



Govern d'Andorra

ESTUDI PER A L'ELABORACIÓ ANYAL DEL BALANÇ HÍDRIC DEL PRINCIPAT D'ANDORRA - ANY 2016 -

(PERÍODE 2013-2018)



REVISÓ del Gener 2019

0	NOTA PRÈVIA.....	3
1	OBJECTIUS.....	3
2	DADES BASE DE PRECIPITACIÓ I TEMPERATURA.....	3
3	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC	6
3.1	RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC.....	6
4	CONTRAST DE RESULTATS	7
4.1	ANÀLISI DELS CABALS AFORATS	7
5	EL BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES	10
6	CONCLUSIONS	16
7	BIBLIOGRAFIA	17
8	ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. Càlcul del balanç hídric	18
8.1	Càlcul de l'evapotranspiració.....	19
8.1.1	Generalitats.....	19
8.1.2	Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite.....	19
8.2	Càlcul de la pluja útil	22
8.3	Estimació del dèficit hídric.....	23
8.4	Evolució de la reserva d'aigua del sòl.....	24
8.5	Comprovació resultats.....	26
9	Comparació dels models d'hídric i CENMA. any 2015	28
	Anàlisi de precipitació	30
	Anàlisi de temperatura	32
	Anàlisi de la ETR.....	33
	Anàlisi dels Excedents	35
	Conclusions	36

0 NOTA PRÈVIA

Arran d'uns desajustos detectats en els mapes elaborats pel CENMA—Centre d'estudis de la neu i de la muntanya d'Andorra-, de les dades de precipitació i temperatura mensuals de l'any 2016, el passat 2018 el mateix Centre ha dut a terme unes correccions (entre les quals hi ha la incorporació de l'estació de l'Hospitalet-Meteo France) que han donat a lloc a disposar de noves dades base de P i T. Aquest fet ha comportat que s'hagi refet *l'Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra (any 2016)-Novembre 2017-* i quedi substituït pel present document.

Malgrat que el CENMA facilita els mapes base amb els límits administratius (territori andorrà), per a l'estimació dels recursos hídrics es treballa amb els límits de conques hidrogeològiques, abastant una superfície de 522,26 Km², que inclou territori andorrà i transfronterer. Totes les figures que es presenten en el present document fan referència a aquests límits, tot i que es pot veure que tant es donen resultats que tracten sobre el domini andorrà (límit administratiu) com sobre el domini d'estudi (conques hidrogeològiques).

Aprofitant que es disposa des de finals del 2017 de nous límits administratius establerts pel Servei de Cartografia del Govern d'Andorra, aquests s'incorporen en aquest estudi, implicant passar d'una superfície d'Andorra de 467,7 a 467,45Km².

1 OBJECTIUS

L'objectiu del present document, és el d'estimar els recursos hídrics subterranis del Principat, en aquest cas, per l'any 2016, en base a un balanç hídric.

Per dur a terme el balanç hídric es tenen en compte dues dades bàsiques, per una banda els aportats d'aigua procedents de les precipitacions mensuals, i per l'altra la temperatura màxima i mínima diària. Fins ara, Hídric recollia dades de Precipitació i Temperatura i processava els mapes. Per l'anàlisi del 2016, ha estat el CENMA qui ens ha proporcionat aquesta informació de base i per tant ja disposem de la distribució de la temperatura i precipitació mensual necessària per a dur a terme els càlculs de balanç hídric. Així mateix, el CENMA també ens ha facilitat la distribució de la temperatura i precipitació per a un any mig (període 1981-2010).

2 DADES BASE DE PRECIPITACIÓ I TEMPERATURA

Des del 2016 el model de precipitació i temperatura el proporciona el CENMA. S'elaboren mapes mensuals elaborats tenint en compte una àmplia xarxa d'estacions meteorològiques d'Andorra, amb registres en continu de dades climàtiques. Les estacions usades per aquest Centre han estat:

- a) CENMA: Aixàs, bony neres, Sorteny, Perafita
- b) FEDA: Ransol, Central
- c) Govern: Roc sant Pere, Borda Vidal, La comella, Les Salines
- d) MeteoFrance: Hopitalet prè l'Andorre

Les dades recollides passen un control de qualitat: Per elaborar els mapes de temperatura i precipitació han utilitzat les estacions que presenten com a molt 3 dies consecutius o 5 dies no consecutius sense dades al mes, tot i que si se sap que no hi ha hagut precipitació en aquests dies, sí que s'utilitza la informació del mes.

A continuació es donen els resultats de precipitació i temperatura del 2016.

El mapa de distribució de les precipitacions anuals permet veure que es tenen valors màxims a l'est del país, i mínims als fons de vall. El valor mig és de 1022 mm (límit administratiu).

En la **figura 1** es mostra el model de distribució de les precipitacions de l'any 2016.

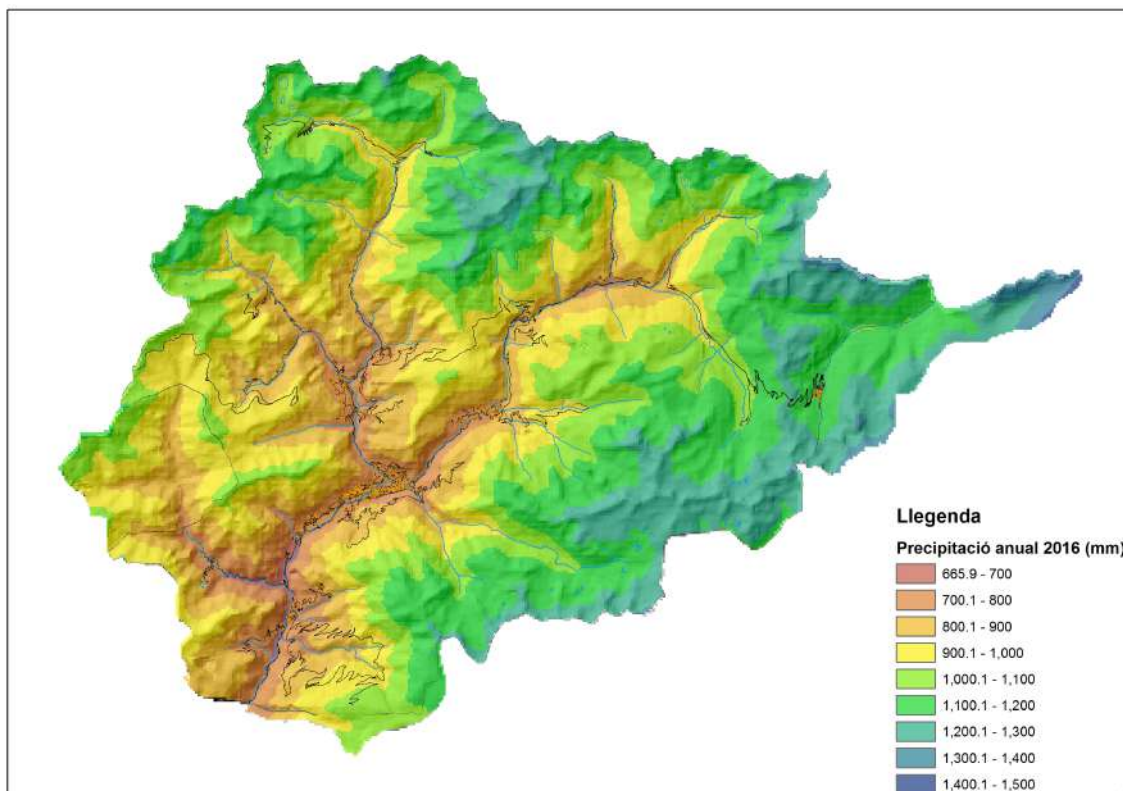
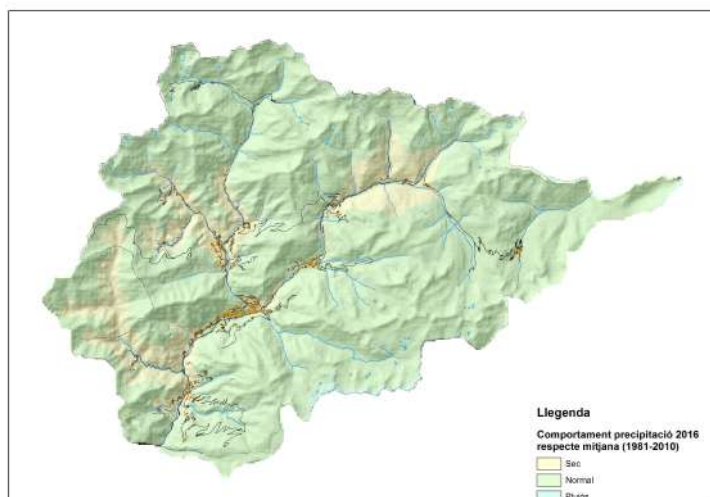


Figura 1. Mapa d'isohietes de les precipitacions acumulades el 2016. Dades base facilitades pel CENMA

Si es comparen les precipitacions acumulades el 2016 amb la mitjana climàtica de 30 anys – sèrie 1981-2010 (valorat amb 1054 mm, límit administratiu)-, s'observa que es tracta d'un any dominantment normal en el conjunt del país amb valors més secs en el sector de la vall d'Òs de Civís i del fons de vall de la conca del Valira d'Orient.



En la **figura 2** es mostra el resultat de relacionar les precipitacions del 2016 amb la mitjana climàtica.

Figura 2. Mapa comparatiu de les quantitats acumulades registrades el 2016 i els corresponents valors mitjans.

En relació a la temperatura, l'any 2016 presenta una temperatura mitja anual de 5,3°C (límit administratiu). Els valors mínims es detecten en el terç nord i est del Principat coincidint amb alta muntanya i les temperatures màximes es detecten en els fons de vall i sud del país.

En la **figura 3** es mostra el model de distribució de les temperatures de l'any 2016.

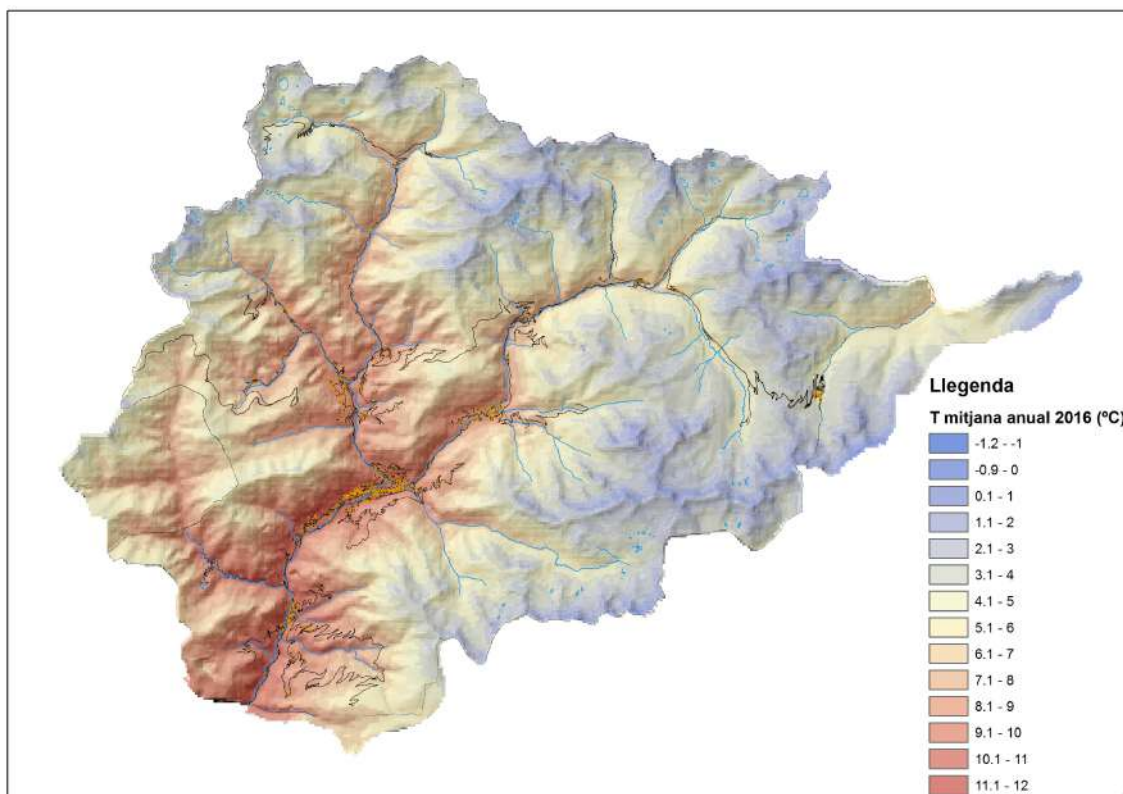
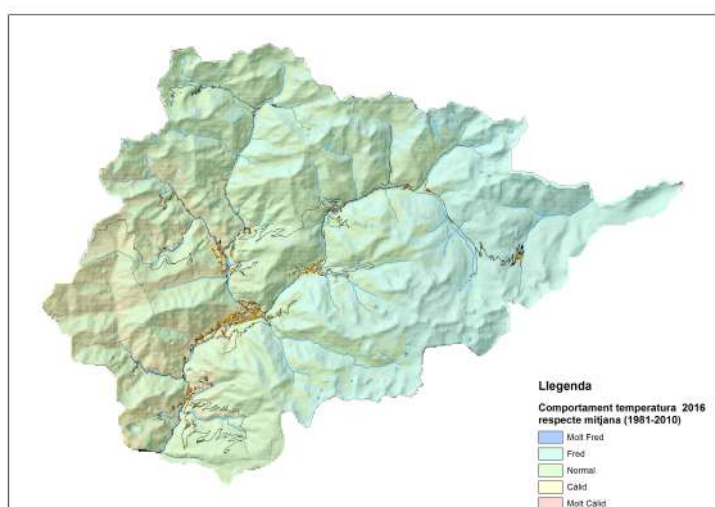


Figura 3. Mapa de distribució de les temperatures mitges del 2016. Dades base facilitades pel CENMA

Comparant la temperatura mitja anual amb la mitjana climàtica de 30 anys (període 1981-2010 valor de 5,6°C), s'observa que les temperatures del 2016 han estat en conjunt, normals, tot i que en detall s'aprecia que la meitat est ha estat més freda i al sud oest han estat més càlides.



En la **figura 4** es mostra la relació entre la temperatura estimada pel 2016 i la mitjana climàtica.

Figura 4. Mapa de les diferències de temperatura de l'any 2016 respecte la mitja.

3 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

De cara a estimar els recursos hídrics del 2016, que potencialment poden ésser usats per les necessitats de l'home (també anomenada pluja útil), s'ha dut a terme un balanç hídric.

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

$$P = ETR + Pu \pm \Delta R \dots\dots\dots(1)$$

on:

P=Precipitació total: sòlida i líquida

ETR= Evapotranspiració real

Pu=Pluja útil o excedents

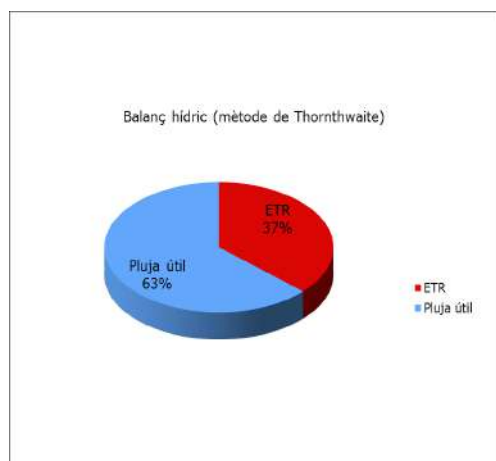
ΔR =Variació de la reserva d'aigua en el sòl

3.1 RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC

En la següent taula es mostra un resum del balanç hídric segons la metodologia i càlculs que s'exposen en l'**Annex de documentació**.

T mitja	P acumulada	ETR	Pluja útil (excedents)	ΔR
5,3	1022 mm	378	646 mm	+3,7 mm

Taula 1. Resum balanç hídric en base al mètode de Thornthwaite. Superfície calculada=467,45 Km² (límit administratiu)



Les entrades al sistema són les precipitacions, amb un valor mig de 1022 mm/any. Les sortides al sistema es distribueixen en evapotranspiració, amb uns 378 mm i pluja útil amb 646 mm.

La reserva d'aigua en el sòl a finals del 2016 ha augmentat en 3,7 mm si es compara en com estava a finals del 2015. En l'**Annex 8.4** es mostra l'evolució històrica de la reserva.

Segons el mètode de Thornthwaite, l'evapotranspiració (ETR) suposa el 37% mentre que la pluja útil representa el 63%. En el següent gràfic es mostra la distribució de les

sortides segons el mètode de càlcul utilitzat.

Figura 5. Balanç hídric segons Thornthwaite (Calculat tenint en compte que la reserva d'aigua al sòl és variable segons la zona)

4 CONTRAST DE RESULTATS

4.1 ANÀLISI DELS CABALS AFORATS

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 durant el 2016 del riu Gran Valira en l'estació d'aforament de la Borda Sabater, així com en el riu Madriu, riu Valira d'Orient a Ransol i al riu Valira del Nord en el pont dels Escalls. En la següent taula 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
CHE(A402)-Pont Escalls	533986	24046	Valira Nord	145,68
Borda Sabater	529639,5	16525,1	Gran Valira	452,33

Taula 2. Situació aproximada (coordenades Lambert III Andorra), riu aforat, superfície de la conca hidrogràfica de les estacions d'aforament utilitzades.

En la següent figura es mostra l'abast hidrogràfic cada estació d'aforament.

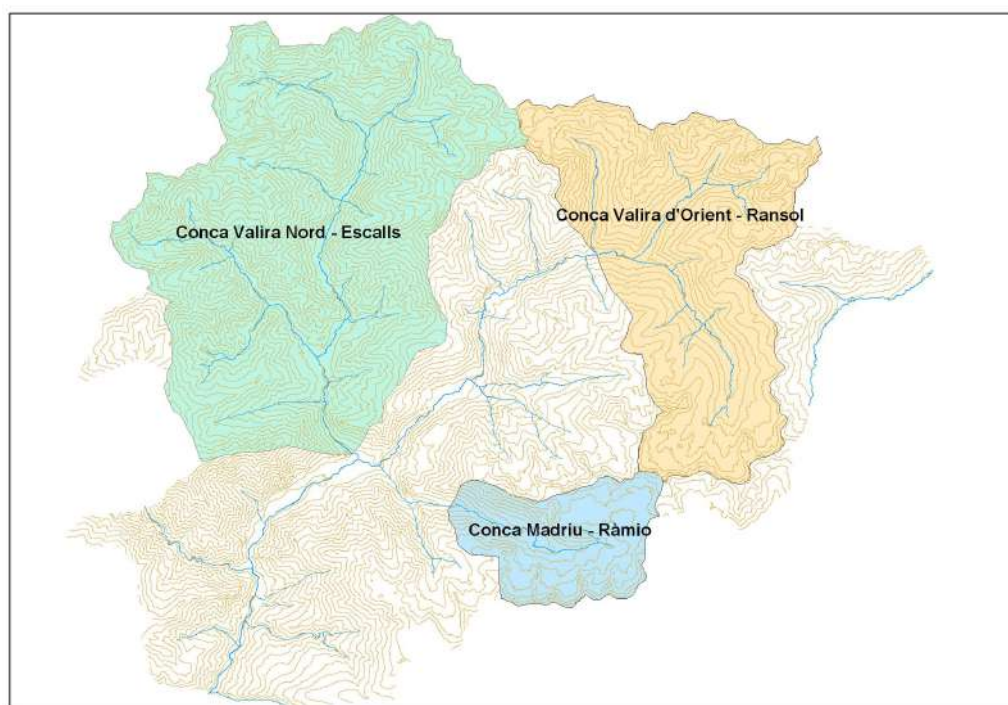


Figura 6.. Mapa de situació de les conques estudiades de Valira Nord – Escalls, Conca Valira Orient Ransol i Conca Ràmiu – Madriu.

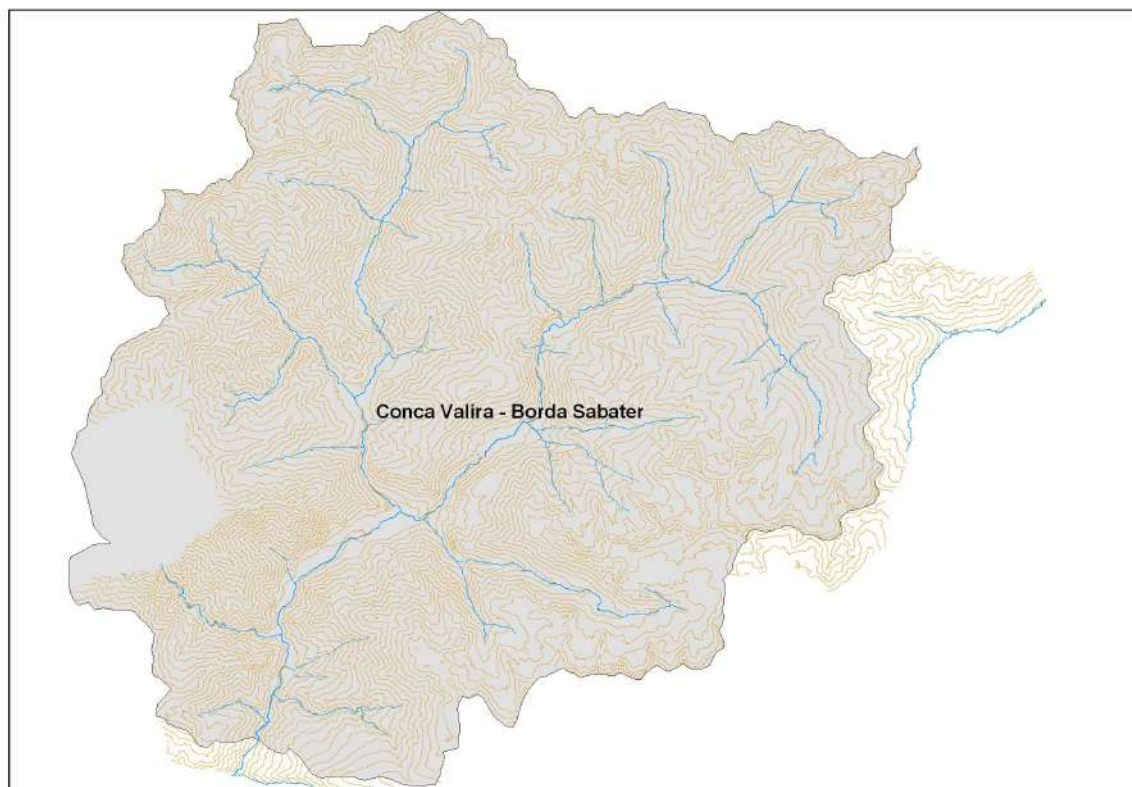


Figura 7. Mapa de situació de la conca Valira – Borda Sabater.

Donat que part dels cabals de fonts i torrents que drenen cap la riu Gran Valira són captats per a usos principalment domèstics i que les seves aigües no són directament abocades al riu Gran Valira si no a la xarxa de col·lectors d'aigües residuals de l'EDAR-SUD de St. Julià, s'ha tingut en compte també el cabal procedent d'aquesta EDAR.

El cabal d'entrada a l'EDAR-SUD de St. Julià durant el 2016, segons dades facilitades pel ministeri responsable del medi ambient, és de 12,7 Hm³/any. El cabal mig del riu Gran Valira durant el 2016 ha estat de 7,59 m³/s. Aquest cabal, sumat amb el procedent de l'EDAR, suposa uns 8 m³/s, o sigui 252,06 Hm³/any, que repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 565,44 L/m²*any.

El cabal del riu Valira del Nord, segons dades facilitades per la *Confederación Hidrológica del Ebro* es calcula que és d'uns 4,19 m³/s, o sigui 132 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 907 L/m²*any.

El cabal del riu Valira d'Orient a Ransol, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 2,05 m³/s, o sigui 64,56 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 788,66 L/m²*any.

El cabal del riu Madriu, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 0,43 m³/s, o sigui 13,68 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 525,14 L/m²*any.

En la següent taula es resumeix els valors anteriorment comentats.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m ³ /s	7,99	4,19	2,05	0,43
	Cabals Hm ³ /any	252,06	132,14	64,56	13,68
	Cabal específic (Qe) L/m ² *any	565,44	907,03	788,66	525,14
Mètode de Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m ² *any	636,15	618,47	746,31	821,48
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-13	32	5	-56

Taula 3. Resum dels cabals registrats durant el 2016 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

Aquest any en les conques de més alta muntanya (Valira del nord i d'Orient) presenten un cabal estimat mitjançant modelització del balanç hídric entre un 5 i un 32% més baix que el cabal aforat, en canvi en les conques del Madriu i Gran Valira s'inverteixen els termes i els cabals estimats són entre un 13 i un 56% superiors al cabal aforat.

Cal tenir present que els cabals aforats poden dur associats fins un $\pm 25\%$ d'error, i cal tenir en compte les següents limitacions en les anàlisis dutes a terme:

- S'ha dut a terme manualment els càlculs del balanç hídric en algunes estacions representatives del país (Ransol, i Central FEDA) per tal de comprovar que la resolució del model s'ha fet correctament, i s'obtenen valors similars (**Annex 8.5**).

- En les estacions de cabal 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 error que no se'ns ha facilitat.

- 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.

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

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

- Segons se'ns ha comentat des del CENMA les lectures de precipitacions durant l'hivern no són sempre fiables perquè la mostra d'aigua/neu recollida en els pluviòmetres es gela i dona un registre poc real.

- La distribució de les precipitacions i temperatures es fa segons un model numèric, donat que no es disposa de suficients estacions meteorològiques.

Des del 2016, el model el proporciona el CENMA usant les estacions del territori andorrà, i l'estació de Météofrance de l'Hospitalet. En el cas del Model realitzat per Hídric, abans del 2016, es tenien en compte un total de 46 estacions andorranes, catalanes i franceses dels dos vessants del Pirineu. La comparació d'ambdós models (feta pel 2015) permet concloure que a nivell global els dos models presenten valors similars de P, T, ETR i excedents, però l'anàlisi detallat de cada paràmetre permet veure una distribució diferent en el país. Així, trobem diferències de valors, per exemple d'excedents, a nivell de conques específiques, sobretot les ubicades en els extrems del país: amb el model del CENMA les conques del nord presenten menys recursos o excedents, i les del sud n'aporten més. **En l'annex 9 del document s'adjunten resultats de la comparació dels resultats del model del CENMA amb el d'Hídric per l'any 2015.**

- A l'hora de calcular la ETR es considera que tota la precipitació està disponible, no tenint-se en compte que part d'aquesta s'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 que es basa exclusivament en la variable temperatura mitja mensual.

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

5 EL BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES

De les diferents unitats hidrogeològiques identificades en l'estudi de les *Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007) es mostra una taula resum amb els resultats del balanç hídric dut a terme.

El mètode de càlcul per estimar la pluja útil de cada unitat ha estat mitjançant el càlcul de l'ETP segons Thornthwaite.

En el conjunt del territori estudiat (que tal i com s'ha comentat es treballa a nivell de conques hidrogeològiques que inclouen tota la conca hidrogràfica del Valira i conca hidrogràfica del riu de l'Ariege, i és de 522 Km²), la pluja útil ha estat el 2016 d'uns 341 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornhwaite, i d'aquests, 307 Hm³/any són disponibles, doncs es fixa la xifra del 10% de la pluja útil com a aigua destinada als ecosistemes aquàtics -cabals ecològics-.

Repartit entre el territori andorrà (467 Km²), la pluja útil estimada mitja del 2016 representa uns 302 Hm³/any. D'aquests, 272 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

Nom	Superfície (m2)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm3/any)	ETR (Hm3/any)	Excedents (Hm3/any)	Cabal disponible (Hm3/any)	Precipitació respecte mitjana (%)	Temperatura respecte mitjana (°C)	Comportament segons P	Comportament segons T
Arinsal	16.551.736	341	704	1.043	4,8	17	6	12	10	92,98%	0,34	Normal	Normal
Ariège	45.628.658	370	848	1.217	3,3	56	17	39	35	102,27%	-1,45	Normal	Molt Fred
Coll de la Gallina	17.321.678	410	445	846	8,1	15	7	8	7	89,88%	0,47	Sec	Normal
Conca d'Erts	15.149.624	427	478	897	7,3	14	6	7	7	90,12%	0,37	Normal	Normal
Conca de Setúria	6.664.367	400	598	984	5,7	7	3	4	4	91,20%	0,61	Normal	Càlid
Cubeta Encamp	768.145	455	326	782	9,3	1	0	0	0	90,54%	0,12	Normal	Normal
Cubeta d'Andorra	2.268.309	444	289	732	11,3	2	1	1	1	91,11%	0,82	Normal	Càlid
Cubeta d'Incles	399.509	416	504	920	6,0	0	0	0	0	88,31%	-0,37	Sec	Normal
Dels Orris	12.728.986	375	659	1.034	4,6	13	5	8	8	97,55%	-0,56	Normal	Molt Fred
El Forn	2.632.292	424	513	937	6,0	2	1	1	1	91,52%	-0,22	Normal	Normal
Encamp	9.831.249	415	504	917	6,9	9	4	5	4	94,06%	-0,14	Normal	Normal
Enclar	16.449.982	414	434	845	8,8	14	7	6	6	91,59%	0,61	Normal	Càlid
Engolasters-Pessons	23.004.376	359	701	1.060	4,3	24	8	16	15	101,50%	-0,66	Normal	Molt Fred
Estall Serrer	256.290	389	692	1.082	5,3	0	0	0	0	105,45%	-0,30	Normal	Normal
Juclar	17.448.266	332	811	1.143	3,0	20	6	14	13	96,90%	-1,06	Normal	Molt Fred
La Bartra	227.795	441	293	734	9,8	0	0	0	0	88,76%	0,04	Sec	Normal
La Cortinada-Sornàs	240.504	477	328	801	9,3	0	0	0	0	87,65%	0,44	Sec	Normal
Llorts - Arans	434.936	488	355	839	8,8	0	0	0	0	89,31%	0,34	Sec	Normal
Madriu	40.121.361	349	783	1.132	4,0	45	14	31	28	106,58%	-0,59	Normal	Molt Fred
Montmalús	7.594.231	341	894	1.236	2,7	9	3	7	6	107,45%	-0,90	Normal	Molt Fred
Ordino	16.960.119	430	506	931	6,8	16	7	9	8	93,15%	0,04	Normal	Normal
Padern	6.040.215	442	357	798	9,2	5	3	2	2	91,74%	0,25	Normal	Normal
Pardines	5.125.714	462	365	823	9,6	4	2	2	2	93,90%	0,43	Normal	Normal
Pla de l'Ingla	96.831	377	740	1.117	4,8	0	0	0	0	105,99%	-0,35	Normal	Normal
Prat Primer	13.956.182	390	554	941	7,1	13	5	8	7	100,49%	-0,03	Normal	Normal
Pui Olivesa - Runer	400.976	484	223	705	11,6	0	0	0	0	88,95%	0,59	Sec	Càlid
Riu Muntaner	6.750.483	395	510	898	6,8	6	3	3	3	93,97%	0,00	Normal	Normal
Ràmo	231.213	409	517	926	7,3	0	0	0	0	100,20%	-0,04	Normal	Normal
Salines	18.401.587	371	684	1.051	5,1	19	7	13	11	96,43%	-0,02	Normal	Normal
Sant Julià	33.250.793	405	555	958	7,2	32	13	18	17	100,10%	0,16	Normal	Normal
Sornàs-Pont d'Ordino	259.304	476	300	773	9,7	0	0	0	0	87,30%	0,50	Sec	Normal
Valira del Nord	45.880.845	346	760	1.102	4,3	51	16	35	31	97,16%	-0,15	Normal	Normal
Òs de Civis	22.777.602	386	568	945	6,3	22	9	13	12	90,84%	0,61	Normal	Càlid
Coma Ransol	98.513	388	536	924	5,5	0	0	0	0	87,60%	-0,36	Sec	Normal
Valira d'Orient	77.701.777	354	720	1.073	3,7	83	27	56	50	95,67%	-0,64	Normal	Molt Fred
Montaup	16.994.093	387	654	1.038	5,1	18	7	11	10	96,10%	-0,08	Normal	Normal
Cubeta Montaup	286.720	372	608	979	4,4	0	0	0	0	90,66%	-0,46	Normal	Normal
Aldosa	7.713.967	422	457	874	7,5	7	3	4	3	92,76%	0,05	Normal	Normal
Conca de Sispony	11.643.665	418	494	902	7,2	11	5	6	5	91,82%	0,40	Normal	Normal
Cubeta de la Massana	1.970.611	461	314	771	9,7	2	1	1	1	88,17%	0,53	Sec	Càlid
Nous Limits	522.263.506	180	653	1.028	5,3	537	94	341	307	97,54%	-0,29	Normal	Normal
Limits administratius	467.451.287	378	646	1.022	5,3	478	176	302	272	96,45%	-0,22	Normal	Normal

Taula 4. Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques any 2016. Mitja del període 1981-2010

La distribució de les precipitacions, ETR i pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques es mostra en les següents figures. En relació a les precipitacions s'observa el següent:

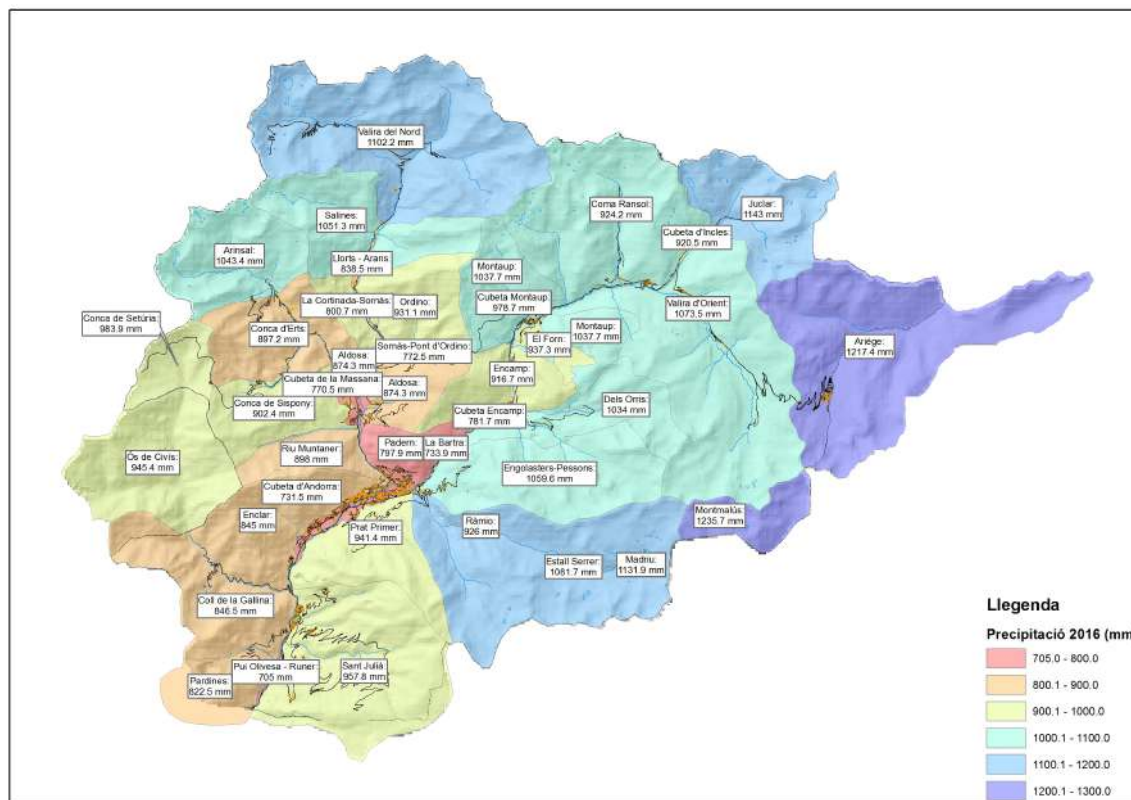


Figura 8. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats del nord i oest del Principat, com de l'Arriège, Montmalús, Juclar, Valira del nord, Pla d'Inglà, i Madriu presenten valors de precipitacions superiors a 1100 mm, mentre que a l'altre extrem tenim les unitats del Pui d'Olivesa, cubeta d'Andorra la Vella, i la Bartra amb valors mínims, per sota els 750 mm.

En relació a l'ETR, es tenen valors alts, per sobre els 450 mm en les unitats del centre i oest del país, com la de la cubeta d'Encamp, de la Massana, les Pardines, Sornàs, La Cortinada, Pui d'Olivesa i Llorts-Arns i els mínims, per sota els 350mm es detecten en unitats com Montmalús, Juclar, Arinsal, Valira del Nord i Madriu.

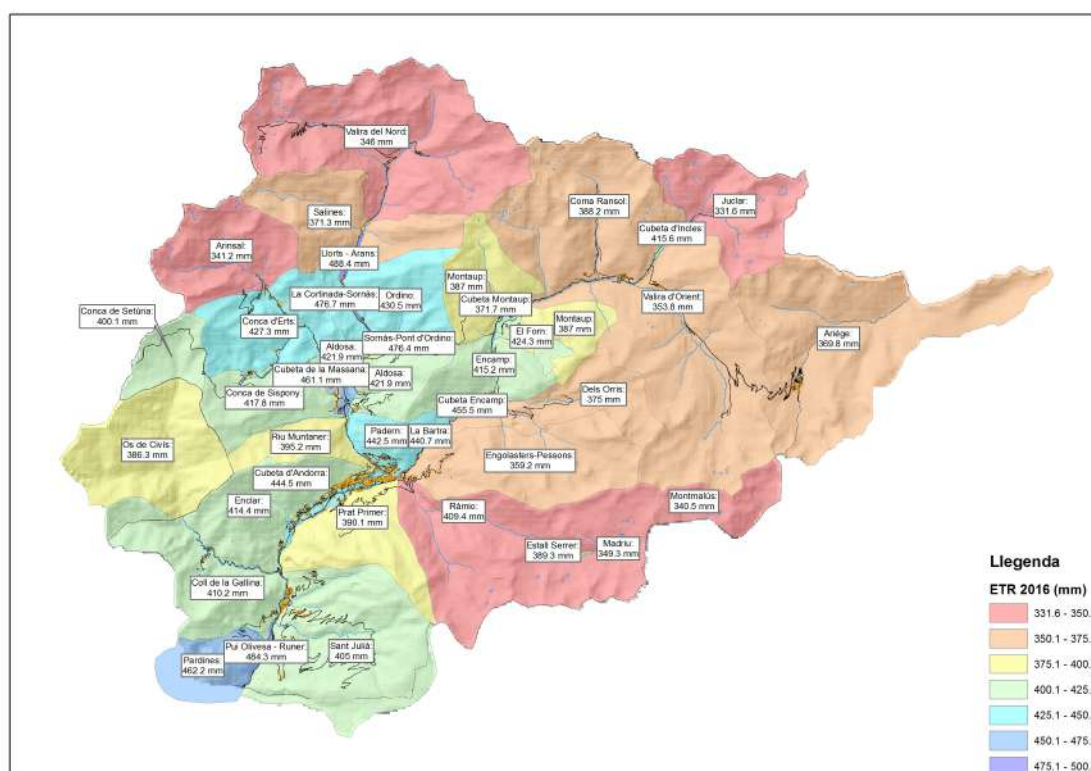


Figura 9. Mapa de distribució de l'ETR en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

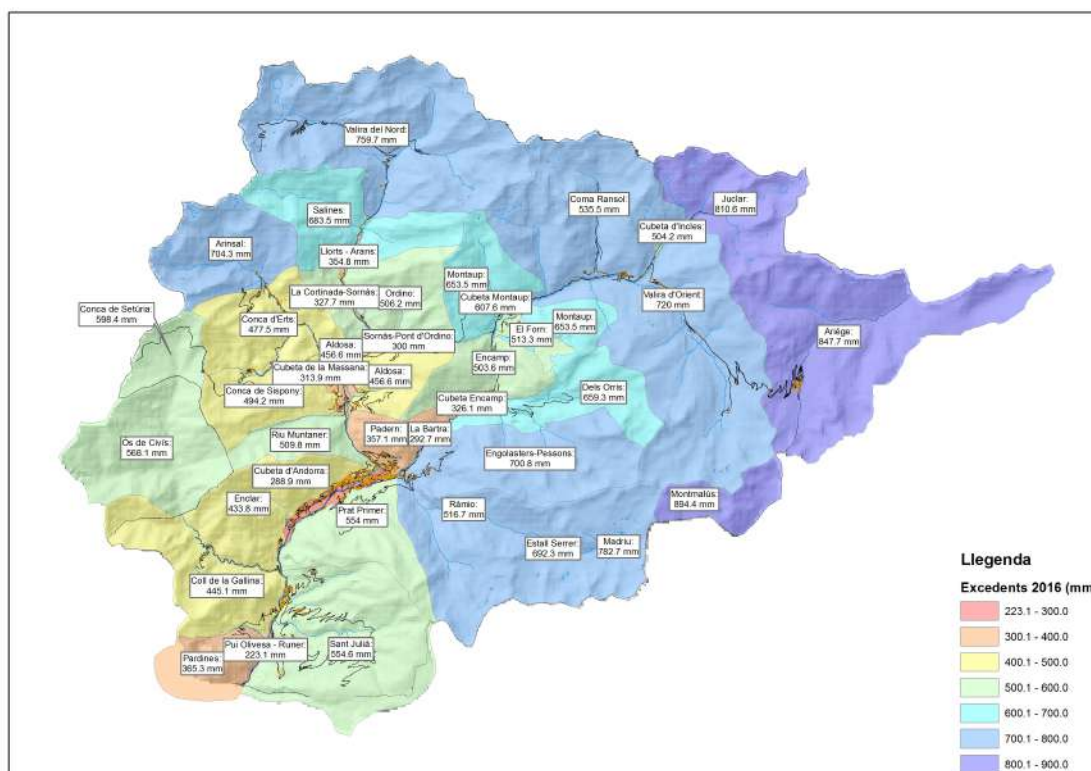


Figura 10. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats hidrogeològiques amb majors excedents són les ubicades al nord i oest del país, com Juclar, Montmalús i Ariege, amb valors per sobre els 800mm. Les unitats amb excedents menors, per sota dels 300 mm, s'ubiquen al sud, amb les cubetes del Pui d'Olivesa, cubeta d'Andorra la vella i Padern (**figura 10**).

En la **figura 11** representa els excedents de cada conca com a percentatge de desviació respecte el valor mig de la mateixa per al període 1981-2010. Unitats com Madriu i Prat Primer han presentat uns excedents superiors a la mitja, i les unitats com Pui d'Olivesa, La Cortinada, Llorts i Sornàs han presentat valors inferiors.

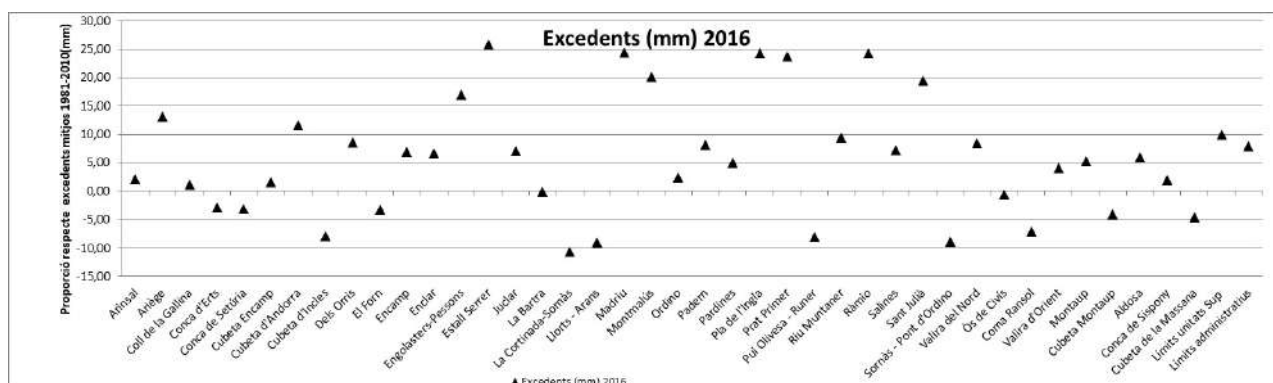


Figura 11. Gràfic de distribució dels excedents en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

En la **taula 5** es mostra els excedents, passats a unitats de cabal, en Hm^3/any , que s'haurien de registrar en els torrents de les conques hidrogràfiques analitzades: Valira del Nord, Valira d'Orient, Gran Valira, Ariege, i la Llosa.

Taula 5. Estimació dels excedents per diferents conques hidrogràfiques. (*) es tracta de conques parcials –veure figura 12-

Excedents estimats (Hm^3/any)				
Valira d'Orient	Valira del Nord	Gran Valira*	Ariege*	La Llosa*
147,46	89,24	59,35	38,62	15,92

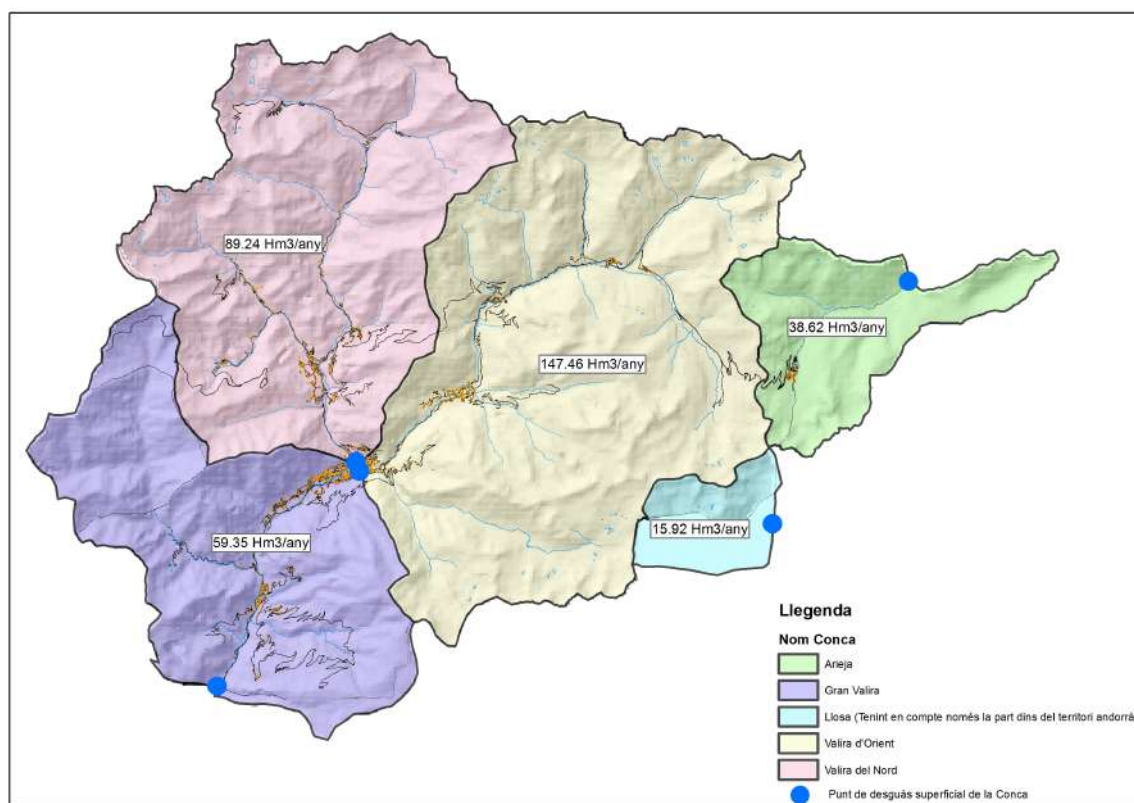


Figura 12. Mapa de distribució de la pluja útil en les grans conques hidrogràfiques.

6 CONCLUSIONS

Aquest 2016 el mòdul de precipitació mig del territori andorrà s'estima que és de 1022 mm quan la mitja de 30 anys és d'uns 1054 mm. El 2016 ha estat un **any normal** si es compara amb la mitjana de precipitacions de 30 anys pel període 1981-2010, segons dades base facilitades pel CENMA.

La temperatura mitja del 2016 s'estima que ha estat de 5,3°C, quan la mitja de 30 anys és de 5,6°C. Comparant la temperatura mitja anual amb la mitjana climàtica, es tracta d'un **any normal**.

El mètode de càlcul per estimar la pluja útil de cada unitat ha estat mitjançant el càlcul de l'ETP segons Thornthwaite.

En el conjunt del territori estudiat (que tal i com s'ha comentat es treballa a nivell de conques hidrogeològiques que inclouen tota la conca hidrogràfica del Valira i conca hidrogràfica del riu de l'Ariege, i és de 522 Km²) la pluja útil ha estat el 2016 d'uns 341 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornthwaite, i d'aquests, 307 Hm³/any són disponibles, doncs es fixa la xifra del 10% de la pluja útil com a aigua destinada als ecosistemes aquàtics -cabals ecològics-.

Repartit entre el territori andorrà (467 Km²), la pluja útil estimada mitja del 2016 representa uns 302 Hm³/any. D'aquests, 272 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

7 BIBLIOGRAFIA

- Govern d'Andorra, 2007. Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra
- Govern d'Andorra, 2015. Estudi de per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra. Període 1971-2000 i 2006-2012
- Govern d'Andorra, 2016. Estudi de per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra. Any 2015
- Custodio, E. i Llamas, M.R. 2001. Hidrología subterránea- segunda edición, ed Omega

Àurea Ponsa i Vidales
Llicenciada en Geologia, d'Hídric
NºDecret: 42142/2005

Pau Ferrer i Roura (col.laborador)
Llicenciat en Geologia, d'Eurogeotècnica

Sant Julià de Lòria, 20 de gener del 2019

8 ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

8.1 CÀLCUL DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ

8.1.1 Generalitats

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 (Custodio. E et al 2001).

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).

8.1.2 Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite

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):

$$Epa = 16 * \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad (2)$$

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 (3)

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad (3)$$

a és un exponent que s'obté a partir de l'expressió (4)

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239 \quad (4)$$

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

$$ETP(mm/mes) = Epa \frac{N}{12} * \frac{NDM}{30} \quad (5)$$

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 27.5m*27.5m, 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 **8.6mm** per al país (M.I.Govern d'Andorra, 2015).
- Cada any hidrològic s'inicia amb la reserva del darrer mes de l'any anterior. L'any 2016 s'inicia amb la reserva del desembre del 2015, que era de **2,2 mm** i finalitza el desembre del 2016 amb la reserva a **2,7 mm**.

El mapa de distribució de l'ETR anual (**Figura 13**) presenta valors màxims superiors als 510 mm i mínims per sota els 180 mm. 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 en les capçaleres, 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 respecte a cotes altes.

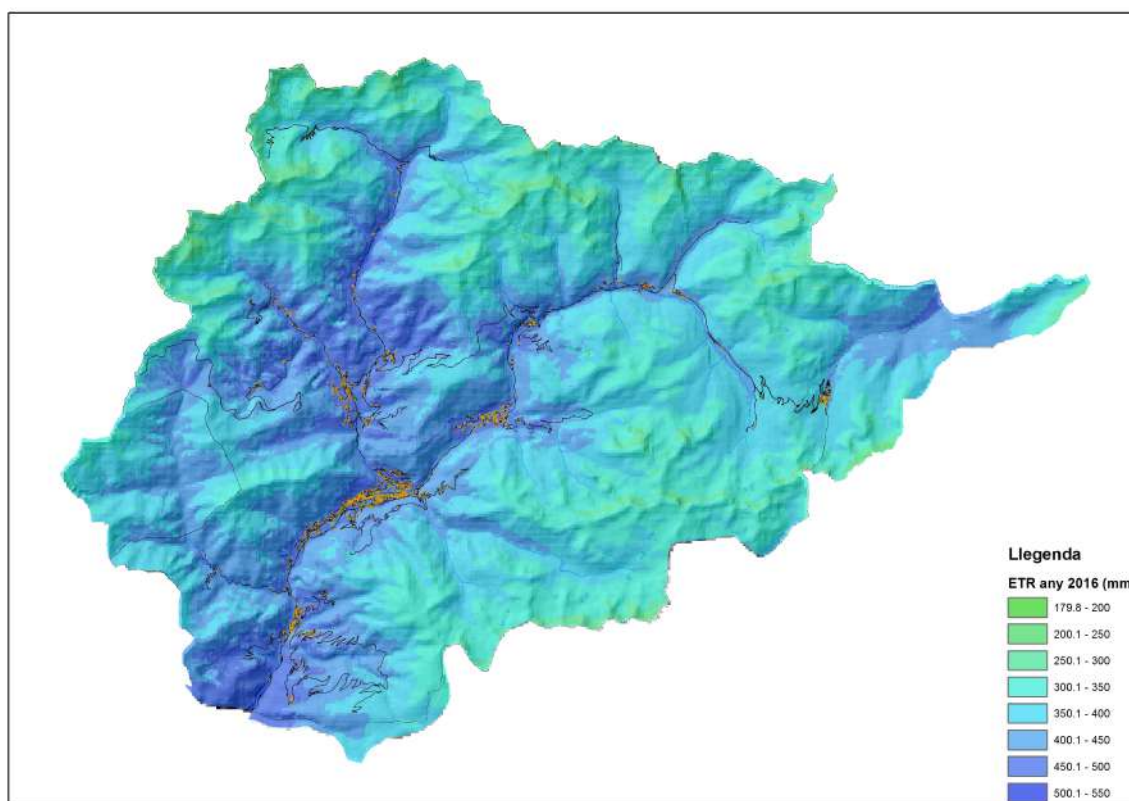


Figura 13. : Mapa de distribució de l'ETR_2016

8.2 CÀLCUL 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 14**).

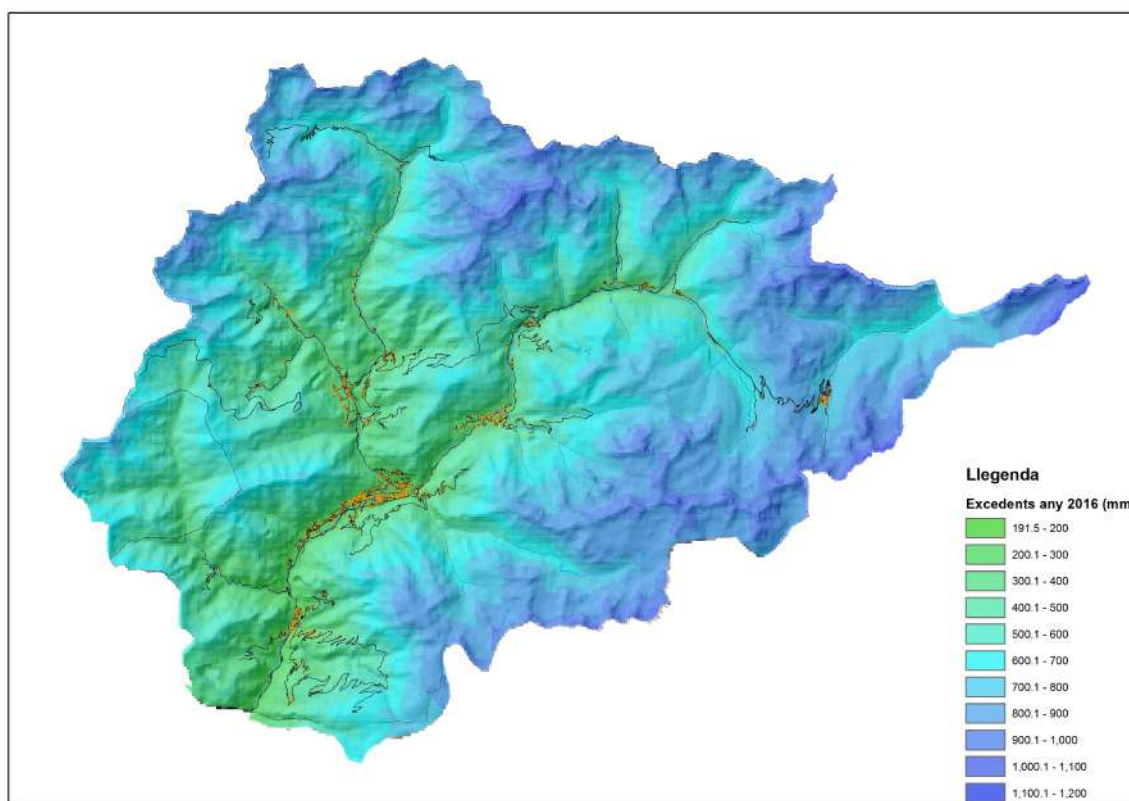


Figura 14. Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per l'any 2016

La pluja útil o excedents estimats presenten els valors màxims de 1076 mm a l'extrem nord i est del país, coincidint amb sectors emplaçats en cotes altes, amb una major precipitació, menor temperatura i baixa ETR, els valors més baixos, per sota els 200 mm s'emplacen en els fons de vall del sud del país. Aquest 2016 el valor mig d'excedents ha estat de 646 mm.

8.3 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 anual calculat en base a l'ETR obtinguda amb el mètode de Thornthwaite (figura 15), permet veure que en termes mitjos el dèficit ha estat baix a la meitat nord i est del país, mentre que en el quadrant sud-oest es tenen valors de fins a 258 mm de dèficit.

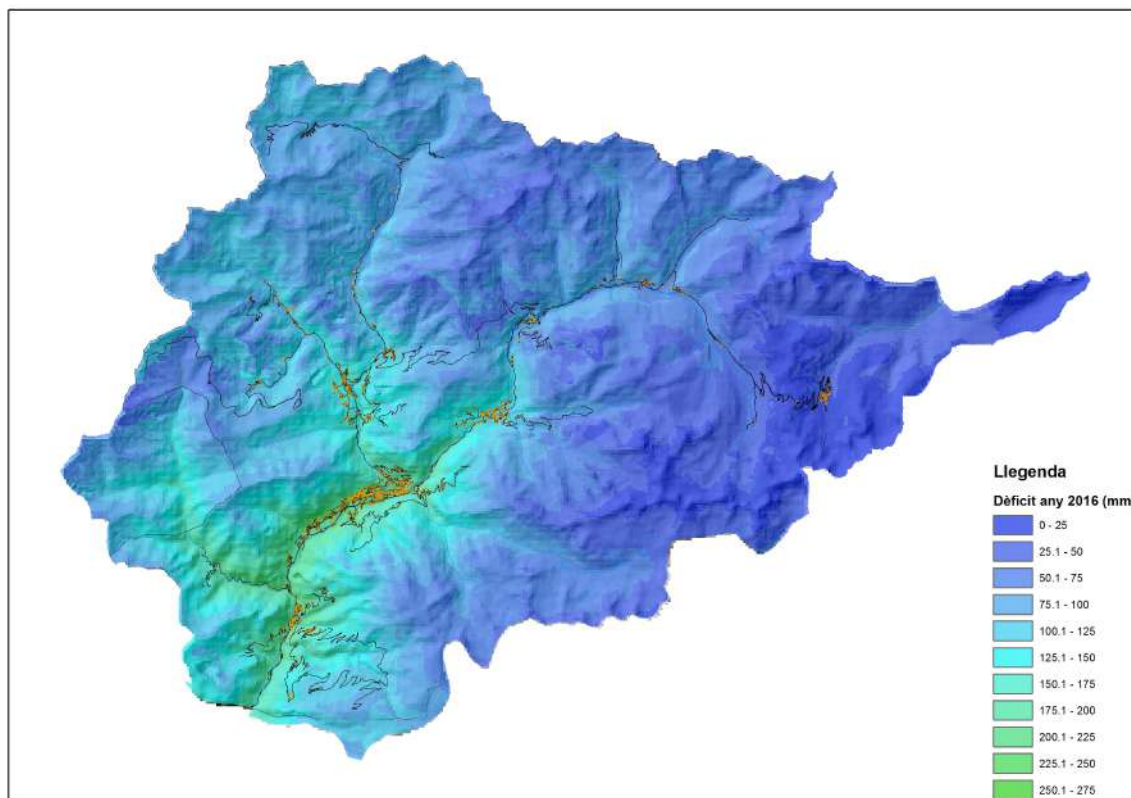
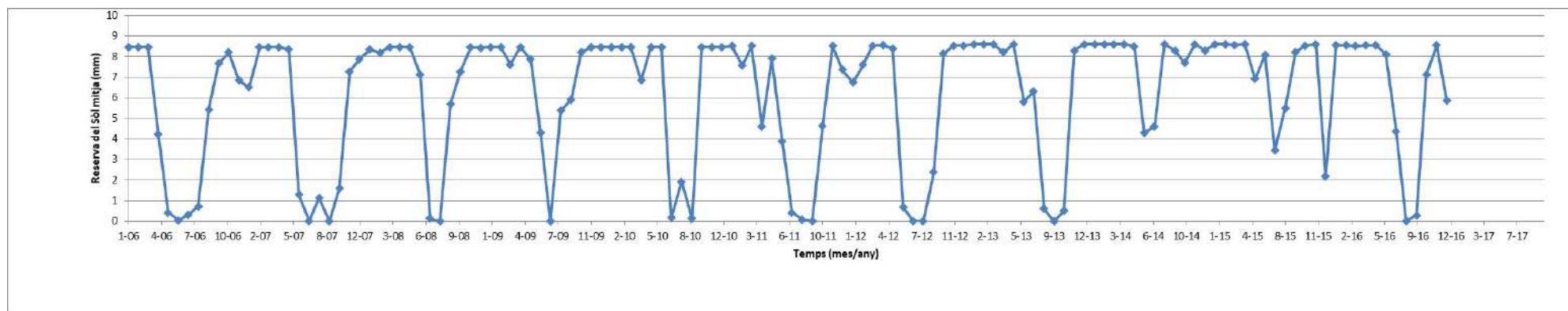


Figura 15. Mapa de distribució dels dèficits estimats per l'any 2016. R= variable, seguint el mètode de Thornthwaite El mètode de càlcul ha consistit en la diferència entre ETP i ETR quan no hi ha reserva disponible.

8.4 EVOLUCIÓ DE LA RESERVA D'AIGUA DEL SÒL

El cicle per a un any climatològicament normal vindria a ser el següent: de mitjans de primavera fins a inici d'estiu la reserva està plena, al màxim. A l'estiu es va buidant, fins a nivells mínims, podent esgotar-se del tot. A finals d'estiu-mitjans de tardor es torna a omplir. Aquest model es compleix en l'any 2009, 2010, 2012 i 2013, tal i com es veu representat en el següent gràfic. La metodologia de càlcul de la reserva mitja del sòl s'explica en *Govern d'Andorra, 2015*.

En els anys més secs, es trenca aquesta ciclicitat, durant l'estiu es buida fins a esgotar-se la reserva i a la tardor hi ha recuperació però no és completa, com succeeix al 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2014, 2015 i 2016.



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
2013	0
2014	-0,3
2015	-6,4
2016	3,7

Figura 16. Evolució de la reserva mitja mensual d'aigua del sòl des del 2006 fins al desembre del 2016. Dades obtingudes del balanç hídric efectuat a nivell de límit administratiu (S=467,45Km²)

NOTA: Aquest valor de reserva es calcula en base al càlcul del balanç hídric (modelització). Cal saber que el ràster de precipitació (P) és d'una mida de cel·la de 90 x 90, en canvi el ràster del balanç (on hi intervé la ETR, els excedents, la reserva) està fet a 27 x 27.

8.5 COMPROVACIÓ RESULTATS

	ransol		central-feda	
valor	model	manual	model	manual
etr_00	442,25	465,64	453,78	478,44
etr_01	0,00	0,00	10,70	10,94
etr_02	0,00	0,00	12,00	11,92
etr_03	8,13	8,17	21,38	22,51
etr_04	32,07	33,10	40,13	42,26
etr_05	54,40	59,25	63,41	70,65
etr_06	86,60	93,13	93,18	102,69
etr_07	102,31	114,71	74,60	74,60
etr_08	88,30	83,39	38,40	38,40
etr_09	21,60	21,60	30,50	30,50
etr_10	40,62	44,23	45,01	49,20
etr_11	8,22	8,07	17,85	18,21
etr_12	0,00	0,00	6,62	6,58
excedents_00	334,85	310,16	257,42	204,36
excedents_01	39,60	38,30	29,70	1,07
excedents_02	58,00	58,00	29,90	29,98
excedents_03	43,37	43,33	0,00	0,00
excedents_04	18,63	17,60	0,00	0,00
excedents_05	47,50	42,65	45,27	34,79
excedents_06	13,40	6,87	11,92	2,41
excedents_07	7,49	0,00	0,00	0,00
excedents_08	0,00	0,00	0,00	0,00
excedents_09	0,00	0,00	0,00	0,00
excedents_10	0,00	0,00	0,00	0,00
excedents_11	103,66	100,20	139,14	134,59
excedents_12	3,20	3,20	1,48	1,52
reserva_01		44,00		28,40
reserva_02		44,00		28,40
reserva_03		44,00		21,79
reserva_04		44,00		19,94
reserva_05		44,00		28,40
reserva_06		44,00		28,40
reserva_07		39,09		0,00
reserva_08		0,00		0,00
reserva_09		0,00		0,00
reserva_10		4,37		0,00
reserva_11		44,00		28,40
reserva_12		44,00		28,40

Taula 6. Taula comparativa del balanç hídric resolt amb el model numèric i resolt manualment, usant les dades de precipitació i temperatura mensual, aplicant Thornthwaite. Any 2016

9 COMPARACIÓ DELS MODELS D'HÍDRIC I CENMA. ANY 2015

Degut al canvi de metodologia en el càlcul del model meteorològic fet a partir del 2016, es va acordar amb el Departament de Medi Ambient que les dades de l'any 2015 es calcularien amb els dos mètodes per establir una correlació entre les dues metodologies.

Cal recordar que les diferències entre el dos mètodes rauen sobretot en les estacions meteorològiques que es tenen en compte. En el cas del Model realitzat per Hídric es tenen en compte un total de 46 estacions andorranes, catalanes i franceses dels dos vessants del Pirineus. En el cas del Model del CENMA, les estacions utilitzades són totes del territori andorrà, i en una segona fase s'ha afegit l'estació de Météofrance de l'Hospitalet per millorar la cobertura de la zona del Pas de la Casa. La interpolació utilitzada és la mateixa en els dos models i es basa en la regressió múltiple + el quadrat de la distància inversa ponderada (IDW2).

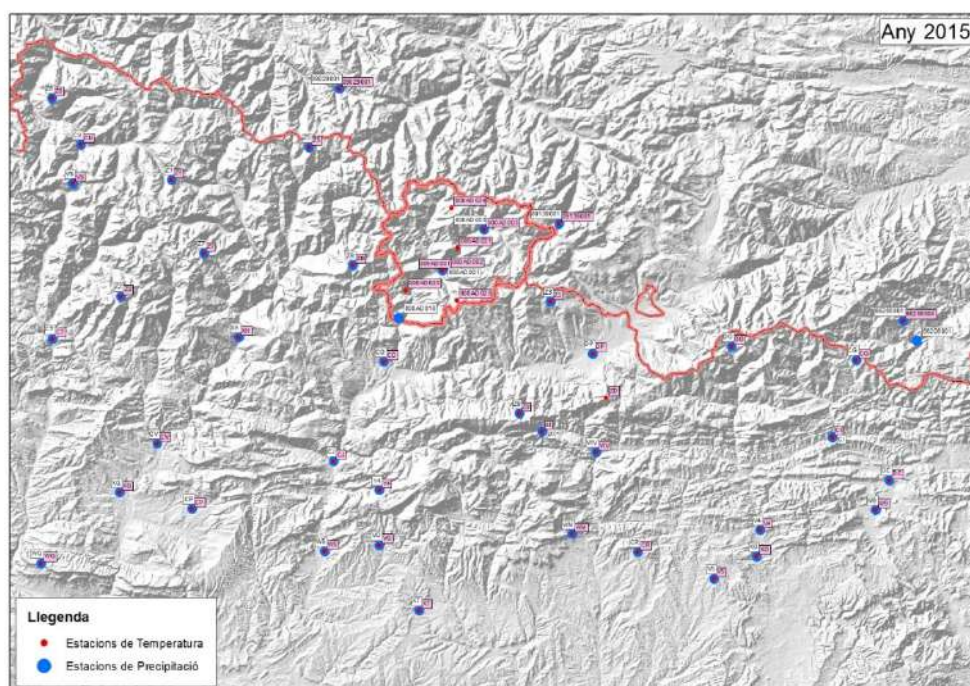


Figura 1 Estacions que es tenen en compte en el model Hídric

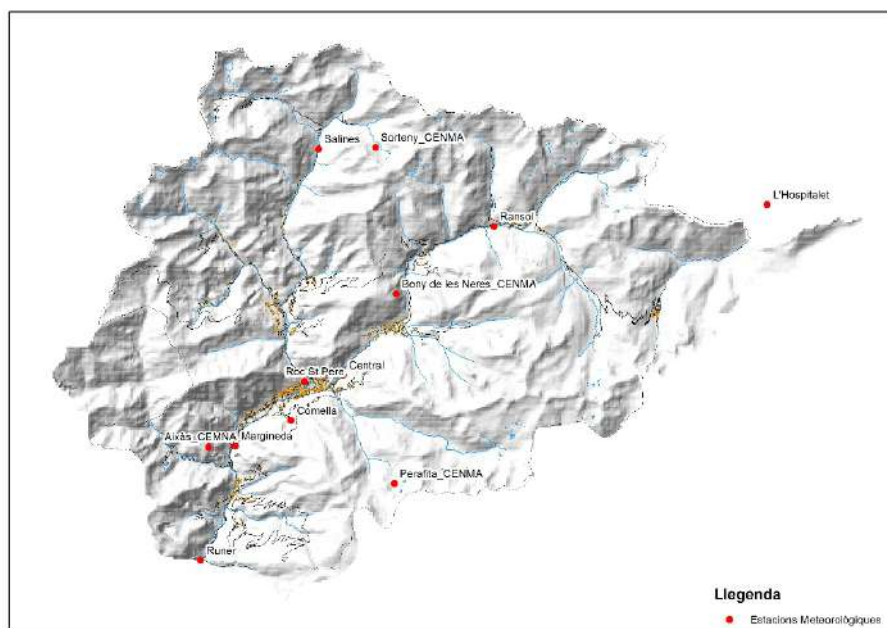


Figura 2 Estacions que es tenen en compte en el model CENMA

Passem a analitzar els resultats obtinguts amb les dues metodologies. En una primera fase les dades de P i T, i després les derivades que utilitzem en el balanç; ETR i Excedents.

Anàlisi de precipitació

A continuació compararem els resultats obtinguts amb les dues metodologies.

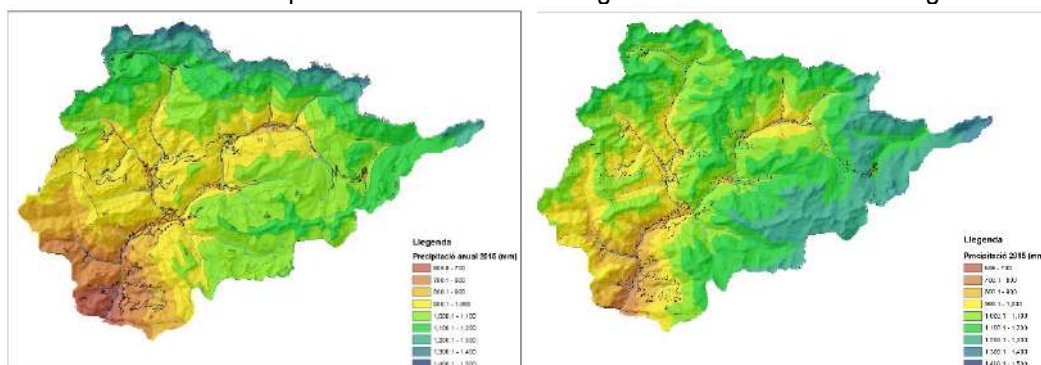


Figura 3 Mapa de precipitació anual 2015 (Model HÍDRIC) i Mapa de precipitació anual 2015 (Model CENMA)

Tal com es pot observar el model del CENMA augmenta la precipitació al sud i oest del país i la disminueix al nord del país, respecte al model d'HÍDRIC.

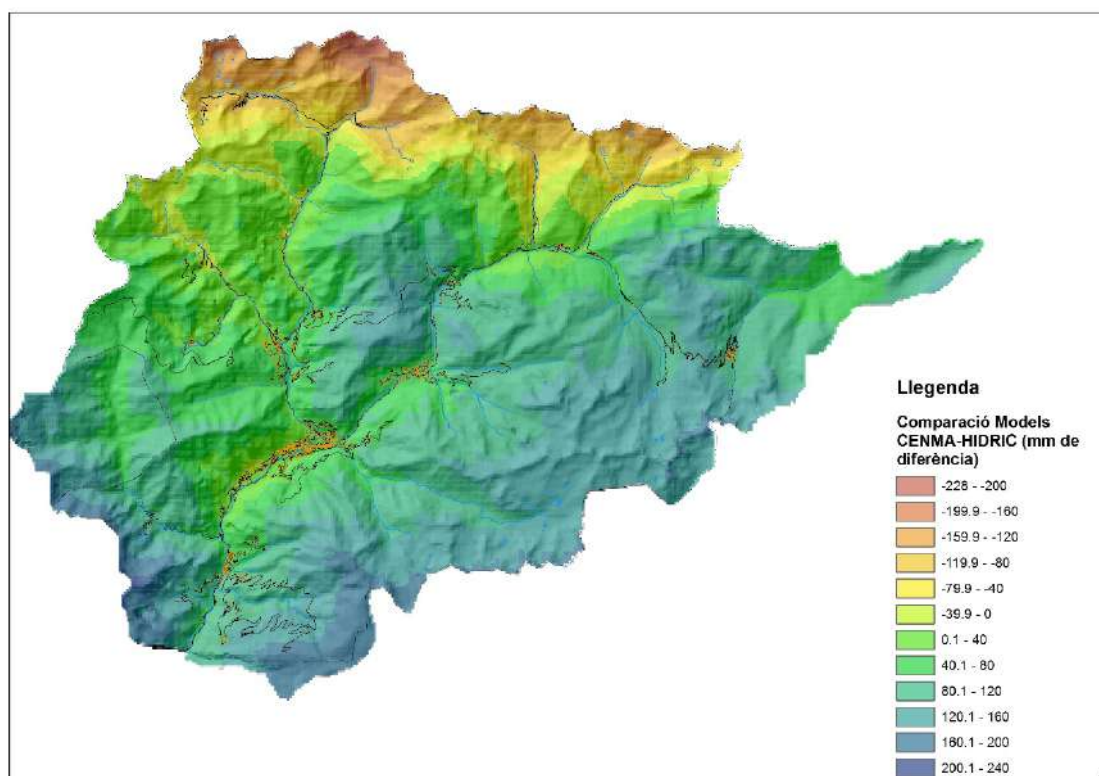


Figura 4 Comparació de models

		HÍDRIC			CENMA			Diferència Mitjana
		Mitjana	Mínim	Màxim	Mitjana	Mínim	Màxim	
Precipitació	Anual	1013.87	605.82	1401.69	1056.46	698.00	1417.80	42.59
	Gener	59.84	32.87	123.31	63.55	28.80	126.90	3.71
	Febrer	110.64	32.59	203.78	124.24	38.20	182.60	13.61
	Març	48.98	19.59	107.20	55.60	25.00	110.20	6.62
	Abril	73.76	53.06	103.09	79.53	59.40	106.10	5.76
	Maig	66.41	46.49	90.98	67.17	34.40	94.10	0.76
	Juny	149.04	66.45	206.32	156.31	62.90	246.40	7.27
	Juliol	103.21	72.43	139.11	116.93	57.00	174.30	13.72
	Agost	95.05	71.62	111.17	81.79	47.20	104.50	-13.26
	Setembre	87.00	47.26	113.08	78.62	47.30	101.20	-8.38
	Octubre	64.20	37.68	81.19	75.03	43.70	100.00	10.83
	Novembre	154.11	80.82	278.14	155.31	110.70	246.70	1.20
	Desembre	1.72	0.00	4.28	2.37	0.00	5.00	0.65

Figura 5 Taula de comparació de precipitació en °C

Tot i que la distribució de la precipitació és diferent en el país, tal com s'ha comentat anteriorment, els valors mitjans en el país, a nivell de mitjana el valor és equiparable. A nivell mensual, en la comparació d'un sol any ens resulta impossible establir una tendència clara. Així, en el model del CENMA els valors que s'obtenen són menys extrems en general, amb mínims superiors i màxims inferiors.

Anàlisi de temperatura

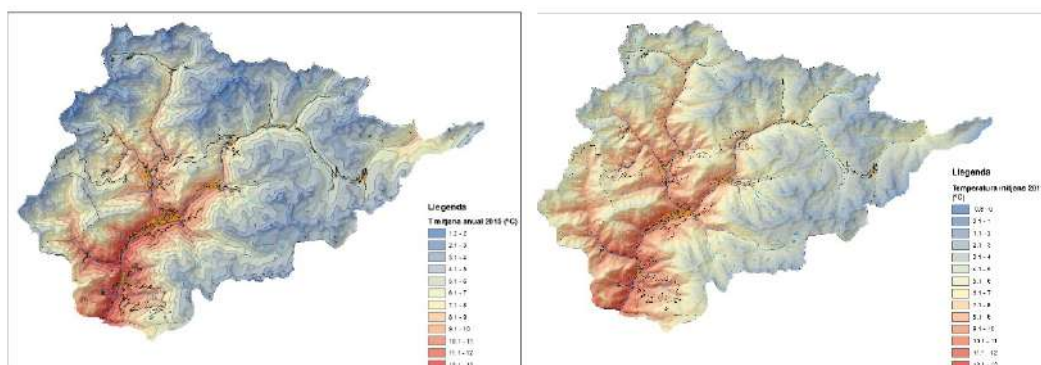


Figura 6 Mapa de temperatura anual 2015 (Model HÍDRIC) i Mapa de temperatura anual 2015 (Model CENMA)

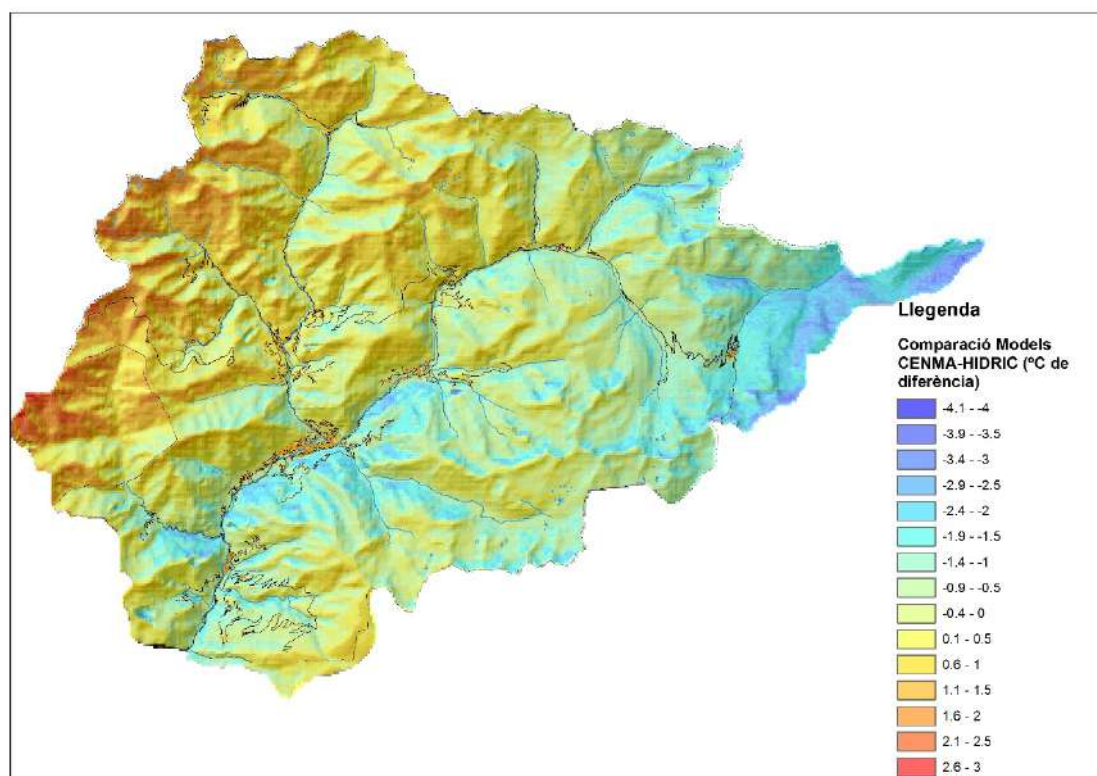


Figura 7 Comparació de models

Tal com es pot observar el model del CENMA presenta una temperatura superior en els vessants sud de les muntanyes i a la part occidental del país. A nivell de la mitjana del país el model del CENMA dona temperatures inferiors, tant a nivell de mitjana anual com en el cas de tots els mesos que es prenen en consideració. També en aquest cas es fa difícil d'establir una tendència mes a mes.

També com en el cas de la precipitació el valor mitjà de la temperatura a nivell de país és similar en el cas dels dos models.

		HÍDRIC			CENMA			Diferència Mitjana
		Mitjana	Mínim	Màxim	Mitjana	Mínim	Màxim	
Temperatura	Anual	6.01	1.20	12.90	5.72	-0.52	12.44	-0.30
	Gener	-0.88	-5.45	5.50	-0.91	-6.60	5.70	-0.03
	Febrer	-4.24	-9.56	3.35	-4.64	-10.00	3.20	-0.40
	Març	1.60	-3.67	9.45	1.57	-5.80	9.70	-0.04
	Abril	4.29	-1.29	12.05	3.98	-2.50	11.90	-0.31
	Maig	7.89	2.19	16.00	7.47	-0.90	16.60	-0.42
	Juny	11.27	5.75	19.43	10.65	0.80	19.70	-0.61
	Juliol	16.66	11.46	23.95	16.32	8.60	24.40	-0.34
	Agost	12.87	7.68	20.44	12.99	7.40	19.90	0.12
	Setembre	8.10	2.86	15.65	7.97	2.20	15.00	-0.13
	Octubre	5.87	1.21	12.49	5.75	1.50	11.50	-0.12
	Novembre	4.84	0.85	10.72	4.20	-3.40	9.20	-0.64
	Desembre	3.87	-0.26	9.10	3.25	-5.40	10.10	-0.62

Figura 8 Taula de comparació de precipitació en mm

Anàlisi de la ETR

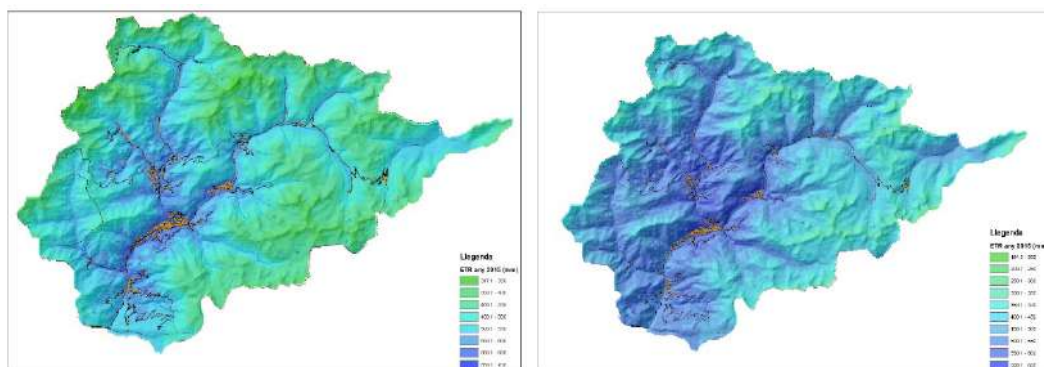


Figura 9 Mapa d'ETR anual 2015 (Model HÍDRIC) i Mapa d'ETR anual 2015 (Model CENMA)

De la mateixa manera que amb la temperatura (cal recordar que la ETR depèn de la temperatura i del recurs hídric disponible per evapotranspirar) es veuen uns valors més alts d'ETR en els vessants Sud i a la part occidental del Principat en el model del CENMA, tot i que el valor total de la ETR és inferior en el model del CENMA que en el model d'Hídric. També com en els casos anteriors podem observar que els valors mitjans a nivell de país no són molt diferents en els dos models, sinó que ens trobem en una distribució diferent.

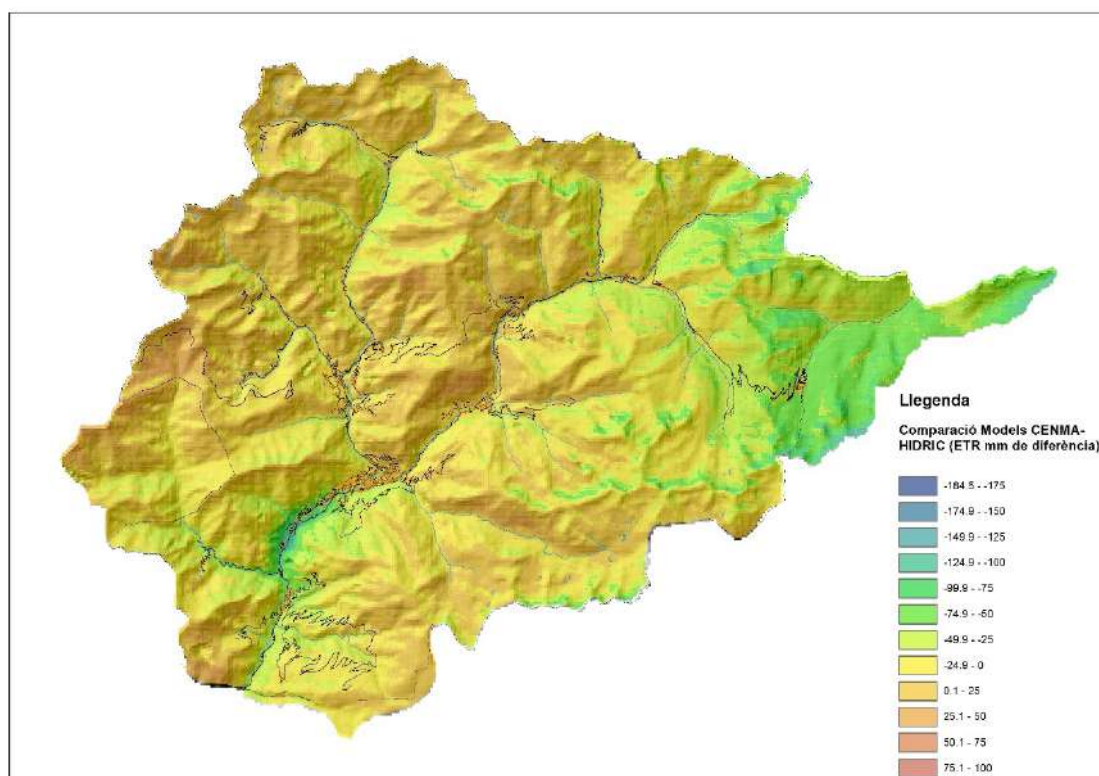


Figura 10 Comparació de models

		HÍDRIC			CENMA			Diferència Mitjana
		Mitjana	Mínim	Màxim	Mitjana	Mínim	Màxim	
ETR	Anual	478.13	318.22	662.10	466.26	194.19	645.92	-11.86
	Gener	1.90	0.00	13.86	2.00	0.00	16.12	0.10
	Febrer	0.25	0.00	6.87	0.18	0.00	7.36	-0.07
	Març	10.43	0.00	33.58	11.11	0.00	37.55	0.69
	Abril	29.05	0.00	51.93	27.22	0.00	52.54	-1.83
	Maig	55.57	29.01	82.96	53.42	0.00	87.66	-2.14
	Juny	80.85	59.89	110.60	77.32	0.00	111.22	-3.53
	Juliol	102.81	72.43	131.53	105.78	57.00	140.12	2.97
	Agost	82.36	66.45	100.67	79.17	47.20	99.04	-3.19
	Setembre	49.66	30.23	69.08	49.54	23.59	66.98	-0.12
	Octubre	32.33	14.05	44.43	32.29	16.70	44.71	-0.03
	Novembre	24.41	9.96	34.33	21.21	0.00	39.79	-3.20
	Desembre	8.19	0.00	27.22	7.02	0.00	39.71	-1.18

Figura 11 Taula de comparació de la ETR en mm

Anàlisi dels Excedents

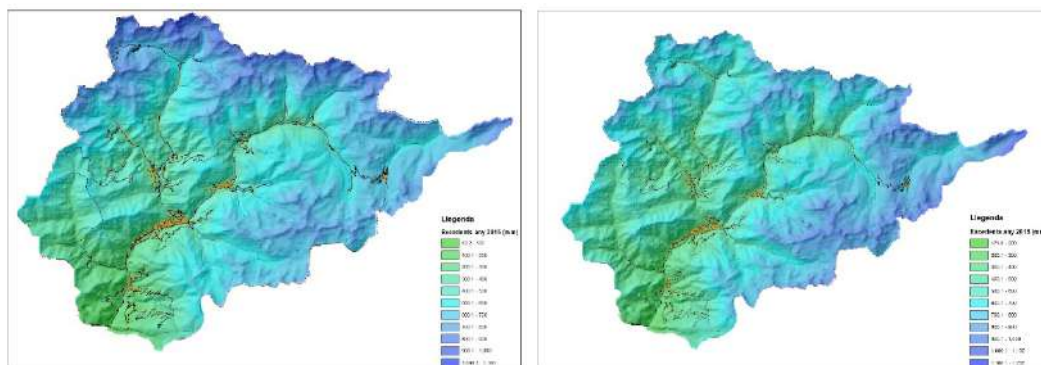


Figura 12 Mapa d'Excedents anuals 2015 (Model HÍDRIC) i Mapa d'Excedents anuals 2015 (Model CENMA)

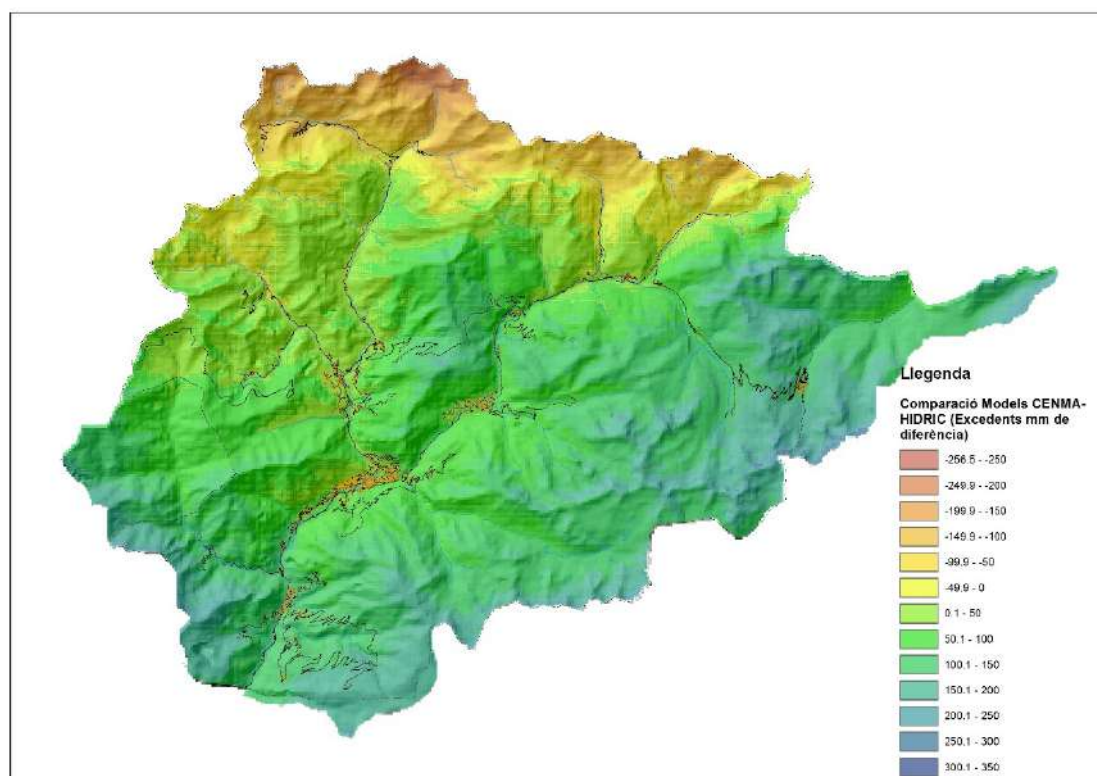


Figura 13 Comparació de models

		HÍDRIC			CENMA			Diferència Mitjana
		Mitjana	Mínim	Màxim	Mitjana	Mínim	Màxim	
Excedents	Anual	541.51	43.86	1063.94	619.02	176.57	1142.70	77.51
	Gener	57.52	5.79	123.31	61.51	14.89	126.90	3.98
	Febrer	110.23	26.87	203.78	124.02	31.18	182.60	13.79
	Març	38.50	0.00	107.20	68.41	24.77	106.10	29.91
	Abril	44.63	0.00	103.09	52.30	7.06	106.10	7.67
	Maig	12.46	0.00	53.50	15.27	0.00	83.90	2.81
	Juny	66.95	0.00	134.88	78.02	0.00	231.70	11.07
	Juliol	4.88	0.00	42.68	14.45	0.00	88.47	9.58
	Agost	10.59	0.00	43.62	3.51	0.00	30.43	-7.07
	Setembre	34.76	0.00	78.14	25.19	0.00	70.67	-9.57
	Octubre	31.59	0.00	58.61	41.87	0.00	78.37	10.28
	Novembre	129.40	11.19	250.54	133.89	71.52	246.70	4.49
	Desembre	0.02	0.00	3.15	0.58	0.00	5.00	0.56

Figura 14 Taula de comparació dels Excedents en mm

De la mateixa manera que passa amb la Precipitació, els valors dels Excedents són superiors al sud del país en el cas del model del CENMA, i com que depenen també de la temperatura (per al càlcul de l'evapotranspiració), també s'observa que els valors dels excedents són superiors en els vessants obacs de les muntanyes, en el cas del Model del CENMA.

Conclusions

Podem concloure doncs, que els resultats que obtindrem en l'estudi del Balanç Hídric a partir del canvi de metodologia (2016 en endavant) seran equiparables als anteriors. És cert que es dona en els dos models una distribució diferent dels excedents, però a nivell de país els resultats són molt similars. Podrem trobar diferències entre models alhora de tractar els resultats de conques específiques, ja que en les conques del nord del país hi haurà menys recursos que els que ens trobàvem fins ara, en canvi en les conques del sud aquests valors seran superiors.



www.mediambient.ad