RECIPE

REINFORCING CIVIL PROTECTION CAPABILITIES INTO MULTI-HAZARD RISK ASSESSMENT UNDER CLIMATE CHANGE

Eina Visual de Gestió de Situacions d'Emergència en cas d'alt Risc d'Allaus

INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA (ICGC)

30 de Juliol de 2021

Funded by European Union Humanitarian Aid and Civil Protection

Project name: Reinforcing civil protection capabilities into multi-hazard risk assessment under climate change (RECIPE)

Financed by: DG ECHO 2019 Call for projects on prevention and preparedness in civil protection and marine pollution

Website: http://recipe.ctfc.cat/ **Twitter**: @NAThaz_recipe

Partnership: Forest Science and Technology Centre of Catalonia - CTFC (Coord.), Pau Costa Foundation - PCF, Civil Protection General Directorate of Catalonia - DGPC-CAT, Forest Research Institute Baden-Wüttemberg - FVA, CIMA Research Foundation - CIMA, Austrian Research Centre for Forest Natural Hazards and Landscape - BFW, Institute of Cartography and Geology of Catalonia - ICGC, Higher Institute of Agronomy- ISA

Duration: 2020-2021

Contact: recipe@ctfc.cat

Document reference suggested: Martí, G., García, C., Bertrán, M., 2021. Report on Visualizer tool for managing emergency situations in case of high avalanche risk. Deliverable 4.5. Reinforcing civil protection capabilities into multi-hazard risk assessment under climate change. 874402 - RECIPE. 30 pp

CONTINGUTS

1. JUSTIFICACIÓ 3
2. OBJECTIUS 3
3. DADES 4
4. METODOLOGIA 5
5. RESULTATS. 8
6. BIBLIOGRAFIA 30

1. Justificació

El projecte RECIPE ha donat l'oportunitat de dur a terme i desenvolupar una sèrie d'entrevistes a la Direcció General de Protecció Civil de Catalunya (DGPC) i als Gestors del Risc de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), per analitzar quines són les necessitats en relació a la gestió del risc d'allaus al Pirineu de Catalunya. Aquestes entrevistes han permès que l'ICGC, com a coordinador del Grup d'Avaluació Nivometeorològica del Pla Especial d'Emergències per Allaus a Catalunya (ALLAUCAT[1]) de la DGPC, hagi detectat la necessitat d'incorporar a la predicció del perill d'allaus, els patrons sinòptics desencadenants d'episodis de grans allaus al Pirineu de Catalunya com a element predictiu, juntament amb tots els registres de les grans allaus i les allaus amb risc [2]amb les seves característiques (codi de l'allau, sector nivoclimàtic, la longitud, l'orientació de la zona de sortida, la cota d'arribada i la tipologia de l'allau) i les afectacions i/o danys a elements exposats i vulnerables del territori. Això s'ha materialitzat en el desenvolupament d'una eina de visualització que permetrà una millor gestió de les zones vulnerables davant d'episodis de grans allaus al Pirineu de Catalunya.

2. Objectius

- Millorar la predicció del perill d'allaus en situacions d'elevada perillositat amb graus 4 i 5.
- Desenvolupar una eina (eina de suport a la decisió) que ajudi a millorar la presa de decisions en situacions d'alt risc d'allaus i en el marc del Pla ALLAUCAT.
- Actualitzar els patrons sinòptics desencadenants d'episodis de grans allaus analitzats a la tesi doctoral "Variabilitat espai-temporal de les grans allaus al Pirineu Oriental segons l'estructura del mantell nival i la circulació atmosfèrica" (García, C., 2017).
- Revisar i fer un buidatge de la bibliografia existent en relació als episodis de grans allaus.
- Organitzar, extreure i analitzar la informació associada a les grans allaus i a les allaus amb risc (codi de l'allau, la zona d'allau, el sector nivoclimàtic, la longitud, la cota d'arribada, l'orientació de la zona de sortida, la tipologia de l'allau i els danys i/o afectacions) de la Base de Dades d'Allaus de Catalunya (BDAC) de l'ICGC.
- Revisar la cartografia d'allaus (Zones d'Allaus de Catalunya) i identificar-ne les allaus observades que superen la zona d'arribada potencial, definida per fotointerpretació i treball de camp.
- Determinar i actualitzar les dates dels episodis de grans allaus al Pirineu de Catalunya, mitjançant l'augment de la mostra.

---

[1] **L'ALLAUCAT** és el Pla Especial d'Emergències per Allaus a Catalunya de la DGPC, que defineix l'estructura i l'organització de tots els grups implicats, estableix les mesures i accions (l'operativitat) a dur a terme en situacions amb grau de perill per allaus 4 o 5 i defineix quines són les instal·lacions, els mitjans i els recursos necessaris per a gestionar l'emergència. S'activa en fase de pre-alerta quan el grau de perill d'allaus al Pirineu de Catalunya és igual a 4 sobre 5. En canvi, el grau de perill 5 implica que el pla ALLAUCAT s'activa en fase d'alerta, emergència nivell 1 o 2 en funció de les afectacions produïdes per les allaus.

[2] **Allaus amb risc**: allaus que han produït (o poden produir) afectacions a elements exposats i vulnerables del territori i que, en el context d'aquest informe, no compleixen amb la condició de ser grans allaus.

- Elaborar la cartografia de la topografia del nivell de pressió atmosfèrica de 500 hPa (alçada geopotencial) dels patrons sinòptics desencadenants de grans allaus.
- Incorporar el resultat final a la Plataforma d'Informació del Perill d'Allaus (PIPA) de l'ICGC.

3. Dades

Desenvolupar l'eina de visualització implica, en primera instància, extreure tota la informació i les dades referents a les grans allaus i les allaus amb risc al Pirineu de Catalunya fins a l'actualitat. La font d'informació principal a partir de la qual s'ha generat la *Visualizer tool* és la Base de Dades d'Allaus de Catalunya (BDAC) on es recull tota la informació referent a les zones d'allaus (les àrees susceptibles on es pot desencadenar una allau amb la seva zona de sortida, de trajecte i d'arribada, determinades per fotointerpretació i treball de camp), les observacions d'allaus (les allaus observades durant el seguiment nivometeorològic de la temporada hivernal) i les enquestes d'allaus (informacions d'allaus observades en el passat, provinents d'enquestes a la població d'edat avançada de les àrees de risc, principalment). Altres fonts d'informació han estat utilitzades per a completar l'anàlisi i extracció de la informació relacionada amb les grans allaus al Pirineu de Catalunya, entre les quals destaca l'anàlisi d'arxius històrics del Pirineu de Catalunya i altres publicacions científiques (García, C. 2017 i Oller, P. 2015).

Aquest conjunt de dades està format per un determinat nombre d'episodis d'allaus majors[3] (figura 1): Nombre de casos (N)=78 des de 1970 fins al 2021 (51 temporades hivernals). Els episodis de grans allaus compresos entre la temporada hivernal 1970/71 i el 2020/2021 han estat utilitzats per a definir els patrons sinòptics desencadenants de grans allaus al Pirineu de Catalunya. L'alçada geopotencial de la topografia del nivell de 500 hPa (en metres) a resolució diària ha estat la variable seleccionada per a definir els patrons sinòptics.

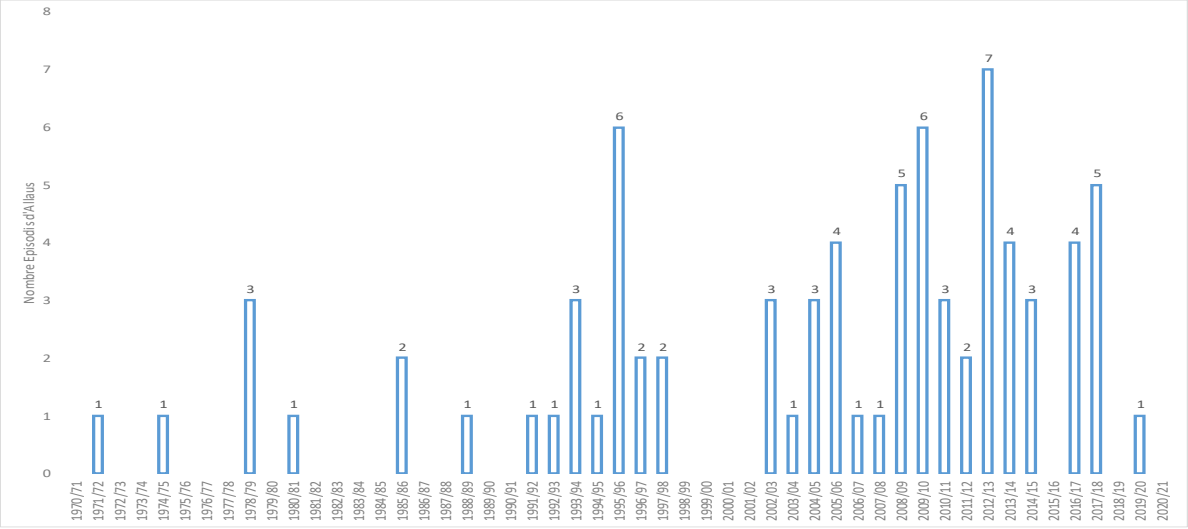


Figura 1: Nombre d'episodis de grans allaus per temporada hivernal.

[3] **Episodi d'allaus majors:** episodi en el que es registra durant almenys un dia una allau major, entenent com a allau major aquelles més grans de l'habitual (> 1.000 metres de longitud), que arriben a fons de vall, que destrueixen massa forestal i/o altres elements exposats i vulnerables del territori (Schaerer, 1986).

La topografia del nivell de pressió de 500 hPa té una forta inèrcia i defineix molt bé el comportament del temps atmosfèric a la superfície als Pirineus (Romero et al., 1999; Esteban et al., 2005). La manca de dades registrades en superfície en àrees d'alta muntanya ens ha empès a analitzar la topografia del nivell de 500 hPa (l'alçada geopotencial) per veure la posició dels principals centres d'acció, és a dir, les dorsals, els tàlvegs, les àrees depressionàries i anticiclòniques i la circulació general, que són en definitiva els que marquen el temps atmosfèric en superfície i afecten a l'evolució del mantell nival.

La font d'informació d'on s'han extret els valors de l'alçada geopotencial ha estat el NCEP-NCAR Reanalysis data. Els valors de geopotencial extrets s'ajusten a un *grid* comprès entre els 70° i els 30° de latitud nord i els 30° oest i els 20° est de longitud.

En total, s'han identificat 78 episodis de grans allaus, amb una data concreta, vinculats amb 418 registres de grans allaus i s'ha associat la informació corresponent al patró sinòptic desencadenant, la zona nivoclimàtica, la zona d'allau, el seu codi identificador, el lloc d'observació (topònim), la longitud, l'orientació, la cota d'arribada, la tipologia de l'allau, les causes de l'origen i/o els danys i/o afectacions. D'aquelles grans allaus que no s'han pogut datar a resolució diària per manca d'informació, n'identifiquem 629 registres (allaus de més de 1.000 m de longitud o que superen la zona d'arribada de la zona d'allau potencial). Aquestes grans allaus no datades s'incorporen també a la *Visualizer tool* en un altre nivell d'informació.

Les allaus amb risc (i que no compleixen la condició de gran allau) que tenen lloc durant episodis de grans allaus també han estat considerades per a un altre nivell de la *Visualizer tool*. S'identifiquen 580 registres d'allaus d'aquesta tipologia amb afectacions a elements exposats i vulnerables del territori durant els 78 episodis de grans allaus. També s'ha considerat d'interès, més enllà del contingut de la *Visualizer tool* i per a caracteritzar millor el risc d'allaus a Catalunya, comptabilitzar les allaus observades amb risc que no pertanyen a cap episodi de grans allaus; fan un total de 578 registres (Figura 2).

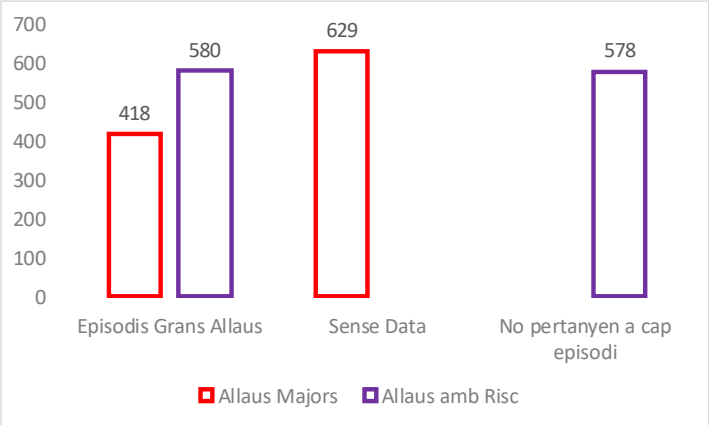


Figura 2. Nombre d'allaus majors i allaus amb risc analitzades.

4. Metodologia

La Base de Dades d'Allaus de Catalunya (BDAC) és la font principal d'on s'han extret tots els registres de grans allaus (i allaus amb risc) del Pirineu de Catalunya, tot i que com s'ha comentat anteriorment també s'han revisat diverses publicacions científiques.

A partir d'aquestes fonts d'informació s'ha dut a terme una cerca sistematitzada per a classificar les grans allaus, és a dir, les que tenen un recorregut superior a 1.000 metres de longitud, que arriben a fons de vall o que sobrepassen la zona d'arribada de la zona d'allau, i que generen danys i/o afectacions en el territori. Donat que la informació que es troba a la BDAC en moltes ocasions és incompleta i hi ha inconsistències pròpies de les diferents etapes evolutives, s'han revisat i re-analitzat més de 6.000 registres d'observacions d'allaus per tal d'extreure la informació més precisa referent a les grans allaus i seguint els següents criteris de selecció:

1. Cerca de grans allaus exclusivament naturals (es desestimen les allaus accidentals o artificials/provocades).
2. Cerca d'allaus amb una longitud superior a 1.000 metres (tenint en compte el desnivell i la distància entre la cota màxima i mínima projectada sobre el pla).
3. Cerca d'allaus que sobrepassen la zona d'arribada de la zona d'allau.
4. Cerca de datació a resolució diària. D'aquells episodis de grans allaus ja coneguts a partir de publicacions científiques s'ha fet una cerca de l'activitat d'allaus segons la data d'observació (és la data en la qual s'observa l'allau en el terreny), la data exacta (la data en la qual es va desencadenar l'allau) i l'interval de dates (quan no es disposa d'una data exacta se li assigna un interval de dates probables de caiguda de l'allau).
5. Cerca a partir del càlcul de l'àrea dels polígons amb ArcGIS (anàlisi cartogràfica) per aquelles allaus cartografiades que no tenen una fitxa d'informació associada a la BDAC i, per tant, només consta un polígon (l'observació de l'allau cartografiada), o que la informació associada (fitxa d'informació) al polígon és incompleta o polígons d'observacions d'allaus incomplets que poden ser candidats a grans allaus (falta informació de la zona de sortida, de trajecte o d'arribada i per tant no consta la longitud atribuïble a la totalitat del polígon).
6. Cerca segons la zona d'arribada de l'allau observada (fons de vall, zona plana).
7. Cerca segons el desnivell entre la cota de sortida i la cota d'arribada de l'allau (només per aquelles observacions d'allaus amb zona de sortida, de trajecte i d'arribada).
8. Cerca d'allaus que no són grans allaus, però que durant els episodis de grans allaus generen afectacions i/o danys als elements exposats i vulnerables del territori.
9. Cerca d'allaus (tant de les grans allaus com de les que no ho són) que no pertanyen a cap episodi conegut de grans allaus, però que generen afectacions a elements exposats i vulnerables.

Una vegada s'han identificat les grans allaus del Pirineu de Catalunya a la BDAC, se'ls hi ha assignat una data d'episodi d'allaus majors, quan ha estat possible.

Els patrons sinòptics s'han determinat mitjançant una anàlisi de components principals (ACP) amb una matriu de dades en mode-T on les columnes són les dates dels episodis d'allaus majors i les files es corresponen als punts latitudinals i longitudinals (357 punts). Els valors són l'alçada geopotencial (en metres) de la topografia o nivell de 500 hPa a resolució diària per a cadascun dels punts latitudinals i longitudinals (Figura 3). Aquesta anàlisi estadística ens retorna una sèrie de components (agrupa els diferents casos seleccionats d'episodis d'allaus majors) que són els patrons sinòptics desencadenants de grans allaus. Prèviament s'aplica una rotació ortogonal amb el mètode VARIMAX, ja que aquesta és la recomanació que es fa a nivell científic per a tractar aquest tipus de dades (García, C., 2017).

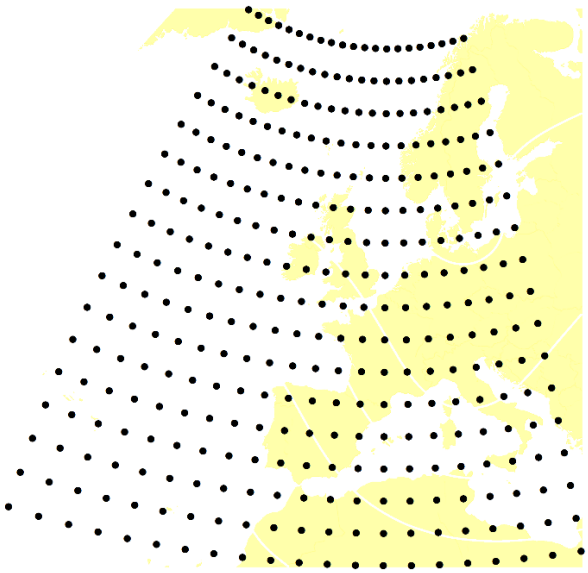


Figura 3. Malla de punts (*grid*) latitudinals i longitudinals (70°-30°N i 30°W-20°E).

S'han obtingut 9 patrons que sintetitzen les situacions atmosfèriques dels 78 episodis identificats. A partir de tota la informació (patrons sinòptics i BDAC) s'han elaborat 9 fitxes amb els següents nivells d'informació (Figura 4):

PATRÓ SINÒPTIC DESENCADENANT D'EPISODIS DE GRANS ALLAUS	
Mapa del patró sinòptic desencadenant d'episodis de grans allaus (9 patrons).	
*Mapa de la freqüència d'allaus majors per les zones nivoclimàtiques (%) amb les categories: cap allau **observada** (el qual no vol dir que no hi hagin tingut lloc allaus majors), <25%, 25-75% i >75%.*	*Gràfic amb la freqüència de les orientacions de les allaus majors (%). Es consideren com orientacions més freqüents (8 classes) aquelles que representen un valor superior al 12% de la casuística corresponent a cada component. Aquest 12% és el resultat de dividir el valor 100% de la casuística entre els vuit punts cardinals (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). Per tant, totes aquelles orientacions que representen més d'un 12% de la casuística d'una component, es consideren orientacions freqüents i possibles on es poden desencadenar grans allaus (Mòdul 2 de la Visualizer tool) .*

Figura 4. Fitxa tipus per a cada patró sinòptic desencadenant d'episodis de grans allaus.

És important remarcar que la informació referent a la freqüència i a les orientacions de les allaus majors és una informació basada en els esdeveniments enregistrats. Per tant, s'ha de tenir en compte que, per a cada patró sinòptic, molt probablement s'han produït més allaus majors que no s'han pogut observar/registrar degut a la impossibilitat de poder monitoritzar i controlar tot el terreny allavós (àrees de muntanya de difícil accés i poc transitades).

5. Resultats.

A continuació es mostren els episodis d'allaus majors i el nombre d'allaus majors totals per episodi (Figura 5). Destaca l'episodi del 31/1/2003, on més observacions hi consten, amb un total de 43 registres d'allaus majors. No obstant, la temporada 1995-96 ha estat la més allavosa amb 6 episodis i 62 grans allaus datades (de l'ordre de 150 registres, incloent les no datades a resolució diària).

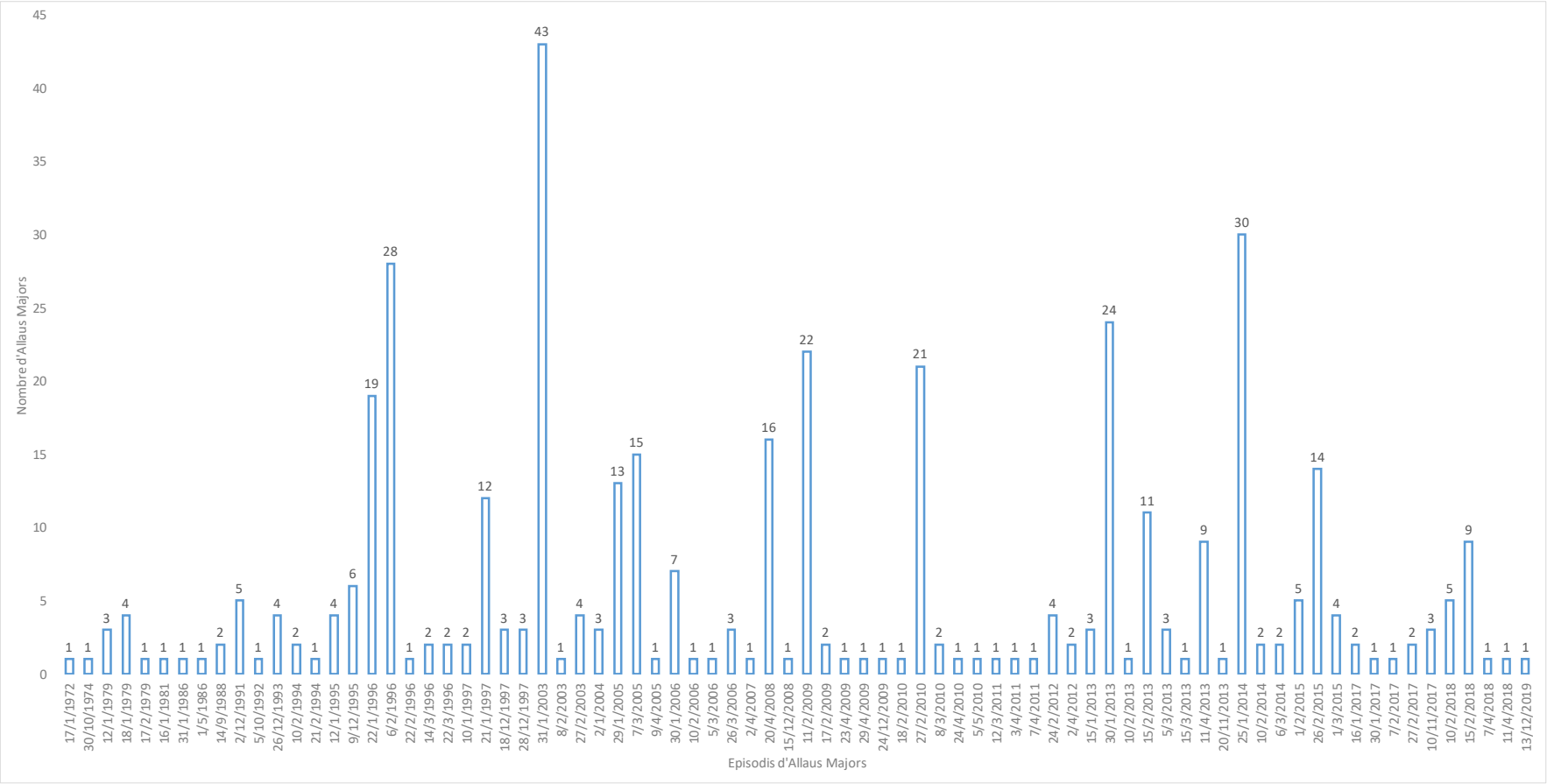


Figura 5. Nombre d'allaus majors per episodi.

Els patrons desencadenants d'episodis de grans allaus al Pirineu de Catalunya són diversos (9): advecció del nord-oest, del nord, solc, dorsal mediterrània, zonal, baixa freda, baixa a la meitat sud de la península Ibèrica, dorsal atlàntica i advecció del sud-oest. Destaquen les situacions del nord-oest, del nord i de solc amb 17, 11 i 11 episodis de grans allaus respectivament (Figura 6). Les situacions del nord-oest i del nord són les que desencadenen un major nombre d'allaus amb 94 i 87 registres, respectivament. No obstant, destaca l'advecció del sud-oest, poc habitual (5 episodis), però amb força activitat (63 grans allaus). Territorialment, la gran majoria de les allaus majors enregistrades es localitzen a l'Aran – Franja Nord de la Pallaresa, on s'han observat 255 allaus majors (Figura 7).

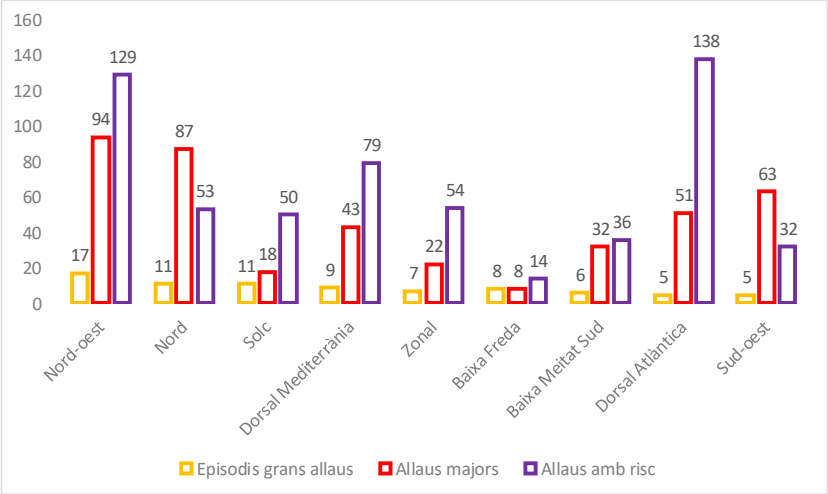


Figura 6. Nombre d'episodis de grans allaus i nombre d'allaus (majors i amb risc) per patró sinòptic.

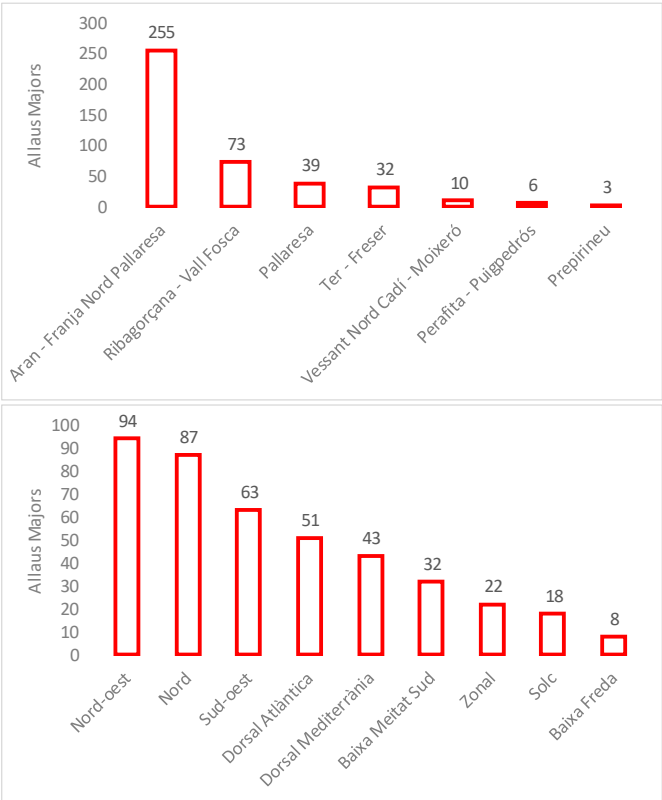
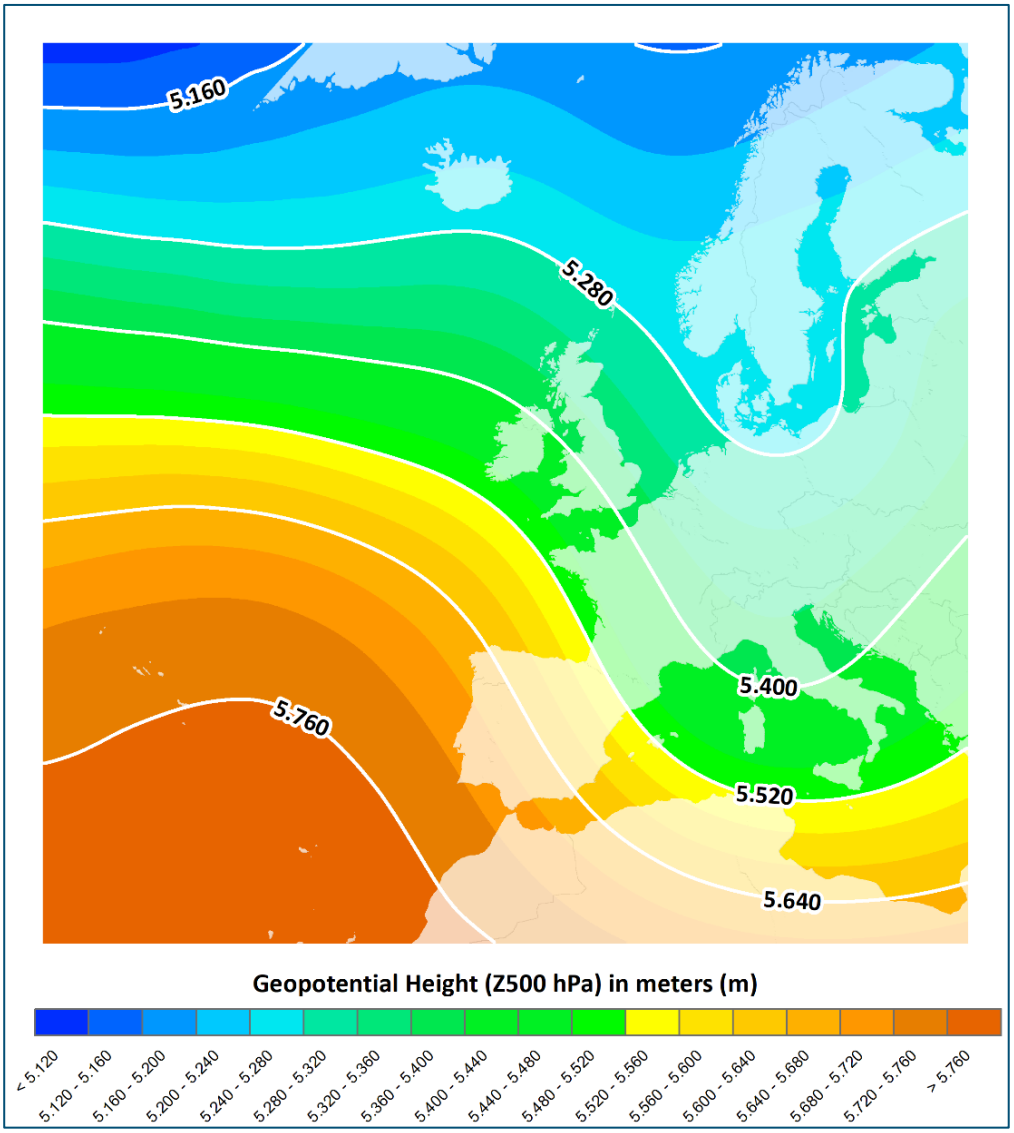
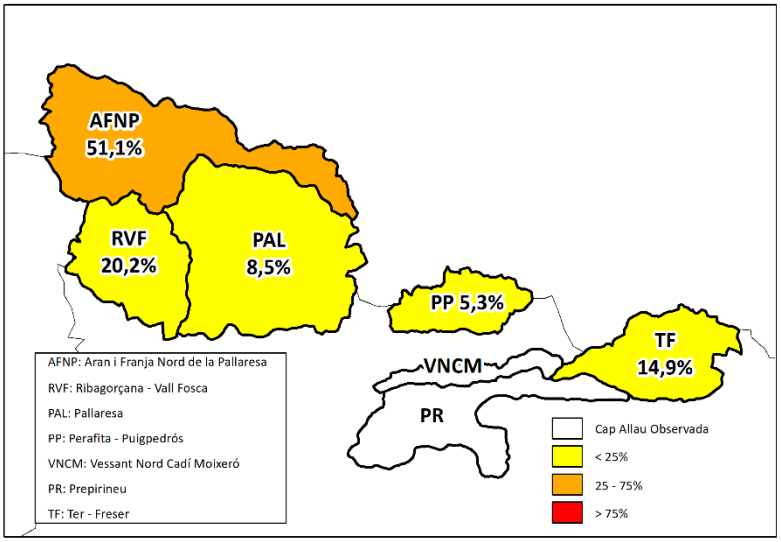


Figura 7. Nombre d'allaus majors per sectors nivoclimàtics (superior) i per patrons sinòptics (inferior).

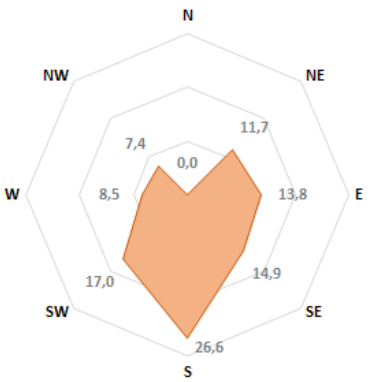
PATRÓ SINÒPTIC NORD-OEST



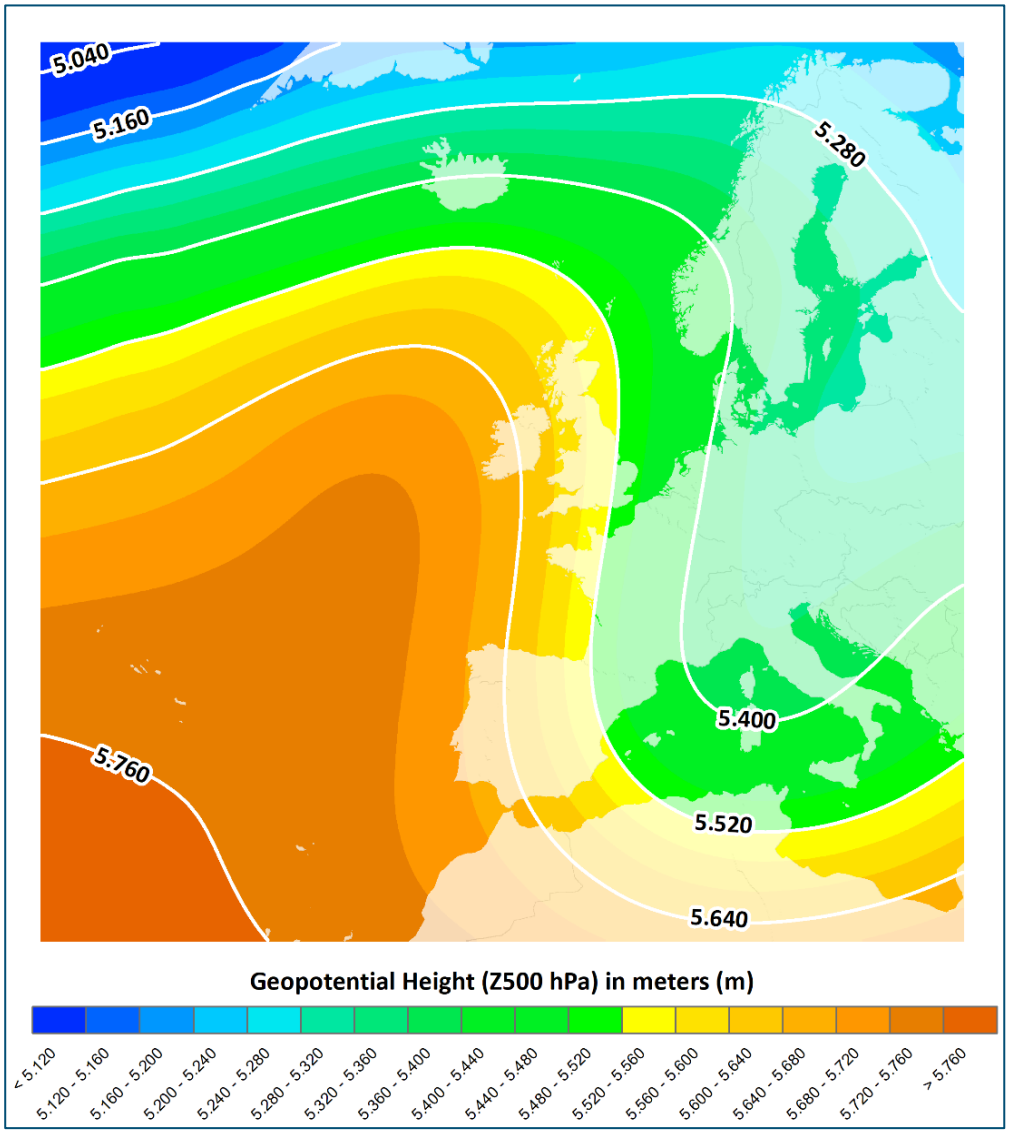
Freqüència d'Allaus Majors



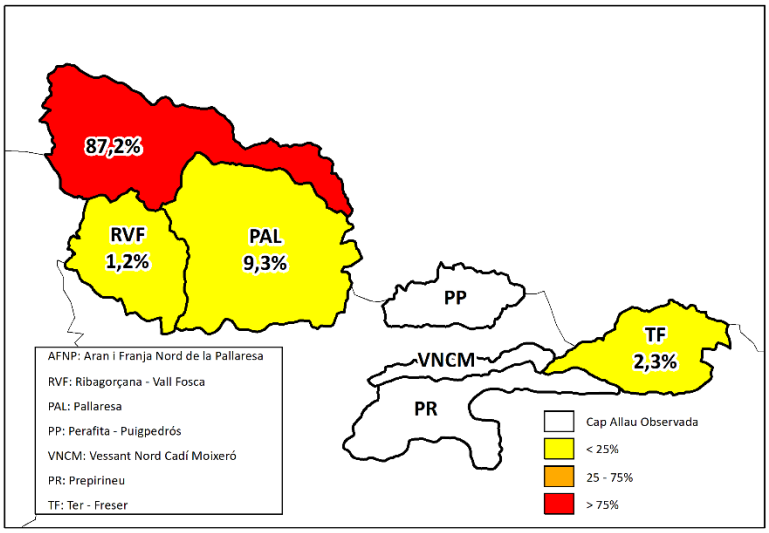
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



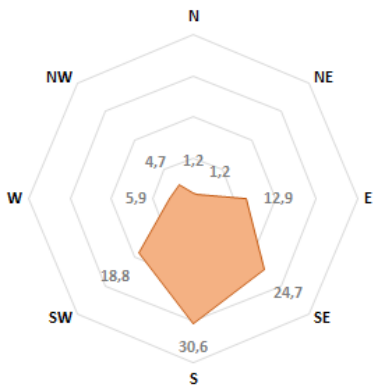
PATRÓ SINÒPTIC NORD



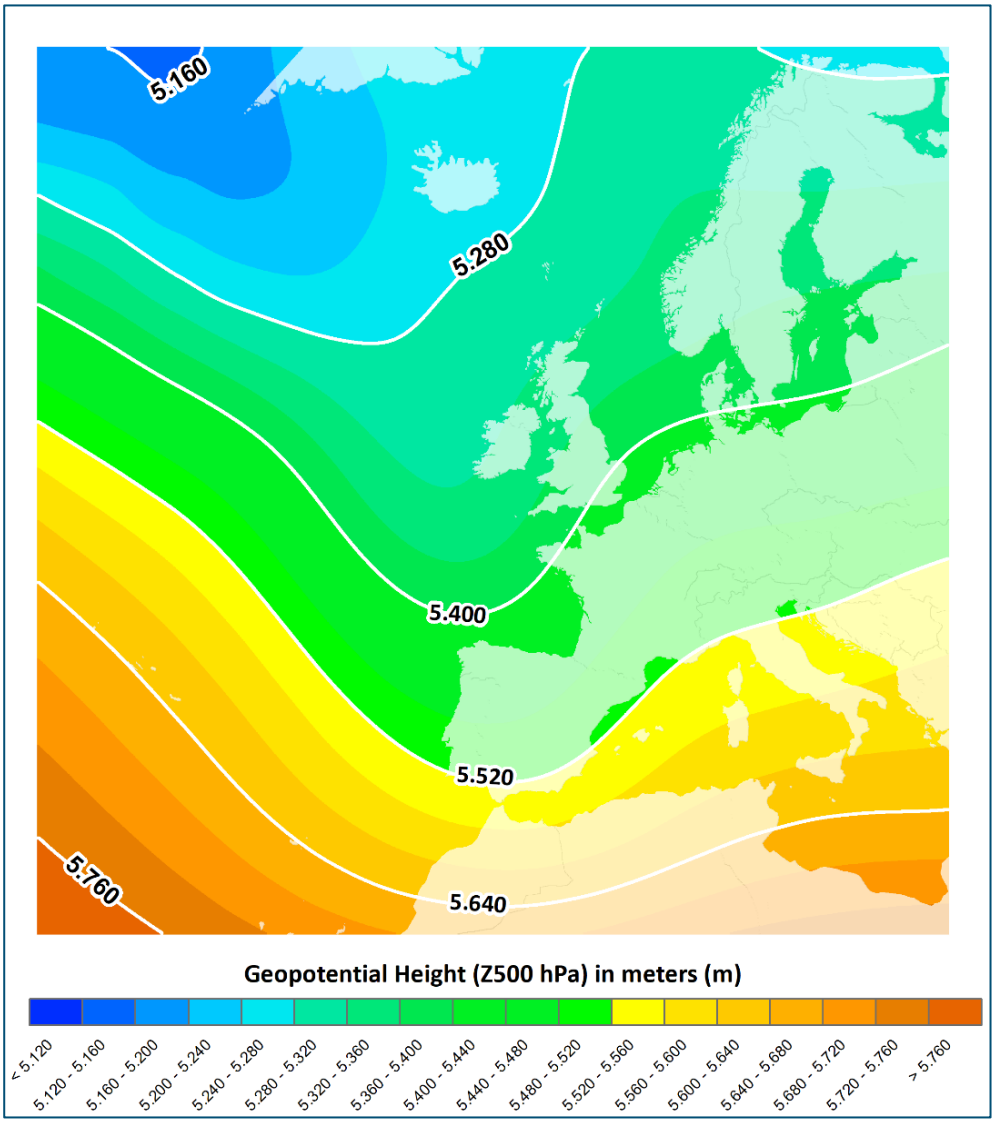
Freqüència d'Allaus Majors



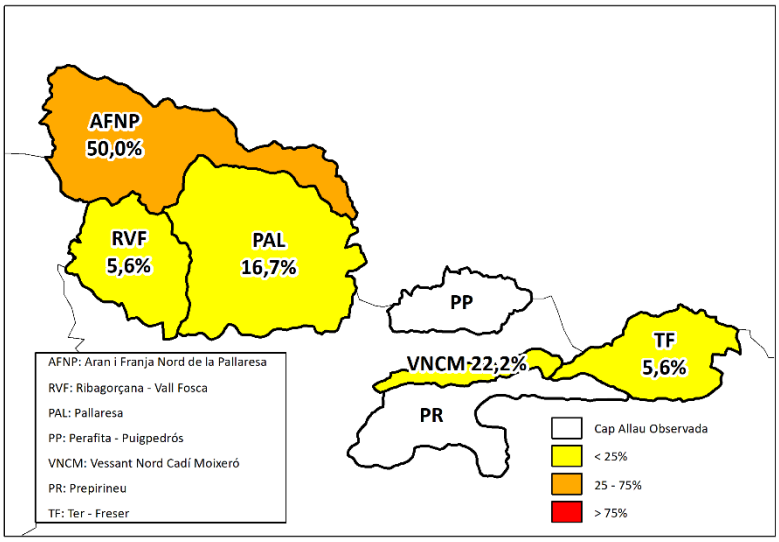
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



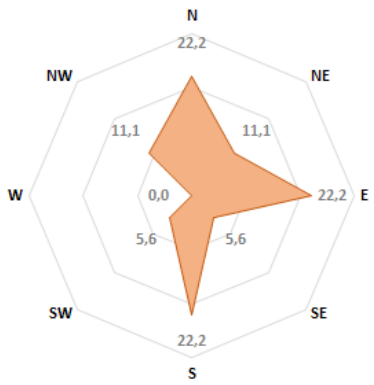
PATRÓ SINÒPTIC SOLC



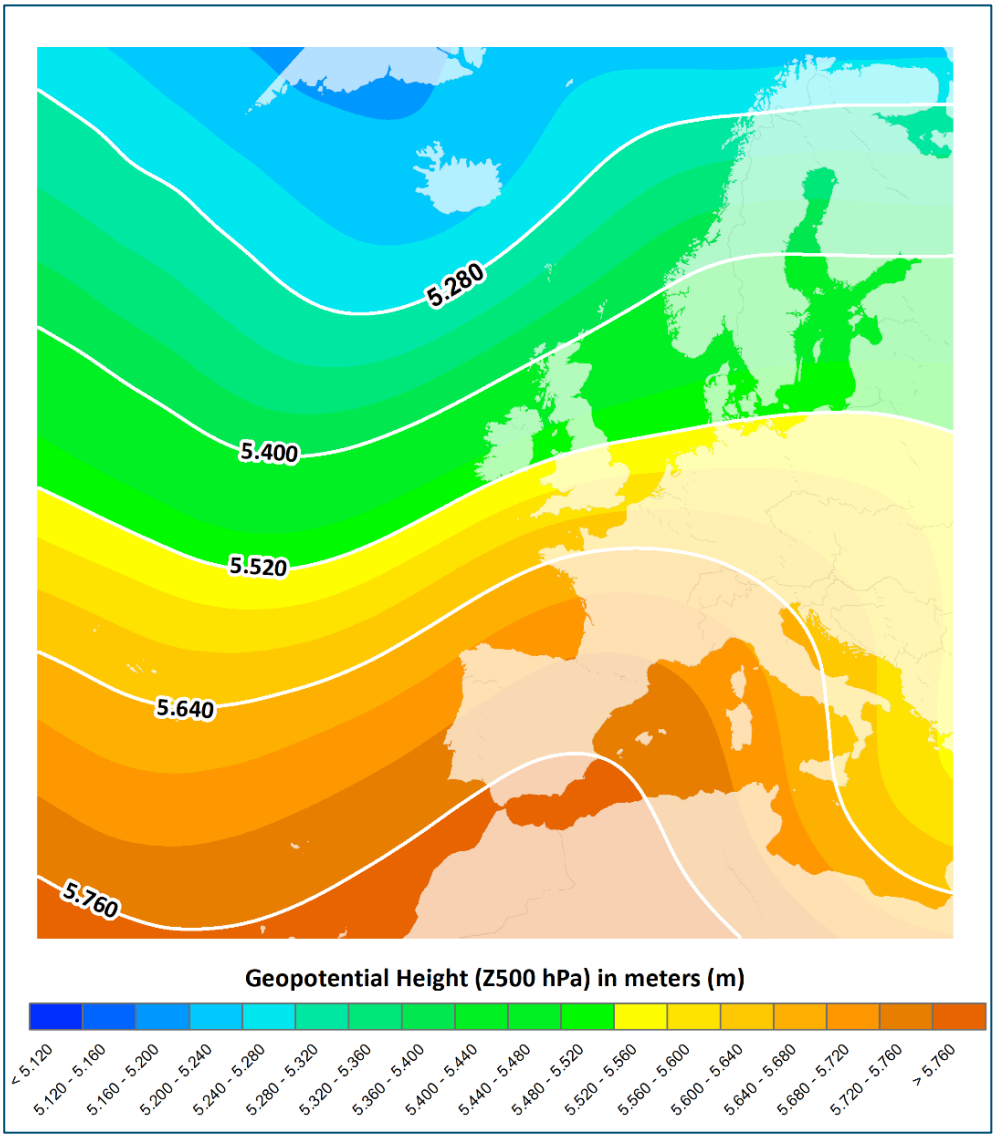
Freqüència d'Allaus Majors



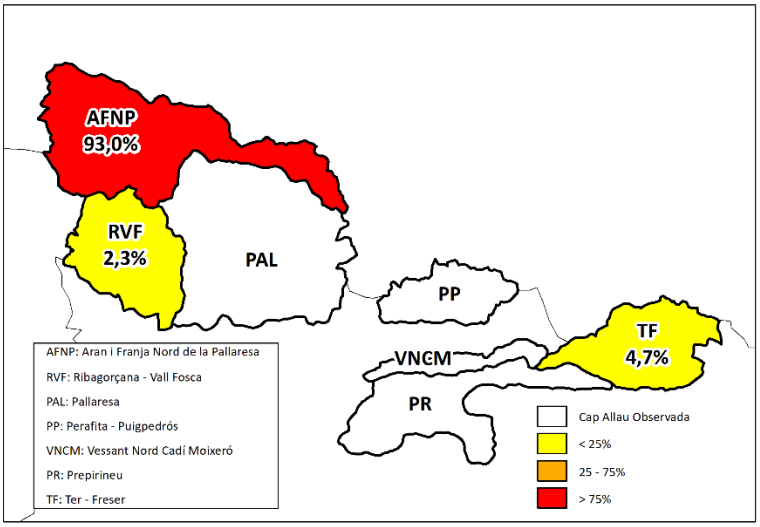
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



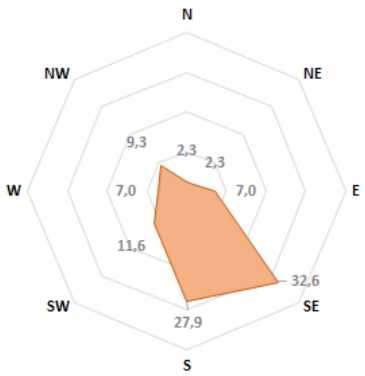
PATRÓ SINÒPTIC DORSAL MEDITERRÀNIA



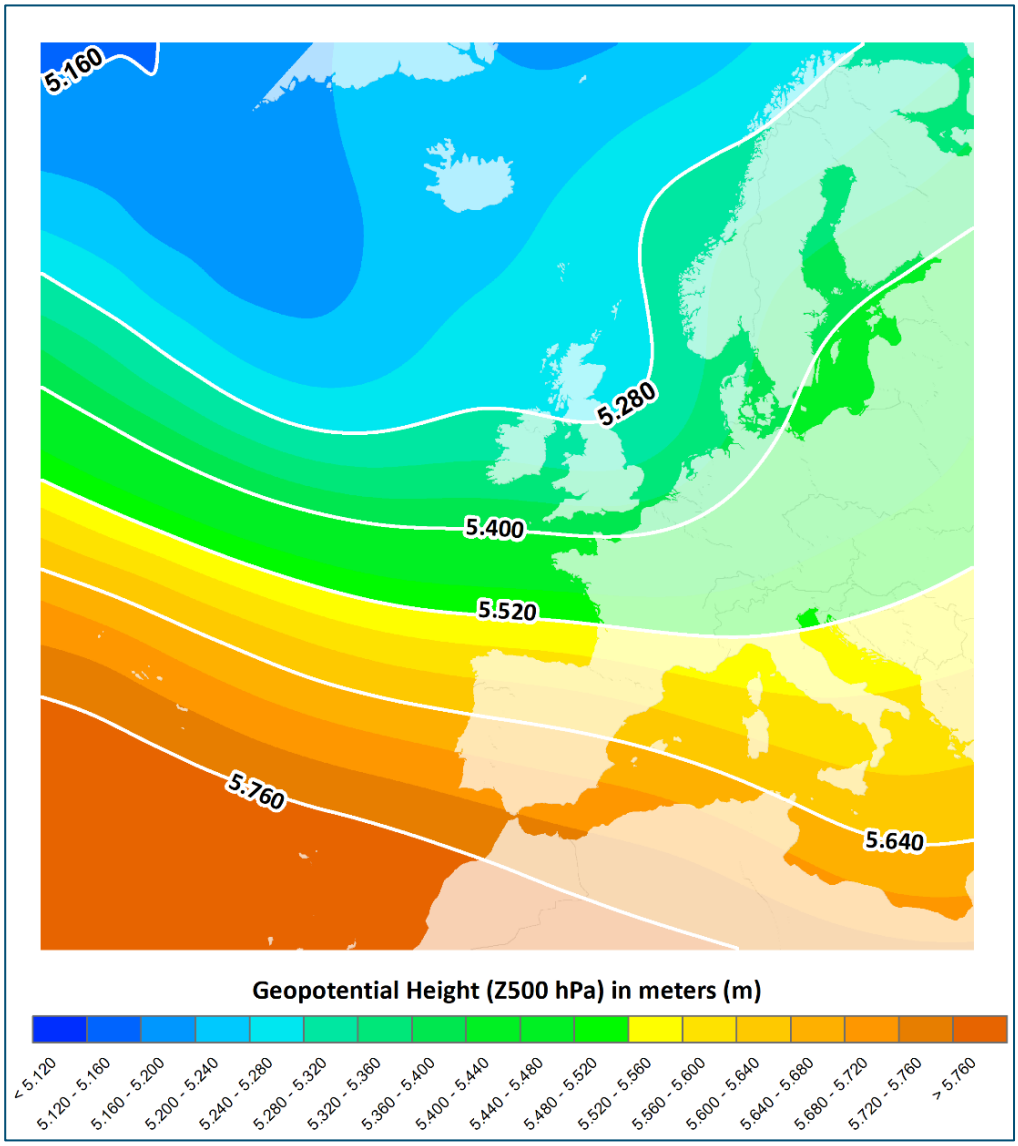
Freqüència d'Allaus Majors



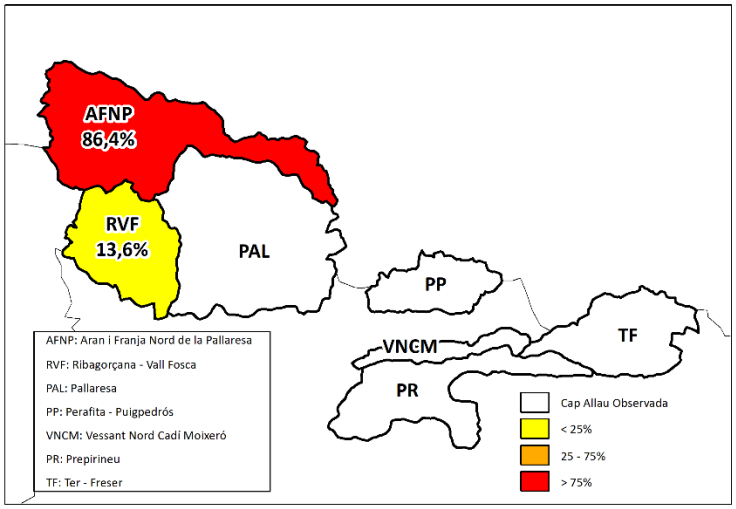
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



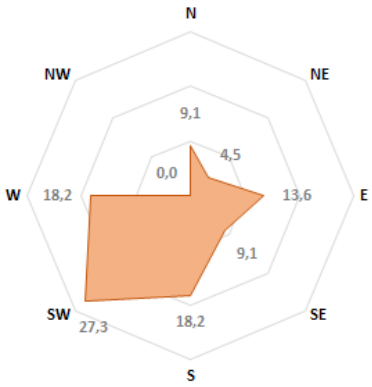
PATRÓ SINÒPTIC ZONAL



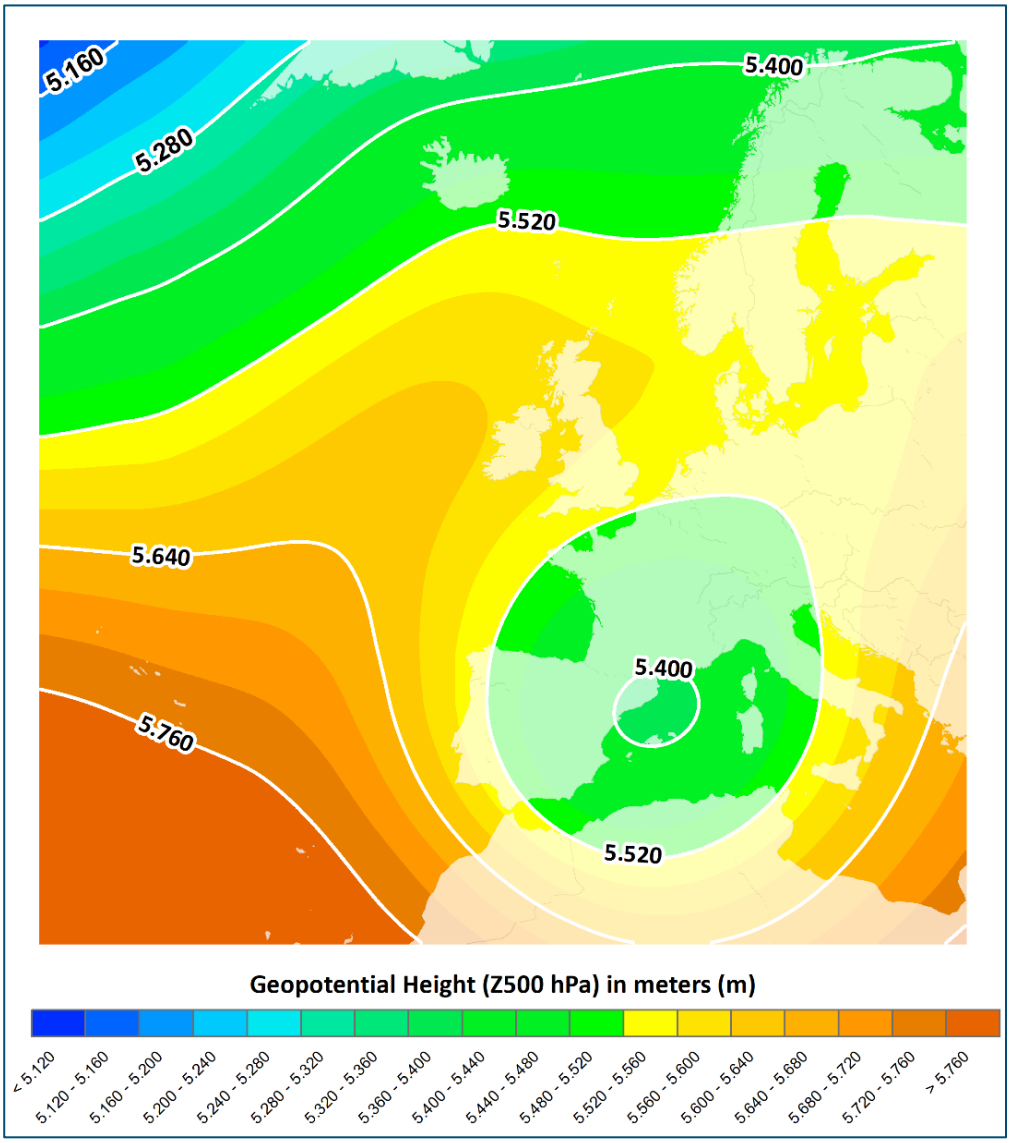
Freqüència d'Allaus Majors



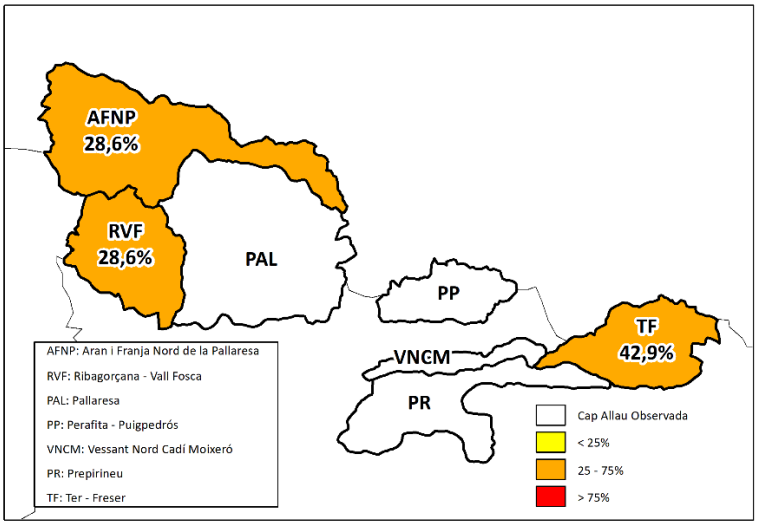
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



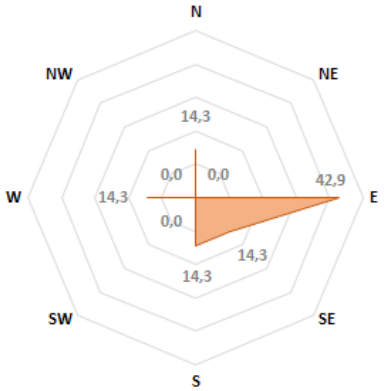
PATRÓ SINÒPTIC BAIXA FREDA



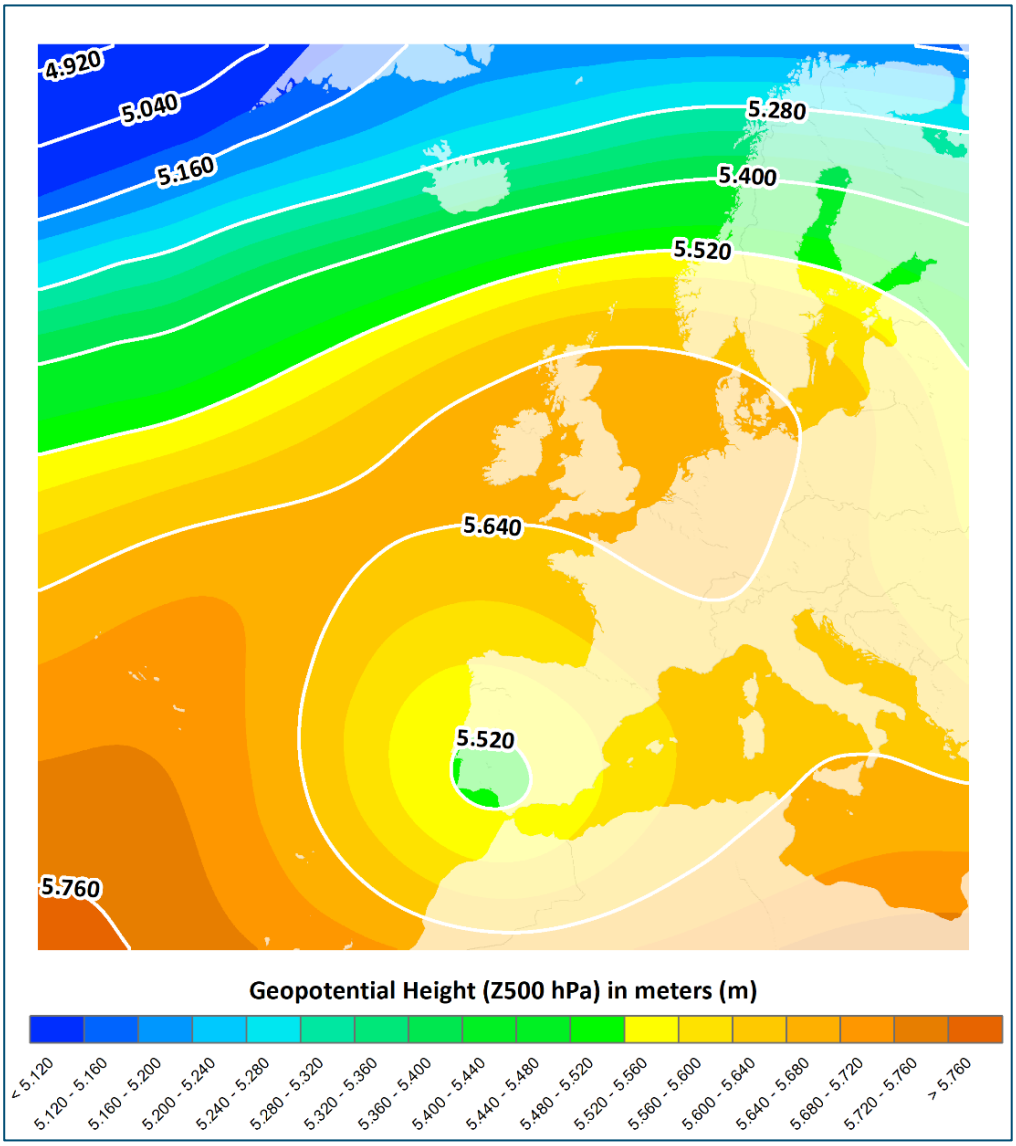
Freqüència d'Allaus Majors



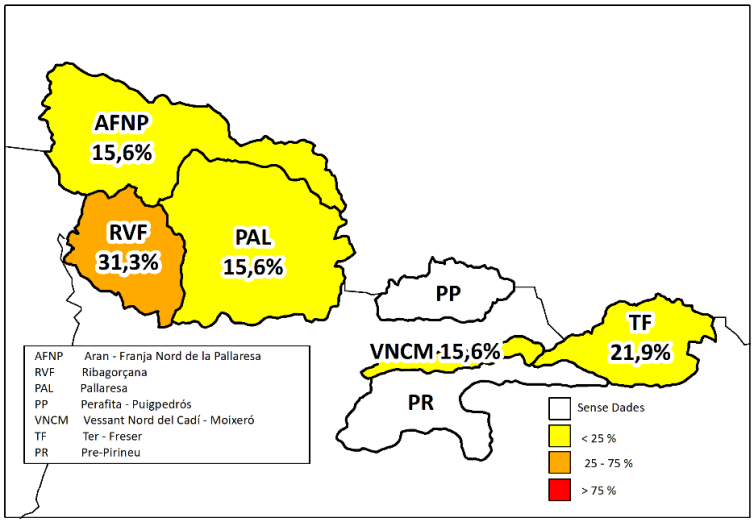
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



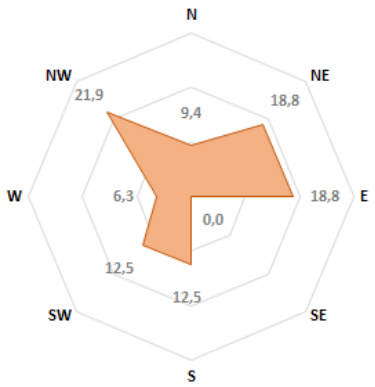
PATRÓ SINÒPTIC BAIXA MEITAT SUD



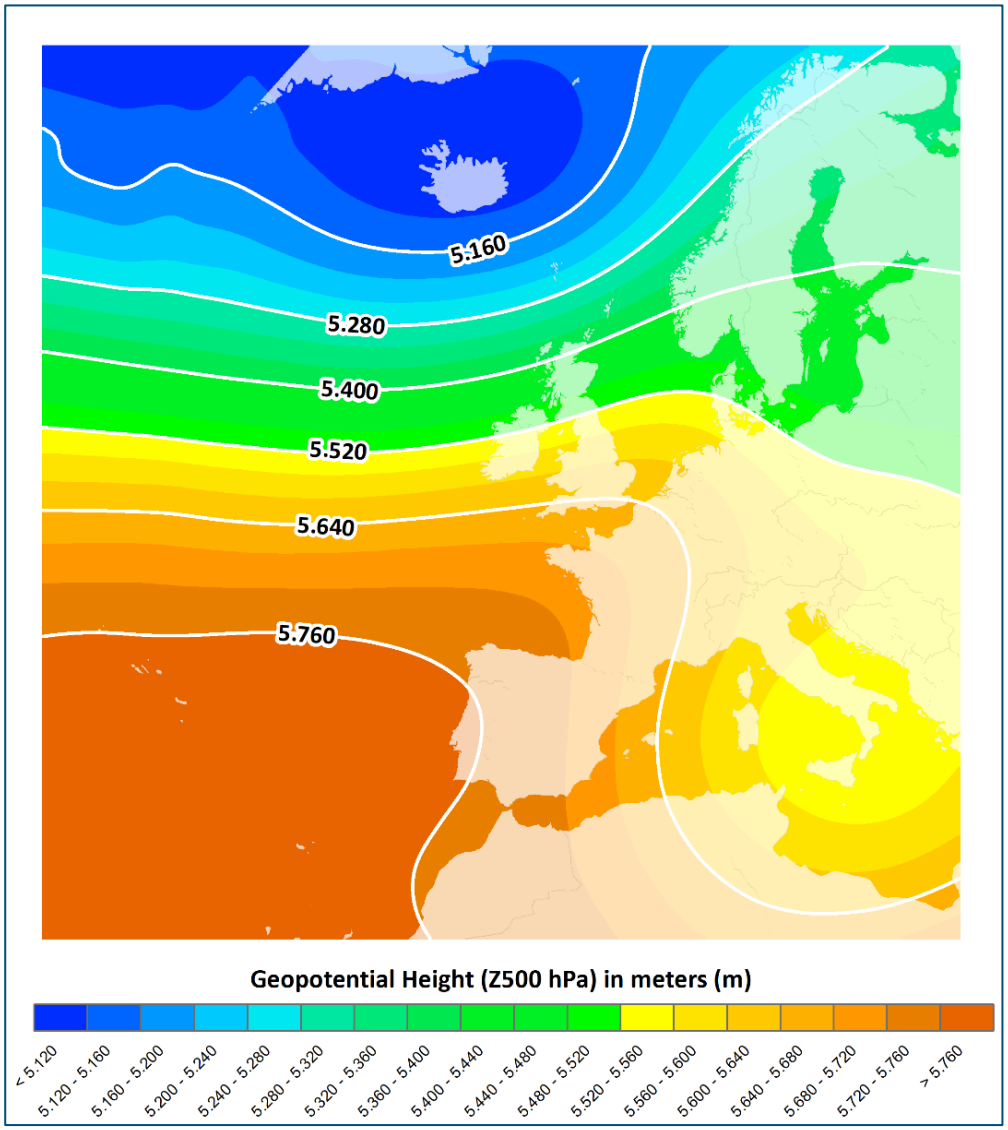
Freqüència d'Allaus Majors



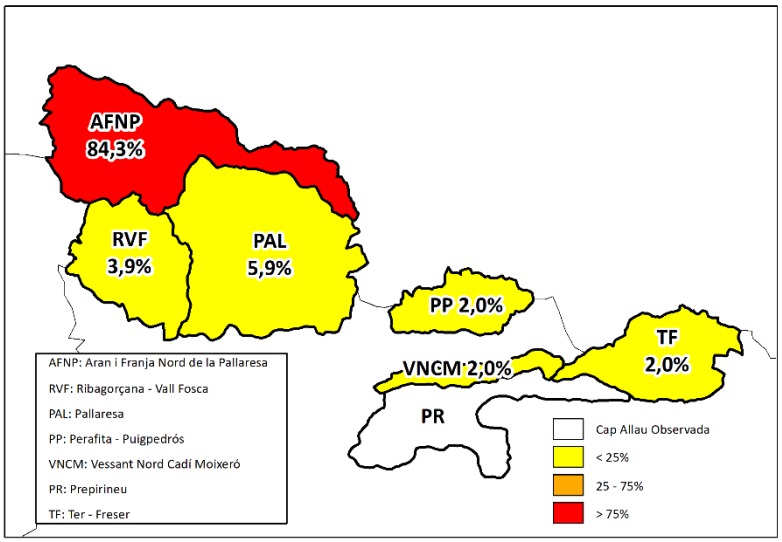
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



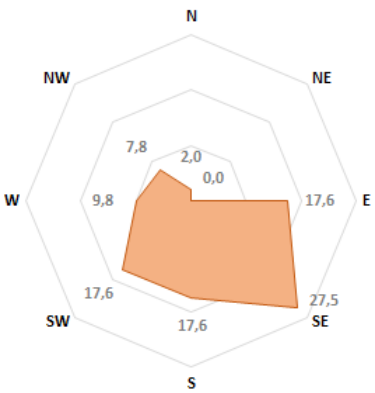
PATRÓ SINÒPTIC DORSAL ATLÀNTICA



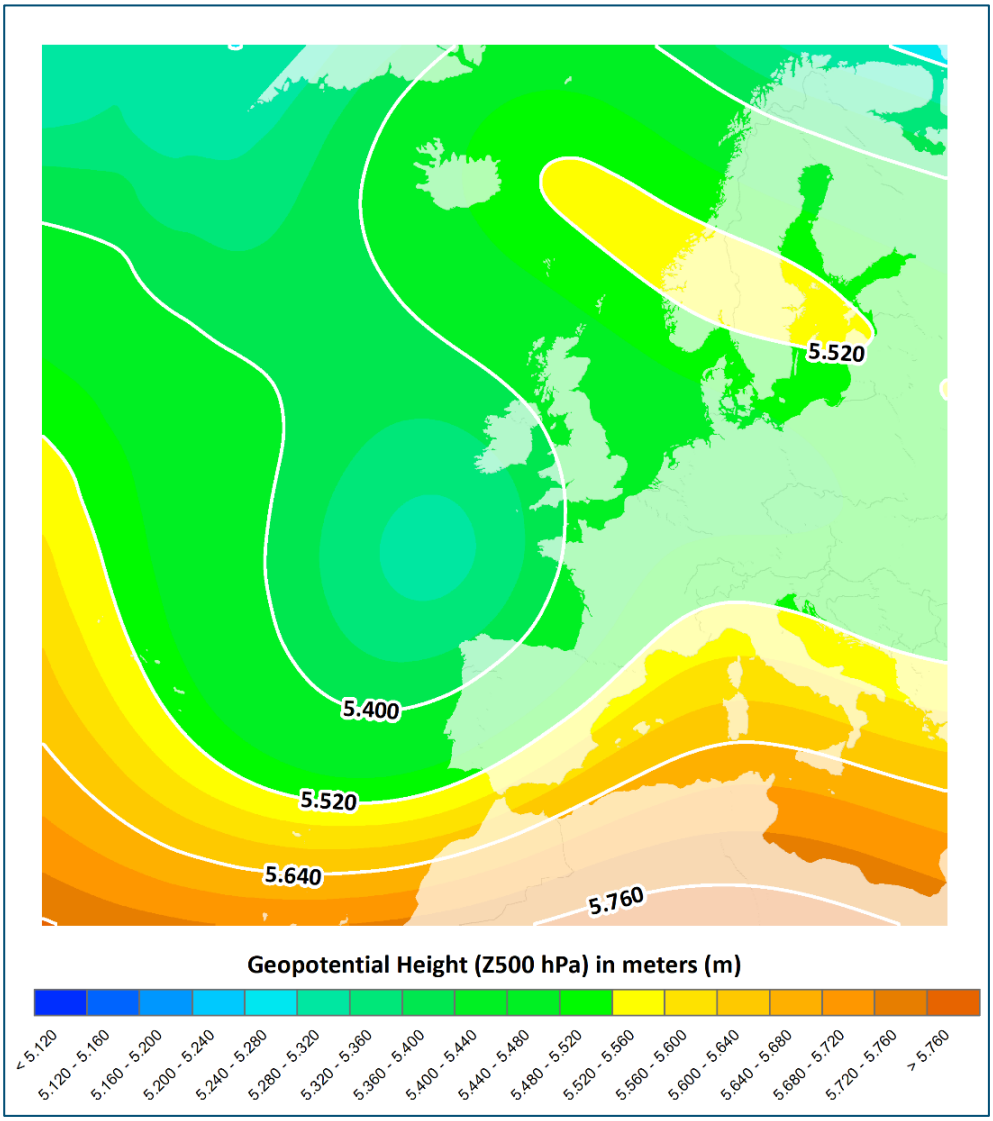
Freqüència d'Allaus Majors



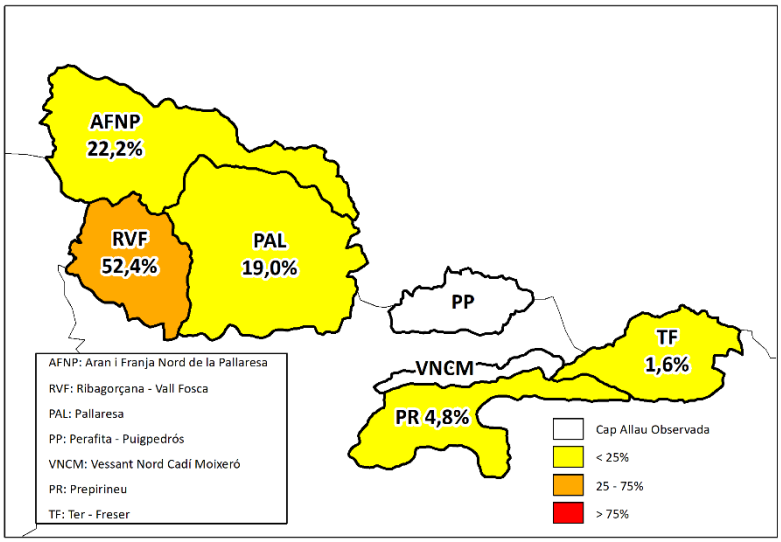
Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



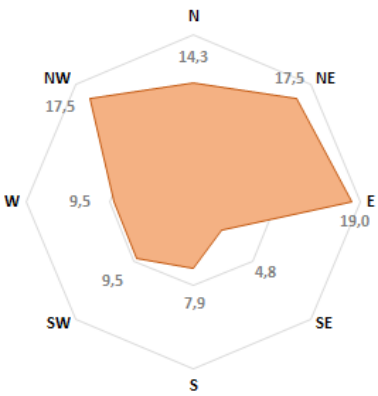
PATRÓ SINÒPTIC SUD-OEST



Freqüència d'Allaus Majors



Freqüència d'Orientacions d'Allaus Majors (%)



Una vegada definits els patrons sinòptics desencadenants de grans allaus (9), s'ha generat una eina predictiva exclusiva (*Visualizer tool*) amb **dos mòduls** (Figura 8). El **mòdul 1** mostra les **allaus probables**, que són les que han estat observades fins al moment. Hi ha tres **nivells d'informació**:

- **Nivell 1:** Segons el patró corresponent al dia en curs es visualitzen les **grans allaus caigudes** amb la informació referent a la zona nivoclimàtica, la data de l'episodi, el codi de l'allau, la zona d'allau, el topònim, la cota inferior o l'abast màxim i les afectacions.
- **Nivell 2:** Segons el patró sinòptic corresponent al dia en curs es visualitzen les **allaus amb risc** (que generen afectacions) i que no són grans allaus, però que s'han desencadenat durant un episodi de grans allaus amb la següent informació: zona nivoclimàtica, data de l'episodi, codi de l'allau, zona d'allau i afectacions.
- **Nivell 3:** Per a cada zona nivoclimàtica es visualitza la **màxima zona d'arribada històrica** per a cada zona d'allau amb independència de la situació sinòptica. Aquesta informació pretén alertar al gestor, que a banda de les allaus caigudes per a cada patró, hi ha allaus no datades (no vinculades a unes condicions atmosfèriques concretes) que poden ser de major abast que les mostrades en els nivell 1 i 2.

El **mòdul 2** mostra les **allaus possibles per al dia en curs**. Segons el patró sinòptic corresponent al dia en curs es visualitzen les zones d'allaus de possible activitat, on es poden desencadenar grans allaus, i s'indiquen les afectacions possibles a elements exposats i vulnerables.

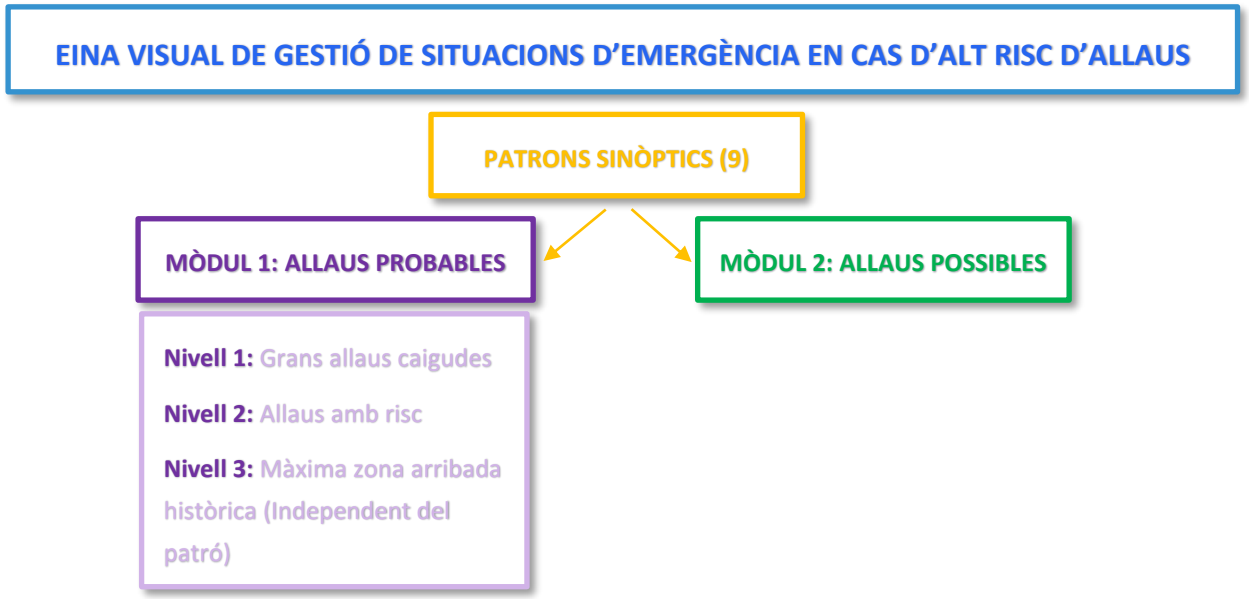


Figura 8. Esquema conceptual de l'eina visual de gestió de situacions d'emergència en cas d'alt risc d'allaus

En el **mòdul 2** es visualitzen aquelles zones d'allaus que comparteixen les orientacions preferents de les allaus enregistrades per al patró sinòptic del dia en curs (zones d'allaus del Mòdul 1 – Nivell 1), però de les quals no hi ha registre fins al moment. Són escenaris d'allaus possibles, no observades fins al moment, però discriminades respecte al total de zones d'allau.

MÒDUL 1 (Allaus probables), Nivell 1: Les allaus mostrades en un suport cartogràfic a la *Visualizer tool* (figures 12, 13, 14 i 15) tenen un vincle a la seva informació per tal de ser consultada en detall, especialment pel que respecta a les afectacions (Figura 9).

Situació Sinòptica del Nord-oest

Zona Nivo-climàtica	Data d'Episodi	Codi d'allau	Zona d'Allau	Topònim	Cota inferior	Abast màxim (m)	Afectacions
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	16/1/1981	GAR05001	GAR050	Bossost	740	Fins a 10m del poble	Edificacions (Bossòst), Via de comunicació (Carretèra dera Saca d'Estiuèra), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	10/2/1994	GAR141199301	GAR141	Garós	1050		Infraestructura (Presa, Torre), Via de comunicació (carretera), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	15/2/2013	GAR150201201	GAR150	Montcorbau	1160		Via de comunicació (Carretera de Montcorbau), Sender
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	1/2/2015	GAR169201401	GAR169	Canaus d'Arres	1535		Via de comunicació (Carretera deth Lac Ressèc), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	11/2/2009	JOE004200801	JOE004	Lauet de Simona	1015		Via de comunicació (Pista dera Artiga de Lin), Bosc
Pallaresa	1/2/2015	BNG058201401	BNG058	Lo Pletiu	1645		Via de comunicació (C-28), Sender (del Port).
Pallaresa	6/2/1996	ESN004199502	ESN004	Pala d'Eixe	1880		Infraestructura (Pista d'Esquí d'Espot), Via de comunicació (Camí de Campmaior)
Perafita - Puigpedrós	6/2/1996	DRN051199501	DRN051	Sallent/Cami Engorgs	2100		Bosc, Sender
Ribagorçana - Vall Fosca	6/2/1996	FLM006199501	FLM006	Tossal de la Costa	1460		Via de comunicació (Camí de la Mare de Déu del Far)
Ribagorçana - Vall Fosca	5/3/2006	FLM006200501	FLM006	Barranc de Verdins	1760		Persones, Via de comunicació (Camí de la Serra d'Avall)
Ribagorçana - Vall Fosca	12/1/1979	FLM08901	FLM089		1770		Infraestructura (Torre elèctrica), Via de comunicació (Carretera de Capdella), Bosc
Ter - Freser	6/2/1996	NUR124199501	NUR124	Coma de les Perdius	1885		Infraestructura (Cremallera de Núria, Túnel del Pal Tort), Bosc, Sender (Camí Vell de Queralbs a Núria)
Ter - Freser	6/2/1996	NUR127199501	NUR127	Pla de Sallents	1760		Infraestructura (Cremallera de Núria, Pont), Bosc, Sender
Ter - Freser	6/2/1996	TER066199501	TER066	Coma Ermada			Via de comunicació (C-771), Bosc
Ter - Freser	6/2/1996	TER067199501	TER067	Pastuira	1980		Edificacions (Hostal, Vivendes), Equipaments (Pàrquing, Pista esportiva), Via de comunicació (C-771), Bosc
Ter - Freser	6/2/1996	TER147199501	TER147	Canal de la Mort del Godall	1820		Via de comunicació (Camí del Pla de la Molina a Vallter), Bosc
...	...	...	...	...	...	...	...

Situació Sinòptica Dorsal Mediterrània

Zona Nivo-climàtica	Data d'Episodi	Codi d'allau	Zona d'Allau	Topònim	Cota inferior	Abast màxim (m)	Afectacions
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	30/1/2013	GAR133201204	GAR133	Pales de Corilha	1265		Infraestructura (Presa), Sender
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	30/1/2013	JOE004201201	JOE004	Lauet de Simona	1020		Via de comunicació (Pista dera Artiga de Lin), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	26/3/2006	NER015200501	NER015	Barranc dera Madalena	1350		Via de comunicació (Pista de Sarrahèra), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	15/2/2018	PAL356201701	PAL356	Coma de Vinyals	1525		Via de comunicació (Pista de Vinyals), Sender
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	30/1/2013	SAL114201201	SAL114	Arriu de Bords	1330		Via de comunicació (Camin Vielh), Bosc
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	30/1/2013	SAL121201201	SAL121	Arriu de Salient	1195		Via de comunicació (Camin deth Bòsc de Mont), Sender
Ter - Freser	22/3/1996	EST002199501	EST002	Clot de l'Alou	1360		Via de comunicació (Camí dels Plaus)
...	...	...	...	...	...	...	...

Figura 9. Mostra de la informació accessible d'allaus majors datades, segons situació sinòptica desencadenant d'episodis de grans allaus.

MÒDUL 1 (Allaus probables), Nivell 2: Seguint la descripció del punt anterior, segons la situació sinòptica es presenten les allaus amb risc (que generen afectacions a elements exposats i vulnerables) i que no són grans allaus, però que s'han desencadenat durant un episodi de grans allaus amb la següent informació: zona nivo-climàtica, data de l'episodi, codi de l'allau, zona d'allau i afectacions (Figura 10).

Situació Sinòptica del Sud-oest

Zona Nivo-climàtica	Data d'Episodi	Codi d'Allau	Zona d'Allau	Afectacions
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	18/12/1997	BNG045199701	BNG045	Via de comunicació (C-28), Sender
Cadí - Moixeró	20/4/2008	ALP140200701	ALP140	Estació d'Esquí (pista), Via de comunicació (Camí de les Mines)
Pallaresa	22/1/1996	RDT104199501	RDT104	Via de comunicació (Carretera de Pal)
Ribagorçana - Vall Fosca	27/2/2010	FLM088200901	FLM088	Via de comunicació (Carretera de Capdella)
Ribagorçana - Vall Fosca	22/1/1996	SMR160199507	SMR160	Edificis, Estació d'Esquí (Pista d'Esquí Tancada), Via de comunicació (Pista de Ginebrell)
Ribagorçana - Vall Fosca	22/1/1996	SMR197199502	SMR197	Via de comunicació (Pista de Taüll)
...	...	...	...	...

Situació Sinòptica del Nord

Zona Nivo-climàtica	Data d'Episodi	Codi d'Allau	Zona d'Allau	Afectacions
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	16/1/2017	GAR199201601	GAR199	Via de comunicació (C-142B)
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	31/1/2003	GAR202200201	GAR202	Edificacions (Nin de Beret), Via de comunicació (C-142B), Infraestructura (Xarxes dinàmiques)
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	31/1/2003	GAR203200201	GAR203	Infraestructura (mur de contenció), Via de comunicació (C-142B), Cotxe
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	31/1/2003	VAR234200201	VAR234	Via de comunicació (Pista de Varradós), Bosc
Pallaresa	31/1/2003	BNG065200201	BNG065	Infraestructura (Torre elèctrica), Via comunicació (Pista forestal)
Ter - Freser	16/1/2017	NUR079201601	NUR079	Via de comunicació (Pista forestal)
...	...	...	...	...

Situació Sinòptica Baixa Meitat Sud

Zona Nivo-climàtica	Data d'Episodi	Codi d'Allau	Zona d'Allau	Afectacions
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	21/1/1997	AIG031199601	AIG031	Via comunicació (Camin de Pruedo), Cabana
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	8/2/2003	GAR203200205	GAR203	Infraestructura (Mur de contenció), Via de comunicació (C-142B), Sender
Cadí - Moixeró	30/1/2006	ALP185200501	ALP185	Via de comunicació (GI-400, Cotxe)
Ribagorçana - Vall Fosca	30/1/2006	FLM088200501	FLM088	Via de comunicació (Carretera de Capdella)
Ribagorçana - Vall Fosca	9/12/1995	SMR170199508	SMR170	Estació d'Esquí (Pista d'Esquí, Telecadira), Via de comunicació (Pista forestal)
Ter - Freser	30/1/2006	NUR029200502	NUR029	Estació d'Esquí (Pista d'Esquí)
...	...	...	...	...

Figura 10. Allaus amb risc segons situació sinòptica desencadenant d'episodis de grans allaus.

MÒDUL 1 (Allaus probables), Nivell 3: La màxima zona d'arribada històrica per a cada zona d'allau amb independència de la situació sinòptica. Cal remarcar que la cota mínima d'arribada és la coneguda fins a l'actualitat. Per tant, en situacions de risc futures aquestes cotes d'arribada es poden veure sobrepassades (Figura 11).

Aran - Franja Nord de la Pallaresa				
Codi d'Allau	**Zona d'Allau**	**Cota d'arribada màxima coneguda**	**Abast**	**Afectacions**
AIG031199601	AIG031	1845		Cabana, Via de comunicaciól (Pista forestal)
BNG020201301	BNG020	1798		Via de comunicació (Carretera)
BNG078200901	BNG078	1873		Via de comunicació (Carretera)
	GAR010	870		Es va emportar ovelles i vaques que eren a les quadres.
				Destrucció per dos vegades de la capella de Sant Crisòstom. Una dona va ser desplaçada des del riu fins al peu de l'altre
	GAR050	707	Riu Garona	vessant.
...	...	...	...	...

Ribagorçana - Vall Fosca				
Codi d'Allau	**Zona d'Allau**	**Cota d'arribada màxima coneguda**	**Abast**	**Afectacions**
FIL019200901	FIL019	1930		Edificis (Borda), Via de comunicació (Pista forestal)
FLM131199501	FLM131	1740		Infraestructura (Torre elèctrica), Bosc
FLM153200901	FLM153	1138	Fins al riu	Infraestructura (Torre elèctrica), Via de comunicació (Pista forestal), Bosc
	MNY170	1490		Borda amb animals. Un pastor que va sortir ilès.
RIB133199501	RIB133	1425		Bosc
...	...	...	...	...

Figura 11. Cota mínima d'arribada coneguda segons sector nivoclimàtic i zona d'allau.

Visualització de la informació del Mòdul 1: En l'eina visual es mostra un mapa amb les zones d'allaus i les allaus probables amb tota la informació referent a la localització i les característiques de les grans allaus, les allaus amb risc i la màxima arribada coneguda/històrica (Figura 12, 13, 14 i 15).

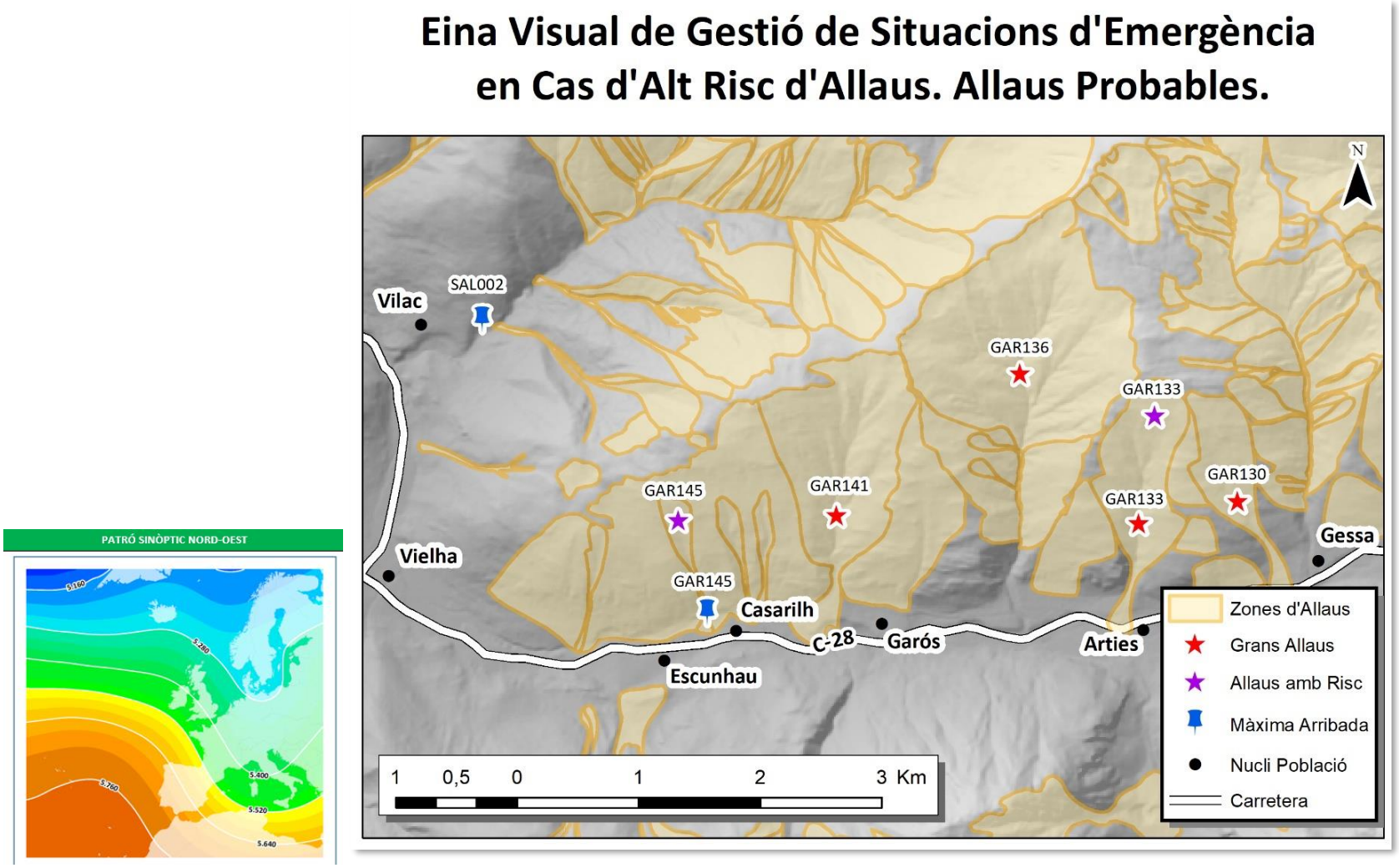


Figura 12. Mostra de localització de les allaus grans i amb risc probables, variable per a cada patró sinòptic desencadenant de grans allaus.

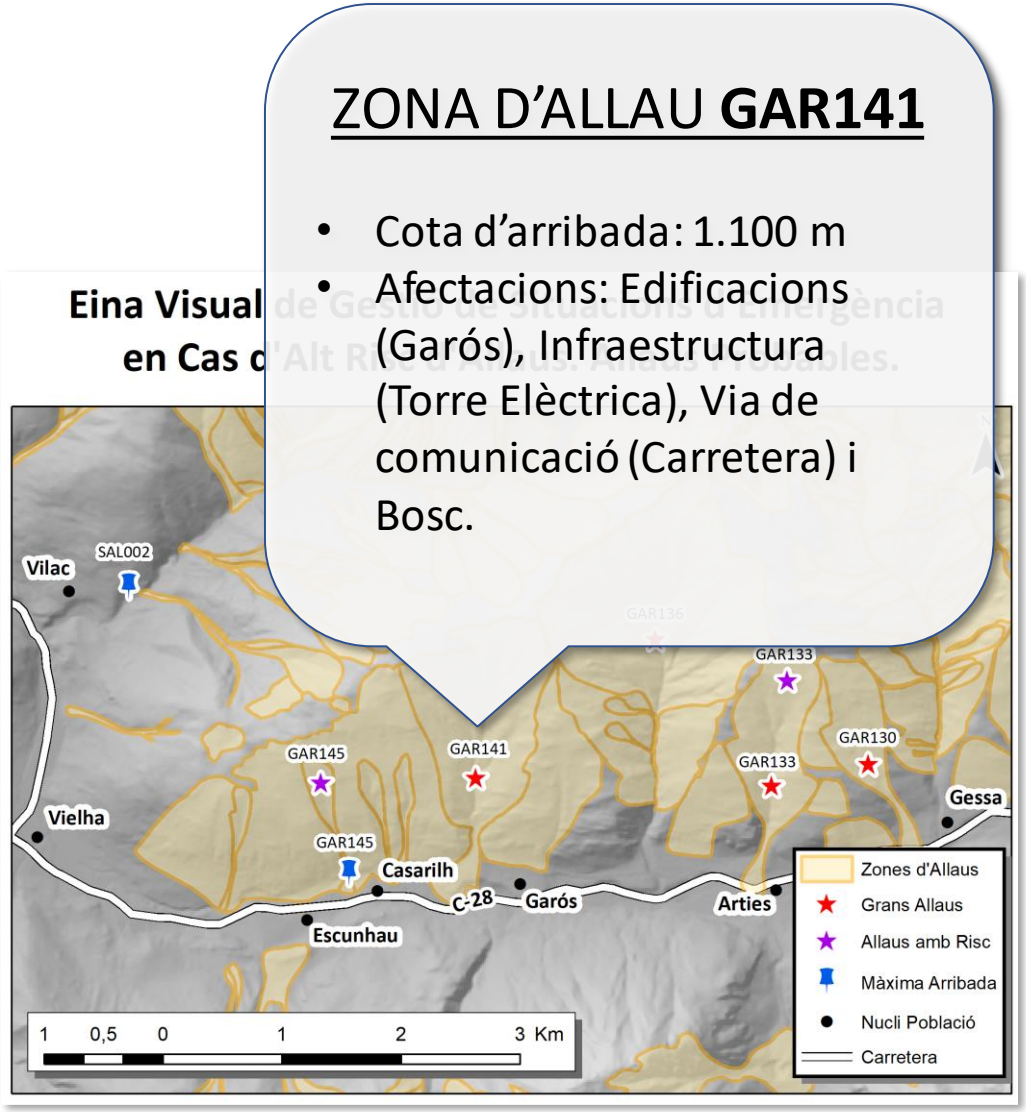


Figura 13. Mostra d'informació, Nivell 1, associada a una gran allau natural desencadenada a la zona d'allau GAR141 durant una situació sinòptica de Nord.

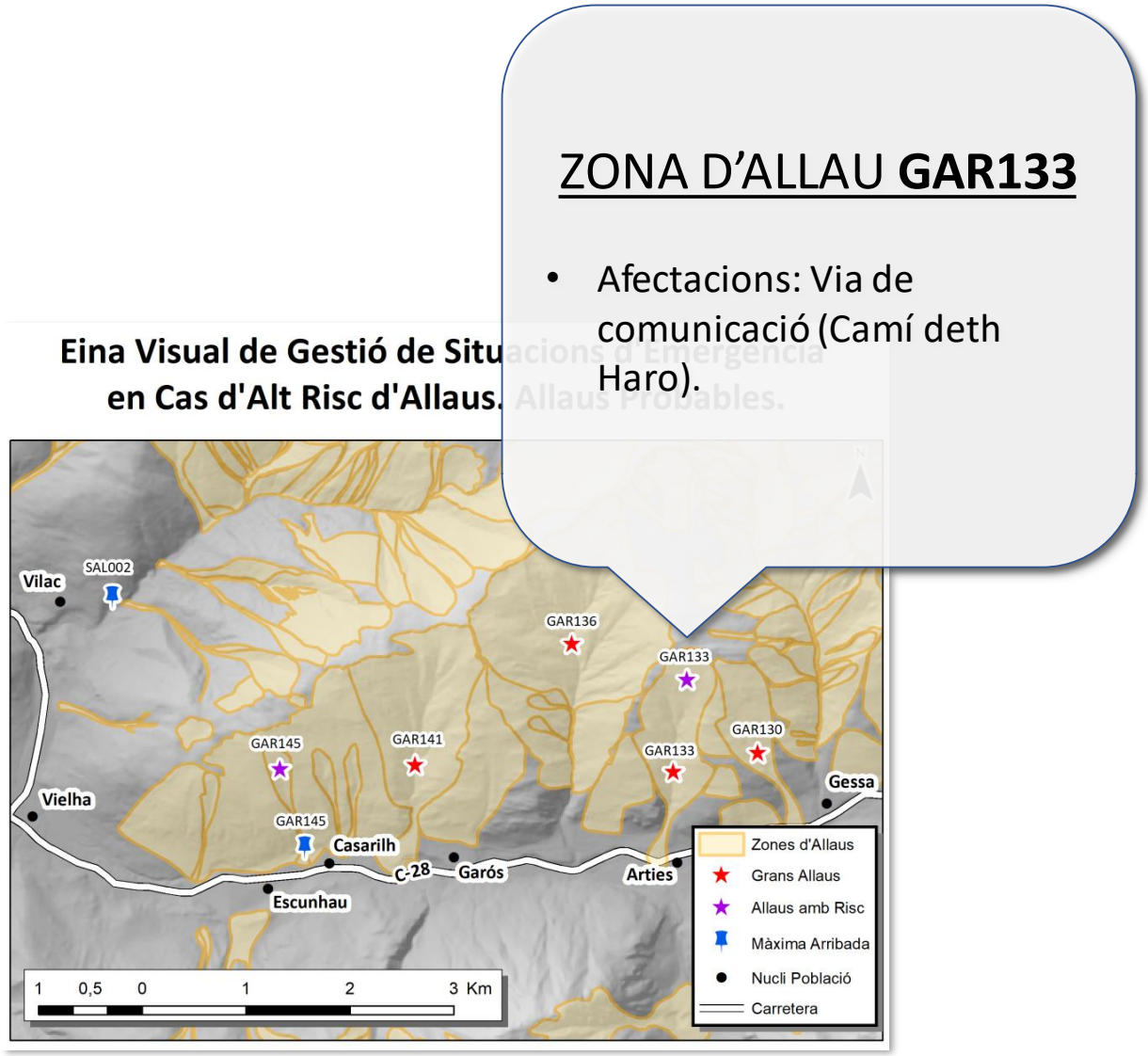


Figura 14. Mostra d'informació, Nivell 2, associada a una allau natural amb risc desencadenada a la zona d'allau GAR133 durant una situació sinòptica de Nord.

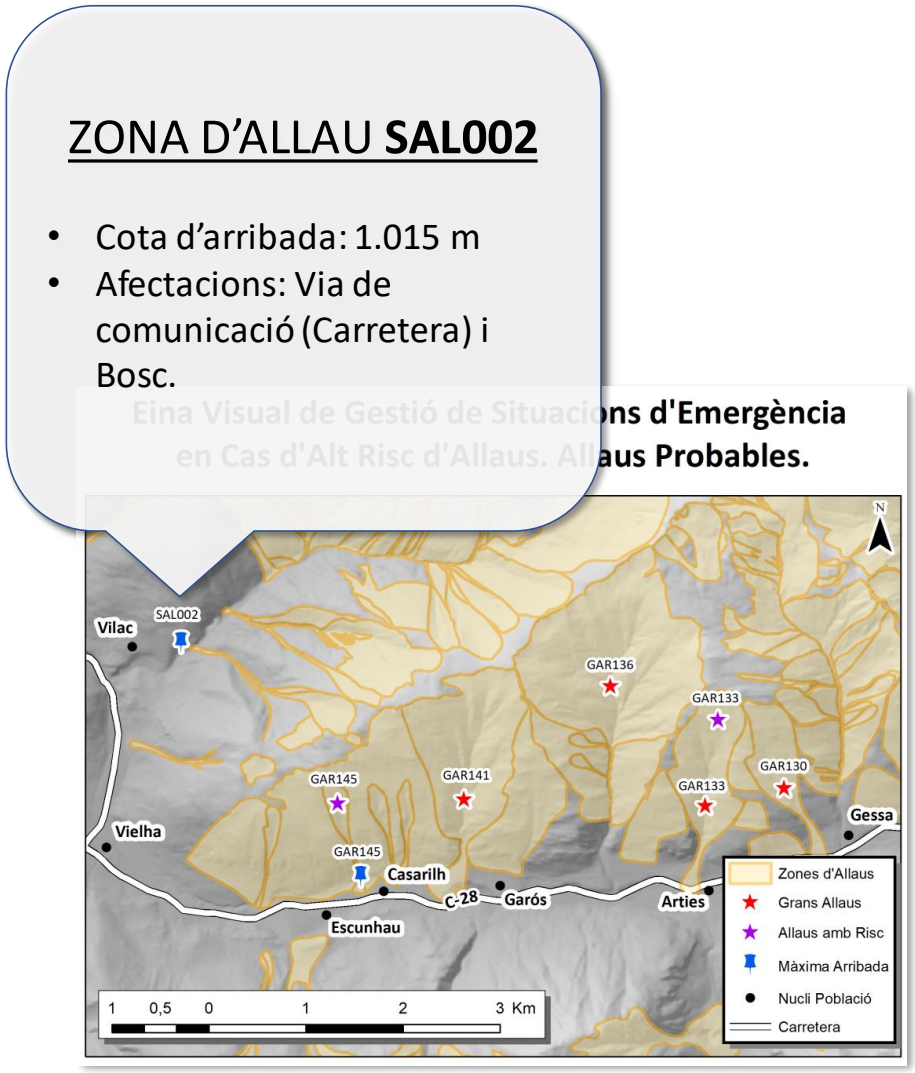


Figura 15. Mostra d'informació, Nivell 3, associada a la màxima zona d'arribada històrica de la zona d'allau SAL002.

MÒDUL 2 (Allaus possibles): Segons la situació sinòptica s'identifiquen les zones d'allaus possibles, on es poden desencadenar grans allaus que poden produir afectacions a elements exposats i vulnerables. Per tant, en aquest mòdul es mostren aquelles zones d'allaus amb característiques semblants a les zones d'allaus del mòdul 1, però que no han estat enregistrades. Són escenaris d'allaus possibles, no observats fins al moment. És una eina predictiva en base a la dinàmica d'allaus pròpia observada per a cada patró sinòptic que, com s'ha observat anteriorment, es manifesta en una predominança de certes orientacions en base al comportament del mantell, resultant dels processos nivometeorològics propis i distintius de cada patró sinòptic identificat (Figura 16, 17 i 18).

Situació Sinòptica del Nord		
Zona Nivo-climàtica	**Zona d'Allau**	**Possibles Afectacions**
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	GAR137	Casa
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	GAR134	Torres elèctriques
Aran - Franja Nord de la Pallaresa	GAR139	Torres elèctriques
...	...	...

Figura 16. Mostra de la localització possible on es poden desencadenar allaus en una situació sinòptica del nord i possibles afectacions.

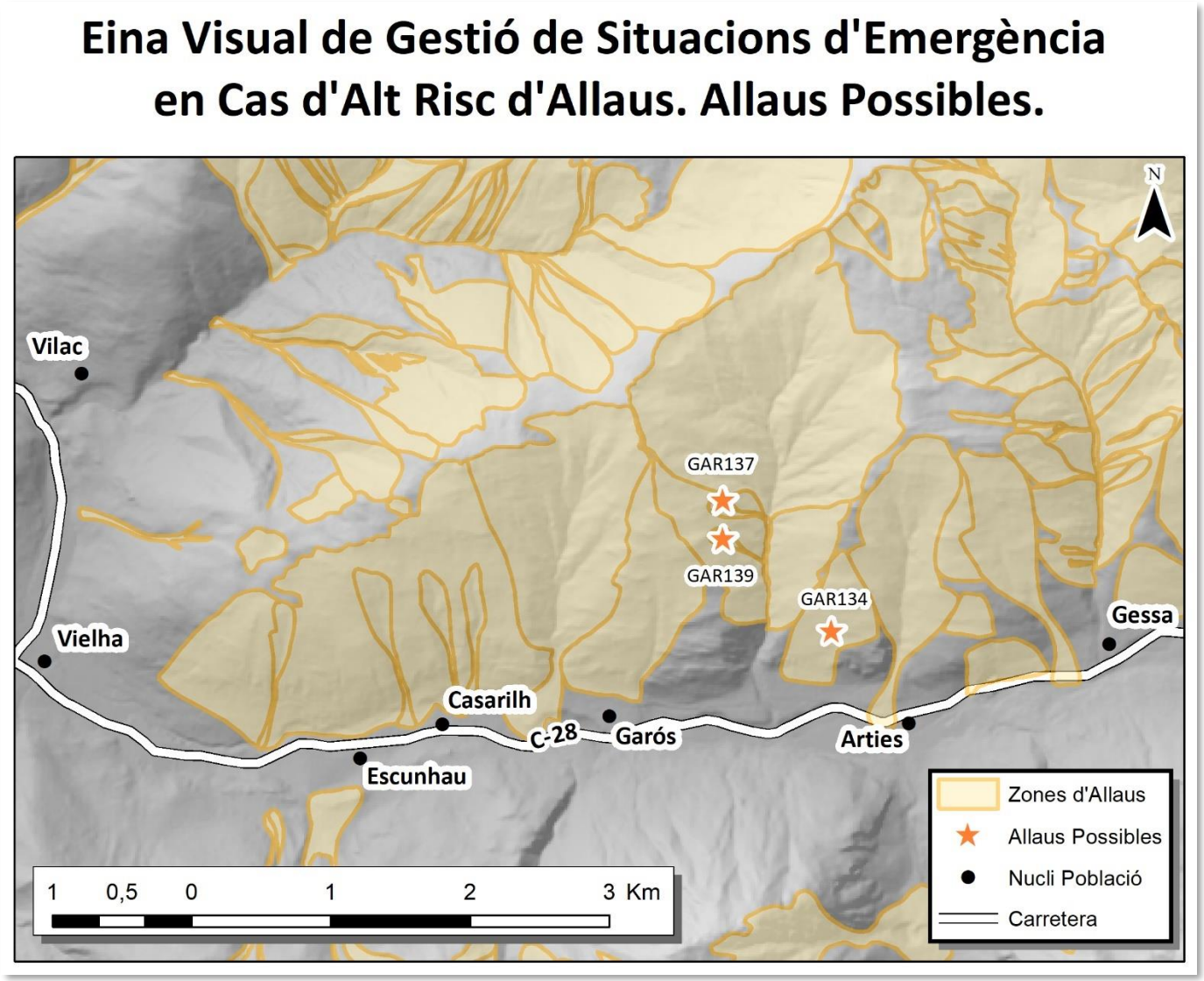


Figura 17. Mostra de les zones d'allaus on és possible que es pugui desencadenar una gran allau o allau amb risc amb una situació sinòptica del nord.

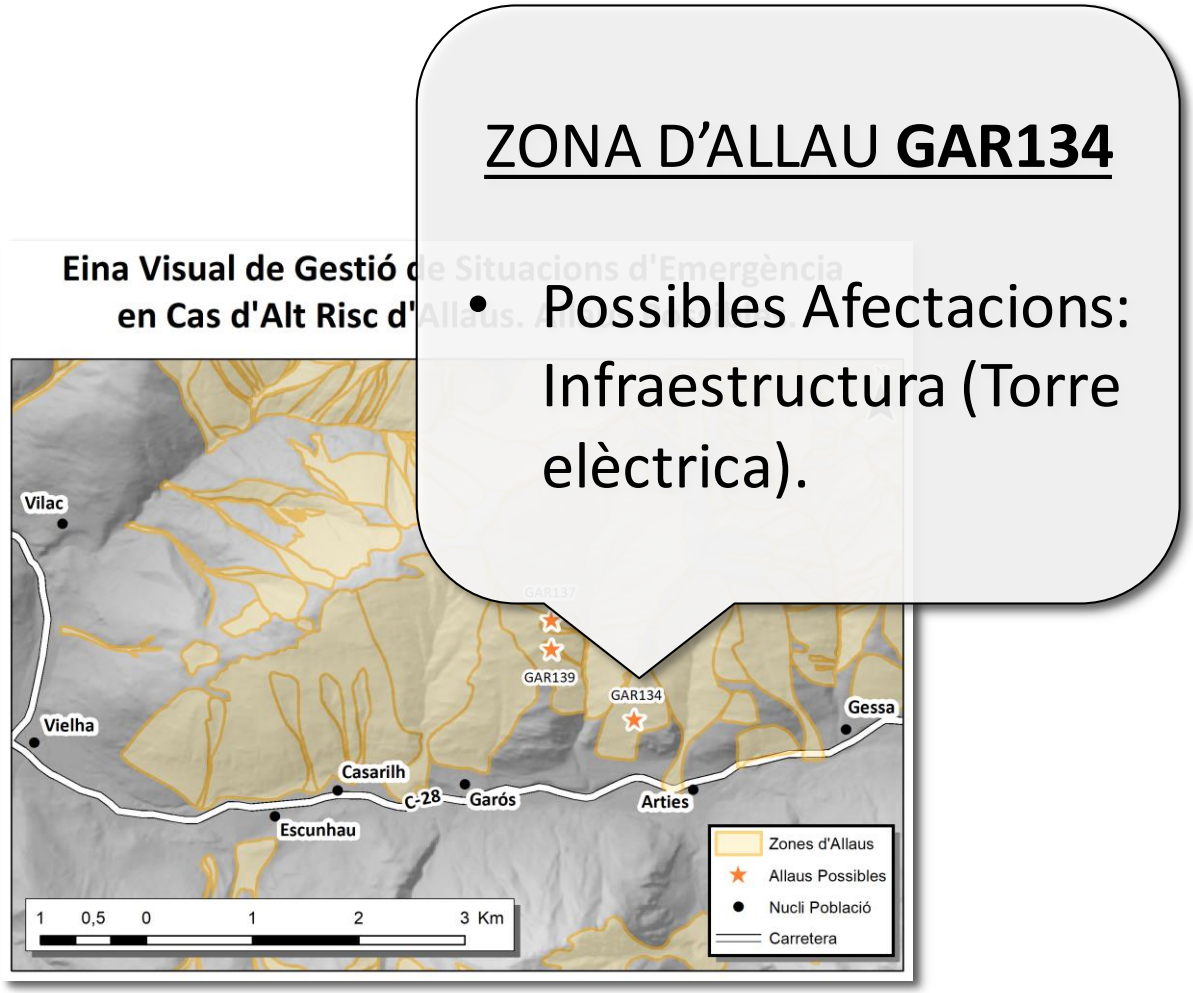


Figura 18. Mostra de la zona d'allau GAR134 amb les possibles afectacions a elements exposats i vulnerables durant una situació amb un patró sinòptic de nord.

6. Bibliografia

Tesis Doctoral

García Sellés, Carles. Variabilidad espacio-temporal de grandes aludes en el Pirineo Oriental según la estructura del manto nivoso y la circulación atmosférica. Director: Martín-Vide, Javier. Codirector: Hägeli, Pascal. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2017. 227 f. (Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona).

Articles científics

Birkeland, K.W., Mock, C.J., Shinker, J.J., 2001. Avalanche extremes and atmospheric circulation patterns. Annals of Glaciology 32, 135–140.

Esteban, P., Jones, P.D., Martín-Vide, J., Mases, M., 2005. Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees. International Journal of Climatology 25, 319–329.

Fitzharris, B.B., 1981. Frequency and Climatology of Major Avalanches at Roger Pass, 1909–1977, vol. 99. National Research Council, Canadian Association Comittee on Geotechnical Research, Ottawa.

Hächler, P., 1987. Analysis of the weather situations leading to severe and extraordinary avalanche situations. International Association of Hydrological Sciences Publication 162, 295–303.

Jomelli, V., Delval, C., Grancher, D., Escande, S., Brunstein, D., Hetu, B., Filion, L., Pech, P., 2007. Probabilistic analysis of recent snow avalanche activity and weather in the French Alps. Cold Regions Science and Technology 47, 180–192.

Mock, C.J., 1996. Avalanche climatology of Alyeska, Alaska, U.S.A. Arctic and Alpine Research 28 (4), 502–508.

Oller i Figueras, Pere; Muntán Bordas, Elena; García i Sellés, Carles; Furdada i Bellavista, Glòria; Baeza, Cristina; Angulo Bahón, Cecilio. Characterizing major avalanche episodes in space and time in the twentieth and early twentyfirst centuries in Catalan Pyrenees. En: Cold Regions Science and Technology, 2015, num. 110, p. 129-148. ISSN 0165-232X.

Romero, R., Sumner, G., Ramis, C., Genovés, A., 1999. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. International Journal of Climatology 19, 765–785.

Schaerer, P., 1986. Weather patterns for major avalanches. The avalanche Review, vol. 4, n° 3, p. 2.

Documents electrònics

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Base de Dades d'Allaus de Catalunya [Recurs electrònic propi]. [consulta: 30 de Març de 2021].

Pàgines web

Publication: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project: March, 1996 BAMS.

Data Access: National Centers for Environmental Prediction/National Weather Service/NOAA/U.S. Department of Commerce. 1994, updated monthly. NCEP/NCAR Global Reanalysis Products, 1948-continuing. Research Data Archive at NOAA/PSL: /data/gridded/data.ncep.reanalysis.html.