

# eRadiant

Jaargang 14, nr.1  
Maart 2018

Elektronisch e-zine voor meteoren waarnemers uitgegeven door de Dutch Meteor Society



In dit nummer:

- Geminiden 2017 verslagen
  - Geminiden 2017 analyse
  - CAMS BeNeLux: oktober, november, december 2017
  - In de spotlight: de Augustus Cepheïden
  - Een zoektocht naar december alfa Bootiden
-

## Colofon

### Redactie eRadiant

Kometen  
Meteoren  
Samenstelling  
Correcties  
Verspreiding

Jaap van 't Leven  
Carl Johannink  
Koen Miskotte  
Jaap van 't Leven  
Arnold Tukkers

eRadiant is een elektronisch tijdschrift van en voor meteorwaarnemers. Het blad wordt uitgegeven door de Dutch Meteor Society. Het is kosteloos te downloaden vanaf de website:

[www.vallendesterren.info](http://www.vallendesterren.info)



### Voorplaat

Op de voorplaat ditmaal een sfeervolle opname gemaakt door Klaas Jobse tijdens het Geminiden maximum 2017. Op de foto is een heldere Geminide vuurbol zichtbaar door de bomen. Zie ook het verslag van Klaas op pagina 5.

### Redactioneel

Inmiddels zitten we alweer in 2018 en dus ligt het eerste nummer van jaargang 14 voor u. Wederom een erg dik nummer. We zijn als redactie verheugd dat we wat meer verslagen van een actie kunnen plaatsen. Zo werd er waargenomen vanuit Oostkapelle, Ronse, Bussloo, Ermelo en zelfs La Palma! Een uitgebreide analyse van de 2017 Geminiden op basis van IMO data werd gedaan door Koen Miskotte en ondanks het matige weer wereldwijd, kon er toch een mooie analyse gemaakt worden. En tot slot een drietal artikelen vol met CAMS geweld. Een verslag van de drie laatste maanden van 2017 door Carl Johannink en een tweetal diepgaande analyses van Paul Roggemans over de Augustus gamma Cepheïden en de December alfa Bootiden.

Iedereen weer veel leesplezier toegewenst. Blijf schrijven, dan blijft erRadiant bestaan.  
Redactie eRadiant

## Inhoud eRadiant 2018-1

Blz.	Artikel	Auteur(s)
1	Voorplaat	Klaas Jobse
2	Colofon, redactioneel, inhoud	Redactie
3	Turbulente Geminiden actie vanuit Ronse	Michel Vandeputte
4	Geminiden-actie vanuit Bussloo	Alex Scholten
5	Geminiden vanuit Oostkapelle	Klaas Jobse
6	Geminiden vanaf La Palma	Jaap van 't Leven
10	Geminiden vanuit Ermelo waargenomen	Koen Miskotte
12	De Geminiden van 2017: een lastige puzzel	Koen Miskotte
21	CAMS BeNeLux: resultaten van oktober, november december 2017	Carl Johannink
27	In de spotlight: Augustus gamma Cepheïden	Paul Roggemans
37	Een zoektocht naar December alfa Boötiden (497)	Paul Roggemans

## Turbulente Geminiden actie 2017 vanuit Ronse

Michel Vandeputte

De winter 2017-2018 zal de boeken ingaan als anti winters, zeer somber en vooral zeer nat. Eén van die weerkundige zwaartepunten in ruig herfstweer speelde zich precies af rondom de Geminiden. Zwaar weer op 10 en 11 december bracht een mix van puur herfstweer met een vleugje winter. Er viel op deze 2 dagen meer dan 50mm neerslag, geleidelijk aan overgaand in droge sneeuw. Op 12 december genoten we kortstondig van een sneeuwtapijtje van een 5-tal centimeter dat langzaam ging dooien naarmate de dag vorderde. In de namiddag genoten we kortstondig van mooie brede opklaringen met een kort verlengstukje in de eerste helft van de nacht van *12 op 13 december*. Hierbij kon ik enige actie ondernemen tussen 20:00 en 22:30 UT. De omstandigheden waren niet optimaal want er dreef al weer wat hoge bewolking binnen, al kon je deze periode wel nog acceptabel noemen voor wat betreft het binnenhalen van enige Geminiden data. Ik opteerde voor een achtertuintsessie gezien de opklaringen van korte duur waren. In 2.5 uurtjes waarnemen werden er 52 meteoren geteld waaronder 45 Geminiden. Het lichtzwakke spul domineerde maar af en toe verscheen er ook een prachtig karakteristiek exemplaar zoals we de Geminiden als geen ander kennen. Na middernacht bleef het voor de rest van de nacht bewolkt en ging het weer regenen. Ook overdag op 13 december verliep het weerbeeld betrokken, grijs, erg winderig met episodes van lichte regenval.

*13 op 14 december*. In de avonden gingen de stoppen pas goed doorslaan bij de passage van een furieus koufront. Dit koufront was erg heftig met stromende regen, hagel en felle rukwinden. Grachten liepen over, overall modderstromen op straat en wat ik vreesde kwam uit: water in de kelder. Voorlopig niet zo erg, maar wat later op de nacht moest er nog een 'krenge' van een front op bezoek komen vanuit de UK. Waakzaamheid was hierbij de boodschap. En vandaar ook de logische keuze om de Geminiden waar te nemen vanuit de achtertuin (nou ja...lokaal moeras...) in plaats van op de heuvelrug. Na de frontpassage verschenen veel sneller dan verwacht de eerste opklaringen vanuit het westen. Rond 20 UT kon ik van start gaan onder een deels heldere hemel: er vormde zich inderdaad heel wat stratus en stratocumulus in de opklaringsgebieden. Gaatjes kijken dus... soms wel een langere periode van 5 of 10 minuten helemaal helder: maar dan écht met mooie gitszwarte achtergrond. Zo ging het eerste uurtje snel voorbij, zonder hierbij veel zinvolle data binnen te halen. Tegen 21 UT klaarde het helemaal op én ik hield het zowaar één uur volledig uur helder! Er werd gewerkt in 10 minuut intervallen. Een typische vlagerige activiteit met veel lichtzwak spul. Op het einde van deze periode ging het er bij momenten fors aan toe met een enkele minuuttelling tot 6 stuks! Om 22 UT trok de bewolking massaal binnen bij het naderen van de volgende frontale zone. Er restte mij enkel maar te wachten tot dit zootje haar doortocht zou gemaakt hebben. Jammer dat dit net moest gebeuren in de uren rondom de gunstigste radiantstand. De opklaringen dreven toen boven het centrum en oosten van Nederland, alwaar collega meteorenwaarnemers het spektakel mochten aanschouwen. In de tussentijd ging ik een paar uurtjes plat in de zetel; maar slapen zat er nauwelijks in. Buiten gierde het volgende front met slagregens, hagel en felle rukwinden. Er was gewoon teveel herrie buiten om rustig te kunnen slapen. Om 2:30 UT controleerde ik de radar en die liet zien dat er nieuwe opklaringen vanuit het westen op komst waren. De adrenaline gierde weer door mijn aderen en binnen een tiental minuutjes lag ik alweer in de achtertuin plat. De wind hield nog eventjes fors uit met rukwinden. Het zwerk klaarde in snel tempo uit en de condities waren hierbij zeer goed met een fraaie gitszwarte nachthemel (SQM 20.33). Om 02:50 UT kon ik officieel van start kunnen voor een dik uur onbewolkte nachthemel. De radiant van de Geminiden zat nog net op haar hoogste punt en zou in de loop van deze periode langzaam beginnen te zakken. De meteorenactiviteit was bij aanvang fors! Tot 25 Geminiden per interval van 10 minuten; zelfs éénmaal hierbij 4 Geminiden binnen een tijdspanne van 5 seconden: wow!! Maar naar mate het uurtje vorderde ging de activiteit behoorlijk zakken. De meteoren kwamen eerder weer in vlagen zoals tijdens mijn eerste waarneemperiode voor middernacht. Toch werd de kaap van 100 meteoren per uur nog net binnengehaald. Vuurbollen verschenen er niet. De helderheden liepen op tot magnitude -2, een paar zeer mooie groen witte meteoren inclus. Om 4 UT sloop de bewolking wederom massaal binnen. Er volgde nog een waarneemtoetje tussen 04:40 en 05:00 UT. De meteorenactiviteit was niet meer indrukwekkend te noemen. Ik was eigenlijk meer onder indruk van het beetje storende maanlicht in combinatie met een prachtige samenstand van Mars, Jupiter en de heldere ster Spica. De dageraad kondigde zich snel aan en maakte een einde aan deze bewogen nacht. Een mooie zonsopkomst zat er niet in want er kwam alweer een Franse buienlijn op bezoek met hagel. Veel gemengde gevoelens over deze maximumnacht; maar al bij al nog een mooi resultaat behaald en wat goede Geminiden data binnen gehaald. De buit hierbij was 283 meteoren in 2.82 effectieve waarneemuurtjes waarvan 248 Geminiden. Er restte mij enkel nog de kelder leeg te pompen én op te dweilen... De Franse buienlijn bleef zowat de hele dag net ten zuiden van de taalgrens slepen met lokaal zeer veel neerslag. Af en toe kwam Ronse ook eens in de vuurlinie terecht waarbij het vrijwel de hele dag kil en betrokken bleef met momenten van de lichte of matige regenval.

In de nacht van *14 op 15 december* klaarde het kortstondig een aantal uurtjes uit. Er kon wederom Geminiden waargenomen worden tussen 21.40 – 00.40 UT. Zoals verwacht was de activiteit flink geslonken (uurtellingen tot 19 stuks) maar daartegenover werd dit gecompenseerd met een aantal behoorlijk fraaie exemplaren tot in de vuurbolklasse. Om 22.24UT verscheen er een fraaie groenwitte -5 laag in de Walvis. Om 23.30 UT een -4 uit

de Voerman richting westen en tenslotte de helderste én fraaiste van de nacht: -6 om 00.15 UT in het westen welke de omgeving eventjes deed oplichtten. Voeg er dan nog een aantal fraaie -2's bij en je hebt een mooi avondje meteoren waarnemen achter de kiezen. Om 00.40 UT trok het zwerk dus helaas weer definitief dicht maar deze leuke 3 uur durende actie leverde mij alsnog 97 meteoren op waaronder 54 Geminiden. Zo zat het Geminidenmaximum periode voor dit jaar er weer eens op (12-15 december). Een campagne om weer niet snel te vergeten gezien het turbulente verloop, maar al bij al toch tevreden dat ik nog iets heb kunnen ondernemen. Op naar hopelijk meer Geminiden succes in 2018!

## Geminiden-actie vanuit Bussloo 13/14 december 2017

Alex scholten

Begin december sloot ik mij aan bij het initiatief van Jos Nijland en Arnold Tukkers om dit jaar de Geminiden vanuit de Franse Pyreneeën te gaan waarnemen. Ik verheugde me op een unieke waarnemingsactie vanaf de sterrenwacht Pic du Midi onder een mooie donkere en maanloze sterrenhemel. Helaas gooide het decemberweer al snel roet in het eten. De vooruitzichten voor een heldere nacht op de Pic du Midi werden ronduit slecht en de voorspelde sneeuwval beloofde ook niet veel goeds om met een camper richting Zuid-Frankrijk te gaan en dan ook nog de bergen in te trekken... Al met al werd dus een week voor het maximum besloten om de reis af te blazen en te hopen op waarnemingsmogelijkheden vanuit Nederland. Zoals bekend was er de aanlooperperiode veel sneeuwval en waren de vooruitzichten voor vrijwel heel Europa niet bijster gunstig. Toch werden in de loop van de week wat kleine opklaringen voor Nederland voorspeld en in de loop van woensdag 13 december steeg het vertrouwen dat we misschien toch nog enige tijd een actie konden draaien. Er op uit trekken had niet veel zin, dus gewoon maar afwachten hoe het zich zou ontwikkelen. Aan de begin van de avond trok nog een fors regenfront over Nederland. Daarachter zou zich een breed opklaringsgebied bevinden dat misschien nog in 1 à 2 uur waarnemingen zou kunnen uitmonden. Tegen 22 uur vernam ik via de app dat het in het westen van het land al begon op te klaren, dus tegen 23 uur vertrok ik naar de Volkssterrenwacht Bussloo. Het was nog steeds zwaar bewolkt en de laatste regendruppels daalden neer. Nog even wat satellietbeelden bekeken en met voorbereid op de mogelijke opklaringen. Kort na 23 uur arriveerden ook Jan Hazendonk en Wessel Blokzijl, die ook wel wilden proberen om nog wat Geminiden waar te nemen. Inmiddels vielen de eerste gaten in het wolkendek en werden sterren zichtbaar. Snel werden de ligstoelen opgesteld en rond 23:23 uur werd begonnen met waarnemen. Nog steeds dreven wolkenpartijen voorbij en regelmatig werden de stoelen verdraaid om het grootste opklaringsgebied in beeld te houden. De Geminiden lieten zich niet onbetuigd en de eersten werden snel genoteerd. Geleidelijk aan leken de opklaringen breder te worden en vanaf 23:45 uur was de hemel vrijwel geheel onbewolkt. Met grote regelmaat werden meteoren gezien. Soms was het enige tijd rustig, waarna er plots weer enkelen kort achter elkaar zichtbaar waren. Zo nu en dan zelfs enkelen tegelijkertijd. Mijn kijkrichting was noord. Rond middernacht dreven er weer wat wolkjes voorbij, maar dat was gelukkig van korte duur en had nauwelijks invloed op het beeldveld. De activiteit was aangenaam en zo nu en dan ook heldere exemplaren. Rond 00:07 een -2 in mijn ooghoeken door Andromeda en tien minuten later om 00:17 uur een schitterende -5 Geminide dwars door mijn beeldveld. Als een felwitte 'druppel' met kort nalichtend spoor bewoog hij vrij traag tussen de Grote en Kleine Beer door. Kort na half één besloten Jan en Wessel hun waarnemingen te stoppen; er moest de volgende dag toch weer gewerkt worden... Een ieder had inmiddels toch al zo'n 50 meteoren waargenomen. Ik besloot nog door te gaan zolang de opklaring bleef aanhouden. Jos had vanuit Noord-Holland inmiddels al gemeld dat het daar weer bewolkt was geworden en weer regende... Na een korte pauze van 00:46 tot 00:50 uur werden waarnemingen hervat met een fraai exemplaar van -2 door de kop van de Waterslang. Na 1 uur begonnen zich vanuit het westen de eerste wolken weer aan te dienen en rond 01:08 uur moest ik mijn officiële waarnemingen staken. Het bleek een smalle wolkenband te zijn met daarachter wat hoge cirrus. Onvoldoende helder voor serieuze waarnemingen, maar toch nog voldoende om 'gaatjes te kijken' voor wat leuke heldere exemplaren. Rond 1:30 uur trok het echter definitief helemaal dicht. Na nog even wat app-berichten en satellietbeelden te hebben geraadpleegd achtte ik de kansen op nieuwe opklaringen minimaal en besloot ik huiswaarts te gaan. Al met al toch nog ruim 2 uur waargenomen waarvan 1,3 uur onder een mooie heldere hemel (SQM 20,64) en met een score van in totaal ruim 100 meteoren. Op de Pic du Midi gaf de webcam een zwaar bewolkte nacht aan met regelmatig sneeuw; achteraf gezien dus een terechte keuze om in Nederland te blijven. Misschien volgend jaar weer een poging....

## Geminiden vanuit Oostkapelle

Klaas Jobse

Het plan om de Geminiden 2017 vanuit een zuidelijker locatie waar te nemen moesten we door familieomstandigheden laten varen. Vanuit Oostkapelle toch nog wel een aantal opklaringen gehad met vooral tijdens de nacht 14 op 15 december een aantal heldere exemplaren kunnen vastleggen.

Een -6 exemplaar verscheen de 14<sup>e</sup> december rond 04:40 midden in mijn visueel gezichtsveld, zie de voorplaat van deze eRadiant.

Naast de fototoestellen harkten de CAMS camera's ook nog het nodige binnen.



*Figuur 1. Een aantal van de in de nacht 13/14 december 2017 vastgelegde Geminiden met de Sony A7*



*Figuur 2. Een aantal vastgelegde Geminiden in de nacht 14/15 december 2017 met een Sony A7*

De speelruimte bij het opnemen via HDMI blijft klein, mijn ideale instelling is: ISO 40.000, 1/25s op F1.4.

Ook werden twee Sony A7s ingezet. Een werkte met een 24mm F1.4 groothoek in de live view mode via de HDMI uitgang naar de PC waar UFOCapture de meteoren er direct uit viste. De andere A7s nam het beeld op FullHD formaat op.

De door de andere kamera opgenomen HD beelden zijn beter van kwaliteit, ook als je die later door UFOCapture laat detecteren. Op deze beelden is de ruis minder en is de marge van de triggerdrempels in UFOCapture groter. Vraagt dus om meer onderzoek.

## Geminiden vanaf La Palma

### Jaap van 't Leven

#### Inleiding

Al jaren achtereen reis ik jaarlijks naar Namibië om een paar weken onder een heldere zuidelijke hemel allerlei visuele en fotografische waarnemingen te doen. Dat is altijd ergens tijdens onze zomermaanden (winter op het zuidelijk halfrond), maar ik zou ook graag weer eens een keer willen genieten van een fraaie noordelijke wintersterrenhemel. Tijdens de laatste ATT in Essen Duitsland had ik een folder van Athos, Centro Astronómico Isla de La Palma Canarias, meegenomen en later thuis nog eens de website bekeken. Op het terrein van Athos staan een aantal 2 persoons appartementen, diverse waarnemingsplaatsen en een oranje met keuken voor gemeenschappelijk gebruik. Verder heeft men de beschikking over een uitgebreid arsenaal aan telescopen, monteren, camera's en accessoires die door bezoekers gehuurd kunnen worden. Voor verstokte fotografen die geen zin hebben om zelf een montering of telescoop mee te slepen een prima concept. Ook kan apparatuur gehuurd worden door mensen die niet op het terrein van Athos zelf verblijven.

Hendrik Beijeman (eveneens vrijwilliger op Volkssterrenwacht Bussloo) die ook al een paar keer mee was geweest naar Namibië, besloot ook mee te gaan om te kunnen werken aan een paar van zijn eigen projecten (o.a. een Melkweg panorama met 135mm telelens en een zelfontworpen autoguide). Aangezien de Geminiden dit jaar erg gunstig vielen was de keuze voor de 2<sup>e</sup> week van december snel gemaakt. En na (wat moeizaam) contact met de Duitse eigenaar/uitbater van Athos hebben we een huisje met dakterras gereserveerd inclusief een tweetal monteren en toebehoren. Vervolgens snel een vlucht geboekt via Tui en een huurauto geregeld bij Budget.

#### Vertrek

Vertrek vond plaats op zondagochtend 10 december. In de dagen voor vertrek werd duidelijk dat er uitzonderlijk veel sneeuw werd verwacht die op zondagochtend Nederland binnen zou trekken. Bij het opstaan zondagochtend vroeg bleek het gelukkig nog wel mee te vallen en ook onderweg naar de luchthaven was er van het naderende weer nog niet veel te merken.

Na diverse rondjes Schiphol, dankzij de zeer slechte bewegwijzering, wisten we uiteindelijk de Valet Parking te vinden waar we de sleutels van de auto afgaven. Hierna snel door naar selfservice check-in van Tui, en een paar minuten later door naar de veiligheidscontrole. Vanwege alle fotoapparatuur en elektronica in de handbagage moest natuurlijk alles met hand geïnspecteerd worden, maar dat zijn we inmiddels wel gewend. Uiteindelijk vertrokken we keurig op tijd om 10.55 bij het vallen van de eerste sneeuwvlokken....

Na een tussenstop in Tenerife waar een groot deel van de passagiers uitstapte, die meteen weer vervangen werden door nieuwe passagiers, landden we eind van de middag op het vliegveld van La Palma. Snel de bagage opgepikt en door naar de autoverhuur om de huurauto op te halen.

Aangezien we op een zondag aankwamen en de mogelijkheid om inkopen waarschijnlijk beperkt zou zijn had de vrouw van de eigenaar van Athos aangeboden om wat eerste levensbehoeften gereed te leggen in de keuken. Maar een paar km van de luchthaven kwamen we een Lidl supermarkt tegen die nog open was en konden we nog even wat extra levensmiddelen aanschaffen. Dankzij de vele haarspeldbochten en flinke hoogteverschillen duurde de autorit uiteindelijk nog een flinke anderhalf uur, ondanks dat Athos zich hemelsbreed maar 45km van de luchthaven bevindt. Dat het hier op het eiland echt wel donker was bleek toen we vlak in de buurt van Athos aangekomen de locatie niet konden vinden. Uiteindelijk werden we gered door Liane, de partner van de eigenaar, die, nadat we het gebouw al 3 keer straal voorbijgereden waren, ons met een zaklamp de weg wees. De eerste aanblik van de sterrenhemel was zeer positief; een inktzwarte hemelachtergrond met opvallend veel Melkweg zichtbaar in sterrenbeelden zoals we die in Nederland nauwelijks kunnen waarnemen. Wel was de lucht zeer turbulent; het was duidelijk dat de invloed van de storm Ana zelfs tot de Canarische eilanden reikte. Helaas trok er regelmatig bewolking over waaruit wat motregen viel. Na een paar uur opklaringen kijken zijn we uiteindelijk gaan slapen.



*Figuur 1. Uitzicht over zee in westelijke richting vanaf een van de observatieplatforms.*

De volgende dag de omgeving verkend en kennis gemaakt met Jan, een van de medewerkers die o.a. zorgt voor de uitgifte van apparatuur. Beide gehuurde monteringen (een 10Micron 1000 en een EQ5) evenals diverse voedingen en verlengkabels van hem in ontvangst genomen en in gereedheid gebracht. De vooruitzichten voor 11 en 12 december waren ronduit slecht. Terwijl in de Benelux een 'code rood' werd uitgeroepen vanwege een zeer diepe depressie met langdurige sneeuwval, kregen Spanje en de Balearen te maken met storm Ana die zorgde voor hoge windsnelheden en overvloedige regen. Hoewel deze storm voor het grootste deel aan de Canarische Eilanden voorbijging, was het ook daar ongewoon stormachtig en viel er veel regen. Op Athos bleken veel van de rode door bewegingssensors gestuurde verlichting niet bestand tegen dit weer. Langzamerhand waaiden al deze lampen kapot of ontstond er kortsluiting. Aangezien we deze rode verlichting veel te fel vonden, kwam ons dat wel goed uit. Heel af en toe waren er die dagen en nachten wat kleine opklaringen zichtbaar maar ook daarin motregende het bijna voortdurend. We kregen het idee dat de bewolking afkomstig uit het noorden-noordoosten grotendeels afboog rondom het eiland, maar dat de lageregelegen gebieden (Athos bevindt zich op ca. 800m hoogte) toch nog wel wat van deze bewolking inclusief neerslag mee kreeg.

## 13/14 december

De satellietbeelden van 13 december gaven een veel positiever beeld. Het leek erop dat in de loop van de avond de wolken plaats zouden gaan maken voor een heldere hemel. Overdag dus de apparatuur in gereedheid gebracht en eens flink inkopen gedaan bij de lokale supermarkt.

Het dakterras op ons gehuurd huisje bleek toch niet zo geschikt voor waarnemingen. Er lagen een soort zinken platen op die niet erg stabiel waren. Dus een paar stoelen op het dakterras plaatsen ten behoeve van visuele waarnemingen was geen optie als daar ook nog fotoapparatuur opgesteld moest worden. Gelukkig zijn er veel plaatsen op het terrein van Athos te vinden waar een of meerdere tuinstoelen neergezet kunnen worden.

De Canon 5Dii met 8mm fisheyezoom vond wel een plaats op het dak. Met een stevige klem en dito balhoofd werd deze bevestigd aan de balustrade van het dakterras. De zware 10Micron montering stond vast opgesteld op het meest noordwestelijke observatieplatform, terwijl de compacte EQ5 montering op het dakterras werd geplaatst vlak naast de trap. Op deze laatste montering werden afwisselend gebruik gemaakt van standaardobjectieven of een kleine apo telescoop.

Na een uitgebreide avondmaaltijd werden inderdaad steeds grotere opklaringen zichtbaar, maar ook in deze felle opklaringen viel er van tijd tot tijd een zeer lichte motregen. Wel was zeer duidelijk het zodiakaal licht te zien. Bij opkomst van de radiant werden wel meteen de eerste Geminiden zichtbaar. Toch trokken er ook nog steeds kleine wolkenvelden over maar de intensiteit daarvan werd langzaam steeds minder en er viel ook bijna geen motregen meer uit. Tegen 22:00 uur lokale tijd (=UT) waren alleen nog een paar kleine wolkenstraten laag boven zee zichtbaar. De activiteit was nu duidelijk aan het oplopen. Inmiddels waren nu ook Castor en Pollux in het oosten boven de bomen verschenen en werden er regelmatig mooie Geminiden

gelanceerd uit de radiant. Een Canon 6Dii met 20mm Sigma groothoeklens, goed voor een beeldveld over de diagonaal van 100°, werd op statief geplaatst en op wisselende posities op het terrein opgesteld.

Filmpjes van achter elkaar geplakte individuele opnamen gemaakt met deze camera zijn hier te vinden:

<https://youtu.be/Ed16cyxmRtY>

<https://youtu.be/dEdzrSo8X1Y>

<https://youtu.be/6d4aPaRJXkE>

De seeing was nog steeds niet bepaald goed. En ook de website van het IAC (Instituto Astronomico Canarias) liet eenzelfde beeld zien. Fotografisch werk moest we die nacht dus voorlopig maar beperken tot teletenzen of wat grotere sterbeeldjes op de koop toe nemen. De transparantie was wel erg goed en SQM-metingen lagen maar een fractie onder de metingen in Namibië.

De aantallen meteoren liepen met het klimmen van de radiant nog steeds op. Soms verscheen er een enkele Geminide, dan weer een aantal in een vlaag binnen een paar seconden. Rond middernacht werd laag in het zuiden Canopus zichtbaar, na Sirius de helderste ster aan de hemel. Op deze breedtegraad is het ook fraai om de sterrenbeelden onder Orion te kunnen zien; zo ziet de Grote Hond er ineens een stuk indrukwekkender uit dan in de Benelux, en wordt daar ook een stuk Melkweg veel beter zichtbaar.

Om 23:18UT verscheen het eerste negatieve exemplaar, een mooie -2 in Eridanus. Het aantal heldere meteoren begon nu wat toe te nemen met om 00.56UT een fraai -3 Geminide heel laag in het zuiden in het sterrenbeeld Puppis. Kort daarna verscheen om 01.03UT een -2 in Eridanus en een -2 in de Kreeft om 01.17UT. Het mooiste exemplaar, een -10 Geminide, verscheen om 01.45UT in het zenit tijdens een korte sanitaire pauze. Gelukkig hebben we voor dit soort akkefietjes de fisheye lens! Op opnamen gemaakt met de Canon 6Dii die met een Sigma 20mm groothoek op een gebied laag in het zuiden stond gericht, is heel duidelijk de veranderde hemelachtergrond te zien. Die veranderde bij het verschijnen van de vuurbol ineens van donkerbruin-zwart naar diepblauw.



*Figuur 2. Deze Geminide van -10 verscheen op 14 december om 01.45 UT.  
Opname met een Canon 5Dii en fisheye zoom EF 8mm-15mm op 8mm, 29 seconden belicht op ISO2000.*

Het aantal zichtbare meteoren leek zich nu langzamerhand te stabiliseren.

Nadat we hadden zitten grappen dat het wel leuk zo zijn als er een Geminide door het beeldveld van 50mm op de volgmontering zou vliegen, verscheen die meteor inderdaad; om 02.23UT bewoog een -1 Geminide netjes diagonaal dwars door Orion heen (zie figuur 3). Andere hoogtepunten waren een -2 Geminide door de Kleine Hond om 03.01UT, een paar minuten later gevolgd door een -3 in de Waterslang. Om 03.31 bewoog een -4 Geminide niet ver van de radiant door de Lynx en laag in het zuiden verscheen om 05.08UT een -2 Geminide in de Waterslang. Dat de Maansikkel ondertussen (04.27UT) was opgekomen was nauwelijks storend. En deze zou ook zeker niet voor het inzetten van de schemering boven de bomen in het oosten zichtbaar worden.

Tegen 07UT werden de waarnemingen gestopt. De teller was fotografisch opgelopen tot 85 treffers met de Canon 6Dii en Sigma 20mm en 26 meteoren met de good old Canon 5Dii en 8mm fisheyezoom.





*Figuur 3. Geminide door Orion.  
Opname van 14 december, 02.23UT, met een  
Canon 60D en Sigma 50mm F/1.4 ART, EQ5,  
F/2.5, 60s op ISO1600.*



*Figuur 4. 3200 Phaethon op 14 december.  
Opnamen van 60s tussen 21.33-22.14UT  
met een Canon 60d, 71mm f=348mm apo,  
op de EQ5, bij ISO1600.*

## 14/15 december

De nacht 14/15 december verliep zo'n beetje gelijk aan de vorige nacht. Eerst nog wat laatste restjes bewolking waaruit van tijd tot tijd hele fijne motregen viel maar tegen 22UT was de hele hemel opengetrokken. Aangezien deze nacht ook het moederlichaam van de Geminiden, 3200 Phaethon, zijn dichtste nadering tot de Aarde had, leek het me wel een poging waard om deze met de apo te fotograferen. Uiteindelijk bleek de helderheid van Phaethon zo'n magnitude 10.5 te zijn, dus geen probleem voor een Canon 60D met de kleine 71mm, f=348mm apo. Zie de opname hierboven of het filmpje hier: <https://youtu.be/XI43iuyHjHM>

De activiteit was vergeleken met de vorige nacht duidelijk veel lager en ook de heldere exemplaren leken afwezig. Mooiste exemplaren waren een -2 Geminide om 02.43UT bij de Poolster, een fraaie -4 langs de Grote Beer (04.57UT) en als afsluiting van de nacht een mooie -3 Geminide in de Leeuw. In totaal leverde deze nacht 12 meteoren (allen Geminiden) op met de Canon 5Dii en 8mm fisheyzoom en de Canon 6Dii met Sigma 20mm pakte er nog eens 26.

De nacht 15/16 was weer geheel bewolkt met de laatste nacht, 16/17, nog gedeeltelijk helder. Deze laatste nacht is dan ook gebruikt om nog wat favoriete winterobjecten te fotograferen.

De terugreis op zondag 17 december verliep probleemloos. Aangekomen op Schiphol viel ons wel de enorme hoeveelheid bagage op, die was achtergebleven na de vele geannuleerde vluchten eerder die week. Daar hadden wij toch wel aardig gemazzeld....

## De Geminiden 2017 vanuit Ermelo waargenomen

Koen Miskotte



*Figuur 1. Geminide vuurbol magnitude -6, gefotografeerd op 13 december 2017 om 23:17 UT met de Ermelose all sky automaat EN-98.*

Al in 2009 werd vooruitgekeken naar de Geminiden van 2017. Immers, 2017 was een ideaal jaar om te vergelijken in de reeks 2001-2009-2017. Begin 2017 werden plannen gemaakt, er werd vooral gekeken naar een hit&run actie á la 2007 of 2009. Ik kreeg nog wel de uitnodiging van Jos Nijland om te komen waarnemen op de Pic du Midi sterrenwacht. Echter, zo lang van tevoren wil ik mij niet vastpinnen op een actie in december in Europa. Het weer is erg wisselvallig in december, ook in die regio of zelfs Spanje of Portugal.

Dit jaar kon ik voor het eerst in mijn werkzame leven een hele week vrij krijgen rond de Geminiden. Dat gaf wat hoop op een goede afloop van deze actie. Dat opende mogelijkheden voor een verre actie die ik samen met Michel Vandeputte wilde uitvoeren. Immers, we konden dan zonder gebruik te maken van een auto via vliegtuig, trein, bus of taxi naar een waarneemlocatie reizen.

Echter, een aantal gebeurtenissen traden op in aanloop naar deze actie waardoor uiteindelijk een hit&run actie niet door kon gaan in 2017. De aanloop naar de vrije werkweek was heel erg druk. Ik kreeg de voorraad amper op peil voor deze vrije week. Daarnaast werd een collega op het werk ernstig ziek en kon niet meer werken in december. In overleg besloot ik om de dinsdag en zaterdag te komen werken. Vervolgens was er chaos op de Nederlandse vliegvelden door de zware sneeuwval van 10 en 11 december waardoor vliegen op dinsdag 12 december afviel. Bleven over om te vliegen of reizen 13, 14 en 15 december. Dit was te kort om ergens te raken. Teleurstelling alom dus en vervolgens maar hopen op een goede afloop in Nederland. De weersverwachtingen waren een ramp. Niet alleen voor Nederland, maar voor bijna alle locaties in Europa. Uiteindelijk kende alleen zuid Spanje en La Palma (lees het verslag van Jaap van 't Leven maar eens...) een langere periode van helder weer.

In de avond van de 13e december ontstond een groot opklaringsgebied boven Engeland dat langzaam de Noordzee optrok richting Nederland.

Dat grote opklaringsgebied bereikte mij om 21:45 UT. Om 21:56 UT is het helemaal helder op enkele plukjes wolken na. Ik heb waargenomen op het platte dak van de dakkapel omdat op de heide de paden nog half verijst waren, glad en de heide zelf modderig door de vele regen van overdag. Ik keek in noordnoordoostelijke richting. Echter om 22:08 moest ik alweer stoppen voor nieuwe bewolking. Om 22:22 UT werd het weer geheel helder. De hemel was goed schoon, maar enigszins licht door het nog steeds aanwezige sneeuwdek van 10-15 cm dik (ondanks de vele regen overdag...).

Tussen 21:56 en 22:08 UT telde ik 8 Geminiden.

Tussen 22:08 en 22:22 UT telde ik 10 Geminiden, maar dit is buiten de officiële waarnemingstijd.

Tussen 22:22 en 23:00 UT (bewolkingsfactor  $F=1,02$ ) was er een mooie periode: t.eff 0,63 uur en  $Im$  6,25 leverde 41 Geminiden op. De mooiste Geminide was een witte van -1, maar het meeste was zwak. Tussen 23:38 en 23:43 UT passeerde aan de onderkant van mijn beeldveld laag noord wat cumulus wolkjes. Deze periode leverde een persoonlijke ZHR van 98 ~15 op.

Tussen 23:00 en 23:51 UT (bewolkingsfactor  $F=1,03$  door een groot bewolkingsgebied dat net zuid passeerde en gedurende 5 minuten mijn beeldveld schampten in het zenit) was een erg fraaie periode: t.eff 0,85 uur en  $Im$  6,21 leverde 63 Geminiden op. Fraai helder spul gezien die werd ingeleid door de -3 Geminide om 23:07 UT. In die minuut ging het heel hard, er werden 8 Geminiden ingesproken! Enkele minuten later om 23:10 UT een -

2 Geminide in de Stier. Om 23:17 UT viel dan de klapper: een fraaie groene Geminide van -6 bewoog van UMa naar UMi. Zowel de all sky als CAMS 353 legde hem fraai vast. 8 minuten later nog eens een -2. Vreemd dat heldere spul, de oplopende flank van de Geminiden zwerm laat meestal alleen zwak spul zien. Drie keer werden 2 Geminiden tegelijk gezien. Deze periode leverde een ZHR op van 104 ~13.

De radiocurve van de Japanse radiowaarnemers laat het maximum zien op zonnelongte 261,80.

<http://www5f.biglobe.ne.jp/~hro/Flash/2017/GEM/index.html>

Na 23:51 UT trok het helemaal dicht. Ik hoopte nog op opklaringen tegen de ochtendschemering, maar helaas kwamen die pas overdag.

In totaal zag ik gedurende 101 minuten (1,68 uur) 134 meteoren waarvan 110 Geminiden, 3 Xi Orioniden en 21 SPO. Ik heb niet gelet op sigma Hydriden en December Monocerotiden omdat de radianten buiten het beeldveld lagen. De Xi Orioniden (ook wel Noordelijke Tauriden) lagen ook buiten het beeldveld, maar deze zijn vanwege hun traagheid makkelijker te onderscheiden. Al met al wel tevreden dat ik nog iets heb kunnen zien en gelukkig met een goede radiant hoogte. Op naar 2018!

# De Geminiden van 2017: een lastige puzzel...

Koen Miskotte

## Abstract

*An analysis of the Geminids 2017 visual meteor observations is presented. A ZHR profile has been computed based on observations reported to the website of the International Meteor Organization and data from observers that were sent directly to the author. It turned out that the weather in 2017 played a negative role. This article provides an overview of the method, the difficulties and the final results of this analysis. The results from 2017 were also compared with old analyses of the Geminids from 1985, 2001 and 2009.*

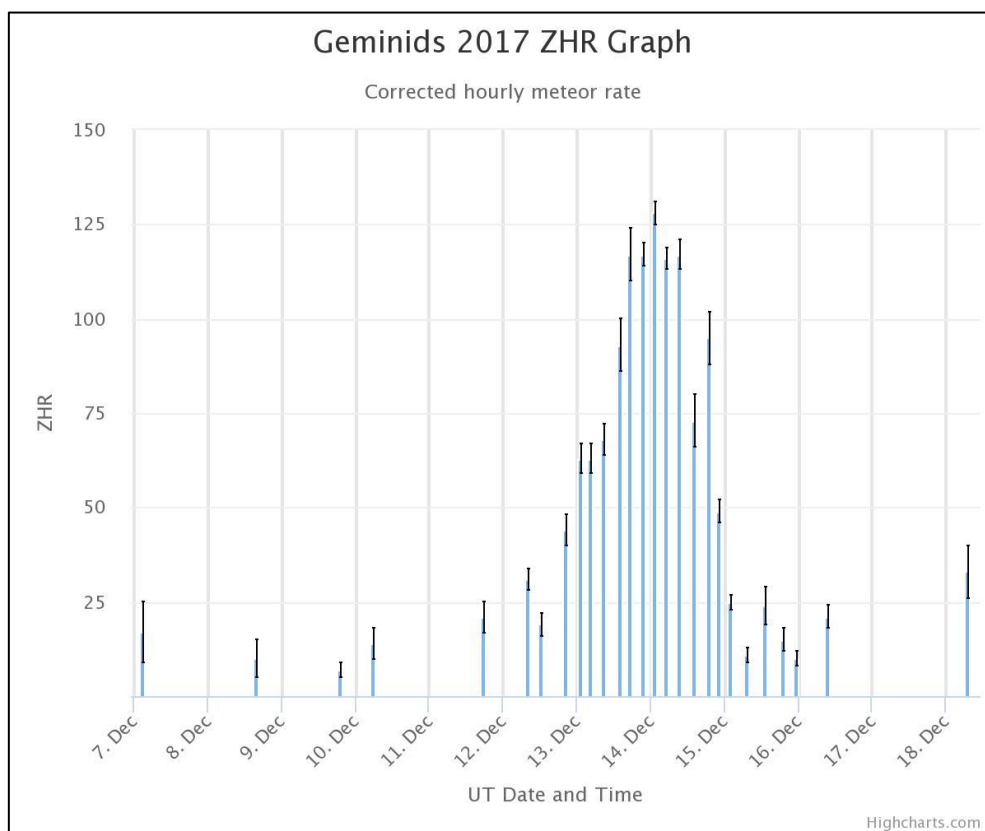
## 1 Inleiding

Al jaren werd er uitgekeken naar de Geminiden van 2017. Immers in o.a. [1,2,3] bleek dat het moederlichaam van de Geminiden, 3200 Phaethon, in 2017 zijn dichtste nadering sinds lange tijd zou hebben rond het Geminiden maximum. Volgens Galina Ryabova en Juergen Rendtel [3] was er een hele kleine kans op wat verhoogde activiteit op 14 december even na 12 UT ( $\lambda 262.45 \pm 0.005$ ). Verder stellen Galina en Juergen in hetzelfde artikel dat de Geminiden activiteit is gestegen in de periode 1985-2016. Daarnaast is het zo dat in [1,2] gesteld wordt dat de serie 1985-2001-2009 en 2017 het beste zijn om te kijken of de Geminiden activiteit stijgt of daalt.

Helaas was deze Geminiden actie in de BeNeLux geen succes. Het weer was nogal slecht en wederom werd bewezen dat je dan nog het beste zit in het zuidelijke deel van de BeNeLux. Natuurlijk werd ook gekeken naar data van bekende waarnemers op de IMO site. Echter, ook daar bleek dat in 2017 het weer een grote negatieve invloed heeft gehad op de resultaten.

Op de IMO site [4] werden tot 14 januari 2018 door 71 verschillende waarnemers 8568 meteorieten gerapporteerd. Dat leverde de figuren 1 en 2 op, de bekende "on the fly" curven.

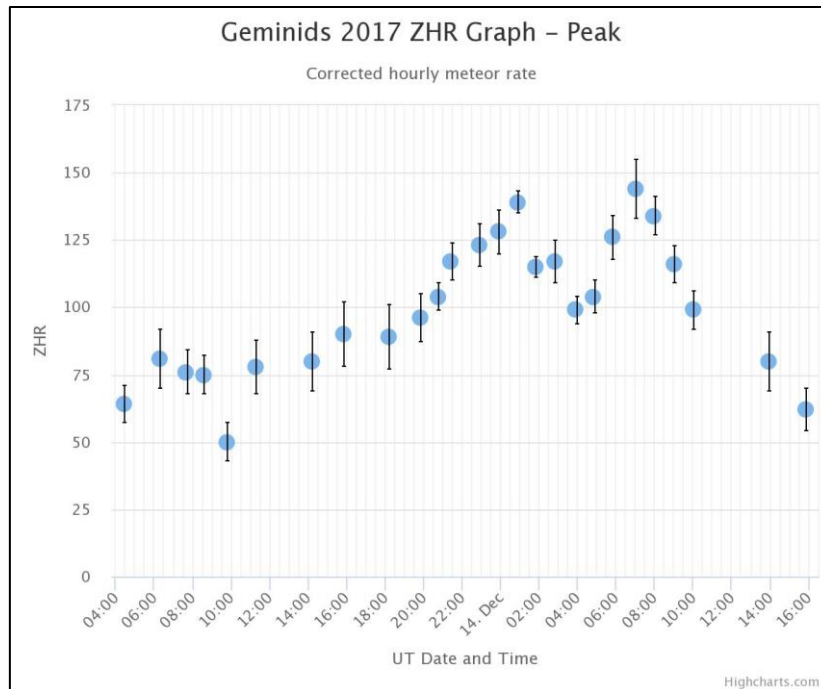
In dit artikel een overzicht van de resultaten uit 2017 en wordt er vergeleken met oudere terugkeren 1985-2001 en 2009.



Figuur 1. On the fly ZHR curve van de Geminiden 2017.

De curve is gebaseerd op 8568 Geminiden en een aangenomen populatie index  $r 2.6$ .

Verder werd alleen data gebruikt met een grensmagnitude van 5,0 of hoger.



Figuur 2. In deze ZHR curve is ingezoomd op het maximum van de Geminiden tussen 13 december 4:00 UT en 14 december 14:00 UT. De curve is gebaseerd op 6065 Geminiden en een aangenomen populatie index  $r$  van 2,4. Verder werd alleen data gebruikt met een grensmagnitude van 5,5 of hoger. Dit levert meteen al een beter resultaat op vergeleken met figuur 1.

## 2 Beoordeling van de data

Omdat het weer in de BeNeLux tegenzat en we ook op een globale schaal naar de resultaten wilden kijken, hebben we ook gekeken naar de data die werd gerapporteerd aan IMO. Daarnaast stuurden enkele waarnemers direct hun data op aan ondergetekende. Van alle waarnemers werd de data kritisch bekeken. Omdat van de waarnemers met een betrouwbare  $C_p$  bepaling weinig data voorhanden was, werd eerst geprobeerd een analyse te maken met data van alle waarnemers met een grensmagnitude van 5,9 of hoger en met een bewolkings- of bedekkingspercentage van niet meer dan 10%. Deze data werd vervolgens ingeklopt in het bekende ZHR spreadsheet (de interval tellingen) en de magnitude distributie check sheet (voor de populatie index  $r$  bepaling). Tijdens het binnen halen van de data bleek al wel dat een groot deel van de waarnemingen nogal versnipperd waren. Veel waarnemers hadden te kampen met wisselende omstandigheden of konden alleen een korte periode waarnemen.

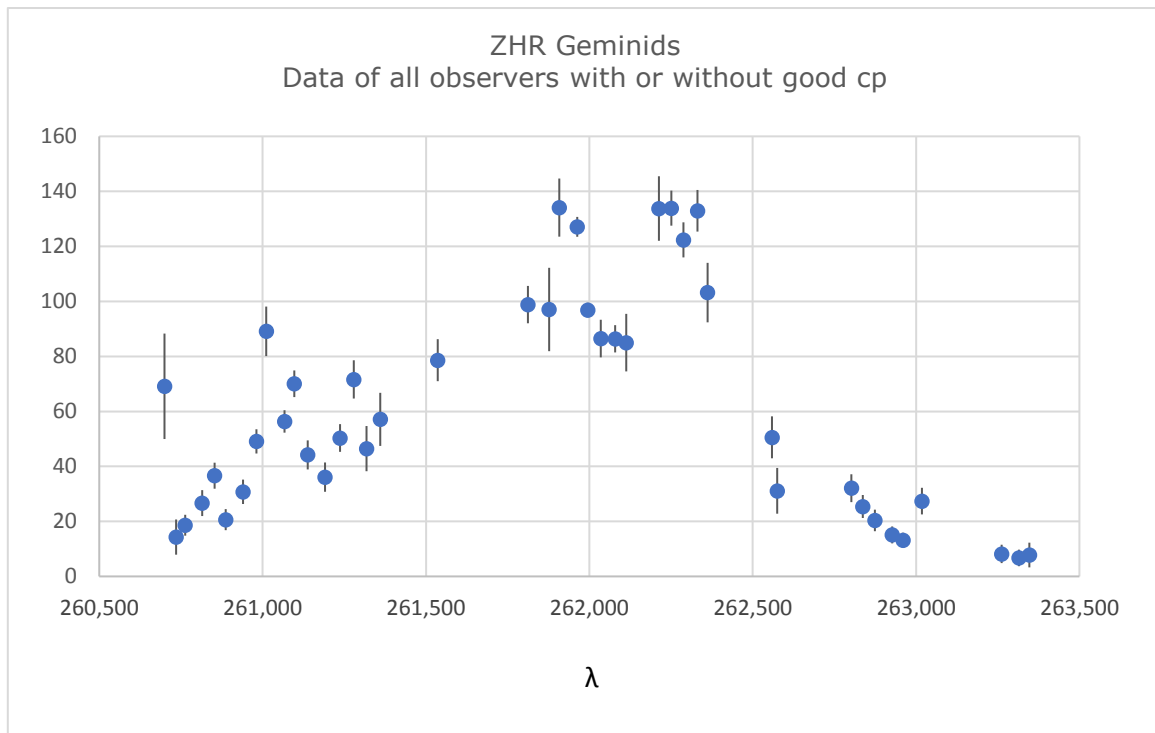
Toen alles in de spreadsheets zat bleef er van de aan IMO gerapporteerde 8568 Geminiden (situatie 14 januari 2018), 6588 Geminiden over, dat is grofweg 70% van alle data.

## 3 Bepaling $r$ waarde

Het bepalen van een verloop van de populatie index  $r$  bleek een onmogelijke opgave. Alleen data van ervaren waarnemers is hier gebruikt. De controle van de magnitude distributies gaf aan dat slechts 20% (!) van de ingeklopte data van 3189 Geminiden geschikt was voor een  $r$  waarde berekening. De regel in dit spreadsheet is dat het verschil tussen de gemiddelde magnitude en de grensmagnitude niet groter mag zijn dan 4 magnituden. Dit aantal (~700) meteoren is veel te weinig voor een betrouwbaar beeld van het  $r$  waarde verloop. Om toch een beeld te krijgen van de Geminiden van 2017 is besloten om voor de ZHR berekeningen een  $r$  waarde aan te houden van 2.5 tot  $\lambda$  262.2 en vanaf dat punt een  $r$  waarde van 2.3 aan te houden. Daarmee is het ook mogelijk om direct te vergelijken met de ZHR curven uit de reeks 1985, 2001 en 2009 aangezien er in de grote Geminiden analyse [1] ook gerekend werd met die  $r$  waarden tot aan/vanaf dezelfde zonnengte.

## 4 ZHR berekeningen

In eerste instantie werd gerekend aan alle data van alle waarnemers die waarnemingen instuurden die voldeden aan de in punt 2 gestelde eisen. Van waarnemers met een bekende  $C_p$  werd deze aangehouden, van waarnemers waarvan geen  $C_p$  bekend was werd een  $C_p$  aangehouden van 1.0. Zoals gesteld in 3 werd uitgegaan van de populatie index  $r$  waarde van 2.5 voor  $\lambda$  262.2, erna een  $r$  waarde van 2.3. Dit leverde vervolgens figuur 3 op.



*Figuur 3. Geminiden 2017 ZHR curve op basis van alle waarnemers met een minimale grensmagnitude van 5,9. Deze curve is gebaseerd op 6443 Geminiden met een aangenomen populatie index waarde 2,6 voor  $\lambda$  262.2 en daarna 2,4.*

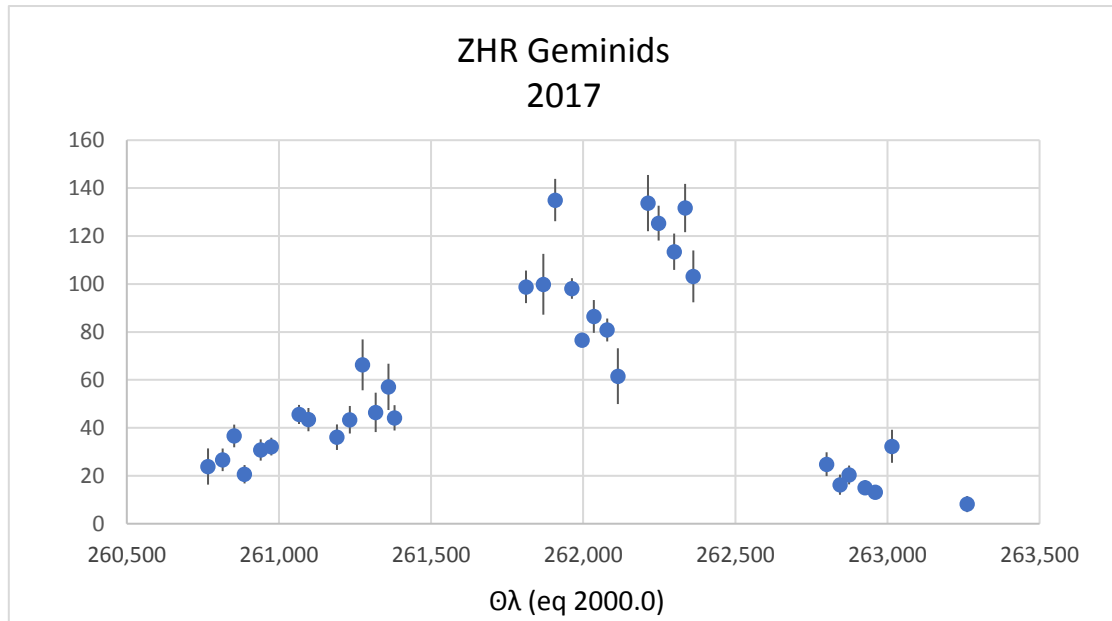
Wat hier opvalt is dat de op de IMO site twee zichtbare pieken van figuur 2 hier ook duidelijk zichtbaar zijn, allebei met een piek ZHR van net onder de 140. Verder valt de hoge ZHR op van de nacht 12/13 december 2017 boven Europa en de US, met daarbij pieken op  $\lambda$  261.1 (13 december 2017 4.3 UT, ZHR 70) en 261.3 (13 december 2017 8.6 UT, ZHR 70) en een tweetal flinke uitschieters op  $\lambda$  260.7 (12 december 2017 18.9 UT, ZHR 70) en 261.0 (13 december 2017 02.3 UT, ZHR 90!).

Als gevolg van de genoemde uitschieters, de nogal rommelige opbouw in de nacht 12/13 december en de vrij hoge ZHR waarden die nacht, werd eens nader ingezoomd op de data tussen  $\lambda$  260.7 en 261.5. Want meestal is er juist een vrij regelmatige opbouw van activiteit rond die zonnelongte zichtbaar, waarbij de ZHR langzaam toeneemt. Nadere inspectie van de waarnemingen leert dat er een probleem lijkt met de data van één waarnemer waarvan overigens een goede cp bepaling voorhanden is (verbazend genoeg). Deze waarnemer heeft wel heel erg hoge individuele ZHR waarden voor de nacht 12/13 december, zo net boven de 100! Zijn Cp is ooit bepaald op 0,7 (gevonden uit de periode 2014-2015). Als gevolg van dit resultaat heb ik zijn Cp opnieuw berekend en aangevuld met data uit aug 2017. Inderdaad ligt de cp nu wat hoger nu, op 0,9. Maar ook dan nog steeds hoge ZHR waarden tussen de 70-90. Deze waarnemer ziet steeds ZHR waarden die 2x zo hoog liggen als die van andere waarnemers met een goede Cp die op vrijwel hetzelfde moment waarnemen. Daarom besloot ik om nog eens een complete ZHR analyse te doen waarbij data werd uitgezeefd op de volgende methode:

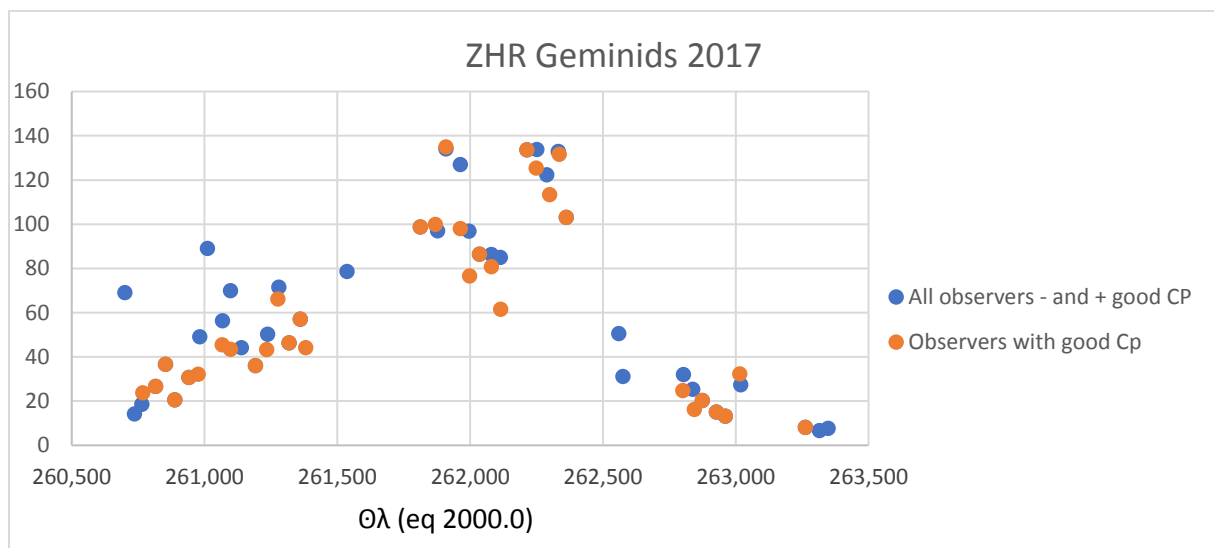
- Alle data van waarnemers zonder een fatsoenlijke Cp bepaling werden verwijderd.
- Alle data van de waarnemer met zeer hoge ZHR waarden van 12/13 december 2017 werden verwijderd, deze waarnemer heeft overigens alleen de nacht 12/13 december kunnen waarnemen. Daarbij viel meteen de hoge ZHR uitschieter van  $\lambda$  261.011 meteen weg.
- De hoge ZHR van zonnelongte 260.70 werd verwijderd, dit was een waarneming op basis van 1 waarnemer waarvan de Cp wel bekend was, een uitbijter dus.

Van de genoemde 6565 Geminiden bleven er vervolgens 3995 over.... Uit deze data werd vervolgens een nieuwe ZHR curve gemaakt, het resultaat is figuur 4. Meteen valt daar op dat de opbouw van 12/13 december er een stuk "rustiger" uitziet. De dubbele piek blijft wel staan, al is de eerste piek wel gereduceerd van drie punten naar 1 punt. Figuur 5 is een combinatie van figuren 3 en 4 om de verschillen beter te benadrukken.

Hieruit blijkt steeds weer dat voor een goede nauwkeurige ZHR bepaling echt alleen data gebruikt moet worden van waarnemers waarvan een goede Cp bekend is. Men kan niet ongecontroleerd data op één hoop gooien en zomaar verwerken. De auteur blijft erop hameren dat voor een goede Cp bepaling sporadische data wordt gebruikt, verzameld tussen 25 juli en de hele maand augustus tussen 0 en 4 uur lokale tijd.



Figuur 4. ZHR curve Geminiden 2017 op basis van 3995 Geminiden. Dit is dus de finale versie van de Geminiden 2017 ZHR curve en vormt de basis voor vergelijkingen met 1985, 2001 en 2009.



Figuur 5. Vergelijking tussen de ZHR curven uit figuren 3 en 4. Duidelijk vallen de lagere ZHR's op van 12/13 december, de verschillen in de nacht 13/14 december zijn kleiner.

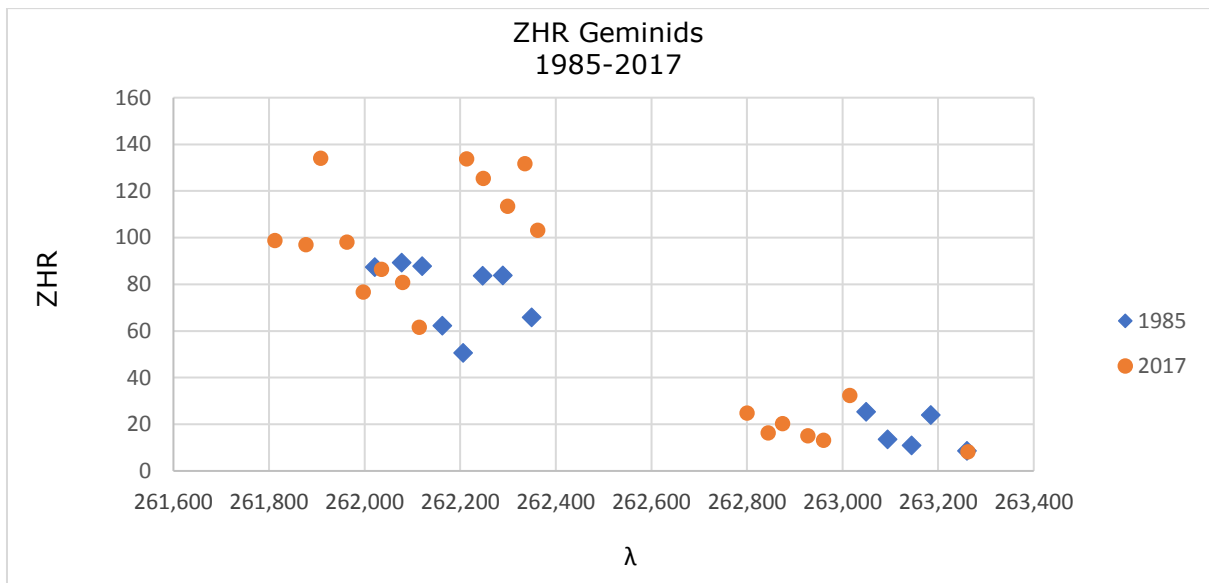
## 5 De reeks 1985-2001-2009-2017

Ondanks het feit dat de Geminiden dankzij het matige weer slecht konden worden waargenomen is er toch een "redelijk" betrouwbare ZHR curve uitgekomen. Het blijft jammer dat er dit jaar weinig relatief goede data was om deze analyse steviger te maken. Desondanks is een poging ondernomen om de ZHR curve uit 2017 te vergelijken met oudere ZHR curven. Het gaat hier om de reeks 1985-1993-2001 en 2009.

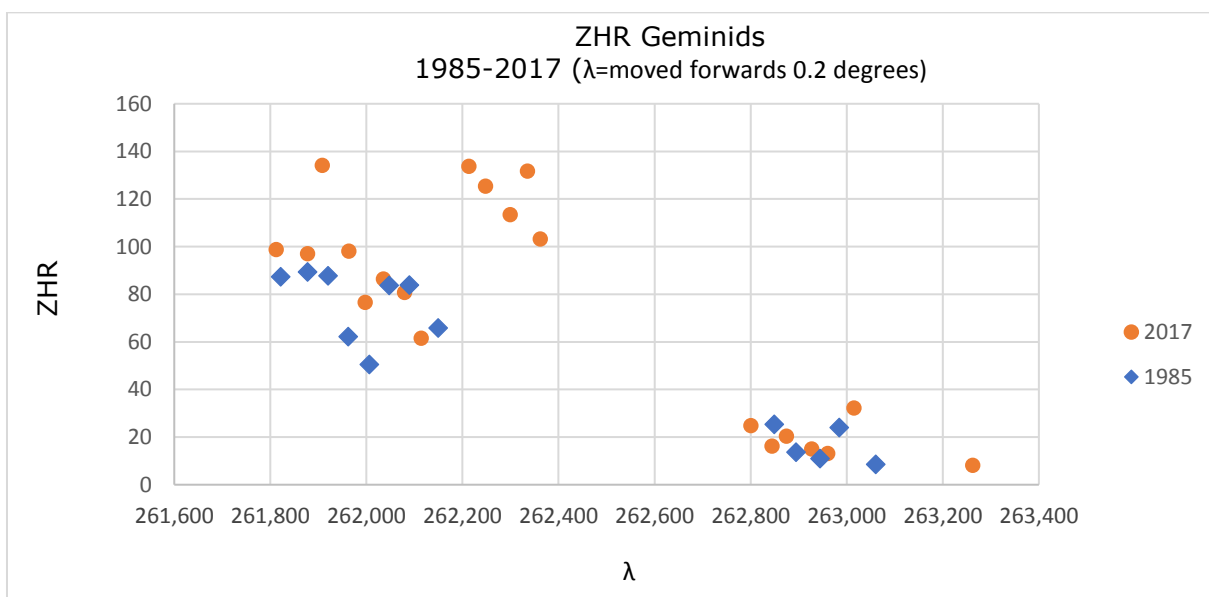
Voor alle duidelijkheid geef ik hier de conclusies uit [1] nog eens weer voor wat betreft de reeks 1985-2001-2009.

"Resumerend: Deze reeks is het fraaiste om eens te kijken naar de eventuele evolutie in ZHR. Duidelijk zichtbaar is dat 1985 het jaar was met de minste activiteit in deze reeks. Het jaar 2001 scoort het hoogste qua ZHR en in 2009 is de ZHR toch weer een stukje lager. Mocht de ZHR in 2017 weer een stuk lager liggen dan in 2009 dan is het toch wel duidelijk dat we weer in een dalende trend zitten van de activiteit van de Geminiden. Dan liggen de jaren met de hoogste ZHR's alweer achter ons. Deze periode met hoogste activiteit zal dan ergens tussen 1996 en 2004 gelegen moeten hebben, zie ook hoofdstuk 6.1".

1985-2017 (32 jaar)



Figuur 6. Vergelijking tussen de ZHR curven uit 1985 en 2017. Het valt hier op dat de ZHR in 1985 veel lager is. In 1985 vond ondergetekende in [1,2] en Peter Jenniskens in [5] een dubbele piek. De ZHR curve is op basis van data van twee goede waarnemers op 1 locatie (Puimichel, zuid Frankrijk), dus ook daar moeten we voorzichtigheid betrachten. Mooier zou zijn als er meer goede data voorhanden was uit 1985. Het is ook de vraag in hoeverre de passage van een cirrusveld [6] de "dip" tussen de twee pieken beïnvloedt. Verder lijkt de curve uit 2017 verschoven te zijn in zonnелengte, ongeveer 0.2 graad eerder ten opzichte van 1985. In figuur 7 dezelfde vergelijking als in figuur 6, maar is de ZHR grafiek uit 1985 0.2 graad (=5 uur) naar voren geschoven.

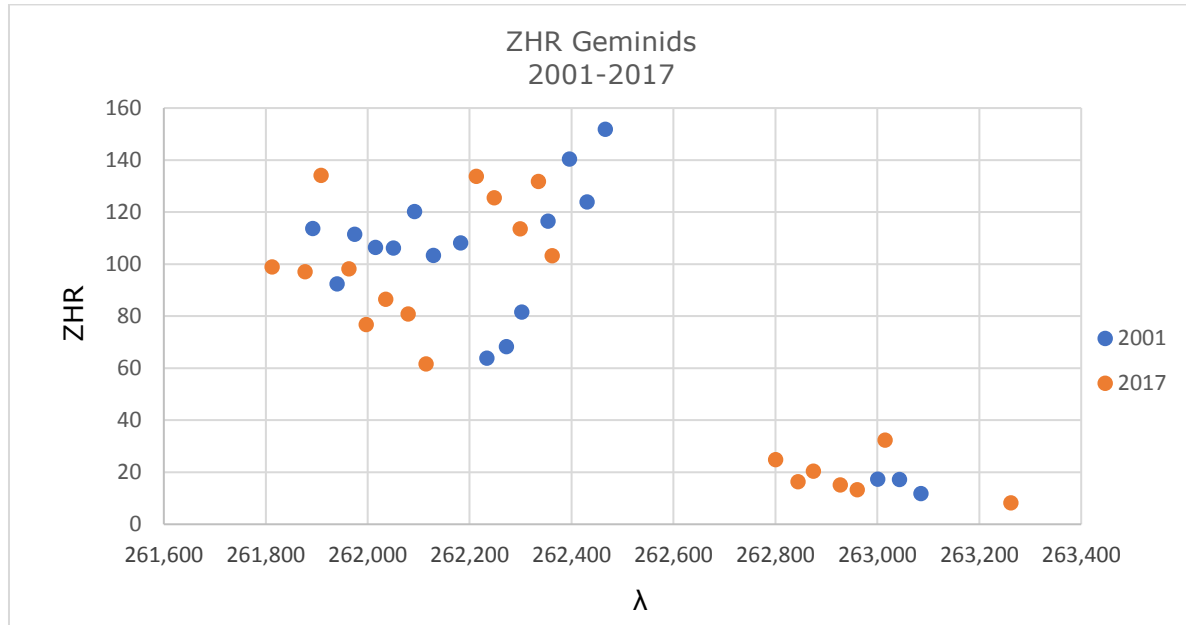


Figuur 7. Dezelfde figuur als figuur 6, maar nu is de ZHR grafiek uit 1985 0.2 graad naar voren geschoven. Echt goede conclusies kunnen hier niet getrokken worden. De curve uit 1985 is gebaseerd op data van 2 waarnemers uit Puimichel (Klaas Jobse en Paul Roggemans). Op de IMO site is geen waarneemdata beschikbaar rond  $\lambda$  262.2 of later voor vergelijking met de piek in 2017.

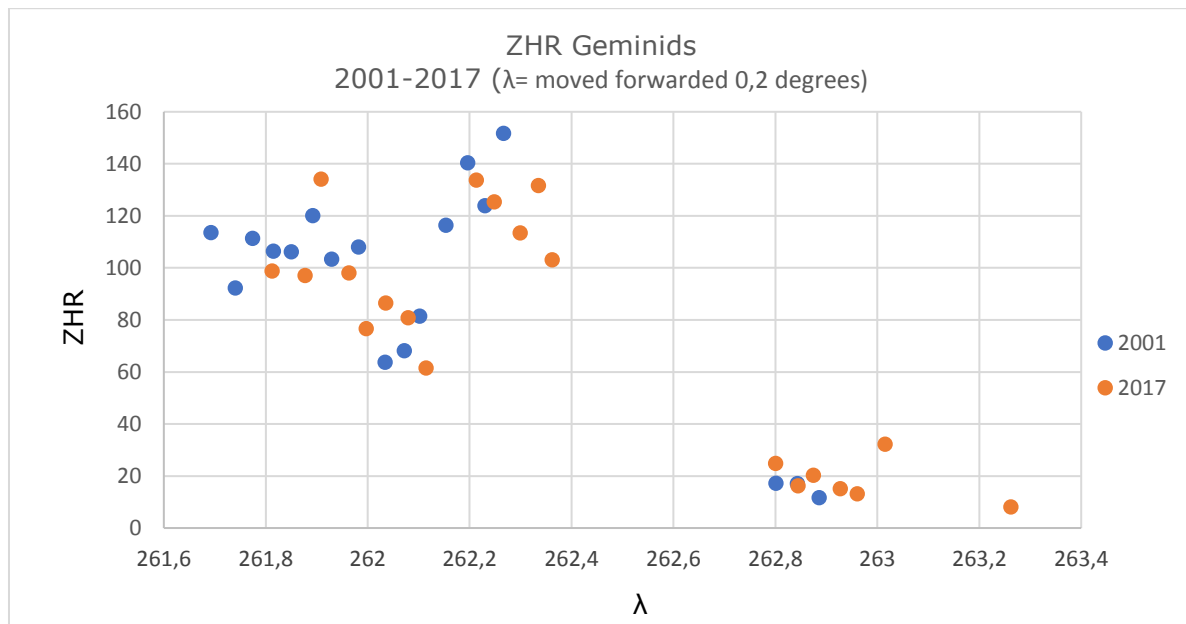


## 2001-2017 (16 jaar)

Omdat een piek in activiteit boven Amerika werd opgemerkt in 2017, besloot de auteur eens te kijken op de IMO site naar waarnemdata van bekende waarnemers in de periode op 14 december 2001 na 05 UT. Inderdaad hadden een 7 tal Noord Amerikaanse waarnemers data opgestuurd. Echter van twee waarnemers met een goede Cp bepaling kon ik een beperkte dataset toevoegen. Dit waren Robert Lunsford (3 uur effectief) en Pierre Martin (2 uur effectief). Hun data onderling sluit aardig aan en is opgenomen in de onderstaande figuren 8 en 9.



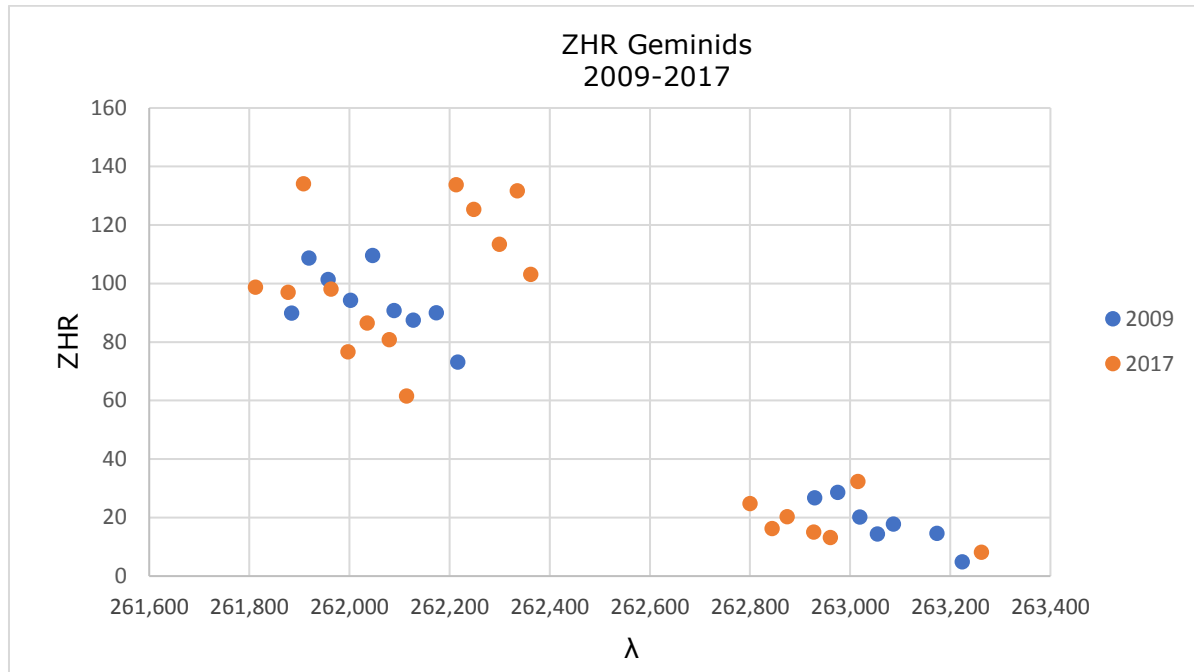
Figuur 8. Vergelijking tussen de ZHR curven uit 2001 en 2017. Ook hier lijkt de ZHR curven t.o.v. elkaar verschoven te zijn. Meestentijds ligt de ZHR uit 2001 wat hoger dan 2017. Data uit 2001 van Robert Lunsford en Pierre Martin is toegevoegd voor vergelijking. Als we de ZHR curve uit 2001 0.2 graden in zonnengte terugzetten dan ontstaat er een ander beeld. Zie figuur 9 voor dat resultaat.



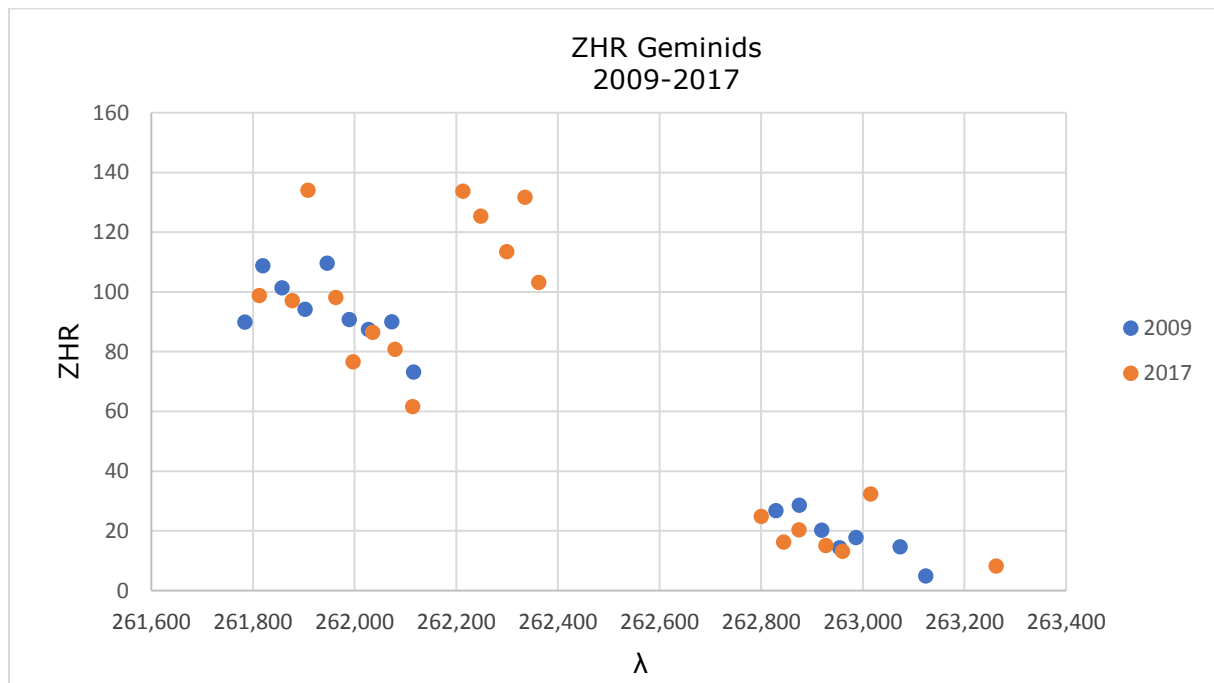
Figuur 9. Dezelfde grafiek als figuur 8, alleen is de zonnengte van 2001 0.2 graad naar voren geschoven. Het resultaat is opmerkelijk te noemen, er is plots een redelijke overeenstemming met elkaar! De tweede piek uit 2017 is in 2001 ook gezien vanuit de US. Op basis van de data zou je kunnen concluderen dat de 2017 curve een iets lager niveau laat zien dan 2001.

## 2009-2017 (8 jaar)

Ook hier is gekeken of er nog Noord Amerikaanse data toegevoegd kon worden aan de 2009 ZHR curve. Die is er wel maar het is allemaal erg summier. Alleen van Wesley Stone is er een aardige reeks data beschikbaar, maar helaas heeft hij nogal wisselende weer-omstandigheden gehad waardoor er regelmatig te hoge bedekkingspercentages werden gemeld. Dus ook deze data is niet gebruikt.



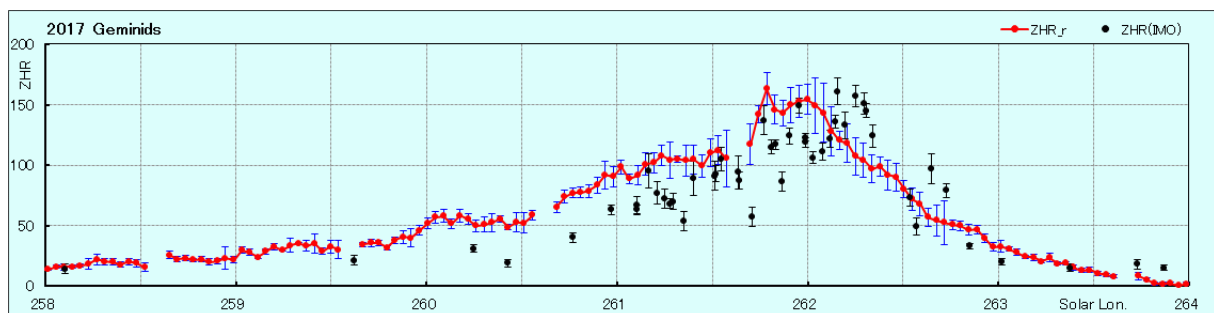
Figuur 10. Vergelijking Geminiden 2009 en 2016. De ZHR lijkt in 2017 tussen de 10 en 20% lager te liggen. De punten na 262.200 vallen bijna allemaal buiten de 2009 curve. Passen we dezelfde truc toe als in de voorgaande reeksen 1985-2017 en 2001-2017 dan ontstaat een ander beeld. Het bleek wel dat een verschuiving van de 2009 curve van 0.1 graad (i.p.v. de 0.2 graad van de voorgaande twee reeksen) naar voren t.o.v. 2017 de mooiste overeenkomsten geeft. Het resultaat is zichtbaar in figuur 11.



Figuur 11. Dezelfde figuur als figuur 10. De zonnengte uit 2009 is met 0,1 graad naar voren geschoven t.o.v. 2017. Ook nu weer een opvallende gelijkenis. En net als met de vergelijking uit de reeks 2001-2017 valt de hoge activiteit uit 2017 na  $\lambda$  262.200 buiten het waarneemvenster van 2009. Logisch ook omdat de 2017 data ook US data bevat. Het verschil in ZHR tussen 2009 en 2017 is vrijwel verdwenen.

## 6 Enkele zeer voorzichtige conclusies en aanbevelingen

- In deze analyse is duidelijk naar voren gekomen dat er twee pieken in 2017 zijn, één rond  $\lambda$  261.9 en de tweede rond 262.2. Daarbij lijkt er in 2017 een verschuiving op te treden waarbij het maximum 0.1 graad (=  $\sim 2.5$  uur) eerder valt vergeleken met 2009, 0.2 graad eerder dan 2001 en 0.2 graad eerder dan 1985. Dat het ZHR profiel varieert in intensiteit (de hoogte van de ZHR) is puur afhankelijk van de dichtheid van de stofstroom, maar het tijdstip in zonnelongte is voor alle zwermen over langere tijd constant. Als er echt een verschuiving is van  $\sim 0.1^\circ$  na  $\sim 10$  à 20 jaar dan moet daar een fysische verklaring voor zijn. In de analyse van 2011 wordt een verschuiving van  $0.1^\circ$  en  $0.05^\circ$  vermeld. Bij de Geminiden met een korte omlooperperiode zou een verloop of regressie van het centrum van de zwerm t.o.v. aardbaan zich wel eens kunnen uiten in deze waargenomen verschuiving. Dat moet dan wel consistent en gelijkmatig verlopen. Tussen 2017 en 2009 zijn 8 jaren en schuif het 2009 profiel  $0.1^\circ$  terug in zonnelongte, het profiel van 2001 schuift  $0.2^\circ$  terug in zonnelongte (16 jaar), maar het profiel van 1985 wordt ook slechts  $0.2^\circ$  in zonnelongte verminderd voor 32 jaar. Als er een regressie is van de kern van de zwerm dan is die waarschijnlijk gelijkmatig en iets minder dan  $0.1^\circ$  tussen 2009 en 2017, ook iets minder dan  $0.2^\circ$  tussen 2001 en 2017 en iets meer dan  $0.2^\circ$  tussen 1985 en 2017. Meer goede waarnemingsdata van het Geminiden maximum in de komende jaren zou hier meer duidelijkheid kunnen scheppen.
- Het is interessant om eens uit te zoeken of er bij beide pieken sprake is van massa sortering. Daar is zeker sprake van direct NA de tweede piek rond  $\lambda$  262.2. Het is jammer dat de waarnemingen van 2017 zo gefragmenteerd zijn, dan had er wellicht nu al iets gezegd kunnen worden over de eerste piek. Tussen de twee pieken is een korte periode met flink lagere activiteit. Deze kan zomaar 40 á 50% lager liggen dan de piek activiteit. Dit lijkt voor te komen in alle jaren in de reeks 1985-2001-2009-2017.
- Nogmaals is met deze lastige analyse aangetoond dat alleen data van waarnemers met een betrouwbare Cp bepaling in aanmerking komen om te gebruiken voor een goede ZHR analyse. Het zou heel mooi zijn als meer waarnemers vaker gaan waarnemen (liefst 15 uur effectief of meer) in de periode van 25 juli tot eind augustus van 0 tot 4 uur lokale tijd. Hoe meer goede data gebruikt wordt, hoe steviger de analyses en uitkomsten worden!
- Een voorzichtige vergelijking tussen 1985, 2001 en 2009 laat zien dat de activiteit in 2017 ongeveer 10-20% hoger lag dan in 1985, 10% lager dan in 2001 en 5 % lager dan in 2009. Het verschil tussen 2001 en 2009 is iets groter. Echter, de verschillen zijn klein en vallen meestal binnen de deviaties. Helaas te weinig dus om echt te kunnen spreken van een duidelijke afname in activiteit van de Geminiden sinds 2001/2004.
- Wat wel duidelijk is, is dat de activiteit NIET is gestegen de afgelopen 15 jaar. Dit in tegenstelling tot de bewering in [3]. Geslaagde Geminiden acties wereldwijd in 2018, 2020 en 2023 zouden hier nog wat meer zicht op kunnen geven. Het gebruik van "maanlicht data" is niet aan te raden vanwege de bijbehorende lage grensmagnituden.
- Of het moederlichaam 3200 Phaethon voor extra activiteit heeft gezorgd is uit visuele data niet duidelijk, er zijn namelijk geen visuele waarnemingen van rond  $\lambda$  262.45  $\pm$  0.005 (14 december 2017 12,1 UT). De dichtstbijzijnde dataset is van Terrence Ross van 14 december 2017 rond 10 UT: die laat geen vreemde zaken zien, een ZHR van 110 werd toen waargenomen met een magnitude distributie die er normaal uitziet. De radiodata verzameld door de Japanners laten niets vreemd zien rond  $\lambda$  262.45  $\pm$  0.005 (zie figuur 12). Deze curve is gebaseerd op wereldwijde radiodata verzameld door de RMOB, zie ook <http://www.rmob.org/livedata/main.php>



Figuur 12. Radio data Geminiden 2017. Op  $\lambda$  262.45  $\pm$  0.005 is geen sprake van extra activiteit.

## 7 Dankwoord

De auteur dankt alle waarnemers die de Geminiden van 2017 hebben waargenomen. Dat valt niet mee in koude winteromstandigheden en daarom veel hulde voor de getoonde inzet! Daarnaast dankt de auteur Michel Vandeputte, Paul Roggemans en Carl Johannink voor hun waardevolle bijdragen en suggesties.

De volgende waarnemers stuurden hun data aan IMO of aan de auteur persoonlijk: José Alvarelos, Steve Brown, Jean Francois Coliac, Kelly de Lima Gleici, Michel Deconinck, Katie Demetriou, Saeed Dhawalikar, Jose Diaz Martinez, Valentin Diaz Parreño, Eini Shlomi, Richard Fleet, Kai Gaarder, Paul Jones, William Godley, Robin Hegenbarth, Carl Hergenrother, Gabriel Hickel, Glenn Hughes, Gerardo Jiménez López, Karoly Jonas, Jithendra joshi, Upasana Joshi, Javor Kac, Omri Katz, Siddharth Khalate, Sneha Kulkarni, Dmitrii Larin, Anna Levin, Gang Li, Joxia Li, Caslav Lukic, Robert Lunsford, Chinmay Mahajan, Jameer Manur, Odirlei Marcelo Alfien, Adam Marsh, Ken Marsh, Pierre Martin, Alastair McBeath, Frederic Merlin, Yuxi Mi, Koen Miskotte, Sirko Molau, Arash Nabizadeh Haghighi, Shreeya Nadgowda, Jos Nijland, Ana Nikolić, Vladimir Nikolić, Michael Nolle, Olech Arkadiusz, Nina Perović, Lazar Popovic, Pedro Pérez Corujo, Ina Rendtel, Jurgen Rendtel, Terrence Ross, Branislav Savic, Alex Scholten, Kai Schultze, Shi Fangzheng, Rahul Shrivastava, Constantino Sigismondi, Ivan Stankovic, Wesley Stone, Tamara Tchenak, István Tepliczky, Sonal Thorve, Alexey tumanov, Shigeo Uchiyama, Peter van Leuteren, Hendrik Vandenbruane, Michel Vandeputte, Ariel Westfried, Roland Winkler, Frank Wächter, Sabine Wächter en Geng Zhao.

## 7 Plannen 2018-2020

Voor 2018 plannen een aantal waarnemers een waarneem actie op de Pic du Midi. Anderen plannen een hit & run actie naar helder weer á la 2007 en 2009. In 2019 stoort een bijna volle maan. In 2020 zijn er plannen voor een actie in Oman. Wie op de hoogte wil blijven van de plannen of deel wil nemen aan een hit&run actie kan dit aangeven bij de auteur van dit artikel.

## 8 Referenties

- [1] Miskotte K., Geminiden: 30 jaar waarnemingen (1980-2009), eRadiant 2010-6, p. 152-186
- [2] Miskotte K., Johannink C., Vandeputte M., Bus P., Geminids: 30 years of observations (1980-2009)
- [3] Ryabova G., Rendtel J., Increasing Geminid shower activity, MNRAS ????
- [4] [http://www.imo.net/members/imo\\_live\\_shower?shower=GEM&year=2017](http://www.imo.net/members/imo_live_shower?shower=GEM&year=2017)
- [5] Jenniskens P., De structuur van het Geminidenmaximum, Radiant 8-3 (1986), p. 58-59.
- [6] Jobse K., Geminiden 1985, 1600 visuele meteoren vanuit Puimichel, Radiant 8-1 (1986), p 15-16

# CAMS BeNeLux : resultaten in oktober, november, december 2017

Carl Johannink

## Abstract

*The last quarter of 2017 allowed for the collection of orbits during 79 nights of a total of 92 nights. 10820 orbits were added to the CAMS database in this period [1].*

*In the first month, weather was cooperative, but especially december was a gloomy month, collecting the lowest hours of sunshine since 1988.*

## Oktober 2017

In de maand oktober overheersten vooral in de periode van 12 t/m 21 oktober de opklaringen gedurende de nachtelijke uurtjes. Juist in deze periode werden een aantal interessante zwermen waargenomen. We zijn op die data in eerdere artikelen al ingegaan [2,3].

Alleen in de nachten 1/2 en 4/5 oktober werden helemaal geen simultanen gepakt. De maand werd verder gekenmerkt door kleinere problemen bij een aantal posten. In Dourbes bleek opnieuw de opstelling iets verschoven te zijn. Na een weekje waren de 394 / 395 weer in bedrijf. In Mechelen had Paul Roggemans te kampen met problemen met de 399. Felix Bettonvil kon vanwege drukke werkzaamheden zijn camera's niet vaak inzetten.

Naast de al genoemde bijzondere activiteit van sommige zwermen [2,3], werden natuurlijk ook leden van de bekende zwermen STA , NTA en ORI vastgelegd.

Van de Orioniden legden we in de periode van 17/18 t/m 21/22 oktober in totaal 227 exemplaren vast. Tabel 1 geeft voor elk van vijf opeenvolgende nachten rondom het Orionidenmaximum, de mediaan van de radiantpositie. We vonden voor de Orioniden m.b.v. tabel 1 een radiantdrift van  $\Delta RA = 0,7$  graden en  $\Delta DE = 0,04$  graden in deze periode. Jenniskens [4] vond voor de radiantdrift van de Orioniden  $\Delta RA = 1,0$  graden en  $\Delta DE = - 0,05$  graden .

Okt. :	mediaan RA	mediaan DE	# ORI:
17/18	92,35	15,48	17
18/19	93,07	15,51	66
19/20	93,85	15,65	38
20/21	94,73	15,54	74
21/22	95,16	15,64	32

Tabel 1. Mediaan van radiantposities van 227 Orioniden

In de periode van 12 – 22 oktober konden ook 28 epsilon Geminiden worden vastgelegd.

Voor deze zwerm vonden we de volgende gemiddelde waarden voor de baanelementen (tussen haken de waarden welke in de IAU database gegeven worden) [4]:

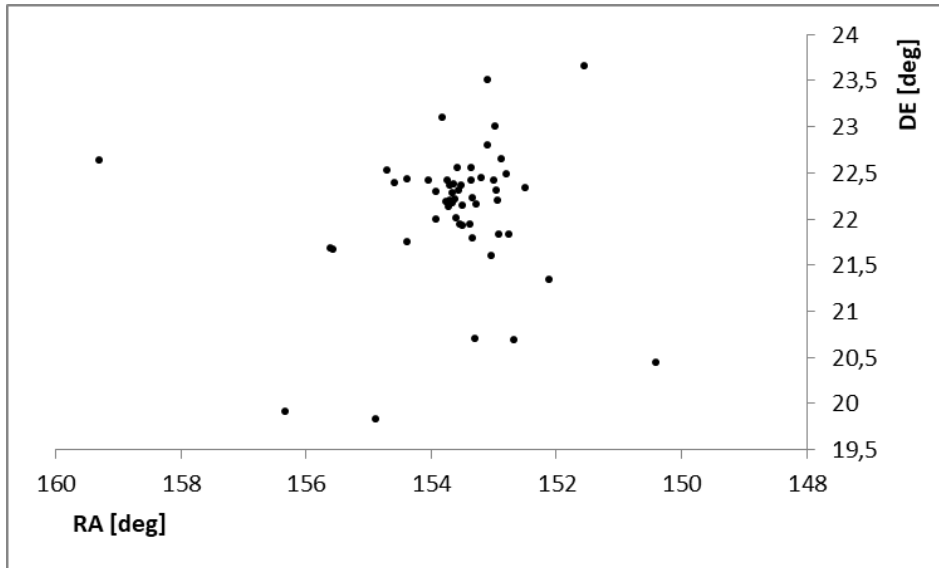
$a = 24.9$  AE [33.0]  
 $e = 0,9804$  [0,982]  
 $q = 0,7929$  AE [0,790]  
 $i = 170.3$  deg [170.1]  
 $\omega = 234.1$  deg [234.6]

## November 2017

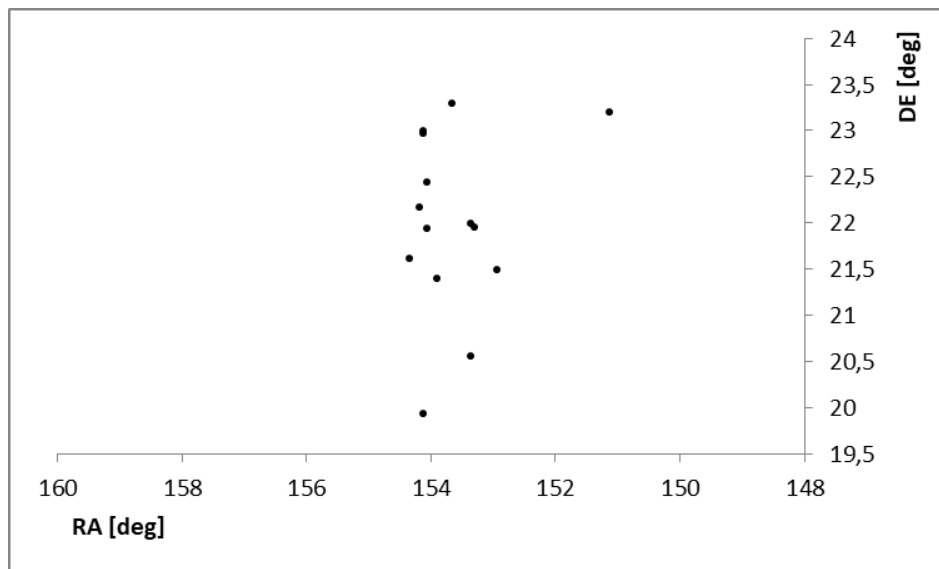
In november zag Robert Haas zich door technische problemen genoodzaakt om een paar nachten in Alphen te laten lopen. Tegen het midden van de maand waren de problemen van Paul Roggemans met de 399 opgelost. De post op Terschelling kampte ook tijdelijk met technische problemen. In Burlage zagen CAMS 821 & 822 het levenslicht, zodat daar nu 4 camera's operationeel zijn.

In deze normaal gesproken sombere maand verliepen alleen de nachten 9/10 , 14/15, 20/21 en 21/22 november zonder simultanen. De dagen rondom het Leoniden maximum verliepen grotendeels helder, zodat de Leonidenzwerm goed kon worden waargenomen.

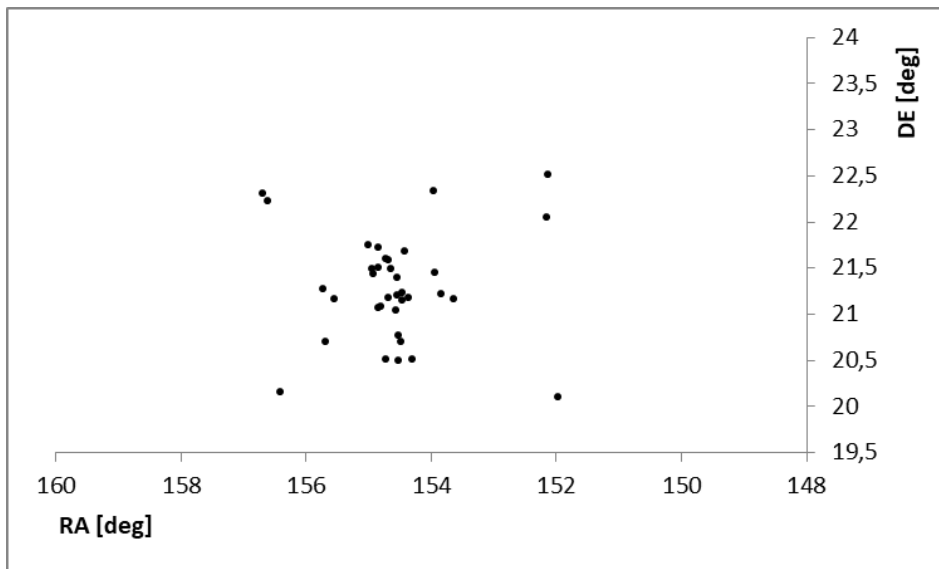
In de figuren 1 t/m 3 zien we de radiantposities van meteoren rondom de theoretische radiant van de Leoniden in de nachten 16/17 , 17/18 en 18/19 november 2017.



*Figuur 1. Radiantposities nacht 16/17 november 2017*

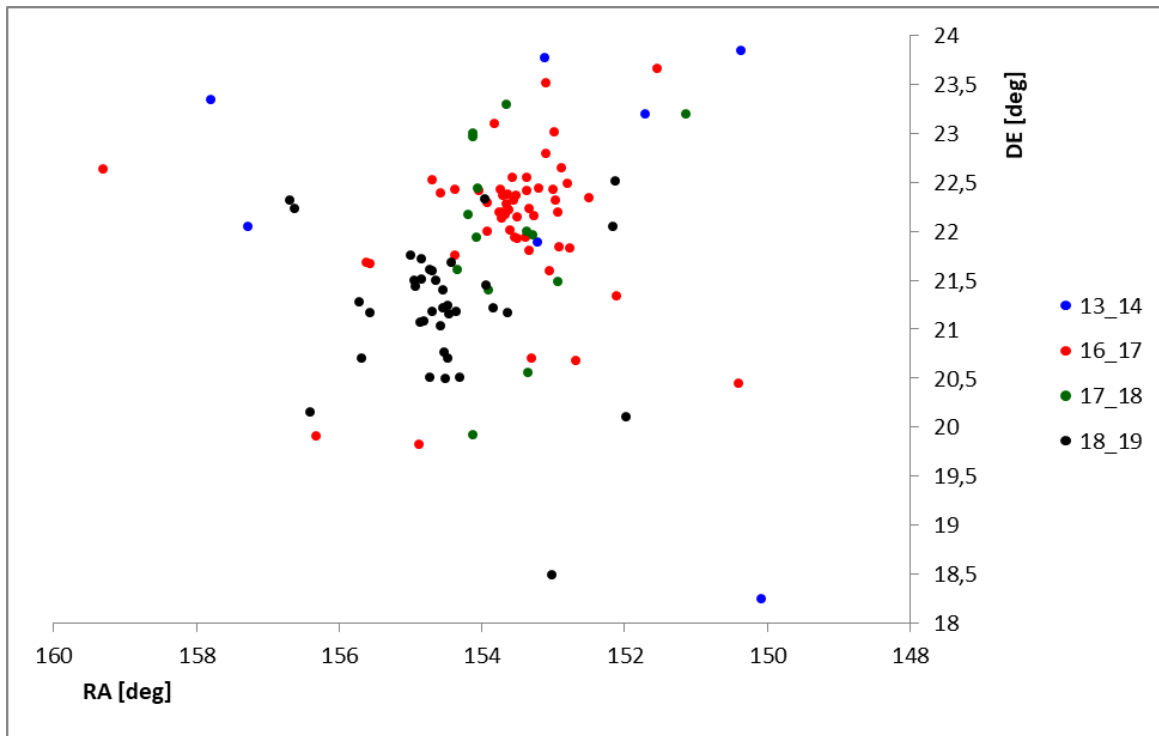


*Figuur 2. Radiantposities nacht 17/18 november 2017*



*Figuur 3. Radiantposities nacht 18/19 november 2017*

In figuur 4 zijn de radiantposities van deze nachten plus die van de nacht 13/14 november samen weergegeven.



Figuur 4. Radianten nabij de Leonidenradiant gedurende de nachten 13/14, 16/17, 17/18 en 18/19 november 2017

32 meteoren uit onze november-oogst konden we classificeren als IAU # 18 , beter bekend als Andromediden. Deze zwerm met uitbarstingen in 1872 en 1885 [5] vertoont elk jaar een geringe activiteit. In tabel 2 vinden we de gemiddelde baanelementen uit onze data in 2017, en de data van P. Jenniskens in [5].

RA	DE	Vg	q	e	i	$\omega$	$\Omega$	n	Remark
21,46	32,64	17,997	0,7872	0,7666	10,69	237,78	229,5	32	CAMS BeNeLux 2017
22,5	32,5	17,5	0,791	0,744	10,2	237,7	230,4	339	Jenniskens [5]

Tabel 2. Radiantpositie en baanelementen van 32 Andromediden (18) AND

Deze 32 meteoren werden ook aan het D-criterium van Drummond onderworpen. Het resultaat zien we in tabel 3. Voor alle 32 meteoren geldt dat ze voldoen aan  $Dd < 0,105$  .

Dd:	n:
<0,01	0
<0,02	2
<0,03	6
<0,04	7
<0,05	5
<0,06	4
<0,07	3
<0,08	2
<0,09	2
<0,10	1

Tabel 3. Dd voor 32 AND-kandidaten uit CAMS BeNeLux data in 2017

## December 2017

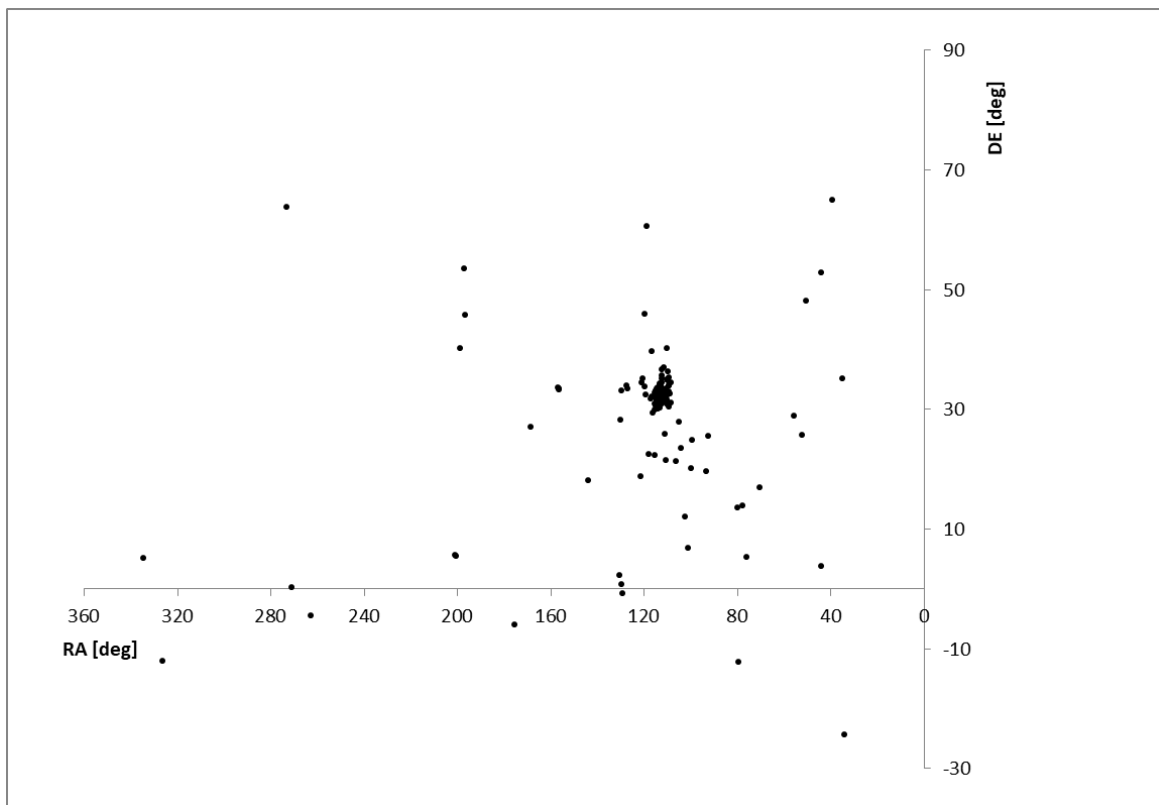
Technische problemen bleven ons ook deze maand achtervolgen. In Heesch (Erwin van Ballegoij) ging de dongle van de 348 stuk. Aan het eind van de maand bleek de tijdsynchronisatie D4 in Dourbes al een tijdje uitgevallen te zijn. De post op Terschelling had in de eerste dagen van de maand tijdelijk ook weer problemen. Door drukte op hun werk konden Felix en Koen minder draaien dan gebruikelijk. Gelukkig werden ook problemen opgelost: Robert kon tegen het midden van de maand de CAMS-draad in Alphen weer oppakken. Ook Klaas kon rond die tijd weer aandacht aan zijn hobby besteden.

Met Kerst werd het station te Gent (396, Tim Polvliet) weer actief, een welkome aanvulling op ons netwerk. December was een vrij sombere maand, sinds 1988 waren er niet meer zo weinig zonuren opgetekend als in deze decembermaand.

Vrij veel nachten zonder simultanen waren het gevolg: 2/3, 5/6 december en in alle nachten tussen 20 en 24 december bleef de simultaan-teller op nul staan. Dankzij een wat meer winterse episode rondom de Geminiden kon er toch nog een behoorlijke score worden behaald: 2804 simultanen.

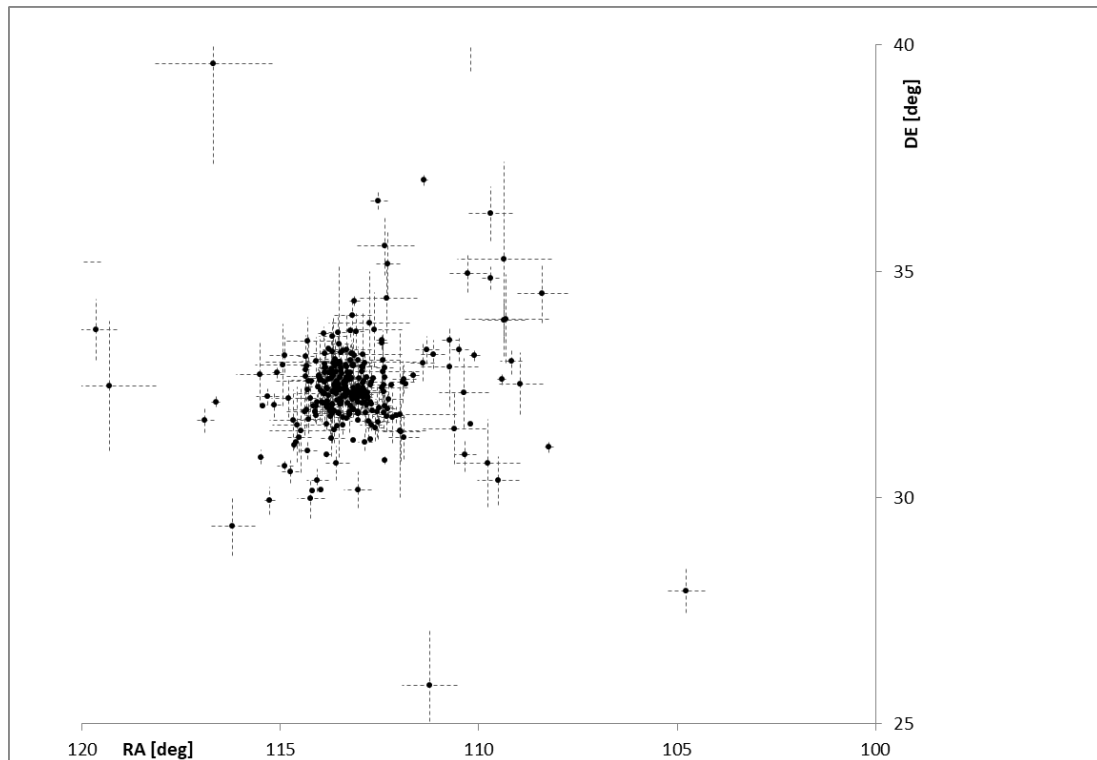
Naast de Geminiden zijn er natuurlijk nog wel wat meer zwermen zichtbaar in December. Daarvan zijn de Comae Bereniciden (20 COM) een van de bekendere. En hoewel de periode rond het maximum van deze zwerm overwegend bewolkt was, hebben we toch nog 13 meteoren van deze zwerm gepakt. Uit het 11-daagse tijdvak waarin deze 13 exemplaren verschenen vonden we een radiantdrift van 0,65 graden in rechte klimming en -0,37 graden in declinatie. Jenniskens vond  $\Delta RA = 0,96$  graden en  $\Delta DE = -0,39$  graden. [5]

De Geminiden waren natuurlijk het prominentst aanwezig zoals uit de plot van radianten uit de nacht 13/14 december (364 simultanen) blijkt.



Figuur 5. Radiantposities nacht 13/14 december 2017 (data CAMS BeNeLux)





Figuur 6. Detail van radiantposities nacht 13/14 december 2017 (data CAMS BeNeLux)

Tenslotte blikken we terug op het jaar 2017. In het hele jaar werden in totaal 35 596 banen vastgelegd, opnieuw een recordaantal voor een kalenderjaar. Vooral in augustus werden veel banen vastgelegd : 8738 stuks, zijnde bijna 25% van het jaartotaal. Zie figuur 3 voor de maandaantallen.

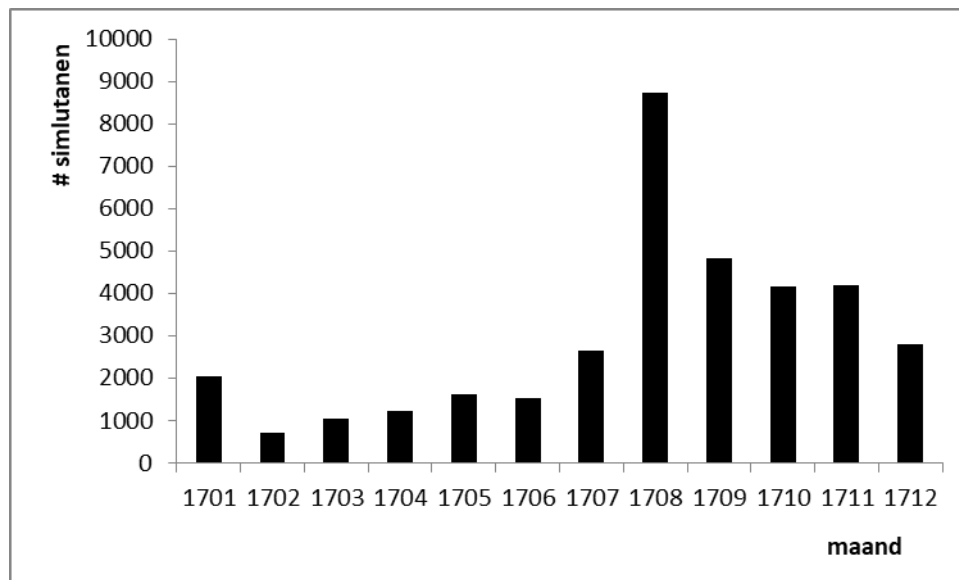
## Dankwoord

Dank aan alle beheerders van de CAMS posten in de BeNeLux voor hun inzet en snelle levering van data in dit jaar :

Land:	Plaats:	CAMS:	Beheerder:
D	Gronau	311 - 318	C. Johannink
NL	Hengelo	320 - 327	M. Breukers
NL	Oostkapelle	330 - 339	K. Jobse
NL	Ooltgensplaat	340 - 345 + 349 + 840	P. Neels
NL	Heesch	347 - 348	E. v. Ballegoij
NL	Ermelo	351 - 354	K. Miskotte
NL	Alphen a/d Rijn	3160 - 3167	R. Haas
NL	Leiden	371 - 373	H. Betlem
NL	Utrecht	376 - 377	F. Bettonvil
B	Wilderen	380 - 382	J. M. Biets
B	Mechelen	383+384+388+389+399+809	P. Roggemans
B	Zillebeke	3850+3852	S. Rau
B	Langemark	386	F. Dubois
B	Mechelen	390+391+807+808	L. Gobin
B	Ukkel	393	H. Lamy
B	Dourbes	394-395	H. Lamy
B	Gent	396	T. Polmiet
B	Zoersel	397-398 + 804 - 806	B. Dessoy
D	Burlage	801-802 + 821-822	R. Haas / E. van Dijk
D	Niederkruechten	803	H. Schremmer
NL	Texel	810 - 813	R. Haas / K. de Veth
B	Grapfontaine	814-815	J. P. Dumoulin / C. Wanlin
NL	Terschelling	841 - 844	P. Neels

Tabel 4. Overzicht posten CAMS BeNeLux

Een woord van dank ook aan Paul Roggemans die een goede afstemming van de cameragebieden wist op te stellen, waardoor de resultaten van ons netwerk zeker een 'boost' hebben gekregen. Tenslotte een speciaal woord van dank aan Martin Breukers voor zijn grote inzet gedurende de zomermaanden bij het verwerken van data. Het werken met Coincidence 2.1 (de voorganger van het huidige verwerkingsprogramma) in mei en juni was voor ondergetekende al een hele klus, maar de enorme berg data in de maanden juli – september verwerken met deze versie van Coincidence heeft Martin tientallen uren extra werk bezorgd.



*Figuur 7. Aantal simultanen per maand in 2017*

## Referenties

- [1] P. Jenniskens , P.S. Gural, L. Dynneson, B.J. Grigsby, K.E. Newmane, M. Borden, M. Koop, D. Holman, CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor showers, ICARUS 216 (2011), p.40 – 61
- [2] Johannink C., Oktober Camelopardaliden geregistreerd door CAMS BeNeLux, eRadiant 13:6 (2017), p. 121 – 123
- [3] Johannink C., Surprises in oktober vastgelegd met CAMS , eRadiant 13:6 (2017), p. 124 – 129
- [4] P. Jenniskens et al., The established meteor showers as observed by CAMS, ICARUS 266 (2016) p. 331 – 354
- [5] P. Jenniskens et al. , 2017 sub to ICARUS

## In de spotlight: Augustus gamma Cepheïden

Paul Roggemans

### Abstract

*Favorable weather conditions between 19 August and 5 September 2017 enabled the CAMS BeNeLux network to collect 3189 orbits. A radiant concentration was spotted which was identified as the August gamma Cepheids (523-AGC). An independent search on a selection from all available meteor orbit lists coming from the suspect radiant area and velocity range was made. This resulted in 283 similar orbits, radiating from R.A. 358.4° and Decl. +76.2° with a geocentric velocity of 43.7 km/s in a time lapse from 146° to 165° in solar longitude with best activity at ~155.7°. The orbital elements match perfectly with previously published results. There is no indication for any periodicity in the shower displays from year to year. The AGC-meteors are remarkably rich in bright meteors and rather deficient in faint meteors. Being detected independently from orbital data collected by different video networks, confirmed by 283 orbits with a medium threshold D criterion  $D_D < 0.08$  and 125 orbits with a high threshold of  $D_D < 0.04$ , this minor shower could be considered to be listed as an established meteor shower.*

### Inleiding

De maand augustus is één van de rijkste meteoren maanden van het jaar, niet enkel door het jaarlijkse Perseïden spektakel maar vooral door de gecombineerde activiteit van een heleboel meteorzwermen. Al deze verschillende bronnen voegen wat extra meteoren toe bovenop de sporadische achtergrond, elk met een eigen activiteitsprofiel en variabele maxima. Deze complexe vermenging van zwerm en niet-zwerm oorsprong in de globale uurfrequencies maakt het volstrekt onmogelijk om de werkelijke dagelijkse variatie van de sporadische achtergrond te reconstrueren. Behalve voor de belangrijkste bronnen zoals de Perseïden, Aquariïden en alfa Capricorniden, zijn de overige kleinere zwermen weinig of niet gekend. Voor de meeste van de kleinere zwermen laten niet simultaan waarnemingen geen betrouwbare zwermassociatie toe. Goede triangulatie en nauwkeurige snelheidsbepaling zijn absoluut noodzakelijk om de baan en de radiant van elke meteor te bepalen. Aan de hand van deze banen kan men op zoek gaan naar overeenkomst tussen sommige banen en de structuur ontwaren in de complexe mix van verschillende kleine zwermen, hun activiteitsperiode, profiel en andere kenmerken.

Eén van deze kleine zwermen, de Augustus gamma Cepheïden (523 AGC) trok de aandacht van Carl Johannink (Johannink, 2017). Deze vrij recent ontdekte kleine zwerm is een interessant geval om na te gaan wat we hiervan kunnen terugvinden in de datasets van de belangrijkste video camera netwerken.

### CAMS BeNeLux en de AGC-523

Het BeNeLux CAMS netwerk verzamelde 3189 banen in de periode 19 augustus tot en met 5 september 2017. Slechts twee nachten hadden wat minder gunstige weersomstandigheden en leverden wat minder banen. Een analyse gebaseerd op de eerder uit CAMS gewonnen referentie baan en het  $D_D$  criterium van Drummond (1981) resulteerde in 66 banen met  $D_D < 0.105$ . Het gebruik van een strenger criterium met  $D_D < 0.06$  resulteerde in 25 kandidaat banen voor deze zwerm. Deze banen zijn vermeld in tabel 2. Er kon geen spoor van radiant drift worden vastgesteld.

### AGC (523) in het verleden

De pogingen om enige vroegere vermeldingen van deze kleine zwerm terug te vinden bleven negatief. De catalogus met 4873 nauwkeurige fotografische banen bevat slechts één enkele mogelijke AGC baan ( $D_D < 0.02$ ) uit 1979. De Harvard catalogi met radar banen 1961-1965 en 1968-1969 bevatten slechts twee banen met  $D_D < 0.08$ , één in 1962 en één in 1963. Eén fotografische en twee radar banen volstaan niet om conclusies te trekken over het bestaan van deze zwerm, bijgevolg hebben we geen bevestiging van enige waarnemingen uit het verleden.

Deze kleine zwerm werd een eerste maal opgemerkt in een zwermanalyse op CMN (Croatian Meteor Network) en SonotaCo (Japan) baangegevens van 2007-2012 (Andrić et al., 2013). Er werden 44 gelijkaardige banen met deze zwerm geassocieerd tussen 21 augustus en 4 september met een maximum op 28 augustus. De radiant bleek erg diffuus, de gegevens staan in tabel 2.

Peter Jenniskens bevestigde het bestaan van de AGC zwerm met 15 door CAMS verzamelde banen in de periode 2011-2012 waarvan één door ons CAMS BeNeLux netwerk in 2012 (Jenniskens et al., 2016).

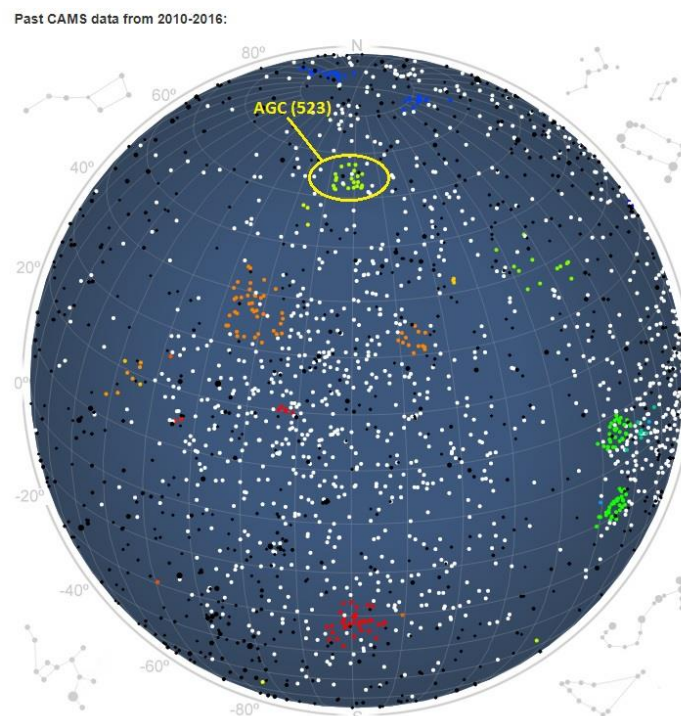
## Beschikbare data eind 2017

Aangezien de beschikbare gegevens van 2012 dateren, inmiddels 5 jaar geleden, leek het een goed idee om eens te snuisteren in de gecombineerde data van de grote video camera netwerken. Daarvoor zijn de volgende gegevens, status zoals bij eind 2017, beschikbaar voor een analyse:

- EDMOND 05v03 met 252425 banen (tot 2015). EDMOND overkoepelt de meeste regionale cameranetwerken in Europa (Kornos et al., 2014).
- SonotaCo met 231024 banen (2007-2016). SonotaCo is een amateur video netwerk met ruim 100 camera's verspreid over Japan (SonotaCo, 2009).
- CMN met 39991 banen (2007-2013). Het Kroatisch meteoren netwerk wordt gerund door amateurs en omvat een 20-tal camera's (Šegon et al., 2012).
- CAMS met 111233 banen (Oktober 2010-Maart 2013), (Jenniskens et al., 2011). Voor alle duidelijkheid de CAMS BeNeLux banen voor 2013-2017 zijn niet in deze dataset opgenomen.

## Starten met een eerste selectie banen

Een voorselectie is noodzakelijk om onnodig rekenwerk te vermijden. De selectie criteria moeten zorgvuldig worden gekozen zodat zowel de activiteitsperiode als de spreiding van mogelijke zwermleden binnen deze criteria vallen. Aan de hand van de parameters gepubliceerd door Andreić et al. (2013) en Jenniskens et al. (2016) kunnen we een extract definiëren uit de beschikbare datasets. Indien het extract een cluster met overeenstemmende banen bevat dan moet deze met behulp van de D-criteria naar voren komen. Deze aanpak werd in een andere bijdrage uitvoerig toegelicht. (Roggemans en Johannink, 2018). Er worden drie verschillende criteria gebruikt en een baan wordt als waarschijnlijk gerelateerd beschouwd wanneer alle drie criteria voldaan zijn. De gebruikte criteria zijn  $D_{SH}$ , of dat van Southworth en Hawkins (1963),  $D_D$ , Drummond (1981) and  $D_H$ , Jopek (1993). Om de invloed van de voorselectie te vermijden worden de marges voldoende ruim genomen ten opzichte van de gekende parameters. De gebruikte referentieparameters worden momenteel ook gebruikt in de online tools om zwermleden te identificeren voor CAMS (figuur 1).



Figuur 1 – Radiant kaart voor 28 augustus gebaseerd op 2010–2016 data van CAMS. De AGC (523) radianten zijn de groene punten op de kaart.

Een eerste poging leverde 343 mogelijke AGC banen op waarvan 237 voldeden aan the D-criteria with  $D_{SH} < 0.2$ ,  $D_D < 0.08$  en  $D_H < 0.2$  en ruim 122 aan de strenge criteria met  $D_{SH} < 0.1$ ,  $D_D < 0.04$  en  $D_H < 0.1$ . Uit de spreiding van de kandidaat AGC meteoren bleek dat we de activiteitsperiode te ruim hadden ingesteld terwijl we de omvang van de radiant duidelijk hadden onderschat.

Op basis van deze eerste poging werd een tweede poging ondernomen waarbij de activiteitsperiode werd beperkt tot  $146^\circ < \lambda_0 < 166^\circ$  teneinde de aanwezigheid van puur sporadische banen buiten de werkelijke activiteitsperiode in de selectie te beperken. Anderzijds werd de omvang van de mogelijke radiant ruimer

genomen met  $330^\circ < \alpha < 25^\circ$  en  $+68^\circ < \delta < +86^\circ$  met  $41 \text{ km/s} < v_g < 47 \text{ km/s}$ . In totaal voldeden 485 banen aan deze voorwaarden.

De mediaan waarden van deze 485 banen werd gebruikt als referentie baan voor een eerste test met de volgende D-criteria:  $D_{SH} < 0.2$ ,  $D_D < 0.08$  en  $D_H < 0.2$  hetgeen resulteerde in 290 banen binnen deze marges van overeenkomst. 125 banen voldeden aan  $D_{SH} < 0.1$ ,  $D_D < 0.04$  and  $D_H < 0.1$ . Vervolgens werden de mediaanwaarden genomen van de banen die aan het strenge criterium voldoen als nieuwe referentie baan. Uiteindelijk blijken 283 banen aan de D-criteria met  $D_{SH} < 0.2$ ,  $D_D < 0.08$  en  $D_H < 0.2$  te voldoen. De aanwezigheid van een concentratie van gelijkaardige banen is erg duidelijk in de resulterende dataset . De groep gelijkaardige banen is dermate dominant voor de mediaanwaarden in de opeenvolgende stappen dat het resultaat telkens slechts weinig varieert in de cijfers na de komma.

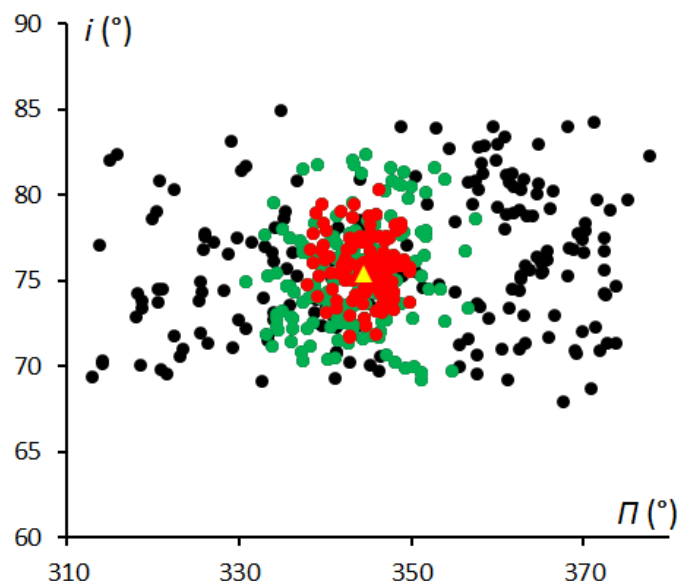
De auteur herinnert eraan dat de gebruikte D-criteria slechts mogelijke associaties tussen gelijkaardige banen aangeeft. Dergelijke banen hebben een grote waarschijnlijkheid om meteoroiden van dezelfde zwerm te identificeren maar geven geen absolute zekerheid op enig fysisch verband. In theorie kunnen louter sporadische banen ook per toeval erg veel gelijkenis vertonen. Omgekeerd is het even goed mogelijk dat banen van éénzelfde zwerm falen in de D-criteria. Meteoroiden in zwermen worden gedurende het bestaan van de zwerm onderworpen aan diverse invloeden die het stof verspreiden en in die mate dat er na verloop van tijd geen associatie meer detecteerbaar is. Alhoewel triangulatie de meest nauwkeurige werkwijze is om de werkelijke radiant positie, de snelheid en de baan te bepalen, spelen meetfouten en ongunstige geometrische factoren een niet te onderschatten rol in de foutmarges op de uiteindelijke baan. In bijzonder de snelheidsbepaling is gevoelig voor fouten in de toegepaste technieken.

### Het geval van de AGC-523: resultaten

De uiteindelijke collectie met 283 waarschijnlijke AGC-523 banen omvat 20 CAMS banen (van de 31), 19 CMN banen (van de 33), 175 EDMOND banen (van de 308) en 69 SonotaCo banen (van de 113).

De 485 voorgeselecteerde banen voldoen aan alle criteria die een niet simultane visuele of video waarnemer beschikbaar heeft om de zwermidentificatie te doen. Slechts 58% van deze banen voldoen aan de vrij soepele D-criteria als mogelijke AGC-523 leden en amper 26% voldoet aan de strenge D-criteria. De hoge graad van polutie door sporadische meteoren in de selectie doet twijfels rijzen omtrent de statistische relevantie van niet simultaan video werk. Het risico op volstrekt toevallige concentraties van evenwel sporadische meteoren met gelijkaardige kenmerken is vrij groot.

Wanneer we de inclinatie  $i$  uitzetten tegenover de lengte van het perihelium  $\Pi$  dan zien we de uitbijters gemarkeerd als zwarte stippen (zie figuur 2). Deze banen wijken te zeer af van de referentie baan om aan enige gelijkenis criteria te voldoen. De banen die wel voldoen aan de D-criteria komen mooi in beeld als een concentratie (groene stippen) met een kern van banen die aan de strenge criteria voldoen (rode stippen).



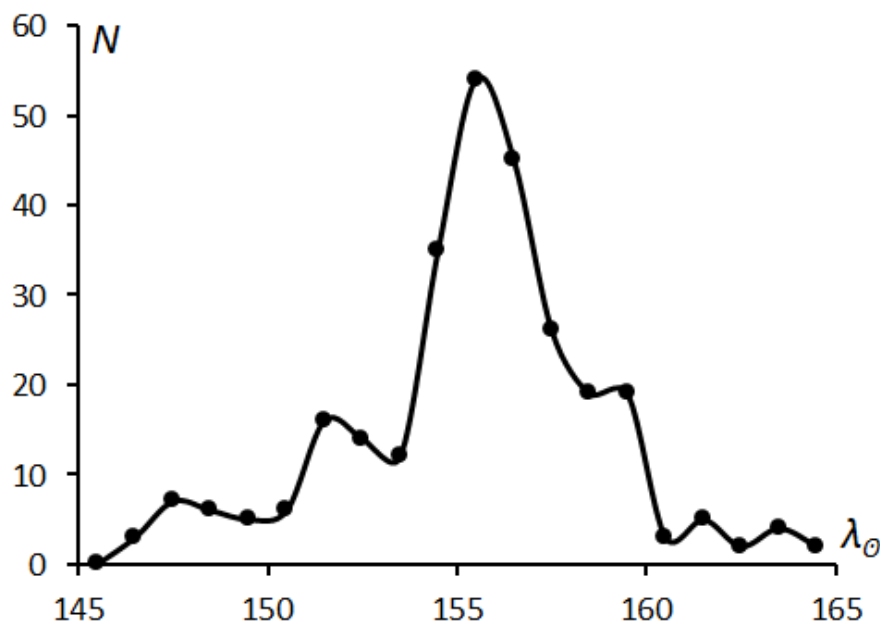
*Figuur 2. Een weergave van de inclinatie  $i$  versus de lengte van het perihelium  $\Pi$  voor de 485 voorgeselecteerde banen welke een radiant positie en snelheid hebben binnen de als ACG-523 verdachte zone. De zwarte stippen faalden in de vergelijkings criteria. De groene stippen zijn banen die aan de criteria voldoen met  $D_D < 0.08$  en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ . De gele driehoek markeert de positie van de uiteindelijke referentie baan.*

## De activiteitsperiode en het activiteitsprofiel

De eerste AGC-523 baan werd geregistreerd op  $\lambda_0 = 146.1^\circ$ , de laatste bij  $\lambda_0 = 164.4^\circ$ . Dit komt overeen met een activiteitsperiode van ruwweg 19 augustus tot 8 september. De meeste banen werden verzameld binnen het interval  $151^\circ < \lambda_0 < 160^\circ$ , of 24 augustus tot 3 september, met de hoogste AGC activiteit op 29 augustus rond  $\lambda_0 = 155.7^\circ$  (figuur 3). Er is geen enkele aanwijzing voor enige jaarlijkse variatie in AGC activiteit. De variatie in aantal banen van jaar tot jaar weerspiegelt het totaal aantal banen dat door al de netwerken werd aangeleverd (zie tabel 1). Aangezien er geen uurfrequenties kunnen worden vastgesteld bij dit soort kleine zwermen levert het aantal banen per interval van  $1^\circ$  in zonnelongte een goed idee van het activiteitsprofiel, met zowel de activiteitsperiode als ook de zonnelongte wanneer het grootste aantal banen werd verzameld. De activiteitsperiode waarin men AGC-523 banen mag verwachten kan worden bepaald als  $\lambda_0 > 145^\circ$  en  $\lambda_0 < 165^\circ$ , met  $\lambda_{0\max} = 155.7^\circ$ . Dit profiel wordt weergegeven in figuur 3.

Jaar	Banen	Jaar	Banen
2006	0	2012	53
2007	5	2013	35
2008	7	2014	46
2009	15	2015	34
2010	32	2016	10
2011	46	2017	?

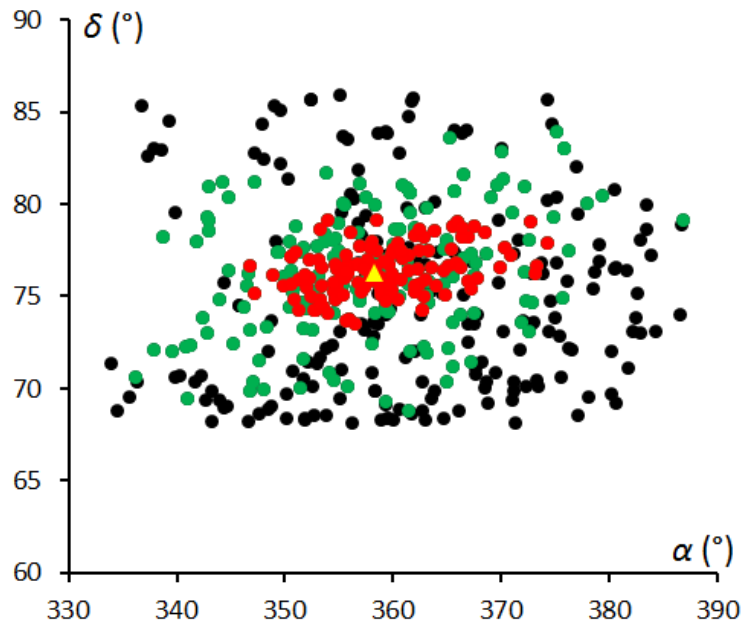
Tabel 1. Het aantal AGC-523 banen per jaar.



Figuur 3. Het aantal AGC-523 banen verzameld per graad in zonnelongte  $\lambda_0$  gedurende de periode 2007–2016.

## De radiant positie, drift en diameter

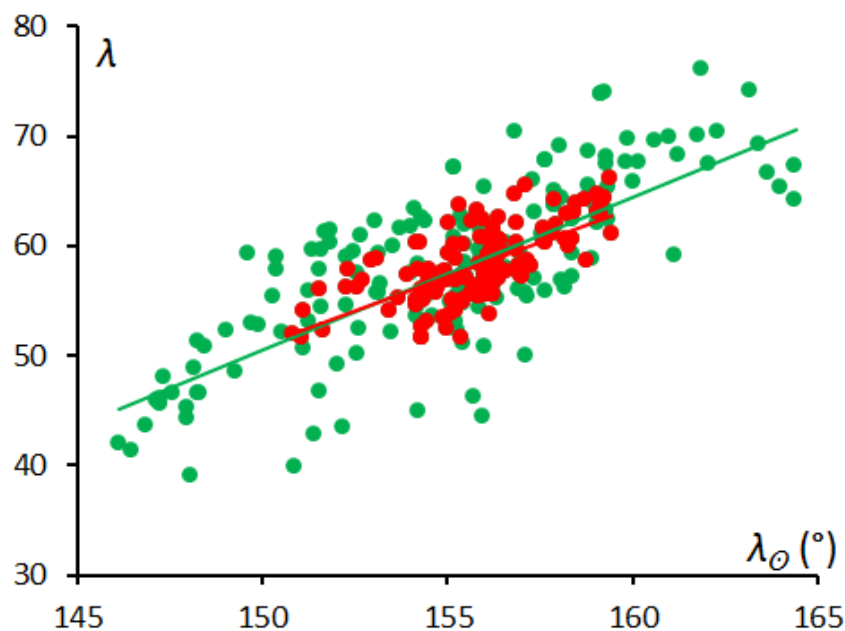
De radiant werd voorheen reeds gerapporteerd als diffuus en zonder enig spoor van een radiant drift (Andrić et al., 2013). Jenniskens et al. (2016) vond wel een radiant drift aan de hand van 15 AGC-523 banen. Doordat de radiant zich op een hoge inclinatie bevindt, is de spreiding in rechte klimming uiteraard groot precies omwille van het coördinatensysteem (figuur 4).



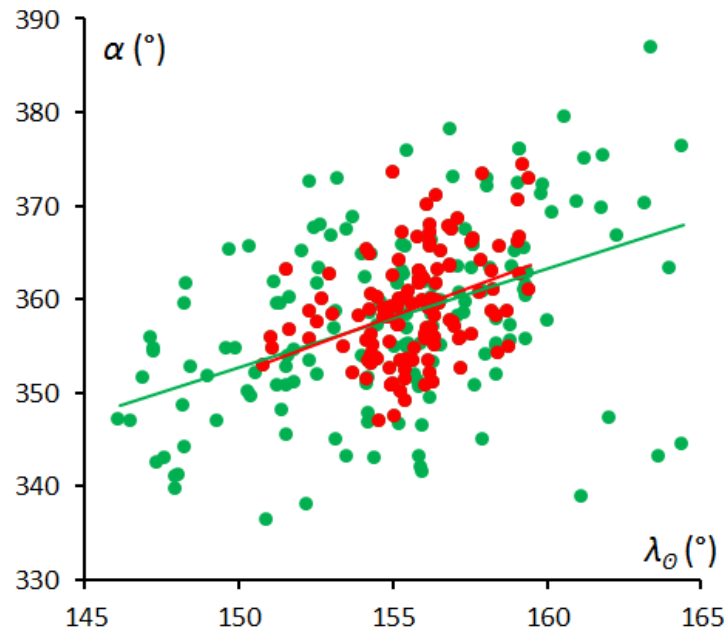
Figuur 4. De radiant posities voor alle 485 voorgeselecteerde banen. De zwarte stippen faalden in de vergelijkingscriteria. De groene stippen zijn banen die aan de criteria voldoen met  $D_D < 0.08$  en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ . De gele driehoek markeert de positie van de uiteindelijke referentie baan.

Om een mogelijke radiant drift vast te stellen kijken we in eerste instantie naar de ecliptische coördinaten van de radiant aangezien in dit coördinaten systeem de radiant op ruime afstand van de ecliptische pool staat (figuur 5). Op basis van de ecliptische coördinaten van onze 283 AGC meteoren vinden we een mooie radiant drift van  $1.39^\circ$  in ecliptische lengte  $\lambda$  per graad in zonnelongte  $\lambda_0$  en geen variatie in ecliptische breedte  $\beta$ . Met andere woorden de radiant verschuift met  $\sim 1.4^\circ$  per dag op  $\beta = 63.6^\circ$  parallel aan het ecliptica vlak.

De spreiding in rechte klimming is uiteraard erg groot, maar in ecliptische coördinaten is de radiant drift duidelijk. Figuur 6 toont de radiant drift  $\alpha$  (R.K.) tegenover  $\lambda_0$ . De groene stippen zijn de banen die aan het D criterium met  $D_D < 0.08$  voldoen en vertegenwoordigen de volledige activiteitsperiode in  $\lambda_0$  tussen  $146^\circ$  tot  $165^\circ$ . De rode stippen voldoen aan het strenge criterium met  $D_D < 0.04$  en vertegenwoordigen de kernactiviteit van de zwerm tussen  $\lambda_0$   $150^\circ$  tot  $160^\circ$ . Figuur 7 toont de radiant drift in  $\delta$  (declinatie) versus  $\lambda_0$ . De spreiding in declinatie is aanzienlijk minder dan in rechte klimming.



Figuur 5. De radiant drift in ecliptische lengte  $\lambda$  versus de zonnelongte  $\lambda_0$ . De groene stippen zijn de banen die het D-criterium met  $D_D < 0.08$  voldoen en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ .

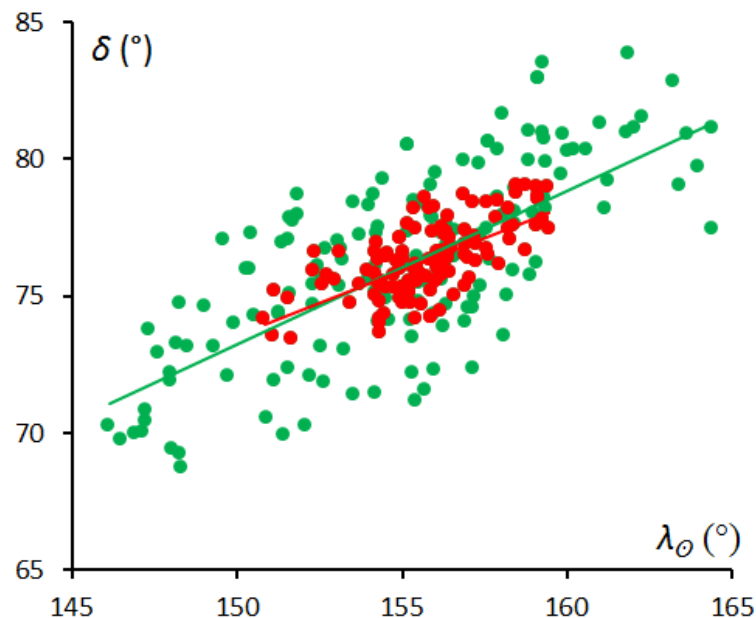


Figuur 6. De radiant drift in rechte klimming  $\alpha$  versus zonnelongte  $\lambda_0$ . De groene stippen zijn de banen die het D-criterium met  $D_D < 0.08$  voldoen en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ .

We beschouwen het binnenste deel met de betere D criteria scores om de radiant drift te bepalen hetgeen in de volgende radiant drift resulteert:

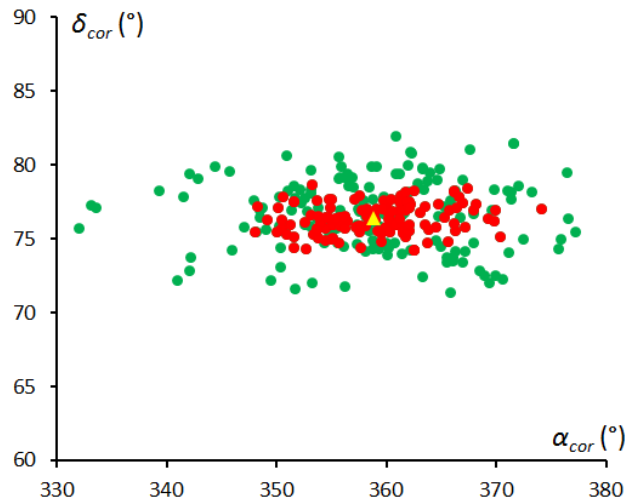
$$\Delta\alpha = 1.23^\circ / \lambda_0 \text{ en } \Delta\delta = 0.47^\circ / \lambda_0.$$

Om een idee te krijgen van de vorm en de omvang van de radiant geven we de radiantposities gecorrigeerd voor de dagelijkse beweging in figuur 8. Dit resulteert in een radiant gespreid over ruim  $40^\circ$  in rechte klimming en ongeveer  $10^\circ$  in declinatie rond  $\alpha = 358.8^\circ$  en  $\delta = +76.4^\circ$ . De hoge declinatie verklaart grotendeels de spreiding in rechte klimming. In ecliptische coördinaten gecorrigeerd voor dagelijkse beweging wordt de radiant compacter met een uitgerekte radiant parallel aan het ecliptica vlak, gespreid over ongeveer 3x de spreiding in ecliptische breedte (figuur 9).

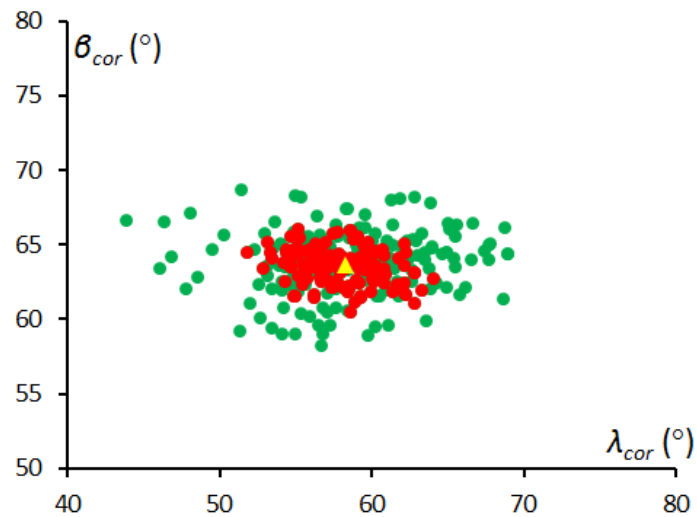


Figuur 7. De radiant drift in declinatie  $\delta$  versus zonnelongte  $\lambda_0$ . De groene stippen zijn de banen die aan het D-criterium met  $D_D < 0.08$  voldoen en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ .

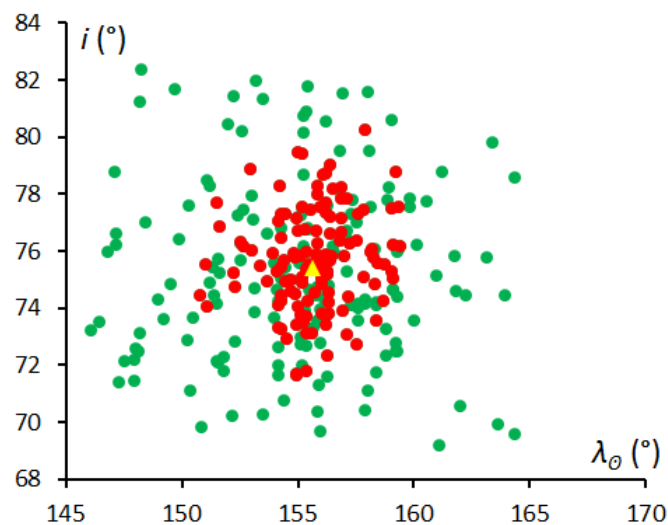




Figuur 8. De voor radiant drift gecorrigeerde posities van alle 283 radianten in equatoriale coördinaten. De groene stippen zijn banen die aan de criteria voldoen met  $D_D < 0.08$  en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ . De gele driehoek markeert de positie van de uiteindelijke referentie baan.



Figuur 9. De voor radiant drift gecorrigeerde posities van alle 283 radianten in ecliptische coördinaten. De groene stippen zijn banen die aan de criteria voldoen met  $D_D < 0.08$  en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ . De gele driehoek markeert de positie van de uiteindelijke referentie baan.



Figuur 10 – De spreiding van de inclinatie als functie van de zonnengte. De groene stippen zijn banen die aan de criteria voldoen met  $D_D < 0.08$  en de rode stippen met  $D_D < 0.04$ . De gele driehoek markeert de positie van de uiteindelijke referentie baan.

De wijd verspreide aard van deze kleine zwerm komt ook goed tot uiting in de grafiek waarin de inclinatie  $i$  wordt uitgezet tegenover de zonnелengte (figuur 10). De meteoroiden van deze zwerm zijn uitgesmeerd in alle richtingen ten op zichte van de referentie baan. Dit en het relatief groot aantal heldere Augustus gamma Cepheïden met een opmerkelijk gebrek aan zwakkere meteoren is typisch voor een oudere zwerm waaruit de kleinere deeltjes grotendeels zijn verdwenen door het verouderings proces waardoor enkel de grotere deeltjes op flink verspreide banen overblijven. Uit de beschikbare informatie kunnen we afleiden dat deze kleine zwerm een overblijfsel is van een oude progressieve Halley-type zwerm.

### Ander zwerm kenmerken

De AGC-523 meteoren zijn met een geocentrische snelheid van 43.7 km/s net iets sneller dan de Zuidelijke delta Aquariïden (SDA-5) met 41.3 km/s en ietsjes trager dan de Lyriden (LYR-6) met 46.7 km/s. Gemiddeld startte het traject van de AGC-523 meteoren op  $103.4 \pm 3.9$  km en eindigde op  $89.6 \pm 5.6$  km, niveaus mooi tussen deze voor de Zuidelijke delta Aquariïden en de Lyriden (Roggemans, 2017).

### Conclusies

Een screening van de baangegevens van de belangrijkste camera netwerken wereldwijd met  $\sim 635000$  banen beschikbaar eind 2017, resulteerde in 283 kandidaat AGC-523 banen. 125 banen voldoen zelfs aan het strenge criterium met  $D_D < 0.04$ . Een analyse van de beschikbare banen, onafhankelijk van de vorige zwerm identificaties toont duidelijk een concentratie van gelijkaardige banen. De resulterende referentie baan komt mooi overeen met eerder gepubliceerde resultaten.

We vinden elk jaar vanaf 2006 banen van deze zwerm in een tijdsperiode tussen  $146^\circ$  en  $165^\circ$  in zonnелengte met een maximum rond  $\lambda_\odot = 155.7^\circ$ . Er is geen aanwijzing voor enige periodiciteit in de zwerm activiteit. De erg verspreide aard van deze zwerm samen met het overheersend aantal heldere meteoren en gebrek aan zwakke meteoren doet vermoeden dat dit een oude zwerm betreft. Alhoewel de radiant erg diffuus is kon een radiant drift worden berekend.

Op basis van deze analyse lijkt het verantwoord om de Augustus gamma Cepheïden (AGC-523) als een duurzaam aangetoonde zwerm te beschouwen.

$\lambda_\odot$ ( $^\circ$ )	$\alpha_g$ ( $^\circ$ )	$\delta_g$ ( $^\circ$ )	$\Delta\alpha$ ( $^\circ$ )	$\Delta\delta$ ( $^\circ$ )	$v_g$ km/s	$a$ AE	$q$ AE	$e$	$\omega$ ( $^\circ$ )	$\Omega$ ( $^\circ$ )	$i$ ( $^\circ$ )	$N$	Bron
155.1	358	76.4	–	–	44.0	9	1.005	0.892	188	155	76	44	Andreić et al. (2013)
156.0	354.2	76.6	0.76	0.40	43.9	11.4	1.005	0.913	188.1	156.1	75.6	15	Jenniskens et al. (2016)
154.9	356.4	76.7	–	–	43.6	8.8	1.005	0.885	187.4	154.9	75.0	109	Jenniskens et al. (2017)
							1.002	0.901	187.5	155.4	74.8	66	Johannink (2017) $D_D < 0.105$
							1.005	0.914	187.1	156.3	76.5	25	Johannink (2017) $D_D < 0.06$
155.7	358.4 $\pm 8.2$	76.2 $\pm 2.7$	1.05	0.56	43.7 $\pm 1.3$	–	1.004 $\pm 0.005$	0.881 $\pm 0.055$	188.8 $\pm 4.4$	155.7	75.4 $\pm 2.6$	283	Dit artikel $D_D < 0.08$
155.7	358.7 $\pm 5.8$	76.3 $\pm 1.3$	1.23	0.47	43.9 $\pm 0.9$	8.5 3.0	1.004 $\pm 0.003$	0.882 $\pm 0.032$	189.1 $\pm 2.5$	155.9	75.7 $\pm 1.7$	125	Dit artikel $D_D < 0.04$

Tabel 2. De baanelementen voor de Augustus gamma Cepheïden (AGC-523) alles J2000, de standaard deviatie  $\sigma$  is als  $\pm$  vermeld waar beschikbaar.

## Dankwoord

De auteur bedankt de network coördinatoren en hun camera operatoren van de volgende netwerken: Croatian Meteor Network (CMN), EDMOND , SonotaCo Network Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2007-SNM2016, en CAMS. Dank aan Masahiro Koseki voor het ter beschikking te stellen van de Harvard radar meteor orbit databases. Dank aan alle deelnemers van het CAMS BeNeLux netwerk voor hun toegewijde medewerking.

Het CAMS BeNeLux team bestaat uit de volgende vrijwilligers:

Hans Betlem (Leiden, CAMS 371, 372 and 373), Felix Bettonvil (Utrecht, CAMS 376 and 377) , Jean-Marie Biets (Wilderen, CAMS 380, 381 and 382), Martin Breukers (Hengelo, CAMS 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326 and 327), Bart Dessoij (Zoersel, CAMS 397, 398, 804, 805 and 806), Franky Dubois (Langemark, CAMS 386), Luc Gobin (Mechelen, CAMS 390, 391, 807 and 808), Robert Haas (Alphen aan de Rijn, CAMS 360, 361, 362, 363, 364, 365, 367 and 368), Robert Haas / Edwin van Dijk (Burlage, CAMS 801, 802, 821 and 822), Klaas Jobse (Oostkapelle, CAMS 330, 331, 332, 333, 334, 337, 338 and 339) , Carl Johannink (Gronau, CAMS 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317 and 318), Hervé Lamy (Dourbes / Ukkel, CAMS 394 and 395/ 393), Koen Miskotte (Ermelo, CAMS 351, 352, 353 and 354), Piet Neels (Ooltgensplaat, CAMS 340, 341, 342, 343, 344 and 345, 349, 840), Tim Polfliet (Gent, CAMS 396), Steve Rau (Zillebeke, CAMS 385 and 387), Paul Roggemans (Mechelen, CAMS 383, 384, 388, 389, 399 and 809), Hans Schremmer (Niederkruechten, CAMS 803) and Erwin van Ballegoij (CAMS 347 and 348).

Hun inspanningen zijn doorslaggevend voor het succes van ons netwerk.

## Referenties

- Andreic Z., Šegon D., Korlevic K., Novoselnik F., Vida D. and Skokić I. (2013). "Ten possible new showers from the Croatian Meteor Network and SonotaCo datasets". WGN, Journal of the IMO, 41, 103–108.
- Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". Icarus, 45, 545–553.
- Jenniskens P., Gural P. S., Grigsby B., Dynneson L., Koop M. and Holman D. (2011). "CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to validate minor meteor showers". Icarus, 216, 40–61.
- Jenniskens P., Nénon Q., Gural P. S., Albers J., Haberman B., Johnson B., Holman D., Morales R., Grigsby B. J., Samuels D. and Johannink C. (2016). "CAMS confirmation of previously reported meteor showers". Icarus, 266, 355–370.
- Johannink C. (2017). "Augustus gamma Cepheïden: validatie van een onbekende zwerm". eRadiant, 13, 111–112.
- Jopek T. J. (1993). "Remarks on the meteor orbital similarity D-criterion". Icarus, 106, 603–607.
- Kornoš L., Matlovič P., Rudawska R., Tóth J., Hajduková M. Jr., Koukal J., and Piffel R. (2014). "Confirmation and characterization of IAU temporary meteor showers in EDMOND database". In Jopek T. J., Rietmeijer F. J. M., Watanabe J., Williams I. P., editors, Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference, Poznań, Poland, Aug. 26–30, 2013. A.M. University, pages 225–233.
- Roggemans P. (2017). "Variation in heights of CAMS meteor trajectories". eMN, 2, 80–86.
- Roggemans P. and Johannink C. (2018). "Een zoektocht naar December alfa bootiden". eRadiant 2018-1, 37–48.
- Šegon D., Andreic Z., Korlevic K., Novoselnik F., Vida D. (2012). "Croatian Meteor Network Catalogue of Orbits for 2007". WGN, Journal of the International Meteor Organization, 40, 94–97.
- SonotaCo (2009). "A meteor shower catalog based on video observations in 2007-2008". WGN, Journal of the International Meteor Organization, 37, 55–62.
- Southworth R. R. and Hawkins G. S. (1963). "Statistics of meteor streams". Smithson. Contrib. Astrophys., 7, 261–286.

# Een zoektocht naar December alfa Boötiden (497)

Paul Roggemans & Carl Johannink

## Abstract

The registration of a bright multiple station meteor that proved to belong to the December alpha Bootids (DAB – 497) resulted in a search for earlier orbits of this minor shower registered by the CAMS BeNeLux network as well as all major video networks. A cluster with 78 similar orbits was identified, radiating from RA 212.3° and Decl. +22.0° with a geocentric velocity of 59.6 km/s in a time lapse from 257° to 273° in solar longitude with best activity at ~263.9°. The orbital elements match perfectly with previously published results. There is no indication for any periodicity in the shower displays which is remarkably rich in bright meteors and rather deficient in faint meteors. Being detected independently from orbital data collected by different video networks, confirmed by 78 orbits with a medium threshold  $D_D < 0.08$  and 43 orbits with a high threshold of  $D_D < 0.04$ , this minor shower could be considered to be listed as an established meteor shower.

## 1 Introductie

Een heldere meteor welke op 16 december 2017 om 06:38:35 UT werd vastgelegd door CAMS 312 (Johannink, Gronau) kon geïdentificeerd worden als December alpha Boötide (497), een pas recent ontdekte kleine zwerm. Het aantal banen welke in de IAU database als referentie zijn opgenomen voor deze zwerm, is gering. Afgezien van enkele baanelementen, is over deze zwerm nauwelijks iets te vinden in de literatuur. Het geringe aantal banen geeft aan dat het hier om een tamelijk zeldzaam zwermpje gaat, en dat het lastig is om banen van deze zwerm te verzamelen. Deze meteor riep de vraag op hoeveel banen in het verleden waren vastgelegd door de diverse netwerken.

## 2 De december alfa Boötiden (497) van 2017

In de vroege morgen van 16 december 2017, vlak voor het afsluiten van de CAMS-sessie voor die nacht, , verscheen in het beeldveld van camera 312 in Gronau door de bewolking, een erg heldere meteor (figuur 1). Het werd snel duidelijk dat nog zes andere stations in de BeNeLux deze meteor ook hadden vastgelegd. Naast Gronau (Carl Johannink), waren dat Texel (Robert Haas; zie figuur 2), Ooltgensplaat (Piet Neels), Wilderen (Jean-Marie Biets), Mechelen (Paul Roggemans) en Leiden (Hans Betlem). Op basis van de eerste vier stations kon een baan worden berekend. We vonden een radiant nabij RA = 213.7° en Decl. = 21.2° met een geocentrische snelheid  $vg = 59.0$  km/s. Dit resulteerde in een baan waarvan de baanelementen zijn weergegeven in tabel 1. Deze gegevens passen heel goed met de radiantpositie en baanelementen voor # 497 DAB in de IAU database. Enkele all-sky stations legden deze meteor ook vast (figuur 3; foto Ermelo en figuur 4; Bussloo). Een zoektocht doorheen alle ~2500 banen welke door ons netwerk in deze maand door ons netwerk verkregen zijn, leverde geen extra DAB – meteoren op.



Figuur 1. December alfa Boötide 2017 december 16, 06h38m35.6s UT op CAMS 312 (Gronau, Carl Johannink).



Figuur 2. December alfa Boötide 2017 december 16, 06h38m35.6s UT op CAMS 812 (Texel, Robert Haas).

$\lambda_o$	$a_g$	$\delta_g$	$v_g$	$a$	$q$	$e$	$\omega$	$\Omega$	$i$	$D_D$	Bron
(°)	(°)	(°)	km/s	AE	AE		(°)	(°)	(°)		
264.3	213.7	+21.2	59.0	17.7	0.6576	0.9629	108.87	264.25	112.72	0.03	2017 Dec. 16, 06 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 35. 6 <sup>s</sup> UT
				$\pm 3.0$	$\pm 0.0002$	$\pm 0.0004$	$\pm 0.03$		$\pm 0.01$		

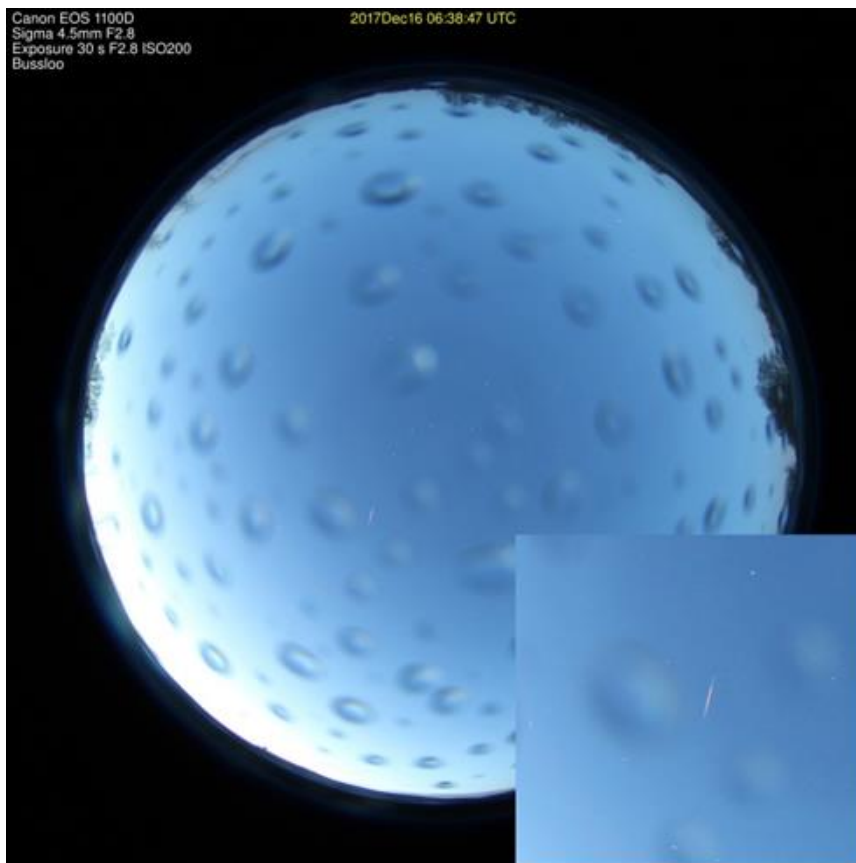
Tabel 1. De baan van de vuurbol op 2017 december 16, 06h38m35.6s UT, met  $DD$ -criterium (Drummond, 1981) t.o.v. de referentie baan in dit artikel, gebaseerd op 43 december alfa Boötiden met  $DD < 0.04$  (zie tabel 6).

$\lambda_o$	$a_g$	$\delta_g$	$v_g$	$a$	$q$	$e$	$\omega$	$\Omega$	$i$	$D_D$	Bron
(°)	(°)	(°)	km/s	AE	AE		(°)	(°)	(°)		
262.4	211.2	+21.4	60.6	-	0.6757	10.239	112.35	262.36	115.50	0.03	2016 Dec. 14, 03 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 24. 5 <sup>s</sup> UT
					$\pm 0.0002$		$\pm 0.066$		$\pm 3.06$		
263.5	212.0	+21.6	60.6	-	0.688	10.254	113.93	263.49	114.96	0.03	2016 Dec. 15, 06 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 31. 0 <sup>s</sup> UT
					$\pm 0.0005$		$\pm 0.017$		$\pm 0.82$		
268.5	218.6	+22.7	56.8	8.1	0.6822	0.9156	111.02	268.45	106.87	0.06	2016 Dec. 20, 03 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 51. 2 <sup>s</sup> UT
				$\pm 0.9$			$\pm 0.007$		$\pm 0.020$		
268.6	216.0	+21.6	57.9	6.2	0.6910	0.8892	111.58	268.55	111.63	0.05	2016 Dec. 20, 05 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 33. 2 <sup>s</sup> UT
				$\pm 0.9$			$\pm 0.003$		$\pm 0.007$		
269.5	212.4	+17.8	61.1	7.5	0.7005	0.9063	113.22	269.52	122.31	0.08	2016 Dec. 21, 04 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 00. 0 <sup>s</sup> UT
				$\pm 0.9$			$\pm 0.013$		$\pm 0.027$		

Tabel 2. De banen van 5 DAB-kandidaten gevonden in de CAMS BeNeLux data uit 2014–2016, met  $DD$ -criterium (Drummond, 1981) t.o.v. de referentie baan in dit artikel, gebaseerd op 43 december alfa Boötiden met  $DD < 0.04$  (zie tabel 6).



*Figuur 3. Uitsnede van de opname van de December alfa Boötide 2017 december 16, 06h38m35.6s UT op all-sky (Ermelo, Koen Miskotte).*



*Figuur 4. December alfa Boötide 2017 december 16, 06h38m35.6s UT op de all-sky camera van Volkssterrenwacht Bussloo.*

### 3 CAMS BeNeLux en DABs voor 2017

Hoeveel DAB's hebben we in andere jaren vastgelegd? We liepen al onze december data na in de jaren sinds de start van ons netwerk in maart 2012. Geen kandidaten in de jaren 2012 – 2013, maar in de daarop volgende jaren legden we meerdere meteoren vast, die konden toebehoren aan deze zwerm, echter slechts 5 banen uit 2016 hadden een toereikend D-criterium (tabel 2). Vier andere meteoren uit de jaren 2014 en 2015 werden uiteindelijk verworpen, omdat hun D-criterium boven de grenswaarde uitsteeg. De vraag dringt zich op, hoe kunnen we zeker zijn of een meteor al dan niet *tot deze zwerm behoort?*

### 4 De uitdaging om meteor zwermen te identificeren

Sinds het begin van de meteor astronomie werden meteorzwermen door visuele waarnemers herkend wanneer een significant aantal 'vallende sterren' schijnbaar hun vluchtpunt uit een klein deel van de hemel vertonen met daarbij een daarbij passende hoeksnelheid. Deze simpele benadering leidde tot een betrouwbare vaststelling van de grote jaarlijkse zwermen, maar leidde evenzeer tot een zeer controversiële identificatie van kleine zwermen. Tot in de eerste helft van de 20e eeuw stonden echter geen andere technieken voor classificatie ter beschikking. Men geloofde dat een relatief klein aantal achterwaarts verlengde meteorsporen voldoende waren om een kleine zwerm te definiëren. Dit resulteerde in grote aantallen kleine zwermen, waarvan de meeste erg twijfelachtig waren. Inderdaad, iedere achterwaarts verlengde meteor zal zijn werkelijke radiant snijden, maar dat betekent nog niet dat als deze meteor een bepaalde radiant snijdt, het automatisch ook zeker is dat deze meteor bij deze (kleine) zwerm hoort. In werkelijkheid snijden achterwaarts verlengde meteorsporen meestal een of meer radianten 'per toeval' dus zonder enige fysische relatie te hebben met deze radiant. De enige manier om de radiant van een meteor met zekerheid vast te stellen, is middels waarneming van dezelfde meteor vanuit meerdere locaties die op een voldoende grote basisafstand van elkaar liggen.

Met ons CAMS BeNeLux netwerk zijn wij nu in staat om meer dan 30000 multi station meteorbanen per jaar vast te leggen, waaruit informatie over radiant positie, het traject door de atmosfeer, de intrede snelheid en de heliocentrische baan kunnen worden afgeleid. Hoewel hiermee een éénduidige radiantpositie en een baan zijn aan te geven, blijft de zwermclassificatie toch een lastige zaak. De zwermclassificatie vereist een grondige vergelijking van de baanelementen van de meteor en de betreffende zwerm. De verdeling van meteoroiden in het zonnestelsel bestaat voor een groot deel uit sporadische meteoroiden, deeltjes die lang geleden uit een moederlichaam zijn ontsproten, en welke verdeeld zijn door allerlei verstoringen in het zonnestelsel in een mate dat het onmogelijk wordt om hun bron te reproduceren, of om hun associatie met andere deeltjes vast te stellen. Deze solitaire deeltjes hebben hun radianten over de hele hemel verspreid, waarbij ze zowel voorkomen in radiantgebieden van echte meteorzwermen als in 'lege' regionen, dus gebieden zonder bekende meteorbronnen. Bekende meteorzwermen vloeien voort uit relatief recent geproduceerde stofsporen, welke pas in de laatste paar duizend jaar zijn ontsproten, hetgeen astronomisch gezien, erg jong is. Slechts enkele van deze stofsporen hebben gunstige doorsnijdingen met de baan van de Aarde waardoor activiteit van een grote zwerm geproduceerd kan worden. Sommige stofsporen zijn het gevolg van recente periheliumpassages van het moederlichaam, welke nog niet volledig zijn uitgesmeerd over de hele baan van de zwerm, waardoor ze nog geen periodieke activiteit kunnen vertonen. Andere stofsporen snijden de aardbaan slechts zijdelings waardoor slechts een deel van die stofdeeltjes als meteoren in onze atmosfeer terecht kunnen komen. Het hoofddoel van de meeste camera netwerken is het verzamelen van baangegevens waarmee de distributie van stof en de identificatie van stofsporen en hun bijbehorende moederlichamen kan worden vastgesteld.

### 5 Methode van aanpak

Zich bewust zijnde van de complexiteit van het vraagstuk begonnen enkele wetenschappers methoden te ontwikkelen om stofconcentraties te ontdekken. Eén methode is om elke 'losse' baan met alle andere banen te vergelijken om overeenkomsten te vinden. Een populaire methode om associaties te vinden is een discriminant waarmee de mate van overeenkomst tussen twee banen en hun fysische eigenschappen kan worden bepaald. Er is geen eenduidige methode om vast te stellen of twee banen al dan niet een fysische overeenkomst hebben met een zeker moederlichaam of zwerm. Zoeken naar baanovereenkomsten waarmee kleine zwermen kunnen worden gedefinieerd, blijft een werkwijze van 'beste benadering'. De criteria voor overeenkomst beschouwen de afstand tussen enkele baanelementen zoals de hoek tussen de baanvlakken. De eerste numerieke discriminant werd voorgesteld door Southworth en Hawkins (1963), weergegeven als DSH. Later introduceerde Drummond (1981) een ander criterium, wat hiervan maar een klein beetje afweek, weergegeven als DD. Jopek (1993) tenslotte, berekende DH, gebaseerd op het criterium van Southworth en Hawkins. We kunnen alle drie criteria als volgt combineren:

Eerst berekenen we  $\Gamma$

$$\Gamma = \begin{cases} +1, & |\Omega_p - \Omega_m| \leq 180^\circ \\ -1, & |\Omega_p - \Omega_m| > 180^\circ \end{cases}$$

Daarna berekenen we  $\psi$ , de hoek tussen de twee baanvlakken uit:

$$\psi = \arccos[\cos i_p \cos i_m + \sin i_p \sin i_m \cos(\Omega_p - \Omega_m)]$$

Vervolgens berekenen we  $\Pi$ , de hoek tussen de perihelium punten:

$$\Pi = \omega_p - \omega_m + 2\Gamma \arcsin\left(\cos \frac{i_p + i_m}{2} \sin \frac{\Omega_p - \Omega_m}{2} \sec \frac{\psi}{2}\right)$$

$\lambda$  is de ecliptische lengte van het perihelium, met:

$$\lambda = \Omega + \arctan(\cos i \tan \omega)$$

$\beta$  is de ecliptische breedte van het perihelium, met

$$\beta = \arcsin(\sin i \sin \omega)$$

waarbij we bij  $\lambda$   $180^\circ$  moeten optellen als  $\cos \omega < 0$ .

De hoek  $\theta$  tussen de twee perihelium punten in elke baan kan worden berekend uit:

$$\theta = \arccos[\sin \beta_p \sin \beta_m + \cos \beta_p \cos \beta_m \cos(\lambda_p - \lambda_m)]$$

De drie verschillende discriminant criteria kunnen nu worden berekend uit de volgende vergelijkingen, waarbij DSH het Southworth Hawkins criterium is, DD het Drummond criterium is en DH het Jopek criterium is:

$$D_{SH}^2 = (q_p - q_m)^2 + (e_p - e_m)^2 + \left(2 \sin \frac{\psi}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_p + e_m}{2} \cdot 2 \sin \frac{\Pi}{2}\right)^2,$$

$$D_{SH}^2 = (q_p - q_m)^2 + (e_p - e_m)^2 + \left(2 \sin \frac{\psi}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_p + e_m}{2} \cdot 2 \sin \frac{\Pi}{2}\right)^2,$$

$$D_H^2 = (e_p - e_m)^2 + \left(\frac{q_p - q_m}{q_p + q_m}\right)^2 + \left(2 \sin \frac{\psi}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_p + e_m}{2}\right)^2 \cdot \left(2 \sin \frac{\Pi}{2}\right)^2.$$

Hoe groter de waarden van  $\psi$ ,  $\Pi$  of  $\theta$ , des te groter is de afstand tussen de baan van de meteor en de referentiebaan, des te kleiner wordt de kans op echte associatie.

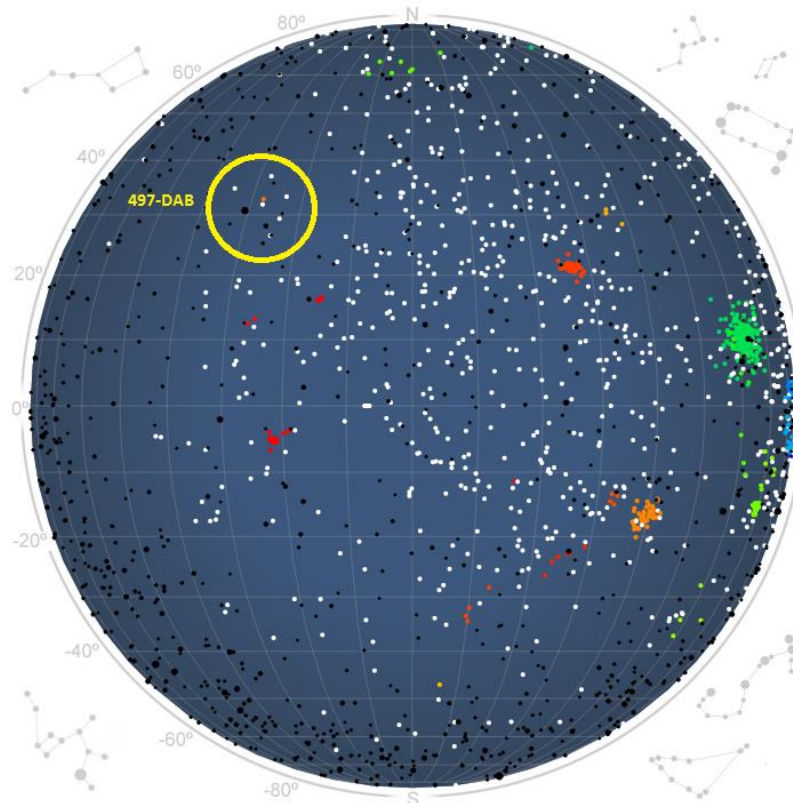
Gerelateerde banen hebben waarden in de orde van slechts enkele graden. De eindwaarden voor deze vergelijkings criteria zijn getallen zonder eenheid, waarbij de waarde 0 duidt op identieke banen. Hoe kleiner de D-waarden, des te groter de kans voor associatie. Het toepassen van D-criteria moet wel met de nodige voorzichtigheid gebeuren, daar het resultaat ook afhangt van het type baan. Banen met een hoge inclinatie maken de kans op vervuiling door sporadische meteoren groter. De invloed van het baantype op het toepassen van D-criteria is beschreven door Galligan (2001). Dit verklaart de hoge drempel voor het D-criterium bij het vinden van een zwerm-associatie voor de DAB 497 meteoren. Dit heeft als resultaat gehad dat veel echte DAB meteoren verworpen zijn, dus alleen vrijwel identieke banen uit de kern van de zwerm bleven over. Zo blijft de werkelijke activiteitsduur van deze zwerm onderschat.



## 6 Onze werkwijze

Als we een goede referentie baan voor de DAB (497) meteoren hebben, ligt het voor de hand om elke meteor apart qua D-criteria met die referentie baan te checken.

Een alternatieve benadering zou kunnen zijn om door de dataset te lopen en daarbij elke baan te vergelijken met alle andere banen binnen zeg 15 graden zonslengte, en daarbij dan op zoek te gaan naar clustering van vergelijkbare banen. Op die wijze ontstaat een onafhankelijke nieuwe zoekmethode naar nieuwe zwermen in de huidige databases. Het vereist echter wel zeer veel rekentijd, en dat ligt niet binnen bereik van amateurs. Door individuele banen te vergelijken met een referentiebaan, werken we wel in de hand dat we naar de referentiebaan toe werken. Om die reden kozen de auteurs voor een andere benadering. We maakten gebruik van een meer traditionele methode die ook door visuele waarnemers wordt gebruikt om individuele meteoren te linken aan een zwerm, bijvoorbeeld door meteoren uit een bepaalde regio van de hemel binnen een bepaald tijdsbestek qua snelheid met elkaar te vergelijken. Het resultaat van deze voorselectie is een beperkt aantal banen die vergeleken moeten worden. Als deze voorselectie een clustering van meteoren bevat welke gerelateerd zijn aan een zekere meteorozwerm, dan moet dit zichtbaar worden door het gebruik van D criteria op deze voorselectie. Figuur 5 toont de locatie van de DAB radiant als onderdeel van de hemel met relatief weinig sporadische radianten en ver uit de buurt van elke andere bekende actieve meteorozwerm.



*Figuur 5. Radiant kaart gedurende de December alfa Boötiden activiteits periode toont de DAB-radiant locatie relatief t.o.v. andere actieve meteorozwermen.*

We werkten met een iteratieve procedure, startend met alle banen in de voorselectie. Deze voorselectie was gemaakt op basis van vergelijkbare radiantposities en snelheid binnen een bepaald zonslengte interval. Deze voorselectie kunnen we de radiant-snelheid methode noemen. We starten daarbij met een referentiebaan welke de baanelementen bevat die gebaseerd zijn op de mediaan van de baanelementen van alle individuele banen in de voorselectie. Op basis van die referentie baan vergelijken we de D criteria van elke individuele baan met de referentie baan. De meeste sporadische meteoren zullen dan buiten boord vallen. Zo houden we een nieuwe, beperktere voorselectie over. Hiervan bepalen we een nieuwe referentie baan middels de baanelementen van elk van de nog voorhanden zijnde banen in deze nieuwe voorselectie. Door deze rekenwijze een paar keer te herhalen blijven uiteindelijk een aantal erg identieke banen over die aan de D criteria voldoen. De uitdaging is om de grenzen voor de voorselectie goed vast te leggen, en om op het juiste moment te stoppen met de iteratie. Omdat er geen standaard procedure voor bestaat, vergt dit wel een beetje wikken en wegen gedurende dit proces.

## 7 Wat we al weten over DAB - 497

De december alfa Boötiden werden voor het eerst genoemd in een CAMS data analyse uit de periode oktober 2010 – december 2011 (Rudawska en Jenniskens, 2014). Deze zwerm verscheen ook in de lijst met ontdekte zwermen in de 4e editie van de EDMOND database met in die tijd 83369 banen (Kornos et al., 2014). Tenslotte werd deze zwerm ook opgemerkt in een onderzoek (Jenniskens and Nénon, 2016) in de CAMS dataset tot 31 maart 2013 met in totaal 111233 banen die onderworpen werden aan  $DSH < 0.05$ . De baanelementen van deze referenties staan in tabel 6, waarin ook de resultaten van dit onderzoek staan. Het is niet bekend of de DAB 497 zwerm in oudere onderzoeken, bijv. radar of fotografisch, zichtbaar is. De fotografische catalogus van de IAU bevat 4873 banen waarin echter geen enkele DAB zit. Tot dusver was de informatie omtrent de DAB's gebaseerd op de aanwezige CAMS en EDMOND databases tot eind 2012 / begin 2013. Sindsdien is het aantal beschikbare banen verdrievoudigd. We hebben daarom onze zoektocht uitgebreid met alle data die tot eind 2017 publiek beschikbaar is. Daarbij proberen we dus een clustering van (nagenoeg) identieke banen te ontdekken op basis van vergelijkbare radiantposities en snelheid binnen een gegeven tijdsinterval.

## 8 Het praktische werk

We hadden voor ons onderzoek de beschikking over de volgende datasets:

- EDMOND 05v03 met 252425 banen (tot 2015). EDMOND verzamelt data van verschillende Europese netwerken (Kornos et al., 2013).
- Sonotaco met 231024 banen (2007–2016). Sonotaco is een amateur video netwerk met meer dan 100 camera's in Japan (SonotaCo, 2009).
- CMN met 39991 banen (2007–2013). Het Kroatische Meteor Netwerk wordt gerund door amateurs met ongeveer 20 camera's (Šegon et al., 2012).
- CAMS met 111233 banen (okt. 2010 – mrt. 2013), (Jenniskens et al., 2011). Voor de eenduidigheid, de gegevens uit 2013 – 2017 van alle CAMS-netwerken zijn niet meegenomen in deze dataset.

### Een eerste benadering

In de eerste benadering hebben we banen geselecteerd in een periode van 7 dagen tussen  $\lambda_0$   $261^\circ$  en  $268^\circ$ , een radiantgebied met RA<sub>g</sub> tussen  $210^\circ$  and  $216^\circ$ , DE<sub>g</sub> tussen  $20^\circ$  en  $23^\circ$  en een geocentrische snelheid  $v_g$  tussen 58 en 62 km/s. 51 banen uit EDMOND werden binnen deze selectie gevonden, maar het was onmiddellijk duidelijk dat de gekozen periode te kort was, omdat andere DAB kandidaten buiten deze periode leken te liggen.

### Een tweede benadering

In een tweede poging werden de begrenzingen wat opgerekt. Voor  $\lambda_0$  kozen we het interval tussen  $248^\circ$  en  $279^\circ$ , voor de radiant kozen we RA<sub>g</sub> tussen  $207^\circ$  en  $218^\circ$ , DE<sub>g</sub> tussen  $16^\circ$  and  $26^\circ$  en voor de geocentrische snelheid  $v_g$  kozen we  $59 \pm 7$  km/s. In totaal 108 banen uit Sonotaco, 60 banen van EDMOND en 18 banen uit CMN voldeden aan de selectie criteria. De mediaan waarden voor deze selectie zijn goed vergelijkbaar met de eerder gevonden baan data voor zwerm 497. Door gebruik te maken van deze medianen als referentiebaan, werden door de D criteria meer dan de helft van deze in totaal 186 banen als uitbijters (hogere inclinatie, lagere excentriciteit en grotere perihelium afstand  $q$ ) verworpen. Zowel de gevonden baan gebaseerd op elk van de drie netwerken apart, als van de totale set voldeed goed aan de literatuurwaarden.

	CMN	SonotaCo	Edmond	Allen	Referentie (2016)
$\alpha_g$	212.0°	211.8°	212.1°	212.1°	213.0°
$\delta_g$	+21.3°	+21.3°	+21.3°	+21.7°	+21.9°
$v_g$	60.3	59.7	59.2	59.6	59.8
$q$	0.704	0.690	0.691	0.693	0.683
$e$	0.931	0.951	0.898	0.951	0.989
$\omega$	115.79°	113.50°	111.99°	113.11°	113.2°
$\Omega$	267.46°	264.10°	264.21°	264.62°	264.3°
$i$	114.1°	114.3°	114.5°	114.8°	113.5°
$N$	18	108	60	186	8

Tabel 3. De mediaan waarden voor alle banen van elk netwerk, CMN, SonotaCo and EDMOND, de baan voor de complete dataset, uitgaande van  $DD < 0.1$  en de gegevens van de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens en Nénon, 2016).

### Een derde benadering

In een poging om de activiteitsperiode vast te leggen, werd besloten een voorselectie op basis van de volgende criteria te maken:  $\lambda\odot$  tussen  $245^\circ$  en  $285^\circ$ , een radiantgebied met RAg tussen  $205^\circ$  en  $220^\circ$ , DEg tussen  $16^\circ$  en  $27^\circ$ , en de geocentrische snelheid  $v_g$  is  $60 \pm 5$  km/s. Zo werden in totaal 199 banen van Sonotaco, 95 banen van EDMOND en 22 banen van CMN gevonden binnen deze selectie criteria. Door dezelfde selectiecriteria op de CAMS dataset toe te passen, werden nog eens 60 CAMS banen toegevoegd aan deze selectie. De banen die in deze vier datasets apart en ook in de gecombineerde totale serie van 376 banen werden gevonden hadden een grote spreiding in baanelementen. 75 procent van alle banen werden door D criteria verworpen. In het bijzonder de eerste 5 dagen en de laatste 10 dagen uit deze periode van 40 dagen werden gedomineerd door banen met een duidelijk hogere inclinatie, kleinere excentriciteit en grotere periheliumafstand. Het gekozen tijdsinterval was kennelijk zodanig groot dat er teveel vervuiling optrad met in werkelijkheid niet gerelateerde banen, lees sporadische activiteit of andere bronnen van meteorenactiviteit. Wel bood deze benadering de gelegenheid om de buitengrenzen van de DAB-activiteit vast te leggen. Een eerste kandidaat werd gevonden op zonslengte

$\lambda\odot = 257.4^\circ$ , en een laatste kandidaat op  $\lambda\odot = 272.0^\circ$ . Aan de hand van deze informatie konden we een realistisch tijdsinterval voor een volgende selectie maken.

Het is goed om op te merken dat al deze 376 meteoren uit hetzelfde gebied aan de hemel verschenen met nagenoeg dezelfde geocentrische snelheid. Elk single-station video system zou al deze meteoren koppelen aan dezelfde zwerm, gebaseerd op dezelfde karakteristieken. In werkelijkheid was minder dan 25% van deze meteoren een echte kandidaat voor de DAB meteorozwerm als we naar de nauwkeurige banen kijken. De lage uurfrequenties van deze kleine zwermen maken elke koppeling aan een zwerm op basis van single station waarnemingen zinloos.

Het koppelen van visuele waarnemingen aan kleine zwermen is om dezelfde redenen zinloos. Ook het bepalen van een ZHR van een kleine zwerm is om die reden af te raden. Hiermee is de noodzaak voor simultaan netwerken om een goede indruk te krijgen van een zwermactiviteit onderstreept.

### Een vierde en laatste benadering

In deze laatste benadering nemen we een periode van 20 dagen tussen  $\lambda\odot$   $255^\circ$  en  $275^\circ$ , en beschouwen wij een radiantgebied met RAg tussen  $205^\circ$  en  $220^\circ$ , DEg tussen  $+16^\circ$  en  $+26^\circ$ , en een geocentrische snelheid van  $v_g = 60 \pm 4$  km/s. Deze voorselectie resulteerde in 13 banen uit CMN, 90 banen uit Sonotaco, 38 banen uit EDMOND en 30 banen uit CAMS.

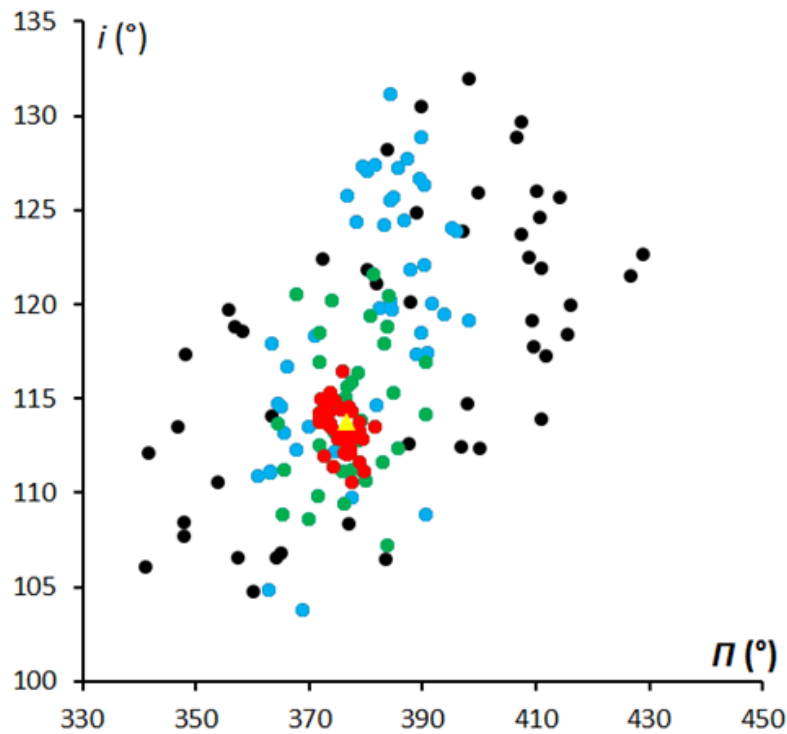
Om te checken of de voorselectie afdoende is om een clustering van banen te ontdekken, zo die er al zou zijn, werden de mediaanwaarden van elk van deze vier datasets apart berekend. In het geval dat deze selecties vervuild zouden zijn met toevallig verspreide sporadische banen, zou zich dit manifesteren in een grote spreading van de diverse mediaanwaarden.. De mediaanwaarden van alle vier datasets bleken echter perfect met elkaar te matchen. De aanwezigheid van mogelijke DAB kandidaten werd gecontroleerd door de drie D criteria toe te passen, beginnend met een relatief lage drempel  $DSH < 0.25$ ,  $DD < 0.12$  en  $DH < 0.25$ . Alleen als een meteor aan alle drie voorwaarden voldeed, werd de baan als 'kandidaat' aangemerkt. Door met een lage drempel te beginnen, kunnen we stap voor stap uitbijters verwijderen, zonder relevante DAB-kandidaten te negeren. Het type baan, retrograad, zorgt er voor dat de D criteria niet ideaal zijn of verwantschap in banen aan te tonen.. Een realistisch resultaat kan alleen verkregen worden door de gevonden resultaten goed tegen het licht te houden.

10 van de 13 CMN banen, 59 van de 90 Sonotaco banen, 28 van de 38 EDMOND banen en 19 van de 30 CAMS banen, samen 116 van de 171 voorgeselecteerde banen voldeden aan de eerste rekenronde. De gemiddelde banen voor elk van de subsets was goed te matchen aan de eerder gepubliceerde baan voor de DAB's. De banen die er uit waren gefilterd waren de banen met een te grote hoek tussen de baanvlakken en een te lage excentriciteit, of een te grote hoek tussen de perihelium punten en een sterk afwijkende inclinatie.

Om banen met een significante afwijking in één of meer baanelementen vergeleken met de mediaanwaarde te elimineren, werden de D criteria scherper geformuleerd. De hogere drempel was nu  $DSH < 0.2$ ,  $DD < 0.1$  en  $DH < 0.2$  voor alle 171 voorgeselecteerde banen, gesorteerd op zonslengte. 90 banen voldeden nog aan deze criteria. De meeste uitbijters lagen in de eerste  $5^\circ$  en de laatste  $5^\circ$  zonslengte. De meeste DAB kandidaten kwamen voor in het interval  $\lambda\odot$   $261^\circ$ –  $270^\circ$ .

Een nog hogere drempel voor de D criteria, te weten

$DSH < 0.2$ ,  $DD < 0.08$  en  $DH < 0.2$  reduceerde het aantal DAB-kandidaten tot 78. Vervolgens werd een iteratieve routine toegepast die de D-criteria herberekend, met de gemiddelde waarde van het vorige resultaat als referentiebaan.



Figuur 6. Plot van inclinatie  $i$  versus lengte van het perihelium  $\Pi$ . De zwarte punten zijn alle 171 voorgeselecteerde banen, de blauwe punten zijn de banen welke voldoen aan  $DSH < 0.25$ ,  $DD < 0.12$  en  $DH < 0.25$ . De groene punten zijn banen die voldoen aan  $DSH < 0.2$ ,  $DD < 0.08$  en  $DH < 0.2$  en de rode punten zijn banen die voldoen aan  $DSH < 0.1$ ,  $DD < 0.04$  and  $DH < 0.1$ . Het gele driehoekje is de positie van de uiteindelijke referentie baan.

## 9 De resultaten

7 van de 13 CMN banen, 41 van de 90 Sonotaco banen, 18 van de 38 EDMOND banen en 12 van de 30 CAMS banen resteerden na de laatste ronde, alles bij elkaar 78 van de 171 voorgeselecteerde banen. Bij CMN en Sonotaco was aan deze meteoren geen classificatie gekoppeld. Bij EDMOND waren in totaal 41 DAB's waarvan wij er in onze analyse 18 terug vinden. Eentje daarvan staat bij EDMOND als sporadisch gekenmerkt. CAMS noemt 8 DAB banen waarvan wij er 7 te pakken hebben. Eentje ontbreekt vanwege het feit dat deze baan gekenmerkt wordt door een afwijkende excentriciteit. 5 door CAMS als sporadisch gekenmerkte meteoren zijn in deze analyse als DAB geclassificeerd.

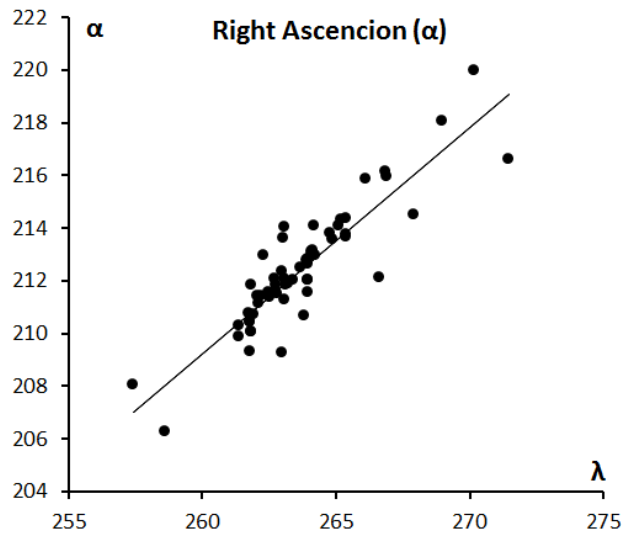
$\lambda_o$	banen	$\lambda_o$	banen
256–257	0	265–266	5
257–258	3	266–267	6
258–259	1	267–268	1
259–260	2	268–269	5
260–261	0	269–270	0
261–262	13	270–271	3
262–263	13	271–272	1
263–264	17	272–273	1
264–265	7	273–274	0

Tabel 4. Aantal banen per graad zonslengte.

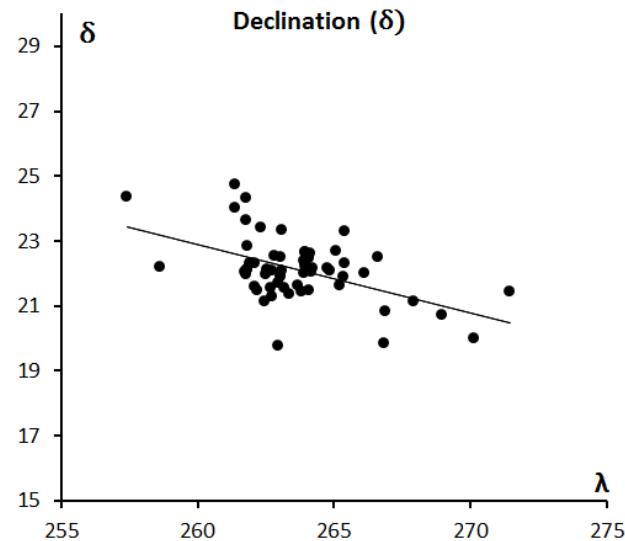
Uit deze distributie in tabel 4 kunnen we de activiteitsperiode van de DAB zwerm afleiden. Ze ligt tussen  $257^\circ$  en  $273^\circ$  zonslengte, overeenkomstig met de periode van ruwweg 9 tot 25 december. De maximale activiteit lijkt rond  $\lambda_\odot \sim 263.9^\circ$  voor te komen, dus kort na het Geminidenmaximum. Jenniskens en Nénon (2016) geven een zichtbaarheidsperiode van  $261^\circ$  tot  $268^\circ$  met een maximum op  $264^\circ$ .

Jaar	Banen	Jaar	Banen
2006	1	2012	20
2007	4	2013	10
2008	4	2014	3
2009	7	2015	4
2010	11	2016	5
2011	9	2017	-

Tabel 5. Het aantal DAB banen per jaar.



Figuur 7. Best passende rechte tussen rechte klimming  $\alpha$  in functie van de zonslengte  $\lambda\odot$

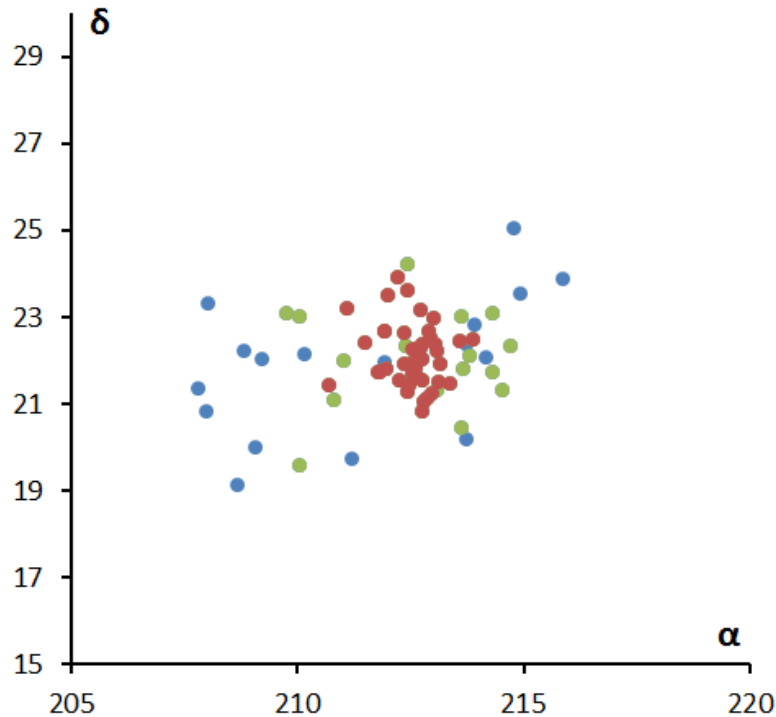


Figuur 8. Best passende rechte tussen declinatie  $\delta$  als functie van de zonslengte  $\lambda\odot$ .

Er is geen aanwijzing gevonden voor een periodieke variatie in activiteit van jaar tot jaar. Het aantal banen is nog steeds te klein om iets meer over het activiteitsprofiel van deze zwerm te zeggen. De variatie in aantallen DAB-meteoren per jaar zijn wellicht te wijten aan variaties in het weer bij elk van de netwerken gedurende de periode waarop dit onderzoek zich concentreert. Voor Sonotaco was de periode 2007–2016, voor EDMOND 2006–2015, voor CMN 2007–2013 en voor CAMS 2010–2012.

Om de radiant drift te bepalen beperkten we ons tot de selectie met de eis  $DD < 0.06$ , hetgeen nog steeds 60 data punten betekende. De radiant drift geeft een mooie trend lijn met een tamelijk kleine spreiding, resulterend in een radiantdrift van  $\Delta\alpha=0.86^\circ$  en  $\Delta\delta = -0.21^\circ$  (figuren 7/ 8). De voor drift gecorrigeerde radiant laat een relatief compacte radiant zien met een diameter van  $\sim 7^\circ$  in rechte klimming and  $\sim 5^\circ$  in declinatie (figuur 9).

Met hun geocentrische snelheid  $v_g = 59.6$  km/s zijn de december alfa Boötiden (DAB-497) zeer goed vergelijkbaar met de Perseïden in augustus. Deze meteoren beginnen met gemiddeld  $109.2 \pm 4.7$  km ruim boven de gemiddelde beginhoogte voor meteoren, en een eindhoogte van gemiddeld  $93.8 \pm 6.4$  km. Bijvoorbeeld de Perseïden hebben een beginhoogte van gemiddeld  $110.9 \pm 4.0$  km en een gemiddelde eindhoogte van  $98.0 \pm 4.8$  km (Roggemans, 2017).



Figuur 9. Radiant drift corrigeerde radianten voor 78 banen die voldoen aan  $DD < 0.08$  (blauw), 60 banen die voldoen aan  $DD < 0.06$  (groen) en 43 banen die voldoen aan de hoogste drempel  $DD < 0.04$  (rood).

Een opvallend fenomeen is dat 42 van de 78 als DAB gekenmerkte meteoren een negatieve magnitude hadden, daarnaast zijn zwakke exemplaren bijna geheel afwezig. De zwakste DAB was een  $+2.0$  exemplaar. Het grote percentage heldere meteoren en het type baan kan er op duiden dat we bij deze zwerm te maken hebben met oud materiaal.

$\lambda_o$ (°)	$a_g$ (°)	$\delta_g$ (°)	$\Delta a$ (°)	$\Delta \delta$ (°)	$v_g$ km/s	$a$ AE	$q$ AE	$e$	$\omega$ (°)	$\Omega$ (°)	$i$ (°)	$N$	Bron
263.9	213.5	+22.3	-	-	59.5	-	0.686	1.002	113.3	263.9	112.3	7	Rudawska 2014
261.8	210.6	+22.9	-	-	59.5	-	0.690	0.967	113.1	261.8	113.6	5	Kornos et al. 2014
$\pm 0.7$	$\pm 1.1$	$\pm 1.2$			$\pm 0.3$		$\pm 0.025$	$\pm 0.021$	$\pm 3.3$	$\pm 0.7$	$\pm 0.5$		
264.0	213.0	+21.9	0.83	-0.33	59.8	62.1	0.683	0.989	113.2	264.3	113.5	8	Jenniskens 2016
263.0	212.0	+22.1	-	-	60.2	999	0.686	1.017	113.4	263.0	114.0	22	Jenniskens 2017
263.9	212.3	+22.0	0.86	-0.21	59.6	-	0.687	0.972	112.8	263.9	113.8	78	Dit artikel
$\pm 3.0$	$\pm 2.8$	$\pm 1.2$			$\pm 1.0$		$\pm 0.023$	$\pm 0.056$	$\pm 3.3$	$\pm 2.8$	$\pm 2.5$		( $D_D < 0.08$ )
263.5	212.2	+22.2	-	-	59.4	-	0.685	0.970	112.4	263.5	113.4	43	Dit artikel
$\pm 1.3$	$\pm 1.5$	$\pm 0.7$			$\pm 0.6$		$\pm 0.014$	$\pm 0.032$	$\pm 1.9$	$\pm 1.3$	$\pm 1.2$		( $D_D < 0.04$ )
264.3	213.7	+21.2			59.0	17.7	0.6576	0.9629	108.87	264.25	112.72	-	2017 Dec. 16, 06 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 35.6 <sup>s</sup> UT
						$\pm 3.0$	$\pm .0002$	$\pm .0004$	$\pm 0.03$		$\pm 0.01$		

Tabel 6. De baangegevens voor de december alfa Boötiden (DAB-497) ( $J2000$ ), de standaard deviatie  $\sigma$  is bij beschikbaarheid weergegeven als  $\pm$ . De vier banen welke in andere artikelen zijn gepubliceerd, zijn goed vergelijkbaar met de gegevens in dit artikel. Om te kunnen vergelijken is ook de baan van de 2017 vuurbol, welke door CAMS BeNeLux is geregistreerd, opgenomen.

## 10 Conclusie

Slechts een paar banen van de december alfa Boötiden zijn, gebaseerd op data beschikbaar tot 2012, bekend. Een onderzoek naar banen in de database van de wereldwijd grote video camera netwerken, welke eind 2017 in totaal ~635000 banen bevat, leverde 78 kandidaten op. Een analyse zowel per netwerk als ook voor de gecombineerde data leverde een clustering aan banen op welke perfect vergelijkbaar is met de voorheen gepubliceerde banen voor deze zwerm. In elk jaar sinds 2006 zijn banen van deze zwerm opgemerkt tussen zonslengte 257° en 273° in  $\lambda_0$  met een maximale activiteit rond  $\lambda_0 = 263.9^\circ$ . Er is geen aanwijzing voor periodiciteit in zwermactiviteit. De DAB meteoren hebben oplichthoogtes welke vergelijkbaar zijn met de Perseïden (vergelijkbare geocentrische snelheid). De zwerm is rijk aan heldere meteoren en vertoont een tekort aan zwakke meteoren. Op basis van deze analyse lijkt het aannemelijk dat de december alfa Boötiden (DAB-497) een zogenaamde 'established meteor stream' zijn.

## Dankwoord

De auteurs zijn de netwerk coördinatoren en de stationsbeheerders van de volgende netwerken erg dankbaar : Croatian Meteor Network (CMN), EDMOND , SonotaCo Network Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2007-SNM2016 and CAMS. Veel dank aan alle deelnemers in het CAMS BeNeLux netwerk voor hun grote inzet:

Hans Betlem (Leiden, CAMS 371, 372 en 373), Felix Bettonvil (Utrecht, CAMS 376 en 377) , Jean-Marie Biets (Wilderen, CAMS 380, 381 en 382), Martin Breukers (Hengelo, CAMS 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326 en 327), Bart Dessoij (Zoersel, CAMS 397, 398, 804, 805 en 806), Franky Dubois (Langemark, CAMS 386), Luc Gobin (Mechelen, CAMS 390, 391, 807 en 808), Robert Haas (Alphen aan de Rijn, CAMS 360, 361, 362, 363, 364, 365, 367 en 368), Robert Haas / Edwin van Dijk (Burlage, CAMS 801, 802, 821 en 822), Klaas Jobse (Oostkapelle, CAMS 330, 331, 332, 333, 334, 337, 338 en 339) , Carl Johannink (Gronau, CAMS 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317 en 318), Hervé Lamy (Dourbes / Ukkel, CAMS 394 en 395/ 393), Koen Miskotte (Ermelo, CAMS 351, 352, 353 en 354), Piet Neels (Ooltgensplaat, CAMS 340, 341, 342, 343, 344, 345, 349 en 840), Tim Polfliet (Gent, CAMS 396), Steve Rau (Zillebeke, CAMS 385 en 387), Paul Roggemans (Mechelen, CAMS 383, 384, 388, 389, 399 en 809), Hans Schremmer (Niederkruechten, CAMS 803) en Erwin van Ballegoij (CAMS 347 en 348).

Hun inzet is erg belangrijk voor de resultaten van ons netwerk.

## Referenties

- [1] Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". *Icarus*, 45, 545–553.
- Galligan D.P. (2001). "Performance of the D-criteria in recovery of meteoroid stream orbits in a radar data set". *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 327, 623–628.
- Jenniskens P., Gural P. S., Grigsby B., Dynneson L. , Koop M. and Holman D. (2011). "CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to validate minor meteor showers". *Icarus*, 216, 40–61.
- Jenniskens P. and Nénon Q. (2016). "CAMS verification of single-linked high-threshold D-criterion detected meteor showers". *Icarus*, 266, 371–383.
- Jenniskens P. (2017). Submitted to *Icarus*.
- Jopek T. J. (1993). "Remarks on the meteor orbital similarity D-criterion". *Icarus*, 106, 603–607.
- Kornos L., Koukal J., Piffel R., Toth J. (2013). "Database of meteoroid orbits from several European video networks". In Gyssens M., Roggemans P., editors, *Proceedings of the International Meteor Conference, Canary Islands, Spain, 20–23 September 2012*, pages 21–25.
- Kornoš L., Matlovič P., Rudawska R., Tóth J., Hajduková M. Jr., Koukal J. and Piffel R. (2014). "Confirmation and characterization of IAU temporary meteor showers in EDMOND database". In Jopek T. J., Rietmeijer F. J. M., Watanabe J., Williams I. P., editors, *Meteoroids 2013, Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference, August 26–30, 2013. A.M. University, Poznań, Poland*, pages 225–233.
- Roggemans P. (2017). "Variation in heights of CAMS meteor trajectories". *eMN*, 2, 80–86.
- Rudawska R., Jenniskens P. (2014). "New meteor showers identified in the CAMS and SonotaCo meteoroid orbit surveys". In Jopek T.J., Rietmeijer F.J.M., Watanabe J., Williams I.P., editors, *Meteoroids 2013, Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference, August 26–30, 2013. A.M. University, Poznań, Poland*, pages 217–224.
- Šegon D., Andreic Z., Korlevic K., Novoselnik F., Vida D. (2012). "Croatian Meteor Network Catalogue of Orbits for 2007". *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 40, 94–97.
- SonotaCo (2009). "A meteor shower catalog based on video observations in 2007–2008". *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 37, 55–62.
- Southworth R. R. and Hawkins G. S. (1963). "Statistics of meteor streams". *Smithson. Contrib. Astrophys.*, 7, 261–286.