

EL RECURS HÍDRIC A ANDORRA:

ESTAT I APROFITAMENT



EL RECURS HÍDRIC
A ANDORRA:
ESTAT I APROFITAMENT

Edició: Departament de Medi Ambient
Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient
Govern d'Andorra

Disseny i maqueta: A-tracció-A

Impressió: Impremta Envalira

Dipòsit legal: AND.231-2009

ISBN: 978-99920-0-545-3

L'aigua és un element indispensable per la vida, aquesta és casi bé una frase feta ja que avui en dia tots en som més que conscients. Però també és un element bàsic pel nostre benestar, és a dir que el fet de tenir rius que circulen per les nostres valls ens procura una excel·lent qualitat de vida igual que el fet de poder obrir l'aixeta i gaudir dia i nit i cada temporada de l'any d'una aigua en quantitat i de qualitat.

Aquesta publicació pretén explicar d'on vé l'aigua que consumim a Andorra, quin és el circuit que fa abans de que nosaltres la puguem utilitzar. Volem donar dades sobre les quantitats existents i les que són utilitzables pels diferents usos de la societat. Diferenciarem quins són els usos que transformen l'aigua i els que l'aprofiten sense modificar-ne la qualitat. Finalment pararem una atenció especial a les aigües subterrànies que formen el reservori de les aigües a Andorra.

Després dels episodis climàtics d'alguna manera extrems que hem viscut durant els darrers anys amb indicis de sequera seguits d'episodis d'abundància ens ha semblat important donar a conèixer de la manera més planera possible quina és la situació d'Andorra. I em permeto avançar-vos una part del resultat ja que són positius i ens indiquen que tenim un bon reservori d'aigua que sortosament no explotem en la seva totalitat. I no voldria que aquesta afirmació s'entengués de manera equivocada ja que veureu que en anys secs estem molt a prop de patir situacions delicades de manca d'aigua. A més, el model de societat que desitgem no és aquell que depreda el medi i n'extreu tot allò que necessita i fins i tot més; volem una societat que recolza el seu desenvolupament sobre una utilització harmoniosa, sostenible i responsable dels seus recursos. I quan els recursos dels que parlem són l'aigua o l'aire aquesta afirmació ha de ser la nostra màxima.

També és important dir del que no parlem en aquesta publicació, com per exemple de la qualitat de les aigües superficials i del sanejament de les aigües residuals és a dir aquelles que hem utilitzat i que hem de sanejar abans de retornar-les al seu medi natural: el riu.

Aquests dos temes han estat extensament divulgats anteriorment des de que es va posar en marxa el Pla de sanejament l'any 1996 amb uns objectius per l'any 2020. Les actuacions que han derivat del Pla de sanejament han permès en menys de 15 anys assolir un nivell de qualitat equiparable al nivell europeu gràcies a un esforç important tan des del punt de les inversions com del de la tecnologia.

Pel que fa a les aigües residuals hem posat en funcionament el web *depuradores.ad*, que dona tota la informació sobre les 4 estacions depuradores d'aigües residuals d'Andorra.

Pel que fa al seguiment anual de la qualitat de les aigües superficials, tan des del punt de vista fisicoquímic com des de la vessant de l'estat biològic dels rius, hem pogut identificar, des de l'any 2006, una millora substancial i contínua en diversos punts de la xarxa hidrogràfica del Principat, en especial en els trams mitjans i baixos de les conques dels rius Valira d'Orient, Valira del Nord i Gran Valira. Els resultats mostren un apropament gradual i significatiu amb relació als objectius de qualitat fixats per l'any horitzó 2020.

No obstant això, també som conscients que durant els darrers 10 anys, el grau d'artificialització ha augmentat, especialment en els trams urbans per, entre d'altres, la presència de diversos trams canalitzats com a mesura preventiva de protecció de les persones i dels béns contra els aiguats. La transformació que han experimentat els fons de vall ha estat important i les riberes dels rius s'han vist alterades significativament.

Els mapes anuals de la qualitat de les aigües superficials es poden consultar a través el web *mediambient.ad*.

Amb aquesta nova publicació i l'accés a la informació continguda en les webs, considerem que la transparència en quant a la informació sobre l'estat del recurs "aigua" a Andorra és correcta i esperem poder continuar donant tota la informació necessària a la població i continuar treballant per mantenir una aigua de qualitat i uns ecosistemes aquàtics el més funcionals i naturals possible.

Xavier Jordana Rossell
Ministre d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient

1

El recurs hídric



Introducció

El recurs hídric d'un país o d'una conca donada és la quantitat d'aigua disponible considerant tots els seus estats i tots els seus orígens. Així, per norma general, es tracta de la quantitat d'aigua que resta en un territori després de considerar els diversos fenòmens que fan que disminueixi en relació amb l'aportada per les precipitacions. Entre aquests fenòmens destaquen l'evaporació i la transpiració dels vegetals (també anomenats evapotranspiració).

Si bé hi ha mètodes per quantificar el recurs hídric de forma directa, a efectes pràctics i en la gran majoria dels casos el recurs hídric es quantifica mitjançant mètodes empírics indirectes. Els mètodes indirectes, entre els quals es troben els de Turc o Thornthwaite, necessiten un bon coneixement de les condicions climatològiques, per establir correctament el balanç hídric.

L'aigua que prové de les precipitacions, en funció de les condicions climàtiques, s'evapotranspira amb més o menys mesura. La quantitat d'aigua que escapa a aquest fenomen representa el recurs hídric renovable. Una part important d'aquesta aigua s'infiltra al sòl, recarrega els nivells aquífers i posteriorment alimenta les aigües superficials. Una altra part, menys important, s'escola de forma directa sobre el sòl.

Els massissos muntanyosos, per les seves característiques, es comporten com a veritables col·lectors d'aigua, i recarreguen posteriorment els nivells inferiors dels fons de vall, pels quals discorren els rius principals. Els rius acabaran escolant-se fins als mars i als oceans, i conduiran posteriorment a la formació de núvols i a les precipitacions. El conjunt dels processos es pot anomenar cicle natural de l'aigua.

El model climatològic

El Departament de Medi Ambient ha establert un model climatològic amb vista a avaluar i a definir el recurs en aigua disponible per al país.

L'anàlisi de les dades meteorològiques històriques per al període 1974-2005 ha permès la confecció de mapes de models de precipitació i de temperatura. S'ha estudiat el període 1974-2005, amb la finalitat que les condicions meteorològiques més recents quedin representades, tal com recomana l'Organització Mundial de Meteorologia (OMM). Les sèries poc completes, s'han reconstruït prenent com a base les sèries més representatives, tant espacialment com temporalment.

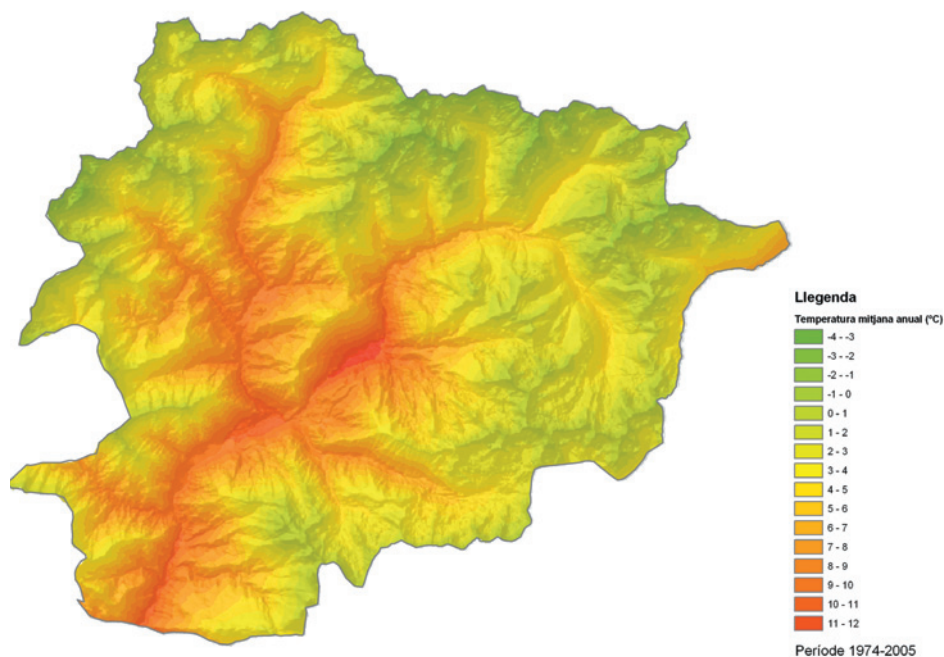
A aquest efecte, i amb l'objectiu d'establir els models climàtics necessaris, s'han recopilat totes les dades meteorològiques recollides al Principat, d'estacions amb el 100% de dades mensuals, així com les dades disponibles per als països veïns en estacions properes a la zona d'estudi.

ESTACIÓ	ALÇADA (MSNM)	ORGANISME
RANSOL	1.640	FEDA
ENGOLASTERS	1.640	FEDA
CENTRAL	1.140	FEDA
SALINES	1.470	Govern d'Andorra
ROC DE SANT PERE	1.090	Govern d'Andorra
ENVALIRA	2.550	Govern d'Andorra
LES PARDINES	1.500	Govern d'Andorra
ARCALÍS	2.315	CHE
GRAU ROIG	2.083	CHE
SETÚRIA	1.910	CHE
LA SEU D'URGELL	697	CHE
VILIELLA	1.557	CHE
SALÒRIA	2.445	SMC
LA SEU D'URGELL	849	SMC
DAS	1.096	SMC
OSPITALET	1.425	Météo France
AULUS LES BAINS	733	Météo France

Estacions emprades per a l'obtenció dels models climatològics. Forces Elèctriques d'Andorra (FEDA), Govern d'Andorra, Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (CHE), Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) i Météo France.

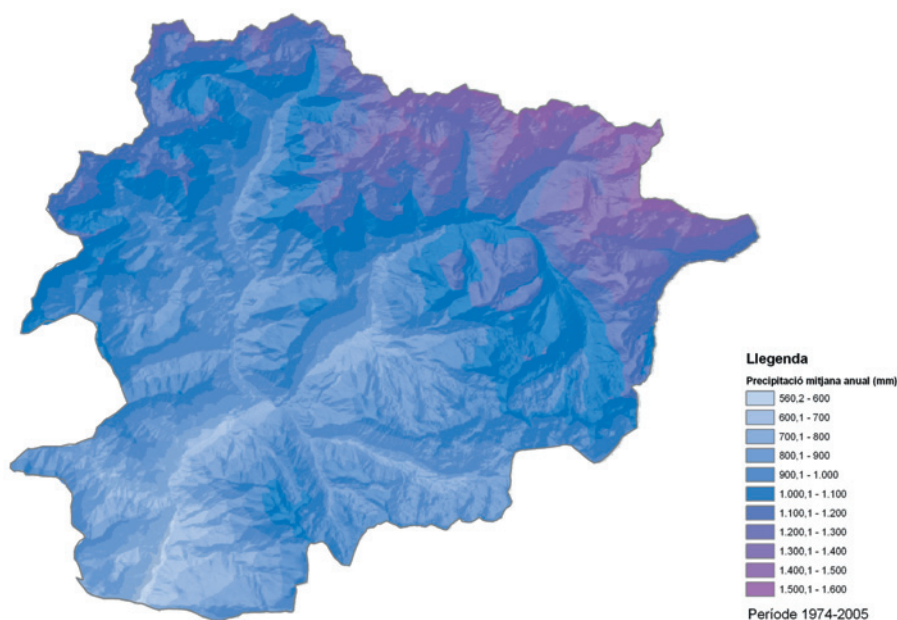
L'estudi de les dades disponibles ha permès el càlcul de les dades següents:

- La precipitació mitjana al Principat és de 996,39 mm i la temperatura mitjana és de 4,08 °C.
- Els màxims de precipitació se situen a les cotes més altes del nord-est del país, i les precipitacions més baixes se situen als fons de vall del Valira, al sud del país.
- Les temperatures més baixes es registren a les cotes més altes del país i les temperatures més altes es troben a les cotes més baixes.



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

La precipitació mitjana del Principat d'Andorra, en el període 1974-2005, ha estat de 996 mm. Per al mateix període, la temperatura mitjana del país s'ha situat en 4°C. Aquestes dades són característiques i representatives de la situació climàtica més recent del Principat d'Andorra.



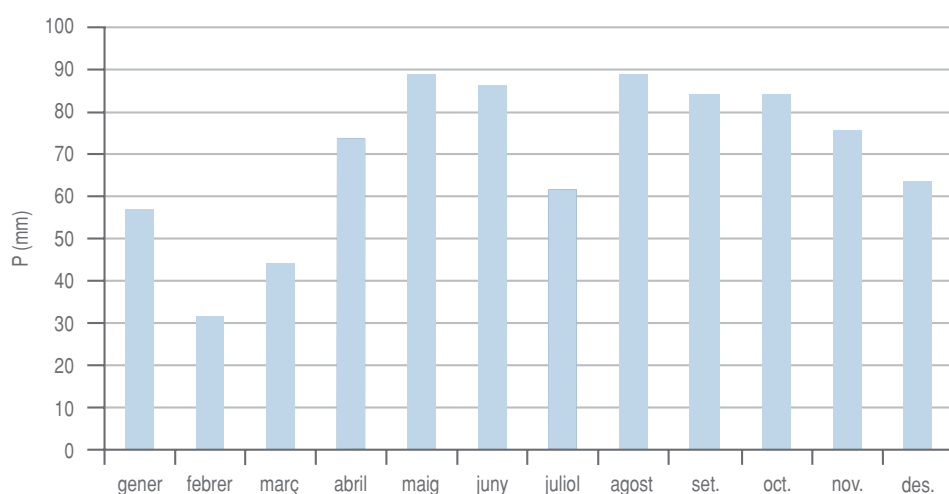
Distribució de les precipitacions mitjanes anuals de la sèrie 1974-2005.

Pluviometria

Pel que fa a la distribució de les pluges, s'aprecia un gradient del sud cap al nord que tradueix la diferència pluviomètrica que hi ha entre el vessant sud dels Pirineus, amb influència mediterrània, i el vessant nord, molt més afectat per les borrasques atlàntiques.

El mòdul pluviomètric als observatoris d'Andorra té una distribució desigual segons les estacions de l'any. El total de precipitacions estacionals presenta un màxim a l'estiu a totes les estacions meteorològiques, l'altre màxim és a la tardor i el mínim correspon a l'hivern.

El règim pluviomètric de les estacions meteorològiques d'Andorra i de la seva rodalia, tant les que tenen influència més mediterrània com les que tenen una influència atlàntica més gran, és estiu-tardor-primavera-hivern (ETPH), cosa que significa que l'estació més plujosa és l'estiu, seguida de la tardor, la primavera i finalment l'hivern.



Distribució de les precipitacions mitjanes mensuals a l'estació Central (1974-2005).

Càlcul de l'any sec i l'any humit

Com a conseqüència de les grans variacions interanuals que presenta la precipitació i per facilitar els càlculs hidrometeorològics, s'ha establert l'any més sec i l'any més humit. S'ha partit de les sèries pluviomètriques reconstituïdes des del 1974 fins al 2005 i per a totes les estacions meteorològiques seleccionades. Com a valor de comparació s'ha pres la mitjana de precipitació anual per a cada estació.

El resultat del càlcul ha donat com a anys més característics de les estacions analitzades els anys hidràulics següents:

- Anys més humits: 1996 i 1992
- Anys més secs: 1991 i 2005

Temperatura

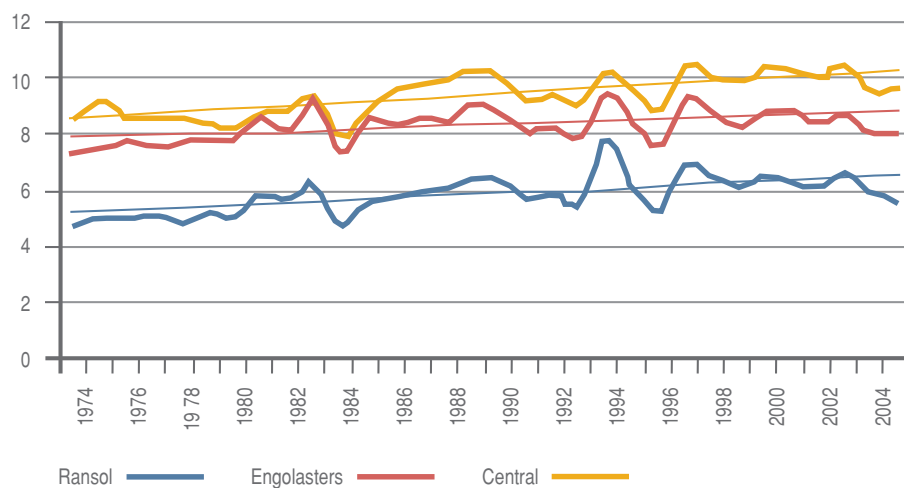
Si es compara les estacions meteorològiques del vessant sud amb les del nord o de cotes més altes, es pot apreciar que:

- El valor de la temperatura mensual és lleugerament superior al vessant sud que al nord.

- La distribució mensual de temperatures és gairebé idèntica als dos vessants, amb els mínims enregistrats coincidents al gener i el màxim al vessant nord a l'agost, i al vessant sud al juliol.
- El gradient altitudinal no és tan marcat al vessant nord com al sud. A l'àrea que drena cap al Valira, el gradient queda emmascarat pel fenomen de la inversió tèrmica que es produeix a les parts baixes d'aquesta conca vessant.

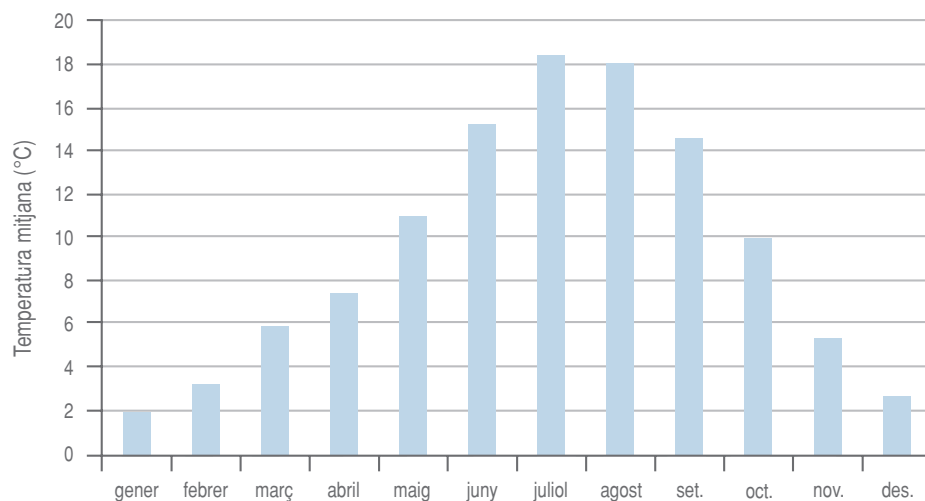
En el cas de la distribució de les temperatures, s'ha plantejat si les temperatures han augmentat al Principat d'Andorra els darrers anys. Les sèries termomètriques més completes d'aquesta zona corresponen a les estacions de Ransol, Engolasters i Central, amb 31 anys de mesures.

En el cas de l'estació Central hi ha un augment molt notable com es posa de manifest amb la línia de tendència. Les estacions de Ransol i Engolasters també presenten una tendència a l'augment. En totes tres estacions s'observa la irregularitat dels registres en anys successius.



Evolució de les temperatures (1974 - 2005). Dades d'origen procedents dels registres realitzats per FHASA i FEDA.

La distribució de les temperatures al llarg de l'any segueix la pauta característica típica dels climes mediterranis, amb mínims a l'hivern (desembre o gener) i màxims estivals (juliol o agost):



Distribució de les temperatures mitjanes mensuals a l'estació Central (1974-2005).

El balanç hídric

Un balanç es defineix com el compendi d'entrades i sortides en un sistema determinat. En aquest sentit, el balanç hídric té per objectiu definir i quantificar aquests vectors des de la perspectiva de l'aigua.

En un balanç hídric a llarg termini, es pot considerar que el conjunt d'entrades al sistema equival al conjunt de sortides del mateix sistema. A efectes pràctics, el balanç hídric s'estableix amb la finalitat de quantificar el recurs hídric, que és la quantitat d'aigua disponible per a un territori.

En un balanç hídric l'escolament total, o pluja útil, ve donat per la precipitació que no queda retinguda al sòl i que s'escapa de l'evapotranspiració. Aquesta 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 n'acaba sortint.

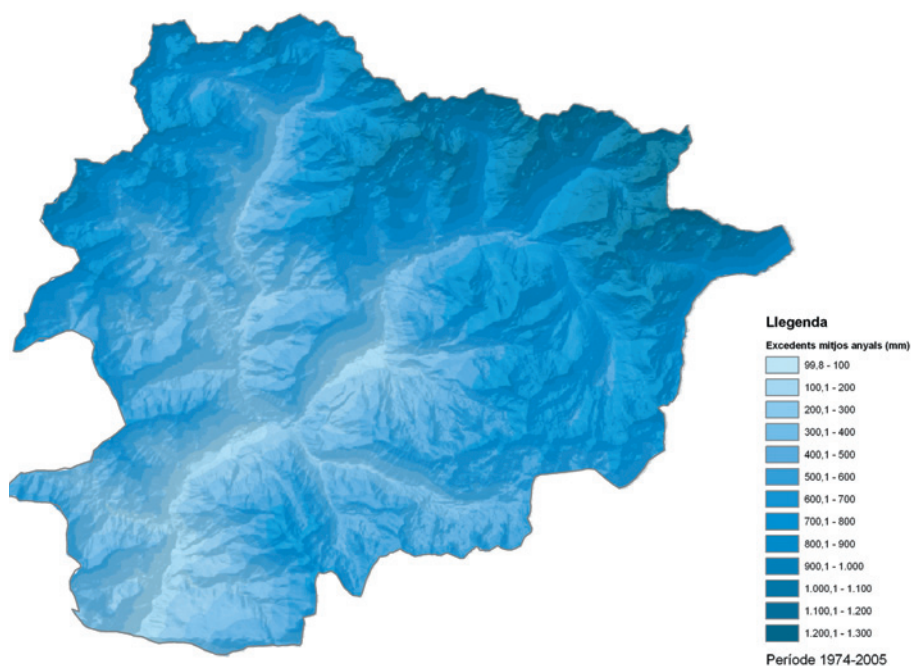
L'expressió que permet deduir la pluja útil és la següent:

$$P = ETR + Ex$$

$$Ex = E + I$$

on:

- **P** és la precipitació total, sòlida i líquida
- **ETR** és l'evapotranspiració real
- **Ex** és la pluja útil o escolament total (excedents)
- **E** és l'escolament superficial directe
- **I** és la infiltració



Excedents anuals amb la reserva de 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite (1974-2005).

El mètode utilitzat per establir els valors del balanç hídric ha estat el mètode indirecte de Thornthwaite. Per calibrar el model s'ha fixat un valor per a la reserva hídrica del sòl de 30 mm per a tot el país. D'aquesta manera s'han simplificat els càlculs sabent que en alguns llocs la reserva del sòl ha estat subestimada i en altres llocs ha estat sobreestimada.

Tenint en compte aquestes consideracions, l'evapotranspiració presenta valors màxims de 570 mm, mínims de 310 mm i mitjans de 434 mm. Això significa que el 43,52% de les precipitacions s'evapora. Els valors màxims es troben al fons de vall principalment del centre del país i al sud, i els valors mínims se situen a les capçaleres, sobretot de la part oriental.

Del model de balanç hídric obtingut, el valor mitjà de pluja útil o excedents és de 563 mm, amb valors mínims de 99 mm i màxims de 1.212 mm.

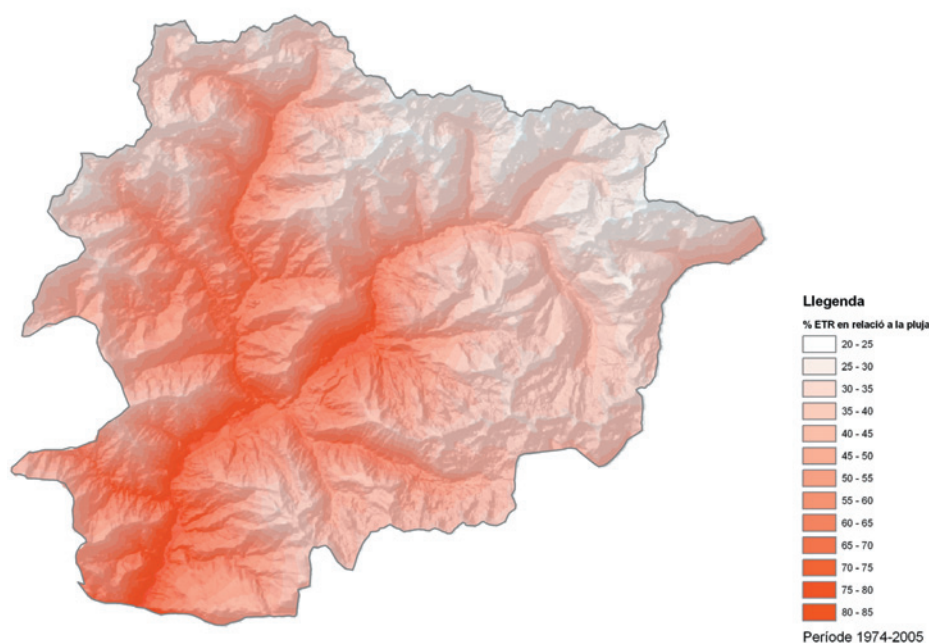
La taula següent mostra els paràmetres que defineixen el balanç hídric anual en tres escenaris: any sec, any humit i any mitjà.

	ANY HUMIT	ANY MIG	ANY SEC
PRECIPITACIÓ	596,03 Hm ³ /any	466,01 Hm ³ /any	345,12 Hm ³ /any
PLUJA ÚTIL	404,03 Hm ³ /any	263,22 Hm ³ /any	179,58 Hm ³ /any
PLUJA ÚTIL DISPONIBLE*	363,62 Hm ³ /any	236,90 Hm ³ /any	161,62 Hm ³ /any
ETR	162,00 Hm ³ /any	202,79 Hm ³ /any	165,54 Hm ³ /any

El recurs hídric mitjà anual al Principat d'Andorra, calculat per al període 1974-2005, és de 263 Hm³/any. Aquest recurs pot disminuir fins a un 31,8% en un any sec, mentre que en un any humit l'augment pot arribar al 53,5%.

Pluja útil i pluja útil disponible en un any humit, mitjà i sec.

* Descomptant el cabal ecològic, avaluat com un 10% de la pluja útil.



Evapotranspiració (%) anual amb la reserva de 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite, en relació amb la precipitació total (1974-2005).

De les quantitats d'aigua rebuda en forma de precipitació se n'ha restat l'evapotranspiració, i així s'ha obtingut el valor relatiu a la pluja útil. Sobre aquest valor, per obtenir el valor de la pluja útil disponible, s'ha restat la quantitat d'aigua estimada pel cabal ecològic que representa un 10% del recurs hídric.

Si bé el recurs hídric mitjà anual que el Principat d'Andorra pot considerar com a propi ascendeix a uns 263 Hm³, diverses unitats hidrogeològiques dels països veïns aporten les seves aigües sobre el territori andorrà. Entre aquestes unitats, destaquen la conca espanyola del riu d'Os i la conca francesa del riu Ariège.

La taula següent engloba el conjunt de les unitats hidrogeològiques estudiades en els tres escenaris: any humit, any mitjà i any sec:

	ANY HUMIT	ANY MIG	ANY SEC
PRECIPITACIÓ	654,30 Hm ³ /any	513,46 Hm ³ /any	381,13 Hm ³ /any
PLUJA ÚTIL	435,49 Hm ³ /any	281,97 Hm ³ /any	184,28 Hm ³ /any
PLUJA ÚTIL DISPONIBLE*	391,94 Hm ³ /any	253,77 Hm ³ /any	165,85 Hm ³ /any
ETR	218,81 Hm ³ /any	231,49 Hm ³ /any	196,84 Hm ³ /any
ÀREA CONSIDERADA:	515,08 Km ²		

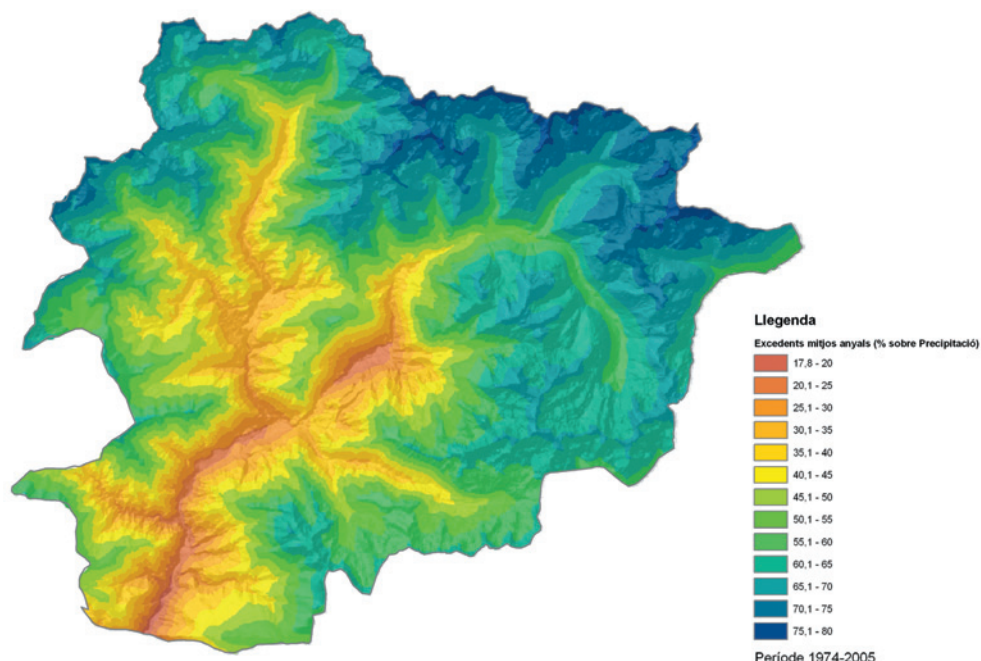
Pluja útil i pluja útil disponible en un any humit, mitjà i sec.

* Descomptant el cabal ecològic, avaluat com un 10% de la pluja útil.

Aquests resultats són compatibles amb els de conques veïnes com la Vall d'Aran i la Cerdanya.

El mapa següent presenta el percentatge de precipitacions que esdevenen pluja útil. Els excedents mitjans suposen un 56,5% de les precipitacions.

Si es considera tota la superfície relacionada amb el país (en especial la zona d'Os de Civís i de l'Ariège), el valor de la pluja útil o excedents, s'eleva fins a 282 Hm³/any.



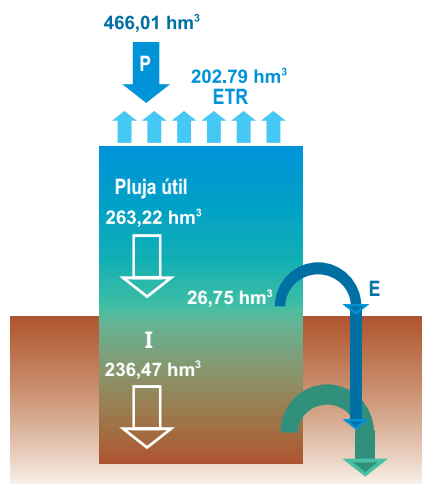
Distribució dels excedents en percentatge respecte a la precipitació (1974-2005).

La distribució dels excedents

L'escolament superficial directe i la infiltració

Per estimar el comportament de la pluja un cop toca el terreny, és a dir, per saber si s'escola superficialment i de forma directa per aquest terreny, o si s'infiltra pel sòl i recarrega els aquífers, s'ha elaborat el model següent:

Davant una precipitació (P) i descomptant a efectes de càlcul l'evapotranspiració real (ETR), la part que no genera escolament directe (E) queda com a retenció superficial o infiltració (I).



El valor mitjà de la infiltració per al conjunt del Principat d'Andorra, i per al període 1974-2005, és de 505,60 mm, cosa que representa un 51% en relació amb la precipitació mitjana total.

La distribució dels excedents

El cabal infiltrat acaba sortint del subsòl a través de diverses fonts i cap als mateixos torrents. El cabal infiltrat forma part del magatzem hídric subterrani.

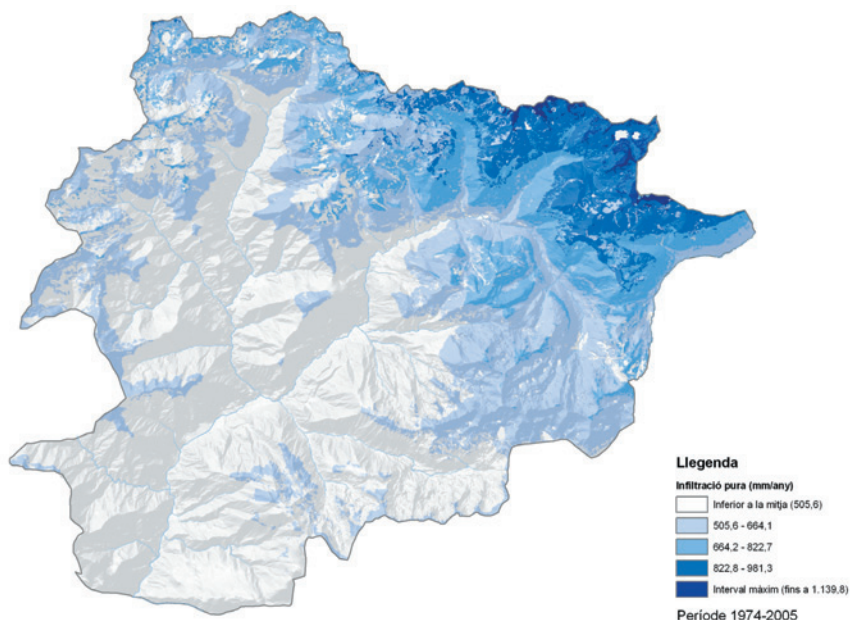
Per quantificar l'escolament directe que es genera amb una precipitació donada, s'ha de prendre en compte les característiques del terreny, com el tipus de sòl, la coberta vegetal, l'ús del sòl i les condicions hidrològiques. Aquestes característiques han permès establir el model del nombre de corba. Es tracta d'un dels models més utilitzats, perquè permet relacionar els resultats i les hipòtesis adoptades amb un ampli ventall d'estudis existents.

Nombre de corba: com més alt és el nombre de corba, més petita és la precipitació lliandar. La precipitació lliandar és la precipitació a partir de la qual comença l'escolament superficial. Així, per un nombre de corba més alt, més escolament superficial hi ha per la mateixa precipitació.

Segons el model del nombre de corba i el balanç hídric, s'ha pogut elaborar el model geogràfic d'infiltració anyal. Segons aquest últim, els valors màxims d'infiltració són de 1.127 mm, i se situen en les capçaleres gnèssiques (valors màxims a la vall d'Incles) a causa del material, de la coberta vegetal, de la seva alçada i de la quantitat de precipitació que reben aquestes zones. Els valors mínims se situen als fons de valls antropitzats i al sud-oest del país.

En vista de les hipòtesis considerades per a l'establiment d'aquests models, en especial en relació amb el mètode aplicat en la realització de les precipitacions diàries i en el fet que aquest mètode no ha tingut en compte les precipitacions molt copioses, és probable que la infiltració estigui sobrevalorada, infravalorant per tant l'escolament superficial directe.

La suma de la quantitat que s'escola amb la quantitat que s'infiltra equival al conjunt dels excedents, o pluja útil, o recurs hídric.

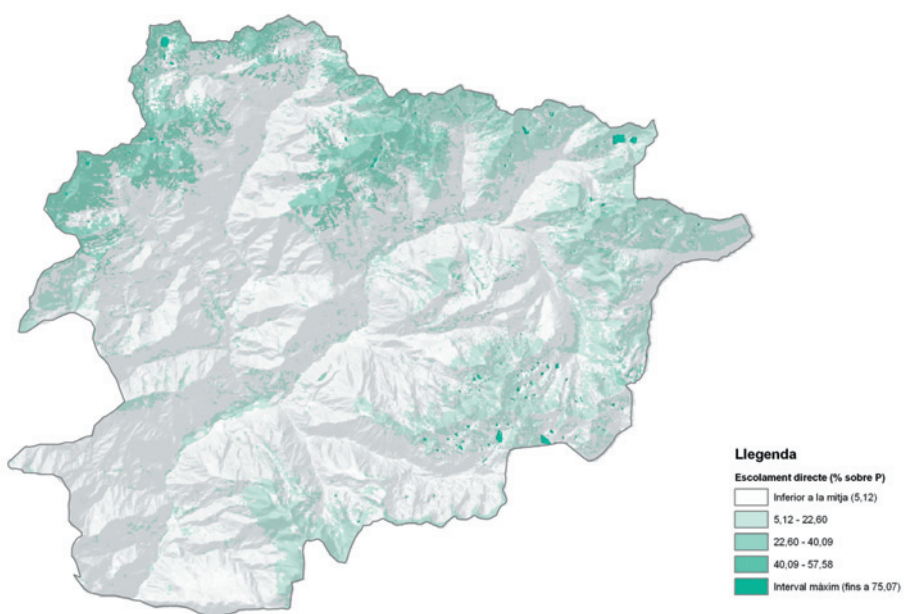


Distribució de la infiltració (mm/any). En blanc, les zones que tenen una infiltració inferior a la infiltració mitjana del Principat d'Andorra (1974-2005).

Mentre que els valors més elevats d'escolament directe superficial se situen bàsicament a la capçalera del Valira del Nord, els valors més importants d'infiltració se centren a la capçalera del riu d'Incles i en general a la zona nord-est del Principat d'Andorra. Aquests fets tenen unes repercussions clares sobre el funcionament hidrològic, tant del riu Valira del Nord, com del riu Valira d'Orient.

Amb l'aplicació del mètode del nombre de corba per a cadascun dels episodis de precipitació (1974-2005), s'obté un mapa d'escolament superficial mitjà. El valor mitjà d'escolament anyal al país és de 57,19 mm. Tenint en compte que la precipitació mitjana al país és de 996,39 mm, l'escolament superficial anyal ascendeix a un 5,74% de la precipitació.

Tal com s'observa en el mapa següent, les zones amb un escolament superficial més gran són les capçaleres dels rius amb tarteres.

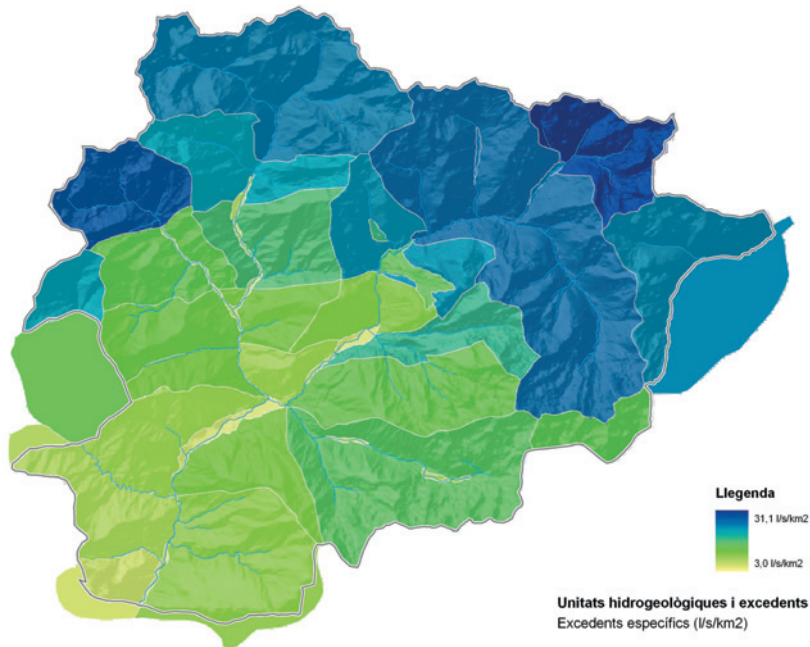


Distribució de l'escolament superficial directe (mm/any). En blanc, les zones que tenen un escolament superficial directe inferior a la mitjana del Principat d'Andorra.

El recurs hídric disponible i la seva distribució geogràfica

Si bé en els punts anteriors s'ha quantificat el recurs hídric mitjà disponible per al Principat d'Andorra en 263 Hm³/any (563 mm), a efectes de gestió és interessant i necessari conèixer-ne el repartiment per zones o per unitats de gestió. A aquest efecte, s'ha dividit el territori del Principat d'Andorra en unitats hidrogeològiques, que són les unitats que han de servir com a base territorial per a la gestió del recurs.

El mapa següent mostra els excedents o pluja que escapa de l'evapotranspiració sobre les unitats hidrogeològiques o de gestió.



Unitats hidrogeològiques o unitats de gestió, i excedents específics.

El magatzem hídric

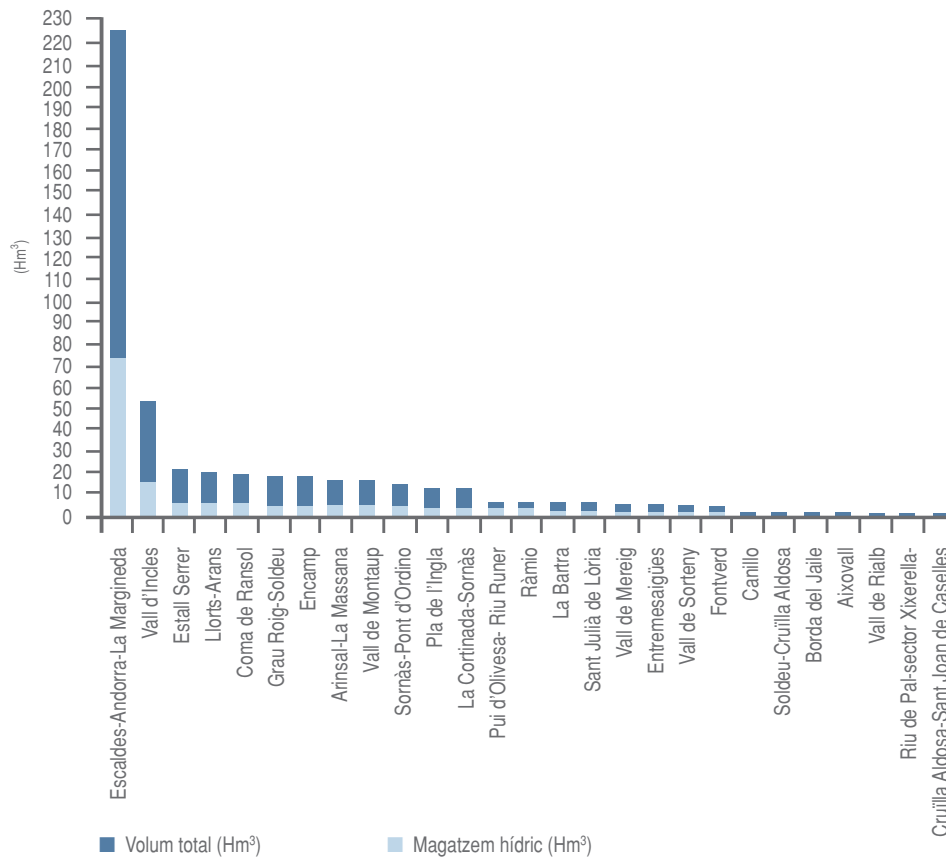
A l'efecte de millorar la gestió de l'aigua, no només és necessari conèixer el recurs hídric del país, també és necessari conèixer de quina manera el recurs es distribueix, com es pot utilitzar i en quins indrets es pot aprofitar. En aquest sentit, és més important establir i definir cadascun dels processos que intervenen des que les precipitacions arriben sobre el territori, passant per tots els processos d'infiltració i escolament (superficial i subterrani). Convé posar en relleu que les formacions geològiques es poden comportar com a veritables magatzems hídrics naturals, en contínua renovació.

Atesa la dificultat d'estimar els volums útils que poden ser ocupats per l'aigua subterrània en substrats poc o molt poc porosos, només s'ha avaluat el magatzem hídric subterrani en cubetes de fons de vall (quaternàries).

En aquest sentit, en la taula següent es presenten els valors més significatius de les cubetes de fons de vall identificades. El volum d'aquestes cubetes ascendeix a 504,26 Hm³; considerant una porositat mitjana del 33%, la seva capacitat de magatzem hídric es valora en uns 165,65 Hm³. D'aquestes cubetes, la cubeta d'Escaldes-Andorra-la Margineda representa per si mateixa més del 45% del magatzem hídric potencial del Principat d'Andorra.

CUBETA DE FONTS DE VALL	VOLUM TOTAL (Hm³)	MAGATZEM HÍDRIC (Hm³)	%	% CUMULAT
ESCALDES - ANDORRA - LA MARGINEDA	227,05	74,93	45,2%	45,2%
VALL D'INCLES	55,01	18,15	11,0%	56,2%
ESTALL SERRER	22,72	7,50	4,5%	60,7%
LLORTS - ARANS	21,91	7,23	4,4%	65,1%
COMA DE RANSOL	20,64	6,81	4,1%	69,2%
GRAU ROIG-SOLDEU	18,20	5,46	3,3%	72,5%
ENCAMP	16,34	5,39	3,3%	75,7%
ARINSAL - LA MASSANA	15,57	5,14	3,1%	78,8%
VALL DE MONTAUP	15,09	4,98	3,0%	81,9%
SORNÀS - PONT D'ORDINO	14,40	4,75	2,9%	84,7%
PLA DE L'INGLA	12,78	4,22	2,5%	87,3%
LA CORTINADA - SORNÀS	12,49	4,21	2,5%	89,8%
PUI D'OLIVESA - RIU RUNER	7,54	2,49	1,5%	91,3%
RÀMIO	7,33	2,42	1,5%	92,8%
LA BARTRA	6,92	2,28	1,4%	94,1%
SANT JULIÀ DE LÒRIA	6,68	2,20	1,3%	95,5%
VALL DE MEREIG	5,67	1,87	1,1%	96,6%
ENTREMESAIGÜES	5,05	1,67	1,0%	97,6%
VALL DE SORTENY	4,45	1,47	0,9%	98,5%
FONTVERD	3,89	1,29	<1%	99,3%
CANILLO	1,10	0,36	<1%	>99%
SOLDEU - CRUÏLLA ALDOSA	0,95	0,28	<1%	>99%
BORDA DEL JAILE	0,92	0,03	<1%	>99%
AIXOVALL	0,82	0,27	<1%	>99%
VALL DE RIALB	0,62	0,21	<1%	>99%
RIU DE PAL –SECTOR XIXERELLA–	0,11	0,04	<1%	>99%
CRUÏLLA ALDOSA - ST.JOAN DE CASELLES	0,04	0,01	<1%	>99%
EL SERRAT - LES SALINES	0,01	0,00	<1%	>99%
TOTAL	504,30	165,65	-	-

Cubetes de fons de vall i capacitat d'emmagatzematge d'aquestes.



Cubetes de fons de vall i magatzem hídric.

De les cubetes quaternàries, només s’han escollit les més rellevants, amb capacitat d’emmagatzematge per sobre de 2 Hm³/any. El conjunt d’aquestes cubetes representen més del 95% del magatzem hídric subterrani potencial del Principat d’Andorra.

Les cubetes quaternàries de fons de vall es comporten com un gran magatzem o dipòsit d’aigua, i no es pot obviar que la immensa majoria de la població i de les activitats es troben precisament també al fons de les valls; per tant, es planteja una situació de risc potencial per a aquests reservoris hídrics.

S’estima el magatzem hídric subterrani potencial del Principat d’Andorra, considerant únicament les cubetes de fons de vall, en uns 165,65 Hm³. D’aquests, el 45% s’atribueix a la cubeta d’Escaldes-Andorra-la Margineda, que és, per tant, amb molta diferència, la cubeta quaternària de fons de vall i el reservori hídric més important del país.

Conclusions

- L'anàlisi de les dades meteorològiques històriques per al període 1974-2005, període representatiu de les dades meteorològiques més recents tal com recomana l'Organització Mundial de la Meteorologia (OMM), ha portat a la confecció dels mapes dels models de precipitació i de temperatura del Principat d'Andorra, i ha possibilitat l'establiment d'un balanç hídric a partir del qual s'ha quantificat el recurs hídric mitjà disponible.
- La precipitació mitjana del Principat d'Andorra s'eleva a 996,39 mm. El règim pluviomètric de les estacions meteorològiques analitzades, tant les que tenen influència mediterrània, com les que tenen una influència atlàntica més gran, és estiu-tardor-primavera-hivern (ETPH).
- Pel que fa a la temperatura mitjana del país, es quantifica en 4,08°C. La distribució mensual de les temperatures és gairebé idèntica en ambdós vessants, amb els mínims enregistrats coincidents al gener i els màxims al juliol o a l'agost, seguint la pauta característica dels climes mediterranis. El gradient altitudinal no és tan marcat al vessant nord com al sud.
- En una anàlisi anual o plurianual, tota la pluja útil acaba drenant cap als rius principals, és a dir, que tot el que entra en el sistema n'acaba sortint. En aquest sentit, s'ha pogut quantificar la pluja útil o excedents en 563 mm per any, de mitjana. Així mateix, s'ha valorat l'evapotranspiració mitjana en 434 mm, cosa que representa el 43,5% de les precipitacions totals.
- D'acord amb les dades anteriors, i considerant la superfície del país, el recurs hídric mitjà anual disponible per al Principat d'Andorra ascendeix a 263 Hm³/any. La variabilitat d'aquest recurs en el període analitzat (1974-2005), en un any sec, es quantifica en una disminució del 31,8%, mentre que en un any humit l'augment respecte al recurs mitjà es quantifica en el 53,5%.
- Sobre la base del model geogràfic d'infiltració anual elaborat, el valor mitjà de la infiltració per al conjunt del Principat d'Andorra, i per al període 1974-2005, és de 505,60 mm, cosa que representa un 51% en relació amb la precipitació mitjana total. Pel que fa a l'escolament superficial directe, s'estima en 57,19 mm. Mentre que els valors més elevats d'escolament directe superficial se situen bàsicament a la capçalera del Valira del Nord, els valors més importants d'infiltració se centren a la capçalera del riu d'Incles i en general a la zona nord-est del Principat d'Andorra. Aquests fets tenen unes repercussions clares sobre el funcionament hidrològic, tant del riu Valira del Nord, com del riu Valira d'Orient.
- Atesa la dificultat d'estimar els volums útils que poden ser ocupats per l'aigua subterrània en substrats globalment poc o molt poc porosos, només s'ha avaluat el magatzem hídric subterrani en cubetes quaternàries. La capacitat d'emmagatzematge hídric d'aquestes cubetes de fons de vall ascendeix a uns 165,65 Hm³. D'aquestes cubetes, la cubeta d'Escaldes-Andorra-la Margineda representa per si mateixa més del 45% del magatzem hídric potencial del Principat d'Andorra.
- Si bé les cubetes quaternàries de fons de vall es comporten com un gran magatzem o dipòsit d'aigua, no es pot obviar que al país la immensa majoria de la població i de les activitats es troben precisament també en el fons de les valls; per tant, es planteja una situació de risc potencial per a aquests reservoris hídrics. L'interès d'aquestes cubetes com a reservoris hídrics es contraposa a la situació de risc a la qual poden estar sotmeses.

2

La demanda hídrica



Introducció

Els usos de l'aigua són molt canviants tant en el temps com en l'espai. La necessitat d'aigua evoluciona amb el temps paral·lelament a l'evolució econòmica; generalment, com més avançada és una societat, més aigua exigeix. L'home primitiu consumia tan sols aigua per beure i menjar. Es calcula que podia gastar uns 10 litres/habitant/dia; en canvi, l'habitant d'una ciutat moderna necessita entre 300 i 400 litres/habitant/dia.

Els usos de l'aigua també són variables en l'espai, segons les activitats econòmiques desenvolupades en cada territori. Hi ha zones que gasten la major part de l'aigua en agricultura, altres destinen bona part d'aquest recurs al turisme, a la indústria, a la generació d'energia (aigua turbinada o aigua de refrigeració), o al consum domèstic.

Malgrat que els usos de l'aigua evolucionen amb el temps, i generalment cada vegada es necessita més aigua, els recursos hídrics, a llarg termini i de mitjana, es mantenen constants. Això comporta, en algunes ocasions, privilegiar alguns usos en detriment d'altres quan s'arriba a una despesa equivalent al recurs disponible.

Conèixer, doncs, els usos actuals i les previsions d'usos futurs de l'aigua en un territori és indispensable tant per fer una bona planificació hidrològica i econòmica com per tenir un desenvolupament adequat.

La despesa global d'aigua per usos

La despesa hídrica del Principat engloba els usos següents:

- Aigua domèstica (consum privat, hotel·er, regs, indústries, pèrdues de xarxa)
- Pistes d'esquí (neu artificial, restaurants)
- Hidroelectricitat
- Termalisme
- Ramaderia, agricultura i piscifactoria

Es considera que hi ha dues maneres d'utilitzar l'aigua, segons si se'n modifica o no la qualitat:

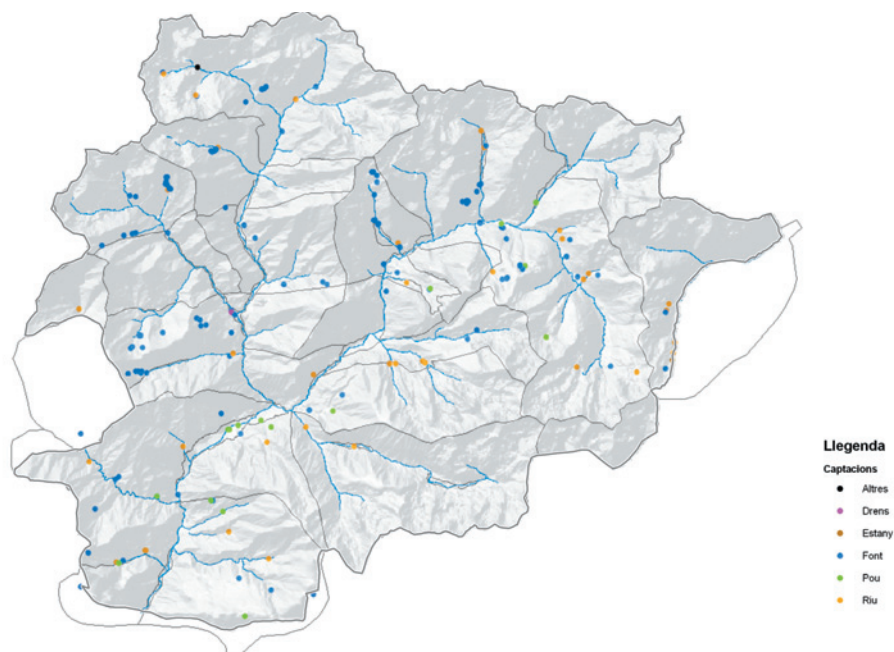
- es parla d'un **ús consumptiu** quan s'extreu l'aigua de la seva ubicació natural, s'utilitza i es retorna al medi en un lloc diferent, reduïda en quantitat i especialment en qualitat.
- es parla d'**ús no consumptiu** quan s'extreu l'aigua del seu lloc natural, s'utilitza i es retorna al medi sense modificar-ne la quantitat ni la qualitat.

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

Els usos consumptius

Les xarxes d'abastament i el consum domèstic

En relació amb les captacions d'aigua per a consum humà i agrícola, destaquen les captacions de fonts i rius i les captacions de pous.



Captacions conegudes d'aigua per consum humà i altres.

ORIGEN DE CAPTACIONS	NOMBRE	%
FONT	139	70,9
RIUS	37	18,9
POU	18	9,2
DRENS	1	0,5
ESTANY	1	0,5
TOTAL	196	100

Captacions d'aigua, segons l'estudi *Les aigües subterrànies del Principat d'Andorra*.

Aquest quadre posa de manifest la predominança de les captacions en fonts i rius, respecte de les fetes directament sobre les aigües subterrànies, mitjançant pous o drens. Aquesta dada s'ha de considerar amb precaució perquè existeixen pous que no han estat declarats.

Segons un estudi del Ministeri de Salut, Benestar, Família i Habitatge, hi ha 51 xarxes d'aigua; d'aquestes, 42 són operatives tot l'any. El 59% són comunals i s'estima que donen servei al 97% de la població. Algunes cobreixen grans zones, com la xarxa del Comú d'Andorra la Vella i la d'Escaldes-Engordany (gestionada per CAPESA). Hi ha altres xarxes petites que abasteixen pocs habitatges i de vegades algun hotel.

La diversitat de situacions que es pot trobar al Principat és important, i això fa que la gestió de l'aigua en termes de satisfacció de la demanda hídrica per a ús domèstic sigui complexa i poc unificada.

En el marc de l'estudi relatiu a les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, i a l'hora d'obtenir informació relativa a la demanda hídrica i als consums d'aigua, s'han utilitzat les dades de les xarxes que serveixen a un gran nombre de població i se n'ha extrapolat els resultats a la resta, ja que els valors més significatius i fiables provenen d'aquestes xarxes.

S'han obtingut dos tipus de dades:

- El volum total d'aigua facturada, dada que no conté l'aigua de pèrdues ni els altres usos no facturats com ara reg de carrers i extinció d'incendis.
- L'aigua extreta de les captacions; aquesta dada ha permès calcular la despesa real d'aigua per càpita.

A partir de les dades d'aigua aforada i les dades de facturació s'ha pogut estimar en un 40% el percentatge de pèrdues, entenent per pèrdues el volum d'aigua que realment perd la xarxa a les seves canonades més els usos no facturats. Diversos tècnics que es dediquen a la gestió de l'aigua a Andorra han avalat aquest percentatge.

En el quadre següent es presenten les dades obtingudes sobre la despesa d'aigua per habitant a Andorra.

Amb la finalitat de corregir les dades que han estat proporcionades com a cabals captats o distribuïts, en relació amb les dades proporcionades com a cabals facturats, s'ha aplicat un factor de correcció del 40% relatiu a les pèrdues estimades a la xarxa de distribució.

XARXA	CONSUM D'AIGUA LITRES/HABITANT/DIA A PARTIR DE DADES DE FACTURACIÓ	DESPESA FINAL D'AIGUA LITRES/HABITANT/DIA
ENCAMP	246,4	410,6
ORDINO	244,0	406,0
LA MASSANA	236,7	394,5
ANDORRA LA VELLA	490,0	490,0
SANT JULIÀ DE LÒRIA	190,6	317,6
ESCALDES-ENGORDANY	567,0	567,0

Despesa d'aigua per habitant.

En el cas de les xarxes d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany les pèrdues de la xarxa estan incloses en la dada. No es disposa de dades comparables per la parròquia de Canillo, excepte per Soldeu.

Si bé dades més recents han quantificat la despesa hídrica mitjana del Principat d'Andorra en 375 litres/habitant/dia; l'any 2005 aquesta despesa es va quantificada en 446 litres/habitant/dia. Aquesta despesa, traslladada al total de població del país, equival a 12,7 Hm³ per any.

Les dades mostren una variació que pot arribar a ser del 30% en el consum final específic (litres/habitant/dia) entre les xarxes; aquesta variació depèn dels usos no estrictament domèstics, com el nombre d'hotels de la parròquia, el nombre d'habitatges amb piscina, la presència d'indústries, etc. Per exemple, a Soldeu la despesa d'aigua és substancialment superior (720 litres/hab./dia) a la de les altres xarxes; aquest valor posa en evidència la importància de la despesa hotelera en aquesta zona, entre d'altre.

Per fer una mitjana global de tot el país, s'ha de ponderar la despesa d'aigua pel nombre d'habitants.

XARXA	DESPESA FINAL D'AIGUA LITRES/HABITANT/DIA	NOMBRE D'HABITANTS	DESPESA TOTAL D'AIGUA LITRES/DIA
ENCAMP	410,6	13.491	5.539.404
ORDINO	406,0	3.183	1.292.298
LA MASSANA	394,5	7.973	3.145.348
ANDORRA LA VELLA	490,0	23.346	11.439.540
SANT JULIÀ DE LÒRIA	317,6	9.162	2.909.851
ESCALDES-ENGORDANY	567,0	9.600	5.443.200
TOTAL		66.755	29.769.641
MITJANA PONDERADA, LITRES/HABITANT/DIA			446

Despesa total d'aigua.

Per tant, la despesa d'aigua per al conjunt d'Andorra, i per a usos estrictament consumptius urbans, és de 446 litres/habitant/dia, que equivalen a 12,7Hm³/any, al total de població del país de 66.755 habitants. Val a dir que aquestes dades fan referència a la quantitat d'aigua extreta, i no a l'aigua realment consumida pels diferents usos, que representa un valor molt inferior.

Dades més recents extretes de l'estudi sobre la despesa hídrica del Principat d'Andorra (any 2007), quantifiquen aquesta despesa en 375 litres/habitant/dia, sempre amb la consideració anterior.

Hostaleria (consum inclòs en el càlcul anterior)

A partir de la capacitat hotelera i dels percentatges d'ocupació podem estimar el nombre màxim de turistes que Andorra pot arribar a allotjar. En un dia d'ocupació màxima, es calcula que hi ha uns 37.652 hostes, que ocupen 13.916 habitacions; això equival a una ocupació de 2,7 hostes/habitació.

El consum d'aigua que s'utilitza en aquest càlcul és el facilitat per un grup hotelier del Principat d'Andorra. El càlcul s'ha fet per a hotels de quatre estrelles. No obstant això, la despesa mitjana d'aigua no varia de forma substancial entre hotels de categories diferents.

La despesa d'aigua per a hotels de quatre estrelles, segons les dades facilitades pel grup hotelier esmentat anteriorment, és de 1.000 litres/habitació/dia en dies de màxima ocupació hotelera (dia punta).

Així doncs, extrapolant aquestes dades a les obtingudes quant a ocupació màxima, s'obtenen els consums següents:

	% d'ocupació	Capacitat en nombre d'habitacions	Ocupació punta nombre d'habitacions	Consum d'aigua en dia punta m ³ (x 1 m ³ /habitació)
CANILLO	98,00	2.286	2.240	2.240
ENCAMP	97,00	998	968	968
EL PAS DE LA CASA (ENCAMP)	97,00	2.440	2367	2367
ORDINO	94,54	707	668	668
LA MASSANA	99,27	2.032	2.017	2.017
ANDORRA LA VELLA	98,55	2.732	2.692	2.692
SANT JULIÀ DE LÒRIA	99,33	603	599	599
ESCALDES-ENGORDANY	97,56	2.426	2366	2366
TOTAL		14.224	13.917	13.917 m³

Consum d'aigua estimat als hotels del Principat d'Andorra en un dia d'ocupació màxima.

D'aquesta taula es dedueix que en un dia d'ocupació punta es necessiten 13.917 m³ per abastir els hotels d'Andorra (sense tenir en compte les pèrdues de la xarxa).

Termalisme

Les dades que es presenten en aquest punt s'han obtingut a partir d'una única instal·lació amb vocació termolúdica.

Els consums d'aigua d'aquesta instal·lació són els següents:

DESPESA TOTAL D'AIGUA EN M ³	DESPESA PER VISITANT (LITRES/VISITANT)
209.838	520

Consum d'aigua relatiu estimat en una estació termolúdica del Principat d'Andorra.

Aquest consum equival a 0,21 Hm³/any per un total de poc més de 400.000 visitants.

Els usos no consumptius

Producció de neu

A partir de les dades facilitades per les estacions d'esquí s'ha pogut avaluar la despesa total d'aigua tant pel que fa a la fabricació de la neu artificial, com per a la despesa turística.

ESTACIÓ	TOTAL DESPESA M ³	NBRE DE DIES D'ESQUÍ	LITRES/ESQUIADOR
ORDINO-ARCALÍS	326.562	215.258	1.517,0
SOLDEU-EL TARTER	407.425	750.000	540,0
PAL-ARINSAL	150.000	583.000	257,2
PAS DE LA CASA-GRAU ROIG	544.200	1.000.000	544,2
TOTAL	1.428.187	2.548.258	
MITJANA PONDERADA EN LITRES/ESQUIADOR/TEMPORADA			560,4

Consum d'aigua relatiu estimat a les estacions d'esquí del Principat d'Andorra, per a una temporada.

Dades facilitades per a una temporada per fabricar neu artificial:

Aquesta dada pot ser molt variable, i no es pot adoptar com a valor absolut i representatiu de la realitat perquè, entre altres factors, el consum relatiu varia en funció de la quantitat de neu caiguda, de l'època en què aquestes precipitacions s'han produït i de les temperatures observades, entre altres factors.

Pel que fa a les instal·lacions d'hostaleria de les estacions d'esquí es calcula una despesa relativa ponderada de 12 litres/esquiador. Aquesta xifra es considera negligible en front de la despesa principal per la producció de neu.

Hidroelectricitat

Segons dades proveïdes per l'estudi promogut pel Departament de Medi Ambient sobre la despesa hídrica actual i futura al Principat d'Andorra (CRECIT, 2005), la producció mitjana anual de FEDA ascendeix a 96 milions de kWh. Aquesta energia de procedència hidroelèctrica i de producció pròpia cobreix el 15% del total consumit a Andorra; la resta s'importa d'Espanya i França.

Al salt d'aigua de 480 m que s'alimenta del llac d'Engolasters, cada m³ d'aigua serveix per fer 1,06 kWh.

DESPESA HIDROELÈCTRICA D'AIGUA	NOMBRE D'HABITANTS	PROPORCIÓ D'AIGUA EN M ³ /HABITANT/ANY	M ³ /HABITANT/DIA
90,57 milions de m ³	78.298	1.156,73 m ³	3,17

Consum d'aigua relatiu estimat per a la producció d'hidroelectricitat.

Per tant, cada any s'utilitzen 90,57 milions de m³ per fabricar el 15% de l'electricitat que es consumeix al país.

Si es compta com una despesa relativa per càpita, sobre la base de la població resident, s'obté els resultats de la taula següent:

Si bé aquesta xifra és important, cal posar de manifest que es tracta d'una despesa hídrica no consumptiva, i per tant la qualitat de l'aigua no es veu alterada. Així mateix, la utilització de l'aigua per a la producció d'hidroelectricitat constitueix l'aprofitament d'un recurs renovable i respectuós amb el medi, en relació amb altres fonts d'energia.

Distribució de la demanda per usos

Els resultats de les estimacions anteriors, fruit de l'estudi promogut pel Departament de Medi Ambient sobre la despesa hídrica actual i futura al Principat d'Andorra (CRECIT, 2005), xifren en més de 100 Hm³/any la despesa hídrica total:

- Suposant una despesa hídrica per a la producció hidroelèctrica de 90,57 Hm³/any.
- Suposant que l'aigua domèstica consumeix 12,7 Hm³/any.
- Suposant un consum per part del termalisme de 0,21 Hm³/any.
- Suposant despesa hídrica a les estacions d'esquí d'1,43 Hm³/any.
- I tenint en compte que no s'ha fet una estimació dels valors de consum per part de l'agricultura i la ramaderia.

Paral·lelament, en el marc de l'estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, també s'han fet estimacions de la despesa hídrica amb els resultats següents:

- En aquest estudi s'entén per ús urbà de l'aigua la utilització del recurs hídric per atendre les necessitats dels nuclis urbans. Aquestes necessitats comprenen les de tipus domèstic, les de tipus comunitari o de serveis públics i les industrials (indústries ubicades dins el nucli de població), les despeses hoteleres i les dels d'habitatges aïllats.

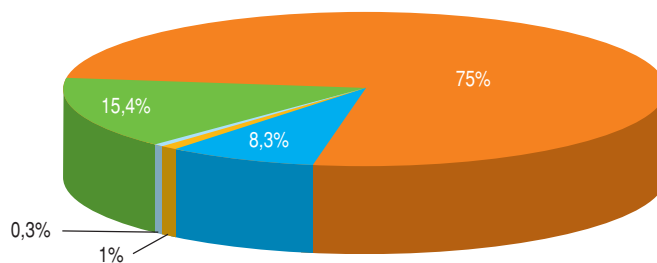
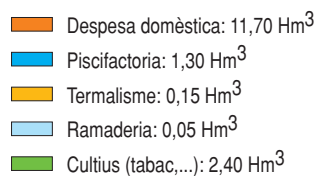
A partir de les dades obtingudes, s'ha pogut estimar la despesa hídrica del Principat d'Andorra en uns 100 Hm³ per any. D'aquest consum, el gros de la despesa s'atribueix als usos no consumptius. En el marc dels usos consumptius la despesa hídrica més elevada es dedica a l'abastament.

- Cal considerar que a totes les xarxes urbanes hi ha un percentatge de pèrdues que acostuma a ser del 20 al 40% de l'aigua transportada. Aquesta xifra correspon a la mitjana alta d'altres ciutats europees.

Es valora en 96 Hm³/any la despesa hídrica total d'Andorra, 80,42 Hm³/any dels quals són no consumptius i 15,59 Hm³/any són consumptius.

DESPESA	Hm ³ /ANY	%
HIDROELECTRICITAT	79,20	82,5%
DESPESA DOMÈSTICA	11,70	12,2%
CULTIUS (TABAC...)	2,40	2,5%
PISCIFACTORIA	1,30	1,4%
PISTES D'ESQUÍ	1,22	1,3%
TERMALISME	0,15	0,2%
RAMADERIA	0,05	0,0%
TOTAL	96,02	100%

Distribució dels consums d'aigua.



Distribució de les despeses consumptives.

Per usos, el sector hidroelèctric consumeix el 83% del recurs, seguit del consum domèstic (12%). Com a consums menors destaca el consum per al termalisme i la ramaderia (<1%).

L'estimació final del total de la despesa hídrica del Principat d'Andorra s'eleva a 3.360 litres per habitant i per dia, de mitjana al llarg de l'any, comptabilitzant tots els usos. És fàcil pensar que aquest valor augmenta considerablement en certes èpoques de l'any, com ara a l'hivern, quan les necessitats de determinades activitats econòmiques requereixen uns consums més importants.

L'estalvi

Encara que la despesa hídrica d'Andorra sigui compatible amb el recurs existent, és necessari que els ciutadans desenvolupin uns hàbits encaminats a una disminució del consum i de la pròpia despesa. Amb aquest objectiu ja fa anys que el conjunt de les administracions impulsen accions enfocades a fomentar l'estalvi de l'aigua.

Les campanyes de sensibilització i el material pedagògic tenen per objectiu aportar consell pràctic i hàbits que permetin l'estalvi de l'aigua i un consum responsable, i han de permetre assolir els objectius fixats a mig i llarg termini.

Material pedagògic

L'any 2007 es va posar en funcionament un taller adreçat a les escoles amb el nom de "Una gota val per molt". Aquest taller es realitza amb la intervenció d'un animador del Centre Andorra Sostenible i permet que els escolars descobreixin quins són els usos més consumidors d'aigua i de quina manera els ciutadans poden intervenir en l'estalvi d'aigua i en la millora de la seva gestió.

S'han distribuït en els centres escolars uns plafons on s'expliquen els diferents usos de l'aigua i el cicle d'utilització del recurs des de la seva captació fins al seu retorn al medi després de ser sanejat mitjançant les estacions de depuració.

S'ha treballat amb la televisió, en col·laboració amb el Club Piolet, per realitzar una sèrie de dibuixos animats on un personatge en forma de gota d'aigua: L'Ona, introdueix prop dels infants consells relatius a la gestió de l'aigua.

Aquesta col·laboració s'ha complementat, a partir del 2008 amb la participació en la Piorevista.



L'Ona, personatge animat que aporta consells sobre l'aigua en l'espai "Recicla, clar!" del Club Piolet.

Sensibilització de la població

En col·laboració amb els Comuns, s'ha distribuït un fulletó en forma de casa, en el qual es poden veure els diferents gestos fàcils de realitzar en una casa amb la finalitat d'estalviar aigua i tenir un consum responsable.

Els darrers anys, el 22 de març, en motiu del Dia Mundial de l'Aigua, les administracions distribueixen en format digital una postal virtual on es donen diversos consells pràctics per tal de reduir el consum d'aigua. Durant el mes de març de 2008, aquests consells també es van emetre en forma d'espots publicitaris a la televisió.



Material didàctic i de sensibilització distribuït per al foment de les bones pràctiques i l'estalvi.

Per tal de potenciar efectivament l'estalvi i la reducció dels consums a curt termini, el Departament de Medi Ambient, l'any 2007, va distribuir bosses d'estalvi que, un cop col·locades a la cisterna dels vàters, permeten l'estalvi de fins a 4.000 litres d'aigua per any.

L'any 2008, aquesta acció es va continuar amb la distribució de 1.600 lots d'estalvi, compostos de 3 airejadors, per permeten reduir el consum d'aigua en un 50%. Aquests dispositius també es van instal·lar en molts edificis de Govern i dels Comuns i a l'octubre 2008 es va llançar una campanya nacional sobre l'estalvi d'aigua de manera a promoure l'ús domèstic dels airejadors.



Material distribuït pel foment de l'estalvi i la reducció dels consums d'aigua.

Conclusions

- Els usos de l'aigua són variables en el temps i en l'espai; aquests usos han evolucionat sempre en funció de les necessitats de l'home, d'acord amb el seu desenvolupament. Malgrat que generalment cada vegada es necessita més aigua, els recursos hídrics, a llarg termini i de mitjana, es mantenen constants.
- Les dades de les quals s'ha disposat per estimar la demanda hídrica han estat les facilitades per les subministradores que donen servei a poblacions més importants. A partir de les dades d'aigua aforades i les dades de facturació s'ha pogut calcular un percentatge de pèrdues, entenent per pèrdues el volum d'aigua que realment perd la xarxa a les canonades més els usos no facturats, un 40%. Diversos tècnics que es dediquen a la gestió de l'aigua a Andorra han avalat aquest percentatge. Aquest valor correspondria a la mitjana alta d'altres ciutats europees.
- L'anàlisi de les dades ha permès xifrar la despesa mitjana urbana del Principat d'Andorra en 446 litres/habitant/dia, l'any 2005. Aquesta dada inclou les despeses que es deriven del conjunt d'activitats servides per les xarxes estudiades, com ara l'ús domèstic, l'hostaleria, els serveis en general i la indústria, entre d'altres, i el total de la despesa ve referit al total de la població resident. La variació observada entre les parròquies ha estat de l'ordre del 30%.
- En estudis més recents la dada anterior s'ha pogut fixar en 375 litres/habitant/dia, considerant que es tracta de l'aigua extreta del recurs i no de l'aigua finalment consumida pels usuaris.
- Els usos de l'aigua es poden dividir en usos consumptius i en usos no consumptius. En termes generals, els usos domèstics, de serveis, industrials i agrícoles s'engloben en els consumptius; els usos hidroelèctrics i la producció de neu, entre d'altres, s'engloben en els no consumptius.
- S'estima la despesa hídrica del Principat d'Andorra al voltant dels 100 Hm³/any. D'aquests, les vuit desenes parts corresponen a usos no consumptius, i la resta a usos consumptius. La despesa urbana calculada ascendiria a gairebé 12 Hm³/any.
- La despesa d'aigua per a ús hoteler s'estima en uns 1.000 litres/habitació/dia en dies de màxima ocupació o punta. Considerant les ocupacions màximes observades en èpoques de gran afluència, s'han quantificat les necessitats hídriques per a aquest sector en gairebé 14.000 m³/dia.
- A les estacions d'esquí, s'han valorat les necessitats en 560,4 litres/esquiador/temporada, tot i que aquest valor no es pot adoptar com a valor absolut i representatiu de la realitat ja que pot variar en funció de la quantitat de neu

caiguda, de l'època en què aquestes precipitacions s'han pogut produir i de les temperatures observades, entre altres factors.

- Per cobrir aproximadament el 15% de les necessitats energètiques globals del país, es requereixen entre 80 i 90 Hm³/any. Aquest consum no consumptiu, revertit a la població resident, ascendeix a uns 3.000 litres/habitant/dia.
- Deixant de banda la descripció detallada d'altres usos, de manera global, per a tots els usos que s'han pogut censar i d'acord amb les dades que els sectors consumidors han posat a disposició de l'Administració, es quantifica estimativament la despesa hídrica global del Principat d'Andorra en 3.360 litres/habitant/dia de mitjana al llarg de l'any. D'aquest consum, el 84% s'atribueix a usos no consumptius, mentre que el 16% s'atribueix a usos consumptius.
- Encara que la despesa hídrica d'Andorra sigui compatible amb el recurs existent, és necessari que els ciutadans desenvolupin uns hàbits encaminats a una disminució del consum i de la pròpia despesa. Amb aquest objectiu ja fa anys que el conjunt de les administracions impulsen accions enfocades a fomentar l'estalvi de l'aigua.

3

Les aigües subterrànies



Introducció

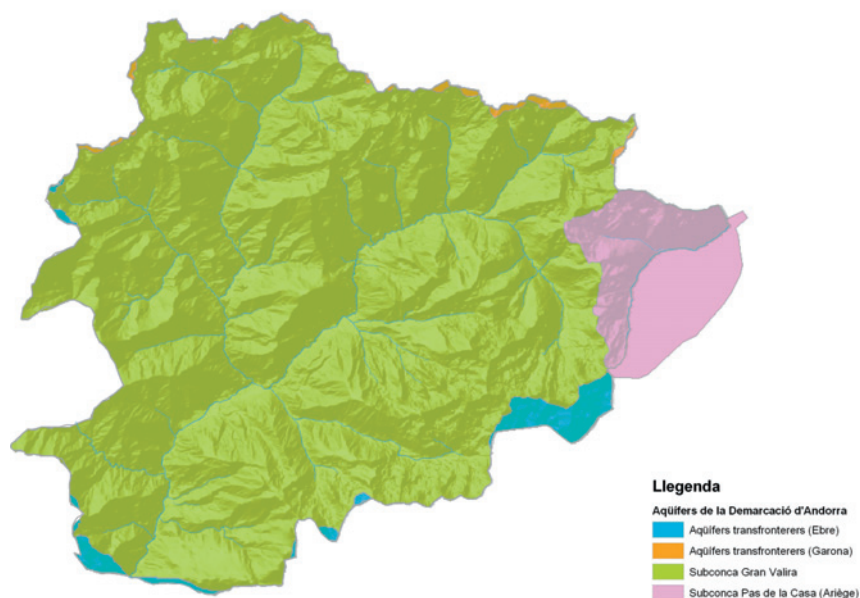
L'any 2006 el Govern va realitzar l'estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, a fi de definir i caracteritzar les masses i els cursos d'aigües subterrànies des de la perspectiva que defineix la Directiva europea marc de l'aigua del 2000, i també per definir una xarxa de vigilància i control de les aigües subterrànies.

Els principals objectius de l'estudi eren la caracterització de les masses d'aigua subterrània i la delimitació dels aqüífers, així com la identificació de les seves àrees de risc i vulnerabilitat, que han de portar a la seva protecció.

Caracterització de la demarcació d'Andorra

Les aigües del Principat s'encaixen dins la demarcació anomenada d'Andorra que comprén diverses unitats: la subunitat del Gran Valira de 433,29 km², la subunitat del Pas de la Casa (Arieja) de 40,16 km², els aqüífers transfronterers (Ebre) de 11,08 km² i els aqüífers transfronterers (Garona) de 2,69 km². Hidrogràficament aquesta demarcació té aigües repartides per la conca del Gran Valira, la conca del riu Arieja i la conca del Segre (riu de la Llosa), gestionades per les administracions veïnes, tal com es mostra en les figures següents.

DEMARCACIÓ D'ANDORRA		ADMINISTRACIÓ DE CONCA
SUBCONCA PAS DE LA CASA	CONCA DE LA GARONA	AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE (AEAG)
SUBCONCA GRAN VALIRA CONCA SEGRE	CONCA DE L'EBRE	CONFEDERACIÓ HIDROGRÀFICA DEL EBRO (CHE) AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA)



Marc d'actuació de la demarcació d'Andorra.

Límits establerts d'acord amb les conques hidrogràfiques (flux superficial) i hidrogeològiques (flux subterrani).

Les masses d'aigua i les unitats hidrogeològiques

Les masses d'aigua

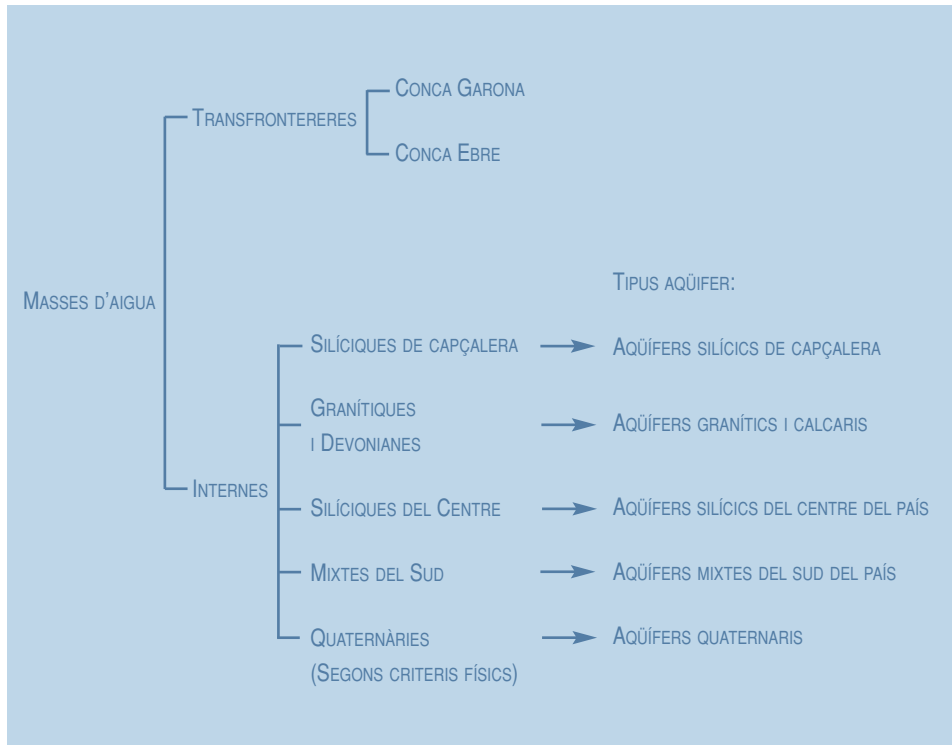
La divisió del territori en masses d'aigua de característiques físiques similars permet planificar les actuacions de gestió adequades. Les masses d'aigua subterrània del Principat d'Andorra s'han dividit en dos grans grups:

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

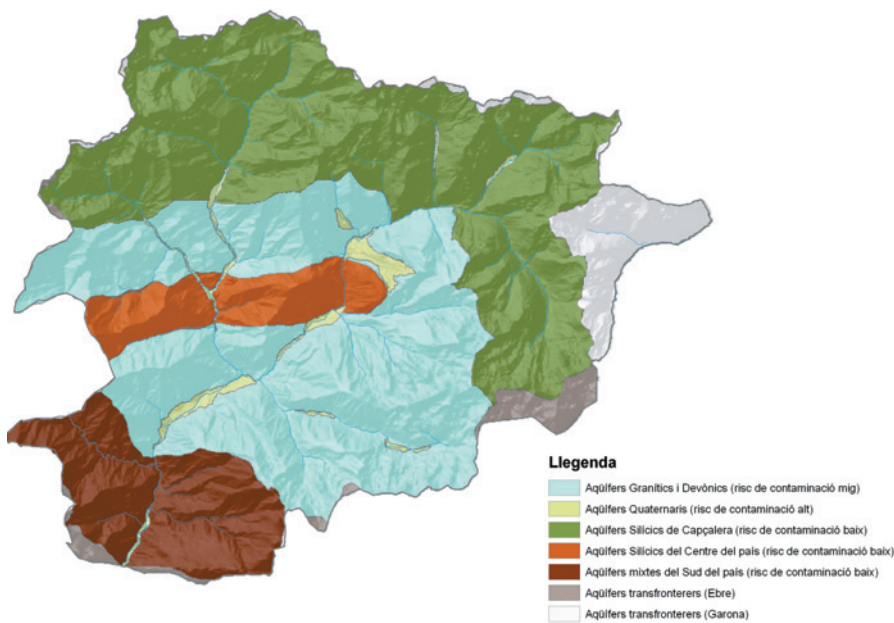
Les masses d'aigua transfrontereres es classifiquen segons la conca hidrogràfica a la qual pertanyen. Aquestes masses d'aigua s'agrupen en dos subgrups, segons si queden incloses en la conca hidrogràfica de la Garona o en la conca hidrogràfica de l'Ebre.

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

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



Les masses d'aigua d'Andorra.



Al Principat d'Andorra s'han identificat 7 masses d'aigua. D'aquestes, 2 són transfrontereres i 5 són internes.

Masses d'aigua incloses en el territori andorrà, i tipus d'aqüífers.

En conjunt s'han identificat 7 masses d'aigua.

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

- Masses d'aigua internes: 433,22 km²
- 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 prop de 775 mm/any de mitjana, mentre que les del nord presenten els valors màxims, entre 1.200 mm/any de mitjana a la meitat nord oriental, i 1.140 mm/any de mitjana a la meitat nord occidental.

A les masses d'aigua del nord s'estima que l'evapotranspiració (ETR) oscil·la entre 390 i 410mm/any de mitjana, mentre que les del sud presenten valors més elevats, de prop de 430 mm/any de mitjana.

S'estima, doncs, que el balanç hídric en cada massa d'aigua es distribueix de la manera següent:

MASSES D'AIGUA	PLUJA	ETR	PLUJA ÚTIL
SILÍCÍQUES EN CAPÇALERA	1.140,55	408,64	731,91
GRANÍTÍQUES I DEVONIANES	913,61	450,46	463,15
SILÍCÍQUES DEL CENTRE	897,22	504,84	392,37
MIXTES DE SUD	775,34	435,46	340,31
QUATERNÀRIES	909,52	453,61	455,91
TRANSFRONTERERES EBRE	911,03	385,79	525,23
TRANSFRONTERERES GARONA	1.253,17	396,63	856,54
UNITATS	mm/any	mm/any	mm/any

Distribució de les precipitacions en les masses d'aigua.

Les unitats hidrogeològiques



Mapa d'unitats hidrogeològiques

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

Aquestes unitats es defineixen seguint els criteris següents:

- Límits associats a barreres litològiques o a divisòries hidrogràfiques.
- Aflorament del dipòsit al·luvial.
- Unitats en les quals sigui fàcil dur a terme càlculs de balanç hídric.

De les cubetes o terrasses fluvials quaternàries, només s'han escollit les més rellevants, amb capacitat d'emmagatzematge per sobre de 2 Hm³. S'han identificat 15 unitats hidrogeològiques d'aqüífers porosos quaternaris i 25 unitats hidrogeològiques d'aqüífers en roca.

En la taula següent es resumeix la capacitat d'emmagatzematge de les unitats identificades, amb capacitats superiors a 2 Hm³; aquestes unitats representen més del 90 % sobre el total en aquífers porosos.

NOM CUBETA	VOLUM Hm ³	RECURS HÍDRIC SUBTERRANI Hm ³
LA BARTRA	6,9	2,3
ESCALDES-LA MARGINEDA	227,1	74,9
EL FORN	-	-
PUI OLIVESA-RUNER	7,5	2,5
LA MASSANA	15,6	5,1
CUBETA VALL D'INCLES	55,0	18,2
ESTALL SERRER	22,7	7,5
LLORTS-ARANS	21,9	7,2
COMA RANSOL	20,6	6,8
CUBETA ENCAMP	16,3	5,4
CUBETA MONTAUP	15,0	4,9
SORNÀS-PONT D'ORDINO	14,4	4,7
PLA DE L'INGLA	12,8	4,2
LA CORTINADA-SORNÀS	12,5	4,2
RÀMIO	7,3	2,4

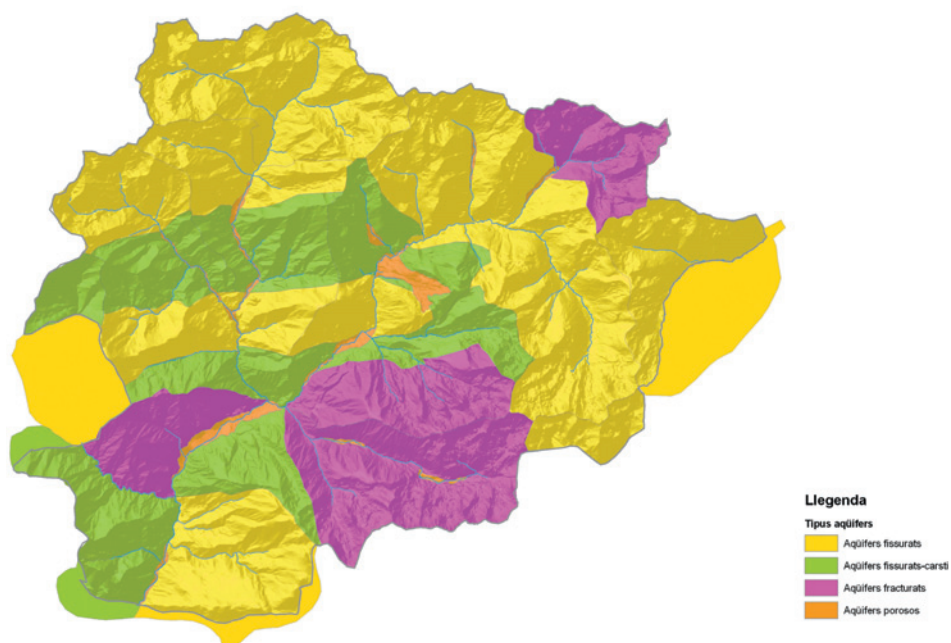
Capacitat d'emmagatzematge de les unitats identificades, amb capacitats superiors a 2 Hm³.

S'han identificat 25 unitats hidrogeològiques d'aqüífers en roca, i 15 unitats hidrogeològiques d'aqüífers porosos quaternaris. D'aquests, només s'han considerat els que tenen una capacitat d'emmagatzematge per sobre de 2 Hm³.

El funcionament hidrogeològic

S'han agrupat les unitats hidrogeològiques en 4 grans tipus d'aqüífers:

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



Mapa de tipus d'aqüífers.

L'entorn geològic permet diferenciar dos models d'aqüífers.

- Els aqüífers porósos intergranulars on el flux és intergranular i l'aigua avança pels porus existents en els dipòsits quaternaris no consolidats; es tracta d'un tipus d'aqüífer format per materials permeables.
- Els aqüífers fissurats on el flux té lloc a través de les fissures o fractures de les roques. A diferència dels aqüífers porósos, aquests tenen poca capacitat per emmagatzemar aigua, i per cedir-la, i en conjunt són poc conductors. Dins dels aqüífers fissurats fracturats es distingeixen els propiament fissurats dels fissurats carstificats. Aquests darrers afecten un tipus de substrat format per calcàries, que per la seva litologia són favorables a tenir carstificació. Els fissurats carstificats poden ser molt conductors quan el flux intercepta una fissura carstificada.

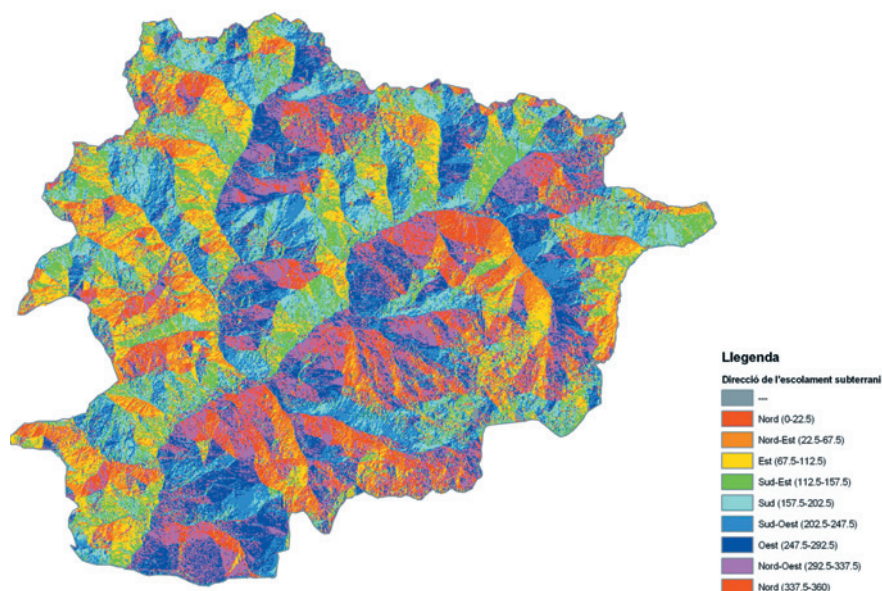
En els aqüífers en roca es distingeixen els estrictament fracturats, formats per un substrat fràgil de tipus cristal·lí, afectat intensament per diverses famílies de fractures.

L'heterogeneïtat de les fissures 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 esdeveniments plujosos i fosa de neu, amb poca capacitat de regulació, i una circulació lenta responsable dels cabals mínims de les fonts i els rius durant l'estiu i l'hivern o en època de poques precipitacions.

En aquest tipus d'aqüífers la recàrrega es deu a la infiltració 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 cap als rius, els quals també s'alimenten de l'escolament superficial directe de les precipitacions. 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.

Sovint aquests aqüífers estan recoberts de dipòsits detrítics (col·luvions, til, 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, juntament 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; aquests poden ser influents o efluents segons el moment. La recàrrega d'aquests aqüífers també té lloc a través del flux procedent dels aqüífers fissurats.



Mapa de direccions del flux subterrani.



Mapa de profunditat del nivell freàtic.

Sobre la base de punts d'aigua coneguts i interpolats, s'ha dut a terme el mapa piezomètric, a 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 per les aportacions subterrànies; per tant hi ha una certa similitud entre les conques hidrogràfiques i les hidrogeològiques. **És el marcat gradient topogràfic el que condiciona el funcionament hidràulic de l'aigua subterrània i superficial;** això dóna lloc al fet que les direccions de flux subterrani vagin dirigides cap a les zones més deprimides i amb menys potencial hidràulic (torrents i rius).

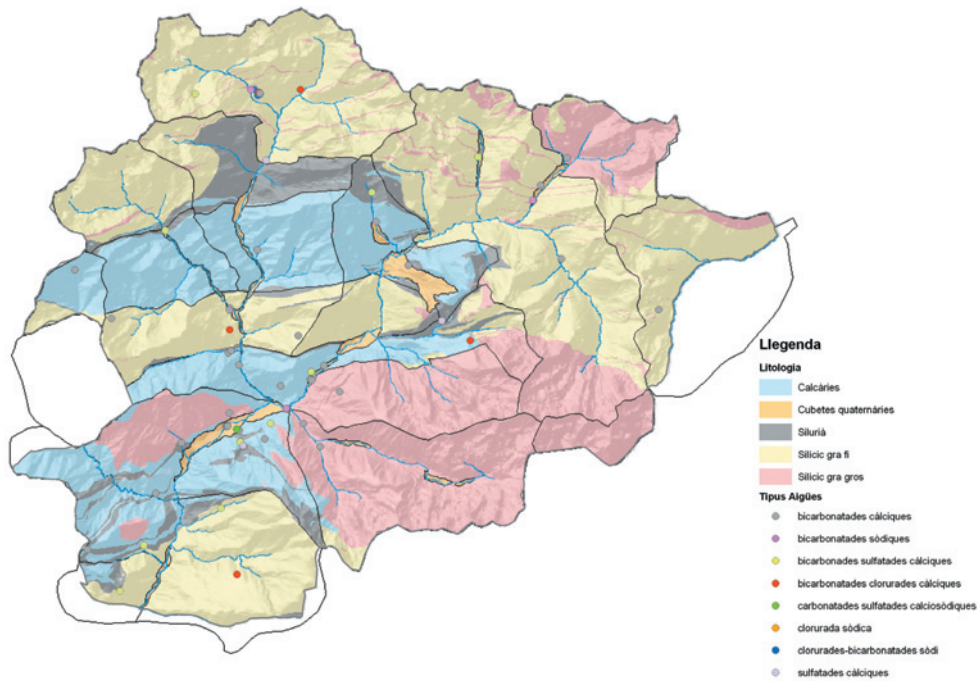
Caracterització química de les aigües subterrànies

Sobre la base de l'estudi de les composicions iòniques més significatives i dels diagrames de Piper, Shoeller-Berkaloff i Stiff, es pot establir la classificació següent de les aigües del Principat, amb sis tipus d'aigües presents, seguint el criteri d'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 sodicocàlciques
- Aigües sulfatades càlciques

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

El marcat gradient topogràfic condiciona el funcionament hidràulic, tant el de l'aigua superficial, com el de l'aigua subterrània.



Mapa de les fácies hidroquímiques de les aigües analitzades del Principat.

	rK/rNa	rMg/rCa	rCl/rHCO3	rNa/rCl	rSO4/rCl	Q
ROQUES ÍGNIES I GNEISSOS	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 GRESOPELÍTIQUES 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 DEVONIÀ	0,12 - 0,27	< 0,2	< 0,4	0,8 - 1,2	2 - 8	0,4 - 2,1
CALCÀRIES DEL DEVONIÀ	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
AQUÍFER TERMAL	< 0,05	< 0,06	> 0,7	> 8	0,6 - 3,5	0,25

Valors mitjans de les relacions iòniques en les principals litologies que constitueixen els principals aquífers del Principat.

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

Aquestes substàncies i elements analitzats són:

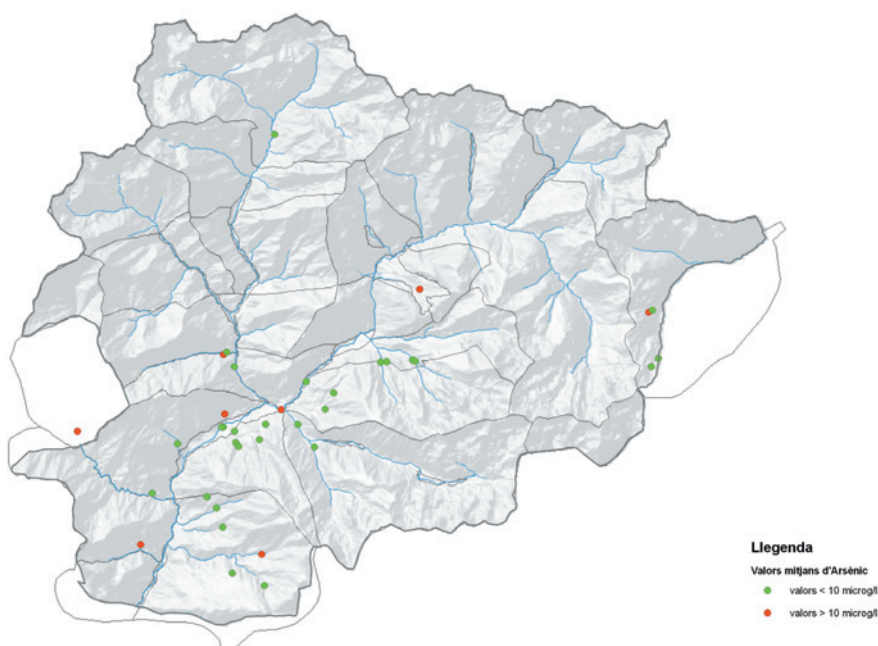
- ferro total
- manganès
- bor
- coure
- níquel
- cobalt
- zinc
- alumini
- estronci
- bari
- seleni
- liti
- arsènic
- plom
- crom total
- antimoni
- cadmi
- fluor
- mercuri

Els valors estadístics obtinguts per mesura dels elements traça amb valors significatius en les aigües superficials i dels principals aquífers del Principat són els següents (N: nombre de mostres a partir de les quals s'han calculat els paràmetres estadístics):

	mg/l SÍLICE	µg/L ALUMINI	mg/l ARSÈNIC	µg/L BOR	mg/l COURE	mg/l FERRO TOTAL	mg/l FLORURS	µg/L MANGANÈS	µg/L ZINC	µg/L ESTRONCI	mg/l Liti
PROMIG	8,06	4,84	10,60	0,03	44,00	0,055	0,14	6,11	8,40	82,05	9,08
DESV. ESTÀNDARD	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 quimisme de les aigües subterrànies presenta el conjunt de característiques geoquímiques següent:

- Mineralització entre molt baixa i baixa, amb conductivitats inferiors a 350 µS/cm, tot i que es troben aigües amb conductivitats que poden superar els 400 µS/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'estronci 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 el límit de potabilitat de les aigües, però estaria molt al límit.
- Les aigües del Principat són majoritàriament agressives i molt agressives; no obstant això, en ambients més carbonàtics predominen les aigües mitjanament agressives i estables. Puntualment, associat a contaminació, s'han trobat aigües molt incrustants.



Mapa dels valors d'arsènic per sobre de 10 µg/l

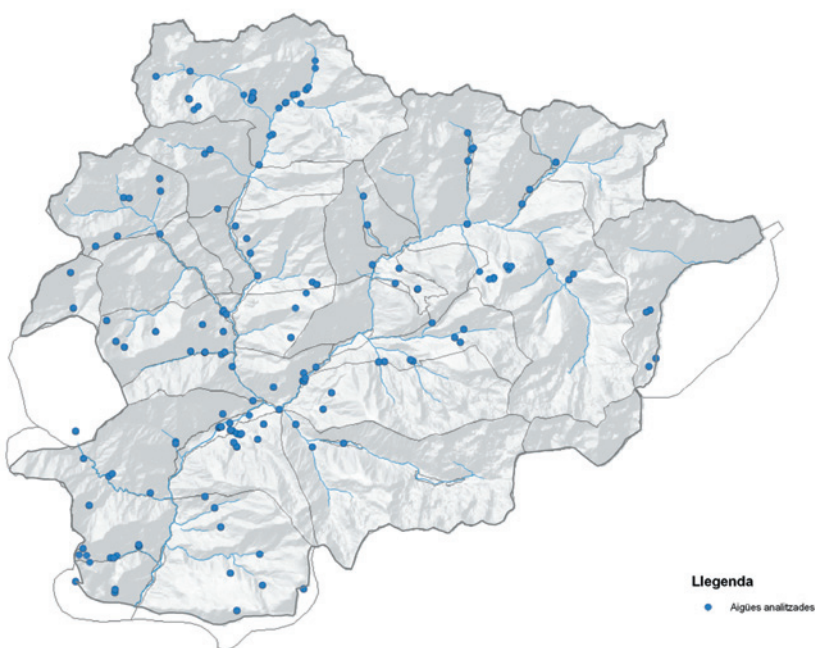
De les aigües del Principat d'Andorra destaca la mineralització baixa o molt baixa, un caràcter alcalí dominant, baixos continguts de clorurs i nitrats, presència en alguns punts de concentracions elevades en sulfats, ferro i estronci, i valors significatius d'arsènic. Aquestes aigües tenen finalment un caràcter majoritàriament agressiu o molt agressiu.

Qualitat de les aigües segons els nivells genèrics de referència

Amb vista a calcular els valors genèrics de referència de les aigües del Principat s'han tingut en compte 408 anàlisis completes d'aigües no alterades antròpicament.

Els nivells genèrics de referència obtinguts permeten establir quines aigües poden presentar un quimisme alterat degut a contaminació antròpica.

Algunes mostres del conjunt d'anàlisis realitzades presenten elements impropis del medi hidrogeològic, associats a contaminació industrial o a la presència de punts d'abocament o de vials on s'usa sal com per fondre el gel de la carretera. Es tractaria d'aigües en possible mal estat químic. La resta d'aigües esta en bon estat químic.



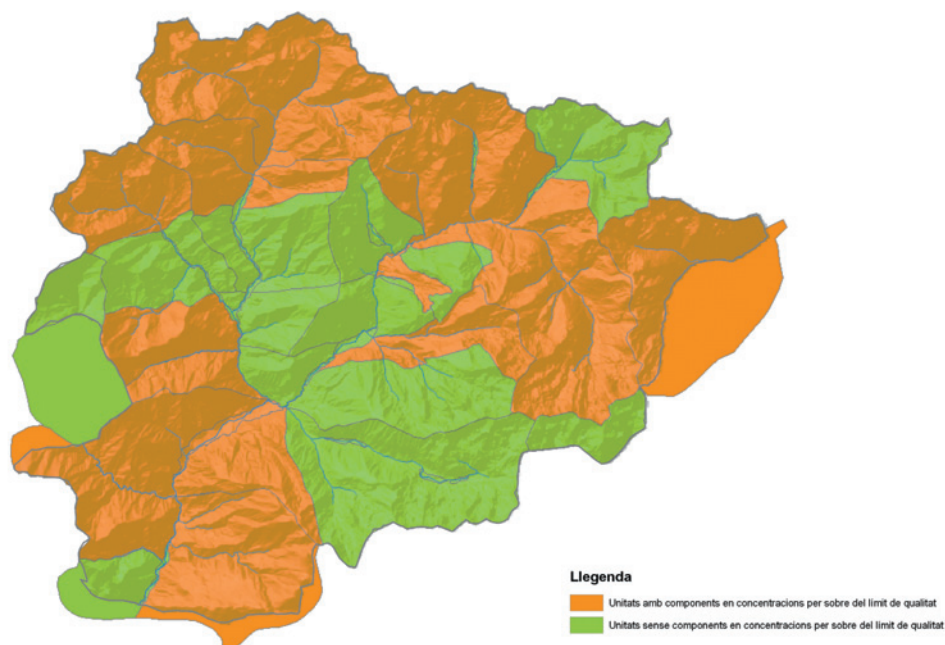
Ubicació de punts de mostreig

Qualitat de les aigües segons els nivells admissibles per Reglament

Un altre criteri per establir la qualitat de les aigües del Principat es troba en els valors fixats en la legislació. La qualitat de les aigües s'ha determinat d'acord amb els límits màxims establerts en el Reglament tecnicosanitari per al subministrament i el control de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà (BOPA núm. 44, any 11, 4.8.1999). Atès que els treballs realitzats sobre aquest punt són anteriors al 17 d'octubre del 2007, no s'han pogut considerar les variacions –a l'alça i a la baixa– del Reglament relatiu als criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà, respecte a l'esmentat anteriorment. Tot i així, i només de forma lleugera, tan sols alguns paràmetres difereixen entre ambdós documents.

D'acord amb els ions majoritaris, metalls pesants i pH i conductivitat, s'ha identificat per a cada unitat hidrogeològica els components que presenten concentracions mitjanes per sobre del límit de qualitat. Els paràmetres usats són els que s'han utilitzat per descriure la caracterització inicial de les aigües. Tal com s'observa en el quadre de la pàgina següent, són diverses les aigües que no compleixen els requisits per ser considerades aigües per al consum humà.

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.



Unitats amb components amb concentracions per sobre dels límits de qualitat

UNITAT HIDROGEOLÒGICA	PARÀMETRE > LÍMITS CONSIDERATS PER A CONSUM HUMÀ*
TERMAL	pH > 9,5 As > 10 ppb
SANT JULIÀ DE LÒRIA	As > 10 ppb Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm Cd > 5 ppb
SALINES	Al > 0,2 ppm Fe > 0,2 ppm Ni > 20 ppb
CUBETA ANDORRA LA VELLA-ENGOLASTERS	Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm Sb > 5 ppb
VALIRA NORD	Al > 0,2 ppm Fe > 0,2 ppm As > 10 ppb Mn > 0,05 ppm
ARIEJA	As > 10 ppb
ORRIS	Fe > 0,2 ppm
COLL GALLINA	As > 10 ppb Fe > 0,2 ppm
VALIRA ORIENT	Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm
ENCLAR	As > 10 ppb
SISPONY	Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm
PRAT PRIMER	Al > 0,2 ppm Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm
MUNTANER	As > 10 ppm Mn > 0,05 ppm
EL FORN	As > 10 ppm
ARINSAL	Fe > 0,2 ppm Mn > 0,05 ppm

La identificació d'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.

3

Components que es troben en concentracions mitjanes per sobre dels límits de qualitat.

* Reglament tecnosanitari per al subministrament i el control de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà, del 28 de juliol de 1999. Alguns valors disten lleugerament dels valors fixats pel Reglament relatiu als criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua destinada al consum humà, del 17 d'octubre del 2007.

Les aigües subterrànies

- Amb l'objectiu de definir i caracteritzar les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, des de la perspectiva de la Directiva marc de l'aigua, el Govern va adjudicar el 29 de desembre del 2005 la realització de l'estudi "Les aigües subterrànies del Principat d'Andorra". Els principals objectius de l'informe van ser caracteritzar les masses d'aigua subterrània, delimitar els aqüífers i identificar les àrees de risc i vulnerabilitat. Els treballs han de servir de base per a la planificació hidrogeològica, de manera que esdevingui un instrument eficaç per a la gestió adequada de les aigües subterrànies.
- Les aigües del Principat d'Andorra s'emmarquen en la demarcació anomenada d'Andorra. Quant a masses d'aigua subterrània, el territori es divideix en masses d'aigua transfrontereres (2) i masses d'aigua internes (5). Per elaborar resultats relatius a l'estat de les aigües subterrànies, s'ha dividit el territori en 40 unitats hidrogeològiques, les quals presenten una delimitació independent de la delimitació administrativa; d'aquestes, 25 són unitats d'aqüífers en roca, mentre que 15 són unitats en aqüífers porosos quaternaris d'un capacitat d'emmagatzematge superior a 2 Hm³.
- En els aqüífers en roca, es distingeixen els estrictament fissurats fracturats dels fissurats cartificats, que permeten una circulació molt més ràpida que els primers. La recàrrega dels aqüífers en roca ve donada per la infiltració de les precipitacions i per la fosa de la neu, a través de les fissures superficials i les fractures més fondes. La descàrrega es produeix a través de fonts i de manera difusa cap als rius, per intercepció, en la majoria dels casos, del nivell topogràfic amb el nivell freàtic.
- En el fons de les valls se situen els dipòsits al·luvials i glacioal·luvials que reomplen les cubetes de sobreexcavació glacial. Formen, juntament amb els rius i els aqüífers fissurats fracturats que els envolten, un sistema hidràulic en el qual la recàrrega i la descàrrega ve donada generalment pel nivell de l'aigua en els rius. Aquests, en funció del moment i del seu nivell, poden ser influents o efluents.
- En funció dels punts d'aigua coneguts, s'ha pogut establir un mapa piezomètric que ha permès definir el model de direccions dominants del flux subterrani d'aigua. Aquest model ha permès observar que els principals cursos d'aigua superficial es recarreguen per les aportacions subterrànies. És el marcat gradient topogràfic el que condiona el funcionament hidràulic de l'aigua, tant subterrània, com superficial.
- Quant a la caracterització química de les aigües del Principat d'Andorra, en destaca la mineralització baixa o molt baixa, un caràcter alcalí dominant, els baixos continguts en clorurs i nitrats, la presència en alguns punts de concentracions elevades en sulfats, ferro i estronci, i els valors significatius d'arsènic. Aquestes aigües tenen finalment un caràcter majoritàriament agressiu o molt agressiu.
- De l'estudi del quimisme de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra s'han identificat unitats que presenten concentracions superiors als límits de qualitat definits per a l'aigua destinada a consum humà. La identificació d'unitats que presenten aigües que no compleixen aquests requisits no s'ha de confondre amb unitats contaminades, ja que en la majoria dels casos es tracta de valors anòmals però naturals.

4

L'estat i l'aprofitament del recurs



Introducció

Es considera que l'aprofitament de l'aigua passa per tres etapes que són l'aprofitament inconnex, l'aprofitament integral, i l'aprofitament integral conjunt.

- La característica de l'**aprofitament inconnex** és l'abundància del recurs hídric davant de la demanda i el baix percentatge d'utilització. Normalment amb l'aprofitament de les aigües superficials n'hi ha prou, i el procés d'utilització de l'aigua és senzill, es porta l'aigua del lloc de captació (superficial) fins al lloc d'ús a través d'una xarxa senzilla. En aquesta etapa els problemes hidràulics es resolen de forma individualitzada, sense connexió entre ells. No acostumen a haver-hi conflictes d'interessos entre els usuaris de l'aigua.
- Quan se sobrepassa el 50 o el 60% d'utilització de l'aigua es passa a una nova etapa anomenada d'**aprofitament integral**. En aquesta etapa ja no s'utilitzen en exclusivitat les aigües superficials sinó que és necessari, també, aprofitar les aigües subterrànies. L'ús de l'aigua ja no és individualitzat, sinó que les obres d'abastament hidràulic es projecten de forma global en tot un gran territori. En aquesta etapa apareixen els primers conflictes d'ús d'aquest recurs i altres problemes com la contaminació. La planificació hidrològica esdevé imprescindible.

- L'última etapa s'anomena d'**aprofitament integral conjunt**. En aquest cas la demanda d'aigua és igual o superior al recurs hídric, fet que comporta molts problemes de gestió. En aquesta etapa s'han d'abandonar alguns usos i prioritzar-ne d'altres i es fa necessari utilitzar fonts no convencionals d'aigua com ara la dessalinització o les aigües residuals.

En quina etapa es troba Andorra? Vistes les xifres dels apartats anteriors, podríem dir que el Principat està a cavall entre l'aprofitament inconnex i l'aprofitament integral.

Diverses característiques corresponen a la primera etapa, com la presència de xarxes individuals, algunes de privades i altres de públiques, però sense cap relació entre elles. En alguns sectors la demanda és força inferior a la disponibilitat del recurs. Altres característiques de l'aprofitament hídric a Andorra corresponen a la segona etapa, ja que s'han enregistrat alguns problemes d'abastament; es recorre a la utilització de l'aigua subterrània i ja han aparegut problemes de contaminació.

A banda de conèixer el grau d'aprofitament en relació a la quantitat d'aigua disponible, és important determinar el grau de vulnerabilitat i el risc potencial al qual està sotmesa aquesta aigua. Aquests coneixements han de permetre establir mesures de prevenció i de protecció especial, en funció de les característiques pròpies del medi, de la naturalesa de les pressions antròpiques que suporten aquestes masses d'aigua i del grau d'interès de les mateixes, sempre des de la perspectiva de l'assoliment d'un bon estat d'acord amb la Directiva europea marc de l'aigua.

L'aprofitament del recurs hídric al Principat d'Andorra es troba entre l'aprofitament inconnex, amb un percentatge baix d'utilització en determinades zones, i l'aprofitament integral de l'aigua, amb una alta utilització d'aquest recurs.

L'aprofitament en relació a la quantitat

Explotació del recurs hídric global

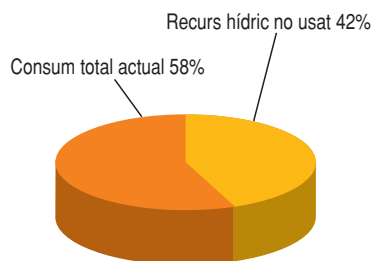
Amb vista a establir el grau d'explotació del recurs hídric, en el conjunt del territori, es comparen els valors de pluja útil disponible en cada unitat amb els consums actuals.

Es plantegen tres escenaris de situacions hidrològiques mitjana, seca i humida:

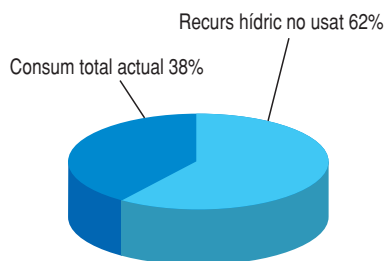
PLUJA ÚTIL APROFITABLE		CONSUM ACTUAL TOTAL Hm³/ANY	CONSUM ACTUAL TOTAL %	CONSUM ACTUAL CONSUMPTIU Hm³/ANY	CONSUM ACTUAL CONSUMPTIU %
ANY HIDROLÒGIC MITJÀ	253,77 Hm³/any	96	37,83%	15,60	6,1%
ANY HIDROLÒGIC SEC	165,85 Hm³/any	96	57,88%	15,60	9,4%
ANY HIDROLÒGIC HUMIT	391,94 Hm³/any	96	24,49%	15,60	3,9%

Avaluació del consum total actual en tres situacions hidrològiques diferents: any mitjà, any sec i any humit, segons resultats dels capítols 1 i 2.

En aquestes tres situacions, els consums totals oscil·len entre el 25% per a un any humit, i gairebé el 60% per a un any sec. Per a un any mitjà el consum se situa al voltant del 38%:



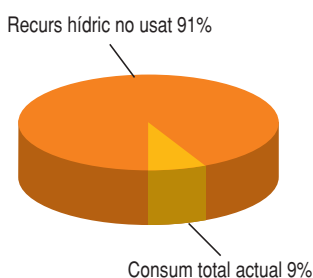
Consums totals en un any sec.



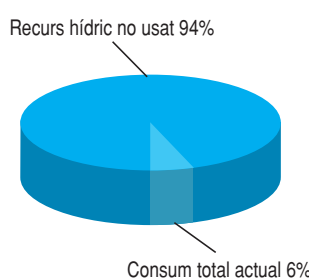
Consums totals en un any mitjà.

L'aprofitament mitjà anual del recurs hídric al Principat d'Andorra oscil·la a l'entorn del 60% per a un any sec, mentre que per a un any humit se situa en un 25%. En un any mitjà el consum és d'un 38%.

Analitzant només els consums consumptius, la situació sembla menys preocupant, ja que fins i tot en anys secs, només es capta el 9% del recurs total disponible:



Consums consumptius en un any sec.



Consums consumptius en un any mitjà.

L'aprofitament per a usos consumptius i per al conjunt del Principat se situa entre el 4 i el 9%.

Explotació del recurs hídric anual per unitats hidrogeològiques

Com s'ha explicat anteriorment, és interessant analitzar la situació per unitats hidrogeològiques, o unitats de gestió.

Amb aquesta finalitat, i donat que algunes unitats presenten les captacions en capçalera, s'ha considerat només el recurs proveït pel territori situat aigües amunt d'aquestes. En aquest sentit, per tal de fer més realistes 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:

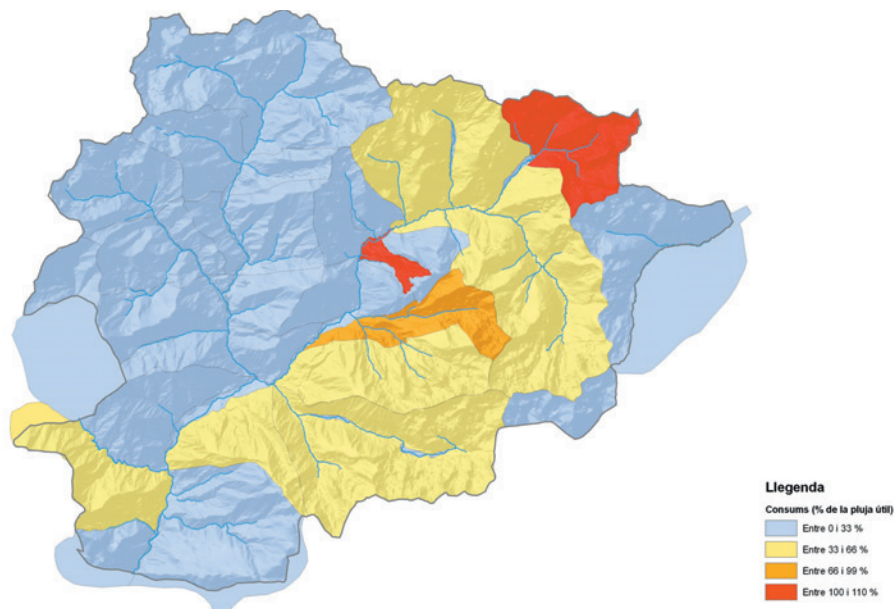
- Arieja
- Prat Primer
- Coll de la Gallina
- Salines

El resultat de les extraccions d'aigua, realitzades en les diferents captacions analitzades i comparades amb el seu recurs disponible, permet veure les unitats més i menys explotades en un període sec, humit i mig.

Es parla de sobreexplotació quan es capta per sobre del 66% del recurs hídric disponible. En algunes unitats s'interpreta que teòricament es capta per sobre el 100%. Això duu a dues possibilitats:

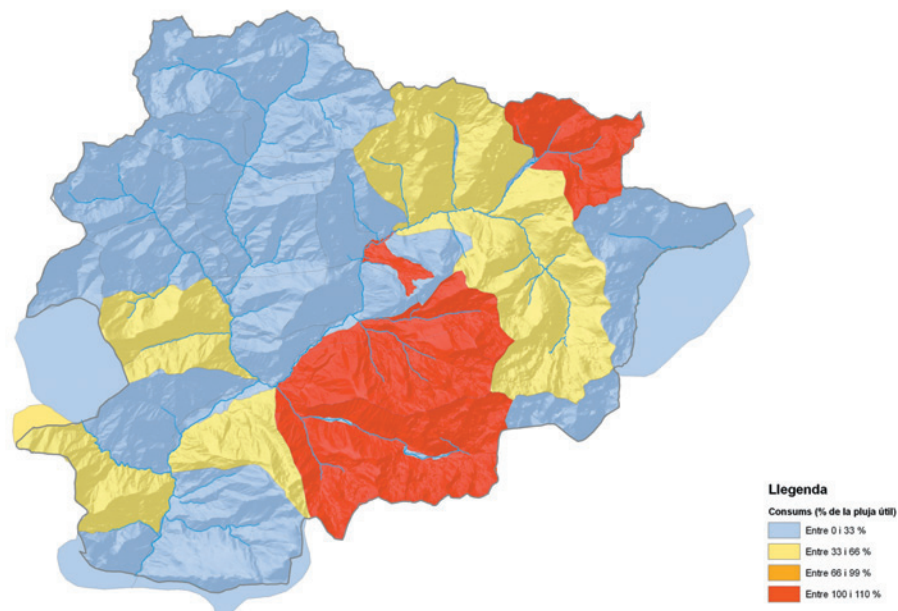
- No es respecta el cabal ecològic establert en el 10% del cabal interanual.
- Error analític o de càlcul en les lectures de cabals consumits, o en l'avaluació del recurs disponible estimat en base al balanç hídric i a les dades meteorològiques.

Així, en un any humit, les unitats més afectades són unitats en les quals es capta per a la producció d'energia hidroelèctrica, com la de Juclar, el Forn i els Orris.



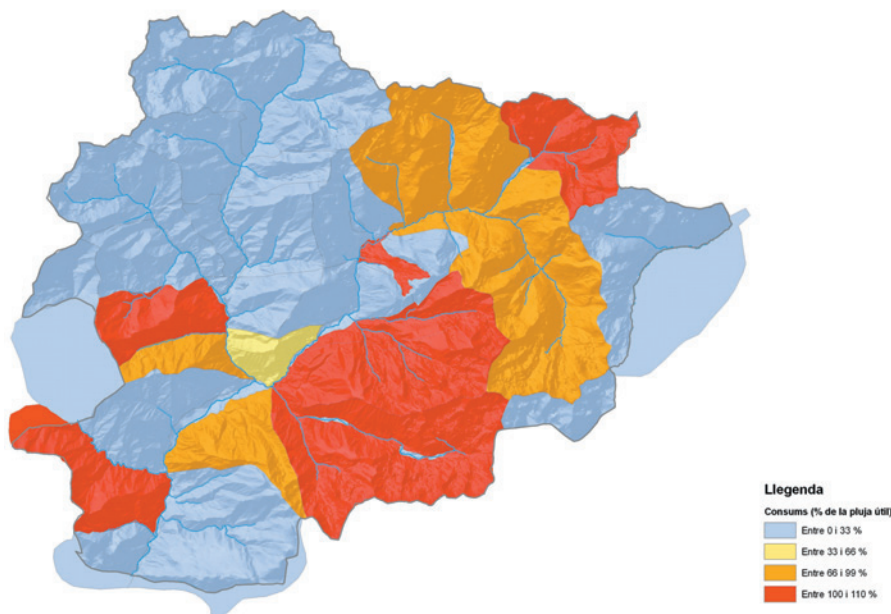
Distribució del percentatge de cabals captats respecte la pluja útil disponible en un any humit.

En un any mig, les unitats més explotades són les del Forn, Madriu, Engolasters-Pessons, Juclar i els Orris. Es tracta, però de captacions d'aigua superficial (fonts i torrents).



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

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.



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

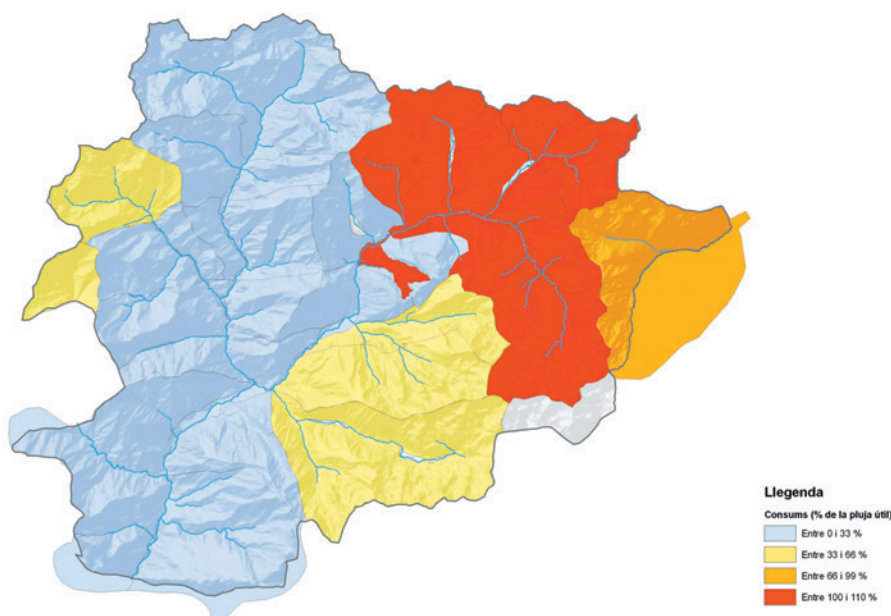
S'estima en un any sec una explotació per sobre del 66% del recurs hídric en diverses unitats com les de Sispony, Muntaner, Valira Orient, Engolasters-Pessons, Orris, Juclar, Madriu, el Forn, i subunitats de Prat Primer i Coll Gallina.

Explotació estacional del recurs hídric per unitats hidrogeològiques

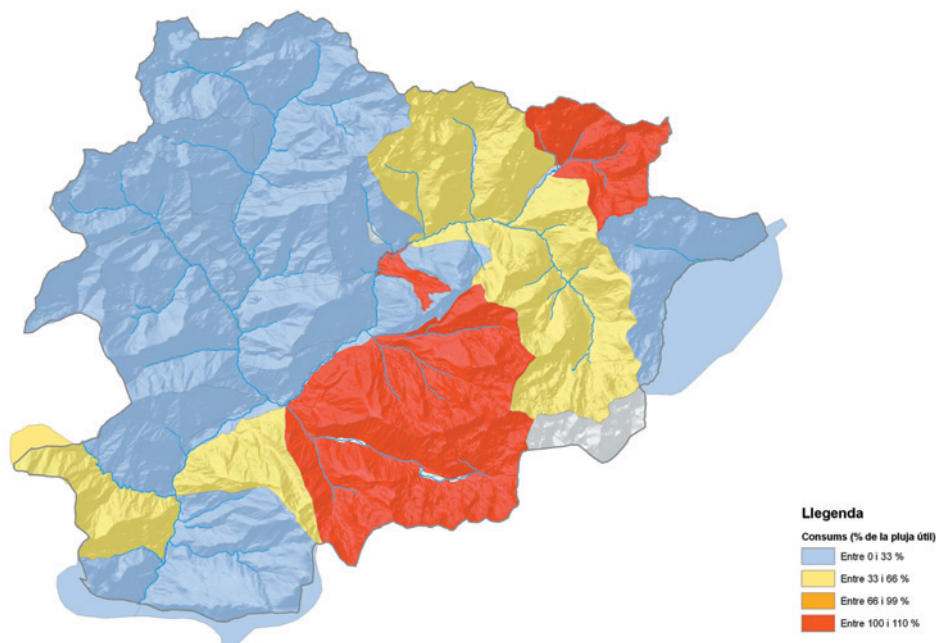
Atès que els consums varien segons l'època de l'any i que els recursos disponibles no es mantenen constants en el temps, s'ha dut a terme una anàlisi estacional.

L'anàlisi dels consums estacionals permet veure que a l'hivern les unitats més explotades són les de Juclar, el Forn, Valira d'Orient i la subunitat de l'Arièja, mentre que a la tardor les explotacions principals se situen en les subunitats del coll de la Gallina i Prat Primer i les unitats afectades per l'extracció hidroelèctrica.

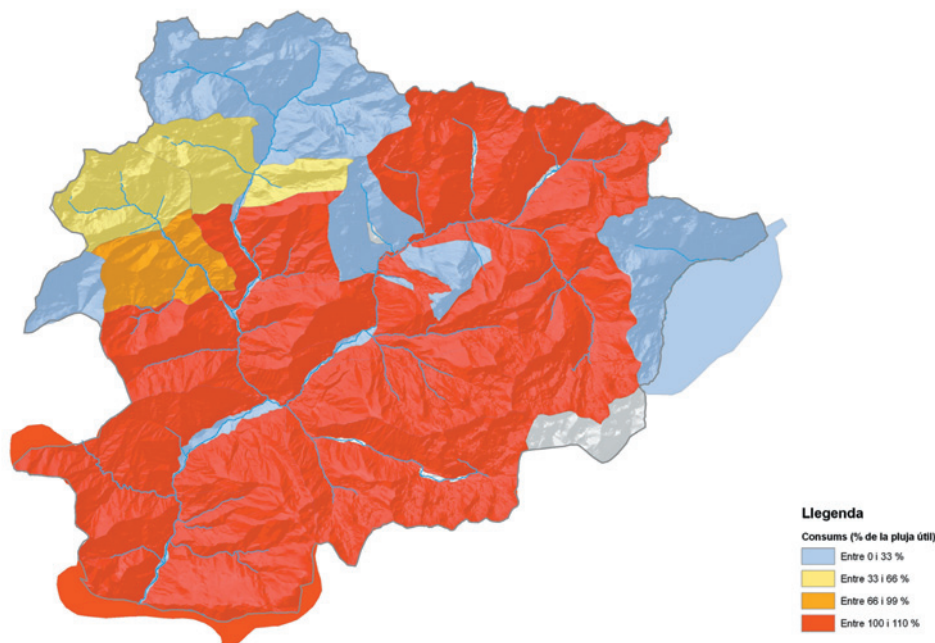
Destaca a l'hivern la sobreexplotació de la subunitat de l'Arièja, amb valors per sobre del 66% del recurs explotat, i les unitats de Setúria i Arinsal, associades a les extraccions per fer la neu artificial. Es tracta d'explotació d'aigua superficial, tant en forma de torrents com de fonts.



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



Distribució del percentatge de cabals captats durant la primavera, respecte a la pluja útil disponible en un any mitjà.



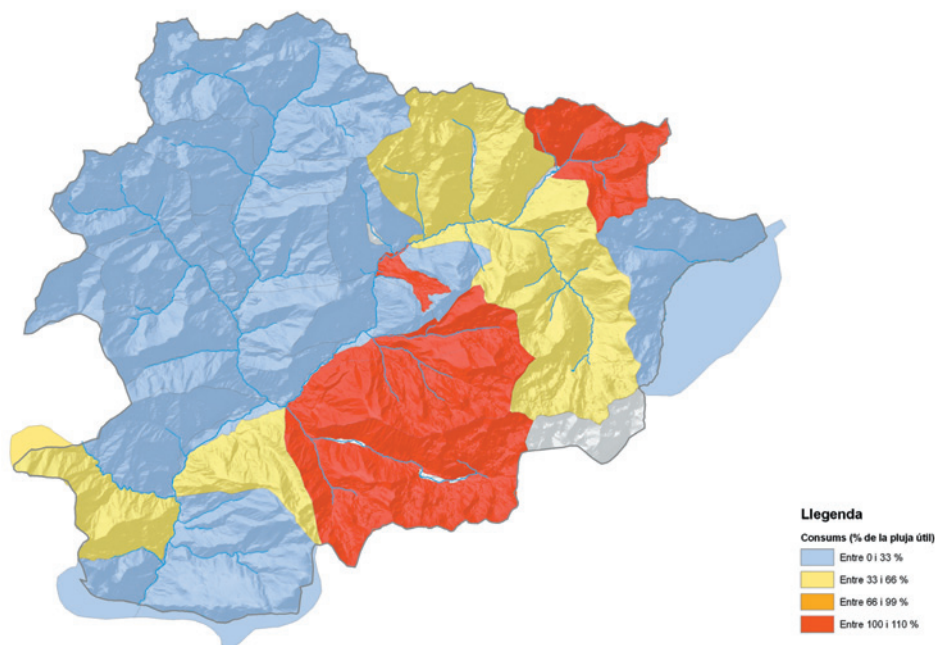
Distribució del percentatge de cabals captats durant l'estiu, respecte a la pluja útil disponible en un any mitjà.

A la primavera 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 la situació es complica, ja que no només s'estima que s'explota fins 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 a la conca hidrogràfica del Gran Valira, Valira d'Orient i part del Valira del Nord. Així, com a unitats amb risc d'ésser sobreexplotades destaquen:

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 aigua freàtica en forma de pous.

La situació a la tardor es regularitza, i les unitats de les quals s'extreu tot el recurs disponible es redueixen a les del Forn, els Orris, i Engolasters-Pessons.



Distribució del percentatge de cabals captats durant la tardor, respecte a la pluja útil disponible en un any mitjà.

En un any mitjà, la situació es presenta molt crítica a l'estiu, de manera que el risc de sobreexplotació del recurs subterrani augmenta considerablement.

Per conèixer el risc de contaminació al qual estan sotmeses les aigües subterrànies, és necessari avaluar la vulnerabilitat intrínseca del terreny, així com les pressions que es produeixen.

L'estat del recurs en relació a la qualitat

La metodologia adoptada per identificar les pressions significatives i conèixer la capacitat del terreny per protegir les aigües subterrànies (o vulnerabilitat intrínseca) ha permès avaluar el risc o l'impacte potencial.

El model conceptual seguit ha consistit en:

- Avaluar la vulnerabilitat intrínseca
- Identificar les pressions significatives
- Avaluar l'impacte potencial o risc de contaminació de les aigües

La vulnerabilitat

Per a la cartografia de la vulnerabilitat del terreny s'ha utilitzat l'índex Drastic. Els paràmetres base usats en l'elaboració d'aquest 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 l'equació següent:

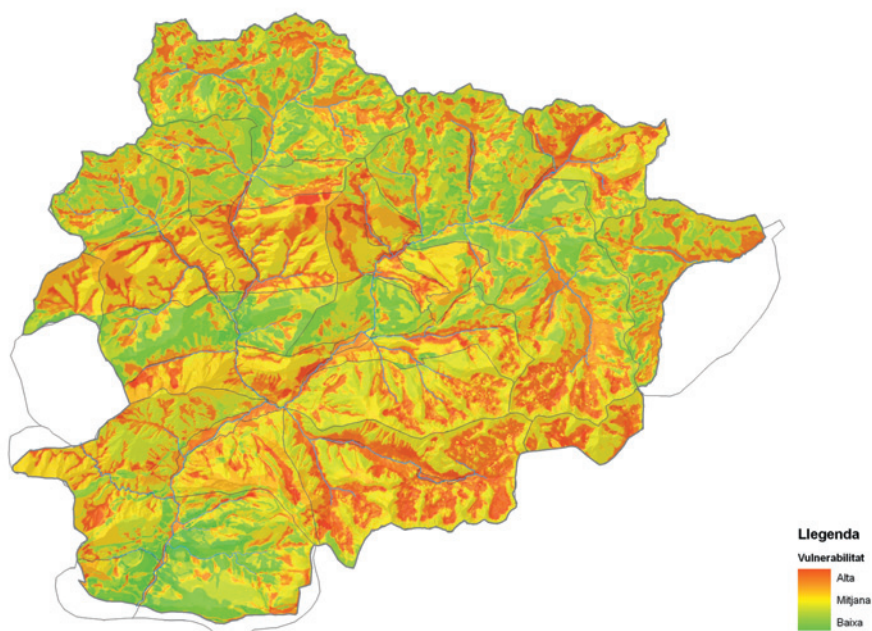
$$\text{Índex DRASTIC} = D_r \cdot D_w + R_r \cdot R_w + A_r \cdot A_w + S_r \cdot S_w + T_r \cdot T_w + I_r \cdot I_w + C_r \cdot C_w$$

En el qual,

r , és el valor del paràmetre

w , és l'índex de ponderació del paràmetre

En el mapa següent es mostren els resultats obtinguts.



Mapa de vulnerabilitat de les aigües subterrànies.

Els sectors amb vulnerabilitat més baixa s'emplacen en tres franges d'est-oest: al sud del país, al centre i al nord, coincidint amb la presència de materials del cambroordovicià.

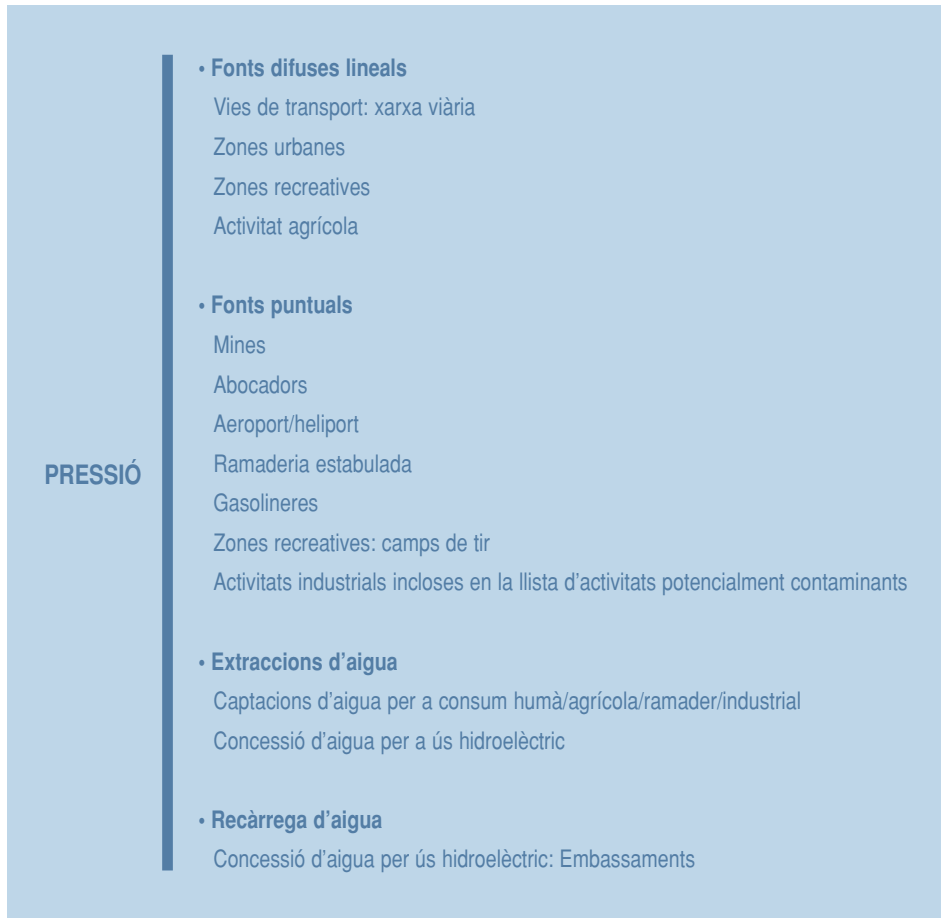
Els terrenys mitjanament i molt vulnerables s'emplacen principalment en dues amples franges d'est-oest entre la meitat sud i la meitat nord, englobant els sectors on aflora predominantment un substrat calcari i dipòsits quaternaris molt porosos.

Les pressions

Les pressions a què estan exposades les masses d'aigua subterrànies poden ser:

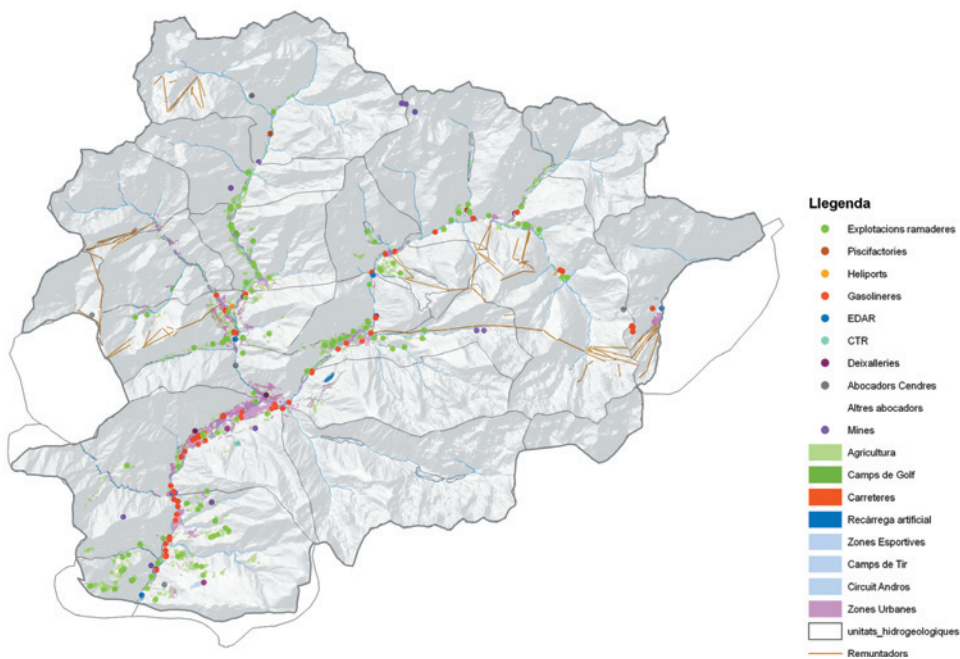
- Fonts de contaminació difusa lineal
- Fonts de contaminació puntual
- Extraccions d'aigua
- Recàrrega artificial d'aigua

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



Esquema de les pressions antròpiques estudiades.

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



Mapa de pressions.

Avaluació del risc de contaminació

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

- Les zones amb risc de contaminació molt alt o zones amb molt alta perillositat inclouen les zones amb una molt alta i alta vulnerabilitat, combinades amb l'existència d'activitats potencialment molt contaminants.
- Les zones amb risc de contaminació alt coincideixen amb zones amb molt alta, alta i mitjana vulnerabilitat, combinades amb l'existència d'activitats potencialment molt i mitjanament contaminants.
- Les zones amb risc de contaminació mitjà coincideixen amb zones de combinació d'alta vulnerabilitat sense presència d'activitats potencialment contaminants o zones de baixa vulnerabilitat i existència d'activitats potencialment molt contaminants.
- Les zones amb risc baix de contaminació són les zones poc o molt poc vulnerables i sense activitats potencialment contaminants.
- Les zones amb risc molt baix de contaminació comprenen les zones amb molt baixa vulnerabilitat i sense activitats potencialment contaminants.

En la figura següent es mostra la matriu de vulnerabilitat-pressió a partir de la qual s'han definit les perillositats. S'estableixen quatre grups de perillositat, de més baixa a més alta.

Pressió sobre qualitat de l'aigua

Vulnerabilitat	195	M	A	MA	MA	<ul style="list-style-type: none"> • MA: molt perillós • A: perillositat alta • M: perillositat mitjana • B: perillositat baixa • MB: perillositat molt baixa
		M	M	A	MA	
		B	M	M	A	
	46	MB	B	M	M	

Avaluació de la perillositat per contaminació

En el mapa següent es mostra la distribució de la perillositat obtinguda o risc de contaminació de les aigües.

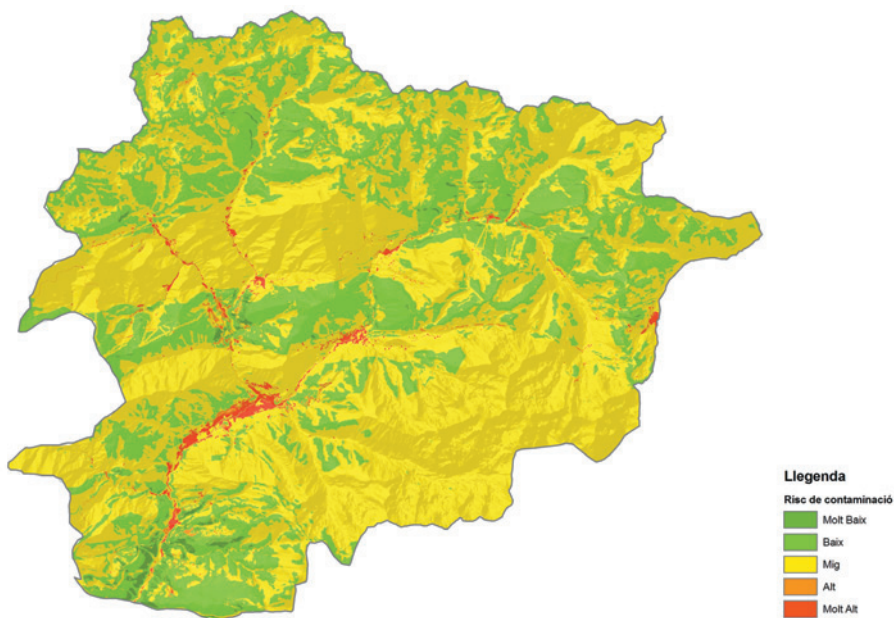
Aquest mapa estableix els sectors sotmesos a un risc més alt per contaminació, segons les activitats que s'hi desenvolupen, però també estableix les zones més vulnerables i que, per tant, són més sensibles davant d'una activitat potencialment contaminant.

En el fons de les valls, on l'antropització és més intensa, es detecten les zones en les quals les aigües presenten un risc més alt de ser 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.

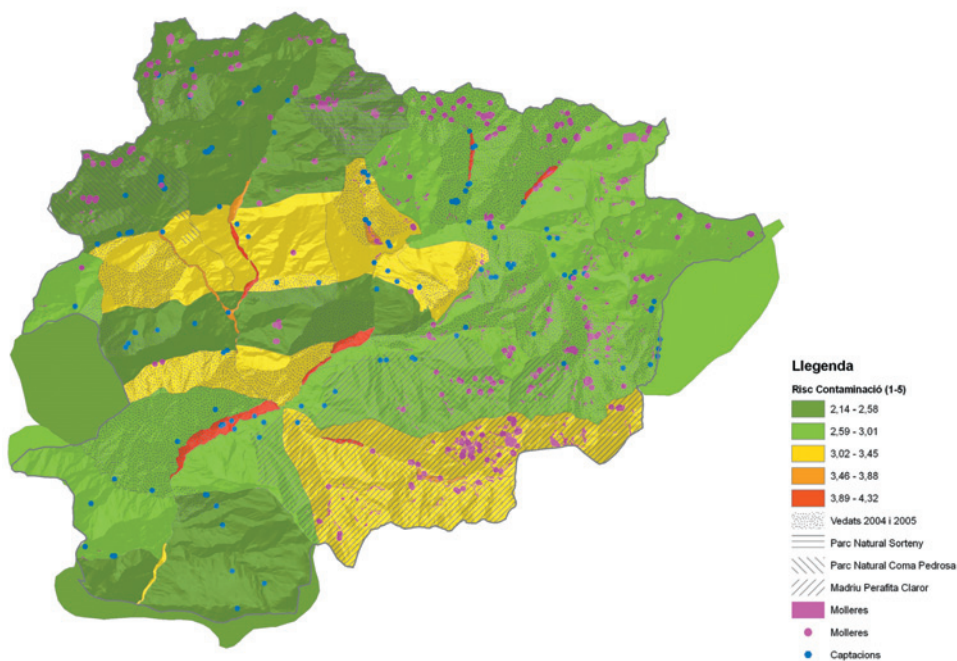
Per unitats hidrogeològiques, la perillositat per contaminació és més gran en les unitats de fons de vall, on es combina una alta vulnerabilitat i presència d'activitats potencialment molt contaminants.

Les unitats amb vulnerabilitat baixa o mitjana, i sense activitats potencialment molt contaminants, són les que presenten un risc més baix de contaminació.



Distribució de la perillositat o risc de contaminació.

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



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

La perillositat per contaminació és més elevada en les unitats de fons de vall, on es combina una alta vulnerabilitat i presència d'activitats potencialment contaminants. La majoria d'espais d'interès, com poden ser les molleres, els vedats, els parcs naturals i les captacions d'aigua potable, s'emplacen generalment en unitats amb poc risc.

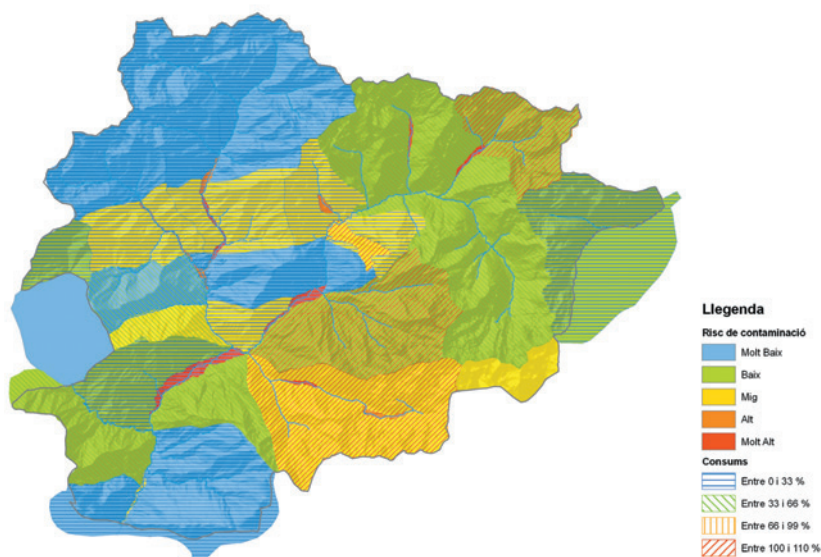
El solapament entre les unitats amb alt i molt alt risc de contaminació i espais d'interès permet obtenir una zonificació del risc per a la salut i per als ecosistemes.

La pressió antropològica sobre el recurs

En base als resultats presentats en els apartats anteriors relatiu a l'aprofitament en termes de quantitat i a l'estat en termes de qualitat, s'observa que les masses d'aigua en risc de contaminació degut a l'activitat humana són abundants, sobretot en el fons de les valls, associat a la presència de majors activitats potencialment contaminants.

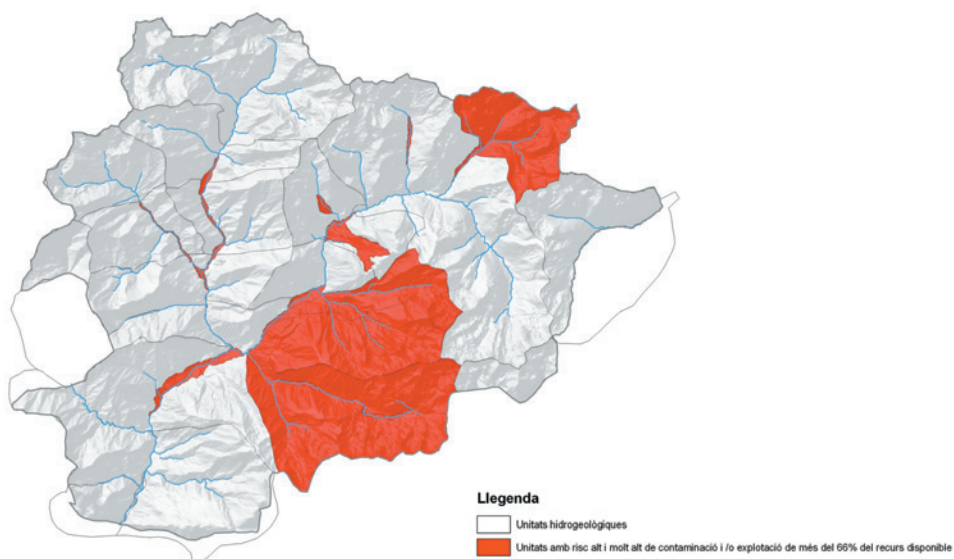
Així mateix les masses d'aigua on actualment s'estima que existeix risc de sobreexplotar el recurs hídric subterrani, són abundants, sobretot en les emplaçades a la conca del Valira d'Orient i Gran Valira a l'estiu.

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 es localitzen 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.



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

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'emplacen principalment en el fons de vall i meitat est del Principat.



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

L'aprofitament del recurs

- La majoria de les captacions conegudes capten aigua superficial, de fonts i torrents, per tant, quan es parla de sobreexplotació del recurs hídric, s'entén que es fa referència a la sobreexplotació del recurs hídric superficial. No obstant això, serà en aquestes unitats on el risc de sobreexplotar el recurs subterrani serà més alt.
- Atès 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 consumptius provoquen una sobreexplotació del recurs hídric superficial en les unitats de Juclar, Valira d'Orient, el Forn, els Orris i Engolasters-Pessons indistintament de l'estació.
- En relació amb els usos consumptius, 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'Arièja.
- A l'estiu, són moltes les unitats hidrogeològiques en les quals la suma dels consums arriben a esgotar el recurs hídric disponible.
- La identificació de les pressions que es produeixen sobre les aigües subterrànies i la determinació de la vulnerabilitat intrínseca del terreny han permès avaluar el risc o la perillositat sobre les aigües subterrànies.
- La perillositat per contaminació és més gran en les unitats de fons de vall, on es combina una alta vulnerabilitat i presència d'activitats potencialment contaminants. La majoria d'espais d'interès, com poden ser les molles, els vedats, els parcs naturals i les captacions d'aigua potable, s'emplacen en unitats amb poc risc.
- 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'emplacen principalment en el fons de vall i meitat est del Principat.
- Les cubetes quaternàries de fons de vall es comporten com un gran magatzem o dipòsit d'aigua. La immensa majoria de la població i de les activitats es troben precisament també en el fons de les valls; per tant es planteja una situació de risc potencial per a aquests reservoris hídrics. L'interès d'aquestes cubetes com a reservoris hídrics es contraposa amb la situació de risc a la qual poden estar sotmeses.



Govern d'Andorra