



Govern d'Andorra

ESTUDI PER A L'ELABORACIÓ ANYAL DEL BALANÇ HÍDRIC DEL PRINCIPAT D'ANDORRA

(PERÍODE 1971-2000 I 2006-2012)



Setembre 2015

1	INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	3
2	METODOLOGIA PER A L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS.....	4
3	PERÍODE 1971-2000.....	9
3.1	Estacions meteorològiques	9
3.2	Trets generals de la pluviometria per al període 1971-2000	11
3.3	Trets generals de la temperatura per al període 1971-2000	12
3.4	Càlcul del balanç hídric.....	14
3.5	Conclusions Període 1971-2000.....	23
4	PERÍODE 2006-2012.....	24
4.1	Any 2006.....	25
4.2	Any 2007	30
4.3	Any 2008.....	35
4.4	Any 2009.....	40
4.5	Any 2010	45
4.6	Any 2011	50
4.7	Any 2012.....	55
4.8	Discussió dels resultats 2006-2012	60
5	CONCLUSIONS DEL PERÍODE 2006-2012.....	66
6	LIMITACIONS DE L'ESTUDI	67
7	BIBLIOGRAFIA	68
8	ANNEXOS	69

1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

El Principat d'Andorra com a país enclavat en la Serralada Pirinenca és un territori molt muntanyós, amb una altura mitjana que ronda els 2000 metres i un elevat gradient altitudinal, en el qual la distribució de les valls i dels relleus dona lloc a una gran variabilitat d'orientacions, fet que es tradueix en un clima força variat.

Per les seves característiques es pot incloure dins el clima comprès entre el de muntanya mitjana i alta muntanya, amb influències mediterrànies en certes zones i influències atlàntiques en altres. Aquest tipus de clima ve marcat per la irregularitat i l'estacionalitat de les precipitacions, així com per un gran contrast de temperatures. En aquest context és necessari comptar amb un grau de coneixement detallat per tal de caracteritzar el clima i la dinàmica hídrica del país.

Els primers treballs en matèria de balanç hídric recauen en l'elaboració del balanç hídric per al període 1974-2005 (*Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* M.I. Govern d'Andorra, 2007), utilitzant uns gradients altitudinals constants per a l'elaboració dels mapes de precipitació i temperatura. Els resultats d'aquest primer treball oferien valors mitjos de precipitació que assolien els 996mm, mentre que pel que fa a la temperatura es limitava als 4,1°C. Amb aquestes estimacions el balanç hídric resultava en valors d'excedents compresos entre els 99 i els 1212mm/any.

Més endavant, la mateixa metodologia va ser aplicada en l'estudi "*Elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra (període 2008-2012)*".

Així, considerant aquests precedents i d'acord amb les previsions del contracte, a continuació es presenta l'actualització del model climatològic i del balanç hídric per al període climàtic 1971-2000, així com pels anys 2006-2012.

En aquest estudi s'introdueixen múltiples canvis metodològics respecte a treballs anteriors (*Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra*, M.I. Govern d'Andorra 2007) amb l'ànim de desenvolupar un model climatològic i de balanç hídric que s'adapti millor a la realitat del país. En aquesta línia, com a canvis més significatius, s'incrementa notablement el nombre d'estacions tingudes en compte i es generen els models de distribució de precipitacions i de temperatures en base a la tècnica de regressió múltiple. Aquest mètode de càlcul s'adopta amb l'objectiu d'equiparar metodologies amb l'Atlas Climàtic Digital d'Andorra (ACDA), en el qual es va aplicar la tècnica de regressió múltiple.

D'altra banda, per a la realització del balanç hídric i seguint criteris estrictament hidrològics, els límits geogràfics de càlcul s'acoten als límits físics de les unitats hidrogeològiques del país. Igualment en termes de la reserva útil del sòl, es considera un valor variable en funció de la pedologia i de la topografia.

Així doncs, l'objectiu d'aquest estudi recau en permetre caracteritzar, amb un major grau de detall, la dinàmica hídrica del país per al període climàtic 1971-2000. D'aquesta manera es busca obtenir uns models de referència per a la distribució de les precipitacions i temperatures del Principat d'Andorra, així com un model tipus de balanç hídric per al país, que permetin comparar models anuals posteriors a la mateixa referència temporal de l'ACDA.

Les eines que derivin del present treball han de permetre, en un futur, comparar la dinàmica hídrica d'un any en concret respecte al període de referència 1971-2000, de la mateixa manera que es realitza en aquest document amb els anys 2006-2012, ja caracteritzats anteriorment mitjançant les metodologies dels gradients constants.

2 METODOLOGIA PER A L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS

El desenvolupament d'aquest treball pot dividir-se en les següents etapes:

a) Recopilació i triatge de les dades inicials

L'etapa inicial del treball fa referència a la cerca de les dades de base per a la generació dels mapes climàtics i el posterior càlcul del balanç hídric.

S'han recollit informacions relatives a precipitació i temperatura pel període 1971-2000 i 2006-2012, tant del Principat d'Andorra com de territoris veïns. Les dades han estat proporcionades per diferents organismes. Pel cas concret d'Andorra, les fonts d'informació es refereixen a FEDA, el Servei de Meteorologia del M.I. Govern d'Andorra i en menor mesura a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE).

D'altra banda, per a les estacions ubicades en territori francès, les dades provenen de MétéoFrance, mentre que per a les estacions situades en territori català les dades procedeixen del Servei Meteorològic de Catalunya i en algun cas de la CHE.

Aquesta cerca ha permès obtenir una gran quantitat d'informació climàtica, donat que es tracta d'un requisit per a poder aplicar la metodologia seleccionada per a poder elaborar els mapes climàtics. Altres condicions que han de complir les estacions seleccionades són en primer lloc que han de presentar característiques semblants a la zona d'estudi i en segon lloc que no estiguin influenciades en excés per les situacions atlàntiques o mediterrànies.

Cadascun dels organismes proporciona els registres en diferent format i a diferent escala temporal. Per aquest motiu, es duu a terme un treball específic de triatge i homogeneïtzació de les dades. Aquí cal tenir en compte que el balanç hídric es realitza a nivell mensual, motiu pel qual es fa necessari processar tota la informació a aquesta escala.

Generalment es parteix de dades diàries, de les que se'n selecciona les temperatures mínimes i màximes, calculant-ne, més tard, la mitjana mensual de la temperatura mínima (Tn) i màxima (Tx) respectivament.

Per la seva banda, la precipitació requereix un tractament menys complex, donat que la precipitació mensual resulta directament del sumatori de totes les precipitacions diàries d'un mes en concret.

D'aquesta manera, les dades de base per a desenvolupar els mapes climatològics i el posterior balanç hídric són temperatures mínimes i màximes mensuals (Tn i Tx), així com la precipitació acumulada mensual (P). Al llarg del treball aquestes dades seran anomenades variables dependents.

En les dades de base es realitza un triatge que condueix a l'eliminació d'una dada mensual sempre i quan aquesta contempli una absència de dades superior a dos dies no consecutius.

No obstant això, una diferència significativa en relació a treballs precedents (M.I. Govern d'Andorra, 2007) recau en que actualment és possible comptar amb estacions amb sèries de dades incompletes. Les estacions tingudes en compte per a l'elaboració dels mapes de precipitació i temperatura per al període climàtic 1971-2000 i 2006-2012 s'exposen a l'annex A1 i A4 respectivament.

b) La Regressió múltiple i la correcció de residus per al Càlcul de la Mitjana climàtica a Andorra

Un cop es disposa de la informació climàtica (Tn, Tx i P) filtrada per les diferents estacions meteorològiques, es desenvolupen els mapes de distribució de precipitació i temperatura. Aquesta tasca es recolza en la tecnologia SIG, que permet el tractament eficient de grans quantitats de dades geogràfiques.

En aquest punt cal estimar les variables dependents (Tn, Tx i P) per a tota la zona d'estudi, a partir d'informacions conegudes a nivell puntual (estacions meteorològiques). Per dur a terme aquesta tasca, s'implementarà la tècnica de regressió múltiple, la qual va ser utilitzada en la generació de l'ACDA, per part de l'Institut d'Estudis Andorrans (IEA).

La regressió múltiple és un mètode estadístic que permet establir, alhora, la relació d'una variable dependent (Tn, Tx o P) amb diferents variables independents. El valor d'aquestes últimes condiciona el valor de la variable dependent estudiada. Matemàticament, la regressió múltiple s'il·lustra mitjançant l'expressió 1.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon \quad (1)$$

on, Y és la variable dependent, b_0 , b_1 , b_2 i b_n són coeficients de ponderació i x_1 , x_2 i x_n són les variables independents i ε són els residus que cal corregir.

En el cas que ocupa el present document les variables independents considerades en cadascuna de les variables dependents s'il·lustren a la (Taula 1).

L'alçada es té en compte per introduir l'efecte altimètric, la distància a l'Oceà Atlàntic i a la Mar Mediterrània donen informació sobre la continentalitat i la latitud introdueix els efectes de la variació geogràfica.

Variable independent	Variable dependent	
	Tn i Tx	P
Alçada	✓	✓
Distància a l'Oceà Atlàntic	✓	✓
Distància a la Mar Mediterrània	✓	✓
Latitud	✓	✓
Radiació solar	✓	X

Taula 1: Variables independents considerades per a cada variable dependent. ✓ Significa que la variable ha estat considerada, X significa que la variable no ha estat considerada.

Gràficament, la figura 1 il·lustra la variació espacial de les variables independents. Cal puntualitzar que els mapes de base relatius a les variables independents no són els mateixos que els implementats en l'ACDA.

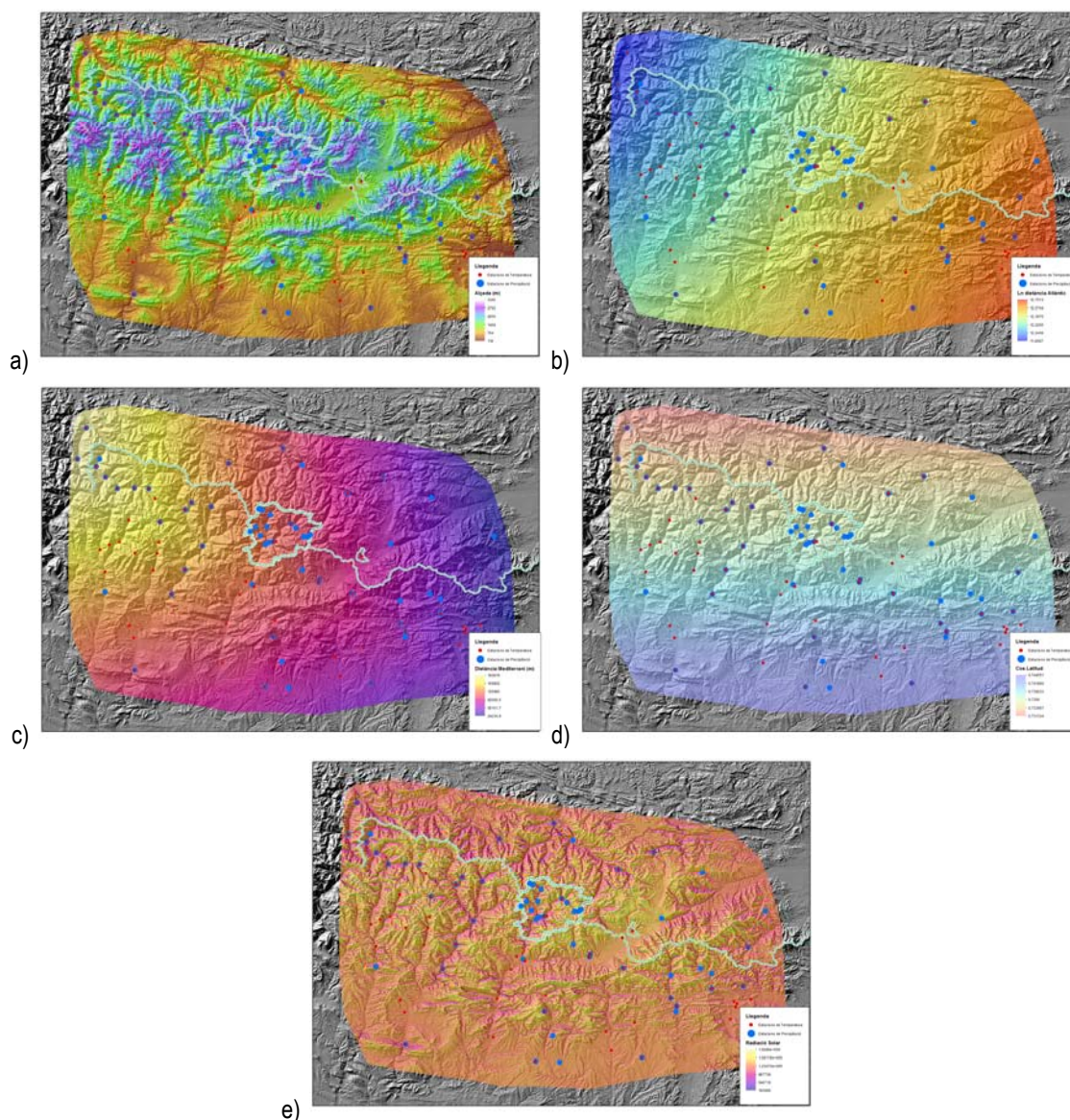


Figura 1: Il·lustració de les variables independents considerades en la regressió múltiple. a) alçada b) distància a l'atlàntic c) distància a la mediterrània d) latitud e) radiació solar.

La regressió múltiple aplicada en aquest treball es basa en el fet que les variables dependents són conegudes en uns punts concrets del territori (estacions meteorològiques). Alhora, les variables independents són igualment conegudes. En aquesta situació la regressió múltiple ha de permetre establir la relació matemàtica entre ambdós tipus de variables.

Un cop obtinguda la pertinent expressió, sabent el valor de les variables independents per a la resta del territori, és possible estimar el valor de les variables dependents en cadascun dels punts de la zona d'estudi.

La regressió múltiple és aplicada mes a mes i any a any, degut a que les informacions de base i el posterior balanç hídric es troben expressats a nivell mensual. Per tant, dels resultats obtinguts en deriven la mitjana mensual de les precipitacions i de temperatures per a tota la zona d'estudi.

La figura 2 mostra, de manera esquemàtica el procés seguit en l'aplicació de la regressió múltiple.

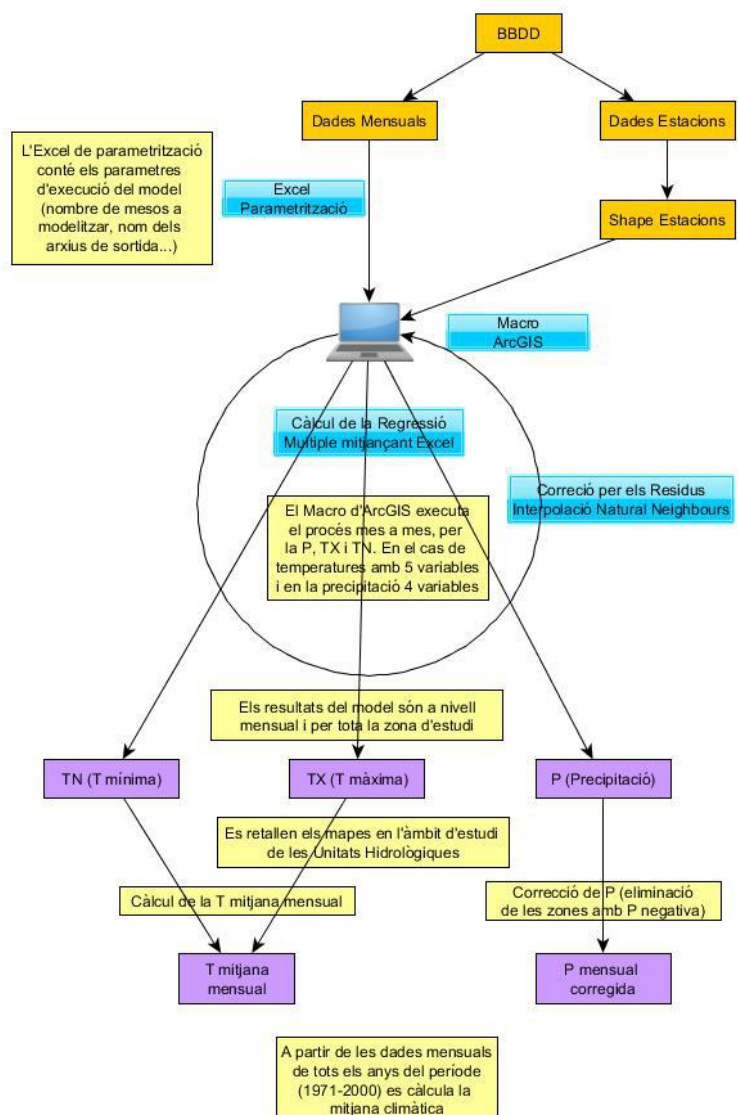


Figura 2: Diagrama de flux esquemàtic del funcionament del model.

La informació que resulta de la regressió múltiple no és directament aplicable pel fet que l'ajust entre el valor de les variables dependents mesurades a les estacions meteorològiques i els valors de les mateixes que resulten de la regressió no és òptim. En aquest sentit la diferència entre ambdós valors comporta un residu (ε) que cal ser corregit.

Així per mitjà dels residus i d'una interpolació aplicada en el SIG, s'aconsegueix eliminar el biaix existent entre les variables mesurades i les calculades, fent la correcció extensiva a la resta de la zona d'estudi.

Per a l'aplicació de la correcció de residus es comparen dues tècniques d'interpolació diferents: IDW i Natural neighbours. Ambdues disponibles en programari SIG utilitzat. La figura 3 mostra els resultats per a cada tècnica d'interpolació.

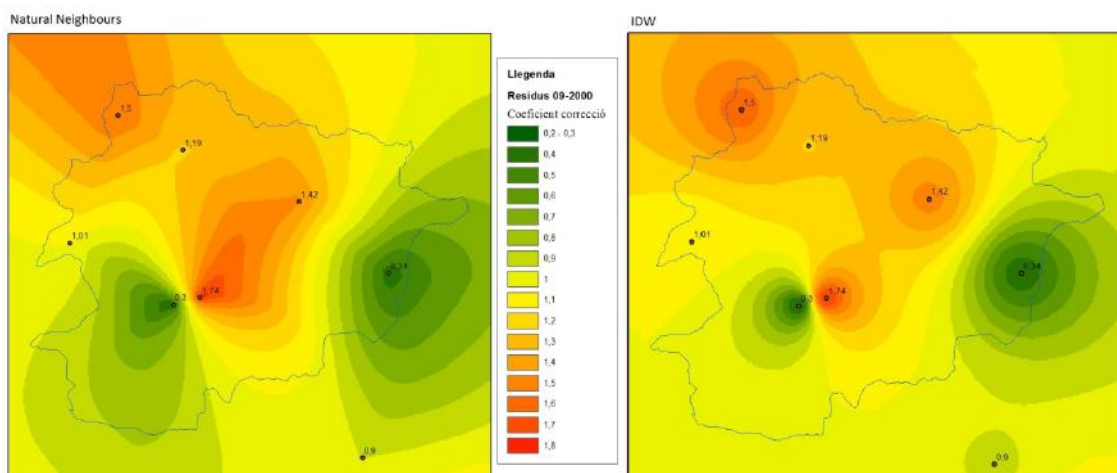


Figura 3: Diferències en la correcció de residus entre una interpolació de tipus Natural neighbours i una altra de tipus IDW.

La tècnica d'interpolació que mostra uns resultats més satisfactoris és Natural neighbours. En aquest sentit, IDW limita molt la correcció dels valors en l'espai.

Per a la validació de la regressió múltiple els resultats obtinguts han estat comparats paral·lelament amb l'ACDA i el model de gradients fixos (M.I. Govern d'Andorra, 2007). La incertesa més remarcable apareix sempre en cotes superiors als 2000m. En aquest sentit, es tenen indicis per pensar que la modelització exposada infravalora les precipitacions en cotes altes. Aquesta suposada subestimació pot tenir l'origen en el mateix mètode i en el baix nombre d'estacions situades en alçada (Punt 3.1). Tot i que se sap que les estacions de cotes altes contemplen les precipitacions sòlides, la dificultat en la seva mesura rigorosa (efecte vent/torb) pot introduir biaixos en els registres que es creu que apareixen reflectits en els resultats que s'exposen al llarg del document.

Els mapes climàtics que deriven d'aquesta etapa compten amb una mida de cel·la de 100x100m.

Tot aquest procés de càlcul i correcció ha estat repetit en diferents ocasions per tal de reconduir biaixos observats en les múltiples proves executades. Més concretament els canvis introduïts es basen en:

- Desestimació de l'efecte de la radiació solar en la precipitació donat que la introducció d'aquesta variable no ofereix comportaments òptims en les variables dependents.
- Eliminació d'algunes estacions que, sense tenir defectes en les seves dades, per les seves característiques, introdueixen anomalies en el model. El cas més recurrent és el d'estacions situades a cota baixa amb precipitacions excessivament altes (per exemple les estacions de la zona de la Garrotxa).

3 PERÍODE 1971-2000

A continuació s'exposen els resultats de l'actualització dels mapes climàtics i del balanç hídric per al període 1971-2000. Tant la informació climàtica com el balanç han estat tractats mes a mes i any a any al llarg dels 360 mesos que componen el període d'estudi. Els resultats que es presenten a continuació són una mitjana de cada mes i cada any.

3.1 Estacions meteorològiques

De cara a elaborar els mapes de distribució de les precipitacions totals (líquides i sòlides) i temperatures s'ha procedit a recopilar totes les dades meteorològiques disponibles per a les estacions que recull l'annex A1. En aquest sentit, a fi de representar les particulars condicions del país cal disposar d'un nombre considerable d'estacions amb registres continuats de dades climàtiques.

Es amplia la xarxa d'estacions meteorològiques que hi ha implantada al Principat d'Andorra, tot i que fins a data d'avui, no es mesura, en totes elles, la totalitat de paràmetres meteorològics (precipitació i temperatura). Per aquest motiu, i per a una major representació del clima regional es consideren altres estacions externes als límits del Principat. A la figura 4 es dona un mapa de situació de les estacions utilitzades. A l'annex A1 s'exposa, la relació d'estacions utilitzades segons la variable analitzada en cada cas (precipitació i temperatura).

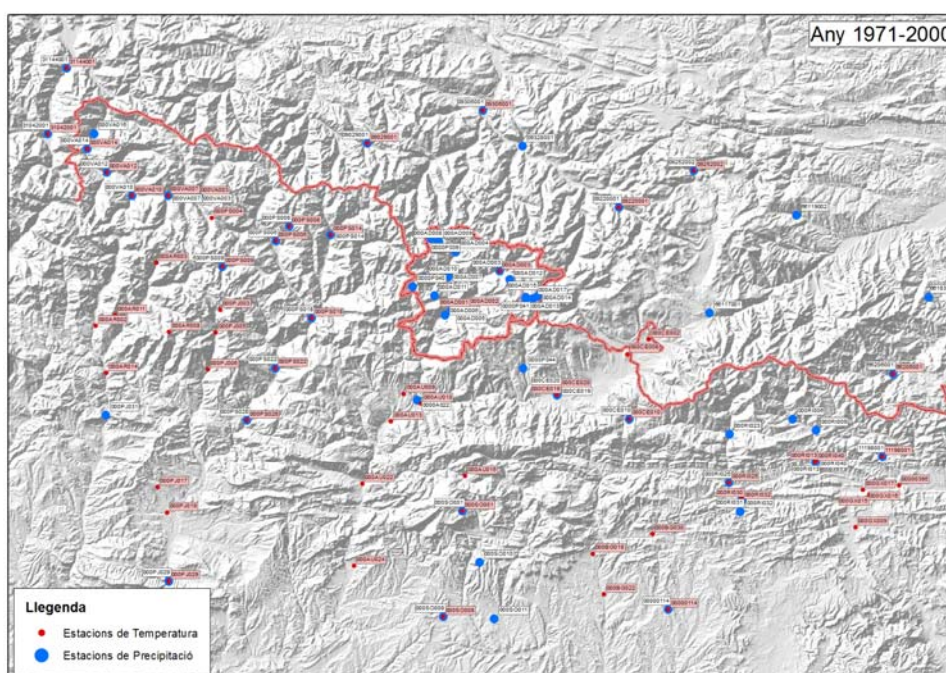


Figura 4: Ubicació de les estacions utilitzades en el balanç hídric per al període 1971-2000.

Per a l'elaboració del balanç hídric del període 1971-2000 han estat utilitzades un total de 93 estacions meteorològiques. D'aquestes únicament 19 es troben ubicades dins del territori andorrà, distribuint-se la titularitat de les estacions entre M.I. Govern d'Andorra, FEDA, particulars i la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE).

En relació a les estacions ubicades en territori català pertanyen, en la seva gran majoria al Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) i en menor mesura a la CHE. Per últim les estacions ubicades en territori francès són en tots els casos de MétéoFrance (Taula 2).

Ubicació	Nombre d'estacions
Andorra	19
Catalunya	62
França	12

Taula 2: Distribució de les estacions meteorològiques segons el territori on es troben ubicades.

Paral·lelament, si l'anàlisi es realitza en funció de les variables mesurades, en un total de 32 estacions es disposa de lectures simultànies de precipitació i temperatura, mentre que el nombre d'estacions en les quals només es mesura P ascendeix a 32 i en les quals únicament es registra la temperatura és en 29 estacions (Taula 3).

Variables mesurades	Nombre d'estacions
P,T	32
P	32
T	29

Taula 3: Distribució de les estacions meteorològiques segons les variables mesurades.

Les estacions seleccionades es troben, com a màxim, a 90km de distància del centre del país. Les dues estacions que es troben en aquest límit són Cierp-Gaud i St-Marsal, ambdues gestionades per Météofrance.

L'alçada mitjana d'Andorra és propera als 2000m, compresa entre els 840m al riu Runer i els 2942 al pic del Comapedrosa). En base a aquesta informació les estacions considerades en el treball es distribueixen, altimètricament, entre els 337m (Central hidroelèctrica de Terradets) i els 2550m (Envalira). De les 93 estacions disponibles, 51 se situen per sobre dels 840m, mentre que només 11 superen els 2000m, sense disposar-ne de cap compresa entre els 2600 i els 2942 (Figura 5). Tenint en compte que ha estat utilitzada tota la informació disponible, s'observa una baixa quantitat de dades a cotes altes i per a un llarg període de temps.

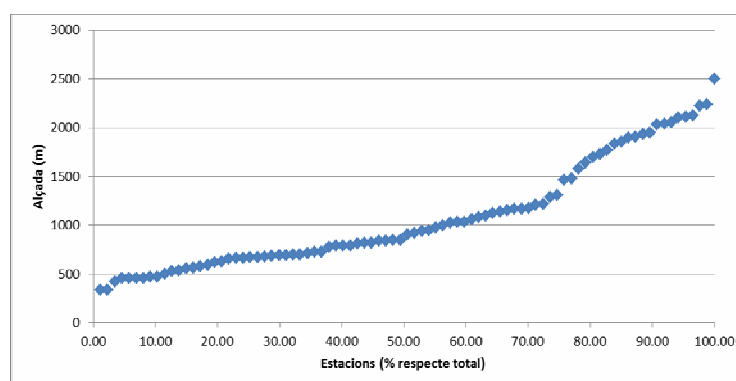


Figura 5: Distribució altimètrica de les estacions seleccionades.

3.2 Trets generals de la pluviometria per al període 1971-2000

De l'aplicació de la regressió múltiple corregida en deriven les següents distribucions de les precipitacions.

El període comprès entre l'any 1971 i 2000 presenta una pluviometria mitja que oscil·la entre els 768 i els 1135 mm, amb un valor mig de 958,5 mm. Els valors màxims es detecten a la meitat Nord del Principat, especialment a la capçalera de la Vall d'Orient.

En la figura 6 es mostra el model de distribució de les precipitacions per al període 1971-2000.

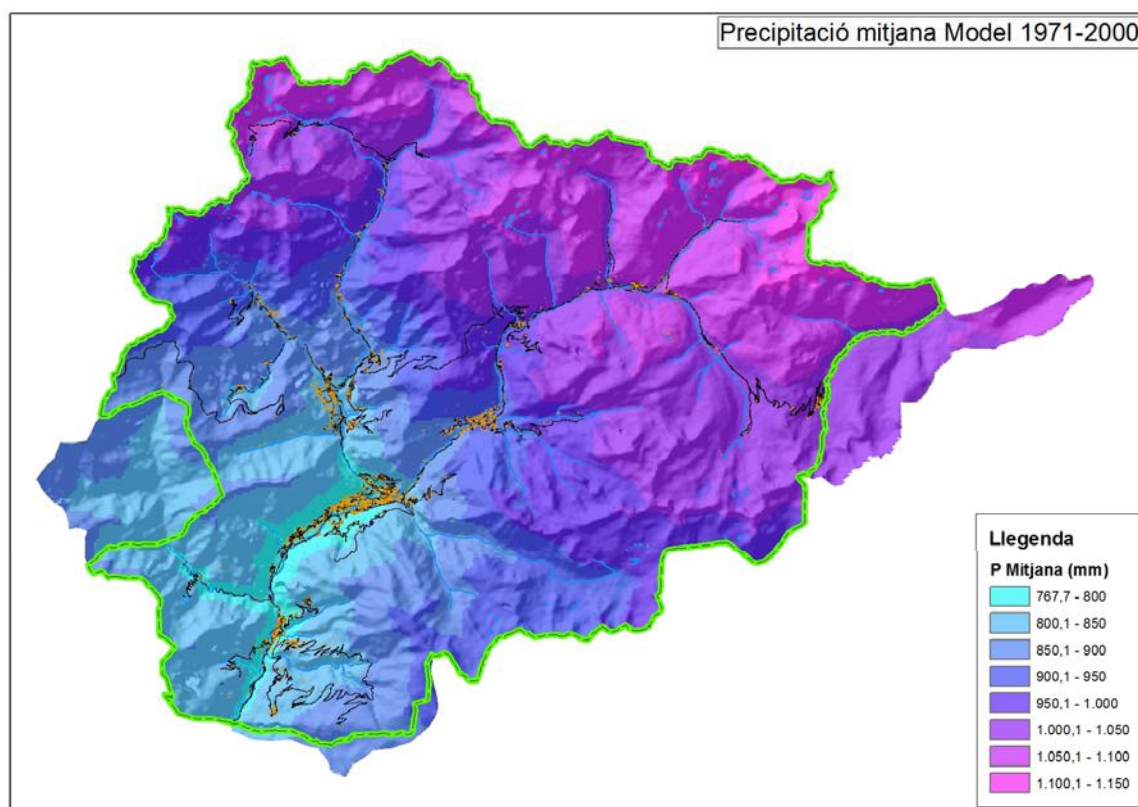


Figura 6: Mapa de les precipitacions mitges anuals per al període 1971-2000.

Considerant la superfície circumscrita dins els límits del país (467km²) la precipitació mitja obtinguda es pot comparar amb els resultats de l'Atlas Climàtic Digital d'Andorra (ACDA) i amb els del període 1974-2005 segons la taula 4.

Variable (mm/any)	Model 1971-2000 (Regressió múltiple + correcció de residus)	Model 1974-2005 (Gradients constants)	ACDA
P _{mitja}	958,5	996,4	1099,4
P _{min}	767,7	560,2	763,8
P _{max}	1134,7	1523,7	1451,0
Desviació estàndard P	92,5	180,0	139,3

Taula 4: Comparació de la precipitació obtinguda en el model en comparació amb els resultats de l'ACDA. La desviació estàndard es refereix al valor mig.

Una comparació més detallada de la distribució de la precipitació es mostra a l'Annex A2.

En conjunt les precipitacions obtingudes en el present model, són lleugerament inferiors als resultats de l'ACDA. En termes mitjos la precipitació anual acumulada segons el model desenvolupat és de 958,5mm, mentre que els valors de l'ACDA assoleixen els prop de 1100mm, és a dir un 15% superior.

Pel que fa a la desviació dels resultats del model, respecte del valor mig, aquesta és significativament inferior a la que mostra l'ACDA. Aquesta menor desviació es tradueix en una precipitació màxima menor, si bé la precipitació mínima del país s'estima en pràcticament el mateix valor en ambdós casos. D'aquesta manera, en el model desenvolupat, la diferència entre els valors extrems s'escurça.

Per la seva banda, la comparació dels resultats en relació al període 1974-2005, la precipitació obtinguda per aquest període és prop d'un 4% superior a l'actual. En aquest sentit, en el càlcul de la precipitació 1974-2005 es van utilitzar uns gradients altitudinals de precipitació fixos que es creu que sobreestimaven les precipitacions en alçada. A més cal tenir en compte que es tracta d'un període diferent, fet que podria no ser del tot comparable.

3.3 Trets generals de la temperatura per al període 1971-2000

De l'aplicació de la regressió múltiple corregida en deriven les següents distribucions de temperatures.

El període 1971-2000 presenta una temperatura mitja anual que oscil·la entre els 1,89°C i els 11,37°C. Els valors mínims es detecten al Nord-Est del Principat, en zones de capçalera i amb la presència de cims muntanyosos amb alçades superiors als 2700 metres, i els valors màxims es localitzen al Sud i fons de vall, que coincideix amb zones topogràficament inferiors.

En la figura 7 es mostra el model de distribució de les temperatures per al període 1971-2000.

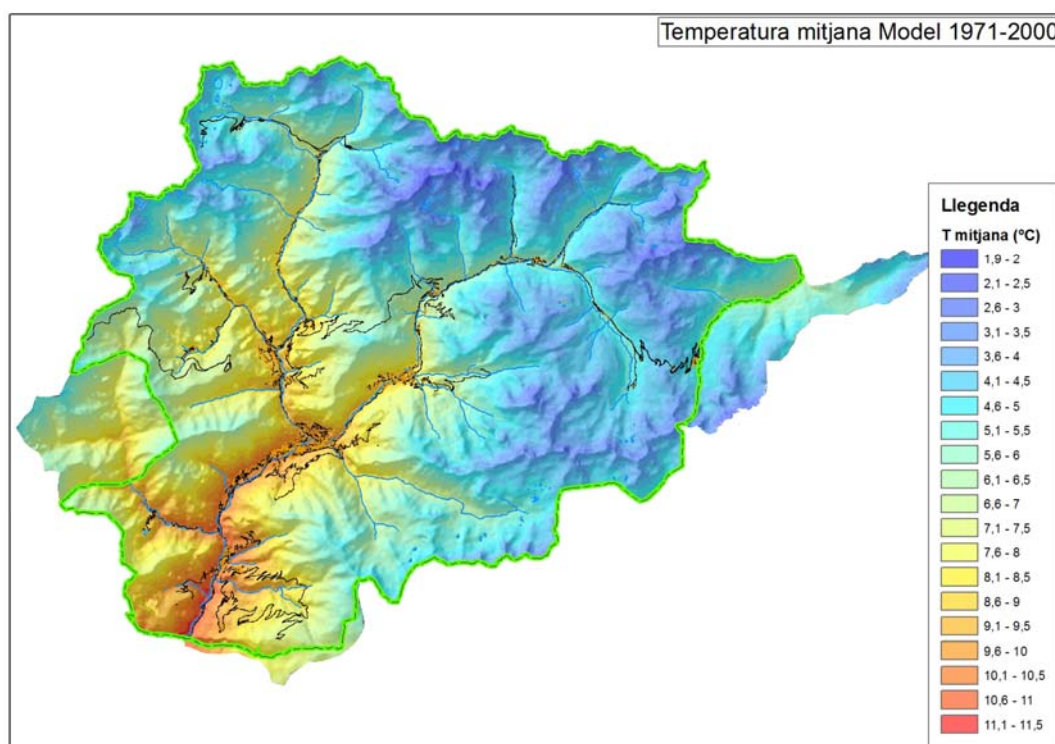


Figura 7: Mapa de temperatures mitges anuals per al període 1971-2000.

La temperatura mitja d'Andorra segons els límits administratius (467km²) s'estableix en 5,8°C per al cas del model, mentre que l'ACDA ofereix un valor lleugerament inferior, establint-se en 5,3°C, un 8% inferior. En aquest cas, la desviació dels valors respecte del valor mig és pràcticament igual en els dos casos (Taula 5).

Tot i així, el model desenvolupat estima una temperatura mínima i màxima significativament superior que en el cas de l'ACDA.

D'altra banda, la temperatura mitja obtinguda actualment, és significativament superior a la temperatura mitja per al període 1974-2005.

Variable (°C)	Model 1971-2000 (Regressió múltiple + correcció de residus)	Model 1974-2005 (Gradients constants)	ACDA
T _{mitja}	5,8	4,1	5,3
T _{min}	1,9	-2,4	0,3
T _{max}	11,4	11,5	10,9
Desviació T	1,9	2,8	2,0

Taula 5: Comparació de les temperatura derivades del model en relació als resultats de l'ACDA. La desviació estàndard es refereix al valor mig.

Una comparació més detallada de la distribució de la temperatura es mostra a l'Annex A2.

3.4 Càlcul del balanç hídric

De cara a establir el balanç hídric per al període 1971-2000, es parteix del model conceptual que mostra l'expressió 2. D'aquesta manera s'estableix que la precipitació en una conca és la suma entre l'evapotranspiració real (ETR) i la pluja útil o excedents (Pu) més una variació de la reserva del sòl (ΔR). L'estimació de cadascun dels paràmetres, així com la metodologia seguida s'exposa a l'Annex A3.

$$P = ETR + Pu \pm \Delta R$$

(2)

on:

P=Precipitació total: sòlida i líquida

ETR= Evapotranspiració real

Pu=Pluja útil o excedents

ΔR =Variació reserva d'aigua en el sòl

Donat que els límits administratius del Principat d'Andorra no abasten la totalitat de la conca hidrogràfiques del país s'opta per una metodologia seguint criteris de conca hidrològica. No obstant això, tots els resultats finals s'expressen en termes de territori andorrà.

També, en el balanç hídric que es presenta en aquest document, no es consideren possibles aportacions d'aigua externes (degudes al transport de neu pel vent o fluxos d'aigua subterranis) als límits de la conca considerats.

A diferència de treballs anteriors (M.I. Govern d'Andorra, 2007) en aquest cas, la reserva del sòl potencial és variable en funció de la pedologia i del pendent topogràfic. La metodologia de càlcul s'especifica a l'annex A3. S'entén que amb aquest canvi s'aconsegueix una reserva del sòl flexible que s'adapta millor a les característiques particulars del terreny.

Degut a limitacions del model digital del terreny utilitzat en l'estimació de la reserva útil del sòl, els mapes resultants del balanç hídric tenen un costat de cel·la de 27,5m.

a) Resultats del balanç hídric

En conjunt per al període 1971-2000 i per al territori comprès en els límits administratius, les entrades al sistema es considera que són únicament les precipitacions, amb un valor mig de 958,1 mm/any. Les sortides del sistema es distribueixen en evapotranspiració, pluja útil i variació anual de la reserva d'aigua del sòl. Els valors que es mostren a continuació fan referència a la mitjana anual de cadascuna de les variables del balanç (T, P, ETR, Pluja útil i variació de la reserva) pel període 1971-2000 i en el conjunt del territori andorrà.

Considerant una temperatura mitja de 5,81°C s'obté, per mitjà del mètode de Thornthwaite, una evapotranspiració real (ETR) mitja de 398,2mm. Paral·lelament, amb aquesta dada i tenint en compte una precipitació mitja de 958,1mm en resulten uns excedents de 559,9mm. En els mesos d'estiu, on la ETR és major, apareix un dèficit que en el conjunt de l'any es computa en 88,8mm de mitjana per al territori comprès pels límits administratius (Taula 6).

D'altra banda, en relació a la reserva se suposa plena a l'inici del balanç hídric (gener del 1971), prenent un valor mig de 8,6 (segons límits administratius). En els mesos amb dèficit la reserva es buida completament, tot i que posteriorment abans d'iniciar el següent any hidrològic, s'aconsegueix reomplir-ne la seva capacitat. D'aquesta manera s'obté una variació nul·la. Per tant, en el conjunt del període 1971-2000 la variació de la reserva és nul·la.

En la següent taula (Taula 6) es mostra un resum dels resultats mitjos del balanç hídric segons els límits administratius del Principat. Els mapes relatius a cada variable del balanç es mostra a l'Annex A3.

T mitja	P acumulada	ETR	Pluja útil (excedents)	ΔR
5,81°C	958,1 mm	398,2 mm	559,9 mm	0,0 mm

Taula 6: Resum balanç hídric en base al mètode de Thornthwaite. Superfície calculada=467Km²

Segons el mètode de Thornthwaite, l'evapotranspiració (ETR) suposa el 41,7% de les entrades al sistema, mentre que la pluja útil representa el 58,4%. En el següent gràfic (Figura 8) es mostra la distribució de les sortides segons el mètode de càlcul utilitzat.

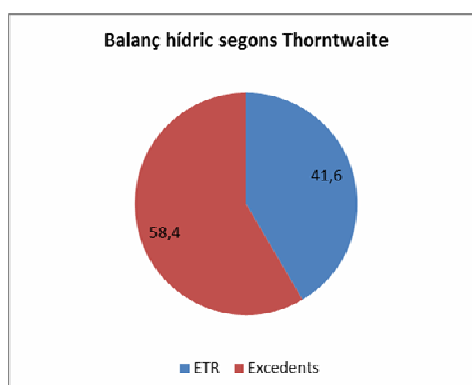


Figura 8: Balanç hídric segons Thornthwaite (Reserva d'aigua al sòl mitja de 8,6mm a l'inici del balanç)

Tot i que en aquest punt únicament es mostren els resultats en termes mitjos a l'annex A3, punt e s'exposen els resultats del balanç hídric any a any per a tot el període 1971-2000.

b) Contrast de resultats

Quan es parla de pluja útil s'està parlant de l'aigua que surt com a escolament superficial directe i com a escolament subterrani, que en un balanç anual es pot interpretar que tota la pluja útil acaba drenant cap als rius.

Donant per vàlid aquest supòsit, es contrasten els resultats de la pluja útil estimada amb el model de balanç hídric, i els cabals aforats.

Per a dur a terme aquest contrast de dades s'ha fet ús dels registres de cabal diaris recollits al llarg del període 1971-2000 en el riu Madriu, riu Valira d'Orient a Ransol. En la següent taula (Taula 7) es donen les dades tècniques de cada estació d'aforament.

Estació d'aforament	X	Y	Riu aforat	Superfície conca hidrogràfica (Km ²)
FEDA-Ransol	542773,6	31220,0	Valira Orient	81,86
FEDA Madriu - Ràmio	537514,6	22164,2	Madriu	26,05

Taula 7: Situació aproximada (coordenades Lambert III), riu aforat, superfície de la conca hidrogràfica de les estacions d'aforament utilitzades.

En la següent figura s'il·lustra l'abast hidrogràfic cada estació d'aforament.

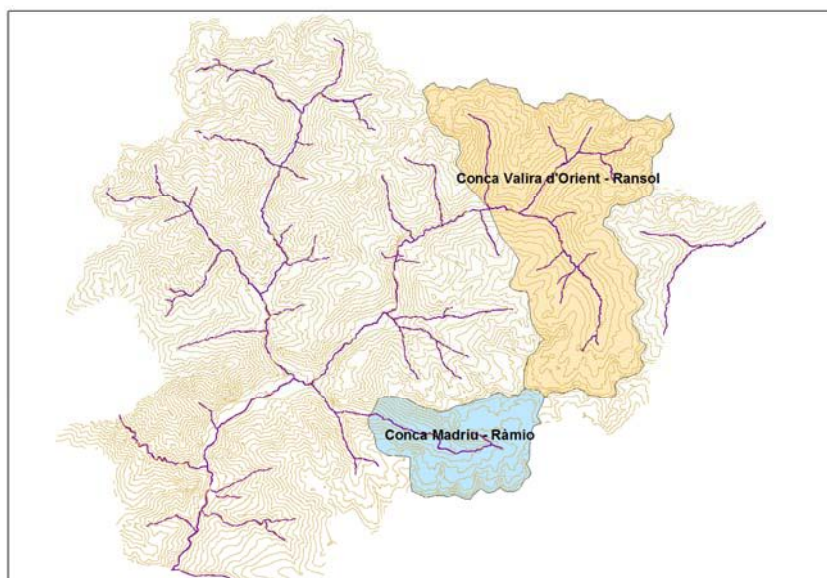


Figura 9: Mapa de situació de les conques estudiades: Valira Orient Ransol i Conca Ràmio – Madriu.

Assumint la validesa de les dades de cabal mesurades és possible comparar-les amb els resultats del model, a fi de determinar-ne el grau d'ajust.

El cabal del riu Valira d'Orient a Ransol, segons dades facilitades per FEDA es calcula en uns 2,8 m³/s, o sigui 88 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1079mm/any.

El cabal del riu Madriu, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 0,6 m³/s, o sigui 19 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 726 mm/any.

En la següent (Taula 8) es resumeixen els valors anteriorment comentats.

Balanç hídric	Dades tècniques	Valira Orient (Ransol)	Madriu
Cabals aforats	Cabals m ³ /s	2,8	0,6
	Cabals Hm ³ /any	88,3	18,9
	Cabal específic (Qe) L/m ² *any	1078,7	726,4
Mètode de Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m ² *any	697,66	572,71
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-35,32	-21,15

Taula 8: Resum dels cabals mitjos registrats al llarg del període 1971-2000 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

La pluja útil calculada mitjançant el mètode de Thornthwaite és, en totes les conques considerades, inferior al cabal aforat. Els biaixos entre els cabals aforats i els excedents que deriven del model es troben compreses entre un 21 i un 35%.

Cal tenir en compte que la mesura dels cabals sovint es troba limitada per la seva precisió, en tant que se solen assumir errors d'entorn el $\pm 25\%$. En aquest sentit, les desviacions observades es troben properes a aquests errors. Per això caldria valorar les següents limitacions associades al la mesura del cabal.

- S'ha dut a terme manualment els càlculs del balanç hídric en algunes estacions representatives del país que disposen de 12 mesos amb dades de precipitació i temperatura (FEDA Central i Ransol) per tal de comprovar que la resolució del model s'ha fet correctament, i s'obtenen valors molt similars (Annex A3, punt f).

- En les estacions de FEDA, diàriament es procedeix a fer un balanç d'entrades (procedents de Ransol, barrancs Cortals i de Ràmio) i sortides a l'estany d'Engolasters, existint un cert error que no s'ha calculat numèricament (M.I. Govern d'Andorra, 2007)

- No es té la certesa que en els aforadors utilitzats es duuguin a terme les tasques de manteniment i neteja adequades per al bon funcionament d'aquest. Així mateix tampoc es té coneixement del grau d'error associat a la corba alçades versus cabals o taula de tarat.

D'altra banda, s'entén que part de les desviacions poden ser degudes al propi model per això caldria contemplar els següents punts:

- L'efecte del vent com a variador dels gruixos de neu, o l'efecte de la sublimació no es té en compte; es tenen comptabilitzades precipitacions totals (suma de pluja i neu fosa) acumulades en els pluviòmetres. Aquest fet subestimaria el valor de les precipitacions en alçada durant els mesos d'hivern.

- A l'hora de calcular la ETR es considera que tota la precipitació està disponible, no tenint-se en compte que part d'aquesta se n'escapa per l'escolament superficial directe que directament alimenta a torrents i rius. En aquest sentit s'està sobrevalorant l'ETR.

- Limitacions associades al càlcul de l'ETP segons Thornthwaite.

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

c) El balanç hídric en les unitats hidrogeològiques

A banda de l'anàlisi a nivell de país, s'estudia més detalladament el balanç hídric per a cada unitat hidrogeològica del país. La metodologia de càlcul és la mateixa que ha estat aplicada al llarg del document, és a dir segons una ETP basada en Thornthwaite, només que en aquest cas s'extreuen les conclusions a nivell d'unitat.

La taula 9 mostra els resultats del balanç hídric en termes mitjos i per a cada unitat hidrogeològica d'Andorra.

En termes d'unitats hidrogeològiques, els excedents oscil·len entre un valor mínim de 286mm/any (Pui d'Olivesa – Runer) i un màxim de 748mm/any (Juclar). En el cas de les precipitacions, aquestes es troben entre els 775mm/any (Cubeta d'Andorra) i 1099mm/any a Juclar.

Per últim la temperatura es troba dins un rang comprès entre els 3,73°C a Pui d'Olivesa – Runer i els 11,10°C a la Unitat de Juclar. Per tant, aquestes dues unitats solen presentar els valors extrems.

Nom	Superfície (km²)	ETR(mm)	Excedents (mm)	P(mm)	T(°C)	Dèficit (mm)	Precipitació (Hm³/any)	ETR (Hm³/any)	Excedents (Hm³/any)	Cabal disponible (Hm³/any)
Arinsal	16,55	382,29	578,32	960,73	5,38	92,69	15,90	6,33	9,57	8,62
Ariège	45,63	375,95	679,38	1065,39	4,50	67,96	48,16	17,15	31,00	27,90
Coll de la Gallina	17,32	442,51	382,07	824,60	8,37	128,15	14,28	7,67	6,62	5,96
Conca d'Ers	15,15	440,11	445,57	885,68	7,16	92,90	13,42	6,67	6,75	6,08
Conca de Setúria	6,66	421,54	462,96	884,64	6,27	83,08	5,90	2,81	3,09	2,78
Cubeta Encamp	0,77	481,47	422,45	903,92	8,53	93,37	0,69	0,37	0,32	0,29
Cubeta d'Andorra	2,27	475,95	299,90	775,85	10,18	149,34	1,76	1,08	0,68	0,61
Cubeta d'Indes	0,40	419,74	642,92	1062,66	5,35	54,48	0,42	0,17	0,26	0,23
Dels Oris	12,73	391,22	600,69	991,91	5,20	74,38	12,63	4,98	7,65	6,88
El Forn	2,63	431,65	566,01	997,67	5,76	54,79	2,63	1,14	1,49	1,34
Encamp	9,83	429,04	522,63	951,67	6,64	86,12	9,36	4,22	5,14	4,62
Endar	16,45	436,19	376,60	812,79	8,54	138,82	13,37	7,18	6,19	5,58
Engolasters-Pessons	23,00	385,73	567,48	953,21	5,47	88,18	21,93	8,87	13,05	11,75
Estall Serrer	0,26	416,38	500,10	916,48	6,19	83,52	0,23	0,11	0,13	0,12
Juclar	17,45	351,43	747,67	1099,13	3,73	65,21	19,18	6,13	13,05	11,74
La Bartra	0,23	474,03	391,15	865,17	9,04	117,21	0,20	0,11	0,09	0,08
La Cortinada-Sornàs	0,24	486,00	401,18	887,18	8,25	81,44	0,21	0,12	0,10	0,09
Llorts - Arans	0,43	485,95	433,08	919,03	7,94	71,86	0,40	0,21	0,19	0,17
Madriu	40,12	376,21	546,75	923,05	5,43	97,38	37,03	15,09	21,94	19,74
Montmalús	7,59	350,74	642,90	993,62	4,17	80,15	7,55	2,66	4,88	4,39
Ordino	16,96	439,80	493,84	933,64	6,62	75,50	15,83	7,46	8,38	7,54
Padern	6,04	462,06	380,85	842,04	8,55	113,77	5,09	2,79	2,30	2,07
Pardines	5,13	470,72	349,20	819,94	9,63	138,34	4,20	2,41	1,79	1,61
Pla de l'Inglà	0,10	399,05	531,46	930,51	5,87	89,85	0,09	0,04	0,05	0,05
Prat Primer	13,96	422,80	411,51	834,31	7,63	123,57	11,64	5,90	5,74	5,17
Pui Olivesa - Runer	0,40	506,80	285,82	792,62	11,10	147,77	0,32	0,20	0,11	0,10
Riu Muntaner	6,75	421,89	406,89	828,78	7,23	113,53	5,59	2,85	2,75	2,47
Ràpio	0,23	438,50	432,54	871,04	7,55	105,19	0,20	0,10	0,10	0,09
Salines	18,40	394,87	595,92	990,83	5,43	81,60	18,23	7,27	10,97	9,87
Sant Julià	33,25	435,99	416,36	852,39	8,03	122,54	28,34	14,50	13,84	12,46
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	498,05	365,42	863,47	8,63	80,71	0,22	0,13	0,09	0,09
Valira del Nord	45,88	378,38	665,34	1043,82	4,73	74,37	47,89	17,36	30,53	27,47
Os de Civís	22,78	411,40	436,87	848,32	6,91	113,18	19,32	9,37	9,95	8,96
Coma Ransol	0,10	398,04	645,59	1043,63	5,03	65,16	0,10	0,04	0,06	0,06
Valira d'Orient	77,70	363,75	683,77	1047,54	4,13	66,93	81,40	28,26	53,13	47,82
Montaup	16,99	392,31	617,48	1009,79	5,06	70,80	17,16	6,67	10,49	9,44
Cubeta Montaup	0,29	384,96	645,99	1030,86	4,54	59,83	0,30	0,11	0,19	0,17
Aldosa	7,71	444,14	441,75	885,89	7,34	94,27	6,83	3,43	3,41	3,07
Conca de Spöny	11,64	434,40	416,01	850,23	7,29	102,59	9,90	5,06	4,84	4,36
Cubeta de la Massana	1,97	482,68	351,70	834,39	8,81	101,45	1,64	0,95	0,69	0,62
Límits unitats	522,26	398,14	558,44	956,31	5,83	89,24	499,44	207,93	291,65	262,49
Límits administratius	467,00	398,16	559,95	958,11	5,82	88,84	447,44	185,94	261,50	235,35

Taula 9: Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques per al període 1971-2000.

A continuació (Figures 10 i 11) es mostren els excedents màxims, mínims i l'any corresponent en el que es dona el valor màxim i mínim. Aquesta informació permet detectar els anys amb més i menys aigua disponible per al període climatològic 1971-2000.

Per a aquest exercici es tenen en compte els excedents, també anomenats pluja útil, donat que és una variable del balanç hídric que integra l'efecte combinat de les precipitacions i la temperatura de l'any.

De les 40 unitats hidrogeològiques que formen l'àrea d'estudi 35 tenen com a any humit de referència el 1996, mentre que 5 es refereixen a l'any 1992. Aquestes últimes unitats es localitzen bàsicament a la parròquia de Canillo. D'aquesta manera, l'any 1992 va ser particularment humit en aquesta zona en concret.

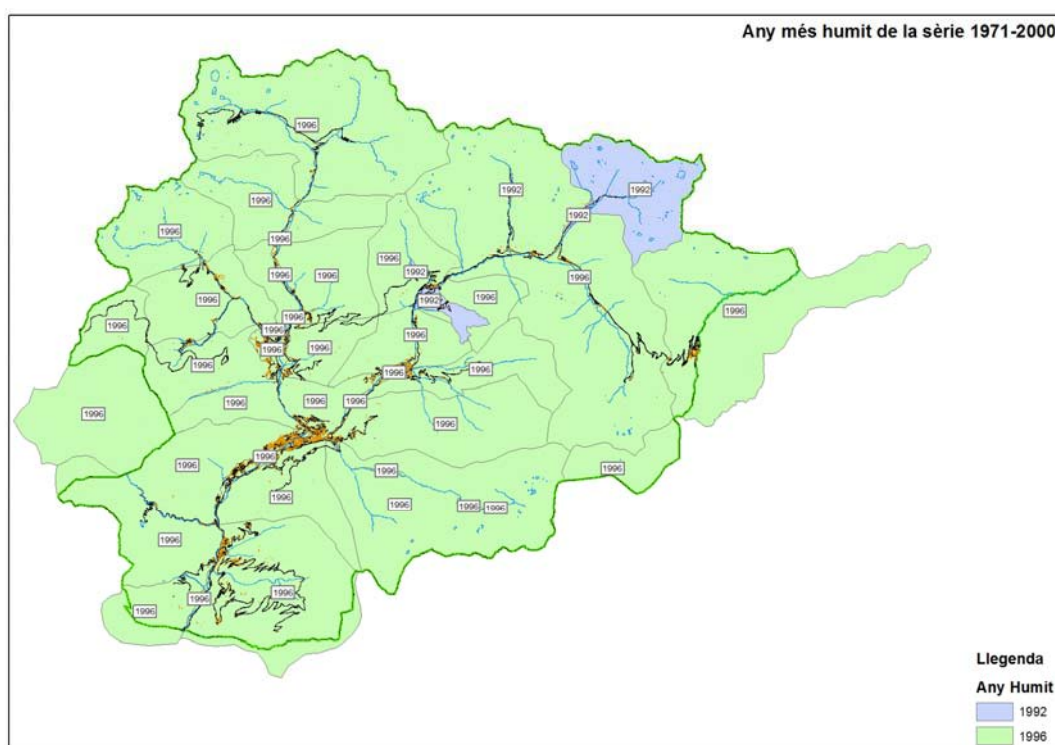


Figura 10: Distribució de l'any amb excedents màxims al llarg de les unitats hidrogeològiques d'Andorra.

La figura 11 mostra la pluja útil en l'any amb excedents màxims per a cada unitat hidrogeològica d'Andorra, tant en termes absoluts com relatius respecte al valor mig de la sèrie 1971-2000.

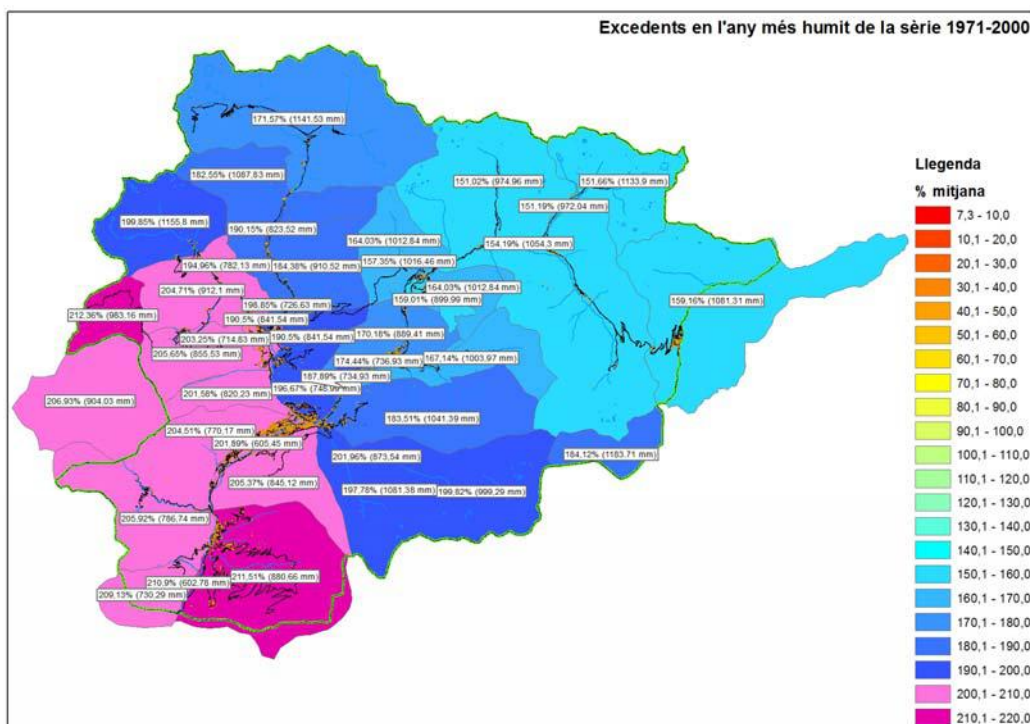


Figura 11: Distribució dels excedents màxims relatius (respecte valor mig) i absoluts per a les diferents unitat d'Andorra.

La Figura 12 mostra l'any més sec en cadascuna de les unitats hidrogeològiques.

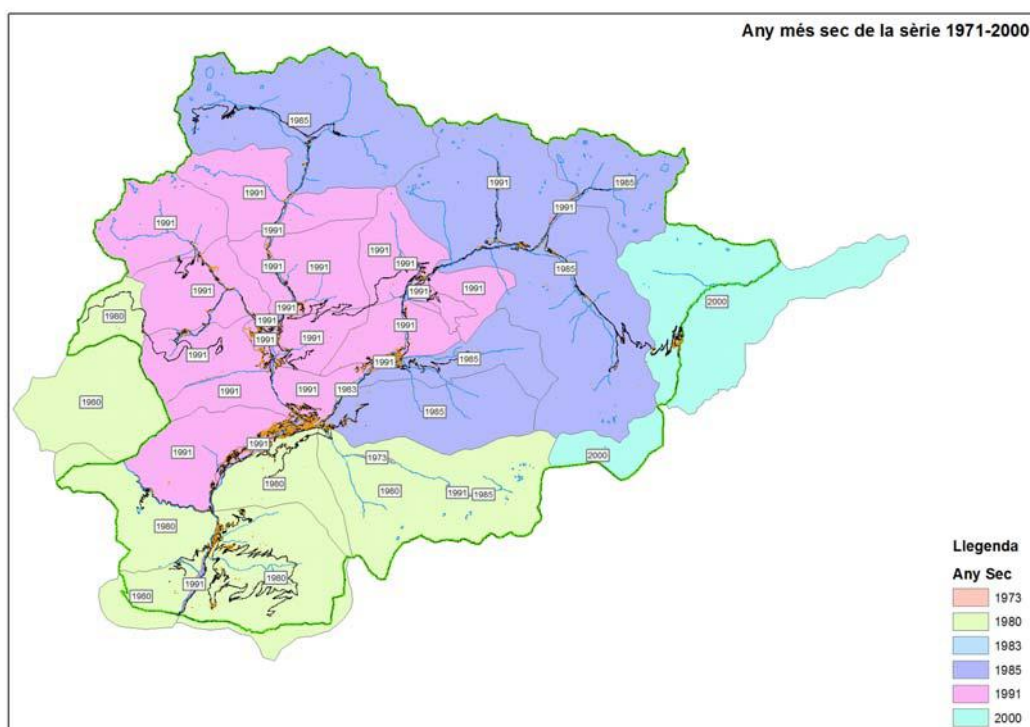


Figura 12: Distribució de l'any amb excedents mínims al llarg de les unitat hidrogeològiques d'Andorra.

A diferència de l'any humit, per a l'any sec s'aprecia una variabilitat major en funció de la unitat considerada. En aquest sentit, l'any sec de les unitats hidrogeològiques es distribueix entre els anys 1973, 1980, 1983, 1985, 1991 i 2000. Entre aquests, el 1991 és el més representat amb prop del 58% de les conques.

La figura 13 mostra els excedents en l'any amb excedents mínims per a cada unitat hidrogeològica d'Andorra, tant en termes absoluts com relatius respecte al valor mig de la sèrie 1971-2000.

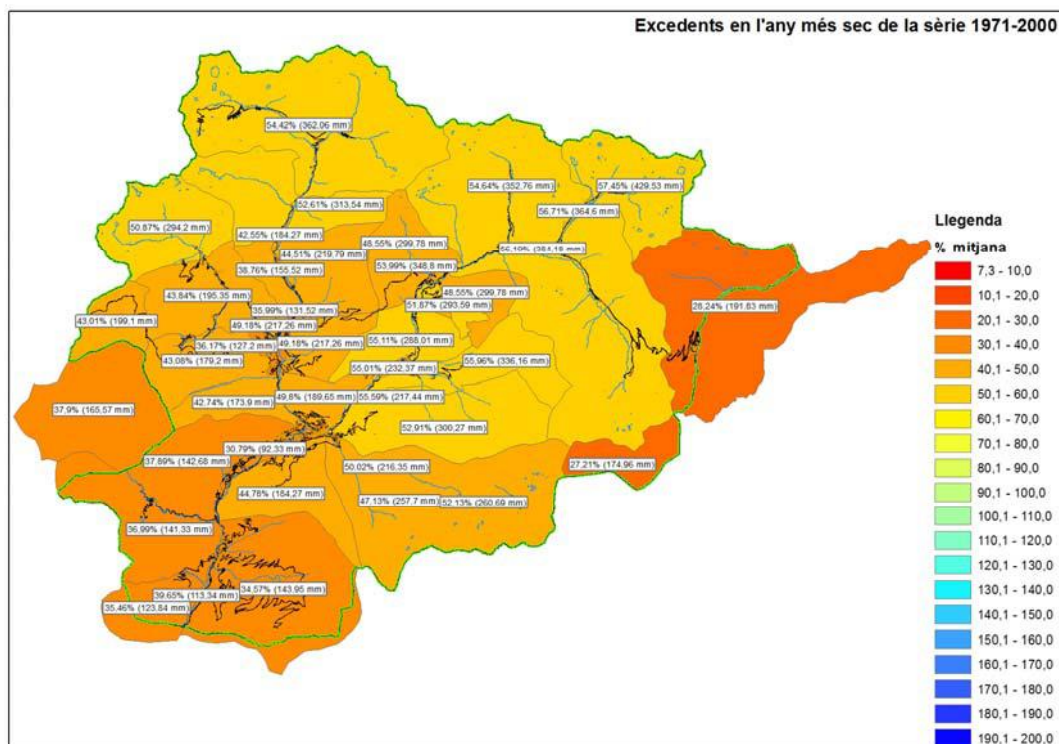


Figura 13: Distribució dels excedents màxims relatius (respecte valor mig) i absoluts per a les diferents unitat d'Andorra.

3.5 Conclusions Període 1971-2000

En el present treball s'ha dut a terme una actualització de la metodologia per a l'elaboració dels mapes climàtics de precipitació i temperatura, així com una renovació del càlcul del balanç hídric per al període climàtic de referència 1971-2000. Aquesta renovació neix amb l'objectiu de reduir els biaixos introduïts per antigues simplificacions. Igualment, aquest canvi metodològic fa comparables els presents resultats amb els relatius a l'Atlas Climàtic d'Andorra. En aquest sentit s'introdueix la tècnica de regressió múltiple, la qual ja va ser aplicada a l'ACDA.

Segons la metodologia actual, la precipitació mitja del territori andorrà s'estima en 958,1 mm. Aquest valor contrasta amb el valor presentat per l'ACDA que assoleix els 1100mm, essent aquest prop d'un 15% major. Igualment, el valor obtingut també és inferior al valor mig (996mm) del període climàtic 1974-2005 d'estudis precedents (*Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra*, M.I. Govern d'Andorra 2007).

Pel que fa a la temperatura mitja del període 1971-2000 s'estableix que ha estat de 5,81°C. Aquest valor és lleugerament superior al que proporciona l'ACDA (5,30°C). Per la seva banda, la diferència amb la mitja climàtica 1974-2005 és més acusada, donat que la temperatura mitja per aquest període és de 4,1°C. Aquest major biaix s'associa més aviat a la diferència metodològica entre ambdós treballs.

El balanç hídric s'ha dut a terme en base a un balanç hídric emprant el mètode de Thornthwaite. Segons aquest mètode l'ETR mitja pel període 1971-2000 s'estima en 398 mm/any, mentre que la pluja útil mitja és de 560 mm.

Distribuint aquesta pluja útil al llarg del territori andorrà (467,7 Km²), s'estima que representen uns 262 Hm³/any. D'aquests, caldria reservar-ne el 10% en concepte de cabal "ecològic".

Detallant el balanç a nivell d'unitats s'aprecien valors d'excedents compresos entre els 286mm a la unitat del Pui d'Olivesa – Runer i els 474mm a la unitat de Juclar. En conjunt es detecta un gradient altitudinal i nord-sud en els excedents disponibles degut essencialment al mateix gradient en les precipitacions. D'altra banda, l'any amb més excedents és, majoritàriament, el 1996 tant a nivell d'unitats com en el conjunt del país. Per contra aquesta homogeneïtat no es dona amb l'any amb menys excedents a nivell d'unitats, si bé en termes del territori andorrà l'any 1991 és el moment en el que hi hauria una menor disponibilitat d'aigua.

4 PERÍODE 2006-2012

En aquest punt es mostren els resultats que deriven de l'actualització del balanç hídric per al període 2006-2012 en base a la nova metodologia descrita al llarg del document (Punt 2). Per a la generació dels mapes de precipitació i temperatura, així com per al càlcul del balanç hídric se segueix la mateixa metodologia que ha estat presentada al llarg del document i que s'especifica a l'annex A3. Els mapes climatològics obtinguts per a cada any del període 2006-2012 es s'exposen a l'annex A4.

De la mateixa manera que en el balanç del període 1971-2000, els resultats que deriven del model es contrasten amb els resultats d'un balanç hídric manual realitzat a escala local, en punts on es tenen registres meteorològics (precipitació i temperatura) continuats. El resultat del procés de calibració es mostra a l'annex A4.

Donat que tots els anys presenten una mateixa dinàmica de canvi es dedica un punt al final del present apartat on, exclusivament, es raonen i es discuteixen les variacions observades.

Igualment per a cada unitat hidrogeològica es compara el caràcter meteorològic dels anys 2006-2012 amb la mitjana climàtica del període 1971-2000, en base als criteris que estableix el Servei Meteorològic de Catalunya (Taula 10). Així, és possible classificar el tipus d'any climatològic respecte a les variables de precipitació i temperatura. Aquest anàlisi es complementa amb un estudi dels excedents del període 2006-2012 en relació al període climàtic 1971-2000.

Els registres pluviomètrics amb els quals s'ha treballat corresponen a les precipitacions acumulades mensuals, tant de neu com de pluja, sense dur a terme cap correcció, per exemple associat a processos de sublimació, en el cas de la neu. En el cas dels registres de temperatura s'ha treballat amb la mitja mensual de la temperatura màxima i mínima diària.

Classificació Plugues	$P_{\text{període}}$ respecte mitjana climàtica	Classificació Temperatura	$T_{\text{període}}$ respecte mitjana climàtica
Molt plujós	$P_{\text{període}} > 190\%$	Molt càlid	$T_{\text{període}} \geq +3^{\circ}\text{C}$
Plujós	$110\% < P_{\text{període}} < 190\%$	Càlid	$+0,5^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < +3^{\circ}\text{C}$
Normal	$90\% < P_{\text{període}} < 110\%$	Normal	$-0,5^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < +0,5^{\circ}\text{C}$
Sec	$30\% < P_{\text{període}} < 90\%$	Fred	$-3^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < -0,5^{\circ}\text{C}$
Molt sec	$P_{\text{període}} < 30\%$	Molt fred	$T_{\text{període}} \leq -3^{\circ}\text{C}$

Taula 10: Classificació climàtica segons el SMC.

4.1 Any 2006

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2006. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2006).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 11 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten en una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (Punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2006 han estat calibrats per mitjà de les estacions de les Salines, Ransol i del Roc de Sant Pere per mitjà d'un balanç hídric manual en aquests punts. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	17	36	+111,8
nº estacions T	16	39	+143,8
P mitjana (mm)	754,8	632,7	-16,2
P min (mm)	307,4	377,4	+22,8
P max (mm)	1279,2	892,6	-30,2
T mitjana (°C)	5,3	5,9	+11,3
T mitjana min (°C)	-1,9	0,2	+110,1
T mitjana max (°C)	13,6	13,3	-1,6
ETR mitjana (mm)	419,6	367,5	-12,4
ETR min (mm)	279,4	247,1	-11,6
ETR max (mm)	511,0	523,9	+2,5
Excedents mitjans (mm)	337,2	267,1	-20,8
Excedents min (mm)	47,7	77,9	+63,4
Excedents max (mm)	880,4	524,8	-40,4
Def mitjà (mm)	85,0	126,3	+48,5
Def min (mm)	0,0	91,2	-
Def max (mm)	459,0	434,5	-5,3
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 11: Comparació dels resultats del balanç hídric entre la metodologia antiga i actual.

La figura 14 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2006. A notar el notable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Per a les dades de precipitació es treballa amb 36 estacions (un 112% més que en estudis anteriors), mentre que les estacions amb dades de temperatura es comptabilitzen en 39 (un 144% més que en treballs anteriors). La taula 39 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

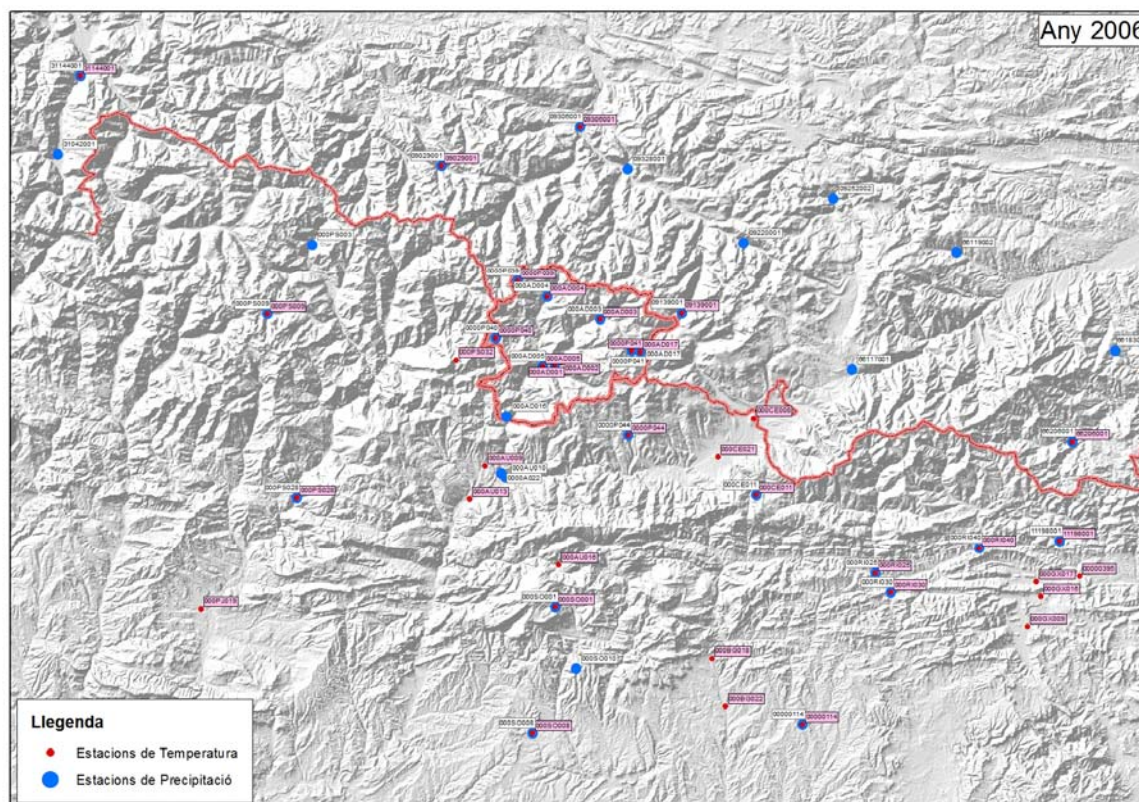


Figura 14: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2006.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2006 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 12.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust entre model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2006 resulta en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. En conjunt, el dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 41 i el 58% respecte dels cabals aforats de l'any 2006.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	8,87	2,66	1,83	0,32
	Cabals Hm³/any	279,72	83,62	57,71	10,09
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	627,5	574	704,98	387,24
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	475	550	550	350
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-24,3	-4,2	-22,0	-9,6
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	264,34	340,34	302,10	196,58
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-57,9	-40,7	-57,1	-49,2

Taula 12: Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2006 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 13 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 unitats definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2006 mostra en totes les unitats un caràcter sec a causa de la limitació en les precipitacions. En concret, s'estima que, aquestes, per a l'any 2006 representen entre un 50 i un 78% de la mitja climàtica 1971-2000.

D'altra banda, la classificació de la temperatura mostra una menor homogeneïtat en comparació a les precipitacions. En aquest sentit, l'àrea oest del país presenta una tendència a la reducció de les temperatures, pel que en termes generals aquesta zona es classifica de normal-freda. En la resta d'unitats s'imposa el caràcter normal-càlid per a l'any 2006.

Nom	Superfície (km²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm³/any)	ETR (Hm³/any)	Excedents (Hm³/any)	Cabal disponible (Hm³/any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Ariñsal	16,55	339,19	330,56	669,78	3,43	11,09	5,61	5,47	4,92	-1,95	69,72	Fred i sec
Ariège	45,63	389,83	336,14	724,53	5,06	33,06	17,79	15,34	13,80	0,56	68,65	Càlid i sec
Coll de la Gallina	17,32	326,03	163,03	485,41	8,75	8,41	5,65	2,82	2,54	0,38	58,87	Normal i sec
Conca d'Erts	15,15	378,48	227,97	605,20	6,71	9,17	5,73	3,45	3,11	-0,45	68,33	Normal i sec
Conca de Setúnia	6,66	339,51	254,65	594,29	3,94	3,96	2,26	1,70	1,53	-2,33	67,18	Fred i sec
Cubeta Encamp	0,77	437,89	196,64	633,08	10,69	0,49	0,34	0,15	0,14	2,16	70,04	Càlid i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	324,35	104,32	417,39	12,78	0,95	0,74	0,24	0,21	2,61	53,80	Càlid i sec
Cubeta d'Incles	0,40	468,24	348,85	817,09	6,86	0,33	0,19	0,14	0,13	1,50	76,89	Càlid i sec
Dels Oris	12,73	377,36	237,98	615,12	5,33	7,83	4,80	3,03	2,73	0,13	62,01	Normal i sec
El Forn	2,63	451,35	264,80	715,89	6,80	1,88	1,19	0,70	0,63	1,04	71,76	Càlid i sec
Encamp	9,83	419,22	246,75	664,29	7,75	6,53	4,12	2,43	2,18	1,11	69,80	Càlid i sec
Enclar	16,45	314,36	148,18	459,09	9,34	7,55	5,17	2,44	2,19	0,80	56,48	Càlid i sec
Engolasters-Pessons	23,00	359,34	224,76	583,80	5,52	13,43	8,27	5,17	4,65	0,05	61,25	Normal i sec
Estall Serrer	0,26	380,03	161,91	539,98	6,34	0,14	0,10	0,04	0,04	0,14	58,92	Normal i sec
Juclar	17,45	401,65	437,26	838,92	4,22	14,64	7,01	7,63	6,87	0,49	76,33	Normal i sec
La Bartra	0,23	404,49	173,89	575,25	11,27	0,13	0,09	0,04	0,04	2,23	66,49	Càlid i sec
La Cortinada-Sornàs	0,24	459,14	200,74	654,55	9,83	0,16	0,11	0,05	0,04	1,58	73,78	Càlid i sec
Llorts - Arans	0,43	476,40	230,18	699,83	9,40	0,30	0,21	0,10	0,09	1,46	76,15	Càlid i sec
Madriu	40,12	339,71	193,84	533,10	5,10	21,39	13,63	7,78	7,00	-0,33	57,75	Normal i sec
Montmalús	7,59	310,66	186,87	497,32	3,03	3,78	2,36	1,42	1,28	-1,14	50,05	Fred i sec
Ordino	16,96	429,52	265,28	689,97	7,45	11,70	7,28	4,50	4,05	0,83	73,90	Càlid i sec
Padern	6,04	358,94	154,81	508,53	10,27	3,07	2,17	0,94	0,84	1,71	60,39	Càlid i sec
Pardines	5,13	331,42	132,45	466,86	10,59	2,34	1,70	0,68	0,61	0,96	55,72	Càlid i sec
Pla de l'Inglà	0,10	372,99	166,27	537,66	5,68	0,05	0,04	0,02	0,01	-0,20	57,78	Normal i sec
Prat Primer	13,96	309,61	153,74	461,68	8,69	6,44	4,32	2,15	1,93	1,06	55,34	Càlid i sec
Pui Olivesa - Runer	0,40	362,03	112,81	449,73	13,21	0,18	0,15	0,05	0,04	2,12	56,74	Càlid i sec
Riu Muntaner	6,75	299,69	165,93	464,90	7,86	3,14	2,02	1,12	1,01	0,63	56,09	Càlid i sec
Ràmio	0,23	370,92	175,64	545,02	8,71	0,13	0,09	0,04	0,04	1,16	62,57	Càlid i sec
Salines	18,40	400,39	357,22	755,09	5,11	13,89	7,37	6,57	5,92	-0,32	76,21	Normal i sec
Sant Julià	33,25	328,11	144,48	466,89	8,42	15,52	10,91	4,80	4,32	0,39	54,77	Normal i sec
Sornàs - Pont d'Ordino	0,26	451,37	163,94	609,14	10,41	0,16	0,12	0,04	0,04	1,78	70,55	Càlid i sec
Valira del Nord	45,88	397,38	393,84	790,01	4,28	36,25	18,23	18,07	16,26	-0,45	75,68	Normal i sec
Os de Civís	22,78	326,19	225,64	551,45	5,74	12,56	7,43	5,14	4,63	-1,17	65,00	Fred i sec
Coma Ransol	0,10	451,35	364,88	816,24	6,26	0,08	0,04	0,04	0,03	1,23	78,21	Càlid i sec
Valira d'Orient	77,70	375,62	328,19	703,74	4,10	54,68	29,19	25,50	22,95	-0,04	67,18	Normal i sec
Montaup	16,99	420,38	351,07	770,27	5,35	13,09	7,14	5,97	5,37	0,29	76,28	Normal i sec
Cubeta Montaup	0,29	416,04	312,92	728,94	5,02	0,21	0,12	0,09	0,08	0,48	70,71	Normal i sec
Aldosa	7,71	393,65	205,95	595,97	8,52	4,60	3,04	1,59	1,43	1,18	67,27	Càlid i sec
Conca de Sispony	11,64	337,13	187,88	523,74	7,07	6,10	3,93	2,19	1,97	-0,23	61,60	Normal i sec
Cubeta de la Massana	1,97	399,97	146,16	542,07	10,39	1,07	0,79	0,29	0,26	1,58	64,97	Càlid i sec
Limits unitats	522,26	366,48	267,36	631,32	5,88	329,71	191,40	139,63	125,67	0,05	66,02	Normal i sec
Limits administratius	467,00	367,50	266,90	632,73	5,90	295,48	171,62	124,64	112,18	0,08	66,04	Normal i sec

Taula 13: Resultats del balanç per a l'any 2006 per a cada conca.

La següent figura (Figura 15) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2006. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10.

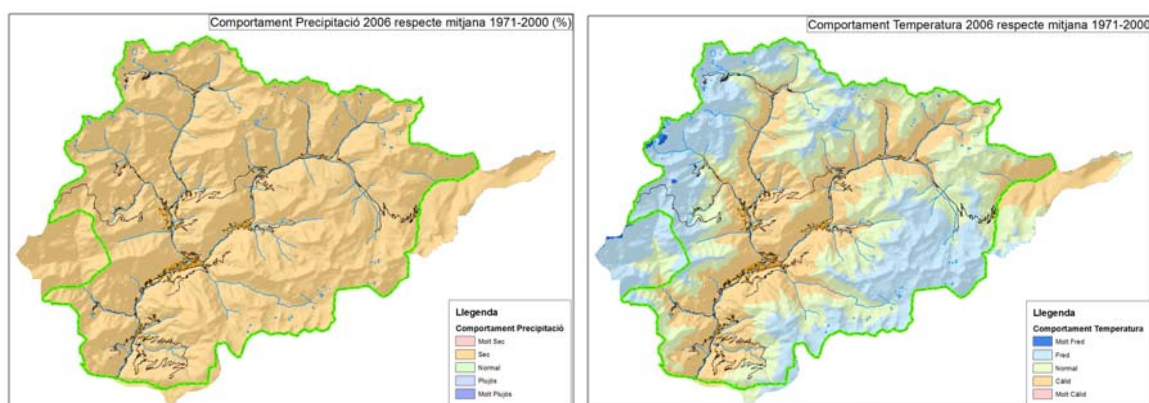


Figura 15: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjos de l'any 2006.

La reducció de les precipitacions es tradueix, en totes les unitats i en el conjunt del país (límits administratius) en una menor disponibilitat d'excedents, en alguns casos per sota dels valors mínims per al període 1971-2000. Aquest fet corrobora el caràcter sec de l'any 2006. La figura 16

representa els excedents de cada conca com a percentatge de desviació respecte el valor mig de la mateixa per al període 1971-2000. Les barres simbolitzen el percentatge, respecte la mitja, dels valors de pluja útil extrems per al període 1971-2000.

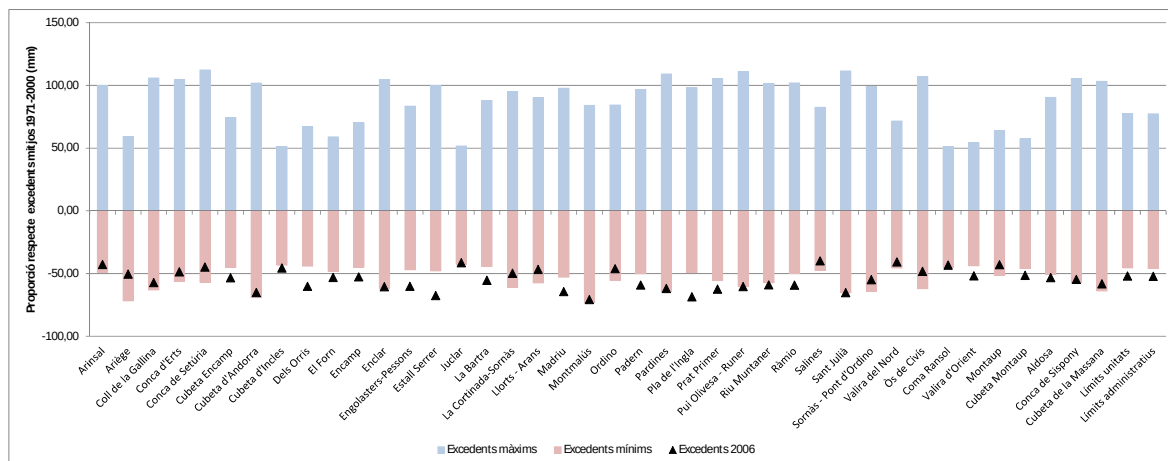


Figura 16: Excedents per a l'any 2006 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 16 s'il·lustren a la figura 17, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2006.

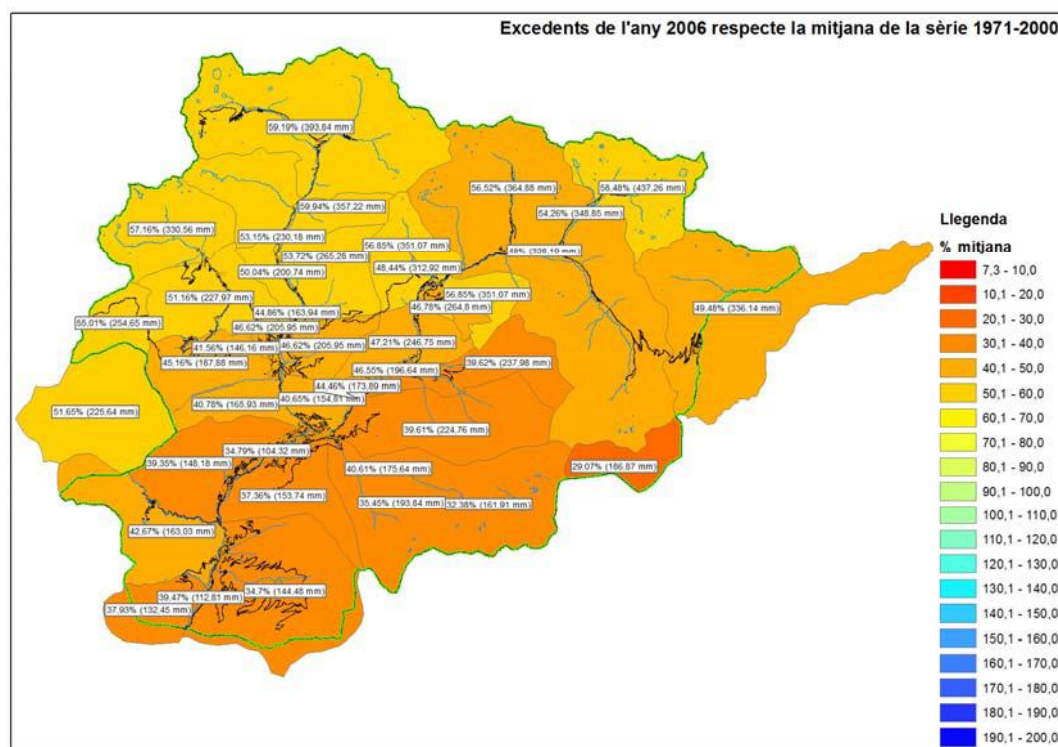


Figura 17: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2006 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.2 Any 2007

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2007. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2007).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 14 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2007 han estat calibrats per mitjà de les estacions de Setúria i Ransol, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt b.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	18	37	+105,6
nº estacions T	17	38	+123,5
P mitjana (mm)	655,2	556,6	-15,1
P min (mm)	302,6	419,3	+38,6
P max (mm)	1300,0	884,6	-32,0
T mitjana (°C)	5,1	5,4	+6,3
T mitjana min (°C)	-2,5	-0,8	+66,4
T mitjana max (°C)	14,0	12,8	-8,6
ETR mitjana (mm)	385,0	349,8	-9,1
ETR min (mm)	140,0	197,8	+41,3
ETR max (mm)	550,0	522,5	-5,0
Excedents mitjans (mm)	273,3	206,1	-24,6
Excedents min (mm)	0,0	0,0	-
Excedents max (mm)	1000,0	499,2	-50,1
Def mitjà (mm)	79,2	125,9	+59,0
Def min (mm)	0,0	0,0	-
Def max (mm)	400,0	261,4	-34,7
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 14: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2007.

La figura 18 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2007. A notar el notable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Per a les dades de precipitació, com per a les de temperatura es treballa amb 37 i 38 estacions (respectivament un 106% i un 124% més que en estudis anteriors). La taula 41 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

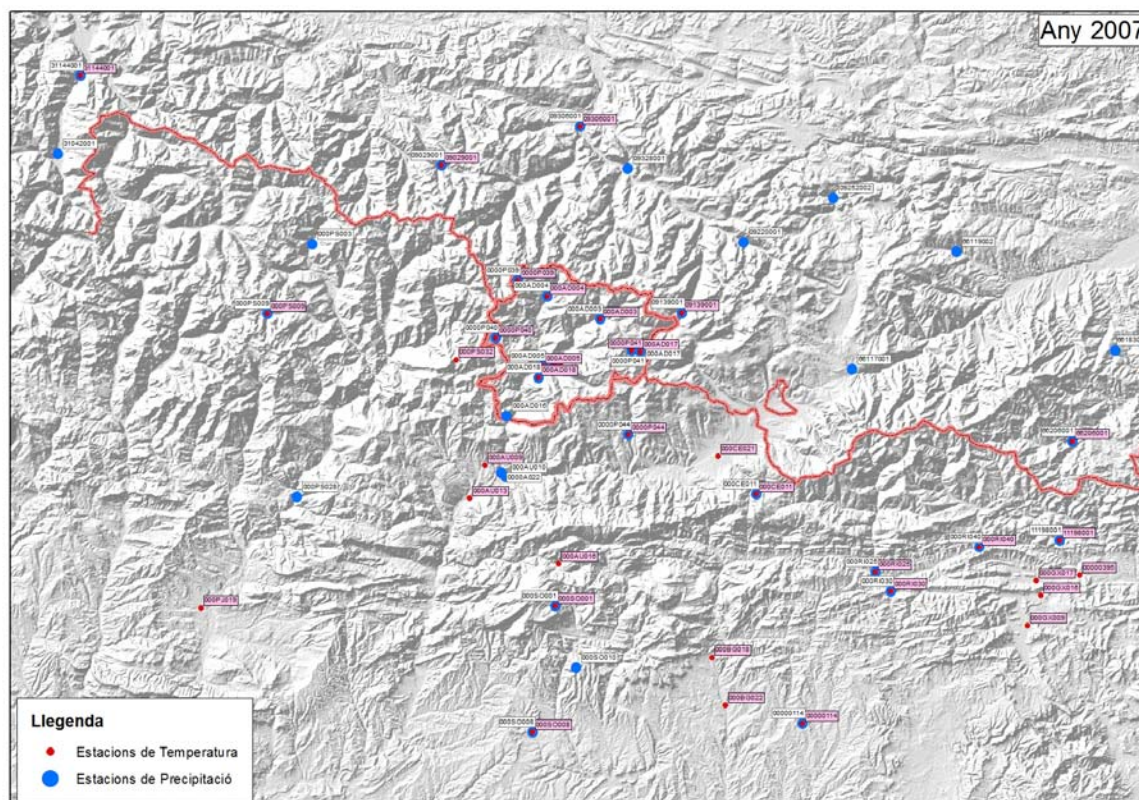


Figura 18: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2007.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2007 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 15.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2007 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. En conjunt, el dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 40 i el 65% respecte dels cabals aforats de l'any 2007.

No obstant això les diferències entre el model antic el model actual són considerablement menors per a l'any 2007 que per a l'any 2006.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	7,43	2,29	1,8	0,31
	Cabals Hm³/any	233,52	72,1	56,88	9,74
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	525,63	495	694,8	373,9
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	268,57	317,38	419,96	173,09
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-48,9	-35,9	-39,6	-53,7
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	199,75	295,26	243,59	143,27
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-62,0	-40,4	-64,9	-61,7

Taula 15: Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2007 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 16 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2007 mostra en totes les unitats un caràcter sec a causa de la limitació en les precipitacions. En concret, s'estima que les precipitacions per a l'any 2007 representen entre un 46 i un 69% de la mitja climàtica 1971-2000.

D'altra banda, la classificació de la temperatura mostra una menor homogeneïtat en comparació a les precipitacions. No obstant això en el conjunt del país, les temperatures prenen un caràcter normal-càlid, tot i que en certes zones apareixen temperatures normals fredes. Com a valor extrem per a l'any 2007 la conca de Setúria pren un caràcter molt fred respecte a la mitja climàtica 1971-2000.

Aquests resultats són coherents amb el butlletí climàtic realitzat pel Servei Meteorològic de Catalunya, en el qual s'especifica que l'any 2007 és tèrmicament normal i sec.

Nom	Superfície (km ²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm ³ /any)	ETR (Hm ³ /any)	Excedents (Hm ³ /any)	Cabal disponible (Hm ³ /any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Arinsal	16,55	324,56	316,40	641,02	2,71	10,61	5,37	5,24	4,71	-2,67	66,72	Fred i sec
Àrriège	45,63	336,64	352,28	691,13	4,51	31,54	15,36	16,07	14,47	0,01	65,49	Normal i sec
Coll de la Gallina	17,32	413,48	80,94	496,32	8,08	8,60	7,16	1,40	1,26	-0,30	60,19	Normal i sec
Conca d'Ertis	15,15	404,65	181,87	587,75	6,03	8,90	6,13	2,76	2,48	-1,13	66,36	Fred i sec
Conca de Setúria	6,66	357,01	227,62	584,61	3,04	3,90	2,38	1,52	1,37	-3,23	66,08	Molt fred i sec
Cubeta Encamp	0,77	420,88	86,19	497,96	10,23	0,38	0,32	0,07	0,06	1,70	55,09	Càlid i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	479,14	57,19	536,36	11,80	1,22	1,09	0,13	0,12	1,63	69,13	Càlid i sec
Cubeta d'Incles	0,40	390,48	304,09	694,57	6,09	0,28	0,16	0,12	0,11	0,74	65,36	Càlid i sec
Dels Omis	12,73	323,97	157,08	478,52	5,29	6,09	4,12	2,00	1,80	0,09	48,24	Normal i sec
El Forn	2,63	377,50	169,17	546,28	6,49	1,44	0,99	0,45	0,40	0,73	54,76	Càlid i sec
Encamp	9,83	366,42	141,67	509,24	7,20	5,01	3,60	1,39	1,25	0,56	53,51	Càlid i sec
Enclar	16,45	418,89	102,72	524,22	8,13	8,62	6,89	1,69	1,52	-0,41	64,50	Normal i sec
Engolasters-Pessons	23,00	322,15	120,00	441,98	5,71	10,17	7,41	2,76	2,48	0,25	46,37	Normal i sec
Estall Serrer	0,26	357,35	97,44	456,76	5,95	0,12	0,09	0,02	0,02	-0,25	49,84	Normal i sec
Juclar	17,45	320,74	393,86	714,62	3,60	12,47	5,60	6,87	6,18	-0,12	65,02	Normal i sec
La Bartra	0,23	420,18	58,22	479,79	10,91	0,11	0,10	0,01	0,01	1,87	55,46	Càlid i sec
La Cortinada-Sornàs	0,24	458,48	130,28	593,95	9,04	0,14	0,11	0,03	0,03	0,79	66,95	Càlid i sec
Llorts - Arans	0,43	454,95	158,93	620,63	8,59	0,27	0,20	0,07	0,06	0,66	67,53	Càlid i sec
Madriu	40,12	314,11	131,26	445,60	4,99	17,88	12,60	5,27	4,74	-0,44	48,27	Normal i sec
Montmalús	7,59	249,94	216,92	467,05	2,46	3,55	1,90	1,65	1,48	-1,71	47,00	Fred i sec
Ordino	16,96	394,53	170,62	569,85	6,76	9,66	6,69	2,89	2,60	0,14	61,03	Fred i sec
Padem	6,04	420,31	72,80	496,31	9,38	3,00	2,54	0,44	0,40	0,83	58,94	Càlid i sec
Pardines	5,13	430,26	37,29	467,79	9,74	2,40	2,21	0,19	0,17	0,11	57,05	Normal i sec
Pla de l'Inglà	0,10	323,73	127,85	453,18	5,03	0,04	0,03	0,01	0,01	-0,84	48,70	Fred i sec
Prat Primer	13,96	407,62	91,54	499,15	8,64	6,97	5,69	1,28	1,15	1,01	59,83	Càlid i sec
Pui Olivesa - Runer	0,40	470,27	20,83	493,54	12,35	0,20	0,19	0,01	0,01	1,25	62,27	Càlid i sec
Riu Muntaner	6,75	411,02	119,70	530,75	7,71	3,58	2,77	0,81	0,73	0,48	64,04	Normal i sec
Ràmió	0,23	398,52	68,89	467,10	8,76	0,11	0,09	0,02	0,01	1,21	53,63	Càlid i sec
Salines	18,40	346,03	278,46	627,01	4,52	11,54	6,37	5,12	4,61	-0,91	63,28	Fred i sec
Sant Julià	33,25	391,79	66,18	461,00	7,86	15,33	13,03	2,20	1,98	-0,17	54,08	Normal i sec
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	463,98	95,54	563,73	9,47	0,15	0,12	0,02	0,02	0,84	65,29	Càlid i sec
Valira del Nord	45,88	331,79	336,89	669,97	3,75	30,74	15,22	15,46	13,91	-0,98	64,18	Fred i sec
Os de Civís	22,78	362,75	178,82	542,13	4,66	12,35	8,26	4,07	3,67	-2,25	63,91	Fred i sec
Coma Ransol	0,10	365,06	299,86	664,91	5,58	0,07	0,04	0,03	0,03	0,54	63,71	Càlid i sec
Valira d'Orient	77,70	305,92	273,27	579,40	3,64	45,02	23,77	21,23	19,11	-0,49	55,31	Normal i sec
Montaup	16,99	327,03	242,75	570,94	4,43	9,70	5,56	4,13	3,71	-0,63	56,54	Fred i sec
Cubeta Montaup	0,29	335,20	216,03	551,20	4,95	0,16	0,10	0,06	0,06	0,41	53,47	Normal i sec
Aldosa	7,71	400,00	118,97	522,57	7,94	4,03	3,09	0,92	0,83	0,60	58,99	Càlid i sec
Conca de Sispony	11,64	405,09	146,77	552,96	6,35	6,44	4,72	1,71	1,54	-0,95	65,04	Fred i sec
Cubeta de la Massana	1,97	455,32	88,24	547,33	9,50	1,08	0,90	0,17	0,16	0,69	65,60	Càlid i sec
Limits unitats	522,26	350,50	210,62	561,39	5,35	293,19	183,06	110,00	99,00	-0,47	58,70	Normal i sec
Limits administratius	467,00	349,80	205,84	556,60	5,40	259,93	163,36	96,13	86,51	-0,42	58,09	Normal i sec

Taula 16: Resultats del balanç per a l'any 2007 per a cada conca.

La següent figura (Figura 19) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2007. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10.

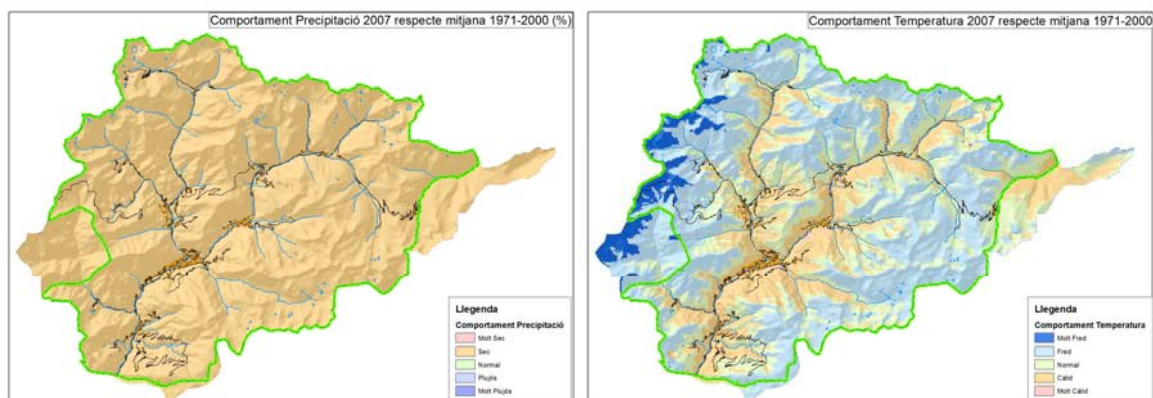


Figura 19: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjans de l'any 2007.

La reducció de les precipitacions es tradueix, en totes les unitats i en el conjunt del país (límits administratius) en una menor disponibilitat d'excedents, en alguns casos per sota dels valors mínims per al període 1971-2000. Aquest fet corrobora el caràcter sec de l'any 2007 (Figura 14).

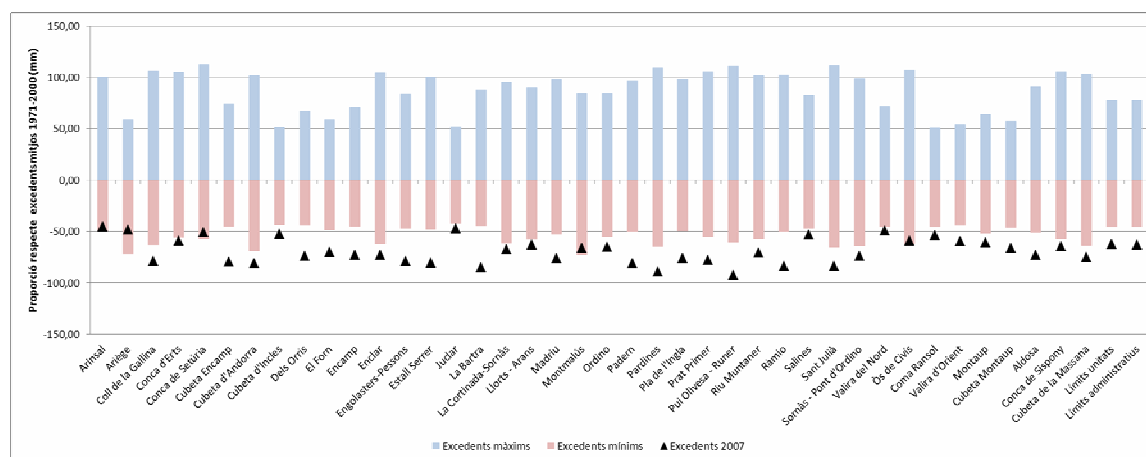


Figura 20: Excedents per a l'any 2007 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 20 s'il·lustren a la figura 21, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2007.

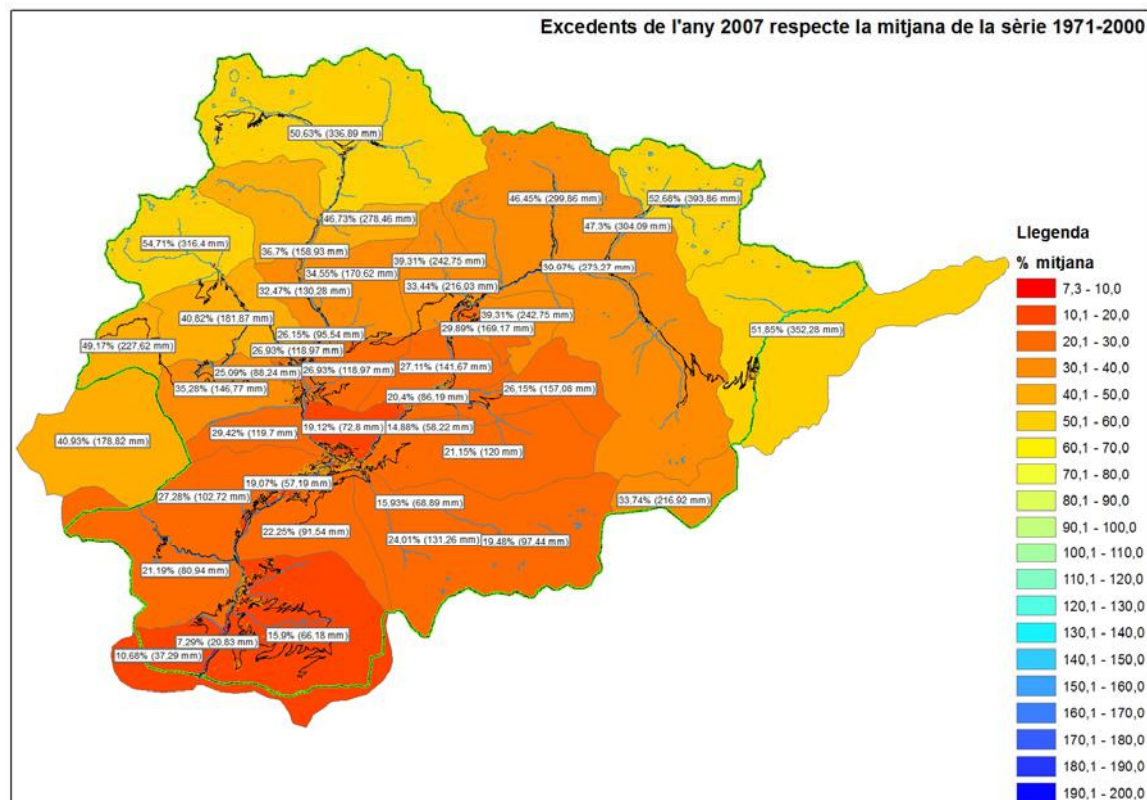


Figura 21: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2007 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.3 Any 2008

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2008. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2008).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 17 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2008 han estat calibrats per mitjà de les estacions de Les Salines, Ransol i Grau Roig, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt c.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	17	36	+111,8
nº estacions T	17	35	+105,9
P mitjana (mm)	997,8	912,4	-8,6
P min (mm)	503,6	610,9	+21,3
P max (mm)	1606,7	1171,0	-27,1
T mitjana (°C)	4,4	4,9	+10,9
T mitjana min (°C)	-3,0	-1,3	+56,7
T mitjana max (°C)	13,0	12,2	-6,2
ETR mitjana (mm)	365,7	347,0	-5,1
ETR min (mm)	127,0	130,3	+2,6
ETR max (mm)	550,0	589,3	+7,1
Excedents mitjans (mm)	631,2	565,1	-10,5
Excedents min (mm)	147,0	239,4	+62,8
Excedents max (mm)	1390,0	885,2	-36,3
Def mitjà (mm)	68,0	104,7	+54,1
Def min (mm)	0,0	39,1	-
Def max (mm)	288,0	230,7	-19,9
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 17: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2008.

La figura 22 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2008. A notar el remarcable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Pel que fa a les estacions amb dades de precipitació, aquestes ascendeixen fins a les 36 (un 112% més que en estudis anteriors). Per al seva banda les estacions amb dades de temperatura són 35 (un 106% més que en estudis previs). La taula 43 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

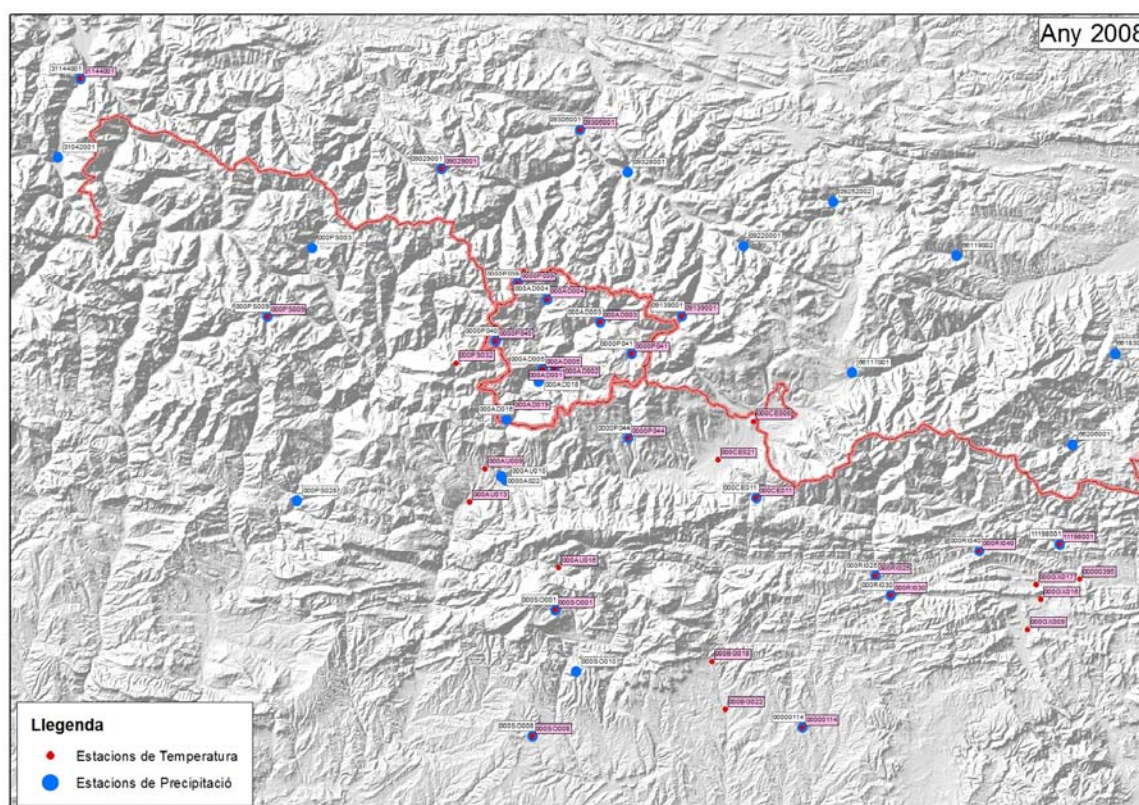


Figura 22: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2008.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2008 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 18.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2008 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. En conjunt, el dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 24 i el 42% respecte dels cabals aforats de l'any 2008.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	11,49*	4,69	2,52	0,49
	Cabals Hm³/any	362	147,9	79,43	15,4
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	812,9	1015,3	970,3	591
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	636,43	769,39	728,63	320
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-21,7	-24,2	-24,9	-45,9
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	568,16	591,97	644,69	449,35
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-30,1	-41,7	-33,6	-24,0

Taula 18: Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2008 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca. (*) Cabal del riu Gran Valira obtingut amb la mitja dels cabals de gener a novembre a falta de dades del mes de desembre del 2008. No s'ha vist convenient estimar el cabal mig del desembre en base a registres d'anys anteriors (2005, 2006, 2007) per què van ser anys amb unes precipitacions molt inferiors a les del 2008.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 19 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2008 mostra, a diferència dels anys anteriors (2006 i 2007) una major dispersió en la classificació climàtica de les unitats. No obstant això, en termes generals les unitats d'Andorra presenten un caràcter normal o fred a nivell tèrmic. Únicament en certes zones del sud del país (Pui Olivesa – Runer), els fons de vall d'Andorra la Vella (Cubeta d'Andorra) i Encamp (La Bartra i la Cubeta d'Encamp) mostren una temperatura més càlida que la mitja climàtica.

Per les seva banda, el caràcter de les precipitacions esdevé molt variable oscil·lant entre sec i plujós en funció de la unitat considerada.

En el conjunt del territori aquesta dispersió es compensa, fent que l'any 2008 pugui ser classificat com a fred i normal des del punt de vista de la temperatura i les precipitacions respectivament.

Nom	Superfície (km²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm³/any)	ETR (Hm³/any)	Excedents (Hm³/any)	Cabal disponible (Hm³/any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Aínsal	16,55	250,82	728,87	979,76	2,01	16,22	4,15	12,06	10,86	-3,37	101,98	Molt fred i normal
Ànège	45,63	357,01	625,11	982,53	4,25	44,83	16,29	28,52	25,67	-0,25	93,10	Normal
Coll de la Gallina	17,32	429,93	479,00	910,66	7,69	15,77	7,45	8,30	7,47	-0,69	110,44	Fred i plujós
Conca d'Erits	15,15	376,54	576,61	953,17	5,32	14,44	5,70	8,74	7,86	-1,84	107,62	Fred i normal
Conca de Setúria	6,66	280,24	662,92	943,26	2,38	6,29	1,87	4,42	3,98	-3,89	106,63	Molt fred i normal
Cubeta Encamp	0,77	476,97	335,34	822,87	9,45	0,63	0,37	0,26	0,23	0,92	91,03	Càlid i normal
Cubeta d'Andorra	2,27	533,03	421,84	965,83	11,47	2,19	1,21	0,96	0,86	1,30	124,49	Càlid i plujós
Cubeta d'Incles	0,40	396,40	587,81	984,21	5,68	0,39	0,16	0,23	0,21	0,33	92,62	Normal
Dels Orris	12,73	333,97	418,52	755,24	4,76	9,61	4,25	5,33	4,79	-0,44	76,14	Normal i sec
El Forn	2,63	392,67	485,16	878,49	5,84	2,31	1,03	1,28	1,15	0,08	88,05	Normal i sec
Encamp	9,83	395,33	472,00	867,87	6,53	8,53	3,89	4,64	4,18	-0,11	91,19	Normal
Enclar	16,45	433,66	513,54	947,77	7,84	15,59	7,13	8,45	7,60	-0,69	116,61	Fred i plujós
Engolasters-Pessons	23,00	336,88	411,62	748,98	5,00	17,23	7,75	9,47	8,52	-0,47	78,57	Normal i sec
Estall Serrer	0,26	369,84	392,39	762,23	5,39	0,20	0,09	0,10	0,09	-0,81	83,17	Fred i sec
Juclar	17,45	305,66	723,71	1029,39	3,24	17,96	5,33	12,63	11,36	-0,49	93,66	Normal
La Bartra	0,23	490,30	366,33	858,36	10,07	0,20	0,11	0,08	0,08	1,03	99,21	Càlid i Normal
La Cortinada-Sornàs	0,24	490,33	483,79	974,24	8,41	0,23	0,12	0,12	0,10	0,16	109,81	Normal
Llorts - Arans	0,43	483,49	519,72	1003,20	7,96	0,44	0,21	0,23	0,20	0,03	109,16	Normal
Madriu	40,12	322,08	468,77	790,89	4,39	31,73	12,92	18,81	16,93	-1,05	85,68	Fred i sec
Montmaíus	7,59	250,72	438,16	688,84	2,24	5,23	1,90	3,33	2,99	-1,93	69,33	Fred i sec
Ordino	16,96	408,42	578,96	987,51	6,15	16,75	6,93	9,82	8,84	-0,47	105,77	Normal
Padern	6,04	461,55	437,22	898,94	8,83	5,43	2,79	2,64	2,38	0,28	106,76	Normal
Pardines	5,13	474,36	401,33	882,27	9,36	4,52	2,43	2,06	1,85	-0,26	107,60	Normal
Pla de l'Inglà	0,10	336,40	401,98	738,37	4,55	0,07	0,03	0,04	0,04	-1,32	79,35	Fred i normal
Prat Primer	13,96	445,73	545,47	992,82	8,05	13,86	6,22	7,61	6,85	0,42	119,00	Normal i plujós
Pui Olivesa - Runer	0,40	550,69	323,62	896,97	11,95	0,36	0,22	0,13	0,12	0,85	113,17	Càlid i plujós
Riu Muntaner	6,75	417,89	522,27	939,33	7,17	6,34	2,82	3,53	3,17	-0,06	113,34	Normal i plujós
Ràmio	0,23	438,53	390,95	831,32	7,90	0,19	0,10	0,09	0,08	0,35	95,44	Normal
Salines	18,40	321,53	713,81	1035,32	3,85	19,05	5,92	13,14	11,82	-1,58	104,49	Fred i normal
Sant Julià	33,25	421,04	484,23	907,95	7,37	30,19	14,00	16,10	14,49	-0,66	106,52	Fred i normal
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	502,32	439,58	943,87	8,89	0,24	0,13	0,11	0,10	0,26	109,31	Normal
Valira del Nord	45,88	294,99	726,39	1021,36	3,13	46,86	13,53	33,33	29,99	-1,60	97,85	Fred i normal
Òs de Civís	22,78	325,27	603,89	929,22	4,26	21,17	7,41	13,76	12,38	-2,65	109,54	Fred i normal
Coma Ransol	0,10	361,78	621,72	983,50	5,12	0,10	0,04	0,06	0,06	0,08	94,24	Normal
Valira d'Orient	77,70	291,29	578,80	870,17	3,31	67,61	22,63	44,97	40,48	-0,82	83,07	Fred i normal
Montaup	16,99	317,06	668,69	985,77	3,91	16,75	5,39	11,36	10,23	-1,14	97,62	Fred i normal
Cubeta Montaup	0,29	328,97	552,99	882,10	4,33	0,25	0,09	0,16	0,14	-0,21	85,57	Normal i sec
Aldosa	7,71	433,66	494,77	928,46	7,32	7,16	3,35	3,82	3,43	-0,02	104,80	Normal
Conca de Sispony	11,64	385,39	552,96	938,28	5,79	10,92	4,49	6,44	5,79	-1,50	110,36	Fred i plujós
Cubeta de la Massana	1,97	485,16	435,93	921,38	8,93	1,82	0,96	0,86	0,77	0,12	110,43	Normal i plujós
Limits unitats	522,26	347,58	569,09	916,39	4,86	478,60	181,53	297,22	267,49	-0,97	95,83	Fred i normal
Limits administratius	467,00	347,01	564,82	912,38	4,89	426,08	162,05	263,77	237,39	-0,93	95,23	Fred i normal

Taula 19: Resultats del balanç per a l'any 2008 per a cada conca.

La següent figura (Figura 23) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2008. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10.

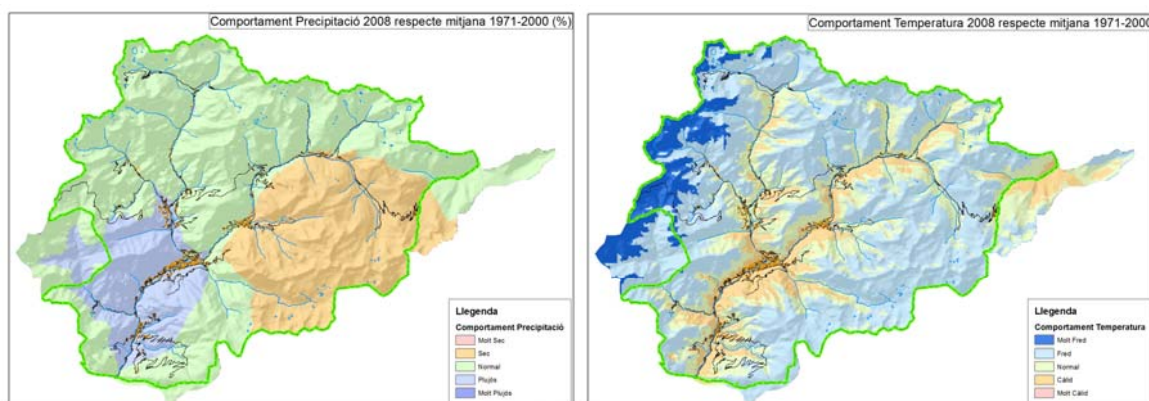


Figura 23: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjans de l'any 2008.

L'elevada dispersió en els trets climàtics de l'any 2008 es confirma també en l'anàlisi dels excedents. Tot i així sembla haver-hi en conjunt uns menors excedents respecte la mitja climàtica 1971-2000 a la meitat oriental del país.

L'elevada variabilitat dels resultats a nivell d'unitats queda compensada a nivell de país. Així, en conjunt, els excedents de l'any 2008 s'assimilen als d'un any mig (Figura 24).

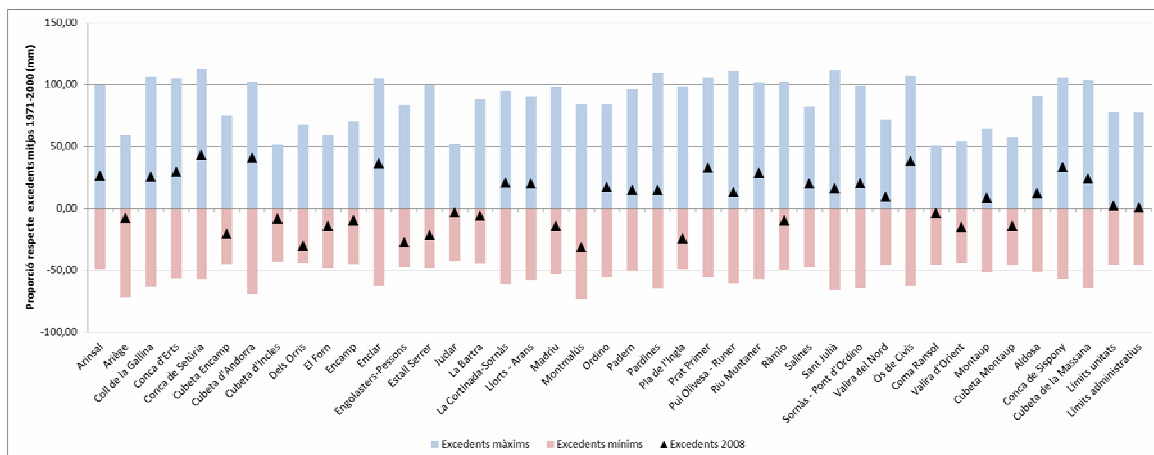


Figura 24: Excedents per a l'any 2008 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 25 s'il·lustren a la figura 24, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2008.

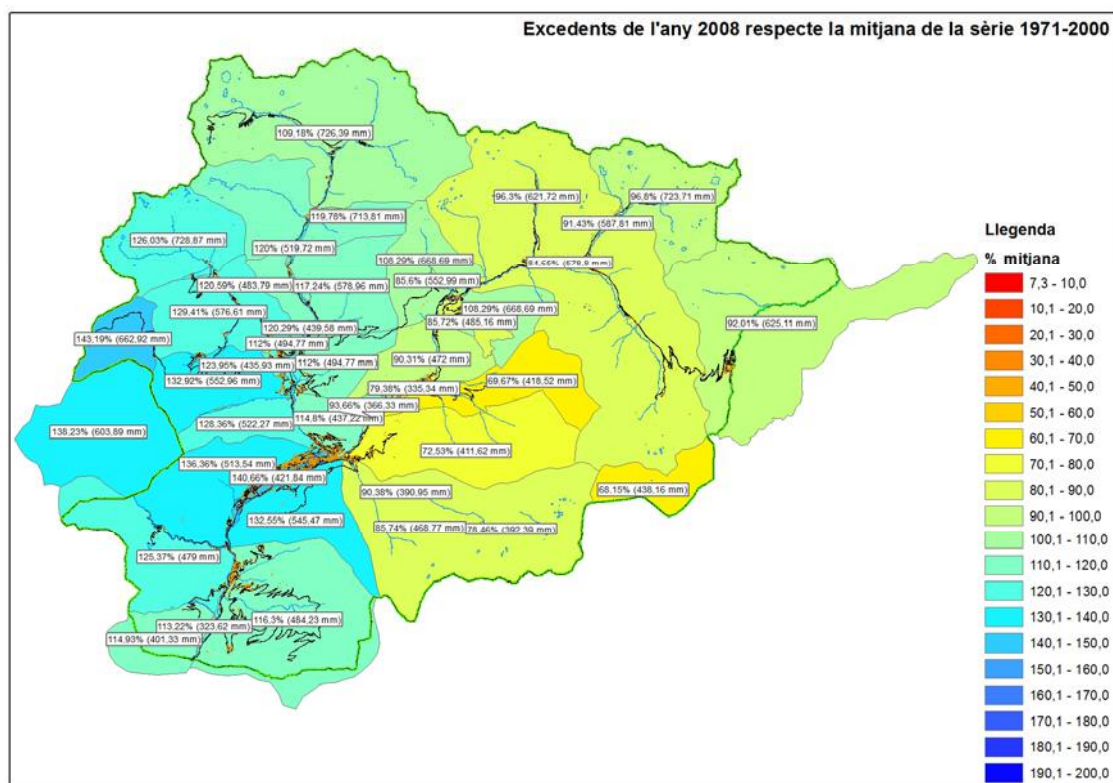


Figura 25: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2008 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.4 Any 2009

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2009. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2009).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 20 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2009 han estat calibrats per mitjà de les estacions de La Comella, Setúria i Grau Roig, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt d.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	18	35	+94,4
nº estacions T	17	31	+82,4
P mitjana (mm)	992,0	920,7	-7,2
P min (mm)	504,0	635,9	+26,2
P max (mm)	1700,0	1174,0	-30,9
T mitjana (°C)	5,1	5,5	+8,1
T mitjana min (°C)	-2,2	-0,8	+65,9
T mitjana max (°C)	14,0	13,2	-5,9
ETR mitjana (mm)	421,7	416,6	-1,2
ETR min (mm)	177,0	231,6	+30,9
ETR max (mm)	650,0	604,1	-7,1
Excedents mitjans (mm)	570,3	504,4	-11,6
Excedents min (mm)	126,0	192,3	+52,6
Excedents max (mm)	1500,0	910,8	-39,3
Def mitjà (mm)	40,0	59,3	+48,2
Def min (mm)	0,0	0,0	-
Def max (mm)	324,0	332,2	+2,5
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 20: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2009.

La figura 26 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2009. A notar el remarcable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Pel que fa a les estacions amb dades de precipitació, aquestes ascendeixen fins a les 35 (un 94,4% més que en estudis anteriors). Per al seva banda les estacions amb dades de temperatura són 31 (un 82,4% més que en estudis previs). La taula 45 de l'Annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

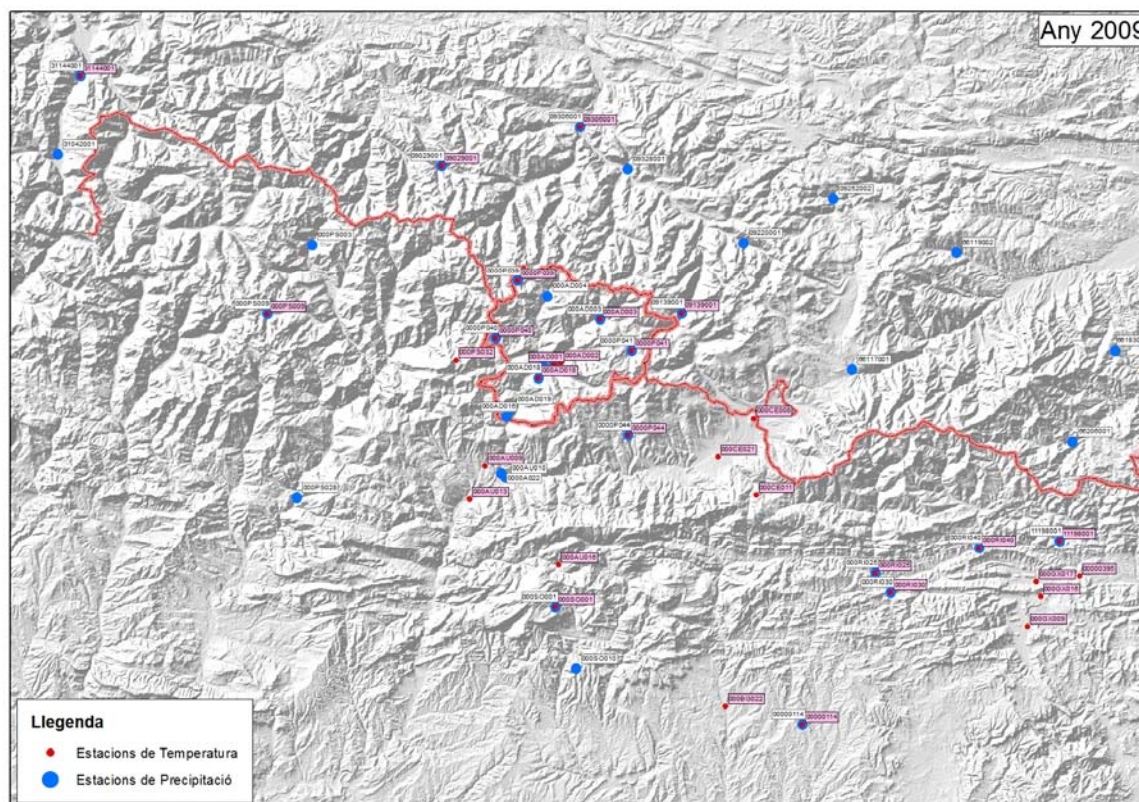


Figura 26: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2009.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2009 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 21.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2009 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. En conjunt, el dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 27 i el 57% respecte dels cabals aforats de l'any 2009.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu + EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	9,72	6,24*	2,85	0,49
	Cabals Hm³/any	306,53	197	89,9	15,5
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	687,6	1351	1098	593
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	572,7	646	723,3	403,3
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-16,7	-52,2	-34,1	-32,0
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	500,5	572,4	587,1	408,4
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-27,2	-57,6	-46,5	-31,1

Taula 21. Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2009 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca. (*) no es disposa del 100% de dades diàries de cabal, pel que es tracta d'un valor poc fiable.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 22 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2009 es troba, en termes generals dins la normalitat del període climàtic 1971-2000. No obstant això existeix certa dispersió dels resultats, en tant que s'observa una certa tendència climàtica en la meitat occidental del país.

En el conjunt del territori l'any 2009 es troba dins la normalitat del període climàtic 1971-2000.

Aquests resultats són coherents amb el butlletí climàtic realitzat pel Servei Meteorològic de Catalunya, en el qual s'especifica que l'any 2009 és generalment càlid i amb precipitacions inferiors a la mitjana.

Nom	Superfície (m²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm³/any)	ETR (Hm³/any)	Excedents (Hm³/any)	Cabal disponible (Hm³/any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Arinsal	16,55	346,53	625,51	972,16	2,85	16,09	5,74	10,35	9,32	-2,53	101,19	Fred i normal
Arleque	45,63	413,34	568,09	981,75	4,75	44,80	18,86	25,92	23,33	0,25	93,02	Normal
Coll de la Gallina	17,32	430,26	319,46	749,72	8,38	12,99	7,45	5,53	4,98	0,01	90,92	Normal
Conca d'Erts	15,15	451,92	462,45	914,37	5,99	13,85	6,85	7,01	6,31	-1,17	103,24	Fred i normal
Conca de Setúria	6,66	374,08	480,14	854,45	3,16	5,69	2,49	3,20	2,88	-3,11	96,59	Molt fred i normal
Cubeta Encamp	0,77	495,15	298,23	793,39	10,14	0,61	0,38	0,23	0,21	1,61	87,77	Càlid i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	530,35	338,34	868,96	11,45	1,97	1,20	0,77	0,69	1,27	112,00	Càlid i plujós
Cubeta d'Incles	0,40	460,45	563,72	1024,17	6,09	0,41	0,18	0,23	0,20	0,74	96,38	Càlid i normal
Dels Orris	12,73	412,73	396,60	809,33	5,58	10,30	5,25	5,05	4,54	0,38	81,59	Normal i sec
El Forn	2,63	474,91	453,49	928,41	6,61	2,44	1,25	1,19	1,07	0,85	93,06	Càlid i normal
Encamp	9,83	459,75	425,79	885,54	7,08	8,71	4,52	4,19	3,77	0,45	93,05	Normal
Enclar	16,45	445,27	379,89	825,44	7,85	13,58	7,32	6,25	5,62	-0,69	101,56	Fred i normal
Engolasters-Pessons	23,00	418,37	371,75	790,12	6,17	18,18	9,62	8,55	7,70	0,71	82,89	Càlid i sec
Estall Serrer	0,26	450,71	346,27	796,98	6,06	0,20	0,12	0,09	0,08	-0,14	86,96	Normal i sec
Juclar	17,45	386,28	697,88	1084,23	3,84	18,92	6,74	12,18	10,96	0,12	98,64	Normal
La Bartra	0,23	503,88	281,41	785,29	10,54	0,18	0,11	0,06	0,06	1,50	90,77	Càlid i normal
La Cortinada-Sonàs	0,24	536,00	411,86	947,86	8,74	0,23	0,13	0,10	0,09	0,49	106,84	Normal
Llorts - Arans	0,43	526,36	466,40	992,76	8,36	0,43	0,23	0,20	0,18	0,42	108,02	Normal
Madriu	40,12	413,45	408,78	822,26	5,28	32,99	16,59	16,40	14,76	-0,15	89,08	Normal i sec
Montmalús	7,59	353,08	423,19	776,23	2,42	5,89	2,68	3,21	2,89	-1,75	78,12	Fred i sec
Ordino	16,96	470,36	525,46	995,82	6,52	16,89	7,98	8,91	8,02	-0,10	106,66	Normal
Padern	6,04	517,85	340,33	859,92	8,79	5,19	3,13	2,06	1,85	0,24	102,12	Normal i plujós
Pardines	5,13	425,21	264,83	690,28	9,86	3,54	2,18	1,36	1,22	0,24	84,19	Normal i sec
Pla de l'Inglà	0,10	416,08	376,12	792,19	4,94	0,08	0,04	0,04	0,03	-0,93	85,14	Fred i sec
Prat Primer	13,96	487,63	416,13	903,80	8,98	12,61	6,81	5,81	5,23	1,35	108,33	Càlid i normal
Pui Olivesa - Runer	0,40	422,95	246,86	669,81	12,42	0,27	0,17	0,10	0,09	1,32	84,51	Càlid i sec
Riu Muntaner	6,75	496,05	393,52	891,09	7,84	6,02	3,35	2,66	2,39	0,61	107,52	Càlid i normal
Ràmio	0,23	478,62	332,47	811,10	8,47	0,19	0,11	0,08	0,07	0,92	93,12	Càlid i normal
Salines	18,40	397,51	681,13	1078,64	4,45	19,85	7,31	12,53	11,28	-0,98	108,86	Fred i normal
Sant Julià	33,25	439,36	346,86	786,31	8,00	26,15	14,61	11,53	10,38	-0,03	92,25	Normal
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	549,56	357,55	907,11	9,07	0,24	0,14	0,09	0,08	0,43	105,05	Normal
Valira del Nord	45,88	379,04	731,37	1110,45	3,81	50,95	17,39	33,56	30,20	-0,92	106,38	Fred i normal
Os de Civís	22,78	395,26	424,69	820,07	4,80	18,68	9,00	9,67	8,71	-2,11	96,67	Fred i normal
Coma Ransol	0,10	441,28	608,67	1049,95	5,67	0,10	0,04	0,06	0,05	0,64	100,61	Càlid i normal
Valira d'Orient	77,70	386,67	563,32	950,10	3,81	73,82	30,04	43,77	39,39	-0,33	90,70	Normal
Montaup	16,99	396,73	653,58	1050,31	4,14	17,85	6,74	11,11	10,00	-0,92	104,01	Fred i normal
Cubeta Montaup	0,29	431,57	524,75	956,30	5,35	0,27	0,12	0,15	0,14	0,81	92,77	Càlid i normal
Aldosa	7,71	498,95	415,00	913,96	7,72	7,05	3,85	3,20	2,88	0,38	103,17	Normal
Conca de Sispony	11,64	459,61	419,27	878,91	6,30	10,23	5,35	4,88	4,39	-1,00	103,37	Fred i normal
Cubeta de la Massana	1,97	541,34	337,46	878,79	9,14	1,73	1,07	0,66	0,60	0,33	105,32	Normal
Limits unitats	522,26	416,30	501,92	917,44	5,47	479,15	217,42	262,14	235,92	-0,36	95,94	Normal
Limits administratius	467,00	416,62	504,10	920,73	5,50	429,98	194,56	235,41	211,87	-0,32	96,10	Normal

Taula 22: Resultats del balanç per a l'any 2009 per a cada conca.

La següent figura (Figura 27) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2009. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10.

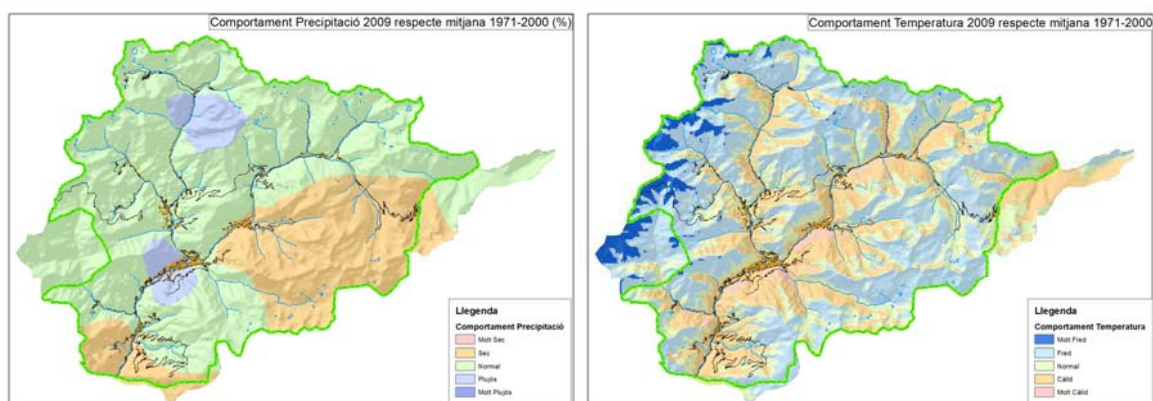


Figura 27: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjos de l'any 2009.

La normalitat climàtica constatada al llarg de l'any 2009, s'aprecia també en l'anàlisi dels excedents. En aquest sentit, en el conjunt del país els excedents de l'any 2009 s'assimilen als d'un any mig, quedant-se lleugerament per sota.

D'altra banda, a nivell de les conques s'aprecia com la major part de les unitats del país presenten uns excedents per sota la mitja climàtica (Figura 28).

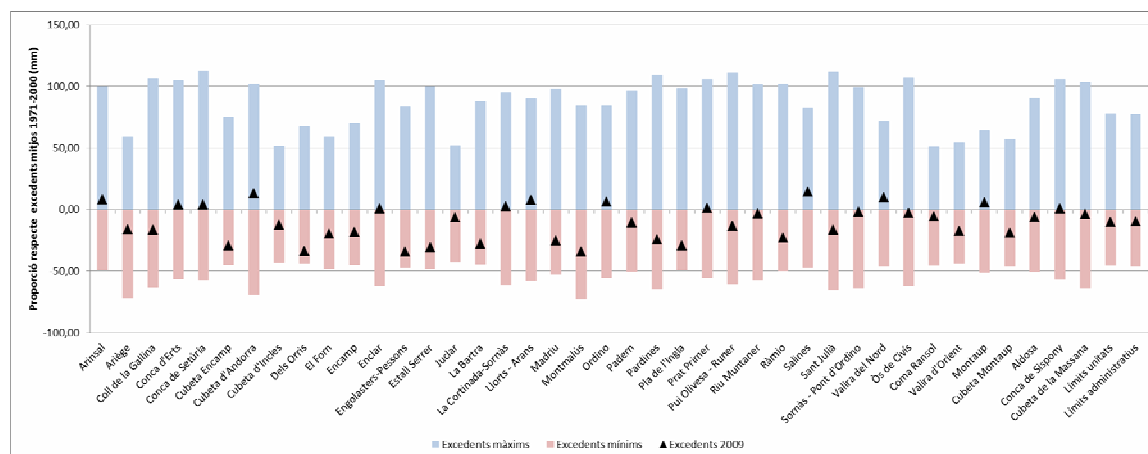


Figura 28: Excedents per a l'any 2009 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 28 s'il·lustren a la figura 29, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2009.

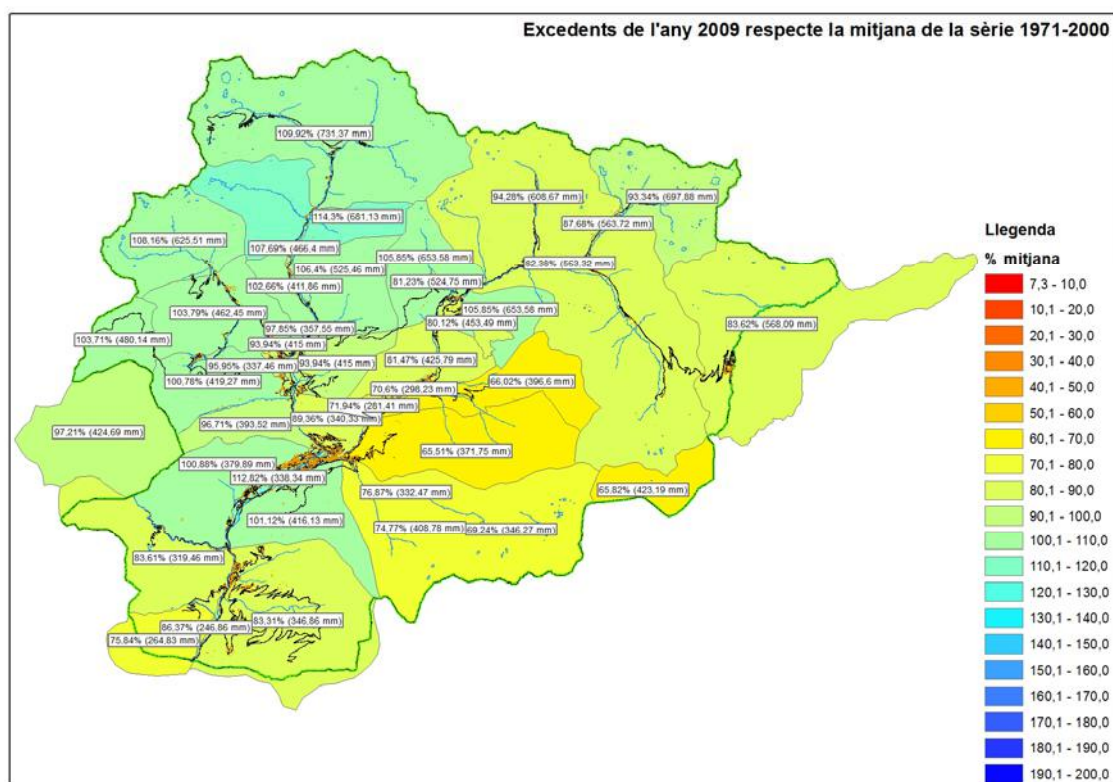


Figura 29: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2009 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.5 Any 2010

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2010. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2010).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 23 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2010 han estat calibrats per mitjà de les estacions de Setúria i Grau Roig, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt e.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	18	34	+88,9
nº estacions T	22	36	+63,6
P mitjana (mm)	905,7	812,9	-10,2
P min (mm)	530,0	654,8	+23,5
P max (mm)	1500,0	1076,4	-28,2
T mitjana (°C)	3,6	3,7	+4,2
T mitjana min (°C)	-2,7	-1,6	+40,7
T mitjana max (°C)	13,0	11,4	-12,0
ETR mitjana (mm)	350,0	318,1	-9,1
ETR min (mm)	170,0	153,9	-9,5
ETR max (mm)	600,0	561,0	-6,5
Excedents mitjans (mm)	556,0	495,0	-11,0
Excedents min (mm)	115,0	192,9	+67,7
Excedents max (mm)	1300,0	804,4	-38,1
Def mitjà (mm)	58,0	94,7	+63,3
Def min (mm)	0,0	16,7	-
Def max (mm)	198,0	189,3	-4,4
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 23: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2010.

La figura 30 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2010. A notar el remarcable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Pel que fa a les estacions amb dades de precipitació, aquestes ascendeixen fins a les 34 (un 89% més que en estudis anteriors). Per al seva banda les estacions amb dades de temperatura són 36 (un 64% més que en estudis previs). La taula 47 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

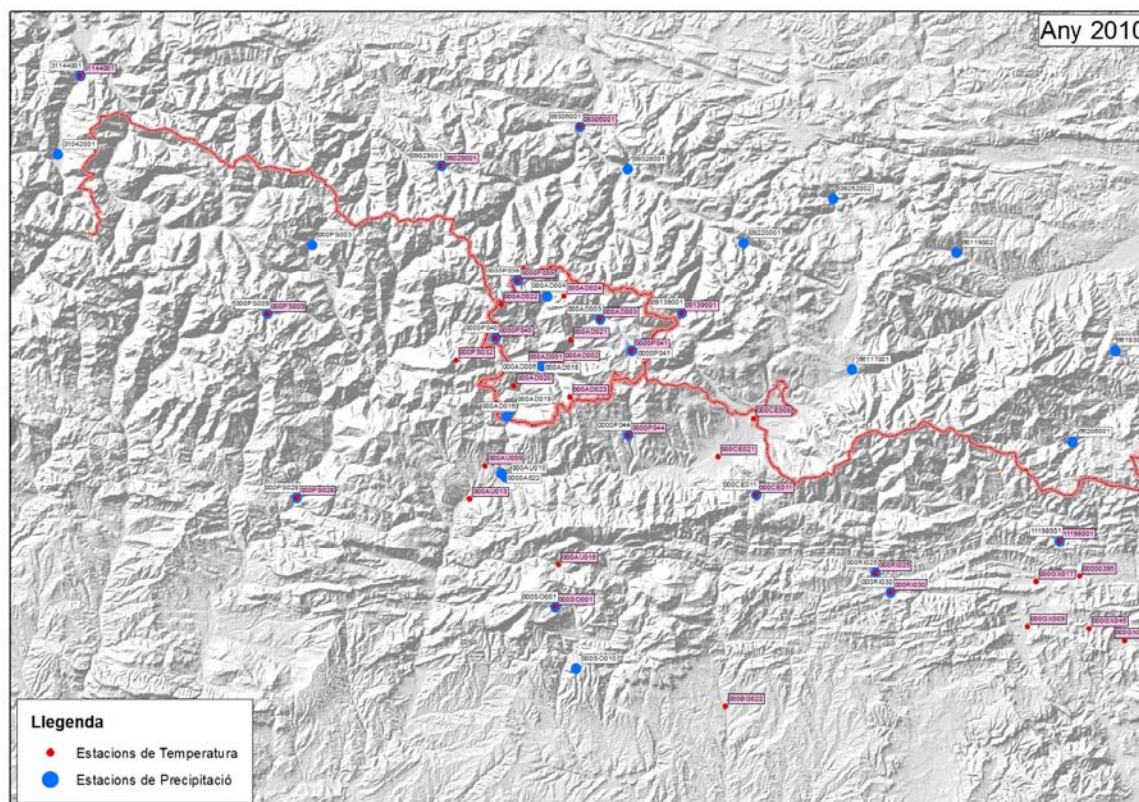


Figura 30: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2010.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2010 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 24.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2010 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. El dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 21 i el 47% respecte dels cabals aforats de l'any 2010.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	11,6	4,5	3,2	0,6
	Cabals Hm³/any	364,2	142,6	102,1	17,4
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	817,1	979	1247,8	666,6
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	553,2	520,3	698,7	525,3
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-32,3	-46,9	-44,0	-21,2
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	490,27	583,15	516,47	442,38
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-40,0	-40,4	-58,6	-33,6

Taula 24. Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2010 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 25 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2010 mostra un caràcter clarament fred, mentre que a nivell de les precipitacions l'any és més aviat sec. No obstant això algunes unitats les pluges entren dins la normalitat. En conjunt, l'any 2010 mostra una elevada homogeneïtat climàtica.

En aquesta ocasió les unitats amb una temperatura relativa més baixa es localitzen a l'extrem occidental (Conca de Setúria i Ós de Civís) i oriental del país (Montmalús). Cal destacar la recurrència en que l'extrem occidental del país presenta un caràcter molt fred, en relació a la resta del país.

Aquests resultats són coherents, en relació a la temperatura, amb el butlletí climàtic realitzat pel Servei Meteorològic de Catalunya, en el qual s'especifica que l'any 2010 és generalment fred. Des del punt de vista de les pluges l'any 2010 és qualificat com a molt plujos per a l'entitat.

Nom	Superfície (km ²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm ³ /any)	ETR (Hm ³ /any)	Excedents (Hm ³ /any)	Cabal disponible (Hm ³ /any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Arinsal	16,55	236,05	574,36	810,50	1,59	13,42	3,91	9,51	8,56	-3,79	84,36	Molt fred i sec
Anièu	45,63	333,77	606,84	940,94	3,17	42,93	15,23	27,69	24,92	-1,32	89,16	fred i sec
Coll de la Gallina	17,32	403,05	363,02	766,05	7,24	13,27	6,98	6,29	5,66	-1,13	92,90	Fred i normal
Conca d'Erits	15,15	327,80	431,35	759,15	4,44	11,50	4,97	6,53	5,88	-2,72	85,71	Fred i sec
Conca de Setúria	6,66	263,31	480,94	744,40	1,79	4,96	1,75	3,21	2,88	-4,48	84,15	Molt fred i sec
Cubeta Encamp	0,77	424,62	310,08	734,69	8,02	0,56	0,33	0,24	0,21	-0,51	81,28	Fred i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	490,13	332,65	822,78	10,36	1,87	1,11	0,75	0,68	0,18	106,05	Normal
Cubeta d'Incles	0,40	364,65	582,82	947,47	4,78	0,38	0,15	0,23	0,21	-0,58	89,16	Fred i sec
Dels Orris	12,73	305,42	435,73	741,15	3,33	9,43	3,89	5,55	4,99	-1,87	74,72	Fred i sec
El Forn	2,63	350,11	467,77	817,88	4,22	2,15	0,92	1,23	1,11	-1,54	81,98	Fred i sec
Encamp	9,83	339,37	433,25	772,62	4,68	7,60	3,34	4,26	3,83	-1,95	81,19	Fred i sec
Enclar	16,45	396,33	402,49	798,82	6,98	13,14	6,52	6,62	5,96	-1,56	98,28	Fred i sec
Engolasters-Pessons	23,00	310,82	408,74	719,56	3,67	16,55	7,15	9,40	8,46	-1,79	75,49	Fred i sec
Estall Serrer	0,26	337,44	388,60	726,04	3,92	0,19	0,09	0,10	0,09	-2,28	79,22	Fred i sec
Juclar	17,45	300,29	697,59	997,93	2,27	17,41	5,24	12,17	10,95	-1,45	90,79	Fred i normal
La Bartra	0,23	428,89	276,34	705,24	8,75	0,16	0,10	0,06	0,06	-0,29	81,51	Normal
La Cortinada-Sornàs	0,24	409,57	353,86	763,43	7,03	0,18	0,10	0,09	0,08	-1,23	86,05	Fred i sec
Llorts - Arans	0,43	403,64	379,31	782,96	6,68	0,34	0,18	0,16	0,15	-1,26	85,19	Fred i sec
Madriu	40,12	300,33	444,29	744,58	2,94	29,87	12,05	17,83	16,04	-2,49	80,67	Fred i sec
Montmalús	7,59	240,12	464,25	704,33	0,94	5,35	1,82	3,53	3,17	-3,23	70,89	Molt fred i sec
Ordino	16,96	341,29	446,65	787,94	4,58	13,36	5,79	7,58	6,82	-2,04	84,39	Fred i sec
Padern	6,04	401,52	321,08	722,82	7,29	4,37	2,43	1,94	1,75	-1,26	85,84	Fred i sec
Pardines	5,13	447,30	302,76	749,86	8,68	3,84	2,29	1,55	1,40	-0,95	91,45	Fred i normal
Pla de l'Inglà	0,10	309,87	404,01	713,88	3,07	0,07	0,03	0,04	0,04	-2,81	76,72	Fred i sec
Prat Primer	13,96	417,34	444,72	862,06	6,98	12,03	5,82	6,21	5,59	-0,65	103,33	Fred i normal
Pui Olivesa - Runer	0,40	527,47	244,37	771,83	11,23	0,31	0,21	0,10	0,09	0,13	97,38	Normal
Riu Muntaner	6,75	365,80	409,00	774,80	5,89	5,23	2,47	2,76	2,48	-1,33	93,49	Fred i normal
Ràmo	0,23	393,37	367,32	760,69	6,43	0,18	0,09	0,08	0,08	-1,11	87,33	Fred i sec
Salines	18,40	276,67	558,56	835,25	2,70	15,37	5,09	10,28	9,25	-2,73	84,30	Fred i sec
Sant Julià	33,25	397,60	391,24	788,87	6,26	26,23	13,22	13,01	11,71	-1,77	92,55	Fred i normal
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	424,74	320,39	745,13	7,39	0,19	0,11	0,08	0,07	-1,24	86,29	Fred i sec
Valira del Nord	45,88	263,10	620,99	884,19	2,04	40,57	12,07	28,49	25,64	-2,69	84,71	Fred i sec
Os de Civís	22,78	299,57	456,10	755,69	3,61	17,21	6,82	10,39	9,35	-3,30	89,08	Molt fred i sec
Coma Ransol	0,10	335,88	588,53	924,41	4,18	0,09	0,03	0,06	0,05	-0,86	88,58	Fred i sec
Valira d'Orient	77,70	280,84	564,41	845,33	2,21	65,68	21,82	43,86	39,47	-1,92	80,70	Fred i sec
Montaup	16,99	281,18	567,52	848,70	2,33	14,42	4,78	9,64	8,68	-2,72	84,05	Fred i sec
Cubeta Montaup	0,29	307,57	534,42	841,97	2,96	0,24	0,09	0,15	0,14	-1,58	81,68	Fred i sec
Aldosa	7,71	362,47	386,54	749,01	5,66	5,78	2,80	2,98	2,68	-1,68	84,55	Fred i sec
Conca de Sispony	11,64	336,75	418,25	754,98	4,72	8,79	3,92	4,87	4,38	-2,57	88,80	Fred i sec
Cubeta de la Massana	1,97	416,38	315,05	731,43	7,57	1,44	0,82	0,62	0,56	-1,24	87,66	Fred i sec
Limits units	522,26	319,13	497,52	816,02	3,74	426,18	166,67	259,84	233,85	-2,08	85,33	Fred i sec
Limits administratius	467,00	318,17	494,74	812,90	3,75	379,63	148,59	231,05	207,94	-2,07	84,84	Fred i sec

Taula 25: Resultats del balanç per a l'any 2010 per a cada conca.

La següent figura (Figura 31) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2010. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10.

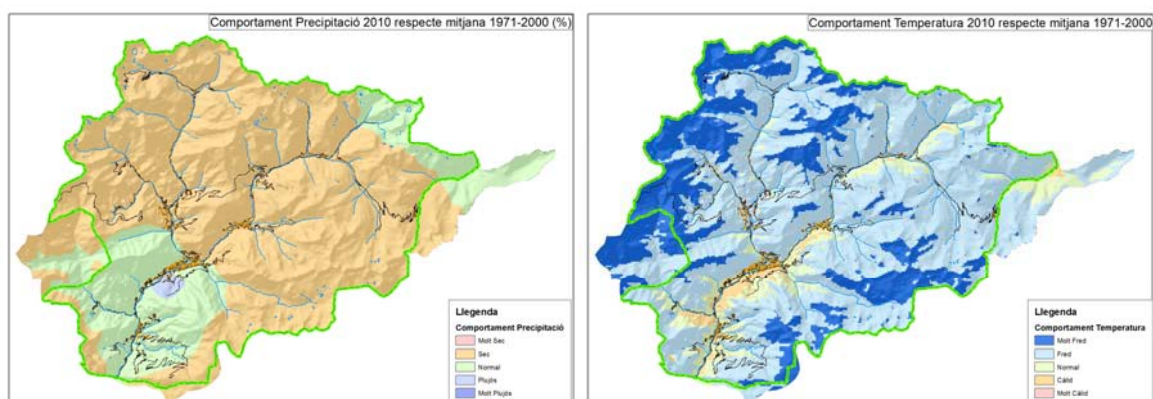


Figura 31: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjos de l'any 2010.

Pel que fa a l'anàlisi dels excedents, tot i que en molts casos aquests s'aproximen al valor mig del període 1971-2000 per a les respectives unitats, es troben sovint per sota la mitjana. Tot i així, en termes de tot el país, els excedents de l'any 2010 s'assimilen als d'un any mig tot i que queden lleugerament per sota (Figura 32).

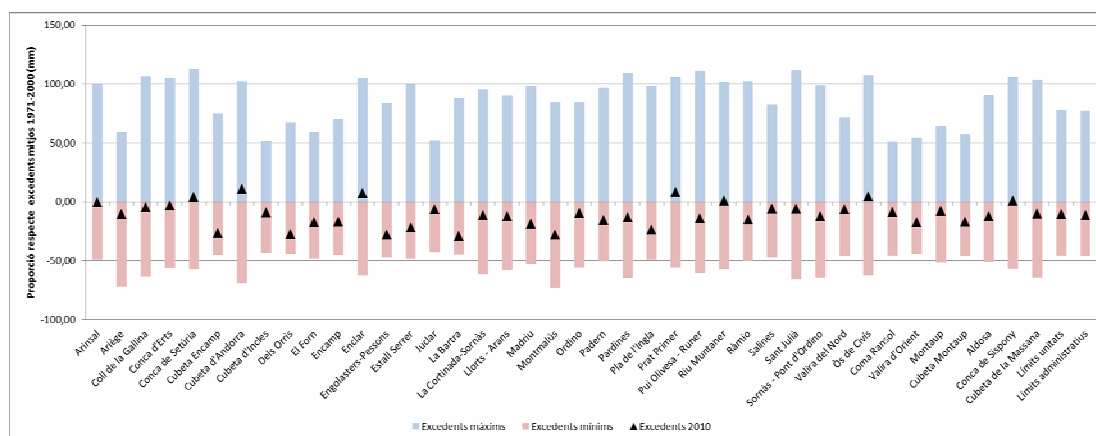


Figura 32: Excedents per a l'any 2010 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 32 s'il·lustren a la figura 33, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2010.

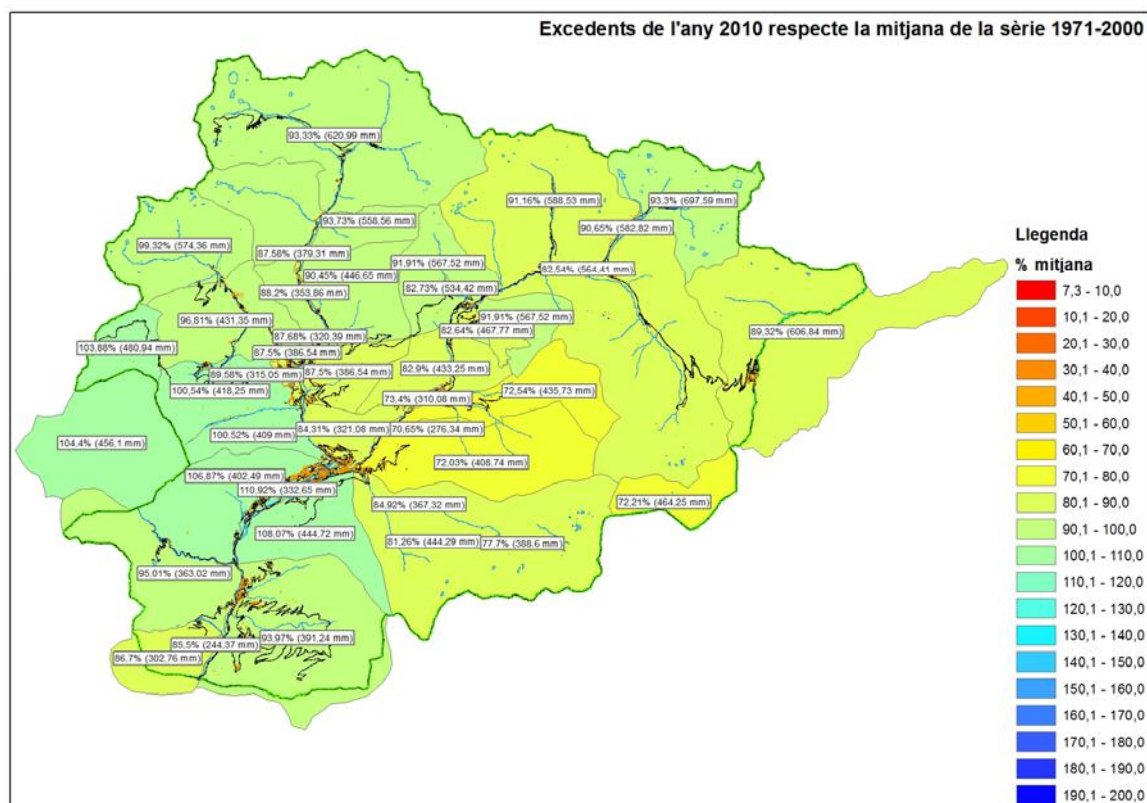


Figura 33: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2010 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.6 Any 2011

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2011. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2011).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 26 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporta una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2011 han estat calibrats per mitjà de les estacions de Setúria, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt f.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	17	24	+41,2
nº estacions T	22	37	+68,2
P mitjana (mm)	760,0	702,6	-7,6
P min (mm)	367,0	480,6	+31,0
P max (mm)	1312,0	1067,6	-18,6
T mitjana (°C)	5,3	5,9	+10,1
T mitjana min (°C)	-0,4	0,8	+287,8
T mitjana max (°C)	13,0	13,0	+0,2
ETR mitjana (mm)	412,0	390,5	-5,2
ETR min (mm)	255,0	225,0	-11,8
ETR max (mm)	550,0	553,1	+0,6
Excedents mitjans (mm)	349,0	313,7	-10,1
Excedents min (mm)	32,0	16,6	-48,2
Excedents max (mm)	1000,0	675,6	-32,4
Def mitjà (mm)	66,0	103,5	+56,7
Def min (mm)	0,0	0,0	-
Def max (mm)	325,0	291,8	-10,2
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 26: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2011.

La figura 34 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2011. Tot i que el nombre d'estacions ha augmentat respecte a estudis anteriors, l'increment ha estat menys significatiu que anys anteriors. Així, les estacions amb dades de precipitació (P) han augmentat un 41% fins a 24, mentre que les estacions amb temperatura (Tn i Tx) ascendeixen prop d'un 68%. La taula 49 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

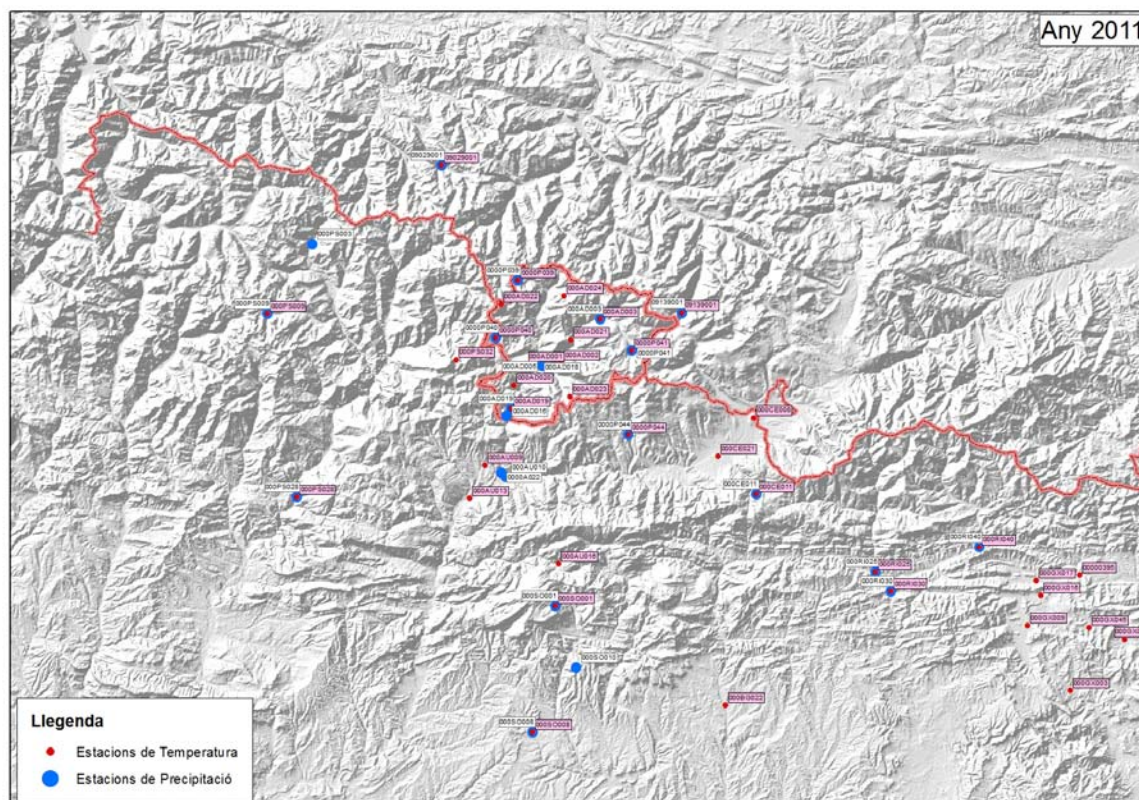


Figura 34: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2011.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2011 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 27.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2011 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. El dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 6 i el 56% respecte dels cabals aforats de l'any 2011.

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	4,67	10,61	2,32	0,4
	Cabals Hm³/any	147,26	334,6	73,16	12,61
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	330,36	-	893,76	484,24
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	341,8	416,2	470,2	234,5
	Variació respecte Cabal Qe (%)	3,5	-	-47,4	-51,6
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	311,62	405,75	393,63	230,32
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-5,7	-	-56,0	-52,4

Taula 27: Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2011 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 28 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2011 mostra un caràcter clarament sec, mentre que a nivell de les precipitacions l'any és més aviat normal. No obstant això a nivell tèrmic existeix una major dispersió dels resultats. Altre vegada les unitats que es mostren més fredes respecte la seva mitjana se situen a la zona occidental d'Andorra. Així, si bé a la part oriental és característicament normal-càlida, existeixen excepcions que mostren un caràcter fred localitzades a la Vall del Madriu (Pla de l'Inglà) i Montmalús.

Nom	Superfície (km ²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm ³ /any)	ETR (Hm ³ /any)	Excedents (Hm ³ /any)	Cabal disponible (Hm ³ /any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Arinsal	16,55	375,70	484,64	860,37	3,65	14,24	6,22	8,02	7,22	-1,73	89,55	Fred i sec
Ariège	45,63	385,98	420,70	806,94	5,19	36,82	17,61	19,20	17,28	0,69	76,46	Càlid i sec
Coll de la Gallina	17,32	439,45	155,85	588,28	9,14	10,19	7,61	2,70	2,43	0,76	71,34	Càlid i sec
Conca d'Erts	15,15	442,61	354,76	797,36	6,39	12,08	6,71	5,37	4,84	-0,77	90,03	Fred i normal
Conca de Setúria	6,66	384,17	418,46	802,59	3,88	5,35	2,56	2,79	2,51	-2,39	90,73	Fred i normal
Cubeta Encamp	0,77	447,93	161,63	609,56	10,08	0,47	0,34	0,12	0,11	1,55	67,44	Càlid i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	494,61	117,06	606,95	12,17	1,38	1,12	0,27	0,24	1,99	78,23	Càlid i sec
Cubeta d'Incles	0,40	461,94	388,33	850,27	7,17	0,34	0,18	0,16	0,14	1,82	80,01	Càlid i sec
Dels Orris	12,73	351,49	243,67	595,16	5,41	7,58	4,47	3,10	2,79	0,21	60,00	Normal i sec
El Forn	2,63	411,46	230,55	642,01	6,47	1,69	1,08	0,61	0,55	0,72	64,35	Càlid i sec
Encamp	9,83	397,99	231,29	629,28	7,15	6,19	3,91	2,27	2,05	0,51	66,12	Càlid i sec
Enclar	16,45	436,39	190,03	621,77	9,29	10,23	7,18	3,13	2,81	0,76	76,50	Càlid i sec
Engolasters-Pessons	23,00	331,42	214,80	545,66	5,48	12,55	7,62	4,94	4,45	0,02	57,24	Normal i sec
Estali Serrer	0,26	335,00	185,94	518,16	5,88	0,13	0,09	0,05	0,04	-0,31	56,54	Normal i sec
Juclar	17,45	399,76	550,55	950,42	4,65	16,58	6,98	9,61	8,65	0,92	86,47	Càlid i sec
La Bartra	0,23	457,07	150,56	607,63	10,80	0,14	0,10	0,03	0,03	1,76	70,23	Càlid i sec
La Cortinada-Sornàs	0,24	519,59	256,21	775,80	9,04	0,19	0,12	0,06	0,06	0,78	87,45	Càlid i sec
Llorts - Arans	0,43	525,65	280,55	806,20	8,70	0,35	0,23	0,12	0,11	0,76	87,72	Càlid i sec
Madriu	40,12	309,71	219,18	527,83	4,82	21,18	12,43	8,79	7,91	-0,61	57,18	Fred i sec
Montmalús	7,59	292,23	283,14	575,35	3,40	4,37	2,22	2,15	1,94	-0,77	57,90	Fred i sec
Ordino	16,96	450,47	297,38	747,85	6,87	12,68	7,64	5,04	4,54	0,25	80,10	Normal i sec
Padern	6,04	465,73	172,31	638,22	9,53	3,85	2,81	1,04	0,94	0,97	75,79	Càlid i sec
Pardines	5,13	449,46	88,82	531,04	10,67	2,72	2,30	0,46	0,41	1,04	64,77	Càlid i sec
Pla de l'Inglà	0,10	313,67	205,41	518,98	5,33	0,05	0,03	0,02	0,02	-0,55	55,77	Fred i sec
Prat Primer	13,96	409,42	163,20	567,85	8,46	7,93	5,71	2,28	2,05	0,83	68,06	Càlid i sec
Pui Olivesa - Runer	0,40	459,74	45,60	496,93	12,97	0,20	0,18	0,02	0,02	1,87	62,69	Càlid i sec
Riu Muntaner	6,75	430,09	251,83	678,14	7,46	4,58	2,90	1,70	1,53	0,23	81,82	Normal i sec
Ràmio	0,23	387,84	146,67	529,58	8,25	0,12	0,09	0,03	0,03	0,71	60,80	Càlid i sec
Salines	18,40	417,06	412,57	829,67	4,95	15,27	7,67	7,59	6,83	-0,48	83,74	Normal i sec
Sant Julià	33,25	384,78	133,19	514,46	8,16	17,11	12,79	4,43	3,99	0,13	60,36	Normal i sec
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	521,65	211,95	733,60	9,48	0,19	0,14	0,05	0,05	0,85	84,96	Càlid i sec
Valira del Nord	45,88	420,53	498,99	919,67	4,43	42,20	19,29	22,89	20,60	-0,30	88,11	Normal i sec
Os de Civís	22,78	395,55	317,23	709,80	5,78	16,17	9,01	7,23	6,50	-1,13	83,67	Fred i sec
Coma Ransol	0,10	449,34	419,88	869,23	6,67	0,09	0,04	0,04	0,04	1,63	83,29	Càlid i sec
Valira d'Orient	77,70	367,24	366,55	733,94	4,55	57,03	28,54	28,48	25,63	0,41	70,06	Normal i sec
Montaup	16,99	387,25	322,71	709,96	5,16	12,07	6,58	5,48	4,94	0,11	70,31	Normal i sec
Cubeta Montaup	0,29	367,49	271,36	638,88	5,06	0,18	0,11	0,08	0,07	0,52	61,98	Càlid i sec
Aldosa	7,71	443,50	239,52	683,02	7,77	5,27	3,42	1,85	1,66	0,43	77,10	Normal i sec
Conca de Sispony	11,64	429,47	304,58	732,89	6,63	8,53	5,00	3,55	3,19	-0,66	86,20	Fred i sec
Cubeta de la Massana	1,97	504,55	211,80	716,35	9,51	1,41	0,99	0,42	0,38	0,70	85,85	Càlid i sec
Limits unitats	522,26	390,63	316,50	705,03	5,87	368,21	204,01	165,30	148,77	0,04	73,72	Normal i sec
Limits administratius	467,00	390,37	313,36	702,60	5,88	328,11	182,30	146,34	131,70	0,06	73,33	Normal i sec

Taula 28: Resultats del balanç per a l'any 2011 per a cada conca.

La següent figura (Figura 35) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2011. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10. La figura 35 mostra una limitació en la representació d'una fracció de la unitat de l'Ariège per la manca d'informació de base en aquestes zones.

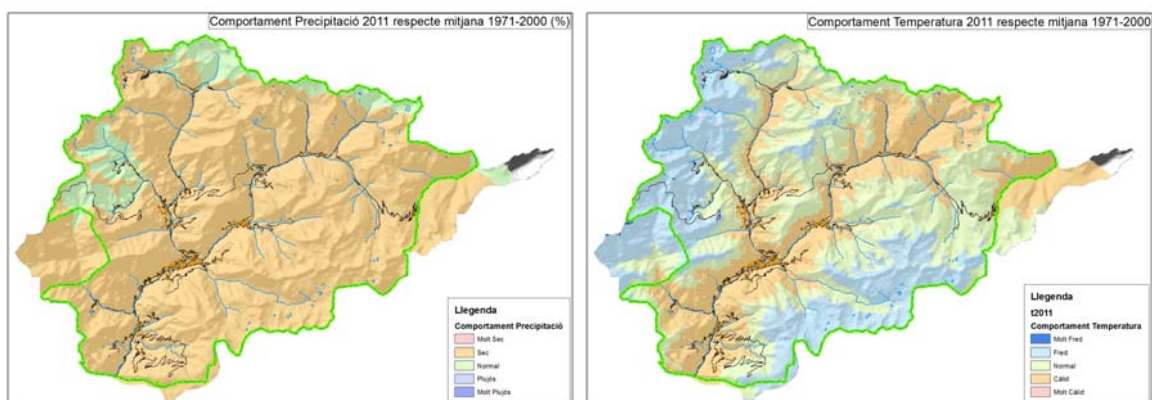


Figura 35: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjans de l'any 2011.

A nivell dels excedents, les unitats del país mostren valors clarament per sota dels relatius a un any mig. De fet, en nombrosos casos els excedents assolixen valors per sota dels mínims de la mitjana climàtica 1971-2000.

Aquesta situació comporta que en termes de tot el país, els excedents s'assimilin al valor mínim del període climàtic 1971-2000 (Figura 36).

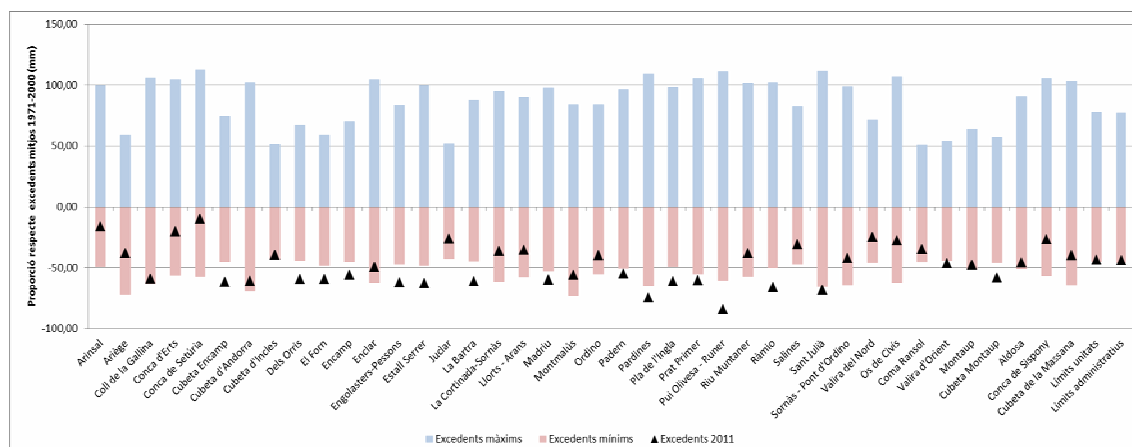


Figura 36: Excedents per a l'any 2011 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 36 s'il·lustren a la figura 37, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2011.

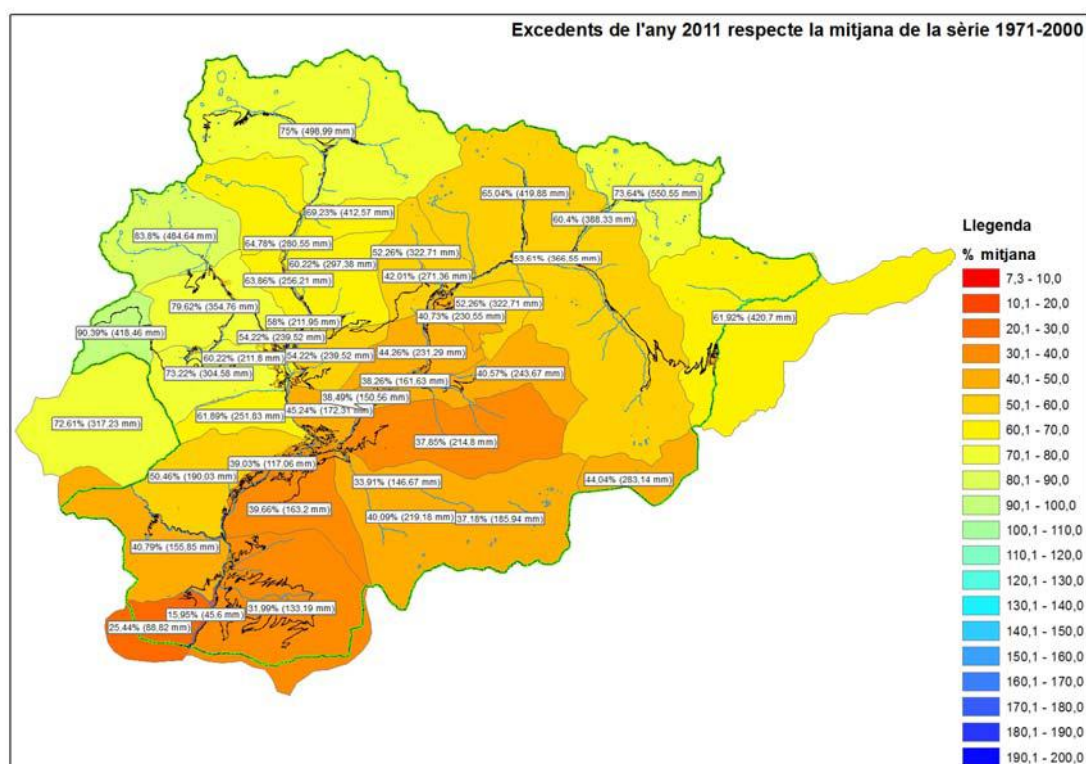


Figura 37: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2011 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.7 Any 2012

A continuació s'exposa l'actualització del balanç hídric per a l'any 2012. Els resultats obtinguts es comparen amb els relatius a l'estudi (M.I. Govern d'Andorra, 2012).

a) Comparació dels resultats amb metodologies anteriors

La taula 29 mostra la comparació del balanç hídric entre les metodologies antiga (gradients constants) i nova (regressió múltiple amb correcció de residus). En termes generals s'observa una disminució de la precipitació mitjana, així com un augment de la temperatura mitjana. Aquestes variacions comporten una disminució de la ETR i dels excedents mitjans. Per la seva banda el dèficit hídric augmenta com a conseqüència d'unes precipitacions més baixes, una temperatura més alta i una reserva màxima d'aigua en el sòl limitada a 8,6mm. Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Els resultats de l'any 2012 han estat calibrats per mitjà de les estacions de Ransol, obtenint valors coherents amb els del model. Els valors obtinguts són coherents amb els del model. Els resultats de la calibració es poden consultar a l'Annex A4, punt g.

Variable	Metodologia antiga	Metodologia actual	Variació respecte model antic(%)
nº estacions P	18	28	+55,6
nº estacions T	22	38	+72,7
P mitjana (mm)	754,6	739,8	-2,0
P min (mm)	430,0	466,4	+8,5
P max (mm)	1200,0	1136,4	-5,3
T mitjana (°C)	5,0	5,3	+5,4
T mitjana min (°C)	-1,4	0,0	+97,2
T mitjana max (°C)	13,6	13,4	-1,8
ETR mitjana (mm)	330,0	304,2	-7,8
ETR min (mm)	175,0	148,4	-15,2
ETR max (mm)	492,0	511,4	+3,9
Excedents mitjans (mm)	423,0	434,7	+2,8
Excedents min (mm)	77,0	32,4	-57,9
Excedents max (mm)	894,0	902,3	+0,9
Def mitjà (mm)	126,0	160,0	+27,0
Def min (mm)	0,0	28,3	-
Def max (mm)	361,0	375,0	+3,9
Reserva sòl màxima (mm)	30,0	8,6	-71,4

Taula 29: Comparació dels resultats obtinguts segons la metodologia antiga i l'actual per a l'any 2012.

La figura 38 mostra les estacions meteorològiques que han estat utilitzades per a l'any 2012. A notar el remarcable increment en el nombre d'estacions amb dades de Precipitació (P) i temperatura (Tn i Tx). Pel que fa a les estacions amb dades de precipitació, aquestes ascendeixen fins a les 28 (un 56% més que en estudis anteriors). Per al seva banda les estacions amb dades de temperatura són 38 (un 73% més que en estudis previs). La taula 51 de l'annex A4 detalla les estacions utilitzades actualment.

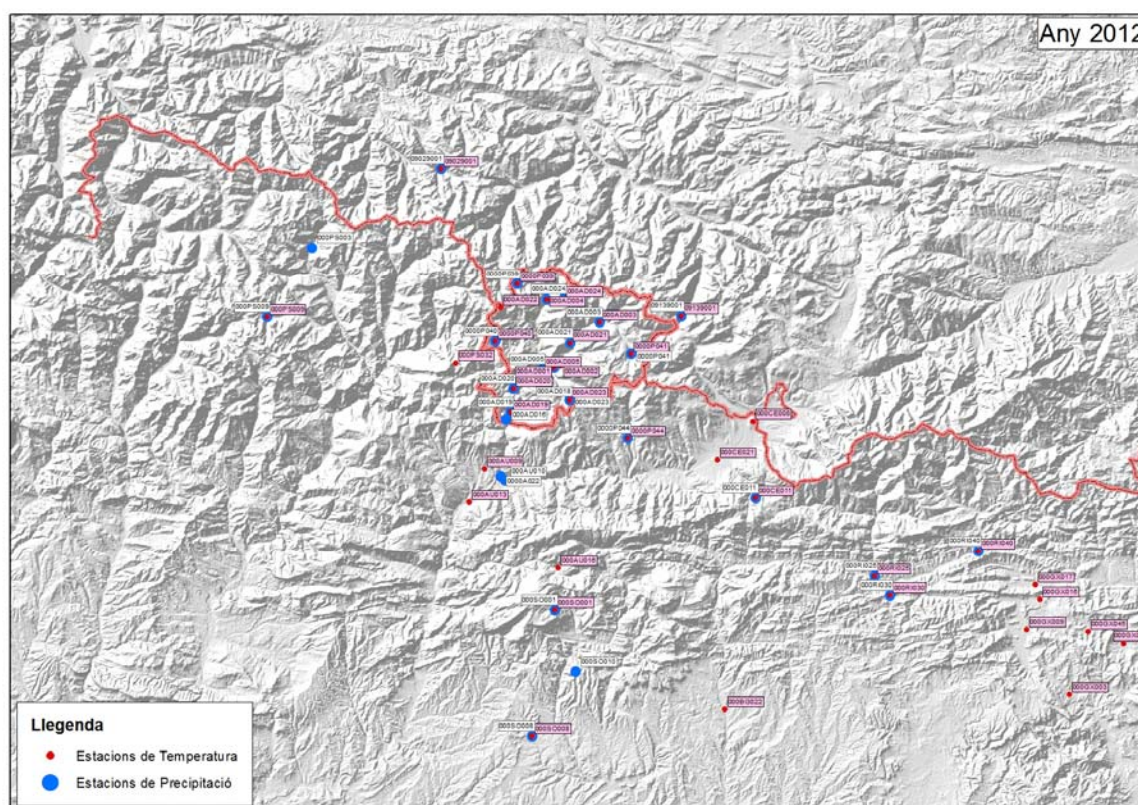


Figura 38: Mapa d'estacions utilitzades l'any 2012.

b) Anàlisi dels cabals aforats

Per a l'any 2012 es disposa de dades de cabals en diferents punts del territori andorrà, tal i com mostra la taula 30.

La comparació dels cabals aforats amb els resultats del balanç hídric permet determinar el grau d'ajust del model i la realitat. En conjunt l'any l'actualització del balanç per a l'any 2012 deriva en una disminució dels excedents, fet que augmenta la diferència entre els resultats del model i els cabals aforats. El dèficit d'excedents que s'apreciava en el model antic, s'ha agreujat fins a un biaix del d'entre el 27 i el 55% respecte dels cabals aforats de l'any 2012.

Cal destacar que els resultats del balanç al Madriu per a l'any 2012 ofereixen uns resultats molt satisfactoris

Més endavant, amb un major detall (punt 4.8) es discuteixen aquests resultats per al conjunt del període 2006-2012.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m³/s	8,37	5	2,46	0,4
	Cabals Hm³/any	264,68	158,11	77,79	12,65
	Cabal específic (Qe) L/m²*any	585,15	1085,34	950,29	485,56
Mètode antic Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	419,15	424,08	502,09	377,43
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-28,4	-60,9	-47,2	-22,3
Mètode actual Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m²*any	426,18	552,55	427,97	487,14
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-27,2	-49,1	-55,0	0,3

Taula 30: Resum dels cabals mitjos registrats pel període 2012 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

c) Balanç hídric per a unitats

La taula 31 mostra els resultats l'actualització del balanç hídric per cadascuna de les 40 conques definides per a l'àrea d'estudi, així com per al conjunt del país.

En base als criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya, l'any 2012 mostra un caràcter clarament sec, mentre que a nivell tèrmic l'any és més variat. Tal i com s'ha constatat en altres anys del període 2006-2012, les unitats situades a la zona oriental del país mostren una temperatura més baixa que la seva mitjana.

Aquests resultats són coherents amb el butlletí climàtic realitzat pel Servei Meteorològic de Catalunya, en el qual s'especifica que l'any 2012 és generalment càlid i amb precipitacions inferiors a la mitjana.

Nom	Superfície (km ²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm ³ /any)	ETR (Hm ³ /any)	Excedents (Hm ³ /any)	Caball disponible (Hm ³ /any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures i precipitació
Arsinsal	16,55	293,09	453,92	747,17	3,00	12,37	4,85	7,51	6,76	-2,38	77,77	Fred i sec
Àniège	45,63	245,59	556,24	802,07	4,15	36,60	11,21	25,38	22,84	-0,35	76,00	Normal i sec
Coll de la Gallina	17,32	379,94	204,29	591,55	8,83	10,25	6,58	3,54	3,18	0,46	71,74	Normal i sec
Conca d'Ertis	15,15	345,19	301,29	646,49	5,94	9,79	5,23	4,56	4,11	-1,21	72,99	Fred i sec
Conca de Setúria	6,66	292,17	380,45	672,90	3,16	4,48	1,95	2,54	2,28	-3,11	76,06	Molt fred i sec
Cubeta Encamp	0,77	400,07	269,35	669,43	9,63	0,51	0,31	0,21	0,19	1,10	74,06	Càlid i sec
Cubeta d'Andorra	2,27	412,01	185,50	602,16	11,99	1,37	0,93	0,42	0,38	1,82	77,61	Càlid i sec
Cubeta d'Incles	0,40	366,54	511,22	877,76	6,32	0,35	0,15	0,20	0,18	0,97	82,60	Càlid i sec
Dels Oris	12,73	264,80	407,88	672,67	4,75	8,56	3,37	5,19	4,67	-0,45	67,82	Normal i sec
El Forn	2,63	344,49	442,63	787,12	5,82	2,07	0,91	1,17	1,05	0,07	78,90	Normal i sec
Encamp	9,83	339,34	427,80	767,14	6,59	7,54	3,34	4,21	3,79	-0,04	80,61	Normal i sec
Enclar	16,45	367,08	275,67	647,34	8,77	10,65	6,04	4,53	4,08	0,23	79,64	Normal i sec
Engolasters-Pessons	23,00	266,52	404,98	672,06	4,87	15,46	6,13	9,32	8,38	-0,59	70,50	Fred i sec
Estall Serrer	0,26	307,68	429,18	739,64	5,33	0,19	0,08	0,11	0,10	-0,86	80,70	Fred i sec
Juclar	17,45	280,18	734,26	1014,57	3,52	17,70	4,89	12,81	11,53	-0,21	92,31	Normal
La Bartra	0,23	380,90	236,93	617,83	10,36	0,14	0,09	0,05	0,05	1,32	71,41	Càlid i sec
La Cortinada-Sornàs	0,24	417,02	230,72	647,73	8,78	0,16	0,10	0,06	0,05	0,52	73,01	Càlid i sec
Llorts - Arans	0,43	425,75	233,24	658,99	8,43	0,29	0,19	0,10	0,09	0,50	71,71	Càlid i sec
Madriu	40,12	264,49	482,54	748,15	4,25	30,02	10,61	19,36	17,42	-1,18	81,05	Fred i sec
Montmalús	7,59	182,52	446,90	629,37	2,65	4,78	1,39	3,39	3,05	-1,52	63,34	Fred i sec
Ordino	16,96	357,13	353,98	711,12	6,47	12,06	6,06	6,00	5,40	-0,15	76,17	Normal i sec
Padem	6,04	346,59	247,44	593,27	9,25	3,58	2,09	1,49	1,35	0,70	70,46	Càlid i sec
Pardines	5,13	385,53	132,53	525,40	10,89	2,69	1,98	0,68	0,61	1,27	64,08	Càlid i sec
Pla de l'ingla	0,10	270,48	448,51	719,10	4,75	0,07	0,03	0,04	0,04	-1,12	77,28	Fred i sec
Prat Primer	13,96	372,57	357,11	734,44	8,16	10,25	5,20	4,98	4,49	0,54	88,03	Càlid i sec
Pui Olivosa - Runer	0,40	426,47	73,22	507,52	13,30	0,20	0,17	0,03	0,03	2,21	64,03	Càlid i sec
Riu Muntaner	6,75	316,02	289,09	608,73	7,00	4,11	2,13	1,95	1,76	-0,22	73,45	Normal i sec
Ràmo	0,23	371,33	299,97	676,22	7,82	0,16	0,09	0,07	0,06	0,27	77,63	Normal i sec
Salines	18,40	321,46	410,58	732,10	4,48	13,47	5,92	7,56	6,80	-0,95	73,89	Fred i sec
Sant Julià	33,25	357,38	281,86	642,85	8,03	21,38	11,88	9,37	8,43	0,00	75,42	Normal i sec
Sornàs-Pont d'Ordino	0,26	412,77	221,26	634,02	9,25	0,16	0,11	0,06	0,05	0,61	73,43	Càlid i sec
Valira del Nord	45,88	325,04	592,63	917,85	3,65	42,11	14,91	27,19	24,47	-1,08	87,93	Fred i sec
Os de Civís	22,78	326,26	322,74	652,76	5,05	14,87	7,43	7,35	6,62	-1,86	76,95	Fred i sec
Coma Ransol	0,10	358,89	555,72	914,61	5,83	0,09	0,04	0,05	0,05	0,79	87,64	Càlid i sec
Valira d'Orient	77,70	250,14	510,01	760,35	3,73	59,08	19,44	39,63	35,67	-0,40	72,58	Normal i sec
Montaup	16,99	313,10	538,66	851,76	4,53	14,47	5,32	9,15	8,24	-0,53	84,35	Càlid i sec
Cubeta Montaup	0,29	282,73	471,79	754,62	4,34	0,22	0,08	0,14	0,12	-0,20	73,20	Normal i sec
Aldosa	7,71	343,25	326,23	669,49	7,42	5,16	2,65	2,52	2,26	0,08	75,57	Normal i sec
Conca de Sispony	11,64	325,19	300,30	626,29	6,15	7,29	3,79	3,50	3,15	-1,14	73,66	Fred i sec
Cubeta de la Massana	1,97	384,36	211,22	595,59	9,28	1,17	0,76	0,42	0,37	0,47	71,38	Normal i sec
Limits unitats	522,26	303,74	432,50	737,03	5,26	384,92	158,63	225,88	203,29	-0,57	77,07	Fred i sec
Limits administratius	467,00	304,13	434,52	739,79	5,29	345,48	142,03	202,92	182,63	-0,53	77,21	Fred i sec

Taula 31: Resultats del balanç per a l'any 2012 per a cada conca.

La següent figura (Figura 39) mostra gràficament el comportament de la precipitació i la temperatura respecte dels valors mitjans de l'any 2012. Les figures estan construïdes segons els criteris del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) que han estat exposats anteriorment a la taula 10. La figura 39 mostra una limitació en la representació d'una fracció de les unitats de l'Ariège i d'Os de Civís, per la manca d'informació de base en aquestes zones.

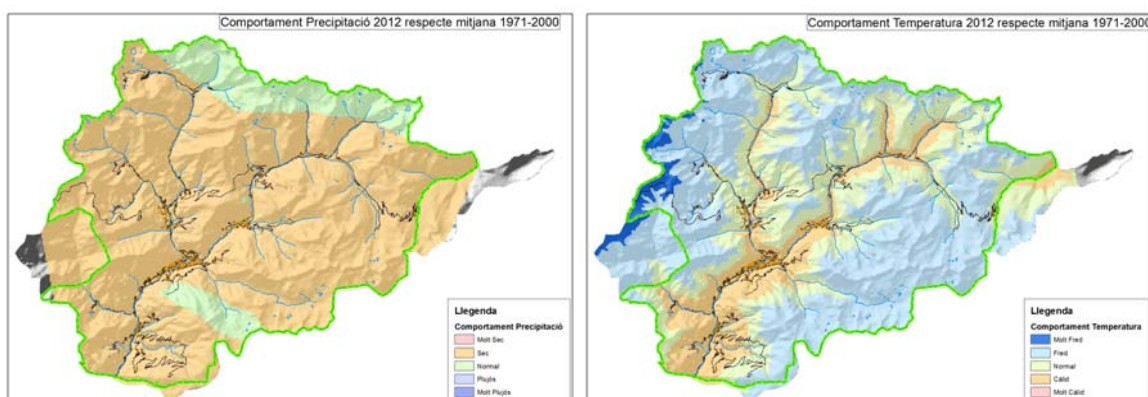


Figura 39: Comportament de la precipitació (esquerra) i la temperatura (dreta) respecte els valors mitjos de l'any 2012.

A nivell dels excedents (Figura 40), les unitats del país mostren valors clarament per sota dels relatius a un any mig. Aquest fet concorda amb el caràcter sec establert en base als criteris del Servei Meteorològic de Catalunya.

Aquesta situació comporta que en termes de tot el país, els excedents se situïn per sota del valor mig del període climàtic 1971-2000.

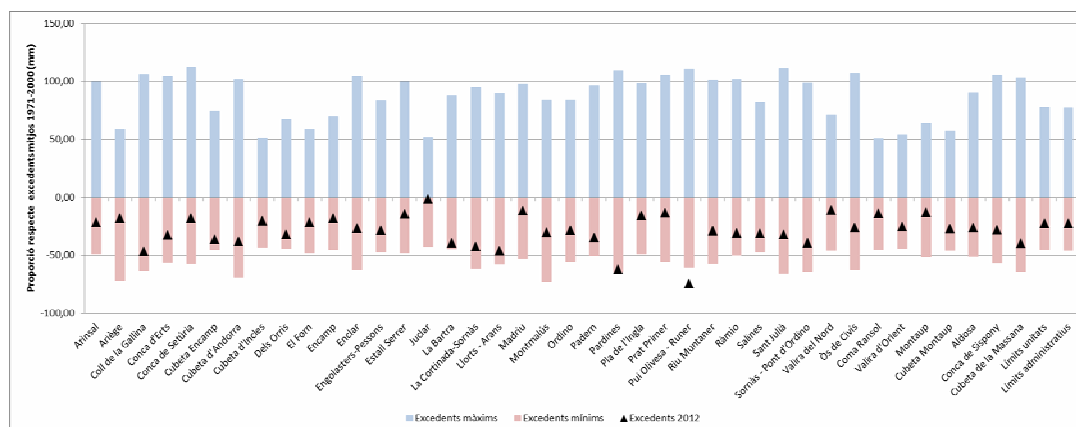


Figura 40: Excedents per a l'any 2012 en cada unitat hidrogeològica i en el conjunt del país en comparació a la mitja climàtica 1971-2000. Les columnes blaves representen la diferència percentual dels excedents màxims respecte al valor mig. Les columnes vermelles mostren la diferència percentual dels excedents mínims respecte al valor mig.

Els resultats que mostra la figura 40 s'il·lustren a la figura 41, en la que es mostra gràficament els excedents per a l'any 2012.

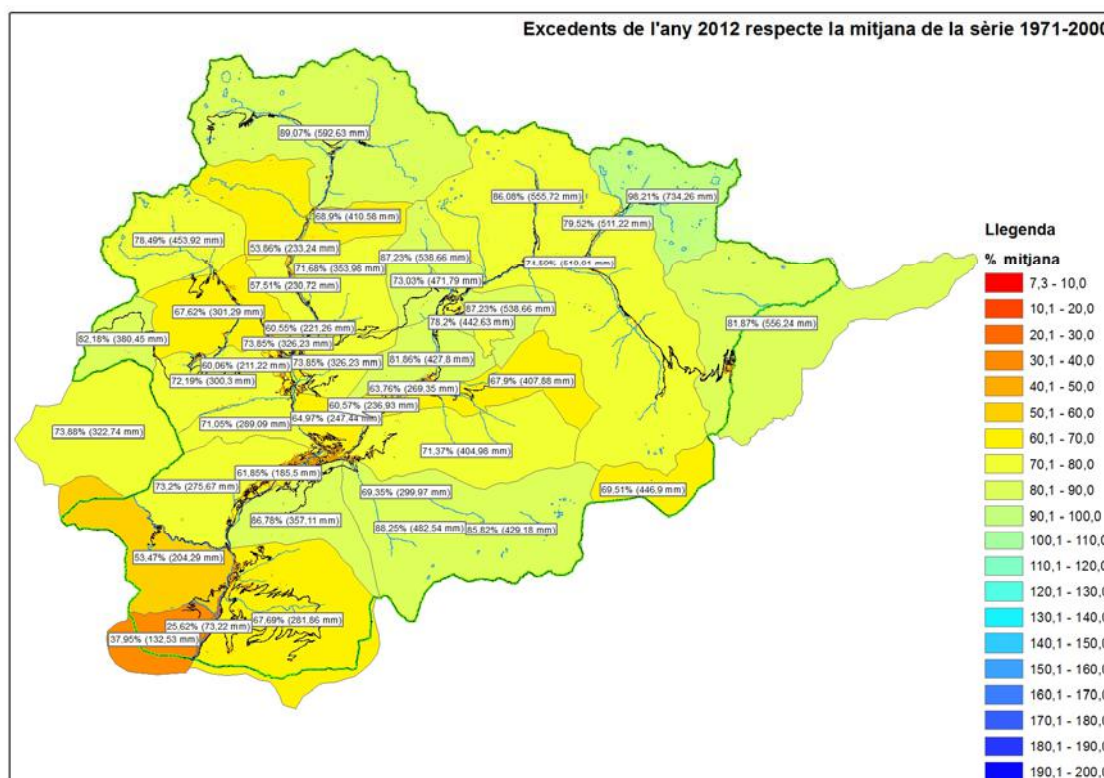


Figura 41: Il·lustració dels excedents, per a l'any 2012 en cada unitat hidrogeològica, en termes absoluts i relatius respecte del valor mig del període 1971-2000.

4.8 Discussió dels resultats 2006-2012

A continuació es discuteixen els resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric anual mig per al període 2006-2012.

Els resultats han estat exposats en termes de variació percentual respecte al corresponent valor de la metodologia antiga. En el conjunt del període, ha estat observada la mateixa dinàmica de canvi, tot i que amb magnituds sensiblement diferents en funció de l'any estudiat. Les variacions observades s'associen al canvi de metodologia per a l'estimació de les variables climatològiques (precipitació i temperatura), així com de les variables del balanç hídric (essencialment reserva útil del sòl).

Pel que fa al nombre d'estacions utilitzades amb dades de temperatura (T_n i T_x) i precipitació (P) ha incrementat ha estat duplicat en gairebé tots els anys compresos entre el 2006 i el 2012.

A nivell climàtic, es constata una baixada en tots els anys de les precipitacions mitjanes (entre un 2% i un 16%). Per la seva banda les precipitacions mínimes mostren un augment comprès entre un 8 i un 38% en tots els casos. Per contra, els valors màxims es redueixen en tots els casos entre un 5 i un 32%. Per tant, en termes generals la diferència entre les precipitacions mínimes i màxims s'escurça en tots els casos.

D'altra banda, en relació a la temperatura mitjana del país s'observa un increment en tots els anys que oscil·la entre el 4 i el 11%. Els extrems d'aquesta variable mostren un augment generalitzat dels valors mínims. A títol indicatiu, en la metodologia antiga la temperatura mitjana mínima del país mostrava tots els anys valors negatius. En base a la metodologia actual, únicament els anys 2010, 2009, 2008, 2007 mantenen valors lleugerament negatius. Per contra, les temperatures mitjanes màximes, es mostren estables o lleugerament menors, amb una disminució màxima del 12%.

Pel que fa a les pròpies variables del balanç hídric, totes mostren canvis en conseqüència de les alteracions observades en les variables climàtiques.

D'aquesta manera, en relació a la ETR s'observen lleugeres disminucions compreses entre un 1 i un 12%. A notar que aquestes variacions són molt similars als canvis, en termes mitjos, que mostren les precipitacions. Aquest fet és coherent en tant que una menor disponibilitat d'aigua en forma de pluja es tradueix en una reducció de l'aigua disponible per a ser evapotranspirada. En aquest cas l'increment de les temperatures mitjanes hauria de tenir conseqüències en el valor de la ETP.

En termes del dèficit hídric mitjà anual s'observa en tots els casos un increment molt notable comprès entre el 27 i el 63%. Aquest canvi tant remarcable és una conseqüència que integra l'efecte de la disminució de les precipitació, així com de l'increment de les temperatures mitjanes del país. En aquest punt també cal tenir en compte que la reserva màxima del sòl en el conjunt del país s'ha reduït un 71% respecte a la metodologia antiga. Igualment, en la metodologia actual el valor de la reserva pren un caràcter variable (valor mitjà de 8,6mm) en funció de la pedologia i del pendent topogràfic mentre que en estudis precedents (M.I. Govern d'Andorra, 2007) es tenia en compte un valor homogeni de 30mm.

Aquesta reducció de la reserva limita la capacitat del sòl per a fer front a la disminució de les precipitacions durant períodes de sequera, acusant encara més el dèficit hídric que caracteritza aquestes etapes.

En conjunt, els anys del període 2006-2012 són més aviat secs, demostrant uns resultats més heterogenis en termes de temperatura. Paral·lelament, l'anàlisi dels excedents sol mostrar valors per sota de la mitjana climàtica 1971-2000, fet que corrobora el caràcter sec del període. Amb tot es podria dir que les precipitacions condicionen els excedents més significativament que la temperatura. Aquests trets són coherents amb els butlletins climàtics del Servei meteorològic de Catalunya per al mateix període.

De l'estudi detallat de les conques s'ha constatat una tendència del vessant occidental del país a mostrar temperatures més fredes que la mitjana climàtica de referència (1971-2000). Per contra, la zona occidental mostra valors normals o lleugerament superiors. Aquesta divisòria s'observa igualment en els butlletins climàtics del Servei Meteorològic de Catalunya.

a) Evolució de la reserva útil del sòl

Per a un any en concret la reserva útil del sòl varia en funció de les condicions meteorològiques de cada mes. Aquest fet es veu reflexat a la figura 42. La reserva del sòl evoluciona de forma similar en tots els anys. En aquest sentit, els valors mínims apareixen a l'estiu, arribant-la a esgotar en els mesos més calorosos.

Per contra, durant els mesos més freds, l'absència de ETR fa que el sòl acostumi a presentar continguts d'aigua iguals o pròxims als valors màxims (8,6mm de mitjana).

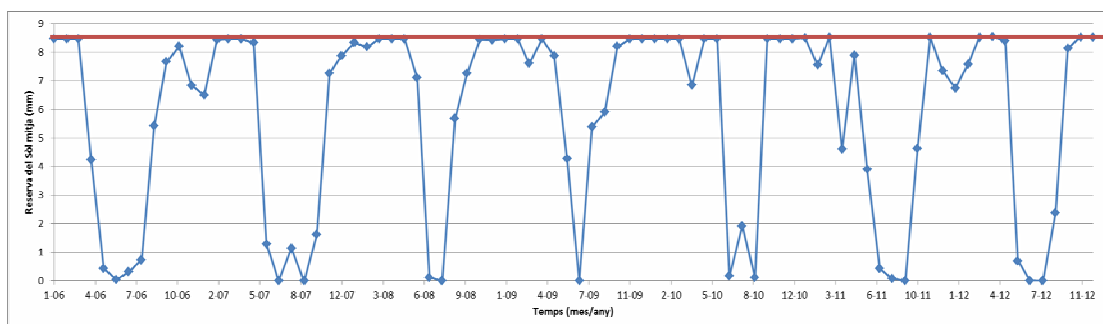


Figura 42: Evolució de la reserva útil del sòl mitja d'Andorra al llarg del període 2006-2012. En vermell es marca la reserva potencial màxima.

Si bé a nivell interanual pot haver-hi algun dèficit o excés en la reserva útil d'aigua en el sòl, en el conjunt del període 2006-2012 no hi ha una variació de la reserva significativa (Taula 32). En aquest sentit, s'inicia i es finalitza el període amb una reserva del sòl del 100%.

A notar que els anys amb un major dèficit de reserva del sòl són el 2006 i el 2011. Aquest fet és coherent amb el que ha estat exposat en punts anteriors (Punts 4.1-4.7), donat que aquests anys han estat qualificats com a secs segons els criteris establerts pel Servei Meteorològic de Catalunya.

Igualment en l'anàlisi dels excedents ha estat constatat com la respectiva pluja útil es troba clarament per sota dels valors mitjos del període climàtic 1971-2000, fins i tot en alguns casos per sota dels valors mínims.

Any	Variació de la reserva (mm)
2006	-1,63
2007	1,37
2008	0,09
2009	0
2010	0
2011	-1,15
2012	1,78

Taula 32: Variació de la reserva útil del sòl per a cada any del període 2006-2012.

b) Comparació dels resultats amb els cabals aforats

Assumint que les informacions relatives al cabal aforat en els rius no comporta errors de mesura significatius (tot i que se sap que de manera intrínseca la mesura del cabal pot tenir associat un error del 25%), la comparació dels cabals amb els resultats del balanç permet determinar el grau de qualitat de les informacions derivades del model.

Igualment els resultats de l'actualització del balanç han estat comparats amb els resultats de la metodologia antiga.

Tot i l'esforç esmerçat en millorar la qualitat i representativitat de les dades de base (P i T), així com els canvis introduïts en el balanç hídric es manté i s'agreuja el biaix existent entre els cabals mesurats i els excedents generats pel model (Taula 33).

En aquest sentit, en tots els anys del període 2006-2012 es constata una disminució dels excedents, probablement deguda per les precipitacions més baixes que han estat obtingudes en l'estudi climàtic.

Variació mitja respecte cabals aforats	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Metodologia antiga (%)	-24,1	-37,4	-37,0	-33,7
Metodologia actual (%)	-35,7	-45,0	-53,1	-36,0

Taula 33: Resum de les desviacions mitges per al període 2006-2012 entre el cabal aforat i els resultats del model segons la metodologia antiga i actual

Les diferències observades entre ambdues metodologies assoleixen magnituds diferents en funció de les característiques i mida de la conca considerada. En aquest sentit, els resultats que deriven de la present actualització mostren diferències petites (2 punts percentuals) en un conca de dimensions reduïdes com és la Vall del Madriu (26km²).

En l'altre extrem, els resultats de la conca del Valira d'Orient, mostra diferències més acusades entre ambdues metodologies (16 punts percentuals). També, aquesta conca mostra el major desajust entre el cabal mesurat i els excedents estimats. Cal tenir en compte que al llarg del document ha estat observat un caràcter sec a la zona oriental del país.

Pel que fa a la conca del Valira del Nord (146km²), les diferències entre les metodologies són de 8 punts percentuals, mentre que pel riu Gran Valira aquestes s'estableixen en 12 punts.

Donat que l'estudi del riu Gran Valira, al seu pas per Borda Sabater) integra la dinàmica hídrica de la resta del país, es tenen indicis per indicar que el model mostra biaixos més significatius en cotes altes i menors en cotes baixes. En aquest sentit, es creu que el present punt podria ser justificat per dues explicacions diferents:

- El model subestima les precipitacions en cotes altes
- El model sobreestima la ETR en cotes altes.

Al llarg del treball s'ha plantejat una possible limitació en la qualitat de les dades base de precipitació per la possibilitat que els pluviòmetres de les estacions meteorològiques puguin no comptabilitzar correctament la precipitació en forma de neu. Aquest fet es veu reflexat en les figures 75-80 de l'Annex A4, punts h, i, j.

Amb l'objectiu de discutir aquesta possibilitat les figures que es mostren més endavant (Figures 43 i 44) comparen la precipitació i els cabals mesurats d'entre els mesos d'octubre i de juliol. Aquest lapse de temps es justifica per mitjà que per valorar anomalies en la quantificació de la neu cal tenir en compte tots els mesos des de que apareixen les primeres nevades (Octubre), fins que finalitza completament la fosa nival (Juny-juliol depenent de l'any).

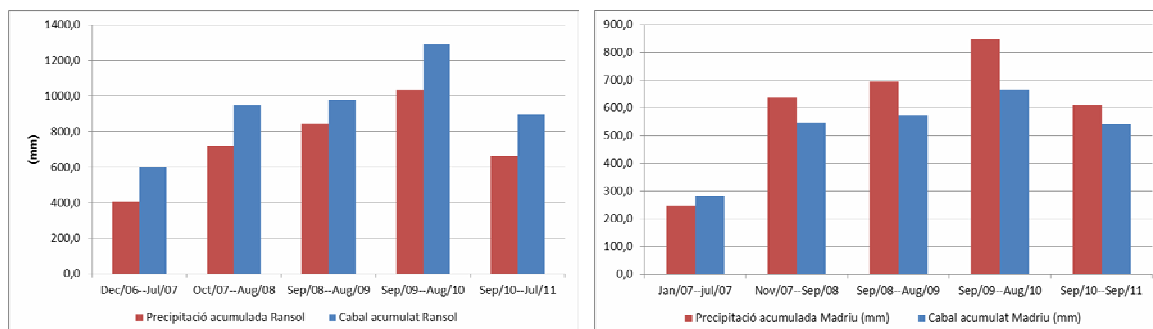
El fet de comptabilitzar unes precipitacions menors a les que es donen en realitat queda palès en les figures següents. Els punts analitzats representen una mitjana dels processos hídrics que es donen aigües amunt. D'aquesta manera es considera que:

- Ransol és un punt representatiu de cotes altes orientals
- Escalls és un punt representatiu de cotes altes occidentals
- Madriu és un punt representatiu de cotes mitjes-altes orientals.

Els gràfics de la figura 43 plantegen una situació en que les precipitacions són iguals que els cabals mesurats ($P=Q$).

En les cotes altes (Escalls i Ransol) la precipitació mostra valors inferiors als cabals mesurats en els respectius punts. Des del punt de vista conceptual aquest punt no és coherent. En aquest sentit es considera que les precipitacions són l'única entrada al sistema. Per això, les precipitacions haurien de ser com a mínim iguals que els cabals específics mitjos en una situació d'absència d'ETR.

Per contra, en zones situades més al Sud la precipitació acumulada és superior al cabal, fet que, a priori, és consistent.



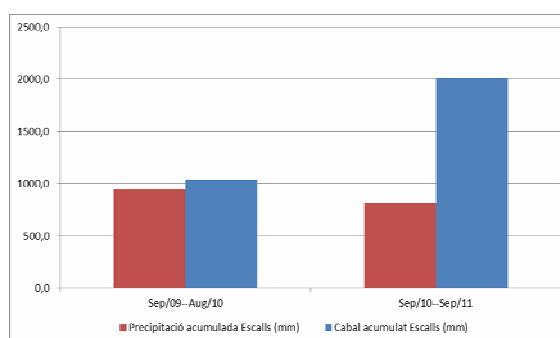


Figura 43: Comparació entre les precipitacions resultants del model i el cabal dels rius per a diferents conques.

Pel que fa als excedents (Figura 44), encara que en tots els casos apareixen diferències molt notables en relació als cabals mesurats, el biaix s'escurça en el cas del Madriu. La situació que planteja aquest equival a considerar que els excedents són iguals que el cabal ($Q=Ex$).

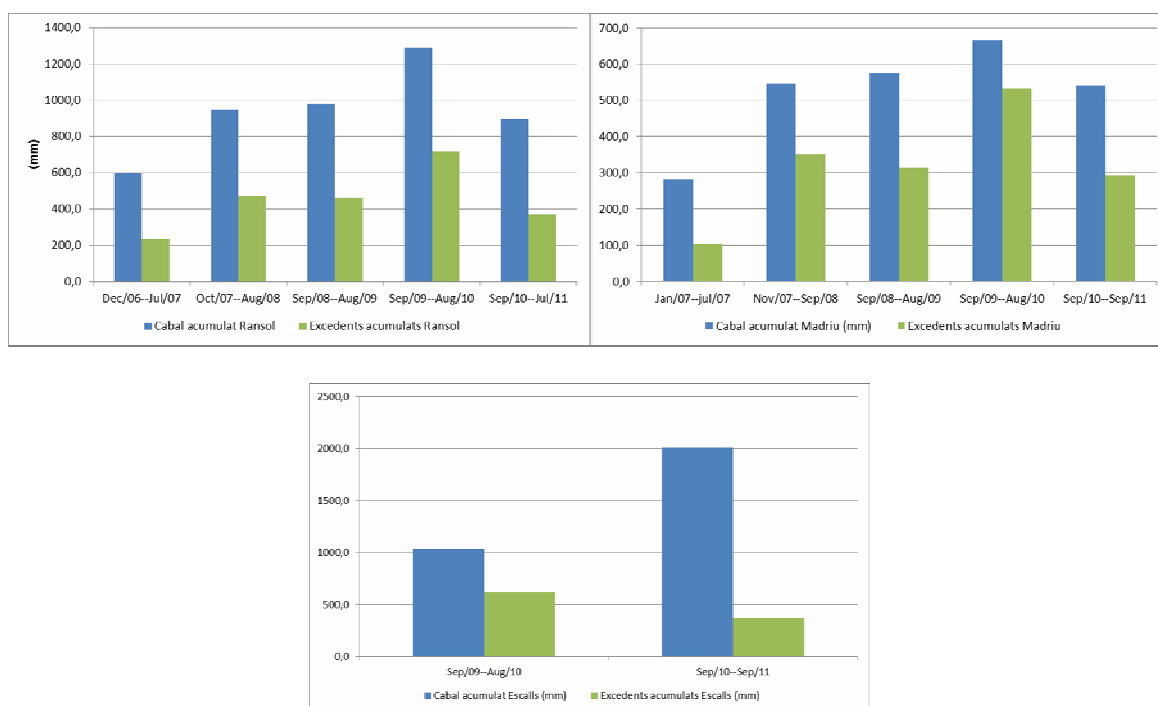


Figura 44: Comparació entre els excedents resultants del model i el cabal dels rius per a diferents conques.

De l'anàlisi anterior, s'interpreta que el model de balanç hídric que és objecte del present document es comporta de manera diferent en funció del tipus d'unitat, així com de la zona del país que es consideri (Nord – Sud).

Aquestes diferències geogràfiques en els resultats poden indicar una limitació real en la quantificació de les precipitacions sòlides, fet que les subestima en cotes altes. Per contra, en cotes més baixes on la neu pren una menor importància les diferències entre els resultats del model i els cabals mesurats es redueix.

D'altra banda, les diferències observades entre els excedents i el cabal poden indicar una sobreestimació de la ETR, especialment en cotes altes. En aquesta línia, per definició els excedents i el cabal mesurat haurien de ser molt similars.

En front d'aquesta situació cal pensar que el model conceptual de balanç hídric implementat en aquest treball no és l'òptim. En aquest sentit, el fet de pensar que els excedents són l'última conseqüència dels processos del balanç hídric pot no adequar-se bé al context del Principat d'Andorra en el qual hi existeixen uns forts pendents.

Així un escenari probable recau en una major dominància dels fluxos d'aigua superficials. Donat que els fluxos d'aigua presentarien una major rapidesa, l'aigua disponible per ser evaporada es veuria limitada.

La figura 45 mostra un model conceptual de balanç hídric que podria adaptar-se millor a les característiques particulars i en el que la ETR és la darrera conseqüència del balanç.

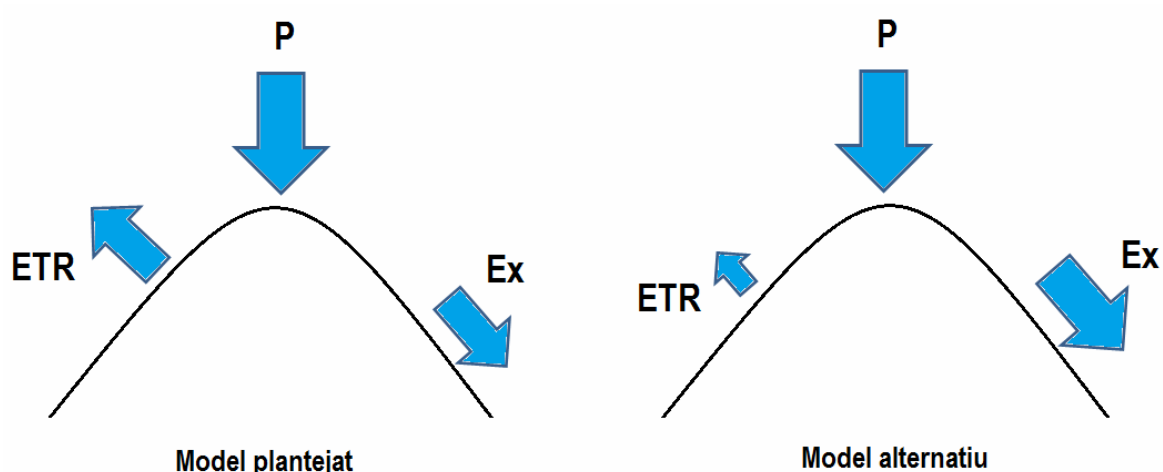


Figura 45: Model conceptual desenvolupat vs possible model conceptual alternatiu per a l'estudi del balanç hídric d'Andorra.

Igualment cal pensar en la possible existència d'una limitació de base en el tractament de la ETP. Actualment, els mètodes d'estimació d'aquest paràmetre es basen en unes hipòtesis molt relacionades amb l'àmbit agrònom (cultius determinats, relleus poc acusats) que poden no complir-se en la vegetació i l'orografia d'Andorra.

5 CONCLUSIONS DEL PERÍODE 2006-2012

En el present document s'ha dut a terme una actualització dels mapes climàtics i del balanç hídric per al període 2006-2012 al Principat d'Andorra.

A nivell metodològic, els canvis més significatius recauen en l'increment de la quantitat d'informació climàtica (temperatura i precipitació) tinguda en compte. Igualment ha estat aplicada la tècnica de la regressió múltiple per a la generació dels mapes climàtics.

Aquest canvis, a banda de normalitzar metodologies amb l'Atlas Climàtic Digital d'Andorra (ACDA) han permès construir uns models climàtics més flexibles i adaptables a les condicions particulars del país.

Respecte a metodologies anteriors (P.M.I. Govern d'Andorra, 2007), les temperatures obtingudes mostren una dispersió menor en la seva distribució en el sentit que els valors extrems escurcen les distàncies. Aquest fet deriva en una temperatura mitjana del país lleugerament superior (entre un 4 i un 11%).

En relació a la precipitació, la diferència entre els valors extrems també es redueix, fet que resulta en una disminució d'entre un 2 i un 16% dels valors mitjans.

Segons l'actual metodologia el vessant occidental del país té una tendència a presentar temperatures més fredes respecte la mitjana climàtica 1971-2000. Per contra, la meitat oriental manté temperatures normal o lleugerament superiors. Aquesta tendència ha estat igualment identificada en els butlletins anuals publicats pel Servei Meteorològic de Catalunya.

En base a les informacions climatològiques i segons el model de balanç hídric desenvolupat el Principat d'Andorra presenta, pel període 2006-2012 uns excedents mitjos que oscil·len, en funció de l'any entre els 205 i els 564mm. Per la seva banda la ETR pren un rang de variació lleugerament curt comprès entre els 303 i els 416mm/any.

Tot i l'esforç esmerçat en millorar quantitativament i qualitativament la metodologia i les dades de base implementades, els balanç hídric resultant ha mostrat biaixos superiors en relació als cabals aforats en els rius del país. En aquest sentit, respecte a treballs anteriors, la correspondència entre excedents anuals i cabal aforat ha empitjorat fins a assolir desviacions compreses entre el 35 i el 53%.

D'aquesta manera els excedents (i les precipitacions) estimats es troben clarament per sota dels cabals aforats. Aquest fet porta a pensar que el model subestima les precipitacions, especialment en cotes altes, on aquestes es troben en forma de neu. Per això, s'ha constatat que el model s'ajusta millor en cotes baixes (Gran Valira a Borda Sabater i Madriu).

Els biaixos introduïts per les precipitacions es considera que són aliens al model, associant-se més aviat a la dificultat que presenta la seva quantificació en els pluviòmetres.

D'altra banda, es considera que la ETR pot trobar-se sobreestimada, pel fet que en un context amb forts pendents com és Andorra, no és del tot coherent una ETR assimilable als excedents. En aquest context la ETR hauria de prendre valors més baixos.

El treball que ha estat exposat suposa un avenç metodològic considerable. Tot i així se segueixen observant certes deficiències en les dades de base i en el model conceptual. De cara a treballs futurs caldria centrar l'atenció en la millora de la quantificació de les precipitacions, especialment en cota alta. Paral·lelament, el model conceptual actual segueix sent excessivament

rígid, donat que ofereix diferents graus d'ajust en funció de la zona considerada. En aquest sentit, donat que l'estudi es realitza a nivell d'unitats hidrogeològiques, caldria treballar en l'adaptació del balanç hídric a nivell més local, identificant les variables independents més rellevants en cada cas.

6 LIMITACIONS DE L'ESTUDI

Cal tenir en compte per a una adequada comprensió del present document les limitacions que presenta, associades essencialment a aspectes relacionats amb la informació de base emprada i en el propi model conceptual de balanç hídric implementat. En aquest sentit, el fet que els excedents anuals mostrin desajustos amb el cabal aforat en els rius pot ser un indicatiu d'anomalies en el treball que cal considerar.

Una primera limitació recau en les dades de base subministrades pel present estudi. L'equip tècnic redactor no es pot responsabilitzar de la fiabilitat de les dades que com és lògic correspon a l'organisme, empresa o entitat que les obté i subministra. En aquest punt cal destacar les possibles subestimacions de les precipitacions totals, especialment en cotes altes, associades a limitacions instrumentals de les estacions meteorològiques.

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

D'altra banda el model conceptual que es planteja, en el qual els excedents són l'última component del balanç que es comptabilitza, pot sobreestimar l'aigua que surt del sistema per evapotranspiració. En un escenari amb forts pendents com els d'Andorra l'aigua presenta una tendència a escapar-se com a escolament superficial. En aquest context no és del tot coherent uns valors d'evapotranspiració (ETR) assimilables als excedents.

7 BIBLIOGRAFIA

Ary Bruand, Odile Duval, Isabelle Cousin. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO : Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. Etude et Gestion des Sols, 2004, 11, pp.3, 323-334. <hal-00089032>

M.I. Govern d'Andorra, 2012. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, 2011. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, 2010. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, 2009. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, 2008. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

^aM.I. Govern d'Andorra, 2007. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

^bM.I. Govern d'Andorra, 2007. Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, 2006. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra

M.I. Govern d'Andorra, (1984). El patrimoni natural d'Andorra. KETRES Editora, Barcelona 446pp.

SMC, 2012. Butlletí climàtic de l'any 2012. Servei Meteorològic de Catalunya

SMC, 2010. Butlletí climàtic de l'any 2010. Servei Meteorològic de Catalunya

SMC, 2009. Butlletí climàtic de l'any 2009. Servei Meteorològic de Catalunya

SMC, 2007. Butlletí climàtic de l'any 2007. Servei Meteorològic de Catalunya

Àurea Ponsa i Vidales
Llicenciada en Geologia

NºDecret: 42142/2005

Pau Ferrer i Roura (col·laborador)
Llicenciat en Geologia

Albert Gomà

Llicenciat en C. Ambientals- màster en
hidrologia subterrània

Sant Julià de Lòria, 30 d'Abril del 2015

8 ANNEXOS

8.1 Annex A1: Estacions utilitzades en el model 1971-2000

A continuació es presenten les estacions meteorològiques considerades per al càlcul del balanç hídric relatiu al període 1971-2000.

Organisme	Codi	Estació	Lambert X (m)	Lambert Y (m)	Alçada (m)	Dades emprades
FEDA	000AD001	Central	535721,43	24406,90	1167	P,T
FEDA	000AD003	Ransol	542776,72	31220,01	1644	P,T
FEDA	000AD002	Engolasters	536681,5	24408,00	1640	T
Ministeri d'Indústria	000AD004	Salines	534495,29	34868,04	1478	P
Ministeri d'Indústria	000AD005	Roc St Pere	533837,90	23895,06	1078	P
Ministeri d'Indústria	000AD006	Lycée	532575,52	23014,04	996	P
Ministeri d'Indústria	000AD007	Ansalonga	533159,05	30214,85	1305	P
Ministeri d'Indústria	000AD008	Arcalís pistes A	531224,50	36751,42	2050	P
Ministeri d'Indústria	000AD009	Arcalís pistes B	531382,69	36818,31	2032	P
Ministeri d'Indústria	000AD010	Arinsal	528608,66	30025,67	1948	P
Ministeri d'Indústria	000AD011	Pal	530513,14	26599,40	1904	P
Ministeri d'Indústria	000AD012	Soldeu	544676,01	29648,98	2237	P
Ministeri d'Indústria	000AD013	Grau Roig	547688,58	26147,00	2100	P
SAETDE	000AD013	Grau Roig pistes	547742,25	26146,28	2100	P
Ministeri d'Indústria	000AD017	Envalira	549058,14	26136,85	2550	P
Ministeri d'Indústria	000AD014	Pas de la Casa A	549977,25	26571,94	2225	P
Ministeri d'Indústria	000AD015	Pas de la Casa B	550464,00	26948,93	2121	P
SMC	00000114	Prats de Lluçanès	574517,98	-32252,72	701	P,T
SMC	000SO011	Navès (Tentellatge)	541831,98	-34027,38	592	P
SMC	000AR002	Central de Vilaller	466788,17	20931,53	973	T
SMC	000AR003	Presa de Cavallers	478198,57	32755,51	1698	T
SMC	000AR004	Caldes de Boí - Central	474433,50	24088,38	1094	T
SMC	000AR008	Boí	480601,76	19727,46	2498	T
SMC	000AR011	Central Elèctrica de Llesp	470459,86	22928,54	1854	T
SMC	000AR014	El pont de Suert	468812,61	12186,39	818	T
SMC	000AU009	La Seu d'Urgell - Servei d'extensió agrària	524780,24	8288,69	792	T

SMC	000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	528006,21	6482,84	676	T
SMC	000AU013	Adrall	522403,85	3087,47	625	T
SMC	000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	536370,79	-7306,43	1166	T
SMC	00000395	Castellfollit de la Roca	617322,53	-8722,94	280	T
SMC	000AU022	Organyà	516967,20	-8794,56	560	T
SMC	000AU024	Oliana	515421,42	-24241,89	474	T
SMC	000BG018	Berga - IES Guillem de Berguedà	560349,60	-21935,82	668	T
SMC	000BG022	Gironella - Creu Roja	562469,29	-29418,44	460	T
SMC	000BG030	Borredà - 2	571652,57	-18226,44	843	T
SMC	000CE002	Llívia	570845,85	18416,26	1214	T
SMC	000CE008	Puigcerdà - Poliesportiu	566879,28	15749,30	1211	T
SMC	000CE010	La Molina	567231,90	3586,28	1726	P,T
SMC	000CE019	Bellver de Cerdanya 1	553681,03	8048,64	1028	P,T
SMC	000CE020	Bellver de Cerdanya 2	553963,44	9188,81	1140	P,T
SMC	000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	609842,16	-16930,50	457	T
SMC	000GX015	Olot - Estació Depuradora	612421,35	-10773,94	557	T
SMC	000GX016	Olot - el Parc Nou	611872,98	-12194,83	419	T
SMC	000GX017	la Vall de Bianya - el Pujollet	611180,60	-9911,77	339	T
SMC	000PJ003	Estany Gento	490191,33	23999,31	2113	T
SMC	000PJ005	Central de Cabdella	489389,00	19628,98	1290	T
SMC	000PJ006	Molinos	487905,83	12862,11	1034	T
SMC	000PJ017	Talarn - Central de Nerets	478447,92	-9418,35	792	T
SMC	000PJ019	Tremp - Parc de Bombers	480245,81	-14204,71	457	T
SMC	000PJ029	Central Hidroelèctrica de Terradets	480584,85	-27060,63	337	P, T
SMC	000PJ031	Pantà d'Escales	468704,24	4223,51	815	P
SMC	000PS004	Port de la Bonaigua	488607,31	41351,91	2039	T
SMC	000PS006	Esterri d'Àneu - Central Hidroelèc. i Bombers	500680,78	36863,10	940	P,T
SMC	000PS008	Unarre	503206,92	39758,72	1463	P,T
SMC	000PS009	Estany de Sant Maurici	490641,91	32079,50	1931	P,T
SMC	000PS014	Tavascan - Central Elèctrica	511022,89	38107,73	1123	P,T
SMC	000PS018	Llavorsí	507457,61	22382,68	814	P,T

SMC	000PS022	Sort - Escola de Piragüisme	500628,34	13095,61	688	P,T
SMC	000PS028	Gerri de la Sal - Planter	495306,88	3266,65	574	P,T
SMC	000RI006	Vilallonga de Ter	597943,96	3506,81	1057	P
SMC	000RI009	Camprodon 2	602364,84	1438,77	943	P
SMC	000RI013	Sant Pau de Segúries - Era de Baix	602366,82	-4425,95	847	P,T
SMC	000RI023	Ribes de Freser	586051,75	712,20	916	P
SMC	000RI025	Campdevanol	586009,63	-8547,87	728	P,T
SMC	000RI030	Ripoll - Barri de l'Estació	588413,48	-11577,53	663	P,T
SMC	000RI031	Ripoll - Colònia de Santa Maria	588110,91	-13953,85	683	P
SMC	000RI032	Ripoll - Zona Esportiva	588389,74	-12040,50	669	P, T
SMC	000RI040	Sant Pau de Segúries - Vila	602298,07	-4611,18	850	P,T
SMC	000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	535781,07	-13876,05	1771	P,T
SMC	000SO008	Solsona - Parc de Bombers	532255,11	-33630,09	656	P,T
SMC	000SO010	Busa - Guilanyà	539046,82	-23568,52	1171	P
SMC	000VA003	Estació de Baquèira-Beret (cota 1800)	486049,89	45371,05	1836	P,T
SMC	000VA007	Centrau d'Arties	480387,45	45557,57	1153	P,T
SMC	000VA010	Vielha	473578,76	45496,60	1021	P,T
SMC	000VA012	Centrau de Benós	468858,02	49899,98	838	P,T
SMC	000VA014	Centrau de Bossòst	465216,05	54271,01	715	P,T
SMC	000VA016	Centrau de Cledes	466460,78	57204,34	660	P
CHE	0000P040	Setúria	526470,48	28283,75	1896	P
CHE	0000A022	Valira	527286,65	7153,42	695	P
CHE	0000P039	Arcalís	529849,49	37305,22	2253	P
CHE	0000P044	Viliella	547217,28	13050,76	1556	P
Météo France	09029001	Aulus-les-Bains	517956,54	55396,89	728	P,T
Météo France	09220001	Orlu	565238,69	43319,82	906	P,T
Météo France	09252002	ROUZE USSON	579399,13	50236,76	773	P,T
Météo France	09306001	Tarascon-sur-Ariege	539649,69	61463,29	468	P,T
Météo France	09328001	Verdun	547068,75	54857,73	534	P
Météo France	11198001	Laure-Minervois	614861,55	-3484,68	456	P,T
Météo France	31042001	Luchon	457749,65	57141,14	617	P,T
Météo France	31144001	Cierp-Gaud	461253,63	69415,31	496	P,T
Météo France	66117001	MONT-LOUIS	582330,84	23376,43	1581	P
Météo France	66119002	Mosset	598639,39	41872,01	791	P

Météo France	66183001	St-Marsal	623561,51	26356,74	689	P
Météo France	66206001	Le Tech-EDF	616886,40	12076,76	529	P,T

Taula 34: Estacions meteorològiques utilitzades per a la construcció dels models climatològics per al període 1971-2000.

8.2 Annex A2: Resultats dels mapes climàtics 1971-2000

A continuació s'exposen els mapes on es comparen els resultats de precipitació i temperatura de l'actualització del model climàtic 1971-2000 amb els models de l'Atles Climàtic Digital d'Andorra (ACDA), així com amb el model de gradients fixos (1974-2005).

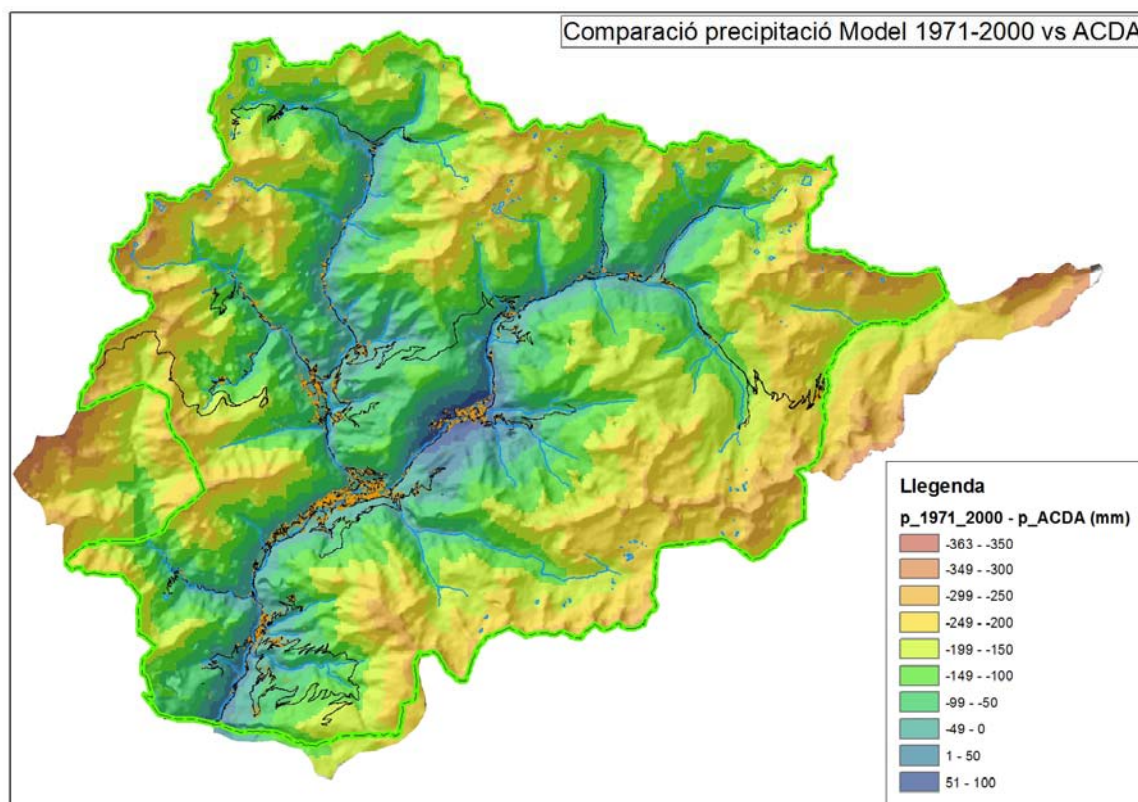


Figura 46: Comparació de la precipitació mitjana del model 1971-2000 en relació als resultats de l'Atles Climàtic Digital d'Andorra (ACDA).

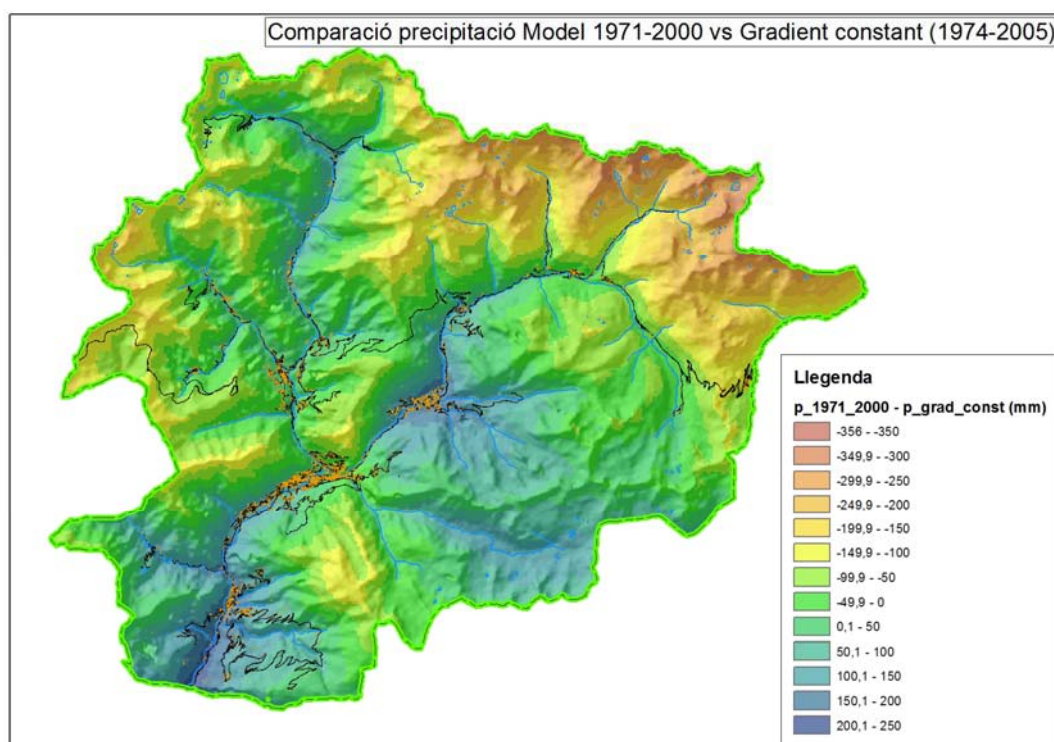


Figura 47: Comparació de la precipitació mitja del model 1971-2000 en relació als resultats de la metodologia basada en gradients fixos (1974-2005).

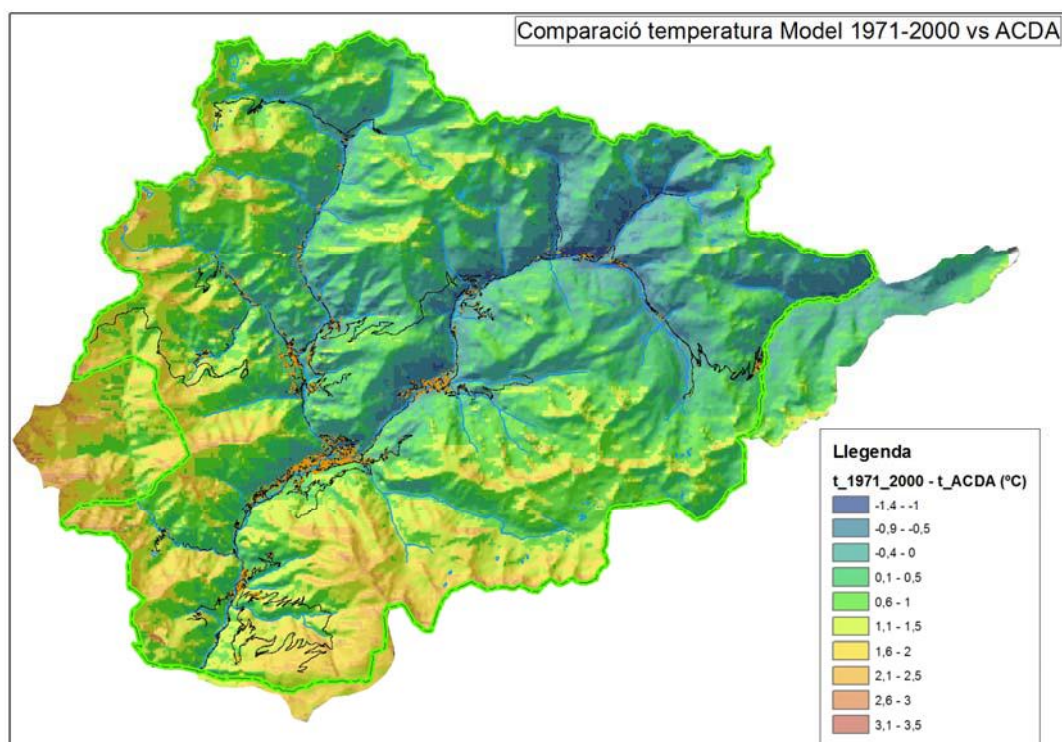


Figura 48: Comparació de la temperatura mitja del model 1971-2000 en relació als resultats de l'Atles Climàtic Digital d'Andorra (ACDA).

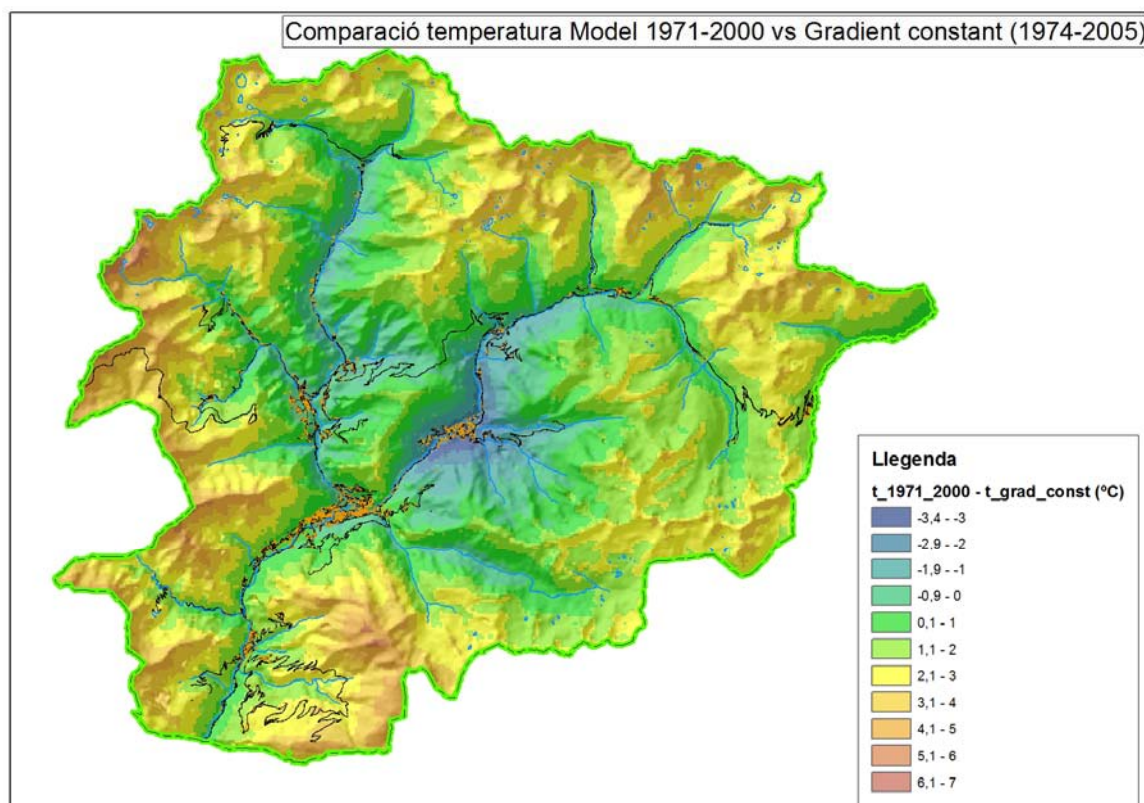


Figura 49: Comparació de la temperatura mitja del model 1971-2000 en relació als resultats de la metodologia basada en gradients fixos (1974-2005).

8.3 Annex A3: Resultats del balanç 1971-2000

a) Càlcul de l'evapotranspiració

Existeixen diferents mètodes per a realitzar el càlcul de l'evapotranspiració, des de mètodes de camp, fins a mètodes empírics. Entre els mètodes més comuns per elaborar els mapes d'evapotranspiració potencial destaquen els següents:

- Radiació: aquest mètode precisa disposar de dades mensuals de temperatura mitja, humitat relativa mitja, nombre d'hores de sol i velocitat del vent diürn.
- Penman: aquest mètode requereix disposar de temperatures mitges mensuals, humitats relatives mitja i màxima, nombre d'hores de sol, velocitat del vent i estimació de la relació entre velocitats del vent diürnes i nocturnes.
- Blaney-Criddle: es basa en les dades de temperatura mitja, humitat relativa mínima, nombre d'hores de sol i velocitat diürna del sol.
- Turc: Permet estimar l'evapotranspiració potencial en base a la humitat disponible del sòl i del poder evaporant de l'atmosfera, intervenint en els càlculs la temperatura mitja, la humitat relativa de l'aire i la radiació solar. Així mateix, mitjançant una relació directa entre les precipitacions i les temperatures mitges anuals, permet estimar l'evapotranspiració real anual.
- Thornthwaite: tan sols requereix les dades de temperatura mitja mensuals, i permet calcular l'evapotranspiració potencial (ETP) mensual. El càlcul de la pluja útil parteix de la següent expressió $P = ETP + \text{Pluja útil} - \text{Dèficit hídric}$

Entre els mètodes més utilitzats, per la seva simplicitat per al càlcul de l'evapotranspiració hi ha el mètode de Thornthwaite. El mètode de Thornthwaite és un dels mètodes empírics més pràctics per a realitzar càlculs detallats de balanços anuals i mensuals d'aigua, i àmpliament usat, destacant l'aplicació que en fan des de la Conferència hidrogràfica del Ebro, amb bona part de la conca emplaçada al Pirineu. El mètode de Thornthwaite aporta valors acceptables en zones més o menys humides, en canvi no funciona bé per a les zones àrides o semiàrides.

La manca d'informació d'observacions meteorològiques de paràmetres com la humitat, la radiació, la velocitat del vent, etc. i el fet que es disposi d'una xarxa d'estacions termopluviomètriques amb registres diaris, ha conduït a estimar l'evaporació i el balanç hídric mitjançant l'aplicació del mètode empíric de Thornthwaite (1948). En aquest treball el mètode de Thornthwaite ha estat comparat amb Turc, observant diferències poc significatives entre ambdues tècniques.

Per dur a terme els càlculs de balanç hídric s'ha iniciat l'any hidrològic al mes de gener, s'ha considerat la reserva d'aigua del sòl del desembre de l'any anterior, i s'ha tingut en compte les precipitacions totals, suma de pluja i neu registrada al mateix mes.

L'evapotranspiració potencial ETP s'estima per cada mes, utilitzant les dades de temperatura, segons les expressions següents (Thornthwaite, 1948, 1951, 1957):

$$Epa = 16 * \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad (3)$$

on

Epa és l'evapotranspiració potencial no corregida, calculada per un dia amb 12 hores de sol.

T és la temperatura mitjana mensual

I és un índex anual de calor i equival a la $\sum$ i pels 12 mesos de l'any.

i és l'índex de calor mensual (4)

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

a és un exponent que s'obté a partir de l'expressió (5)

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239 \quad (5)$$

La correcció de l'EPA a ETP es fa segons l'expressió següent:

$$ETP(mm/mes) = Epa \frac{N}{12} * \frac{NDM}{30} \quad (6)$$

on

N és el nombre d'hores d'insolació (està tabulat en funció de la latitud, ajustant-se a latitud de 42°)

NDM és el nombre de dies considerat

Una de les correccions que s'ha hagut de dur a terme és el de suposar que a temperatures mitges mensuals inferiors o iguals a zero, l'EPA és nul·la.

Per a l'estimació de l'evapotranspiració s'ha tingut en compte les precipitacions totals, de la pluja i neu. El desconeixement sobre com la neu intervé en el balanç hídric és important (relació entre acumulació de neu i neu que arribi a fondre, a sublimar, la distribució del gruix de neu al Principat, efectes del vent sobre la coberta de neu, etc.) per això s'ha tractat la neu conjuntament amb la pluja, com a precipitacions totals, que és com les estacions meteorològiques proporcionen les dades, i sense aplicar cap correcció.

De cara a estimar l'ETR s'ha realitzat un balanç hídric per cada cel·la de 27.5*27.5, duent-se a terme les següents suposicions:

- Mentre les precipitacions i la reserva del sòl ho permetin, l'ETR serà igual a l'ETP. Quan això és possible, es parla d'excedents (o pluja útil) si l'ETR no esgota totes les precipitacions. Quan les precipitacions no són prou importants, s'usa aigua de la reserva del sòl fins a esgotar-la, si és necessari; quan la reserva està buida, l'ETR serà inferior a l'ETP i aleshores es parla de dèficit hídric.
- Per al càlcul de l'evapotranspiració real se suposa que aquesta és igual a la potencial sempre i quan hi hagi aigua disponible; ja sigui procedent de les precipitacions o bé de la reserva útil. La reserva màxima del sòl que correspon a la d'un sòl saturat és variable en funció de la pedologia i del pendent topogràfic. En termes mitjos s'obté un valor de 8.59mm per al país. La metodologia per a l'estimació de la reserva útil del sòl es mostra al punt 12.4.
- Cada any hidrològic s'inicia amb la reserva del darrer mes de l'any anterior. Per al primer mes de tota la sèrie temporal es considera una reserva del sòl màxima.

El mapa de distribució de l'ETR anual (Figura 50) presenta valors màxims de 589 mm, mínims de 339 mm i valors mitjos de 458 mm en el cas de reserva variable. L'ETR es troba condicionada per la temperatura, i l'aigua disponible, ja sigui en forma de precipitacions o bé en forma de reserva en el sòl. Els valors mínims es detecten, generalment al Nord-est, on la temperatura és menor a causa de l'alçada de la zona. Igualment, en aquests punts el sòl és de tipus litosòl, fet que comporta una baixa reserva d'aigua.

Per contra, les zones amb alta ETR acostumen a aparèixer en els fons de valls, on tant la temperatura com la reserva del sòl és més elevada, tot i tenir precipitacions significativament inferiors a les cotes altes.

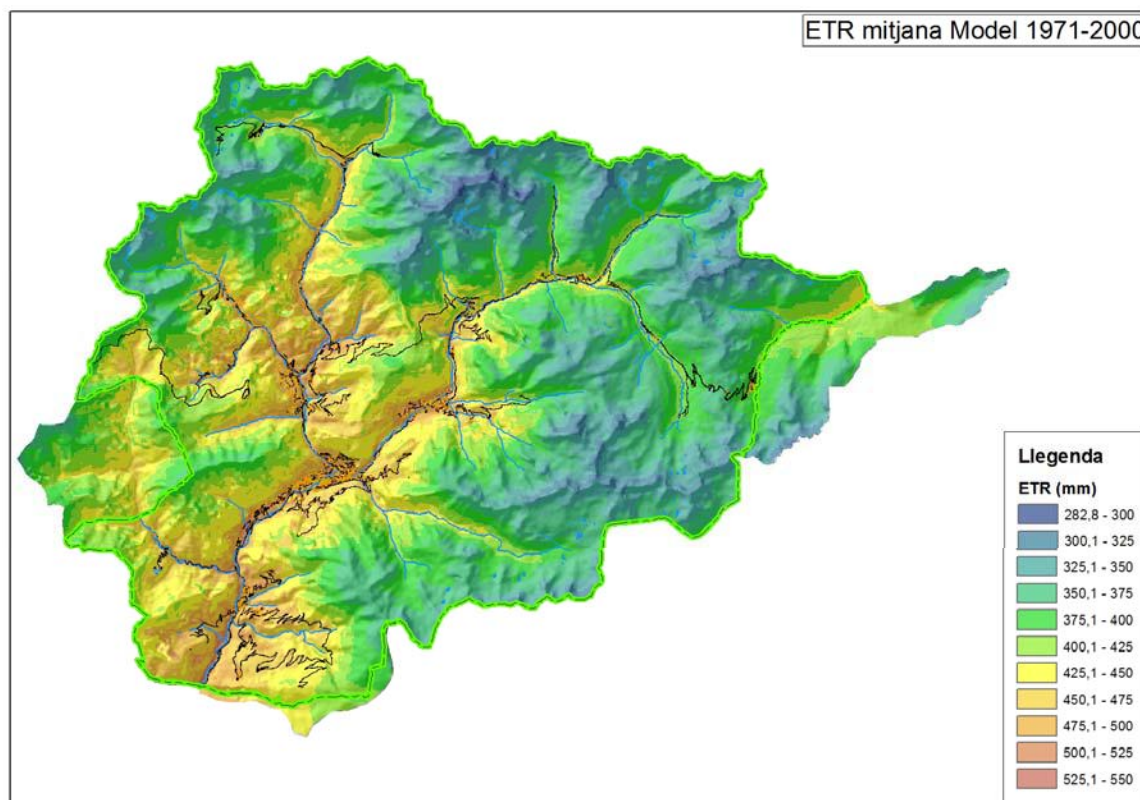


Figura 50: Mapa de distribució de l'ETR estimada per al període 1971-2000, segons el mètode de Thornthwaite.

En termes mitjos la balanç hídric per al període 1971-2000 deriva en un valor de ETR de 398mm oscil·lant entre els 282mm i els 540mm.

Els valors obtinguts són lleugerament inferiors als resultat del model de gradients fixos (1974-2005), en el qual la ETR prenia un valor mig de 434mm comprès entre un mínim de 310mm i 570mm. En aquest cas es comptava amb una reserva de 30mm.

b) Estimació de la pluja útil

Tal i com s'ha comentat, es parla de pluja útil o excedents a la precipitació que escapa de l'evapotranspiració i de la reserva del sòl.

Quan es parla de pluja útil és refereix a aigua que surt com a escolament superficial directe i com a escolament subterrani. En un balanç anual es pot interpretar que els excedents acaben drenant cap als rius més tard o més d'hora.

Els mapes de distribució dels excedents anuals, estimant l'ETP segons Thornthwaite mostren les següents distribucions de resultats (figura 51).

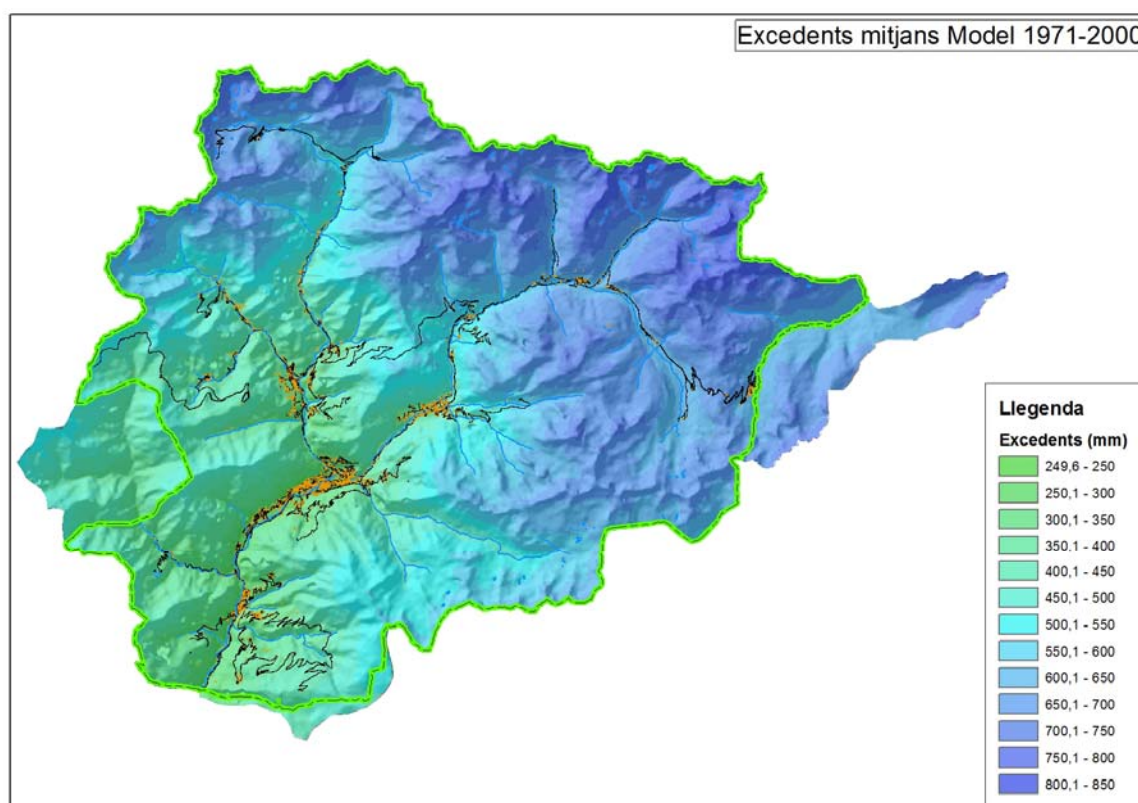


Figura 51: Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per al període 1971-2000. En base e una reserva variable i seguint el mètode de Thornthwaite.

El mapa d'excedents realitzat tenint en compte una reserva del sòl variable, que en termes mitjos pren un valor de 8,6mm, presenta un valor mig és de 559 mm, un valor mínim de 250 mm, i el valor màxim és de 828 mm.

En aquest cas el model de gradients fixos (1974-2005) ofería uns valors mitjos molt similars als que es presenten en aquest treball (563mm). Els excedents del model antic es trobaven compresos entre els 99mm i els 1212mm.

Els resultats conjunts per a totes les conques (límits conques) fan referència a la mitjana ponderada per la superfície de totes les unitats i prenen el mateix valor que els exposats a la taula 35.

Unitat	Excedents màxims (mm/any)	Any	Excedents Mínims (mm/any)	Any	Excedents Mitjans (mm)
Arinsal	1155,80	1996	294,20	1991	578,32
Ariège	1081,31	1996	191,83	2000	679,38
Coll de la Gallina	786,74	1996	141,33	1980	382,07
Conca d'Eris	912,10	1996	195,35	1991	445,57
Conca de Setúria	983,16	1996	199,10	1980	462,96
Cubeta Encamp	736,93	1996	232,37	1991	422,45
Cubeta d'Andorra	605,45	1996	92,33	1991	299,90
Cubeta d'Incles	972,04	1992	364,60	1991	642,92
Dels Orris	1003,97	1996	336,16	1985	600,69
El Forn	899,99	1992	293,59	1991	566,01
Encamp	889,41	1996	288,01	1991	522,63
Enclar	770,17	1996	142,68	1991	376,60
Engolasters-Pessons	1041,39	1996	300,27	1985	567,48
Estall Serrer	999,29	1996	260,69	1991	500,10
Juclar	1133,90	1992	429,53	1985	747,67
La Bartra	734,93	1996	217,44	1983	391,15
La Cortinada-Sornàs	782,13	1996	155,52	1991	401,18
Llorts - Arans	823,52	1996	184,27	1991	433,08
Madriu	1081,38	1996	257,70	1980	546,75
Montmalús	1183,71	1996	174,96	2000	642,90
Ordino	910,52	1996	219,79	1991	493,84
Padern	748,99	1996	189,65	1991	380,85
Pardines	730,29	1996	123,84	1980	349,20
Pla de l'Inglà	1052,79	1996	269,96	1985	531,46
Prat Primer	845,12	1996	184,27	1980	411,51
Pui Olivesa - Runer	602,78	1996	113,34	1991	285,82
Riu Muntaner	820,23	1996	173,90	1991	406,89
Ràmio	873,54	1996	216,35	1973	432,54
Salines	1087,83	1996	313,54	1991	595,92
Sant Julià	880,66	1996	143,95	1980	416,36
Sornàs - Pont d'Ordino	726,63	1996	131,52	1991	365,42
Valira del Nord	1141,53	1996	362,06	1985	665,34
Os de Civís	904,03	1996	165,57	1980	436,87
Coma Ransol	974,96	1992	352,76	1991	645,59
Valira d'Orient	1054,30	1996	384,18	1985	683,77
Montaup	1012,84	1996	299,78	1991	617,48
Cubeta Montaup	1016,46	1992	348,80	1991	645,99
Aldosa	841,54	1996	217,26	1991	441,75
Conca de Sispony	855,53	1996	179,20	1991	416,01
Cubeta de la Massana	714,83	1996	127,20	1991	351,70
Límits unitats	992,22	1996	304,84	1991	558,44
Límits administratius	992,77	1996	303,73	1991	559,95

Taula 35: Excedents màxims, mínim i mitjos per a cada unitat hidrogeològica estudiada.

c) Estimació del dèficit hídric

Es parla de dèficit quan les precipitacions i la reserva del sòl no poden garantir que l'ETR sigui igual a l'ETP.

El mapa de dèficit mig per al període 1971-2000 en base al càlcul de l'ETR amb el mètode de Thornthwaite (figura 52), permet observar un valor mig de 27,62mm comprès entre els 118mm i els 0mm

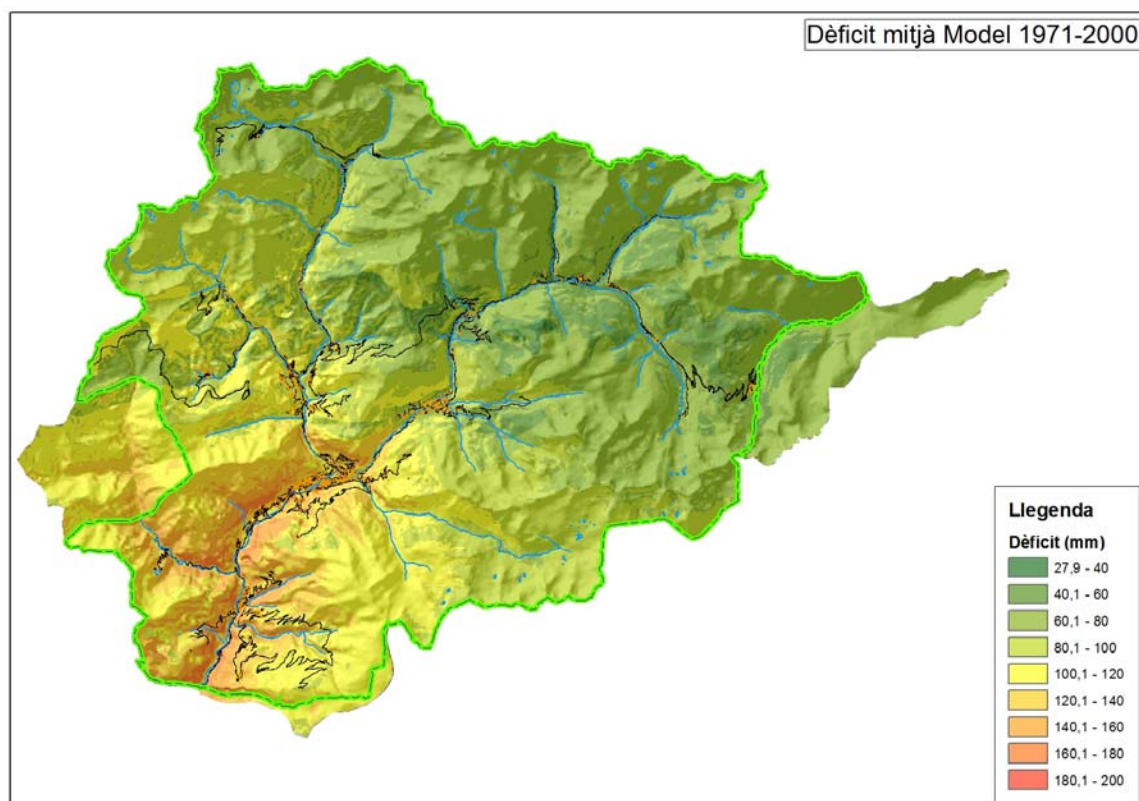


Figura 52: Mapa de distribució del dèficit hídric estimat per al període 1971-2000. En base a una reserva variable i seguint el mètode de Thornthwaite.

d) Estimació de la reserva útil d'aigua en el sòl

El balanç hídric que exposa el present treball es basa en una reserva útil del sòl variable en funció de la pedologia i del pendent topogràfic. A cada tipus de sòl li és assignat un valor de reserva útil determinat, establert en base a la literatura existent. En aquest sentit, tenint en compte els perfils de sòl que mostra Govern d'Andorra (1984) i la reserva útil específica que ofereix Bruand et al. (2004), s'estima un valor de reserva per a cada tipus de sòl del mapa pedològic

Entitat	Reserva base (mm)
Sòls bruns	47,3
Sòls rànkers	21,4
Rendzines	58,8
Litosòl	5,0
Aigües superficials i zones urbanes	0,0

Taula 36: Recull dels valors de reserva útil base utilitzada segons l'entitat considerada.

Els valors relatius a la reserva base que mostra la taula 36 són corregits pel pendent topogràfic. En aquest sentit es considera que la reserva potencial del sòl és inversament proporcional al pendent topogràfic. En base al model digital del terreny de l'àrea d'estudi es genera un mapa de pendents en percentatge, en el després d'avaluar l'histograma del mapa s'estableix un pendent màxim del 90%. El mapa finalment obtingut (Figura 53) presenta una mida de cel·la de 27,5x27,5m com conseqüència de les restriccions del model digital d'elevacions de base per a la generació del mapa de pendents.

$$RU = RU_{base} \cdot \left(1 - \frac{pendent(\%)}{pendent \text{ max}(\%)} \right)$$

(7)

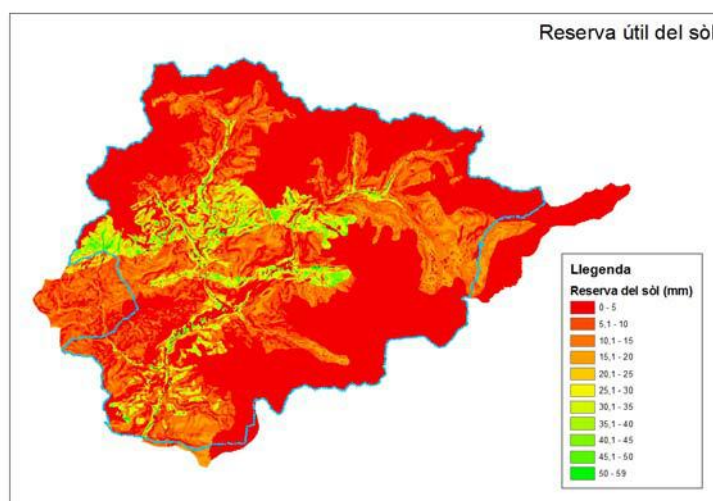


Figura 53: Mapa de reserva útil del Principat d'Andorra.

Els resultats obtinguts deriven, en termes mitjos, en una reserva màxima del sòl de 58,40mm compres entre els 0,0 i els 8,6mm. Els valors mínims apareixen en els vessants amb més pendent i en les zones de litosòls. Per contra els valors més elevats es troben als fons de vall , així com a la franja de calcàries de la zona de la Massana.

Pel que fa a l'estimació de la reserva del sòl en zones externes als límits geogràfics d'Andorra, s'extrapolen les respectives entitats del mapa pedològic fins a assolir la totalitat de la conca. En els casos que s'ha procedit d'aquesta manera és per a la zona d'Ós de Civís, l'Ariège aigües avall del Pas de la Casa i la zona del riu Runer.

L'actual metodologia adoptada per al càlcul de la reserva útil suposa un canvi significatiu respecte als treballs anteriors (^bM.I. Govern d'Andorra, 2007), en els que fins ara s'havia considerat un valor constant de 30mm. Aquest avenç es considera una millora qualitativa, ja que s'aconsegueix representar les peculiaritats dels diferents indrets del país. No obstant això, els resultats del balanç no presenten una sensibilitat alta enfront d'aquesta millora.

e) Resultats anuals pel període 1971-2000

Any	Precipitació (mm)	Temperatura (mm)	ETR (mm)	Excedents (mm)	Dèficit (mm)	Reserva (mm)
1971	1091,0	5,3	412,2	678,8	54,6	8,6
1972	1260,1	4,5	446,7	813,4	0,5	8,6
1973	782,8	5,7	436,4	346,4	44,6	8,6
1974	1175,9	5,3	453,5	727,4	13,7	3,6
1975	1032,4	5,7	417,3	610,1	62,4	8,6
1976	857,7	5,3	412,1	445,6	59,4	8,6
1977	1072,5	5,3	422,8	649,6	61,0	8,6
1978	836,8	5,3	288,3	548,5	170,7	8,6
1979	1044,3	5,5	385,4	660,2	87,3	7,3
1980	692,7	5,2	344,6	347,0	114,2	8,6
1981	1220,9	5,9	436,9	784,0	56,8	8,6
1982	1026,0	6,0	475,7	550,3	17,6	8,6
1983	703,4	6,6	338,6	364,7	175,1	8,6
1984	921,4	4,9	321,8	599,6	133,5	8,6
1985	653,5	5,9	334,9	318,7	150,1	8,6
1986	692,1	6,1	286,5	405,7	206,2	8,6
1987	1161,1	6,1	467,2	693,8	27,0	8,6
1988	867,0	6,2	339,7	528,6	157,4	7,3
1989	989,4	6,4	457,6	530,4	48,6	8,6
1990	1002,1	6,4	481,8	520,2	26,0	8,6
1991	631,5	5,9	327,9	303,7	155,7	8,6
1992	1332,4	5,7	481,0	851,2	6,9	8,6
1993	877,8	5,5	354,9	522,9	121,6	8,6
1994	896,6	7,5	348,1	548,5	195,1	8,6
1995	943,5	6,4	419,4	524,1	93,9	8,6
1996	1421,0	5,4	428,1	992,8	50,3	8,6
1997	884,6	7,2	400,1	484,4	140,3	8,6
1998	760,7	6,8	360,8	400,0	157,6	8,6
1999	1039,0	5,1	442,7	596,4	19,3	8,6
2000	873,3	5,6	421,8	451,6	57,8	8,6

Taula 37: Resum anual del balanç hídric en els límits administratius per al període 1971-2000.

f) Calibració dels resultats

Mesos	Valor	Ransol		Central	
		Model	Manual	Model	Manual
	etr_00	451,61	431,44	501,67	505,03
1,00	etr_01	0,65	0,31	6,77	6,09
2,00	etr_02	4,02	3,74	11,96	11,60
3,00	etr_03	13,94	12,10	25,11	24,34
4,00	etr_04	24,69	25,62	37,46	39,09
5,00	etr_05	53,49	58,11	64,13	71,17
6,00	etr_06	80,42	74,04	83,62	80,63
7,00	etr_07	79,52	65,37	68,65	61,17
8,00	etr_08	84,02	83,68	78,20	81,35
9,00	etr_09	60,51	57,79	60,22	62,23
10,00	etr_10	36,18	37,74	35,49	37,61
11,00	etr_11	12,53	11,57	20,20	20,22
12,00	etr_12	1,58	1,38	9,81	9,52
any	excedents_00	592,00	614,06	347,47	401,04
1,00	excedents_01	73,10	73,20	49,71	53,39
2,00	excedents_02	50,86	51,39	27,80	33,55
3,00	excedents_03	41,95	41,67	18,68	23,47
4,00	excedents_04	68,28	68,60	33,64	40,28
5,00	excedents_05	55,92	52,66	27,85	28,12
6,00	excedents_06	37,88	34,61	16,84	17,42
7,00	excedents_07	11,55	9,80	5,11	5,63
8,00	excedents_08	14,79	21,35	7,22	10,84
9,00	excedents_09	31,84	41,89	16,83	26,08
10,00	excedents_10	54,40	60,52	41,55	44,14
11,00	excedents_11	69,46	74,29	44,12	53,67
12,00	excedents_12	81,91	84,09	58,08	64,43
any	reserva_00	-	-	-	-
1,00	reserva_01	0,00	0,00	30,38	30,39
2,00	reserva_02	0,00	0,00	30,17	30,02
3,00	reserva_03	0,00	0,00	25,78	25,04
4,00	reserva_04	0,00	0,00	27,88	27,09
5,00	reserva_05	0,00	0,00	28,21	26,41
6,00	reserva_06	0,00	0,00	17,69	15,73
7,00	reserva_07	0,00	0,00	6,04	4,46
8,00	reserva_08	0,00	0,00	10,16	9,79
9,00	reserva_09	0,00	0,00	16,67	17,28
10,00	reserva_10	0,00	0,00	20,20	23,03
11,00	reserva_11	0,00	0,00	27,05	28,15
12,00	reserva_12	0,00	0,00	30,78	30,85
any	dèficit_00	36,47	93,45	101,06	155,97
1,00	dèficit_01	0,00	0,33	0,00	0,00
2,00	dèficit_02	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	dèficit_03	0,00	2,39	0,58	2,70
4,00	dèficit_04	0,00	0,00	0,57	0,66
5,00	dèficit_05	0,00	0,29	0,00	0,00
6,00	dèficit_06	0,51	10,02	8,47	19,84
7,00	dèficit_07	20,05	43,60	44,89	68,31
8,00	dèficit_08	8,26	18,76	25,97	36,73
9,00	dèficit_09	6,02	13,62	14,04	18,56
10,00	dèficit_10	1,61	3,48	6,93	8,95
11,00	dèficit_11	0,00	0,96	0,18	0,20
12,00	dèficit_12	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 38. Taula comparativa del balanç hídric resolt amb el model numèric i resolt manualment, usant les dades de precipitació i temperatura mensuals, aplicant Thornthwaite per al període 1971-2000.

8.4 Annex A4: Resultats del balanç 2006-2012

a) Any 2006

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000114	Prats de Llucanès	701,00	574465,82	-32249,68	P, T
00000395	Castellfolit de la Roca	253,00	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695,00	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253,00	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896,00	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093,00	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Viliella	1556,00	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167,00	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644,00	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621,00	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478,00	534440,95	34868,70	P, T
000AD005	Roc St Pere	1078,00	533783,64	23895,97	P, T
000AD016	Pardines	1478,00	528064,89	16010,33	P
000AD017	Envalira	2499,00	549058,14	26136,85	P, T
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676,00	527951,82	6484,09	P
000CE011	La Molina2	1696,00	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168,00	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931,00	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Gerri de la Sal - Planter	574,00	495250,89	3267,57	P, T
000R025	Campdevanòl	728,00	585957,72	-8545,27	P, T
000R030	Ripoll - Barri de l'Estació	663,00	588361,66	-11574,81	P, T
000R040	Sant Pau de Segúries - Vila	850,00	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771,00	535727,20	-13874,14	P, T
000SO008	Solsona - Parc de Bombers	656,00	532201,20	-33627,71	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171,00	538993,16	-23566,29	P, T
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792,00	524725,68	8289,86	T
000AU013	Adrall	625,00	522349,22	3088,74	T
000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	1166,00	536316,90	-7304,69	T
000BG018	Berga - IES Guillem de Berguedà	668,00	560296,84	-21933,27	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	460,00	562416,66	-29415,66	T
000CE008	Puigcerdà - Poliesportiu	1211,00	566826,50	15750,96	T
000CE021	Das	1100,00	561214,30	9693,51	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457,00	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419,00	611821,88	-12191,84	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujolet	339,00	611129,46	-9908,84	T
000PJ019	Tremp Parc de Bombers	457,00	480189,14	-14203,52	T
000PS032	Salòria	2451,00	520166,36	24869,16	T
09029001	Aulus-Les-Bains	728,00	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'Hospitalet	1458,00	555594,90	32235,16	P, T
09220001	Orlu	906,00	565185,45	43320,59	P
09252002	Rouze Usson	773,00	579346,38	50237,62	P
09306001	Tarascon-Sur-Ariege	468,00	539595,29	61463,44	P, T
09328001	Verdun	534,00	547014,71	54858,10	P
11198001	Laure-Minervois	456,00	614810,45	-3481,90	P, T
31042001	Luchon	617,00	457691,30	57140,69	P
31144001	Gerp-Gaud	496,00	461195,42	69414,66	P, T
66117001	Mont-Louis	1581,00	582278,52	23378,14	P
66119002	Mosset	791,00	598587,45	41873,35	P
66183001	St-Marsal	689,00	623510,42	26358,75	P
66206001	LE Tech-EDF	529,00	616835,24	12079,12	P, T

Taula 39: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2006.

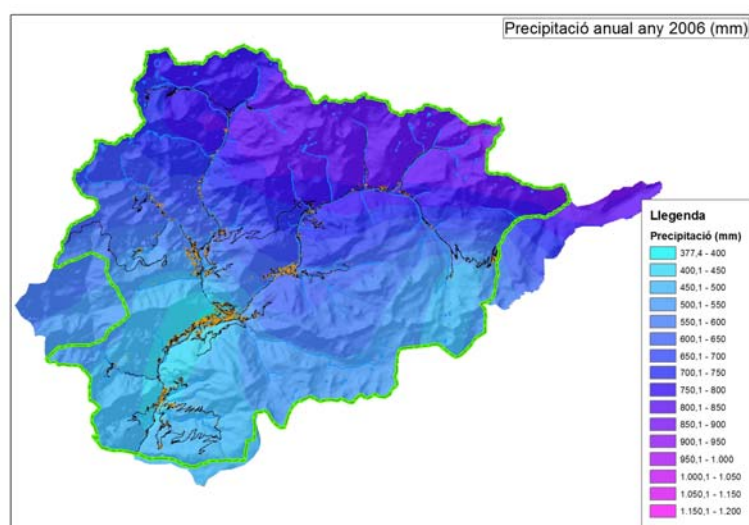


Figura 54: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2006.

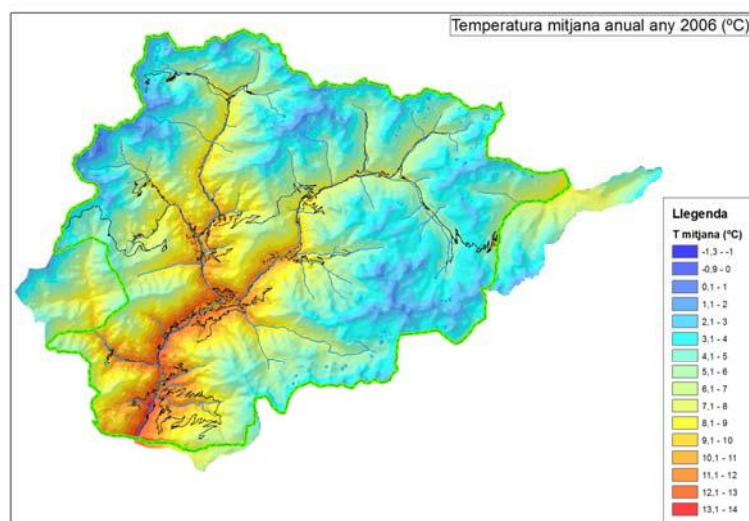


Figura 55: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2006.

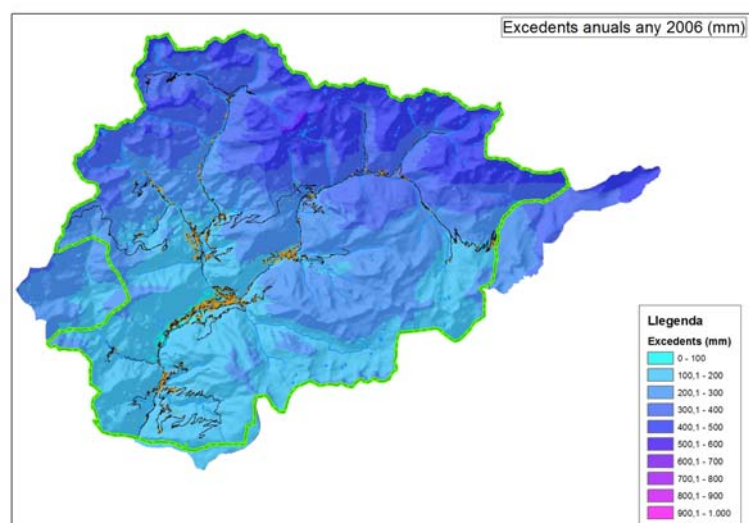


Figura 56: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2006.

Mesos	Valor	Salines		Ransol		Roc de Sant Pere		Mesos
	etr_00	Model	Manual	Model	Manual	Model	Manual	
1	etr_01	0,00	0,00	0,00	2,64	5,44	5,58	1
2	etr_02	4,53	4,94	0,00	8,03	11,52	11,89	2
3	etr_03	21,02	23,78	15,18	27,11	27,29	30,07	3
4	etr_04	32,36	32,20	27,89	27,80	43,38	13,60	4
5	etr_05	43,71	43,80	43,44	43,50	34,79	32,40	5
6	etr_06	31,87	31,60	65,21	65,60	1,06	0,60	6
7	etr_07	98,19	98,40	74,74	74,40	1,98	1,20	7
8	etr_08	75,12	76,00	76,74	76,80	35,64	46,00	8
9	etr_09	71,21	78,33	70,08	87,05	38,69	38,40	9
10	etr_10	48,93	54,00	45,31	58,42	54,61	59,40	10
11	etr_11	26,77	28,32	19,02	29,37	29,38	31,83	11
12	etr_12	6,98	7,00	8,90	7,69	22,88	11,38	12
any	excedents_00	341,94	325,24	354,73	293,29	78,09	103,65	any
1	excedents_01	66,55	66,80	114,44	112,66	49,69	49,62	1
2	excedents_02	4,31	3,86	17,08	9,17	1,86	1,51	2
3	excedents_03	75,95	73,42	79,51	67,59	26,54	23,53	3
4	excedents_04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4
5	excedents_05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
6	excedents_06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6
7	excedents_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	excedents_09	36,79	29,67	28,21	11,25	0,00	0,00	9
10	excedents_10	5,11	0,00	46,71	33,98	0,00	0,00	10
11	excedents_11	153,21	151,48	63,65	52,23	0,00	24,57	11
12	excedents_12	0,00	0,00	5,12	6,41	0,00	4,42	12
any	reserva_00	-	-	-	-	-	-	any
1	reserva_01	0,00	0,00	0,00	0,00	37,08	37,08	1
2	reserva_02	0,00	0,00	0,00	0,00	37,08	37,08	2
3	reserva_03	0,00	0,00	0,00	0,00	37,08	37,08	3
4	reserva_04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	0,00	4
5	reserva_05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
6	reserva_06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6
7	reserva_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	reserva_08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	reserva_10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	0,00	10
11	reserva_11	0,00	0,00	0,00	0,00	31,08	37,08	11
12	reserva_12	0,00	0,00	0,00	0,00	24,67	37,08	12
any	dèficit_00	125,15	160,83	96,70	222,67	391,80	510,06	any
1	dèficit_01	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	6,39	9,67	9,08	22,48	0,00	39,49	4
5	dèficit_05	23,41	32,45	22,46	43,60	46,79	62,43	5
6	dèficit_06	65,09	75,74	27,43	55,04	112,57	129,36	6
7	dèficit_07	10,92	26,91	34,31	71,49	129,87	156,10	7
8	dèficit_08	3,98	13,41	3,40	30,06	59,53	64,96	8
9	dèficit_09	0	0,00	0,00	0,00	43,02	54,17	9
10	dèficit_10	0	1,14	0,00	0,00	0,00	3,56	10
11	dèficit_11	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	15,34	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	12

Taula 40: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2006.

b) Any 2007

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000114	Prats de Llucanès	701	574465,82	-32249,68	P, T
00000395	Castellfollit de la Roca	253	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Viliella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478	534440,95	34868,70	P, T
000AD005	Roc St Pere	1078	533783,64	23895,97	P, T
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD017	Envalira	2499	549058,14	26136,85	P, T
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P, T
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000CE011	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Gerri de la Sal - Planter	574	495250,89	3267,57	P
000RI025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000RI030	Ripoll - Barri del'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000RI040	Sant Pau de Segúries - Vila	850	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO008	Solsona - Parc de Bombers	656	532201,20	-33627,71	P, T
000AU013	Adrall	625	522349,22	3088,74	T
000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	1166	536316,90	-7304,69	T
000BG018	Berga - IES Guillem de Berguedà	668	560296,84	-21933,27	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	460	562416,66	-29415,66	T
000CE021	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419	611821,88	-12191,84	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujollet	339	611129,46	-9908,84	T
000PJ019	Tremp Parc de Bombers	457	480189,14	-14203,52	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P, T
09029001	Aulus-Les-Bains	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'Hospitalet	1458	555594,90	32235,16	P, T
09220001	Orlu	906	565185,45	43320,59	P
09252002	Rouze Usson	773	579346,38	50237,62	P
09306001	Tarascon-Sur-Ariege	468	539595,29	61463,44	P, T
09328001	Verdun	534	547014,71	54858,10	P
11198001	Laure-Minervois	456	614810,45	-3481,90	P, T
31042001	Luchon	617	457691,30	57140,69	P
31144001	Clerp-Gaud	496	461195,42	69414,66	P, T
66117001	Mont-Louis	1581	582278,52	23378,14	P
66119002	Mosset	791	598587,45	41873,35	P
66183001	St-Marsal	689	623510,42	26358,75	P
66206001	LE Tech-EDF	529	616835,24	12079,12	P, T

Taula 41: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2007.

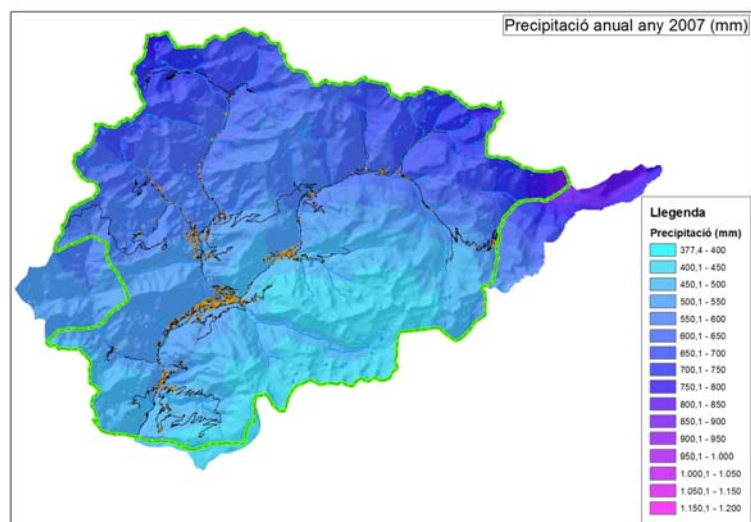


Figura 57: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2007.

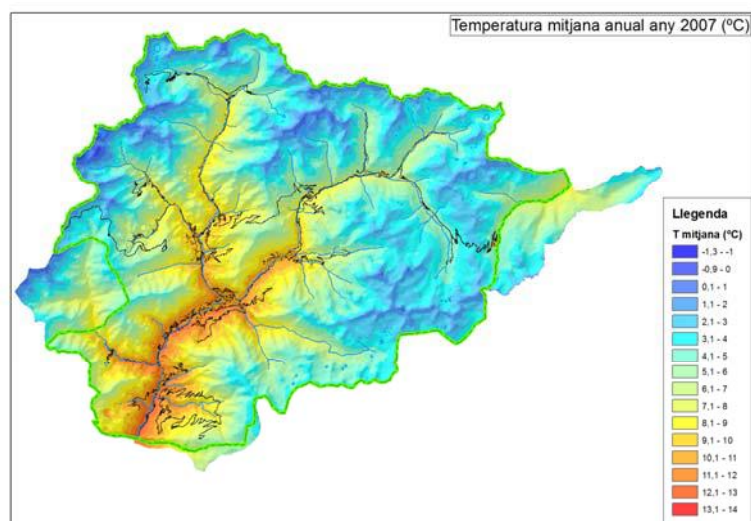


Figura 58: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2007.

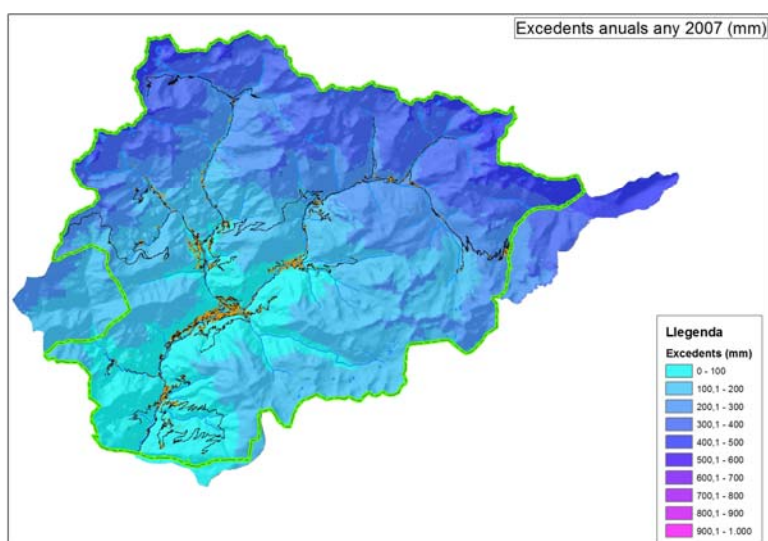


Figura 59: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2007.

		Setúria		Ransol		
Mesos	Valor	Model	Manual	Model	Manual	Mesos
	etr_00	402,63	367,28	367,20	374,20	
1	etr_01	6,38	6,41	3,55	3,13	1
2	etr_02	0,00	0,00	9,04	8,77	2
3	etr_03	0,00	0,00	8,73	8,81	3
4	etr_04	32,57	33,10	39,47	41,05	4
5	etr_05	55,75	59,64	61,25	67,07	5
6	etr_06	73,30	78,57	78,50	79,20	6
7	etr_07	69,67	63,00	40,26	40,40	7
8	etr_08	75,86	44,00	76,13	76,20	8
9	etr_09	38,23	31,40	15,06	14,90	9
10	etr_10	36,08	38,38	20,17	19,60	10
11	etr_11	12,76	12,77	15,00	15,07	11
12	etr_12	0,00	0,00	0,00	0,00	12
any	excedents_00	187,40	217,50	271,10	263,20	any
1	excedents_01	7,19	7,19	17,69	18,27	1
2	excedents_02	34,66	34,60	39,22	39,53	2
3	excedents_03	15,54	15,40	79,39	79,89	3
4	excedents_04	41,68	41,10	22,37	20,45	4
5	excedents_05	32,78	28,76	61,34	55,23	5
6	excedents_06	0,00	0,00	0,00	0,00	6
7	excedents_07	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	excedents_09	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	excedents_10	0,00	3,22	0,00	0,00	10
11	excedents_11	36,78	67,83	31,44	31,43	11
12	excedents_12	18,44	19,40	19,63	18,40	12
any	reserva_00	-	-	-	-	any
1	reserva_01	36,51	37,84	0,00	0,00	1
2	reserva_02	36,51	37,84	0,00	0,00	2
3	reserva_03	36,51	37,84	0,00	0,00	3
4	reserva_04	36,51	37,84	0,00	0,00	4
5	reserva_05	36,51	37,84	0,00	0,00	5
6	reserva_06	6,76	4,77	0,00	0,00	6
7	reserva_07	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	reserva_08	6,51	0,00	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	reserva_10	5,60	37,84	0,00	0,00	10
11	reserva_11	36,51	37,84	0,00	0,00	11
12	reserva_12	36,51	37,84	0,00	0,00	12
any	dèficit_00	44,66	112,75	150,76	186,68	any
1	dèficit_01	0	0,00	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0	0,00	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0	0,00	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	0	0,00	0,00	0,00	4
5	dèficit_05	0	0,00	0,00	0,00	5
6	dèficit_06	0	0,00	4,73	10,01	6
7	dèficit_07	21,52	36,08	59,93	71,76	7
8	dèficit_08	0	44,00	15,03	24,98	8
9	dèficit_09	23,13	32,66	50,18	54,90	9
10	dèficit_10	0	0,00	20,87	25,04	10
11	dèficit_11	0	0,00	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	0	0,00	0,00	0,00	12

Taula 42: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2007.

c) Any 2008

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000114	Prats de Llucanès	701	574465,82	-32249,68	P, T
00000395	Castellfollit de la Roca	253	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Sotúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Viliella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478	534440,95	34868,70	P, T
000AD005	Roc S. Pere	1078	533783,64	23895,97	P, T
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P
000AU010	Ia Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000AU009	Ia Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000CE011	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Cerri de la Sal - Planter	574	495250,89	3267,57	P
000RI025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000RI030	Ripoll - Barri de l'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000RI040	Sant Pau de Segúries - Vila	850	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO008	Solsona - Parc de Bombers	656	532201,20	-33627,71	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P
000AD019	Ruier	1336	528844,37	17158,07	T
000AU013	Adrall	625	522349,22	3088,74	T
000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	1166	536316,90	-7304,69	T
000BG018	Berga - IES Guillem de Berguedà	668	560296,84	-21933,27	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	460	562416,66	-29415,66	T
000CE008	Puigcerdà Poliesportiu	1211	566826,50	15750,96	T
000CE021	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX009	Ia Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419	611821,88	-12191,84	T
000GX017	Ia Vall de Bianya - el Pujollet	339	611129,46	-9908,84	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
09029001	AULUS-LES-BAINS	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'HOSPITALET1	1458	555594,90	32235,16	P, T
09220001	ORLU	906	565185,45	43320,59	P
09252002	ROUZE-USSON	773	579346,38	50237,62	P
09306001	TARASCON-SUR-ARIEGE	468	539595,29	61463,44	P, T
09328001	VERDUN	534	547014,71	54858,10	P
11198001	LAURE-MINERVOIS	456	614810,45	-3481,90	P, T
31042001	LUCHON	617	457691,30	57140,69	P
31144001	CIERP-GAUD	496	461195,42	69414,66	P, T
66117001	MONT-LOUIS	1581	582278,52	23378,14	P
66119002	MOSSET	791	598587,45	41873,35	P
66183001	ST-MARSAL	689	623510,42	26358,75	P
66206001	LETECH-EDF	529	616835,24	12079,12	P

Taula 43: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2008.

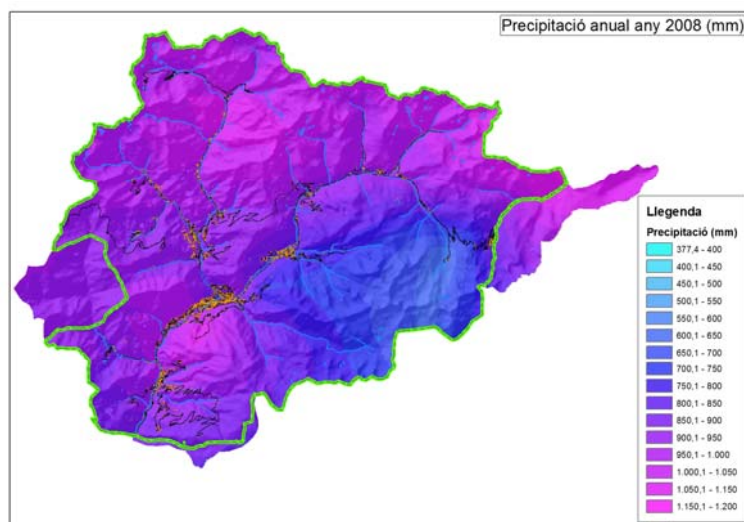


Figura 60: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2008.

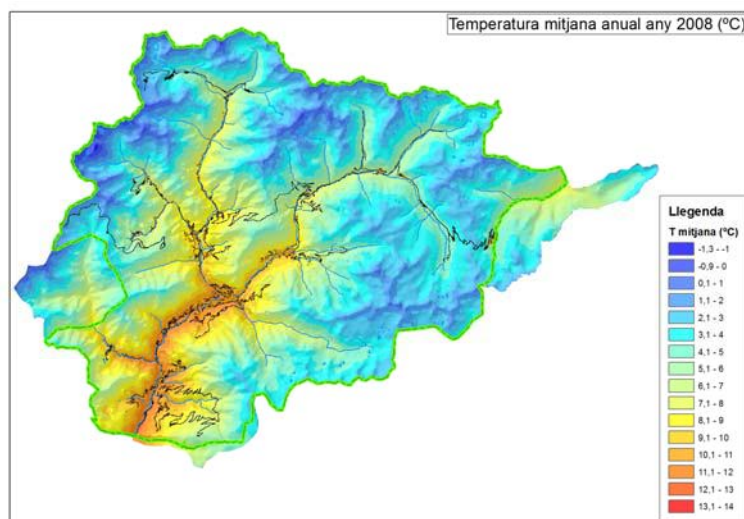


Figura 61: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2008.

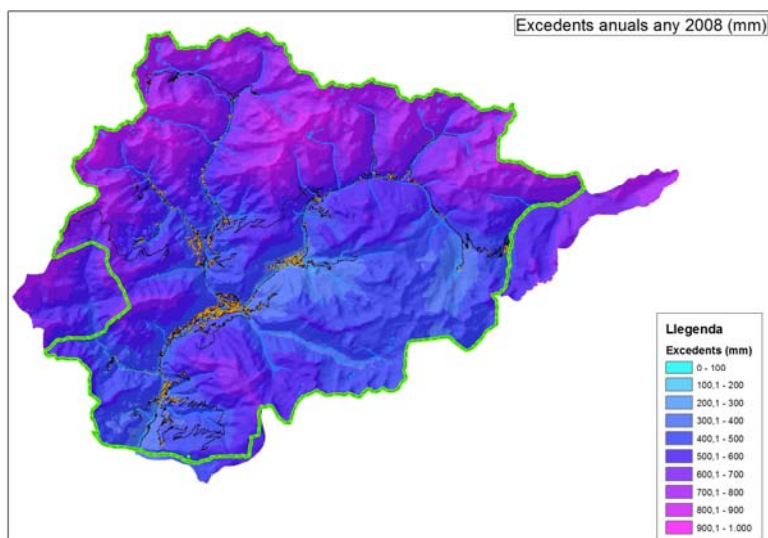


Figura 62: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2008.

Mesos		Salines		Ransol		Grau Roig		Mesos
	Valor	Model	Manual	Model	Manual	Model	Manual	
	etr_00	450,67	472,64	367,98	380,89	319,77	319,57	
1	etr_01	17,20	17,95	7,58	7,48	9,65	10,59	1
2	etr_02	17,76	17,60	8,01	7,66	4,45	5,32	2
3	etr_03	17,36	18,02	13,21	13,59	0,00	0,00	3
4	etr_04	37,60	39,00	30,44	31,21	20,00	21,53	4
5	etr_05	58,48	63,47	52,99	57,43	47,53	52,47	5
6	etr_06	86,02	92,53	81,92	85,60	53,68	37,20	6
7	etr_07	72,30	72,40	62,85	62,80	57,21	57,40	7
8	etr_08	18,22	18,20	9,11	8,90	33,06	33,20	8
9	etr_09	64,31	69,15	64,49	68,83	58,24	62,37	9
10	etr_10	41,35	45,23	34,75	33,60	35,87	39,48	10
11	etr_11	13,05	12,90	2,58	3,79	0,00	0,00	11
12	etr_12	7,00	6,19	0,00	0,00	0,00	0,00	12
any	excedents_00	625,94	606,16	568,31	553,61	291,68	301,19	any
1	excedents_01	42,92	42,25	47,43	47,52	19,67	18,81	1
2	excedents_02	3,81	4,00	23,82	24,34	4,98	3,68	2
3	excedents_03	99,20	99,38	68,93	68,31	29,10	29,60	3
4	excedents_04	104,80	103,60	120,89	120,39	46,29	43,87	4
5	excedents_05	178,78	174,13	138,01	132,87	105,72	99,73	5
6	excedents_06	22,74	16,27	3,94	0,00	0,00	0,00	6
7	excedents_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	excedents_09	10,46	5,65	14,96	10,77	9,54	21,43	9
10	excedents_10	63,32	60,37	0,00	0,00	0,00	6,47	10
11	excedents_11	99,85	99,70	132,57	131,61	59,27	59,60	11
12	excedents_12	0,02	0,81	17,71	17,80	17,06	18,00	12
any	reserva_00	-	-	-	-	-	-	any
1	reserva_01	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	1
2	reserva_02	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	2
3	reserva_03	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	3
4	reserva_04	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	4
5	reserva_05	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	5
6	reserva_06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6
7	reserva_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	reserva_08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	9
10	reserva_10	0,00	0,00	0,00	0,00	14,87	11,55	10
11	reserva_11	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	11
12	reserva_12	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	16,63	12
any	dèficit_00	106,46	131,83	130,29	160,24	121,59	164,54	any
1	dèficit_01	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4
5	dèficit_05	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
6	dèficit_06	0	0,00	0,00	1,94	22,96	45,02	6
7	dèficit_07	29,22	41,79	37,88	49,64	39,61	50,36	7
8	dèficit_08	77,24	90,04	87,55	99,31	59,02	69,15	8
9	dèficit_09	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	dèficit_10	0	0,00	4,85	9,37	0,00	0,00	10
11	dèficit_11	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12

Taula 44: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2008.

d) Any 2009

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000114	Prats de Llucanès	701	574465,82	-32249,68	P, T
00000395	Castellfollit de la Roca	253	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Vliella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478	534440,95	34868,70	P
000AD005	Roc St Pere	1078	533783,64	23895,97	P
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P, T
000AD019	Ruier	1336	528844,37	17158,07	P
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Geri de la Sal - Planter	574	495250,89	3267,57	P
000RI025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000RI030	Ripoll - Barri de l'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000RI040	Sant Pau de Segúries - Vila	850	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P
000AU013	Adrall	625	522349,22	3088,74	T
000AU016	Tuixén - Jardé Botànic	1166	536316,90	-7304,69	T
000BG022	Gronella - Creu Roja	460	562416,66	-29415,66	T
000CE008	Puigcerdà - Poliesportiu	1211	566826,50	15750,96	T
000CE011	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	T
000CE021	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419	611821,88	-12191,84	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujolet	339	611129,46	-9908,84	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
09029001	AULUS-LES-BAINS	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'HOSPITALET1	1458	555594,90	32235,16	P, T
09220001	ORLU	906	565185,45	43320,59	P
09252002	ROUZE-USSON	773	579346,38	50237,62	P
09306001	TARASCON-SUR-ARIEGE	468	539595,29	61463,44	P, T
09328001	VERDUN	534	547014,71	54858,10	P
11198001	LAURE-MINERVOIS	456	614810,45	-3481,90	P, T
31042001	LUCHON	617	457691,30	57140,69	P
31144001	CIERP-GAUD	496	461195,42	69414,66	P, T
66117001	MONT-LOUIS	1581	582278,52	23378,14	P
66119002	MOSSET	791	598587,45	41873,35	P
66183001	ST-MARSAL	689	623510,42	26358,75	P
66206001	LETECH+EDF	529	616835,24	12079,12	P

Taula 45: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2009.

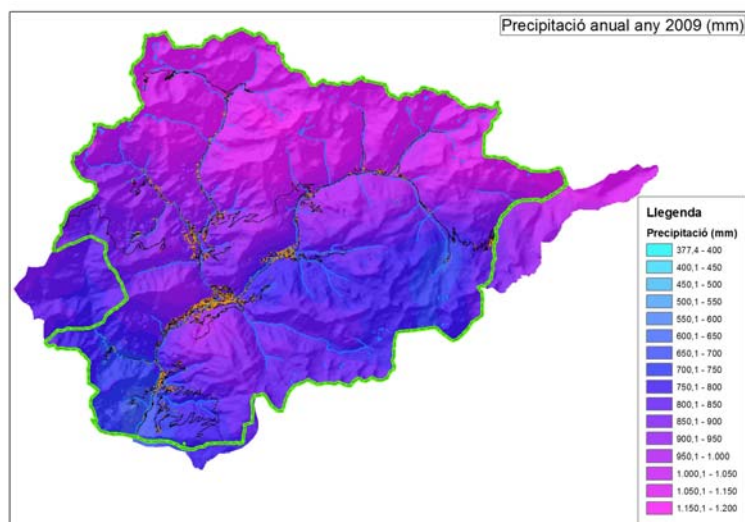


Figura 63: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2009.

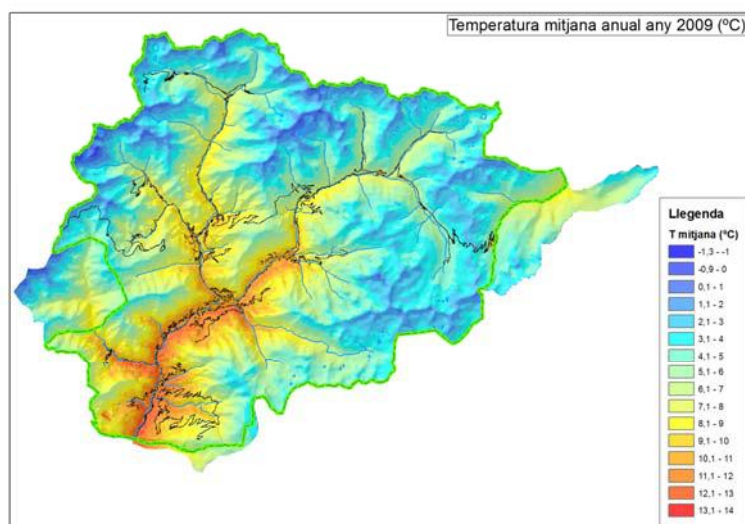


Figura 64: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2009.

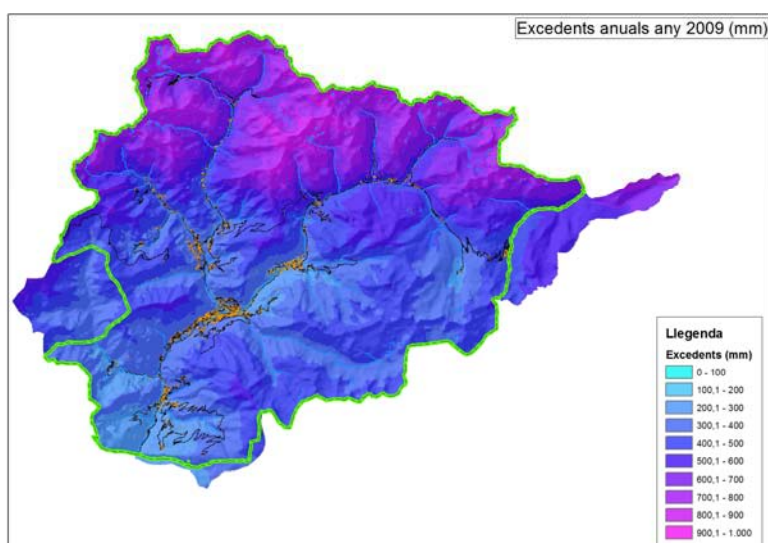


Figura 65: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2009.

Mesos	Valor	La Comella		Seturia		Grau Roig		Mesos
		Model	Manual	Model	Manual	Model	Manual	
	etr_00	563,30	573,05	418,22	415,73	411,75	402,02	
1	etr_01	4,89	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	etr_02	12,28	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	etr_03	30,99	34,15	3,37	4,22	0,00	0,00	3
4	etr_04	34,79	37,20	5,98	6,80	4,40	5,04	4
5	etr_05	80,91	93,35	60,14	67,01	60,07	67,27	5
6	etr_06	102,55	102,40	77,08	83,17	79,59	73,40	6
7	etr_07	69,17	36,90	73,86	37,40	65,24	45,40	7
8	etr_08	81,70	78,80	87,91	97,50	90,13	88,20	8
9	etr_09	73,41	82,25	55,82	60,17	55,43	60,14	9
10	etr_10	53,05	60,49	40,31	44,79	39,94	44,56	10
11	etr_11	23,18	24,28	13,71	14,67	16,91	18,01	11
12	etr_12	6,33	6,49	0,00	0,00	0,00	0,00	12
any	excedents_00	428,43	450,82	405,85	461,76	272,79	285,34	any
1	excedents_01	60,27	62,35	43,86	43,80	37,66	36,80	1
2	excedents_02	45,23	46,10	33,01	33,00	13,31	24,60	2
3	excedents_03	0,00	17,58	21,81	20,98	11,64	14,40	3
4	excedents_04	93,09	93,20	90,04	89,00	78,51	81,76	4
5	excedents_05	1,13	0,00	0,00	21,41	4,81	7,29	5
6	excedents_06	0,00	0,00	0,00	19,69	0,00	0,00	6
7	excedents_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00	0,00	8
9	excedents_09	0,00	6,45	0,00	3,43	0,84	9,26	9
10	excedents_10	24,12	22,31	55,78	51,81	30,90	17,44	10
11	excedents_11	49,03	48,92	49,57	48,53	31,66	32,19	11
12	excedents_12	155,53	153,91	111,74	111,60	63,42	61,60	12
any	reserva_00	-	-	-	-	-	-	any
1	reserva_01	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	1
2	reserva_02	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	2
3	reserva_03	21,28	19,92	36,51	37,84	16,18	16,63	3
4	reserva_04	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	4
5	reserva_05	21,71	9,42	35,32	29,63	16,18	11,96	5
6	reserva_06	21,69	0,00	36,39	24,66	14,63	0,00	6
7	reserva_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	reserva_08	0,00	0,00	28,10	37,84	0,00	0,00	8
9	reserva_09	15,01	22,27	35,98	37,84	16,18	16,63	9
10	reserva_10	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	10
11	reserva_11	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	11
12	reserva_12	21,71	22,27	36,51	37,84	16,18	16,63	12
any	dèficit_00	91,56	171,27	17,65	64,82	33,41	91,08	any
1	dèficit_01	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4
5	dèficit_05	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
6	dèficit_06	0	13,51	0,00	0,00	0,00	13,03	6
7	dèficit_07	58,97	102,40	17,65	64,82	31,72	63,74	7
8	dèficit_08	32,58	55,36	0,00	0,00	1,69	14,31	8
9	dèficit_09	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	dèficit_10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10
11	dèficit_11	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12

Taula 46: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2009.

e) Any 2010

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000395	Castellfollit de la Roca	253	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Viliella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478	534440,95	34868,70	P
000AD005	Roc St Pere	1078	533783,64	23895,97	P
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P, T
000AD019	Runer	1336	528844,37	17158,07	P
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000CE011	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Gerri de la Sal - Planter	574	495250,89	3267,57	P, T
000RI025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000RI030	Ripoll - Barri de l'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P
000AD020	Aixàs_CENMA	1529	529256,59	20813,62	T
000AD021	Bony de les Neres_CENMA	1786	538103,07	28028,74	T
000AD022	Comapedrosa_CENMA	2618	527196,45	33586,95	T
000AD023	Perafita_CENMA	2395	538014,55	19075,50	T
000AD024	Sorteny_CENMA	2278	537123,18	34946,53	T
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000AU013	Adrall	625	522349,22	3088,74	T
000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	1166	536316,90	-7304,69	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	460	562416,66	-29415,66	T
000CE008	Puigcerdà - Poliesportiu	1211	566826,50	15750,96	T
000CE021	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujolet	339	611129,46	-9908,84	T
000GX041	Mieres	264	625024,23	-19101,36	T
000GX045	Santa Pau - Sant Miquel Sacot	477	619388,97	-17267,66	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
09029001	AULUS-LES-BAINS	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'HOSPITALET	1458	555594,90	32235,16	P, T
09220001	ORLU	906	565185,45	43320,59	P
09252002	ROUZEUSSON	773	579346,38	50237,62	P
09306001	TARASCON-SUR-ARIEGE	468	539595,29	61463,44	P, T
09328001	VERDUN	534	547014,71	54858,10	P
11198001	LAURE-MINERVOIS	456	614810,45	-3481,90	P, T
31042001	LUCHON	617	457691,30	57140,69	P
31144001	CIERP-GAUD	496	461195,42	69414,66	P, T
66117001	MONT-LOUIS	1581	582278,52	23378,14	P
66119002	MOSSET	791	598587,45	41873,35	P
66183001	ST-MARSAL	689	623510,42	26358,75	P
66206001	LETECH-EDF	529	616835,24	12079,12	P

Taula 47: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2010.

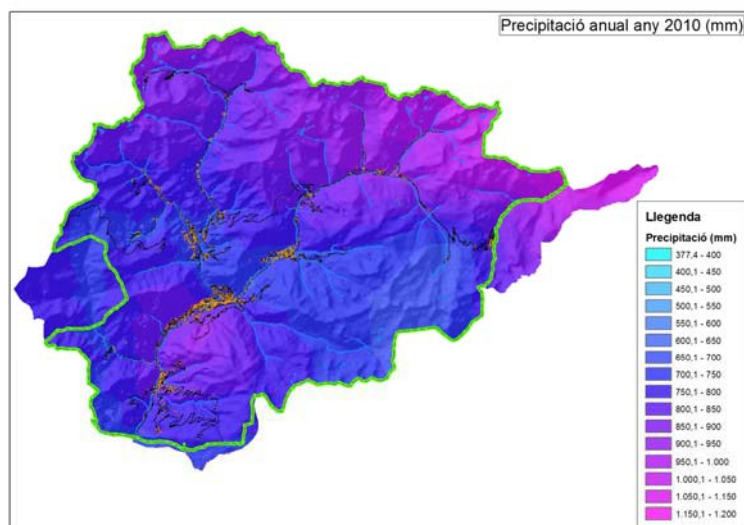


Figura 66: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2010.

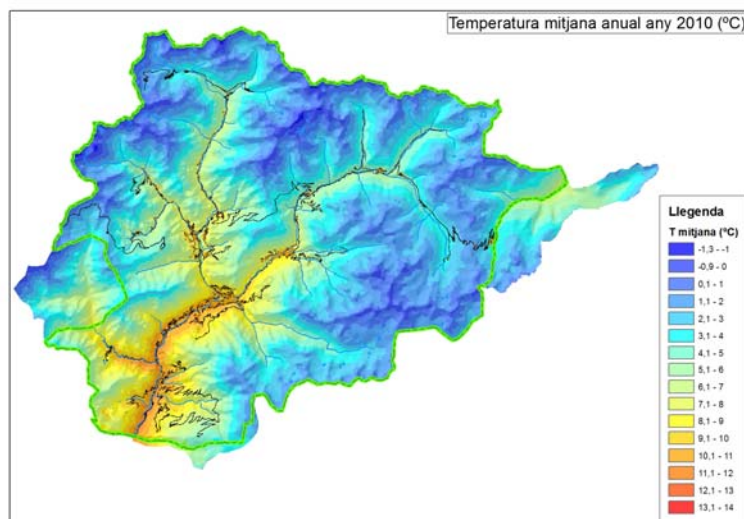


Figura 67: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2010.

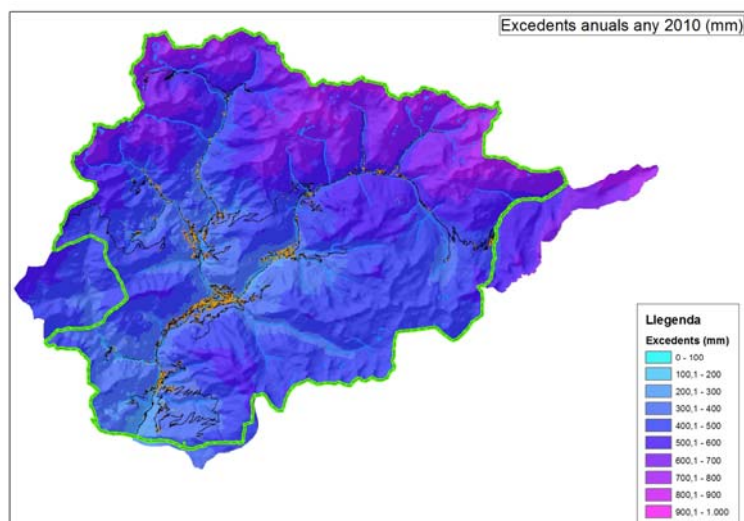


Figura 68: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2010.

Mesos	Valor	Grau Roig		Seturia		Mesos
	etr_00	Model	Manual	Model	Manual	
1	etr_01	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	etr_02	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	etr_03	0,00	0,00	0,00	0,00	3
4	etr_04	21,70	24,80	22,11	25,33	4
5	etr_05	33,72	39,52	34,26	40,22	5
6	etr_06	68,64	76,25	66,71	74,12	6
7	etr_07	80,28	64,00	80,67	44,00	7
8	etr_08	27,56	27,20	24,04	27,20	8
9	etr_09	43,89	44,00	47,42	47,40	9
10	etr_10	31,20	36,21	30,11	35,01	10
11	etr_11	0,00	0,00	0,00	0,00	11
12	etr_12	0,00	0,00	0,00	0,00	12
any	excedents_00	348,64	342,22	418,42	433,73	any
1	excedents_01	24,14	24,60	22,46	22,40	1
2	excedents_02	22,43	22,20	54,27	54,20	2
3	excedents_03	32,58	32,20	48,72	48,60	3
4	excedents_04	24,26	21,40	3,40	0,07	4
5	excedents_05	63,67	57,68	81,05	75,18	5
6	excedents_06	66,14	57,55	36,23	28,28	6
7	excedents_07	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	excedents_09	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	excedents_10	65,52	74,99	40,28	73,19	10
11	excedents_11	34,55	34,80	62,53	62,60	11
12	excedents_12	17,29	16,80	69,13	69,20	12
any	reserva_00	-	-	-	-	any
1	reserva_01	16,18	16,63	36,51	37,84	1
2	reserva_02	16,18	16,63	36,51	37,84	2
3	reserva_03	16,18	16,63	36,51	37,84	3
4	reserva_04	16,18	16,63	36,51	37,84	4
5	reserva_05	16,18	16,63	36,51	37,84	5
6	reserva_06	16,18	16,63	36,51	37,84	6
7	reserva_07	0,00	0,00	0,00	0,00	7
8	reserva_08	0,00	0,00	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	0,00	0,00	9
10	reserva_10	16,18	16,63	36,51	37,84	10
11	reserva_11	16,18	16,63	36,51	37,84	11
12	reserva_12	16,18	16,63	36,51	37,84	12
any	dèficit_00	93,71	141,70	86,18	150,13	any
1	dèficit_01	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0,00	0,00	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0,00	0,00	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	0,00	0,00	0,00	0,00	4
5	dèficit_05	0,00	0,00	0,00	0,00	5
6	dèficit_06	0,00	0,00	0,00	0,00	6
7	dèficit_07	21,74	51,73	17,14	67,19	7
8	dèficit_08	56,29	67,68	58,10	65,66	8
9	dèficit_09	15,94	22,30	10,94	17,28	9
10	dèficit_10	0,00	0,00	0,00	0,00	10
11	dèficit_11	0,00	0,00	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	0,00	0,00	0,00	0,00	12

Taula 48: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2010.

f) Any 2011

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
00000395	Castellfollit de la Roca	253	617942,93	-9060,85	T
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Viliella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD005	Roc St Pere	1078	533783,64	23895,97	P
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P
000AD019	Ruier	1336	528844,37	17158,07	P, T
000AD020	Aixàs_CENMA	1529	529256,59	20813,62	T
000AD021	Bony de les Neres_CENMA	1786	538103,07	28028,74	T
000AD022	Comapedrosa_CENMA	2618	527196,45	33586,95	T
000AD023	Perafita_CENMA	2395	538014,55	19075,50	T
000AD024	Sorteny_CENMA	2278	537123,18	34946,53	T
000AU013	Adrall	1166	536316,90	-7304,69	T
000AU016	Tuixén - Jardí Botànic	460	562416,66	-29415,66	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	1211	566826,50	15750,96	T
000CED08	Puigcerdà - Poliesportiu	1100	561214,30	9693,51	T
000CED21	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX003	les Planes d'Hostoles - 3	362	616518,18	-27122,28	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419	611821,88	-12191,84	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujollet	339	611129,46	-9908,84	T
000GX041	Mieres	264	625024,23	-19101,36	T
000GX045	Santa Pau - Sant Miquel Sacot	477	619388,97	-17267,66	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000CED11	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000PS028	Gerri de la Sal - Planter	574	495250,89	3267,57	P, T
000R025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000R030	Ripoll - Barri de l'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000R040	Sant Pau de Segúries - Vila	850	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO008	Solsona - Parc de Bombers	656	532201,20	-33627,71	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P
09029001	Aulus-Les-Bains	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'Hospitalet	1458	555594,90	32235,16	P, T

Taula 49: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2011.

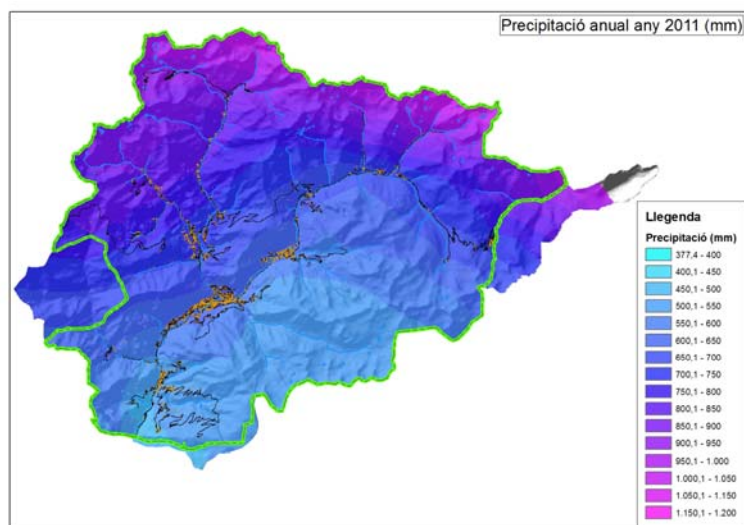


Figura 69: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2011.

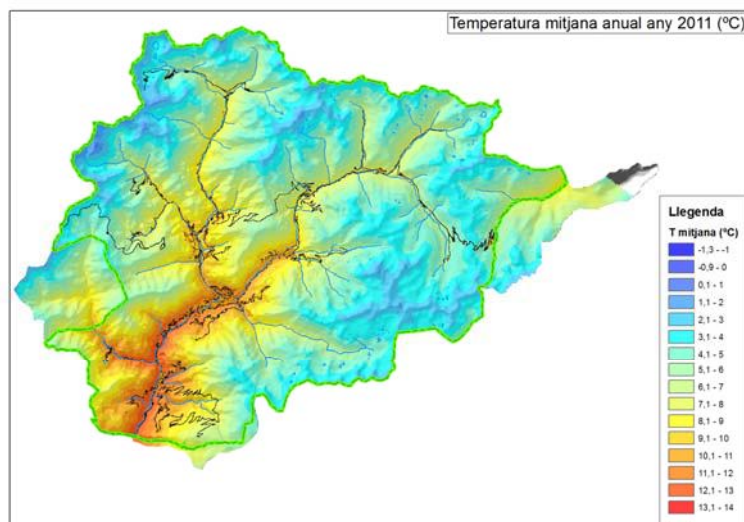


Figura 70: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2011.

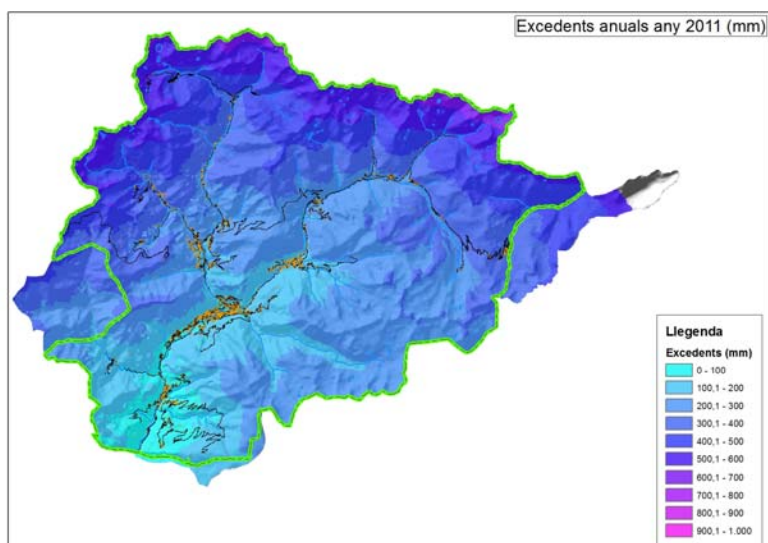


Figura 71: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2011.

		Seturia		
Mesos	Valor	Model	Manual	Mesos
	etr_00	419,76	430,45	
1	etr_01	0,00	0,00	1
2	etr_02	0,00	0,00	2
3	etr_03	0,00	0,00	3
4	etr_04	41,25	43,18	4
5	etr_05	57,88	63,10	5
6	etr_06	73,34	77,64	6
7	etr_07	78,00	85,53	7
8	etr_08	74,20	62,20	8
9	etr_09	40,01	40,00	9
10	etr_10	38,42	41,71	10
11	etr_11	16,64	17,10	11
12	etr_12	0,00	0,00	12
any	excedents_00	399,60	440,94	any
1	excedents_01	29,37	11,40	1
2	excedents_02	19,11	19,20	2
3	excedents_03	75,62	75,60	3
4	excedents_04	0,00	15,09	4
5	excedents_05	62,04	66,30	5
6	excedents_06	0,00	6,96	6
7	excedents_07	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	8
9	excedents_09	0,00	0,00	9
10	excedents_10	12,56	45,89	10
11	excedents_11	189,52	189,10	11
12	excedents_12	11,35	11,40	12
any	reserva_00	-	-	any
1	reserva_01	36,51	37,84	1
2	reserva_02	36,51	37,84	2
3	reserva_03	36,51	37,84	3
4	reserva_04	27,09	26,46	4
5	reserva_05	36,51	37,84	5
6	reserva_06	25,36	22,40	6
7	reserva_07	11,96	1,47	7
8	reserva_08	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	9
10	reserva_10	36,51	37,84	10
11	reserva_11	37,84	37,84	11
12	reserva_12	36,51	37,84	12
any	dèficit_00	41,99	66,91	any
1	dèficit_01	0,00	0,00	1
2	dèficit_02	0,00	0,00	2
3	dèficit_03	0,00	0,00	3
4	dèficit_04	0,00	0,00	4
5	dèficit_05	0,00	0,00	5
6	dèficit_06	0,00	0,00	6
7	dèficit_07	0,00	0,00	7
8	dèficit_08	12,95	33,37	8
9	dèficit_09	29,03	33,54	9
10	dèficit_10	0,00	0,00	10
11	dèficit_11	0,00	0,00	11
12	dèficit_12	0,00	0,00	12

Taula 50: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2011.

g) Any 2012

Codi	Estació	Alçada (m)	Lambert x (m)	Lambert y (m)	Dades emprades
0000A022	Valira	695	527232,22	7154,65	P
0000P039	Arcalís	2253	529849,49	37305,22	P, T
0000P040	Setúria	1896	526415,83	28284,46	P, T
0000P041	Grau Roig	2093	547722,68	26302,36	P, T
0000P044	Vilíella	1556	547217,28	13050,76	P, T
000AD001	Central	1167	535600,87	24197,11	P, T
000AD003	Ransol	1644	542722,78	31220,85	P, T
000AD002	Engolasters	1621	536681,50	24408,00	T
000AD004	Salines	1478	534440,95	34868,70	P, T
000AD005	Roc St Pere	1078	533783,64	23895,97	P, T
000AD016	Pardines	1478	528064,89	16010,33	P
000AD018	Comella	1220	533141,54	22057,98	P, T
000AD019	Runer	1336	528844,37	17158,07	P, T
000AD020	Aixàs_CENMA	1529	529256,59	20813,62	P, T
000AD021	Bony de les Neres_CENMA	1786	538103,07	28028,74	P, T
000AD023	Perafita_CENMA	1529	529256,59	20813,62	P, T
000AD024	Sorteny_CENMA	1786	538103,07	28028,74	P, T
000AD022	Comapedrosa_CENMA	2618	527196,45	33586,95	T
000AU009	la Seu d'Urgell - Servei d'Extensió Agrària	792	524725,68	8289,86	T
000AU010	la Seu d'Urgell - C. Major	676	527951,82	6484,09	P
000CE011	La Molina2	1696	567202,71	3711,61	P, T
000PS003	Isil	1168	497594,72	42989,19	P
000PS009	Estany de Sant Maurici	1931	490585,45	32079,71	P, T
000R025	Campdevanol	728	585957,72	-8545,27	P, T
000R030	Ripoll - Barri de l'Estació	663	588361,66	-11574,81	P, T
000R040	Sant Pau de Segúries - Vila	850	602246,62	-4608,49	P, T
000SO001	Port del Comte - Estació d'esquí	1771	535727,20	-13874,14	P, T
000SO008	Solsona - Parc de Bombers	656	532201,20	-33627,71	P, T
000SO010	Busa - Guilanyà	1171	538993,16	-23566,29	P
000AU013	Adrall	1166	536316,90	-7304,69	T
000AU016	Tuixén - Jardé Botànic	460	562416,66	-29415,66	T
000BG022	Gironella - Creu Roja	1211	566826,50	15750,96	T
000CE008	Puigcerdà - Poliesportiu	1100	561214,30	9693,51	T
000CE021	Das	1100	561214,30	9693,51	T
000GX003	les Planes d'Hostoles - 3	362	616518,18	-27122,28	T
000GX009	la Vall d'en Bas - Mas Can Gronxa	457	609791,03	-16927,39	T
000GX016	Olot - el Parc Nou	419	611821,88	-12191,84	T
000GX017	la Vall de Bianya - el Pujollet	339	611129,46	-9908,84	T
000GX041	Mieres	264	625024,23	-19101,36	T
000GX045	Santa Pau - Sant Miquel Sacot	477	619388,97	-17267,66	T
000PS032	Salòria	2451	520166,36	24869,16	T
09029001	Aulus-Les-Bains	728	517901,22	55396,87	P, T
09139001	L'Hospitalet	1458	555594,90	32235,16	P, T

Taula 51: Estacions utilitzades per a l'actualització del balanç hídric de l'any 2012.

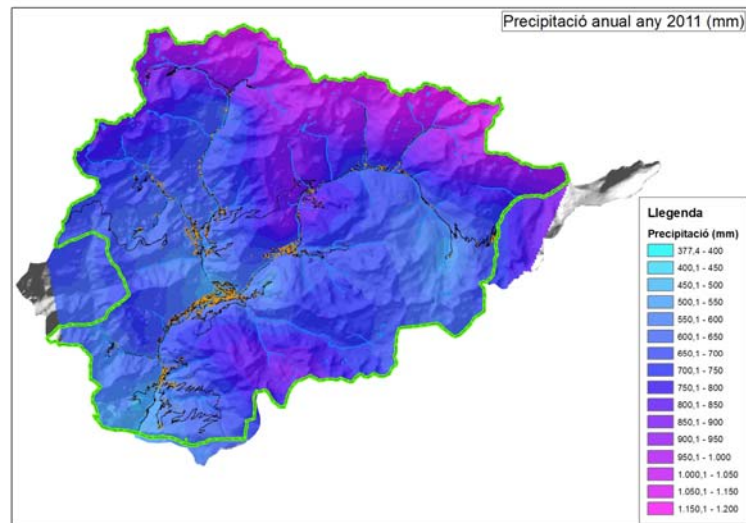


Figura 72: Mapa de precipitació anual acumulada per a l'any 2012.

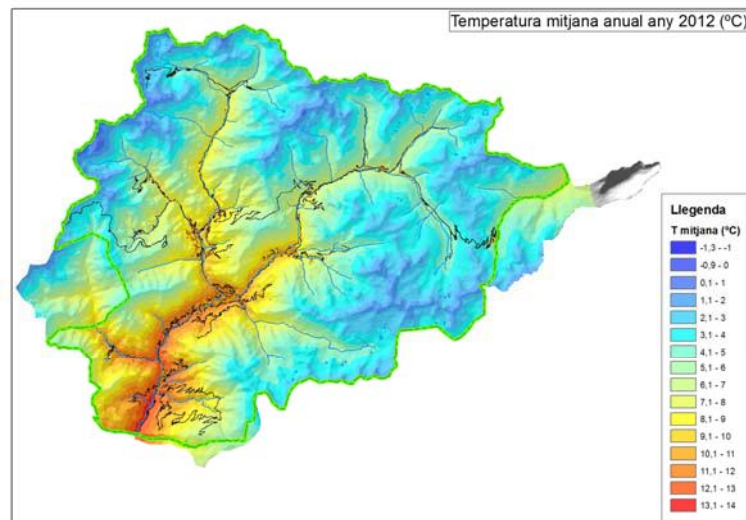


Figura 73: Mapa de temperatura mitja anual per a l'any 2012.

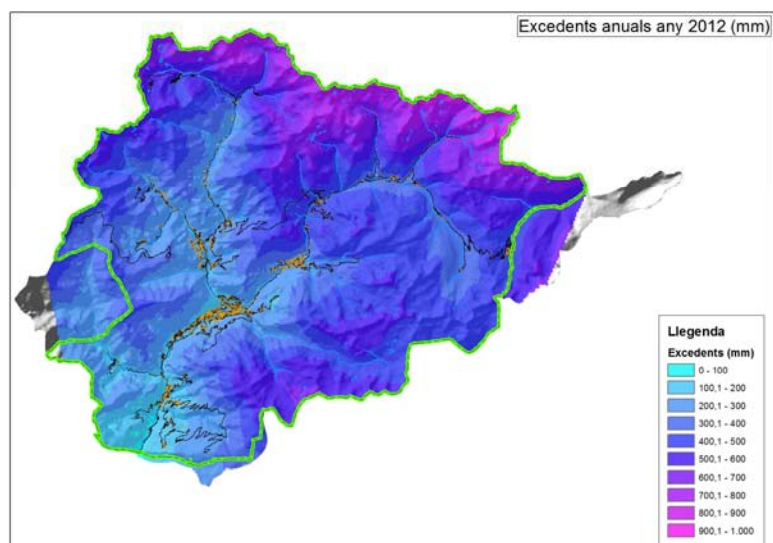


Figura 74: Mapa d'excedents anuals per a l'any 2012.

Mesos	Valor	Ransol		Mesos
	etr_00	Model	Manual	
	etr_00	321,53	331,71	
1	etr_01	2,50	2,37	1
2	etr_02	0,00	0,00	2
3	etr_03	19,71	20,94	3
4	etr_04	21,18	21,72	4
5	etr_05	60,25	66,57	5
6	etr_06	37,11	36,40	6
7	etr_07	46,66	46,80	7
8	etr_08	27,49	26,70	8
9	etr_09	53,92	53,40	9
10	etr_10	39,61	43,58	10
11	etr_11	13,07	13,24	11
12	etr_12	0,00	0,00	12
any	excedents_00	351,12	333,79	any
1	excedents_01	10,74	10,53	1
2	excedents_02	14,81	14,30	2
3	excedents_03	58,63	56,36	3
4	excedents_04	74,66	71,88	4
5	excedents_05	19,08	12,53	5
6	excedents_06	0,00	0,00	6
7	excedents_07	0,00	0,00	7
8	excedents_08	0,00	0,00	8
9	excedents_09	0,00	0,00	9
10	excedents_10	73,88	69,92	10
11	excedents_11	67,51	67,16	11
12	excedents_12	31,78	31,10	12
any	reserva_00	-	-	any
1	reserva_01	0,00	0,00	1
2	reserva_02	0,00	0,00	2
3	reserva_03	0,00	0,00	3
4	reserva_04	0,00	0,00	4
5	reserva_05	0,00	0,00	5
6	reserva_06	0,00	0,00	6
7	reserva_07	0,00	0,00	7
8	reserva_08	0,00	0,00	8
9	reserva_09	0,00	0,00	9
10	reserva_10	0,00	0,00	10
11	reserva_11	0,00	0,00	11
12	reserva_12	0,00	0,00	12
any	dèficit_00	199,53	241,62	any
1	dèficit_01	0	0,00	1
2	dèficit_02	0	0,00	2
3	dèficit_03	0	0,00	3
4	dèficit_04	0	0,00	4
5	dèficit_05	0	0,00	5
6	dèficit_06	56,98	66,08	6
7	dèficit_07	51,12	63,63	7
8	dèficit_08	78,83	93,24	8
9	dèficit_09	12,58	18,67	9
10	dèficit_10	0	0,00	10
11	dèficit_11	0	0,00	11
12	dèficit_12	0	0,00	12

Taula 52: Calibració dels resultats obtinguts en l'actualització del balanç hídric d'Andorra per a l'any 2012.

h)Ransol: Evolució de les variables del balanç 2006-2012

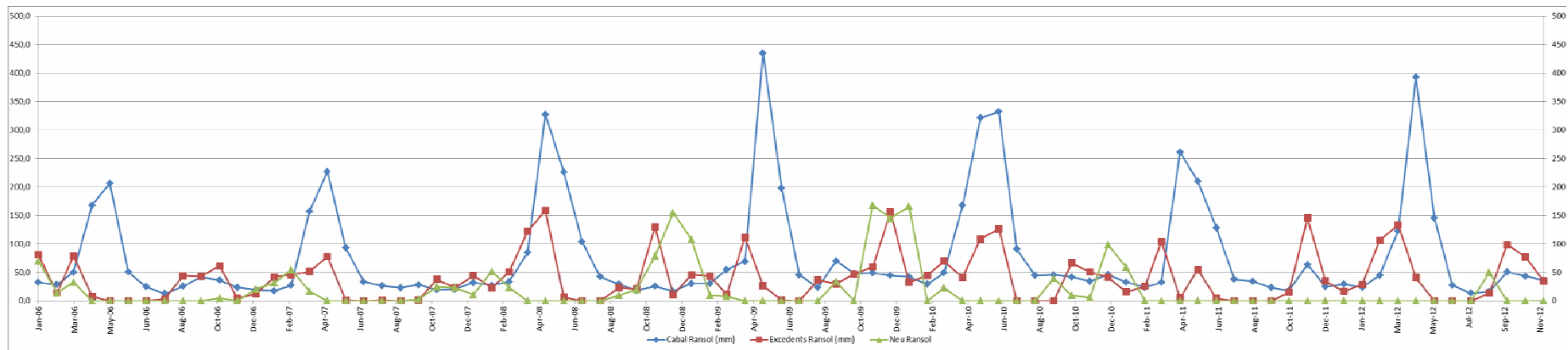


Figura 75: Evolució dels excedents del model, cabal mesurat i neu precipitada a Ransol per al període 2006-2012.

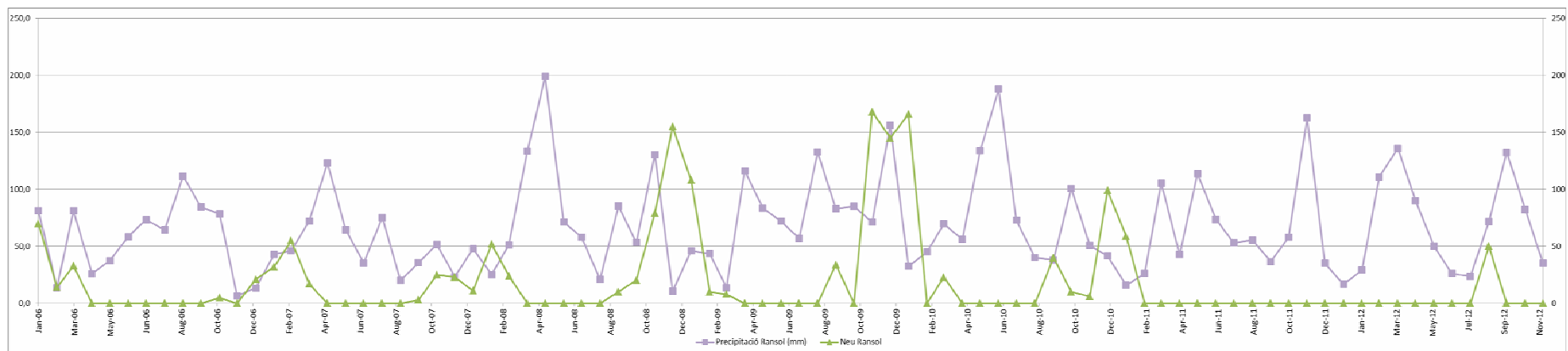


Figura 76: Evolució de la precipitació resultant del model a Ransol amb la neu caiguda en el mateix punt per al període 2006-2012.

i) Madriu: Evolució de les variables del balanç 2006-2012

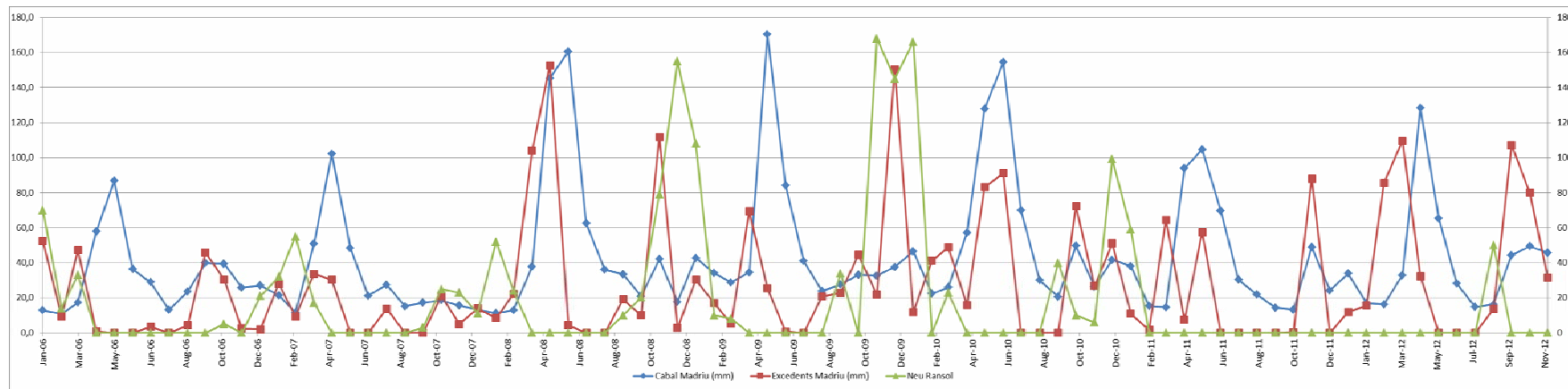


Figura 77: Evolució dels excedents del model, cabal mesurat a Madriu i neu precipitada a Ransol per al període 2006-2012.

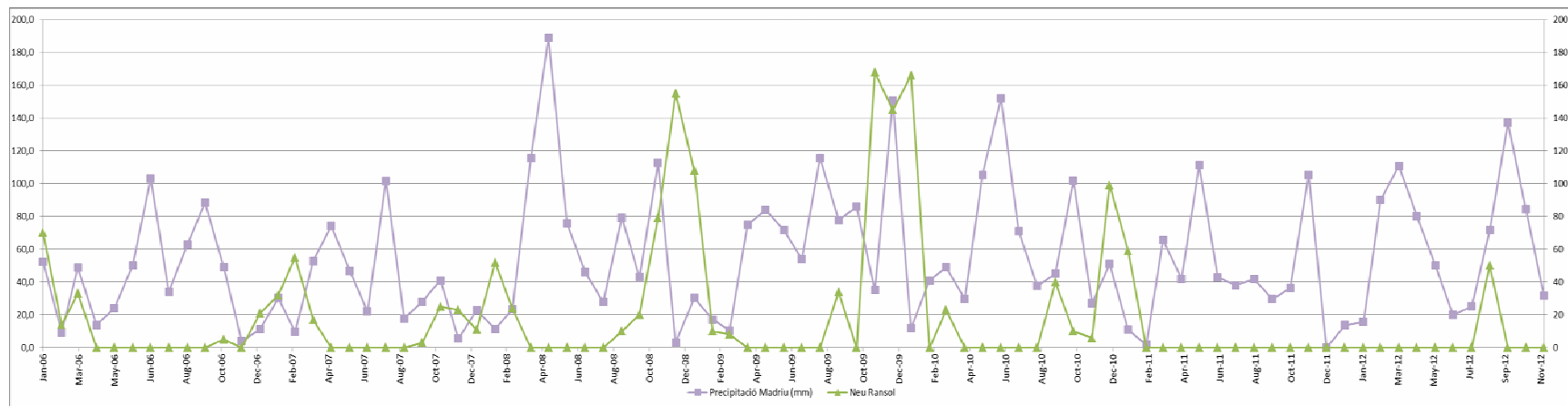


Figura 78: Evolució de la precipitació resultant del model a Madriu amb la neu caiguda a Ransol per al període 2006-2012.

j) Escalls: Evolució de les variables del balanç 2006-2012

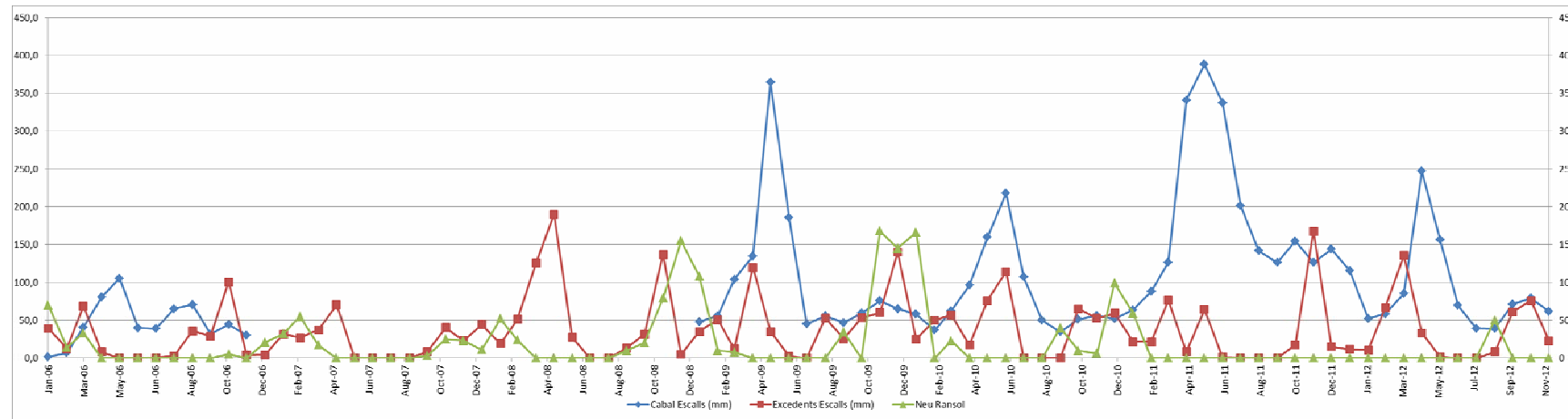


Figura 79: Evolució dels excedents del model, cabal mesurat a Escalls i neu precipitada a Ransol per al període 2006-2012.

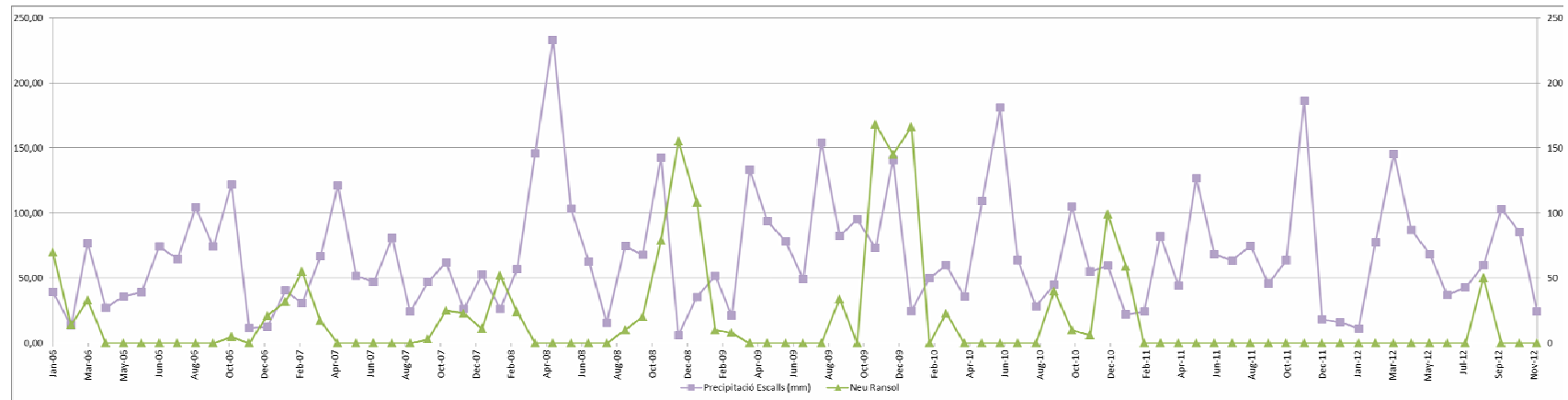


Figura 80: Evolució de la precipitació resultant del model a Escalls amb la neu caiguda a Ransol per al període 2006-2012.



www.mediambient.ad