el tram següent:



- de Tarragona a Reus,

seguit dels trams següents:

- de Reus a Constantí,
- de Reus a Faió / la Pobla de Massaluca,
- de Sant Vicenç de Calders a Tarragona,
- del nus de Castellbisbal a Sant Vicenç de Calders i
- de Granollers al nus de Castellbisbal,

Respecte la distribució territorial del flux es pot concloure que:

- Tot responenent a la distribució de les indústries amb risc químic, la línia Granollers - Aragó (Estat), definida com la ruta Granollers – nus Castellbisbal – Sant Vicenç de Calders – Tarragona – Reus – Faió/la Pobla de Massaluca, és la que presenta un flux més gran, i especialment el tram Reus – Tarragona on el flux és molt important.
- La resta de línies i trams ferroviaris tenen un flux inferior.
- Aquesta distribució territorial del flux respon també al important intercanvi de mercaderies perilloses amb altres parts de l'Estat, que es produeix majoritàriament a través de Faió – Pobla de Massaluca i amb origen o destinació Tarragona, i al també important intercanvi amb la resta de la Unió Europea amb origen o destinació a Tarragona i Granollers principalment (aparcament de mercaderies perilloses).
- El flux és especialment petit en els casos Reus – Plana de Picamoixons i Sant Vicenç de Calders – Almacelles (connexió amb València), reforçant així que l'intercanvi amb la resta de l'Estat es produeix principalment via Reus – Flix – Faió.
- La distribució territorial del flux ferroviari de mercaderies perilloses no segueix la mateixa pauta que en el mode viari. En part per la disposició de les infraestructures i el nombre limitat d'aquestes i en part perquè el transport ferroviari és molt més específic i absorbeix part del flux que no es produeix en mode viari.



*Flux ferroviari de mercaderies perilloses. Graduació general flux Transcat:
vermell (molt important i important) > taronja > blau.*

D'acord a les dades del període 2005 - 2008, les 30 mercaderies perilloses més transportades per ferrocarril són:

ONU	Substància	Perill
1965	Hidrocarburs gasosos líquats en mescla (Butà)	Gas líquat inflamable
1086	Clorur de vinil estabilitzat	Gas inflamable
1824	Hidròxid de sodi en solució	Corrosiu
3082	MLPPMA	Contaminant
1093	Acrilonitril estabilitzat	Tòxic i molt inflamable
2055	Estirè monòmer estabilitzat	Inflamable
1202	Combustible per a motors diesel o gasoil o oli mineral	Inflamable
1830	Àcid sulfúric	Corrosiu
1951	Argó líquid refrigerat	Gas
2586	Àcids alquilsulfònics o arilsulfònics líquids	Corrosiu
3256	Líquid a temperatura elevada, inflamable, NEP	Inflamable
1791	Hipoclorit en solució	Corrosiu
1114	Benzè	Molt inflamable
1010	Butadiens estabilitzats	Gas inflamable
1547	Anilina	Tòxic



ONU	Substància	Perill
1831	Àcid sulfuric fumant	Corrosiu
2348	Acrilats de butil estabilitzats	Inflamable
1866	Resina en solució	Molt inflamable
2218	Àcid acrílic estabilitzat	Corrosiu i inflamable
1131	Disulfur de carboni	Tòxic i molt inflamable
2078	Diisocianat de toluè	Tòxic
1965	Hidrocarburs gasosos líquats en mescla	Gas líquat inflamable
3265	Líquid orgànic, corrosiu, àcid, NEP	Corrosiu
3378	Carbonat sòdic peroxihidratat	Comburent
3267	Líquid orgànic corrosiu, bàsic NEP	Corrosiu
1052	Fluorur d'hidrogen anhidre	Molt tòxic
1079	Diòxid de sofre	Tòxic
2794	Acumuladors elèctrics d'electròlit líquid àcid	Corrosiu
2734	Amines líquides, corrosives, inflamables, NEP	Corrosiu i inflamable
2015	Peròxid d'hidrogen en solució aquosa estabilitzada	Comburent

Cal destacar els hidrocarburs gasosos líquats (butà) i el clorur de vinil estabilitzat com a els productes més transportats amb valors entre 2 i 3 vegades superiors a la següent mercaderia més transportada, l'hidròxid de sodi. Aquest últim té valors similars al MLPPMA, l'acrilonitril estabilitzat i l'estirè monòmer estabilitzat. Aquestes 6 primeres mercaderies representen el 60% (en pes) del valor absolut de mercaderies perilloses transportades per les infraestructures ferroviàries de Catalunya, com a mitjana del període 2005 - 2008. Les 2 primeres matèries perilloses representen el 35%. Les següents mercaderies més transportades presenten valors molt inferiors a les anteriors. Cal destacar que, a excepció dels hidrocarburs gasosos líquats, les 6 primeres mercaderies perilloses més transportades estan directament lligades a la gran indústria química de transformació de derivats de petroli i específicament a la dels plàstics (estirè, acrilonitril i clorur de vinil especialment). Per tant, es pot concloure que gran part del transport d'aquestes mercaderies està vinculat al polígon petroquímic del Tarragonès a banda d'altres contribucions menors. Dels 6 primers productes més transportats per ferrocarril, alguns també ho són d'importants en el mode viari, com els hidrocarburs gasosos líquats, l'hidròxid de sodi o l'acrilonitril. D'altres són específics del mode ferroviari (MLPPMA, estirè, clorur de vinil, ...) i alhora no estan presents mercaderies com les gasolines, l'alcohol metílic o d'altres que són importants en el mode viari.

Els gasos líquats inflamables i els tòxics són els que presenten un major abast potencial en quant a vulnerabilitat en cas d'accident d'acord a la descripció del risc a la introducció. En el cas dels núvols tòxics cal afegir una afectació territorial potencialment extraordinària.

Pel que fa a l'**afectació municipal**, els criteris de planificació municipal del pla Transcat recullen fins a 67 municipis. Destaquen les demarcacions de Barcelona (32 municipis, el 48%) i Tarragona (27 municipis, el 40%), seguides de Terres de l'Ebre (8 municipis). La resta de demarcacions no presenten cap municipi afectat.

3.5.5. Prevenició

3.5.5.1. *Introducció*

El transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril és una activitat generadora de risc químic. Aquest risc es caracteritza per la incapacitat de predir els escenaris accidentals amb antelació (impedeix disposar de temps abans de l'accident per a preparar la protecció de la població), per la seva celeritat en l'afectació (limita les capacitats d'avís a la població molt propera a la infraestructura) i pels seus efectes potencialment greus i extensos en el territori



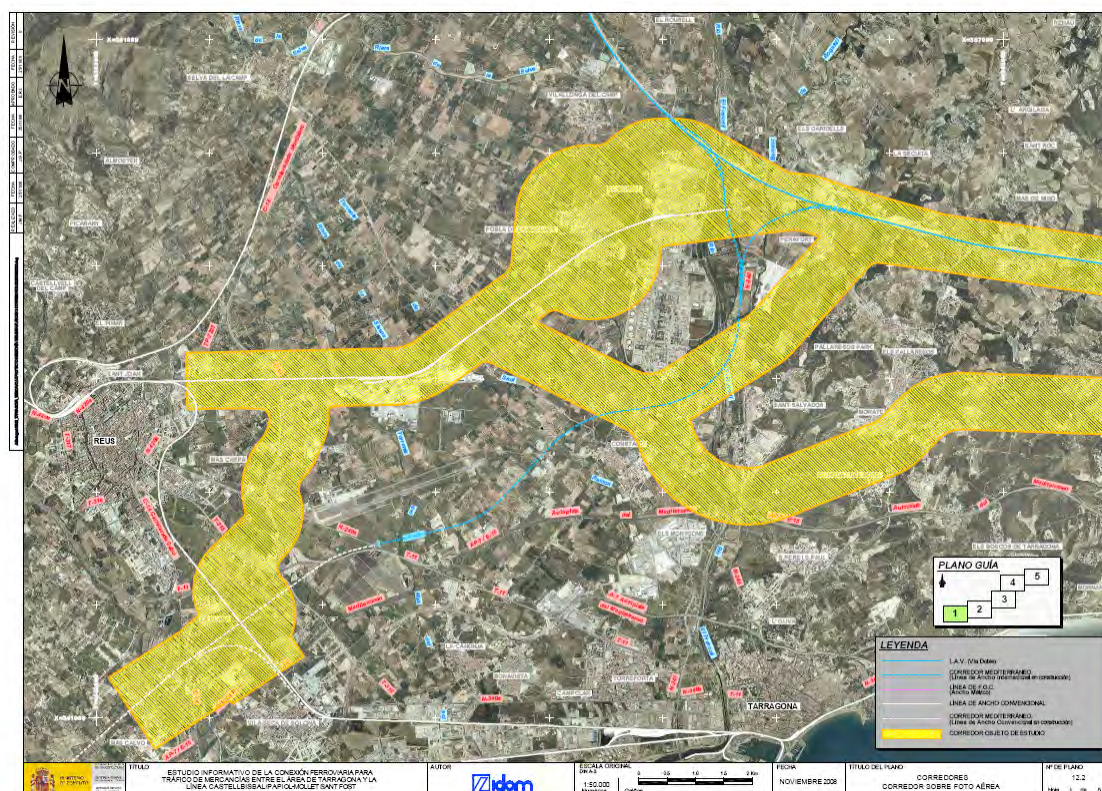
(l'aplicació de les mesures de protecció són crítiques). Per aquest motiu, l'estratègia preventiva és absolutament necessària pel que fa al transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril.

La prevenció segueix les tres línies bàsiques d'actuació genèriques ja identificades en altres riscos prèviament desenvolupats:

- Control de nous elements vulnerables.
- Control de nous focus generadors de risc.
- Adequació dels de nivells de risc existent.

Tanmateix, fins ara els majors esforços per part de la Direcció General de Protecció Civil i per tant de l'àmbit estricte de protecció civil en la gestió de les possibles emergències, s'han dedicat al control de la compatibilitat amb la gestió del risc dels nous elements vulnerables previstos a les actuacions i planejaments urbanístics, amb l'elaboració d'uns criteris clars que permetin informar sobre aquesta compatibilitat. Alhora, el control de les noves infraestructures previstes, especialment les ferroviàries i les vies d'alta capacitat, és hores d'ara una actuació preventiva que pren gran rellevància per motiu de totes les actuacions previstes al territori (autovia A-27, autovia A-7, possibilitat quart cinturó, tram ferroviari exclusiu de mercaderies per enllaçar Tarragona amb Mollet / Sant Fost, integració urbana del tram ferroviari Tarragona – Reus, transport de mercaderies en alta velocitat, ...).

D'altra banda, la Direcció General de Protecció Civil ha elaborat el document *“Estratègies globals de compatibilització dels elements vulnerables amb la gestió del risc químic en el transport de mercaderies perilloses”*, en el que es recullen les actuacions genèriques viables en el territori (tant pel que fa als elements vulnerables com a les infraestructures de transport) que poden permetre la capacitat de gestió del risc per part del sistema de protecció civil.



Projecte d'integració ferroviària al Camp de Tarragona. Font: Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Mari.



3.5.5.2. *Control de la implantació de nous elements vulnerables*

Els criteris estan recollits a la Resolució IRP/971/2010, de 31 de març, per la qual es dóna publicitat als criteris per a l'elaboració dels informes referents al control de la implantació de nous elements vulnerables compatibles amb la gestió dels riscos de protecció civil.

A. *Vies*

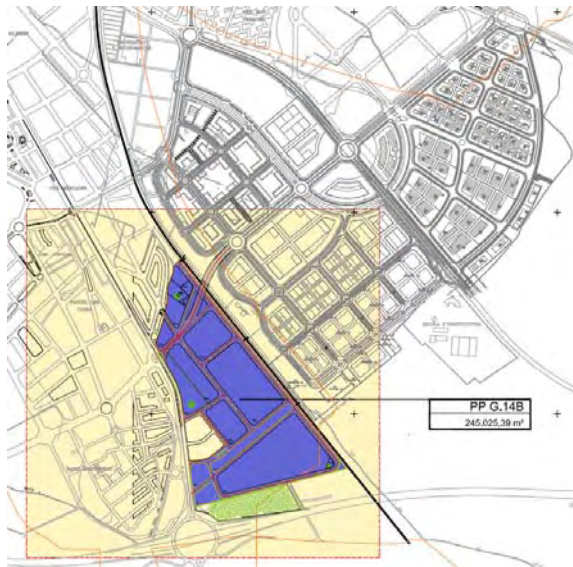
El control per part de la Direcció General de Protecció Civil de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb la gestió del risc d'emergències en el transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril, té en compte exclusivament les vies on el flux de mercaderies perilloses és important o molt important, d'acord a l'índex de risc abans presentat.

Les vies concretes són actualment les següents:

- Ferrocarril
 - o de Granollers al nus de Castellbisbal,
 - o del nus de Castellbisbal a Sant Vicenç de Calders,
 - o de Sant Vicenç de Calders a Tarragona,
 - o de Tarragona a Reus,
 - o de Reus a Constantí i
 - o de Reus a Faió / la Pobla de Massaluca
- Vies
 - o Autopista AP-2,
 - o Autopista AP-7,
 - o C-12 (de l'AP-2 a la C-44),
 - o C-17 (des de l'AP-7),
 - o C-31b (accés polígon químic de Tarragona),
 - o C-44 (de la C-12 a l'AP-7) i
 - o amb caràcter provisional l'accés al Port de Barcelona

Per a la resta de vies, on el flux conegut és inferior, no es van establir criteris de compatibilitat ja que el risc considerat és inferior al llindar a partir del qual cal tenir en compte aquesta compatibilitat. La definició d'aquests llindars per a la selecció de les vies al voltant de les quals s'estableixen criteris de compatibilitat entre els elements vulnerables i la gestió de les emergències, estan basats en criteris internacionals i més concretament en els definits pel govern holandès i l'organisme europeu TNO, considerats àmpliament com a referents en aquests aspectes. Les guies⁴ elaborades per aquests organismes indiquen que la consideració de criteris de risc al voltant de les vies ha de ser sempre en funció del flux de mercaderies perilloses existent i més concretament en funció dels moviments (camions o vagons) anuals. La Direcció General de Protecció Civil va aplicar als criteris abans indicats un factor de tolerància que respon a les singularitats tant del territori català com de l'activitat implantada, de forma que es flexibilitza aquest control de la compatibilitat amb el risc de nous elements vulnerables.

⁴ CPR18E: Guidelines for quantitative risk assessment (Purple Book). Committee for the prevention of disasters by hazardous materials (Netherlands Government / TNO).



Compatibilització de la implantació d'elements vulnerables amb el risc en el transport de mercaderies perilloses.

B. Criteris concrets

D'acord a la Resolució IRP/971/2010, l'estratègia se centra en el control de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb el risc d'acord a criteris de capacitat operativa i en relació a l'aplicació de l'autoprotecció en cas d'emergència. Aquesta capacitat està condicionada per la celeritat i intensitat potencial de l'emergència i per la proximitat dels elements vulnerables al focus de l'emergència.

En funció de la zonificació del risc i de la capacitat operativa de gestió de les emergències es van definir les tipologies d'elements vulnerables compatibles amb el risc. No hi ha control de la vulnerabilitat màxima en atenció al caràcter de deslocalització del risc en el territori.

Es va definir una única zona amb el nom de zona d'indefensió envers l'autoprotecció (equivalent a la zona d'assegurament de la capacitat d'autoprotecció). El seu valor numèric depèn del tipus de mercaderia perillosa transportada de forma significativa (>10% total) i per tant de les emergències possibles. Es va associar un valor a cada tipologia de mercaderia perillosa com a resultat de l'estudi dels efectes possibles en cas d'accident (mitjançant simulacions complexes i estudis de vulnerabilitat). Aquesta distància es pot reduir mitjançant mesures preventives estructurals envers els fenòmens físics de radiació, sobrepressió, impuls i projecció de fragments (barreres físiques) o els fenòmens químics de toxicitat (analitzadors en continu dels tòxics). Es tenen en compte també factors climàtics (distribució de vents), orogràfics (proteccions naturals) i els efectes de contenció i protecció de les trinxeres artificials i semisoterraments o apantallaments de les infraestructures.

També, s'incorporen excepcions a les restriccions de tipologies d'elements vulnerables en base a un increment no significatiu de la vulnerabilitat (tant percentual com en valor absolut) i a les mesures extraordinàries de seguretat que permetin l'eficàcia del sistema de protecció civil (avís i aplicació de l'autoprotecció abans dels efectes).



Via amb transport de mercaderies perilloses al seu pas per un municipi català.



Creixements urbans actuals a l'entorn de l'autopista AP-7 a l'àrea metropolitana de Barcelona

Els valors finals de la zona d'indefensió envers l'autoprotecció d'acord a la Resolució abans indicada són els següents:

Tipologia de mercaderia perillosa	Fenomen	Sense mesura preventiva (m)	Amb mesura preventiva (m)
Gasos tòxics i líquids tòxics amb punt d'ebullició baix	Núvol tòxic	500	350
Líquids inflamables	Incendi de Toll	75	50
Gasos líquats extremadament inflamables i líquids molt inflamables (punt ebullició baix)	BLEVE Núvol Inflamable Explosió Dard de foc	250	100

Les tipologies de nous elements vulnerables a l'interior de la zona d'indefensió envers l'autoprotecció, compatibles amb la gestió del risc químic en el transport de mercaderies perilloses per carretera i ferrocarril d'acord a la Resolució abans indicada són:

Infraestructures	Industrial	Terciari	Residencial	Equipaments	
				Pública concurrència	No pública concurrència
Sí (carrers, carreteres, ...)	Sí amb mesures compensatòries. No amb usos comercials	No.	Només compleció nuclis: límit 5% o 500 persones	No.	Sí zona verda baixa densitat i afluença màxima de 500 persones.



3.6. Risc químic en els conductes de substàncies perilloses.

3.6.1. Introducció: descripció del risc i referents.

Tal i com s'ha descrit en el cas del transport de mercaderies perilloses en el mode viari i ferroviari, el transport de mercaderies perilloses en general està associat de forma necessària a l'activitat de la societat actual i als estàndards de qualitat de vida reclamats (causa i efecte alhora en el desenvolupament). D'altra banda, aquest transport de substàncies perilloses es pot dur a terme a través de mitjans mòbils (per carretera, per ferrocarril, per vaixell o per avió) o a través de mitjans fixes com és el cas de conductes de llarga distància que transporten substàncies específiques i que habitualment estan soterrats en la major part del seu recorregut.

A Catalunya els principals conductes que transporten matèries perilloses i que per tant tenen un risc associat són:

- Xarxa de gas natural de l'empresa Enagas, formada per gasoductes d'alta i mitja capacitat. S'exclou la distribució (ramificacions capil·lars als nuclis urbans fins als domicilis),
- Oleoducte de l'empresa CLH,
- Etilenoducte de l'empresa Vinilis i
- Racks que connecten els polígons industrials químics nord i sud de l'àrea de Tarragona (actualment inclosos al sector de Tarragona del Plaseqcat).

3.6.1.1. Gasoducte

El **gas natural** és un hidrocarbur gas (**metà**) que arriba en vaixells al Port de Barcelona líquid (per pressurització) i s'emmagatzema als dipòsit d'Enagas del moll d'inflamables del Port de Barcelona. Enagas el vaporitza i l'introdueix a la xarxa de distribució. Les canonades principals d'aquesta xarxa tenen pressions de treball de 72, 45 i 36 bars. Els trams tenen diferent diàmetre, però com a màxim són de 36 polsades en els nous trams i 26 en els existents anteriorment, i estan soterrats. L'extensió total se situa a l'entorn dels 500 km.

El gas natural està format essencialment per metà i algunes petites quantitats d'altres hidrocarburs i de nitrogen. L'olor característica és deguda a l'additiu tetrahidrotiofè (THF) que actua com a odoritzant per a detectar les fuites.

El perill principal del gas natural és la inflamabilitat. Els accidents més importants que es poden produir als gasoductes són⁵:

- **Dards de foc:** fuga de gas a pressió que s'igniciona en el moment de la fuga; les afectacions serien per radiació tèrmica o flama directa.
- **Núvols inflamables:** fuga de gas que no s'igniciona i forma un núvol que es desplaça en la direcció de vent i que pot deflagrar si troba una font d'ignició; les afectacions serien, a més de per radiació tèrmica i flama directa, per sobrepressió o projecció de fragments en cas de destrucció d'elements. El núvol inflamable pot donar lloc posteriorment a un dard de foc ja que la flama retrocedeix fins al punt de la fuga.

⁵ Per a obtenir més informació sobre aquests accidents veieu l'apartat 3.4.1 Descripció del risc i referents. Risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.



Construcció de gasoducte. Font: Enagas

3.6.1.2. Oleoducte

Els oleoductes transporten **gasolines, gasoils i querosè**. Són d'acer al carboni. Tenen un diàmetre màxim de 12 polsades, van soterrats a una profunditat mitjana aproximada d'1,20 metres i la pressió màxima és de 120 kg/m².

Té origen a l'empresa Repsol Petroleo situada al municipi de la Pobla de Mafumet, en el context del polígon nord del complex petroquímic de Tarragona. Un ramal es dirigeix cap a Lleida i Saragossa mentre que l'altre cap a Barcelona i Girona. Aquest darrer presenta un ramal que es deriva des de Pal·lejà i alimenta el dipòsit de la companyia CLH del Port de Barcelona. Entre Barcelona i Tarragona la distància de l'oleoducte és de 105 km. L'extensió total se situa a l'entorn dels 450 km.



Oleoducte elevat a l'exterior. Font: Wikipedia. Marca d'oleoducte. Font: CLH.

Els productes transportats són inflamables i per tant els accidents més importants que es poden produir en l'oleoducte són⁶:

- **Dards de foc:** ignició immediata d'una fuga a pressió.
- **Incendis de bassal:** ignició d'un toll de combustible.
- **Núvols inflamables** (no en el cas del gasoil): ignició retardada d'un núvol de gasolina.
- **Contaminació;** del terreny i especialment de les aigües i els aqüífers de la zona en el cas de que no es produeixi una ignició immediata.

⁶ Per a obtenir més informació sobre aquests accidents veieu l'apartat 3.4.1 Descripció del risc i referents. Risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.



3.6.1.3. *Etilenoducte*

L'etilenoducte transporta **etilè** gas. És una canonada de 85 Km de llargada i un diàmetre de 168 mm i té una pressió de treball de 100 bars. Disposa de 8 estacions de seccionament o vàlvules d'interrupció, a distàncies entre 10 i 15 km, sempre a l'entrada de nuclis urbans. Subministra l'etilè produït per l'empresa Repsol Petroleo que es troba al complex petroquímic nord de Tarragona a l'empresa Vinilis, en el complex Solvay de Martorell.

Com en el cas dels altres conductes, tot i les mesures de seguretat de que disposen es podrien donar accidents greus en aquest conductes per corrosió, fallades mecàniques en la construcció, fallades pel material, treballs amb maquinaries, errors d'operació, esllavissades, sabotatges, etc.

El perill principal de l'etilè és la inflamabilitat. Els accidents més importants que es poden produir en el etilenoducte són⁷:

- **Dards de foc:** ignició immediata d'una fuga a pressió.
- **Núvols inflamables:** ignició retardada d'un núvol de gasolina.

3.6.2. Descripció de l'índex del risc.

El risc referit a un accident es defineix com la combinació de la probabilitat de que passi aquest accident (perill) i les possibles conseqüències (vulnerabilitat). El risc té, doncs, un caràcter quantitatiu i s'expressa habitualment en termes de risc individual i de risc social pel que fa a les substàncies perilloses transportades.

Tanmateix, aquesta forma quantitativa no és l'única manera d'avaluar el risc i, de fet, no és la més eficaç en quant a la identificació de les mesures de protecció i autoprotecció a aplicar en cada cas concret i la valoració de si les capacitats operatives permeten realment aquestes mesures. En el cas del risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses l'índex de risc emprat és la **definició de zones d'afectació concretes que queden vinculades a determinats valors dels paràmetres de perillositat (efectes possibles) característics del fenomen:** radiació tèrmica (kW/m²), sobrepressió (mbar), impuls (mbar.s), límit inferior d'inflamabilitat, toxicitat (índexs AEGL, ERPG o TEEL) i abast de projectils. La combinació de les zones de perill anteriors amb la vulnerabilitat del territori permet una **determinació no quantitativa sinó qualitativa del risc**. Aquesta determinació del risc està basada en el denominat **mètode de conseqüències o mètode determinista** i té l'avantatge, com ja s'ha indicat anteriorment, de permetre identificar quines són les mesures de protecció a la població que cal aplicar i per tant poder preparar els plans i protocols de resposta a les emergències que permetin aplicar aquestes mesures, i fins i tot, avaluar si aquestes seran realment possibles o no, d'acord a les capacitats tecnològiques i als recursos humans i materials disponibles.

A diferència dels establiments industrials afectats pel nivell alt de la normativa d'accidents greus, que en els seus informes de seguretat recullen aquestes zones d'afectació d'acord als requeriments normatius existents, en el cas dels conductes de transport de mercaderies perilloses ho d'ara no existeix una normativa que determini que cal fer aquests estudis per part dels propietaris de les infraestructures. Per tant, l'índex de risc es limita a la representació dels conductes i determinar els municipis per on transiten. D'altra banda, i atesa la llarga experiència de la Direcció General de Protecció Civil en la gestió del risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses així com en el coneixement de

⁷ Per a obtenir més informació sobre aquests accidents veieu l'apartat 3.4.1 Descripció del risc i referents. Risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.



les eines que permeten l'estimació de les zones d'afectació per emergència química, es van **identificar els accidents greus més significatius i es van determinar de forma preliminar l'abast de les zones d'afectació**. Tanmateix, no s'ha inclòs la seva representació al mapa fins a la validació definitiva d'aquests valors a través dels treballs que actualment està desenvolupant la Direcció General de Protecció Civil. Aquests càlculs d'afectació s'han realitzat a partir de les indicacions del Reial decret 1196/2003 (paràmetres fisicoquímics i llindars a emprar) que és d'aplicació per a la planificació i prevenció del risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses⁸. S'ha limitat el càlcul a la zona d'alerta que és la major. El resultat és una evolvent del conducte i amb ella es determina els municipis afectats per a la planificació de les possibles emergències. El fet que siguin evolvents simètriques està donat per la simetria dels fenòmens tèrmics i mecànics que produïrien les emergències i perquè no es considera la influència de les condicions atmosfèriques particulars de cada zona.

Per tant, l'índex de risc emprat en aquesta primera versió del MPCC és la representació de les infraestructures fixes de transport (conductes) i la identificació dels municipis per on transcorren aquests elements.

3.6.3. Descripció metodologia d'elaboració del mapa

La informació sobre el traçat dels conductes ha estat facilitada per les respectives empreses:

- Gasoducte: Enagas, S.A.
- Oleoducte: C.L.H., S.A. (Compañía Logística de Hidrocarburos, S.A.)
- Etilenoducte: Vinilis, S.A.

Per als càlculs de les zones afectades s'han aprofitat els escenaris semblants inclosos en les avaluacions dels estudis de seguretat d'aquestes empreses. En l'estudi d'aquests accidents se segueix, en general, una metodologia determinista, es a dir, s'identifiquen, per diferents metodologies, els accidents possibles, però no es determina la probabilitat d'aquests accidents. Una vegada identificats els accidents es passa a determinar les conseqüències de cadascun, en aquest cas, calcular l'abast de la zona d'alerta. Per a la determinació de l'abast dels accidents s'utilitzen programes informàtics de models matemàtics que descriuen els efectes dels accidents i que permeten:

- calcular la radiació tèrmica per incendis de basal, dards de foc i boles de foc;
- calcular la dispersió d'un núvol inflamable (zona d'inflamabilitat) i
- calcular la sobrepressió produïda en les explosions de núvols inflamables.

Cal tenir en compte que actualment s'està elaborant un pla especial d'emergències de la Generalitat de Catalunya per risc químic en el transport de mercaderies perilloses per conductes. Aquest pla concretarà i validarà els estudis realitzats fins al moment de càlcul de conseqüències en cas d'emergència i desenvoluparà l'estructura i operativa de resposta a les emergències.

3.6.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

El mapa resultant dels conductes és relativament senzill ja que inclou els traçats dels conductes i en el cas del gas natural no s'ha representat tota la xarxa de distribució o de capillaritat. Per tant es tracta d'un mapa bastant autoexplicatiu.

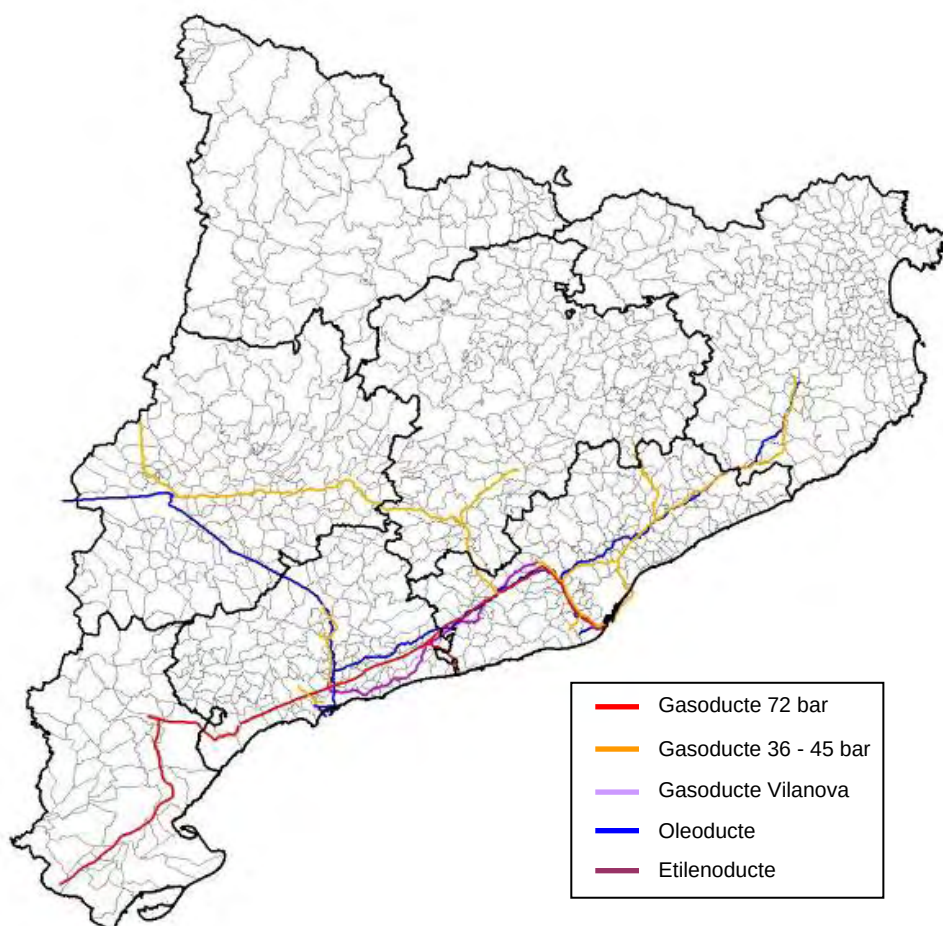
⁸ Veieu l'apartat 3.4.2 Índex del risc. Risc químic en establiments industrials que manipulen substàncies perilloses.



Tal com es pot veure en el mapa, l'etilenoducte és una única línia, sense ramals, que uneix la zona de la petroquímica de Tarragona amb Martorell. Segueix des de Tarragona un traçat bastant paral·lel a l'autopista fins a Sant Sadurn d'Anoia.

L'oleoducte de CLH surt de Tarragona. Podríem dir que hi ha 2 ramals independents: el tram Lleida – Saragossa i el tram Barcelona – Girona, a partir de Vilafranca del Penedès segueix paral·lel a l'autopista AP-7, des de Pal·lejà segueix l'autopista AP-2, de Barcelona a Girona segueix un traçat bastant paral·lel a l'autopista AP-7.

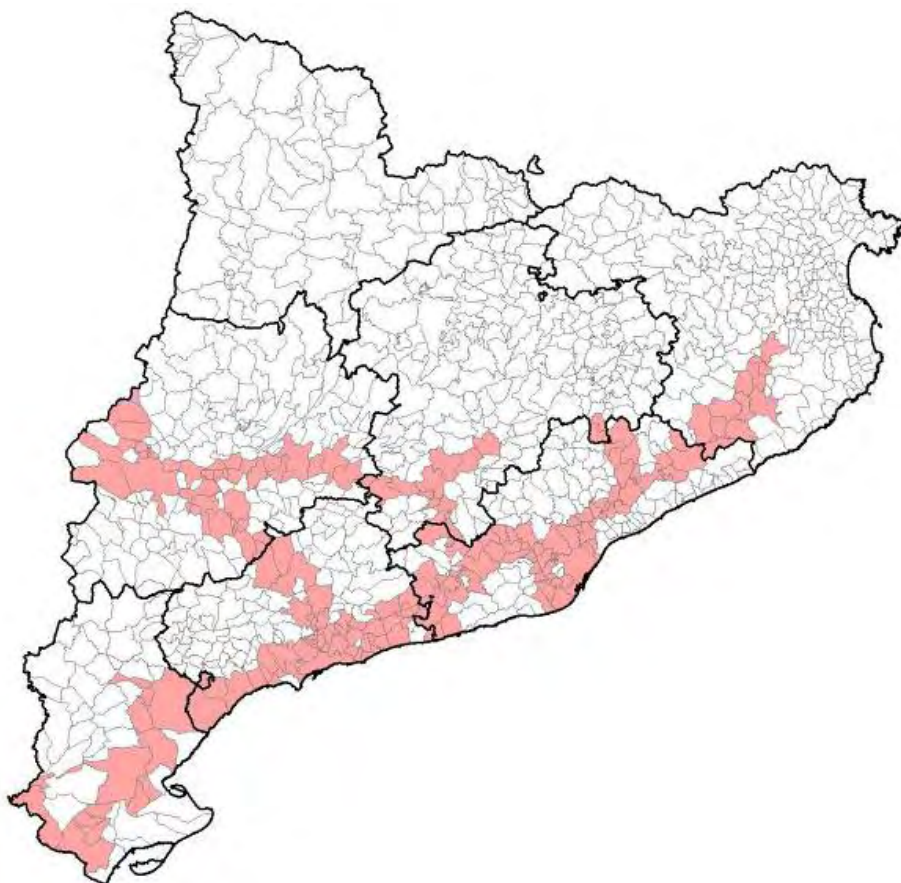
La xarxa de gas natural és la que presenta una major complexitat i hi ha previsió que augmenti en un futur immediat. Com és lògic, els gasoductes principals uneixen les zones més densament poblades de Catalunya. Destaca l'anella de l'àrea metropolitana i els ramals que van cap a Lleida, Tarragona – València i Girona.



Xarxa de conductes de mercaderies perilloses a Catalunya.



El nombre de **municipis afectats** per conductes de transport de mercaderies perilloses se situa en 188, distribuïts majoritàriament entre les demarcacions de Barcelona i Tarragona, així com Lleida i Girona. Els àmbits de menors afectació són, en ordre de major a menor, Terres de l'Ebre, Catalunya Central i l'Alt Pirineu i Aran (cap municipi afectat).



Municipis amb conductes: indicats en color vermell



3.7. Risc nuclear.

3.7.1. Introducció: descripció del risc i referents

Les centrals nuclears són activitats industrials destinades a generar potència, energia elèctrica, tot aprofitant l'energia alliberada en els processos de fissió de la matèria. De forma senzilla, la fissió dels àtoms és un procés en el que un àtom es transforma en d'altres àtoms menors tot alliberant, entre d'altres, energia i partícules subatòmiques en forma de radiació. Per a que tingui lloc la fissió els nuclis dels àtoms han de tenir unes certes condicions i característiques, és a dir, cal que siguin fissionables.

Les centrals nuclears han estat, i actualment continuen sent, una important font d'energia elèctrica. A Catalunya tenen un pes específic destacable ja que en l'actualitat hi ha en funcionament 2 centrals nuclears amb un total de 3 reactors nuclears: la central nuclear d'Ascó (amb dos reactors) i la central nuclear de Vandellòs (amb un únic reactor), als municipis del mateix nom. Tots 3 reactors nuclears són del tipus PWR (Reactor d'aigua a pressió, "*Pressurized Water Reactor*").

Aquestes activitats generen un risc intrínsec derivat de la pròpia activitat i de forma específica de la radioactivitat dels materials emprats i dels residus resultants. En conjunt aquest risc rep el nom de risc nuclear. Així, el risc nuclear es defineix com el risc d'una emergència associada a una central nuclear generadora de potència on s'alliberin substàncies radioactives en nivells (tipologia, quantitat i activitat) suficients com per a afectar a la població, als béns o al medi ambient.



Central Nuclear de Vandellòs II. Font: Direcció General de Protecció Civil.

Les emergències per risc nuclear es caracteritzen, de forma general, per l'emissió a exterior de la central de substàncies radioactives de diferent tipologia que afecten negativament la població, els béns i el medi ambient. El temps necessari que cal esperar per tal que aquestes substàncies radioactives perdin la seva activitat radioactiva, és a dir, deixin de constituir un perill, és llarg (des de mesos fins a anys o centenars de milers d'anys). El risc nuclear s'ha de diferenciar de manera clara del risc radiològic, associat aquest a les instal·lacions, que no són centrals de potència, però que treballen amb fonts radioactives (de menor activitat).



A.- Radioactivitat i radiacions.

La radioactivitat és la propietat que presenten certs nuclis d'alguns elements de transformar-se en altres emetent diversos tipus de radiació. Aquests elements es denominen elements radioactius i les transformacions que pateixen es denominen desintegracions radioactives. Les radiacions que s'emeten poden ser en forma de partícules o d'energia; independentment de la forma, les radiacions més energètiques es denominen "ionitzants". Les radiacions principals emeses en les desintegracions són les alfa, beta, gamma i la de neutrons. Les radiacions alfa consisteixen en l'emissió de partícules positives formades per dos protons i dos neutrons; són molt ionitzants i poc penetrants en la matèria (no són capaces de penetrar la pell humana). Les radiacions beta consisteixen en electrons, són més penetrants que les alfa i menys ionitzants. Poden penetrar la pell, però no el teixit subcutani. Les radiacions gamma són ones electromagnètiques de gran energia poden travessar el cos humà. Es necessiten gruixos d'1 metre de formigó o alguns centímetres de plom per poder aturar-les. Finalment, la radiació de neutrons pot ser molt penetrant.

B.- Magnituds i unitats

Les magnituds emprades per a la mesura de la radiació són l'activitat i la dosi absorbida. L'activitat equival al número de desintegracions per segon d'una determinada substància; la seva unitat és el becquerel (Bq); un becquerel és una desintegració per segon. La dosi absorbida és l'energia transferida per la radiació i absorbida per unitat de massa del material que l'absorbeix; la dosi absorbida té com a unitat el gray (Gy) que es defineix com J/kg. La dosi equivalent és el producte de la dosi absorbida per un factor que depèn de la radiació, i la seva unitat és el sievert (Sv). La dosi efectiva és la mitjana ponderada de les dosis equivalents sobre diferents parts del cos, i la seva unitat és també el sievert (Sv). Aquesta unitat és la de referència normativa habitual.

C.- Risc d'accident greu

Tal i com s'esmentava anteriorment, els accidents greus o emergències per risc nuclear es caracteritzen per l'emissió a l'exterior de substàncies radioactives amb efectes perillosos sobre la població, els béns i el medi ambient. Aquestes substàncies requereixen d'un temps llarg per a la pèrdua de la seva radioactivitat, és a dir, de la seva perillositat. El temps depèn de la substància concreta i les condicions, i pot variar entre mesos i centenars de milers d'anys. Són les reaccions de fissió del combustible nuclear, necessàries per a la generació d'energia i per tant la base de l'activitat, les que donen els productes radioactius. Així doncs, el risc en les centrals nuclears es degut a la possible fuga dels productes radioactius produïts en les centrals.

En general, les característiques de les emergències per risc nuclear permetrien una detecció primerenca de l'emergència (fins a hores) abans de la seva materialització a l'exterior del perímetre de les instal·lacions. Amb aquests paràmetres, es podria disposar de temps suficient com per a avisar a les poblacions a l'interior de les primeres zones de potencial afectació (zones on cal l'aplicació de mesures de protecció urgents) abans de l'arribada o impacte de l'emergència. Malgrat els aspectes anteriors, cal tenir en compte que no totes les tipologies d'emergències associades a una central nuclear permetrien la seva detecció primerenca, com és el cas de fallades dels sistemes de detecció i especialment d'atemptats, sabotatges i catàstrofes naturals extremes on hi hauria una ràpida fuga a l'exterior de material radioactiu. Tanmateix, aquestes tipologies d'accident pertanyen a un àmbit més residual del risc, ja que es pot assumir una freqüència menor que per a aquelles que permeten una detecció primerenca o una fuga lenta de material radioactiu a l'exterior.

D.- Danys per radiacions

La radiació nuclear, en general, es nociva per les persones. En petites dosis continuades pot produir càncer o alteracions genètiques, en grans dosis pot destruir cèl·lules, teixits, òrgans i produir, fins i tot, la mort. Les lesions causades per grans dosis es fan paleses, generalment, en



qüestió d'hores o dies; però el càncer pot trigar molt temps en aparèixer i els danys genètics es poden fer evidents després de varies generacions.

E.- Efectes aguts

A dosis grans, les persones irradiades moren ràpidament. A partir d'1 Sv comencen a aparèixer els efectes aguts i irreversibles i ja pot produir-se mortalitat. A partir de 10 Sv la mortalitat es pot considerar del 100%. El sistema de producció de sang, els òrgans genitals i els ulls es troben entre els òrgans més sensibles a la radiació. També són especialment sensibles els fetus i els nens petits.

F.- Efectes a més llarg termini

Les dosis han d'arribar a un cert nivell per produir efectes aguts, però els efectes a més llarg termini (càncer i danys genètics) es poden produir amb dosis molt petites continuades, no existeixen uns nivells de seguretat definits i es desenvolupen aleatòriament, encara que en augmentar la dosi augmenta el risc.

El càncer és el principal efecte de la radiació a dosis petites; pot trigar anys en manifestar-se. Sembla que la leucèmia és el primer tipus en aparèixer en població irradiada, els càncers de mama i tiroïdes són els més freqüents, però tenen una baixa mortalitat. El càncer de pulmó presenta una alta mortalitat. La resta de càncers tenen una freqüència menor. Pel que fa al càncer de tiroïdes, el subministrament de pastilles de iode abans de l'exposició a la radiació té un efecte preventiu.

És difícil determinar l'afectació genètica de les radiacions; se sap que hi ha bàsicament dos tipus de efectes genètics: alteracions en el número i estructura dels cromosomes i alteracions en el gens.

3.7.2. Descripció de l'índex del risc.

El Penta (Pla d'emergència nuclear de la província de Tarragona, elaborat per l'administració estatal) incorpora els principals accidents que es poden produir i les possibles zones d'afectació. No es pròpiament un estudi de risc, ja que no es consideren numèricament les probabilitats dels accidents. Tanmateix, sí s'han identificat els accidents greus més significatius i s'ha determinat l'abast possible i, tot tenint en consideració les recomanacions del Consell de Seguretat Nuclear i la pràctica internacional acceptada, s'han determinat les diverses zones d'afectació possibles, que són les zones de risc o emergència següents:

- Zona 0 o zona sota control de l'explotador: formada per l'àrea on se situa la central nuclear i els terrenys que l'envolten, i limitat al cercle definit pel radi de 750 m al voltant dels edificis de contenció de la planta.
- Zona I o d'exposició per submersió: és la zona d'aplicació de mesures de protecció a la població urgents. Correspon a l'àrea geogràfica afectada pel pas del núvol radioactiu a l'interior d'un cercle de 10 km de radi al voltant de la central nuclear (amb la central nuclear al seu centre). Es defineixen 3 subzones:
 - o Subzona IA: és l'àrea compresa dins la circumferència de radi 3 km concèntrica amb la central nuclear.
 - o Subzona IB: corona circular compresa entre les circumferències de radis de 3 i 5 km concèntriques a la central nuclear.
 - o Subzona IC: corona circular compresa entre les circumferències de radis 5 i 10 km concèntriques amb la central nuclear.

En l'àmbit de la zona I es defineixen també:



- o Sector d'atenció preferent o sector circular de la rosa dels vents d'amplitud 67°30' amb origen a la central nuclear i amb el seu eix central al llarg de la direcció predominant del vent.
- o Zona d'atenció preferent: és l'àrea geogràfica integrada per la subzona IA i la intersecció del sector d'atenció preferent amb la subzona IB.
- Zona II o zona d'exposició per ingestió: és la zona de mesures de llarga duració on les vies d'exposició a la radiació estan associades fonamentalment al material radioactiu dipositat al terra després de l'accident. Correspon a la corona circular compresa entre les circumferències de radis de 10 i 30 km amb centre a la central nuclear.

El fet que les zones afectades siguin cercles ve donat per que es considera simetria radial en la possible direcció dels vents.

Alhora, cal tenir en compte que la zonificació actual associada al pla d'emergències Penta no recull els valors o distàncies d'afectació corresponents a les pitjors hipòtesis accidentals, ja que en aquests casos les afectacions que requeririen mesures de protecció directes urgents no es limitarien a 10 km sinó que serien més àmplies. Tanmateix, per a aquestes tipologies d'accidents (que es correspondrien bàsicament a les mateixes que es descriuen al paràgraf anterior on no es disposaria de temps de resposta suficients per manca de capacitat de detecció prèvia de l'emergència) es pot assumir una freqüència o probabilitat inferior a les hipòtesis que produirien les afectacions recollides al pla Penta en la zonificació de l'emergència. Així, per a la definició de criteris de control de la implantació d'elements vulnerables compatible amb la gestió del risc nuclear, es va tenir en compte la zonificació recollida al pla Penta, però sense deixar de banda l'existència de zonificacions majors associades a probabilitats menors.

3.7.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

El mapa s'ha elaborat a partir del pla d'emergència Penta. Aquest pla ha estat elaborat per la Direcció General de Protecció Civil y Emergencias del Ministerio del Interior. En l'elaboració s'han seguit les recomanacions del Consell de Seguretat Nuclear.

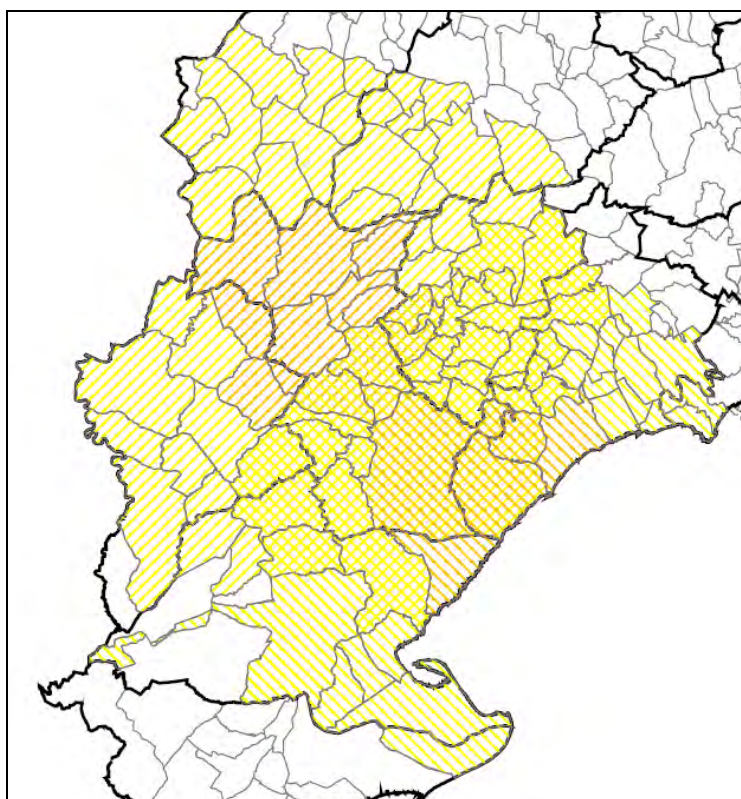
3.7.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

La representació es divideix en dues parts; per una part es representen les zones d'afectació descrites a l'apartat de l'índex de risc, i per una altra part es representen els municipis afectats per les zones d'emergència indicades.

El nombre total de **municipis catalans afectats** per risc nuclear, d'acord al pla Penta, és 102. D'aquests, la major part corresponen a la demarcació de Tarragona (46 municipis, el 45%), seguida de Terres de l'Ebre (37 municipis, el 36%) i Lleida (19 municipis, el 19%). En el cas de Terres de l'Ebre els municipis afectats suposen el 71% del conjunt de municipis de la demarcació. El llistat de municipis afectats es recull a l'apartat 4.



Zones de planificació d'emergències nuclear: zona II groc, zona IC taronja, zona IB vermell, zona IA lila



*Municipis afectats per les diferents zones d'emergència nuclear:
zona I taronja, zona II groc, Vandellòs línia vertical a l'esquerra, Ascó línia vertical a la dreta.*



Cal tenir en compte que aquest índex no incorpora el resultat del desenvolupament de les línies d'actuació de la Generalitat de Catalunya per motiu de les competències compartides en matèria de risc nuclear. Alhora, cal considerar que els índexs poden variar en base al tractament de les possibles implantacions al territori català d'activitats destinades a l'emmagatzematge de residus radioactius d'alta activitat, pel que fa a:

- Gestió del risc que en deriva del transport per carretera i/o ferrocarril dels residus: nova planificació tant de la Generalitat de Catalunya com de l'administració local.
- Gestió del risc que en deriva de l'activitat d'emmagatzematge: incorporació al pla especial d'emergències radiològiques de la Generalitat de Catalunya.

3.7.5. Prevenció

3.7.5.1. *Introducció*

Com en el cas d'altres riscos tecnològics i en general dels riscos col·lectius o de protecció civil, la prevenció que el sistema de protecció civil aplica al risc nuclear té en compte les capacitats operatives i té un objectiu finalista que és evitar condicions d'exposició d'elements vulnerables al risc de forma que l'aplicació de l'autoprotecció no sigui possible. Per tant, la prevenció en risc nuclear persegueix també evitar situacions de risc no acceptables operativament, és a dir, potencialment no gestionables. També, com en la resta de riscos tecnològics, la prevenció té tres línies bàsiques d'actuacions de les que la Direcció General de Protecció Civil se centra en el control de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb la gestió del risc, des d'un punt de vista operatiu i de gestió d'emergències.

3.7.5.2. *Control de la implantació de nous elements vulnerables*

L'estratègia se centra en el control de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb el risc d'acord a criteris de capacitat operativa, com en la resta de riscos. Aquesta capacitat està condicionada per la celeritat i intensitat potencial de l'emergència i per la proximitat dels elements vulnerables al focus de l'emergència.

En funció de la zonificació del risc i de la capacitat operativa de gestió de les emergències es defineixen les tipologies d'elements vulnerables compatibles a les diferents zones de risc o emergència, i s'estableix, a les zones que s'escau, el control de la vulnerabilitat màxima.



Central Nuclear de Vandellòs II . Font: ICC



Els criteris estan recollits a la Resolució IRP/971/2010, de 31 de març, per la qual es dóna publicitat als criteris per a l'elaboració dels informes referents al control de la implantació de nous elements vulnerables compatibles amb la gestió dels riscos de protecció civil. En atenció a la zonificació d'emergències establerta pel Penta i a les mesures d'autoprotecció a aplicar a cadascuna de les diferents subzones establertes, així com de les característiques de les emergències nuclears i els factors i paràmetres condicionants a l'aplicació de l'operativa de protecció i autoprotecció, es va definir la zona d'assegurament d'autoprotecció com la suma de les zones següents:

- Zona d'intensitat límit a l'exterior:

Equivalent a la subzona IA del Penta (fins a 3 km), ja que la mesura de protecció a aplicar és l'evacuació i aquesta mesura és la pròpia de les zones amb una criticitat o intensitat límit en l'afectació.

No es considera compatible la implantació de nous elements vulnerables de les tipologies següents: residencial, de pública concurrència o d'oci en general. Sí es considera compatible la millora i compleció dels nuclis urbans sense creixements a l'exterior de la zona urbana consolidada actualment, els serveis i equipaments bàsics associats al nucli urbà existent o els usos industrials vinculats directament a la nuclear.

- Zona de contenció intermèdia

Equivalent a la subzona IB del Penta (entre 3 km i 5 km). Zona amb efectes entre els de la zona d'intensitat límit i la zona de confinament general. S'ha de considerar com una zona on la criticitat o intensitat d'afectació pot ser la corresponent a la zona d'intensitat límit a l'exterior (com en el cas anterior, i per tant es pot produir evacuació) o menor, segons les condicions, cas en que s'aplicaria el confinament.

Es consideren compatibles creixements urbanístics moderats o inferiors, que són els de creixement màxim del 33% en població de la unitat urbanística o nucli urbà.

- Zona de confinament general

Equivalent a la subzona IC del Penta (entre 5 km i 10 km). Zona on cal contenir els creixements per assegurar la capacitat operativa de confinament, d'acord als estudis sobre condicions i capacitats de confinament.

Es consideren compatibles creixements urbanístics sempre i quan no se superi el valor absolut de població de 20.000 persones per a un octà (sector de 45 graus) de la zona circular teòrica de confinament general.



Central Nuclear d'Ascó. Font: ICC



3.8. Risc radiològic.

3.8.1. Introducció: descripció del risc i referents

El risc radiològic és aquell que s'associa a la presència de materials radioactius, és a dir, a materials que contenen substàncies que emeten radiacions ionitzants en nivells superiors als considerats no perillosos d'acord a la normativa. S'inclou en el risc radiològic els aparells de raigs X i els acceleradors de partícules.

Les radiacions ionitzants estan definides a l'apartat de descripció del risc nuclear. Es tracta de radiacions electromagnètiques o en forma de partícules que interaccionen amb la matèria i que pel que fa als ésser vius poden destruir les molècules i per tant els teixits vius. Existeixen diversos tipus de radiacions amb propietats de perill característiques de cadascuna. La principal diferència entre el risc radiològic i el risc nuclear és que per a aquest segon risc l'activitat radioactiva, és a dir, el nombre de desintegracions per segon, és molt superior i que estan associades al procés de fissió.

Els paràmetres que caracteritzen el risc radiològic i les unitats d'aquests paràmetres són les mateixes que en el cas del risc nuclear, tot entenent que els valors de radioactivitat, dosi absorbida, dosi efectiva i dosi equivalent seran usualment inferiors en el risc radiològic.

A Catalunya hi ha a l'entorn de 270 instal·lacions radioactives, és a dir, activitats on està present una font de radiació ionitzant. Les instal·lacions són principalment del sector mèdic, de recerca i industrial (inclosos els comercials de distribució de material radioactiu i els de fabricació). Aquestes instal·lacions radioactives es classifiquen, d'acord al criteri de l'Organització Internacional de l'Energia Atòmica (IAEA⁹), en cinc categories segons l'activitat radioactiva de la font. Alguns usos segons la categoria són els següents:

Categoria	Font o ús associat
1	Irradiadors Generadors radiotèrmics Teleteràpia
2	Gammagrafia industrial Braquiteràpia de taxa de dosi alta o mitjana
3	Mesuradors fixos industrials d'alta activitat Mesuradors de nivell de pous
4	Braquiteràpia de taxa de dosi baixa Mesuradors industrials que no són d'alta activitat Eliminadors d'electricitat estàtica Densitometria òssia Generadors d'isòtops de diagnòstic Fonts mèdiques no encapsulades
5	Fonts mèdiques no encapsulades Braquiteràpia amb plaques oculars i implants permanents Dispositius de fluorescència de raigs X

Breu descripció de les activitats de la taula anterior:

- Irradiadors. Es fan servir per esterilitzar material quirúrgic, farmacèutic i productes alimentaris. S'utilitza Co-60 i Cs-137.
- Generadors radiotèrmics. Utilitzats per a la producció d'energia elèctrica en satèl·lits artificials i sondes espacials. Els isòtops usals són Sr-90 i Pu-238.

⁹ *International Atomic Energy Agency.*



- Teleteràpia. Es destrueixen tumors cancerígens mitjançant una font radioactiva situada a distància del tumor. Es fa servir Co-60 i Cs-137.
- Gammagrafia industrial. S'utilitzen fonts de raigs gamma per fer radiografies d'estructures. Alguns dels isòtops productors de raigs gamma són Co-60 i Ir-192.
- Braquiteràpia. Es destrueixen tumors cancerígens posant substàncies radioactives en contacte directe amb el tumor. Es poden utilitzar fonts d'alta o mitjana activitat constituïdes de Co-60, Cs-137 o Ir-192 o bé fonts de més baixa activitat de Cs-137, Ra-226, Ir-192 o I-125.
- Mesuradors industrials. Es fan servir per mesurar nivells de dipòsits i pous, mesurar la densitat, el gramatge (densitat superficial) i el grau d'humitat, determinar gruixos, etc. Els radionúclids utilitzats són molts: Co-60, Cs-137, Am-241, Am-241/Be (font de neutrons), Kr-85, Sr-90, Ra-226, etc.
- Eliminadors d'electricitat estàtica. S'utilitzen fonts de Am-241 i Po-210.
- Densitometria òssia. Es determina el contingut de minerals dels ossos mitjançant fonts de Cd-109, Gd-153, I-125 i Am-241.
- Generadors d'isòtops de diagnosi. Es tracta de fonts de Mo-99 utilitzades per a la generació de Tc-99, un isòtop comú en la diagnosi mèdica.
- Fonts mèdiques no encapsulades. Per exemple I-131 i P-32, utilitzades en diagnosi mèdica i tractament.
- Dispositius de fluorescència de raigs X. Emprats en l'anàlisi elemental i química. Isòtops comuns són Fe-55, Cd-109 o Co-57.

Cal afegir a les activitats anteriors les de reciclatge de metalls on sovint apareixen, per causes diverses, fonts radioactives i també les fonts orfes que són aquelles que resten sense control fruit del robatori, pèrdua accidental, abandonament o rebuig no controlat.

Les fonts radioactives poden estar encapsulades o no. Si estan encapsulades el risc és molt inferior atesa la major dificultat existent per a que s'alliberin a l'exterior les substàncies radioactives i per tant les radiacions ionitzants.

3.8.2. Descripció de l'índex del risc.

Atès que no existeix actualment una metodologia estandarditzada i amb el suficient consens tècnic com per a establir un càlcul quantitatiu del risc radiològic, l'índex de risc radiològic que es va emprar en el pla especial d'emergències radiològiques a Catalunya (RADCAT) té caràcter qualitatiu. Consisteix bàsicament en la ubicació de les fonts de perill radiològic fixes a partir de la representació de:

- Instal·lacions del sector del reciclatge de metalls adherides al protocol de vigilància radiològica de materials del Consell de Seguretat Nuclear (CSN).
- Municipis a l'interior de zones qualitatives d'efectes radiològics de les instal·lacions anteriors, atès que poden estar presents fonts no encapsulades o bé es pot malmetre accidentalment l'encapsulament i alliberar la font radioactiva.
- Municipis amb instal·lacions radioactives autoritzades.



3.8.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

Per a la identificació de les instal·lacions del sector de reciclatge de metalls adherides al protocol de vigilància radiològica de materials es va consultar el registre d'instal·lacions del Ministeri competent en seguretat nuclear i risc radiològic: <https://oficinavirtual.mityc.es/IVR/>.

A partir de la identificació de les instal·lacions es va poder generar per a cada cas les dues zones qualitatives d'aproximació als efectes d'una emergència. Les zones es generen com:

- 1) Àrea dins la circumferència de radi 1 km concèntric a la instal·lació.
- 2) Corona circular entre els radis 1 i 2 km concèntrics a la instal·lació.

Els valors dels radis es van determinar qualitativament a partir de l'anàlisi de les distàncies d'intervenció recollides al "*Manual for First Responders to a Radiological Emergency*" de la IAEA. El manual indica un valor de 300 m com a definició de la zona d'intervenció en cas d'emergència radiològica i tot considerant la protecció envers valors concrets d'activitat radiològica. Tanmateix, es va considerar que a la pràctica aquests valors es podrien superar en cas d'emergència i per tant es considera raonable emprar les distàncies d'1 i 2 km.

D'altra banda, la identificació dels municipis amb instal·lacions radioactives autoritzades es va realitzar a partir de la consulta de la base de dades del Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives de la Generalitat de Catalunya (SCAR), on figuren les dades d'aquestes instal·lacions. Les instal·lacions es classifiquen en tres categories d'acord a criteris de perillositat establerts a la normativa estatal d'activitats nuclears i radiològiques. Les instal·lacions de 1a categoria són les de més perill radiològic i les de 3a les de menys.

3.8.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.8.4.1. *Instal·lacions de risc radiològic.*

A data de setembre de 2010 existeixen 19 instal·lacions del sector de reciclatge de metalls adherides al protocol de vigilància de material radioactiu, i que s'ubiquen en 17 municipis diferents. En la mateixa data existeixen 267 instal·lacions radioactives autoritzades que es distribueixen en 99 municipis i en els sectors d'activitat i categories radiològiques següents:

Sector	1a categoria	2a categoria	3a categoria	TOTAL
Industrial	1	102	30	133
Mèdic	0	58	11	69
Recerca	0	28	17	45
Comercial	0	17	4	21
TOTAL¹⁰	1	204	62	267

¹⁰ Algunes de les instal·lacions pertanyen a més d'una activitat i per tant el total de cada categoria no sempre correspon a la suma dels valors de cada activitat.



3.8.4.2. *Municipis afectats*

A data de setembre de 2010 existeixen fins a 119 municipis afectats per risc radiològic, dels que la major part estan afectats pel nivell superior (obligació de disposar de planificació municipal). El major nombre de municipis se situa a la demarcació de Barcelona (68, és a dir, el 57%), seguida de Tarragona i Girona. Els territoris amb menor incidència de risc radiològic són l'Alt Pirineu i Aran (cap municipi afectat) i Terres de l'Ebre (un únic municipi).



Municipis amb instal·lacions de vigilància radioactiva.



3.9. Risc de contaminació accidental de les aigües marines.

3.9.1. Introducció: descripció del risc i referents

La contaminació accidental de les aigües marines es pot produir per diversos motius, però entre les causes destaquen els accidents de bucs, petroliers i carguers que transporten grans quantitats de mercaderies, algunes d'elles perilloses com el petroli o els combustibles en general, i que es poden alliberar al mar en cas d'accident tot provocant la contaminació. A més, per al funcionament dels seus motors aquests vaixells requereixen de gran quantitat de combustible, que també es pot alliberar al mar. En un segon nivell, podem identificar com a possibles causes de la contaminació accidental marina les operacions il·lícites de neteja dels vaixells, el funcionament incorrecte dels emissaris marins, el vessament accidental de terra a mar de productes contaminants (per exemple, en el cas de determinades instal·lacions industrials situades a les proximitats del litoral) i els vessaments de plataformes petrolíferes.

Les taques que es generen, potencialment de gran extensió, provoquen un impacte mediambiental directe a les zones del vessament i a mesura que es desplacen (deriva) van afectant als ecosistemes marins. Si la deriva comporta la proximitat al litoral i platges, es produirà no només una afectació mediambiental d'aquests territoris sinó també un impacte socioeconòmic, és a dir, un impacte al sector pesquer, turístic, industrial (segons el cas) i en general a les poblacions implantades i vinculades als àmbits costaners.

L'anàlisi històrica mundial dels episodis de contaminació accidental marítima mostra tota una graduació dels escenaris possibles que van des de petites taques a les proximitats del litoral fins a grans emergències amb episodis catastròfics. La freqüència d'aquests fenòmens és prou elevada com per a considerar que el risc de contaminació accidental de les aigües marines té un valor significatiu.

L'episodi mundial més important fins ara és el que va succeir l'any 1989 quan el buc petrolier Exxon Valdez va alliberar la seva càrrega i va afectar 2.000 km de la costa d'Alaska. L'any 2010 un pou petrolífer marí de l'empresa British Petroleum (BP) al Golf de Mèxic va vessar al mar durant diverses setmanes fins a 800.000 litres diaris de petroli segons dades oficials (les dades no oficials multipliquen per cinc aquesta xifra). La fuga va generar una taca de gairebé 200 km de longitud amb afectació al litoral dels estats americans de Nova Orleans, Mississippí, Alabama, Florida i Louisiana, amb uns efectes socioeconòmics i mediambientals elevadíssims. Es qualifica com la pitjor catàstrofe d'aquest tipus de la història i es preveu que ha superat 10 vegades l'impacte econòmic i mediambiental de l'episodi de l'Exxon Valdez.

Al nostre entorn immediat també existeixen episodis importants i alguns molt recents:

- Any 2002: el petrolier Prestige va alliberar unes 40.000 tones de petroli davant el litoral gallec nord, que va acabar impactant intensament a la costa gallega i que es va estendre per tot el litoral cantàbric.
- Any 2004: el carguer Diana es va enfonsar davant el port de Bilbao.
- Any 2007: el buc mercant Don Pedro va afectar la costa d'Eivissa.
- Any 2007: el buc frigorífic Sierra Nevada va impactar sobre 1.100 m de la costa d'Algeciras.

A Catalunya fins al moment només s'han produït fenòmens característics de petites fugues i d'operacions il·lícites de neteja en alta mar que arriben al litoral i a la costa catalanes, produint un impacte menor. També episodis de contaminació vinculats a un funcionament incorrecte dels emissaris marins i de vessaments des d'instal·lacions industrials a terra.



Taca al litoral català. Observació aèria helicòpter. Font: Direcció General de Protecció Civil.

Cal considerar que l'activitat marítima al Mediterrani és intensa i amb presència de transports molt importants entre els ports europeus més importants on el volum anual de tràfec de mercaderies és molt important. A Catalunya els ports de Barcelona i Tarragona concentren aquest trànsit marítim de mercaderies, incloses les perilloses. Algunes de les mercaderies perilloses es transporten freqüentment i en grans quantitats, com és el cas petroli o el gas natural transportat per petroliers i metaners respectivament. L'accés i sortida dels ports d'aquests vaixells pot provocar, en cas d'accident o fuga parcial o total del seu contingut, afectació a l'ecosistema marí i també directament a les costes i platges catalanes. Alhora, cal considerar que la presència del port de València al sud i de ports francesos importants al nord, incrementa el perill d'accident a les proximitats de la costa catalana. Finalment, cal tenir en compte que la deriva de les taques marítimes contaminants pot fer que, en funció del valor dels paràmetres característics d'aquesta deriva, els productes alliberats a grans distàncies acabin impactant al litoral i platges de Catalunya.

3.9.2. Descripció de l'índex del risc.

La Generalitat de Catalunya va elaborar el Pla especial d'emergències per contaminació accidental marina a Catalunya (CAMCAT), com a resposta a aquest risc. L'índex de risc emprat al pla respon a una metodologia determinista o de càlcul de conseqüències realitzada de forma qualitativa (amb una escala 1 – 4).

Tot partint de la definició del perill a partir dels diferents escenaris accidentals possibles, terra i mar, posteriorment es va determinar l'impacte dels episodis contaminants que es poden derivar, a través de la valoració de la vulnerabilitat mediambiental (ecosistemes) i socioeconòmica (demografia i sectors d'activitat d'indústria, pesca i turisme).

Concretament, el mapa recull com a índex de risc la representació del perill per una banda, de la vulnerabilitat per una altra i del risc com a combinació d'ambdós anteriors i sempre amb una escala de valors qualitativa.



3.9.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.9.3.1. *Perill de contaminació.*

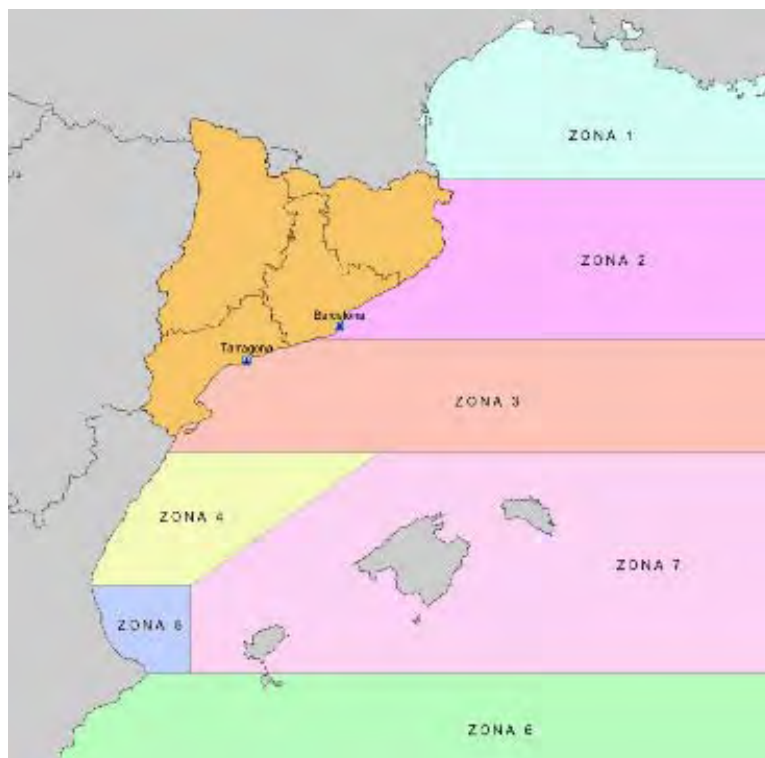
El perill es va determinar per a cada municipi qualitativament en una escala d'1 a 4, tot partint de la definició dels focus de perill que es van classificar en funció del seu origen en:

- Focus fixes:
 - o Localitzats en un punt determinat a terra:
 - Instal·lacions industrials afectades per la normativa d'accidents greus (risc químic) que per la seva ubicació poden vessar al mar les substàncies peril·louses que manipulen en cas d'accident.
 - Emissaris submarins: conducció tancada que transporta aigües residuals (urbanes o industrials) des d'una infraestructura de sanejament (planta depuradora o estació de bombament) fins a una zona d'injecció al mar, considerant que la distància entre la línia de costa, i el punt de descàrrega al mar sigui igual o superior a 500 metres. Es cataloguen 54.
 - o Localitzats en un punt determinat a terra:
 - Extraccions de cru: plataforma Casablanca davant la costa de Tarragona amb 6 pous d'extracció en funcionament.
- Focus mòbils:
 - o Operacions portuàries: vaixells que fan operacions de càrrega i descàrrega en els ports catalans, principalment als ports de Barcelona i Tarragona, però també a d'altres menors com els de Palamós, Vilanova i la Geltrú i Sant Carles de la Ràpita, principalment.
 - o Transport de mercaderies peril·louses a mar obert: cinc rutes o corredors en funció de la connexió amb: Estret de Gibraltar, Algèria, Mediterrani Oriental – Estret de Suez, França i Itàlia.

El **perill de contaminació per instal·lacions fixes** es va determinar, en una escala de valors d'1 a 4, i tot incloent-hi les operacions portuàries, de la forma següent:

- Grau de perill 1: zones dels ports esportius i pesquers i amb un percentil entre 0 i 50 d'impactes a la costa en cas d'accident en la Plataforma Casablanca.
- Grau de perill 2: zones dels ports de la Generalitat i amb un percentil entre 50 i 100 d'impactes a la costa en cas d'accidents en la Plataforma Casablanca.
- Grau de perill 3: zona propera al Port de Barcelona.
- Grau de perill 4: zona propera al Port de Tarragona.

Pel que fa a la determinació del **perill de contaminació per accidents en ruta** es va considerar un model de deriva per al càlcul de la probabilitat d'impacte a la costa d'un vessament contaminant amb origen a les proximitats de la costa. Per al càlcul d'aquesta probabilitat es van determinar set zones d'origen de l'accident.

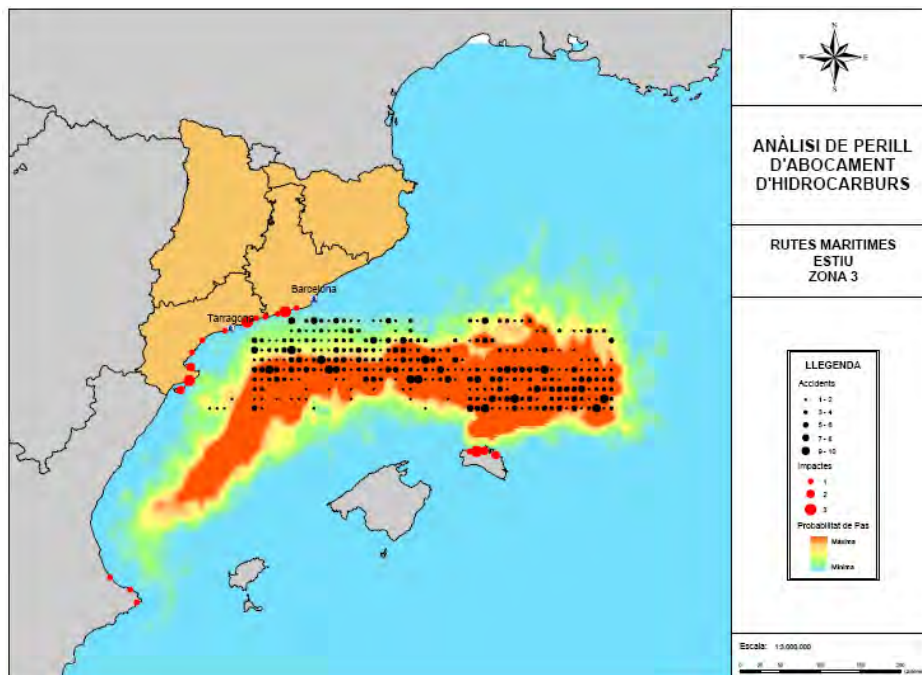


Zonificació del territori marítim en relació a l'origen dels episodis accidentals de contaminació.

El model de deriva va retornar el percentil d'impacte a la costa d'un vessament a cadascuna de les 7 zones abans definides en base a les condicions ambientals i corrents marítimes, tot diferenciant els càlculs en funció de les 4 estacions anuals.

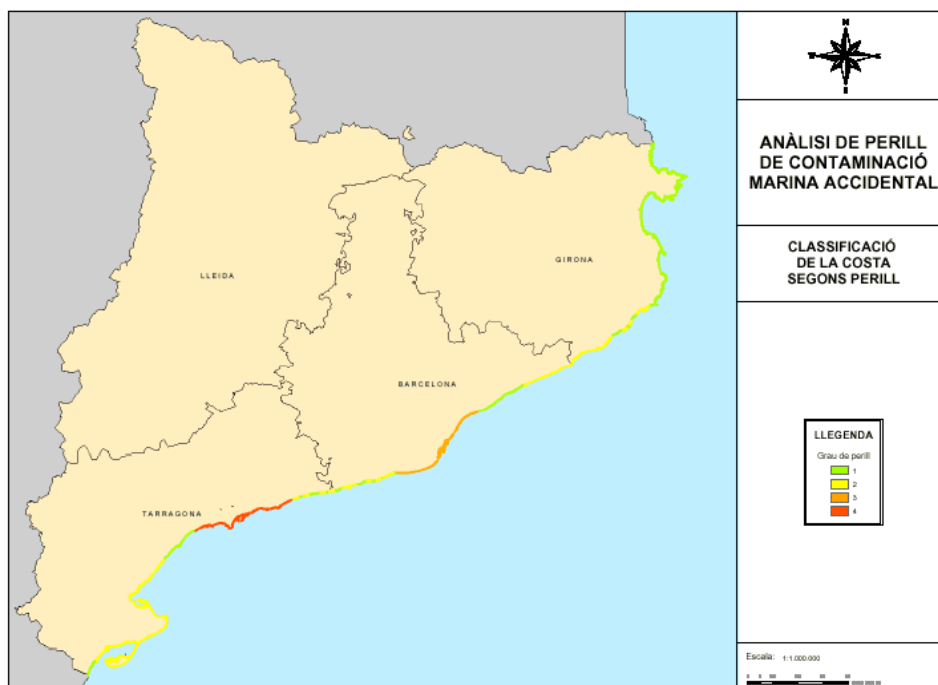
En funció del percentil resultant de la combinació dels resultats de les set zones es va determinar en una escala 1 a 4 el perill de contaminació per accidents en ruta:

- Grau de perill 1: quan la simulació va determinar un percentil d'impacte entre 0 i 25.
- Grau de perill 2: quan la simulació va determinar un percentil d'impacte entre 25 i 50.
- Grau de perill 3: quan la simulació va determinar un percentil d'impacte entre 50 i 75.
- Grau de perill 4: quan la simulació va determinar un percentil d'impacte entre 75 i 100.



Exemple del càlcul de deriva per vessament a zona 3 a l'estiu. Els punts vermells determinen impacte a la costa.

El **perill global** es va determinar en una escala 1 – 4 com el resultat de combinar el 30% del valor del perill de contaminació per accident en ruta amb el 70% del perill de contaminació per accident en instal·lació fixa, ambdós definits en una escala 1 – 4.



Perill global de contaminació accidental de la costa .



3.9.3.2. Vulnerabilitat.

La vulnerabilitat es va definir també municipalment i qualitativa en una escala 1 a 5. Per a l'anàlisi de la vulnerabilitat es van determinar inicialment quines eren les tipologies a estudiar:

- Vulnerabilitat socioeconòmica.
 - o D'activitats:
 - Pesca.
 - Turisme costaner.
 - Instal·lacions industrials costaneres.
 - o Demogràfica o social (poblacions).
- Vulnerabilitat ambiental.

A) Vulnerabilitat socioeconòmica.

La **vulnerabilitat socioeconòmica per demografia** es va determinar en una escala 1 a 5 i en funció de la seva població per metre lineal de costa:

- Índex de vulnerabilitat 1: 0,03 – 3,23 habitants / ml costa.
- Índex de vulnerabilitat 2: 3,24 – 10,45 habitants / ml costa.
- Índex de vulnerabilitat 3: 10,46 – 22,11 habitants / ml costa
- Índex de vulnerabilitat 4: 22,12 – 44,50 habitants / ml costa
- Índex de vulnerabilitat 5: 44,51 – 118,60 habitants / ml costa

La **vulnerabilitat socioeconòmica de l'activitat industrial** es va fixar en el valor 2 en el conjunt d'una escala 1 a 5, atesa la baixa probabilitat d'impacte de la contaminació accidental marina en l'activitat industrial a terra. Les instal·lacions vulnerables a la contaminació marina són les que requereixen la captació d'aigua marina: desalinitzadores, centrals tèrmiques, plantes de regasificació i central nuclear a la costa.

La **vulnerabilitat socioeconòmica del turisme** es va determinar d'acord a les places d'allotjament per ml de platja, a les places d'allotjament per ml de costa i als amarres totals del municipi. Es van determinar tres grups de vulnerabilitat:

- Places d'allotjament / ml platja.
- Places d'allotjament / ml costa.
- Amarres.

Els valors oscil·len entre 1 i 5 d'acord a la taula següent:

Vulnerabilitat	Llindar		
	Places / ml platja	Places / ml costa	Amarres
Índex 1	0 – 1.66	0.06 – 1.01	60 – 274
Índex 2	1.67 – 4.64	1.02 – 2.45	275 – 497
Índex 3	4.65 - 8.80	2.46 – 4.02	498 – 838
Índex 4	8.81 – 16.80	4.03 – 6.13	839 – 1480
Índex 5	16.81 – 29.65	6.14 – 11.70	1481 – 5000

En el càlcul es va diferenciar la vulnerabilitat a l'estiu de la vulnerabilitat a l'hivern ja que en aquest últim cas es van tenir en compte només el 50% de les places d'allotjament.



La vulnerabilitat socioeconòmica del turisme es va calcular com la suma ponderada següent: índex de vulnerabilitat turística per places / ml platja + índex de vulnerabilitat turística per places / ml costa + 0,5 índex de vulnerabilitat amarres.

La **vulnerabilitat socioeconòmica de la pesca i l'aqüicultura** es va determinar en una escala 1 a 5 d'acord als criteris següents:

Vulnerabilitat	Criteri
Índex 1	• Mínima producció pesquera i marisquera i aqüícola • Inexistència d'alguers i/o comunitats pesqueres singulars • Zones de fons degradat • Habitat per comunitats tolerants a condicions adverses • Possibilitat de regeneració molt ràpida. Bioremediació i restauració altes • Sols es perjudica a un segment del sector pesquer
Índex 2	• Producció baixa pesquera i marisquera i aqüícola • Alguers i/o comunitats pesqueres singulars molt degradats o inexistents • Grau d'afectació a col·lectius de pescadors/mariscadors, baix • Zones amb capacitat de recuperació ràpida • Amb possibilitat de repoblació
Índex 3	• Zones amb una certa producció, tot i que pot ser important. • Zones amb capacitat de recuperació en un període mig de temps • Pot afectar a diversos col·lectius de pescadors/mariscadors
Índex 4	• Vulnerabilitat, però amb possibilitats de recuperació en un període llarg de temps. • Presència de bancs naturals de producció de mol·luscs d'importància • Pot afectar a importants col·lectius de pescadors/mariscadors • Sense possibilitat d'aplicació de tecnologia de bioremediació i restauració
Índex 5	• Màxima vulnerabilitat. • Presència d'alguers de molt lenta recuperació si són malmesos (> 50 anys) • Presència de bancs naturals de producció de mol·luscs de molta importància • Presència d'alta densitat de producció, tant en fons marí com en instal·lacions de cultiu • Instal·lacions de producció individuals, aïllades • Nul·la possibilitat de regeneració i restauració • Comunitats gents tolerants a condicions adverses • Zona de posta i alevinatge d'espècies pesqueres

La **vulnerabilitat socioeconòmica total** es va determinar en una escala 1 a 5 com la ponderació equitativa de la vulnerabilitat demogràfica, de la pesca, de l'activitat industrial i del turisme. Es va diferenciar la vulnerabilitat socioeconòmica de l'estiu i la de l'hivern (com a resultat de la diferenciació de la vulnerabilitat turística a l'estiu i a l'hivern).

B) Vulnerabilitat ambiental.

La vulnerabilitat ambiental es va determinar amb la col·laboració de l'Agència Catalana de l'Aigua i el Centre d'Estudis Avançats de Blanes (Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC).



Per a la determinació de la vulnerabilitat es va dividir el litoral en 20 sectors homogenis d'acord a criteris mediambientals. A cada sector es va determinar la vulnerabilitat de l'infralitoral (zones submergides) i del litoral (zones emergides).

La vulnerabilitat es va determinar a partir dels paràmetres següents: raresa de la comunitat afectada, recuperabilitat, valor ambiental i grau d'afectació en cas de ser contaminada. Cada paràmetre anterior es va valorar en una escala 1 a 5 i la vulnerabilitat ambiental es va determinar d'acord a l'expressió següent:

$$I_v = \frac{2Afectació + V_{Ambiental} + Raresa + Recuperabilitat}{5}$$

A partir del valor anterior es va determinar el valor de la prioritat de protecció ambiental per a la zona litoral i infralitoral en cada sector i municipi. Aquesta valor es va definir en una escala 1 a 5 i es va calcular sobre la base del valor d'índex de vulnerabilitat anterior però amb la correcció (increment o disminució) en funció de la presència o absència respectivament de zones humides i/o zones protegides i de la seva importància.

El resultat de **la vulnerabilitat ambiental** és un valor en una escala 1 a 5 que correspon a la prioritat de protecció del litoral i de l'infralitoral.

C) Vulnerabilitat global.

La vulnerabilitat total del litoral català es va calcular amb la mitjana dels valors de vulnerabilitat socioeconòmica (en estiu i en hivern) i de vulnerabilitat ambiental màxima obtinguda per a cada municipi. Un cop obtinguts els índexs municipals de vulnerabilitat total a l'hivern i a l'estiu, es va realitzar uns anàlisis comparativa i es va generar un **nou índex de vulnerabilitat ambiental total, que no és una mitjana dels anteriors, sinó que va prendre com a valor representatiu de cada municipi el màxim dels valors obtinguts** per a les dues situacions. Esquema de la determinació:

- S'obtenen els índex sectorials de vulnerabilitat, tal i com s'ha esmentat anteriorment, generant-se la vulnerabilitat socioeconòmica, per a la situació d'estiu i la d'hivern, i la vulnerabilitat ambiental per a la zona litoral i infralitoral.
- Amb aquests índex, es genera un nou índex de vulnerabilitat total, en situació d'estiu i en situació d'hivern resultat de la ponderació 1 a 1 d'ambdues tipologies de vulnerabilitat.
- Per últim l'índex de vulnerabilitat global qualitatiu final, amb valors d'escala 1 a 5, és el màxim d'ambdós valors (estiu o hivern) per a cada municipi.

Municipi	Vulnerabilitat					Màxima
	Socioeconòmica		Ambiental	Total		
				Estiu	Hivern	
Municipi 1	4	2	5	5	4	5
Municipi 2	3	1	5	4	3	4
Municipi 3	5	2	5	5	4	5

Exemples de determinació de vulnerabilitat total.

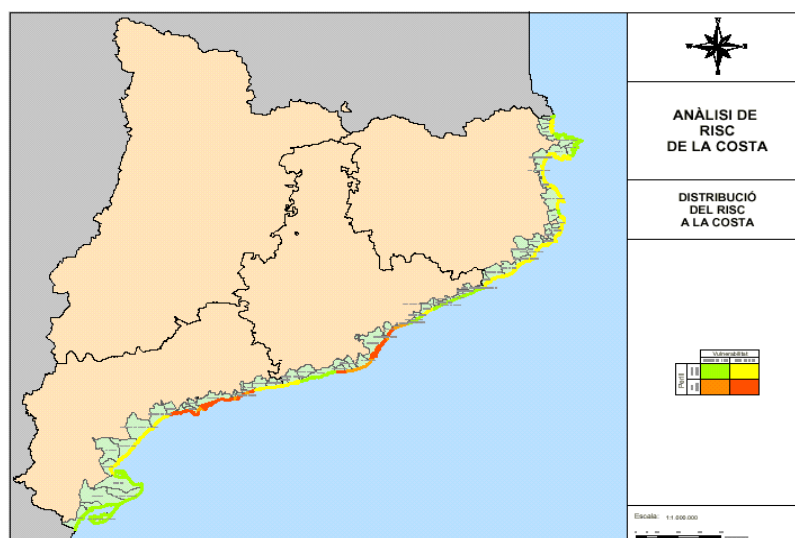


Vulnerabilitat global de contaminació accidental de la costa .

3.9.3.3. Risc

El risc de contaminació accidental de les aigües marines es va determinar qualitativament en 4 graus d'acord a la combinació del perill i la vulnerabilitat següent:

Perill	Vulnerabilitat			
	1-2	3	4	5
1	Grau 1		Grau 3	
2	Grau 1		Grau 3	
3	Grau 2		Grau 4	
4	Grau 2		Grau 4	



Risc de contaminació accidental de la costa .



3.9.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

Tots els municipis del litoral català (66) estan afectats pel risc de contaminació accidental de les aigües marines, ja que en alguns casos el perill és significatiu (en qualsevol de les seves tipologies segons l'origen de perill), en d'altres ho és la vulnerabilitat (ambiental o socioeconòmica) i en d'altres el valor del risc o combinació de perill i vulnerabilitat. Cal tenir present, que la combinació ponderada de les diferents tipologies de perill per una banda, i de les diferents vulnerabilitats per l'altra, amb l'objectiu de determinar qualitativament una graduació del risc, comporta la pèrdua d'informació de detall i, per tant, cal considerar les diferents tipologies de perill i vulnerabilitat per a considerar l'afectació a un municipi.



Exemples de recursos: barreres (esquerra), skimmers a bord d'un vaixell anticontaminació (a dalt) i vaixell neteja (a sota). Font: International Maritime Organization (IMO).



3.10. Risc d'incendi forestal.

3.10.1. Introducció: descripció del risc i referents

3.10.1.1. Introducció.

Els incendis forestals són un fenomen natural generalitzat que, per causes naturals o provocades, consumeixen anualment grans quantitats de terrenys forestals, boscos i matèria orgànica vegetal en general. El risc d'incendi forestal no només genera anualment pèrdues de gran importància i interès natural (afectació a reserves de la biosfera, parcs naturals i d'altres), sinó també pèrdues materials (urbanitzacions, edificacions aïllades, activitats a entorns naturals) i pèrdua de vides humanes i ferits de gravetat.

Un incendi forestal és, bàsicament, la combustió de la matèria orgànica de tipus vegetal i especialment de les zones de forest (boscos), amb l'existència o no de flames visibles. De forma més concreta podem definir un incendi forestal com un foc que s'estén sense control sobre terreny forestal. Per terreny forestal cal entendre aquell en el que vegeten espècies arbòries, arbustives de matoll o herbàcies, espontàniament o bé que procedeixin de sembrat o plantació, sempre que no siguin característiques del conreu agrícola o objecte d'aquest.

Existeixen diversos tipus d'incendis forestals segons la situació del material combustible afectat (incendiat), que es poden resumir en foc de: subsòl, superfície i capçades. Els focs de superfície acostumen a ser els més freqüents donat que aquesta vegetació pateix fàcilment la falta d'humitat. El foc de capçades és el de pitjor conseqüències ja que es propaga molt ràpidament i és el que dona lloc als grans incendis forestals. El foc de subsòl no és tan comú a la mediterrània i es propaga sota la superfície, pràcticament sense oxigen, provocant la combustió de la matèria orgànica.

Químicament la combustió o incendi forestal consisteix en la reacció entre l'oxigen de l'aire i els compostos químics orgànics, basats principalment en carboni i nitrogen, per tal de generar vapor d'aigua, diòxid de carboni i òxids de nitrogen i altres compostos oxidats. L'oxigen també pot ser aportat per algun altre compost comburent, és a dir, que aporta oxigen a la reacció de combustió.



Monistrol de Montserrat. Incendi de l'any 2003.



3.10.1.2. *Paràmetres d'incendi forestal.*

Per tal que es produeixi un incendi forestal cal una combustió inicial del material vegetal, que per tant es converteix en el combustible. Així, cal que hi hagi combustible en quantitats suficients i en condicions propícies que permetin la seva ignició, cal calor per a que es produeixi la reacció inicial de combustió i cal aportació d'oxigen (de l'aire o d'algun material comburent). El triangle calor, oxigen i combustible és necessari per a mantenir una combustió i per tant per a un incendi forestal, malgrat hi ha altres condicions importants necessàries, especialment de caràcter atmosfèric (temperatura, humitat i vent) i pel que fa a l'estat del combustible (que alhora depèn de les condicions atmosfèriques).

Per tant, els principals factors que determinen el grau de perill d'incendi forestal (no considerarem la vulnerabilitat ni la seva exposició en aquest apartat), són els següents:

- Tipus de combustible o de vegetació.

El grau de combustió de la vegetació es caracteritza per: humitat, quantitat, distribució i proporció de matèria morta i tipus d'espècies.

- o El combustible mort, degut al seu escàs grau d'humitat en l'època estival, representa un important perill per al bosc, tot i que compleix una important funció ecològica al tornar nutrients al sòl. Entre els combustibles morts a la seva vegada es poden diferenciar en lleuger (herbes, fullaraca, branques primes, matolls i similars) i els pesats (troncs, branques, soques, i d'altres). El combustible lleuger és fàcil de prendre i propaga el foc molt ràpidament.
- o Un altre aspecte important del combustible és la seva disposició. Es poden donar diferents situacions de continuïtat horitzontal i vertical, i aquesta continuïtat afavoreix la propagació dels incendis forestals.
- o Els tipus d'espècies influeixen d'una manera decisiva: la composició de les resines, el grau de terpens (substància molt inflamable), el grau d'humitat i d'altres paràmetres característics de cada espècie vegetal, determinen la seva capacitat de combustió i per tant el perill d'incendi forestal.
- o A més, en general l'existència de boscos amb una gran densitat de peus (arbres) afavoreix als incendis forestals.

- Meteorologia.

Aquest és un aspecte fonamental ja que influeix decisivament en les condicions que afavoreixen la ignició i propagació de l'incendi forestal a través de la humitat, la temperatura i el vent.

- o La humitat relativa ambiental condiciona directament la humitat del combustible. Per sota del 40% a l'estiu, el risc d'incendi és elevat i per sota del 20% molt elevat.
- o La temperatura condiciona la humitat relativa i, si es mantenen unes condicions de sequedat i altes temperatures, el combustible mort i el viu poden perdre ràpidament humitat. En aquestes condicions es produeixen més focus d'incendis i és molt més ràpida la seva propagació.
- o El vent és un altre element fonamental ja que incrementa la necessària aportació inicial d'oxigen a la reacció de combustió, i alhora és necessari per a propagar el foc i apropar les flames a la matèria vegetal no incendiada. Els vents secs (a Catalunya de ponent, però també del sud i del nord), produeixen alhora la davallada brusca de la humitat tot incrementant les condicions que afavoreixen l'incendi forestal.



- o La precipitació és també un factor a tenir en compte ja que en determina, entre d'altres, la humitat relativa i el creixement de les espècies forestals.
- Topografia.

El pendent del terreny i l'orientació de les masses de forest són factors molt importants en l'inici i desenvolupament dels incendis.

- o En pendent el foc es propaga més ràpidament per motiu de la seva tendència natural a pujar per aquestes pendents. Això es degut a que la disposició habitual de les flames en alçada i la tendència normal de l'aire calent a pujar, fa que afectin més directament la vegetació situada pendent amunt. També cal considerar que, a Catalunya, en els pendents orientats al sud es produeix una brisa d'aire calent i sec (a l'estiu) que puja pendent amunt dessecant la vegetació i per tant incrementant el perill i la dificultat de l'extinció.
- Aprofitament i manteniment de les zones forestals.

La tradicional explotació dels boscos, zones de forest i de l'entorn natural en general, redueix el combustible mort lleuger i el pesat (per exemple quan s'empra com a llenya a les llars) i permet una contenció del perill d'incendi forestal.

- o L'agricultura, a través del conreu dels camps disminueix la continuïtat de masses forestals.
 - o L'activitat ramadera permet, mitjançant la pastura dels boscos i els terrenys vegetals, disminuir la quantitat de combustible mort lleuger, però també el viu i en general el sotabosc.
 - o Aquestes activitats disminueixen les condicions que afavoreixen els incendis forestals i per tant el perill d'incendi forestal.

3.10.1.3. Breu referència del risc d'incendi forestal a Catalunya.

Catalunya forma part dels territoris de la mediterrània on el foc forestal és un element habitual en la natura. Els incendis forestals són una característica dels nostres ecosistemes, malgrat en les últimes dècades la intensitat dels seus efectes hagi augmentat. Catalunya té una superfície forestal de més del 60% de la qual aproximadament el 43% és superfície arbrada. Com a referència comparativa, cal tenir en compte que Anglaterra té un 10% i França un 27% (Trias Trueta 1999). En el conjunt forestal predominen les coníferes (pinedes especialment) seguides del gènere quercus (especialment alzina, però també roure i altres). Les pinedes han tingut una gran proliferació especialment en la colonització dels territoris abandonats per l'agricultura i la ramaderia tradicionals, gràcies a la seva gran capacitat d'adaptació i de viure en terrenys àrids i rocosos. En conclusió, els boscos catalans són joves i amb una gran densitat d'arbres per superfície que afavoreix el perill d'incendi forestal.

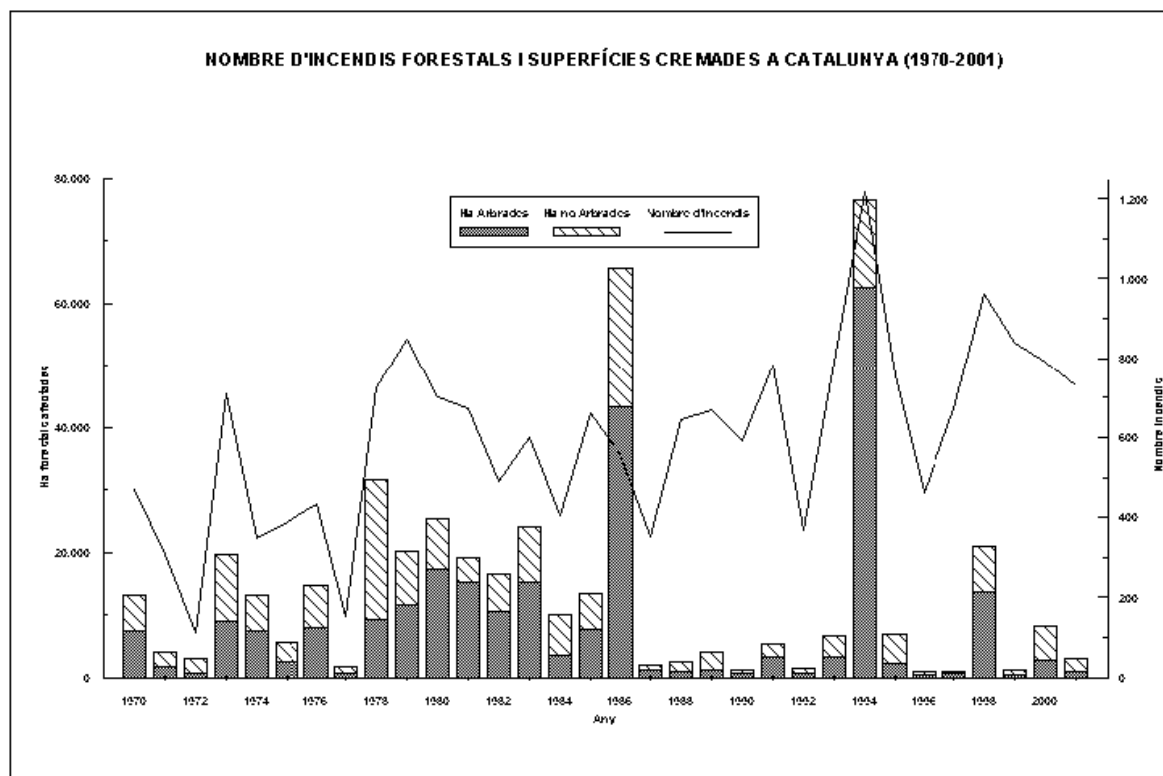
El clima mediterrani, que és el majoritari a Catalunya, suposa llargs períodes d'eixut estival que afavoreixen els incendis forestals.

A Catalunya, l'ocupació del medi i la densificació dels usos del sòl és, en general, molt important i afavoreix també els incendis forestals.

La distribució temporal i de tipologia d'incendi forestal a Catalunya és irregular, de forma que en determinats anys es produeixen pocs incendis forestals però de grans dimensions on cremen milers d'hectàrees (per exemple, l'any 1986 i el 1994), mentre que en d'altres anys es produeix la situació contrària, és a dir, molts incendis de poca extensió. Una i altra situació poden produir en conjunt un gran nombre de superfície cremada, malgrat en un cas el nombre d'incendis sigui petit i en l'altre gran. D'altra banda, és cert que els grans incendis són els més preocupants, ja



que la seva afectació és molt important i operativament el seu control i extinció és molt més complex i per tant hi ha major probabilitat d'afectació als béns i a les persones. Els grans incendis representen menys de l'1% del total d'incendis anuals, però representen a l'entorn del 75% de la superfície cremada.



Nombre d'incendis forestals i superfície cremada a Catalunya entre 1970 i 2001. Font: Infocat.

Dues dades complementàries importants dels incendis forestals a Catalunya són:

- Els incendis forestals provocats són minoritaris i no arriben a un de cada cinc als últims anys.
- L'època de major perill són els mesos compresos entre l'abril i l'octubre, ambdós inclosos. Tot i això, la major part d'incendis forestals es produeixen entre juliol i agost, amb una incidència lleugerament superior al juliol. Tanmateix, és al juliol quan es produeix el major nombre de superfície cremada, que arriba al doble del mes d'agost. Atès que el nombre d'incendis és similar, aquest fet implica que els grans incendis són més probables al juliol.

3.10.2. Descripció de l'índex del risc.

L'índex de risc d'incendi forestal que recull el mapa està referit als municipis i té caràcter semiquantatiu. Incorpora els aspectes següents:

- Anàlisi estàtic del perill: s'estableixen quatre nivells (baix, moderat, alt i molt alt) a partir dels factors que intervenen en la definició de perill d'incendi forestal i que són els següents: històrics, vegetació, orogràfics i climàtics.
- Anàlisi de la vulnerabilitat: determina quins poden ser els danys que poden patir els elements vulnerables en funció de les característiques dels possibles incendis forestals i



de l'exposició al seu perill i efectes. En la identificació d'elements vulnerables s'han considerat tots aquells que es troben inclosos en terreny forestal o en una distància inferior a 500 metres d'aquests. S'estableixen cinc nivells de vulnerabilitat (baixa, moderada, mitja, alta i molt alta)

3.10.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.10.3.1. Anàlisi del perill.

L'anàlisi de perill d'incendi forestal que recull el mapa directament del pla Infocat, és una anàlisi de caràcter estàtic que la Direcció General del Medi Natural (Departament de Medi Ambient i Habitatge) va elaborar i està recollida al Mapa de perill bàsic d'incendi forestal. L'anàlisi és el resultat de la integració dels conceptes de perill d'ignició i perill de propagació d'incendi forestal, tot entenent el primer com la facilitat que s'iniciï un incendi forestal i el segon com la facilitat amb què pot progressar l'incendi forestal.

El concepte d'anàlisi estàtica respon a que l'anàlisi no incorpora els factors dinàmics de perill, és a dir, les condicions meteorològiques que varien dia a dia, sinó que considera només les mitjanes de les sèries d'aquests factors, suprimint les situacions episòdiques (aquestes queden recollides diàriament a l'anàlisi dinàmica del perill d'incendi forestal, no incorporat a aquesta Mapa de Protecció Civil de Catalunya però sí descrit més endavant). Per tant, es tracta d'un **perill intrínsec al territori**.

Les característiques de l'anàlisi estàtica de perill d'incendi forestal permeten:

- establir prioritats territorials en actuacions preventives
- racionalitzar i optimitzar les actuacions de l'administració
- delimitar àmbits de planificació
- delimitar àmbits d'intervenció i sectors de risc.

Aquesta anàlisi té caràcter semiquantitativa i assigna a cada punt del territori un valor de perill numèric que va del 0 al 10, com a resultat de la combinació dels paràmetres que determinen el perill d'incendi i que s'agrupen en les categories següents:

- Històrics: zonificació territorial del perill en base a la freqüència i afectació dels incendis ocorreguts en un passat. Recullen aquelles pautes dels incendis que es repeteixen en el temps.
 - o Freqüència d'ignicions: índex de freqüència anual d'incendis, el qual tradicionalment es calcula a partir de dividir el nombre d'incendis d'un determinat àmbit pel nombre d'anys del període considerat. S'ha considerat el període 1987-2000
 - o Freqüència d'afectació d'ignicions: el pes de cada ignició està ponderat per la superfície que ha afectat i s'ha considerat el període 1965-2000.
- Vegetació: intervé en dues vessants segons
 - o Inflamabilitat o capacitat d'entrar en ignició, relacionada amb la composició específica de la vegetació (espècies més inflamables) i classificada en 10 nivells d'acord a metodologia de la Direcció General del Medi Natural.
 - o Combustibilitat o incidència en el comportament del foc, que depèn de les característiques físiques i estructurals dels combustibles forestals i tipificat pel model de combustible. Els models s'han assignat a partir del mapa CORINE i els valors proposats al llibre "La Defensa Contra Incendios Forestales", tot



obtenint una escala numèrica de valors de 0 a 10 on una velocitat de propagació de 26 km/h i longitud de flama de 6 m, adquireix el valor 10 i actua com a referent.

- Orogràfics: únicament es considera aquells paràmetres que no estan intrínsecament recollits per altres factors:
 - o Pendent: a major pendent major velocitat de propagació de l'incendi per motiu de l'angle d'incidència de la flama i l'efecte dessecador de l'aire calent que ascendeix. A partir del Model Digital del Terreny de 45 x 45 de l'ICC s'ha generat el mapa de pendents en graus i s'ha adaptat a escala numèrica 0 -10.
 - o Insolació: amb l'increment de la insolació també s'incrementa la temperatura i altres factors que intervenen en el perill d'incendi. A partir del Model Digital del Terreny de 45 x 45 de l'ICC s'ha generat el mapa que simula la insolació segons una inclinació 73° dels raigs solars (correspon a les 12h Z del solstici d'estiu). Posteriorment, els valors d'aquest mapa, que es reparteixen en una escala de 0 - 255, s'han transformat a una escala de 0-10.
- Climàtics: és un dels factors més significatius a l'hora de determinar el perill d'incendi i es subdivideix en els elements següents:
 - o Dèficit hídric anual (DHA): es defineix com la diferència entre les necessitats i disponibilitats d'aigua, com més gran és el dèficit hídric més baix serà el contingut d'aigua de la vegetació i en conseqüència s'incrementa la seva inflamabilitat i combustibilitat. A partir del mapa de dèficit hídric anual de l'Atlas Climàtic de Catalunya que defineix isopletes de 100 mm d'equidistància, s'hi incorporen noves isopletes per obtenir una equidistància de 50 mm i es distingeixen 12 intervals, on els més baixos tenen valor 1 (0 mm), 2 (0-50 mm) i 5 (50-100 mm) i els següents valors s'incrementen unitàriament fins al màxim de 14.
 - o El vent: les zones més ventoses tenen un risc d'incendi forestal més elevat. Davant l'absència d'un mapa eòlic de Catalunya que pogués ser incorporat directament a l'anàlisi de risc es va elaborar un mapa parcial de vents.
 - o Situacions adverses: es caracteritza la freqüència i intensitat amb que diferents regions es veuen sotmeses a situacions extremadament favorables als incendis forestals des d'un punt de vista meteorològic i climàtic i, per tant, potencialment més favorables als grans incendis. Aquest mapa treballa amb informacions de dos tipus: la sinòptica i la pluviomètrica. L'anàlisi s'ha fet amb les dades de les estacions automàtiques de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC) i de la Xarxa Meteorològica d'estacions automàtiques (XMET) ambdues propietat del Servei Meteorològic de Catalunya.

Per a obtenir un valor resultant de l'anàlisi estàtica de risc d'incendi forestal, prèviament es va classificar en una mateixa escala de valors de perill de 0 a 10 els diferents paràmetres i posteriorment per a cada quadrícula de 100 m x 100 m es va calcular la mitjana dels valors dels diferents paràmetres. El dèficit hídric anual, la insolació i les situacions adverses intervenen tant en el mapa de perill d'ignició, com en el de propagació, de forma que tenen un pes que duplica a la resta de factors.

D'acord amb aquest valor les zones es van classificar en 4 categories:

- Perill baix: per valors compresos entre 0 i 4
- Perill moderat: per valors compresos entre 4 i 5



- Perill alt: per valors compresos entre 5 i 7
- Perill molt alt: per valors compresos entre 7 i 10

3.10.3.2. Anàlisi de la vulnerabilitat.

En l'anàlisi de vulnerabilitat per incendi forestal es van considerar tots aquells elements vulnerables que es troben inclosos en terreny forestal o en una distància inferior a 500 metres d'aquests¹¹. Es van establir 5 grups d'elements vulnerables:

- Poblament: Inclouen els nuclis de població, polígons industrials, urbanitzacions, masos, càmpings, elements històrics..., tots aquells elements relacionats amb la població.
- Elements especialment perillosos: Es consideren les indústries afectades per la normativa d'accidents greus (risc químic) i inventariades per la Direcció General de Protecció Civil i les gasolineres de les quals es coneix la seva posició geogràfica exacta, també es consideren les conduccions de combustible.
- Infraestructures: En aquest grup es consideren les autopistes, autovies, carreteres asfaltades i xarxa ferroviària. També es consideren els elements corresponents a la xarxa de serveis com electricitat.
- Espais naturals protegits: es consideren les modalitats de protecció especial detallades en la llei 12/1985 i en la llei 6/1988. A més a més també s'han inclòs en aquest grup les reserves naturals de fauna salvatge, per la seva rellevància en la protecció de la fauna.
- Models de combustible: els pesos assignats als diferents models de combustible, corresponen als utilitzats pel Departament de Medi Ambient i Habitatge per al càlcul de la combustibilitat.

Un cop definits els elements potencialment vulnerables, es va establir una taula de valoració per tal de definir la susceptibilitat de sofrir efectes negatius de cada element. La metodologia utilitzada parteix de la premissa que els elements relacionats amb el poblament són els més vulnerables i per tant, són els que més importància prenen en l'estudi.

Elements	Pes
<i>a) Poblament</i>	30,00
<i>b) Elements especialment perillosos</i>	
Conduccions	12,00
Indústries	12,00
Gasolineres	12,00
<i>c) Infraestructures</i>	
Autopistes i autovies	12,00
Vies asfaltades	8,00

¹¹ El fonament d'aquesta recomanació es pot trobar als dos articles següents:

"Firefighter safety zones: a theoretical model based on radiative heating". Bret W. Butler and Jack D. Cohen. International Journal of Wildland Fire. <http://www.firelab.org/pdf/fbp/butler/ffszmodel.pdf>
"The community protection zone: defending house and communities from the threat of forest fire". Brian Nowicki. Center for Biological Diversity. <http://www.sw-center.org/swcbd/Programs/fire/wui1.pdf>.



Elements	Pes
Línies elèctriques	12,00
Ferrocarrils	12,00
<i>d) Espais Naturals Protegits</i>	
Pla d'espais d'interès natural	0,30
Parc nacional	1,50
Parc natural	0,75
Paratge natural d'interès nacional	1,35
Reserva natural de fauna salvatge	1,00
Reserva natural integral	1,25
Reserva natural parcial	1,00
<i>e) Models de Combustible¹²</i>	
Model 4	0,20
Model 3	0,19
Model 1	0,12
Model 6	0,11
Model 2	0,07
Model 7	0,06
Model 5	0,05
Model 10	0,03
Model 9	0,02
Model 8	0,01

La identificació de les àrees de Catalunya ocupades per superfície forestal es va realitzar a partir del mapa de models de combustibles facilitat pel Departament de Medi Ambient i Habitatge i s'han exclòs les masses aïllades (sense continuïtat) inferiors a 25 ha¹³. El càlcul de la vulnerabilitat, tot considerant una àrea d'influència de 500 metres addicional, es va realitzar assignant a cada cel·la el valor resultant de la suma del valor i pes específic de cadascun dels cinc tipus d'elements vulnerables.

Els intervals del mapa corresponen a les classes: baixa, moderada, mitja, alta i molt alta. Les zones amb vulnerabilitat molt alta corresponen a àrees urbanes mentre que les zones amb vulnerabilitat alta majoritàriament corresponen a figures especials de protecció dels espais naturals. Les àrees sense valors assignats de vulnerabilitat corresponen a superfícies no forestals o bé a superfícies forestals inferiors a 25 ha.

¹² Els valors dels diferents models de combustible corresponen als utilitzats pel Departament de Medi Ambient i Habitatge pel càlcul de la combustibilitat, adaptant el valor màxim a 0,20.

¹³ El decret 35/1990 estableix com a unitat mínima forestal la de 25 ha.



El valor de vulnerabilitat municipal es va calcular a partir de la suma ponderada a nivell municipal de la superfície pel valor de vulnerabilitat anteriorment calculat. Els intervals establerts per a la vulnerabilitat municipal també són: baixa, moderada, mitja, alta i molt alta.

3.10.3.3. Altres anàlisis del perill d'incendi forestal.

A banda de l'anàlisi estàtica del perill d'incendi forestal, la gestió del risc d'incendis forestals fa que diàriament la Direcció General del Medi Natural realitzi una anàlisi dinàmica del perill d'incendi forestal, a partir del qual s'elabora el que es coneix com a pla Alfa.

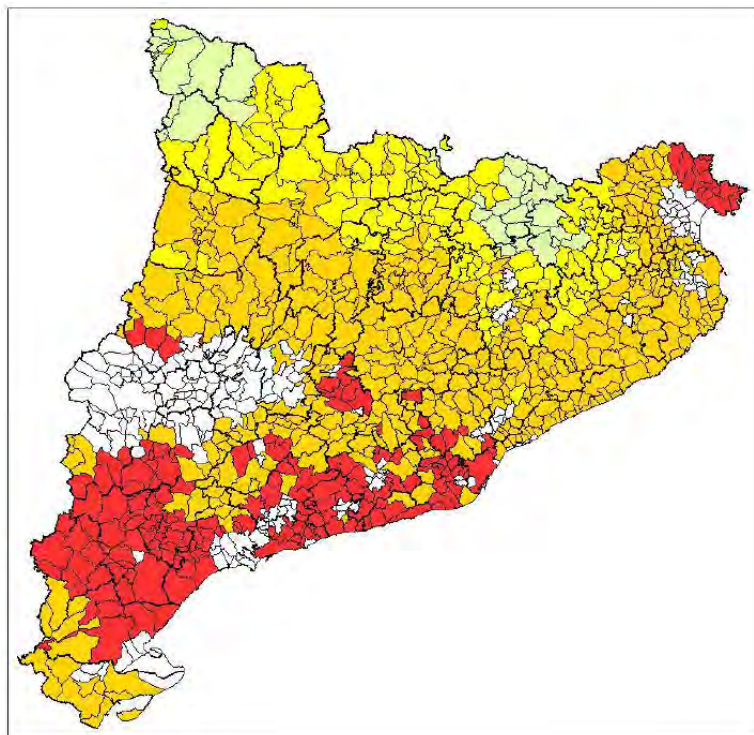
Cal tenir en compte que l'evolució del perill d'incendi forestal durant l'any, perill dinàmic, depèn de condicions i factors que van variant al llarg dels dies i que són bàsicament atmosfèrics i meteorològics: humitat, temperatura, vent, estat del combustible i d'altres.

Aquests aspectes no queden recollits al Mapa de Protecció Civil de Catalunya, atès que es tracta d'una anàlisi de dinàmica diària.

3.10.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

La distribució territorial del risc d'incendi forestal a Catalunya es pot determinar, entre d'altres, a partir del mapa bàsic de perill d'incendi forestal del que la Direcció General de Medi Natural extreu les conclusions següents:

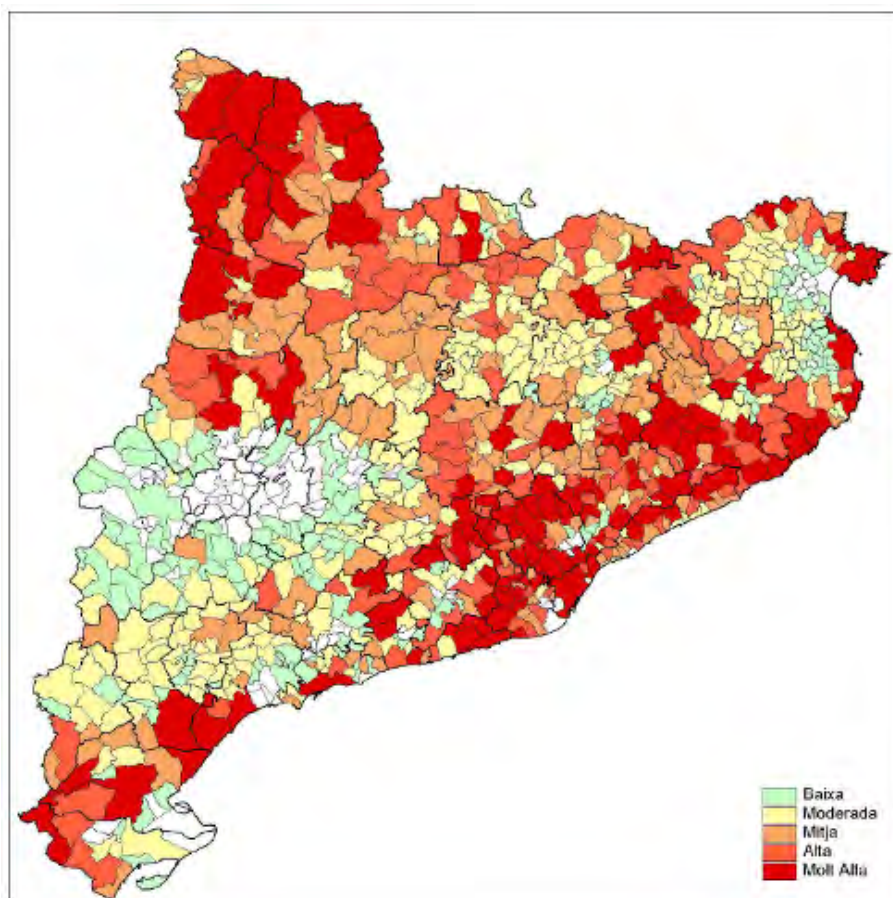
- Increment del risc des del nord cap al sud afavorit per la gradació climàtica i dels combustibles.
- Increment gradual del risc a la Depressió Central i al Pre-Pirineu degut a la continentalitat.
- Increment de risc a la franja litoral i prelitoral, com a conseqüència dels factors associats a alta densitat demogràfica, que baixa cap a l'interior, especialment quan s'arriba a l'eix descrit pels sistemes Prelitorals
- Gradació de risc en els principals massissos i zones de muntanya conforme l'exposició i altitud: amb l'altitud el perill disminueix com a conseqüència de la gradació en el mateix sentit del grau de perill dels combustibles, la climatologia i dels factors relacionats amb l'ocupació humana, mentre que amb l'exposició el perill disminueix conforme les vessants són menys assolables
- Increment del risc en les zones de forta incidència de tramuntana i mestral.



Mapa bàsic de perill d'incendi forestal municipal. Font: Direcció General del Medi Natural.

Pel que fa a la vulnerabilitat municipal es pot establir que:

- Els municipis amb vulnerabilitat alta i molt alta es concentren a la zona litoral, prelitoral i nord de Catalunya.
- La plana de Lleida, la plana de l'Empordà i el Delta de l'Ebre són àrees amb vulnerabilitat baixa, degut a que la massa forestal és reduïda i aïllada i per tant no hi ha elements que siguin vulnerables enfront els incendis forestals.
- La vulnerabilitat dels municipis litorals i prelitorals és fonamentalment deguda a gran existència d'elements de poblament (urbanitzacions, centre de població, àrees d'acampada, ..) en l'interior de massa forestal.
- La vulnerabilitat dels municipis situats al nord de Catalunya és conseqüència de l'existència de figures de protecció especials com el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, Parc Natural del Cadí-Moixeró, Parc Natural de la zona volcànica de la Garrotxa i diverses reserves parcials. A més a més, molts municipis veuen incrementat el seu valor de vulnerabilitat com a conseqüència de la inclusió de la majoria de superfície forestal en el Pla d'Espais d'Interès Natural.



Mapa de vulnerabilitat municipal

El resultat dels criteris de planificació foren que 740 municipis estan afectats (78% del total):

- Fins a 627 municipis han d'elaborar el pla d'emergència municipal, és a dir, el 66% dels municipis, i que responen majoritàriament a criteris de perill i en menor grau a criteris de vulnerabilitat.
- Els municipis recomanats són 113, que representen el 12% del total dels municipis catalans, i també majoritàriament d'acord a criteris de perill.
- Només 206 municipis, un 22% del total, queden sense afectació de la planificació municipal d'emergències per risc d'incendi forestal.

La demarcació amb major nombre de municipis afectats és Girona (167 municipis), seguida de la Catalunya Central (153 municipis) i Barcelona (138 municipis). Tarragona presenta una afectació intermèdia (103 municipis) i l'Alt Pirineu i Aran (75 municipis), Lleida (61 municipis) i Terres de l'Ebre (43 municipis) suposen la menor afectació en valor absolut.

Tanmateix, els valors absoluts anteriors representen que:

- El 97% dels municipis de l'Alt Pirineu i Aran estan afectats per risc d'incendi forestal, com a demarcació més afectada, seguida de la Catalunya Central amb un 93%.
- Només el 41% dels municipis de Lleida estan afectats per aquest risc, com a demarcació menys afectada.
- La resta de demarcacions se situen a l'entorn del 80% d'afectació.



3.10.5. Prevenició del risc

3.10.5.1. *Control de la urbanització i activitats: franges de protecció.*

La normativa vigent estableix franges de seguretat en relació al risc d'incendi forestal, per a determinades casuístiques i d'acord al resum següent:

- Decret 241/1994, de 26 de juliol, sobre condicionants urbanístics i de protecció contra incendis en els edificis, complementaris de la NBE-CPI/91: franja perimetral de 25 m d'amplada permanentment lliure de vegetació baixa i arbustiva, amb la massa forestal aclarida i les branques baixes esporgades per a urbanitzacions amb usos residencials, activitats que comportin un risc d'incendi manifest o explosió i edificacions permanents o temporals d'ús públic amb un aforament superior a 100 persones, emplaçades en àrees forestals o amb vegetació abundant.
- Llei 5/2003, de 22 d'abril, de mesures de prevenció dels incendis forestals en les urbanitzacions sense continuïtat immediata amb la trama urbana, i Decret 123/2005, de 14 de juny, de desenvolupament de la Llei 5/2003: franja exterior de protecció de 25 metres d'amplada al voltant, lliure de vegetació seca i amb la massa arbòria aclarida, que compleixi les característiques que s'estableixin al Decret 123/2005. També disposar d'una xarxa d'hidrants homologats per a l'extinció d'incendis que compleixi les característiques establertes pel Decret 123/2005.
- Decret 64/1995, de 7 de març, pel qual s'estableixen mesures de prevenció d'incendis forestals: les edificacions i instal·lacions de caràcter industrial, de subministrament i d'emmagatzematge de carburants i productes inflamables, així com les instal·lacions i edificacions de serveis hauran de complir, si s'escau, els condicionants establerts en el Decret 241/1994.
- Abocadors a l'article 7 del Decret 64/1995 i defineix la necessitat d'una zona de seguretat de 10 m seguida d'una zona de protecció de 25 m, sempre des del punt de vista de la prevenció d'incendis forestals, i en aquest mateix decret es defineix:
 - o Zona de seguretat: una franja de terreny lliure de vegetació baixa i arbustiva, d'arbres i de restes vegetals o de qualsevol mena de material que pugui propagar el foc.
 - o Zona de protecció: una franja de terreny permanentment lliure de vegetació baixa i arbustiva, amb la massa forestal aclarida (densitat d'arbres adults inferior a 150 peus/ha, amb una distribució homogènia sobre el terreny), les branques baixes esporgades (un terç de la seva alçada amb un màxim de 5 metres), i neta de vegetació seca i morta durant l'època de màxim risc d'incendi, així com de qualsevol mena de residu vegetal o d'altres tipus que pugui afavorir la propagació del foc.
- També s'estableixen controls preventius pel que fa a les línies ferroviàries, a les carreteres i a les línies elèctriques, amb desenvolupament reglamentari en el cas dels dos últims.

3.10.5.2. *Permisos i prohibicions en èpoques de perill.*

Una de les mesures de prevenció del risc d'incendi forestal més important és la prohibició de fer focs (d'esbarjo, crema de rostolls o altres activitats agrícoles o ramaderes) a les zones forestals i a la franja de 500 m al seu entorn, en virtut del Decret 64/1995, de 7 de març, pel qual s'estableixen mesures de prevenció d'incendis forestals. Aquesta prohibició està en vigor en el període comprès entre el 15 de març i el 15 d'octubre, tot tenint en compte que la franja del 15



de juny al 15 de setembre és la de major perill. A la prohibició anterior s'afegeix la necessitat de permisos de la Direcció General del Medi Natural per a les activitats forestals i en general per a activitats a desenvolupar a les zones de risc d'incendi forestal i a la franja de 500 m al seu entorn.

En funció del valor del perill dinàmic, es poden reforçar les actuacions preventives anteriors tot incrementant les prohibicions de determinades activitats.

3.10.5.3. *Campanyes de risc d'incendi forestal.*

A les mesures preventives anteriors cal afegir les campanyes de risc d'incendi forestal que, prèviament a l'època estival, la Direcció General de Protecció Civil realitza conjuntament amb la Direcció General de Prevenció Extinció d'Incendis i Salvaments – Bombers de la Generalitat de Catalunya i la Direcció General del Medi Natural – Cos d'Agents Rurals, així com Mossos d'Esquadra i el Servei d'Emergències Mèdiques – SEM.

En aquestes campanyes es reforça la necessitat d'una actuació preventiva del ciutadà, tot evitant encendre foc, fer barbacoes, llençar burilles i fer servir focs d'artifici a les zones forestals. També es recorden les actuacions preventives per a urbanitzacions i conductors.

Es treballa conjuntament amb els operatius d'emergència per a aconseguir processos de col·laboració amb el sector de l'agricultura pel que fa a la crema controlada de rostolls, d'acord a les condicions de l'entorn i meteorològiques.

A les actuacions anteriors cal afegir el document de campanya anual amb l'actualització i millora de la planificació dels aspectes operatius de prevenció, i mitigació, del risc d'incendi forestal. El document de campanya també incorpora el recordatori de les fases i avisos als ajuntaments, així com les seves obligacions preventives envers el risc d'incendi forestal.



Activitat a l'entorn de zones forestals

Pòster campanya d'incendis forestals 2010.



3.11. Risc d'inundacions.

3.11.1. Introducció: descripció del risc i referents

3.11.1.1. Introducció al risc d'inundacions.

D'acord a les dades proporcionades pel Consorci de Compensació d'Asseguradores per al conjunt de l'Estat, en el període 1971 – 2008 el risc d'inundacions és el de major incidència i especialment el que genera més pèrdues econòmiques. Les emergències per inundacions representen un 60% dels expedients tramitats i un 65% de les quanties pagades en concepte d'indemnitzacions. Pel que fa a danys personals, les sèries històriques també mostren xifres molt significatives de mortalitat no superades per cap altre risc natural i només inferiors al nombre de morts per actes terroristes (els riscos no episòdics o urgències tipus accidents de trànsit sí provoquen major nombre de morts).

El risc d'inundacions també s'ha de considerar com el risc natural de major freqüència i afectació greu sobre el territori català, especialment pel que fa a les pèrdues econòmiques. La sèrie històrica recent mostra continus episodis d'inundacions menors on s'intercalen grans inundacions com l'episodi d'inundacions del Vallès de l'any 1962 amb més de 500 morts, les que van afectar la ciutat de Lleida de l'any 1982 on van morir 12 persones, els aiguats de Montserrat al juny de l'any 2000 o les llevantades de maig de 2002 que van afectar gran part de la costa catalana.

A Catalunya les **inundacions** no es limiten a les provocades pels cursos **fluvials** o les aigües continentals sinó que **també** existeixen inundacions **marítimes**, habitualment identificades com a llevantades. El risc d'inundacions de caràcter continental es particularitza en el **trencament o averies de preses** com a escenari límit d'inundació.

3.11.1.2. Alguns paràmetres determinants de les inundacions.

A) Cabals dels rius.

El cabal d'un riu es dona, generalment, en m³/s. El cabal pot ser una mesura instantània o també es pot referir a una mitjana.

Els rius mediterranis són de cabal mitjà petit i presenten fortes variacions en funció de les èpoques de l'any: cabals més petits a l'estiu i l'hivern i força més gran a la primavera i, especialment, a la tardor. El cas més extrem és el de les rieres que poden estar seques gran part de l'any i a la tardor presentar cabals de molts metres cúbics durant les fortes tempestes típiques d'aquesta època. El cas contrari és el del riu Ebre, de cabals importants i variacions lentes i laminades.

B) Hidrograma.

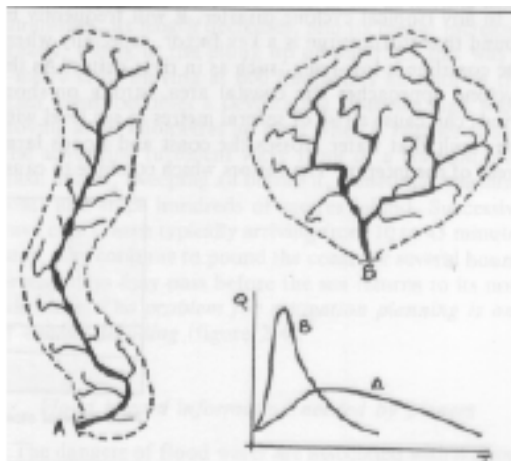
Representació de la variació del cabal d'un riu amb el temps a un punt determinat.

C) Conca fluvial

De forma simple es pot definir com la superfície unitària i les aigües que recull i que desemboquen al mar en un únic punt.

D) Forma de la conca.

Un dels aspectes determinants de l'hidrograma és la forma de la conca.



Conca llarga o longitudinal (A), conca curta o radial (B) i hidrogrames característiques.

Les conques de gran longitud donen lloc a crescudes de cabals de puntes menors, però de major durada en el temps. Aquest és el comportament dels gran rius. Les inundacions es desenvolupen de forma relativament lenta i es poden prendre mesures d'avís i protecció aigües avall abans que arribin les puntes més importants de cabal. A Catalunya l'exemple més pròxim seria l'Ebre. Les conques curtes i de morfologia radial donen lloc a inundacions molt ràpides i amb puntes de cabals molt gran respecte al cabal mitjà. En moltes ocasions no es poden donar avisos ni prendre cap tipus de mesures de protecció. Aquest és el cas per exemple de les rieres del Maresme i dels torrents de muntanya pirinencs i prepirinencs.

E) El tipus de sòl i la presència de vegetació.

El tipus de sòl i la cobertura vegetal és un altre factor important. En caure la pluja, una part queda retinguda a les masses vegetals d'arbres i d'arbustos i la resta cau al terra on, si hi ha vegetació, l'aigua queda retinguda fins a saturar el sòl i posteriorment flueix per la superfície (s'escola) i arriba als torrents i rieres que són tributaris dels rius i aquests dels rius majors dels que són afluents. Si manca vegetació, l'escolament és molt ràpid i intens de forma que les aigües arriben ràpidament als curs principals dels rius i s'assoleixen ràpidament puntes de cabal molt grans.

Per tant, quanta més vegetació més retenció d'aigua i aportacions més lentes i per tant menys cabal per a inundacions i en tot cas més lentes.

F) Material sòlid arrossegat – Debris flow.

En els rius i torrents el material sòlid transportat pot representar un risc molt important. Sorres i graves, roques, troncs i vegetació i materials de procedència humana poden produir efectes mortals sobre les persones exposades quan són impactades. Es coneixen com a debris flow. També són causa de tapaments en ponts o altres estructures que fan de coll d'ampolla i agreugen les inundacions per l'increment de la retenció. A més, en trencar-se l'embassament momentani que formen es poden produir avingudes d'efectes catastròfics.

G) Els cons de dejecció.

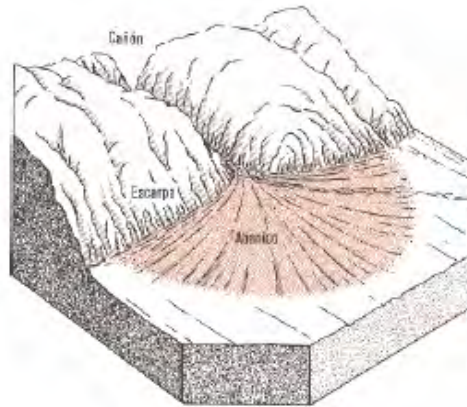
Es tracta de geomorfologies particulars caracteritzades per corrents de fort pendent, encaixonades entre muntanyes a una vall estreta i que a la part més baixa acaben en una vall més ampla o al fons de la vall.

Quan el corrent fluvial, que transita a alta velocitat per motiu de la pendent i l'encaixonament i que recull no només les aigües de la pluja sinó gran material al·luvial, arriba al fons de la vall en el punt de sortida es produeix una desacceleració que fa que el corrent dipositi gran part dels



materials transportats en forma cònica. Aquest fenomen és de gran perill per la combinació de la velocitat del corrent i el material transportat.

Les inundacions del càmping de Biescas (Osca) amb 87 morts l'any 1996 és un dels exemples més clars de con de dejecció.



Esquema de con de dejecció. Font: Arthur N. Estrahler i Alan H. Estrahler – Geografia física

3.11.1.3. Tipologies d'inundacions.

Pel que fa a les inundacions **fluvials** a Catalunya aquestes presenten dues fenomenologies d'inundació molt diferenciades:

- **Inundacions lentes o no sobtades:** produïdes per l'Ebre i els seus afluents majors, així com per altres rius de les conques internes (les que no formen part de la conca de l'Ebre) amb extensió suficient com per a permetre inundacions laminades i amb una evolució no sobtada sinó lenta i gradual. Es tracta de contribucions en capçalera amb creixements ràpids a aquest àmbit que gradualment van produint l'increment dels cabals mitjos i baixos i que permeten la previsió de la inundació als cursos mitjos i baixos. Són similars a les inundacions continentals dels grans rius al centre d'Europa.
- **Inundacions dels torrents de muntanya i de les rieres del litoral i pre-litoral:** són inundacions ràpides i sobtades amb dificultat de predicció atès que en pocs minuts es produeixen grans aportacions en capçalera que assoleixen les parts baixes de les rieres i torrents sense possibilitat de laminar la crescuda, és a dir, sense capacitat de que el curs fluvial absorbeixi els volums de capçalera. Són les inundacions denominades "flash floods" i són les que comporten majors danys econòmics i víctimes. En determinades circumstàncies i especialment en els torrents de muntanya, aquestes inundacions s'acompanyen de l'arrossegament de terres, arbres i altres materials en el que es qualifica com a "debris flow".

A més, les inundacions també poden estar produïdes per l'anegament de punts baixos del territori i de nuclis urbans en cas de pluges intenses.

Cal tenir molt present que els sistemes fluvials mediterranis estan altament influïts per les **condicions climàtiques, pel territori, i per l'ocupació humana.**

- **Clima.**
 - o Segons el Servei Meteorològic de Catalunya "A excepció de la Vall d'Aran, de clima atlàntic, Catalunya de forma general es caracteritzarà, a grans trets, per uns hiverns amb temperatures suaus i estius calorosos i secs. La pluviometria és molt irregular. La presència de la massa d'aire mediterrània modera les



temperatures alhora que pot originar pluges torrencials a la tardor, especialment a la zona litoral i prelitoral. A mida que s'avança cap a l'interior les característiques tèrmiques i pluviomètriques es modifiquen, generalment augmentant l'amplitud tèrmica i disminuint les precipitacions. Així, a la depressió Central els hiverns són freds i abunden les boires d'inversió tèrmica, mentre que els estius són molt calorosos i secs. A les zones de muntanya les temperatures són més baixes i les precipitacions més abundants. Al Pirineu Oriental l'estació més plujosa és l'estiu, degut al gran nombre de tempestes estivals. Per una altra banda, la posició de Catalunya entre Euràsia i Àfrica i a la frontera entre les masses d'aire tropical i polar, fa que es vegi afectada per entrades d'aire fred procedents del nord o d'aire calent procedents del sud, ocasionant sobtades baixades o pujades de temperatures.”

- o Per tant, les precipitacions poc abundants però intenses i irregulars del clima mediterrani és un paràmetre que defineix el règim fluvial català i que determina el risc d'inundació:
 - d'una banda hi ha pluges causades per fronts atlàntics de característiques suaus amb una resposta fluvial lenta,
 - de l'altra hi ha situacions de tempestes amb una curta durada però de forta intensitat, amb una resposta fluvial ràpida.

Atès que per motiu de l'orografia les conques internes es caracteritzen per ser petites i existeixen cursos fluvials de poca extensió a les zones de muntanya i del litoral (torrents i rieres respectivament), les grans aportacions d'aigua en poc temps abans descrites determinen l'elevada probabilitat d'inundació ja que les conques no tenen capacitat per absorbir els cabals de precipitació.

- Territori

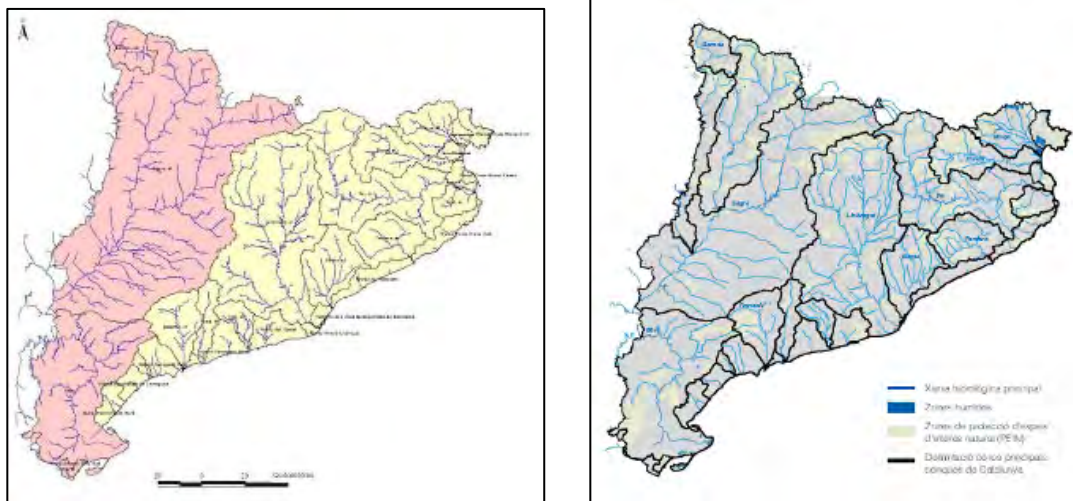
- o Catalunya es configura com un espai de gran concentració d'elements orogràfics i geomorfològics singulars. De forma molt resumida, podem considerar no només els Pirineus al límit nord del territori administratiu, sinó també els massissos i serralades intermedis com ara la del Litoral i la del Prelitoral, i també altres elements singulars com el massís de Montserrat. Cal considerar també els territoris pre-pirinencs, les planes de Vic i de Lleida, el territori costaner o del litoral i els àmbits diferenciats de la Val d'Aran, de l'Empordà i de les Terres de l'Ebre, entre d'altres.

Aquesta marcada orografia en alguns punts del territori és la que determina l'existència d'un important nombre de petits cursos fluvials, especialment al litoral, que configuren conques de poca capacitat. Quan aquestes conques se sotmeten a les precipitacions de gran intensitat típiques de la tardor i primavera mediterrànies, conflueixen els factors que determinen importants inundacions de caràcter sobtat i violent.

- o El territori es configura en dues vessants:
 - L'Atlàntica per la Garona i els seus tributaris
 - La Mediterrània: conques internes i conca de l'Ebre.
- o El conjunt de conques al territori català es divideix en:
 - Conca de l'Ebre: amb grans longituds fluvials, a excepció de les zones d'alta muntanya, té un caràcter molt diferenciat de les conques internes. La conca es subdivideix en les següents:



- De ponent: Segre, Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorçana.
- De l'Ebre: des de Mequinensa a la desembocadura
- Conques internes: caracteritzat per conques petites, amb l'excepció d'alguna conca mitjana, i per la presència de rieres i torrents al litoral amb una longitud molt reduïda. Es poden subdividir en:
 - Conques del nord: Muga, Fluvià, Ter i Tordera
 - Conques del centre: Besòs, Llobregat i Foix
 - Conques del sud: Gaià i Francolí



Divisió entre conques internes i de l'Ebre (esquerra) i subconques (dreta). Font: INUNCAT.

- Ocupació i usos del sòl.
 - o L'ocupació del territori català és molt intensa amb una densitat mitjana de població de 230 habitants / km², que és 2,5 vegades superior a la mitjana de la Comunitat Europea.

La densitat és especialment elevada a les comarques de l'àrea metropolitana de Barcelona amb valors a l'entorn dels 1.500 habitants / km², excepte el Barcelonès on la densitat s'eleva fins als 15.000 habitants / km². També és important a la conurbació central del Camp de Tarragona, a l'entorn de les capitals més importants de la Catalunya Central (Manresa, Vic i Igualada) i a les capitals comarcals. Aquesta gran ocupació determina un augment del valor del risc d'inundacions, ja que l'exposició dels elements vulnerables al perill d'inundació és molt important. Cal considerar que en molts d'aquests àmbits d'alta densitat de població existeix un perill d'inundació considerable i associat a les avingudes ràpides en rieres.
 - o L'activitat d'ocupació del sòl genera la modificació del cicle hidrològic i es contribueix d'aquesta forma a un increment no només del perill sinó també de la vulnerabilitat d'algunes estructures de forma que en determinades situacions el perill d'inundació deriva directament de la intervenció humana.

En general, a Catalunya les inundacions són més habituals als mesos de setembre, octubre i novembre, és a dir, a la tardor, tot coincidint amb l'època de més pluges. També són freqüents les inundacions a l'hivern i a la primavera en funció de la part del territori que s'analitzi.



Concretament, l'anàlisi històrica del Pla Especial d'Emergències per Inundacions a Catalunya (INUNCAT) conclou que pel que fa a les inundacions fluvials:

- Els mesos de setembre, octubre i novembre, la tardor, són els mesos que hi ha més avingudes, un 56% a les conques internes i un 49% a la conca de l'Ebre.
- A la conca de l'Ebre la primavera és la segona estació en importància, 21%.
- A les conques internes l'hivern és la segona estació en importància, 19%.
- A nivell de Catalunya la seqüència d'estacions en importància és: tardor, hivern, primavera i estiu.
- A les conques internes la seqüència d'estacions en importància és: tardor, hivern, primavera i estiu.
- A la conca de l'Ebre la seqüència d'estacions en importància és: tardor, primavera, estiu i hivern.

Aquesta diferència entre les dues conques és deguda a que les conques internes estan sota la influència de la meteorologia mediterrània, mentre que la conca de l'Ebre per una meteorologia més atlàntica, malgrat a la part baixa també per la mediterrània.

D'altra banda, sovint les **inundacions marítimes** se segreguen del concepte d'inundació i s'associen al de temporals de mar i ventades a les façanes marítimes. En realitat, els fenòmens d'inundació marítima formen part de la gestió unitària del risc d'inundació, no només d'acord a la normativa en la matèria vigent, sinó també perquè la fenomenologia manté una clara similitud i paral·lisme, amb planificació de la protecció i intervenció molt similar. Matèria a part ha de ser els efectes sobre les activitats marítimes (pesca i transport marítim) independentment de si es generen o no inundacions.

Per llevantades cal entendre els episodis on es combinen pluges intenses, vents entre NE i E i onatge superior a 2 metres. En el seu conjunt aquests episodis provoquen inundacions marítimes o a la costa.

Cal tenir en compte que l'extensió de la franja del litoral català és de l'entorn de 600 km, i que aquest litoral té una ocupació urbana important de nord a sud i especialment a l'entorn de Barcelona i Tarragona. Aquesta extensió i ocupació genera un risc d'inundació marítima no menyspreable i anualment els temporals de mar i altres fenòmens d'inundació marítima generen importants pèrdues econòmiques, especialment pel que fa a la reconstrucció de platges i passeigs marítimes. Cal incidir en el fet que el caràcter marítim i no oceànic mediterrani determina la no existència de plenamars importants, de forma que els litorals no estan sempre preparats per a les pujades de nivell del mar que generen les posteriors inundacions. L'anàlisi històrica recollida al pla d'emergències INUNCAT ens indica que es donen preferentment a la primavera i a la tardor, és a dir, a les estacions de transició.

Finalment, el risc d'inundacions també recull el risc de **trencament d'embassaments**. A Catalunya existeix un gran nombre de pantans, embassaments o preses construïdes a mitjans del segle XX i amb anterioritat als anys 70 a excepció d'alguns casos més recents com el de la presa de Rialb de principis del segle XXI. Les hipòtesis d'inundació pels embassaments poden ser pel desguàs reguladori de cabals d'aigua, però especialment per l'averia o el trencament de la presa, hipòtesi poc probable però d'efectes devastadors en una àmplia part del territori aigües avall dels embassaments.



Superior: Inundacions a l'Escala, Tossa de Mar, a l'any 2008. Font: EFE

Inferior: Inundacions del passeig marítim de Lloret de Mar a l'any 2002. Font: Felip Carbonell (tècnic de protecció civil municipal)



Presa de Sant Ponç. Font: DGPC



3.11.2. Descripció de l'índex del risc.

El Pla especial d'emergències per inundacions a Catalunya (INUNCAT) recull un índex de **risc d'inundacions semiquantitatiu** que té en compte tant elements probabilístics (o períodes de retorn) com dels efectes (model determinista) i que permet establir un **valor qualitatiu de risc municipal**. Aquesta anàlisi estableix cinc nivells de risc: molt alt, alt, mitjà, moderat i baix. El valor depèn del nombre d'afectats i de pèrdues econòmiques potencials, del tipus i nombre d'elements vulnerables exposats (població a l'interior de les diferents zones inundable) i de la perillositat intrínseca de la conca.

Alhora, el pla d'emergències INUNCAT recull les zones de perill d'inundació, elaborades a través de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), que són les següents:

- Zones inundables per hidrologia i hidràulica derivades de l'estudi de pluges excepcionals dels períodes de retorn (per tant, freqüència) de 50, 100 i 500 anys.
- Zones inundables segons criteris geomorfològics, és a dir, segons interpretació del terreny i que inclou els cons de dejecció.
- Zones inundables per averies o trencament de preses.
- Punts d'actuació prioritària (punts negres al redactat de l'INUNCAT) que són aquells indrets on amb freqüència les inundacions produeixen afectacions.
- Determinació de la velocitat de resposta (temps de trànsit) en alguns trams de determinades conques.
- Determinació de la "perillositat intrínseca" de les conques.

Aquestes zones també queden recollides al Mapa de Protecció Civil com a representació de l'índex de risc (en aquest cas de perill).

Finalment, l'INUNCAT incorpora uns càlculs de vulnerabilitat previs a la determinació de l'índex de risc qualitatiu municipal, malgrat s'exclouen de l'àmbit del Mapa de Protecció Civil.

3.11.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.11.3.1. *Determinació de les zones i índexs de perill d'inundació.*

Les zones de perill d'inundació recollides al pla d'emergències INUNCAT han estat definides per l'Agència Catalana de l'Aigua amb la participació dels serveis tècnics de protecció civil.

A) Zones inundables per criteris geomorfològics

L'estudi geomorfològic és una interpretació visual del terreny (relleu i morfologia) i es desenvolupa a partir d'estudis d'avingudes, fotografies aèries i visites de camp, que permeten una anàlisi del territori adjacent al sistema fluvial que ha patit inundacions anteriorment. Els estudis complementen les simulacions hidràuliques ja que permeten detectar alguns elements no parametrizables en els algorismes. Per contra, no permeten en general establir períodes de retorn o freqüències ni dades concretes de velocitats i cabals.



Zona inundable segons criteris geomorfològics que afecta població. Font: INUNCAT.

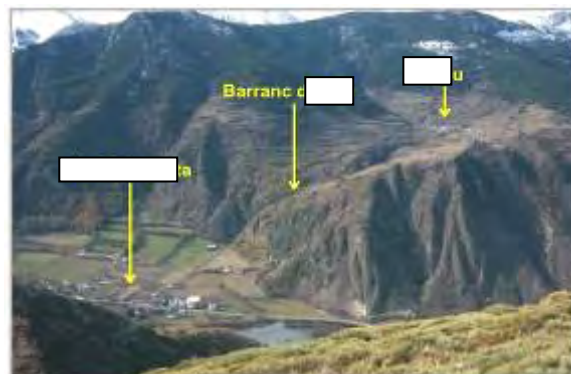
La determinació de les zones inundables d'acord a criteris geomorfològics es realitza d'acord als estudis de l'Agència Catalana de l'Aigua relatius a la geomorfologia per a la delimitació de zones inundables a escala 1:50.000 de les conques internes i conques intercomunitàries, als estudis de detall de geomorfologia (escala 1:5.000) d'algunes conques, i també mitjançant les bases hidrogràfiques, topogràfiques, altimètriques, geològiques i de risc geològic de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i de l'Institut Geològic de Catalunya.

Ha calgut unificar els diferents estudis d'escala diferent i, un cop definit el contorn de les diferents zones inundables, s'ha pogut determinar els calats a partir de la base de dades d'altimetria amb pas de malla de 15 m.

La determinació dels cons de dejecció, com a part dels estudis de fenòmens de geomorfologia, s'ha realitzat a partir de la identificació de les formacions geomorfològiques que es poden identificar com a tals. Les condicions geomorfològiques necessàries són: ruptura del pendent a l'extrem superior del con, que pot baixar del 15 – 30% al barranc al 5 – 10 % al con, afavorint la deposició dels materials sòlids.

S'han identificat un total de 964 cons a Catalunya, repartits entre 213 municipis i la major part (més del 60%) s'identifiquen a la demarcació de l'Alt Pirineu i Aran, a les comarques dels Pallars i l'Alta Ribagorça.

S'han identificat un total de 964 cons a Catalunya, repartits entre 213 municipis i la major part (més del 60%) s'identifiquen a la demarcació de l'Alt Pirineu i Aran, a les comarques dels Pallars i l'Alta Ribagorça.



Con de dejecció: modelització i perfil geomorfològic, i els efectes del con l'any 1982. Font: INUNCAT.

B) Zones inundables d'acord a l'anàlisi hidrològica – hidràulica.

La determinació de zones inundables d'acord a l'anàlisi hidrològica i hidràulica suposa d'una banda l'estudi dels cabals dels rius per a diferents períodes de retorn (hidrologia) i de l'altra la determinació dels calats i velocitats que es corresponen als cabals concrets (hidràulica).

La determinació **hidrològica** dels cabals depèn de les precipitacions, en especial les màximes i corresponents a determinats períodes de retorns o freqüències, de manera que es requereix l'estudi de les sèries històriques de precipitacions. Alhora es requereix la caracterització homogènia de les conques tot definint subconques a partir del model digital del terreny i finalment la modelització hidrològica mitjançant algorismes complexos implementats en softwares de simulació (en el cas de l'INUNCAT el model hidrològic HEC – HMS) i que tenen com a resultat els cabals associats a les precipitacions concretes. Atès que les precipitacions estan associades a un període de retorn o freqüència, els cabals corresponen a períodes de retorn concrets o freqüències (probabilitat).

La determinació **hidràulica** de les velocitats i calats es realitza per a la xarxa fluvial primària de Catalunya tot corresponent a una longitud total d'uns de 2.000 km i als rius següents: l'Ebre, el Francolí, el Gaià, el Foix, el Llobregat, el Besos, la Tordera, el Ter, el Daró, el Fluvià i la Muga. L'escala corresponent als estudis és 1:50.000 i d'aquí la limitació del seu abast als cursos



fluvials principals. S'estudia el terreny per a obtenir les seccions de les conques fluvials on determinar la velocitat i calat a partir de la combinació dels paràmetres de la secció amb els cabals màxims obtinguts a l'anàlisi hidrològica i mitjançant un model matemàtic que incorpora l'algorisme de simulació o modelització (en el cas de l'INUNCAT el model HEC-RAS). Atès que els cabals emprats en el model estan vinculats a períodes de retorn, el resultat de la modelització hidràulica, velocitat i calat, també ho estarà.



Zones inundables per a períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys. Font: INUNCAT.

C) Càlcul dels temps de trànsit.

Es determinen els temps de trànsit (arribada o velocitat de la inundació) relacionant la morfologia de les lleres amb la velocitat amb la qual es trasllada el front d'ona d'una avinguda, la qual s'aproxima a la velocitat d'una ona cinemàtica (Lighthill i Whitham 1955).

La informació de partida és la dels models hidràulics i hidrològics de l'Agència Catalana de l'Aigua per a la delimitació de les zones inundables abans descrites. A més d'aquesta informació també es disposa dels hidrogrames d'avingudes històriques i dels temps de trànsit calculats a partir de les darreres avingudes.

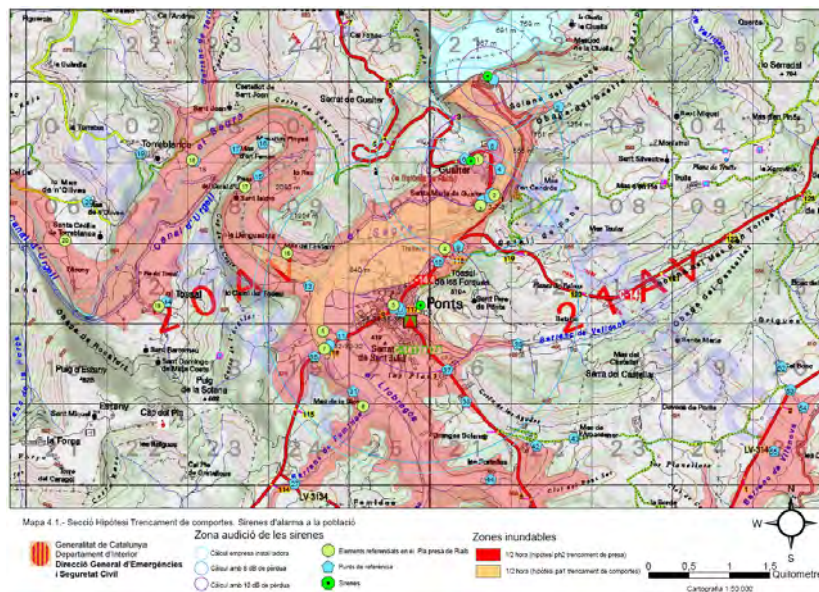
Es determina la celeritat d'una ona cinemàtica teòrica i que depèn del calat, cabal i amplada del canal o secció. La velocitat de l'avinguda es dedueix com a 3/5 de la celeritat de l'ona cinemàtica. Posteriorment el riu Ter es va seccionar cada 500 m i es va determinar el pendent mitjà de cada secció i alhora la velocitat a partir de l'ona cinemàtica per a diferents períodes de retorn. El resultat són expressions matemàtiques que relacionen la velocitat amb el pendent per a diferents períodes de retorn.

Per a cada tram fluvial estudiat el temps de trànsit s'ha deduït a partir de la velocitat associada al pendent mitjà del tram i al període de retorn concret al que s'associa i posteriorment de la relació entre velocitat i temps en funció de la distància del tram estudiat (temps = distància / velocitat).

D) Zones inundables per trencament o avaria de preses.

La determinació de zones inundables per trencament o avaria de preses, es realitza d'acord a les característiques concretes de cada infraestructura (condicions de l'embasament, perfil, volums i calats) i els supòsits de trencament o avaria.

Es determinen els aspectes hidràulics de la zona inundable (calat i velocitat) així com els temps d'arribada de l'ona que produeix el trencament. Es delimiten les àrees inundables progressivament cada hora a excepció de les dues primeres que són semihoràries.



Zones inundables per l'embassament de Rialb. Font: INUNCAT.

E) Punts d'actuació prioritària (punts negres).

Es defineixen a partir de l'experiència acumulada per l'Agència Catalana de l'Aigua i amb la informació procedent d'entrevistes realitzades a personal de diferents estaments territorials i operatius així com a partir de visites als elements del territori que caracteritzen el funcionament hidràulic dels rius. Identifiquen punts on habitualment es produeixen afectacions importants per motiu d'inundacions i estan recollits en un catàleg pel pla INUNCAT. Alhora, actualment s'està desenvolupament una plataforma tecnològica per a la identificació i gestió d'aquests punts per part de les administracions locals i els operatius, i que podrà integrar-se en el MPCC posteriorment.

F) Altres determinacions.

- *Perillositat intrínseca de la conca.*

Es classifiquen les conques de forma qualitativa segons la pluja extrema característica associada i la forma de resposta a aquesta pluja de la conca, que depèn de la seva geomorfologia. Es determina per a totes les conques que han estat sotmeses a anàlisi hidrològica i s'ha aplicat una expressió que relaciona la pluviometria d'una zona concreta amb la seva morfologia.

- *Índex de persones i índex d'edificacions.*

Els índexs es basen en la quantificació a nivell municipal de la superfície afectada per les diferents zones de perill d'inundació i en funció del seu calat d'inundació i del període de retorn al que correspon, tot tenint en compte el tipus d'element vulnerable present. Aquests índexs responen a les indicacions d'índex de risc recollides a la Directriu Bàsica de Planificació de Protecció Civil davant del Risc d'Inundacions (aprovada per Resolució de la Secretaria d'Estat d'Interior, de 31 de gener de 1995).

3.11.3.2. Determinació de la vulnerabilitat.

La vulnerabilitat generada per inundacions depèn dels paràmetres característics de la inundació següents:



- Calat (alçada)
- Velocitat
- Durada de l'afectació.
- Concentració de sediments.

Tanmateix, atesa la no disponibilitat d'aquestes dades per a totes les zones de perill d'inundació, la vulnerabilitat es va deduir només a partir del calat de l'aigua, sí disponible com a resultat de l'anàlisi hidràulica.

Es va determinar la vulnerabilitat d'acord a:

- La valoració de pèrdues tangibles:
Valoració monetària a partir de corbes genèriques que relacionen l'alçada de l'aigua amb els danys (% d'afectació del territori) segons el tipus d'ús del sòl, i posteriorment l'estimació econòmica dels costos en funció del tipus concret d'ús:
 - o Habitatges (depenent del tipus d'habitatge (plantes) i de la valoració de l'estructura concreta).
 - o Usos industrials (preu unitari per m2).
 - o Càmpings (preu unitari per m2).
 - o Zones agrícoles (preu per m2 variable segons l'ús agrícola concret).
- L'estimació de la població ubicada en zones inundables.
- L'estimació dels quilòmetres de vies de comunicació susceptibles d'ésser inundats a cada municipi.

3.11.3.3. *Risc municipal.*

El risc d'inundació municipal de caràcter qualitatiu o semiquantitatiu, que incorpora càlculs probabilístics i deterministes, i que té en compte factors d'afectació, d'exposició dels elements vulnerables i de perillositat intrínseca, es va establir d'acord als criteris següents:

- Municipis amb risc **Mot Alt**, són aquells en què:
 - o Hi ha més de 250 persones ubicades en àrea inundable i els danys monetaris són superiors a 60.000 euros.
 - o Hi ha més de 250 persones, els danys monetaris són inferiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és greu o moderada.
 - o Hi ha entre 50 persones i 250 persones ubicades en àrea inundable, els danys monetaris són superiors a 60.000 euros, la perillositat de la conca és greu i l'índex de persones i l'índex d'edificacions és superior a 7.
- Municipis amb risc **Alt**, són aquells en què:
 - o Hi ha entre 50 persones i 250 persones en àrea inundable, els danys monetaris són superiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és lleu o moderada.
 - o Hi ha entre 50 persones i 250 persones en àrea inundable, els danys monetaris són superiors a 60.000 euros, la perillositat de la conca és greu i l'índex de persones o l'índex d'edificacions és menor que 7.
 - o Hi ha entre 25 i 50 persones en àrea inundable, els danys monetaris són superiors a 60.000 euros, la perillositat de la conca és greu, l'índex de persones i l'índex de directriu és superior a 7.



- o Hi ha entre 50 persones i 250 persones ubicades en àrea inundable, els danys monetaris són inferiors a 60.000 euros, la perillositat de la conca és greu o moderada.
 - o Hi ha més de 250 persones ubicades en àrea inundable, els danys monetaris són inferiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és lleu.
- Municipis amb risc **Mitjà**, són aquells en què:
 - o Hi ha entre 25 i 50 persones en àrea inundable, el danys monetaris són superiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és lleu o moderada.
 - o Hi ha entre 25 i 50 persones, els danys monetaris són superiors a 60.000 euros, la perillositat de la conca és greu i l'índex de persones o l'índex d'edificacions és menor que 7.
 - o Hi ha entre 25 i 50 persones ubicades en àrea inundable, els danys monetaris calculats són inferiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és greu o moderada.
 - o Hi ha entre 50 i 250 en àrea inundable, els danys calculats són inferiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és lleu.
- Municipis amb risc **Moderat**, són aquells en què:
 - o Hi ha entre 5 i 25 persones en àrea inundable i existeixen danys monetaris.
 - o Hi ha entre 25 i 50 persones en àrea inundable, els danys calculats són inferiors a 60.000 euros i la perillositat de la conca és lleu.
 - o Hi ha menys de 5 persones en àrea inundable, existeixen danys monetaris i la perillositat de la conca és greu o moderada.
- Municipis amb risc **Baix**, són aquells en què:
 - o Hi ha menys de 5 persones en àrea inundable i la perillositat de la conca és lleu.
 - o Municipis en els que no existeixen danys monetaris, ni afectació a vies de comunicació i en els que l'afectació a persones és molt petita.
 - o Municipis en que no es produeix afectació a persones i els danys són molt petits.
 - o Municipis en els que a partir de les dades disponibles de geomorfologia i estudi hidràulic, no s'ha detectat cap afectació en quant a generació de danys, afectació a persones ni a vies de comunicació.

3.11.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

D'acord al pla INUNCAT, els municipis amb major risc d'inundació es troben a la franja costanera (litoral) per motiu de les rieres, però també a l'interior a les conques dels grans rius, malgrat el comportament de les inundacions en un i altre cas sigui clarament diferent.

Pel que fa a la distribució territorial l'INUNCAT indica:

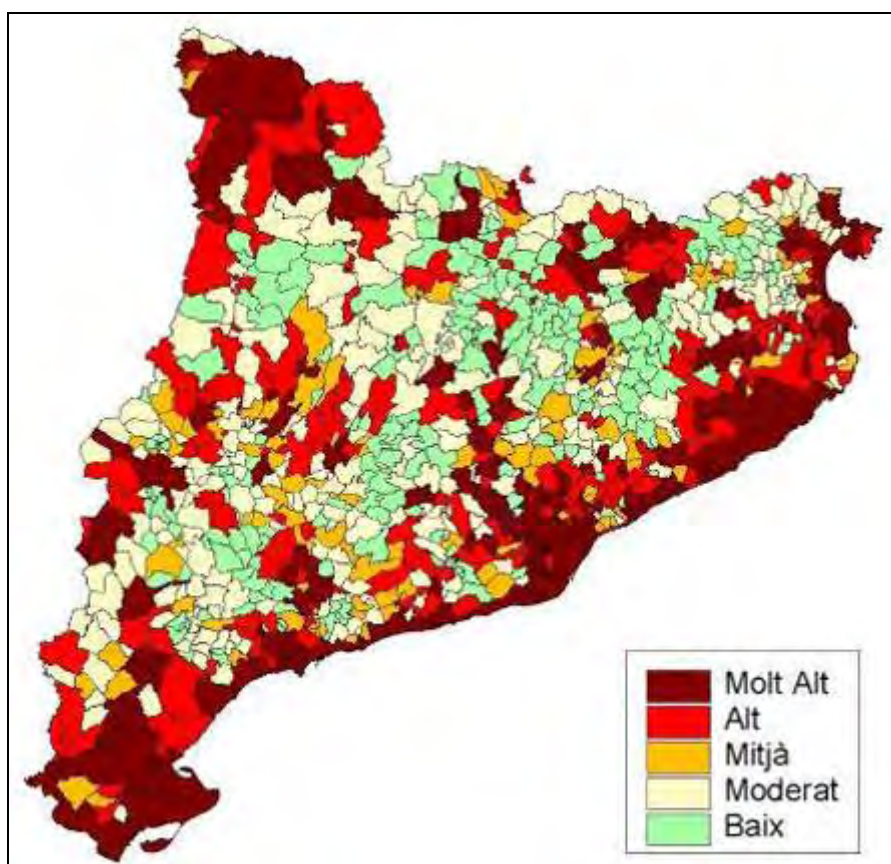
- Girona havia estat la ciutat més afectada per la confluència del riu Ter i l'Onyar. A partir de la construcció del pantans de Sau i Susqueda el règim està canviant.
- La segona zona més afectada és la del Delta del Llobregat i en especial la població del Prat de Llobregat.



- Tortosa i Lleida són les altres zones més afectades, per l'Ebre i pel Segre respectivament.

La tipologia dels municipis en funció del risc determinat a l'INUNCAT queda distribuïda de la manera següent:

- Municipis amb risc molt alt: 200 (21%)
- Municipis amb risc alt: 180 (19%)
- Municipis amb risc mitjà: 108 (11%)
- Municipis amb risc moderat: 260 (28%)
- Municipis amb risc baix: 198 (21%)



Risc municipal d'inundacions. Font: INUNCAT.

Els criteris de planificació d'emergència municipal per risc d'inundació determinen l'afectació a 753 municipis catalans (el 80% del total), dels quals 501 en el nivell més alt (53% dels municipis catalans) i 252 en l'inferior (27% del total de municipis catalans).

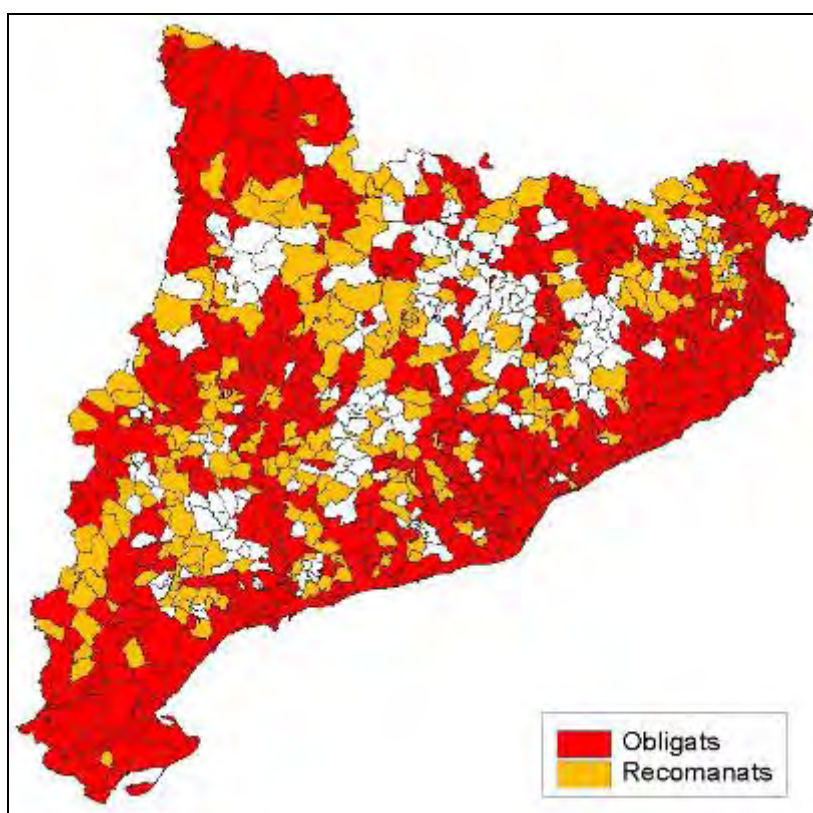
La distribució territorial és la següent:

- Alt Pirineu i Aran. 62 municipis afectats (81%): 38 obligats (50%) i 24 recomanats (31%).
- Barcelona. 139 municipis afectats (85%): 121 obligats (74%) i 18 recomanats (11%).
- Catalunya Central. 99 municipis afectats (60%): 54 obligats (33%) i 45 recomanats (27%).



- Girona. 183 municipis afectats (88%): 131 obligats (63%) i 57 recomanats (25%)
- Lleida. 116 municipis afectats (78%): 57 obligats (38%) i 59 recomanats (40%).
- Tarragona. 102 municipis afectats (78%): 59 obligats (45%) i 43 recomanats (33%)
- Terres de l'Ebre. 52 municipis afectats (100%). 41 obligats (79%) i 11 recomanats (21%).

La demarcació més afectada percentualment és Terres de l'Ebre (100%), seguida de Girona (88%), Barcelona (85%) i Alt Pirineu i Aran (81%), amb valors similars. La menys afectada és la Catalunya Central (60%). Entremig se situen Lleida i Tarragona (78% ambdues). Pel que fa als municipis obligats (els de major risc), la major afectació se situa a la demarcació de Terres de l'Ebre (79%) seguida de la demarcació de Barcelona (74%) i Girona (63%).



Planificació municipal per inundacions. Font: INUNCAT.

Cal tenir en compte que els resultats anteriors es poden veure modificats per motiu dels elements següents:

- Planificació d'Espais Fluvials (PEF)

Els estudis de detall d'inundacions que l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) està desenvolupant en el marc de la Planificació d'Espais Fluvials (PEF), ja que atès que estan elaborats sobre la base d'una escala de major detall que la de les zones inundables que incorpora actualment el pla INUNCAT, pot modificar aquestes últimes i per tant dels municipis afectats per risc d'inundació.

- Plans de preses.

L'anàlisi de risc d'inundació per trencament o avaria que incorporen els plans d'autoprotecció de les preses (embassaments i pantans) i que s'estan desenvolupant



actualment d'acord a la normativa vigent, poden suposar la incorporació de nous municipis com a afectats pel risc d'inundació.

- Plataforma tecnològica per als punts d'actuació prioritària (punts negres).

Permet la validació dels diferents punts negres o punts d'actuació prioritària a partir de les actuacions dels diferents operatius i tècnics i especialment dels municipis i del seu coneixement de l'anàlisi històrica d'inundacions. També permetrà introduir nous punts i corregir els existents.

3.11.5. Prevenició del risc.

3.11.5.1. *Introducció*

El risc d'inundacions és un risc natural per al que s'estableixen concrecions preventives en el reglament de desenvolupament de la llei d'urbanisme (article 5 del Decret 305/2006). Aquestes regulacions són relatives a la restricció i prohibició de determinats usos del sòl a les zones inundables de menor període de retorn (les més freqüents). S'estableixen, també, especials restriccions a les activitats de càmping per motiu de la seva especial vulnerabilitat.

Tanmateix, aquestes regulacions responen més a la preservació dels àmbits sotmesos a risc d'inundacions i a la no modificació dels sistemes fluvials (en el sentit de no incrementar el perill per l'explotació del sòl, tal i com es descriu al primera apartat), i per tant a l'àmbit sectorial del risc d'inundació i la hidràulica, però no tant als aspectes operatius de gestió d'emergències i d'aplicació de mesures d'autoprotecció.

Així, la Resolució IRP/971/2010 incorpora criteris preventius per al control de la compatibilitat de nous elements vulnerables amb la gestió del risc d'inundacions. Aquests criteris es basen en les regulacions previstes al reglament d'urbanisme abans esmentat, però adaptant-los als aspectes operatius de gestió d'emergències.



Zones d'acampada implantades a banda i banda de la Garona. Font: ICC.

3.11.5.2. *Control de la implantació de nous elements vulnerables.*

Els criteris estan recollits a la Resolució IRP/971/2010, de 31 de març, per la qual es dóna publicitat als criteris per a l'elaboració dels informes referents al control de la implantació de nous elements vulnerables compatibles amb la gestió dels riscos de protecció civil.



L'estratègia se centra en el control de la implantació de nous elements vulnerables compatible amb el risc d'acord a criteris de capacitat operativa, com en el cas dels altres riscos considerats en aquest control. Aquesta capacitat està condicionada per la celeritat i intensitat potencial de l'emergència i per la proximitat dels elements vulnerables al focus de l'emergència. Per tant, en el cas de les inundacions el condicionament de la capacitat de protecció i autoprotecció està determinat per la velocitat i calat de l'aigua així com pel temps de trànsit (o velocitat d'arribada de la inundació).

D'acord a l'anàlisi de risc d'inundacions disponible al pla INUNCAT (zones de perill d'inundació) i a les regulacions que estableix el reglament d'urbanisme es va considerar una única zona d'assegurament de la capacitat d'autoprotecció definida per diverses subzones on es va establir el control de compatibilitat amb la gestió del risc següent:

A) Zones inundables amb període de retorn de 50 i 100 anys (hidrologia – hidràulica).

No són compatibles amb la gestió del risc d'inundacions, les previsions de desenvolupament urbanístic amb implantació d'elements vulnerables (edificació residencial, edificis de pública concurrència o àmbits d'oci en general) a l'interior de zones inundables per a períodes de retorn de 50 i 100 anys quan la inundació sigui ràpida.

Es considerarà inundació ràpida quan els temps de trànsit siguin inferiors a 2 hores. Es podran considerar valors inferiors en casos concrets quan les mesures preventives permetin una detecció primerenca de la inundació i l'avís especialment ràpid a la població, o quan aquestes mesures siguin de caràcter estructural i disminueixin la vulnerabilitat.

Per a les inundacions no ràpides i amb períodes de retorn de 50 i 100 anys s'aplicaran les mesures de control corresponents a les zones amb període de retorn de 500 anys.

B) Zona inundable amb període de retorn 500 anys (hidrologia - hidràulica).

Compatibilitat supeditada a la previsió de mesures estructurals concretes que permetin garantir l'autoprotecció i seguretat de la població, i que han de ser com a mínim les següents:

- Sistemes de drenatge específicament dissenyats pels cabals de les zones inundables per període de retorn de 500 anys o altres sistemes de mitigació o prevenció dels efectes de les inundacions.
- No construcció de baixos, garatges ni zones en general a cota inferior a la carrer.
- Existència de com a mínim dues vies d'evacuació independents en els elements nous urbans unitaris previstos (és a dir, en el conjunt d'un sector de desenvolupament en sòl urbanitzable).

Garantir l'autoprotecció de la població suposa poder assegurar que la població té temps suficient com per a poder ser avisats per part de l'administració pública per tal de realitzar les mesures d'autoprotecció generals en front d'inundacions, abans de l'arribada del propi fenomen d'inundació. Alhora, s'ha de garantir que un cop la inundació estigui afectant la població, aquesta no pateix danys (tot tenint en compte que han aplicat les mesures d'autoprotecció). Les mesures preventives no poden ser mai l'elaboració de protocols d'emergència (ja siguin plans d'autoprotecció, plans d'emergència municipal o qualsevol altre tipus de pla d'emergència), ja que aquests s'han d'elaborar en el cas de que el perill i el risc d'inundació es consideri acceptable en base a les mesures preventives abans referides. L'assegurament de l'autoprotecció requereix un estudi de detall 1:1.000 del perill d'inundacions a l'àmbit d'implantació de nous elements vulnerables, i especialment en el cas de desenvolupament en sòl urbanitzable, de forma que es valori l'afectació als nous elements vulnerables però també la modificació del perill d'inundació als existents.



Així, d'acord amb la normativa en matèria d'urbanisme, cal indicar que en la zona inundable per a períodes de retorn de 500 anys, la compatibilitat dels desenvolupaments resten supeditades *"a l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades per a la implantació de l'ordenació i usos establerts per l'indicat planejament. En qualsevol cas, l'execució d'aquestes obres ha de constituir una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys."*

C) Zones inundables segons criteris geomorfològics.

La compatibilitat resta supeditada a la previsió de mesures estructurals concretes que permetin garantir l'autoprotecció i seguretat de la població, en el mateix sentit que es descriu a l'apartat anterior per a les zones inundables amb períodes de retorn de 500 anys.

Pel que fa als cons de dejecció actius no es considera viable la implantació de cap element vulnerable al seu interior, en atenció a l'especial intensitat potencial dels seus efectes.

D) Punts d'actuació prioritària o punts negres.

S'hauran de tenir en compte en les previsions d'implantació de nous elements vulnerables, especialment en els desenvolupaments en sòl urbanitzable, en relació a evitar situacions d'indefensió de la població per motiu d'inundacions ràpides i sobtades.

E) Infraestructures.

Les infraestructures a desenvolupar en qualsevol àmbit afectat per inundacions (tant per períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys com per criteris geomorfològics) han de preveure en el seu disseny que poden suportar els efectes de les inundacions sense patir danys estructurals greus, segons les característiques concretes de perill d'inundació.

F) Delta de l'Ebre i altres zones especials.

Cal preveure estratègies específiques per als àmbits ubicats als deltes, especialment en el cas del Delta de l'Ebre, per motiu de les característiques específiques de les seves inundacions. Aquestes especificitats es poden aplicar a altres zones concretes on es justifiqui l'especificitat del comportament de les inundacions. En tot cas, cal mantenir el criteri de compatibilitat amb la gestabilitat d'emergències, amb les especificitats de cada cas.

G) Excepcions per vulnerabilitat.

Es podran establir criteris d'excepció del control de la compatibilitat en els casos en que es pugui justificar que la implantació de nous elements vulnerables no suposa un increment significatiu de la vulnerabilitat.

3.11.5.3. Campanyes de risc d'inundacions.

A les mesures preventives anteriors cal afegir les campanyes de risc d'inundacions que la Direcció General de Protecció Civil realitza amb la col·laboració d'ajuntaments i operatius d'emergència, prèviament a l'època de major risc d'inundacions (tardor).

En aquestes campanyes es reforça la necessitat d'una actuació preventiva del ciutadà amb la neteja dels punts de desguàs i les taulades per a evitar acumulacions d'aigua, així com evitar les actuacions que incrementen l'exposició al perill, com ara creuar guals, rieres o torrents en cas d'inundació. A més, es treballa amb els municipis tot elaborant un document de campanya d'inundacions que abasta no només la prevenció sinó també els aspectes de planificació, i on es recorden les diferents responsabilitats de l'administració i el ciutadà, així com els aspectes



claus del pla Inuncat, les seves fases d'activació i el significat dels avisos preventius (situacions meteorològiques de risc).



Pòster campanya inundacions 2009.



Díptic campanya inundacions 2009.

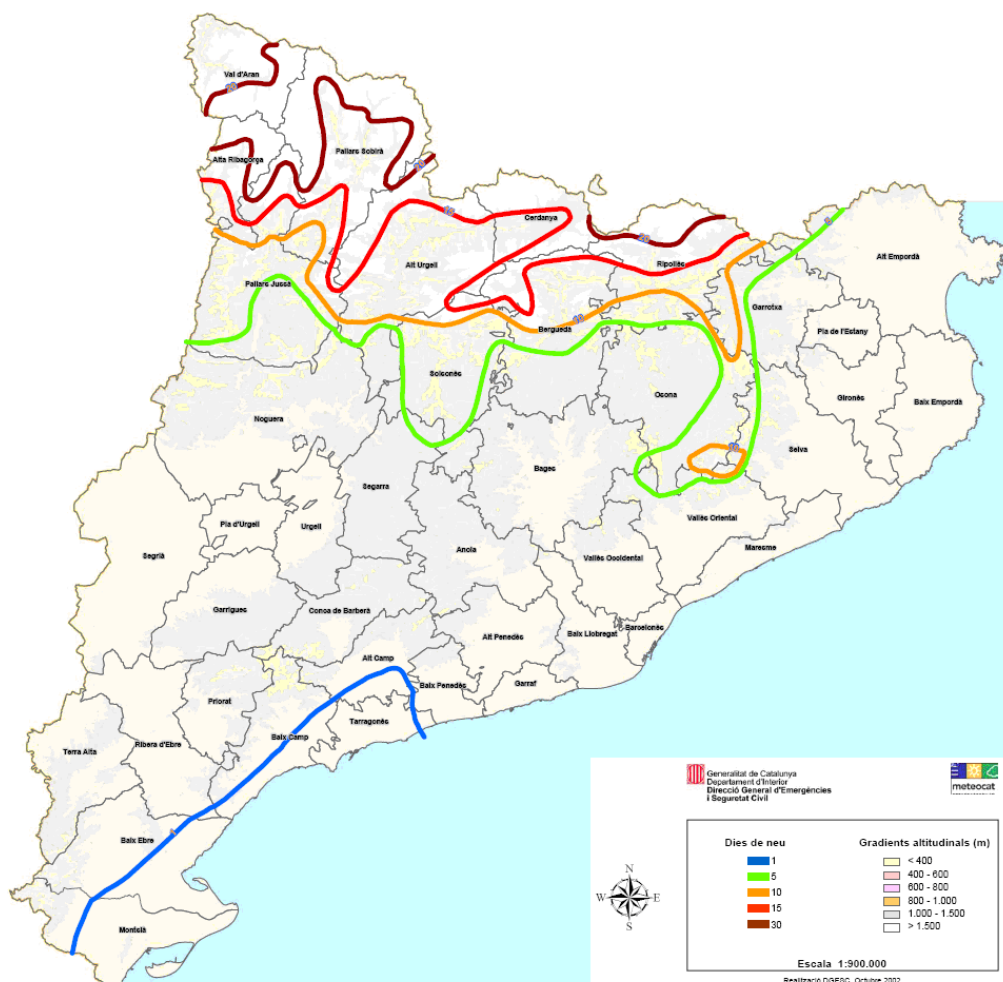


3.12. Risc de nevades.

3.12.1. Introducció: descripció del risc i referents

El risc de nevades és un dels riscos de protecció civil que es pot considerar no convencional, atès que no està vinculat a grans catàstrofes que generin potencialitat de víctimes mortals i pèrdues econòmiques directes per destrucció d'habitatges o edificis i estructures en general. Al contrari, és un risc molt vinculat a la vulnerabilitat actual de la societat envers els serveis i subministraments bàsics i envers la mobilitat a les àrees metropolitanes.

Les nevades són habituals a Catalunya, malgrat que la seva intensitat no és comparable als àmbits del centre o nord d'Europa. A les zones de muntanya i alta muntanya de les comarques prepirinenques i pirinenques els gruixos acumulats són importants, mentre que a la Catalunya Central es produeixen nevades menys intenses però també freqüents i al litoral i pre-litoral les nevades són ocasionals i de baixa intensitat. Precisament aquesta baixa freqüència és la que genera la vulnerabilitat del territori, tal i com passa en el cas d'altres fenòmens meteorològics com és el cas del vent.



Isòcrones de mitjana anual de dies amb precipitació de neu. Font: NEUCAT.

Les nevades als territoris poc avesats, és a dir, a les cotes baixes, produeixen des dels primers gruixos i per petits que siguin, molts problemes de mobilitat territorial. Quan les nevades s'intensifiquen es produeix el col·lapse del trànsit i del transport viari interurbà, l'afectació



important al ferroviari i també es poden anul·lar els transports aeris i fins i tot el trànsit urbà. Alhora, aquestes nevades poden arribar a afectar als subministraments bàsics, no només per l'anul·lació dels transport de mercaderies que abasteixen als centres logístics, mercats, comerços i activitats industrials, sinó també pel seu impacte directe en els sectors de producció i distribució d'aigua, telecomunicacions, combustibles i energia (com en el cas de les recents nevades del 8 i 9 de març de 2010 on el servei elèctric a bona part de Girona va quedar interromput pel trencament de torres elèctriques).



Màquina llevaneus al pas de la Jonquera. Font: Agència EFE.

En general, les nevades produeixen menys vulnerabilitat als àmbits de major perill, és a dir, on les nevades són més intenses, atesa la major preparació del territori tant a nivell estructural (les construccions ja tenen en compte els gruixos importants de neu) com social o d'organització (hi ha una convivència habitual amb la neu i per tant, unes actuacions sistemàtiques preventives). Als àmbits on les nevades no són freqüents ni intenses no existeix una dinàmica d'adaptació preventiva que permeti mantenir l'activitat normal en els episodis de nevades.



Barques nevades a Castelló d'Empúries. Font: Agència EFE.

3.12.2. Descripció de l'índex del risc.

L'índex de risc emprat és l'indicat al Pla Especial d'emergències per nevades a Catalunya (NEUCAT) i que té en compte la població municipal, pel que fa als aspectes de vulnerabilitat, i l'altitud del municipi pel que fa al perill (augment de la probabilitat de nevades amb l'altitud).

D'altra banda, el mapa també incorpora com a índex de risc els principals elements vulnerables que recull el pla NEUCAT i que són:



- Subestacions elèctriques.
- Instal·lacions de gas.
- Carreteres i infraestructures viàries prioritzades

3.12.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

Pel que fa la determinació de les característiques municipals que determinen la incidència del risc, es va considerar un criteri de perill a través de l'altitud i un de vulnerabilitat a través del nombre de població. El valor d'altitud es va fixar al pla en 400 m i el de població en 20.000 habitants, seguint un valor habitual en protecció civil (veieu l'apartat de risc bàsic). Les carreteres i infraestructures viàries prioritzades es van obtenir a partir dels treballs del grup d'ordre (Mossos d'Esquadra). Les informacions de subestacions elèctriques i instal·lacions de gas es van obtenir dels organismes responsables en cada cas.

3.12.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

Es va considerar que els municipis catalans afectats pel risc de neu són tots, atès que pot nevar en qualsevol part del territori català i que les nevades als municipis pocs avesats provoquen un impacte important, especialment si el municipi té un valor de població gran. El resultat és que 396 municipis catalans estan afectats de forma més important pel risc de nevades (42% del total).

Els criteris suposen que el 100% dels municipis de l'Alt Pirineu i Aran estan afectats pel risc de nevades en grau superior, el 81% dels de la Catalunya Central i a l'entorn del 30% dels municipis de les demarcacions de Barcelona, Lleida i Tarragona, mentre que a l'entorn del 20% dels municipis de Girona i només el 10% dels de Terres de l'Ebre.



*Esquerra: cables elèctrics caiguts a causa de la nevada. Font: Agència EFE / ROBIN TOWNSEND.
Dreta: torre elèctrica caiguda. Font: Agència EFE.*

3.12.5. Prevenició del risc

La prevenció del risc de nevades es realitza, fonamentalment, a través de les campanyes de nevades que la Direcció General de Protecció Civil, conjuntament amb els serveis d'emergència i ajuntaments, realitza prèviament al període de nevades. S'inclou material general per a la població i també consells específics per als conductors.



Triptic (part superior esquerra i dreta) i pòster (part inferior) de la campanya de nevades 2009.

Les actuacions incorporen també un document de campanya elaborat per a recordar als municipis les actuacions preventives necessàries, les seves obligacions i també el significat dels diferents avisos i activacions del pla Neucat.



3.13. Risc d'allaus.

3.13.1. Introducció: descripció del risc i referents

3.13.1.1. Descripció del risc d'allaus.

Una allau és una massa de neu que es desprèn i es precipita vessant avall a una velocitat superior a 1 m/s. Les allaus poden ser naturals o provocades per l'activitat humana de forma indirecta (per exemple durant la pràctica d'activitats de muntanya) o directa (allaus controlades o desencadenades artificialment). Les allaus, en funció de les seves característiques, poden arribar a afectar a la població habitual, especialment la situada al fons de les valls.

Les allaus es generen per motiu de la inestabilitat del mantell nival (neu dipositada als vessants). Aquesta inestabilitat és el resultat del balanç de les forces internes a què està sotmès el mantell nival i per tant depèn de les seves condicions físiques i mecàniques. Les allaus es desencadenen normalment a les zones pendents i especialment a les compreses entre 28 i 45°.

En general, les allaus acostumen a afectar les persones que realitzen activitats d'oci i/o professionals d'alta muntanya hivernal en zones no controlades. Tanmateix, cal tenir present que el risc d'allaus no es tracta d'un fenomen exclusiu de l'alta muntanya, sinó que en alguns casos les allaus poden arribar a baixar fins al fons de les valls, on sovint no es té la percepció adequada d'estar sotmesos a aquest risc.

Les allaus es caracteritzen a través dels paràmetres següents:

- Mida: determinada per l'allargada, el volum i el potencial destructiu. La mida de l'allau determina els possibles efectes i danys.

Mida	Zona d'arribada	Danys materials potencials	Dimensions
1 purga	Petita esclavissada de neu.	Relativament inofensius per a les persones	L < 50 m V < 100 m ³
2 petita	S'atura a zona pendent.	Colgar, ferir, o matar una persona	L < 100 m V < 1000 m ³
3 mitjana	Arriba al peu del vessant.	Destruir vehicle o edifici petit o trencar arbres.	L < 1000 m V < 10000 m ³
4 gran	Arriba a zones planes (menors de 30°) amb una longitud mínima de 50 m. Pot assolir el fons de vall	Colgar i destruir camions i trens, edificis grans i zones forestals	L > 1000 m V > 10000 m ³

- Perillositat d'allaus: probabilitat que en un lloc determinat i durant un període de temps de referència s'esdevingui una allau que atenyi o depassi una intensitat determinada. Es determina, per tant, a partir de la intensitat i de la freqüència.
 - Intensitat: es determina a partir de la pressió d'impacte de l'allau (mesurada, normalment, en kPa). Els valors extrems arriben fins als 1000 kPa.
 - Freqüència: varia entre valors d'una vegada a l'any o més (allaus habituals), valors baixos a l'entorn d'una vegada cada 30 anys (allaus relativament freqüents), o bé a freqüències molt més baixes, inferiors a una vegada cada 300 anys (allaus extremes). Per tant, podem establir períodes de retorn de referència de: 1, 30 i 300 anys.



Existeixen diverses escales per a la determinació del perill d'allaus i malgrat no hi ha una internacionalment acceptada, a Europa s'aplica normalment l'escala consensuada l'any 1993 i que recull cinc nivells de perill en funció de l'estabilitat del mantell nival i de la probabilitat de desencadenament. Els valors són els següents:

Índex	Estabilitat del mantell nival	Probabilitat de desencadenament
 1 Feble	Mantell nival ben estabilitzat a la majoria dels pendents.	El desencadenament d'allaus és possible en alguns pendents drets ¹⁴ , en general per una sobrecàrrega forta ¹⁵ . Poden haver-hi caigudes espontànies de petites allaus.
 2 Moderat	Mantell nival moderadament estabilitzat en alguns pendents suficientment drets. A la resta està ben estabilitzat.	És possible el desencadenament d'allaus sobretot per una sobrecàrrega forta i en alguns pendents d'orientació i altitud indicats. No s'esperen caigudes espontànies d'allaus de gran dimensions.
 3 Marcat	Mantell nival entre moderadament a feblement estabilitzat en nombrosos pendents suficientment drets.	És possible el desencadenament d'allaus fins i tot per una sobrecàrrega feble en nombrosos pendents, sobretot en aquells generalment descrits en el butlletí. En algunes situacions són possibles les caigudes espontànies d'allaus que poden ser de mida mitjana i, de vegades, gran.
 4 Fort	El mantell nival està feblement estabilitzat a la major part dels pendents suficientment drets.	És probable el desencadenament d'allaus fins i tot per una sobrecàrrega feble i sobretot en nombrosos pendents. En algunes ocasions, s'han d'esperar nombroses caigudes espontànies d'allaus de mida mitjana i, de vegades, gran.
 5 Molt Fort	La inestabilitat del mantell nival és generalitzada.	Hi haurà nombroses caigudes espontànies de grans allaus, fins i tot en pendents poc drets.

Les allaus es poden classificar, en funció de la seva extensió i de la relació d'aquesta extensió amb la freqüència, en els tipus següents:

- Allau excepcional / allau extrema: allau de gran període de retorn. Es caracteritza per tenir una zona d'arribada màxima similar a la de l'allau més gran coneguda a la zona determinada. Acostumen a ocasionar danys en el medi natural i en les infraestructures.
- Allau habitual: allau freqüent. No acostuma a generar danys al medi natural ni en infraestructures. Té capacitat per produir danys a persones.

¹⁴ Pendents particularment propicis pel que fa a la inclinació, configuració del terreny, proximitat de la cresta, rugositat del sòl.

¹⁵ Sobrecàrrega:

- forta: p.e. un grup d'esquiadors.

- feble: p.e. un esquiador, un excursionista, ...

- Caiguda espontània: allau de causa natural, és a dir, sense intervenció humana



- Allau major: allau que supera els seus límits habituals segons la definició de Schaerer (1986), és a dir, aquella allau l'abast de la qual sobrepassa l'abast de les allaus habituals ocasionant danys en cas que hi hagi bosc o infraestructures en les proximitats. S'ha observat que aquestes allaus acostumen a tenir un període de retorn superiors als 10 anys.



Habitatges afectats per allau a la Vall d'Aran. Font: Institut Geològic de Catalunya (IGC).

3.13.1.2. Els territoris i poblacions de muntanya a Catalunya: allaus.

Un dels elements naturals característics i patrimonials de Catalunya són els Pirineus. El seu caràcter patrimonial no es limita exclusivament a les activitats d'oci i turisme propi de les zones de muntanya (estacions d'esquí, parcs naturals, segones residències,...) sinó que existeix un ampli territori i població que viu estretament vinculat a la muntanya. Aquestes poblacions, situades majoritàriament a les valls, tenen unes dinàmiques característiques diferenciades de la resta del territori català i similars a d'altres àmbits europeus de muntanya com ara els Alps. Per tant, als Pirineus es combinen dues tipologies de poblacions i per tant d'elements vulnerables en funció de l'ús que fan del territori: oci i turisme d'una banda i activitat residencial de l'altre. En un i altre cas les condicions de vulnerabilitat i exposició al risc són diferents, d'acord a l'ús que fan del territori.

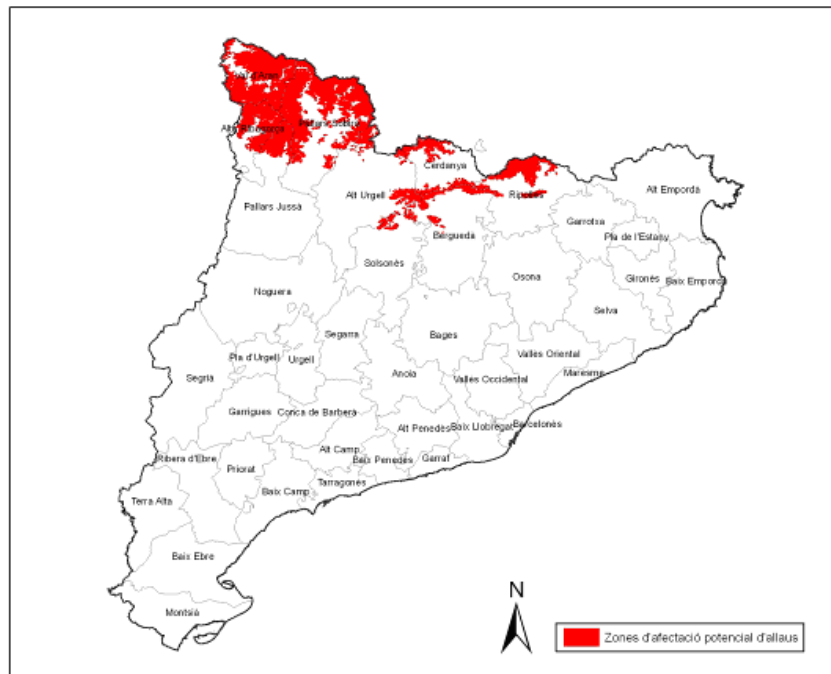
Pel que fa a l'activitat residencial, als Pirineus i Prepirineus catalans el major nombre de població, béns, infraestructures i serveis, es troben concentrats al fons de les valls i als vessants menys elevats. És per aquest motiu que l'afectació d'una allau a alguna d'aquestes zones esdevé un risc per a la població, atès que pot provocar víctimes, ferits, destrucció de vivendes i infraestructures, talls de vies de comunicació, talls de subministrament d'algun dels serveis bàsics, pèrdua de massa forestal o aïllament de nuclis habitats, entre d'altres conseqüències. Per tant, és la capacitat destructiva de les allaus i la possibilitat que puguin produir danys directes a la població, al béns i al medi ambient, el que motiva la necessitat de gestionar el risc d'allaus en tots els àmbits propis d'aquesta gestió.

D'altra banda, al territori pirinenc i prepirinenc català l'activitat d'allaus és relativament freqüent, atès que les precipitacions en forma de neu són habituals durant la meitat freda de l'any i a més la neu es diposita en nombrosos vessants amb la inclinació adient perquè es puguin desencadenar esllavissaments de neu per gravetat.

Com veurem en la descripció del mapa de risc d'allaus, aquest s'estén per les comarques pirinenques i prepirinenques amb condicions orogràfiques i nivometeorològiques favorables al desencadenament d'allaus. Aquestes són, d'oest a est, la Val d'Aran, l'Alta Ribagorça, el



Pallars Jussà, el Pallars Sobirà, l'Alt Urgell, el Solsonès, la Cerdanya, el Berguedà i el Ripollès. La concreció del risc determina que aquest afectaria al 4% del territori català i al 36% de les comarques abans indicades.



Zones d'afectació potencial d'allaus. Font: Allaucat.

L'època de l'any en què hi pot haver desencadenament d'allaus és variable, ja que depèn de l'existència d'un mantell nival suficient com per a què pugui ocórrer aquest fenomen. A l'anàlisi estadística dels episodis d'allaus dels darrers 37 anys, s'ha observat que el període temporal en què han ocorregut allaus de grans dimensions va des de l'octubre fins a l'abril, ambdós inclosos. Deixant de banda el que són allaus de grans dimensions, pot haver-hi una activitat d'allaus potencialment perillosa per aquella població que freqüenti l'alta muntanya a qualsevol mes de l'any exceptuant els mesos de juliol i agost.

El pla especial d'emergències per allaus a Catalunya, Allaucat, recull l'anàlisi del risc d'allaus d'acord als índexs de risc i metodologies d'elaboració que s'indiquen als apartats següents.

3.13.2. Descripció de l'índex del risc.

3.13.2.1. Índex de risc del mapa de protecció civil.

Per a la representació en el Mapa de Protecció Civil del risc d'allaus l'índex emprat ha estat el de zones de perill d'allaus d'acord a:

- Criteris geomorfològics.
- Allaus observades
- Enquestes a la població.

A cada zona de perill d'allaus se li ha assignat un color diferent, i la suma de les diferents zones equival a la representació del perill d'allaus. Aquesta informació està recollida al pla Allaucat.

3.13.2.2. Índex de risc del pla Allaucat.



L'índex de risc emprat en el pla Allaucat va més enllà del que recull el Mapa de Protecció Civil. L'índex del pla té caràcter semiquantitatiu, és a dir, considera aspectes de danys possibles (vulnerabilitat) aplicant un model determinista a partir de consideracions probabilístiques (perillositat). Per tant, a partir de l'aplicació de filtres de freqüència en la selecció d'allaus a considerar (perillositat) en determina la vulnerabilitat. L'índex està referit a:

- Risc a les zones poblades resultat del sumatori del risc de cada punt.
- Risc de mortalitat de les infraestructures viàries i risc individual de mortalitat a les mateixes infraestructures.
- Línies elèctriques afectades.

3.13.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.13.3.1. Elaboració del mapa: zones de perill d'allaus.

L'Institut Geològic de Catalunya va elaborar el mapa de zones d'allaus, on es representen les àrees susceptibles de desencadenament, trajectòria i abast d'allaus. Està basat en la "Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanche" (CLPA) francesa, i està publicat a escala 1:25.000.

El procés per elaborar aquests mapes es basa en la identificació del terreny favorable al desencadenament d'allaus i les traces del recorregut i abast d'aquestes allaus mitjançant l'anàlisi de fotografies aèries, models derivats del model digital d'elevacions (com mapes de pendents), i mapes de zones propenses al desencadenament i cartografia de camp. La informació es completa amb enquestes a la població i observació hivernal d'allaus. Altra informació que apareix en aquests mapes són les obres de defensa envers les allaus.

La informació es representa cartogràficament en diferents colors:

- Color taronja: zones d'allaus cartografiades a partir de criteris geomorfològics i d'estat de la vegetació.
- Color lila: zones d'allaus cartografiades a partir de l'observació d'allaus.
- Color granat: zones d'allaus on la informació de 1 i 2 coincideix.

3.13.3.2. Metodologia de càlcul del risc d'allaus al Pla Allaucat

El pla d'emergències Allaucat recull altres càlculs i determinacions en relació al risc, no recollides al mapa de protecció civil però sí a la cartografia i contingut del pla.

A) Càlcul del risc.

La determinació del risc s'ha realitzat de forma diferent segons el tipus d'element vulnerable:

- Zones poblades: nuclis de població, població dispersa, zones turístiques i similars:
 - S'ha determinat la vulnerabilitat de forma qualitativa.
 - S'ha assignat un valor qualitatiu o semiquantitatiu de vulnerabilitat als diferents punts de les zones de població (agrícoles, equipaments, habitatges, vies, ...) entre 1 i 10.
 - S'ha determinat un valor qualitatiu o semiquantitatiu de perillositat a les diferents zones en funció de la probabilitat de que es produeixin allaus (període de retorn) i de la seva intensitat. El perill pren tres valors possibles (1, 3 o 5) en funció de les característiques geomorfològiques i de l'anàlisi històrica:



Perill 5 o zona vermella: zona d'abast d'allaus freqüents (període de retorn al voltant dels 30 anys). Determinada a partir d'allaus observades o, en cas d'absència d'observació d'allaus, allà on el pendent del terreny és superior a 10°.

Perill 3 o zona blava: zona d'abast d'allaus excepcionals (període de retorn al voltant dels 100 anys). Determinada a partir de l'abast màxim d'allaus identificades a partir de l'anàlisi del terreny i de la vegetació, de l'enquesta a la població i de la documentació històrica.

Perill 1 o zona groga: zona d'abast d'allaus rares (període de retorn superior als 100 anys). Aquesta zona es determina a partir del màxim abast obtingut a partir de criteris estadístics.

- o El producte dels valors numèrics de perillositat i vulnerabilitat determina el risc individual d'un punt. El sumatori dels valors de cada punt d'una zona de població determina el risc d'aquesta.
- Xarxa viària i ferroviària:
 - o Es considera que qualsevol valor d'intensitat d'allau pot provocar vulnerabilitat sobre una infraestructura viària o ferroviària i per tant pel que fa a l'afectació a les vies no s'han considerat aspectes de freqüència i intensitat.
 - o Sí s'ha considerat la freqüència i intensitat per al càlcul del risc de mortalitat associada a una infraestructura. Aquest valor de risc s'ha determinat a partir de la combinació de:
 - Nombre de moviments diaris a la via (*WDT*),
 - Mitjana d'ocupació dels vehicles (β),
 - Velocitat del vehicle (*v*),
 - Ample de la via (*g*),
 - Probabilitat de mort en un vehicle en cas d'impacte d'allau (λ) i
 - Període de retorn de les allaus (*T*).

La fórmula és la següent:

$$R = \frac{WDT \cdot \beta}{24h} \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{T_i \cdot v_i} \lambda_i$$

- o També s'ha calculat el risc de mortalitat individual d'una persona d'acord als mateixos paràmetres anteriors però considerant no el nombre total de moviments de la via sinó el nombre de trajectes que realitza una persona (*z*).

$$r = \frac{z}{24h} \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{T_i \cdot v_i} \cdot \lambda_i$$

- o Aquest càlcul respon a una anàlisi de risc purament quantitativa, malgrat posteriorment es classifica el risc de les vies en dos nivells a partir de la definició de llindars de risc:

Risc baix: quan el valor del risc col·lectiu és inferior a $5,1 \times 10^{-2}$ i el valor del risc individual és inferior a 1×10^{-5} .



Risc alt: quan el valor del risc col·lectiu és superior a $5,1 \times 10^{-2}$ o el valor del risc individual és superior a 1×10^{-5} .

- Serveis bàsics: s'ha considerat vulnerabilitat absoluta de les línies elèctriques (quedarien no operatives) en cas de quedar a l'interior de l'abast d'una allau.

B) Sectors nivològics.

D'altra banda, atès que la freqüència i magnitud que poden tenir les allaus varia considerablement d'una zona a una altra del territori, les zones d'afectació potencial d'allaus, han estat dividides en 7 sectors nivològics en els quals l'activitat d'allaus té unes característiques pròpies que els diferencien de la resta de sectors.

Aquests 7 sectors nivològics dels Pirineus s'han establert en base a l'experiència obtinguda durant 20 anys de predicció d'allaus per part de la Generalitat de Catalunya i utilitzant criteris com ara:

- L'orografia: pendent, altitud i orientació.
- El mantell nival: condicions físiques i mecàniques dels estrats de neu.
- El clima: precipitació, temperatura i vent.

Els sectors resultants d'aquesta divisió del territori afectat per allaus en funció del seu comportament nivoclimàtic i característiques topogràfiques es poden veure a l'apartat següent i són els següents: Val d'Aran-Franja Nord de la Pallaresa, Ribagorçana-Vall Fosca, Pallaresa, Perafita-Puigpedrós, Vessant Nord del Cadí-Moixeró, Prepirineu i Ter-Freser.

Sector nivoclimàtic	Comarca
Aran-Franja Nord de la Pallaresa:	Val d'Aran Pallars Sobirà Alta Ribagorça
Ribagorçana-Vallfoscà	Alta Ribagorça Pallars Jussà
Pallaresa	Pallars Sobirà Alt Urgell
Perafita-Puigpedrós	Alt Urgell Cerdanya
Vessant Nord Cadí-Moixeró	Alt Urgell Cerdanya
Ter-Freser	Ripollès
Prepirineu	Alt Urgell Solsonès Berguedà Ripollès

Comarques de cada zona nivoclimàtica

C) Estudi de freqüències d'allaus per sector nivològic.

Per a la realització de l'estudi de freqüències de les allaus s'ha fet un tractament estadístic dels episodis d'allaus continguts a la Base de Dades d'Allaus de Catalunya entre la temporada 1970-71 i la 2007-08 (García et al. 2009).

Des de 1970-71 fins a 2007-08 hi ha hagut un total 39 episodis amb grans allaus, amb un major nombre de situacions crítiques al Pirineu Occidental que a l'Oriental. Cal tenir present que un mateix episodi pot afectar més d'una regió nivoclimàtica. A partir d'una anàlisi estadística s'ha



calculat la probabilitat del nombre d'episodis de grans allaus que poden donar-se per temporada a cadascun dels sectors nivoclimàtics del Pirineu de Catalunya.

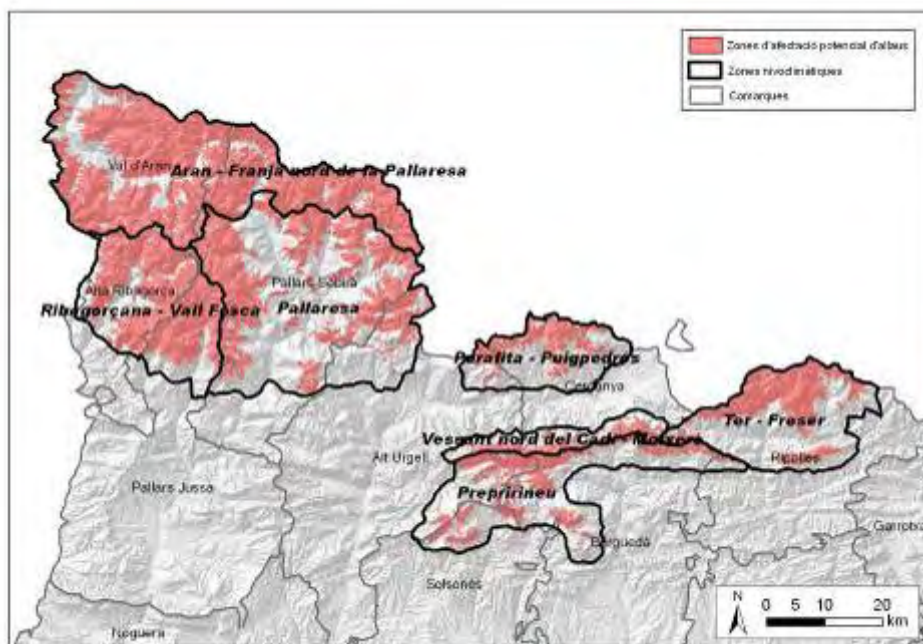
En conjunt, existeix una probabilitat del 64% de patir una o més situacions de grans allaus a l'any, un 37% de tenir-ne només una, i un 19% de tenir-ne dues.

3.13.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.13.4.1. Distribució dels àmbits territorials amb risc d'allaus.

Pel que fa a la distribució de les zones d'allaus, com ja s'ha indicat a l'apartat d'introducció i descripció del risc, es va considerar que les zones on es poden produir allaus són les comarques pirinenques i prepirinenques següents: la Val d'Aran, l'Alta Ribagorça, el Pallars Jussà, el Pallars Sobirà, l'Alt Urgell, el Solsonès, la Cerdanya, el Berguedà i el Ripollès.

D'aquestes, no totes tenen la mateixa probabilitat de patir allaus i no en tots els casos els allaus tindran les mateixes mides màximes i per tant afectacions potencials. D'altra banda, a cada territori concret la distribució dels elements vulnerables determina la seva exposició a les allaus i per tant condiona el terme vulnerabilitat de l'equació que defineix el risc.



Zones nivoclimàtiques i zones d'afectació potencial d'allaus. Font: Allaucat.

Concretament, l'anàlisi històrica mostra com, d'acord a les dades històriques disponibles, les afectacions es poden considerar majoritàries a la vessant occidental dels Pirineus i més concretament a la Val d'Aran, l'Alta Ribagorça, el Pallars Jussà i el Pallars Sobirà. També trobem incidència significativa a la comarca del Ripollès. En funció de quin element vulnerable s'analitzi (vides humanes, edificis, torres elèctriques, vies de comunicacions o estacions d'esquí), la distribució del pes específic pot variar d'una a una altra comarca. Les dades també tenen una certa variabilitat en funció del període d'observació dels fenòmens d'allau esdevinguts.



Obra de defensa passiva (mur de contenció) a Galtür (Àustria). Font: DGPC

3.13.4.2. Municipis afectats.

Es va considerar que els factors més importants per a determinar l'afectació municipal per risc d'allaus són la vulnerabilitat dels nuclis urbans, urbanitzacions i habitatges aïllats, l'afectació sobre la mobilitat (afectació a carreteres i/o tren-cremallera) i la consideració com a turístic o no del municipi afectat per risc d'allaus.

El nombre total de municipis que es van considerar afectats per risc d'allaus és de 38. D'aquests el 68% pertany a l'àmbit de l'Alt Pirineu i Aran, el que representa 26 municipis i un 34% dels municipis d'aquest àmbit territorial. També hi ha municipis de l'àmbit de la Catalunya Central (Solsonès) i de Girona (Ripollès).

La incidència també és important a la Val d'Aran ja que dels seus 9 municipis 7 (78%) han de fer la planificació, el que representa un 18% del total de municipis obligats a Catalunya. En el cas del Pallars Sobirà són dos terços del total el nombre de municipis que han de fer la planificació i representen el 26% del total de municipis afectats.



Obres de defensa activa (rastell) a Galtür (Àustria). Font: DGPC



3.14. Risc sísmic.

3.14.1. Introducció: descripció del risc i referents.

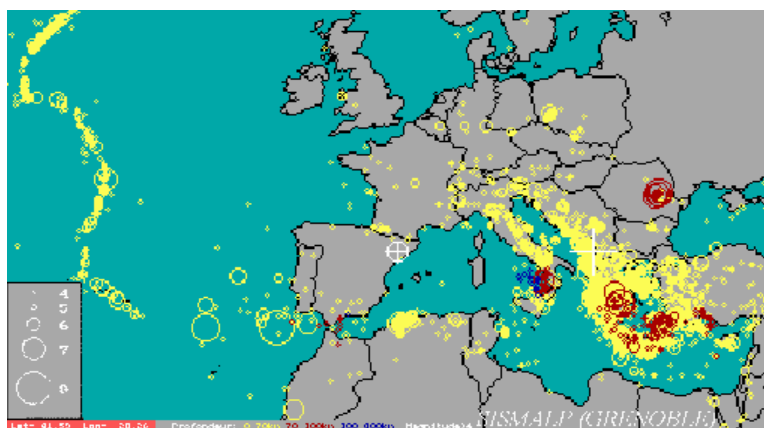
3.14.1.1. Sismes a Catalunya.

D'acord a les conclusions de l'anàlisi històric, el risc sísmic a Catalunya no es pot considerar com el risc natural de major incidència. La seva probabilitat o freqüència és prou baixa i no és comparable a la d'altres àmbits europeus com ara Itàlia, Grècia o els Balcans, malgrat l'activitat sísmica, com es podrà comprovar més endavant, es qualifica com a moderada.

Tanmateix, entre la segona meitat del segle XIV i la primera del XV Catalunya va patir sismes d'intensitats importants (VIII a IX a l'escala MSK, és a dir, destrucció d'edificis i danys generalitzats a les construccions). També, a començaments del segle XX es van produir un sisme a la Valh d'Aran el 1923 i un al Vallès Oriental el 1927 amb intensitats significatives (VIII i VII respectivament en l'escala MSK). D'altra banda, històricament els sismes esdevinguts a les proximitats s'han percebut a Catalunya o han tingut efectes directament (potser el de major referència és el de Lisboa al 1755).

A més, d'acord a l'anàlisi de perill que recull el pla especial d'emergències sísmiques a Catalunya (Sismicat) i que es descriu als apartats posteriors, es pot considerar que en un període de retorn de 500 anys l'escenari màxim d'emergència sísmica a Catalunya tingui intensitats importants (VIII a l'escala MSK, és a dir, destrucció d'edificis) a alguns territoris.

Per tant, malgrat a Catalunya el risc sísmic no és aparentment el de major incidència d'acord a la seva freqüència, sí que cal tenir en compte que l'anàlisi de risc, com es veurà més endavant, conclou la possibilitat de sismes d'intensitat important. Així, es determina la necessitat de preveure una resposta a una possible emergència sísmica d'importància, d'acord als models de càlcul i a la mateixa anàlisi històrica abans referida.



Distribució dels sismes a Europa. Font: SISMALP (<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>)

3.14.1.2. Sismes: un mecanisme d'alliberament d'energia.

En general, un terratrèmol, sisme o moviment sísmic es pot definir com l'alliberament sobtat d'energia acumulada a partir del **trencament i desplaçament de materials o masses** de roques, i la conseqüent **transmissió d'aquesta energia alliberada fins a la superfície** on es produeixen efectes físics sobre el sòl, principalment vibracions, i per tant sobre les estructures implantades a aquest sòl.

La gènesi de sismes es basa en l'**elasticitat dels materials que componen l'escorça terrestre**. Aquesta elasticitat permet que es deformin a partir de les forces aplicades i que posteriorment tornin a la seva forma original un cop alliberada l'energia o les forces a les que



estan sotmesos els materials. En aquells casos en que la força o energia aplicada s'incrementa fins a valors superiors a un límit característic dels materials es produeix el seu trencament amb la conseqüència de l'alliberament sobtat de l'energia acumulada per les tensions aplicades.

L'hipocentre dels sismes se situa habitualment a una profunditat entre 15 i 50 km, però també es produeixen a major profunditat o en superfície.

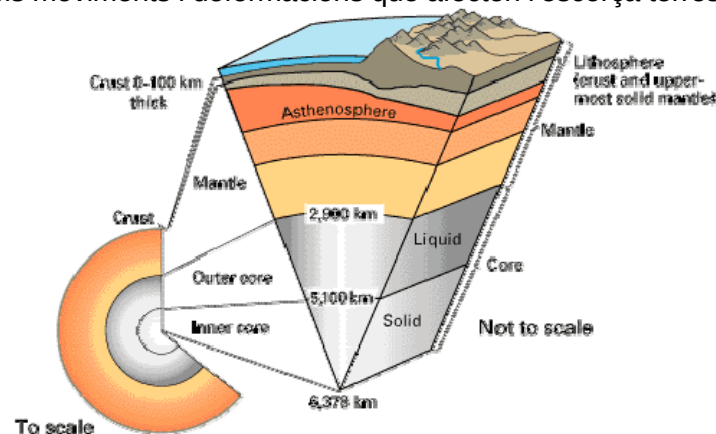


Edifici destruït pel sisme de Xile de l'any 2010. Font: US Geological Survey – USGS (<http://www.usgs.gov>)

3.14.1.3. La tectònica de plaques.

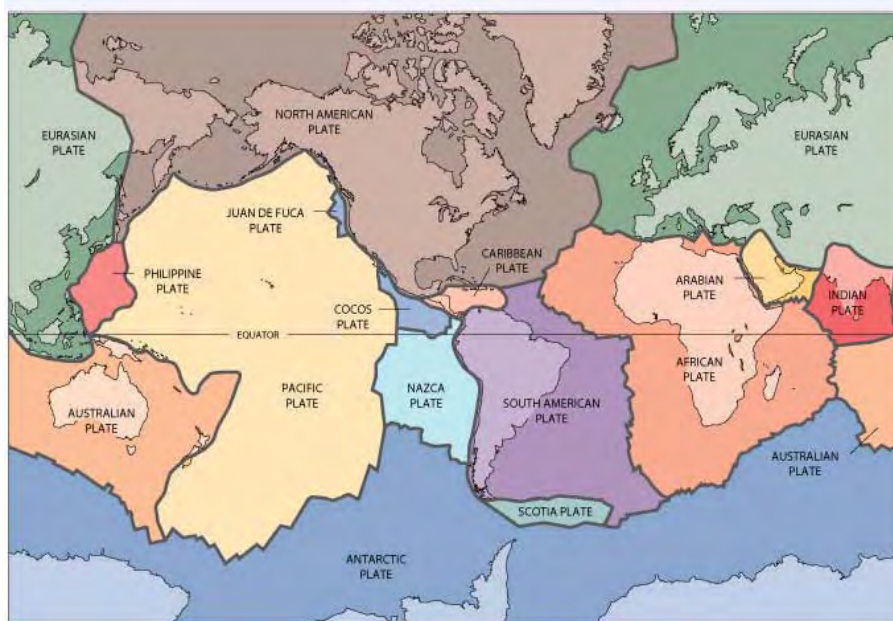
Els sismes són deguts majoritàriament al **desplaçament constant de les plaques tectòniques** de l'escorça terrestre i a l'alliberament sobtat de les tensions (energia) que generen aquests moviments denominats forces tectòniques. També es poden produir per l'activitat volcànica i en menor grau pel col·lapse d'extenses galeries (són sismes de menor magnitud) o artificialment per explosions de gran potència.

La Terra està formada per capes interiors de les quals la més superficial és l'escorça terrestre, que alhora forma part de la litosfera. Aquesta inclou no només l'escorça terrestre sinó també part del mantell (fins a profunditats entre els 70 i 150 km). El mantell té una zona no inclosa a la litosfera, denominada astenosfera, que s'endinsa uns 600 o 700 km més i és en aquesta zona on es produeixen els moviments i deformacions que afecten l'escorça terrestre.



Capes internes de la Terra. Font: US Geological Survey – USGS (<http://www.usgs.gov>)

La teoria de la tectònica de plaques suposa que la litosfera està constituïda per una sèrie de plaques en moviment relatiu generat pel mantell que no està en estat sòlid. Els límits de les plaques són zones molt actives on es produeixen sismes, volcans, plegament, etc. En canvi, a l'interior de les plaques es dona una major estabilitat.



Plaques tectòniques. Font: US Geological Survey – USGS (<http://www.usgs.gov>)

Per tant, a l'escorça terrestre les grans masses de roques estan sotmeses a enormes forces que acumulen grans tensions en les masses rocoses. Quan les forces excedeixen el **límit de ruptura**, les roques es **trenquen** al llarg d'una fractura nova o d'una ja existent que es denomina **falla** i **s'allibera l'enorme energia elàstica acumulada produint-se el sisme**. Els efectes d'aquests "trencaments" són principalment efectes de trencament i deformació de les roques (visible sobre l'escorça en alguns casos) i ones sísmiques que produeixen les característiques vibracions del sòl. Els trencaments s'estenen cap a l'exterior a través de la superfície del pla de la falla des de l'hipocentre.

3.14.1.4. Els efectes del sismes.

Els tipus de danys que produeixen els sismes són:

A) Ones sísmiques.

Durant els sismes es produeix el trencament de les masses rocoses i el lliscament entre masses seguint el pla de la falla que ocasiona fenòmens de fricció i escalfament; però l'aspecte més característic i que produeix els importants danys que es donen en els grans sismes són les ones sísmiques. Les ones sísmiques no són més que energia produïda en el terratrèmol que ocasiona una "deformació" i viatja a través d'un medi elàstic (el medi elàstic són les roques o qualsevol altre element com l'aigua o l'atmosfera). Les ones sísmiques produïdes en el focus es propaguen en totes direccions a través de la massa de la Terra i arriben a la superfície a través de l'epicentre, sent la seva velocitat variable depenent del medi que travessen. Existeixen tres tipus d'ona sísmiques (primàries o P, secundàries o S i superficials) amb velocitats, longituds d'ona i trajectòries de desplaçament característiques.

B) El trencament superficial del sòl.

El trencament superficial del sòl pot ser degut a l'aflorament en superfície de la falla. Aquesta zona és habitualment estreta i per tant els desplaçaments i trencaments del terreny tenen una afectació molt limitada, malgrat les estructures i edificis situats en aquesta zona resulten greument afectats pels desplaçaments horitzontals o verticals de la superfície.



C) Fallades del terreny produïdes pels sismes.

Cal considerar els fenòmens de fallades del terra associats als sismes que a vegades poden ocasionar tanta destrucció com els propis sismes.

Alguns dels més importants són els següents:

- Esllavissades: desplaçaments de masses rocoses o arenoses en superfície i especialment en zones inclinades o inestables (poc assentades).
- Esquerdas superficials del terreny per la pèrdua de cohesió del sòl.
- Colades de fang: Massa de roca sedimentària formada per elements de gra molt petit (argila, marga) que al absorbir importants quantitats d'aigua adquireix prou plasticitat per desplaçar-se en forma de riu de fang.
- Lliquèfacció del sòl: Pèrdua de consistència del terra degut al "col·lapse" de les seves partícules i l'alliberament de l'aigua del porus microscòpic per les vibracions del sisme. L'aigua se situa a la part més superficial i per tant la superfície perd consistència.

D) Tsunamis.

Són onades de grans proporcions (fins a 30 metres) produïdes per un sisme sota l'aigua i que poden viatjar milers de quilòmetres des de l'epicentre fins a la costa on arrasen i generen gran destrucció.

Quan es produeix un sisme mar endins als oceans, el trencament del fons marí i l'alliberament d'energia i vibracions provoca la formació d'onades. Aquestes transporten gran quantitat d'energia, proporcional a la que s'allibera en el sisme, i quan s'aproximen a la costa disminueixen en velocitat però augmenten en alçada per a compensar la pèrdua d'energia cinètica. El resultat és la formació d'onades de gran alçada a la línia de la costa que quan impacten produeixen gran destrucció i mortalitat. Els tsunamis també es poden produir en llacs i embassaments per l'esllavissada de les parets que envolten la seva conca.

Com exemple tenim els produïts durant el moviment sísmic de Lisboa de 1755 davant les costes de Faro i Cadis que van destruir la ciutat de Lisboa i que van causar 75.000 morts i 1000 més a les costes de Cadis. El de la costa d'Alaska degut al terratrèmol de 1964 que va produir 81 morts i el més recent a les illes de Sumatra d'Indonèsia a l'any 2004 amb xifres de mortalitat a l'entorn de 200.000 persones.

E) Altres fenòmens perillosos associats als sismes

També cal considerar l'efecte dòmino que poden produir sobre activitats i infraestructures de risc (com ara embassaments, centrals nuclears, gasoductes, ...) i que poden a la seva vegada representar un perill molt seriós per motiu de l'efecte dòmino (incendis durant els sismes de San Francisco (1906) o el de Kobe al Japó).

3.14.2. Descripció de l'índex del risc.

3.14.2.1. Terminologia.

Definició dels paràmetres més importants emprats en l'índex del risc:

- Magnitud: mesura objectiva de la "potència" del sisme a través dels sismògrafs i expressada en forma d'energia alliberada. L'escala, establerta per Richter en 1935 i canviada posteriorment per a permetre una descripció més bona dels sismes de major magnitud, és una escala logarítmica expressada en valors decimals.



- Intensitat macrosísmica: estimació subjectiva dels efectes que produeix el sisme en un punt i que depèn de diversos factors com la magnitud del sisme, la seva profunditat i distància a l'epicentre i les característiques de vulnerabilitat del sòl i les estructures i elements vulnerables. El valor de la intensitat depèn del mètode utilitzat en resposta a la subjectivitat de la mesura. Per contra, la magnitud és fixa, objectiva i mesurable. Una magnitud pot donar lloc a diferents intensitats en funció de diferents paràmetres com ara el tipus de terreny i elements vulnerables arreu del territori afectat.

Existeixen diferents escales i a Europa la més emprada és la MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik), que descriu els efectes a partir de 3 paràmetres bàsics:

- o Efectes percebuts per les persones.
- o Efectes sobre els objectes i l'entorn.
- o Danys a les construccions i estructures físiques.

Valors de l'escala d'intensitat MSK:

- o Grau I: No percebut.
- o Grau II: A penes percebut.
- o Grau III. Dèbil, percebut parcialment.
- o Grau IV. Àmpliament percebut.
- o Grau V. Es desperten els que dormen.
- o Grau VI. Por
- o Grau VII. Danys a les construccions
- o Grau VIII. Destrucció d'edificis
- o Grau IX. Danys generalitzats a les construccions
- o Grau X. Destrucció general de construccions
- o Grau XI. Catàstrofe
- o Grau XII. Canvi del paisatge

Tot i que ja hem indicat clarament que les escales de magnitud i intensitat són diferents, es pot establir una correspondència aproximada entre la magnitud (Richter) d'un sisme i la intensitat (MSK) percebuda a l'àrea epicentral. Tanmateix, la correspondència depèn fortament de la vulnerabilitat concreta dels elements constructius potencialment afectats:

Magnitud	Intensitat màxim epicentre
<3.0	II-III
3.0-3.2	III
3.3-3.4	III-IV
3.5-3.7	IV
3.8-3.9	IV-V
4.0-4.2	V
4.3-4.5	V-VI
4.6-4.7	VI
4.8-5.0	VI-VII
5.1-5.3	VII
5.4-5.5	VII-VIII
5.6-5.8	VIII
5.9-6.0	VIII-IX
>6.1	IX



- Perillositat sísmica: probabilitat que en un lloc determinat i durant un període de temps de referència s'esdevingui un terratrèmol que depassi una intensitat determinada.
- Vulnerabilitat sísmica: susceptibilitat d'un edifici o instal·lació a patir un dany degut a un sisme. Es pot expressar en classes de A (més vulnerable) a F (menys vulnerable).
- Llíndar de referència de dany: dany sofert per un municipi consistent en més de 50 edificis inhabitables o més d'un 10% del total d'edificis del municipi inhabitables.

3.14.2.2. *Índex de risc*

L'índex de risc emprat té caràcter semiquantitatiu, és a dir, considera els aspectes deterministes de danys a partir de les característiques del pitjor sisme considerat possible en una freqüència o període de retorn concret.

Concretament l'índex de risc sísmic, d'acord al Pla especial d'emergències sísmiques a Catalunya (Sismicat), es pot resumir en: concretar la intensitat màxima que es pot esperar a cada municipi de Catalunya per a un període de retorn de 500 anys, i calcular les pèrdues en forma de vides humanes, danys a edificis de vivendes i estratègics (inclòs el càlcul dels edificis que quedarien inhabitables) i danys a les línies vitals.

L'índex de risc segueix les tres fases bàsiques següents:

- Avaluació de la perillositat sísmica: estimació de la màxima intensitat sísmica que raonablement es pot esperar a cadascun dels municipis de Catalunya. La freqüència seleccionada és el període de retorn de 500 anys, és a dir, una probabilitat anual de 2×10^{-3} .
- Avaluació de la vulnerabilitat sísmica de les construccions en tot el territori català a partir de la intensitat sísmica màxima abans determinada, i que permet una estimació dels danys que el sisme pot causar als diferents municipis. Es tenen en compte les construccions següents:
 - Habitatges i altres edificacions d'ús per a la població
 - Les necessàries per als serveis imprescindibles per a la comunitat
 - Les de risc i que per tant en cas de sisme i per efecte dòmino poden incrementar els danys per efectes catastròfics associats.
- Combinació de l'avaluació de perillositat i vulnerabilitat sísmica que permet elaborar un escenari de risc per a cada municipi de Catalunya, i per tant identificar les poblacions amb més risc per motiu de:
 - Perillositat sísmica significativa: intensitat màxima.
 - Vulnerabilitat sísmica significativa: morts i edificis inhabitables.

3.14.3. Descripció de la metodologia d'elaboració del mapa

3.14.3.1. *Avaluació de la perillositat:*

A) Mètode

L'avaluació de la perillositat sísmica a Catalunya es va dur a terme combinant mètodes deterministes i probabilistes per tal d'obtenir l'escenari màxim corresponent a una probabilitat 2×10^{-3} , és a dir, al període de retorn de 500 anys. La metodologia probabilística té en compte la intensitat màxima probablement percebuda a cada punt del territori en base a l'anàlisi històrica.

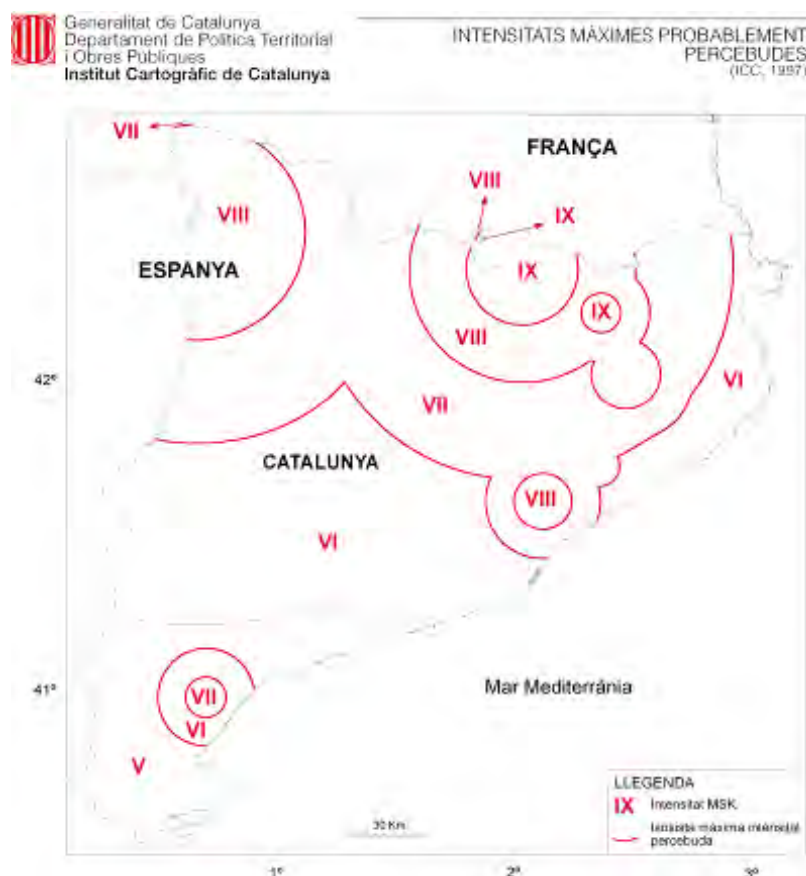


La metodologia determinista calcula la intensitat a cadascun dels punts del territori per motiu dels sismes que es poden produir a la resta de punts.

Els càlculs tenen en compte les dades recollides al Catàleg Sísmic de Catalunya elaborat per l'Institut Geològic de Catalunya (Institut Cartogràfic de Catalunya) com a unificació de la informació sísmica existent fins al moment, així com la zonació sismotectònica basada en criteris geològics i sísmics elaborada també per l'Institut Geològic de Catalunya (Institut Cartogràfic de Catalunya). El Catàleg Sísmic de Catalunya es va elaborar sobre la base de l'anàlisi l'històrica dels sismes amb efectes a Catalunya i a partir de les dades enregistrades pels sismògrafs des de l'any 1984.

B) Mapa probabilístic d'intensitats màximes percebudes.

El mapa d'intensitats màximes probablement percebudes a Catalunya representa la intensitat màxima que probablement s'hagi sentit en cada punt de la regió d'estudi com a conseqüència dels sismes coneguts ocorreguts a Catalunya i les seves rodalies des del segle XIII, data més antiga amb informació sísmica disponible. L'estimació d'aquesta intensitat a cada punt de Catalunya va ser obtinguda aplicant a cada sisme del catàleg un model d'atenuació de la intensitat amb la distància. Amb la consideració dels efectes de tots els sismes es pot deduir la intensitat màxima a cada punt.



Intensitats màximes percebudes a Catalunya. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya - SISMICAT

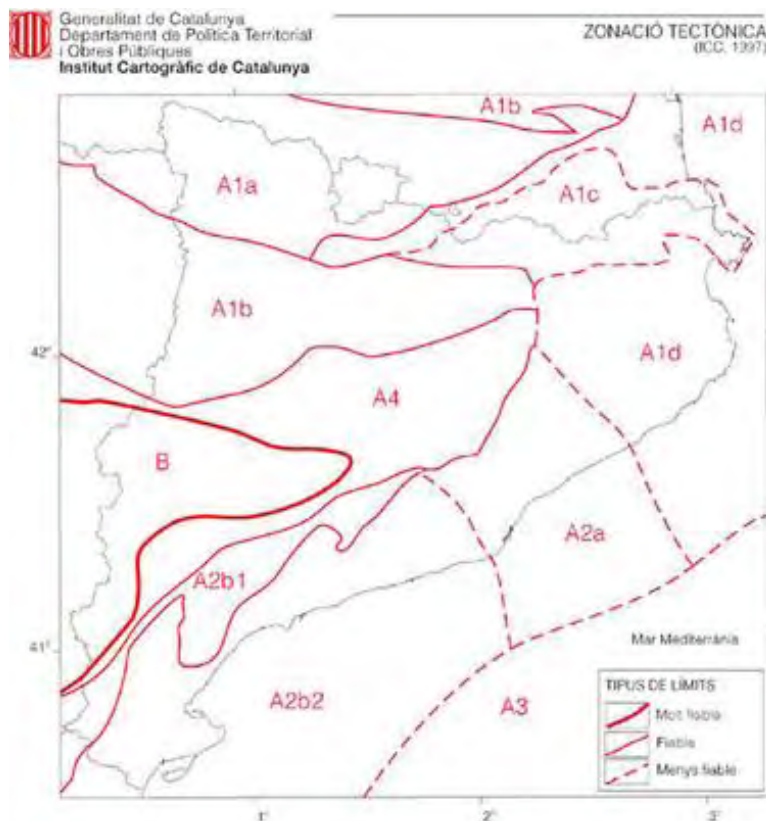
C) Mapa probabilístic de perillositat sísmica per a un període de retorn de 500 anys, modificat pel model determinista.

L'avaluació de la perillositat sísmica va ser realitzada inicialment amb un model probabilístic zonal. Es va seguir essencialment un model de càlcul de la perillositat sísmica extensament



utilitzat arreu del món¹⁶. En àrees amb una activitat sísmica moderada, com la del present estudi, on no és sempre possible identificar els epicentres dels terratrèmols amb falles conegudes, és més adient des d'un punt de vista pràctic introduir el concepte de zona sismotectònica que parlar de falles actives.

La hipòtesi bàsica és considerar que la heterogeneïtat de l'escorça terrestre pot explicar la distribució de la sismicitat.



Zonació sismotectònica a Catalunya. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya - SISMICAT

Per a obtenir la zonació sismotectònica, es va incorporar la distribució sísmica a la zonació tectònica afegint noves zones o modificant els límits per tal de tenir en compte distribucions de sismicitat no explicables per paràmetres purament geològics. Les zones frontereres amb França proposades en els estudis en els que es basen aquesta anàlisi de risc estan d'acord amb les obtingudes en estudis similars a França. Cal destacar que tres de les onze zones sismotectòniques van ser definides únicament amb criteris de distribució de la sismicitat.

El procés seguit per aquests tipus de models es pot resumir de la següent manera:

- En cadascuna de les zones sismotectòniques i d'acord amb les dades disponibles en cada zona proporcionades pel catàleg, s'ajusten els paràmetres característics al model d'ocurrència de terratrèmols utilitzat. Per tant, es determina els sismes que es poden produir i la seva probabilitat (model probabilístic).
- Una vegada s'han deduït totes les distribucions de probabilitat d'ocurrència de terratrèmols de cada zona sismotectònica, es propaguen els efectes de la sismicitat de cada zona sismotectònica a cada punt de Catalunya d'acord amb unes lleis d'atenuació de la intensitat sísmica amb la distància ajustades per Catalunya. Per tant, es calculen

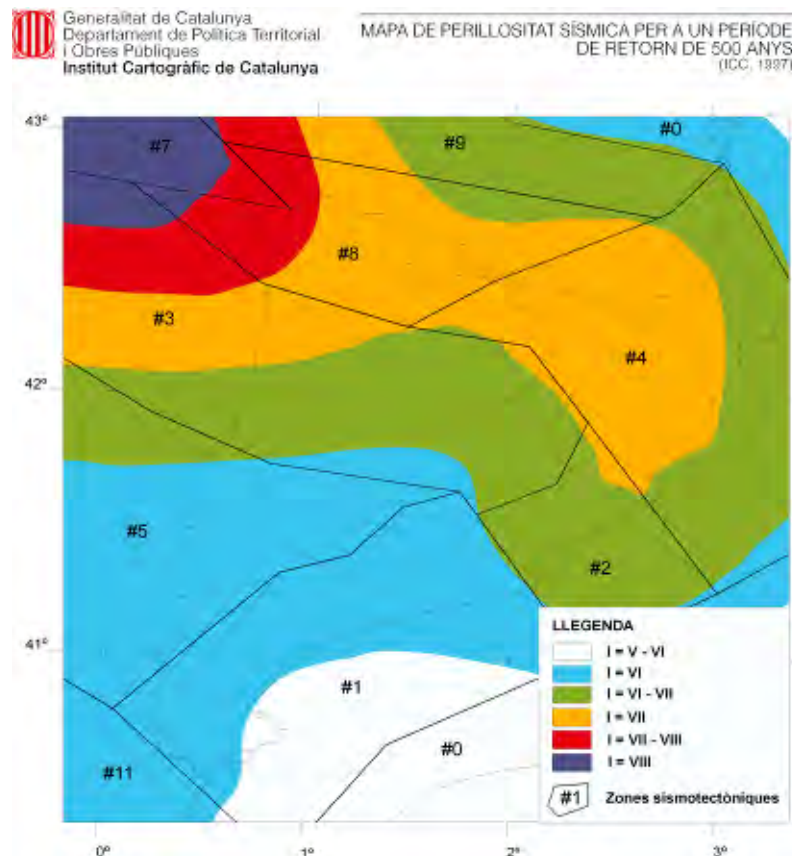
¹⁶ Basat en un model d'ocurrència de terratrèmols de tipus Poissonià estacionari.



els efectes de cadascun dels sismes probables a la resta del territori on no ha esdevingut l'epicentre del sisme (model determinista).

- En cadascun dels punts de Catalunya s'estudien els efectes sísmics que provenen de cada zona sismotectònica i es calcula la probabilitat d'excedir una intensitat determinada en un període de temps donat (combinació probabilística i determinista).

El mapa de perillositat sísmica recull la intensitat sísmica màxima que correspon a un període de retorn de 500 anys, d'acord a la zonació sismotectònica i al model abans descrit.



Perillositat sísmica per a període retorn de 500 anys. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya - SISMICAT

D) Mapa de zones sísmiques per un sòl de tipus mitjà.

Determina les diferents àrees del territori en funció de la seva perillositat sísmica com a síntesi dels resultats presentats en els punts anteriors i per tant està basat en el mapa probabilista i modificat parcialment pel mapa determinista en els llocs on la diferència d'intensitats és important. Per a la confecció d'aquest mapa es va fer coincidir els límits de les zones sísmiques amb límits municipals.

Aquest mapa està referit a un sòl de tipus mitjà, que segons la classificació geotècnica que es realitza en el següent apartat correspon a un sòl de tipus A (45% dels municipis).

E) Mapa de zones sísmiques per a l'escenari màxim de període de retorn 500 anys considerant efectes del sòl.

Es va procedir a la caracterització geotècnica dels nuclis urbans dels municipis de Catalunya que ha derivat en una classificació de criteri geotècnic del sòl en quatre tipus d'acord a la resposta particular davant un sisme: R, A, B i C.

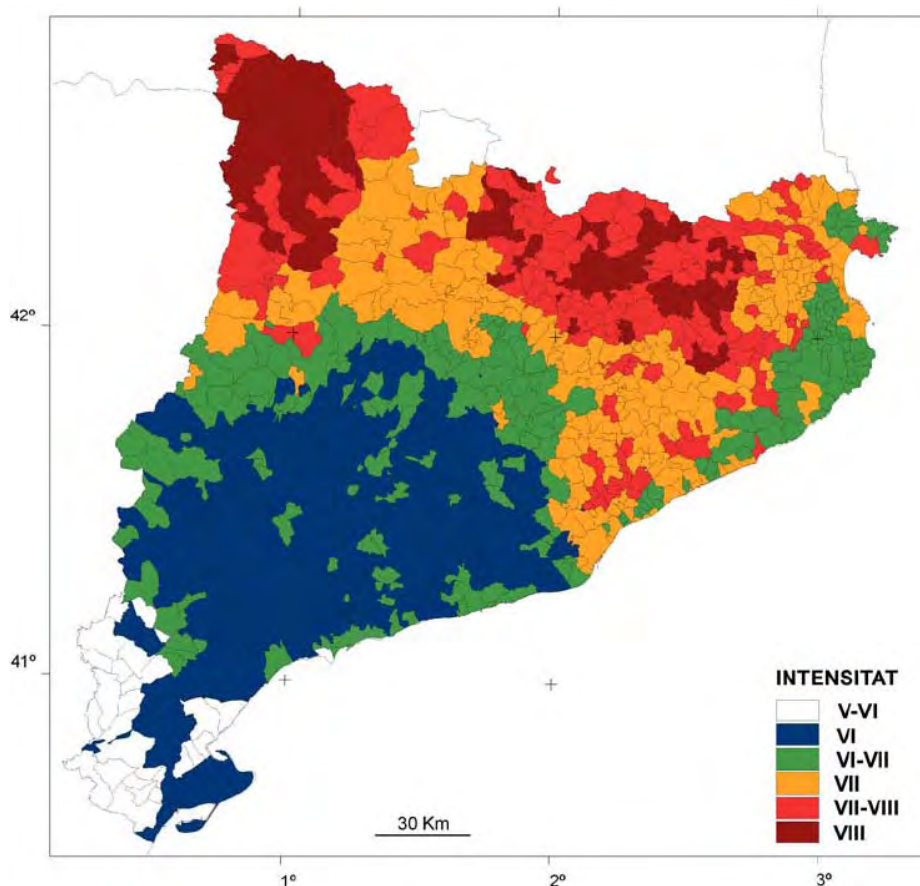


Aquesta classificació de sòls està associada a la velocitat que tenen un tipus d'ones sísmiques en travessar-los. El sòl tipus R correspon a una roca dura on la velocitat de les ones S és superior a 800 m/s. El tipus A correspon a roques compactes amb velocitat de les ones S entre 800 i 400 m/s. El tipus B a materials semi-compactats tous amb velocitats de les ones S entre 400 i 150 m/s. Per últim, el tipus C correspon a material no cohesionat i arenes toves. La velocitat de les ones S és inferior a 150 m/s.

Per a tenir en compte les possibles amplifícacions produïdes per sòls tous, tipus B i C, i d'acord amb estudis similars es va considerar un augment de la intensitat per a cadascun dels quatre tipus de sòl establerts. Les amplifícacions proposades van ser les següents:

- Tipus R: no s'hi suma cap grau d'intensitat.
- Tipus A: no s'hi suma cap grau d'intensitat.
- Tipus B: es suma 0.5 graus d'intensitat a la intensitat del mapa de zones sísmiques.
- Tipus C: es suma 0.5 graus d'intensitat a la intensitat del mapa de zones sísmiques.

Finalment, el mapa de zones sísmiques pren la forma següent:



Zones sísmiques considerant l'efecte de sòl. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya – SISMICAT.

3.14.3.2. Vulnerabilitat

Per a l'avaluació de la vulnerabilitat sísmica es van considerar mètodes diferents segons es tracti d'habitatges, hospitals i edificis de bombers, o bé de línies vitals amb característiques tècniques particulars (conduccions de gas o electricitat, transformadors elèctrics,...).



A) Classificació d'habitatges o edificacions assimilades a habitatges en tipologies de vulnerabilitat.

Les construccions es van classificar en tipologies constructives d'acord a la seva vulnerabilitat sísmica intrínseca i a la nova escala europea d'intensitats macrosísmica EMS-92. La classificació té en compte factors com la tipologia de material, la forma de l'edificació, l'edat, l'alçada, el manteniment i l'àrea (urbana o rural). Defineix sis tipus de A (més vulnerable) a F (menys vulnerable es a dir que compleix la normativa sismorresistent) on cada una representa un espectre de grau de dany. A partir del percentatge que representen les diferents tipologies de construccions a cada municipi, es pot determinar la vulnerabilitat municipal d'acord a una matriu prèviament definida.

Es van correlacionar les sis tipologies constructives amb els graus d'intensitat sísmica corresponents a l'escala EMS-92 (VI a X) i els danys que es poden produir per a cada combinació de tipologia constructiva i intensitat sísmica. A partir de la correlació anterior es va aplicar una fórmula que determinava la vulnerabilitat constructiva municipal (d'acord al percentatge de tipologies constructives i dels danys que poden patir) i finalment es va establir una matriu de danys per a definir el dany municipal. Es van calcular també els edificis inhabitable.

La classificació dels edificis d'habitatge de Catalunya (prop d'un milió) segons les classes de vulnerabilitat definides en la EMS-92 es va dur a terme partint de les dades del cens d'edificis realitzat l'any 1990 per l'Institut d'Estadística de Catalunya (Idescat). La informació disponible és l'edat, l'alçada i la situació geogràfica dels edificis.

L'edat i l'alçada estan clarament associades a la vulnerabilitat sísmica dels edificis. L'edat no només té importància pel seu efecte sobre el procés de deteriorament de la resistència de l'edifici sinó que és indicatiu de tècniques constructives, variables al llarg del temps. Segons les informacions recollides d'experts en els temes constructius s'han pogut fer tres grups d'edificis segons el període de construcció: anteriors a 1950; entre 1950 i 1970 i posteriors a 1970. Per la seva part, l'alçada influeix en el comportament dels edificis davant d'una sol·licitació sísmica. En el cas dels edificis de Catalunya, que han estat construïts únicament per a aguantar càrregues gravitatòries, aquest paràmetre va servir per a diferenciar els edificis que tenen un marge de seguretat respecte a aquells que estan en el límit de resistència. Els grups d'edificis per alçada es van definir amb els límits següents: 12 m (menys de cinc plantes), que formen el primer grup i 18 m (més de cinc plantes), que formen el segon grup. Els edificis d'altures intermèdies (cinc plantes) formen un tercer grup. Finalment es va tenir en compte si l'edifici pertany al nucli urbà o es tracta d'un edifici aïllat.

Altra informació utilitzada a la classificació de les edificacions en classes de vulnerabilitat fou la tipologia estructural i l'estat de conservació dels edificis. Les diferents tipologies estructurals utilitzades a Catalunya van ser identificades a partir de les èpoques de construcció considerades. La ponderació de tota la informació disponible, amb els criteris de la EMS-92 i el judici d'expert va permetre fer una classificació de les edificacions en classes de vulnerabilitat que s'expressa en funció dels tres principals paràmetres.

B) Estimació de danys relacionats amb edificis d'habitatge

Es va dur a terme una estimació dels danys que poden experimentar els edificis dels diferents municipis de Catalunya, considerant les intensitats previstes en el mapa de zones sísmiques. A més, com a resultat del dany causat als edificis es va realitzar un escenari de les conseqüències per a la població de cada municipi (apartats C i D).

C) Estimació del dany als edificis



L'estimació del dany que podrien experimentar les edificacions d'habitatge dels diferents municipis, considerant el màxim sisme per a un període de retorn de 500 anys, es va realitzar mitjançant l'ús de matrius de probabilitat de danys que han estat determinades per a les classes de vulnerabilitat A, B, C i D, els graus de danys de 0 (no dany) a 5 (col·lapse total) i els graus de intensitat (de VI a X) de l'escala EMS-92 (es poden correlacionar amb l'escala d'intensitats MSK). Les classes de vulnerabilitat E i F no van ser considerades atès que no són representatives a Catalunya (construccions sismoresistents).

Com a resultat de l'avaluació del dany físic es va obtenir el nombre d'edificis de cada municipi distribuït segons els diferents graus de danys. A partir del dany experimentat pels edificis es va fer una estimació dels que podrien quedar en condicions inhabitables, considerant-se en aquest estat aquells que sofreixin els graus de danys 4 i 5 així com un 50% dels que experimenten dany 3. Aquests resultats són de màxima importància per a l'avaluació del nombre de persones que poden quedar sense habitatge després de l'acció del terratrèmol. Es va calcular per a cada municipi l'estimació del nombre d'edificis que resultarien inhabitables, immediatament després de produir-se el terratrèmol d'acord a les estimacions de magnitud i intensitat realitzades.

El Sismicat recull per a cada municipi de Catalunya el grau d'intensitat assignat, la distribució dels edificis per a classes de vulnerabilitat, el nombre total d'edificis, el nombre d'edificis que quedarien inhabitables i el nombre d'edificis per a cada grau de dany i per a cada municipi. També es presenten les estimacions dels danys en forma de mapes, amb els límits municipals.

D) Estimació del dany a la població

La possibilitat de patir víctimes humanes com a conseqüència de l'acció d'un terratrèmol està directament lligat al nombre d'edificis danyats com a conseqüència de la intensitat del moviment sísmic i al nombre de persones que hi viuen.

En una primera aproximació es pot fer una estimació del nombre de víctimes, de diferent gravetat, a partir de dades disponibles de sismes ocorreguts en d'altres indrets i dels resultats de les estimacions d'edificis danyats, que s'han exposat anteriorment, acompanyades de les dades del cens de població.

E) Estimació de danys a edificis essencials: hospitals i parcs de bombers

Es va dur a terme una estimació dels danys que poden experimentar els hospitals i parcs de bombers de Catalunya, considerant les intensitats previstes en el mapa de zones sísmiques i la classificació dels seus edificis en les tipologies definides.

Cada tipologia té un comportament característic que es va calcular utilitzant les matrius de probabilitat de danys i la distribució dels edificis en classes de vulnerabilitat. Com a resultat es va obtenir el % de cada un dels graus de dany (de dany 0 ó no dany a dany 5 o col·lapse total de l'edifici) que pot patir l'edifici per diferents intensitats.

Per a cada tipologia es va representar la distribució de la probabilitat de danys per a cada grau de dany i per cada intensitat. També es van agrupar els diferents comportaments que poden tenir els edificis en funció de les corbes de probabilitat de danys. Com a resultat es van definir quatre classes de comportament que molt probablement resultarien de l'acció del terratrèmol considerat:

- Comportament 1: després del terratrèmol l'edifici quedaria indemne i podria continuar amb les seves funcions.
- Comportament 2: després del terratrèmol la instal·lació segueix operativa, però és recomanable una inspecció de totes les instal·lacions.



- Comportament 3: després del terratrèmol la instal·lació quedaria fora de servei, be que l'edifici continués sent habitable. Es recomanable en aquest cas una inspecció de l'edifici.
- Comportament 4: després del terratrèmol caldria evacuar l'edifici.

F) Estimació de danys a línies vitals.

Les línies vitals estan constituïdes per aquelles infraestructures que són imprescindibles pel normal desenvolupament de l'activitat humana i, en general, comprenen línies que possibiliten la mobilitat de mercaderies i persones (transport), grans línies de subministrament d'energia i elements de sanejament bàsic, com per exemple, aigua, electricitat, gas i combustibles líquids i, finalment, les que faciliten la comunicació.

Els majors danys esperats es produeixen als equipaments mecànics i elèctrics i sobre tot als d'alta tecnologia, que formen part de les xarxes de transmissió i de transport d'electricitat, gas i aigua, de les grans xarxes de transport com per exemple autopistes i ferrocarrils i les que formen part dels sistemes de comunicació (telefonía, ràdio, televisió, entre d'altres). És doncs a les estacions de bombeig, a les estacions i substacions transformadores, i als centres de comunicacions o d'altres centres dotats amb equips d'alta tecnologia on es pot esperar que sorgeixin incidències en cas de terratrèmols d'intensitat VII –VIII i VIII.

Particularment sensibles són els ponts, els dipòsits i els edificis que formen part de les infraestructures vitals.

3.14.4. Descripció general del mapa i municipis afectats

3.14.4.1. Distribució de la perillositat i vulnerabilitat sísmica a Catalunya

A) Perillositat sísmica.

Podem resumir la distribució de la perillositat sísmica a Catalunya d'acord a les dades següents:

- La distribució de la superfície del territori i del nombre de municipis, en % en ambdós casos, segons les diferents zones d'intensitat macrosísmica màxima per al període de retorn de 500 anys, és la següent:

Intensitat MSK	Superfície	Municipis
< V	0	0
V-VI	5%	3%
VI	31%	36%
VI-VII	18%	20%
VII	20%	20%
VII-VIII	16%	16%
VIII	10%	5%
> VIII	0	0

Es pot comprovar que majoritàriament el percentatge de municipis i el de superfície és coincident en la major part de les intensitats macrosísmiques. La distribució se centra en el valor VI seguit dels valors VI-VII i VII. Per tant, el valor mitjà se situaria a l'entorn del valor d'intensitat macrosísmica MSK VI-VII, i que es correspon amb l'interval de por i danys a les construccions sense destrucció d'edificis. Pel que fa al valor d'intensitat VIII, el major esperable per al període de retorn de 500 anys i que indicaria la destrucció d'edificis, el nombre de superfície és del 10% i el de municipis del 5%, unes dades baixes però que cal tenir presents.



- Territorialment la major incidència de la perillositat sísmica (intensitats VII-VIII i VIII) es concentra a les zones de l'Alt Pirineu i Aran (Valh d'Aran, Cerdanya, Pallars Jussà i Pallars Sobirà) i a les comarques gironines (Garrotxa, Ripollès, Alt Empordà, Gironès i la Selva), seguides de la Catalunya Central (Berguedà i Osona). A l'àmbit metropolità de Barcelona la incidència es baixa i es limita a la part nord – est del Vallès Oriental. A la resta del territori català la incidència de perillositat sísmica és baixa i se situa en valors iguals o inferiors a VII.

La comarca amb major nombre de municipis afectats és Osona seguida de la Garrotxa i el Ripollès.

B) Vulnerabilitat sísmica.

Es pot resumir la vulnerabilitat sísmica d'acord a la vulnerabilitat de les diferents estructures i elements vulnerables avaluats:

- Danys a edificis:
 - Distribució municipal dels diferents graus de dany a edificis:

La major part d'edificis amb danys importants es concentra a la part nord de Catalunya, coincidint amb la zona de major perillositat sísmica. És important indicar que aquestes zones tenen molt baixa densitat de població i d'edificació.

Al sud de Catalunya els danys als edificis són menors i fins i tot podem trobar municipis on no s'espera danys de cap tipus als edificis.

A la Catalunya Central es localitzen els danys moderats.
 - Distribució municipal dels edificis inhabitable (danys de grau 4 o 5 i el 50% dels edificis amb grau 3):

Hi ha una gran quantitat de municipis (a l'entorn de 400) on els seus edificis inhabitable no superen la xifra de 10.

Encara més significatiu (uns 500 aproximadament) és el nombre de municipis on les quantitats varien entre 10 i 100 edificis.

Pel cas del rang comprés entre 100 i 1.000 edificis inhabitable només existeixen uns 83 municipis.

El rang de 1.000 a 10.000 s'aprecia únicament a dos municipis: Barcelona i Sabadell.
- Línies vitals:

En atenció a les corbes que relacionen intensitat i dany de les línies vitals, i als nivells de perillositat esperats a Catalunya per a un període de retorn de 500 anys, es pot concloure que en el 90% dels casos no s'esperen danys superiors al 5% (danys lleus) i que al 10% restant els danys esperats són inferiors al 10% (danys lleus i moderats).

Per a una superfície superior al 53% del territori els danys que es poden esperar són insignificants. D'altra banda, si tenim en compte que la concentració d'instal·lacions i línies vitals es dona a l'àrea metropolitana de Barcelona, al Sud de Catalunya i al litoral, el percentatge de línies afectades és encara menor.
- Danys a habitants

D'acord a les dades disponibles durant l'elaboració del Sismicat, a la gran majoria de municipis, més de 800, el nombre mitjà de persones per edifici és inferior a 5 habitants i



només alguns municipis, com Barcelona i d'altres de la seva àrea d'influència, arriben a valors mitjans de quasi 30 habitants per edifici.

De les dades anteriors i de la intensitat sísmica esperada i el dany a edificis, s'obté:

- o Els habitants corresponents a gairebé dos terços del nombre total dels municipis de Catalunya es veurien poc afectats per un sisme: menys de 100 persones per municipi.
- o El límit superior correspon a la ciutat de Barcelona amb un total de més de 100.000 persones que quedarien sense llar, en el cas que es produís la intensitat màxima indicada per al període de retorn de 500 anys.
- o Mortalitat:
 - És inferior a 10 persones per al 89% dels municipis.
 - Se situa entre 10 i 100 persones en el 9% dels municipis.
 - És superior a 100 en només el 2% dels municipis (18 en total).

La distribució de l'11% de municipis on es poden produir més de 10 víctimes mortals se centra en l'àmbit metropolità de Barcelona seguit de les zones del litoral més poblades i turístiques, de les capitals de comarca amb major població i d'alguns municipis a les zones del Pirineu i Pre-pirineu corresponents als de major perillositat sísmica.

3.14.4.2. *Municipis afectats.*

Resum de dades:

- Municipis amb risc superior (obligats a planificació): 439 municipis (46%)
- Municipis amb risc inferior (es recomana planificació): 480 municipis (51%)
- Territoris:
 - o Alt Pirineu i Aran: 98% obligats i 1% recomanat (1% no afectat)
 - o Barcelona: 55% obligats i 45% recomanats
 - o Catalunya Central: 55% obligats i 45% recomanats
 - o Girona: 80% obligats i 20% recomanats
 - o Lleida: 5% obligats i 95% recomanats.
 - o Tarragona: 5% obligats i 95% recomanats.
 - o Terres de l'Ebre: 6% obligats i 44% recomanats (50% no afectat).

Cal tenir en compte que els resultats de l'índex de risc abans indicats s'han assolit sobre la base d'un cens d'habitatges de l'any 1990 de l'Institut d'Estadística de Catalunya (Idescat), i que aquest cens s'actualitzarà el pròxim any 2011.



Edifici governamental destruït pel sisme de l'Aquila (Itàlia) de l'any 2009. Font: Direcció General de Protecció Civil.

3.14.5. Prevenció del risc

3.14.5.1. *Norma sismorresistent NCSE-2002.*

Actualment la prevenció del risc sísmic es realitza essencialment a través de la normativa sectorial de risc i específicament de la Norma de construcció sismorresistent NCSE-2002, aprovada mitjançant el Reial decret 997/2002, de 27 de setembre. Per tant, la prevenció se centra en la minimització de la vulnerabilitat sísmica de determinades noves construccions.

La norma classifica les construccions en graus d'importància (moderada, normal i especial) d'acord a la seva vulnerabilitat intrínseca (si són o no habitatges o serveis essencials o de pública concurrència). És d'aplicació a les construccions d'importància especial (serveis essencials com hospitals, infraestructures crítiques, edificis d'operatius, ...), i a les d'importància normal quan el paràmetre acceleració sísmica superi el valor 0,04 vegades l'acceleració de la gravetat. Com es pot comprovar al gràfic, aquest valor se supera en gran part del territori català.



Acceleració sísmica a Catalunya. Font: Mapa estatal d'acceleració sísmica. Instituto Geológico Nacional (IGN).



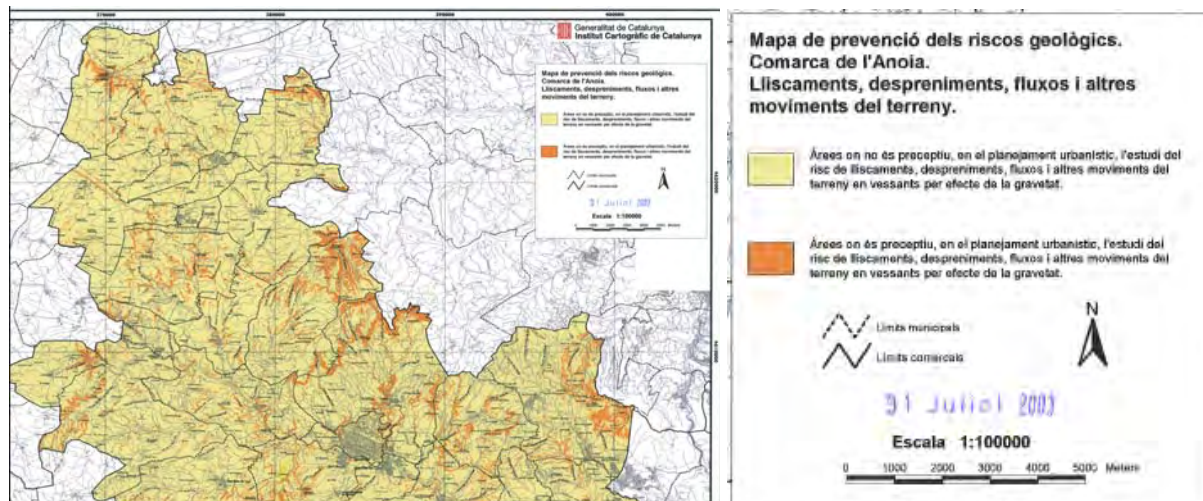
La norma, que també considera excepcions a la seva aplicació, descriu les característiques constructives que han d'incorporar les construccions. Amb anterioritat a aquesta norma existia una altra d'aplicació també estatal.



Edifici afectat pel sisme de Xile de l'any 2010. Font: US Geological Survey – USGS (<http://www.usgs.gov>)

3.14.5.2. Els mapes de prevenció de riscos geològics

L'Institut Geològic de Catalunya (IGC) elabora cartografia associada a diversos riscos geològics, com ara el risc sísmic o d'altres (esllavissades, desprendiments, ...). Entre aquesta cartografia figuren els mapes de prevenció de riscos geològics a escala 1:25.000 per als riscos d'esfondraments, lliscaments, desprendiments, fluxos i altres moviments del terreny.



Mapa de prevenció dels riscos geològics. Comarca de l'Anoia.
Ampliació de la llegenda del Mapa de prevenció dels riscos geològics. Comarca de l'Anoia.