

FERTILIZANTES TARRAGONA S.L

ESTUDI D'INUNDABILITAT

ESTUDI D'INUNDABILITAT DEL RIU GARONA, AMB MODEL
BIDIMENSIONAL, EN UN SOLAR URBÀ A LA CARRETERA DE FRANÇA,
A VIELHA (VAL D'ARAN)

Vielha, JULIOL DE 2016

CARRER BASCÒNIA, 32-34
08030-BARCELONA
T 933601450
F 933462244
E. administracio@igremap.com
www.igremap.com

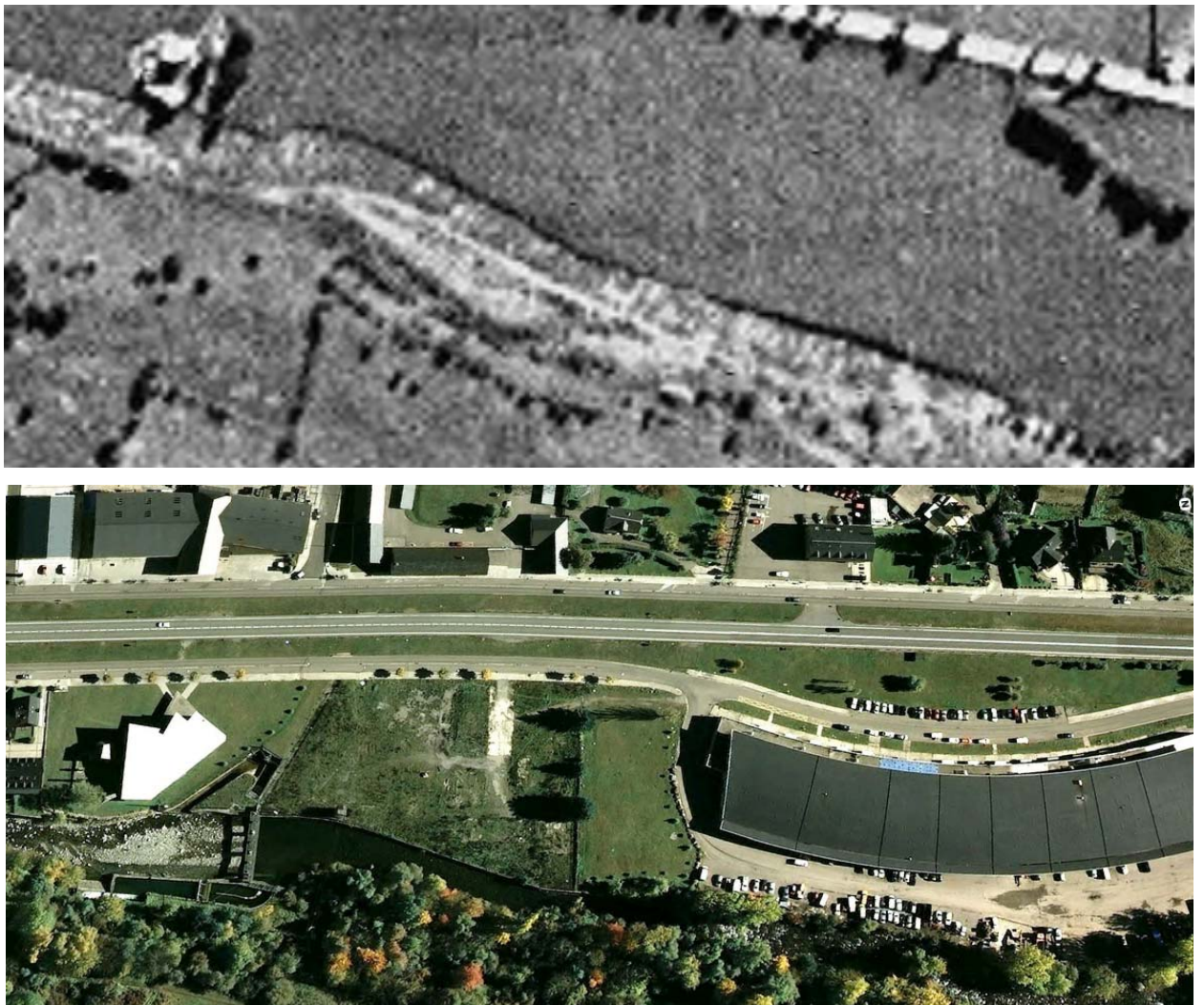


ÍNDIX DE LA MEMÒRIA

1.	INTRODUCCIÓ.....	5
2.	ANTECEDENTS	6
3.	DESCRIPCIÓ DE L'ÀMBIT.....	8
4.	CRITERIS DE DELIMITACIÓ DE ZONES INUNDABLES	9
4.1	LEGISLACIÓ ESTATAL SOBRE AIGÜES.....	9
4.2	CRITERIS DE L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA	10
4.3	CRITERIS URBANÍSTICS	12
6.	METODOLOGIA APLICADA	16
7.	TOPOGRAFIA.....	17
8.	HIDROLOGIA	17
8.2	OBTENCIÓ DELS HIETOGAMES DE DISSENY DE PRECIPITACIÓ DE LA CONCA	18
8.3	HIDROGRAMES PER A CADA PERÍODE DE RETORN	21
10.	SIMULACIÓ HIDRÀULICA	24
10.1	CARACTERÍSTIQUES DEL PROGRAMARI BIDIMENSIONAL	24
10.2	CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL MODEL HEC-RAS	25
10.3	DADES DE PARTIDA	28
11.	RESULTATS DEL MODEL BIDIMENSIONAL	31
12.	CONCLUSIONS	33

1. INTRODUCCIÓ

Es redacta el present document per tal d'avaluar el risc d'inundació, en l'àmbit d'un sector urbà (núm. finca cadastral 9611207CH1391S0001BY, núm. de finca registral 5280) situada entre la carretera N-230 i el riu Garona en el terme municipal de Vielha (Val d'Aran). L'objecte del present estudi és determinar les zones inundables per retorns de 10, 100 i 500 anys, en el marc de la proposta de Modificació puntual del Pla Parcial Urbanístic del Sector Mijaran (PPU MIJARAN, en endavant) la qual està promoguda per la iniciativa privada, i concretament, per la societat FERTILIZANTES TARRAGONA, S.L.



Àmbit de l'estudi. Ortofotomapa de l'any 1946 i de l'any 2015

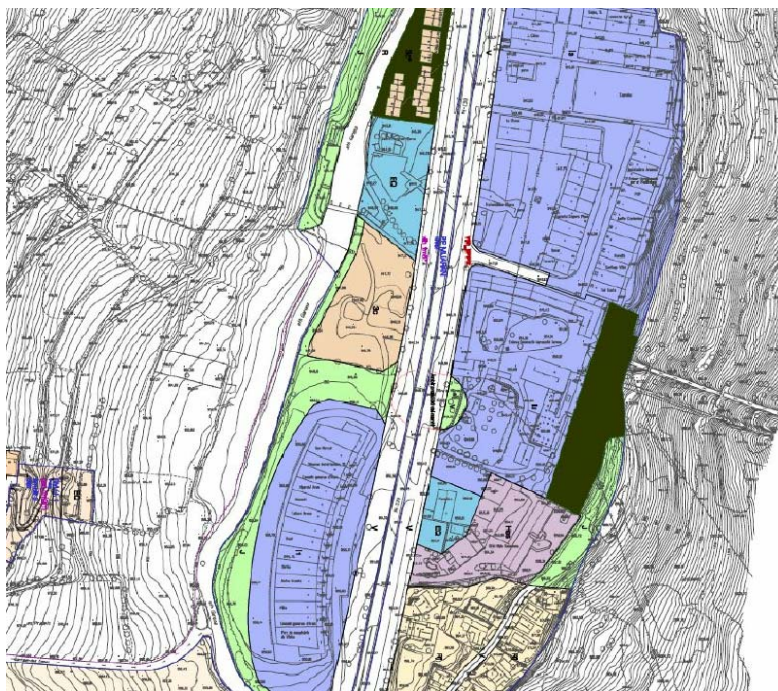
2. ANTECEDENTS

Aquest estudi es situa dins del marc de la Proposta Modificació puntual del Pla Parcial Urbanístic del Sector Mijaran (PPU Mijaran) promoguda per la societat FERTILIZANTES TARRAGONA. El planejament vigent indica que el sector té una superfície total de 142.482 m² de sòl destinats predominantment a usos de caràcter terciari i industrial, complementats per usos residencials de caràcter més residual. La distribució de superfícies del sector es mostra a la següent taula:

DISTRIBUCIÓ DE SUPERFÍCIES DEL SECTOR

Usos	Superfície (m ²)
Zones industrials	87.704
Zones residencials	22.080
Zona d'equipament	7.032
Zona esportiva-hotelera	6.614
Zona verda	19.052

Malgrat que el PPU Mijaran va ordenar els usos del Sector d'acord amb les necessitats existents en el moment de la seva aprovació, el pas del temps (més de 20 anys, d'ençà que el PPU MIJARAN va ser aprovat i executat) ha posat de manifest que el Sector Mijaran té una clara vocació per a la implantació d'usos industrials (no d'indústria "dura") i de caràcter terciari, atès el número i el tipus d'activitats que avui existeixen en el mateix (hotel, seus d'empreses i oficines, serveis, comerç al detall), al servei tant del nucli urbà de Vielha, com de la població de les urbanitzacions i nuclis propers (Santa Gemma, Vilac, Mont, Montcorbau, Betlan, Aubèrt).



Pla parcial Urbanístic del sector Mijaran 25530-Vielha

Els terrenys del Sector es troben edificats casi en la seva totalitat, fet que impedeix la implantació de noves activitats de tipus terciari, tot i que existeix una demanda de sòl per a la implantació de nous usos comercials i de serveis per part de nous emprenedors, afavorida pel notable grau de terciarització ja existent en l'àmbit, que ha convertit el mateix en un pol d'atracció comercial i de serveis de la Regió. Atesa la condició de Vielha com capital de la comarca i com a pol d'atracció comercial i de serveis indiscutible de la zona, es considera que afavorir la implantació de nous usos comercials i de serveis en aquest àmbit resulta beneficiosa des del punt de vista de l'interès públic municipal, perquè coadjuva a potenciar el dinamisme del municipi des d'un punt de vista econòmic i social, efecte desitjable en el moment de crisi com l'actual.

D'altra banda, el temps transcorregut des de la finalització de l'execució del Pla Parcial, sense que el solar qualificat com a Zona Residencial II hagi estat edificat, ha posat de manifest que la caracterització dels usos actuals d'aquest solar no resulta la més adequada. Igualment, es considera que les característiques d'aquest sòl (emplaçament dintre de l'àmbit, entorn, condicions d'accessibilitat) resulten adequades per permetre la implantació i el desenvolupament de noves activitats de tipus terciari-comercial, amb edificacions adaptades a les seves necessitats funcionals.

L'objectiu d'aquesta proposta és possibilitar la implantació d'usos comercials al solar qualificat pel planejament vigent com a Zona Residencial II, però mantenint el caràcter predominant actual de l'ús residencial, i sense eliminar la possibilitat d'implantar qualsevol altre dels usos actualment permesos pel planejament vigent.

L'àmbit del solar es situa al marge dret del riu Garona. El riu forma part de la conca hidrogràfica del riu Ebre, i per aquest motiu es situa en una conca intercomunitària. La gestió de la conca hidrogràfica pertany a la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre. El tram del riu modelitzat es situa en els marges del riu Garona, la carretera de França (N 230), entre les naus situades a l'àmbit anomenat Vielha Industrial (on es situen diverses naus i coberts) i l'església de Santa Maria de Mijaran (s. XII). El tram del riu Garona des de la seva capçalera fins aquest punt comprèn una longitud de 26 km i una pendent mitjana de 6,6%, generat una conca fins l'àmbit d'estudi de 275 km².

Els episodis més recents d'inundació són de l'any 2013, on el desglaç de la primavera i la precipitació continua van generar inundacions en alguns dels trams del riu Garona en el municipi de Vielha. L'àmbit concret es va inundar parcialment, de la mateixa manera que l'àmbit industrial (Vielha Industrial) situat aigües amunt del sector també. La parcel·la actualment es troba coberta per una esplanada amb vegetació herbàcia (molt incipient) i sòl nu. És remarcable que aigües amunt hi ha un barranc, el Barranc de Casau, que aboca les aigües en la corba que fa el riu Garona en els prats anomenats "es Predets".



Inundacions de l'any 2013 en la zona industrial (Vielha Industrial)

3. DESCRIPCIÓ DE L'ÀMBIT

L'àmbit objecte del present estudi es situa en el terme municipal de Vielha e Mijaran (Val d'Aran). Presenta els següents límits:

- Al nord l'àmbit on es situa l'església de santa maria de Mijaran (s. XII).
- Sud, polígon industrial (Vielha Mijaran), on s'ubiquen diferents coberts, aparcaments i naus industrials.
- A l'esta la carretera de França N-230
- Oest la llera del riu Garona.

La parcel·la objecte d'estudi es localitza en sòl urbà, concretament en zona de sòl urbà, 3C (eixample 3), imitant amb la carretera N-230.

En la següent taula es descriu, en el sector els usos predominants:

USOS DEL SÒL

Àmbit	Usos	Superfície (m²)	Superfície (%)
Parcel·la núm. cadastre 9611207CH13915	Aigües continentals	11.8	0.2
	Prats i herbassars	3627.0	51.7
	Zones urbanes	1884.9	26.9
	Zones verdes	1494.4	21.3
TOTAL		7018.0	100.0



Cobertes a l'àmbit de la parcel·la

4. CRITERIS DE DELIMITACIÓ DE ZONES INUNDABLES

Els criteris de delimitació de les zones inundables es deriven de:

1. REIAL DECRET 9/2008, d'11 de gener, pel qual es modifica el Reglament de Domini Públic Hidràulic aprovat pel Reial Decret 846/1986 d'11 d'abril.
2. Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local. ACA. Març de 2.003.
3. DECRET 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'urbanisme (4682, 24.07.06)

4.1 LEGISLACIÓ ESTATAL SOBRE AIGÜES

D'acord amb el Reial Decret 9/2008, d'11 de gener, pel qual es modifica el Reglament de Domini Públic Hidràulic aprovat pel Reial Decret 846/1986 d'11 d'abril, els usos del sòl estan regulats en funció de l'àmbit específic de la zonificació de l'espai fluvial que es descriu a continuació:

4.1.1 Zona de llera natural (Domini públic hidràulic)

És el terreny cobert per les aigües durant les màximes crescudes ordinàries. La determinació d'aquest àmbit es farà atenent a les seves característiques geomorfològiques, ecològiques i tenint en compte les informacions hidrològiques, hidràuliques, fotogràfiques i cartogràfiques que existeixin, així com les referències històriques disponibles. S'entén per riberes les franges laterals de les lleres públiques situades per sobre del nivell d'aigües baixes.

4.1.2 Zona de servitud de protecció del domini públic hidràulic

És la franja longitudinal de com a mínim 5,00 m d'amplada a ambdós marges que té per finalitat la protecció de l'ecosistema fluvial del domini públic hidràulic, el pas públic peatonal, i el desenvolupament dels serveis de vigilància, conservació i salvament.

4.1.3 Zona de flux preferent

D'acord amb l'article 9.2 del Reglament del Domini Públic Hidràulic, en les zones de flux preferent només podran ser autoritzades per l'organisme de conca aquelles activitats no vulnerables enfront de les avingudes i que no suposin una reducció significativa de la capacitat de desguàs d'aquesta via. La zona de flux preferent és aquella zona constituïda per la unió de la zona o zones on es concentra preferentment el flux durant les avingudes, o via d'intens desguàs, i de la zona on, per l'avinguda de 100 anys de període de retorn, es puguin produir greus danys sobre les persones i els béns, quedant delimitat el seu límit exterior mitjançant l'envoltant de les dues zones. A l'efecte de l'aplicació de la definició anterior, es considera que poden produir-se greus danys sobre les persones i els béns quan les condicions hidràuliques durant l'avinguda satisfacin un o més dels següents criteris:

- Que el calat sigui superior a 1 m.
- Que la velocitat sigui superior a 1 m/s.
- Que el producte de les dues variables sigui superior a 0,5 m²/s.

4.1.4 Via d'intens desguàs (VID)

Es tracta de l'ample de llera i marges en el qual circula la major part del cabal. Es defineix amb el cabal del període de retorn 100 anys. És l'àrea on, limitant-se una determinada amplada entre marges amb uns hipotètics paraments verticals, la sobreelevació del nivell de l'aigua seria de ΔH metres respecte el nivell de l'aigua en la llera i els marges sense limitació.

- El valor mínim $\Delta H = 0,1 \text{ m}$ correspondria a zones on l'increment de la inundació provocaria danys greus o bé on hi hagi possibilitats tècniques i econòmiques a trobar zones alternatives per al desenvolupament urbà. Aquest valor és el que defineix la VID de major amplada.
- El valor màxim $\Delta H = 0,5 \text{ m}$ correspondria a zones on l'increment de la inundació provocaria danys reduïts, i on a més a més, hi hagi dificultats tècniques i econòmiques a trobar zones alternatives per al desenvolupament urbà. Aquest valor és el que defineix la VID de menor amplada.

4.2 CRITERIS DE L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA

4.2.1 Zona fluvial (ZF)

Ve definit per la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn 10 anys.

L'estudi hidràulic del riu per a determinar la franja inundable amb el cabal de període de retorn 10 anys haurà de realitzar-se en règim gradualment variat.

A més, en l'estudi de definició de la zona fluvial del riu cal considerar aspectes de caràcter històric, geomorfològic i biològic per tal de complementar la seva definició. L'estudi d'aquests aspectes definiran l'evolució històrica de la llera, existència de lleres secundàries recuperables, zones de vegetació de ribera i d'altres característiques definitòries del sistema.

En la franja o franges així determinades no és aconsellable permetre cap ús. Es considera que només podrien dur-se a terme tasques de manteniment de la vegetació destinades a afavorir-ne un creixement equilibrat i alhora, mantenir una capacitat hidràulica mínima. Les intervencions haurien de ser autoritzades i tutelades per l'Agència Catalana de l'Aigua.

Quant a les infraestructures canalitzades, s'evitarà sempre que sigui possible el traçat per la zona fluvial.

4.2.2 Sistema hídric (SH)

Sota aquest concepte es pretén integrar l'ordenació de la llera i de la seva àrea d'influència dintre del procés de planificació territorial i urbana.

Aquest "sistema hídric" de protecció fluvial, s'haurà de definir a partir de criteris basats en la consideració de valors ecològics, naturals i espacials associats als cursos fluvials, observant alhora determinades normes i recomanacions tècniques hidràuliques de prevenció, definides en la planificació hidrològica i concretades sobre el territori per la planificació territorial, dintre de les quals es considerarà el risc d'inundació com a factor clau per a la reserva de sòl.

Mentre aquesta planificació no estigui disponible i per tal de no hipotecar-la, es proposa adoptar el criteri de considerar el SH com la zona ocupada pel cabal de 100 anys de període de retorn. Aquest criteri es complementarà també amb consideracions de caràcter històric, geomorfològic i biològic.

En tant no hi hagi una definició des del planejament urbanístic, els usos permesos en el SH, fora de la Zona fluvial, serien els següents, restant expressament desaconsellat, per a l'establiment d'aquests usos, qualsevol construcció o moviment de terres que modifiquin sensiblement el perfil natural del terreny:

- a). Agrícola: terres de conreu, pastura, horticultura, viticultura, gespa, silvicultura, vivers a l'aire lliure i conreus silvestres. No es permetran els hivernacles ni tancaments de cap classe entre parcel·les.
- b). Ús industrial-comercial: zones verdes.
- c). Usos residencials: gespa, jardins, zones de joc degudament senyalitzades.
- d). Usos recreatius públics i privats: camps de golf, pistes esportives a l'aire lliure, zones de descans, zones de natació, reserves naturals i de caça, parcs, vedats de caça i pesca, circuits d'excursionisme o d'equitació. La implantació d'aquestes activitats recreatives no haurà de suposar, en cap cas, l'alteració significativa de les condicions naturals dels terrenys afectats.
- e). Les estacions de bombament, tant d'aigües residuals com potables, es podran situar en el SH, sempre que els accessos es localitzin a una cota en la que no es produeixi la condició d'inundació greu per a l'avinguda de 500 anys de període de retorn.
- f). Les infraestructures canalitzades soterrades degudament protegides front a l'erosió en avinguda, només podrien autoritzar-se de forma excepcional i prèvia justificació com a única alternativa viable. No s'haurien d'autoritzar en cap cas, instal·lacions per al transport de productes que puguin representar un risc de contaminació del Domini Públic Hidràulic.

4.2.3 Zona inundable (ZI)

Es defineix per la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn 500 anys.

L'estudi hidràulic del riu per a determinar la zona inundable amb el cabal de període de retorn 500 anys haurà de realitzar-se en règim gradualment variat i considerant les condicions de contorn que afecten l'anàlisi del tram estudiat i el seu règim hidràulic.

A més, en l'estudi de definició de la zona inundable del riu cal considerar igualment aspectes de caràcter històric, geomorfològic i biològics per tal de complementar la seva definició. L'estudi d'aquests aspectes determinarà avingudes històriques i la seva afecció, característiques geomorfològiques de les planes d'inundació, característiques de la flora i fauna de la zona i altres trets determinants de la zona inundable.

Els usos que es proposen siguin permesos en la ZI, fora del SH, no van encaminats a preservar el règim de corrents, sinó a evitar danys importants. Concretament, es prenen les següents limitacions:

- Les futures edificacions de caràcter residencial haurien de situar-se a una cota tal que no es produeixi la condició d'inundació moderada amb l'avinguda de 500 anys de període de retorn. Subratllar que la zona d'acampada de càmpings restarà fora de la zona d'inundació de l'avinguda de període de retorn 500 anys.
- **Les futures edificacions de caràcter comercial- industrial haurien de situar-se a una cota tal que no es produeixi la condició d'inundació greu amb l'avinguda de 500 anys de període de retorn. Aquestes mateixes condicions caldria aplicar-les a les estacions depuradores d'aigües residuals (E.D.A.R.) de caràcter convencional i a les instal·lacions associades a estacions de tractament d'aigües potables (E.T.A.P.). En canvi, per a les Edar de tipologia verda, l'únic condicionant serà el de situar-se fora del SH. A la zona inundable caldria prohibir instal·lació d'abocadors de qualsevol tipus.**

Les tres zones definides com a zona fluvial (ZF), sistema hídric (SH) i zona inundable (ZI) es superposen, quedant sempre compreses una dins l'altra. Els usos permesos proposats en cada cas serien sempre els corresponents a la limitació més restrictiva.

4.3 CRITERIS URBANÍSTICS

Les disposicions quant al risc d'inundació venen definits per l'article 6, i les disposicions transitòries primera i segona del *DECRET 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'urbanisme*.

ARTICLE 6. DIRECTRIU DE PRESERVACIÓ FRONT ALS RISCS D'INUNDACIÓ

6.1 Als efectes de l'aplicació de la directriu de planejament que estableix l'article 9.2 de la Llei d'urbanisme, dins la zona inundable, que està constituïda per la llera dels rius i rieres i per aquelles franges de terreny vinculades a la preservació del règim de corrents i de les planes d'inundació per episodis extraordinaris, s'ha de distingir la zona fluvial, la zona de sistema hídric i la zona inundable per episodis extraordinaris.

6.2 La **zona fluvial** és la part de la zona inundable que inclou la llera del riu i les seves riberes i que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita d'acord amb l'avinguda per al període de retorn de 10 anys, tenint en compte els requeriments hidràulics i ambientals i respectant la seva continuïtat.

El planejament urbanístic ha de qualificar els terrenys inclosos en la zona fluvial com a sistema hidràulic i no hi pot admetre cap ús, llevat d'aquells previstos a la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic.

6.3 La zona de **sistema hídric** és la part de la zona inundable que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita d'acord amb l'avinguda per al període de retorn de 100 anys, tenint en compte els requeriments hidràulics i ambientals i respectant la seva continuïtat.

En la zona de sistema hídric el planejament urbanístic no pot admetre cap nova edificació o construcció ni cap ús o activitat que suposi una modificació sensible del perfil natural del terreny, que pugui representar un obstacle al flux de l'aigua o l'alteració del règim de corrents en cas d'avinguda.

Es consideren usos compatibles amb aquestes condicions els següents:

- a) Els usos agraris, sense que es pugui admetre cap instal·lació o edificació, ni tampoc l'establiment d'hivernacles ni cap tipus de tancament de les parcel·les.
- b) Els parcs, espais lliures, zones enjardinades i usos esportius a l'aire lliure, sense edificacions ni construccions de cap mena.
- c) Els llacunatges i les estacions de bombament d'aigües residuals o potables.
- d) L'establiment longitudinal d'infraestructures de comunicació i transport, sempre que permeti la preservació del règim de corrents.
- e) La implantació d'infraestructures de serveis i canonades, degudament soterrades i protegides i sempre que es preservi el règim de corrents i es garanteixi la no afectabilitat a la qualitat de les aigües.
- f) Aquells altres usos previstos per la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic.

Els plans d'ordenació urbanística municipal, quan estigui justificat per raons de racionalitat i coherència de l'ordenació urbanística, poden incorporar terrenys inclosos en la zona de sistema hídric a sectors de sòl urbà no consolidat i de sòl urbanitzable si aquests terrenys es destinen als usos compatibles amb

aquesta zona d'acord amb l'apartat anterior. Tanmateix, aquest règim d'usos deixa de ser d'aplicació quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'administració hidràulica, preveu 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, que no han de generar problemes d'inundabilitat a terrenys externs al sector, ha de constituir una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys.

6.4 La zona inundable per episodis extraordinaris és la part de la zona inundable que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita a partir de l'avinguda de període de retorn de 500 anys. En aquesta zona, atenent a les condicions d'inundació indicades en la delimitació establerta per la planificació hidrològica, el planejament urbanístic:

- a) No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació greu.
- b) No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació, amb excepció de les destinades a usos industrials i d'emmagatzematge, en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació moderada.
- c) No està subjecte a limitacions dels usos admissibles en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació lleu.

En la zona inundable per episodis extraordinaris, el règim d'usos establert deixa de ser d'aplicació quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'administració hidràulica, preveu 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.

6.5 Les limitacions dels usos i construccions admissibles per part del planejament urbanístic que estableixen els apartats 2, 3 i 4 no s'apliquen al sòl urbà, ni a les edificacions o conjunts d'edificacions que siguin objecte de protecció pel seu valor històric, artístic, arquitectònic o industrial. El planejament urbanístic general, d'acord amb el que determini l'administració hidràulica, ha de preveure les actuacions necessàries per a l'adopció de les mesures de protecció front als riscos d'inundació en els referits àmbits, així com la programació i execució de les obres corresponents. El planejament urbanístic general pot condicionar les actuacions de transformació dels usos o de reimplantació d'usos preexistents a l'execució, a càrrec de l'actuació, de les infraestructures necessàries que adequin el risc d'inundació a l'ordenació urbanística.

6.6 El planejament urbanístic general ha de subjectar al règim de fora d'ordenació les edificacions i les activitats preexistents en terrenys inclosos en la zona fluvial que no s'ajustin al que estableix l'apartat 2, sempre que no estiguin inclosos en algun del supòsits previstos en l'apartat 5, així com les activitats de càmping preexistents que no s'ajustin al què estableixen els apartats 3 i 4, sens perjudici de la possibilitat, en aquest darrer cas, que les citades activitats de càmping deixin d'estar subjectes al règim de fora d'ordenació si s'executen, a càrrec de la persona interessada i prèvia obtenció de les autoritzacions de les administracions urbanística i hidràulica procedents, les obres necessàries per complir les condicions de grau de risc d'inundació que estableixen els apartats 3 i 4.

6.7 En el cas de llacs, llacunes, aiguamolls, embassaments i altres elements que poden comportar riscos d'inundació, l'ordenació que estableix el planejament urbanístic ha de tenir en compte aquests riscos d'acord amb els criteris previstos en els apartats anteriors d'aquest article, amb les especificitats que determini l'administració hidràulica.

DISPOSICIÓ TRANSITÒRIA PRIMERA. APLICACIÓ DE LA DIRECTRIU DE PROTECCIÓ FRONT ALS RISCOS D'INUNDACIÓ EN EL CAS DE PLANEJAMENT GENERAL NO ADAPTAT A LA LLEI D'URBANISME

En el cas de planejament general no adaptat a la Llei d'urbanisme:

- a) Els plans parcials urbanístics i els plans parcials urbanístics de delimitació en l'àmbit dels quals hi hagi terrenys inclosos en alguna de les zones inundables regulades en l'article 6 d'aquest Reglament, s'han d'ajustar a les condicions i limitacions establertes als apartats 2, 3 i 4 de l'esmentat article, o bé han de preveure, amb l'informe favorable de l'administració hidràulica, 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.
- b) Els plans especials per a la nova implantació de càmpings i d'establiments de turisme rural en sòl no urbanitzable estan subjectes als criteris establerts a l'article 6 d'aquest Reglament, de manera que dins de la zona de sistema hídric i dins les zones d'inundació greu i moderada de la zona inundable per episodis extraordinaris només s'hi poden admetre espais lliures vinculats a l'establiment o l'activitat. Les zones d'acampada i els edificis de serveis s'han de situar fora d'aquestes zones.
- c) Els plans de millora urbana es regeixen pels criteris d'ordenació establerts en el planejament general. Tanmateix, per a l'aprovació dels plans de millora urbana que tinguin per objecte actuacions urbanístiques integrades per a completar el teixit urbà o transformar el model urbanístic preexistent, es pot exigir, com a càrrega d'urbanització del sector, l'execució de les obres de protecció i l'adopció de les altres mesures necessàries per evitar els riscos per a la seguretat de les persones que pot comportar l'ordenació establerta.

DISPOSICIÓ TRANSITÒRIA SEGONA. ESTUDIS D'INUNDABILITAT EN CAS DE MANCA D'INSTRUMENT DE PLANIFICACIÓ HIDRÀULICA APROVAT

1. Quan no es disposi del corresponent instrument de planificació sectorial aprovat per l'administració hidràulica competent que delimiti les zones inundables, el planejament urbanístic que inclogui en el seu àmbit terrenys emplaçats en zones potencialment inundables ha d'incorporar, com a document integrant de l'informe ambiental, un estudi d'inundabilitat, que ha de ser informat favorablement per l'administració hidràulica competent en el si de la tramitació del pla. En aquest estudi, que s'ha de realitzar sobre cartografia digital, s'han de determinar les zones inundables d'acord amb els criteris que estableixen els apartats següents.
2. Als efectes de l'apartat anterior, la zona fluvial es determina:
 - a) Amb caràcter general per l'avinguda de període de retorn de 10 anys.
 - b) En el cas de zones planeres en què l'avinguda de període de retorn de 10 anys i la vegetació de ribera associada assoleixin amplades superiors a 100 metres respecte del límit de la llera, la zona fluvial es fixa en 100 metres.
 - c) En aquells cursos fluvials endegats entre motes es pren com a referència, per a la delimitació de la zona fluvial, la contramota externa.
3. Als efectes de l'apartat 1, la zona de sistema hídric es determina:
 - a) Amb caràcter general per l'avinguda de període de retorn de 100 anys, sense tenir en compte en aquest càlcul l'existència de motes, quan n'hi hagi.
 - b) En el cas de zones planeres en què l'avinguda de període de retorn de 100 anys assoleixi amplades superiors a 100 metres respecte del límit de la llera, el sistema hídric no superarà aquests 100 metres.

c) En el cas de zones de muntanya, la delimitació de la zona derivada de l'avinguda de període de retorn de 100 anys es pot corregir tenint en compte les característiques fisiogràfiques i hidrològiques específiques.

4. Als efectes de l'apartat 1, la zona inundable per episodis extraordinaris es determina per l'avinguda de període de retorn de 500 anys. En aquells casos en què no es pugui disposar de modelització hidràulica es pot emprar la delimitació geomorfològica de les zones potencialment inundables.

DISPOSICIÓ TERCERA. RÈGIM APLICABLE A LES CONSTRUCCIONS I ACTIVITATS EXISTENTS DINS DE LA ZONA FLUVIAL EN CAS DE PLANEJAMENT GENERAL NO ADAPTAT A LA LLEI D'URBANISME

En el cas de planejament general no adaptat a la Llei d'urbanisme, s'ha d'aplicar el règim de fora d'ordenació a les construccions i activitats preexistents que, amb ocasió de l'aprovació de la planificació hidrològica o de l'aprovació d'un instrument de planejament urbanístic que incorpori l'estudi d'inundabilitat, es constati que estan incloses dins de la corresponent delimitació de la zona fluvial, sempre que no concorrin els supòsits previstos en l'apartat 5 de l'article 6 d'aquest Reglament i mentre no s'executin les obres necessàries per a la protecció front als riscos d'inundació.

6. METODOLOGIA APLICADA

En el desenvolupament del present estudi, s'ha seguit un esquema seqüencial amb els següents punts:

- Visites de camp dels trams d'estudi
- La geometria utilitzada en aquest treball ha estat en base a un model digitat obtingut de la topografia 1:1000 i 1:5000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.
- Modelització hidrològica

Els processos per determinar els hidrogrames de precipitació de la conca del riu en l'àmbit objecte d'estudi provenen de la metodologia definida pel SCS (Soil Conservation Service) on es descriu el procés per determinar els hietogrames de disseny i els hidrogrames unitaris per a cada període de retorn. Els passos que s'han seguit han estat:

- Definició de la conca de drenatge (mitjançant el programa HEC-GeoHMS)

HEC-Geo HMS s'utilitza per processar dades d'una conca després d'haver realitzat una preparació i recull d'informació topogràfica prèvia de les dades del terreny. Les dades necessàries prèvies per determinar les característiques hidrològiques de la conca són un model digital d'elevacions (DEM).

- Obtenció dels hietogrames de disseny de precipitació de la conca (metodologia definida per SCS)
- Càlcul dels hidrogrames de crescuda (HEC-Hms). Sistema de modelització hidrològica

Un cop està finalitzada la preparació de les dades inicials de la conca (inputs), HEC-Geo HMS processa el terreny i la informació espacial per a generar una sèrie d'entrades hidrològiques a partir de les característiques de la conca i dels torrents, dades de precipitació obtingudes a partir de sèries climàtiques i dades de cabals.

- Modelització hidràulica del riu

Amb programes de tractament de dades es generen els arxius que contenen les dades geomètriques (*.G01) de les seccions transversals en un format adequat pel programa HEC-RAS V 5.0.1, versió beta d'octubre del 2014 (del que es parla en el següent apartat). A continuació es comproven les seccions i la transferència de dades.

S'introdueixen els coeficients de rugositat Manning, i es realitza un pre-càlcul pel cabal de 500 anys sense col·locar les estructures així com l'estimació de les condicions de contorn del desguàs, ja sigui calat conegut o calat crític. En definitiva, treballs que convergeixen cap a la solució final de les tres corbes de rabeig buscades, així com a la comprovació de la seva coherència.

El model HEC-RAS, gestiona de manera independent fitxers que representen diferents geometries, diferents fluxos, etc. D'aquesta manera un projecte es compon dels següents arxius (entre parèntesi les extensions dels arxius):

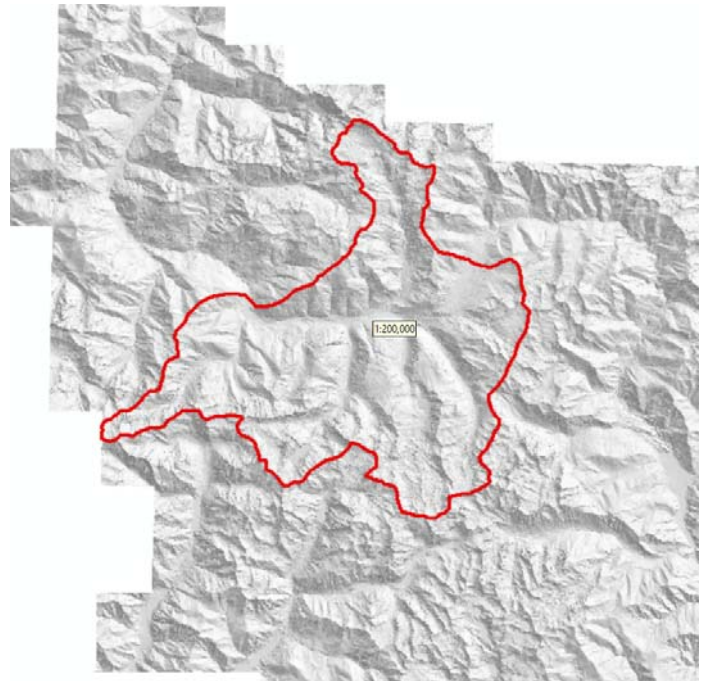
- Un arxiu de projecte (.PRJ)
- Un arxiu per a cada geometria (.G01 a .G99)
- Un arxiu per a cada flux (.F01 a .F99)
- Un arxiu per a cada pla (.P01 a .P99)
- Un arxiu d'execució per a cada pla (.R01 a .R99)
- Un arxiu de resultats per a cada pla (.O01 a .O99)

Dintre de l'arxiu *.PRJ es troba el llistat de tots els fitxers associats a un determinat projecte i un llistat de les variables del sistema que han de posar-se pel correcte funcionament del programa. Els arxius de geometria contenen les dades geomètriques del torrent analitzada.

7. TOPOGRAFIA

S'ha realitzat les modelitzacions a partir de la cartografia 1:1.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), del curs fluvial del riu Garona, i en el cas de no ser suficient, en les zones més allunyades, s'ha encaixat amb la topografia 1:5.000, també facilitada per l'ICC.

El mallat 3D resultat de la citada topografia, s'ha bolcat, amb programari específic a HEC- RAS, amb seccions com a mínim cada 10 metres, tal com estableix la Guia Tècnica de l'Agència, més les singularitats, derivades de l'anàlisi de la llera.



Conca del riu Garona i model digital del terreny

8. HIDROLOGIA

La metodologia que s'ha emprat per delimitació de les zones inundables és la que es recull la Guia Tècnica de Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'ACA (2003). El càlcul hidrològic determina els hidrogrames d'avinguda per a cada conca o subconca i pels diferents períodes de retorn (10, 100 i 500 anys). El model hidràulic permet simular l'avinguda del riu garona per a cada període de retorn, obtenint d'aquesta forma el límits inundables. La modelització hidrològica emprada en aquest estudi es correspon a la que s'ha calculat a l'Annex 1, "Estudi Hidrològic de la conca mitjançant el programa HEC-GEOHMS i càlcul dels hidrogrames amb HEC-HMS.

8.2 OBTENCIÓ DELS HIETOGAMES DE DISSENY DE PRECIPITACIÓ DE LA CONCA

A partir de les sèries de precipitació de l'estació de Vielha e Mijaran s'obtenen les següents dades de precipitació, d'una sèrie completa de 10 anys:

DADES DE PRECIPITACIÓ TOTAL MENSUAL

Any	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	TOTAL
2002	27.0	99.4	65.4	95.4	155.8	100	124	120	25.2	136	193.6	134.8	1276.6
2003	130.8	81.2	71.4	87.6	130.4	39.8	36.2	109	168.2	133	75.0	105.4	1168.0
2007	7.8	56.4	98.4	86.8	164.8	61.8	36.0	90.2	20.2	56.4	62.8	60.0	801.6
2008	60.6	17.8	156.6	98.2	128.2	71.4	105	28.8	42.2	73.2	164.6	41.8	988.4
2009	80.6	68.7	41.8	204.9	86.3	58.9	28.0	70.0	43.6	83.0	143.4	82.4	991.6
2010	58.1	21.9	60.4	56.3	135.5	136.7	86.2	44.9	64.9	105.0	110.0	35.9	915.8
2011	21.3	86.7	88.3	38.0	76.4	83.2	58.9	44.1	26.6	46.2	157.4	82.9	810.0
2012	32.8	37.4	70.0	128	62.8	51.5	55.5	52.4	59.9	157.2	67.9	49.4	824.8
2013	163.4	97.0	68.0	80.4	166.7	181.5	64.2	60.2	70.6	92.9	225.0	63.2	1333.1
2014	163.1	69.0	92.2	86.1	109.1	113.7	85.9	72.2	57.6	51.3	98.8	95.5	1094.5

DADES DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA

Any	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	TOTAL
2002	6.4	25.4	19.8	22	30.4	25.8	30.6	25.8	7.2	36.0	37.8	24.2	37.8
2003	27.8	41.6	39.8	32.6	23.6	9.0	19.6	28.6	73.0	34.0	22.2	17.0	73.0
2007	3.8	13.6	17.6	28.0	32.6	18.8	18	26.8	5.4	24.8	53.8	29.2	53.8
2008	17.0	10.6	28.4	18.4	31.4	11.2	64.2	13.8	11.8	32.8	59.4	16.4	64.2
2009	16.1	39.4	15.1	43.1	21.0	21.4	7.9	20.2	13.1	26.9	47.9	33.6	47.9
2010	15.7	6.2	22.7	14.2	22.5	27.9	46.7	37.6	17.2	37.1	50.9	10.4	50.9
2011	9.1	42.9	27.2	19.0	27.7	18.4	16.2	13.5	7.3	19.1	49.4	33.6	49.4
2012	12.1	15.7	43.1	19.1	23.1	27.3	20.0	25.5	14.1	68.3	28.6	18.9	68.3
2013	20.1	15.4	14.4	15.4	37.8	101.2	16.4	24.4	32.2	40.0	16.0	20.7	101.2
2014	63.8	14.5	23	29.1	29.9	29.4	20.1	17.6	18.9	22.2	18.8	19.2	63.8

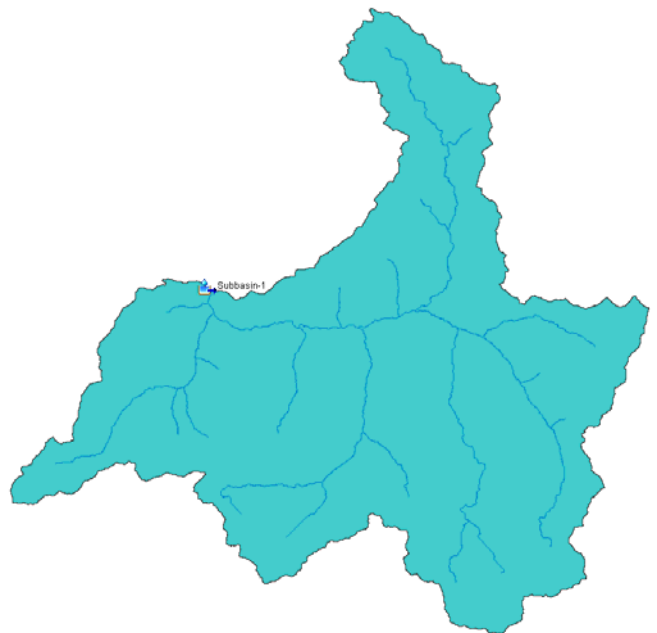
HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓ DE DISSENY

Els imputs necessaris per realitzar el càlcul dels hidrogrames són:

- Paràmetres morfomètrics de la conca:
 - Àrea (km^2)
 - Longitud de la llera principal en Km
 - Desnivell (cota del punt de desguàs i el punt més elevat de la conca).
- Registres del hietograma de disseny (corresponent en un període de temps)
 - Precipitació en funció del temps
- Tipus de sòl i usos de la coberta de la conca
 - Número de corba (CN). Donat que hi ha diferents tipologies de sòl es realitzar la ponderació en funció de la superfície de lus del sòl.

La seqüència per realitzar la modelització de la precipitació mitjançant el programa HEC-HMS i l'obtenció dels hidrogrames per a cada període de retorn és el següent:

- Introduir els valors de la conca (Basin Model Manager)
- Introduir les dades del hietograma de disseny (Time-Series. Data Manager)
- Establir el model meteorològic (Meterologic Model Manager)
- Especificar el format de sortida de resultats (Control Specifications Manager)

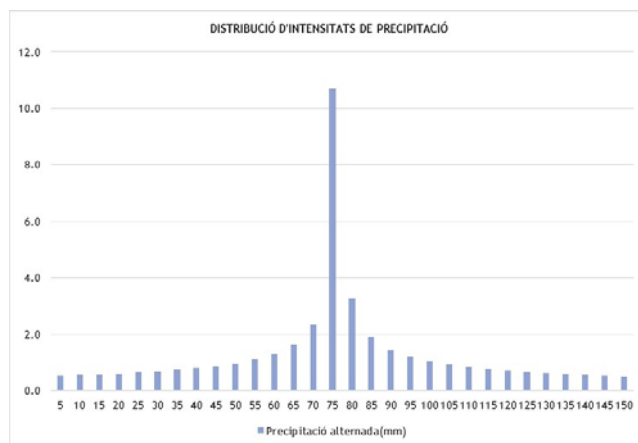


Àrea de la conca del riu Garona al seu pas per Vielha. Superfície 275 km^2

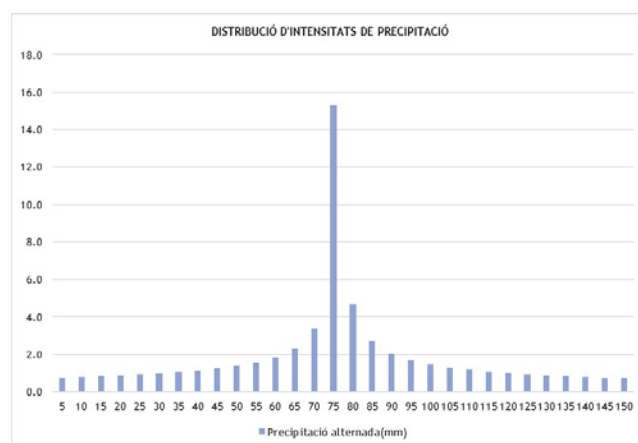
HIETOGRAMA DE DISSENY

A partir d'elles dades de precipitació i de les característiques morfomètriques de la conca s'obtenen els hietogrames de precipitació:

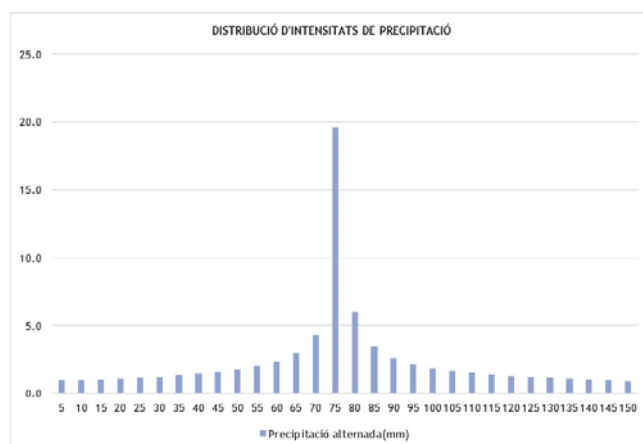
S'introdueixen els hietogrames de disseny:



Precipitació per període de retorn T=10 anys



Precipitació per període de retorn T=100 anys



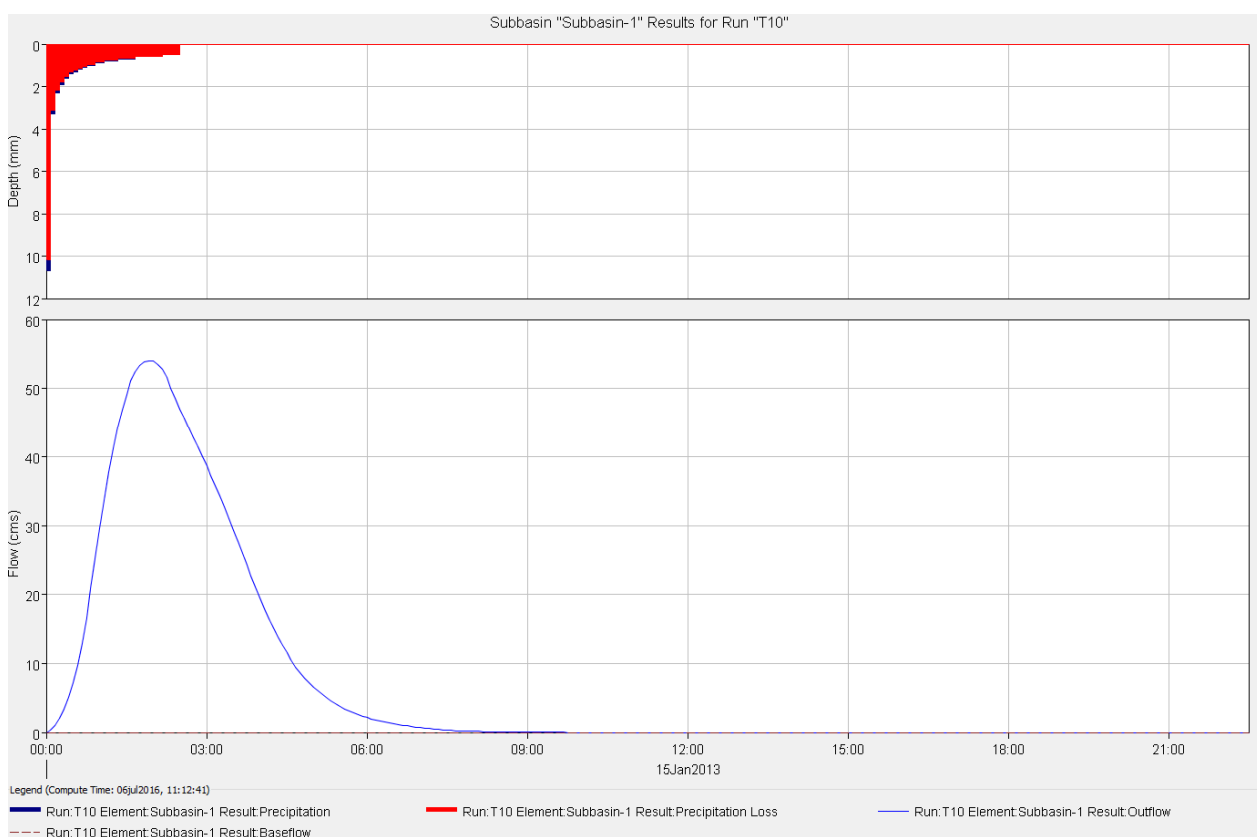
Precipitació per període de retorn T=500 anys

8.3 HIDROGRAMES PER A CADA PERÍODE DE RETORN

Els resultats del programa HEC-HMS permet calcular els hidrogrames per a cada període de retorn, així com els cabals punta en cadascuna de les avingudes. Per període de retorn $T=10$ anys s'obtenen els següents valors:

VALORS PER PERÍODE DE RETORN 10 ANYS

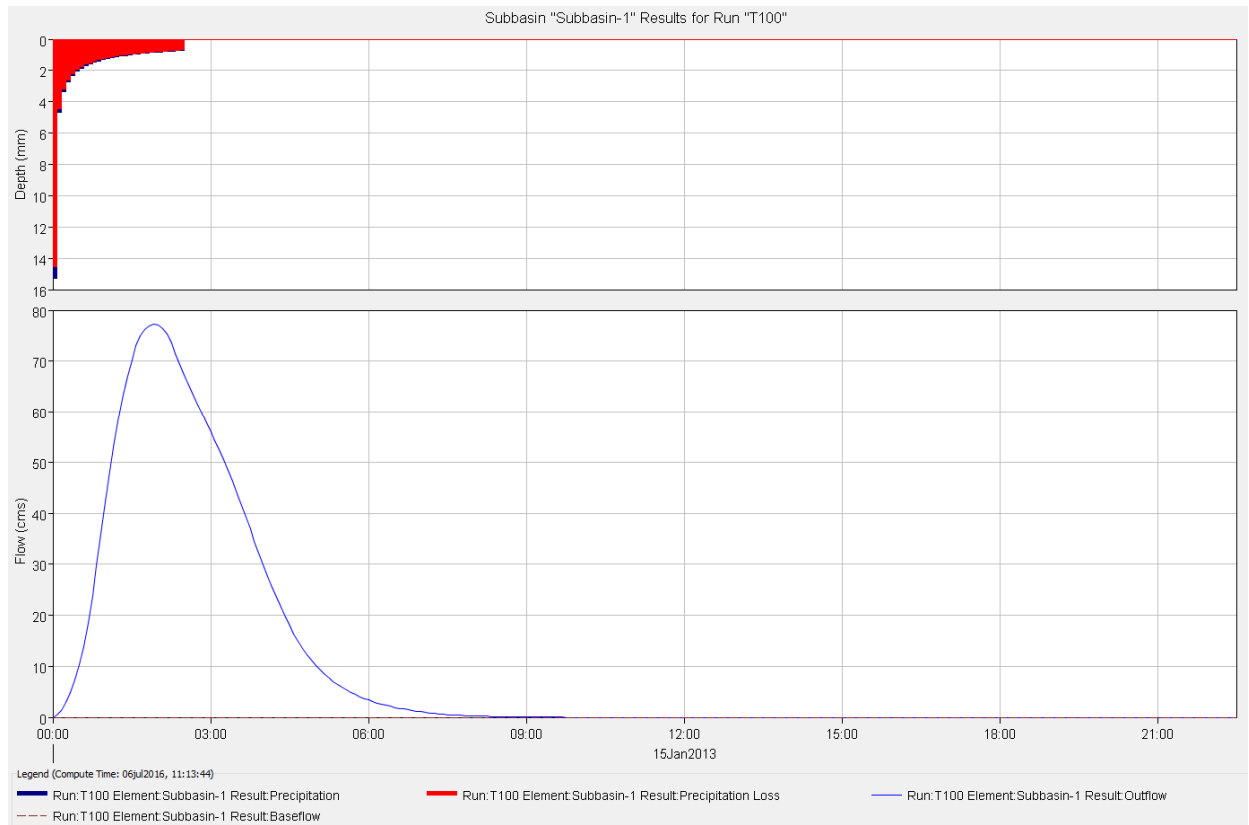
Conca	Àrea de drenatge (km ²)	Cabal de descàrrega punta (m ³ /s)	Instant on es produeix el cabal punta	Valor (mm)
Garona	275	54.0	1h 55 min	1.97



Hidrograma per període de retorn 10 anys

Per període de retorn T=100 anys s’obtenen els següents valors:

VALORS PER PERÍDOE DE RETORN 100 ANYS				
Conca	Àrea de drenatge (km²)	Cabal de descàrrega punta (m³/s)	Instant on es produeix el cabal punta	Valor (mm)
Garona	275	77.2	1h 55 min	2.87

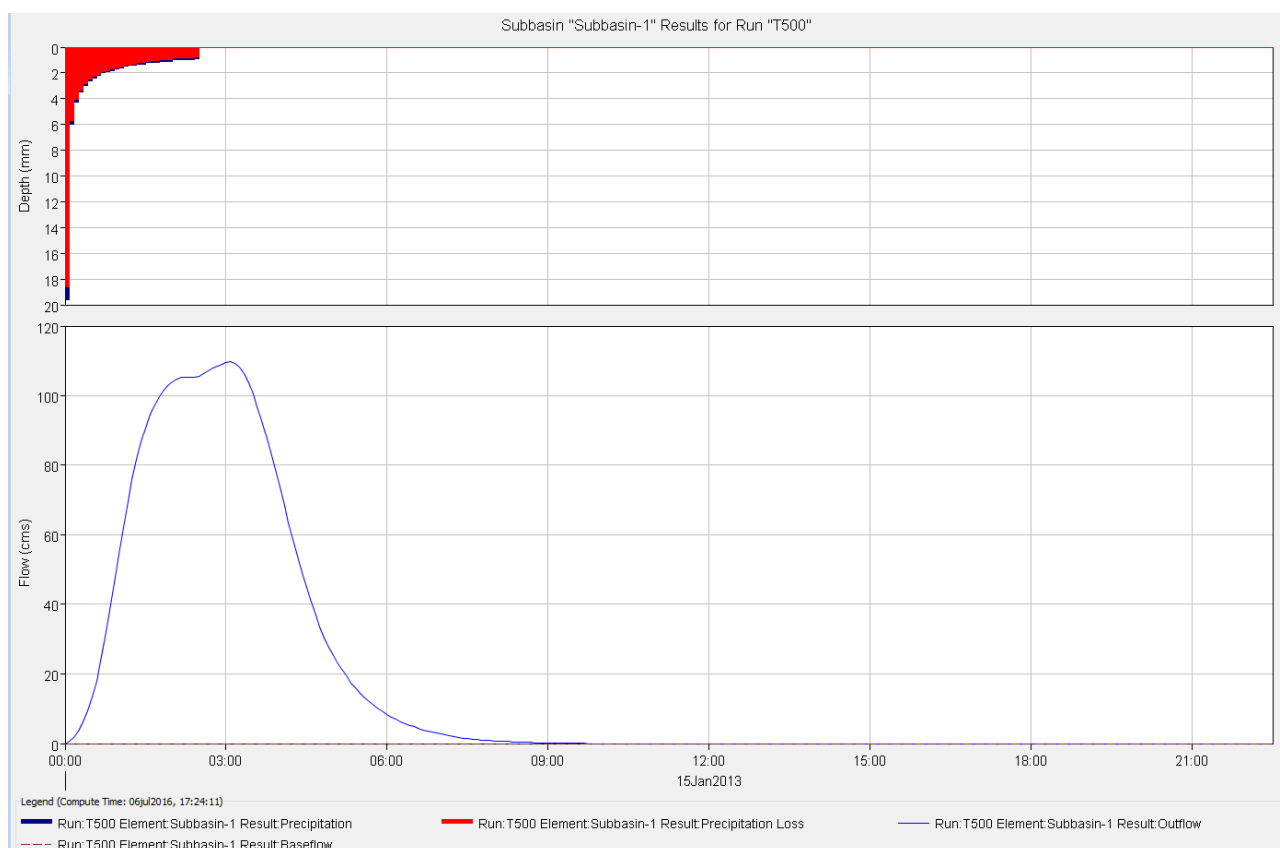


Hidrograma per període de retorn 100 anys

Per període de retorn $T=500$ anys s'obtenen els següents valors:

VALORS PER PERÍODE DE RETORN 500 ANYS

Conca	Àrea de drenatge (km ²)	Cabal de descàrrega punta (m ³ /s)	Instant on es produeix el cabal punta	Valor (mm)
Garona	275	109.7	3h 5 min	4.94



Hidrograma per període de retorn 500 anys

10. SIMULACIO HIDRÀULICA

El càlcul es realitza mitjançant el programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), versió 5.0.1 de març de 2016, desenvolupat per Hydrologic Engineering Center de l'U.S. Army Corp of Engineers.

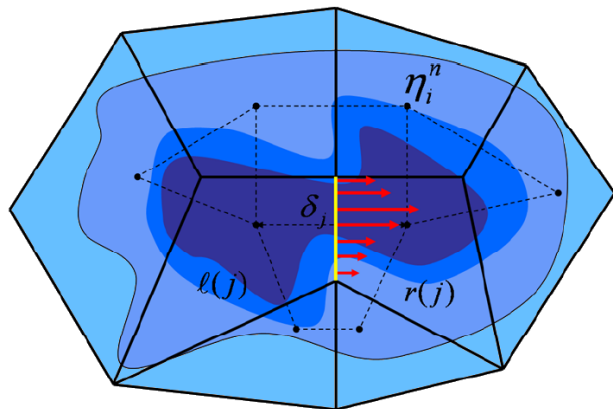
Aquest model incorpora com a novetat, la capacitat de realitzar modelitzacions que defineixen la conducció del flux dels sistemes fluvials en dues dimensions (2D) en règims de cabals inestables. Aquesta versió permet combinar alhora, el flux unidimensional i bidimensional, és a dir pot definir en el mateix model, el flux unidimensional (riu), així com les àrees de desbordament del riu fora dels marges de la llera quan aquest es desborda.

La modelització bidimensional del flux (2D) es porta a terme mitjançant l'addició d'àrees de flux bidimensionals que reflecteixen les planes d'inundació situades al costat de les lleres dels rius. Les àrees de flux 2D es grafien sobre el model digital del terreny (generat per Ras Mapper) traçant un polígon que incorpora en el seu interior una malla computacional 2D, amb cel·les amb propietats topogràfiques, morfològiques i hidràuliques. A continuació, el programa defineix el tipus de connexió entre el riu (flux unidimensional, 1D) i les àrees de flux 2D.

10.1 CARACTERÍSTIQUES DEL PROGRAMARI BIDIMENSIONAL

La modelització del flux en dues dimensions s'ha desenvolupat per a permetre poder realitzar la combinació en el model de fluxos 1D i 2D. Les característiques principals d'aquests models són:

1. Permet realitzar la combinació d'elements amb flux unidimensional i bidimensional.
2. Complementa les equacions de Saint Venant o Diffusion Wave en 2D, generant que la velocitat de modelització sigui més ràpida.
3. Ús de la solució algorítmica per volums finits implícits, permetent els càlculs per a intervals temporals elevats per caracteritzar el flux d'aigua en sistema fluvials. Possibilita la caracterització de l'estat d'humitat i de sequedat dels elements 2D dels models.
4. Solució algorítmica acoblada a models 1D i 2D, permetent processos iteratius de transferències de flux d'aigua entre els elements 1D i 2D.
5. Ús de malles computacionals estructurades i no estructurades, formades per cel·les computacionals de tipus triangular, quadrades, rectangulars, o fins i tot de cinc i sis cares.



Cel·la de la malla computacional detallada amb la sub-malla del terreny

Propietats de les cel·les computacionals:

- En la figura que s'adjunta representa esquemàticament la cel·la computacional, on les dades del terreny es troben representades en franges de color blau.
- Les cel·les computacionals es troben representades per línies gruixudes de color negre.
- Els centres pel còmput de les cel·les es troben representades per nodes negres i són els punts d'elevació de la superfície d'aigua.
- La relació d'alçada de volum d'aigua de cada cel·la es basa en els detalls de cota del terreny subjacent.
- Les cares de cada cel·la representen una secció transversal del terreny subjacent i el volum d'aigua continguda en elles.

Aquestes característiques permeten processar el moviment de l'aigua entre cel·les, a partir d'un canal que es genera i que talla la cel·la, representada per l'elevació del terreny.

6. Propietats detallades de les cel·les computacionals, que possibiliten que els plans que defineixen les cel·les s'adaptin a la topografia del terreny (sense ser planes). Les propietats hidràuliques de les cares i els costats de les cel·les computacionals són pre-processades pel programa, amb la finalitat de desenvolupar taules detallades on es descriuen les propietats hidràuliques (cota topogràfica, perímetre mullat, rugositat del terreny).

El moviment del flux a través de la cara es calcula a partir d'aquests paràmetres. La mida de les cel·les computacionals influeix en el temps de càlcul i en la velocitat del processament. En les cel·les més grans s'efectuaran menys càlculs que en les cel·les de menors dimensions.

7. El model permet generar mapes detallats d'inundacions i animacions

10.2 CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL MODEL HEC-RAS

Aquest model utilitza el mètode Step Method per al càlcul de la corba de rabeig en règim gradualment variat.

La teoria utilitzada és la clàssica corba de rebeig, però a més, en el HEC-RAS, cada secció transversal es tracta per trams parcials limitats per línies verticals que passen pels punts coordinats que defineixen el perfil. Aquest tractament permet incorporar nombroses opcions i permet tractar la major part dels problemes hidràulics que es poden presentar a l'estudi d'una llera.

El programa té nombroses capacitats opcionals que permeten entre altres:

1. Estudiar seccions irregulars, considerant el fenomen d'expansió i de contracció de la làmina d'aigua.
2. Considerar diferents coeficients de Manning, variables segons abscisses i ordenades. Alhora permet considerar la complexitat de la secció d'una llera natural, podent treballar amb diferents coeficients de Manning segons la divisió de la llera en aigües baixes i planures d'inundació.
3. Avaluar els efectes produïts per obstruccions estructurals de qualsevol secció que poden influir (esculleres, murs, illetes, estructures transversals, etc.) incloent possibilitat de flux en càrrega o com abocador, així com especificar àrees de flux no efectives.
4. Anàlisi simultani i comparatiu per a diversos cabals.
5. Avaluar possibles àrees d'inundació.
6. Bases de càlcul

10.2.1 Bases de càlcul

En hidràulica elemental l'energia total (H) per a qualsevol línia de corrent que passa a través d'una secció del curs d'aigua pot expressar-se com l'altura total d'aigua, que es igual a la suma de l'elevació per sobre del nivell de referència (Z), l'altura de pressió (Y) i l'altura de velocitat ($V^2/2g$).

$$H = Z + Y + \frac{V^2}{2g}$$

D'acord amb el principi de conservació d'energia, l'energia total en una secció localitzada aigües amunt a de la mateixa que la total en una secció localitzada aigües avall més la pèrdua d'energia h_e entre dues seccions.

Aquest principi és reflecteix en l'anomenada equació d'energia unidimensional;

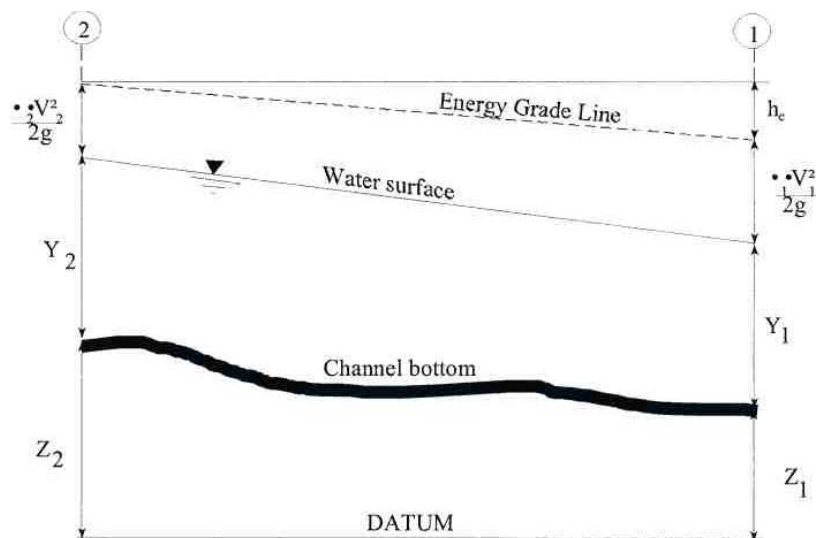
$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H_{12} \quad (1)$$

on Z és la elevació en la secció transversal (1 ó 2) del fons del canal respecte a una cota de referència; Y és la profunditat de l'aigua en la secció transversal; α és el coeficient d'energia que té en compte la distribució no uniforme de la velocitat en aquesta secció; V és la velocitat mitja del flux en la secció; g és l'acceleració deguda a la gravetat; i ΔH_{12} és la pèrdua d'energia entre les seccions 1 i 2.

Aquesta pèrdua ΔH_{12} , ve determinada per l'expressió;

$$\Delta H = L S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

on L és la longitud del tram considerat, S_f és el pendent de fricció representatiu per aquest tram (calculat per a la fórmula de Manning) i C és el coeficient de pèrdues per expansió o contracció.



Fórmula de Manning

S'admet la hipòtesi de que la pèrdua d'alçada per fricció en una secció és la mateixa que tindria un flux uniforme que tingués la mateixa velocitat i radi hidràulic que el corresponent a aquesta secció.

A continuació es descriu el procediment de resolució (Step Method) de l'equació d'energia unidimensional (1), a partir de la cota d'aigua coneguda en una secció, el programa suposa la cota a la secció següent, calculant a partir d'aquesta cota; l'àrea, el perímetre mullat i obté un valor de les pèrdues d'energia. El procés és iteratiu fins que el valor de les pèrdues de càrrega coincideix amb el que s'obté a partir de la diferència de cotes suposada (la tolerància admesa és generalment d'un centímetre).

10.2.2 Procés de resolució

L'alçada de la superfície de l'aigua i el cabal es coneixen en una determinada secció transversal (1).

L'energia del flux es calcula coneixent la geometria de la secció transversal i l'apartat anterior (1).

La geometria de la secció transversal es coneix en la següent secció del riu a l'igual que la longitud del tram entre les dues seccions.

S'assumeix una alçada de la superfície de l'aigua per la secció transversal següent (2). El radi hidràulic i àrea corresponent s'obté a partir de la geometria de la secció. Es calcula la capacitat d'aquesta secció i es promitja amb la de la secció prèvia, utilitzant la fórmula de Manning.

La pèrdua d'alçada degut a la fricció, h_f , es calcula coneixent la capacitat mitja, la longitud del tram i el cabal.

L'alçada de velocitat ponderada, $\alpha V^2/2g$ es calcula en la secció (2) i es troba la diferència respecte a la secció 1.

Es calculen les pèrdues per expansió o contracció a partir de la diferència anterior (6) i d'un coeficient C.

La diferència d'alçades de la superfície de l'aigua entre les dues seccions com la suma de la diferència en alçades de velocitat i les pèrdues de fricció i per contracció o expansió.

L'elevació de la superfície de l'aigua en la secció (2) es calcula com la suma de l'alçada inicial de la superfície d'aigua assumida i la diferència obtinguda en (8).

Es calcula l'error en la secció (2) entre l'alçada assumida (4) i la calculada (9).

Si l'error és acceptable (menys de 0,01 m) el procediment es repeteix per la següent secció del riu, considerant els valors novament computats per la secció 2 com coneguts. Si l'error no és acceptable, es fa un altre intent assumint el valor millorat per l'alçada de la superfície d'aigua en la secció 2 i es repeteix el procés començant en el pas (4).

10.2.3 Introducció de dades

El significat de les principals variables dels llistats del programa són:

SECNO:	Número de secció transversal
DEPTH:	Calat (m)
CWSEL:	Cota de la làmina d'aigua
CRIWS:	Cota corresponent al règim crític
WSELK:	Cota coneguda de la làmina d'aigua (condició inicial)
EG:	Línia d'energia (CWSEL + HV) (m)

HV:	Energia deguda al terme de velocitat (m)
HL:	Pèrdues de càrrega degudes a fricció (m)
OLOSS:	Pèrdues de càrrega degudes a fenòmens puntuals (m)
QCH:	Cabal de la llera principal (m^3/s)
ACH:	Superfície (m^2)
VOL:	Volum acumulat d'aigua (m^3)
BANK ELEV LEFT:	Cota màxima terreny marge esquerre
BANK ELEV RIGHT:	Cota màxima terreny marge dret
TIME:	Temps entre la 1 ^a secció i l'actual (h)
VCH:	Velocitat de la llera principal (m/s)
XNCH:	Número de Manning
ELMIN:	Cota mínima de la llera en cada secció.
XLCH:	Distància a la secció anterior (m)
TOPWID:	Amplada del pla d'aigua (m)
Q:	Cabal total (m^3/s)
FRCH:	Número de Froude de la llera principal
VLOB:	Velocitat de la plana d'inundació esquerra (m/s)
VROB:	Velocitat de la plana d'inundació dreta (m/s)
CUMDS:	Distància acumulada entre dues seccions
QLOB:	Cabal a la plana d'inundació esquerra
QROB:	Cabal a la plana d'inundació dreta
K*CHSL:	Pendent del canal x 10.000
10 K*S:	Pendent de la línia d'energia x 10.000
SHEAR:	Tensió de fricció a la llera
XNCH:	Número de Manning

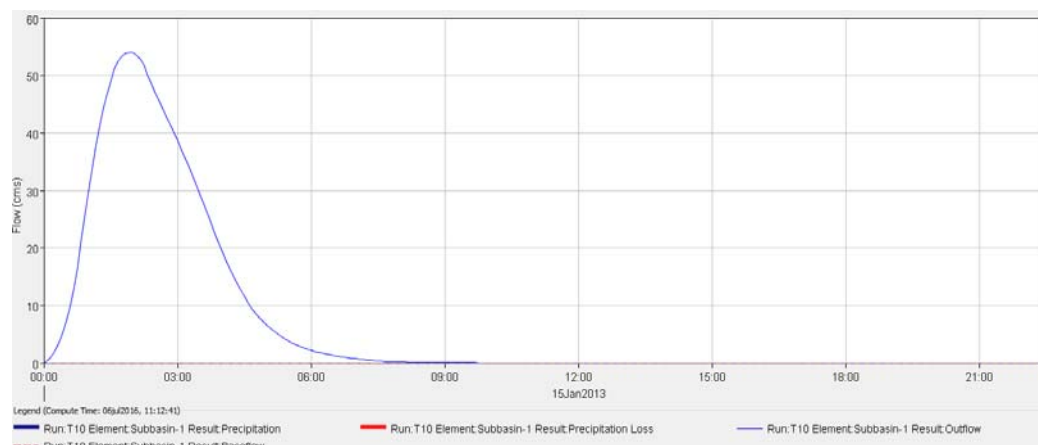
Les dades de caracterització morfològica de la llera, és a dir:

1. Topografia
2. Edificacions
3. Delimitació de la llera i planes d'inundació
4. Ponts
5. Edificacions
6. Àrees inefectives
7. ...

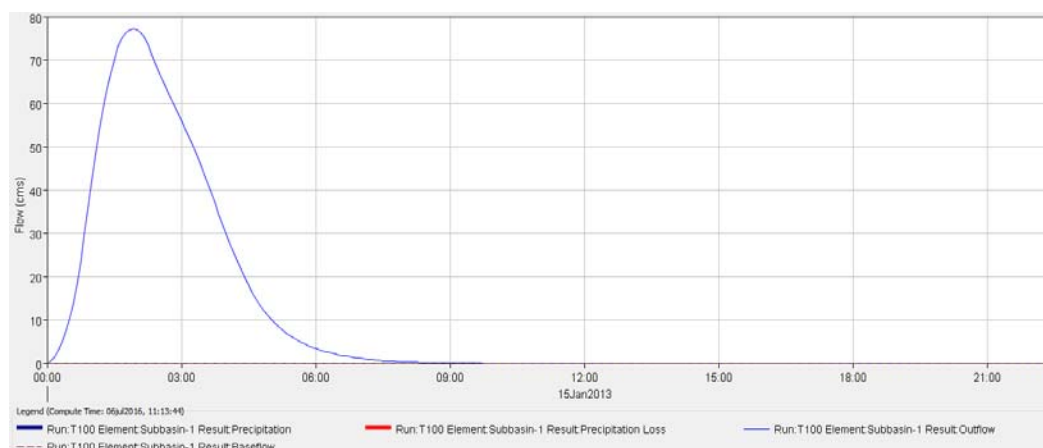
S'han introduït també a partir de l'aplicació HEC GEO-RAS, també desenvolupat per Hydrologic Engineering Center de l'U.S. Army Corp of Engineers. De la mateixa manera s'han delimitat les zones d'avinguda i la caracterització del risc.

10.3 DADES DE PARTIDA

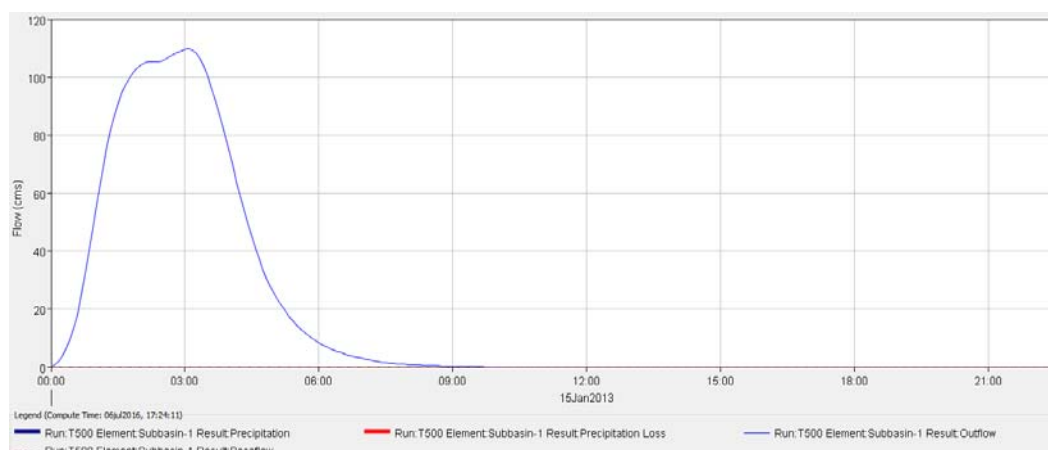
Per determinar la inundabilitat de l'àmbit a través del flux inestable, s'ha introduït els hidrogrames provinents del programa HEC-HMS (Hydrologic Modeling System).



Hidrograma per període de retorn 10 anys



Hidrograma per període de retorn 100 anys



Hidrograma per període de retorn 500 anys

Els coeficients de contracció i expansió que s'han adoptat són els següents:

COEFICIENTS EN TRANSICIONS	
Coeficient d'expansió	0,30
Coeficient de contracció	0.10

Els coeficients de rugositat s'han determinats per comparació emprant com a referència la publicació de Ven Te Chow ("Hidraulica de canales abiertos") i tenint en compte les "Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local" de l'ACA, que de fet fa són els coeficients de rugositat de Manning típics (HEC, 2000). Aquests valors s'han contrastat amb el USGS (US Geological Survey). A través de Ras Mapper (GIS que incorpora el programari Hec - Ras V.5.0.1, març 2016) s'hi han definit els coeficients de rugositat a partir del mapa de cobertes de l'àmbit.



Mapa de cobertes incorporat al Rasmapper

NÚMERO DE MANNING

Coberta	Manning
Aigües continentals	0.035
Bosc caducifolis	0.15
Conreus herbacis	0.035
matollar	0.03
Prats i herbassars	0.035
Vegetació de ribera	0.15
Vials i aparcaments	0.016
Zones industrials	0.016
Zones nues	0.03
Zones urbanes	0.016
Zones verdes	0.035

11. RESULTATS DEL MODEL BIDIMENSIONAL

S'han delimitat sobre un model bidimensional les zones inundables, concretament les de 10, 100 i 500 anys.

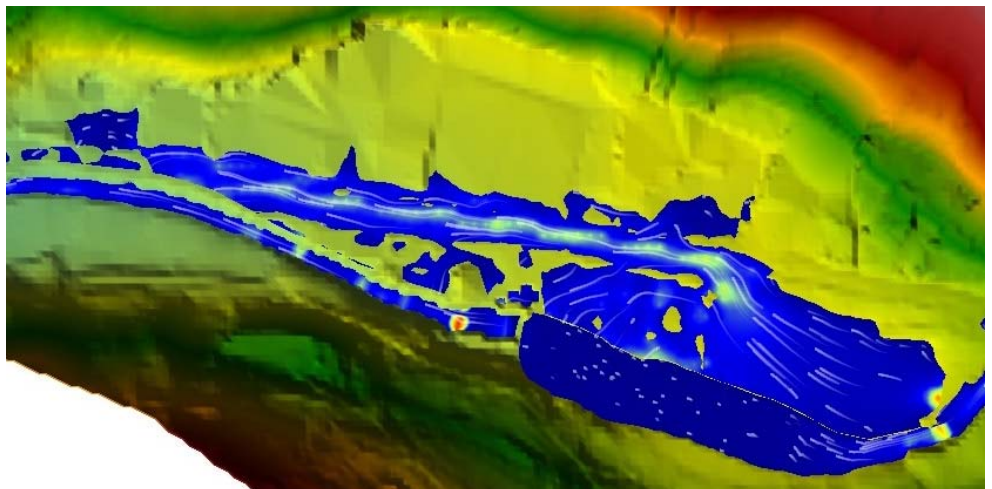
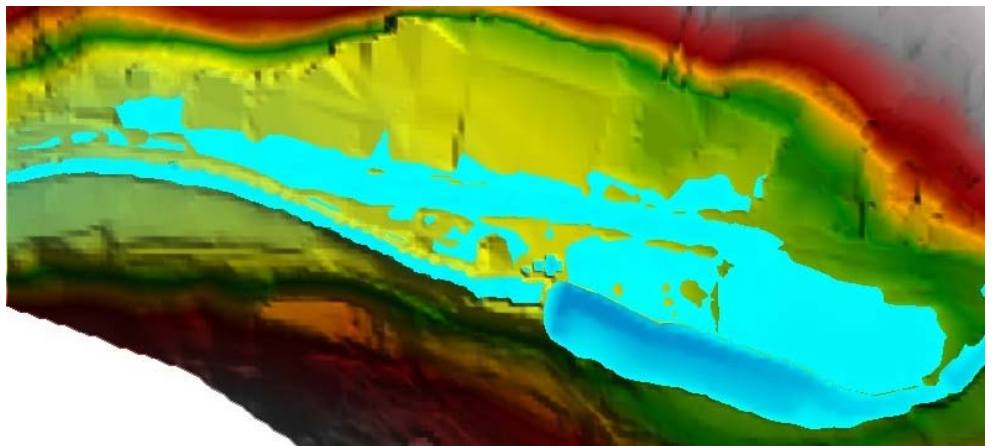
- La franja inundable per un període de retorn de 10 anys ($Q_{T=10 \text{ anys}}$) queda encaixada dins dels marges de la llera del riu Garona.
- La franja inundable per un període de retorn de 100 anys ($Q_{T=100 \text{ anys}}$) supera els límits de la llera del riu. El punt de desbordament es situa en la corba situada aigües amunt de la parcel·la, provocant la inundació del sector industrial de “Vielha industrial”.

El desbordament del riu Garona en aquest punt també provoca la inundació de la carretera N-230, que actua com un braç del riu Garona i dirigint la corrent d'aigua en direcció nord.

En l'àmbit de la parcel·la objecte d'estudi hi ha calats inferiors a 0,20 m.

Les velocitats a l'interior de la parcel·la estan entre 0,1 i 1 m/s, en funció del relleu. A la carretera N-230 la velocitat és superior a 2 m/s, sent la via principal de desguàs.

Es veu en les figures amb la densitat de la línies de corrent.

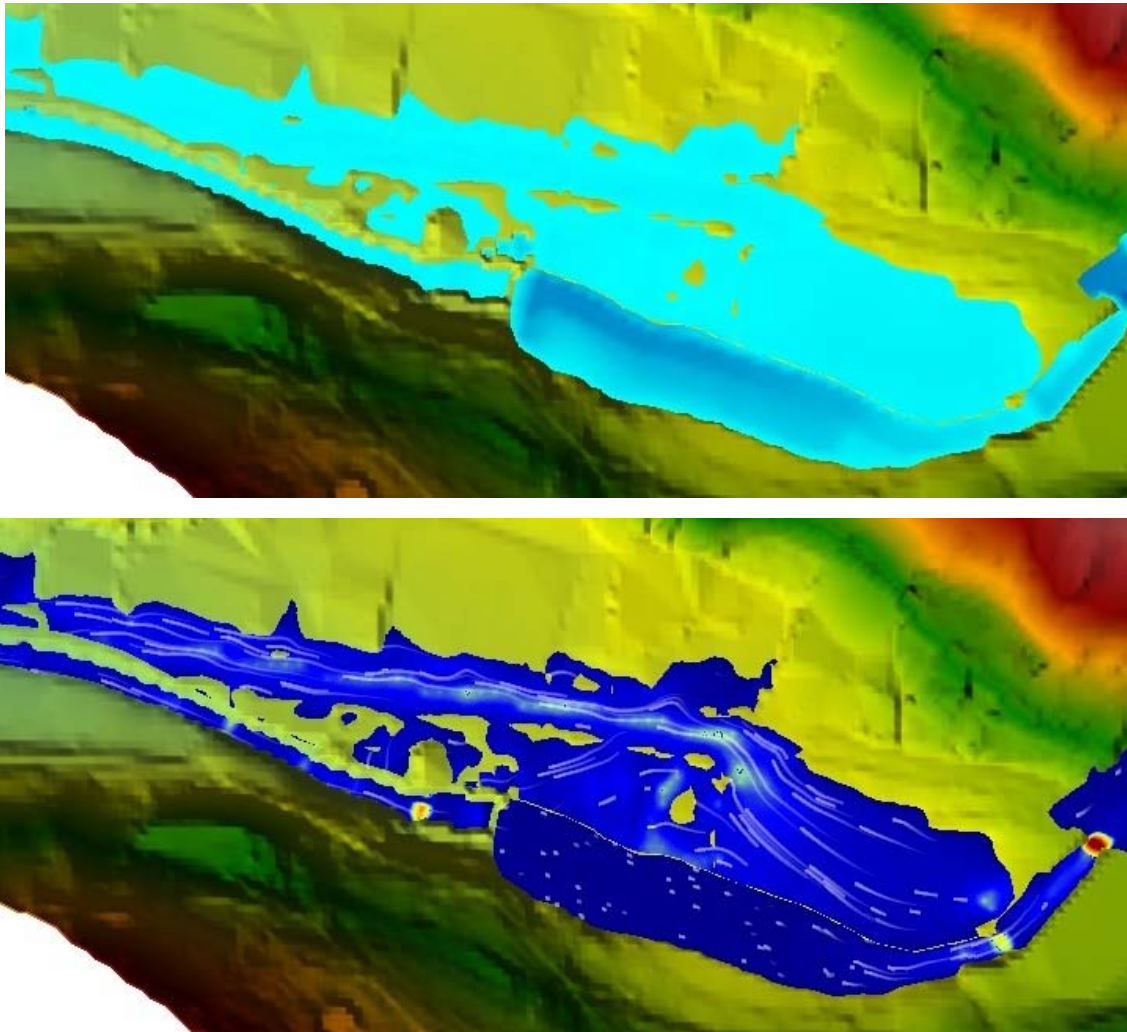


Model tridimensional dels calats i velocitats per període de retorn 100 anys

- El comportament de la inundabilitat per a període de retorn 500 anys ($Q_{T=500 \text{ anys}}$) és similar a la de període de retorn 100 anys, donat que el desbordament es situa en el mateix punt que en la Q_{500} .

Els calats per $Q_{T=500 \text{ anys}}$ no varien significativament en l'àmbit de la parcel·la donat que es situen aproximadament a 0,20 m. Sí que hi ha un increment de calats en l'àmbit de la carretera N-230 amb nivells que es situen entre els 0,20 i 0,50m.

Les velocitats a l'interior de la parcel·la s'incrementen respecte a la $Q_{T=100 \text{ anys}}$ situant-se entre 1,0 i 1,5 m/s, en les zones on es concentra el flux de retorn a la llera.



Model tridimensional dels calats i velocitats per període de retorn 500 anys

12. CONCLUSIONS

A partir de la modelització de la inundabilitat del riu Garona en l'àmbit del solar objecte d'estudi, se'n desprenen les següents conclusions:

- El solar objecte d'estudi és sòl urbà, concretament qualificat de clau 3C (Eixample 3), segons el planejament vigent de Vielha

L'àmbit d'estudi limita amb la carretera N-230 i la llera del riu Garona.

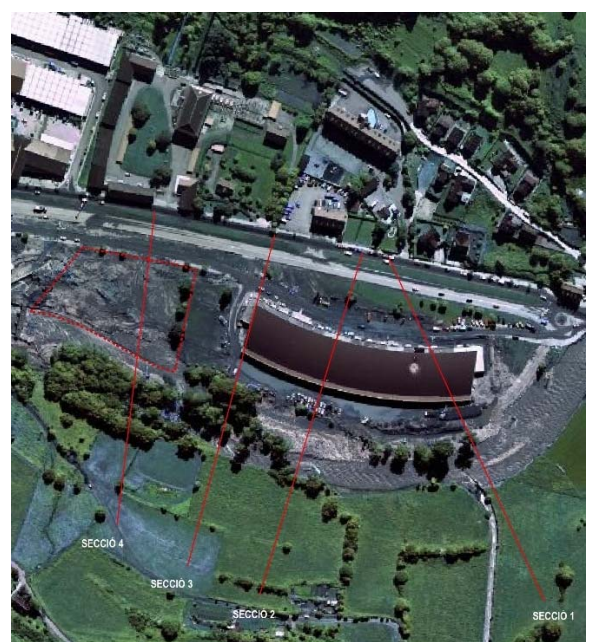
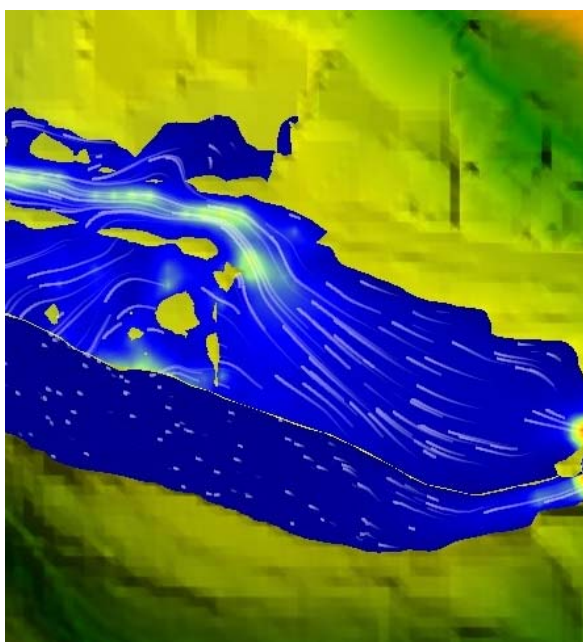
- La inundació per períodes de retorn de 100 anys ($Q_{T=100 \text{ anys}}$) i 500 anys ($Q_{T=500 \text{ anys}}$) desborda en la corba aigües amunt del solar, provocant la inundació del sector industrial "Vielha industrial", en primer terme, i portant un flux important de les aigües cap a la carretera N-230, que actua ara com un braç de riu, amb calats entre 0,5 i 0,8 metres i velocitats superiors als 3 m/s, superiors a les de la pròpia llera

Diversos factors han originat aquest comportament anòmal, que es deriva de que en un punt concret coincideixen:

- L'excavació de la nau del sector industrial, situant-se per sota de la plana d'inundació original, segons comparació de fotografies aèries, i la mateixa observació de la topografia actual.
- L'afluència pel marge oposat del barranc de Casau, que amb la seva canalització rigiditza el marge del Garona i orienta les aigües cap el marge oposat.
- La corba del riu en aquest punt.
- La represa del riu Garona aigües avall, que fa que en aquest punt hi hagi la cua de l'embassament provocant una disminució de la capacitat de desguàs, elevant la làmina d'aigua.

Resultat d'això, les aigües es desborden, i circulen per la carretera retornant al riu des de la carretera, sent el flux invertit respecte el que seria natural, dels riu cap el marge, en comptes de la plana al riu. Aquest fet es dona durant tot el període d'inundació.

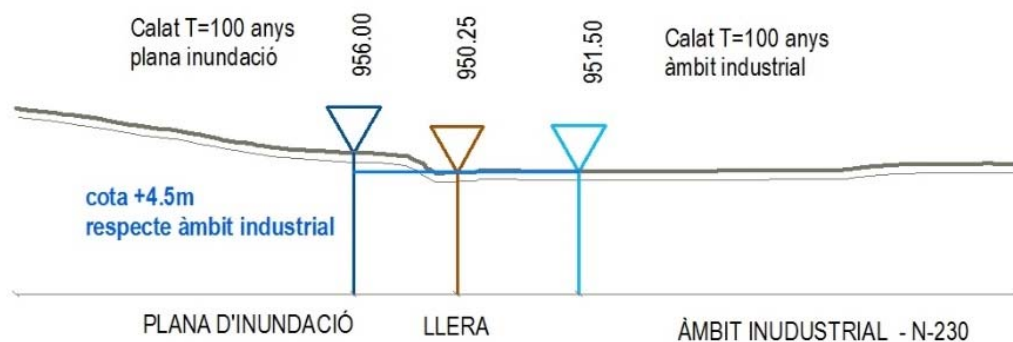
Aquest model descriu de forma idèntica les inundacions que van ocórrer la primavera del 2013.



- Aquest comportament anòmal de la inundabilitat en aquest tram de riu es pot entendre de l'anàlisi de calats de les seccions transversals definides en l'estudi d'inundabilitat.
 - En l'àmbit de confluència entre la canalització del torrent de Casau i el riu Garona (secció 1), la diferència entre els calats de la plana d'inundació (situada al marge esquerre de la llera) i el sector industrial (situat al marge dret), mostra l'entrada del flux d'aigua provinent del riu Garona en el sector industrial, tal i com mostra el model bidimensional. Els calats determinats amb el model bidimensional indiquen que hi ha una diferència de cota del marge esquerre i del sector industrial de +4,5m, fet que força el desbordament del riu Garona cap el sector industrial, i posteriorment a la carretera N-230.

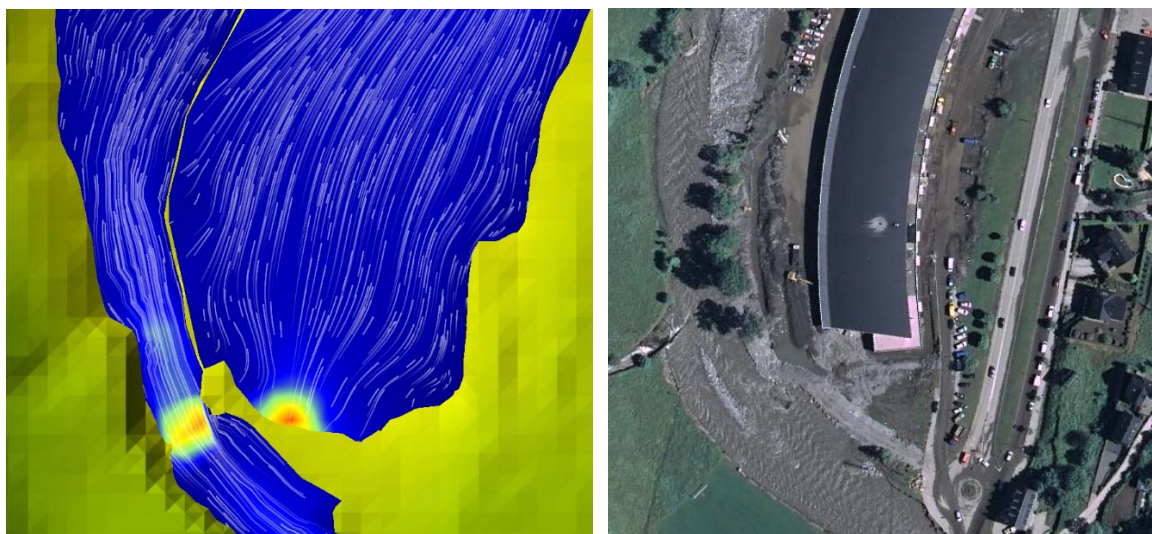
Han confluït dos fets que han generat el comportament anòmal de la inundabilitat en aquest punt:

- o **El cabal del torrent de Casau que intercepta i malmet les proteccions** de l'àmbit industrial fins a generar una via de penetració d'aigua cap a l'interior del sector industrial.
- o **L'excavació de la rasant original** per construir les naus dels sector industrial.



Secció 1. Àmbit intersecció amb torrent de Casau

Superposant els límits del model bidimensional amb les inundacions de l'any 2013, es comprova la similitud dels successos ocorreguts i els detectats en el model (trencament de la mota de terra, inundació del sector industrial originat pel trencament de la mota).



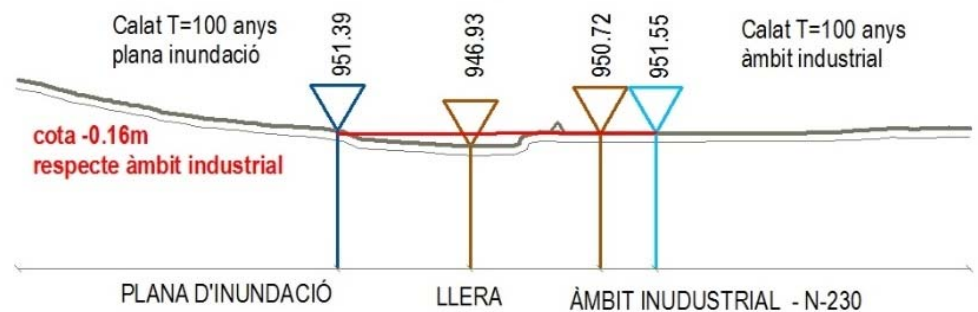
Model bidimensional i ortofotomapa de les inundacions del 2013 en l'àmbit de la secció 1

- En el tram central de la zona industrial es detecta també el comportament anòmal de la inundació. Concretament els calats en l'àmbit industrial es situen 0.16 m per sobre de la plana d'inundació ubicada a l'altre marge del riu.

El patró previsible de la inundabilitat en aquest punt seria que s'inundés la plana inundable de l'altre marge del riu, situada en una cota 0.16 metres inferior a la cota de la plana del sector industrial, i en canvi s'inunda la plana del sector industrial, ja que l'aigua prové d'aigües amunt.

Aquest règim anòmal és degut al flux d'aigua que penetra des de la part sud del sector industrial, on l'avinguda d'aigua ha malmès la mota de terra existent i ha inundat el sector industrial.

En aquest àmbit el flux d'aigua ocupa tota l'extensió del sector industrial i es dirigeix cap al nord en direcció a la carretera N-230 que actua com a via de desguàs.



Secció 2. Àmbit sector industrial - N-230

En les següents figures es mostra la superposició de la inundabilitat obtinguda del model amb les ortofotos de les inundacions de l'any 2013. Es detecta el flux d'aigua en el sector industrial cap al nord, travessant el sector.



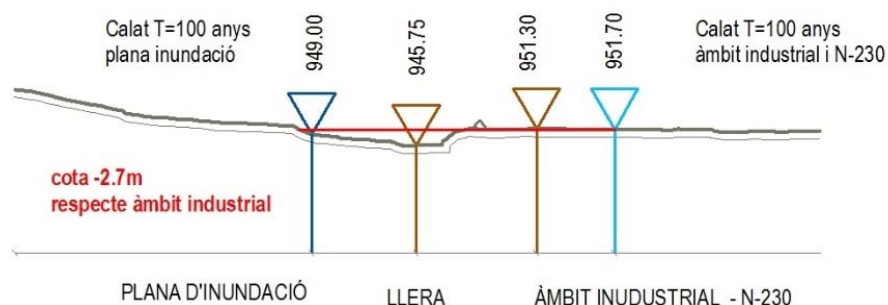
Model bidimensional i ortofotomapa de les inundacions del 2013 en l'àmbit de la secció 2

- En el tram nord del sector industrial es manté el comportament anòmal de la inundació que s'ha detectat a la secció anterior, incrementant la diferència de cota entre l'àmbit industrial i l'altre marge de la llera del riu.

En aquesta secció en concret hi ha una diferència de cota de 2.7 m, entre la cota de la plana de l'àmbit industrial i la plana d'inundació situada a l'altre marge. Aquesta diferència de 2.7 m és significativa i posa de manifest l'alteració que hi ha en els patrons d'inundabilitat habituals en la llera de riu en aquest tram, ja que la plana d'inundació situada a l'altre marge del riu no actua com a zona de laminació, i de fet no s'inunda.

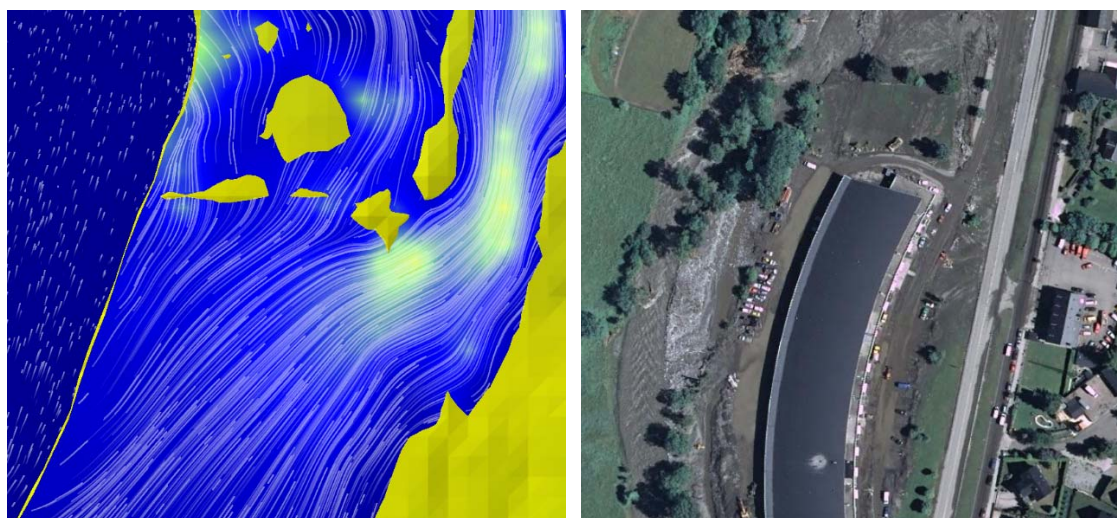
Aquesta secció es situa en el marge sud del solar objecte d'estudi i al nord del sector industrial. Es detecta que és el punt d'entrada del flux d'aigua al solar objecte d'estudi, retornant, des de la carretera, l'aigua cap a la llera, amb calats de la làmina d'aigua significativament inferiors.

Aquesta secció mostra també que l'aigua és conduïda cap a la carretera N-230 que actuarà de via de drenatge de tota la inundació de l'àmbit industrial.



Secció 3. Àmbit sector industrial - N-230

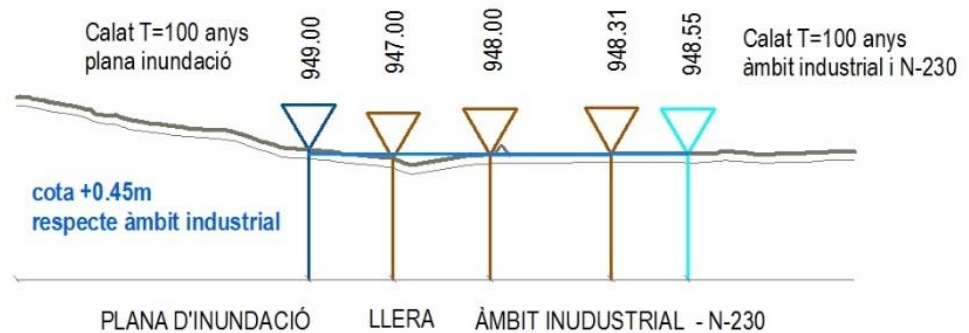
De la superposició del model i l'ortofotoplànol es comprova que l'aigua que penetra en el solar no prové del riu, sinó de la carretera i del sector industrial retornant al riu.



Model bidimensional i ortofotomapa de les inundacions del 2013 en l'àmbit de la secció 3

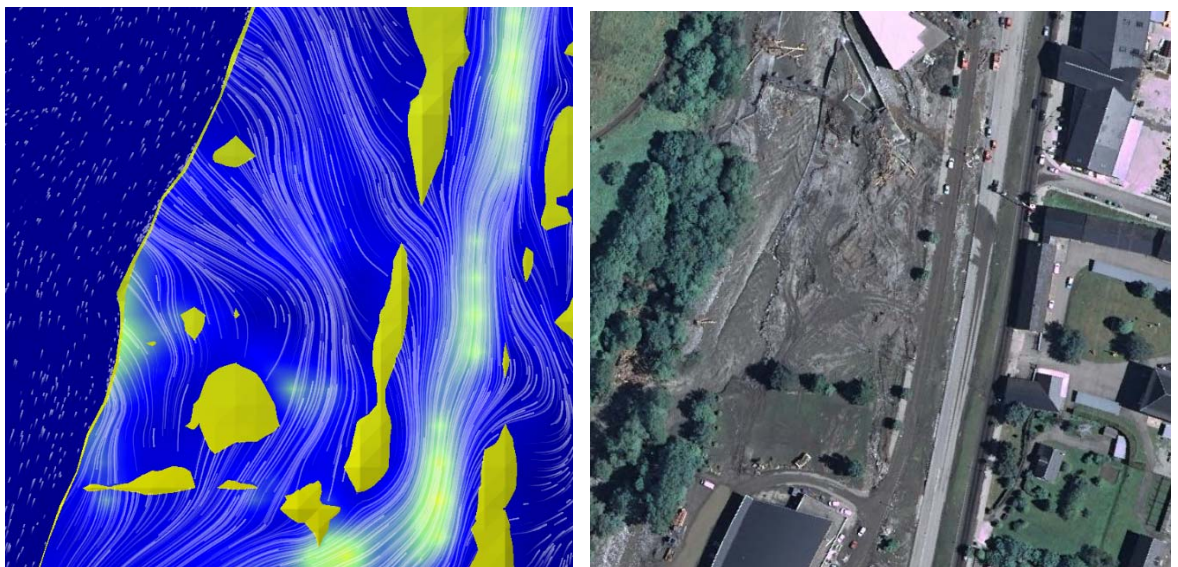
- Aquest àmbit es correspon a la part central del solar objecte d'estudi, on el flux d'aigua retorna cap a la llera del riu.

L'aigua que inunda el solar objecte d'estudi no prové de la llera del riu sinó que hi retorna, com es mostra en el model bidimensional.



Secció 4. Àmbit solar objecte d'estudi

Comparant el model bidimensional i les fotografies aèries de l'any 2013 es detecta que l'origen de l'aigua que inunda el solar no és del riu sinó que de l'aigua provinent de la carretera i del sector industrial, i que la parcel·la actua de via de retorn de l'aigua a la llera, malgrat la carretera segueix transportant el flux principal.



Model bidimensional i ortofotomapa de les inundacions del 2013 en l'àmbit de la secció 4

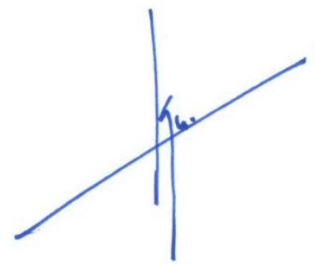
Així es pot concloure que la inundabilitat en el solar objecte d'estudi té un comportament anòmal degut als fets exposats:

- L'aigua que inunda el solar no prové directament del riu Garona sinó del sector industrial situat al sud, i de la carretera que actua de braç del riu. La parcel·la actua com a superfície que drena les aigües provinents de la carretera, i no a la inversa, com hauria de ser.

- En episodis d'avinguda hi ha dues vies de desguàs, la pròpia llera del riu i la carretera N-230. Aquest fet es produeix arrel de la construcció del sector industrial.
- Aquest comportament anòmal, fa que no es pugui parlar de llera en l'àmbit concret d'estudi, ja que és una zona de transport, de retorn, d'un desguàs alterat per les actuacions diverses en el marge de la llera aigües amunt

Donats aquests factors, que generen un comportament anòmal de la inundabilitat en el sector, es pot concloure que l'àmbit en estudi no és una verdadera llera, i per tant, no és una zona on es concentra preferentment el flux durant les avingudes, sinó que respon a un drenatge difús, en tota la superfície, de retorn d'una afecció aigües amunt, i on alhora, ni els calats ni les velocitats assoleixen valors on es puguin produir danys greus a les persones o els bens. No correspondria doncs a la zona de flux preferent.

Per altra banda, a part de les actuacions necessàries que es sol·licitin en el marge del sector industrial, situat aigües amunt, per restaurar el règim de corrents, és possible portar a terme mesures correctores en el solar objecte d'estudi gens intensives, limitant-se a un recreixement de la parcel·la entre 10 i 30 cm., quedant tot el solar fora d'inundació.



Ignasi Grau Roca
 ENGINYER AGRÒNOM
 Vielha, Juliol de 2016