



**Estudi
d'inundabilitat del
municipi de Canet
de Mar**

Codi: AP-048/2013

Agost 2013

Índex

MEMÒRIA	4
1 Introducció	5
1.1 Objectius	5
1.2 Àmbit d'estudi	6
1.3 Metodologia	7
1.4 Antecedents	8
2 Hidrologia segons la Guia Tècnica	9
2.1 Aspectes bàsics	9
2.2 Pluja de projecte	9
2.3 Pèrdues de precipitació	17
2.4 Transformació pluja-escorrentiu i Mètode de propagació de avingudes	24
2.5 Cabals	25
3 Hidràulica	27
3.1 Model digital del terreny	27
3.2 Tipus de modelització	28
3.3 Cabals	31
3.4 Coeficient de rugositat	33
3.5 Condicions de contorn	39
3.6 Estructures hidràuliques	39
3.7 Canalitzacions a cel obert i soterrades	50
3.8 Model unidimensional	62
3.9 Modelització bidimensional	64
3.10 Modelització de canalitzacions a cel obert i soterrades	65
4 Representació de resultats	67
4.1 Aspectes generals	67
4.2 Observacions	67
4.3 Resultats	68
5 Conclusions i recomanacions	75
PLÀNOLS	78
1 Zones inundables i zonificació de la inundabilitat	79
ANNEXOS	89
1 Zonificació i reglament d'usos de l'espai fluvial segons el Reglament de la Llei d'Urbanisme.	90
1.1 Introducció	90
1.2 Proposta d'usos	90

1.3	Zona fluvial	90
1.4	Sistema hídric	91
1.5	Zona inundable	92
1.6	Règims especials	94
2	Taules de n composta per lleres	95
2.1	Valors del coeficient de manning de base (nb) per una llera recte, uniforme i materials naturals:	95
2.2	Valors del coeficient manning per factors que afecten la rugositat de les lleres (n1, n2, n3, n4):	96
3	Resultats del càlcul hidràulic unidimensional	98
3.1	Rial de Vallmaria: Zona fluvial	98
3.2	Rial de Vallmaria: Sistema hídric.	100
3.3	Rial de Vallmaria: Zona inundable	103
3.4	Rial de Can Segarres (riera dels Oms) : Zona fluvial.	105
3.5	Rial de Can Segarres (riera dels Oms): Sistema hídric.	106
3.6	Rial de Can Segarres (riera dels Oms): Zona inundable.	107
4	Resultats en les seccions transversals	108
4.1	Rial de Vallmaria	109
4.2	Rial de Can Segarres (riera dels Oms)	113
5	Aixecament topogràfic de detall. Rial de Lledoners	119

MEMÒRIA

1 Introducció

La necessitat d'efectuar un estudi d'inundabilitat al municipi de Canet de Mar, es planteja per motius de planejament urbanístic.

Dins l'abast de prevenció contra inundacions INUNCAT (escala de treball 1:50000), estan identificats quatre punts amb diferents graus de perill d'inundació, tot i que no està delimitada la zona inundable per a cap curs. Els punts corresponen al rial de Cal Misser o riera Gavarra, riera de l'Aubó i rial de Lledoners.

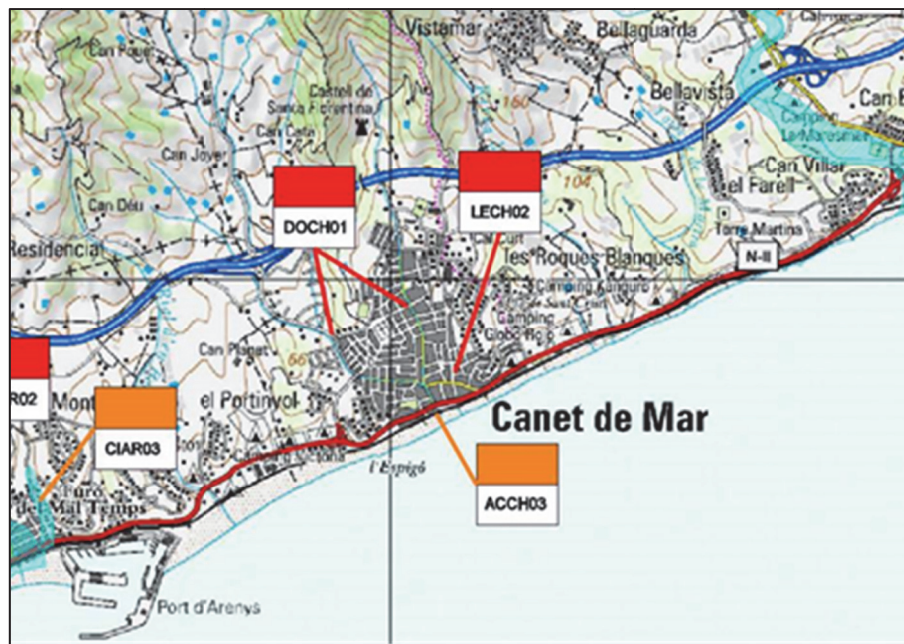


Figura 1. Punts amb perill d'inundació al municipi de Canet de Mar. INUNCAT.

Altrament, la riera de Vallmaria, la riera de Sant Domènech o Gavarra, la riera de l'Aubó o Buscarons, el torrent de Lledoners, el rial de Sant Crist i el rial de Can Segarres (riera dels Oms), al seu pas pel nucli urbà de Canet de Mar, estan incloses dins el *Pla Director de protecció contra avingudes al Maresme* (novembre 1992), en el qual tampoc s'inclou cap tipus de delimitació de zones inundables.

1.1 Objectius

L'objectiu d'aquest estudi és determinar les zones inundables dels principals cursos fluvials al seu pas pel terme municipal de Canet de Mar, en la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de les avingudes de període de retorn (T) de 10, 100 i 500 anys, per tal de determinar possibles afectacions a determinades àrees del municipi, així com determinar la perillositat associada als cabals del període de retorn de 500 anys, tal i com requereix el reglament de la Llei d'Urbanisme (decret 305/2006, del 28 de juliol, article 6).

Degut a la presència de canalitzacions i soterraments, un segon objectiu de l'estudi és avaluar la capacitat d'aquestes estructures hidràuliques per als períodes de retorn esmentats.

1.2 Àmbit d'estudi

Les àrees estudiades pertanyen als següents cursos fluvials, que circulen pel terme municipal de Canet de mar; el rial de Vallmaria, el rial de Cal Misser o riera Gavarrà, el rial de Can Figuerola, la riera de l'Aubó o Buscarons, riera de Sant Domènec, el rial de Lledoners, el rial de Sant Crist o el rial de Can Segarra (riera dels Oms) (veure Figura 2).

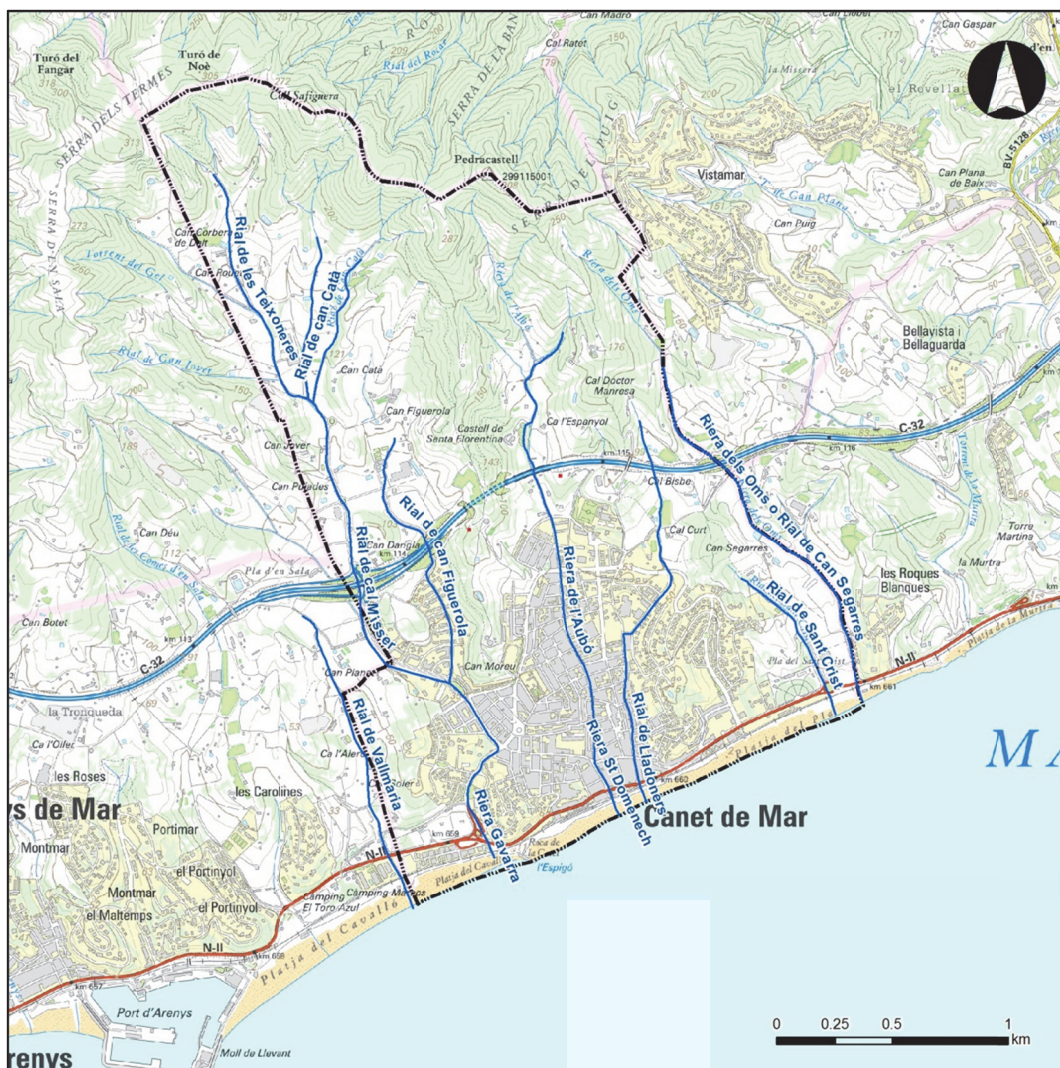


Figura 2. Situació dels cursos fluvials en estudi al terme municipal de Canet de Mar. Mapa topogràfic 1:25000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

1.3 Metodologia

Per delimitar les zones inundables és necessària la realització de càlculs hidrològics i hidràulics.

Els càlculs hidrològics s'efectuen per tal de determinar els cabals de cada subconca i període de retorn. Introduint els valors obtinguts al model hidràulic es pot simular el règim de funcionament de la xarxa fluvial.

Per realitzar els càlculs és necessari disposar d'un model digital del terreny en 3D i de la informació de les estructures hidràuliques (guals, ponts, motes...) que puguin interferir en les avingudes.

Segons les característiques geomorfològiques de cada curs, i la forma com es distribueixen els volums d'aigua en diferents escenaris d'inundació, s'adoptarà una simulació hidràulica unidimensional o bidimensional.

En la simulació unidimensional es dibuixen les geometries que defineixen el curs fluvial. Les geometries són l'eix fluvial del riu, els límits de la llera, les línies de flux i les seccions transversals, entre d'altres, que serveixen per efectuar la modelització hidràulica.

Aquestes geometries, que es delimiten en entorn SIG, s'importen al programa Hec-Ras i s'introdueixen els valors de cabal obtinguts mitjançant els càlculs hidrològics, així com altres variables com rugositats, coeficients de contracció i/o expansió, a més de les característiques geomètriques de les estructures hidràuliques presents en la zona de l'estudi. El model numèric d'aquest programa permet calcular les zones inundables en règim permanent i gradualment variat per als diferents períodes de retorn.

En la simulació bidimensional es genera una malla de càlcul triangular o quadrangular, a la que se li assignen les cotes de terreny, les característiques pròpies de la zona d'estudi i la modelització es du a terme amb un hidrograma de cabals d'avinguda, obtingut a partir de l'estudi hidrològic. Es crea un model per a cada període de retorn estudiat. Les estructures hidràuliques s'avaluen incorporant-les dins la malla de càlcul.

Per al càlcul de capacitats d'estructures hidràuliques, tals com canalitzacions a cel obert o soterrades, s'introdueix la informació corresponent als amidaments de les estructures i la modelització es dur a terme amb un hidrograma de cabal d'avinguda. S'avalua per separat el funcionament de la canalització per a cada període de retorn. Per l'estudi de capacitats, es consideren aquestes estructures amb un bon estat de conservació; lliures d'elements efímers i/o sediments que modifiquin la seva secció hidràulica.

Finalment, es grafiquen els resultats obtinguts en un entorn SIG, per tal d'obtenir els plànols dels límits inundables pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys i les zones de perillositat pel període de retorn de 500 anys a escala 1.5000. La metodologia s'explica amb més detall a l'apartat 2 per a la Hidrologia i a l'apartat 3 per a la Hidràulica.

1.4 Antecedents

Per realitzar el present estudi, s'han tingut en compte els següents antecedents:

- *Pla Director de protecció contra avingudes al Maresme* (DPTOP, novembre 1992 – febrer 1994)
- *Estat de desenvolupament i vigència tècnica del Pla Director contra avingudes al Maresme* (ACA, octubre 2000)
- *Projecte d'urbanització del sector U7 industrial de Canet de Mar* (Aj. Canet de Mar, setembre 2002)
- *Proyecto de canalización de los tramos urbanos de las rieras de Sant Domènech, Gavarra y Buscarons y el torrente de Can Figuerola en el TM de Canet de Mar (Maresme)* (Ministerio de Medio Ambiente – ACA, abril 2004)
- *Agenda 21 Local del Municipi de Canet de Mar. Diagnosi Ambiental* (Lavola, juny 2009)
- *Estudi per a la protecció i restauració dels rials i el seu entorn. Canet de Mar* (Phragmites, gener 2013).

La informació corresponent a les canalitzacions a cel obert i soterrades s'ha obtingut de diferents maneres.

Dels rials de Cal Misser, riera Gavarra, rial de Can Figuerola, riera de l'Aubó i riera de Sant Domènech s'ha obtingut dels projectes constructius corresponents i s'ha dut a terme una revisió a camp de la informació.

Del rial de Vallmaria, el rial de Lledoners, el rial de Sant Crist i el rial de Can Segarres (riera dels Oms) la informació de les canalitzacions s'ha obtingut a partir de les vistes tècniques de camp.

2 Hidrologia segons la Guia Tècnica

2.1 Aspectes bàsics

D'acord amb la Guia Tècnica "Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local", editada per l'Agència Catalana de l'Aigua, per a la redacció dels estudis hidrològics es poden utilitzar dades recollides als "Mapes de precipitació màxima diària esperada a Catalunya per a diferents períodes de retorn", del Servei Meteorològic de Catalunya i dades recollides als mapes inclosos a la guia del Ministerio de Fomento (DGC, 1999), "Máximas lluvias diarias en la España peninsular".

Per a la realització de la hidrologia s'ha utilitzat el model digital del terreny Lidar de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Es tracta d'una informació en format malla regular (ràster) amb un pas de malla de 2 metres.

2.2 Pluja de projecte

Per al càlcul dels valors de precipitació diària P_d es realitza un tractament estadístic de les sèries de pluges històriques obtingudes dels registres de les estacions meteorològiques properes. El tractament estadístic utilitza dades de mesures a punts concrets, les estacions meteorològiques. Si s'utilitzen els resultats del tractament estadístic per assignar un únic valor de precipitació P_d a una zona amb una certa extensió, i no a un punt, cal reduir els resultats del tractament estadístic aplicant un coeficient adimensional. Aquest coeficient és K_A , coeficient de simultaneïtat, que té l'expressió:

$$\text{si } S \leq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{si } S > 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log S}{15}$$

On S és la superfície de la conca expressada en km^2 . L'aplicació del coeficient de simultaneïtat està motivada perquè, sobre una zona extensa, la precipitació mitjana és menor quan més superfície té la zona. En aquest cas, per la definició de la pluja de projecte, la zona d'estudi s'ha dividit en 13 subconques (veure Figura 3), donada la separació dels cursos fluvials a estudiar i la orografia del terreny

La Taula 1 mostra els valors dels paràmetres hidromorfomètrics i el temps de concentració de les 13 subconques.

CONCA	Àrea (km ²)	K _A	Longitud L (m)	Cota màx. (m)	Cota mín. (m)	Pendent j (m/m)	Temps T _c (h)	Temps T _{lag} (min)
1	0.77	1	1700	260	116	0.085	0.72	13
2	0.41	1	1400	241	116	0.089	0.61	11
3	0.12	1	1110	215	105	0.099	0.50	9
4	0.41	1	1470	264	105	0.108	0.61	11
5	0.24	1	1165	161	70	0.078	0.55	10
6	0.38	1	1531	184	70	0.074	0.68	13
7	0.2	1	970	93	38	0.057	0.51	9
8	0.62	1	1395	209	59	0.107	0.59	11
9	0.85	1	2726	276	8	0.098	1	19
10	0.56	1	1936.8	129	9	0.062	0.84	16
11	0.12	1	920.3	89	6	0.09	0.44	8
12	0.55	1	2053	182	2	0.088	0.82	15
13	1.18	1	2500	288	12	0.11	0.91	17

Taula 1. Paràmetres hidromorfomètrics i temps de concentració per les conques definides per la determinació de la pluja de projecte.

A la Taula 3 es poden observar els valors de P_d segons la guia del Ministerio de Fomento (DGC, 1999), "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" i a la Taula 2 segons les dades recollides en els "Mapes de precipitació màxima diària esperada a Catalunya per a diferents períodes de retorn", del Servei Meteorològic de Catalunya, i els valors de P'_d una vegada aplicat el coeficient de simultaneïtat K_A ($P'_d = P_d \times K_A$). Finalment, es mostra el valor de P'_d adoptat per cada període de retorn (Taula 4).

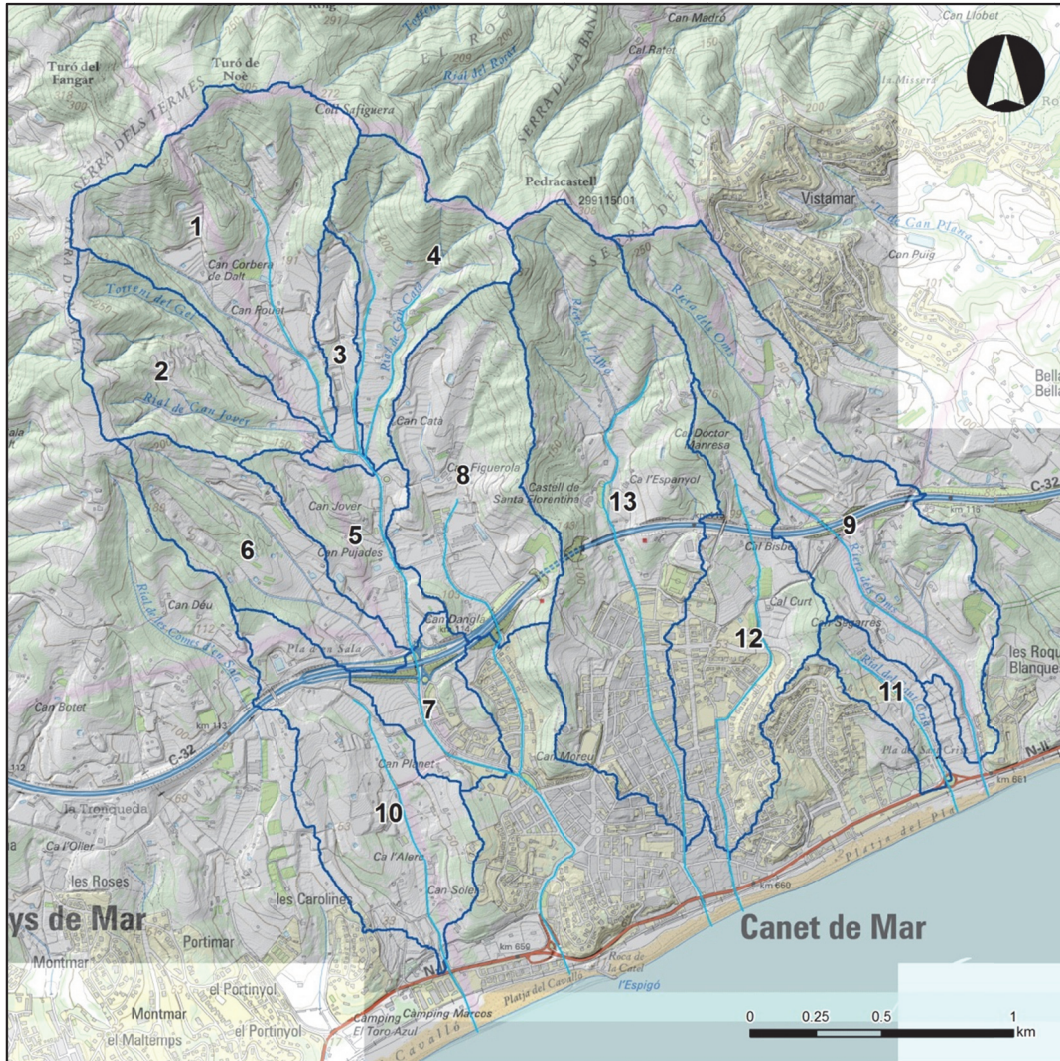


Figura 3. Situació de les conques considerades per a la determinació de la pluja de projecte. Mapa topogràfic 1:25000 (ICC).

Conca	METEOCAT					
	Pd			P'd		
	T10	T100	T500	T10	T100	T500
1	123	185	227	123.0	185.0	227.0
2	122	184	225	122.0	184.0	225.0
3	122	184	226	122.0	184.0	226.0
4	123	185	227	123.0	185.0	227.0
5	122	183	225	122.0	183.0	225.0
6	121	182	223	121.0	182.0	223.0
7	121	182	224	121.0	182.0	224.0
8	122	184	226	122.0	184.0	226.0
9	124	185	227	124.0	185.0	227.0
10	121	181	223	121.0	181.0	223.0
11	123	184	227	123.0	183.1	225.9
12	123	184	227	123.0	184.0	227.0
13	123	185	227	123.0	185.0	227.0

Taula 2. Precipitacions associades a cada període de retorn, obtingudes del Servei Meteorològic de Catalunya.

Conca	MAXPLUWIN					
	Pd			P'd		
	T10	T100	T500	T10	T100	T500
1	116	196	261	116.0	196.0	261.0
2	113	191	255	113.0	191.0	255.0
3	115	194	259	115.0	194.0	259.0
4	116	196	261	116.0	196.0	261.0
5	115	194	259	115.0	194.0	259.0
6	115	194	259	115.0	194.0	259.0
7	115	194	259	115.0	194.0	259.0
8	115	194	259	115.0	194.0	259.0
9	115	194	259	115.0	194.0	259.0
10	115	194	259	115.0	194.0	259.0
11	116	196	263	115.5	195.1	261.8
12	115	194	259	115.0	194.0	259.0
13	115	194	259	115.0	194.0	259.0

Taula 3. Precipitacions associades a cada període de retorn, obtingudes de la guia del Ministerio de Fomento (DGC, 1999), "Máximas lluvias diarias en la España peninsular".

Una vegada coneguda la precipitació diària P'_d (apartat 2.2) es calcula la intensitat de pluja corresponent a una durada de l'episodi de pluja igual a 24 hores (quan no es disposa de cap dada per a calibrar el model hidrològic, es recomana considerar una duració de la pluja de 24 hores, per ser més conservador), per a cada període de retorn. S'utilitzen les corbes intensitat – durada – freqüència, també anomenades corbes IDF proposades per Témez:

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{(28^{0.1} - D^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)}}$$

On:

- I Intensitat de precipitació per a una durada efectiva de la pluja de durada $D = 24$ hores corresponent al període de retorn considerat, expressada en mm/h.
- I_1/I_d Quocient característic de la zona d'estudi, a Catalunya es pot considerar un valor mitjà de 11, d'acord amb MOPU (1990).
- I_d Intensitat mitjana diària per al període de retorn considerat, que és el volum de precipitació recollit en un dia natural, dividit per 24 (hores). S'expressa en mm/h.
- D Durada efectiva de la pluja igual a 24 hores.

Els cabals utilitzats per a la determinació de les zones inundables segons la terminologia de l'Agència Catalana de l'Aigua són el de $T = 10$ anys, $T = 100$ anys i $T = 500$ anys. La Taula 4 recull la intensitat de precipitació resultant, per als tres períodes de retorn.

	Període de retorn	Pd'	ID (Sintètica)
		adoptada	(Tc=24 h)
1	T10	123.0	68.7
	T100	196.0	109.5
	T500	261.0	145.8
2	T10	122.0	74.7
	T100	191.0	116.9
	T500	255.0	156.1
3	T10	122.0	83.6
	T100	194.0	132.9
	T500	259.0	177.4
4	T10	123.0	75.3
	T100	196.0	120.0
	T500	261.0	159.7
5	T10	122.0	79.8
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
6	T10	121.0	79.1
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
7	T10	121.0	79.1
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
8	T10	122.0	79.8
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
9	T10	124.0	81.1
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
10	T10	124.0	81.1
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
11	T10	121.0	79.1
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3
12	T10	122.4	80.0
	T100	195.1	127.5
	T500	261.8	171.1
13	T10	123.0	80.4
	T100	194.0	126.8
	T500	259.0	169.3

Taula 4. Intensitat de disseny, associada a cada període de retorn.

El càlcul del hietograma de precipitació, un cop coneguda la P_d' i la corba IDF aplicable es realitza amb el mètode conegut com dels blocs alternats. Els hietogrames per a totes les conques i els diferents períodes de retorn es mostren a les figures següents.

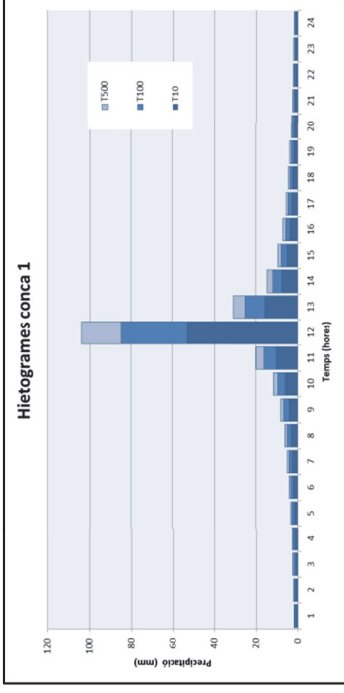


Figura 4. Hietogrames de pluja per a la conca 1, T=10, T=100 i T=500 anys.

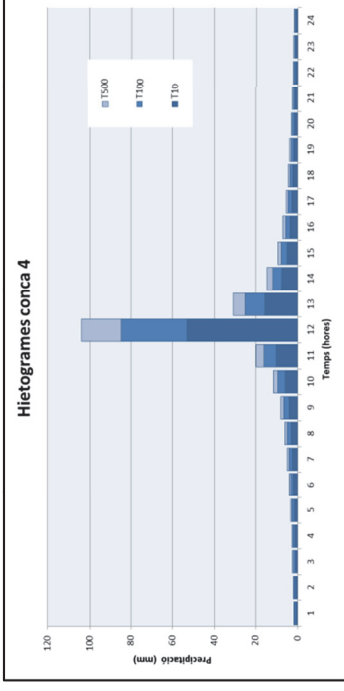


Figura 7. Hietogrames de pluja per a la conca 4, T=10, T=100 i T=500 anys.

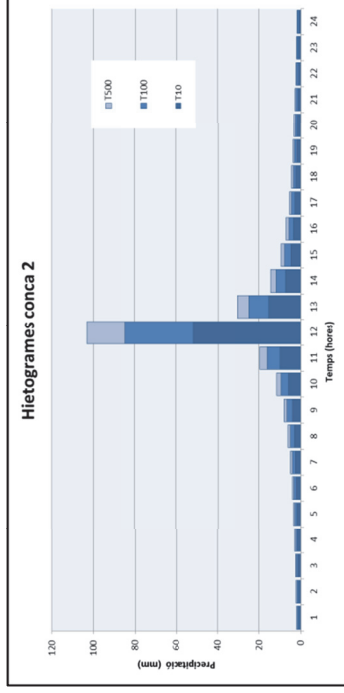


Figura 5. Hietogrames de pluja per a la conca 2, T=10, T=100 i T=500 anys.

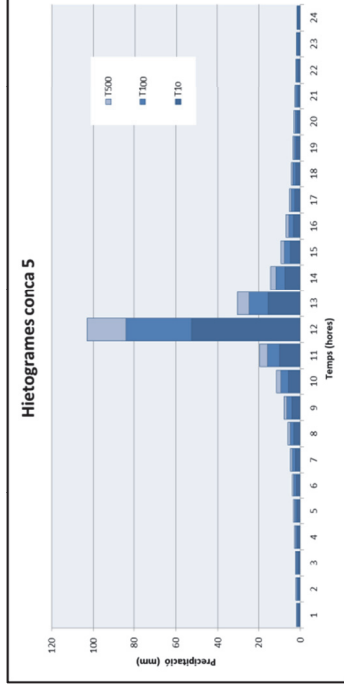


Figura 8. Hietogrames de pluja per a la conca 5, T=10, T=100 i T=500 anys.

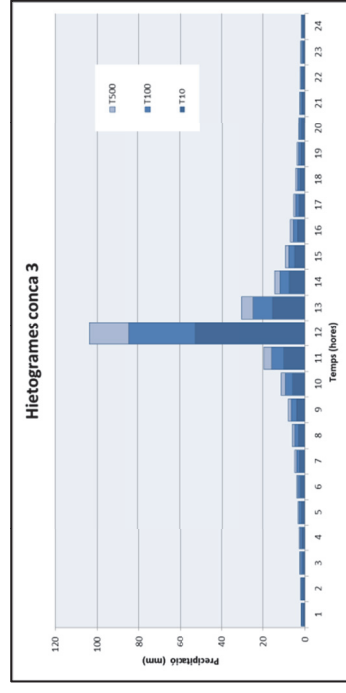


Figura 6. Hietogrames de pluja per a la conca 3, T=10, T=100 i T=500 anys.

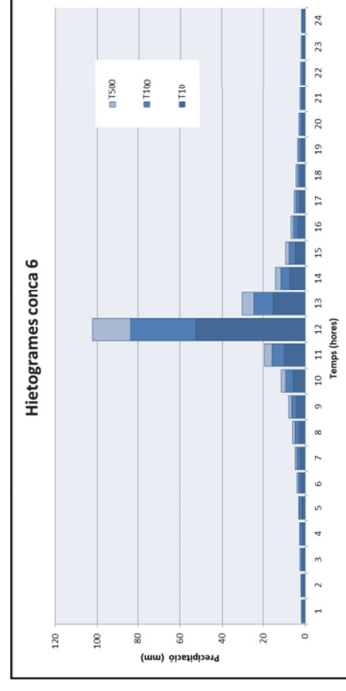


Figura 9. Hietogrames de pluja per a la conca 6, T=10, T=100 i T=500 anys.

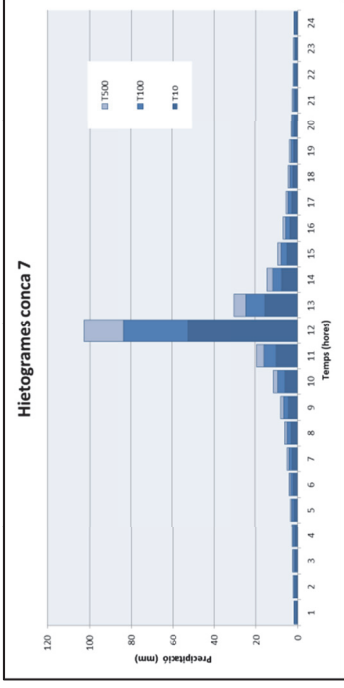


Figura 10. Hietogrames de pluja per a la conca 7, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

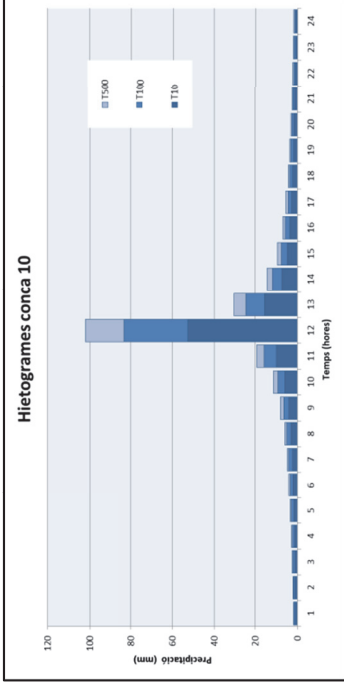


Figura 13. Hietogrames de pluja per a la conca 10, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

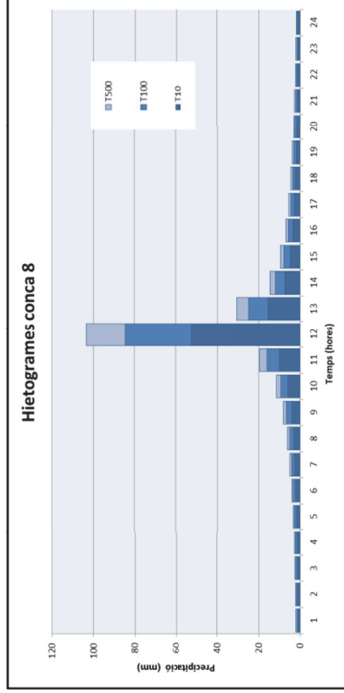


Figura 11. Hietogrames de pluja per a la conca 8, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

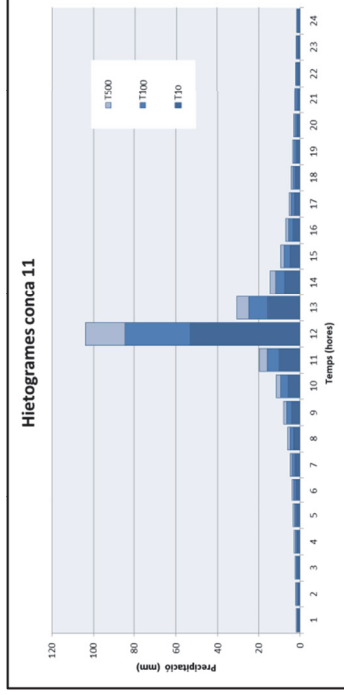


Figura 14. Hietogrames de pluja per a la conca 11, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

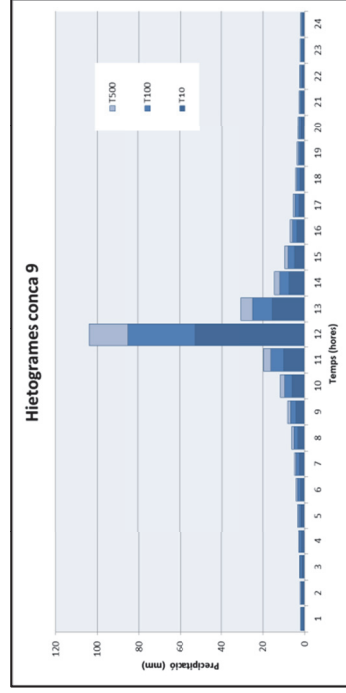


Figura 12. Hietogrames de pluja per a la conca 9, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

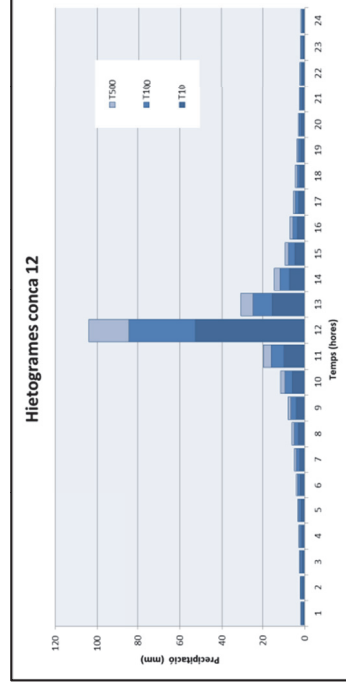


Figura 15. Hietogrames de pluja per a la conca 12, $T=10$, $T=100$ i $T=500$ anys.

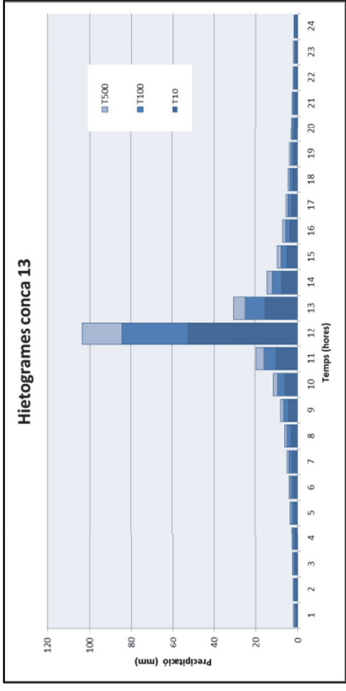


Figura 16. Hietogrames de pluja per a la conca 13, T=10, T=100 i T=500 anys.

2.3 Pèrdues de precipitació

Per a la determinació de les pèrdues de precipitació la Guia Tècnica segueix el mètode desenvolupat pel Soil Conservation Service (SCS, dependent del Servei Geològic dels Estats Units, USGS). D'aquesta forma per a cada subconca es pondera el nombre de corba NC. El nombre de Corba pot variar entre 0 i 100, i s'estableix que el NC=100 correspon a una superfície totalment impermeable. El Soil Conservation Service (SCS), va tabular els NC segons l'ús del sòl, el pendent, les característiques hidrològiques i el grup de sòl.

La relació entre el P_0 (llindar d'escorrentiu a partir del qual es produeix escorrentiu superficial) i l'NC utilitzada habitualment a la Península és la proposada per Témez:

$$P_0 = \frac{5000}{NC} - 50$$

On P_0 és el llindar d'escorrentiu en condicions d'humitat de tipus II, condicions d'humitat normals. S'expressa en mm, i NC el nombre de corba, és adimensional.

Segons el Mapa Geològic de Catalunya a escala 1:250000 de l'Institut Geològic de Catalunya (Figura 17), la geologia de la conca presenta poca varietat i està formada bàsicament per materials d'origen ignis i materials sedimentaris quaternaris.

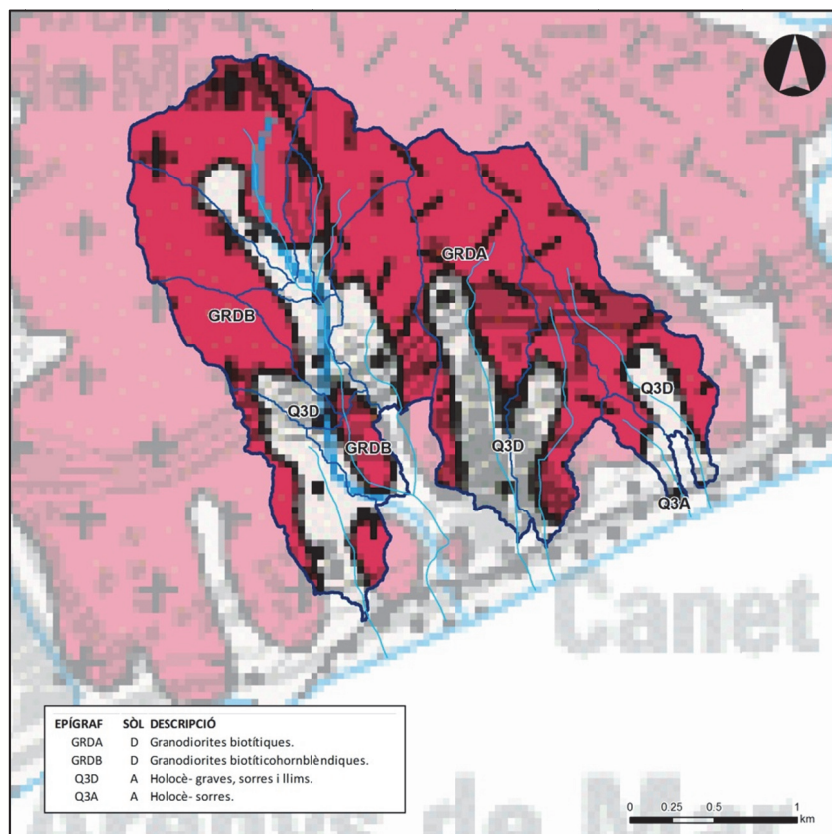


Figura 17. Geologia de les conques. Mapa geològic de Catalunya 1:250000 (Institut Geològic de Catalunya).

D'acord amb la Guia Tècnica de l'Agència Catalana de l'Aigua, les litologies del tipus Q3D (graves, sorres i llims) i Q3A (sorres) s'inclouen dins el grup de sòls tipus A i les litologies del tipus GRDA (granodiorites biotítiques) i GRDB (granodiorites biotítico-hornblèndiques) s'inclouen dins del grup de sòls tipus D.

Els sòls del grup A admeten més infiltració que els del grup D. La Figura 18 mostra la zonificació segons el grup de sòl. El grup A es representa amb color verd i el grup D amb color vermell.

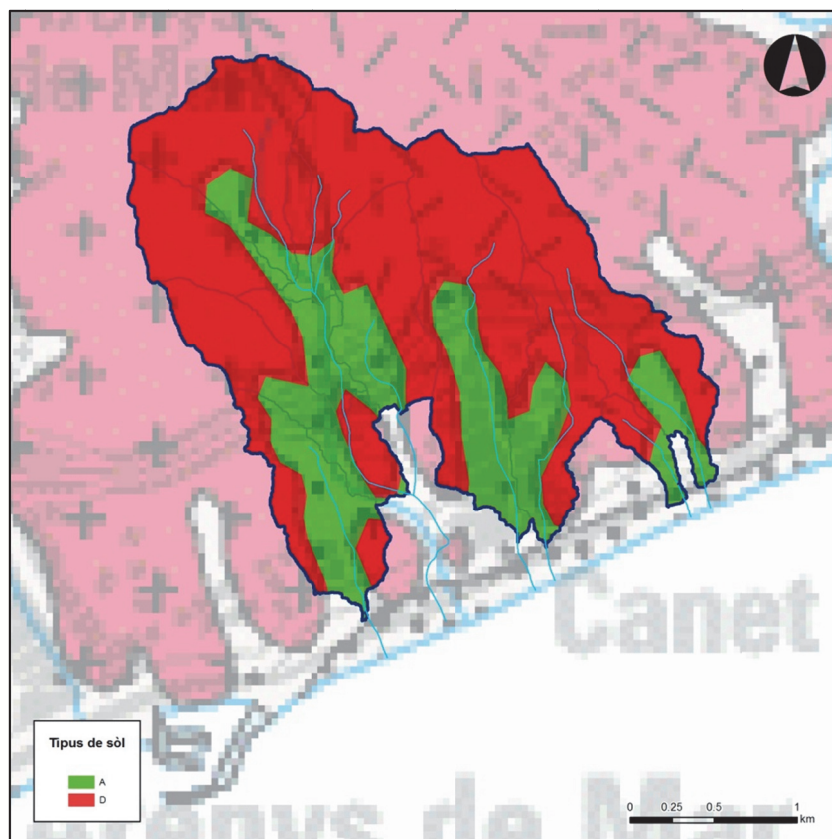


Figura 18. Zonificació segons grup de sòl. Representació sobre mapa geològic de Catalunya 1:250000 (IGC)

Els usos del sòl que podem trobar a la zona d'estudi són principalment conreus i en menor mesura bosc dens, zones urbanes poc permeables, matollars i praderies. La Figura 19 mostra la zonificació segons els tipus de cobertura.

MCSC		Càlcul de cabals	
Ús	Codi	Ús	Codi
Bosc dens (no ribera)	1	Bosc dens	1
Bosc clar (no ribera)	6	Bosc clar	2
Matollars	7	Matollars	3
Prats i herbassars	9	Praderies	4
Roquissars	11	Poca infiltració	7
Sòls nus forestals	13	Poca infiltració	7
Aigües continentals	16	Poca infiltració	7
Conreus	17	Conreus	5
Zones urbanitzades	19	Poca infiltració	7
Vies de comunicació	21	Poca infiltració	7
Zones d'extracció minera	23	Poca infiltració	7

Taula 5. Equivalència entre els usos del sòl del mapa de cobertes del sòl i els sintetitzats.

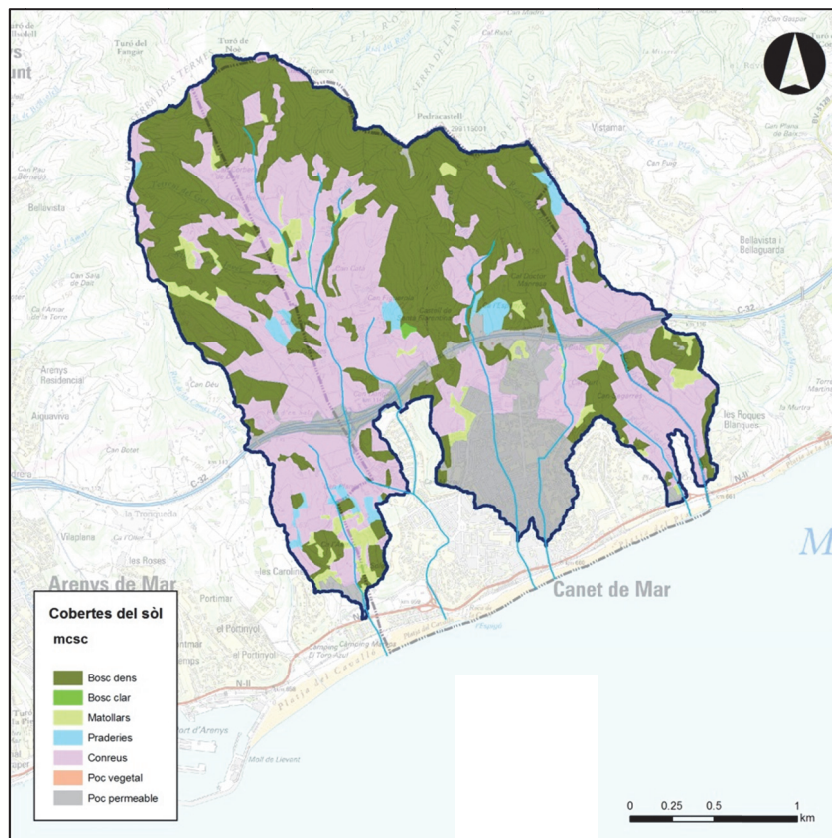


Figura 19. Zonificació segons els usos del sòl.

La Figura 20 mostra la zonificació que resulta de recollir els criteris; ús de sòl (cobertura), grup del sòl (litologia aflorant) i subconca. El color és el del grup del sòl (verd, A i vermell, D), i la tonalitat segons l'ús del sòl: més fosc és menys escolament (més retenció i/o infiltració) i més clar és més escolament.

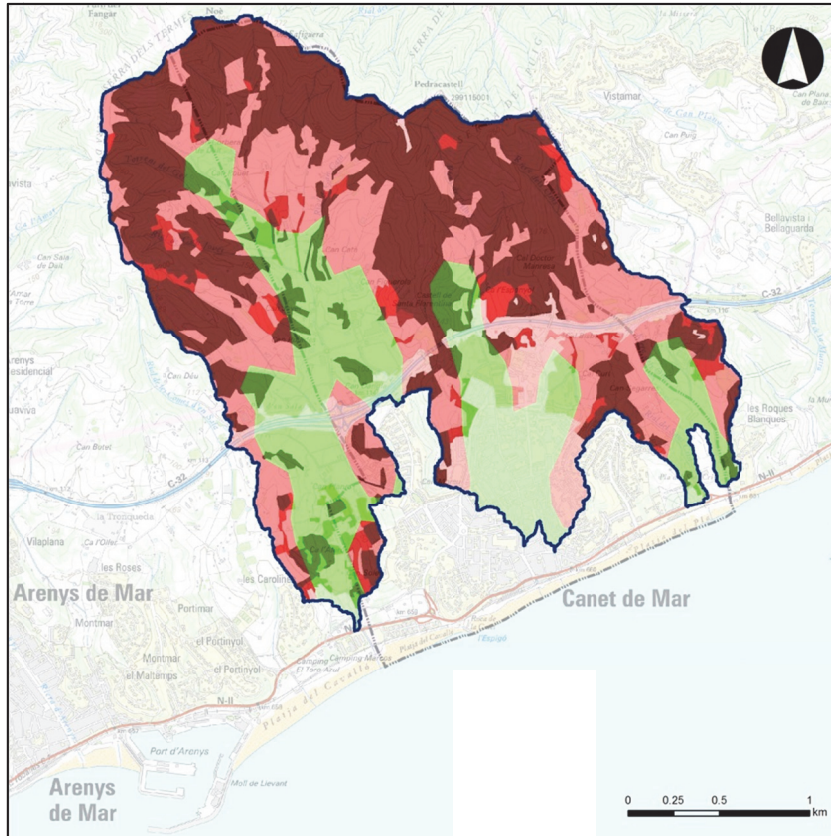


Figura 20. Zonificació que recull els tres criteris: ús de sòl, grup de sòl i subconca.

Per a cada grup de sòl i cada ús del sòl, la Taula 6 recull els valors adoptats del nombre de corba NC, en condicions d'humitat de tipus II (condicions normals).

Ús sòl	Grup sòl	Nombre de Corba NC	
		Estimació baixa	Estimació alta
Bosc dens	A	29	36
	B	43	52
	C	54	62
	D	60	68
Bosc clar	A	36	40
	B	52	60
	C	62	69
	D	68	76
Matollar	A	40	45
	B	60	68
	C	69	78
	D	76	83
Praderia	A	42	49
	B	60	68
	C	74	85
	D	79	85
Conreu	A	54	66
	B	68	77
	C	78	85
	D	82	89

Ús sòl	Grup sòl	Nombre de Corba NC	
		Estimació baixa	Estimació alta
Poc vegetat	A	71	77
	B	78	86
	C	82	89
	D	86	93
Poc permeable	A	91	96
	B	91	96
	C	91	96
	D	91	96

Taula 6. Valors del nombre de corba NC adoptats.

La delimitació de subconques feta per a la determinació de les pèrdues de precipitació, i més endavant, per a la determinació de cabals, és la que es mostra a la Figura 3. Així doncs, atenent a l'ús del sòl, i al grup del sòl, la distribució de la superfície de les diferents conques es mostra a la Taula 7, en termes de superfície total i a la Taula 8, com distribució percentual.

Ús sòl	Grup sòl	Conca												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bosc dens	A	2.6	1.6	0.4	1.5	3.5	1.5	0.1	2.5	2.5	5.4	0.3	-	6.8
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	1.9	0.1	0.3	-	-	-	-	0.1	0.3	3.5	0.1	0.1	1.0
	D	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	1.9	-	-	0.3
Bosc clar	A	7.4	1.8	3.1	2.1	11.4	5.7	6.3	16.5	11.8	18.8	3.6	4.7	8.8
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	1.4	1.4	2.0	0.1	3.7	0.7	16.1	21.5
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matollar	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Praderia	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conreu	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poc vegetat	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	42.9	28.3	0.6	27.0	3.2	16.2	2.4	18.3	30.9	5.6	2.7	9.6	51.2
	C	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-
	D	1.3	1.6	0.9	0.9	-	1.8	-	0.3	3.0	2.3	0.3	0.9	2.8
Poc permeable	A	-	0.4	-	-	1.7	0.3	-	1.6	2.3	1.2	-	-	2.7
	B	20.5	7.1	6.6	9.3	3.9	11.1	6.7	17.9	28.2	12.4	4.3	9.2	13.4
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	0.4	0.3	0.2	2.7	2.0	5.2	1.3	-	14.5	9.1

Taula 7. Distribució de la superfície segons grup i ús de sòl i subconca, en hectàrees.

Ús sòl	Grup sòl	Conca													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Bosc dens	A	0.03	0.04	0.03	0.04	0.14	0.04	0.01	0.04	0.03	0.10	0.03	-	-	0.06
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	0.03	-	0.02	-	-	-	-	-	-	0.06	0.01	-	-	0.01
	D	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	0.03	-	-	-	-
Bosc clar	A	0.10	0.04	0.26	0.05	0.47	0.15	0.32	0.27	0.14	0.34	0.30	0.09	0.07	
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	C	-	-	-	-	-	0.04	0.07	0.03	-	0.07	0.06	0.29	0.18	
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Matollar	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Praderia	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Conreu	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Poc vegetat	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	B	0.56	0.69	0.05	0.66	0.13	0.43	0.12	0.30	0.37	0.10	0.23	0.17	0.44	
	C	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	
	D	0.02	0.04	0.08	0.02	-	0.05	-	-	-	0.04	0.02	0.02	0.02	
Poc permeable	A	-	0.01	-	-	0.07	0.01	-	0.03	0.03	0.02	-	-	0.02	
	B	0.27	0.17	0.56	0.23	0.16	0.29	0.34	0.29	0.33	0.22	0.35	0.17	0.11	
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	-	-	-	0.01	0.01	-	0.13	0.03	0.06	0.02	-	0.26	0.08	

Taula 8. Distribució percentual de superfície segons grup de sòl i ús de sòl a cada conca.

Ponderant en superfície, els valors del nombre de corba per cada conca es mostren en la Taula 9.

Subconca	Estimació baixa		Estimació alta	
	CN	Po	CN	Po
1	64.0	28.1	72.0	19.5
2	63.1	29.2	71.0	20.4
3	70.5	20.9	78.8	13.5
4	64.1	28.0	72.0	19.4
5	58.0	36.2	67.4	24.2
6	66.4	25.3	74.5	17.1
7	71.6	19.8	79.9	12.5
8	66.1	25.6	74.6	17.0
9	68.5	22.9	76.4	15.4
10	61.8	30.9	70.3	21.2
11	67.3	24.3	75.8	15.9
12	80.6	12.0	87.1	7.4
13	68.9	22.5	76.2	15.6

Taula 9. Valors del nombre de corba resultants.

Per al càlcul hidrològic s'ha optat per considerar una CN i Po promig entre l'estimació baixa i l'estimació alta.

Subconca	Valors adoptats	
	CN	Po
1	68.0	23.8
2	67.1	24.8
3	74.6	17.2
4	68.1	23.7
5	62.7	30.2
6	70.5	21.2
7	75.8	16.2
8	70.3	21.3
9	72.5	19.2
10	66.0	26.0
11	71.6	20.1
12	83.9	9.7
13	72.6	19.1
14	68.0	23.8
15	67.1	24.8

Taula 10. Valors del nombre de corba i Po adoptats per al càlcul hidrològic.

2.4 Transformació pluja-escorrentiu i Mètode de propagació de avingudes

La hidrologia es modela amb el programa Hec-Hms, programa desenvolupat pels "US Army Corps of Engineers". El mètode de transformació pluja escorrentiu que s'ha seguit és el mètode desenvolupat pel Soil Conservation Service (SCS), mètode que també recull la Guia Tècnica de l'ACA. L'SCS es basa en l'estudi del comportament de multitud de conques petites dels EEUU, s'obté un hidrograma adimensional, en el qual s'expressa la relació del cabal respecte al cabal punta, versus la relació entre el temps i el temps del pic.

Quan es modelitza una conca dividint-la en subconques, és necessari propagar els hidrogrames d'avinguda obtinguts de la transformació pluja-escorrentiu, en les subconques que no tinguin el seu desguàs justament en el punt de sortida de la conca general. En aquest cas la propagació d'avingudes s'ha modelat amb el mètode de propagació agregada de Muskingum-Cunge. Aquest mètode està basat en el mètode de Muskingum, i és una tècnica de propagació no lineal, que considera la difusió d'un hidrograma basat en les propietats físiques de la llera i l'hidrograma d'aigües amunt.

2.5 Cabals

Els paràmetres geomètrics de la conca (paràmetres hidromorfomètrics) són; l'àrea de la conca S , la longitud del curs principal L , la cota màxima a la superfície de la conca, la cota mínima a la superfície de la conca, el desnivell i el pendent mitjà del curs principal j .

El temps de concentració T_c és el temps que transcorre entre la finalització de l'episodi de precipitació i la sortida de la darrera gota d'escorrentiu superficial. S'agafa com el temps que tarda una gota de pluja neta caiguda a l'extrem superior del curs principal a sortir pel punt de sortida. En tractar-se d'una conca, s'utilitza la fórmula proposada per J.R.Témez. El temps de concentració T_c s'expressa en hores.

$$T_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Pel temps de retard, t_{lag} , la Guia Tècnica proposa la següent formulació:

$$t_{lag} \approx 0,31 T_c$$

La Taula 11 mostra els valors dels paràmetres hidromorfomètrics, el temps de concentració i el temps de retard de cada conca. Per calcular el recorregut de cada torrent es té en compte el trajecte hidràulicament més allunyat dins la conca d'estudi, tot i que pel càlcul hidràulic el recorregut posteriorment a estudiar és limita més a les proximitats del nucli urbà d'estudi.

CONCA	Àrea (km ²)	K _A	Longitud L (m)	Cota màx. (m)	Cota mín. (m)	Pendent j (m/m)	Temps T _c (h)	Temps T _{lag} (min)
1	0.77	1	1700	260	116	0.085	0.72	13
2	0.41	1	1400	241	116	0.089	0.61	11
3	0.12	1	1110	215	105	0.099	0.50	9
4	0.41	1	1470	264	105	0.108	0.61	11
5	0.24	1	1165	161	70	0.078	0.55	10
6	0.38	1	1531	184	70	0.074	0.68	13
7	0.2	1	970	93	38	0.057	0.51	9
8	0.62	1	1395	209	59	0.107	0.59	11

CONCA	Àrea (km ²)	K _A	Longitud L (m)	Cota màx. (m)	Cota mín. (m)	Pendent j (m/m)	Temps T _c (h)	Temps T _{lag} (min)
9	0.85	1	2726	276	8	0.098	1	19
10	0.56	1	1936.8	129	9	0.062	0.84	16
11	0.12	1	920.3	89	6	0.09	0.44	8
12	0.55	1	2053	182	2	0.088	0.82	15
13	1.18	1	2500	288	12	0.11	0.91	17

Taula 11. Paràmetres hidromorfomètrics, temps de concentració i temps de retard.

La Taula 12 recull els cabals màxims dels hidrogrames resultants de l'aplicació del mètode de pèrdua de precipitació i mètode de transformació pluja escorrentiu, descrits en els apartats 2.3 i 2.4 respectivament, per a tres períodes de retorn.

Cabal (m ³ /s)	Període de retorn		
	T10	T100	T500
Punt / Conca			
Rial de Vallmaria	3.3	7.6	10.5
Rial de Cal Misser fins autopista C-32	11.5	26	35.2
Rial de Cal Misser-Riera Gavarra entrada soterrament	17	38.2	51.8
Riera Gavarra sortida soterrament	17.4	39.3	56.8
Rial de Can Figuerola entrada soterrament	4.7	10.10	13.5
Riera de l'Aubó -Buscarons	9	19.1	25.4
Rial de Lledoners	6.2	11.1	14.2
Rial de Sant Crist	1	2.1	2.8
Riera dels Oms-Rial de Can Segarres	6.2	13.4	17.8

Taula 12. Cabals màxims (m³/s) utilitzats a la modelització.

Comparant els cabals obtinguts amb els que es recullen dels estudis previs, podem constatar que es tracta de cabals del mateix ordre de magnitud per als diferents períodes de retorn, amb alguna excepció. Les diferències en els valors numèrics es deuen a la diferent tramificació dels cursos fluvials en estudi així com de la variació d'alguns paràmetres del càlcul hidrològic al tractar-se d'estudis diferents.

3 Hidràulica

3.1 Model digital del terreny

Per a la modelització hidràulica s'ha utilitzat el model digital del terreny Lidar de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Es tracta d'una informació en format malla regular (ràster) amb un pas de malla de 2 metres (precisió de 15-30 cm en altimetria) (Figura 21), així com la informació disponible dels projectes constructius de les canalitzacions a cel obert i soterrades i la informació obtinguda amb les visites de camp. Alhora, s'ha tingut en compte també la cartografia topogràfica a escala 1:1000 i 1:5000, de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

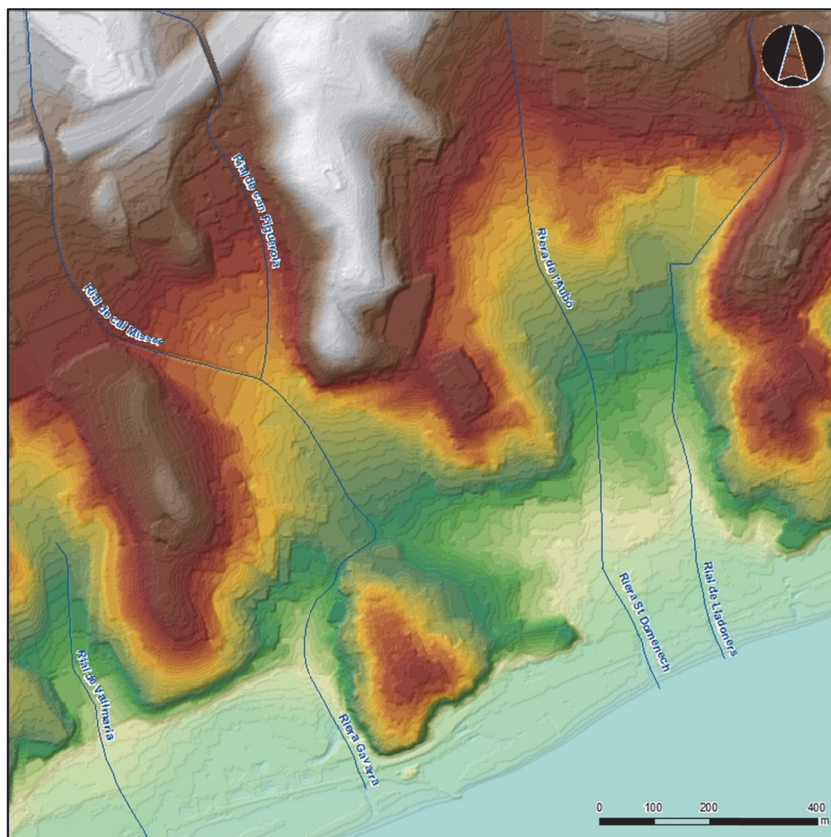


Figura 21. Model d'ombres obtingut a partir del MDT 2x2 utilitzat per a la modelització hidràulica (vista parcial).

Respecte el rial de Lledoners, el qual circula pels carrers de la trama urbana, s'ha utilitzat un model digital de superfície (de cel·les de 0.25 cm) generat a partir d'un aixecament topogràfic de detall de la zona urbana afectada, a escala 1:250 (aproximadament), per a realitzar una modelització hidràulica bidimensional.

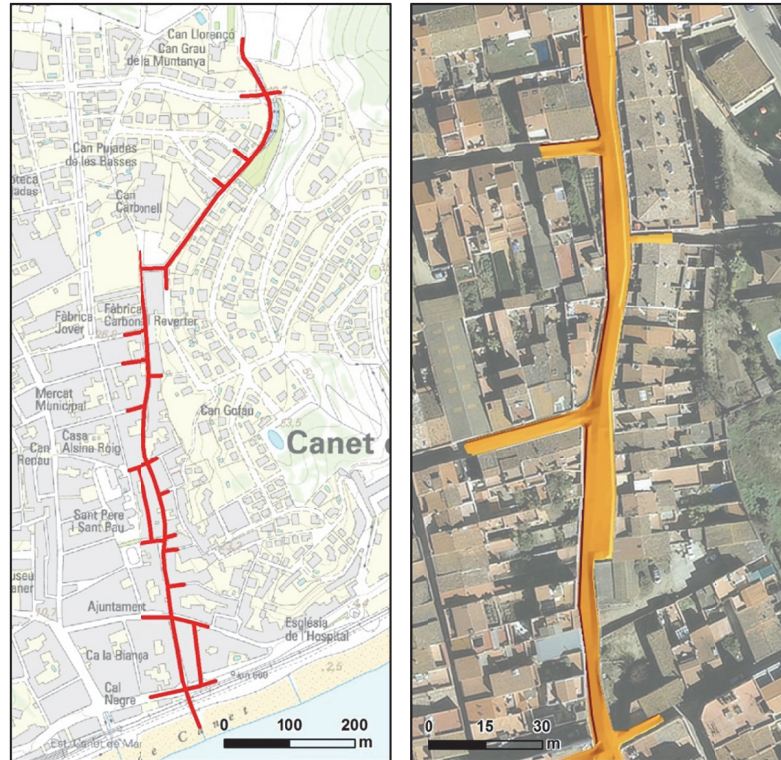


Figura 22. Extensió de l'aixecament topogràfic de detall (esquerra). Detall del model d'ombres obtingut a partir de l'aixecament topogràfic (Escala aproximada 1:250)

3.2 Tipus de modelització

Atenent a les característiques dels cursos fluvials estudiats, s'han fet dos tipus de modelitzacions depenent de la presència o no d'obres hidràuliques (canalitzacions a cel obert o soterrades).

En els rials de Cal Misser-riera Gavarra, de Can Figuerola, la riera de l'Aubó (Buscarons) o el rial de Sant crist, canalitzats o soterrats en la major part del seu recorregut pel nucli urbà de Canet de Mar, s'ha dut a terme un estudi de capacitats d'aquestes estructures hidràuliques, amb un programari específic.

El rial de Vallmaria i la riera dels Oms, atenent a les característiques geomorfològiques, s'ha optat per dur a terme una modelització unidimensional.

Per al rial de Lledoners s'ha optat per dur a terme una modelització bidimensional.

Els cabals utilitzats en tots els casos són els que es mostren a la Taula 12.

3.2.1 Modelització unidimensional

L'entorn de simulació unidimensional escollit és l'aplicació HEC RAS v4.1, del USACE, una agència estatal del govern dels Estats Units d'Amèrica. El model HEC RAS és un programa àmpliament utilitzat per la comunitat hidràulica, amb una gran experiència d'us i ben contrastat.

El model adopta les següents principis fonamentals:

- El principi de conservació de la massa estableix que la massa es conserva, és a dir, que no es crea ni es destrueix dins del sistema que s'analitza. La conservació de la massa en un sentit volumètric significa que el volum que passa per una determinada posició també passarà per un altra posició aigües avall, amb els canvis deguts a emmagatzematge, entrades i sortides dels tributaris, evaporació, etc. entre les dues posicions degudament avaluades.
- El principi de conservació de la quantitat de moviment (momentum) es deriva de la Segona Llei de Newton i estableix que la suma de forces aplicades en un volum de control sigui igual a la suma de la taxa de canvi del momentum emmagatzemat dins el volum de control més el flux de momentum a través de la seva superfície.

A més d'aquests dos principis fonamentals, els models fluvials també estan basats en les hipòtesis simplificatives següents:

- Flux gradualment variat. Els calats i les velocitats canvien gradualment en el curs del riu. Aquestes condicions permeten considerar una distribució hidrostàtica de pressions al ser les línies de corrent aproximadament paral·leles.
- Flux unidimensional. Les variacions de les característiques del flux en direccions diferents a la de l'eix del riu es menyspreen i un únic nivell representa la làmina d'aigua en cada secció transversal del riu perpendicular al flux.
- Pendents petits. El pendent ha de ser petit perquè la hipòtesi de distribució hidrostàtica es calcula mesurant el calat d'aigua verticalment.
- Llera fixa. La secció de flux no canvia de forma o rugositat durant la crescuda. Tot i que aquesta hipòtesi s'usa sovint, força corrents al·luvials poden canviar considerablement la forma de la llera i de les planes en episodis de crescuda.

3.2.2 Modelització bidimensional

La modelització bidimensional s'ha dut a terme amb el programari IBER v1.9, desenvolupat conjuntament pel Centre d'Estudis Hidrogràfics del CEDEX, el grup d'investigació FLUMEN

de la ETS d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona, de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), el grup d'Enginyeria de l'Aigua i el Media Ambient (GEAMA) de la Universitat de A Coruña (UDC) i el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE) de la UPC.

El programari IBER és una eina de càlcul numèric, de flux d'aigua en làmina lliure i règim variable, que ha estat desenvolupat per dur a terme estudis hidrodinàmics en geometries irregulars, que integra les aproximacions en dues dimensions amb diferents possibilitats de connexió entre dominis.

IBER utilitza esquemes numèrics d'alta resolució, que permeten el càlcul de fluxos discontinus i que permeten treballar en dues dimensions, amb malles de càlcul irregulars no estructurades, formades per quadrilàters i/o triangles.

També implementa mecanismes per a considerar el mullat i assecat del domini d'estudi, la rugositat del terreny variable en l'espai o la presència d'estructures hidràuliques com a condició interna (comporta, sobreixidor, comporta-sobreixidor o culvert).

Iber compta amb un mòdul de transport de sediments que resol les equacions de transport per càrrega de fons i per càrrega en suspensió. A més amb aquests mòduls calcula l'evolució de la cota del fons a causa de processos de sedimentació i erosió. Encara que en la versió actual es consideren granulometries uniformes.

3.2.3 Modelització de canalitzacions a cel obert i soterrades

Per a la modelització de cursos fluvials canalitzats a cel obert i/o soterrats s'utilitza el programari SWMM v5 (*Storm Water Management Model*), desenvolupat per la U.S. Environmental Protection Agency.

Aquest programari és un model dinàmic de simulació de precipitacions, que es pot utilitzar per un únic esdeveniment o per realitzar una simulació al llarg d'un període de temps. El programari permet simular tant la quantitat com la qualitat de l'aigua.

SWMM representa el comportament d'un sistema de drenatge mitjançant una sèrie de fluxos d'aigua i matèria entre els principals mòduls que componen un anàlisi mediambiental:

- Mòdul d'escorrentiu: funciona amb una sèrie de subconques en les quals cau l'aigua de pluja i es genera escorrentiu

- Mòdul de transport: analitza el recorregut de les aigües a través d'un sistema compost de canonades, cabals, dispositius d'emmagatzematge i tractament, bombes i elements reguladors.
- Mòdul de qualitat: permet seguir l'evolució de la quantitat i qualitat de l'aigua d'escorrentiu de cada subconca, així com el cabal, el nivell d'aigua als pous o la concentració d'un compost en cada canonada i/o canal durant una simulació composta per múltiples intervals de temps.

3.3 Cabals

Els cabals màxims dels hidrogrames utilitzats pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys es resumeixen en la Taula 12, d'acord amb el que s'ha exposat al capítol 3 (Hidrologia segons la Guia tècnica de recomanacions per a la realització d'estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua) pels cursos fluvials estudiats.

Per al càlcul de cabals s'ha utilitzat un valor mig entre l'estimació alta i baixa de CN (corba número). L'estudi de capacitats de les canalitzacions i soterraments es realitza en règim no permanent, és a dir que s'utilitzen els hidrogrames d'avinguda (Figura 23 a Figura 26).

A la Taula 12 es pot comprovar que el cabal màxim dels hidrogrames en un punt, no es correspon exactament a la suma dels cabals màxims dels cursos aportants. Pel fet que aquests últims, en general, ocorren en temps diferents, donat que es tracten de conques de diferents superfícies, amb diferents característiques de sòl i diferents característiques hidromorfomètriques.

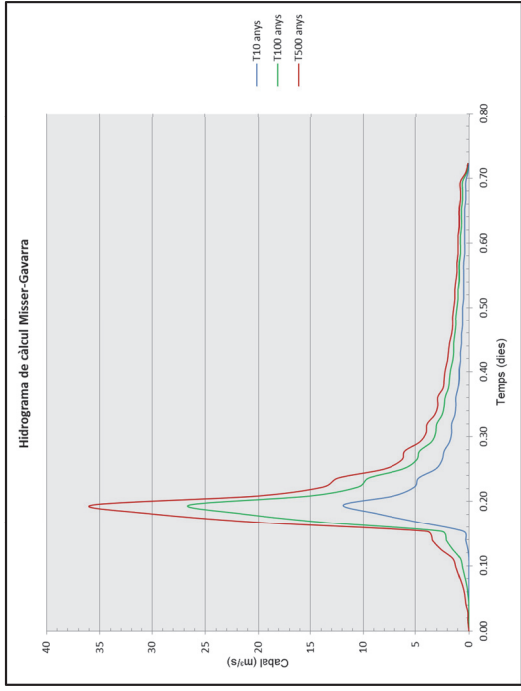


Figura 23. Hidrogrames de cabals d'avinguda (m^3/s) utilitzats per a la modelització de capacitats del rial de Cal Misser-riera Gavarra.

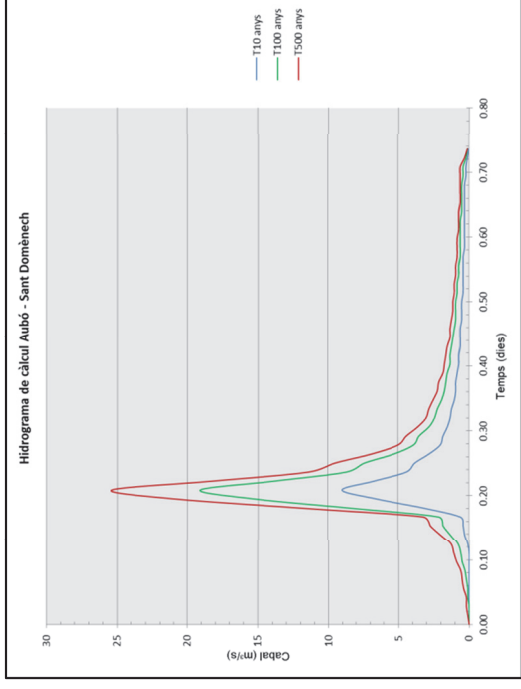


Figura 25. Hidrogrames de cabals d'avinguda (m^3/s) utilitzats per a la modelització de capacitats de la riera de l'Aubó-Sant Domènech.

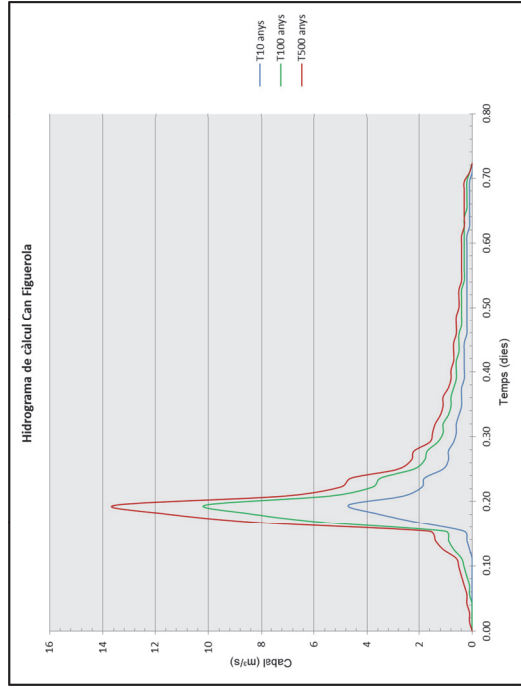


Figura 24. Hidrogrames de cabals d'avinguda (m^3/s) utilitzats per a la modelització de capacitats del rial de Can Figuerola.

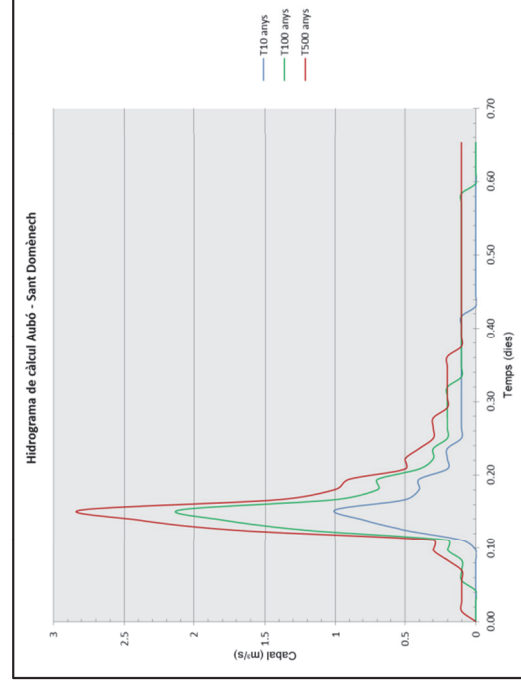


Figura 26. Hidrogrames de cabals d'avinguda (m^3/s) utilitzats per a la modelització de capacitats del rial de Sant Crist.

3.4 Coeficient de rugositat

El nivell d'aigua en un tram de riu no depèn únicament de la secció transversal, el pendent i el cabal, doncs també depèn de la vegetació i altres factors que s'engloben en un paràmetre de rugositat de la llera (coeficient de Manning).

Per assignar aquest coeficient s'ha seguit diferents criteris diferenciant la llera del riu, de la plana d'inundació.

Els coeficients de Manning de la plana d'inundació s'han obtingut a partir del Mapa de Cobertes de Sòl de Catalunya del CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), assignant un valor de rugositat a cada tipus de coberta. Aquests valors es poden veure a la Taula 13 i una representació del mapa de cobertes a la Figura 27.

Referència	Descripció	Manning
1	Boscors densos (no ribera)	0.09
6	Boscors clars (no ribera)	0.09
7	Matollars	0.06
9	Prats i herbassars	0.05
11	Roquissars	0.03
13	Sòls nus forestals	0.04
16	Aigües continentals	0.025
17	Conreus	0.05
19	Zones urbanitzades	0.15
21	Vies de comunicació	0.2
23	Zones d'extracció minera	0.1

Taula 13. Coeficients de rugositat de Manning utilitzats fora de la zona de la llera.

A la zona de la llera s'ha seguit el protocol de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) per a estudis de detall mig, amb n multiparamètrica, basats en l'estudi "*Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and FloodPlains*" del Servei Geològic dels Estats Units (USGS).

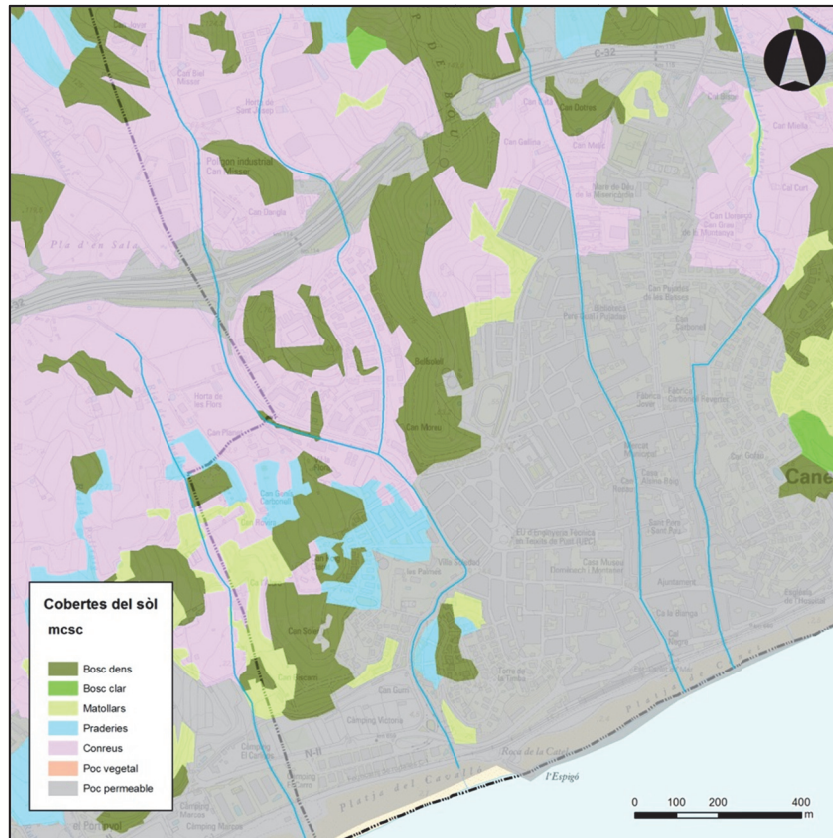


Figura 27. Exemple del mapa de cobertes del sol a l'entorn del nucli urbà de Canet de Mar.

Es tenen en compte diferents paràmetres de la geometria de la llera i dels elements presents que puguin influir durant les avingudes.

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

on:

- n_b : valor de n per una llera recte, de seccions uniformes i materials naturals.
- n_1 : factor de correcció per incorporar irregularitats de la superfície de la llera.
- n_2 : factor de correcció per incorporar irregularitats en la forma i mida de la secció transversal.
- n_3 : factor de correcció per incorporar obstruccions al flux.
- n_4 : factor de correcció per incorporar l'efecte de vegetació.
- m: factor de correcció per incorporar l'efecte de la sinuositat en planta (meandres) de la llera.

Les taules per a l'obtenció dels valors es mostren a l'annex 2.

Els valors calculats de coeficient de Manning de la llera dels torrents de les conques d'estudi es mostren a continuació (veure fotografies de la llera a les figures 34 a 39).

Els valors dels paràmetres utilitzats i els seus resultats es mostren en la Taula 14, segons el tipus de llera. A la Figura 28 es mostra la distribució dels tipus de llera per a cada curs fluvial estudiat. Respecte a les canalitzacions a cel obert i soterrades s'ha considerat que es troben en bon estat de conservació, lliures d'elements efímers o sediments que en modifiquin la seva capacitat.

	Canalització cel obert (formigó)	Canalització cel obert (escullera)	Canalització soterrada	Sorrer	Vial > 4 m	Vial < 4m	Pas vianants	Carrer	Curs natural
nb	0.015	0.03	0.015	0.03	0.02	0.03	0.03	0.015	0.03
n1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
m	1	1	1	1	1	1	1	1	1
n	0.015	0.03	0.015	0.03	0.02	0.03	0.03	0.015	0.04

Taula 14. Coeficients de rugositat de Manning utilitzats a la zona de la llera, per als diferents cursos fluvials.

De la Figura 29 a la Figura 40 es mostren algunes imatges de la llera d'alguns dels cursos estudiats

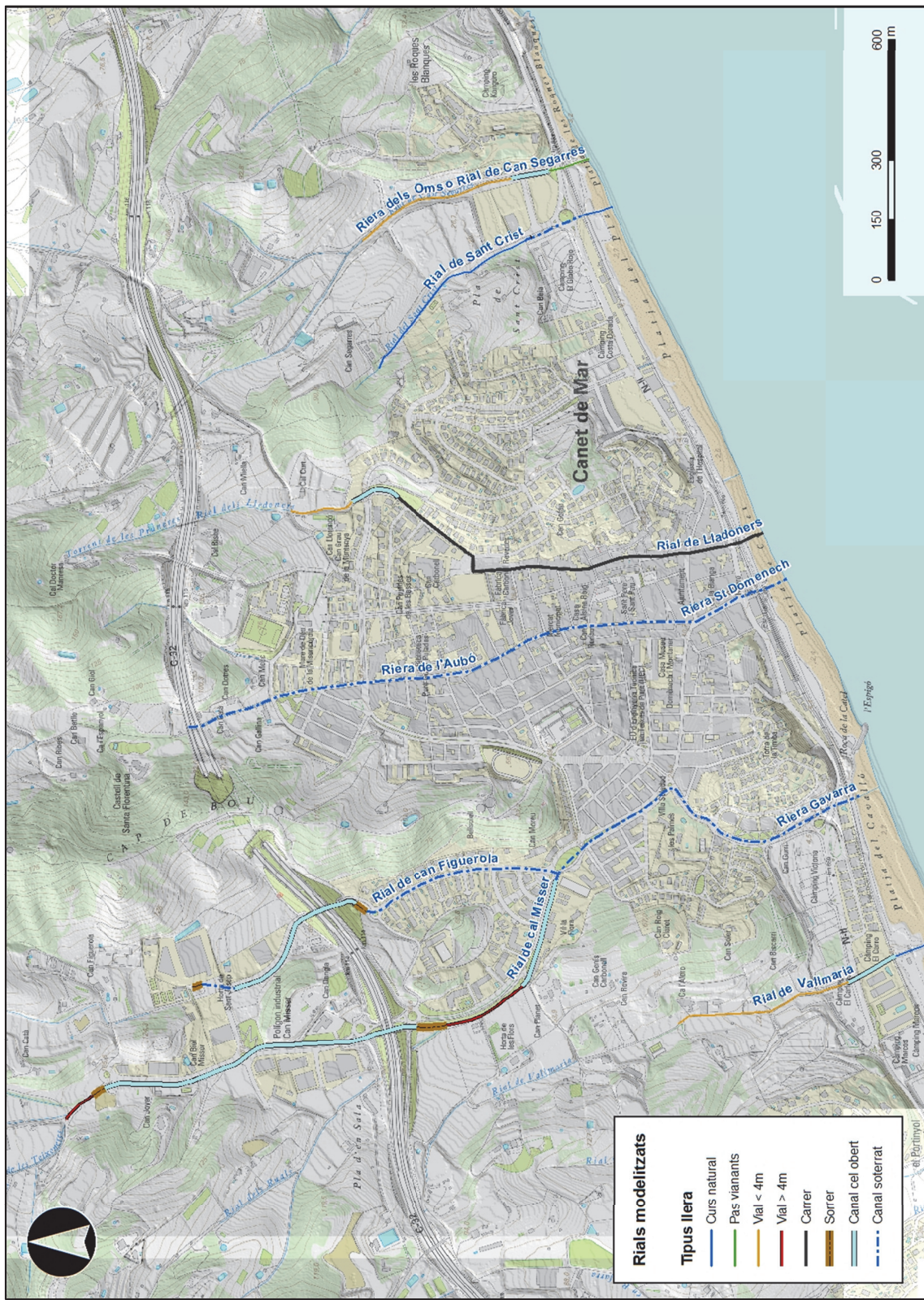


Figura 28. Tramificació dels cursos fluvials estudiats segons el tipus de llera. Mapa topogràfic 1:10000 (ICC).

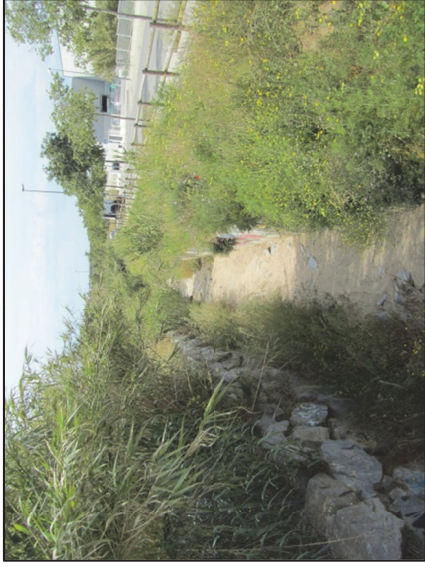


Figura 29. Vista de la canalització del rial de Cal Misser aigües amunt de l'autopista C-32.



Figura 31. Vista de la canalització de la riera Gavarra aigües amunt del seu soterrament al nucli urbà de Canet de Mar



Figura 33. Vista de la canalització del rial de Can Figuerola, aigües amunt de l'autopista C-32.



Figura 30. Vista de la llera del rial de Cal Misser- Riera Gavarra Tram d'us compartit.



Figura 32. Desembocadura al mar de la riera Gavarra



Figura 34. Vista de la canalització del rial de Can Figuerola al seu pas per sota l'autopista C-32.



Figura 35. Vista de la llera del rial de Vallmaria.



Figura 37. Vista de la llera del rial de Lledoners aigües amunt del nucli urbà de Canet de Mar.



Figura 39. Vista de la llera del rial de Sant Crist



Figura 36. Vista de l'entrada del soterrament de la riera de l'Aubó.



Figura 38. Vista del rial de Lledoners al seu pas pel nucli urbà de Canet de Mar.



Figura 40. Vista de la llera de la riera dels Oms o rial de Can Segarra.

3.5 Condicions de contorn

Aigües amunt s'han establert, d'una banda, els cabals que corresponen a l'inici del tram, resumits en la taula 12, tant per els models unidimensionals, bidimensionals i estudis de capacitats de les canalitzacions a cel obert o soterrades.

Aigües avall s'ha considerat un nivell de l'aigua del mar corresponent a 1.5 msnm, tal i com es considera als estudis de Planificació d'Espais Fluvials de Catalunya, desenvolupats per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), d'acord amb les indicacions de la pròpia ACA.

3.6 Estructures hidràuliques

S'han localitzat un total de 38 estructures hidràuliques, de les quals 11 es corresponen a entrades o sortides de soterraments dels cursos fluvials, 15 són culverts, 10 són ponts i 2 són viaductes.

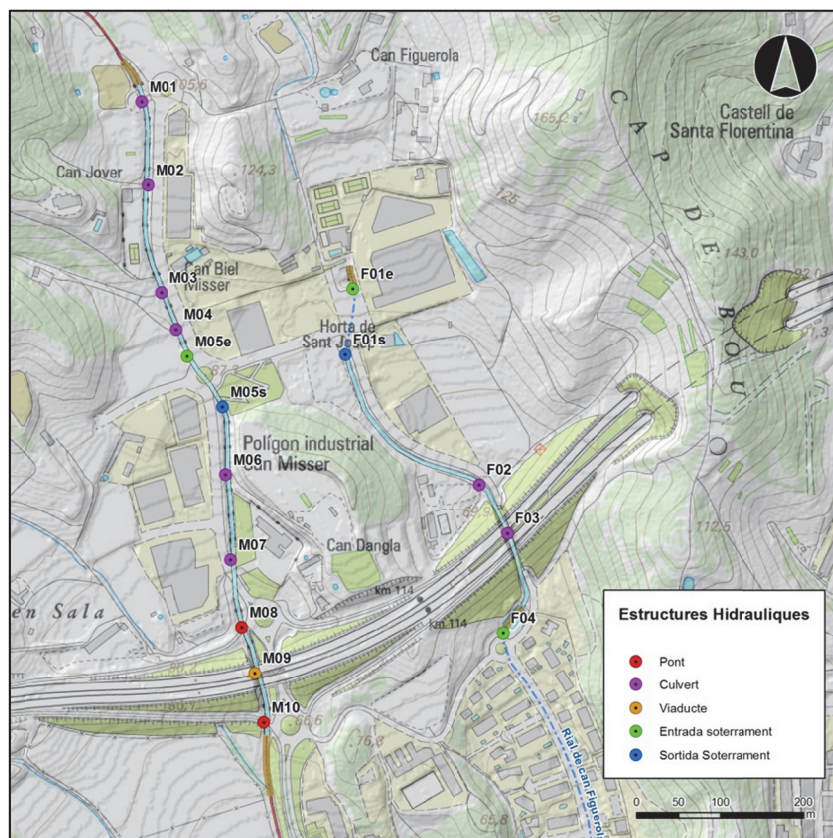


Figura 41. Localització d'estructures del rial de Cal Misser i el rial de Can Figuerola, valorades a l'estudi. Mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

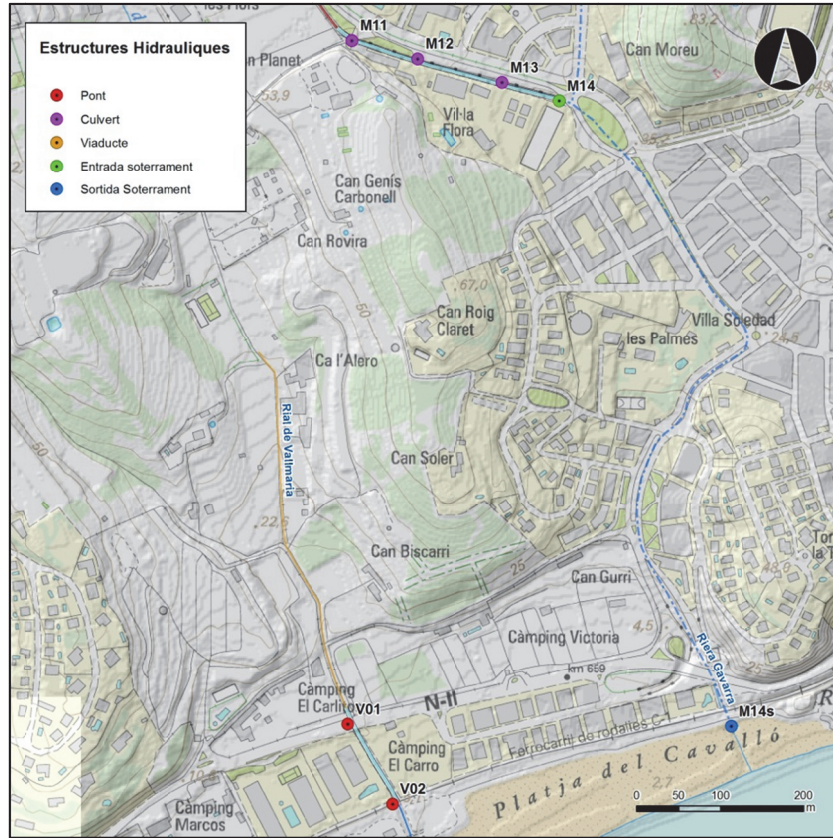


Figura 42. Localització d'estructures de la riera Gavarrà i el rial de Vallmaria, valorades a l'estudi. Mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

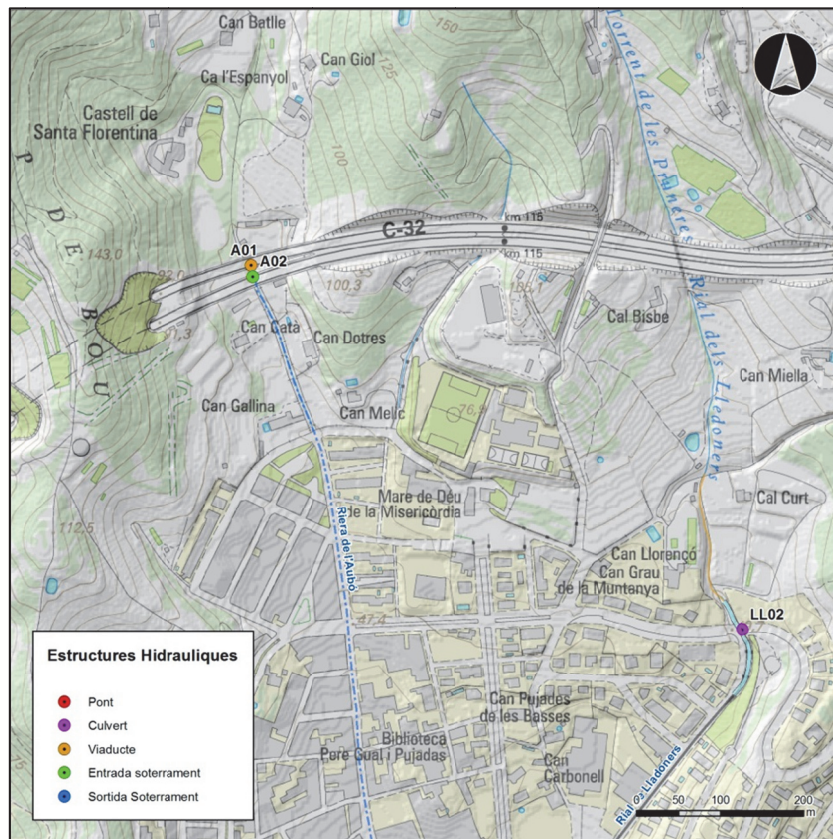


Figura 43. Localització d'estructures de la riera de l'Aubó i el rial de Lledoners, valorades a l'estudi. Mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

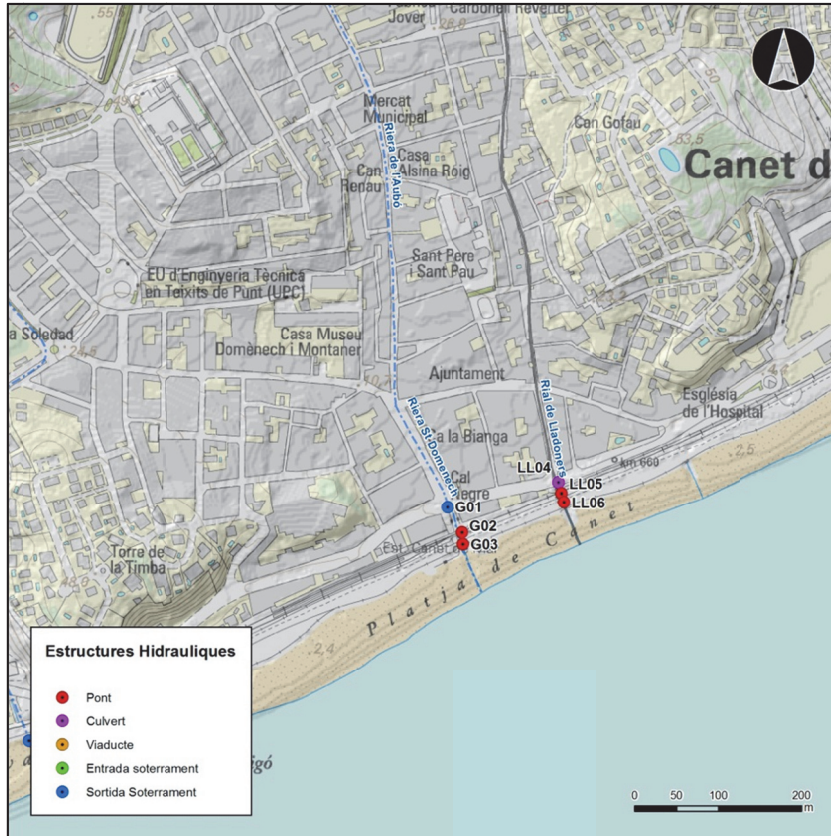


Figura 44. Localització d'estructures de la riera de Sant Domènec i el rial de Lledoners, valorades a l'estudi. Mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.



Figura 45. Localització d'estructures del rial de Sant Crist i el rial de Can Segarres valorades a l'estudi. Mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

A les figures anteriors es mostra la situació de les 38 estructures valorades a l'estudi i en la següent taula es descriu breument la seva localització.

Riu	Estructura	Localització
Cal Misser - Gavarra	M01	Culvert. Polígon industrial Cal Misser.
	M02	Culvert. Accés Can Jover.
	M03	Culvert. Accés finca particular
	M04	Culvert. Accés finca particular.
	M05	Soterrament. Girola polígon Cal Misser
	M06	Culvert. Accés finca particular.
	M07	Culvert. Accessos naus industrials.
	M08	Pont. Entrada Autopista C-32.
	M09	Viaducte. Autopista C-32.
	M10	Pont. Sortida Autopista C-32.
	M11	Culvert. Accés pista.
	M12	Culvert. Accés Vil·la Flora.
	M13	Culvert. Accés institut.
	M14	Entrada soterrament nucli urbà.
Sant Domènech (Aubó)	G01	Sortida Soterrament. Carrer Balmes
	G02	Pont. FFCC Barcelona – Blanes
	G03	Pont. Passeig marítim.
Aubó	A02	Entrada soterrament
Can Figuerola	F01	Entrada soterrament. Polígon Cal Misser
	F02	Culvert. Accés finca particular
	F03	Culvert. Autopista C-32
	F04	Entrada soterrament nucli urbà.
Lledoners	LL02	Culvert. Ronda doctor Manresa
	LL04	Pont. Carretera N-II
	LL05	Pont. FFCC Barcelona – Blanes
	LL06	Pont. Passeig marítim.
Vallmaria	V01	Pont. Carretera N-II
	V02	Pont. FFCC Barcelona - Blanes
Sant Crist	SC01	Entrada Soterrament. Carretera N-II
	SC02	Culvert. FFCC Barcelona – Blanes.
Oms – Can Segarres	O02	Culvert. Carrer Fragata Paulita
	O03	Pont. Carretera N-II
	O04	Pont. FFCC Barcelona - Blanes

Taula 15. Taula resum de les estructures hidràuliques reconegudes a l'estudi.

De la Figura 46 a la Figura 64 es mostren les fotografies de les estructures hidràuliques localitzades i considerades en els diferents tipus de modelitzacions. Tots els esquemes de les estructures són de la secció d'aigües amunt.

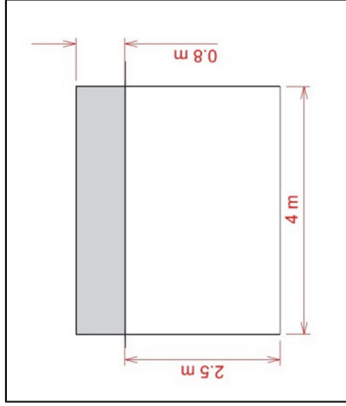


Figura 46. Estructura M01, culvert al PI Cal Misser, sobre el rial de Cal Misser.

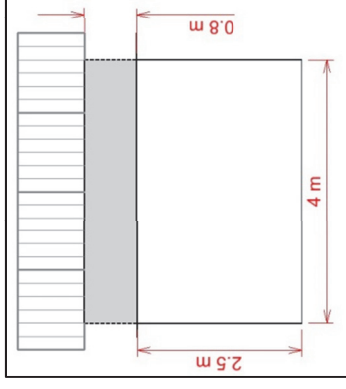


Figura 49. Estructura M04, culvert accés a finca particular, sobre el rial de Cal Misser.

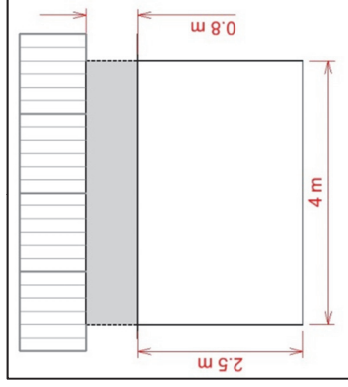


Figura 47. Estructura M02, culvert accés a Can Jover, sobre el rial de Cal Misser.

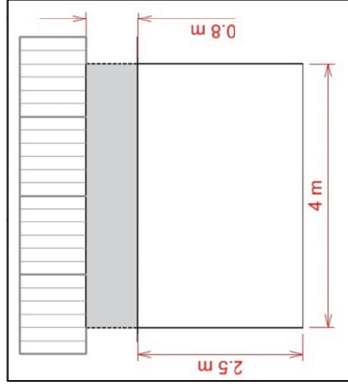


Figura 50. Estructura M05, entrada del soterrament PI Cal Misser, del rial de Cal Misser

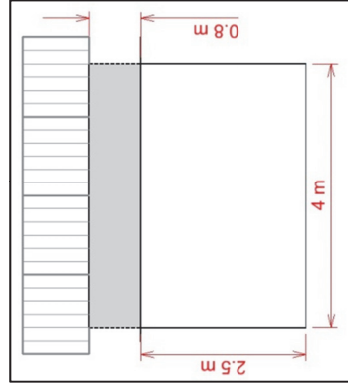


Figura 48. Estructura M03, culvert accés a finca particular, sobre el rial de Cal Misser

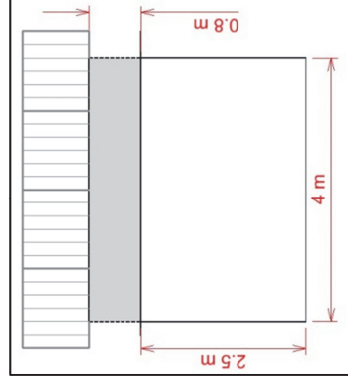


Figura 51. Estructura M06, culvert accés a finca particular, sobre el rial de Cal Misser.

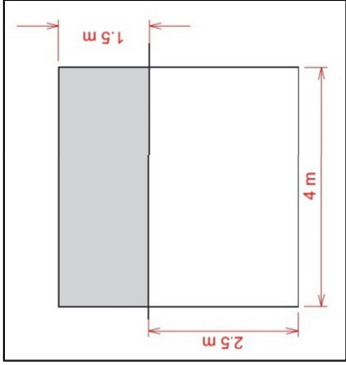


Figura 52. Estructura M07, culvert accés a naus industrials, sobre el rial de Cal Misser.

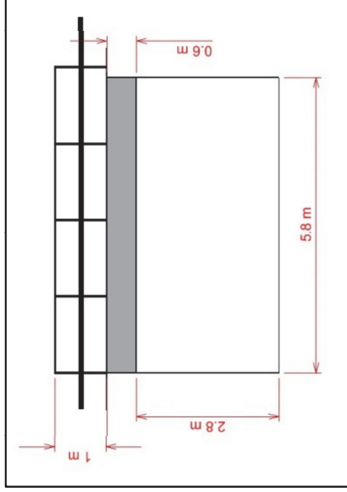


Figura 53. Estructura M08, pont entrada a l'Autopista C-32, sobre el rial de Cal Misser.



Figura 54. Estructura M09, pont de l'autopista C-32, sobre el rial de Cal Misser.

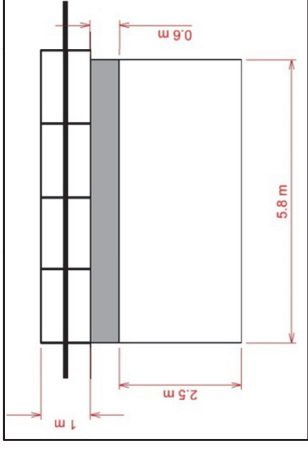


Figura 55. Estructura M10, pont sortida Autopista C-32 sobre el rial de Cal Misser.

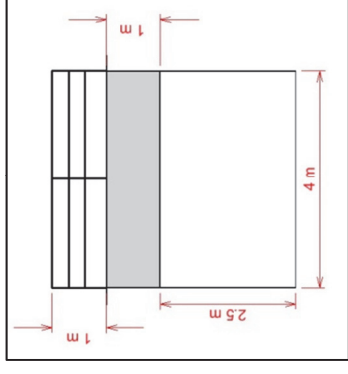


Figura 56. Estructura M11, culvert accés a vial no asfaltat, sobre la riera Gavarra.

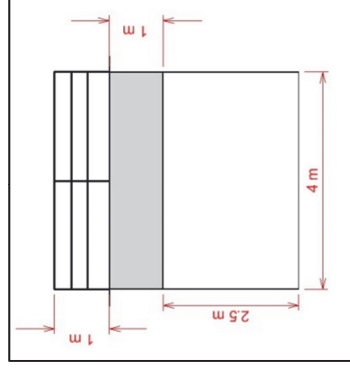
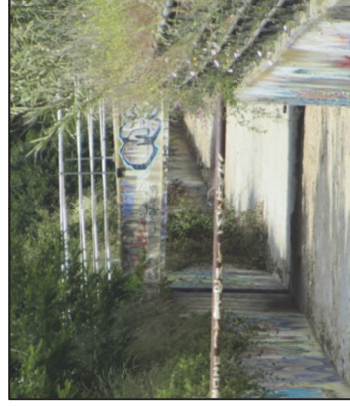


Figura 57. Estructura M12, culvert accés Vil·la Flora, sobre la riera Gavarra

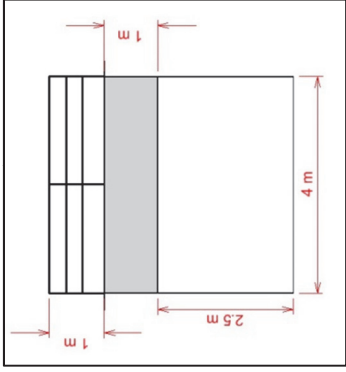


Figura 58. Estructura M13, culvert accés institut, sobre la riera Gavarrà

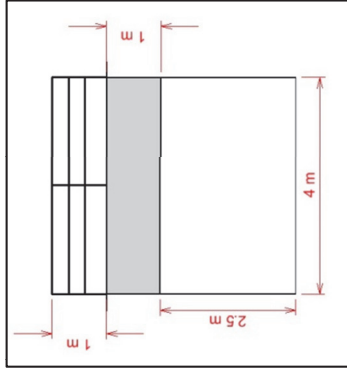


Figura 59. Estructura M14e, entrada del soterrament de la riera Gavarrà al nucli urbà.

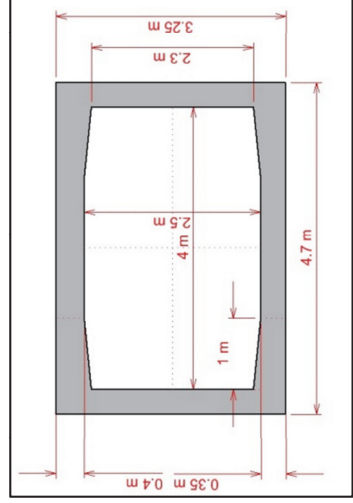


Figura 60. Estructura M14s, sortida del soterrament de la riera Gavarrà.

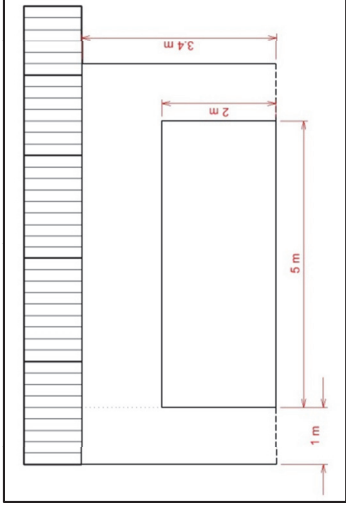
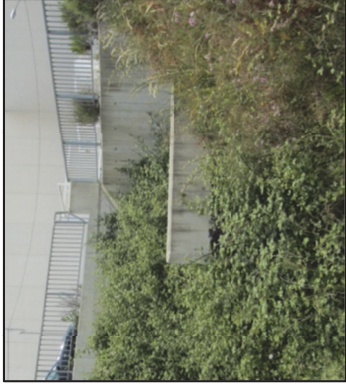


Figura 61. Estructura F01, entrada del soterrament al PI Cal Misser, al rial de Can Figuerola.

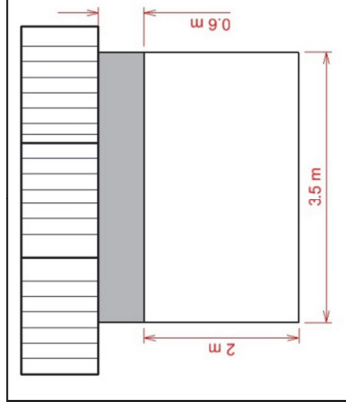


Figura 62. Estructura F02, culvert accés finca particular sobre el rial de Can Figuerola.



Figura 63. Estructura F03, culvert de l'autopista C-32 sobre el rial de Can Figuerola.

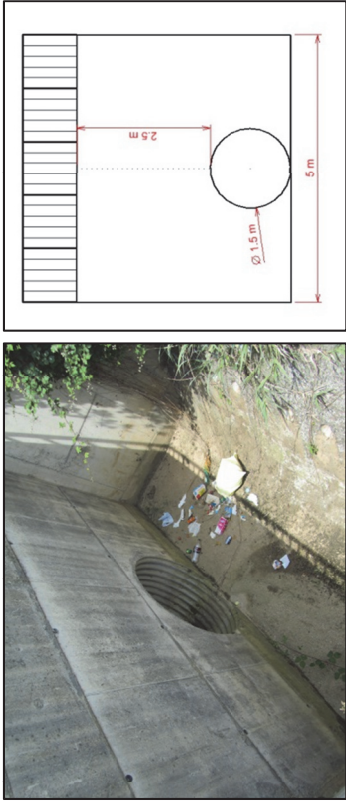


Figura 64. Estructura F04, entrada del soterrament al nucli urbà del rial de Can Figuerola.

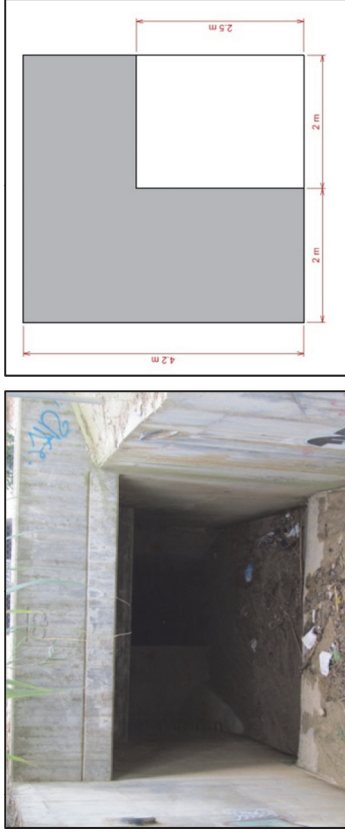


Figura 65. Estructura A02, entrada del soterrament de la riera de l'Aubó.

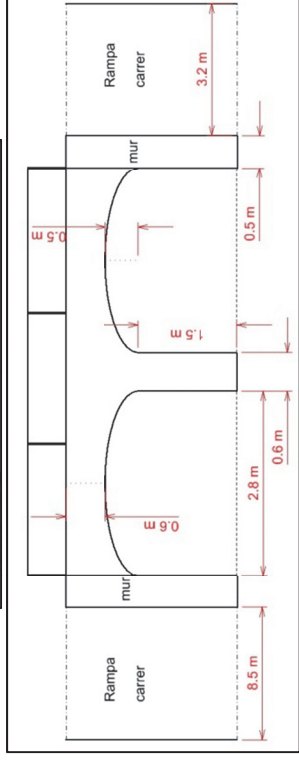


Figura 66. Estructura G01, sortida del soterrament de la riera de Sant Domènech (Aubó)

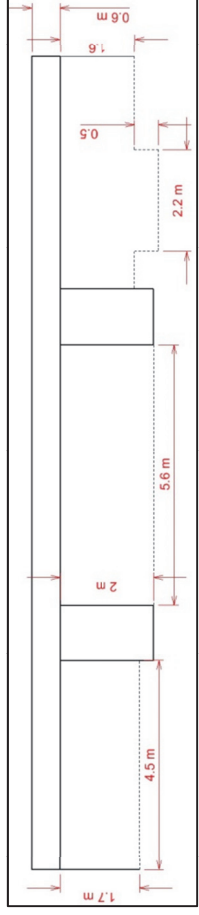


Figura 67. Estructura G02, pont del FFCC Bcn-Blanes, sobre la riera de St Domènech.

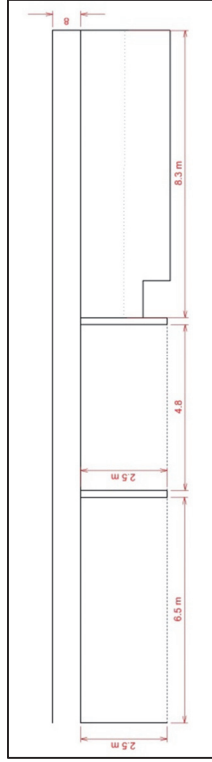


Figura 68. Estructura G03, pont del psg marítim sobre la riera de St Domènec.

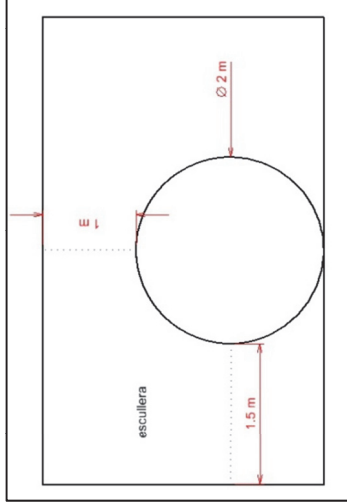


Figura 69. Estructura LL02, culvert de la ronda del doctor Manresa, sobre el rial de LLadoners.

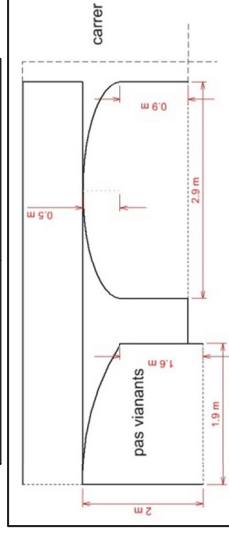


Figura 70. Estructura LL04, pont de la carretera N-II sobre el rial de Lladoners.

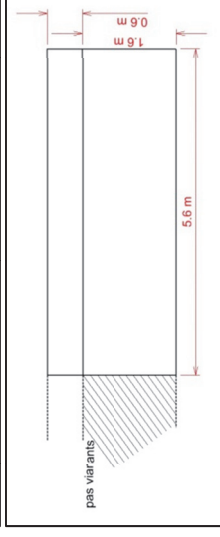


Figura 71. Estructura LL05, pont del FFCC Bcn-Blanes, sobre el rial de Lladoners.

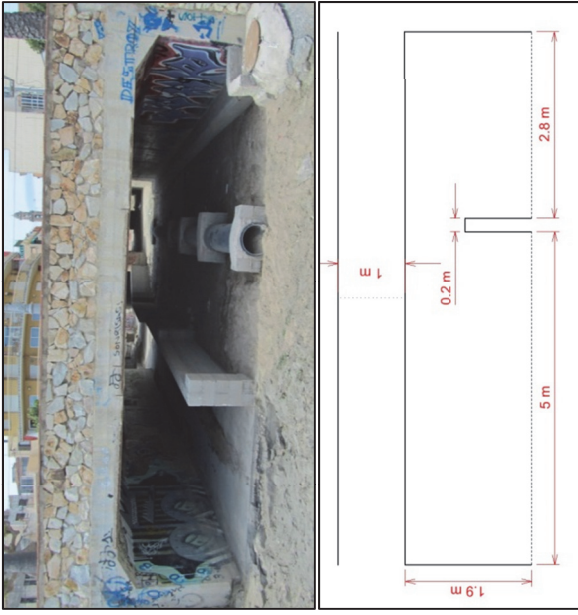


Figura 72. Estructura LL06, pont del psg marítim sobre el rial de Liadoners.



Figura 73. Estructura V01, pont de la carretera N-II sobre el rial de Vallmaria.

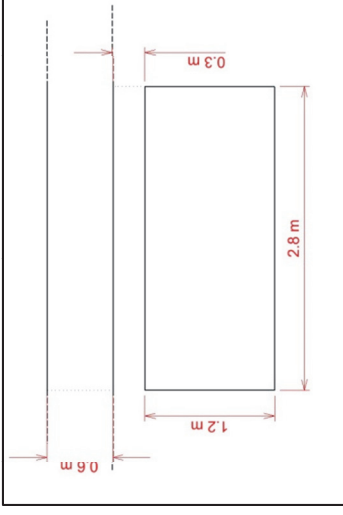
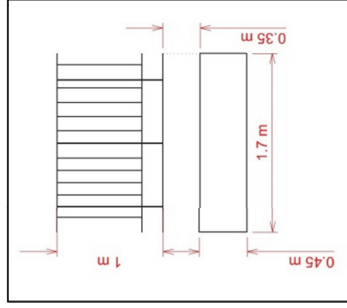


Figura 74. Estructura V02, pont del FFCC Bcn-Blanes sobre el rial de Vallmaria

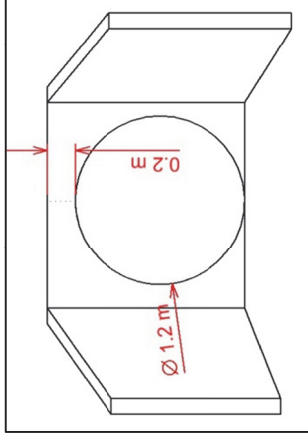


Figura 75. Estructura SC01, entrada del soterrament del rial de Sant Crist pel pas de la carretera N-II.

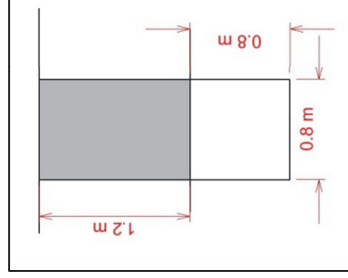


Figura 76. Estructura SC02, culvert del FFCC Bcn-Blanes sobre el rial de Sant Crist.

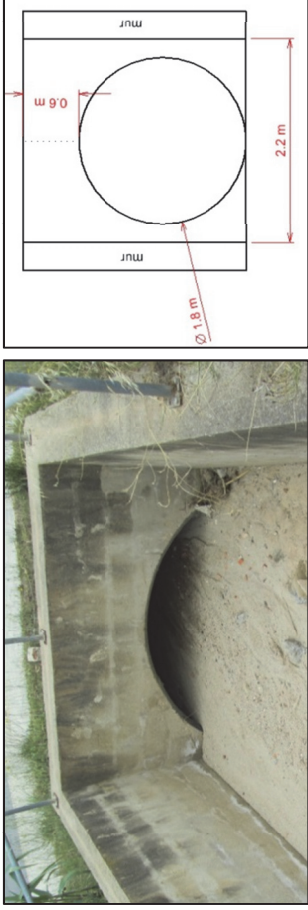


Figura 77. Estructura O02, culvert del carrer Fragata Paulita, sobre el rial de Can Segarres.

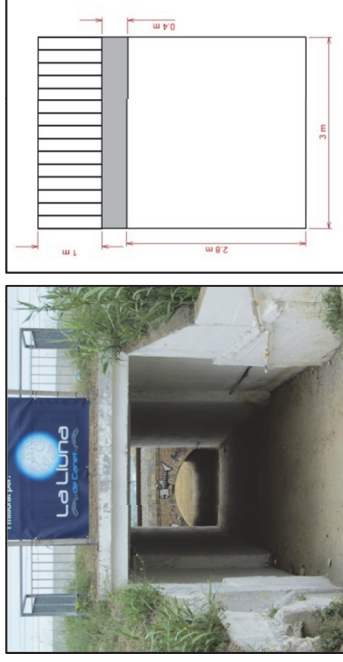


Figura 78. Estructura O03, pont de la carretera N-II sobre el rial de Can Segarres

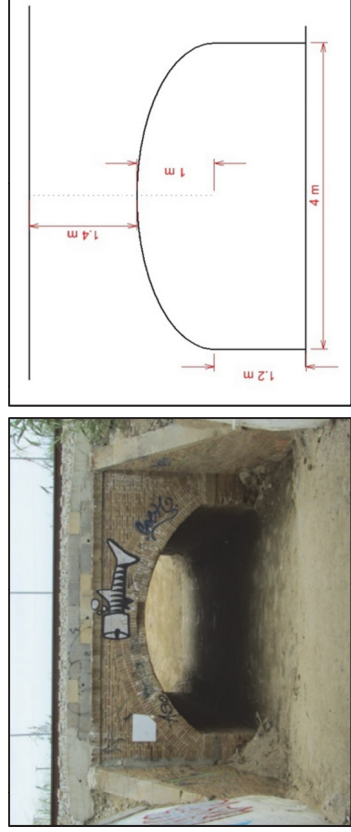


Figura 79. Estructura O04, pont del FFCC Bcn-Blanes sobre el rial de Can Segarres.

3.7 Canalitzacions a cel obert i soterrades

Tots els cursos fluvials estudiats presenten en algun punt del seu recorregut algun tipus d'actuació a la llera. Les obres hidràuliques presents són canalitzacions a cel obert, canalitzacions soterrades o sorrers.

A continuació es mostra un petit resum d'aquestes obres hidràuliques per a cada curs fluvial:

a.- Rial de Vallmaria

Canalització des de la carretera N-II fins al pont del FFCC de Barcelona-Blanes, que representen una longitud total de 130 metres aproximadament (Figura 81). La canalització presenta una secció no homogènia en tot el tram, amb trams formigonats i trams amb escullera.



Figura 80. Inici del tram canalitzat del rial de Vallmaria, aigües avall de la carretera N-II.

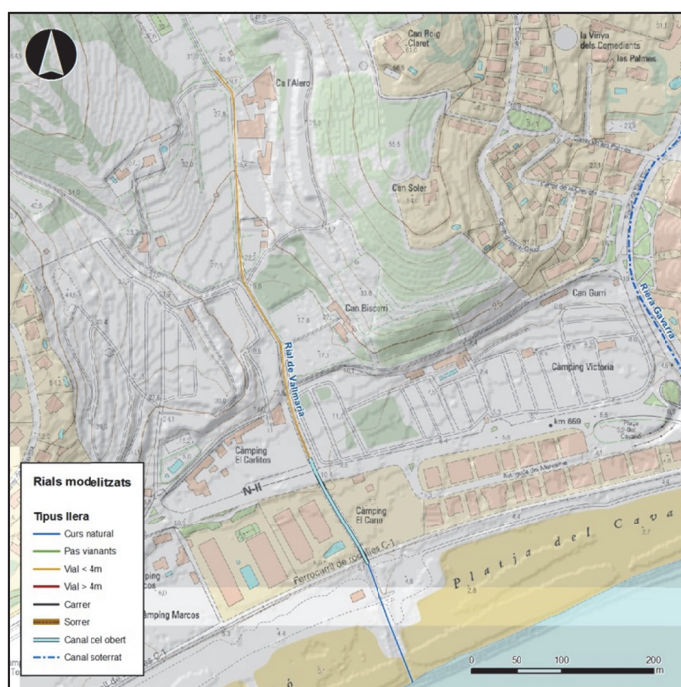


Figura 81. En blau clar, situació del tram canalitzat del rial de Vallmaria. Mapa topogràfic 1:5000 (ICC).

b.- Sistema Misser-Gavarra-Figuerola

Els cursos fluvials del rial de Cal Misser, riera Gavarra i rial de Can Figuerola, es troben gairebé en la totalitat del seu recorregut, per la zona urbana de Canet de Mar, canalitzats a cel obert o soterrats (Figura 82).

Respecte el rial de Cal Misser, es troba canalitzat a cel obert, des del límit nord del polígon industrial de Cal Misser, fins a la desembocadura a mar, on ja s'anomena riera Gavarra.

El primer tram finalitza a l'estructura hidràulica M07, aigües amunt de l'autopista C-32. La longitud és d'aproximadament 640 metres (amb un pendent mig d'entre 5.44% i 5.15%).

La secció del canal és de forma rectangular, de 4 metres d'ample i 2.5 metres d'alçada. Fins a l'estructura M05, el marge dret de la canalització és escullera i el marge esquerre és un mur de formigó. A partir de la sortida de l'estructura M05 la configuració s'inverteix. La sola del canal en la major part del traçat també és escullera.

El tram inicial de la canalització inclou un sorrer per a la retenció de sediments (de 35 metres de longitud aproximadament).

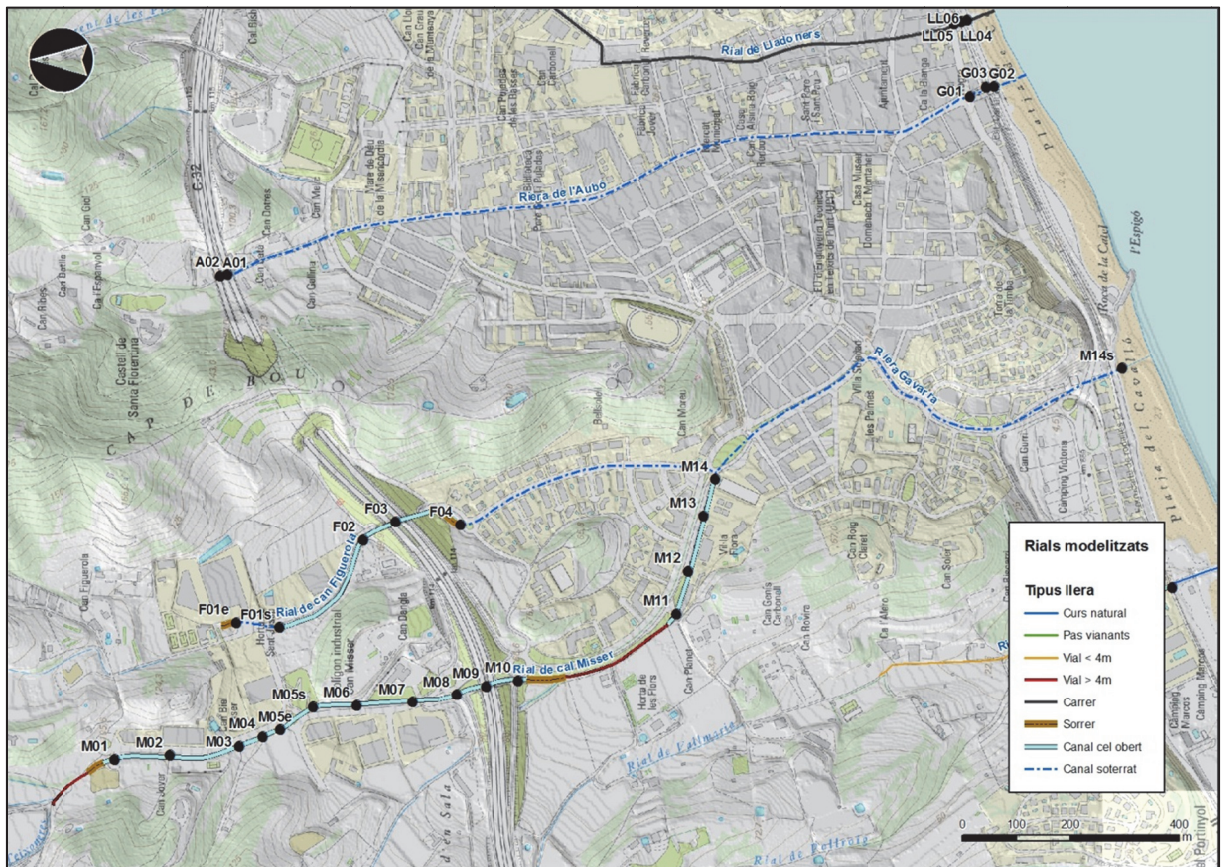


Figura 82. Situació en planta de les canalitzacions a cel obert, sorrers i soterraments del sistema rial de Cal Misser-riera Gavarra-rial de Can Figuerola. Mapa topogràfic 1:10000 (ICC).



Figura 83. Canalització del rial de Cal Misser al polígon industrial de Cal Misser, vista des d'aigües avall.

Aigües avall de l'estructura M07, al pas per sota l'autopista C-32, la canalització passa a ser íntegrament de formigó, amb una secció trapezoïdal de 5.8 metres d'amplada i 2.5 metres d'alçada. Aquest tram presenta una longitud de 170 metres aproximadament (amb un pendent mig de l'ordre del 2.7%) i finalitza a l'entorn de l'estructura M10, aigües avall de l'autopista C-32.



Figura 84. Canalització del rial de Cal Misser al seu pas per sota l'autopista C-32.

Aigües avall de l'estructura M10, s'ubica un sorrer de 70 metres de longitud aproximadament.

Entre el sorrer i l'estructura M11, el rial presenta un ús compartit com a vial asfaltat de més de quatre metres d'ample, al llarg de 218 metres aproximadament (amb un pendent mig de l'ordre del 4.17%), amb una secció d'entre 5 i 6 metres d'amplada, un mur de 2 metres d'alçada al marge dret i una escullera d'entre 2 i 2.5 metres d'alçada al marge esquerre.



Figura 85. Rial de Cal Misser aigües avall del sorrer de l'estructura M10.

Prèviament a l'entrada del soterrament del rial de Cal Misser o riera Gavarra, al nucli urbà de Canet de Mar, el rial es troba canalitzat al llarg de 280 metres aproximadament (amb un pendent mig de l'ordre del 4.6%). La canalització és de formigó, de secció rectangular de 4 metres d'amplada i 2.5 metres d'alçada.

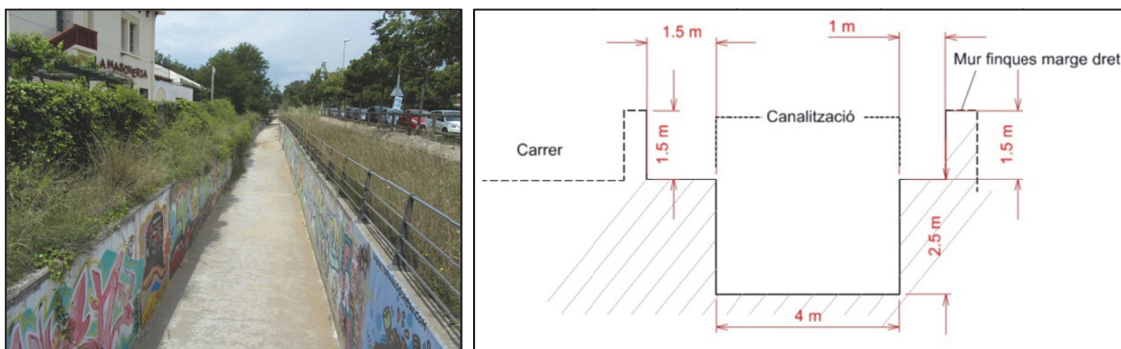


Figura 86. Canalització del rial de Cal Misser-Riera Gavarra aigües amunt del seu soterrament, fotografia de la canalització vista des d'aigües avall.

A l'entorn de la plaça de Busquets, a l'extrem nord, s'ubica l'entrada del soterrament de la riera Gavarra. Es tracta d'un calaix de formigó de 4 metres d'amplada i 2.5 metres d'alçada (veure Figura 87).



Figura 87. Entrada del soterrament de la riera Gavarra.

Aproximadament 20 metres aigües avall de l'entrada d'aquest soterrament, es troba la confluència d'aquest endegament amb el soterrament del rial de Can Figuerola. A la Figura 88 es mostren les seccions tipus del soterrament de la riera Gavarra i del rial de Can Figuerola.

El traçat del soterrament de la riera Gavarra coincideix amb el carrer de la riera Gavarra, posteriorment circula per sota la ronda de Sant Elm fins arribar a desembocar al mar a l'extrem nord de la platja del Cavalló. La longitud total del soterrament és d'aproximadament 925 metres (amb un pendent mig de l'ordre del 3.5%).

Respecte el rial de Can Figuerola, aquest es troba canalitzat des d'aigües avall del Club de Tennis de Canet de Mar (veure Figura 82). La canalització és a cel obert, amb un primer tram que funciona com a sorrer (d'aproximadament 25 metres de longitud), seguit d'un petit soterrament (d'aproximadament 85 metres de longitud) i posteriorment una canalització fins el pas sota l'autopista C-32 (d'aproximadament 270 metres amb un pendent mig de l'entorn del 5.3%).

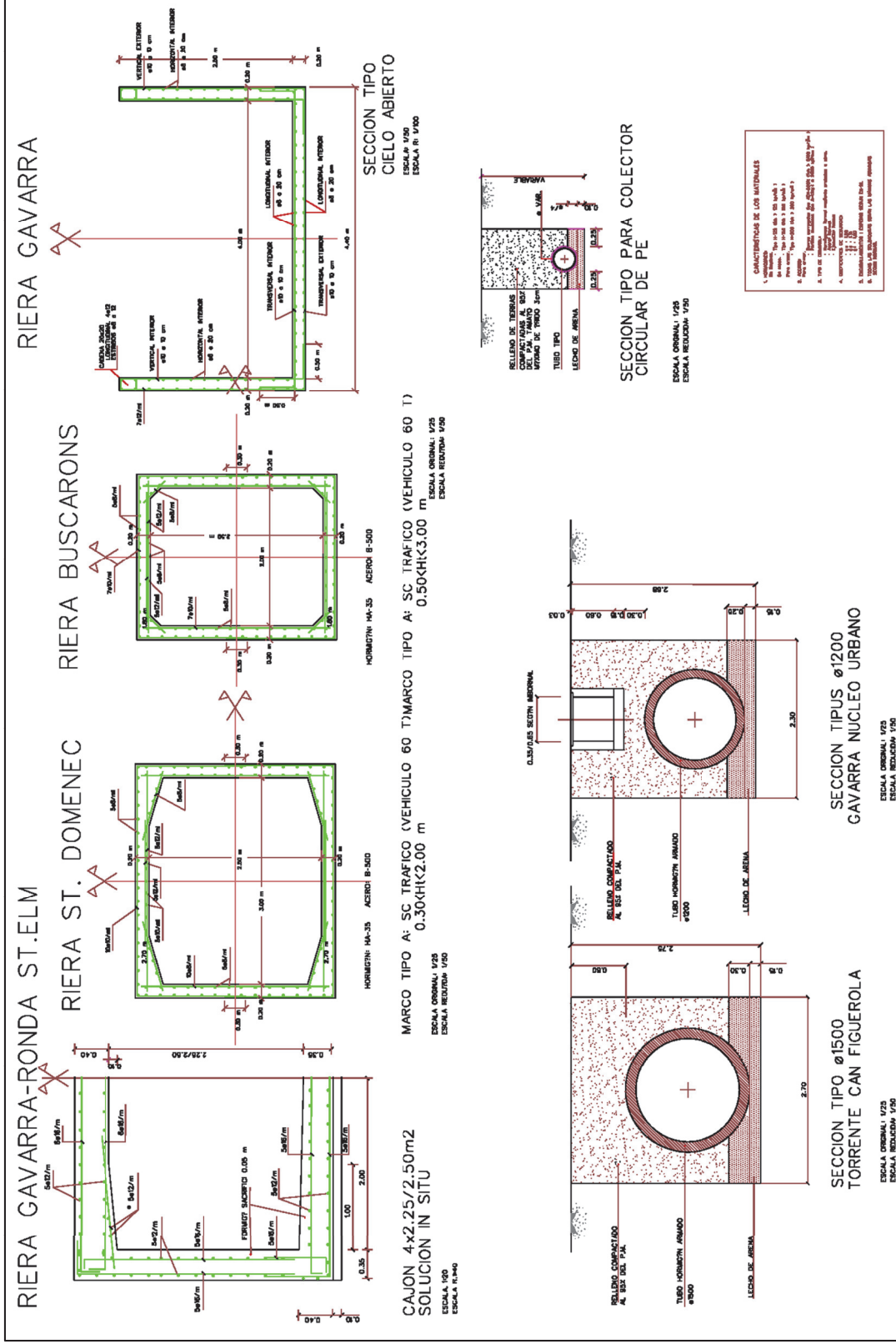


Figura 88. Seccions tipus dels soterraments de la riera Gavarrà, riera de Can Figuerola, riera de Sant Domènec i riera de l'Aubó (Buscarons) Extret del "Proyecto de canalización de los tramos urbanos de las rieras de Sant Domènec, Gavarrà y Buscarons y el torrente de Can Figuerola en el TM de Canet de Mar (Maresme) (Ministerio de Medio Ambiente – ACA, abril 2004)".

La secció tipus és rectangular, amb una amplada de 3.5 metres i una alçada de 2 metres. Tant els murs laterals com la sola del canal són d'escullera en la major part de la canalització.



Figura 89. Fotografia del canal del rial de Cal Figuerola aigües amunt de l'autopista C-32. Vista des d'aigües avall.

Uns metres aigües avall de l'estructura F02, al pas per sota l'autopista C-32, la canalització passa a ser de formigó, amb una secció de 3 metres d'amplada i 1 metre d'alçada. La longitud total del tram és d'uns 130 metres aproximadament (amb un pendent mig de l'ordre del 6.3%).



Figura 90. Segon tram canalitzat del rial de Can Figuerola, al seu pas per sota l'autopista C-32.

Aquest tram finalitza al sorrer (d'aproximadament 34 metres de longitud) situat just aigües amunt de l'entrada del soterrament del rial al nucli urbà de Canet de Mar, al cap de munt de la Via Figuerola.

El soterrament del rial de Can Figuerola té una longitud aproximada de 500 metres (amb un pendent de l'ordre del 4%) i finalitza al confluir amb el soterrament de la riera Gavarra a la

plaça de Busquets. El soterrament consta d'un tub de formigó de 1.5 metres de diàmetre (Figura 88), segons la documentació analitzada.



Figura 91. Entrada del soterrament del rial de Can Figuerola.

c.- Riera de l'Aubó - Riera de Sant Domènech

La riera de l'Aubó (o riera de Buscarons) es troba canalitzada des del seu pas per sota l'autopista C-32, fins la sortida a mar, a la platja de Canet (veure Figura 82).

El traçat del soterrament es localitza al llarg del camí de Canet de Mar, carrer del doctor Marià Serra, carrer de la riera del Pinar, carrer de la riera de Buscarons, fins arribar al cap de munt del carrer de la riera de Sant Domènech. En aquest punt hi ha un canvi de la secció del soterrament al començar el tram de la riera de Sant Domènech.

El tram de la riera de l'Aubó (o Buscarons) té una longitud aproximada de 1320 metres (amb un pendent mig aproximat de l'ordre del 5.3% a la part alta i del 4.8% a la part baixa).



Figura 92. Entrada del soterrament de la riera de l'Aubó o Buscarons.

La secció del soterrament és un calaix rectangular de formigó de 2 metres d'amplada i 2.5 metres d'alçada (veure Figura 88).

El tram canalitzat de la riera de Sant Domènech és d'aproximadament 250 metres de longitud (amb un pendent mig de l'entorn del 2.9%). La sortida del soterrament es troba just aigües avall de la carretera N-II. La secció de la canalització és rectangular, de 3 metres d'amplada i 2.5 metres d'alçada (veure Figura 88).

El pas per sota la carretera N-II presenta una secció diferent a tota la canalització, tal i com es pot veure a la figura Figura 93.



Figura 93. Sortida del soterrament de la riera de Sant Domènech.

d.- Rial de Lledoners

El rial de Lledoners, presenta un petit tram canalitzat a l'entorn del seu pas per la ronda del doctor Manresa.

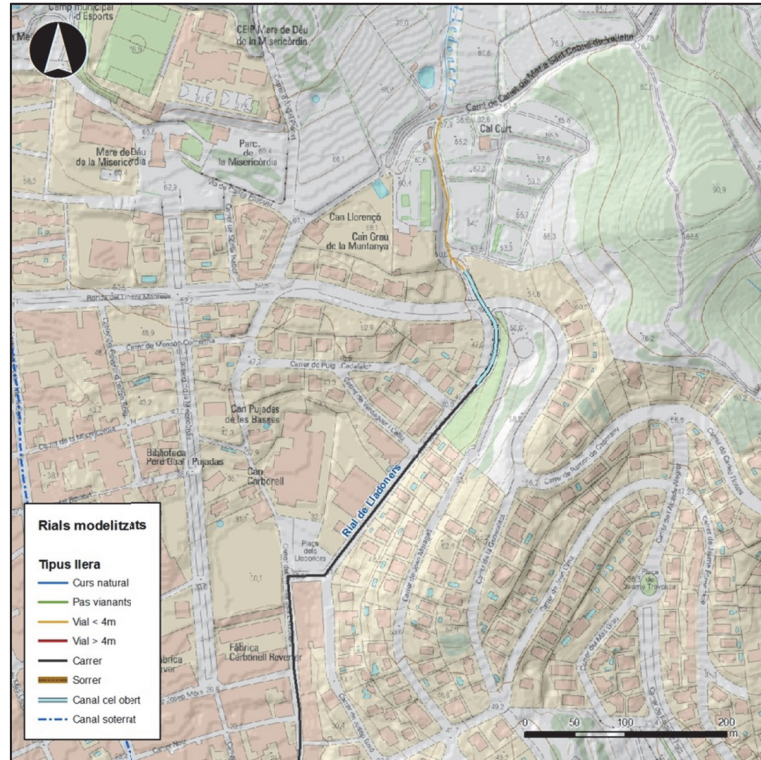


Figura 94. Situació de la ubicació de la canalització del rial de Lledoners. Mapa topogràfic 1:5000 (ICC).



Figura 95. A l'esquerra imatge de la canalització aigües amunt de la ronda del doctor Manresa. A la dreta imatge de la canalització aigües avall.

La longitud de la canalització és d'aproximadament 125 metres, en escullera i un pendent mig de l'ordre del 4.8%. El final de la canalització desemboca al carrer rial dels oms (segons mapa topogràfic 1:5000 de l'ICC). A partir d'aquest punt el curs fluvial circula pels carrers del nucli urbà de Canet de Mar fins arribar a l'estructura de pas de la carretera N-II.



Figura 96. Final de la canalització del rial de Lladoners

e.- Rial de Sant Crist

El rial de Sant Crist es troba soterrat en un tram de 150 metres (aproximadament, Figura 97), entre el carrer de la Fragata Paulita i el pas del rial sota el FFCC., amb un pendent mig de l'ordre del 5%.

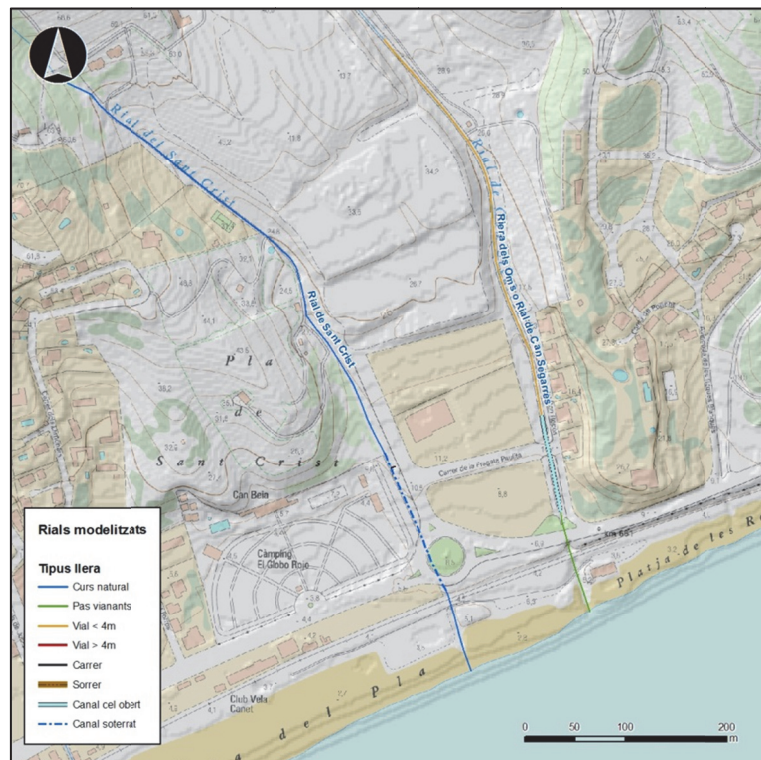


Figura 97. Situació del soterrament del rial de Sant Crist i la canalització del rial de Can Segarres. Mapa topogràfic 1:5000 (ICC)

El soterrament , segons la informació que s'ha pogut recollir en les visites tècniques de camp, està format per un tub de formigó de 1.2 metres de diàmetre.



Figura 98. Entrada del soterrament del rial de Sant Crist

f.- Riera dels Oms – rial de Can Segarres

La riera dels Oms o rial de Can Segarres, presenta una canalització a l'entorn de la seva confluència amb el carrer de la Fragata Paulita, associada al culvert de l'estructura O02 (veure Figura 97).



Figura 99. Inici de la canalització del rial de Can Segarres.

La longitud de la canalització, incloent l'estructura de pas del carrer de la Fragata Paulita, és d'aproximadament 100 metres i un pendent mig de l'ordre del 4%. El canal és de formigó i de secció rectangular aigües amunt de l'estructura O02, amb 3 metres d'amplada (s'estreny fins a 2.2 metres a l'entrada i sortida de l'estructura de pas) i 2 metres d'alçada. Aigües avall de l'estructura, és manté l'amplada de la llera, però la geometria és asimètrica, només amb mur al marge dret.

Per al càlcul hidràulic o estudi de capacitats, s'ha considerat, en tots els casos, un estat de conservació adequat d'aquestes obres hidràuliques.

3.8 Model unidimensional

La geometria de les lleres, amb el programari unidimensional, es caracteritza per un conjunt de seccions transversals de la llera principal i la plana d'inundació aproximadament perpendiculars a la direcció del flux. El nombre de seccions necessàries depèn de consideracions físiques i matemàtiques. Les seccions s'han extret a partir dels models digitals del terreny disponibles.

Aquestes seccions han de ser prou properes com per reproduir qualsevol variació significativa en la geometria de la llera de manera que la hipòtesi de linealitat dels paràmetres entre seccions que estableix l'algoritme de resolució sigui vàlida. D'altra banda, el fet de tractar-se d'un model discret imposa limitacions de modelització - el nivell d'aigua és horitzontal al llarg de les seccions transversals - que fa redundants les seccions si l'espaiament és molt petit.

A la taula següent es mostren els quilòmetres aproximats de modelització unidimensional per cada curs fluvial considerat per aquest cas. Les seccions de càlcul s'han dibuixat cada 20 metres aproximadament.

Curs Fluvial	Longitud aproximada (km)
Rial de Vallmaria	0.55
Rial de Can Segarres	0.57

Taula 16. Resum dels quilòmetres modelitzats amb model unidimensional.

Les següents figures mostren la posició de les seccions transversal de càlcul en planta.

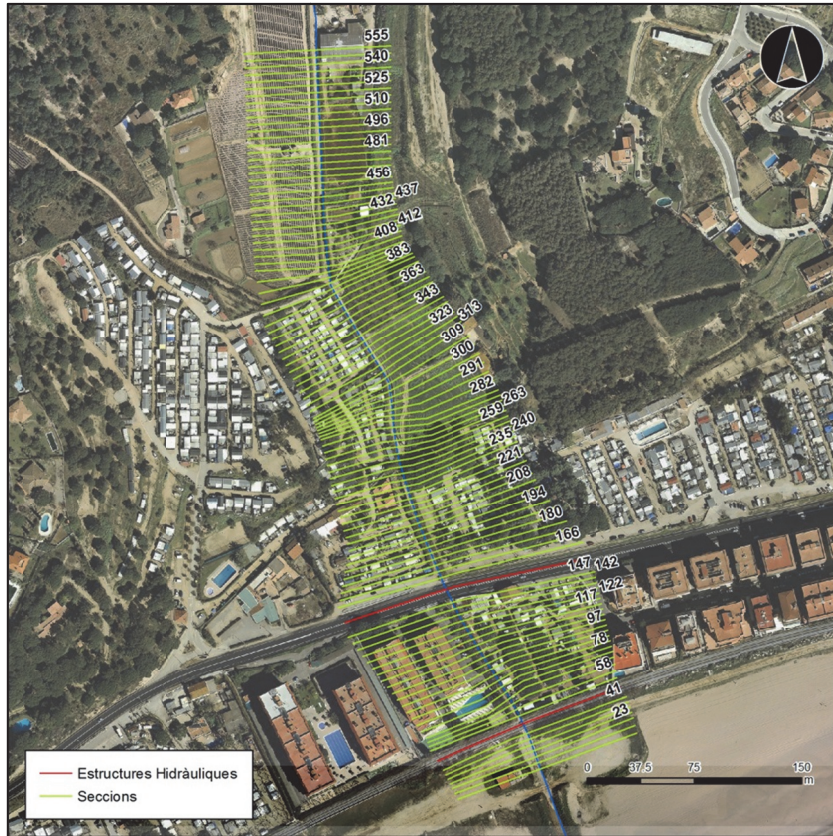


Figura 100. Posició en planta de les seccions de càlcul del rial de Vallmaria. Ortofotografies 25 cm (ICC)



Figura 101. Posició en planta de les seccions de càlcul del rial de Can Segarres. Ortofotografies 25 cm (ICC)

3.9 Modelització bidimensional

Per al curs fluvial del torrent de Lledoners, que circula per la trama urbana de Canet de Mar, s'ha optat per dur a terme una modelització bidimensional.

Per al model bidimensional, la zona de dispersió de cabals es cobreix amb una malla de càlcul de triangles equilàters. Per tal de poder establir la resolució necessària, s'han realitzat diverses iteracions, per tal d'ajustar el domini de càlcul a l'esmentada zona de dispersió.

S'ha utilitzat una malla de càlcul estructurada, obtinguda a partir d'un TIN, el qual s'ha obtingut a partir d'un MDS (model digital de superfície), generat a partir d'una topografia de detall de l'àmbit d'estudi (veure apartat 3.2).

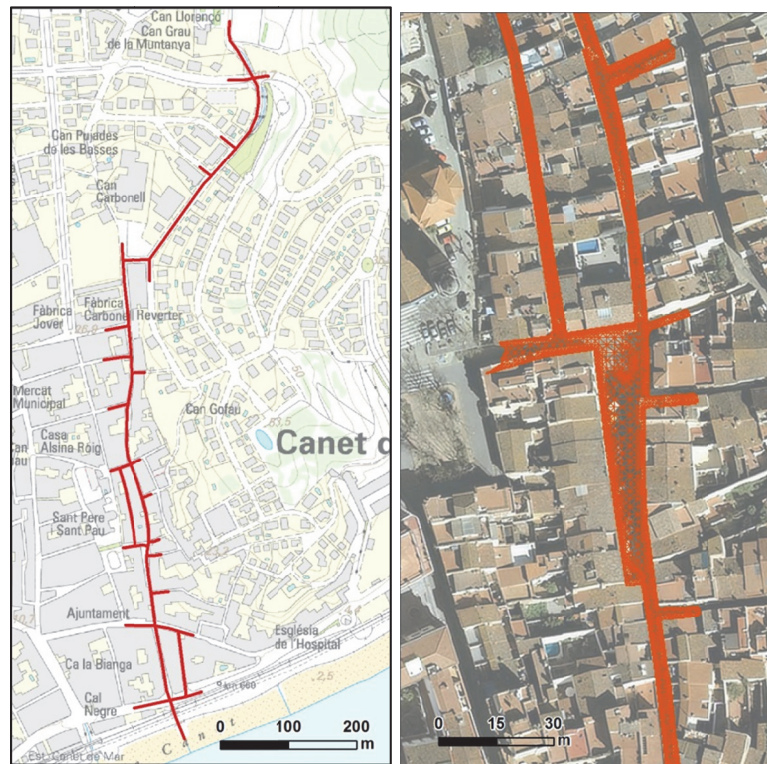


Figura 102. Àmbit de la modelització bidimensional i detall de la malla de càlcul a l'entorn de la plaça dels Lledoners.

A la Taula 17 es recullen les característiques de la malla de càlcul del model hidràulic bidimensional.

Conca/Model	Període de retorn (anys)	Superfície del domini (m2)	Nombre d'elements
Rial de Lledoners	10/100/500	17276.3	87166

Taula 17. Característiques de la malla de càlcul.

3.10 Modelització de canalitzacions a cel obert i soterrades

Tal i com s'ha comentat a l'apartat 3.6, hi ha una gran quantitat de trams canalitzats en secció oberta o soterrats, en els diferents cursos fluvials estudiats

S'ha dut a terme una avaluació de les capacitats de l'estructures descrites a l'apartat 3.6, per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys.

S'ha utilitzat el programa SWMM (*Storm Water Management Model*, versió 5) del US Environmental Protection Agency, per dur a terme la modelització hidràulica del soterrament. Aquest programa consta de tres mòduls: mòdul hidrològic, mòdul hidràulic i mòdul de qualitat. En aquest cas s'ha utilitzat el mòdul hidràulic, el qual conté un conjunt d'eines per a la modelització de característiques hidràuliques que permeten analitzar el flux superficial a llarg d'una xarxa de canonades, canals, dispositius d'emmagatzematge i tractament o altres estructures.

Curs fluvial	Tram	Descripció	Longitud aproximada (m)
Misser-Gavarra	Aigües amunt Polígon Cal Misser	Vial > 4 metres	88
	Polígon Industrial Cal Misser	entrada + sorrer	35
	Polígon industrial Cal Misser	canalització cel obert	640
	Pas Autopista C-32	canalització cel obert	170
	Pas Autopista C-32	Sorrer	70
	Tram intermig-vial	vial > 4 metres	218
	Pre-soterrament	canalització cel obert	280
	Nucli urbà	soterrament	925
Can Figuerola	Polígon industrial Cal Misser	Entrada + sorrer	25
	Polígon industrial Cal Misser	soterrament	85
	Polígon industrial Cal Misser	canalització cel obert	270
	Pas Autopista C-32	canalització cel obert	130
	Nucli urbà	sorrer	34
	Nucli urbà	soterrament	500
Aubó-Sant Domènech	Soterrament	soterrament	1320
Sant Crist	Curs natural	Curs natural	500
	Nucli urbà	soterrament	150

Taula 18. Taula resum del cursos fluvials estudiats amb el programari SWMM

Les condicions de contorn de les modelitzacions de canalitzacions i soterraments, han estat per una banda els hidrogrames de cabals com a condicions de contorn d'entrada i per l'altre

el nivell del mar, establert en 1.5 metres d'alçada en tots els casos, d'acord amb la metodologia emprada per l'ACA en els estudis PEFCAT, com a condició de contorn de sortida.

Les modelitzacions dutes a terme consideren un estat de conservació correcte per a les canalitzacions i soterraments estudiats, és a dir lliures d'obstruccions o de vegetació que pugui dificultar el pas del flux d'aigua.

Els coeficients de rugositat emprats es poden per als diferents materials que conformen les estructures estudiades es poden consultar a la taula següent.

	Canal a cel obert (formigó)	Canal a cel obert (escullera)	Canal soterrat
n	0.015	0.03	0.015

Taula 19. Coeficients de rugositat utilitzats per als diferents tipus de material que conformen les canalitzacions o soterraments.

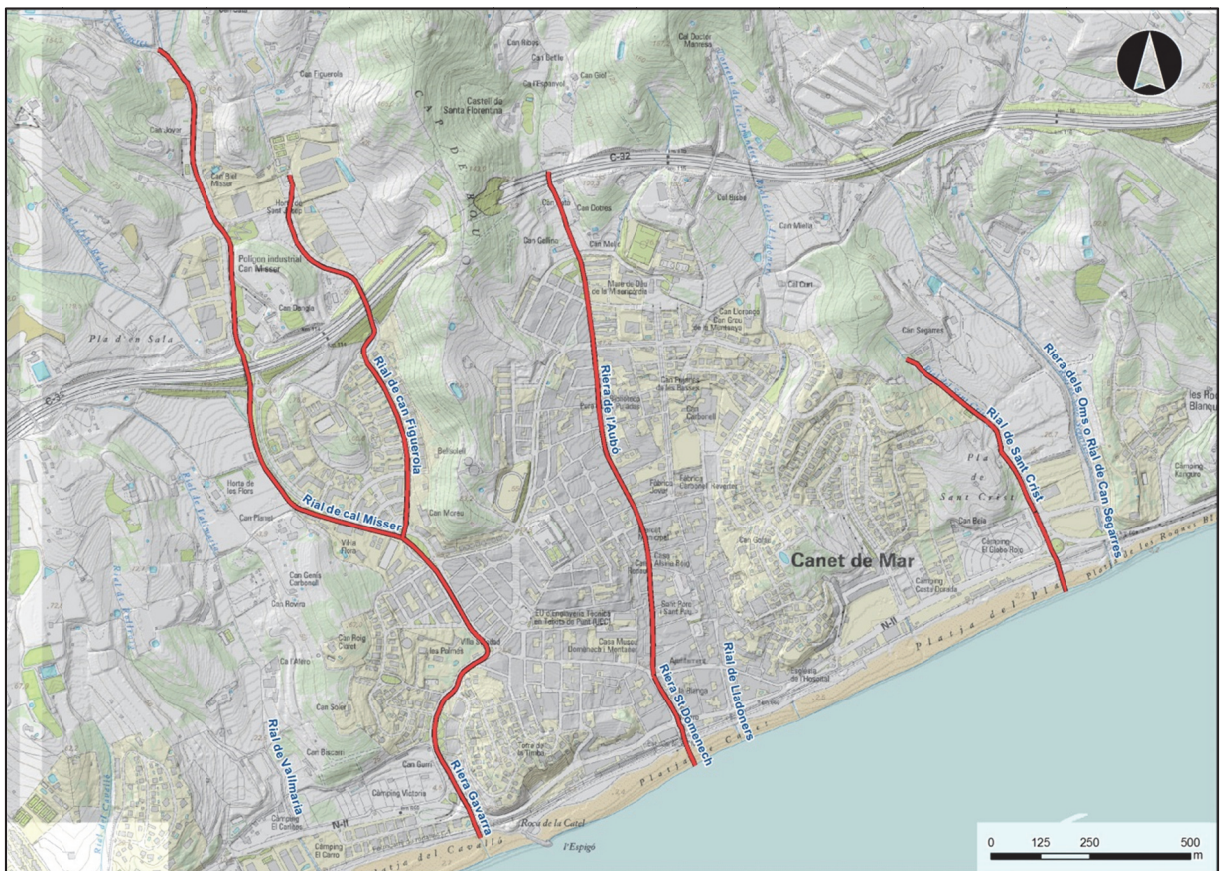


Figura 103. En vermell, cursos modelitzats amb el programari SWMM. Mapa topogràfic 1:10000 (ICC).

4 Representació de resultats

4.1 Aspectes generals

Per als cursos fluvials estudiats, s'obtenen malles en format ràster amb els valors de calats i cotes d'inundació per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys. Per al període de retorn de 500 anys, cal afegir la informació de velocitats del flux per tal d'obtenir les perillositats associades. Els resultats s'han obtingut a partir de modelitzacions hidràuliques bidimensionals (amb el programari Iber v1.9) i unidimensionals (amb el programari Hec-Ras v4.1).

Aquests resultats de calats (Y) i velocitats (V), s'han processat per tal d'obtenir els mapes de perillositat per al període de retorn de 500 anys i els límits inundables corresponents pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys.

Per l'obtenció de les cobertures finals s'ha utilitzat la metodologia definida per l'Agència Catalana de l'Aigua, en la qual es defineixen tres categories de perillositat: lleu, moderada i greu:

- Perillositat lleu → $Y < 0.4 \text{ m}$ i $V < 0.4 \text{ m/s}$ ó $Y \times V < -8 \text{ m}^2/\text{s}$
- Perillositat moderada → $Y \geq 0.4 \text{ m}$ i $V \geq 0.4 \text{ m/s}$ ó $Y \times V \geq -8 \text{ m}^2/\text{s}$
- Perillositat greu → $Y \geq 1 \text{ m}$ i $V \geq 1 \text{ m/s}$ ó $Y \times V \geq 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$

4.2 Observacions

Cal tenir en compte diverses consideracions a l'hora d'interpretar els resultats:

- El Model Digital del Terreny (MDT) disponible, de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, està processat amb l'objectiu d'eliminar les edificacions, per tant, on hi ha edificacions s'ha considerat amb un coeficient de rugositat elevat, corresponent a zones urbanitzades.

Tot i això, quan hi ha edificacions significatives que estiguin inserides en zones afectades per inundació, s'extreuen del model digital i per tant del mallat per a la modelització hidràulica bidimensional. Això significa, que el volum ocupat per la edificació, es considera com un volum no inundable en el càlcul, tot i que si que és susceptible de ser afectat per la inundació real. El grau d'afectació per aquestes edificacions es pot estimar a partir dels resultats obtinguts en el model hidràulic

(calats, velocitats i perillositats) per a les zones immediatament adjacents a aquestes estructures.

- En la modelització 2D, les estructures com ponts o desguassos d'entitat suficient, que faci suposar que puguin alterar el règim hidràulic de l'entorn, s'han modelitzat introduint l'estructura a la malla, com a condició interna, amb la opció de comporta-sobreeixidor i amb les dades corresponents als amidaments de l'estructura.
- Respecte als estudis de capacitats d'obres hidràuliques, com són canalitzacions a cel obert o soterrades, en cas que l'estructura tingui capacitat suficient pel període de retorn de 500 anys, no s'adjunten els polígons de les zones inundables. Al plànols de resultats, s'adjunta l'eix de la canalització indicant que té capacitat per al període de retorn de T500 anys. En cas que la canalització no tingui prou capacitat per algun dels períodes de retorn estudiats, es dur a terme la modelització del cabal en excés i el seu comportament fora de la canalització.
- Totes les obres hidràuliques incloses a l'estudi s'ha considerat que tenen un estat de conservació adequat, sense la presència d'elements efímers o sediments que en modifiquin la seva capacitat.
- Cal tenir en compte que els resultats obtinguts s'extreuen en base a unes hipòtesis de càlcul, que en cas de veure's modificades, podrien fer variar els resultats finals.
- La documentació completa referent a aquest estudi s'annexa en format digital mitjançant suport digital, que es lliura conjuntament amb el document imprès. Engloba els següents arxius: memòria, annexes i plànols, informació obtinguda a camp, els resultats dels models hidràulics, així com els arxius de treball generats al llarg de l'estudi. Alhora també es detalla la informació cartogràfica utilitzada per a la realització de l'estudi.

4.3 Resultats

4.3.1 Resultats de la modelització

Tal i com s'ha comentat, s'han dut a terme modelitzacions unidimensionals i bidimensionals; de la combinació de la informació de calats i velocitats resultants, s'obtenen tant els límits inundables per a cada període de retorn de 10, 100 i 500 anys (Figura 104), com els mapes de perillositats per al període de retorn de 500 anys (Figura 105).

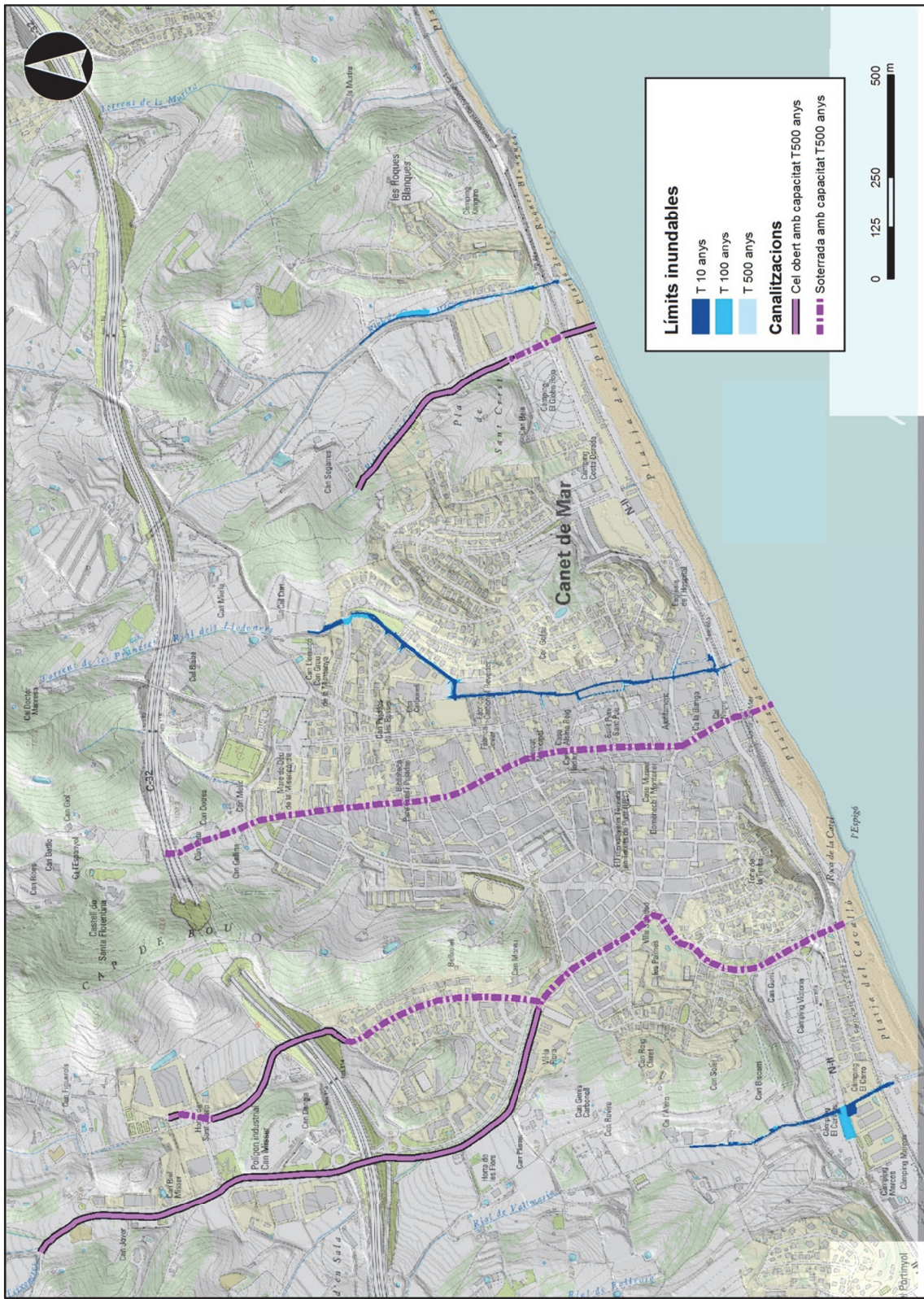


Figura 104. Esquema del mapa de zones inundables i capacitat de les canalitzacions a cel obert i soterrades del municipi de Canet de Mar. Representació sobre mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC

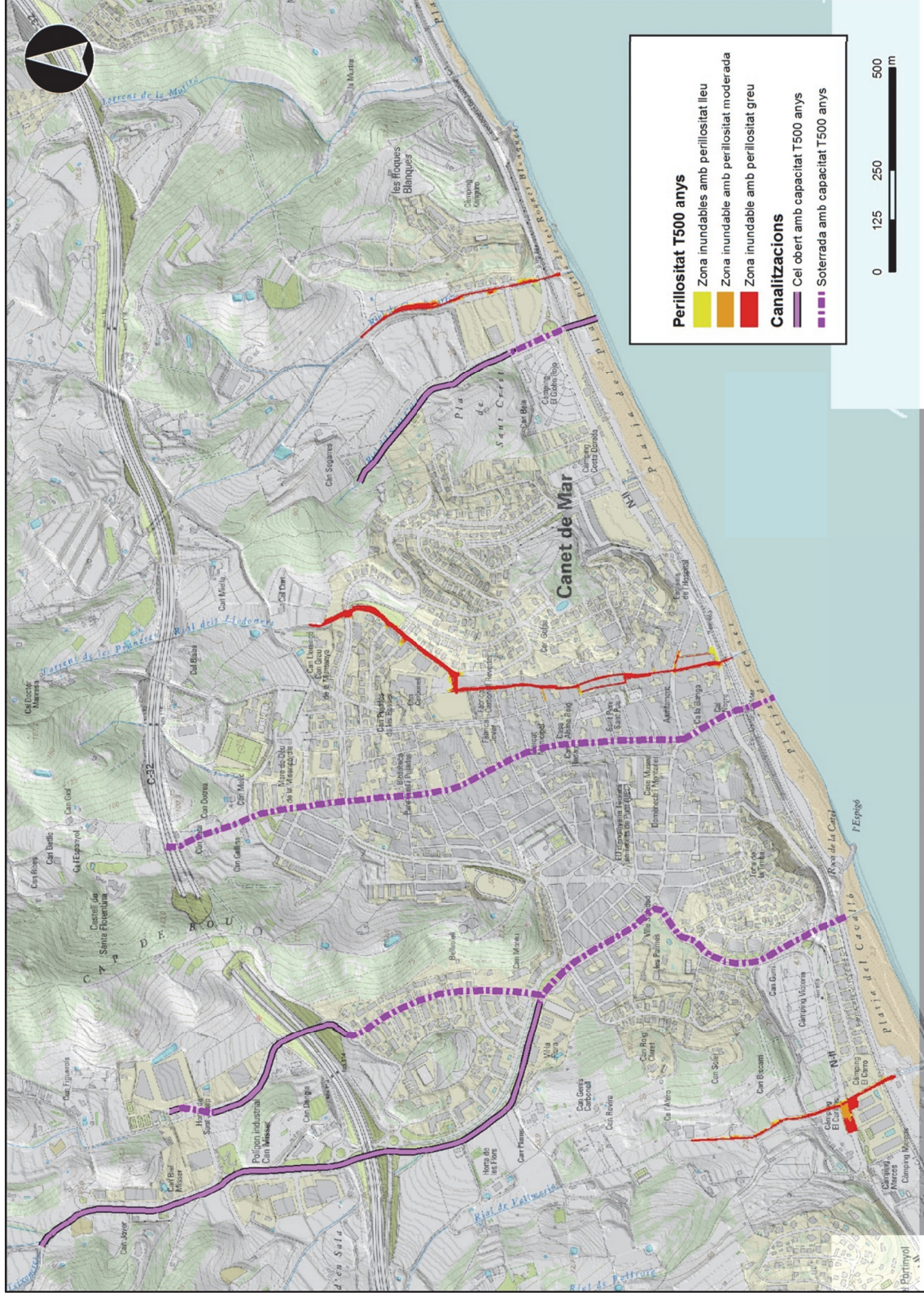


Figura 105. Esquema del mapa de perillositat i de capacitat de les canalitzacions a cel obert i soterrades del municipi de Canet de Mar, per el cabal associat al període de retorn de 500 anys. Representació sobre mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

4.3.2 Resultats del model hidràulic unidimensional

La Figura 106 i Figura 107 mostren els perfils dels cursos fluvials de l'estudi unidimensional, del rial de Vallmaria i del rial de Can Segarres (riera dels Oms).

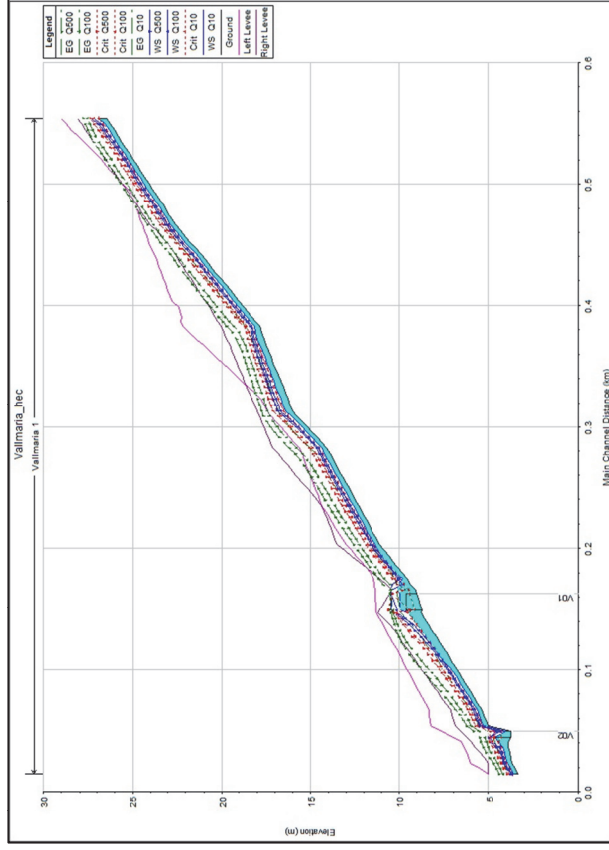


Figura 106. Perfil longitudinal del rial de Vallmaria.

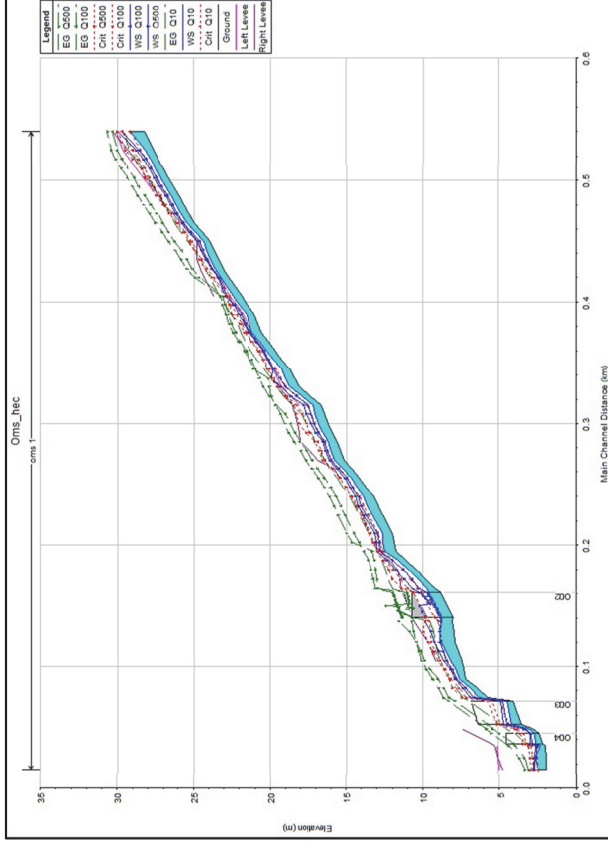


Figura 107. Perfil longitudinal del rial de Can Segarres (riera dels Oms).

4.3.3 Resultats de l'estudi de capacitats de les canalitzacions a cel obert i soterrades

A continuació es mostren els perfils de les obres hidràuliques de les quals s'ha dut a terme l'estudi de capacitats, es mostren els corresponents al període de retorn de màxima capacitat, és a dir el període de retorn de 500 anys.

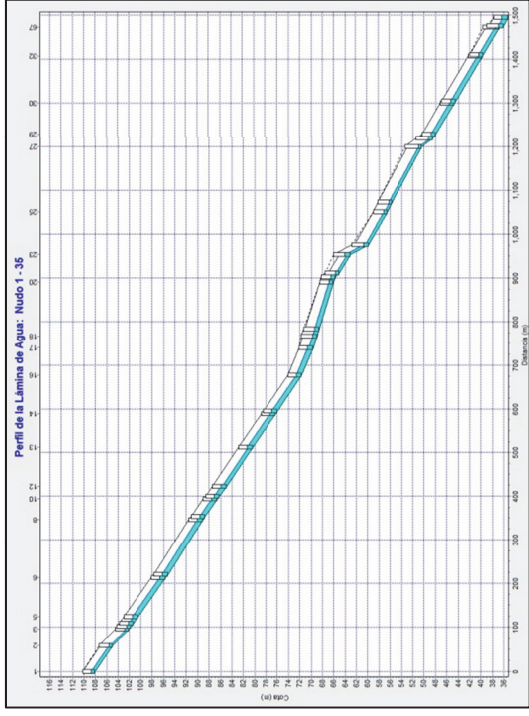


Figura 108. Perfil longitudinal SWMM rial de Cal Misser-Gavarra, canalització cel obert. Període de retorn T500 anys.

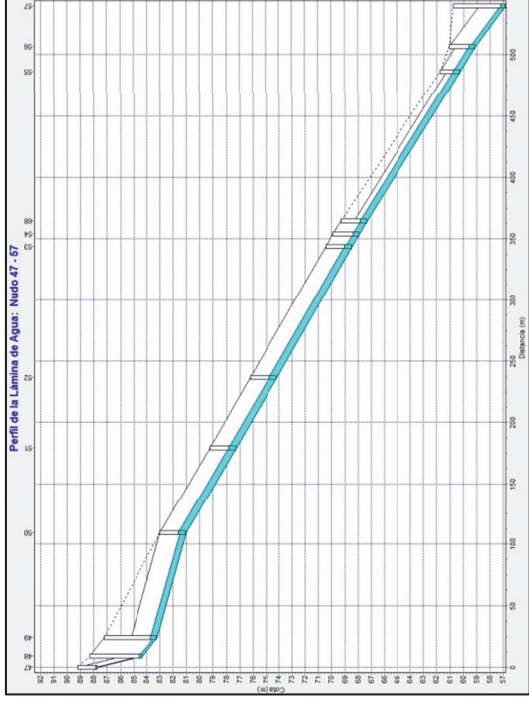


Figura 110. Perfil longitudinal SWMM del rial de Can Figuerola, canalització a cel obert. Període de retorn T500anys.

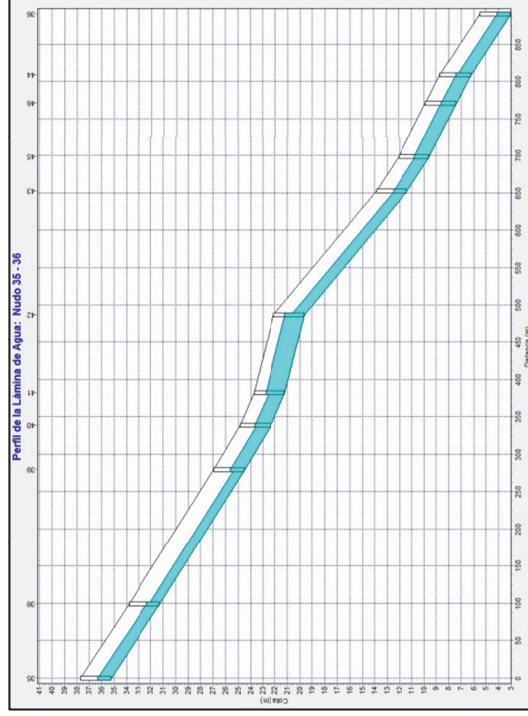


Figura 109. Perfil longitudinal SWMM riera Gavarra, canalització soterrada. Període de retorn T500 anys

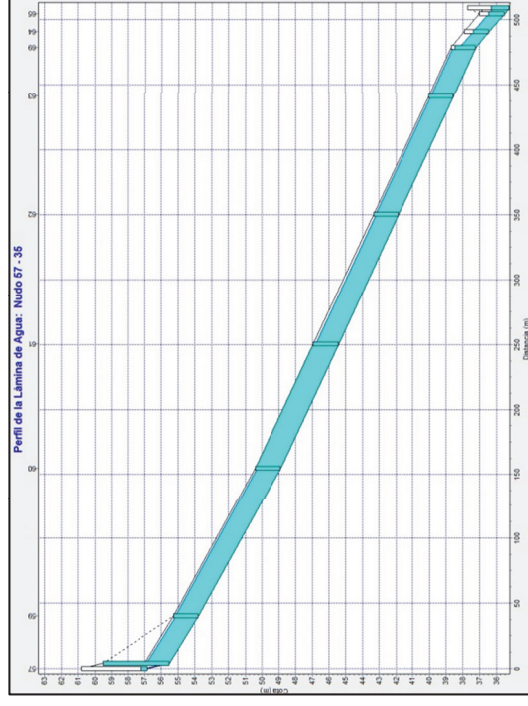


Figura 111. Perfil longitudinal SWMM del rial de Can Figuerola, canalització soterrada. Període de retorn T500anys.

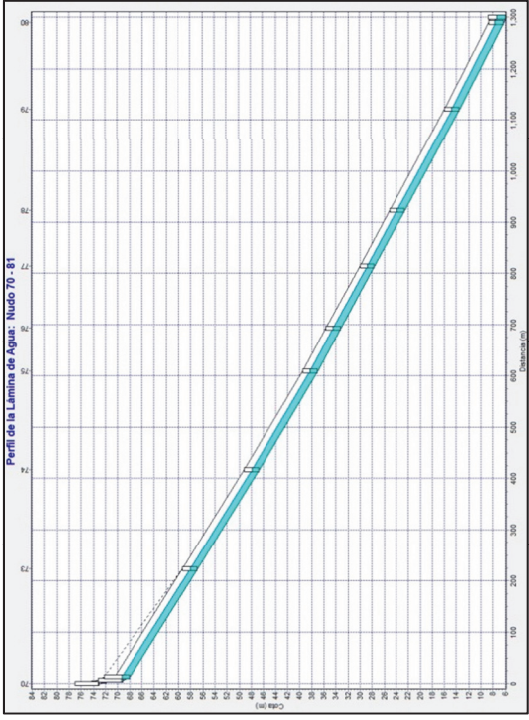


Figura 112. Perfil longitudinal SWMM riera de l'Aubó, canalització soterrada. Període de retorn T500 anys.

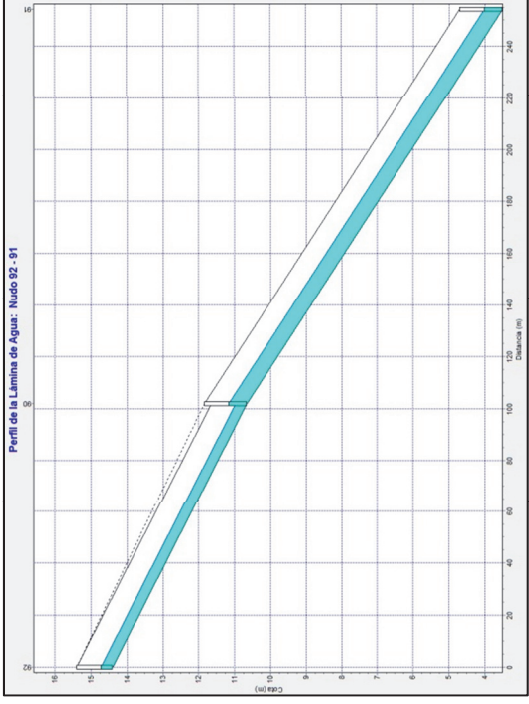


Figura 114. Perfil longitudinal SWMM rial de Sant Crist. Curs fluvial i canalització soterrada. Període de retorn T500 anys.

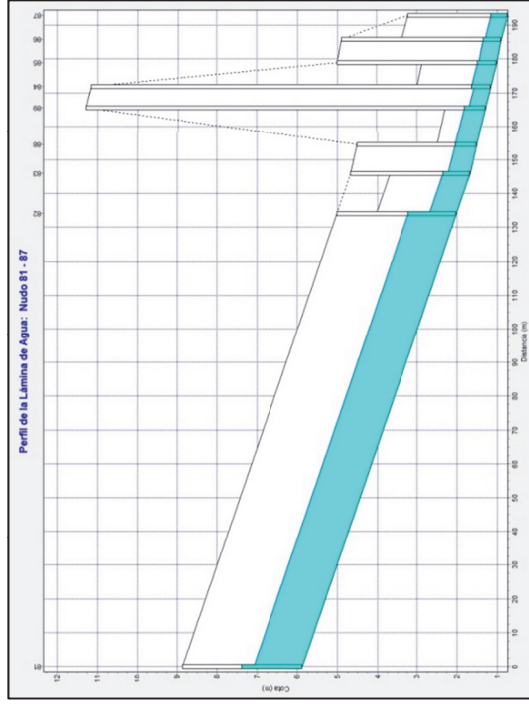


Figura 113. Perfil longitudinal SWMM riera de Sant Domènec. Període de retorn T500 anys.

4.3.4 L'efecte dels ponts

A la Taula 20 es resumeixen les capacitats de les estructures hidràuliques deduïdes de la modelització hidràulica.

Riu	Estructura	Localització	Capacitat
Cal Misser - Gavarra	M01	Culvert. Polígon industrial Cal Misser.	Suficient T500 anys
	M02	Culvert. Accés Can Jover.	Suficient T500 anys
	M03	Culvert. Accés finca particular	Suficient T500 anys
	M04	Culvert. Accés finca particular.	Suficient T500 anys
	M05	Soterrament. Girola polígon Cal Misser	Suficient T500 anys
	M06	Culvert. Accés finca particular.	Suficient T500 anys
	M07	Culvert. Accessos naus industrials.	Suficient T500 anys
	M08	Pont. Entrada Autopista C-32.	Suficient T500 anys
	M09	Viaducte. Autopista C-32.	Suficient T500 anys
	M10	Pont. Sortida Autopista C-32.	Suficient T500 anys
	M11	Culvert. Accés pista.	Suficient T500 anys
	M12	Culvert. Accés Vil·la Flora.	Suficient T500 anys
	M13	Culvert. Accés institut.	Suficient T500 anys
	M14	Entrada soterrament nucli urbà.	Suficient T500 anys
Sant Domènech (Aubó)	G01	Sortida Soterrament. Carrer Balmes	Suficient T500 anys
	G02	Pont. FFCC Barcelona – Blanes	Suficient T500 anys
	G03	Pont. Passeig marítim.	Suficient T500 anys
Aubó	A02	Entrada soterrament	Suficient T500 anys
Can Figuerola	F01	Entrada soterrament. Polígon Cal Misser	Suficient T500 anys
	F02	Culvert. Accés finca particular	Suficient T500 anys
	F03	Culvert. Autopista C-32	Suficient T500 anys
	F04	Entrada soterrament nucli urbà.	Suficient T500 anys
Lledoners	LL02	Culvert. Ronda doctor Manresa	Insuficient T500 anys
	LL04	Pont. Carretera N-II	Suficient T500 anys
	LL05	Pont. FFCC Barcelona – Blanes	Suficient T500 anys
	LL06	Pont. Passeig marítim.	Suficient T500 anys
Vallmaria	V01	Pont. Carretera N-II	Insuficient T100 anys
	V02	Pont. FFCC Barcelona - Blanes	Suficient T500 anys
Sant Crist	SC01	Entrada Soterrament. Carretera N-II	Suficient T500 anys
	SC02	Culvert. FFCC Barcelona – Blanes.	Suficient T500 anys
Oms – Can Segarres	O02	Culvert. Carrer Fragata Paulita	Suficient T500 anys
	O03	Pont. Carretera N-II	Suficient T500 anys
	O04	Pont. FFCC Barcelona - Blanes	Suficient T500 anys

Taula 20. Condicions hidràuliques de les estructures hidràuliques considerades en l'estudi.

5 Conclusions i recomanacions

A partir dels treballs realitzats, s'han delimitat les zones inundables per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys, del curs fluvial objecte d'estudi amb model unidimensional, el rial de Vallmaria i el rial de Can Segarres (riera dels Oms).

Per al període de retorn de 500 anys també s'han elaborat els mapes de perillositat associada. Els resultats obtinguts es mostren als mapes a escala 1:5000 a l'annex de plànols.

Per als cursos fluvials canalitzats, per als quals s'ha dut a terme un estudi de capacitats, s'ha generat una geometria tipus línia, coincident amb l'eix d'aquestes obres hidràuliques, que recull la informació del tipus de canalització (a cel obert o soterrada) i la seva capacitat màxima estimada. L'estudi de capacitats per aquestes obres hidràuliques s'ha efectuat per els períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys.

S'observen afectacions al rial de Vallmaria a l'entorn de la seva intersecció amb la carretera N-II. L'estructura de pas d'aquesta carretera no presenta capacitat suficient per als períodes de retorn de 100 i 500 anys. Les zones afectades inclouen la carretera al llarg d'una desena de metres, al marge dret del rial, mur del càmping El Carlitos. Aigües avall de l'estructura hidràulica, s'observa una petita afectació a un edifici de la zona compresa entre el ferrocarril i la carretera N-II.

En aquesta zona, les perillositats associades són de moderades a greus.

Totes les canalitzacions analitzades en l'estudi presenten capacitat suficient per al període de retorn de 500 anys. En el cas del soterrament del rial de Can Figuerola, el model indica un funcionament a pressió de l'obra hidràulica a la seva entrada i en algun punt intermig, per al període de retorn de 500 anys.

Per l'estudi de capacitats de les obres hidràuliques (canalitzacions a cel obert i soterrades) s'ha considerat un bon estat de conservació de les mateixes, sense presència d'elements efímers o sediments que en modifiquin la secció hidràulica.

Respecte al rial de Lledoners, el qual circula en superfície per zones del nucli urbà de Canet, per als tres períodes de retorn, el flux d'aigua circula principalment pel carrer de la riera de la Torre, el carrer del torrent de Lledoners, la plaça de Lledoners i rial dels Oms.

Els calats són principalment de l'ordre centimètric a decimètric i les perillositats associades al període de retorn de 500 anys són bàsicament greus (degut principalment a la velocitat del flux d'aigua).

Per al període de retorn de 500 anys, s'observen afectacions a l'entorn de l'estructura de pas de la ronda del doctor Manresa, degut a la falta de capacitat d'aquesta obra de pas per el període de retorn esmentat. La perillositat associada és bàsicament greu.

El flux d'aigua, per als tres períodes de retorn, també circula parcialment per algun dels carrers paral·lels al rial, com són el carrer de Sant Jaume i el carrer Bonaire. Tot i això els calats d'inundació són de l'ordre centimètric (ordre de magnitud a l'entorn del grau de precisió dels models hidràulics), per als períodes de retorn de 10 i 100 anys, podent ser absorbits per la xarxa de drenatge urbà.

Cal remarcar que, per tal d'assegurar que les estructures no perdin capacitat, cal un manteniment periòdic per eliminar els dipòsits que es puguin anar sedimentat al llarg del temps i objectes que puguin anar obstruint-les.

Aquesta recomanació de manteniment és extensible a tots els col·lectors del nucli urbà per tal d'assegurar que les capacitats es mantinguin en bones condicions i no suposin un problema en futures avingudes, així com en tot el traçat dels cursos fluvials.

La regulació dels usos admissibles, limitats i prohibits en les diferents zones en que es divideix l'espai fluvial o la zona inundable queden establerts en el "El Reglament de la Llei d'Urbanisme tal com es comenta en l'article 6 del Decret 305/2006 del 28 de juliol.

A l'annex 1 d'aquest treball es poden consultar els criteris de classificació de l'espai fluvial i els usos permesos per a cada tipus, segons el que defineix el Reglament de la Llei d'urbanisme (Decret 305/2006, de 18 de juliol).

Els mapes de perillositat per inundació per al període de retorn de 500 anys que corresponen a una probabilitat mitjana i baixa d'inundació respectivament han estat elaborats tal i com requereix el "Real Decreto de evaluación y gestión de riesgos de inundación" (Decret 305/2010, de 9 de juliol, capítol III).

D'acord amb el Pla INUNCAT, aprovat pel Govern de la Generalitat el 22 d'agost de 2006, els municipis que es troben en zones amb perill d'inundació molt alt, alt o mitjà, han d'elaborar un Pla d'actuació municipal per inundacions (PAM). Aquest pla és l'encarregat de definir les actuacions a dur a terme en el municipi en cas d'una emergència per inundació.

Barcelona, Agost del 2013.

Joan Sunyer Closas
Geòleg

Anna Martí Pérez
Enginyer de Forest

Vist i plau:
Pere Martínez i Figueras
Cap de l'Àrea d'Enginyeria
Geològica

PLÀNOLS

1 Zones inundables i zonificació de la inundabilitat

Els resultats dels treballs efectuats en base als models realitzats a partir del model digital del terreny Lidar de pas de malla 2x2 i cartografia 1:1000, i projectes constructius de les canalitzacions a cel obert i soterrades, es representen en plànols a escala 1:5000 de les zones inundables i capacitats de les obres hidràuliques i de la zonificació de la inundabilitat al municipi de Canet de Mar, per al rial de Vallmaria, el rial de Cal Misser, la riera Gavarra, el rial de Can Figuerola, la riera de l'Aubó (Buscarons), la riera de Sant Domènech, el rial de Lledoners, el rial de Sant Crist i el rial de Can Segarra (riera dels Oms).

Plànol 1: Delimitació de la inundabilitat dels cursos fluvials anomenats anteriorment, per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys, i capacitats de les obres hidràuliques.

Plànol 2: Classificació de la perillositat dels cursos fluvials anomenats anteriorment, per al període de retorn de 500 anys.

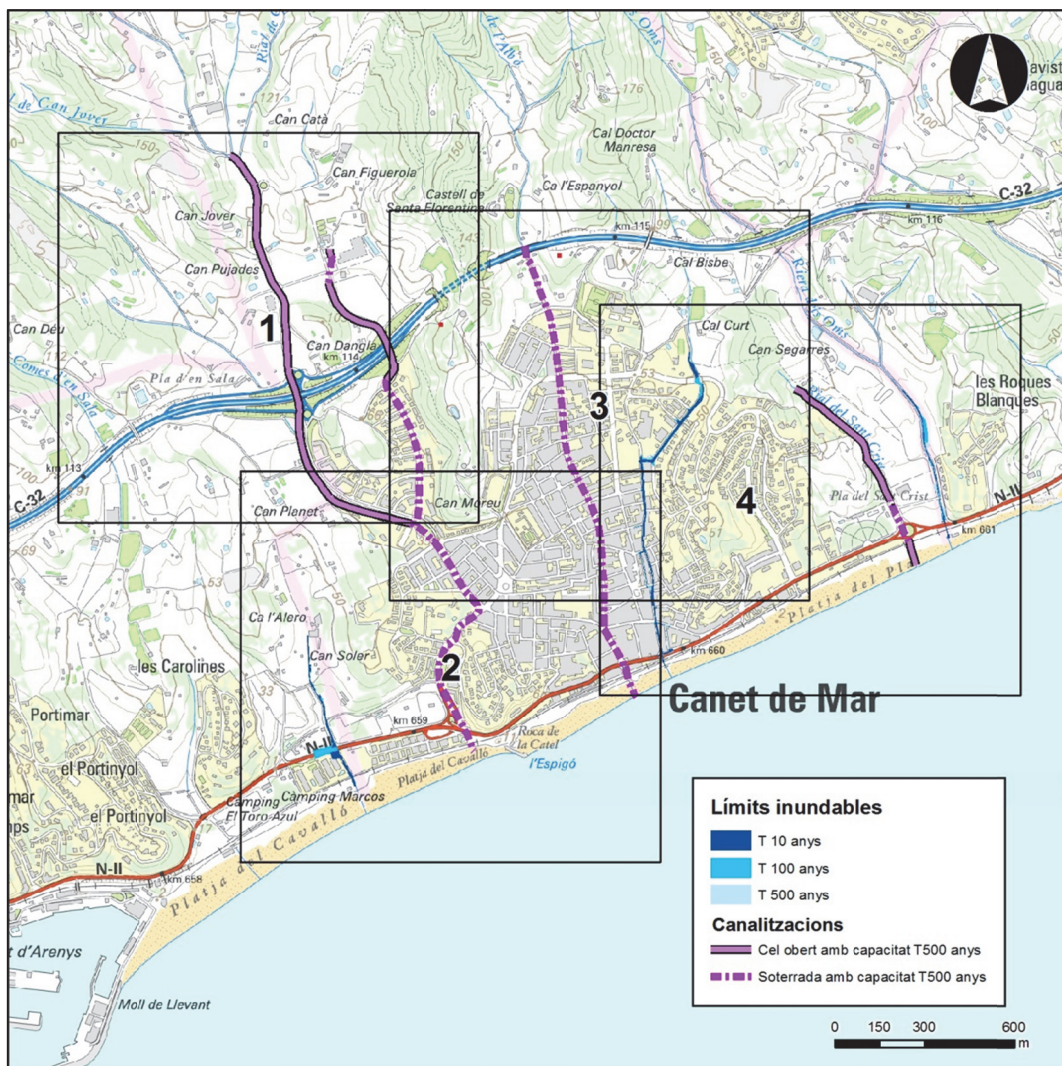


Figura 115. Esquema de distribució dels fulls del plànol 1: Delimitació de les zones inundables. Mapa topogràfic 1:10000 (ICC).

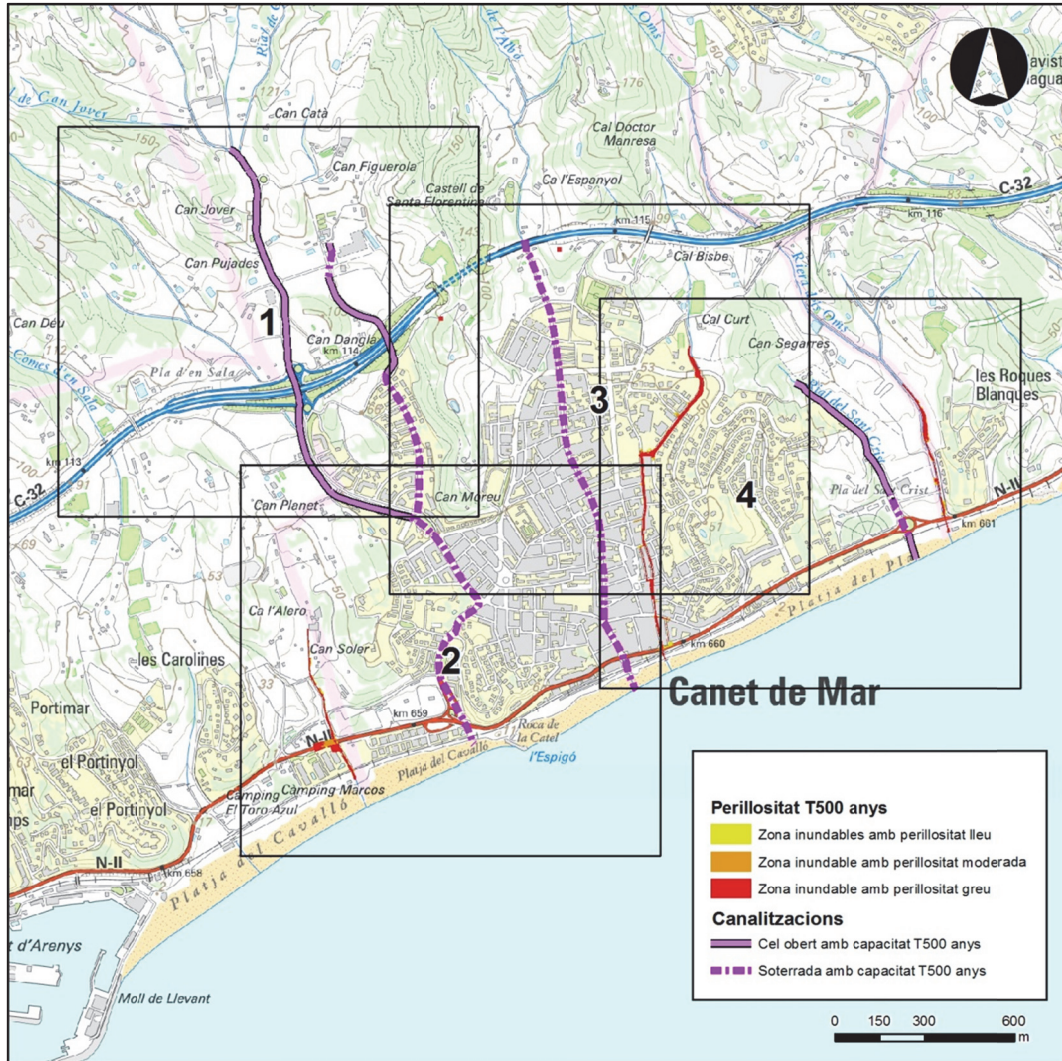


Figura 116. Esquema de distribució dels fulls del plànol 2: Classificació de les zones inundables per a T=500 anys. Mapa topogràfic 1:10000 (ICC).