



GOVERN D'ANDORRA
MINISTERI DE TURISME I MEDI AMBIENT

ESTUDI RELATIU A:

“LES AIGÜES SUBTERRÀNIES DEL PRINCIPAT D’ANDORRA”

Document: MEMÒRIA

Andorra la Vella, 30 d'agost de 2007

EXPED. DMA. 0423/05



1	INTRODUCCIÓ	3
2	OBJECTIUS	3
3	METODOLOGIA.....	3
3.1	Directiva Marc de l'Aigua.....	3
3.2	Metodologia aplicada	4
4	DOCUMENTS BASE DE L'ESTUDI.....	5
5	MARC FÍSIC, MODEL CLIMATOLÒGIC I BALANÇ HÍDRIC	5
5.1	Marc d'actuació	5
5.2	Marc físic i usos del sòl	6
5.3	Entorn geològic	9
5.4	Model climatològic i balanç hídric.....	10
5.4.1	Model climatològic.....	10
5.4.2	Balanç hídric.....	11
6	DELIMITACIÓ MASSES AIGUA.....	16
6.1	Generalitats	16
6.2	Unitats hidrogeològiques.....	20
7	CARACTERITZACIÓ HIDROQUÍMICA DE LES MASSES D'AIGUA	21
7.1	Qualitat de les aigües.....	28
7.1.1	Qualitat de les aigües segons nivells genèrics de referència.....	28
7.1.2	Qualitat de les aigües segons nivells admissibles per Reglament.....	29
8	MODEL HIDROGEOLÒGIC	32
9	VULNERABILITAT INTRÍNSECA.....	36
9.1	Índex DRASTIC.....	36
10	DEMANDES D'AIGUA I PRESSIÓ ANTRÒPICA SOBRE LES MASSES D'AIGUA.....	38
10.1	Avaluació del risc de contaminació	40
10.2	Consums d'aigua.....	44
10.2.1	Explotació del recurs hídric global	46
10.2.2	Explotació del recurs hídric anual per unitats hidrogeològiques	47
10.2.3	Explotació del recurs hídric estacional per unitats hidrogeològiques.....	50
10.2.4	Resultats	54
11	CARACTERITZACIÓ FÍSICA DE LES MASSES D'AIGUA.....	55
12	LIMITACIONS DE L'ESTUDI.....	58
12.1	Limitacions generals i limitacions en l'ús de la informació	58
12.2	Altres limitacions	59
a)	Limitacions en l'establiment del balanç hídric i model climatològic	59
b)	Limitacions en l'estudi de consums	59
13	MARC NORMATIU ACTUAL.....	60
13.1	Legislació a Andorra.....	60
13.2	Legislació països veïns	61
13.3	Visió conjunta	63
14	CONCLUSIONS	65
14.1	Estat de les aigües en termes de qualitat i quantitat.....	65
14.2	Gestió de les aigües.....	68
15	CARACTERITZACIÓ I MESURES DE SEGUIMENT I CONTROL	73
15.1	Actuacions relacionades amb el control d'aspectes quantitius	74
15.2	Actuacions relacionades amb el control d'aspectes qualitius	76
15.3	Actuacions relacionades amb propostes de creació d'un nou marc competencial i legislatiu	79
15.4	Síntesi de les propostes d'actuació: fitxes	81
16	EQUIP DE TREBALL.....	91



1 INTRODUCCIÓ

El present estudi intitulat "Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra", ha estat efectuat per la UTE d'empreses Andorranes Euroconsult-Hídric per encàrrec del Ministeri de Turisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra, (data d'adjudicació de data 29 del desembre del 2005).

L'estudi ha estat efectuat per empreses especialitzades en la realització d'estudis hidrogeològics i d'ordenació del territori i ha comptat amb la col·laboració i assessorament de tècnics del Departament de Geoquímica, petrologia i prospecció geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.

2 OBJECTIUS

El present estudi té per objectiu:

- Delimitar i caracteritzar les masses d'aigua subterrànies i unitats hidrogeològiques del Principat
- Caracteritzar l'estat de les aigües subterrànies en termes de qualitat i quantitat: vulnerabilitat dels aqüífers, determinar zones amb risc de contaminació, determinar zones amb risc de sobreexplotació de les aigües
- Proposta de marc normatiu i establir propostes d'actuació, essent coherent amb la Directiva Marc de l'Aigua europea.

Es tracta d'objectius coherents amb els establerts per la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE).

3 METODOLOGIA

3.1 Directiva Marc de l'Aigua

La Directiva Marc de l'Aigua, aprovada pel Parlament Europeu i el Consell el 23 d'octubre de 2000, i publicada al DOCE el 22 de desembre de 2000 (2000/60/CE), és d'aplicació obligada als estats membres de la Unió Europea, i per tant als països veïns a Andorra. Aquesta té per objectius:

- Protegir totes les masses d'aigua (superficials, subterrànies, etc) tant des del punt de vista dels ecosistemes aquàtics, com pel subministrament d'aigua.
- Protegir els ecosistemes aquàtics.
- Limitar les substàncies perilloses en les aigües.
- Promoure un ús sostenible de l'aigua mitjançant programes d'estalvi, reutilització, etc, basat en la protecció dels recursos hídrics disponibles.
- Paliar els efectes de les inundacions i sequeres.
- Aconseguir un bon estat de l'aigua en termes de qualitat, quantitat.
- Dissenyar i executar plans de gestió de conca i els programes de mesures.

En la seqüent figura es mostra la seqüenciació dels treballs a realitzar pel compliment del programa d'implantació de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA), segons l'agència catalana de l'aigua (ACA).

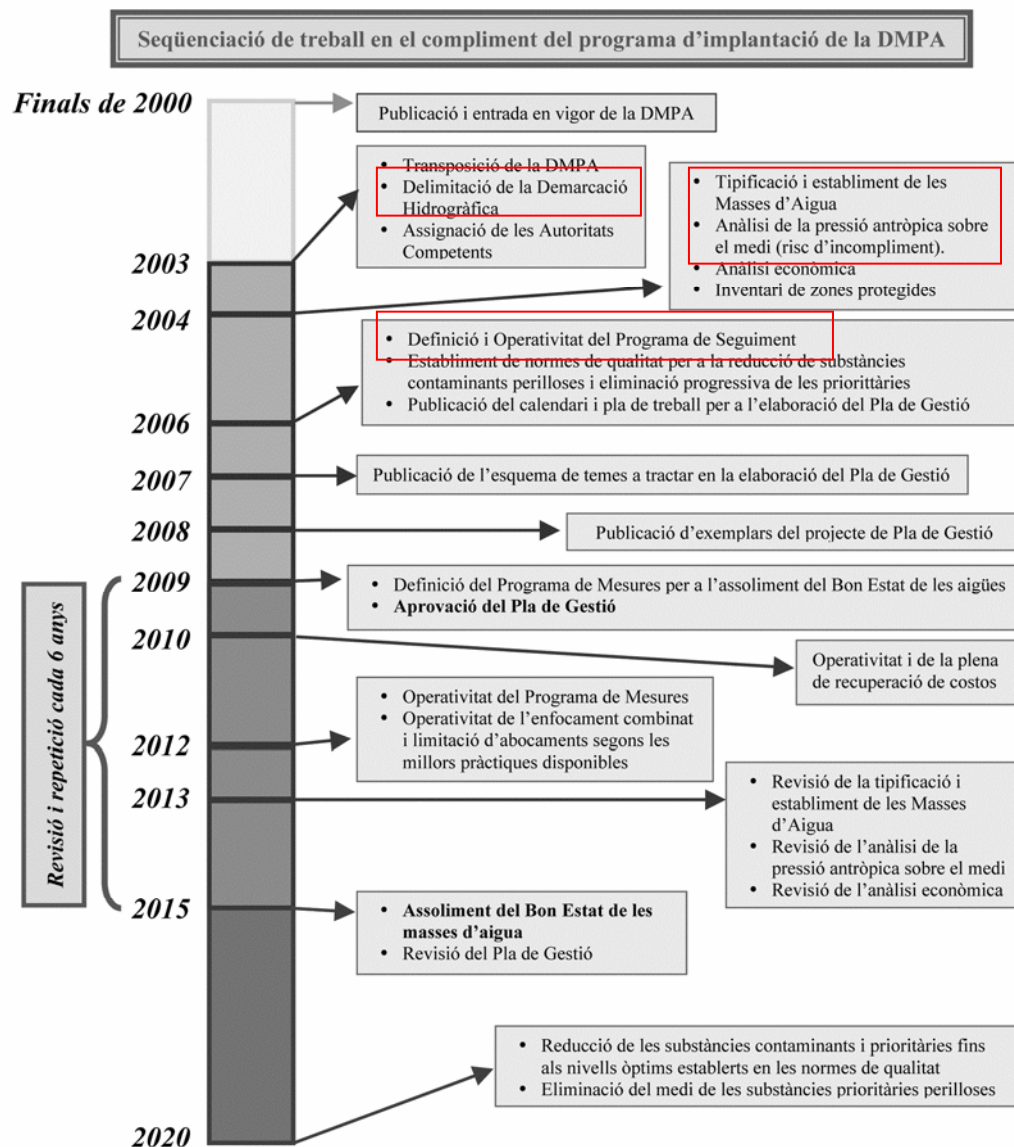


Figura 1. Treballs abordats en el present estudi (traç vermell) i seqüenciació de les feines a fer a fi de complir amb la Directiva Marc de l'Aigua (Modificat de l'Agència catalana de l'Aigua (ACA)).

3.2 Metodologia aplicada

La metodologia aplicada ha comprès els següents punts:

1 Recollida d'informació relativa a la caracterització de les masses d'aigua: paràmetres hidrogeològics, geometria, quimisme de les aigües, punts d'aigua, en els arxius del M.I. Govern i M.H. Comuns, així com pròpia de l'equip de treball. En conjunt s'han consultat 119 estudis, recollint-se 485 dades puntuals relatives a sondejos, geofísica, punts d'aigua i aforaments, tal i com es resumeix en la següent figura.

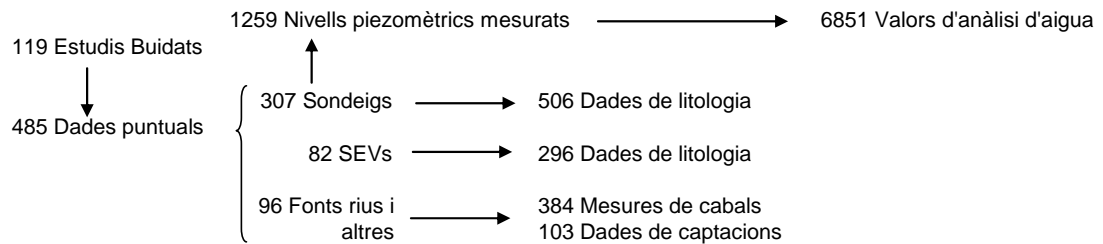


Figura 2. Nombre d'estudis consultats i de dades obtingudes

2 Reconeixement del terreny en aquells punts que la informació prèvia sigui inexistent. Les campanyes de camp dutes a terme han consistit en:

*Tomografies, enfocades al reconeixement del subsòl dels aqüífers porosos.

*Recollida de mostres i anàlisis químiques de les aigües subterrànies i superficials, enfocada a caracteritzar químicament les masses d'aigua.

*Perfils de conductivitat a fi de detectar entrades de flux subterrani en els principals rius.

3 Anàlisi i processament de les dades recollides amb l'objectiu de delimitar les masses d'aigua i unitats hidrogeològiques, i integrar-les en un sistema d'informació geogràfica a partir del qual s'han elaborat els models climatològics, el balanç hídric i els mapes de qualitat i explotació de les masses d'aigua

4 Redacció de la memòria final.

4 DOCUMENTS BASE DE L'ESTUDI

Els resultats obtingut s'han extret dels següents documents interns:

DOC 1. Model climatològic i balanç hídric

DOC2. Caracterització hidroquímica de les masses d'aigua

DOC 3. Model hidrogeològic

DOC 4. Vulnerabilitat intrínscica

DOC 5. Demandes d'aigua i pressió antròpica sobre les masses d'aigua

DOC 6. Caracterització física de les masses d'aigua

DOC7. Propostes d'actuació

5 MARC FÍSIC, MODEL CLIMATOLÒGIC I BALANÇ HÍDRIC

5.1 Marc d'actuació

Les aigües del Principat s'encaixen dins la demarcació anomenada d'Andorra. Hidrogràficament aquesta demarcació té aigües repartides per la conca del Gran Valira, i conca



del Pas de la Casa (ambdues dins el territori andorrà i català -sector Ós de Civís-), així com per la conca del Segre (riu de la Llosa) i de l'Ariege, gestionades per les administracions veïnes, tal i com es mostra en les següents figures.

Demarcació Andorra		Administració de conca
Subconca Pas de la Casa	Conca Garona	Agence de l'Eau-Adour Garonne
Subconca Gran Valira	Conca Ebre	Agència catalana de l'aigua (ACA)
Conca del Segre		Confederación hidrogràfica del Ebro (CHE)

Figura 3. Marc administratiu de les aigües

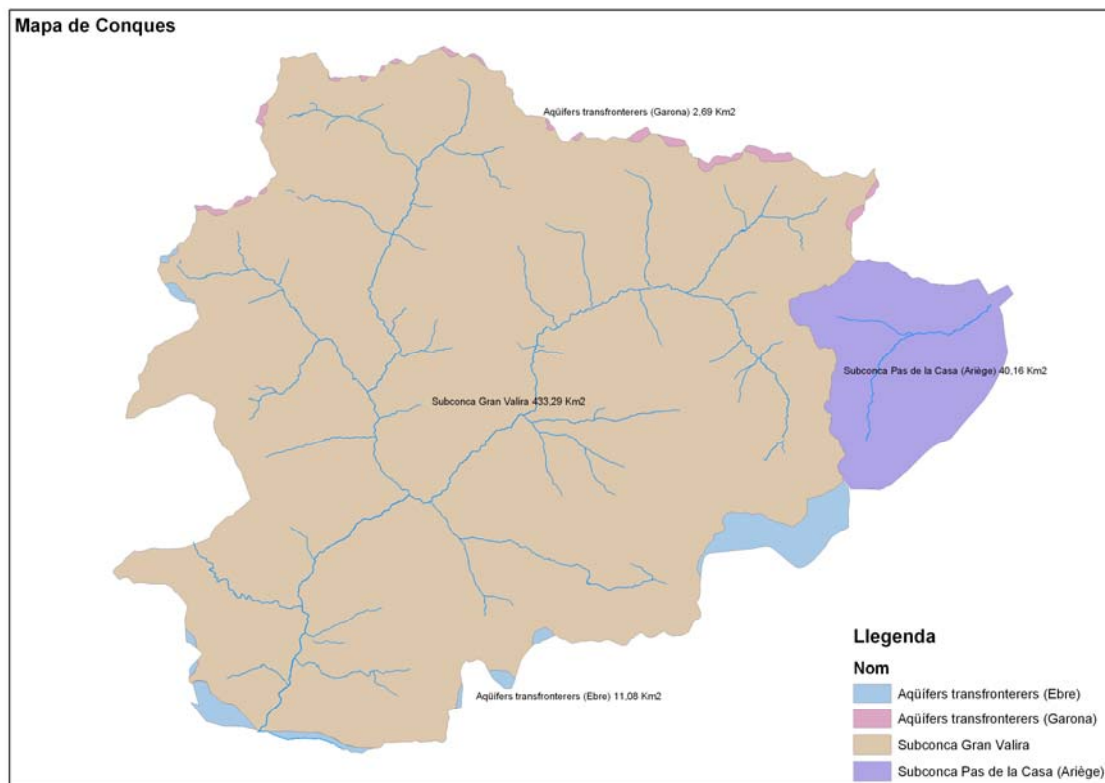


Figura 4. Marc d'actuació de la Demarcació d'Andorra. Límits establerts en base a les conques hidrogràfiques (flux superficial) i hidrogeològiques (flux subterrani).

Les superfícies implicades en cada sector són:

- Subunitat del Gran Valira: 433,29 Km²
- Subunitat del Pas de la Casa (Ariège): 40,16 Km²
- Aquífers transfronterers (Ebre): 11,08 Km²
- Aquífers transfronterers (Garona): 2,69 Km²

5.2 Marc físic i usos del sòl

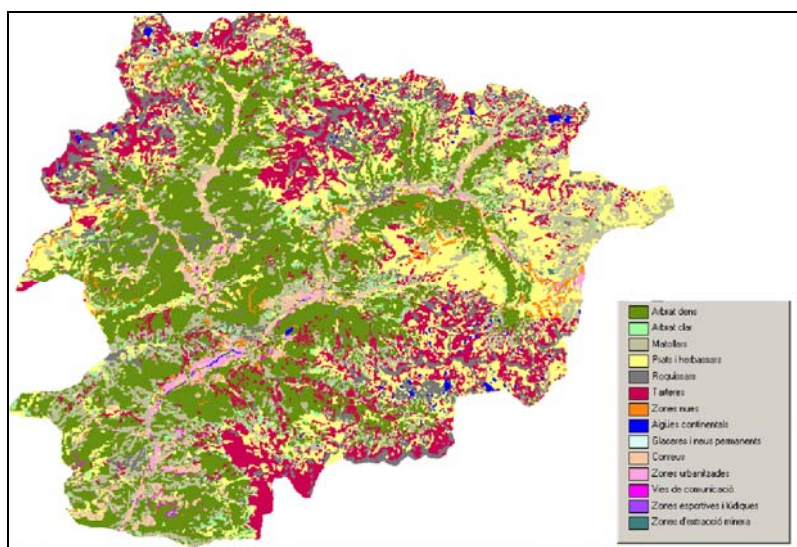
El territori andorrà, àmbit d'estudi, ve caracteritzat per una marcada orografia, amb acusats relleus donats pel fet que s'enclava en la serralada del Pirineu. L'alçada mínima és de 840 metres (frontera hispano-andorrana) i la màxima és de 2947 metres (pic del Coma Pedrosa),

amb tant sols 468Km², on es combinen nombroses valls i muntanyes, entre les quals hi ha cultius, pastures, boscos, i nuclis urbans:

- Cultius: amb 20Km² (4,3%)
- Pastures: amb 209Km² (44,6%)
- Boscos: amb 165 Km² (35,2%)
- Nuclis urbans: amb 75 Km² (16,0%)

La distribució dels diferents elements que defineixen la superfície del Principat està representada en el mapa de Cobertes del sòl del Principat d'Andorra (IEA, 2001).

Figura 5. Mapa de cobertes del sòl. IEA, 2001



Amb més detall, el Mapa de Cobertes del Sòl d'Andorra permet treure diverses estadístiques sobre les cobertes vegetals del Principat d'Andorra l'any 1995, gràcies a una base de dades associada al contingut del mapa:

<i>Tipus de vegetació</i>	<i>Perímetre (km)</i>	<i>Àrea (ha)</i>	<i>Superfície (%)</i>
Arbrat dens	4.224,64	17.879,53	38,23
Prats i herbassars	4.937,12	12.258,91	26,21
Tarteres	2.677,99	6.591,76	14,09
Matollars	3.517,78	4.742,35	10,14
Roquissars	1.500,82	2.656,51	5,68
Conreus	564,67	801,21	1,71
Zones urbanitzades	285,48	618,12	1,32

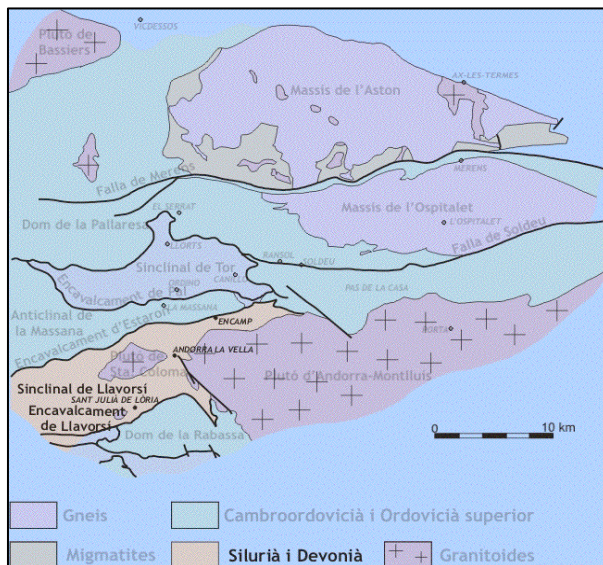


Zones nues	381,03	475,86	1,02
Arbrat clar	394,72	378,37	0,81
Aigües continentals	98,25	190,57	0,41
Vies de comunicació	384,44	163,09	0,35
Zones esportives i lúdiques	2,98	8,74	0,02
Zones d'extracció minera	1,97	4,65	0,01

Taula 1. Distribució detallada dels usos del sòl. Any 1995

5.3 Entorn geològic

El Principat d'Andorra s'enclava dins la zona central del Pirineu, anomenada Zona axial, i es caracteritza pel fet que els materials que el formen, exceptuant els dipòsits quaternaris, han experimentat els efectes de l'orogènia herciniana inicialment, durant el Carbonífer, i de l'orogènia alpina posteriorment, durant el Terciari, essent aquesta la responsable de modelar el conjunt muntanyenc que el caracteritza, deformant i fracturant materials sedimentaris paleozoics i gneis, amb la formació d'estructures com falles i encavalcaments d'orientació predominant Est-Oest, tallades per la intrusió del batòlit d'Andorra-Mt. Lluís, granodiorític, que alhora metamorfitzza els materials sedimentaris colindants.



Sobre les litologies, el substrat rocós és variat, des de gneis que afloren a les capçaleres de les valls de Ransol i d'Incles, en contacte amb esquistos metamorfitzats, passant per granodiorites que afloren a la meitat sud del país, en una franja d'est a oest, i materials detrítics diversos, com gresopelites, conglomerats, gresos, pissarres que formarien part del gran ventall de roques silíciques, així com nivells de calcàries, calcàries margoses, que constitueixen el grup de roques carbonàtiques, presents en materials d'edats del Cambroordovicià, Silurià, i del Devonianà.

Figura 6. Mapa estructural d'Andorra.

Font: CRECIT 2002

Amb els diferents episodis de glaciària que han afectat aquest entorn des de finals del Terciari, es contribuï a un rejuveniment del relleu relict de l'orogènia alpina, deixant una empremta clara en l'orografia actual, amb acusats pendents, carenes, circs, cubetes i valls profundes, però també desencadenant la formació d'abundants dipòsits recents, directament, amb la presència de tills, tant en fons de valls com en els vessants, i de geleres rocalloses, però també indirectament, en deixar vessants inestables que han estat la font d'abundants sediments, que la gravetat i l'aigua han acumulat als peus dels vessants en forma de tarteres, col.luvions, i cons de dejecció, així com en els fons de vall, en forma de dipòsits lacustres, i al.luvials.

5.4 Model climatològic i balanç hídric

5.4.1 Model climatològic

L'anàlisi de les dades meteorològiques present al Document 1 porta a la confecció dels mapes de precipitació i temperatura del Principat.

Per això s'ha procedit a recopilar totes les dades meteorològiques recollides al Principat, d'estacions amb el 100% de dades del mes, així com en els països veïns (d'estacions emplaçades el més a prop de la zona d'estudi), des de l'any 1974 fins al 2005, a fi que quedin representades les condicions meteorològiques més recents, tal i com es recomana des de l'Organització Mundial de Meteorologia (OMM), i s'han reconstruït les sèries poc completes, prenent com a base les sèries més representatives de la zona i més completes temporalment.

Aquests mapes comprenen tan sols el territori andorrà, ja que és l'àmbit dels mapes de partida de les dades: el model digital del terreny, el mapa topogràfic, etc.

Del mapa de temperatures i precipitacions mitjanes anuals, se n'ha extret les dades següent: els màxims de precipitació indiquen que la precipitació mitjana al principat és de 996,39 mm i la temperatura mitjana és de 4,08 °C. Els màxims de precipitació els trobem en les cotes més altes del Nord-est del país, en canvi les precipitacions més baixes les trobem als fons de vall del Valira, al Sud de país. Pel que fa a temperatures, les més baixes estan a les cotes més altes del país i les temperatures més baixes les troben en les cotes més altes. Trobem dues anomalies tèrmiques positives situades a la cubeta d'Encamp i a la zona on conflueixen les dues Valires.

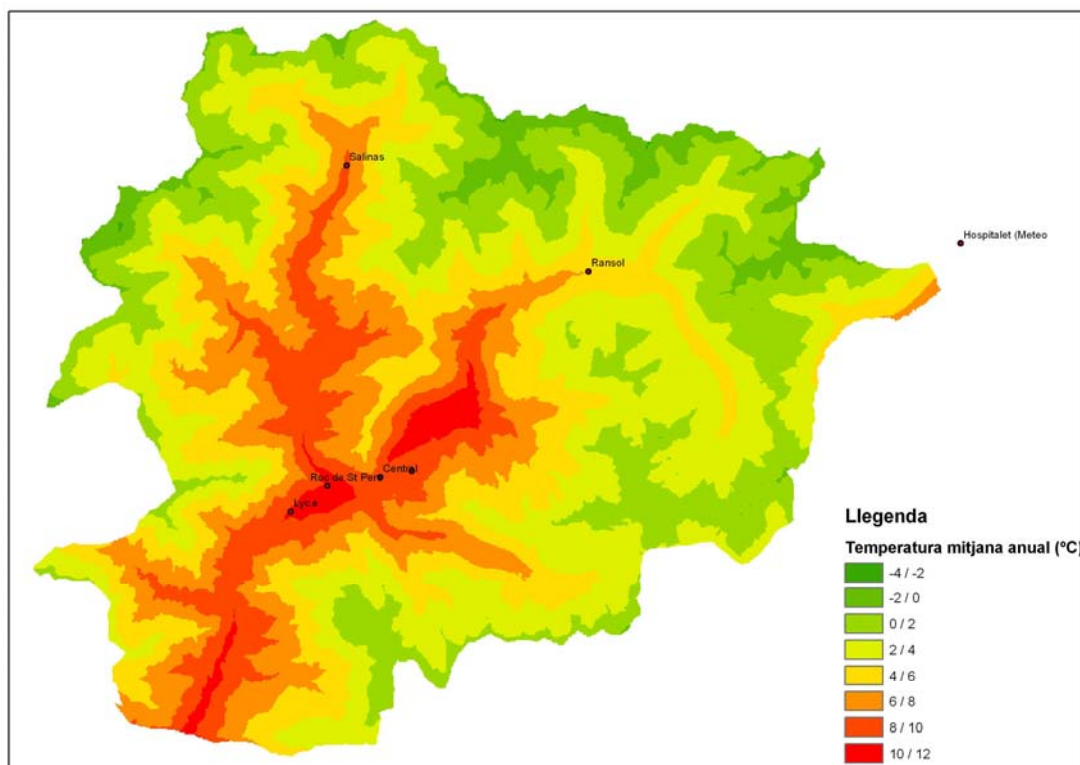


Figura 7. Distribució de les temperatures mitjanes anuals de la sèrie 1974-2005

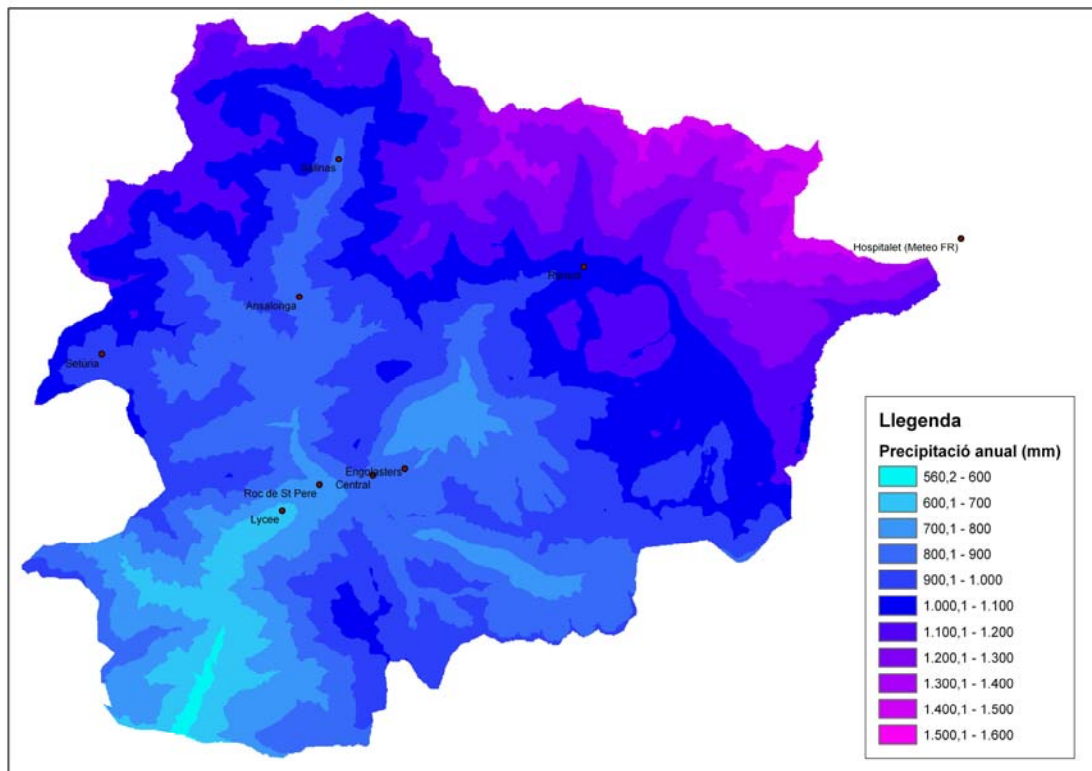


Figura 8. Distribució de les precipitacions anuals de la sèrie 1974-2005.

5.4.2 Balanç hídric

En un balanç hídric l'escolament total o pluja útil ve donat per la precipitació que no queda retinguda en el sòl i que escapa de l'evapotranspiració, i que es distribueix com a escolament superficial directe i com a escolament subterrani. En una anàlisi anual-plurianual, tota la pluja útil acaba drenant cap als rius principals, o sigui tot el que entra en el sistema acaba sortint.

L'expressió que permet deduir la pluja útil és, doncs la següent:

$$P = ETR + Ex \quad (1)$$

$$Ex = E + I \quad (2)$$

on:

P = Precipitació total: sòlida i líquida

ETR = Evapotranspiració real

Ex = Pluja útil o escolament total (excedents)

E = Escolament superficial directe

I = Infiltració

El mètode escollit per establir els valors del Balanç hídric ha estat el mètode Thornthwaite amb la reserva del sòl fixada en 30 mm per a tot el país. El fet de no tenir criteris clars a l'hora d'establir una reserva de sòl, segons el tipus de terreny, ha portat a simplificar els càlculs i a assignar el mateix valor per a tot el país, sent conscients que en alguns llocs la reserva del sòl ha estat subestimada i llocs on ha estat sobreestimada.

L'evapotranspiració presenta valors màxims de 570 mm, mínims de 310 mm i mitjos de 434 mm en el cas de $R = 30$, que representa el 43,52% de les precipitacions. Mentre que els valors màxims es troben al fons de vall principalment del centre del país i sud, els valors mínims cal situar-los en les capçaleres, sobretot de la part oriental.

Sobre la pluja útil o excedents, el valor mig és de 563 mm (considerant exclusivament territori andorrà, o sigui una superfície de 467,7Km²), amb valors mínims de 99 mm i màxims de 1212 mm.

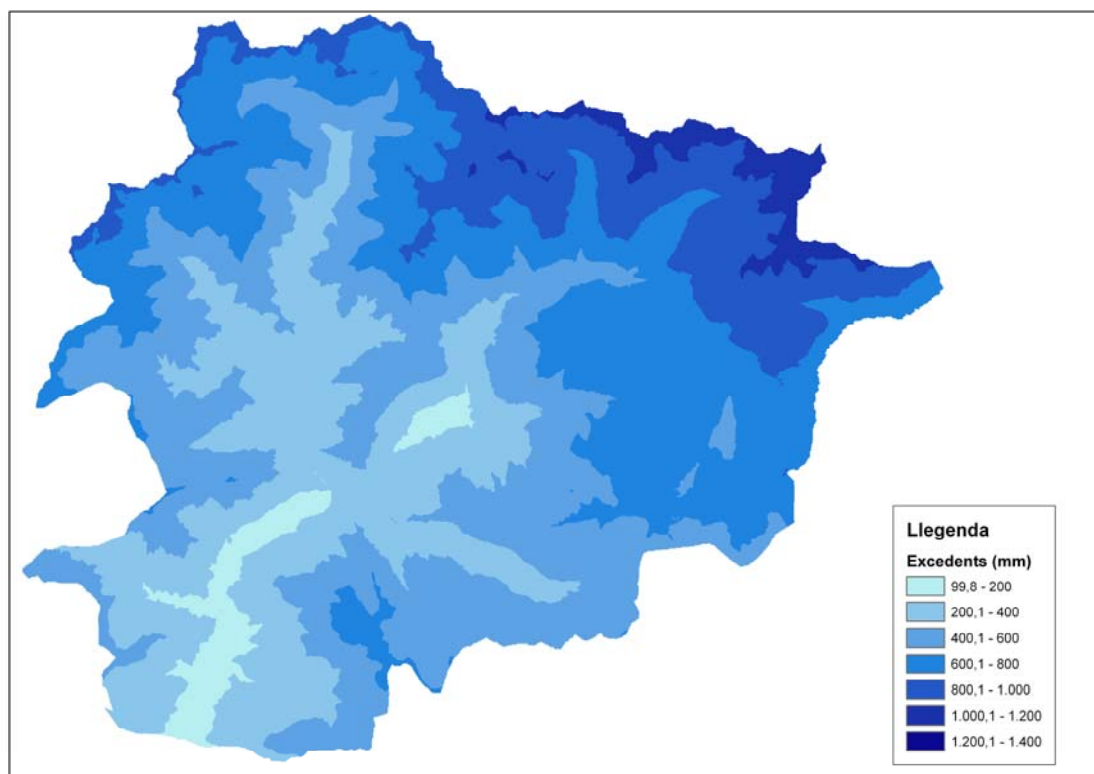


Figura 9. Mapa d'excedents anuals amb la reserva de 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite

En la següent taula s'ha volgut resumir els diferents paràmetres que defineixen el balanç hídric anual en tres escenaris: any sec, humit i mig, i tenint en compte el cabal ecològic, calculat com el 10% del recurs hídric. La resta entre la pluja útil i el cabal ecològic se l'ha anomenada pluja útil disponible.

	Any humit	Any mig	Any sec
Precipitació	596,03 Hm3/any	466,01 Hm3/any	345,12 Hm3/any
Pluja útil	404,03 Hm3/any	263,22 Hm3/any	179,58 Hm3/any
Pluja útil disponible	363,62Hm3/any	236,90 Hm3/any	161,62 Hm3/any
ETR	162,00 Hm3/any	202,79 Hm3/any	165,54 Hm3/any
Àrea considerada:	467,70 Km ²		

Taula 2. Pluja útil i pluja útil disponible en un any humit, mig i sec

Comparant els resultats amb el de conques veïnes, les precipitacions estimades són coherents amb les recollides a la Vall d'Aran o Cerdanya, com també els valors d'ETP i ETR.

En la següent figura es mostra el percentatge de precipitacions que esdevenen pluja útil. Els excedents mitjans suposen un 56,5% de les precipitacions.

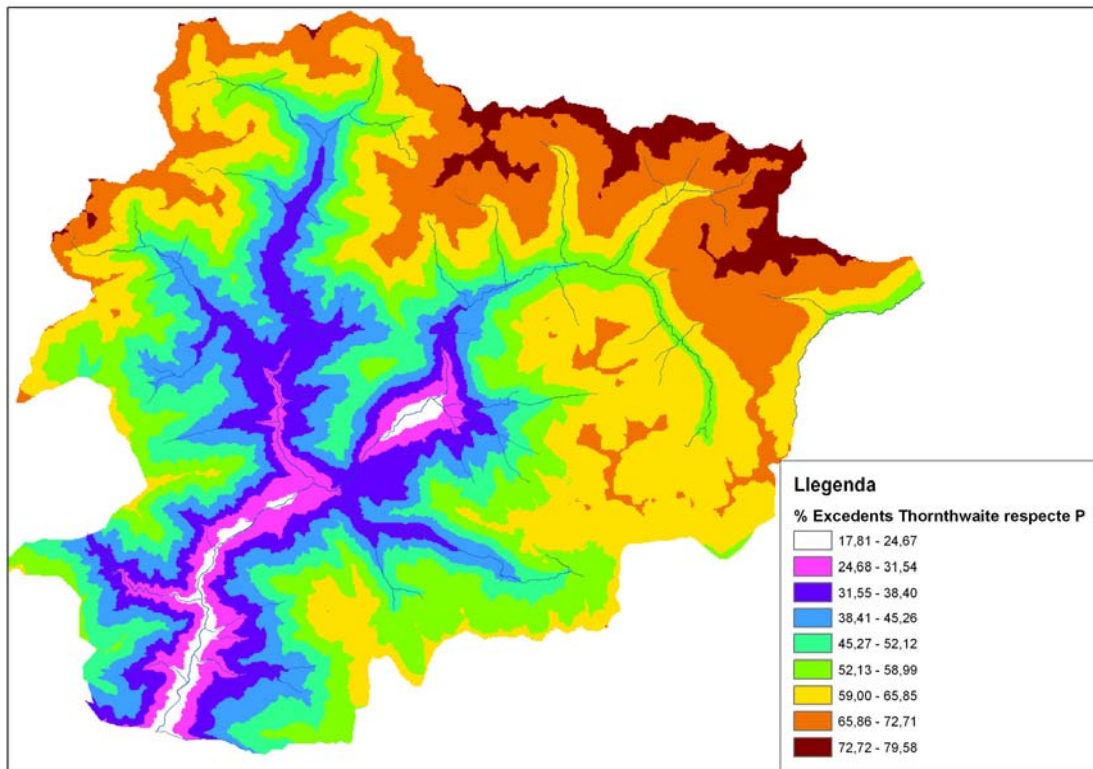


Figura 10. Mapa de distribució dels excedents en percentatge.

Per tal d'establir la quantitat dels excedents que s'infilten, i passen a formar part del recurs hídric subterrani, s'ha aplicat el mètode del nombre de corba. Aquest mètode permet establir la quantitat de precipitació de cada tempesta que passa a formar part de l'escolament superficial directe. Per poder calcular aquest mètode, s'ha hagut de desglossar les precipitacions mensuals en precipitacions diàries. El mètode usat, ha consistit en fer una distribució mensual de les precipitacions que segueixi el model de precipitacions històriques. En un primer pas, s'ha fet una distribució exponencial de les precipitacions. La distribució realitzada, però, en tractar dades mensuals i no anuals, subestima les precipitacions més intenses. Així, per exemple a l'estació de Ransol la precipitació més intensa registrada és de 31,7 mm amb el model de precipitació diària que hem aplicat. En canvi, segons les dades meteorològiques la precipitació mitjana més alta de cada any és de 63,1 mm. En el mètode del nombre de corba cada tipus de terreny té una precipitació llindar a partir de la qual és genera escolament superficial directe, així si la precipitació estigués desglossada en precipitacions de baixa intensitat, aquestes no generarien escolament superficial.

En la següent figura es representa la distribució del nombre de corba, que és alt en les capçaleres del Valira del Nord i molt baix en les capçaleres gneísiques.

El mapa d'escolament superficial permet veure que les zones amb un alt nombre de corba són les que presenten més escolament superficial, i per tant una infiltració menor.

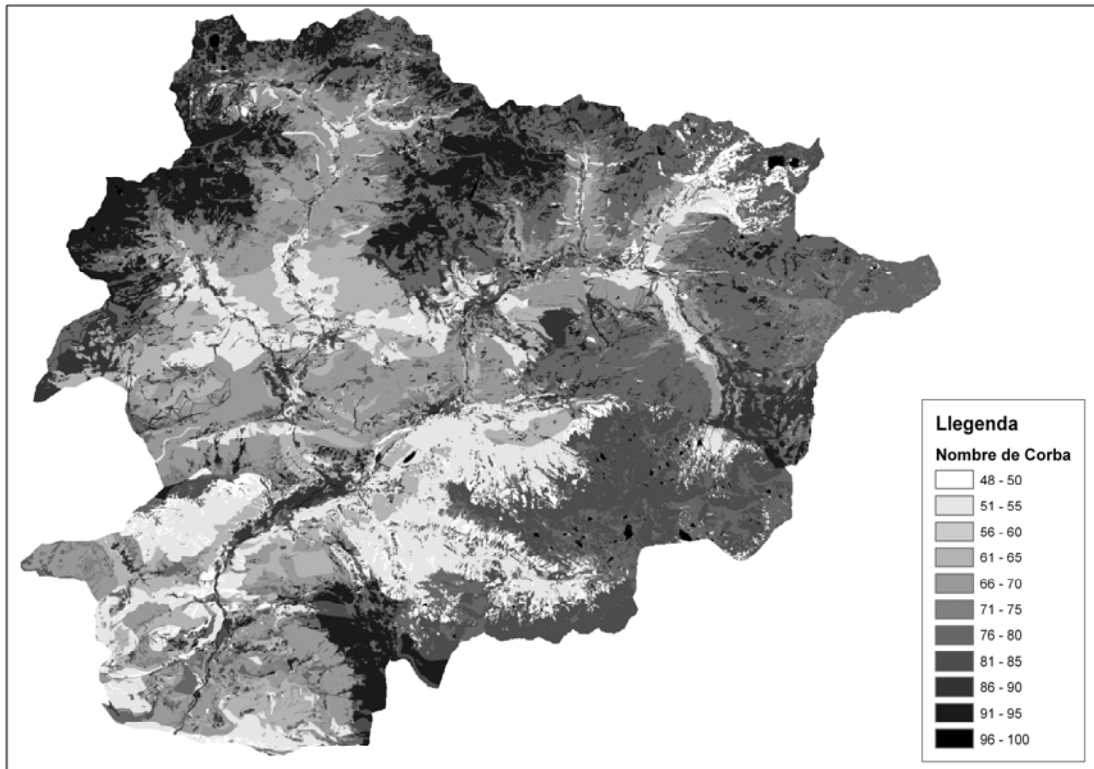


Figura 11. Mapa del Valor del Nombre de Corba. Cal notar que a nombre de corba més alt més petita és la precipitació llindar. La precipitació llindar és la precipitació a partir de la qual comença l'escolament superficial. Així, un nombre de corba més alt, més escolament superficial per la mateixa precipitació.

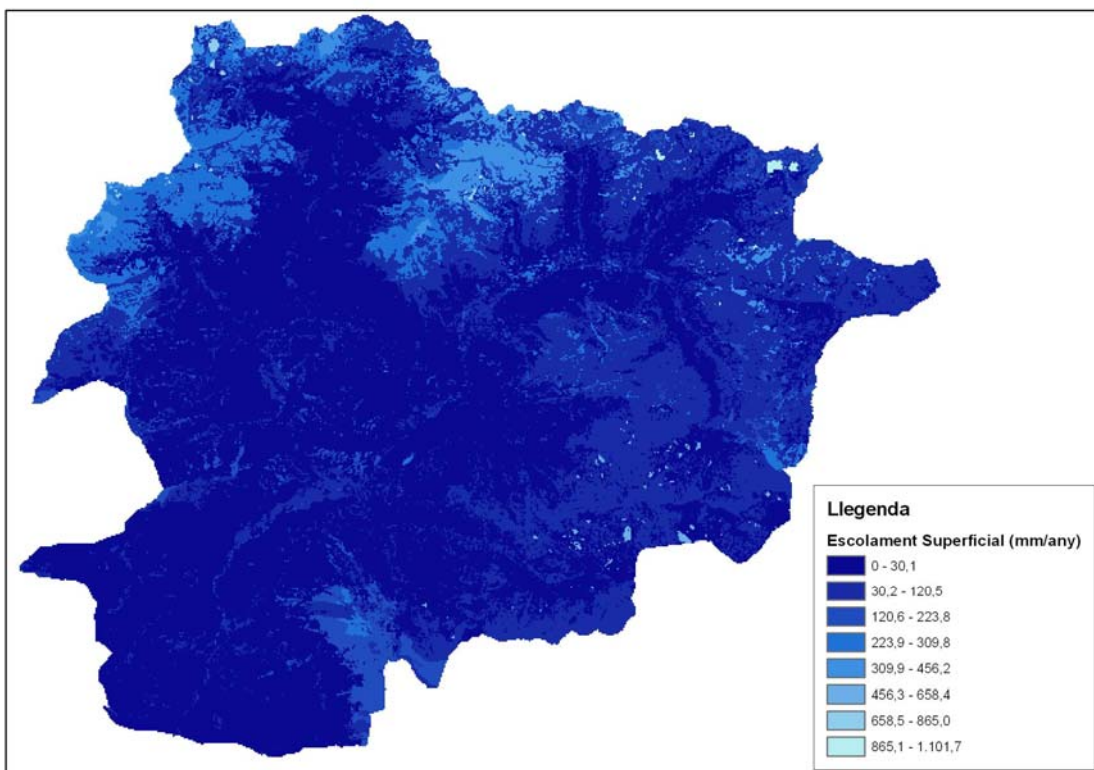


Figura 12. Mapa d'escolament superficial directe anual en mm. El càlcul s'ha realitzat amb el mètode del nombre de corba. S'ha calculat la contribució de l'escolament superficial de cada episodi de precipitació durant l'any.

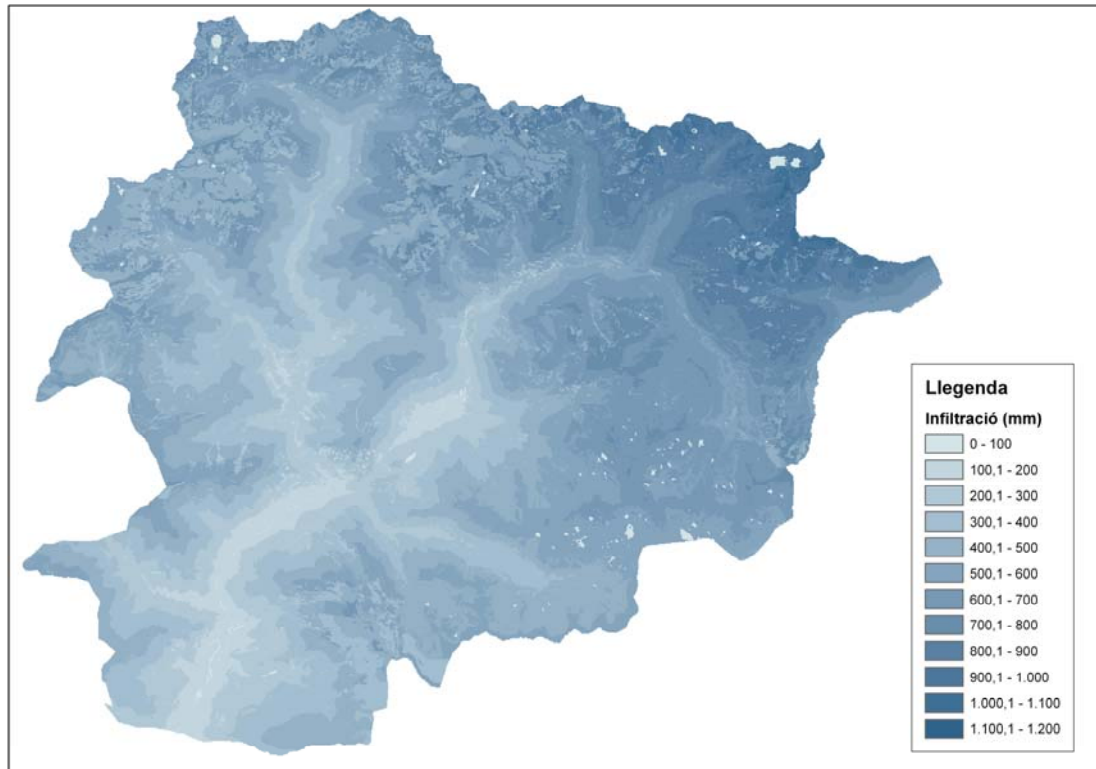


Figura 13. Distribució de la infiltració anual en mm. El càlcul s'ha realitzat restant de la precipitació la ETR segons Thornthwaite amb la reserva a 30 i l'escolament superficial segons el mètode del nombre de corba.

6 DELIMITACIÓ MASSES AIGUA

6.1 Generalitats

L'objectiu de dividir el territori en masses d'aigua és el d'agrupar aigües amb característiques físiques similars a fi de poder planificar les actuacions de gestió adequades. Per tant es tracta de grans unitats de gestió.

Les masses d'aigua subterrània del Principat d'Andorra s'han dividit en dos grans grups:

- Masses d'aigua transfrontereres
- Masses d'aigua internes

Les masses d'aigua transfrontereres es classifiquen segons la conca hidrogràfica a la qual pertanyen. Aquestes masses d'aigua s'agrupen en dos subgrups, segons si queden incloses en la conca hidrogràfica de la Garona o en la conca hidrogràfica de l'Ebre.

Les masses d'aigua internes s'ha subdividit segons:

- ❖ L'estat inicial del medi físic: concretament segons característiques litològiques, hidrogeològiques i geogràfiques
- ❖ Risc de contaminació de les aigües

En conjunt s'han identificat 7 masses d'aigua, incloses les transfrontereres.

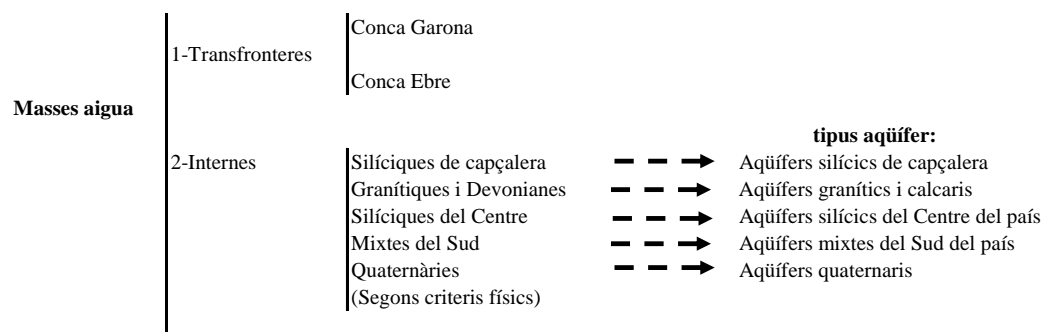


Figura 14. Masses d'aigua identificades

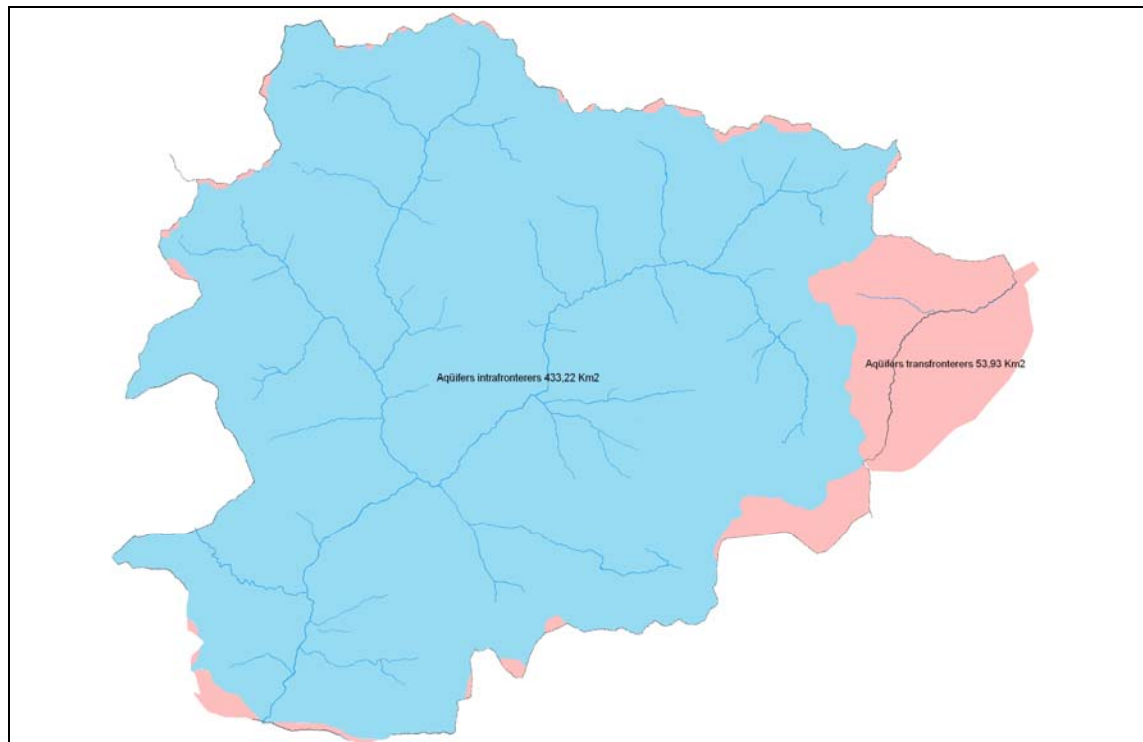


Figura 15. Masses d'aigua transfrontereres i internes

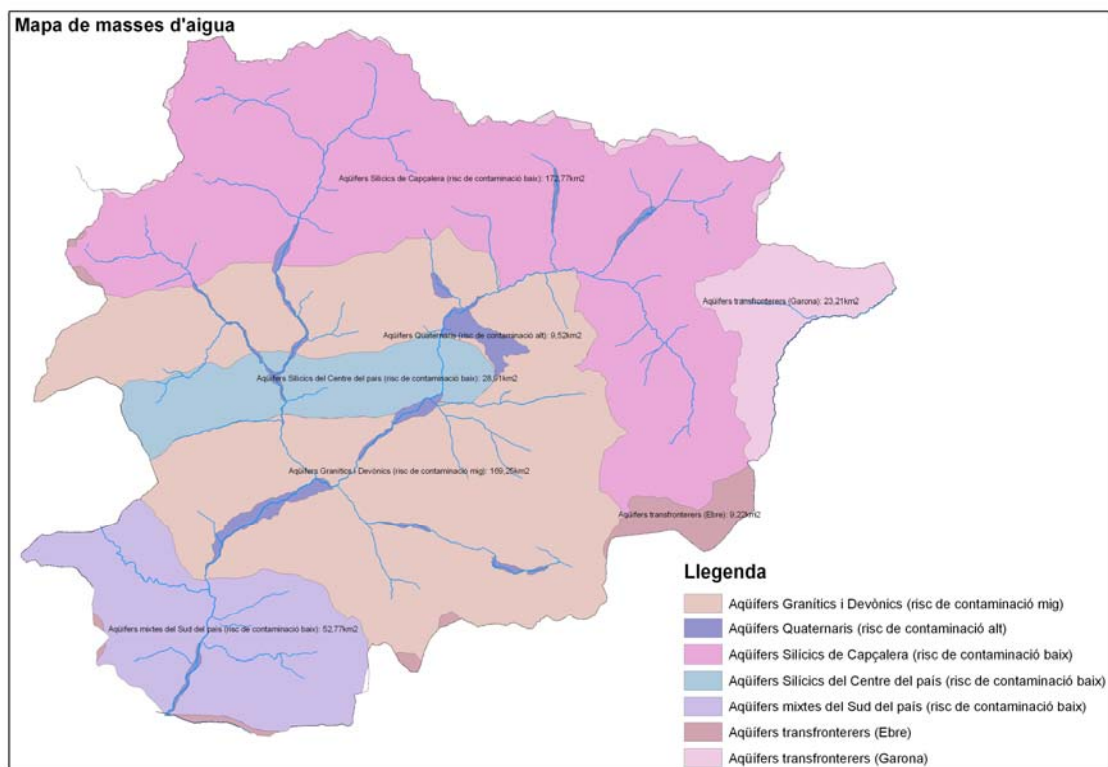


Figura 16. Masses d'aigua incloses en el territori andorrà

Les superfícies implicades en les masses d'aigua internes i transfrontereres són les següents:



- Masses d'aigua internes: 433,22Km²
- Masses d'aigua transfrontereres: 53,93 Km²

La distribució de les precipitacions en les masses d'aigua permet veure que les masses d'aigua del sud es queden amb els valors mínims, de l'ordre dels 775 mm/any de mitja, mentre que les del nord presenten els valors màxims, entre 1200mm/any de mitja en la meitat nord oriental, i els 1140mm/any de mitja a la meitat nord occidental.

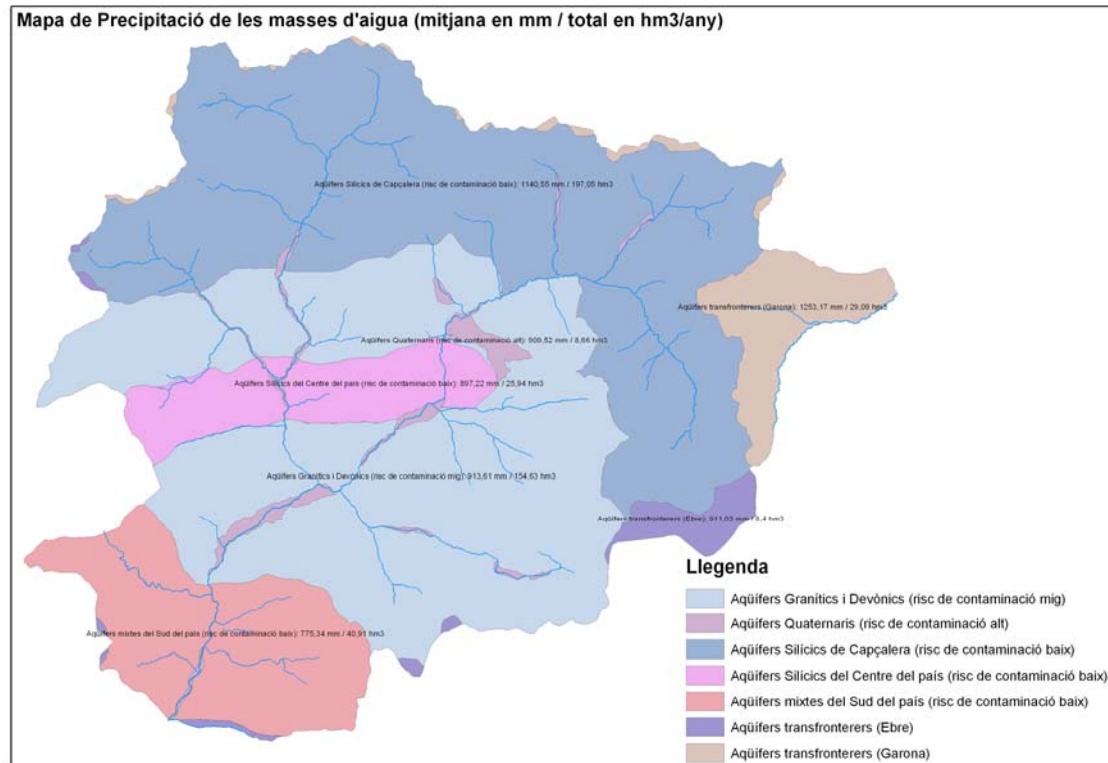


Figura 17. Masses d'aigua i Precipitació

En la figura 18 es pot observar que les masses d'aigua del nord s'estima que l'ETR oscil·la entre els 390 i 410mm/any de mitja, mentre que les del sud presenten valors més elevats, de l'ordre dels 430 mm/any de mitja.

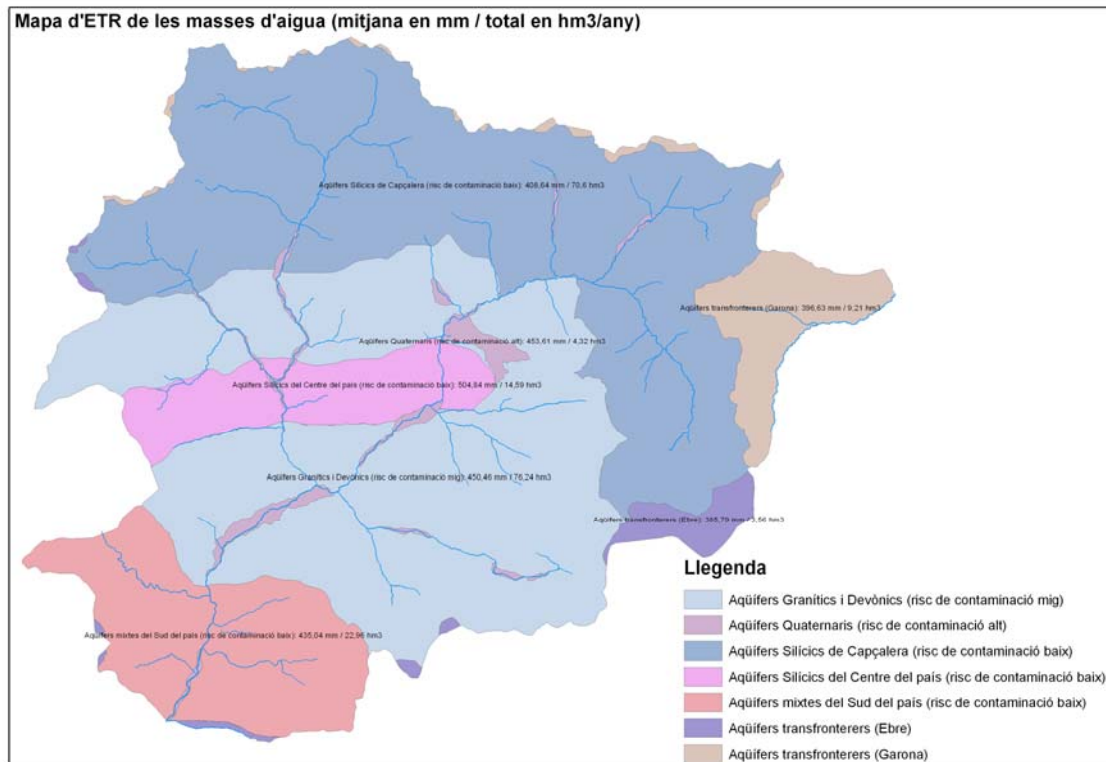


Figura 18. Masses d'aigua i ETR

S'estima doncs, que el balanç hídric en cada massa d'aigua es distribueix de la següent manera, on P és Precipitació, ETR és evapotranspiració i Pu és pluja útil o excedents:

Masses d'aigua	P	ETR	Pu	Masses d'aigua	P	ETR	Pu
Silíciques en capçalera	1140,55	408,64	731,91	Silíciques en capçalera	197,05	70,6	126,45
Granítiques i Devonianes	913,61	450,46	463,15	Granítiques i Devonianes	154,63	76,24	78,39
Silíciques del Centre	897,22	504,84	392,37	Silíciques del Centre	25,94	14,59	11,34
Mixtes de Sud	775,34	435,46	340,3	Mixtes de Sud	40,91	22,96	17,96
Quaternàries	909,52	453,61	455,91	Quaternàries	8,66	4,32	4,34
Transfrontereres Ebre	911,03	385,79	525,23	Transfrontereres Ebre	8,4	3,56	5,77
Transfrontereres Garona	1253,17	396,63	856,54	Transfrontereres Garona	29,09	9,21	19,88
Unitats:	mm/any	mm/any	mm/any	Unitats:	Hm3/any	Hm3/any	Hm3/any

Taula 3. Distribució de les precipitacions en les masses d'aigua

De cara a elaborar resultats relatius a l'estat de les aigües subterrànies s'ha treballat amb unitats hidrogeològiques, les quals presenten una delimitació independent a l'administrativa, i que inclou totes les masses d'aigua del Principat i de la conca del Valira.

6.2 Unitats hidrogeològiques

La delimitació de les unitats hidrogeològiques s'ha fet seguint els següents criteris:

-Límits associats a barreres litològiques, a ser possible negatius, que s'han estès, quan s'ha vist oportú, fins a la divisòria hidrogràfica.

-En el cas que no es pugui tancar la unitat amb barreres, s'usa com a límit les mateixes divisòries hidrogràfiques.

-En el cas de les unitats hidrogeològiques al.luvials, s'agrupa tot l'aflorament del dipòsit al.luvial.

-Unitats en les quals sigui fàcil dur a terme càlculs de balanç hídric.

S'ha establert que els límits poden ser oberts, tancats o divisòria hidrogeològica, entenent com a límit tancat, a un contacte litològic, riu influent, accident tectònic, etc.

De les diferents cubetes o terrasses fluvials quaternàries, només s'han escollit les més rellevants, amb capacitat d'emmagatzematge per sobre de 2 Hm³/any, quedant excloses petites cubetes com la de Canillo, Soldeu-Aldosa, Aixovall, Rialb, Xixerella, Borda del Jaile, Aldosa-St. Joan de Caselles, El Serrat-Salines, entre moltes altres. Els límits de les cubetes són aproximats, obtinguts en base a l'estudi *Avaluació inicial dels recursos hídrics subterranis (Ministeri de Medi Ambient, 2004)*. S'han identificat 15 unitats hidrogeològiques d'aqüífers porosos quaternaris, i 25 unitats hidrogeològiques d'aqüífers en roca.

En el mapa de les unitats hidrogeològiques es mostra la ubicació de cada unitat (figura 19)

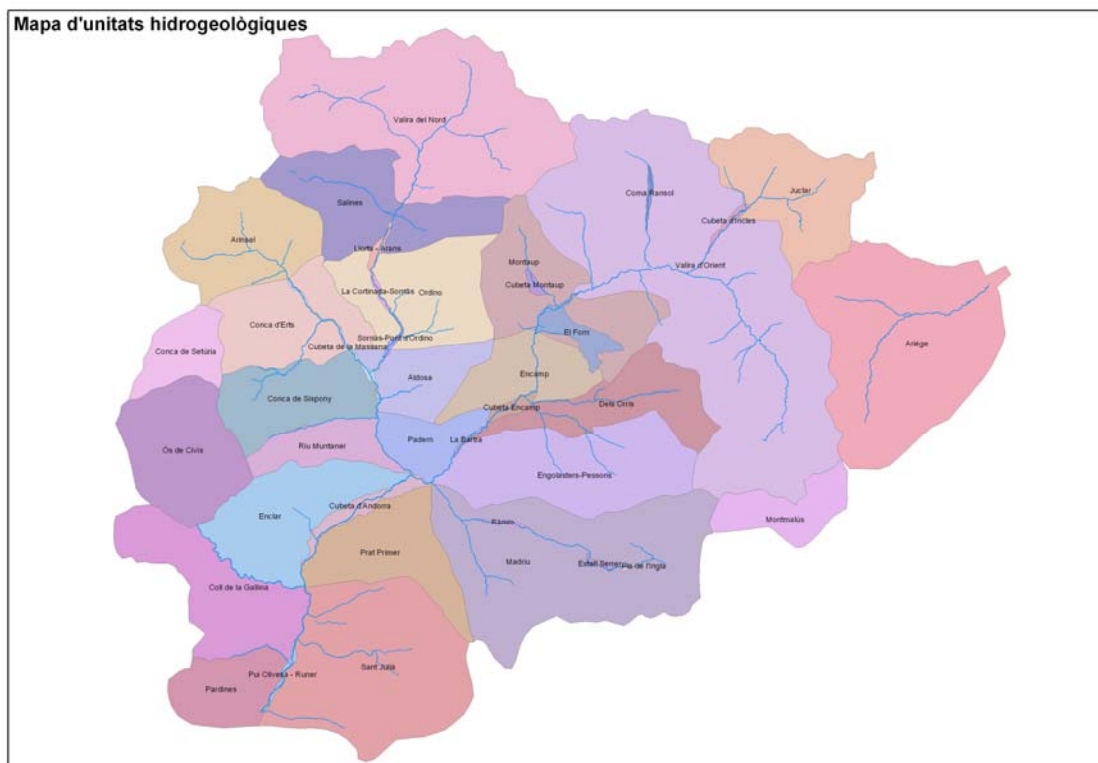


Figura 19. Mapa d'unitats hidrogeològiques

7 CARACTERITZACIÓ HIDROQUÍMICA DE LES MASSES D'AIGUA

En base a l'estudi de les composicions iòniques més significatives, i en base als diagrames de Piper, Shoeller-Berkaloff i Stiff, es pot establir la següent classificació de les aigües del Principat, amb sis tipus d'aigües presents, seguint el criteri de Appelo & Postma (1993) i Stumm & Morgan (1981):

- Aigües bicarbonatades càlciques
- Aigües bicarbonatades-sulfatades càlciques
- Aigües bicarbonatades sòdiques
- Aigües bicarbonatades-clorurades càlciques
- Aigües clorurades-bicarbonatades sòdiques o sòdico-càlciques
- Aigües sulfatades càlciques

En el següent mapa es mostra la distribució de les fàcies hidroquímiques del Principat, i en la següent taula es donen les relacions iòniques més significatives de cada tipus de litologies característiques.

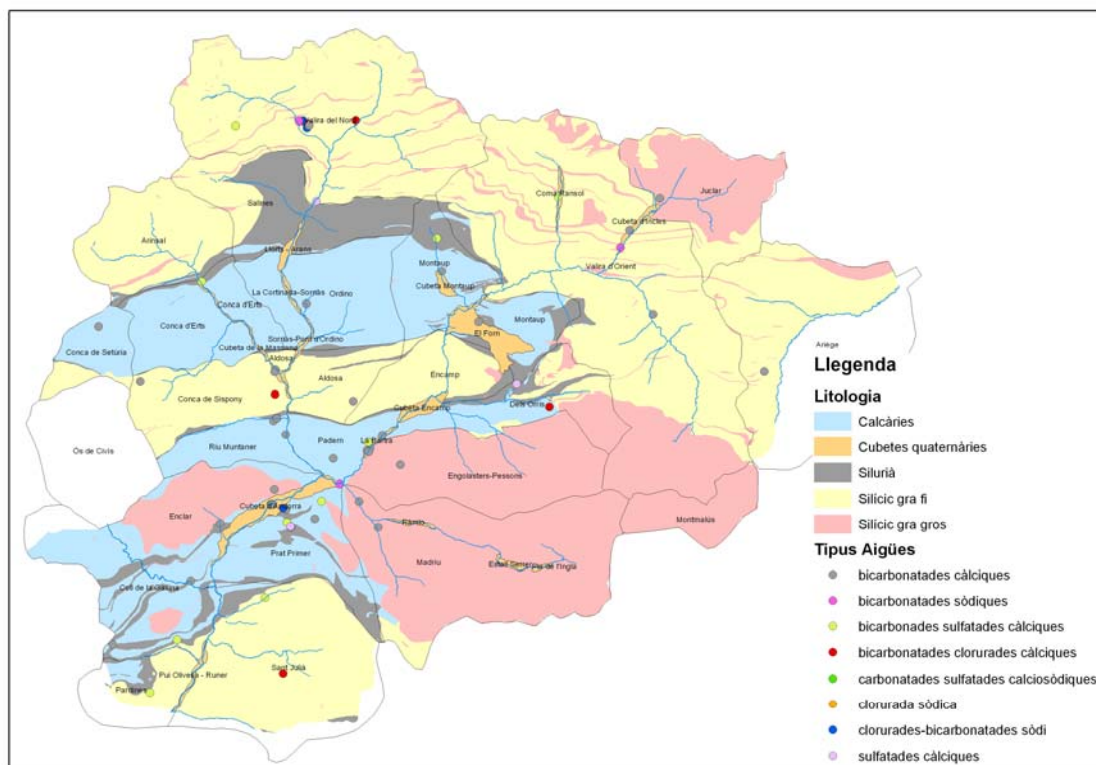


Figura 20. Mapa de les fàcies hidroquímiques de les aigües analitzades del Principat.

	rK/rNa	rMg/rCa	rCl/rHCO3	rNa/rCl	rSO4/rCl	Q
Roques ígnies i gneisos	0.05-0.11	0.03-0.4	0.05 - 0.73	2.7 - 11.7	1.8 - 4.4	0.1 - 0.4
Materials gresopelitícs del CambroOrdovicià	0.03-0.32	0.1 - 0.3	0.1 - 1.0	0.6 - 2.7	0.4 - 3	0.2 - 0.5
Pissarres del Silurià	0.25-1.1	0.1-1.8	> 2	0.22-0.77	> 3	0.3 - 0.5
Pissarres i calcàries del Devonianà	0.12-0.27	< 0.2	< 0.4	0.8 - 1.2	2 - 8	0.4 - 2.1
Calcàries del Devonianà	0.12 - 0.6	< 0.1	0.03	0.5 - 1.5	2 - 7	0.45



Pissarres, cornubianites i granit	0.12–0.58	< 0.22	< 0.3	0.7 – 1.6	0.6 - 5	0.3 – 0.5
Materials quaternaris	0.1 – 0.42	< 0.15	0.2 – 1.3	> 0.4	> 2	0.4 – 0.7
Aqüífer Termal	< 0.05	< 0.06	> 0.7	> 8	0.6 – 3.5	0.25

Taula 4. Valors mitjos de les relacions iòniques en les principals litologies que constitueixen els principals aqüífers del Principat

Els diagrames d'Stiff característics de cada tipus d'aigua es mostra en la següent figura.

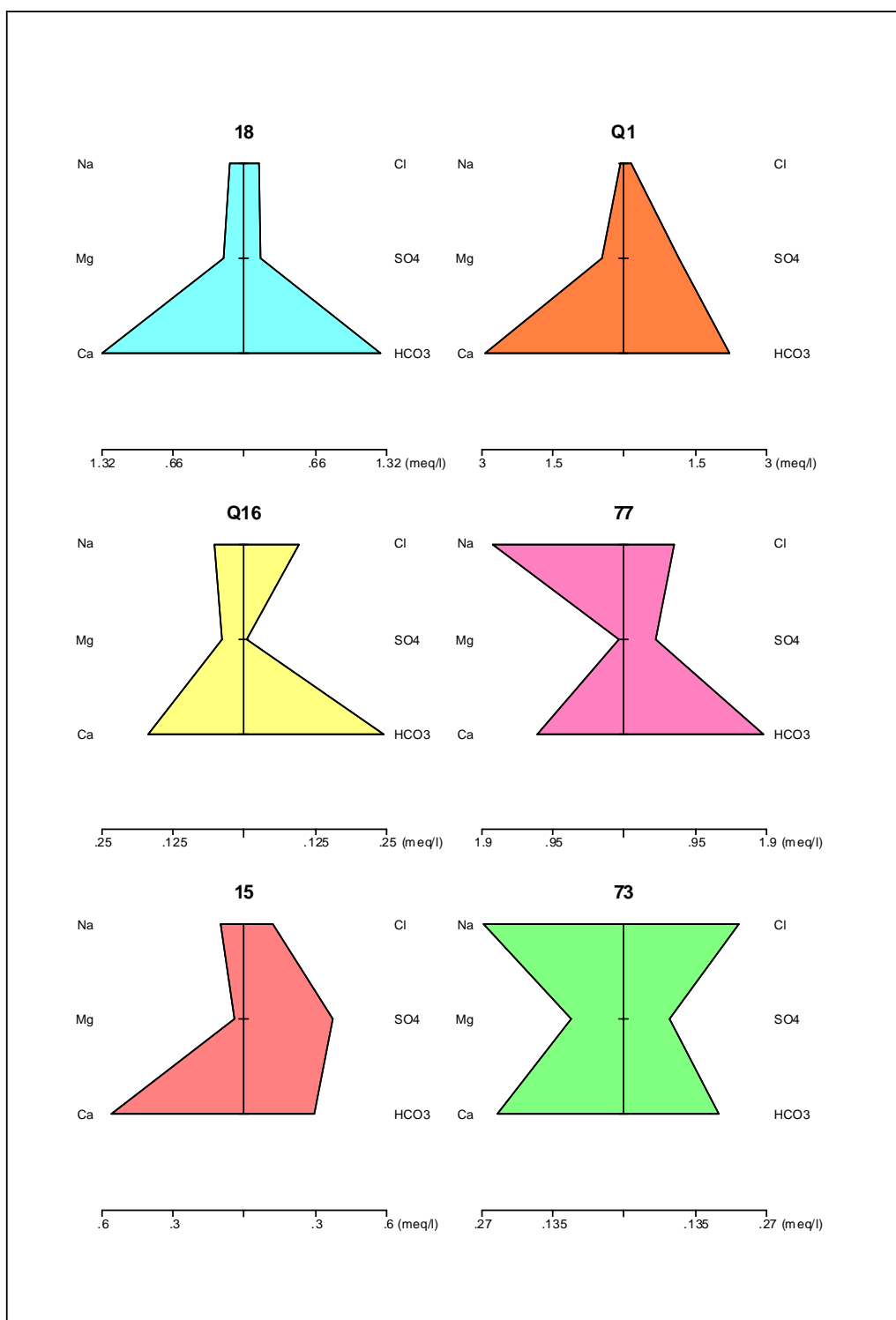


Figura 21. Diagrames de Stiff de mostres representatives dels diferents grups o facies hidroquímiques caracteritzades al Principat. De dalt a baix i d'esquerra a dreta es té: aigües bicarbonatades càlciques (18:Font Ribal), aigües bicarbonatades – sulfatades càlciques (Q1:Font Pui), aigües bicarbonatades – clorurades càlciques (Q16:torrent del Griu), aigües bicarbonatades sòdiques (77:Sondeig S0c), aigües sulfatades càlciques (15: drens CTR) i aigües clorurades – bicarbonatades sòdiques o sòdico – càlciques (73:torrent encodina)



En les diferents campanyes de mostreig realitzades, s'ha analitzat un ampli espectre de substàncies i elements traça a fi i efecte de fixar quins d'aquests elements poden presentar continguts més elevats del normal, associar-los als possibles processos de contaminació existents, tant naturals com antròpics, i determinar el veritable abast dels mateixos.

Aquestes substàncies i elements analitzats han estat:

ferro total,
manganès,
bor,
coure,
níquel,
cobalt,
zinc,
alumini,
estronci,
bari,
seleni,
liti,
arsènic,
plom,
crom total,
antimoni,
cadmi,
fluor,
mercuri

Taula 5.- Valors estadístics dels elements traça amb valors significatius en les aigües superficials i dels principals aquífers del Principat (N nombre de mostres a partir de les quals s'han calculat els paràmetres estadístics)

	Silice	Alumini	Arsènic	Bor	Coure	Ferro total	Fluorurs	Manganès	Zinc	Estronci	Liti
	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Promig	8.06	4.84	10.60	0.03	44.00	0.055	0.14	6.11	8.40	82.05	9.08
Mediana	7.10	0.01	5.70	0.02	3.00	0.03	0.11	0.00	4.20	61.70	2.70
Mitjana geomètrica	6.63		5.47	0.02	5.29	0.04	0.12	0.01	5.32	49.90	2.89
Moda	7.10	0.02	2.00	0.10	120.00	0.10	0.07	0.10	3.90		
Desv. Estandar	11.18	27.94	22.95	0.03	78.08	1.95	0.11	47.76	11.27	80.74	22.01
Màxim	90.00	260.00	193.08	0.16	380.00	16.00	0.74	410.00	72.70	333.59	111.32
Mínim	2.50	0.00	0.44	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	1.10	7.98	0.28
N	63	120	88	89	89	111	98	80	63	30	30



Al Principat, el quimismo de les aigües subterrànies presenta el següent conjunt de característiques geoquímiques:

- Mineralització entre molt baixa i baixa, amb conductivitats inferiors a 350 μ S/cm, tot i que es troben aigües amb conductivitats que poden superar els 400 μ S/cm associades amb les pissarres carbonoses.
- Caràcter alcalí dominant de les aigües, amb pH superiors a 7 tot i que es troben aigües amb pH que són inferiors a 6, associades amb les pissarres carbonoses.
- Baixos continguts en clorurs i nitrats.
- Presència de mostres amb valors elevats de sulfats.
- Valors relativament elevats d'estrónci i ferro, però baixos en tots els altres elements i substàncies analitzades, excepte en algunes mostres anòmales.
- Valors significatius en arsènic en diverses mostres i unitats hidrogeològiques, la mitjana de totes les mostres amb valors significatius (per sobre del límit de detecció analítica) és superior al límit de potabilitat de 10 ppb. Si s'analitzen els paràmetres estadístics que defineixen la població de valors d'arsènic, s'aprecia com el valor de fons més ajustat al conjunt global seria un valor al voltant dels 6 ppb, i per tant no superaria al límit de potabilitat de les aigües, però estaria molt al límit.
- Les aigües del principat són majoritàriament agressives i molt agressives, no obstant, en ambients més carbonàtics predominen les aigües mitjanament agressives i estables. Puntualment, associat a contaminació, s'han trobat aigües molt incrustants.

De cara a calcular els valors genèrics de referència de les aigües del Principat s'han tingut en compte un total de 408 anàlisis completes, d'aigües no alterades antròpicament.

Donada la varietat en la composició química de les aigües, i per tal de poder caracteritzar els diferents escenaris existents, s'han agrupat les anàlisis, segons sis grans grups:

- Silícic de gra fi
- Silícic de gra groller
- Silícic de gra fi del Silurià
- Calcàries
- Mixte
- Dipòsits quaternaris

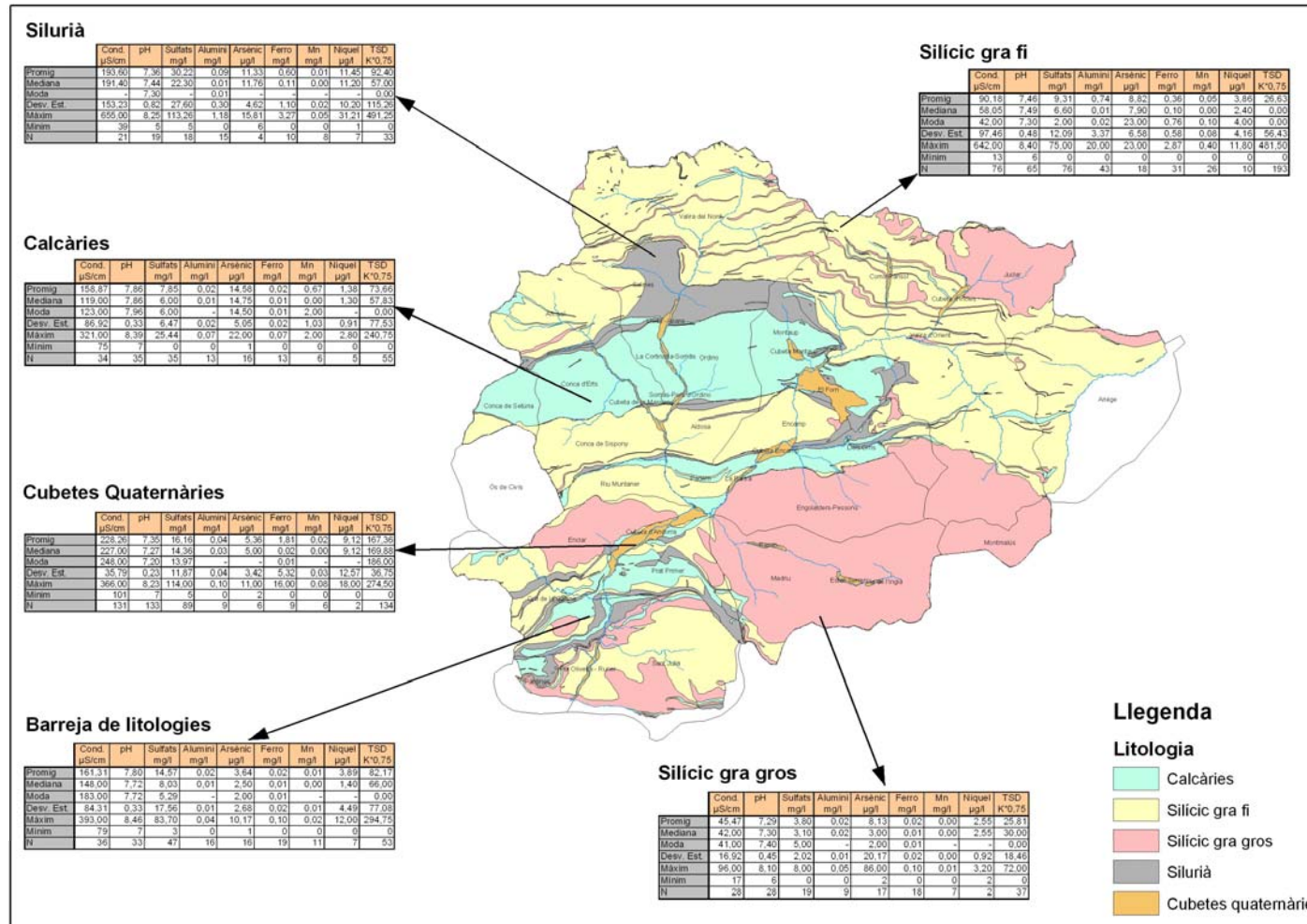


Figura 22. Mapa dels valors de referència dels diferents grups d'aigües identificats.
TDS=total sòlids dissolts
K=conductivitat elèctrica

7.1 Qualitat de les aigües

7.1.1 Qualitat de les aigües segons nivells genèrics de referència

Els nivells genèrics de referència obtinguts permeten establir quines aigües poden presentar un quimisme alterat degut a contaminació antròpica. Es tracta de valors genèrics, per la qual cosa en cap cas s'aplicaran en estudis de detall.

Del conjunt d'anàlisis completes recollits, les mostres 17, 15, 16, 74, 75, 77 i 49 presenten elements impropis del medi hidrogeològic, associats a contaminació industrial (abocadors) o a la presència de vials on s'usa sal com a fondent del gel de la carretera (cas del punt 49). Es tractaria d'aigües en possible mal estat químic. La resta d'aigües estan en bon estat químic. En la següent figura es mostra la ubicació dels punts amb indicis de contaminació.

De la mostra 73 es disposa d'indicis que permetrien parlar d'aigües alterades antròpicament però no presenten cap dels elements analitzats, amb valors per sobre dels valors de referència.

La qualitat de les aigües mostrejades és en conjunt bo, associat en part per la manca d'anàlisi d'aigües en punts on s'hi desenvolupen activitats potencialment contaminants.

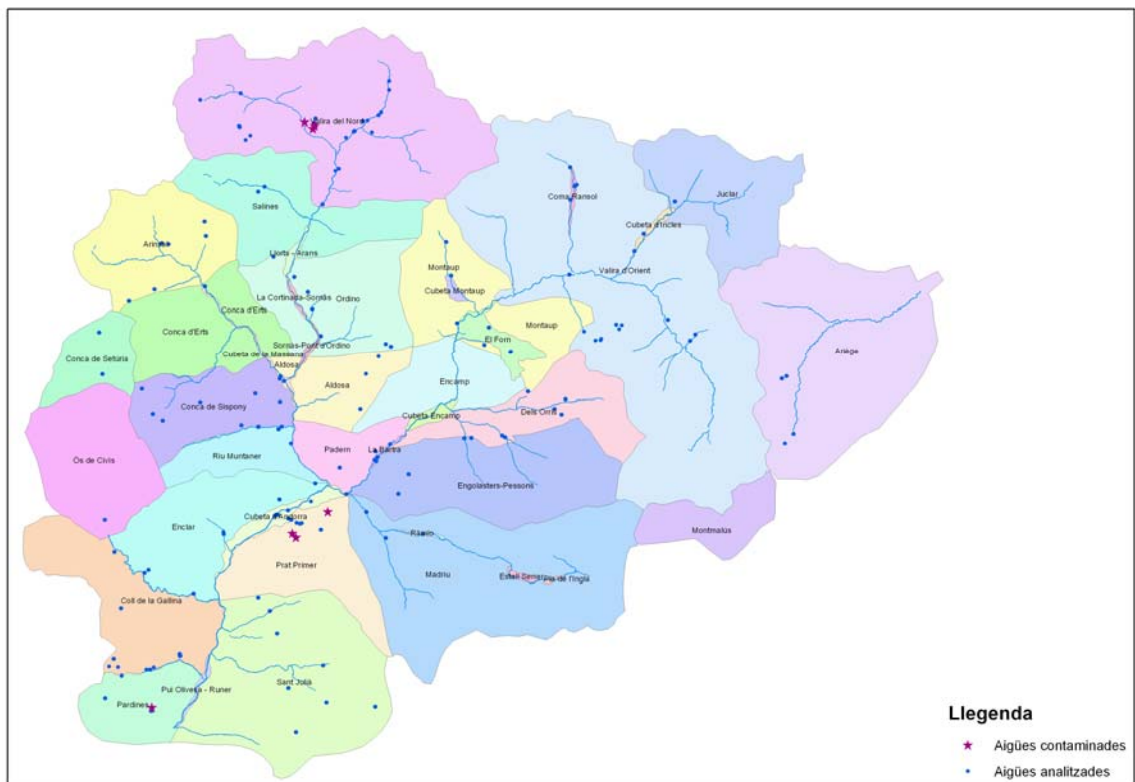


Figura 23. Ubicació de les aigües amb indicis de contaminació

7.1.2 Qualitat de les aigües segons nivells admissibles per Reglament

Un altre criteri per establir la qualitat de les aigües del Principat és en els valors fixats en les legislacions. La qualitat de les aigües s'ha determinat en base als límits màxims establerts en el Reglament tècnico-sanitari per al subministrament i el control de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà (BOPA núm 44-any 11-4.8.1999).

En base als ions majoritaris, metalls pesants i pH i conductivitat s'ha identificat per cada unitat hidrogeològica els components que presenten concentracions mitges per sobre el límit de qualitat (LQ), taula 6. Els paràmetres usats són els que s'han usat per descriure la caracterització inicial de les aigües. Tal i com s'observa són varies les aigües que no compleixen els requisits per ésser considerades aigües pel consum humà.

Unitat hidrogeològica	Paràmetre >LQ
Termal	pH>9,5; As>10ppb
St. Julià	As>10ppb, Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm; Cd>5ppb
Salines	Al>0,2ppm; Fe>0,2ppm; Ni>20ppb
Cubeta Andorra la Vella-Engolasters *	Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm; Sb>5ppb
Valira Nord **	Al>0,2ppm; Fe>0,2ppm; As>10ppb; Mn>0,05ppm
Ariege	As>10ppb
Orris	Fe>0,2ppm
Coll Gallina	As>10ppb; Fe>0,2ppm
Valira Orient	Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm
Enclar	As>10ppb
Sispony	Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm
Prat Primer	Al>0,2ppm; Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm
Muntaner	As>10; Mn>0,05ppm
El Forn	As>10ppm
Arinsal	Fe>0,2ppm; Mn>0,05ppm

*Mostra corresponents al pou de la Carretera de la Comella

**Mostres corresponents als llixivats de l'abocador

Taula 6. Components que es troben en concentracions mitges per sobre els límits de qualitat (LQ)

La identificació de les unitats que presenten aigües que no compleixen els requisits d'aigua potable no s'ha de confondre amb unitats contaminades ja que en la majoria dels casos es tracta de valors anòmals naturals, i només en les unitats de Valira del nord i de Prat Primer cal associar-los a contaminació, tal i com s'ha comentat.

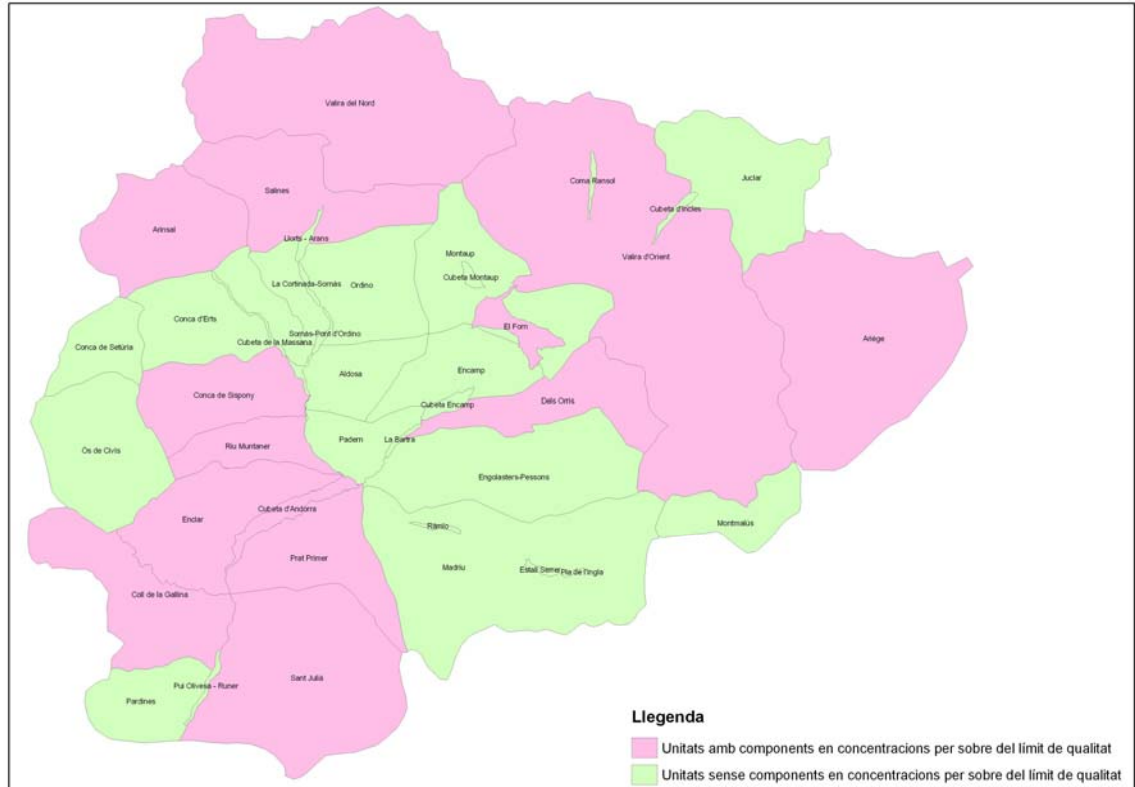


Figura 24. Unitats amb components amb concentracions per sobre dels límits de qualitat.

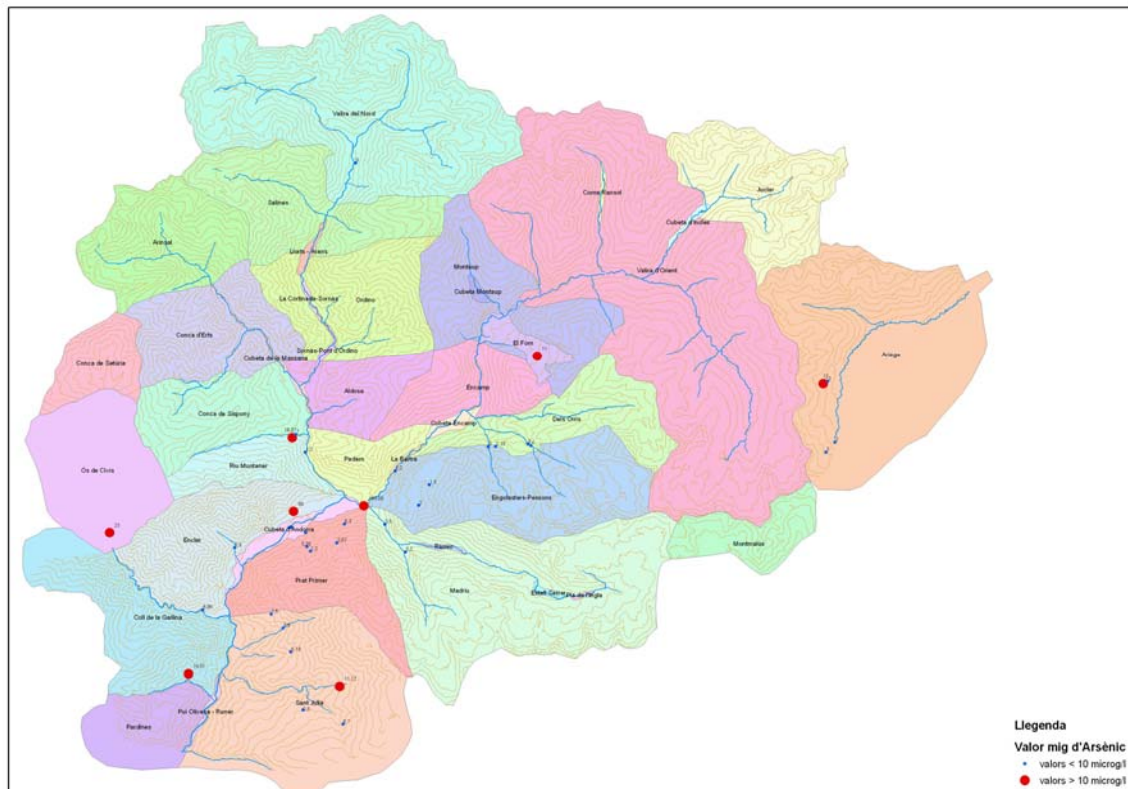


Figura 25. Mapa dels valors d'arsenic per sobre de 10 microg/l

8 MODEL HIDROGEOLÒGIC

Hidrogeològicament, s'han agrupat les unitats hidrogeològiques en 4 grans unitats aquíferes:

Tipus d'aqüífer	Material involucrat
Càrstic fissurat	Calcàries i pissarres del Devonianà
Fracturat	Granodiorites i gneisos i corneanes
Fissurat	Sèries gresopelítiques i pissarres negres
Porós no consolidat	Sediments poligènics no consolidats

Taula 7. Unitats aquíferes

En la següent figura se situen les diferents unitats aquíferes

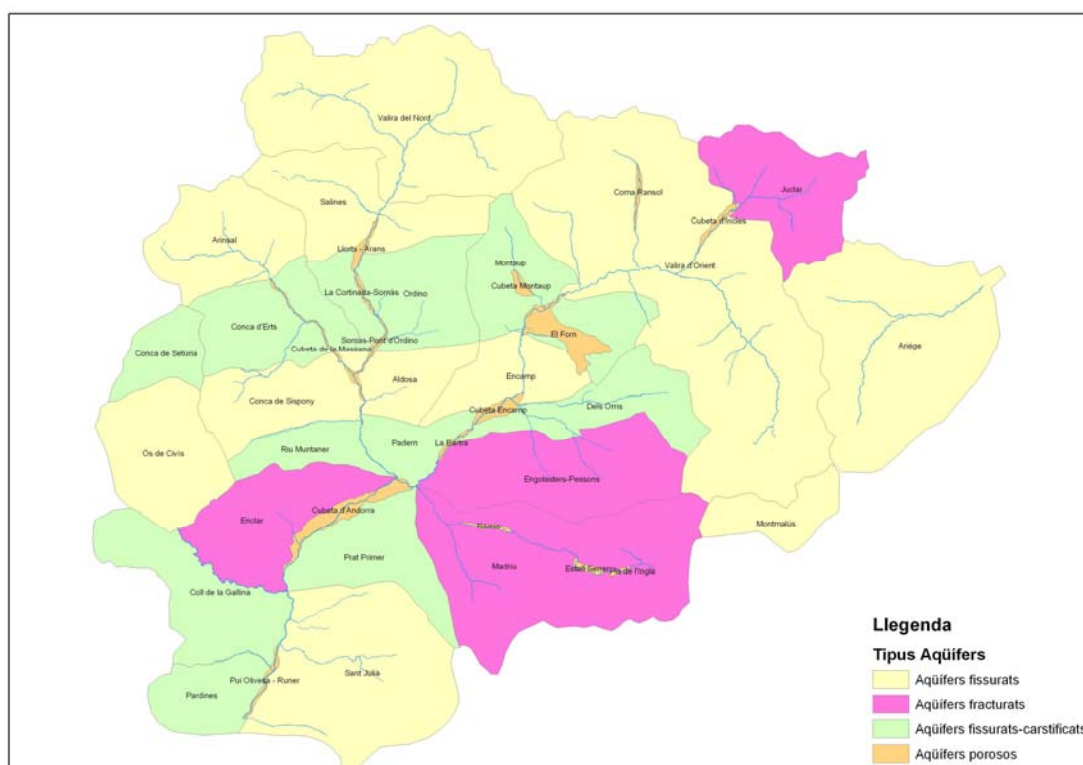


Figura 26. Mapa d'unitats aquíferes

L'entorn geològic permet diferenciar dos models d'aqüífers: aquífer porós intergranular, i aquífer fissurat. En l'aqüífer porós el flux és intergranular i l'aigua avança pels poros existents en els dipòsits quaternaris no consolidats principalment; es tracta d'un tipus d'aqüífer format per materials permeables. En l'aqüífer fissurat el flux té lloc a través de les fissures o fractures de les



roques. A diferència dels aqüífers porosos, aquests tenen poca capacitat per emmagatzemar aigua, i per cedir-la, essent en conjunt poc conductors.

Dins dels aqüífers fissurats-fracturats es distingeix els pròpiament fissurats dels fissurats-carstificats. Aquests darrers afecten a un tipus de substrat concret, el format per calcàries, que per la seva litologia són favorables a patir carstificació com l'observada en la unitat dels Orris (torrent del Griu), o en la unitat del Valira d'Orient, (en un torrent procedent d'Envalira) o la identificada mitjançant els transectes de conductivitat en la unitat d'Ordino, Montaup i Erts. A diferència dels aqüífers estrictament fissurats, els fissurats-carstificats poden ser molt conductors quan el flux intercepta una fissura carstificada.

Així mateix en els aqüífers en roca es distingeix els estrictament fracturats, formats per un substrat fràgil de tipus cristal·lí, afectat intensament per diferents famílies de fractures.

L'heterogeneïtat de les fissures-fractures permet parlar de dos tipus de circulacions del flux en els aqüífers fissurats i fissurats-carstificats: circulació ràpida, responsable de pujades ràpides en els cabals de les fonts i rius associats a events plujosos i fosa de neu, amb poca capacitat de regulació, i una circulació lenta responsable dels cabals mínims de les fonts i rius durant l'estiu i hivern o època de poques precipitacions.

En aquest tipus d'aqüífers la recàrrega es deu a la infiltració (a) de les precipitacions i fosa de neu a través de les fissures superficials i fractures més fondes, i la descàrrega es dona a través de fonts i de manera difusa caps als rius els quals també s'alimenten de l'escolament superficial directe de les precipitacions (b). La majoria de fonts tenen lloc per la intercepció de la topografia amb el nivell freàtic i per l'aflorament de nivells menys permeables per sobre dels quals es troba el nivell freàtic, i per la intersecció de fractures saturades, amb la topografia.

El model hidrogeològic interpretat queda representat per la següent figura.

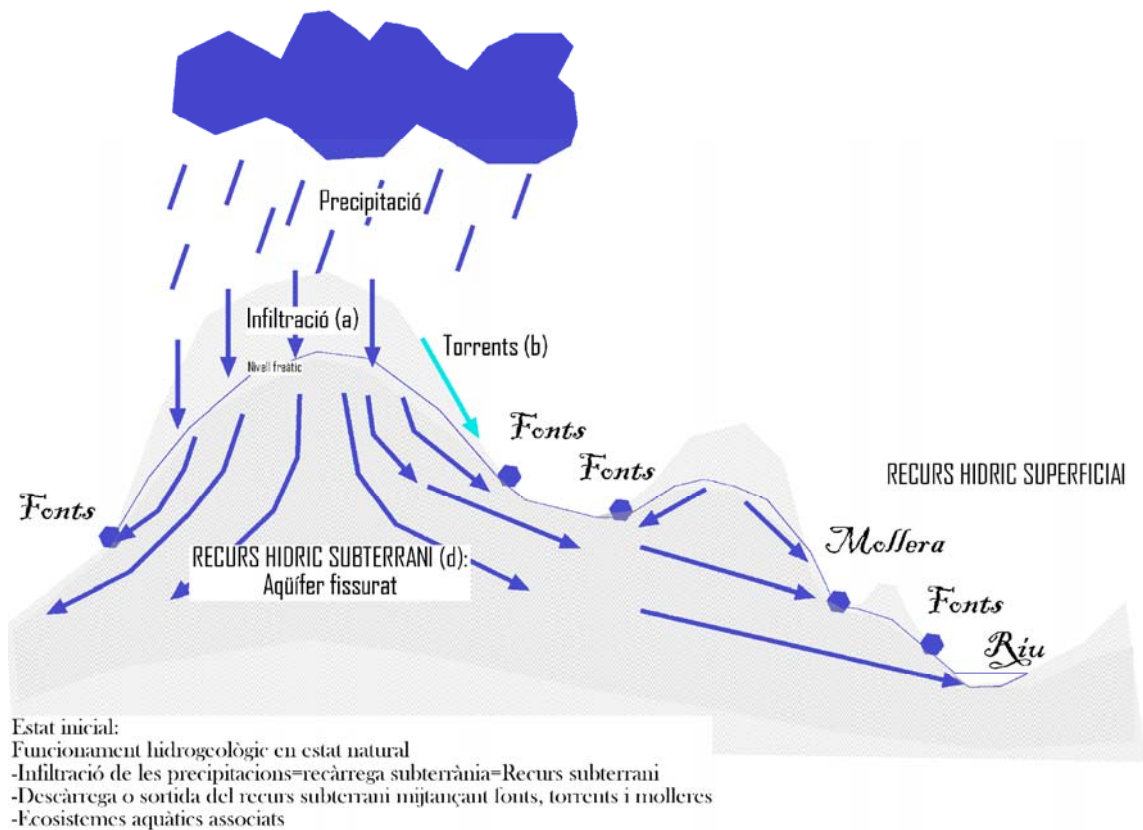


Figura 27. Model hidrogeològic

Sovint aquests aqüífers estan recoberts de dipòsits detrítics (col.luvions, till, etc) que suavitzen el règim d'alimentació i per tant la descàrrega.

En el fons de les valls es troben els dipòsits al.luvials i glacial.luvials que reomplen les cubetes de sobreexcavació glacial. Aquests dipòsits constitueixen els aqüífers intergranulars. Formen junt amb els rius i els aqüífers fissurats que els envolten, un sistema hidràulic, en el qual la recàrrega i descàrrega generalment ve donada pel nivell relatiu de l'aigua en els rius, podent ésser aquests influents o efluents segons el moment. La recàrrega d'aquests aqüífers també té lloc a través del flux procedent dels aqüífers fissurats.

La presència de nivells planoparal.lels menys permeables entre els nivells més permeables dóna peu que sovint aquests aqüífers siguin considerats multicapa.

En base a punts d'aigua coneguts i interpolats, s'ha dut a terme el mapa piezomètric, partir del qual s'ha elaborat el mapa de direccions del flux subterrani.

Aquest mapa permet interpretar la trajectòria dominant de l'aigua subterrània, i observar que els principals cursos d'aigua superficial es recarreguen pels aports subterrànics; per tant hi ha una certa similitud entre les conques hidrogràfiques i hidrogeològiques, i és el marcat gradient topogràfic el que condiciona el funcionament hidràulic de l'aigua subterrània i superficial, donant lloc que les direccions de flux subterrani, vagin dirigides cap a les zones més deprimides i amb menor potencial hidràulic (torrents i rius).

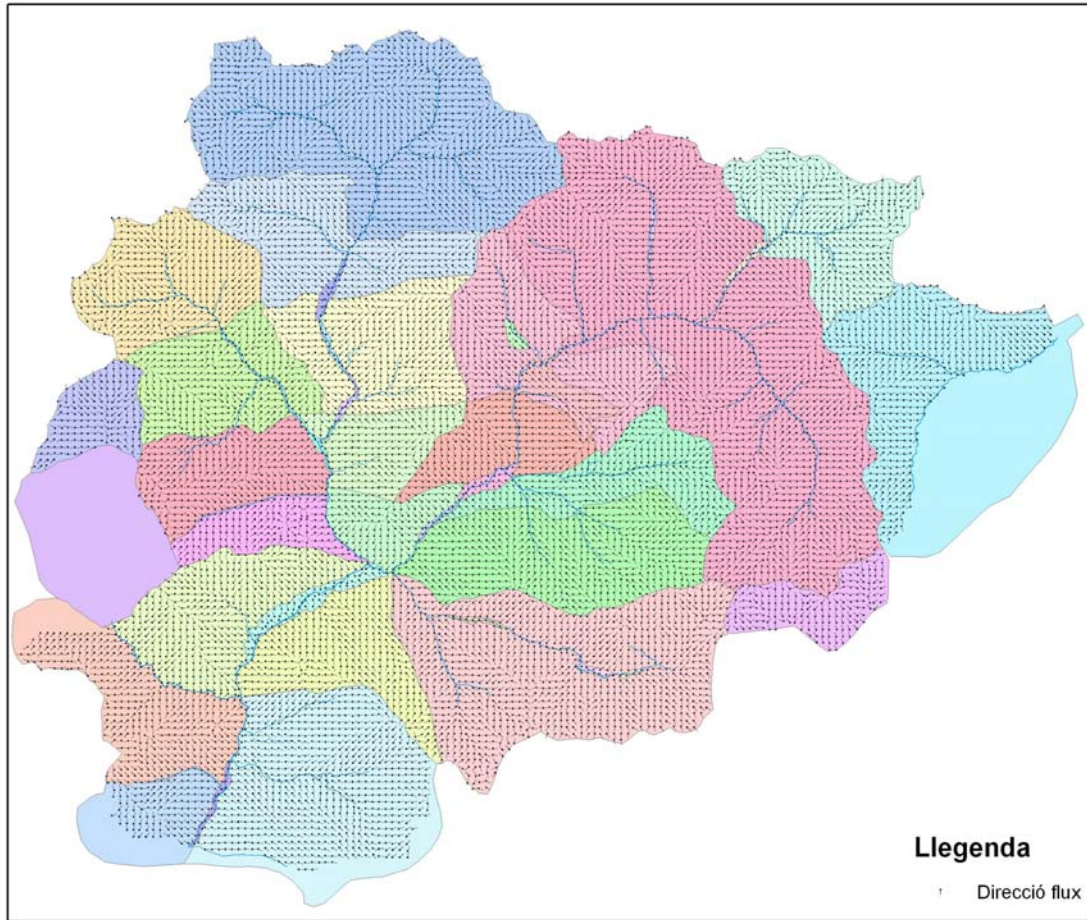


Figura 28. Mapa de direccions del flux subterrani



9 VULNERABILITAT INTRÍNSECA

De cara a la cartografia de la vulnerabilitat del terreny s'ha usat l'índex DRASTIC.

9.1 Índex DRASTIC

Els paràmetres base usats en l'elaboració de l'índex són:

D: fondària de l'aigua o profunditat del nivell freàtic

R: recàrrega neta que rep l'aqüífer

A: litologia i estructura del medi aquífer

S: tipus de sòl

T: topografia del terreny

I: natura de la zona badosa

C: conductivitat hidràulica

L'índex de vulnerabilitat DRASTIC es calcula mitjançant la següent equació:

ÍndexDRASTIC =

$$D_r \bullet D_w + R_r \bullet R_w + A_r \bullet A_w + S_r \bullet S_w + T_r \bullet T_w + I_r \bullet I_w + C_r \bullet C_w$$

en el qual

r: valor del paràmetre

w: índex de ponderació del paràmetre

En el següent mapa es mostra els resultats obtinguts.

S'observa que els sectors amb vulnerabilitat més baixa s'emporten en tres franges d'est-oest: al sud del país, al centre i al nord, coincidint amb la presència de materials del cambroordovicià. Les unitats de Sant Julià, Sispony, Aldosa, Encamp, Arinsal, Salines, Valira Nord, Valira Orient (sectors baixos i mitjos) i Ariege són les que més franges de vulnerabilitat baixa tenen.

Els terrenys mitjanament i molt vulnerables s'emporten principalment en dues amples franges d'est-oest entre la meitat sud i meitat nord, englobant aquells sectors on aflora predominantment un substrat calcari i dipòsits quaternaris molt porosos. Les unitats amb més presència de sectors mitjanament i molt vulnerables són: Setúria, Erts, Ordino, Montaup, El Forn, Muntaner, Padern, Els Orris, Madriu, Engolasters-Pessons, Montmalús, Enclar, Prat Primer, Coll de la Gallina, Valira Orient (capçaleres) i cubetes.

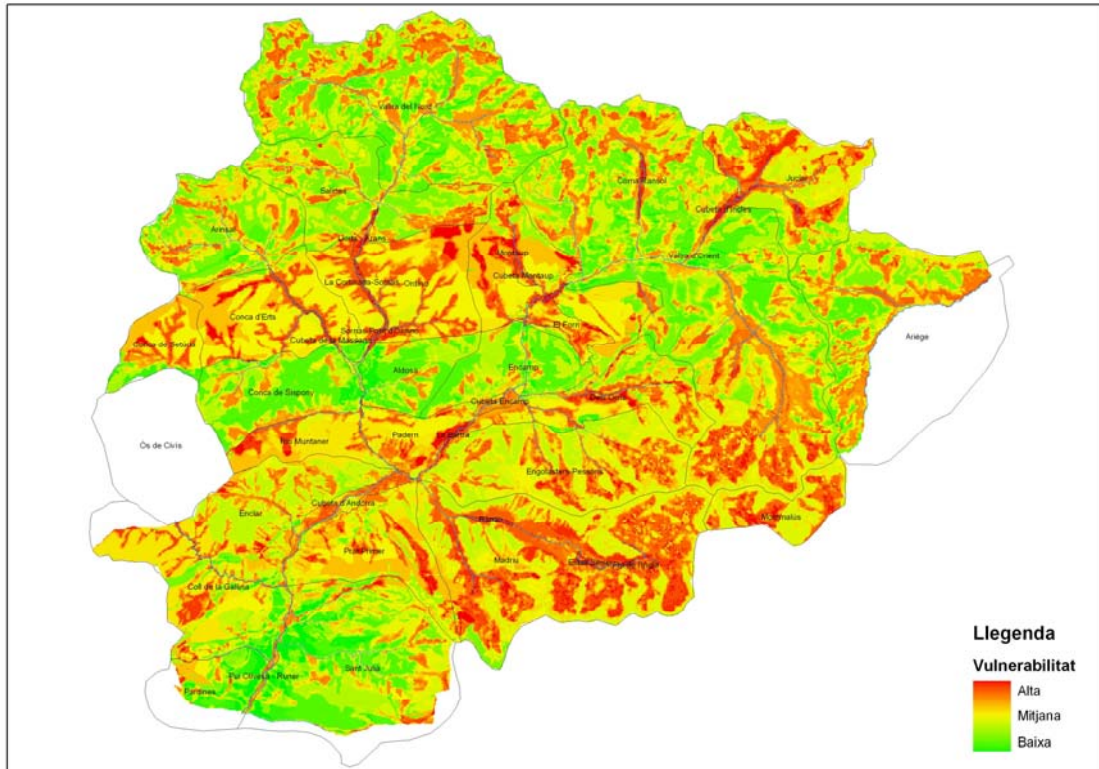


Figura 29. Mapa de vulnerabilitat

10 DEMANDES D'AIGUA I PRESSIÓ ANTRÒPICA SOBRE LES MASSES D'AIGUA

Amb l'objectiu d'avaluar l'impacte de les pressions sobre el territori s'ha procedit a:

- Identificar les pressions
- Avaluar la vulnerabilitat (veure apartat anterior)
- Avaluar l'impacte potencial o risc de contaminació de les aigües

A partir de l'avaluació de l'impacte es pot estimar el risc en base a la delimitació dels espais a protegir.

La metodologia a seguir consisteix en identificar les pressions significatives, i conèixer la capacitat del terreny per protegir les aigües subterrànies (o vulnerabilitat intrínseca), a fi d'avaluar l'impacte potencial, el qual, en base a la delimitació dels espais protegits (captacions, espais d'interès ecològic, etc), permetrà avaluar el risc.

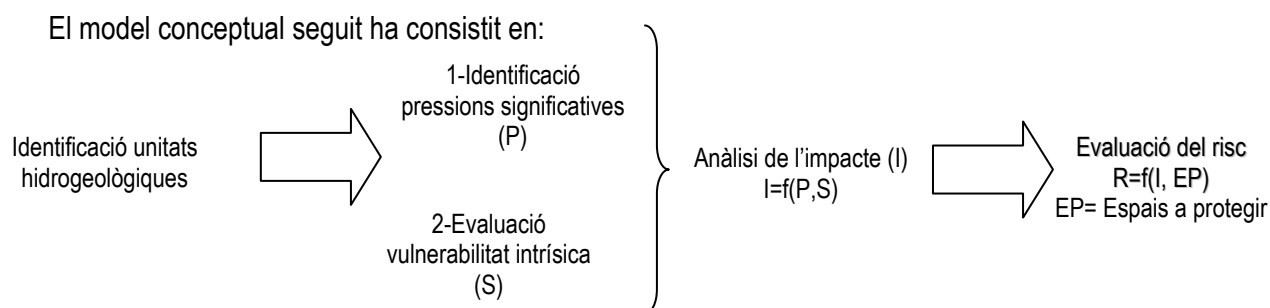


Figura 30. Esquema dels principals punts estudiats

Les pressions a les que estan exposades les masses d'aigua subterrània són:

- 1-Fonts de contaminació difusa-lineal
- 2-Fonts de contaminació puntual
- 3-Extraccions d'aigua
- 4-Recàrrega artificial d'aigua

Les activitats humanes que potencialment poden incidir sobre l'estat de les aigües i que per tant poden generar una pressió sobre aquestes són:

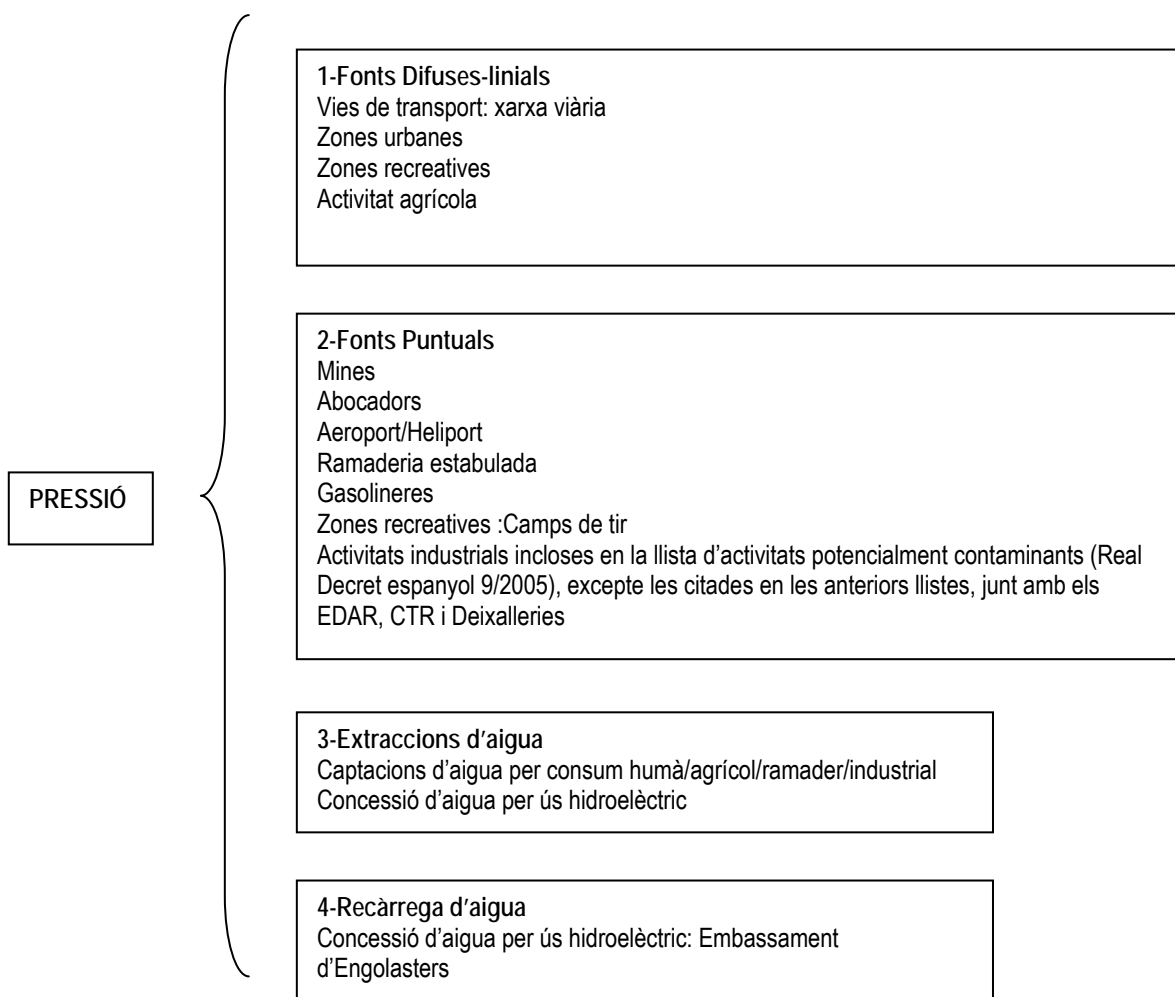


Figura 31. Esquema de les pressions antròpiques estudiades

En la següent figura es situen les pressions identificades. Principalment se centren en el fons de vall

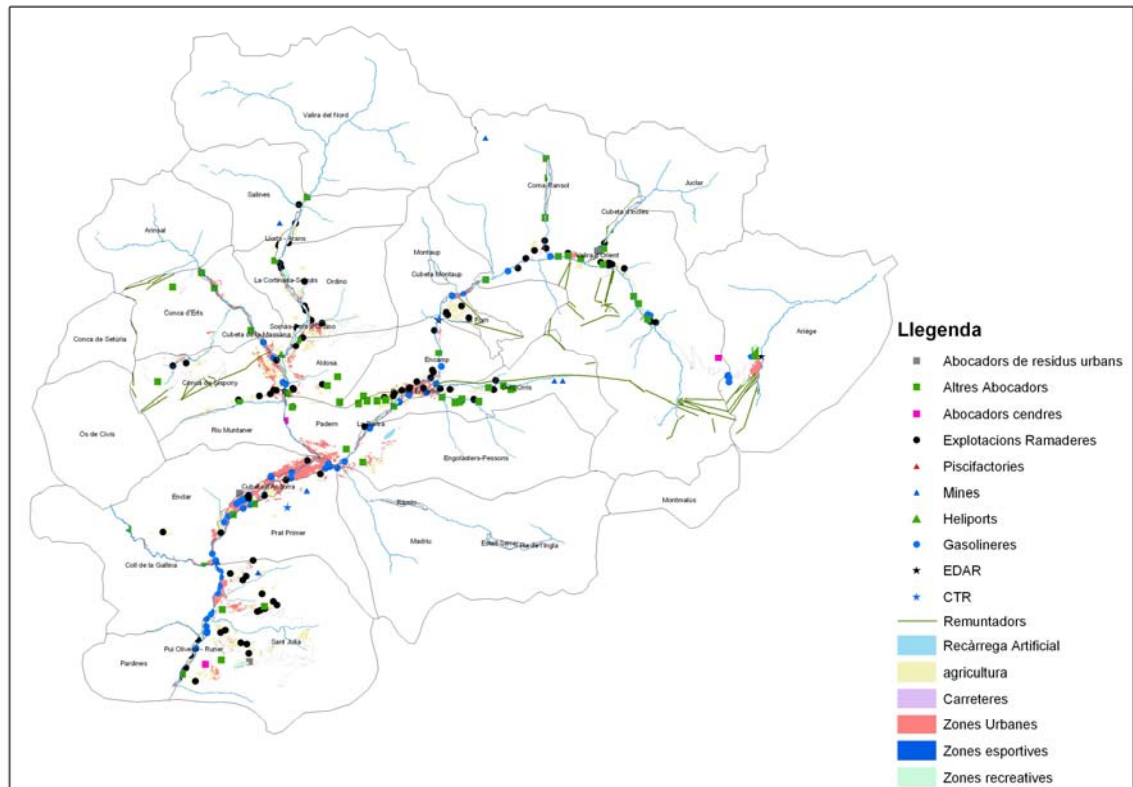


Figura 32. Mapa de pressions

10.1 Avaluació del risc de contaminació

A l'hora d'avaluar el risc de contaminació de les aigües s'ha procedit a tenir en compte l'inventari de pressions, la puntuació de contaminació associada, i la distribució de la vulnerabilitat intrínseca. Els criteris de zonificació seguits han estat els següents:

a) Les zones amb risc de contaminació molt alt o zones amb molt alta perillositat inclouen les zones amb una molt alta i alta vulnerabilitat combinat amb existència d'activitats potencialment molt contaminants.

b) Les zones amb risc de contaminació alta coincideix amb zones amb molt alta, alta i mitja vulnerabilitat combinades amb l'existència d'activitats potencialment molt i mitjanament contaminants.

c) Les zones amb risc de contaminació mitja coincideix amb zones combinació d'alta vulnerabilitat sense presència d'activitats potencialment contaminants o zones de baixa vulnerabilitat i existència d'activitats potencialment molt contaminants.

d) Les zones amb risc baix de contaminació són les zones poc o molt poc vulnerables i sense activitats potencialment contaminants.

e) Les zones amb risc molt baix de contaminació avarca les zones amb molt baixa vulnerabilitat i sense activitats potencialment contaminants.

En la següent figura es mostra la matriu de vulnerabilitat-pressió a partir de la qual s'ha definit les diferents perillositats. S'estableixen quatre grups de perillositat, de menor a major.

		Pressió sobre la qualitat de l'aigua			
		0			59
Vulnerabilitat	195	M	A	MA	MA
		M	M	A	MA
		B	M	M	A
	46	MB	B	M	M

MA=molt perillós

A=peril·lositat alta

M= peril·lositat mitja

B= peril·lositat baixa

MB= peril·lositat molt baixa

Figura 33. Avaluació de la peril·lositat per contaminació

En la següent figura es mostra la distribució de la peril·lositat obtinguda o risc de contaminació de les aigües.

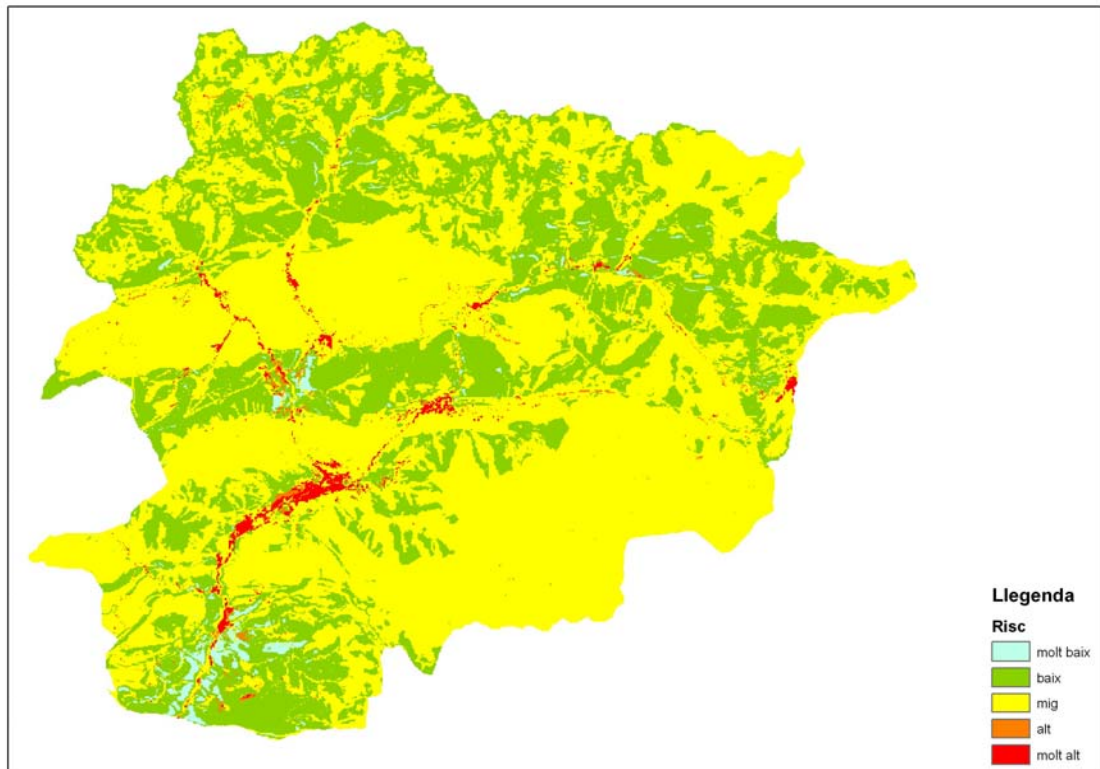


Figura 34. Distribució de la perillositat o risc de contaminació

Aquest mapa té per objectiu establir els sectors actualment sotmesos a major risc per contaminació, segons les activitats que s'hi desenvolupen, però també per establir les zones més vulnerables i que per tant, més sensibles davant d'una activitat potencialment contaminant.

En el fons de les valls, on l'antropització és més intensa és on es detecta les zones que les aigües poden presentar un risc més alt d'ésser contaminades. Així mateix s'observa que al llarg de la xarxa viària són múltiples les zones amb perill de contaminació molt alt.

En detall també s'observen zones sotmeses a alt risc associades a activitats puntuals, com camps de tir, instal·lacions de pistes esquí, etc.

Per unitats hidrogeològiques (següent figura), la perillositat per contaminació és major en les unitats de fons de vall, on es combina una alta vulnerabilitat i presència d'activitats potencialment molt contaminants. Les unitats amb perillositat mitja són les que bàsicament presenten una alta vulnerabilitat, sense activitats potencialment molt contaminants, com la unitat del Madriu, Padern, Muntaner, Montaup, El forn, Ordino, Erts.

Les unitats amb vulnerabilitat baixa o mitja, i sense activitats potencialment molt contaminants, són les que presenten un menor risc de contaminar-se.

La majoria d'espais d'interès, com poden ser les mollereres, vedats, parcs naturals o captacions d'aigua potable s'emplacen en unitats amb poc risc no obstant, també n'existeixen dins d'unitats classificades amb perillositat alta, com les captacions emplaçades en la unitat de la cubeta d'Andorra la Vella.

El solapament entre les unitats amb alt i molt alt risc de contaminació i espais d'interès, permet obtenir una zonificació del risc per la salut i pels ecosistemes.

En la següent taula es mostra quines unitats presenten un risc de contaminació elevat i tenen el risc d'afectar a la població humana o als ecosistemes.

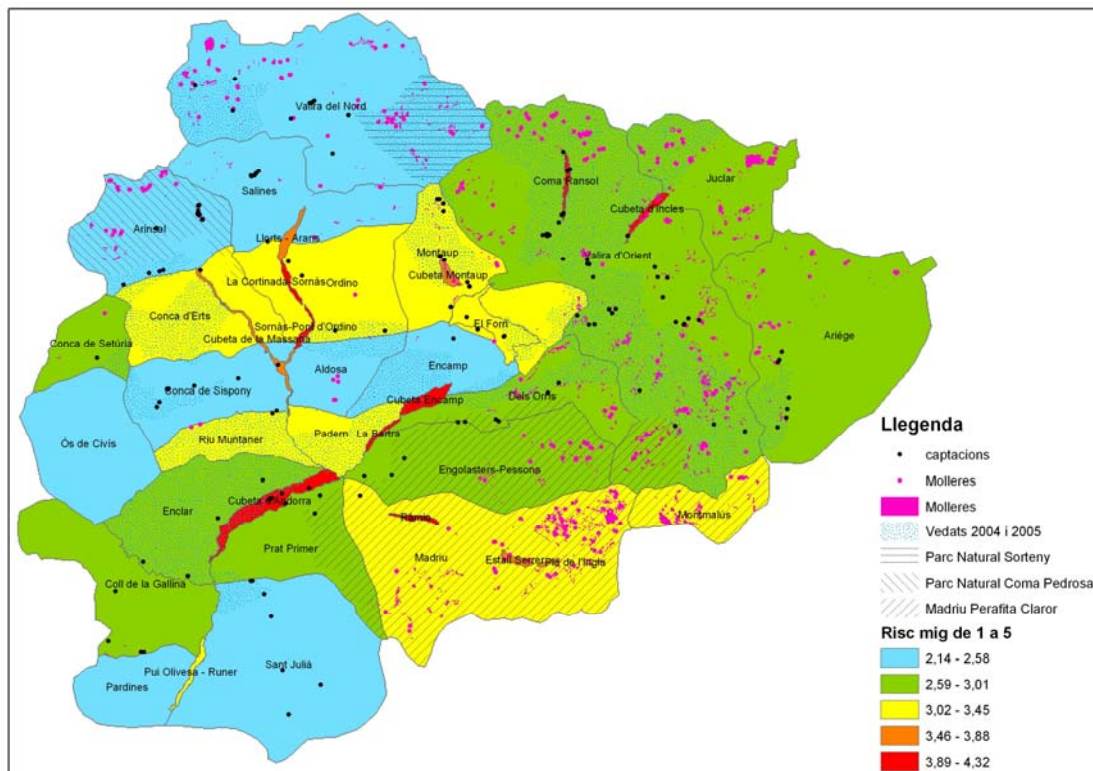


Figura 35. Unitats hidrogeològiques i risc de contaminació de les aigües i zones d'interès de les aigües

Unitat hidrogeològica	Captacions	Molleres	Altres zones interès	Risc
Cubeta Andorra la Vella	Sí	No	Sí	ALT
Cubeta La Massana	Sí	No	No	ALT
Cubeta Montaup	Sí	Sí	Sí	ALT
Cubeta Incles	Sí	Sí	Sí	ALT
Cubeta Ransol	Sí	No	Sí	ALT
Cubeta Estall Serrer	No	Sí	Sí	ALT
Cubeta la Cortinada	No	Sí	No	ALT
Cubeta Pla de l'Inglà	No	Sí	No	ALT

Taula 8. Unitats hidrogeològiques amb risc per la salut i els ecosistemes

En aquestes unitats el risc per contaminació és alt quan existeix un aprofitament del recurs (captació) o interès ecològic (molleres, hàbitats aquàtics).

10.2 Consums d'aigua

La despesa hídrica del Principat és funció:

- Aigua domèstica (consum privat, hoteler, regs, indústries, pèrdues de xarxa)
- Pistes esquí (neu artificial, restaurants)
- Piscifactoria
- Hidroelèctrica
- Ramaderia
- Agricultura (conreu tabac)
- Termalisme

En relació a les captacions d'aigua per consum humà i agrícola, destaca les captacions de fonts i rius. Les captacions de pous inventariades (declarades) són escasses, tal i com es mostra en la següent figura i taula.

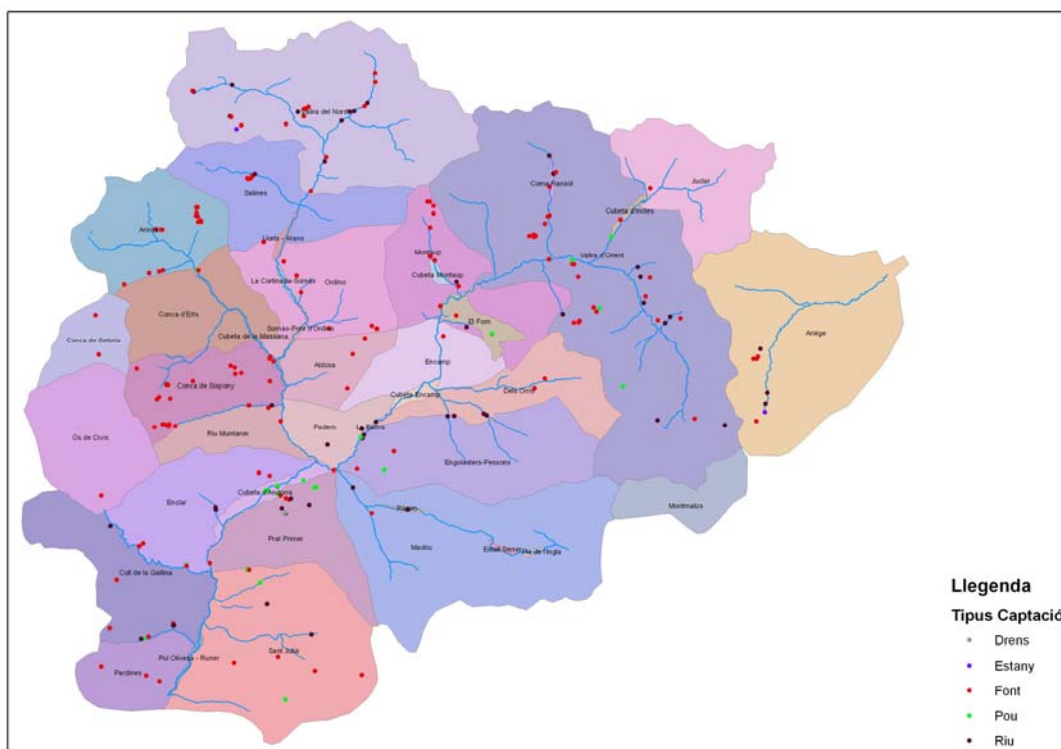


Figura 36. Captacions d'aigua per consum humà i altres

Tipus captacions	Nº	%
Drens	1	0,5
Estany	1	0,5
Font	139	70,9
Pou	18	9,2
Rius	37	18,9
TOTAL	196	100

Taula 9. Captacions d'aigua

Actualment s'estima que la despesa total hídrica és d'uns 96 Hm³/any suposant que l'aigua domèstica consumeix 11,7Hm³/any, i tenint en compte que els valors obtinguts en agricultura i ramaderia són del tot orientatius.

Per usos, el sector hidroelèctric consumeix el 83%, seguit del consum domèstic (12%). Com a consums menors destaca el consum hidrotermal (CALDEA) i la ramaderia (<1%), taula 10

Despesa	Hm ³ /any	%
Despesa domèstica	11,700	12,2%
Pistes esquí	1,220	1,3%
Piscifactoria	1,300	1,4%
FEDA	79,200	82,5%
CALDEA	0,150	0,2%
Ramaderia	0,045	0,0%
Tabac	2,400	2,5%
TOTAL	96,015	100%

Taula 10. Distribució dels consums d'aigua total

Segons la classificació que es fa en l'estudi sobre la despesa hídrica actual i futura al Principat d'Andorra (CRECIT, 2005), els usos consuntius engloben a l'aigua per ús domèstic, piscifactoria, termalisme, ramaderia i agricultura; els usos no consuntius avarquen l'ús per hidroelectricitat i per fabricació de neu.

Del total de 96 Hm³/any, 80,42 Hm³/any són no consuntius i 15,59 Hm³/any són consuntius. En la figura 37 es representa la distribució percentual de les despeses consuntives.

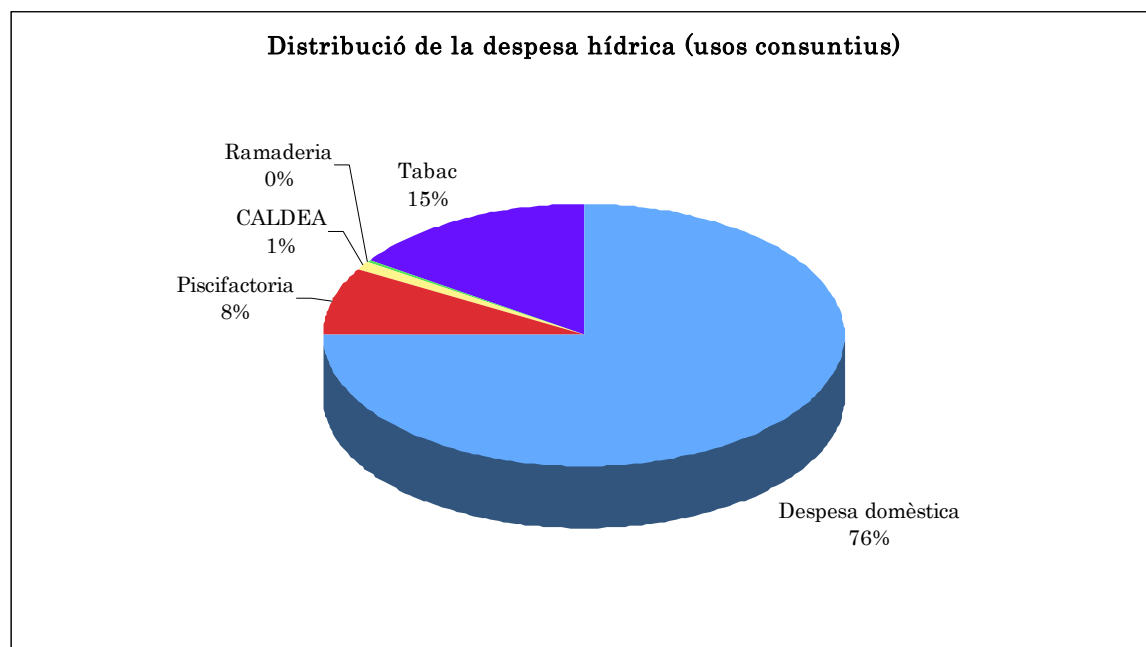


Figura 37. Distribució de les despeses consuntives

10.2.1 Explotació del recurs hídic global

De cara a establir el grau d'explotació del recurs hídic, a nivell del conjunt del territori, es compara els valors de pluja útil disponible en cada unitat amb els consums actuals.

Es plantegen tres escenaris, el de situació hidrològica mitja, seca i humida (taula 11).

Pluja útil disponible		Consum actual Hm3/any	Consum actual %
Pluja útil aprofitable (any hidrològic mig)	253,77 Hm3/any	96	37,83%
Pluja útil aprofitable (any hidrològic sec)	165,85 Hm3/any	96	57,88%
Pluja útil aprofitable (any hidrològic humit)	391,94 Hm3/any	96	24,49%

Taula 11. Avaluació del consum total actual en tres situacions hidrològiques diferents: any mig, any sec i any humit, segons resultats capítol 11

Tal i com s'observa en la taula 11, en tres situacions que es poden donar, els consums totals oscil·len entre el 31% per un any humit, i quasi el 60% per un any sec. Per un any mig es consumeix al voltant del 38% (figura 38 i 39).

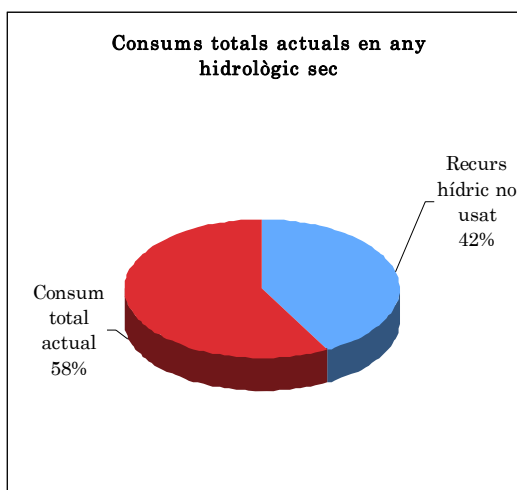


Figura 38. Consums totals en any sec

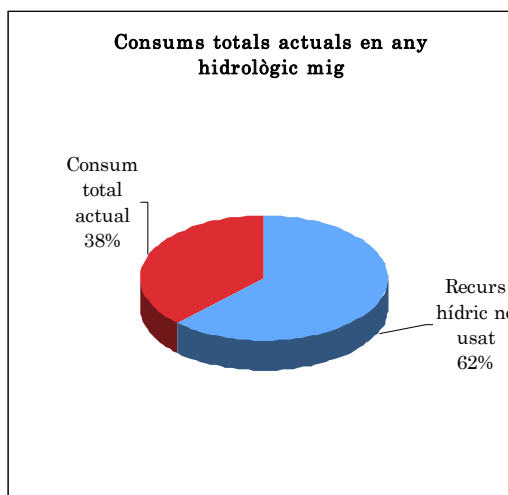


Figura 39. Consums totals en any mig

Analitzant només els consums consuntius, la situació sembla menys preocupant, ja que inclús en anys secs, només es capta el 9% del recurs total disponible (taula 12 figura 40 i 41).

Pluja útil		Consum actual consuntiu Hm3/any	Consum actual consuntiu %
Pluja útil aprofitable (any hidrològic mig)	253,77 Hm3/any	15,60	6,1%
Pluja útil aprofitable (any hidrològic sec)	165,85 Hm3/any	15,60	9,4%
Pluja útil aprofitable (any hidrològic humit)	391,94 Hm3/any	15,60	3,9%

Taula 12. Avaluació del consum consuntiu actual en tres situacions hidrològiques diferents: any mig, any sec i any humit

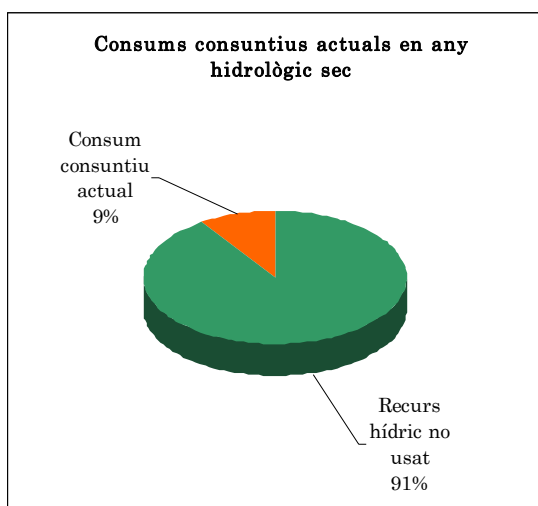


Figura 40. Consums consuntius en any sec

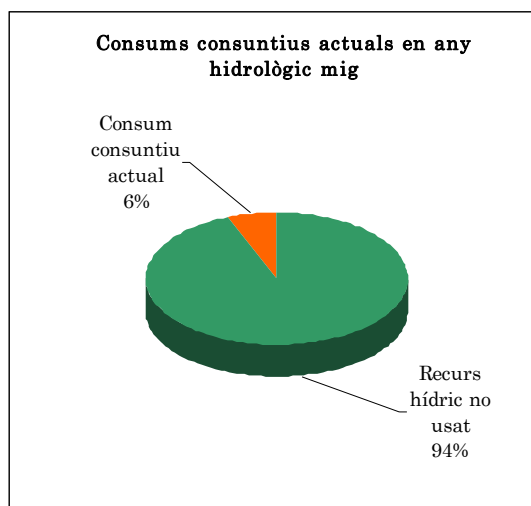


Figura 41. Consums consuntius en any mig

10.2.2 Explotació del recurs hídric anual per unitats hidrogeològiques

Algunes unitats presenten les captacions en capçalera, i per tant el cabal consumit només representa una petita fracció del conjunt de la unitat. Per tal de fer més realista els resultats, aquestes unitats s'han fraccionat en subunitats, analitzant-se els consums només en la subunitat involucrada. Les unitats subdividides han estat les següents:

- Ariege
- Prat Primer
- Coll Gallina
- Salines

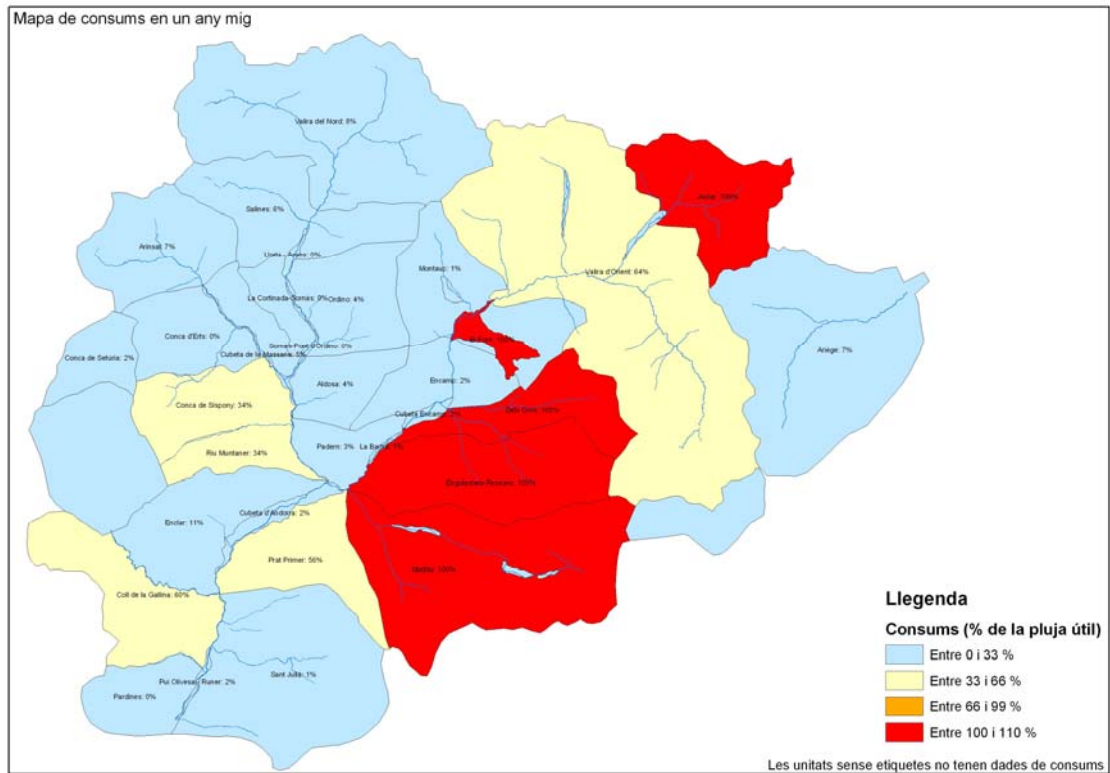


Figura 43. Distribució del percentatge de cabals captats respecte la pluja útil disponible en un any mig.

Així mateix en un any sec també s'estima una explotació per sobre del 66% en unitats com Sispony, Muntaner, Valira Orient, Engolasters-Pessons, Orris, Juclar, Madriu, el Forn, i subunitats de Prat Primer i Coll Gallina (figura 44).

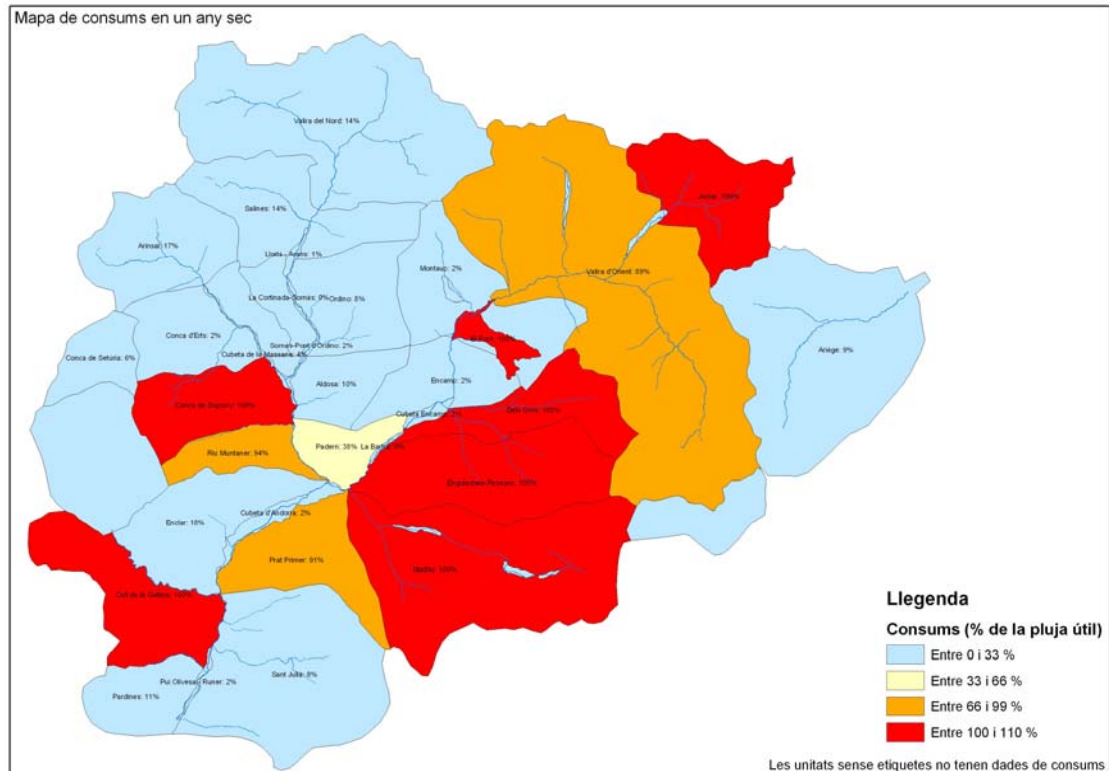


Figura 44. Distribució del percentatge de cabals captats respecte la pluja útil disponible en un any sec

10.2.3 Explotació del recurs hídic estacional per unitats hidrogeològiques

L'anàlisi dels consums estacionals permet veure que a l'hivern (figura 45) les unitats més explotades són les de Juclar, el Forn, Valira Orient i subunitat de l'Ariege, mentre que a la tardor (figura 49) les principals són en les subunitats del Coll de la Gallina i Prat Primer i les unitats afectades per l'extracció hidroelèctrica, que com ja s'ha comentat consisteix en captacions d'aigües d'escolament superficial, i que segons es té constància, en totes les captacions es deixa el cabal ecològic.

Com a consums consuntius, destaca a l'hivern la sobreexplotació de la subunitat de l'Ariege, amb valors per sobre del 66% del recurs explotat, i les unitats de Setúria i Arriac, associat a les extraccions per fer la neu artificial. Es tracta d'explotació d'aigua superficial, tant en forma de torrents com de fonts.

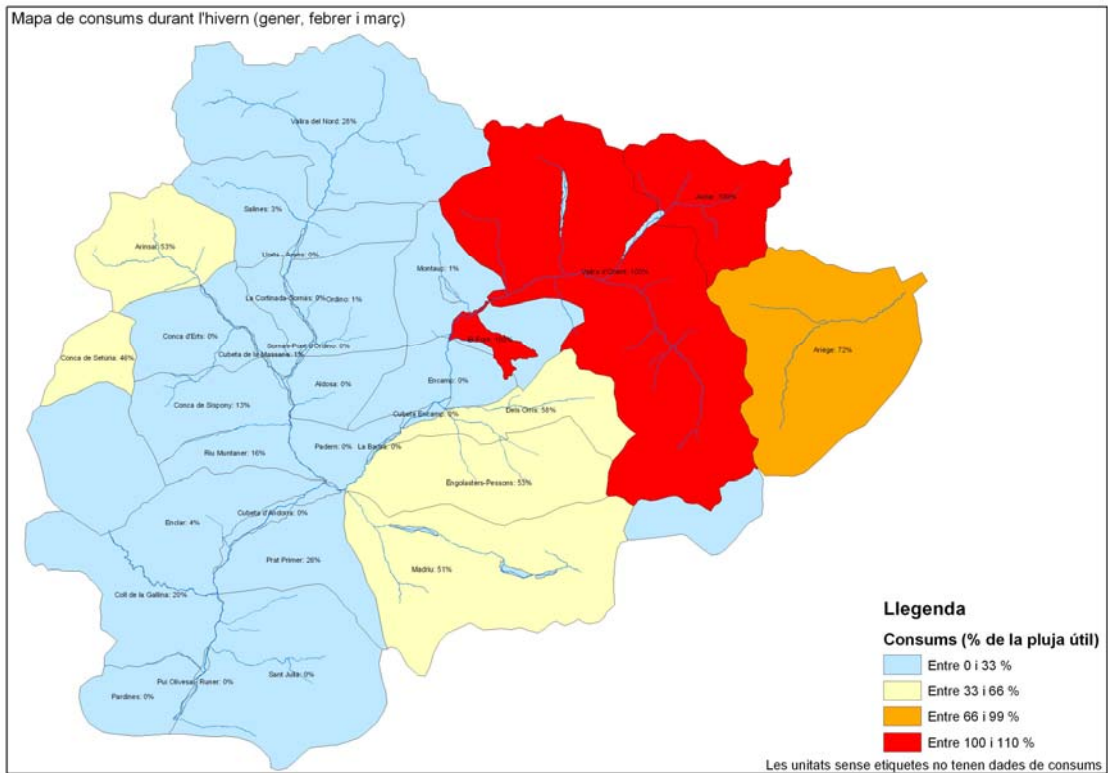


Figura 45. Distribució del percentatge de cabals captats durant l'hivern, respecte la pluja útil disponible en un any mig

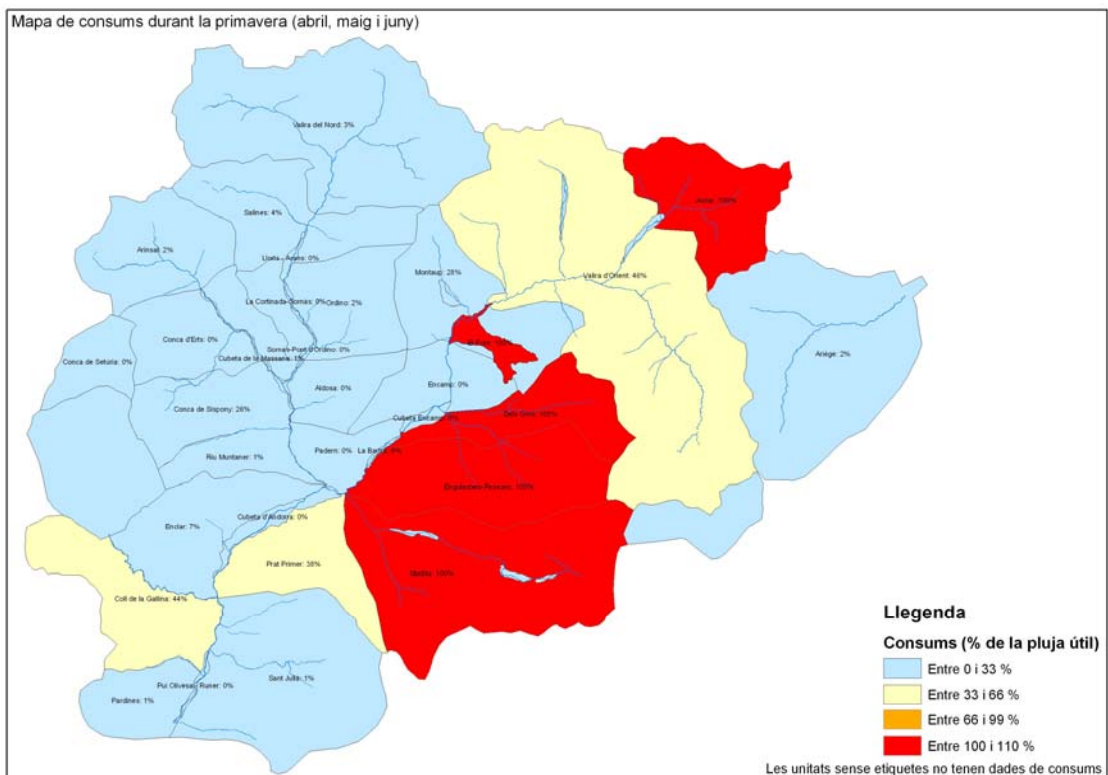


Figura 46. Distribució del percentatge de cabals captats durant la primavera, respecte la pluja útil disponible en un any mig

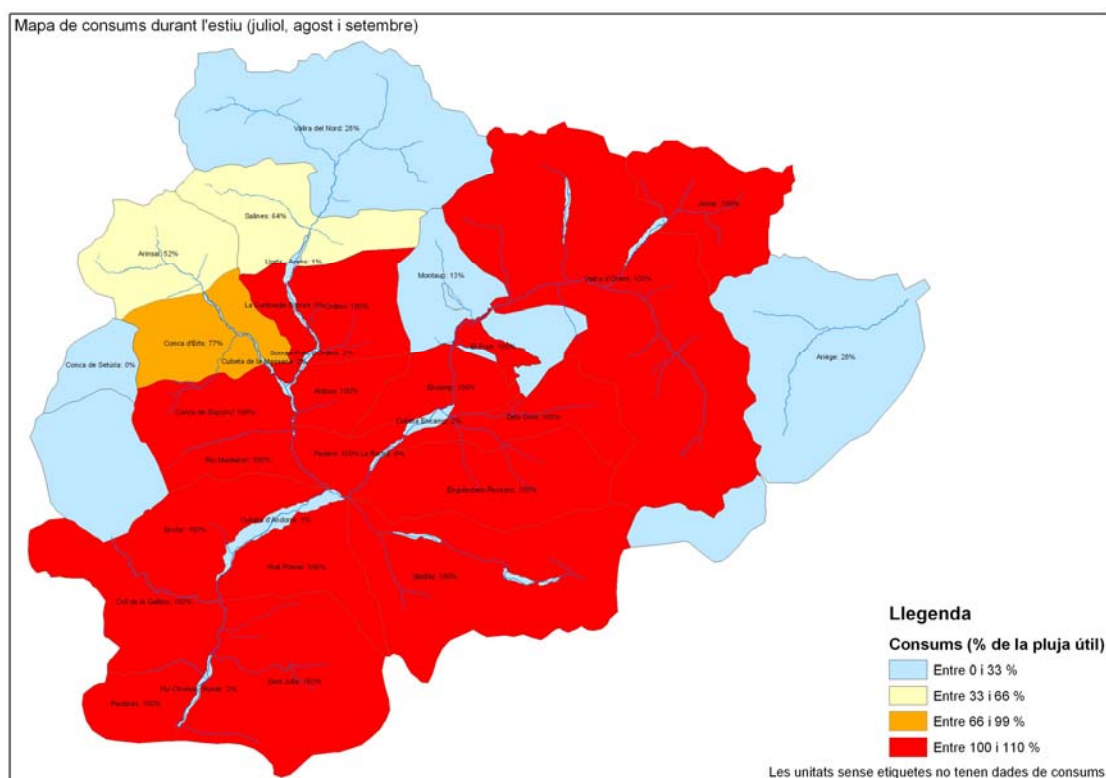


Figura 47. Distribució del percentatge de cabals captats durant l'estiu, respecte la pluja útil disponible en un any mig

A la primavera (figura 46) només s'interpreta risc de sobreexplotació del recurs subterrani en les unitats d'Engolasters-Pessons, Orris, Juclar i Madriu, directament relacionades amb FEDA.

A l'estiu (figura 47) la situació es complica, doncs no només s'estima que s'explota a nivells màxims les unitats associades amb la hidroelectricitat (Orris, Engolasters-Pessons, Valira Orient, Madriu, Juclar, el Forn) sinó també una gran part de les unitats emplaçades en la conca hidrogràfica del Gran Valira, Valira d'Orient i part del Valira del Nord. Així, com a unitats amb risc d'ésser sobreexplotades per ús consuntiu destaca: Ordino, Enclar, Coll de la Gallina, St. Julià, Pardines, Prat Primer, Muntaner, Encamp, Padern, Aldosa, Sispony, Salines, Erts, en les quals no només es capta aigua superficial en forma de fonts i torrents, sinó també d'aigua freàtica en forma de pous.

En la següent figura es mostra la distribució del percentatge de cabal captat estimat per la tardor.

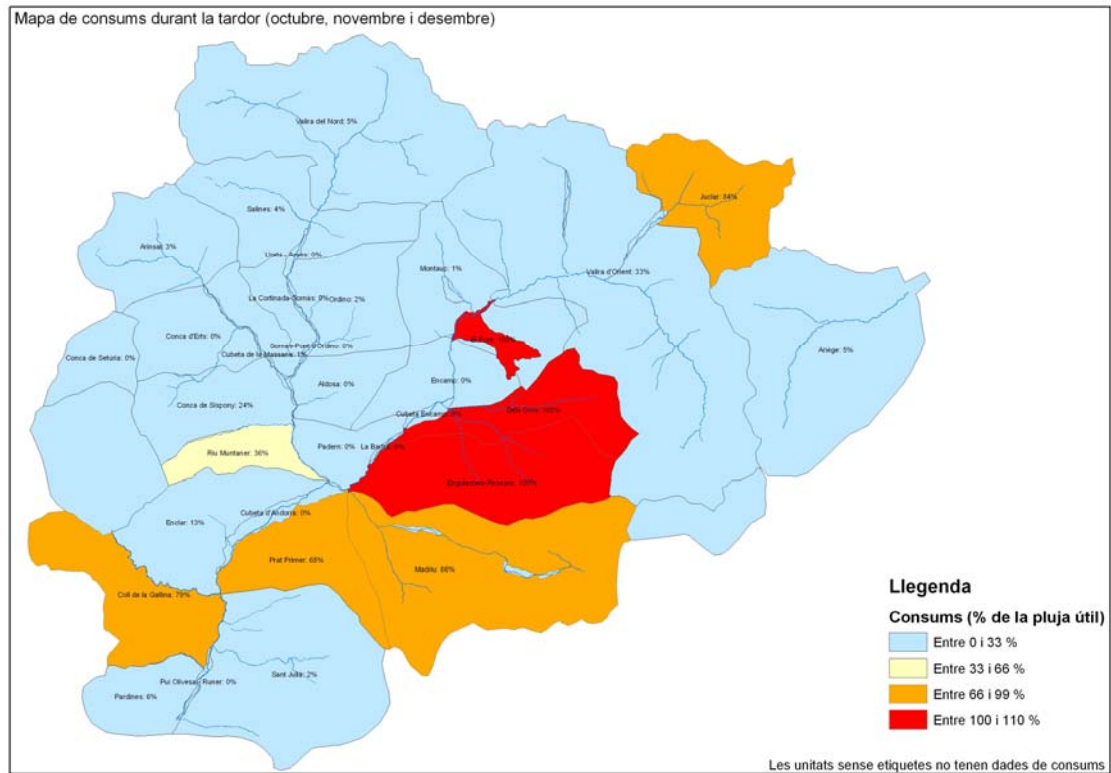
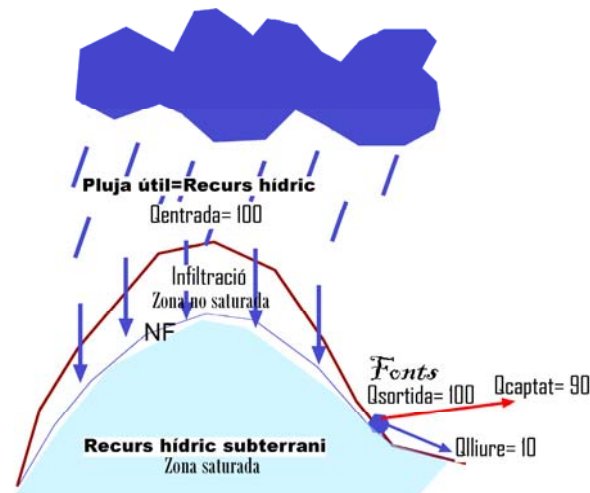


Figura 48. Distribució del percentatge de cabals captats durant la tardor, respecte la pluja útil disponible en un any mig

De cara a la comprensió del significat d'estar captant el 100% del recurs hídric s'ha cregut convenient escenificar-ho mitjançant un cas hipotètic. En la següent figura es mostra una serralada en la qual s'hi infiltra part de les precipitacions. Aquest cabal infiltrat acaba drenant en diferents fonts, les quals són captades, deixant-se un cabal ecològic, però existeix una demanda creixent d'aigua, que fa que sigui insostenible garantir el cabal ecològic i que sigui necessari captar el recurs subterrani mitjançant pous.



Exemple pràctic de les zones amb consums superiors al 66%:

S'està actualment captant aigua de fonts i torrents principalment.
El recurs hídic subterrani no experimenta una variació de volum

-Els consums estan al límit dels cabals de les fonts i rius=
Zones amb RISC d'explotar el recurs hídic subterrani

i SENSE GESTIÓ GLOBAL=-

Zones amb RISC de sobreexplotar el recurs hídic subterrani

=Disminuir el Volum d'aigua subterrani fins a punts crítics

Figura 49. Exemple ficció del significat de tenir zones amb consums superiors al 66%

10.2.4 Resultats

- Tal i com s'ha comentat, la majoria de captacions de les quals es té coneixement capten aigua superficial, de fonts o torrents, per la qual cosa en totes les unitats, quan es parla de sobreexplotació del recurs hídic, se centra en sobreexplotació del recurs hídic superficial. No obstant, serà en aquestes unitats on el risc de sobreexplotar el recurs subterrani serà més alt.
- De captacions de pous no és que no n'hi hagi, sinó que no estan declarades, tal i com es té coneixement de camp.
- Segons els resultats presentats s'estima que en l'anàlisi anual es detecta sobreexplotació del recurs hídic en les unitats que es capta aigua per ús hidroelèctric (ús no consuntiu), que venen a ser les unitats associades amb la conca hidrogràfica del Valira d'Orient, i en algunes unitats que es capta aigua potable, com la de Sispony, Muntaner, i subunitats de Prat Primer i Coll de la Gallina.
- Donat que els consums varien segons l'època de l'any i que els recursos disponibles no es mantenen constants en el temps, s'ha dut a terme una anàlisi estacional: L'anàlisi estacional permet veure que els consums no consuntius provoquen una sobreexplotació del recurs hídic superficial en les unitats de Juclar, Valira d'Orient, el Forn, els Orris i Engolasters-Pessons indistintament de l'estació.
- En relació als usos consuntius, es detecta sobreexplotació a la tardor en les subunitats del Coll de la Gallina, i Prat Primer, i a l'hivern a la subunitat de l'Ariege.
- A l'estiu, són moltes les unitats hidrogeològiques en les quals la suma dels diferents consums arriben a esgotar el recurs hídic disponible.

- Per tant, segons el tipus d'anàlisi que es faci les conclusions poden ser força diferents, sobretot perquè els usos de l'aigua no es mantenen constants al llarg de l'any.
- Es parla de sobreexplotació quan es capta per sobre del 66% del recurs hídic disponible. En algunes unitats s'interpreta que teòricament es capta per sobre el 100%. Això duu a dues possibilitats:
 - No es respecta el cabal ecològic
 - Error analític o de càlcul en les lectures de cabals consumits, o en els cabals disponibles estimats en base al balanç hídic i dades meteorològiques.

11 CARACTERITZACIÓ FÍSICA DE LES MASSES D'AIGUA

De les diferents unitats d'aigua identificades n'ha calculat el recurs hídic que genera, en base als resultats obtinguts en l'anàlisi del balanç hídic. En les unitats hidrogeològiques que no es disposa d'informació (degut a que cau en territori no andorrà) s'ha estimat empíricament; en el cas de la unitat d'Ós de Civís s'ha procedit a estimar els paràmetres, en base a les unitats veïnes, mentre que en el cas de la unitat de l'Ariège s'ha traslladat la informació que es té del sector andorrà, a tota la unitat.

En les unitats formades per aquífers porosos, es quantifica el recurs hídic subterrani en base a la capacitat d'emmagatzematge, estimada segons la geometria i porositat efectiva (*dades extretes de l'estudi d'Avaluació inicial dels recursos hídrics subterranis. Ministeri de Medi Ambient*). En la següent taula es resumeix la capacitat d'emmagatzematge de les diferents unitats identificades, amb capacitats superiors als 2Hm3.

Id	Nom cubeta	Volum Hm3	Recurs hídic subterrani Hm3	U.H. Limítrofes
24	La bartra	6,9	2,3	Padern i Cortals d'Encamp
25	Escaldes-La margineda	227,1	74,9	Enclar, Prat Primer, Padern
26	El Forn	-	-	Montaup
31	Pui Olivesa-Runer	7,5	2,5	Pardines, St. Julià
3	La Massana	15,6	5,1	Aldosa i Sispony
32	cubeta vall incles	55	18,2	Valira Orient i Juclar
33	Estall serrer	22,7	7,49	Madriu
34	Llorts-Arans	21,9	7,2	Salines
35	Coma Ransol	20,6	6,8	Valira Orient
36	Cubeta Encamp	16,3	5,4	Encamp i Orris
37	Cubeta Montaup	15	4,9	Montaup
38	Sornàs-Pont Ordino	14,4	4,7	Ordino
39	Pla de L'Inglà	12,8	4,2	Madriu
40	La Cortinada-Sornàs	12,5	4,2	Ordino
41	Ràmio	7,3	2,4	Madriu

Taula 13 . Resum de les unitats hidrogeològiques quaternàries

Nom	ETR (mm)	P (mm)	Infiltració (mm)	Pluja útil o Excedents (mm)	Pluja útil o Excedents (Hm3/any)	Pluja útil disponible (Hm3/any)	Consums actuals (Hm3/any)	% Consums actuals	Litologia dominant	Superfície (m2)
Aldosa	545,14	917,68	363,36	372,61	3,04	2,74	0,10	3,70	Sèries gresopel.lítiques	8.168.268,99
Arinsal	408,86	1059,05	488,49	650,19	10,76	9,69	<1,15	6,91	Sèries gresopel.lítiques	16.551.735,91
Ariège	404,81	1243,38	755,87	838,57	33,79 (7,04)	30,41 (6,34)	0,47	26 (7,41)	Sèries gresopel.lítiques	40.299.856,31
Coll de la Gallina	493,05	762,27	272,95	277,70	4,81 (0,83)	4,33 (0,75)	<0,84	26 (60,07)	Pissarres i Margocalcàries	17.321.677,99
Coma Ransol	442,07	1161,45	685,81	719,38	0,22	0,20	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	304.708,77
La Cortinada-Sornàs*	608,16	829,62	202,17	221,49	4,20	4,20	0,00	0,01	Dipòsits glacio-fluvials	240.503,74
Cubeta d'Andorra*	584,70	687,92	97,62	143,52	74,90	74,90	1,30	1,74	Dipòsits glacio-fluvials	2.268.308,61
Cubeta d'Incles	459,30	1164,44	690,28	705,14	0,28	0,25	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	399.509,09
Cubeta de la Massana*	604,60	816,80	175,65	215,24	5,10	5,10	>0,25	4,92	Dipòsits fluviolacustres	655.120,31
Cubeta Montaup	500,90	992,44	482,43	491,54	0,17	0,16	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	352.613,54
Cubeta Encamp*	623,18	720,01	107,28	141,65	5,40	5,40	0,10	1,86	Dipòsits glacio-fluvials	768.145,17
El Forn	514,64	948,49	400,44	433,85	1,14	1,03	<15,06	>100	Dipòsits de vessant	2.632.292,27
Encamp	548,29	886,25	335,43	343,92	3,38	3,04	0,07	2,32	Sèries gresopel.lítiques	9.831.249,31
Enclar	502,74	793,88	290,69	300,84	4,95	4,45	<0,86	10,56	Granodiorites amb biotita	16.449.982,02
Engolasters-Pessons	476,61	890,24	391,07	414,34	9,53	8,58	<19,54	>100	Granodiorites amb biotita	23.004.380,31
Conca d'Erts	502,49	922,67	401,63	420,17	6,24	5,62	0,01	0,18	Calcàries i pissarres	14.856.989,85
Estall Serrer	491,70	772,06	277,74	280,36	0,07	0,06	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	256.289,80
Juclar	379,26	1359,73	875,49	980,47	17,11	15,40	<50,3	>100	Gneis ocel.lar	17.448.266,58
La Bartra*	634,96	777,54	134,39	163,84	2,30	2,30	0,02	0,88	Dipòsits glacio-fluvials	227.795,14
Llorts - Arans*	599,07	841,00	235,01	241,94	7,20	7,20	0,03	0,44	Dipòsits glacio-fluvials	434.935,60
Madriu	434,64	879,14	412,69	444,54	17,84	16,05	<16,96	100,00	Granodiorites amb biotita	40.121.360,91
Montaup	446,18	1061,80	546,86	615,61	10,42	9,38	<0,12	1,30	Calcàries i pissarres	16.928.199,77
Os de Civís	450,75	880,69	-	429,94	7,38	6,65	-	-		17.174.609,03
Montmalús	383,88	979,14	543,62	595,26	4,52	4,07	0,00	0,00	Granodiorites amb biotita	7.594.231,10
Ordino	521,60	949,34	402,86	427,74	7,25	6,53	<0,4	4,10	Calcàries i pissarres	16.960.118,41
Orris	471,95	938,12	439,68	471,98	6,01	5,41	<14,56	>100	Calcàries i pissarres	12.728.986,13
Padern	578,31	874,59	276,62	299,86	1,81	1,63	0,04	2,53	Pissarres i Margocalcàries	6.036.633,27
Pardines	514,74	693,94	193,24	195,53	1,72	1,55	0,00	0,30	Calcàries i Pissarres	8.805.068,39
Pla de l'Inglà	462,67	785,99	316,53	323,32	0,03	0,03	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	96.831,14
Prat Primer	492,14	852,40	335,07	368,68	5,15 (2,4)	4,63 (2,16)	1,21	26 (56,02)	Pissarres i Margocalcàries	13.956.181,56
Pui Olivesa - Runer*	533,38	573,44	52,31	95,12	2,50	2,50	0,05	2,03	Dipòsits glacio-fluvials	400.975,76
Ràmio	572,71	789,64	217,45	219,18	0,05	0,05	0,00	0,00	Dipòsits glacio-fluvials	231.213,47
Riu Muntaner	501,60	881,11	366,72	381,21	2,57	2,31	<1,58	34,20	Pissarres i Margocalcàries	6.746.186,93
Salines	452,58	1032,61	493,33	580,04	10,67 (2,59)	9,61 (2,33)	<0,24	26 (5,8)	Pissarres i calcàries negres	18.401.587,22
Sant Julià	475,30	795,29	296,24	331,97	11,06	9,96	>0,116	1,16	Calcàries i pissarres	33.321.867,90
Conca de Setúria	416,92	999,11	514,06	582,19	3,88	3,49	0,11	2,40	Calcàries i pissarres	6.664.367,29
Conca de Sispony	500,29	897,37	382,57	397,20	5,09	4,58	<2,83	34,09	Sèries gresopel.lítiques	12.805.383,43
Sornàs-Pont d'Ordino*	618,12	822,53	197,75	205,33	4,70	4,70	0,00	0,05	Dipòsits glacio-fluvials	259.304,35
Valira del Nord	422,81	1116,79	573,94	693,98	31,84	28,66	<2,29	7,61	Sèries gresopel.lítiques	45.880.845,01
Valira d'Orient	402,73	1155,00	671,36	752,28	58,30	52,47	>66,28	63,97	Sèries gresopel.lítiques	77.495.580,80
	ETR	P			Pluja útil	Pluja útil disponible				Superfície (Km2)
RESUM (Hm3/any)	231,49	513,46	-		281,97	253,77				515,08

En parèntesi s'indica el resultat de la subconca analitzada. Font: Doc 5 Demandes d'aigua
En asterisc s'indica les unitats en les quals la pluja útil s'estima en base a la seva capacitat d'emmagatzematge.

ETR calculada segons Thornthwaite. Font: DOC1 Model climatològic i balanç hídric
Infiltració calculada segons els resultats del nombre de corba. Font: DOC1 Model climatològic
Pluja útil calculada en base a la precipitació i ETR mitja. Font: DOC1 Model climatològic
Pluja útil disponible calculada en base al cabal ecològic. Font: DOC1 Model climatològic
Consums actuals: Font: Doc 5 Demandes d'aigua

Ref. P1096

Taula 14. Resum de les unitats hidrogeològiques
Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra

En l'anterior taula es pot observar la influència de la situació geogràfica de les unitats hidrogeològiques a l'hora d'analitzar els resultats obtinguts. Així, evidentment les situades més al Nord est, en la zona més plujosa del país, tenen els excedents més alts. S'observa també una certa influència de la litologia dominant a l'hora d'obtenir aquests excedents, però aquest factor no sembla tant determinant com la quantitat de precipitació i la temperatura en els càlculs.

En la següent figura es mostra la distribució de la pluja útil o excedents.

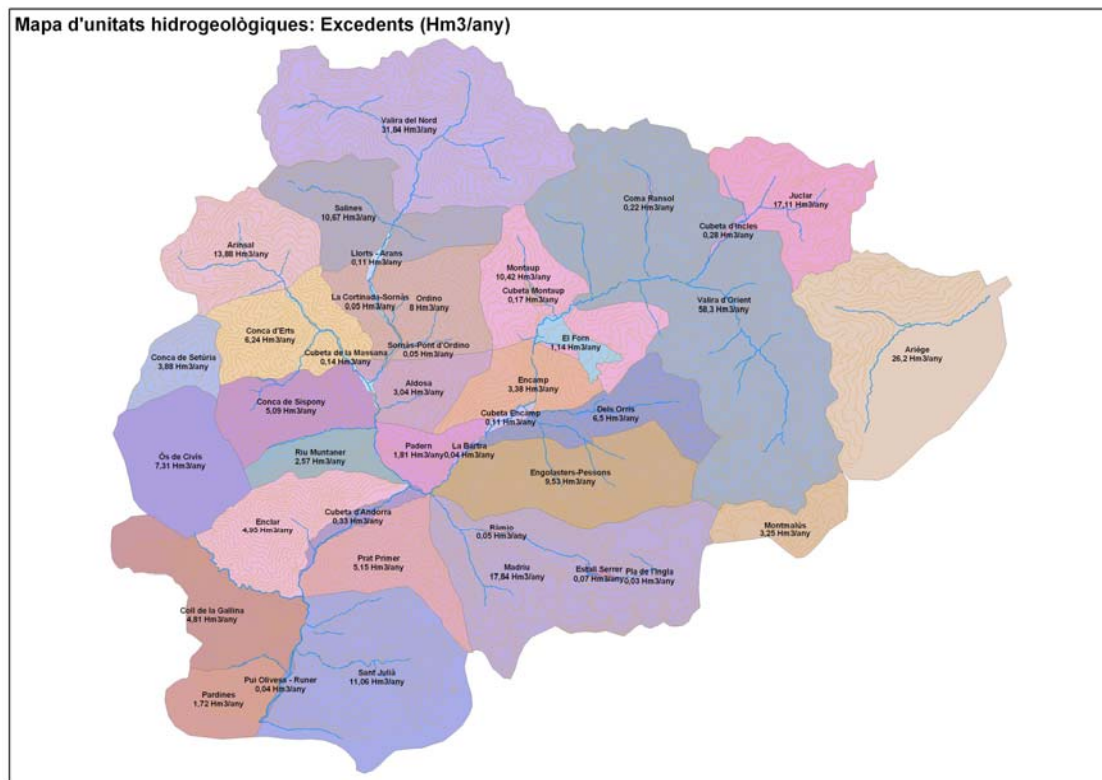


Figura 50. Excedents (Hm3/any) o pluja que escapa de l'evapotranspiració sobre les unitats hidrogeològiques que engloben aquífers fissurats, fracturats i càrstics. Les unitats formades per aquífers porosos es dona el valor de la pluja útil que rep. Superfície total 515,08Km2.

En resum, en la següent taula es mostra la distribució de les precipitacions en tot el territori estudiat, o sigui englobant el conjunt de les unitats hidrogeològiques estudiades en tres escenaris: any humit, any mig i any sec:

	Any humit	Any mig	Any sec
Precipitació	654,30 Hm3/any	513,46 Hm3/any	381,13 Hm3/any
Pluja útil	435,49 Hm3/any	281,97 Hm3/any	184,28 Hm3/any
Pluja útil disponible	391,94 Hm3/any	253,77 Hm3/any	165,85 Hm3/any
ETR	218,81 Hm3/any	231,49 Hm3/any	196,84 Hm3/any

Àrea considerada: 515,08 Km2

Taula 15. Pluja útil i pluja útil disponible en un any humit, mig i sec



12 LIMITACIONS DE L'ESTUDI

12.1 Limitacions generals i limitacions en l'ús de la informació

Un dels aspectes que cal tenir en compte per a una adequada comprensió del present estudi són les limitacions que presenta associades bàsicament a aspectes relacionats amb la informació de base emprada i l'escala de treball.

L'estudi efectuat és un estudi de caràcter general que cal utilitzar com a eina de partida per a la planificació i gestió del conjunt del territori andorrà i en aquest sentit l'equip redactor del mateix, no es pot fer responsable de la utilització de dades per a estudis de caràcter detallat, que en qualsevol cas entenem que s'han de contrastar amb noves dades enfocades a l'estudi d'aspectes més concrets que sempre precisaran d'un enfocament no generalista.

L'escala de treball que s'ha adoptat és una escala a nivell del conjunt del país, els diferents aspectes analitzats s'han efectuat, depenent del cas a escala 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000 i fins i tot 1:5000. Aquestes escales, permeten una bona caracterització global del territori, però no poden donar resposta precisa a consultes puntuals o a l'obtenció de dades per extrapolació que es puguin utilitzar per a estudis detallats o d'àmbit més local. Per tant, estudis detallats a escala inferior precisaran d'un nou enfocament relacionat amb l'obtenció de noves dades.

Per altra banda l'escala de treball i la fiabilitat de les dades subministrades per diferents fonts, pot induir que es puguin trobar alguns errors de localització i representació cartogràfica. Cal tenir en compte que un error de representació per exemple 1 mm. en un plànol a escala 1:10.000 significa un error de 10 metres en la realitat i per tant qualsevol límit cartogràfic que s'utilitzi en un estudi detallat s'ha de verificar convenientment sobre el terreny.

Pel que fa a les dades de base utilitzades cal tenir en compte que en molt casos existeixen limitacions pel que fa al nombre estadístic de les mateixes i a la seva uniformitat temporal i espacial (per exemple el nombre d'estacions meteorològiques, aforadors de cabal, pous, sondeigs, etc. del qual es disposa actualment és molt limitat). El fet de disposar en ocasions de poques dades, discontinües en el temps i poc uniformes en l'espai, fa que l'extrapolació de les mateixes pugui induir a alguns errors. En aquest sentit, cal remarcar que les dades relatives a les alçades del nivell freàtic és un clar exemple del que comentem. Seria recomanable que la densitat de dades geogràfiques en un futur sigues més elevada (cal millorar en els aspectes de seguiment i control) i permetés una revisió de l'estudi per tal d'afinar-lo millor.

Una altra limitació pot ser també la fiabilitat d'algunes dades de base subministrades per diferents fonts i utilitzades en el present estudi. L'equip tècnic redactor no es pot tampoc responsabilitzar de la fiabilitat de les dades que com és lògic correspon a l'organisme, empresa o entitat que les obté i subministra.

Un altre aspecte a tenir també en compte és l'estat dels coneixements de camp i metodològics que s'han aplicat en la redacció de l'estudi. L'equip tècnic ha emprat els coneixements científics que s'apliquen actualment en la realització d'aquest tipus d'estudis. Amb el pas dels anys poden sorgir noves tècniques o procediments metodològics que puguin recomanar la seva revisió i actualització.

Per tot l'exposat, el personal tècnic que utilitzi i consulti el present estudi ha de ser coneixedor de totes les limitacions exposades. Euroconsult i Hidric no es poden fer responsables en cap cas, de la utilització d'informació per a usos diferents als relacionats amb la gestió del territori a escala regional i per tant, el present estudi mai podrà suplir qualsevol tipus d'informació necessària per elaborar estudis a escala detallada.



Finalment, cal destacar i recordar que l'estudi en sí, ha d'ésser un punt de partida per al coneixement i gestió de l'aigua al Principat d'Andorra i en particular de l'aigua subterrània. Es recomana que cada un cert període de temps (per exemple cada 4 anys), s'efectuï una actualització de l'estudi i dels S.I.G associats com a conseqüència de l'obtenció de noves dades o com a conseqüència de la modificació de factors que incideixen en les mateixes.

12.2 Altres limitacions

a) Limitacions en l'establiment del balanç hídric i model climatològic

- En el balanç hídric les precipitacions són totes líquides (pluges) que al mateix mes ja s'incorporen en el balanç com a excedents i ETR del mes, quan en realitat hi ha mesos que les precipitacions són en forma sòlida (neu) que no s'incorpora al balanç fins mesos més tard.

- L'efecte del vent com a variador dels gruixos de neu, o l'efecte de la sublimació no és té en compte; es tenen comptabilitzades precipitacions totals (suma de pluja i neu fosa) acumulades en els pluviòmetres.

- A l'hora de calcular la ETR es considera que tota la precipitació està disponible, no tenint-se en compte que part d'aquesta se n'escapa, l'escolament superficial directe que directament alimenta a torrents i rius. En aquest sentit s'està sobrevalorant l'ETR. Aquest cas es podria donar el 1982, amb pluges intenses que alimenten directament els rius fins al punt de desbordar-los.

- Limitacions associades al càlcul de l'ETP segons Thornthwaite que es basa en la variable temperatura mitja mensual.

- S'està suposant que la conca és tancada, sense entrades o sortides de fora la conca, i que l'any hidrològic està tancat, o sigui que totes les precipitacions acaben descarregant o sortint de la conca al mateix any.

b) Limitacions en l'estudi de consums

En base als resultats obtinguts s'observa que dins els consums consuntius, els d'aigua potable són les més importants. Per la mala qualitat de les dades usades (per ser incompletes, d'anys puntuals) i donada la importància de les xifres que representa, caldria prendre les mesures adequades per aconseguir tenir controlades totes les xarxes, així com conèixer cabals captats i cabals, i cabals facturats a fi de poder planificar i gestionar el recurs subministrat.

Així mateix el fet que s'hagi hagut d'estimar els consums usats en el conreu de tabac i en aigua per abeurar al bestiar, en base a dades bibliogràfiques, dona lloc a que els resultats obtinguts siguin només orientatius. Caldria doncs, poder ajustar les xifres en base al recull de dades de camp.

El fet que el grau d'explotació sigui funció de les dimensions de la unitat dona peu a que unitats de gran superfície i reduït consum presentin un bon estat de salut quan la realitat pot ser ben diferent, sobretot si les captacions se situen en capçalera.

A l'hora d'interpretar el grau d'explotació s'ha fet servir les dades de recurs disponible i de recurs consumit. Cal tenir en compte l'error de càlcul d'ambdós paràmetres, el del recurs disponible vindria donat per la pròpia deducció de les dades climatològiques, i el del recurs consumit vindria donat per l'error en els aforaments, que fàcilment pot ser del 25%.



També en aquest sentit caldria dur a terme una revisió de la xarxa d'aforadors, donat que moltes de les captacions careixen d'aforadors.

En l'anàlisi estacional cal tenir en compte que a l'hivern, per sobre els 1700 metres, el recurs disponible és en forma de neu, i per tant, es tracta d'una aigua realment no disponible en la seva totalitat. Es desconeix la relació d'aigua líquida (aprofitable) i aigua sòlida (no aprofitable), pel que els càlculs simplistes duts a terme per deduir-la no són més que intents d'aproximar-se a la realitat, i que en qualsevol anàlisi de detall convindria precisar

13 MARC NORMATIU ACTUAL

13.1 Legislació a Andorra

La gestió hidràulica del Principat d'Andorra es regula en l'actualitat per les següents normatives:

Les aigües es regeixen per la següent Llei:

- Llei del molt il.lustre consell general de 31 de juliol de 1985, sobre el règim jurídic de la policia i protecció de les aigües. L'objectiu de la Llei és el de garantir la salubritat i la higiene de les aigües destinades al consum humà i animal, garantir les condicions higièniques i sanitàries de les piscines i llurs instal.lacions, establir els requisits per a la declaració i aprofitament de les aigües termals i minerals, regular l'evacuació de les aigües residuals i garantir la protecció de les aigües superficials. En aquesta Llei no es legisla qui té la competència sobre les aigües.
- Llei de pesca i de gestió del medi aquàtic, del 28 de juny de 2002. Té per objectiu regular l'exercici de la pesca, fomentar, protegir i conservar els recursos piscícoles en qualsevol curs o massa d'aigua del Principat per assegurar la preservació de la fauna i la flora aquàtiques i dels seus hàbitats naturals.

Sobre la competència de l'aigua, cal referir-se a la Llei qualificada de delimitació de competències dels consums.

- Llei qualificada de delimitació de competències dels comuns del 4 de novembre de 1993, en la qual s'exposa que són competències dels comuns: la prestació dels serveis públics comunals en els àmbits de la captació, tractament i distribució pública d'aigües potables i termals, i la construcció de fonts públiques.

Així mateix existeixen diferents Reglaments com:

- Reglament de control de les aigües residuals i de protecció de les aigües superficials, del 27 de desembre de 1996, que té per objectiu regular l'evacuació de les aigües residuals, garantir la protecció de les aigües superficials i recollir les disposicions generals del règim legal de sancions i de responsabilitat a fi de protegir les aigües de qualsevol tipus de contaminació.
- Reglament tecnosanitari per al subministrament i el control de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà, de 28 de juliol de 1999, que té per objecte definir el que s'entén per aigua destinada a consum humà i fixar les exigències que han de satisfer el control, la vigilància i la protecció de l'aigua destinada al consum humà.
- Reglament de protecció dels hàbitats aquàtics, de 2 de març del 2005, que té per objecte precisar amb més detall les obres i els treballs directament relacionats



amb els cursos i les masses d'aigua amb la finalitat de salvaguardar i de protegir el seu hàbitat.

13.2 Legislació països veïns

A diferència del Principat d'Andorra, en els països veïns s'han elaborat nombroses lleis que atorguen tots els recursos hídrics a l'Estat, o que reconeixen el dret de l'Estat per a gestionar els recursos hídrics.

Així mateix, els països que tenen competència en l'àmbit de les aigües de la conca de la Garona i de l'Ebre, països veïns al Principat d'Andorra, estan obligats a complir els compromisos derivats de la Directiva Marc en política d'Aigües de la Comunitat Europea (DMA), aprovada pel Parlament Europeu i el Consell el 23 d'octubre de 2000, i publicada al DOCE el 22 de desembre de 2000 (2000/60/CE). Amb l'entrada en vigor de la Directiva Marc de l'Aigua i la seva transposició a les normatives estatals, s'han engegat un seguit de canvis, no només normatius si no també en els conceptes de planificació, gestió i control, de les masses d'aigua, íntegrament tant subterrànies com superficials, a mans de les respectives autoritats competents de les demarcacions hidrogràfiques.

En l'Estat espanyol, des del 1886 les aigües superficials estan conferides a l'Estat, i amb la Llei d'Aigües del 1985, es declara de domini públic totes les aigües continentals, tant les superficials com les subterrànies, per ésser d'interès general.

La gestió hidràulica de l'estat espanyol es regula en l'actualitat per la següent normativa:

-Real Decret Legislatiu 1/2001, de 20 de juliol pel qual s'ha aprovat el text refós de la Llei d'aigües, modificat per la Llei 62/2003 i Llei 11/2005. Amb la nova Llei d'aigües es pretén regular el domini públic hidràulic, l'ús de l'aigua i l'exercici de les competències atribuïdes a l'Estat, així com establir les normes bàsiques de protecció de les aigües continentals, costeres i de transició, sense perjudici de la seva qualificació jurídica i de legislació específica que els hi sigui d'aplicació. Les aigües continentals superficials, així com subterrànies renovables, integrades en el cicle hidrològic, constitueixen un recurs unitari, d'interès general, que forma part del domini públic estatal com domini públic hidràulic. Correspon a l'Estat, la planificació hidrològica a la qual haurà de sotmetre's tota actuació sobre el domini públic hidràulic. Les aigües minerals i termals es regularan per una legislació específica.

-Real Decret 606/2003 pel qual es modifica el Reglament del Domini Públic Hidràulic.

-Real Decret 927/1988 pel qual s'aprova el Reglament de l'Administració pública de l'aigua i de planificació hidrològica.

A Catalunya, la transposició de la Directiva Marc de l'Aigua, mitjançant la modificació de la Llei 46/1999, i el text refós de la Llei d'aigües 1/2001, per l'article 129 de la Llei 62/2003.

El concepte d'estat ecològic apareix a la legislació catalana sobre l'aigua en la Llei 6/1999, i al text refós en matèria d'aigües de Catalunya -Decret legislatiu 3/2003. Aquesta Llei té per objecte ordenar les competències de la Generalitat i les de les entitats locals en matèria d'aigües i obres hidràuliques, regular l'organització i el funcionament de l'Administració hidràulica a Catalunya, mitjançant una actuació descentralitzadora, coordinadora i integradora que ha de comprendre la preservació, la protecció i la millora del medi, i establir un nou règim de planificació i economicofinancer del cicle hidrològic.



En l'Estat francès, la primera gran llei de l'aigua és la Llei del 16 de desembre de 1964, en la qual es tracta el concepte de gestió conjunta i global de l'aigua per l'interès de tots, i el principi de qui contamina-paga enfocat a protegir la qualitat de l'aigua. Així mateix la gestió de l'aigua s'atribueix a una agència de l'aigua.

La Llei del 3 de gener del 1992, amplia i completa la primera Llei, remarcant que l'aigua és un patrimoni comú de la nació. La seva protecció és d'interès general. Reforça el respecte del medi natural, i el principi de protecció dels ecosistemes aquàtics, de la qualitat i de la quantitat dels recursos hídrics, i estableix els conceptes de perímetres de protecció al voltant de captacions d'aigua potable. Així mateix reforça el principi de consens entre els usuaris i els gestors de l'aigua, i estendre les prerrogatives de les col·lectivitats locals en temes de sanejament i gestió de les aigües. Aquesta Llei també instaura per cada conca un nou sistema de planificació global dels recursos hídrics.

A l'Estat francès, és d'aplicació la Llei 2006-1172 de desembre 2006 sobre les aigües i els medis aquàtics, que té per objectius facilitar les eines a l'administració, i autoritats competents de l'aigua per garantir la qualitat de les aigües i aconseguir al 2015 els objectius del bon estat ecològic fixats per la Directiva Marc de l'Aigua, transposada a la legislació francesa per la Llei del 21 abril 2004, i aconseguir un equilibri entre els recursos hídrics i les demandes.

Així mateix, des de les Nacions Unides, existeix el Conveni d'Helsinki, ratificat el 17 de març de 1992, sobre la protecció i utilització dels cursos d'aigua transfronterers i dels llacs internacionals, firmat per la Unió Europea el 18 de març del 1992, així com de 31 països, tal i com es pot observar en la següent figura.

Estados Parte	Fecha firma	Fecha depósito instrumento
Albania	18-3-1992	5- 2-1994 R
Alemania	18-3-1992 (1)	30- 6-1995 R
Austria	18-3-1992 (1)	25- 7-1996 R
Bélgica	18-3-1992	
Bulgaria	18-3-1992	
Croacia		8- 7-1996 Ad
Dinamarca	18-3-1992 (2)	28- 5-1997 Ap
Eslovaquia		7- 7-1999 Ad
Eslovenia		13- 4-1999 Ad
Espanya	18-3-1992	16- 2-2000 R
Estonia	18-3-1992	16- 6-1995 R
Finlandia	18-3-1992	21- 2-1996 Ac
Francia	18-3-1992 (1)	30- 6-1998 Ap
Grecia	18-3-1992	6- 9-1996 R
Hungria	18-3-1992	2- 9-1994 Ap
Italia	18-3-1992	23- 5-1996 R
Letonia	18-3-1992	10-12-1996 R
Liechtenstein	(1)	19-11-1997 Ad
Lituania	18-3-1992	
Luxemburgo	20-5-1992	7- 6-1994 R
Noruega	18-9-1992	1- 4-1993 Ap
Países Bajos	18-3-1992	
	(1 y 3)	14- 3-1995 Ac
Polonia	18-3-1992	
Portugal	9-6-1992 (4)	9-12-1994 R
Reino Unido	18-3-1992	
República Moldova		4- 1-1994 Ad
Rumanía	18-3-1992	31- 5-1995 R
Rusia, Federación de	18-3-1992	2-11-1993 Ac
Suecia	18-3-1992	5- 8-1993 R
Suiza	18-3-1992	23- 5-1995 R
Ucrania		8-10-1999 Ad
Comunidad Europea	18-3-1992	14- 9-1995 Ap

R: Ratificación.

Ad: Adhesión.

Ac: Aceptación.

Ap: Aplicación.

(1) Declaraciones/reservas.

(2) Dinamarca se reserva la aplicación a las Islas Faroe y a Groenlandia.

(3) Por el Reino de Europa.

(4) Extensión a Macao de 28 de junio de 1999.

Figura 51. Països que han firmat el conveni de Helsinki

13.3 Visió conjunta

El marc normatiu de les aigües en els països veïns és extens, amb un ampli bagatge, en continu avanç i reforma, en gran part associat als problemes d'escassetat i contaminació de les aigües. En la següent taula es mostra l'evolució de la normativa del Principat d'Andorra i països veïns en concepte de protecció de les aigües.

Taula 19. Marc normatiu en temes d'aigua a Andorra i països veïns

Any	Estat espanyol	Estat francès	Principat d'Andorra
1886	Llei d'aigües -Aigües superficials conferides a l'Estat		
1964		Llei d'aigües 16/12/1964: -Gestió conjunta de l'aigua, i a càrrec de l'agència de l'aigua	
1985	Llei d'Aigües -Domini públic totes les aigües continentals: superficials i subterrànies		Llei de la policia i protecció de les aigües: -Garantir la qualitat de les aigües destinades al consum humà.
1992	Ratificació del conveni d'Helsinki	Ratificació del conveni d'Helsinki	
1992		Llei d'aigües 3/1/1992: -Aigua patrimoni comú, que cal protegir. Nou sistema de planificació global	
1993			Llei qualificada de delimitació de competències dels comuns
2001	RD legislatiu 1/2001: Llei d'aigües refosa -Aprovació del text refós de la Llei d'aigües: regulació del domini públic hidràulic, de l'ús de l'aigua, i de l'exercici de les competències atribuïdes a l'Estat.		
2001	Llei 10/2001: -Pla hidrològic nacional		
2002			Llei de pesca i de gestió del medi aquàtic 28/06/2002: -Regular la pesca i protegir els recursos piscícoles
2003	Transposició abans del 2003 de la Directiva Marc de l'Aigua de la Comunitat Europea	Transposició abans del 2003 de la Directiva Marc de l'Aigua de la Comunitat Europea	
2003	Real Decret 606/2003: -Modificació Reglament del Domini públic hidràulic		
2005	Llei 11/2005: -Modificació de la Llei 10/2001		
2006		Llei 2006-1172 sobre les aigües i els medis aquàtics:-Facilitar les eines per garantir la	

	qualitat de les aigües i bon estat ecològic	
--	---	--

14 CONCLUSIONS

14.1 Estat de les aigües en termes de qualitat i quantitat

En base als resultats obtinguts en l'estudi, s'observa que les masses d'aigua potencialment contaminades degut a l'activitat humana són abundants, sobretot en el fons de les valls, associat a la presència de majors activitats potencialment contaminants.

Així mateix les masses d'aigua on actualment s'estima que existeix risc de sobreexplotar el recurs hídric subterrani, són abundants, sobretot en les emplaçades a la conca del Valira d'Orient i Gran Valira a l'estiu.

La combinació de les zones on el risc de contaminació de les aigües és alt i on el risc de sobreexplotar les aigües freàtiques també és alt, permet veure el conjunt de masses d'aigua sotmeses a major pressió. Les zones sotmeses a major pressió cal trobar-les en els fons de vall i parts baixes de la conca del Gran Valira, sector baix de la conca del Valira Nord i Conca Valira Orient.

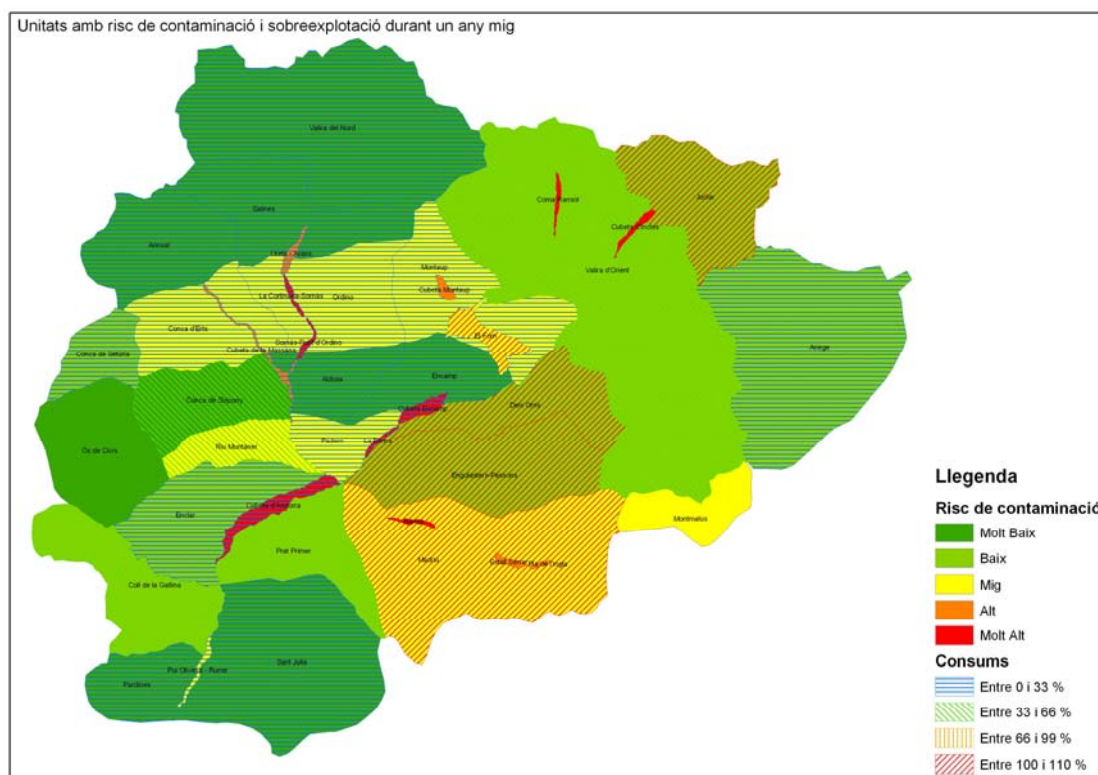


Figura 52. Unitats amb risc de contaminació i sobreexplotació de les aigües en un any mig

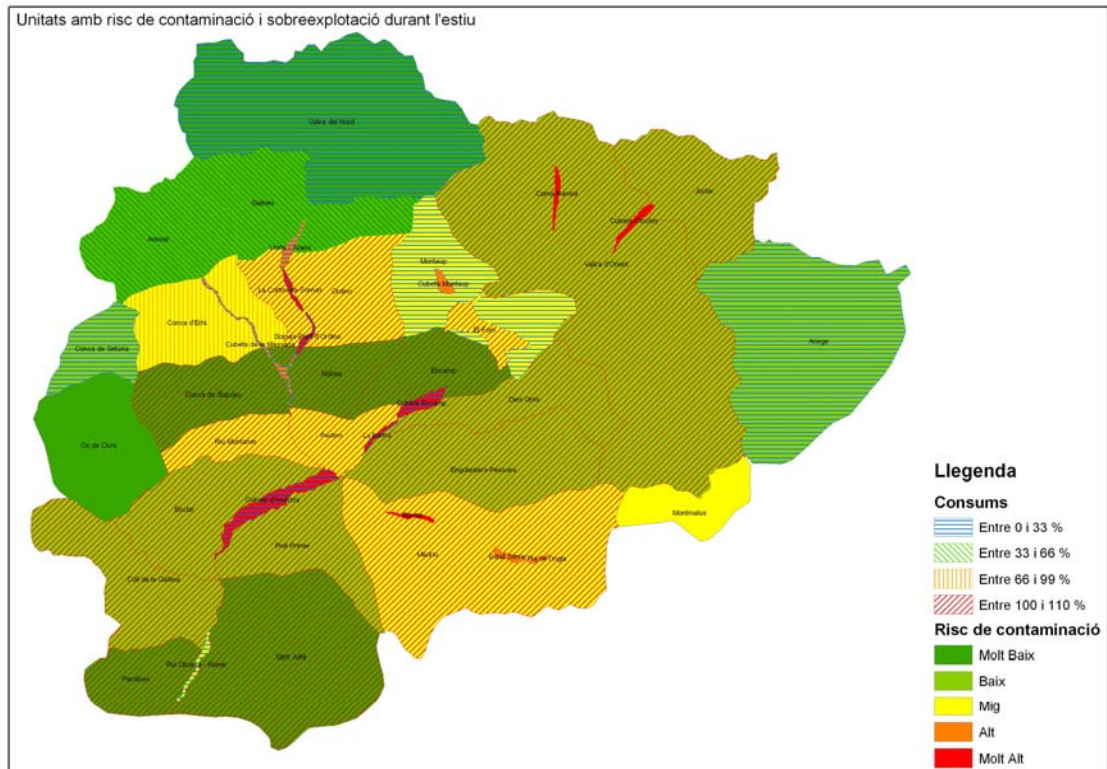


Figura 53. Unitats amb risc de contaminació i sobreexplotació de les aigües a l'estiu

En resum, les unitats amb majors pressions sobre les aigües per risc de sobreexplotació del recurs hídric subterrani i per la presència d'activitats potencialment contaminants, s'emporten principalment en el fons de vall i meitat est del Principat. L'anàlisi de la situació a l'estiu permet veure que les zones sotmesos a major pressió s'emporten a tot el sud del país, part baixa de la conca del valira del nord, i bona part de les unitats que configuren la conca del valira d'orient, tal i com s'observa en les següents figures.

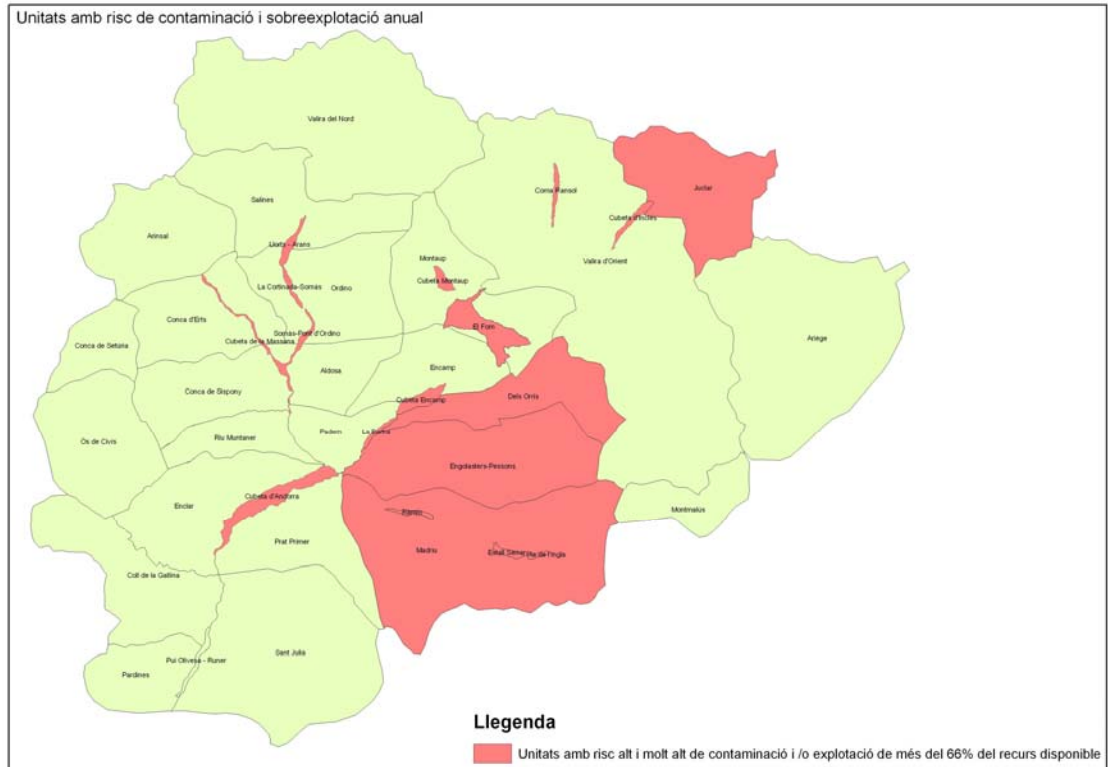


Figura 54. Unitats amb màxima pressió sobre les aigües durant al llarg de l'any

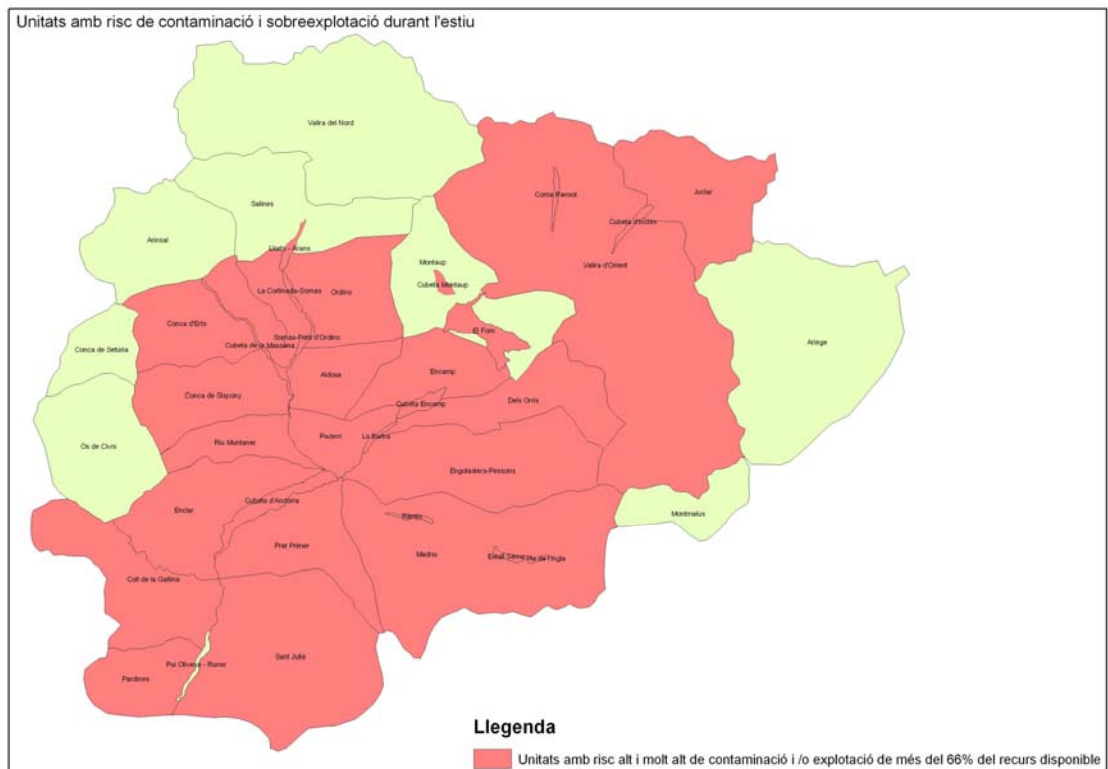


Figura 55. Unitats amb màxima pressió sobre les aigües durant l'estiu

14.2 Gestió de les aigües

En base als resultats obtinguts, es posa de manifest la necessitat de gestionar conjuntament i global totes les aigües, subterrànies, superficials, netes, residuals, etc, a fi de prevenir el deteriorament i millorar l'estat dels ecosistemes aquàtics, promoure un ús sostenible de l'aigua, reduir i evitar la contaminació, i minimitzar els efectes de les inundacions i sequeres. En definitiva, gestionar les aigües per aconseguir un bon estat de les mateixes.

Amb l'objectiu de fer comprensible la necessitat d'una gestió conjunta, en les següents figures s'ha volgut representar un medi natural sotmès a pressions, amb i sense gestió. En els diferents escenaris plantejats se suposa que les precipitacions donen lloc a un cabal infiltrat, anomenat "a", i a un cabal d'escolament superficial directe (torrents), anomenat "b". El cabal infiltrat acaba sortint del medi aquífer a través de diferents fonts i cap als mateixos torrents. El cabal infiltrat forma part del magatzem hídric subterrani. Així mateix existeixen uns consums, anomenats "c".

El primer cas analitzat ha consistit en suposar que els consums són iguals o inferiors a les precipitacions; és el que s'ha anomenat Estat 1, i ve definit per la següent equació base: $a+b \geq c$. En la següent figura es representa el funcionament hidrogeològic d'aquest primer escenari.

Estat 1:

equació base: $a+b \geq c$

- Els consums són iguals o inferiors al recurs hídric (escolament superficial i infiltració)
- No hi ha variació del magatzem hídric subterrani
- Escenari sense problemes si es respecta el cabal ecològic

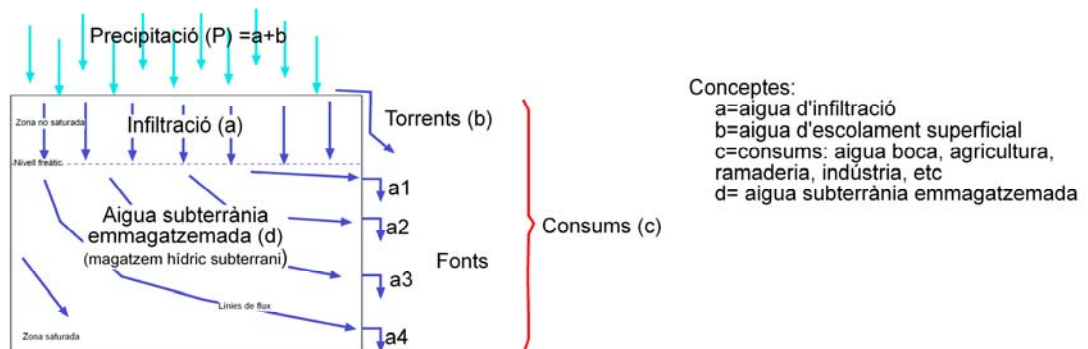
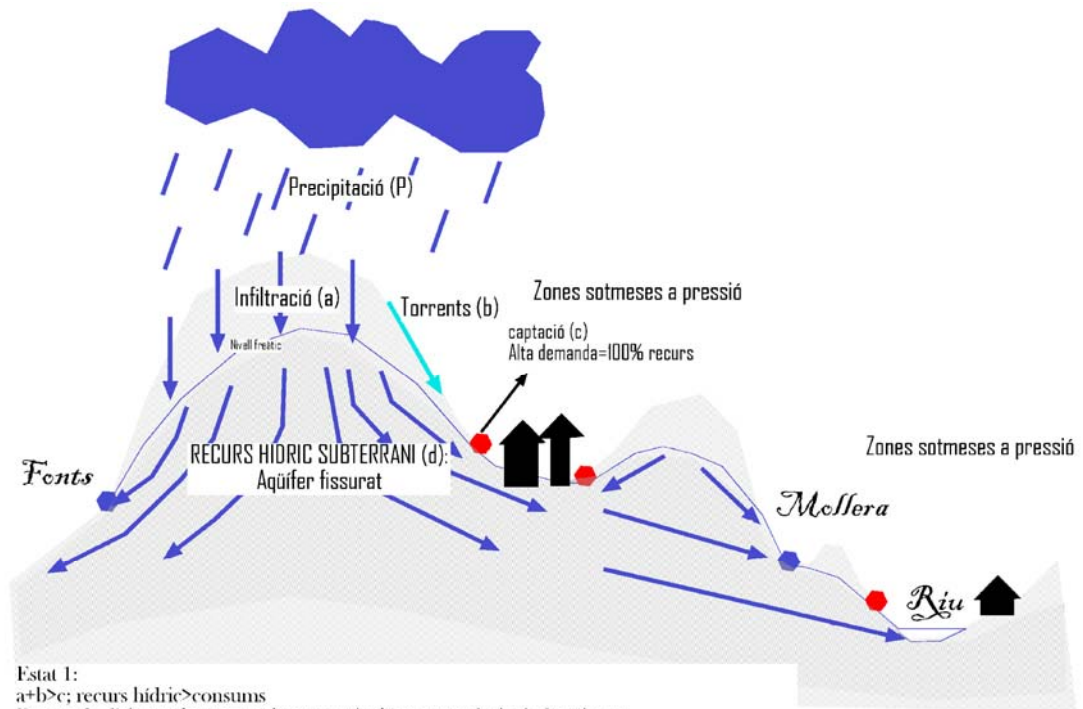


Figura 56. Representació esquemàtica del funcionament hidrogeològic en l'Estat 1.

A continuació es mostra un exemple pràctic, igualment fictici, del que significa estar en aquest escenari.



Estat 1:
 $a+b > c$; recurs hídic > consums
 Demanda d'aigua: abastament humà, agricultura, ramaderia, indústria, etc.
 Recursos superficials i fonts captats al 100%
 Instal·lació d'activitats potencialment contaminants: gasolineres, tallers, camps golf, agricultura

Sense una gestió conjunta, global:
 -El recurs hídic subterrani sembla no variar
 -Captant 100% recurs (fonts i torrents), té lloc afectació sobre cabals de torrents aigües avall
 -Afectació sobre els ecosistemes aquàtics
 -Búsqueda de noves fonts d'aigua=pous
 -Alteració química de les aigües

Figura 57. Representació esquemàtica del funcionament hidrogeològic en l'Estat 1.

En un segon cas analitzat se suposa que els consums són superiors a les precipitacions; és el que s'ha anomenat Estat 2a, i ve definit per la següent equació base: $a+b < c$. El model de gestió d'aquest escenari consisteix en una intervenció individual o local. En la següent figura es representa el funcionament hidrogeològic d'aquest segon escenari.

Estat 2a: SENSE GESTIO integrada

equació base $a+b < c$

-Els consums són superiors al recurs hídric (escolament superficial- rius-i infiltració -fonts-)

Implica: búsqueda de nous recursos hídrics, subterranis; disposar del volum "d";

segueix la següent equació: $a+b+d=c$

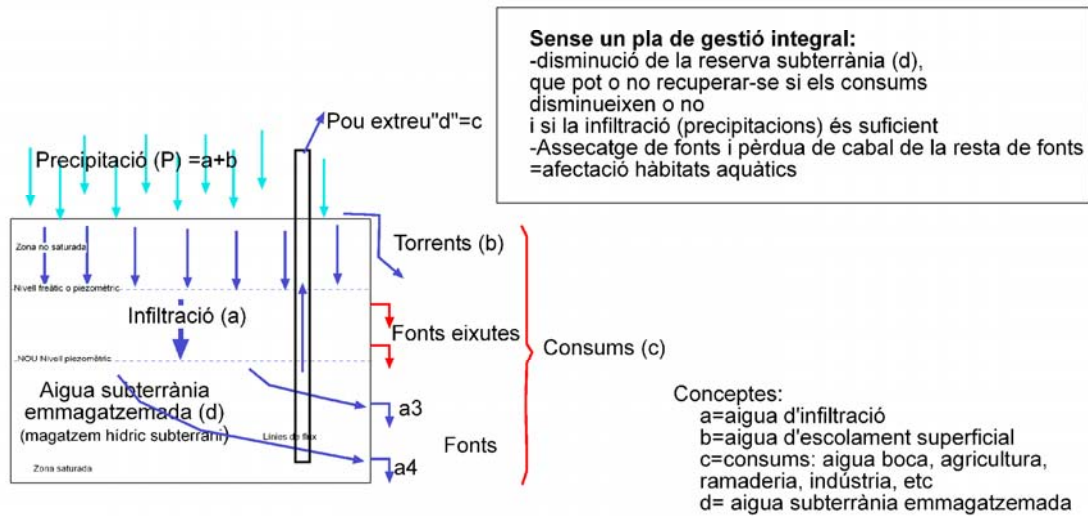


Figura 58. Representació esquemàtica del funcionament hidrogeològic en l'Estat 2a.

Amb les extraccions "incontrolades" del recurs hídric subterrani, es corre el risc de sobreexplotar-lo, o sigui experimentar un descens del volum d'aigua emmagatzemat amb la conseqüent pèrdua de cabal de fonts i fins i tot eixugament de les mateixes, amb les implicacions que comporta pel medi aquàtic dependent i sobre altres captacions.

A continuació es mostra un exemple pràctic, igualment fictici, del que significa estar en aquest escenari.

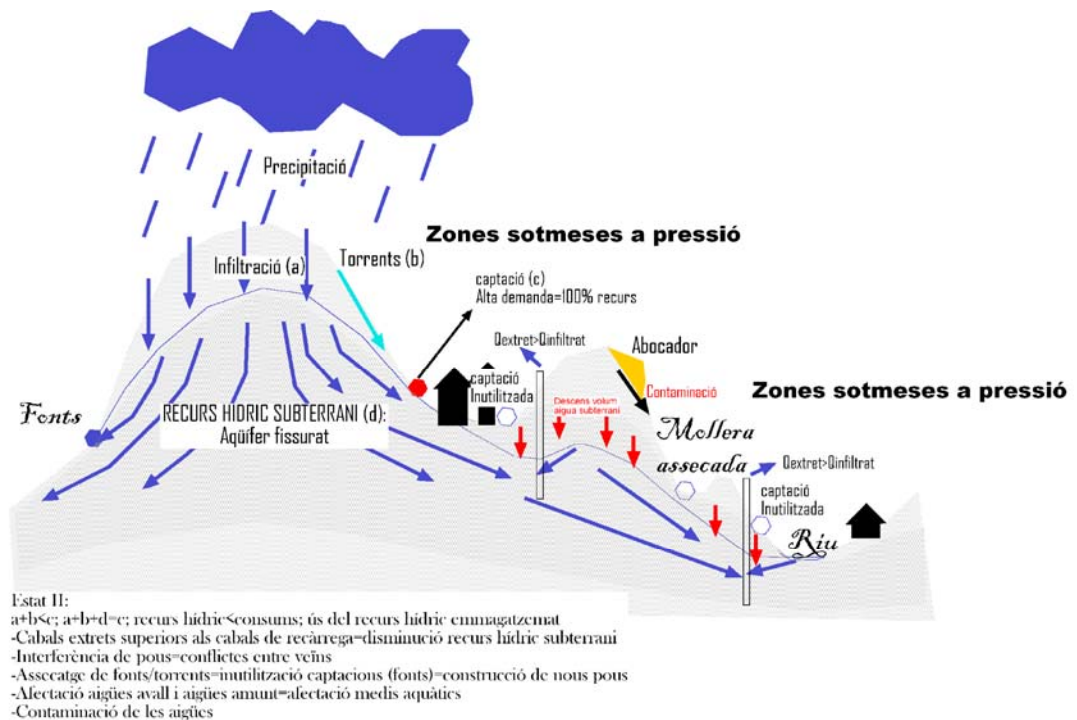


Figura 59. Representació que es podria donar en l'Estat 2a

A Andorra, no es pot parlar que estiguem pròpiament en aquesta situació, però a la manca de dades reals sobre els cabals extrets en pous i a la presència de sectors on s'interpreta que hi ha consums superiors als recursos hídrics de fonts i torrents, si s'hi suma que no existeix una gestió global de les extraccions, dóna peu a interpretar l'existència de zones amb risc de sobreexplotar el recurs hídric subterrani.

En la següent figura s'ha volgut representar aquesta situació, que es pot donar al Principat en les zones on s'interpreta consums superiors als recursos hídrics.

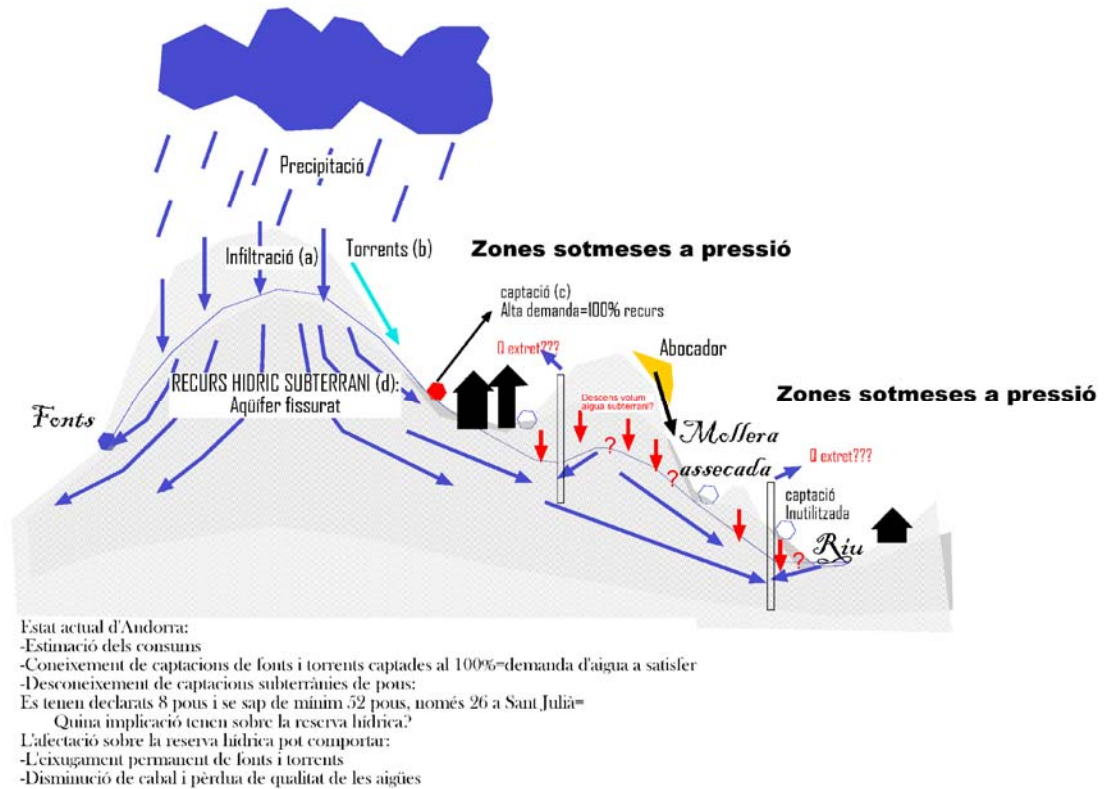


Figura 60. Representació que es podria donar en l'Estat 2a al Principat

En un tercer cas analitzat se suposa que continua existint una demanda d'aigua molt alta i uns recursos hídrics limitats, però amb una gestió integral; és el que s'ha anomenat Estat 2b, i ve definit per la següent equació base: $a+b>c$. Un pla de gestió passa per proposar mesures d'estalvi d'aigua així com per analitzar cada extracció. En la següent figura es representa el funcionament hidrogeològic d'aquest tercer escenari.

Estat 2b: AMB GESTIO o regulació

-Els consums són alts i els recurs hídic limitats.

-Coexistència de dues possibilitats de gestió:

a) Gestió dels consums (p.ex. millora xarxa, programes d'estalvi enfocats als consums agrícoles, industrials, etc. El consum de boca només representa del 10-20% dels consums, segons cada unitat hidrogeològica)

b) Búsqueda de nous recursos hídrics, subterranis; disposar del volum "d";

o sigui segueix la següent equació: $a+b+d=c$

L'ús del cabal "d" no anirà en detriment del volum emmagatzemat d'aigua

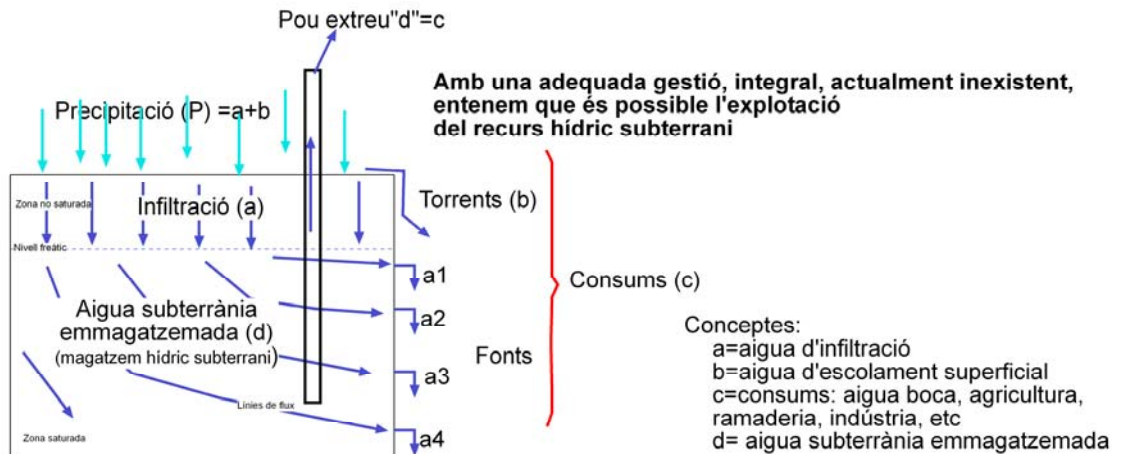


Figura 61. Estat de les masses d'aigua seguint un pla de gestió integral i global

Aquest escenari contempla per tant poder captar el recurs hídic subterrani però seguint uns criteris tècnics, segons el funcionament hidrogeològic de cada sector.

En la següent figura s'intenta representar aquest escenari en un intent d'aproximar-se a la que hauria de ser la nostra realitat.

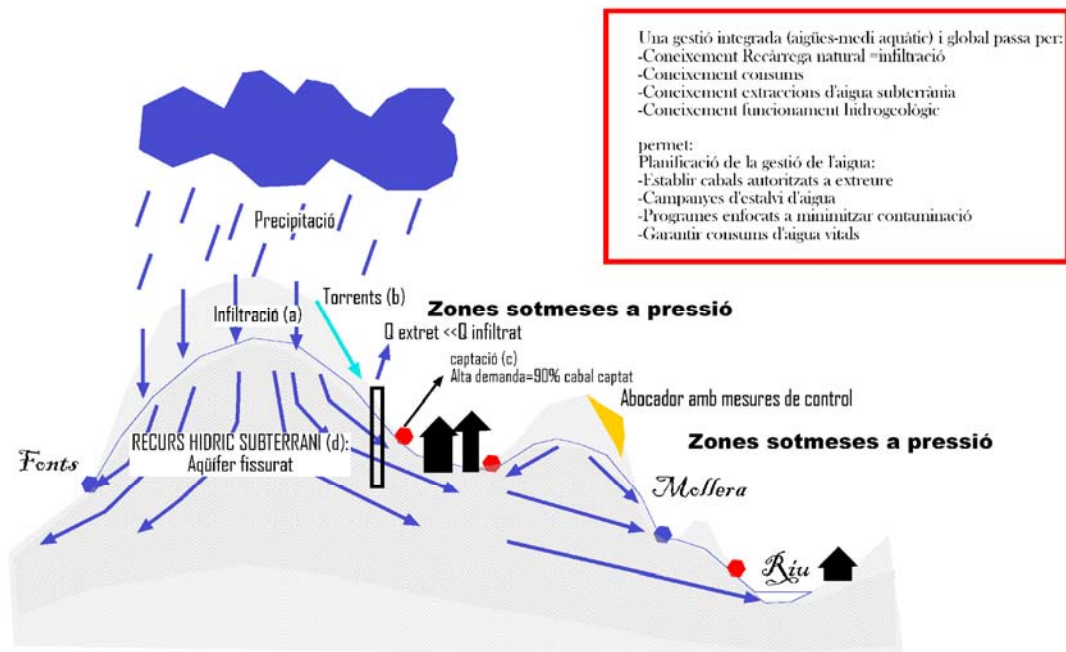


Figura 62. Estat al qual s'hauria d'arribar de bona gestió del recurs hídic

Per tal d'aconseguir els propòsits d'un bon estat de les aigües, i en vista que les aigües no tenen fronteres administratives, es recomana que la gestió s'efectuï a càrrec d'un únic



organisme, constituït per llei, que se li confereixi les competències plenes en matèria d'aigua, que es podrien resumir en:

- Elaboració dels plans d'actuació hidrològica i fer-ne el seguiment i revisions
- Control del domini hidràulic
- Projecte, construcció, explotació de les obres hidràuliques
- Realització d'aforaments, estudis hidrològics, i control de la qualitat de les aigües
- Sanejament i abastament
- Gestió, recaptació, administració i distribució dels recursos econòmics, i elaboració del pressupost
- Atorgament, administració i control dels aprofitaments hidràulics
- Atorgament de les autoritzacions i concessions
- Inspecció i vigilància del compliment de concessions i autoritzacions
- Gestió de zones inundables

L'àmbit d'aplicació ha de ser de totes les aigües de la demarcació d'Andorra, tant superficials com subterrànies, tan aigües minerals com termals, tan aigües netes com brutes.

La demarcació d'Andorra queda inclosa en la conca de l'Ebre i de la Garona, per la qual cosa es treballarà per una adequada coordinació amb els països tercers i administracions competents transfrontereres. A tal efecte existeixen convenis internacionals, com el Conveni d'Helsinki, de les Nacions Unides, al qual Andorra encara no s'hi ha adherit.

15 CARACTERITZACIÓ I MESURES DE SEGUIMENT I CONTROL

"L'estudi de les aigües subterrànies del principat d'Andorra" s'ha de considerar com el punt de partida de tot un seguit d'estudis detallats, mesures de control i configuració d'aspectes normatius d'acord amb el que estableix en línies generals la Directiva Marc de l'aigua (DMA) i d'acord amb un pla de treball realista consensuat amb l'administració andorrana que permeti a mig i llarg termini una millora de la qualitat i un control efectiu de la quantitat i qualitat de les aigües subterrànies.

El present estudi permet efectuar un diagnòstic molt general de l'estat actual, a manera d'auditoria, basada en les dades existents fins al moment que cal millorar i afinar de cara a un futur. El diagnòstic ens ha permès detectar de forma aproximada les problemàtiques existents a nivell nacional i a nivell local per la qual cosa les conclusions i propostes d'actuació que efectuarem tindran molt en compte els resultats obtinguts de forma que es fixaran prioritats d'actuació en aquells aspectes i en aquelles zones geogràfiques concretes on la problemàtica sigui més acusada.

Un altre aspecte que també s'ha analitzat és que les diferents propostes es periodifiquin de forma temporal per tal que les diferents actuacions, controls i estudis de detall que cal abordar de cara a un futur siguin assumibles. Per tant la periodificació d'actuacions ha diferenciat actuacions a curt termini (període 2008-2012), actuacions a mig termini (període 2013-2015) i actuacions a llarg termini (període 2016-2018), sense perdre de vista que des de la Directiva Marc de l'Aigua es fixa el 2015 com a data límit per arribar al bon estat de les aigües, sota una gestió integrada.

Les propostes han d'anar encaminades segons tres objectius bàsics:



- Anàlisi dels recursos hídrics des d'un punt de vista Quantitatiu
- Anàlisi dels recursos hídrics des d'un punt de vista Qualitatiu.
- Aspectes relacionats amb el Marc Legal

15.1 Actuacions relacionades amb el control d'aspectes quantitatius

Les actuacions proposades es basen en La Directiva Marc que parla de crear una xarxa de control del nivell de les aigües subterrànies amb l'objectiu de proporcionar una apreciació fiable de l'estat quantitatiu de totes les masses d'aigua o unitats, inclosa l'avaluació dels recursos hídrics disponibles subterranis.

Un dels aspectes bàsics que es recomana implementar de cara a un futur i com a primera actuació a realitzar a curt termini és el "disseny d'un programa de seguiment basat en la creació d'una xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics". El disseny del mencionat programa es basarà en l'actualització de l'inventari existent de captacions legalitzades (fonts i pous) i en les dades proporcionades pel present estudi.

L'objectiu amb el qual es crearia la mencionada xarxa és el de proporcionar una apreciació fiable de l'estat quantitatiu de totes les masses d'aigua o unitats, inclosa l'avaluació dels recursos hídrics disponibles subterranis, d'apreciar els efectes de les extraccions i alimentacions en punts especialment sensibles, i conèixer la direcció del flux i el règim de les aigües subterrànies transfrontereres; es dissenyarà la xarxa de control en base a:

- punts d'aigües freàtiques coneguts
- punts d'aigua freàtica existents però no inventariats, de captacions privades
- piezòmetres nous a ubicar en els punts amb manca de dades.

En cop dissenyada la xarxa de control en una primera fase, s'haurà de passar a desenvolupar el mencionat disseny . La segona actuació que es proposa realitzar a curt termini consistiria en el desenvolupament de la xarxa de control i seguiment quantitatiu, basada en 4 pilars bàsics:

- Una xarxa de control piezomètric i determinació d'aqüífers sobreexplotats. La mencionada xarxa implicarà la utilització de punts de mesura actuals, complementats amb la realització en diferents indrets del territori de sondeigs per controlar el nivell piezomètric. També fora bo poder disposar de les captacions privades. El disseny s'efectuarà en funció dels punts mesurables ja existents (inventariats en el present estudi), en funció de les diferents unitats hidrogeològiques en les quals es divideix el territori i dels resultats obtinguts en els mapes de creuament de consums i risc que s'exposen també en la memòria del present estudi.

La xarxa de control piezomètric en pous i sondeigs hauria de permetre a mig i llarg termini advertir la situació d'aquells aquífers que teòricament es poden trobar en una situació de sobreexplotació.

- Una xarxa d'aforament de fonts que també es basaria en l'inventari de captacions, en la zonificació d'unitats hidrogeològiques i en els mapes de creuament risc –consum del present estudi.
- Una xarxa d'aforament de rius que permeti complementar i completar la xarxa existent.
- Una xarxa d'estacions meteorològiques pel control de precipitacions i temperatures que permeti complementar i completar la xarxa existent.



Finalment es proposa des del punt de vista quantitatiu una tercera actuació basada en els resultats obtinguts en la xarxa de control piezomètric i determinació d'aqüífers sobreexplotats, que seria la realització d'estudis de detall dels aquífers sobreexplotats amb el disseny de les conseqüents mesures correctores. Aquesta actuació s'hauria d'efectuar a mig i llarg termini.

La densitat dels punts de control seran els necessaris per proporcionar una informació representativa de l'heterogeneïtat en les variacions de l'alimentació a curt i llarg termini. Ha de poder conèixer els efectes de les extraccions i alimentacions, i en el cas de massa d'aigües transfrontereres, s'ha de permetre conèixer la direcció i el règim del flux de l'aigua subterrània. Sobre la freqüència dels controls, se seguirà els mateixos criteris definits a l'hora de fixar el nombre de punts de control.



15.2 Actuacions relacionades amb el control d'aspectes qualitatius

De forma anàloga amb el punt anterior, les actuacions proposades es basen en la Directiva Marc que parla de crear una xarxa de control del nivell de les aigües subterrànies amb l'objectiu de proporcionar una apreciació fiable de l'estat qualitatiu de totes les masses d'aigua.

El primer dels aspectes que caldria portar a terme configuraria la primera actuació pel control qualitatiu de les aigües a realitzar a curt termini consistent en el "disseny de la xarxa inicial de control químic dels recursos hídrics".

L'objectiu d'aquesta primera actuació seria la caracterització química de les aigües de tot el territori en el seu estat natural i la creació d'una xarxa bàsica de control químic que serà coherent amb la "xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics".

L'actuació s'efectuaria a curt termini (període 2008-2012), amb una freqüència de mostreig anual en cada punt dels paràmetres fisicoquímics i químics de les aigües.

En resum, de cara a la caracterització inicial es buscarà punts d'aigua que permetin dur a terme:

- Caracterització de totes les masses d'aigua en bon estat químic, tan transfrontereres com internes, en la qual hi quedi representat l'heterogeneïtat del medi.
- Es definiran els punts a mostrejar en base a les heterogeneïtats litològiques.

Els criteris a l'hora de determinar els punts de mostreig seran, per ordre jeràrquic:

- Punts d'aigua mostrejats durant la campanya del 2006
- Punts d'aigua mostrejats en campanyes anteriors: captacions, etc
- Punts d'aigua no mostrejats anteriorment.

El segon aspecte a controlar des d'un punt de vista de la qualitat seria el control de zones potencialment contaminades, basant-nos en el mapa de risc de contaminació i zonificació d'unitats hidrogeològiques del present estudi. La segona actuació pel control qualitatiu de les aigües consistiria, doncs, en el disseny de la xarxa addicional de control de zones potencialment contaminades, a realitzar a curt termini.

De cara a la caracterització addicional es buscarà punts d'aigua que permetin dur a terme:

- Caracterització de totes les masses d'aigua i unitats amb risc d'afecció per agricultura, ramaderia, industrial, etc, tan transfrontereres com internes. Implicarà estudis hidrogeològics molt més detallats, fins assolir un bon coneixement dels paràmetres hidrogeològics, hidroquímisme, connexions amb altres masses d'aigua, etc.
- En funció del mapa de perillositat o risc de contaminació de les aigües i les activitats potencialment contaminants (ramaderia, agricultura, indústria, etc) es definiran les masses d'aigua prioritàries per ésser mostrejades i caracteritzades en la caracterització addicional.

La fase d'execució seria pel període 2008-2012, estructurada en tres subfases en funció d'un major o menor risc de contaminació:

- FASE I d'estudi: estudis de detall de les zones amb un alt i molt alt risc de contaminació i risc per a la salut humana i pels ecosistemes.
- FASE II d'estudi: estudis de detall de les zones amb una alta i molt alta perillositat o risc de contaminació, i que no s'han estudiat en la fase I.
- FASE III d'estudi: estudis de detall de les zones amb risc de contaminació per activitats agrícoles, ramaderes i industrials que no s'han estudiat en la fase I ni II.

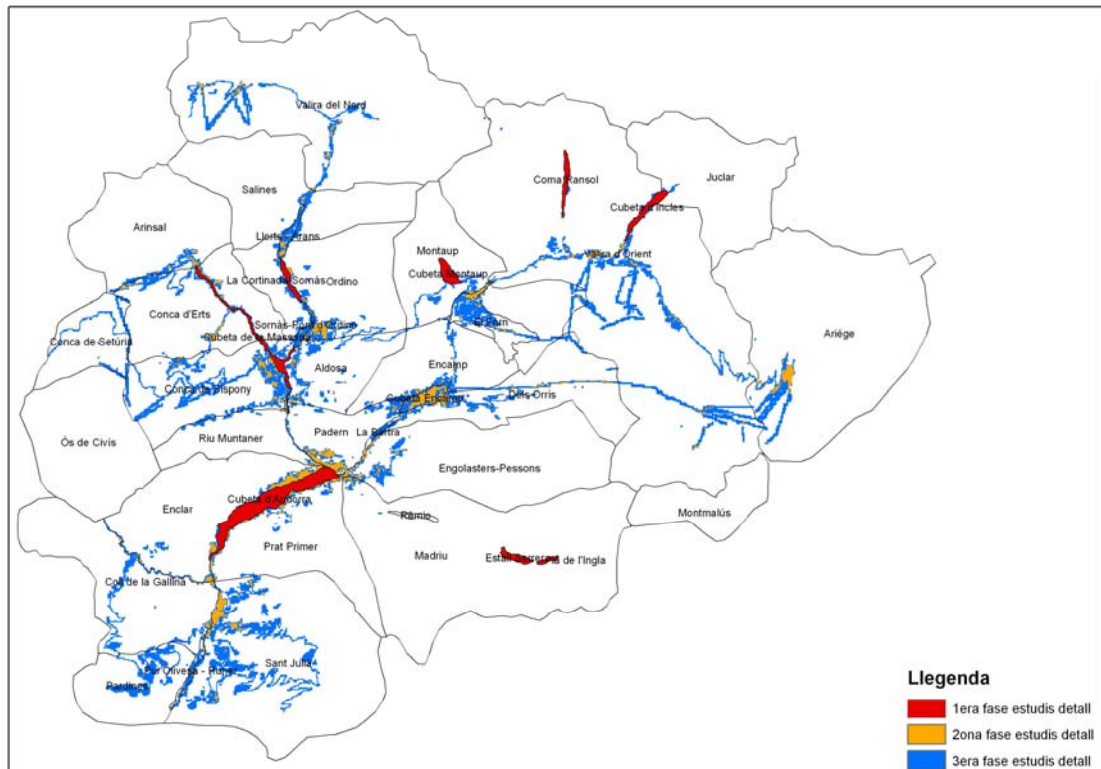


Figura 63. Distribució de les Fases d'actuació.

En les masses d'aigua que existeix el risc de contaminació es durà a terme un control de vigilància adequat al tipus de contaminació. La xarxa de control serà més àmplia respecte la xarxa bàsica de caracterització química, a dissenyar segons els resultats dels estudis de detall. La freqüència de mostreig serà d'un cop cada sis anys, a priori, sempre i quan no es confirmi el risc de contaminació i es decideixi augmentar la freqüència.

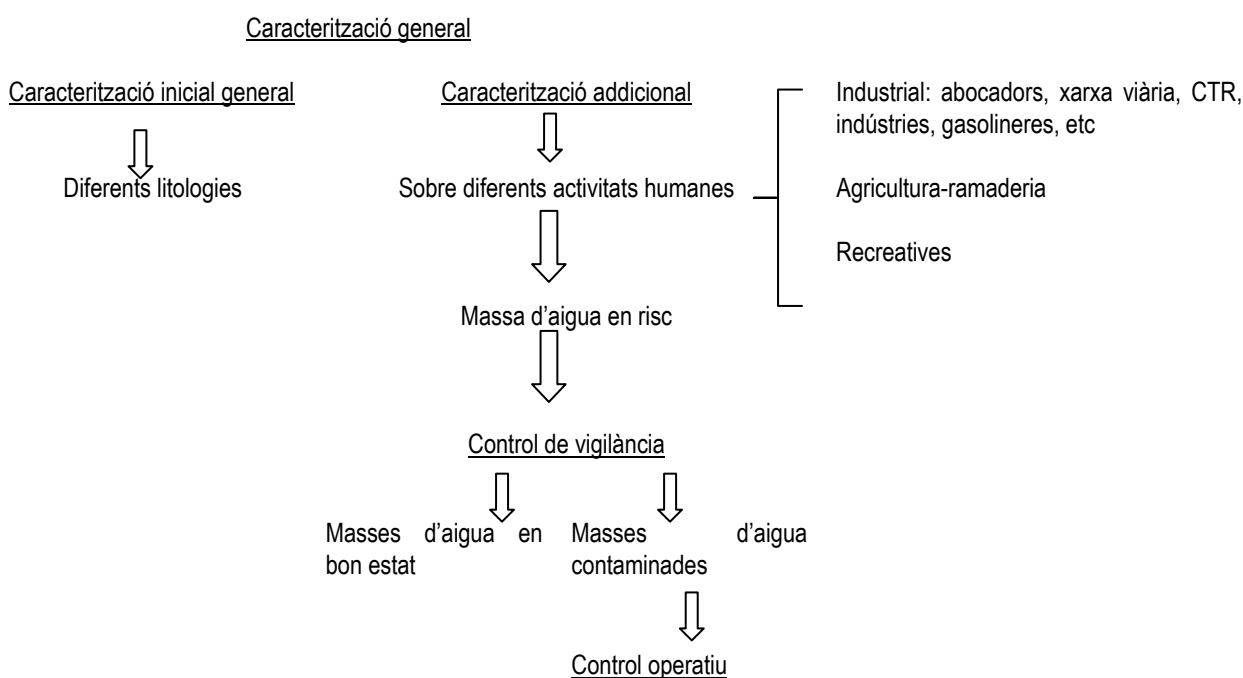
Les aigües en les quals es detecta contaminació seguiran un control operatiu, i seran mostrejades mínim un cop a l'any. Es dissenyaran programes enfocats a aconseguir el bon estat de les aigües. A través d'aquests controls també s'ha de veure la tendència del contaminant i la resposta de les mesures correctives.

En la següent figura es resumeix el conjunt de mesures de control i seguiment a dur a terme:

Tipus de seguiment	Freqüència mostreig	Paràmetres a analitzar	Elecció dels punts
Caracterització inicial general	Anual durant cinc primers anys i posteriorment cada 6 anys	Fisicoquímics i químics	Litològics, masses aigua
Caracterització addicional		Segons tipus d'impacte	Estudi de risc, masses aigua
Control de vigilància	Cada 6 anys	Segons tipus d'impacte	Masses amb risc
Control operatiu	Mínim cada any	Segons tipus de contaminació	Aigües contaminades

Taula 20. Resum de la caracterització i seguiments i control de les aigües

En la següent figura es presenta un organigrama amb la jerarquització de les mesures de control i seguiment a realitzar.



Taula 21. Organigrama de les mesures de seguiment

La tercera actuació que es proposa efectuar és un "Programa d'emplaçament de residus", dirigit a l'anàlisi de la situació general dels abocadors, avaluant la incidència d'aquests sobre les aigües subterrànies. Aquesta actuació es podria efectuar a mig termini (període 2013-2015).

La quarta actuació que es proposa efectuar consistiria en la redacció de plans d'emergència per a contaminacions accidentals i/o per períodes de sequera. Aquesta actuació es podria efectuar a mig termini (període 2013-2015).



15.3 Actuacions relacionades amb propostes de creació d'un nou marc competencial i legislatiu

Un dels aspectes que cal considerar prioritari com a conclusió del present estudi és una recomanació a l'establiment d'un marc legal apropiat basat en el model que s'utilitza en altres països de la Comunitat Europea.

En base als resultats del present estudi, i davant la necessitat d'avançar en concordança amb la legislació aplicada a la unió europea, i concretament la Directiva Marc de l'Aigua, es proposa que la legislació andorrana en matèria de l'aigua, s'adapti als nous temps, mitjançant la redacció d'un nou marc legislatiu que refongui, adapti i amplii la normativa actual d'aplicació en l'àmbit de l'aigua, com ara la Llei de la policia i protecció de les aigües (31 de juliol de 1985), Llei de pesca i gestió del medi aquàtic (28 de juny de 2002), Llei de competències comunals, i que contempli, entre altres punts:

- la regulació del domini hidràulic i l'ús de l'aigua,
- l'atribució de les competències a l'Estat,
- la recuperació de costos en la gestió dels recursos i dels espais aquàtics
- l'establiment de normes bàsiques de protecció de les aigües subterrànies, superficials i medis aquàtics,

Entenent que el conjunt de les aigües constitueixen un recurs unitari, considerat d'interès general. Correspon a l'Estat, la planificació hidrològica enfocada a aconseguir un bon estat ecològic de les aigües i un ús sostenible de les mateixes.

Per tant, i de cara a la protecció de les aigües i els medis aquàtics cal com a primera actuació efectuar un estudi jurídic-tècnic que permeti delimitar clarament les competències sobre l'aigua actuals i futures de forma que s'estudiï l'assignació d'autoritats competents. Es recomana d'acord amb el model dels països veïns que s'assigni la gestió conjunta de les aigües a un sol organisme que pugui tenir una visió global i una centralització efectiva de la gestió. A partir del mencionat estudi jurídic s'hauria de redactar un "Pla de gestió de les aigües conjunt" que abrasi les diferents administracions i entitats explotadores, comunitats d'usuaris competents del Principat, etc. així com les administracions extrafrontereres que tenen competència sobre les aigües transfrontereres.

El mencionat estudi ha de permetre la modificació de la legislació actual referent a les competències de l'aigua i a la seva protecció, tant de la quantitat com qualitat i dels hàbitats aquàtics.

Una segona proposta és la que fa referència a la revisió i creació d'un marc legislatiu adequat. En aquest sentit es recomana:

- La redacció d'una nova normativa específica per a l'autorització de noves captacions que permeti normalitzar les autoritzacions de noves captacions, i regular les existents.
- D'acord amb la zonificació del present estudi, redactar una normativa específica per a la protecció d'aigües d'interès humà o captacions per ús humà.



- D'acord amb la zonificació del present estudi, redactar una normativa específica per a la protecció d'aigües d'interès ecològic.

- D'acord amb el mapa de vulnerabilitat del present estudi es proposa redactar un seguit de programes d'actuació relacionats amb diferents orígens contaminants:

“Programa de cara a la prevenció i control de contaminants d'origen industrial”. Es basarà en l'inventari i situació de les activitats potencialment contaminants, avaluació del risc de contaminació, i en la proposta de mesures de prevenció, mesures de control i correcció enfocat als casos on està comprovada la contaminació.

“Programa de cara a la prevenció i control de contaminacions per nitrats”. Es basarà en la identificació dels aqüífers afectats o potencialment afectats, i en la proposta de mesures de control i correcció.

“Programa de cara a la prevenció i control de contaminacions per pesticides”. Es basarà en la identificació dels aqüífers afectats o potencialment afectats, i en la proposta de mesures de control i correcció.

En qualsevol cas caldrà estudiar les incompetències amb legislacions actuals, i proposar modificacions ajustades als nous temps, sempre en coherència amb els plantejaments de la Directiva Marc.

La Directiva Marc, en un dels seus programes d'implantació, parla dels programes de seguiment i de mesures. Els programes de seguiment i mesures conformaria el tercer tipus d'actuacions dins del marc legal i legislatiu.

De cara a mantenir l'estat químic de les aigües en bon estat o millorar l'estat químic de les aigües en mal estat, es dissenyaran diferents programes, coherents amb els establerts en la Directiva Marc de l'Aigua. Cada programa de mesures inclourà les mesures bàsiques i si és necessari, les mesures complementàries.

Les mesures bàsiques haurien de complir els requisits mínims establerts en la Directiva Marc de l'Aigua, com per exemple,

- mesures per fomentar l'ús eficaç i sostenible de l'aigua;
- mesures per garantir la qualitat de l'aigua a fi de reduir el nivell de tractament de purificació necessari per a la producció d'aigua potable;
- mesures de control de les captacions amb requisit d'autorització prèvia per a la captació i embassament.
- mesures pels abocaments de fonts puntals que puguin causar contaminació, amb el requisit de reglamentació prèvia o el registre basat en normes generals que estableixin controls de l'emissió dels contaminants.
- mesures per evitar o controlar les fonts difuses de contaminació.
- prohibició d'abocaments directes de contaminants en les aigües subterrànies.
- mesures per eliminar la contaminació de les aigües superficials segons la llista de substàncies prioritàries.

- mesures per prevenir contaminacions procedents d'instal·lacions industrials i reduir els efectes de contaminacions accidentals, com inundacions.

Així mateix, amb l'objectiu de prevenir i controlar la contaminació dels cursos d'aigua transfronterers i garantir l'ús racional dels cursos aquàtics, en la perspectiva d'un desenvolupament sostenible, es proposa la ratificació del conveni d'Helsinki, en el marc de la cooperació entre països.

15.4 Síntesi de les propostes d'actuació: fitxes

A continuació es resumeix les propostes anteriorment citades en un conjunt de 10 fitxes a fi d'agilitzar-ne la comprensió.

TIPUS DE PROPOSTA	1.-Control Quantitatiu
PROPOSTA Nº	1.1
Nom de la proposta	Disseny d'un programa de seguiment basat en la creació d'una xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics
Objectiu	Proporcionar una apreciació fiable de l'estat quantitatiu de totes les masses d'aigua o unitats, inclosa l'avaluació dels recursos hídrics disponibles subterranis, d'apreciar els efectes de les extraccions i alimentacions en punts especialment sensibles,
Informació de base pel disseny	Punts d'aigües freàtiques (pous) conegudes. Punts d'aigua freàtica (pous) existents però no inventariades, piezòmetres nous a ubicar en els punts amb manca d'informació d'acord amb l'estudi de les aigües subterrànies
Aspectes a controlar	
Fase d'execució	Curt termini (2007-2012)

Taula 22. Fitxa enfocada al control quantitatiu. Disseny del programa de seguiment



TIPUS DE PROPOSTA	1.-Control Quantitatiu
PROPOSTA N°	1.2
Nom de la proposta	Desenvolupament de la xarxa de control i seguiment quantitatiu, basada en 4 pilars bàsics: xarxa de control piezomètric, aforament de fonts, aforament de rius i estacions metereològiques
Objectiu	Desenvolupar el programa de xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics establert en la proposta n° 1.1
Informació de base pel disseny	Model climatològic, balanç hídric i delimitació d'unitats hidrogeològiques de l'estudi hidrogeològic d'Andorra
Aspectes a controlar	Piezometria, cabals de fonts, rius, precipitacions i temperatures.
Fase d'execució	Curt termini (2007-2012)

Taula 23. Fitxa enfocada al control quantitatiu. Xarxa de control i seguiment

TIPUS DE PROPOSTA	1.-Control Quantitatiu
PROPOSTA Nº	1.3
Nom de la proposta	Realització d'estudis de detall dels aqüífers sobreexplotats i disseny de les conseqüents mesures correctores en cada cas
Objectiu	Controlar els possibles aqüífers sobreexplotats i pendre les mesures oportunes de gestió dels mateixos.
Informació de base pel disseny	Resultats obtinguts en la xarxa de control i seguiment quantitatiu (actuació 1.2) i demandes d'aigua i pressió antròpica sobre les mases d'aigua de l'estuid hidrogeològic d'Andorra.
Aspectes a controlar	Recursos hidrogeològiques d'unitats sobreexplotades i actuacions relatives al control de les possibles sobreexplotacions
Fase d'execució	Mig i llarg termini (2013-2015 i 21016-2018)

Taula 24. Fitxa enfocada al control quantitatiu. Estudis de detall en aqüífers sobreexplotats

TIPUS DE PROPOSTA	2.-Control Qualitatiu
PROPOSTA Nº	2.1
Nom de la proposta	Disseny de la xarxa inicial de control químic dels recursos hídrics
Objectiu	Caracterització química de les aigües de tot el territori en el seu estat natural inicial i la creació d'una xarxa de control químic que serà coherent amb la "xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics".
Informació de base pel disseny	Xarxa de control quantitatiu, delimitació de masses d'aigua i caracterització hidroquímica de les masses d'aigua d'acord amb l'estudi Hidrogeològic d'Andorra.
Aspectes a controlar	Qualitat hidroquímica de les masses d'aigua i detecció de masses d'aigua contaminades.
Fase d'execució	Curt termini (2007-2012)

Taula 25. Fitxa enfocada al control qualitatiu. Xarxa de control bàsica

TIPUS DE PROPOSTA	2.-Control Qualitatiu
PROPOSTA N°	2.2
Nom de la proposta	Disseny de la xarxa addicional de control de zones potencialment contaminades a realitzar a curt termini .
Objectiu	Caracterització química de les aigües de tot el territori en el seu estat natural inicial i la creació d'una xarxa de control químic que serà coherent amb la "xarxa de control quantitatiu dels recursos hídrics".
Informació de base pel disseny	Xarxa de control quantitatiu i qualitatiu, delimitació de mases d'aigua i caracterització hidroquímica de les mases d'aigua i vulnerabilitat intrínseca d'acord amb l'estudi Hidrogeològic d'Andorra.
Aspectes a controlar	Paràmetres químics a concretar en funció del tipus d'impacte sobre el territori (agrícola, industrial, ramader)
Fase d'execució	Curt termini (2007-2012)

Taula 26. Fitxa enfocada al control qualitatiu. Xarxa de control addicional

TIPUS DE PROPOSTA	2.-Control Qualitatiu
PROPOSTA Nº	2.3
Nom de la proposta	"Programa d'emplaçament de residus"
Objectiu	Anàlisi de la situació general dels abocadors, avaluant la incidència d'aquests sobre les aigües subterrànies.
Informació de base pel disseny	Xarxa de control qualitatiu i ubicació d'abocadors.
Aspectes a controlar	Paràmetres químics
Fase d'execució	Mig termini (2013-2015)

Taula 27. Fitxa enfocada al control qualitatiu. Programa d'emplaçament de residus

TIPUS DE PROPOSTA	2.-Control Qualitatiu
PROPOSTA Nº	2.4
Nom de la proposta	Redacció de plans d'emergència per a contaminacions accidentals i/o per períodes de sequera
Objectiu	Anàlisi de la situació general dels abocadors, avaluant la incidència d'aquests sobre les aigües subterrànies.
Informació de base pel disseny	Resultats del control de la xarxa de zones potencialment contaminades i vulnerabilitat intrínseca de l'estudi hidrogeològic d'Andorra
Aspectes a controlar	Gestió de situacions d'emergència
Fase d'execució	Llarg termini (2016-2018)

Taula 28. Fitxa enfocada al control qualitatiu. Programes de plans d'emergència

TIPUS DE PROPOSTA	3.-Creació d'un nou marc competencial i legislatiu
PROPOSTA Nº	3.1
Nom de la proposta	Estudi jurídic tècnic per establir un nou marc competencial.
Objectiu	Modificació de la legislació actual referent a les competències de l'aigua i a la seva protecció, tant de la quantitat com qualitat i dels hàbitats aquàtics. El mencionat organisme seria l'encarregat d'impulsar el "Pla de gestió de les aigües en el seu conjunt"
Informació de base pel disseny	Marc normatiu actual de l'estudi hidrogeològic d'Andorra
Aspectes a controlar	
Fase d'execució	Curt termini (2007-2012)

Taula 29. Fitxa enfocada a la creació d'un nou marc competencial i legislatiu

TIPUS DE PROPOSTA	3.-Creació d'un nou marc competencial i legislatiu
PROPOSTA N°	3.2
Nom de la proposta	Revisió i creació d'un marc legislatiu adequat.
Objectiu	Crear tot un seguit de normatives específiques: protecció d'aigües d'interès humà, protecció d'aigües d'interès ecològic. Redactar programes d'actuació relacionats amb diferents orígens contaminants (contaminació industrial, per nitrats, per pesticides, etc)
Informació de base pel disseny	Marc normatiu actual de l'estudi hidrogeològic d'Andorra
Aspectes a controlar	
Fase d'execució	Mig termini (2013-2015)

Taula 30. Fitxa enfocada a la revisió i creació d'un marc legislatiu adequat

TIPUS DE PROPOSTA	3.-Creació d'un nou marc competencial i legislatiu
PROPOSTA Nº	3.3
Nom de la proposta	Programes de seguiment
Objectiu	Programes de sensibilització de la població: foment de l'ús eficaç i sostenible de l'aigua, mesures per garantir la qualitat de l'aigua, mesures de control de captacions, etc.
Informació de base pel disseny	
Aspectes a controlar	
Fase d'execució	Mig termini (2013-2015)

Taula 31. Fitxa enfocada a programes de sensibilització de la població



16 EQUIP DE TREBALL

Direcció i coordinació de l'estudi:

- | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------|
| - Aurea Ponsa Vidales | Llicenciada en Ciències Geològiques | (Hídric) |
| - Joan Altimir Planes | Llicenciat en Ciències Geològiques | (Euroconsult) |

Treballs de camp :

- Àurea Ponsa Vidales (Hídric)
- Xavier Font (U.B.)
- Bernat Ferrús Piñol (Euroconsult)
- Roger Iranzo Roig (Euroconsult)

Treballs de S.I.G.

- Pau Ferrer (Euroconsult- Eurogeotècnica)

Assessors :

- Xavier Font (Departament de Geoquímica, petrologia i prospecció geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona)
- Lluís Rivero (Departament de Geoquímica, petrologia i prospecció geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona)