

**Memòria realitzada per NOELIA RIESGO PACHÓN,
LARISA SALMERÓN TAPIA I SUSANNA VIHÉ SOLIVA
amb la direcció del professor CARLES ROQUÉ del
Departament de Geodinàmica Externa de la Universitat de Girona.**

CARLES ROQUÉ

NOELIA RIESGO PACHÓN

LARISA SALMERÓN TAPIA

SUSANNA VIHÉ SOLIVA

AGRAÏMENTS

Volem donar un agraïment molt especial al Dr. Carles Roqué, integrant de l'àrea de Geodinàmica Externa de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, per donar-nos la empenta definitiva i ajudar-nos a elaborar l'esquema i el seguiment del treball i per aguantar-nos en tot moment quan alguna cosa fallava. A més, per fer-se càrrec de la tutorització del projecte finalment. A Emili Mató, professor de l'assignatura de projecte, per ajudar-nos a enfocar el tema i veure les coses molt més clares després de les reunions dels dijous a la tarda.

Sobretot volem donar les gràcies a l'Ajuntament de Calonge i Sant Antoni de Calonge, concretament a la Diana Lledó, Montse Pèrez i la Isabel, per facilitar-nos tot aquell munt d'informació que els hi vam demanar des del principi de la realització del projecte i, per fer-nos un forat per parlar amb elles quan ens presentàvem per sorpresa a l'ajuntament. També donar les gràcies a l'Agència Catalana de l'Aigua, concretament a l'Elisabet Sebastià de la delegació de Girona i en Julio Crespo de la delegació de Barcelona, i a en Robert Mas de l'empresa "ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting S.L", per tota la informació facilitada. Un agraïment molt important a l'Anna i en Tet per poder tirar endavant el pòster del nostre projecte.

Finalment, donar un altre agraïment molt especial a les nostres famílies i amics, per aguantar els mals moments que hem passat i a la vegada donar-nos aquells ànims que ens han ajudat tant per poder tirar endavant aquest projecte.

Gràcies a tots!!

ÍNDEX

0.- INTRODUCCIÓ	6
1.- OBJECTIUS	6
2.- METODOLOGIA	10
3.-DESCRIPCIÓ DE LES CARACTERÍSTIQUES DELS TERRITÒRIS LITORALS	17
3.1.- TRES DEFINITÒRIS DE LES ÀREES LITORALS.....	17
3.1.1.- ZONA COSTANERA. MARC JURÍDIC I COMPETENCIAL.....	18
3.1.1.1.- ZONACIÓ DE LES ÀREES LITORALS.....	19
3.2.- GESTIÓ I PLANIFICACIÓ DE LES ÀREES LITORALS.....	25
3.2.1.- ÀMBIT GENERAL.....	25
3.2.2.- EL CAS DE LA COSTA BRAVA.....	27
3.2.3.-LA IMPORTÀNCIA DE LA CONSIDERACIÓ DELS FACTORS GEOLÒGICS.....	29
4.- SITUACIÓ I ÚS DE L'ÀREA D'ESTUDI	31
4.1.- SISTEMA CONCA HIDROGRÀFICA COM A UNITAT TERRITORIAL-AMBIENTAL D'ESTUDI I GESTIÓ.....	31
4.1.1.- HIDROGRAFIA.....	32
4.2.- MARC TERRITORIAL.....	35
4.2.1.- LÍMITS I EXTENSIÓ.....	35
4.2.2.GEOLOGIA.....	36
4.2.3.- EL RELLEU.....	38

4.2.4.- EL CLIMA.....	42
4.3.- EVOLUCIÓ DEL NUCLI URBÀ.....	43
5.- DIAGNOSI DE LES CARACTERÍSTIQUES QUE INFLUEIXEN EN ELS EPISODIS D'INUNDACIÓ	52
5.1.- ANÀLISI DEL RISC.....	52
5.1.1.- ESTUDI DEL PERILL D'INUNDACIONS.....	52
5.1.1.1.- TIPOLOGIA DE LES INUNDACIONS.....	57
5.1.1.2.- CLASSIFICACIÓ DE LES ZONES DE PERILL D'INUNDACIÓ EN FUNCIÓ DE LA FREQUÈNCIA.....	58
5.1.2.- VULNERABILITAT.....	59
5.1.3.- CLASSIFICACIÓ DE LES ZONES INUNDABLES EN FUNCIÓ DEL RISC.....	60
5.2.- SIGNIFICAT GEOLÒGIC DE LES AVINGUDES.....	61
5.3.- VARIABLES ESTÀTIQUES I CLIMÀTIQUES DE LA CONCA.....	65
5.3.1.- LITOESTRUCTURA.....	65
5.3.1.1.- ELS GRANITOIDES.....	66
5.3.1.2.- LES ROQUES METAMÒRFIQUES.....	67
5.3.1.3.- LA SEDIMENTACIÓ FLUVIOTORRENCIAL.....	68
5.3.2.MORFOLOGIA.....	70
5.3.2.1.- ANÀLISI MORFOMÈTRIC.....	70
5.3.2.2.- XARXA DE DRENATGE.....	71
5.3.2.3.- MORFOMETRIA FLUVIAL DE LA CONCA.....	72
5.3.2.4.- PROPIETATS SUPERFICIALS.....	72
5.3.3.HIDROMETEOROLOGIA.....	81
5.3.3.1.- RÈGIM DE PRECIPITACIONS.....	81
5.3.3.2.- EPISÒDIS DE MÀXIMES PRECIPITACIONS PER A PERÍODES DE RETORN DE 10, 25, 50, 100 I 500 ANYS.....	84

6.- CAS D'ESTUDI AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005 A CALONGE 85

6.1.- CARACTERITZACIÓ DE L'AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005 A CALONGE.....85

6.2.- EFECTES DE L'AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005. PROBLEMÀTICA DETECTADA I RISCOS ASSOCIATS.....90

6.2.1.- CAPACITAT DE DESGUÀS ACTUAL DEL TRAM FINAL DE LA RIERA DE CALONGE.....90

6.2.2.- DESCRIPCIÓ DE LA PROBLEMÀTICA DETECTADA.....91

6.2.3.- DESCRIPCIÓ DELS RISCOS ASSOCIATS A AVINGUDES A LA RIERA DE CALONGE.....96

7.- ESTIMACIÓ DELS CABALS MÀXIMS 98

7.1.- MÈTODES INDIRECTES.....98

7.1.1.- FÒRMULES EMPÍRIQUES.....99

7.1.2.- MÈTODE RACIONAL.....100

7.1.2.1.- ESTUDI HIDROLÒGIC DE LA CONCA DE LA RIERA DE CALONGE MITJANÇANT EL MÈTODE RACIONAL.....104

7.1.3.- L'EQUACIÓ DE MANNING.....115

7.1.3.1.- ESTUDI DELS CABALS D'AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DEL 2005 MITJANÇANT L'APLICACIÓ DE MANNING.....119

8.- PROPOSTES DE MINIMITZACIÓ DE L'EFECTE DE LES INUNDACIONS A LA RIERA DE CALONGE 123

8.1.- PROJECTE BÀSIC DE REFORÇAMENT DE LA RIERA DE CALONGE.....124

8.2.- PROPOSTA D'EIXAMPLAMENT DE LA RIERA DE CALONGE.....125

8.3.- CARACTERÍSTIQUES DE LA LLERA A TENIR EN COMPTE PER A ESTABLIR UNA BONA PROPOSTA ENFRONT A LES INUNDACIONS.....128

9.- ESTUDI ECONÒMIC DELS DESPERFECTES PRODUÏTS PER L'EPISODI D'INUNDACIÓ _____ 132

9.1.- ESTUDI 1.....132

9.2.- ESTUDI 2.....135

9.3.- ANÀLISI DELS PLÀNOLS DE L'ESTUDI ECONÒMIC.....137

10.- CONCLUSIONS _____ 140

11.-BIBLIOGRAFÍA _____ 146

0.- INTRODUCCIÓ

Aquest és un projecte per fer un estudi d'inundabilitat de la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge per tal de reduir l'impacte que aquestes inundacions ocasionen. La realització de l'estudi és necessària ja que les inundacions a la zona són periòdiques i els efectes no disminueixen d'un episodi a l'altre, per tant, cal establir mesures correctores i/o minimitzadores per tal d'evitar la perillositat d'aquests efectes.

Es tracta d'un projecte de final de Carrera, de 4rt de Ciències Ambientals, que va ser encarregat per l'Ajuntament de Calonge, l'Octubre del 2005 un cop finalitzats els greus episodis d'inundacions que tants de danys van ocasionar al terme municipal.

1.- OBJECTIUS

Les inundacions s'han d'entendre com la materialització d'un risc existent en un espai i un moment determinats. Per tant, no són un fet aïllat sinó una part d'un procés que té un abans (les condicions prèvies al desastre), un durant (el desastre pròpiament dit) i un després (la recuperació després de la inundació i les condicions posteriors que s'aconsegueixen). Poder incidir en cada una d'aquestes fases del procés es converteix en la clau de volta a l'hora d'explicar l'impacte de les darreres inundacions que han afectat la nostra zona d'estudi (Calonge i Sant Antoni de Calonge) i, sobretot i el que és més important, poder dissenyar què pot o no pot fer la societat per evitar les conseqüències més negatives d'inundacions futures.

En el cas de les darreres inundacions, ens trobem davant d'un fenomen natural que afecta periòdicament el litoral gironí, de característiques meteorològiques i hidrològiques força ben conegudes i fins i tot amb antecedents similars ben propers com els episodis que l'octubre de 1987, 1990 o 1994 van afectar aquests mateixos municipis gironins.

La pregunta clau per explicar les darreres inundacions l’hauríem de dirigir, doncs, cap a l’evolució que han experimentat els tres factors que caracteritzen la vulnerabilitat a les inundacions: el nivell d’exposició física al risc (grau d’ocupació i/o transformació humanes dels espais inundables), la resistència socioterritorial al risc (capacitat per absorbir pèrdues i restablir el funcionament normal del territori i la societat afectada) i la resiliència socioterritorial al risc (l’estat, aplicació i funcionament concrets per a cada episodi de les diferents mesures de gestió de les inundacions).

Ens trobem davant d’un fenomen natural que afecta periòdicament el litoral gironí, de característiques força ben conegudes i amb antecedents similars

Els objectius del nostre projecte és fer un estudi complet d’inundabilitat. Aquest estudi comportarà trobar diferents característiques de la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge que ens permetran saber perquè es produeixen inundacions i quines són les propostes que es poden plantejar per a solucionar-ho.

Mitjançant diferents mètodes trobarem quins són els cabals d’aigua que es poden donar en la nostre zona amb períodes de retorn de 10, 25, 50, 100 i 500 anys, quins cabals van circular durant l’episodi d’inundació de l’Octubre de 2005 i quins són els cabals que realment poden passar per la llera de la riera de Calonge. La comparació d’aquests paràmetres ens permetrà saber si la capacitat de desguàs de la llera té o no té capacitat per a abastir l’aigua que pot arribar a caure en un temps determinat i si permet abastir la quantitat d’aigua que va arribar a caure l’Octubre del 2005.

A més a més, es realitzarà un estudi de les variables estàtiques i climàtiques de la zona que tenen a veure també amb el risc d’inundacions. Es realitzarà un estudi litològic de la zona, un estudi hidrometeorològic i un estudi geomorfològic que ens ajudaran a comprendre com funciona la dinàmica fluvial i el perquè es poden produir inundacions.

És necessari també analitzar quina ha estat l'evolució experimentada en l'ocupació humana dels espais inundables. En el darrer Debat Costa Brava celebrat durant l'any 2004, el geògraf Joan Nogué constatava com l'espai construït a la Costa Brava s'havia incrementat exponencialment durant els darrers 50 anys, passant d'ocupar 1.139,5 ha l'any 1957 (1,7% de la superfície total) a les 8.765,1 ha de l'any 2003 (13,2% de la superfície total). Els creixements més espectaculars s'han donat en els municipis més turístics, com és el cas del sector central de la Costa Brava, en l'autèntic *continuum* urbà a primera línia de costa que va de Sant Feliu de Guíxols fins a Palamós, passant per Castell-Platja d'Aro i Sant Antoni de Calonge. Paral·lelament a aquest creixement compacte de primera línia de costa (o, el que és el mateix, als trams finals de les rieres litorals o del mateix riu Ridaura) té lloc un procés d'urbanització difusa en forma d'urbanitzacions de tipologies ben diverses (des dels habitatges unifamiliars fins a les cases adossades) que ocupen els vessants de muntanyes propers i les petites planes de d'interior (és a dir, als trams alts i mitjans de les petites conques fluvials de les rieres litorals).

Actuacions com mantenir i protegir els espais agrícoles i forestals encara existents, no només pel seu valor ecològic i paisatgístic sinó també per la important funció hidrològica que exerceixen, resulten del tot imprescindibles.

En aquest sentit, considerem que cada vegada es veu més necessària la integració de la gestió del risc d'inundació en la planificació d'espais inundables però també que aquesta gestió es faci amb la participació dels ciutadans. No només perquè així ho demana la Directiva Marc de l'Aigua de la Unió Europea, sinó perquè aquesta és, al nostre entendre, l'única manera viable d'implantar polítiques que impliquin canvis en els comportaments humans i socials.

Es realitzarà també un anàlisi de les característiques de la llera, és a dir, de l'estat actual en que la trobem i quines actuacions s'hi haurien de fer per trobar l'estat ideal per a que l'aigua circuli sense presentar cap tipus de problema.

Un cop hàgim realitzat tots aquests anàlisis per separat (estudi de cabals, litologia, hidrometeorologia, geomorfologia, creixement urbanístic, característiques de la llera de la riera) intentarem establir propostes per evitar i/o minimitzar el risc d’inundacions a la riera de Calonge.

2.- METODOLOGIA

Tot seguit es mostra la metodologia que nosaltres hem emprat per a la realització del nostre projecte, incloent-hi les variacions que s'han produït respecte a la idea que teníem en un primer moment tal i com es reflexa a l'avantprojecte, les dificultats que ens hem anat trobant a mesura que hem anat realitzant el projecte, les tècniques utilitzades per tal d'arribar a unes conclusions, les fonts de informació que hem obtingut i de on les hem extret i com hem anat realitzant aquest procediment d'estudi en la nostra àrea d'estudi.

MODIFICACIONS I DIFICULTATS A LA HORA DE REALITZAR EL PROJECTE

A l' inici de la realització del nostre projecte la idea que teníem pensada dur a terme i els nostres objectius eren molt diferents, tal i com es pot observar a l'avantprojecte, als que al final hem acabat desenvolupant en el projecte actual. Aquest fet és degut a que ens hem anat trobant dificultats que han fet que s'hagi produït aquesta modificació esmentada. Bàsicament aquestes modificacions s'han vist afectades a la part dels antecedents que teníem pensat estudiar de la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge, tal i com s'explica a continuació.

Abans de realitzar l'avantprojecte vam trobar que periòdicament el litoral gironí, i concretament la nostra zona d'estudi, es troba afectat per el fenomen natural de les inundacions degut a les seves característiques meteorològiques i hidrològiques. Concretament durant els anys 1987, 1990 i 1994 es van produir episodis d'inundació a la nostra zona d'estudi, però aquests no van ser tant violents i amb conseqüències tant importants com els ocorreguts el 13 d'octubre de 2005. Al trobar aquesta informació, de que a la nostra zona d'estudi ja hi havia antecedents d'episodis d'inundació anteriors, el que volíem realitzar era un estudi d'aquests episodis per tal de comparar-los amb l'episodi actual d'inundació de l'octubre de 2005. L'objectiu principal era analitzar els efectes que es van produir i quines mesures es van dur a terme per tal de pal·liar aquests efectes. El principal problema que ens vam trobar va ser la manca d'informació que hi ha sobre aquests antecedents. No vam trobar cap tipus de font d'informació escrita sobre aquests episodis. Cal destacar que vam anar a l'arxiu municipal de Calonge, per tal de veure s'hi

disposaven d’informació sobre el tema i ens van dir que no tenien cap mena de document sobre episodis d’inundació anteriors. Al trobar aquestes dificultats vam decidir no incloure aquesta part en el nostre projecte.

Bàsicament, la modificació més important que s’ha produït respecte la idea inicial ha sigut l’esmentada anteriorment. Pel que fa a les altres parts que s’havien exposat a l’avantprojecte a l’apartat de l’esquema metodològic que havíem pensat seguir, no han patit modificacions i s’han exposat al projecte d’una forma molt similar. Fins i tot hem afegit algunes parts que no estaven pensades, com per exemple: estimació dels cabals màxims d’avinguda, càlcul de paràmetres característics de la nostra llera (anàlisi morfològic), delimitació de la zona inundable mitjançant criteris geomorfològics, estudi econòmic del període d’inundació de l’octubre de 2005, proposta d’endegament de la llera de la Riera de Calonge.

Ja que a l’apartat anterior s’ha parlat de la dificultat que hem tingut a la hora de trobar informació sobre els antecedents, tot seguit exposarem algunes dificultats que se’ns han anat presentant en la realització del nostre projecte. Cal esmentar que, bàsicament, la obtenció de informació referent a l’episodi d’inundació de l’octubre de 2005 ha sigut molt difícil obtenir-la a partir dels organismes municipals de la zona afectada, degut a que hi ha algun tipus d’informació que és important que no surti a la llum pública per tal de no generar problemes. Tot i això, cal remarcar que tot i que alguna informació l’administració municipal no ens la volia facilitar, al final, a base d’insistir l’hem pogut aconseguir. Un exemple, seria l’estudi econòmic que ens van facilitar, tot i que no està complet degut al que s’ha exposat anteriorment. A la resta d’apartats del projecte no hem tingut problemes importants a destacar.

FONTS UTILITZADES PER LA RECERCA D’INFORMACIÓ

Pel que fa a la obtenció d’informació l’hem obtingut de diferents fonts com ara:

- Ajuntament de Calonge i Sant Antoni de Calonge: àrea d’urbanisme, medi ambient i arxiu municipal,
- Agència Catalana de l’Aigua,
- Empresa d’enginyeria: “ABM Serveis d’Enginyeria i Consulting S.L.” ,
- Cartoteca de la Universitat de Girona,

- Facultat de Ciències i Facultat de Lletres de la Universitat de Girona.
- Altres fonts d’informació com: internet, biblioteques municipals, professors especialitzats en el tema.

DESCRIPCIÓ DE LES TÈCNiques UTILITZADES EN LA REALITZACIÓ DEL PROJECTE

Tot seguit s’exposen les tècniques que hem utilitzat en el nostre projecte per tal de realitzar l’estudi d’inundabilitat de la Riera de Calonge i poder treure conclusions.

- Un dels primers paràmetres que hem analitzat de la nostra zona d’estudi és l’evolució del creixement urbanístic que s’ha anat produint al municipi de Calonge i Sant Antoni de Calonge. Aquest creixement urbanístic és molt important tenir-lo en compte per tal de veure l’ocupació humana dels espais inundables. Una dada important i destacable a fer-li un incís i que ens demostra que s’ha de tenir en compte aquest creixement que s’ha produït, és que en el darrer “Debat de la Costa Brava” celebrat durant l’any 2004 es va destacar que l’espai construït a la Costa Brava s’havia incrementat exponencialment durant els darrers 50 anys. Aquest espai urbanitzat ocupava 1.139,5 ha l’any 1957 (1,7% de la superfície total), i ha passat a ocupar 8.765,1 ha segons dades del 2003 (13,2% de la superfície total). Segons aquest debat, la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge, és una de les zones que ha patit un creixement més espectacular.

Per tal d’analitzar aquest creixement urbanístic s’ha fet a partir de l’**anàlisi de la taca urbana del municipi**. Aquest anàlisi de la taca urbana s’ha fet a partir de diferents fotografies aèries del municipi, corresponents a els anys 1956, 1969, 1991 i 2000. Degut a la impossibilitat de realitzar aquest anàlisi de la taca urbana mitjançant un Sistema d’Informació Geogràfica, s’ha optat per utilitzar el mètode tradicional. El procediment que hem realitzat és el de calcar la taca urbana del municipi amb paper vegetal per a cada un dels anys considerats. A cada any se li ha assignat un color diferent per tal de poder-los diferenciar. Finalment, la superposició de la taca urbana de cada un dels anys sobre un ortofotomapa actual ens permetrà veure l’evolució del creixement urbanístic que s’ha produït. L’escala amb la que es presenten els mapes i la taca urbana és de 1:25.000.

- Un altre procediment que hem realitzat al projecte és la **delimitació de la zona inundable** de Calonge i Sant Antoni de Calonge. Per tal de fer aquesta delimitació s'ha fet a partir de criteris geomorfològics. Hem utilitzat un mapa geològic de Calonge i Sant Antoni de Calonge a escala 1: 12.500, realitzat per L. Pallí i C. Roqué (1992), que ens va facilitar l'ajuntament. En aquest mapa geològic ens hem fixat amb els materials següents: dipòsits al·luvials (graves, sorres, llims i argiles), dipòsits col·luvials-al·luvials (graves, sorres, llims i argiles amb còdols) i dipòsits subaflorants de maresma (sorres i llims negrosos).

Aquests materials anomenats són materials que s'han anat sedimentant a la zona propera de la riera i provenen de períodes d'inundació anteriors. Per tant, per tal de trobar la zona inundable del municipi hem delimitat aquests materials en el mapa geològic. Un cop delimitats aquests materials ja tenim establerta la zona inundable del municipi de Calonge i Sant Antoni de Calonge. Com que aquesta delimitació en el mapa geològic és molt gran i és de difícil presentació, hem modificat aquesta delimitació a una escala més petita 1:25.000. Tal i com s'ha explicat anteriorment, la impossibilitat de utilitzar un Sistema d'Informació Geogràfica ens ha fet optar a utilitzar un mètode tradicional. Hem passat la zona inundable del mapa geològic a un paper vegetal a escala més petita. Aquesta delimitació l'hem superposat a un ortofotomapa actual, per tal de veure amb més exactitud quines són les zones del municipi més vulnerables a patir els efectes d'una avinguda com la ocorreguda el 13 d'octubre del 2005.

- En alguns apartats del projecte apareixen càlculs, fets a partir de **fórmules empíriques** ja establertes, que ens mostren algunes característiques més de la nostra zona d'estudi. Algunes de les característiques que hem calculat mitjançant aquestes fórmules són les següents: densitat de drenatge, constant de manteniment del canal, distància d'escolament superficial, relació d'enològica, l'índex de compacitat de Gravelius, l'amplitud de relleu, la relació de relleu i el coeficient de rugositat.

Aquestes fórmules comentades anteriorment estan explicades de forma més concreta al llarg dels diferents apartats del projecte.

- El procediment per estimar els **cabals d'avinguda que es van produir i els cabals d'avinguda segons un període de retorn determinat** de la nostra àrea d'estudi, és un dels apartats més complexos i més importants de l'estudi d'inundabilitat de la Riera de Calonge.

Per trobar aquests valors de cabals s'han utilitzat dos mètodes diferents. Aquests dos mètodes utilitzats són mètodes indirectes. En els mètodes indirectes es tenen en compte les característiques intrínseques de la conca, en canvi, en els mètodes directes només es tenen en compte dades observades.

Els dos mètodes indirectes que hem utilitzat són els següents:

- ▶ Mètode Racional
- ▶ Equació de Manning

A continuació s'exposa de quina manera i com s'han dut a terme aquests dos mètodes:

- Un dels mètodes utilitzats és el **Mètode Racional**. Concretament nosaltres no hem aplicat aquest mètode a l'estudi d'inundabilitat, però hi fem referència. Una empresa anomenada “*ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting*” va ser l'encarregada de realitzar un estudi hidrològic, encomanat per l'Agència Catalana de l'Aigua, sobre l'avinguda del 13 d'octubre del 2005. Nosaltres ens vam posar en contacte amb aquesta empresa localitzada a Riudellots de la Selva, prèvia autorització de l'Agència Catalana de l'Aigua, i vam anar a parlar amb el responsable sobre el que preteníem fer en el nostre projecte. Finalment ens va facilitar un estudi hidrològic de la conca de la Riera de Calonge, però no del tot complet perquè algunes parts encara no estaven aprovades i havien d'entrar a concurs públic a l'administració.

La part de l'estudi hidrològic que ens van facilitar utilitzada en el nostre projecte és la que parla sobre els cabals punta d'avinguda per a un període de retorn determinat. Aquest mètode està explicat amb més detall a l'**apartat 7.1.2.1**. Els períodes de retorn utilitzats són: 10, 25, 50, 100 i 500 anys. Per a cada un d'aquests períodes de retorn l'empresa anomenada va calcular els cabals corresponents mitjançant el mètode racional. Els resultats del cabal per a cada període de retorn concret estan exposats a la **taula 15** de l'apartat esmentat anteriorment. Aquests valors de cabal segons un període de retorn determinat ens serviran, posteriorment, com a taula de referència per tal de poder assignar als cabals que nosaltres trobarem, amb un altre mètode indirecte, un període de retorn concret.

Per poder fer aquest anàlisi dels cabals van subdividir la conca de la Riera de Calonge amb diferents trams. De cada un dels trams van trobar el cabal punta d’avinguda per a un període de retorn determinat. En el nostre estudi no analitzem tots els trams amb els que van dividir la Riera de Calonge. Bàsicament ens centrem amb quatre trams, que corresponen a la part final de la Riera de Calonge. Aquests quatre trams que hem estudiat són els següents:

- Tram 1: Calonge a 200 m del mar
- Tram 2: Calonge avall variant
- Tram 3: Calonge confluència Tinars
- Tram 4: Calonge confluència Molins-Rifred

- L’altre mètode que s’ha utilitzat per l’anàlisi dels cabals és el mètode de ***l’Equació de Manning***. Aquest mètode és el que nosaltres hem aplicat per trobar els cabals que es van produir després de l’avinguda del 13 d’octubre del 2005. Aquest és un dels molts mètodes post-riuada que existeixen, i és un dels més utilitzats i coneguts. Es basa amb relacions geomètriques de la secció de la llera i també s’ha de tenir en compte un índex tabulat que hi ha en funció de les característiques de la llera que s’anomena coeficient de rugositat o de Manning. Tot aquest mètode de l’equació de Manning està explicat amb molt més de detall a ***l’apartat 7.1.3***.

Tal i com s’ha comentat anteriorment aquest mètode es basa en càlculs geomètrics . Per tal de realitzar aquests càlculs s’han hagut de fer mesures a les seccions de la llera dels quatre trams considerats. Les mesures de la llera que hem hagut de realitzar han sigut l’amplada i la llargada de la secció. Per tal de realitzar aquestes mesures vam anar a camp a mesurar-ho amb una cinta mètrica de 50 m.

Aquestes mesures ens permetran calcular paràmetres de l’equació de Manning per tal de trobar el cabal per cada un dels trams considerats. Els resultats obtinguts es troben exposats a ***l’apartat 7.1.3.1***.

Un cop trobats aquests cabals podrem assignar-los un període de retorn segons els cabals calculats mitjançant el mètode racional. A part podrem fer altres comparacions amb dades sobre la capacitat de desguàs de cada tram. L’estudi hidrològic realitzat per l’Agència Catalana de l’Aigua conté una primera estimació sobre el cabal que va circular a la Riera de Calonge.

Aquests cabals obtinguts també els podrem comparar amb aquesta primera estimació que va fer l'Agència Catalana de l'Aigua.

- El procediment per establir les **propostes d'actuació** post-riuada s'ha realitzat a partir d'una proposta feta per l'ACA. Aquesta proposta es basa en l'eixamplament i endegament de la llera de la riera de Calonge fins a 60 m d'amplada. Aquesta proposta s'ha de presentar a concurs públic, per aquesta raó nosaltres no hi vam tenir accés a la informació. Nosaltres hem validat mitjançant el mètode de l'**equació de Manning** aquesta proposta. Segons aquest mètode hem obtingut uns cabals de pas que hem comparat amb els cabals trobats en l'estudi del mètode racional. Hem pogut observar gràcies a aquesta comparació que la proposta és vàlida, aleshores hem establert una nova proposta per tal de millorar-la. Hem reduït 10 m l'amplada de la llera proposada per l'ACA considerant que estava cimentada. Hem obtingut resultats favorables que donen el vist-i-plau a la nostra proposta.

Tal com s'ha esmentat anteriorment a l'equació de Manning trobem un coeficient que varia segons les característiques de la llera. Nosaltres hem anat jugant amb aquests coeficients per tal de veure quina és la llera ideal, és a dir, característiques que ha de presentar per a que l'aigua circuli a més velocitat i per tant que el cabal de pas sigui superior.

3.- DESCRIPCIÓ DE LES CARACTERÍSTIQUES DELS TERRITORIS LITORALS

3.1.TRETS DEFINITORIS DE LES ÀREES LITORALS

Aquest projecte té com a objecte d'estudi la Riera de Calonge, pertanyent a la Costa Brava Meridional. Sovint es coneix la Costa Brava en general, com un indret turístic de abundants platges, però no s'aprofundeix més en aquest aspecte, per això creiem que és necessari establir alguns conceptes que determinin realment com és el litoral i l'àmbit territorial estudiat.

Per exemple, la paraula *costa* a nivell legal és la franja situada amb contacte terra – mar i el *litoral* és associat per a definicions geogràfiques de superfícies més extenses a àmbit continental. L'*àrea litoral* és un indret particular i important, de manera que intentarem exposar les aspectes formals de la mateixa, per tenir clar el concepte mateix.

Pel que fa a la terminologia es sol parlar de zona costanera i àrea litoral com a definicions aïllades, però realment es desconeix el seu significat. Quan es delimiten per criteris juridicoadministratius, fruit d'una intervenció ordenada amb contorns sovint regulars i poligonals, s'hauria de parlar de *zona costanera*. En canvi, quan es parla de una realitat geològica on les formes i dimensions estan lligades a activitats naturals i humanes, amb contorns irregulars, s'hauria d'utilitzar *àrea litoral*.

Tenint clar els conceptes i els aspectes formals sobre l'àrea territorial de la Costa Brava, caldria esmentar les bases essencials de la seva peculiaritat i importància, sempre mostrant la seva diferència amb els espais urbans, rurals o muntanyencs. A continuació, mostrem tres característiques principals que les fan singulars i diferents: (Barragán, 2003)

- Des del **punt de vista físic i natural**, conté medis com la litosfera, atmosfera i hidrosfera continental i salada; registra un dinamisme inusual i un funcionament

complex. Conté ecosistemes amb major taxa de productivitat i peculiaritat del planeta, solen ser fràgils i vulnerables i solen ser espais bàsics per a la reproducció d'espècies amb gran valor comercial i ecològic. El caràcter de les aigües marines i la gran mobilitat dels recursos vius associats fan del litoral, un ambient clarament singular.

- Des del **punt de vista econòmic i productiu**, és un espai escàs i sovint desitjat. Registra una elevada densitat perquè el 60% de la població mundial viu a la franja de 60 km de la costa i s'estima que l'any 2100 aquesta xifra augmentarà fins al 75%. Les raons d'aquest fenomen són l'existència d'importants recursos naturals, clima benigne per les menors amplituds tèrmiques, fertilitat dels sòls, planes quaternàries per a l'aprofitament agrícola o paisatges de gran atractiu, entre d'altres.
- Des del **punt de vista jurídic i administratiu**, caldria destacar la naturalesa pública de la major part de les àrees maritimoterrestres i marines, el caràcter públic dels recursos biòtics i abiòtics, la inusual convergència d'administracions territorials i sectorials en la gestió dels interessos públics, l'elevat nombre d'interessos privats diferents, que sovint són incompatibles, la diversitat de mecanismes i instruments que la gestió estableix, o la dificultat per trobar fórmules que tinguin èxit per ordenar aquest espai i els seus recursos.

3.1.1.- ZONA COSTANERA. MARC JURÍDIC I COMPETENCIONAL

Abans de començar a tractar sobre la gestió i planificació dels territoris costaners, tant en l'àmbit general com en l'àmbit particular que concerneix a Calonge, hem cregut convenient explicar de manera acurada quin és el marc competencial vigent sobre aquest àmbit objecte de recerca.

La Constitució de 1978 dóna a Catalunya la competència legislativa exclusiva en matèria de planejament urbanístic i d'ordenació del territori. Per aquest motiu la Generalitat ha aprovat algunes lleis bàsiques com les de Política Territorial, la d'Espais Naturals, la recent nova Llei d'Urbanisme i el Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner, aquest últim en fase d'aprovació

definitiva. No obstant, en el domini públic costaner, definit en la Llei de Costes de l' Estat del 1988, les competències són concurrents. El Domini Públic Maritimoterrestre és competència exclusiva de l'Estat, al igual que la franja de Servitud de Trànsit, on les autoritzacions d'ús necessiten un informe previ de la Comunitat Autònoma. Pel que fa a les franges de Servitud de Protecció i d' Accés, l'ordenació i l'atorgament de llicències corresponen al plantejament urbanístic municipal, essent preceptius els informes de les Direccions Generals de Costes de l'Estat i de la Generalitat.

3.1.1.1.- Zonació de les àrees litorals

La definició geogràfica dels diferents àmbits diferenciats de les àrees litorals, es sol basar en les característiques naturals i en criteris derivats dels sistemes juridicoadministratius del litoral.

El Programa de Medi Ambient de les Nacions Unides (UNEP, 1995) en fa la següent:

1. **Aigües oceàniques:** part marina més àmplia i sol estar relacionada amb les 200 milles nàutiques de la Zona Econòmica Exclusiva (ZEE). S'associa, quan és possible, a la part oceànica de la plataforma continental i és considerada una àrea de vital importància per certs recursos naturals.
2. **Aigües litorals:** la seva amplada pot variar entre les 3 milles nàutiques i els 14 m de profunditat, però es sol identificar amb les 12 milles nàutiques del Mar Territorial i les aigües interiors. És una zona de gran transcendència per determinats ecosistemes marins i pel control de la qualitat d'aigües.
3. **Espai intermareal:** Àrea d'acció on hi han els manglars, maresmes, estuaris, entre d'altres; els quals són ecosistemes de vital importància. L'amplitud varia entre pocs metres i alguns km. És de naturalesa pública.
4. **Vora o límit litoral:** Contacte entre terra i mar. Té un valor georreferencial, el qual s'ha de considerar com a línia que defineix certs límits més que una zona pròpiament dita.
5. **Front litoral:** És la part terrestre entre el límit litoral i les terres litorals. És una franja relativament estreta delimitada per la distància des de la qual es pot veure el mar. Té un

paper rellevant per a l'accés i propietat pública, per la seguretat respecte amenaces naturals, per a la protecció d'hàbitats sensibles, etc.

6. **Terres litorals:** Constitueix la part terrestre litoral per excel·lència. Coincideix amb l'amplitud que podria denominar-se plana costanera. Els seus límits podrien estar senyalats per estructures fallades, ruptures de pendent, topografia accidentada, planes de peudemont de serres litorals, etc. Bona part de les necessitats humanes es donen aquí, com cultius, assentaments, infraestructures, etc.
7. **Àrea d'influència litoral o terres continentals:** és una superfície indeterminada en la que es desenvolupen certes activitats que poden incidir al litoral.

El coneixement d'aquestes parts elementals de les àrees litorals són de vital importància a l'hora d'establir els límits d'un hipotètic pla de gestió, ja que serveix per delimitar l'àrea d'estudi, en el nostre cas des de la línia de costa a la divisòria d'aigües de les conques hidrogràfiques.

Legislació bàsica de la Generalitat de Catalunya

La competència en matèria d'ordenació del territori és exercida per la Generalitat, fonamentalment, a través del Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP) i del Departament de Medi Ambient i Habitatge (DMAH), els quals, en territoris litorals, es fonamenten amb els estris legislatius següents: (Barragán, 2003)

- La Llei de Política Territorial (1983), desenvolupada pel Pla Territorial General de Catalunya (1995), amb 7 plans territorials parcials dels quals n'hi ha un d'aprobat (Pla Territorial de les Terres de l'Ebre, 2001) i els altres estan en procés de redacció, i diversos plans territorials sectorials (com el Pla de Carreteres o el Pla de Ports, entre d'altres).
- La Llei d'Espais Naturals (1985), en base a la qual el Departament de Medi Ambient redactà i aprovà el Pla d'Espais d'Interès Natural (1992) i ha delimitat i regulat diversos àmbits de Reserves i Parcs Naturals, que en bona part afecten espais costaners.

- La legislació urbanística: a partir de la legislació bàsica de l'Estat, cada Comunitat Autònoma ha desenvolupat la seva pròpia legislació urbanística. En el cas de la Generalitat, aquesta legislació estava concretada en el Decret Legislatiu 1/90, que refonia les diverses lleis i disposicions aprovades. El 14 de març de 2002 el Parlament de Catalunya va aprovar una nova i específica Llei d'Urbanisme, que regula tot allò que fa referent a l'ús i ordenació del sòl.
- El Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner: en el moment de la redacció d'aquesta memòria. Aquest pla està en fase de consulta per als ajuntaments afectats abans de fer-ne l'aprovació inicial. Té com objecte bàsic protegir sòls situats en els primers 500 metres respecte la línia de la costa lliures actualment d'ocupació i que es troben classificats pel planejament urbanístic municipal com a sòl no urbanitzable o com sòl urbanitzable no delimitat. Implica setanta-cinc municipis al llarg de tota la costa catalana.
- Pla de Ports de 2001. Pretén regular les instal·lacions portuàries del país i, a més, incideix en la protecció o no d'importants sectors de la costa.

En el camp de l'urbanisme la principal responsabilitat correspon als municipis, que redacten i executen els plans. A la Generalitat li correspon, per regla general, aprovar definitivament els plans, per bé que en determinades condicions la Llei d'Urbanisme atribueix aquesta competència als municipis. En qualsevol cas, la competència de la Generalitat es limita a garantir que els plans tramitats pels municipis s'ajustin a les determinacions de la Llei i a garantir la necessària coordinació en els aspectes de caràcter supramunicipal.

L'ordenació del litoral, segons la Llei de Costes de l'Estat

Malgrat que l'ordenació de les zones costaneres forma part, globalment, del planejament urbanístic, a Espanya hi ha una llei específica per a protegir la costa. La Constitució de 1978 declara que la Zona Maritimoterrestre és de caràcter de bé comú i propietat pública de l'Estat.

Desenvolupant aquest principi, l’any 1988, es va aprovar l’esmentada Llei de Costes com a llei bàsica per a tot Espanya.

Aquesta Llei estableix que el Domini Maritimoterrestre és competència del Govern central, mentre que el planejament urbanístic de la seva zona d’influència, així com la resta del territori continental, és competència dels governs regionals. A més, d’acord amb la carta magna, reafirma que el mar i la seva riba són patrimoni col·lectiu. Igualment estableix que la propietat pública no prescriu mai: sempre pot ser recuperada. Els seus principals objectius són els de garantir el caràcter públic de la costa, així com l’accés públic, tant longitudinal com transversal, a aquesta; protegir les àrees sensibles prop del mar, i evitar o reduir la implantació d’àrees urbanes a escassa distància del litoral.

Els principals instruments de la Llei de Costes són la definició del Domini Públic Maritimoterrestre i de franges de protecció d’aquest, els terrenys del qual són els territoris costaners fins a on arriben les ones en les majories tempestes; les platges de sorra, les maresmes, estuaris i els rius fins a on són sensibles les marees; els penya-segats sensiblement verticals, fins al límit superior; els molls i els ports, i els terrenys guanyats al mar. Les franges definides per a la protecció del Domini Públic Maritimoterrestre són: (Barragán, 2003)

- Franja de servitud de trànsit: franja de 6 m d’ ample, al llarg de la línia d’ús del Domini Públic, la funció de la qual és garantir l’accés al llarg de la costa. En aquesta franja no és permès cap tipus de nova edificació.
- Franja de servitud de protecció: segona franja de terreny, de 100 m d’ample (inclosos els 6 m de la servitud de trànsit) en les àrees de sòl no desenvolupades urbanísticament (sòl no urbanitzable o sòl urbanitzable no delimitat), i que es redueix a 20 m en sòls urbans consolidats (terrenys que ja tinguessin la condició de sòl urbà en els plans urbanístics quan es va aprovar la Llei de Costes l’any 1988). Hi estan prohibits els edificis residencials, les grans infraestructures de transport i les línies de transport elèctric (en cas d’especial interès públic, s’hi poden admetre infraestructures, si no hi ha alternativa). S’hi permeten usos no menys destructius, com l’agricultura i els camps d’esports.

- Zona d’influència: la Llei defineix aquesta tercera franja, de 500 m d’ample des de la línia marítimoterrestre, i hi estableix limitacions al planejament urbanístic: els plans han d’evitar generar fronts d’edificació compacta i contínua al llarg de la costa, i la densitat d’aquesta àrea no pot ser superior a la mitjana de les àrees de nou desenvolupament en el conjunt del municipi.
- Servitud d’accés al mar: en aquesta darrera zona de servitud la Llei estableix que els plans urbanístics han de preveure els accessos i les àrees d’aparcament necessàries localitzades fora del Domini Públic Marítimoterrestre. En les àrees urbanes de nou desenvolupament, la Llei obliga a preveure un accés transversal a la costa cada 200 m per a vianants i cada 500 m per a vehicles.

Les competències sobre aquests diferents àmbits descrits són atribuïdes de la manera següent:

- El Domini Públic Marítimoterrestre és de competència exclusiva de l’Estat central, exercida mitjançant la Direcció General de Costes del Ministeri de Medi Ambient i les seves demarcacions provincials. Com a norma general no s’hi admet cap ús privatiu fix. En determinades condicions, i sempre que no incideixi negativament en l’ús públic general, l’Estat pot atorgar concessions, per un període màxim de 30 anys, per usos al servei de la platja. També s’hi pota autoritzar, si no hi ha alternativa, la ubicació de serveis i infraestructures i (amb algunes condicions) la construcció de passeigs marítims. Durant el procés de la concessió, s’ha de demanar informe preceptiu (no vinculant) a la Comunitat Autònoma, que en el cas de la Generalitat emet el Servei de Costes del DPTOP. Un cas especial són els usos de temporada al servei de les platges, que s’instal·len durant l’estiu i es retiren durant l’hivern (dutexes, serveis higiènics, punts de venda de menjar i gelats, terrasses, distribució d’àrees per a embarcacions i banyistes, entre d’altres). La distribució i localització d’aquests usos provisionals es concreta en un Pla d’Usos de Temporada que redacta cada municipi. La competència de l’aprovació

d'aquests plans correspon a la Comunitat Autònoma, ja que tenen el caràcter d'ordenació territorial. Un cop aprovada la distribució dels usos, corresponen a l'Estat l'atorgament de concessions temporals per a la gestió dels diversos serveis.

- En la franja de Servitud de Trànsit les possibles autoritzacions per a usos o activitats són també de competència de l'Estat, previ informe de la Comunitat Autònoma.
- Pel que a la franja de Servitud de Protecció, correspon al planejament urbanístic, tramitat pels Ajuntaments i aprovat per la Comunitat Autònoma, determinar quins usos, activitats i edificacions són admissibles en aquesta franja, tenint en compte les limitacions que fixa la Llei de Costes. Durant la tramitació dels instruments urbanístics s'ha de sol·licitar informe preceptiu a l'Estat, que és vinculant només en allò que afecta el Domini Públic i la servitud de trànsit.

A partir del planejament urbanístic, correspon per regla general a l'Ajuntament l'atorgament de llicències per a usos i edificacions (llevat d'alguns casos que es requereix autorització de la Comunitat Autònoma, pel que fa als aspectes urbanístics), però prèviament l'Ajuntament o el propi peticionari han de disposar de l'autorització expressa del Servei de Costes del DPTOP. Aquesta autorització requereix també de l'informe preceptiu de la Direcció General de Costes de l'Estat, que només és vinculant si s'argumenta que l'ús o les obres sol·licitades poden afectar negativament el Domini Públic.

En casos que la sol·licitud s'ubiqui en un terreny inclòs en el Pla d' Espais d'Interès Natural, cal també informe preceptiu del DMAH de la Generalitat.

- En la Zona d'influència i Servitud d'accés al mar l'ordenació d'aquests àmbits correspon al planejament urbanístic, durant la tramitació del qual han d'emetre un informe, la Direcció General de Costes de l'Estat i el Servei de Costes de la Generalitat, per tal de valorar l'adequació de la proposta urbanística a les determinacions de la Llei de Costes.

3.2.- GESTIÓ I PLANIFICACIÓ DE LES ÀREES LITORALS

3.2.1.- ÀMBIT GENERAL

L'àmbit que ha estat objecte del nostre estudi pertany a la zona nord-occidental de la conca mediterrània. És una costa abrupta, envoltada de muntanyes, té 46.000 km de costa i 3.000 km de planes i deltes, com la sahariana i l'Ebre, Nil, Roine o Po. També és una font important de dunes, moltes d'elles afectades per la urbanització o per modificacions del territori. La Mediterrània, a més, alberga 200 illes habitades amb gran riquesa biològica i molta fragilitat.

Aquest litoral pateix un seguit de problemàtiques importants, com són la manca d'aigua, incendis forestals, inundacions, pressió antròpica sobre el territori pel seu ús intensiu i el posterior abandonament i, el creixement urbanístic.

Aquesta ocupació del litoral creix de forma intensiva a la Mediterrània Nord, sobretot a Espanya, França i Itàlia, per l'afluència massiva del turisme. A Catalunya, s'ha estimat que el 13'2% del territori de municipis costaners a la Costa Brava està urbanitzat.

Per aquest fet i per la manca de mesures de protecció proposades per l'Administració competent, han aparegut iniciatives privades per vetllar perquè aquestes mesures es facin efectives. Les més significatives en aquesta matèria són National Trust, Conservatoire du littoral i la Fundació Ecomediterrània.

National Trust

Es va fundar al Regne Unit al 1895 per controlar l'impacte del desenvolupament industrial massiu. Proposava protegir espais naturals, la línia de costa i el patrimoni arquitectònic amenaçat, mitjançant la compra d'espais. Actualment, s'encarrega de 248.000 ha d'espais naturals a la zona d'Anglaterra, més de 200 edificis i jardins d'interès comú i 49 monuments.

És una organització privada sense ànim de lucre, que es garantitza gràcies als seus socis (més de 2,8 milions) i pels seus voluntaris, aproximadament 40.000. A més, disposa d'una llei amb

poder especial, per declarar com inalterables els espais que classifica amb gran valor ecològic o paisatgístic.

Conservatoire du Littoral

És un organisme públic fundat a França l’any 1975. Té una política basada en la conservació definitiva dels espais naturals i paisatges dels aiguamolls de les zones marines i de les riberes dels llacs. Compra els espais amenaçats i dona la gestió a les administracions locals o a altres col·lectius. La majoria dels seus ingressos provenen de l’Estat, de les administracions locals i de la Comissió Europea, tot i que també accepten ajudes voluntàries d’empreses i particulars, a partir de quotes o afiliació. Asseguren la protecció de més de 70.000 ha de 300 espais. Els seus drets també es troben garantits per llei, ja que els seus terrenys disposen d’exempció fiscal i només es poden desclassificar els seus espais per acord adoptat pel Consell d’Estat.

Fundació Ecomediterrània

Es va crear al 1990 per l’amenaça de l’especulació i el creixement econòmic insostenible al litoral. Casos com el de la Costa Brava, Costa Daurada o la Regió Metropolitana de Barcelona van fer que es portés a terme. Proposen la creació d’un Fons Especial per a la Protecció del Litoral.

3.2.2.- EL CAS DE LA COSTA BRAVA

Com hem introduït abans, la costa catalana ha sofert un accelerat procés de degradació. Les dades il·lustren que a la Costa Brava dels 294,4 km del front litoral, 129,9 km estan urbanitzats, 5 km són urbanitzables, 132,8 km estan protegits i 26,7 km és sòl no urbanitzable, segons el DPTOP al 2004.

Es pot observar que pobles com Palafrugell, Tamariu, Llafranc o Calella han experimentat actuacions constructives a tota la primera línia de costa. Palamós, Calonge, Castell-Platja d'Aro i St. Feliu de Guíxols són un continu d'edificacions i de zones amb processos urbanístics. Tossa de Mar, Lloret i Blanes han colonitzat pràcticament la seva franja litoral. El Massís de Cadiretes, la zona del Golfet i l'àrea del Castell son les úniques zones on hi trobem encara una franja prou significativa de penya-segats i pinedes en bon estat de conservació.

A aquesta primera descripció breu, hem de comentar que la primera i segona línia de mar es troben grans aflüències de construccions lligades al lleure i a les segones residències, juntament amb xarxes d'accessos, com l'Anella de les Gavarres. Aquesta via té una Intensitat Mitjana Diària arriba de 20.000 vehicles/dia a Calonge i a Palafrugell fins i tot als 50.000 vehicles/dia, xifres gaire menyspreables. Tal com es va dir a DBC (2004) l'autèntic paradigma de zona d'accés en un estat important de degradació és la Vall d'Aro, perquè “és una àrea on la concentració urbanística i d'infraestructures ha assolit densitats capaces de desfigurar per complet la seva realitat paisatgística, així com de reduir al mínim les possibilitats naturals d'enllaç biològic entre els massissos de les Gavarres i de Cadiretes”. Aquesta problemàtica s'ha vist encara més agreujada després de la recent remodelació dels accessos viaris de la costa d'Alou.

A més de la transformació del territori a causa de la urbanització massiva, cal afegir també la degradació d'ecosistemes litorals de dunes i maresmes (Badia de Palamós, desembocadura del Ridaura, platja de St. Pol, platja de St.Feliu i Lloret), la creació d'enormes complexos residencials per a la pràctica del golf, incendis forestals deguts a l'abandonament de les activitats tradicionals, risc d'inundacions associat a l'ocupació de zones inundables, el risc d'erosió i desertificació com a conseqüència del foc o l'accés motoritzat al medi natural sense control, impactes derivats de la

nàutica esportiva, ús d'estris per pesca d'arrossegament, construcció de nous ports esportius i augment del tamany dels espigons, provocant així un canvi en la dinàmica de les platges i al litoral en conjunt.

Davant d'aquest conjunt d'amenaques, des de fa temps s'està intentant conservar algunes d'aquestes zones, on podem esmentar les següents:

- Regional Planning (1932) que definia 18 Parcs Nacionals. A l'àmbit de la Costa Brava definia dos: el Puig de Cadiretes i l'espai comprès entre el límit meridional de la platja de Pals i les rodalies de Palamós.
- Llibre Blanc de la Gestió de la Natura als Països Catalans (1976) que proposava la protecció de les Gavarres i la Marina Brava del Baix Empordà i la Selva.
- ICONA, delimitava espais d'interès preferent com les Gavarres, Pedralta i un tram comprès entre el sud el terme de St. Feliu de Guíxols fins a Lloret de Mar.
- La llista d'espais d'especial interès natural de la Comissió d'Urbanisme de Catalunya (1980) i la Llei 12/1981 de 24 de setembre. Incloïa les Gavarres i el Massís de Cadiretes, per ser territoris totalment o parcialment inclosos a espais d'especial interès natural.
- Pla de ports esportius (1983). Redactat pel DPTOP, volia aprofitar al màxim les possibilitats d'aquest sector, respectant el medi natural costaner, plantejant cinc graus de protecció.
- PEIN (1992), aprovat pel Decret 328/1992 que donava compliment a la Llei 12/1985 d'espais naturals. Els espais inclosos dins l'àrea d'estudi foren les Gavarres, les Muntanyes de Begur i el Massís de Cadiretes. A les zones considerades PEIN inicialment, s'ha d'afegir la platja de Castell, incorporada anys més tard, i un major nombre d'ha. fruit de les ampliacions o delimitacions més acurades. Així actualment tenim definits els següents espais dins del Pla: Les Gavarres amb 28.547 ha terrestres, les Muntanyes de Begur amb 561, 5 ha terrestres i 842,5 ha marines, Castell-Cap Roig amb 431,5 ha terrestres i 728,5 ha marines i el Massís de Cadiretes amb 7.573 ha terrestres i 979 ha marines. A més, a les Gavarres hi ha l'establiment d'un Consorci.

A banda d'aquestes actuacions cal fer esment també a altres de caire més regional o sectorial, per exemple La Carta de Tossa, El Catàleg d'Espais d'Interès Natural i Paisatgístic del litoral Gironí, El Pla Estratègic del Massís de l'Ardenya-Cadiretes, els tres Debats Costa Brava (1976, 1989 i 2004) o el Decret 328/1988 de protecció d'aqüífers de la fossa de Palafrugell, Aubi i Calonge, i de l'aqüífer del Ridaura, entre d'altres.

En el conjunt d'apartats s'ha intentat establir de forma sintètica l'estat sobre la legislació i les problemàtiques ambientals de la Costa Brava, així com les diverses actuacions fetes fins al moment per tal de paliar-ne els efectes. Al següent capítol quedarà demostrat que el principal problema ambiental és la massiva urbanització.

La resposta a aquesta problemàtica hauria d'estar encaminada a la gestió integral de les àrees afectades, per superar la fragmentació territorial administrativa. Hauria de trencar les limitacions de la planificació sectorial i que impliqués a les poblacions locals en la protecció de recursos naturals i millora de la qualitat ambiental. S'hauria d'arribar fins a les àrees d'influència litoral, perquè no s'acaben a primera línia de costa. Aquesta àrea passa per ser la conca hidrogràfica completa i els estudis previs a aquestes actuacions de manera multidisciplinària. Per això, en el nostre projecte hem delimitat la conca hidrogràfica de la Riera de Calonge.

3.2.3.- LA IMPORTÀNCIA DE LA CONSIDERACIÓ DELS FACTORS GEOLÒGICS

Un dels objectius fonamentals de la ordenació territorial és la de permetre que el creixement d'una àrea concreta es realitzi de forma harmònica tot garantint l'existència d'equipaments i serveis suficients per assolir una mínima qualitat de vida i el desenvolupament de les diferents activitats econòmiques. La gran quantitat de variables que intervenen fan d'aquesta disciplina, un camp complex on es barregen conceptes d'economia, sociologia o legislació, de les característiques del medi natural i, concretament, les geològiques, per definir les usos que ha de tenir cada indret del territori.

Aquesta ordenació de territori neix com a conseqüència de la forta expansió urbanística que s'ha generat a les darreres dècades en la major part dels països industrialitzats. El creixement urbà

ha fet que es transformi el territori, en el context físic de manera indiscriminada i ha modificat les relacions econòmiques i socials preexistents. A determinades zones fins i tot, ha generat una pèrdua de qualitat dels punts relacionats que hem esmentat anteriorment.

El creixement sense ordenació territorial concreta i adequada per al nucli que vol expandir-se provoca a curt o llarg termini desordres d’importància econòmica, ja que sovint s’obliden les característiques del medi i aquest pot ocasionar inundacions, assentament d’estructures, pujades del nivell freàtic, entre d’altres. També pot provocar desequilibris territorials, tot enfrontant les activitats primàries amb les derivades de l’activitat urbana i industrial, com és el permanent conflicte d’usos en una mateixa àrea.

En els darrers anys, s’ha pogut observar un interès en la incorporació dels factors geològics com a elements a considerar dins d’una planificació integral del territori, perquè són elements d’ajuda per a la visió integral del territori i intenten adaptar una sèrie de coneixements sobre la realitat del medi físic en una regió, influint en el creixement i el desenvolupament normal de les activitats humanes.

Es tracta d’un fet positiu, ja que no sols mostra els riscos que poden tenir per a determinades actuacions, sinó també l’existència de recursos o condicions constructives favorables.

4.- SITUACIÓ I ÚS DE L'ÀREA D'ESTUDI

4.1.- SISTEMA CONCA HIDROGRÀFICA COM A UNITAT TERRITORIAL-AMBIENTAL D'ESTUDI I GESTIÓ

La **conca hidrogràfica** actua com un sistema natural obert, i depèn de diferents factors interrelacionats. Aquests factors són els que regulen la dinàmica i morfologia de la llera, per tant, l'alteració d'un d'aquests factors fa que tot el sistema es vegi afectat. Alguns paràmetres que es podrien modificar serien: variació del règim pluviomètric, aportacions de sediments al lòctons, canvi d'ús del sòl, modificant els paràmetres hidràulics excavant la llera. Aquesta modificació es produirà per tal d'arribar novament a l'equilibri.

Les característiques biogeofísiques d'una conca tendeixen a formar sistemes hidrològics i ecològics coherents, per tant, les conques hidrogràfiques s'haurien de fer servir com a unitats per a la planificació del desenvolupament. La planificació territorial en conques es porta a terme des de fa dècades, però sempre relacionada amb l'aprofitament de recursos hidràulics. La planificació de les conques hidrogràfiques va començar per tractar una problemàtica específica com són les inundacions o l'abastament d'aigua per a consum humà. Més tard, es va dur a terme un enfocament en el que es va dividir el total de l'aigua disponible entre varis usos. En aquest últim punt sobre els diversos usos de l'aigua li sorgeixen conflictes que fan que aquesta planificació sigui qüestionable. En certa mesura, la planificació integrada de conques hidrogràfiques fou la resposta d'aquest problema ja que tracta de coordinar i desenvolupar harmònicament els usos de l'aigua d'una conca mentre es tenen en compte altres processos de desenvolupament dins i fora d'aquesta. La idea de planificació integral d'una conca és una extensió de la planificació integrada i va més enllà del recurs hídic específic per incloure-hi la major part dels altres recursos, així com molts altres aspectes de planificació socioeconòmica o regional.

4.1.1.- HIDROGRAFIA

La xarxa hidrogràfica es divideix en tres conques:

1) **Conca Central**, formada pel cinturó de muntanyes que caracteritza la principal estructura geogràfica calongina, comprenent la riera de Cabanyes i la de la Ganga, les quals s'ajunten a l'illa i donen lloc a la riera de Calonge, i el rec Madral.

2) **Conca Dreta**, amb la riera Aubi, entre la serra de Sant Daniel i la fossa de Palafrugell, i

3) **Conca Esquerra**, que és el desguàs de la part marítima de la serra dels Vilars pels recs del barri del Treumal.

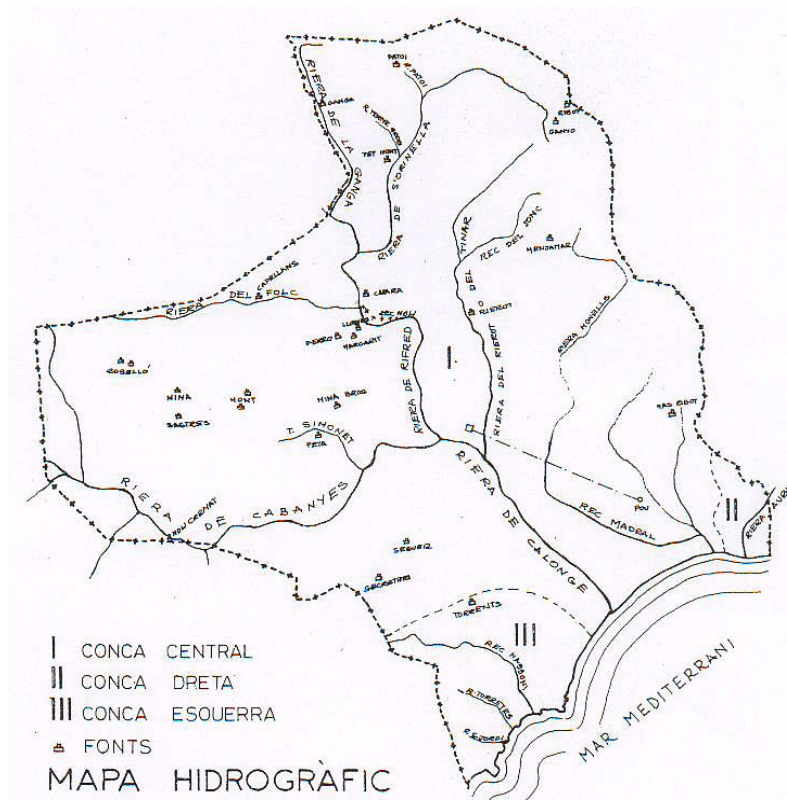


fig.1.- Mapa hidrogràfic de la conca facilitat per l'Ajuntament de Calonge

Conca Central, - El corrent principal és el format per les esmentades rieres de la Ganga i Cabanyes que, ajuntant-se, donen lloc a la riera de Calonge.

La riera de Cabanyes o dels Molins, d'uns 6 Km de curs (dintre del terme de Calonge), neix en territori de Romanyà de la Selva, prop de can Cases. De curs força pla, li tributen per la dreta, la riera de Romanyà que prové dels fondals de can Riera; més avall i per l'esquerra, frec al Molí Mesamunt, la de Ruàs, que neix i corre per aquell massís i vall.

Segueix ondulant discretament per la vall dels Molins, recollint l'aigua de Vallvenera i de la depressió de Fenals de Munt, per la riera del Mas del Monjo; pren la direcció nord-est a l'arribar a Cabanyes on rep, per l'esquerra, el torrent d'en Simonet, torrent resultat d'uns reguerols que baixen de can Mont amb molta pendent, i per la dreta els recs dels Vilars, que provenen de més amunt de can Pere Pla. De curs gairebé pla i vorejant els camps de conreu, es mor finalment en el Desembocadora, ajuntant-se amb la riera de Rifred o de la Ganga. Recull les aigües de la vessant oriental de les muntanyes de Romanyà, Vallvenera, Fenals de Munt i les occidentals de Ruàs i Castell Barri, així com les de la Roqueda i bona part dels Vilars.

Temps enrera, quan plovia amb més intensitat, el seu cabal, sempre més considerable que el de la Ganga, servia per a fer moure cinc molins fariners, actualment fora de servei, però encara resten les seves rescloses i els malmesos recs. Avui les seves aigües no tenen quasi cap utilitat. La fauna és la mateixa que la de Rifred, potser una mica més abundant així com la flora, representada pels verns, pollanques, oms, àlbers i altres espècies riberenques.

Un cop les dues rieres descrites s'ajunten, donen lloc a la riera de Calonge, la qual, dibuixant un gran arc quan passa per l'Eixample, rep per l'esquerra el seu únic tributari important, el Rierot o riera del Tinar. Aquest corrent fluvial d'uns 6 Km de curs, neix entre el Jonc i la Cendrosa, desguassant-li riera del Jonc per l'esquerra i alguns recs de poca importància per la dreta, passant pel Tinar, camp de la Llebre i Eixample i desaigua vora l'escorxador ; recull les aigües del massís del Jonc i del Puig de Calonge. Un cop la riera de Calonge ha rebut el Rierot, travessa el terme entre el Pla i els Vinyers, en un recorregut d'uns 2 Km, desemboca en el Mediterrani al mig de la badia de Sant Antoni. La seva longitud total és d'uns 2 Km i mig d'una amplada considerable degut a les seves crescudes periòdiques que s'emporten les terres riberenques Això s'explica per ser un corrent de característiques torrentívoles, o sia que el seu cabal és considerable sols quan plou amb intensitat. Les crescudes de 1948 i 1951, malmenaren

inclús part de la carretera de la Bisbal i s'emportaren terres de conreu d'ambdós costats. Aquesta zona baixa de curs fluvial es caracteritza per la sedimentació de sorra i grava.

Conca Dreta. La riera Aubi o Nova que prové de l'antic terme de Vila-romà, entra al terme de Calonge sota el Collet. És un desviament modern de dita riera, puix en el temps de pluges considerables ocasionava inundacions a Palamós. El curs calongí és d'uns 300 m recull l'aigua de l'esmentat Collet i desguassa frec el promontori de Cabrera, a la platja des Monestri. A totes dues riberes s'hi han construït murs de contenció.

Conca Esquerra. En la part de Treumal cal senyalar tres corrents de relativa importància: la riera de Calella o rec de can Massoni que neix al Clot de la Dona Morta i desemboca a la platja de can Cristo; el rec de les Torretes, que desaigua a la Platja del mateix nom i el rec de Treumal o de Sant Jordi, que tributa a pocs m del segon. Són accidentats i de petit curs, recollint les aigües de les muntanyes de l'anomenat barri de Treumal.

4.2.- MARC TERRITORIAL

4.2.1.- LÍMITS I EXTENSIÓ

El territori de Calonge pertany a la comarca del Baix Empordà, està situat entre la latitud 41° 50'34" i la longitud 6°49'0" Est del Meridià de Greenwich.

Té la forma d'hexàgon irregular, els costats del qual són muntanyes, menys pel SO que és pla i està delimitat per la mar.

Limita al Nord amb el terme municipal de Palamós; al Sud amb el de Castell d'Aro i el mar Mediterrani; a l'Est amb l'antic municipi de Vilaromà i la Mediterrània, i a l'Oest amb els de Santa Cristina d'Aro. En els punts Sud i Sud-oest llinda amb la comarca de la Selva i és la porta d'entrada del Baix Empordà.

El contorn es dibuixa de la següent manera: començant pel Coll de la Ganga seguint pel cim de la carena, s'arriba a la masia de can Ribot de Fitor, que el terme parteix per la meitat. Trenca llavors cap el Sud-oest, corona el massís del Jonc i descendeix fins trobar el què era abans el municipi de Sant Joan de Palamós, amb el qual llinda per darrera can Baraca i can Radó; allí un rec fa la partió fins el seu desguàs a l'Aubi. Travessa aquesta riera i a can Buixó s'ajunta amb el de Palamós partint un carrer i arribant al mar. El litoral forma dues parts ben definides, la llisa i la trencada. Al final de la costa de Calonge, a la platja de Belladona, s'enllaça amb el municipi de Castell d'Aro a poques passes de la vella caserna de la Guàrdia Civil de Costa, seguint un rec, ara eliminat pe un camí de circumval·lació, munta en pla inclinat per la carena i amunt per la serra dels Vilars, travessa també el mas Ros en dues meitats, segueix per nord de can Rusquets, encimella la Roqueda i davalla vers el mas del Monjo, prop de la riera dels Molins. Puja després en direcció a Vallvenera on empalma amb el terme de Santa Cristina d'Aro; torna a descendir pel mas Terrades, prop del pont Rodó, puja la cresta muntanyenca aconseguint el de Cruïlles per darrera al mas Artigues i fondalant per la riera del Folc, s'enlaira per can Perefeliu fins al bac del mas Blanquet; descendeix cap els Rielancs i s'enfila per la pendent paral·lela a la riera de la Ganga fins al Coll.

4.2.2.- GEOLOGIA

El territori de Calonge ofereix el següent aspecte geològic. Del Paleozoic, en la que abunden les roques metamòrfiques i intrusives, n'és el conjunt muntanyenc del Jonc que, des de la vall de les Fonts, segueix fins a la Ganga, per a continuar pel puig del Verdaguer i mas Blanquet, deixant la part més elevada del Puig Cargol i la Cendrosa, la vall de s'Orinella, serralada de Fitor i els darreres del ja esmentat mas Blanquet.

La immensa majoria del terme la comprèn la formada pels terrenys granítics i granodiorítics a més d'altres roques plutòniques, ocupant Treumal, la serra dels Vilars, massís de la Creu i Ruàs, el puig de Calonge, la serra de Sant Daniel fins a les Fonts i el puig isolat de Pla anomenat de les Aixades, així com una faixa en el Coll de la Ganga.

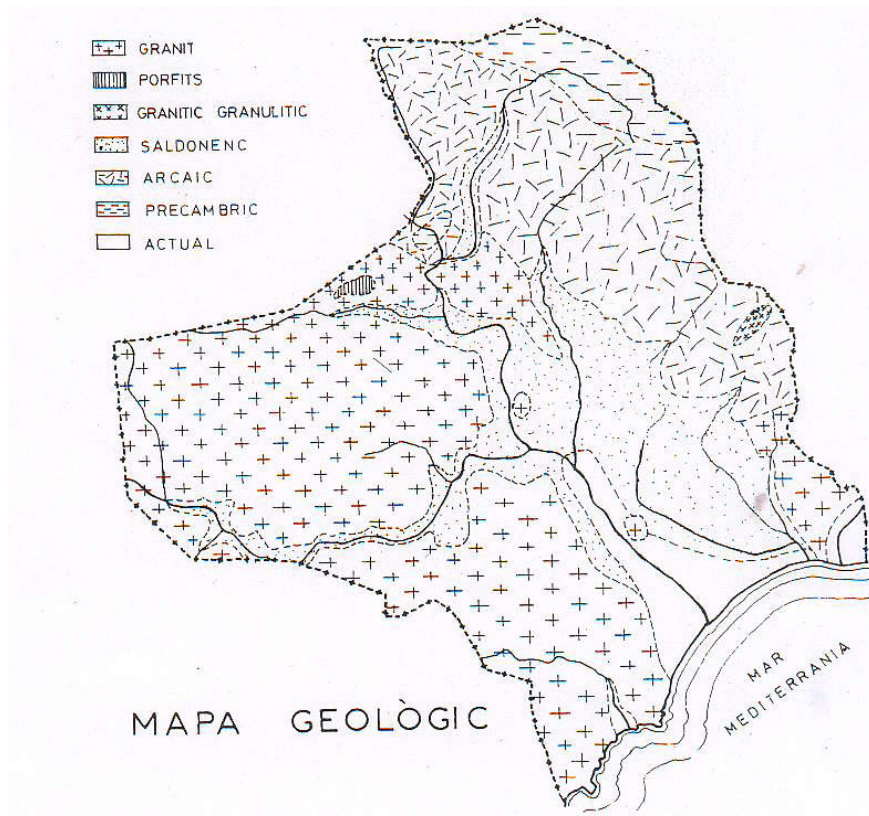


fig.2.-Mapa geològic facilitat per l'Ajuntament de Calonge

En la part oest del mas Blanquet hi ha pòrfirs. I en la resta les terres són d'origen quaternari, com els llims fluvials o rierencs que s'estenen pel Pla, Tinar, Vinyers, Vall dels Molins, Bittler, Sant Nazari, Avellaneda i la conca de la riera de s'Orinella; el quaternari actual forma els terrenys des Monestri, platges de Treumal, Sant Antoni i tota la conca baixa de la riera de Calonge.

Els agents geològics, constantment lentament, canvien la configuració i la fisonomia d'una localitat, comarca, nació o continent. Nogensmenys a Calonge actuen en totes les seves manifestacions. Així els vents (tramuntana, garbí, llevant), han portat a terme, ajudats pel mar, l'acumulació d'arenes a la platja des Monestri i han erosionat, també a mercès de la pluja i la humitat, roques per muntanya i per la costa, formant figures capricioses (Roca del Paller, Roca Basculant de can Mont), àdhuc en les construccions i vegetals.

Les aigües salvatges o de pluja, originen el despreniment de terres i l'acumulació de materials vers les rieres i reguerols, fent a vegades uns capriciosos dibuixos en llocs principalment calcaris i argilosos, com són i es poden veure, prop del mas Deumenjó, a la carretera de la Ganga.

Les rieres calongines efectuen treballs d'erosió transport i sedimentació per tot el seu curs. Tenim exemples en les de Rifred i Cabanyes en els dos primers i en la de Calonge en el tercer.

Les aigües subterrànies abunden en el Pla i s'empren per a regar els camps de conreu i pel subministrament de la població.

4.2.3.- EL RELLEU

Aproximadament el terme calongí consta de tres quartes parts de muntanya, ocupada majoritàriament per boscos, poques terres de conreu i algunes urbanitzacions.

Les seves serres pertanyen al nucli orogràfic més important del Baix Empordà: les Gavarres. Tot el cinturó muntanyenc calongí és part integrant de les anomenades Gavarres Orientals i l'estudiarem de la següent manera:

I) **Serralada del Nord-Est.** és la barrera natural dels termes de Calonge i Vilaromà i està formada per la carena de Sant Daniel i el massís del Jonc, separats per la vall de Coma de les Fonts.

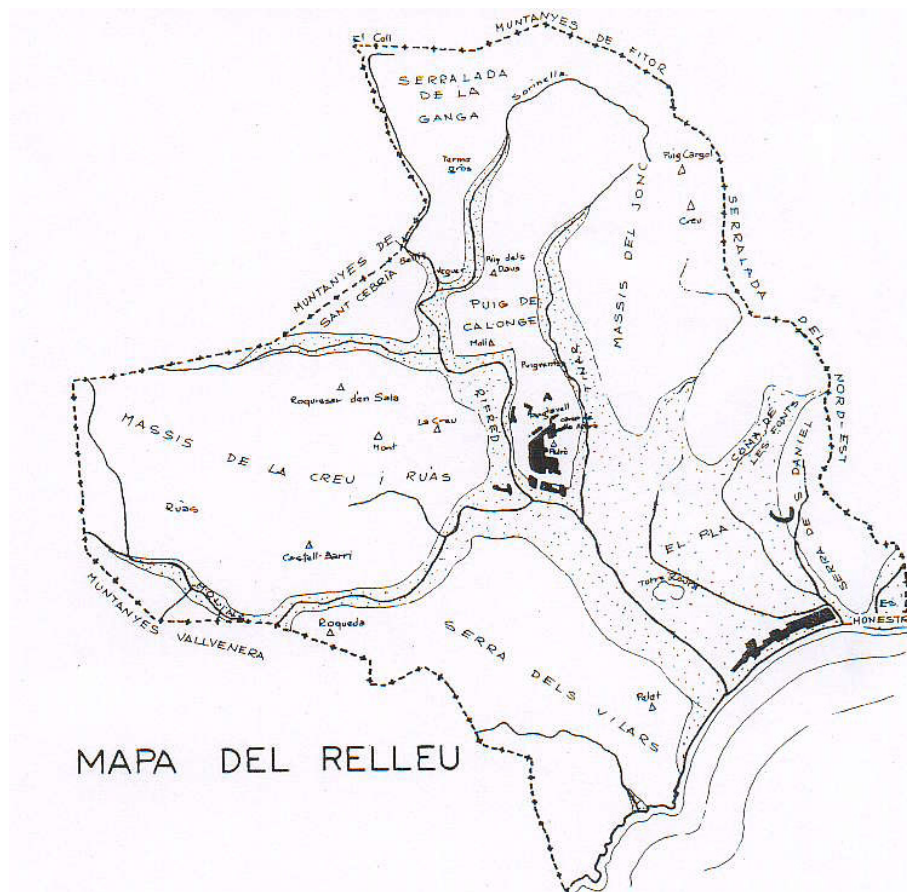


fig.4.- Mapa del relleu facilitat per l'Ajuntament de Calonge

S'inicia a la costa, en el promontori de Cabrera que separa les platges des Monestri i Sant Antoni, continua pel Collet de Santa Maria del Mar, travessat per la moderna carretera de Santa Coloma de Farners a Palamós i segueix per sobre l'antic monestir, eixamplant-se. Aquest puig està poblat per pins de llei, els quals desapareixen al trobar el trencament de l'antiga carretera de Calonge a Palamós. D'aquí comença la vertadera carena que pren la forma ortogonal fins arribar a la vall de Coma de les Fonts; La vegetació està formada per pins i sureres. Els punts culminants són el Puig ses Forques, el Macaia (93 m), Puig Cabrer (102 m), Bruixa (116 m), Balitrà (120 m) i la serra de Can Radó (160 m), origen del Rec Madral que pren allí el nom de rec de can Monells. Són muntanyes granítiques poc accidentades.

A la vall de Coma de les Fonts comença el massís del Jonc, el més important de Calonge, completament desproveït de rocam degut a la seva composició geològica ja esmentada. S'orienta paral·lelament al Pla en direcció N E., finant en la vall de s'Orinella i empeltant-se amb Les muntanyes de Fitor. Les prominències principals són: la Creu del Jonc (345 m), el Puig Cargol (359 m) que és el pic més alt del municipi i des d'on es contempla una gran panoràmica, la Cendrosa (340 m) i alguns altres de poc menys altura. Els pins i el suros formen els boscos de pendent pronunciada i llisa.

2) Serralada de la Ganga.- Comença a les muntanyes de Fitor i està separada del massís del Jonc, per la suara esmentada vall de s'Orinella. Comprèn el Terme Gros i la Ganga pròpiament dita, d'uns 300 m altitud. La riera de la Ganga o Rifred La divideix de les muntanyes de Sant Cebrià i la riera de s'Orinella, del puig de Calonge. Des del Coll de la Ganga (200 m), situat en la part de tramuntana, va perdent gradualment altura fins al Puig del Veger (140 m). davallant a l'aiguabarreig de les rieres de la Ganga i s'Orinella. Les característiques geològiques i botàniques són les mateixes que les de la Serralada del Nord Est. Anguileja, aprofitant les corbes de nivell, la carretera de Calonge a la Bisbal, culminant en el Coll de la Ganga.

3) Massís de la Creu i Ruàs. - Pren forma a la vall del Folc, on la riera homònima el separa de les muntanyes de Sant Cebrià. El seu perímetre és un gran quadrilàter irregular. Limitat per la vall dels Molins, el pla de Cabanyes i les serres de Romanyà de la Selva. Té per vèrtexs els cims de la Creu del Castellar (206 m), Castell Barri (277 m) i Roquissar d'en Sala (298 m), en els punts

oriental, sud i nord, respectivament. En la part de ponent va davallant formant una planella que va perdent elevació a mesura que s'apropa a la serra de Sant Cebrià, quan aquesta s'ajunta amb la de Romanyà.

Terreny granític per excel·lència ofereix cingles de més de trenta metres de profunditat, tals com els de Castell Barri, Torrent d'en Simonet i Roquissar d'en Sala. Està materialment cobert de roques de grans proporcions, entre les quals citarem la Bacunal, Roca de les Pilotes, Roca Negra, Gat Vaire, Figuera Borda, Roca del Duc i moltes més en tot el massís.

És muntanya rica en fonts i està poblada principalment per boscos de sureres.

4) Serra dels Vilars. També anomenada d'en Bou, és límit de separació entre Calonge i Castell d'Aro. S'inicia a la vall dels Molins, elevant-se per la Roqueda (162 m) seguint per Sant Marc on en deriven estreps que prenen la direcció nord en pla inclinat en sentit descendent. Des d'aquí la serra va perdent gradualment altura seguint la direcció sud-est, que és la carena principal, trobant el puig de Roca Criadora, Treumal, Ronquillo, Puig Palet (145 m) i Turó d'en Cama (100m) i, eixamplant-se per ran de la costa, dona lloc als puigs de Sant Jordi, de les Torretes i del Putget de la Cadira. Aquesta part orogràfica forma el litoral trencat de la costa calongina, ja descrit en el capítol anterior. Per la part oriental davalla vers la riera de Calonge, en la contrada anomenada els Vinyers. Té semblants característiques amb el massís de la Creu, principalment en els sectors de la Roqueda i Puig Palet, per la seva naturalesa rocosa; en altres la muntanya no és tan accidentada i la flora està representada pels suros i els pins.

5) Puig de Calonge. - Separat de la Cendrosa per una falla geològica, pren la direcció nord-sud, comprènent el Puig dels Daus (120m) i el Puigventós (50 m), d'on en surten dues branques; una segueix la mateixa direcció cap al Puigtavell (40 m), Pedró (65 m) i Vila (36 m), quasi totalment edificada, i d'altra, adreçada ponent, tira per l'Avellaneda i el puig del Molí de Vent, coberta de boscos de suros i on està ubicada la urbanització Mas Pere.

De naturalesa granítica, no és gaire accidental.

6) Altres serres. - El terme de Calonge també s'endinsa per les muntanyes de Sant Cebrià, Vallvenera i Fitor , amb les principals característiques de les serres indígenes.

7) Valls i planes. - Aquestes muntanyes descrites inclouen les següents planes i valls.

Entre les primeres cal citar el Pla extensa superfície de terreny, tal com el seu nom indica, limitada per la mar, la serralada del Nord-Est, el Puig de Calonge. En mig del Pla s'alcen dos turons de naturalesa granítica: la Torre Roure o Puig de les Aixades i el Puig Sapera. Tot el demás és horitzontal, presentant unes lleugeres ondulacions en el sector Federal-Brugueres.

Altres de menys importància són les des Monestri, entre el Collet de Santa Maria del Mar i Palamós; la de Bitller, entre el puig de Calonge i la riera de Rifred; la del Camp de la Llebre, i la de Cabanyes, entre el massís de la Creu i la riera dels Molins.

Les valls són: la de Coma de les Fonts, entre el Jonc i la serra de Sant Daniel; la del Tinar, entre et mateix Jonc i el puig de Calonge; la de s'Orinella, una de les més estretes, fresques i ufanoses, entre la Cendrosa i les muntanyes de Fitor; la de Rifred, entre la Creu i el puig de Calonge; la de la Ganga, entre les muntanyes de Sant Cebrià i la pendent de la Ganga –Terme Gros, i la dels Molins, la més extensa de totes, situada entre el massís de Ruàs, la Roqueda, Vallvenera, Romanyà i Castell Barri, la qual encaixa la riera de Cabanyes o dels Molins, donant vida a una contrada que pot considerar-se com un parc natural, tenint en compte la seva botànica que dóna una peculiaritat de mitja muntanya al paisatge, malgrat estar sols a uns quatre quilòmetres del litoral.

De menys importància, cal citar la de Belliu, entre el Puig del Veguer i les muntanyes de Sant Cebrià, i la del Folc, molt estreta, de mala petja, entre el Roquissar d'en Sala i la serra de Sant Cebrià.

4.2.4.- EL CLIMA

Calonge gaudeix d'un clima típicament mediterrani; no fa extremadament fred ni calor, és doncs, moderat. Refresca a l'hivern la temperatura la tramuntana, vent fred i impetuós que ve del Pirineu i porta les fredolades dels seus cims nevats, encara que estant el terme cinturats de muntanyes, arriba força domat comparat amb la resta de l'Empordà. El garbí és més constant i principalment en la zona marítima amb àrea màxima que arriba a la Torre Roura, o sia a mig Pla.

Calonge és un municipi sec. El feble règim de pluges es dona generalment durant els mesos de tardor i algunes vegades per la primavera; a l'estiu quasi és nul. Es recullen durant l'any uns 300 litres per metre quadrat. Hom creu que l'amfiteatre de muntanyes que volten la vall, dificulta el pas de les nuvolades, però això no deixa de ser una afirmació poc fonamentada.

Malgrat tot cal esmentar algunes inundacions que s'han produït contemporàniament produïdes per intenses pluges com van ser les ja citades de 1948,1951 i les de 1955, 1956 i 1964 ocasionant les dues primeres un parell de víctimes i negar bona part del Pla.

La neu es sol donar cada dos anys regularment com mes va és més rara: sol quallar a partir dels 300 m. Es presenta pels mesos de desembre, gener i febrer. A les darreries del segle passat es produí una grossa nevada que tingué una segona edició pel gener de 1947; a capa de neu, en alguns llocs, tenia una alçada de 3 m i va durar un mes. Una nevada de consideració tingué lloc el 1963.

Poques vegades pedrega. Però per a prevenir-ho s'ha establert un servei molt ben muntat i efectiu d'estacions llançacoets en tots els punts estratègics del Pla i de la muntanya. L'eficàcia d'aquests coets ha estat molt discutida afirmant alguns que tals artefactes no poden arribar allí on es forma la tempesta per ésser a molta altitud i no anar graduats. Sembla, però que això a la pràctica li resta fonament, ja que cada vegada que el grop portador de pedra ha amenaçat la collita, els coets llençats a temps s'han encarregat de desfer-lo. La gent gran recorda una tremenda pedregada que tingué lloc per la diada de sant Pere el 1915, la qual destrossà totes les vinyes i calgué podar-les en ple estiu.

4.3.- EVOLUCIÓ DEL NUCLI URBÀ

El fenomen d'inundacions presenta una major risc degut a l'activitat humana. Algunes d'aquestes activitats que poden agreujar els efectes de les inundacions són les següents:

- El fet d'asfaltar cada vegada més superfícies impermeabilitza el sòl, la qual cosa impedeix que l'aigua s'infiltri al sòl i facilita que les aigües arribin ràpidament als llits dels rius.
- La tala de boscos i els conreus que despullen al sòl de la seva cobertura vegetal i faciliten l'erosió, i això fa que arribin als rius grans quantitats de materials en suspensió que agreugen els efectes de la inundació.
- Les canalitzacions solucionen els problemes d'inundacions en alguns trams del riu però els agreugen en uns altres als quals l'aigua arriba molt més ràpidament.
- L'ocupació dels llits per construccions redueix la secció útil per evacuar l'aigua i redueix la capacitat de la plana d'inundació del riu. La conseqüència és que les aigües pugen a un nivell més alt i arriba una major quantitat d'aigua als següents trams del riu, perquè no ha pogut ser embassada per la plana d'inundació provocant majors desbordaments. Per altre banda el risc de perdre la vida i de mals personals és molt alt en les persones que viuen en aquests llocs.

A continuació s'explica com a evolucionat el nucli urbà de Calonge mitjançant la superposició de 3 fotografies aèries corresponents als anys 1956, 1969 i 1991.

La metodologia emprada per poder observar l'evolució del nucli ha estat la següent:

- 1) mitjançant les fotos aèries hem fet la taca urbana de cada un dels anys sobre paper vegetal.
- 2) superposició de cada paper vegetal corresponent a diferents períodes sobre un ortofotomapa actual.

A la fotografia aèria de l’any 1956 es pot observar que la major part de l’àrea d’estudi està ocupada per superfície agrícola i forestal reduint-se el nucli urbà de Sant Antoni de Calonge al que és primera línia de costa i més amunt de la riera un petit nucli urbà que correspon al municipi de Calonge.

És important esmentar que la llera de la riera de Calonge i les seves proximitats no es troben edificades. Aquestes zones properes al riu i el que es considera plana d’inundació estan ocupades per camps de conreu que permeten una bona infiltració de l’aigua en cas de moltes precipitacions.

L’any 1969 correspon a l’època del boom turístic en que els municipis costaners comencen a créixer econòmicament gràcies al turisme. Això va comportar que el nucli comencés a expandir-se de forma descontrolada amb la creació de noves urbanitzacions i construccions a la llera del riu sense realitzar-se cap estudi previ pel que fa a temes d’inundacions.

Una de les urbanitzacions que es va crear va ser la de Torre Colomera situada al nord-est de Sant Antoni de Calonge. Aquesta nova urbanització no era problemàtica en temes d’inundacions ja que no pertanyia a la plana d’inundació.

Pel que fa als nuclis de Sant Antoni i Calonge no van patir gaires modificacions, el que si es va començar a construir va ser zones de la llera del riu que van començar a impermeabilitzar els materials per on s’infiltrava l’aigua.

L’any 1991 el panorama va canviar radicalment. Aquest canvi es pot observar gràcies a l’aparició de nombroses urbanitzacions i càmpings. Pel que fa als nuclis urbans han evolucionat de manera més moderada. Trobem aquestes urbanitzacions disperses i molt properes unes a les altres. Moltes d’elles no tenen perill d’inundació perquè es troben sobreelevades. Altres en canvi, es troben en la plana d’inundació com per exemple la urbanització Mas Vilar que va quedar inundada durant l’avinguda del 13 d’Octubre.

A banda d’aquestes urbanitzacions que es troben a la plana d’inundació, hem de fer un anàlisi d’aquelles urbanitzacions que es troben situades sobre materials permeables que són zones de recarrega de l’aqüífer o aquelles que es troben sobre cons de dejecció.

Les urbanitzacions que es troben en terrenys permeables són les que es troben a la plana d’inundació on els materials són roques sedimentàries. La construcció en aquestes àrees ha provocat la impermeabilització de la zona agreujant el risc d’inundació.

Un punt important a considerar és la implantació d’urbanitzacions a les zones properes als cons de dejecció que hi ha situats al nord-est de Calonge. Un exemple seria la urbanització “El Mas Pere” que es troba dins del cons de dejecció que hi ha al Puig Cargol i Puig de la Cendrosa. Actualment aquests cons de dejecció són inactius.

Un altre aspecte a destacar, és que a la plana d’inundació trobem diverses urbanitzacions, a part del nucli de Sant Antoni de Calonge, com són: el Mas Felet, La Pineda, el Mas Vila i totes aquelles construccions que es localitzen prop de la llera de la Riera de Calonge.

A continuació es mostren 3 imatges que reflecteixen aquest procés d’urbanització prop de la llera:



foto 6: Urb. Vescomtat de Cabanes



foto 7 Urb. Vescomtat de Cabanes



foto 8: Zona urbana de Calonge

Tot seguit es mostra l’evolució del nucli urbà mitjançant la superposició de les taques urbanes dels diferents anys sobre un ortofotomapa actual:

ANY 1956

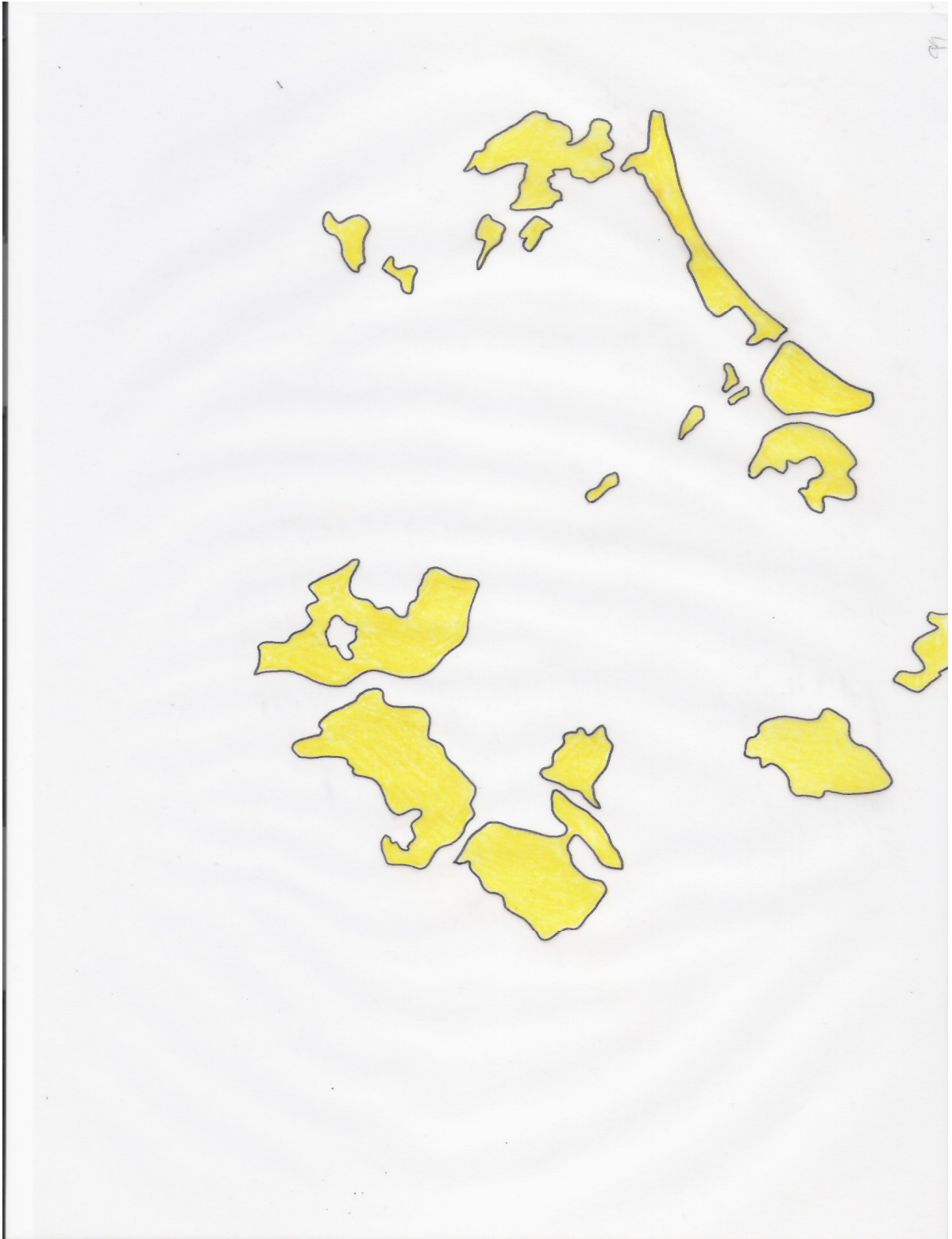


ANY 1969

47



ANY 1991



ANY 2000



ORTOFOTOMAPA ACTUAL



5.- DIAGNOSI DE LES CARACTERÍSTIQUES QUE INFLUEIXEN EN ELS EPISODIS D’INUNDACIÓ

5.1.- ANÀLISI DEL RISC

El risc per inundació és funció del nombre de possibles víctimes i/o danys materials que es poden produir com a conseqüència d’una inundació.

L’objectiu de l’anàlisi del risc d’inundació és classificar les zones inundables en funció dels danys i de les afectacions que es puguin produir com a conseqüència de les inundacions, a fi de poder preveure els diversos escenaris i les estratègies d’intervenció en cas d’emergència.

En l’anàlisi del risc d’inundació es considera la població potencialment afectada, els elements, edificis, instal·lacions, valoració d’infraestructures i elements naturals o mediambientals situats a la zona de perill, serveis imprescindibles per a la població que dificulten greument les actuacions dels serveis d’emergència i que poden resultar afectats per les inundacions o pels efectes dels fenòmens geològics associats.

El risc per inundacions a Catalunya s’estableix en funció del perill d’inundacions i de la vulnerabilitat.

5.1.1.- ESTUDI DEL PERILL D’INUNDACIONS

El **perill d’inundacions** és la probabilitat que es produeixi una inundació en un determinat territori. L’estudi del perill d’inundació té com a finalitat la identificació i classificació en el territori de les zones inundables, els punts conflictius per inundacions, zones afectades per fenòmens geològics associats a les inundacions, en funció del tipus i la freqüència de les inundacions.

L’Agència Catalana de l’Aigua ha realitzat un document on hi incorpora una sèrie de definicions que són importants destacar:

- **ZONA FLUVIAL:** aquesta zona és la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn de 10 anys. L'estudi hidràulic del riu per a determinar la franja inundable amb el cabal de període de retorn de 10 anys s'ha de realitzar tenint en compte els aspectes de caràcter històric, geomorfològic i biològic. En aquesta franja o franges no és aconsellable permetre-hi cap ús. Segons l'Agència Catalana de l'Aigua només poden dur-se a terme tasques de manteniment de la vegetació destinades a afavorir-ne un creixement equilibrat i mantenir una capacitat hidràulica mínima. També és important evitar el pas d'infraestructures canalitzades; si això no és possible caldrà un permís de l'Agència Catalana de l'Aigua i realitzar l'obra tenint en compte el règim d'avingudes, l'erosió potencial total, la naturalesa del fons de la llera i la seva capacitat de desguàs.

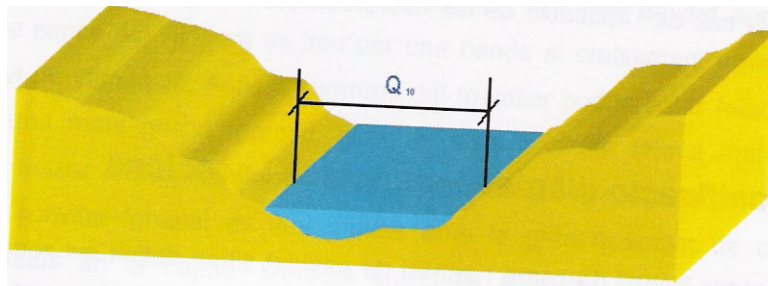


Fig.5.- Zona fluvial

- **SISTEMA HÍDRIC:** sota aquest concepte es pretén integrar l'ordenació de la llera i de la seva àrea d'influència dintre del procés de planificació territorial i urbana. Aquesta zona es considera que és la zona ocupada pel cabal previst per a un període de retorn de 100 anys. Els usos que hi estarien permesos, sempre fora de la zona fluvial serien:

- Ús agrícola: terres de conreu, pastura, horticultura...
- Ús industrial-comercial: zones verdes
- Usos residencials: gespa, jardins...
- Usos recreatius públics i privats: camps de golf, pistes esportives a l'aire lliure...
- Les estacions de bombament es podran situar aquí sempre que els accessos es localitzin a una cota en la que no es produeixi la condició greu per a l'avinguda d'un període de retorn de 500 anys.

- Les infraestructures canalitzades soterrades protegides davant l'erosió en avinguda només es poden autoritzar de forma excepcional.

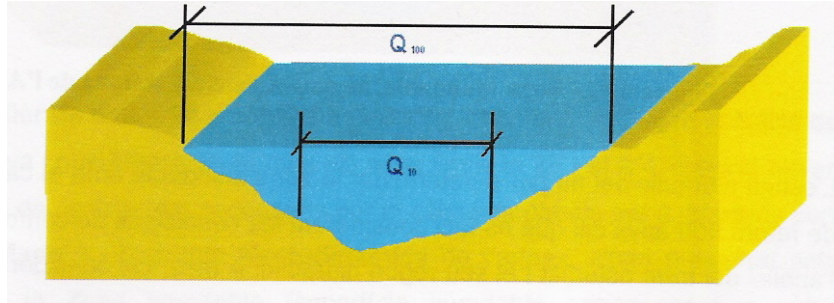


Fig.6.- Sistema hídic

- **ZONA INUNDABLE:** segons l'article 14 del Real Decret 849/1996 i l'Agència Catalana de l'Aigua, es consideren zones inundables les delimitades pels nivells teòrics que arribarien les aigües en les avingudes on el seu període estadístic de retorn sigui de 500 anys.

Segons la Directiva Bàsica del risc d'inundacions, resolució de 31 de gener de 1995, es considerarà zona inundable la part del territori normalment seca que queda submergida temporalment, com a conseqüència de l'aportació inusual, i més o menys repentina d'una quantitat d'aigua superior a la que és habitual en una zona determinada.

L'estudi hidràulic del riu per a determinar la zona inundable amb el cabal de període de retorn 500 anys, cal que es faci tenint en compte les condicions de contorn que afecten l'anàlisi del tram estudiat i el seu règim hidràulic. També cal tenir en compte aspectes històrics, geomorfològics i biològics.

Els usos que són permesos a la zona inundable, però que estan fora la zona fluvial i el sistema hídic, no ho són tan per aspectes hidràulics sinó més aviat per evitar danys importants.

L’Agència Catalana de l’Aigua ha proposat les següents limitacions:

- Les futures edificacions de caràcter residencial haurien de situar-se a una cota tal que en el cas de produir-se una avinguda amb un període de retorn de 500 anys, la inundació no arribés a moderada.
- Les zones d’acampada dels càmpings han de quedar sempre fora de la zona d’inundació de l’avinguda amb un període de retorn de 500 anys.
- Les futures edificacions de caràcter comercial-industrial haurien de situar-se a una cota tal que en el cas de produir-se una avinguda amb un període de retorn de 500 anys, la inundació no fos greu. Aquestes mateixes condicions caldria aplicar-les a les estacions depuradores d’aigües residuals (EDAR) i a les estacions de tractament d’aigües potables (ETAP).
- A la zona inundable caldria prohibir la instal·lació d’abocadors de qualsevol tipus.

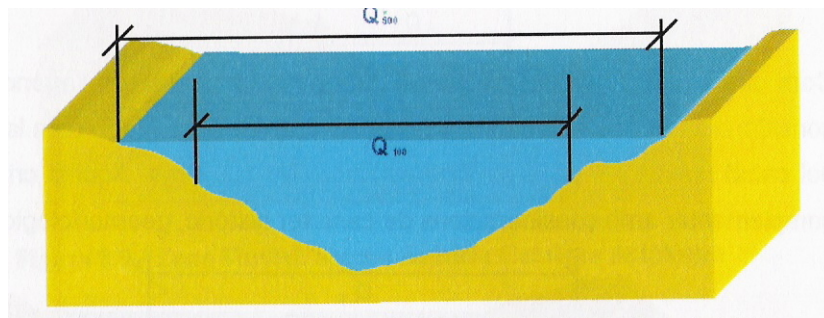


Fig.7.- Zona inundable

Tenint en compte aquestes definicions de zones inundables, podem dir en principi que són *zones potencialment inundables* tots aquells territoris que limiten amb els llits dels rius, torrents, rieres, llacs o aigües continentals que poden ser afectades per avingudes fins a un període de retorn de 500 anys o que poden embassar-se per falta de drenatge, i aquelles zones urbanes on per la insuficiència del clavegueram es pugui produir una acumulació d’aigua per pluges amb períodes de retorn inferiors a 10 anys.

A l'**apartat 5.3.2** trobem la delimitació de la zona inundable de la nostra àrea d'estudi, Calonge i Sant Antoni de Calonge, segons criteris geomorfològics.

Cal destacar que les tres zones definides: zona fluvial, sistema hídric i zona inundable queden superposades, quedant compreses una dins l'altra. Els usos permesos proposats en casa cas serien sempre els corresponents a la limitació més restrictiva.

Unes altres zones definides per l'Agència Catalana de l'Aigua, però que encara no estan aprovades, són les següents:

- Zona d'inundació perillosa
- Via d'intens desguàs
- Zona d'inundació greu
- Zona d'inundació moderada

Altres aspectes que són importants destacar pel que fa al perill d'inundacions són els següents:

○ Es consideren punts conflictius o crítics aquells en els que a conseqüència de les modificacions exercides per l'home al medi natural o degut a la pròpia geomorfologia del terreny. Poden produir-se situacions que agreugin de forma substancial els riscos o els efectes de la inundació, en elles o en el seu entorn. Es tindran especialment en compte els punts de les lleres pels que en cas d'avinguda han de discórrer cabals desproporcionats a la seva capacitat en elles.

○ Es consideren fenòmens geològics associats els que poden generar esllavissades o d'acceleració dels moviments ja existents. Aquests fenòmens s'identificaran a les àrees afectades.

Els paràmetres bàsics per l'estudi del perill d'inundacions són:

- Climatologia.
- Topografia del terreny.
- Superfícies de conques.
- Geomorfologia del terreny
- Modificacions fetes per l'home al medi natural (zones urbanes, infraestructures, desforestació, impermeabilitzacions...).

La major part d'aquests paràmetres es van comentant al llarg del nostre projecte sobre la nostra àrea d'estudi.

Partint d'aquests paràmetres es determina la tipologia de les zones d'inundació i la freqüència.

5.1.1.1.- Tipologia d'inundacions

Segons el tipus de causa que desencadena una inundació podem distingir les següents tipologies d'inundació:

- a) Inundacions per precipitacions “in situ”.
- b) Inundacions per avingudes o desbordament de les lleres dels rius, rieres , llacs i aiguamolls, provocades o potenciades per:
 - Excés de precipitació → els temporals de pluges són l'origen principal de les avingudes. Quan el terreny no pot absorbir o emmagatzemar tota l'aigua que cau aquesta rellisca per la superfície i puja el nivell dels rius.
 - Desgel o fusió de neu → a la primavera es fonen les neus acumulades a l'hivern en les zones d'alta muntanya i és quan els rius que s'alimenten d'aquestes aigües van més crescuts. Si en aquesta època coincideixen fortes pluges, la qual cosa no és infreqüent, es produeixen inundacions.
 - Obstrucció de les lleres → degut a l'acumulació de vegetació, troncs d'arbres...
 - Acció de mareas i vents
- c) Inundacions per trencament o per operació incorrecta d'obres d'infraestructura hidràulica: quan es trenca una presa tota l'aigua emmagatzemada a l'embassament és alliberada bruscamment i es formen grans inundacions i molt perilloses.

En el cas de l'avinguda ocorreguda el 13 d'octubre del 2005, correspon a una tipologia d'inundació de tipus B i deguda a un excés de precipitació i a l'obstrucció de les lleres.

Cal destacar que el fenomen de les inundacions presenta un major risc induït per l'activitat humana. Normalment, els rius discorren per jaços amb amplis marges, efectuant meandres ... Quan el seu cabal augmenta i es desborda, l'aigua inunda les zones adjacents, però aquest desbordament és controlat, ja que el sòl absorbeix molta aigua, igual com ocorre amb els

boscós, impedit inondacions catastròfiques. Els efectes de les inondacions es veuen agreujats per algunes activitats humanes com:

- El fet d'asfaltar cada vegada majors superfícies impermeabilitza el sòl, la qual cosa impedeix que l'aigua s'absorbeixi per la terra i facilita que les aigües arribin ràpidament al llit dels rius.
- La tala de boscos i els conreus que despullen al sòl la seva cobertura vegetal faciliten l'erosió, la qual cosa fa que arribin als rius grans quantitats de materials en suspensió que agreugen els efectes de la inundació.
- Les canalitzacions solucionen els problemes d'inundació en alguns trams del riu però els agreugen en uns altres, als quals l'aigua arriba molt més ràpidament.
- L'ocupació dels llits per construccions redueix la secció útil per evacuar l'aigua i es redueix la capacitat de la plana d'inundació del riu. La conseqüència és que les aigües pugen a un nivell més alt i que arriba major quantitat d'aigua als següents trams del riu, perquè no ha pogut ser embassada per la plana d'inundació, provocant majors desbordaments. Per altra banda, el risc de perdre la vida i de mals personals és molt més alt en les persones que viuen en aquests llocs.

5.1.1.2.- Classificació de les zones de perill d'inundació en funció de la freqüència

Segons el Pla INUNCAT (Pla especial d'emergències per inondacions a Catalunya), les zones inundables es classifiquen en:

- a) Zones d'inundació ordinària: Zones inundables amb un període de retorn inferior o igual a 5 anys.
- b) Zones d'inundació freqüent: Zones inundables amb un període de retorn entre els 5 i 50 anys.
- c) Zones d'inundació ocasional: Zones inundables amb un període de retorn entre els 50 i 100 anys.
- d) Zones d'inundació excepcional: Zones inundables amb un període de retorn entre els 100 i 500 anys.

e) Zones d'inundació històrica: Zones inundables per avingudes amb un període de retorn superior a 500 anys.

5.1.2.- VULNERABILITAT

La vulnerabilitat és el grau de probabilitat de pèrdua d'un element de risc determinat expressat en termes de valoració de danys com a conseqüència d'una inundació. Per tal d'estudiar la vulnerabilitat s'han de tenir en compte els factors següents:

- Danys a persones.
- Danys a nuclis de població i/o habitatges aïllats.
- Danys a vies de comunicació i altres infraestructures.
- Danys a serveis bàsics de la població.
- Danys a instal·lacions comercials, industrials o monuments artístics.
- Danys agrícoles i ramaders.

En l'estimació de la vulnerabilitat també cal tenir en compte les magnituds hidràuliques que defineixen el comportament de les avingudes, principalment l'altura de la làmina d'aigua, velocitat, cabal sòlid associat i duració de l'avinguda.

Pel que fa a la nostra àrea d'estudi, es pot dir que abans de l'episodi d'inundació ja es considerava vulnerable a patir-ne una, ja que el municipi ja estava avisat del risc al que estava sotmès.

5.1.3.- CLASSIFICACIÓ DE LES ZONES INUNDABLES EN FUNCIO DEL RISC

Les zones afectades per a qualsevol tipus d'inundació a Catalunya, es classifiquen:

- **Zones A, de risc alt:** són aquelles zones en que les inundacions poden produir danys importants a nuclis de població, a grans instal·lacions comercials, industrials o agrícoles i/o serveis bàsics per a la població, vies de comunicació, infraestructures, ramaderies i medi.

Dintre d'aquestes zones s'establiran les següents subzones:

- **Subzones A1, Risc Ordinari:** són aquelles zones A en què el període de retorn és inferior o igual a 5 anys.
 - **Subzones A2, Risc Alt Frequent:** són aquelles zones A en què el període de retorn és entre els 5 i 50 anys.
 - **Subzones A3, Risc Alt Ocasional:** són aquelles zones A en què el període de retorn és entre els 50 i 100 anys.
 - **Subzones A4, Risc Alt Excepcional:** són aquelles zones A en què el període de retorn és superior als 100 anys, dins la qual s'inclouen les zones d'inundació excepcional i d'inundació màxima.
-
- **Zones B, de risc mitjà:** són aquelles zones no coincidents amb les zones A, en les que les inundacions poden produir danys importants a habitatges aïllats, danys significatius a instal·lacions comercials, industrials, agrícoles, ramaderes i als serveis bàsics per a la població i al medi i vies de comunicació.
-
- **Zones C, de risc baix:** són aquelles zones no coincidents amb les zones A ni amb les zones B, en les que les inundacions produïrien petits danys a habitatges aïllats, a instal·lacions comercials, industrials, agrícoles i/o de serveis bàsics per a la població.

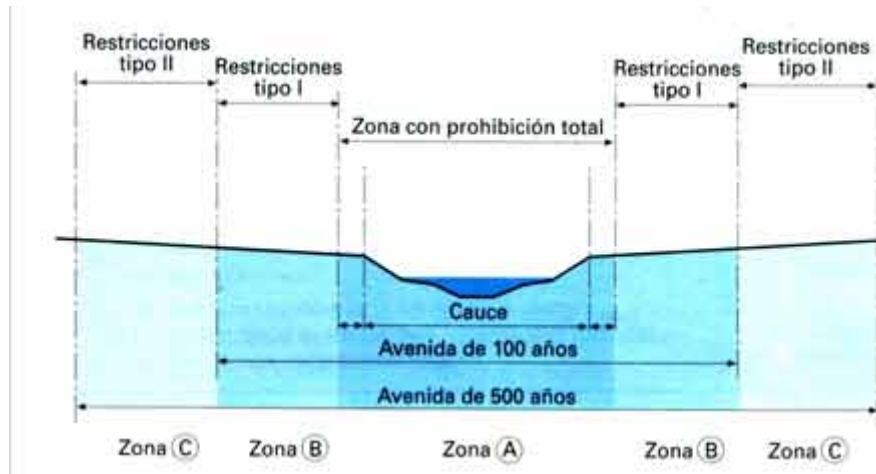


Fig.8.- Normativa legal sobre l'ocupació de llits fluvials

5.2.- SIGNIFICAT GEOLOGIC DE LES AVINGUDES

La **conca hidrogràfica** actua com a un sistema natural obert que depèn de diferents factors que estan relacionats entre ells. Qualsevol alteració d'algun d'aquests factors fa que el sistema es vegi afectat, produint-se alguna modificació de la dinàmica o morfologia de la llera. Aquest sistema delimitat per la divisòria d'aigües, actua com a un sistema procés-resposta autorregulat, en què la modificació en un punt determinat repercutirà en algun altre punt situat a la conca.

Quan es produeix un episodi de precipitació, a la conca, el cabal va augmentant progressivament fins a una cresta i després torna a disminuir. Aquesta evolució temporal que segueix el cabal es representa mitjançant hidrogrames. Un exemple d'un hidrograma seria el següent:

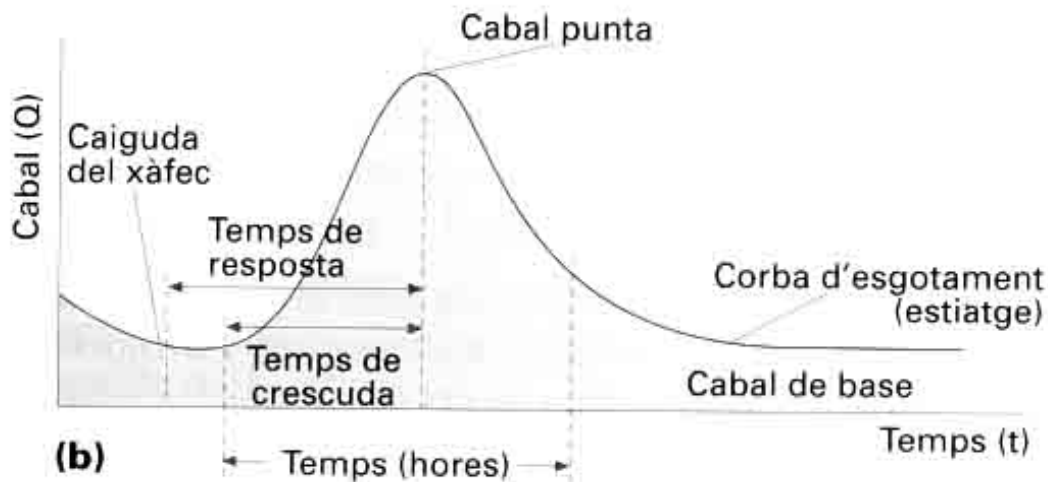


Fig.9.- Estructura d'un hidrograma

En un hidrograma hi podem distingir:

- Al principi de la corba hi ha la *corba de crecscuda*, en la qual es posa de manifest l'arribada de l'aigua de pluja.
- Després de la corba de crecscuda hi ha el *pic o punta de l'hidrograma*. En aquest punt és on trobem el cabal màxim o cabal punta.
- Posteriorment del cabal màxim trobem la *corba de descens* de l'hidrograma, en la que es pot observar que comencen a descendir els cabals.
- Finalment trobem la *corba d'esgotament*.

A part d'aquests trams, a un hidrograma també s'hi poden distingir diferents temps:

- **Temps de resposta**: aquest és el temps que es tarda en arribar a un cabal màxim o cabal punta des de que es produeix la caiguda del xàfec.
- **Temps de base**: és el temps que passa entre que comença la precipitació i que s'acaba la precipitació.
- **Temps de concentració**: és el temps que passa des de que s'acaba la pluja útil fins que comença la corba d'esgotament.

Un altre paràmetre molt important a destacar és el **Període de Retorn (T)**. El període de retorn és el temps, en anys, que ha de passar per tal que es doni un valor de cabal o de precipitació establerts per a una zona concreta. Una altra manera de descriure el període de retorn seria dir que és el temps que passa entre dues avingudes amb un mateix cabal. En el nostre cas utilitzem valors de període de retorn de 10, 25, 50, 100 i 500 anys. Un exemple per fer més entenedor aquest paràmetre és el següent:

“Tenim un cabal de 208,8 m³/s i aquest correspon a un període de retorn de 25 anys. Aquest valor indica que si en aquests moments es dona aquest cabal a la nostra àrea d'estudi fan falta 25 anys perquè es torni a donar un altre cop aquest cabal”.

El període de retorn és l'invers de la probabilitat. Per exemple, si tenim un període de retorn $T = 100$ anys, la probabilitat que el cabal corresponent a un període de retorn de 100 anys passi un cop en un any és $P = 1/T = 1/100 = 0,01$.

Una **plana d'inundació** és una superfície de terreny relativament suau, adjacent a la llera del riu, que ha estat construïda per el propi riu i que s'inunda quan aquest sobrepassa els seus marges. Geològicament, aquestes planes d'inundació es construeixen i destrueixen contínuament, i estan formades per materials al·luvials que es mouen quan el riu migra lateralment o erosiona el seu canal. Quan es produeix una avinguda la geometria del canal del riu es veu modificada pel que fa a la seva amplada, profunditat del canal i capacitat de transport de sediments.

Per tant, les avingudes representen un fenomen lligat a la dinàmica fluvial, ja que el riu desborda periòdicament del canal habitual per passar a ocupar la plana d'inundació.

Aquesta plana d'inundació compleix tres funcions fonamentals:

- Desallotjar un determinat volum d'aigua del canal principal en el moment de màxima avinguda, i per tant, emmagatzemar un volum d'aigua fent que el pendent de la corba de concentració i el pic d'avinguda de l'hidrograma disminueixin, fent alhora que es presenti una base de temps més llarga i un cabal punta més retardat.
- Actuar com a banc receptor de sediments.

- Actuar com a mecanisme de renovació de l'aigua subterrània i dels nutrients dels sòls de les zones inundables.

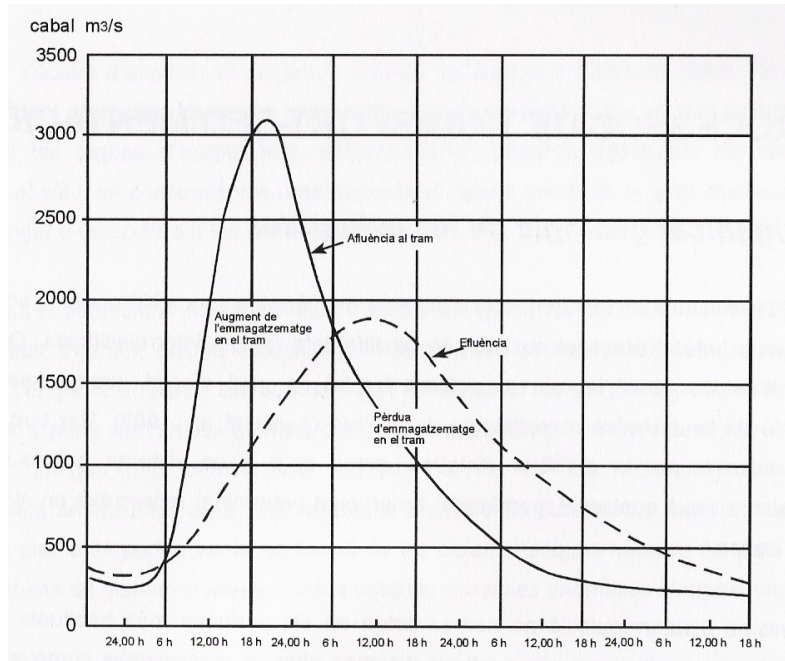


Fig.10.- Laminació de l'ona de creixuda

La figura exposada mostra la laminació de l'ona de creixuda durant una avinguda i fa referència a la primera funció de la plana d'inundació esmentada anteriorment. En aquesta figura s'hi poden observar dos hidrogrames:

- Amb línia contínua es mostra un hidrograma tipus d'un pic d'avinguda sense laminació o desbordament.
- Amb línia discontinua es mostra un hidrograma d'un pic d'avinguda amb laminació o desbordament.

Per poder-los comparar s'ha de suposar un mateix volum d'aigua emmagatzemat en el tram estudiat, o el que és el mateix, una mateixa àrea. Si no desborda tot aquest volum queda concentrat dins del canal, en un temps de concentració més curt, amb més velocitat i força de

tracció de sediments, i el que és més important, un cabal punta major que es desplaçarà riera avall.

En el cas que l'aigua superi el límit de desguàs del canal es produirà un desbordament cap a la plana d'inundació i per tant un emmagatzament en forma de làmina líquida que, encara que és de molt petita alçada, reté temporalment un volum relativament gran, que serà retornat de manera pausada durant la corba de descens de l'hidrograma o en la corba d'esgotament a través de les aigües subterrànies.

Tot i que el fet de desbordar sembli pitjor en quant a risc potencial, fa que el cabal punta sigui menor i més retardat en el temps, i per tant una disminució del risc aigües avall. Segons el gràfic anterior, tot el volum o àrea que queda sota el pic d'avinguda primer, és igual al volum o àrea que queda sota la corba de descens.

Dins els processos de transport, les avingudes fluviotorrencials suposen un dels riscos naturals més comuns. Aquestes constitueixen un fenomen esperat però alhora temut, ja que per una banda resulten necessàries per l'abastament hídric de moltes zones humides, i per l'altra banda és un fenomen temut per les greus pèrdues econòmiques i humanes que poden arribar a causar. En realitat és una qüestió d'un llindar entre el que és necessari i el tolerable.

5.3.- VARIABLES ESTÀTIQUES I CLIMÀTIQUES DE LA CONCA

5.3.1.- LITOESTRUCTURA

Aquest capítol té com a objectiu descriure les principals característiques litològiques i estructurals del conjunt de materials aflorats que constitueixen l'àrea d'investigació. Com és lògic és dona major atenció a aquelles associacions litoestructurals més interessants a nivell d'estudiar la relació amb les inundacions.

Per aquesta descripció ens ha estat de gran suport el mapa geològic de Calonge (Pallí & Roqué 1992) entre altres publicacions sobre la configuració geològica i tectònica de la zona estudiada.

5.3.1.1.- Els granitoides

Aquestes formacions ocupen gran part de la nostre àrea d’estudi. Aquest emplaçament va tenir lloc entre el Carbonífer superior i Permià inferior, està format per dos conjunts de roques; d’una banda les roques plutòniques que constitueixen la major part del seu volum i per altre banda les roques hipoabissals que apareixen en forma de dics de poc gruix.

El primer conjunt de roques les trobem principalment a l’oest de l’àrea d’estudi, es diferencien en funció de la composició mineralògica i de la textura. Les més abundants són les granodiorites, seguides per granits i alguna representació de temes més bàsics, com diorites. Les granodiorites són roques de color gris, generalment de mida de gra gros i equigranular. Estan compostes per quars, plagiòclasi, feldspat potàssic i biotita com a minerals essencials; i apatit, zircó, moscovita, clorita i epidota com a secundaris. Sovint presenten grans cristalls d’ortosa, classificant-se aleshores com a granodiorites amb megacristalls.

Els granits per la seva banda es caracteritzen per ser de colors clars –leucogranits- i per tenir una mida de gra que varia de fi a gros. Aquests estan formats per abundant quars, feldspat potàssic i plagiòclasi. Tenen un contingut relativament baix de biotita, presentant, a més, moscovita, granats, zircó i apatit com a minerals secundaris.

El segon conjunt de roques, les filonianes, es formen en les etapes finals de la cristallització del magma, quan el fluid residual cristal·litza en les fractures de la massa plutònica ja consolidada i dins les roques encaixants, per això, aquests dics travessen indistintament tant les roques ígnies com les metamòrfiques de la zona estudiada. D’entre les roques filonianes se’n poden diferenciar tres grans tipus: aplites i pegmatites, pòrfirs i els lampròfirs. El primer tipus es formen en els darrers episodis de cada intrusió plutònica. Es componen de quars i feldspat potàssic, són pobres en biotita i els minerals secundari més comuns són la moscovita i la turmalina. Quan a la mida del gra, es fi en les aplites i gros en les pegmatites.

Els pòrfirs són de composició variable, trobant-se des de termes àcids, com són els granítics i els granodiorítics, fins a bàsics com diorítics, passant pels monzonítics i monzodiorítics.

L'emplaçament dels pòrfirs és posterior a la solidificació de totes les roques plutòniques, si bé la composició és similar i s'hi relacionen genèticament.

Finalment els lampròfirs són més bàsics que els pòrfirs, sense cap mena de relació amb el batòlit.

5.3.1.2.- Les roques metamòrfiques

Troben que les roques metamòrfiques no són tan abundants com ho són les roques plutòniques però si que hi són presents.

Els sediments paleozoics presents a la zona d'estudi comprenen un lapse temporal que cal situar entre el Cambrià i el Carbonífer. Majoritàriament es tracta de sediments detrítics marins de granulometria fina (llims, argiles, sorres fines), encara que esporàdicament també hi ha nivells de conglomerats, calcàries i gresos de gra gros, així com intercalacions de roques vulcanosedimentàries. Tots ells han estat afectats pel metamorfisme regional hercinià, al qual se sobrepassa, en la majoria dels afloraments, un metamorfisme de contacte degut a l'emplaçament de les masses ígnies que van donar lloc als granitoides. El primer tipus de metamorfisme és sempre de caràcter dèbil, i per tant la transformació dels materials originaris és poc important, donant marbres de les calcàries, pissarres i fil·lites de les argiles o quarsites dels gresos. Per contra, els efectes del metamorfisme de contacte són de major grau, essent més intensos quan més ens apropem als afloraments de roques plutòniques. Això es degut a que es va desenvolupar una aurèola de metamorfisme tèrmic. A les zones més properes als granitoides es troben roques que han sofert una transformació important respecte dels materials originaris. A les parts més allunyades de l'aurèola, els efectes del metamorfisme de contacte es redueixen a l'aparició, en els materials pelítics, de nous minerals en forma de taques. Les roques que en resulten són típicament els esquists pigallats.

5.3.1.3.- La sedimentació fluviotorrencial

En l'àrea d'estudi els sediments fluviotorrencials quaternaris solen ser graves, sorres i llims que omplen que es troben en el curs fluvial. Bàsicament aquests es dipositen en la part mitja i baixa de la riera, formant planes relativament estretes.

En aquesta riera existeix una plana al·luvial al final dels curs, on hi ha extensions de llims d'inundació, tot i que, en la llera els dipòsits visibles són de graves majoritàriament sorres. Aquests materials provenen de la denudació dels vessants de la conca, on el sòl descansa directament sobre la roca alterada o sauló, matèria prima dels dipòsits abans mencionats.

Dipòsits de ventalls al·luvials

Els dipòsits de ventalls al·luvials corresponen a cossos sedimentaris d'acumulació de materials, de mides variables i caracteritzades per una morfologia conoidal, de ventall o de con projectat. A més es caracteritza per estar situats en zones a on hi ha un canvi de pendent brusc durant el seu període sedimentari, davant un front muntanyós o en l'interior d'una àrea muntanyosa. La forma semicònica, un perfil radial, generalment còncau, de longitud limitada i perfils transversals convexos, son els aspectes morfològics més característics d'un ventall al·luvial.

A partir del mapa geològic de l'àrea d'estudi i la fotografia aèria s'ha reconegut l'existència de ventalls al·luvials en la part nord-est de la nostre àrea d'estudi. La seva composició està determinada per sediments detrítics constituïts per blocs, còdols, sorres, llims i argiles. Es caracteritzen per ser dipòsits caòtics, molt heteromètrics, i els clastes dels quals presenten un cert arrodoniment pel fet d'haver estat arrossegats per un sistema fluviotorrencial.

Dipòsits al·luvials

Aquests estan formats com a conseqüència de l'activitat d'una xarxa hidrogràfica jove, en els que s'inclouen els dipòsits de la plana d'inundació, barres i ocasionalment terrasses. Pel que fa als primers constitueixen gairebé la totalitat del fons de les valls, formant dipòsits continus en els col·lectors principals. Cal destacar la dimensió d'aquests dipòsits en la riera de Calonge que representen 2'3 km².

Bàsicament la composició dels dipòsits al·luvials són graves, sorres, llims i argiles, explicació de la qual cal buscar-la als diferents tipus de granitoides que constitueixen les vessants d'aquestes rieres. Prop dels torrents tributaris hi ha abundància d'elements grollers de diversa litologia ja que el relleu circumdant és molt acusat i perquè, donat el caràcter estacional d'aquests torrents, es comporten com rambles.

Els dipòsits al·luvials enllacen progressivament amb sediments fluviodeltaics a la zona de desembocadura de la riera, on es reconeixen els dipòsits típics dels morfoambients de maresma, duna i platja.

Dipòsits de vessant

Són els que en el mapa geològic confeccionat s'han denominat dipòsits col·luvials sobre roques metamòrfiques constituïts per argiles grises amb còdols. També trobem dipòsits col·luvials sobre roques plutòniques constituïts per argiles i llims vermellosos amb sorres i còdols. Dipòsits col·luvials constituïts per argiles vermelles amb nòduls i crostes calcàries i dipòsits col·luvials constituïts per sorres, llims i argiles vermelles amb blocs i còdols.

Fonamentalment són el resultat de l'acció erosiva sedimentària de les aigües d'escolament superficial sense enllitar i de la gravetat, que tendeixen a acumular aquests materials en la part inferior dels vessants i en el fons de les valls de poca entitat, per això en la cartografia observem que segueix els torrents. Assoleixen els màxims gruixos en el punt de ruptura de pendent.

5.3.2.- MORFOLOGIA

5.3.2.1.- Anàlisi morfomètrica

La xarxa hidrogràfica de la Riera de Calonge i les seves característiques morfomètriques venen determinades bàsicament pel substrat cristal·lí pel qual discorre fracturat per tot un conjunt de falles disposades perpendicularment entre elles, amb una orientació preferent NO-SE i NE-SO. Aquestes intervindran com un factor més, a banda de l'ocupació del sòl, climatologia, o obres antròpiques a la llera; en l'evolució morfodinàmica i dinàmica fluviotorrencial. Per aquest motiu s'ha volgut fer una especial atenció a l'estudi morfomètric sistemàtic de la conca, seguint els sistemes clàssics de Horton - Strahler, els quals aquest índex influeixen de manera directa en el tipus i intensitat de les riuades.

S'ha optat per a l'anàlisi morfomètrica de la conca pel fet que aquesta pot aportar dades rellevants en el comportament morfodinàmic d'aquesta. D'aquesta manera, a banda de completar la caracterització hidràulica, enfocant la problemàtica del risc d'inundacions d'una forma més global no només del punt de vista de fer-ho a nivell de conca sinó també des del punt de vista multidisciplinari també permetrà establir les bases metodològiques per a una posterior anàlisi comparativa de diferents conques hidrogràfiques de la Costa Brava.

Per altra banda el fet que la riera desembочи directament a la Mar Mediterrània es pot considerar que no té plana costanera, i que per tant en tot l'àmbit d'estudi hi hagi un clar predomini del modelatge geomorfològic provocat per l'aigua en moviment. Per tant és un sistema eminentment d'erosió fluviotorrencial i l'anàlisi d'aspectes morfomètrics es fa molt convenient.

Pel que fa a la metodologia, durant molt de temps la quantificació del medi físic, amb una importància creixent des dels anys 60, s'han basat en característiques del relleu a partir de mapes topogràfics i mesures directes a camp. Amb l'entrada de la microinformàtica durant els anys 70 es va començar a tractar a petita escala amb imatges de satèl·lit. No ha sigut fins l'aparició dels Sistemes d'Informació Geogràfica, juntament amb els models d'elevacions del terreny (MDT), que s'ha permès aproximar el problema a la gran escala, no només per a la

descripció morfològica del terreny sinó també per a estudis geoambientals i per a l'estudi de riscos naturals.

5.3.2.2.- Xarxa de drenatge

La xarxa de drenatge és tot el conjunt de rieres, torrents, torrenteres i rierols entrelaçats de tal manera que fan possible que l'aigua caiguda dins dels límits de la divisòria d'aigües, dreni en forma d'escolament superficial directa fins fora del sistema estudiat (conca hidrogràfica).

Bàsicament el que determina les principals característiques de la xarxa de drenatge, i les diferència d'altres conques, és el tipus de règim pluviomètric, el substrat geològic i llurs característiques estructurals i en bona part també variació del nivell de base de les rieres.

La riera de Calonge adquireix aquesta denominació únicament en el tram més baix de la conca, neix de la confluència de la riera de Molins o de Cabanyes i la riera de Rifred o de la Ganga en l'indret anomenat el Desembocador, i desemboca al mar entre les platges de Sant Antoni i Torre Valentina. La riera dels Molins rep aquest nom a causa de la presència de diversos molins fariners al llarg del seu recorregut. Aquesta aplega els desguassos de les rieres de Mas Cases, de Mas Riera, de Ruàs i de Mas Monjo i hi ha qui l'anomena riera de Cabanyes en el seu tram final. La riera de Rifred o de la Ganga inicia el seu recorregut en el Coll de la Ganga, davalla ràpidament incorporant per la dreta la riera de Sant Cebrià i del Folc, i per l'esquerra la riera de s'Orinella. El nom de riera de Rifred l'adquireix en passar prop d'aquest barri, abans d'arribar al Desembocador. A partir d'aquest punt i fins al mar, la riera de Calonge, de forma rectilínia i redreçada per l'home, només incorpora al seu curs pel seu marge esquerre la riera de Tinar.

Aquesta artificialització de l'últim tram ha fet que consideréssim la xarxa de drenatge i la conca hidrogràfica, per a posteriors càlculs morfomètrics, des de la capçalera fins a on antigament hi havia les maresmes, punt natural de desembocadura. Aquest límit ha estat considerat per la categoria del mapa litològic.

5.3.2.3.- Morfometria fluvial de la conca

La mesura de qualsevol forma o geometria rep el nom de morfometria. En el cas en que la mesura es faci de les propietats geomètriques de la superfície sòlida d'un sistema d'erosió fluvial s'anomena morfometria fluvial.

5.3.2.4.- Propietats superficials

Superfície de la conca. Densitat de drenatge. Constant de manteniment del canal. Distància d'escolament

La superfície de la conca és un dels paràmetres principals per descriure qualsevol conca, ja que molts altres paràmetres depenen d'aquesta. Els valors de les àrees respectives es presenten a la taula.

Conca	ΣL (Km)	A (Km ²)	D (Km/ Km ²)	Cm(Km ² /Km)	De (m)
Riera Calonge	171'90	51'71	3'32	0'301	150'41

Taula.1.-Longituds totals de les xarxes de drenatge (ΣL), superfícies de les conques (A), densitats de drenatge (D), constants de manteniment del canal (Cm) i distàncies d'escolament (de) de les conques principals estudiades.

És una conca relativament petita, inclosa dins de les conques no superiors a 500 km² les quals tenen temps de concentració de poques hores, seran susceptibles a fenòmens plujosos molt intensos (gota freda), tot i que aquest siguin de poca durada.

La xarxa de drenatge es pot caracteritzar fonamentalment per la Densitat de drenatge, D (Km/ Km²), que és la relació entre ΣL de la xarxa hidrogràfica i l'àrea A de la conca:

$$D = \frac{\sum L}{A}$$

Obtenir una $D=7$ voldrà dir que per a cada quilòmetre quadrat de conca hi haurà 7 quilòmetres de curs fluvial. Aquest depèn bàsicament de l'erosionabilitat del terreny i de la seva permeabilitat, influint evidentment la cobertura vegetal en tant que protectora del sòl. En aquest aspecte com més erosionable sigui el terreny, menor haurà de ser el cabal i per tant menor serà la superfície de conca necessària per la formació d'una llera, donant lloc a altres densitats de drenatge.

Alguns aspectes a comentar de la densitat de drenatge són:

- La permeabilitat al disminuir l'escolament superficial, afavoreix a baixes densitats de drenatge.
- Les conques de materials durs i resistents presenten **D** baixes, valors compresos entre 1 i 10 Km/ Km².
- Si els materials que conformen la conca a estudiar són menys resistents, o materials tous protegits per cobertura vegetal, resulten ser relativament erosionables, donant **D** amb valors compresos entre 10 i 20 Km/ Km².
- Per últim, les conques amb materials fàcilment erosionables i amb escassa vegetació presentaran **D** entre 20 i 40 Km/ Km².

Si apliquem la fórmula en el nostre cas, obtenim:

$$D = \frac{\sum L}{A}$$
$$D = \frac{171'90km}{51'71km^2} = 3'32km/km^2$$

Segons aquesta dada, amb un **D** igual a 3'32 podem dir que l'àmbit d'estudi pertany a una conca amb substrat de material dur, resistent i poc permeable, característica que coincideix amb les roques tipus granitoides que afloren predominantment en la zona. Aquesta també se la podria

classificar com a textura grollera, ja que els elements individuals de la topografia són de gran tamany.

La relació inversa de la que defineix la densitat de drenatge es coneix com a Constant de manteniment del canal, **Cm** (Km²/Km), reflectint la superfície de la conca necessària per mantenir una unitat de longitud de canal:

$$Cm = \frac{A}{\sum L}$$

Els valors d'aquest paràmetre es troben a la taula ja descrita. En el nostre cas podem dir que:

$$Cm = \frac{51'71km^2}{171'90km} = 0'30km^2 / km$$

Podem dir que les conques més densament drenades són les que els cal menys superfície per donar lloc a un quilòmetre de curs fluviotorrencial. Aquesta dada reflecteix, a mesura que Cm es fa menor, que l'erosió ha sigut cada vegada major.

La distància d'escolament superficial, **de** (m), és un paràmetre convencional el qual representa la meitat de la constant de manteniment del canal:

$$de = \frac{A}{2\sum L}$$

És un índex relacionat amb la distància de recorregut de l'escolament fins a arribar a un canal de la xarxa de drenatge. En aquest cas la distància d'escolament és la distància en metres que cal que una gota recorri per la superfície de terreny des de la divisòria d'aigües abans de drenar cap a un canal de la xarxa hidrogràfica. Aquest valor ha sigut emprat per al càlcul final del temps de concentració del mètode racional per al càlcul de cabals del corresponent projecte.

Si utilitzem les dades de la taula sabem que:

$$de = \frac{51'71km^2}{2 \cdot 171'90km} = 0'15km = 150m$$

amb aquest valor podem dir que la riera de Calonge té una distància d'escolament moderada.

La forma de la conca. Relació d'elongació. Índex de compacitat. Circularitat

La forma de la conca condiona el temps de concentració, de tal manera que com més circular sigui menys temps de concentració i per tant crescudes de major entitat. Els índexs morfomètric que descriuen la forma són purament geomètrics, en el que relacionen dades geomètriques de la conca amb formes geomètriques pures, com el cercle, o relacionen diferents dades entre si.

Els resultats d'aquests índexs es representen a la següent taula:

Conca	Lc (m)	P (m)	Re	Ic	Cc
Riera de Calonge	9078'32	34.391'18	0'80	1'35	0'55

Taula.2.-Longituds de Horton (Lc), perímetre (P), relació d'elongació (RE), índex de compacitat (Ic) i circularitat (Cc) de la conca estudiada.

La relació d'elongació Re, és la relació existent entre la superfície de la conca **A** i la d'un cercle que tingués per diàmetre de longitud **Lc** de la conca:

$$Re = \frac{A}{(\pi Lc^2)/4}$$

Si utilitzem els valors de la taula tenim que:

$$Re = \frac{51'71km^2}{(\prod (9'07832km)^2)/4} = 0'80$$

L'Índex de compacitat de Gravelius, **Ic**, és la relació entre el perímetre de la conca **P** i el d'un cercle de igual àrea.

$$Ic = 0'28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Valors pròxims a la unitat, cas en que la conca seria un cercle perfecte, pertanyen a conques de forma ovalada. Per contra, com més allunyat sigui l'índex de compacitat respecte a la unitat, el qual un Ic superior a 1'5 és un valor elevat, més sinuós serà el seu contorn i major serà la “linealitat” de la conca.

En el nostre cas tenim que:

$$Ic = 0'28 \cdot \frac{34.391'18m}{\sqrt{51'71km^2}} = 0'28 \cdot \frac{34.391'18m}{7'2km} = 0'28 \cdot \frac{34.391'18m}{7200m} = 1'33$$

En la nostre conca el valor és lleugerament superior a la unitat, això ens indica que és una conca que presenta certa circularitat.

Propietats del relleu

Pel que fa a la descripció del relleu de la conca estudiada, hi ha diferents índexs i corbes característiques.

● **Amplitud de relleu. Relació de relleu. Coeficient de rugositat**

Conca	Ah	Rr	Cr
Riera Calonge	527	0'058	1751'90

Taula.3.-Amplitud de relleu (Ah), Relació de relleu (Rr) i Coeficient de rugositat (Cr)

L'amplitud de relleu, Ah, també anomenat com a màxim desnivell de la conca, es calcula com la diferència entre la cota absoluta màxima i mínima de la conca de drenatge. Cal tenir present que les cotes màxima i mínima s'han extret del model digital d'elevacions del terreny de les conques considerades com a “naturals” per als càlculs morfomètrics. Com es mostra a la taula la conca de la Riera de Calonge presenta una amplitud de relleu gran.

La relació de relleu, Rr és la que existeix entre l'amplitud de relleu **Ah** i a longitud de la conca **Lc** (longitud de Horton). Aquesta relació reflecteix el pendent mitjà en tant per ú d'aquesta longitud.

$$Rr = \frac{Ah}{Lc}$$

$$Rr = \frac{527}{9078'32} = 0'058$$

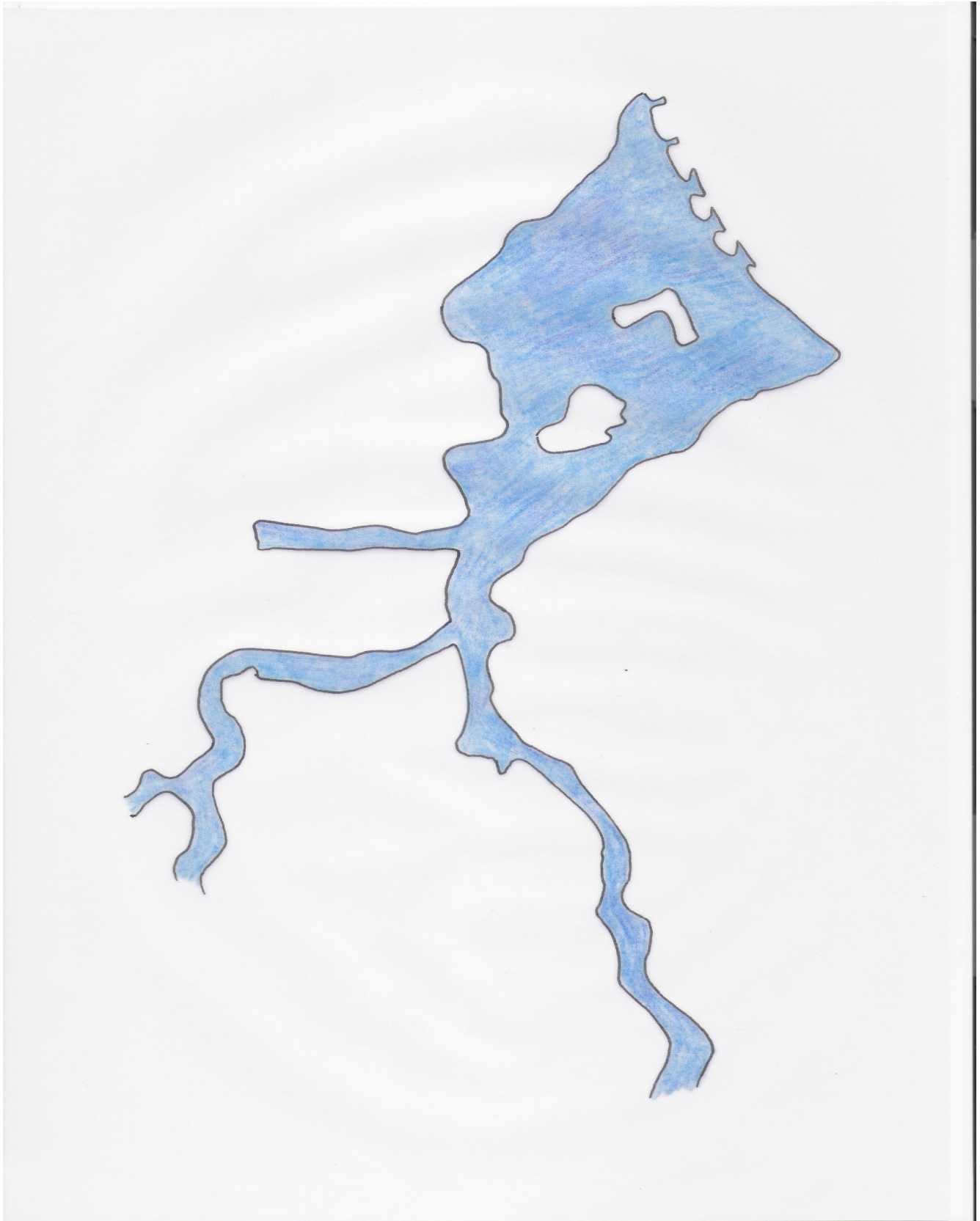
Finalment el coeficient de rugositat, Cr, és la relació que sorgeix de multiplicar la densitat de drenatge per l'amplitud de relleu.

$$Cr = D \cdot Ah$$

$$Cr = 3'32 \cdot 527 = 1751'90$$

Aquest coeficient és especialment útil perquè resumeix la interacció del relleu i la dissecció de la conca per canals, en tant que conques fortament erosionades de relleu moderat tenen una rugositat similar a conques poc erosionades de fort relleu.

A continuació es mostra mitjançant l'anàlisi geomorfològic la delimitació de la zona inundable :





5.3.3.- HIDROMETEOROLOGIA

La nostra àrea d'estudi es troba a la Costa Brava meridional i està sotmesa al clima mediterrani. Moltes vegades s'ha dit que aquestes zones no només tenen un clima sinó que gaudeixen de diferents climes. Segons L'Agència Catalana de l'Aigua les rieres de la Costa Brava tenen clarament un clima mediterrani degut a que estan encarades al mar i delimitades per la serralada litoral.

El clima mediterrani es caracteritza per tenir estius secs i temperatures elevades i un hivern fred relativament humit. A les conques de la Costa Brava tampoc és l'hivern l'estació més humida. Com a conseqüència de la posició que té aquesta àrea dins de la Península Ibèrica, el màxim pluviomètric sol aparèixer a la tardor. Aquest fet s'explica perquè en aquesta època el Mar Mediterrani és un mar calent després d'escalfar-se a l'estiu. Si les capes mitges i altes, fredes i humides de la troposfera arriben a la costa, condensen per l'escalfor del mar i descarreguen amb força.

Cal destacar que l'estació més seca és l'estiu degut a la presència de ciclons subtropicals i l'hivern per la poca activitat dels ciclons. A la primavera les precipitacions són destacades però a la tardor és quan es concentren els màxims de precipitació degut a l'activitat de les depressions.

5.3.3.1.- Règim de precipitacions

Les dades de precipitació utilitzades pels càlculs presentats en els següents apartats provenen de l'estació meteorològica de Castell-Platja d'Aro ja que Calonge no presenta estació d'aforament i aquesta és la més propera a la zona d'estudi.

Aquesta estació presenta les següents característiques:

- **Seqüència d’anys complets:** 10 anys mostrals
- **Coordenades UTM:**

-UTM_X: 502718'81

-UTM_Y: 4628686'45

Precipitació mitjana anual

Tal com s’observa a la figura, la nostre àrea d’estudi presenta una precipitació mitjana anual de 700 a 750 mm.

Precipitació mitjana mensual

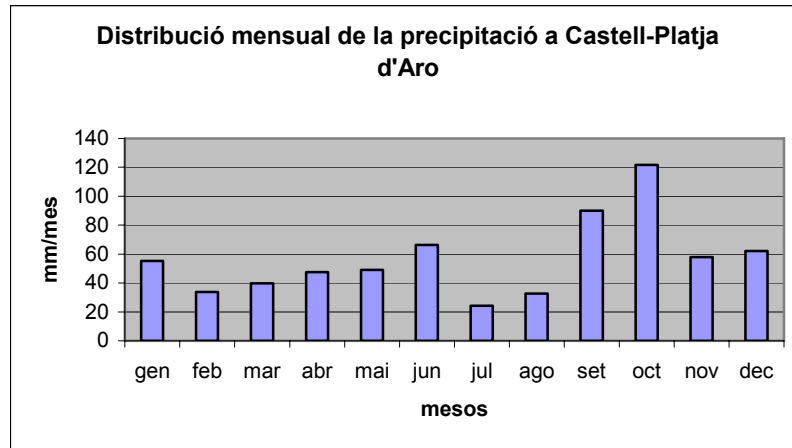
El repartiment de precipitacions mensuals és tan important com el repartiment anual. Aquesta repartició no és del tot homogènia degut al clima mediterrani tal com s’ha explicat anteriorment.

La pluviometria es reparteix pràcticament durant tots els mesos de l’any de forma més o menys continuada i amb dos màxims, durant la primavera i la tardor.

A continuació es mostra la precipitació mitjana mensual per l’estació meteorològica de Castell-Platja d’Aro:

Observatori	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec
Castell-Platja d’Aro	55’2	33’9	39’9	47’5	49’2	66’3	24’4	32’7	90’1	121’6	57’9	62’2

Taula.4.-Precipitació mitjana mensual (mm) a l’estació Castell-Platja d’Aro



Gràfic.1.-Distribució mensual de la precipitació a Castell-Platja d'Aro

Com podem observar l'Octubre és el mes on es concentra el major règim pluviomètric de l'any.

El nostre episodi d'estudi es va produir durant l'Octubre i les dades de precipitació que hi van tenir lloc es troben a la següent taula:

Dia	Precipitació (mm)
11/10/05	44'6
12/10/05	49
13/10/05	248
14/10/05	30'2
Total	371'8

Taula.5.- Precipitació diària (mm) durant l'episodi d'inundació a Castell- Platja d'Aro

Segons les dades observades cal destacar que la precipitació caiguda en 4 dies (371'8 mm) triplica el valor de precipitació que cau a la zona durant tot el mes d'Octubre (121'6 mm).

La conca no té prou capacitat per acollir aquest valor de precipitació provocant una gran inundació, els efectes de la qual estan explicats posteriorment.

5.3.3.2.- Episodis de màximes precipitacions. Precipitacions màximes per a períodes de retorn de 10 , 25 , 50 , 100 i 500 anys

La precipitació màxima per a un període de retorn concret (T) es pot definir com la màxima precipitació que pot succeir cada interval de T anys. També es pot entendre com a la precipitació màxima ocorreguda dins dels T anys històrics.

Segons l'Agència Catalana de l'Aigua les dades de precipitació màxima diària (mm/24h) per a períodes de retorn de 10, 25, 50, 100 i 500 anys, trobats mitjançant l'equació de Gumbell i la distribució SQR-Etmàx, són els següents:

Estació meteorològica	Període de retorn (T anys)	Precipitació màxima diària(Gumbell)	Precipitació màxima diària (SQR-Etmàx)
Castell-Platja d'Aro	10	135'52	133'59
	25	160'89	162'99
	50	179'71	184'36
	100	198'40	208'72
	500	241'58	269'74

Taula.6.-Dades de precipitació màxima diària (mm/24h) per a T = 10,25,50,100 i 500 anys.

Segons les dades de precipitació enregistrades a l'estació de Castell-Platja d'Aro el dia 13 d'octubre del 2005, dia en què es van produir les precipitacions més importants, corresponent a 248 mm diàries, es pot dir que aquest règim de precipitació produït té un període de retorn (T) de 500 anys. Aquesta dada ens indica que calen 500 anys perquè es torni a produir un episodi de precipitació d'aquestes característiques.

6.- CAS D'ESTUDI: AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005 A CALONGE

6.1.- CARACTERITZACIÓ DE L'AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005 A CALONGE

El dia 13 d'octubre del 2005 a les 10 h del matí es va emetre un avís de la situació meteorològica que es preveia durant el dia, en el qual es deia que hi havia “Risc per pluja de nivell 2” Es preveia que la pluja acumulada seria superior a 100 mm en 24 hores entre les 2h del dia 13 i les 2h del dia 14 d'octubre del 2005.

El gràfic següent mostra la probabilitat de les diferents demarcacions de Catalunya, segons l'avís emès, de patir les pluges previstes durant els dies 13 i 14 d'octubre.

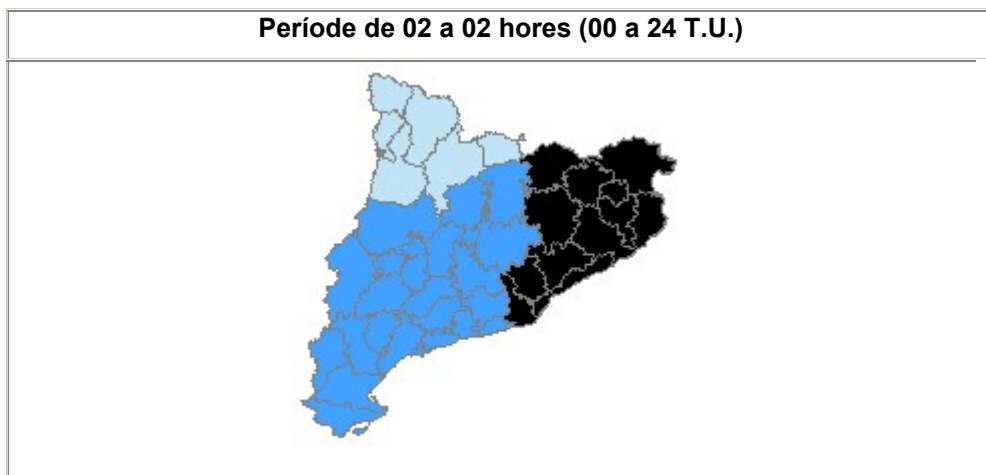


Fig.11.- Probabilitat de pluges a Catalunya durant 13 i 14 d'octubre

Malauradament les previsions es van fer realitat i la zona més afectada per abundants i intenses precipitacions va ser el litoral de les comarques de l’Alt i el Baix Empordà, localment amb quantitats superiors a 200 mm.

Tot seguit es mostra una imatge del radar meteorològic i un mapa de llamps del “Servei Meteorològic de Catalunya” del dia 13 d’octubre del 2005, on es pot observar la intensitat de la pluja a la zona més afectada:

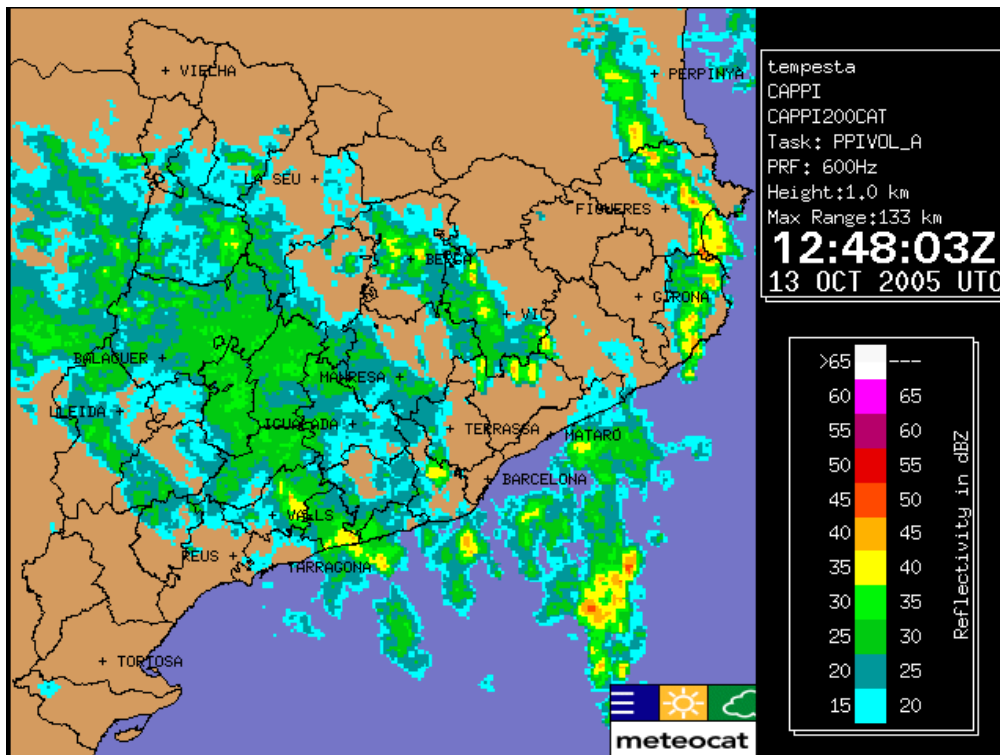


Fig.12.- Imatge del radar meteorològic del camp de pluja.

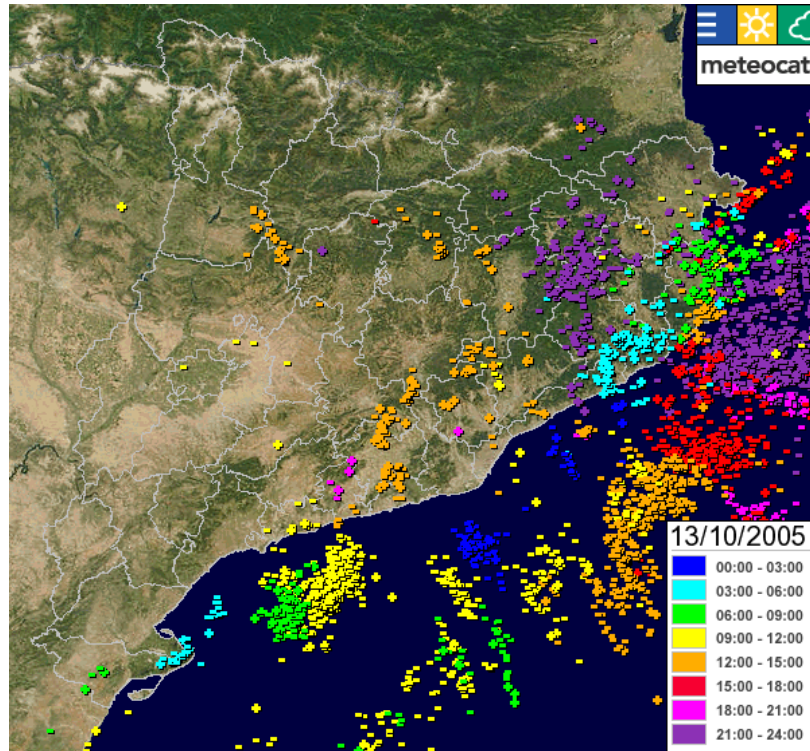


Fig.13.- Mapa de llamps del dia 13 d'octubre amb diferenciació horària

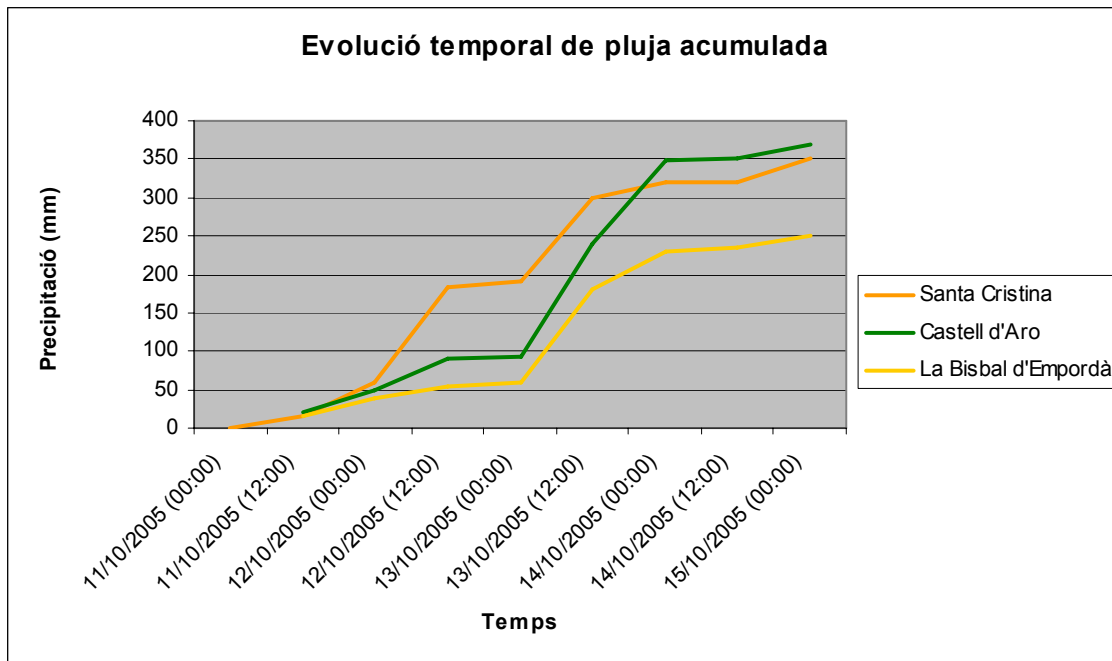
El Departament de Medi Ambient i Habitatge juntament amb el Servei Meteorològic de Catalunya, van emetre una nota informativa el dia 13 d'octubre a les 19 h de la tarda sobre les precipitacions causades pel temporal que va afectar tot Catalunya. El dia 15 d'octubre del 2005, un cop acabat el temporal, van tornar a emetre una altra nota informativa amb les precipitacions més importants registrades entre el dia 11 i 14 d'octubre.

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, les comarques de l'Alt i el Baix Empordà van ser les més afectades per el temporal i concretament Calonge i Sant Antoni de Calonge van ser un dels indrets que van patir les conseqüències més greus de les intenses precipitacions.

Les precipitacions extraordinàries que es van produir a la conca de la Riera de Calonge entre el dia 11 i el dia 15 d'octubre del 2005, i que es van registrar a les estacions meteorològiques de Castell d'Aro, Santa Cristina d'Aro i La Bisbal d'Empordà, van assolir valors màxims de pluja acumulada en 24 hores de: 254'5 mm el dia 13 a l'estació de Castell d'Aro; 130 mm els dies 12 i

13 d'octubre a l'estació de Santa Cristina d'Aro; i 172'7 mm el dia 13 a l'estació de La Bisbal d'Empordà.

A continuació es mostra un gràfic on es pot observar l'evolució temporal de la pluja acumulada en tres estacions d'aforament properes a Calonge i Sant Antoni de Calonge:



Gràfic.2.- Evolució temporal de la pluja acumulada

- Estadísticament els 130 mm de pluja registrats a Santa Cristina d'Aro tant el dia 12 d'octubre com el dia 13, es corresponen amb una pluja d'aproximadament de 10 anys de període de retorn.
- En canvi, estadísticament, els 254'5 mm de pluja acumulada en 24 hores a l'estació de Castell d'Aro el dia 13 d'octubre es correspondrien amb una pluja d'aproximadament 200 anys de període de retorn.
- Respecte a la pluja màxima acumulada en 24 hores a l'estació de la Bisbal d'Empordà, aquesta es correspondria amb una pluja entre 25 i 50 anys de període de retorn.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, el **període de retorn (T)** és el temps que hi ha entre dues riudes de la mateixa magnitud. A partir del període de retorn podem saber la probabilitat que passi aquest fenomen al mateix any, ja que $P = 1/T$. Es pot parlar de període de retorn per valors de precipitació (en mm) o valors de precipitació en cabal (m^3/s).

El quadre següent mostra els valors de pluja màxima diària associada a diferents períodes de retorn per a la conca de la Riera de Calonge, segons l'Agència Catalana de l'Aigua:

Període de retorn (anys)	10	25	50	100	500
Precipitació diària màxima (mm)	133	167	194	223	298

Taula.7.- Precipitació diària màxima associada a diferents períodes de retorn

Per tal de poder associar una precipitació produïda amb un període de retorn es fa a partir d'aquesta taula exposada anteriorment. Amb el cas dels cabals també es fa amb un quadre on hi ha associats els períodes de retorn per a un cabal determinat.

Els cabals punta d'avinguda associats a diferents períodes de retorn a la conca de la Riera de Calonge són els següents:

Període de retorn (anys)	10	25	50	100	500
Rifred a Calonge (m^3/s)	37	65	90	120	203
Riera de Molins, aigua amunt de la confluència amb el Rifred (m^3/s)	70	117	158	205	333
Riera de Calonge a Sant Antoni de Calonge (m^3/s)	113	192	261	342	564

Taula.8.- Cabals punta d'avinguda associats a diferents períodes de retorn

Segons una primera estimació de cabals punta de l'avinguda del 13 d'octubre (realitzada per l'Agència Catalana de l'Aigua) als eixos de drenatge principals de la conca de la riera de Calonge, trobem el següent:

Rifred a Calonge: 139 m³/s (equivalent a T= 140 anys)

Riera de Molins, aigua amunt de la confluència amb el Rifred: 170 m³/s (equivalent a T= 60 anys)

Riera de Molins a Sant Antoni de Calonge (aigua avall de la Carretera C-31): 347 m³/s (equivalent a T= 100 anys)

Més endavant hem estimat nosaltres el cabal que es va produir en quatre trams de la riera de Calonge. D'aquesta manera podrem comparar els cabals que hem trobat nosaltres amb els que hi ha exposats anteriorment.

Les diferències en les recurrències estimades dels cabals obtinguts durant l'avinguda del 13 d'octubre del 2005 està relacionada fonamentalment amb la distribució espacial i temporal del camp d'intensitat de la pluja.

6.2.- EFECTES DE L'AVINGUDA DEL 13 D'OCTUBRE DE 2005. PROBLEMÀTICA DETECTADA I RISCOS ASSOCIATS

6.2.1.- CAPACITAT DE DESGUÀS ACTUAL DEL TRAM FINAL DE LA RIERA DE CALONGE

La llera actual del tram final de la riera de Calonge té una capacitat de desguàs que es redueix progressivament des de més de 400 m³/s a l'alçada del Parc d'Activitats Econòmiques de Calonge (PAEC), fins a aproximadament 80 m³/s a l'últim tram de la riera des del pont de l'avinguda Catalunya fins al mar.

Concretament, aigua avall del PAEC, entre la zona esportiva situada al costat del marge esquerre i el carrer del Parc Aumell, la secció de la llera resulta més encaixada i es redueix la seva capacitat de desguàs fins a aproximadament 150 m³/s. Entre el carrer del Parc Aumell i el pont de l'avinguda Catalunya, la capacitat de desguàs s'aproxima a 100 m³/s.

El plànol B3 de l'annex descriu gràficament la capacitat de desguàs de la llera de la Riera de Calonge en el seu tram final fins a la seva desembocadura al mar.

Tal com ja s'ha esmentat anteriorment, els cabals punta de pas pel tram final de la Riera de Calonge el dia 13 d'octubre de 2005 s'estimen en 347 m³/s. Cal destacar que aquest és un valor de cabal extraordinàriament elevat i important que va causar problemàtiques molt greus a la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge.

6.2.2.- DESCRIPCIÓ DE LA PROBLEMÀTICA DETECTADA

La gran crescuda dels cursos d'aigua natural principals de la conca de la Riera de Calonge (Rifred, Riera de Molins i Riera de Calonge) que es va produir el dia 13 d'octubre de 2005 s'estima que va ser aproximadament equivalent a un període de retorn de l'ordre dels 100 anys. Aquest episodi de crescuda va produir erosions i esllavissades dels marges dels cursos principals, així com inundacions de les planes laterals a la zona de meandres, especialment a les zones on l'acumulació de vegetació a la llera provocava una important reducció de la seva capacitat de desguàs.

Les erosions dels marges es varen produir tant aigua amunt del nucli urbà de Calonge com a tot el tram aigua avall fins a la desembocadura, especialment en aquelles zones no protegides per vegetació ben arrelada o elements de protecció tipus escullera o gabions (per exemple, l'escullera del tram del Rifred situat entre el pont de la carretera de Romanyà i la passarel·la del camí Fondo va resistir l'avinguda i va garantir l'estabilitat dels marges).



Foto.9.

Foto.10.

La foto nº 9 mostra l’erosió del marge dret del Riu Rifred en la transició de protecció amb gabions, just aigua amunt de la pasarel·la peatonal del Camí Fondo.

La foto nº 10 mostra l’erosió del marge esquerre del Riu Rifred vista cap a aigua avall des del pont de la carretera de Romanyà.

Els efectes de l’avinguda es varen veure agreujats pels efectes del transport sòlid provinent tant de la pròpia erosió de la llera com de la quantitat de material arrossegat per les vessants de muntanya degut a la forta intensitat de pluja caiguda.



Foto.11.

Foto.12.

La foto nº 11 mostra l’obstrucció del pas de l’aigua degut a la vegetació al Riu Rifred al pont de la carretera de Romanyà (vista des d’aigua amunt). La foto nº 12 també mostra l’obstrucció del pas de l’aigua degut a la vegetació a la Riera de Calonge al seu pas per Sant Antoni de Calonge.

En general, els ponts que creuen les lleres de la conca de la Riera de Calonge no van patir danys importants, si bé es van produir efectes de sobre-elevació de la làmina d'aigua amunt de les estructures com a conseqüència d'elements flotants, fonamentalment massa vegetal, que en algun cas va arribar a obstruir bona part de la secció de desguàs dels ponts (va ser notable el taponament del pont de la carretera de Romanyà sobre el Rifred al final del carrer del Pont).



Foto.13.



Foto.14.

La foto nº 13 mostra el pont de la carretera C-31 des d'aigua avall de la Riera de Calonge.

La foto nº 14 mostra la Riera de Calonge vista des del carrer Ferran Agulló. Al final del pont hi ha la desembocadura de la Riera de Calonge.

El temporal va generar onades de més de 2'5 metres a la desembocadura de la riera, la qual cosa provoca la modificació de la condició de contorn en el punt de desguàs al mar.

La llera de la Riera de Calonge en el tram d'uns 1500 metres de longitud situat aigua amunt del pont de l'avinguda Catalunya (Sant Antoni de Calonge) és força més estreta que la llera de tot el tram situat aigua amunt, la qual cosa incideix en una pèrdua de capacitat de desguàs i provoca hidràulicament efectes localitzats de sobre-elevacions.

La coincidència de tots aquests fenòmens:

- Punta de crecuda corresponent gairebé a 100 anys de període de retorn, amb un cabal líquids estimat d'uns 347 m³/s;
- Augment de la massa circulant provocada pel transport dels materials sòlids (sorres i terres) arrossegats per les intenses pluges caigudes sobre vessants muntanyosos de la conca, que provoca un increment relatiu del calat (altura de l'aigua sobre el fons de la llera);
- Acumulació d'elements vegetals flotants arrossegats des de tots els vessants de la conca i dels marges contra les estructures;
- Temporal amb onades de 2'5 metres d'altura;
- Efecte de la sobre-elevació local provocat per l'estructura (piles i tauler) del pont de l'avinguda Catalunya,

va provocar el desbordament de la llera en el tram on aquesta té una menor capacitat de desguàs, entre el carrer Empúries i l'avinguda Catalunya.

El costat del marge esquerre (Càmping Costa Brava) és més baix que els terrenys del marge dret. L'existència de nombroses tanques opaques i les mateixes construccions va impedir l'expansió natural del flux desbordat i aquesta es va concentrar en els vials, afegint sobre-elevacions locals a les ja esmentades que es produïen a l'eix de la llera.

La inundació va sobreixir sobre la rasant de l'avinguda de la Unió pel tram més crític (més baix) de tot el tram: els primers 300 metres situats aigua amunt del pont de l'avinguda Catalunya i es va estendre per l'avinguda Catalunya en direcció a Llevant.

El retorn de tota aquesta aigua desbordada cap a la llera (en el tram situat entre el pont de l'avinguda Catalunya i el mar) o directament, va incrementar els efectes catastròfics en la zona urbana de Sant Antoni de Calonge.



Foto.15.

La foto nº 15 mostra els efectes de l'avinguda sobre els edificis situats al costat nord de l'avinguda Andorra (prolongació de l'avinguda Catalunya). Es pot observar l'alçada de l'aigua durant l'avinguda.

La virulència del retorn i els seus efectes erosius s'expliquen per l'energia que allibera l'aigua en saltar des de dalt del marge (o des del passeig) fins el fons de la llera (o la platja) i també per l'efecte local que es produeix en el canvi de circulació entre una superfície pavimentada (carrers) i una superfície en terra o sorra.

El plànol B2 esquematitza el comportament hidràulic del tram final de la riera de Calonge durant l'avinguda del 13 d'octubre de 2005.

L'avinguda del 13 d'octubre va afectar tot el que va trobar al seu pas a la zona de Calonge i Sant Antoni de Calonge i els seus efectes es van veure reflexats a tot tipus d'estructures urbanes del municipi com: baixos d'habitatges privats i públics, pàrquings, mobiliari urbà, vehicles estacionats al municipi, etc.

Algunes imatges destacades d'aquests efectes són les següents:



Foto.16.



Foto.17.

6.2.3.- DESCRIPCIÓ DELS RISCOS ASSOCIATS A AVINGUDES A LA RIERA DE CALONGE

Tal com s'ha descrit a l'apartat anterior, els efectes de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005 van afectar de manera molt important el municipi de Calonge, inundant pràcticament la totalitat del nucli urbà de Sant Antoni de Calonge a ambdós costats de la Riera de Calonge.

L'extensa inundació a Sant Antoni de Calonge va ser fruit de la insuficient capacitat de desguàs de la llera de la riera per als cabals que s'estimen que es van produir durant l'episodi de pluges del 13 d'octubre de 2005, la qual cosa va provocar desbordaments en bona part del tram situat entre la zona esportiva situada a l'alçada del carrer Empúries i el pont de l'avinguda Catalunya. Aquest tram de la Riera de Calonge no va patir erosions apreciables als marges degut a l'existència de pineda ben arrelada a ambdós marges.

Els desbordaments es van iniciar al costat del marge esquerre a l'alçada de la zona esportiva provocant danys (inundacions, ruptura de murs de tancament) a les parcel·les alineades amb el carrer Empúries. La zona urbanitzada del Parc Aumell i el càmping Costa Brava (costat del marge esquerre) van patir inundacions molt greus, amb calats d'inundació de l'ordre dels 2 metres d'alçada, agreujades com a conseqüència de l'existència de murs de tancament que van concentrar el flux d'inundació als vials.

A l'alçada del Parc Aumell es va iniciar el desbordament de la riera pel costat del marge dret, tot i que la inundació resseguia sensiblement el camí dels vilars sense provocar danys importants. Aigua amunt del pont de l'avinguda Catalunya, a l'alçada del càmping Costa Brava, el desbordament pel costat del marge dret es va intensificar, fruit de la sobre-elavació de la làmina aigua amunt del punt de l'avinguda Catalunya i de l'existència del mur de tancament del càmping pel costat del marge esquerre.

La inundació de la zona urbana de Sant Antoni de Calonge, aigua avall del pont de l'avinguda Catalunya, va afectar ambdós costats dels marges de la riera amb calats d'inundació que van assolir 0'80 metres produint un risc d'inundació greu.

Els marges de la riera entre els ponts de l'avinguda Catalunya i el carrer Conrad Villar van patir desperfectes localitzats, especialment al costat del marge dret, aigua avall del pont de l'avinguda Catalunya per l'efecte del retorn del flux d'inundació del costat del marge dret.

L'últim tram de la Riera de Calonge entre el pont del carrer Conrad Villar i el mar va patir desperfectes a ambdós marges fruit del retorn dels fluxos d'inundació d'ambdós marges, els quals també van malmetre la zona de platja en el seu retorn al mar.

Segons l'Agència Catalana de l'Aigua, es considera que qualsevol nova avinguda de caràcter extraordinari (superior a 10 anys de període de retorn) reproduiria el patró de funcionament hidràulic detectat al tram baix de la Riera de Calonge durant els episodis d'octubre de 2005, inundant bona part del nucli urbà de Sant Antoni de Calonge.

7.- ESTMACIÓ DELS CABALS MÀXIMS D'AVINGUDA

Sense la quantificació d'un cabal màxim esperat per a una freqüència mitjana determinada, no es podrà avaluar aquesta problemàtica ambiental definint un risc, ja que aquest porta associada la probabilitat que aquell esdeveniment es produeixi.

En l'estimació d'avingudes màximes s'anomena **període de retorn (T)** a la freqüència mitjana determinada. Aquestes estimacions es fan molt útils quan no es disposen de dades històriques de cabals de la mateixa conca.

Per tal de realitzar aquests càlculs trobem dos mètodes diferenciats: els **mètodes directes** i els **mètodes indirectes**. Els directes són mètodes d'estimació directa segons dades observades i no tenen en compte característiques intrínseques de la conca ni característiques locals referents a la meteorologia, tal i com fan els mètodes indirectes. En el nostre estudi utilitzarem els mètodes indirectes per tal d'obtenir dades de cabals produïts, temps de concentració, etc.

A continuació es presenten els resultats obtinguts segons la utilització d'aquests mètodes indirectes.

7.1.- MÈTODES INDIRECTES

Dins dels mètodes es troben dues tendències per l'estudi hidrològic de les avingudes:

- 1) Una que es basa en fenòmens passats com a condicionants del comportament present i futur, estudiant aquest procés a partir de relacions matemàtiques.
- 2) Una altra que partint del caràcter aleatori del fenomen proposa funcions analítiques per tal de predir valors futurs de cabals.

7.1.1.- FÒRMULES EMPÍRIQUES

Molts autors han desenvolupat un conjunt de fórmules empíriques degut a la gran escassetat de dades sobre cabals màxims i sobre pluges. En molts casos aquestes fórmules prescindeixen dels coneixements dels processos hidrològics interns de la conca. Algunes de les fórmules empíriques més destacades són les següents:

- Fòrmula de Fuller:

$$Q = C \cdot 0'013 A^{0'8} (1 + 0'8 \log T) (1 + 2'66 A^{-0'3})$$

- Fòrmula de Creaguer:

$$Q = C \cdot 0'0177 \cdot A^{0'5} \left[\frac{2 - e^{-0'33 A^{0'3}}}{3} \left(1 - \frac{\log 0'1 T}{3} \right) + \frac{\log 0'1 T}{3} \right]$$

on:

- **Q** és el cabal (m³/s),
- **A** és l'àrea de la conca (Km²),
- **T** és el nombre d'anys,
- **C**= 6000,
- **N** és una constant dependent de les característiques de la conca.

Avui en dia aquestes fórmules resulten força insuficients ja que presenten una gran quantitat de coeficients amb una estructura difícil de optimitzar per tal d'ajustar-les a les dades d'una conca. Per aquesta raó, no les hem utilitzat per calcular cabals de la nostra conca. Tot i això hem cregut que era important anomenar-les.

7.1.2.- EL MÈTODE RACIONAL

Tal i com s'ha esmentat anteriorment a la metodologia, en el nostre cas calculem els valors de cabal màxim d'avinguda que es van produir el 13 d'octubre de 2005. Per tal de trobar aquests valors de cabals màxims és fa a partir de l'equació de Manning, la qual està explicada posteriorment. Un cop trobats aquests cabals màxims d'avinguda que es van produir, es necessita saber a quin període de retorn corresponen. Per poder saber quin és el cabal màxim d'avinguda per a un període de retorn determinat s'utilitza el mètode racional. Tot seguit s'explica en que consisteix el mètode racional en la obtenció de un cabal per a un període de retorn determinat.

Els mètodes hidrometeorològics obtenen resultats després de diverses hipòtesis sobre la pluja i escolament. Aquests mètodes són fàcils d'utilitzar ja que a Catalunya els registres pluviomètrics són fàcilment coneguts gràcies a les estacions meteorològiques que hi ha repartides per el territori.

Dins d'aquests mètodes hidrometeorològics hi ha varis mètodes, però el més utilitzat per estimar cabals punta d'avinguda a partir de dades pluviomètriques per un determinat període de retorn és el *mètode racional*. Segons aquest mètode, el cabal esperat per un període de retorn determinat es troba a partir d'aquesta fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3'6} \cdot K$$

on:

- **Q** és el cabal (m³/s),
- **A** és l'àrea de la conca (Km²),
- **I** és la màxima intensitat de la pluja (mm/h) durant un temps igual al temps de concentració (Tc) de la conca, amb el mateix període de retorn que el cabal buscat,
- **Tc** o temps de concentració de la conca (h), és el temps que tarda en arribar al punt on s'estudia el cabal una gota d'aigua caiguda al punt més allunyat de la conca.
- **C** és el coeficient d'escolament, que determina la part de la pluja màxima que arriba al punt estudiat en el moment de màxim cabal,

- **K** és un coeficient d'uniformitat que es troba de la següent manera:

$$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

Aquest mètode és emprat per conques amb una àrea fins a 3000 Km² i un temps de concentració superior a 0'25 hores. Si no es donen aquestes característiques es pot considerar que el mètode no és del tot fiable.

En els apartats següents és descriu la metodologia per calcular alguns paràmetres de l'equació del mètode racional.

Temps de concentració

Tal i com s'ha esmentat, el temps de concentració és el temps que tarda una gota en recórrer la distància entre el punt estudiat i el punt més llunyà. Aquesta variable depèn de les característiques lineals de la llera, com el pendent i la longitud del curs principal.

Per tal de trobar el temps de concentració en una conca petita existeixen diverses fórmules, però la fórmula més utilitzada és la de Témez publicada el 1992:

$$Tc = 0'3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0'76}$$

on:

- Tc és el temps de concentració (hores),
- L és la longitud de curs principal (Km),
- J és el pendent mitjà del curs principal (en tant per 1).

Al temps de concentració obtingut a partir d'aquesta fórmula cal sumar-li un temps relativament petit (tc). En el nostre àmbit d'estudi de la Riera de Calonge les dades utilitzades per trobar el temps de concentració són les següents:

Longitud del curs principal (Km)	Pendent mitjà del curs principal (tant per 1)	Temps de concentració addicional (hores)
13'06585	0'3070	0'216

Taula.9.- Dades per trobar el temps de concentració de la Riera de Calonge

El temps de concentració per la nostra conca hidrogràfica és el següent:

$$T_c = 0'3 \left(\frac{13'06585}{0'3070^{1/4}} \right)^{0'76} = 2'647 \text{ hores}$$

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, en aquest temps de concentració se li ha de sumar un temps relativament petit (tc):

$$2'647 + 0'216 = 2'863 \text{ hores}$$

Aquest seria el temps de concentració mitjà que presenta la Riera de Calonge.

Intensitat de pluja màxima diària per a diferents períodes de retorn

Per obtenir la intensitat mitjana màxima de precipitació per a un període de retorn determinat s'utilitza la fórmula següent:

$$\frac{I_{D,T}}{I_{d,T}} = \left(\frac{I_1}{I_{d,T}} \right)^{\frac{28^{0'1} - D^{0'1}}{28^{0'1} - 1}} \quad I_{d,T} = \frac{P_{d,T} (mm)}{24(h)}$$

on:

- $I_{D,T}$ és la intensitat de precipitació de durada D i període de retorn T,

- $I_{d,T}$ és la intensitat mitja diària de precipitació per a un període de retorn T, obtinguda a partir del valor de precipitació màxima anual corresponent al mateix període de retorn ($P_{d,T}$),
- $I_1 / I_{d,T}$ és la relació entre la intensitat horària i diària. A l'àmbit territorial de Catalunya correspon a un valor $I_1 / I_{d,T} = 11$

Coeficient d'escolament

L'aigua d'escolament superficial pot donar-se degut a una excessiva precipitació que no ha pogut infiltrar-se en el sòl o també pot originar-se per la sortida a l'exterior de l'aigua de saturació al llarg de les línies d'intersecció del nivell freàtic amb la superfície del terreny.

En el mètode racional aquest paràmetre està inclòs com a coeficient d'escolament (C). Aquest coeficient d'escolament es pot definir com la relació existent entre el cabal màxim i la pluja màxima de la conca, és a dir, determina la part de la pluja que cau dins de la nostra conca que arriba al punt que s'està estudiant en el moment de màxim cabal.

Per tal de trobar aquest coeficient d'escolament es segueix el mètode de la l'US Soil Conservation Service adaptat per Tèmez (1982) a les condicions d'Espanya.

La fórmula utilitzada és la següent:

$$C = \frac{(P_d - P'_0)(P_d + 23P'_0)}{(P_d + 11P'_0)}$$

on:

- P_d és la precipitació màxima en 24 hores, corresponent al període de retorn considerat (mm/dia),
- P'_0 és un valor propi de la conca estudiada anomenat llindar d'escolament, que és la quantitat de pluja que cal perquè comenci a haver-hi escolament (mm).

La determinació del llindar d'escolament es realitza per a cada conca a partir de la combinació de les característiques geològiques i de l'ús del sòl. Aquest paràmetre engloba les pèrdues de pluja per intercepció, emmagatzematge i infiltració i et permet calcular la pluja neta a partir d'una determinada precipitació. Tal com exigeixen les recomanacions tècniques de l'Agència Catalana de l'Aigua, el valor de llindar escorrentiu finalment adoptat està afectat per un factor corrector de caràcter regional que a Catalunya pren el valor de 1'3.

El P'_0 es calcula de la següent manera: $P'_0 = P_0 \cdot M$

on :

- M és un multiplicador regional, que per la Costa Brava és 2'5.
- $P_0 = \frac{(\sum P_{0i} \cdot A_i)}{\sum A_i}$ on el numerador és el sumatori de cada llindar d'escolament parcial

per la seva àrea parcial; el denominador és el sumatori de totes les àrees parcials.

L'estimació del paràmetre llindar d'escolament parcial (P_{0i}) es mira a una taula on hi ha tabulats els valors d'aquest coeficient segons: ús de la terra, pendent, característiques hidrològiques i grup de sòl.

7.1.2.1.- Estudi hidrològic de la conca de la Riera de Calonge mitjançant el Mètode Racional

Tal i com s'ha anat comentant al llarg del projecte, després de les inundacions del 13 d'octubre del 2005, l'Agència Catalana de l'Aigua va realitzar un estudi hidrològic de la conca de la Riera de Calonge per tal de veure quins van ser els cabals màxims d'avinguda per a un període de retorn determinat. Aquest estudi va ser encomanat per l'Agència Catalana de l'Aigua a una empresa anomenada “*ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting S.L.*” localitzada a Riudellots de la Selva. Aquest estudi es va realitzar mitjançant el mètode racional comentat anteriorment.

L'empresa anomenada ens va facilitar l'estudi hidrològic que van realitzar i el que posteriorment hem fet nosaltres és utilitzar un altre mètode per calcular els cabals màxims d'avinguda que es van produir a l'episodi del 13 d'octubre. Aquests cabals màxims s'han buscat en els mateixos

punts de la conca de la Riera de Calonge on ells van calcular el cabal per a un determinat període de retorn, per tal de comparar-los.

Per tal de realitzar l'estudi hidrològic s'ha subdividit la conca de la Riera de Calonge amb diversos trams. Nosaltres ens centrem en quatre trams que formen part de la Riera de Calonge per tal de veure els cabals màxims d'avinguda que hi va haver.

Aquests quatre trams a estudiar es troben localitzats al tram final de la riera i són els següents:

- Tram 1: Calonge a 200 m del mar
- Tram 2: Calonge avall variant
- Tram 3: Calonge confluència Tinars
- Tram 4: Calonge confluència Molins-Rifred

A continuació es mostra la caracterització hidrològica dels diferents trams de la Riera de Calonge considerats a l'estudi.

Tram	Àrea (Km ²)	Longitud (Km)	Pendent (m/m)	Tc_Tèmez (h)	P ₀ (mm)
Núm. 1	52'990	14'520	0'0361	4'3	25'1
Núm. 2	51'806	13'140	0'0396	3'9	25'3
Núm. 3	50'138	12'476	0'0414	3'7	25'0
Núm. 4	45'896	11'878	0'0432	3'6	25'0

Taula.10.- Característiques hidrològiques de diferents trams de la Riera de Calonge

Pel que fa als coeficients presents a la taula cal recordar que:

- T_c Tèmez (h) correspon al temps de concentració del tram a considerar calculat mitjançant la fórmula de Tèmez . Aquest temps de concentració és el temps que tarda una gota en recórrer la distància entre el punt estudiat i el punt més llunyà.
- P_0 (mm) correspon al llinar escorrentiu i és la quantitat de pluja que cal perquè comenci a haver-hi escolament (mm). Aquest valor és pròpi de cada conca.

A continuació, en els quadres següents es detallen els càlculs realitzats per l'Agència Catalana de l'Aigua en l'estudi que ens van facilitar, mitjançant el mètode racional. Aquestes dades que es presenten a continuació s'utilitzen a la fórmula per tal de trobar el cabal punta d'avinguda:

Tram	Coeficient de simultaneïtat K_A	Coeficient d'uniformitat K
Núm. 1	0'90	1'31
Núm. 2	0'90	1'28
Núm. 3	0'90	1'27
Núm. 4	0'90	1'26

Taula.11.- Coeficients útils per utilitzar el mètode racional

S'adopta un coeficient de simultaneïtat igual per totes les subconques. Per aconseguir certa coherència amb l'aplicació rigorosa del mètode racional, es pren el valor de K_A que correspon a una superfície de la conca del 60% de la conca global.

Intensitat mitjana d’un aiguat de durada $D = T_c$.

Tram	ID 10 (mm/h)	ID 25 (mm/h)	ID 50 (mm/h)	ID 100 (mm/h)	ID 500 (mm/h)
Núm. 1	21'1	26'5	30'8	35'5	47'4
Núm. 2	22'5	28'3	32'9	37'9	50'6
Núm. 3	23'2	29'3	34'0	39'2	52'3
Núm. 4	24'0	30'2	35'1	40'4	54'0

Taula.12.- Intensitat de precipitació de durada $D = T_c$ segons diferents períodes de retorn

Segons la taula següent es pot observar que la intensitat mitjana d’un aiguat (mm/h) augmenta a mesura que el període de retorn també augmenta i a mesura que passem del tram 1 (el més proper a la desembocadura de la Riera de Calonge) al tram 4 (tram més allunyat que correspon a la confluència entre la riera de Molins i el Rifred).

Coefficient escorrentiu associat al període de retorn T

Tram	C 10	C 25	C 50	C 100	C 500
Núm. 1	0'33	0'41	0'46	0'51	0'61
Núm. 2	0'33	0'41	0'46	0'51	0'61
Núm. 3	0'33	0'41	0'46	0'51	0'61
Núm. 4	0'33	0'41	0'46	0'51	0'61

Taula.14.- Coeficient escorrentiu segons un període de retorn T

A la taula presentada anteriorment es pot observar que el coeficient escorrentiu augmenta a mesura que el període de retorn també augmenta. Per a un període de retorn concret es pot observar que el coeficient escorrentiu es manté constant al llarg del tram considerat, ja que es considera que aquest tram considerat té les mateixes característiques en tota la seva àrea d’influència.

Tot seguit es presenten els resultats dels cabals punta d’avinguda que han obtingut mitjançant l’aplicació de la fórmula del mètode racional:

Cabals punta d’avinguda associats a un període de retorn T

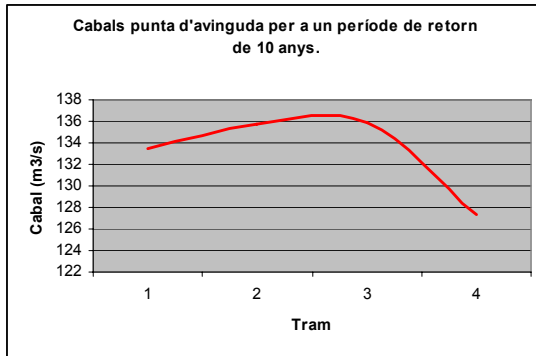
Tram	Q 10 (m ³ /s)	Q 25 (m ³ /s)	Q 50 (m ³ /s)	Q 100 (m ³ /s)	Q 500 (m ³ /s)
Núm. 1	133'5	208'8	273'6	349'3	556'5
Núm. 2	135'7	212'4	278'6	355'9	567'5
Núm. 3	135'9	212'4	278'4	355'3	565'7
Núm. 4	127'3	198'9	260'7	332'7	529'7

Taula.15.- Cabals punta d’avinguda segons un període de retorn T

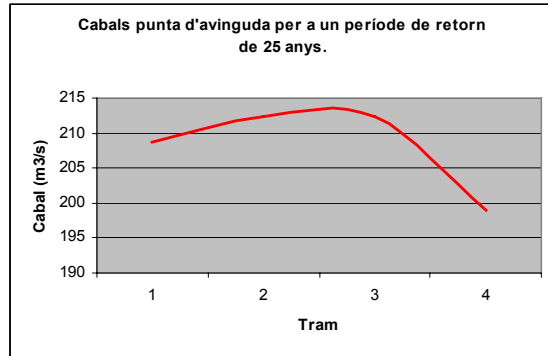
Els valors de cabal presents a la taula segons un període de retorn determinat, són els que ens han de servir posteriorment per tal de treure conclusions amb els cabals que nosaltres hem trobat segons l’equació de Manning. Aquests cabals ens serveixen per interpolar els nostres cabals a un període de retorn determinat.

Segons els resultats presentats a la taula es pot observar que els valors de cabal per a un període de retorn determinat T són molt similars en cada un dels trams i no hi ha diferències molt importants entre ells. Cal destacar que els valors de cabal presents en el tram 2 i 3 són pràcticament iguals per cada període de retorn T considerat.

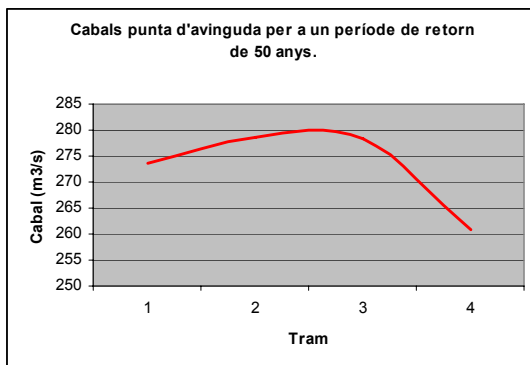
A continuació es mostren representats gràficament aquests cabals punta d’avinguda segons un període de retorn determinat:



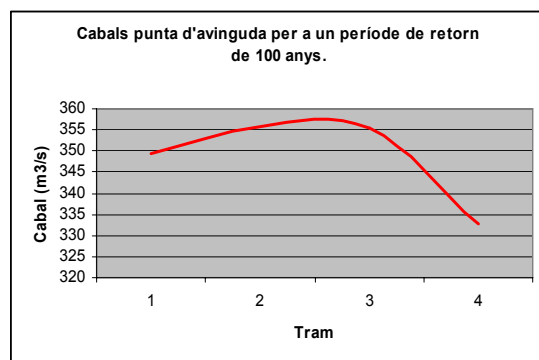
Gràfic.3.- Cabals per a un T = 10 anys



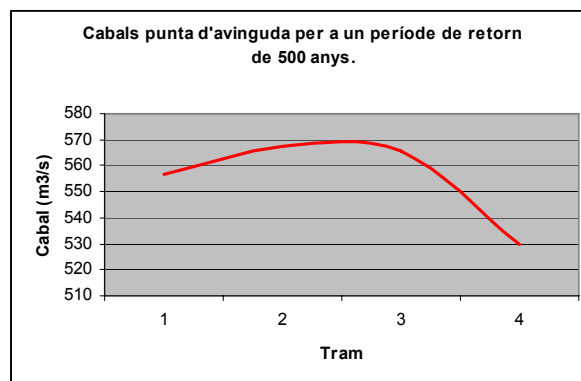
Gràfic.4.- Cabals per a un T = 25 anys



Gràfic.5.- Cabals per a un T = 50 anys



Gràfic.6.- Cabals per a un T = 100 anys



Gràfic.7.- Cabals per a un T = 500 anys

A part dels cabals punta d'avinguda a l'estudi també s'hi presenten els cabals específics associats a un període de retorn T. Aquests cabals específics s'han obtingut mitjançant la divisió dels cabals punta d'avinguda trobats anteriorment amb la àrea de cada tram considerat.

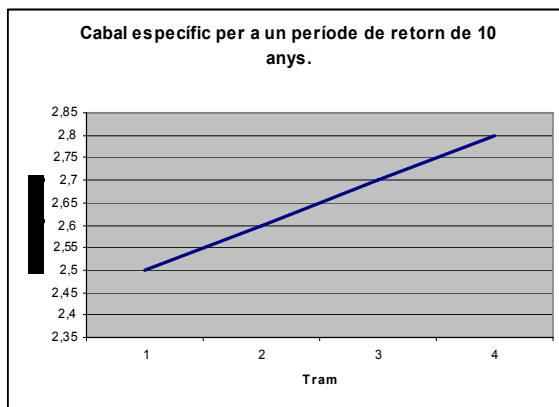
Cabals específics associats a un període de retorn T.

Tram	QE 10 (m ³ /s/km ²)	QE 25 (m ³ /s/km ²)	QE 50 (m ³ /s/km ²)	QE 100 (m ³ /s/km ²)	QE 500 (m ³ /s/km ²)
Núm. 1	2'5	3'9	5'2	6'6	10'5
Núm. 2	2'6	4'1	5'4	6'9	11'0
Núm. 3	2'7	4'2	5'6	7'1	11'3
Núm. 4	2'8	4'3	5'7	7'2	11'5

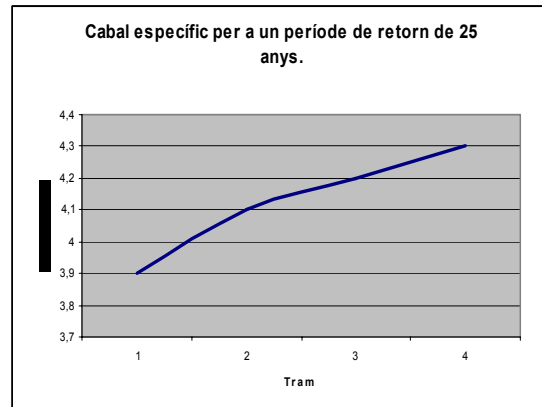
Taula.16.- Cabals específics d'avinguda segons un període de retorn T

Tal i com s'ha esmentat a la taula de "cabals punta d'avinguda per a un període de retorn T", en aquest cas els valors de cabal específic també segueixen un patró molt similar.

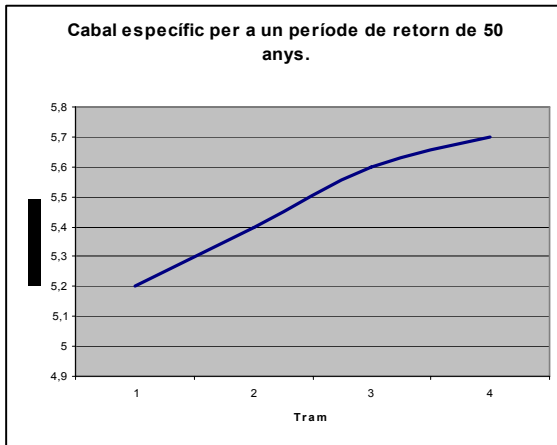
A continuació es mostren representats gràficament aquests cabals específics segons el període de retorn:



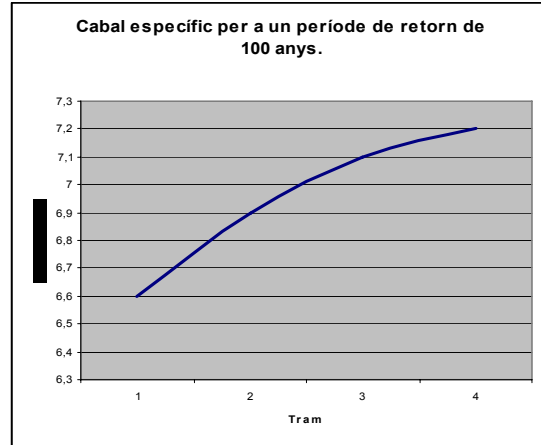
Gràfic.8.- Cabals específics per a un T = 10 anys



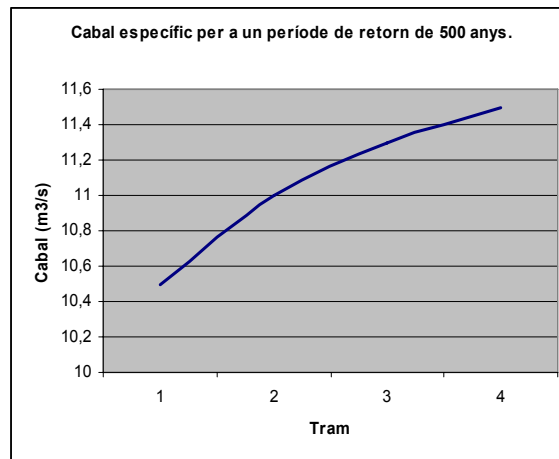
Gràfic.9.- Cabals específics per a un T = 25 anys



Gràfic.10.- Cabals específics per a un
T = 50 anys



Gràfic.11.- Cabals específics per a un
T = 100 anys



Gràfic.12.- Cabals específics per a un
T = 500 anys

Després de trobar els cabals màxims d'avinguda a l'estudi s'hi inclou una calibració del “model HMS” amb les puntes d'avinguda determinades mitjançant els mètode racional.

La taula següent mostra els resultats comparats que s'obtidrien de la calibració realitzada amb el mètode racional:

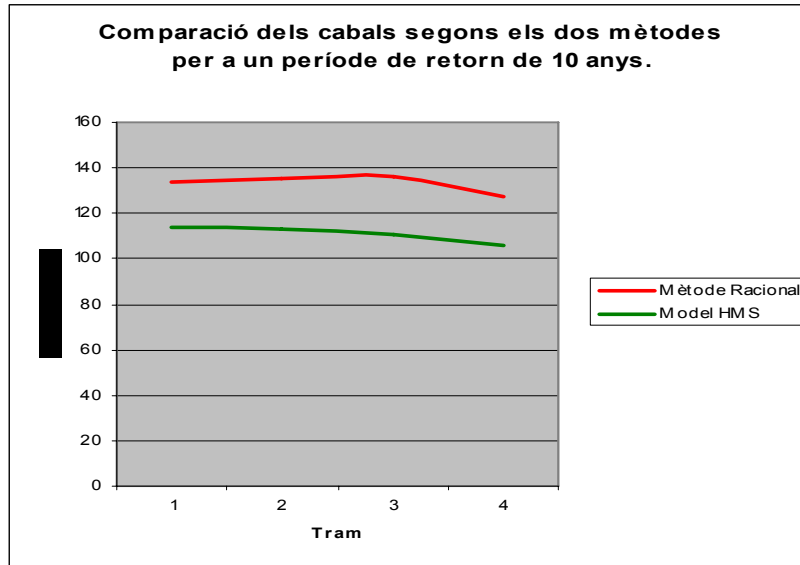
Tram	Q 10		Q 25		Q 50		Q 100		Q 500	
	MR	HMS	MR	HMS	MR	HMS	MR	HMS	MR	HMS
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Núm. 1	133'5	113'5	208'8	191'6	273'6	260'0	349'3	340'2	556'5	560'4
Núm. 2	135'7	113'4	212'4	192'0	278'6	261'0	355'9	341'9	567'5	563'8
Núm. 3	135'9	110'5	212'4	188'1	278'4	256'2	355'3	336'2	565'7	556'0
Núm. 4	127'3	105'6	198'9	179'3	260'7	244'0	332'7	319'9	529'7	528'3

Taula.17.- Calibració HMS amb mètode racional

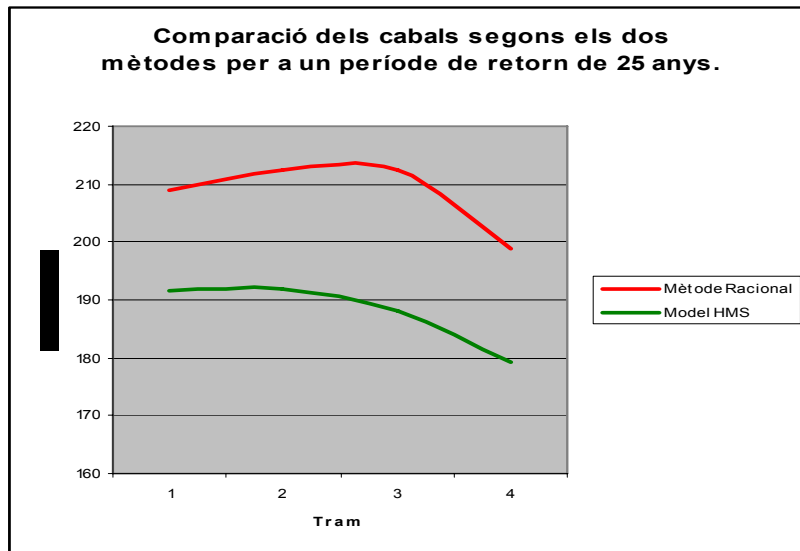
La diferència màxima entre els cabals punta del model HMS i el Mètode Racional és de l'ordre del 10% per a avingudes de 100 i 500 anys de període de retorn, de l'ordre del 15% per a avingudes de 50 anys de període de retorn i de fins a un 30% en avingudes de 10 anys de període de retorn.

A excepció d'alguns casos associats a 500 anys de període de retorn, generalment els valors de cabal punta d'avinguda obtinguts al model HMS resulten ser inferiors als que s'obtidrien pel mètode racional.

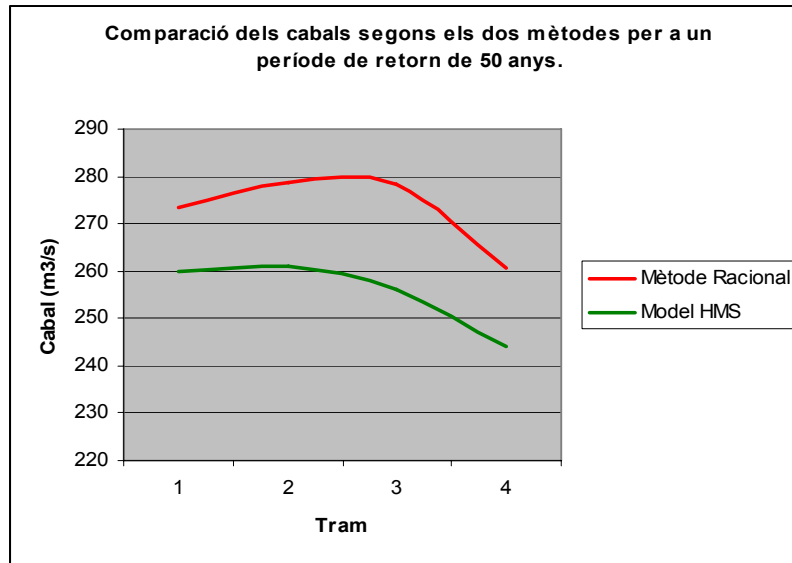
A continuació es mostren representats gràficament aquests cabals punta d'avinguda segons el mètode racional i el model HMS per a un període de retorn determinat:



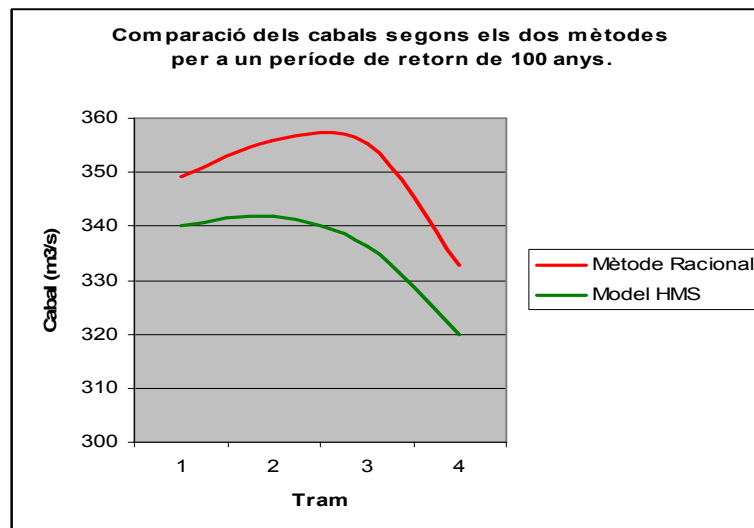
Gràfic.13.- Comparació dels cabals per a un T = 10 anys



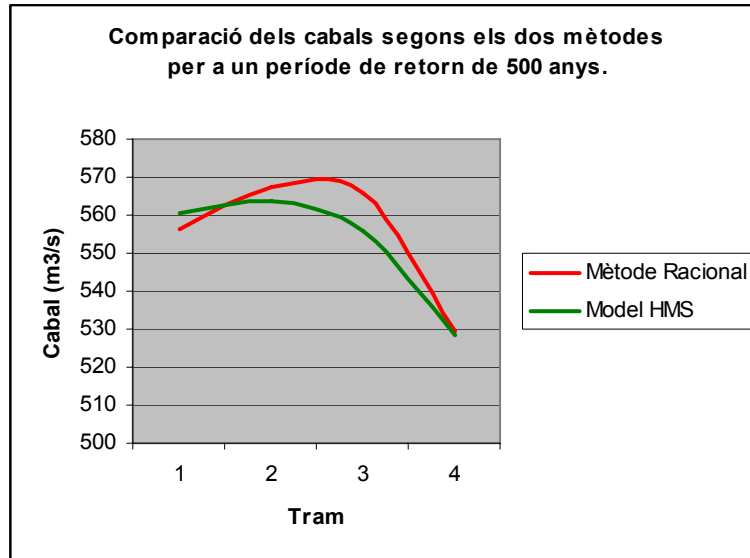
Gràfic.14.- Comparació dels cabals per a un T = 25 anys



Gràfic.15.- Comparació dels cabals per a un T = 50 anys



Gràfic.16.- Comparació dels cabals per a un T = 100 anys



Gràfic.17.- Comparació dels cabals per a un T = 500 anys.

7.1.3.- L'EQUACIÓ DE MANNING

Per tal de calcular els cabals que es van produir després de l'avinguda del 13 d'octubre del 2005, s'ha aplicat l'equació de Manning als quatre trams considerats. Aquest mètode de l'equació de Manning és un dels molts mètodes d'aforament post-riuada que existeixen. És el més conegut, àmpliament utilitzat i fàcilment calculable a partir de les relacions geomètriques de la secció i un índex tabulat segons les característiques de la llera a estudiar.

En aquest mètode, també anomenat mètode de règim uniforme, el cabal es calcula en base a l'equació de flux en règim uniforme i s'hi inclouen característiques com: característiques geomètriques de la llera, el perfil de la làmina d'aigua en la seva secció longitudinal, el radi hidràulic i el coeficient de rugositat o també anomenat coeficient de Manning.

L'**equació de Manning** utilitzada per el càlcul dels cabals que es van produir després de l'episodi d'inundació és la següent:

$$Q = \frac{A_h \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}}{n}$$

on:

- **Q** és el cabal (m³/s),
- **A_h** és l'àrea de la secció transversal de la llera ocupada per l'aigua (m²),
- **P_m** és el perímetre mullat de la secció transversal (m),
- **R_h** és el radi hidràulic de la secció transversal (m),
- **J** és el pendent longitudinal del tram a on hi ha la secció estudiada (m/m),
- **n** és el coeficient de rugositat o coeficient de Manning.

Per poder trobar aquest cabal, tal com s'ha explicat anteriorment, vam haver d'anar a cadascun dels quatre trams considerats a mesurar l'alçada i la llargada de la llera.

A partir d'aquests valors hem pogut trobar diferents coeficients de l'equació de Manning, de la següent manera:

- Àrea de la secció transversal = $A_h = \text{alçada} \cdot \text{amplada}$
- Perímetre mullat = $P_m = \text{amplada} + (\text{alçada} \cdot 2)$
- Radi hidràulic = $R_h = A_h / P_m$

En general, el càlcul de les diferents variables de què està formada l'equació de Manning són fàcils de determinar ja que són dades geomètriques. En canvi, el coeficient de rugositat o coeficient de Manning és més difícil de quantificar perquè cal estudiar bé quins són els principals factors que afecten a la rugositat del llit del riu. Es pot considerar que qualsevol obstacle suposa un increment del paràmetre n.

Els principals factors dels que depèn aquest paràmetre són:

- 1) **Superfície rugosa:** la superfície rugosa del perímetre d'un canal proporciona un punt crític de referència en l'estimació de n . En canals on el llit del riu està format per materials argilosos i sorres, el número del coeficient de rugositat és baix, en canvi, si el riu està format per grans blocs de roca el valor de n es veu incrementat notablement.
- 2) **Vegetació:** el valor de n haurà de tenir en compte l'efecte de la vegetació en el retard provocat al flux. En general la importància relativa de la vegetació sobre aquest factor és en funció de la seva alçada, densitat i distribució. És fonamental la seva consideració en els trams a on s'espera una falta de manteniment.
- 3) **Irregularitat del canal:** es refereix a les variacions en les seccions transversals del canal, de la seva forma i perímetre mullat al llarg del tram a on es localitza la secció estudiada. Variacions graduals de la secció tenen efectes poc significatius en el valor de n , però canvis grans en la seva forma poden produir efectes molt grans.
- 4) **Obstruccions en el canal:** la presència d'obstruccions en el canal com ponts o bé la presència de troncs, poden tenir efectes significatius. Aquest efecte depèn de la quantitat i mida de les obstruccions.
- 5) **Alineament del canal:** mentre que corbes de gran radi de curvatura sense canvis freqüents en la direcció del canal ofereixen una resistència addicional petita, corbes fortes i sobtades de petit radi incrementen la forma significativa el valor de n .
- 6) **Erosió i sedimentació:** l'erosió, sedimentació i el transport durant una avinguda poden donar un increment en el valor de n .

Degut a la dificultat que hi ha en assignar un valor al coeficient de rugositat, aquest es mira en una taula sobre coeficients de rugositat dissenyada per Chow (1959). En aquesta taula s'estableixen valors mínims, normals i màxims per a canals amb característiques diferents. La taula utilitzada per determinar el coeficient de rugositat o coeficient de Manning segons les característiques d'una conca és la següent:

Tipus de superfície	Mínim	Normal	Màxim
Sèquies i recs			
Terra, en línia recta i uniforme	0.017	0.0225	0.025
Excavat en roca, llis i uniforme	0.025	0.033	0.035
Excavat en roca, rugós i irregular	0.035	0.040	0.045
Sèquia moderadament serpentejant	0.0225	0.0275	0.030
Canal dragat en terra	0.025	0.030	0.033
Canal de llit pedregós aspre, amb malesa als marges	0.025	0.035	0.040
Fons de terra i marge d'escullera	0.028	0.033	0.035
Cusos d'aigua naturals			
1- Net, marge recte, sense esglaons, passallissos o basses profundes	0.025	0.030	0.033
2- Com 1, però amb alguns matolls i pedres	0.030	0.035	0.040
3- serpentejant, algunes basses, bancs de sorra i net	0.033	0.040	0.045
4- igual que 3, esglaons més profunds, seccions i pendents menys eficaços	0.040	0.050	0.055
5- igual que 3, alguns matolls i pedres	0.035	0.045	0.050
6- igual que 4, trams pedregosos	0.045	0.055	0.060
7- Trams de riu peresosos, amb malesa i basses profundes	0.050	0.070	0.080
8- Trams amb molta malesa	0.075	0.125	0.150

Taula.18.- Valors del coeficient de rugositat per a diferents tipus de superfície segons Chow (1959)

7.1.3.1.- Estudi dels cabals de l'avinguda del 13 d'octubre del 2005 mitjançant l'aplicació de l'equació de Manning

Tal i com s'ha anat comentant, a partir de l'equació de Manning trobem els cabals que van passar per quatre trams de la Riera de Calonge el dia de la gran avinguda. Els trams són els següents:

- Tram 1: Calonge a 200 m del mar
- Tram 2: Calonge avall variant
- Tram 3: Calonge confluència Tinars
- Tram 4: Calonge confluència Molins-Rifred

Aquests trams són els mateixos amb els que anteriorment s'hi ha aplicat el mètode racional per tal que després puguem fer algunes comparacions.

Per tal de poder aplicar l'equació de Manning vam anar a fer mesures de les seccions de les lleres dels trams considerats. De cada tram vam mesurar la seva alçada i la seva llargada. A partir d'aquestes dades obtingudes al camp hem pogut trobar altres coeficients de l'equació de Manning com són: l'àrea de la secció transversal de la llera ocupada per l'aigua, el perímetre mullat de la secció transversal i el radi hidràulic de la secció transversal.

Pel que fa al valor del pendent de cada tram, no hem utilitzat el valor de pendent que l'Agència Catalana de l'Aigua va calcular per la obtenció dels cabals màxims d'avinguda mitjançant l'aplicació del mètode racional. Hem utilitzat un valor de pendent mitjà de cada tram de 0'00333 m/m.

El valor del coeficient de rugositat o coeficient de Manning (**n**) l'hem extret de la **taula 18** exposada anteriorment. Segons les característiques de la nostra llera i observant la taula, considerem que és un curs d'aigua natural; serpentejant, algunes basses, bancs de sorra i net.

Trobem que el nostre coeficient de rugositat (n) té els valors següents:

- Mínim = 0'033
- Normal = 0'040
- Màxim = 0'045

En el nostre cas només considerarem el valor mínim i el valor màxim del coeficient de rugositat present a la taula, **n = 0'033** i **n = 0'045**. D'aquesta manera trobarem els valors de cabals que es van produir el dia de l'avinguda segons el mínim i el màxim coeficient de rugositat. Calculant aquests dos cabals sabrem el cabal mínim i màxim que va passar per cada tram considerat el dia de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005.

Tot seguit es mostren els resultats obtinguts mitjançant l'aplicació de l'equació de Manning. Primerament s'exposen els coeficients que formen part de l'equació i que nosaltres hem trobat en cada un dels trams. Aquests coeficients són els següents:

Tram	Alçada llera (m)	Amplada llera (m)	Perímetre mullat (m)	Àrea transv. (m ²)	Radi hidràulic (m)	Pendent (m/m)	n mínim	n màxim
Núm. 1	4'5	28	37	126	3'405	0'00333	0'033	0'045
Núm. 2	4	20'20	28'20	80'8	2'865	0'00333	0'033	0'045
Núm. 3	3	31	37	93	2'514	0'00333	0'033	0'045
Núm. 4	4'35	37'40	46'1	162'69	3'529	0'00333	0'033	0'045

Taula.19.- Coeficients utilitzats a l'equació de Manning

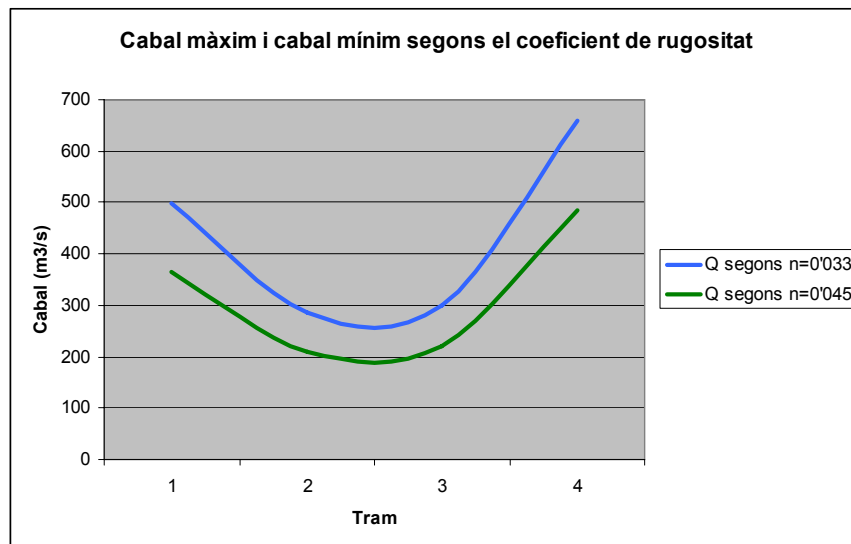
Un cop tenim tots aquests valors característics de la nostra àrea d'estudi de la Riera de Calonge, els apliquem a la fórmula de l'equació de Manning per tal de trobar els cabals. Recordem que realitzem el mateix procediment per un valor de n mínim i un valor de n màxim, per tal de trobar una cabal mínim i un cabal màxim.

Els valors de cabal i velocitat obtinguts mitjançant l'aplicació d'aquesta equació són els següents:

Tram	n = 0'033		n = 0'045		Cabal mitjà (m³/s)
	Cabal (m³/s)	Velocitat (m/s)	Cabal (m³/s)	Velocitat (m/s)	
Núm. 1	498'72	3'958	365'73	2'903	432'225
Núm. 2	285'03	3'528	209'02	2'587	247'025
Núm. 3	300'64	3'233	220'47	2'371	260'555
Núm. 4	659'44	4'053	483'59	2'972	571'515

Taula.20.- Cabals i velocitat per a n = 0'033 i n = 0'045

Tot seguit hi ha representats gràficament els valors de cabal obtinguts:



Gràfic.18.- Cabal màxim i cabal mínim segons el coeficient de rugositat

Segons els valors de cabals que hem obtingut que van circular el dia de l'avinguda, cal destacar que en el tram 1 i en el tram 4 van circular cabals molt elevats, i en el tram 2 i tram 3 van circular cabals molt similars (degut a les característiques de la llera).

Prova d'aquests cabals tant elevats, són clarament observables amb els efectes que es van produir durant aquest període d'inundació, explicats anteriorment, gràcies a la violència que van assolir les aigües de la Riera de Calonge, degut a la seva velocitat i al seu cabal.

Tal i com s'ha anat comentant, amb l'aplicació del coeficient de rugositat mínim i el màxim a l'equació de Manning obtindrem dos cabals diferents. Segons aquesta matització es pot destacar el següent:

- En el tram 1, que correspon a Calonge a 200 m del mar, el dia de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005 li correspon un cabal entre **365'73 i 498'72 m³/s**. A aquest cabal li correspon a un període de retorn de 100 anys.

- En el tram 2, que correspon a Calonge avall variant, el dia de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005 li correspon un cabal entre **209'02 i 285'03 m³/s**. A aquest cabal li correspon a un període de retorn de 50 anys.

- En el tram 3, que correspon a Calonge confluència Tinars, el dia de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005 li correspon un cabal entre **220'47 i 300'64 m³/s**. A aquest cabal li correspon a un període de retorn de 50 anys.

- En el tram 4, que correspon a Calonge confluència Molins Rifred, el dia de l'avinguda del 13 d'octubre de 2005 li correspon un cabal entre **483'59 i 659'44 m³/s**. A aquest cabal li correspon a un període de retorn de 500 anys.

8.- PROPOSTES DE MINIMITZACIÓ DE L'EFECTE DE LES INUNDACIONS A LA RIERA DE CALONGE

Per a solucionar els problemes d'inundació al tram final de la riera de Calonge, entre aquesta població i el nucli de Sant Antoni es preveu refer dos ponts i un nus viari, canalitzar la riera amb murs de formigó i ampliar-la fins a 60 m comportant la pèrdua de zones verdes i infraestructures urbanes.

Després de les inundacions del mes d'Octubre de 2005 es va posar de manifest la necessitat d'abordar el condicionament de la riera de Calonge a la part final, abans de desembocar al mar. S'ha previst estudiar el possible endegament del tram final, els últims 1750 m fins al mar per donar capacitat suficient a la llera i protegir els marges.

En el projecte de condicionament de la llera s'ha previst canalitzar des d'aquest punt fins a la desembocadura de la riera. Les propostes que estan sobre la taula inclouen fer una escullera de rocam fins a una 100 m del nus viari de la carretera de Palamós a Platja d'Aro, a l'altura del nucli de Sant Antoni. El tractament es modifica i es preveu un mur de formigó fins a la desembocadura de la riera. L'execució d'aquest projecte comporta refer dos ponts: el que està situat just al nus viari i el pont conegut popularment com dels Ànecs.

8.1.- PROJECTE BÀSIC DE REFORÇAMENT A LA RIERA DE CALONGE

1) Inici de les obres

Les obres de canalització començaran a l’altura del Parc d’Activitats Econòmiques. Es preveu fer una escullera fins a uns 100m de la carretera antiga. A partir d’aquí s’hi preveuen murs verticals de ciment amb una barana, també de ciment.

2) Nus viari a la C-253

El nus viari amb un canvi de sentit a un nivell més baix que la carretera, va ser un dels punts crítics dels aiguats de l’Octubre. La proposta comportarà una reordenació d’aquest espai.

3) El pont de la carretera

Es preveu que s’haurà de refer el pont de la C-235 o l’altura del carrer de la Fragata. En aquest punt va ser on va trencar la riera i va inundar un ampli sector de Sant Antoni.

4) El pont dels Ànecs

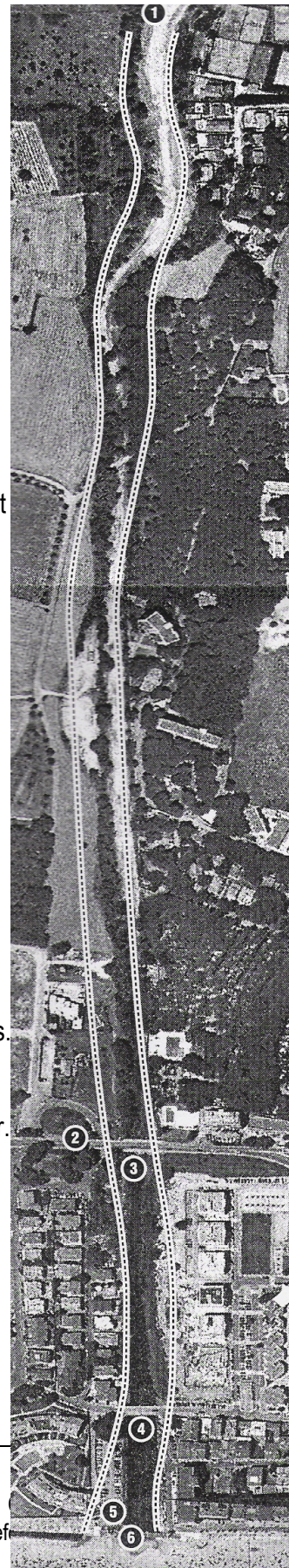
El pont conegut popularment com dels ànecs també s’haurà de refer. Les obres de canalització comporten eixamplar la riera fins a 60 m.

5) Pèrdua de Terrenys

L’ampliació de la riera comporta la pèrdua de diverses zones. L’ampliació comporta la pèrdua d’espais, com ara la zona verda i de jocs del final de la riera, a tocar el passeig del mar.

6) Reforçar el passeig

El pont que salva la riera de Calonge i que dona continuïtat al passeig marítim no s’enderrocarà però caldrà reforçar-lo.



8.2.- PROPOSTA D'EIXAMPLAMENT DE LA RIERA DE CALONGE

Aquesta ampliació de la riera de Calonge fins a 60 m d'amplada comporta un impacte notable. Quedaran afectades moltes zones, la majoria municipals. És el cas de la zona verda del final de la riera a tocar del passeig, que ha estat convertida en aparcaments i zona de jocs infantils. Aquest espai gairebé desapareix totalment.

A continuació avaluarem si la proposta és viable. Mitjançant el mètode de Manning ja emprat en el nostre estudi valorarem si amb l'eixamplament fins a 60 m de la llera és suficient per a abastir l'aigua que pot caure per a períodes de retorn calculats en el mètode racional.

La proposta es basa en modificar la llera en amplada però no en profunditat, per tant, els valors de profunditat de la llera són els mateixos que s'han emprat en tot l'estudi.

Es calculen els cabals que pot abastar una llera de 60 metres d'ample en els 4 trams estudiats amb anterioritat per a 2 coeficients de Manning. La primera taula ens mostra els cabals per una llera de 60 m d'ample però sense cimentar, és a dir, si únicament eixampléssim la llera sense pavimentar-la. En aquest cas el coeficient de Manning és de 0'033 igual que en els càlculs ja emprats amb anterioritat. La segona taula ens mostra els cabals per una llera de 60 m d'ample però en aquest cas pavimentada. El coeficient de Manning és 0'016 en aquest cas.

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coefficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	69	270	3'913	0'033	4'34	1172'42	0'00333
2	68	240	3'529	0'033	4'05	972'87	0'00333
3	66	180	2'727	0'033	3'41	614'42	0'00333
4	68'7	261	3'799	0'033	4'26	1111'23	0'00333

Taula.21.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per una amplada de 60m per una riera sense pavimentar

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coefficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	69	270	3'913	0'016	8'96	2418'11	0'00333
2	68	240	3'529	0'016	8'36	2006'54	0'00333
3	66	180	2'727	0'016	7'04	1267'24	0'00333
4	68'7	261	3'799	0'016	8'78	2291'91	0'00333

Taula.22.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per una amplada de 60m per una riera pavimentada

Un cop obtinguts aquests valors de cabal els comparem amb els cabals obtinguts pel mètode racional per als diferents períodes de retorn que ens indiquen els cabals que poden passar per la llera cada 10, 25, 50, 100 i 500 anys.

Períodes de retorn	1	2	3	4
10	133'5	135'7	135'9	127'3
25	208'8	212'4	212'4	198'9
50	273'6	278'6	278'4	260'7
100	349'3	355'9	355'3	332'7
500	556'5	567'5	565'7	529'7

Taula.23.-Cabals punta d'avinguda segons el mètode racional per a cada període de retorn

Segons els valors obtinguts podem dir que la proposta d'endegament de la riera de Calonge amb una amplada de 60 metres es totalment viable comparant els valors de cabal que hi podrien passar amb aquestes noves dimensions i els que passarien amb períodes de retorn de fins a 500 anys.

Segons si la llera està o no pavimentada, podem observar que amb la llera pavimentada hi poden circular cabal molt més elevats que en una llera sense pavimentar.

Cal esmentar que aquesta proposta d'eixamplament de la riera fins a una amplada de 60 m està essent avaluada per l'Agència Catalana de l'aigua. Nosaltres el que hem realitzat és un estudi per a avaluar si és una proposta viable. Un cop hem demostrat que és una proposta que solucionaria el problema d'inundacions, ja que podria abastir tots els cabals trobats, ens centrem amb la problemàtica que s'ha originat a Calonge.

L'ACA preveu que aquesta proposta originarà pèrdues importants de zones verdes i altres infraestructures municipals. Per aquesta raó nosaltres hem estudiat la possibilitat de minimitzar aquestes pèrdues trobant un valor inferior a 60 m d'amplada de la riera que permeti el pas dels cabals d'aigua que podrien passar amb períodes de retorn de 500 anys.

Com hem pogut observar en les 2 taules anteriors, si a més a més d'eixamplar-se la llera, aquesta es pavimentés el cabal que hi podria circular seria major ja que l'aigua no trobaria cap obstacle que frenés el seu pas i l'aigua circularia a més velocitat. Per aquesta raó hem estudiat la possibilitat de que l'amplada fos inferior sempre i quan la riera estigués pavimentada.

A continuació hem valorat la nostra pròpia proposta en que l'amplada es veuria reduïda 10 m, és a dir, l'amplada que nosaltres utilitzem és de 50 m. El coeficient de Manning utilitzat és el de 0'016 que correspon a una llera pavimentada. Els valors obtinguts de cabal són els següents:

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coefficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	59	225	3'814	0'016	8'80	1980'79	0'00333
2	58	200	3'448	0'016	8'23	1646'39	0'00333
3	56	150	2'679	0'016	6'96	1043'43	0'00333
4	58'7	217,5	3'705	0'016	8'64	1878'35	0'00333

Taula.24.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per una amplada de 50m per una riera pavimentada

Comparant els valors obtinguts de cabal que podrien circular per una riera de 50 m d'ample i pavimentada amb els cabals amb període de retorn de fins 500 anys ens demostra que la proposta de l'ACA d'eixamplar la llera fins a 60 m és excessiva. La nostra proposta ens permet observar que reduint l'amplada 10 metres, és a dir, eixamplant 50 m i pavimentant la riera és suficient per abastir els cabals que podrien produir-se a la riera de Calonge, sense provocar cap tipus de inundació.

8.3.- CARACTERÍSTIQUES DE LA LLERA A TENIR EN COMPTE PER ESTABLIR UNA BONA PROPOSTA ENFRONT A LES INUNDACIONS

A la hora d'establir una proposta de millora d'una llera d'un riu o riera és important conèixer les característiques d'aquest o d'aquesta ja que influeixen molt en el pas de l'aigua.

Els coeficients de rugositat per a diferents tipus de superfícies utilitzats durant tot el nostre estudi ens permetran comparar com influeixen les característiques de la llera en els cabals que hi poden circular.

El primer anàlisi realitzat correspon a un curs d'aigua natural amb un marge recte, net, sense esglaons, passallissos o basses profundes. Les dimensions de la llera són les que actualment s'hi troben que són les que hem utilitzat en el mètode de Manning. El coeficient de Manning utilitzat és de 0'025 corresponent a aquest tipus de llera.

Els resultats de cabal obtinguts són els següents:

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coefficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	37	126	3'405	0'025	5'22	658'31	0'00333
2	28'20	80'8	2'865	0'025	4,66	376'24	0'00333
3	37	93	2'514	0'025	4,27	396'84	0'00333
4	46'1	162'69	3'529	0'025	5,35	870'46	0'00333

Taula.25.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per un curs d'aigua natural amb marge recte, net, sense esglaons, passallissos o basses profundes

El segon anàlisi realitzat correspon a un curs d'aigua natural amb les mateixes característiques que l'actual riera de Calonge. Aquest curs fluvial és característic per presentar algunes basses, bancs de sorra i net amb esglaons mes o menys profunds amb seccions i pendents poc eficaços. El coeficient de Manning utilitzat és de 0'040 corresponent a aquest tipus de llera.

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coefficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	37	126	3'405	0'04	3'27	411'45	0'00333
2	28'20	80'8	2'865	0'04	2'91	235'15	0'00333
3	37	93	2'514	0'04	2'67	248'03	0'00333
4	46'1	162'69	3'529	0'04	3'34	544'04	0'00333

Taula.26.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per un curs d'aigua natural amb algunes basses, bancs de sorra i net amb esglaons mes o menys profunds amb seccions i pendents poc eficaços.

El tercer anàlisi realitzat correspon a un curs d'aigua natural amb trams amb molta malesa, és a dir, pedregosos, amb matolls, marges bruts, peresosos i amb basses profundes.

El coeficient de Manning utilitzat és de 0'075 corresponent a aquest tipus de llera.

Tram	Perímetre mullat (m)	Àrea transversal del perfil (m ²)	Radi hidràulic del perfil (m)	Coeficient de Manning (m)	Velocitat màxima (m/s)	Cabal de Manning (m ³ /s)	Pendent del tram (m/m)
1	37	126	3'405	0'075	1'74	219'44	0'00333
2	28'20	80'8	2'865	0'075	1'55	125'41	0'00333
3	37	93	2'514	0'075	1'42	132'28	0'00333
4	46'1	162'69	3'529	0'075	1'78	290'15	0'00333

Taula.27.-Valors de cabal màxim (m³/s) calculats per un curs d'aigua natural amb molta malesa, és a dir, pedregosos, amb matolls, marges bruts, peresosos i amb basses profundes.

Comparant els tres anàlisis, el primer paràmetre important a comentar és el de la velocitat. Podem dir que amb cursos d'aigua naturals amb una rugositat baixa com és el cas del primer anàlisi realitzat la velocitat de l'aigua és força superior que en els altre dos casos analitzats. Això és degut a que l'aigua no troba gaires impediments en el seu pas per la llera. Els altres dos casos les velocitats són inferiors ja que la riera presenta forces irregularitats que barren el pas de l'aigua.

La velocitat és un paràmetre que va relacionat amb el cabal que passa per la llera ja que a més velocitat més aigua passa per període de temps. Si la velocitat és alta ens indica que més aigua pot passar per la riera per unitat de temps reduint les possibilitats d'inundació. Per aquesta raó podem dir que un riu amb les característiques del de l'anàlisi 1 permet el pas d'un cabal d'aigua molt superior al d'un riu amb les característiques de l'anàlisi 3.

Si haguéssim de fomentar proposta de millora de la llera de la riera de Calonge hauríem de començar per modificar aquestes característiques que tan influeixen en temes d'inundacions. Hauríem de convertir la nostra llera en un curs fluvial natural net, amb marges rectes, sense esglaons, passallissos o basses profundes. Aquestes característiques ens permetrien que la velocitat de l'aigua fos molt més superior a la que presenta actualment la llera i per tant en relació ens passaria molt més cabal d'aigua per unitat de temps evitant possibles inundacions.

9.- ESTUDI ECONÒMIC DELS DESPERFECTES PRODUÏTS PER L'EPISÒDI D'INUNDACIÓ

9.1.- ESTUDI 1

En l'estudi realitzat per l'Ajuntament després dels aiguats de l'octubre de 2005 trobem que hi ha dos tipus d'anàlisi per quantificar l'afectació dels mateixos:

El primer tracta els danys estructurals o interiors dels habitatges que podien provocar o no, la inhabilitat de la vivenda. Així veiem a la **taula 28** que el tipus d'afectació 1 correspondria al grau màxim d'afectació, que serien danys estructurals que provoquen la inhabilitat de l'habitatge, el tipus d'afectació 2 mostren danys interiors d'elements constructius no estructurals, el tipus d'afectació 3 que correspondrien a danys interiors de contingut que no afecten elements constructius i el grau d'afectació 4 que contemplarien danys de terrenys lliures d'edificació. Com podem veure a totes les taules, del grau d'afectació 1 no hi han dades que es puguin quantificar o no es poden contemplar a aquest paràmetre. A partir del grau d'afectació 2 trobem més dades que ens poden ajudar a interpretar la magnitud de l'aiguat fins al 4 que va ser el menys devastador. Com podem veure a la **taula 1**, les que van quedar més afectades van ser les entitats urbanes amb 2700, de 18.362 totals i les parcel·les amb 792 d'un total de 6.702, ambdós amb graus d'afectació 2 i 3 generalment.

De les **taules 29 fins a la 34** es tracta el valor cadastral de cadascuna de les activitats o usos, aquestes taules són importants perquè segons el grau d'afectació al qual s'hagin examinat, les ajudes per part de l'Administració i seran majors o menors. En tots els casos i donat que el negoci immobiliari és segur avui en dia, tots els valors cadastrals dels diferents usos van augmentar del 2005 al 2006. Aquest fet és positiu per als afectats, ja que les ajudes per les pèrdues ocasionades, seran incrementades respecte l'any anterior. En aquest cas, el tipus d'afectació 1 és el que té prioritat. Així s'analitzen els immobles, solars, habitatges, activitats econòmiques, aparcaments/ trasters i d'altres usos, per tal de fer una anàlisi completa i rigorosa.

IMMOBLES AFECTATS SEGONS SELECCIÓ GRÀFICA							
Tipus afectació	Parc. Cad.	Ent. Urb. Afect.	Solars afect,	Habit. Afect.	Activit. Econ,	Aparc/traste,	Altres
1	sense dades	Sense dades					
2	92	108		97	9	2	
3	468	2309		601	193	1510	5
4	232	283	283				
TOTALS	792	2700	283	698	202	1512	5

Taula.28.- Immobles afectats segons selecció gràfica

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DEL TOTAL DELS IMMOBLES AFECTATS			
Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	4.884.402,28	4.982.090,33	44.838,81
3	48.085.313,55	49.047.019,82	441.423,18
4	8.725.522,05	8.900.032,49	80.100,29
TOTALS	61.695.237,88	62.929.142,64	566.362,28

Taula.29.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 del total d'immobles afectats

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DELS SOLARS AFECTATS			
Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	8.725.522,05	8.900.032,49	80.100,29
TOTALS	8.725.522,05	8.900.032,49	80.100,29

Taula.30.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 dels solars afectats

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DELS HABITATGES AFECTATS

Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	3.885.721,56	3.963.435,99	0,00
3	24.180.610,68	24.664.222,89	0,00
4	0,00	0,00	80.100,29
TOTALS	28.066.332,24	28.627.658,88	80.100,29

Taula.31.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 dels habitatges afectats

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DE LES ACTIVITATS ECONÒMIQUES AFECTADES

Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	992.454,03	1.012.303,11	9.110,73
3	14.834.352,63	15.131.039,68	136,179,36
4	0,00	0,00	0,00
TOTALS	15.826.806,66	16.143.342,79	145.290,09

Taula.32. Valors cadastrals i quotes IBI 2006 de les activitats econòmiques afectades

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DELS APARCAMENTS/TRASTERS AFECTATS

Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	6,226,69	6,351,22	57,16
3	8,415,963,93	8,584,283,21	77,258,55
4	0,00	0,00	0,00
TOTALS	8,442,190,62	8,590,634,43	77,315,71

Taula.33.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 dels aparcaments/trasters afectats

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 D'ALTRES USOS AFECTATS

Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
1	sense dades		
2	0,00	0,00	0,00
3	654,386,31	667,474,04	6,007,27
4	0,00	0,00	0,00
TOTALS	654,386,31	667,474,04	6,007,27

Taula.34.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 d'altres usos afectats

Dades generals

Parcel·les	6.702
Entitats Urbanes	18.362

Pecentatge afectacions

Parcel·les	11,,82
Entitats Urbanes	14,7

Descripció del tipus d'afectació

1	Danys estructurals que provoquen la inhabilitat de l'habitatge
2	Danys interiors d'elements constructius no estructurals
3	Danys interiors de contingut que no afecten elements constructius
4	Danys de terrenys lliures d'edificació

9.2.- ESTUDI 2

El segon estudi tracta de la devastació dels soterranis de les vivendes i de les plantes baixes. Es fa aquesta diferenciació perquè van ser les primeres a patir l'aiguat. Com podem veure la taula 35 també s'estructura en nivells, l'1 correspon a devastació de tota la planta baixa i soterranis dels immobles, el 2 a devastació parcial de la planta baixa i soterranis dels immobles i el 3 a inundacions bàsicament a la planta soterrània dels immobles. En aquesta taula sí tenim un recompte exhaustiu per a cada nivell, i com hem comentat a la taula 28, les parcel·les i les

entitats urbanes, són les més afectades, concretament amb valors de 734 i 2594, respectivament.

La taula 36 també reflexa els valors cadastrals i les quotes IBI, que són els impostos a pagar en concepte de contribució a l'Estat. Podem veure que aquests valors també van augmentar de 2005 a 2006, amb uns valors semblants d'incrementació per l'esmentat anteriorment a les taules 29-34.

Hem d'explicar també que a ambdós estudis no hem pogut tenir accés a les pèrdues privades de cada vivenda, sinó només a nivell general, perquè es troben en estudi pels grups

d'assegurances, ja que volen fer una anàlisi completa de cada habitatge, per saber realment quina ha de ser la indemnització corresponent. Una vegada aquesta xifra sigui exposada a cada vivenda, aquestes dades sortiran a exposició pública.

IMMOBLES AFECTATS SEGONS SELECCIÓ GRÀFICA

Tipus afectació	Parc. Cad.	Ent. Urb. Afect.	Solars afect,	Habit. Afect.	Activit. Econ,	Aparc/traste,	Altres
Nivell 1	220	794	46	255	26	458	15
Nivell 2	224	932	53	215	51	591	11
Nivell 3	290	868	78	212	88	487	8
TOTALS	734	2594	177	682	165	1536	34

Taula.35.- Immobles afectats segons selecció gràfica

Dades generals

Parcel·les	6.702
Entitats Urbanes	18.362

Pecentatge afectacions

Parcel·les	10,95
Entitats Urbanes	14,13

VALORS CADASTRALS I QUOTES IBI 2006 DEL TOTAL DELS IMMOBLES AFECTATS			
Tipus afectació	VC 2005	VC 2006	Quota 2006
Nivell 1	19.784.828,96	20.180.525,54	181.624,73
Nivell 2	21.503.778,16	21.933.853,72	197.404,68
Nivell 3	17.851.963,32	18.209.002,59	163.881,02
TOTALS	59.140.570,44	60.323.381,85	542.910,43

Taula.36.- Valors cadastrals i quotes IBI 2006 del total dels immobles afectats

Descripció del tipus d'afectació	
Nivell 1	Devastació de tota la planta baixa i soterranis dels immobles
Nivell 2	Devastació parcial de la planta baixa i soterranis dels immobles
Nivell 3	Inundacions bàsicament a la planta soterrània dels immobles

9.3.- ANÀLISI DELS PLÀNOLS DE L'ESTUDI ECONÒMIC

Als pocs dies de la inundació, l'Ajuntament amb les primeres dades recollides després del succés, va delegar al Servei d'informàtica i Gestió territorial la funció per fer els plànols amb les idees generals sobre les zones que van ser afectades amb tres graus d'afectació: molt important, important i mitjà, per establir les primeres mesures per fer front als desperfectes. Així podem veure al *Plànol de la Primera Estimació* de trets més generals i amb escala 1/15.000 que les zones amb grau d'afectació 1, es a dir, molt important eren: Avinguda Unió, una part de Mas Vilar de la Mutxada, St. Antoni, Torrent d'en Simonet, Vescomptat de les Cabanyes, Torre Valentina i Rio de Oro.

Com a grau d'afectació 2 (Important) s'hi trobaven Eurocàmping, Cases Conrad Vilar, St. Antoni Oest, St. Antoni, Mas Vilar de la Mutxada, Vescomptat de Cabanyes i Rio de Oro.

Per últim, amb grau d'afectació 3 (Mitjà) corresponien l'Avinguda Unió, Torre Valentina, St. Antoni, Les Pedreres, St. Antoni Oest, St. Antoni Est, El Collet, Calonge, Rio de Oro i Mas Pere.

Gràcies a aquest plànol conjunt, també van establir d'altres a escala més acurada (1/3.500) per les zones que van patir més graus d'afectació. Així trobem quatre plànols que tracten sobre les parcel·les urbanes que van quedar afectades amb els carrers i la ubicació quasi bé exacta de les vivendes que van patir qualsevol desperfecte. Aquests són de la zona Rio de Oro, Vescomptat de Cabanyes, Nucli de Calonge i St. Antoni.

Amb la recopilació posterior amb el temps, de més dades i la comprovació de les mateixes, l'Ajuntament va poder fer un altre plànol explicatiu (*Parcel·les urbanes – Classificació per grau d'afectació*) aquesta vegada pels arquitectes que hi treballen a ell i signat amb posterioritat pel Servei de Gestió Territorial, donant el vist - i - plau corresponent a les parcel·les urbanes i la seva classificació pel grau d'afectació. Aquest va ser exposat a via pública el 7 de novembre de 2005 i amb escala igual al plànol de la Primera Estimació (1/15.000) i com podem apreciar, concorda perfectament amb les dades que ens va facilitar l'Ajuntament i que hem definit des de la taula 28 fins la 34.

Amb ajuda dels plànols, podem valorar segons els diferents barris la magnitud de l'aiguat. Amb el grau d'afectació 1, que ja vàrem veure a les taules que mancaven les dades, hi ha un punt a Mas Vilar de la Mutxada, però en general, no van trobar cap. Com és lògic, la zona amb més desperfectes va ser la més propera a la riera i a la platja (Avinguda Unió), el Vescomptat de Cabanyes, Torrent d'en Simonet i la urbanització Rio de Oro, per ser urbanitzacions que es troben a zones potencialment inundables, fet que hem mostrat amb l'estudi geomorfològic. Els tres indrets van patir un grau d'afectació 2, és a dir, danys interiors d'elements constructius no estructurals on ja trobem dades més significatives a les taules.

Conforme el grau d'afectació va minvant, trobem més barris que van patir els aiguats. Així amb el grau d'afectació 3 (Danys interiors de contingut que no afecten elements constructius) veiem al mapa que l'Avinguda Unió, Eurocàmping, Mas Vilar de la Mutxada, Sant Antoni, Cases Conrad Vilar, Sant Antoni Oest, Sant Antoni Est, Les pedreres, Vescomptat de Cabanyes, Calonge, Rio de Oro, Torre Valentina i Mas Pere son les que es van incloure en aquesta classificació.

Amb grau d'afectació 4 (Danys de terrenys lliures d'edificació) podem veure que van ser afectats els barris de Rio de Oro, Calonge, Mas Pere, Torrent d'en Simonet, Vescomptat de Cabanyes, Mas Vilar de la Mutxada, Torre Valentina, Sant Antoni, St. Antoni Oest, St. Antoni Est, El Collet, Avinguda Unió i PAEC.

Apart de l'anàlisi amb els graus d'afectació, podem veure que quasi totes les zones que van patir l'aiguat tenen la majoria dels graus d'afectació dins dels seus límits, això és perquè eren zones amb més probabilitat d'inundació per la proximitat a la riera, pel tipus de material dels sediments, per les obres posteriors per impermeabilitzar els terrenys i per la seva elevació al terreny, ja que la plana i la zona més propera al mar, són les que van patir un impacte major.

10.- CONCLUSIONS

Després de l’anàlisi de les diferents variables que s’han estudiat de la conca de la riera de Calonge hem pogut extreure les següents conclusions:

- El fenomen de les inundacions presenta un major risc degut a l’activitat humana. Hem pogut observar mitjançant l’anàlisi del municipi, en diferents períodes de temps, com ha anat evolucionant. El nucli urbà ha sofert un creixement urbanístic important, sobretot de caràcter dispers, degut al boom urbanístic tan característic en el litoral de la Costa Brava. Aquest fet es reflexa en la creació d’urbanitzacions, construcció d’infraestructures al voltant de la llera del riu i l’expansió del propi nucli urbà. Les conseqüències més importants d’aquest creixement són la impermeabilització de zones on l’aigua anteriorment s’infiltrava, la modificació del curs fluvial i l’exposició al risc ja que són zones més vulnerables.

- Mitjançant l’observació del mapa geològic hem pogut delimitar la zona inundable per criteris geomorfològics. Si comparem la nostra zona resultant amb la que ens va facilitar l’empresa “ABM Serveis d’Enginyeria i Consulting S.L.” sobre l’episodi d’inundació ocorregut el 13 d’Octubre de 2005 veiem que coincideix, demostrant així que el riu segueix el seu traçat natural segons els criteris geomorfològics.

- Fent una anàlisi del règim pluviomètric de la zona i comparant-lo amb les dades pluviomètriques de l’episodi d’inundació del 13 d’Octubre de 2005 podem observar que la precipitació caiguda es va triplicar respecte als valors habituals que es donen en la nostra àrea d’estudi. Hem pogut establir mitjançant períodes de retorn, extrets de l’ACA, quin li correspon al nostre període de precipitacions. El període de retorn perquè es torni a produir un episodi d’aquestes característiques correspon a 500 anys.

■ Després de l'episodi d'inundació l'ACA va fer una primera estimació del cabal màxim d'avinguda que va circular per la Riera de Calonge. Aquest cabal correspon a 347 m³/s i segons els cabal que hem calculat nosaltres aquest correspon, aproximadament, al tram 3. Nosaltres hem estimat aquests cabals a partir de l'equació de Manning. El nostre cabal màxim correspon a 659'44 m³/s al tram 4, on hi ha la confluència de la riera de Molins i el Riu Rifred, per aquest fet el cabal és tant elevat.

Aquesta diferència pot ser deguda a que no es van fer les mesures dels diferents trams de la llera posteriorment a l'avinguda; aquesta mesura es va realitzar 5 mesos després de la riuada, la qual cosa provoca que les característiques de la llera hagin canviat. L'acció de la maquinària per arreglar possibles desperfectes que afectin a la llera i als marges i també per noves precipitacions que s'hagin produït, fan que les mesures de la llera puguin variar.

■ Tal i com s'ha observat en el nostre projecte, hem analitzat 4 trams de la riera de Calonge que va des de la confluència de la riera de Molins-Rifred a la desembocadura al mar. Segons l'estudi hidrològic facilitat per l'ACA la capacitat de desguàs de cada tram, que podem observar en el plànol B3, són les següents:

- Tram 1: Calonge a 200 m del mar = 80 m³/s
- Tram 2: Calonge avall variant = 100 m³/s
- Tram 3: Calonge confluència Tinars = 150 m³/s
- Tram 4: Calonge confluència Molins-Rifred = >400 m³/s

Aquests valors ens indiquen que a partir d'aquest cabal, per a cada tram, la Riera de Calonge pot arribar a desbordar. Són els valors màxims de cabal que pot suportar cada tram perquè no desbordi.

Segons la primera estimació realitzada per l'ACA, tal i com s'ha comentat anteriorment, el cabal màxim d'avinguda que va circular és de 347 m³/s. Aquest cabal correspon a la zona de la Riera de Molins a Sant Antoni de Calonge i es localitza, aproximadament, en el tram 3. En aquesta zona la capacitat de desguàs és de 150 m³/s i, per tant, cal destacar que el cabal estimat de 347 m³/s va desbordar a partir d'aquesta zona, ja que és extremadament elevat amb comparació a la seva capacitat de desguàs. Comparant els plànols B2 i B3 de l'annex, es pot observar que cap al

tram 3 va començar el desbordament de la riera. Aquest fet és degut al pas d'aquest cabal tant elevat que s'ha anat comentant.

Si ara ens fixem amb els valors de cabal que hem obtingut nosaltres podem observar que les dades de cabal són molt més elevades que les que realment es van estimar després de l'avinguda.

Segons l'aplicació de l'equació de Manning a cada un dels trams considerats, els cabals màxims d'avinguda que hem trobat a cada tram són els següents:

- Tram 1: Calonge a 200 m del mar = 498'72 m³/s
- Tram 2: Calonge avall variant = 285'03 m³/s
- Tram 3: Calonge confluència Tinars = 300'64 m³/s
- Tram 4: Calonge confluència Molins-Rifred = 659'44 m³/s

Es pot observar que es produeix una irregularitat en el descens del cabal. En teoria, aquest cabal hauria d'anar de més a menys en direcció interior cap a la desembocadura, és a dir del tram 4 al tram 1. S'observa que aquests valors disminueixen del tram 4 al tram 2, però després el cabal màxim al tram final augmenta. Aquest fet és degut a que les mesures de la llera es van fer amb un període de temps llarg des de que es va produir l'avinguda. Un altre factor que pot haver influït en aquest augment del cabal en el tram final és que l'avinguda produïda el 13 d'octubre va eixamplar la llera degut a l'erosió del marge dret i el marge esquerre. Aquest fet a camp és clarament observable i es pot verificar.

Si ara comparem els valors de cabal màxim d'avinguda que hem trobat nosaltres amb els de la capacitat de desguàs dels quatre trams considerats, que es mostren al plànol B3 de l'annex, podríem destacar el següent:

- Tal i com s'ha anat comentant, el nostre cabal màxim d'avinguda trobat és de 659'44 m³/s i correspon al tram 4 que hem estudiat. En aquest tram 4 la capacitat de desguàs és > 400 m³/s, la qual cosa indica que aquest tram supera cabals més grans de > 400 m³/s. El cabal que hem obtingut nosaltres en aquest tram supera 300 m³/s aquest valor de capacitat de desguàs, per tant, en aquest tram la riera ja va començar a desbordar.

- A partir d'aquest anàlisi, podem dir que la zona que es va inundar durant l'avinguda del 13 d'octubre del 2005 segons els cabals trobats per l'ACA no coincideix amb els cabals que hem trobat nosaltres, ja que segons les dades i plànols facilitats per l'ACA la Riera de Calonge va començar a desbordar al tram 3 i segons les nostres dades al tram 4.

■ Segons el cabal màxim estimat per l'ACA de 347 m³/s li correspon un període de retorn de 100 anys, en canvi, el cabal màxim que nosaltres hem estimat de 659'44 m³/s, li correspon un període de retorn de 500 anys.

■ L'ACA ha proposat l'ampliació de riera de Calonge fins a 60 m d'amplada quedant afectades moltes zones majoritàriament municipals. Mitjançant el mètode de Manning hem avaluat si la proposta és viable, és a dir, si amb els 60 m d'amplada i sense modificar la profunditat és suficient per poder-hi circular l'aigua que pot caure per a períodes de retorn calculats amb el mètode racional. Calculant els cabals que pot abastir una llera de 60 metres en els 4 trams estudiats amb 2 coeficients de Manning (sense pavimentar i pavimentat) ens han donat els valors trobats en les taules 21 i 22 respectivament.

Un cop obtinguts aquests valors de cabal els comparem amb els cabals obtinguts pel mètode racional per als diferents períodes de retorn que ens indiquen els cabals que poden passar per la llera cada 10, 25, 50, 100 i 500 anys ja descrits en punts anteriors i que podem observar en la taula 23.

Segons els valors obtinguts podem dir que la proposta d'endegament de la riera de Calonge amb una amplada de 60 metres es totalment viable comparant els valors de cabal que hi podrien passar amb aquestes noves dimensions i els que passarien amb períodes de retorn de fins a 500 anys.

Segons si la llera hauria d'estar o no pavimentada, podem observar que amb la llera sense pavimentar i amb una amplada de 60 metres podrien passar cabals amb períodes de retorn de fins a 100 anys.

L'ACA preveu que aquesta proposta originarà pèrdues importants de zones verdes i altres infraestructures municipals. Per aquesta raó nosaltres hem estudiat la possibilitat de minimitzar aquestes pèrdues trobant un valor inferior a 60 metres d'amplada de la riera que permeti el pas dels cabals d'aigua que podrien passar amb períodes de retorn de 500 anys.

Si a més a més d'eixamplar-se la llera, aquesta es pavimentés, el cabal que hi podria circular seria major ja que l'aigua no trobaria cap obstacle que frenés el seu pas i l'aigua circularia a més velocitat. Per aquesta raó hem estudiat la possibilitat de que l'amplada fos inferior sempre i quan la riera estigués pavimentada.

La nostre pròpia proposta en que l'amplada es veuria reduïda 10 metres, és a dir, l'amplada que nosaltres utilitzem és de 50 metres pot suportar uns cabals que podem observar a la taula 24.

Comparant els valors obtinguts de cabal que podria abastir una riera de 50 metres d'ample i pavimentada amb els cabals amb període de retorn de fins 500 anys ens demostra que la proposta de l'ACA d'eixamplar la llera fins a 60 metres és excessiva. La nostra proposta ens permet observar que reduint l'amplada 10 metres, és a dir, eixamplant 50 metres i pavimentant la riera és suficient per abastir els cabals que podrien produir-se en la riera de Calonge sense provocar cap tipus de inundació.

■ Com podem veure a l'estudi econòmic realitzat després de l'aiguat, en el conjunt de les taules i els plànols, hi ha una correlació amb l'estudi geomorfològic que vàrem realitzar, ja que la zona més afectada, apareix al nostre mapa com la plana d'inundació, que es compona de barris molt pròxims a la riera o a la platja, en terrenys planers, amb materials fàcilment inundables que amb els anys es van impermeabilitzar per fer l'ampliació del nucli urbà, així en aquest episodi, el riu va tornar al seu curs natural.

En les taules, observem que les parcel·les i les entitats urbanes són les que van patir més danys i les pèrdues econòmiques van ser força considerables. A més, s’explica que els valors cadastrals i les quotes IBI van augmentar de l’any 2005 al 2006.

11.- BIBLIOGRAFIA

ACA (2006). Aigües subterrànies. Consulta interactiva. Àrea d’inspecció i control.

< <http://www.gencat.net/aca> > (abril 2006)

AYALA CARCEDO, F.J. (coord.) (1986). *Estudio geológico para la previsión de riesgos por inundaciones en el País Vasco (Álava y Vizcaya) y el condado de Treviño*. E 1/100.000 ITGME. Madrid. 71 pp. + annexes.

AYALA CARCEDO, F.J. ; DURAN VALSERO, J.J. & PEINADO PARRA, T. (coord.) (1987). *Riesgos Geológicos*. IGME. Madrid. 333 pp.

AYALA CARCEDO, F.J. & ELIZAGA MUÑOZ, E. (coord.) (1987). *Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España*. IGME. Madrid. 68 pp.

AYALA CARCEDO, F.J. & OLCINA, J. (coord.) (2002). *Riesgos naturales*. Ariel. Barcelona. 1512 pp.

BARRAGÁN, J.M. (2003). *Medio Ambiente y desarrollo en áreas litorales: introducción a la planificación y gestión integradas*. Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones. 306 pp.

BENNET, M. & DOYLE, P (1997). *Environmental Geology: geology and the human environment*. John Wiley & Sons. 501 pp.

BOBROWSKY, P.T. (ed) (2002). *Geoenvironmental Geology*. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Stroudsburg, Penn. 390 pp.

CASALE, R; MARGOTTINI, C (editors) (1999). *Floods and Landslides: integrated risk assesment*. Col I. Environmental Science. Springer cop. Berlin. 373 pp.

CASSO, J. (2002). *Marc jurídic i competencial en matèria d’ordenació territorial del litoral de Catalunya*. A: ARAGONÉS, E. (ed) (2002). *Mediterranean Symposium on Protected marine and coastal Areas*. Actes. 6-10 març 2002. DMA. Barcelona. 373-380 pp.

COL·LEGI D’ARQUITECTES DE CATALUNYA (1990). *Debat urbanístic de la Costa Brava*. Demarcació de Girona. 150 pp.

COMPAÑÍA GRAL. DE SONDEOS & INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1987). *Estudio hidrogeológico de los acuíferos de l’Empordà (Girona): subsistemas 71.1, “Baix Fluvià-Muga” y 71.2 “Baix Ter”*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. 156 pp. + 1 mapa.

COROMINAS, J. (1982). *Els factors geològics com ajuda a la planificació territorial i gestió del medi ambient al Vallès Occidental*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. Inèdita.

DÍAZ MUÑOZ, M.A. et al. (2000). *Las inundaciones en España en los últimos veinte años. Una perspectiva geográfica*. Dpto. Geografía Univ. Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid). 253 pp.

COSTA, A. (1993). *El comportament territorial de la població ocupada: anàlisi per sectors entre 1975 i 1986*. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 125 pp.

FERRER POLO, F (1983). *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas*. CEDEX- Centro de Estudios Hidrogeográficos. Madrid. 76 pp.

FERRER, J. (1992). *Análisis estadístico de caudales de avenida*. Monografías, 26. CEDEX- Centro de Estudios Hidrogeográficos. Madrid. 42 pp.

GEIS NIELSEN, C. (2002). *Contribució a l’estudi geoambiental de les inundacions a la Costa Brava. El cas de la riera de Tossa*. UdG. Tesina-DEA. Inèdit. 148 pp + annexes.

GEIS NIELSEN, C. (2005). *Contribució al coneixement de variables geoambientals en l’àmbit de la Costa Brava (Girona)*. UdG. Tesis doctoral. UdG. Inèdit. 442 pp. + annexes.

GENERALITAT DE CATALUNYA (1994). *Atles urbanístic de la Costa Brava de Catalunya*. 208 pp.

LAMBE, T.W. & WHITMAN, R.V. (1984). *Mecánica de Suelos*. Ed. Limusa. Quarta Edició. 852 pp.

LLEBOT, J.E. et al (2002). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya: Resum de conclusions*. Consell Assessor per al desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.
<<http://www.iecat.net/canviclimatic> > (2 de març de 2004)

LINARES, R; PALLÍ, L; & ROQUÉ, C. (2000). *Recursos geològics*. Cartografia temàtica de les terres gironines: 15. Diputació de Girona i UdG.

LINARES, R; PALLÍ, L; BRUSI, D. & ROQUÉ, C. (2000). *Lectura ambiental de la cartografia geològica*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 8(3): 247-260 pp.

LOPEZ ALONSO, R. (2001). *Propuesta de modificació del método racional*. En CIMBRA; Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. Set-Oct 2001. Ed. Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. Madrid. 342, 24-28 pp.

MARTÍ, C. (2001). *La transformació del paisatge litoral del centre de la Costa Brava en els darrers 50 anys. Palamós, Calonge, i Castell-Platja d'Aro, 1956-2001*. Memòria de Recerca. Inèdit. UdG.

MARTINEZ GIL, F.J. (1984). *Estudio hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona) contribución a la metodología de los estudios hidrogeológicos regionales*. Col 1. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Industria. 2 volums.

MONTALBÁN COMAS, F; et al (2003). *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local: guia tècnica. (Documents tècnics; 1)*. Dept. Medi Ambient. Agència Catalana de l'Aigua. 91 pp.

NOGUÉ FONT, J. (2004). *La transformació del Territori i del Paisatge de la Costa Brava (1956-2003). Situació Actual i Propostes d'Actuació. Ponència al Debat Costa Brava: Un futur sostenible*. 49 pp.

NUELL I TURON, H. (2001). *Evolució dels usos del sòl a la Costa Brava (Manuscrit): 1957- 1993*. Memòria de Recerca. Doctorat de Geografia en Ordenació del Territori i Medi Ambient.

PALLÍ i BUIXÓ, L. (1998). *Toponímia litoral del terme de Calonge* (Document cartogràfic). Escala 1/10.000. Ajuntament de Calonge.

PALLÍ, L. & ROQUÉ, C. (1992). *Mapa geològic de Calonge*. Ed. Unitat de Geologia de la UdG.

PALLÍ, L. & ROQUÉ, C. (1995). *Cartografia geoambiental de la conca del riu Ridaura (Baix Empordà, Girona)*. Col·l. Dialogant amb les pedres, 3. Unitat de Geologia. UdG. Girona. 52 pp.

ROCA CLADERA, J. (1997). *Evolució de l'Estructura Urbana a Catalunya (Manuscrit): 1991-1996 - Impacte dels canvis experimentals en la distribució espacial de la població i la mobilitat per treball en el sistema català de les ciutats -*. 36 pp.

ROQUÉ, C. & GEIS, C. (2002). *Costa Brava Meridional*. En: Pallí, L; Roqué, C. & Brusi, D. (eds). Geologia de Girona. 9 itineraris de camp. 103-114 pp.

SANZ PARERA, M. (1985). *Estudi hidrogeològic de la Conca Banyoles-Garrotxa*. Quadern Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles: l' Entitat, 1979. 250 pp.

SARGATAL I VICENS, J. (2004). *Mobilitat i infraestructures: dèficit de connectors ecològics i risc de pèrdua irreversible de diversitat paisatgística i biològica. Ponència al Debat Costa Brava: un futur sostenible*. 26 pp.

SEVE MARTIN, A.J. (1998). *Estimación de caudales máximos de avenidas a partir de marcas de inundación en los márgenes del río*. Tesina-UPC. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. 173 pp. Inèdit.