



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

**Anàlisi i caracterització
de la precipitació i dels camps de vents
en zones d'orografia complexa: La Cerdanya
(Pirineu Oriental)**

Maria Àngela Rosell Puig



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**

TESI DOCTORAL

Anàlisi i caracterització de la precipitació i dels
camps de vents en zones d'orografia complexa:
La Cerdanya (Pirineu Oriental)

Autora

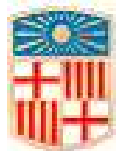
Maria Àngela Rosell Puig

Director

Dr. Joan Bech i Rustullet

Codirector

Dr. Cristian Fàbrega Gallego



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Anàlisi i caracterització de la precipitació i dels camps de vents en zones d'orografia complexa: La Cerdanya (Pirineu Oriental)

MEMÒRIA PRESENTADA PER OPTAR AL GRAU DE DOCTORA PER
LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

Programa de doctorat en Física

Autora

Maria Àngela Rosell Puig

Director

Dr. Joan Bech i Rustullet

Codirector

Dr. Cristian Fàbrega Gallego

Tutora

Dra. Assumpta Parreño Garcia

Departament de Física Aplicada

Facultat de Física

2023



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Dedicatòria

A la Mare Terra

A tu Mare Terra que ens veus néixer i ens aculls fins al final de les nostres vides. No hi ha secret possible però els guardes amb el teu silenci.

Quan et deixes acaronar pel Sol així també nosaltres i, com un llibre obert, quan hi ha una tempesta ens ensenyes la força de la Natura de la qual tu i tots en formem part, i que després que els núvols s'esvaeixin quedarà tot quiet i amarat d'aquest tresor tan valuós que cau del cel.

Si una tempesta embogida, un terratrèmol, un volcà o qualsevol manifestació violenta de la Natura destrossa els nostres cors és que et fas còmplice del destí que no poden eludir els homes, els animals i tot el que té vida inclosa tu mateixa.

El més bonic és que no decaus i com una incasable dansarina amb elegància i majestat ens portes any rere any les estacions, cada una amb la seva peculiaritat, però sense perdre l'esperança que després d'una vingui l'altra de forma inalterada.

Humil nau dins d'un univers immens, he llegit tan sols una plana del teu incommensurable saber i he sigut feliç perquè, reconeixent la meva petitesa, he après a estimar-te més. Gràcies.

Agraïments

Vaig néixer en un petit poble, que passats uns quants anys la gent el coneixeria com el poble de 'el vent del pla'.

Des d'ell es veu proper el massís del Montseny majestuós observador dels seus voltants i ple de riquesa paisatgística. Més enllà el Mont Negre, misteriós i cobert de boscos en què quasi no hi ha passat ningú. Després, més humils, Sant Llop, Gaserans i el castell de Montsoriu ric de llegendes morunes i, per tant, ple d'història.

No puc deixar de mencionar el turó de Santa Anna, amb la seva antiga ermita plena de relíquies fruit de l'agraïment de molts devots, i l'aplec on, entorn d'ella, cada any la gent s'hi agermana ballant la nostra preciosa dansa.

Durant la meva infància vaig escoltar moltes històries de miracles, fades, guerrers i en la majoria d'ells el vent n'era protagonista... xiulava, portava secrets d'un lloc a l'altre, trucava a les portes i a les finestres o movia les branques dels arbres i quasi sempre misteriosament.

Per la revetlla de Sant Joan, a prop de la foguera i menjant la típica coca amb els veïns, repassava amb la meva mare les constel·lacions en un cel serè, i amb tot això, per mi un món ple de màgia, vaig interioritzar el meu amor per la Natura i l'Astronomia.

Aquesta tesi és sobre orografia complexa, s'hi estudien el règim de vents i precipitació a la Vall del Segre (la Cerdanya), i encara que hagi estudiat una part de Pirineu lluny de les meves muntanyes, he mirat la Vall del Segre amb el mateix amor i respecte i, tot tenint el cor-robot per l'Astronomia, la Meteorologia i el tema que m'ha tocat estudiar han omplert un buit en el seu interior.

La motivació, per tant, ha sigut gran perquè no podem estimar l'Univers si no estimem la Terra procurant comprendre el que espera de nosaltres, ja que ella té una generositat sense fi.

Per aquest motiu, vull agrair al Dr. Joan Bech el haver-me donat llibertat creativa i confiar en la meva responsabilitat i afany de superació. Gràcies per les referències donades i no haver negat mai el fet de signar un document, quan m'ha fet falta, per tal de facilitar-me la feina.

Vull expressar, fermament, la meva gratitud al Dr. Cristian Fàbrega per haver acceptat, en el tram final d'aquesta tesi, ser-ne codirector. Gràcies, per tot el suport i consell rebut.

Gràcies a la Dra. Maria Rosa Soler per haver revisat el tractament de dades i els gràfics corresponents i donar-me la seva conformitat que, en el seu moment, em va permetre continuar amb més seguretat i confiança.

Tota la gratitud per a la meva tutora la Dra. Assumpta Parreño per escoltar-me i atendre en tot moment. Gràcies, Assumpta.

Gràcies al Dr. Xavier Luri, que el curs abans de començar aquesta tesi, em va permetre assistir a les seves classes de Python, aquest bonic llenguatge en què s'han fet tots els programes d'aquesta tesi i, que sense aquesta preparació no hagués sigut possible.

Moltes gràcies a Météo France, CENMA-IEA, AEMET i el SMC en cedir-me les dades i per atendre amb tanta amabilitat quan, en analitzar-les, tenia un dubte, per tant, gràcies a la Dra. Laura Trapero de CENMA-IEA, al Dr. Sergi González d'AEMET, al Sr. Jordi Mercader i al Sr. Aleix Serra del SMC.

Vull donar les gràcies d'una manera molt particular als meus companys de doctorat la Marina, l'Enric, l'Anna, en Joan, la Maria i, sobretot, en Richard exemple d'amistat sincera. Gràcies als companys de despatx la Dra. Yolanda Sola i el doctorand, ara ja Dr. Oriol Rodríguez, gràcies per la vostra alegria i paciència. Altres persones han estat prop meu i no voldria deixar de nomenar a ningú, per tant, gràcies a tots i sabeu que he après molt de vosaltres, ja que cada moment de la vida és una lliçó i aquesta espero haver-la aprofitat.

D'una manera molt especial vull agrair a tots els qui, en l'anonimat i silenci, m'han recolzat i protegit, GRÀCIES a vosaltres per fer-me el camí més fàcil.

Resum

Totes les circulacions atmosfèriques en orografia complexa depenen de molts factors, un dels principals és la situació sinòptica. Aquesta hi pot influir notòriament quan no és de calma, produint circulacions de vent que típicament no es donen quan no existeix aquesta situació.

Una manera de dur a terme aquest estudi en una vall és estudiar les dades estació per estació segons la seva situació, ja sigui en el fons de la vall o en els vessants, amb la missió d'entendre les circulacions de vent globalment, tenint en compte no tan sols la situació sinòptica sinó també l'hora del dia i el dia de l'any.

Per tant, s'han estudiat generalment les circulacions de vent a la Vall del Segre a la Cerdanya amb dades històriques de 2006 a 2015, ambdós inclosos i pels mesos de desembre de 2016, gener, febrer, març i abril del 2017 amb les dades de la campanya Cerdanya-2017. Amb les dades històriques s'ha fet un breu estudi de precipitació on queda reflectit que a Das hi precipita menys que a la resta de les estacions de la vall.

L'aplicació de diferents mètodes estadístics a l'hora de relacionar simultàniament el mòdul i la direcció del vent amb les estacions ha permès demostrar que treballar amb la màxima resolució temporal possible és fonamental a l'hora d'obtenir unitat en els resultats tractant les dades amb qualsevol dels mètodes.

L'estudi de quatre episodis, un anticiclònic i tres amb precipitació, ha permès explicar una de les circumstàncies del perquè a Das hi precipita menys.

Resumen

Todas las circulaciones atmosféricas en orografía compleja dependen de muchos factores, uno de los principales es la situación sinóptica. Esta puede influir notoriamente cuando no es de calma, produciendo circulaciones de viento que típicamente no se dan cuando no existe esta situación.

Una manera de llevar a cabo este estudio en un valle es estudiar los datos estación por estación según su situación, ya sea en el fondo del valle o en las laderas, con la misión de entender las circulaciones del viento de forma global, teniendo en cuenta no solo la situación sinóptica sino también la hora del día y el día del año.

Por lo tanto, se han estudiado generalmente las circulaciones de viento en el Valle del Segre en la Cerdanya con datos históricos de 2006 a 2015, ambos incluidos y para los meses de diciembre de 2016, enero, febrero, marzo y abril de 2017 con los datos de la campaña Cerdanya-2017. Con los datos históricos también se ha hecho un breve estudio de la precipitación, en el cual queda reflejado que en la estación de Das precipita menos que en el resto de las estaciones del valle.

La aplicación de diferentes métodos estadísticos a la hora de relacionar simultáneamente el módulo y la dirección del viento con las estaciones, ha permitido demostrar que trabajar con la máxima resolución temporal posible es fundamental a la hora de obtener unidad en los resultados tratando los datos con cualquiera de los métodos.

El estudio de cuatro episodios, uno anticiclónico y tres con precipitación, ha permitido dar explicación a una de las circunstancias del porqué en Das precipita menos.

Abstract

All atmospheric circulations in complex orography depend on many factors. One of the main ones is the synoptic situation. This situation can have a significant influence when it is not calm, producing wind circulations that typically do not occur when this situation does not exist.

One way to carry out this study in a valley is to study the data station by station according to their location, either on the valley floor or on the slopes, with the mission of understanding the wind circulations. Taking into account not only the synoptic situation, but also the time of day and the day of the year.

Therefore, wind circulations in the Segre Valley in Cerdanya have been studied globally with historical data from 2006 to 2015 both included and for the months of December 2016, January, February, March, and April 2017 with data from the Cerdanya-2017 campaign. With the historical data, a brief study of the precipitation has also been carried out, which shows that the Das station receives less precipitation than the rest of the stations in the valley.

The application of different statistical methods and relating simultaneously the modulus and direction of the wind with the stations, has allowed us to demonstrate that working with the highest possible temporal resolution is fundamental when it comes to obtaining unity in the results by treating the data with any of the methods.

The study of four episodes, one anticyclonic and three with precipitation, has made it possible to explain one of reasons that explain why there is less precipitation in Das.

Acrònims

ABL	Atmosferic Boundary Layer
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
AEMET	Agencia Estatal de METeorología
ANOVA	ANalysis Of VAriance
AWS	Automatic Weather Station
CA	Clustering Annalysis
CAPE	Convective Available Potencial Energy
CCL	Convective Condensation Level
CENMA-IEA	Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra-Institut d'Estudis Andorrans
CIN	Convective InhibitioN energy
CME	Cuadrado Medio Entre conjuntos
CMD	Cuadrado Medio Dentro de conjuntos
DALR	Dry Adiabatic Lapse Rate
EL	Equilibrium Level
ELR	Enviromental Lapse Rate
GLD	Graus de Llibertat Dintre els conjunts
GLE	Graus de Llibertat Entre els conjunts
GLT	Graus de Llibertat Totals
GPS	Global Positioning System
HOBO	Honest Observer By Onset
HSD	Honestly-Significant-Divergence
IQR	InterQuartile Range
IWV	Integrated Water Vapor
LCL	Lifting Condensation Level

LFC	Level of Free Convection
LIDAR	Light Detection And Ranging
LWP	Liquid Water Path
MRR	Micro Rain Radar
MSE	Mean Square Error
MWR	MicroWave Radiometer
OAQPS	Office of Air Quality Planning and Standards
PCA	Principal Component Analysis
PLACUM	PLuja ACUMulada
PBL	Planetary Boundary Layer
PPT	PreciPiTation
RH	Relative Humidity
SALR	Saturated Adiabatic Lapse Rate
SCE	Suma de Cuadrados Entre grupos
SCD	Suma de Cuadrados Dentro de grupos
SCT	Suma de Cuadrados Total
SMC	Servei Meteorològic de Catalunya
SMRL	Saturation Mixing-Ratio Line
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UHF	Ultra High Frequency-Radar
UTC	Coordinated Universal Time
WindRASS	Wind Radio Acoustic Sounding System
WMO	World Meteorological Organization

Índex de figures

2.1. Representació de les diferents capes atmosfèriques amb el corresponent gradient tèrmic vertical.....	7
2.2. Diferents escales horitzontals i temporals meteorològiques.....	8
2.3. Esquema de vents de muntanya.....	9
2.4. Espectre Solar-Terra.....	10
2.5. Posició de la Terra respecte l'eclíptica durant les estacions a l'hemisferi Nord.....	11
2.6. Tipus d'atmosfera en terreny muntanyós.....	12
2.7. Perfil de vent diari a les vessants.....	13
2.8. Hipòtesi del trencament de la inversió.....	14
2.9. Règim de vents segons el gradient de pressió.....	15
2.10. Vents al llarg de la vall segons sia de dia o de nit.....	15
2.11. Balanç de forces segons hi hagi força de fricció o no.....	17
2.12. El vent geostròfic i canalització per les vessants de la vall.....	17
2.13. Fluxos de vent vall avall, vall amunt. Vent al llarg de la vall si el gradient de pressió és negligible.....	18
2.14. Efecte de les ones de muntanya segons el nombre de Froude.....	18
2.15. Precipitació provocada per processos: orogràfic, convectiu i frontal.....	19
2.16. Formació d'un cicló no frontal.....	20
2.17. Tipus de fronts i la seva simbologia.....	20
2.18. Front oclús.....	21
2.19. Mecanismes d'elevació de masses d'aire.....	22
2.20. Esquema de diferents mecanismes de precipitació orogràfica.....	23
2.21. Mecanismes de com les muntanyes i turons afecten a la PPT.....	24
3.1. Localització i topografia de la Vall del Segre (La Cerdanya).....	29
3.2. Localització de les AWSs.....	29
3.3. AWS de Das (DP).....	30
3.4. Localització dels HOBOSensors (figura superior). UHF, ADCP (model windRASS), MWR, MRR, i Ceilòmetre (figura inferior).....	30
3.5. Esquema, general, d'una estació d'observació a l'hemisferi Nord.....	31

3.6. Esquema d'un pluviòmetre de balancí.....	32
3.7. Diferents formes de pluviòmetres normalitzats.....	33
3.8. Sensor de temperatura Pt100 o Pt1000.....	34
3.9. Sensor de temperatura i humitat relativa.....	34
3.10. Sensor d'ultrasons de direcció i velocitat del vent.....	35
3.11. Esquema d'un anemòmetre de culleretes.....	35
3.12. Anemòmetre de tres culleretes dissenyat per Patterson.....	36
3.13. Baròmetres.....	36
3.14. Piranòmetre de radiació global.....	37
3.15. RPG-HATPRO radiòmetre.....	38
3.16. Ceilòmetre Vaisala CL31.....	39
3.17. Radiosonda MODEM M10.....	41
3.18. PCL1300 UHF Wind profiler.....	42
3.19. NR01.....	43
3.20. Scintec WindRASS profiler.....	44
3.21. HOBO sensor.....	45
3.22. Pluviòmetre totalitzador de pesada.....	45
4.1. Dades del dia 01/12/2016 mesurades pel HOBO-sensor situat a Lon.= 42.2908 i Lat = 1.7150.....	55
4.2. Representació del mòdul i direcció del vent i PPT acumulada durant la mitja hora anterior el dia 30/04/2017 a les 16:30:00 UTC.....	55
4.3. Representació de la direcció del vent el dia 30/04/2017 a les 23:30:00 UTC...	55
4.4. Representació de la PPT [mm] en funció de l'altitud [m], corresponent al dia 20/12/2016 a les 16:30:00 UTC.....	56
4.5. Radiació corresponent a la estació S01 el dia 20/02/2017.....	56
4.6. Dades de fluxos del sol, comparant-ho amb T _{air} , T _{soil} , per l'estació S02 dia 13/12/2016.....	56
4.7. Variació de la T, P, HR a l'estació S07. Dia 16/12/2016.....	57
4.8. Variació de WS, WD, i PPT a l'estació La Molina. Dia 20/12/2016.....	57
4.9. Mesures de velocitat i direcció del vent del UHF el dia 20/02/2017 a les 00:58:00 UTC.....	58

4.10. Matriu de correlació de la velocitat del vent a diferents altituds mesurades pel UHF el dia 01/04/2017.....	58
4.11. Comparació de correlacions de les velocitats del vent mesurades pel UHF durant el dia 01/04/2017.....	59
4.12. Roses dels vents dia-nit i els histogrames corresponents a l'estació YA, mes de desembre de 2016.....	60
4.13. Altitud de la base dels núvols respecte del sòl, durant el dia 10/01/2017.....	60
4.14. Temperatura versus altitud respecte del sòl les 23: 32: 22 UTC.....	61
4.15. WS, WD (esquerra) i temperatura de l'aire respecte del sòl a les 03:45:00 UTC (dreta).....	61
4.16. Recorregut del globus (esquerra) i Skew-T corresponent al ràdio sondatge del dia 09/01/2017 a les 17:30:00 (dreta).....	62
4.17. Diagrama de caixes per l'estació CD i pel mes de desembre de l'any 2016.....	63
4.18. Rosa dels vents i distribució de Weibull corresponent. Mes de gener de 2017, estació S02.....	65
4.19. Regions d'acceptació i no acceptació de la hipòtesi nul·la.....	69
5.1. Vents anabàtics a la vessant Sud de la Vall del Segre, (La Cerdanya).....	75
5.2. Vents catabàtics a la vessant Sud de la Vall del Segre, (La Cerdanya).....	75
5.3. Règim de vent al llarg de la vall el dia 01/12/2016 a les 12:30:00 UTC.....	76
5.4. Règim de vent al llarg de la vall el dia 01/12/2016 a les 19:00:00 UTC.....	76
5.5. Down- valley (esquerra) i up-valley (dreta), detectat pel WindRASS.....	77
5.6. Trencament de la inversió tèrmica el dia 29/12/2016 a les 14:30:00 UTC.....	77
5.7. Gràfic de el nucli estable del dia 29/12/2016 a les 20:00:00 UTC.....	78
5.8. Mòdul i direcció del vent a les 23:30:00 del dia 01/12/2016 (figures superiors) i localització de les estacions (figura inferior).....	78
5.9. Temperatura a DP (figura superior) i a S05 (figura inferior) a les 23:30:00 UTC del dia 01/12/2016.....	79
5.10. Temperatura de l'aire i del sòl de la estació S05 el dia 02/12/2016.....	80
5.11. Recorregut de la direcció del vent, en sentit horari o antihorari durant el dia Segons la vessant, (Whiteman, 2000).....	80
5.12. Mòdul i velocitat del vent el dia 05/12/2016 a l'estació S07.....	80
5.13. Evolució de la temperatura de l'aire, pressió atmosfèrica i humitat relativa	

el dia 01/12/2016 (temps UTC). AWS DAS (DP).....	81
5.14. Evolució de la temperatura de l'aire i del sòl, estacions S03 i S02, durant el dia 29/12/2016 (temps UTC).....	81
6.1. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: 1/ desembre 2006-2015, 2/ desembre 2016.....	85
6.2. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: 1/gener 2006-2015, 2/ gener 2017....	86
6.3. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: 1/ febrer 2006-2015, 2/ febrer 2017.	87
6.4. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: 1/ març 2006-2015, 2/ març 2017.....	87
6.5. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: 1/ abril 2006-2015, 2/ abril 2017.....	88
6.6. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: 1/ desembre 2006-2015, 2/ desembre 2016.....	89
6.7. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: 1/ gener 2006-2015, 2/ gener 2017.....	89
6.8. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: 1/ febrer 2006-2015, 2/ febrer 2017...	90
6.9. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: 1/ març 2006-2015, 2/ març 2017.....	91
6.10. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: 1/ abril 2006-2015, 2/ abril 2017.....	91
6.11. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: 1/ desembre 2006-2015, 2/ desembre 2016.....	92
6.12. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: 1/ gener 2006-2015, 2/ gener 2017.....	93
6.13. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: 1/ febrer 2006-2015, 2/ febrer 2017.....	93
6.14. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: 1/ març 2006-2015, 2/ març 2017.....	94
6.15. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: 1/ abrils 2006-2015, 2/abril 2016.....	95
6.16. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: 1/ desembre 2006-2015, 2/ desembre 2016.....	95
6.17. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: 1/ gener 2006-2015, 2/ gener 2017.....	96
6.18. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: 1/ febrer 2006-2015, 2/ febrer 2017.....	97
6.19. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: 1/ març 2006-2015, 2/ març 2017.....	97
6.20. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: 1/ abril 2006-2015, 2/abril 2017.....	98
6.21. Roses dels vents dia-nit estació CD (campanya).....	99
6.22. Roses dels vents dia-nit estació DP (campanya).....	99

ÍNDEX DE FIGURES	xix
6.23. Roses dels vents dia-nit estació S02 (campanya).....	100
6.24. Roses dels vents dia-nit estació S06 (campanya).....	100
6.25. Valors mitjans de precipitació versus altitud i variabilitat anual en el període 2006-2016.....	100
6.26. Valors mitjans anuals respecte de l'altitud.....	101
6.27. Valors mitjans de PPT mensuals del període 2006-2016.....	102
6.28. PPT mesurada el mes de desembre del 2016 i mesos de gener, febrer, març, i abril de 2017.....	103
6.29. Dies de PPT comptabilitzats mensualment durant el període 2006-2016 ambdós inclosos.....	103
6.30. Variació de la precipitació anual respecte l'altitud.....	104
7.1. Roses dels vents corresponents al mes de desembre de 2016, estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA.....	132
7.2. Distribució de Weibull per les estacions de Martinet, S02, S04 i S08 (desembre 2016).....	133
7.3. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques segons estadística de Weibull (desembre 2016).....	134
7.4. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cada una de les estacions (desembre 2016).....	134
7.5. Valors mitjans de la velocitat del vent utilitzant totes les dades de cada una de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (desembre 2016).....	135
7.6. Diagrama de caixes corresponents al mes de desembre de 2016.....	136
7.7. Matriu de correlació, desembre de 2016, segons les velocitats mitjanes de cada una de les vuit direccions principals del vent.....	137
7.8. Valors mitjans de la velocitat del vent aplicats als valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions (des. 2016).....	138
7.9. Valors mitjans de la velocitat del vent segons els valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions amb els errors corresponents (desembre 2016).....	138

7.10. Dendrograma múltiple corresponent a les estacions del fons de la Vall del Segre, les vuit direccions principals del vent i respecte les velocitats mitjanes (desembre 2016).....	139
7.11. Diagrames de dispersió corresponents al mes de desembre de 2016, estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA, segons les components (u,v) del vent.....	140
7.12. Components principals corresponents a les estacions DP, S06 i S09, (desembre 2016).....	141
7.13. Roses dels vents corresponents al mes de març de l'any 2017 per les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA i Z3.....	143
7.14. Distribució de Weibull per a les estacions de Martinet, S01, S05, S06,i S07 (març 2017).....	144
7.15. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques segons l'estadística de Weibull (març 2017).....	145
7.16. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cada una de les estacions (març 2017).....	145
7.17. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cada una de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (març 2017).....	146
7.18. Diagrama de caixes corresponents al mes de març de 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA, i Z3	147
7.19. Matriu de correlació corresponent al mes de març de 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA i Z3, segons les velocitats mitjanes de cada una de les vuit direccions principals del vent.....	149
7.20. Valors mitjans de la velocitat del vent aplicats als valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions (març 2017).....	149
7.21. Valors mitjans de la velocitat del vent segons els valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions amb els errors corresponents (març 2017).....	150

7.22. Dendrograma múltiple, estacions del fons de la Vall del Segre per les vuit direccions principals del vent respecte a les velocitats mitjanes (març 2017)....	151
7.23. Diagrames de dispersió corresponents al mes de març de 2017, estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA i Z3, segons les components (u, v) del vent.....	152
7.24. Components principals corresponents a les estacions S01, S06, S03, DP, Cap de Rec i S09 (març 2017).....	153
7.25. Roses dels vents corresponents al gener de l'any 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA.....	157
7.26. Distribució de Weibull per a les estacions de Martinet, S04, S05, i S08 (gener 2017).....	158
7.27. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques, per a l'estadística de Weibull (gener 2017).....	158
7.28. Valors mitjans de la velocitat del vent per totes les dades de cada una de les estacions (gener 2017).....	159
7.29. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cada una de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (gener 2017).....	159
7.30. Diagrama de caixes corresponents al mes de gener de 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA	160
7.31. Matriu de correlació corresponent al mes de gener de 2017 per a les estacions CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA, i per a les velocitats mitjanes de cada una de les vuit direccions principals del vent.....	161
7.32. Valors mitjans de la velocitat del vent aplicats als valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions (gener 2017).....	162
7.33. Valors mitjans de la velocitat del vent segons els valors mitjans de cada una de les vuit direccions principals del vent i per a cada una de les estacions amb els errors corresponents (gener 2017).....	162
7.34. Dendrograma múltiple corresponent a les estacions del fons de la Vall del Segre, a les vuit direccions principals del vent i respecte a les velocitats mitjanes (gener 2017).....	163

7.35. Diagrames de dispersió corresponents al mes de gener de 2017, estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA, segons les components (u, v) del vent.....	164
7.36. Components principals del vent corresponents a les estacions Martinet, S01 i S09 (gener 2017).....	164
7.37. Distribucions de Weibull, estacions E1, E2, E3, E4 (simulació).....	168
8.1. Anticicló i borrasca a l'hemisferi nord. Imatge procedent de Mapes del Temps xtec.cat.....	175
8.2. Estació de Malniu (Z3).....	176
8.3. Roses dels vents dies 7, 8, 9 i 10, desembre 2016.....	177
8.4. Mapes a 500 hPa i de superfície (línies blanques), a les 00:00:00 UTC i a les 12:00:00 UTC, dies 7.8.9 i 10 (desembre 2016).....	178
8.5. Condicions d'estabilitat i nivells de condensació.....	181
8.6. Límits de la CAPE i del CIN.....	182
8.7. Precipitació acumulada del 13 al 16 a les 02:00:00 h UTC, gener de 2017 a la Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental).....	183
8.8. Mapes de superfície i a 500 hPa, dies 13, 14 i 15 a les 06:00:00 i 18:00:00 UTC i dia 16 a les 00:00:00 UTC. Gener 2017.....	184
8.9. Roses dels vents, dies 13, 14, 15 i 16 fins a les 02:00:00 UTC, gener 2017.....	185
8.10. Precipitació acumulada en mm, versus estacions i direcció del vent (dies 13, 14, 15 i 16 fins a les 2h UTC, gener de 2017).....	186
8.11. Altitud i localització de les estacions de DAS i Malniu (Z3).....	187
8.12. Base dels núvols i rosa dels vents a 1000 [m-AGL] durant el 13/01/2017.....	188
8.13. Base dels núvols i rosa dels vents a 1000 [m-AGL] durant el 14 /01/2017.....	188
8.14. Base dels núvols i rosa dels vents a 500 [m-AGL] durant el 15 /01/2017.....	188
8.15. Precipitació acumulada en mm, versus les estacions DP i Z3 i direcció del vent (dies 13, 14 i 15, gener de 2017).....	189
8.16. Rosa dels vents a 1100 [m-AGL], dia 15/01/2017.....	190
8.17. Roses dels vents a Z3 i a DP, dia 15/01/2017.....	191

8.18. Recorregut del globus llençat a l'estació DP el dia 15 de gener de 2017 a les 12:37:00 h UTC.....	192
8.19. Skew-T corresponent al radiosondatge del dia 15/01/2017.....	192
8.20. Precipitació acumulada els dies 3 i 4 de març de 2017 a la Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental).....	193
8.21. Mapes a 500 hPa dels dies 3 (mapes superiors) i 4 (mapes inferiors) a les 06:00:00 i 18:00:00 UTC, març 2017.....	194
8.22. Mapes de superfície dels dies 3 (mapes superiors) i 4 (mapes inferiors) a les 06:00:00 i 18:00:00 UTC, març de 2017.....	194
8.23. Roses dels vents, dies 3 i 4, març 2017.....	195
8.24. PPT acumulada en mm, versus estacions i direcció del vent (dies 3 i 4, març de 2017).....	196
8.25. Altura de la base dels núvols el 03 /03/2017 (esquerra) i el 04/03/2017 (dreta), (ceilòmetre situat a DAS).....	197
8.26. Precipitació acumulada dies 24 i 25 de març de 2017.....	198
8.27. Mapes a 500 hPa. Dies 24 i 25 de març, 00:00 i 12:00 UTC.....	199
8.28. Precipitació acumulada versus WD i WAS dies 25 i 25 de març de 2017.....	200
8.29. Altura de la base dels núvols dies 24 i 25 de març de 2017	201
8.30. Recorregut del globus, RS del 24/03/2017.....	202
8.31. Skew-T RS del dia 24/03/2017.....	202
A.1.1. Balanç hidrostàtic per un diferencial de columna atmosfèrica.....	213
A.2.1. Incidència de la radiació Solar en un punt de la Terra.....	215
A.2.2. Angle horari, h , i zenital, θ	215
A.6.1. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: CD.....	223
A.6.2. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: CJ.....	224
A.6.3. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: DG.....	225
A.6.4. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: DP.....	226
A.6.5. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: Z3.....	227
A.7.1. Roses dels vents de l'estació S01.....	229
A.7.2. Roses dels vents de l'estació S02.....	230
A.7.3. Roses dels vents de l'estació S03.....	231

A.7.4. Roses dels vents de l'estació S04.....	232
A.7.5. Roses dels vents de l'estació S05.....	233
A.7.6. Roses dels vents de l'estació S06.....	234
A.7.7. Roses dels vents de l'estació S07.....	235
A.7.8. Roses dels vents de l'estació S08.....	236
A.7.9. Roses dels vents de l'estació S09.....	237
A.8.1. Roses dels vents, estacions 1/ CG, 2/ CD.....	239
A.8.2. Roses dels vents, estacions 1/ CI, 2/ CJ.....	240
A.8.3. Roses dels vents, estacions 1/ DG, 2/ DP.....	241
A.8.4. Roses dels vents, estacions 1/ WV, 2/ YA.....	242
A.8.5. Roses dels vents, estacions 1/ Z9, 2/ ZC.....	243
A.8.6. Roses dels vents, estació ZD.....	244
A.9.1. Roses dels vents, estacions 1/ Josa Tuixén, 2/ La Molina.....	245
A.9.2. Roses dels vents, estacions 1/ Martinet, 2/ Planoles.....	246
A.9.3. Roses dels vents, estacions 1/ Sant Pau de Seguries, 2/ Vall de Bianya.....	247
A.9.4. Roses dels vents l'estació Cap de Rec.....	248
A.10.1. Roses dels vents, estacions 1/ Aixas, 2/ Bony de Neres.....	249
A.10.2. Roses dels vents, estacions 1/ Perafita, 2/ Sorteny.....	250
A.11.1. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: CD, DP i Martinet.....	251
A.11.2. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S01, S02 i S03.....	252
A.11.3. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S04, S05 i S06.....	253
A.11.4. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S07, S08 i S09.....	254
A.11.5. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: YA.....	255
A.12.1. Diagrames de caixes de les estacions CD (esquerra), i DP (dreta).....	257
A.12.2. Diagrames de caixes de les estacions Martinet, (esquerra), i S01, (dreta).....	258
A.12.3. Diagrames de caixes de les estacions S02 (esquerra), i S06 (dreta).....	259
A.12.4. Diagrames de caixes de les estacions S08 (esquerra) i S09 (dreta)	260
A.12.5. Diagrames de caixes de les estacions S04 (esquerra), i S05 (dreta).....	261
A.12.6. Diagrames de caixes de la estació S07.....	261
A.12.7. Diagrames de caixes de les estacions YA (esquerra), i S03, (dreta).....	262
A.14.1. Complement episodi 24 i 25 de març de 2017 (mapes WD).....	269

Índex de Taules

4.1. Estacions amb dades de vent, període 2000-2015.....	41
4.2. Estacions amb dades de precipitació, període 2000-2015.....	50
4.3. Estacions de Météo France.....	51
4.4. Estacions de CENMA-IEA.....	51
4.5. Estacions d'AEMET.....	52
4.6. Estacions del SMC.....	52
4.7. Localització dels HOBO-sensors.....	54
4.8. Estadística de la velocitat del vent per l'estació CD. Desembre de 2016.....	63
4.9. Freqüències direcció-velocitat del vent pel mes de desembre de 2016.....	64
4.10. Rang de valors i significat dels coeficients de correlació de Pearson.....	71
7.1. Estadístics desembre 2016, estació CD.....	107
7.2. Estadístics gener 2017, estació CD.....	108
7.3. Estadístics febrer 2017, estació CD.....	108
7.4. Estadístics març 2017, estació CD.....	109
7.5. Estadístics abril 2017, estació CD.....	109
7.6. Estadístics desembre 2016, estació DP.....	110
7.7. Estadístics gener 2017, estació DP.....	110
7.8. Estadístics febrer 2017, estació DP.....	110
7.9. Estadístics març 2017, estació DP.....	111
7.10. Estadístics abril 2017, estació DP.....	111
7.11. Estadístics desembre 2016, estació Martinet.....	112
7.12. Estadístics gener 2017, estació Martinet.....	112
7.13. Estadístics febrer 2017, estació Martinet.....	112
7.14. Estadístics març 2017, estació Martinet.....	113
7.15. Estadístics abril 2017, estació Martinet.....	113
7.16. Estadístics desembre 2016, estació S01.....	114
7.17. Estadístics gener 2017, estació S01.....	114
7.18. Estadístics febrer 2017, estació S01.....	114
7.19. Estadístics març 2017, estació S01.	115

7.20. Estadístics abril 2017, estació S01.....	115
7.21. Estadístics desembre 2016, estació S02.....	116
7.22. Estadístics gener 2017, estació S02.....	116
7.23. Estadístics febrer 2017, estació S02.....	117
7.24. Estadístics març 2017, estació S02.....	117
7.25. Estadístics abril 2017, estació S02.....	117
7.26. Estadístics gener 2017, estació S03.....	118
7.27. Estadístics febrer 2017, estació S03.....	118
7.28. Estadístics març 2017, estació S03.....	118
7.29. Estadístics desembre 2016, estació S04.....	119
7.30. Estadístics gener 2017, estació S04.....	119
7.31. Estadístics febrer 2017, estació S04.....	119
7.32. Estadístics març 2017, estació S04.....	120
7.33. Estadístics desembre 2016, estació S05.....	120
7.34. Estadístics gener 2017, estació S05.....	121
7.35. Estadístics febrer 2017, estació S05.....	121
7.36. Estadístics març 2017, estació S05.....	121
7.37. Estadístics desembre 2016, estació S06.....	122
7.38. Estadístics gener 2017, estació S06.....	122
7.39. Estadístics febrer 2017, estació S06.....	122
7.40. Estadístics març 2017, estació S06.....	123
7.41. Estadístics abril 2017, estació S06.....	123
7.42. Estadístics febrer 2017, estació S07.....	124
7.43. Estadístics març 2017, estació S07.....	124
7.44. Estadístics desembre 2016, estació S08.....	125
7.45. Estadístics gener 2017, estació S08.....	125
7.46. Estadístics febrer 2017, estació S08.....	125
7.47. Estadístics març 2017, estació S08.....	126
7.48. Estadístics abril 2017, estació S08.....	126
7.49. Estadístics desembre 2016, estació S09.....	127
7.50. Estadístics gener 2017, estació S09.....	127

7.51. Estadístics febrer 2017, estació S09.....	127
7.52. Estadístics març 2017, estació S09.....	128
7.53. Estadístics abril 2017, estació S09.....	128
7.54. Estadístics desembre 2016, estació YA.....	129
7.55. Estadístics gener 2017, estació YA.....	129
7.56. Estadístics febrer 2017, estació YA.....	129
7.57. Estadístics març 2017, estació YA.....	130
7.58. Estadístics abril 2017, estació YA.....	130
7.59. Coeficients de Weibull. Desembre de 2016, per a les estacions de CD, DP, YA, Martinet, DP,S01, S02, S04, S05, S06, S08, i S09.....	133
7.60. Valors mitjans de la velocitat del vent segons les vuit direccions principals (desembre 2016).....	137
7.61. Coeficients de Weibull. Mes de març de 2017, per a CapdeRec, CD, DP, YA, Martinet, S01, S02, S03, S04, S04, S05, S06, S07, S08, S09, i Z3.....	144
7.62. Valors mitjans de la velocitat del vent segons les vuit direccions principals (març 2017).....	148
7.63. Coeficients de Weibull. Mes de gener de 2017, per a CD, DP, S01, S02, S04, YA, S05, S06, S08, S09 i Martinet.....	158
7.64. Valors mitjans de la velocitat del vent segons les vuit direccions principals (gener2017).....	161
7.65. Àmbits de velocitat i nombre de variables assignat per a l'estació E1.....	167
7.66. Coeficients K i C corresponents a cada una de les estacions simulades.....	168
7.67. Nombre de dades i valors mitjans corresponents a cada una de les estacions simulades.....	169
7.68. Valors mitjans per a cada estació i cas considerat.....	169
7.69. Taula d'errors absoluts entre el valor mitjà de Weibull i la mitjana dels valors mitjans calculats per a cada una de les vuit direccions del vent.....	170
7.70. Taula d'errors absoluts entre la mitjana aritmètica i la mitjana dels valors mitjans calculats per a cada una de les vuit direccions del vent.....	170
8.1. Valors de la CAPE versus estabilitat o inestabilitat.....	182

8.2. Precipitació acumulada segons l'estació i direcció del vent, del 13 al 15, i 16 fins a les 2 UTC, gener de 2017.....f.....	187
8.3. Precipitació acumulada a DP i Malniu segons direcció del vent, dies 13, 14 i 15, gener de 2017.....	190
8.4. Precipitació acumulada segons l'estació i direcció del vent, dies 3 i 4, març de 2017.....	197
8.5. Relació de velocitats màximes i direccions del vent durant l'episodi del 24 i 25 de març de 2017.....	200
8.6. Precipitació acumulada segons l'estació i direcció del vent durant l'episodi del 24 i 25 de març de 2017.....	201
A.4.1. Separació dia-nit per l'estació DP.....	219
A.4.2. Separació dia-nit per les estacions S01, S04, S06, YA, Martinet i CD.	219
A.4.3. Separació dia-nit per les estacions S02, S05, S09.	219
A.4.4. Separació dia-nit per l'estació S03.	219
A.4.5. Separació dia-nit per l'estació S07.....	220
A.4.6. Separació dia-nit per l'estació S08.	220
A.13.1. Tukey-comparació múltiple. Desembre 2016.....	263
A.13.2. Tukey-comparació múltiple. Març 2017.....	264
A.13.3. Tukey-comparació múltiple. Gener 2017.....	266

Índex general

1. Introducció.....	1
2. Antecedents	5
2. Conceptes bàsics.....	7
2.1. Sistema de vent de pendent.....	12
2.1.1. Vent anabàtic.....	13
2.1.2. Vent catabàtic.....	13
2.1.3. Transicions entre vent anabàtic i catabàtic.....	14
2.2. Sistema de vents al llarg de la vall.....	14
2.3. Sistema de vent creuat amb l'eix de la vall.....	16
2.4. Sistema de vents muntanya-pla.....	16
2.5. Mecanismes de circulació a una vall.....	16
2.5.1. Vent geostròfic.....	16
2.5.2. Mecanismes de circulació.....	17
2.6. Precipitació, (PPT).....	19
2.6.1. Precipitació convectiva.....	19
2.6.2. Precipitació ciclònica.....	20
2.6.3. Precipitació orogràfica.....	23
3. Instrumentació.....	27
3. Instrumentació. Campanya Cerdanya 2017.....	29
3.1. Les AWS; descripció instrumental.....	31
3.1.1. Precipitació. Pluviòmetre de balanci.....	32
3.1.2. Temperatura de l'aire. Termòmetre de resistència metàl·lica.....	33
3.1.3. Humitat relativa de l'aire. Sensor de temperatura i humitat.....	34
3.1.4. Velocitat i direcció del vent. Anemòmetre.....	34
3.1.5. Pressió atmosfèrica. Baròmetre.....	36
3.1.6. Irradiància solar. Piranòmetre.....	37
3.2. Altres Instruments utilitzats a la campanya Cerdanya-2017.....	38

3.2.1. Microwave Radiometer (MWR).....	38
3.2.2. Ceilòmetre.....	39
3.2.3. Radiosondatge.....	40
3.2.4. UHF Wind profiler.....	42
3.2.5. Balancímetre NR01. Four-component Net Radiation Sensor.....	43
3.2.6. WindRASS profiler.....	44
3.2.7. HOBO sensors.....	44
3.2.8. Pluviòmetres totalitzadors de pesada.....	45
4. Dades i metodologia.....	47
4. Tractament de dades i metodologia.....	49
4.1. Dades anteriors a la campanya.....	49
4.1.1. Dades d'AEMET.	49
4.1.2. Dades del SMC.....	49
4.1.2.1. Vent.....	49
4.1.2.2. Precipitació.	50
4.2. Dades de la campanya.	51
4.2.1. Dades de Météo France.....	51
4.2.2. Dades de CENMA-IEA.....	51
4.2.3. Dades d'AEMET.	52
4.2.4. Dades del SMC.	52
4.2.5. Dades d'altres instruments utilitzats a la campanya Cerdanya-2017....	53
4.3. Anàlisi Estadística.....	62
4.3.1. Indicadors estadístics per la velocitat del vent.....	62
4.4. Distribució de Weibull.....	64
4.5. Anàlisi Clúster.	65
4.5.1. Distància euclidiana.....	66
4.6. ANOVA.	67
4.6.1. ANOVA d'un factor.	67

4.7. Anàlisi de components principals (PCA).....	71
5. Resultats preliminars.....	73
5. Resultats preliminars obtinguts del tractament de les dades.....	75
5.1. Règim general de vents.....	75
5.2. Conclusions del capítol.....	81
6. Estudi general del vent i precipitació.....	83
6. Estudi general del vent i precipitació.....	85
6.1. Vent.....	85
6.2. Vent dia-nit. Campanya Cerdanya 2017.....	98
6.3. Precipitació.	101
6.4. Conclusions del capítol.....	104
7. Anàlisi estadística aplicada a les dades de la campanya.....	105
7. Anàlisi estadística aplicada a les dades de la campanya Cerdanya-2017.....	107
7.1 Estadística general de la direcció i velocitat del vent.....	107
7.2. Estadística del vent. Mes de desembre de 2016.	130
7.2.1. Estadística de Weibull.	131
7.2.2. ANOVA.	134
7.2.3. Test de Kruskal-Wallis.....	135
7.2.4. Diagrames de caixes.....	135
7.2.5. ‘Clustering’ o anàlisi de conglomerats.....	137
7.2.5.1. ANOVA amb els valors mitjans.....	138
7.2.5.2. Test de Kruskal-Wallis.	139
7.2.5.3. ‘Clustering’. Dendrograma múltiple.	139
7.2.6. PCA aplicat a l’anàlisi de la component zonal i meridional del vent (u, v).....	140
7.3. Estadística del vent. Mes de març de 2017.....	143
7.3.1. Estadística de Weibull.....	143
7.3.2. ANOVA.....	145
7.3.3. Test de Kruskal-Wallis.....	146

7.3.4. Diagrames de caixes.....	146
7.3.5. 'Clustering' o anàlisi de conglomerats.....	148
7.3.5.1. ANOVA amb els valors mitjans.....	149
7.3.5.2. Test de Kruskal-Wallis.....	150
7.3.5.3. 'Clustering'. Dendrograma múltiple.....	150
7.3.6. PCA aplicat a l'anàlisi de la component zonal i meridional del vent (u, v).....	151
7.4. Estadística del vent. Mes de gener de 2017.....	156
7.4.1. Estadística de Weibull.....	157
7.4.2. ANOVA.....	159
7.4.3. Test de Kruskal-Wallis.....	159
7.4.4. Diagrames de caixes.....	160
7.4.5. 'Clustering' o anàlisi de conglomerats.....	161
7.4.5.1. ANOVA amb els valors mitjans.....	162
7.4.5.2. Test de Kruskal-Wallis.....	163
7.4.5.3. 'Clustering'. Dendrograma múltiple.	163
7.4.6. PCA aplicat a l'anàlisi de la component zonal i meridional del vent (u, v).	164
7.5. Simulació.....	167
7.5.1. Discussió.....	170
7.6. Conclusions del capítol.....	171
8. Episodis.....	173
8. Estudi de quatre episodis.....	175
8.1. Episodi anticiclònic. Dies 7, 8, 9 i 10 de desembre de 2016.....	177
8.2. Introducció als episodis amb precipitació.....	180
8.3. Episodi amb precipitació. Dies 13, 14, 15 i 16 de gener de 2017.....	183
8.4. Episodi amb precipitació. Dies 3 i 4 de març de 2017.....	193
8.5. Episodi amb precipitació. Dies 24 i 25 de març de 2017.....	198
8.6 Conclusions del capítol.....	202
9. Conclusions i treball futur.....	203

Annexes.....	211
A.1. Dependència de la temperatura potencial, θ , amb l'altitud, Z.....	213
A.2. Deducció de l'angle zenital.....	215
A.3. Mètode de Mitsuta, velocitat i direcció del vent escalar.....	217
A.4. Taules de separació dia-nit.....	219
A.5. Valor mitjà i variància de la distribució de Weibull.....	221
A.6. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015.....	223
A.7. Roses dels vents campanya Météo France.....	229
A.8. Roses dels vents campanya SMC.....	239
A.9. Roses dels vents campanya AEMET.....	245
A.10. Roses dels vents campanya CENMA.....	249
A.11. Campanya, roses dels vents dia-nit.....	251
A.12. Campanya, diagrames de caixes.....	257
A.13. Tukey - comparació múltiple.....	265
A.14. Episodi corresponent al 24 i 25 de març de 2017 (complement).....	269
Informes.....	271
I.1. Informe dades històriques de vent del SMC.....	273
I.2. Informe dades històriques de precipitació del SMC.....	285
I.3. Informe dades de vent- Campanya Météo-France des de 01/12/2016 fins al 30/04/2017.....	289
I.4. Informe Vent- Campanya SMC des de 01/12/2016 fins al 30/04/2017.....	293
I.5. Informe Vent- Campanya AEMET des de 01/12/2016 fins al 30/04/2017.....	301
I.6. Informe Vent- Campanya CENMA des de 01/12/2016 fins al 30/04/2017.....	307
Bibliografia.....	309
Epíleg.....	321

Capítol 1. Introducció

1. Introducció

Aquesta tesi, relacionada amb el projecte ATMOUNT (Análisis de las interacciones atmósfera-superficie en zonas de montaña y el conocimiento de los impactos del cambio global), i més concretament en el subprojecte ATMOUNT-III (Ondas de gravedad precipitación orografica y procesos asociados a las áreas de montaña), se centra a la zona Pirinenca, concretament a la Vall del Segre a la Cerdanya (Pirineu Oriental).

En general, a més d'altres variables meteorològiques, el camp de vents i la precipitació d'una zona determinada estan caracteritzats pels patrons de circulació atmosfèrica i, per tant, la seva identificació i anàlisi és d'extrema importància a la meteorologia.

L'estudi específic d'aquests patrons en zones d'orografia complexa i regions muntanyoses és summament complicat, ja que el flux atmosfèric ve modificat per una àmplia gamma d'escalles que depenen de la naturalesa del forçament a què està sotmès el flux. Aquests forçaments poden ser mecànics o tèrmics i els fluxos així generats poden donar lloc a diferents patrons de circulació.

Si s'analitza, per exemple, la relació entre l'escala sinòptica (paraula que prové del grec οὖν i ὀπτικός, que significa 'visió de conjunt'), i el flux en una vall, s'observa que el camp de vents a l'interior de la vall és causa del forçament tèrmic si el flux a gran escala és feble. No obstant això, quan els vents a escala sinòptica són els dominants pertorben les circulacions locals, ja que la topografia pot canalitzar el vent produït a l'escala sinòptica o poden modificar-les per gradients de pressió.

Objectius: Els objectius generals d'aquesta tesi són l'estudi dels camps de vent superficial i de la precipitació a través de la identificació dels patrons de circulació que els generen. Tot seguit es desglossen els objectius específics.

Objectiu 1. Estudiar els patrons de circulació a la zona d'estudi en absència de forçament sinòptic.

Objectiu 2. Comparar els patrons generals de vent d'un període històric amb els de la campanya experimental Cerdanya-2017.

Objectiu 3. Analitzar la precipitació a la zona central de la Vall del Segre (Das) i comparar-la amb el seu entorn.

Objectiu 4. Estudiar el cicle diari (règim diürn i nocturn) de vent durant la campanya Cerdanya-2017.

Objectiu 5. Analitzar estadísticament la distribució del vent (intensitat i direcció) durant el període històric.

Objectiu 6. Comparar diferents mètodes estadístics d'anàlisi de vent avaluant la importància de la resolució temporal.

Objectiu 7. Identificar episodis rellevants de la campanya Cerdanya-2017, avaluant la relació entre l'escala sinòptica i l'escala local.

Aquests objectius s'han dut a terme segons les dades utilitzades (en principi es disposava de dades històriques des de l'any 2000 fins el 2016): Primerament amb les dades històriques del període 2006-2015, posteriorment amb les dades de la campanya Cerdanya-2017 i es mostren més detalladament seguidament.

Estructura: L'estudi s'ha organitzat de la manera següent: Primerament, s'han homogeneïtzat les dades a la màxima resolució possible, que ha resultat ser semihorària i s'ha treballat amb vent escalar. Una vegada obtingut això s'ha procedit a fer gràfiques de totes les variables, sobretot amb les dades de la campanya Cerdanya-2017 i comprovar, com els resultats generals, en situació sinòptica de calma, reproduïen els patrons de circulació esperats. Després s'ha realitzat amb les dades del període 2006-2015 ambdós inclosos un estudi estadístic general del vent per cada un dels dotze mesos de l'any, dintre d'aquest període, i analitzat la precipitació (PPT) comprovant que a Das (DP), en general, hi precipita menys.

Amb les dades de la Campanya, referent al vent, s'ha procedit igual per comprovar si els patrons generals de circulació es conservaven i s'ha separat les dades del dia i de la nit amb l'objectiu d'analitzar els vents a les vessants (del llatí *vertere* que significa 'cagirar'), i les circulacions al llarg de la vall. Amb dades de la campanya s'han aplicat diversos mètodes estadístics, com són anàlisi per conglomerats (CA), anàlisi de la variància (ANOVA), distribució de Wiebull, o anàlisi de les components principals (PCA), pels mesos de desembre de 2016 i març de 2017 per ser els primers mesos d'hivern i de primavera, meteorològicament parlant, i després gener de 2017, per ser els que presenten major completesa de dades i aprofundir amb la hipòtesi que el millor és treballar amb la resolució màxima. Finalitzat el procés anterior s'han estudiat quatre episodis un, anticiclònic, corresponent al mes de desembre de 2016 i tres amb precipitació corresponents, un al mes de gener i dos al mes de març de 2017 respectivament.

L'estudi de l'episodi purament anticiclònic i els tres amb PPT han mostrat la influència de la circulació sinòptica sobre el repartiment de PPT a la vall, donant lloc a l'explicació d'una de les possibles causes de la baixa precipitació a Das (DP).

Així mateix, s'ha demostrat que treballant amb la màxima resolució possible es poden unificar resultats quan s'apliquen diferents mètodes estadístics tal com ANOVA i CA, relacionant simultàniament diferents variables.

Les dades procedeixen de diferents estacions localitzades a la zona i pertanyen a diferents organismes: Météo-France, Institut d'Estudis Andorrans (CENMA-IEA), Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) i Servei Meteorològic de Catalunya (SMC). S'han utilitzat dades de diversos aparells situats, per aquest fi, a la Vall del Segre, durant la campanya Cerdanya-2017, com és, per exemple, el UHF (Ultra High Frequency-Radar).

Capítol 2. Antecedents

2. Conceptes bàsics

A causa de la gran extensió que presenten els antecedents científics sobre el tema i que és impossible donar-los detalladament en tots els seus àmbits, en aquesta tesi s’hi presenta un breu resum de la divisió vertical o estructura vertical de l’atmosfera i, en particular, de la seva primera capa, la troposfera, conjuntament amb la capa límit atmosfèrica (Atmospheric Boundary Layer, ABL) o també anomenada capa límit planetària (Planetary Boundary Layer, PBL), ja que és important per entendre els fenòmens atmosfèrics que es donen a les zones d’orografia complexa.

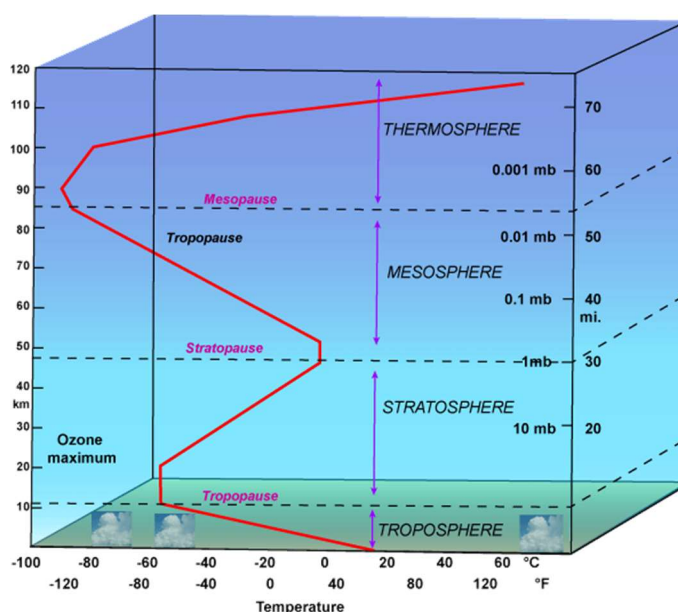


Figura 2.1. Diferents capes atmosfèriques amb el corresponent gradient tèrmic vertical (Font: http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter1/vert_temp_all.html).

De les diferents capes atmosfèriques (Figura 2.1) cal dir que a la troposfera amb una altitud mitjana d’uns 13 km (18 km a l’equador, 13 km a altituds mitjanes, i 8 km als pols), és on es formen els núvols i els processos atmosfèrics i fins a la seva capa fronterera la temperatura de l’aire disminueix amb l’altura.

La PBL es forma a conseqüència de la interacció entre l’atmosfera i la superfície i comprèn una part de la troposfera que pot variar entre els 30 i 3000 m depenent de la força del vent, escalfament del sòl, tipus de terreny entre d’altres i és on es donen els fenòmens turbulents a petita escala.

Pel que fa a l’escala horitzontal, en termes orogràfics és mesoescalar (vegeu Figura 2.2), amb una extensió entre els 10 i 200 km i l’escala de temps és inferior a les 24 h. L’escala sinòptica té una longitud horitzontal de 1000 km o més, i sol ser l’escala en què es confeccionen la majoria dels mapes del temps.

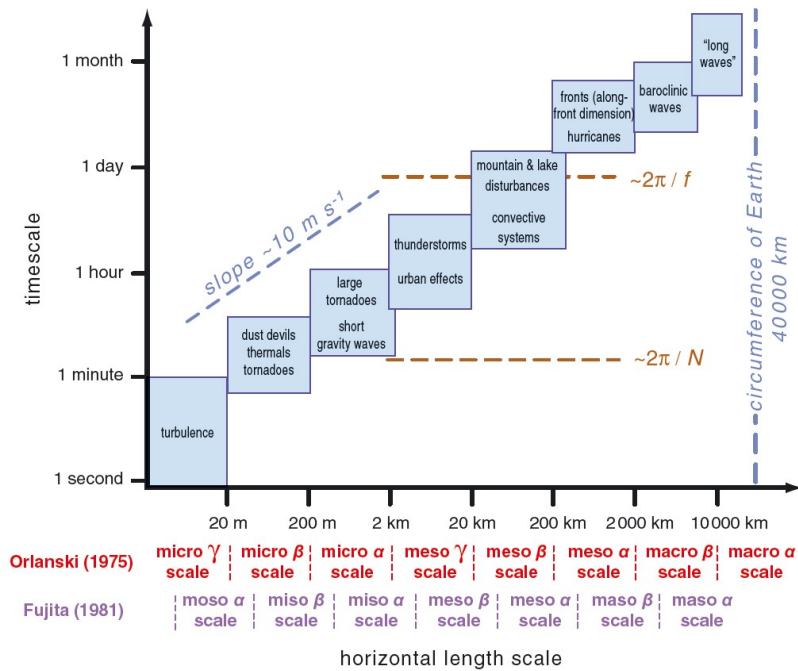


Figura 2.2. Diferents escales horitzontals i temporals meteorològiques, segons Orlanski (1975) i Fujita (1981) (Font: https://meteoqlosario.aemet.es/es/termino/191_escalas_meteorologicas).

En un terreny muntanyós els vents es desenvolupen a totes les escales des dels turons fins a les altes muntanyes i es caracteritzen per la inversió de la direcció del vent dues vegades al dia. Durant el dia els vents flueixen vall amunt i muntanya amunt sigui des de la mateixa vall o des del pla adjacent. Durant la nit el vent descendeix vall avall i del cim de les muntanyes a la vall o al pla. Aquests vents són intensos quan el cel és serè i els vents en alçada són dèbils és a dir quan no dominen les situacions sinòptiques, en cas contrari el règim és meso-escalar.

Els vents de muntanya es produeixen, en general, per les diferències de temperatura horitzontal que es desenvolupen diàriament en un terreny complex donant lloc a diferències de pressió horitzontal de manera que el vent flueix prop de la superfície de la terra de baixes a altes temperatures i d'altres pressions a baixes pressions. Aquestes circulacions es tanquen de tornada i en retornar flueixen per una part més alta de l'atmosfera (Whiteman, 2000 ; Giovannini et al., 2014).

En un sistema muntanyós hi ha quatre sistemes de vent (Figura 2.3).

- Sistema de vent de pendent. Són vents ascendents i descendents en els vessants de la vall. Són causats pels contrastos horitzontals de temperatura entre el centre de la vall i els vessants o bé des del fons de la vall cap amunt i recíprocament segons sigui de dia o de nit.

- Sistema de vent al llarg de la vall. Són vents que flueixen cap amunt o cap avall de la vall, i són causats pels contrastos de temperatura al llarg de l'eix de la vall o entre la vall i l'aire sobre un pla adjacent.
- Sistema de vent creuat amb l'eix de la vall. Són resultat de la diferència de temperatura entre un vessant de la vall i el seu oposat i flueixen cap al vessant més calent.
- Sistema de vents muntanya-pla. Es produeixen com a resultat de la diferència de temperatura horitzontal de l'aire entre el massís muntanyós i el pla del seu voltant, produint, a gran escala, vents que flueixen cap amunt o avall sobre els vessants exteriors del sistema muntanyós.

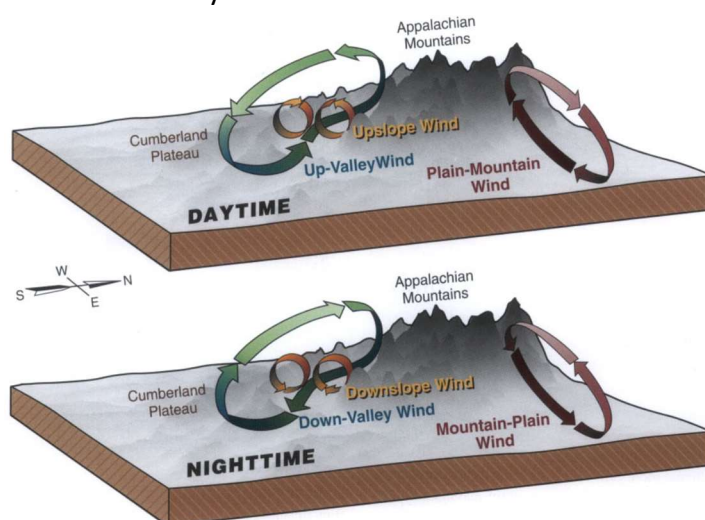


Figura 2.3. Esquema de vents de muntanya a la zona de les muntanyes Apalatxes d'Amèrica del Nord (Whiteman, 2000).

Per explicar aquests processos cal introduir el concepte de temperatura potencial, variable d'estat fruit de la relació entre la pressió i la temperatura, vegeu, per exemple, Salby (1996). La temperatura potencial es conserva durant un procés adiabàtic sec i es pot definir com la temperatura que assoleix el sistema quan es comprimeix o expandeix de forma adiabàtica respecte a una pressió de referència P_0 mentre no s'assoleixi la saturació. La seva expressió és $\theta = T(P_0/P)^k$ amb $k=R/C_p=0.286$ i, com a funció de l'altura, es pot aproximar a primer ordre, sota un desenvolupament de Taylor, per $\theta=T+g.z/C_p$ (vegeu l'Annex A.1).

Deixant de banda aquest fet, és necessari considerar altres conceptes que intervenen en aquestes circulacions. Així, recordant que la capacitat calorífica d'un cos ($\hat{c} = Q/m\Delta T$) és la quantitat de calor emmagatzemada per aquest en incrementar la seva temperatura, essent, per tant, una propietat extensiva en dependre de la quantitat de massa i , que la calor específica és la quantitat de calor emmagatzemada per unitat de massa quan l'increment de temperatura és d'un grau i , en conseqüència, una propietat intensiva ($c=dQ/mdT$), ja es pot començar a parlar del comportament tèrmic dels vessants.

El comportament tèrmic dels vessants, igual que el del sòl en el pla, està vinculat al seu contingut d'humitat. El sòl humit s'escalfa més a poc a poc que el sec, però manté més la calor, els sòls secs s'escalfen i refreden més ràpidament respecte dels humits i mantenen menys la calor, amb altres paraules l'escalfament o refredament serà més ràpid com més petita sigui la calor específica.

Cal aprofundir més i preguntar-nos què passa quan la radiació del Sol arriba al sòl i com es produeix aquest balanç d'energies segons sigui de dia o de nit perquè això ens permetrà explicar millor tots els tipus de corrents i les seves inversions.

La radiació solar és l'energia electromagnètica radiada pel Sol. El Sol radia com un cos negre a una temperatura d'uns 5778 K a la seva superfície (Liou, 1980) i, per tant, l'espectre de la intensitat en funció de la longitud d'ona és similar a la d'un cos negre. El rang de longituds d'ona es troba comprès entre l'ultraviolat (UV) extrem i l'infraroig (IR) proper, és a dir entre els 0.01 μm i els 2.6 μm i la radiació visible que, compresa entre els colors violeta i vermell, té un rang de longituds d'ona entre 0.4 μm i 0.7 μm (Figura 2.4).

Aquesta radiació procedent del Sol, pràcticament constant i quasi contínua amb les seves múltiples longituds d'ona que es propaguen a la mateixa velocitat, dona lloc a l'espectre solar.

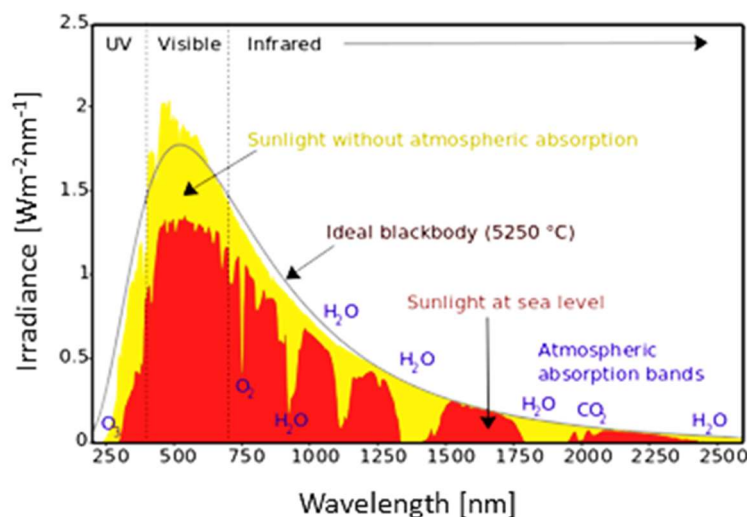


Figura 2.4. Espectre Solar-Terra (figura creada per [Robert A. Rohde](#)).

La radiació que arriba a la Terra així mateix depèn de la distància Terra Sol, però sobretot de la inclinació de l'eix terrestre respecte de l'eclíptica que varia de 23° 27' des del 21 de juny a -23° 27' al 22 de desembre (Figura 2.5). A l'hivern els rajos del Sol arriben de forma més obliqua i, per tant, la radiació serà menor pel fet que hi ha més gruixària d'atmosfera a travessar donant lloc a una major part d'energia absorbida, al contrari a

l'estiu l'energia que arriba a la superfície és màxima, ja que el Sol queda més alt respecte de l'horitzó havent-hi menys radiació absorbida. Igualment, durant el dia la radiació que rebem del Sol és màxima al migdia i nul·la durant la nit.

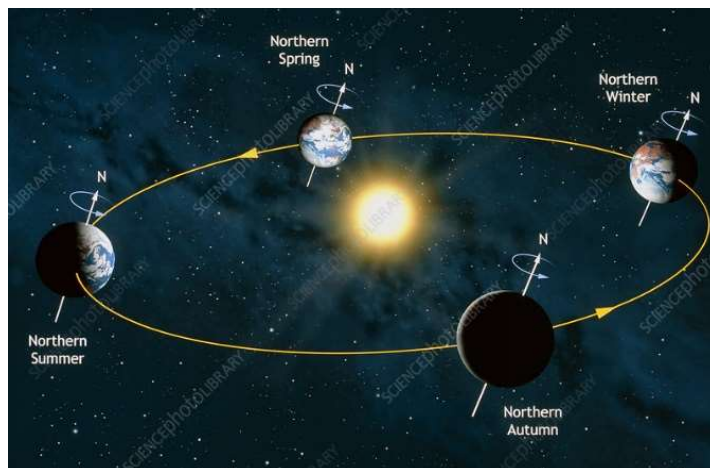


Figura 2.5. Posició de la Terra respecte de l'eclíptica durant les estacions a l'hemisferi Nord (Font: [MARK GARLICK / SCIENCE PHOTO LIBRARY](#)).

Resumint aquest fet, el cosinus de l'angle zenital solar (de l'àrab الرأس سمت (*samt ur-ra's*), que significa 'direcció del cap' o 'cami per sobre del cap') ve donat per:

$$\cos\theta = \sin\lambda \sin\delta + \cos\lambda \cos\delta \cos h \quad (2.1)$$

sent λ la latitud, δ la inclinació solar i h l'angle horari, (vegeu l'Annex A.2).

La radiació procedent del Sol incideix a la superfície terrestre per dues vies, la primera és la radiació solar directa que és la que arriba a terra sense desviar-se (si no es considera un petit angle de desviació causat per la refracció), la segona és la radiació difosa, ja que la seva direcció és modificada pel seu pas per l'atmosfera en interaccionar amb els seus components podent ser reemesa, absorbida o dispersada i per això es considera que prové de totes direccions.

La Terra no absorbeix tota la radiació que li arriba. Es defineix l'albedo terrestre com el percentatge de radiació que la superfície de la Terra reflecteix sent de mitjana un 35% de la radiació que li arriba. Cal tenir en compte el tipus de superfície d'incidència, per exemple, les superfícies nevades reflecteixen més radiació que les que no ho estan i, per tant, absorbeixen menys calor.

El balanç de radiació neta sobre el sòl terrestre variarà, en conseqüència, segons l'hora del dia, la latitud del lloc, del dia de l'any, si hi ha núvols o no, del contingut d'aerosols a l'atmosfera, del pendent i de l'orientació dels vessants, fent que el vent flueixi del vessant més fred al més calent produint un flux perpendicular al seu eix.

Aquest balanç radiatiu en una superfície ideal sense massa, que pot considerar-se com una fina capa coincident amb la superfície del sòl, es pot expressar per:

$$R_N = R_S \downarrow - R_S \uparrow + R_L \downarrow - R_L \uparrow \quad (2.2)$$

R_S és la longitud d'ona curta i R_L la longitud d'ona llarga. Les fletxes indiquen si la radiació va cap a terra o parteix del terra.

Tenint en compte tots els factors el balanç d'energia en els vessants (Vide et al., 1991; Llácer, et al., 2002) és expressat per:

$$R_N + S_S + H + LE + F + A + P + M + B = dQ/dt \quad (2.3)$$

on:

R_N = radiació neta.

S_S = flux de calor en el sòl.

H = flux de calor sensible transferit a l'aire.

LE = flux de calor latent utilitzat en l'evaporació o cedit per condensació.

F = calor utilitzat en la sublimació de la neu.

A = advecció de calor (en terrenys muntanyosos).

P = intercanvi de calor per les precipitacions.

M = calor produït per fregaments a causa del vent.

B = intercanvi de calor en els mecanismes biològics.

dQ/dt = emmagatzematge de calor amb el temps.

Per tant, en un sistema muntanyós l'atmosfera es distribuirà d'una manera característica (Figura 2.6), donant lloc als sistemes de vent indicats anteriorment i la seva evolució està molt lligada a l'evolució de la capa fronterera d'aquestes regions (Stull, 1988, 2018; Garrat, 1994; De Wekker, 2002).

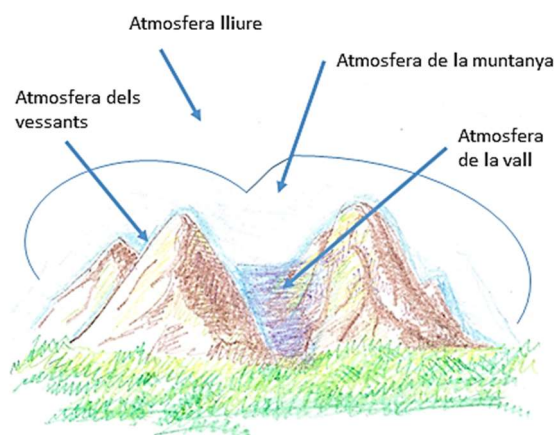


Figura 2.6. Tipus d'atmosfera en terreny muntanyós (adaptat de Ekhart, 1948).

2.1. Sistema de vent de pendent

Segons flueixin de dia o de nit reben el nom particular de vent anabàtic o vent catabàtic respectivament. Cal tenir en compte, a part de la temperatura, la rugositat del

terreny en referir-nos a la velocitat la qual li confereix un perfil característic conjuntament amb la part superior de l'atmosfera del vessant amb velocitats que típicament oscil·len entre 1- 5 ms^{-1} .

2.1.1. Vent anabàtic

El vent anabàtic (del grec «ανὰβασις» (anàbasi), que vol dir 'movent-se cap amunt'), es dóna durant el dia en condicions sinòptiques de calma i, majoritàriament, en un cel serè, és a dir es dóna principalment quan els efectes a escala sinòptica són dèbils. Es tracta d'una circulació en els vessants de la vall que es produeix principalment quan hi ha un centre d'altres pressions, és a dir condicions anticiclòniques, que per l'escalfament del sòl, es forma l'atmosfera dels vessants que és càlida i fa que l'aire fred del fons, pel gradient horitzontal de temperatura, pugui per ells de forma més o menys turbulenta cap al cim (Rampanelli et al., 2004).

Aquesta circulació té associat un perfil característic de velocitat, temperatura i pressió en funció de l'altura del vessant i, per tant, es pot explicar en termes de la temperatura potencial i, consegüentment, també per la diferència de densitat entre l'atmosfera del vessant i la del seu entorn.

Aquests vents presenten un màxim d'intensitat quan el contrast de temperatures entre el centre de la vall i la del vessant és màxim. Durant el dia la gruixària de la banda d'aire càlid que es forma prop dels vessants pot oscil·lar entre els 50-150 m. Les velocitats són més intenses uns metres per sobre del vessant a causa de la fricció del sòl (Figura 2.7).

2.1.2. Vent catabàtic

El vent catabàtic (del grec κατά (avall) i βαίνω (anar)) es dóna durant la nit, quan després d'un període de transició, la circulació pels vessants de la vall s'inverteix donant lloc a aquest vent. Ara l'aire prop dels vessants és més fred que el del seu entorn i el vent més fred en altura descendeix per ells cap al fons de la vall. La gruixària d'aquesta banda pot oscil·lar entre els 10-40 m, i les velocitats solen ser menors que les corresponents als vents anabàtics (Whiteman, 2000; Pinto et al., 2006).

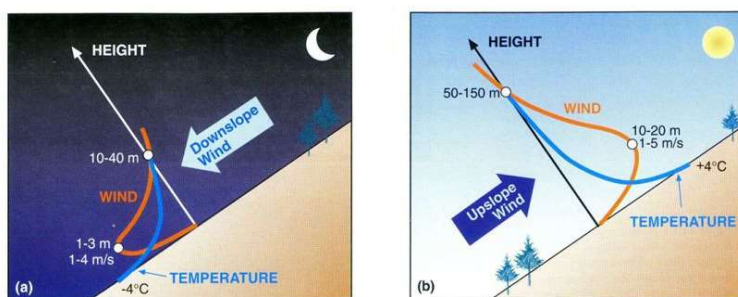


Figura 2.7. Perfil de vent diari a les vessants (Whiteman, 2000).

2.1.3. Transicions entre vent anabàtic i catabàtic

El gruix de l'atmosfera dels vessants està influenciada per l'estabilitat atmosfèrica del centre de la vall variant en l'espai i en el temps. Amb vents anabàtics el gruix de l'atmosfera dels vessants augmenta amb l'altitud i el temps presentant un màxim durant les primeres hores després de la sortida del Sol. Pels vents catabàtics, en canvi, el gruix augmenta segons la pèrdua d'altitud essent més intensos just després de la posta del Sol (Whiteman 1982; Whiteman & McKee, 1982). En els dos casos el seu gruix disminueix a mesura que es forma la inversió tèrmica dintre de la vall arribant a ser la temperatura potencial constant (Thompson, 1967; Cramer, 1972; Tallarico & Brandi 2016) amb l'alçada (Figura 2.8).

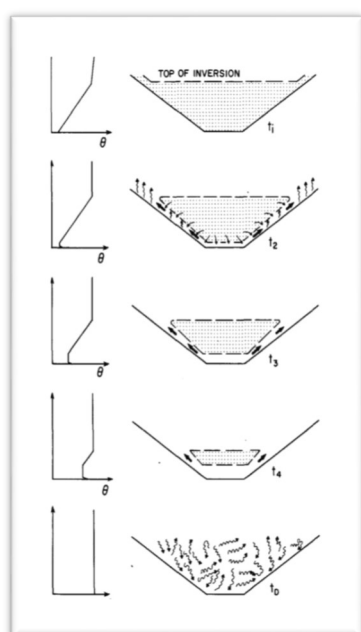


Figura 2.8. Hipòtesi del trencament de la inversió. A l'esquerra evolució de la temperatura potencial presa en el centre de la vall (Whiteman, 1982).

2.2. Sistema de vents al llarg de la vall

Són vents que es desenvolupen per les diferències de temperatura horitzontal al llarg de l'eix de la vall entre l'aire que es troba en el seu interior i l'aire que es troba en un pla adjacent (Schmidli & Rotunno, 2010; 2012).

Millor dit, aquests vents són el resultat del gradient de pressió entre l'aire de la vall i la pressió en el pla adjacent. Durant el dia l'atmosfera situada a la vall s'escalfa més que la situada en el pla on la vall finalitza. La causa és el menor volum d'aire que presenta la vall respecte del pla perquè la radiació incident és la mateixa, però en tenir un volum menor adquireix una temperatura superior produint-se un gradient de pressió del pla cap a la vall i l'aire circula des del pla vall amunt. Durant la nit la vall es refreda més que el pla i el gradient de pressió va de la vall al pla i l'aire circula de la vall cap al pla (Figura 2.9).

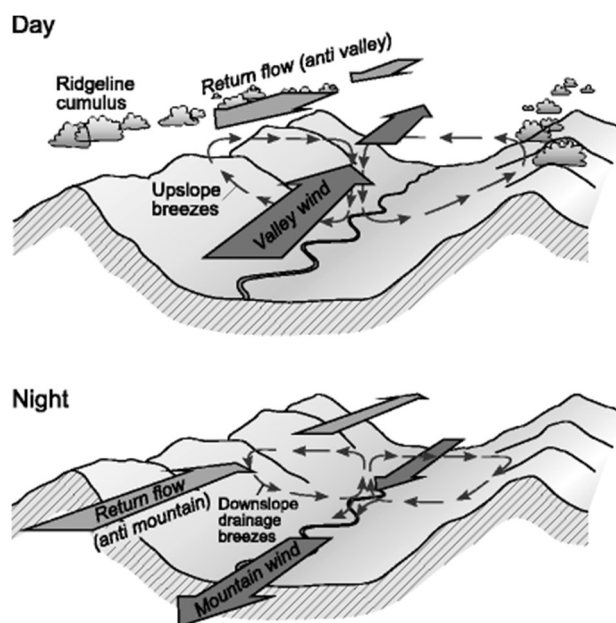


Figura 2.9. Règim de vents segons el gradient de pressió, produït pel gradient de temperatura, entre la vall i el pla durant el dia (Zardi & Whiteman, 2013).

En els dos casos es produeix una circulació de retorn que requereix moviments ascendents a la part càlida amb el corresponent refredament i descendents a la part més freda amb el seu corresponent escalfament (Figura 2.10). Aquests moviments verticals són importants per l'equilibri horitzontal de les diferències de temperatura a la vall.

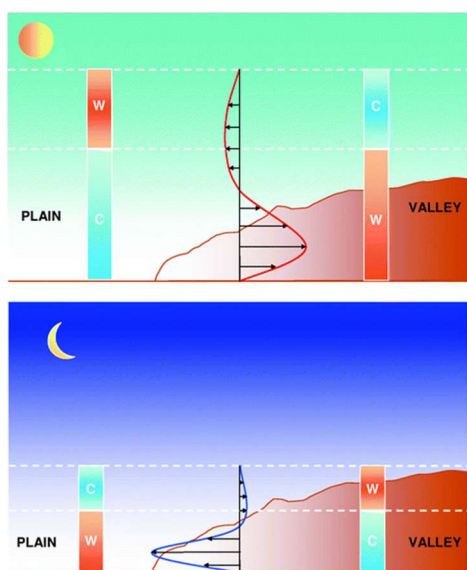


Figura 2.10. Vents vall-pla segons sia de dia o de nit. L'aire fred és més dens que el càlid, per tant a la columna freda hi ha una pressió superior respecte a la càlida produint-se un flux des de la zona d'alta pressió a la més baixa (Wehren et al., 2010).

2.3. Sistema de vent creuat amb l'eix de la vall

Aquests tipus de vent és important en el nostre estudi a causa que el vessant sud de la Vall del Segre rep primer la radiació solar escalfant-se abans que el vessant nord i, per tant, es produeix un flux d'aire des d'aquesta cap a la seva oposada.

2.4. Sistema de vents muntanya-pla

Es formen entre el cim muntanyós i el pla a causa de la diferència de temperatura horitzontal. Durant el dia l'aire del pla és més fred que el del cim i es forma un gradient de pressió del pla cap al cim de la muntanya permetent que el vent flueixi en aquesta direcció. Durant la nit s'inverteix el gradient, perquè l'aire a dalt de les muntanyes és més fred que en el pla i, per tant, flueix des de les muntanyes al pla.

Els vents que es produeixen sota aquestes circumstàncies són en general dèbils, però són importants, ja que, igual que els vents anabàtics, poden donar lloc a la formació de núvols sobre les muntanyes i produir tempestes.

2.5. Mecanismes de circulació a una vall

S'han vist els sistemes de vents de muntanya per separat, però en conjunt constitueixen un sol sistema realment complex on se superposen uns amb els altres. Aquesta situació es pot veure alterada quan la situació sinòptica és dominant alterant o destruint aquests sistemes de vents característics.

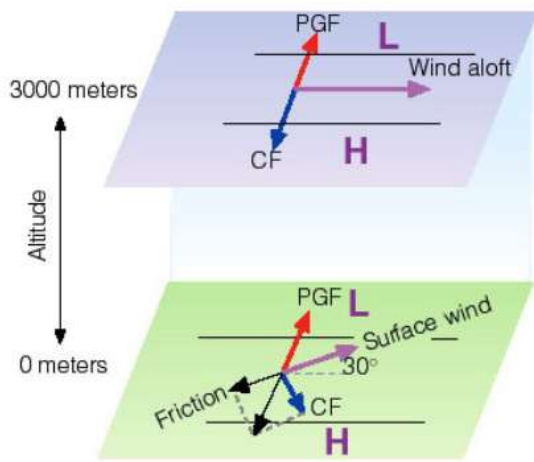
Els fluxos induïts per forçaments orogràfics tal com les ones de muntanya, l'efecte *Föhn*, fluxos que rodegen la muntanya o l'efecte Venturi són fenòmens que també es poden donar a una vall.

2.5.1. Vent geostròfic

El vent geostròfic (del grec, *Geo*: Terra, *strophe*: girar, donar voltes i el sufix *ic* que significa: relatiu a), és el resultat de l'equilibri entre la força del gradient de pressió i la força de Coriolis i la seva direcció és paral·lela a les isòbares de manera que a l'hemisferi Nord l'alta pressió queda a la dreta i la baixa a l'esquerra, i la seva magnitud és proporcional a l'espaiat entre les isòbares essent més intens com més properes estan.

El vent geostròfic s'aproxima al vent real on no existeixen efectes de fregament (lleï de la superfície), i el flux és rectilini. Si hi ha curvatura, aleshores, es trenca l'equilibri geostròfic, ja que cal tenir en compte l'acceleració instantània.

La força de fregament es dona a les capes baixes de l'atmosfera i com a resultat el vent tendeix a desplaçar-se cap a les baixes pressions (Figura 2.11). A causa d'això hi ha divergència de massa en superfície en els anticiclons i convergència en les borrasques, tant l'hemisferi Nord com el Sud. Amb altres paraules, si hi ha fricció el balanç entre la força del gradient de pressió i la força de Coriolis s'hi suma un altre component que empeny el vent cap a la pressió més baixa (Whiteman, 2000).



$$\frac{dV}{dt} = fV \wedge k - \frac{1}{\rho} \nabla p + F \quad (2.4)$$

On: $f = 2\Omega \sin \lambda$

λ és la latitud

Ω és la velocitat angular terrestre

F és la força de fregament

$$PGF = -\frac{1}{\rho} \nabla p$$

$$CF = fV \wedge k$$

Aproximació geostròfica: si la curvatura és petita $\frac{dV}{dt} = 0$

Figura 2.11. Balanç de forces segons hi hagi força de fricció o no en cas de flux rectilini (Font: www.soest.hawaii.edu).

2.5.2. Mecanismes de circulació

Resumint tenim quatre mecanismes per descriure les circulacions que es produeixen a la vall:

1. Les ja esmentades circulacions tèrmiques.
2. Les canalitzacions forçades que es produeixen en situacions a on els vents geostròfics en altura es canalitzen pels vessants fluïnt segons el seu eix longitudinal (Figura 2.12), de manera que la seva direcció i velocitat depenen de la component projectada al llarg de l'eix de la vall (Kossmann et al., 2003).

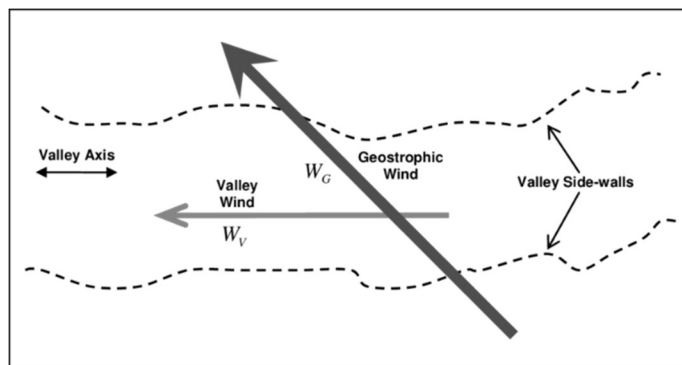


Figura 2.12. El vent geostròfic pot ser canalitzat per els vessants de la vall (Sharples, 2009).

3. Canalitzacions induïdes per gradient de pressió geostrofica al llarg de la vall de manera que el vent geostrofic pot fer que el gradient de pressió a la vall sigui zero (Figura 2.13). Aquesta situació es pot donar quan el vent geostrofic té la seva direcció al llarg de l'eix de la vall, existint la possibilitat que flueixi en direcció oposada i, en aquest cas, s'anomenen vents de contra corrent (Gross & Wippemann, 1987).

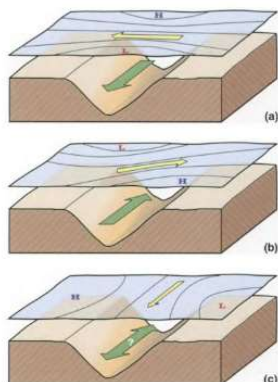
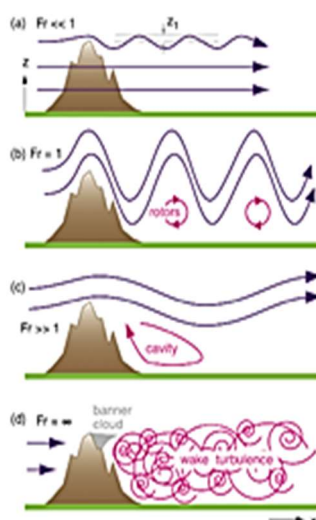


Figura 2.13. a/ El vent flueix vall avall i el vent geostrofic és perpendicular. b/ El vent flueix vall amunt, el vent geostrofic és transversal. c/ Al llarg de la vall el gradient de pressió és negligible i no hi ha vent de contra corrent, en cas contrari podria produir-se (Whiteman, 2000).

4. Transport de moment descendent a causa de situacions sinòptiques amb fluxos intensos que poden produir que els vents de les valls presentin la mateixa direcció que el flux sinòptic en altura amb un clar domini sobre els altres sistemes. Aquest transport descendent pot ser causat per ones de gravetat o barreja turbulenta vertical produint-se un viratge dels vents geostrofsics cap a les baixes pressions a mesura que s'apropen al sòl (Whiteman et al., 1993).

Respecte a les ones de gravetat causades per les muntanyes (Vásquez et al. 2015), el seu efecte depèn de la velocitat del vent, del gradient de temperatura potencial i de l'altura de la barrera que produeix les oscil·lacions (h_{max}), actuant la gravetat com a força restauradora. L'efecte d'aquestes variables es pot expressar pel nombre, adimensional, de Froude (Figura 2.14).

Figura 2.14. Efecte de les ones de muntanya segons el nombre de Froude. N és la freqüència de Brunt-Väisälä (Balnes, 1987).



$$Fr = \frac{V}{N h_{max}} \quad (2.5)$$

$$N = \sqrt{\frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z}} \quad (2.6)$$

(Font: https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/flying/met_concepts/03-met_concepts/03d-mountain_waves/index.html)

2.6. Precipitació

Precipitació és l'aigua que procedent de l'atmosfera cau al sòl sigui en forma sòlida o líquida a causa de la sublimació o condensació del vapor d'aigua.

Hi ha tres tipus de precipitació, caracteritzades pels factors que produeixen les elevacions de masses humides d'aire, i són precipitació convectiva, ciclònica i orogràfica (Figura 2.15).

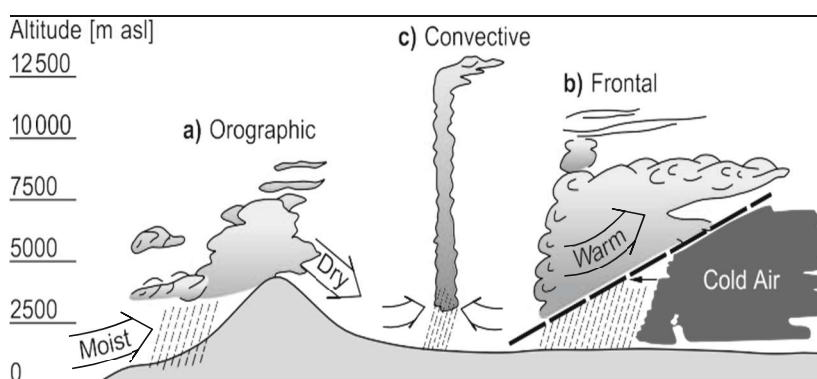
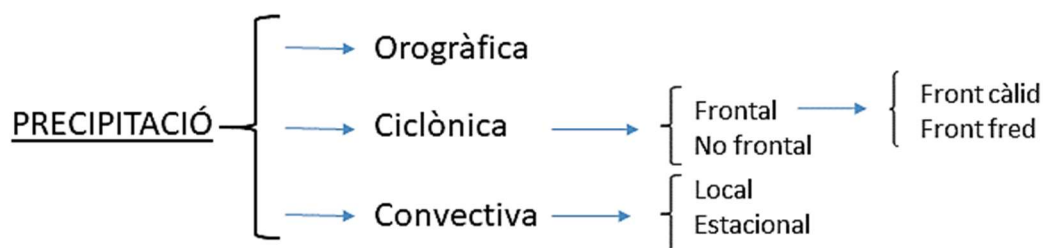


Figura 2.15. Precipitació provocada per processos: orogràfic, convectiu i frontal (Wehren et al., 2010).

2.6.1. Precipitació convectiva

La precipitació convectiva es produeix quan el sòl s'escalfa de manera intensa. Aquest escalfament es transmet a capes properes i produeix una zona de baixes pressions de manera que l'aire del seu entorn es mou cap a ella produint un aixecament de masses d'aire. Existeixen dos tipus de convecció, convecció seca i convecció humida. En la convecció humida la presència de vapor d'aigua permet explicar la formació de núvols.

Quan les masses d'aire humit s'eleven la seva temperatura disminueix i, si aquest refredament és suficient, hi haurà condensació formant-se núvols. En aquest procés de canvi de fase, hi ha alliberació de calor latent i les masses d'aire tendiran a pujar més augmentant la inestabilitat. Aquest mecanisme dóna lloc a la formació de núvols del tipus cúmulus o cumulonimbus que poden produir precipitacions intenses.

La precipitació convectiva és pròpia de la zona equatorial i tropical, però també és important en l'estació càlida en zones de latituds mitjanes.

2.6.2. Precipitació ciclònica

La precipitació ciclònica és deguda a la interacció de masses d'aire movent-se en direcció oposada. Aquesta circulació de masses d'aire tenen lloc a tot el planeta i són causades per a la diferència d'escalfament, a causa de la radiació del Sol, a diferents regions planetàries. En el transport d'energia calorífica hi intervé l'atmosfera, per a la circulació d'aire calent, però també els corrents oceànics.

La precipitació ciclònica es pot classificar en frontal i no frontal. La precipitació no frontal es produeix quan els dos corrents d'aire, un humit i calent i l'altre fred i sec, flueixen paral·lels un amb l'altre de manera que l'aire calent tendeix a pujar formant-se una ona cada vegada més potent i quedant al mig aire càlid i humit que dona lloc a una zona de baixa pressió anomenada l'ull del cicló (Figura 2.16).

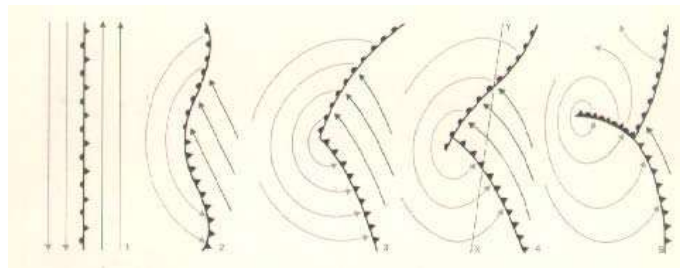


Figura 2.16. Formació d'un cicló no frontal, ja que en la seva primera fase són dos corrents d'aire que compleixen la condició expressada en el paràgraf anterior (Font: Agència Basca de Meteorologia, (Euskalmet)).

La precipitació frontal pot ser de quatre tipus, la produïda per un front càlid, per un front fred, per un front oclús o per un front estacionari. Cada un d'ells té la seva simbologia característica (Figura 2.17).

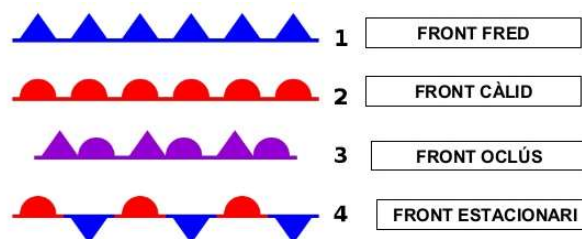


Figura 2.17. Tipus de fronts i la seva simbologia. (Font: SlideShare).

- En un front càlid la massa d'aire càlid es mou respecte a la massa d'aire fred. En ser l'aire fred més pesat, queda per sota del calent prenent forma de falca. L'aire calent puja per ella, però a causa de la línia frontal o zona de contacte dels dos fronts, l'aire calent es va refredant i es formen núvols del tipus estratiforme que poden produir

precipitacions dèbils o moderades però persistents. Els fronts càlids es desplacen típicament a una velocitat de 20 a 40 kmh⁻¹.

- En un front fred una massa d'aire fred es mou respecte a la càlida. Aquesta massa d'aire fred en ser més densa avança ràpidament per la superfície i fa aixecar la massa d'aire calent que es condensa en entrar en contacte amb la línia frontal formant-se núvols del tipus cúmulus amb un gran desenvolupament vertical produint intenses precipitacions i tempestes. Els fronts freds es desplacen a una velocitat d'uns 40 a 60 kmh⁻¹.
- Els fronts oclusos es formen quan el front fred, en avançar més ràpidament, atrapa a un altre més càlid i es fusionen (Figura 2.18). En avançar l'aire fred empeny cap amunt l'aire més càlid i es forma un nou front entre l'aire fred que avança i l'aire més càlid que ha lliscat sobre ell. Aquest aire càlid es refreda i pot provocar precipitació. Els fronts oclusos poden ser freds o càlids. El descrit anteriorment és un front oclús fred, però és possible que la part posterior al front fred sigui més càlida que la del front més càlid, i serà la part més càlida del front fred la que llisqui sobre el front més càlid produint-se un front oclús càlid.

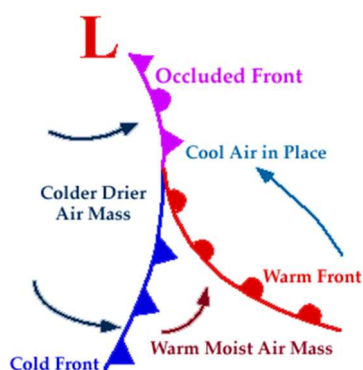


Figura 2.18. Front oclús. A una massa d'aire freda s'hi superposa una massa d'aire menys freda.

(Font: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/af/frnts/ofdef.xml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/af/frnts/ofdef.xml)).

- Els fronts estacionaris es formen quan cap dels dos fronts té prou energia per substituir un a l'altre, és a dir, no hi ha flux d'aire ni cap a la massa d'aire fred ni cap a la d'aire càlid sinó que el flux és paral·lel a la línia del front. Això fa que la superfície del front no es mogui i d'aquí el nom d'estacionari. Els núvols que es formen solen ser altocúmuls i les precipitacions que es produeixen poden ser de llarga durada.

2.6.3. Precipitació orogràfica

La precipitació orogràfica té per causa l'elevació de masses d'aire calent i humit enfront d'un obstacle muntanyós que en refredar-se en alçada pot precipitar sigui en forma sòlida o líquida. Aquesta elevació es pot produir per dos mecanismes, el primer

és l'anomenat mecanisme convectiu, el segon per forçament del terreny (Figura 2.19). El mecanisme convectiu pot ser per convecció, per convergència de flux ascendent i per desplaçament de convergència. El mecanisme per forçament del terreny pot ser per aixecament orogràfic, per canalització i per convergència a sotavent (Witheman, 2000).

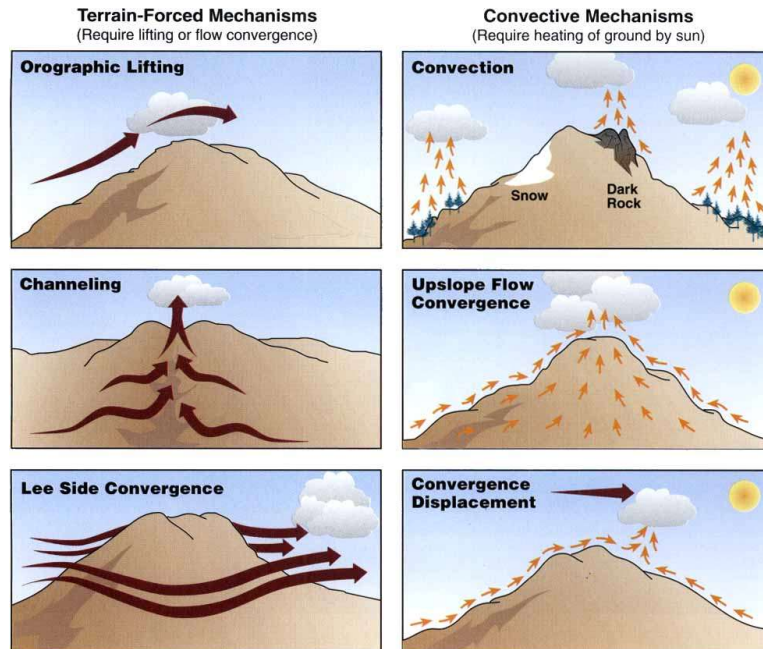


Figura 2.19. Mecanismes d'elevació de masses d'aire (Witheman, 2000).

Altres autors amplien el nombre de casos que presenta aquesta classificació perquè els mecanismes d'elevació de masses d'aire pot ser més complexa. Cal dir, però, que tots aquests casos ja han sigut estudiats àmpliament per nombrosos autors. Cal citar: estudi d'un front oclús i com pot ser modificat a causa de l'orografia (Hobbs et al., 1975); estudi de l'estabilitat de la neu durant la pluja (Conway & Raymond, 1993); estudi del comportament sinòptic i mesoescalar que produeixen fortes precipitacions (Katzfey, 1995a, 1995b; Lin et al., 2001); estudi de les precipitacions orogràfiques a les muntanyes costaneres de Califòrnia (Neiman et al., 2002); estudi de les ones de gravetat diürnes, convecció nocturna i patrons de pluges al Nord-Oest d'Amèrica del Sud (Mapes, et al., 2003 a, 2003 b, 2003 c); anàlisi estadística i modelització de la influència del vent i la topografia sobre la distribució de precipitació a Suïssa (Johansson & Chen, 2003); estudi de l'augment de la precipitació orogràfica a les altituds mitjanes i estudi dels moviments de l'aire i creixement de les precipitacions a les tempestes Alpines (Houze Jr. & Medina, 2003 a, 2003 b); estudi de precipitació orogràfica i de les masses d'aire (Smith et al., 2003); estudi dels fluxos d'aire a les principals valls Alpines sota fortes pluges (Steiner et al., 2003); estudi dels modes microfísics de creixement de precipitació orogràfica, observats amb radar de banda S (Yunter & Houze jr., 2003); estudi dels factors que regeixen la convecció cel·lular en les precipitacions orogràfiques (Kirshbaum & Durran, 2004). Smith & Barstard (2004), proposen una teoria lineal de precipitació orogràfica i apliquen aquest mètode les Olympic mountains de l'estat de Washington; també hi ha

un estudi posterior a l'anterior sobre la climatologia de precipitacions a petita escala aplicat al mateix entorn i portat a terme per Minder et al., (2008); estudi de les bandes de neu convectives en un entorn d'inestabilitat condicional, seca i inercial, i estudi de la influència del terreny sobre la convecció a sotavent a les Muntanyes Rocoses (Schumacher et al., 2010, 2014); simulació per l'estudi de la convecció profunda a causa de l'escalfament a les muntanyes (Kirshbaum, 2011); estudi de la convecció profunda a causa del forçament del terreny sobre illes mediterrànies (Barthlott & Kirshbaum, 2013); estudi de l'evolució de les tempestes convectives iniciades en una serralada aïllada (Soderholm et al., 2014); estudi de les bandes convectives quasi-estacionàries que poden provocar, localment, grans acumulacions de pluja a causa que, sovint, es troben ancorades per la topografia (Barret et al., 2015); estudi de la convecció orogràfica i humida i la seva regulació a causa dels processos d'intercanvi de superfícies (Kirshbaum et al., 2018); i entre ells molts altres, però, a manera de resum, es consideren els dos següents, Roe (2005) i Houze jr. (2012).

Roe (2005) dóna set exemples de mecanismes d'elevació de masses d'aire que poden donar precipitació orogràfica (Figura 2.20). Segons exposa, aquests casos són: (a) ascensió estable, (b) bloqueig parcial de la massa d'aire, l'aire bloquejat pot provocar ascens més enllà a sobrent i incrementar l'elevació, (c) flux descendent produït per refredament a causa de l'evaporació, (d) convergència a sotavent, (e) convecció activada per escalfament del sòl a causa del Sol, (f) convecció a causa de l'elevació mecànica per sobre del nivell de lliure convecció, és a dir, del nivell en què l'aire es torna menys dens que el del seu entorn, (g) mecanisme sembrador-alimentador. Aquest mecanisme serveix per explicar per quin motiu els turons massa petits que no poden produir precipitació per si mateixos en produeixen.

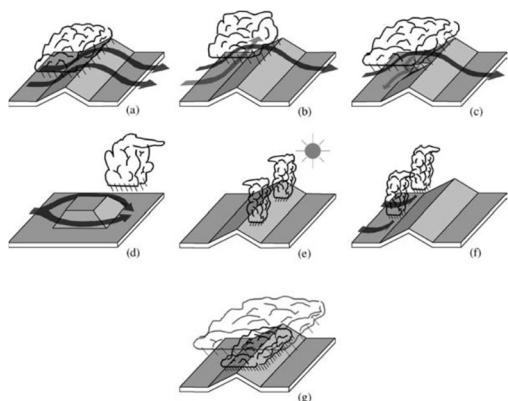


Figura 2.20. Esquema de diferents mecanismes de precipitació orogràfica (Roe, 2005).

Houze jr. (2012), especifica dotze casos de com muntanyes i turons afecten la formació de núvols de precipitació (Figura 2.21). Segons exposa, aquests casos són: (a) L'aire a prop de la muntanya és estable, però es veu obligat a fluir muntanya amunt i el moviment vertical produeix o reforça la formació d'un núvol a sobrent, (b) cas en què l'aire ascendent s'inverteix a causa d'un obstacle a mesura que puja, (c) l'escalfament

del terreny muntanyós a causa del Sol empeny l'aire cap amunt, fins al cim de la muntanya i per sobre del nivell de convecció lliure. Aquest procés pot produir precipitació convectiva, (d) durant la nit, una vegada superada la inversió tèrmica, la convecció al cim de la muntanya desapareix, però si aquest aire descendent convergeix amb un corrent d'aire inestable i humit, a un nivell més baix, es pot produir convecció i precipitació a la base de la muntanya, (e) si un núvol passa per sobre d'un turó o d'una muntanya poc alta i sofreix una advecció cap a sotavent, la seva capacitat de precipitació disminueix a causa del moviment de l'aire pendent avall, (f) aquest procés és similar a l'anterior, però succeeix entre dos nivells verticals diferents. Al nivell més baix hi ha un núvol orogràfic convectiu al cim del turó i, el núvol preexistent que precipita i que sofreix advecció, està a un nivell superior, (g) aquesta figura ens mostra com ones de muntanya generades a sotavent per un turó o una muntanya no molt alta poden produir petits núvols de convecció cap avall del turó, (h) a la propagació vertical d'ones de muntanya, quan les muntanyes són altes, s'hi produeixen moviments ascendants en interaccionar amb núvols convectius precipitants al ser alimentades pel flux humit del nivell més baix, (i) l'aire estable o quasi quiet tendeix a acumular-se en lloc d'eleva-se sobre el terreny. Aquest bloqueig tant pot afectar a tempestes convectives com a fronts, (j) de vegades el bloqueig és parcial, amb un flux accelerat muntanya avall i que en retornar a l'equilibri pot produir un núvol de precipitació més enllà de la barrera, (k) i (l) aquestes figures, segons l'autor, fan referència a conveccions severes prop de muntanyes altes. El cas (k), indica flux descendent a sotavent que produeix una capa d'aire sec la qual permet la inestabilitat potencial a causa de l'acumulació de calor sensible i latent i, finalment (l), donat el cas anterior, si l'aire càlid es troba amb un turó davant de la barrera principal, aquest fet, pot ser suficient per permetre que l'aire s'elevi més enllà del seu nivell de convecció lliure i, per tant, la capa es trenqui.

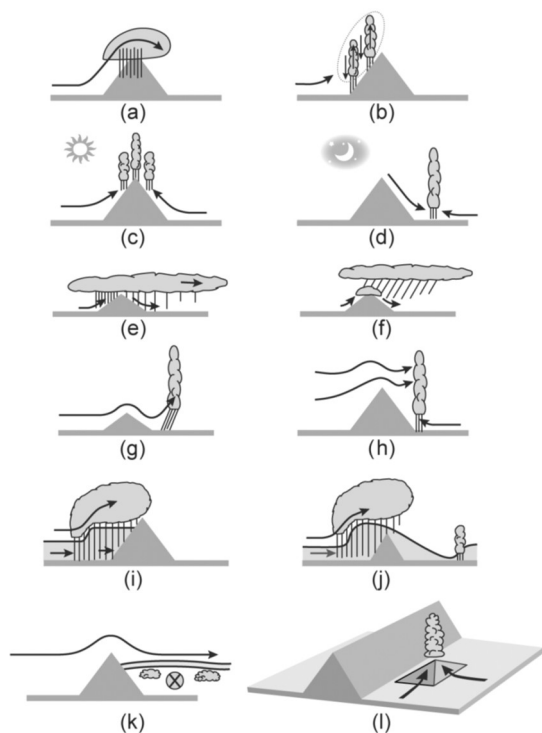


Figura 2.21. Mecanismes de com les muntanyes i turons afecten a la precipitació (Houze jr., 2012).

Acabat aquest capítol cal dir que cada vall o zona orogràfica, en general, té la seva peculiaritat pròpia, per tant, la Vall del Segre no és una excepció.

Capítol 3. Instrumentació

3. Instrumentació. Campanya Cerdanya 2017

En aquesta tesi s'han fet servir dades que corresponen a la instrumentació de la campanya experimental Cerdanya-2017, dins el projecte ATMOUNT III, portada a terme durant els mesos de desembre de l'any 2016 fins a l'abril de l'any 2017 ambdós inclosos, a la Vall del Segre (la Cerdanya, Pirineu Oriental) (Figura 3.1). També s'han utilitzat dades que són anteriors a la campanya i han sigut cedides per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) i el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC).

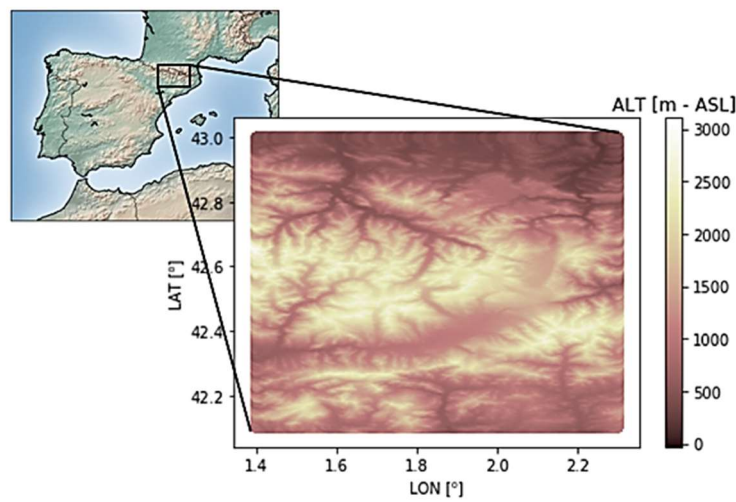


Figura 3.1. Localització i topografia de la Vall del Segre (La Cerdanya)

A la campanya hi varen intervenir les estacions meteorològiques automàtiques (AWS; de l'anglès: Automatic Weather Stations) d'AEMET; del SMC; de l'Institut d'Estudis Andorrans (CENMA-IEA) i nou estacions, col·locades temporalment per aquest fi, a càrrec de Météo France (Figura 3.2).

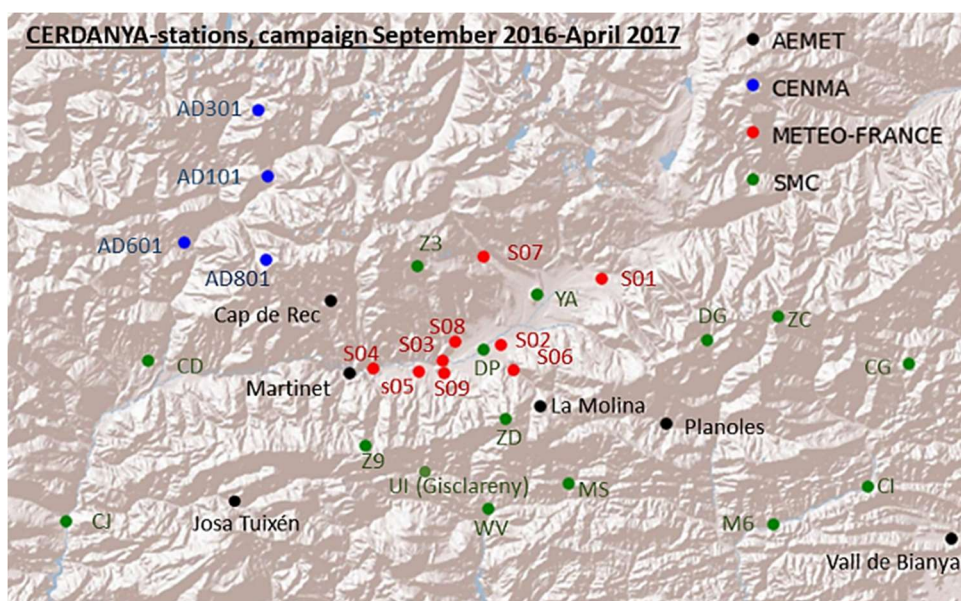


Figura 3.2. Localització de les AWS de la campanya Cerdanya 2017.

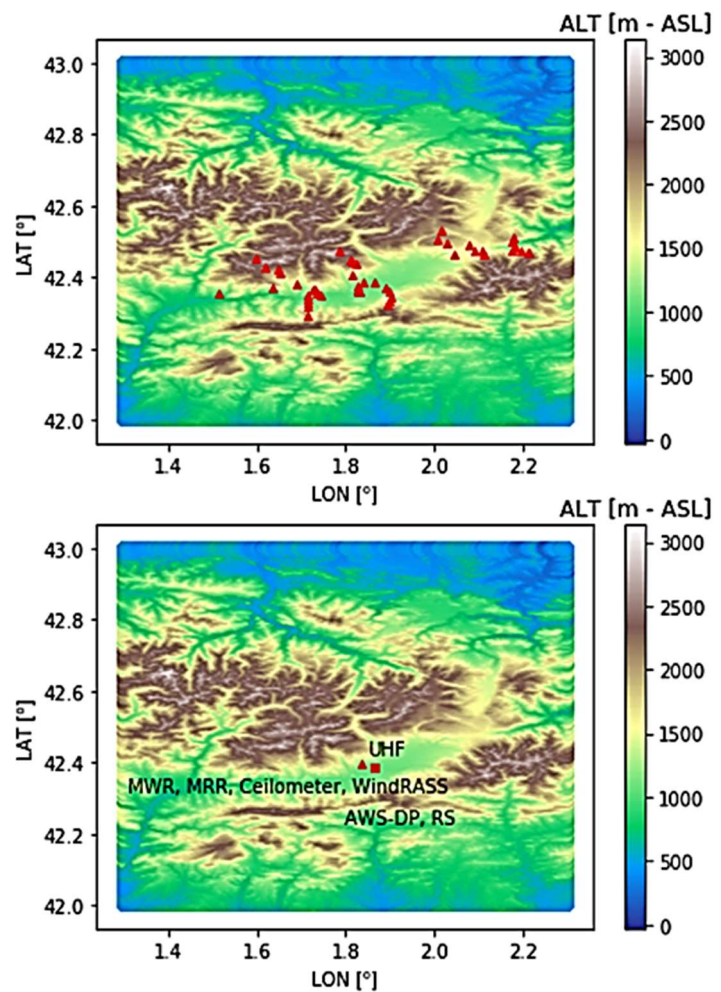
El principal centre d'observació estava a Das, la seva AWS té per sigles DP (Figura 3.3).



Figura 3.3. AWS de DAS (Font: SMC).

Cal esmentar la instal·lació d'altres aparells de mesura durant la campanya (Figura 3.4).

Figura 3.4. Localització dels HOBO_sensors (figura superior). Ultra High Frequency-Radar (UHF), Wind Radio Acoustic Sounding System (WindRASS), Microwave Radiometer (MWR), Micro Rain Radar (MRR), Ceilòmetre, RS lloc de llançament de ràdio-sondatges i AWS de Das (DP) (figura inferior).



3.1. Descripció instrumental de les AWS

Segons l'Organització Meteorològica Mundial (WMO, 2017a), les AWS es defineixen com estacions en què les observacions s'efectuen i transmeten automàticament.

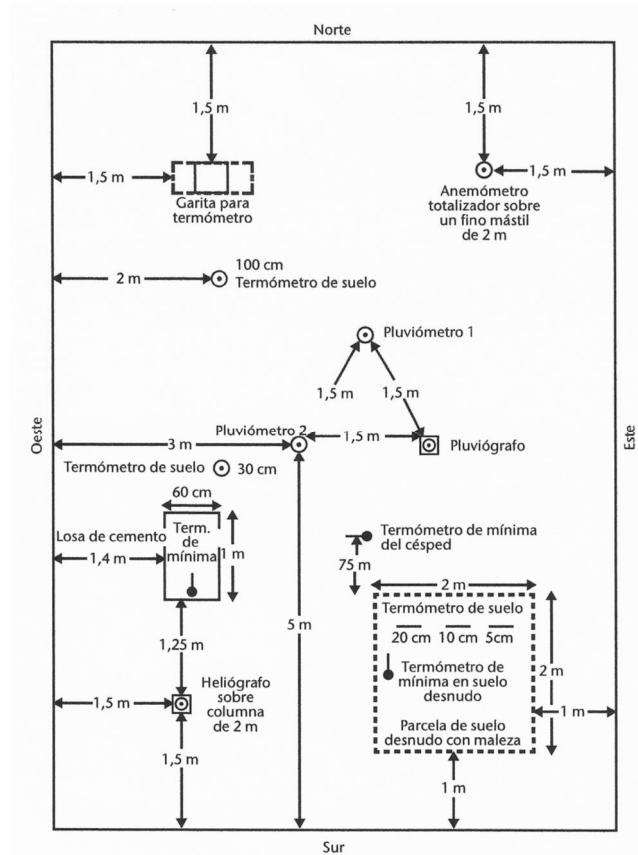


Figura 3.5. Esquema, general, d'una estació d'observació a l'hemisferi Nord amb la indicació mínima entre les instal·lacions (WMO, 2017b).

Segons WMO (2014), l'àrea d'observació meteorològica ha d'estar tancada amb una tanca metàl·lica i la seva superfície ha de deixar-se en estat natural, però l'herba s'ha de mantenir a 20 cm d'altura. Aquesta superfície no es pot trepitjar excepte per certs senders que no poden estar asfaltats ni recoberts de ciment (figura 3.5). Per motius de seguretat el voltatge subministrat no pot excedir els 36 V. Preferentment les instal·lacions han d'estar pintades de blanc.

El butlletí WMO (2014) fa referència a tot el que fa a la instrumentació explicitant els mètodes d'observació, les fonts d'error i la seva correcció. Per mesurar la temperatura, per exemple, cal evitar l'ombra d'obstacles propers, però l'ombra del relleu natural no es té en compte en la classificació proposada per emplaçar aparells d'observació (WMO, 2014; pàg. 37). Pel que fa a les mesures de la velocitat i direcció del vent, per a estacions terrestres en superfície, i segons l'Organització Mundial de Meteorologia, es defineixen la direcció i velocitat del vent quan s'efectua la mesura una altura geomètrica de 10 m i amb una longitud de rugositat del terreny de 0.03 m.

A continuació es descriuen instruments rellevants per l'estudi realitzat.

3.1.1. Precipitació. Pluviòmetre de balancí

El pluviòmetre de balancí permet mesurar la intensitat de la pluja i la pluja acumulada. Per mesurar la precipitació sòlida, està dotat d'un sistema de calefacció que permet fondre-la i mesurar-la en forma d'aigua líquida (Figura 3.6).

El pluviòmetre ha de muntar-se rígidament, de manera que sigui capaç d'aguantar ventades fortes i que la seva boca, d'uns 165 mm de diàmetre, es mantingui horitzontal. Segons l'aparell cada vegada que bolca el balancí es recullen entre 0.1 o 0.2 mm.

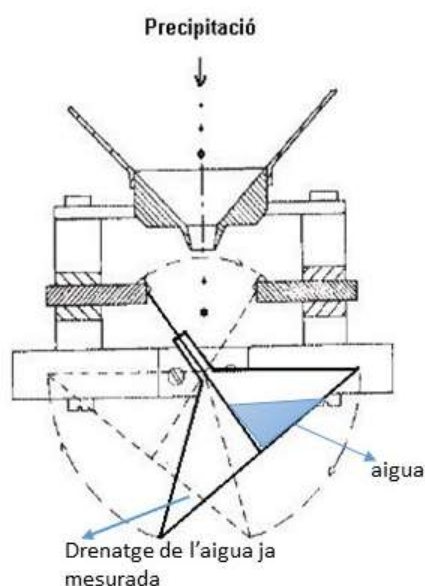


Figura 3.6. Esquema d'un pluviòmetre de balancí (Font: SMC, adaptació).

El calefactor, si el té, ha d'estar en funcionament entre els 3 ± 0.5 °C, amb tot i això es produeixen errors per evaporació. Una altra font d'error és la boca del pluviòmetre que quan fa vent no col·lecta de manera exacta la pluja o, en general, la precipitació (Figura 3.7).

Els errors en la mesura de la precipitació, es poden ajustar tal com es presenta a l'Equació 3.1.

$$P_K = kP_C = k(P_g + DP_1 + DP_2 + DP_3) \quad (3.1)$$

on P_K és la quantitat de precipitació ajustada; k és el factor d'ajust per corregir els efectes de la deformació de camp de vent; P_C és la quantitat de precipitació captada pel col·lector del mesurador; P_g és la quantitat mesurada de precipitació en el mesurador; DP_1 és l'ajust per corregir la pèrdua per humectació de les parets interiors del col·lector; DP_2 és l'ajust per corregir la pèrdua per humectació en el dipòsit després de buidar-lo i DP_3 és l'ajust per corregir l'evaporació del dipòsit.

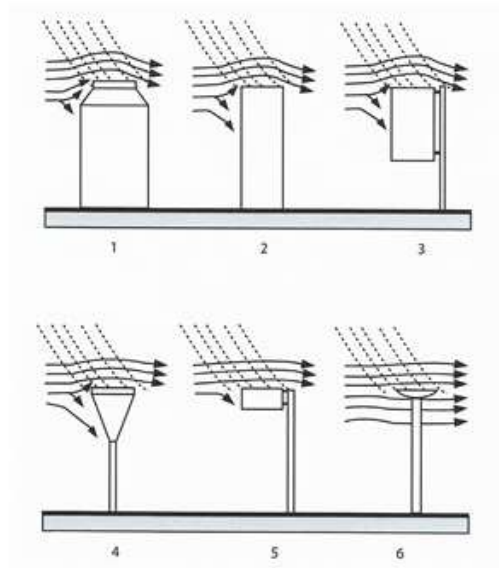


Figura 3.7. Diferents formes de pluviòmetres normalitzats. Les línies discontinües representen precipitació, les contínues el vent. En el primer cas és a on hi ha més error i en l'últim menys (WMO, 2014).

3.1.2. Temperatura de l'aire. Termòmetre de resistència metàl·lica

Per mesurar la temperatura de l'aire es fa servir la resistència d'una sonda de platí normalitzada a 100 (Pt100) o 1000 (Pt1000) ohms a 0 °C (Figura 3.8).

Un bon termòmetre de resistència metàl·lica satisfarà els requisits següents (WMO, 2014): (a) Les seves propietats físiques i químiques romandran invariables en tot el rang de mesurament de temperatura; (b) la seva resistència augmentarà uniformement a mesura que augmenti la temperatura, sense interrupció al llarg de la franja de mesurament; (c) influències externes com ara la humitat, la corrosió o les deformacions físiques no alteraran la seva resistència de manera apreciable; (d) les seves característiques es mantindran inalterades durant almenys dos anys; (e) la seva resistència i coeficient tèrmic haurien de ser prou elevats per a ser utilitzats en un circuit de mesura.

El platí pur és el que millor compleix aquests requeriments. La variació de la resistència en funció de la temperatura per un metall la dona l'Equació 3.2.

$$RT = R_0[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2] \quad (3.2)$$

on $T_0 = 273.15$, $T = 273.15 + t$, t temperatura mesurada en °C i, α i β són paràmetres. Prenent 0 °C com a temperatura de referència s'obté que $RT = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$, α i β es determinen en calibrar l'aparell i, en aquest cas, R_0 és la resistència a $t = 0$ °C.



Figura 3.8. Sensor de temperatura Pt100 o Pt1000 (Font: SMC).

3.1.3. Humitat relativa de l'aire. Sensor de temperatura i humitat

La humitat relativa (RH, de l'anglès, relative humidity), corresponent a una temperatura i pressió determinades s'expressa com el tant per cent del quocient entre la humitat específica, q , existent i la humitat específica de saturació, q_s , és a dir quan l'aire està en el punt de saturació, a la mateixa temperatura i pressió.

Per mesurar la humitat relativa de l'aire es fan servir sensors construïts amb materials, sòlids, que tenen la capacitat d'absorbir molècules d'aigua, això modifica les propietats elèctriques d'alguns dels seus components sigui resistència o capacitat el que permet crear un senyal que és proporcional a la humitat (Figura 3.9).

Referent a la component de capacitat, per exemple, han d'estar construïts amb un material dielèctric, sòlid i higroscòpic, de manera que les seves propietats variaran segons la humitat de l'aire. Aquests dielèctrics solen ser polímers.



Figura 3.9. Sensor de temperatura i humitat relativa, (Font: SMC).

3.1.4. Velocitat i direcció del vent. Anemòmetre

La velocitat del vent és una magnitud vectorial tridimensional que experimenta oscil·lacions aleatòries de petita escala en l'espai i el temps, les quals se superposen a un flux organitzat d'escala més gran. De totes maneres es considera que el vent de superfície és una magnitud bidimensional definida per dos nombres que representen la velocitat, en ms^{-1} , i la direcció, en graus (WMO, 2014; Mazzeola, 1972). Hi ha diferents tipus d'anemòmetres per les AWS, per exemple d'ultrasons, de cullereta o d'hèlix.

Si l'anemòmetre és d'ultrasons la velocitat i direcció del vent es calcula a partir del temps emprat en rebre un determinat impuls d'ultrasons en diverses direccions (Figura 3.10).



Figura 3.10. Sensor d'ultrasons de direcció i velocitat del vent (Font: <https://www.campbellsci.com/wind-speed-direction>).

Si és de culleretes, dissenyat per primera vegada per l'anglès Thomas Romney Robinson l'any 1846 i modificat l'any 1991 perquè pogués mesurar la direcció del vent, consta de dos components principals el rotor i el generador de senyals (Figura 3.11). La velocitat angular del rotor, mitjançant un generador, crea un corrent elèctric que és proporcional a la velocitat del vent i, d'aquesta manera, es pot conèixer el nombre de voltes en un període determinat i calcular la velocitat. Referent a la direcció, el gir del penell fa variar la resistència d'un o dos potenciòmetres instal·lats en el sensor.

Les magnituds mitjanes són variables en què el valor mitjà se sol avaluar al llarg d'un període, entre els 10 i 60 minuts, tal com ocorre amb la velocitat i direcció del vent. La direcció del vent s'estima com el valor més proper a les setze direccions principals de la brúixola.

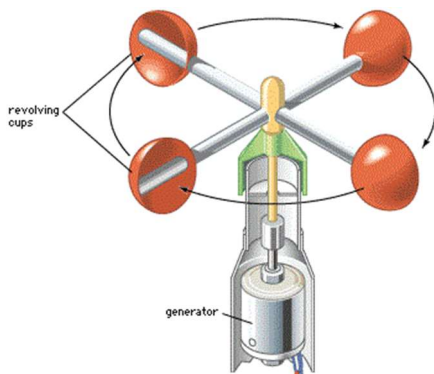


Figura 3.11. Esquema d'un anemòmetre de culleretes (Font: Enciclopèdia Britànica).

Patterson (1926) va demostrar que a prop del llindar d'arrancada per velocitats del vent inferiors a 4 ms^{-1} , la calibració dels anemòmetres pot desviar-se considerablement de la linealitat quan el braç que connecta la cullereta amb l'eix de rotació és molt més llarg que el diàmetre de la cullereta (Figura 3.12).

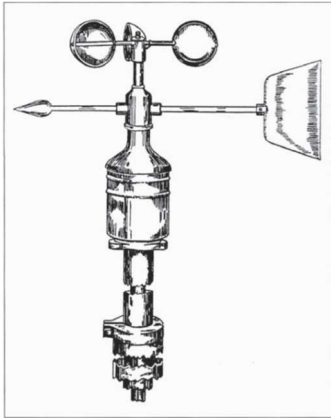


Figura 3.12. Anemòmetre de tres culleretes dissenyat per Patterson (Patterson & Brooks, 1994).

3.1.5. Pressió atmosfèrica. baròmetre

Es defineix (WMO, 2014) la pressió atmosfèrica sobre una superfície donada per la força per unitat d'àrea que exerceix sobre aquesta superfície el pes de l'atmosfera que està a sobre. La unitat bàsica per a les mesures de pressió atmosfèrica és el pascal (Pa) (o newton per metre quadrat), de totes maneres la unitat utilitzada a la meteorologia és l'hectopascal (hPa, 1 hPa = 1 mbar) que equival a 100 Pa.

Per mesurar la pressió atmosfèrica es fa servir un sensor piezo-resistiu o capacitiu de silici, o un cristall de quars ressonador (Figura 3.13). Tots ells són sensibles a les variacions de pressió atmosfèrica.

En aquest cas i, en general, les estacions meteorològiques automàtiques per visualitzar les sortides digitals, o les sortides analògiques digitalitzades, usen monitors i sistemes d'adquisició de dades.

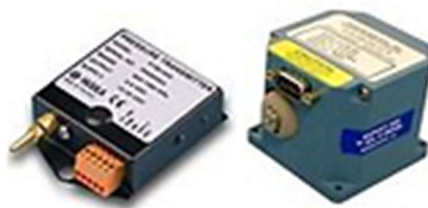


Figura 3.13. Baròmetres, (Font: SMC).

La reducció de la pressió al nivell del mar per a estacions situades a sota dels 750 m ve donada per l'Equació 3.3 (WMO, 1964).

$$\log_{10} \frac{p_0}{p_s} = \frac{K_p \cdot H_p}{T_{mv}} = \frac{K_p \cdot H_p}{T_s + \frac{a \cdot H_p}{2} + e_s \cdot C_h} \quad (3.3)$$

on P_0 és la pressió reduïda al nivell del mar en hPa, P_s és la pressió de l'estació en hPa, K_p és la constant $0.0148275 \text{ K(mgp)}^{-1}$, H_p és l'elevació de l'estació en metres de geopotencial (mgp), T_{mv} és la temperatura mitjana virtual en K, T_s és la temperatura de l'estació en K, a és el valor suposat del gradient vertical a la columna d'aire fictícia compresa entre el nivell del mar i el nivell d'elevació de l'estació i és igual a $0.0065 \text{ K(mgp)}^{-1}$, e_s és la pressió de vapor a l'estació en hPa, i C_h és el coeficient 0.12 K(hPa)^{-1} .

El WMO (1954) fa referència a la reducció de la pressió atmosfèrica i a tots els problemes que involucra.

3.1.6. Irradiància solar. Piranòmetre

Les mesures de la radiació es fan servir per a: (a) estudiar les transformacions de l'energia en el sistema Terra-atmosfera, així com les seves variacions en el temps i en l'espai; (b) analitzar les propietats i distribució dels components de l'atmosfera, com els aerosols, el vapor d'aigua, l'ozó, entre d'altres.; (c) estudiar la distribució i variacions de la radiació incident, sortint i neta; (d) respondre a les necessitats de la biologia, la medicina, l'agricultura, l'arquitectura i la indústria en matèria de radiació; (e) verificar els mesuraments de la radiació efectuats per satèl·lit, així com els algorismes utilitzats (WMO, 2014).

La radiació solar que incideix en el límit superior de l'atmosfera terrestre es denomina radiació solar extraterrestre. Per representar les variables meteorològiques de la radiació se sol emprar el Sistema Internacional d'Unitats (SI). La expressió matemàtica que ens permet avaluar la radiació global ve donada per l'Equació 3.4.

Per mesurar la radiació global, suma de la radiació directa més la difosa, s'usen els piranòmetres (Figura 3.14), en general termoelèctrics. Aquests, es basen en l'electricitat generada a partir de la diferència de temperatura entre dues parts del sensor, i mesuren en tot l'àmbit de l'espectre solar. Han d'estar col·locats horitzontalment a 2 m del sòl.

$$\text{Radiació global} = E_g \downarrow = E \cos\theta + E_d \downarrow \quad (3.4)$$

on $E_g \downarrow$, és la irradiància hemisfèrica sobre una superfície horitzontal i les unitats en el SI són Wm^{-2} . $E_d \downarrow$ és la irradiància difosa, $E = E_0 \tau$, és la irradiància directa, $\tau = e^{-\delta/\cos\theta}$ és la transmitància atmosfèrica o flux transmès a través de l'atmosfera i δ = la profunditat òptica, o densitat òptica (vertical), $E_0 = 1367.7 \text{ Wm}^{-2}$ és la constant solar i θ és l'angle zenital solar aparent.



Figura 3.14. Piranòmetre de radiació global (Font: SMC).

3.2. Altres Instruments utilitzats a la campanya Cerdanya-2017

A la campanya experimental Cerdanya-2017 es varen utilitzar altres instruments a banda dels descrits anteriorment, ja sigui per haver tractat les dades i/o haver-los utilitzat per analitzar alguns episodis i s'exposen tot seguit.

3.2.1. Microwave Radiometer (MWR)

El RPG-HATPRO MWR profiler (Figura 3.15), durant la campanya va donar perfils de temperatura i humitat cada 30 minuts.



Figura 3.15. RPG-HATPRO radiòmetre (Font: www.radiometer-physics.de).

L'instrument RPG-HATPRO és un sistema autònom per ser utilitzat a les AWS, el seu funcionament és òptim independentment, en general, de quines siguin les condicions ambientals.

Pot mesurar (www.radiometer-physics.de):

- Perfils verticals de temperatura atmosfèrica.
- Perfil vertical de la humitat atmosfèrica (humitat relativa i absoluta).
- El LWP, de l'anglès, Liquid Water Path.
- El IWV, de l'anglès, Integrated Water Vapor.
- Índexs d'estabilitat.
- Pressió superficial, temperatura, humitat relativa i pluja.

El vapor integrat d'aigua es defineix com el volum d'aigua líquida que ocuparia el vapor d'aigua condensat en un cilindre de 1 m² de base i altura infinita. En el cas de l'atmosfera, l'altura d'aquest cilindre va des de la superfície del sòl fins a dalt de tot de l'atmosfera (Equació 3.5). Les unitats es donen en kg m⁻²:

$$IWV = \frac{10^3}{\rho_l} \int_0^z \rho_v(z) dz \quad (3.5)$$

on $\rho_v(z)$ és la densitat del vapor d'aigua i ρ_l és la densitat de l'aigua, $\rho_l = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Si tenim dades discretes és a dir dades en intervals de temps determinats, tal com ocorre amb els ràdios-sondatges, també ho podem estimar (Equació 3.6):

$$I WV = \frac{10^3}{\rho_l} \sum_1^{z_{max}} \rho \left(\frac{z_n + z_{n+1}}{2} \right) (z_{n+1} - z_n) \quad (3.6)$$

on Z_n és l'altura on es fa la mesura enèsima.

El sistema del radiòmetre HATPRO és capaç de funcionar de forma autònoma a l'hora d'arxivar les dades i el seu GPS (GPS, de l'anglès, Global Position System), proporciona el temps i també la posició de la mesura. El rang de temperatura ambiental pel funcionament és de: -60°C a $+45^\circ\text{C}$ i té un sistema automàtic de mitigació de la pluja, que consisteix en un recobriment hidrofòbic i un bufador fort que impedeixen que la pluja es posi al radom (closca en forma de cúpula que protegeix l'antena del sensor). El mòdul calefactor és de 1.8 kW i evita la formació de condensació de rosada i boira al radom (Löhnert et al. 2012; Cimini et al. 2015).

3.2.2. Ceilòmetre

El ceilòmetre que es va utilitzar durant la campanya va ser un ceilòmetre Vaisala CL31 amb una resolució de 10 m i amb capacitat per a mesurar l'altura de la base dels núvols i la visibilitat vertical (Figura 3.16). Detecta simultàniament tres capes de núvols i fa servir tecnologia làser de díode polsat (LIDAR, de l'anglès, Light Detection and Ranging).



Figura 3.16. Ceilòmetre Vaisala CL31 (Font: www.vaisala.com).

És capaç d'operar en un rang de temperatura entre els -40°C i $+60^\circ\text{C}$, d'humitat relativa entre el 0% i 100% i de vent fins als 55 ms^{-1} . El rang de mesura va dels 0 als 7.6 km i la freqüència de les observacions és programable i va dels 2 als 120 s amb una resolució de 5 m.

Està dotat d'una tecnologia avançada amb òptica de lent única el que també el proveeix d'un excel·lent funcionament a baixes altures. També està equipat amb un extens auto-diagnòstic amb anàlisi de fallides.

Aquest ceilòmetre és de mesura ràpida cosa que ajuda a detectar trossos de núvols prims sota una base de núvol sòlida. El raig del CL31 tant pot dirigir-se de forma vertical com inclinada 12°. El làser és un díode InGaAs 910 nm (InGaAs, Indium-Gallium-Arsenide). El pes total de l'aparell és de 32 Kg, les seves dimensions de 1190x335x324 mm i finalment, l'alimentació és de 310 W amb la calefacció inclosa (www.vaisala.com).

El seu funcionament bàsic es pot resumir de la següent manera: una vegada emès el pols làser, es registra el temps de retard en arribar la reflexió des de la base del núvol, aquest temps és proporcional a l'altura de la base de la nuvolositat.

Referent a unitats i escales la unitat de mesura de l'altura d'un núvol és el m i la unitat de nuvolositat és l'octa que és l'octava part de la volta celeste coberta per un núvol, vista per l'observador (WMO, 2014). La nuvolositat parcial és la quantitat de cel coberta per cada tipus de núvol, per tant, la suma de les nuvolositats parcials pot sobrepassar la nuvolositat total, i excedir de vuit octes.

3.2.3. Radiosondatge

Stownik (1992) dóna les definicions següents:

Ràdio sonda.- Instrument destinat al transport per globus de dispositius sensibles a una o més variables meteorològiques (pressió, temperatura, humitat, etc.), i un transmissor de ràdio per enviar a l'estació d'observació les dades obtingudes durant el seu ascens a través de l'atmosfera.

Globus de radiosonda.- Globus utilitzat per portar una radiosonda a una altitud elevada, fabricat habitualment amb un làtex especial.

Radiosondatge.- Observació en altitud de variables meteorològiques. Les dades es transmeten instantàniament a l'estació d'avaluació.

Estació de radiosondatge.- Estació a on s'hi efectuen les observacions amb radiosondes.

El globus s'infla amb heli i explota quan arriba a una altitud d'uns 30 km a causa de la falta de pressió externa de l'aire.

Breu descripció d'una Radiosonda MODEM (Figura 3.17). Les seves característiques principals són (www.meteomodem.com):

- Pes 150 g
- Mida 95x95x88.5 mm.

- Sensors: Pressió (derivat del GPS); Temperatura (termistor); Humitat (capacitància) i Velocitat i Direcció del vent. Les dades s'obtenen a temps real per ràdio-telemetria.
- Posició per GPS.
- Cicle de mesurament 1 s.



Figura 3.17. Radiosonda MODEM M10 (Font: www.metemodem.com).

Les radiosondes s'elevan a una velocitat entre els 5 i 8 ms⁻¹ segons les característiques del globus, i no ha de penjar-se massa a prop del globus, ja que aquest és font de contaminació per les mesures de temperatura i humitat relativa.

A mesura que el globus puja, va quedant una estela d'aire calent per contacte amb la superfície del globus durant el dia i d'aire fred durant la nit, aquesta estela també pot quedar contaminada amb el vapor d'aigua procedent de la superfície del globus en travessar un núvol. Una longitud de 20 m pot ser suficient per evitar aquests errors encara que la millor és de 40 m.

Les unitats de mesura de les variables meteorològiques en les observacions per radiosondatge són el hPa per la pressió, el grau Celsius per la temperatura, el percentatge per la humitat relativa i per l'altitud s'utilitza l'altitud del geopotencial, (WMO (2014)).

L'altitud del geopotencial d'un punt de massa dintre del camp gravitatori terrestre, és igual a l'altitud d'un camp gravitatori de tipus homogeni en què un punt de massa té la mateixa energia potencial que un camp gravitatori donat (Stownik, 1992).

Així doncs la expressió que ens dóna l'altura geopotencial ve donada per l'Equació 3.7.

$$H_g(z) = \frac{1}{g_s} \int_0^z g(z) dz \quad (3.7)$$

on:

g_s és l'acceleració tipus de la gravetat, 9.80665 ms⁻¹.

$g(z)$ és l'acceleració de la gravetat, en ms⁻¹, com a funció de l'altura geomètrica.

Z és l'altitud geomètrica en m.

H_g és l'altitud geopotencial en m.

La unitat d'altitud geopotencial utilitzada és el metre-geopotencial que equival a 0.980665 metres dinàmics. En la troposfera, el valor de l'altitud geopotencial és aproximadament igual a l'altitud geomètrica expressada en m.

3.2.4. UHF Wind profiler

El PCL1300 UHF Wind profiler és un radar Doppler amb una freqüència de transmissió de 1274 MHz i amb una potència màxima de 4 kW (Figura 3.18). Pot donar dades en un rang d'altura vertical entre els 6 km i 12 km.

El radar pot operar amb cinc feixos, per exemple un vertical i quatre inclinats. Pot treballar en un cel serè o durant períodes de precipitació. Amb el cel serè el senyal atmosfèric és degut a la retrodispersió produïda per les irregularitats espacials de l'índex de refractivitat de l'aire, és a dir de la densitat de l'aire, ja que la refractivitat de l'aire és funció de la temperatura i de la humitat. La humitat domina a la baixa atmosfera.



Figura 3.18. PCL1300 UHF Wind profiler (Font: Météo France).

La conjunció d'una forta turbulència i intens gradient vertical de temperatura i humitat proporciona ecos més intensos i aquest és el cas de la part superior del ABL, que és usualment determinat pel màxim de refractivitat del radar, per tant, normalment el UHF es fa servir com a monitor de l'altura del ABL (Said et al., 2014).

Stownik (1992) dóna les definicions següents:

Radar Doppler.- Radar que utilitza l'efecte Doppler d'un eco rebut d'un blanc mòbil per diferenciar els blancs fixos dels mòbils mesurant la velocitat dels blancs.

Sondeig acústic.- Estudi de les propietats i l'estructura de l'atmosfera en altitud amb l'ajuda d'observacions sobre el pas de les ones sonores.

Termòmetre acústic.- Termòmetre basat en els canvis de la velocitat local del so deguts a la variació de la temperatura.

3.2.5. Balancimetre NR01. Four-component Net Radiation Sensor

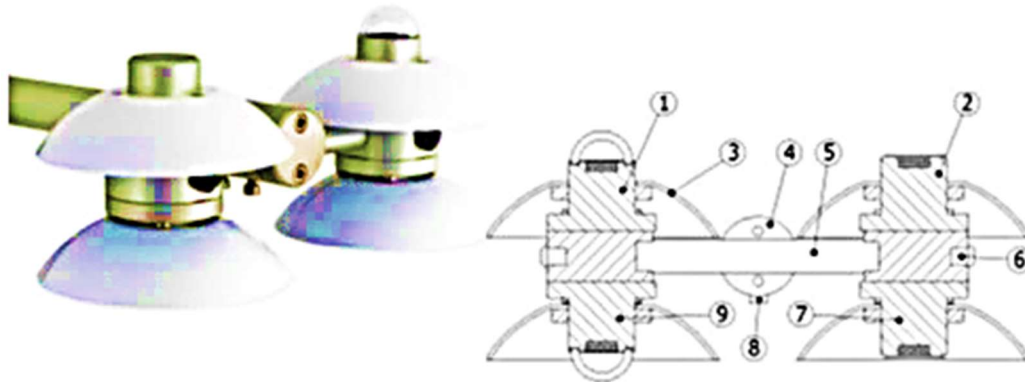


Figura 3.19. NR01 (Font: <http://www.campbellsci.com/>).

Consta de (Figura 3.19):

- (1) SW_{in} sensor de radiació solar o piranòmetre.
- (2) LW_{in} sensor de radiació infraroja llunyana o pirgeòmetre.
- (3) Escut de radiació.
- (4) Assemblador d'anivellació per l'eix X i l'eix Y, cargols de bloqueig per ajustar l'eix X.
- (5) Assemblador d'anivellació per l'eix X i l'eix Y, barra horitzontal.
- (6) Cos de connexió que conté el sensor de temperatura.
- (7) LW_{out} sensor de radiació infraroja llunyana o pirgeòmetre
- (8) Assemblador d'anivellació per l'eix X i l'eix Y, cargols de bloqueig per ajustar l'eix Y
- (9) SW_{out} sensor de radiació solar o piranòmetre

El pirgeòmetre és un instrument que serveix per mesurar la radiació terrestre sobre una superfície negra horitzontal mirant cap a baix. L'instrument també es fa servir per a la mesura de la radiació atmosfèrica sobre una superfície negra horitzontal mirant cap amunt (Stownik, 1992).

El NR01 mesura l'infraroig llunyà o flux de radiació d'ona llarga (LW) dintre d'un camp de visió de 180° , i cobreix l'espectre de radiació des dels $4.5 \mu\text{m}$ als $5 \mu\text{m}$. Referent a l'espectre d'ona curta (SW), opera dintre d'un camp de visió de 180° cobrint l'espectre des dels $0.3 \mu\text{m}$ als $2.8 \mu\text{m}$. En tots dos casos ha de cobrir aquests espectres amb una sensibilitat espectral tan precisa com sigui possible, per això es recomana recalibrar-lo cada dos anys.

Té un pes de 1.3 kg, unes dimensions de 26.3X11.3X12.1 cm, i opera a una temperatura entre els -40°C i 80°C . Tant pel piranòmetre com pel pirgeòmetre el 95% de temps de resposta és de 18 s.

3.2.6. WindRASS profiler

El WindRASS (Figura 3.20) és un perfilador de vent i temperatura. El seu funcionament no es veu afectat per les característiques del terreny ni pels ambients sorollosos i, per tant, pot col·locar-se en zones industrials i urbanes.

Segons Stownik (1992), el Sodar és un equip que emet impulsos sonors, i els rep després de la seva dispersió per l'atmosfera a fi de determinar algunes de les seves propietats en funció de l'altura.

Els feixos acústics i electromagnètics poden ser emesos inclinats o en direcció vertical. Els valors del vent i de la temperatura s'obtenen perquè aquestes variables influeixen en la velocitat del so, i el seu funcionament no es veu alterat si hi ha precipitació o turbulències.

Pot assolir un màxim d'altura entre els 600 m i 800 m amb una resolució vertical entre els 5 m i 10 m respectivament, depenen del tipus de Sodar que utilitzi. Assoleix una altura mínima de 40 m. Està dotat d'accés remot i pot realitzar autotests de funcionament.

Les dades es poden obtenir en un rang de temps entre 1 min i 60 min segons vulgui l'usuari. Pot mesurar temperatures entre -50°C i $+60^{\circ}\text{C}$ amb una precisió de 0.2°C per la temperatura virtual. El rang d'operativitat òptima està entre els -35°C i els $+50^{\circ}\text{C}$.



Figura 3.20. Scintec WindRASS profiler (Font: www.scintec.com).

3.2.7. HOBO sensors

Durant la campanya es varen col·locar 49 HOBO sensors (HOBO, de l'anglès, Honest Observer By Onset), estesos a tota la zona d'estudi (Figura 3.4). Aquests sensors varen donar la temperatura i la humitat relativa cada 30 minuts.



Figura 3.21 Diferents tipus de HOBO sensors per interior i/o exterior.

(Font: <https://www.onsetcomp.com>)

Es descriu breument el HOBO sensor situat a la part superior de la Figura 3.21: Les seves dimensions són 3.66 X 8.48 X 2.29 cm. Pes 56 g. Rang de temperatura entre -20 °C i 70 °C i de RH entre l'1% i 90%. Exactitud ± 0.2 °C entre els 0 °C i 50 °C per la temperatura i de $\pm 2\%$ entre l'1% i el 80% de RH.

3.2.8. Pluviòmetres totalitzadors de pesada

En aquests pluviòmetres, tal com el seu nom indica, es pesa la PPT captada.



Figura 3.22. Pluviòmetre totalitzador de pesada (Font: SMC).

Aquests pluviòmetres són sobretot utilitzats en les AWS de muntanya on la PPT sol ser sòlida o barreja de PPT sòlida i líquida.

Per mesurar la PPT fan ús del pes i es poden buidar de manera automàtica o manualment. Per evitar l'evaporació és necessari afegir-hi certa quantitat d'olis adients per aquest cas i, segons sigui la seva localització a on la temperatura pot ser negativa, cal afegir-hi anticongelants.

La boca ha d'estar situada per sobre del gruix màxim de neu previst (WMO, 2014). El butlletí WMO (1989) especifica que l'alçada en què es col·loca la boca sol variar entre els 0.5 m i 1.5 m depenent del país i que aquest rang d'alçades és usat en 100 països.

Respecte a les estacions CENMA-IEA l'alçada de la boca de pluviòmetre és de 3.3 m respecte del sòl excepte a Aixàs (AD601) que és d'1.75 m.

Les dades dels pluviòmetres totalitzadors de pesada solen requerir una tasca intensa del control de qualitat de manera que per a la seva validació, o sigui, per distingir les dades de precipitació falsa i real cal tractar la variable PLUJA amb la variable pluja acumulada (PLACUM). Un dels problemes que presenta la precipitació a alta muntanya, especialment a l'hivern, és l'ocurrència simultània de neu i vent o que es registri PPT quan l'únicament hi ha transport de neu pel vent (torb), però que no precipiti. Aquestes situacions requereixen una anàlisi més completa, ja que hi intervenen altres variables meteorològiques, radar o dades d'estacions més properes (resum de la informació particular rebuda de part de la Dra. Laura Trapero de l'Institut d'Estudis Andorrans i el Sr. Aleix Serra Uró Cap de l'Equip de Control de Dades del SMC).

En finalitzar aquest capítol es presenta la Taula 3.1 d'on es va obtenir la informació general de les estacions de Météo France.

Taula 3.1. Informació general de les estacions de Météo France. Campanya Cerdanya-2017.

Update this dataset			
General Information			
Dataset name	MULTI_CNRM_SMS		
Created on	2017-12-21		
Project(s)	Cerdanya > Cerdanya-2017		
Date begin (yyyy-mm- <i>jj</i>)	2016-10-04	Date end (yyyy-mm- <i>jj</i>)	2017-05-16
Contacts	Alexandre Paci - METEO-FRANCE (scientific contact) Maurel William - METEO-FRANCE (technical contact)		
Data access	<input checked="" type="checkbox"/> Original dataset as provided by the Principal Investigator		
History	ISSUE2017-12-21		
Data description			
Abstract	Data from 9 surface stations of Meteo-France/CNRM		
Observing strategy	All stations : Measurements of air temperature, air pressure, wind, relative humidity, and soil temperature (-2 cm). Stations 1, 2, 4, 5 : + soil fluxes Stations 6, 7, 8, 5 : + precipitations		
References			
Instrument Information			
No information available			
Geographic Information			
Location 1			
Location Keyword	CONTINENT > EUROPE > SOUTHERN EUROPE		
Location name	La Cerdanya Aerodrom (Das)		
Platform type	Case study		
Measured parameter			
Derived parameter			
Data use Information			
Use constraints	The Cerdanya-2017 field campaign is a research effort organized by the University of the Balearic Islands, the University of Barcelona, METEO-FRANCE and the Meteorological Service of Catalonia. It is funded by the Spanish projects CGL2015-65627-C3-1-R and CGL2015-65627-C3-2-R (MINECO/FEDER), by the Meteorological Service of Catalonia and by METEO-FRANCE.		
Data policy	Cerdanya-2017 data and publication policy		
Database			
Original data format(s)			

Capítol 4. Dades i Metodologia

4. Tractament de dades i metodologia

En aquesta tesi s'han utilitzat dades d'AWS anteriors a la campanya experimental Cerdanya-2017, cedides per AEMET i el SMC. Les dades de la Campanya han sigut cedides per Météo France, CENMA-IEA, AEMET i SMC.

La màxima resolució temporal en què s'ha pogut treballar és semihorària a fi de poder aplicar els mètodes estadístics adients, remarcant que hauria sigut molt millor poder treballar amb dades cada deu minuts. Referent a la programació, tots els programes s'han fet amb el llenguatge Python.

S'han extret dades de diferents formats: com poden ser CSV, NetCDF clàssic, NetCDF HDF-5 o fitxers d'extensió “.hgt”, que corresponen a dades de model digital d'elevació SRTM (SRTM, Shuttle Radar Topography Mission), amb una resolució de 30 m, per a la creació de mapes. S'han fet informes de totes les dades disponibles, deixant d'utilitzar les estacions en què la variable a tractar presentava una manca de dades igual o superior al 20% pel període temporal considerat.

Referent al vent s'ha treballat amb vent escalar i els valors mitjans, quan ha sigut necessari, s'han calculat pel mètode de Mitsuta (vegeu Annex A.3), tenint especial cura amb la falta de dades a l'hora d'aplicar-lo.

4.1. Dades anteriors a la campanya

4.1.1. Dades d'AEMET

Les dades d'AEMET, anteriors a la campanya són horàries i, una vegada analitzades, totes elles tenien una manca de dades superior al 20% dintre del període a estudiar, del 2000 al 2015 ambdós inclosos, motiu pel qual no s'han usat.

4.1.2. Dades del SMC

Les dades del SMC anteriors a la campanya són, en general, semihoràries. Tots els anemòmetres estan a 10 m del sòl excepte a Z3 (Malniu) i Z4 (Ulldeter) que estan a 6 m. La localització i altitud de les estacions queda especificada a la Taula 4.1.

4.1.2.1. Vent

Taula 4.1. Estacions amb dades de vent, període 2000-2015

AWS	LAT. [°]	LON. [°]	Altitude [m-ASL]
CD-Bellestar	42.37083	1.43277	849
CJ-Organyà	42.21624	1.33132	566
DG-Núria	42.39848	2.15517	1971
DP-Das	42.38605	1.86640	1097
ZC-Ulldeter	42.42117	2.24565	2410
Z3-Malniu	42.46605	1.77850	2230
Z4-Ulldeter	42.42205	2.25240	2364
Z9-P. d'Aguiló	42.29265	1.71498	2143

S'han construït roses dels vents mensuals normalitzades dintre de cada període disponible amb les dades de les estacions de la taula anterior i, ja que no totes elles tenen dades dintre del període establert, en ser dades semihoràries i presentar els períodes disponibles complets s'han utilitzat per analitzar comportaments generals del vent. Aquestes estacions són (vegeu Informe I.1):

- Ulldeter-ZC, des de 28/09/2011 10:30:00 fins al 2015, dades cada mitja hora.
- Malniu-Z3, dades des de 01/01/2006 fins a l'11/06/2008, dades cada hora; des de 11/01/2008 fins al 2015 inclòs, dades cada mitja hora.
- Ulldeter-Z4 (desmantellada), des de 01/01/2006 fins al 26/06/2008, dades cada hora; des de 26/06/2008 fins al 2015 inclòs, dades cada mitja hora.
- Prat d'Aguiló-Z9, dades des de 16/06/2009 fins al 2015 ambdós inclosos, dades cada mitja hora.

En la construcció d'aquestes roses dels vents, s'han omès els valors de la velocitat del vent inferiors a 0.5 ms^{-1} , considerant-se calmes.

4.1.2.2. Precipitació

S'han considerat les estacions següents per calcular valors mitjans anuals i mensuals dels períodes que presenta cada estació, per analitzar, de manera aproximada (vegeu Informe I.2), el comportament d'aquests valors mitjans amb l'altitud. S'han separat els episodis de precipitació per totes elles (Taula 4.2).

Taula 4.2. Estacions amb dades de PPT, període 2000-2015

AWS	LAT. [°]	LON. [°]	Altitude [m-ASL]
CB-Llosa	42.15085	2.19914	700
CD-Bellestar	42.37083	1.43277	849
CG-Molló	42.37717	2.41456	1405
CI-Sant Pau de Segúries	42.25839	2.36429	852
CJ-Organyà	42.21624	1.33132	566
CN-G. de Bergadà	42.22903	1.87672	720
CR-La Quar	42.08032	1.96240	873
DP-Das	42.38605	1.86640	1097
DG-Núria	42.39848	2.15517	1971
MS-Castellar de n'Hug	42.25978	1.97747	938
M6-S. Joan de les Abadesses	42.22189	2.24270	730
Y4-Alinyà	42.17426	1.42775	1162
ZC-Ulldeter	42.42117	2.24565	2410
Z3-Malniu	42.46605	1.77850	2230
Z4-Ulldeter	42.42205	2.24524	2364
Z9-Prat d'Aguiló	42.29265	1.71498	2143
WM-Montserrat	41.59539	1.83751	916
WV-Guardiola de Berguedà	42.23414	1.87485	788
W5-Viladrau	41.84008	2.41877	953

Posteriorment, tan sols s'ha treballat amb les estacions CD, CJ, DP, DG, Z3 i Z9 en el període des de 2006 fins al 2016 ambdós inclosos, ja que tan sols aquestes estacions presentaven aquest període que era el més extens i complet possible. Amb aquestes últimes estacions i dintre d'aquest període s'han tractat les dades igual que el cas anterior ampliant-lo amb regressions lineals, valors mitjans estacionals, gràfics respecte a l'altitud, diagrames de caixes i diagrames de variabilitat entre d'altres, per obtenir una anàlisi més completa.

4.2. Dades de la campanya

4.2.1. Dades de Météo France

Les dades de les estacions de Météo France varen ser preses cada minut.

Taula 4.3. Estacions de Météo France

AWS	LAT.[°]	LON.[°]	Altitude [m-ASL]
S01	42.45590	2.01800	1282
S02	42.39067	1.88756	1113
S03	42.37356	1.81451	1038
S04	42.36641	1.72135	994
S05	42.36393	1.78273	1058
S06	42.36748	1.90605	1180
S07	42.47530	1.86480	1277
S08	42.39342	1.82980	1088
S09	42.36280	1.81679	1106

A les nou estacions (Taula 4.3) en els seus fitxers hi ha dades de temperatura, pressió, vent (vegeu Informe I.3), HR, i temperatura del sòl (-2 cm). A més a més de les estacions S01, S02, S04 i S05 hi ha dades de fluxos del sòl. A les estacions S05, S06, S07 i S08 hi ha dades de PPT.

4.2.2. Dades de CENMA-IEA.

Les dades de CENMA-IEA varen ser preses o es varen donar els valors mitjans, o acumulació si és PPT, per cada mitja hora (Taula 4.4).

Taula 4.4. Estacions de CENMA-IEA

AWS	LAT. [°]	LON. [°]	Altitude [m-ASL]
AD601-Aixas	42.48380	1.477068	1564
AD101-Bony de les Neres	42.54952	1.583822	2098
AD802-Perafita	42.46893	1.583743	2415
AD301-Sorteny	42.61169	1.571112	2294

A totes les estacions hi ha dades de vent i precipitació excepte a l'estació de Pic de Maià, Lon. = 1.7195, Lat. = 42.555, altitud = 2614 m, que no hi ha dades de precipitació. Els anemòmetres estan a 6.5 m de sòl excepte el de Aixàs que està a 7.74 m.

4.2.3. Dades d'AEMET

Les dades d'AEMET varen ser preses o es varen donar els valors mitjans, o bé acumulació si és PPT, per cada deu minuts. Cal dir que AEMET va començar a fer un banc amb dades cada deu minuts l'any 2009. També es disposà dels valors horaris.

Taula 4.5. Estacions d'AEMET

AWS	LAT. [°]	LON. [°]	Altitude [m-ASL]
Cap de Rec	42.43028	1.66778	1940
Josa Tuixén	42.23028	1.56944	1196
La Molina	42.33325	1.93944	1704
Martinet	42.36222	1.69333	1038
Planoles	42.31694	2.10278	1151
S.P. de Segúries	42.25833	2.36444	851
Vall de Bianya	42.21056	2.47194	350

A totes les estacions (Taula 4.5) hi ha dades de vent i PPT excepte a l'estació de Cap de Rec on no hi ha dades de PPT. Les dades de Josa Tuixén i de Sant Pau de Segúries són horàries.

4.2.4. Dades del SMC

Les dades del SMC varen ser preses cada mitja hora (Taula 4.6).

Taula 4.6. Estacions del SMC

AWS	LAT. [°]	LON. [°]	Altitude [m-ASL]
CD-Bellestar	42.37083	1.43277	849
CG-Molló	42.37717	2.41456	1405
CI-Sant Pau de Segúries	42.25839	2.36429	852
CJ-Organyà	42.21624	1.33132	566
DP-Das	42.38605	1.86640	1097
DG-Núria	42.39848	2.15517	1971
MS-Castellar de n'Hug	42.25978	1.97747	938
M6-S. Joan de les Abadesses	42.22189	2.24270	730
UI-Gliscereny	42.26477	1.76218	1386
WV-Guardiola de Berguedà	42.23414	1.87485	788
YA-Puigcerdà	42.44013	1.93482	1213
Y4-Alinyà	42.17426	1.42775	1162
ZC-Ulldeter	42.42117	2.24565	2410
Z3-Malniu	42.46605	1.77850	2230
Z9-Prat d'Aguiló	42.29265	1.71498	2143
ZD-Tossa d'Alp	42.32027	1.89598	2478

Sant Pau de Segúries té dades d'AEMET i del SMC, les dues estacions estan molt properes per això tan sols s'han considerat, per completesa, les dades del SMC.

A les estacions M6, MS, i UI no hi ha dades de vent, només de PPT. L'estació Z3 les dades de vent són a 6 m (vegeu Informe I.4).

Referent a PPT s'han construït taules amb la disponibilitat de dades diàries per a les estacions de Météo France, CENMA-IEA, AEMET i del SMC les quals s'han considerat a l'hora d'estudiar els episodis, així com mapes de vent i precipitació acumulada cada mitja hora.

Els episodis s'han determinat fent diagrames de caixes amb les dades de vent i analitzant els valors atípics. Els resultats s'han confrontat amb els butlletins del SMC i amb els resultats obtinguts de la separació de dies amb precipitació amb l'objectiu de validar l'anàlisi havent-hi plena concordança.

4.2.5. Dades d'altres instruments utilitzats a la campanya Cerdanya-2017

- HATPRO-radiòmetre

Durant la campanya va estar col·locat a una latitud i longitud (λ , ϕ) = (42.38661, 1.86666) amb una altitud 1100 m. Va funcionar amb una resolució temporal de 2-3 min i resolució espacial de 50 m. Va començar a donar dades el dia 15/12/2016 i va finalitzar el dia 16/05/2017.

- Ceilòmetre-CL31

Durant la campanya el ceilòmetre va estar col·locat a una latitud i longitud (λ , ϕ) = (42.38643, 1.86665) a l'aeròdrom de Das. La primera mesura es va fer 09/01/2017 i va finalitzar el dia 13/05/2017.

- Ràdio-sondatges

Durant la campanya es varen fer vint-i-nou dies de ràdio sondatges, un per dia. Els llançaments del globus es varen fer a una latitud i longitud (λ , ϕ) = (42.38661, 1.86666) a una altitud de 1099 m. El primer es va fer el 10/01/2017 i l'últim el dia 30/04/2017.

- WindRASS

Va donar dades des de 01/10/2016 fins al dia 30/04/2017. (λ , ϕ) = (42.38618, 1.86665), altitud 1100 m. Resolució temporal 15 min, resolució espacial 10 m. Les dades es donen fins a una altura de 400 m, el primer nivell és a 40 m.

- UHF-Wind profiler

Va donar dades des de 21/11/2016 fins al dia 17/05/2017. Resolució temporal 15 min, resolució espacial 150 m (MH), 100 m (MB). Posició (λ , ϕ) = (42.39676, 1.83772).

- HOBO-sensors

Un total de 49 HOBO-sensors van ser col·locats estratègicament per tota la zona a estudiar (Figura 3.4; Taula 4.7). Van començar a donar dades el 01/12/2016 fins al dia 30/04/2017. Van donar dades de temperatura i HR cada mitja hora (Figura 4.1).

Taula 4.7. Localització dels HOBO-sensors.

HOBO-Localització	LAT. [°]	LON.[°]	Altitude [m-ASL]
Cad1	42.290831	1.715000	2229
Cad2	42.319226	1.715603	1954
Cad3	42.327084	1.713477	1704
Cad4	42.339901	1.716141	1451
Cad5	42.349417	1.713803	1221
Cold1	42.365592	1.725387	1035
Cold2	42.366794	1.732520	974
Cold3	42.356943	1.734206	1081
Cold4	42.353475	1.734676	1117
Cold5	42.351680	1.744026	1178
Cold6	42.374596	1.826692	1067
Cold7	42.384584	1.840108	1069
Cold8	42.365335	1.828190	1101
Cold9	42.361073	1.830480	1152
Cold10	42.358652	1.829277	1210
Eyne1	42.461851	2.112659	2283
Eyne2	42.466337	2.110053	2051
Eyne3	42.474886	2.108699	1846
Eyne4	42.475071	2.091411	1668
Font0	42.470685	2.210364	2381
Font1	42.476712	2.195361	2095
Font2	42.484432	2.182289	1836
Font3	42.476850	2.176295	1610
Font4	42.500728	2.175568	1319
Font5	42.510284	2.177610	1034
Lles1	42.453729	1.597858	2334
Lles2	42.429307	1.620457	2078
Lles3	42.421249	1.647538	1831
Lles4	42.411390	1.653485	1588
Lles5	42.380471	1.689096	1307
Mal1	42.473520	1.787107	2361
Mal2	42.448032	1.809808	2100
Mal3	42.444950	1.814609	1847
Mal4	42.437842	1.821773	1585
Mal5	42.404743	1.813547	1320
Mas1	42.322353	1.896107	2484
Mas2	42.333617	1.897395	2124
Mas3	42.343722	1.903137	1753
Mas4	42.358732	1.897826	1410
Mas5	42.372266	1.891870	1212
Rom1	42.530850	2.015788	2105
Rom2	42.505560	2.009354	1790
Rom4	42.493390	2.028537	1540
Rom5	42.465092	2.046340	1366
Val1	42.355072	1.512410	739
Val2	42.372784	1.635633	913
Val3	42.366795	1.728271	1015
Val4	42.386082	1.866373	1109
Val5	42.469370	1.983228	1265

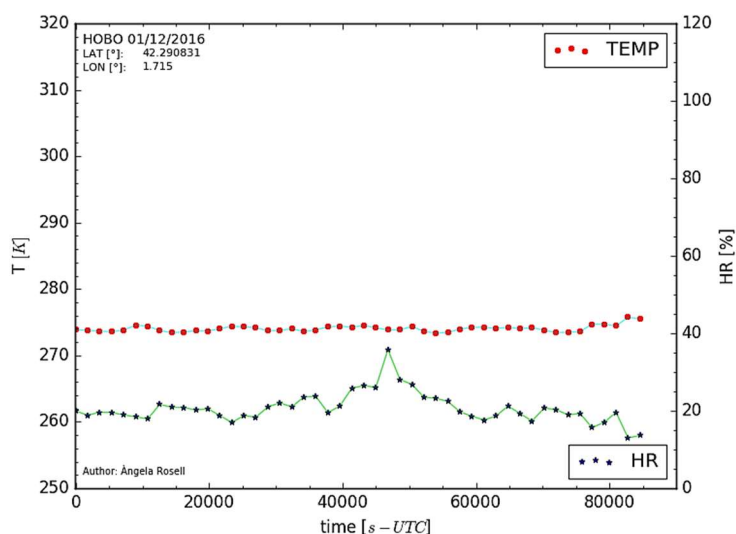


Figura 4.1. Dades del dia 01/12/2016 del HOBO-sensor situat a Lat.= 42.290831, Lon. = 1.715 i altitud = 2229 [m-ASL].

Amb les estacions que es varen considerar rellevants per estudiar la Vall del Segre (la Cerdanya), i per facilitar l’anàlisi dels episodis es varen fer mapes per representar les dades següents:

- Direcció i mòdul del vent i precipitació acumulada cada mitja hora, per tota la campanya (Figura 4.2).

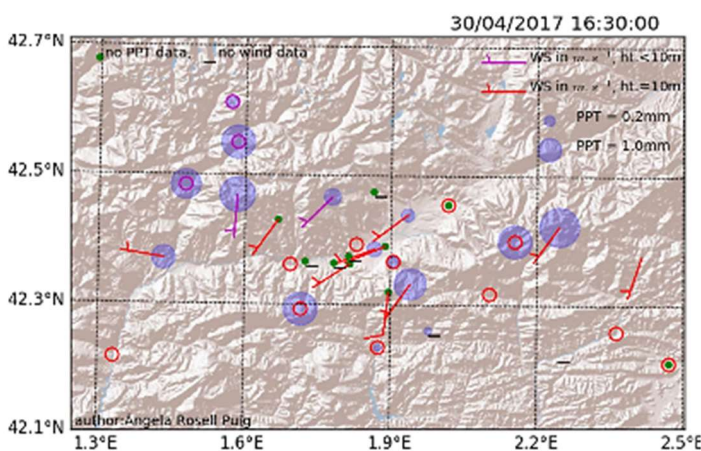
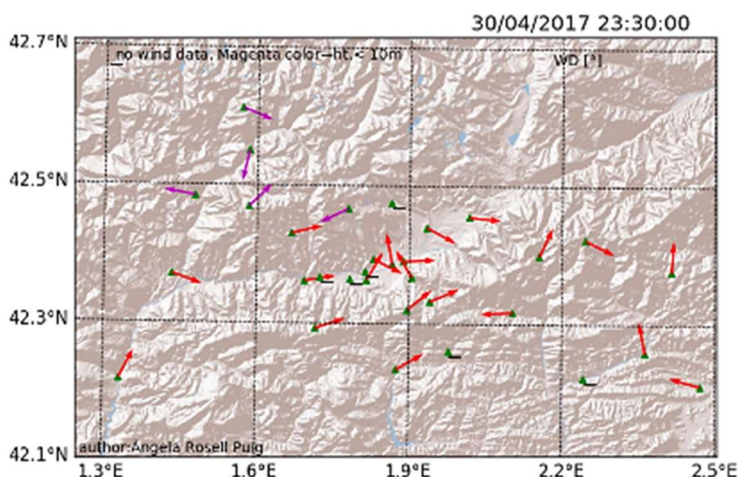


Figura 4.2. Mòdul i direcció del vent i precipitació acumulada durant la mitja hora anterior el dia 30/04/2017 a les 16:30:00 UTC. El guió negre índica falta de dades i les barbes de color magenta que l’anemòmetre està a una altura inferior als 10 m.

- A causa que a la vall no hi ha vents intensos es va repetir tan sols per la seva direcció (Figura 4.3).

Figura 4.3. Direcció del vent el dia 30/04/2017 a les 23:30:00 UTC. El guió negre índica falta de dades i les fletxes de color magenta que l’anemòmetre està a una altura inferior als 10 m.



- S'han fet gràfiques 3D per analitzar la seqüència temporal que mostri la variabilitat amb l'altitud [m] de la PPT [mm] acumulada cada mitja hora, durant tota la campanya (Figura 4.4).

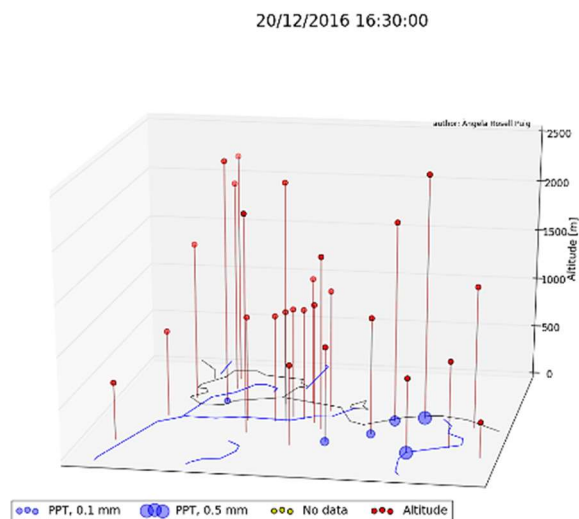


Figura 4.4. Precipitació [mm] en funció de l'altitud [m]. A la base hi ha mapa per tenir referència de la localització. Dia 20/12/2016 a les 16:30:00 UTC.

- Per les nou estacions de Météo-France i per a cada dia de la campanya s'ha representat la radiació d'ona curta, d'ona llarga, entrant i sortint del sòl i la seva corba resultat (Figura 4.5).

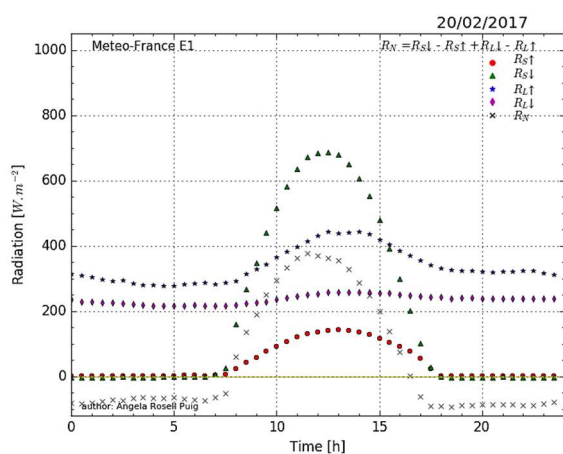
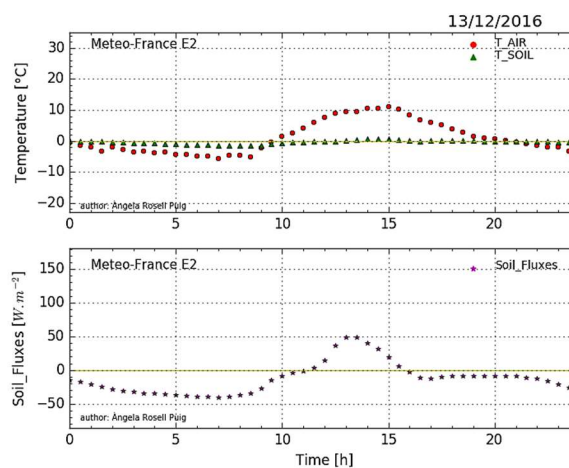


Figura 4.5. Radiació corresponent a l'estació S01. Dia 20/02/2017.

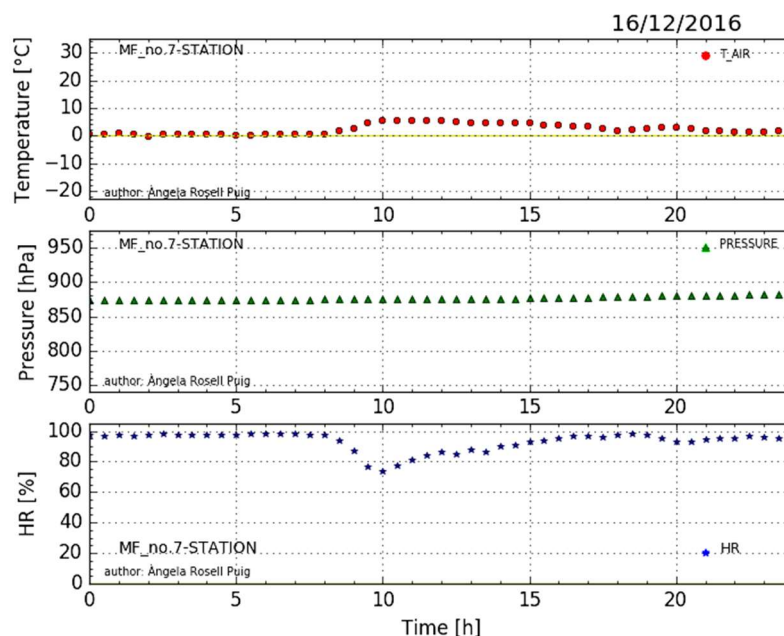
- Per les estacions S01, S02, S04 i S05 s'han representat les dades de flux del sòl per a cada dia de la campanya (Figura 4.6).

Figura 4.6. Dades del flux del sòl (fitxer SOIL_FLUXES) comparant-ho amb T_{AIR} T_{SOIL} , per l'estació S02. Dia 13/12/2016.



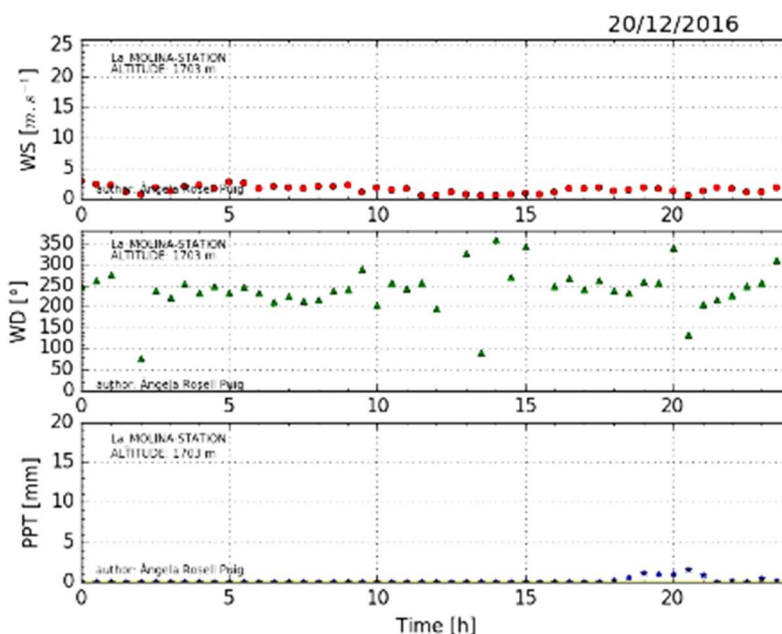
- Gràfics de P, T i HR respecte del temps per a totes les estacions de la campanya, 30 en total, que presenten aquestes variables, per a cada dia de la campanya (Figura 4.7).

Figura 4.7. Variació de la T, P i HR a l'estació S07. Dia 16/12/2016.



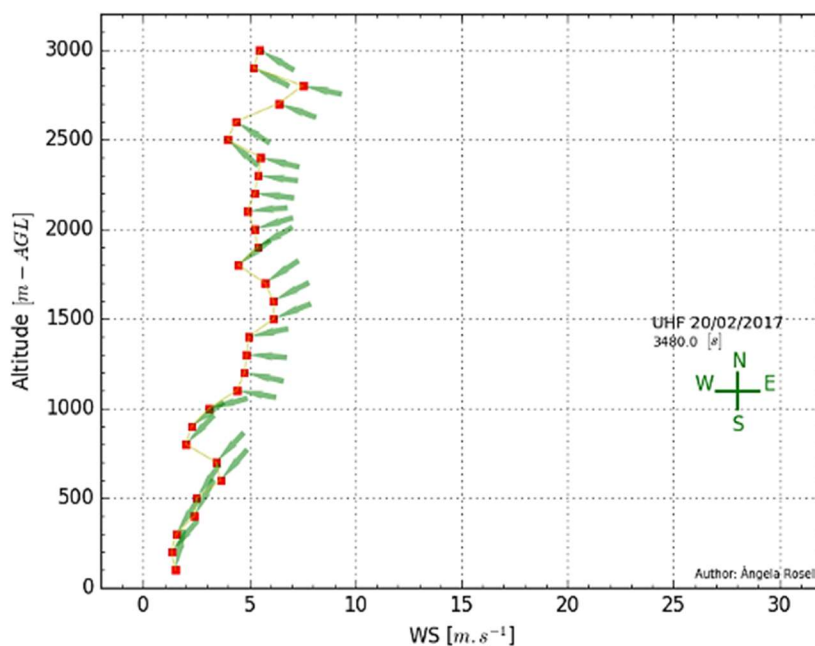
- Gràfics de la velocitat del vent (WS, de l'anglès wind speed), direcció del vent (WD, de l'anglès wind direction) i PPT respecte del temps per a totes les estacions de la campanya, 32 en total, i per a cada dia de la campanya (Figura 4.8).

Figura 4.8. Variació de WS, WD, i precipitació a l'estació La Molina. Dia 20/12/2016.



- Gràfics del UHF, que ens dóna la variació del perfil de vent amb l'altura respecte del terra, per a cada dia i cada instant de temps (uns 500 per dia), i per a tota la campanya (Figura 4.9).

Figura 4.9. Mesures de la velocitat (quadrat vermell) i direcció del vent (línia verda) del UHF el dia 20/02/2017 a les 00:58:00 UTC.



També s'ha calculat la matriu de correlació de les velocitats del vent a diferents nivells i s'han representat gràficament per comparar-les (Figura 4.10; Figura 4.11).

Alt.[m]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	
100	1	0,74	0,65	0,62	0,56	0,41	0,26	0,1	0,03	-0,03	-0,03	-0,07	-0,09	-0,09	-0,17	-0,11	-0,08	-0,06	-0,09	-0,12	-0,13	-0,12	-0,11	-0,11	-0,11	-0,1	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,14
200	0,74	1	0,91	0,71	0,55	0,37	0,2	0,08	0	-0,05	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02	-0,05	-0,03	-0,04	-0,02	-0,06	-0,1	-0,1	-0,06	-0,06	-0,03	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	0	0,01	
300	0,65	0,91	1	0,82	0,62	0,43	0,24	0,09	0,01	-0,04	-0,06	-0,03	-0,03	-0,02	-0,05	-0,06	-0,08	-0,06	-0,09	-0,13	-0,13	-0,11	-0,12	-0,07	-0,06	-0,08	-0,1	-0,11	-0,07	-0,06	
400	0,62	0,71	0,82	1	0,74	0,51	0,31	0,14	0,06	0	-0,02	-0,02	-0,05	0	-0,05	-0,04	-0,06	-0,05	-0,07	-0,11	-0,12	-0,11	-0,12	-0,08	-0,08	-0,1	-0,12	-0,13	-0,1	-0,1	
500	0,56	0,55	0,62	0,74	1	0,75	0,54	0,34	0,24	0,17	0,08	0,08	0,01	-0,03	-0,03	-0,01	-0,04	0	-0,04	-0,08	-0,08	-0,07	-0,08	-0,08	-0,06	-0,06	-0,07	-0,05	-0,07	-0,08	
600	0,41	0,37	0,43	0,51	0,75	1	0,86	0,56	0,45	0,37	0,23	0,21	0,14	0,08	0,05	0,04	0,03	0,06	0,03	0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03	-0,02	-0,03	-0,06	-0,03	-0,09	-0,11	
700	0,26	0,2	0,24	0,31	0,54	0,86	1	0,75	0,6	0,51	0,37	0,33	0,25	0,16	0,12	0,1	0,07	0,09	0,06	0,04	0	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	-0,02	-0,04	0	-0,06	-0,08	
800	0,1	0,08	0,09	0,14	0,34	0,56	0,75	1	0,81	0,68	0,48	0,45	0,34	0,18	0,1	0,07	0,04	0,05	0,02	0,02	-0,04	-0,08	-0,09	-0,1	-0,1	-0,11	-0,12	-0,07	-0,11	-0,13	
900	0,03	0	0,01	0,06	0,24	0,45	0,6	0,81	1	0,9	0,6	0,54	0,41	0,22	0,09	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	-0,02	-0,08	-0,08	-0,1	-0,09	-0,12	-0,14	-0,1	-0,14	-0,14	
1000	-0,03	-0,05	-0,04	0	0,17	0,37	0,51	0,68	0,9	1	0,72	0,6	0,49	0,29	0,14	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	-0,03	-0,08	-0,09	-0,09	-0,09	-0,11	-0,13	-0,1	-0,12	-0,12	
1100	-0,03	-0,07	-0,06	-0,02	0,08	0,23	0,37	0,48	0,6	0,72	1	0,78	0,63	0,35	0,2	0,11	0,04	0,02	0,02	0,01	-0,03	-0,11	-0,12	-0,1	-0,08	-0,09	-0,11	-0,09	-0,09	-0,1	
1200	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02	0,08	0,21	0,33	0,45	0,54	0,6	0,78	1	0,85	0,45	0,27	0,14	0,08	0	-0,03	-0,02	-0,07	-0,14	-0,14	-0,13	-0,13	-0,13	-0,16	-0,12	-0,12	-0,13	
1300	-0,09	-0,03	-0,03	-0,05	0,01	0,14	0,25	0,34	0,41	0,49	0,63	0,85	1	0,67	0,44	0,3	0,21	0,07	0,03	0,02	-0,01	-0,09	-0,1	-0,09	-0,09	-0,1	-0,13	-0,1	-0,11	-0,11	
1400	-0,09	-0,02	-0,02	0	-0,03	0,08	0,16	0,18	0,22	0,29	0,35	0,45	0,67	1	0,73	0,55	0,43	0,29	0,26	0,24	0,18	0,13	0,13	0,12	0,1	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05	
1500	-0,17	-0,05	-0,05	-0,05	-0,03	0,05	0,12	0,1	0,09	0,14	0,2	0,27	0,44	0,73	1	0,85	0,69	0,51	0,43	0,4	0,37	0,33	0,33	0,31	0,28	0,24	0,24	0,26	0,15	0,14	
1600	-0,11	-0,03	-0,06	-0,04	-0,01	0,04	0,1	0,07	0,06	0,08	0,11	0,14	0,3	0,55	0,85	1	0,91	0,67	0,62	0,58	0,55	0,51	0,49	0,45	0,42	0,38	0,36	0,34	0,25	0,22	
1700	-0,08	-0,04	-0,08	-0,06	-0,04	0,03	0,07	0,04	0,04	0,05	0,04	0,08	0,21	0,43	0,69	0,91	1	0,82	0,75	0,7	0,65	0,61	0,57	0,52	0,49	0,45	0,4	0,38	0,29	0,26	
1800	-0,06	-0,02	-0,06	-0,05	0	0,06	0,09	0,05	0,03	0,03	0,02	0	0,07	0,29	0,51	0,67	0,82	1	0,89	0,82	0,77	0,73	0,69	0,65	0,6	0,55	0,47	0,44	0,36	0,34	
1900	-0,09	-0,06	-0,09	-0,07	-0,04	0,03	0,06	0,02	0,01	0,01	0,02	-0,03	0,03	0,26	0,43	0,62	0,75	0,89	1	0,96	0,86	0,81	0,77	0,73	0,68	0,62	0,56	0,51	0,43	0,4	
2000	-0,12	-0,1	-0,13	-0,11	-0,08	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	-0,02	0,02	0,24	0,4	0,58	0,7	0,82	0,96	1	0,91	0,84	0,8	0,76	0,7	0,65	0,58	0,54	0,46	0,43	
2100	-0,13	-0,1	-0,13	-0,12	-0,08	-0,02	0	-0,04	-0,02	-0,03	-0,03	-0,07	-0,01	0,18	0,37	0,55	0,65	0,77	0,86	0,91	1	0,93	0,9	0,84	0,79	0,73	0,68	0,65	0,57	0,54	
2200	-0,12	-0,06	-0,11	-0,11	-0,07	-0,01	-0,01	-0,08	-0,08	-0,08	-0,11	-0,14	-0,09	0,13	0,33	0,51	0,61	0,73	0,81	0,84	0,93	1	0,98	0,92	0,87	0,83	0,79	0,76	0,69	0,65	
2300	-0,11	-0,06	-0,12	-0,12	-0,08	-0,01	-0,01	-0,09	-0,08	-0,09	-0,12	-0,14	-0,1	0,13	0,33	0,49	0,57	0,69	0,77	0,8	0,9	0,98	1	0,96	0,92	0,89	0,86	0,82	0,75	0,72	
2400	-0,11	-0,03	-0,07	-0,08	-0,08	-0,03	-0,03	-0,1	-0,1	-0,09	-0,1	-0,13	-0,09	0,12	0,31	0,45	0,52	0,65	0,73	0,76	0,84	0,92	0,96	1	0,97	0,94	0,86	0,81	0,79		
2500	-0,1	-0,02	-0,06	-0,08	-0,06	-0,02	-0,01	-0,1	-0,09	-0,09	-0,08	-0,13	-0,09	0,1	0,28	0,42	0,49	0,6	0,68	0,7	0,79	0,87	0,92	0,97	1	0,98	0,95	0,91	0,87	0,85	
2600	-0,11	-0,03	-0,08	-0,1	-0,06	-0,03	-0,02	-0,11	-0,12	-0,11	-0,09	-0,13	-0,1	0,08	0,24	0,38	0,45	0,55	0,62	0,65	0,73	0,83	0,89	0,94	0,98	1	0,98	0,94	0,91	0,89	
2700	-0,12	-0,03	-0,1	-0,12	-0,07	-0,06	-0,04	-0,12	-0,14	-0,13	-0,11	-0,16	-0,13	0,06	0,24	0,36	0,4	0,47	0,56	0,58	0,68	0,79	0,86	0,91	0,95	0,98	1	0,97	0,93	0,92	
2800	-0,13	-0,04	-0,11	-0,13	-0,05	-0,03	0	-0,07	-0,1	-0,1	-0,09	-0,12	-0,1	0,07	0,26	0,34	0,38	0,44	0,51	0,54	0,65	0,76	0,82	0,86	0,91	0,94	0,97	1	0,96	0,93	
2900	-0,13	0	-0,07	-0,1	-0,07	-0,09	-0,06	-0,11	-0,14	-0,12	-0,09	-0,12	-0,11	0,06	0,15	0,25	0,29	0,36	0,43	0,46	0,57	0,69	0,75	0,81	0,87	0,91	0,93	0,96	1	0,99	
3000	-0,14	0,01	-0,06	-0,1	-0,08	-0,11	-0,08	-0,13	-0,14	-0,12	-0,1	-0,13	-0,11	0,05	0,14	0,22	0,26	0,34	0,4	0,43	0,54	0,65	0,72	0,79	0,85	0,89	0,92	0,93	0,99	1	

Figura 4.10. Matriu de correlació de la velocitat del vent a diferents altituds mesurades pel UHF el dia 01/04/2017.

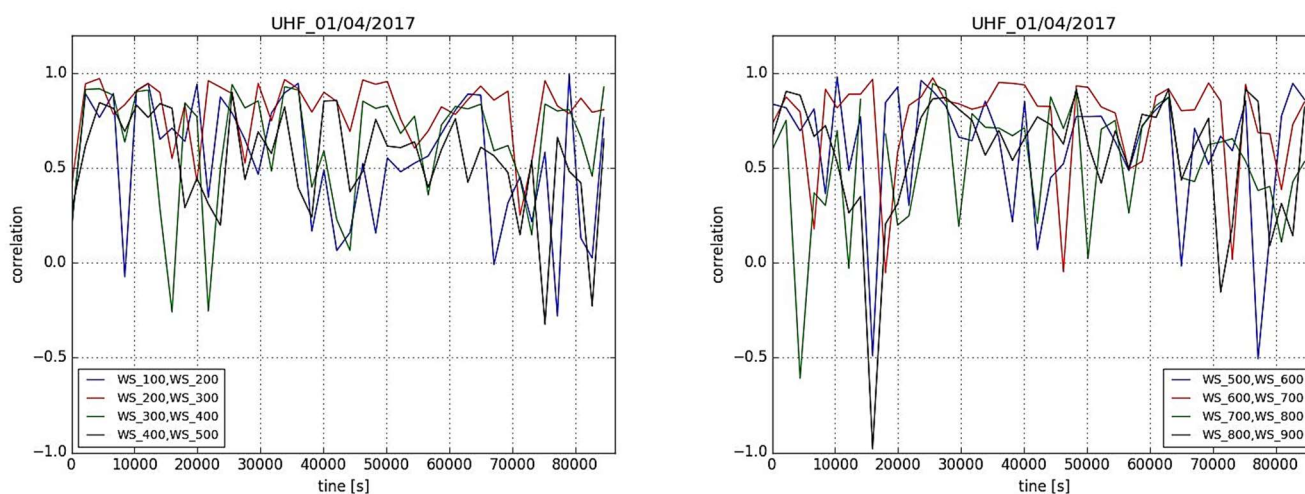


Figura 4.11. Comparació de correlacions de les velocitats del vent mesurades pel UHF durant el dia 01/04/2017. S'ha fet en grups de dotze dades de les 516 preses durant el dia presentant en total 43 punts per analitzar.

S'han fet les roses dels vents de dia i de nit i els histogrames corresponents atenint-nos als gràfics de radiació per a les estacions de CD, DP, Martinet, YA, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08 i S09 (Figura 4.12). El mes d'abril està incomplet (vegeu Informe I.3).

Per separar el dia de la nit s'han utilitzat els diagrames de radiació i encara que no se'n disposava per a totes les estacions, s'ha considerat la proximitat i localització de cada una d'elles.

Quan s'analitzen els diagrames de radiació l'inici del dia i la nit correspon a $R_n = 0$, indicant, respectivament, la sortida i posta del Sol. El temps és temps universal coordinat (UTC, de l'anglès Coordinated Universal Time).

Segons WMO (2003), la duració de la insolació en un període determinat es defineix com la suma dels subperíodes durant els quals la radiació Solar directa supera els 120 Wm^{-2} , quantitat recomanada per la Comissió d'Instrumentes i Mètodes de Mesura durant la seva dècima reunió (1989) (WMO, 1990).

En separar el dia de la nit s'han pres 100 Wm^{-2} per sobre de l'última $R_n < 0 \text{ Wm}^{-2}$ per determinar l'inici del dia i considerar les dades a partir d'aquest valor. D'igual manera, s'han pres 100 Wm^{-2} per sota de l'última $R_n > 0 \text{ Wm}^{-2}$ per determinar l'inici de la nit. El motiu és que els corrents són tèrmiques i cal esperar l'estabilització de l'escalfament i refredament del sòl (vegeu Annex A.4).

A la Vall del Segre (la Cerdanya) per la seva orientació de NNE a WSW, al vessant Sud hi toca el Sol pràcticament tot el dia, no ocorre així al vessant Nord, a més a més a l'hivern el Sol va més baix implicant un gran gradient tèrmic d'un vessant a l'altre.

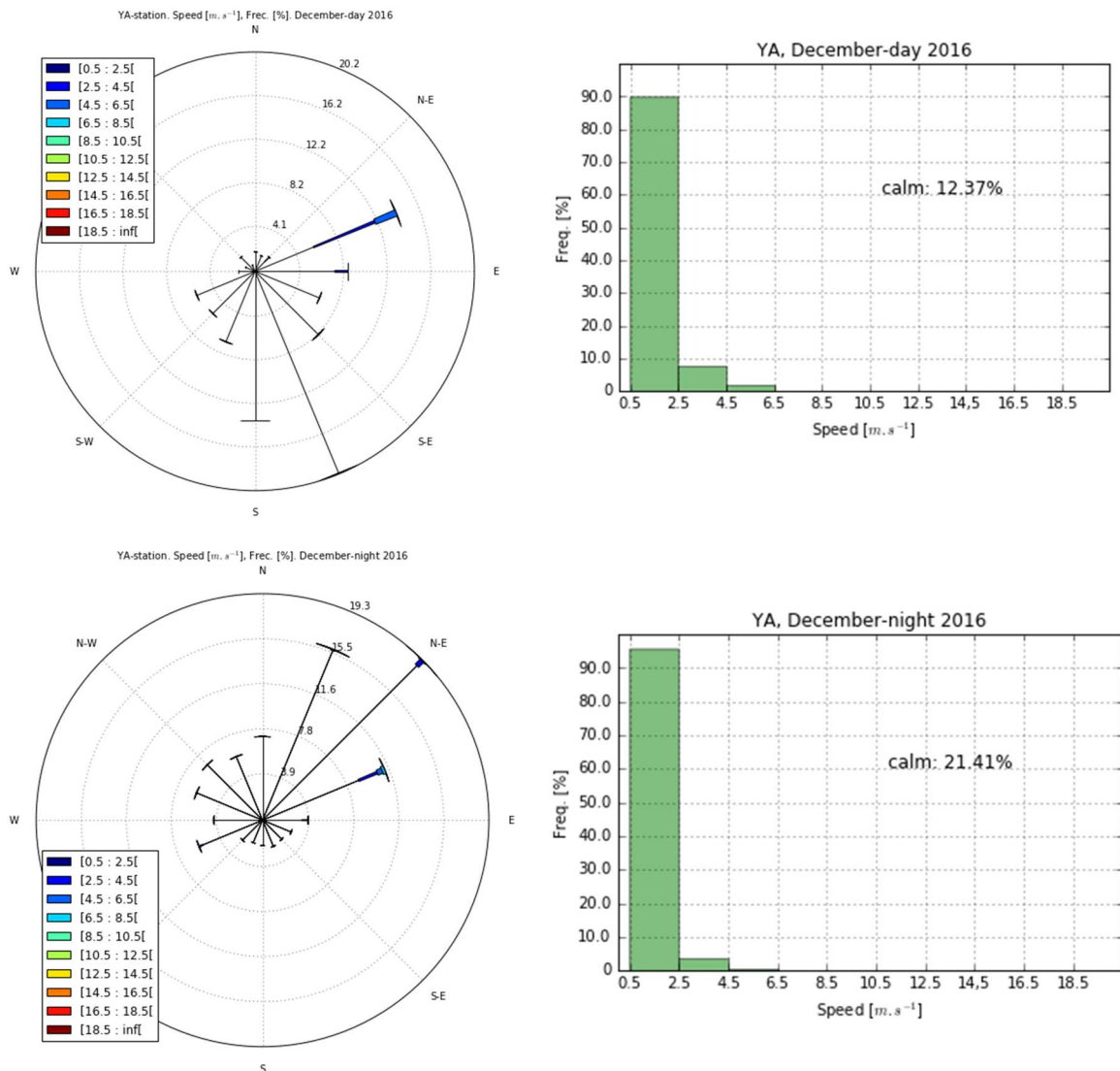
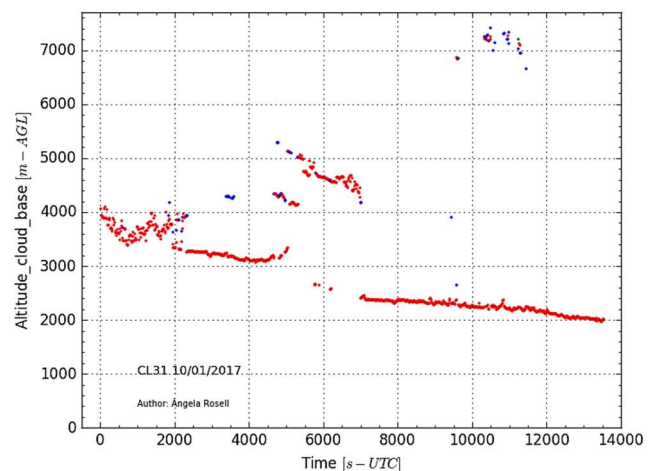


Figura 4.12. Roses dels vents dia-nit i els histogrames corresponents de l'estació YA durant el mes de desembre de 2016.

S'han fet gràfiques amb les dades del ceilòmetre per determinar l'altitud respecte del sòl o altura dels núvols durant la campanya (Figura 4.13).

Figura 4.13. Altura de la base dels núvols. Dia 10/01/2017.



Amb les dades del MWR s'han fet gràfiques per conèixer el comportament de la temperatura amb l'altura (Figura 4.14).

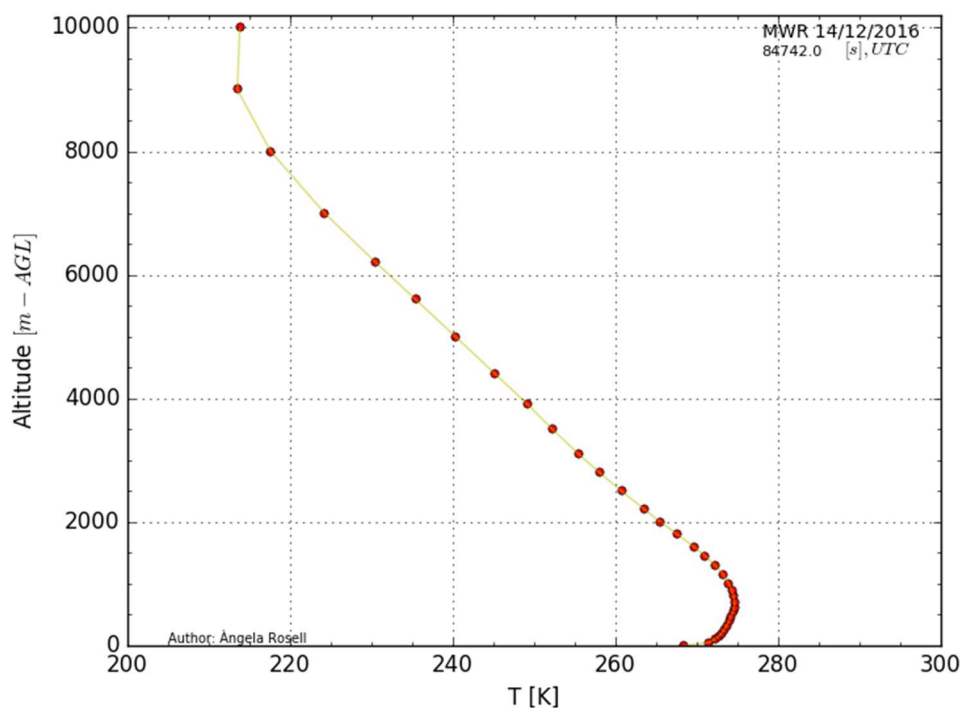


Figura 4.14. Temperatura versus altura a les 23:32:22 UTC el dia 14/12/2016.

El WindRASS ha permès fer gràfiques per analitzar el comportament del vent i temperatura des dels 40 m fins als 400 m d'altura (Figura 4.15).

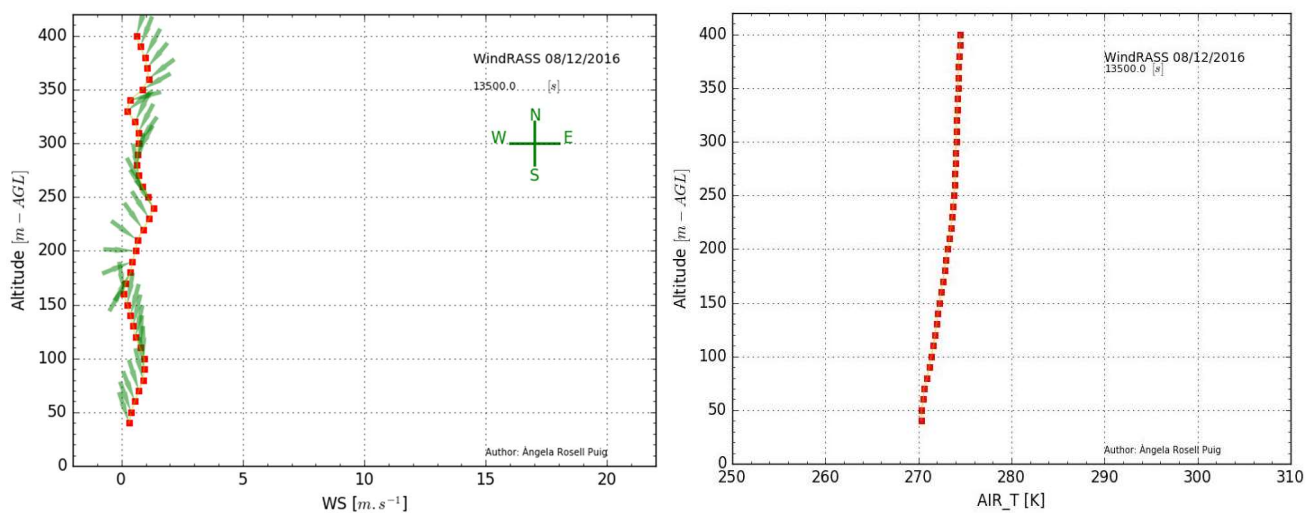


Figura 4.15. Perfil de WS i WD (esquerra) i temperatura (dreta), a les 03:45:00 UTC del dia 08/12/2016.

Dels vint-i-nou ràdio sondatges, s'han programat els que han coincidit amb l'estudi d'un episodi per obtenir el diagrama oblic (Skew-T) corresponent (Figura 4.16).

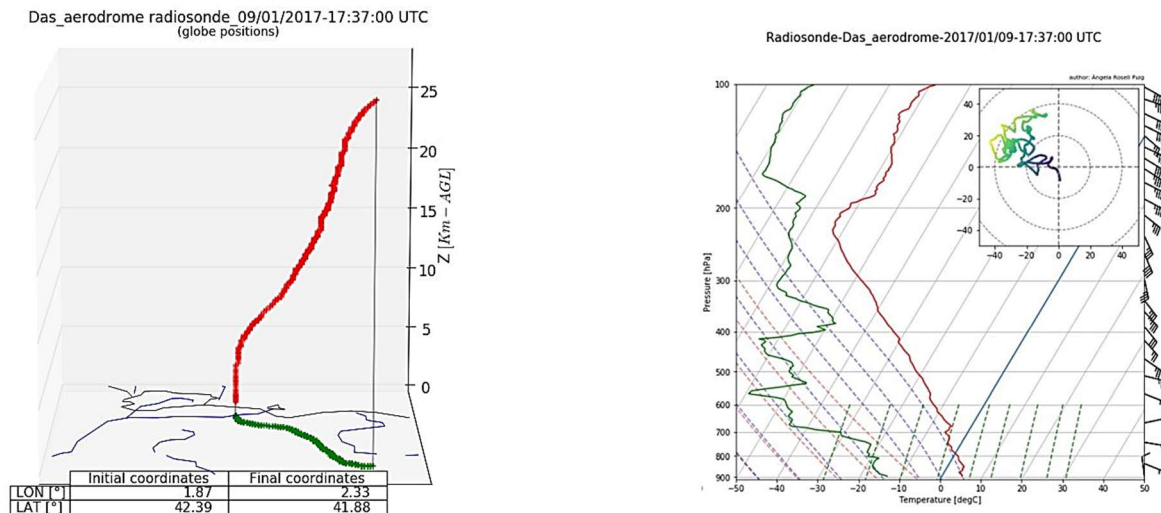


Figura 4.16. Recorregut del globus (esquerra) i diagrama oblic (dreta), corresponent al ràdio sondatge del dia 09/01/2017 a les 17:30:00 UTC.

4.3. Anàlisi Estadística

Per a totes les estacions de la campanya s'han fet taules amb indicadors estadístics de la velocitat del vent segons les seves vuit direccions principals i diagrames de caixes.

4.3.1. Indicadors estadístics per la velocitat del vent

Els indicadors estadístics han sigut:

- Mitjana i desviació estàndard (vegeu Annex A.3).
- Variància, mesura la dispersió de la variable. La variància és el valor de la desviació estàndard al quadrat.
- Rang inter-quartil (IQR), és una mesura de la dispersió estadística (Equació 4.1).

$$IQR = u_{0.75} - u_{0.25} \quad (4.1)$$

- Biaix (bias en anglès), quantifica l'asimetria de la distribució de les dades (Equació 4.2). Si és més gran que zero té asimetria positiva cap a l'esquerra, si és igual a zero, és una distribució normal i si és menor de zero, té asimetria negativa cap a la dreta.

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})^3}{N\sigma^3} \quad (4.2)$$

- Curtosi (kurtosis en anglès), serveix per determinar el grau d'aplanament de la distribució respecte a la normal i per ella val zero. Si és més petita que zero la corba és més aplanada que la normal i el contrari si és més gran (Equació 4.3).

$$\text{Kurtosis} = \frac{\sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})^4}{N\sigma^4} \quad (4.3)$$

Per exemple la Taula 4.8 i la Figura 4.17 donen l'estadística i el diagrama de caixes per a l'estació CD, amb les dades del mes de desembre de 2016.

Taula 4.8. Estadística de la velocitat del vent per l'estació CD. Mes de desembre de 2016.

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	9.49	0.50	0.50	0.70	1.00	1.70	0.80	0.50	0.75	2.86	0.28	0.08
NE	7.80	0.40	0.60	0.80	1.00	2.10	0.82	0.50	1.66	7.91	0.28	0.08
E	16.91	0.48	0.50	0.70	0.98	4.80	0.81	0.50	4.94	37.64	0.48	0.23
SE	5.72	0.42	0.60	0.70	1.02	3.50	1.03	0.50	2.05	6.19	0.79	0.62
S	9.36	0.22	0.68	0.80	0.90	1.30	0.77	0.50	0.61	3.18	0.20	0.04
SW	30.82	0.30	0.70	0.80	1.00	1.80	0.85	0.50	0.89	3.94	0.25	0.06
W	6.89	0.40	0.60	0.70	1.00	2.20	0.89	0.50	1.39	4.02	0.44	0.19
NW	13.00	0.30	0.50	0.70	0.80	1.50	0.72	0.50	1.23	5.03	0.24	0.06

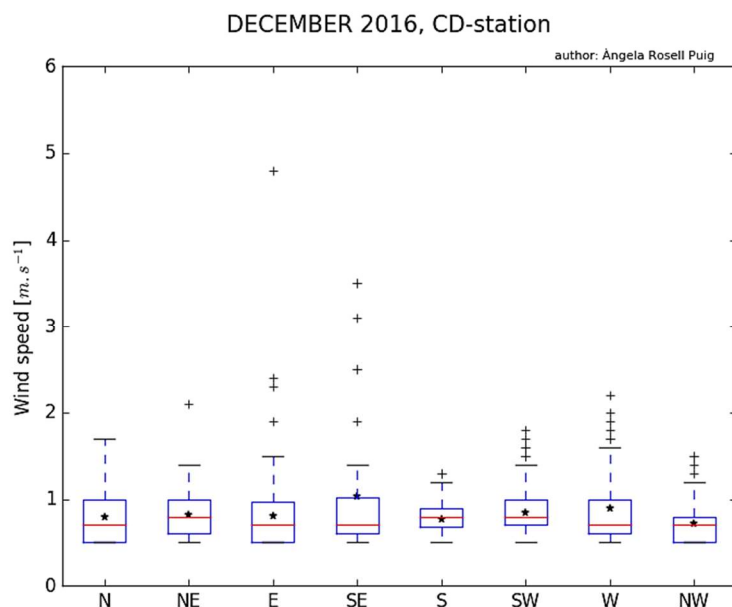


Figura 4.17. Diagrama de caixes per l'estació CD i pel mes de desembre de l'any 2016. La línia vermella és la mediana i l'estrelleta és el valor mitjà.

Les taules de freqüències també s'han aplicat a l'analitzar el vent (Taula 4.9).

Taula 4.9. Taula de freqüències direcció-velocitat del vent pel mes de desembre de 2016.

Direction	CD	SO4	Martinet	SO5	Dec.2016		Frec.[%]		SO2	SO6	YA	SO1	
N	9.49	0.56	8.26	3.17	11.88	7.40	2.15	6.47	1.54	13.68	1.54	66.14	
NE	7.80	0.84	14.60	11.85	10.89	13.99	8.77	22.2	2.68	28.29	13.00	134.91	
E	16.91	31.20	25.44	32.28	9.57	23.17	52.77	28.83	4.02	11.49	56.60	292.28	
SE	5.72	51.25	27.92	20.85	19.80	17.74	9.08	6.95	67.04	9.04	6.01	241.40	
S	9.36	4.74	7.25	12.28	18.37	13.37	6.00	10.54	4.74	11.06	2.73	100.44	
SW	30.82	6.13	5.33	9.63	8.80	13.28	14.38	8.87	6.69	8.45	2.87	115.25	
W	6.89	5.01	5.88	6.56	10.34	7.75	5.08	11.74	10.50	8.28	14.74	92.77	
NW	13.00	0.28	5.23	3.39	10.34	3.30	1.77	4.39	2.78	9.71	2.52	56.71	
	99.99	100.01	99.91	100.01	99.99	100.00	100.00	99.99	99.99	100.00	100.01	1099.90	

4.4. Distribució de Weibull

La distribució de Weibull és una distribució usada per l'anàlisi de la velocitat del vent (Weibull, 1951). És vàlida per valors del mòdul del vent iguals o majors que zero (vegeu, per exemple, Figura 4.18). Per tant, en ser utilitzada per l'estudi d'episodis concrets, s'han tingut en compte les calmes i així també en construir les roses dels vents i en tots els altres mètodes estadístics que s'han aplicat. L'equació de la distribució de Weibull ve donada per l'Equació 4.4.

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-(V/c)^k} \quad 0 \leq V < \infty \quad (4.4)$$

k és un paràmetre adimensional i representa el rang de variació de la velocitat del vent en un determinat interval de temps. El paràmetre k és el paràmetre de forma de la distribució. El paràmetre c té la mateixa dimensió de la velocitat del vent, ms^{-1} en el nostre cas, i és el paràmetre d'escala.

El valor mitjà (vegeu Annex A.5), de la distribució de Weibull el dona l'Equació 4.5

$$\mu = c\Gamma\left(\frac{1}{k} + 1\right) \quad (4.5)$$

i la variància l'Equació 4.6.

$$\sigma^2 = c^2 \left[\Gamma\left(\frac{2}{k} + 1\right) - \Gamma^2\left(\frac{1}{k} + 1\right) \right] \quad (4.6)$$

amb

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$$

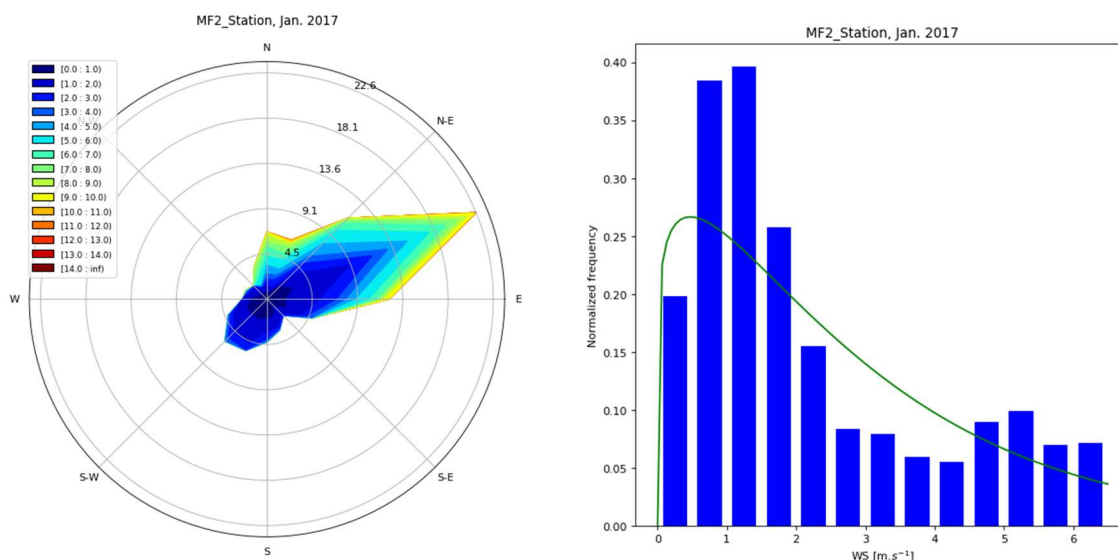


Figura 4.18. Rosa dels vents i distribució de Weibull corresponent. Gener de 2017, estació S02.

4.5. Anàlisi Clúster

L'anàlisi de conglomerats consisteix a trobar agrupaments naturals entre un conjunt de dades, és a dir definir el criteri que permet dir que dues dades pertanyen a un mateix grup segons algun tipus de criteri. Un d'aquests criteris pot ser la distància mètrica, un altre és la similitud.

De totes maneres decidir el mètode de 'clustering' més adequat és un procés complex, ja que s'ha de veure quin s'ajusta millor al conjunt de dades. Es defineix:

- *Distància*. El terme distància és utilitzat com a quantificador de la diferència entre observacions.

Donat un conjunt finit o infinit, A , una funció $d: A \times A \rightarrow \mathbb{R}$ es diu distància mètrica si $\forall x, y \in A$ es compleix:

1. $d(x, y) \geq 0$
2. $d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$
3. $d(x, y) = d(y, x)$
4. $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z), \forall z \in A$

Segons les seves propietats característiques es pot considerar la distància euclidiana, la de Minkowski i la de Mahalanobis entre d'altres.

- *Similitud.* Donat un conjunt finit o infinit, A , una funció $s : A \times A \rightarrow \mathbb{R}$ es diu similitud si $\forall x, y \in A$ si:
 1. $s(x, y) \leq s_0$
 2. $s(x, x) = s_0$
 3. $s(x, y) = s(y, x)$

amb s_0 nombre real finit arbitrari.

La similitud es diu mètrica si a més a més compleix:

1. $s(x, y) = s_0 \Rightarrow x = y$
2. $[s(x, y) + s(y, z)]s(x, z) \geq s(x, y)s(y, z), \forall z \in A$

En aquesta tesi per associar les variables s'ha utilitzat la distància i en especial la distància euclidiana. Abans de donar la seva expressió matemàtica i les seves propietats s'introdueix el concepte de norma:

Norma. Una norma és una aplicació $\| \cdot \| : X \rightarrow K_0^+$, X és un espai vectorial i K un cos, que pot ser el dels nombres reals, \mathbb{R} .

Aquesta aplicació ha de complir les propietats següents:

1. $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x=0$
2. $\|\alpha x\| = |\alpha| \|x\| \quad \forall \alpha \in K \quad \forall x \in X$
3. $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\| \quad \forall x, y \in X$

4.5.1. Distància euclidiana

Sigui una matriu de dades, X , si escollim dues files de dades, $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{in})$ i $X_j = (x_{j1}, \dots, x_{jn})$, es defineix la distància euclidiana com (Equació 4.7):

$$d_2(x_i, x_j) = \|x_i - x_j\|_2 = \sqrt{(x_i - x_j)'(x_i - x_j)} = \sqrt{\sum_{l=1}^n (x_{il} - x_{jl})^2} \quad (4.7)$$

La distància euclidiana té la propietat de ser invariant sota transformacions ortogonals $\bar{x}_i = Mx_i$ amb M matriu $n \times n$ que compleix $M'M = MM' = I$, per tant:

$$\|Mx_i\|_2 = \sqrt{x_i' M' M x_i} = \sqrt{x_i' x_i} = \|x_i\|_2$$

conseqüentment:

$$d_2(Mx_i, Mx_j) = d_2(x_i, x_j)$$

Una altra propietat important és que és invariant sota translacions:

$$\text{Si } \hat{x}_i = \alpha + x_i \quad i \quad \hat{x}_j = \alpha + x_j,$$

llavors s'obté:

$$d_2(\hat{x}_i, \hat{x}_j) = \|\hat{x}_i - \hat{x}_j\|_2 = \|(\alpha + x_i) - (\alpha + x_j)\|_2 = \|x_i - x_j\|_2 = d_2(x_i, x_j)$$

L'anàlisi clúster ha sigut utilitzat en l'estudi del vent en orografia complexa per alguns autors com són: Weber & Kaukmann (1998); Weber & Furger (2001); Pérez-Foguet (2014) i Miró et al. (2018).

En aquesta tesi s'ha aplicat d'una manera especial, relacionant les posicions de les estacions, velocitat i direcció del vent.

4.6. ANOVA

L'anàlisi de la variància (ANOVA, de l'anglès Analysis of Variance), s'utilitza per determinar si existeixen diferències significatives entre els valors mitjans de tres o més conjunts de dades i rep aquest nom per fer servir variàncies per determinar si aquests valors són diferents (Fisher, 1925).

4.6.1. ANOVA d'un factor

L'ANOVA d'un factor pressuposa que totes les variàncies dels conjunts de dades són iguals i que els errors són aleatoris, independents i igualment distribuïts segons una distribució normal de mitjana zero i desviació constant.

La hipòtesi nul·la de la prova ANOVA d'un factor és:

H_0 : Els valors mitjans de tots els conjunts són iguals.

H_1 : Almenys un valor mitjà és diferent (hipòtesi alternativa).

El procediment és el següent:

Sigui r el nombre de conjunts de dades, n_j el nombre d'elements de cada conjunt, $j = 1, 2, \dots, r$, $\bar{x}_{.j}$ el valor mitjà de cada conjunt i $\bar{x}_{..}$ la mitjana global. Anomenem la suma de quadrats entre grups SCE, la suma de quadrats dintre de grups SCD i la suma de quadrats total SCT.

Aquestes sumes de quadrats tenen les expressions següents:

$$SCE = \sum_{j=1}^r n_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

$$SCD = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2 = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}^2 - \sum_{j=1}^r n_j \bar{x}_{.j}^2$$

$$SCT = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$$

Fent el canvi, $x_{ij} - \bar{x}_{..} = (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..}) + (x_{ij} - \bar{x}_{.j})$, al substituir a SCT el doble producte es fa zero al ser suma de les desviacions del valor mitjà, per tant:

$$SCT = SCE + SCD$$

Els graus de llibertat entre els conjunts GLE, dintre els conjunts GLD i total GLT són:

$$GLE = r-1, \quad GLD = n-r \quad i \quad GLT = n-1$$

El quadrat mitjà entre conjunts, CME, i el quadrat mitjà dintre dels conjunts, CMD, s'expressen com:

$$CME = \frac{SCE}{GLE} \quad i \quad CMD = \frac{SCD}{GLD}$$

L'estadístic de contrast F per realitzar la prova ANOVA (Equació 4.8):

$$F = \frac{CME}{CMD} \quad (4.8)$$

La interpretació és la següent: L'estadístic F reflecteix la semblança entre els valors mitjans que estem comparant, quan més gran és quan més diferències hi ha.

El p-valor d'un contrast d'hipòtesi es defineix com la probabilitat d'error en negligir la hipòtesi nul·la del nostre conjunt de dades. En general si el p-valor és inferior a $\alpha = 0.05$, es pot negligir H_0 , en cas contrari s'accepta (Figura 4.19).

El paràmetre α indica la probabilitat de cometre error en negligir H_0 quan és certa i per això s'utilitza el nivell de significació crítica o p-valor.

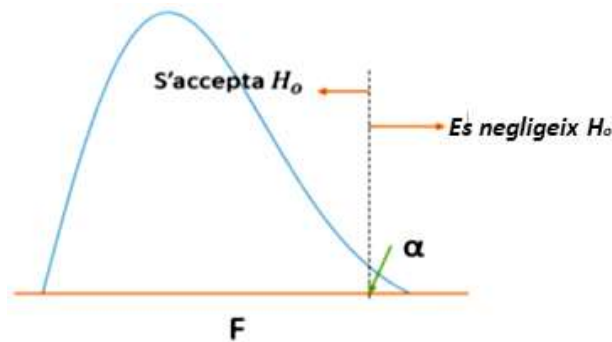


Figura 4.19. Regions d'acceptació i no acceptació de la hipòtesi nul·la.

Entre les proves de comparació múltiple a posteriori, que es fan servir després d'una ANOVA hi ha la prova HSD de Tukey (Tukey, 1949; 1953).

La prova HSD (HSD, Honestly-Significant-Divergence), de Tukey és un test de comparacions múltiples que permet comparar valors mitjans d'una sèrie de conjunts de dades després d'haver aplicat una ANOVA i haver negligit H_0 , per tant, especifica la hipòtesi alternativa, H_1 .

El procediment consisteix a calcular la diferència $|\bar{x}_i - \bar{x}_j|$, ($i, j = 1, \dots, r$), per cada grup, $\binom{r}{2}$ diferències en total, i comparar-ho amb el valor de l'estadístic HSD. Si $|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > HSD$, la diferència entre els dos valors mitjans és significativa.

$$HSD = q(\alpha, r, e. g. l.) \sqrt{\frac{MSE}{k}} \quad (4.9)$$

En general $\alpha=0.05$. MSE, (MSE, Mean Square Error), és l'error quadràtic mitjà dintre dels conjunts i k és el nombre de puntuacions en el càlcul de mitjanes grupals. El valor de $q(\alpha, r, e. g. l.)$ està tabulat.

En aquesta tesi aquests càlculs s'han obtingut mitjançant la llibreria statsmodels.api de Python.

- Altres estadístics. Prova de Kruskal-Wallis i matrius de correlació.

La prova de Kruskal-Wallis (1952) s'utilitza per a la comparació de les medianes, és a dir, prova si K conjunts de dades independents provenen o no de la mateixa població.

Hipòtesis:

H_0 : $Med_1 = Med_2 = \dots = Med_k$

H_1 : $Med_i \neq Med_j$, almenys una és diferent (hipòtesi alternativa)

L'estadístic H de Kruskal-Wallis per tres o més conjunts de dades de cinc elements o més té una distribució χ^2 amb $k-1$ graus de llibertat. Si l'estadístic H té un valor alt, vol dir que no es compleix H_0 , però el p -valor corresponent a la prova indica de manera clara si cal descartar H_0 o no. Igual que per l'ANOVA el p -valor té un nivell de significança de 0.05.

A la realitat la prova de Kruskal-Wallis és el mètode més adient per comparar poblacions en què les distribucions no són normals, encara que amb elles també funciona molt bé. De totes maneres l'ANOVA d'un factor és molt consistent i tan sols es veu afectada quan les desviacions típiques difereixen moltíssim.

L'estadístic de contrast, H , de Kruskal-Wallis és expressat per (Equació 4.10):

$$H = \frac{\frac{12}{n(n+1)} \sum_{m=1}^r \frac{1}{n_m} [R_m - E[R_m]]^2}{1 - \frac{\sum_{j=1}^k (d_j^3 - d_j)}{n^3 - n}} \quad (4.10)$$

R_m és la suma dels rangs de cada grup m , $m = 1, \dots, r$, sent r el nombre de grups. El rang és l'ordre que ocupa l'observació en el conjunt total de dades, assignant el rang mitjà en cas d'empats. Per altra banda:

$E[R_m] = \frac{n_m(n+1)}{2}$ on n és el nombre total de dades, $\bar{R}_m = \frac{R_m}{n_m}$ és el rang mitjà i d_j el nombre de elements repetits per $j = 1, \dots, k$, essent k el nombre de variables.

És important acabar aquest apartat donant la definició de matriu de correlació: la matriu de correlació es defineix com una matriu quadrada i simètrica que té uns a la diagonal i fora d'ella els coeficients de correlació entre les variables.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Donades dues variables X, Y la correlació de Pearson té per expressió (Equació 4.11):

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \bar{X}\bar{Y}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4.11)$$

La classificació dels valors que podem obtenir vénen especificats a la taula següent (Taula 4.10):

Taula 4.10. Rang de valors i significat dels coeficients de correlació de Pearson.

valor	Significat
-1	Correlació negativa gran i perfecta
-0,9 a -0,99	Correlació negativa molt alta
-0,7 a -0,89	Correlació negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlació negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlació negativa baixa
-0,01 a -0,19	Correlació negativa molt baixa
0	Correlació nul·la
0,01 a 0,19	Correlació positiva molt baixa
0,2 a 0,39	Correlació positiva baixa
0,4 a 0,69	Correlació positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlació positiva alta
0,9 a 0,99	Correlació positiva molt alta
1	Correlació positiva gran i perfecta

4.7. Anàlisi de components principals (PCA)

El PCA consisteix a buscar combinacions lineals d'un conjunt de dades originals que representin el millor possible la variabilitat entre elles reduint la seva dimensió de manera que les components resultants, anomenades també eixos principals, siguin suficients per obtenir la informació que conté el conjunt de dades, fent que el nou conjunt presenti una dispersió màxima, és a dir, buscar aquells eixos en què les dades presentin una correlació baixa o, amb altres paraules, no correlació. Si les dades ja estan no correlacionades, l'anàlisi de components principals no té sentit (Radhakrishna, 1964; Wold, et al., 1987; Jiménez et al., 2007).

En un espai vectorial una base formada per vectors mútuament ortogonals es diu que és una base ortogonal. Si aquests vectors són unitaris, la base es diu ortonormal.

Sigui una matriu, $m \times n$, de dades X , a on m és el tipus de mesura i n el nombre de proves.

El mètode consisteix a trobar una matriu M ortonormal ($MM' = I$), en què $Y = MX$ de manera que $B = (n-1)^{-1}YY'$ és diagonalitzable.

$$B = (n-1)^{-1}YY' = (n-1)^{-1}(MX)(MX)' = (n-1)^{-1}MXX'M' = (n-1)^{-1}M(XX')M' = (n-1)^{-1}MAM'$$

donades les matrius AA' i $A'A$ són simètriques: $(AA')' = A''A' = AA'$; $(A'A)' = A'A'' = A'A$.

Una matriu és simètrica si i només si és ortogonalment diagonalitzable i ho és amb una base de vectors ortonormals: $C = EDE'$.

Per tant, prenent $M = E'$:

$$B = (n-1)^{-1}MAM' = (n-1)^{-1}M(EDE')M' = (n-1)^{-1}(MM')D(MM') = (n-1)^{-1}(MM^{-1})D(MM^{-1})$$

$$B = (n-1)^{-1}D \quad (4.12)$$

Les components principals són les files de M i cada un dels valors, d_i , de la diagonal de D són la variància de X al llarg de m_i (Equació 4.12).

Resumint, les components principals defineixen uns eixos de coordenades orientats a les direccions en què les dades presenten variabilitat màxima. En els casos en què això succeeix, per exemple en dues dimensions, un eix queda orientat segons la dispersió màxima i l'altre respecte a la mínima. Les dades que queden entorn de l'eix màxim poden considerar-se com a soroll i reduir així la dimensió, de totes maneres aquest fet no sempre és evident.

Les components principals queden definides pels vectors propis que són les files de M i els valors propis pels valors de la diagonal de D . Els vectors propis amb major valor propi corresponen a les direccions a on les dades presenten una dispersió més gran i els valors propis amb un autovalor petit representen una direcció a on el valor de les dades canvia poc.

Capítol 5. Resultats Preliminars

5. Resultats preliminars obtinguts del tractament de les dades

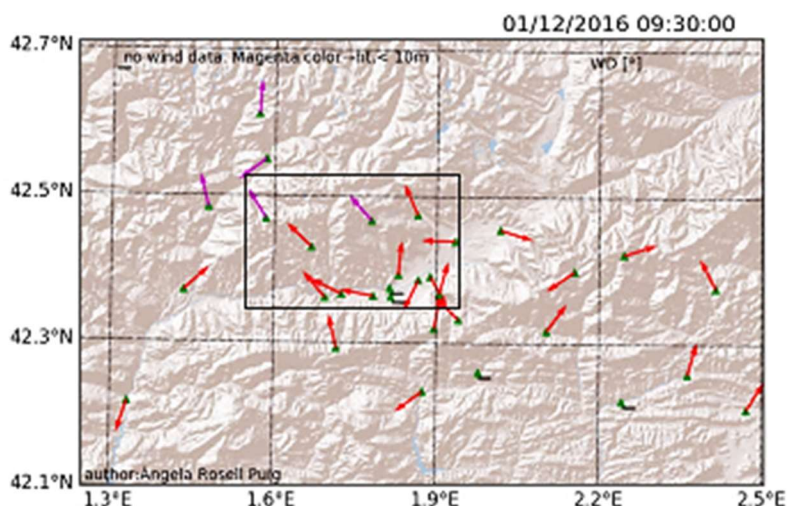
Abans d'aprofundir amb anàlisis més complexes, una vegada preparades les dades, s'ha procedit a comprovar que els gràfics eren capaços de reproduir alguns fenòmens estudiats teòricament donant confiança sobre la bona obtenció i tractament de les dades encara que la realitat no sigui sempre un exemple d'un estudi teòric aïllat.

Per aquesta finalitat s'han considerat dies de situació sinòptica de calma de la qual se'n presenten alguns exemples, i sobretot del mes de desembre que en aquesta zona és característicament anticiclònic.

5.1. Règim general de vents

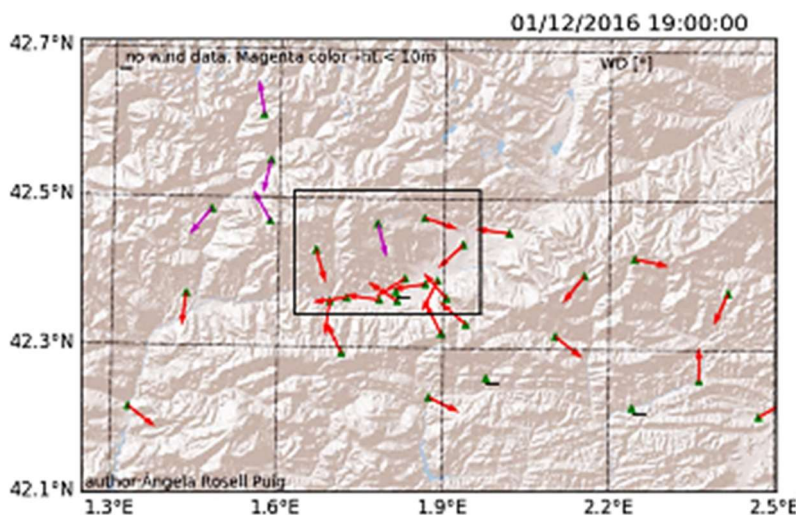
- El dia 01/12/2016 a les 09:30:00 UTC amb condicions sinòptiques de calma en el vessant Sud de la vall, una vegada escalfada pel Sol i superat el període de transició, s'observa el vent anabàtic (Figura 5.1).

Figura 5.1. Vents anabàtics en el vessant Sud de la Vall del Segre (La Cerdanya). El guió negre indica falta de dades i les fletxes de color magenta que l'anemòmetre està a una altura inferior als 10 m.



- Vent catabàtic a les 19:00:00 UTC del mateix dia (Figura 5.2).

Figura 5.2. Vents catabàtics en el vessant Sud de la Vall del Segre (La Cerdanya). El guió negre indica falta de dades i les fletxes de color magenta que l'anemòmetre està a una altura inferior als 10 m.



- Referent als vents al llarg de la vall durant el dia és vall amunt (Figura 5.3), a causa del gradient de pressió.

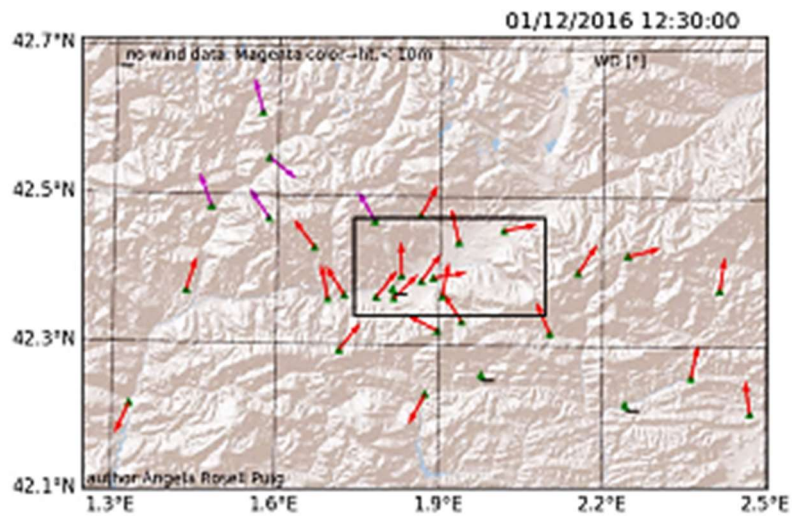


Figura 5.3. Règim de vents al llarg de la vall el dia 01/12/2016 a les 12:30:00 UTC.

- A la nit el vent va vall avall (Figura 5.4).

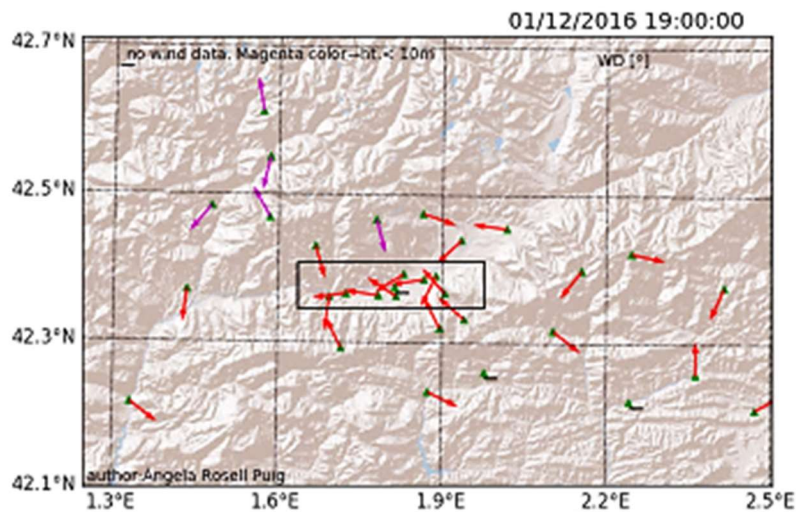


Figura 5.4. Règim de vents al llarg de la vall el dia 01/12/2016 a les 19:00:00 UTC.

- Pel dia 29/12/2016 es representa el perfil de vent (Figura 5.5), donat pel WindRASS profiler a les 00:15:05 i a les 13:30:00 respectivament, hi queda representat de manera gràfica els règims down-valley i up-valley a la vall a (λ, ϕ) = (42.38618, 1.86665), prop de l'estació de DAS (Figura 3.4).

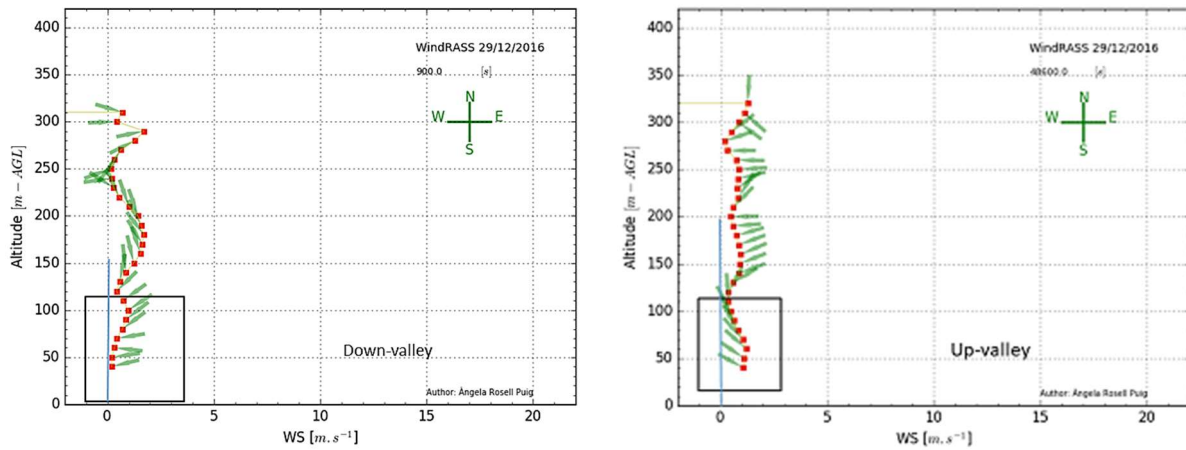


Figura 5.5. Dia 29/12/2016, down- valley a les 00:15:05 UTC (esquerra) i up-valley a les 13:30:00 UTC (dreta), detectat pel WindRASS.

- Trencament de la inversió (Figura 2.6; Figura 5.6), donant lloc a una temperatura potencial constant. En aquest exemple és de 283K fins a una altitud de 100 m respecte del sòl, el dia 29/12/2016 a les 14:30:00 UTC.

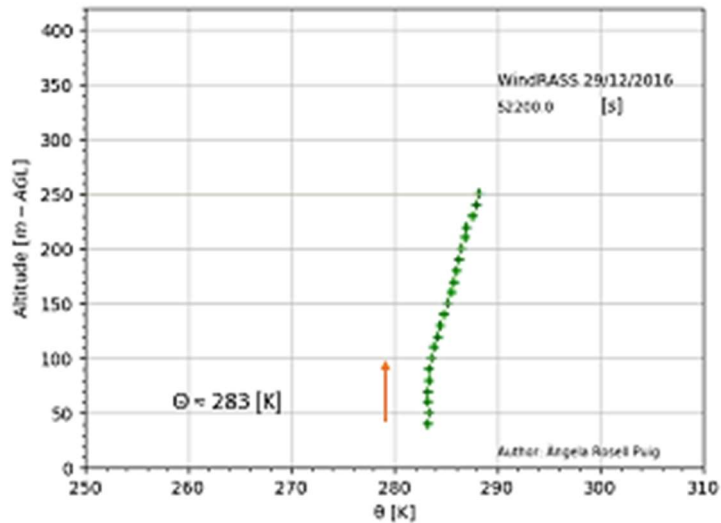


Figura 5.6. Trencament de la inversió tèrmica el dia 29/12/2016 a les 14:30:00 UTC.

- Representació gràfica del nucli estable (Figura 5.7), el dia 29/12/2016 a les 20:00:00 UTC.

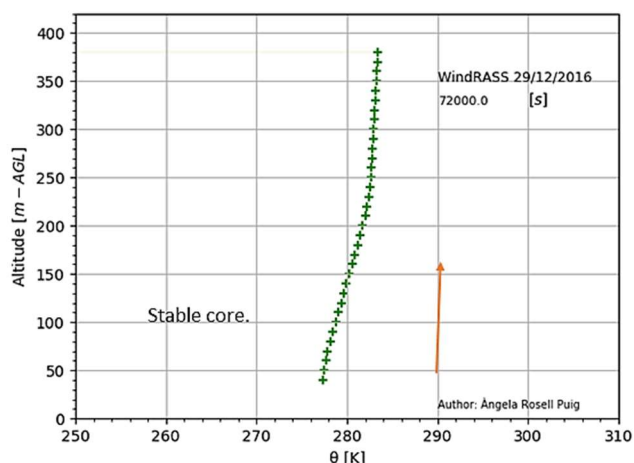


Figura 5.7. Gràfic del nucli estable del dia 29/12/2016 a les 20:00:00 UTC.

- Comparació de la circulació del vent (Figura 5.8), i temperatura (Figura 5.9) a les estacions DP i S05 el dia 01/12/2016 a les 23:30:00 UTC.

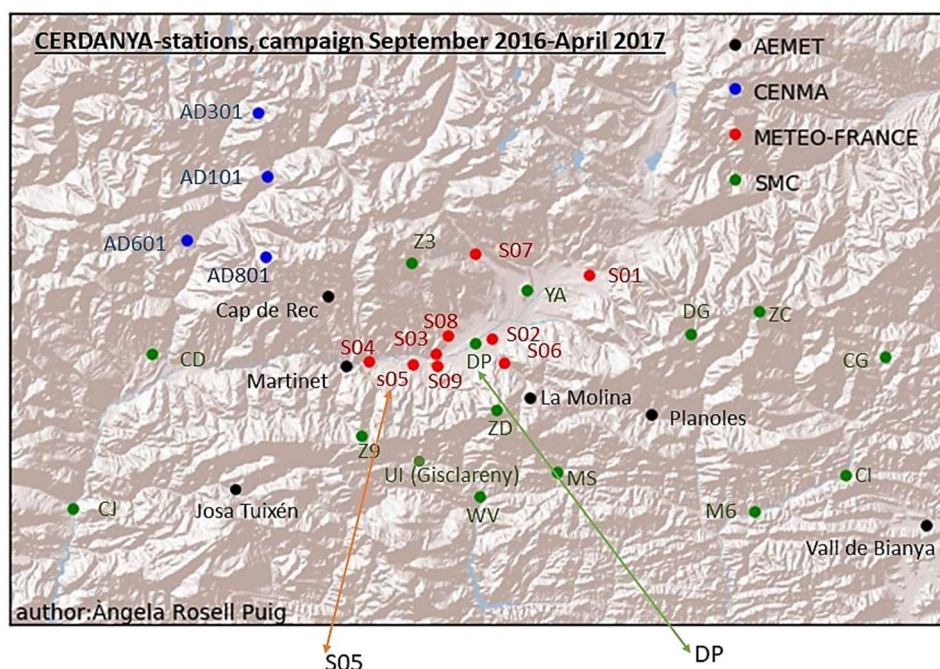
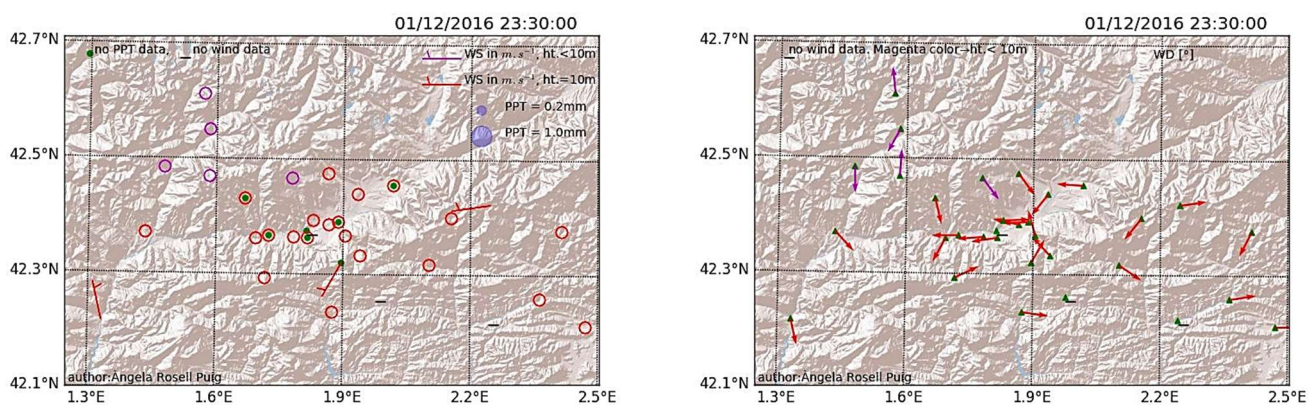


Figura 5.8. Mòdul i direcció del vent a les 23:30:00 UTC del dia 01/12/2016 (Figures superiors) i localització de les estacions (Figura inferior). La WS cal llegir-la com en nusos però amb unitats de ms^{-1} .

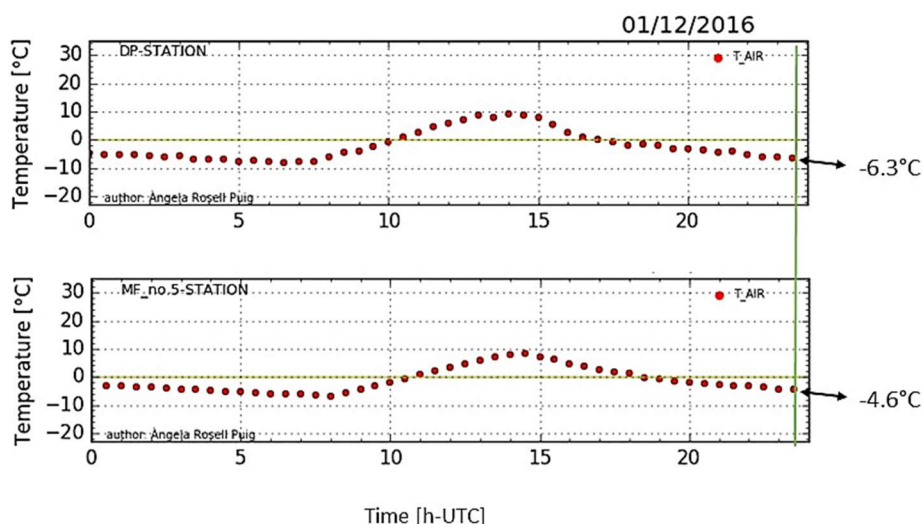


Figura 5.9. Temperatura a DP (figura superior) i a S05 (figura inferior) a les 23:30:00 UTC del dia 01/12/2016.

S’observa que el vent va d’aire fred a aire calent con és d’esperar (vegeu Figura 5.8 superior), ja que l’aire fred és més dens que el calent (Figura 5.9) produint-se un gradient de pressió horitzontal que fa que es mogui en aquest sentit.

- Si comparem la variació de la temperatura de l’aire respecte a la del sòl, durant el dia tenim:

A pressió constant la calor específica de l’aire sec és de $1005 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ i, si és humit, la calor específica, depèn del grau de saturació. El sòl humit s’escalfa més lentament que el sec, però reté més la calor, reduint les variacions de temperatura del sòl. A la Figura 5.10 s’observa, estació S05 el dia 02/12/2016, que quan hi arriben els rajos del Sol l’aire adquireix una temperatura superior a la del sòl (a pressió constant i en mitjana, la calor específica del sòl sec és de $800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, i si està humit de $1480 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$), i recíprocament l’aire es refreda més ràpidament, en canvi, el sòl reté millor la calor quan el Sol es pon.

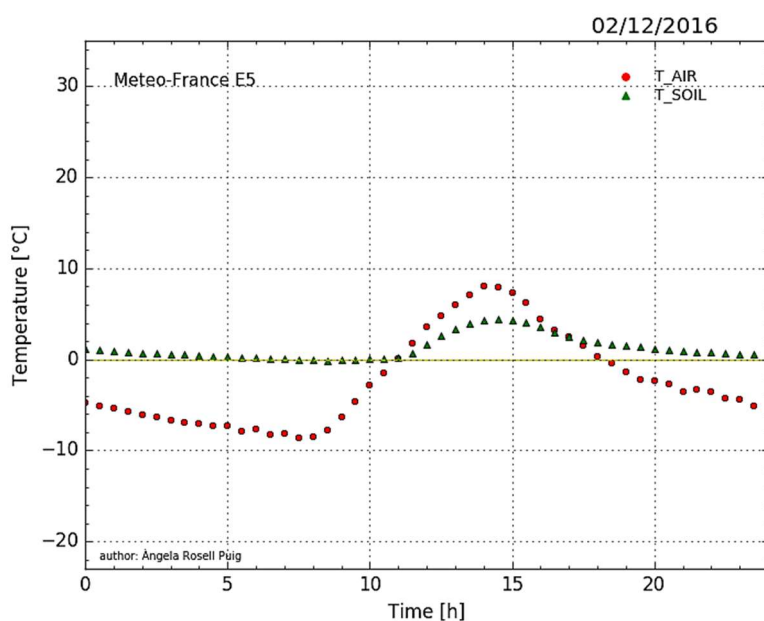


Figura 5.10. Temperatura de l’aire i del sòl de l’estació S05 el dia 02/12/2016.

- Recorregut de la direcció del vent a la vessant Sud de la vall el dia 05/12/2016 a l'estació S07

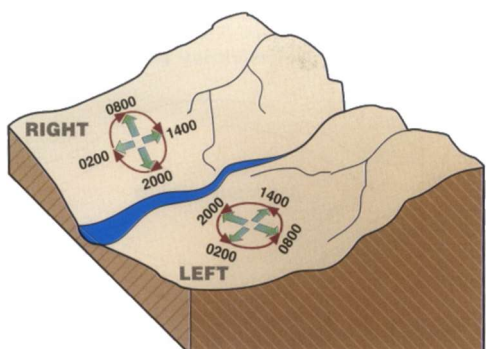


Figura 5.11. Recorregut de la direcció del vent, en sentit horari o antihorari durant el dia segons la vessant (Whiteman, 2000).

Si s'observa la Figura 5.11, idealment no succeeix exactament així, ja que en el nostre cas (Figura 5.12) es pot comprovar que segons a quins moments oscil·la entre determinades direccions, però si queda evident que durant el dia efectua una rotació completa.

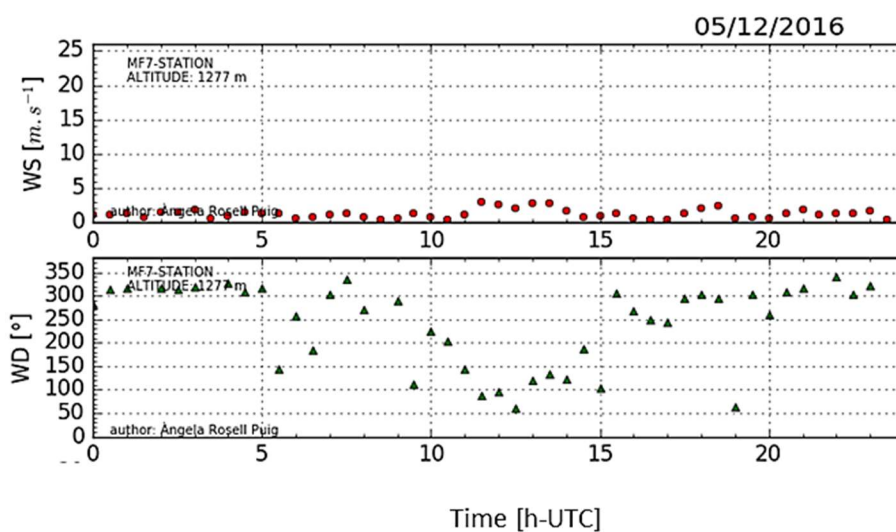


Figura 5.12. Direcció i mòdul de la velocitat del vent el dia 05/12/2016 a l'estació S07.

- En augmentar la temperatura de l'aire la pressió atmosfèrica disminueix i de manera evident la humitat relativa (Figura 5.13).

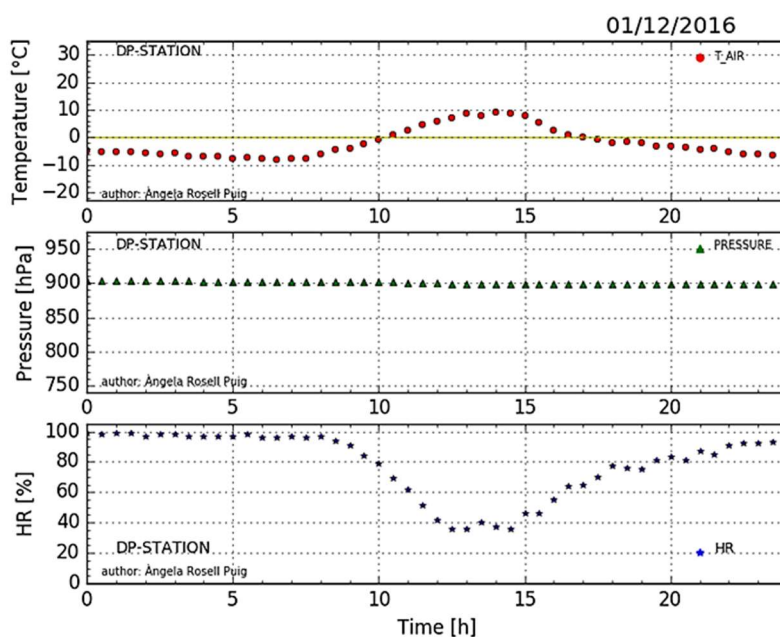


Figura 5.13. Evolució de la temperatura de l'aire, pressió atmosfèrica i humitat relativa el dia 01/12/2016 (temps UTC). AWS DAS (DP).

- L'estació S03 està més a l'oest que la S02, per tant, l'escalfament de l'aire i del sòl sofreix un retard (Figura 5.14). A més a més S03 queda en un indret de la vall on és menys ample (vegeu Figura inferior 5.8).

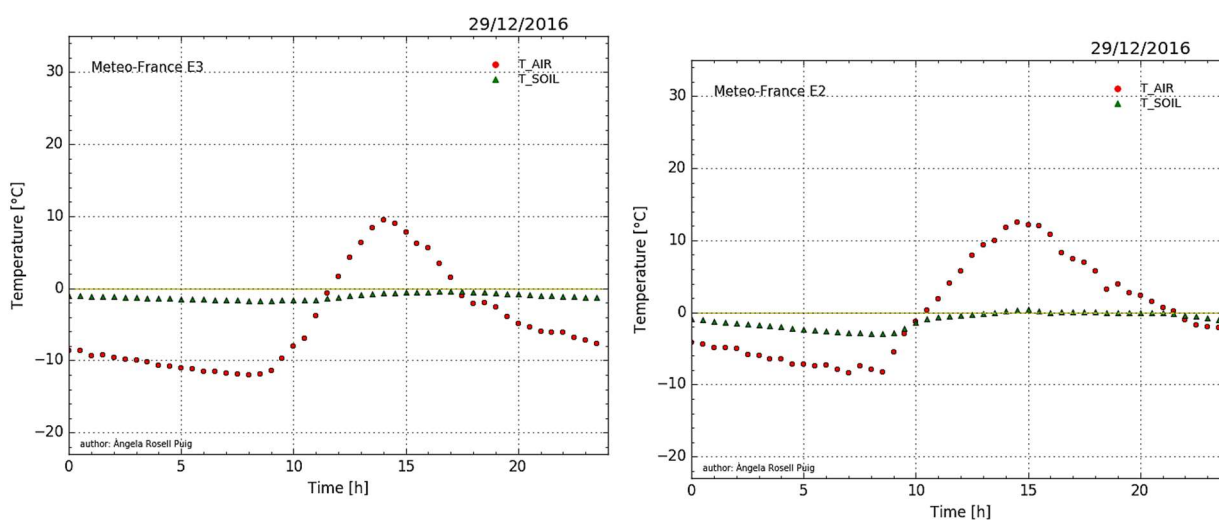


Figura 5.14. Evolució de la temperatura de l'aire, i del sòl a les estacions S03 (esquerra) i S02 (dreta), durant el dia 29/12/2016 (temps UTC).

5.2. Conclusions del capítol

En situació sinòptica anticiclònica la Vall del Segre a la Cerdanya presenta patrons de circulació i característiques típiques de totes les valls segons vents sinòptics en calma.

Capítol 6. Estudi general del vent i
precipitació

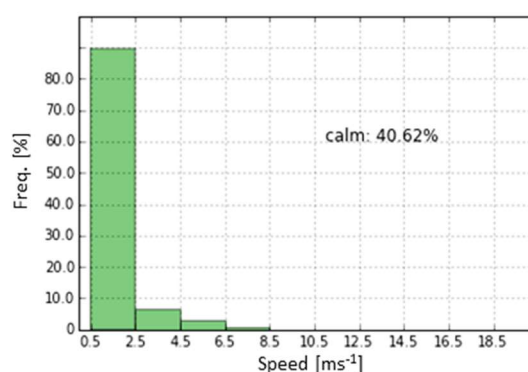
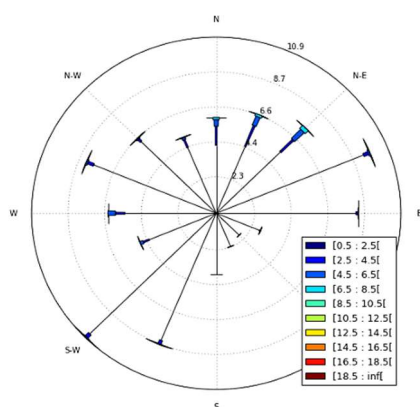
6. Estudi general del vent i precipitació

6.1. Vent

De les estacions en el període 2006-20015 en què hi havia major completesa de dades (superior al 80%), una vegada construïdes les roses dels vents mensuals, s'han comparat amb les roses dels vents mensuals de les estacions corresponents durant la campanya, per determinar una possible variabilitat del règim general dels patrons circulació respecte del període més llarg. Tot seguit se'n presenten uns exemples.

- Bellestar (CD), desembre

a/



b/

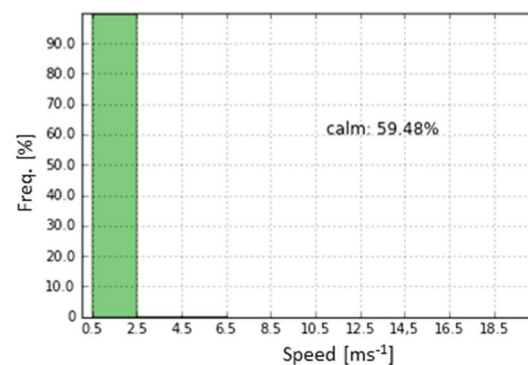
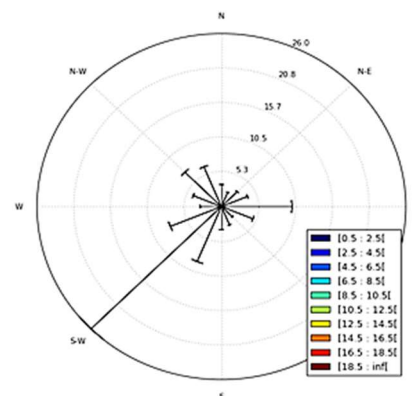


Figura 6.1. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: a/ desembre 2006-2015 ambdós inclosos, b/ desembre 2016.

En els dos casos (Figura 6.1) s'observa una component predominant de SW, presentant similituds respecte a la seva distribució de direccions, però no respecte a les seves intensitats. Si mirem la seva localització (Figura 3.2), aquesta direcció correspon a vent anabàtic tal com també s'ha pogut comprovar a la sèrie de mapes semihoraris construïts amb les dades de tota la campanya.

- Bellestar (CD), gener

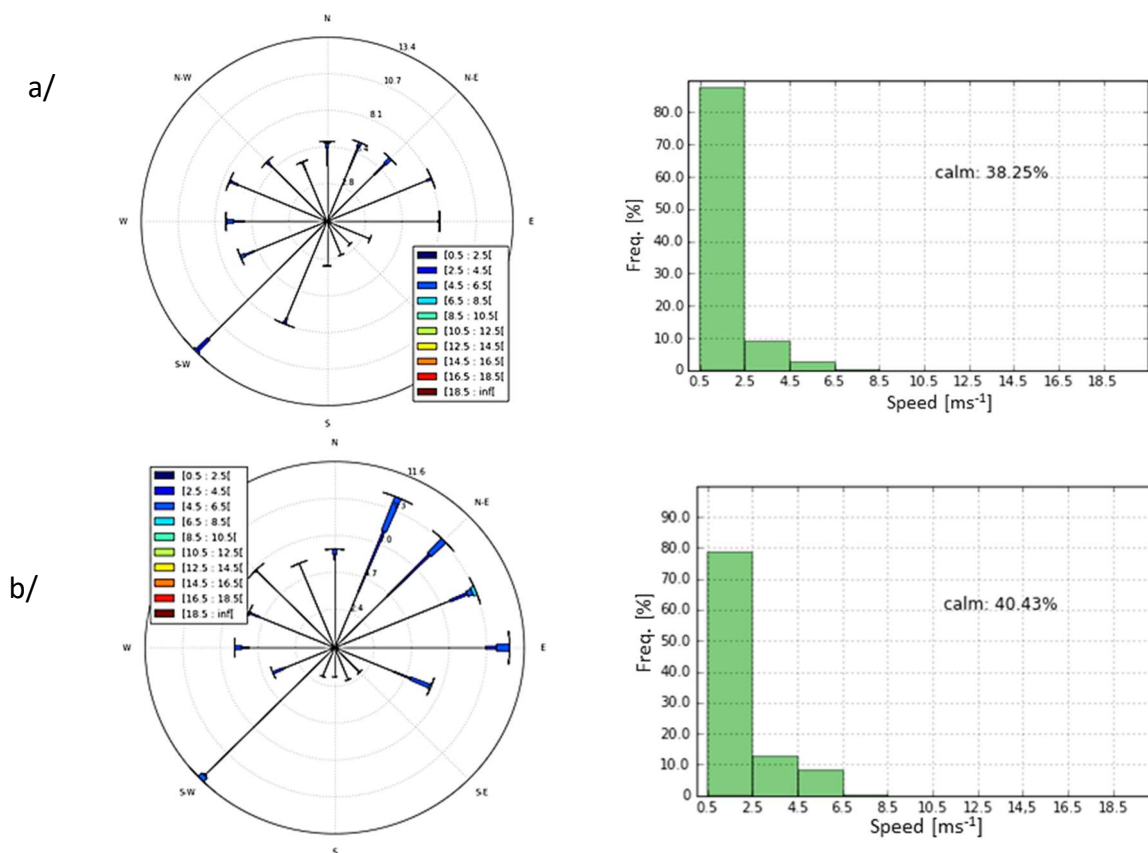
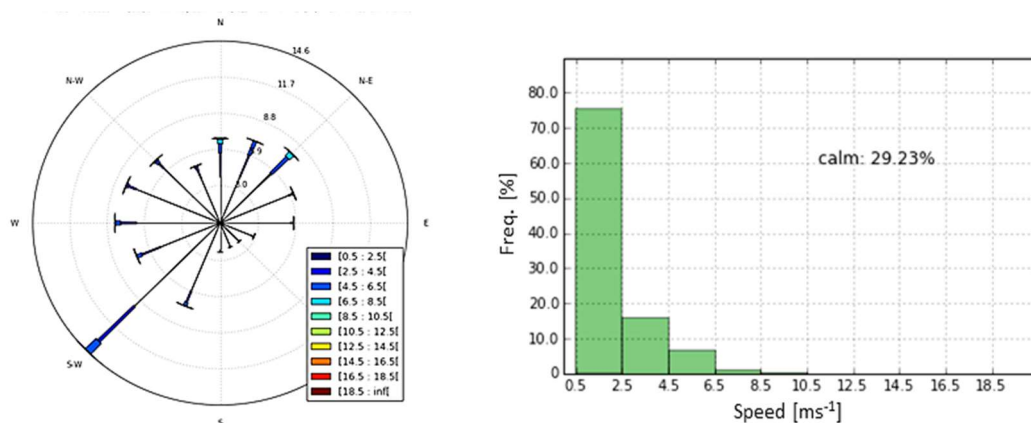


Figura 6.2. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: a/gener 2006-2015 ambdós inclosos, b/ gener 2017.

També s'hi observa (Figura 6.2) la component de freqüència més alta de SW, una distribució de direccions similar, però el mes de gener de 2017 presentà els seus particulars episodis, algun d'ells s'estudiarà després.

- Bellestar (CD), febrer

a/



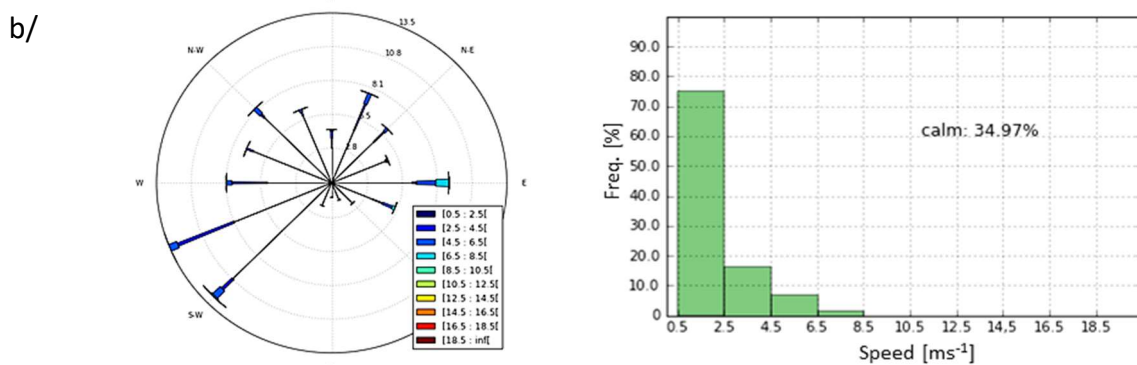


Figura 6.3. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: a/ febrer 2006-2015, ambdós inclosos b/ febrer 2017.

Vent predominant de SW en el període llarg (2006-2015), encara que en el període febrer de 2017 presenta una freqüència superior de WSW atribuïble a determinats episodis propis d'un mes en particular (Figura 6.3).

- Bellestar (CD), març

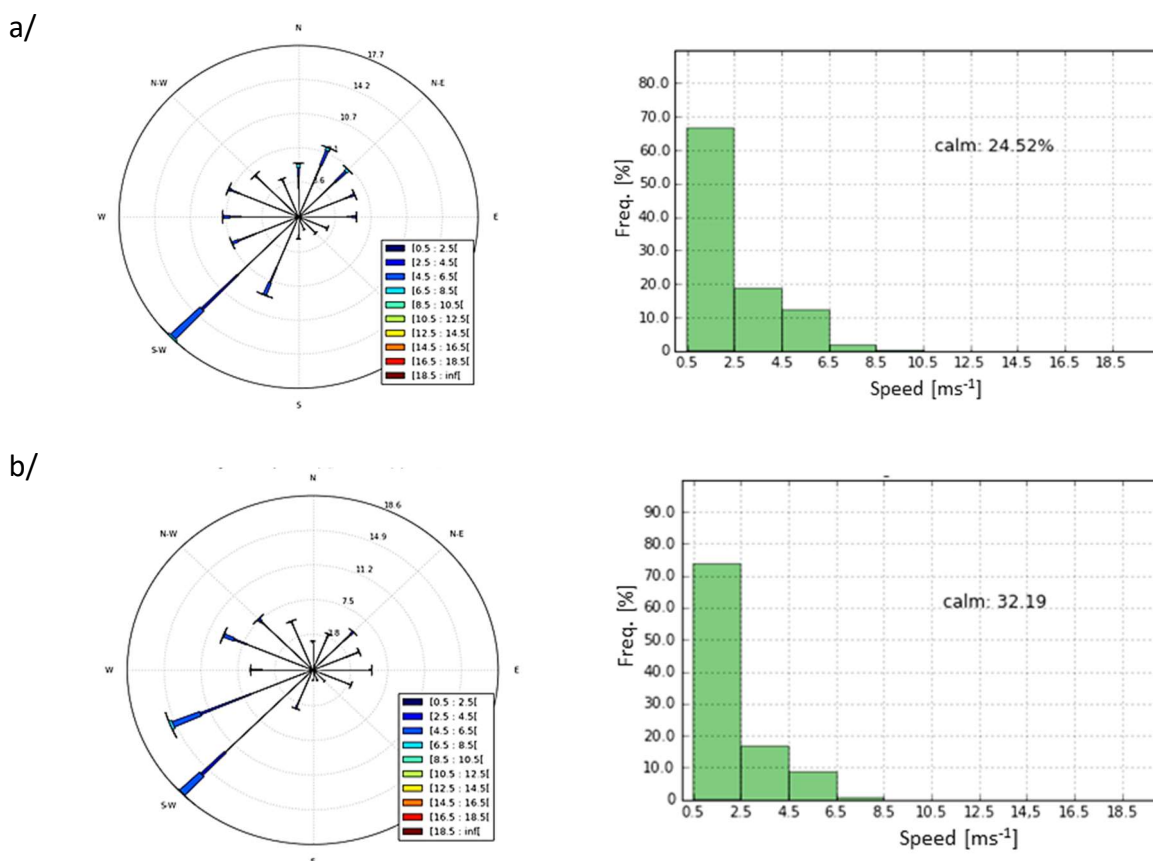
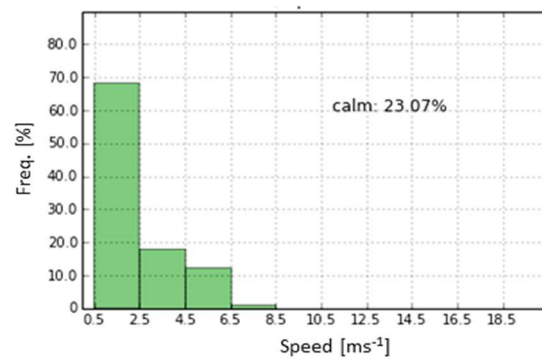
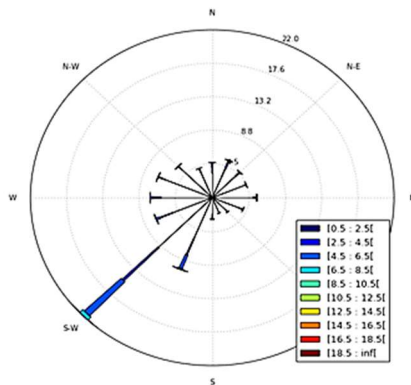


Figura 6.4. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: a/ març 2006-2015, ambdós inclosos b/ març 2017.

Igual que els casos anteriors en el període llarg la component predominant és de SW i, en aquest cas també el març de 2017 (Figura 6.4).

- Bellestar (CD), abril

a/



b/

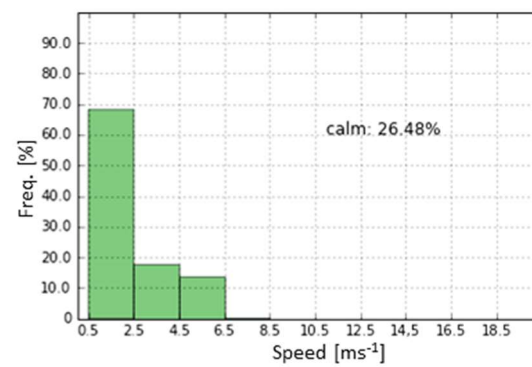
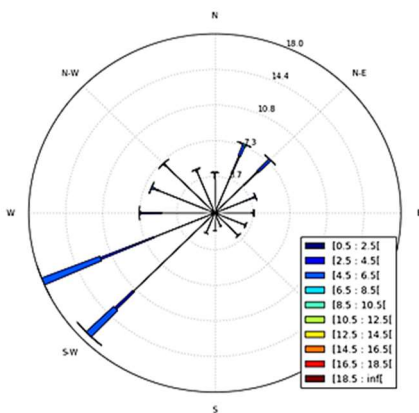
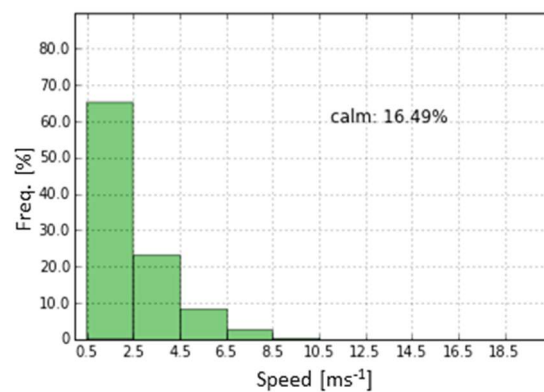
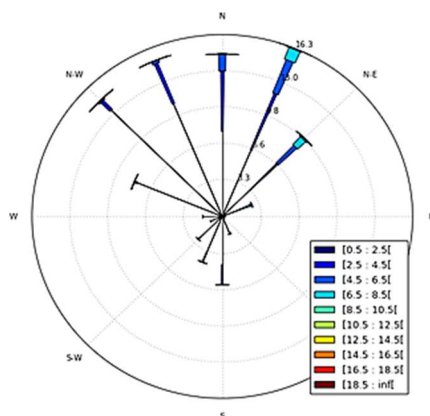


Figura 6.5. Rosa dels vents i histograma, AWS CD: a/ abril 2006-2015 ambdós inclosos, b/ abril 2017.

Vent predominant procedent de SW encara que l'abril de 2017 presentà una freqüència superior a la direcció WSW (Figura 6.5). Cal remarcar la similitud amb el mes de febrer del mateix any.

- Organyà (CJ), desembre

a/



b/

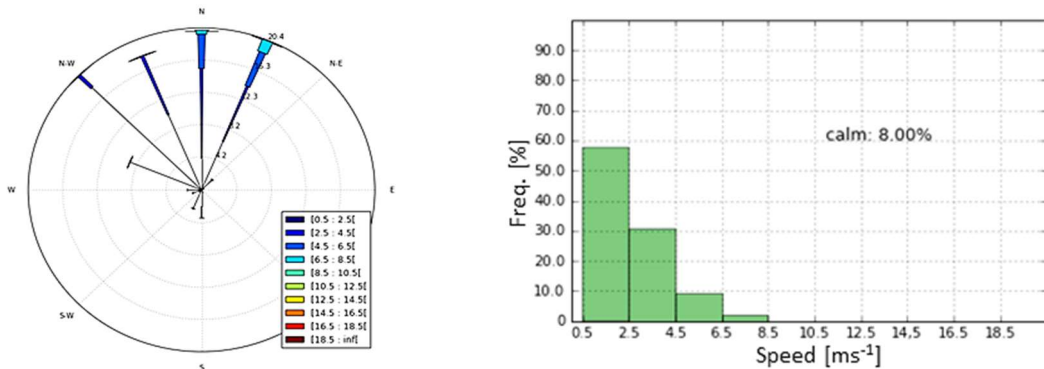
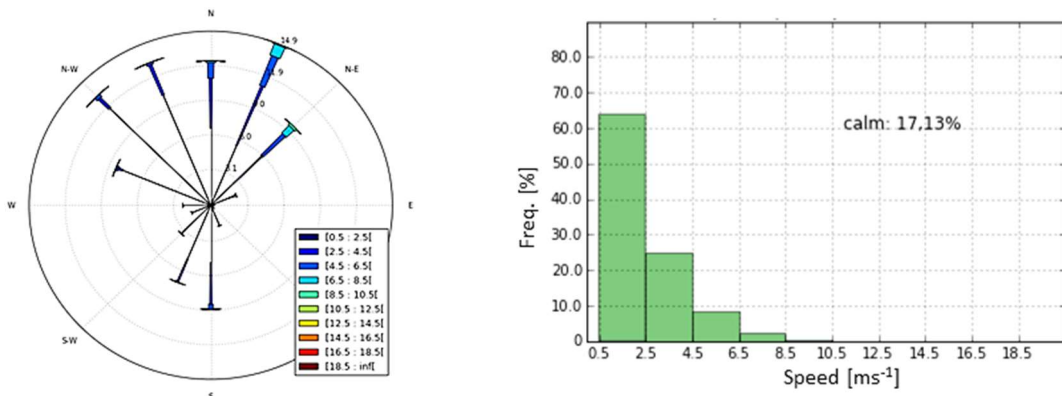


Figura 6.6. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: a/ desembre 2006-2015, ambdós inclosos b/ desembre 2016.

Distribució similar de direccions amb component de major freqüència a la direcció NNE (Figura 6.6). Si mirem la seva situació a la Figura 3.2, correspon al vent down-valley tal com també s’ha pogut comprovar amb la sèrie de mapes semihoraris construïts per a tota la campanya.

- Organyà (CJ), gener

a/



b/

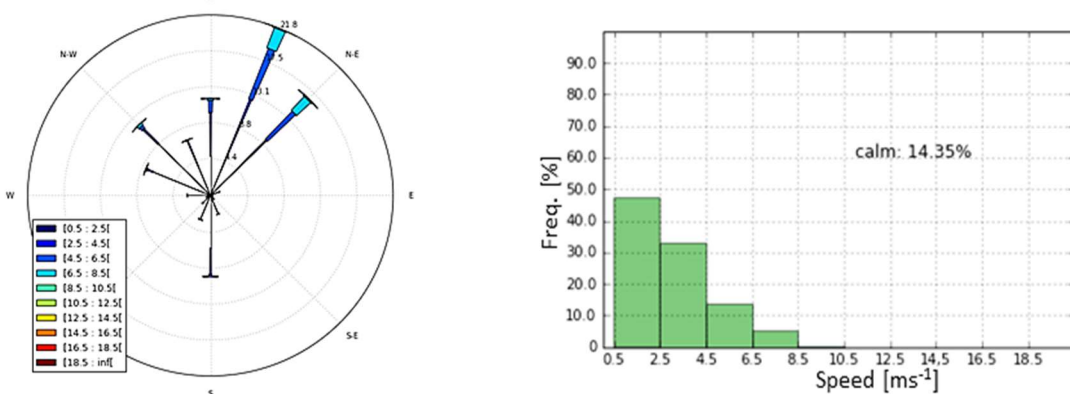
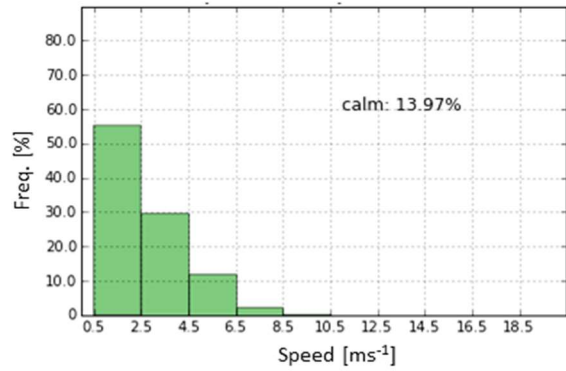
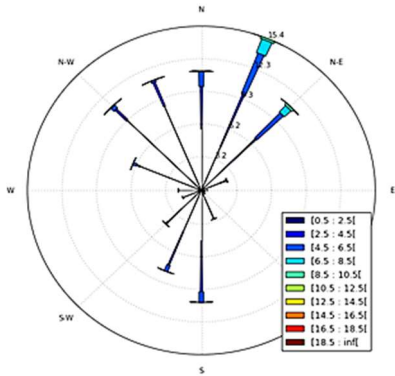


Figura 6.7. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: a/ gener 2006-2015, ambdós inclosos b/ gener 2017.

Distribució similar de direccions amb direcció predominant de NNE (Figura 6.7).

- Organyà (CJ), febrer

a/



b/

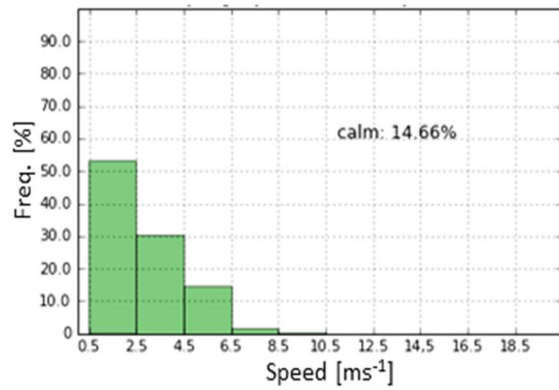
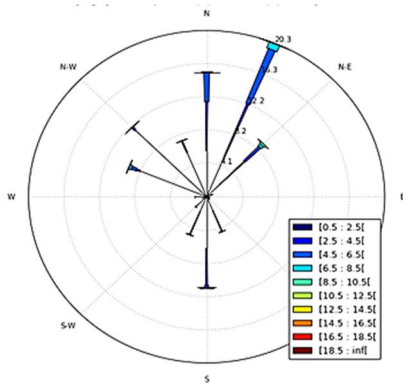
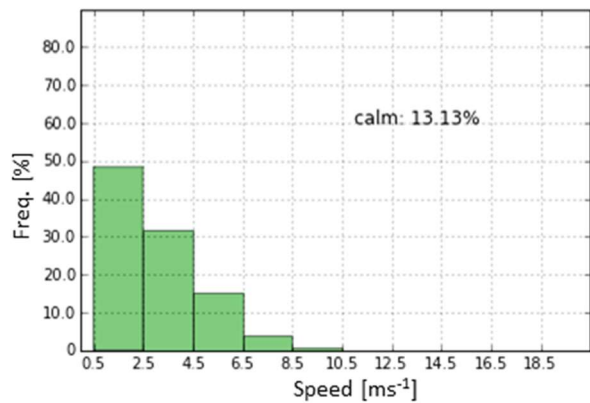
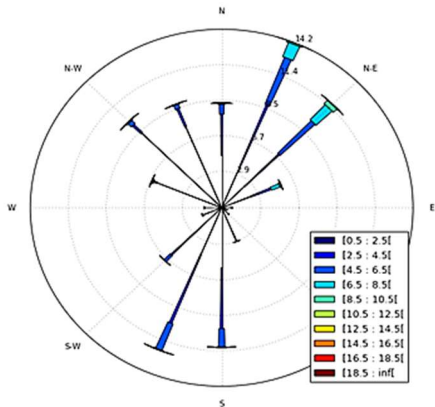


Figura 6.8. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: a/ febrer 2006-2015, ambdós inclosos b/ febrer 2017.

El vent de major freqüència és de NNE, els dos casos tenen distribucions similars (Figura 6.8).

- Organyà (CJ), març

a/



b/

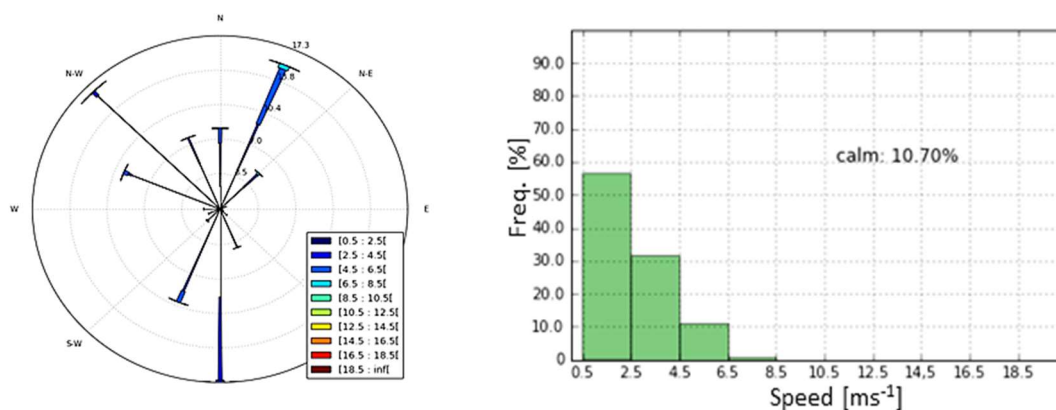
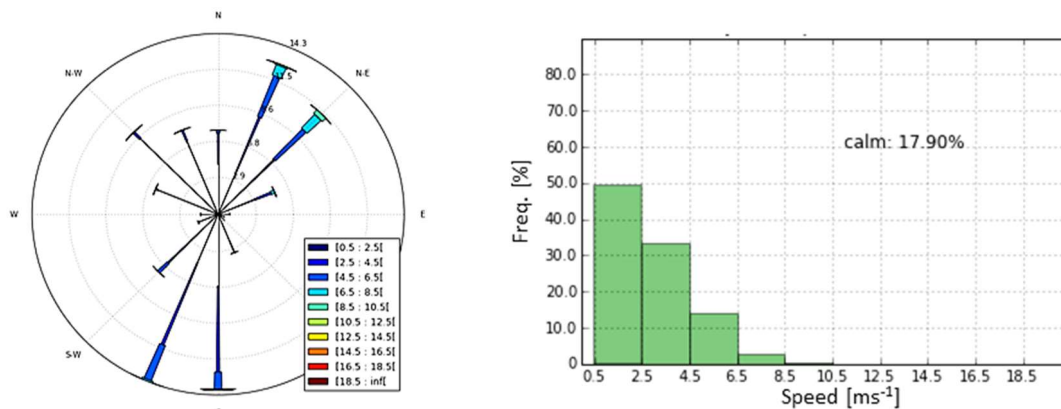


Figura 6.9. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: a/ març 2006-2015, ambdós inclosos b/ març 2017

Distribució de direccions similars, però la de març de 2017 és direcció S la de major freqüència. En els dos casos és notable la direcció NNE (Figura 6.9).

- Organyà (CJ), abril

a/



b/

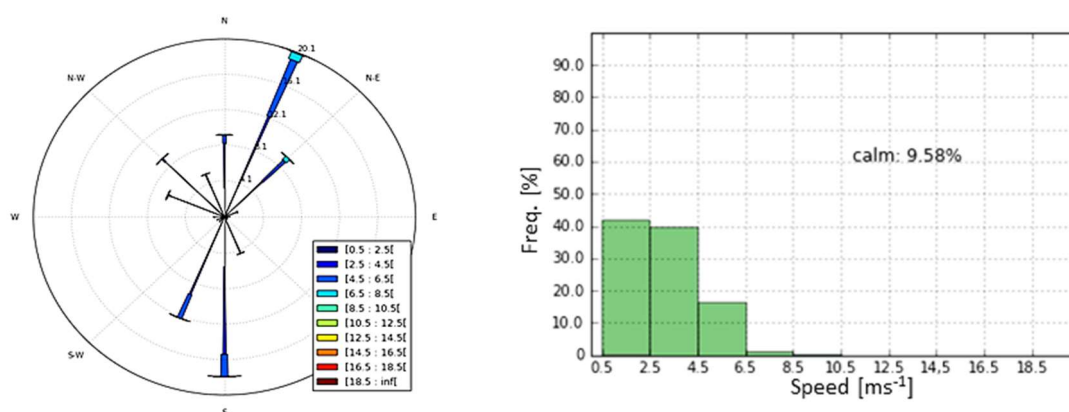
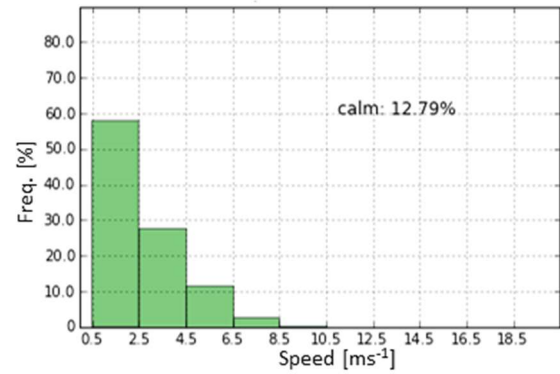
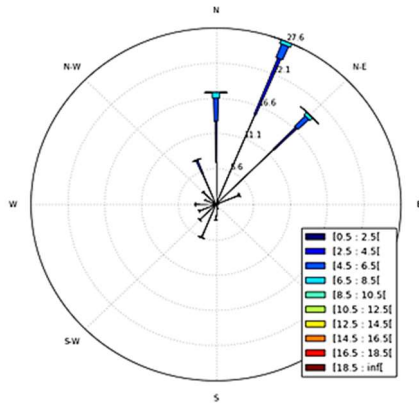


Figura 6.10. Rosa dels vents i histograma, AWS CJ: a/ abril 2006-2015, ambdós inclosos b/ abril 2017.

Distribució de direccions similars, però la de l'abril durant el període 2016-2017 és direcció SSW la de major freqüència. En els dos casos és notable la direcció NNE i S (Figura 6.10).

- Núria (DG), desembre

a/



b/

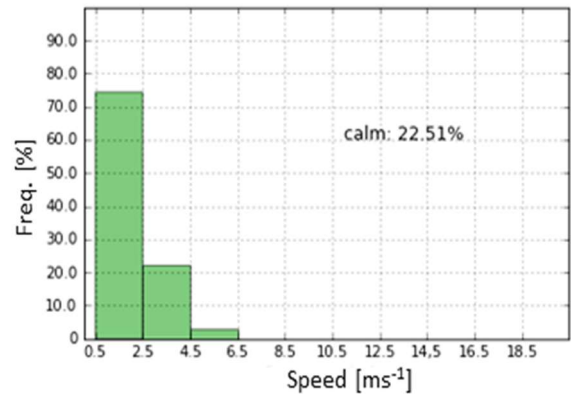
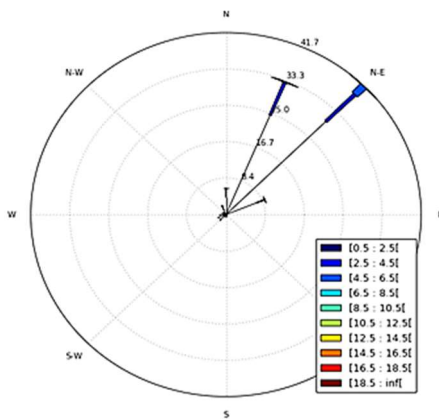
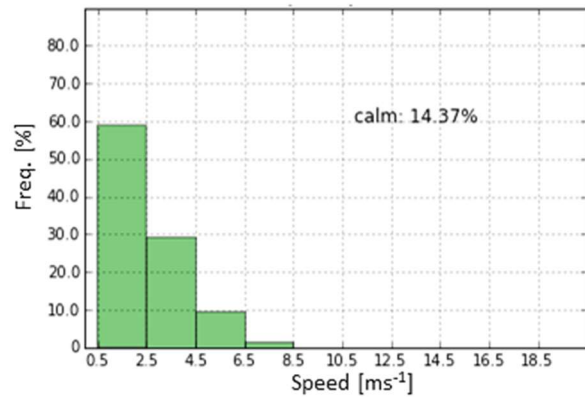
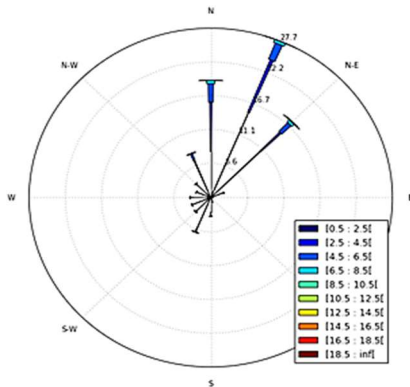


Figura 6.11. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: a/ desembre 2006-2015, ambdós inclosos b/ desembre 2016.

Distribució de direccions similars (Figura 6.11), les de major freqüència en el primer quadrant. Si mirem la seva situació a la Figura 3.2, corresponen sobretot a vents down-valley.

- Núria (DG), gener

a/



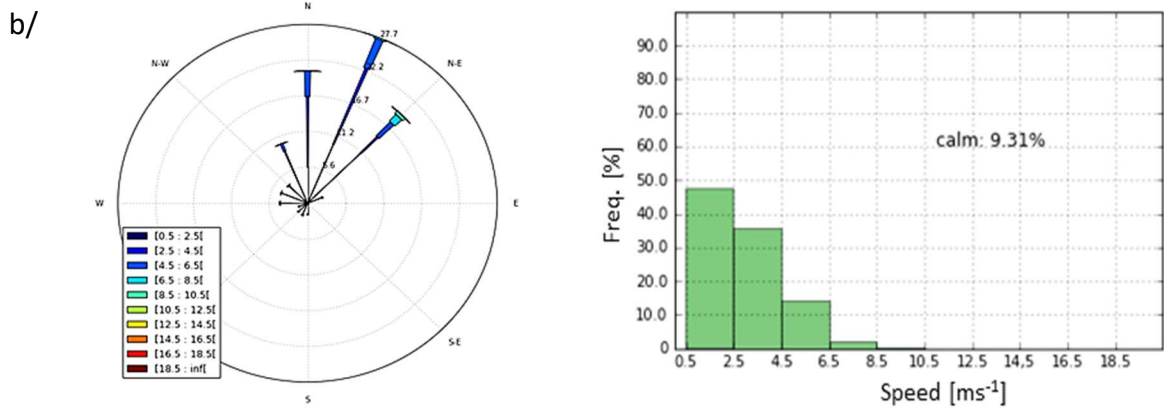


Figura 6.12. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: a/ gener 2006-2015, ambdós inclosos b/ gener 2017.

Distribució similar de direccions, vent predominant de NNE (Figura 6.12).

- Núria (DG), febrer

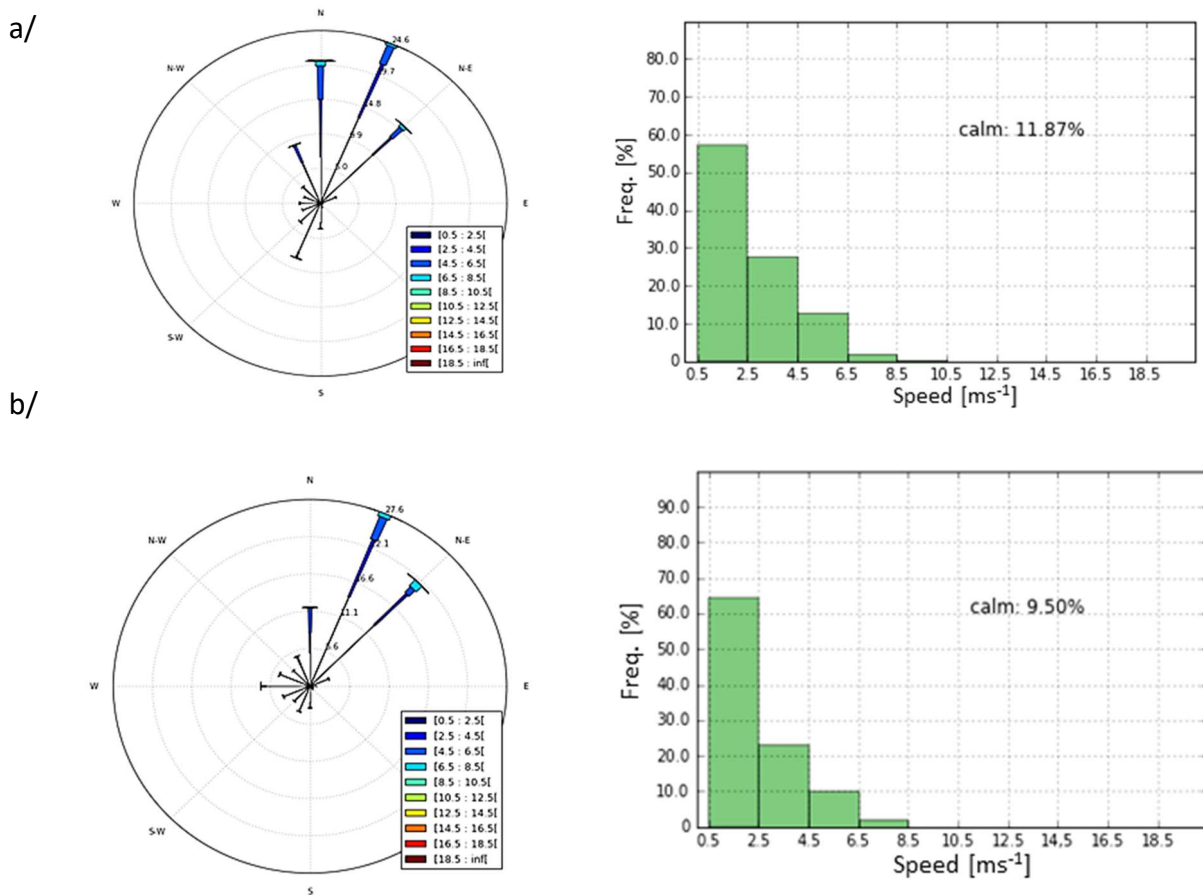
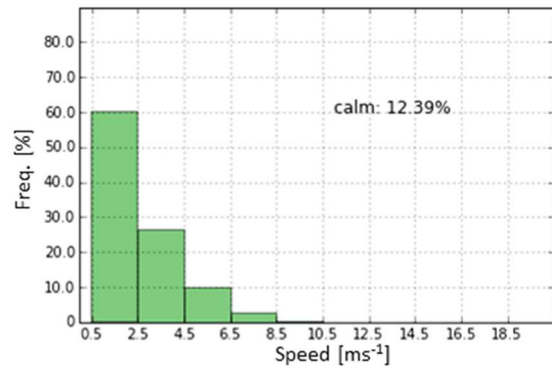
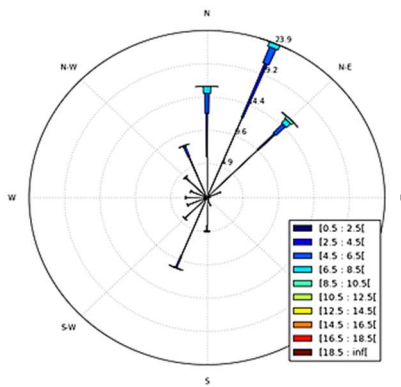


Figura 6.13. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: a/ febrer 2006-2015, ambdós inclosos b/ febrer 2017.

Distribució de direccions similar i vent predominant de NNE (Figura 6.13).

- Núria (DG), març

a/



b/

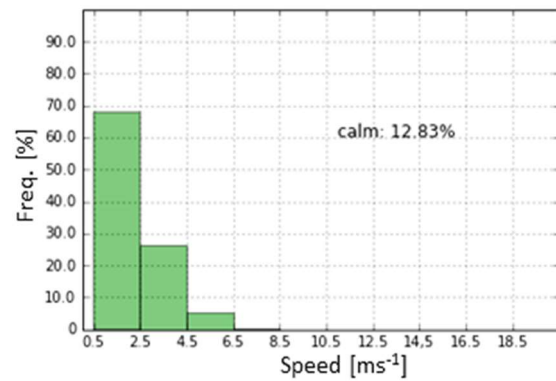
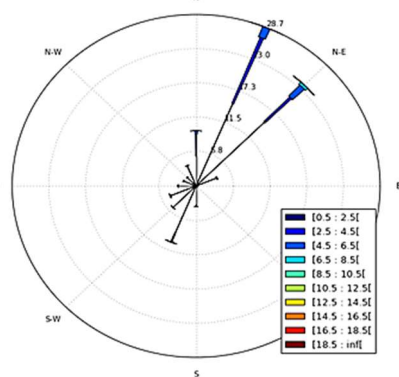
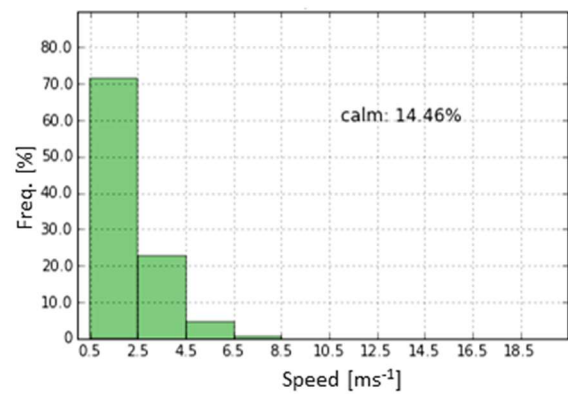
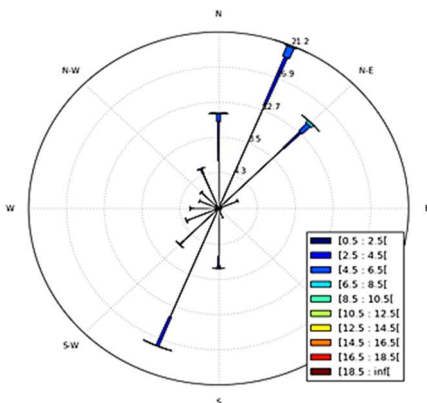


Figura 6.14. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: a/ març 2006-2015, ambdós inclosos b/ març 2017.

Roses dels vents molt similars a la del mes anterior. Direcció predominant NNE (Figura 6.14).

- Núria (DG), abril

a/



b/

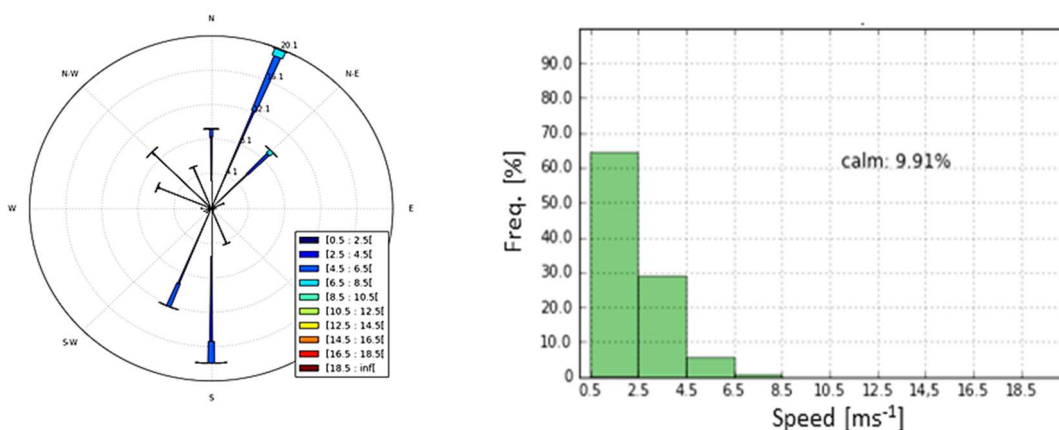
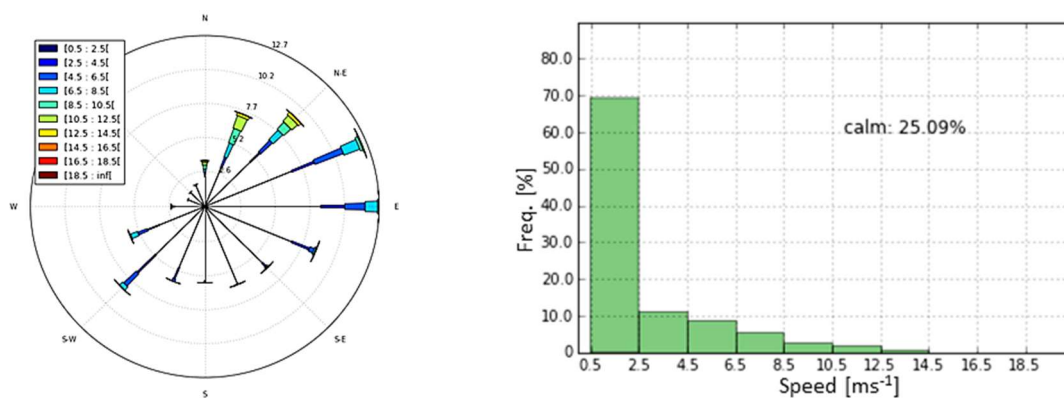


Figura 6.15. Rosa dels vents i histograma, AWS DG: a/ abrils 2006-2015, ambdós inclosos b/ abril 2017.

Direcció predominant de NNE (Figura 6.15). L'abril de 2017 presenta una component notable a la direcció S.

- Das (DP), desembre

a/



b/

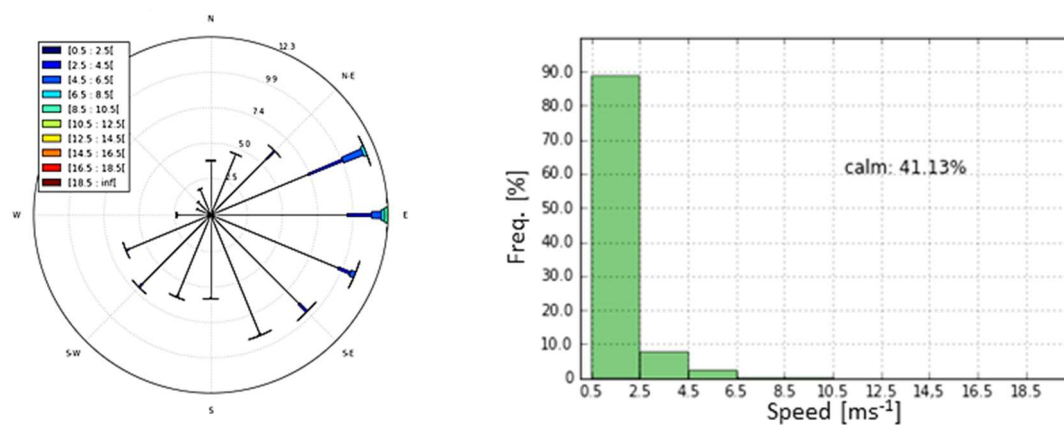


Figura 6.16. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: a/ desembre 2006-2015, ambdós inclosos b/ desembre 2016.

Distribució de direccions similar, però amb més calmes i vent més feble el desembre de 2016 (Figura 6.16). Component predominant de E, si mirem la Figura 3.2, veurem que per la seva situació correspon a vent down-valley i, que igual que els altres casos, es pot comprovar en analitzar la sèrie de mapes semihoraris.

- Das (DP), gener

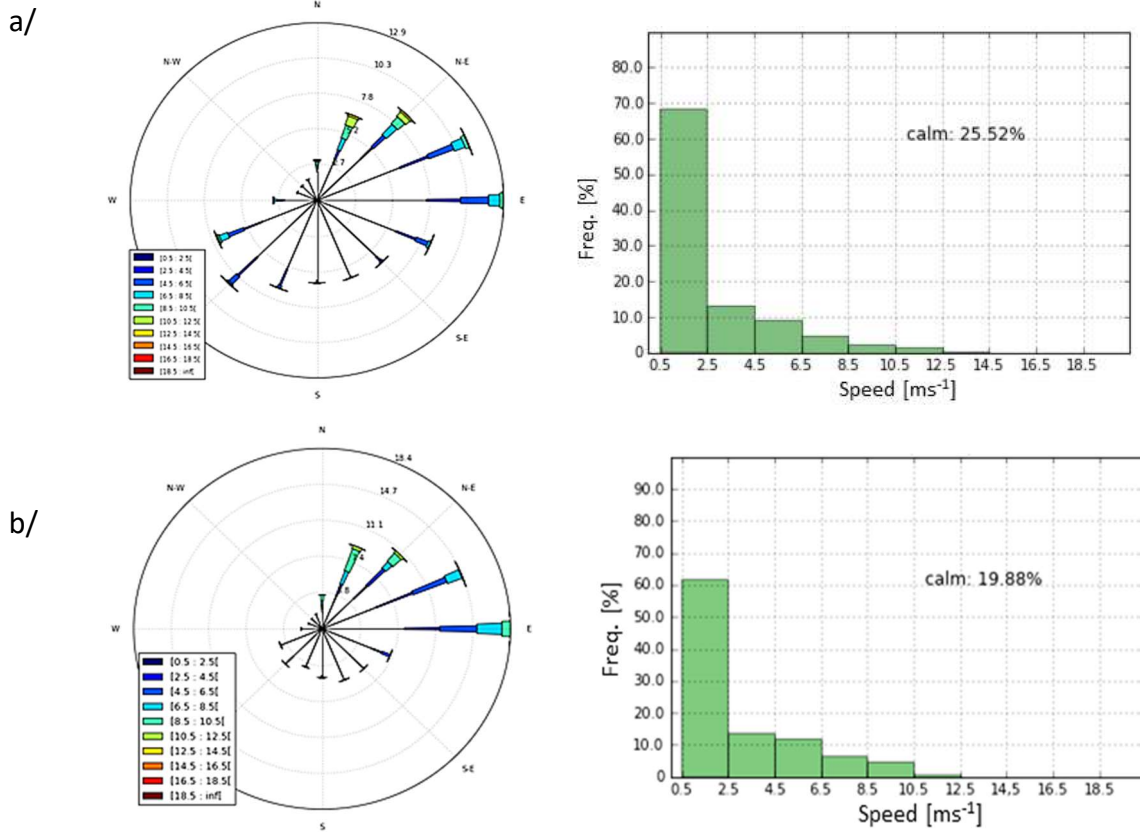
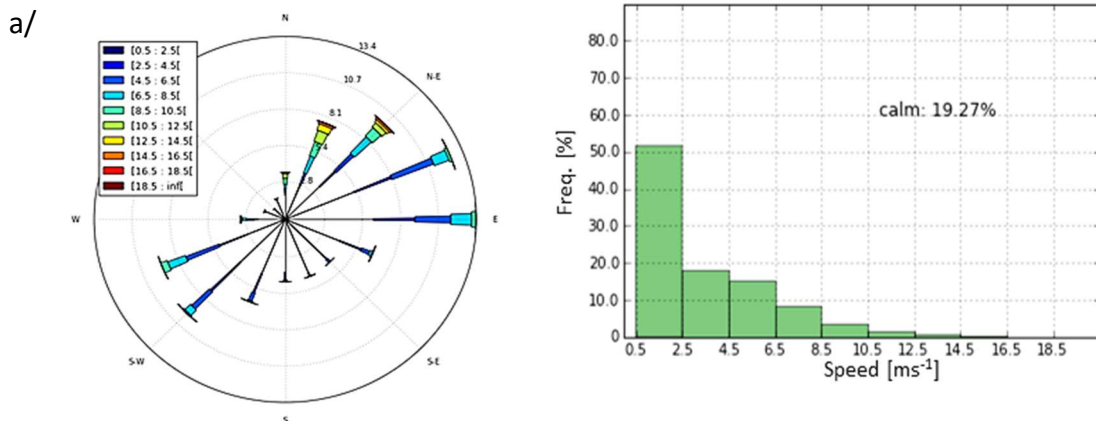


Figura 6.17. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: a/ gener 2006-2015, ambdós inclosos b/ gener 2017.

Igual que el mes de desembre direcció predominant de E (Figura 6.17).

- Das (DP), febrer



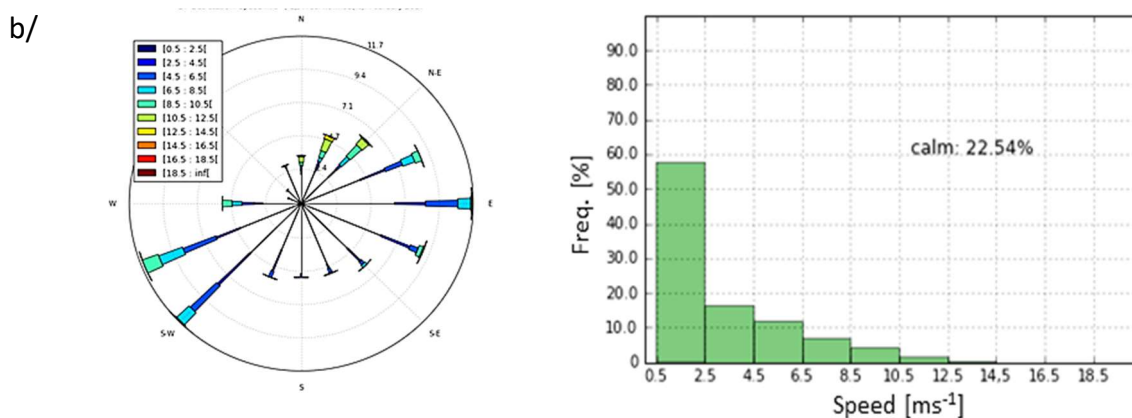


Figura 6.18. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: a/ febrer 2006-2015, ambdós inclosos b/ febrer 2017.

Direcció predominant comuna E, el febrer de 2017 també ho són les de SW i WSW (Figura 6.18).

- Das (DP), març

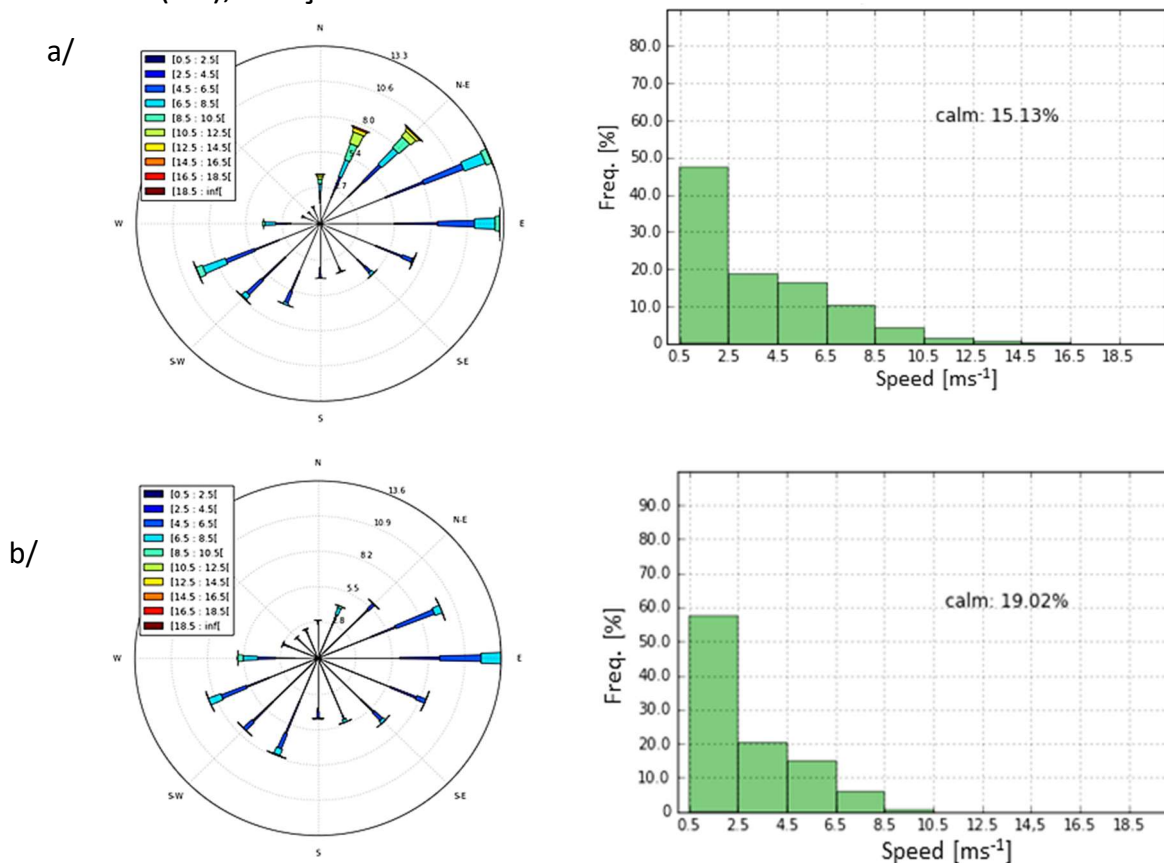


Figura 6.19. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: a/ març 2006-2015, ambdós inclosos b/ març 2017.

Distribució de velocitats similar, direcció dominant comuna de E, el període 2006-2015 a més a més té una component de màxima freqüència a la direcció ENE (Figura 6.19).

- Das (DP), abril

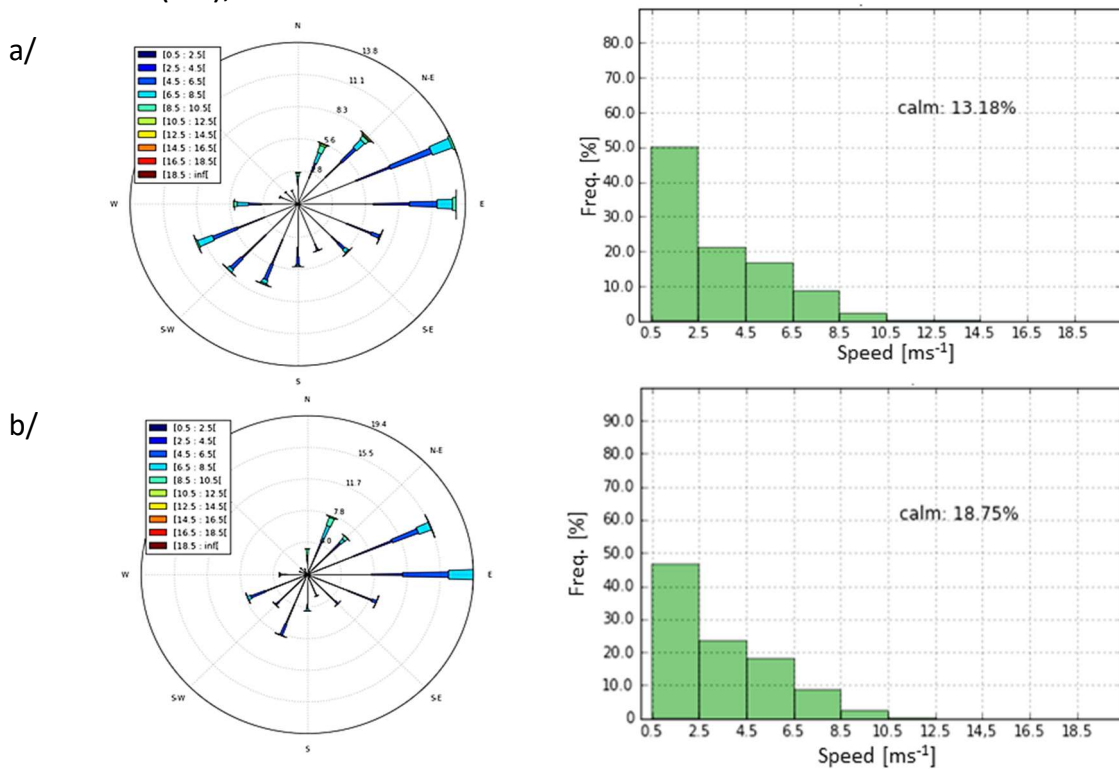


Figura 6.20. Rosa dels vents i histograma, AWS DP: a/ abril 2006-2015, ambdós inclosos b/ abril 2017.

En conjunt durant els abrils del període 2006-2015 la component de màxima freqüència és de ENE, la de l'abril de 2017 ho és de E seguida de la de ENE en freqüència (Figura 6.20).

En resum, les direccions predominants comunes s'expliquen dintre del règim de vents característics de la vall tenint present la ubicació de l'estació i el mes que estudiem, cal remarcar que com que no es consideren vents d'intensitat inferior a 0.5 ms^{-1} , perdem una mica d'informació atès que hi ha vents propis de la vall que poden ser dèbils, per exemple a causa del fregament o de circulacions sinòptiques oposades o bé que siguin vents de transició. Els episodis amb precipitació o simplement de vent més o menys intens es donen aleatòriament i, en general, per la diferent procedència dels fronts fent que les roses dels vents siguin similars però no exactes.

Una altra cosa a observar és, en particular, la similitud en el tant per cent de calmes a la majoria de les parelles de roses dels vents analitzades, atribuïble, en part, a la ubicació de les estacions (vegeu Figura 3.2, Cap. IV i els Annexos A.6, A.7, A.8, A.9 i A.10).

6.2. Vent dia-nit. Campanya Cerdanya 2017

En aquest apartat s'especifica l'estudi d'algunes roses dels vents amb dades durant el dia i durant la nit (vegeu Annex A.11), per determinades estacions de la campanya. La separació del dia-nit s'ha fet segons les taules de l'Annex A.4.

En separar dia de la nit es veu la diferència més gran entre mesos i diferències per localització. A mesura que anem d'hivern a primavera el Sol va canviant el seu recorregut per sobre l'horitzó, va canviant la quantitat de neu a les muntanyes sent, deixant a part els episodis, factors bàsics que permeten explicar-ho.

• Estació CD

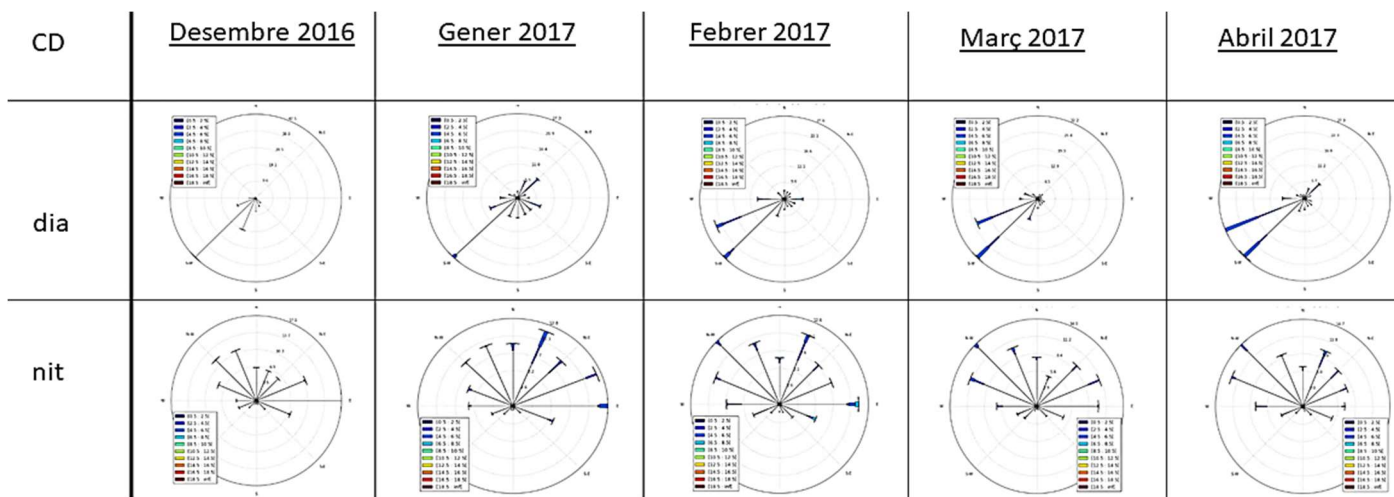


Figura 6.21. Roses dels vents dia-nit estació CD (campanya).

Estació CD (Bellestar), per la seva localització (Figura 3.2), durant el dia hi ha vent anabàtic, ja que la direcció d'on procedeix és SW durant la nit s'inverteix quedant en evidència el recorregut de la transició (Figura 6.21).

• Estació DP

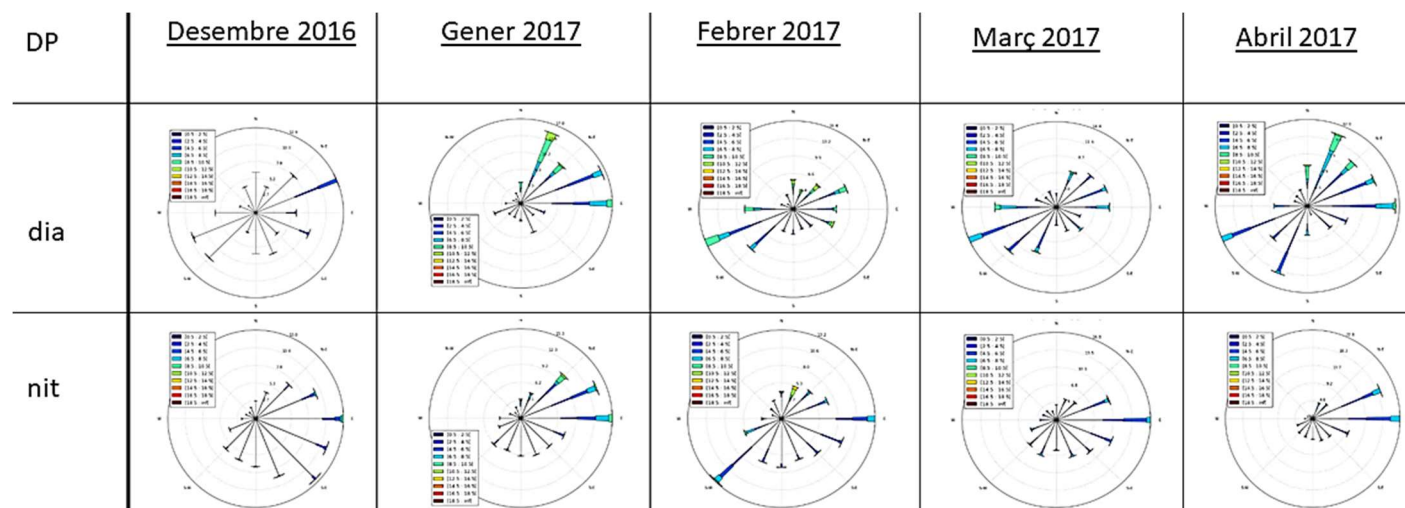


Figura 6.22. Roses dels vents dia-nit estació DP (campanya).

L'estació DP (Das), té una situació peculiar (Figura 3.2) i no tan sols està influenciada pels corrents de la vall sinó pels corrents que provenen d'altres indrets a on la vall s'eixampla (Figura 6.22). L'estació S02 té la majoria de les direccions comunes amb DP, en canvi, S06 hi té una influència inferior, però per la seva situació el vent de dia-nit es veu més clarament (Figura 6.23).

• Estació S02

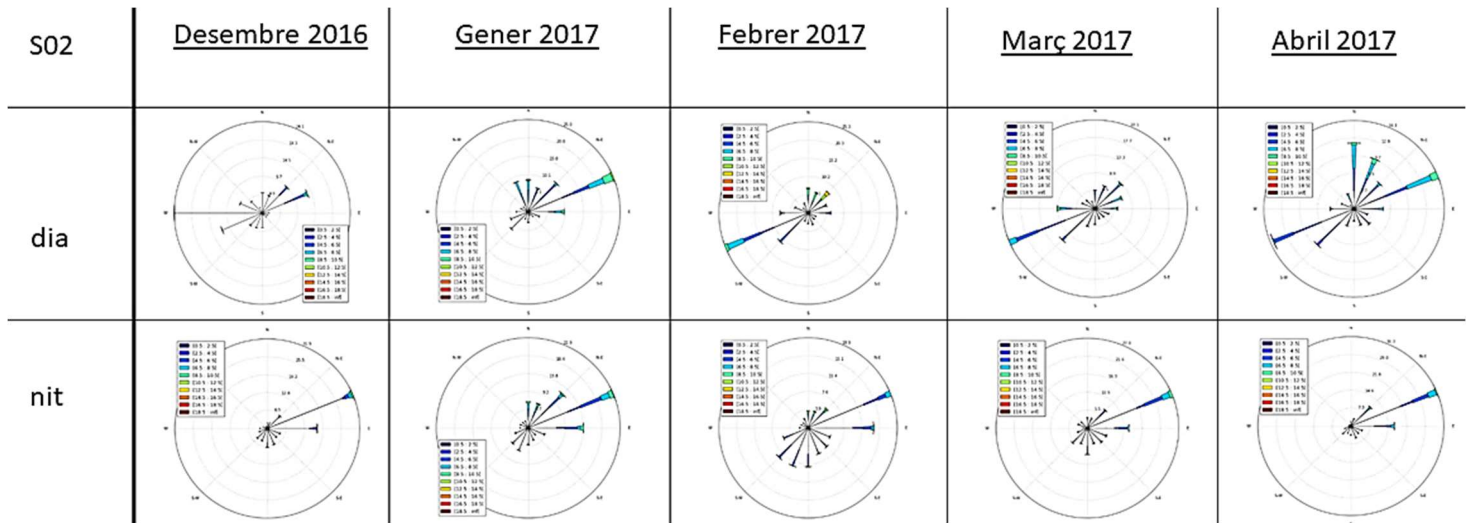


Figura 6.23. Roses dels vents dia-nit estació S02 (campanya).

• Estació S06

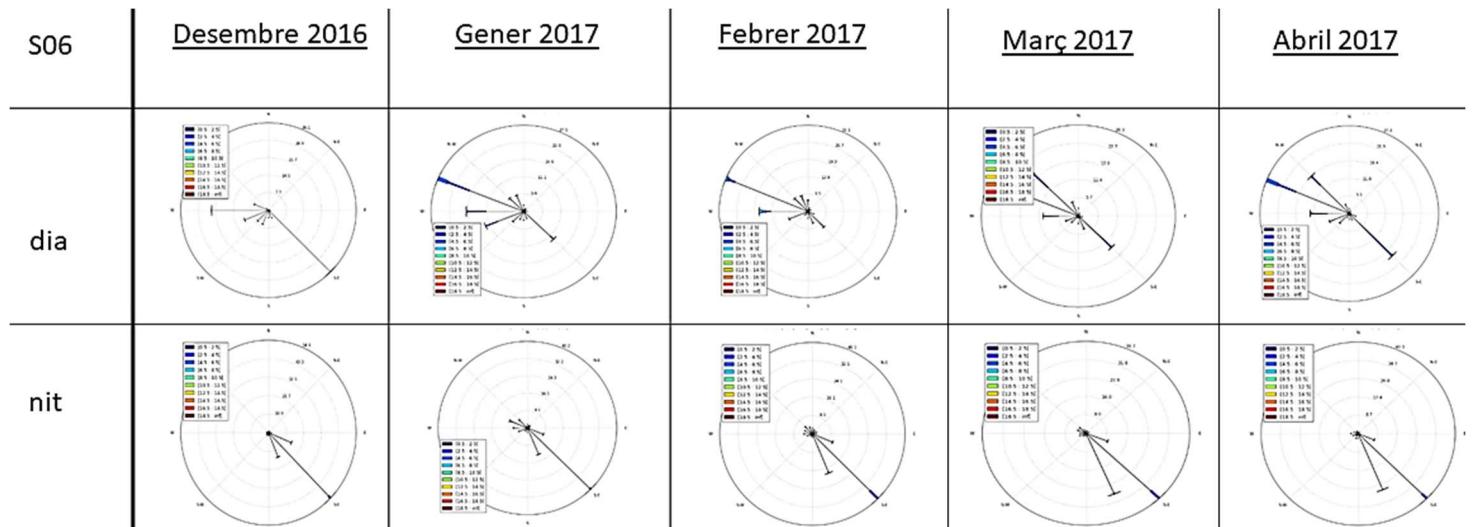


Figura 6.24. Roses dels vents dia-nit estació S06 (campanya).

El fet que a S06 durant el mes de desembre, tant de dia com de nit, el vent sigui majoritàriament procedent del SE (Figura 6.24) és, probablement, atribuïble a la neu de la Molina, on l'aire més fred i, per tant, més dens que el del fons de la vall i descendeix vessant avall.

Cal tenir present que les roses dels vents ens indiquen el vent d'on ve, però en descompondre amb les seves components u (zonal) i v (meridional) cal sumar a la direcció indicada 180°. Per exemple, si tenim vent procedent del NE va cap el SW i, per tant, té components u a la direcció W i v a la direcció S.

6.3. Precipitació

En aquest apartat s’hi estudia de manera general la dependència de la precipitació amb l’altitud durant el període 2006-2016 ambdós inclosos prenen les estacions a on hi ha la completesa de dades.

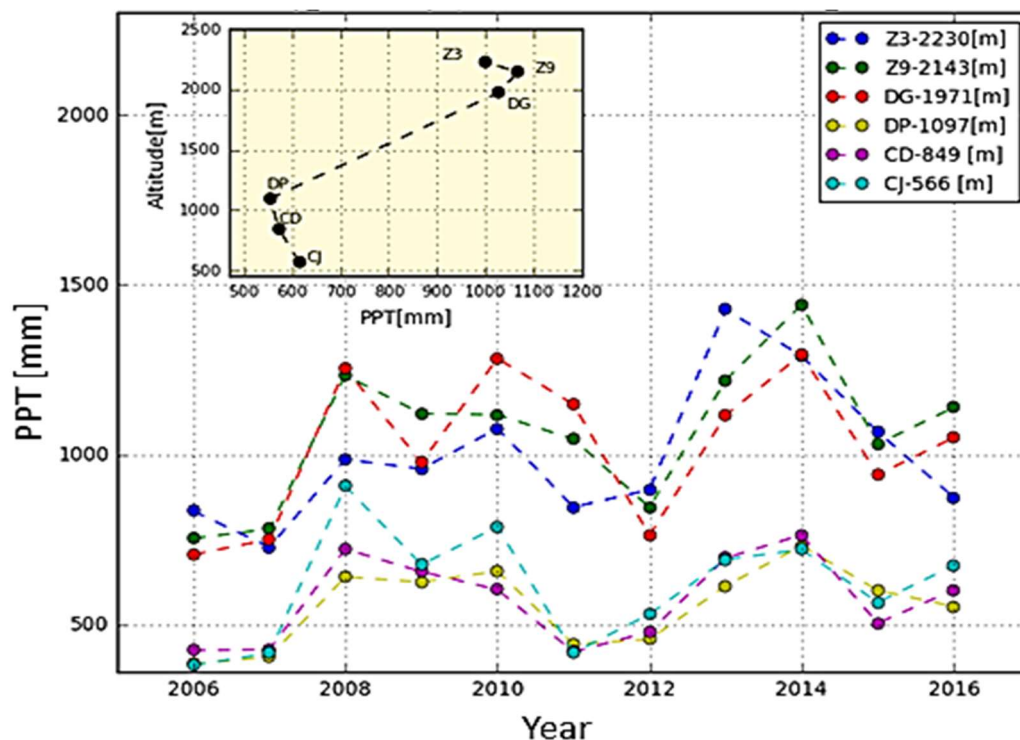


Figura 6.25. Valors mitjans de precipitació versus altitud i variabilitat anual en el període 2006-2016. La llegenda especifica l’altitud de les diferents estacions.

A la Figura 6.25 s’hi observa una disminució de PPT a DP respecte de CD i CJ que es troben a menor altitud, igual que Z3 respecte de Z9 i DG.

A l’Informe I.2 s’hi veu la no completesa, per a totes les estacions dintre del període de referència, de totes maneres, s’ha calculat el valor mitjà per a cada estació respecte del seu període i s’ha representat gràficament respecte a l’altitud (Figura 6.26).

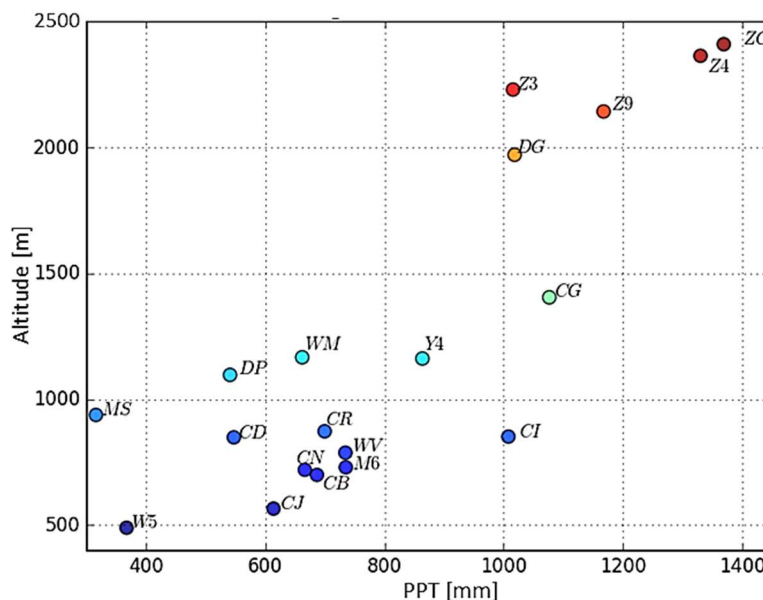


Figura 6.26. Valors mitjans anuals de precipitació respecte de l’altitud.

No totes les estacions estan dintre de la zona d'estudi però sí en el seu entorn. La localització influeix tant en les dades de vent com en les de PPT. Per efectuar una anàlisi més profunda cal analitzar què passa amb els valors mitjans mensuals cosa que permetrà tenir una idea de què passa segons l'estació de l'any.

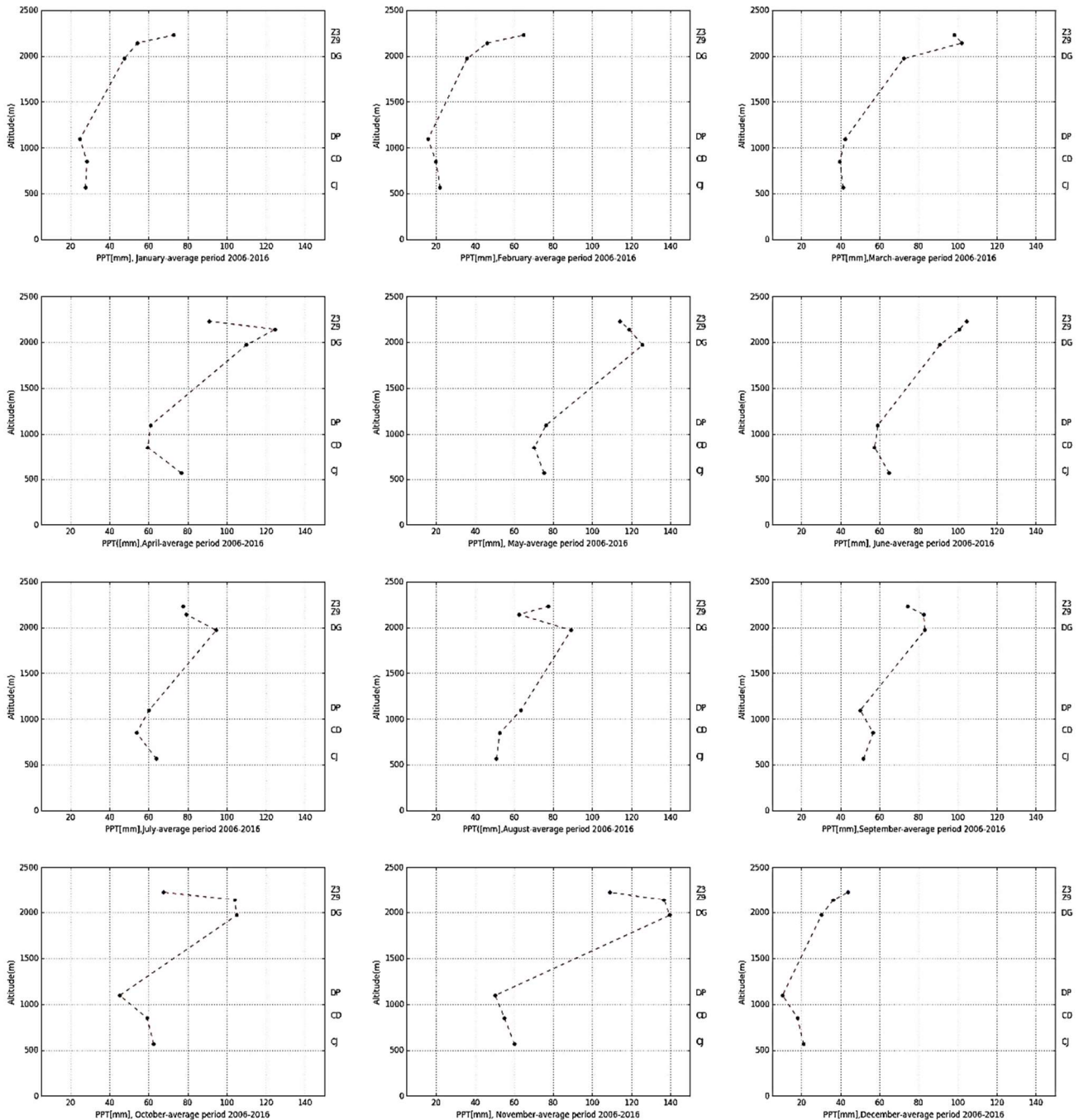


Figura 6.27. Valors mitjans de precipitació mensuals del període 2006-2016.

S'observa que durant els mesos de gener, febrer, octubre, novembre i desembre, de mitjana i d'una manera evident a DP hi precipita menys (Figura 6.27).

Si es compara amb els valors mesurats durant la campanya (Figura 6.28), els resultats han sigut: pel mes de febrer de 2017, les estacions CJ i DP tenen valors de PPT similars, (54.0 mm i 54.7 mm respectivament), encara que en cap dels casos l'estació DP presenta valors inferiors respecte de CJ i CD, per això caldrà veure què succeeix en estudiar els episodis i a les estacions més properes a DP.

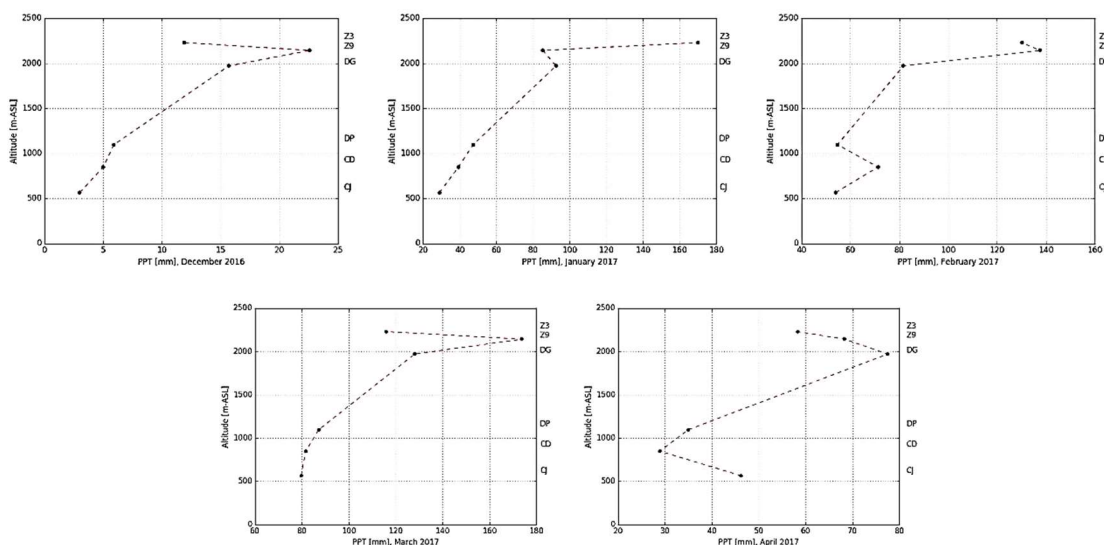


Figura 6.28. Precipitació mesurada el mes de desembre del 2016 i mesos de gener, febrer, març i abril de 2017.

A la Figura 6.29 hi queda reflectit el nombre de dies de PPT segons cada mes de l'any quedant clar que el mes de desembre, en general, és el que menys dies hi precipita. A Das (DP), durant els mesos de gener, febrer i abril hi precipita durant menys dies.

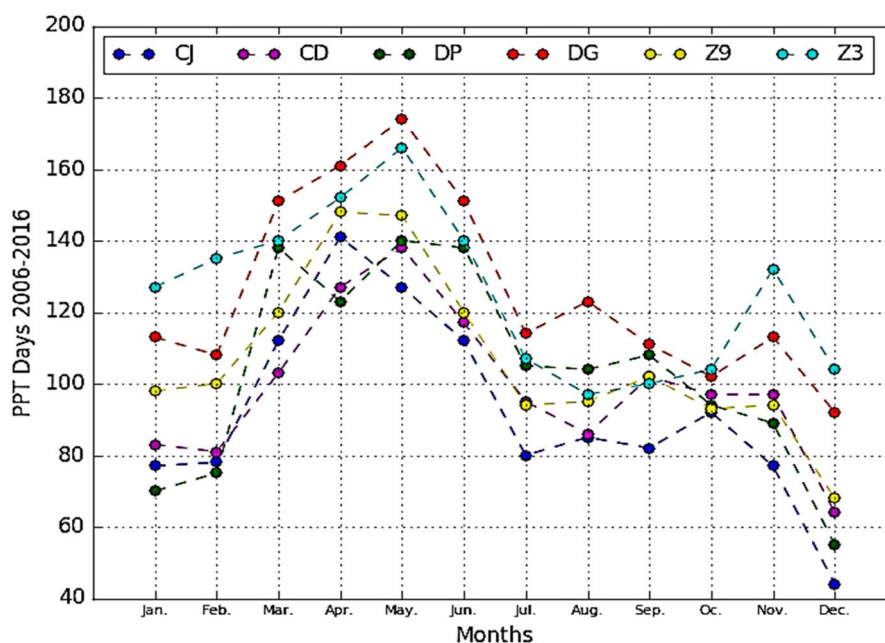


Figura 6.29. Dies de precipitació comptabilitzats mensualment durant el període 2006-2016 ambdós inclosos.

A manera de resum, la variabilitat anual respecte de l'altitud es pot representar de la següent manera (Figura 6.30).

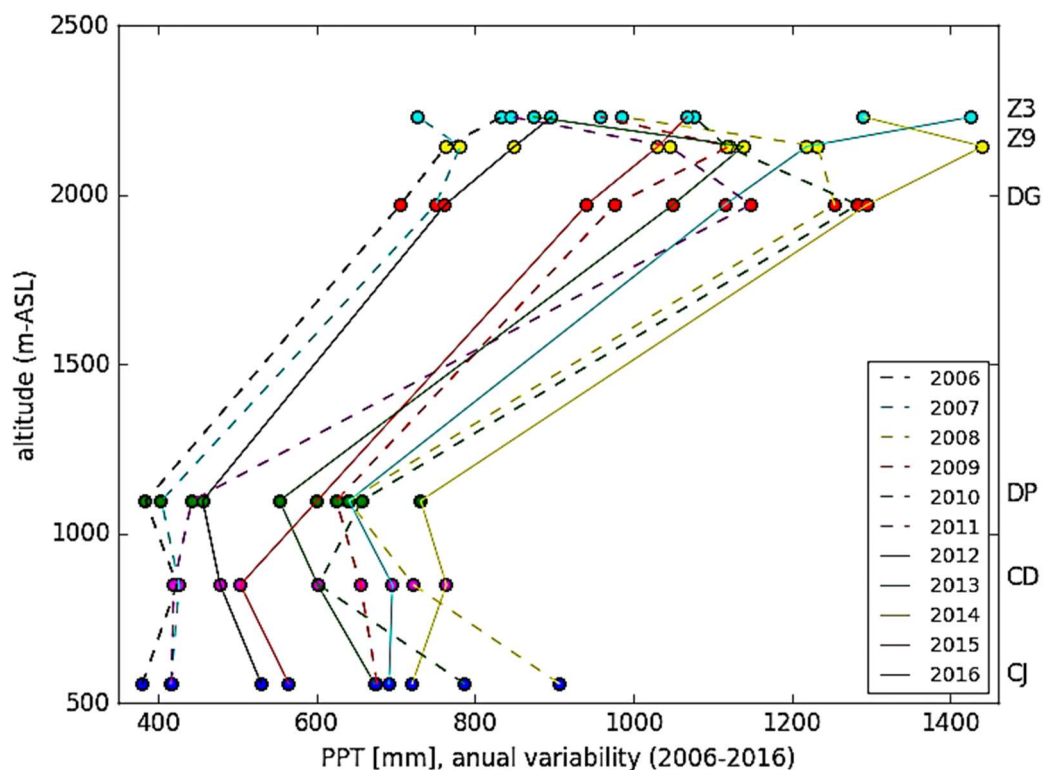


Figura 6.30. Variació de la precipitació anual respecte l'altitud.

S'observa que en estacions situades a menys altitud, en mitjana, hi precipita menys. Especialment a DP que, la majoria dels anys, és l'estació en què comptabilitza menys precipitació.

6.4. Conclusions del capítol

En acabar aquest capítol es pot dir que la Vall del Segre (la Cerdanya), en situació anticiclònica presenta un règim característic de vents comú a totes les valls, però no hi ha cap vall igual i, per tant, s'han de desgranar les seves peculiaritats, tant de vent com de precipitació, en estudiar episodis individuals.

Capítol 7. Anàlisi estadística aplicada a les dades de la campanya

7. Anàlisi estadística aplicada a les dades de la campanya Cerdanya-2017

Per obtenir una informació més àmplia, en aquest capítol es farà una anàlisi dels estadístics explicitats en el capítol IV aplicats a CD, DP, YA, Martinet i a totes les estacions de Météo France per a cada mes de la campanya. Cal remarcar que al mes d'abril es varen començar a desmantellar alguna de les estacions de Météo France molt abans que el mes acabés, a més a més a l'estació S07 en els mesos de gener, febrer i abril hi ha un tant per cent de les dades molt inferior al 80% (vegeu Informe I.3).

Dels diagrames de caixes (Tukey, 1977), construïts amb les dades del mòdul de la velocitat del vent (vegeu Annex A12), s'han extret els valors atípics que són els punts que queden fora de l'interval (Equació 7.1):

$$[(Q_1 - 1.5(IQR)), (Q_3 + 1.5(IQR))] \quad (7.1)$$

amb $IQR = Q_3 - Q_1$, (IQR, Interquartile Range)

Fins ara s'han considerat solament velocitats superiors o iguals a 0.5 ms^{-1} i els valors atípics es troben per sobre de $(Q_3 + 1.5(IQR))$. Això ha permès aïllar fàcilment els episodis de PPT o de vent molt fort (en conformitat amb els butlletins del SMC), i en quina direcció bufava el vent quan aquests es produïren.

Les velocitats inferiors a 0.5 ms^{-1} s'han considerat com a calmes, per aquest motiu tan sols es tindrà una idea del comportament dels estadístics que s'exposaran a l'apartat 7.1, però a tots els apartats que li seguiran es prendran totes les dades i se'n donarà la justificació.

7.1 Estadística general de la direcció i velocitat del vent

- 7.1.1. Estació CD

Taula 7.1. Estadístics desembre 2016, estació CD.

DECEMBER 2016

WS [ms^{-1}]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	9.49	0.50	0.50	0.70	1.00	1.70	0.80	0.50	0.75	2.86	0.28	0.08
NE	7.80	0.40	0.60	0.80	1.00	2.10	0.82	0.50	1.66	7.91	0.28	0.08
E	16.91	0.48	0.50	0.70	0.98	4.80	0.81	0.50	4.94	37.64	0.48	0.23
SE	5.72	0.42	0.60	0.70	1.02	3.50	1.03	0.50	2.05	6.19	0.79	0.62
S	9.36	0.22	0.68	0.80	0.90	1.30	0.77	0.50	0.61	3.18	0.20	0.04
SW	30.82	0.30	0.70	0.80	1.00	1.80	0.85	0.50	0.89	3.94	0.25	0.06
W	6.89	0.40	0.60	0.70	1.00	2.20	0.89	0.50	1.39	4.02	0.44	0.19
NW	13.00	0.30	0.50	0.70	0.80	1.50	0.72	0.50	1.23	5.03	0.24	0.06

La curtosi és superior a zero per a totes les direccions el que indica que la distribució és més aguda que una distribució normal. El biaix és positiu per a totes les direccions el que vol dir que les distribucions són asimètriques cap a l'esquerra, és a dir els elements

amb freqüència superior es troben a l'esquerra del valor mitjà, indicant que la distribució té asimetria positiva. El biaix és zero per una distribució normal (Taula 7.1).

Taula 7.2. Estadístics gener 2017, estació CD.

JANUARY 2017												
WS[ms ⁻¹]												
Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	15.18	1.20	0.70	1.00	1.90	6.60	1.66	0.50	1.65	4.52	1.54	2.38
NE	19.41	3.05	0.80	1.60	3.85	8.40	2.38	0.50	0.71	2.40	1.76	3.10
E	18.33	1.00	0.60	1.00	1.60	6.30	1.48	0.50	1.96	6.04	1.33	1.77
SE	6.38	2.70	0.60	1.00	3.30	6.80	2.03	0.50	1.11	2.72	1.89	3.58
S	4.49	0.50	0.60	0.80	1.10	4.50	0.99	0.50	3.37	17.57	0.65	0.42
SW	12.94	0.40	0.80	1.00	1.20	5.90	1.21	0.50	3.37	14.36	0.94	0.89
W	10.96	0.80	0.70	0.95	1.50	6.20	1.41	0.50	2.27	7.34	1.27	1.62
NW	12.31	0.50	0.70	0.90	1.20	4.70	1.09	0.50	3.09	4.35	0.71	0.50

Taula 7.3. Estadístics febrer 2017, estació CD.

FEBRUARY 2017												
WS [ms ⁻¹]												
Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	5.24	1.55	3.45	4.40	5.00	7.40	4.41	1.80	0.15	2.78	1.40	1.95
NE	5.94	1.60	3.70	4.50	5.30	6.20	4.03	1.10	-0.78	2.26	1.59	2.52
E	9.79	4.37	2.35	5.30	6.72	8.50	4.55	1.20	-0.10	1.42	2.35	5.51
SE	6.64	2.65	1.25	3.00	3.90	5.40	2.84	1.10	0.19	1.75	1.42	2.03
S	3.85	1.00	1.15	1.50	2.15	4.10	1.86	1.00	1.22	3.14	0.98	0.97
SW	46.15	1.95	1.17	1.50	3.12	6.60	2.30	1.00	1.11	2.98	1.49	2.22
W	19.23	2.25	1.35	2.30	3.60	5.80	2.60	1.00	0.55	2.03	1.37	1.87
NW	3.15	4.80	1.20	5.00	6.00	6.40	3.94	1.00	-0.31	-0.14	2.19	4.80

Igual que el desembre de 2016 en el gener de 2017 (Taula 7.2) la curtosi i el biaix són positius. Cal recordar que el IQR i la desviació típica són mesures de dispersió. La desviació típica (std., standard), ho és respecte de la velocitat mitjana i el IQR és igual: $IQR = Q3 - Q1$ i, encara que siguin dues mesures de dispersió no tenen per què coincidir. La direcció més homogènia és la que té la desviació típica més petita de manera que en el mes de desembre, gener i febrer és la direcció S.

Mes caracteritzat per velocitats mínimes altes, el mes de febrer (Taula 7.3) té curtosi negativa a la direcció NW, per tant, es tracta d'una distribució més aplanada que una de normal. Hi ha tres biaixos menors que zero que corresponen a les direccions NE, E, i NW, conseqüentment en aquestes direccions les distribucions són asimètriques cap a la dreta, és a dir, presenten asimetria negativa.

Taula 7.4. Estadístics març 2017, estació CD.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq. [%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	8.53	0.82	0.70	1.00	1.52	4.50	1.31	0.50	1.85	6.07	0.88	0.78
NE	11.25	1.84	0.78	1.10	2.62	5.90	1.83	0.50	1.18	3.16	1.47	2.16
E	11.08	0.60	0.70	0.90	1.30	4.40	1.18	0.50	2.24	8.10	0.75	0.56
SE	4.52	1.10	0.70	0.90	1.80	5.00	1.43	0.50	1.50	4.88	1.04	1.09
S	4.52	0.70	0.60	1.00	1.30	4.70	1.28	0.50	2.15	6.96	1.01	1.03
SW	28.56	3.30	1.00	1.70	4.30	7.20	2.55	0.50	0.61	1.99	1.78	3.18
W	15.00	1.62	0.90	1.70	2.52	6.60	1.96	0.50	1.12	3.84	1.30	1.70
NW	16.54	1.40	0.70	1.20	2.10	7.10	1.72	0.50	1.93	1.27	1.51	2.29

Taula 7.5. Estadístics abril 2017, estació CD.

APRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq. [%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	9.75	1.26	0.72	1.05	1.98	8.00	1.74	0.50	2.03	7.98	1.55	2.41
NE	13.77	3.30	1.00	2.40	4.30	6.50	2.71	0.50	0.49	1.92	1.82	3.32
E	7.96	0.90	0.70	1.10	1.60	5.70	1.41	0.50	1.90	6.68	1.02	1.04
SE	5.56	1.40	1.00	1.60	2.40	5.30	1.83	0.50	1.04	3.59	1.10	1.20
S	4.02	0.75	0.95	1.30	1.70	4.50	1.49	0.50	1.57	6.89	0.74	0.54
SW	29.08	3.80	1.00	2.70	4.80	6.10	2.89	0.50	0.16	1.36	1.88	3.54
W	15.06	1.62	1.08	1.85	2.70	5.50	1.99	0.50	0.66	2.64	1.16	1.34
NW	14.80	1.20	0.80	1.10	2.00	6.20	1.49	0.50	1.83	1.77	1.03	1.06

Tant el mes de març (Taula 7.4) com el d'abril (Taula 7.5) les curtosis i els biaixos són positius amb valors més o menys alts segons la característica de la distribució que representen.

Els mesos de desembre, febrer, març i abril la direcció de major freqüència és de SW, excepte el gener que és de NE. La de menor freqüència és de SE pel desembre i l'abril, el març presenta dues freqüències mínimes d'igual valor en les direccions SE i S. El gener la freqüència mínima és de S i el febrer de NW.

S'observa que hi ha menys homogeneïtat de direcció en els valors mínims de la freqüència, la raó pot ser que s'han omès els valors inferiors a 0.5 ms⁻¹ que tot i essent vents de baixa intensitat poden ser vents característics de la vall, també anomenats locals o topogràfics, i que a l'hora de fer una anàlisi estadística amb més rigor és important considerar-los, també pot ser que a la nit els vents locals, per la seva baixa intensitat, no siguin els dominants.

Algunes de les diferències poden tenir com a causa els episodis en els quals es pertorben el règim de vents característics de la vall. Si mirem els diagrames de caixes

(vegeu A. 12), al mes de gener a la direcció NE és la que presenta valors més alts del mòdul de la velocitat.

- 7.1.2. Estació DP

Taula 7.6. Estadístics desembre 2016, estació DP.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	7.40	0.40	0.60	0.80	1.00	2.00	0.86	0.50	0.89	3.61	0.32	0.10
NE	13.99	1.00	0.70	1.00	1.70	6.20	1.44	0.50	1.74	6.02	1.05	1.10
E	23.17	1.52	0.80	1.20	2.32	9.00	1.88	0.50	1.88	6.38	1.68	2.81
SE	17.74	0.80	0.70	1.00	1.50	5.10	1.20	0.50	2.11	9.32	0.71	0.51
S	13.37	0.50	0.60	0.70	1.10	2.70	0.89	0.50	1.60	5.53	0.42	0.17
SW	13.28	0.70	0.70	0.90	1.40	3.10	1.11	0.50	1.41	4.66	0.58	0.34
W	7.75	0.60	0.60	0.80	1.20	2.60	0.96	0.50	1.46	4.74	0.48	0.23
NW	3.30	0.30	0.70	0.80	1.00	1.40	0.85	0.50	0.19	0.76	0.25	0.06

Taula 7.7. Estadístics gener 2017, estació DP.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	7.64	5.80	1.00	2.00	6.80	11.30	3.96	0.50	0.75	2.00	3.53	12.45
NE	21.09	4.78	1.50	3.65	6.28	12.00	4.21	0.50	0.63	2.23	3.09	9.53
E	27.56	4.40	1.40	3.20	5.80	9.60	3.69	0.50	0.46	2.03	2.41	5.83
SE	12.80	0.60	0.90	1.20	1.50	5.60	1.28	0.50	2.79	15.32	0.68	0.46
S	11.35	0.72	0.80	1.10	1.52	5.30	1.23	0.50	2.07	11.15	0.67	0.44
SW	10.69	0.75	1.00	1.30	1.75	4.60	1.51	0.50	1.56	5.48	0.85	0.72
W	5.96	0.90	0.80	1.20	1.70	4.20	1.40	0.50	1.47	4.76	0.86	0.73
NW	2.91	0.65	0.80	1.10	1.45	3.70	1.35	0.50	1.50	1.86	0.81	0.65

Taula 7.8. Estadístics febrer 2017, estació DP.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	8.25	2.60	0.80	1.30	3.40	13.60	3.12	0.50	1.62	4.26	3.66	13.40
NE	12.75	6.90	1.00	3.20	7.90	13.00	4.38	0.50	0.70	2.04	3.82	14.59
E	20.17	3.40	1.00	2.10	4.40	9.60	2.81	0.50	1.01	3.19	2.18	4.77
SE	13.33	1.83	0.90	1.40	2.73	11.90	2.22	0.50	2.36	9.55	2.06	4.26
S	11.25	0.70	0.70	1.00	1.40	5.30	1.29	0.50	2.03	6.84	0.95	0.91
SW	19.42	3.50	1.30	2.70	4.80	10.10	3.20	0.50	0.63	2.39	2.18	4.77
W	10.50	5.88	1.40	3.35	7.28	9.70	4.22	0.50	0.38	1.59	3.04	9.26
NW	4.33	0.72	0.78	1.05	1.50	7.30	1.37	0.50	3.19	2.70	1.18	1.39

Taula 7.9. Estadístics març 2017, estació DP.

MARCH 2017												
WS [ms^{-1}]												
Direction	Freq. [%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	5.78	1.10	0.80	1.05	1.90	5.70	1.54	0.50	1.81	5.81	1.13	1.28
NE	13.30	2.40	1.00	1.80	3.40	8.80	2.62	0.50	1.16	3.52	2.05	4.20
E	22.27	3.63	1.10	2.50	4.73	8.50	3.13	0.50	0.59	2.15	2.21	4.91
SE	13.81	1.80	0.90	1.30	2.70	8.00	1.95	0.50	1.53	4.69	1.60	2.57
S	12.08	2.10	0.80	1.30	2.90	8.10	2.10	0.50	1.43	3.98	1.86	3.46
SW	15.84	3.00	0.90	1.90	3.90	9.10	2.55	0.50	0.92	3.04	1.90	3.61
W	11.79	4.15	1.55	3.20	5.70	10.20	3.75	0.50	0.49	2.16	2.47	6.10
NW	5.13	3.10	0.90	1.40	4.00	7.50	2.46	0.50	0.95	0.48	1.96	3.84

Taula 7.10. Estadístics abril 2017, estació DP.

APRIL 2017												
WS [ms^{-1}]												
Direction	Freq. [%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	7.59	6.60	0.80	3.40	7.40	10.50	4.16	0.50	0.35	1.58	3.32	11.00
NE	16.84	4.53	1.37	4.10	5.90	11.20	4.11	0.50	0.42	2.27	2.74	7.48
E	30.90	3.60	1.60	3.30	5.20	8.60	3.57	0.50	0.45	2.12	2.22	4.91
SE	10.45	2.10	0.90	1.70	3.00	6.10	2.10	0.50	0.85	2.93	1.35	1.83
S	10.38	1.95	0.90	1.40	2.85	7.50	2.11	0.50	1.40	4.31	1.66	2.76
SW	13.01	2.50	1.00	1.70	3.50	7.00	2.37	0.50	0.83	2.65	1.67	2.78
W	7.97	3.75	1.02	2.40	4.77	8.30	2.98	0.50	0.55	2.09	2.09	4.36
NW	2.86	0.80	0.70	1.00	1.50	5.80	1.32	0.50	2.75	2.84	0.97	0.93

A l'estació de DP, per cada mes (Taula 6, 7, 8, 9 i 10) i direcció els biaixos i les curtosis són més grans que zero. La direcció de freqüència màxima en cada mes és la direcció E i la mínima en direcció NW.

El fet d'aquesta coincidència és atribuïble a la seva situació, ja que està altament influenciada per les circulacions de vent del seu entorn. També hi pot influir que hi hagi poques velocitats inferiors a 0.5 ms^{-1} . La diferència, s'ha de buscar en el valor de les freqüències corresponents i en els altres estadístics com són el IQR, biaix, curtosi i std. Per exemple el IQR del mes de març, a la direcció NW, té un valor molt més alt que en els altres mesos el que implica una dispersió més alta de les dades i, per tant, presenta una desviació típica superior.

Les velocitats màximes es produïren totes a la direcció NE, excepte el desembre que es donà a la direcció E. La direcció amb velocitats més homogènies és la direcció NW.

- 7.1.3. Estació Martinet

Taula 7.11. Estadístics desembre 2016, estació Martinet.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	8.26	0.27	0.53	0.67	0.80	1.47	0.73	0.50	1.63	5.77	0.21	0.04
NE	14.60	0.27	0.60	0.70	0.87	3.37	0.92	0.50	2.33	8.20	0.56	0.31
E	25.44	1.07	0.63	0.90	1.70	6.23	1.39	0.50	1.86	6.41	1.12	1.25
SE	27.92	0.50	0.73	0.93	1.23	2.00	0.99	0.50	0.63	2.82	0.33	0.11
S	7.25	0.40	0.67	0.90	1.07	1.53	0.89	0.50	0.35	2.37	0.26	0.07
SW	5.33	0.48	1.01	1.22	1.49	1.90	1.21	0.50	-0.25	2.33	0.36	0.13
W	5.88	0.89	0.77	1.25	1.66	2.60	1.30	0.50	0.41	2.07	0.59	0.35
NW	5.23	0.17	0.53	0.57	0.70	1.47	0.67	0.50	2.09	9.85	0.21	0.04

Taula 7.12. Estadístics gener 2017, estació Martinet.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	10.25	0.44	0.73	0.87	1.17	4.70	1.08	0.50	2.97	13.82	0.65	0.42
NE	15.79	0.97	0.7	0.93	1.67	4.83	1.31	0.50	1.59	5.11	0.86	0.74
E	29.23	2.53	0.97	2.20	3.50	6.47	2.39	0.50	0.54	2.28	1.49	2.21
SE	15.64	0.56	0.70	0.93	1.26	3.47	1.06	0.50	1.82	7.24	0.51	0.26
S	5.85	0.40	0.70	0.87	1.10	2.43	0.97	0.50	1.56	5.61	0.40	0.16
SW	5.47	1.59	0.86	1.47	2.45	6.70	2.00	0.50	1.31	3.66	1.54	2.36
W	9.87	1.95	0.88	1.55	2.83	5.27	1.86	0.50	0.60	2.33	1.12	1.25
NW	7.90	0.57	0.67	0.83	1.24	4.93	1.15	0.50	2.16	2.63	0.82	0.67

Taula 7.13. Estadístics febrer 2017, estació Martinet.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	9.82	0.57	0.67	0.85	1.24	5.03	1.13	0.50	2.46	9.43	0.80	0.63
NE	13.46	2.06	0.67	1.00	2.73	7.63	1.68	0.50	1.28	4.78	1.28	1.64
E	19.81	2.29	0.83	1.78	3.12	7.40	2.18	0.50	1.00	3.22	1.57	2.47
SE	12.53	0.67	0.80	1.20	1.47	4.13	1.23	0.53	2.27	10.68	0.59	0.35
S	5.00	0.65	0.70	1.07	1.35	3.20	1.10	0.50	1.49	6.15	0.52	0.27
SW	6.86	2.24	0.83	1.93	3.07	8.40	2.39	0.50	1.31	4.22	1.78	3.15
W	22.02	1.59	1.59	2.43	3.18	5.23	2.42	0.50	0.16	2.34	1.15	1.32
NW	10.33	0.90	0.77	1.12	1.67	4.00	1.30	0.50	1.48	2.08	0.71	0.51

Taula 7.14. Estadístics març 2017, estació Martinet.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	10.83	0.64	0.63	0.87	1.27	3.57	1.01	0.50	1.94	8.56	0.49	0.24
NE	12.60	0.87	0.67	0.87	1.54	5.87	1.28	0.50	1.94	7.17	0.94	0.88
E	17.82	2.41	0.80	1.80	3.21	8.53	2.29	0.50	1.36	4.39	1.84	3.38
SE	12.60	0.70	0.77	1.17	1.47	3.63	1.21	0.50	1.51	6.76	0.55	0.31
S	4.53	0.75	0.75	1.17	1.50	3.60	1.29	0.50	1.13	4.00	0.67	0.45
SW	9.22	2.34	1.80	2.77	4.14	8.00	3.04	0.50	0.69	2.93	1.69	2.86
W	22.81	1.97	1.40	2.53	3.37	6.03	2.47	0.50	0.19	2.31	1.28	1.63
NW	9.60	0.74	0.63	0.90	1.37	2.80	1.07	0.50	1.15	2.28	0.51	0.26

Taula 7.15. Estadístics abril 2017, estació Martinet.

APRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	16.78	1.17	0.86	1.37	2.03	4.53	1.55	0.50	0.86	3.05	0.84	0.71
NE	12.90	1.19	0.70	0.97	1.89	4.73	1.41	0.50	1.30	3.83	0.97	0.94
E	23.15	2.33	1.03	2.03	3.36	8.10	2.43	0.50	0.94	3.23	1.65	2.71
SE	9.25	0.70	0.80	1.33	1.50	4.37	1.28	0.50	1.93	8.91	0.65	0.42
S	2.41	0.75	0.70	1.00	1.45	2.27	1.15	0.50	0.56	2.33	0.50	0.25
SW	7.38	1.68	1.75	2.60	3.43	5.47	2.67	0.50	0.10	2.20	1.23	1.52
W	20.59	1.76	1.97	2.93	3.73	5.63	2.85	0.50	-0.17	2.26	1.18	1.40
NW	7.54	0.56	0.67	0.90	1.23	2.70	1.08	0.50	1.39	2.52	0.55	0.31

Al mes de desembre (Taula 7.11), a la direcció SW hi ha biaix negatiu i, per tant, la distribució té simetria negativa és a dir, els valors de més alta freqüència són a la dreta del valor mitjà.

Pel mes de desembre la freqüència màxima correspon a la direcció SE, gener (Taula 12) i abril (Taula 15) a la E i febrer (Taula 13) i març (Taula 14) a la W. Pel mes de desembre la freqüència mínima és a la direcció NW, pel gener és a la direcció SW i pels mesos de febrer, març i abril, direcció S.

- 7.1.4. Estació S01

Taula 7.16. Estadístics desembre 2016, estació S01.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.54	0.70	0.71	0.87	1.41	2.93	1.18	0.50	1.23	3.28	0.68	0.47
NE	13.00	2.21	4.09	4.92	6.30	8.75	4.96	0.52	-0.49	2.97	1.75	3.07
E	56.60	0.88	1.65	2.04	2.53	7.91	2.35	0.56	1.94	6.76	1.24	1.55
SE	6.01	1.00	1.03	1.46	2.03	5.42	1.65	0.53	1.81	7.25	0.92	0.84
S	2.73	0.65	0.73	1.04	1.38	2.51	1.13	0.50	0.99	3.61	0.47	0.22
SW	2.87	0.72	0.75	1.11	1.47	3.44	1.23	0.50	1.42	5.57	0.60	0.36
W	14.74	0.72	1.03	1.29	1.75	3.90	1.42	0.53	1.22	5.09	0.57	0.33
NW	2.52	0.66	0.84	1.21	1.50	2.59	1.25	0.61	0.89	1.79	0.50	0.25

Taula 7.17. Estadístics gener 2017, estació S01.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.50	4.43	1.77	3.79	6.20	9.46	4.18	0.64	0.27	1.84	2.59	6.72
NE	26.87	1.5	4.15	4.99	5.65	8.83	4.87	0.65	-0.44	3.53	1.39	1.92
E	45.32	3.23	1.96	2.95	5.19	9.12	3.57	0.53	0.57	2.22	1.96	3.83
SE	5.81	1.00	1.15	1.55	2.15	5.28	1.80	0.55	1.53	5.45	0.95	0.90
S	2.76	0.98	1.23	1.74	2.21	4.56	1.85	0.52	1.23	4.29	0.95	0.91
SW	3.27	3.06	1.15	2.19	4.21	6.82	2.85	0.61	0.58	2.11	1.80	3.24
W	8.35	2.24	0.92	1.56	3.16	7.09	2.31	0.51	1.09	3.00	1.78	3.17
NW	3.12	1.38	0.91	1.16	2.29	7.68	1.94	0.54	1.78	1.05	1.71	2.91

Taula 7.18. Estadístics febrer 2017, estació S01.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.12	4.09	1.28	2.72	5.37	8.24	3.46	0.51	0.59	2.05	2.45	6.01
NE	14.34	2.05	2.97	4.35	5.02	7.36	4.03	0.51	-0.59	2.82	1.49	2.21
E	36.4	1.36	1.71	2.15	3.07	7.52	2.67	0.52	1.31	3.86	1.50	2.24
SE	4.75	0.80	1.11	1.50	1.91	4.84	1.73	0.56	1.49	5.04	0.93	0.87
S	5.53	2.05	1.55	2.90	3.60	6.30	2.79	0.61	0.21	2.69	1.29	1.67
SW	13.17	4.01	2.15	4.19	6.16	9.12	4.21	0.50	0.08	1.94	2.24	5.04
W	16.68	1.88	1.28	1.82	3.16	7.67	2.35	0.53	1.15	3.70	1.49	2.21
NW	6.00	2.40	1.11	2.01	3.51	7.81	2.46	0.58	0.99	0.62	1.59	2.53

Taula 7.19. Estadístics març 2017, estació S01.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.69	2.23	1.05	1.88	3.28	6.38	2.31	0.56	1.01	3.37	1.53	2.33
NE	12.06	2.14	3.49	4.73	5.63	9.79	4.61	0.53	0.11	3.42	1.74	3.04
E	42.67	1.78	1.79	2.31	3.57	8.68	2.91	0.50	1.14	3.44	1.64	2.68
SE	5.36	1.25	1.18	1.52	2.43	10.01	2.17	0.50	2.44	10.15	1.71	2.93
S	5.22	3.15	1.73	3.60	4.88	10.40	3.49	0.57	0.45	3.24	2.00	4.02
SW	10.23	3.43	2.44	4.27	5.87	9.36	4.28	0.56	0.23	2.20	2.36	5.58
W	17.00	2.75	1.49	2.51	4.24	9.44	3.17	0.53	1.06	3.23	2.22	4.92
NW	5.78	4.04	1.20	3.37	5.24	9.75	3.59	0.51	0.66	0.26	2.57	6.61

Taula 7.20. Estadístics abril 2017, estació S01.

APRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	2.77	2.26	2.55	3.62	4.81	6.34	3.68	0.53	0.03	2.20	1.49	2.22
NE	22.34	1.78	3.68	4.58	5.46	7.94	4.55	0.58	-0.12	3.13	1.32	1.74
E	47.89	2.44	2.17	2.79	4.61	9.00	3.38	0.51	0.89	3.07	1.67	2.78
SE	3.13	1.77	1.28	2.19	3.05	6.31	2.39	0.50	0.86	3.48	1.31	1.70
S	1.60	1.47	1.56	2.03	3.03	7.76	2.52	0.68	1.71	6.03	1.58	2.49
SW	6.26	2.48	1.98	3.44	4.46	7.74	3.41	0.50	0.27	2.42	1.62	2.62
W	12.52	1.46	1.35	1.99	2.81	8.01	2.46	0.56	1.49	4.58	1.67	2.78
NW	3.49	2.15	1.25	1.74	3.40	8.04	2.38	0.58	1.37	0.79	1.72	2.97

La freqüència màxima és a la direcció E per a tots els mesos (Taula 16, 17, 18, 19 i 20) i la mínima a la direcció N, excepte per als mesos de gener i abril que és a la direcció S.

Al mes de desembre la velocitat màxima fou a la direcció NE i tots els biaixos i curtosis són positius. Al mes de gener la velocitat màxima és a la direcció N, el biaix és negatiu a la direcció NE, la resta conjuntament amb la curtosis tenen valors positius. Referent al mes de febrer la velocitat màxima és a la direcció SW, els biaixos i les curtosis pel que fa al signe són iguals als del gener. Durant el mes de març la velocitat màxima es donà a la direcció S amb els biaixos i curtosis tots positius. Finalment, durant el mes d'abril la velocitat màxima fou a la direcció E, tots els biaixos i curtosis són positius amb l'excepció del biaix a la direcció NE.

- 7.1.5. Estació S02

Taula 7.21. Estadístics desembre 2016, estació S02.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	6.47	0.44	0.68	0.93	1.12	3.39	1.04	0.53	2.09	8.25	0.51	0.26
NE	22.20	0.83	0.89	1.16	1.72	7.52	1.75	0.51	2.00	6.00	1.56	2.42
E	28.83	1.00	1.03	1.39	2.03	10.87	1.97	0.51	2.71	10.34	1.81	3.26
SE	6.95	0.83	0.86	1.24	1.69	2.85	1.30	0.52	0.55	2.67	0.55	0.30
S	10.54	1.35	0.99	1.47	2.34	4.00	1.69	0.53	0.78	2.82	0.88	0.78
SW	8.87	0.62	0.78	1.11	1.40	3.13	1.17	0.50	1.24	4.86	0.51	0.26
W	11.74	0.40	0.81	1.01	1.21	1.88	1.03	0.51	0.40	2.84	0.28	0.08
NW	4.39	0.48	0.62	0.79	1.10	2.59	0.93	0.50	1.66	4.15	0.40	0.16

Taula 7.22. Estadístics gener 2017, estació S02.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	14.66	4.82	1.98	4.98	6.80	10.14	4.65	0.51	-0.02	1.77	2.64	6,94
NE	26.69	3.88	1.44	3.05	5.32	10.78	3.56	0.54	0.56	2.39	2.34	5.49
E	25.34	3.79	1.38	2.24	5.17	11.30	3.42	0.51	0.97	2.85	2.60	6.77
SE	5.19	0.83	0.96	1.34	1.79	4.34	1.53	0.54	1.30	4.38	0.81	0.66
S	7.44	1.10	0.84	1.32	1.94	4.01	1.47	0.50	1.07	3.88	0.78	0.61
SW	9.62	1.06	0.97	1.41	2.03	4.68	1.59	0.53	1.23	4.53	0.81	0.66
W	5.86	0.60	0.81	1.13	1.41	4.91	1.25	0.54	2.69	12.37	0.71	0.51
NW	5.19	1.88	0.85	1.35	2.73	8.35	2.16	0.51	1.55	0.82	1.88	3.52

Taula 7.23. Estadístics febrer 2017, estació S02.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	10.02	6.18	1.12	3.69	7.30	12.38	4.30	0.56	0.51	1.90	3.32	11.05
NE	16.32	4.39	1.03	1.78	5.42	13.28	3.50	0.51	1.24	3.54	3.28	10.78
E	19.88	2.07	1.02	1.59	3.09	7.98	2.34	0.50	1.30	3.86	1.78	3.17
SE	9.28	1.67	1.04	1.69	2.71	6.72	2.09	0.50	1.37	4.40	1.41	2.00
S	10.69	1.77	1.11	1.83	2.88	5.18	2.03	0.50	0.61	2.56	1.09	1.18
SW	17.15	3.10	1.29	2.53	4.39	7.70	2.93	0.52	0.63	2.37	1.82	3.33
W	12.43	3.44	1.05	1.60	4.49	9.87	2.83	0.53	1.14	3.02	2.43	5.88
NW	4.23	0.92	0.85	1.30	1.77	6.08	1.43	0.51	2.71	2.98	0.91	0.83

Taula 7.24. Estadístics març 2017, estació S02.

MARCH 2017 WS [ms ⁻¹]												
Direction	Frq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	7.28	4.69	1.15	2.72	5.84	9.80	3.51	0.51	0.48	1.98	2.56	6.55
NE	19.67	3.98	1.16	2.30	5.14	10.24	3.24	0.50	0.74	2.50	2.39	5.71
E	21.85	3.45	1.18	1.85	4.63	10.70	2.97	0.54	1.10	3.24	2.34	5.47
SE	9.01	1.93	0.99	1.39	2.92	7.17	2.15	0.50	1.31	3.48	1.70	2.89
S	10.51	2.04	1.19	2.06	3.23	6.32	2.28	0.53	0.75	3.03	1.27	1.60
SW	13.74	2.40	1.36	2.43	3.76	6.44	2.59	0.51	0.42	2.27	1.40	1.97
W	11.79	3.84	1.17	2.27	5.01	9.09	3.15	0.50	0.78	2.41	2.30	5.29
NW	6.16	1.51	0.78	1.27	2.29	6.36	1.91	0.51	1.38	0.85	1.61	2.60

Taula 7.25. Estadístics abril 2017, estació S02.

APRIL 2017 WS [ms ⁻¹]												
Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	12.52	3.37	3.51	5.55	6.88	9.72	5.13	0.53	-0.42	2.16	2.45	6.02
NE	22.02	3.95	1.39	3.25	5.34	10.21	3.63	0.50	0.55	2.26	2.39	5.70
E	28.21	3.45	1.35	2.42	4.80	9.78	3.22	0.50	0.84	2.56	2.30	5.28
SE	8.22	2.13	0.97	1.61	3.10	6.70	2.22	0.54	1.19	3.10	1.69	2.87
S	6.33	1.50	1.37	1.92	2.87	5.23	2.20	0.51	0.69	2.65	1.17	1.37
SW	11.61	1.95	1.35	2.43	3.30	5.78	2.50	0.52	0.39	2.39	1.30	1.69
W	8.30	2.81	1.03	1.68	3.84	8.16	2.44	0.51	1.02	3.03	1.81	3.26
NW	2.79	0.67	0.77	1.03	1.44	3.75	1.32	0.52	1.70	1.97	0.86	0.74

En aquesta estació, S02, totes les freqüències màximes ho són a la direcció E, excepte el gener que ho és a la direcció NE, les freqüències mínimes són totes del NW, però el gener també ho és de SW amb un valor de 5.19% en els dos casos (Taula 21, 22, 23, 24 i 25).

Les velocitats màximes tenen per direcció E els mesos de desembre i març i NE els mesos de gener febrer i abril.

Pels cinc mesos tots els biaixos i les curtosis són més grans que zero, excepte el mes de gener i abril en què els biaixos són inferiors a zero, per tant, les distribucions tenen asimetria positiva cap a l'esquerra i són més agudes que una distribució normal, excepte el mes de gener i abril que estan desviades cap a la dreta.

Si comparem l'estació DP amb S02 (Figura 3.2), hi ha coincidència pel que fa a direccions amb l'excepció del mes de març en què a DP la velocitat màxima es va produir a la direcció NE.

- 7.1.6. Estació S03

Taula 7.26. Estadístics gener 2017, estació S03.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.18	1.38	1.03	1.51	2.41	4.23	1.76	0.60	0.84	2.88	0.86	0.75
NE	47.99	1.75	0.72	0.98	2.47	7.52	1.71	0.50	1.52	4.59	1.44	2.08
E	8.19	0.39	0.61	0.77	1.00	3.12	0.91	0.50	2.34	8.77	0.48	0.24
SE	6.96	0.61	0.79	0.99	1.40	3.04	1.17	0.53	1.23	4.40	0.52	0.27
S	15.64	1.13	1.25	1.92	2.38	5.28	1.97	0.51	0.85	4.00	0.92	0.85
SW	11.22	1.24	1.73	2.37	2.97	4.93	2.40	0.53	0.30	2.84	0.91	0.83
W	2.38	0.60	1.08	1.18	1.68	2.95	1.45	0.68	1.01	2.72	0.63	0.40
NW	3.44	1.00	0.93	1.40	1.93	3.17	1.47	0.52	0.62	0.97	0.63	0.40

Taula 7.27. Estadístics febrer 2017, estació S03.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.08	1.42	0.94	1.36	2.36	6.58	1.87	0.51	1.68	5.95	1.32	1.75
NE	32.04	2.08	0.65	0.99	2.73	6.74	1.84	0.50	1.27	3.47	1.63	2.64
E	8.73	0.44	0.6	0.75	1.04	2.88	0.93	0.51	1.97	6.66	0.49	0.24
SE	10.71	0.41	0.71	0.88	1.12	3.76	0.99	0.50	3.22	17.63	0.46	0.21
S	25.00	1.72	1.36	1.88	3.08	6.38	2.31	0.61	1.03	3.26	1.26	1.60
SW	15.08	1.14	1.64	2.19	2.78	5.44	2.32	0.76	0.95	4.08	0.93	0.86
W	2.48	0.76	1.23	1.66	1.99	4.35	1.78	0.64	1.17	4.12	0.88	0.78
NW	2.88	1.17	0.94	1.54	2.11	2.86	1.53	0.53	0.21	0.32	0.67	0.45

Taula 7.28. Estadístics març 2017, estació S03.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.07	1.57	1.27	1.98	2.84	4.41	2.09	0.64	0.49	2.34	0.97	0.94
NE	30.48	1.28	0.66	0.96	1.94	6.20	1.54	0.50	1.50	4.49	1.22	1.48
E	8.91	0.50	0.62	0.77	1.12	2.29	0.95	0.50	1.35	4.05	0.45	0.20
SE	8.57	0.71	0.70	1.00	1.41	3.29	1.12	0.51	1.37	5.14	0.54	0.29
S	24.45	1.20	1.34	1.89	2.54	6.19	2.11	0.56	1.45	5.28	1.11	1.23
SW	16.38	1.49	1.72	2.21	3.21	6.36	2.51	0.58	0.98	3.70	1.17	1.38
W	4.07	1.52	1.20	1.89	2.72	4.66	2.01	0.51	0.64	2.77	1.00	1.00
NW	3.06	0.61	1.21	1.39	1.82	3.55	1.57	0.57	1.35	2.25	0.60	0.36

Pels tres mesos (Taula 26, 27 i 28) la freqüència màxima té direcció NE. La mínima és de W excepte el març que és de NW. Totes les velocitats màximes són de NE, excepte el març que és del SW. Tots els biaixos i les curtosis són positius.

- 7.1.7. Estació S04

Taula 7.29. Estadístics desembre 2016, estació S04.

DECEMBER 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	0.56	0.02	0.69	0.70	0.71	0.72	0.70	0.68	-0.00	1.00	0.02	0.00
NE	0.84	0.45	0.76	0.90	1.21	1.52	1.01	0.61	0.41	1.50	0.38	0.14
E	31.20	0.38	0.94	1.14	1.32	3.29	1.22	0.61	2.01	8.15	0.46	0.21
SE	51.25	0.32	0.81	0.94	1.13	2.43	1.01	0.51	1.79	7.51	0.32	0.10
S	4.74	0.16	0.56	0.63	0.72	1.10	0.67	0.52	1.60	4.64	0.16	0.03
SW	6.13	1.31	0.80	1.43	2.11	3.28	1.58	0.52	0.56	2.14	0.86	0.74
W	5.01	2.32	0.81	1.73	3.13	3.69	1.91	0.55	0.23	1.44	1.13	1.27
NW	0.28	0.00	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.00	0.00

Taula 7.30. Estadístics gener 2017, estació S04.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.92	0.58	1.13	1.24	1.71	2.00	1.41	0.95	0.37	1.62	0.37	0.13
NE	2.75	1.81	1.37	2.32	3.18	3.43	2.27	0.86	-0.09	1.34	0.96	0.92
E	40.66	1.21	1.27	1.64	2.48	4.21	1.90	0.65	0.85	2.71	0.87	0.76
SE	32.69	0.67	0.89	1.13	1.56	4.77	1.49	0.55	1.63	4.78	0.96	0.92
S	4.12	0.62	0.77	1.25	1.39	2.89	1.26	0.52	1.11	3.91	0.61	0.38
SW	5.49	1.01	1.03	1.18	2.04	3.39	1.60	0.55	0.88	2.42	0.87	0.76
W	9.62	3.79	1.25	2.39	5.04	6.63	3.13	0.60	0.21	1.47	1.91	3.64
NW	2.75	1.05	1.71	2.17	2.76	3.98	2.22	0.63	0.12	0.12	1.05	1.11

Taula 7.31. Estadístics febrer 2017, estació S04.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.45	1.23	1.28	1.93	2.51	2.80	1.89	0.91	-0.10	1.54	0.72	0.51
NE	2.17	0.84	1.05	1.55	1.89	3.99	1.69	0.80	1.44	4.24	0.94	0.88
E	29.16	1.38	1.29	1.64	2.67	5.51	2.02	0.58	1.13	3.40	1.08	1.16
SE	26.27	0.46	1.02	1.21	1.48	5.46	1.42	0.51	2.38	10.22	0.77	0.59
S	6.51	0.71	0.90	1.19	1.61	5.34	1.51	0.59	2.26	8.43	1.00	1.01
SW	5.78	1.12	1.28	2.00	2.40	5.61	2.04	0.56	1.43	6.25	1.05	1.10
W	27.47	2.10	3.68	4.92	5.78	8.88	4.88	0.74	-0.15	2.90	1.78	3.18
NW	1.20	1.60	1.23	1.46	2.83	3.00	1.95	1.23	0.39	0.49	0.79	0.63

Taula 7.32. Estadístics març 2017, estació S04.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.39	0.46	1.18	1.43	1.64	2.30	1.51	1.10	0.90	2.61	0.39	0.15
NE	3.65	1.97	1.01	1.73	2.98	5.05	2.15	0.71	0.57	2.19	1.27	1.62
E	30.73	1.47	1.22	1.61	2.69	5.88	2.07	0.52	1.17	3.56	1.15	1.33
SE	15.45	0.59	1.05	1.30	1.64	3.13	1.39	0.58	1.04	4.13	0.51	0.26
S	4.17	0.83	0.85	1.11	1.68	3.96	1.48	0.52	1.47	4.04	0.97	0.95
SW	10.76	1.19	1.68	2.43	2.87	5.75	2.33	0.75	0.62	4.28	0.94	0.88
W	31.94	2.26	3.69	4.78	5.95	8.58	4.68	0.73	-0.34	2.87	1.63	2.66
NW	1.91	1.05	2.16	2.81	3.21	4.82	2.67	0.72	0.13	0.12	1.04	1.09

Per a cada mes la velocitat màxima és a la direcció W i els biaixos i curtosis són positius, excepte el gener en què té biaix negatiu a la direcció NE i el febrer a les direccions N i W (Taula 29, 30, 31 i 32) .

El mes de desembre la màxima freqüència és a la direcció SE i la mínima a la direcció NW amb un sol element (IQR = 0). El mes de gener la freqüència màxima és a la direcció E i la mínima a la direcció N. Els mesos de febrer i març les màximes freqüències són a la direcció W i les mínimes a les direccions NW i N respectivament.

L'estació S04 és propera a l'estació de Martinet (Figura 3.2), i hi ha plena coincidència amb les direccions de les freqüències màximes. En estudiar els episodis s'analitzaran les diferències.

- 7.1.8. Estació S05

Taula 7.33. Estadístics desembre 2016, estació S05.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.17	0.20	0.56	0.64	0.76	1.13	0.68	0.51	1.18	3.61	0.16	0.03
NE	11.85	0.42	0.56	0.69	0.98	4.80	1.03	0.50	2.54	8.48	0.9	0.81
E	32.28	0.43	0.6	0.76	1.03	4.41	1.03	0.50	2.52	9.16	0.77	0.59
SE	20.85	0.59	0.7	0.92	1.29	3.11	1.10	0.51	1.32	4.44	0.54	0.29
S	12.28	1.12	0.99	1.59	2.11	3.30	1.59	0.51	0.10	1.97	0.69	0.47
SW	9.63	0.54	0.64	0.84	1.18	1.99	0.94	0.51	0.77	2.74	0.35	0.12
W	6.56	0.46	0.61	0.76	1.07	2.20	0.92	0.50	1.27	3.67	0.42	0.17
NW	3.39	0.26	0.62	0.69	0.88	1.68	0.77	0.50	1.91	7.77	0.25	0.06

Taula 7.34. Estadístics gener 2017, estació S05.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	5.62	0.55	0.77	0.95	1.32	11.34	1.62	0.50	3.29	14.22	1.93	3.73
NE	12.32	2.27	0.80	1.27	3.07	7.17	2.12	0.52	1.27	3.48	1.77	3.13
E	31.18	2.14	0.89	1.54	3.03	9.74	2.16	0.50	1.33	4.4	1.64	2.7
SE	18.86	1.41	0.96	1.40	2.37	6.90	1.86	0.50	1.68	5.68	1.33	1.78
S	8.30	0.85	0.75	1.12	1.60	4.46	1.36	0.51	1.49	5.21	0.8	0.64
SW	7.80	0.82	0.76	1.08	1.58	3.06	1.25	0.54	1.02	3.29	0.59	0.35
W	10.39	1.37	0.87	1.15	2.24	8.18	1.87	0.50	1.81	5.92	1.61	2.58
NW	5.53	2.80	0.79	1.21	3.59	7.82	2.38	0.54	1.12	0.54	2.05	4.22

Taula 7.35. Estadístics febrer 2017, estació S05.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.33	0.63	0.68	0.96	1.31	7.71	1.35	0.51	3.28	14.59	1.29	1.68
NE	10.31	1.08	0.78	1.13	1.86	7.47	1.72	0.50	1.93	6.04	1.53	2.33
E	22.10	1.49	0.75	1.04	2.24	9.56	1.91	0.50	1.9	5.98	1.87	3.48
SE	14.56	0.91	0.86	1.16	1.77	6.38	1.51	0.50	2.14	7.72	1.1	1.21
S	12.05	1.72	0.97	1.52	2.69	6.16	1.96	0.52	1.05	3.31	1.25	1.56
SW	12.48	1.39	1.04	1.60	2.43	5.05	1.85	0.52	0.95	3.18	1.00	1.00
W	19.24	3.76	1.20	2.72	4.96	7.82	3.17	0.51	0.50	1.91	2.16	4.65
NW	4.94	0.94	0.78	0.94	1.72	10.11	2.21	0.50	1.99	0.72	2.77	7.70

Taula 7.36. Estadístics març 2017, estació S05.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.56	0.63	0.67	0.82	1.30	3.18	1.08	0.51	1.60	5.30	0.60	0.36
NE	8.13	0.92	0.71	0.93	1.63	6.41	1.55	0.50	2.12	6.58	1.44	2.08
E	21.50	1.76	0.77	1.25	2.53	8.01	2.11	0.50	1.51	4.22	1.91	3.66
SE	14.59	1.13	0.86	1.24	1.99	9.04	1.77	0.51	2.62	10.65	1.54	2.37
S	15.20	2.63	1.08	2.23	3.71	6.54	2.44	0.50	0.44	2.13	1.47	2.16
SW	11.63	1.44	1.00	1.56	2.44	5.61	1.94	0.50	1.23	3.78	1.26	1.59
W	19.60	2.80	1.09	2.19	3.89	10.21	2.78	0.54	1.11	3.78	2.03	4.11
NW	4.79	0.51	0.66	0.82	1.17	5.99	1.04	0.52	4.47	5.78	0.77	0.60

Freqüència màxima a la direcció E per a cada mes, mínima de N excepte el gener que és de N i NW, els biaixos i curtosis tots positius. Velocitats màximes; desembre de NE, gener de N, febrer de NW i març de W (Taula 33, 34, 35 i 36).

- 7.1.9. Estació S06

Taula 7.37. Estadístics desembre 2016, estació S06.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Frec.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	1.54	0.15	0.69	0.75	0.84	1.35	0.78	0.52	1.54	5.50	0.19	0.04
NE	2.68	0.28	0.63	0.81	0.91	1.28	0.80	0.50	0.60	2.38	0.21	0.04
E	4.02	0.46	0.60	0.78	1.06	2.60	0.93	0.51	1.88	6.41	0.48	0.23
SE	67.04	0.53	0.93	1.21	1.46	3.37	1.25	0.50	1.21	5.36	0.47	0.22
S	4.74	0.34	0.59	0.77	0.93	1.47	0.81	0.51	0.86	3.35	0.23	0.05
SW	6.69	0.29	0.58	0.72	0.87	2.43	0.87	0.51	2.03	6.49	0.45	0.21
W	10.50	0.33	0.73	0.89	1.06	2.06	0.93	0.50	1.27	5.09	0.30	0.09
NW	2.78	0.59	0.72	1.03	1.31	2.01	1.08	0.52	0.47	1.18	0.40	0.16

Taula 7.38. Estadístics gener 2017, estació S06.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.60	0.87	0.85	1.25	1.72	2.97	1.38	0.51	0.70	2.71	0.64	0.42
NE	4.08	0.74	0.72	1.01	1.46	3.12	1.16	0.50	1.36	4.46	0.6	0.35
E	4.86	0.54	0.66	0.91	1.20	3.72	1.09	0.51	1.93	7.52	0.61	0.37
SE	40.89	0.56	0.94	1.19	1.50	3.18	1.26	0.50	0.92	4.02	0.47	0.22
S	5.90	0.60	0.66	0.97	1.26	3.59	1.05	0.51	2.03	9.53	0.52	0.27
SW	5.99	0.83	0.97	1.32	1.80	3.06	1.43	0.52	0.52	2.67	0.57	0.32
W	19.01	1.57	1.21	2.05	2.78	6.05	2.14	0.52	0.61	2.99	1.07	1.14
NW	14.67	2.13	1.20	1.92	3.33	5.64	2.37	0.56	0.62	0.45	1.37	1.89

Taula 7.39. Estadístics febrer 2017, estació S06.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	7.48	2.28	1.39	2.43	3.67	6.67	2.50	0.56	0.50	2.57	1.39	1.94
NE	5.48	1.09	0.8	1.29	1.89	3.54	1.42	0.51	0.75	3.00	0.69	0.47
E	4.44	1.03	0.65	1.04	1.68	4.10	1.30	0.50	1.64	5.57	0.84	0.71
SE	40.91	0.96	0.90	1.22	1.86	4.14	1.45	0.50	1.23	4.13	0.78	0.61
S	4.79	0.77	0.82	1.28	1.59	3.67	1.34	0.52	1.23	5.04	0.63	0.40
SW	3.31	1.30	0.92	1.46	2.22	3.45	1.64	0.71	0.58	2.39	0.76	0.58
W	18.97	1.08	1.21	1.66	2.29	7.94	2.04	0.52	1.94	7.00	1.37	1.88
NW	14.62	2.07	1.41	2.10	3.48	7.03	2.50	0.54	0.83	0.60	1.37	1.87

Taula 7.40. Estadístics març 2017, estació S06.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.02	1.07	1.15	1.81	2.22	3.84	1.74	0.51	0.44	2.99	0.77	0.60
NE	2.63	1.04	0.90	1.47	1.94	3.02	1.47	0.52	0.49	2.33	0.66	0.43
E	3.17	0.95	0.81	1.24	1.76	3.79	1.35	0.51	1.20	4.96	0.68	0.46
SE	45.25	1.02	0.91	1.24	1.93	4.77	1.59	0.50	1.34	4.09	0.95	0.90
S	5.64	0.80	0.95	1.29	1.75	3.36	1.42	0.50	1.13	4.19	0.62	0.38
SW	3.86	0.88	0.92	1.16	1.80	3.31	1.42	0.52	0.90	2.75	0.75	0.56
W	13.44	1.41	1.17	1.86	2.58	4.34	1.93	0.50	0.48	2.49	0.95	0.90
NW	22.01	1.19	1.49	1.92	2.68	6.34	2.22	0.53	1.28	1.13	1.13	1.28

Taula 7.41. Estadístics abril 2017, estació S06.

ABRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.35	1.17	0.70	1.16	1.87	3.36	1.37	0.51	0.87	2.92	0.76	0.58
NE	3.20	1.16	0.88	1.43	2.04	3.25	1.59	0.52	0.4	2.10	0.73	0.54
E	3.43	0.83	0.79	1.13	1.62	2.52	1.21	0.52	0.72	2.49	0.57	0.33
SE	45.96	1.26	0.87	1.25	2.13	4.94	1.60	0.51	1.13	3.47	0.94	0.88
S	6.63	0.62	0.75	1.05	1.37	3.25	1.19	0.51	1.27	4.36	0.57	0.32
SW	5.03	1.06	0.99	1.63	2.05	3.86	1.62	0.58	0.62	2.88	0.73	0.53
W	14.86	1.34	1.65	2.28	2.99	5.75	2.46	0.61	0.72	3.18	1.12	1.25
NW	17.53	0.99	1.41	1.90	2.40	6.26	2.10	0.51	1.57	1.49	1.06	1.12

Per a cada mes els biaixos i curtosis són positius, així mateix les freqüències màximes són totes de SE. Les freqüències mínimes, pel mes de desembre és a la direcció N, pel febrer a la direcció SW i pels mesos de gener, març i abril a la direcció NE (Taula 37, 38, 39, 40 i 41).

Les velocitats màximes el mes de desembre es donaren a la direcció SE, gener i febrer a la direcció W i pels mesos de març i abril a la direcció NW.

El fet que les freqüències màximes siguin totes de vent procedent del SE es deu a la seva ubicació (Figura 3.2). Aquesta estació, ubicada al fons del vessant Nord de la vall rep el vent procedent del cim de les muntanyes que en aquell indret la conformen i on gairebé sempre durant aquests mesos hi ha neu.

- 7.1.10. Estació S07

Taula 7.42. Estadístics febrer 2017, estació S07.

FEBRUARY 2017												
WS [ms ⁻¹]												
Direction	Frec.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	2.15	1.07	1.86	2.75	2.93	3.64	2.45	1.05	-0.29	1.84	0.90	0.81
NE	2.58	0.87	1.08	1.45	1.95	2.74	1.61	0.96	0.68	2.13	0.63	0.40
E	7.73	1.06	1.3	2.11	2.36	3.24	1.90	0.54	-0.19	2.14	0.78	0.61
SE	9.44	0.99	1.52	1.92	2.51	3.44	1.97	0.67	0.23	2.21	0.77	0.60
S	4.72	1.67	0.90	1.88	2.57	3.09	1.81	0.74	0.06	1.47	0.84	0.71
SW	6.01	1.28	0.79	1.36	2.07	2.66	1.43	0.52	0.19	1.63	0.68	0.46
W	24.89	3.05	0.94	1.34	3.99	9.87	2.39	0.51	1.41	4.59	2.02	4.08
NW	42.49	4.31	1.40	2.86	5.71	7.82	3.51	0.62	0.28	0.12	2.25	5.07

Taula 7.43. Estadístics març 2017, estació S07.

MARCH 2017												
WS [ms ⁻¹]												
Direction	Frec.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.46	1.50	0.84	1.24	2.34	5.34	1.56	0.51	1.51	5.65	0.98	0.97
NE	2.05	1.02	0.83	1.21	1.85	4.21	1.39	0.56	1.70	6.65	0.77	0.60
E	14.33	2.18	1.61	2.93	3.79	7.04	2.85	0.52	0.39	2.57	1.46	2.15
SE	12.49	1.17	1.45	2.12	2.62	5.65	2.06	0.50	0.41	3.75	0.87	0.75
S	3.74	0.89	0.90	1.32	1.79	3.63	1.49	0.50	0.91	3.08	0.77	0.59
SW	6.42	1.11	0.85	1.44	1.96	4.95	1.55	0.52	1.39	5.33	0.87	0.76
W	15.10	3.20	1.05	2.01	4.25	8.17	2.74	0.54	0.91	2.75	2.04	4.14
NW	42.41	3.71	1.40	2.70	5.11	10.56	3.37	0.51	0.65	0.29	2.25	5.06

El mes de febrer (Taula 42) té freqüència màxima a la direcció NW i mínima a la direcció N. La velocitat màxima és a la direcció W i tots els biaixos i curtosis són positius, excepte el biaix en direcció N i E.

El mes de març (Taula 43) té freqüència màxima a la direcció NW i mínima a la direcció NE. La velocitat màxima és a la direcció NW i tots els biaixos i curtosis són positius.

El IQR és màxim a la direcció NW, en els dos casos, per tant, és la direcció en què les dades presenten dispersió màxima.

- 7.1.11. Estació S08

Taula 7.44. Estadístics desembre 2016, estació S08.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	11.88	0.40	0.66	0.83	1.06	1.69	0.88	0.50	0.80	3.18	0.27	0.07
NE	10.89	0.47	0.58	0.78	1.05	3.06	0.96	0.50	1.82	6.10	0.52	0.27
E	9.57	1.11	0.61	0.95	1.72	4.21	1.26	0.50	1.37	4.56	0.79	0.63
SE	19.80	0.24	0.70	0.83	0.94	2.52	0.85	0.51	2.71	17.1	0.24	0.06
S	18.37	0.37	0.60	0.71	0.97	1.91	0.82	0.50	1.25	4.06	0.30	0.09
SW	8.80	0.27	0.59	0.72	0.86	1.57	0.77	0.50	1.35	4.56	0.24	0.06
W	10.34	0.64	0.62	0.83	1.26	1.94	0.94	0.50	0.65	2.43	0.36	0.13
NW	10.34	0.58	0.65	0.94	1.23	2.10	1.01	0.52	0.80	1.93	0.42	0.17

Taula 7.45. Estadístics gener 2017, estació S08.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	12.73	0.81	0.79	1.03	1.59	4.16	1.31	0.50	1.72	5.76	0.79	0.63
NE	15.45	2.99	0.92	1.67	3.91	8.54	2.48	0.50	1.00	3.06	1.89	3.56
E	15.08	2.66	0.95	1.68	3.61	8.66	2.37	0.51	1.13	3.58	1.78	3.19
SE	12.65	0.51	0.67	0.9	1.18	3.96	1.06	0.52	2.12	8.28	0.56	0.31
S	10.53	0.49	0.66	0.85	1.15	3.87	1.07	0.50	2.19	7.97	0.64	0.42
SW	9.17	0.76	0.65	0.95	1.41	4.37	1.23	0.51	1.76	5.89	0.80	0.64
W	11.44	0.89	0.73	1.13	1.62	3.77	1.26	0.51	1.29	4.45	0.67	0.45
NW	12.95	0.74	0.83	1.08	1.57	5.23	1.32	0.51	2.51	3.32	0.76	0.57

Taula 7.46. Estadístics febrer 2017, estació S08.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	11.86	1.31	0.83	1.20	2.14	5.41	1.58	0.51	1.29	4.46	0.99	0.98
NE	7.76	2.43	0.77	1.50	3.20	7.17	2.28	0.52	1.07	3.18	1.82	3.30
E	9.55	2.60	0.83	1.43	3.43	7.79	2.28	0.52	1.05	3.11	1.80	3.23
SE	14.99	0.46	0.74	0.94	1.20	6.49	1.17	0.50	3.56	17.78	0.87	0.75
S	10.79	0.89	0.74	1.02	1.63	6.48	1.39	0.51	2.45	9.99	1.04	1.09
SW	20.07	3.87	1.76	3.47	5.63	8.82	3.69	0.52	0.22	1.97	2.17	4.71
W	14.09	2.04	0.93	1.71	2.97	8.49	2.41	0.52	1.38	3.82	2.00	4.02
NW	10.88	0.91	0.91	1.36	1.82	5.06	1.51	0.53	2.16	2.52	0.86	0.74

Taula 7.47. Estadístics març 2017, estació S08.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	9.94	0.53	0.7	0.94	1.23	2.65	1.04	0.50	1.35	4.73	0.45	0.21
NE	8.89	1.47	0.68	1.02	2.15	4.57	1.46	0.51	1.08	3.32	0.95	0.90
E	12.67	2.48	0.90	1.76	3.38	7.07	2.40	0.51	0.99	2.79	1.81	3.28
SE	14.61	0.52	0.78	0.95	1.30	5.99	1.20	0.51	3.14	15.29	0.78	0.60
S	12.13	2.31	0.84	1.74	3.15	6.78	2.15	0.51	0.96	3.03	1.53	2.35
SW	14.68	2.73	1.07	2.41	3.80	6.64	2.60	0.51	0.53	2.29	1.64	2.70
W	15.07	2.31	1.11	2.02	3.42	7.81	2.57	0.52	1.02	3.20	1.78	3.17
NW	12.91	0.78	0.91	1.24	1.69	3.55	1.38	0.52	1.05	1.63	0.65	0.42

Taula 7.48. Estadístics abril 2017, estació S08.

APRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	10.40	1.36	0.83	1.21	2.19	4.41	1.62	0.55	1.06	2.99	1.00	1.01
NE	12.86	2.64	0.96	2.17	3.60	6.69	2.39	0.50	0.57	2.27	1.53	2.35
E	14.13	3.51	1.20	2.76	4.71	8.52	3.12	0.52	0.64	2.41	2.07	4.31
SE	14.21	0.94	0.84	1.11	1.78	5.93	1.43	0.53	2.06	8.38	0.89	0.80
S	12.30	2.37	0.73	1.50	3.10	6.00	2.01	0.50	0.82	2.70	1.45	2.09
SW	12.14	2.65	1.09	2.84	3.74	5.83	2.59	0.50	0.11	1.84	1.46	2.13
W	13.25	1.34	1.06	1.52	2.40	6.57	2.05	0.51	1.46	4.22	1.50	2.24
NW	10.71	0.78	0.96	1.29	1.74	5.24	1.41	0.51	1.76	2.65	0.67	0.44

En aquesta estació cada mes (Taula 44, 45, 46, 47 i 48) presenta biaix i curtosi positius. Les freqüències màximes es donen a la direcció SE pels mesos de desembre i abril, a la direcció NE pel mes de gener i a la direcció SW pels mesos de febrer i març. Les freqüències mínimes són a la direcció SW pel desembre i gener, a la direcció NE al mes de febrer i març, i direcció N el mes d'abril.

La velocitat màxima es donà a la direcció E els mesos de desembre, gener i abril i a la direcció SW els mesos de febrer i març.

- 7.1.12. Estació S09

Taula 7.49. Estadístics desembre 2016, estació S09.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	2.15	0.33	0.64	0.74	0.97	3.01	0.91	0.54	2.99	13.03	0.48	0.23
NE	8.77	1.59	0.87	1.44	2.46	5.96	1.88	0.51	1.23	3.86	1.29	1.67
E	52.77	0.63	1.13	1.45	1.76	6.26	1.51	0.51	2.86	17.71	0.65	0.42
SE	9.08	0.38	0.70	0.88	1.08	2.83	0.92	0.50	2.12	12.87	0.31	0.10
S	6.00	0.35	0.62	0.72	0.97	1.75	0.82	0.50	1.32	4.20	0.29	0.08
SW	14.38	0.85	0.82	1.18	1.67	3.22	1.30	0.50	0.66	2.77	0.59	0.35
W	5.08	0.62	0.71	0.96	1.33	2.07	1.06	0.51	0.69	2.47	0.41	0.17
NW	1.77	0.29	0.61	0.73	0.90	1.21	0.77	0.52	0.62	3.30	0.19	0.04

Taula 7.50. Estadístics gener 2017, estació S09.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	4.00	2.15	0.81	1.33	2.96	6.81	1.97	0.52	1.31	3.99	1.51	2.29
NE	15.42	2.28	1.53	2.25	3.81	11.18	3.09	0.58	1.58	4.95	2.29	5.23
E	43.90	2.72	1.45	1.97	4.17	11.38	3.03	0.51	1.26	3.61	2.31	5.35
SE	5.92	1.24	0.80	1.14	2.04	6.81	1.96	0.50	1.64	4.15	1.91	3.65
S	3.93	0.61	0.72	1.03	1.33	4.75	1.15	0.51	3.07	15.36	0.68	0.47
SW	13.56	0.92	1.01	1.41	1.93	4.88	1.55	0.52	1.69	7.15	0.77	0.60
W	9.99	0.77	0.92	1.31	1.69	7.03	1.61	0.53	2.75	10.89	1.22	1.49
NW	3.28	1.18	0.79	1.27	1.97	5.76	1.74	0.56	1.39	1.02	1.37	1.86

Taula 7.51. Estadístics febrer 2017, estació S09.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	2.94	0.66	0.83	1.16	1.49	6.55	1.68	0.52	2.15	6.41	1.55	2.40
NE	11.35	1.99	1.27	1.73	3.26	9.03	2.56	0.55	1.54	4.57	1.96	3.83
E	33.33	1.50	1.20	1.59	2.7	13.29	2.67	0.52	2.08	6.71	2.62	6.85
SE	5.08	1.78	0.79	1.27	2.57	9.28	1.91	0.53	2.61	10.49	1.79	3.19
S	7.70	1.99	0.95	1.78	2.94	4.80	2.02	0.55	0.69	2.34	1.24	1.53
SW	20.87	2.17	1.18	1.91	3.35	8.58	2.45	0.50	1.08	3.56	1.60	2.57
W	14.60	4.23	1.22	2.04	5.45	8.21	3.19	0.50	0.60	1.83	2.33	5.43
NW	4.13	1.38	0.88	1.39	2.26	7.13	1.82	0.53	1.76	1.31	1.34	1.80

Taula 7.52. Estadístics març 2017, estació S09.

MARCH 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.12	0.93	0.70	1.07	1.63	3.28	1.27	0.52	1.20	3.72	0.72	0.52
NE	11.28	1.28	1.19	1.69	2.47	8.67	2.10	0.51	2.07	7.79	1.44	2.06
E	31.72	1.56	1.17	1.58	2.73	8.90	2.42	0.50	1.55	4.27	1.99	3.94
SE	7.17	1.23	0.81	1.11	2.04	6.38	1.58	0.53	1.65	5.89	1.11	1.23
S	10.22	3.15	1.23	3.10	4.38	5.86	2.90	0.53	-0.02	1.57	1.61	2.59
SW	17.67	1.78	1.26	1.94	3.04	7.27	2.27	0.53	1.09	3.91	1.36	1.84
W	16.54	3.19	1.23	2.49	4.42	9.72	3.09	0.51	0.92	3.11	2.13	4.53
NW	2.27	0.96	0.74	1.02	1.70	3.20	1.26	0.53	1.20	1.87	0.64	0.41

Taula 7.53. Estadístics abril 2017, estació S09.

APRIL 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	3.74	1.90	1.06	1.48	2.96	6.08	2.30	0.54	0.98	2.65	1.64	2.70
NE	13.21	2.88	1.21	2.35	4.09	7.49	2.84	0.52	0.68	2.30	1.85	3.44
E	37.34	3.15	1.26	1.82	4.41	9.10	2.91	0.50	0.94	2.63	2.14	4.60
SE	6.16	1.46	0.80	1.20	2.26	7.63	1.66	0.51	2.11	8.84	1.25	1.55
S	12.69	2.91	1.45	3.39	4.36	7.18	3.17	0.50	-0.00	1.93	1.74	3.02
SW	12.62	1.35	1.08	1.55	2.43	6.91	1.92	0.50	1.63	6.00	1.23	1.52
W	11.96	2.22	1.06	1.76	3.28	7.24	2.42	0.51	1.04	3.00	1.71	2.92
NW	2.27	0.76	0.78	1.23	1.54	5.57	1.51	0.56	2.20	1.84	1.20	1.43

A l'estació S09 (Taula 49, 50, 51, 52 i 53), tots els biaixos i les curtosis són més grans que zero. Totes les freqüències màximes són a la direcció E i les mínimes a la direcció NW amb l'excepció del febrer que és a la direcció N.

Totes les velocitats màximes es donaren a la direcció E.

Si comparem S05 amb S09 (Figura 3.2), hi ha plena concordança respecte a les direccions amb freqüència màximes.

- 7.1.13. Estació YA

Taula 7.54. Estadístics desembre 2016, estació YA.

DECEMBER 2016
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	13.68	0.30	0.60	0.70	0.90	1.60	0.78	0.50	1.02	3.65	0.25	0.06
NE	28.29	0.60	0.60	0.80	1.20	7.30	1.19	0.50	2.84	11.80	1.05	1.10
E	11.49	1.50	0.70	1.10	2.20	4.70	1.60	0.50	1.12	3.07	1.16	1.34
SE	9.04	0.30	0.60	0.70	0.90	2.30	0.80	0.50	1.96	8.61	0.30	0.09
S	11.06	0.30	0.70	0.80	1.00	1.40	0.84	0.50	0.14	2.27	0.22	0.05
SW	8.45	0.50	0.70	0.90	1.20	4.00	1.03	0.50	2.84	13.93	0.54	0.30
W	8.28	0.50	0.60	0.90	1.10	2.50	0.93	0.50	1.46	5.55	0.40	0.16
NW	9.71	0.50	0.70	0.90	1.20	2.30	0.97	0.50	0.94	2.47	0.38	0.15

Taula 7.55. Estadístics gener 2017, estació YA.

JANUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	14.07	1.40	0.80	1.20	2.20	8.30	1.79	0.50	1.82	6.32	1.50	2.26
NE	25.80	1.38	0.82	1.20	2.20	6.60	1.83	0.50	1.60	4.73	1.45	2.11
E	18.73	1.90	1.40	2.20	3.30	6.50	2.34	0.50	0.63	2.68	1.26	1.59
SE	7.65	0.80	0.80	1.20	1.60	3.00	1.26	0.50	0.90	3.42	0.55	0.31
S	7.36	0.80	0.70	1.00	1.50	4.10	1.20	0.50	1.62	6.05	0.67	0.45
SW	6.71	0.62	0.80	1.00	1.42	4.30	1.25	0.50	2.09	8.07	0.73	0.53
W	9.04	1.60	0.90	1.40	2.50	5.10	1.79	0.50	0.76	2.70	1.08	1.17
NW	10.64	2.08	0.92	1.50	3.00	7.60	2.02	0.50	1.06	0.79	1.34	1.80

Taula 7.56. Estadístics febrer 2017, estació YA.

FEBRUARY 2017
WS [ms⁻¹]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	11.59	0.50	0.70	0.90	1.20	9.70	1.38	0.50	3.27	13.87	1.55	2.41
NE	13.14	0.50	0.70	0.80	1.20	4.70	1.00	0.50	3.36	19.53	0.57	0.33
E	11.84	1.20	0.70	1.10	1.90	4.30	1.38	0.50	1.19	4.36	0.80	0.63
SE	7.76	0.60	0.80	1.10	1.40	3.50	1.24	0.50	1.69	5.82	0.63	0.40
S	12.49	1.30	1.00	1.30	2.30	5.60	1.78	0.50	1.44	4.52	1.15	1.32
SW	16.98	2.20	1.20	2.10	3.40	6.50	2.49	0.50	0.79	2.77	1.50	2.25
W	12.00	1.60	0.90	1.40	2.50	7.50	1.88	0.50	1.38	5.40	1.21	1.47
NW	14.20	2.30	1.00	1.45	3.30	10.4	2.28	0.50	1.69	0.91	1.85	3.42

Taula 7.57. Estadístics març 2017, estació YA.

MARCH 2017

WS [ms^{-1}]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	11.69	0.60	0.70	0.90	1.30	6.60	1.41	0.50	2.04	6.35	1.27	1.61
NE	17.16	0.90	0.70	1.00	1.60	7.20	1.35	0.50	2.34	9.63	1.03	1.06
E	13.24	2.10	0.90	1.70	3.00	6.40	2.09	0.50	0.98	3.22	1.46	2.13
SE	6.73	0.80	0.70	1.10	1.50	2.50	1.18	0.50	0.77	2.70	0.51	0.26
S	11.09	1.40	0.90	1.40	2.30	6.10	1.64	0.50	1.34	5.40	0.96	0.91
SW	15.31	1.90	1.25	2.20	3.15	6.40	2.37	0.50	0.78	3.05	1.33	1.77
W	11.17	1.50	0.85	1.30	2.35	5.00	1.72	0.50	1.15	3.30	1.15	1.33
NW	13.61	2.95	1.08	1.90	4.03	7.90	2.69	0.50	0.77	0.39	1.98	3.91

Taula 7.58. Estadístics abril 2017, estació YA.

APRIL 2017

WS [ms^{-1}]

Direction	Freq.[%]	IQR	Q1	Q2	Q3	WS_max	WS_mean	WS_min	bias	kurtosis	std	var
N	2.77	2.26	2.55	3.62	4.81	6.34	3.68	0.53	0.03	2.20	1.49	2.22
NE	22.34	1.78	3.68	4.58	5.46	7.94	4.55	0.58	-0.12	3.13	1.32	1.74
E	47.89	2.44	2.17	2.79	4.61	9.00	3.38	0.51	0.89	3.07	1.67	2.78
SE	3.13	1.77	1.28	2.19	3.05	6.31	2.39	0.50	0.86	3.48	1.31	1.70
S	1.60	1.47	1.56	2.03	3.03	7.76	2.52	0.68	1.71	6.03	1.58	2.49
SW	6.26	2.48	1.98	3.44	4.46	7.74	3.41	0.50	0.27	2.42	1.62	2.62
W	12.52	1.46	1.35	1.99	2.81	8.01	2.46	0.56	1.49	4.58	1.67	2.78
NW	3.49	2.15	1.25	1.74	3.40	8.04	2.38	0.58	1.37	0.79	1.72	2.97

A l'estació YA (Taula 54, 55, 56, 57 i 58), tots els biaixos i les curtosis són més grans que zero, excepte el mes d'abril en què el biaix és negatiu a la direcció NE. Totes les freqüències màximes són a la direcció NE, excepte al febrer que és de SW. Les freqüències mínimes el desembre i abril són a la direcció W, el gener de SW i febrer i març de SE.

Les velocitats màximes són: pel desembre a la direcció NE, gener i febrer a la direcció N i març i abril NW.

Ara bé la informació que ens donen les taules pot resumir-se gràficament i analitzar-se emprant determinats mètodes estadístics i examinant gràfics dels resultats.

7.2. Estadística del vent. Mes de desembre de 2016

Com s'ha dit i comprovat analitzant mapes, episodis de PPT i consultant el butlletí del SMC corresponent, el mes de desembre és principalment anticiclònic a la vall del riu Segre (la Cerdanya, Pirineu Oriental), per aquest fet predominen els vents locals o característics enfront de sinòptics.

En aquest apartat tan sols es prenen les dades del vent de les estacions situades al fons de la vall a excepció de l'estació CD que queda fora d'ella, però hagués sigut molt interessant poder-la comparar amb les dades d'una estació col·locada més enllà de Martinet, entre CD i CJ (Figura 3.2), allà on la vall fent-se encara més estreta canvia de direcció, amb la finalitat d'estudiar les turbulències que teòricament i realment hi ha d'haver.

Per una anàlisi estadística estricta és important considerar totes les dades, així, per exemple, en calcular correlacions els conjunts han de tenir el mateix nombre de dades per no perdre contrast. En aquest sentit, és interessant veure els articles de Hasager et al., (2015), i Calandi et al., (2016).

El llenguatge Python permet el càlcul de correlacions amb NAN's, però per treballar amb rigor cal que siguin els menys possibles o, millor, que no n'hi hagi, ja que si no és així, els resultats poden no ser representatius. Per tant, a causa de la falta de dades que presenta el UHF en molts dels casos, els resultats obtinguts a la Figura 4.10 i Figura 4.11 no són representatius.

És importantíssim remarcar el següent: A l'apartat 7.1 s'han considerat les dades del vent segons les vuit direccions principals i s'han calculat els estadístics per a cada direcció, però cal reflexionar entorn aquest fet, ja que, per exemple, fer estadística comparativa de totes les estacions amb les velocitats mitjanes segons cada direcció és un procediment tan sols plausible, però tant més exacte com més resolució temporal tinguem. L'avantatge és que ens permet relacionar estacions i direccions del vent amb les seves velocitats mitjanes simultàniament tal com es veurà.

La màxima resolució, en què s'ha treballat, és semihorària, però hauria sigut millor cada deu minuts o molt millor cada minut perquè les dades queden millor repartides a l'hora d'agrupar-les segons les vuit direccions, és a dir, en general, o augmenta la probabilitat que cada direcció tingui el mateix nombre de dades, que seria l'ideal, o que en tenir-ne moltes la velocitat mitjana per a cada una d'elles sigui més real, utilitzant altres paraules, que la velocitat mitjana sigui més exacta.

7.2.1. Estadística de Weibull

En el capítol III i a l'Annex A.5 es fa referència detallada de l'estadística de Weibull. En aquest apartat es presenten els resultats d'aplicar-la a la velocitat del vent durant el mes de desembre del 2016 a les estacions convingudes.

La velocitat del vent presenta típicament una distribució de Weibull que es pot obtenir per interpolació dels histogrames que acompanyen a les roses dels vents i deduir els seus paràmetres K i C que permeten calcular els valors mitjans i les desviacions típiques.

Els resultats es presenten seguidament, incloent-hi els valors inferiors a 0.5 ms^{-1} . Primerament les roses dels vents de totes les estacions seleccionades (Figura 7.1), hi segueix un exemple de les distribucions de Weibull sent les obtingudes per a les estacions de Martinet, S02, S04, i S08 (Figura 7.2)

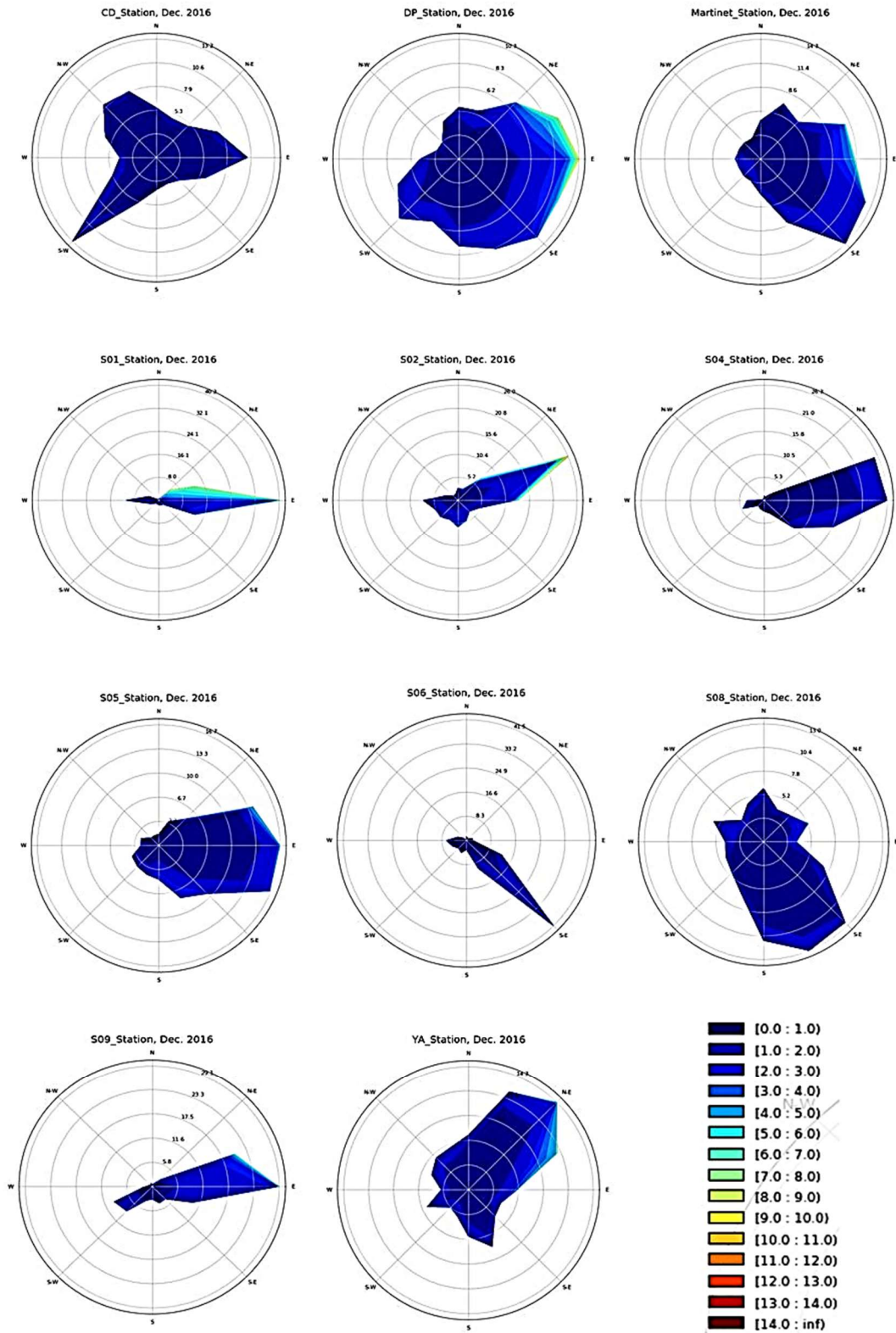


Figura 7.1. Roses dels vents ($\text{WS} [\text{ms}^{-1}]$) corresponents al mes de desembre de l'any 2016 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA.

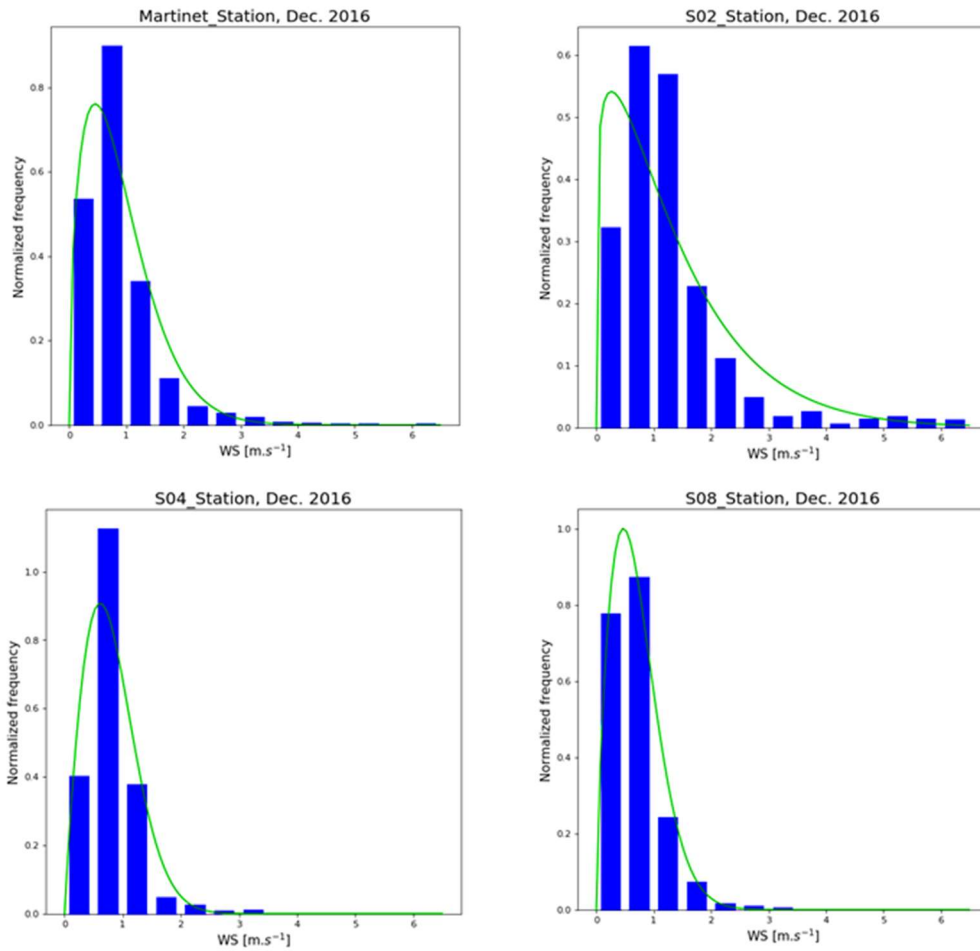


Figura 7.2. Distribució de Weibull per a les estacions de Martinet, S02, S04, i S08 (desembre 2016).

Taula 7.59. Coeficients de Weibull (K i C) corresponents al mes de desembre de 2016 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA.

AWS	K	C
CD	1.50	0.63
DP	1.22	1.13
Martinet	1.48	0.98
S01	1.54	2.59
S02	1.16	1.42
S04	1.89	0.92
S05	1.41	0.90
S06	1.80	0.85
S08	1.71	0.78
S09	1.73	1.41
YA	1.42	1.01

A la taula anterior (Taula 7.59) s'hi exposen els coeficients arrodonits a les centèsimes, però en efectuar els càlculs s'han considerat tots els decimals que ha donat el programa, ja que la funció gamma és molt sensible a petits canvis.

Les desviacions típiques i els valors mitjans de la velocitat d'aquestes distribucions es mostren a la Figura 7.3.

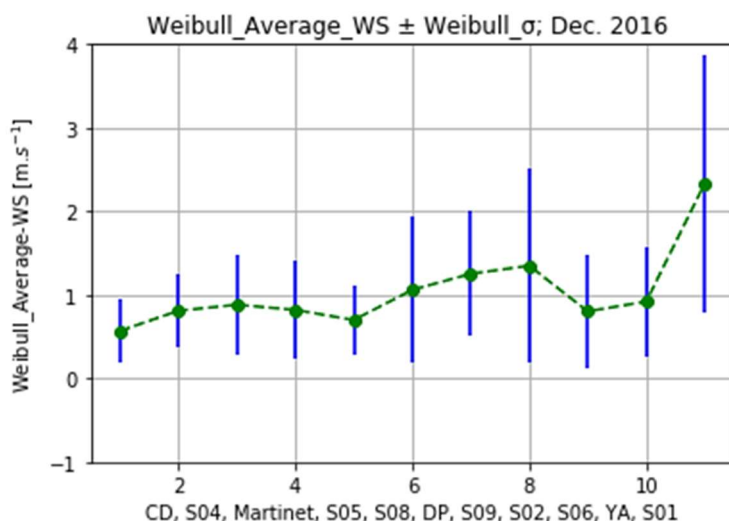


Figura 7.3. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques segons l'estadística de Weibull (desembre 2016). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

7.2.2. ANOVA

ANOVA aplicada a totes les estacions seleccionades (Figura 7.4 i 7.5).

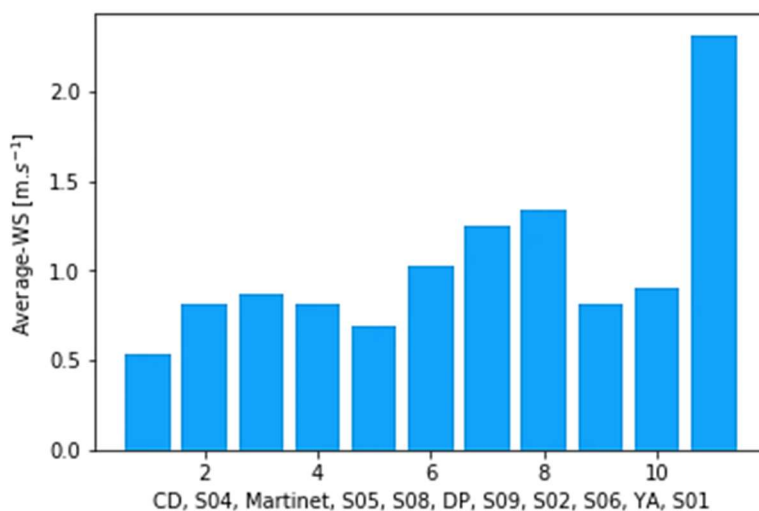


Figura 7.4. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions (desembre 2016).

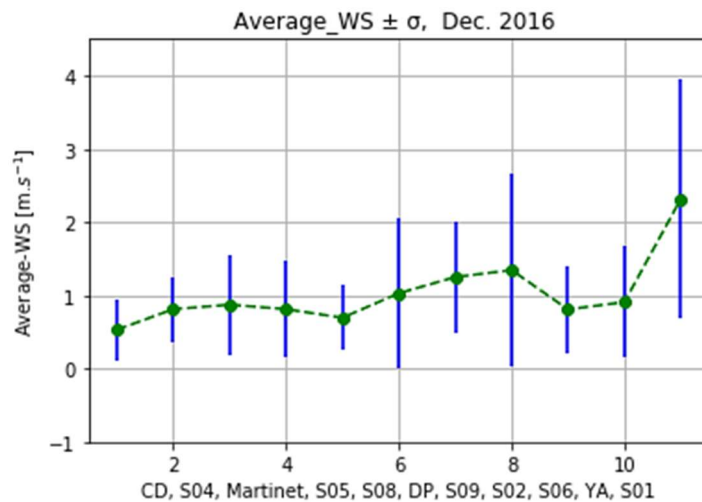


Fig. 7.5. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (desembre 2016). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

Calculat l'estadístic F s'ha obtingut:

$F_{\text{onewayResult}}$ (statistic=457.2016, p-value=0.00)

El valor F és molt gran el que indica que existeixen diferències notables entre certs valors mitjans. El p-valor = 0.00 ens mostra clarament que hem de negligir la hipòtesi nul·la. Aquest resultat, de totes maneres era d'esperar perquè clarament a S01 la velocitat mitjana és molt més alta que les altres i amb una desviació típica molt gran.

Els diagrames corresponents a les Figures 7.3 i 7.5 són pràcticament idèntics, però això tan sols ens dóna una relació simultània entre les estacions que estem estudiant, i la velocitat mitjana del vent durant el mes de desembre de 2016.

7.2.3. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

$KruskalResult$ (statistic=3443.3528, p-value=0.00)

Clarament, aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la. Per haver comparat les medianes s'especifica que totes les estacions tenen 1488 dades excepte S08 amb 1486, S09 amb 1462 i YA amb 1467 (per informació més detallada vegeu l'apartat d'Informes).

7.2.4. Diagrames de caixes

Els diagrames de caixes per a cada estació segons les vuit direccions principals del vent són mostrades a la Figura 7.6.

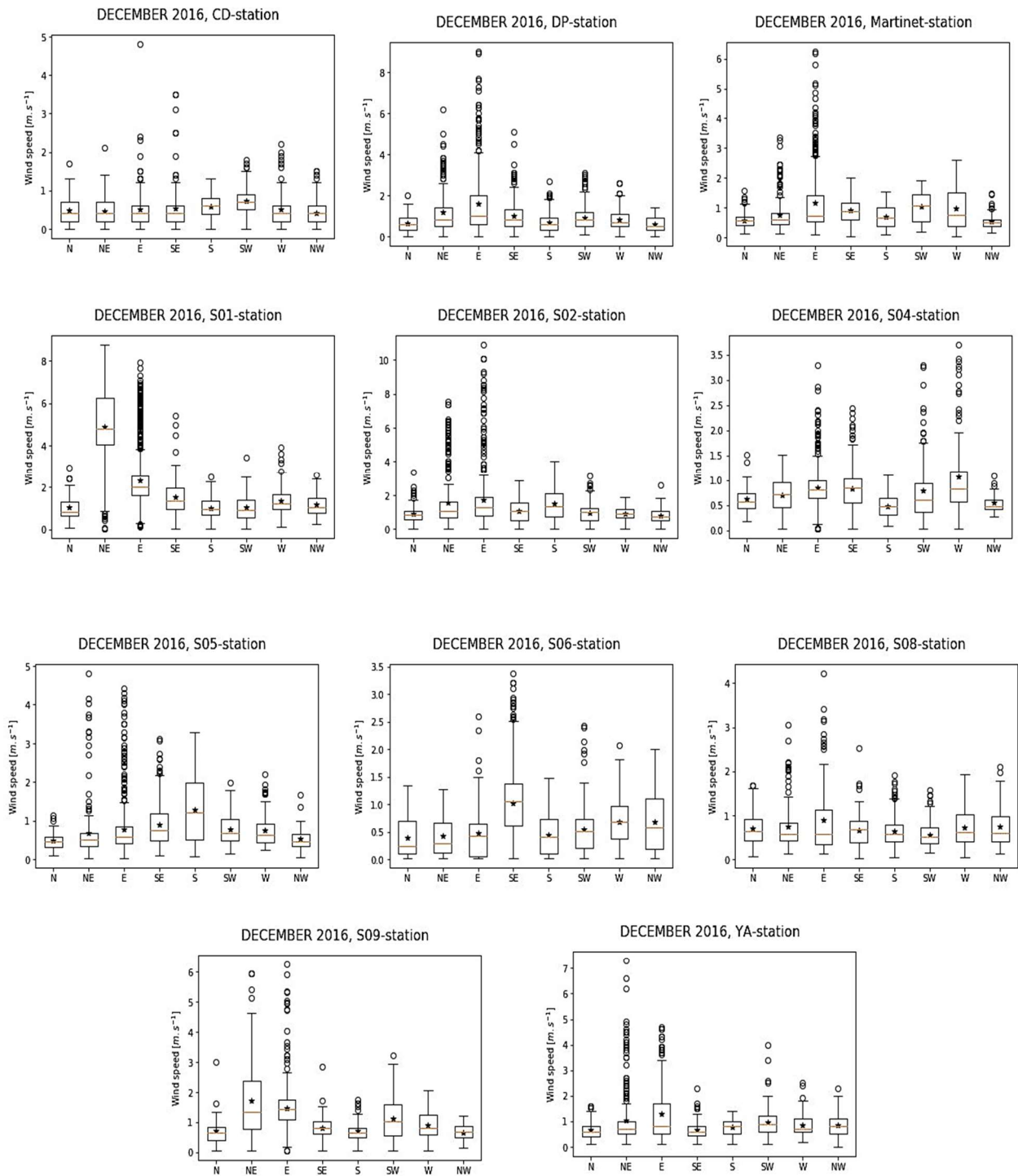


Figura 7.6. Diagrames de caixes corresponents al mes de desembre de 2016 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, considerant tots els valors de la velocitat del vent, és a dir s'han inclòs els valors inferiors a 0.5 ms^{-1} .

S'observa que les direccions on el vent és més intens són, en general, les direccions NE i E.

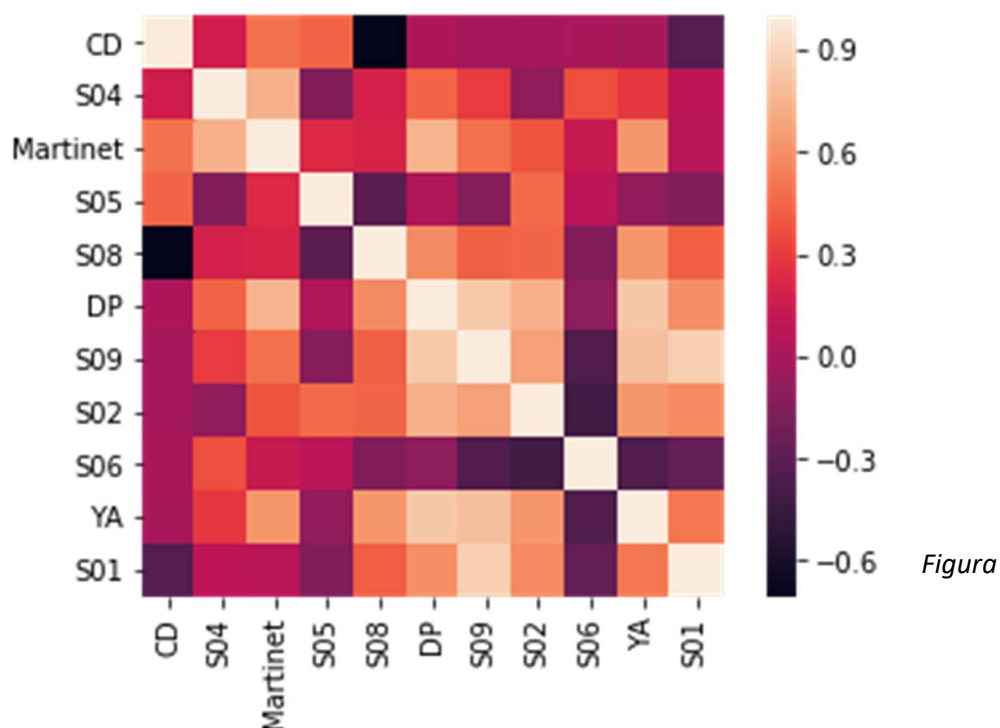
7.2.5. 'Clustering' o anàlisi de conglomerats

La Taula 7.60 presenta el valor mitjà de la velocitat del vent per cadascuna de les vuit direccions principals i per a cada estació. L'objectiu és analitzar la relació entre direcció del vent, velocitats mitjanes segons cada direcció i les estacions.

Taula 7.60. Valors mitjans de la velocitat del vent, $WS [ms^{-1}]$, segons les vuit direccions principals (desembre 2016).

	CD	S04	Martinet	S05	S08	DP	S09	S02	S06	YA	S01
N	0.44	0.61	0.48	0.49	0.63	0.65	0.72	0.90	0.39	0.66	1.05
NE	0.46	0.70	0.74	0.68	0.75	1.20	1.73	1.54	0.42	1.04	4.86
E	0.50	0.84	1.18	0.78	0.89	1.58	1.47	1.74	0.48	1.29	2.33
SE	0.54	0.82	0.89	0.90	0.66	0.98	0.82	1.07	1.02	0.68	1.53
S	0.57	0.48	0.70	1.29	0.64	0.68	0.70	1.49	0.45	0.76	1.02
SW	0.72	0.79	1.03	0.78	0.56	0.92	1.12	0.98	0.54	0.96	1.05
W	0.51	1.06	0.97	0.75	0.73	0.83	0.90	0.87	0.68	0.85	1.34
NW	0.42	0.55	0.53	0.54	0.75	0.58	0.66	0.77	0.68	0.85	1.16

Donant lloc a la matriu de correlació entre estacions (Figura 7.7 i Taula 4.10), encara que també s'hi ha aplicat una ANOVA i el test de Kruskal-Wallis.



7.7. Matriu de correlació corresponent al mes de desembre de 2016 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, segons el valor mitjà de les velocitats mitjanes de cada una de les vuit direccions principals del vent.

7.2.5.1. ANOVA

ANOVA aplicada als conjunts de valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent (Figura 7.8).

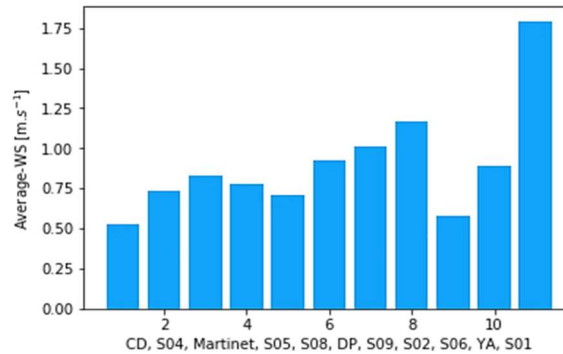


Figura 7.8. Valors mitjans de la velocitat del vent calculats a partir dels valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals i per a cada estació (desembre 2016).

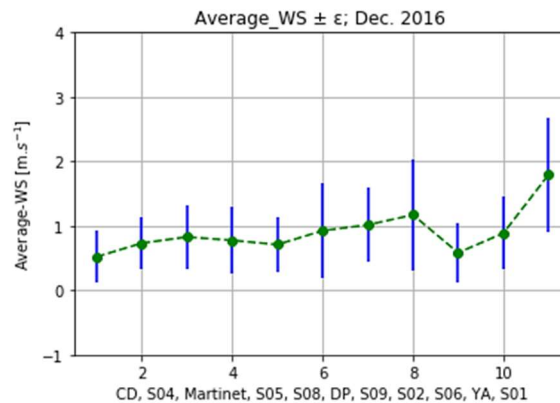


Figura 7.9. Valors mitjans de la velocitat del vent segons els valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent i per a cada estació amb els errors corresponents (desembre 2016). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

Calculat l'estadístic F s'ha obtingut:

$F_{\text{onewayResult}}$ (statistic=4.4827, p-value=5.5047e-05)

El valor F és gran el que ens indica que existeixen diferències entre certs valors mitjans. El p-valor és molt inferior a 0.05, per tant, hem de negligir la hipòtesi nul·la. Si comparem la Figura 7.9 amb la Figura 7.5, els valors mitjans han disminuït per la majoria de les estacions, però la tendència de la corba, en general, es manté i això és el que ens permetrà fer la comparació simultània per 'clustering'. A l'estació S06 el valor de la velocitat mitjana és notablement menor respecte del que presentava a la Figura 7.5 i és la que pot introduir més error a l'hora de comparar. Per consultar els resultats de la prova HSD de Tukey vegeu Annex A.13.

7.2.5.2. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

KruskalResult (statistic=43.6347, p-value=3.8280e-06)

Clarament aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la.

7.2.5.3. 'Clustering', dendrograma múltiple

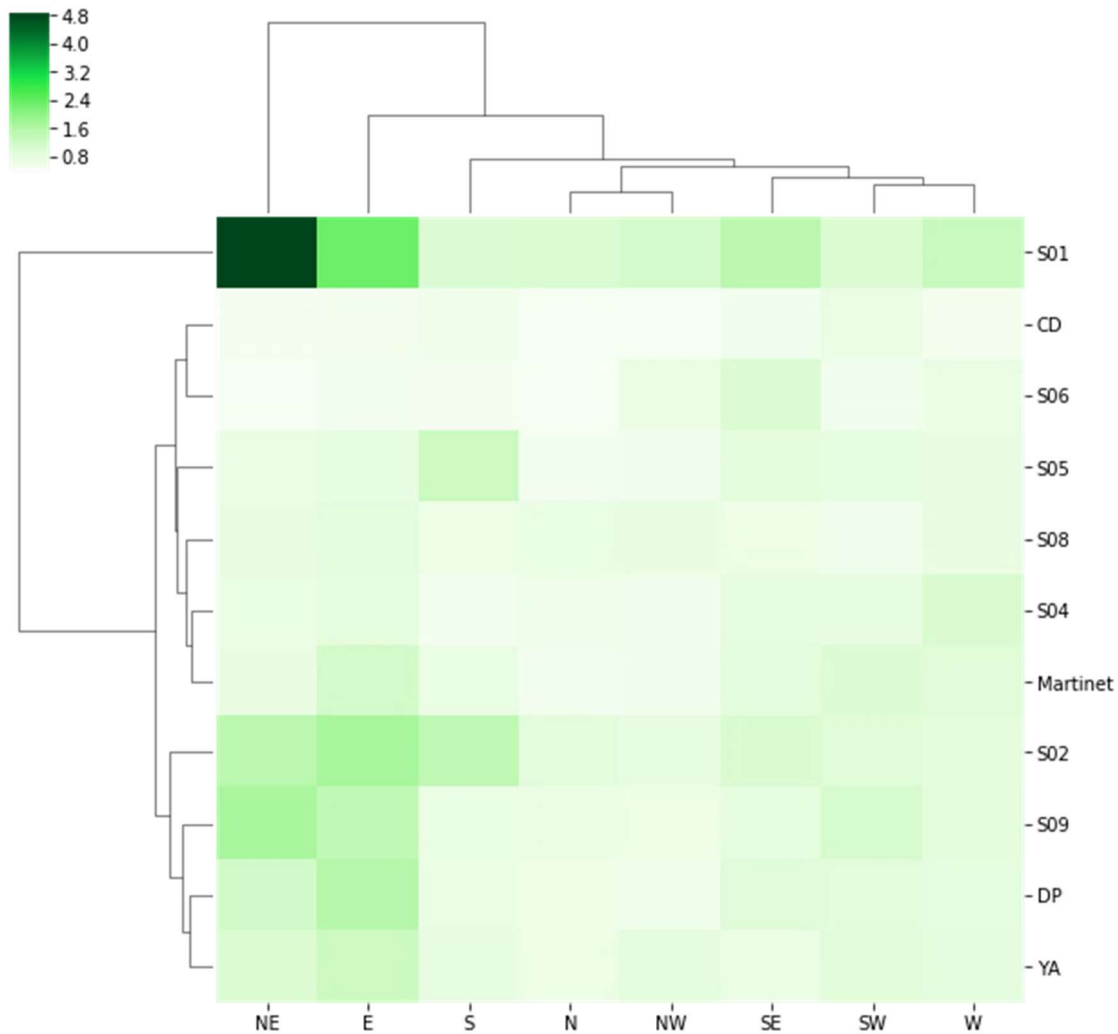


Figura 7.10. Dendrograma múltiple corresponent a les estacions del fons de la Vall del Segre, a les vuit direccions principals del vent i respecte a les seves velocitats mitjanes corresponents (desembre 2016).

Per veure com s'agrupen les estacions i les direccions segons les velocitats mitjanes respectives s'ha utilitzat la distància euclidiana, encara que la de Minkowski per $p=1$ dona la mateixa classificació $\left(d_p(x_i, x_j) = \|x_i - x_j\|_p = \left(\sum_{l=1}^n (x_{il} - x_{jl})^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad p \geq 1 \right)$.

Per la seva localització (Figura 3.2), S01 és qui rep vents de més intensitat procedents de la direcció NE i E, a l'estació YA la vall és molt més ampla i la velocitat és inferior. L'estació S01 no està agrupada amb cap de les altres. Els vents vall avall són intensos, comparats amb els vents vall amunt clarament més dèbils i s'observa que segons la vall es fa més estreta les velocitats es fan més homogènies en totes les direccions, quedant clar, per exemple que S06 tingui una velocitat més alta a la direcció SE circumstància ja comentada anteriorment (Figura 7.10).

7.2.6. PCA, aplicat a l'anàlisi de la component zonal i meridional del vent (u , v)

Abans de començar l'anàlisi de components principals (Jiménez et al, 2007), analitzarem els diagrames de dispersió per tenir una idea de si el mètode és aplicable o no (vegeu capítol IV, apartat 4.7), encara que es desenvoluparà i es comentarà.

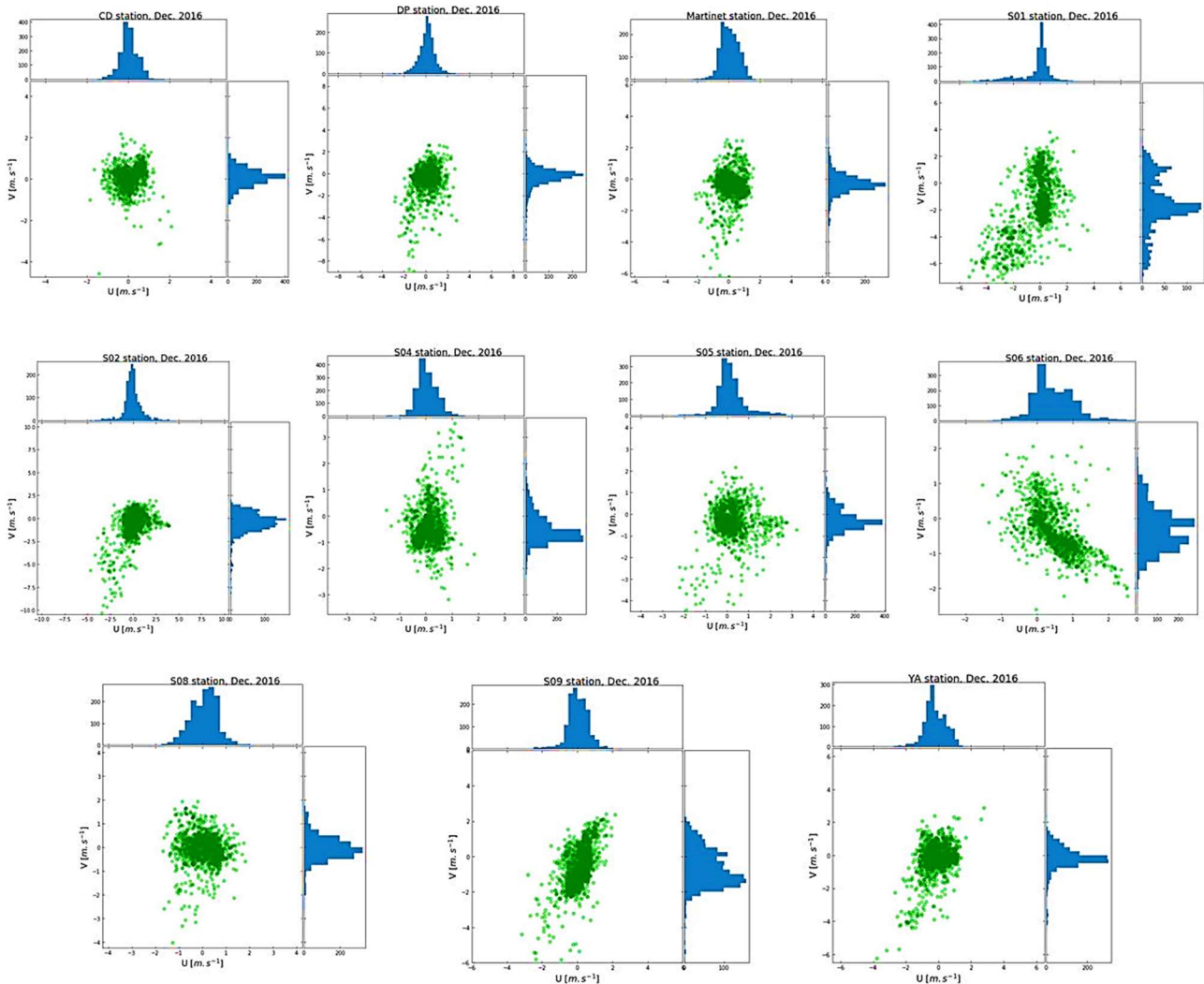


Figura 7.11. Diagrames de dispersió corresponents al mes de desembre de 2016 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, segons les components (u , v) del vent.

Observant la Figura 7.11, queda clar que en alguns casos serà difícil trobar uns eixos en què un d'ells representi les dades amb una dispersió molt superior. A la Figura 7.12 s'hi representen les components principals per a les estacions DP, S06 i S09.

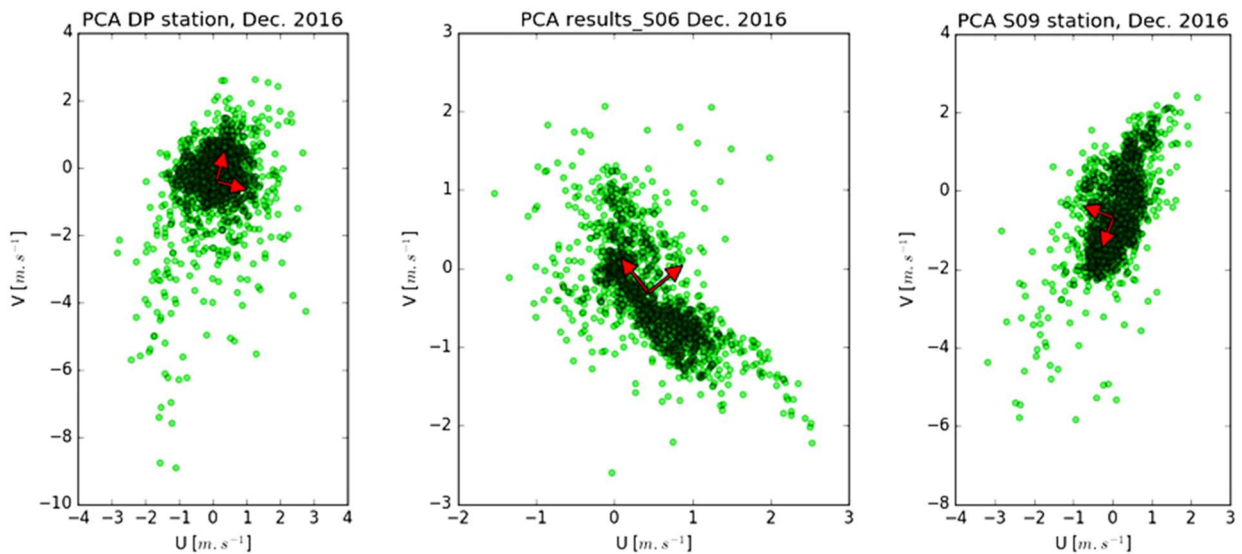


Figura 7.12. Representació gràfica de les components principals corresponents per a les estacions de DP, S06 i S09, (desembre 2016).

Seguidament els resultats numèrics per a totes les estacions seleccionades.

- CD

Eigenvectors: $[[0.36 \ 0.93] [0.93 \ -0.36]]$

Eigenvalues: $[20.25 \ 16.12]$

Cov (U, V): $[[0.19 \ 0.03] [0.03 \ 0.26]]$

Corrcoef (U, V): $[[1. \ 0.15] [0.15 \ 1.]]$

- DP

Eigenvectors: $[[0.26 \ 0.97] [0.97 \ -0.26]]$

Eigenvalues: $[47.03 \ 25.56]$

Cov (U, V): $[[0.51 \ 0.26] [0.26 \ 1.42]]$

Corrcoef (U, V): $[[1. \ 0.31] [0.31 \ 1.]]$

- Martinet

Eigenvectors: $[[0.08 \ 0.99] [0.99 \ -0.08]]$

Eigenvalues: $[33.53 \ 21.61]$

Cov (U, V): $[[0.32 \ 0.04] [0.04 \ 0.75]]$

Corrcoef (U, V): $[[1. \ 0.07] [0.07 \ 1.]]$

- S01

Eigenvectors: $[[-0.37 \ -0.93] [-0.93 \ 0.37]]$

Eigenvalues: $[82.53 \ 34.80]$

Cov (U, V): $[[1.32 \ 1.29] [1.29 \ 4.07]]$

Corrcoef (U, V): $[[1. \ 0.55] [0.55 \ 1.]]$

- S02

Eigenvectors: $[[-0.41 \ -0.91] [-0.91 \ 0.41]]$

Eigenvalues: $[61.32 \ 30.71]$

Cov (U, V): $[[0.96 \ 0.71] [0.71 \ 0.71]]$

Corrcoef (U, V): $[[1. \ 0.49] [0.49 \ 1.]]$

- S04

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.14 & 0.99 \\ 0.99 & -0.14 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[27.06 \quad 14.02]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.14 & 0.05 \\ 0.05 & 0.49 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.19 \\ 0.19 & 1. \end{bmatrix}$

- S05

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.33 & 0.95 \\ 0.95 & -0.33 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[28.05 \quad 24.35]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.41 & 0.04 \\ 0.04 & 0.52 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.09 \\ 0.09 & 1. \end{bmatrix}$

- S06

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.62 & 0.78 \\ 0.78 & 0.62 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[29.51 \quad 13.77]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.31 & -0.22 \\ -0.22 & 0.41 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & -0.63 \\ -0.63 & 1. \end{bmatrix}$

- S08

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.39 & 0.92 \\ 0.92 & 0.39 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[23.36 \quad 21.13]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.31 & -0.02 \\ -0.02 & 0.36 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & -0.07 \\ -0.07 & 1. \end{bmatrix}$

- S09

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.36 & -0.93 \\ -0.93 & 0.36 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[46.53 \quad 16.72]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.36 & 0.43 \\ 0.43 & 1.31 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.63 \\ 0.63 & 1. \end{bmatrix}$

- YA

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.42 & -0.91 \\ -0.91 & 0.42 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[38.02 \quad 21.78]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.44 & 0.25 \\ 0.25 & 0.87 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.41 \\ 0.41 & 1. \end{bmatrix}$

Totes les parelles de valors propis (Eigenvalues), són molt grans i del mateix ordre de magnitud, encara que hi ha casos, com a S01, que tot i pertanyent al mateix ordre de magnitud presenten una diferència notable respecte a la dels altres. Deixant de banda això, no es pot considerar soroll la direcció on la dispersió és menor, ja que essent inferior no ho és prou per considerar-ho.

Amb tot i això, les diferències entre els valors propis són superiors en algunes estacions, tal com succeeix a S01, S02 i S09, essent més petites en les altres. Si mirem la Figura 3.2, es podria esperar que allà on la vall es fa més estreta la velocitat augmentés per efecte Venturi, però aquesta queda disminuïda pel fregament i la dinàmica entre el nucli estable i els vessants i, cal recordar, que en determinades situacions el vent sinòptic té una influència destacada sobre les circulacions pròpies de la vall.

7.3. Estadística del vent. Mes de març de 2017

Estudiat, meteorològicament parlant, el primer mes d'hivern, en aquest apartat s'analitza el primer mes de primavera de l'any següent. S'hi inclouen quatre estacions més, tres localitzades en el vessant sud de la vall (Figura 3.2), i són: Cap de Rec, Z3, i S07, l'altre és S03, que en el mes de desembre presentava una manca de dades superior al 20%. Es repetirà tot el procés anterior encara que s'ometran certes especificacions que resultarien repetitives.

7.3.1. Estadística de Weibull

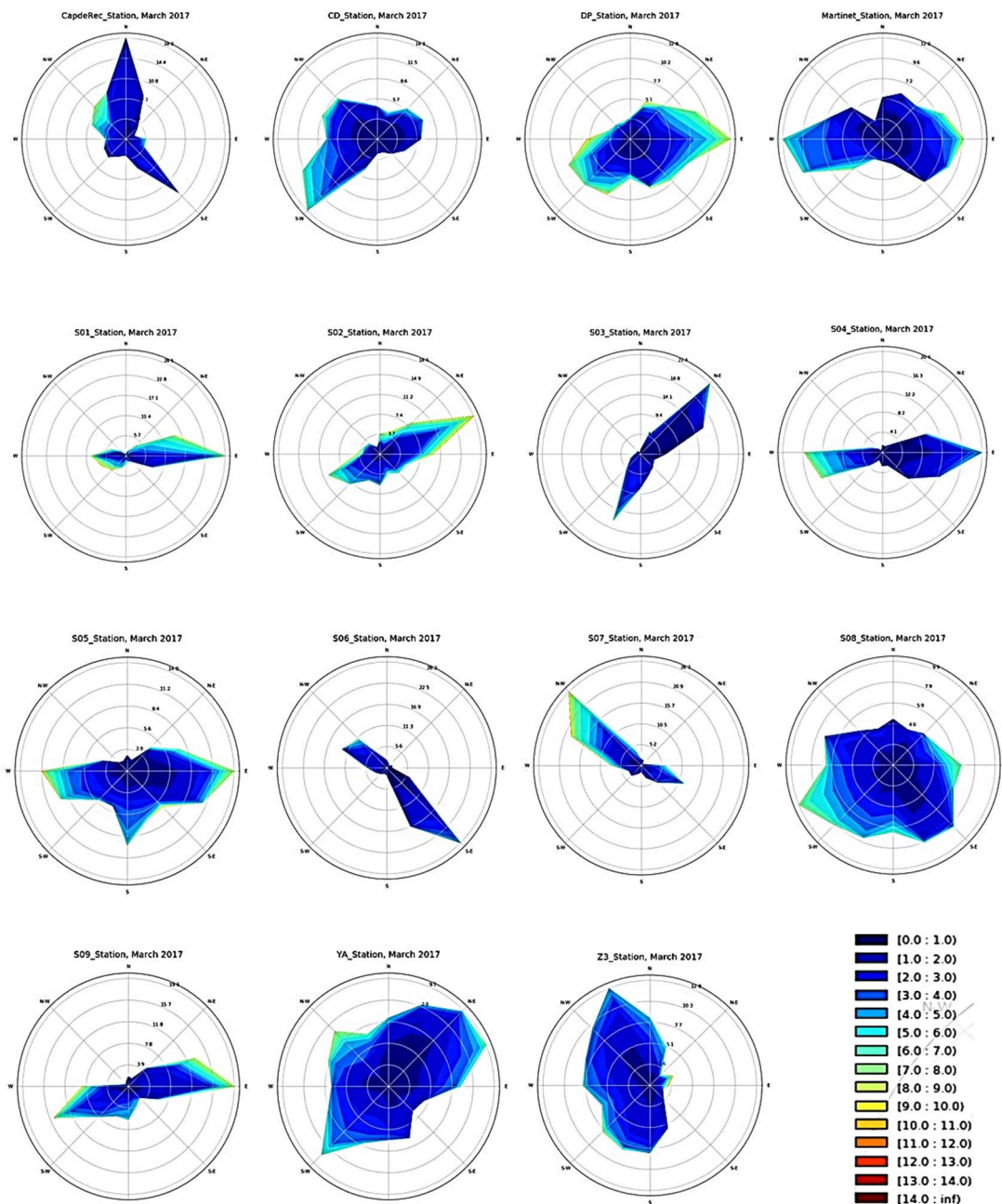


Figura 7.13. Roses dels vents ($WS [\text{ms}^{-1}]$) corresponents al mes de març de l'any 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA, i Z3.

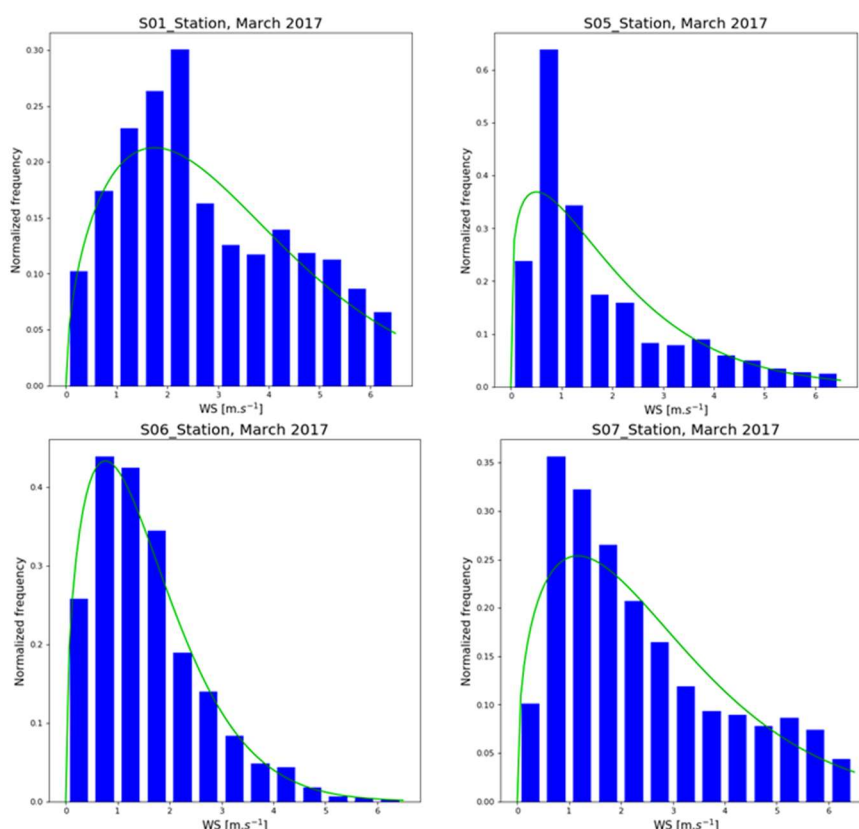


Figura 7.14. Distribució de Weibull per a les estacions S01, S05, S06 i S07 (març 2017).

A la figura 7.13 s'hi representen les roses dels vents per a totes les estacions seleccionades i a la taula 7.61 els coeficients de Weibull corresponents. A la Figura 7.14 es mostra la distribució de Weibull per a les estacions S01, S05, S06 i S07.

Taula 7.61. Coeficients de Weibull (K i C) corresponents al mes de març de 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA i Z3.

AWS	K	C
Cap de Rec	1.62	2.13
CD	1.11	1.62
DP	1.21	2.64
Martinet	1.30	1.80
S01	1.52	3.52
S02	1.18	2.70
S03	1.30	1.62
S04	1.18	1.89
S05	1.22	2.03
S06	1.45	1.71
S07	1.39	2.90
S08	1.27	1.85
S09	1.30	1.62
YA	1.33	1.90
Z3	1.46	2.06

Una vegada obtingudes les desviacions típiques i els valors mitjans de la velocitat d'aquestes distribucions de Weibull el resultat es mostra a la Figura 7.15.

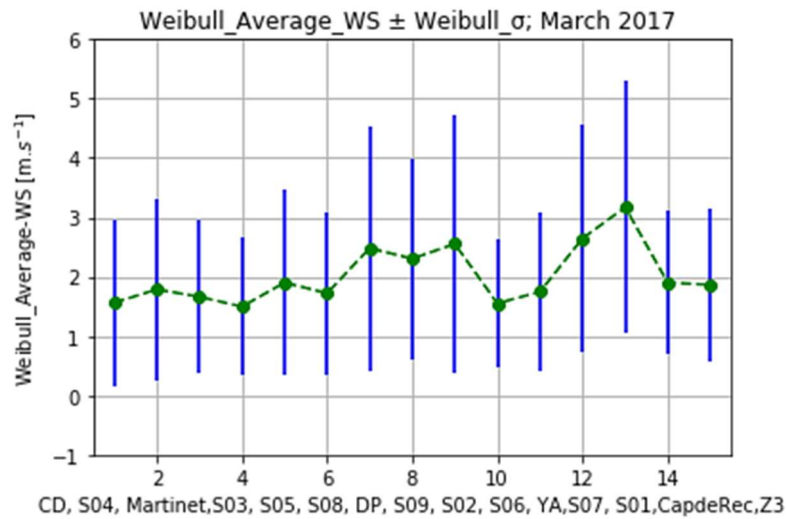


Figura 7.15. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques segons l'estadística de Weibull (març 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

7.3.2 ANOVA

S'ha aplicat del mètode ANOVA (Figura 7.16 i 7.17) a les estacions a estudiar per comparar-ho amb els gràfics anteriors.

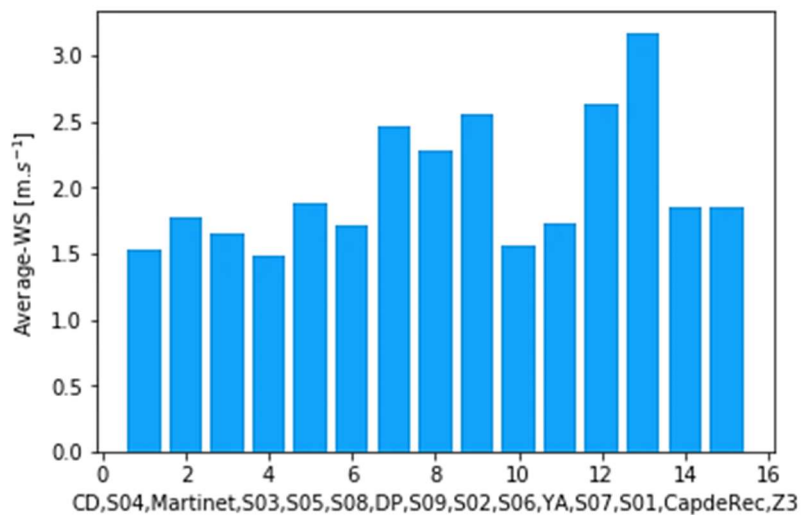


Figura 7.16. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions (març 2017).

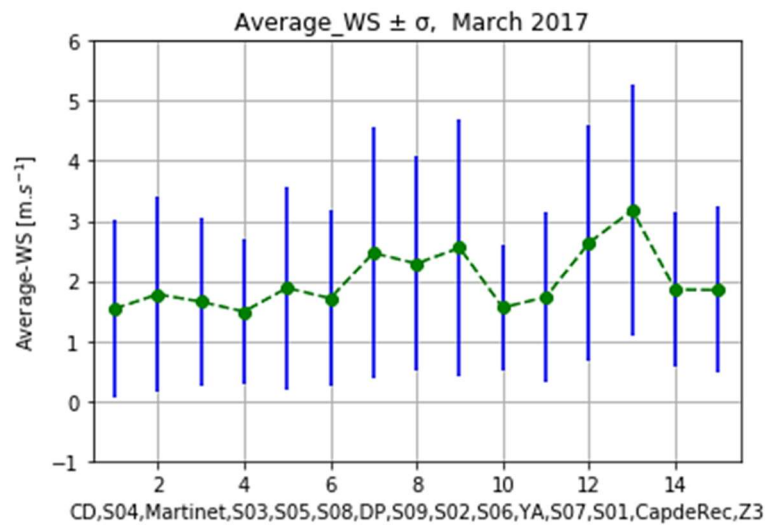


Figura 7.17. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (març 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

Calculat l'estadístic F s'ha obtingut:

`F_onewayResult (statistic=135.6975, pvalue=0.00)`

El valor F, encara que menor respecte el del mes de desembre, és molt gran el que ens indica que encara existeixen diferències notables entre certs valors mitjans. El p-valor = 0.00 ens mostra clarament que podem negligir la hipòtesi nul·la. Aquest resultat era d'esperar, ja que clarament la velocitat mitjana a S01 respecte a la de CD, per exemple, és pràcticament el doble.

Els diagrames corresponents a les Figures 7.15 i 7.17 són pràcticament idèntics, però això, igual que el cas anterior, tan sols ens dóna una relació simultània entre les estacions que estem estudiant i la velocitat mitjana del vent durant el mes de març de 2017.

7.3.3. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

`KruskalResult (statistic=1618.1368, pvalue=0.00)`

Clarament, aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la. Pel nombre de dades de cada estació veure els Informes I.3, I.4 i I.5.

7.3.4. Diagrames de caixes

Els diagrames de caixes per a cada estació segons les vuit direccions principals del mòdul de vent es mostren a la Figura 7.18.

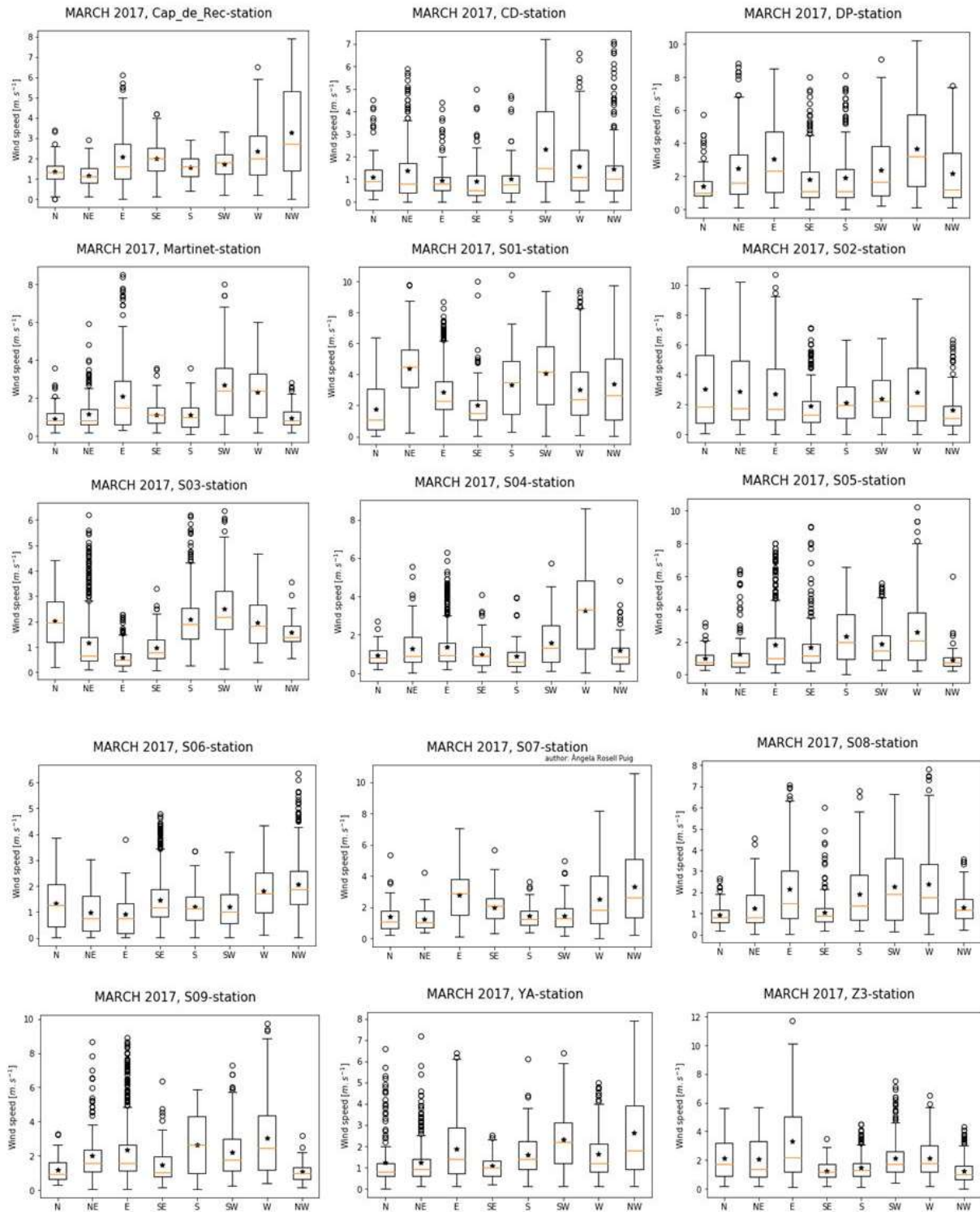


Figura 7.18. Diagrames de caixes del mòdul del vent corresponents al mes de març de 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA, i Z3 considerant tots els valors, és a dir, s'han inclòs els valors inferiors a 0.5 ms^{-1} .

S'observa que, en general, predominen les direccions del desembre de 2016, però a més a més les de W i SW, i la direcció S també, però a menys estacions. A l'estació S06 es manté com a direcció predominant la del SE conjuntament amb la del NW.

Consultat el butlletí mensual del SMC corresponent al mes de març de 2017 (SMC, 2017a), es transcriu el següent del seu resum mensual.

'Una situació marcadament zonal (vent de l'oest en els nivells mitjans de la troposfera) ha causat un mes de març càlid i plujós a Catalunya'.

Caldria explicitar estació per estació aquest augment de direccions amb velocitat de vent amb valors anòmals, però queda àmpliament justificat en consultar l'esmentat butlletí.

7.3.5. 'Clustering' o anàlisi de conglomerats

A la Taula 7.62 s'hi presenten les velocitats mitjanes segons les vuit direccions del vent per a les estacions que s'estudien.

Taula 7.62. Valors mitjans de la velocitat del vent, WS [ms^{-1}], segons les vuit direccions principals (març 2017).

AWS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
CD	1.07	1.39	0.95	0.91	1.00	2.33	1.58	1.45
S04	0.91	1.30	1.36	0.98	0.87	1.57	3.25	1.20
Martinet	0.91	1.16	2.07	1.12	1.11	2.69	2.31	0.95
S03	2.02	1.16	0.60	0.97	2.10	2.49	1.97	1.57
S05	0.98	1.24	1.84	1.66	2.33	1.86	2.61	0.91
S08	0.96	1.26	2.13	1.06	1.92	2.28	2.38	1.29
DP	1.43	2.47	3.03	1.79	1.90	2.39	3.65	2.18
S09	1.18	1.99	2.35	1.91	2.66	2.18	3.02	1.07
S02	3.01	2.89	2.74	1.49	2.13	2.40	2.85	1.66
S06	1.33	0.99	0.90	1.46	1.19	1.19	1.80	2.08
YA	1.28	1.22	1.89	1.07	1.59	2.31	1.63	2.62
S07	1.40	1.25	2.78	1.98	1.44	1.45	2.53	3.32
S01	1.74	4.37	2.85	2.03	3.33	4.07	3.02	3.36
CapdeRec	1.28	1.17	2.07	1.99	1.55	1.71	2.34	3.26
Z3	2.11	2.08	3.33	1.25	1.47	2.12	2.13	1.25

I la seva matriu de correlació (vegeu Taula 4.10), es presenta a la Figura 7.19.

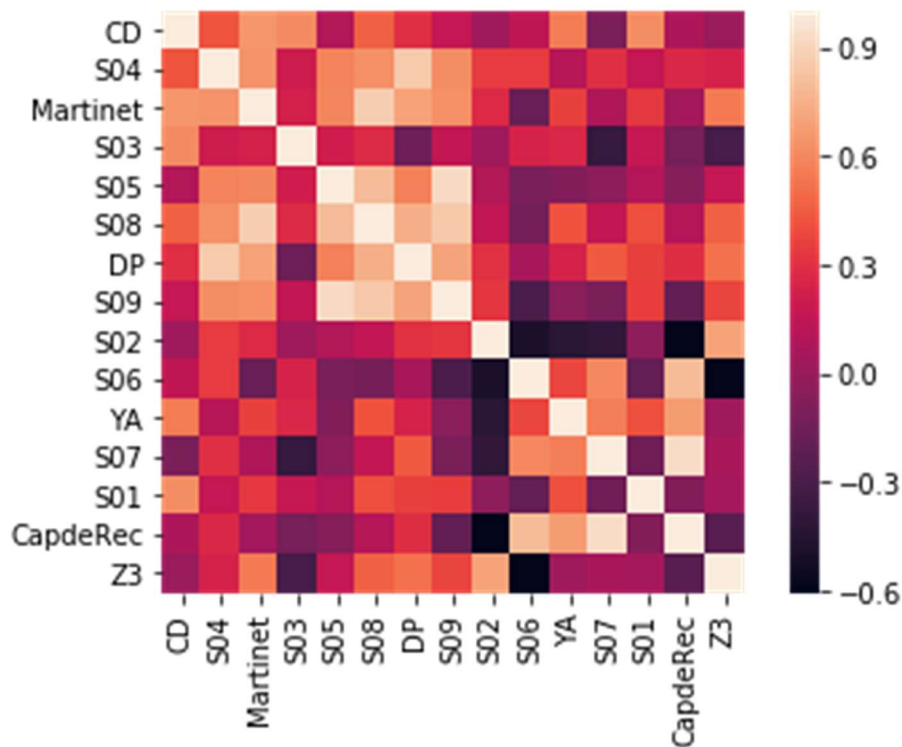


Figura 7.19. Matriu de correlació corresponent al mes de març de 2017 per a les estacions seleccionades, segons el valor mitjà de les velocitats mitjanes de cada una de les vuit direccions principals del vent.

7.3.5.1. ANOVA

ANOVA aplicada als conjunts de valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions del vent (Figura 7.20).

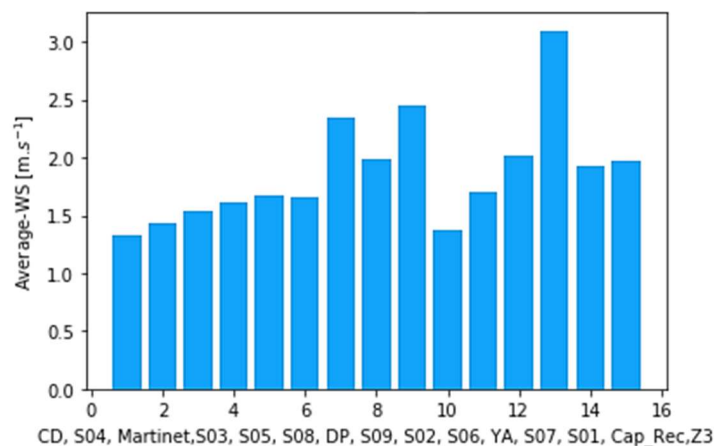


Figura 7.20. Valors mitjans de la velocitat del vent calculats a partir dels valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals i per a cada estació. (març 2017).

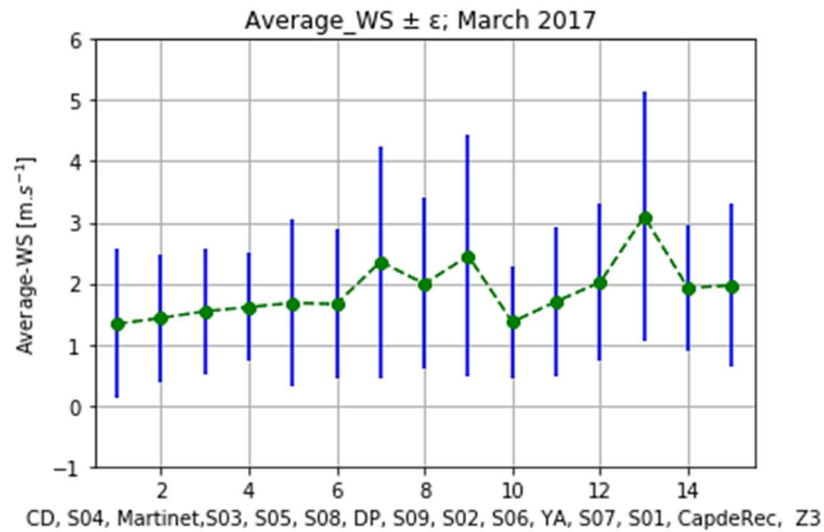


Figura 7.21. Valors mitjans de la velocitat del vent segons els valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent i per a cada estació amb els errors corresponents (març 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

Si es comparen la Figura 7.15 amb la Figura 7.21, les tendències no es conserven tan clarament, especialment per les estacions de Martinet i S03, però s'ha prosseguit l'anàlisi tenint present les barres d'error i que treballar amb dades cada deu minuts o cada minut hagués millorat altament el resultat.

Deixant a part aquest comentari, tenim:

$F_{\text{onewayResult}}$ (statistic=4.1531, pvalue=9.7363e-06)

El valor F és més petit, però no suficient per acceptar la hipòtesi nul·la i està acompanyat d'un p-valor molt més petit que 0.05, per tant, s'ha de negligir H_0 .

7.3.5.2. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

$KruskalResult$ (statistic=38.3826, pvalue=0.0005)

clarament, aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la.

7.3.5.3. 'Clustering', dendrograma múltiple

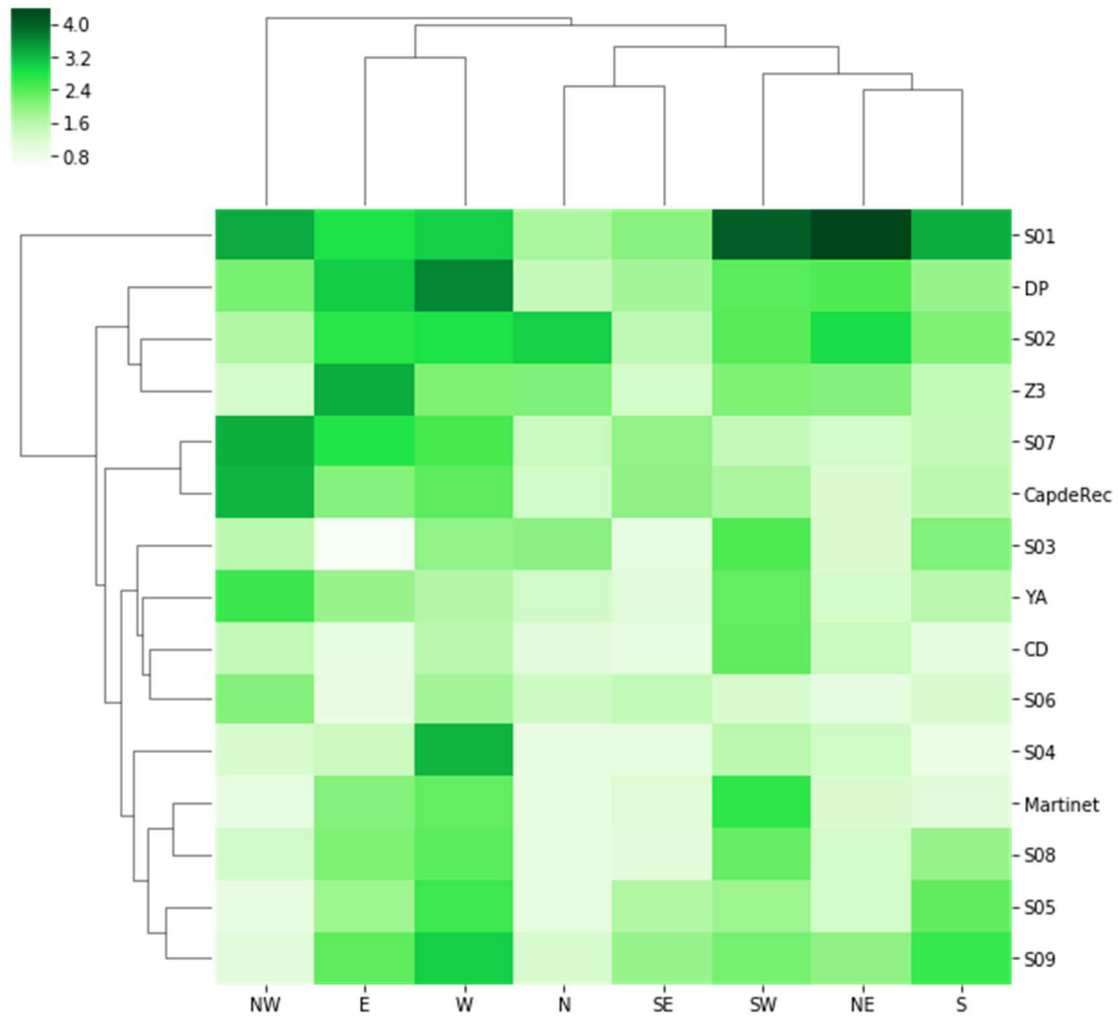


Figura 7.22. Dendrograma múltiple corresponent a les estacions del fons de la Vall del Segre, a les vuit direccions principals del vent i respecte a les seves velocitats mitjanes corresponents (març 2017).

Conjuntament amb les direccions habituals de E i NE també hi predominen les direccions W, NW, SW i S amb velocitats mitjanes més altes (Figura 7.22).

7.3.6. PCA, aplicat a l'anàlisi de la component zonal i meridional del vent (u, v)

Igual que el mes de desembre es presenten tot seguit els diagrames de dispersió per analitzar breument la distribució de les components zonal i meridional del vent abans de presentar els resultats d'aplicar el mètode PCA.

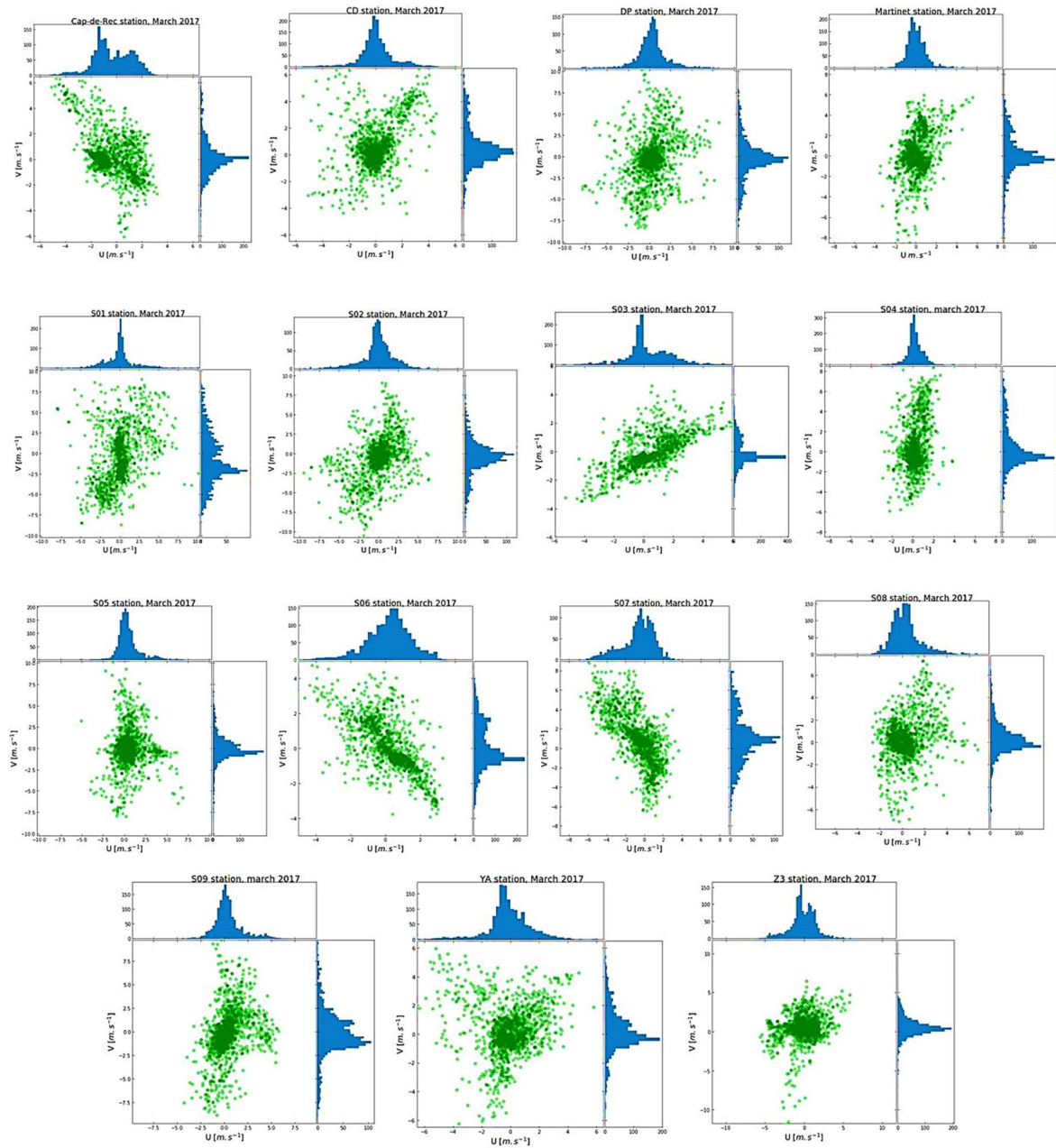


Figura 7.23. Diagrames de dispersió corresponents al mes de març de 2017 per a les estacions de Cap de Rec, CD, DP, Martinet, S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, YA i Z3, segons les components (u , v) del vent.

Observant la Figura 7.23, queda clar que també en alguns casos serà difícil trobar uns eixos en què un d'ells representi les dades amb una dispersió molt superior respecte l'altre. A la Figura 7.24 s'hi representen les components principals de les estacions S01, S06, S03, DP, Cap de Rec i S09, i tot seguit els resultats numèrics obtinguts en aplicar l'anàlisi a totes les estacions seleccionades.

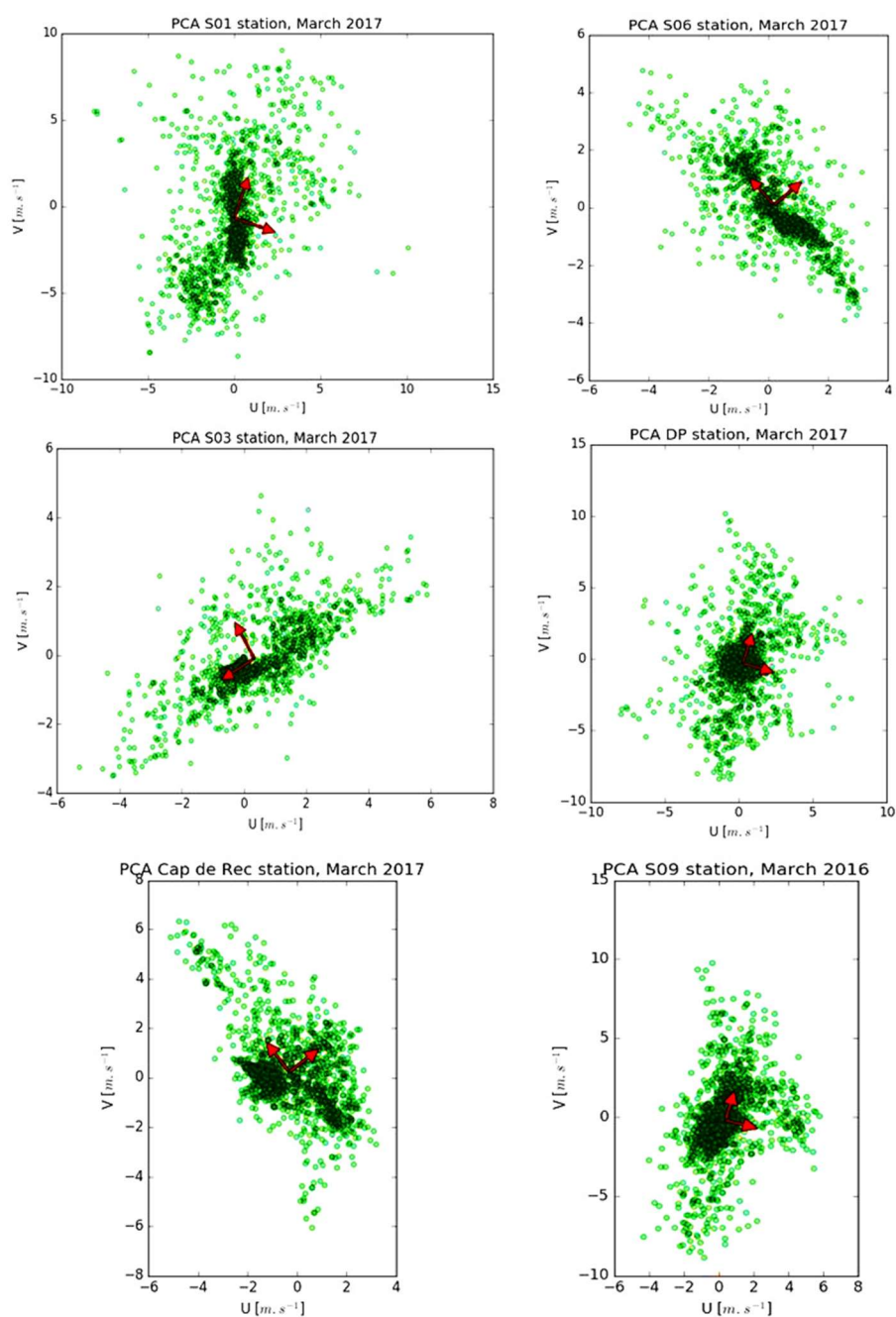


Figura 7.24 Representació gràfica de les components principals corresponents a les estacions S01, S06, S03, DP, Cap de Rec, i S09 (març 2017).

- Cap de Rec

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.61 & 0.79 \\ 0.79 & 0.61 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[75.50 \quad 41.34]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 2.15 & -1.30 \\ -1.30 & 2.83 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & -0.53 \\ -0.53 & 1. \end{bmatrix}$

- CD

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.50 & -0.87 \\ -0.87 & 0.50 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[67.95 \quad 40.73]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.61 & 0.86 \\ 0.86 & 2.61 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.42 \\ 0.42 & 1. \end{bmatrix}$

- DP

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.30 & 0.95 \\ 0.95 & -0.30 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[106.19 \quad 63.90]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 3.17 & 1.37 \\ 1.37 & 7.15 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.29 \\ 0.29 & 1. \end{bmatrix}$

- Martinet

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.24 & 0.97 \\ 0.97 & -0.24 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[75.76 \quad 34.16]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.96 & 0.71 \\ 0.71 & 3.68 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.38 \\ 0.38 & 1. \end{bmatrix}$

- S01

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.32 & 0.95 \\ 0.95 & -0.32 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[127.81 \quad 67.01]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 3.86 & 2.45 \\ 2.45 & 10.15 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.39 \\ 0.39 & 1. \end{bmatrix}$

- S02

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.48 & -0.88 \\ -0.88 & 0.48 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[109.43 \quad 64.71]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 4.028 & 2.21 \\ 2.21 & 6.84 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.42 \\ 0.42 & 1. \end{bmatrix}$

- S03

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.86 & -0.51 \\ -0.51 & 0.86 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[67.20 \quad 26.79]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 2.37 & 1.12 \\ 1.12 & 1.15 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.68 \\ 0.68 & 1. \end{bmatrix}$

- S04

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.12 & 0.99 \\ 0.99 & -0.12 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[87.55 \quad 26.44]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.54 & 0.55 \\ 0.55 & 5.09 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.34 \\ 0.34 & 1. \end{bmatrix}$

- S05

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.03 & 1. \\ 1. & -0.03 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[81.37 \quad 50.80]$

Cov (U, V): [[1.74 0.09] [0.09 4.45]]

Corrcoef (U, V): [[1. 0.03] [0.03 1.]]

- S06

Eigenvectors: [[-0.66 0.75] [0.75 0.66]]

Eigenvalues: [66.24 28.46]

Cov (U, V): [[1.59 -1.19] [-1.19 1.91]]

Corrcoef (U, V): [[1. -0.68] [-0.68 1.]]

- S07

Eigenvectors: [[-0.51 0.86] [0.86 0.51]]

Eigenvalues: [111.25 42.64]

Cov (U, V): [[3.07 -3.11] [-3.11 6.48]]

Corrcoef (U, V): [[1. -0.70] [-0.70 1.]]

- S08

Eigenvectors: [[0.33 0.94] [0.94 -0.33]]

Eigenvalues: [72.02 46.34]

Cov (U, V): [[1.67 0.64] [0.64 3.27]]

Corrcoef (U, V): [[1. 0.27] [0.27 1.]]

- S09

Eigenvectors: [[0.26 0.96] [0.96 -0.26]]

Eigenvalues: [98.98 49.85]

Cov (U, V): [[2.01 1.25] [1.25 6.25]]

Corrcoef (U, V): [[1. 0.35] [0.35 1.]]

- YA

Eigenvectors: [[0.29 0.96] [0.96 -0.29]]

Eigenvalues: [63.96 56.32]

Cov (U, V): [[2.21 0.18] [0.18 2.73]]

Corrcoef (U, V): [[1. 0.07] [0.07 1.]]

- Z3

Eigenvectors: [[-0.74 -0.67] [-0.67 0.74]]

Eigenvalues: [68.01 54.13]

Cov (U, V): [[2.59 0.57] [0.57 2.49]]

Corrcoef (U, V): [[1. 0.22] [0.22 1.]]

Les parelles de valors propis són del mateix ordre de magnitud, excepte per a les estacions DP, S01, S02, i S07, i molt grans. Les majors diferències es donen per les estacions S01, S04, i S07, però en el fons cap es pot considerar netament com a soroll i, conseqüentment, el raonament és el mateix que el fet pel mes de desembre.

7.4. Estadística del vent. Mes de gener de 2017

Analitzats els mesos de desembre de 2016 i març de 2017, corresponents al primer mes d'hivern i primavera meteorològicament parlant, en aquest apartat es repetirà el mateix procés però aplicat al mes de gener de 2017, prenent les mateixes estacions que el mes de desembre. El motiu és que presenta un episodi, ja explicat per altres autors (Gonzalez et al., 2019) però s'estudiarà en el capítol següent des d'un altre punt de vista.

Fent referència al butlletí mensual (SMC, 2107b) del SMC, d'ell es transcriu el següent del seu resum mensual.

'La situació meteorològica del mes de gener ha estat marcada per un bloqueig anticiclònic al nord del continent, va provocar una forta ondulació del corrent del jet. Aquest fet ha afavorit el desviament de les perturbacions i masses d'aire fredes cap a les nostres latituds. Fruit d'aquesta configuració atmosfèrica general, la temperatura del gener ha estat per sota dels valors normals, mentre que la precipitació, en relació amb baixes atlàntiques, va afectar el Pirineu'.

En aquest butlletí destaquem tres episodis de vent: els dies 10 i 11, del dia 13 al 17 que afectà el Pirineu, prelitoral i els dos extrems del país, i el temporal de llevant entre els dies 19 i 23.

L'episodi del 13 al 17, s'ha detectat clarament en analitzar els valors atípics dels diagrames de caixes. De totes maneres, del tractament i l'anàlisi de les dades, s'ha vist que en aquest període hi fan falta dades a unes quantes estacions i això impedeix la seva valoració conjunta. Aquest fet s'explicitarà en el capítol següent, però la falta de dades ja sigui del mòdul de la velocitat i/o de la direcció (vegeu Informes I.3, I.4 i I.5), en aquest període no ha sigut motiu per no presentar aquest estudi, encara que conjuntament amb la baixa resolució en què s'ha treballat resten exactitud en els resultats.

De les estacions que s'estudiaran, Martinet, S04, S08 i S09 estan completes amb 1488 dades semihoràries, DP i CD en tenen 1479, S01 en té 1485, S02 en té 1460 i S05 també està incompleta contenint 1342 dades, S06 en té 1473, i YA en té 1478.

Seguin el mateix procediment en l'apartat de l'estadística de Weibull, es presenta primerament les roses dels vents per a les estacions seleccionades (Figura 7.25) i seguidament algunes de les distribucions de Weibull obtingudes, en aquest cas corresponen a les estacions de S04, S05 i S08. Després, es presenta la Taula 7.63 amb els coeficients de Weibull de les estacions objecte d'estudi corresponents al mes de gener de 2017.

7.4.1. Estadística de Weibull

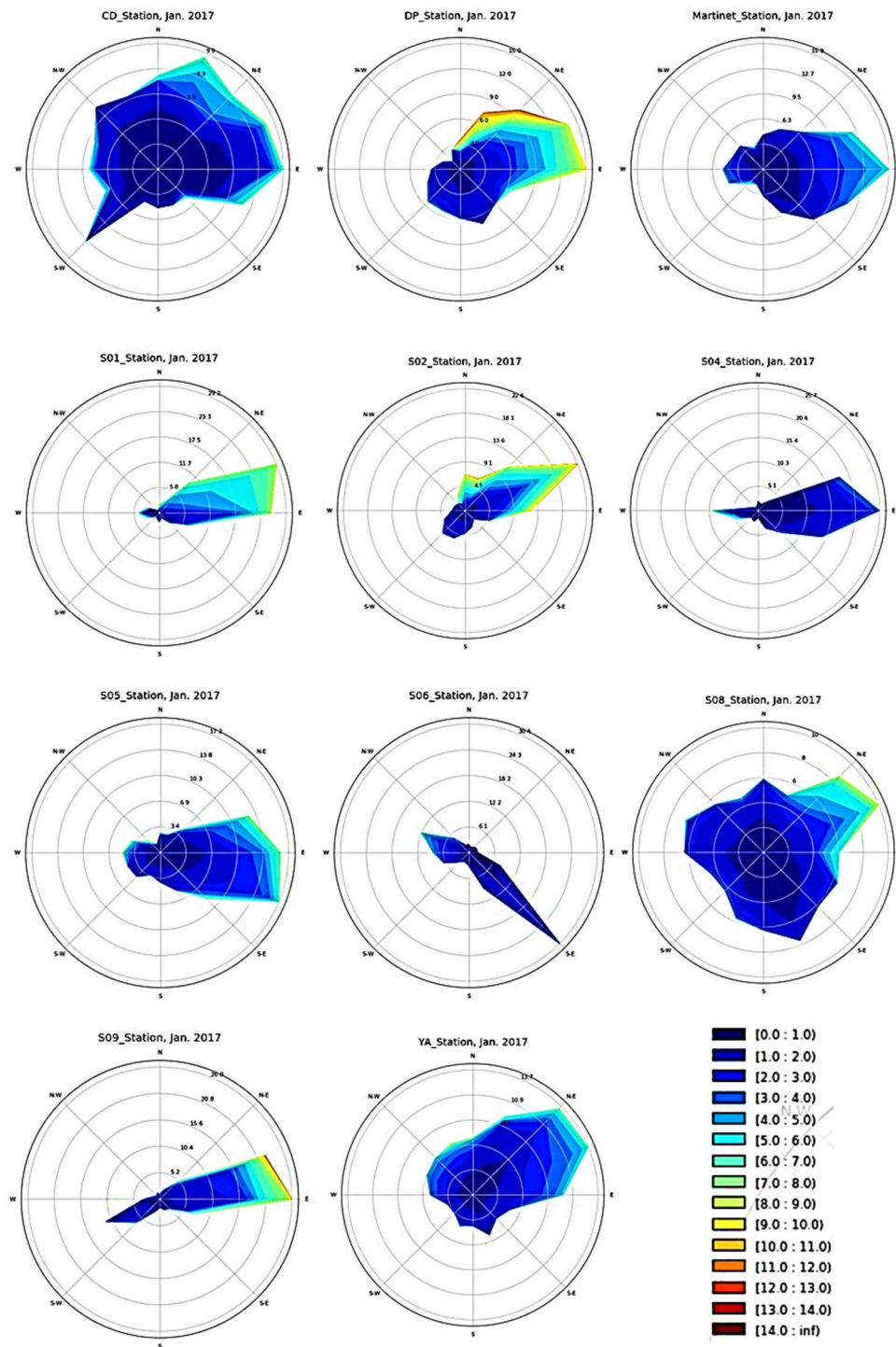


Figura 7.25. Roses dels vents ($WS [ms^{-1}]$) corresponents al mes de gener de l'any 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA.

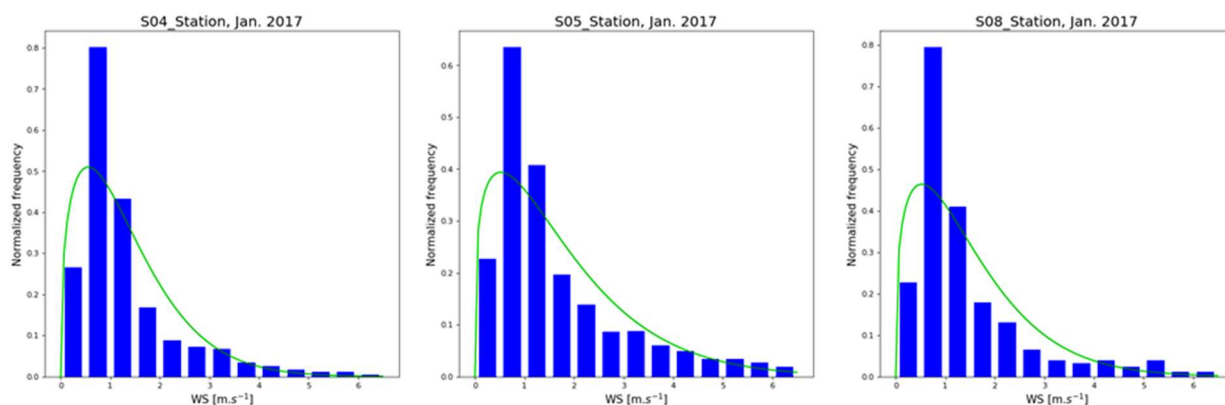


Figura 7.26. Distribució de Weibull per a les estacions S04, S05, i S08 (gener 2017).

Taula 7.63. Coeficients de Weibull (K i C) corresponents al mes de gener de 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09 i YA.

AWS	K	C
CD	1.05	1.33
DP	1.11	2.75
Martinet	1.34	1.62
S01	1.44	1.67
S02	1.14	2.92
S04	1.37	1.44
S05	1.25	1.88
S06	1.93	1.35
S08	1.31	1.58
S09	1.27	2.56
YA	1.42	1.89

Una vegada obtingudes les desviacions típiques i els valors mitjans de la velocitat d'aquestes distribucions el resultat es presenta a la Figura 7.27.

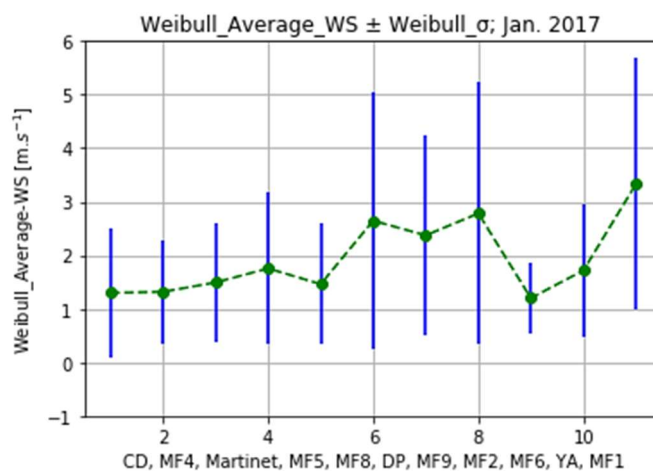


Figura 7.27. Valors mitjans de la velocitat del vent i desviacions típiques segons l'estadística de Weibull (gener 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

7.4.2. ANOVA

ANOVA aplicada a totes les estacions seleccionades (Figura 7.28).

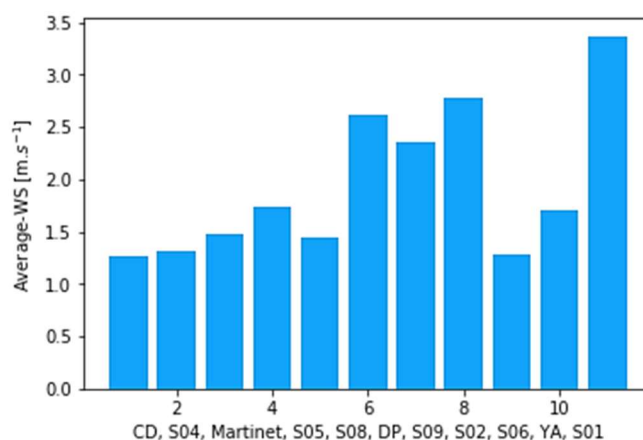


Figura 7.28. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions, (gener 2017).

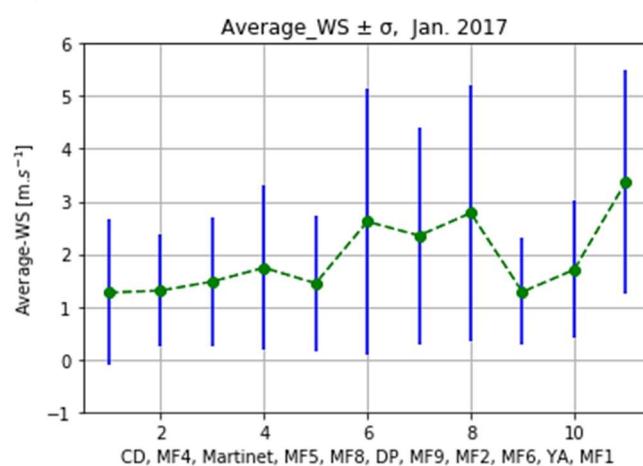


Figura 7.29. Valors mitjans de la velocitat del vent per a totes les dades de cadascuna de les estacions amb les seves desviacions típiques corresponents (gener 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

Calculat el valor de F s'ha obtingut:

$F_{\text{onewayResult}}$ (statistic=260.5498, p-value=0.00)

El valor F, aquí també és molt gran el que indica que existeixen diferències notables entre certs valors mitjans (Figures 7.28 i 7.29). El p-valor = 0.00 mostra clarament s'ha de negligir la hipòtesi nul·la. Aquest resultat, de totes maneres, era d'esperar perquè la velocitat mitjana a S01 continua essent bastant més alta que les altres.

7.4.3. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

$KruskalResult$ (statistic=2070.1791, pvalue=0.00)

Clarament, aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la.

En comparar les Figures 7.28 i 7.29 queda evident que són altament similars, cal comprovar si en agrupar les velocitats segons la seva direcció la forma de la línia trencada, que uneix els punts, es conserva.

7.4.4. Diagrames de caixes

Els diagrames de caixes per a cada estació segons les vuit direccions principals del vent es presenten a la Figura 7.30.

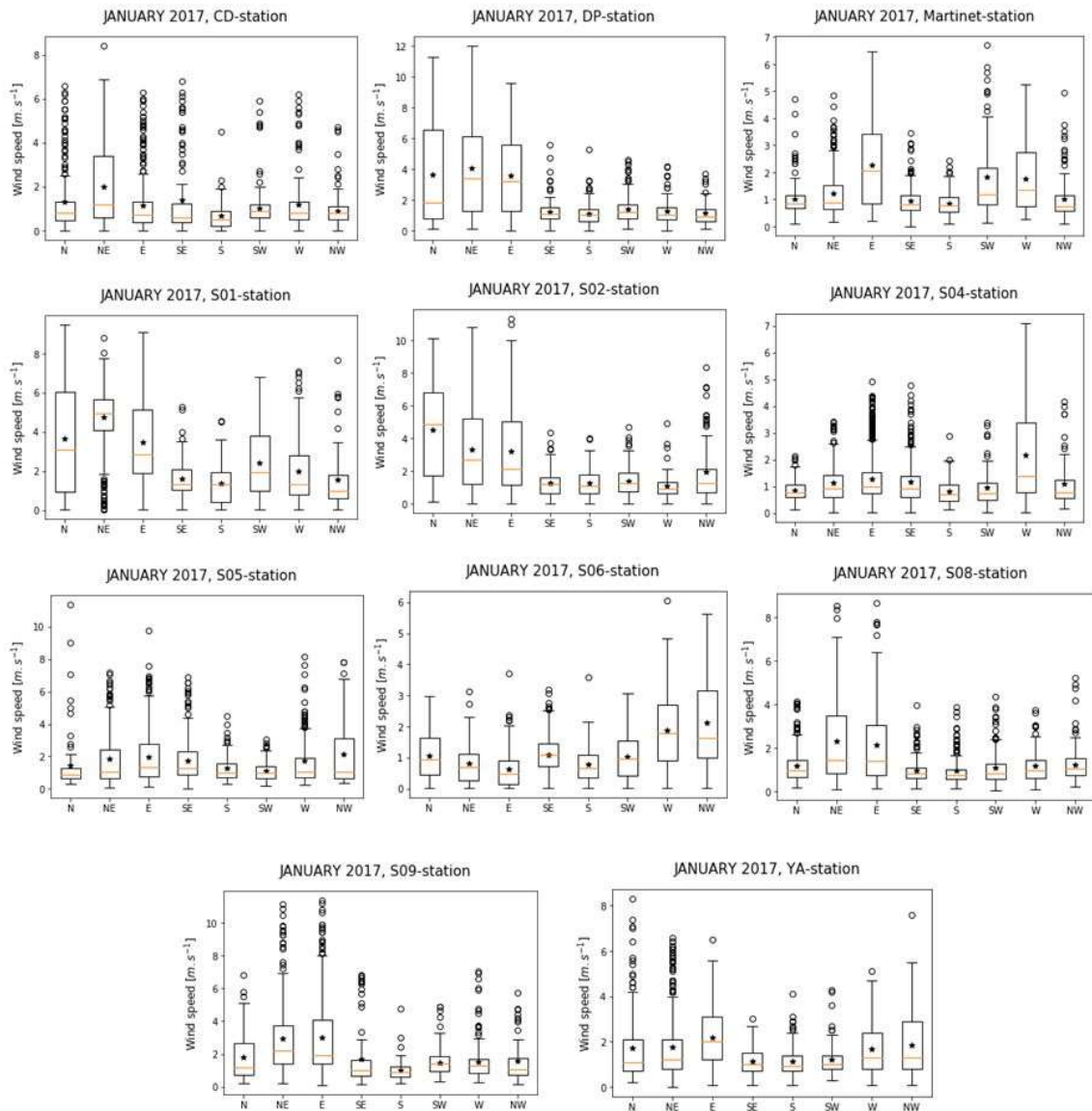


Figura 7.30. Diagrama de caixes del mòdul de la velocitat del vent, corresponents al mes de gener de 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, incloent-hi els valors inferiors a 0.5 ms^{-1} .

S'observa que els valors atípics es donen quasi a totes les direccions. Hi ha estacions amb component destacada de W i NW, i per a totes elles la de N i NE excepte per S04 i S06 en què la principal és la direcció W.

7.4.5. 'Clustering' o anàlisi de conglomerats

El valor mitjà de la velocitat del vent per cadascuna de les vuit direccions principals i per cada estació durant el mes de gener de 2017, queda resumida a la Taula 7.64.

Taula 7.64. Valors mitjans de la velocitat del vent, $WS [ms^{-1}]$, segons les vuit direccions principals (gener2017).

AWS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
CD	1.30	2.00	1.15	1.38	0.66	1.03	1.18	0.90
S04	0.86	1.12	1.28	1.17	0.80	0.97	2.19	1.10
Martinet	1.00	1.21	2.26	0.94	0.83	1.82	1.75	1.02
S05	1.42	1.84	1.99	1.74	1.26	1.13	1.72	2.13
S08	1.20	2.31	2.14	0.97	0.95	1.11	1.17	1.25
DP	3.61	4.09	3.59	1.19	1.11	1.40	1.27	1.13
S09	1.85	2.95	2.97	1.71	1.02	1.47	1.51	1.59
S02	4.54	3.34	3.21	1.30	1.29	1.41	1.09	1.94
S06	1.05	0.80	0.63	1.09	0.79	1.03	1.88	2.13
YA	1.69	1.74	2.20	1.14	1.14	1.23	1.69	1.86
S01	3.67	4.74	3.47	1.58	1.37	2.41	1.99	1.55

La matriu de correlació corresponent a les dades de la taula es presenta a la Figura 7.31.

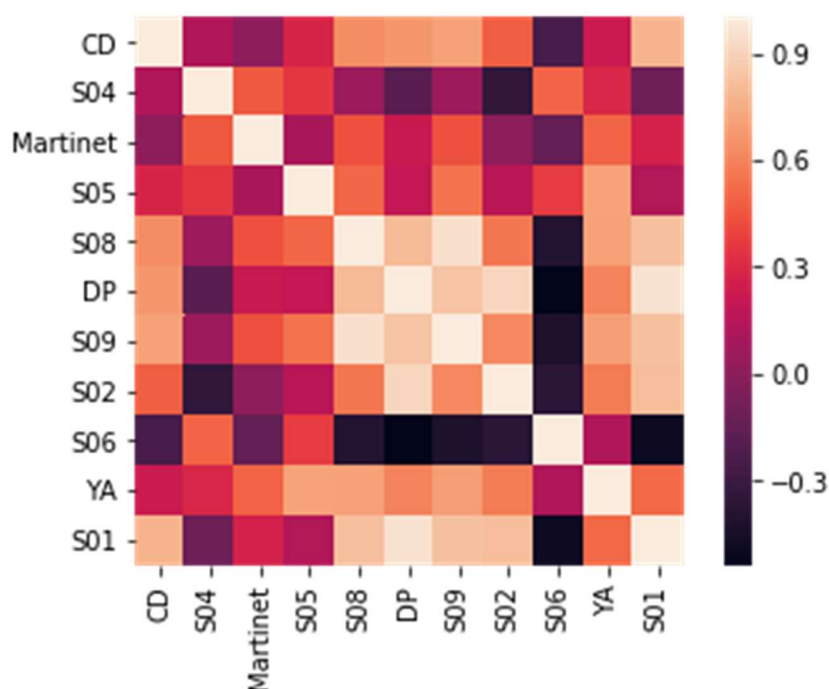


Figura 31. Matriu de correlació corresponent al mes de gener de 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, segons el valor mitjà calculat a partir de les velocitats mitjanes de cadascuna de les vuit direccions principals del vent.

7.4.5.1. ANOVA

ANOVA aplicada als conjunts de valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent (Figura 7.32).

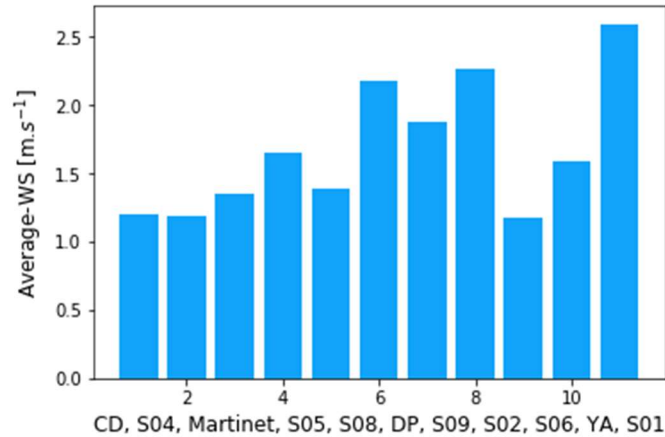


Figura 7.32 Valors mitjans de la velocitat del vent calculats a partir dels valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent i per a cada estació. (gener 2017).

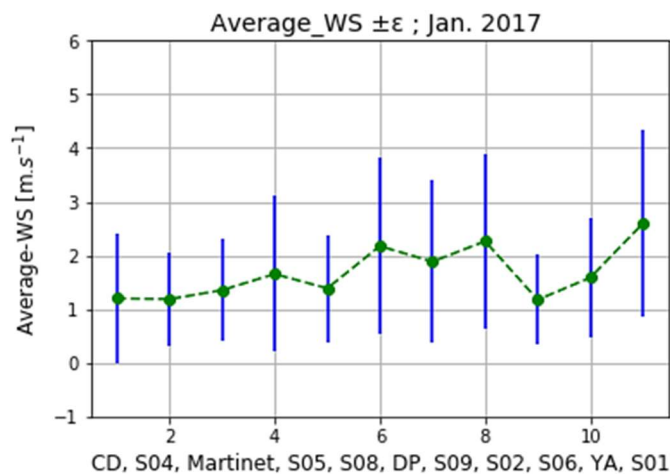


Figura 7.33. Valors mitjans de la velocitat del vent calculats a partir dels valors mitjans de cadascuna de les vuit direccions principals del vent i per a cada estació amb els errors corresponents (gener 2017). Les línies puntejades permeten visualitzar millor la diferència entre dues estacions consecutives i en conjunt.

En calcular l'estadístic F s'ha obtingut:

$$F_{\text{onewayResult}}(\text{statistic}=3.0850, \text{p-value}=0.0024)$$

El valor F és gran indicant que existeixen diferències entre certs valors mitjans. El p-valor és inferior 0.05, per tant, hem de negligir la hipòtesi nul·la.

Si comparem la Figura 7.27 amb la Figura 7.33, els valors mitjans han disminuït per la majoria de les estacions, però la tendència de la corba, en general, es manté i això és el que ens permetrà, sense una gran precisió, fer la comparació simultània per anàlisi de conglomerats (Figura 7.34).

Per consultar els resultats de la prova HSD de Tukey vegeu Annex A.13.

7.4.5.2. Test de Kruskal-Wallis

El resultat de comparar les medianes ha sigut el següent:

KruskalResult (statistic=25.7662, p-value=0.0041)

Clarament aquí també s'ha de negligir la hipòtesi nul·la.

7.4.5.3. 'Clustering', dendrograma múltiple

Cal recordar que per veure com s'agrupen les estacions i les direccions segons les velocitats mitjanes respectives s'ha utilitzat la distància euclidiana.

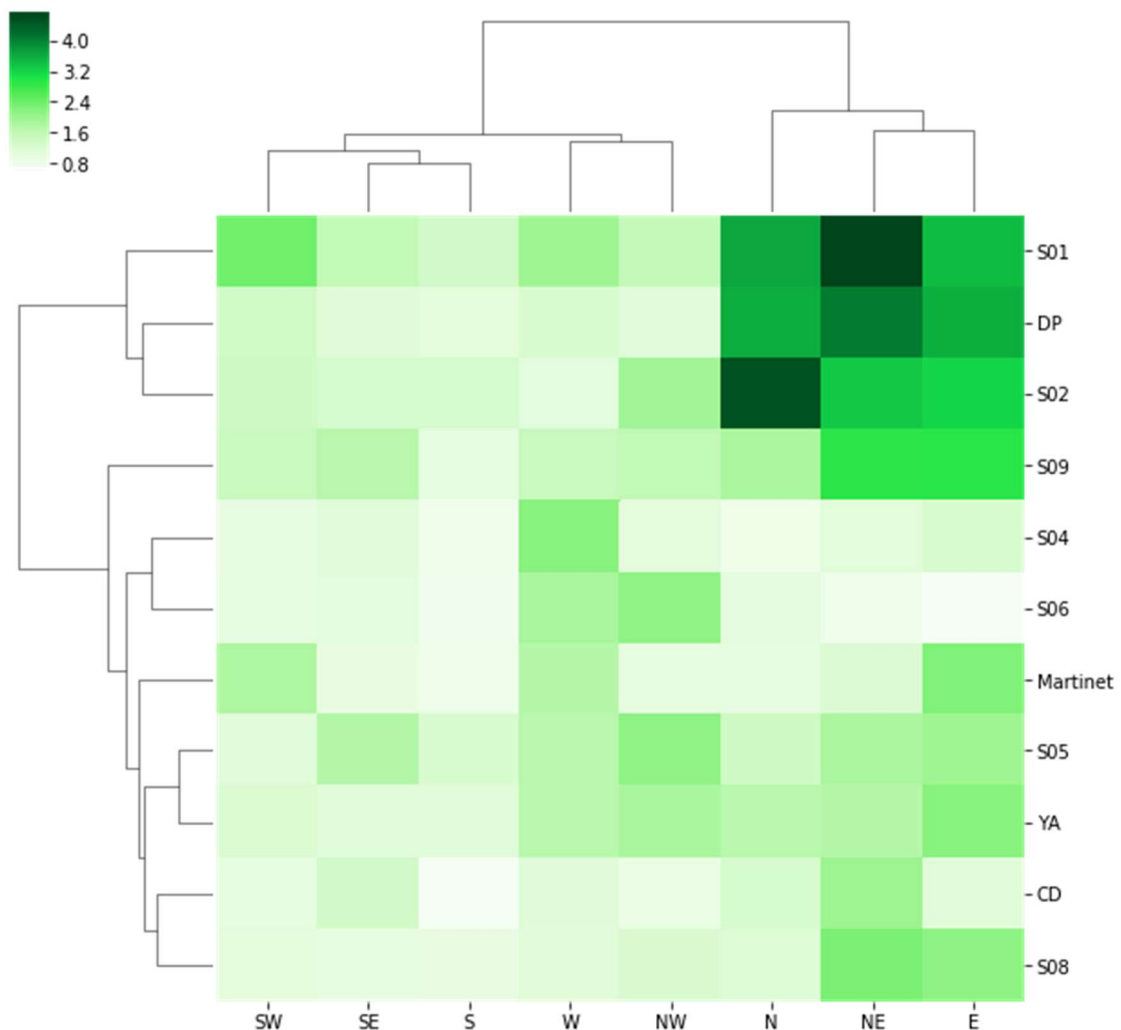


Figura 7.34. Dendrograma múltiple corresponent a les estacions del fons de la Vall del Segre, a les vuit direccions principals del vent i respecte a les seves velocitats mitjanes corresponents (gener 2017).

Es pot dir que les velocitats de valor més alt es donen a les direccions N, NE i E per a les estacions DP, S01, S02, i S09, que també són unes de les que presenten una major correlació (Figura 7.31).

7.4.6. PCA, aplicat a l'anàlisi de la component zonal i meridional del vent, (u, v)

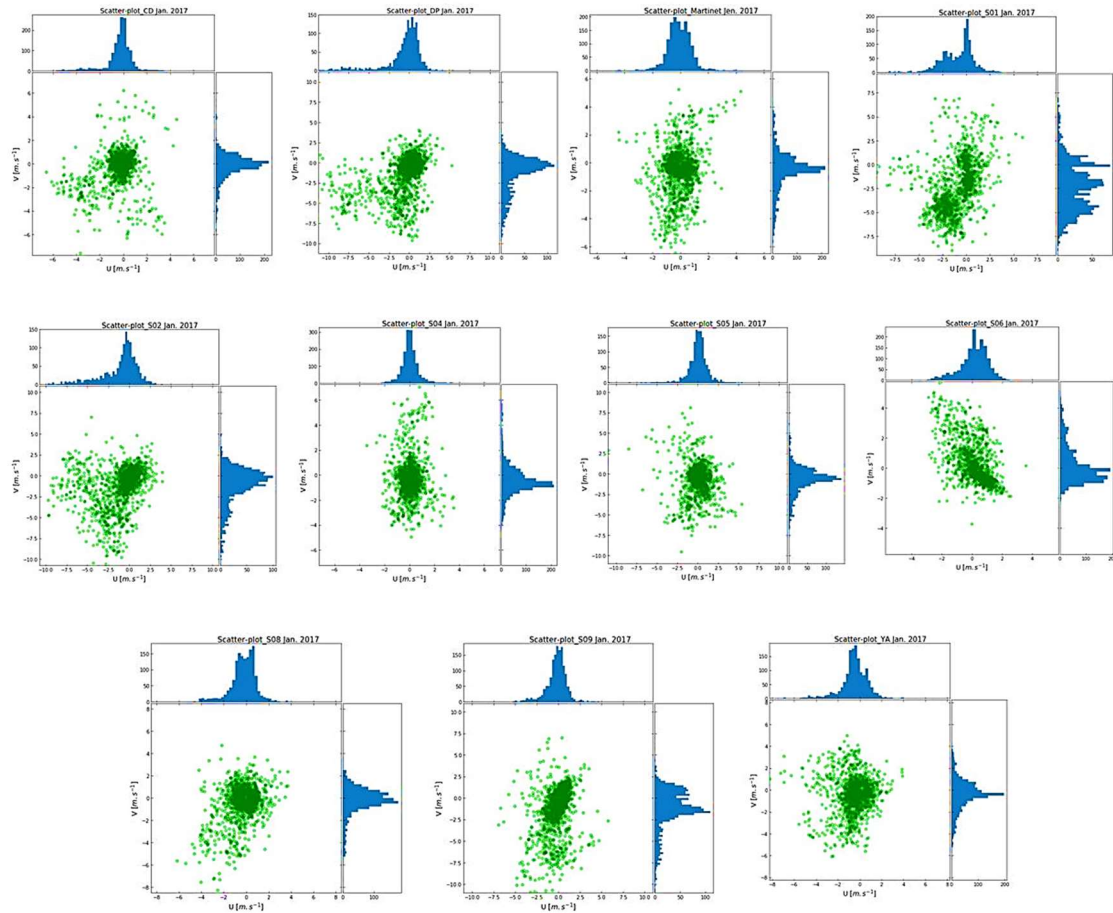


Figura 7.35. Diagrames de dispersió corresponents al mes de gener de 2017 per a les estacions de CD, DP, Martinet, S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, i YA, segons les components (u, v) del vent.

Tampoc es veu que hi pugui haver una component que domini clarament sobre l'altre en cap dels diagrames (Figura 7.35). Seguidament es representen les components principals per les estacions de Martinet, S01 i S09 (Figura 7.36), i els resultats numèrics per a totes les estacions seleccionades.

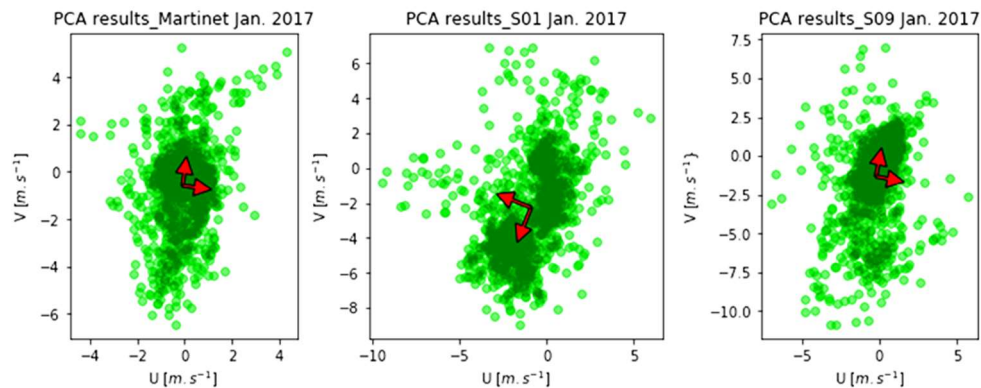


Figura 7.36. Representació gràfica de les components principals corresponents a les estacions Martinet, S01 i S09 (gener 2017).

- CD

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.57 & -0.82 \\ -0.82 & 0.57 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[56.40 \quad 42.04]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.50 & 0.45 \\ 0.45 & 1.85 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.27 \\ 0.27 & 1. \end{bmatrix}$

- DP

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.69 & -0.73 \\ -0.73 & 0.69 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[107.11 \quad 68.01]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 5.32 & 2.31 \\ 2.31 & 5.57 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.42 \\ 0.42 & 1. \end{bmatrix}$

- Martinet

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.14 & 0.99 \\ 0.99 & -0.14 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[62.82 \quad 31.47]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.70 & 0.27 \\ 0.27 & 2.62 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.20 \\ 0.20 & 1. \end{bmatrix}$

- S01

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.37 & -0.93 \\ -0.93 & 0.37 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[107.44 \quad 57.30]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 2.96 & 1.90 \\ 1.90 & 7.03 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.42 \\ 0.42 & 1. \end{bmatrix}$

- S02

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.63 & -0.77 \\ -0.77 & 0.63 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[99.93 \quad 75.50]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 5.09 & 1.44 \\ 1.44 & 5.66 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.27 \\ 0.27 & 1. \end{bmatrix}$

- S04

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.03 & 0.10 \\ 0.10 & -0.02 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: $[58.24 \quad 25.60]$

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.44 & 0.05 \\ 0.05 & 2.28 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.04 \\ 0.04 & 1. \end{bmatrix}$

- S05

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.07 & 0.10 \\ 0.10 & 0.07 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: [68.40 44.33]

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.48 & -0.15 \\ -0.15 & 3.48 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & -0.07 \\ -0.07 & 1. \end{bmatrix}$

- S06

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.47 & 0.88 \\ 0.88 & 0.47 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: [56.08 25.98]

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 0.83 & -0.70 \\ -0.70 & 1.76 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & -0.59 \\ -0.59 & 1. \end{bmatrix}$

- S08

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} -0.45 & -0.89 \\ -0.89 & 0.45 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: [61.62 38.58]

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.32 & 0.62 \\ 0.62 & 2.24 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.36 \\ 0.36 & 1. \end{bmatrix}$

- S09

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.19 & 0.98 \\ 0.98 & -0.19 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: [99.73 43.60]

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.48 & 1.03 \\ 1.03 & 6.49 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.33 \\ 0.33 & 1. \end{bmatrix}$

- YA

Eigenvectors: $\begin{bmatrix} 0.16 & 0.99 \\ 0.99 & -0.16 \end{bmatrix}$

Eigenvalues: [61.29 48.60]

Cov (U, V): $\begin{bmatrix} 1.62 & 0.15 \\ 0.15 & 2.52 \end{bmatrix}$

Corrcoef (U, V): $\begin{bmatrix} 1. & 0.07 \\ 0.07 & 1. \end{bmatrix}$

Tots els valors propis són molt alts i del mateix ordre de magnitud, excepte a DP i a S01, i no hi ha valors de les diferències entre ells destacables.

L'anàlisi PCA, de certa manera, confirma el canvi constant, igual que les roses dels vents, que sofreix el vent durant el dia, que en alguns casos presenta una direcció en què la velocitat té un valor superior però no suficient en quantitat de dades ni, en molts casos en magnitud, respecte a les altres. Aquests valors atípics són atribuïbles a episodis o que durant la nit els vents propis o característics de la vall són més febles.

7.5 Simulació

Aquesta simulació s'ha realitzat obtenint les dades del mòdul del vent amb la llibreria *random.py* de Python, l'objectiu és veure com varia el valor mitjà dels valors mitjans segons les vuit direccions del vent respecte del valor mitjà de Weibull i de la mitjana aritmètica del mòdul del vent.

S'han simulat quatre estacions i el procediment ha sigut: per l'estació E1, veure la Taula 7.65, que mostra el nombre de variables (en total 1488 que corresponen a un mes de trenta-un dies amb dades cada mitja hora), i l'àmbit de velocitats assignat. El conjunt de les direccions per cada àmbit han sigut el mateix, $d=(\text{'N', 'S', 'E', 'W', 'NW', 'SW', 'NE', 'SE'})$, i a cada mòdul de la velocitat, se li ha fet correspondre una direcció obtinguda aleatòriament d'aquest conjunt.

Taula 7.65. Nombre de mostres assignades per a cada interval a l'estació E1.

Number of variables	Speed range [ms^{-1}]
30	[0.1, 0.5)
70	[0.5, 0.9)
120	[0.9, 1.2)
190	[1.2, 1.8)
210	[1.8, 2.7)
230	[2.7, 3.6)
180	[3.6, 4.2)
130	[4.2, 4.8)
120	[4.8, 5.4)
90	[5.4, 6.3)
45	[6.3, 6.9)
35	[6.9, 7.2)
30	[7.2, 7.8)
8	[7.8, 8.0]

Per l'estació E2, s'ha deixat tot igual, excepte que cada nombre de variables s'ha multiplicat per tres (en total 4464 variables que corresponen a un mes de trenta-un dies amb dades cada deu minuts).

Amb això s'aconsegueix que el nombre de dades en cada direcció siguin els més semblants possibles així com les distribucions de Weibull corresponents (Figura 7.37).

Per l'estació E3 s'han per les variables i els intervals igual a E1, però en algun d'ells s'ha suprimit alguna direcció o s'ha repetit un altre unes quantes vegades. Amb això canviarà de manera més evident el nombre de variables per a cada direcció, però les distribucions de Weibull continuaran tenint la K i la C semblants i, per tant, els valors mitjans.

L'estació E4, s'ha deixat igual que la E3 tan sols s'han multiplicat el nombre de variables per tres, per la mateixa raó que per l'estació E2, és a dir, dades cada deu minuts.

Els gràfics de la distribució de Weibull corresponents a cada una d'aquestes estacions es presenten a la Figura 7.37.

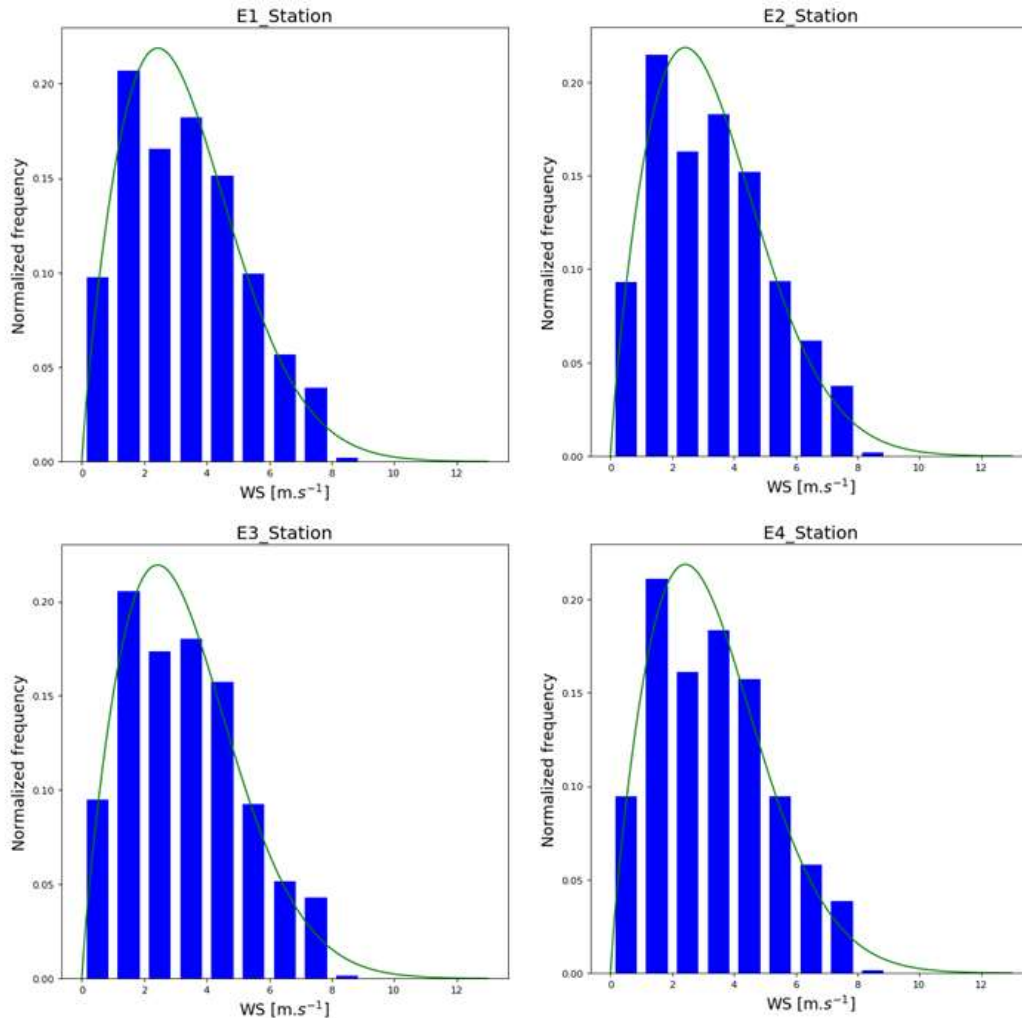


Figura 7.37. Distribucions de Weibull corresponents a les estacions E1, E2, E3, i E4.

Els coeficients K i C corresponents a cadascuna d'elles es donen a la Taula 7.66.

Taula 7.66. Coeficients K i C corresponents a cadascuna de les estacions simulades.

Station	K	C
E1	1.842114	3.725740
E2	1.833228	3.721061
E3	1.842088	3.715519
E4	1.835581	3.720571

El nombre de dades i els valors mitjans per a cada estació i direcció del vent es donen a la taula 7.67.

Taula 7.67. Nombre de dades i valors mitjans corresponents a cadascuna de les estacions simulades.

	E1-Station	E2-Station	E3-Station	E4-Station
Direction	N	N	N	N
Average	3.216713	3.286973	3.220659	3.155687
Data number	213	532	288	800
Direction	S	S	S	S
Average	3.305759	3.360352	3.424385	3.620756
Data number	191	567	114	370
Direction	E	E	E	E
Average	3.361472	3.316549	3.259528	3.130291
Data number	163	568	212	584
Direction	W	W	W	W
Average	3.266448	3.289418	3.275405	3.228048
Data number	183	533	148	492
Direction	NE	NE	NE	NE
Average	3.121729	3.317338	3.441544	3.408545
Data number	185	571	259	722
Direction	SE	SE	SE	SE
Average	3.357916	3.223065	3.142261	3.259664
Data number	192	597	168	566
Direction	NW	NW	NW	NW
Average	3.505604	3.353654	3.472119	3.265245
Data number	182	550	184	530
Direction	SW	SW	SW	SW
Average	3.372122	3.309304	3.112869	3.604150
Data number	179	546	115	400

Els valors mitjans per a cada cas es donen a la Taula 7.68.

Taula 7.68 Valors mitjans del mòdul del vent [ms^{-1}] per a cada estació i cas considerat

	E1-Station	E2-Station	E3-Station	E4-Station
Weibull average	3.309823	3.306336	3.300745	3.305721
Arithmetic average	3.310578	3.306331	3.299610	3.306160
Average of the average values according to WD	3.313471	3.307082	3.293597	3.330311

La comparació dels errors absoluts (Taula 7.69 i Taula 7.70), ens dóna que les diferències es produeixen a ordres de magnitud molt baixos, però són prou representatius per permetre discutir els resultats.

Per tant, aquesta simulació no reproduïx de manera fidel el que passa realment en els tres casos ja estudiats (vegeu, per exemple, Figura 7.15, Figura 7.17 i Figura 7.21, març de 2017), corresponents als mesos de desembre de 2016, gener i març de 2017 on les similituds i diferències es fan més evidents, però sí permet veure quan els resultats, segons els tres mètodes estudiats, són compatibles.

Taula 7.69. Taula d'errors absoluts entre el valor mitjà de Weibull i la mitjana dels valors mitjans calculats del mòdul del vent [ms^{-1}] per cadascuna de les vuit direccions principals del vent.

	Weibull average - Av. of the av. values according to WD
E1-Station	0.003648
E2-Station	0.000746
E3-Station	0.007148
E4-Station	0.024590

Taula 7.70. Taula d'errors absoluts entre la mitjana aritmètica i la mitjana dels valors mitjans calculats per cadascuna de les vuit direccions principals del vent.

	Arithmetic average - Av. of the av. values according to WD
E1-Station	0.002893
E2-Station	0.000751
E3-Station	0.005013
E4-Station	0.029151

7.5.1 Discussió

- Comparació de E1 amb E2

Si miren la Taula 7.67, veiem que la diferència entre el nombre de dades de cada direcció és de l'ordre de les desenes i en multiplicar el nombre de dades, per a cada àmbit, per tres, les diferències són del mateix ordre i l'error absolut en incrementar el nombre de dades disminueix en un ordre de magnitud.

Això ocorre tant pel valor mitjà de Weibull com la mitjana aritmètica, que teòricament haurien de ser iguals, ja que aquest valor és únic.

Per tant, en aquest cas, en tenir la màxima resolució temporal fa possible relacionar velocitats mitjanes per a cada direcció, estacions i direcció del vent construint un dendrograma múltiple amb millor exactitud.

- Comparació de E3 amb E4

En aquest cas tenim diferències de dades per a cada direcció de l'ordre de les centenes i, proporcionalment, en multiplicar per a cada àmbit del nombre de dades per tres, són molt superiors. Per tant, si comparem E1 amb E3, l'error absolut ha augmentat i en comparar E3 amb E4 l'error absolut ha augmentat en un ordre de magnitud.

7.6 Conclusions del capítol

En situació sinòptica de calma una vall presenta circulacions cícliques i, per tant, independentment del mòdul del vent, estan afectades de totes les vuit direccions. La màxima resolució temporal en aquest cas afavoreix la construcció d'un dendrograma múltiple més real.

Si hi ha forçament i tan sols afecta el mòdul, però no la direcció el raonament anterior també val, però si hi ha un forçament intens i continuat en el temps cal estudiar el cas amb molta cura tal com es veurà, per exemple, en el capítol següent. De totes maneres, un forçament intens amb un nombre de dades molt inferior al que es considera no té perquè afectar altament els resultats que s'observarien si no s'hagués produït.

Finalment, ja que aquest procediment serà aplicat en el capítol següent, si es vol relacionar la precipitació acumulada respecte a les vuit direccions del vent, com més resolució temporal millor, ja que en analitzar el dendrograma múltiple, la quantitat de precipitació acumulada segons cada direcció serà més exacta.

Capítol 8. Episodis

8. Estudi de quatre episodis

En aquest capítol es presenta l'estudi de quatre episodis, un anticiclònic corresponent al mes de desembre de 2016 i tres amb precipitació que es donaren, un al mes de gener i dos al mes de març de 2017. Per aquest fet s'introdueixen a part dels del Capítol I els conceptes bàsics següents, que s'ampliaran amb altres en estudiar els episodis amb PPT.

La intensitat del vent, pel cas geotròfic, és directament proporcional a la diferència de pressió entre les isòbares i inversament proporcional a la distància entre elles. Si les isòbares són tancades i estem a l'hemisferi Nord, serà un anticicló si el vent circula en el mateix sentit que les agulles del rellotge i serà una borrasca si gira en sentit contrari (Figura 8.1). En el primer cas el vent en superfície divergeix de les proximitats del centre, en el segon hi convergeix.

En una borrasca, a part de la convergència del vent en superfície, cal tenir present el moviment ascendent de l'aire amb inestabilitat atmosfèrica, la formació de núvols i precipitació.

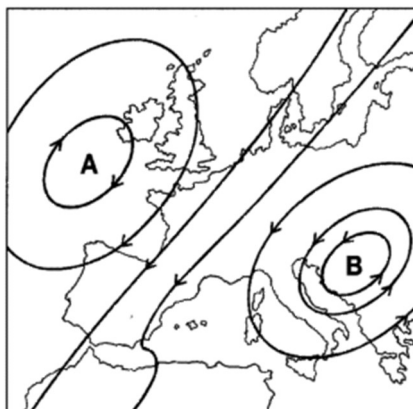


Figura 8.1. Anticicló i borrasca a l'hemisferi Nord. Imatge procedent de Mapes del Temps xtec.cat

La classificació dels anticiclons i les borrasques que s'ha considerat és la següent:

- Anticiclons. Un anticicló pot ser:

Anticicló	{	Fred
		Càlid
		Fix
		Mòbil

Un anticicló fred es produeix quan hi ha un refredament del sòl provocant una contracció de l'aire. Aquest aire fred en contacte amb la superfície terrestre produeix una convergència a la tropopausa si la columna s'estén en altura.

Un anticicló càlid es dona quan hi ha convergència a la tropopausa que empeny l'aire cap a baix produint un escalfament de l'aire a la troposfera mitjana i baixa.

Un anticicló fix ocupa grans extensions, té gradients de pressió molt petits i això fa que quedin estables durant cert temps.

Si l'anticicló és mòbil, la causa és que es troba entre dues depressions mòbils desplaçant-se amb elles. Un anticicló mòbil sol ser menys extens que un de fix.

- Borrasques. Una borrasca pot ser:

Borrasca	}	Extratropical o ondulatòria Tèrmica Ciclò tropical
----------	---	--

Una borrasca extratropical o ondulatòria té per causa ondulacions dels fronts polars, les tèrmiques, l'escalfament de la superfície terrestre i no tenen fronts associats i els ciclons tropicals estan caracteritzats per vents molt intensos a causa dels valors extrems de la pressió i es donen a latituds baixes.

En una zona orogràfica complexa, tal com s'ha vist, la direcció i la velocitat del vent canvien en trobar-se amb muntanyes, amb penya-segats vorejant-los (Harris, 1999), o amb les valls. El problema és que aquests efectes són molt localitzats i massa petits per figurar en els mapes de superfície a escala sinòptica (Pita, 2003).

En orografia complexa, localment, es pren com a referència de la pressió el sòl (Stull, 2018; Annex A.1), però en els mapes del temps, a escala sinòptica, les pressions es corregeixen respecte dels valors corresponents al nivell del mar on la pressió mitjana és de 1013.25 hPa, sense importar si estem sobre el mar o sobre muntanyes terra en dins. Els vents sinòptics, tal com ja s'ha vist, influeixen sobre les circulacions pròpies de la vall i caldrà veure quant d'important és o no aquest fet a l'hora d'estudiar un episodi.

Com a exemple d'estació meteorològica de muntanya es presenta una imatge de l'estació de Malniu (Z3), situada en el vessant sud de la Vall del Segre, amb part del seu entorn orogràfic (Figura 8.2).

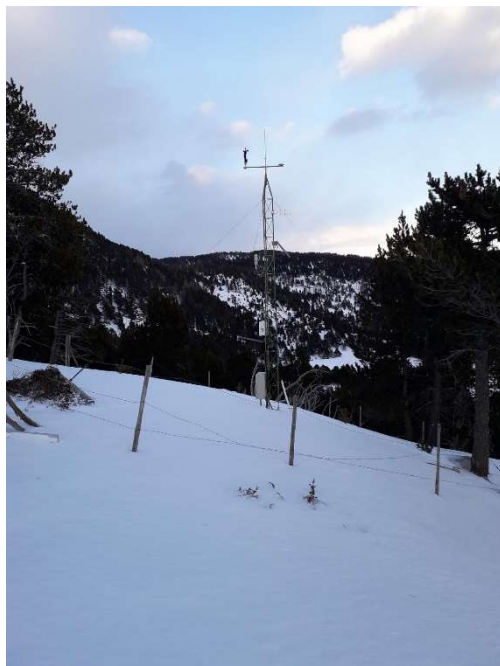
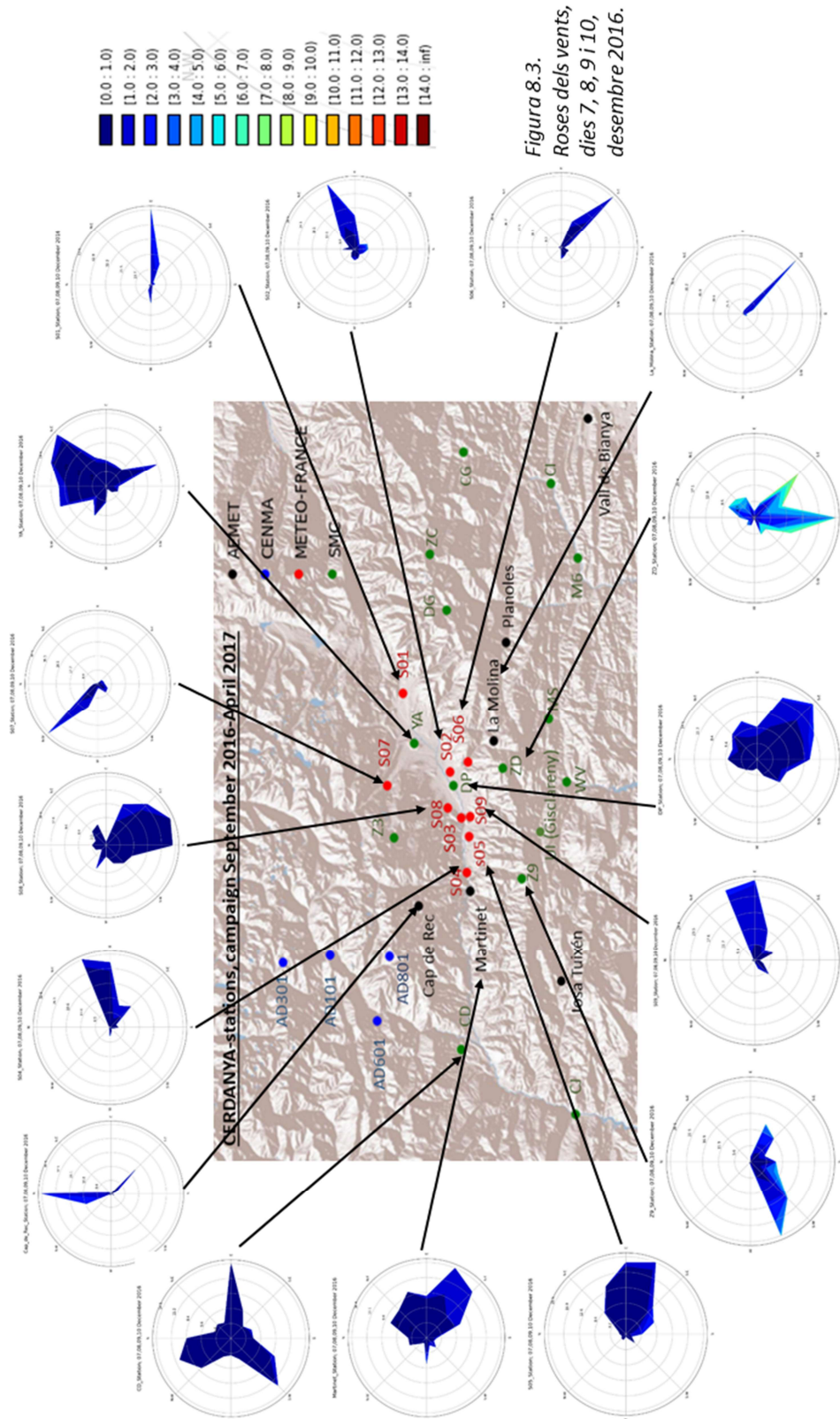


Figura 8.2. Estació meteorològica de Malniu (Z3). (Font. <https://ca.wikiloc.com>)

8.1. Episodi anticiclònic. Dies 7, 8, 9 i 10 de desembre de 2016

A la Figura 8.3 presenta les roses dels vents corresponents a aquest període.



Després d'un període de precipitació a Catalunya que es donà els dies 3 i 6 (SMC 2016) li segueix un període clarament anticiclònic durant els dies 7, 8, 9 i 10.

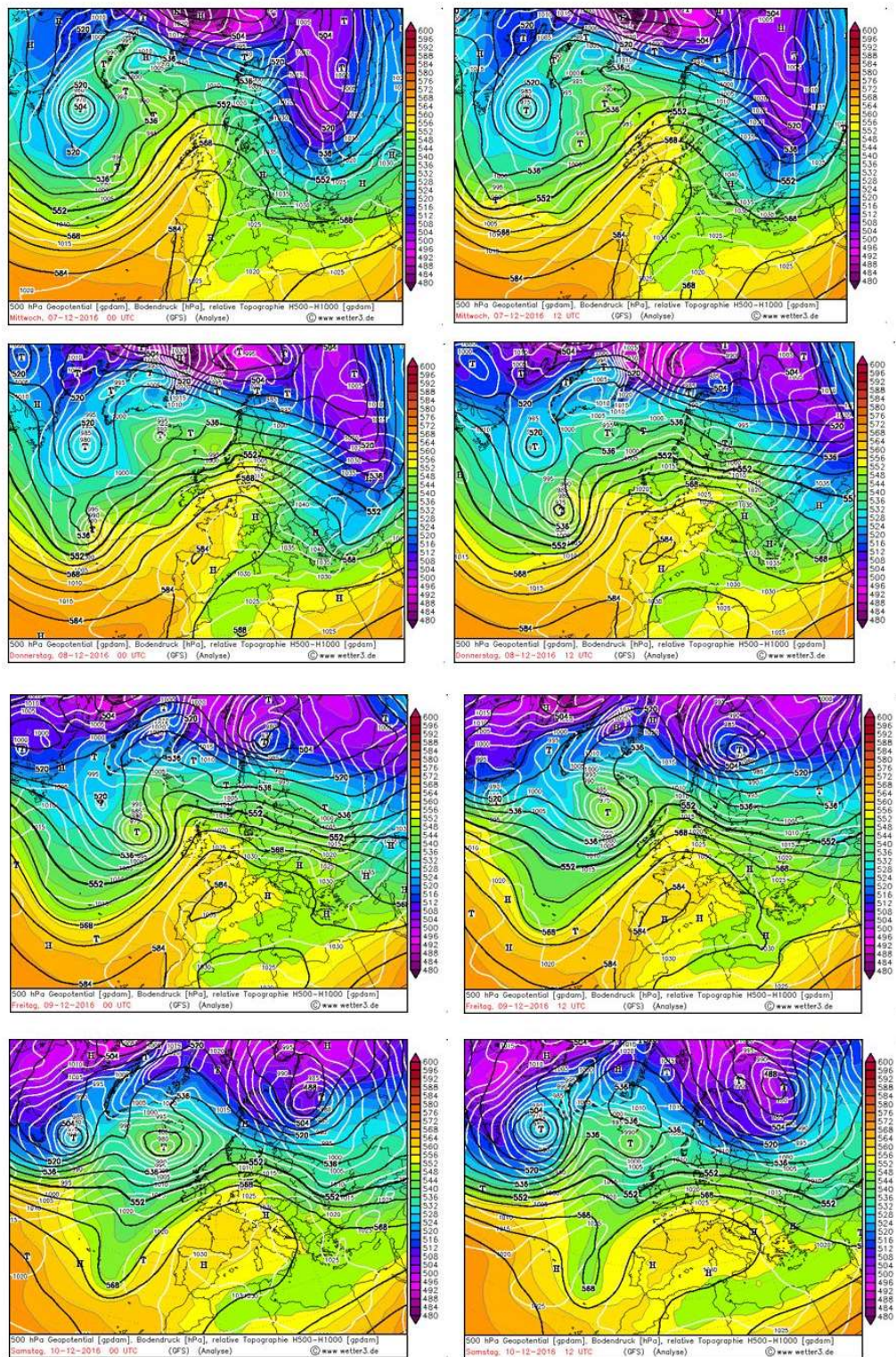


Figura 8.4. Mapes d'altura geopotencial [gpdam] (línies negres) a 500 hPa i de pressió en superfície [hPa] (línies blanques), a les 00:00:00 UTC i a les 12:00:00 UTC, pels dies 7, 8, 9, i 10 de desembre de 2016, (Font: <http://www.wetter3.de>).

A les roses dels vents d'aquest període (Figura 8.3) s'hi poden entreveure alguns dels corrents més característics de la vall, ja que si mirem els mapes de superfície i de 500 hPa (Figura 8.4), en general, a la zona d'estudi, hi ha gradients de pressió molt petits el que es tradueix en vents febles a escala sinòptica i, per tant, no influeixen d'una manera evident en els patrons de circulació pròpia de la zona d'estudi.

Aquestes són algunes de les conseqüències més rellevants d'aquest fet:

Les estacions de La Molina i S06 presenten una direcció del vent marcadament de SE. El vent va avall canalitzat en aquesta direcció. Els vents anabàtics són altament febles per la situació de les dues estacions, ja que l'aire a La Molina, normalment amb neu en aquesta època, és molt més fred que a S02, això no deixa de ser compatible en què en situacions de calma i quan el vent en alçada és dèbil els vents propis de la vall són dominants, perquè els resultats que s'observen també depenen de la posició de l'estació en el marc de l'orografia complexa.

Les estacions S01 i S02 les dues presenten vent de E, encara que més marcat a S01 per la seva situació. L'estació S02 presenta la influència del vent de E i NE. En relació amb aquesta última direcció el que queda evidenciat és que a l'estació de YA (Puigcerdà), els vents de NNW, N i NE són destacables per trobar-se sota la confluència d'una altra vall adjacent.

A Cap de Rec hi queden evidenciats els vents de N, NNW i SE interpretables molt probablement com anabàtics i catabàtics per la seva situació.

Tant a DP (Das, aeròdrom), com a S08 hi ha un predomini de vent de SE i SSE que marca la influència dictada per les estacions del seu entorn, sobretot a DP on, encara que més febles, s'hi pot veure la influència dels corrents que es detecten a S02 i YA.

A l'estació S04 els vents més freqüents estan entre les direccions E i ENE, molt menys freqüents en la direcció W. L'estació S05 té vents més freqüents entre les direccions ENE i SSE i menys freqüents en direcció NW i SW.

A Martinet predomina el vent de SE, ESE i NEE, encara que a Martinet té altres direccions menys freqüents però destacades. Presenta la influència dels corrents detectats a S04 i S05, i també s'hi aprecien, encara que en menor freqüència, els vents vall amunt.

La Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental), rep la influència d'altres valls secundaris, però que hi conflueixen pels seus vessants condicionant en molts llocs el vent purament característic de la vall. Aquesta influència és molt important a l'hora d'estudiar episodis amb PPT, ja que es pot veure reforçada o minvada depenent del tipus d'episodi que hi tingui lloc.

És rellevant recordar que l'amplada de la Vall del Segre no és la mateixa en tot el recorregut del riu i sobretot a la zona que s'està estudiant (Figura 3.2) el que modifica la velocitat del vent.

8.2. Introducció als episodis amb precipitació

Abans d'estudiar els episodis amb precipitació es donen algunes definicions i conceptes bàsics sobre processos adiabàtics i estabilitat atmosfèrica i que seran utilitzats en la seva descripció.

Els moviments verticals de l'aire són molt petits comparats amb els horitzontals, però són molt importants a l'hora de produir núvols i precipitació o bé dissipar-los. Aquests moviments verticals d'un determinat volum d'aire siguin ascendents o descendents solen ser ràpids i l'aire de la bombolla no es barreja amb l'aire del seu entorn de manera que si puja s'expandeix i si baixa es comprimeix, però sense intercanviar calor amb l'exterior. Per això aquests moviments són adiabàtics, és a dir, $dQ_{\text{intercanviat}} = 0$.

Suposant que el $C_s(T)$ és la pressió parcial del vapor d'aigua saturat que pot haver-hi a l'atmosfera a una determinada temperatura es pot afirmar que, a la Troposfera, habitualment disminueix ràpidament amb l'altura a causa de la dependència exponencial amb T. Suposant que el vapor d'aigua a l'atmosfera es comporta amb bona aproximació com un gas ideal es defineixen les magnituds següents.

Humitat específica.- És la relació entre la massa de vapor d'aigua respecte de la massa d'aire humit per unitat de volum, $q = \rho_v / \rho$.

Humitat específica de saturació.- És el valor de q que produeix la saturació.

$$q_s = \frac{\rho_{vs}}{\rho} = \frac{R}{R_v} \frac{C_s(T)}{P}, \quad C_s(T) = A e^{\left(\frac{\beta T}{243.5+T}\right)} \quad \begin{cases} A = 6.112 \text{ hPa} \\ \beta = 17.67^\circ\text{C}^{-1} \end{cases} \quad (8.1)$$

$C_s(T)$, tal com s'ha dit anteriorment, és la pressió parcial de vapor saturant que pot haver-hi a l'atmosfera a una determinada temperatura (Moran, 1944; Bolton 1980).

Humitat relativa.- La humitat relativa s'expressa en percentatge.

$$U = \frac{q}{q_s} 100 \% \quad (8.2)$$

C_s disminueix ràpidament amb l'alçada a causa de la dependència exponencial amb T i q si no hi ha condensació o mescla és una magnitud que es conserva, per tant, arribarà un nivell en què $q_s < q$ anomenat CCL (CCL, Convective Condensation Level) que és l'altura en què això succeeix, per haver-hi condensació per sobresaturació en el cas d'escens de la bombolla per convecció tèrmica. En condensar-se l'excés de vapor fa que $q_s = q$ i si la bombolla continua pujant i, q i q_s aniran disminuint. En condensar-se el vapor allibera calor latent, compensant parcialment el refredament de la bombolla conferint-li una major flotabilitat i encara pujarà fins que la seva temperatura sigui igual que la del medi, punt a partir del qual ja no hi haurà més creixement del núvol.

L'altura del CCL canvia en funció de la humitat i la temperatura inicial de la bombolla, creixent a mesura que disminueix la humitat o augmenta la temperatura. Els núvols que es formen en les circumstàncies abans esmentades s'anomenen núvols convectius i tenen la seva base en el mateix nivell que el CCL (Figura 8.5).

També pot succeir que l'aire es vegi forçat a pujar a causa d'un front o un terreny muntanyós arribant a un punt anomenat LCL (LCL, Lifting Condensation Level), o nivell de condensació per elevació, a on es produeix la condensació en forma de núvols, els quals tenen la base en aquest nivell, i solen ser estratiformes encara que també poden ser cúmuls si l'elevació continua. Si la causa de l'ascens són les muntanyes, aquests núvols s'anomenen núvols orogràfics.

Per sota del CCL la bombolla segueix aproximadament una DALR (DALR, Dry Adiabatic Lapse Rate), és a dir, l'evolució en temperatura d'una adiabàtica seca, la qual representa la trajectòria d'una partícula d'aire no saturat quan ascendeix sofrint un refredament d'uns 10 °C cada km. A partir del CCL l'aire està saturat i sofreix un refredament d'uns 6 °C cada km fins a assolir el punt d'equilibri, aquest recorregut el fa a través d'una SALR (SALR, Saturated Adiabatic Lapse Rate), o adiabàtica saturada (Gregg, 1922; Schultz, 1989; Llasat, 1990).

Per estudiar l'equilibri d'una bombolla cal traçar la corba ELR (ELR, Environmental Lapse Rate), o corba d'estat, que dona la temperatura de l'aire a diferents altituds. Recordant que el punt de rosada és la temperatura, T_d , ambiental en la qual hi ha condensació si es refreda l'aire isobàricament, ja que en aquest punt l'aire no és capaç de mantenir tota la humitat que conté formant-se boires o núvols. En un diagrama termodinàmic, qui dona la mesura de la quantitat d'humitat existent en l'aire són les corbes SMRL (SMRL, Saturated Mixing-Ratio Lines) o corbes de saturació (Reed, 1983; Riosalido, 1992).

En un diagrama termodinàmic el punt LCL s'obté quan la SMRL traçada des del punt de rosada interseca la DALR traçada des de la temperatura de l'aire en un nivell de pressió determinat.

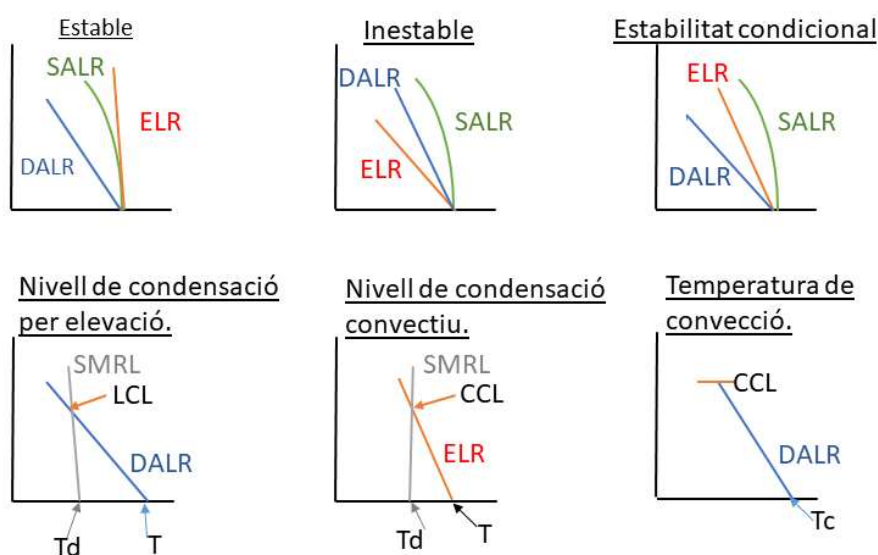


Figura 8.5. Condicions d'estabilitat i nivells de condensació, coordenades (T [°C], P [hPa]), (adaptació <http://luisso.net.Meteorografia.htm>).

En representar les dades d'un radiosondatge en un diagrama Skew-T s'obtenen una sèrie d'índex que faciliten la seva interpretació, un d'ells és la CAPE (CAPE, Convective Available Potencial Energy) (Showalter, 1953; Galway, 1956; Moncrieff & Green, 1972; Doswell, 1996; Center, 2000; DeRubertis, 2006).

- CAPE

Expressa l'energia potencial convectiva que pot aprofitar la bombolla d'aire durant el seu ascens amb unitats $J\ kg^{-1}$ (Taula 8.1). És a dir, és un paràmetre que ens indica l'energia disponible per la convecció, o amb altres paraules és la quantitat de treball que fa l'ambient sobre la bombolla d'aire perquè ascendeixi adiabàticament i lliurament.

$$CAPE = \int_{LFC}^{EL} \frac{(T_{ap} - T_e)}{T_e} g dz, \quad (8.3)$$

El numerador és la diferència entre la temperatura de la bombolla d'aire, T_{ap} , i la de l'aire circumdant, T_e . El LFC (LFC, Level of Free Convection) o nivell de convecció lliure, és l'altitud de l'atmosfera en què la temperatura de la bombolla que ascendeix és més alta que la de l'aire circumdant experimentant una ascensió convectiva. El EL (EL, Equilibrium Level), és el nivell d'equilibri, també anomenat límit de la convecció, i és el nivell on l'adiabàtica saturada interseca la corba d'estat, ja que en igualar-se les temperatures la bombolla deixa d'ascendir (Figura 8.6).

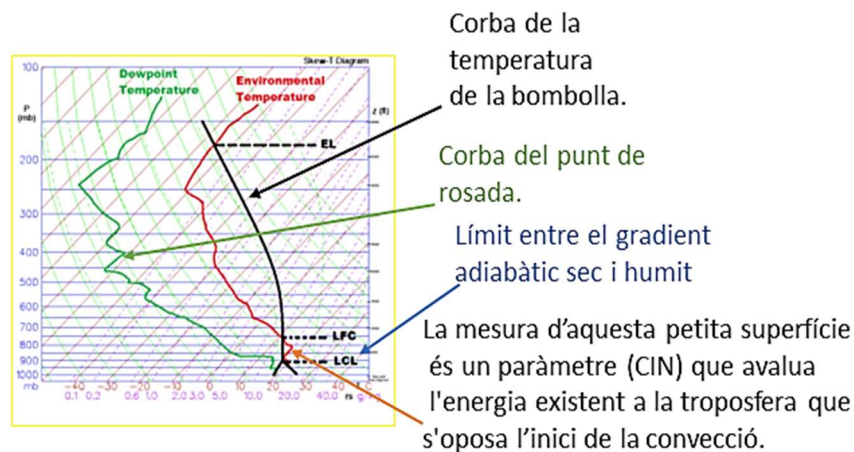


Figura 8.6. Límits de la CAPE, (energia potencial convectiva), i del CIN (Convective Inhibition energy), (Font: Universitat de Wyoming (EEUU)).

Taula 8.1. Valors de la CAPE versus estabilitat o inestabilitat (a latituds mitjanes).

CAPE [J/Kg]	Estabilitat atmosfèrica
0	Estable
0-1000	Marginalment inestable
1000-2500	Moderadament inestable
2500-3500	Força inestable
3500+	Extremadament inestable

8.3. Episodi amb precipitació. Dies 13, 14, 15 i 16 de gener de 2017 (el dia 16 tan sols fins a les 02:00:00 UTC, a partir d'aquí hi falten dades)

Abans de descriure l'episodi, es transcriu del Butlletí Climàtic Mensual del SMC (SMC, 2017b) dos paràgrafs del resum de dos episodis que ocorregueren el mes de gener de 2017, el primer d'ells anterior a l'episodi objecte d'estudi.

'Una configuració sinòptica caracteritzada per una baixa atlàntica va provocar un episodi de precipitació entre els dies 10 i 12 de gener. Es van superar els 50 mm a les estacions de la XEMA ubicades a l'alta muntanya de l'extrem nord-occidental del país'.

Dos paràgrafs més avall es fa referència a l'episodi del 13 al 17 ambdós inclosos.

'Una configuració sinòptica molt semblant a la descrita va provocar un nou episodi de pluja i neu entre els dies 13 i 17, afectant fonamentalment el Pirineu. La precipitació va superar els 50 mm a les parts més elevades de la serralada'.

Tal com diu el butlletí l'episodi es donà entre els dies 13 i 17, però a partir del dia 16 a les 02:00:00 UTC hi falten moltes dades. Si es mira, gràficament, la precipitació acumulada en aquesta zona durant el període que estem estudiant (Figura 8.7), el fet que ha motivat el seu estudi, és la precipitació acumulada a Z3 (Malniu), ja que és molt superior a la resta d'estacions de la zona.

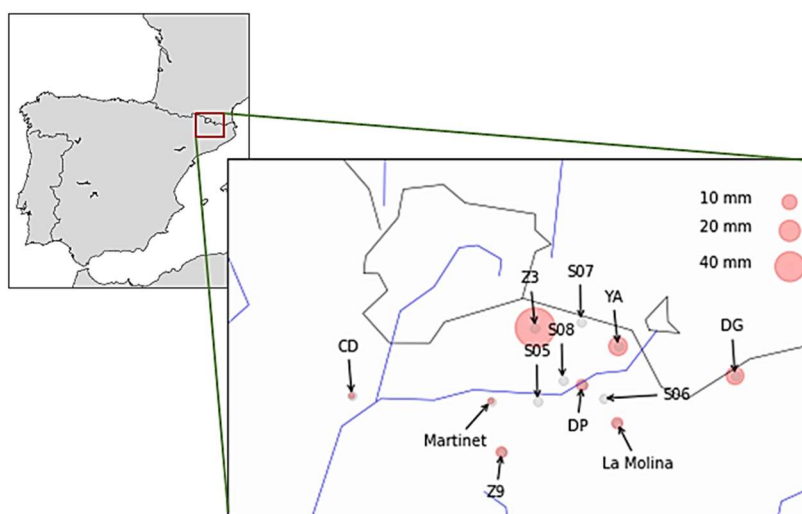


Figura 8.7. Precipitació acumulada del 13 al 16 a les 02:00:00 UTC, gener de 2017. Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental).

S'analitzen tot seguit (Figura 8.8) els mapes d'altura geopotencial [gpdam] a 500 hPa i de pressió [hPa] a la superfície (línies blanques), (Font: <http://www.wetter3.de>).

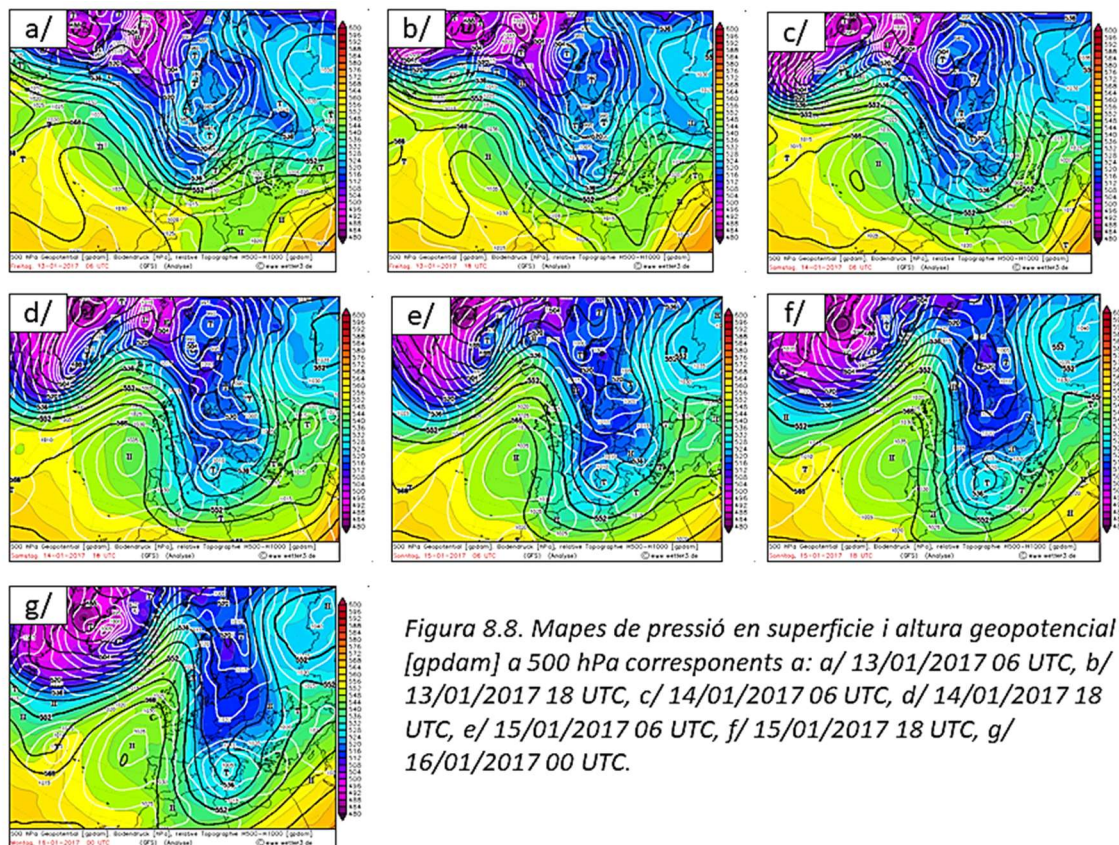


Figura 8.8. Mapes de pressió en superfície i altura geopotencial [gpdam] a 500 hPa corresponents a: a/ 13/01/2017 06 UTC, b/ 13/01/2017 18 UTC, c/ 14/01/2017 06 UTC, d/ 14/01/2017 18 UTC, e/ 15/01/2017 06 UTC, f/ 15/01/2017 18 UTC, g/ 16/01/2017 00 UTC.

La configuració sinòptica produïda per una baixa procedent del Nord d'Europa i situada prop de Sicília, conjuntament amb altres que en determinat període es trobaven a latituds superiors i un anticicló situat persistentment al NW peninsular donaren lloc a vent de N i NW i abundant precipitació durant l'episodi tal com explicita el butlletí del SMC anteriorment esmentat.

Per veure com va influir aquesta situació en la direcció del vent a la vall es comparà el que s'ha observat en algunes estacions analitzades en el cas sinòptic de calma (Figura 8.3) amb el que s'ha observat en l'episodi actual (Figura 8.9). Totes les estacions tenen completesa de dades tant de precipitació com de mòdul i direcció del vent.

A l'estació de Martinet s'observen direccions en major freqüència de W i SW, mentre que en situació sinòptica de calma són pràcticament inexistents. La descripció continua amb l'estació de Puigcerdà (YA) on les components compreses entre el N i W s'intensifiquen pel que fa a freqüència i velocitat del vent, en les altres queda clarament disminuïda la seva freqüència.

A l'estació de La Molina amb direcció de SE a l'episodi de calma canvia a direcció W i NW, el que posa en evidència la influència de la situació sinòptica d'aquest cas enfront de la situació de calma. Referent a l'estació S06 queda provada la relació amb la direcció i velocitat del vent a La Molina, ja que canvien de manera similar en velocitat i direcció.

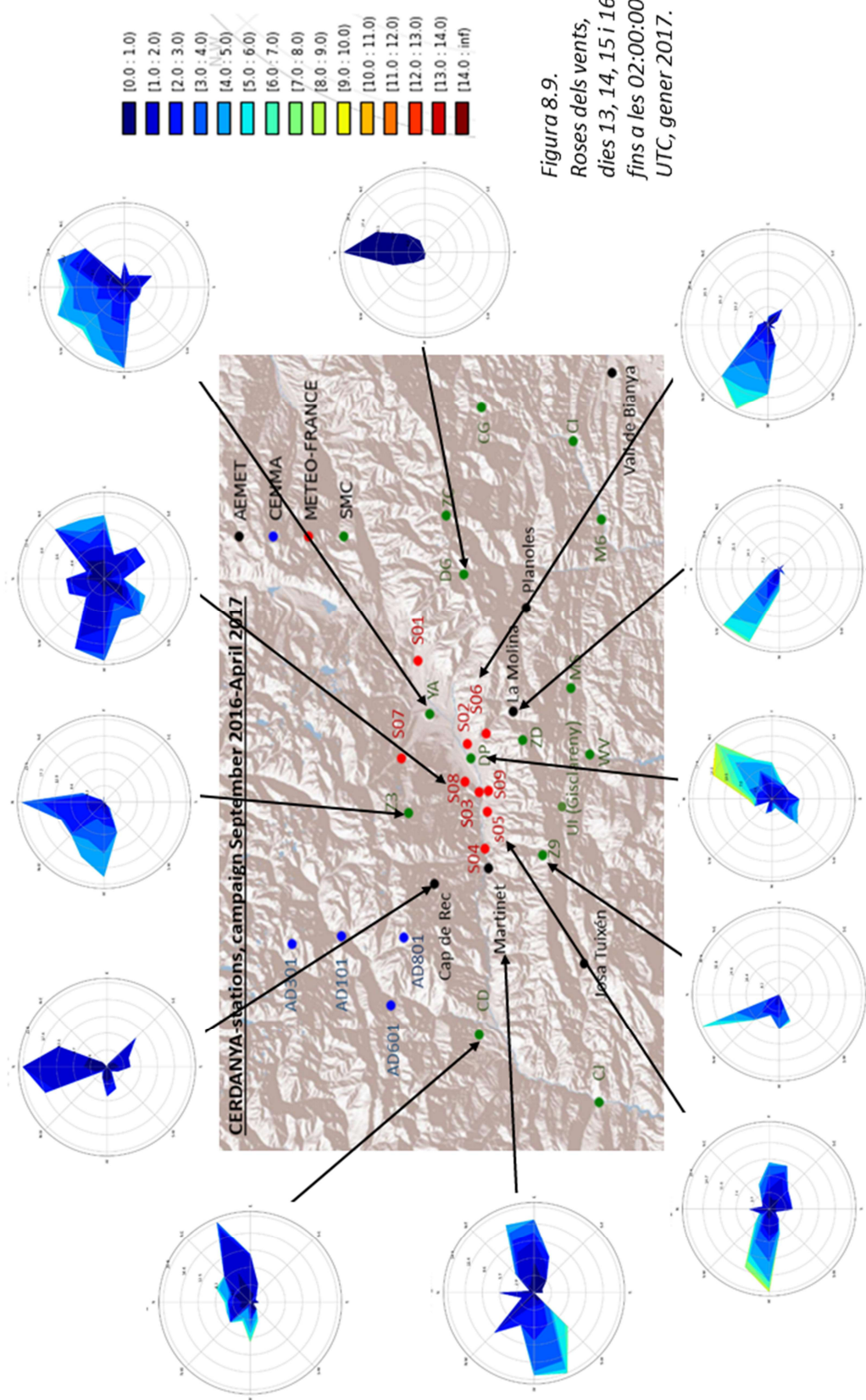


Figura 8.9.
Roses dels vents,
dies 13, 14, 15 i 16
fins a les 02:00:00
UTC, gener 2017.

L'estació S05 també presenta direccions entre el W i NW destacades, i en el període de calma pràcticament no existeixen.

A l'estació Z9 el vent predominant té direccions entre el NW i NNW amb velocitats superiors respecte del període de calma on la direcció predominant del vent fou entre el WSW i SW.

L'estació S08 en el període de calma presentà major freqüència entre el S i SE. En canvi, en aquest període totes les direccions són destacades, però la de major freqüència és la direcció W.

Finalment a l'estació de DAS (aeròdrom de Das) en condicions anticiclòniques el vent predominant era de SE a l'episodi actual és de NE amb velocitats més elevades.

Abans d'intentar explicar el perquè a Malniu hi va haver una major quantitat de precipitació acumulada respecte de la resta d'estacions es presenta l'anàlisi de conglomerats de la precipitació acumulada respecte de la direcció del vent i de les estacions que presentaven dades completes de precipitació (Figura 8.10).

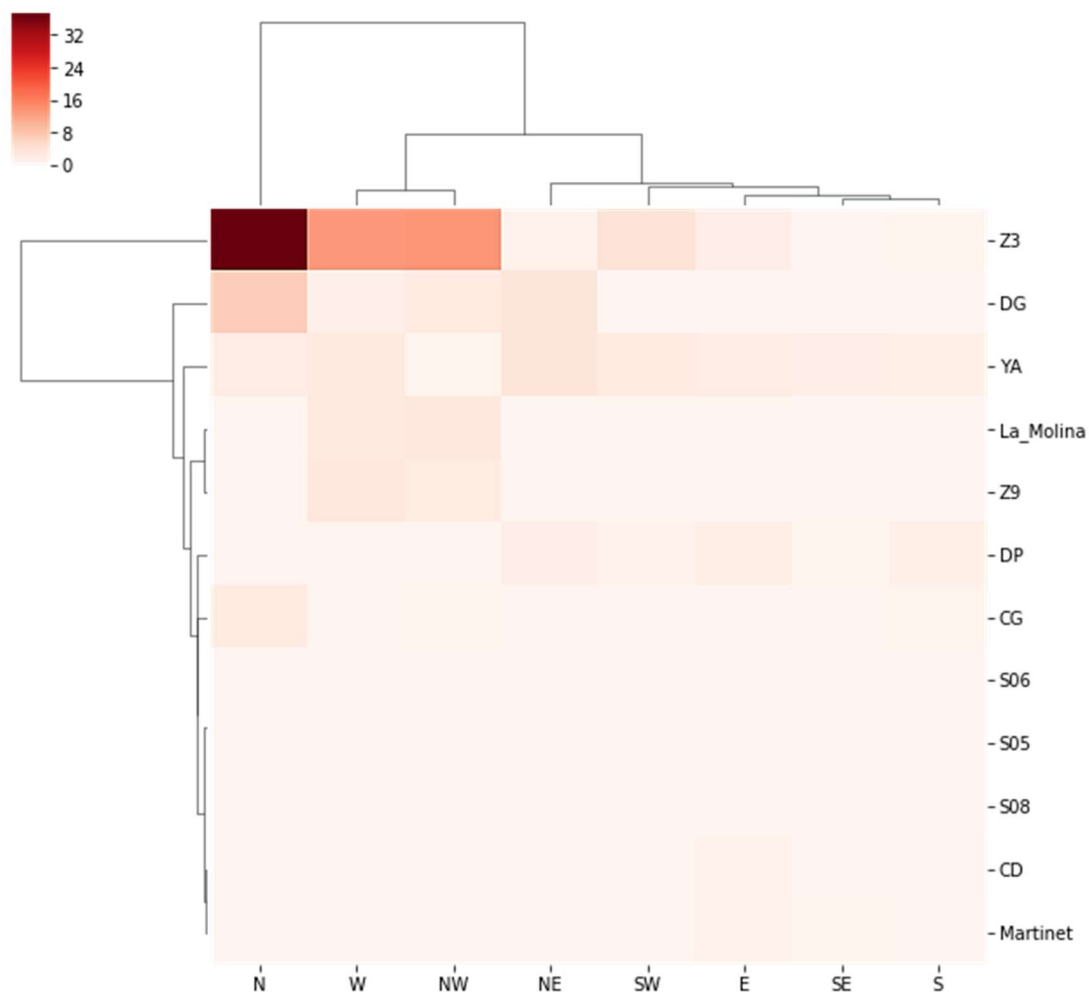


Figura 8.10. Precipitació acumulada en mm, versus estacions i direcció del vent (dies 13, 14, 15 i 16 fins a les 2 UTC, gener de 2017).

Els valors numèrics de PPT i direcció del vent queden explicats a la Taula 8.2.

Taula 8.2. Precipitació acumulada [mm] segons l'estació i direcció del vent (dies 13, 14, 15, i 16 fins a les 2 UTC, gener de 2017).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
CD	0.1	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0
Martinet	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.2	0.2
S05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP	0.1	1.5	1.7	0.3	1.2	0.7	0.0	0.1
S06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
YA	1.9	3.5	2.0	1.6	1.3	2.2	2.6	0.3
La_Molina	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	3.0
CG	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5	0.1	0.1	0.3
DG	7,1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	2.2
Z9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.1
Z3 (Malniu)	37.3	0.8	1.5	0.0	0.3	4.0	13.2	13.6

A la Figura 8.11 es mostra la localització de l'estació de Das (DP) on hi va haver la majoria d'aparells i llançaments de globus meteorològics durant la campanya, la posició del perfilador de vent (UHF) situat a uns 3.4 km de Das (DP) i la localització de l'estació de Malniu (Z3).

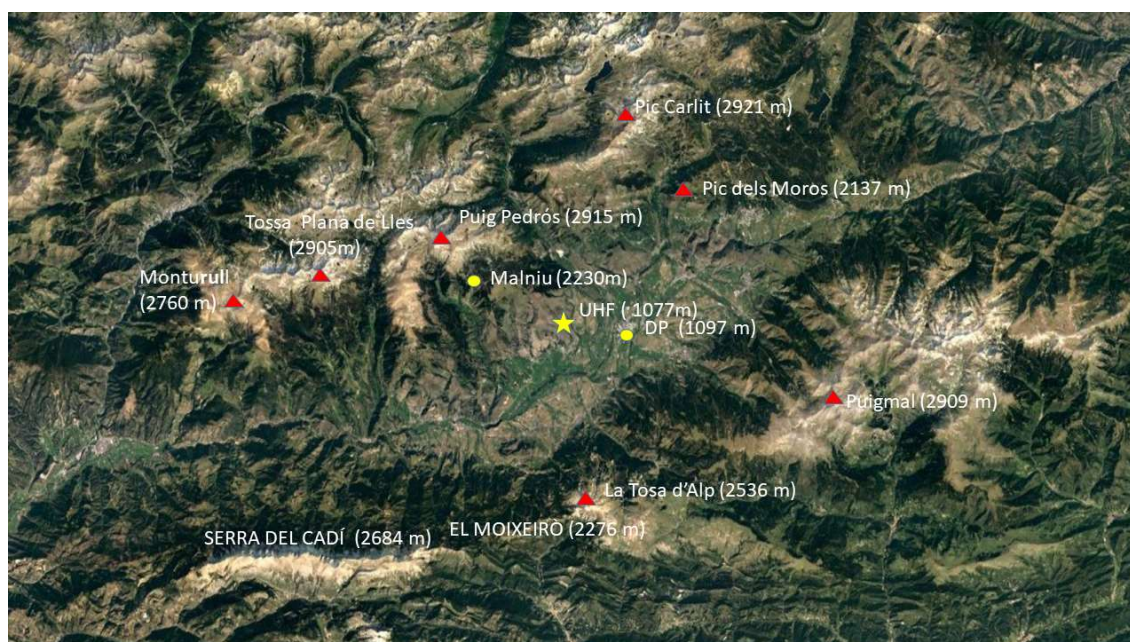


Figura 8.11. Altitud i localització de les estacions de Das (DP), Malniu (Z3) i del UHF.

A la Figura 8.10 es veu clarament que quan hi va haver més precipitació acumulada a Z3 és quan el vent tenia direcció N. En el que segueix s'intenta explicar aquest fet.

Per això, s’analitzarà l’alçada de la base dels núvols amb dades del ceilòmetre i les roses dels vents construïdes amb les dades del UHF tenint en compte l’alçada de l’esmentada base. Malniu està a uns 1100 m d’altitud respecte de Das i amb això es pot comprovar, aproximadament, si hi havia núvols en aquesta altitud.

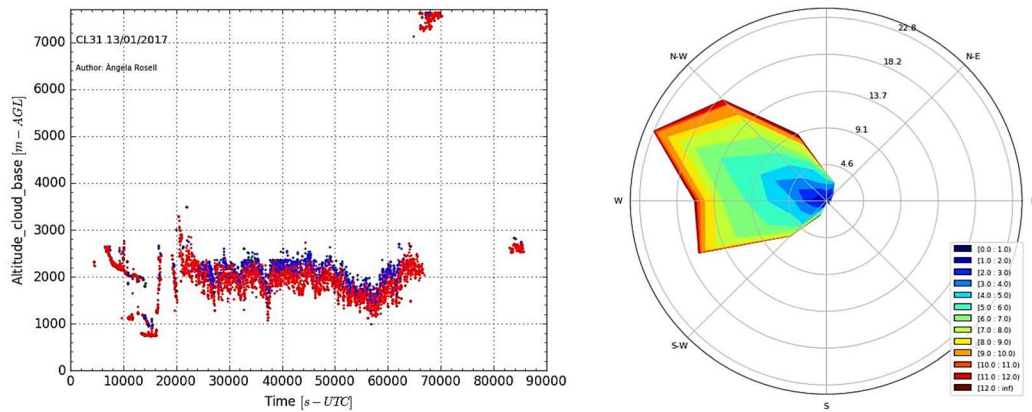


Figura 8.12. Altura de la base dels núvols i rosa dels vents a 1000 [m-AGL] durant el 13/01/2017 (Ceilòmetre situat a Das i el UHF situat, aproximadament a 3.4 km de la AWS de Das).

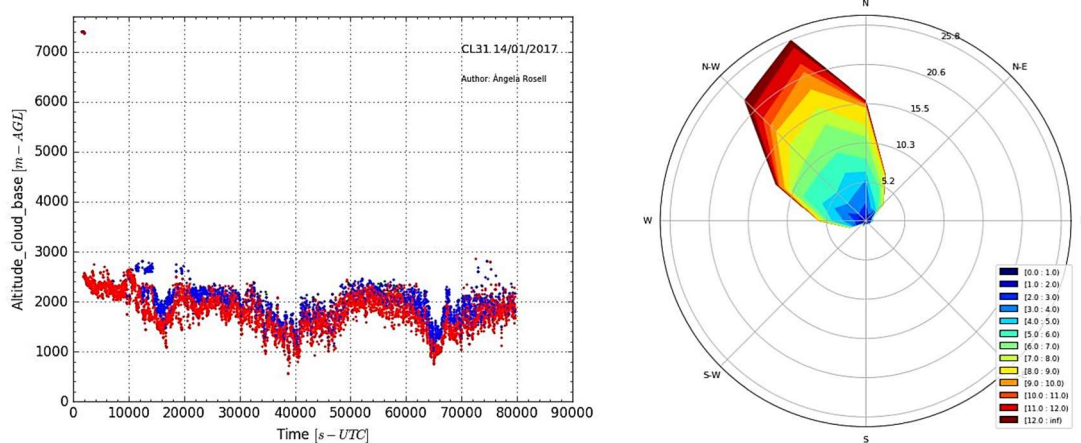


Figura 8.13. Altura de la base dels núvols i rosa dels vents a 1000 [m-AGL] durant el 14/01/2017 (Ceilòmetre situat a Das i el UHF situat a uns 3.4 km de la AWS de Das).

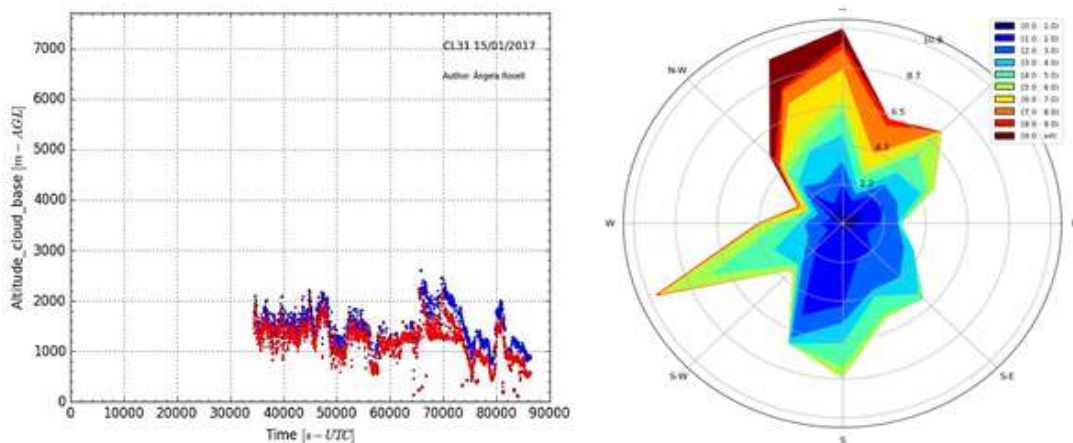


Figura 8.14. Altura de la base dels núvols i rosa dels vents a 500 [m-AGL] durant el 15/01/2017 (Ceilòmetre situat a Das i UHF situat, aproximadament a 3.4 km de la AWS de Das).

El UHF, col·locat a prop de S08 i a 3.4 km de Das, tal com s'ha dit, va detectar vents intensos a 1000 [m-AGL], entre el W i el N (Figures 8.12, 8.13 i 8.16), així com el dia 15 a 500 [m-AGL] (Figura 8.14). Durant els dies 13 i 14 els núvols es trobaven en un entorn dels 2000 [m-AGL], per tant, es tracta d'estrats o d'estratocúmul.

Considerant que els vents moderats estan entre 21 i 40 km h⁻¹, els forts entre 41 i 70 km h⁻¹ i molt forts entre 71 i 120 km h⁻¹, el dia 13 la velocitat màxima a 1000 [m-AGL] va ser de 13.4 m s⁻¹ (48.2 km h⁻¹), el dia 14 la velocitat màxima a 1000 [m-AGL] va ser de 21.7 m s⁻¹ (82.4 km h⁻¹), el dia 15 a 500 i 1000 [m-AGL] varen ser de 15.57 i 22.9 m s⁻¹ (56.5 i 82.4 km h⁻¹ respectivament).

D'aquests resultats es dedueix que en aquestes alçades per sota dels núvols varen haver-hi vents forts i molt forts entre les direccions NW i N, tenint en compte que aquestes velocitats i direccions no s'observen, en intensitat i freqüència, en condicions sinòptiques de calma, es pot afirmar que hi va haver un clar domini del vent sinòptic.

Per veure com es van distribuir la precipitació segons el dia i la direcció del vent s'ha fet una altra anàlisi de conglomerats (Figura 8.15).

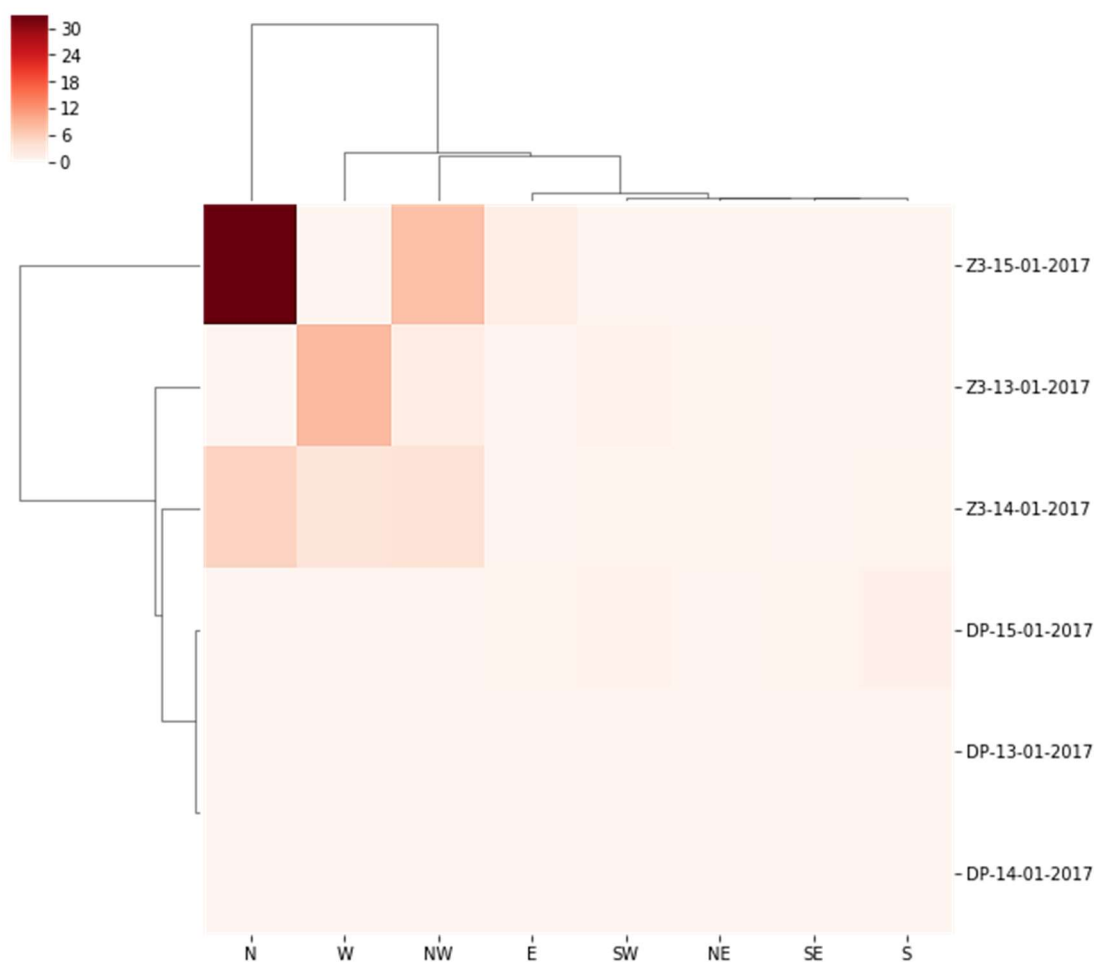


Figura 8.15. Precipitació acumulada en mm, versus les estacions DP i Z3 i direcció del vent (dies 13, 14 i 15, gener de 2017).

Els valors numèrics queden explicitats a la Taula 8.3

Taula 8.3. Precipitació acumulada a les estacions de DP (Das) i Z3 (Malniu) segons la direcció del vent (dies 13, 14 i 15, gener de 2017).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
DP-13-01-2017	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP-14-01-2017	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP-15-01-2017	0.1	0.2	0.3	0.3	0.8	0.7	0.0	0.1
Z3-13-01-2017	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.7	8.2	1.6
Z3-14-01-2017	5.5	0.5	0.0	0.0	0.3	0.3	3.1	3.5
Z3-15-01-2017	32.8	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6

S'observa que la màxima acumulació de PPT a Z3 es donà el dia 15 quan el vent era de N i NW.

La diferència d'altituds de DP i Z3 és aproximadament de 1100 m, igual que la diferència d'altituds entre Z3 i el UHF. La rosa dels vents amb dades del UHF del dia 15 a 1000 [m-AGL] (Figura 8.16), ens mostra el predomini del vent sinòptic.

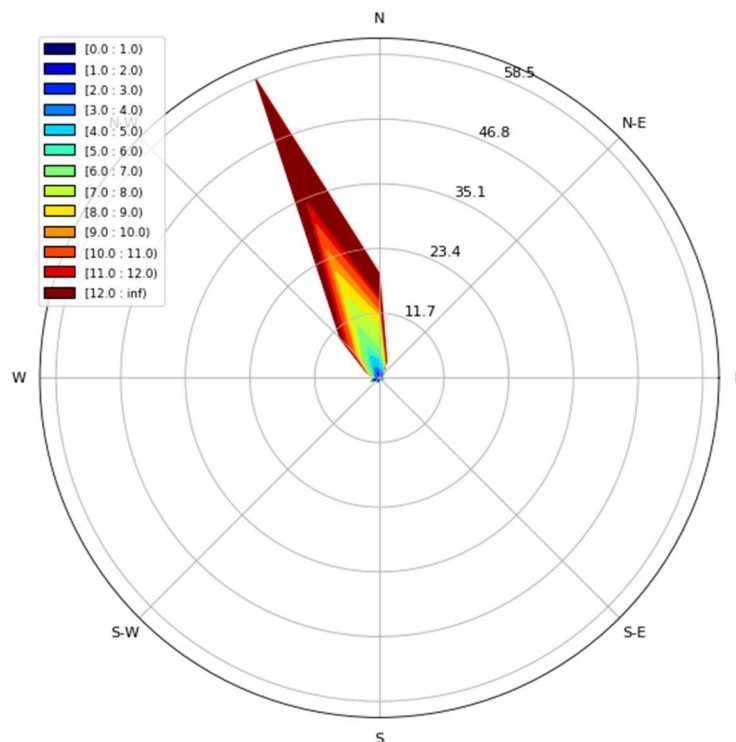


Figura 8.16. Rosa dels vents a 1000 [m-AGL], dia 15/01/2017. Dades del UHF.

Cal veure quina era la direcció i velocitat del vent a Z3. Aquesta estació té l'anemòmetre situat a 6 m del sòl i la rosa dels vents del dia 15 es representa a la Figura 8.17. La velocitat màxima va ser de 3.9 m s^{-1} (14 km h^{-1}).

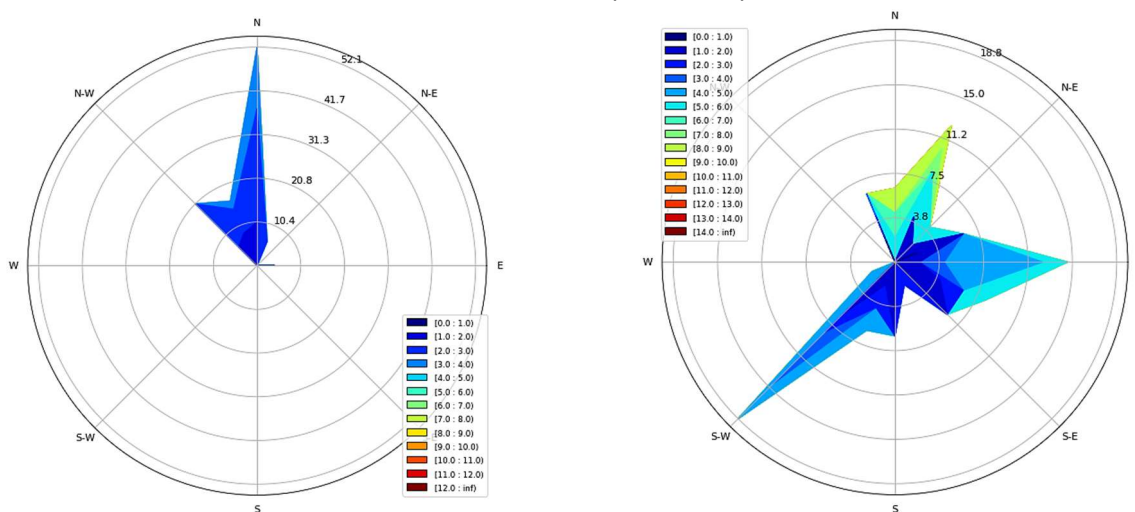


Figura 8.17. Roses dels vents dia 15/01/2017. Dades de l'anemòmetre situat a Z3 (esquerra) i a DP (dreta).

Per tant, a Z3 hi havia vents de component sinòptica però molt més febles que els obtinguts pel UHF a 1000 m. L'estació Z3, situada al vessant sud de la vall per la seva altitud rep la influència del vent sinòptic però disminuïda la seva intensitat, i amb direcció predominant de N a causa del fregament i a la situació de l'estació (pre-lee-side convergence).

És important analitzar la diferència entre les roses dels vents a DP i la de Z3. Durant el dia 15. A DP, encara que vents febles, la component dominant és del SW mentre que a Z3 ho és de N i NW direccions que a DP es donaren amb molt poca freqüència, per tant, es pogueren produir circulacions forçades o creuades que a causa de la seva diferència d'altitud i d'intensitat dificultaren l'acumulació de precipitació a DP.

Aquests fets permeten concloure que la precipitació va ser dirigida majoritàriament des de, aproximadament, la base dels núvols cap a la direcció NNW. El vent, en disminuir d'intensitat, va permetre que precipités més en aquesta zona. A la Figura 3.7 s'hi representa el vent horitzontal, que a part de la forma de la boca del pluviòmetre, si és intens dificulta la captació de precipitació.

Si s'observen les roses dels vents a 1000 [m-AGL] pels dies 13 i 14 (Figura 8.12 i 8.13) i comparen les direccions i velocitats amb les del dia 15 a 1000 [m-AGL] (Figura 8.16), es veu corroborada la teoria de la influència del vent sinòptic durant l'episodi amb l'acumulació de precipitació a Z3.

El dia 15 de gener a les 12:37:00 UTC es va realitzar un radiosondatge. El globus va ser llançat a l'estació DP (aeròdrom de Das), i amb les dades obtingudes s'ha construït el diagrama Skew-T i representat a 3D el recorregut del globus.

De l'anàlisi del recorregut del globus i del Skew-T (Figura 8.18; Figura 8.19), es dedueix que en aquell moment el vent era de NE a la vall, però no en alçada. El globus va deixar de donar dades desviat uns 7.6° a l'esquerra respecte del meridià que passa pel punt de llançament i a una distància d'uns 90 km de Das en direcció S.

Das_aerodrome radiosonde_15/01/2017-12:37:00 UTC
(globe positions)

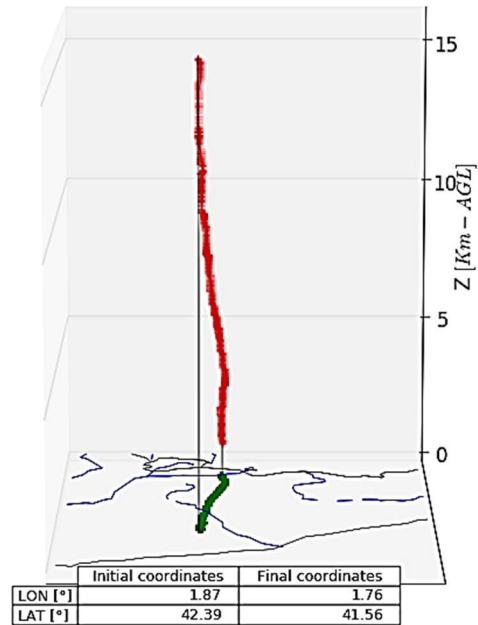


Figura 8.18. Recorregut del globus llençat a l'estació DP el dia 15 de gener de 2017 a les 12:37:00 UTC.

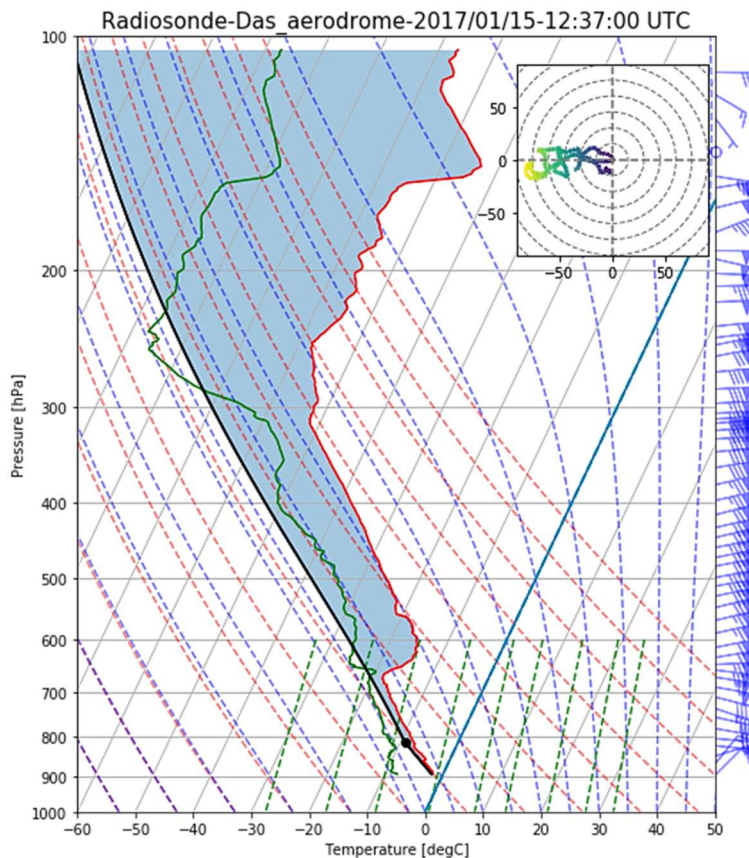


Figura 8.19. Diagrama oblic corresponent al radiosondatge del dia 15/01/2017 a les 12:37:00 UTC.

D'aquest diagrama les informacions més rellevants són que la CAPE i el CIN són nuls, és a dir, $CAPE = 0.0 \text{ Jkg}^{-1}$, $CIN = 0.0 \text{ Jkg}^{-1}$, la temperatura en el moment del llançament del globus era de $-2.00 \text{ }^\circ\text{C}$ i el nivell de condensació per elevació, LCL, representat per un punt negre en el diagrama, té per coordenades:

$$lcl_pressure = 814.6 \text{ hPa}; lcl_temperature = -9.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Es conclou aquest episodi remarcant la falta de dades del ceilòmetre durant el dia 15. Aquesta manca de dades ha sigut verificada en analitzar els fitxers del ceilòmetre i de precipitació a l'estació DP, corresponent aquest dia en què hi va començar a precipitar a les 5 UTC.

8.4. Episodi amb precipitació. Dies 3 i 4 de març de 2017

Abans de començar a descriure'l es transcriu del Butlletí Climàtic Mensual del SMC el resum que descriu breument l'episodi (SMC, 2017a).

'S'han enregistrat tres episodis de vent fort a Catalunya, en relació amb les pertorbacions que van afectar el país: els dies 3 i 4, el 6 i 7 de març i els dies 24 i 25'.

Més avall, el butlletí, se centra en l'episodi dels dies 3 i 4 de març.

'El primer sistema frontal va creuar el principat entre els dies 3 i 4 de març, produint un episodi de pluja general, neu que va afectar fins i tot a les parts culminants de la serralada Prelitoral i vent a llocs poc habituals'.

S'analitza tot seguit la precipitació que va tenir la zona durant aquest període (Figura 8.20).

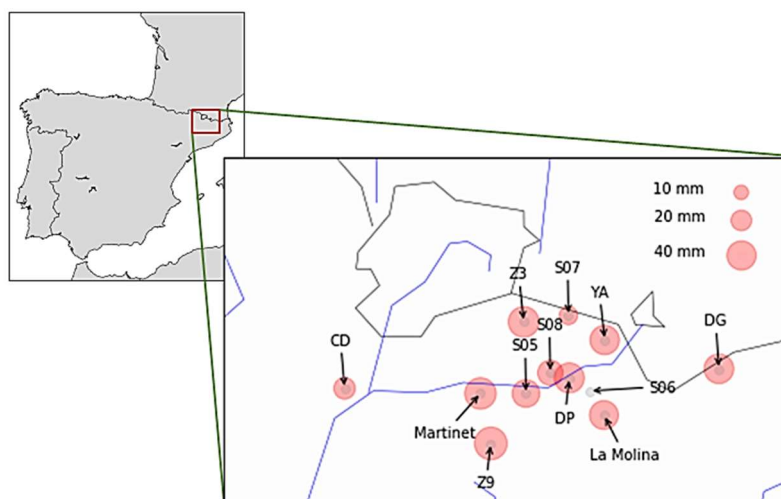


Figura 8.20. Precipitació acumulada els dies 3 i 4, març de 2017. Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental).

Com es comprova a la Figura 8.20 la quantitat de precipitació recollida en els pluviòmetres fou més uniforme que en el cas anterior.

Els mapes a escala sinòptica mostren el pas d'un tàlveg amb un front associat (Figura 8.21 i Figura 8.22).

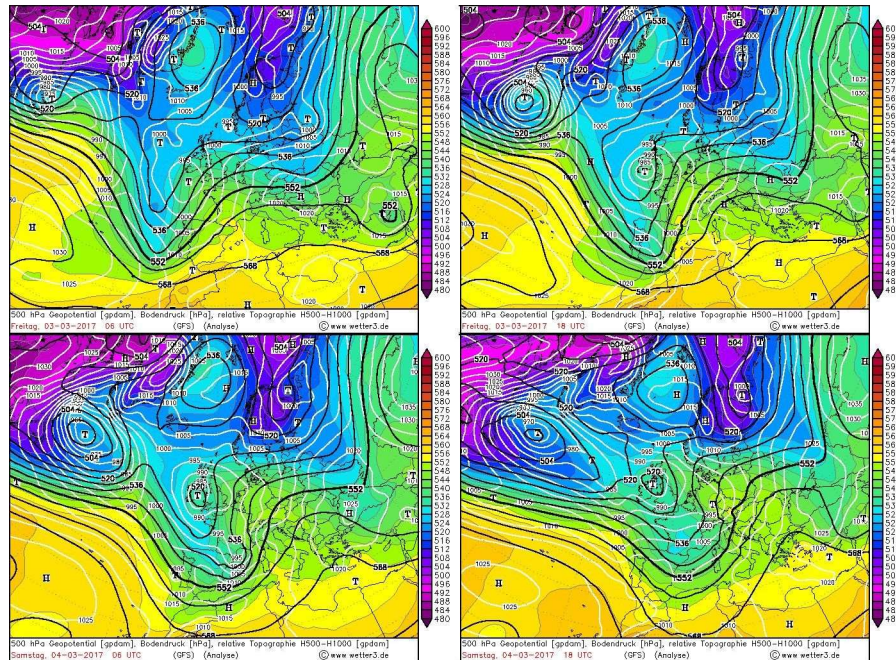


Figura 8.21. Mapes a 500 hPa d'altura geopotencial [gpdam] (línies negres i de pressió [hPa] en superficial (línies blanques), dels dies 3 (mapes superiors) i 4 (mapes inferiors) a les 06:00:00 i 18:00:00 UTC, març 2017 (Font: <http://www.wetter3.de>).

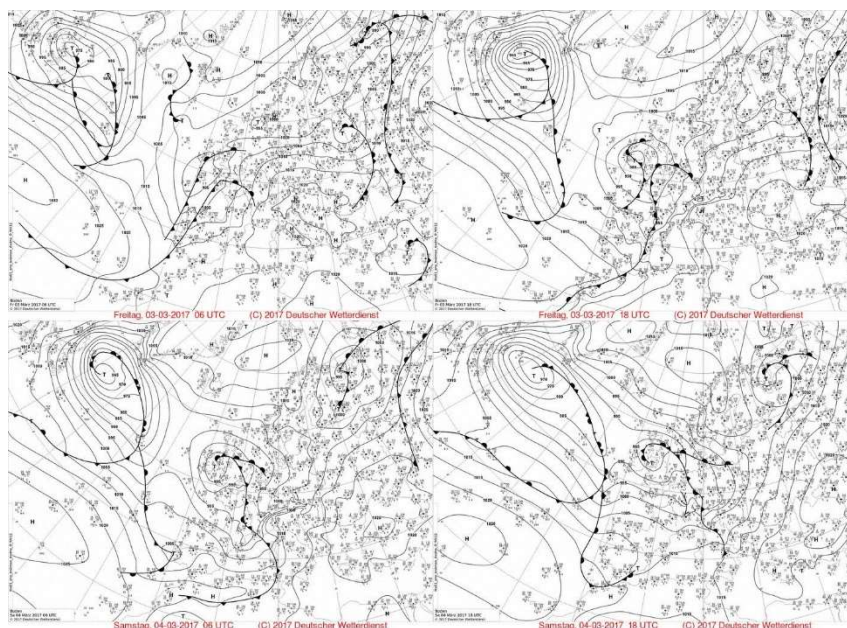


Figura 8.22. Mapes de superfície dels dies 3 (mapes superiors) i 4 (mapes inferiors) a les 06:00:00 i 18:00:00 UTC, març de 2017 (Font: <http://www.wetter3.de>).

El butlletí del SMC (SMC, 2017a) també fa referència a l'episodi de vent que es va produir.

'Durant aquest mes hi va haver una situació marcadament zonal (vent de l'oest en els nivells mitjans de la troposfera), causant un mes càlid i plujós a Catalunya'.

A la Figura 8.23 es mostren les roses dels vents de les estacions que presenten completesa de dades de vent i PPT.

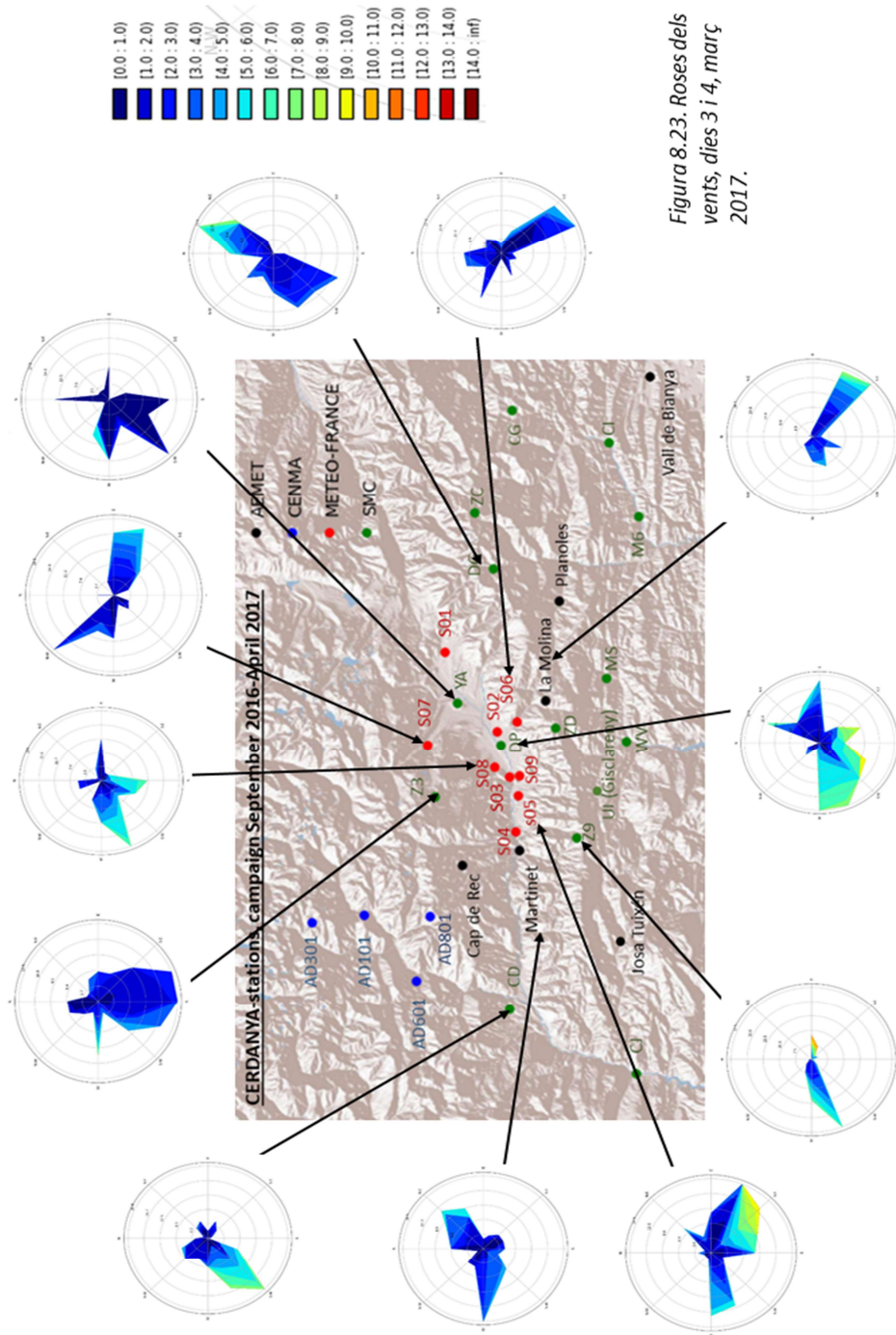


Figura 8.23. Roses dels vents, dies 3 i 4, març 2017.

La Molina i S06 presenten, altra vegada, analogia pel que fa a direcció i freqüències del vent. Martinet té una clara component de W no habitual en estat de calma. Igualment, succeeix amb CD i DP amb velocitats de major freqüència entre el S i W. L'estació Z9 presenta direccions similars respecte de l'estat de calma, però a la direcció E hi va haver una velocitat màxima del vent de 10.6 ms^{-1} (40 kmh^{-1}), i és, de l'episodi, la velocitat màxima mesurada d'entre totes les estacions que s'han estudiat. L'estació de Puigcerdà (YA), també presenta una direcció de SW destacada, encara que la distribució de velocitats és complexa per la seva situació. Finalment, a Z3 la direcció amb major freqüència és de S, però la seva velocitat màxima té direcció W (Figura 8.23).

Referent a l'anàlisi clúster que dona la relació entre precipitació, direcció del vent i estacions, el resultat queda reflectit a la Figura 8.24.

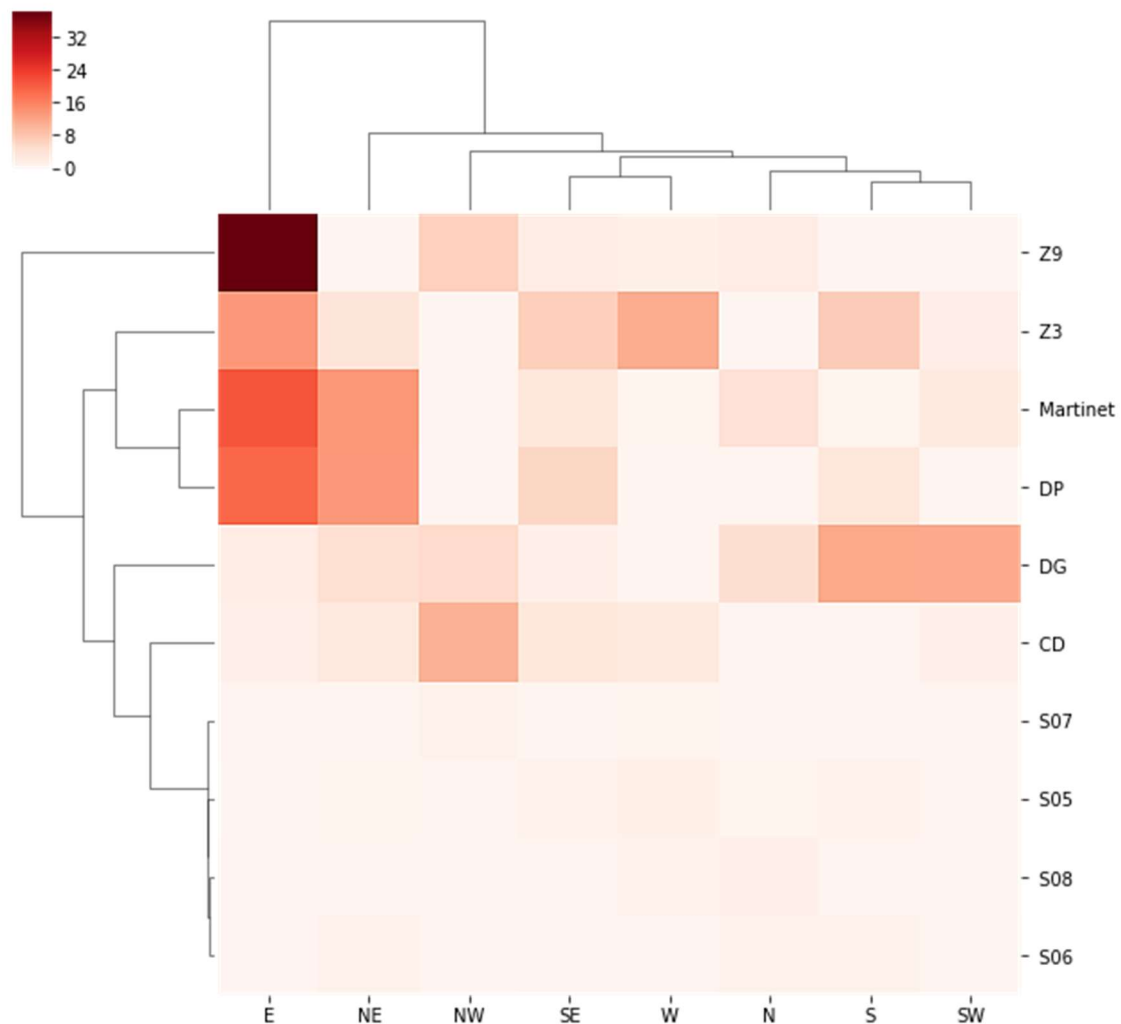


Figura 8.24. Anàlisi de conglomerats de la precipitació acumulada en mm, versus estacions i direcció del vent (dies 3 i 4, març de 2017).

Els valors numèrics queden explicitats a la Taula 8.4.

Taula 8.4. Precipitació acumulada segons l'estació i direcció del vent (dies 3 i 4, març de 2017).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
CD	0.0	2.7	1.4	3.3	0.0	1.0	2.7	10.7
Martinet	4.4	13.8	21.2	3.4	0.4	2.4	0.4	0.2
Z9	2.0	0.0	38.1	1.9	0.0	0.0	1.2	6.7
Z3	0.0	3.6	13.6	6.9	7.4	1.5	11.3	0.0
S05	0.4	0.4	0.0	0.6	0.6	0.2	1.2	0.2
S08	1.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.0
S07	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.8
S06	0.8	0.6	0.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2
DP	0.0	13.4	19.2	6.0	3.3	0.1	0.1	0.0
DG	4.8	4.7	2.0	1.1	11.7	11.4	0.1	5.5

En aquest episodi l'estació Z9 va ser la que va recollir una quantitat de precipitació més alta, respecte de les estacions que estem estudiant, sent la direcció del vent predominant de E. La distribució de precipitació va ser, en general, més homogènia llevat de les estacions S05, S06, S07 i S08, i les direccions del vent de E, NW, S, SW, W i NW les més importants per algunes de les estacions respecte a la quantitat de precipitació recollida (Figura 8.24).

Cal recordar, pel que segueix, que els núvols es classifiquen en alts, mitjans i baixos segons la seva base estigui, aproximadament, entre els 6000 m i 13000 m, 2000 m i 6000 m, o per sota de 2000 m respectivament.

Atenint-nos a aquest criteri, a l'episodi anterior es pot dir que, predominantment, són núvols baixos i que en molt pocs intervals de temps sobrepassen aquesta altitud respecte del sòl. En aquest episodi sembla clar que és així, excepte a petits intervals de temps, per tant, es tracta d'estrats o estratocúmulos o bé de nimbostrats. Tant a l'episodi anterior com en aquest són de dues capes, excepte el dia 4 de març en què apareixen tres capes que es barregen entre si (corresponen als colors vermell, blau i verd) (Figura 8.25).

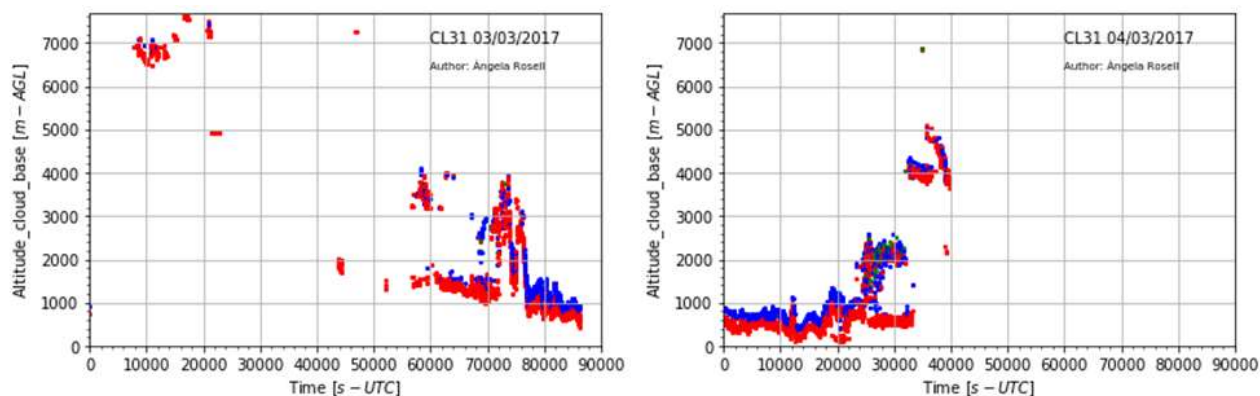


Figura 8.25. Base dels núvols [m-AGL] el 03 /03/2017 (esquerra) i el 04/03/2017 (dreta) (ceilòmetre situat a Das).

A la Figura 8.25, s'hi observen núvols mitjans que alguns d'ells en estar per sobre d'uns 4500 m són alts-estratocúmul i alguns pocs, a curts intervals de temps, núvols alts.

8.5. Episodi amb precipitació. Dies 24 i 25 de març de 2017

Aquest episodi es donà entre el 22 i 25 de març ambdós inclosos, però a la zona d'estudi el dia 22 no hi va precipitar i el dia 23 molt poc. Sí que hi varen haver precipitacions destacables durant els dies 24 i 25, en què va començar a precipitar entre les 12:00:00 i 12:30:00 UTC del dia 24.

Igual que en els casos anteriors es transcriu del butlletí de SMC (SMC, 2017a) la descripció d'aquest episodi.

'Una baixa atlàntica va afectar Catalunya entre els dies 22 i 25 de març, destacant els més de 100 mm de precipitació a la ciutat de Barcelona i en alguns sectors del prelitoral.

Durant els dies 22 i 23 la baixa ubicada a l'oest de la península Ibèrica, va provocar una nevada destacable al Pirineu, on es van superar els 20 cm al Pirineu occidental. Però va ser a partir de la tarda del dia 24 i la matinada del 25 quan la baixa va afectar de ple Catalunya amb precipitació general i generosa a molts punts del país'.

La precipitació acumulada a la zona d'estudi durant els dies 24 i 25 queda reflectida a la Figura 8.26.

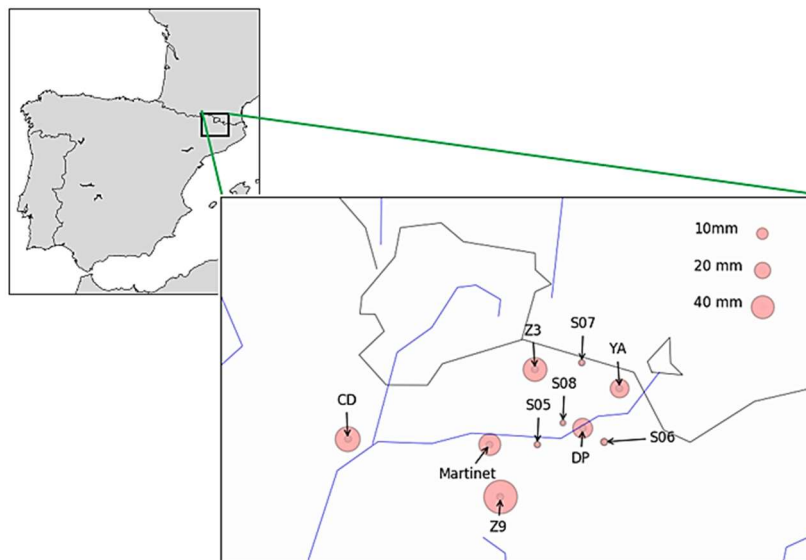


Figura 8.26. Precipitació acumulada durant els dies 24 i 25, març de 2017. Vall del Segre (La Cerdanya, Pirineu Oriental).

Com es comprova a la Figura 8.26 la quantitat de precipitació recollida en els pluviòmetres fou més abundosa a Z9 que a Z3 i a Martinet, DP i a YA les quantitats recollides superaren els 20 mm. S'analitza tot seguit la situació sinòptica (Figura 8.27).

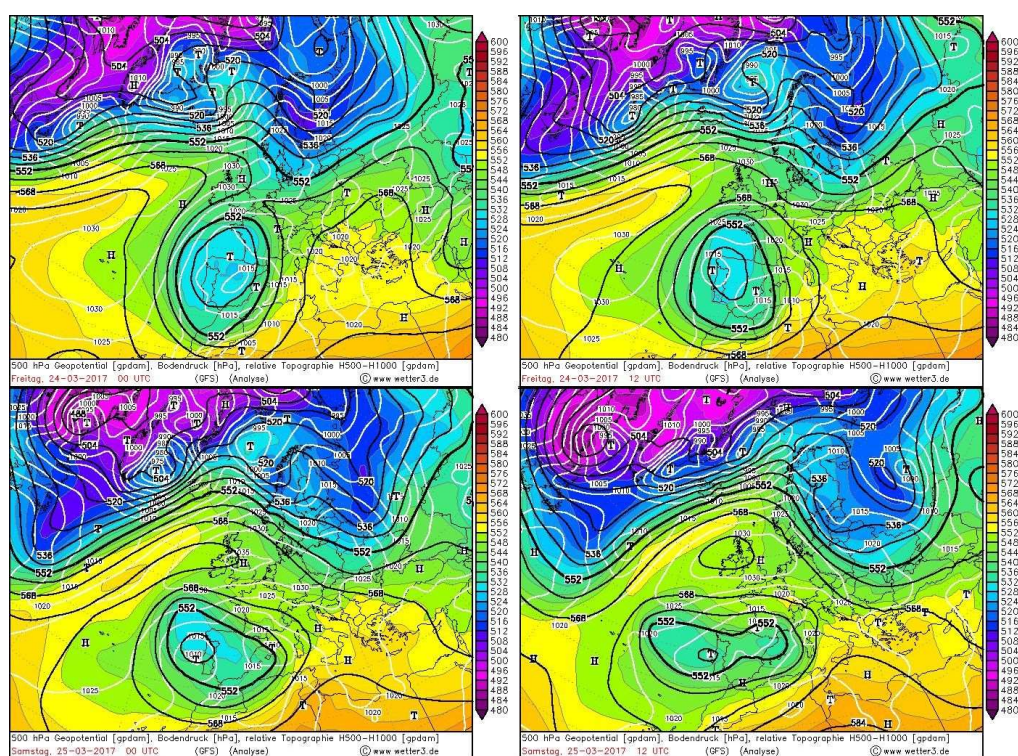


Figura 8.27 Mapes d'altura geopotencial [gpdam] a 500 hPa (línies negres) i de pressió [hPa] en superfície (línies blanques), dels dies 24 (mapes superiors) i 25 (mapes inferiors) a les 06:00:00 i 12:00:00 UTC, març 2017 (Font: <http://www.wetter3.de>).

La baixa atlàntica propicià vents del SE a la troposfera mitjana, però en els mapes de superfície (línies blanques) no sempre és així (Figura 8.27). En valors mitjans cada 30 minuts, els valors màxims de velocitat del vent que es produïren a les estacions de la Vall del Segre (la Cerdanya) el dia 25 varen ser a les estacions de Z3, Z9, i DP entre les 1:00:00 i 8:30:00 UTC. Per analitzar-ho s'hi introdueix una quarta estació, Martinet, i amb això es pot comparar el que ocorre a Z3 i Z9 amb dues estacions situades al fons de la vall.

A la Taula 8.5, s'hi exposen les tres velocitats màximes del vent que es donaren durant aquest episodi de dos dies, les estacions a què corresponen i les direccions. Referent al fons de la vall el 25/03/2017 a les 08:30:00 UTC la velocitat màxima fou a DP, que per l'hora que es donà sembla correspondre a una situació sense forçament sinòptic, a la mateixa hora a YA la velocitat, era de 3.3 ms^{-1} , la direcció del vent era de 202° i precipitació acumulada durant la mitja hora anterior era de 0.0 mm, remarcant que a les 08:30:00 UTC ja havia deixat de precipitar intensament. Igualment, es pot dir de 01:00:00 fins a 02:30:00 UTC, essent ara vents down-valley. Analitzant les direccions a Z3 i Z9, es veu que no corresponen a una situació sinòptica de calma, permetent afirmar que possiblement són vents causats per un gradient de pressió geostrofica que hi influeix o era a la mateixa direcció que la circulació del fons de la vall (Figura 2.13) per un gradient de temperatura entre la vall i el seu entorn (vegeu l'Annex A.14).

Taula 8.5. Relació de velocitats màximes [ms^{-1}] i direccions [°] del vent durant l'episodi del 24 i 25 de març del 2017. Temps UTC.

DATA	25/03/2017 1:00	25/03/2017 1:30	25/03/2017 2:00	25/03/2017 2:30	25/03/2017 8:30
WS_DP [ms^{-1}]	6.8	6.3	7.0	6.1	8.0
WD_DP [°]	78.0	76.0	81.0	86.0	212.0
PPT_DP [mm]	0.0	0.0	0.2	4.0	0.9
WS_Martinet [ms^{-1}]	2.7	3.3	3.2	3.4	2.4
WD_Martinet [°]	99.7	97.3	86.0	93.7	283.0
PPT_Martinet [mm]	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8
WS_Z3 [ms^{-1}]	10.1	8.9	8.5	11.7	3.1
WD_Z3 [°]	75.0	86.0	91.0	80.0	222.0
PPT_Z3 [mm]	0.5	0.0	0.3	0.9	1.5
WS_Z9 [ms^{-1}]	9.5	9.3	5.5	7.2	4.3
WD_Z9 [°]	85.0	92.0	95.0	110.0	265.0
PPT_Z9 [mm]	0.3	0.5	2.2	3.1	0.6

Referent a l'anàlisi de conglomerats que dona la relació entre precipitació, direcció del vent i estacions, el resultat es presenta a la Figura 8.28. Els valors numèrics queden explicitats a la Taula 8.6.

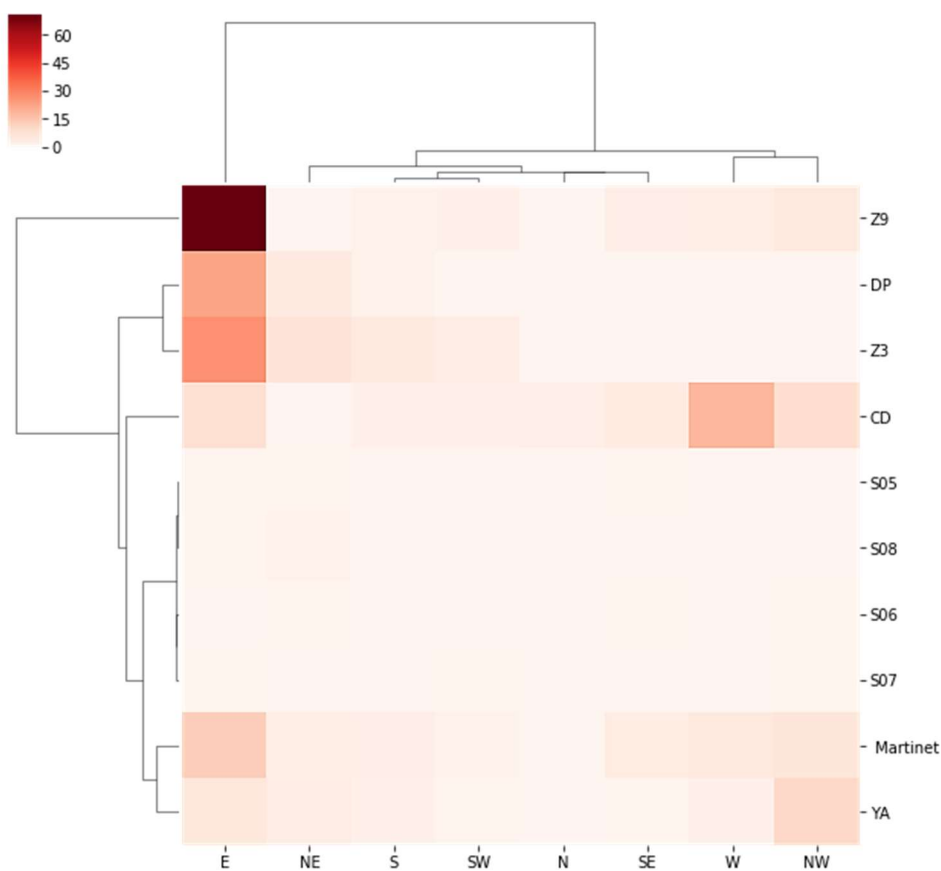


Figura 8.28. . Anàlisi de conglomerats de la precipitació acumulada en mm, versus estacions i direcció del vent (dies 24 i 25, març de 2017).

Taula 8.6. Precipitació acumulada [mm] segons les estacions i direccions del vent durant l'episodi del 24 i 25 de març del 2017.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
CD	2.5	0.4	8.8	4.3	1.8	1.7	18.7	9.2
Martinet	0.0	3.2	13.0	4.0	2.8	1.6	5.2	6.6
S05	0.0	1.0	1.0	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0
S08	0.2	1.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP	0.0	4.9	22.9	0.0	1.5	0.0	0.5	0.2
S06	0.4	0.6	0.4	1.0	0.4	0.4	0.0	0.6
YA	0.4	3.6	6.3	0.7	1.8	1.1	2.2	10.5
S07	0.2	0.2	0.6	0.0	0.4	0.6	0.2	0.6
Z9	0.0	0.0	70.7	2.8	1.5	2.1	3.1	5.2
Z3	0.0	7.4	26.9	0.3	4.8	3.6	0.0	0.0

Els gràfics del ceilòmetre ens mostren dues capes de núvols que passaren de núvols alts a mitjans i finalment a baixos a les 13 UTC aproximadament del dia 24 (Figura 8.29).

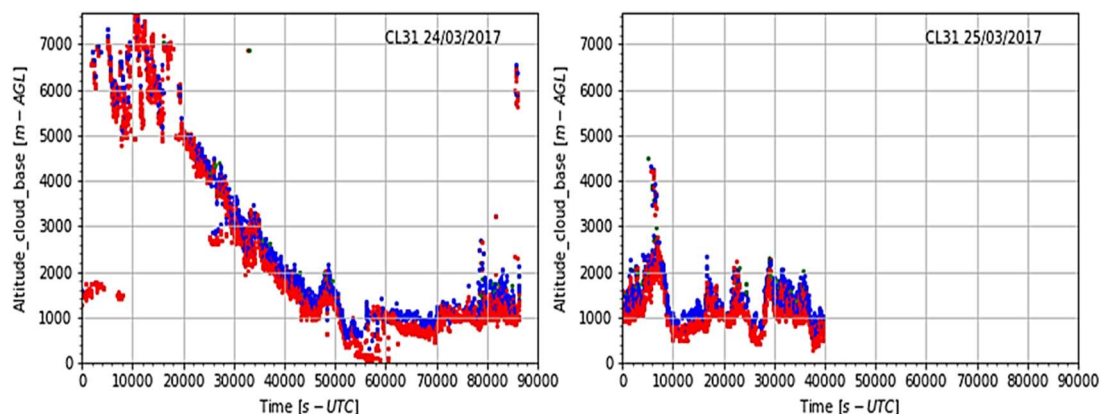


Figura 8.29. Base dels núvols [m-AGL] el 24/03/2017 (esquerra) i el 25/03/2017 (dreta) (ceilòmetre situat a Das).

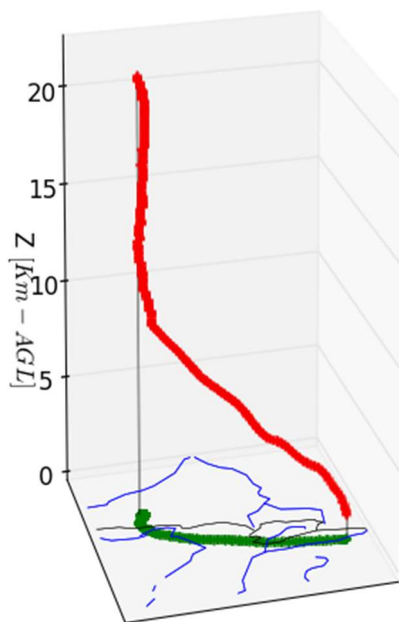
S'efectua un radiosondatge el dia 24 a les 22:34:00 UTC (Figures 8.30 i 8.31)

De l'anàlisi del recorregut del globus (Figura 8.30) es dedueix que en aquell moment el vent a l'aeròdrom de Das era de NNE aproximadament. Va deixar d'emetre dades a uns 162.1° desviat a l'esquerra respecte del meridià que passa pel lloc de llançament. Va deixar d'emetre dades a una distància d'uns 76 km de DP.

Del Skew-T (Figura 8.32), la informació més rellevant és que la CAPE i el CIN són nuls, en altres paraules, $CAPE=0.0 \text{ Jkg}^{-1}$, $CIN = 0.0 \text{ Jkg}^{-1}$, la temperatures en el moment de llançament del globus era de 3.40 °C i el nivell de condensació per elevació, LCL, representat per un punt negre en el diagrama, té per coordenades:

$$lcl_pressure = 872.5 \text{ hPa}; lcl_temperature = 2.2 \text{ °C}$$

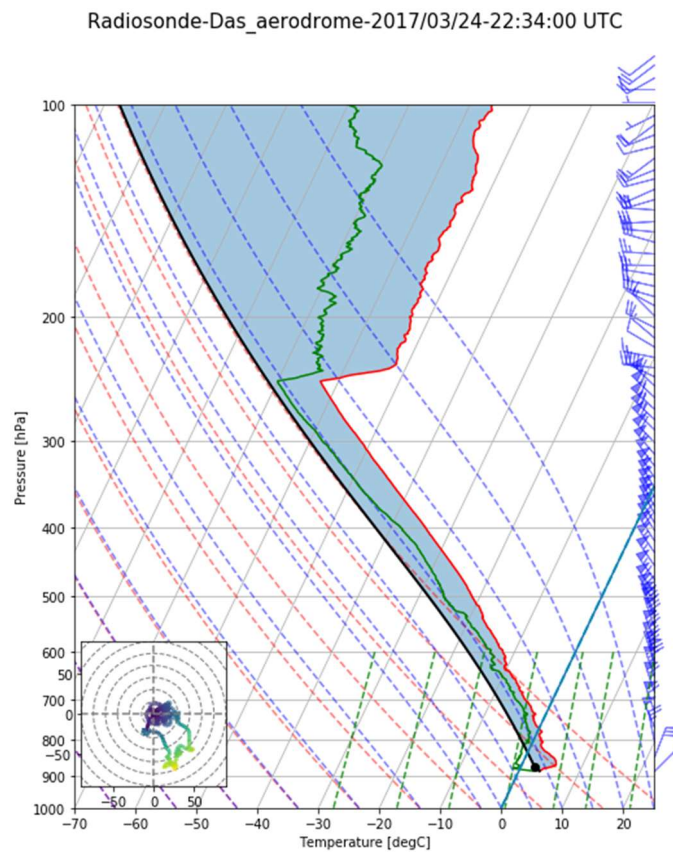
Globe positions-24/03/2017-22:34:00



	Initial coordinates	Final coordinates
LON [°]	1.87	1.02
LAT [°]	42.39	42.95

Figura 8.30. Representació del recorregut del globus llençat a l'estació DP el dia 24 de març de 2017 a les 22:34:00 UTC.

Figura 8.31. Skew-T corresponent al radiosondatge del dia 24/03/2017 a les 22:34:00 UTC.



8.6 Conclusions del capítol.

Cada episodi té les seves peculiaritats sent molt difícil treure'n conclusions extrapolables a altres episodis. El que es pot afirmar és que una de les causes del perquè a Das (DP) hi precipita menys, a part de la seva localització, es deu a la influència dels vents sinòptics, que si es creuen amb els vents propis de la vall, poden impedir l'acumulació de PPT sobretot si és de neu.

Capítol 9. Conclusions i treball futur

Conclusiones y trabajo futuro

Conclusions and future work

9. Conclusions i treball futur

Els objectius generals d'aquesta tesi, ja esmentats a la introducció, es resumeixen breument com l'estudi dels camps de vent superficial i de la precipitació a través de la identificació dels patrons de circulació que els generen a la Vall del Segre (La Cerdanya). Les conclusions de cada objectiu específic es presenten seguidament.

Objectiu 1. Estudiar els patrons de circulació a la zona d'estudi en absència de forçament sinòptic.

Conclusió 1. Una vegada acabat el tractament de dades i havent fet multitud de gràfics amb elles s'ha comprovat que en situació sinòptica de calma els patrons de circulació són els previstos a qualsevol vall, és a dir, per gradient tèrmic, essent predominants, en aquest cas vents de NE i E.

Objectiu 2. Comparar els patrons generals de vent d'un període històric amb els de la campanya experimental Cerdanya-2017.

Conclusió 2. Arribant a aquest punt, l'estudi dels patrons generals de vent efectuat en el període 2006-2015, ambdós inclosos, a la Vall del Segre (la Cerdanya), pels dotze mesos de l'any, es mantenen, en comparar-los amb l'estudi de les dades de la campanya Cerdanya-2017, pels mesos de desembre 2016, gener, febrer, març, i abril de 2017, donant, en la majoria dels casos, un tant per cent de calmes similar pel que es pot deduir que durant aquest període el règim de vents, en general, s'ha mantingut.

Objectiu 3. Analitzar la precipitació a la zona central de la Vall del Segre (Das) i comparar-la amb el seu entorn.

Conclusió 3. Referent a la precipitació l'anàlisi efectuada durant el període 2006-2016 ens mostra que a la AWS de Das (DP) s'hi recull menys precipitació respecte de les altres AWS situades a la vall i en els seus vessants.

Objectiu 4. Estudiar el cicle diari (règim diürn i nocturn) de vent durant la campanya Cerdanya-2017.

Conclusió 4. Amb les dades de la campanya havent estudiat els patrons de circulació dia/nit per roses dels vents i, a més a més, havent-hi construït els mapes corresponents a cada mitja hora amb la direcció mitjana del vent durant aquest interval de temps i per tota la campanya, s'ha pogut comprovar el patró de circulació de cada una de les estacions amb intensitat i direcció del vent, verificant, altra vegada, que són els esperats en situació sinòptica de calma i permetent distingir quan els vents sinòptics són els dominants.

Objectiu 5. Analitzar estadísticament la distribució del vent (intensitat i direcció) durant el període històric.

Conclusió 5. L'anàlisi estadística general del vent amb les dades del període 2006-2015 ha permès estudiar les velocitats mitjanes, la freqüència de les direccions i altres estadístics que han quedat especificats a la sèrie de taules, i que s'han inclòs per poder comparar els resultats en estudis futurs, recolzant-ho amb els diagrames de caixes, el que ha corroborat que totes elles corresponen a una distribució de Weibull, que és una distribució típica del vent, però amb diferents paràmetres per cada AWS. L'anàlisi dels valors atípics en els diagrames de caixes han permès aïllar episodis de vent intens en situacions on els patrons locals no són els dominants i determinar episodis de precipitació tal com s'ha comprovat.

Objectiu 6. Comparar diferents mètodes estadístics d'anàlisi de vent avaluant la importància de la resolució temporal.

Conclusió 6. La comparació de diferents mètodes estadístics aplicats a les dades de vent i precipitació del mes de desembre de 2016 que és el primer mes d'hivern, aplicats en el mes març de 2017 primer mes de primavera i addicionalment en el mes de gener de 2017, ha permès constatar que si es treballa amb la màxima resolució temporal possible (la recomanada per L'Organització Mundial de Meteorologia és cada 10 min) permet unificar els resultats dels diferents mètodes a l'hora de relacionar simultàniament estació, velocitat mitjana del vent o precipitació acumulada i direcció del vent, recomanant que si es pot treballar amb dades cada minut, s'obtidrien resultats amb més precisió.

Objectiu 7. Identificar episodis rellevants de la campanya Cerdanya-2017, avaluant la relació entre l'escala sinòptica i l'escala local.

Conclusió 7. L'estudi de quatre episodis, un anticiclònic i tres amb precipitació, ha permès determinar una de les causes del perquè a Das (DP) hi precipita menys, essent el vent sinòptic, un dels factors determinants.

Treball futur

En aquesta tesi, on queden especificats multitud de resultats, queda oberta a un treball futur en el qual s'hi podran fer comparacions i estudis amb més anys de dades que permetran parlar de climatologia en el sentit ampli de la paraula. Estudiar indrets on la vall canvia de direcció, per exemple més enllà de Martinet, i analitzar si es poden produir o de fet s'hi produeixen turbulències que caldria estudiar.

Nous projectes entorn del riu Segre al llarg del seu recorregut ja estan en marxa, tal com la campanya internacional LIAISE per estudiar la humitat del sòl en zones semiàrides de la Vall del Segre, i el projecte ARTEMIS (PID2021-124253OB-100, Anàlisi de l'impacte de l'orografia en la microfísica de la precipitació i les estimacions per satèl·lit).

9. Conclusiones y trabajo futuro

Los objetivos de esta tesis ya mencionados en la introducción se pueden resumir brevemente como el estudio de los campos de viento superficial y de la precipitación a través de la identificación de los patrones de circulación que los generan en el Valle del Segre (La Cerdanya). Las conclusiones de cada objetivo específico se presentan seguidamente.

Objetivo 1. Estudiar los patrones de circulación a la zona de estudio en ausencia de forzamiento sinóptico.

Conclusión 1. Una vez terminado el tratamiento de los datos y habiendo hecho múltiples gráficos con sus variables, se ha comprobado que en situación sinóptica de calma los patrones de circulación son los previstos en cualquier valle, es decir, por gradiente térmico, siendo predominantes en este caso vientos de NE y E.

Objetivo 2. Comparar los patrones generales del viento de un período histórico con los de la campaña experimental Cerdanya-2017.

Conclusión 2. Llegando a este punto, el estudio de los patrones generales de viento efectuado en el periodo 2006-2015, ambos inclusive, en el Valle del Segre (la Cerdanya), para los doce meses del año se mantienen, al compararlos en el estudio efectuado con los datos de la campaña Cerdanya-2017, para los meses de diciembre 2016, enero, febrero, marzo, y abril de 2017, dando, en la mayoría de los casos, un tanto por ciento de calmas similar, por lo que se puede deducir que durante este periodo el régimen de vientos, en general, se ha mantenido.

Objetivo 3. Analizar la precipitación en la zona central del Valle del Segre (Das) y compararla con la de su entorno.

Conclusión 3. Referente a la precipitación el análisis efectuado durante el periodo 2006-2016 muestra que en la AWS de Das (DP), se recoge menos precipitación respecto de las otras AWS situadas en el valle y en sus vertientes.

Objetivo 4. Estudiar el ciclo diario (régimen diurno y nocturno) del viento durante la campaña Cerdanya-2017.

Conclusión 4. Con los datos de la campaña, habiendo estudiado los patrones de circulación día / noche con rosas de los vientos y, además, habiendo construido los mapas correspondientes para cada media hora con la dirección media del viento durante este intervalo de tiempo y para toda la campaña, se ha podido comprobar el patrón de circulación en cada estación, viendo que la intensidad y dirección del viento es la esperada en situación sinóptica de calma y permitiendo distinguir cuando los vientos sinópticos son los dominantes.

Objetivo 5. Analizar estadísticamente la distribución del viento (intensidad i dirección) durante el período histórico.

Conclusión 5. El análisis estadístico general del viento con los datos del periodo 2006-2015 ha permitido estudiar las velocidades medias, la frecuencia de las direcciones y otros estadísticos que han quedado especificados en una serie de tablas, y que se han incluido para poder comparar los resultados en estudios futuros, apoyándolo con los diagramas de cajas, y quedando claro que todas ellos corresponden a distribuciones de Weibull, distribuciones típicas del viento, pero, como es natural, con diferentes parámetros para cada AWS. El análisis de los valores atípicos en los diagramas de cajas permite aislar episodios de viento intenso en situaciones donde los patrones locales no son los dominantes y determinar episodios de precipitación tal como se ha comprobado.

Objetivo 6. Comparar diferentes métodos estadísticos de análisis del viento evaluando la importancia de la resolución temporal.

Conclusión 6. La comparación de diferentes métodos estadísticos aplicados a los datos de viento y precipitación del mes diciembre de 2016, primer mes de invierno, a los datos del mes de marzo de 2017, primer mes de primavera y adicionalmente a los del mes de enero de 2017, ha permitido constatar que trabajar con la máxima resolución temporal posible (recordar que la recomendada por La Organización Mundial de Meteorología es cada 10 minutos), permite unificar los resultados procedentes de aplicar diferentes métodos estadísticos a la hora de relacionar simultáneamente AWS, velocidad media del viento o precipitación acumulada y dirección del viento, insistiendo que, si se puede trabajar con datos obtenidos cada minuto, se obtendrían mejores resultados.

Objetivo 7. Identificar episodios relevantes de la campaña Cerdanya-2017, evaluando la relación entre la escala sinóptica y la escala local.

Conclusión 7. El estudio de cuatro episodios, un anticiclónico y tres con precipitación, ha permitido determinar una de las causas del porqué en Das (DP) precipita menos, siendo el viento sinóptico, uno de los factores determinantes.

Trabajo futuro

En esta tesis, donde quedan especificados multitud de resultados queda abierta a un trabajo futuro en el que se podrán hacer comparaciones y estudios con más años de datos que permitirán hablar de climatología en el sentido amplio de la palabra. Estudiar lugares donde el valle cambiando de dirección, por ejemplo más allá de Martinet, se pueden producir o de hecho se producen turbulencias que deberían estudiarse.

Nuevos proyectos en torno al río Segre a lo largo de su recorrido ya están en marcha, tal como la campaña internacional LIAISE para estudiar la humedad del suelo en zonas semiáridas del Valle del Segre y el proyecto ARTEMIS (PID2021-124253OB-100, Anàlisi de l'impacte de l'orografia en la microfísica de la precipitació i les estimacions per satèl·lit).

9. Conclusions and future work

The objectives of this thesis already mentioned in the introduction are study of surface wind and precipitation fields through the identification of the circulation patterns that generate them in the Segre Valley (La Cerdanya). The conclusions of each specific objective are presented below.

Objective 1. Study circulation patterns in the study area in the absence of synoptic forcing.

Conclusion 1. Once the processing of the data had been completed and multiple graphs had been made with them, it was found that in a calm synoptic situation the circulation patterns are those expected in any valley, i.e., due to thermal gradient, with NE and E winds predominating in this case.

Objective 2. Compare the general wind patterns of historical period with those of the experimental campaign Cerdanya-2017.

Conclusion 2. At this point, the study of the general wind patterns carried out in the period 2006-2015, both inclusive, in the Segre Valley (la Cerdanya), for the twelve months of the year. They keep when compared to the study carried out with the Cerdanya-2017 campaign data, for the months of December 2016, January, February, March, and April 2017. Giving, in most cases, a similar percentage of calms, so it can be deduced that during this period the wind regime, in general, has been maintained.

Objective 3. Analyze the precipitation in a central area of the Segre Valley (Das) and compare it with that of its surroundings.

Conclusion 3. With regard to precipitation, the analysis carried out during the period 2006-2016 shows that the Das (DP) AWS collects less precipitation than the other AWSs located in the valley and on its slopes.

Objective 4. Study the daily cycle (day and night regime) of the wind during the campaign Cerdanya-2017.

Conclusion 4. With the data from the campaign, having studied the day/night circulation patterns with wind roses and with the maps corresponding to each half-hour with the average wind direction during this time interval and for the whole campaign. It has been possible to check the circulation pattern for each station, seeing that the intensity and direction of the wind is as expected in a calm synoptic situation and allowing us to distinguish when the synoptic winds are dominant.

Objective 5. Statistical analysis of wind distribution (intensity and direction) during the historical period.

Conclusion 5. The general statistical analysis of the wind with data from the period 2006-2015 has allowed us to study, the average speeds, the frequency of the directions and other statistics that have been specified in a series of tables. They have been included to be able to compare the results in future studies, supporting it with box plots, and making it clear that they all correspond to Weibull distributions, typical distributions of the wind but, with different parameters for each AWS. The analysis of the outliers in the box plots makes it possible to isolate episodes of intense wind in situations where local patterns are not the dominant ones, and to determine episodes of precipitation as tested.

Objective 6. Compare different wind analysis methods evaluating the importance of temporal resolution.

Conclusion 6. The comparison of different statistical methods applied to the wind and precipitation data for the month of December 2016, the first month of winter, for the month of March 2017, the first month of spring, and also for the month of January 2017, has allowed showing, that working with the maximum possible resolution (remembering that the resolution recommended by the World Meteorological Organization is every 10 minutes), makes it possible to unify the results. These results come from applying different statistical methods when we simultaneously want to relate AWS, average wind speeds or accumulated precipitation and wind direction. But, if it is possible to work with data every minute, better results would be obtained.

Objective 7. Identification of the relevant episodes of the campaign Cerdanya-2017 by evaluating the relation between synoptic and local scale.

Conclusion 7. The study of four episodes, one anticyclonic and three with precipitation, has allowed us to determine one of the causes of why it precipitates less in Das (DP), the synoptic wind being one of the determining factors.

Future work

In this thesis, where a multitude of results have been specified, it is open to future work in which comparisons and studies can be made with more years of data that will allow us to talk about climatology in the broad sense of the word. To study places where the valley changes direction, for example, beyond Martinet, turbulence can or does occur, which would have to be studied.

New projects along the course of the river Segre are already underway, such as the international campaign LIAISE to study soil humidity in semi-arid areas of the Segre Valley and ARTEMIS (PID2021-124253OB-100, Anàlisi de l'impacte de l'orografia en la microfísica de la precipitació i les estimacions per satèl·lit) project.

Annexes

A.1. Dependència de la temperatura potencial, θ , amb l'altitud, Z

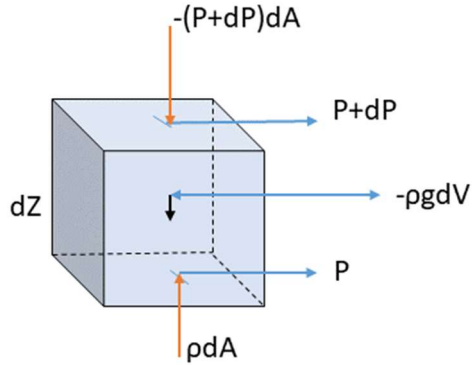


Figura A.1.1. Balanç hidrostàtic per un diferencial de columna atmosfèrica entre dues superfícies diferencials, dA , separades per una distància diferencial, dZ .

Segons la figura A.1.1. es pot escriure:

$$(P + dP)dA - PdA = -\rho g dV$$

$$dPdA = -\rho g dV, \quad dP = -\rho g dZ$$

$$dZ = -\frac{dP}{\rho g}, \quad P = \rho RT, \quad \text{però } T = T(Z) \text{ i } dP = -\rho g dZ, \quad \text{per tant}$$

$$\frac{dP}{P} = -\frac{dZ \rho g}{\rho RT(Z)} = -\frac{dZ}{T(Z)} \frac{R}{g} = -\frac{dZ}{H(Z)}, \quad d \ln P = -\frac{dZ}{H(Z)}$$

A l'integrar i elevar a $\frac{R}{c_p}$:

$$\ln P \Big|_{P_0}^P = - \int_{Z_0}^Z \frac{dZ}{H(Z)}, \quad \frac{P}{P_0} = e^{-\int_{Z_0}^Z \frac{dZ}{H(Z)}}$$

$$\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{R}{c_p}} = \left(e^{\int_{Z_0}^Z \frac{dZ}{H(Z)}}\right)^{\frac{R}{c_p}}$$

de l'integral

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt$$

la seva derivada és:

$$F'(x) = \left(\int_a^x f(t) dt \right)' = f(x)$$

al desenvolupar l'exponencial, fins a primer ordre, en sèrie de Taylor:

$$\left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{c_p}} = 1 + \frac{RZ}{c_p H(Z)} = 1 + \frac{RZg}{c_p RT(Z)}$$

la temperatura potencial ve donada per:

$$\theta = T(Z) \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{c_p}}$$

que a primer ordre en sèrie de Taylor s'expressa com:

$$\theta = T(Z) + \left(\frac{g}{c_p} \right) Z$$

A.2. Deducció de l'angle zenital

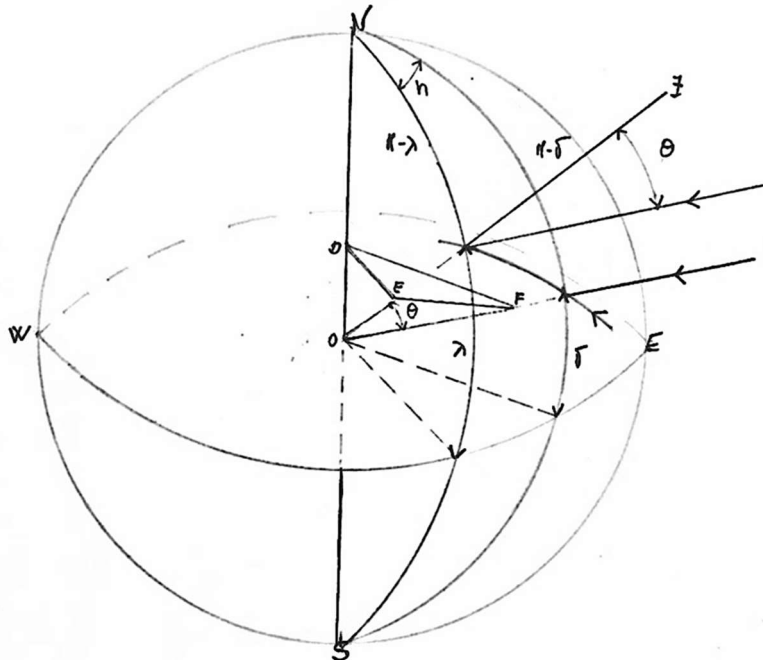


Figura A.2.1. Incidència de la radiació Solar en un punt de la Terra.

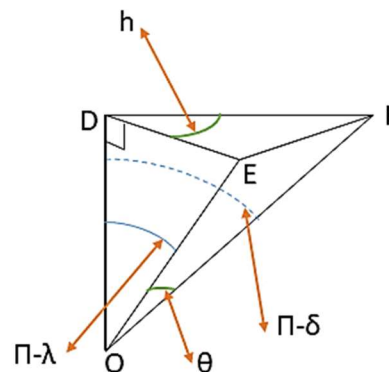
A l'hemisferi Nord, durant el dia a cada instant i suposant la Terra esfèrica es pot determinar un triangle esfèric de costats $\pi-\lambda$, $\pi-\delta$ i θ , essent λ la latitud del lloc a determinar l'angle zenital, δ la inclinació respecte del Sol, θ l'angle zenital i h l'angle horari que està compres entre els costats $\pi-\lambda$ i $\pi-\delta$, (Figura A.2.1).

Al unir els vèrtex d'aquest triangle esfèric amb el centre de l'esfera i prenent $\overline{OD} = 1$ (Figura A.2.2), amb el triangle pla EDF que pertany a un pla perpendicular a \overline{OD} en el punt D , es compleix que $\overline{DE} \perp \overline{OD}$ i $\overline{DF} \perp \overline{OD}$. Aplicant el teorema del cosinus s'obté:

$$\overline{EF}^2 = \overline{OE}^2 + \overline{OF}^2 - 2\overline{OE} \overline{OF} \cos\theta \quad (1)$$

$$\overline{EF}^2 = \overline{DE}^2 + \overline{DF}^2 - 2\overline{DE} \overline{DF} \cos h \quad (2)$$

Figura A.2.2. Angle horari, h , i zenital, θ .



$$tg(\pi - \lambda) = \frac{\overline{DE}}{\overline{OD}} = \overline{DE} \quad tg(\pi - \delta) = \frac{\overline{DF}}{\overline{OD}} = \overline{DF}$$

$$\cos(\pi - \delta) = \frac{1}{\overline{OF}} \quad \cos(\pi - \lambda) = \frac{1}{\overline{OE}} \rightarrow \overline{OE} = \frac{1}{\cos(\pi - \lambda)} \quad \overline{OF} = \frac{1}{\cos(\pi - \delta)}$$

Pel teorema de Pitàgores:

$$\overline{OE}^2 - \overline{DE}^2 = \overline{OD}^2 = 1 \quad \overline{OF}^2 - \overline{DF}^2 = \overline{OD}^2 = 1 \text{ substituint a (1) i (2), i restant:}$$

$$0 = 2 - 2\overline{OF} \overline{OE} \cos\theta + 2\overline{DF} \overline{DE} \cosh$$

dividint per 2 i substituint els valors de \overline{DE} i \overline{DF} :

$$0 = \frac{\cos\theta}{\cos(\pi - \lambda) \cos(\pi - \delta)} + 2tg(\pi - \lambda)tg(\pi - \delta)\cosh$$

multiplicant per $\cos(\pi - \lambda) \cos(\pi - \delta)$ s'obté:

$$\cos\theta = \cos(\pi - \lambda) \cos(\pi - \delta) + \sin(\pi - \lambda) \sin(\pi - \delta) \cosh$$

de $\begin{cases} \sin(a + b) = \sin a \sin b + \cos a \cos b \\ \cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b \end{cases}$ finalment queda:

$$\cos\theta = \sin\lambda \sin\delta + \cos\lambda \cos\delta \cosh$$

que és el mateix que:

$$\theta = \arccos(\sin\lambda \sin\delta + \cos\lambda \cos\delta \cosh)$$

A.3. Mètode de Mitsuta pel càlcul del valor mitjà de la velocitat i direcció del vent escalar

El càlcul que cal aplicar per obtenir dels valors mitjans, pel mètode de Mitsuta, per la velocitat i direcció del vent escalar, segons l'agència de qualitat de l'aire dels Estats Units d'Amèrica (Bailey, D. T. (2000); EPA, 2008), és:

El valor escalar mitjà de la velocitat del vent:

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_1^N u_i$$

I la desviació típica:

$$\sigma_u = \left[\frac{1}{N} \left\{ \sum_1^N u_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_1^N u_i \right)^2 \right\} \right]^{1/2}$$

Per la direcció del vent (Mori, 1986), segons el mètode de Mitsuta és:

$$\bar{\theta} = \frac{1}{N} \sum_1^N D_i$$

on:

$$D_i = \theta_i; \text{ per } I = 1$$

$$D_i = D_{i-1} + \delta_i + 360; \text{ per } \delta_i < -180 \text{ i } I > 1$$

$$D_i = D_{i-1} + \delta_i; \text{ per } |\delta_i| < 180 \text{ i } I > 1$$

$$D_i = D_{i-1} + \delta_i - 360; \text{ per } \delta_i > 180 \text{ i } I > 1$$

$$D_i \text{ no esta definida per } \delta_i = 180 \text{ i } I > 1$$

$$\delta_i = \theta_i - D_{i-1}; \text{ per } I > 1$$

θ_i és el primer angle de cada grup. I fa referència al element i - èsim.

Segons aquest mètode la desviació típica de la direcció del vent és:

$$\sigma_D = \left[\frac{1}{N} \left\{ \sum_1^N D_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_1^N D_i \right)^2 \right\} \right]^{1/2}$$

A.4. Taules de separació dia-nit

Taula A.4.1. Separació dia-nit per l'estació DP

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 08:30 a 15:00
Gener	complert	de 08:30 a 15:00
Febrer	del1 al19	de 08:00 a 16:00
Febrer	del20 al 28	de 08:00 a 16:30
Març	del 1 al 9	de 08:00 a 16:30
Març	del10 al 31	de 07:30 a 16:30
Abril	dies amb dades	de 07:00 a 17:00

Taula A.4.2. Separació dia-nit per les estacions S01, S04, S06, YA, Martinet i CD

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 09:00 a 14:30
Gener	complert	de 09:00 a 14:30
Febrer	del1 al19	de 08:30 a 15:30
Febrer	del20 al 28	de 08:00 a 16:00
Març	del 1 al 9	de 08:00 a 16:30
Març	del10 al 31	de 07:30 a 16:30
Abril	dies amb dades	de 07:00 a 17:00

Taula A.4.3. Separació dia-nit per les estacions S02, S05, S09

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 09:00 a 14:30
Gener	complert	de 09:00 a 14:30
Febrer	complert	de 08:00 a 16:00
Març	del 1 al 9	de 08:00 a 16:30
Març	del10 al 31	de 07:30 a 16:30
Abril	dies amb dades	de 07:00 a 17:00

Taula A.4.4. Separació dia-nit per l'estació S03

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 11:00 a 14:00
Gener	complert	de 11:00 a 14:00
Febrer	complert	de 09:00 a 15:30
Març	del 1 al 9	de 08:00 a 16:00
Març	del10 al 31	de 07:30 a 16:30
Abril	dies amb dades	de 07:30 a 16:30

Taula A.4.5. Separació dia-nit per l'estació S07

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 09:00 a 13:30
Gener	complert	de 09:00 a 13:30
Febrer	complert	de 08:30 a 15:00
Març	del 1 al 9	de 08:00 a 16:00
Març	del10 al 31	de 07:30 a 16:00
Abril	dies amb dades	de 07:00 a 16:30

Taula A.4.6. Separació dia-nit per l'estació S08

Mes	Període	Hores de dia (UTC)
Desembre	complert	de 09:00 a 14:30
Gener	complert	de 09:00 a 14:30
Febrer	complert	de 09:00 a 15:00
Març	del 1 al 9	de 08:30 a 16:00
Març	del10 al 31	de 08:00 a 16:30
Abril	dies amb dades	de 07:00 a 17:00

A.5. Valor mitjà i variància de la distribució de Weibull

A.5.1 Valor mitjà

$$\mu = \int_{Vmin}^{Vmax} Vf(V)dV = \int_0^{\infty} V \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-(V/c)^k} dV = k \int_0^{\infty} \left(\frac{V}{c}\right)^k e^{-(V/c)^k} dV$$

prenent $z = \left(\frac{V}{c}\right)^k$, $V = cz^{1/k}$ $dV = \frac{c}{k} z^{\frac{1}{k}-1} dz$; $\mu = c\Gamma\left(\frac{1}{k} + 1\right)$
(3.5)

A.5.2 Variància

$$\begin{aligned} \sigma^2 + \mu^2 &= \int_{Vmin}^{Vmax} V^2 f(V)dV = \int_0^{\infty} V^2 \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-(\frac{V}{c})^k} dV = \\ &= kc \int_0^{\infty} \left(\frac{V}{c}\right)^{k+1} e^{-(V/c)^k} dV \end{aligned}$$

amb el mateix canvi de variable:

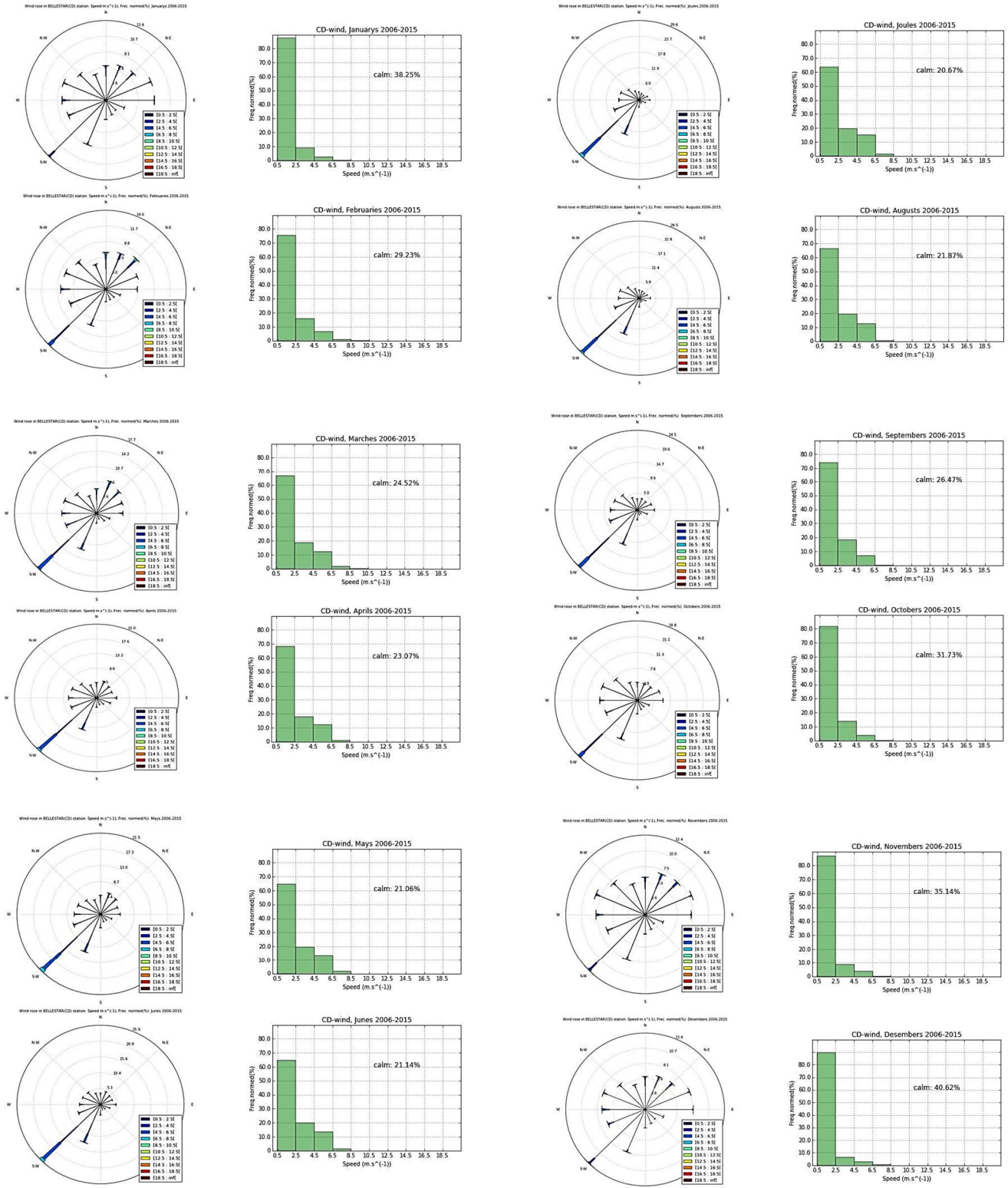
$$\sigma^2 + \mu^2 = c^2 \Gamma\left(\frac{2}{k} + 1\right)$$

finalment:

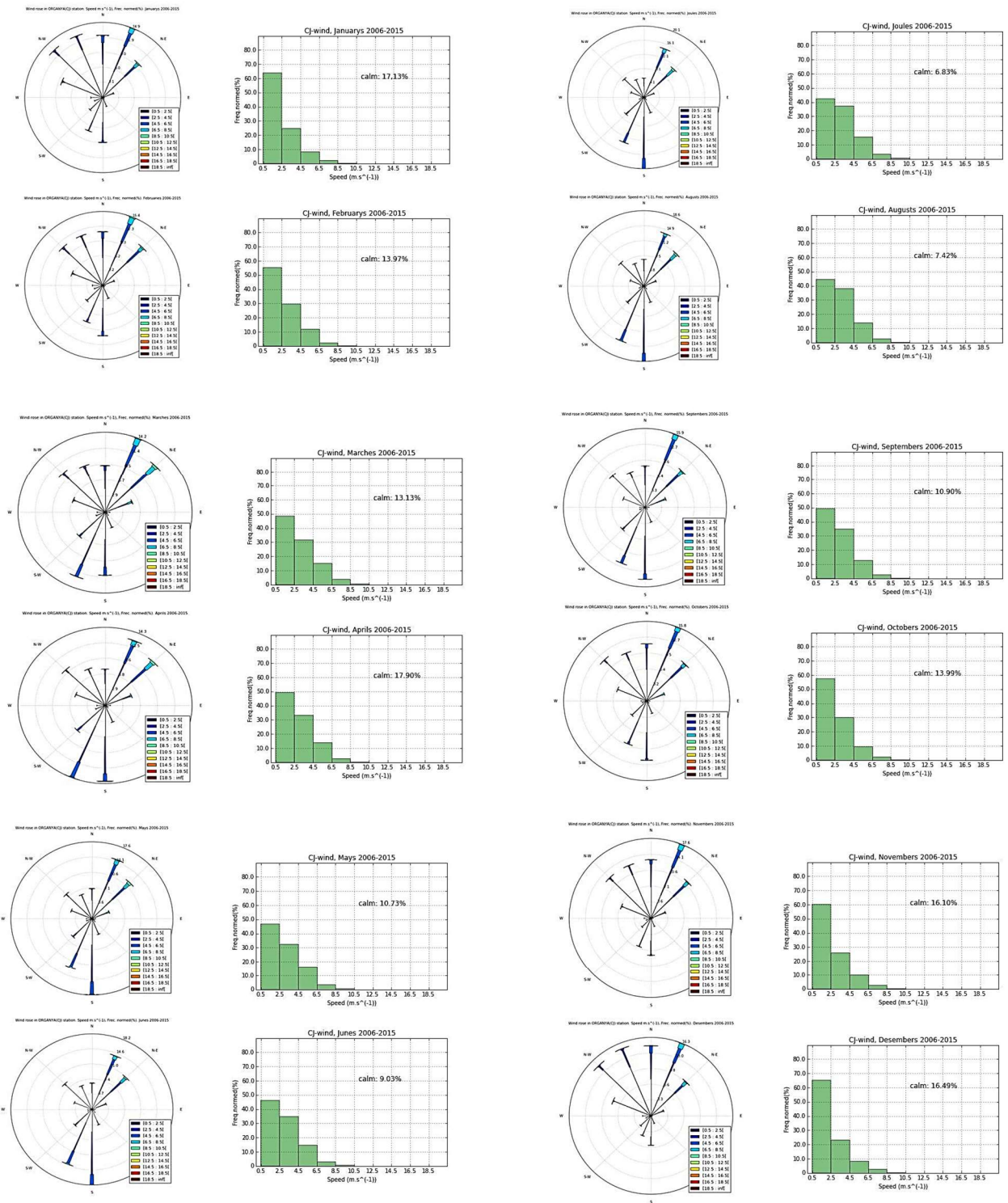
$$\sigma^2 = c^2 \left[\Gamma\left(\frac{2}{k} + 1\right) - \Gamma^2\left(\frac{1}{k} + 1\right) \right]$$

A.6 Roses dels vents SMC, període 2006-2015

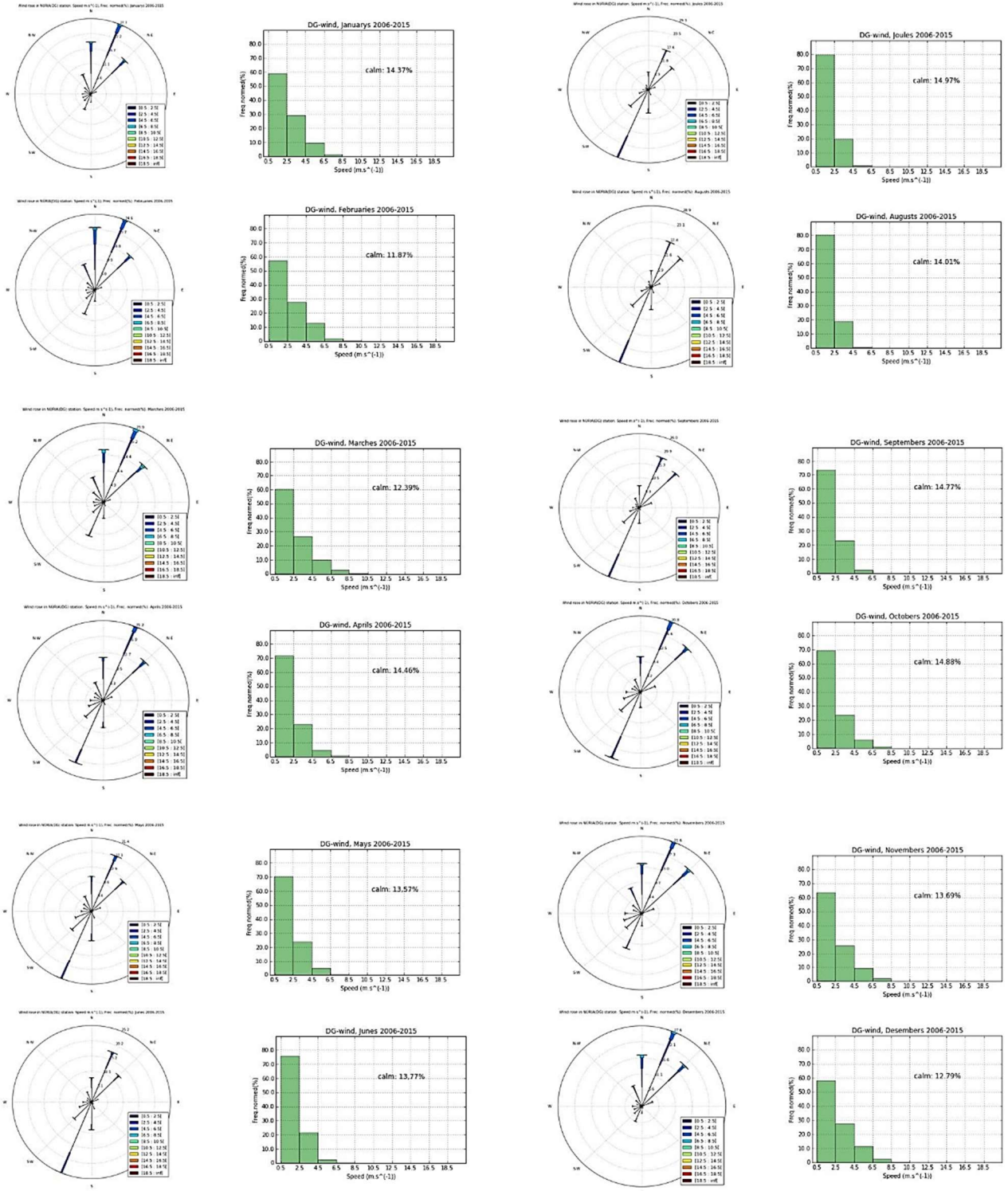
A.6.1. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: CD.



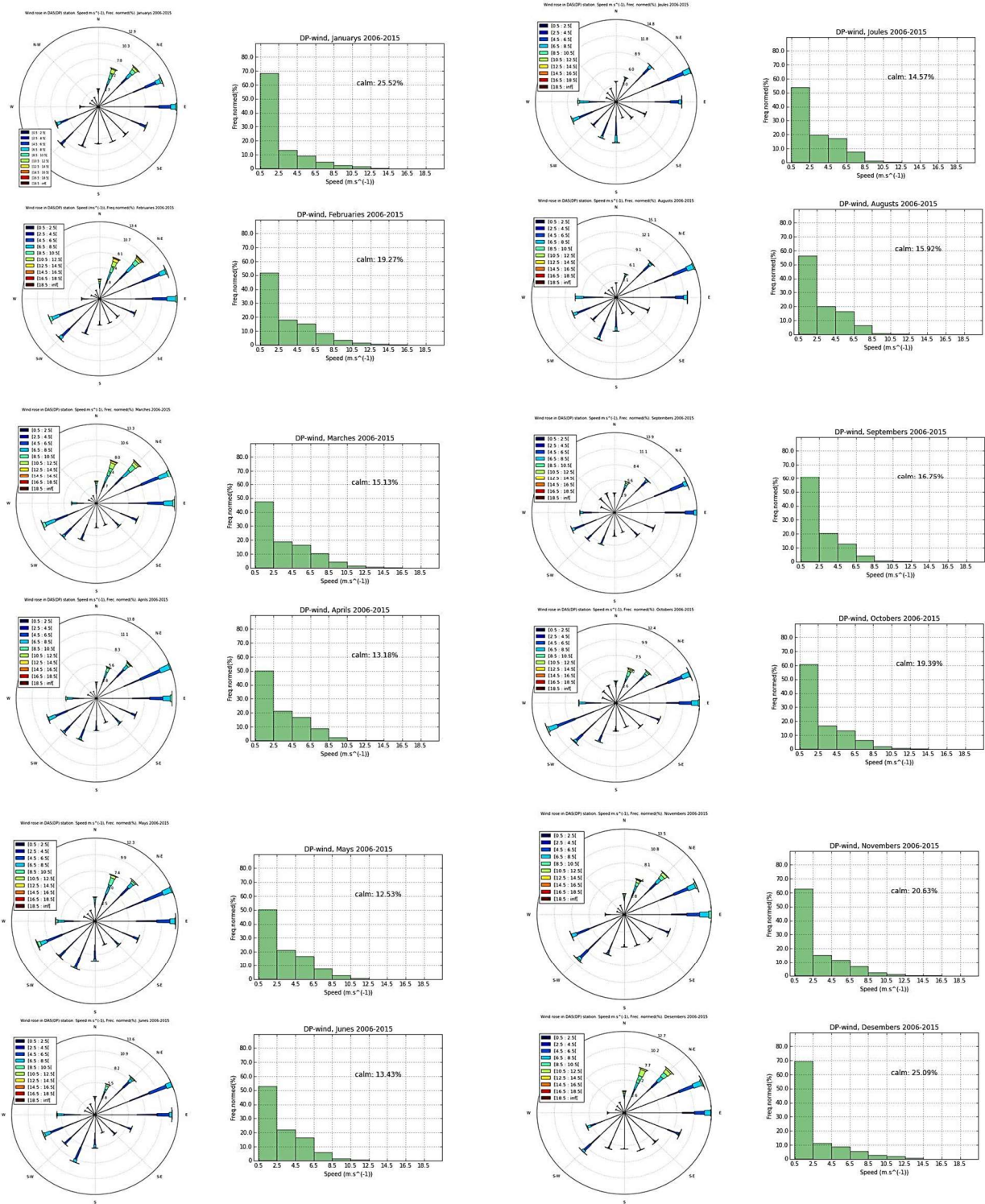
A.6.2. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: CJ.



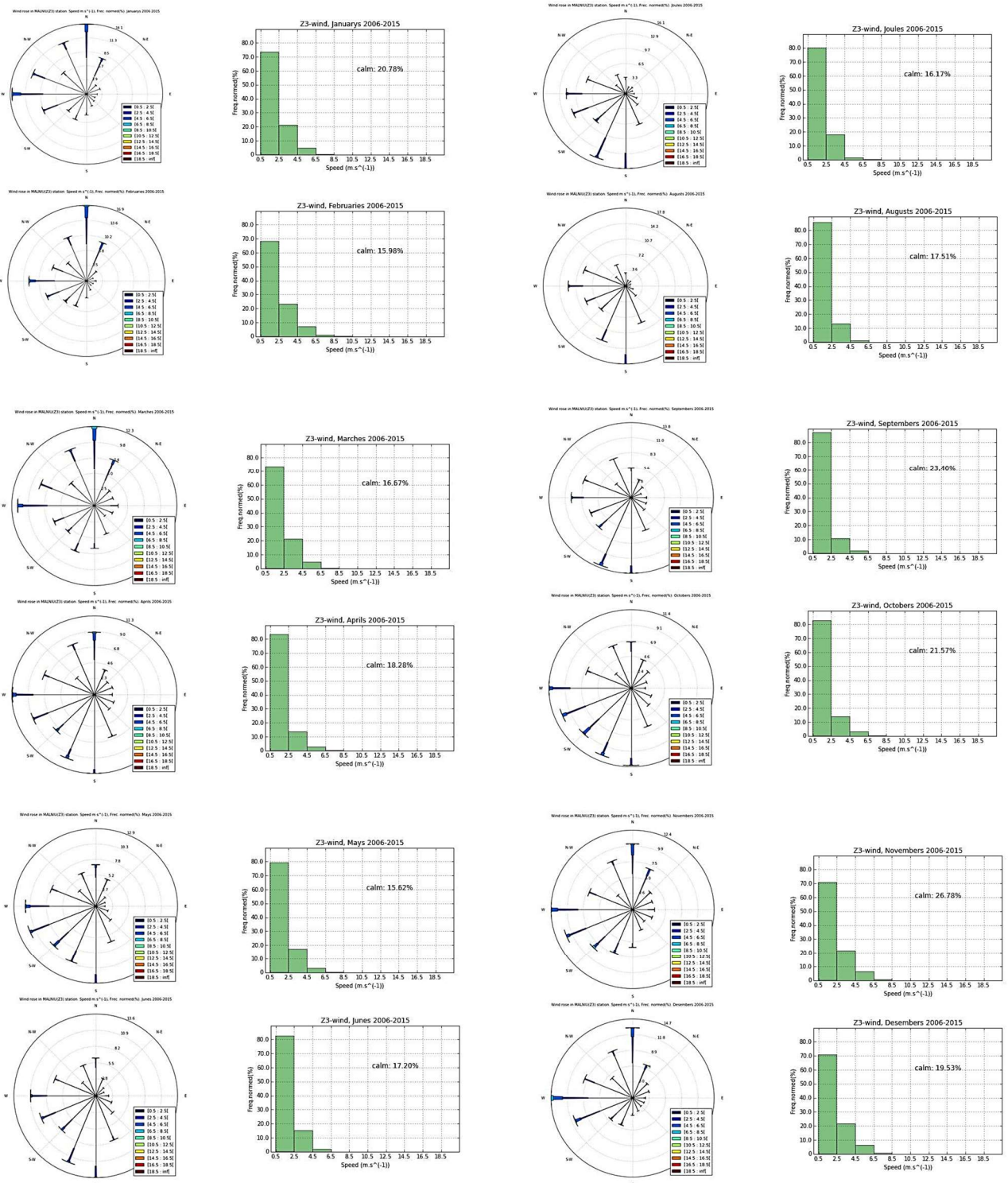
A.6.3. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: DG.



A.6.4. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: DP.

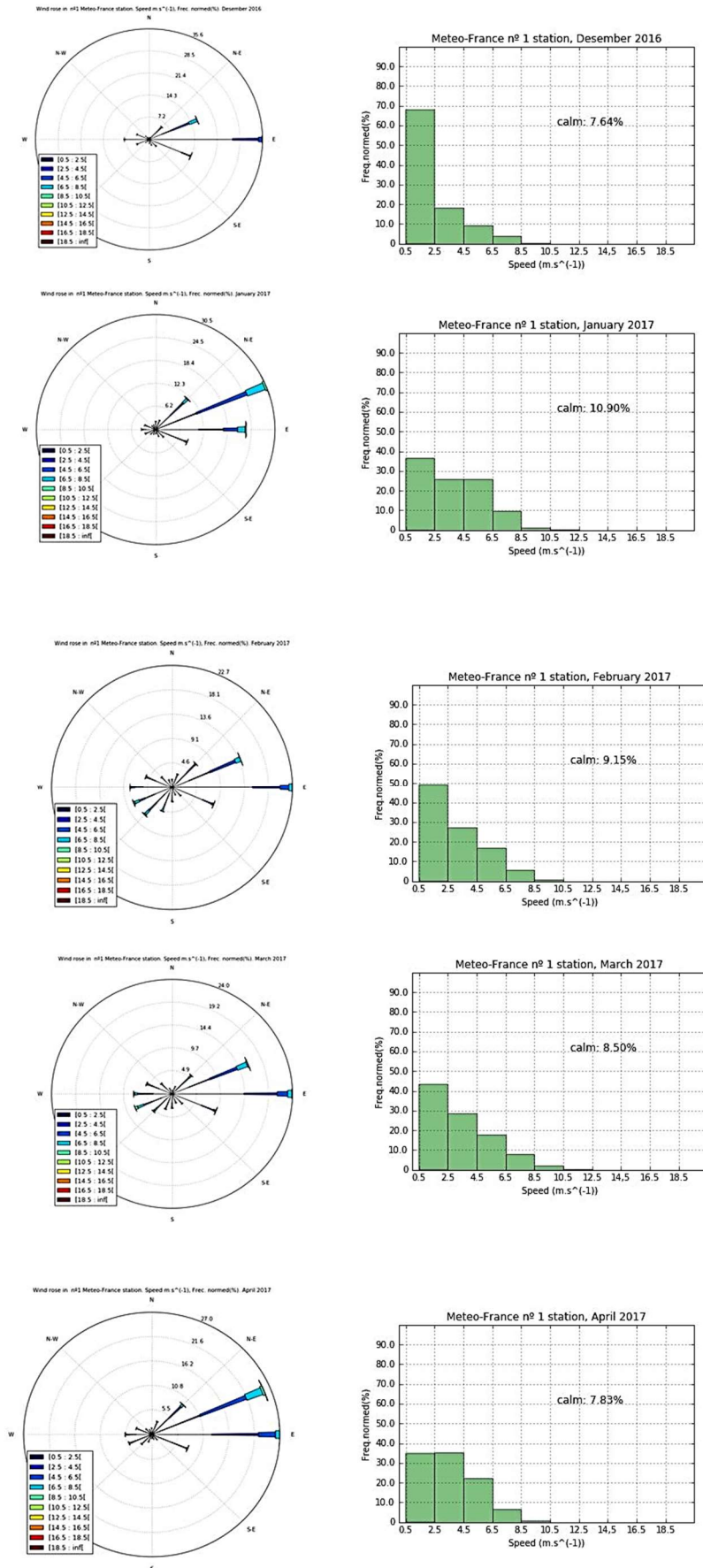


A.6.5. Roses dels vents mensuals corresponents al període 2006-2015, AWS: Z3.



A.7. Roses dels vents campanya, Météo France

*Figura A.7.1.
Roses dels vents de
l'estació S01.
Mesos: desembre
de 2016, i gener,
febrer, març i abril
de 2017.*



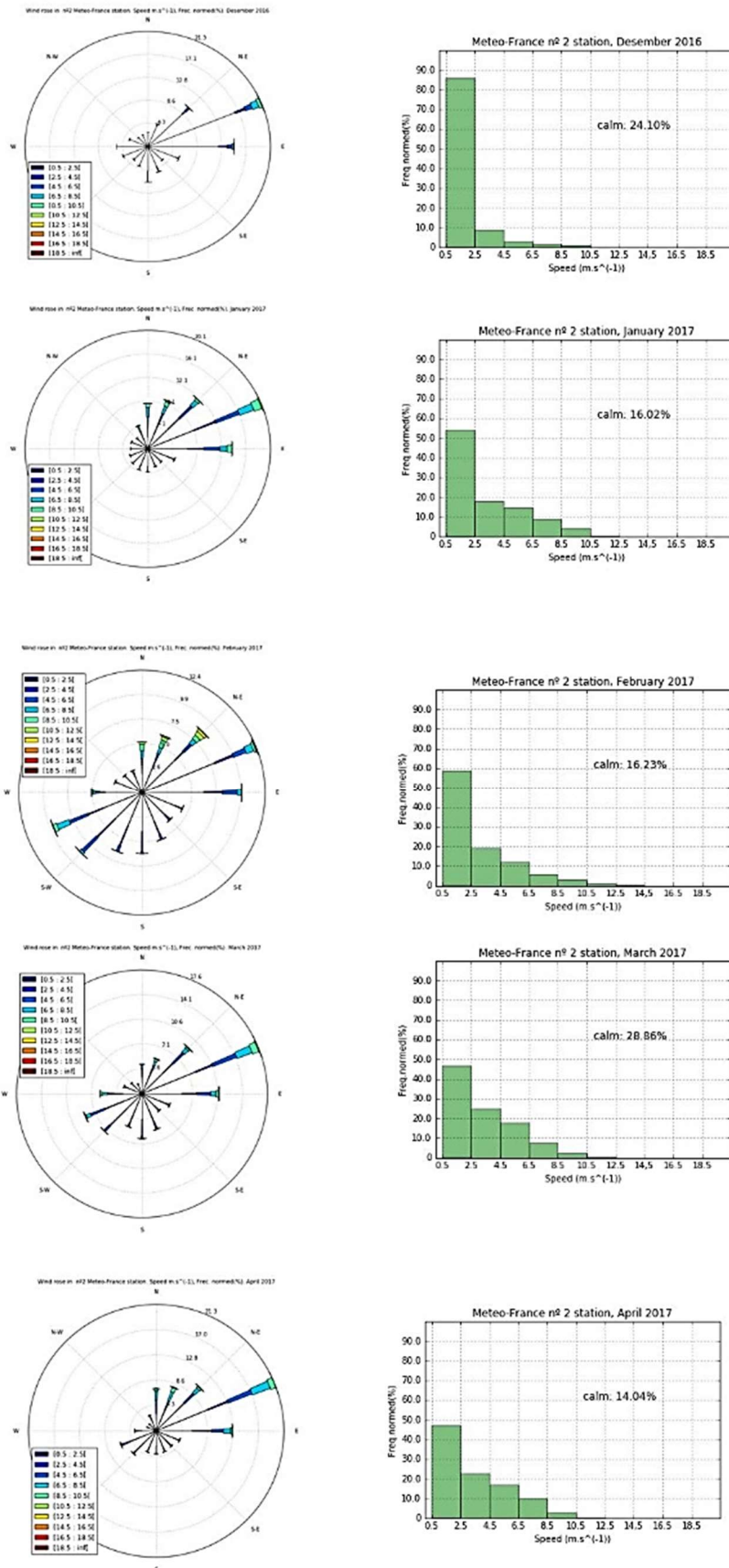


Figura A.7.2.
Roses dels vents de l'estació S02. Mesos: desembre de 2016, i gener, febrer, març i abril de 2017.

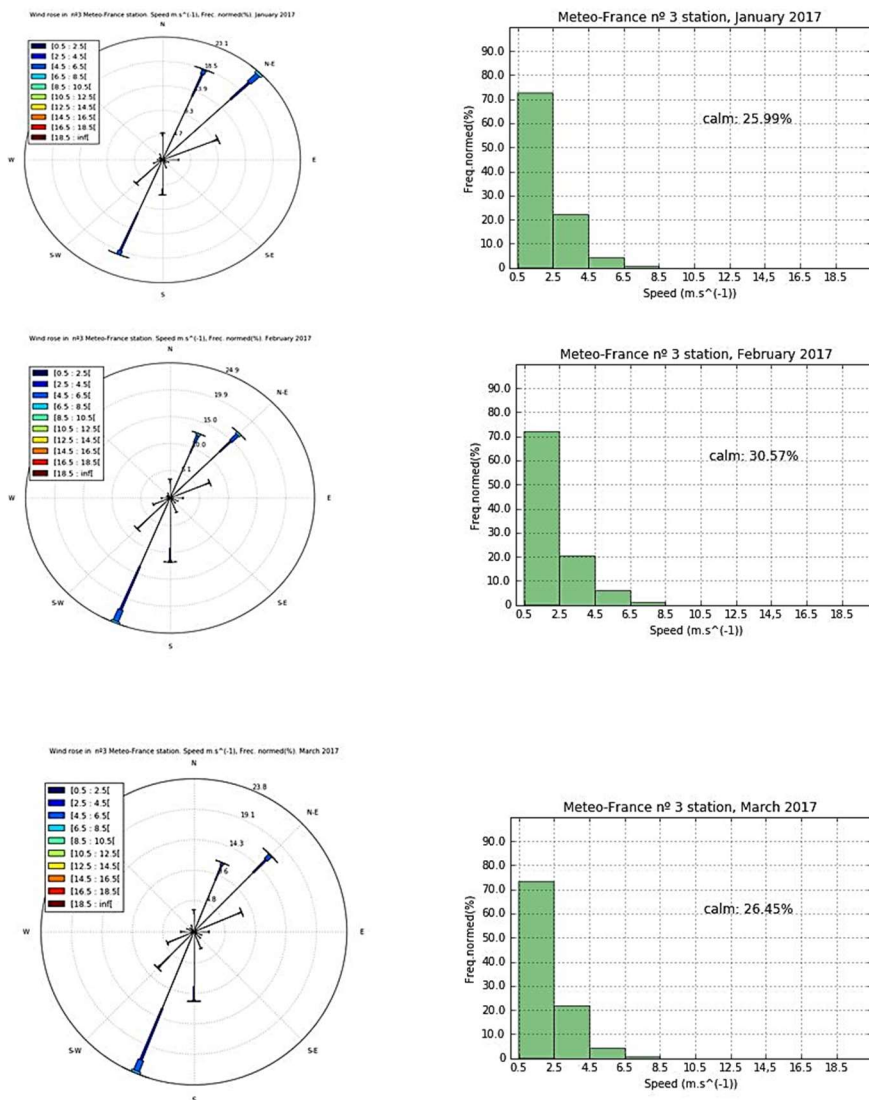


Figura A.7.3. Roses dels vents de l'estació S03. Mesos de gener, febrer i març de 2017. El desembre de 2016 tan sols hi ha el 59.8 % de les dades i l'abril de 2017 el 16.7 %.

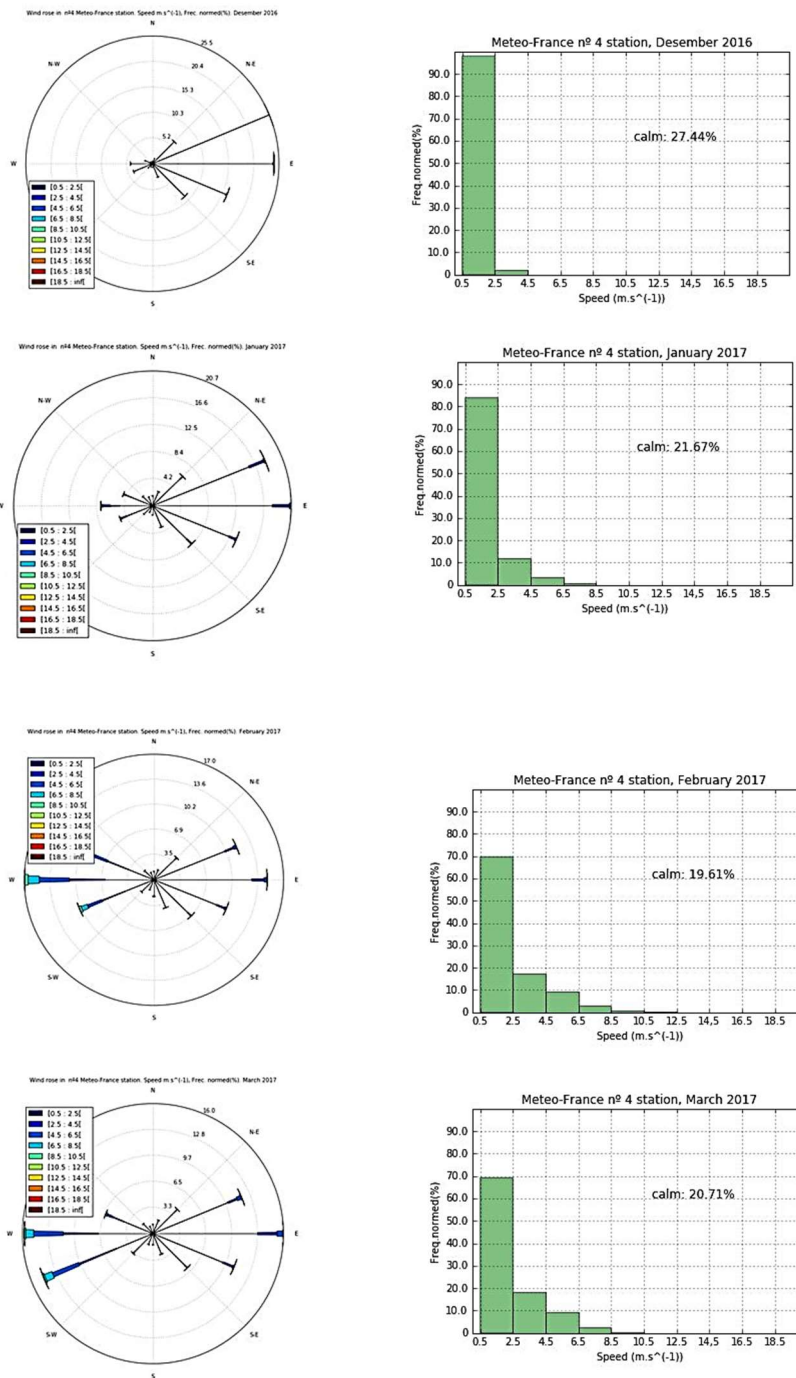


Figura A.7.4. Roses dels vents de l'estació S04. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer i març de 2017. A l'abril de 2017 tan sols hi ha el 14.1% de les dades.

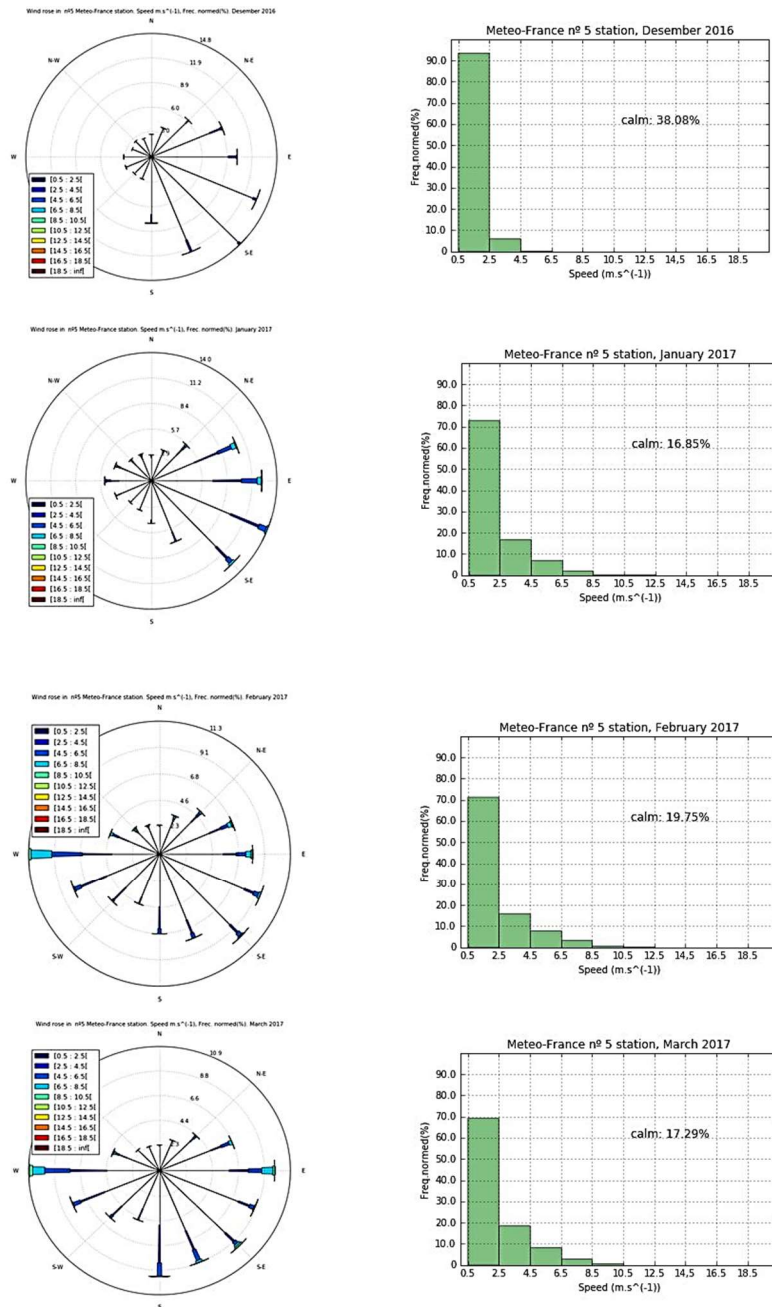


Figura A.7.5. Roses dels vents de l'estació S05. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer i març de 2017. A l'abril de 2017 tan sols hi ha el 12.1% de les dades.

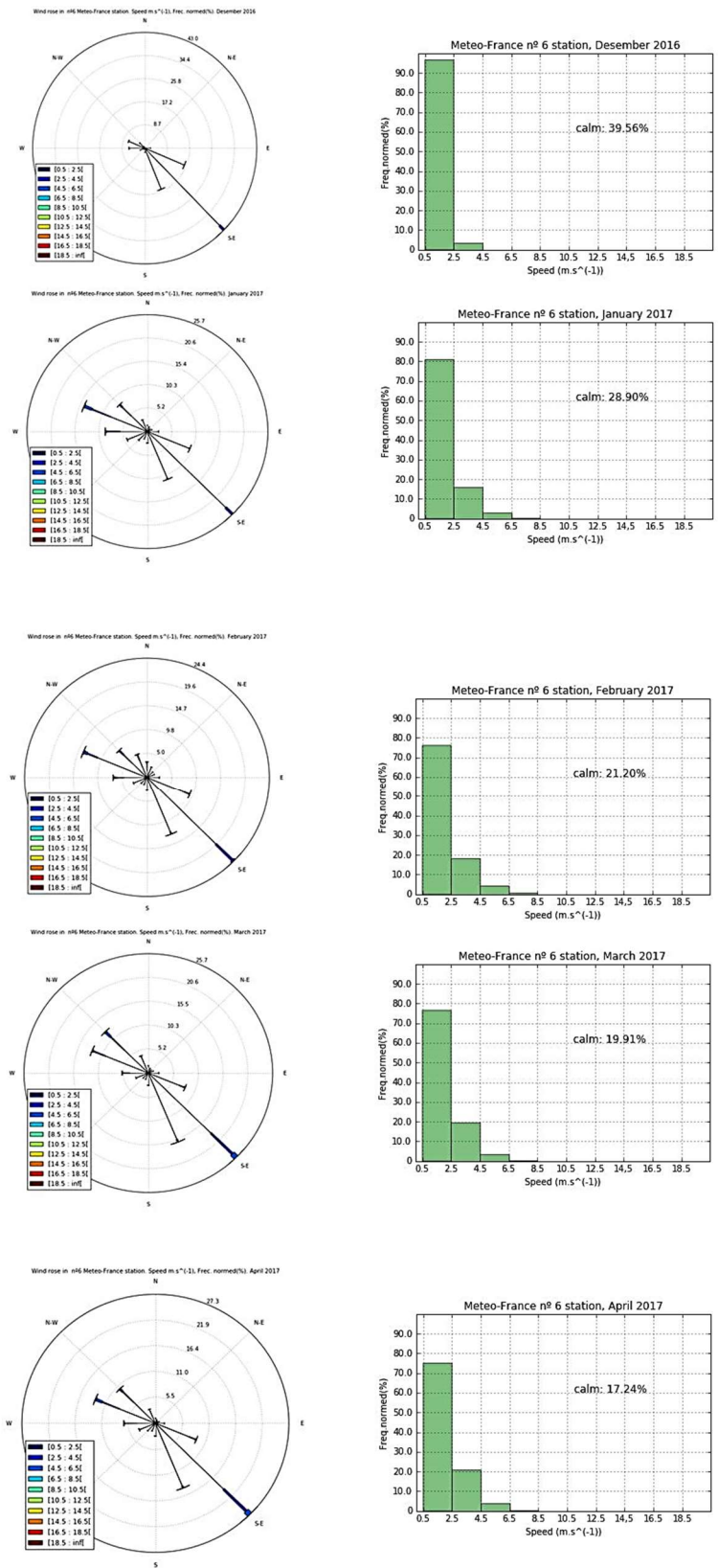
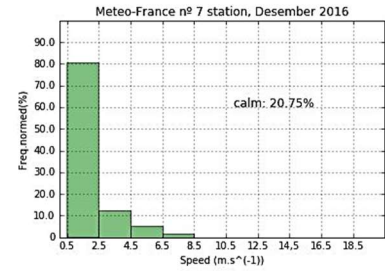
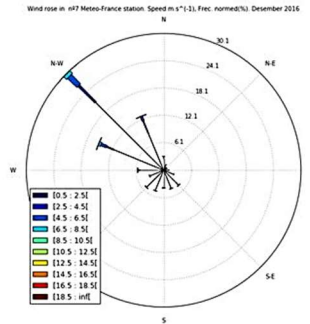


Figura A.7.6.
Roses dels vents de l'estació S06.
Mesos: desembre de 2016, i gener, febrer, març i abril de 2017.

Figura A.7.7. Roses dels vents de l'estació S07.

Mesos: desembre de 2016 i març de 2017.

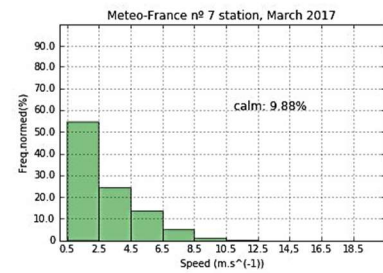
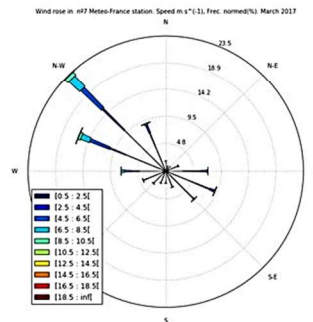


GENER 2017 estació S07

Tan sols hi ha el 46.0% de les dades.

FEBRER 2017 estació S07

Tan sols hi ha el 17.9% de les dades.



ABRIL 2017 estació S07

Tan sols hi ha el 10.9% de les dades.

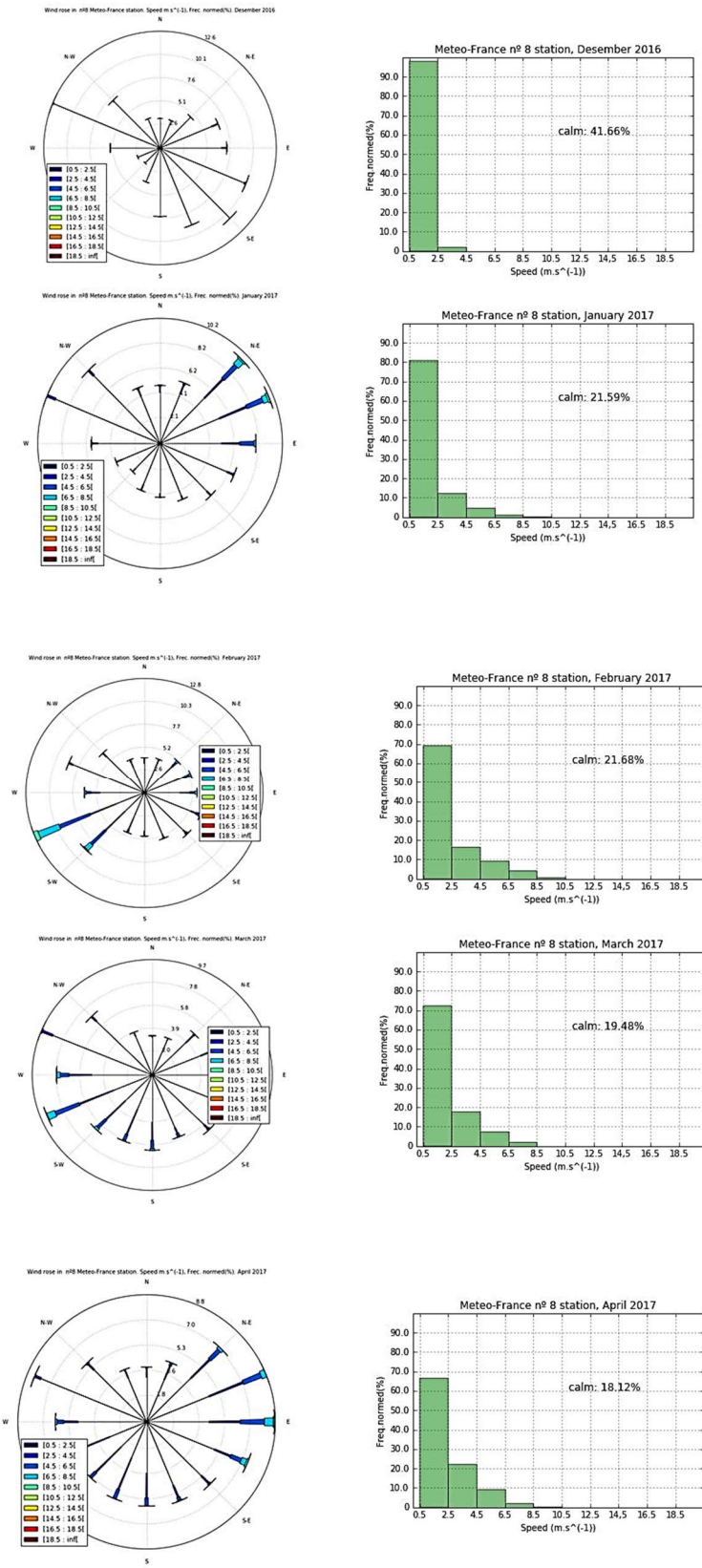
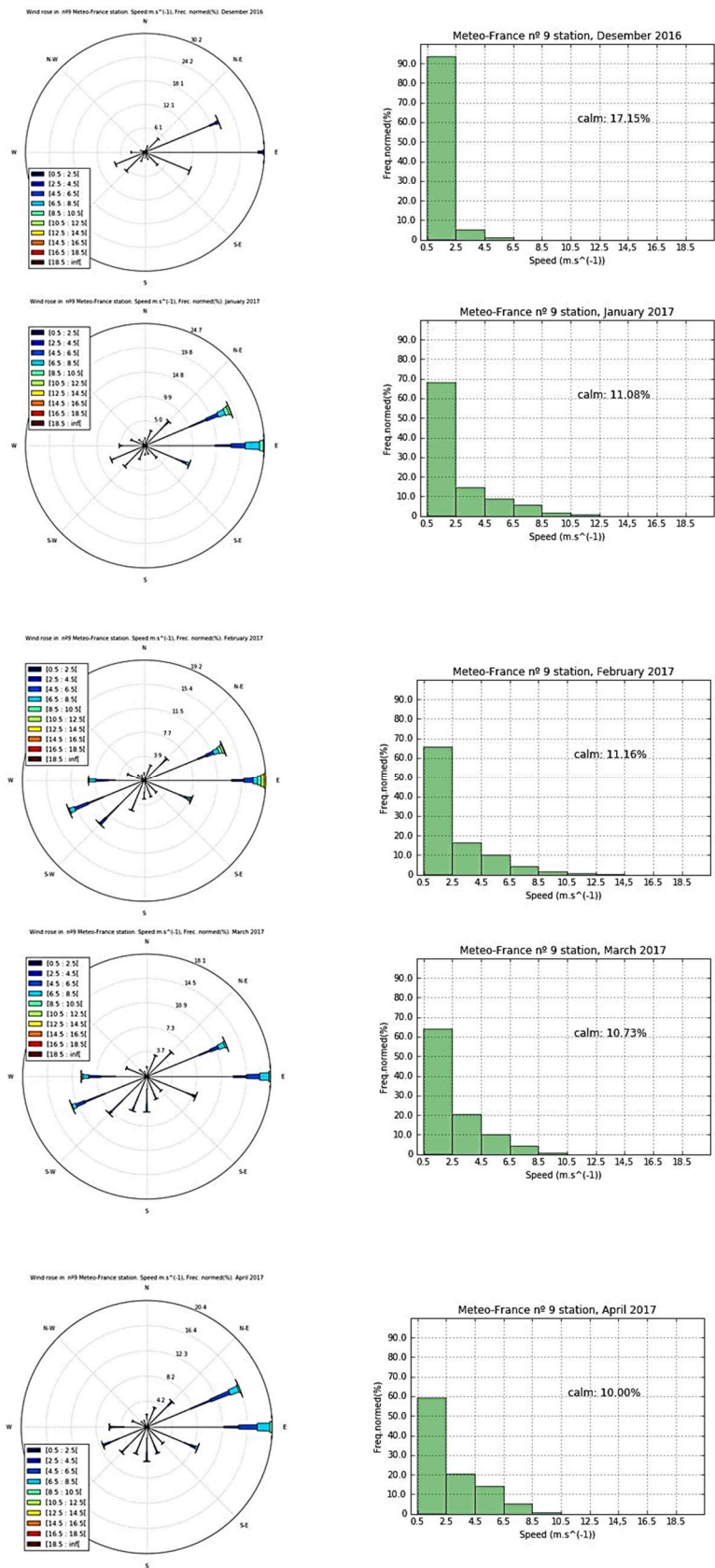


Figura A.7.8. Roses dels vents de l'estació S08.

Mesos: desembre de 2016, i gener, febrer, març i abril de 2017.

Figura A.7.9.
Roses dels vents de
l'estació S09.
Mesos: desembre
de 2016, i gener,
febrer, març i abril
de 2017.



A.8. Roses dels vents campanya, SMC

a/

b/

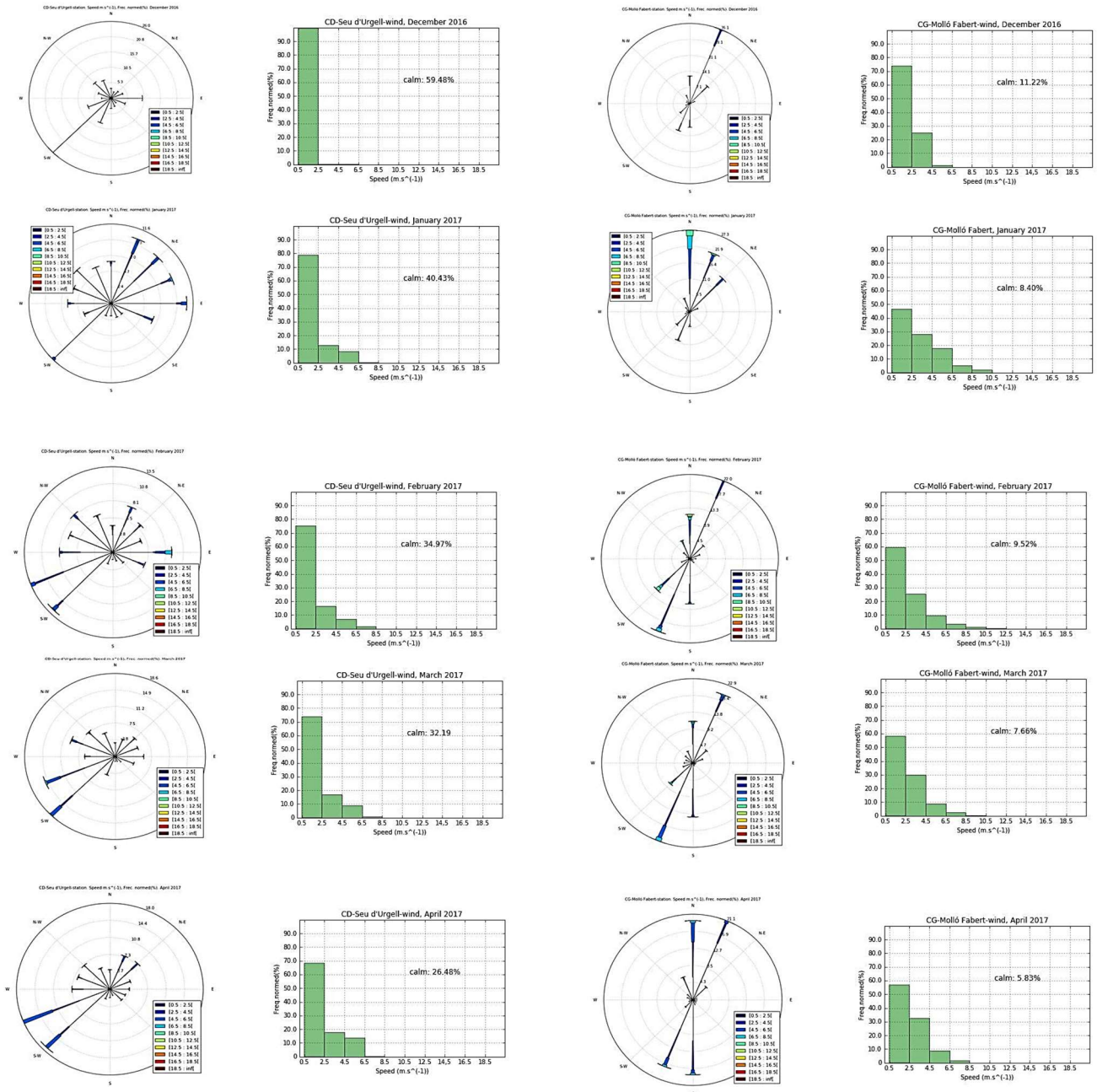


Figura A.8.1. Roses dels vents, estacions a/ CG, b/ CD. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

a/

b/

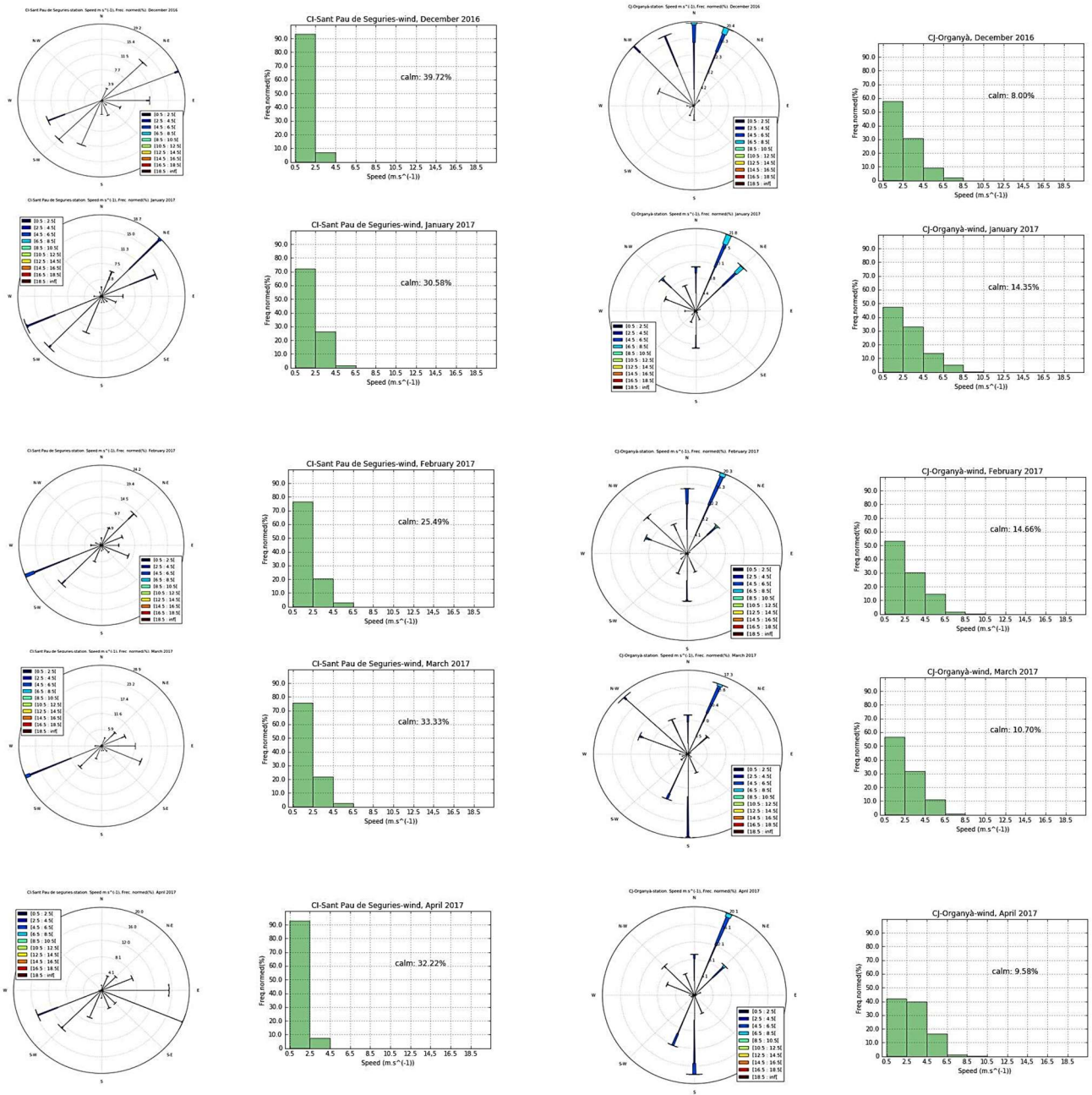


Figura A.8.2. Roses dels vents, estacions a/ CI, b/ CJ. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

a/

b/

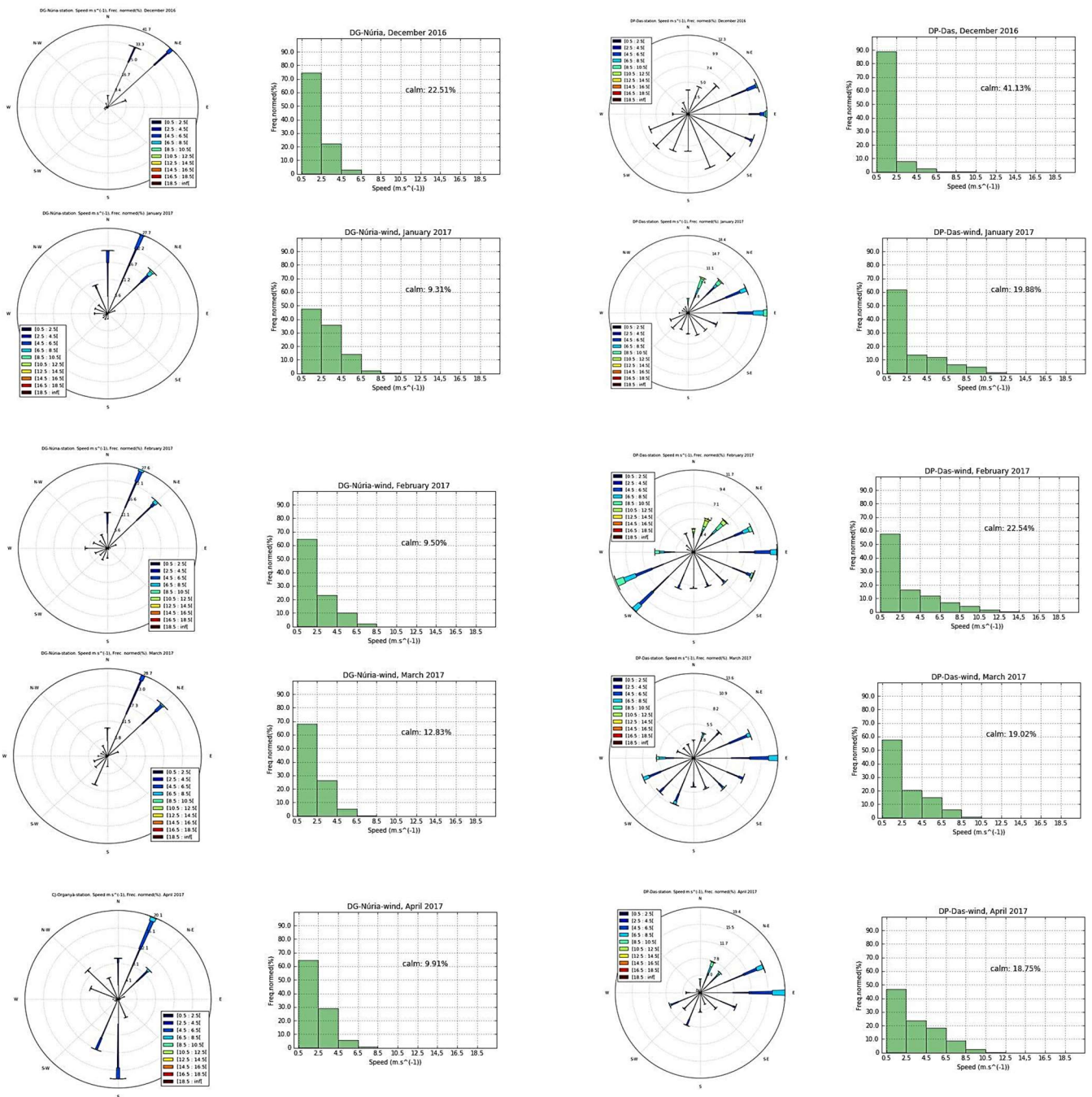


Figura A.8.3. Roses dels vents, estacions a/ DG, b/ DP. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

a/

b/

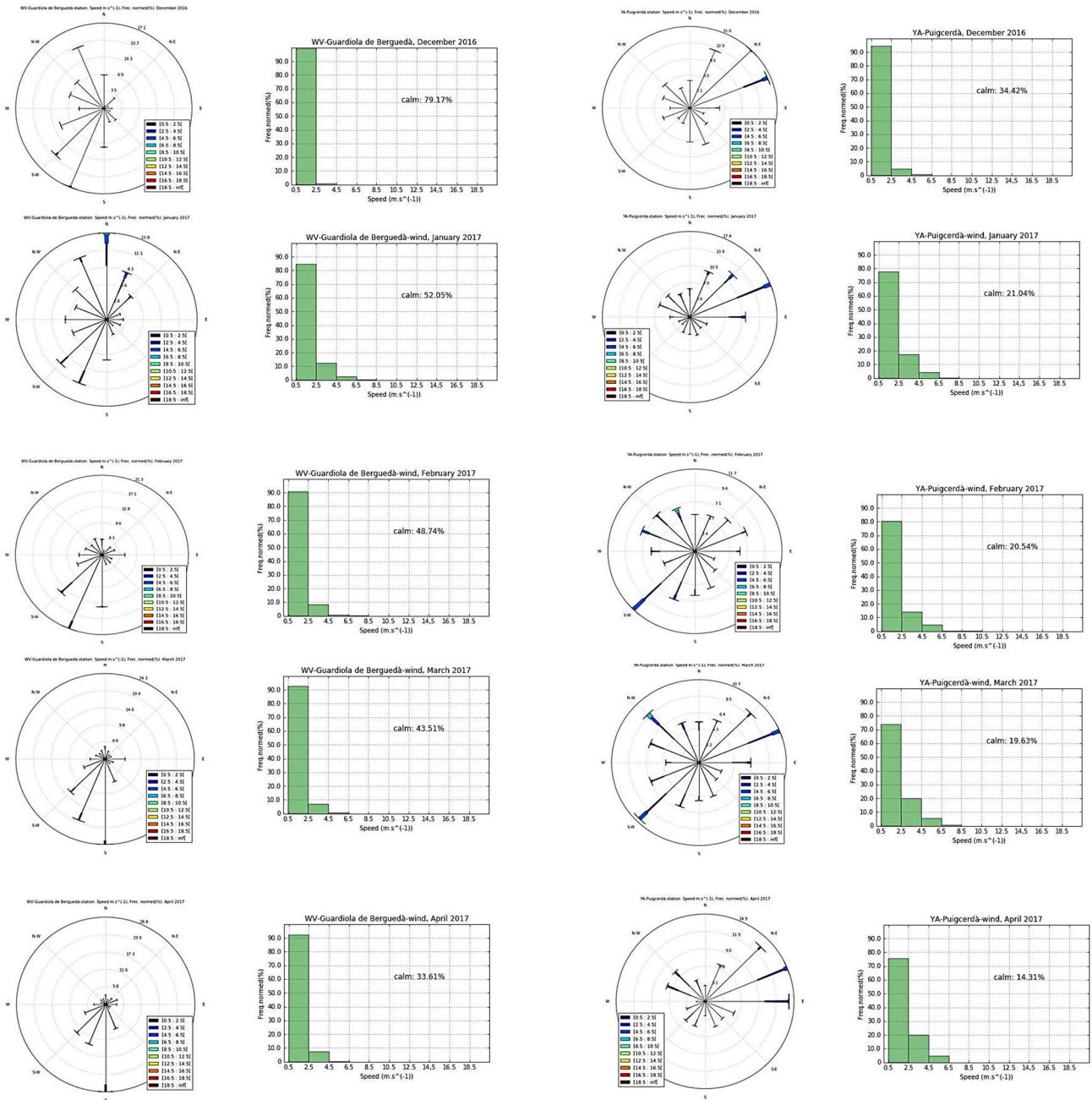


Figura A.8.4. Roses dels vents, estacions a/ WV, b/ YA. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

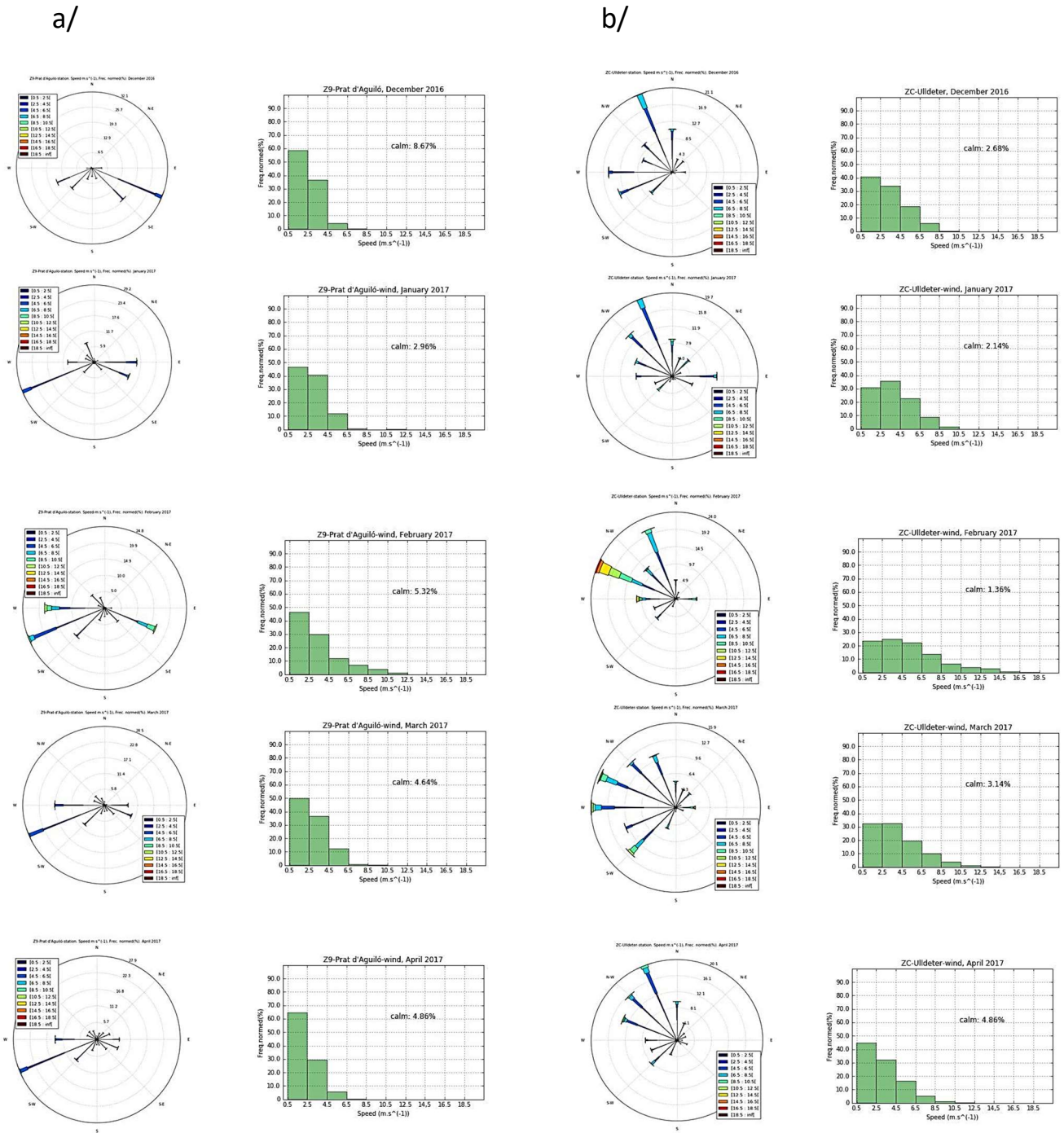


Figura A.8.5. Roses dels vents, estacions a/ Z9, b/ ZC. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

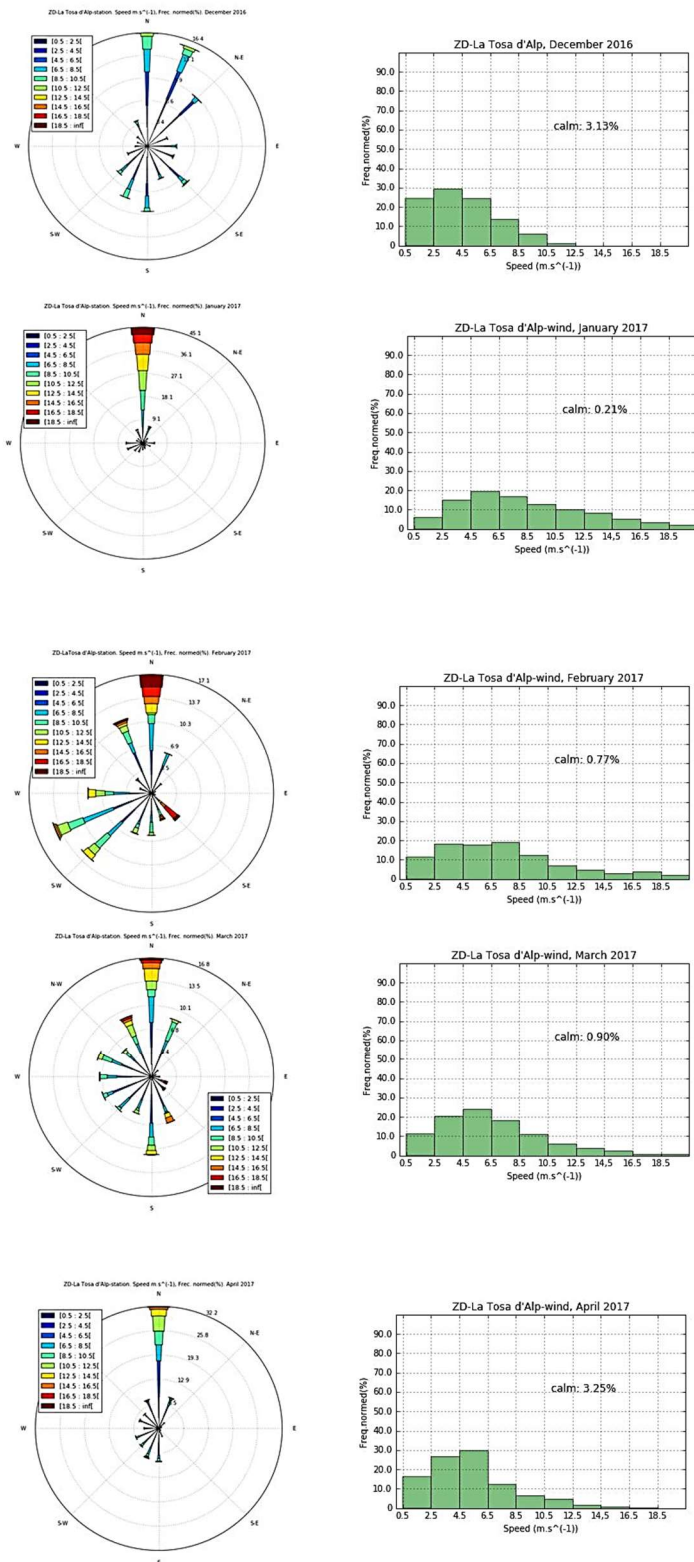


Figura A.8.6.
Roses dels vents, estació ZD. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

A.9. Roses dels vents campanya, AEMET

a/

b/

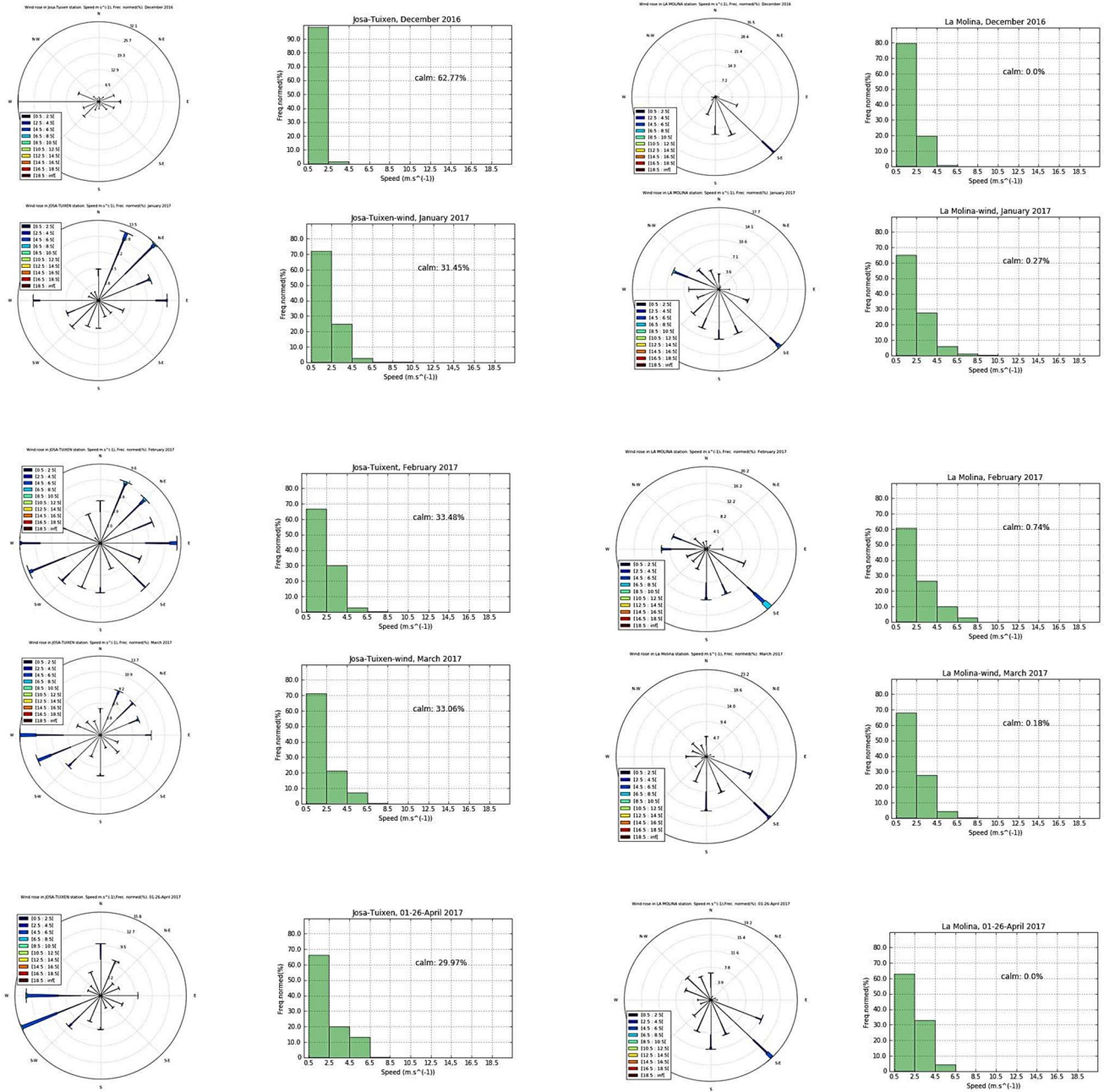


Figura A.9.1. Roses dels vents, estacions a/ Josa Tuixén, b/ La Molina. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

a/

b/

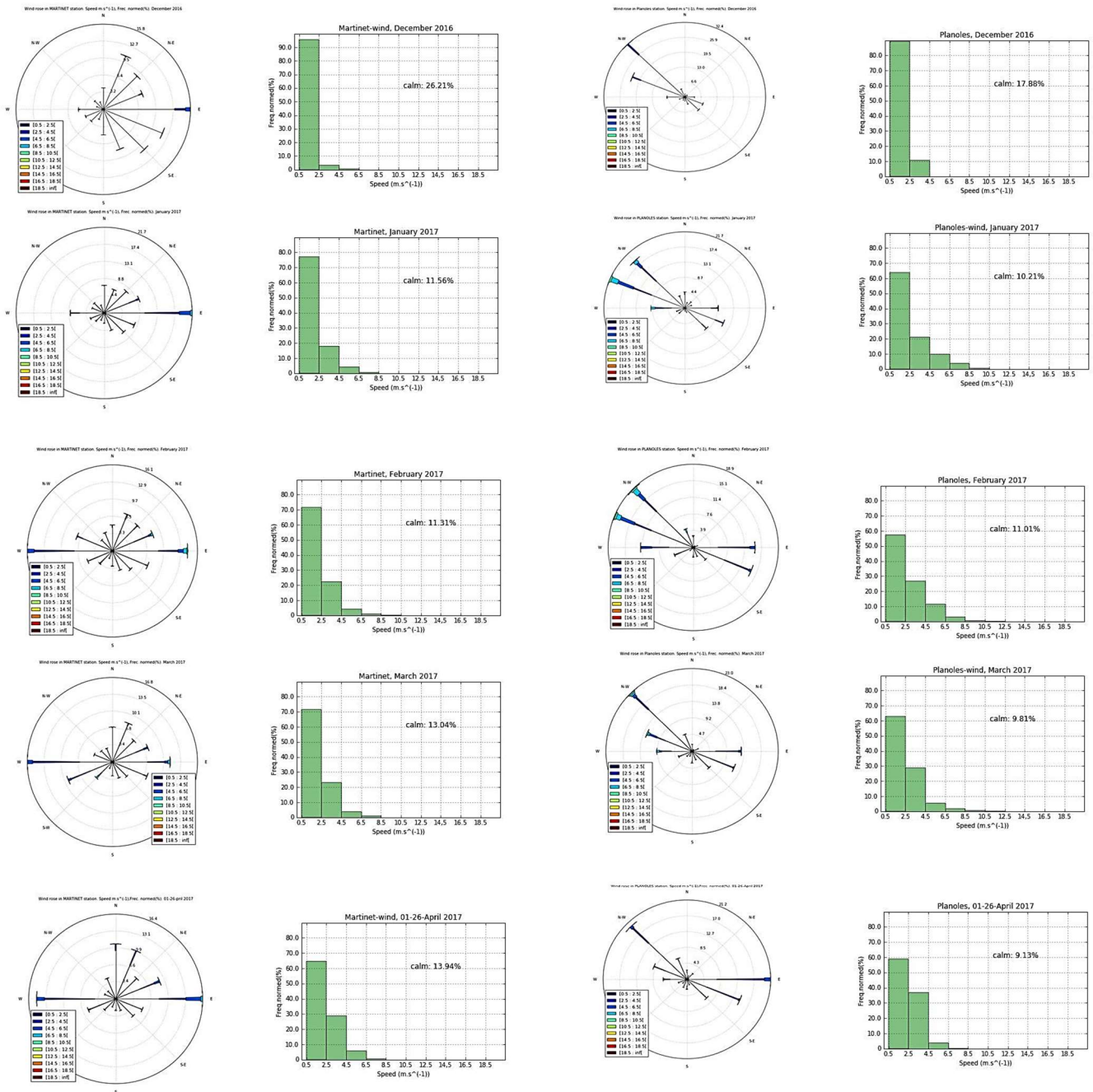


Figura A.9.2. Roses dels vents, estacions a/ Martinet, b/ Planoles. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

a/

b/

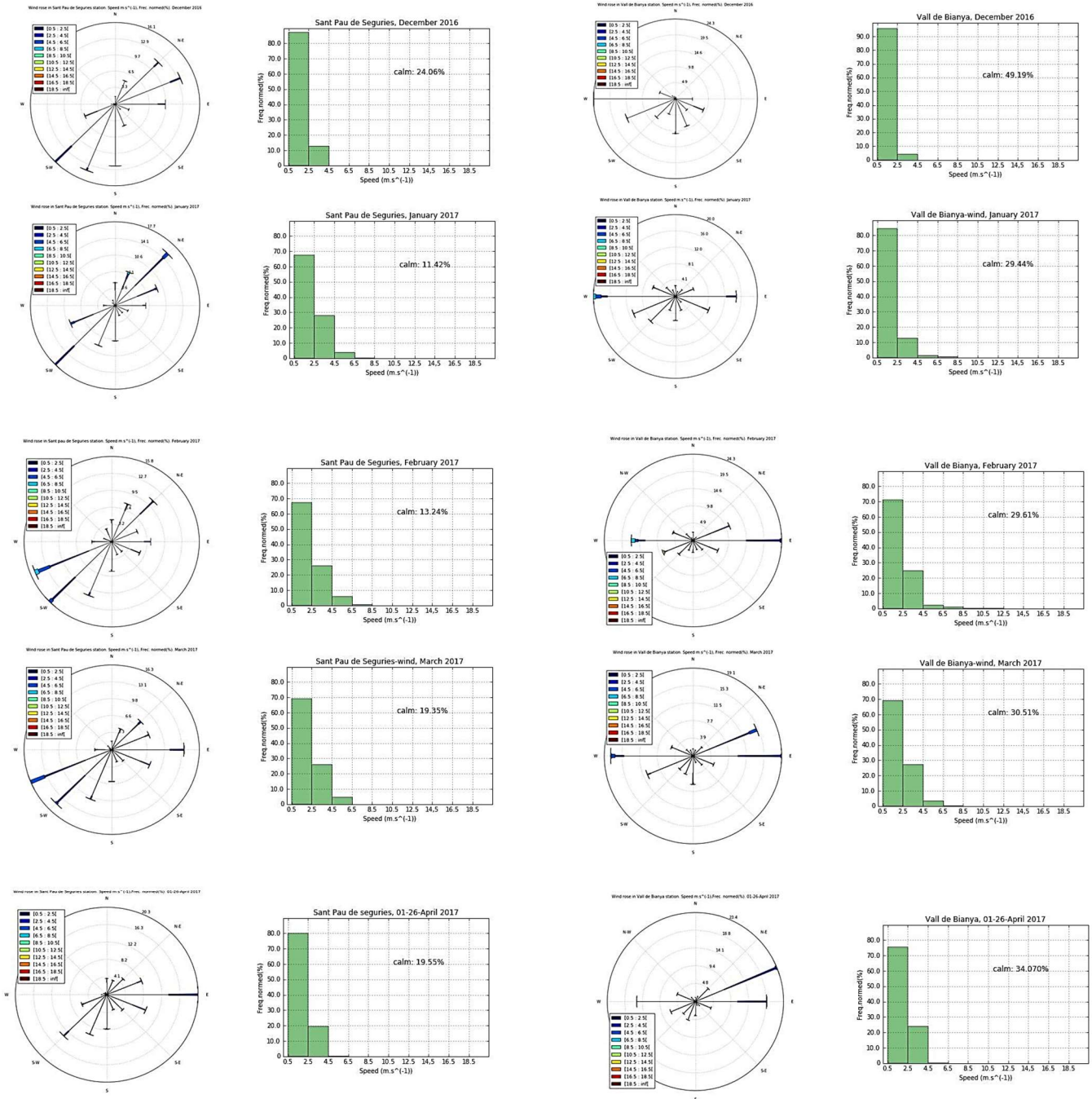


Figura A.9.3. Roses dels vents, estacions a/ Sant Pau de Segúries, b/ Vall de Bianya. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

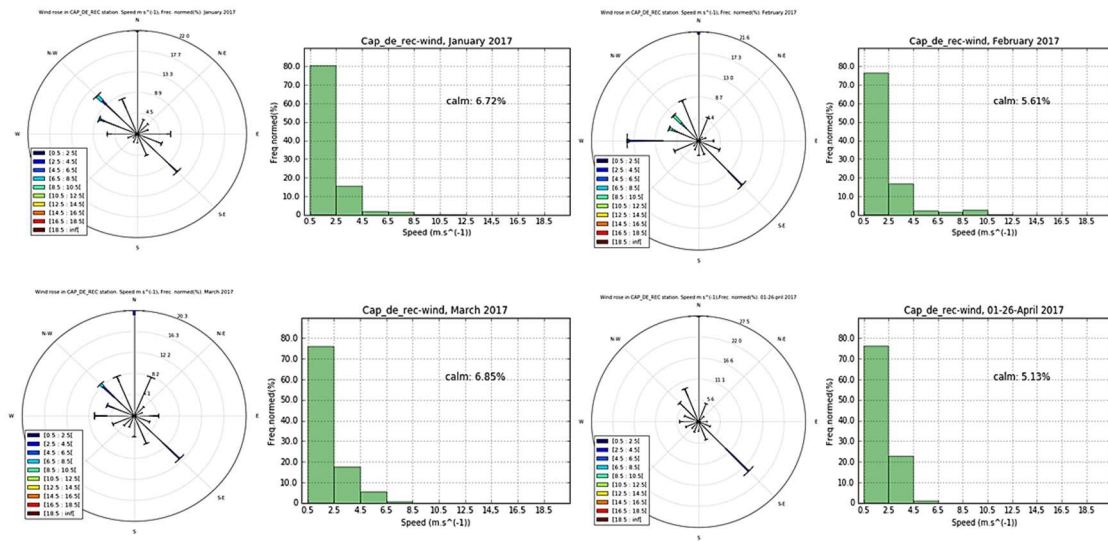


Figura A.9.4. Roses dels vents l'estació Cap de Rec. Mesos: gener, febrero març i abril de 2017, ordenades d'esquerra a dreta. Falta el mes de desembre de 2016.

A.10. Roses dels vents campanya, CENMA-IEA

a/

b/

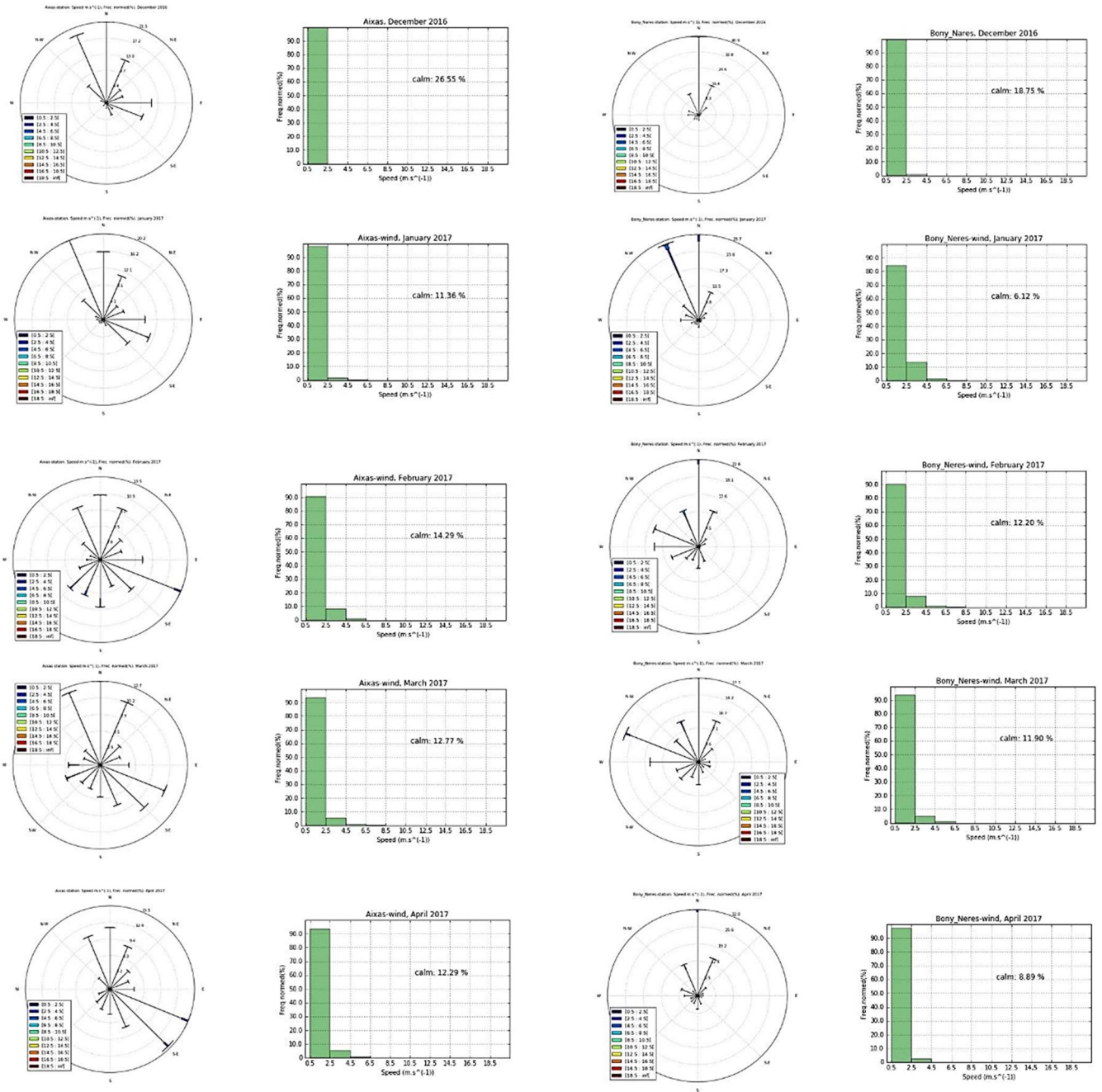


Figura A.10.1. Roses dels vents, estacions a/ Aixas, b/ Bony de Neres. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

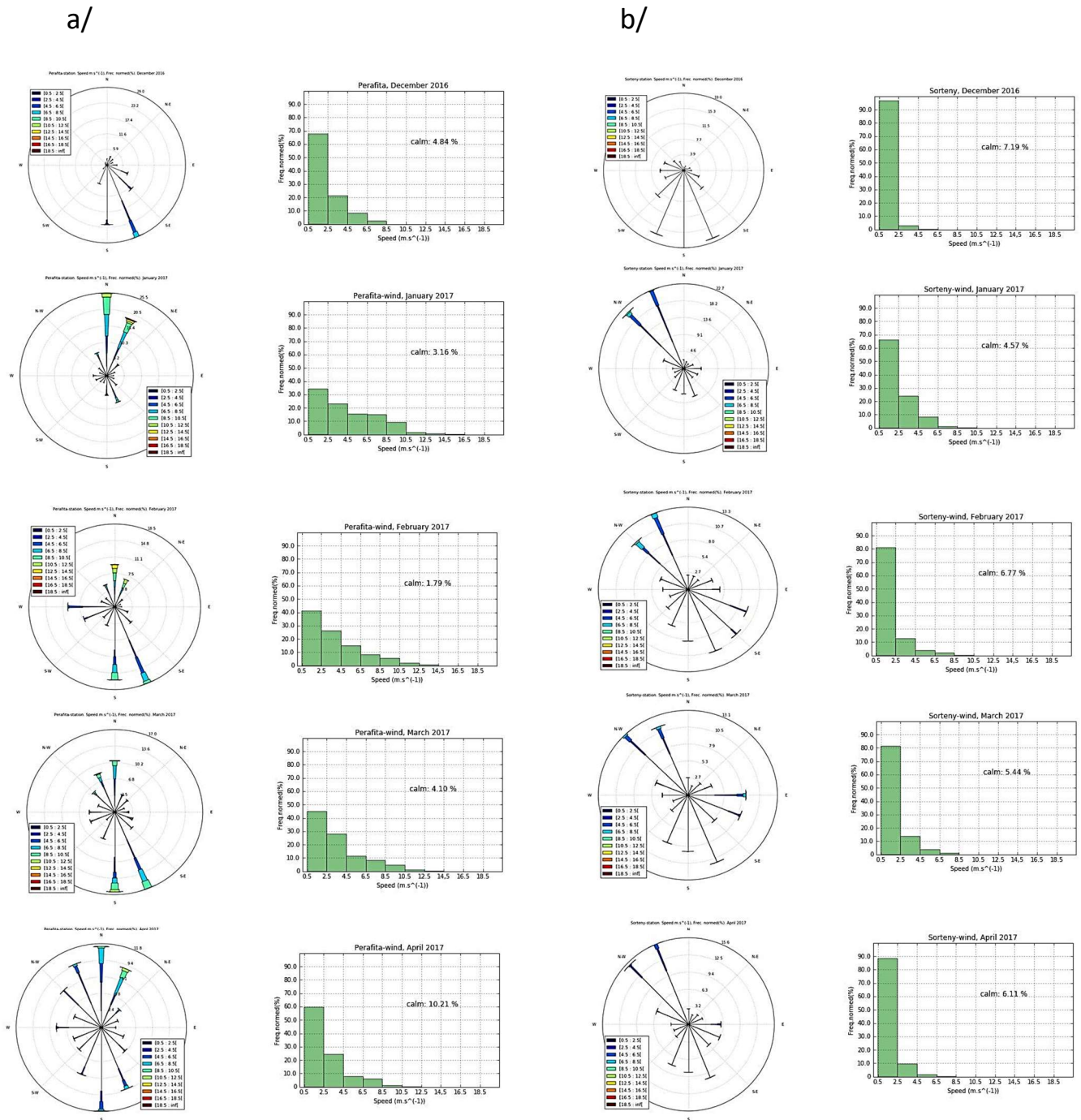
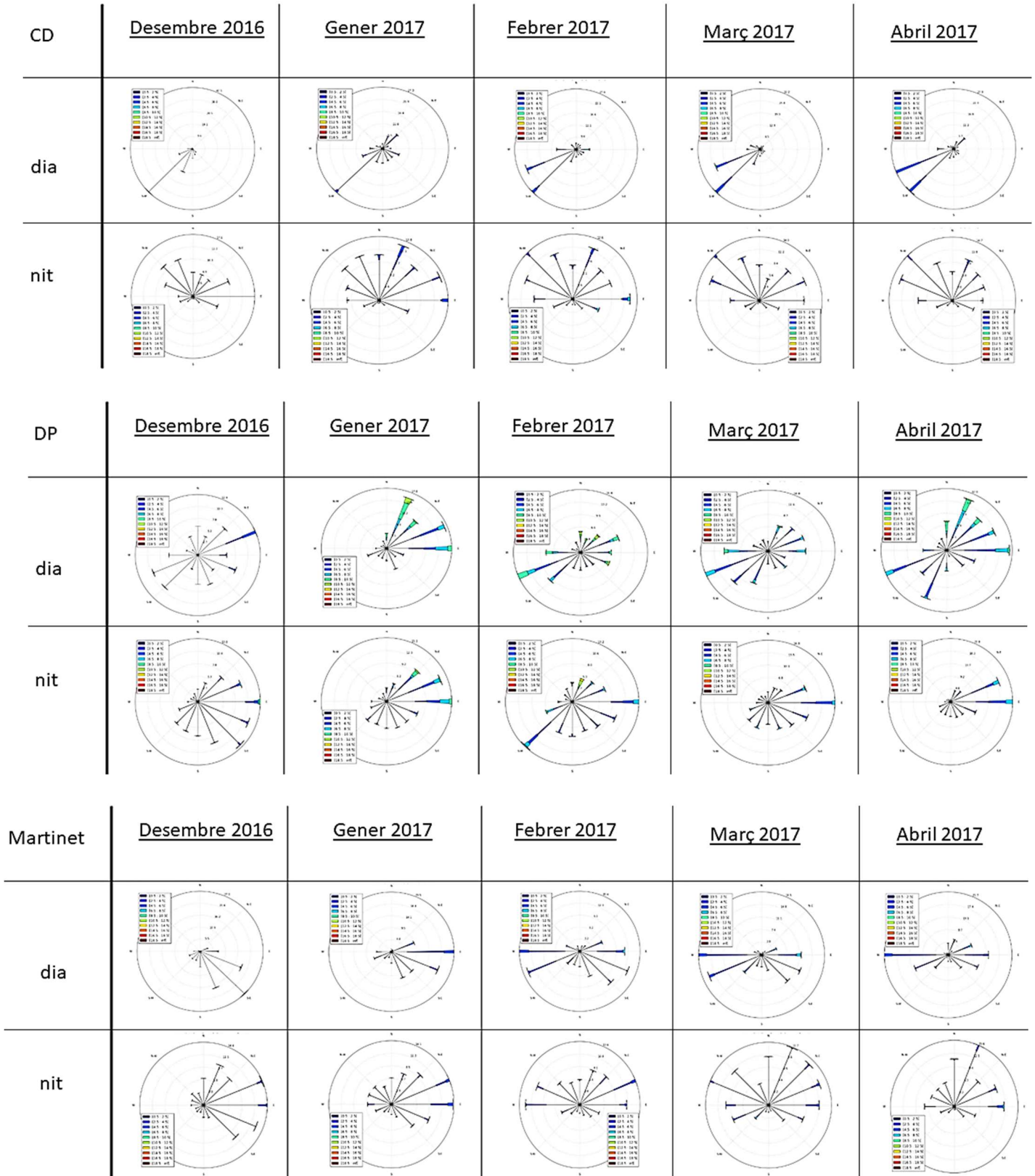


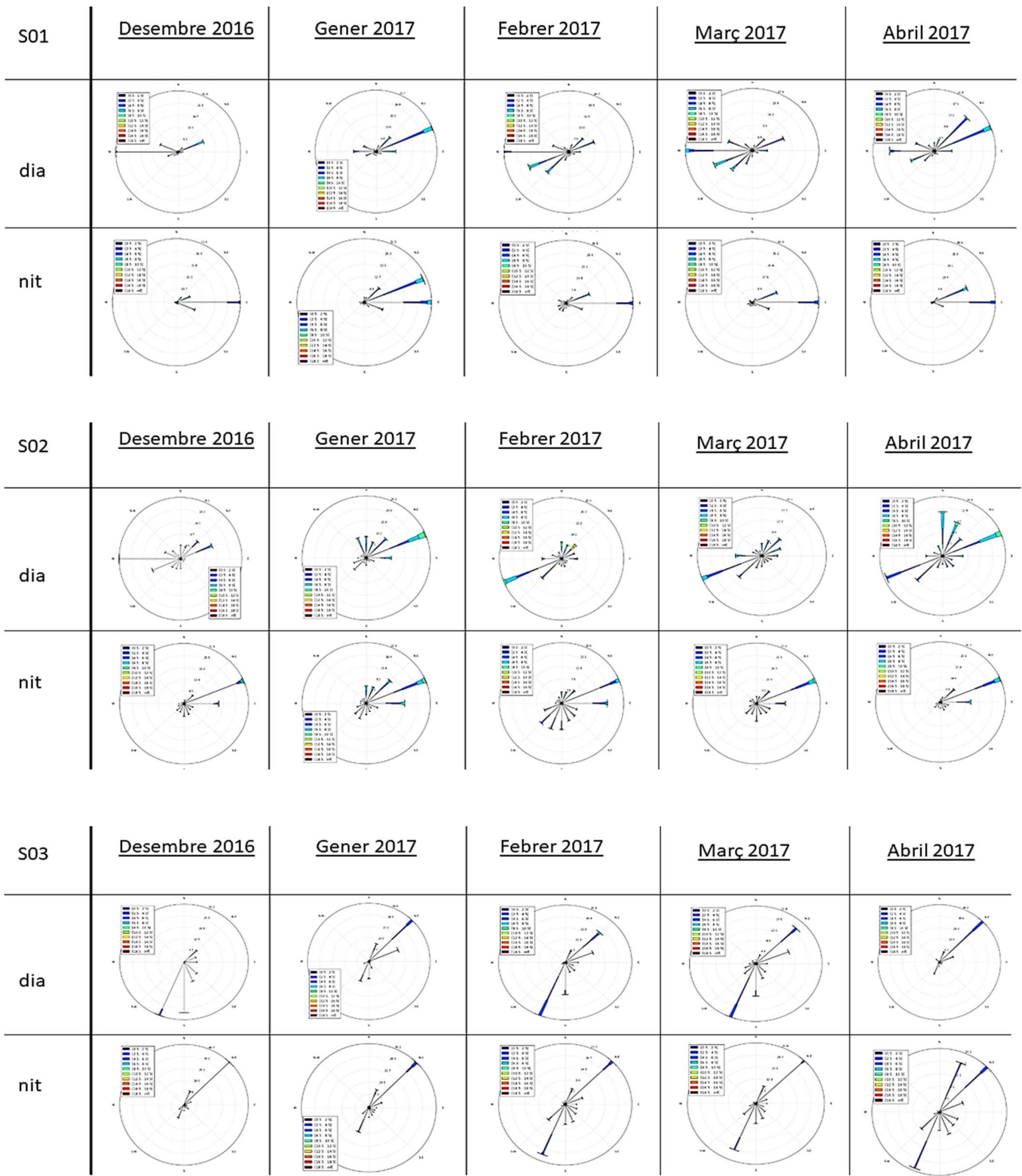
Figura A.10.2. Roses dels vents, estacions a/ Perafita, b/ Sorteny. Mesos: desembre de 2016, gener, febrer, març i abril de 2017.

A.11. Campanya, roses dels vents dia-nit

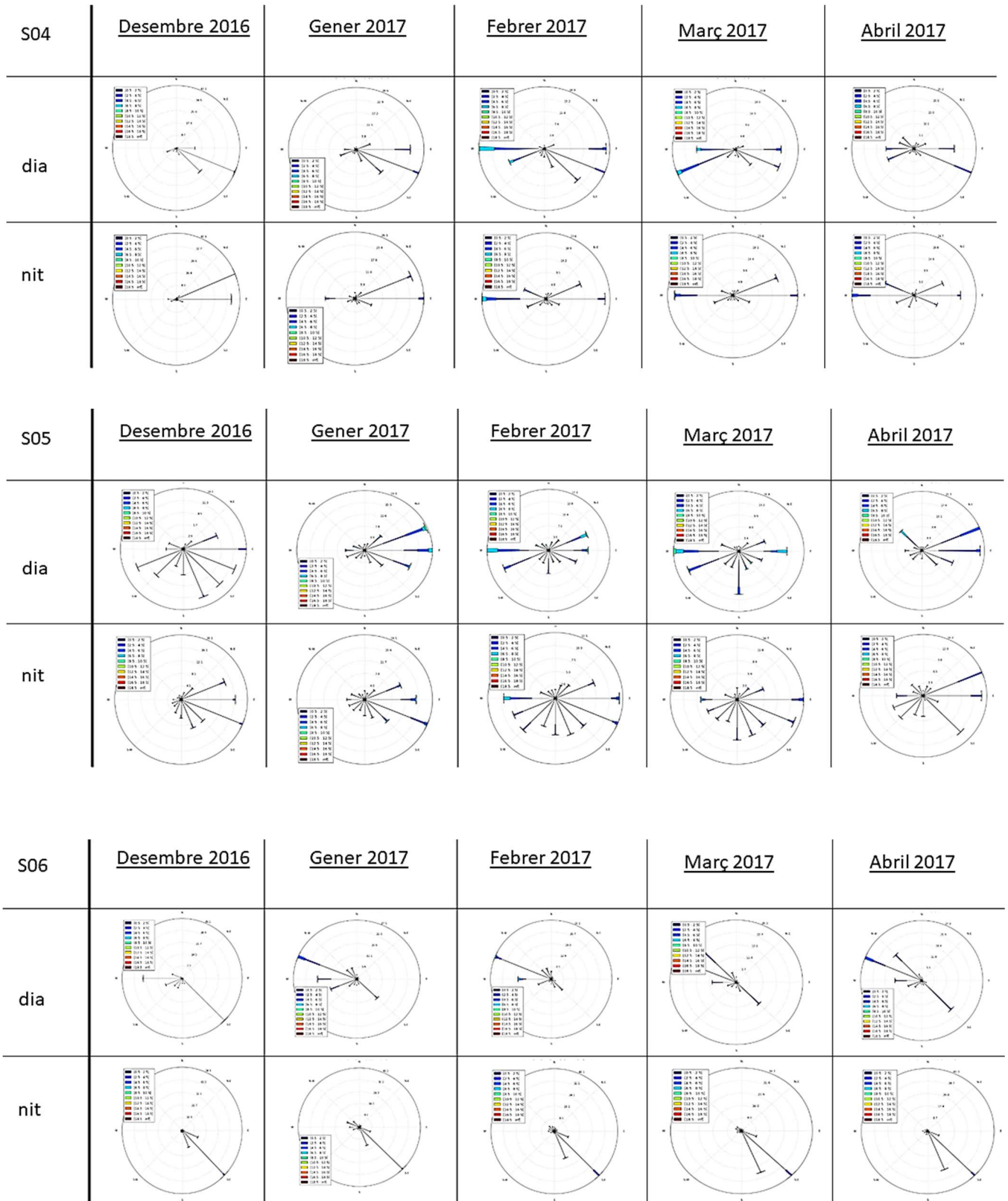
A.11.1. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: CD, DP i Martinet.



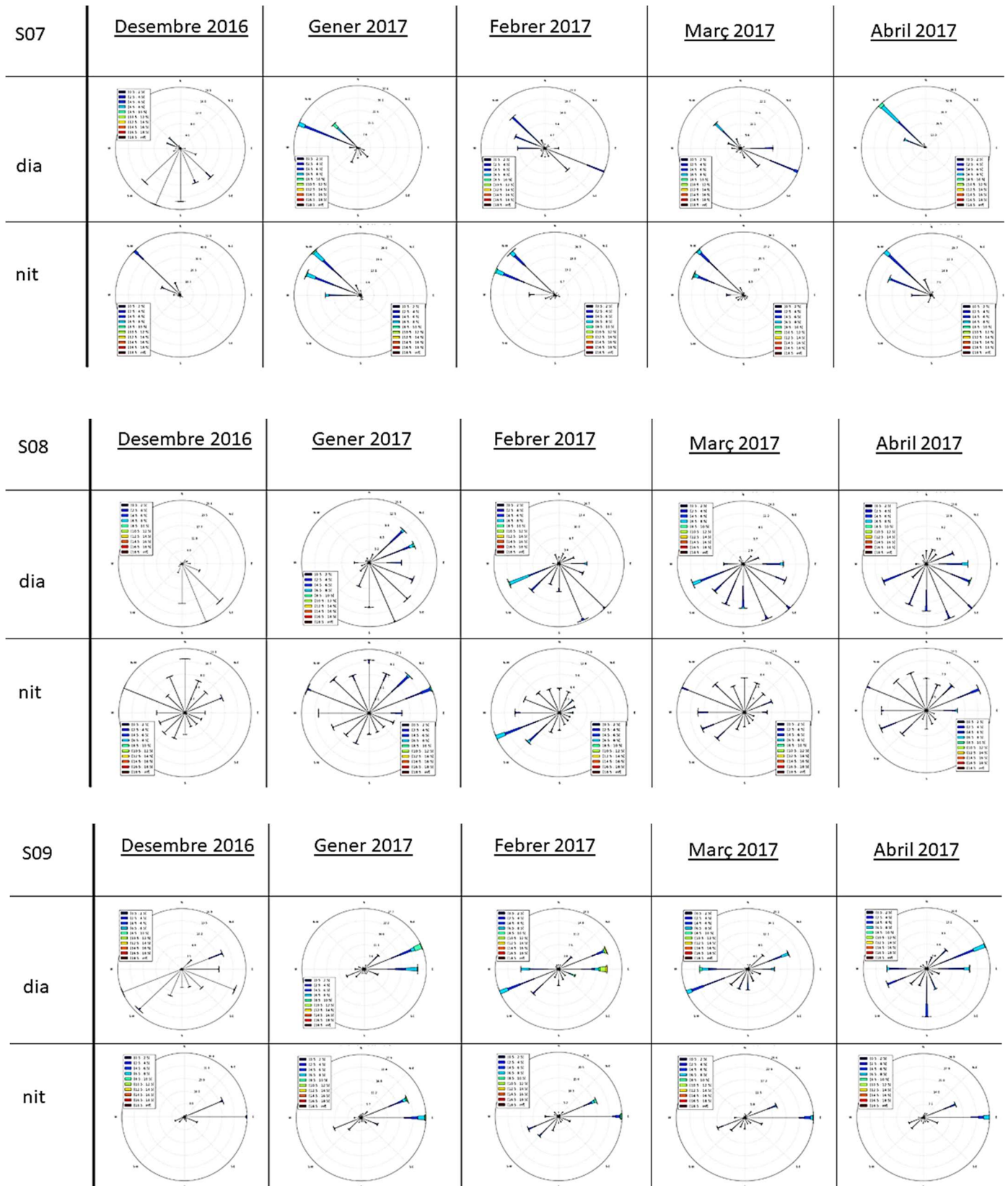
A.11.2. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S01, S02 i S03.



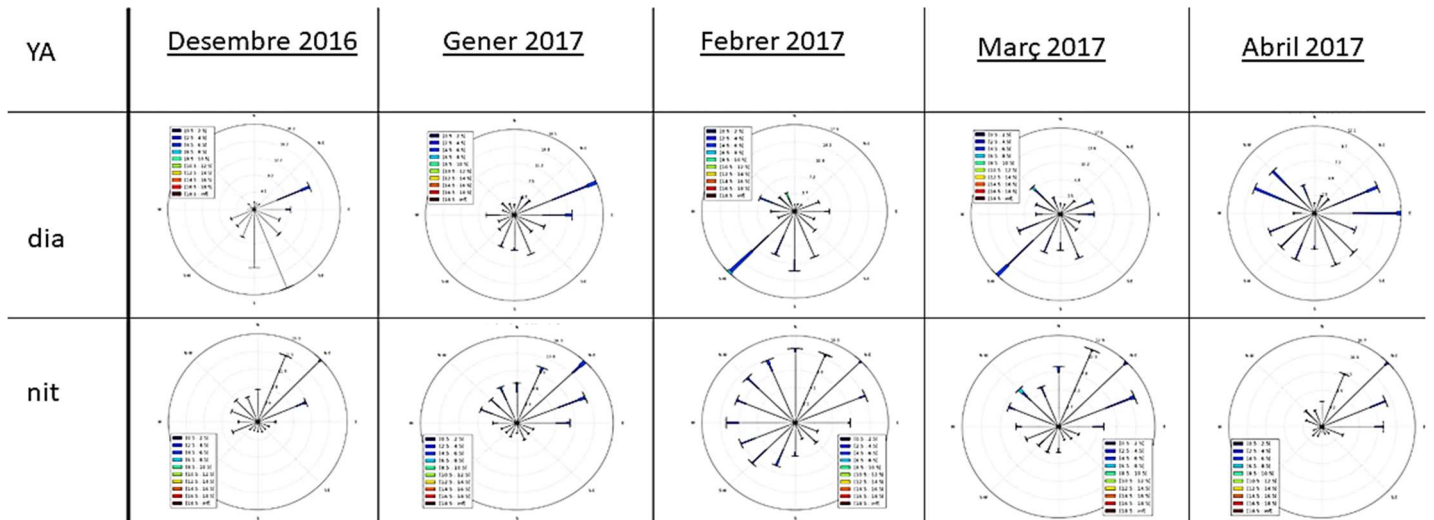
A.11.3. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S04, S05 i S06.



A.11.4. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: S07, S08 i S09.



A.11.5. Campanya, roses dels vents dia-nit, AWS: YA.



A.12. Campanya, diagrames de caixes

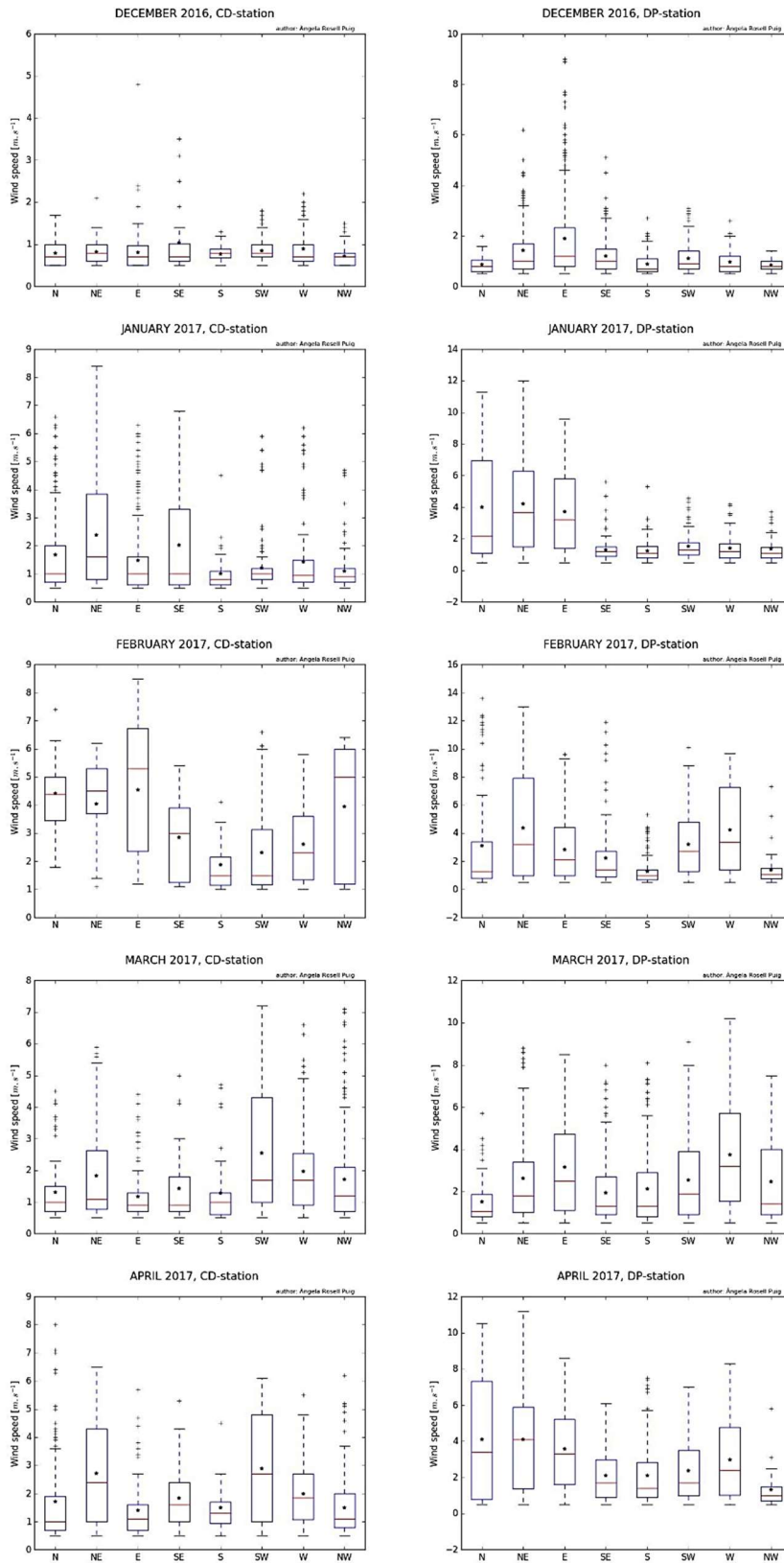


Figura A.12.1
 Diagrames de caixes de mòdul de vent [$m \cdot s^{-1}$] i direcció [°].
 Estacions: CD (esquerra), i DP (dreta).

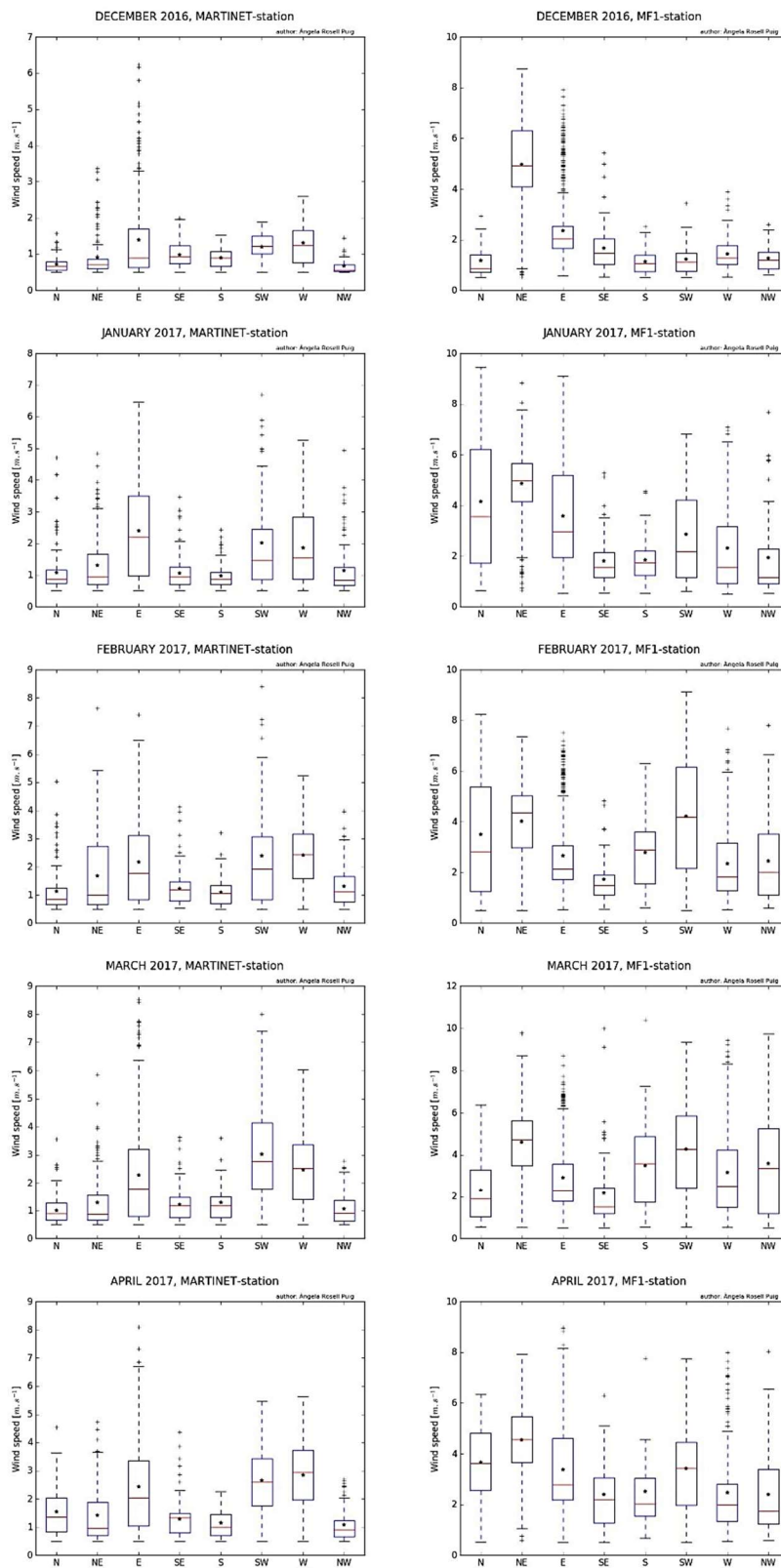


Figura A.12.2

Diagrames de caixes de mòdul de vent [m.s⁻¹] i direcció [°].

Estacions: Martinet (esquerra) i S01 (dreta).

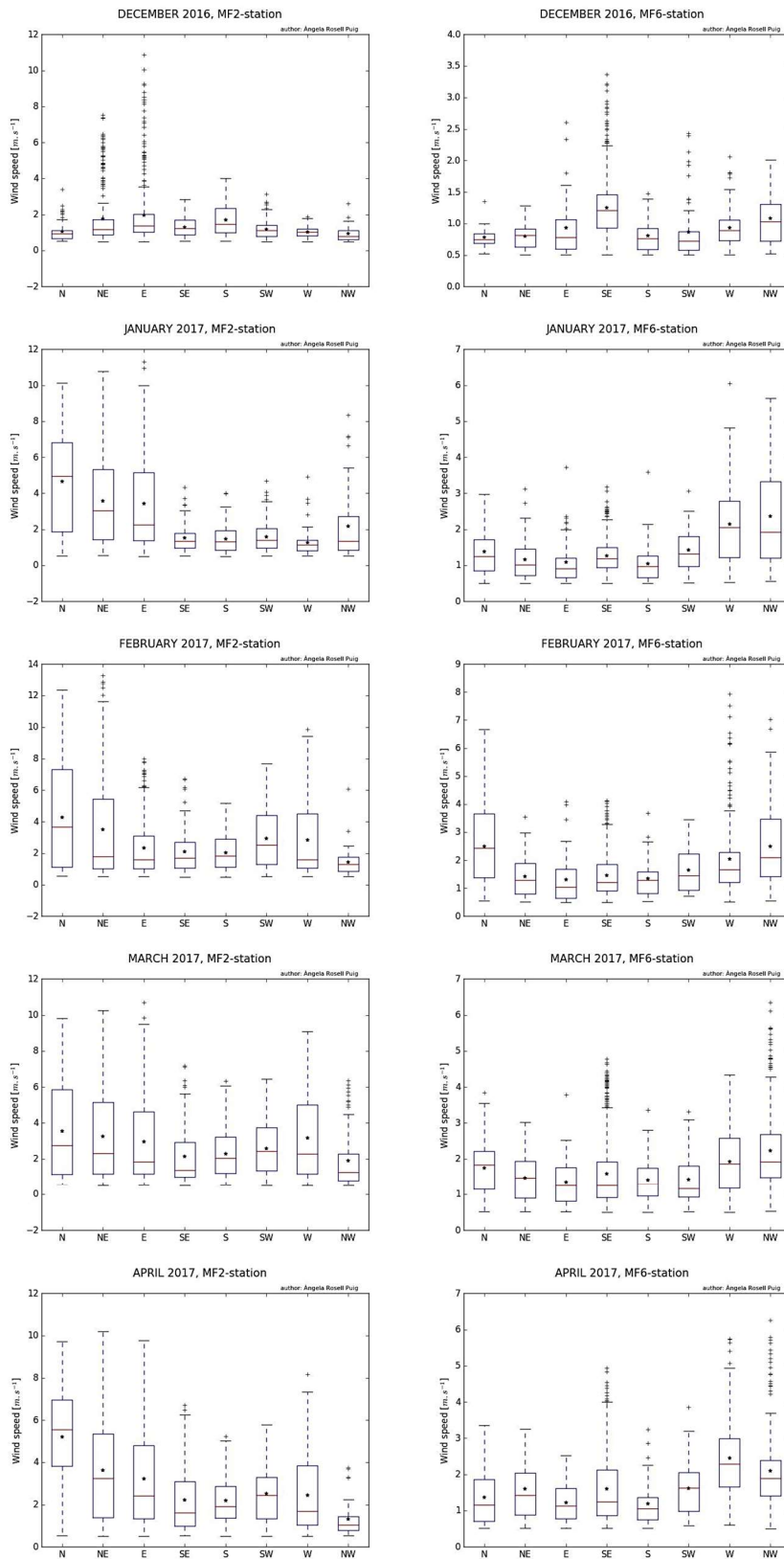


Figura A.12.3

Diagrames de caixes de mòdul de vent [ms^{-1}] i direcció [$^{\circ}$].

Estacions: S02 (esquerra), i S06 (dreta).

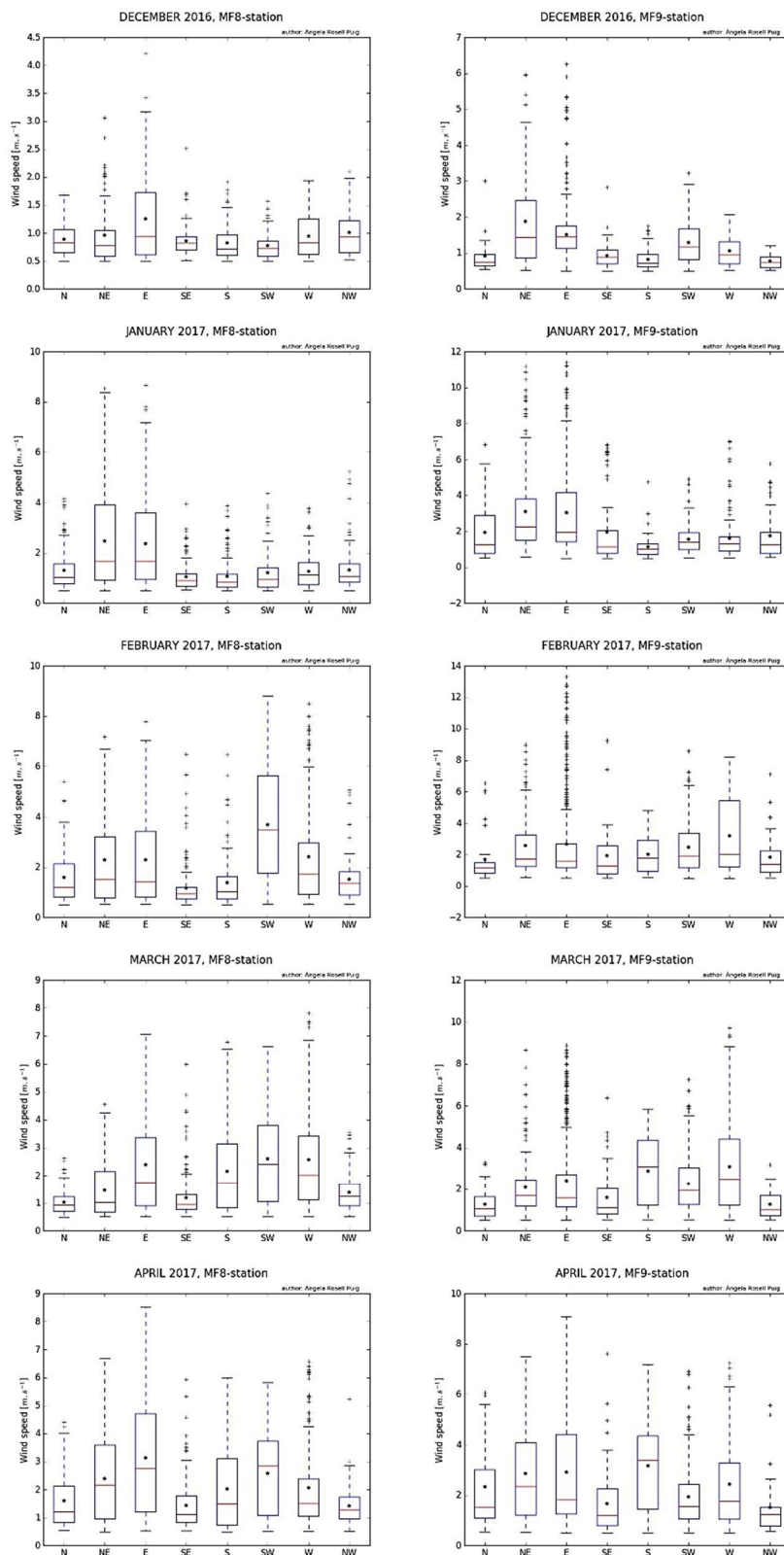


Figura A.12.4

Diagrames de caixes de mòdul de vent [$m \cdot s^{-1}$] i direcció [°].

Estacions: S08 (esquerra), i S09 (dreta).

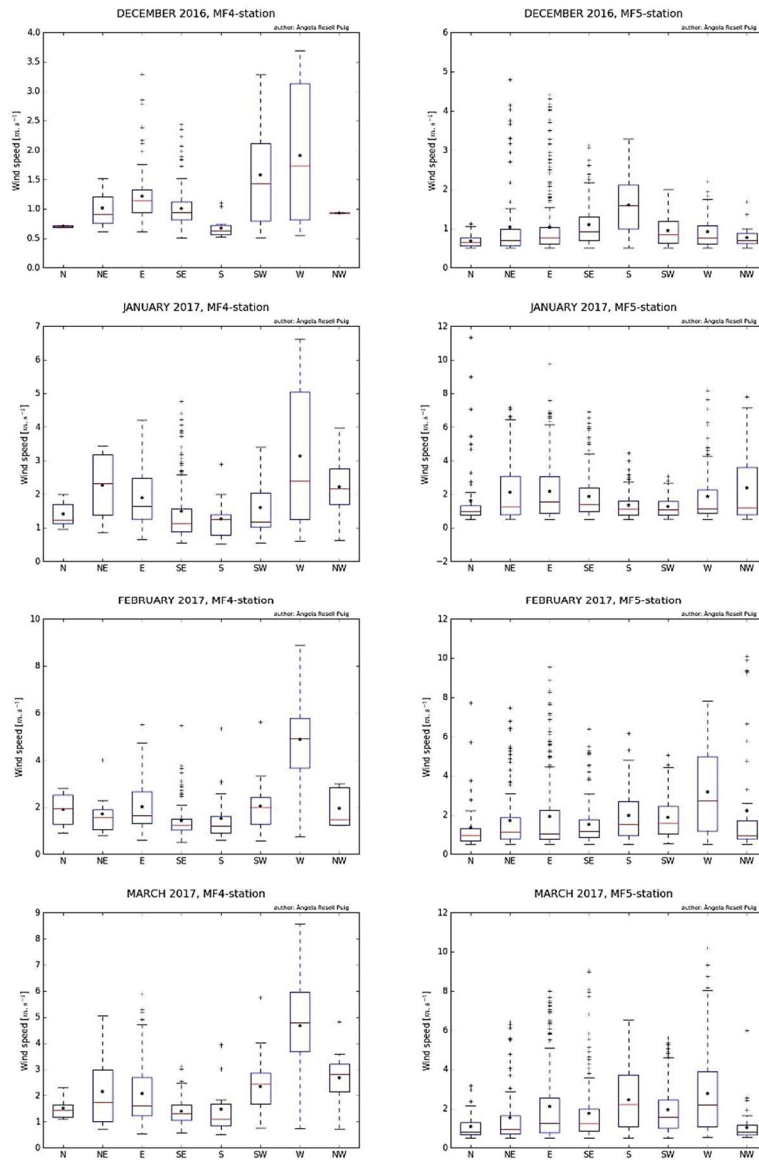
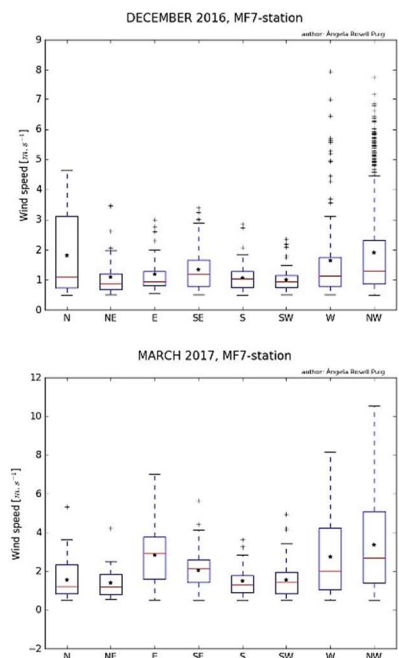


Figura A.12.5

Diagrames de caixes de mòdul de vent [m.s^{-1}] i direcció [$^{\circ}$].

Estacions: S04 (esquerra), i S05 (dreta).

Figura A.12.6 Diagrames de caixes mòdul de vent [m.s^{-1}] i direcció [$^{\circ}$]. Estació: S07.



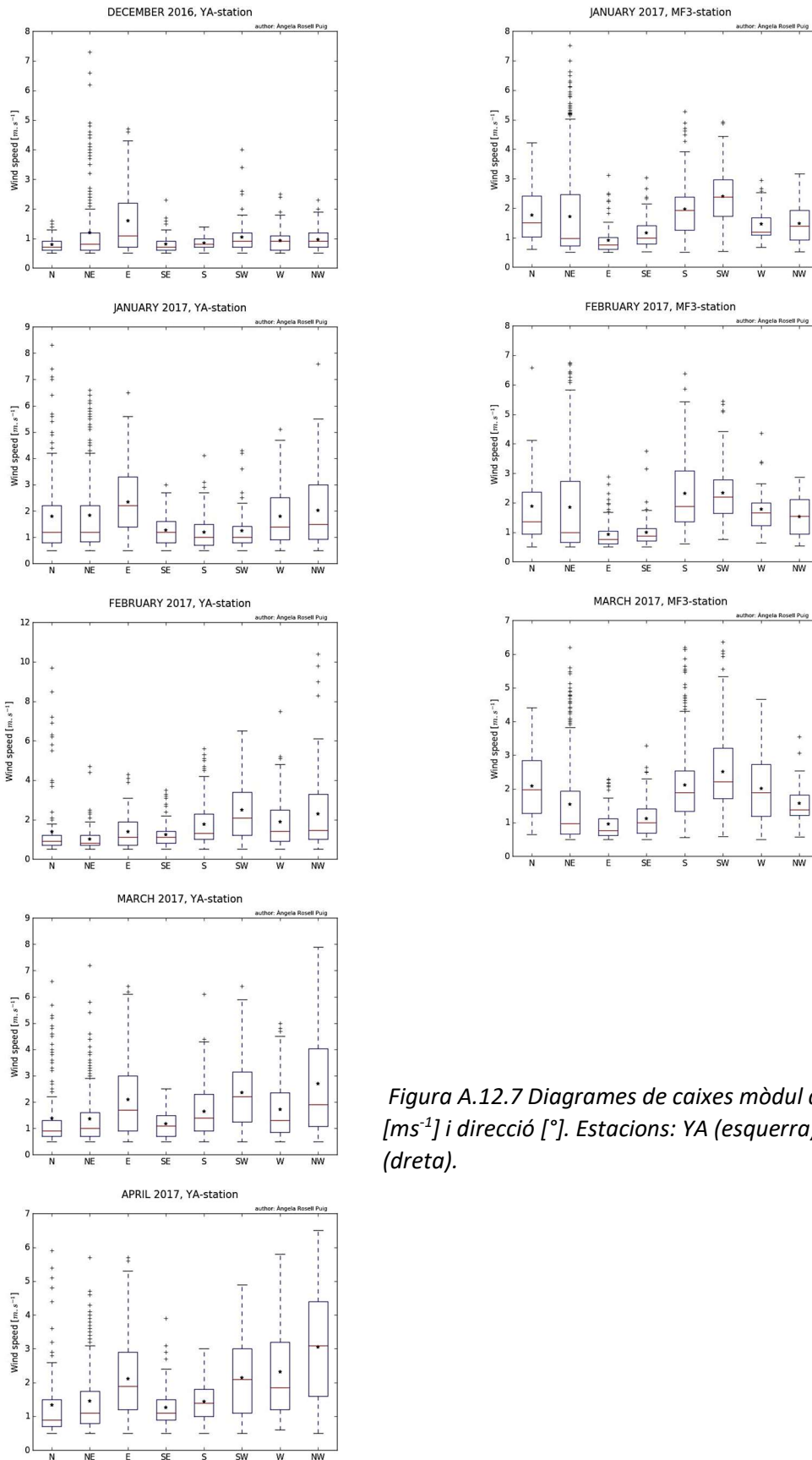


Figura A.12.7 Diagrames de caixes mòdul de vent [ms^{-1}] i direcció [$^{\circ}$]. Estacions: YA (esquerra), i S03, (dreta).

A.13. Tukey - comparació múltiple

A.13.1. Tukey-comparació múltiple. Desembre 2016

```

              sum_sq    df      F      PR(>F)
C(treatments)  9.716259  10.0  4.491513  0.000054
Residual      16.657013  77.0      NaN      NaN
Multiple Comparison of Means - Tukey HSD,FWER=0.05
=====

```

```

=====
group1  group2  meandiff  lower  upper  reject
-----
      CD      DP      0.4050  -0.3664  1.1764  False
      CD  Martinet  0.3075  -0.4639  1.0789  False
      CD      S01      1.2725   0.5011  2.0439   True
      CD      S02      0.6500  -0.1214  1.4214  False
      CD      S04      0.2113  -0.5602  0.9827  False
      CD      S05      0.2550  -0.5164  1.0264  False
      CD      S06      0.0625  -0.7089  0.8339  False
      CD      S08      0.1888  -0.5827  0.9602  False
      CD      S09      0.4950  -0.2764  1.2664  False
      CD      YA      0.3663  -0.4052  1.1377  False
      DP  Martinet -0.0975  -0.8689  0.6739  False
      DP      S01      0.8675   0.0961  1.6389   True
      DP      S02      0.2450  -0.5264  1.0164  False
      DP      S04     -0.1937  -0.9652  0.5777  False
      DP      S05     -0.1500  -0.9214  0.6214  False
      DP      S06     -0.3425  -1.1139  0.4289  False
      DP      S08     -0.2163  -0.9877  0.5552  False
      DP      S09      0.0900  -0.6814  0.8614  False
      DP      YA     -0.0388  -0.8102  0.7327  False
Martinet  S01      0.9650   0.1936  1.7364   True
Martinet  S02      0.3425  -0.4289  1.1139  False
Martinet  S04     -0.0962  -0.8677  0.6752  False
Martinet  S05     -0.0525  -0.8239  0.7189  False
Martinet  S06     -0.2450  -1.0164  0.5264  False
Martinet  S08     -0.1188  -0.8902  0.6527  False
Martinet  S09      0.1875  -0.5839  0.9589  False
Martinet  YA      0.0587  -0.7127  0.8302  False
      S01      S02     -0.6225  -1.3939  0.1489  False
      S01      S04     -1.0612  -1.8327  -0.2898   True
      S01      S05     -1.0175  -1.7889  -0.2461   True
      S01      S06     -1.2100  -1.9814  -0.4386   True
      S01      S08     -1.0838  -1.8552  -0.3123   True
      S01      S09     -0.7775  -1.5489  -0.0061   True
      S01      YA     -0.9062  -1.6777  -0.1348   True
      S02      S04     -0.4387  -1.2102  0.3327  False
      S02      S05     -0.3950  -1.1664  0.3764  False
      S02      S06     -0.5875  -1.3589  0.1839  False
      S02      S08     -0.4612  -1.2327  0.3102  False
      S02      S09     -0.1550  -0.9264  0.6164  False
      S02      YA     -0.2837  -1.0552  0.4877  False
      S04      S05      0.0438  -0.7277  0.8152  False
      S04      S06     -0.1488  -0.9202  0.6227  False
      S04      S08     -0.0225  -0.7939  0.7489  False
      S04      S09      0.2838  -0.4877  1.0552  False
      S04      YA      0.1550  -0.6164  0.9264  False
      S05      S06     -0.1925  -0.9639  0.5789  False

```

S05	S08	-0.0663	-0.8377	0.7052	False
S05	S09	0.2400	-0.5314	1.0114	False
S05	YA	0.1112	-0.6602	0.8827	False
S06	S08	0.1262	-0.6452	0.8977	False
S06	S09	0.4325	-0.3389	1.2039	False
S06	YA	0.3037	-0.4677	1.0752	False
S08	S09	0.3063	-0.4652	1.0777	False
S08	YA	0.1775	-0.5939	0.9489	False
S09	YA	-0.1288	-0.9002	0.6427	False

A.13.2. Tukey-comparació múltiple. Març 2017

```

                sum_sq    df      F    PR(>F)
C(treatments)  25.126122  14.0  4.15428  0.00001
Residual       45.361875 105.0      NaN     NaN
Multiple Comparison of Means - Tukey HSD,FWER=0.05

```

```

=====
group1  group2  meandiff  lower  upper  reject
-----
      CD   CapdeRec  0.5862  -0.5554  1.7279  False
      CD         DP  1.0200  -0.1216  2.1616  False
      CD   Martinet  0.2050  -0.9366  1.3466  False
      CD     S01    1.7612   0.6196  2.9029  True
      CD     S02    1.1138  -0.0279  2.2554  False
      CD     S03    0.2750  -0.8666  1.4166  False
      CD     S04    0.0950  -1.0466  1.2366  False
      CD     S05    0.3438  -0.7979  1.4854  False
      CD     S06    0.0325  -1.1091  1.1741  False
      CD     S07    0.6837  -0.4579  1.8254  False
      CD     S08    0.3250  -0.8166  1.4666  False
      CD     S09    0.6575  -0.4841  1.7991  False
      CD      YA    0.3662  -0.7754  1.5079  False
      CD      Z3    0.6325  -0.5091  1.7741  False
CapdeRec   DP    0.4338  -0.7079  1.5754  False
CapdeRec  Martinet -0.3812  -1.5229  0.7604  False
CapdeRec   S01    1.1750   0.0334  2.3166  True
CapdeRec   S02    0.5275  -0.6141  1.6691  False
CapdeRec   S03   -0.3112  -1.4529  0.8304  False
CapdeRec   S04   -0.4912  -1.6329  0.6504  False
CapdeRec   S05   -0.2425  -1.3841  0.8991  False
CapdeRec   S06   -0.5538  -1.6954  0.5879  False
CapdeRec   S07    0.0975  -1.0441  1.2391  False
CapdeRec   S08   -0.2613  -1.4029  0.8804  False
CapdeRec   S09    0.0713  -1.0704  1.2129  False
CapdeRec   YA   -0.2200  -1.3616  0.9216  False

```

CapdeRec	Z3	0.0462	-1.0954	1.1879	False
DP	Martinet	-0.8150	-1.9566	0.3266	False
DP	S01	0.7412	-0.4004	1.8829	False
DP	S02	0.0938	-1.0479	1.2354	False
DP	S03	-0.7450	-1.8866	0.3966	False
DP	S04	-0.9250	-2.0666	0.2166	False
DP	S05	-0.6762	-1.8179	0.4654	False
DP	S06	-0.9875	-2.1291	0.1541	False
DP	S07	-0.3363	-1.4779	0.8054	False
DP	S08	-0.6950	-1.8366	0.4466	False
DP	S09	-0.3625	-1.5041	0.7791	False
DP	YA	-0.6538	-1.7954	0.4879	False
DP	Z3	-0.3875	-1.5291	0.7541	False
Martinet	S01	1.5562	0.4146	2.6979	True
Martinet	S02	0.9088	-0.2329	2.0504	False
Martinet	S03	0.0700	-1.0716	1.2116	False
Martinet	S04	-0.1100	-1.2516	1.0316	False
Martinet	S05	0.1387	-1.0029	1.2804	False
Martinet	S06	-0.1725	-1.3141	0.9691	False
Martinet	S07	0.4787	-0.6629	1.6204	False
Martinet	S08	0.1200	-1.0216	1.2616	False
Martinet	S09	0.4525	-0.6891	1.5941	False
Martinet	YA	0.1612	-0.9804	1.3029	False
Martinet	Z3	0.4275	-0.7141	1.5691	False
S01	S02	-0.6475	-1.7891	0.4941	False
S01	S03	-1.4862	-2.6279	-0.3446	True
S01	S04	-1.6662	-2.8079	-0.5246	True
S01	S05	-1.4175	-2.5591	-0.2759	True
S01	S06	-1.7288	-2.8704	-0.5871	True
S01	S07	-1.0775	-2.2191	0.0641	False
S01	S08	-1.4363	-2.5779	-0.2946	True
S01	S09	-1.1038	-2.2454	0.0379	False
S01	YA	-1.3950	-2.5366	-0.2534	True
S01	Z3	-1.1288	-2.2704	0.0129	False
S02	S03	-0.8387	-1.9804	0.3029	False
S02	S04	-1.0187	-2.1604	0.1229	False
S02	S05	-0.7700	-1.9116	0.3716	False
S02	S06	-1.0812	-2.2229	0.0604	False
S02	S07	-0.4300	-1.5716	0.7116	False
S02	S08	-0.7888	-1.9304	0.3529	False
S02	S09	-0.4562	-1.5979	0.6854	False
S02	YA	-0.7475	-1.8891	0.3941	False
S02	Z3	-0.4813	-1.6229	0.6604	False
S03	S04	-0.1800	-1.3216	0.9616	False
S03	S05	0.0687	-1.0729	1.2104	False
S03	S06	-0.2425	-1.3841	0.8991	False

S03	S07	0.4087	-0.7329	1.5504	False
S03	S08	0.0500	-1.0916	1.1916	False
S03	S09	0.3825	-0.7591	1.5241	False
S03	YA	0.0912	-1.0504	1.2329	False
S03	Z3	0.3575	-0.7841	1.4991	False
S04	S05	0.2487	-0.8929	1.3904	False
S04	S06	-0.0625	-1.2041	1.0791	False
S04	S07	0.5887	-0.5529	1.7304	False
S04	S08	0.2300	-0.9116	1.3716	False
S04	S09	0.5625	-0.5791	1.7041	False
S04	YA	0.2712	-0.8704	1.4129	False
S04	Z3	0.5375	-0.6041	1.6791	False
S05	S06	-0.3113	-1.4529	0.8304	False
S05	S07	0.3400	-0.8016	1.4816	False
S05	S08	-0.0188	-1.1604	1.1229	False
S05	S09	0.3137	-0.8279	1.4554	False
S05	YA	0.0225	-1.1191	1.1641	False
S05	Z3	0.2887	-0.8529	1.4304	False
S06	S07	0.6512	-0.4904	1.7929	False
S06	S08	0.2925	-0.8491	1.4341	False
S06	S09	0.6250	-0.5166	1.7666	False
S06	YA	0.3338	-0.8079	1.4754	False
S06	Z3	0.6000	-0.5416	1.7416	False
S07	S08	-0.3588	-1.5004	0.7829	False
S07	S09	-0.0262	-1.1679	1.1154	False
S07	YA	-0.3175	-1.4591	0.8241	False
S07	Z3	-0.0513	-1.1929	1.0904	False
S08	S09	0.3325	-0.8091	1.4741	False
S08	YA	0.0413	-1.1004	1.1829	False
S08	Z3	0.3075	-0.8341	1.4491	False
S09	YA	-0.2912	-1.4329	0.8504	False
S09	Z3	-0.0250	-1.1666	1.1166	False
YA	Z3	0.2662	-0.8754	1.4079	False

A.13.3. Tukey-comparació múltiple. Gener 2017

		sum_sq	df	F	PR(>F)
C(treatments)		19.199952	10.0	3.084978	0.002388
Residual		47.922425	77.0	NaN	NaN
Multiple Comparison of Means - Tukey HSD, FWER=0.05					
=====					
group1	group2	meandiff	lower	upper	reject

CD	DP	0.9737	-0.3347	2.2822	False
CD	Martinet	0.1538	-1.1547	1.4622	False
CD	S01	1.3975	0.0890	2.7060	True
CD	S02	1.0650	-0.2435	2.3735	False
CD	S04	-0.0138	-1.3222	1.2947	False

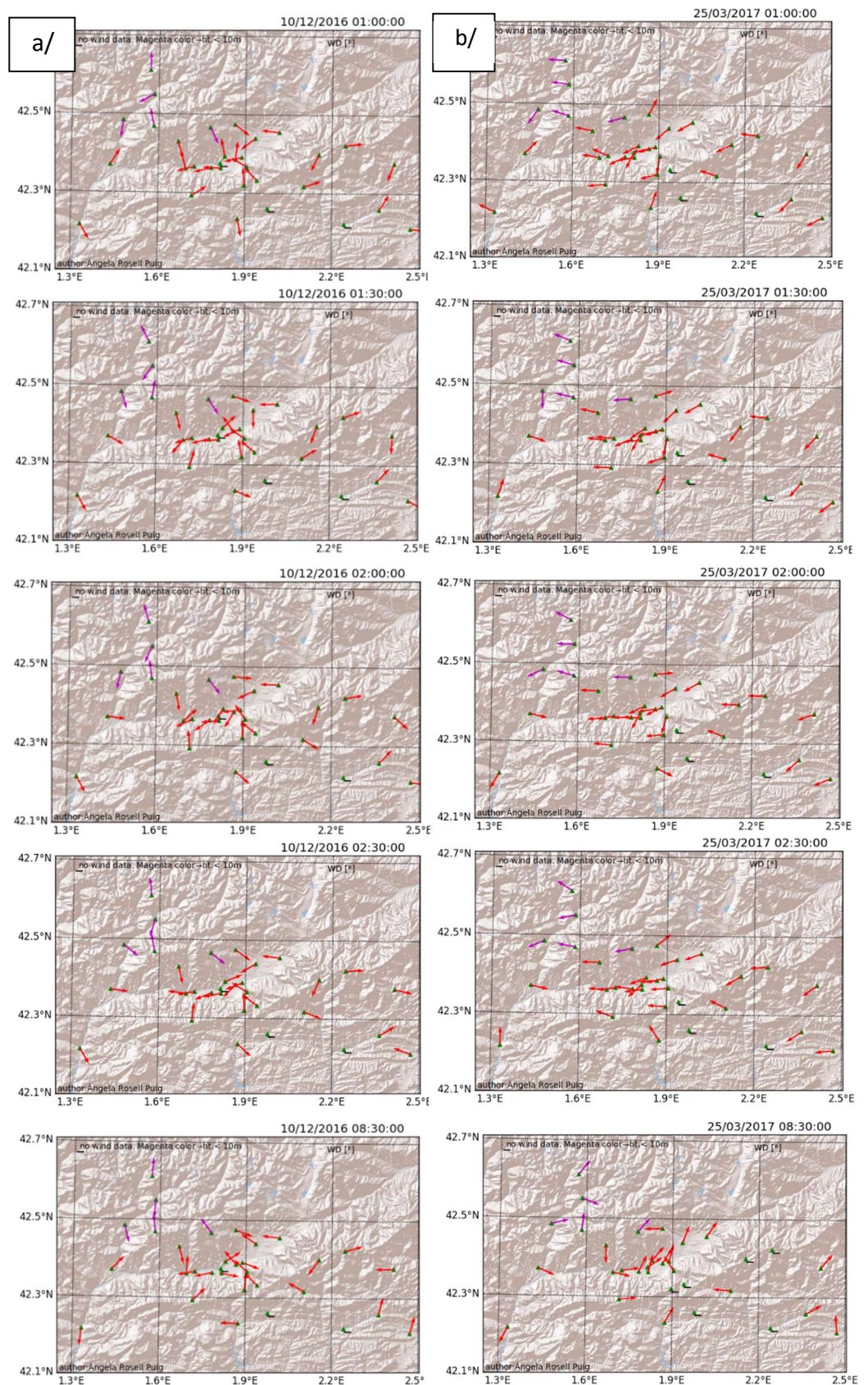
CD	S05	0.4538	-0.8547	1.7622	False
CD	S06	-0.0250	-1.3335	1.2835	False
CD	S08	0.1875	-1.1210	1.4960	False
CD	S09	0.6838	-0.6247	1.9922	False
CD	YA	0.3862	-0.9222	1.6947	False
DP	Martinet	-0.8200	-2.1285	0.4885	False
DP	S01	0.4238	-0.8847	1.7322	False
DP	S02	0.0913	-1.2172	1.3997	False
DP	S04	-0.9875	-2.2960	0.3210	False
DP	S05	-0.5200	-1.8285	0.7885	False
DP	S06	-0.9987	-2.3072	0.3097	False
DP	S08	-0.7862	-2.0947	0.5222	False
DP	S09	-0.2900	-1.5985	1.0185	False
DP	YA	-0.5875	-1.8960	0.7210	False
Martinet	S01	1.2438	-0.0647	2.5522	False
Martinet	S02	0.9113	-0.3972	2.2197	False
Martinet	S04	-0.1675	-1.4760	1.1410	False
Martinet	S05	0.3000	-1.0085	1.6085	False
Martinet	S06	-0.1787	-1.4872	1.1297	False
Martinet	S08	0.0337	-1.2747	1.3422	False
Martinet	S09	0.5300	-0.7785	1.8385	False
Martinet	YA	0.2325	-1.0760	1.5410	False
S01	S02	-0.3325	-1.6410	0.9760	False
S01	S04	-1.4113	-2.7197	-0.1028	True
S01	S05	-0.9438	-2.2522	0.3647	False
S01	S06	-1.4225	-2.7310	-0.1140	True
S01	S08	-1.2100	-2.5185	0.0985	False
S01	S09	-0.7138	-2.0222	0.5947	False
S01	YA	-1.0113	-2.3197	0.2972	False
S02	S04	-1.0788	-2.3872	0.2297	False
S02	S05	-0.6113	-1.9197	0.6972	False
S02	S06	-1.0900	-2.3985	0.2185	False
S02	S08	-0.8775	-2.1860	0.4310	False
S02	S09	-0.3813	-1.6897	0.9272	False
S02	YA	-0.6788	-1.9872	0.6297	False
S04	S05	0.4675	-0.8410	1.7760	False
S04	S06	-0.0112	-1.3197	1.2972	False
S04	S08	0.2013	-1.1072	1.5097	False
S04	S09	0.6975	-0.6110	2.0060	False
S04	YA	0.4000	-0.9085	1.7085	False
S05	S06	-0.4788	-1.7872	0.8297	False
S05	S08	-0.2663	-1.5747	1.0422	False
S05	S09	0.2300	-1.0785	1.5385	False
S05	YA	-0.0675	-1.3760	1.2410	False
S06	S08	0.2125	-1.0960	1.5210	False
S06	S09	0.7088	-0.5997	2.0172	False
S06	YA	0.4112	-0.8972	1.7197	False
S08	S09	0.4963	-0.8122	1.8047	False
S08	YA	0.1987	-1.1097	1.5072	False
S09	YA	-0.2975	-1.6060	1.0110	False

A.14. Episodi corresponent al 24 i 25 de març de 2017 (complement)

Figura 14.1.

Comparació de la direcció del vent.

Dies a/ 10 de desembre de 2016 i b/ 25 de març de 2017. A les 01:00, 01:30, 02:00, 02:30 i 08:30 UTC.



A la Figura 8.4, els mapes inferiors corresponen al 10 de desembre de 2016 a les 00:00:00 i 12:00:00 UTC, durant aquest període de temps la situació sinòptica no va canviar i era notòriament anticiclònica i de calma, per tant, dominaven els fluxos propis de la vall.

El dia 25 de març durant el període de 01:00:00 a 02:30:00 UTC dominaren els vents sinòptics. En ser de nit no es pot parlar de la influència del recorregut del Sol. El dia 24, va predominar la nuvolositat tot el dia, i referent a les 08:30:00 la baixa atlàntica persistia sobre la península (Figura 8.27).

Informes

I.1. Informe dades històriques de vent del SMC

Informe vent BELLESTAR-CD 2006-2015, dades cada mitja hora.

- Gener

calmes: 5628
no dades: 168
no calmes: 9084
calmes (%): 38.25

- Febrer

calmes: 3918
no dades: 131
no calmes: 9487
calmes (%): 29.23

- Marc

calmes: 3636
no dades: 51
no calmes: 11193
calmes (%): 24.52

- Abril

calmes: 3319
no dades: 10
no calmes: 11070
calmes (%): 23.07

- Maig

calmes: 3133
no dades: 0
no calmes: 11745
calmes (%): 21.06

- Juny

calmes: 3042
no dades: 7
no calmes: 11346
calmes (%): 21.14

- Juliol

calmes: 3071
no dades: 23
no calmes: 11786
calmes (%): 20.67

- Agost

calmes: 3253
no dades: 4
no calmes: 11623
calmes (%): 21.87

- Setembre

calmes: 3810
no dades: 4
no calmes: 10581
calmes (%): 26.47

- Octubre

calmes: 4687
no dades: 110
no calmes: 10083
calmes (%): 31.73

- Novembre

calmes: 5059
no dades: 7
no calmes: 9334
calmes (%): 35.15

- Desembre

calmes: 5963
no dades: 200
no calmes: 8717
calmes (%): 40.62

Informe vent ORGANYA-CJ 2006-2015, dades cada mitja hora.

- Gener

calmes: 2527
no dades: 81
no calmes: 12224
calmes (%): 17.13

- Febrer

calmes: 1890
no dades: 10
no calmes: 11636
calmes (%): 13.97

- Marc

calmes: 1952
no dades: 10
no calmes: 12918
calmes (%): 13.12

- Abril

calmes: 1857
no dades: 6
no calmes: 12537
calmes (%): 12.90

- Maig

calmes: 1597
no dades: 0

no calmes: 13283
calmes (%): 10.73

- Juny

calmes: 1300
no dades: 7
no calmes: 13093
calmes (%): 9.03

- Juliol

calmes: 1014
no dades: 44
no calmes: 13822
calmes (%): 6.83

- Agost

calmes: 1104
no dades: 1
no calmes: 13775
calmes (%): 7.42

- Setembre

calmes: 1569
no dades: 5
no calmes: 12826
calmes (%): 10.90

- Octubre

calmes: 2082
no dades: 0
no calmes: 12798
calmes (%): 13.99

- Novembre

calmes: 2318
no dades: 1
no calmes: 12079
calmes (%): 16.10

- Desembre

calmes: 2450
no dades: 25
no calmes: 12405
calmes (%): 16.49

Informe vent DAS-DP 2006-2015, dades cada mitja hora.

- Gener

calmes: 3762
no dades: 131
no calmes: 10980
calmes (%): 25.52

- Febrer

calmes: 2605
no dades: 21
no calmes: 10910
calmes (%): 19.27

- Marc

calmes: 2224
no dades: 36
no calmes: 12380
calmes (%): 15.23

- Abril

calmes: 1876
no dades: 119
no calmes: 12357
calmes (%): 13.18

- Maig

calmes: 1864
no dades: 2
no calmes: 13014
calmes (%): 12.53

- Juny

calmes: 1933
no dades: 6
no calmes: 12461
calmes (%): 13.43

- Juliol

calmes: 2105
no dades: 78
no calmes: 12343
calmes (%): 14.57

- Agost

calmes: 2369
no dades: 0
no calmes: 12511
calmes (%): 15.92

- Setembre

calmes: 2411
no dades: 2
no calmes: 11987
calmes (%): 16.75

- Octubre

calmes: 2884
no dades: 3
no calmes: 11988
calmes (%): 19.39

- Novembre

calmes: 2971
no dades: 2
no calmes: 11427
calmes (%): 20.63

- Desembre

calmes: 3730
no dades: 9
no calmes: 11135
calmes (%): 25.09

Informe vent NÚRIA-DG 2006-2015, dades cada mitja hora.

- Gener

calmes: 2118
no dades: 141
no calmes: 12621
calmes (%): 14.37

- Febrer

calmes: 1597
no dades: 85
no calmes: 11854
calmes (%): 11.87

- Marc

calmes: 1808
no dades: 288
no calmes: 12784
calmes (%): 12.39

- Abril

calmes: 1951
no dades: 890
no calmes: 11540
calmes (%): 14.46

- Maig

calmes: 2009
no dades: 72
no calmes: 12799
calmes (%): 13.57

- Juny

calmes: 1975
no dades: 54
no calmes: 12371
calmes (%): 13.77

- Juliol

calmes: 2176
no dades: 92
no calmes: 12358
calmes (%): 14.97

- Agost

calmes: 2085
no dades: 2
no calmes: 12793
calmes (%): 14.01

- Setembre

calmes: 2123
no dades: 27
no calmes: 12250
calmes (%): 14.77

- Octubre

calmes: 2211
no dades: 14
no calmes: 12643
calmes (%): 14.88

- Novembre

calmes: 1965
no dades: 48
no calmes: 12387
calmes (%): 13.69

- Desembre

calmes: 1878
no dades: 188
no calmes: 12807
calmes (%): 12.79

Informe vent ULLDETER-ZC 28/09/2011 10:30:00 -2015, dades cada mitja hora.

- Gener

calmes: 113
no dades: 3
no calmes: 5836
calmes (%): 1.80

- Febrer

calmes: 129
no dades: 1
no calmes: 5294
calmes (%): 2.38

- Marc

calmes: 159

no dades: 112
no calmes: 5681
calmes (%): 2.72

- Abril

calmes: 194
no dades: 8
no calmes: 5558
calmes (%): 3.37

- Maig

calmes: 157
no dades: 40
no calmes: 5755
calmes (%): 2.66

- Juny

calmes: 132
no dades: 22
no calmes: 5606
calmes (%): 2.30

- Juliol

calmes: 146
no dades: 290
no calmes: 5516
calmes (%): 2.58

- Agost

calmes: 155
no dades: 0
no calmes: 5797
calmes (%): 2.60

- Setembre

calmes: 199
no dades: 0
no calmes: 5684
calmes (%): 3.38

- Octubre

calmes: 232
no dades: 242
no calmes: 6966
calmes (%): 3.22

- Novembre

calmes: 131
no dades: 1469
no calmes: 5600
calmes (%): 2.29

- Desembre

calmes: 176
no dades: 396
no calmes: 6868
calmes (%): 2.50

Informe vent Malniu-Z3, del dia 01/01/2006 fins al 11/06/2008, dades cada hora.
Des del dia 11/01/2008 fins al 2015 inclòs dades cada mitja hora. Dades preses a 6m.

- Gener

calmes: 2142
no dades: 2338
no calmes: 8168
calmes (%): 20.78

- Febrer

calmes: 1505
no dades: 2076
no calmes: 7915
calmes (%): 15.98

- Marc

calmes: 1701
no dades: 2446
no calmes: 8501
calmes (%): 16.67

- Abril

calmes: 1792
no dades: 2439
no calmes: 8009
calmes (%): 18.28

- Maig

calmes: 1600
no dades: 2402
no calmes: 8642
calmes (%): 15.62

- Juny

calmes: 1891
no dades: 1725
no calmes: 9104
calmes (%): 17.20

- Juliol

calmes: 1925
no dades: 1488
no calmes: 9979
calmes (%): 16.17

- Agost

calmes: 2084
no dades: 1488
no calmes: 9820
calmes (%): 17.51

- Setembre

calmes: 2696
no dades: 1441
no calmes: 8823
calmes (%): 23.40

- Octubre

calmes: 2559
no dades: 1530
no calmes: 9303
calmes (%): 21.57

- Novembre

calmes: 2345
no dades: 1676
no calmes: 8939
calmes (%): 20.78

- Desembre

calmes: 2294
no dades: 1648
no calmes: 9450
calmes (%): 19.53

Informe vent Ulldeter-Z4 (desmantellada). Des del dia 01/01/2006 fins al 26/06/2008, dades horàries. Des del dia 26/06/2008 fins al 2015 inclòs dades cada mitja hora. **DADES PRESES A 6m.**

- **Gener**

calmes: 181
no dades: 2292
no calmes: 4223
calmes (%): 4.11

- Febrer

calmes: 94
no dades: 2113
no calmes: 3865
calmes (%): 2.37

- Marc

calmes: 177
no dades: 2954
no calmes: 3565
calmes (%): 4.73

- Abril

calmes: 199
no dades: 2232
no calmes: 4049
calmes (%): 4.68

- Maig

calmes: 136
no dades: 2277
no calmes: 4283
calmes (%): 3.08

- Juny

calmes: 163
no dades: 2065
no calmes: 4372
calmes (%): 3.59

- Juliol

calmes: 175
no dades: 1491
no calmes: 5774
calmes (%): 2.94

- Agost

calmes: 189
no dades: 1485
no calmes: 5763
calmes (%): 3.18

- Setembre

calmes: 280
no dades: 1440
no calmes: 4976
calmes (%): 5.33

- Octubre

calmes: 172
no dades: 1500
no calmes: 4280
calmes (%): 3.86

- Novembre

calmes: 129
no dades: 1437
no calmes: 4191
calmes (%): 2.99

- Desembre

calmes: 131
no dades: 1540
no calmes: 4281
calmes (%): 2.97

Informe vent PRAT d'AGUILÓ-Z9 16/06/2009-2015, dades cada mitja hora.

- Gener.

calmes: 345
no dades: 582
no calmes: 8001
calmes (%): 4.13

- Febrer

calmes: 273
no dades: 37
no calmes: 7802
calmes (%): 3.38

- Marc

calmes: 311
no dades: 400
no calmes: 8217
calmes (%): 3.65

- Abril

calmes: 419
no dades: 33
no calmes: 8188
calmes (%): 4.87

- Maig

calmes: 318
no dades: 118
no calmes: 8492
calmes (%): 3.61

- Juny

calmes: 281
no dades: 36
no calmes: 9043
calmes (%): 3.01

- Juliol

calmes: 236
no dades: 0
no calmes: 10180
calmes (%): 2.27

- Agost

calmes: 242
no dades: 0
no calmes: 10174
calmes (%): 2.32

- Setembre

calmes: 448
no dades: 0
no calmes: 9632
calmes (%): 4.44

- Octubre

calmes: 553
no dades: 32
no calmes: 9831
calmes (%): 5.33

- Novembre

calmes: 395
no dades: 320
no calmes: 9365
calmes (%): 4.05

- Desembre

calmes: 307
no dades: 556
no calmes: 9553
calmes (%): 3.11

I.2. Informe dades de precipitació del SMC

- Les Lloses-CB, desmantellada.

PPT acumulada durant el període 2000 - 01/06/2003: 2345.80 mm
mitjana anual: 686.58 mm
altitud(m) Lloses-CB: 700

- Bellestar-CD, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 8758.70 mm
mitjana anual: 547.42 mm
altitud(m) Bellestar-CD: 849

- Molló-Fabert-CG, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 17224.00 mm
mitjana anual: 1076.50 mm
altitud(m) Molló-Fabert-CG: 1405

- Sant Pau de Segúries-CI, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 16125.60 mm
mitjana anual: 1007.85 mm
altitud(m) Sant Pau de Segúries-CI: 852

- Organyà-CJ, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 9823.30 mm
mitjana anual: 613.97 mm
altitud(m) Organyà-CJ: 566

- Guardiola de Berguedà-Escola-CN, desmantellada.

PPT acumulada durant el període 2000 - 20/03/2005: 3499.00 mm
mitjana anual: 666.48 mm
altitud(m) Guardiola de Berguedà-Escola-CN: 720

- La Quar-CR, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 11195.80 mm
mitjana anual: 699.74 mm
altitud(m) La Quar-CR: 873

- Núria-DG, operativa.

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 16293.00 mm
mitjana anual: 1018.31 mm
altitud(m) Núria-DG: 1971

- Das-DP, operativa.

PPT acumulada durant el període 23/05/2001-2015: 7799.90 mm
mitjana anual: 541.03 mm
altitud(m) DAS-DP: 1097

- **Clot del Moro-MS, operativa.**

PPT acumulada durant el període 27/01/2010-2015: 1870.20 mm
mitjana anual: 316.09 mm
altitud(m) Clot del Moro-MS: 938

- **Sant Joan de les Abadesses-M6, operativa.**

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 11763.30 mm
mitjana anual: 735.21 mm
altitud(m) Sant Joan de les Abadesses-M6: 730

- **Cabanes-UI, operativa. (No la considerem a l'hora de fer diagrames)**

PPT acumulada durant el període 2000-2015: 14528.70 mm
mitjana anual: 908.04 mm
altitud(m) Cabanes-UI: 31

- **Santuari de Queralt-WM, operativa.**

PPT acumulada durant el període 24/01/2002-2015: 10549.60 mm
mitjana anual: 662.80 mm
altitud(m) Santuari de Queralt-WM: 1167

- **Guardiola de Berguedà-WV, operativa.**

PPT acumulada durant el període 29/11/2005-2015: 7406.70 mm
mitjana anual: 734.55 mm
altitud(m) Guardiola de Berguedà-WV: 788

- **Oliana-W5, operativa.**

PPT acumulada durant el període 23/06/2000-2015: 8790.70 mm
mitjana anual: 367.56 mm
altitud(m) Oliana-W5: 490

- **Alinyà-Y4, operativa.**

PPT acumulada durant el període 01/07/2014-2015: 1367.50 mm
mitjana anual: 863.68 mm
altitud(m) Alinyà-Y4: 1162

- **Ulldeter-ZC, operativa.**

PPT acumulada durant el període 28/09/2011-2015: 5818.60 mm
mitjana anual: 1369.08 mm
altitud(m) Ulldeter-ZC: 2410

- **Malniu-Z3, operativa.**

PPT acumulada durant el període 26/10/2002-2015: 13372.30 mm
mitjana anual: 1015.62 mm
altitud(m) Malniu-Z3: 2230

- Ulldeter-Z4, desmantellada.

PPT acumulada durant el període 31/10/2001-19/09/2011: 13167.70 mm
mitjana anual: 1330.07 mm
altitud(m) Ulldeter-Z4: 2364

- Prat d'Aguiló-Z9, operativa.

PPT acumulada durant el període 31/10/2001-19/09/2011: 11558.80 mm
mitjana anual: 1167.56 mm
altitud(m) Prat d'Aguiló-Z9: 2143

I.3. Informe dades de vent Météo-France

Referent a les dades:

WD01_10M00, WS01_10M00, direcció i velocitat del vent cada minut.

WD01MAX_10M00, WS01MAX_10M00.

WD10_10M00, WS10_10M00, mitjana de la direcció i velocitat del vent dels deu minuts anteriors.

- Mes de Desembre-2016.

TENIM:

Dia 1.- Estacions 1,2,4 completes. A l'estació 3 no hi han dades des de 60s fins 56880s, després tan sols hi ha la direcció màxima. A les estacions 5,6,7,8 hi falten els valors màxims. Estació 9 no hi han dades des de 60s fins 42420s, després tan sols hi ha la direcció màxima.

Dia 2.- Estacions 1,2,4 completes. A l'estació 3 tan sols hi ha la direcció màxima. A les estacions 5,6,7,8,9 hi falten els valors màxims.

Igual per els dies 3, 4.

Dia 5.- Estacions 1,2,4,5,6,7,8 i 9 completes. A l'estació 3 tan sols hi ha la direcció màxima.

Dia 6.- Estacions 1,2,4 completes. A l'estació 3 tan sols hi ha la direcció màxima. A les estacions 5,6,7,8,9 hi falten els valors màxims.

Igual per els dies 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

En el **dia 13**, a l'estació 3 hi ha la direcció màxima de 60s fins a 39840s, després esta complet.

Dia 14.- Estacions 1,2,3 i 4 completes. A les estacions 5,6,7,8,9 hi falten els valors màxims.

Dia 15.- Estacions 1,2,3,4,5,6,7,8, i 9 completes.

Dia 16.- Estacions 1,2,3 i 4 completes. A les estacions 5,6,7,8,9 hi falten els valors màxims.

Igual per els dies 17,18, 19, 20, 21 22, 23, i 24.

Dia 25.- Estacions 1,2,3,4,5,6,7,8, i 9 completes.

Dia 26.- Estacions 1,2,3 i 4 completes. A les estacions 5,6,7,8,9 hi falten els valors màxims.

Igual per els dies 27, 28, 29, 30, 31.

- Mes de Gener-2017.

Dia 1.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 2.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 3.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 4.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 5.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 6.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 7.- Estacions 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, i 9 completes. Estació 5 hi falten els valors màxims.

Dia 8.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 9.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 10.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 11.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 12.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 13.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 14.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 15.- Estacions 1, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 2 completa de 60s fins a 83340s daesprés tan sols hi ha velocitat màxima totes elles igual a 0.0 m/s. Estació 7 completa de 60s a 23700s, després hi han les tres velocitats, però no les direccions.

Dia 16.- Estacions 1, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 2 de 60s fins a 43740s tan sols hi ha velocitat màxima totes elles igual a 0.0 m/s, després tot complet. Estació 7 hi ha les tres velocitats, però no les direccions.

Dia 17.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 8, i 9 completes. Estació 6 hi falten totes les dades. Estació 7 hi han les tres velocitats, però no les direccions.

Dia 18.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 8, i 9 completes. Estació 6 no hi han dades des de els 60s fins els 22620s, després complet . Estació 7 hi han les tres velocitats però no les direccions.

Dia 19.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 hi han les tres velocitats, però no les direccions.

Dia 20.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 hi han les tres velocitats però no les direccions.

Dia 21.- Estació 1 hi han dades des de 60s fins a 83100s després no hi han dades fins a 86400 que n'hi tenim. Estacions 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 hi han les tres velocitats però no les direccions.

Dia 22 i 23.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 hi han les tres velocitats però no les direccions.

Dia 24.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 de 60s a 60420s hi han les tres velocitats però no les direccions, després no hi ha dades.

Dia 25, 26 i 27.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 no hi han dades.

Dia 28.- Estacions 1, 2, 3, 4, 6, 8, i 9 completes. Estació 5 completa de 60s fins a 43320s, després no hi ha dades. Estació 7 no hi han dades.

Dia 29 i 30.- Estacions 1, 2, 3, 4, 6, 8, i 9 completes. Estació 5 no hi han dades. Estació 7 no hi han dades.

Dia 31.- Estacions 1, 2, 3, 4, 6, 8, i 9 completes. Estació 5 no hi han dades des de 60s fins a 45780s, després complet. Estació 7 no hi han dades.

- Mes de Febrer-2017.

Dia del 1 al 23.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, i 9 completes. Estació 7 no hi han dades.

Dia 24, 25, 26, 27 i 28.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9 completes.

- Mes de Marc-2017.

Mes de Marc complet a totes les estacions.

- Mes de Abril-2017.

Dia del 1 al 3.- Estacions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, i 9 completes.

Dia 4.- Estacions 1, 2, 3, 4, 6, 8, i 9 completes. Estació 5 dades des de 60s fins a 53400s, després no hi ha dades. Estació 7 dades des de 60s fins a 23400s, després no hi ha dades.

Dia 5.- Estacions 1, 2, 3, 6, 8, i 9 completes. Estació 4 dades des de 60s fins a 20580s, després no hi ha dades. Estació 5 i 7 no hi ha dades.

Dia del 6 al 30.- Estacions 1, 2, 6, 8, i 9 completes. Estacions 3, 4, 5, 7 no hi ha dades.

Taula de percentatge de dades WD01_10M00, WS01_10M00.

AWS	Desembre	Gener	Febrer	Marc	Abril
S01	96.8%	99.9%	100%	100%	100%
S02	100%	95.3%	100%	100%	100%
S03	59.8%	100%	100%	100%	16.7%
S04	100%	100%	100%	100%	14.1%
S05	100%	90.2%	100%	100%	12.1%
S06	100%	94.4%	100%	100%	100%
S07	100%	46.0%	17.9%	100%	10.9%
S08	100%	100%	100%	100%	100%
S09	100%	100%	100%	100%	100%

I.4. Vent- Campanya SMC (01/12/2016- 30/04/2017)- Estacions amb anemòmetre a 10 [m-AGL], i dades semihoràries

- CD-Seu d'Urgell. Lat. = 42.37083, Long. = 1.43277, Altitud (m) = 849.

DESEMBRE

calmes: 885
no dades: 0
no calmes: 603
calmes (%): 59.48

GENER

calmes: 598
no dades: 9
no calmes: 881
calmes (%): 40.43

FEBRER

calmes: 468
no dades: 2
no calmes: 874
calmes (%): 34.87

MARC

calmes: 479
no dades: 0
no calmes: 1009
calmes (%): 32.19

ABRIL

calmes: 380
no dades: 5
no calmes: 1055
calmes (%): 26.48

- CG-Molló-Fabert. Lat. = 42.37717, Long. = 2.41456, Altitud (m) = 1405.

DESEMBRE

calmes: 167
no dades: 0
no calmes: 1321
calmes (%): 11.22

GENER

calmes: 125
no dades: 0
no calmes: 1363
calmes (%): 8.40

FEDRER

calmes: 128
no dades: 0
no calmes: 1216
calmes (%): 9.52

MARC

calmes: 114
no dades: 0
no calmes: 1374
calmes (%): 7.66

ABRIL

calmes: 83
no dades: 16
no calmes: 1341
calmes (%): 5.83

- CI-Sant Pau de Seguries. Lat. = 42.25839, Long. 2.36429, Altitud (m) = 852.

DESEMBRE

calmes: 591
no dades: 0
no calmes: 897
calmes (%): 39.72

GENER

calmes: 455
no dades: 0
no calmes: 1033
calmes (%): 30.58

FEBRER

calmes: 341
no dades: 6
no calmes: 997
calmes (%): 25.49

MARC

calmes: 496
no dades: 0
no calmes: 992
calmes (%): 33.33

ABRIL

calmes: 464
no dades: 0
no calmes: 976
calmes (%): 32.22

- CJ-Organyà. Lat. = 42.21624, Long. = 1.33132, Altitud (m) = 566.

DESEMBRE

calmes: 119
no dades: 0
no calmes: 1369
calmes (%): 8.00

GENER

calmes: 213
no dades: 4
no calmes: 1271
calmes (%): 14.35

FEBRER

calmes: 197
no dades: 0
no calmes: 1147
calmes (%): 14.66

MARC

calmes: 159
no dades: 2
no calmes: 1327
calmes (%): 10.70

ABRIL

calmes: 138
no dades: 0
no calmes: 1302
calmes (%): 9.58

- DG-Núria. Lat. = 42.39848, Long. = 2.15517, Altitud (m) = 1971.

DESEMBRE

calmes: 334
no dades: 4
no calmes: 1150
calmes (%): 22.51

GENER

calmes: 138
no dades: 5
no calmes: 1345
calmes (%): 9.31

FEBRER

calmes: 125
no dades: 28
no calmes: 1191
calmes (%): 9.50

MARC

calmes: 185
no dades: 46
no calmes: 1257
calmes (%): 12.83

ABRIL

calmes: 141
no dades: 17
no calmes: 1282
calmes (%): 9.91

- DP-Das. Lat. = 42.38605, Long. = 1.86640, Altitud (m) = 1097.

DESEMBRE

calmes: 612
no dades: 0
no calmes: 876
calmes (%): 41.13

GENER

calmes: 294
no dades: 9
no calmes: 1185
calmes (%): 19.88

FEBRER

calmes: 303
no dades: 0
no calmes: 1041
calmes (%): 22.55

MARC

calmes: 283
no dades: 0
no calmes: 1205
calmes (%): 19.02

ABRIL

calmes: 270
no dades: 0
no calmes: 1170
calmes (%): 18.75

- WV-Guardiola de Berguedà. Lat. = 42.23414, Long. = 1.87485, Altitud (m) = 788.

DESEMBRE

calmes: 1178
 no dades: 0
 no calmes: 310
 calmes (%): 79.17

GENER

calmes: 722
 no dades: 101
 no calmes: 665
 calmes (%): 52.06

FEBRER

calmes: 655
 no dades: 0
 no calmes: 689
 calmes (%): 48.74

MARC

calmes: 647
 no dades: 1
 no calmes: 840
 calmes (%): 43.51

ABRIL

calmes: 484
 no dades: 0
 no calmes: 956
 calmes (%): 33.61

- YA-Puigcerdà. Lat. = 42.44013, Long. = 1.93482, Altitud (m) = 1213.

DESEMBRE

calmes: 505
 no dades: 21
 no calmes: 962
 calmes (%): 34.42

GENER

calmes: 311
 no dades: 10
 no calmes: 1167
 calmes (%): 21.04

FEBRER

calmes: 276
 no dades: 0
 no calmes: 1068
 calmes (%): 20.54

MARC

calmes: 289
no dades: 16
no calmes: 1183
calmes (%): 19.63

ABRIL

calmes: 206
no dades: 0
no calmes: 1234
calmes (%): 14.31

- Z9-Prat d'Aguiló. Lat. = 42.29265, Long = 1.71498, Altitud (m) = 2143.

DESEMBRE

calmes: 129
no dades: 0
no calmes: 1359
calmes (%): 8.67

GENER

calmes: 44
no dades: 0
no calmes: 1444
calmes (%): 2.96

FEBRER

calmes: 67
no dades: 84
no calmes: 1193
calmes (%): 5.32

MARC

calmes: 69
no dades: 0
no calmes: 1419
calmes (%): 4.64

ABRIL

calmes: 70
no dades: 0
no calmes: 1370
calmes (%): 4.86

- ZC-Ulldeter. Lat. = 42.42117, Long. = 2.24565, Altitud (m) = 2410.

DESEMBRE

calmes: 39
no dades: 34
no calmes: 1415
calmes (%): 2.68

GENER

calmes: 31
no dades: 42
no calmes: 1415
calmes (%): 2.14

FEBRER

calmes: 18
no dades: 19
no calmes: 1307
calmes (%): 1.36

MARC

calmes: 46
no dades: 25
no calmes: 1417
calmes (%): 3.14

ABRIL

calmes: 70
no dades: 0
no calmes: 1370
calmes (%): 4.86

- ZD-La Tosa d'Alp. Lat. = 42.32027, Long. = 1.89598, Altitud (m) = 2478.

DESEMBRE

calmes: 45
no dades: 52
no calmes: 1391
calmes (%): 3.13

GENER

calmes: 3
no dades: 60
no calmes: 1425
calmes (%): 0.21

FEBRER

calmes: 9
no dades: 174
no calmes: 1161
calmes (%): 0.77

MARC

calmes: 12
no dades: 158
no calmes: 1318
calmes (%): 0.90

ABRIL

calmes: 46
no dades: 26
no calmes: 1368
calmes (%): 3.25

I.5. Informe: Estacions de la campanya portada a terme per AEMET, properes o situades a la vall del Segre, (la Cerdanya). **Posteriorment es va disposar de dades cada 10 min.**

- CAP DE REC

Dades horàries: des de 01/01/2017 fins al 26/04/2017

Altitud: 1940m

Lon. 1° 24' 1.48''

Lat. 42° 15' 17.64''

GENER.-

Calmes: 50

No dades: 0

No calmes: 694

Calmes (%): 6.72

vent variable: 0

FEBRER.-

Calmes: 35

No dades: 48 (Falten els dies 13 i 14)

No calmes: 589

Calmes (%): 5.60

vent variable: 0

MARC.-

Calmes: 51

No dades: 0

No calmes: 693

Calmes (%): 6.85

vent variable: 0

ABRIL.-

Calmes: 32

No dades: 0

No calmes: 592

Calmes (%): 5.13

vent variable: 0

- JOSA-TUIXEN

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017

Altitud: 1206 m

Long. 1° 34' 06''

Lat. 42° 13' 58''

DESEMBRE.-

calmes: 467

no dades: 0

no calmes: 277

calmes (%): 62.77

vent variable: 0

GENER.-

calmes: 234

no dades: 0

no calmes: 510

calmes (%): 31.45

vent variable: 0

FEBRER. -

calmes: 225
no dades: 0
no calmes: 447
calmes (%): 33.48
vent variable: 0

MARC. -

calmes: 246
no dades: 0
no calmes: 498
calmes (%): 33.06
vent variable: 0

ABRIL. -

calmes: 187
no dades: 0
no calmes: 437
calmes (%): 29.97
vent variable: 0

- LA MOLINA

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017
Altitud: 1703m
Lon. 1° 33' 43.96"
Lat. 42° 11' 44.52"

DESEMBRE. -

Calmes: 0
No dades: 0
No calmes: 744
Calmes (%): 0.0
vent variable: 0

GENER. -

Calmes: 2
No dades: 0
No calmes: 742
Calmes (%): 0.27
vent variable: 0

FEBRER. -

Calmes: 5
No dades: 0
No calmes: 667
Calmes (%): 0.74
vent variable: 0

MARC. -

Calmes: 1
No dades: 192
(Falten els dies: 4, 23,24, 25, 26, 27,28 i 29)
No calmes: 551
Calmes (%): 0.18
vent variable: 0

ABRIL. -

Calmes: 0
No dades: 0
No calmes: 624
Calmes (%): 0.0
vent variable: 0

• MARTINET

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017

Altitud: 1038m

Lon.1° 24' 49''

Lat. 42° 12' 51.84''

DESEMBRE.-

Calmes: 195
No dades: 0
No calmes: 549
Calmes (%): 26.20967741935484
vent variable: 0

GENER.-

Calmes: 86
No dades: 0
No calmes: 658
Calmes (%): 11.56
vent variable: 0

FEBRER. -

Calmes: 76
No dades: 0
No calmes: 596
Calmes (%): 11.31
vent variable: 0

MARC. -

Calmes: 97
No dades: 0
No calmes: 647
Calmes (%): 13.04
vent variable: 0

ABRIL. -

Calmes: 87
No dades: 0
No calmes: 537
Calmes (%): 13.94
vent variable: 0

• PLANOLES

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017

Altitud: 1136 m

Long. 2° 06' 14''

Lat. 42° 18' 14''

DESEMBRE

calmes: 133
no dades: 0
no calmes: 611
calmes (%): 17.88
vent variable: 0

GENER

calmes: 76
no dades: 0
no calmes: 668
calmes (%): 10.22
vent variable: 0

FEBRER

calmes: 74
no dades: 0
no calmes: 598
calmes (%): 11.01
vent variable: 0

MARC

calmes: 73
no dades: 0
no calmes: 671
calmes (%): 9.81
vent variable: 0

ABRIL

calmes: 57
no dades: 0.
no calmes: 567
calmes (%): 9.13
vent variable: 0

- **SANT PAU DE SEGURIES**

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017

Altitud: 867m

Long. 2° 22' 00''

Lat. 42° 15' 49''

DESEMBRE

calmes: 179
no dades: 0
no calmes: 565
calmes (%): 24.06
vent variable: 0

GENER

calmes: 85
no dades: 0
no calmes: 659
calmes (%): 11.43
vent variable: 0

FEBRER

calmes: 89
no dades: 0
no calmes: 583
calmes (%): 13.24
vent variable: 0

MARC

calmes: 144
no dades: 0
no calmes: 600
calmes (%): 19.36
vent variable: 0

ABRIL

calmes: 122
no dades: 0
no calmes: 502
calmes (%): 19.55
vent variable: 0

- **VALL DE BIANYA**

Dades horàries: des de 01/12/2016 fins al 26/04/2017

Altitud: 390 m

Long. 2° 26' 26"

Lat. 42° 13' 48"

DESEMBRE

calmes: 366
no dades: 0
no calmes: 378
calmes (%): 49.19
vent variable: 0

GENER

calmes: 219
no dades: 0
no calmes: 525
calmes (%): 29.44
vent variable: 0

FEBRER

calmes: 199
no dades: 0
no calmes: 473
calmes (%): 29.61
vent variable: 0

MARC

calmes: 227
no dades: 0
no calmes: 517
calmes (%): 30.51
vent variable: 0

ABRIL

calmes: 139
no dades: 0
no calmes: 269
calmes (%): 34.07
vent variable: 0

I.6. INFORME-VENT Campanya, Andorra CENMA des-2016 abril-2017

- Estació Aixàs; LONG = 1.47706858, LAT = 42.48380108, ALTITUD= 1564 m. Dades semi-horàries.
Nº total de dades del període: 7248
Nº total de calmes: 1123
Nº total de no calmes: 6125
- Estació Bony de Neres; LONG= 1.58382259, LAT = 42.54951522, ALTITUD = 2098 m.
Dades semi-horàries.
Nº total de dades del període: 7248
Nº total de calmes: 887
Nº total de no calmes: 6361
- Estació Perafita; LONG = 1.58374325, LAT = 42.46893194, ALTITUD = 2415m. Dades semi-horàries.
Nº total de dades del període: 7248
Nº total de calmes: 351
Nº total de no calmes: 6897
- Estació Sorteny; LONG = 1.57111263, LAT = 42.61169356, ALTITUD = 2294 m. Dades semi-horàries.
Nº total de dades del període: 7248
Nº total de calmes: 435
Nº total de no calmes: 6813

Bibliografia

Bibliografia

- Bailey, D. T. (2000). *Meteorological monitoring guidance for regulatory modeling applications*. DIANE Publishing.
- Balnes, P. G. (1987). Upstream blocking and airflow over mountain. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 19, 75-97.
- Barrett, A. I., Gray, S. L., Kirshbaum, D. J., Roberts, N. M., Schultz, D. M., & Fairman Jr, J. G. (2015). Synoptic versus orographic control on stationary convective banding. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 141(689), 1101-1113.
- Barthlott, C., & Kirshbaum, D. J. (2013). Sensitivity of deep convection to terrain forcing over Mediterranean islands. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 139(676), 1762-1779.
- Bolton, D. (1980). The computation of equivalent potential temperature. *Monthly weather review*, 108(7), 1046-1053.
- Center, T. (2000). NWSTC Remote Training Module SKEW T LOG P DIAGRAM AND SOUNDING ANALYSIS RTM-230.
- Cimini, D., Nelson, M., Güldner, J., & Ware, R. (2015). Forecast indices from a ground-based microwave radiometer for operational meteorology. *Atmospheric Measurement Techniques*, 8(1).
- Colle, B. A., Smith, R. B., & Wesley, D. A. (2013). Theory, observations, and predictions of orographic precipitation. In *Mountain Weather Research and Forecasting* (pp. 291-344). Springer, Dordrecht.
- Conway, H., & Raymond, C. F. (1993). Snow stability during rain. *Journal of Glaciology*, 39(133), 635-642.
- DeRubertis, D. (2006). Recent trends in four common stability indices derived from US radiosonde observations. *Journal of climate*, 19(3), 309-323.
- De Wekker, S. F. J. (2002). *Structure and morphology of the convective boundary layer in mountainous terrain* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Doswell, C. A. lii. 1996. On Convective Indices and Sounding Classification. In *Preprints, 5th Australian Severe Storms Conf., ed. Bureau of Meteorology. Avoca Beach, New South Wales*.
- Ekhart, E. (1948). De la structure thermique de l'atmosphère dans la montagne [On the thermal structure of the mountain atmosphere]. *La météorologie*, 4(9), 3-26.
- EPA Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory modeling Applications, (February,2000).

- Fiedler, F. (1983). Einige Charakteristika der Strömung im Oberrheingraben. *Wissenschaftliche Berichte des Meteorologischen Instituts der Universität Karlsruhe*, 4, 113-123.
- Fisher, R. A., 'Statistics Methods of Research Workers', 1925. General Editors: F. A. E. CREW, Edinburgh & D. WARD CUTLER, Rothamsted.
- Fujita, T. T. (1981). Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. *Journal of Atmospheric Sciences*, 38(8), 1511-1534.
- Galway, J. G. (1956). The lifted index as a predictor of latent instability. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 37(10), 528-529.
- Garratt, J. R. (1994). The atmospheric boundary layer. *Earth-Science Reviews*, 37(1-2), 89-134.
- Giovannini, L., Antonacci, G., Zardi, D., Laiti, L., & Panziera, L. (2014). Sensitivity of simulated wind speed to spatial resolution over complex terrain. *Energy Procedia*, 59, 323-329.
- Gonzalez, S., Bech, J., Udina, M., Codina, B., Paci, A., & Trapero, L. (2019). Decoupling between precipitation processes and mountain wave induced circulations observed with a vertically pointing K-band doppler radar. *Remote Sensing*, 11(9), 1034.
- Gregg, W. R., "The standard atmosphere", *Monthly Weather Review* 48, 272-273. 1920. NACA TR-147, 1922.
- Gross, G., & Wippermann, F. (1987). Channeling and countercurrent in the upper Rhine Valley: Numerical simulations. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 1293-1304.
- Gross, G. A., Vogel, H., & Wippermann, F. (1987). Dispersion over and around a steep obstacle for varying thermal stratification—numerical simulations. *Atmospheric Environment (1967)*, 21(3), 483-490.
- Harris, M. (1999). *Sistemas de telefax meteorológico*. Ed. Cupula.
- Hobbs, P. V., Houze Jr, R. A., & Matejka, T. J. (1975). The dynamical and microphysical structure of an occluded frontal system and its modification by orography. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 32(8), 1542-1562.
- Houze Jr, R. A. (1997). Stratiform precipitation in regions of convection: A meteorological paradox?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(10), 2179-2196.
- Houze Jr, R. A. (2012). Orographic effects on precipitating clouds. *Reviews of Geophysics*, 50(1).
- Houze Jr, R. A., & Medina, S. (2003). Orographic Enhancement of Precipitation in Midlatitudes: Results from MAP and IMPROVE II. *ICAM/MAP*, 1-3.

- Jiménez, P. A., García-Bustamante, E., González-Rouco, J. F., Valero, F., Montávez, J. P., & Navarro, J. (2008). Surface wind regionalization in complex terrain. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(1), 308-325.
- Jimenez-Rodriguez, L. O., Arzuaga-Cruz, E., & Vélez-Reyes, M. (2007). Unsupervised linear feature-extraction methods and their effects in the classification of high-dimensional data. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 45(2), 469-483.
- Johansson, B., & Chen, D. (2003). The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(12), 1523-1535.
- Katzfey, J. J. (1995, a). Simulation of extreme New Zealand precipitation events. Part I: Sensitivity to orography and resolution. *Monthly Weather Review*, 123(3), 737-754.
- Katzfey, J. J. (1995, b). Simulation of extreme New Zealand precipitation events. Part II: Mechanisms of precipitation development. *Monthly weather review*, 123(3), 755-775.
- Kirshbaum, D. J., & Durran, D. R. (2004). Factors governing cellular convection in orographic precipitation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 61(6), 682-698.
- Kirshbaum, D. J., & Durran, D. R. (2005). Atmospheric factors governing banded orographic convection. *Journal of the atmospheric sciences*, 62(10), 3758-3774.
- Kirshbaum, D. J. (2011). Cloud-resolving simulations of deep convection over a heated mountain. *Journal of the atmospheric Sciences*, 68(2), 361-378.
- Kirshbaum, D. J., Adler, B., Kalthoff, N., Barthlott, C., & Serafin, S. (2018). Moist orographic convection: Physical mechanisms and links to surface-exchange processes. *Atmosphere*, 9(3), 80.
- Kossmann, M., & Sturman, A. P. (2003). Pressure-driven channeling effects in bent valleys. *Journal of Applied Meteorology*, 42(1), 151-158.
- Kruskal, W. H. & Wallis W. A., (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of American Statistics Association*.
- Lin, Y. L., Chiao, S., Thurman, J. A., Kaplan, M. L., & Wang, T. A. (2001). Essential ingredients for heavy orographic rainfall and their potential application for prediction. *Preprints, MAP Newsletter*, 15.
- Liou, K.N. 1980. Introduction to Atmospheric Radiation. Academy Press: New York, NY.
- Löhnert, U., & Maier, O. (2012). Operational profiling of temperature using ground-based microwave radiometry at Payerne: Prospects and challenges. *Atmospheric Measurement Techniques*, 5(5), 1121.

- Llácer García, J. A., Bodas Salcedo, A., & López Baeza, E. (2002). Estudio de la relación entre los balances en superficie de onda larga y onda corta utilizando datos del proyecto
- SRB (Surface Radiation Budget). *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A; 3.*
- Llasat Botija, M. D. C. (1990). Influencia de la orografía y de la inestabilidad convectiva en la distribución espacial de lluvias extremas en Cataluña. *Acta Geologica Hispanica, 1990, vol. 25, num. 3, p. 197-208.*
- Mapes, B. E., Warner, T. T., Xu, M., & Negri, A. J. (2003, a). Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part I: Observations and context. *Monthly Weather Review, 131(5), 799-812.*
- Mapes, B. E., Warner, T. T., & Xu, M. (2003, b). Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part III: Diurnal gravity waves and nocturnal convection offshore. *Monthly weather review, 131(5), 830-844.*
- Martín Vide, J. (1991). *Fundamentos de climatología analítica* (No. 551.6 M383).
- Mazzarella, D. A. (1972). An inventory of specifications for wind measuring instruments. *Bulletin of the American Meteorological Society, 53(9), 860-871.*
- Medina, S., & Houze, R. A. (2003). Air motions and precipitation growth in Alpine storms. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography, 129(588), 345-371.*
- Minder, J. R., Durran, D. R., Roe, G. H., & Anders, A. M. (2008). The climatology of small-scale orographic precipitation over the Olympic Mountains: Patterns and processes. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography, 134(633), 817-839.*
- Miró, J. R., Peña, J. C., Pepin, N., Sairouni, A., & Aran, M. (2018). Key features of cold-air pool episodes in the northeast of the Iberian Peninsula (Cerdanya, eastern Pyrenees). *International Journal of Climatology, 38(3), 1105-1115.*
- Moncrieff, M. W., & Green, J. S. A. (1972). The propagation and transfer properties of steady convective overturning in shear. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 98(416), 336-352.*
- Moran, F., (1944). Apuntes de termodinámica de la atmósfera. *Instituto Nacional de Meteorología. Publicaciones Serie B (Textos) nº 4.*
- Mory, Y., (1986). Evaluation of Several Single-Pass Estimators of the Mean and the Standard Derivation of Wind Direction. *J Climate Appl. Metro, 25, 1387-1397.*

- Patterson, J., 1926: The cup anemometer. *Transaction of the Royal Society of Canada*, 20, Serie III, págs. 1 a 54.
- Neiman, P. J., Ralph, F. M., White, A. B., Kingsmill, D. E., & Persson, P. O. G. (2002). The statistical relationship between upslope flow and rainfall in California's coastal mountains: Observations during CALJET. *Monthly Weather Review*, 130(6), 1468-1492.
- Organización Meteorológica Mundial, 1954: *Reduction of Atmospheric Pressure: Preliminary Report on Problems Involved*. Nota técnica N° 7 de la OMM, WMO-No. 36, TP. 12, Ginebra.
- Orlanski, I. (1975). A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 527-530.
- Patterson, J., & Brooks, R. C. (1994). John Patterson's meteorological instruments. *Bull. Sci. Instr. Soc*, 40, 7-10.
- Pinto, J. O., Parsons, D. B., Brown, W. O. J., Cohn, S., Chamberlain, N., & Morley, B. (2006). Coevolution of down-valley flow and the nocturnal boundary layer in complex terrain. *Journal of applied meteorology and climatology*, 45(10), 1429-1449.
- Pita, M.F. (2003): 'Análisis y comentario de los mapas del tiempo. Su aplicación al estudio de los tipos de tiempo dominantes en Andalucía' en Hespérides (Asociación de profesores de Geografía e historia): *Geografía de Andalucía*, Sevilla, pp.25-72.
- Radhakrishna, S. (1964). Discrimination analysis in medicine. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 14(2), 147-167.
- Rampanelli, G., Zardi, D., & Rotunno, R. (2004). Mechanisms of up-valley winds. *Journal of the atmospheric sciences*, 61(24), 3097-3111.
- RAO, C. Radhakrishna. The use and interpretation of principal component analysis in applied research. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 1964, p. 329-358.
- Reed, R. O., & Grice, G. K. (1983). A review of the use of the thermodynamic diagram and its functions (with the application towards AFOS).
- Riosalido Alonso, R. (1992). Programa de análisis de sondeos mediante PC. Instituto Nacional de Meteorología.
- Roe, G. H. (2005). Orographic precipitation. *Annual Review of earth and planetary sciences*, 33(1), 645-671. Salby, M. L. (1996). *Fundamentals of atmospheric physics*. Elsevier.
- Schmidli, J., & Rotunno, R. (2010). Mechanisms of along-valley winds and heat exchange over mountainous terrain. *Journal of the atmospheric sciences*, 67(9), 3033-3047.

- Schmidli, J., & Rotunno, R. (2012). Influence of the valley surroundings on valley wind dynamics. *Journal of the atmospheric sciences*, 69(2), 561-577.
- SMC (2016) Servei Meteorològic de Catalunya. Butlletí Climàtic Mensual. Desembre 2016.
- SMC (2017,a) Servei Meteorològic de Catalunya. Butlletí Climàtic Mensual. Març 2017.
- SMC (2017, b) Servei Meteorològic de Catalunya. Butlletí Climàtic Mensual. Gener 2017.
- SMC (2017, c) Servei Meteorològic de Catalunya. Butlletí Climàtic Mensual. Febrer 2017.
- SMC (2017, d) Servei Meteorològic de Catalunya. Butlletí Climàtic Mensual. Abril 2017.
- Sharples, J. J. (2009). An overview of mountain meteorological effects relevant to fire behaviour and bushfire risk. *International Journal of Wildland Fire*, 18(7), 737-754.
- Showalter, A. K. (1953). A stability index for thunderstorm forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34(6), 250-252.
- Schultz, P. (1989). Relationships of several stability indices to convective weather events in northeast Colorado. *Weather and forecasting*, 4(1), 73-80.
- Schumacher, R. S., Schultz, D. M., & Knox, J. A. (2010). Convective snowbands downstream of the Rocky Mountains in an environment with conditional, dry symmetric, and inertial instabilities. *Monthly Weather Review*, 138(12), 4416-4438.
- Schumacher, R. S., Schultz, D. M., & Knox, J. A. (2015). Influence of terrain resolution on banded convection in the lee of the Rocky Mountains. *Monthly Weather Review*, 143(4), 1399-1416.
- Stownik, W. M. O. *International meteorological vocabulary (1992)*. WMO/OMM/IMGW, 182, Geneva.
- Smith, R. B., & Barstad, I. (2004). A linear theory of orographic precipitation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 61(12), 1377-1391.
- Soderholm, B., Ronalds, B., & Kirshbaum, D. J. (2014). The evolution of convective storms initiated by an isolated mountain ridge. *Monthly Weather Review*, 142(4), 1430-1451.
- Steiner, M., Bousquet, O., Houze Jr, R. A., Smull, B. F., & Mancini, M. (2003). Airflow within major Alpine river valleys under heavy rainfall. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography*, 129(588), 411-431.
- Stull, R. B. (2012). *An introduction to boundary layer meteorology* (Vol. 13). Springer Science & Business Media.

- Stull, R. B. (2018). Practical meteorology: an algebra-based survey of atmospheric science. v1.02b.
- Tallarico, A., & Brandi, A. (2015/2016). Evening transition between anabatic and katabatic wind flow regimes in complex terrain.
- Thompson, A. H. (1967). Surface temperature inversions in a canyon. *Journal of Applied Meteorology*, 6(2), 287-296.
- Tukey, John W. (1949). "Comparing Individual Means in the Analysis of Variance". *Biometrics*. 5 (2): 99–114. JSTOR 3001913.
- Tukey, John W. (1953). The problem of multiple comparisons. Unpublished manuscript. In *The Collected Works of John W. Tukey VIII. Multiple Comparisons: 1948–1983* 1–300. Chapman and Hall, New York.
- Tukey, John W. *Exploratory data analysis*. Vol. 2 1977.
- US Environmental Protection Agency. (2008). Quality assurance handbook for air pollution measurement systems, Volume IV: Meteorological Measurements. Version 2.0 (Final).
- Vásquez, H., & Falcón, N. (2015). Ondas de montaña en la capa límite planetaria de la región andina venezolana. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(3), 241-253.
- Vide, J. M., Mercier, J. L., Raso, J. M., & Sala, M. (1991). Determinación de los componentes del balance de radiación en un área experimental del Macizo del Montseny. *Pirineos*, 138, 29-38.
- Weber, R. O., & Kaufmann, P. (1998). Relationship of synoptic winds and complex terrain flows during the MISTRAL field experiment. *Journal of Applied Meteorology*, 37(11), 1486-1496.
- Warner, T. T., Mapes, B. E., & Xu, M. (2003). Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part II: Model simulations. *Monthly Weather Review*, 131(5), 813-829.
- Weber, R. O., & Furger, M. (2001). Climatology of near-surface wind patterns over Switzerland. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 21(7), 809-827.
- Wehren, B., Weingartner, R., Schädler, B., & Viviroli, D. (2010). General characteristics of alpine waters. In *Alpine waters* (pp. 17-58). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Weibull, W. (1951). Wide applicability. *Journal of applied mechanics*, 103(730), 293-297.
- Whiteman, C. D., & McKee, T. B. (1982). Breakup of temperature inversions in deep mountain valleys: Part II. Thermodynamic model. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 21(3), 290-302.

- Whiteman, C. D. (2000). *Mountain meteorology: fundamentals and applications*. Oxford University Press.
- Whiteman, C. D. (1982). Breakup of temperature inversions in deep mountain valleys: Part I. Observations. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 21(3), 270-289.
- Wold, S., Esbensen, K., & Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), 37-52.
- World Meteorological Organization (WMO) (2003), Global ozone research and monitoring project, in Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Rep. 47, Geneva.
- WMO (1964): *Note on the Standardization of Pressure Reduction Methods in the International Network of Synoptic Stations*. Nota técnica Nº 61 de la OMM, WMO-No. 154, TP. 74, Ginebra.
- WMO (1990), WMO-núm 727
https://library.wmo.int/index.php?lvl=author_see&id=7380
- WMO (2014), WMO-núm. 8
<https://www.wmo.int/pages/prog/www/manuals.html>
- WMO (2017, a), WMO-núm. 544
<https://www.wmo.int/pages/prog/www/manuals.html>
- WMO (2017, b), WMO-núm. 488
<https://www.wmo.int/pages/prog/www/manuals.html>
- Yuter, S. E., & Houze Jr, R. A. (2003). Microphysical modes of precipitation growth determined by S-band vertically pointing radar in orographic precipitation during MAP. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography*, 129(588), 455-476.
- Zardi, D., & Whiteman, C. D. (2013). Diurnal mountain wind systems. *Mountain weather research and forecasting*, 35-119.
<https://www.campbellsci.com/wind-speed-direction>
www.metemodem.com
www.vaisala.com
www.radiometer-physics.de
<http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/meteorologia/home.apl?e=5>
<https://pt.slideshare.net/1968SCortina/precipitacions-44053621/2>

[http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/af/frnts/ofdef.xml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/af/frnts/ofdef.xml)

http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter1/vert_temp_all.html).

<https://ca.wikiloc.com>

https://meteglosario.aemet.es/es/termino/191_escalas-meteorologicas

<Http://www.wetter3.de>

 **Epíleg**

Voldria acabar amb un petit poema, escrit ja fa anys, dedicat al Montseny, però, arribat aquest moment, pot ser qualsevol indret de la Vall del Segre (la Cerdanya).

Pregària

Montseny, vaig créixer sota el teu mirar,
em vas veure fer els primers passos
i els meus jocs d'infant varen ser presidits per tu.

A l'hivern, la neu que tens per mantell
feia abrigar les meves mans i el meu caparró fredollic
i prop del foc, on m'escalfava,
la teva presència sorgia a la vegada
com a causa d'aquell moment de repòs.

Ara vull dirigir-te una pregària,
i com ofrena l'agraïment del molt que has donat,
amb el sentiment perdurable de qui t'estima,
de qui ha caminat pels teus paratges
i gaudit de la teva pau:

Muntanya majestuosa, que ton cim al cel arriba,
els teus boscos donen caliu a la terra on arrenen
i els teus rierols, d'aigua fresca i juganera,
de forma serpentejada creixen i creixen fins a arribar al teu peu.

Muntanya, paradís, que en el cim tens un núvol per corona,
ta majestat em commou quan et veig a la llunyania
i quan estic a prop i com un gegant et presentes,
el teu misteri fa bategar amb deler el cor meu.

Muntanya pura, llar de vida,
llibre sagrat de lleis immutables,
enforteix el meu esperit dia a dia,
fes-me digne d'assolir el teu cim!

M. Àngela Rosell Puig

