

Tussen schemer en dageraad

13 juni 2021

Henk Schanssema - PA2S

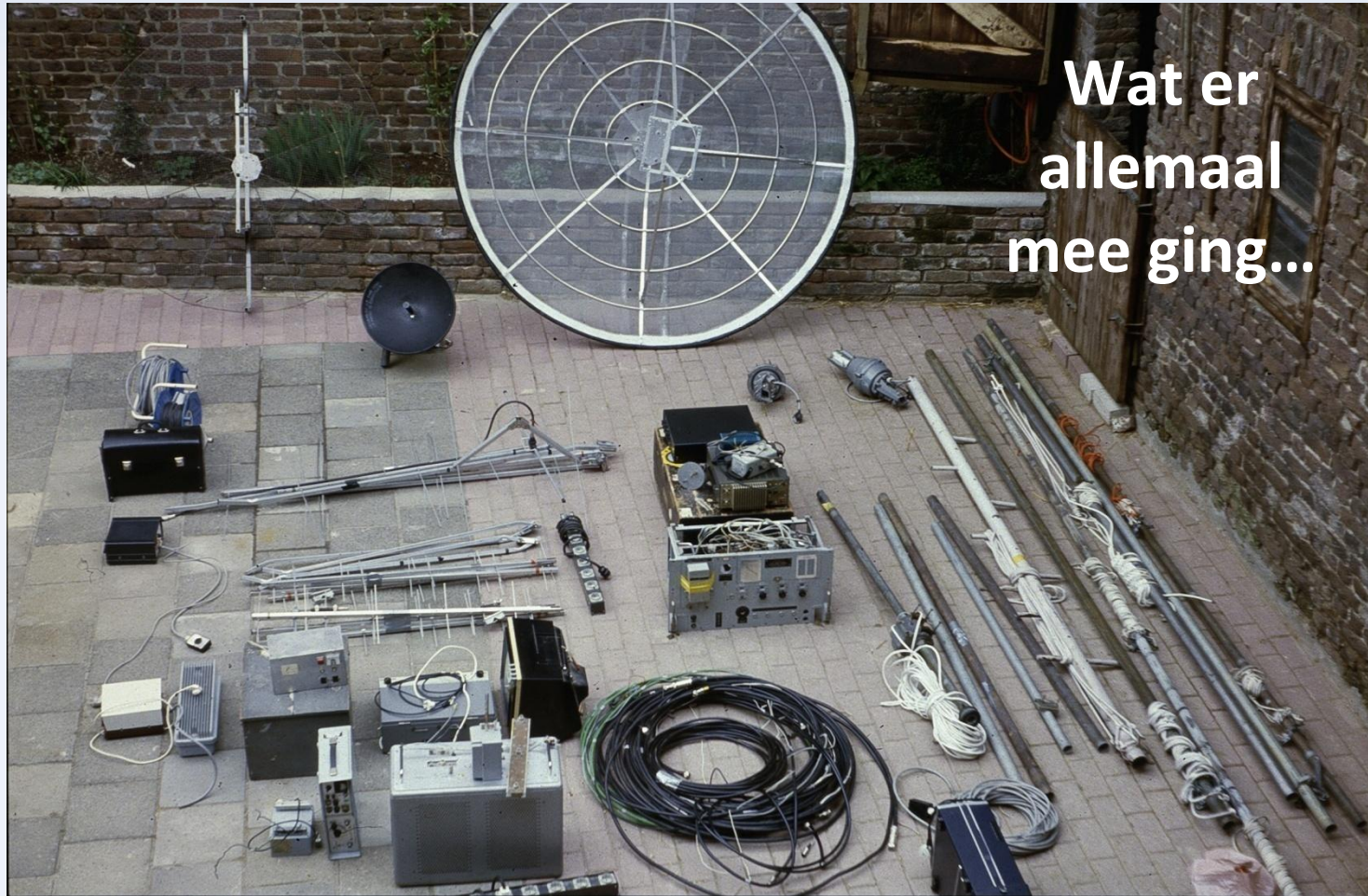
Over PA2S

- C machtiging 1-1-1976, PEOHJS
- A machtiging mei 1977 ~~PEOHJS~~ -> PA2HJS
- September 2003 ~~PA2HJS~~ -> PA2S
- Actief geweest op UHF-SHF. 1977 -70 cm, 1978 - 23 cm, 1979 - 13 cm, 1980 - 9 cm, 1981 - 10 GHz
- In 1978 belangstelling voor de 50 MHz band gekregen en werd een converter gebouwd.
- Het eerste amateursignaal werd in maart 1979 gehoord: ZS6PW (baken) via F2 propagatie.

Propagatieonderzoek 6 m band

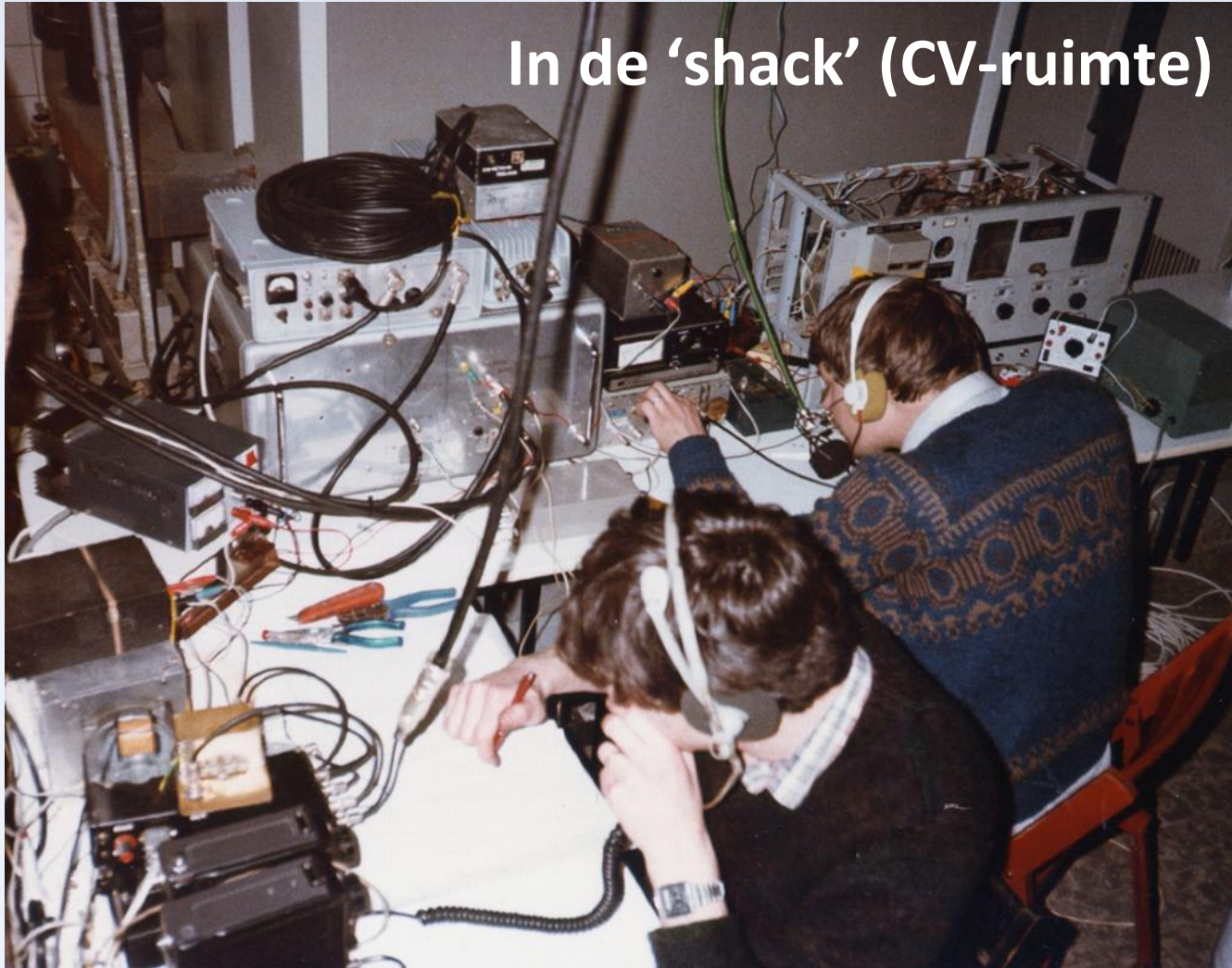
- Tijdens de piek van zonnecyclus 21 diverse DX stations gehoord en deels crossband 50/28 gewerkt. Propagatie kreeg warme belangstelling.
- Bij het toelaten van 50 MHz in 1988 verlangde de overheid rapportages. Met co auteur E.J. Korma (nu PF5X) twee rapporten geschreven over propagatie op 50 MHz. In 1991 werd daarvoor een prijs ontvangen van het Vederfonds.
- Bijzonder actief geweest op 50 MHz en in 1992 als 5e Nederlander het 6 meter DXCC behaald (#109).





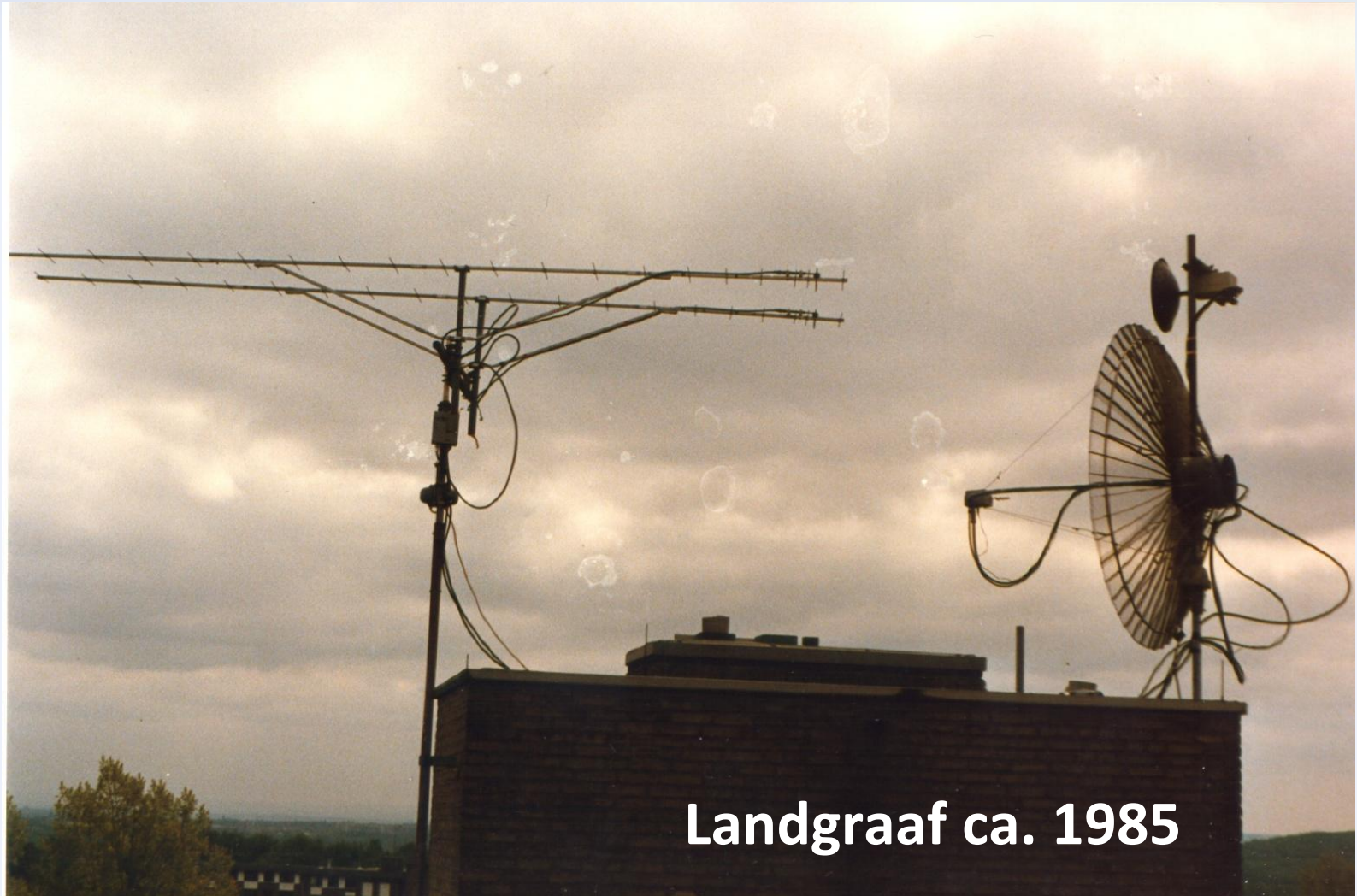
Wat er
allemaal
mee ging...

In de 'shack' (CV-ruimte)





13 cm en 9/3 cm station



Landgraaf ca. 1985

Thuis in JO20xx, 1992





60 meter: de eerste kennismaking

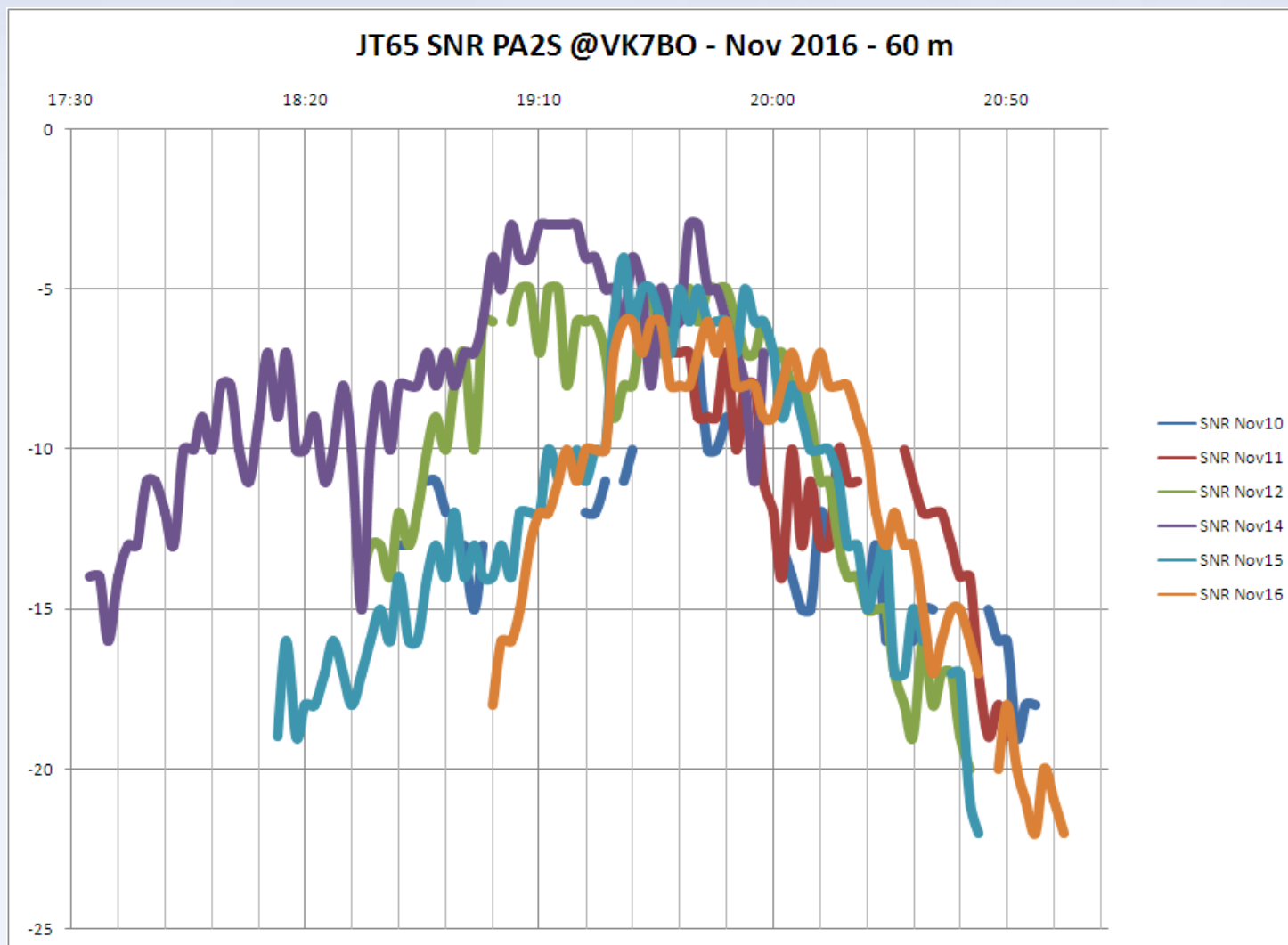
- Eerst weinig ervaring met deze band, veel geleerd
- 60 m: hybride band, karaktertrekken van 80 en 40 m
- Overdag in de D-region demping, vooral tijdens de zomer
- Zodra de schemering invalt, komt de band tot leven
- Veel activiteit met JT modes, ook vanwege 15 W EIRP
- Met JT passen veel stations in de smalle 15 kHz band

60 meter: “the second magic band”

- Al in december 2015 een grote verrassing. VK7BO luisterde op 60 en rapporteerde via PSK reporter. Mijn JT65 signaal was daar gedecodeerd!
- Er volgden snel meer verrassingen, zoals ontvangst door DP1POL (Zuidpool) en VP8ALJ (Falkland Eilanden)
- Het pad naar Australië bleek regelmatig open te zijn. Via het internet (Hamspots) rapporten ‘teruglezen’ en vastleggen.
- Op de volgende pagina een grafiek, waarop het signaalverloop bij VK7BO te zien is. De pieken rond 19:30 UTC waren opvallend.

Rapporten bij VK7BO (TX 50W)

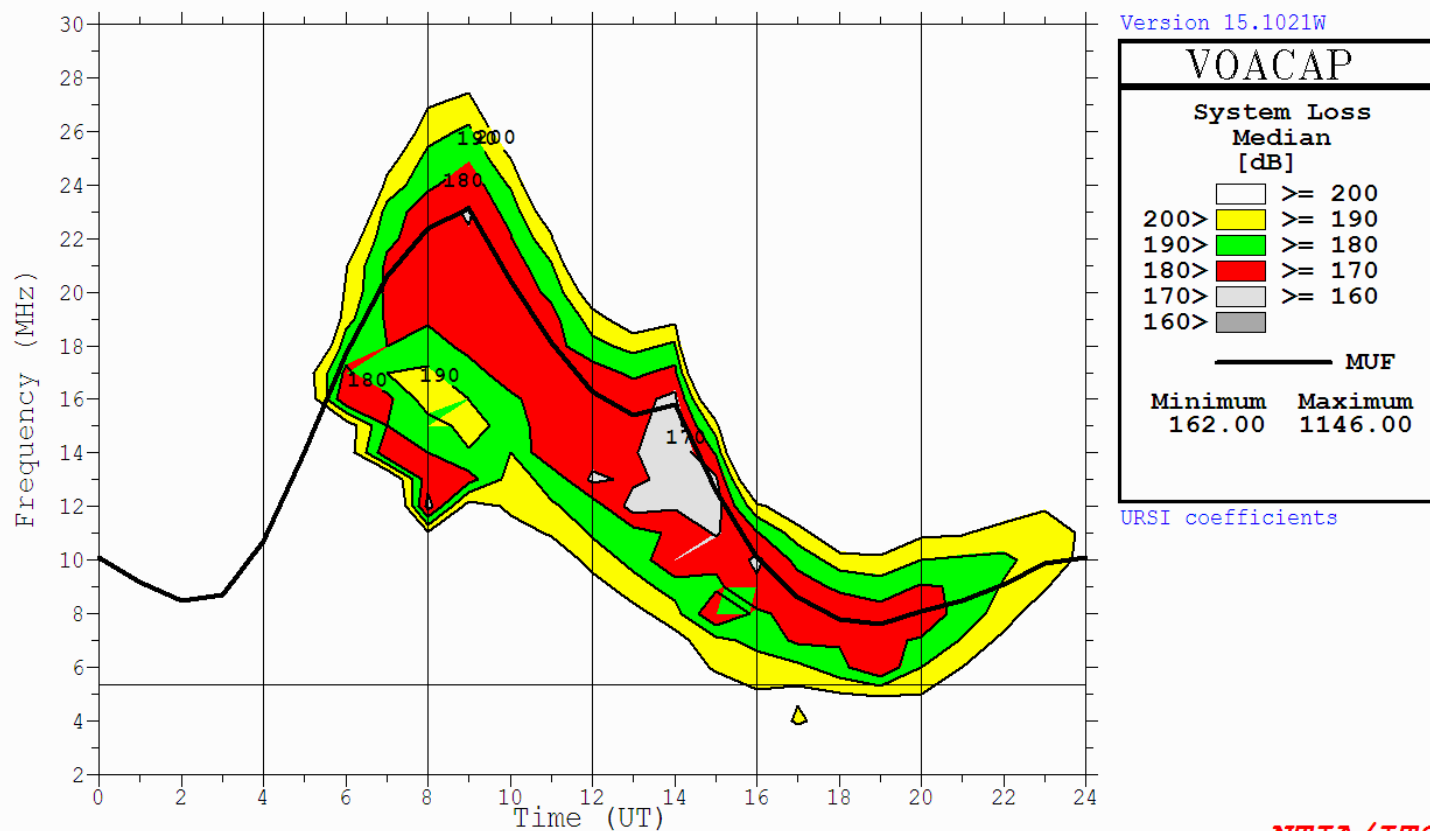
PA2S



60 m VOACAP prognose november

PA2S

Nov 2018 SSN = 0. Minimum Angle= 0.100 degrees
PA2S HOBART (TASMANIA) AZIMUTHS N. MI. KM
51.00 N 6.00 E - 42.90 S 147.30 E 88.01 300.84 9168.9 16979.4
XMTR 2-10 + 0.0 dBi[samples\SAMPLE.00] Az=235.6 OFFaz=212.4 0.100kW
XMTR 10-30 + 0.0 dBi[samples\SAMPLE.00] Az=235.6 OFFaz=212.4 0.100kW
RCVR 2-30 + 0.0 dBi[default\CCIR.000] Az= 0.0 OFFaz=300.8
3 MHz NOISE = -140.0 dBW REQ. REL = 90% REQ. SNR = 0.0 dB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 0.0 dB MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 99.000 ms



Nog meer tegenvoeters

- Nieuw-Zeeland gaf begin 2018 experimentele 5,3 MHz vergunningen
- Propagatie tussen West-Europa en Nieuw-Zeeland bleek uitzonderlijk goed via lange pad over Zuid-Amerika.
- Analyse van FT8 rapporten (uit ALL.TXT bestand)
- Signaalsterkten pieken op specifieke tijdstippen, met een dagelijks patroon
- Na verloop van tijd bleek dat contacten tussen Europa en Nieuw-Zeeland met zeer bescheiden vermogens bijna elke dag mogelijk zijn

Het onderzoek - aanleiding

- Onderzoeksproject gestart na ontdekking van de terugkerende SNR pieken rond dezelfde tijd
- Transmissieverliezen bleken ook aanzienlijk lager dan veel rekenmodellen voorspellen
- Dit leidde tot deze onderzoeksvragen:
 - **Waarom de karakteristieke SNR pieken?**
 - **Wat verklaart de lage transmissieverliezen?**

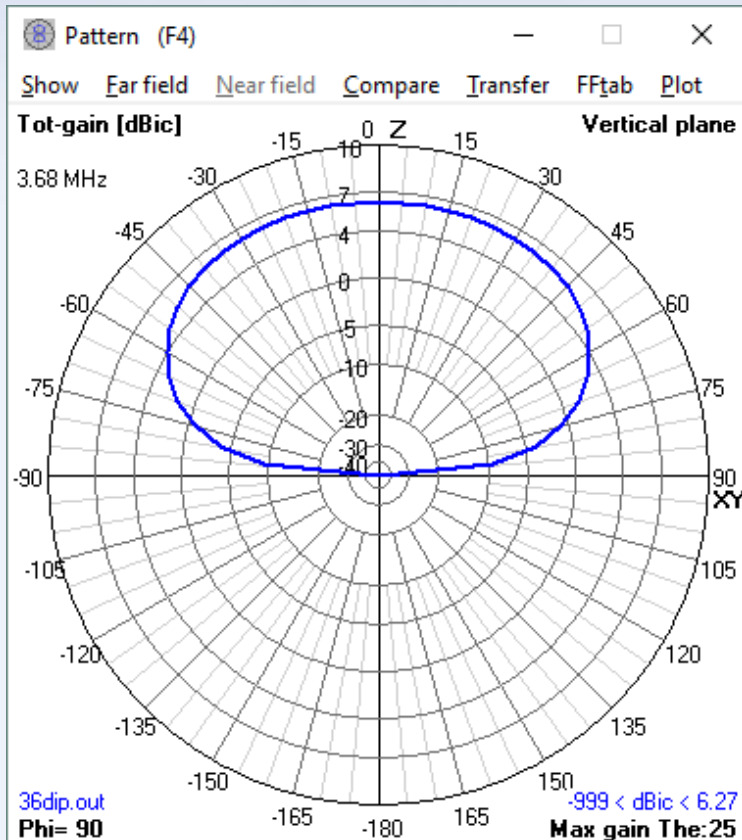
Onderzoeksmethode

- Gegevens verzameld uit beschikbare bronnen
- Veel literatuur bestudeerd, op zoek naar eventuele informatie ter ondersteuning van dit onderzoeksproject
- Eigen waarnemingen van de auteur en van diverse andere radiozendamateurs verzameld, omrekening van relatieve signaal/ruiswaarden
- Met ITU meetreeksen (absolute veldsterkte) amateur-observaties gevalideerd
- Uitvoerig gebruik gemaakt van de applicatie Proplab Pro 3, waarmee de voortplanting via de ionosfeer kan worden gesimuleerd

Onderzoekperiode

- Onderzoekperiode tussen eind 2015 en begin 2021.
- Eigenschappen ionosfeer variëren aanzienlijk tijdens de zonneactiviteitscyclus van 11 jaar
- Tijdens de onderzoekperiode is de cyclus door een minimum gegaan
- Voorzichtig zijn met projecties op andere fasen van de zonnecyclus
- Het onderzoek richtte zich op de 5 MHz-band, met zijn specifieke kenmerken, dus uitkomsten gelden niet zonder meer voor andere amateurbanden

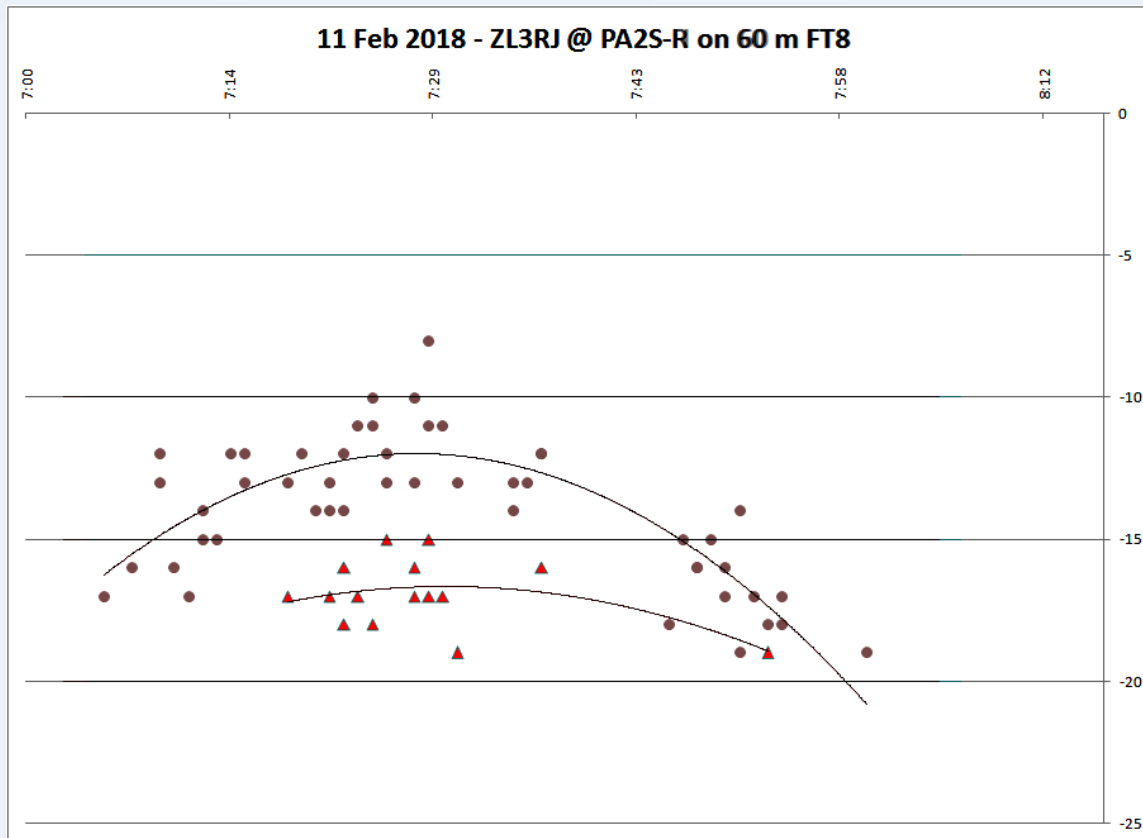
- Bepalen van het werkelijke padverlies tussen zender en ontvanger is lastig
- Het principe is simpel: het verschil tussen uitgezonden en ontvangen vermogen
- Om SNR te kunnen omrekenen moet achtergrondruis en gain van de antennes bekend zijn
- Ruis bij de auteur bekend, gemeten met spectrum analyser
- Bij anderen geschat volgens ITU-R P.372-13 (2016)
- Op basis van simulaties besloten om 0 dBi aan te houden
- Ook werd nagemeten of de SNR waarden volgens de WSJT software kloppen. Resultaat: Check!



- Veel amateurs gebruiken een lage dipool
- Hiernaast het stralingsdiagram, als functie van de elevatie
- De werkelijke stralingshoek is onbekend, dus schatting
- 0 dBi als uitgangspunt genomen, gebaseerd op ray tracing simulaties

Antennes: de uitdaging

Vergelijking van SNR tussen thuis en een remote ontvanger met signalen uit Nieuw Zeeland: 1:1 vergelijken “linke soep”

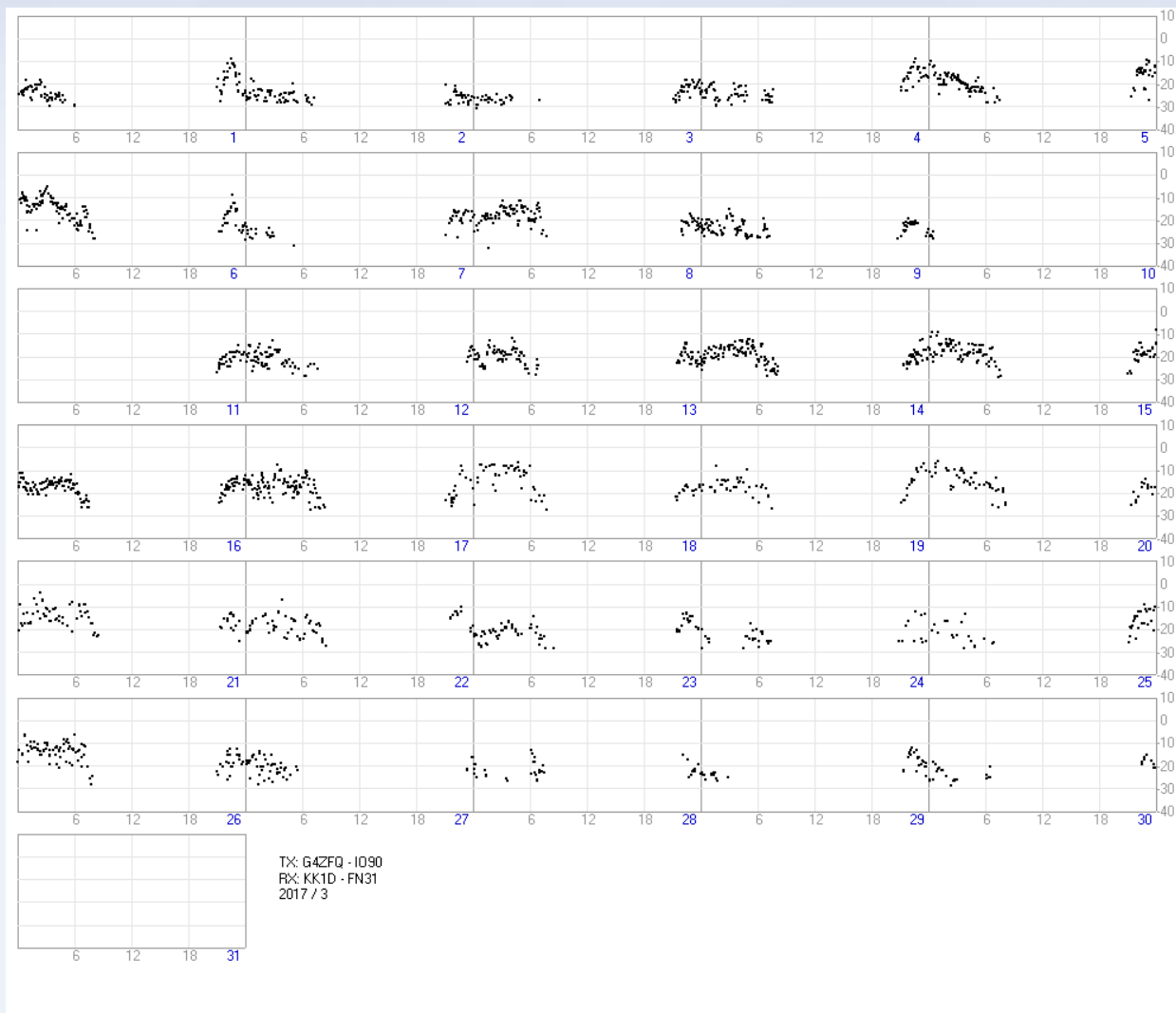


Waarnemingen - Europa naar de VS

- **Vraag: op welke paden treedt het piek-effect op?**
- ITU-dataset: enkele pieken rond zonsopgang op paden tussen de Verenigde Staten en Noord-Duitsland tijdens perioden van lage zonneactiviteit
- Bij een hoger zonnevlekkengetal dit niet gezien
- De WSPR-waarnemingen bevestigen dit beeld
- De volgende figuur toont spots van G4ZFQ (Engeland) naar KK1D (Noord-Oost USA) tijdens maart 2017
- Op enkele dagen, zoals 6 en 17 maart, is een ochtendpiek te zien, maar doorgaans niet beter dan de nacht
- Februari 2021 een soortgelijk beeld, geen duidelijke pieken bij zonsopgang

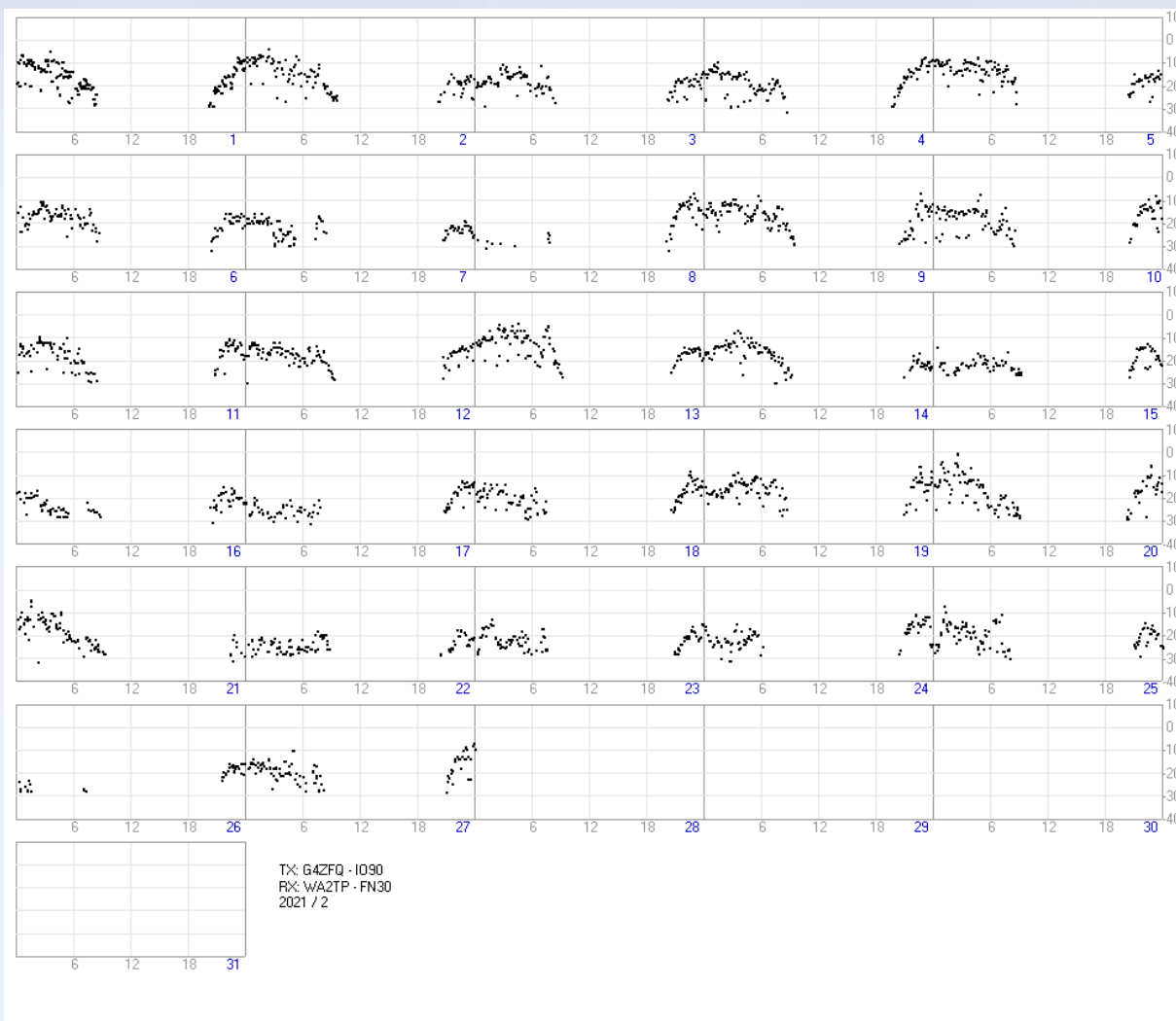
G4ZFQ naar KK1D, maart 2017

PA2S



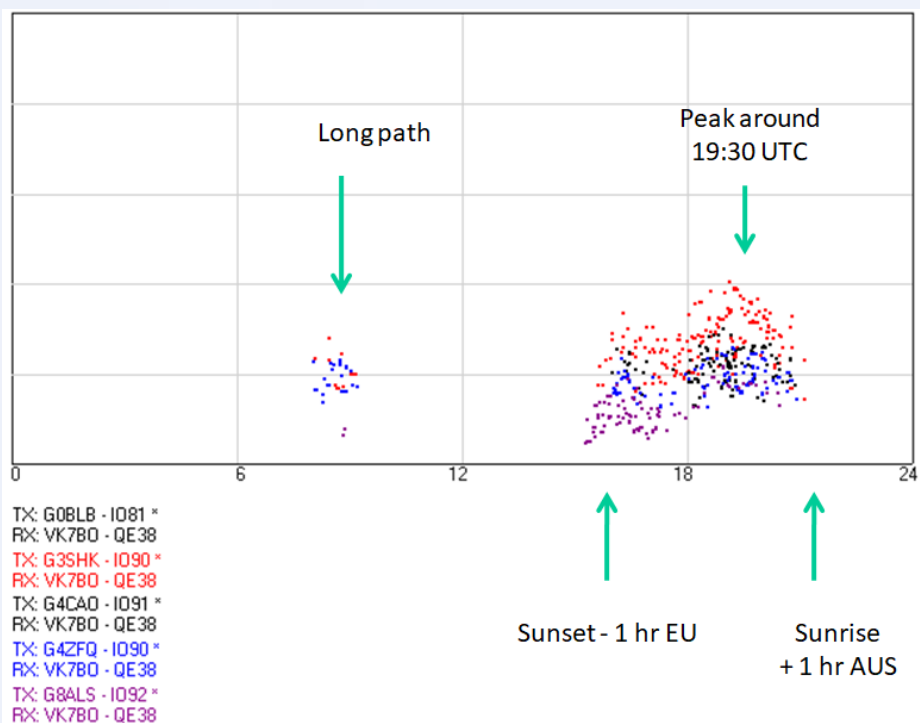
G4ZFQ naar WA2TP, februari 2021

PA2S

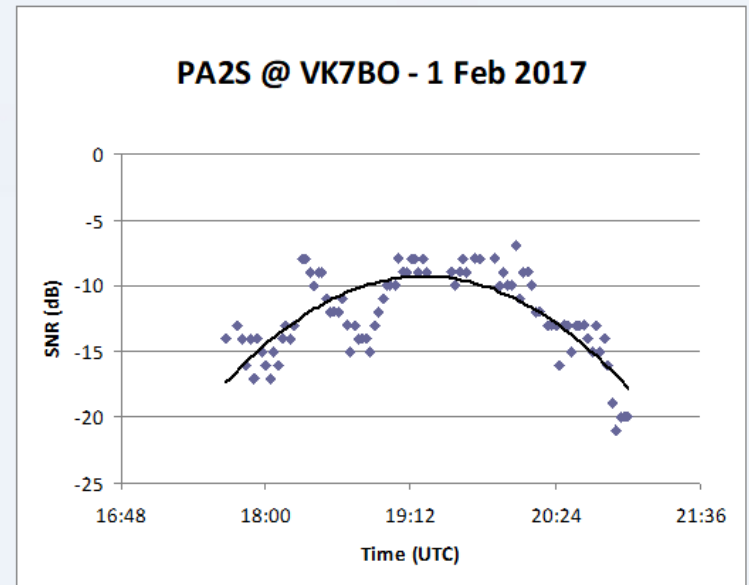
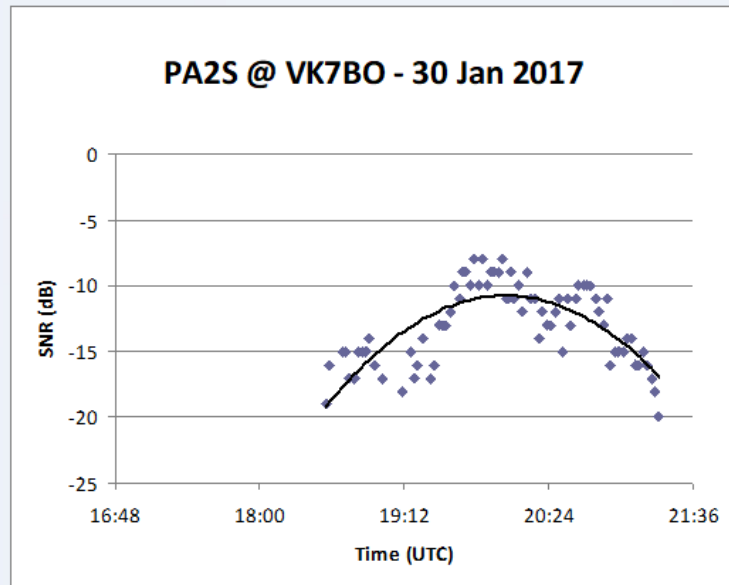


Waarnemingen - Europa - Australie

Eerder was al de grafiek te zien van de SNR waarden van PA2S in Australie. Onderstaande grafiek laat WSPR rapporten zien (Engeland - VK7BO).



Voorjaar 2017 aanvullende metingen gedaan, op 30 januari en 1 februari. Opvallende golfpatronen in de SNR waarden.



- Bij z.g rural ruisniveau is het effectieve ruisgetal van de ontvanger (F_a) ongeveer 50 dB (ja echt 50 dB!)
- Thermisch ruisvermogen in 3 kHz (300 K):
 $kTB = 10 \log(1.38 \text{ E-}23 * 300 * 3000) + 30 = -139 \text{ dBm} + 50 \text{ dB}$
 $F_a = -89 \text{ dBm}$
- JT65 SNR voorjaar 2017 was ca -10 dB, dus ongeveer -99 dBm ontvangen vermogen.
- Isotrope antennes, dus demping tussen TX en RX is +47 dBm (TX) - (-99 dBm) = 146 dB.
- Vergelijking met ITU meetreeksen: omgerekend naar 50 W is het ontvangen vermogen ca. -100 dBm. De beste ITU meetwaarden waren nog ruim 5 dB hoger.

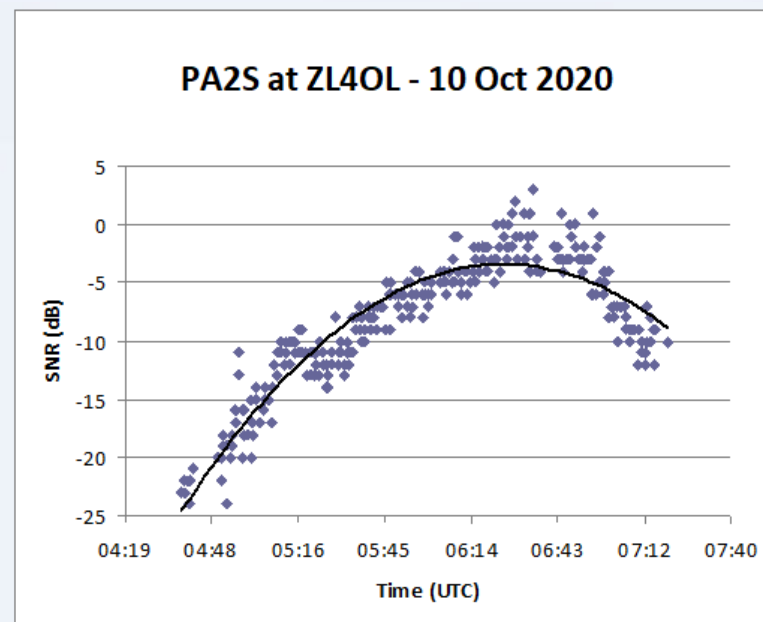
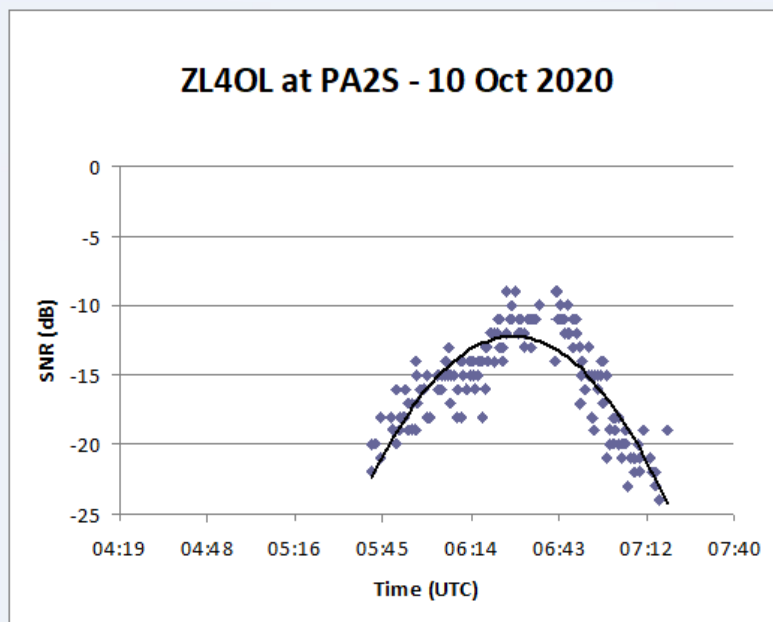
Waarnemingen - Europa - Fiji

- In september 2017 werd een verbinding gemaakt met 3D2AG op het eiland Fiji. Dit was via het lange pad.
- De afstand is ca. 24.000 km en het JT65 rapport bij PA2S was -23 dB.
- Omgerekend is het transmissieverlies ongeveer 150 dB.
- Dit is ongeveer 15 dB boven de free space loss. Proplab berekent ongeveer 24 dB boven de free space loss.

Europa - Nieuw Zeeland

De meest verrassende waarden werden gezien bij de verbindingen met Nieuw Zeeland.

Vele reeksen FT8 uitzendingen geven een goed beeld van het verloop van de SNR. Onderstaande grafieken tonen de SNR van ZL4OL bij PA2S en omgekeerd op 10 oktober 2020.



Europa - Nieuw Zeeland

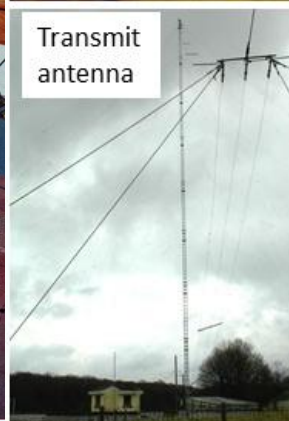
- Het ruisniveau bij PA2S was ongeveer -85 dBm, dus signaalvermogen ongeveer -95 dBm
- ZL4OL heeft een zeer laag ruisniveau en dat verklaart de betere rapporten daar.
- Goed te zien dat de pieken ongeveer samenvallen. Het zendvermogen aan weerskanten was 10W.
- De paddemping is ingeschat op ca. 135 dB en dat is slechts enkele dB's boven de vrije veld demping.
- Wederom komt Proplab op ca. 10 dB hogere dempingswaarden uit.

Discussie - eerst wat theorie

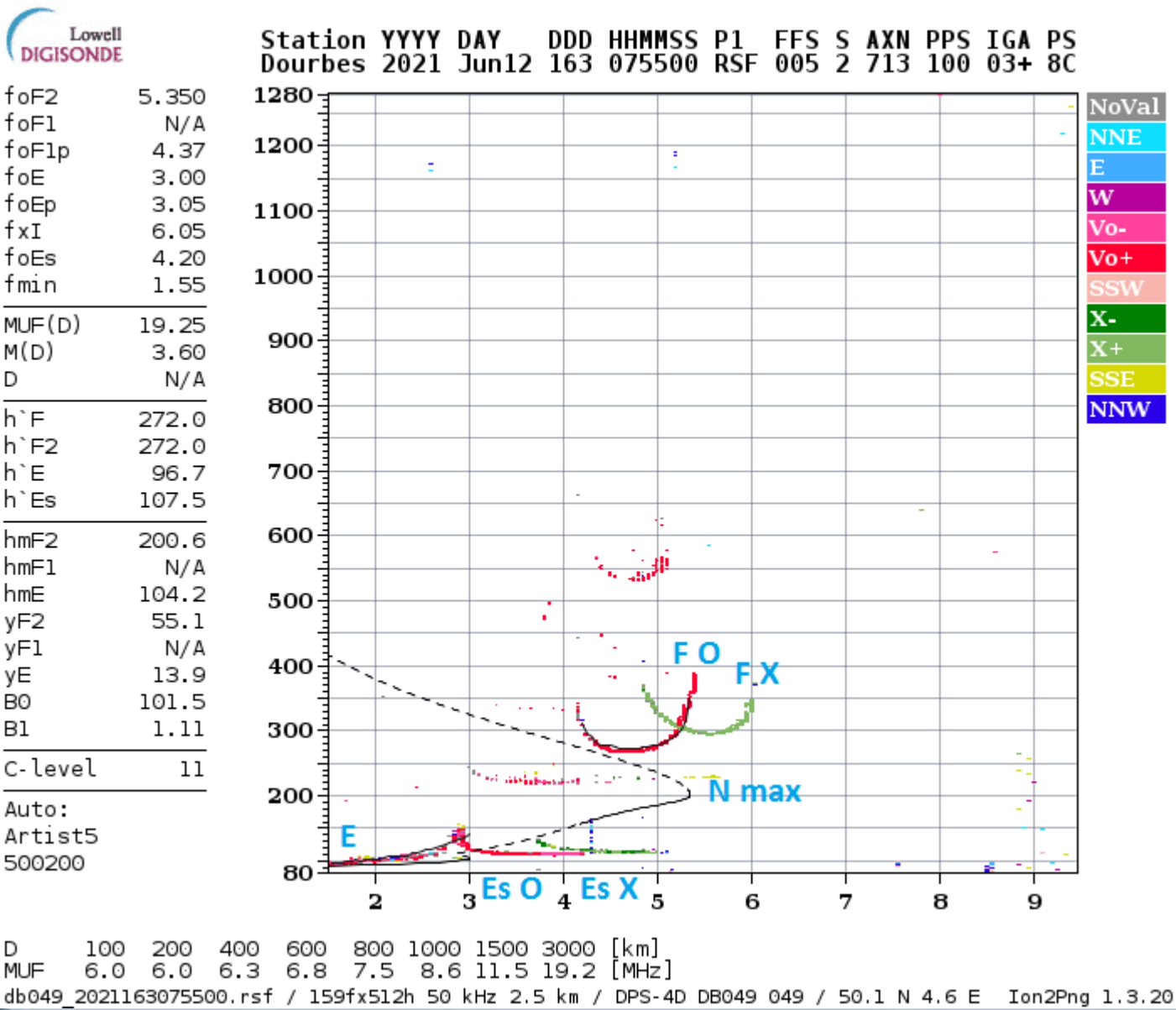
- Zonnestraling maakt elektronen los van atomen. De vrije elektronen kunnen radiogolven buigen
- Buiging hangt af van aantal elektronen en frequentie
- Op bepaalde hoogten ontstaan maxima, deze gebieden worden vaak laag genoemd (beter is eigenlijk “gebied”)
- D-laag: ca. 70 tot 100 km, werkt als een isolatiedeken
- E-laag: ca. 100 km hoog, bijna elke dag hetzelfde
- F1 en F2 lagen: ca. 200 - 300 km, erg variabel
- Es (sporadische E): vooral zomermaanden, heel intens
- Dagelijkse metingen met radarsystemen (ionosonde)
- Wordt grafisch weergegeven, z.g. ionogram

Ionosonde

- Ca. 100 jaar geleden eerste metingen, later speciale apparatuur. Links een NBS C4, midden vorige eeuw (met buizen). Rechts de installatie van Dourbes, België.

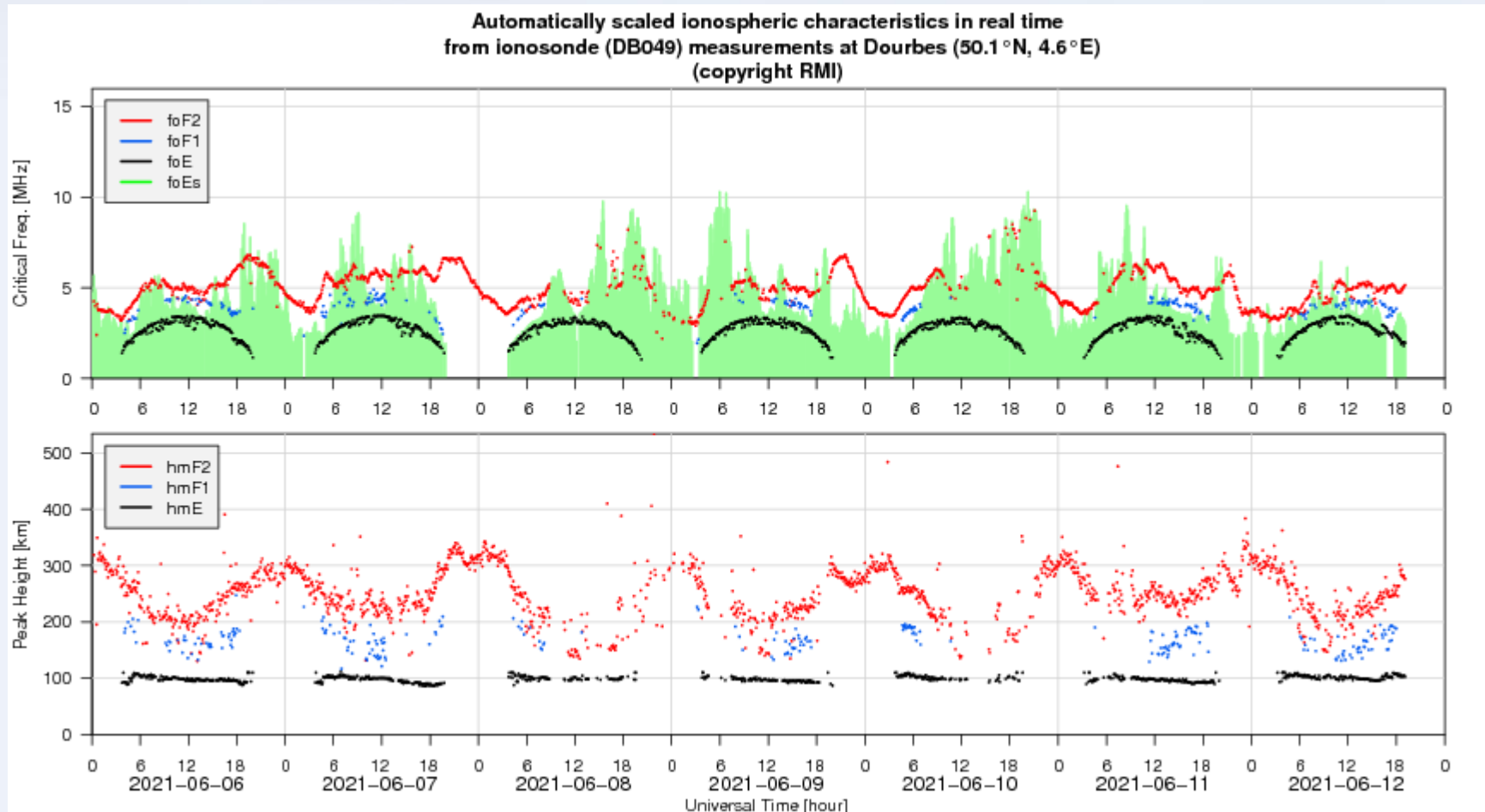


Ionogram (Dourbes, België)



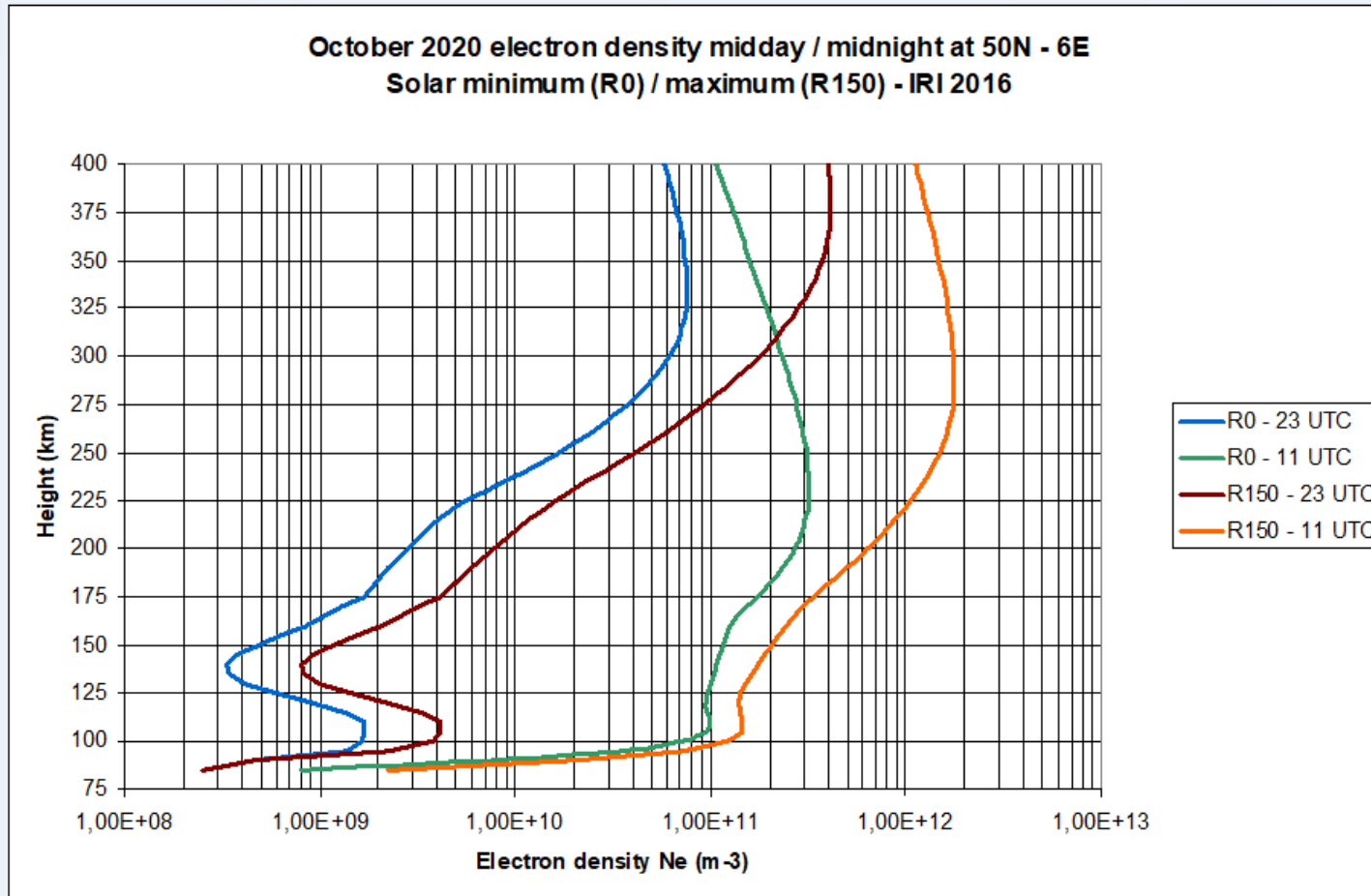
Ionosfeer

Dagelijkse patronen in Dourbes, automatische berekening



Electronendichtheid ionosfeer

Profiel van de elektronendichtheid van de ionosfeer in onze omgeving, dag en nacht, bij lage en hoge zonneactiviteit.

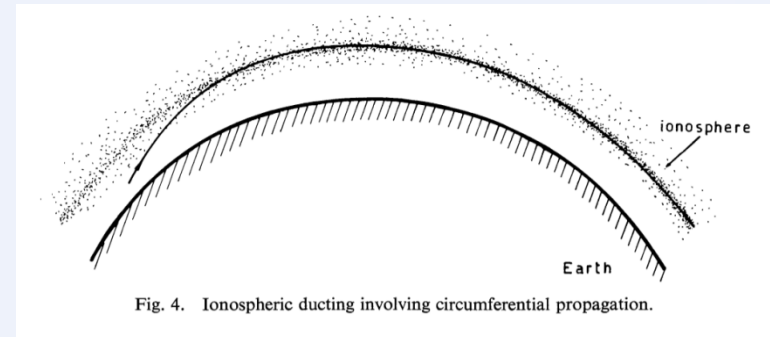
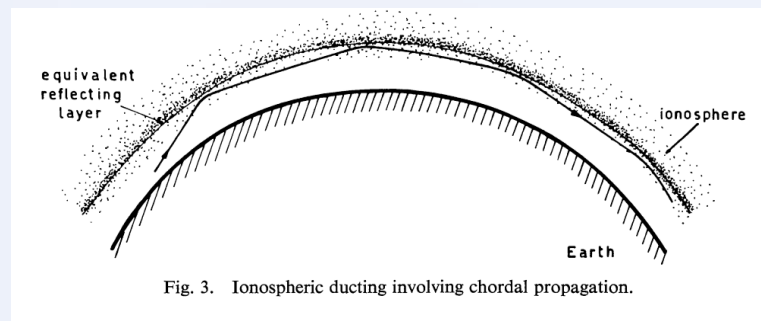
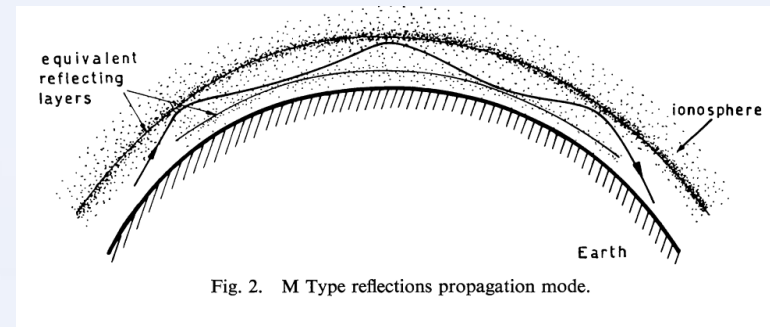
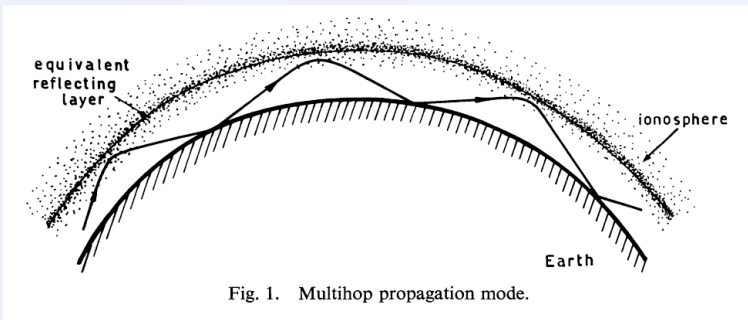


International Reference Ionosphere (IRI)

- Wetenschappers hebben rekenkundig model ontwikkeld
- Bepaal daarmee op elk moment, op elke locatie en onder verschillende omstandigheden de eigenschappen van de ionosfeer (“klimaat”)
- Met deze beschrijving kun je berekenen hoe golven zich voortplanten
- Programma Proplab 3 gebruikt IRI-2007, wat ouder, maar op hoofdlijnen niet gewijzigd
- Stel tijd, locaties TX en RX in, plus waarden zonnestraling en magnetisch veld, kan “realtime” worden opgehaald
- Simulatie van voortplanting, berekening signaalverlies

Propagatiemodellen

Er zijn verschillende modellen, zoals de bekende multihop, M-type, chordal hop en 'guided mode'. De laatste is een geval apart.

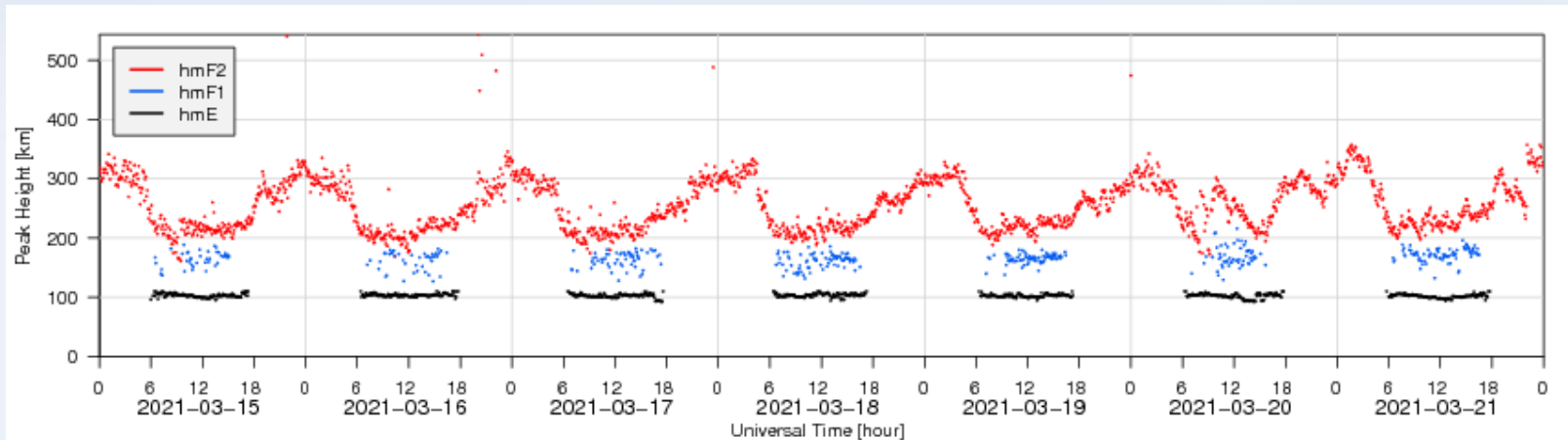


Effecten rond de schemering

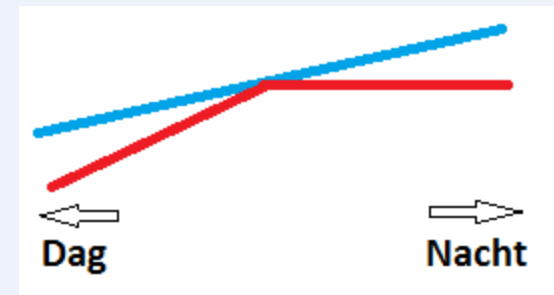
- Zonnestraling ioniseert, maar recombinitie in het donker!
- De E-laag volgt de hoogte van de zon, recombineert vrijwel meteen als de zon onder is
- De F2 laag recombineert langzaam, dichtheid het laagste voor zonsopgang
- Snelheid recombinitie afhankelijk van hoogte, hoe hoger hoe trager, onderste deel verdwijnt het eerst
- Daardoor stijgt elektronenmaximum tijdens de nacht
- Bij zonsopgang start ionisatie, maximum daalt weer
- Boven schemergebied ontstaat scheve ligging.

Effecten rond de schemering

- Nogmaals verloop hoogte van maximum dichtheid:

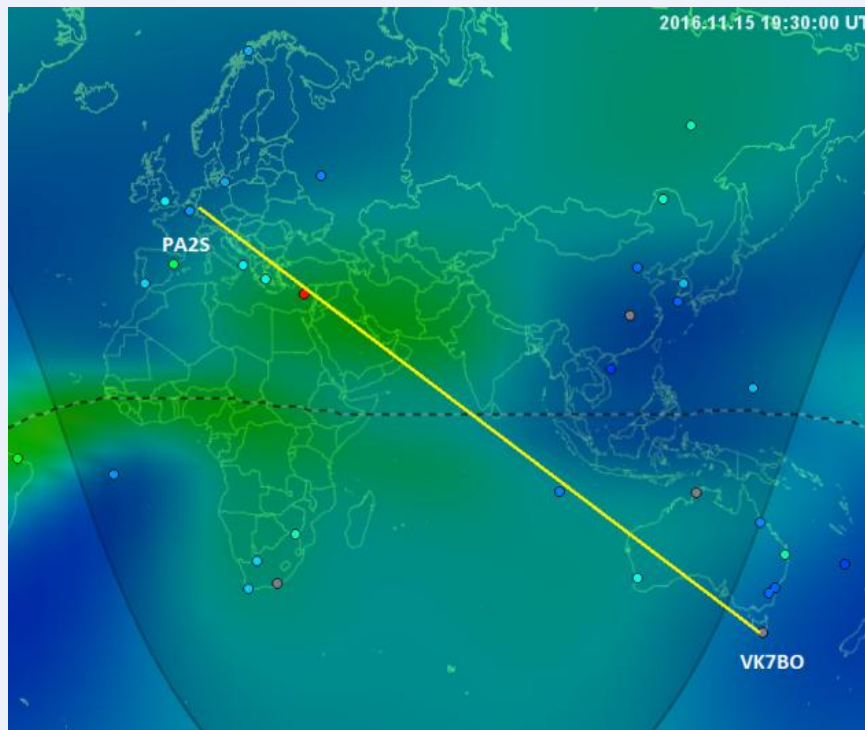


- Meestal snellere daling bij zonsopkomst, trager bij zonsondergang
- Effect van scheve ligging schematisch getekend, steilere golven van station kunnen vlakker worden in ionosfeer



Dag/nacht overgang, IRTAM kaart

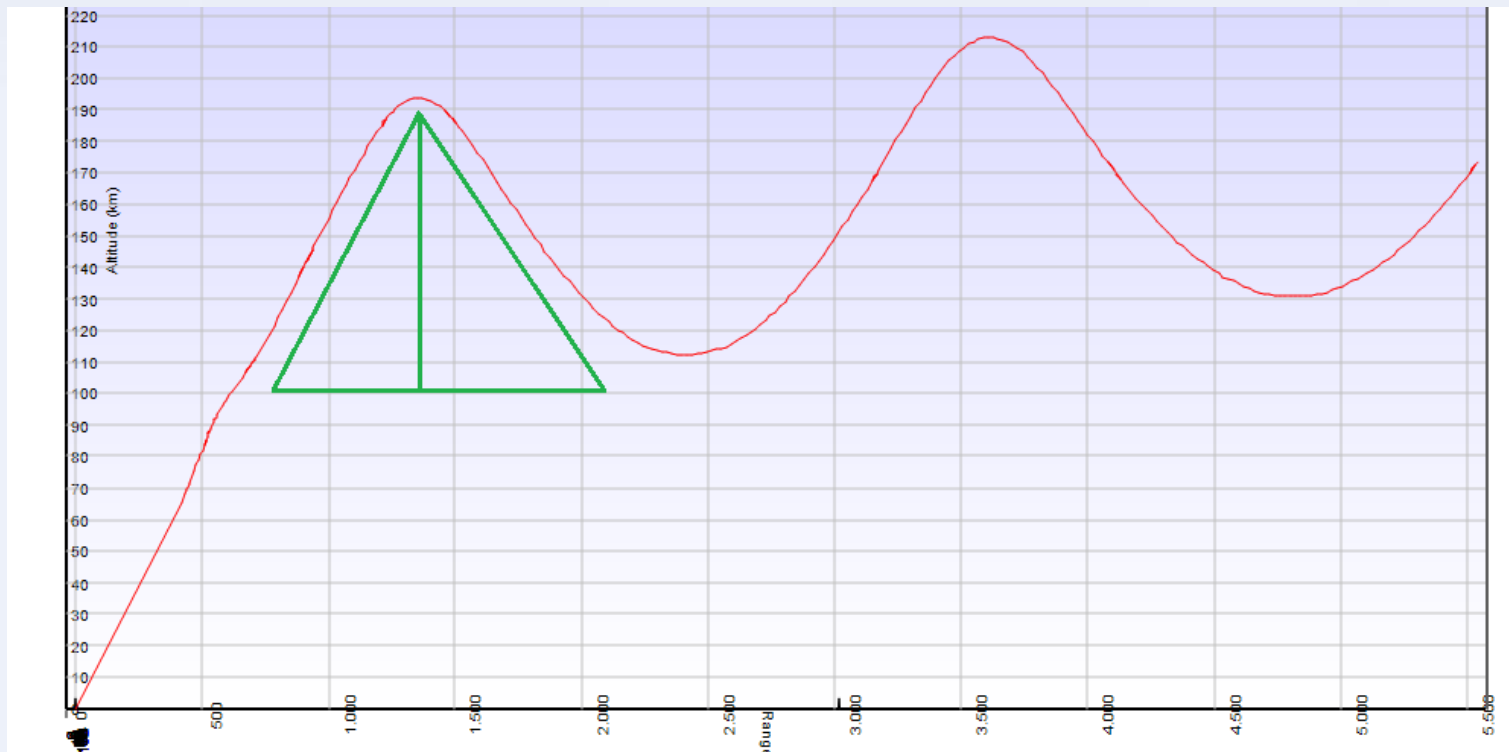
Onderstaand een kaart van de hoogte van het (berekende) ionisatiemaximum op 15 november 2016 om 19:30 UTC, tijdens de SNR piek bij VK7BO. Groen: hoog, blauw: laag. De overgang is duidelijk.



Scheve ligging tijdens de schemering

PA2S

Onderstaande simulatie laat zien hoe dit in de praktijk is:



De groene driehoek illustreert het hoekverschil duidelijk.
Let op: Y-as is sterk uitvergroot!

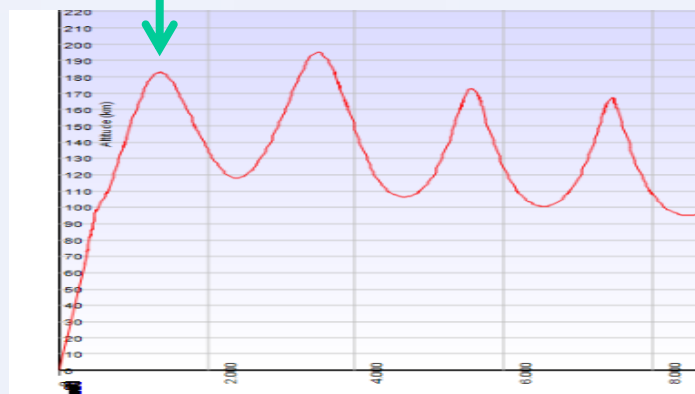
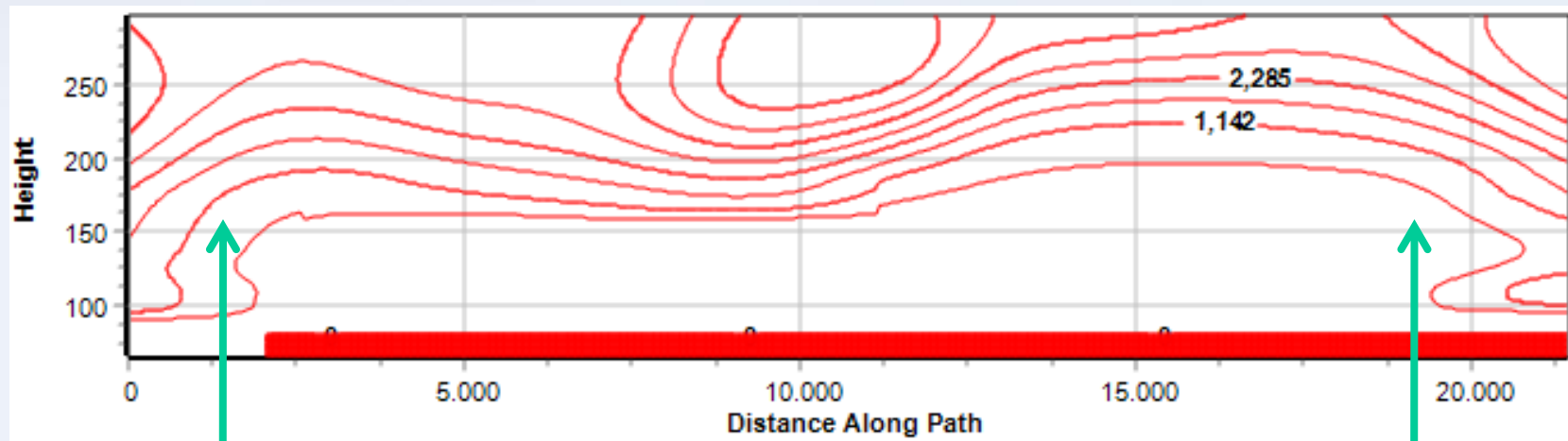
E-F valley duct

- Door de scheve ligging van de F laag kunnen golven in- en uittreden in een duct tussen E en F gebieden
- De E-F valley is bekend, maar het duct effect is amper tegengekomen in de literatuur
- Bob Brown, NM7M (SK) beschreef in 2000 de mogelijkheid van een E-F duct, dat op 160 m mogelijk was
- Ray tracing met Proplab liet zien dat de scheve ligging essentieel is, anders werkt het duct niet
- Door het duct geen verliezen vanwege grondreflecties onderweg, ca. 2 dB per hop (ocean) en 6 dB per hop (land)

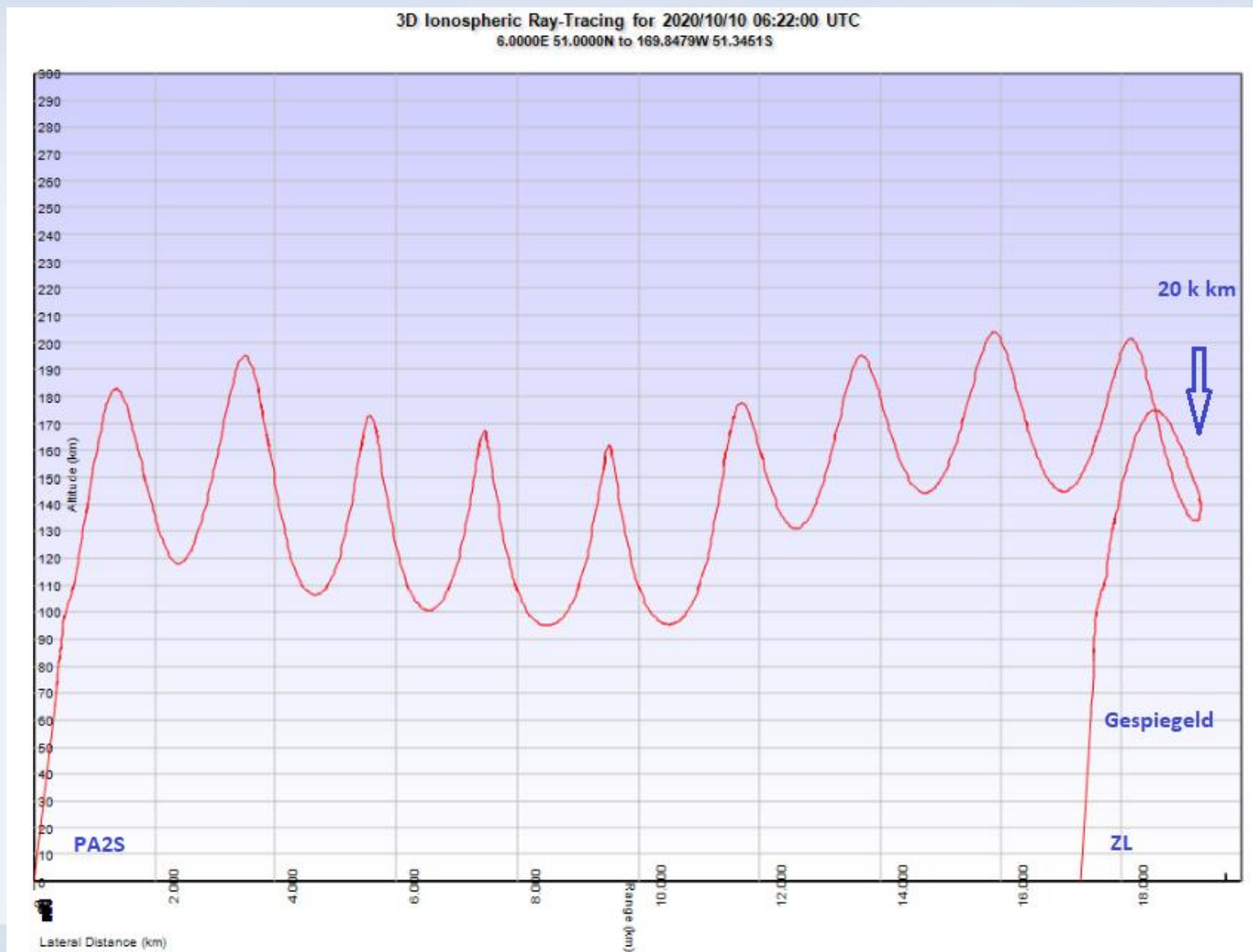
Pad PA2S (links) naar ZL4OL (rechts)

PA2S

Elektronendichtheid en simulatie

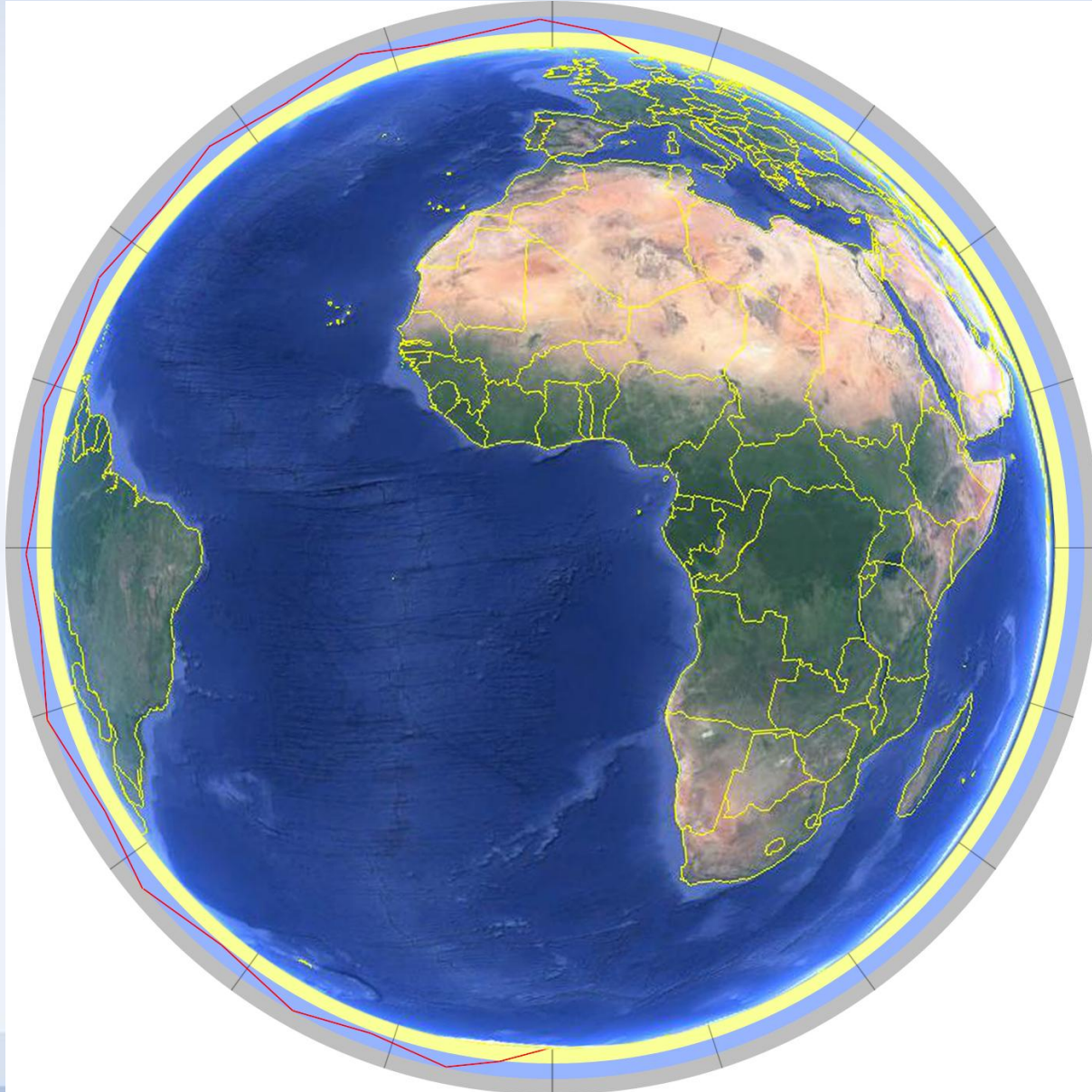


Ray tracing PA-ZL in Proplab



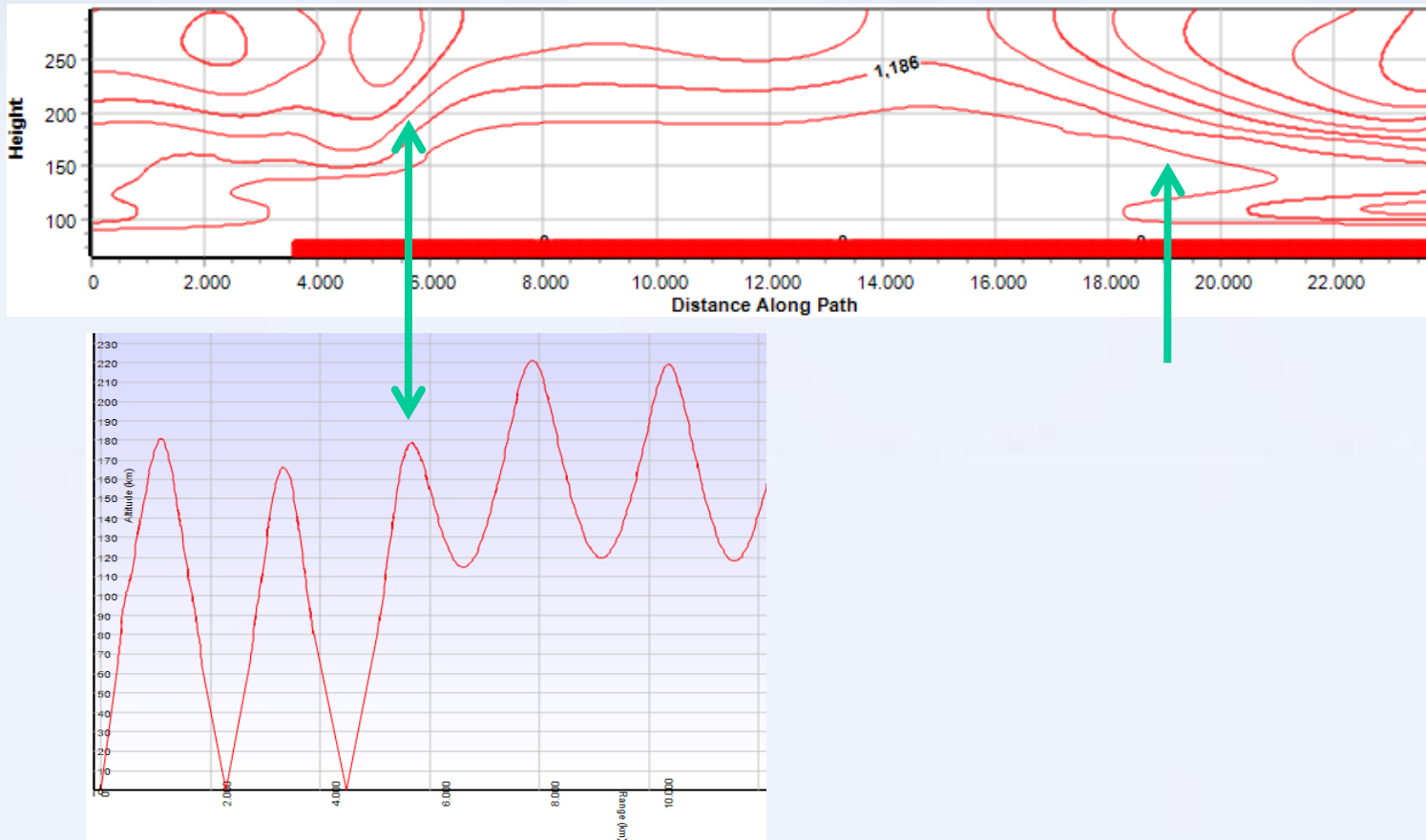
Projectie op schaal (validatie)

PA2S



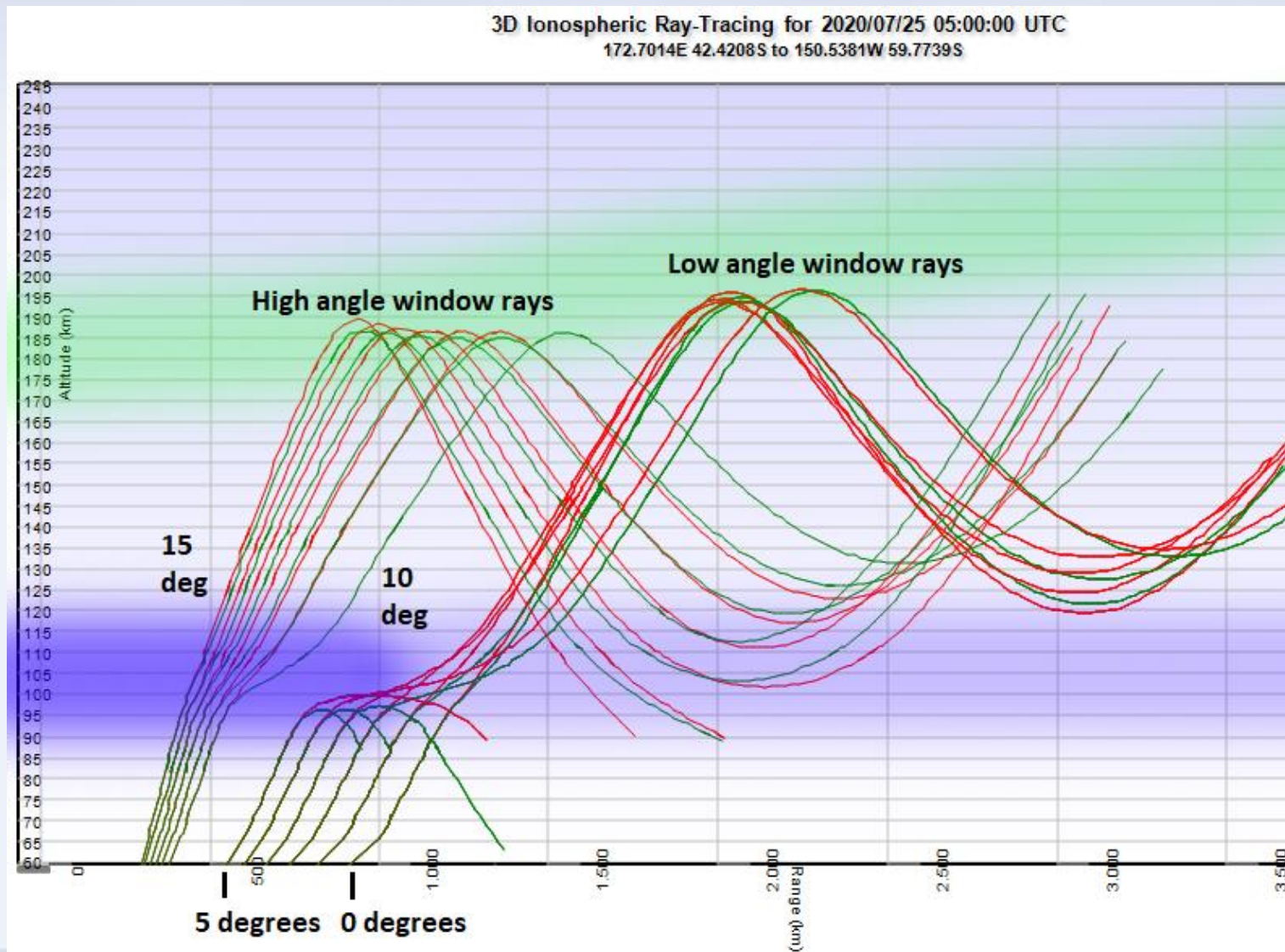
Entry/exit mechanism kan ook verderop

- Situatie PA2S - 3D2AG: hier stappen we later op de trein



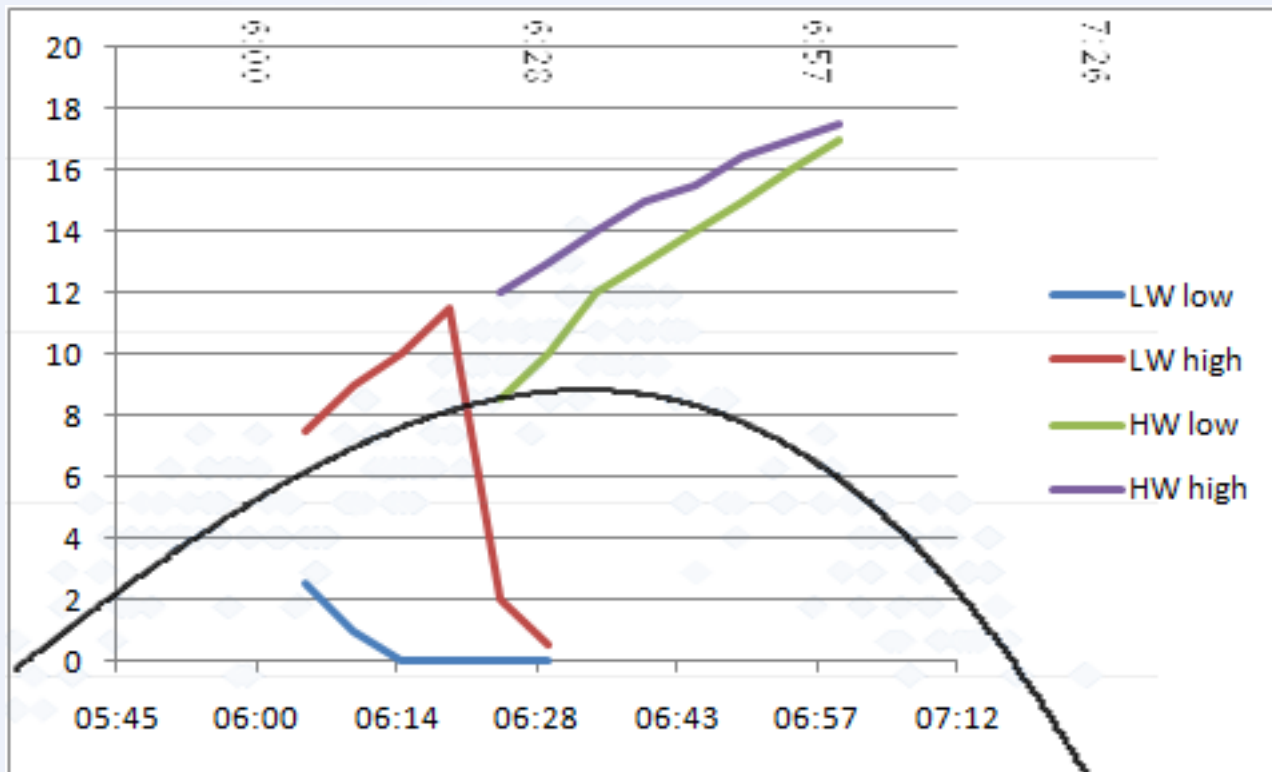
Opportunity windows

PA2S



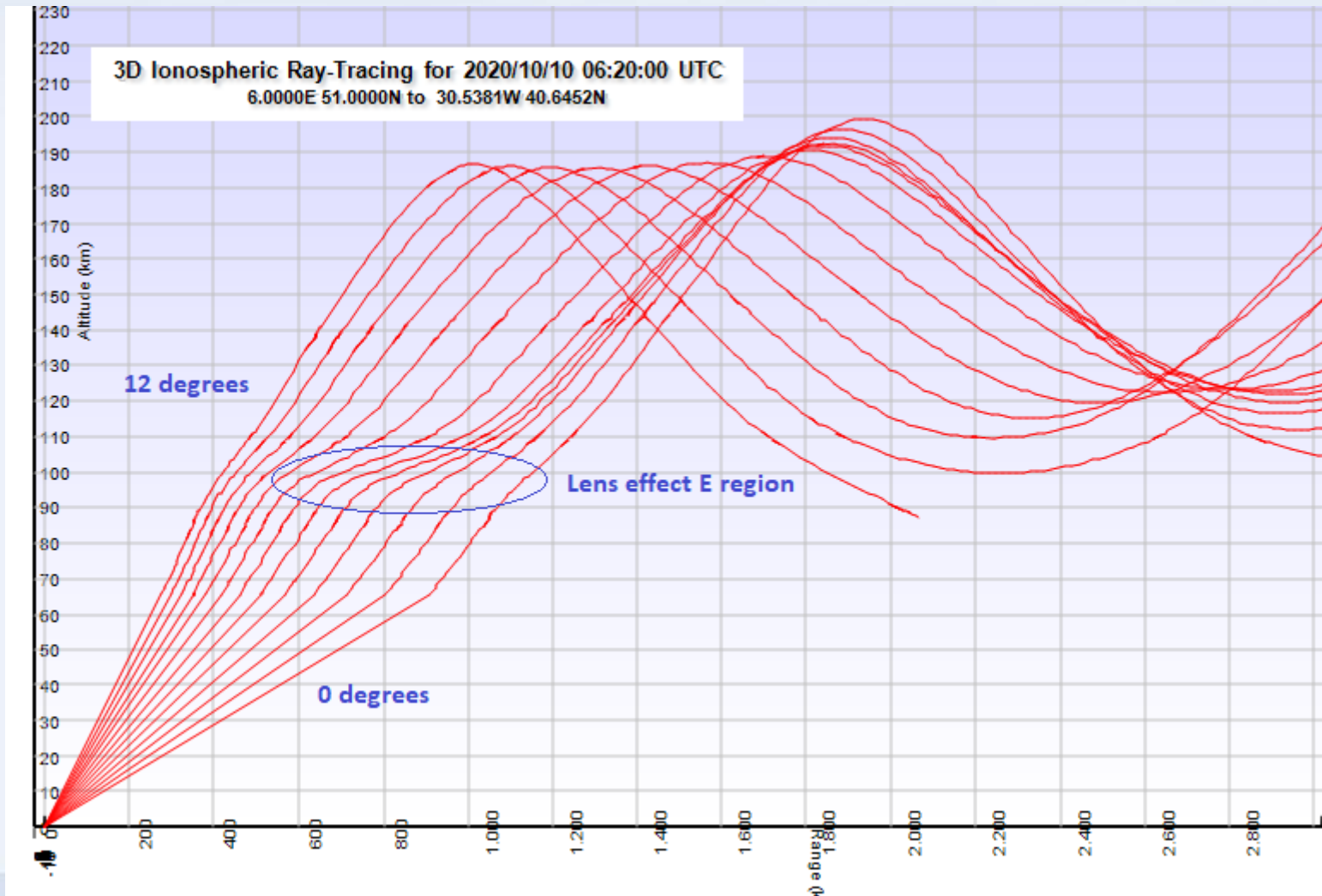
Opportunity windows op basis van tijd

Ray tracing elke 5 minuten rond zonsopgang, opening begint met lage elevatie, transitie, dan hoge elevatie. SNR (zwart) er overheen geprojecteerd: piek nabij transitie

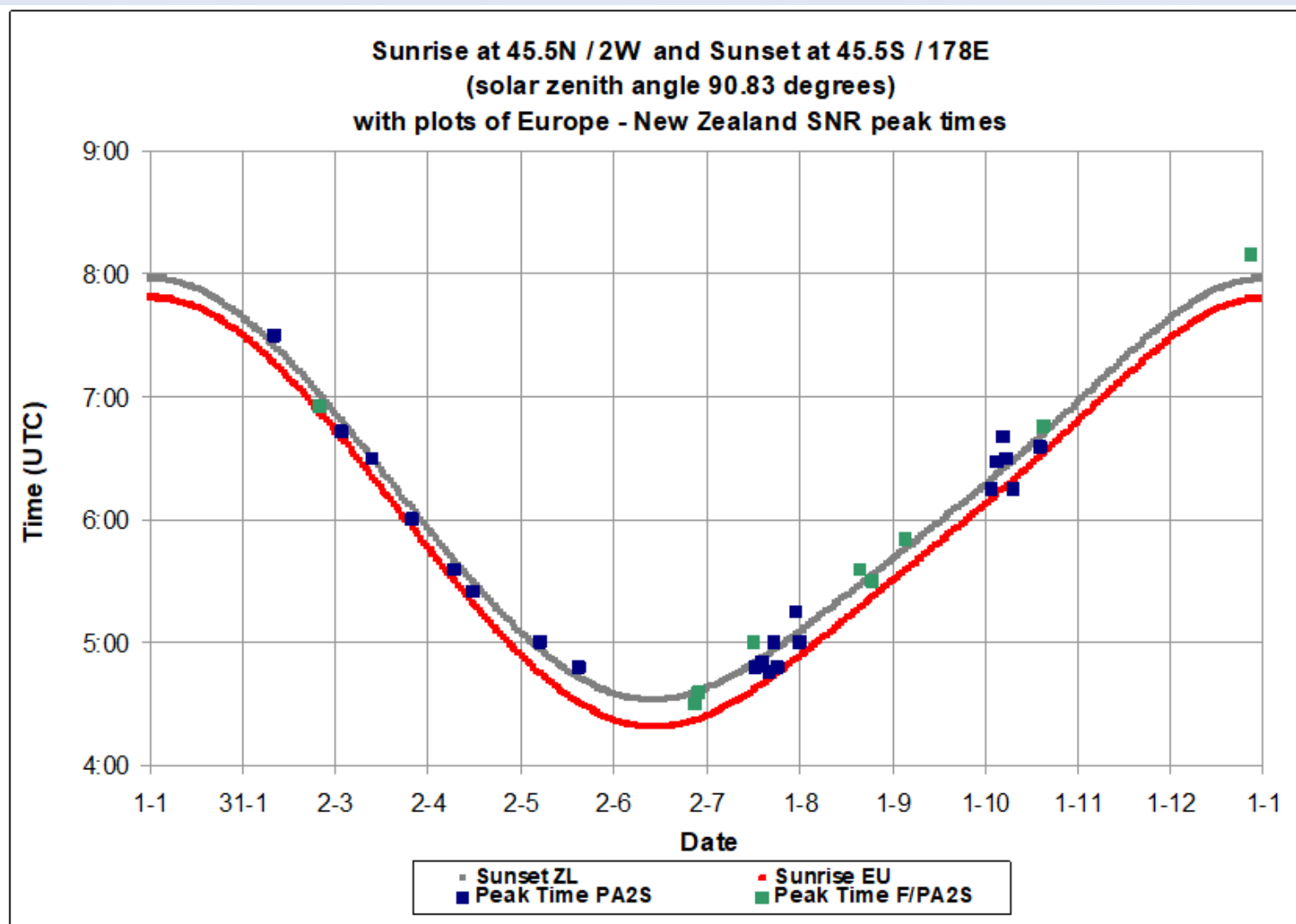


Er is meer: lenswerking door de E laag

Golven worden bij elkaar gebogen door de E laag

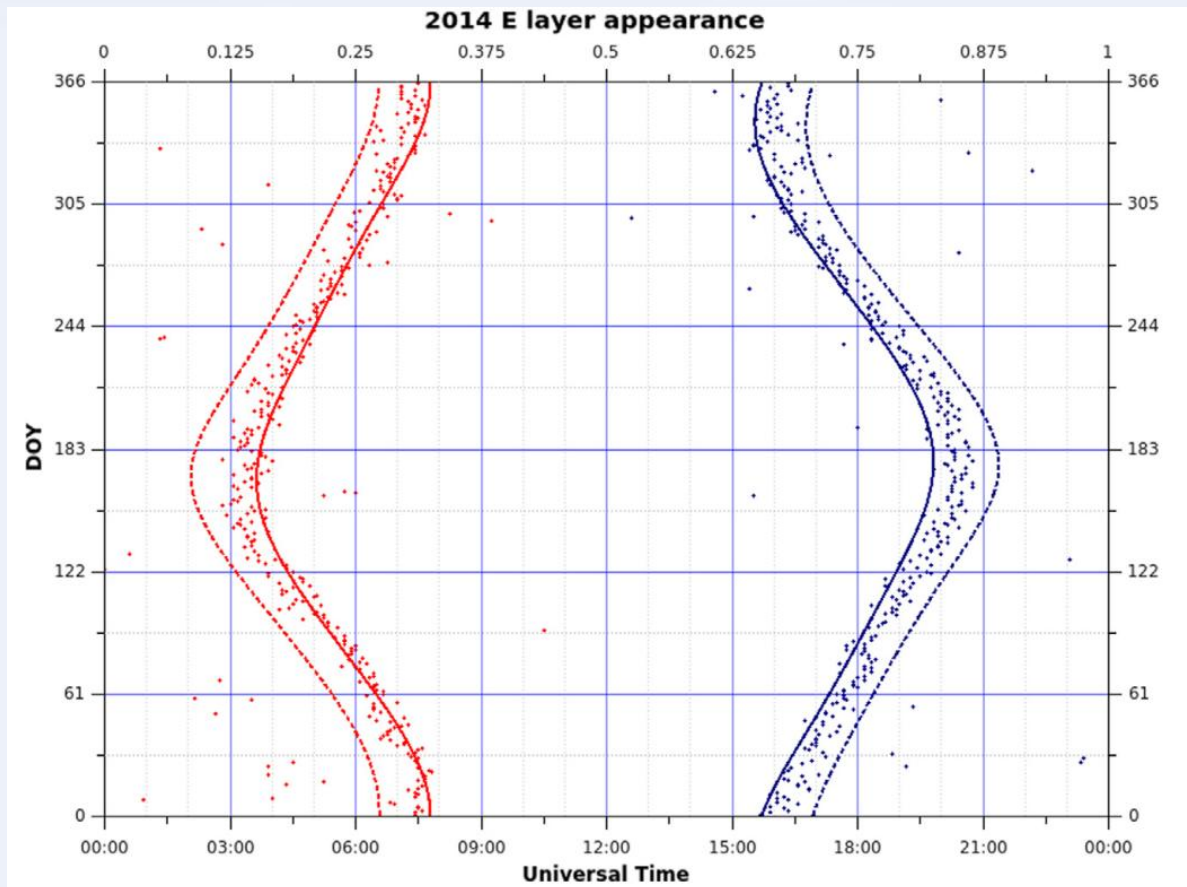


Correlatie SNR pieken en zonsopgang



Correlatie E laag met zonsopgang

Eerste/laatste detecties E laag in relatie tot zonsopgang te Dourbes (naar Verhulst/Stankov, 2017)



Stippen: eerste en laatste detectie

Rode lijn: zonsopgang
Blauwe lijn: zonsondergang

Stippellijnen: zonsopgang en -ondergang op 100 km hoogte

Let op X en Y-as

Conclusies

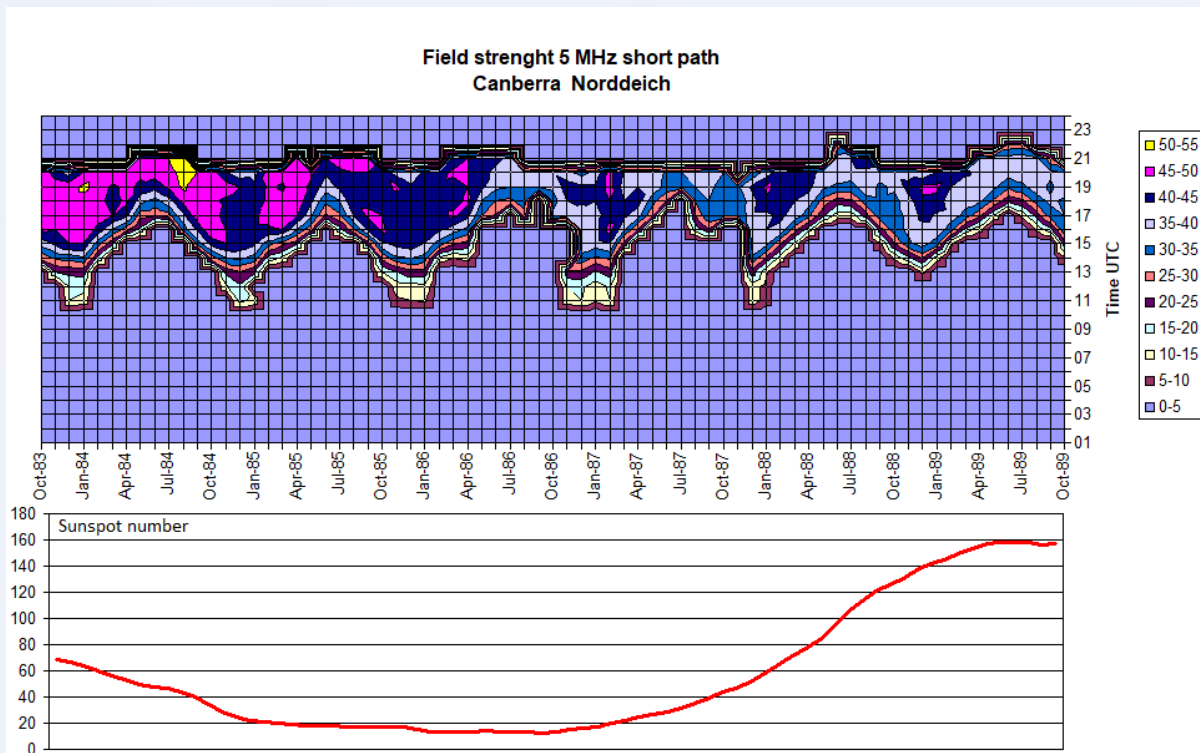
- SNR pieken sterk gecorreleerd met zonnestand (waar ionosfeer eerste wordt “geraakt”)
- Geschatte transmissieverliezen in lijn met ITU metingen
- E-F valley duct mogelijk volgens ray tracing
- Scheve F laag vormt in/uitkoppelmechanisme duct
- Focusing door E-laag waarschijnlijk, verklaart lage demping
- Berekeningen Proplab te pessimistisch bij enkele golf
- Lenswerking geeft verbetering, waardoor minder verlies en berekening dichterbij observaties
- Tijd zonsopgang = spoorboekje voor openingen

Opmerkingen en aanvullingen

- Gewone hop modus niet onmogelijk maar meer demping door grondreflecties (ca. 5 tot 10 dB meer vlgs Proplab)
- Polarisation-effect: dubbele breking maakt lineaire polarisatie circulair, richting omgekeerd in N en Z halfrond, circulair kan weer lineair worden (“+3 dB”)
- Volgens NM7M houdt de ozonlaag op ongeveer 40 km hoogte aanvankelijk de ultraviolette straling van de opkomende zon tegen, waardoor het begin van de D-laag absorptie met ongeveer 15 tot 30 minuten wordt vertraagd. (Onbekend of Proplab dit berekent). + ?dB?
- Recent gezien: ongelijke demping EU=ZL en vice versa
- Es maakt F2 onzichtbaar, condities naar ZL slecht

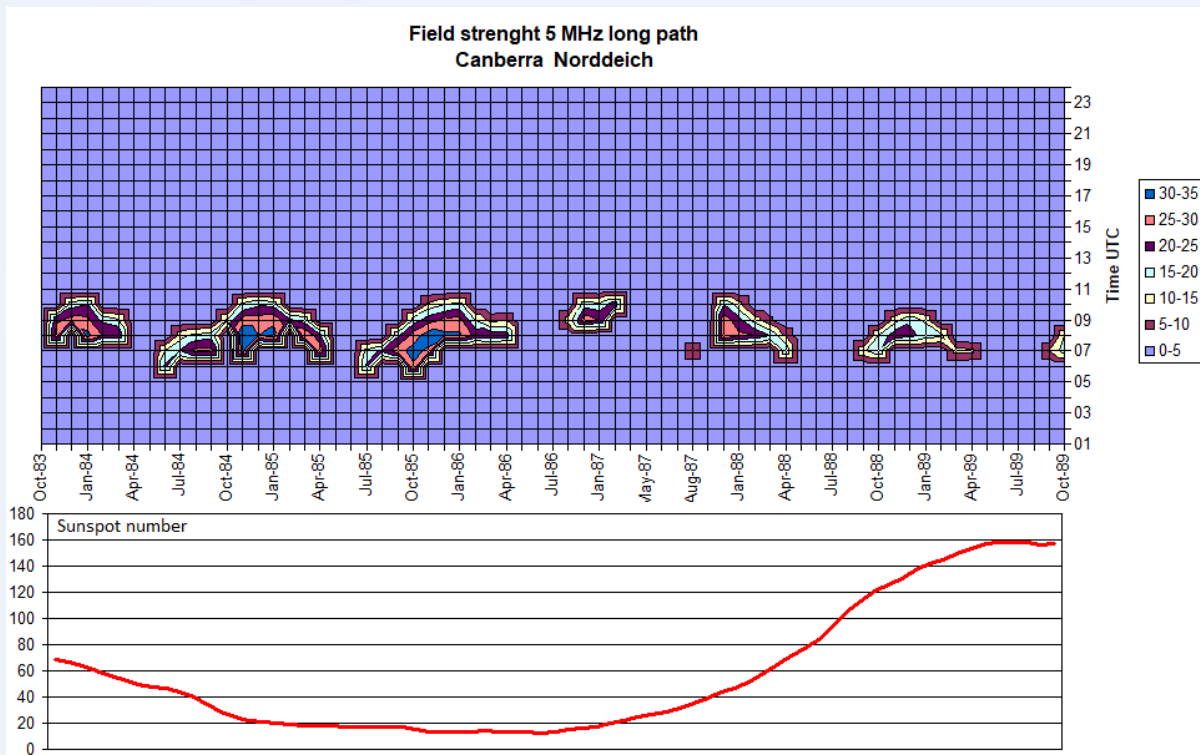
De zonnecyclus

- De ITU metingen indiceren dat met hogere zonneactiviteit de propagatie naar Oceanie minder goed wordt.
- Proplab laat zien dat het duct “dunner” wordt, golven komen van lagere hoogte terug.



De zonnecyclus

- Verschil signaalniveaus lange/korte pad
- Korte pad het beste tijdens afgaande fase cyclus
- Lange pad optimaal bij lage zonne-activiteit



Year	M	No	SSN	C-N LP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1983	10	-23	68,2	10-1983																								
1983	11	-28	66,8	11-1983																								
1983	12	-28	64	12-1983									-12	-16														
1984	1	-28	60,2	1-1984									-13	-22														
1984	2	-28	56,4	2-1984									-8	-14	-20													
1984	3	-28	53	3-1984									-15	-21														
1984	4	-28	49,8	4-1984									-15	-24														
1984	5	-28	47,5	5-1984																								
1984	6	-28	46,5	6-1984						-19	-25																	
1984	7	-28	44,2	7-1984							-20	-27																
1984	8	-23	39,6	8-1984							-13	-23																
1984	9	-23	33,9	9-1984							-13	-22																
1984	10	-23	28,9	10-1984										-24														
1984	11	-28	24,7	11-1984							-7	-5	-13	-24														
1984	12	-28	21,7	12-1984								-10	-13	-21														
1985	1	-28	20,5	1-1985								-8	-11	-22														
1985	2	-28	19,6	2-1985								-19																
1985	3	-28	18,6	3-1985								-10	-22															
1985	4	-28	18,3	4-1985							-10	-19																
1985	5	-23	18,3	5-1985																								
1985	6	-28	18	6-1985																								
1985	7	-28	17,4	7-1985						-19	-23																	
1985	8	-28	17,1	8-1985							-19																	
1985	9	-28	17,3	9-1985							-12	-21																
1985	10	-28	17,3	10-1985							-11	-8	-13	-23														
1985	11	-33	16,8	11-1985							-11	-7	-17	-29														
1985	12	-33	15,3	12-1985								-9	-14	-25														
1986	1	-33	13,8	1-1986								-9	-13	-23														
1986	2	-33	13,1	2-1986								-17	-25															
1986	3	-33	13	3-1986								-16	-32															
1986	4	-33	13,7	4-1986								-17	-31															
1986	5	-33	14,3	5-1986																								
1986	6	-28	13,8	6-1986																								
1986	7	-28	13,7	7-1986																								
1986	10	-28	13,2	10-1986										-28														
1986	12	-33	12,3	12-1986									-12	-22														
1987	1	-33	13,2	1-1987									-15	-24														
1987	2	-28	14,9	2-1987										-17														
1987	3	-33	16,3	3-1987																								
1987	5	-28	17,6	5-1987																								
1987	6	-28	19,6	6-1987																								
1987	7	-33	22,1	7-1987																								
1987	8	-33	24,4	8-1987							-30																	
1987	9	-28	26,5	9-1987																								
1987	12	-33	28,4	12-1987								-10	-12	-20														
1988	1	-33	31,3	1-1988								-14	-18	-28														
1988	2	-33	34,8	2-1988								-15	-27															
1988	3	-33	39	3-1988								-20	-34															

Vragen?

Henk Schanssema – PA2S

dx@dx.nl

**Dank voor
uw aandacht!**

Henk Schanssema – PA2S
dx@dx.nl