

Productie

102

Measurement protocol

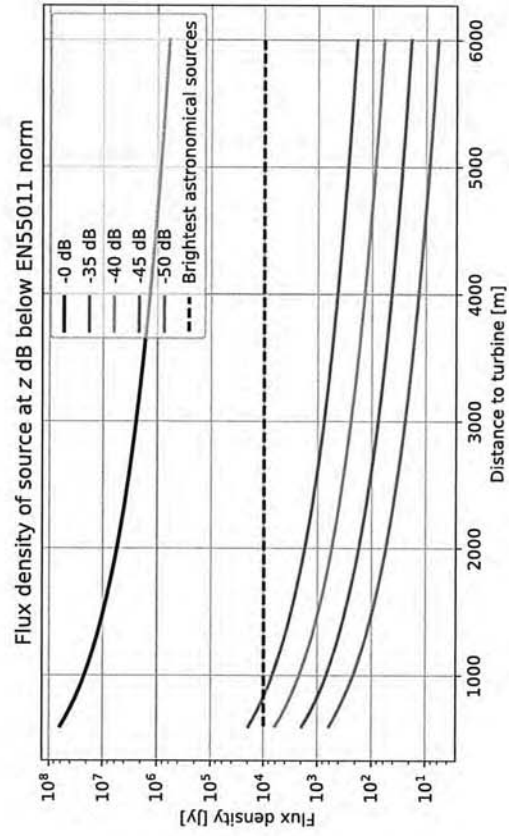
Radio Observatory and R&D divisions
ASTRON, Dwingeloo, The Netherlands

2017-11-16

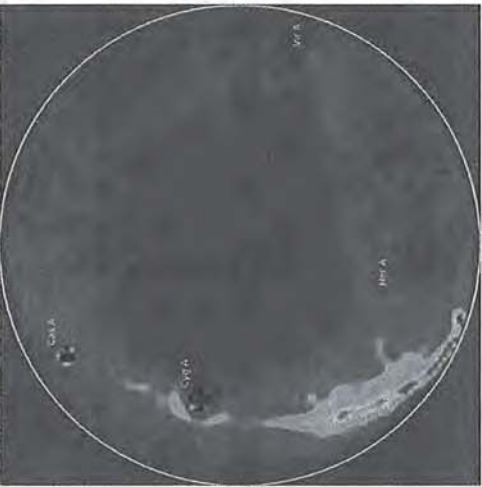
- 1 Radio imaging
- 2 Signal processing example
- 3 Example configurations
- 4 Actual observations

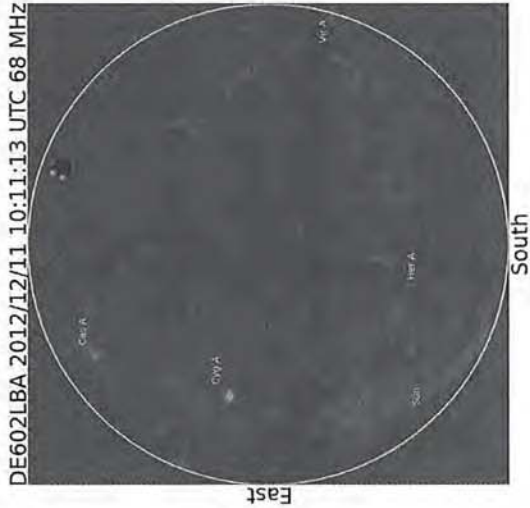
Flux density as a function of distance

ASTRON

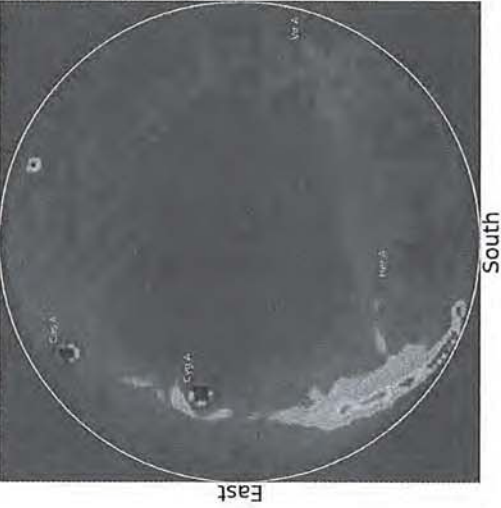


DE602LBA 2012/12/11 10:06:49 UTC 68 MHz





DE602LBA 2012/12/11 10:11:47 UTC 68 MHz



- 1 Radio imaging
- 2 Signal processing example
- 3 Example configurations
- 4 Actual observations



Location

ASTRON

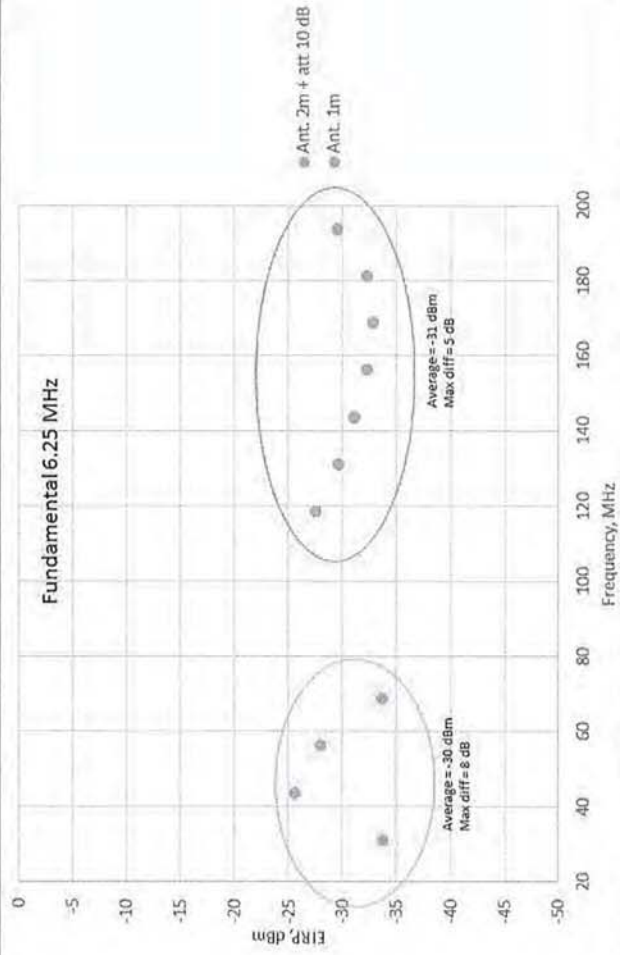


- Each flight: 240 s at 50 m and 100 m altitude

		1000 m		1000 m		500 m		500 m	
		LBA		HBA		LBA		HBA	
		Day 3		Day 2		Day 2		Day 3	
"0 dB"	+	+		±		+		+	
"-35 dB"	+	+		+		+		+	
"-∞ dB"	+	+		+		+		+	
"0 dB"	-	-		-		+		+	

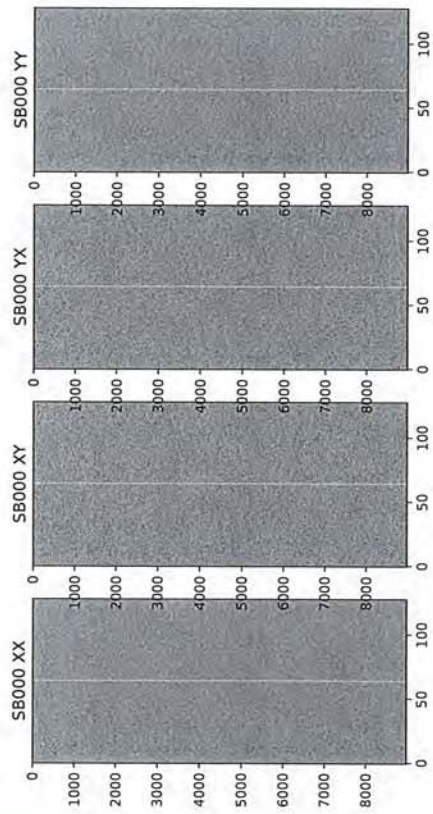
Calibrator source EIRP (conv.+~2-2.5)

ASTRON



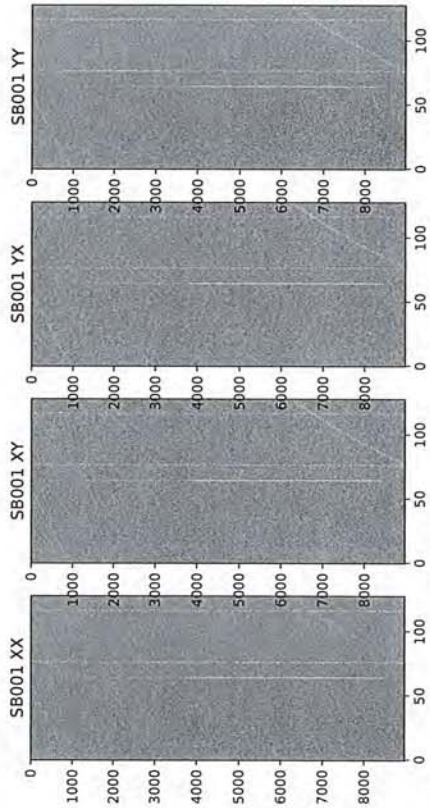
Radio spectrum 31.25 MHz

ASTRON



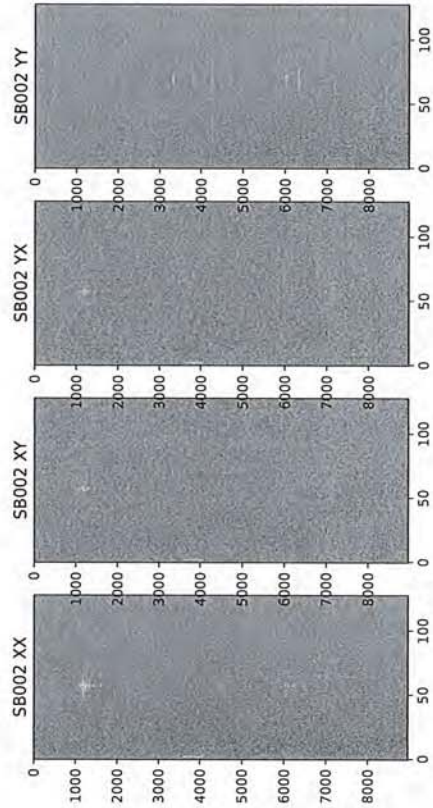
Radio spectrum 43.75 MHz

ASTRON



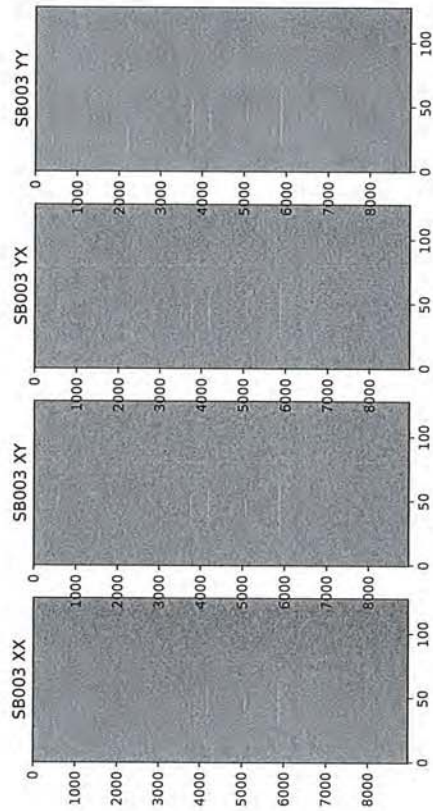
Radio spectrum 56.25 MHz

ASTRON



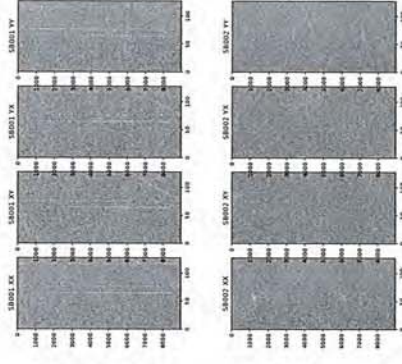
Radio spectrum 68.75 MHz

ASTRON



Local interference/special propagation

ASTRON

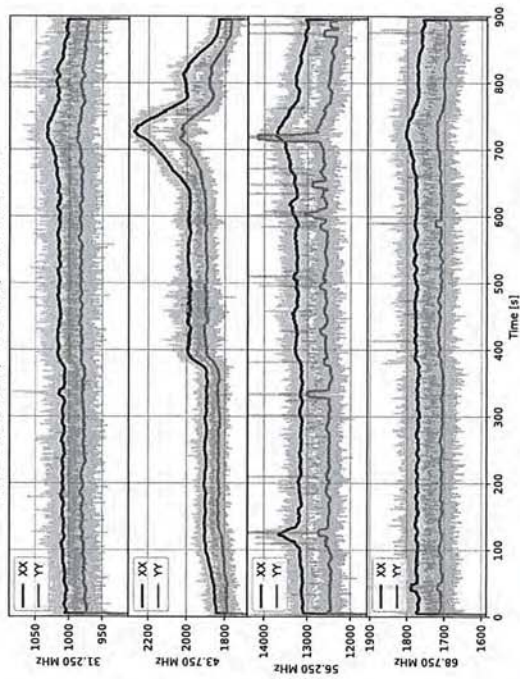


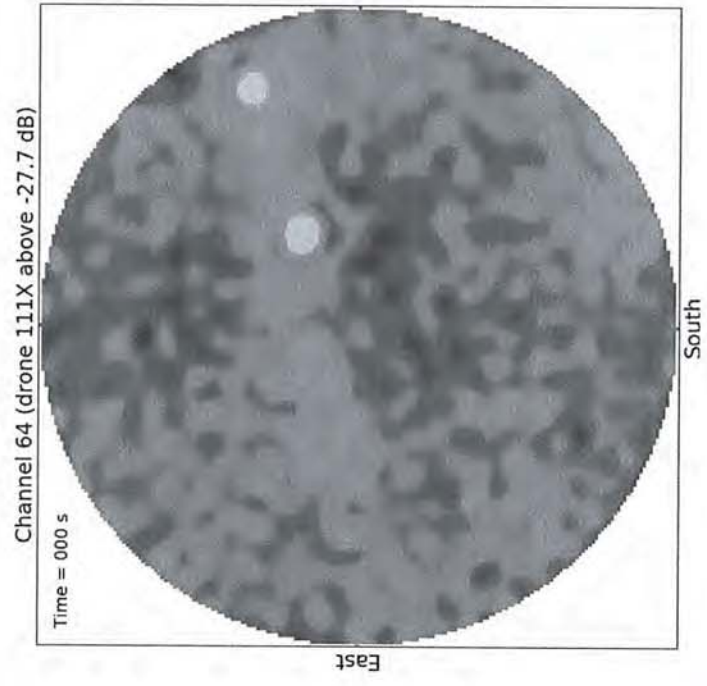
- Interference from processing cabinet
- Interference from network router
- Distant(Russian or Chinese) radio transmitters due to sporadic E-propagation.

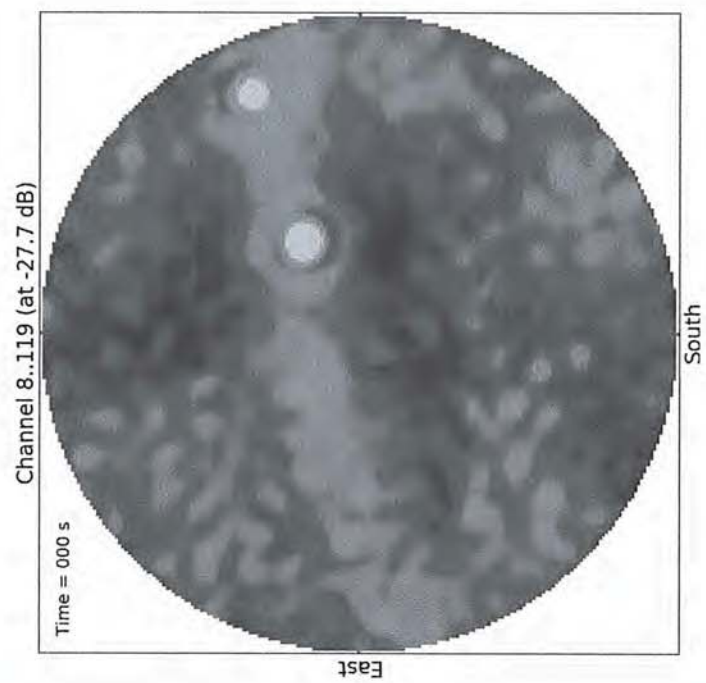
Central channel: timeseries

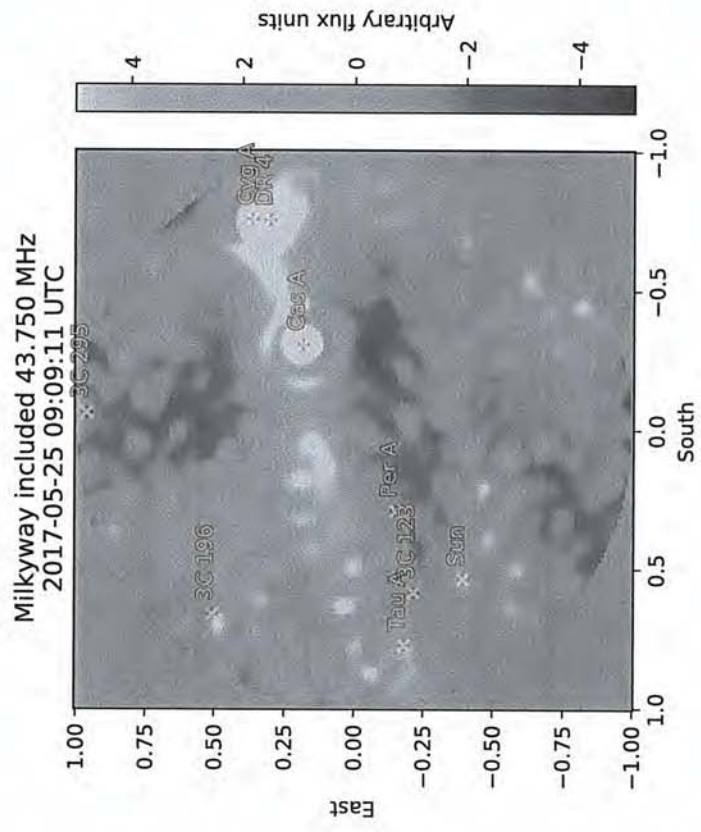
ASTRON

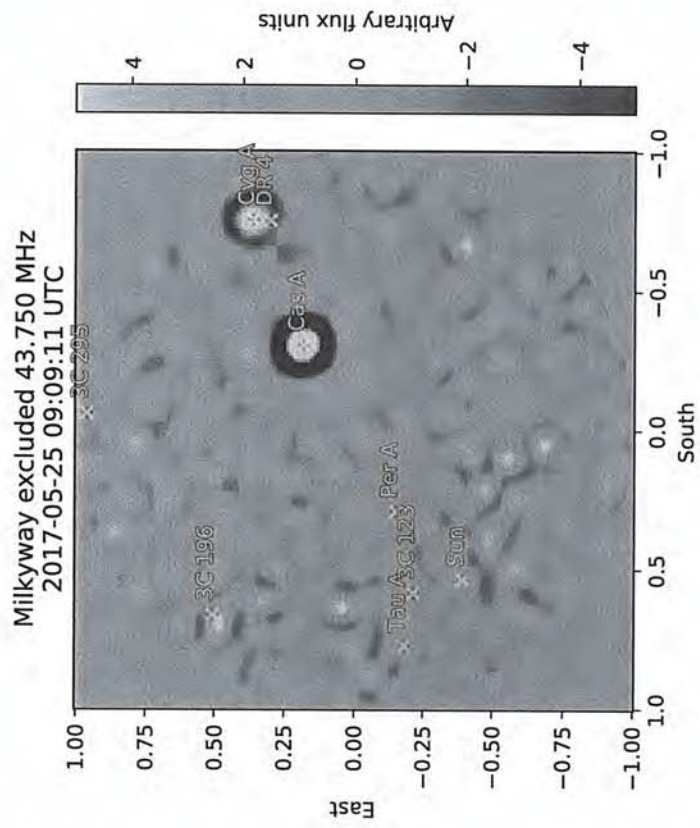
LBA 1000 m, -35 dB, channel 64

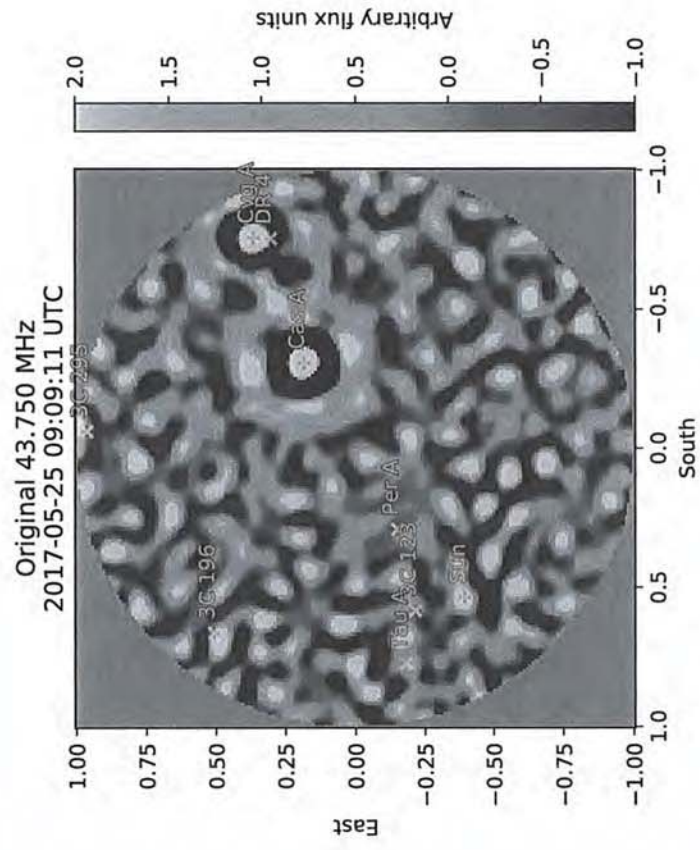


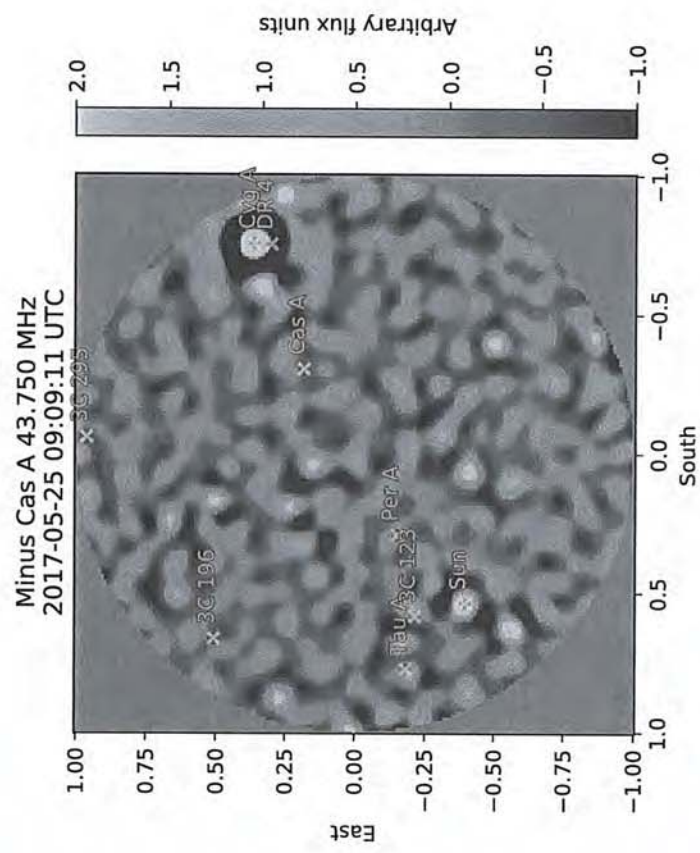


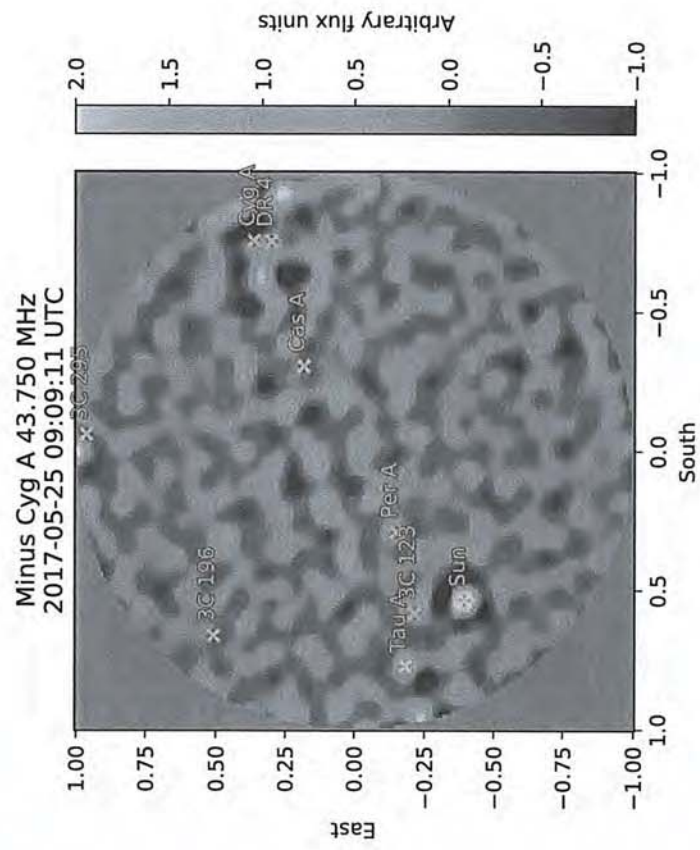


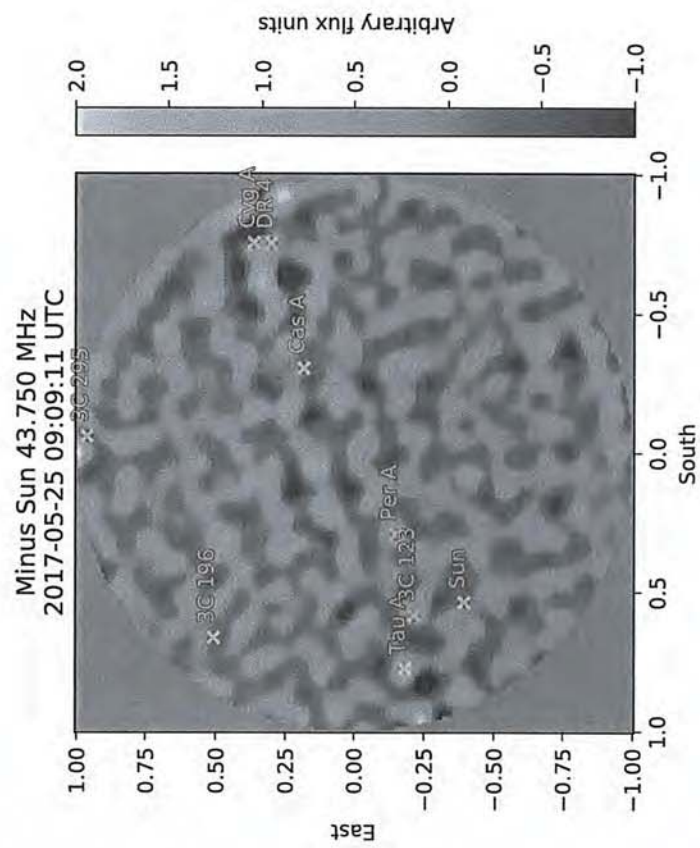


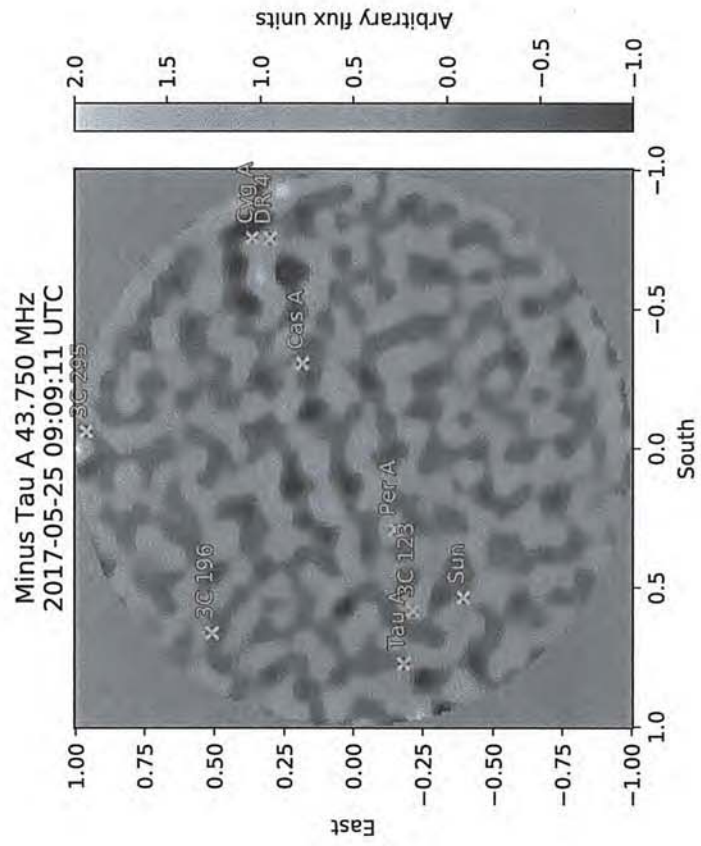


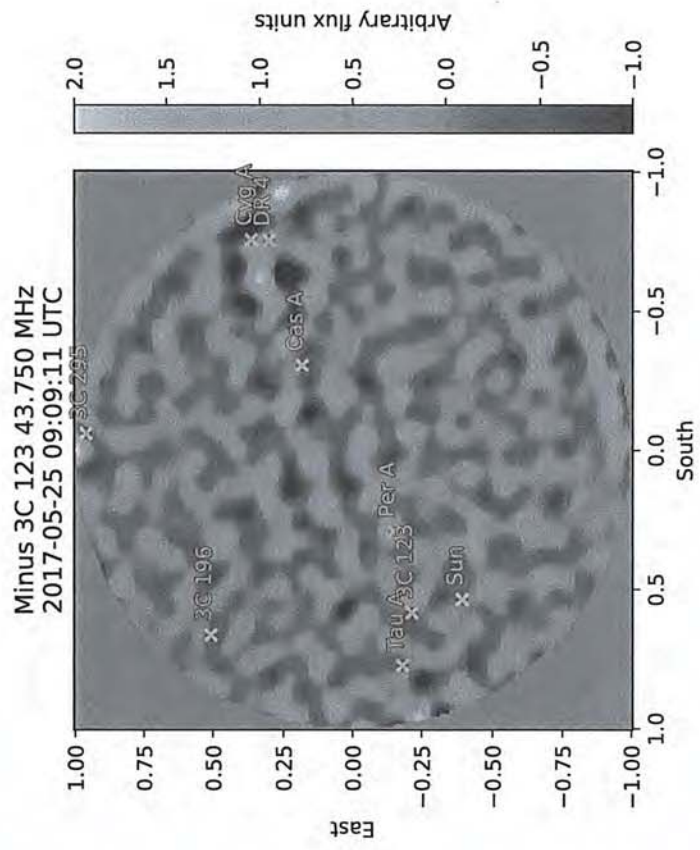


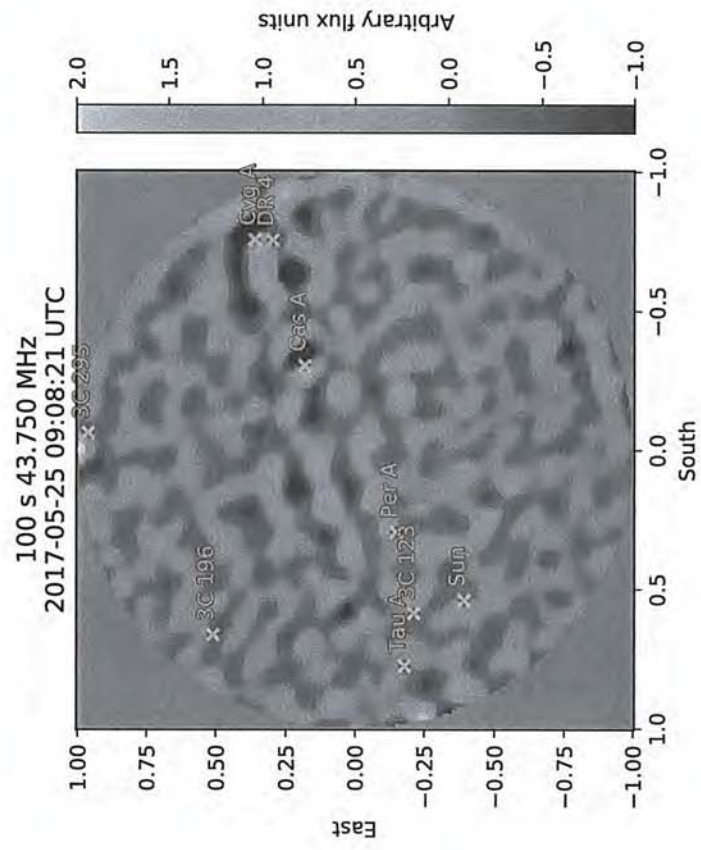


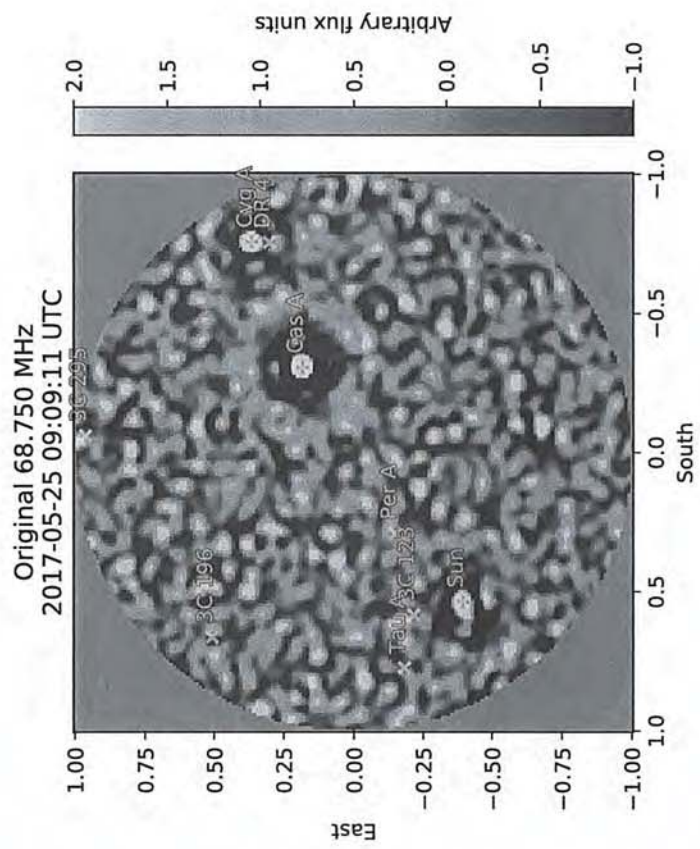


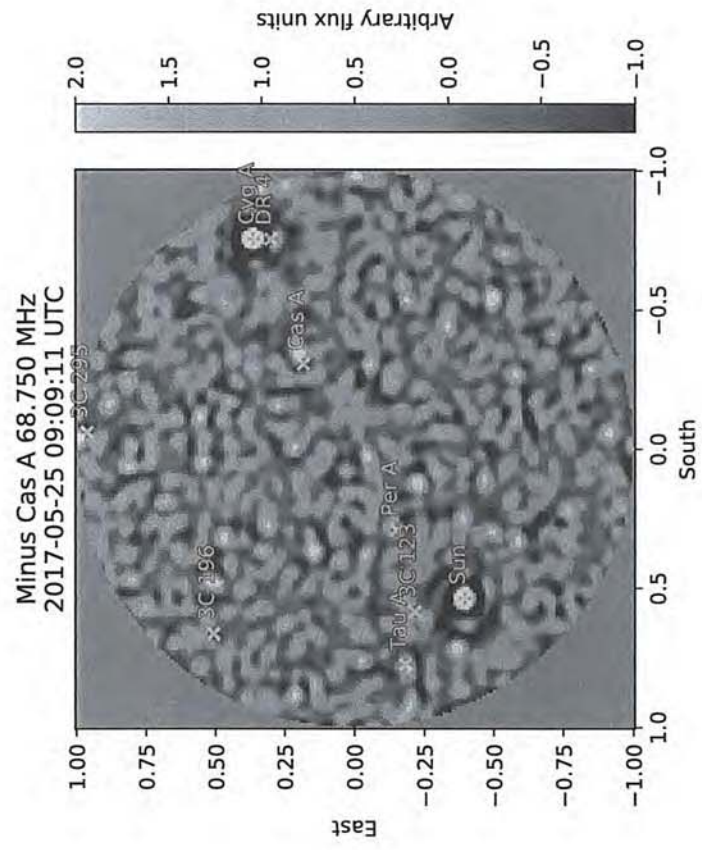


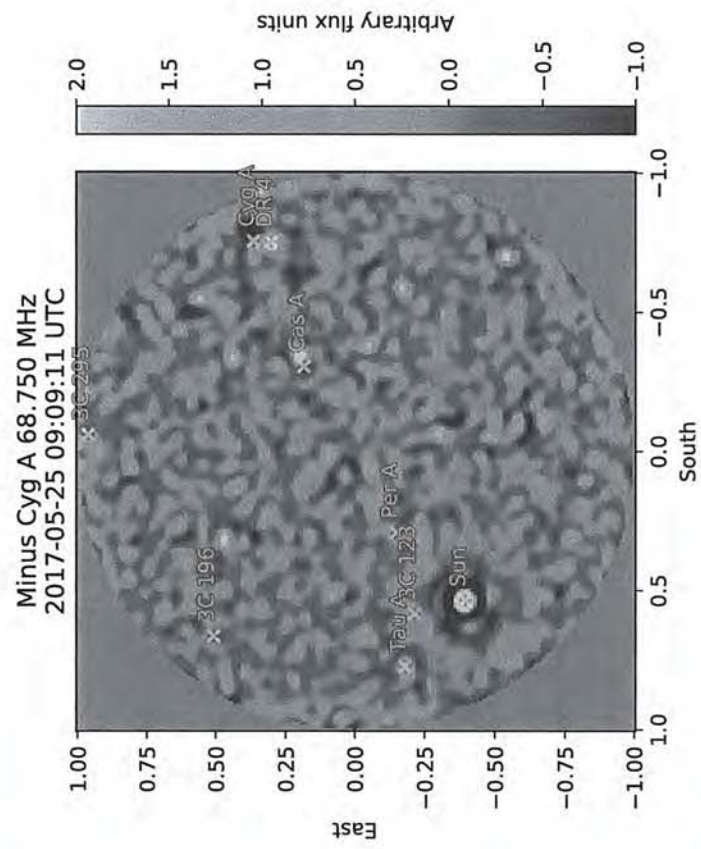


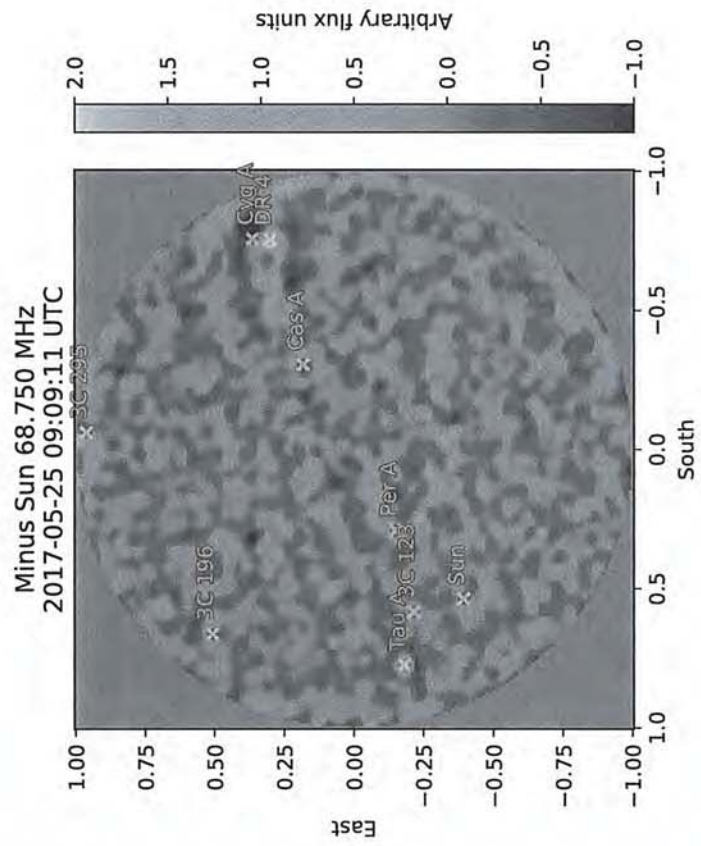


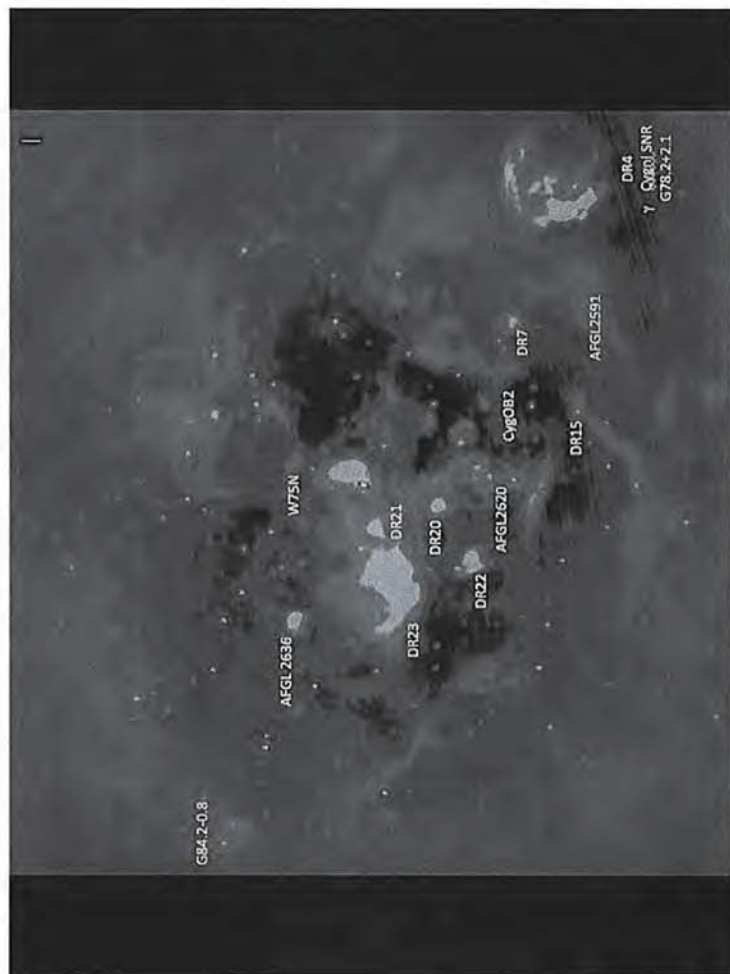


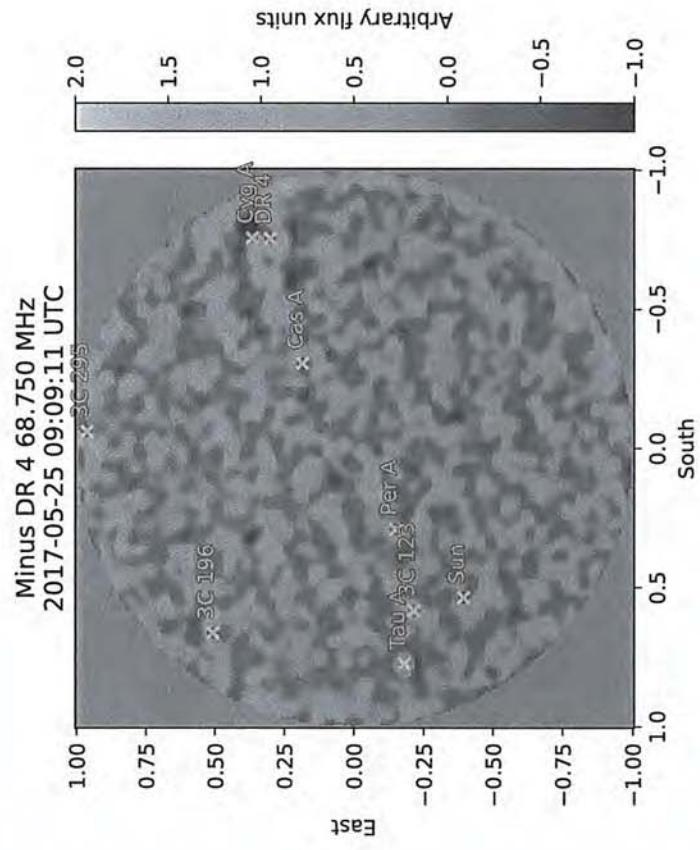


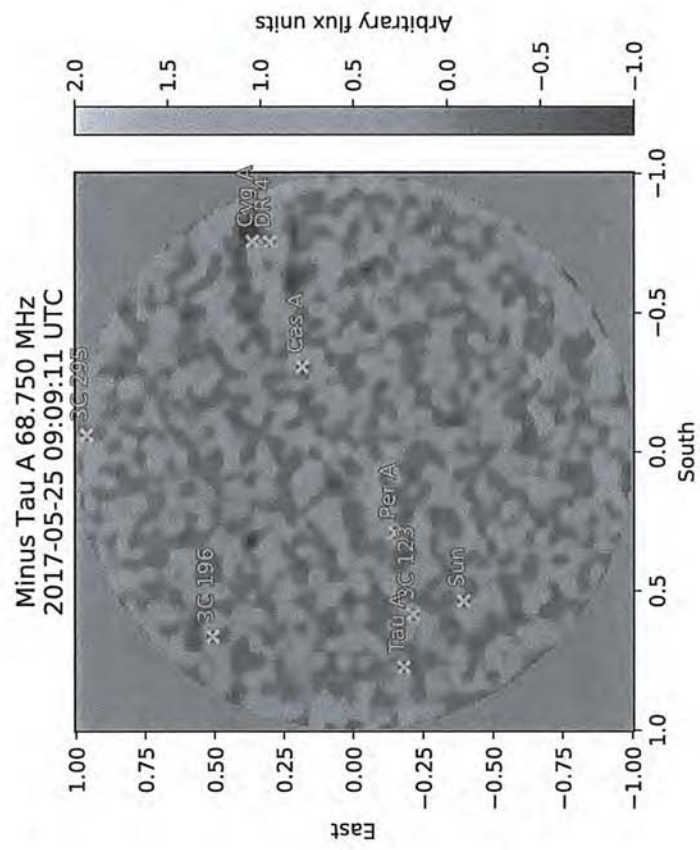


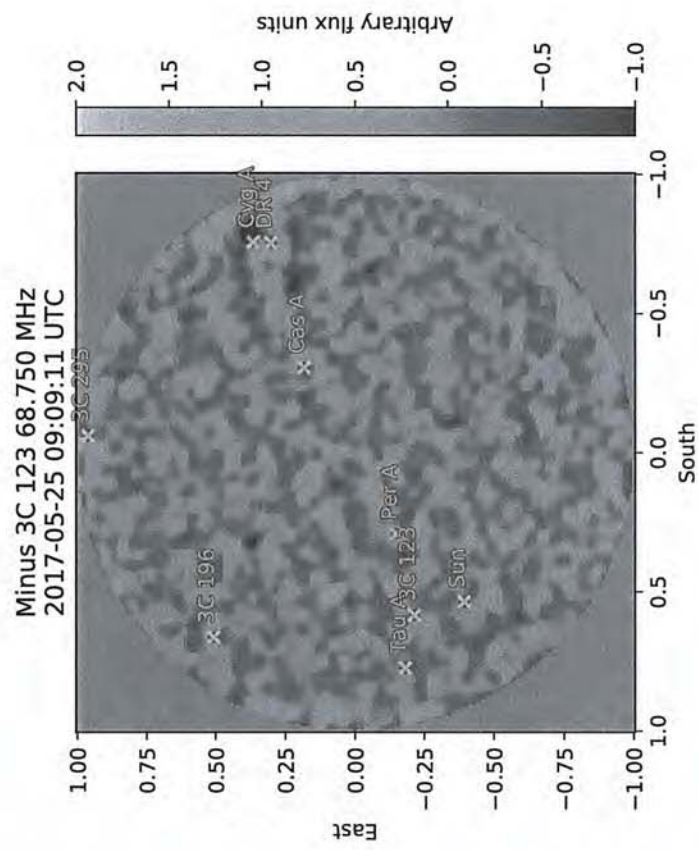


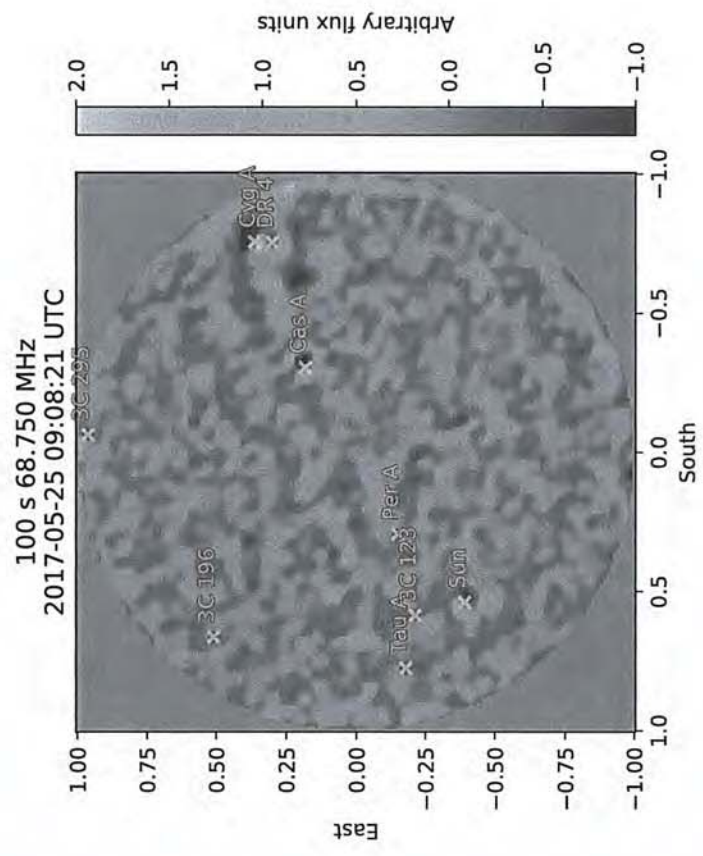






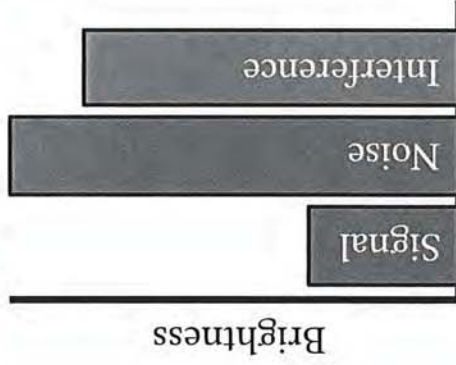




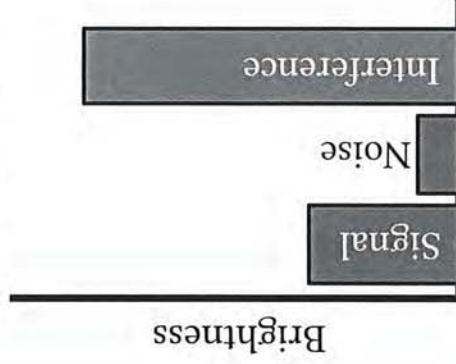


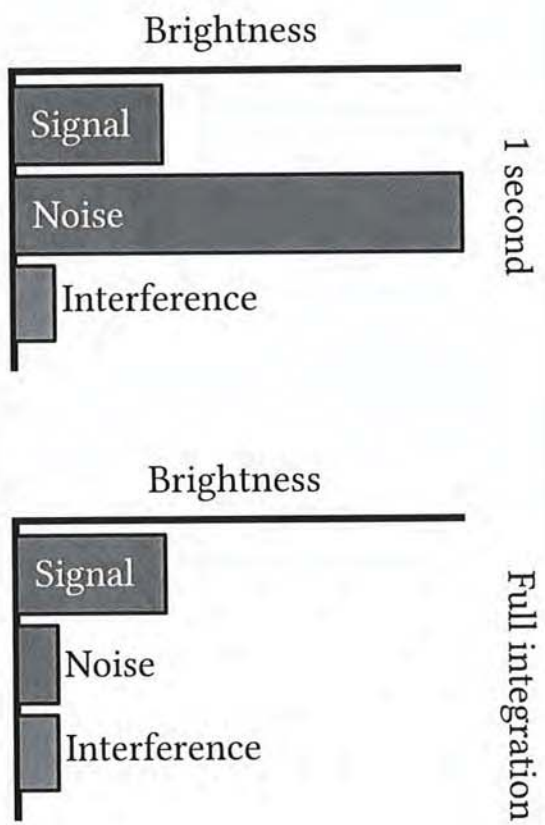
- 1 Radio imaging
- 2 Signal processing example
- 3 Example configurations**
- 4 Actual observations

1 second



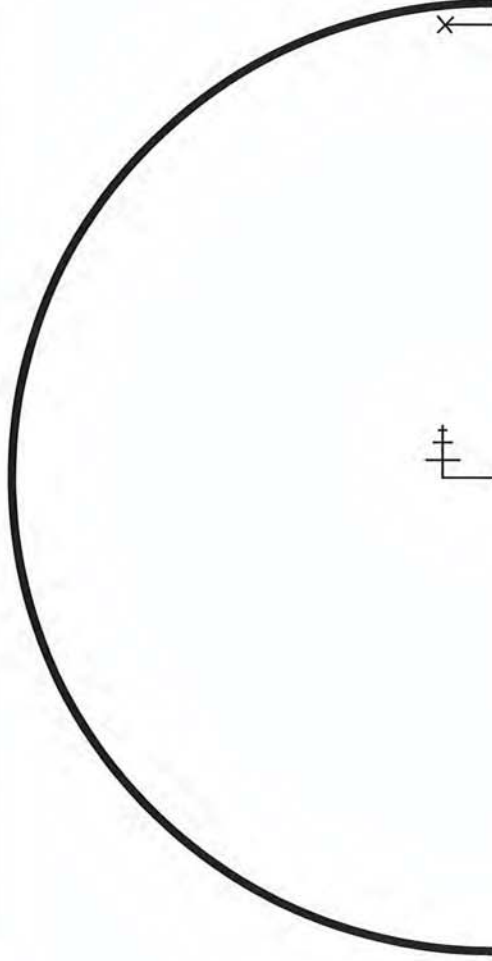
Full integration

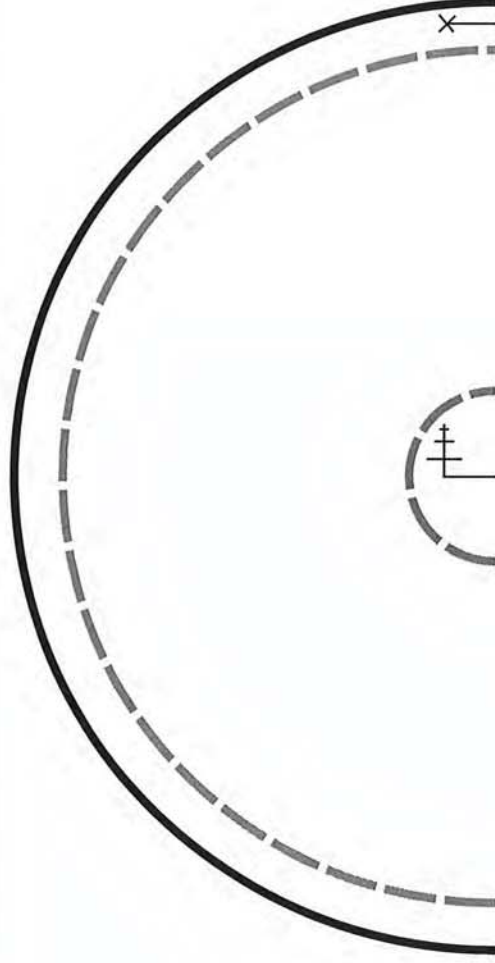


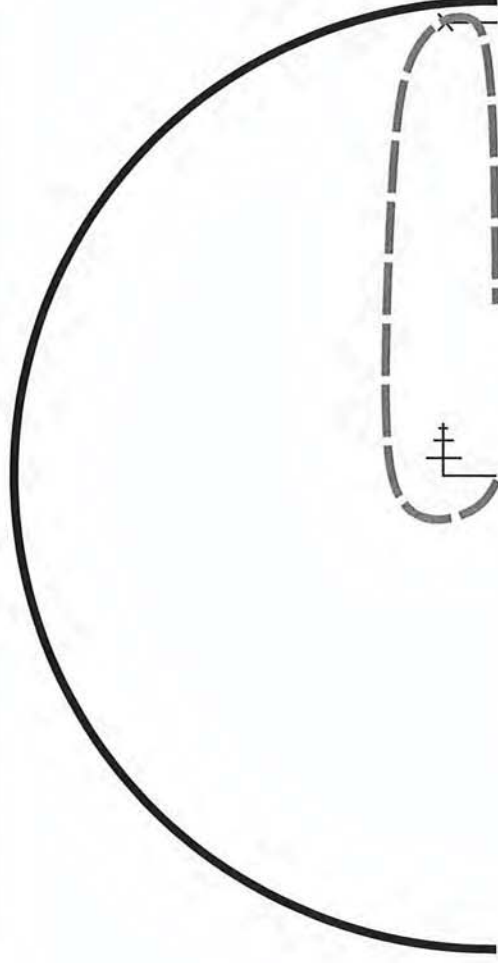


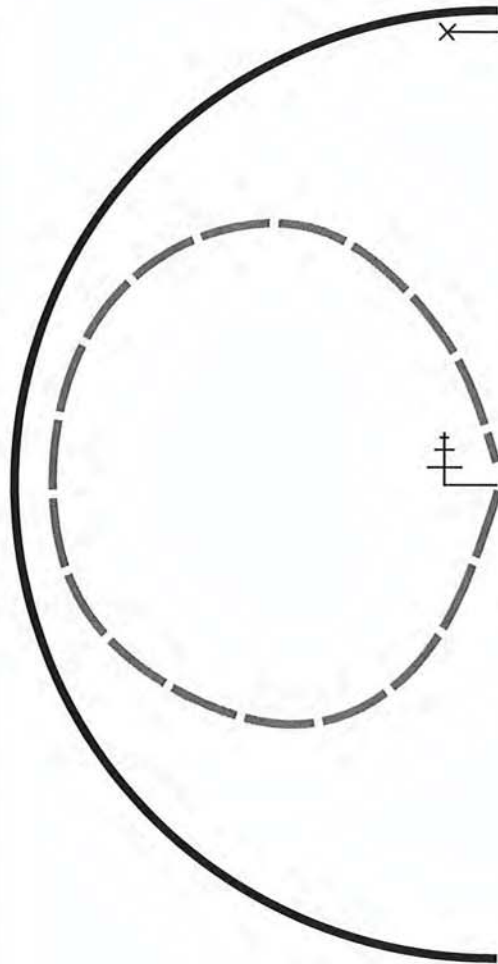
Antenna choice: a sketch

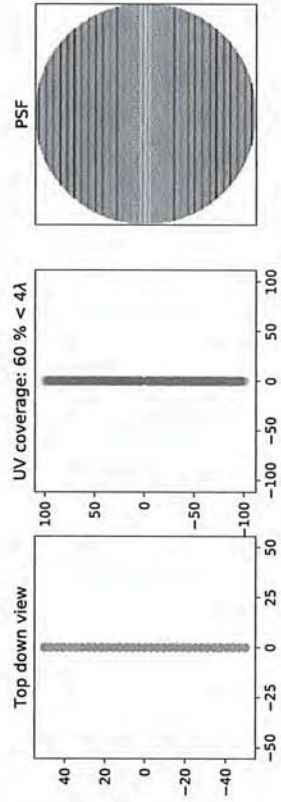
ASTRON





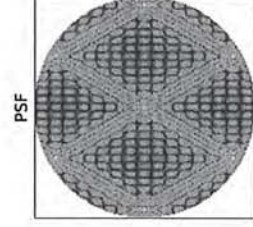
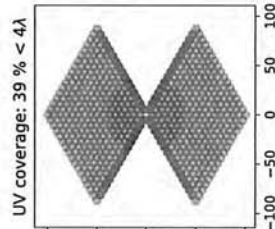
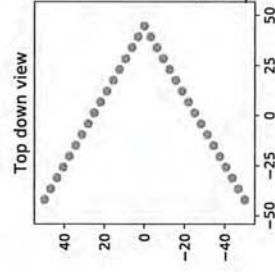


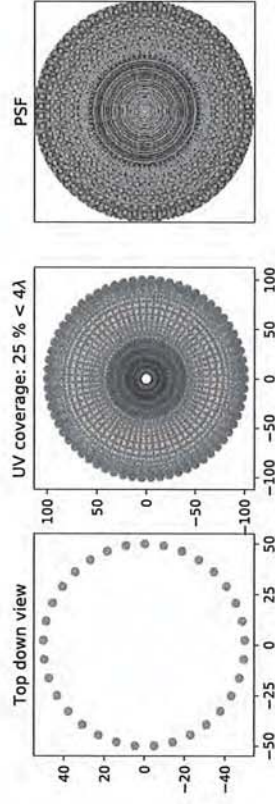


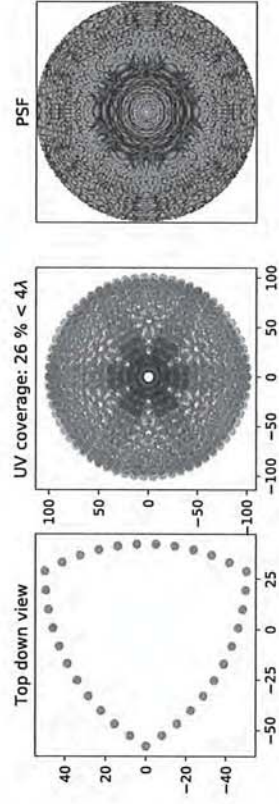


Configuration: V

ASTRON







Antenna numbers (report) ASTRON

Required level below norm value	Required # of antennas at 30 MHz with array size D	Required # of antennas at 60 MHz with array size D	Required # of antennas at 120 MHz with array size D	Required observation time (s)
-35	18 (D=100 m)	18 (D=75 m)	18 (D=75 m)	1000
-40	24 (D=100 m)	24 (D=75 m)	18 (D=100 m)	1000
-45	60 (D=150 m)	36 (D=75 m)	24 (D=75 m)	7200
-50	96 (D=150 m)	60 (D=75 m)	36 (D=75 m)	7200

Antenna numbers (commercial antenna)

ASTRON

Required level below norm value	Required # of antennas at 30 MHz with array size D	Required # of antennas at 60 MHz with array size D	Required # of antennas at 120 MHz with array size D	Required observation time (s)
-35	24 (D=75 m)	24 (D=75 m)	24 (D=75 m)	1000
-40	30 (D=75 m)	30 (D=75 m)	24 (D=75 m)	1000
-45	30 (D=75 m)	30 (D=75 m)	30 (D=100 m)	7200
-50	96 (D=175 m)	84 (D=125 m)	96 (D=175 m)	7200

Raw data

- ~ 1 GB / antenne / sec
- Could be stored on SSDs
- 96 antennas, 7200 s: almost 700 TB

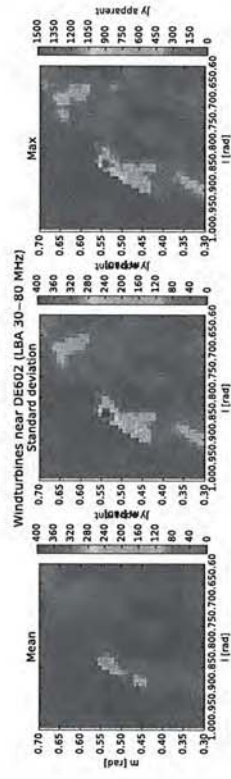
Processing

- Possible offline
- First steps (correlate, flag bad data, average) most “expensive”:
most data
- Use small GPU/CPU cluster for first stages
- Subsequent imaging can be done on single workstation

- 1 Radio imaging
- 2 Signal processing example
- 3 Example configurations
- 4 Actual observations

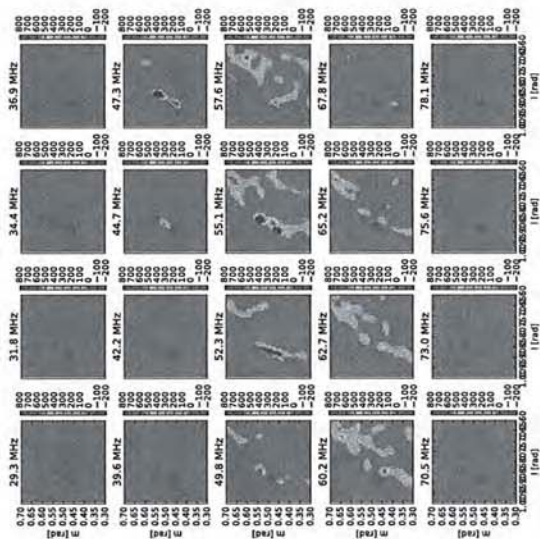
LOFAR imaging of wind turbines

ASTRON



- 3 large turbines at ~ 3.2 km
- Rural environment
- Not corrected for gain near horizon

Windturbines near DE602 (LBA 30–80 MHz)



Productie



Wegfilteren van verstoringen door LOFAR van (a) EMC en/of (b) verstoringen van buiten het windturbinepark

De hoofdvraag is of het computersysteem technisch in staat is de verstoringen weg te filteren. Het wegfilteren van stoorsignalen kost capaciteit van de berekeningen. Hoe meer capaciteit t.b.v. het wegfilteren, des te minder capaciteit voor het analyseren van de ontvangen signalen. Mocht blijken dat het computersysteem in staat is de verstoringen weg te filteren. Maar onvoldoende capaciteit momenteel daarvoor heeft, dan is een vervolgvraag of een mogelijke uitbreiding van deze capaciteit haalbaar is.

De volgende deelvragen zijn steeds van belang:

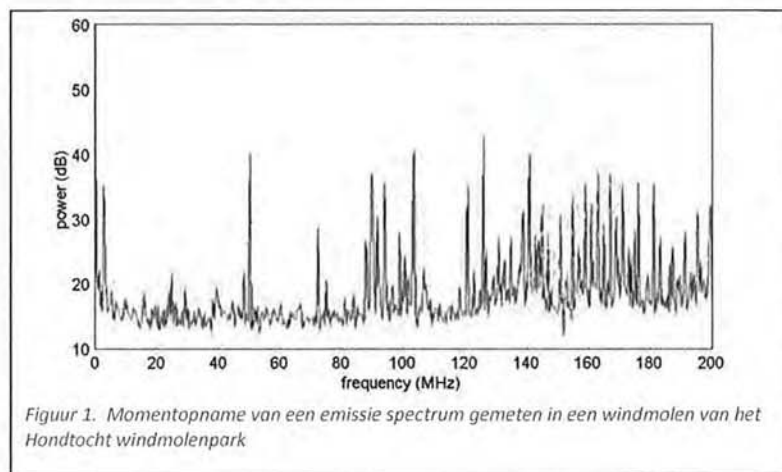
- waarschijnlijke effectiviteit (dBmV, bandbreedte)
- impact op het functioneren
- inschatting kosten/haalbaarheid/risico's
- mate waarin mitigatiemogelijkheden gecombineerd kunnen worden

Voordat ingegaan wordt op filtermogelijkheden volgt eerst een beschrijving van de karakteristieken van de te verwachten stoorsignalen. Omdat het ASTRON onbekend is welke apparatuur precies gebruikt wordt en welke eigenschappen ze hebben is dit slechts een grove en incomplete schatting.

0. Karakteristieken van de te verwachten stoorsignalen

Emissies elektronische apparatuur van de windmolen:

Elektronica en elektrische systemen hebben doorgaans vele analoge en digitale componenten, en elektronica subsystemen hebben doorgaans (vele) referentie signalen en kloksignalen die in een breed frequentiegebied liggen, van kilo Hertz tot giga Hertz. Dit is ook bevestigd door metingen die ASTRON in 2006 bij het Hondtocht windpark heeft uitgevoerd nabij Dronten, zie Figuur 1. Het spectrum bestaat uit een niet-stationaire ruisachtergrond met sterke pieken. Het hele spectrum is zeer dynamisch, en is op zowel korte als lange tijdschalen zeer veranderlijk. Sommige pieken liggen op vaste frequenties, maar de meeste zijn variabel.



De getoonde Hondtocht meting is slechts een momentopname, bovendien is dit spectrum gemeten met een "sniffer" zeer dicht bij een van de elektronica rekken van de molen. Het spectrum is niet gekalibreerd, maar het geeft wel een indruk van een momentane spectrale bezetting. In werkelijkheid is het spectrum dat de molen uitzendt nog complexer omdat een molen nog veel meer

elektronische systemen heeft elk met verschillende emissiespectra, en omdat LOFAR het geïntegreerde spectrum van alle molens gecombineerd zal ontvangen. Het verwachte spectrum is dus een kakofonie van ruis, signalen op vaste frequenties, signalen met variërende frequenties en tijd-pulsen, alles variërend op korte en lange tijdschalen. In deze overwegingen zijn niet meegenomen andere vormen van mogelijke emissies van de windmolen, bijvoorbeeld het “sproeien” en vonken van de wieken en andere onderdelen van de molen.

Emissies elektronische apparatuur en systemen in de omgeving van de windmolen, die LOFAR door reflectie en diffractie de windmolen bereiken:

De emissies in bewoond en stedelijk gebied die mogelijk via zal naar verwachting ook een kakofonie zijn van ruis en pieken, en gepulste signalen, alles sterk tijd variabel. Maar ook ruimtelijk / spatieel verdeeld over een groot oppervlak omdat deze signalen aan alle windmolens nabij de LOFAR Core zullen reflecteren.

Al met al is het te verwachten spectrum dat van de windmolens komt (direct en gereflecteerd / via diffractie) nogal “messy”.

Elektromagnetische koppeling en aarding:

Noot: de karakteristieken van de emissies van een systeem worden bepaald door de stoorbronnen, de veroorzakers van de emissies, maar in belangrijke mate ook de omgeving waarin ze zich bevinden. Elektrische verbindingen zoals voedingskabels, aardkabels en behuizingen hebben een grote invloed en vaak een versterkende invloed op de emissies. Daarom moet in de analyse van radio emissies altijd de lokale omgeving meegenomen worden.

1. Ruimtelijk filteren (spatieel filteren)

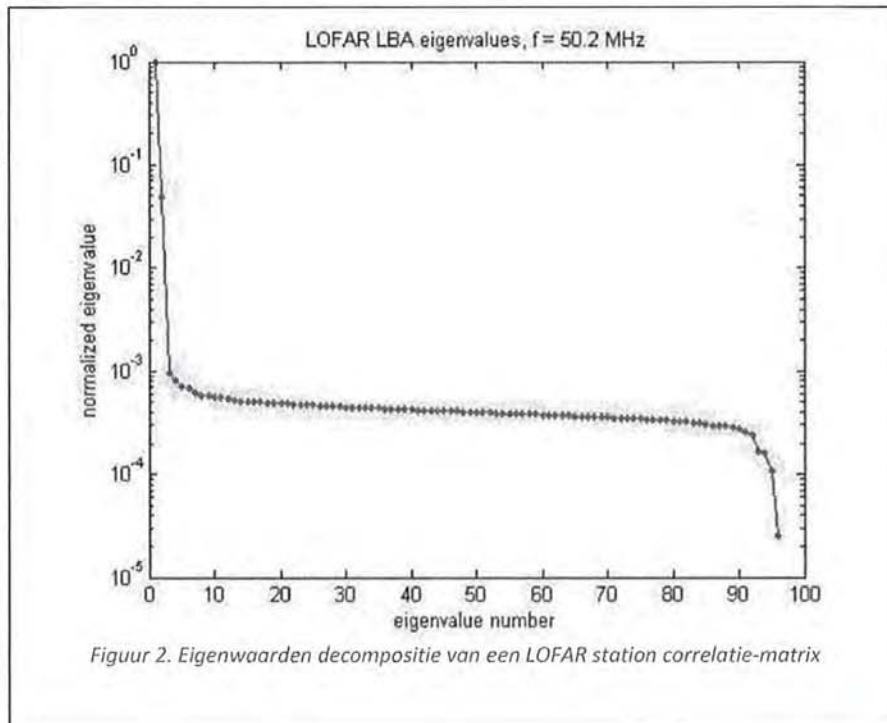
Er bestaat een techniek, “ruimtelijk filteren” of “spatieel filteren” waarbij een stoorbron weggefilterd kan worden vergelijkbaar met “anti-jamming” technieken bij radars. Hiervoor zijn minimaal twee antennes nodig. Bij deze techniek worden de zogenaamde amplitudes en fases voor elke antenne een beetje aangepast zodanig dat de antennes het stoorsignaal als het ware in tegenfase ontvangen en daardoor onderdrukt worden. Het voert te ver om in detail op dit soort technieken in te gaan, maar stoorbronnen kunnen inderdaad onderdrukt worden. Dit is echter nooit perfect, altijd met kwaliteitsverlies, en altijd tegen kosten.

Wat de effectiviteit betreft kunnen storingen onderdrukt worden tot dicht bij het niveau waarop ze detecteerbaar zijn. De detectiekans hangt af van integratietijd, dus kan het zijn dat storingen aanvankelijk in het systeem niet opgemerkt worden, maar toch storend doorwerken in de hemelkaarten omdat daar lange integratietijden een rol spelen.

Een ander aspect van de effectiviteit betreft de invloed op de data. Voor elke stoorbron (parameter) die verwijderd moet worden uit de dataset gaat er in wiskundige termen ook tenminste één vrijheidsgraad verloren. Dat geldt ook voor het kalibreren van astronomische hemelbronnen. Algemeen geldt dat het aantal waarnemingen groter moet zijn dan het aantal parameters voor de modellen, anders kunnen er geen afbeeldingen gemaakt worden.

Dit laatste is een complex wiskundig veld, maar ter illustratie zou het volgende beschouwd kunnen worden. Figuur 2 laat gegevens, een correlatie matrix, zien van een 96-antenne LOFAR station gedurende 1 seconde voor een frequentiekanaal (sub-band) van 200 kHz breed. De figuur geeft aan

de eigenwaarden aan van de waargenomen correlatiematrix. Omdat er met 96 antennes is waargenomen zijn er ook 96 eigenwaarden. Deze figuur geeft een mooie indruk van de kwaliteit van deze seconde data. Eigenwaarde 3 t/m 96 zijn eigenwaarden (met een soort gedraaide "s"-vorm) zoals je dat verwacht van een schone meting met alleen ruis van de hemel en van de LOFAR versterkers. Eigenwaarde 1 steekt een factor 1000 boven de rest uit en eigenwaarde 2 een factor 40. Deze eigenwaarden zijn zo hoog vanwege één storende zender. Met spatiele filter technieken kun je de data corresponderend met de twee grootste eigenwaarden verwijderen. Maar daarmee wordt ook het onderliggende astronomische signaal verwijderd. De bruikbare datahoeveelheid wordt dan dus ook met 2% verminderd. Stel nu dat er 50 verschillende zenders actief zijn. Een spatiele filter zou dan ook minstens 50% van de astronomische data verwijderen.



Figuur 2. Eigenwaarden decompositie van een LOFAR station correlatie-matrix

Nu terugkerend naar de vraag of de emissies van een windmolenpark spatieel te filteren zijn. Als er slechts sprake was van één bron op een enkele locatie dan zou dat relatief eenvoudig te verwijderen zijn, al zou dat wel over de complete LOFAR band moeten gebeuren, en zouden er extra computing resources aangeschaft moeten worden. Maar het te verwachten spectrum is erg complex en tijd-variërend, bovendien zijn er vele bronnen in de molen. Daarbovenop moeten de reflecties en diffractie aan de molen met vele tientallen parameters per molen (variërend over frequentie) gemodelleerd worden. Het gaat om vele honderden parameters die dan per kalibratie-lus van orde 10 seconden opgelost moeten worden. Om de emissies en reflecties van het complete windpark spatieel te filteren zou het aantal stations van de LOFAR Core verveelvoudigd moeten worden met de daarbij behorende snelle elektronica (en EMC afscherming). Helaas is dat een extreem dure operatie.

Deelvragen:

- a. waarschijnlijke effectiviteit (dBmV, bandbreedte)

Stoorsignalen kunnen onderdrukt worden tot op het niveau dat ze detecteerbaar zijn in een correlatiematrix, uit de heup geschoten, zeg 20-30 dB.

b. impact op het functioneren

Om dit te bewerkstelligen zijn vele tientallen tot orde honderd extra LOFAR stations nodig in de LOFAR Core, bovendien ook krachtige elektronica systemen en computers om het dynamische stoorveld te meten en real-time te onderdrukken. Er zijn complexe systemen, algoritmen en ook controle systemen nodig. Voor het beheren en functioneren en zal de druk op de waarneemgroep iets toenemen.

c. inschatting kosten/haalbaarheid/risico's

Afhankelijk van het aantal windmolens, de afstand enz. zou zo'n systeem ergens tussen de 20 M€ en 100 M€ kosten. Er zijn vele vragen te beantwoorden voordat een betrouwbare schatting van het benodigde systeem en de daarbij behorende kosten gegeven kan worden. Het risico is dat het stoor-spectrum te dynamisch zal blijken te zijn en dat er te veel parameters opgelost moeten worden met een te klein systeem.

d. mate waarin mitigatiemogelijkheden gecombineerd kunnen worden

Spatiële filters kunnen in principe gecombineerd worden met andere typen van storing onderdrukking.

Noot: hierboven ligt het focus op het verwijderen van alle stoorbronnen en alle reflecties aan de molens. Het daadwerkelijke aantal parameters dat geschat moet worden hangt natuurlijk af van hoeveel molens geplaatst worden, waar ze staan en wat de eigenschappen van de molens is. Een beperkt aantal sterke storingen is met bescheiden middelen wel weg te filteren, maar een "muur" van storingen die van vele kanten komt, dat wordt erg lastig.

2. Filteren in het tijd-frequentiedomein domein

Voor signalen die niet continu zijn in de tijd en frequentie bestaat er de mogelijkheid deze signalen te detecteren en weg te gooien. Zolang het tijd-frequentie gebied (zogenaamd spectrogram) grotendeels leeg is, kan er gewoon waargenomen worden. Deze manier van filteren (zogenaamd "vlaggen") is al standaard praktijk bij LOFAR (en alle andere radio telescopen) en is in eerdere analyses al meegenomen. Bij LOFAR in de band 120-170 MHz bijvoorbeeld hoeft op dit moment, na een voorselectie, maar ongeveer 5 % van de data weggegooid te worden. Dat levert een tijdverlies op van ongeveer 5%. Daar valt in de praktijk mee te leven. Maar stel nu dat dat percentage stijgt tot bijvoorbeeld 50% door windmolenplaatsing. Dat betekent dat maar de helft van de projecten in een jaar uitgevoerd kunnen worden, en dat dat tot minder wetenschappelijke publicaties zal leiden voor de onderzoekers bij ASTRON en de universiteiten. Het zal dan ook leiden tot enorme reputatieschade voor ASTRON dat zal doorwerken in de nog te bouwen SKA telescoop.

Verder is er nog een limiet aan wat maximaal weggegooid kan worden om nog een goede kalibratie te kunnen doen. Tussen de 5 en de 50% zou in vervolgonderzoek voor elk percentage gekeken kunnen worden wat de impact is. Naast verlenging van de meettijd ontstaan ook "blinde vlekken" in de astronomische gegevens, in frequentie, en voor spatiële structuren, wat door de Fourier relaties lastig te kwantificeren is.

Deelvragen:

- a. waarschijnlijke effectiviteit (dBmV, bandbreedte)

Mits maar een beperkt deel van de tijd-frequentie ruimte gestoord is, is dit een bruikbare techniek. Maar dat zit hem de crux: het te verwachten spectrum is breedbandig en tijd-continu. De methode verwijdert de stoorsignalen wel, maar daarmee ook de gewenste astronomische signalen (het kind wordt met het badwater weggegooid).

- b. impact op het functioneren

Vlaggen ("weglakken") is een standaard techniek die al toegepast wordt. Afgezien van de schade aan de astronomische waarneming, is dit een techniek die makkelijk te implementeren is (en deels al beschikbaar is). De effectiviteit van de metingen loopt terug naarmate meer gegevens worden weggegooid. Dit maakt langer meten noodzakelijk, waardoor er een direct effect is op de efficiency van LOFAR. Als te veel gegevens moeten worden gevlagd, wordt LOFAR niet langer calibreerbaar en zijn astronomische metingen niet meer mogelijk.

- c. inschatting kosten / haalbaarheid/risico's

Omdat deze methode al geïmplementeerd is zijn er geen extra kosten aan verbonden, dat wil zeggen als de huidige 5% gegevens verlies niet significant stijgt. Als dit percentage significant stijgt ontstaat er schade doordat klanten hun astronomische producten niet krijgen, en de kwaliteit voor de overblijvers daalt. Verder ontstaan bij een groter vlaggings percentage ook meer "false positive" en "false negative" detectie van storingen.

- d. mate waarin mitigatiemogelijkheden gecombineerd kunnen worden

Deze methode is te combineren met andere storing onderdrukking methoden.

Deze methode wordt aanzienlijk effectiever als in het ontwerp van de windmolen een trade-off wordt gemaakt tussen signaalsterkte en beslag op frequentie en tijd (dynamic spectrum occupancy). Stel dat er storing is in een groot deel van de band of de hele band. Dan zou het beter zijn voor de astronomische metingen als dit geconcentreerd zou worden in een smalle band. Daarin mag het signaal dan veel groter zijn, met een boven-limiet vanwege het bereik van de ontvangers.

3. Filteren gebaseerd op voorkennis van de storende signaalkarakteristieken

Er kan in principe ook gefilterd worden als de signaaltvormen of modulatieschema's vooraf bekend zijn. Daar zijn diverse voorbeelden voor, bijvoorbeeld cyclostationaire filters, filters die gebruik maken van een referentieantenne (wat eigenlijk een spatiaal filter is), en filters die gebruik maken van specifieke signaalcodes zoals de PRN code in GPS signalen.

Deelvragen:

- a. waarschijnlijke effectiviteit (dBmV, bandbreedte)

Waarschijnlijk kunnen deze technieken niet gebruikt worden bij de emissies van en reflecties aan windmolens omdat de windmolen signalen "messy" zijn (zie ook uitleg "Emissies elektronische apparatuur van de windmolen" hierboven).

- b. impact op het functioneren

Op dit moment niet te voorzien

- c. inschatting kosten / haalbaarheid/risico's

Dit vraagt echt nader onderzoek en gerichte metingen. Alle informatie die de storing van de molen voorspelbaarder maakt is in principe bruikbaar om de signalen te karakteriseren, en kan dus in principe mogelijkheden bieden om deze effectiever te verwijderen. Dit vraagt waarschijnlijk om real-time verbindingen met de elektronica en ICT systemen in de molen.

- d. welke combi van mitigatiemogelijkheden mogelijk?

Op dit moment niet te voorzien

Productie



ASTRON

Assessment of RFI measurements for LOFAR

ASTRON, The Netherlands
Telecommunication Engineering, University of Twente, The Netherlands



Content

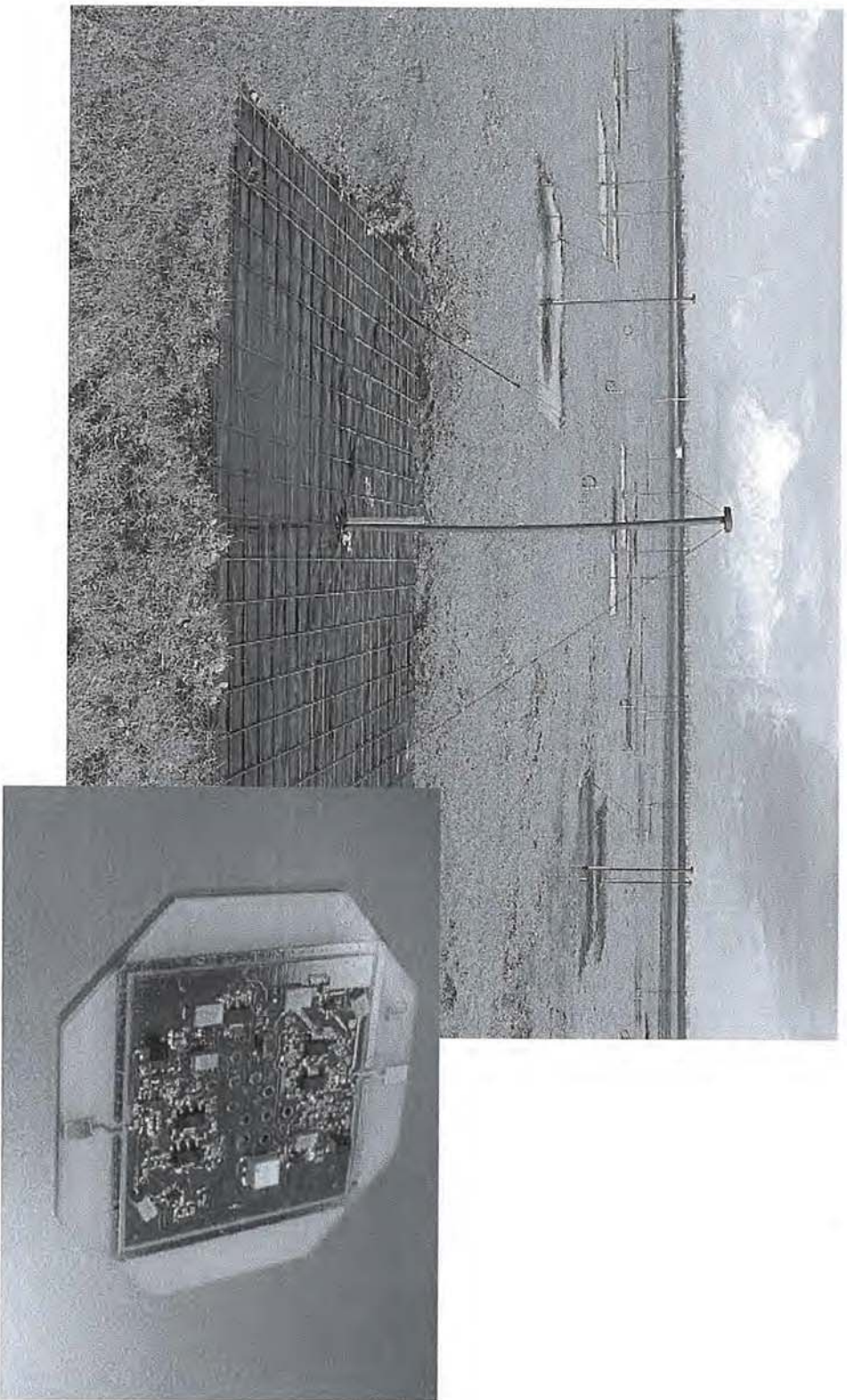
- LOFAR
- RFI situation
- Impact of RFI on LOFAR
- RFI monitoring station
- Measurements
- Assessment of the measurements
- List of LOFAR site requirements
- Conclusions

Low Frequency Array: LOFAR

- Interferometer for the frequency range of 10 - 250 MHz
- Array of 50 stations of 100 dipole antennas
- Baselines of 10m to 150 km
- Fully digital: received waves are digitized and sent to a central computer cluster
- Ideal for observing transient events



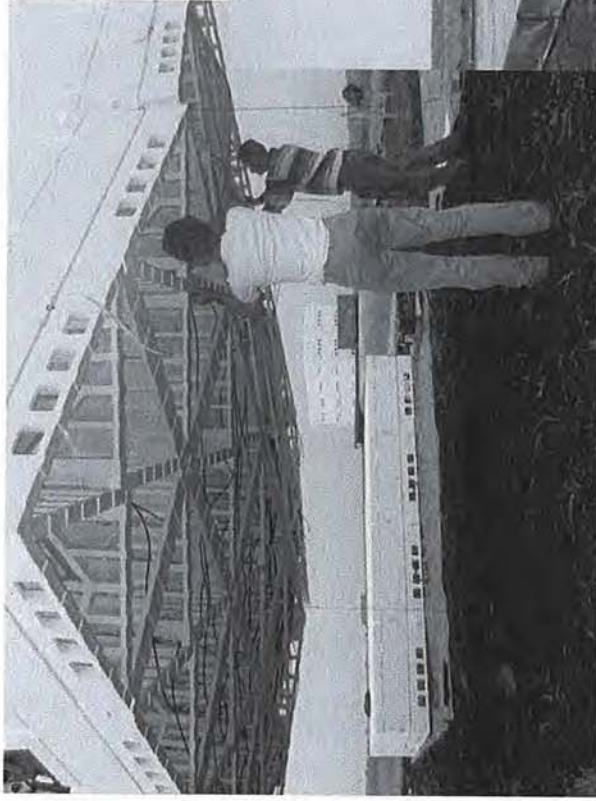
Low Band Antenna (30-80 MHz)



ASTRON

Assessment of RFI measurements for LOFAR

High Band Antenna (120-250 MHz)

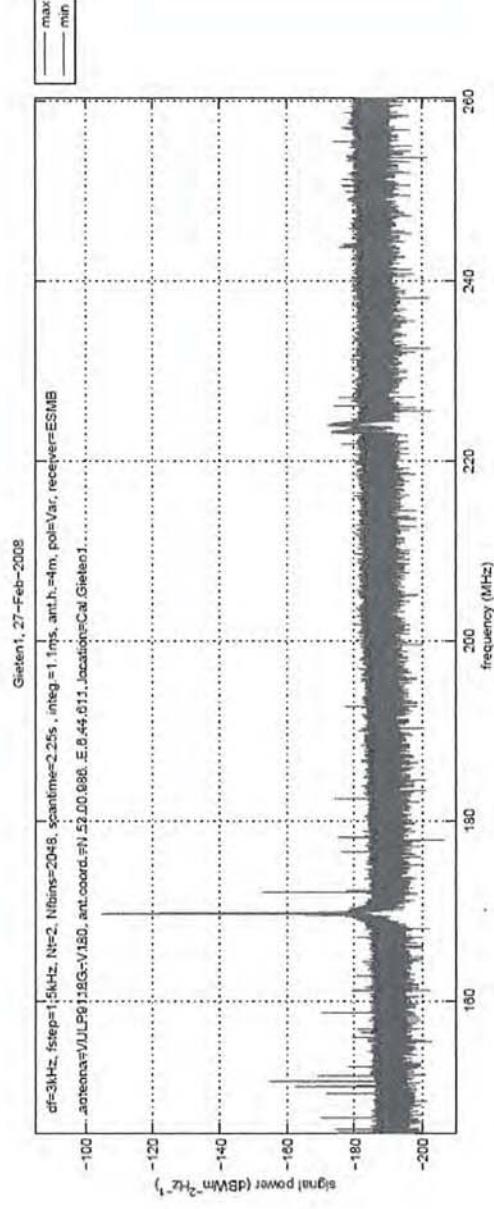
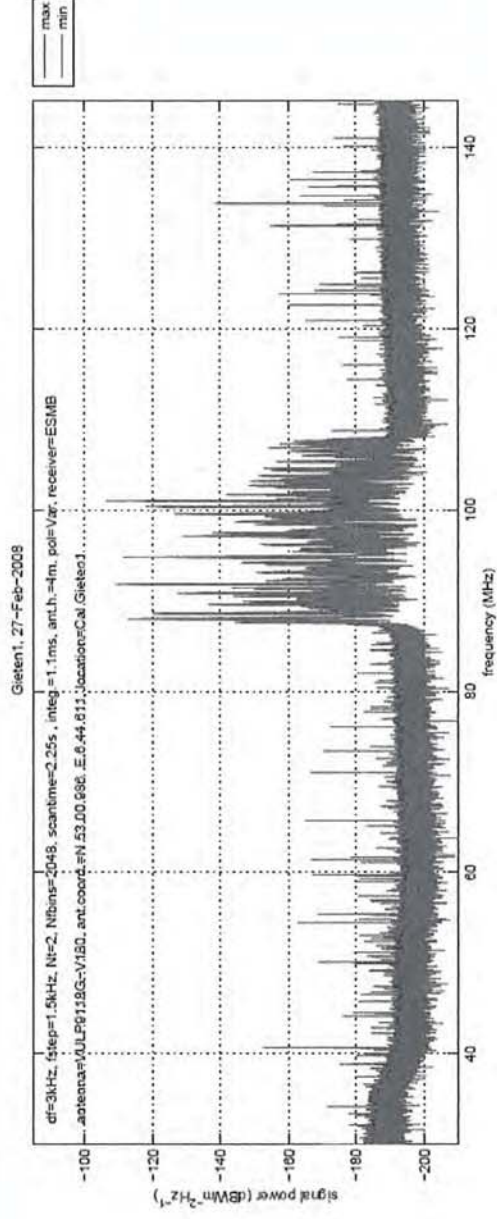


International



- Germany
 - Effelsberg
 - Garching
 - Tautenburg
 - Potsdam
 - ..
- UK
 - Chilbolton
 - ..
- Sweden – Onsala
- France – Nancay
-

Typical RFI situation



Signal level considerations

- Sensitivity
 - LOFAR will be sky noise dominated
 - 2 mJy at 10 MHz (1 hour integration time over 4 MHz bandwidth) and 0.03 mJy at 240 MHz
 - For a typical 1 kHz band, this leads to: 127 mJy at 10 MHz and 2.1 mJy at 240 MHz
 - Studies indicated that there are relatively large fractions of the LOFAR band where the RFI environment allowed the production of good quality sky maps.
- Linearity
 - Signals should not cause linearity problems for the receiver systems.
 - Maximum detected signal (NL) is $65 \text{ dB}\mu\text{V m}^{-1}$ in a 3 kHz band
 - Gives a maximum allowable flux of $-115 \text{ dBW m}^{-2}\text{Hz}^{-1}$

Out-of-band filters

- Given maximum observed transmitted power, criteria can be made for the out-of-band filter attenuation factors
 - Soft spurious criterion
 - The integrated power of all spurious in the selected band should remain 10 dB below the integrated noise power of the selected frequency band after whitening the sky noise and before beam forming.
 - Spurious requirement related to strongest sky source
 - A strong source (eg. Cas.A) can be removed from LOFAR sky images
 - So, a (very) limited amount of spurious signals would be allowed, as long as they are not stronger than Cas.A.
- Focus of the assessment is on the effects of the strongest observed RFI signals, and much less so on the spectrum occupancy of weak signals,

Digital subband filter (1)

- Filter design such that adjacent subband RFI is less than CAS-A type signal.
 - CAS-A with resolution of 1 kHz: $-40 \text{ dB } \mu \text{ V/m}$
 - Maximum RFI is $65 \text{ dB } \mu \text{ V/m}$
 - Stopband attenuation is $105 \text{ dB } \mu \text{ V/m}$
 - By beam-forming an extra suppression of about 14 dB is gained, when the RFI is in the side lobe of the beam pattern.
- So, filter requirements is 91 dB stopband attenuation

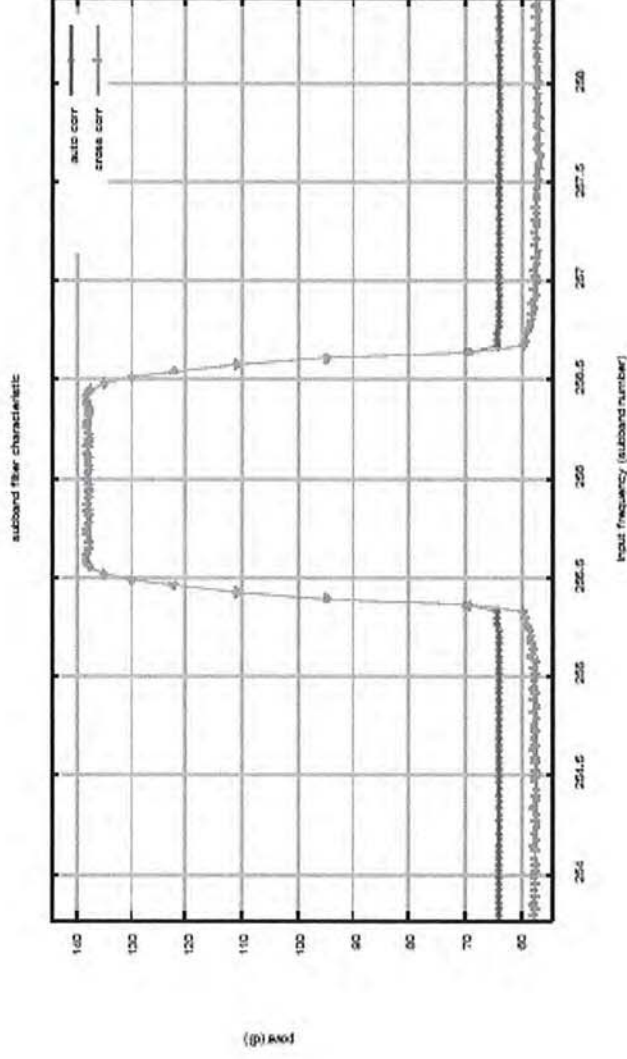
Digital subband filter (2)

- In case of soft spurious requirements:
- RFI signal is 65 dB μ V/m
- Sky noise power @ 170 MHz region is ~ -23 dB μ V/m (1 kHz bandwidth)
- Assuming subband width of 156 kHz and flat sky noise in the band: sky noise power in the subband is -1 dB μ V/m
- So, aliased RFI power must -11 dB μ V/m (10% below Sky noise power)
- So, stopband attenuation : 76 dB
- Compensate for multiple aliased RFI : $+4$ dB

→ 80 dB stopband attenuation

Subband filters

- 80 dB stopband attenuation requirement
- 91 dB “nice to have”
- Practice: > 90 dB



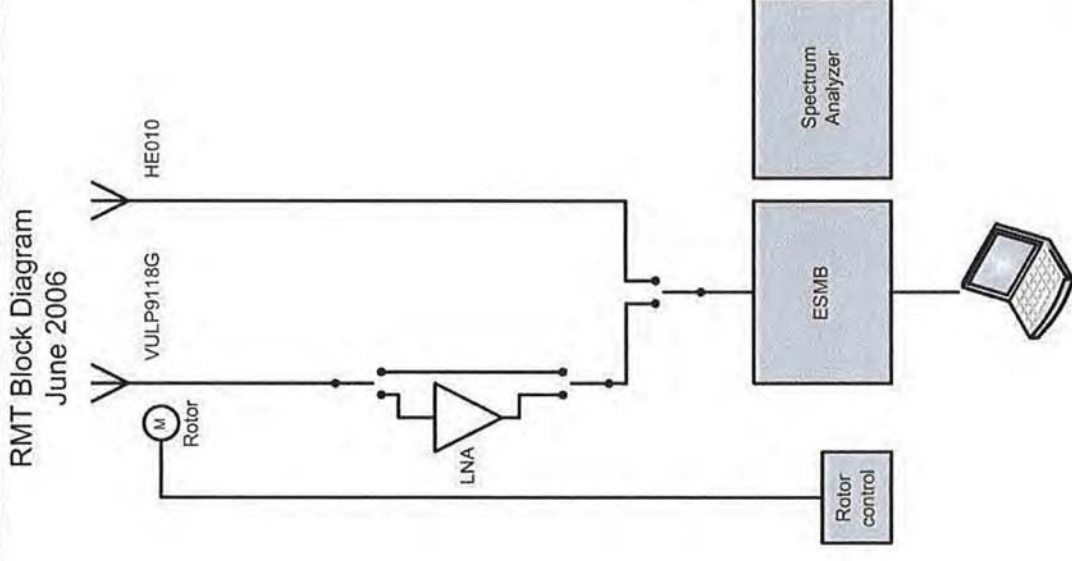
→ In the RFI measurements 65 dB μ V/m is requirement

Process site location

- Search for possible locations
- RFI experts site visit and inventory
- RFI measurements with LOFAR RFI monitoring station
- Assessment of the measurements
 - Current limitations
 - Future limitations
- Go/no-go

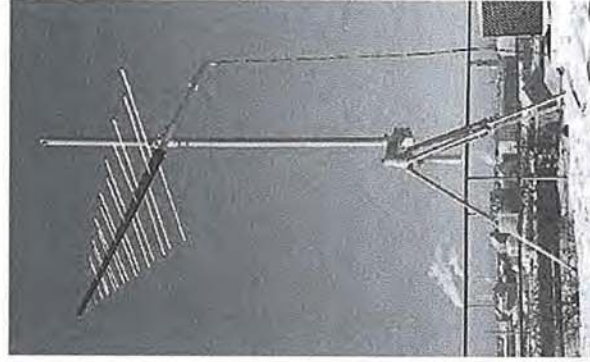
Mobile RFI monitoring station

- Antennas
 - R&S HE010 :
 - Active antenna
 - 9 kHz – 80 MHz
 - Single vertical polarization
 - Schwarzbeck Vulp9118G:
 - Single polarization log-periodic antenna
 - 35-1500 MHz
- Receiver
 - R&S ESMB monitor receiver
- Storage on PC
- Calibrated offline



Mobile RFI monitoring station

Vulp9118G



HE010
Active Rod Antenna

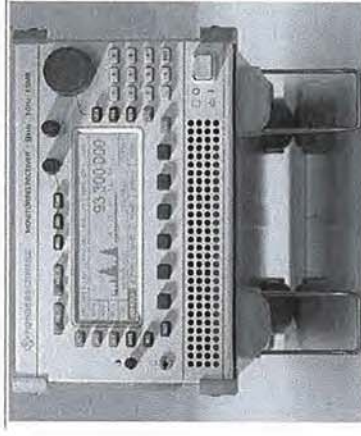


35MHz-1500MHz

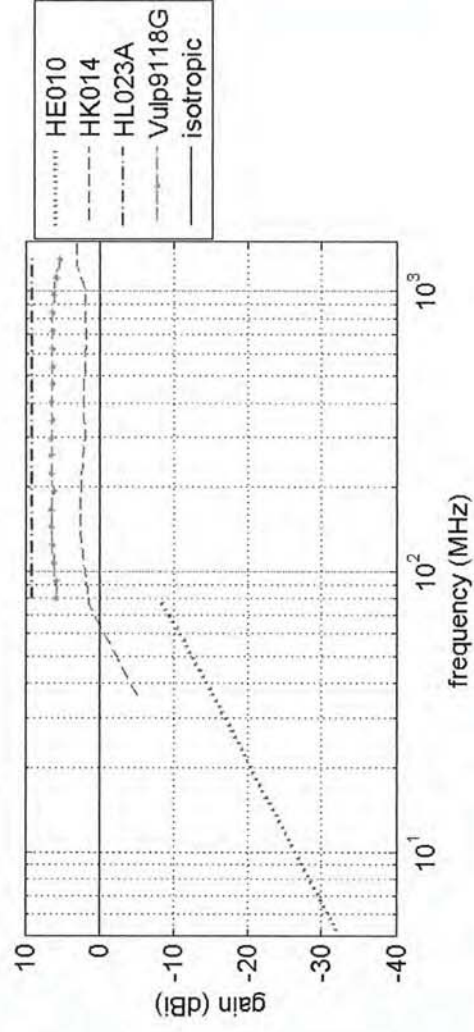
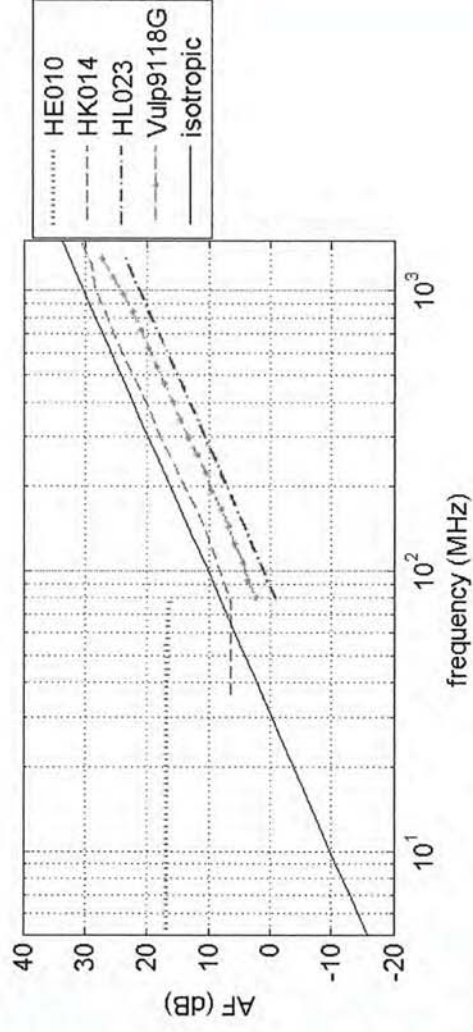
9kHz-80MHz



Monitoring Receiver ESMB
ITU-compliant measurements from 9 kHz to 3 GHz



Antenna factor and gain



What did we measure

Nr.	Antenna	frequency range (MHz)	bandwidth (kHz)	Nscans	Polarization	Azimuth
1	HE010	5-80	3	2	vert.	omni.
2	HE010	5-80	9	1	vert.	omni.
3	HE010	5-80	30	1	vert.	omni.
4	HE010	5-80	300	1	vert.	omni.
5	Vulp9118G	30-260	3	2	hor., vert.	4 pnts.
6	Vulp9118G	30-1000	9	1	hor., vert.	4 pnts.
7	Vulp9118G	30-1000	30	1	hor., vert.	4 pnts.
8	Vulp9118G	30-1000	300	1	hor., vert.	4 pnts.

- First 5 surveys are within the LOFAR frequency range for assessment of in-band signals
- The last three lines survey a larger range at lower resolution to make an inventory of signals that potentially could drive the LOFAR electronics into non-linear regimes.
- Measurements last about three hours

Measurement results

- Observed several national and international sites
- For the international sites multiple locations were identified, assessment was needed to rank the locations
- Main sources of RFI:
 - Analogue TV (disappearing)
 - DVB/DAB
 - Aerospace
 - Pager signals



Torun - Poland



Onsala - Sweden



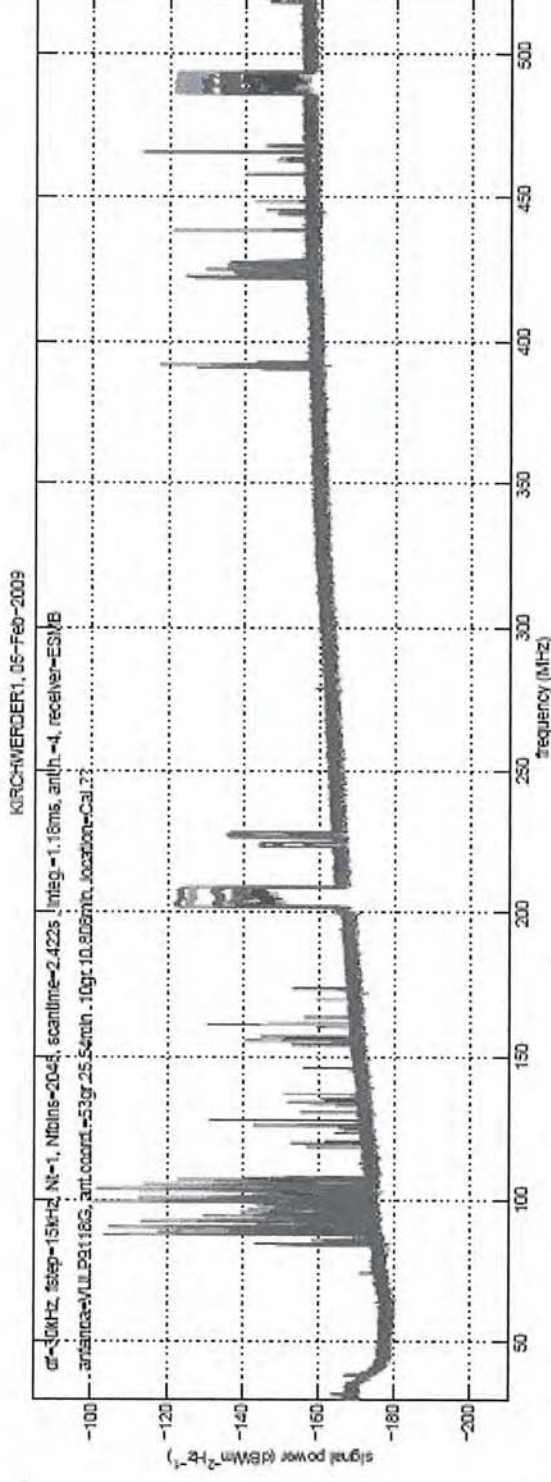
Potsdam - Germany



Jodrell Bank – UK

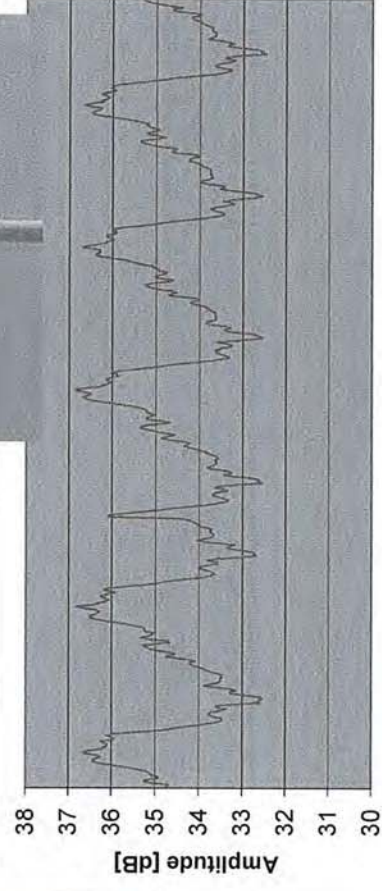
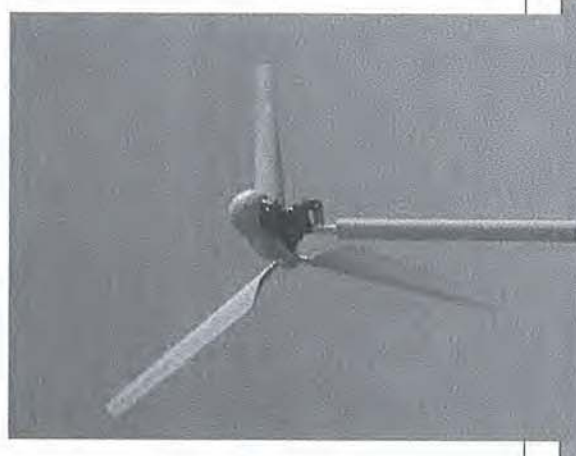


DAB and DVB signals - example



- Maximum in-band signal is $-120 \text{ dBWm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$,
- Gives $60 \text{ dB } \mu \text{V/m}$
- Maximum allowable signal strength is $65 \text{ dB } \mu \text{V/m}$

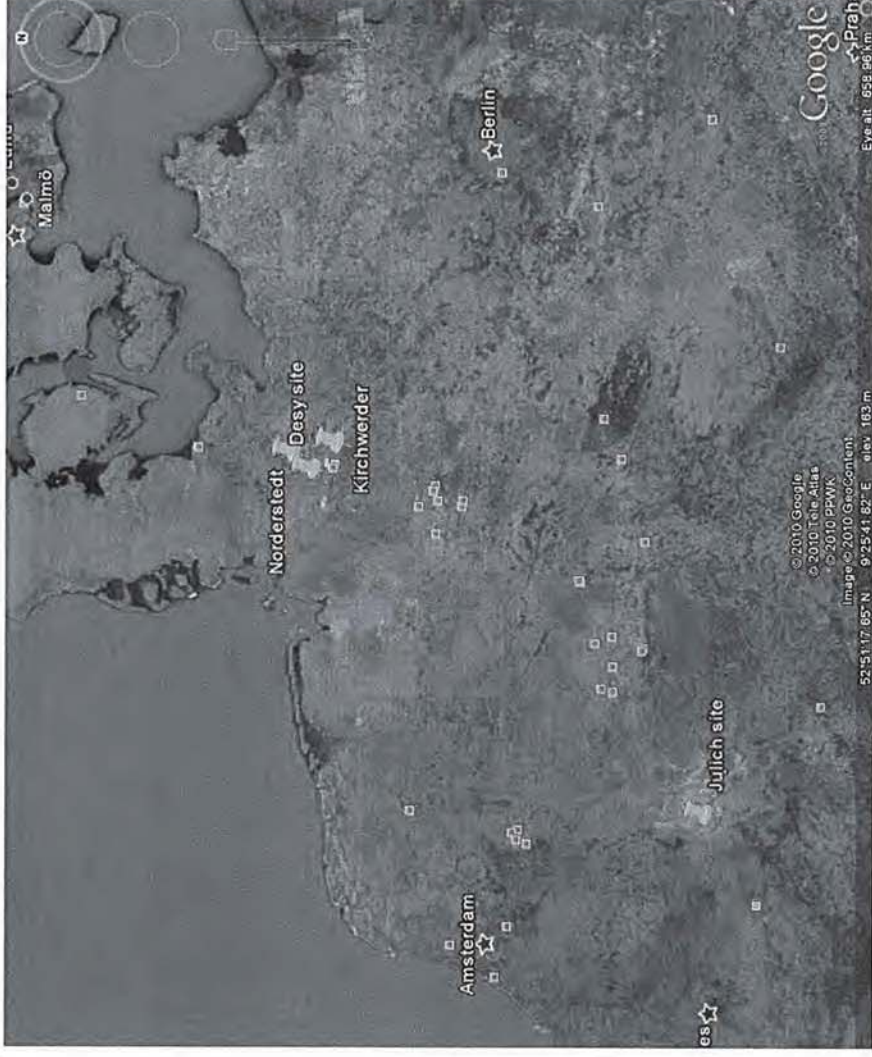
Wind turbines measurements



Assessment

- Linearity, in-band and outside LOFAR bands
- RFI summary
- Specific RFI issues
- Limitations

Example – site in Germany



- One site to be placed in Juelich or in the Hamburg area.
- Assessment questions
 - Is it possible from an RFI point of view to place a LOFAR station at the measured sites?
 - What is the ranking of measured sites and what are the arguments for such a ranking?
 - What are the current limitations of the site(s) from an RFI point of view?
 - What are future limitations?

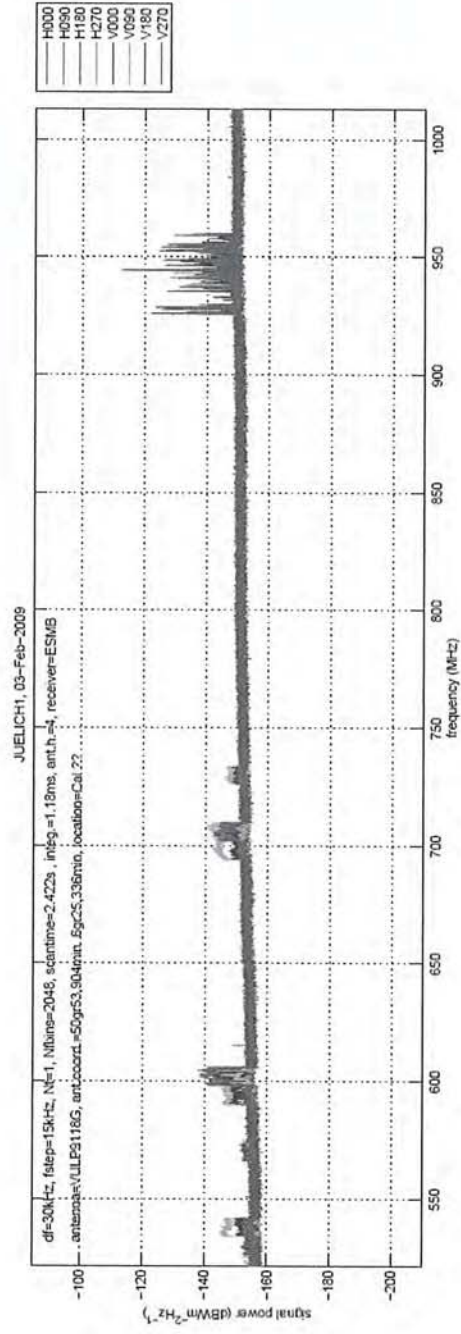
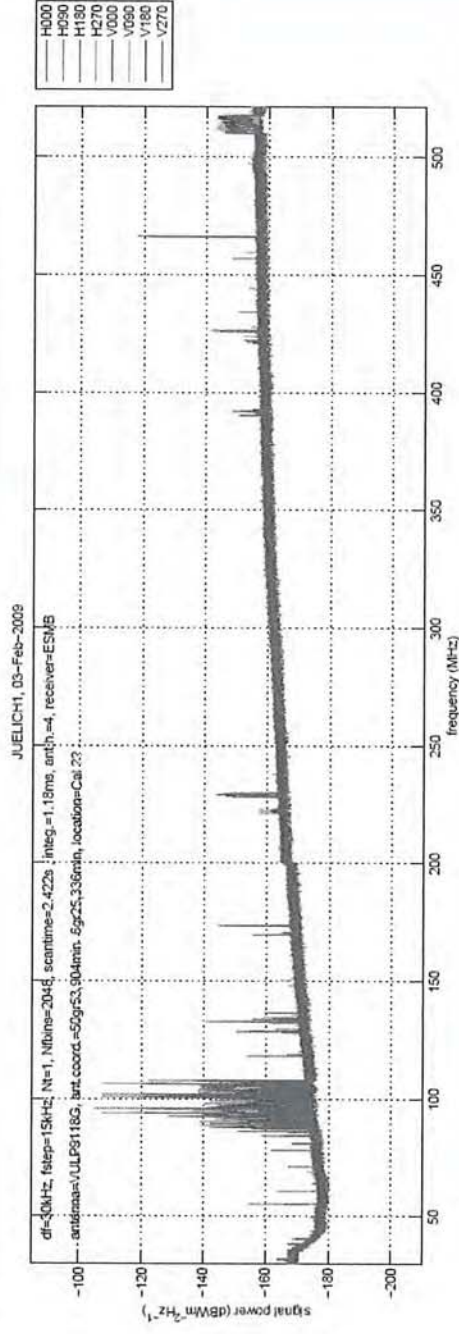
Step 1 : Locations in Juelich area



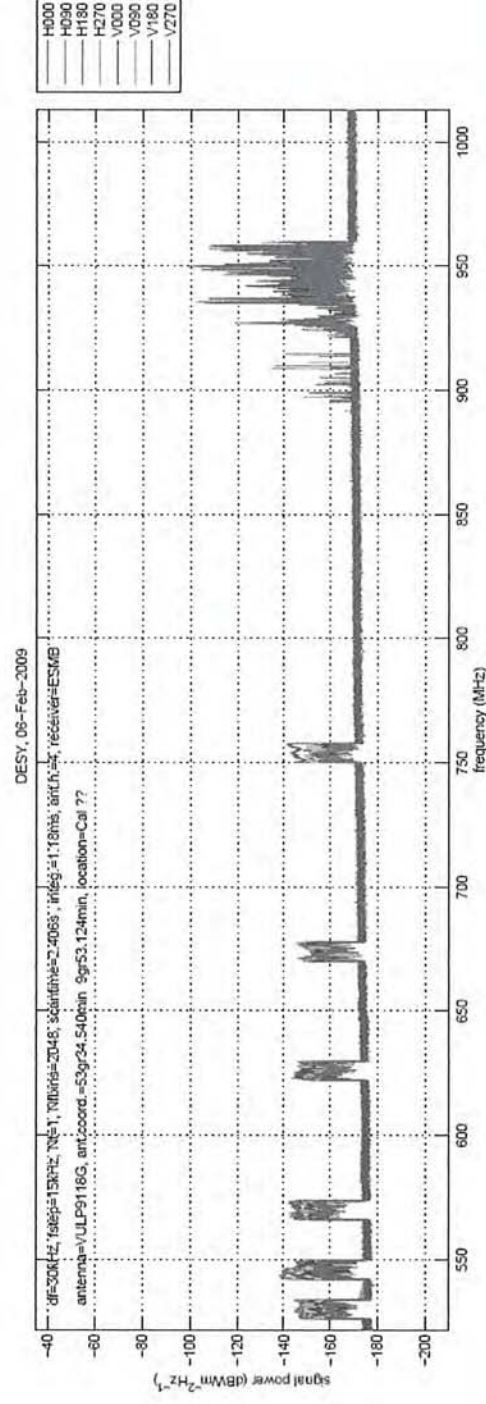
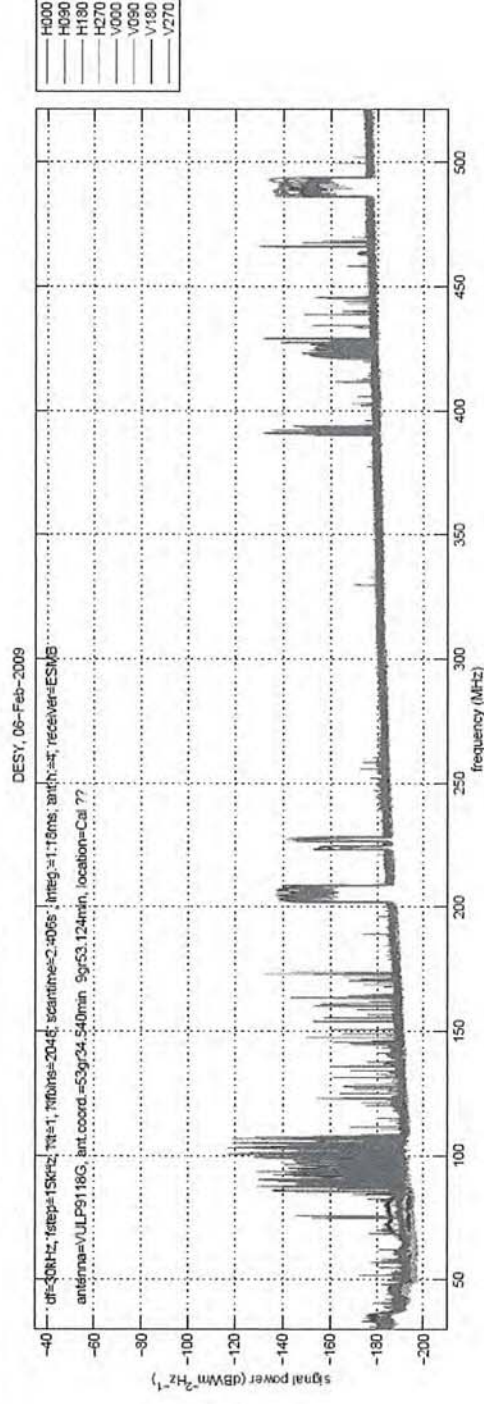
Step 1 : Locations in Hamburg area



Step 2 : RFI measurements



Step 2 – RFI measurements



Step 3 : Assessment

- Linearity
 - In-band interferer levels are below the threshold
 - Interference levels in Juelich are considerable lower
 - Number of interference are more in Hamburg
 - Strongest interference: aerospace
 - Also very strong: digital signals (DVB/DAB)
 - Strongest interference:
-120 dBWm⁻²Hz⁻¹
with 3 kHz BW gives
60 dB μ V/m



RFI - summary

	Frequency	Site 1 - Norderstedt			Site 2 - Desy		
		Min	Max	Avr	Min	Max	Avr
FM radio band	88-104	-140	-105	-124	-142	-110	-127
Low frequency band	30-90	-195	-146	-173	-180	-140	-160
Aerospace band	110-160	-165	-120	-140	-190	-127	-156
Pager band	160-200	-180	-148	-164	-175	-132	-154
Digital TV/Audio	200-400	-146	-138	-142	-150	-135	-143
Mobilophone band	270-500	-158	-120	-137	-150	-130	-139
UHF band	500-800	-145	-128	-138	-150	-135	-144
GSM-band	900-1000	-145	-123	-134	-118	-100	-111
	Frequency	Site 3 - Kirchwerder			Site 4 - Juelich		
		Min	Max	Avr	Min	Max	Avr
FM radio band	88-104	-135	-90	-116	-138	-100	-120
Low frequency band	30-90	-180	-160	-170	-180	-145	-165
Aerospace band	110-160	-170	-130	-135	-170	-135	-153
Pager band	160-200	-180	-130	-152	-170	-135	-153
Digital TV/Audio	200-400	-145	-120	-134	-165	-142	-154
Mobilophone band	270-500	-150	-110	-132	-155	-118	-141
UHF band	500-800	-137	-117	-127	-155	-138	-148
GSM-band	900-1000	-132	-115	-121	-136	-112	-126

Table 2: RFI levels in the measurements in $\text{dBWm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$ for each of the frequency bands (in MHz). In the columns the data is given for respectively the minimum of the observed maximum levels of site, the maximum of the observed maximum levels of the site, and the average signal strength of the site.

RFI - summary

band	Juelich	Norderstedt	Desy	Kirchwerder
30 - 80 MHz	3	3	2	2
108 - 180 MHz	3	2	2	2
180 - 200 MHz	4	4	3	3
200 - 210 MHz	2	2	2	1
210 - 270 MHz	4	3	3	3

Table 3: Usefulness of the LOFAR bands of the site. (1) unsuitable, (2) partially suitable, (3) suitable, (4) good, (5) excellent

Site requirements - environment

For practical reasons we made a list of requirements for LOFAR stations:

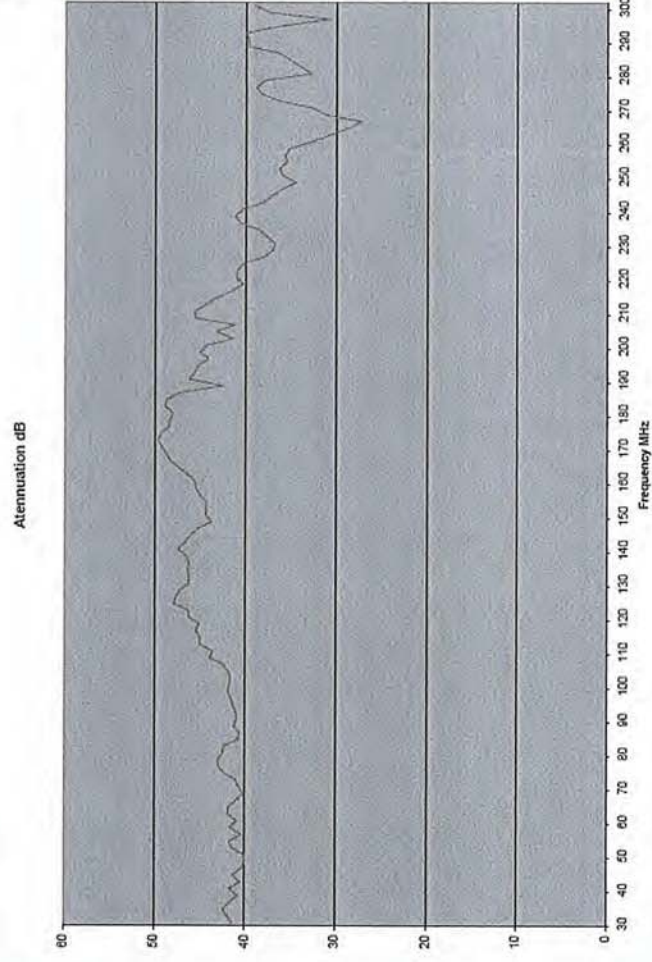
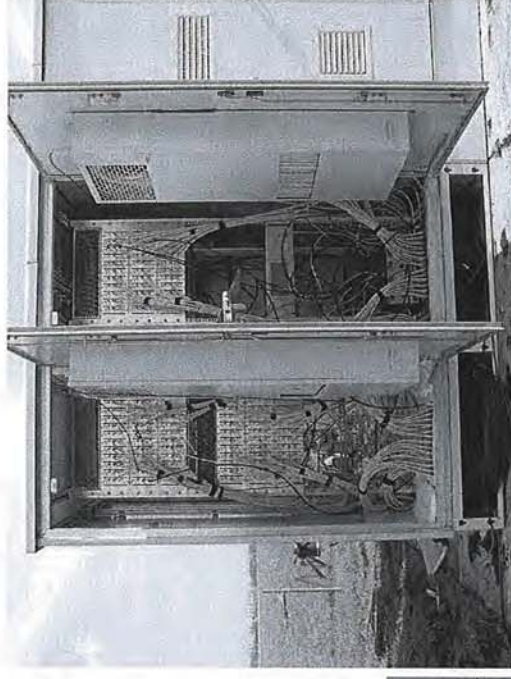
- Fairly isolated
- No power lines within 2 km
- No highway within 500 meters
- No urban development within 500 meters
- No railroad, tramway within 2 km
- No windmills within 2 km
- No forest or high trees within 100 meter. At south no trees within 500 meter
- No other radio interference sources in the neighborhood
- A location in or at the fringe of a nature reserve is favorable but requires good communication with environmentalists and nature organizations.

RFI will still be present, even if these requirements are fulfilled.

The other way around

- The LOFAR Stations are sensitive to RFI as we discussed before
- The international stations are often built next to existing astronomical infrastructure. So, what is the radiated power of the LOFAR station itself?

Local (NL) shielding



International shielding



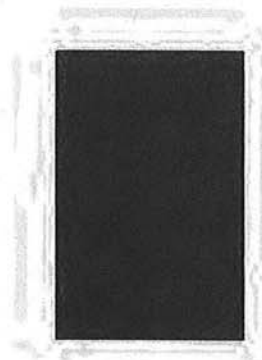
Afscherming	Frequentie: f	Min. Waarde
Magnetisch veld	10kHz	80dB min.
	100kHz	100dB min
	1MHz	110dB min
	10MHz	120dB min.
Verre veld	30Mhz <= f < 10Ghz	100dB min
Microgolf gebied	10GHz <= f <= 18GHz	Lin. Aflopend naar 90dB min

Conclusions

- A mobile LOFAR RFI monitoring station is available to measure the RFI situation at possible LOFAR locations
- LOFAR is designed such that RFI of $\sim 65 \text{ dB } \mu \text{ V/m}$ can be handled successfully (linearity)
- An assessment methodology is presented to assess the possible LOFAR locations
- RFI created by the LOFAR equipment is attenuated using shielded cabinets
- For international stations the requirements for RFI suppression are very high because of the co-existence with other astronomical instruments $\rightarrow$ special RFI container ($> 100 \text{ dB}$)

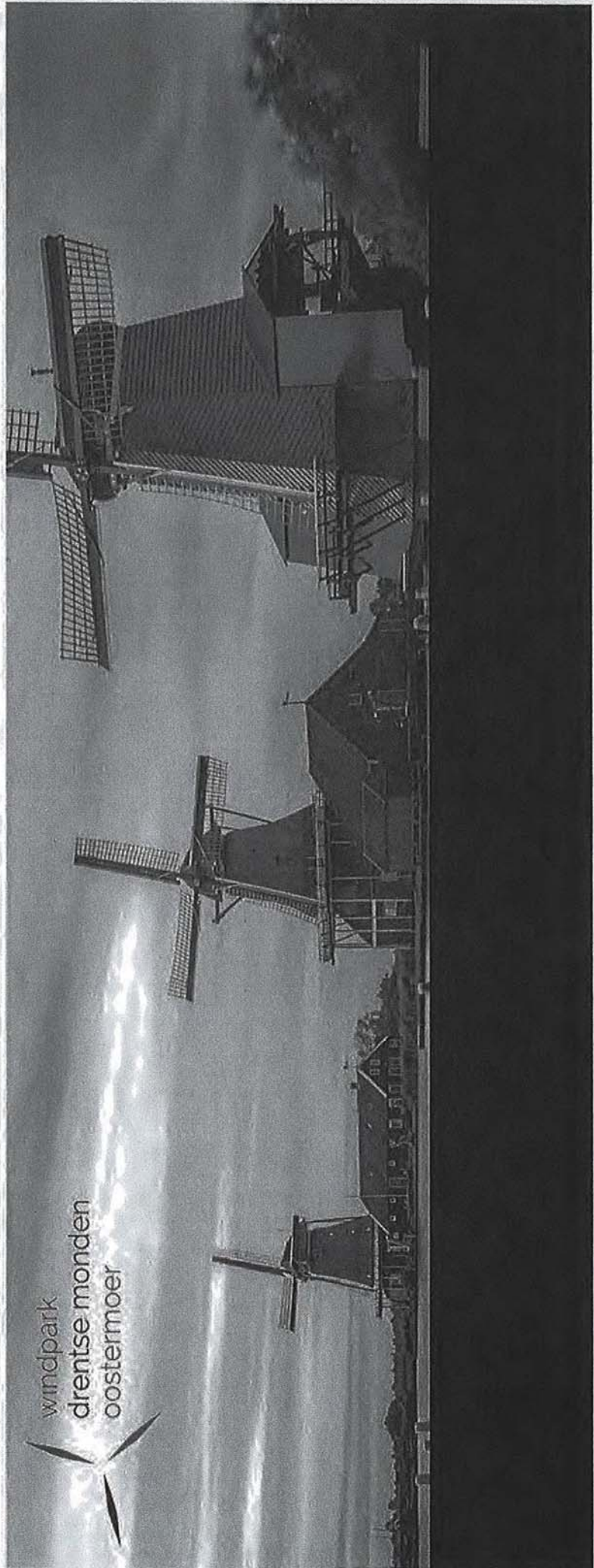
Productie





Drentse Monden Oostermoer

16 maart 2018 selectie windturbine EM ontwerp

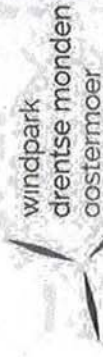


windpark
drentse monden
oostermoer

Agenda:

1. Eisen EMC dossier (EMC file V1)
2. Verkorte technisch beoordeling windturbineontwerp versus Conventantlimieten => "Technical Due Diligence"
3. Beoordeling "windturbineontwerp versus Convenant-limieten"
4. Planning & vervolgstappen: "beoordeling windturbineontwerp versus Convenant-limieten"

Korte terugkoppeling clarification meeting EM



windpark
drentse monden
oostermoer

Waar staan ze? Ze voldoen aan de huidige normstellingen, aangetoond door totaal metingen in het veld (EN55011 ofwel CISPR 11)

- EMC Directive 2014/30/EU
- IEC 61400-24 Wind turbines – Part 24: Lightning protection
- EN 55011 Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement (CISPR11)
- EN 61800-3 Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods
- DNVGL-RP-0440 Electromagnetic compatibility of wind turbines

Willen ze? Ja, ze hebben nagedacht over mogelijke oplossingen, echter moet de stap worden genomen om de haalbaarheid aan te tonen en het kunnen/willen implementeren

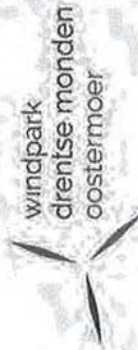
Kunnen ze het? Wie heeft de beste “papieren”?
Dat weten we 15 april 2018

**Eerste terugkoppeling bezoek windturbine
donderdag 15 maart 2015**

windpark
drentse monden
oostermoer



Onderdeel 1, verkrijgen EMC file V1 van de windturbine-fabrikanten



Project: Windpark Drenthe Monden Oostermoer
Projectleider: [Name]
Projectnummer: [Number]

Minimum requirement for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
EMC file V1 & EMC file V2

Check	13 March 2018
Approved	Yes
Document Status	Final

Key deliverables

- 1) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 2) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 3) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 4) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 5) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 6) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 7) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 8) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 9) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 10) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 11) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 12) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 13) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 14) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 15) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 16) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 17) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 18) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 19) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 20) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 21) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 22) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 23) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 24) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 25) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 26) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 27) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 28) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 29) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 30) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 31) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 32) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 33) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 34) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 35) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 36) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 37) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 38) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 39) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 40) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 41) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 42) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 43) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 44) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 45) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 46) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 47) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 48) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 49) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 50) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 51) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 52) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 53) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 54) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 55) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 56) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 57) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 58) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 59) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 60) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 61) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 62) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 63) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 64) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 65) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 66) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 67) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 68) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 69) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 70) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 71) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 72) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 73) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 74) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 75) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 76) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 77) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 78) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 79) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 80) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 81) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 82) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 83) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 84) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 85) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 86) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 87) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 88) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 89) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 90) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 91) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 92) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 93) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 94) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 95) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 96) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 97) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 98) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 99) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer
- 100) VTC design for the establishment of an EMC file VTC design for project Windpark Drenthe Monden Oostermoer

Page 1 of 1



1.3. Approach:

a. Demonstration of approach/method: EMC-test definition for WTG-components based on CISPR11

I. Basic assumptions and requirements, such as frequency range LOFAR

II. EUT in a CISPR11 setup with:

- receiver and ambient noise reduction (below 0 dBμV/m)
- anechoic chamber (or in depth evaluation of the ambient noise)
- 3 or 10m antenna-EUT distance
- average detector (no quasi-peak measurements),
- small resolution bandwidth (9 kHz or less) combined with average field strength density calculation based on integration over a 120kHz resolution bandwidth.

III. EUT Cable routing equal to routing in planned prototype

IV. WTG-Components functional (electrical) excitation most close to operational excitation in the planned prototype

b. Demonstration of sufficient technical knowledge and team commitment to adapt/adjust the 'EMC-test definition for WTG-components': (a) to meet (as close as possible) the Covenant requirements.

- o Overview of the relevant measurement equipment at manufacturer
- o Overview of the tools (computer simulations in the possession of the manufacturer.

c. Estimation of financial budget needed to complete the presented approach/method (a) to meet this requirements

d. Time schedule (including relevant milestones, such as V&V) to meet this requirements and the end date: 17th of September 2018

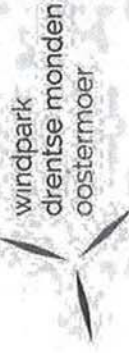
e. Selection of wind turbine components (or group of components) with risk of exceeding the Covenant-limits, components in the: wind turbine nacelle, tower base and the total wind turbine design

f. Pre-selection of mitigation measures to reduce the risk of exceeding the Covenant-limits

g. A "Test Plan" for each relevant wind turbine components (or group of components) according method (a)

h. An example of a test of a relevant wind turbine component (or group of components) according the "Test Plan" (g)

Onderdeel 1, verkrijgen EMC file V1 van de windturbine-fabrikanten



Samengevat EMC file V1:

1. Aanleveren vereiste informatie, EMC test-definitie
2. Aantonen bekwaamheid voorgestelde aanpak en/of alternatief van fabrikant
3. Aantonen technische bekwaamheid
4. Aantonen gereserveerd financieel budget tbv voorgestelde aanpak (1)
5. Projectplanning behorende bij aanpak (1)
6. Component of groep van componenten selectie windturbineontwerp
7. preselectie mitigerende maatregelen en de daarbij behorende onderbouwing
8. Test-plan
9. Ondersteunende meetresultaten ter onderbouwing

Verkorte technisch beoordeling windturbineontwerp versus Convenantlimieten => "Technical Due Diligence"

windpark
drentse monden
oostermoer



Program technical due diligence Electromagnetic wind turbine design, Project

Windpark De Drentse Monden en Oostermoer

Duration : 2 days

Location day 1

: wind turbine as it is proposed for the project

Location day 2

: wind turbine manufacturer R&D facility



Verkorte technisch beoordeling windturbineontwerp versus Convenantlimieten => "Technical Due Diligence"



Program day 1:

1. Visit wind turbine (as it is proposed by the supplier for project Windpark De Drentse Monden en Oostermoer)

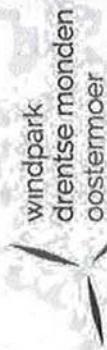
Goal of the visit:

For a proper assessment of the electromagnetic risks of the proposed wind turbine design in relation to the Covenant issue it is import to get on a fast and efficient way insight in the wind turbine design and his electrical systems and behaviour.

Verkorte technisch beoordeling windturbineontwerp versus Convenantlimieten => "Technical Due Diligence"

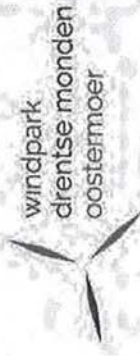
Programma dag 2:

Ochtendsessie Middagsessie



Program day 2:	
Morning session	Afternoon session
2. Presentation wind turbine manufacturer of: 2.1 General company information - Company overview - Company structure (departments, number of employees, level of experience / education) - Facilities - Experience - Contacts - Any other relevant topics 2.2 General Wind turbine design: - Overall overview - Individual components Electric, Electronic (low power and high power), and Connections, Mechanical characteristics. - Potential interactions and interfaces between the components - Control laws. 2.3 Wind turbine design procedure: - General wind turbine design procedure - Quality and test approach - EMC design procedure - EMC testing: V&V 2.4 Emission analysis and effect analysis - Identification of the main modes of emission - Identification of the potential mitigating actions. 2.5 EMC design procedure: - Wind turbine design EMC concept - Standards and guidelines - EMC compliance according to the applicable standards and guidelines (such as EMC Directive 2014/30/EU and EN 55011) - Typical Test Plan - Typical Test Report 2.6 Covenant/Liefer specific: - The wind turbine components (or group of components) with risk of exceeding the Covenant-limits - Mitigation measures to reduce the risk of exceeding the Covenant-limits - Analysis of the potential Emission Sources and potential Mitigating actions - a "Test Plan" for each relevant wind turbine components (or group of components) 2.7 Wind turbine manufacturer project team: - sufficient technical knowledge and team commitment to adapt/adjust wind turbine design to meet (as close as possible) the Covenant requirements.	2.8 Visit relevant R&D departments to demonstrate relevant EM aspects and/or production facilities of relevant wind turbine components 2.9 Visit available test set-ups and/or facilities 2.10 Interviews of EM expert(s), wind turbine designer(s) and type certification expert of the wind turbine manufacturer 2.11 Closing sessions (questions / evaluation / open actions)

Beoordeling



Op basis van de verkregen technische informatie en inzichten zal worden beoordeeld welke windturbinefabrikant / windturbineontwerp het beste perspectief biedt om te kunnen voldoen aan de Convenant-limieten.



Planning & fasering “beoordeling windturbine-ontwerp versus Convenant-limieten”



Fase 1 (deadline 15 april 2018), te verdelen in drie hoofdonderdelen:

Onderdeel 1, clarification meetings, verkrijgen EMC file V1 van de windturbine-fabrikanten

Onderdeel 2, uitvoeren van een verkorte theoretisch beoordeling windturbineontwerp, bestaande uit twee delen:

- Bezoek voorgestelde windturbine
- Verkorte “Technical Due Diligence” door bezoek R&D faciliteit

Onderdeel 3, beoordeling EMC file V1 en verkregen inzichten onderdeel 2, theoretisch selectie windturbineontwerp versus Convenantlimiet

Fase 2: het gezamenlijke met de geselecteerde windturbinefabrikant verdere uitwerking en implementatie (EMC file V2)

Bezoeken windturbinefabrikanten "beoordeling windturbine-ontwerp versus Convenant-limieten"

Windpark
Grentse monden
Oostermoer

Termijnen fase 1

Fabrikanten:

fabrikant 1

28/2 clarification meeting EM pre-selection
15/3 bezoek windturbine
27/3 bezoek R&D faciliteit (Verkorte TDD)
15/4 uiterste datum verkrijgen EMC file v1 + snelle beoordeling

Fabrikant 2

28/2 clarification meeting EM pre-selection
26/3 bezoek windturbine
28/3 bezoek R&D faciliteit (Verkorte TDD)
15/4 uiterste datum verkrijgen EMC file v1 + snelle beoordeling

Fabrikant 3

8/3 clarification meeting EM pre-selection
5/4 bezoek windturbine
6/4 bezoek R&D faciliteit (Verkorte TDD)
15/4 uiterste datum verkrijgen EMC file v1 + snelle beoordeling

windpark
drentse monden
oostermoer



Dank u
Vragen?