

FFI RAPPORT

SKIPSDETEKSJON I SAR DATA FRA SIVILE RADARSATELLITTER FOR SATHAV

ARNESEN Tonje Nanette, OLSEN Richard B

FFI/RAPPORT-2005/00380

**SKIPSEDETEKSJON I SAR DATA FRA SIVILE
RADARSATELLITTER FOR SATHAV**

ARNESEN Tonje Nanette, OLSEN Richard B

FFI/RAPPORT-2005/00380

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

| | | |
|--|--|---------------------------|
| 1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2005/00380 | 2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED | 3) NUMBER OF PAGES 116 |
| 1a) PROJECT REFERENCE FFI-III/1002/170 | 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE - | |
| 4) TITLE SKIPSDETEKSJON I SAR DATA FRA SIVILE RADARSATELLITTER FOR SATHAV SHIP DETECTION IN SAR DATA FROM CIVILIAN RADAR SATELLITES FOR SATHAV | | |
| 5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) ARNESEN Tonje Nanette, OLSEN Richard B | | |
| 6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig) | | |
| 7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN: | | |
| a) <u>Synthetic Aperture Radar</u> | a) <u>Syntetisk Apertur Radar</u> | |
| b) <u>Ship detection</u> | b) <u>Skipsdeteksjon</u> | |
| c) <u>Ocean backscatter</u> | c) <u>Radarspredning fra havoverflate</u> | |
| d) <u>ENVISAT</u> | d) <u>ENVISAT</u> | |
| e) <u>RADARSAT</u> | e) <u>RADARSAT</u> | |
| THESAURUS REFERENCE: | | |
| 8) ABSTRACT Synthetic Aperture Radar (SAR) images with the capability to detect ocean-going vessels have been available since 1991. This report summarizes earlier experiences and gives an overview of new investigations of the ship detection capability using RADARSAT-1 and ENVISAT. It is shown that polarization and incidence angle are important factors for ship detection. Using co-polarization, it is recommended to use large incidence angles due to small ocean backscatter. Cross-polarized data have insignificant ocean backscatter, and the ship detection capability is depending on whether the signal from the ship is above the noise floor or not. Ships give strong enough reflections to be detected for small incidence angles using cross-polarized data. It is hard to detect small boats for large incidence angles, because the signals from small boats are below the noise floor. Ship wakes are almost impossible to detect since there is hardly any reflection from the sea. | | |
| 9) DATE 2005-02-09 | AUTHORIZED BY This page only Johnny Bardal | POSITION Director |

ISBN 82-464-0919-0

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHold**Side**

| | | |
|-------|---|-----|
| 1 | INNLEDNING | 7 |
| 2 | TILBAKEBLIKK | 7 |
| 2.1 | Tidlig arbeid ved FFI | 7 |
| 2.1.1 | Automatisk skipsdeteksjon | 7 |
| 2.1.2 | Signaturer av skip og kjølvann | 8 |
| 2.2 | Kanadiske resultater med RADARSAT-1 | 12 |
| 2.3 | Bruk av RADARSAT-1 i Forsvaret | 13 |
| 2.4 | ENVISAT moder | 15 |
| 2.5 | Prediksjoner for ENVISAT | 15 |
| 3 | NYE RESULTATER MED ENVISAT | 17 |
| 3.1 | ENVISAT datakvalitet og konsekvenser for estimering av ENVISATs skipsdeteksjonsevne | 18 |
| 3.2 | Systematiske undersøkelser på Norne-feltet | 20 |
| 3.2.1 | Skip til sjø kontrast (TCR) | 23 |
| 3.2.2 | Retning til Norne FPSO | 47 |
| 3.2.3 | Oppsummering Nornefeltet | 72 |
| 3.3 | Opptak i Malangen | 73 |
| 3.4 | Oslofjorden og Brevik | 79 |
| 3.5 | Oslo Havn | 81 |
| 3.5.1 | Del 1: Bratte innfallsvinkler (IS1 og IS2) | 91 |
| 3.5.2 | Del 2: Høye innfallsvinkler (IS7) | 98 |
| 3.5.3 | Del 3: Wide Swath | 102 |
| 3.5.4 | Foto av mål fra bakken | 104 |
| 3.5.5 | Flyfoto av mål | 106 |
| 3.5.6 | Data fra Kystverket Horten | 108 |
| 3.5.7 | Utsmøring | 110 |
| 3.5.8 | Oppsummering Oslofjord kampanje | 111 |
| 4 | OPPSUMMERING OG FRAMTIDSUTSIKTER | 112 |
| 4.1 | Generelt | 112 |
| 4.2 | Utsikter for RADARSAT-2 | 113 |
| 4.3 | Anbefalinger for videre arbeid | 114 |
| | Litteratur | 115 |

SKIPSDETEKSJON I SAR DATA FRA SIVILE RADARSATELLITTER FOR SATHAV

1 INNLEDNING

Bilder fra satellittbåren radar, såkalt Syntetisk Apertur Radar (SAR), med god nok oppløsning til å se havgående skip har vært tilgjengelig siden 1991, da European Space Agency (ESA) sendte opp radarsatellitten ERS-1. I april 1995 fulgte ERS-2, og senere samme år sendte Canadian Space Agency opp sin første radarsatellitt, RADARSAT-1.

Tilgangen til SAR data fra disse satellittene sporet til atskillig forskning og utvikling innen skipsdeteksjon, både i Norge og i Canada. Det er opparbeidet betydelig kompetanse på hvilke muligheter og begrensninger for skipsdeteksjon som foreligger ved bruk av satellittbåren SAR.

I Norge har resultatene blant annet ført fram til en operativ tjeneste i Forsvaret, der SAR data brukes jevnlig som støtte til Kystvaktens fiskerioppsyn.

I denne rapporten oppsummerer vi tidligere erfaring (kapittel 2), gir en oversikt over resultater av nyere undersøkelser (kapittel 3), og sammenfatter kunnskapen i et estimat av evnen til observasjon og deteksjon av skip i data fra dagens radarsatellitter, RADARSAT-1 og ENVISAT (kapittel 4).

2 TILBAKEBLIKK

2.1 Tidlig arbeid ved FFI

Allerede før oppskytingen av ERS-1, arbeidet FFI på flere fronter for å etablere en norsk kapasitet til rombasert skipsovervåking. Dette gjaldt både utvikling av effektiv SAR prosessering for å få rask tilgang til SAR bildene for analyse, og analyse av data fra NASAs SEASAT SAR instrument for å vurdere anvendbarhet av SAR data for skipsdeteksjon (3). Senere fulgte utvikling av en deteksjonsalgoritme for automatisk skipsdeteksjon i ERS-1 SAR bilder (4)(5), samt vurdering av ytelsesforbedringer som kom med den mer avanserte RADARSAT-1 satellitten, for eksempel (7).

2.1.1 Automatisk skipsdeteksjon

I (4) og (5) er det beskrevet en automatisk skipsdeteksjonsalgoritme som ble utviklet med utgangspunkt i egenskaper en hadde observert i ERS-1 bilder. Metoden bruker både informasjon om punktmål og kjølvannstriper. Et av særtrekkene i programpakken i forhold til andre publiserte metoder, er metoden for automatisert presis navigering av bildet, slik at en bedre kunne fastsette hvor det var land i bildene, og også stedfeste skipene med større pålitelighet, uten tilførsel av informasjon fra en operatør. Som i flere andre slike metoder, ble det lagt mye vekt på reduksjon av falske alarmer. Gjennom flere trinn i analyseprosessen, ble

flere parametere sjekket i omegnen til et mulig fartøy, for eksempel analyse av kontrastnivå mellom skip og hav samt tilstedeværelse av mulige strømskjær eller fronter.

Evalueringen som ble gjort viste en deteksjonsrate på 92-93% for skip i bilder fra ERS-1 og SEASAT. Analyse av kjølvannssignaturer i ERS-1 data medførte noe høyere feilprosent, ca 15%. Forsøk viste at en kunne øke deteksjonsraten, men på bekostning av flere falske deteksjoner.

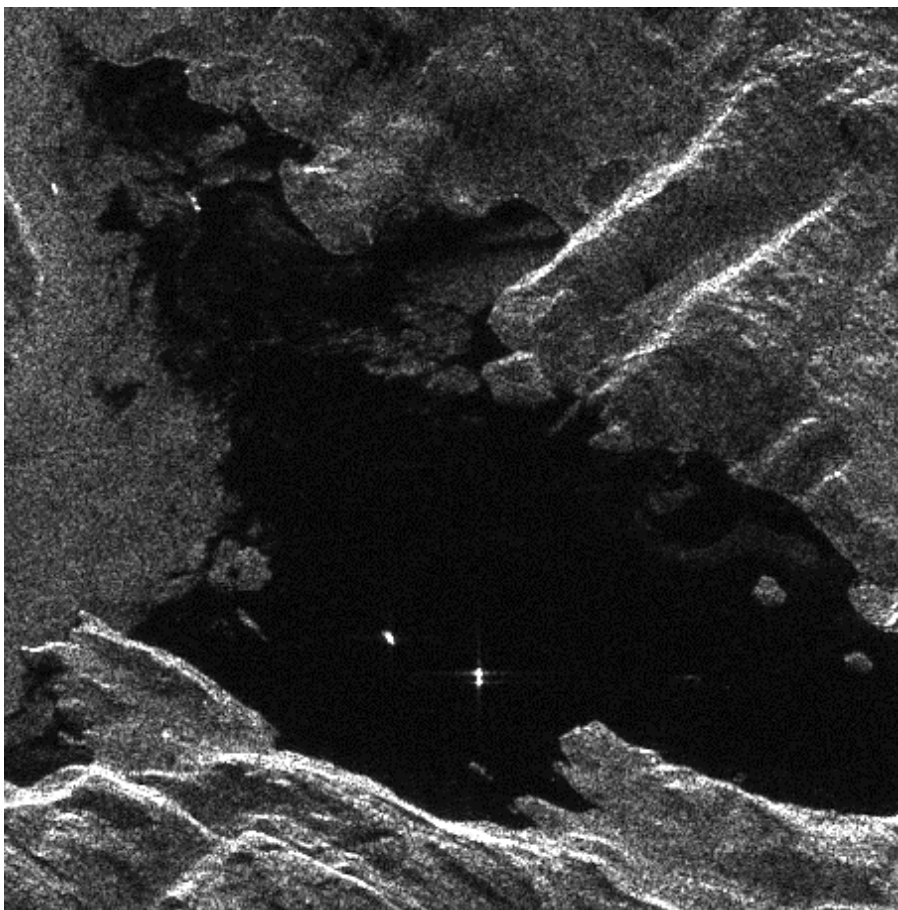
For ERS-1 viste en også at det var umulig å detektere båter kortere enn 50 m for vindhastigheter over 4 m/s. Tilsvarende kunne en ikke detektere båter kortere enn 100 m for vindhastigheter over 10 m/s.

2.1.2 Signaturer av skip og kjølvann

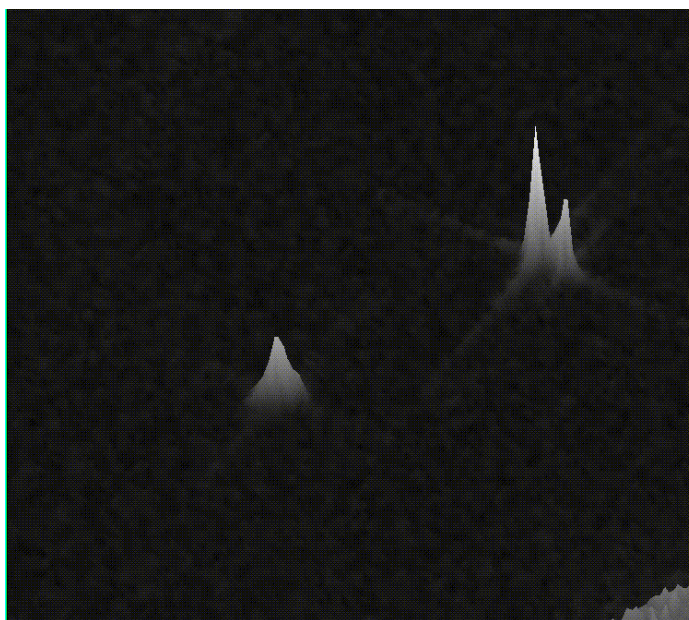
Det er tidligere gjort svært lite innen analyse av detaljer i radarsignaturer til fartøy i bilder fra radarsatellitter. Dette skyldes i hovedsak begrenset oppløsning, spesielt i ScanSAR modus, som hittil har vært den foretrukne moden pga god arealdekning.

Signaturer er imidlertid av interesse med tanke på klassifisering av fartøystype. Dersom en skal kunne klassifisere fartøyet, må formen på signaturen for hver fartøystype ha noen særegne trekk. Helst bør disse være gjenkjennbare uavhengig av avbildningsgeometri.

Nedenfor viser vi et utdrag fra et ERS-2 bilde under øvelsen Battle Griffin i 1995, der flere typer marinefartøy deltok. Konsistente signaturer kunne observeres for noen fartøystyper. I Figur 2-1 ser vi to forskjellige fartøystyper, og i Figur 2-2 ser vi signaturene i et tredimensjonalt plott, der signalstyrken er brukt til å skalere høyden på skipene. Signaturen på fartøyet til venstre kunne kjennes igjen for andre skip av samme type andre steder i bildet.



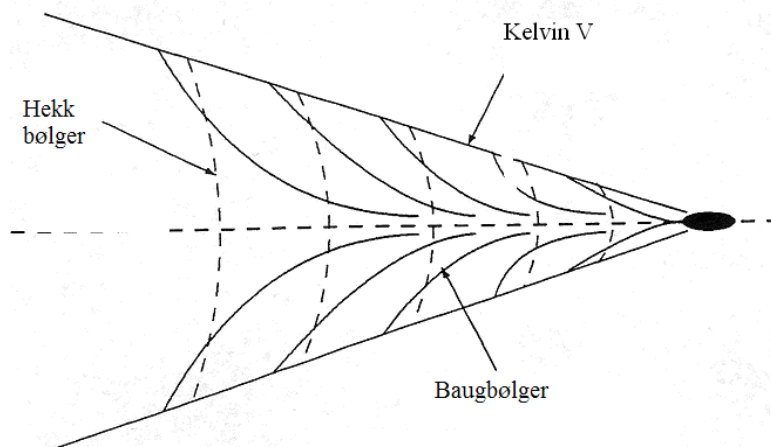
Figur 2-1 Utsnitt fra ERS-2 bilde 5. mars 1995. ©ESA



Figur 2-2 Tredimensjonal framstilling av skipene i Figur 2-1.

Det er gjort en rekke studier av kjølvannssignaturer i SAR bilder i litteraturen (2). Kjølvann manifesterer seg på flere måter:

- Mørke enkelt-striper
- Kelvin wakes, med en eller to armer som kan være lysere eller mørkere enn bakgrunnen
- Smale v-formede signaturer
- Hekkbølger



Figur 2-3 Illustrasjon av bølgene som settes opp av et fartøy under gange.

Skipsskrog og propeller genererer turbulente virvelbevegelser når de beveger seg gjennom vannet. Dette resulterer i en stripe bak fartøyet, ca like bredt som skipet, hvor havoverflaten blir svært flat, i hvert fall i forhold til lengdeskalaer som er omtrent som radarbølgelengder. Dermed blir det svært liten refleks av radarsignaler tilbake til radarantennen, og virvelstripene vil se mørk ut i et SAR bilde. Turbulensen kan vare i flere timer, spesielt like under havoverflaten, slik at disse mørke kjølvannstripene kan observeres flere kilometer bak fartøyene i SAR bildene.

Når et fartøy beveger seg gjennom vannet, settes det også opp bølger både ved baugen og ved akterenden. Der disse bølgene møtes, settes det opp en stripe med veldig krappe småbølger (cusp waves). Stripene med disse krappe småbølgene danner en slags omhylningskurve på yttersiden av hele kjølvannssignaturen, og radarrefleksjonen fra dem er kraftig nok til å avgi en signatur (Kelvin wake) i et SAR bilde. De krappe bølgene er oftest mest markante på lo siden (opp mot vinden), og er i SAR bildene gjerne lysere enn omgivelsene på siden som vinden kommer fra. I noen tilfeller blokkeres småbølgene av vindgenererte krusninger. Da blir signaturen faktisk mørkere enn omgivelsene, eller det kan være både en lys og en mørk stripe som er parallelle.

Under svake vindforhold kan skipets bevegelse generere nok småbølger på Bragg-bølgelengden som ikke blir dempet ut av andre bølgefenomener. Disse vil generere smale v-formede signaturer bak fartøyet. Åpningsvinkelen, α , mellom de to ”armene” er proporsjonal med skipets hastighet, og kan brukes til å estimere denne:

$$\alpha = 2 \tan \left[C_g \frac{\sin \gamma}{V_{ship}} \right]^{-1} \quad (2.1)$$

hvor C_g er gruppehastigheten til Braggbølgene, γ er vinkelen mellom skipets bevegelsesretning og radarens pekeretning, og V_{ship} er fartøyets hastighet.

Hekkbølger beveger seg med samme fart og retning som skipet som genererer dem.

Faseshastigheten til bølgene, c , kan relateres til bølgelengden λ med uttrykket:

$$c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \quad (2.2)$$

hvor g er tyngdeakselerasjonen. Et fartøy som beveger seg med 8 m/s (ca. 16 knop), vil generere bølger med lengde på 40 m, noe som krever en oppløsning i SAR bildet på 20 m eller bedre for å kunne observere dem. Dermed er det lite sannsynlig at en kan observere slike bølger med dagens radarsatellitter, men dette kan endre seg i framtiden.

Som vist ovenfor, kan skipshastigheter estimeres ved måling av åpningsvinkelen i smale v-formede kjølvannsstriper, kombinert med kjennskap til avbildningsgeometrien. I tillegg vil et fartøy med en hastighetskomponent langs radarens pekeretning, forflyttes langs asimutretningen i SAR bildet på grunn av endring i Dopplerskift i forhold til bakgrunnen. Størrelsen på skipets forflytning fra starten på kjølvannstripen er:

$$\Delta x = \frac{V_{ship}}{V_{SAR}} R \cos \gamma \quad (2.3)$$

hvor V_{ship} er skipets hastighet, V_{SAR} er satellittens hastighet, R er avstanden mellom radaren og fartøyet, og γ er vinkelen mellom skipets bevegelsesretning og radarens pekeretning.

Asimutforflytningen kan estimeres selv om kun en av armene i et kjølvann er synlig eller i forhold til en mørk turbulent signatur.

Kjølvann er forøvrig blitt observert i langt flere ERS-1 (se Tabell 2.1) og ERS-2 bilder enn i RADARSAT-1 bilder. Det kan være flere årsaker, deriblant oppløsning, polarisasjon og avbildningsgeometri. Vi har foretatt dataopptak med RADARSAT-1 i ScanSAR Narror Far modus langt oftere enn med standard modus (der S2 strålen er mest lik ERS SAR geometrien). Oppløsningen er dårligere i ScanSAR moden, samtidig som innfallsvinkelen er større. For større vinkler vil såkalt tiltmodulasjon fra bølger i kjølvannet være mindre sammenliknet med mindre innfallsvinkler.

| Signaturtype | Antall observasjoner | Typisk lengde | Maks Lengde |
|---|----------------------|---------------|-------------|
| 22 bilder med full oppløsning | | | |
| Turbulensstriper | 94 | 2.7 km | 20 km |
| Kelvin | 28 | 1.5 km | 4.3 km |
| Smale v-sign | 1 | 1.1 km | 1.1 km |
| 25 bilder med lav oppløsning (LRI produkter) | | | |
| Turbulensstriper | 47 | 3.3 km | 10 km |
| Kelvin | 10 | 1.4 km | 5.1 km |

Tabell 2.1 Statistikk for kjølvannsstriper detektert i ERS-1 bilder

2.2 Kanadiske resultater med RADARSAT-1

Canada Centre for Remote Sensing og Defence Research and Development Canada (tidligere Defence Research Establishment Ottawa) arbeidet for 8-10 år siden med å evaluere muligheter for skipsdeteksjon med RADARSAT-1, samt hvilke moder (se Tabell 2-2) som kunne brukes til denne anvendelsen.

I (18) presenterte Paris Vachon grunnlaget for en automatisk deteksjonsalgoritme, basert på K-fordelingen. Tilpasningen av parameterne i denne ble brukt til å etablere terskelverdier for skipsdeteksjon med en såkalt konstant falsk alarm rate. Dette ble grunnlaget for utvikling av en automatisk detektor i verktøyet Ocean Monitoring Workstation (OMW). Kanadierne brukte ganske mye ressurser på å validere resultatene til denne, som oppsummert i Tabell 2-3.

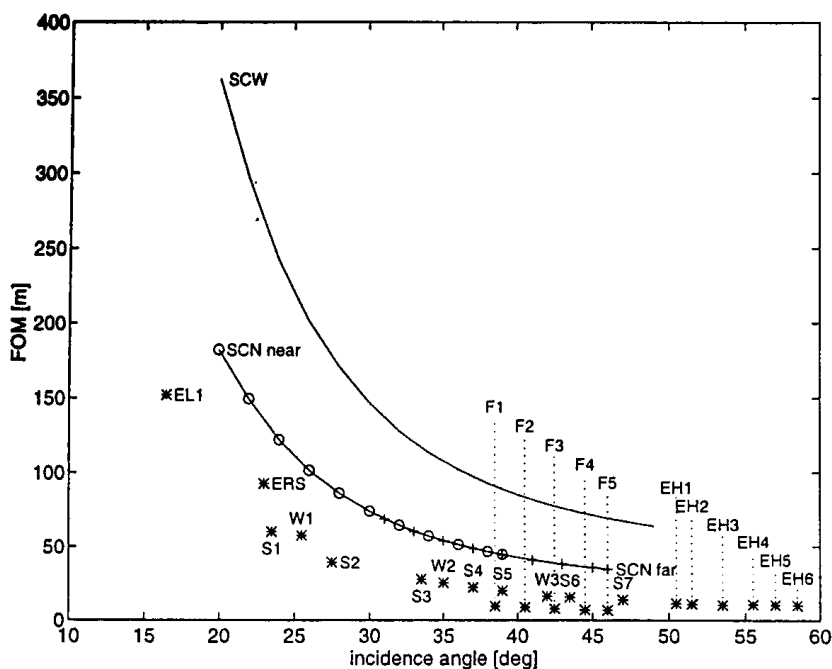
Vachon et al. (20) fortsatte videre med bruk av K-fordelingen for å estimere minste detekterbare fartøy for forskjellige RADARSAT-1 moder. Resultatene av dette er illustrert i Figur 2-4.

| Mode | Nominal Resolution (m) | No. of Positions / Beams | Swath Width (km) | Incidence Angles (degrees) |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|
| Fine | 8 | 15 | 45 | 37 - 47 |
| Standard | 30 | 7 | 100 | 20 - 49 |
| Wide | 30 | 3 | 150 | 20 - 45 |
| ScanSAR Narrow | 50 | 2 | 300 | 20 - 49 |
| ScanSAR Wide | 100 | 2 | 500 | 20 - 49 |
| Extended High | 18 - 27 | 3 | 75 | 52 - 58 |
| Extended Low | 30 | 1 | 170 | 10 - 22 |

Tabell 2-2 Oversikt over RADARSAT-1 moder.

| Beam Mode | Images | Validated-Positives | Negatives | Detection Rate |
|---------------------------------------|--------|---------------------|-----------|----------------|
| Overall | 27 | 174 | 34 | 84% |
| Least Favorable (S1-3, W1, W2) | 13 | 95 | 28 | 77% |
| ScanSAR Narrow Far | 2 | 17 | 4 | 81% |
| Recommended (F1-5, S4-7, W3) | 12 | 62 | 2 | 97% |

Tabell 2-3 Oversikt over validerte deteksjonsrater for forskjellige RADARSAT-1 moder (19).

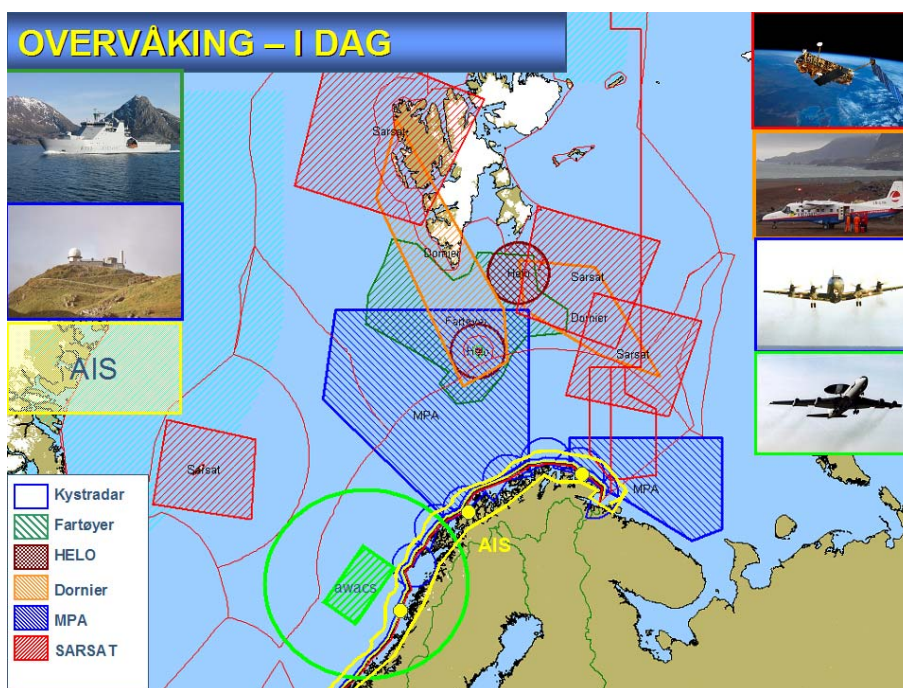


Figur 2-4 Estimat for minste detekterbare fartøy for forskjellige RADARSAT-1 stråler og moder (20).

2.3 Bruk av RADARSAT-1 i Forsvaret

Forsvaret bruker i dag RADARSAT-1 data operativt som støtte til fiskerioppsyn og overvåking av skipstrafikk i nordområdene. Kystvakten melder inn sine behov for støtte til Landsdelskommando Nord-Norge (LDKN), som sammen med Forsvarets Tolkningscenter utarbeider plan for opptak over en 2-ukers periode av gangen. Figur 2-5 viser områdene der radarsatellitbilder brukes mest. Tabell 2-4 viser en oversikt som Forsvarets Tokningscenter bruker til å estimere minste detekterbare fartøy ut ifra dominerende vindforhold i bildet. Verdiene kan brukes som veiledning ved evaluering av pålitelighet av observasjonene i hvert SAR bilde.

Bildene som tas med satellitten leses ned i Tromsø, for overføring til Forsvarets Tolkningscenter. Der utarbeider operatørene rapporter som oversendes LDKN og resten av Forsvaret i form av meldinger som kan leses direkte inn i de operative kommando- og kontrollsystemene til Forsvaret. Før endelig bruk i operasjonsrommet, sammenfattes disse rapportene med annen informasjon fra AIS, kystradar samt andre rapporter, slik at mest mulig informasjon kan sammenfattes om hvert fartøy som detekteres. Deretter kan det avgjøres om noen av fartøyene bør inspiseres nærmere.



Figur 2-5 Kart med oversikt over bruk av radarsatellittbilder og andre ressurser til overvåking i nordområdene.

| ScanSAR Narrow Near | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Vindstyrke | Innerst (W1) | Ytterst (W2) | |
| 4 m/s langs banen | 2500 m ² / 84 m | 140 m ² / 25 m | |
| 4 m/s på tvers | 3530 m ² / 98 m | 316 m ² / 35 m | |
| 10 m/s langs banen | 4445 m ² / 108 m | 396 m ² / 38 m | |
| 10 m/s på tvers | 8870 m ² / 145 m | 1116 m ² / 59 m | |
| ScanSAR Narrow Far | | | |
| Vindstyrke | Innerst (W2) | Midten (S5) | Ytterst (S6) |
| 4 m/s langs banen | 140 m ² / 25 m | 100 m ² / 21 m | 100 m ² / 21 m |
| 4 m/s på tvers | 316 m ² / 35 | 141 m ² / 25 m | 100 m ² / 21 m |
| 10 m/s langs banen | 396 m ² / 38 m | 169 m ² / 26 m | 100 m ² / 21 m |
| 10 m/s på tvers | 1116 m ² / 59 m | 628 m ² / 46 m | 353 m ² / 36 m |
| 20 m/s langs banen | 790 m ² / 51 m | 425 m ² / 39 m | 199 m ² / 28 m |
| 20 m/s på tvers | 2500 m ² / 84 m | 1406 m ² / 65 m | 790 m ² / 51 m |

Tabell 2-4 Minste detekterbare radartverrsnitt og tilsvarende skipslengde for RADARSAT ScanSAR Narrow.

2.4 ENVISAT moder

Wide Swath modusen opererer i ScanSAR modus. Den har en total sporbredde på ca. 405 km som oppnås ved å veksle mellom fem radarstråler. Oppløsningen er 150 m og modusen vil dekke innfallsvinklene fra 17° til 43°.

Nominelle parametre for ENVISAT AP (Alternating Polarisation) subsporene er gitt i Tabell 2-5. Det er å forvente at det er mulig å detektere mindre båter i krysspolarisering ved bratte innfallsvinkler IS1 (18.95 midt i sporet) og IS2 (22.95 midt i sporet) enn det har vært mulig å gjøre før ved hjelp av kopolarisering ved disse bratte innfallsvinklene. Men det kan også hende at noen av de minste båtene blir borte pga at tilbakespredningstverrsnittet går under støygulvet.

| Subspor | S_{sub} [km] | L_a^c | L_r^d | θ [°] | ρ_a [m] | ρ_r [m] |
|---------|----------------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|
| IS1 | 105 | 2 | 1 | 18.95 | 26.2 | 29.3 |
| IS2 | 105 | 2 | 1 | 22.95 | 26.0 | 24.4 |
| IS3 | 82 | 2 | 1 | 28.70 | 26.4 | 24.9 |
| IS4 | 88 | 2 | 1 | 33.65 | 26.0 | 25.3 |
| IS5 | 64 | 2 | 1 | 37.60 | 26.6 | 26.0 |
| IS6 | 70 | 2 | 1 | 40.95 | 26.2 | 26.1 |
| IS7 | 56 | 2 | 1 | 43.85 | 26.7 | 26.6 |

Tabell 2-5 Nominelle parametre for subspor IS1 til IS7 for ENVISAT AP modusen (6).

Parametrene i tabellen er:

S_{sub} : Subsporet til satellitten varierer som følge av at høyden på satellitten varierer. Verdier for høyeste banehøyde, som vil si smalest subspor er tatt med.

L_a^c : Antall look i asimut

L_r^d : Antall look i range

θ : Innfallsvinkel

ρ_a : Oppløsning i asimut retning

ρ_r : Oppløsning i range retning

2.5 Prediksjoner for ENVISAT

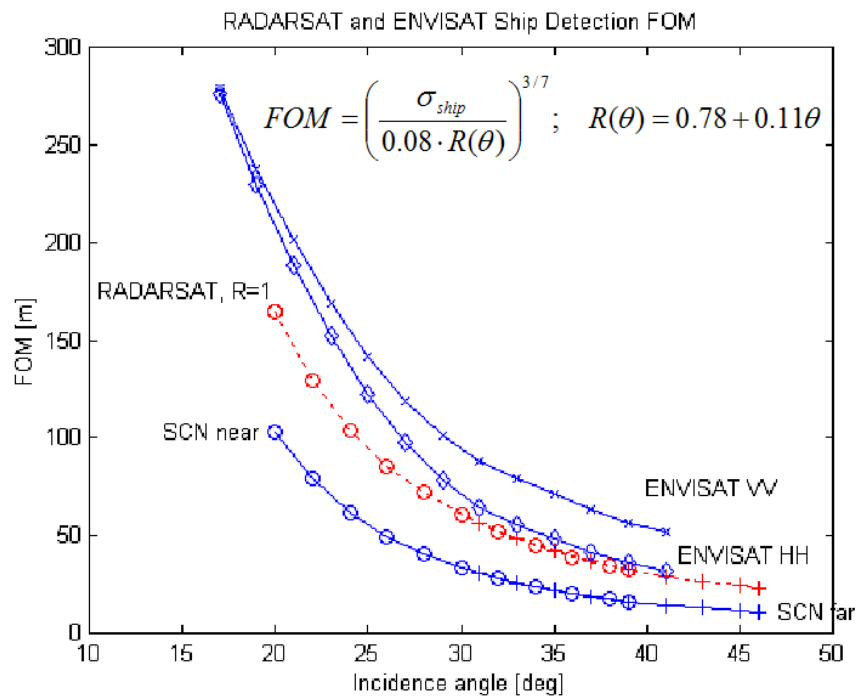
Spesifikasjonene for ENVISATs ASAR moder er gitt i Tabell 2-6. I utgangspunktet er disse noe skuffende for skipsdeteksjon, i hvert fall i åpent hav der en helst vil bruke modiene som gir størst mulig arealdekning. Ved sammenlikning av oppløsning i RADARSAT-1 ScanSAR og ENVISAT Wide Mode, ser en at ENVISATs oppløsning er dårligere enn alle RADARSAT-1 ScanSAR variantene. Dette betyr at minste detekterbar fartøystørrelse er større for ENVISAT enn for RADARSAT-1, og sånn sett er ENVISAT et tilbakeskritt. Dette ble kvantifisert i (9), og vi gjengir resultatene nedenfor i Tabell 2-7 og Figur 2-6.

| Modus | Spor | Polarisering | Romlig Oppløsning | Spor-bredde | Innfalls-vinkel |
|--------------------------------------|--|---------------------|-------------------|-------------|-----------------|
| Image Mode | IS1, IS2, IS3, IS4, IS5, IS6 eller IS7 | HH eller VV | 30 m | 56-105 | 15-45 |
| Alternating Polarisation Mode | Som for Image Mode | HH+VV, HH+HV, VV+VH | 30 m | 56-105 | 15-45 |
| Wide Swath Mode | SS1+SS2+ SS3+SS4+ SS5 | HH eller VV | 150 m | 405 | 17-42 |
| Global Monitoring | Som for Wide Swath Mode | HH eller VV | 1 km | 405 | 17-42 |
| Wave Mode | Som for Image Mode | HH eller VV | 100 km | 5 | 15-45 |

Tabell 2-6 Oversikt over ENVISAT ASAR moder.

| | 5 m/s | 10 m/s | 20 m/s |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Upwind/Crosswind min. ship length [m] VV-pol. | | | |
| IS1 | 74 / 65 | 88 / 79 | 124 / 90 |
| IS4 | 17 / 13 | 25 / 17 | 44 / 28 |
| IS7 | 10 / 7 | 16 / 9 | 30 / 19 |
| SS1 | 174 / 152 | 215 / 186 | 306 / 220 |
| SS5 | 36 / 26 | 59 / 35 | 109 / 68 |
| Upwind/Crosswind min. ship length [m] HH-pol. | | | |
| IS1 | 70 / 62 | 87 / 77 | 122 / 89 |
| IS4 | 12 / 10 | 18 / 12 | 29 / 19 |
| IS7 | 7 / 7 | 9 / 7 | 17 / 11 |
| SS1 | 162 / 141 | 204 / 176 | 291 / 210 |
| SS5 | 23 / 16 | 36 / 22 | 65 / 40 |

Tabell 2-7 Minste detekterbare skip med ENVISAT ved bruk av VV-polarisering.



Figur 2-6 Minste detekterbare skip med ENVISAT og RADARSAT for kopolariserte kanaler.

3 NYE RESULTATER MED ENVISAT

I motsetning til Wide Swath Mode, representerer ENVISATs Alternating Polarisation (AP) Mode en mulighet for forbedret skipsdeteksjonsevne i forhold til RADARSAT-1. Dette gjelder vel å merke hvis behov for arealdekning kan oppfylles med mye mindre bilder (mindre enn $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$).

I AP modusen har en mulighet for å avbilde jordoverflaten med to kanaler, der polarisering i radarstrålingen er forskjellig i hver kanal. En kan velge mellom å sende med horisontal- eller vertikalpolarisert stråling, og likeledes velge om en vil motta med horisontal- eller vertikalpolarisert stråling. Kombinasjonene angis med bokstavsforkortelser, for eksempel HV, der første bokstav angir utsendt polarisasjon (i dette tilfellet horisontal), og andre bokstav angir polarisering for mottatt stråling (i dette tilfellet vertikal). HH og VV benevnes også kopolarisert avbildning, mens VH og HV benevnes som krysspolarisert avbildning. I AP modusen kan en velge kombinasjoner i de to kanalene med VV/VH, HH/HV eller VV/HH.

For å få krysspolarisert refleksjon, må en enten ha refleksjon fra kompliserte objekter som medfører flere refleksjoner før radarsignalet finner veien tilbake til antennen, eller så må overflaten ha betydelig krumning. Den første mekanismen skjer ikke på havoverflaten, mens den siste effekten er meget svak. Derfor er havet nesten helt mørk i krysspolariserte bilder, uansett vindstyrke og sjøtilstand.

Faktumet at havet er nesten uten krysspolarisert refleksjon gir en mulighet for svært mye større kontrast mellom skip og hav i krysspolariserte bilder enn i tilsvarende kopolariserte bilder. Usikkerheten dreier seg mest om hvordan fartøyers radarsignatur ender seg fra kopolarisert til krysspolarisert avbildning. Dette er det ikke noe entydig svar på, og vil avhenge av skipets utforming (overbygning, dekkutrusting med mer). Dette er derfor et interessant forskningstema, og kan ikke minst være av interesse for operativ bruk av RADARSAT-2, som vil ha mulighet for ScanSAR avbildning med flere polariseringer (se kapittel 4.2).

FFI har sett på betydning av polarisering for evne til å detektere skip. Dette er delvis gjort ved interne prosjekter og delvis i regi av SATHAV. Noe av bildematerialet er også anskaffet gjennom ESA Announcement of Opportunity (AO) prosjekt 411.

I de følgende avsnittene ser vi først på estimat av datakvalitet for ENVISAT data, og konsekvenser for skipsdeteksjonsevne, etterfulgt av resultater fra faktiske målinger på åpent hav, nær kysten og i Oslofjorden.

3.1 ENVISAT datakvalitet og konsekvenser for estimering av ENVISATs skipsdeteksjonsevne

Siden ENVISAT ASAR data ble tilgjengelig er det gjort et stort arbeid på etterkontroll av ytelsen til instrumentet i forhold til opprinnelige spesifikasjoner og prediksjoner. ESA presenterte resultater av sitt arbeid på to workshops i 2002, samt på ENVISAT konferansen i Salzburg i september 2004. Tabell 3-1 viser en sammenlikning av spesifikasjonen og observerte verdier for, blant annet, romlig oppløsning i ESAs produkter. Tabell 3-2 og Tabell 3-3 viser noen tilsvarende resultater for utvalgte produkter fra KSAT. Stort sett er resultatene i overensstemmelse med (eller bedre enn) spesifikasjonen.

Minst like interessant i forbindelse med skipsdeteksjon er resultatene i Figur 3-1 og Figur 3-2, som viser at det observerte støygulvet er lavere enn predikert.

Begge disse resultatene tilsier at ENVISATs faktiske evne til å detektere skip er bedre enn predikert før oppskyting.

| BEAM | | slant range resolution [m] | azimuth resolution [m] | PSLR [dB] | ISLR [dB] | SSLR [dB] |
|------|-------------|----------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| IS1 | mean | 9.49 | 5.53 | -19.12 | -14.31 | -28.46 |
| | stdev | 0.04 | 0.01 | 0.22 | 0.31 | 0.43 |
| | requirement | 10.14 | 5.34 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS2 | mean | 9.43 | 5.62 | -19.27 | -14.36 | -28.08 |
| | stdev | 0.05 | 0.03 | 0.29 | 0.27 | 0.43 |
| | requirement | 10.14 | 5.44 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS3 | mean | 11.98 | 4.72 | -19.17 | -14.16 | -27.98 |
| | stdev | 0.02 | 0.01 | 0.18 | 0.39 | 0.27 |
| | requirement | 12.80 | 4.32 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS4 | mean | 13.89 | 5.52 | -19.71 | -14.38 | -27.93 |
| | stdev | 0.10 | 0.02 | 0.28 | 0.16 | 0.38 |
| | requirement | 15.03 | 5.36 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS5 | mean | 15.77 | 4.68 | -19.58 | -14.14 | -27.98 |
| | stdev | 0.14 | 0.08 | 0.28 | 0.27 | 0.25 |
| | requirement | 17.01 | 4.36 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS6 | mean | 16.87 | 5.44 | -20.17 | -14.48 | -28.28 |
| | stdev | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.08 | 0.16 |
| | requirement | 18.34 | 5.30 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |
| IS7 | mean | 18.28 | 4.76 | -19.87 | -13.94 | -27.93 |
| | stdev | 0.17 | 0.02 | 0.34 | 0.20 | 0.54 |
| | requirement | 19.74 | 4.44 | -21.2+5 | 12.4+5 | -25.00 |

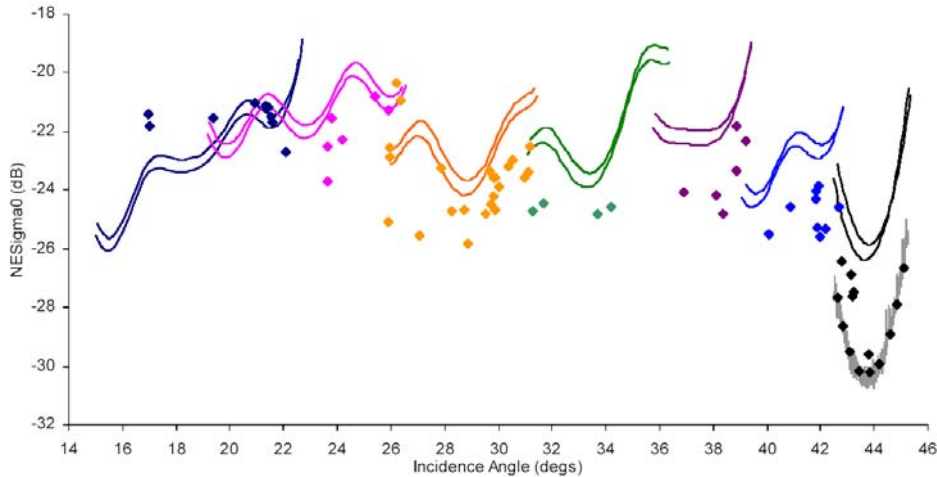
Tabell 3-1 Sammenlikning av spesifiserte og observerte kvalitetsparametere for ENVISAT ASAR. Stort sett er de faktiske tallene bedre enn spesifikasjonen (13).

| Acquisition date | Pol | Beam | Pass | File |
|------------------|-----|------|------------|-------------------|
| 28 Feb 2003 | VV | WS | Descending | ASA_WSM_1B.5.9.VV |
| 3 March 2003 | HH | IS1 | Descending | ASA_IMP_1B.5.1.HH |
| 3 March 2003 | HH | IS7 | Ascending | ASA_IMP_1B.5.2.HH |
| 10 March 2003 | VV | IS5 | Descending | ASA_APP_1B.5.6.VV |
| 10 March 2003 | VH | IS5 | Descending | ASA_APP_1B.5.6.VH |

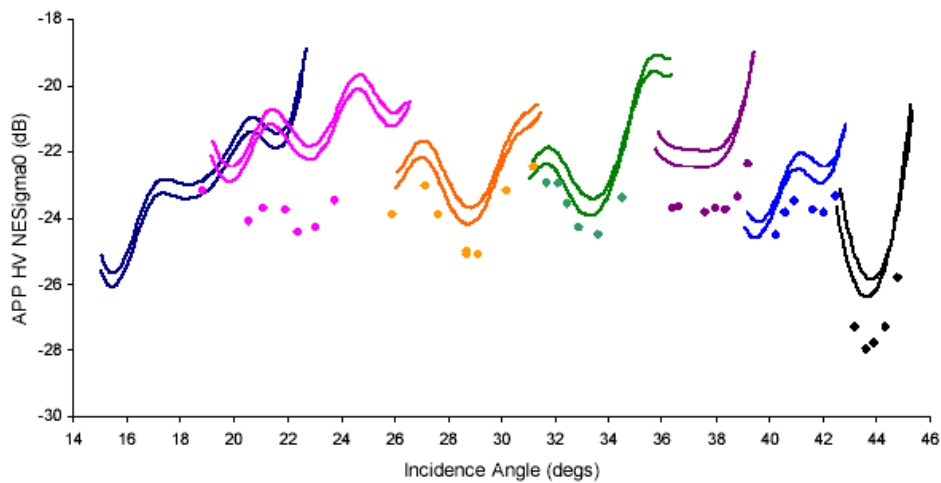
Tabell 3-2 Bilder fra KSAT som det er gjort detaljert kvalitetsanalyse på

| Product | Beam | Resolution [m] | | PSLR[dB] | |
|---------|------|----------------|---------|----------|---------|
| | | Range | Azimuth | Range | Azimuth |
| WSM_VV | WS | 115.0 | 129.5 | 20.7 | 21.7 |
| IMP_HH | IS1 | 41.7 | 35.9 | 20.3 | 19.8 |
| IMP_HH | IS7 | 20.1 | 24.7 | 26.5 | 21.8 |
| APP_VV | IS5 | 19.8 | 20.1 | 21.6 | 19.5 |
| APP_VH | IS5 | 19.8 | 20.7 | 21.7 | 16.7 |

Tabell 3-3 Resultater av kvalitetsanalyse på bilder gitt i Tabell 3-2



Figur 3-1 Predikerte (kurver) og observerte (punkter) nivåer for støygulv i ASAR Image Mode, VV-polarisering (11).



Figur 3-2 Predikerte (kurver) og observerte (punkter) nivåer for støygulv i ASAR AP Mode, VH-polarisering (12).

3.2 Systematiske undersøkelser på Norne-feltet

Ved bruk av kopolarisering, VV og HH, øker skip til sjø kontrasten (målt ved Target to Clutter Ratio – TCR) med økende innfallsvinkel, mens den minsker med økende vindhastighet og høy sjø. Dette er godt kjent fra for eksempel CMOD-algoritmen for C-bånd.

Det motsatte er tilfelle for krysspolarisert data (1). TCR er høyere for bratte innfallsvinkler (IS1-IS2) i VH eller HV enn for VV eller HH kanalene. Som en hovedregel bør TCR være 10 dB eller bedre for å være sikker på at det er mulig å detektere skip med automatiske deteksjonsmetoder (7). For høye innfallsvinkler vil et skip gi sterkest signatur i de kopolariserte kanalene.

Den største usikkerheten før denne undersøkelsen var den mulige forskjellen for radartverrsnittet for skip mellom ko- og krysspolarisering. Hvis de krysspolariserte skipssignaturene er lavere enn de kopolariserte signaturene, vil det kanskje ikke være mulig å detektere skip. Det var ikke mulig å finne noe informasjon i den åpne litteraturen om hvordan slike signaturer varierer med polarisering.

Polariseringsforholdene (VV/VH, HH/HV og VV/HH) for skip som har kjent form er undersøkt, samt hvordan disse forholdene avhenger av bildegeometrien. I tillegg er TCR for forskjellige polariseringer, bildegeometrier og sjøforhold undersøkt. Skipsdeteksjonskapasiteten forbedres ved krysspolarisering. Forbedringen er kvantifisert for krysspolarisering vs. kopolarisering, og anbefalinger for bruk av forskjellige subspor og polariseringer for maksimum dekning og deteksjonsrater er gitt. I tillegg er tilbakespredning fra et produksjonsskip i Nornefeltet undersøkt.

En rekke ENVISAT AP modus data har blitt samlet og analysert over Nornefeltet, som ligger utenfor kysten av Midt-Norge. Bilder er tatt over området med det fortoyde fartøyet Norne FPSO (Floating Processing Storage Offloading), og polariseringsforholdene er estimert. Norne FPSO er hovedproduksjonsanlegget i Nornefeltet (Figur 3-3). Skipet er 260.2 m langt, 41.0 m bredt og 25.0 m høyt. Det er festet i tolv liner, hver med lengde 1 520 m. Det kan rotere fritt rundt en midtre fortøyning slik at det alltid kan ha baugen vendt mot bølgene. Norne FPSO har displacement på 146 000 tonn. Figur 3-4 viser Norne FPSO sammen med et skyttelskip, som transporterer olje til et raffineri, samt en borerigg og et nødfartøy. Nornefeltet er av spesiell interesse fordi det er mulig å systematisk innsamle data fra det samme skipet med forskjellige ASAR subspor og polariseringer for å kunne beregne hvilke kombinasjoner av disse parametrene og sjøforhold som gir best TCR.



Figur 3-3 Illustrasjon av Nornefeltets produksjonsskip. ©Statoil



Figur 3-4 Produksjonsskipet på Nornefeltet (til venstre) sammen med et skyttelskip, som transporterer olje til et raffineri, samt en borerigg (bakerst i bildet) og et nødfartøy (lite rødt fartøy til høyre). ©Statoil

Så langt har 45 bilder med varierende polarisering blitt samlet over Nornefeltet. Tabell 3-4 viser oversikt over antall bilder over Nornefeltet i de forskjellige subsporene og hvilke polariseringskombinasjoner som er brukt.

| Nornefeltet Subspor | Polariseringskombinasjon | | | Total |
|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | VV/VH | HH/HV | VV/HH | |
| IS1 | 2 | 5 | 6 | 13 |
| IS2 | | | | |
| IS3 | 1 | | | 1 |
| IS4 | 3 | 4 | 8 | 15 |
| IS5 | | | 1 | 1 |
| IS6 | 2 | 4 | | 6 |
| IS7 | 1 | 5 | 3 | 9 |
| Total | 9 | 18 | 18 | 45 |

Tabell 3-4 Oversikt over bilder over Nornefeltet.

Undersøkelsen har hovedsakelig blitt gjort uten kalibrerte data, slik at undersøkelsen er basert på relative sammenlikninger mellom de forskjellige AP modiene. Det første som er gjort er å se på TCR som funksjon av innfallsvinkelen for både kryss- og kopolariserte data. Dette vil gi en viktig basis for å gi anbefalinger om driftsmessige prioriteringer for å maksimere mulighetene for skipsdeteksjon. For framgangsmåte av analyse av dataene henvises det til (1).

Værdata (14) fra tidspunktene vi har bilder fra er brukt til å si noe om vindstyrkens, vindretningens, bølgeretningens og maksimum bølgehøydens innvirkning på TCR-verdiene.

3.2.1 Skip til sjø kontrast (TCR)

Bratte innfallsvinkler

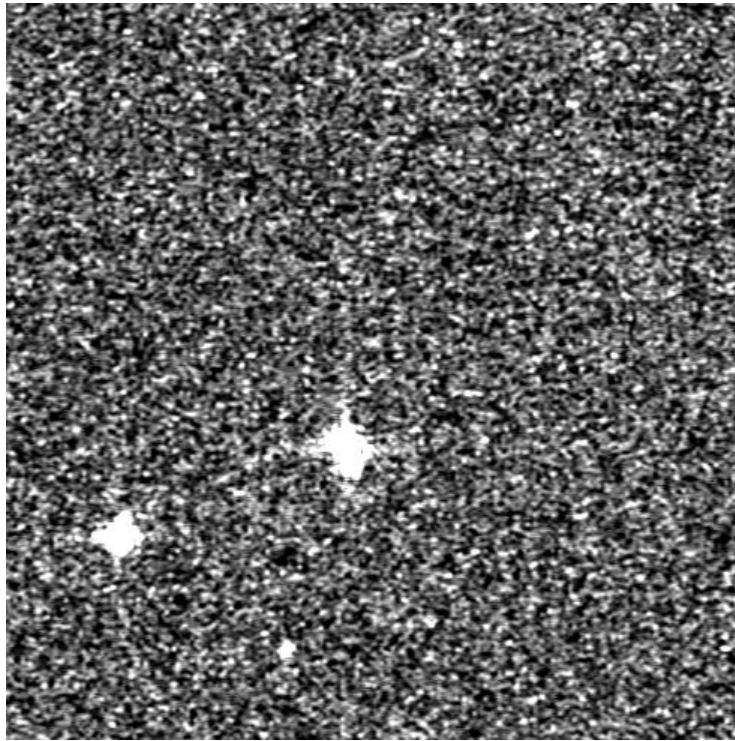
Det har vist seg at det er lettere å detektere skip i krysspolarisering enn i kopolarisering i ENVISAT ASAR AP modus ved lave innfallsvinkler. IS1 og IS2 har henholdsvis innfallsvinklene 18.95° og 22.95° (midt i subsporet). Ved bratte innfallsvinkler reflekterer havet betydelig mindre i krysspolarisering i forhold til kopolarisering. Samme reduksjon i signalstyrke for refleksjon fra skip er ikke observert. Det er derfor lettere å detektere skip på bildene ved å bruke krysspolarisering.

Figur 3-5 viser deler av bilder tatt over Nornefeltet 8. august 2003. Figuren viser at det er lettere å detektere skip ved å bruke krysspolarisering i forhold til kopolarisering ved bratte innfallsvinkler, som i IS1. Norne FPSO og boreriggen er lett synlige i HV. Det er også mulig å se nødfartøyet. I HH-kanalen er det ikke så lett å detektere hovedproduksjonsskipet og boreriggen, og nødfartøyet er ikke synlig.

Figur 3-6 viser forskjell på kryss- og kopolarisering over Nornefeltet 24. august 2003 i subspor IS1. I krysspolarisering, HV, kan en se hovedproduksjonsskipet sammen med skyttelskipet, oljeplattformen og nødfartøyet tydelig. I kopolarisering, HH, kan en se hovedproduksjonsfartøyet, og en kan skimte boreriggen. Nødfartøyet er derimot ikke synlig. Det er lettere å skille hovedproduksjonsskipet fra skyttelskipet i kopolarisering enn i krysspolarisering.

Figur 3-7 viser deler av to radarbilder fra 28. september 2003 i VV/VH polarisering. I VH-kanalen kan man tydelig se hovedproduksjonsskipet, nødfartøyet og boreriggen. I VV-kanalen kan en skimte hovedproduksjonsskipet, en kan så vidt se boreriggen siden vi vet at den er der, mens nødfartøyet ikke er synlig.

Det er vanskeligere å detektere skip og lignende (harde objekter) i VV-polarisering enn i HH-polarisering. Dette stemmer bra med teorien: Tilbakespredning fra havet er lavere for HH-polarisering enn for VV-polarisering.

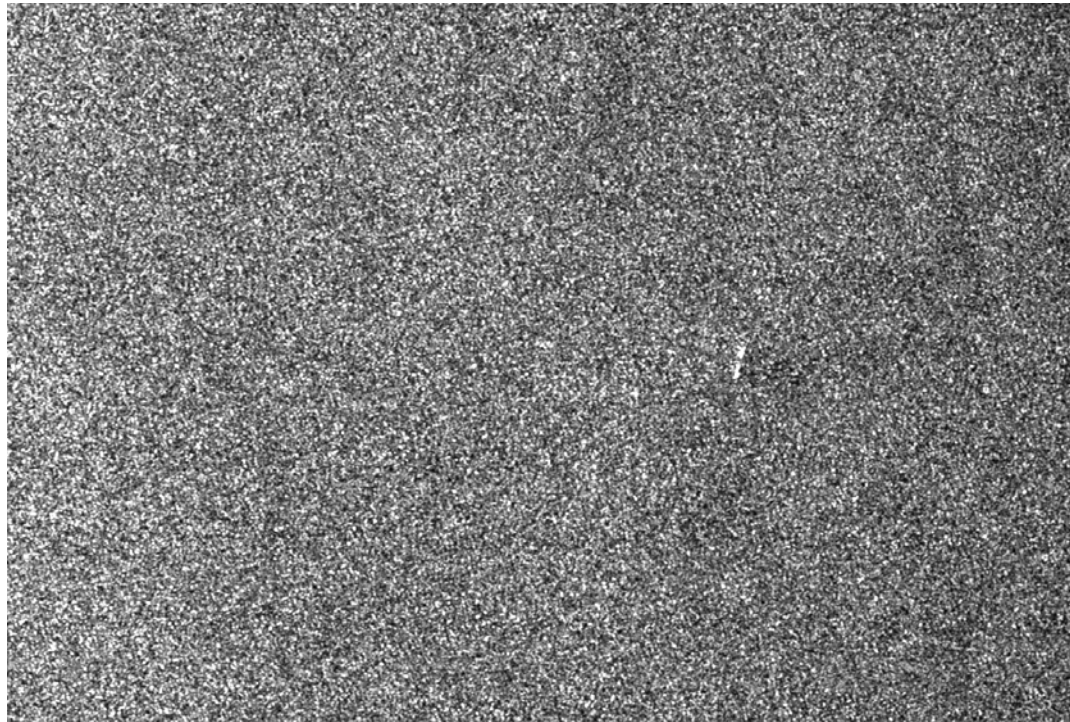
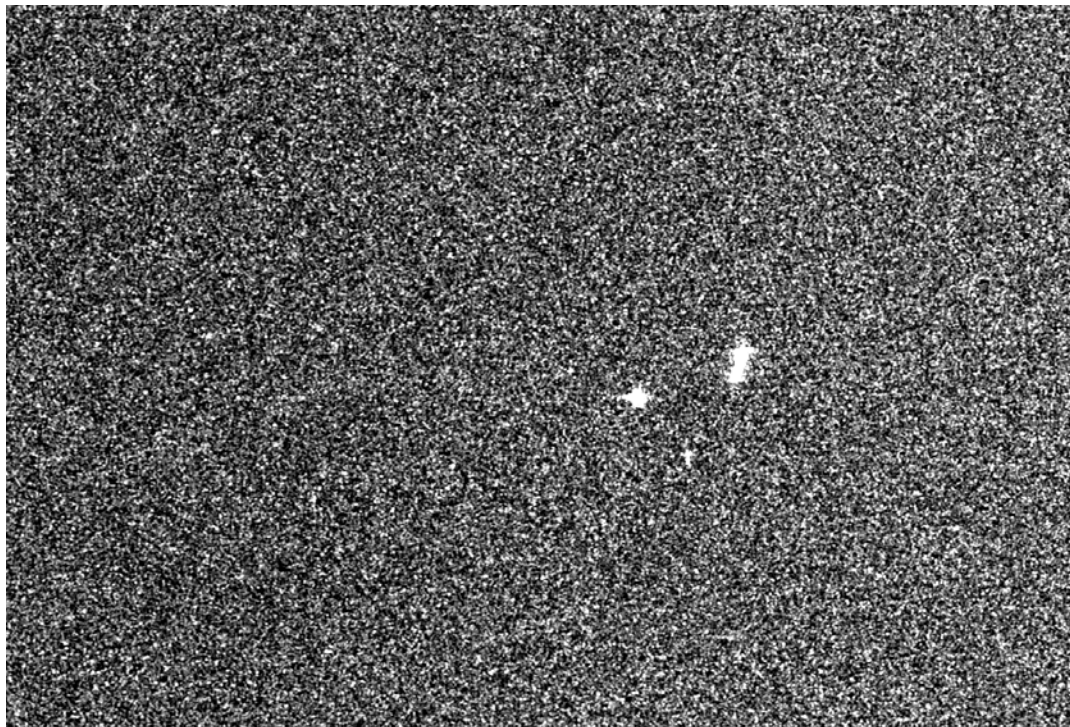


HV



HH

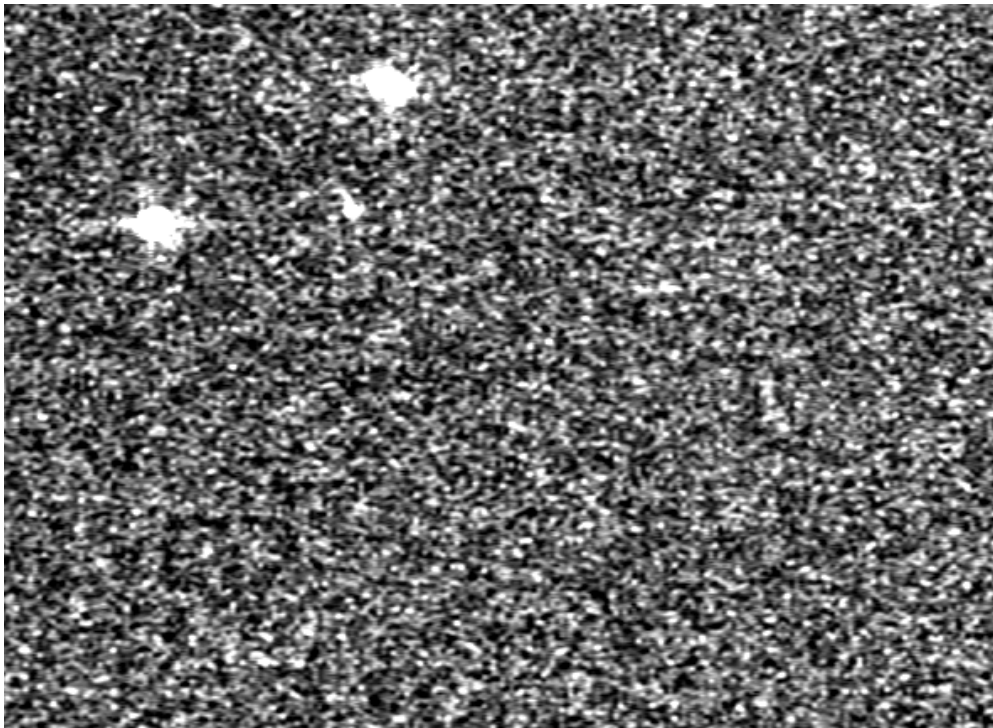
Figur 3-5 Utsnitt av radarbilder over Nornefeltet 8. august 2003 i AP modus i subspor IS1. Det øverste bildet er krysspolarisering, HV, mens det nederste bildet er kopolarisering, HH. Ved bruk av krysspolarisering er skipene mer tydelige.

*HH**HV*

Figur 3-6 Utsnitt av radarbilder over Nornefeltet 24. august 2003 i AP modus i subspor IS1. Det øverste bildet er kopolarisering, HH, mens det nederste bildet er krysspolarisering, HV. Ved bruk av krysspolarisering er skipene mer tydelige.



VV



VH

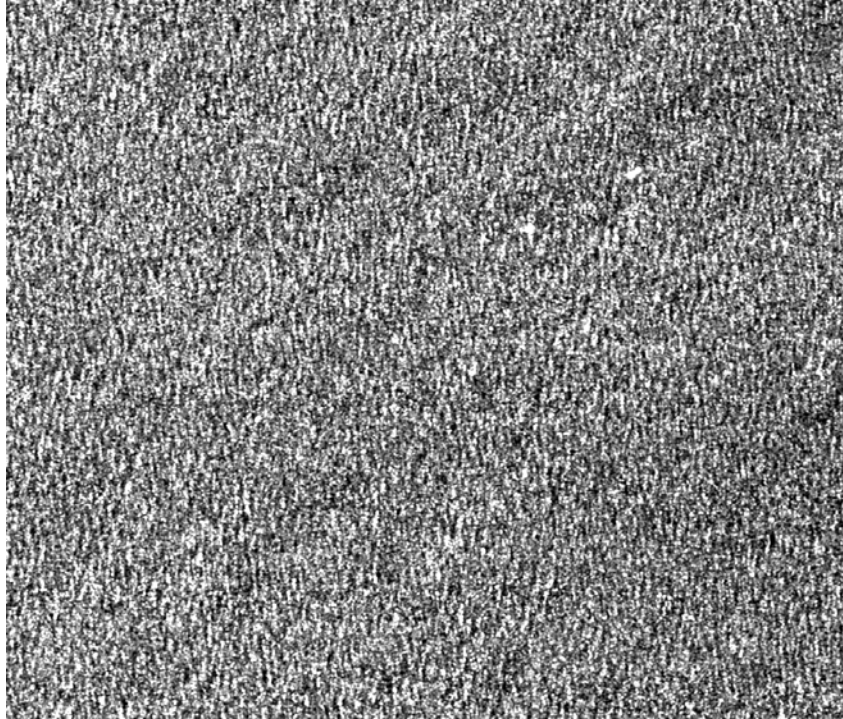
Figur 3-7 Utsnitt av radarbilder over Nornefeltet 28. september 2003 i AP modus i subspor ISI. Det øverste bildet er kopolarisering, VV, mens det nederste bildet er krysspolarisering, VH. Det er vanskelig å detektere skip i bildet med kopolarisering.

Medium innfallsvinkler

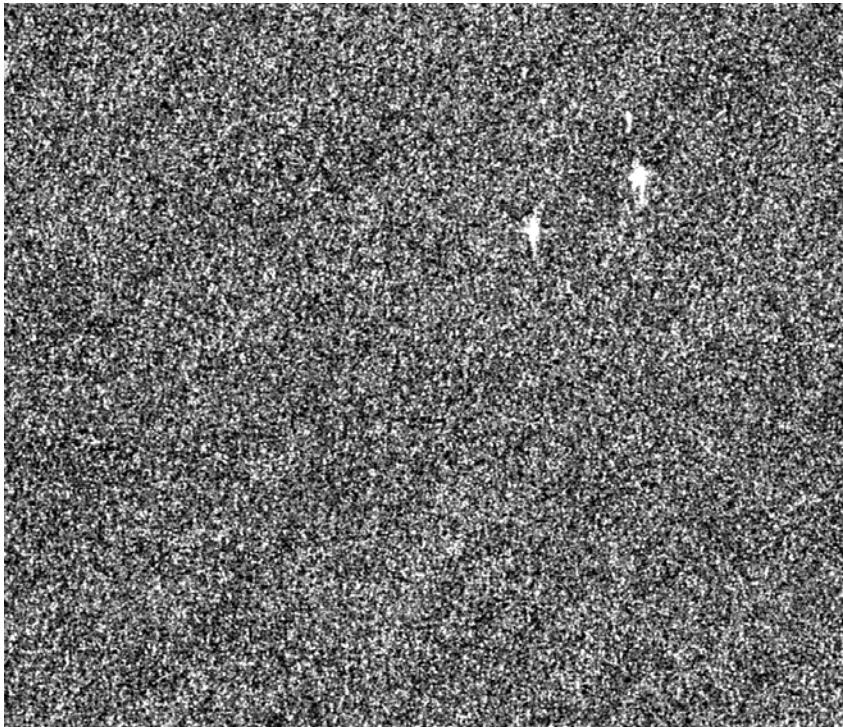
Det har vært vanskelig å beregne på forhånd hvilken kanal som egner seg best for skipsdeteksjon ved medium innfallsvinkler i ENVISAT ASAR AP modus. IS4 har innfallsvinkel på 33.65° midt i subsporet.

Figur 3-8 viser utsnitt av to bilder over Nornefeltet 21. september 2003 i subspor IS4. Skipene er plassert til venstre i radarbildet. Hovedproduksjonsskipet Norne FPSO og boreriggen er synlige i begge bildene, mens nødfartøyet bare er synlig i bildet med krysspolarisering. Hvis en studerer hele bildet (ikke vist her), er det mye lettere å detektere skipet i bildet med krysspolarisering.

Figur 3-9 viser bilder over Nornefeltet 10. september 2003 i subspor IS4. Innfallsvinkelen er medium, og fartøyene er klart synlig i begge bildene, i hvert fall i midten av bildet. Nærmere kantene av bildet (near- and far-range), er kontrasten mellom sjø og skipet mindre pga dårligere signal til støy forhold i radarsignalene. Termisk støy fra radaren i høyre og venstre kant er klarere synlig i krysspolarisering, VH. Vi ser at de oseanografiske fenomenene er mer synlige i bildet med kopolarisering, VV, enn i bildet med krysspolarisering. Det er noe overraskende at oseanografiske strukturer er synlige i krysspolarisert bildet.

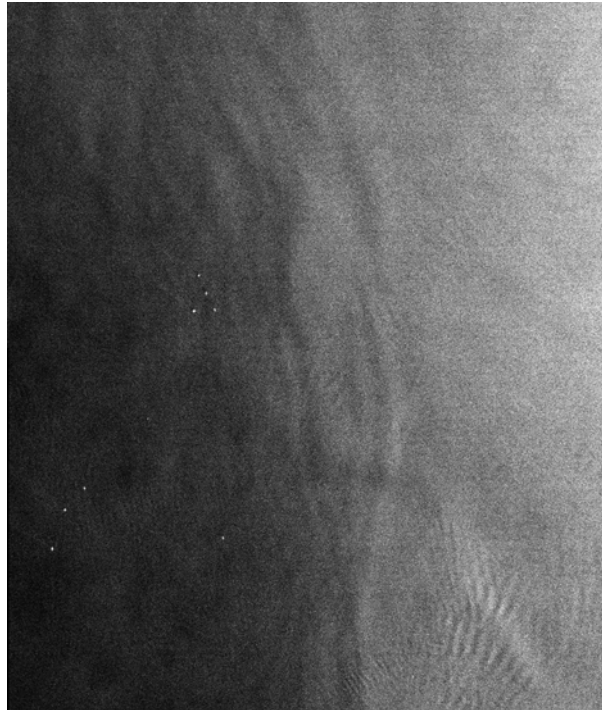


VV

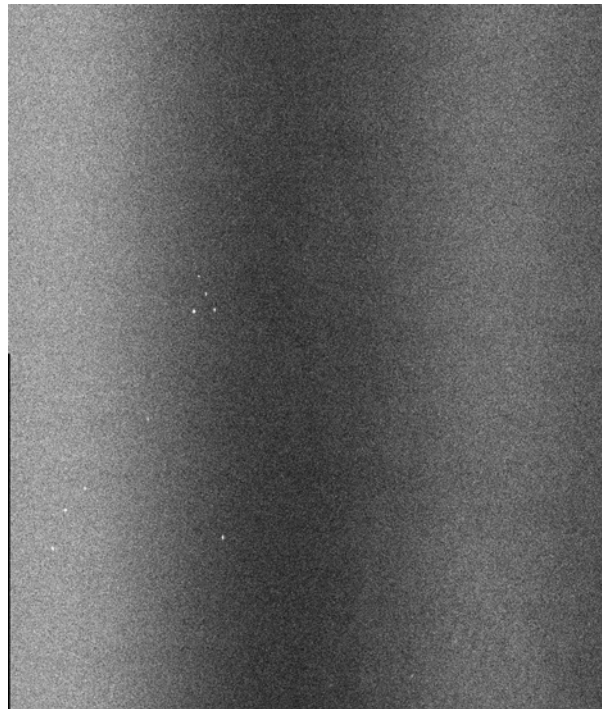


VH

Figur 3-8 Utsnitt av radarbilder over Nornefeltet 21. september 2003 i AP modus i subspor IS4. Det øverste bildet er kopolarisering, VV, mens det nederste bildet er krysspolarisering, VH. Det er mulig å detektere Norne FPSO og boreriggen i begge bildene.



VV



VH

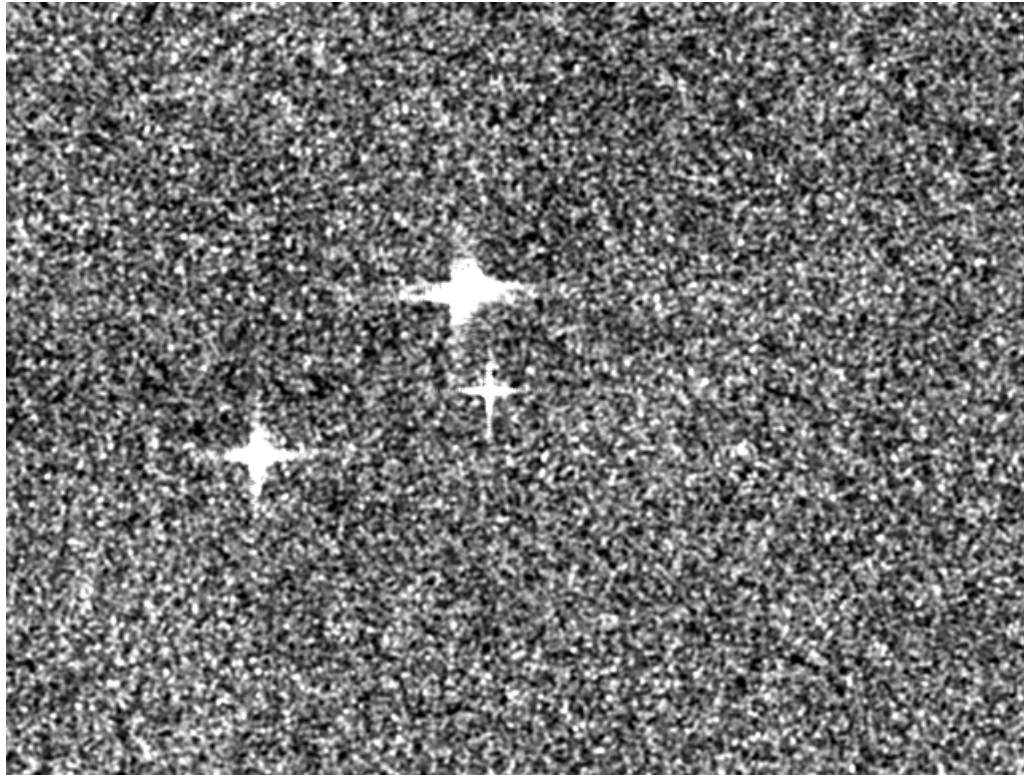
Figur 3-9 Nornefeltet 10. september 2003 i AP modus i subspor IS4. Det øverste bildet er kopolarisering, VV, mens det nederste bildet er krysspolarisasjon, VH. Skipene er synlige i begge bildene. En kan se mer oseanografiske fenomener i bildet med kopolarisering.

Høye innfallsvinkler:

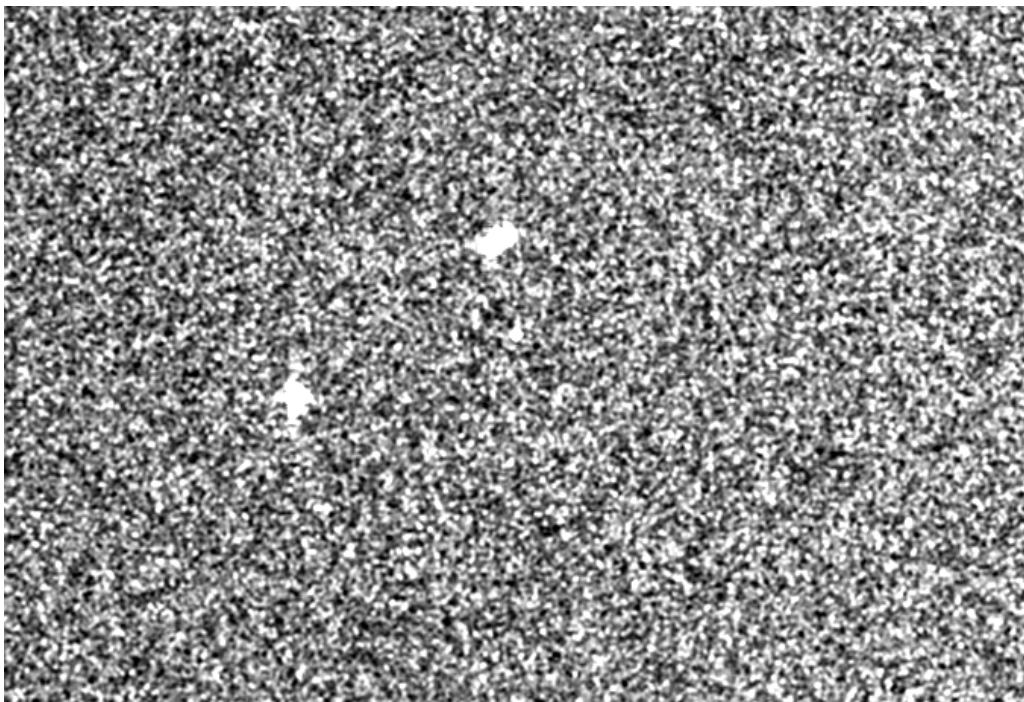
Target to Clutter Ratio (TCR) verdiene øker med økende innfallsvinkel ved bruk av kopolarisering. For høye innfallsvinkler vil et skip gi sterk refleksjon i kopolariseringskanalene, sammenliknet med havoverflaten, slik at det er forholdsvis enkelt å detektere skip over en viss størrelse. IS7 har innfallsvinkel på 43.85° midt i subsporet. Ut ifra tidligere beregninger har en estimert at det motsatte er tilfelle for krysspolarisering, slik at en vil forvente at TCR-verdiene minker med økende innfallsvinkler. Det er forventet at det vil være vanskeligere å detektere skip ved bruk av krysspolarisering ved høye innfallsvinkler.

Figur 3-10 viser deler av radarbilder tatt over Nornefeltet 30. september 2003 i subspor IS6. Figuren viser at det er mulig å detektere skip både i ko- og krysspolariseringskanalene. Norne FPSO og boreriggen er lett synlige i begge kanalene, mens det er litt vanskeligere å detektere nødfartøyet i kanalen med krysspolarisering. Det er tydelig utsmøring av skipene ved bruk av kopolarisering (HH).

Figur 3-11 viser deler av radarbilder tatt over Nornefeltet 29. august 2004 i subspor IS7. Det er like lett å detektere Norne FPSO i begge kanalene. Det er mer utsmøring i kopolariseringskanalen. Det samme er tilfellet 25. oktober 2004. Norne FPSO er nederst i bildene. Det er også her like lett å detektere skipene i begge kanalene.

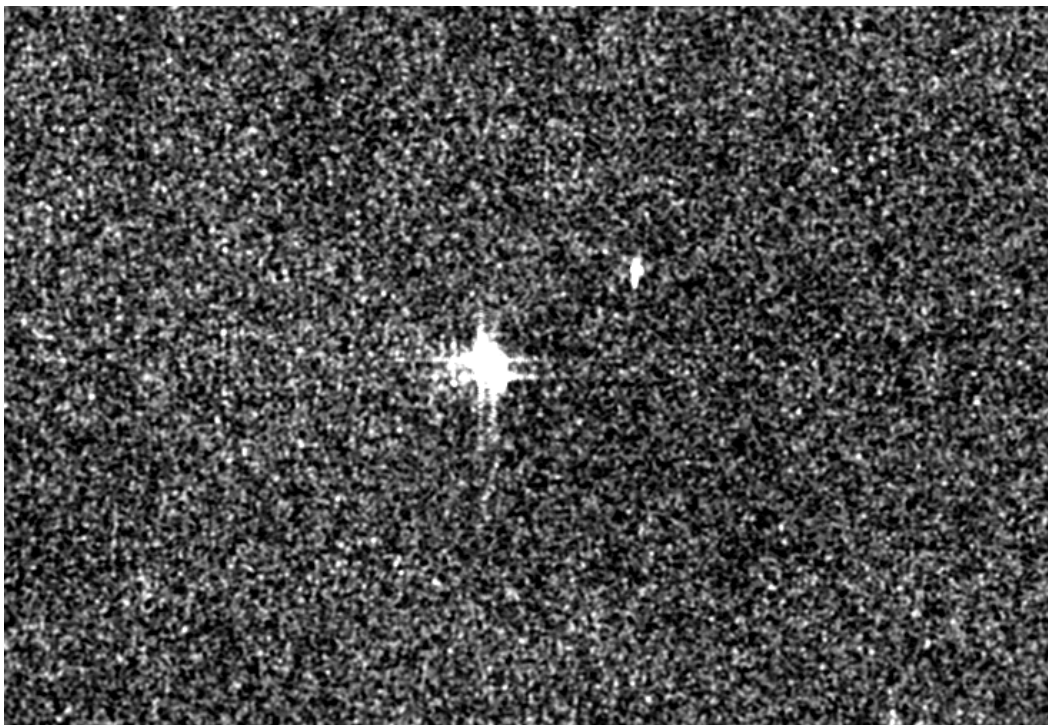


HH

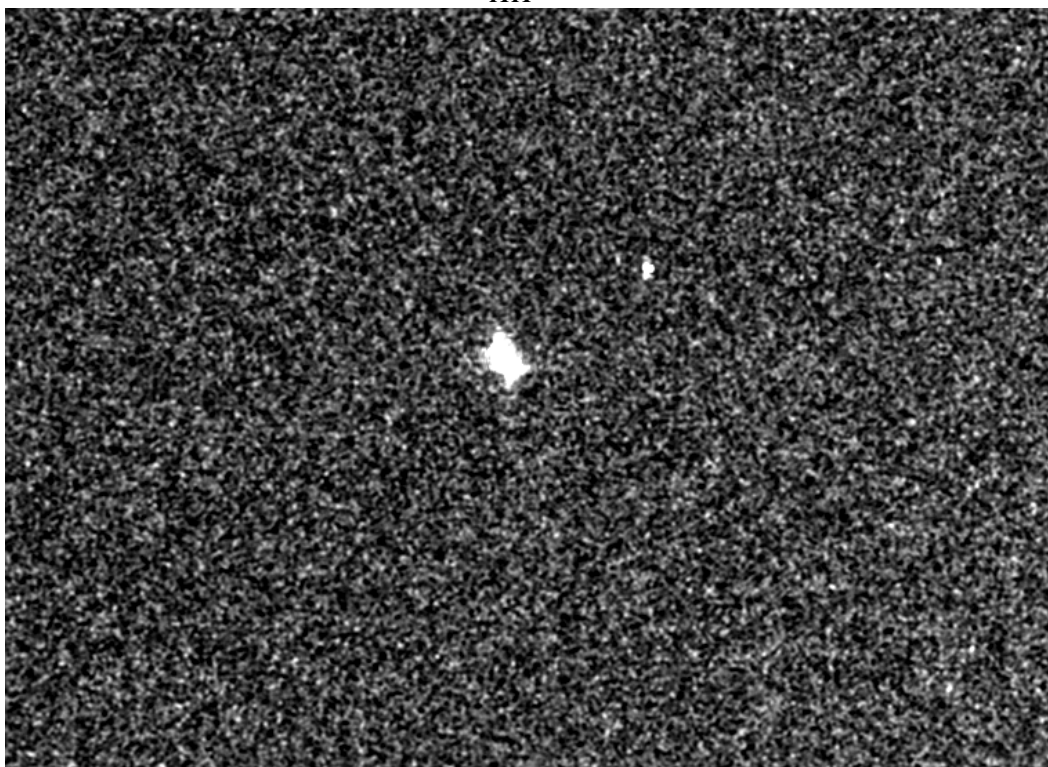


HV

Figur 3-10 Utsnit av radarbildet over Nornefeltet 30. september 2003 i AP modus i subspor IS6. Det øverste bildet er kopolarisering, HH, mens det nederste bildet er krysspolarisasjon, HV. Skipene er synlige i begge bildene.

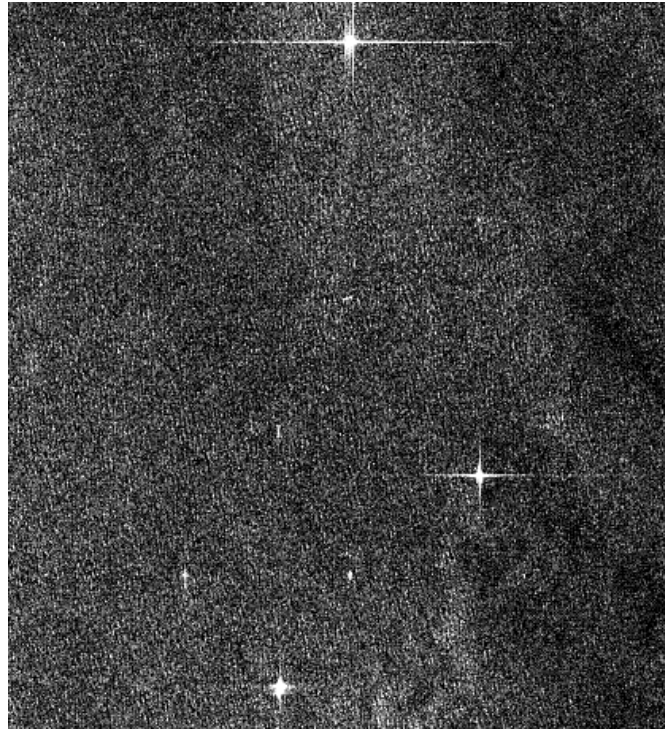


HH

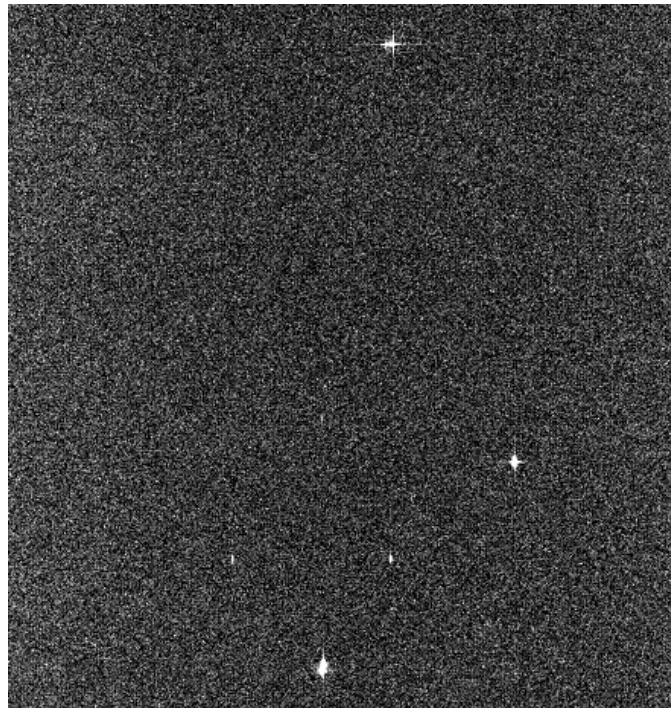


HV

Figur 3-11 Utsnitt av radarbilde over Nornefeltet 29. august 2004 i AP modus i subspor IS7. Det øverste bildet er kopolarisering, HH, mens det nederste bildet er krysspolarisasjon, HV. Skipene er synlige i begge bildene. Det er mer utsmøring i radarbildet med kopolarisering.



HH



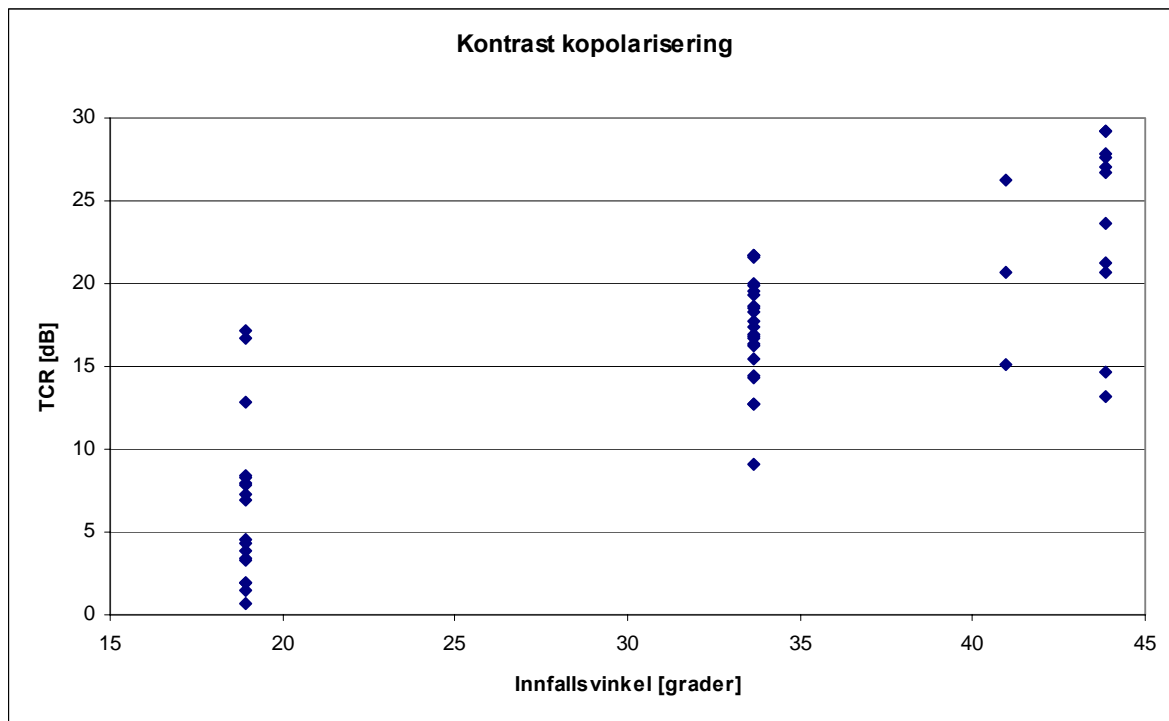
HV

Figur 3-12 Utsnitt av radarbilde over Nornefeltet 25. oktober 2004 i AP modus i subspor IS7. Det øverste bildet er kopolarisering, HH, mens det nederste bildet er krysspolarisasjon, HV. Skipene er synlige i begge bildene. Det er mer utsmøring i radarbildet med kopolarisering. Norne FPSO er nederst i bildene.

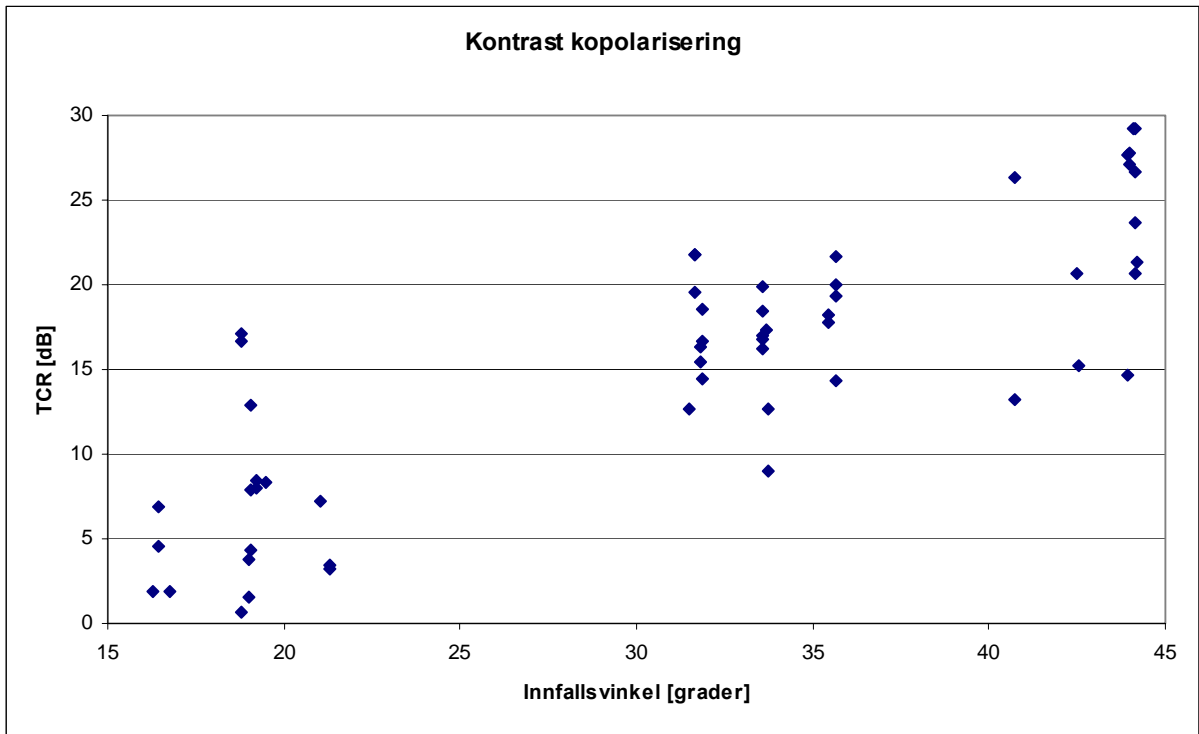
Ved kopolarisering øker TCR med økende innfallsvinkel, mens den minker med økende vindhastighet og høy sjø. Horisontal polarisering egner seg best for skipsdeteksjon i forhold til vertikal polarisering, fordi sjøclutteret er størst ved vertikal polarisering. Ved horisontal polarisering blir refleksjonene fra sjøen undertrykt, og skipet kommer klarere fram i bildet.

TCR resultatene for skip ved bruk av kopolarisering er vist i Figur 3-13. Resultatene er vist for lave, medium og høye innfallsvinkler, som tilsvarer ASAR sporene IS1, IS4 og IS6/IS7. Innfallsvinkelen midt i sporene er brukt i fremstillingen, henholdsvis 18.95° (IS1), 33.65° (IS4), 40.95° (IS6) og 43.85° (IS7). Det viser seg at TCR-verdiene er størst ved høye innfallsvinkler, mens for brattere innfallsvinkler er verdiene lavere. Den samme sammenhengen er vist i Figur 3-14 der de nøyaktige innfallsvinklene der båten ligger i radarbildet er brukt.

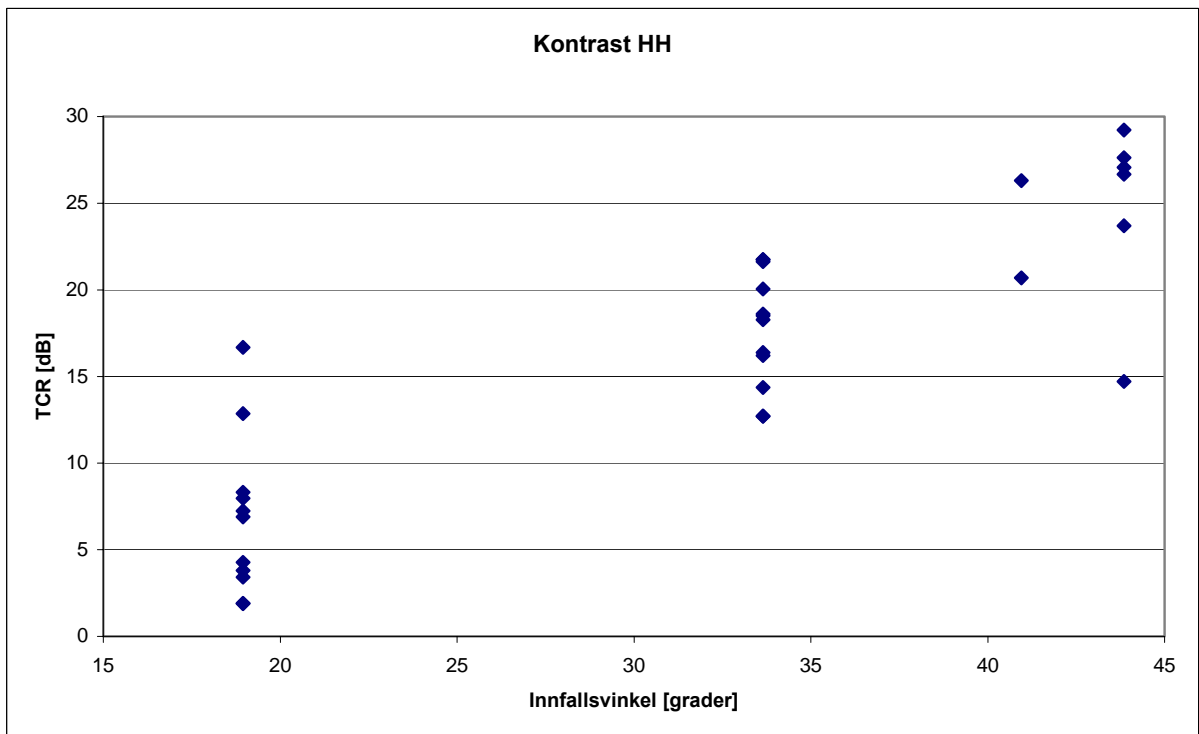
I Figur 3-15 - Figur 3-18 ser vi at TCR øker for både horisontal og vertikal polarisering, og at horisontal polarisering gir noe høyere verdier enn vertikal polarisering. Figur 3-15 og Figur 3-17 viser TCR som funksjon av innfallsvinkelen midt i subsporet, mens Figur 3-16 og Figur 3-18 viser TCR som funksjon av den virkelige innfallsvinkelen der skipet ligger plassert i radarbildet.



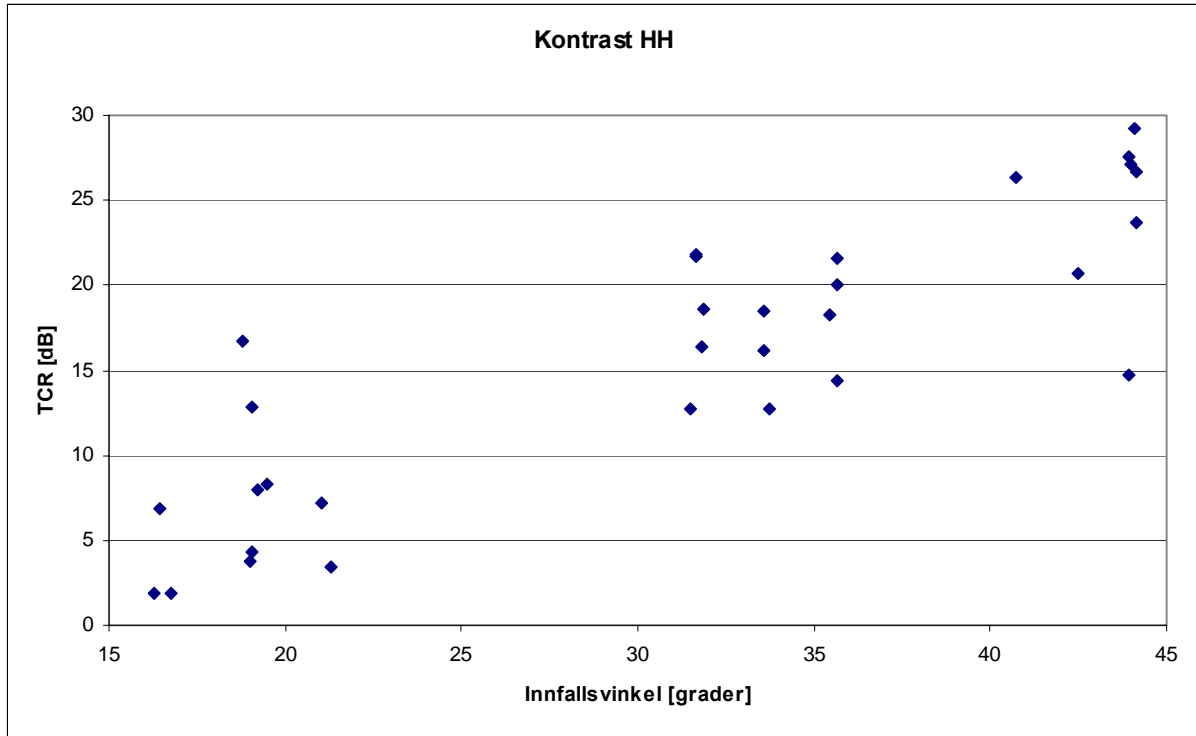
Figur 3-13 TCR for kopolarisering øker med økende innfallsvinkel. Innfallsvinkelen midt i radarbildet er brukt i framstillingen.



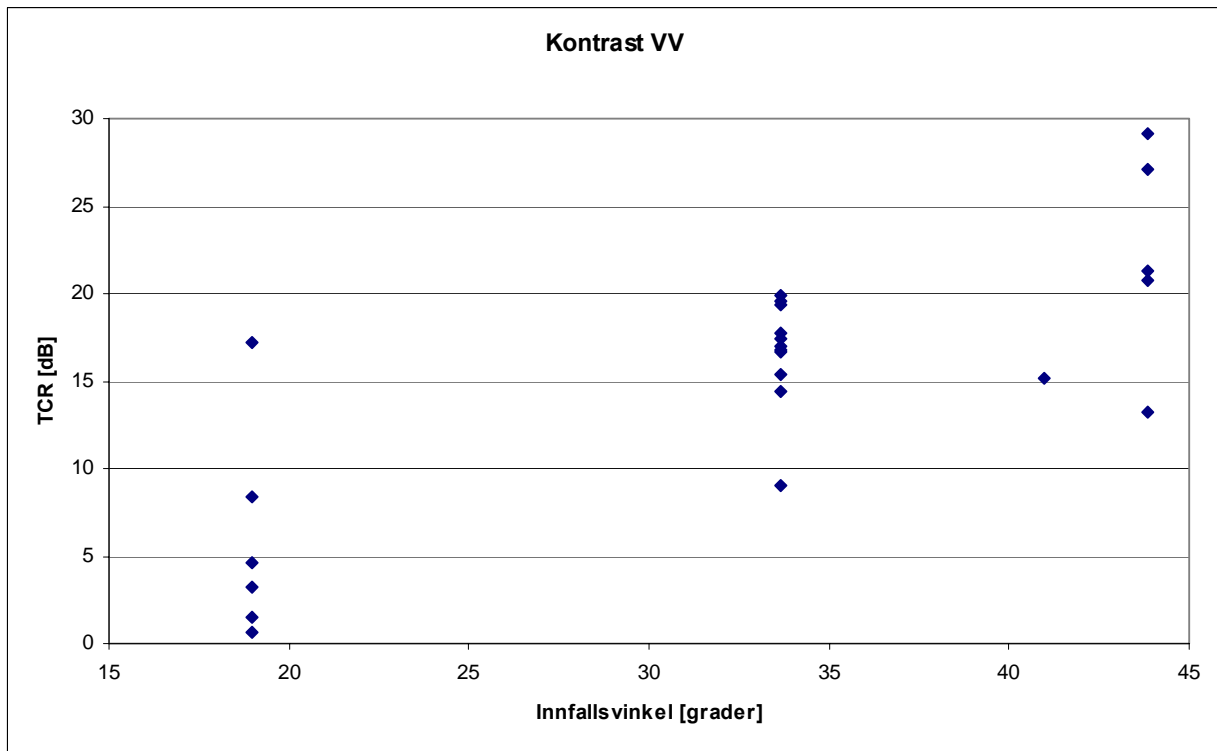
Figur 3-14 TCR for kopolarisering øker med økende innfallsvinkel. Den virkelige innfallsvinkelen der skipet er plassert i radarbildet er brukt i framstillingen.



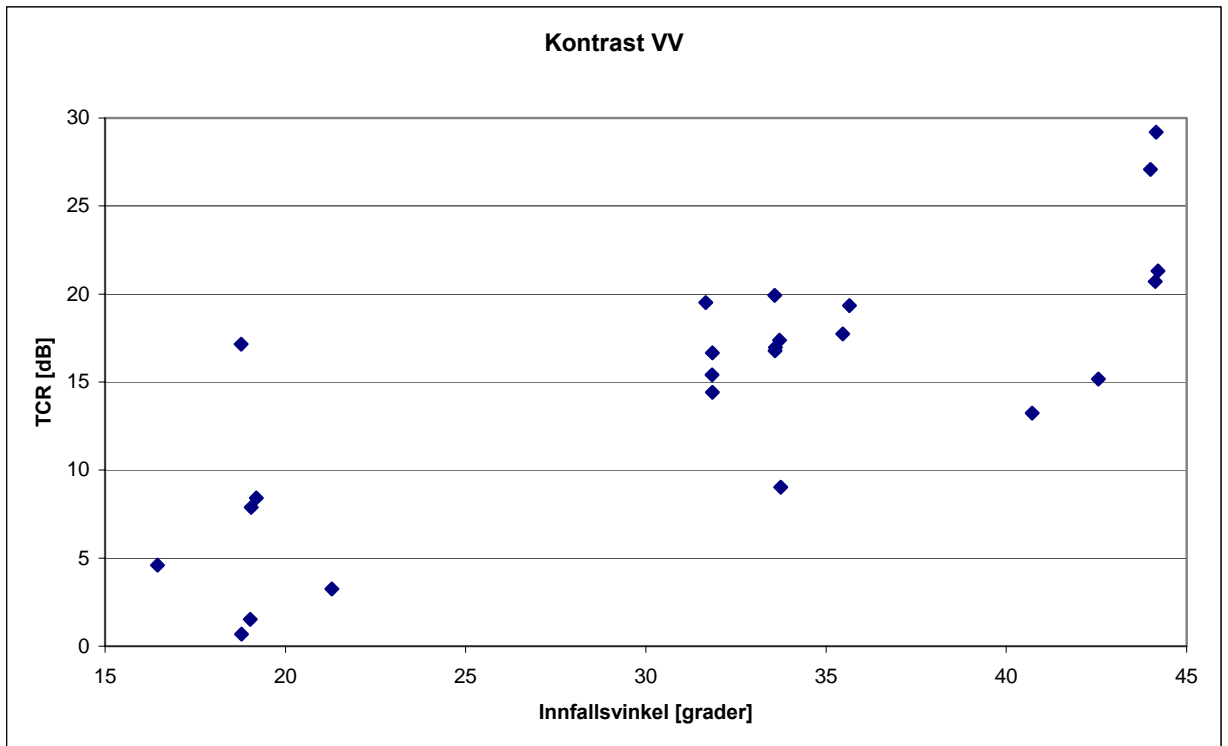
Figur 3-15 TCR øker med økende innfallsvinkel for HH-polarisering. Innfallsvinkelen midt i radarbildet er brukt i framstillingen.



Figur 3-16 TCR øker med økende innfallsvinkel for HH-polarisering. Den virkelige innfallsvinkelen der skipet er plassert i radarbildet er brukt i framstillingen.



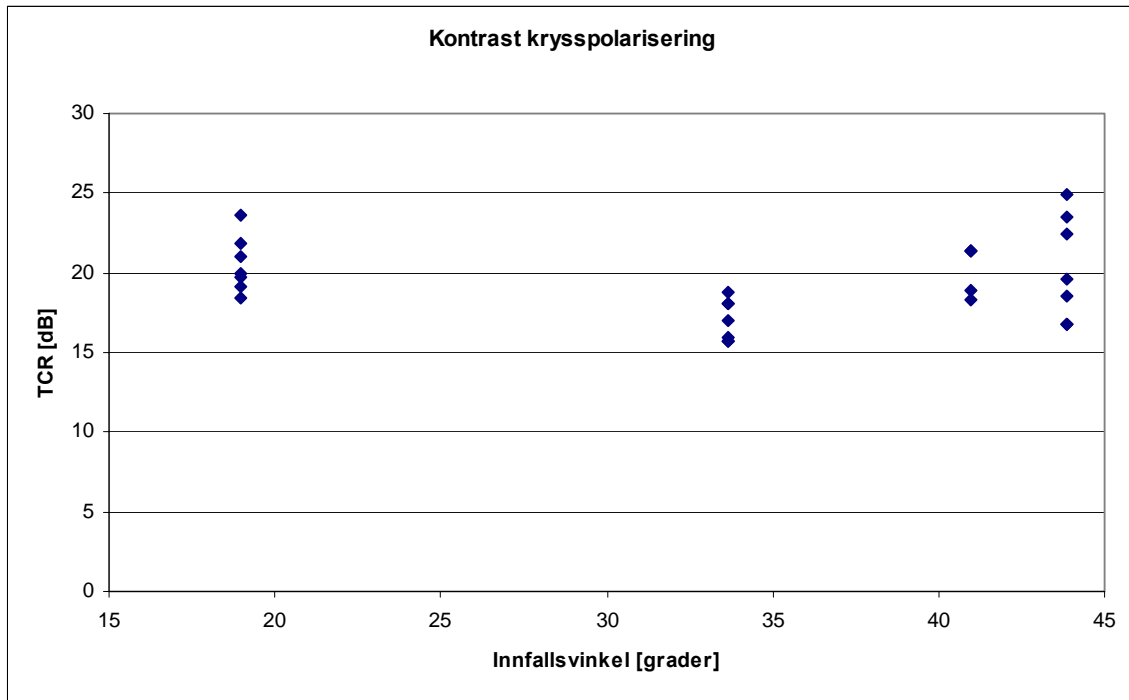
Figur 3-17 TCR øker med økende innfallsvinkel for VV-polarisering. Innfallsvinkelen midt i radarbildet er brukt i framstillingen.



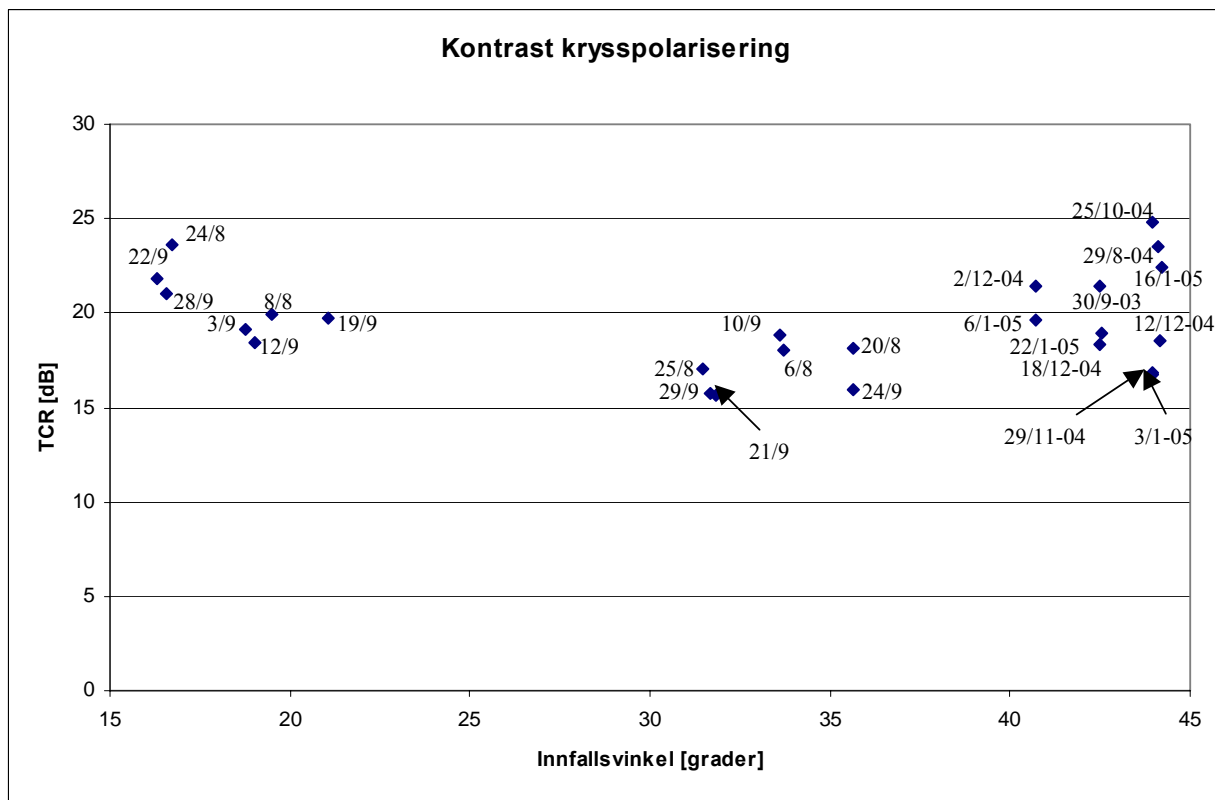
Figur 3-18 TCR øker med økende innfallsvinkel for VV-polarisering. Den virkelige innfallsvinkelen der skipet er plassert i radarbildet er brukt i framstillingen.

Det motsatte er til en viss grad tilfelle ved krysspolarisering. Figur 3-19 viser TCR som funksjon av innfallsvinkel midt i sporene IS1, IS4, IS6 og IS7, mens Figur 3-20 viser TCR som funksjon av den virkelige innfallsvinkelen der skipet ligger plassert i radarbildet. TCR minker med økende innfallsvinkel for IS1 og IS4. TCR resultatene for lave til middels store innfallsvinkler viser at prediksjonene i (12) stemmer. For høye innfallsvinkler (IS6 og IS7) øker verdiene litt igjen. Denne overraskende tendensen, at skipet har en høy TCR-verdi i krysspolariseringskanalen for høye innfallsvinkler, kan også sees ut ifra radarbildene i Figur 3-10 - Figur 3-12.

Som en hovedregel bør TCR være 10 dB eller bedre for å være sikker på at det er mulig å detektere skip med automatiske deteksjonsmetoder. De kopolariserte dataene viser klart at de ikke alltid tilfredsstillende dette kriteriet for IS1, mens de krysspolariserte dataene gjør det. For høye innfallsvinkler og midt imellom høye og lave innfallsvinkler tilfredsstillende både kryss- og kopolariserte data dette kravet. Ut ifra dette kan det virke som om krysspolarisering egner seg godt til skipsdeteksjon.



Figur 3-19 TCR ved krysspolarisering minker ved økende innfallsvinkler for bratte og medium innfallsvinkler. For høye innfallsvinkler øker TCR verdiene litt igjen.



Figur 3-20 TCR ved krysspolarisering minker ved økende innfallsvinkler for bratte og medium innfallsvinkler. For høye innfallsvinkler øker TCR verdiene litt igjen.

Spredningen i TCR for de forskjellige observasjonene er store. En grunn til spredningen i plottene kan være at kontrasten noen ganger er mindre ved kantene (near- and far-range) av bildet (se eksempel i Figur 3-9) pga støy. En annen faktor som kan ha innvirkning er variasjoner i skipets retning relativt til radarens pekeretning. En tredje faktor som kan gi spredning er at dataene som beregningene er basert på er samlet under en rekke forskjellige vindhastigheter og sjøforhold, noe som kan forklare spredningen i TCR verdiene (ut ifra antatt verdi), i hvert fall for de kopolariserte dataene. Hvis ikke annet er nevnt i påfølgende analyse, er dataene fra 2003.

IS1 – bratt innfallsvinkel:

TCR-verdien for hovedproduksjonsskipet den 24/8 kan være så høy fordi det er lav innfallsvinkel innenfor det subsporet. Det er også forholdsvis lite vind, ca. 4.4 m/s, og lav maksimum bølgehøyde 2.9 m. Skipet blir sett skrått fra baksiden. Skipet ligger litt ut til venstre i radarbildet.

Hovedproduksjonsskipet avbildet 22/9 er litt lavere enn 24/8 muligens fordi vinden er sterk, 12.6 m/s, og maksimum bølgehøyde er stor, ca. 10.9 m. Skipet blir sett fra siden. Det ligger litt ut til venstre i radarbildet (descending), slik at near-range støy kan være en annen grunn til at TCR-verdien er lavere.

Hovedproduksjonsskipet avbildet 28/9 er lavere enn 24/8. Skipet blir sett fra forsiden. Vinden er lav, ca. 3.9 m/s, og maksimum bølgehøyde er lav, 2.4 m. Skipet ligger litt ut til venstre i radarbildet, så near-range støy kan føre til en lavere TCR-verdi.

TCR-verdien for hovedproduksjonsskipet avbildet 12/9 er lav muligens fordi vinden er forholdsvis høy, ca. 8.2 m/s. Maksimum bølgehøyde er 4.4 m. Innfallsvinkelen er omtrent midt i IS1, så skipet ligger midt i radarbildet. Skipet sees fra forsiden.

Hovedproduksjonsskipet avbildet 3/9 har litt høyere TCR-verdi enn 12/9 blant annet fordi skipet har litt høyere innfallsvinkel. Skipet ligger omtrent midt i bildet der det er mindre støy fra antenna. Skipet sees fra baksiden. Vinden er ca. 10.3 m/s (forholdsvis høy) og maksimum bølgehøyde er 6.4 m.

Hovedproduksjonsskipet avbildet 8/8 sees fra forsiden. Vinden og maksimum bølgehøyde har forholdsvis lave verdier, henholdsvis 3.1 m/s og 2.2 m. Skipet ligger midt i radarbildet. TCR-verdien er høyere enn for 3/9 og 12/9.

Skipet som er avbildet i radarbildet 19/9 har høyere innfallsvinkel, og derfor lavere TCR-verdi. I tillegg er skipet plassert litt ut til venstre og vinden er forholdsvis sterk, ca. 8.9 m/s. Maksimum bølgehøyde er 6.3 m. Skipet er sett fra siden.

Det kan virke som om avbildning av skipet fra baksiden gir høyere TCR-verdier. Dette kan forklare at hovedproduksjonsskipet avbildet 3/9 har høyere TCR-verdi enn 12/9. 3/9 er skipet

avbildet fra baksiden, mens 12/9 er skipet avbildet fra forsiden. Det virker som om skip sett fra siden gir sterkere TCR enn skip sett fra forsiden, men lavere TCR enn skip sett fra baksiden. Skipet avbildet 22/9 gir litt høyere TCR enn skipet avbildet 28/9 selv om vinden er sterk og bølgehøyden er stor. Skipet avbildet 19/9 (fra siden) gir litt høyere TCR enn skipet avbildet 12/9 (avbildet fra forsiden) enda innfallsvinkelen er høyere. Vinden er sterkere og bølgehøyden større den 19/9 i forhold til den 12/9. I tillegg ligger skipet 12/9 i midten av radarbildet og skipet 19/9 litt ut til venstre, noe som gir høyere TCR for 12/9. Skipet avbildet 3/9 gir litt høyere verdier sannsynligvis fordi det er avbildet fra baksiden. Dette til tross for at vinden og maksimum bølgehøyde har forholdsvis høye verdier.

IS4 - medium innfallsvinkel:

Skipet i radarbildet fra 21/9 har lav TCR muligens på grunn av mye vind, ca. 17.1 m/s. Maksimum bølgehøyde er også høy, ca. 9.0 m. Skipet er plassert til venstre i bildet og er utsatt for antennestøy. Skipet er sett fra forsiden. Innfallsvinkelen er lav innenfor det subsporet, noe som skulle indikere en høyere TCR, men sannsynligvis pga blant annet høy vind, høy verdi for maksimum bølgehøyde og antennestøy er TCR-verdien lav.

29/9 da satellitten passerte er verdiene for vind og maksimum bølgehøyde henholdsvis 4.6 m/s og 2.3 m. Skipet blir avbildet litt skrått fra baksiden. Skipet ligger litt ut til høyre i bildet (descending), noe som kan føre til antennestøy. En annen grunn til at skipet avbildet 29/9 har en lav TCR er at bølgene beveger seg mot satellitten, noe som gir sterkere refleksjon fra bølgene, og dermed lavere TCR.

Vindstyrken på tidspunktet da satellitten passerte 25/8 var 6.3 m/s mens maksimum bølgehøyde var 2.2 m. Dette er også lavere verdier enn 21/9, og er med på å forklare at TCR-verdien er høy 25/8 sammenliknet med 21/9. Skipet er avbildet litt skrått fra baksiden og skipet ligger litt ut til høyre i bildet (descending).

Skipet avbildet 6/8 og 10/9 har høyere TCR-verdier enn alle andre innenfor samme subspor. En forklaring kan være at skipet ligger midt i radarbildet for begge datoene. Vindstyrken for de to datoene var henholdsvis 9.2 og 9.8 m/s, mens maksimum bølgehøyde var 2.1 og 3.0 m (forholdsvis lave verdier for bølgehøyde). Skipet avbildet 6/8 er avbildet på skrått fra baksiden, mens det er avbildet litt på skrått fra forsiden 10/9. En grunn til at skipet avbildet 6/8 har en litt lavere TCR-verdi enn 10/9, kan være at bølgene beveger seg mot satellitten den 6/8, noe som gir sterkere refleksjon fra bølgene, og dermed lavere TCR. Den 10/9 beveger bølgene seg vekk i fra satellitten, noe som gir litt svakere refleksjon fra bølgene, og dermed litt høyere TCR-verdi.

Skipet avbildet 20/8 og 24/9 har lavere TCR-verdier enn 6/8 og 10/9 (midt i subsporet). En forklaring kan være at innfallsvinkelen er høy innenfor det subsporet (høyere innfallsvinkel gir lavere TCR, i hvert fall for lave og middels store innfallsvinkler) og at skipet ligger til høyre i radarbildet (mer antennestøy). Skipet avbildet 20/8 er avbildet fra forsiden, mens det er avbildet på skrått fra forsiden 24/9. Forskjellen på TCR-verdiene 20/8 og 24/9 kan forklares ut ifra vær-

og sjøforhold. Vindstyrken er henholdsvis 1.15 m/s og 14.0 m/s, mens maksimum bølgehøyde er 3.1 m og 5.9 m.

Skipet 6/8 ble avbildet på skrått fra baksiden, noe som kan være med å forklare at TCR-verdien av skipet den dato er høy. Skipet har en lavere verdi 10/9 selv om innfallsvinkelen, maksimum bølgehøyde og vindstyrken er omtrent den samme. Forklaringen kan være at skipet er avbildet fra forsiden 10/9. Skipet avbildet 20/8 er avbildet fra forsiden, mens det er avbildet på skrått fra forsiden 24/9. Dette kan være med på å forklare de lave TCR-verdiene innenfor subsporet.

IS6/IS7 – høy innfallsvinkel:

De fleste radarbildene med høye innfallsvinkler er tatt etter august 2004 da vi ikke har værdata. Derfor er det vanskelig å si noe om retningen til hovedproduksjonsskipet, og dermed si retningen i forhold til radaren.

IS6:

Hovedproduksjonsskipet som er avbildet den 2/12-04 og 6/1-05 er plassert litt ut ifra midten mot høyre i radarbildet (descending), i retning mot radaren. 22/1-05 og 18/12-04 er skipet plassert helt ut til venstre i radarbildet lengst unna satellitten (descending). Den 30. september er det lite vind og liten maksimum bølgehøyde, henholdsvis 2.4 m/s og 2.3 m. Skipet er plassert helt ut i til høyre i radarbildet, lengst unna radaren (ascending), og er utsatt for antennestøy. Skipet er sett fra forsiden. Innfallsvinkelen er høy innenfor det subsporet.

IS7:

Hovedproduksjonsskipet som er avbildet den 29/8, 25/10, 29/11 og 12/12 i 2004, samt 3/1 og 16/1 i 2005 er plassert omtrent midt i radarbildet. Den 29. august 2004 er vinden 4.48 m/s, og det er forholdsvis liten maksimum bølgehøyde, 2.6 m. Skipet er avbildet på skrå fra forsiden.

Vær- og sjøforhold

TCR som funksjon av vindhastighet for kryss- og kopolarisering er framstilt i Figur 3-21, mens HH- og VV-polarisering hver for seg er framstilt i Figur 3-22. TCR som funksjon av bølgehøyde for kryss- og kopolarisering er framstilt i Figur 3-23, mens HH- og VV-polarisering er framstilt i Figur 3-24. For kopolarisering kan en se at TCR minker med økende vindhastighet og maksimum bølgehøyde. Det er størst spredning for lave innfallsvinkler (IS1) når det er lite vind og lav maksimum bølgehøyde. Ut ifra Figur 3-22 og Figur 3-24 kan en se at HH-polarisering gir høyere TCR-verdier enn VV-polarisering gir.

For krysspolarisering kan det være antydning til en svak tendens at TCR minker med økende vindhastighet og med økende maksimum bølgehøyde. Støygulvet er omtrent konstant for krysspolarisering. Tilbakespredningen fra sjøen ligger godt under støygulvet for lave og middels store verdier for vindstyrke og maksimum bølgehøyde. Derfor skal TCR-verdiene for

krysspolarisering ved samme innfallsvinkel være konstante hvis man ser bort fra faktorer som for eksempel retningen til båten. For høye vindstyrker og maksimum bølgehøyder, kan tilbakespredningen fra sjøen gå over støygulvet, og dermed minker TCR-verdiene.

Noen av årsakene til spredningen i TCR-verdiene for krysspolarisering er nevnt nedenfor.

IS1 – bratt innfallsvinkel:

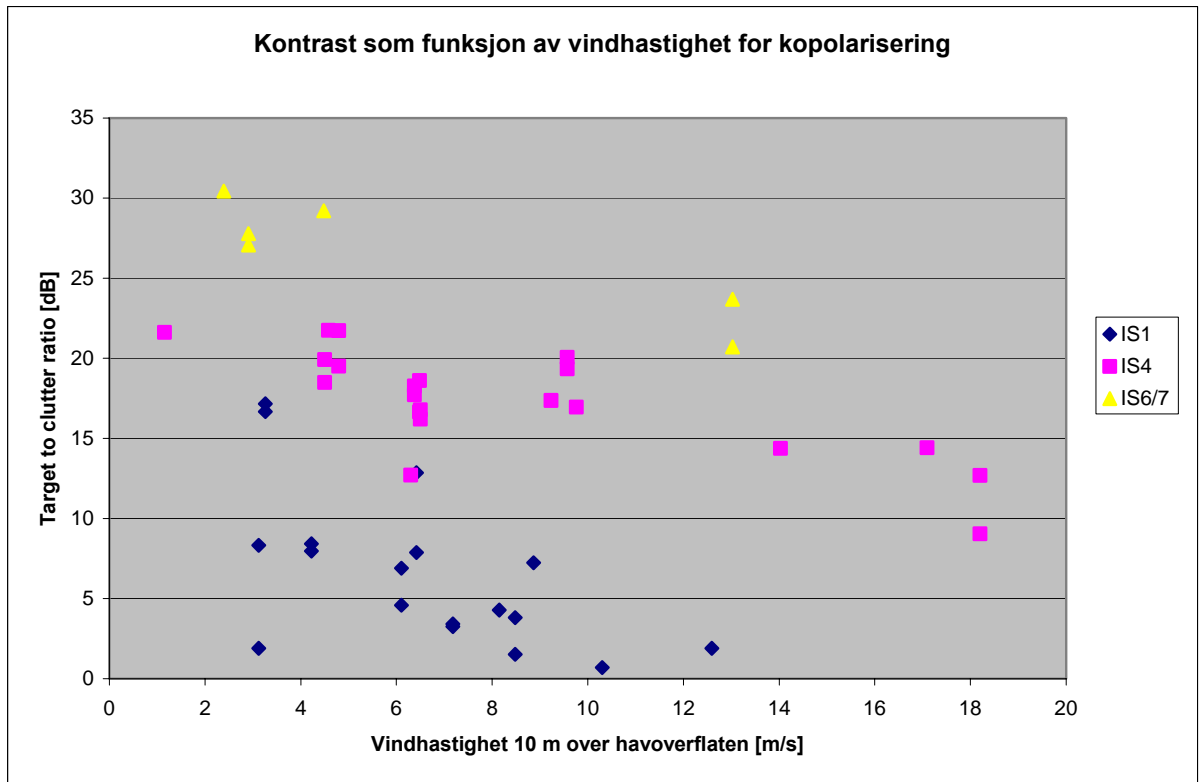
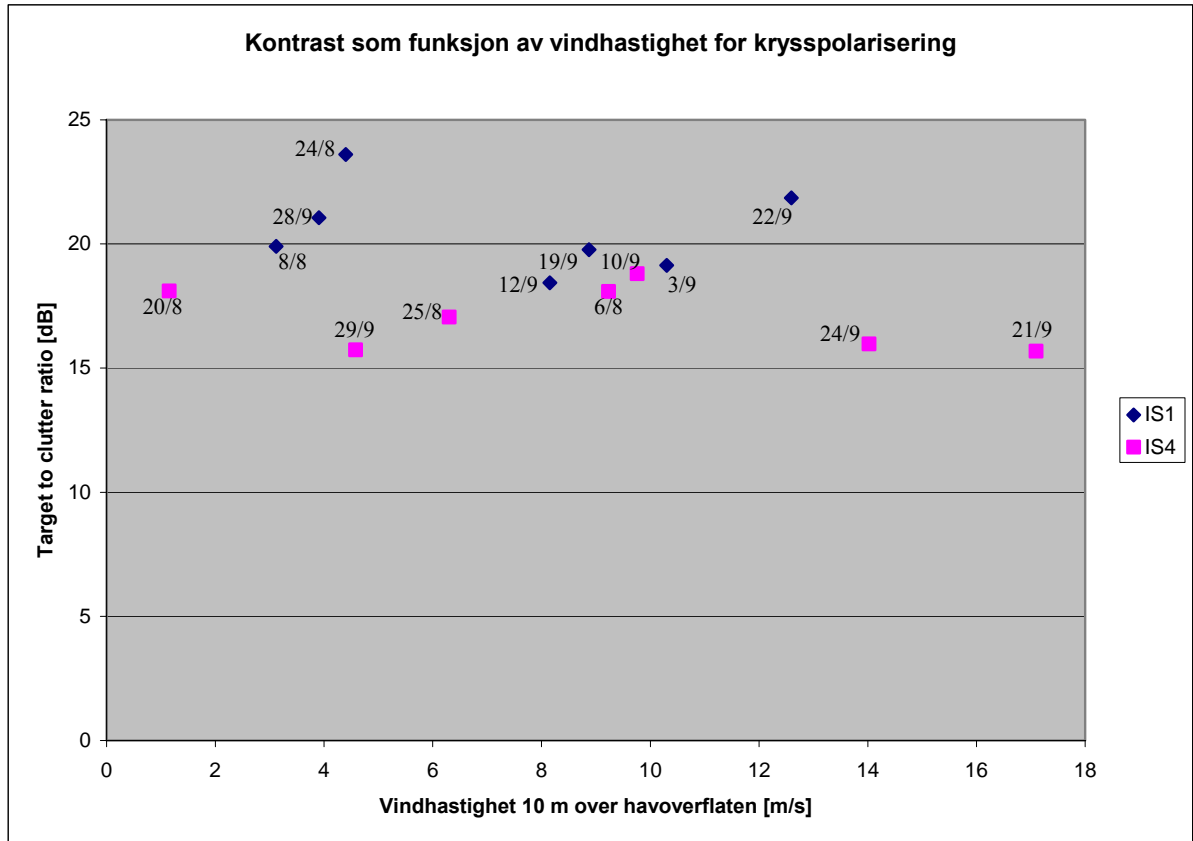
Skipet avbildet 8/8 og 28/9 er avbildet fra forsiden, og i tillegg ligger skipet avbildet 28/9 litt ut til venstre i radarbildet (antennestøy), noe som kan føre til lave TCR-verdier. Skipet avbildet 12/9 kan ha lav TCR-verdi fordi det er avbildet fra forsiden. Skipet avbildet 19/9 kan ha lav TCR-verdi fordi det har høy innfallsvinkel innenfor subsporet IS1 og fordi det er plassert til venstre i radarbildet (antennestøy). Selv om vindstyrken og maksimum bølgehøyde har høye verdier 22/9, er TCR forholdsvis høy. Forklaringen kan være at innfallsvinkelen er lav innenfor subspor IS1 og at skipet er avbildet fra siden (verdien er høyere enn 12/9 der skipet er avbildet fra forsiden). Den 22/9 er også bølgeretningen på tvers av radarens peileretning, slik at vi får et veldig svakt signal fra bølgene, noe som fører til en høy TCR-verdi. 3/9 har vindstyrken og maksimum bølgehøyde forholdsvis høye verdier.

IS4 – medium innfallsvinkel:

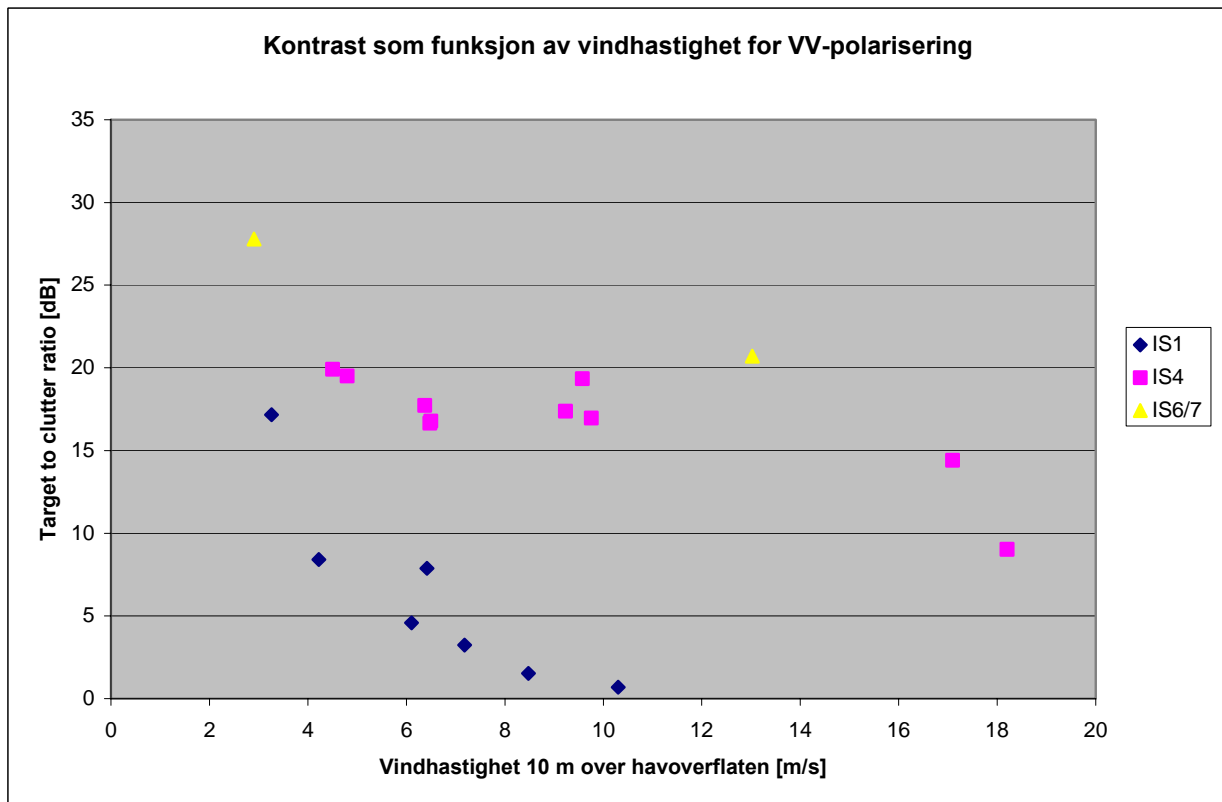
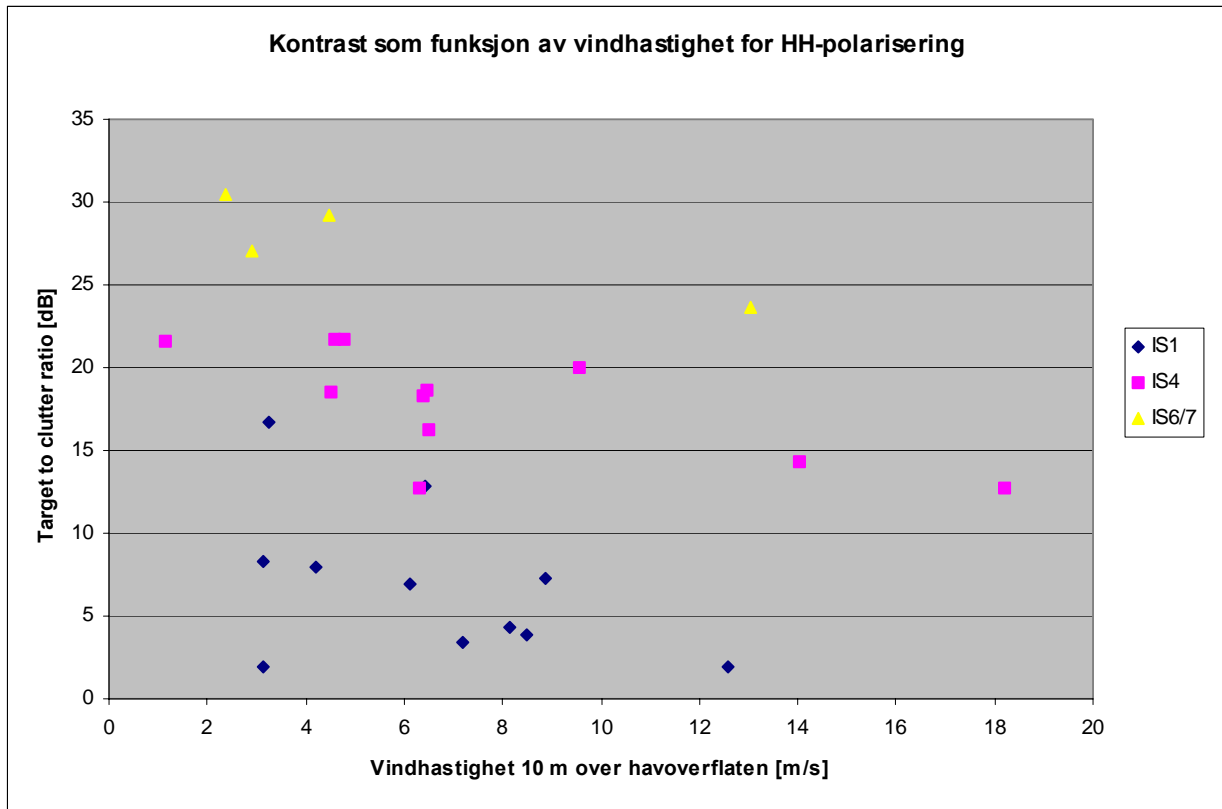
Skipet avbildet 6/8 har høy verdi i forhold til de andre punktene i plottet i subspor IS4. Skipet er avbildet på skrått fra baksiden og skipet ligger midt i radarbildet. dette kan være med på å forklare den høye TCR-verdien. Skipet avbildet 10/9 har også høy verdi i forhold til de andre punktene i subspor IS4, sannsynligvis pga at skipet ligger midt i radarbildet (lite antennestøy). Antennestøy (siden skipet ligger til høyre i radarbildet) kan gjøre at TCR er lav for skipet avbildet 29/9, selv om maksimum bølgehøyde og vindstyrken er forholdsvis lave. Skipet i radarbildet fra 20/8 har forholdsvis lav TCR-verdi, sannsynligvis fordi skipet er plassert ut til høyre i radarbildet. I tillegg er skipet avbildet fra forsiden. Skipet avbildet 24/9 og 21/9 kan ha såpass høye TCR-verdier fordi bølgene beveger seg bort ifra radaren, slik at det er et svakere signal fra bølgene, noe som gjør at TCR-verdien øker.

IS6/IS7 – høy innfallsvinkel:

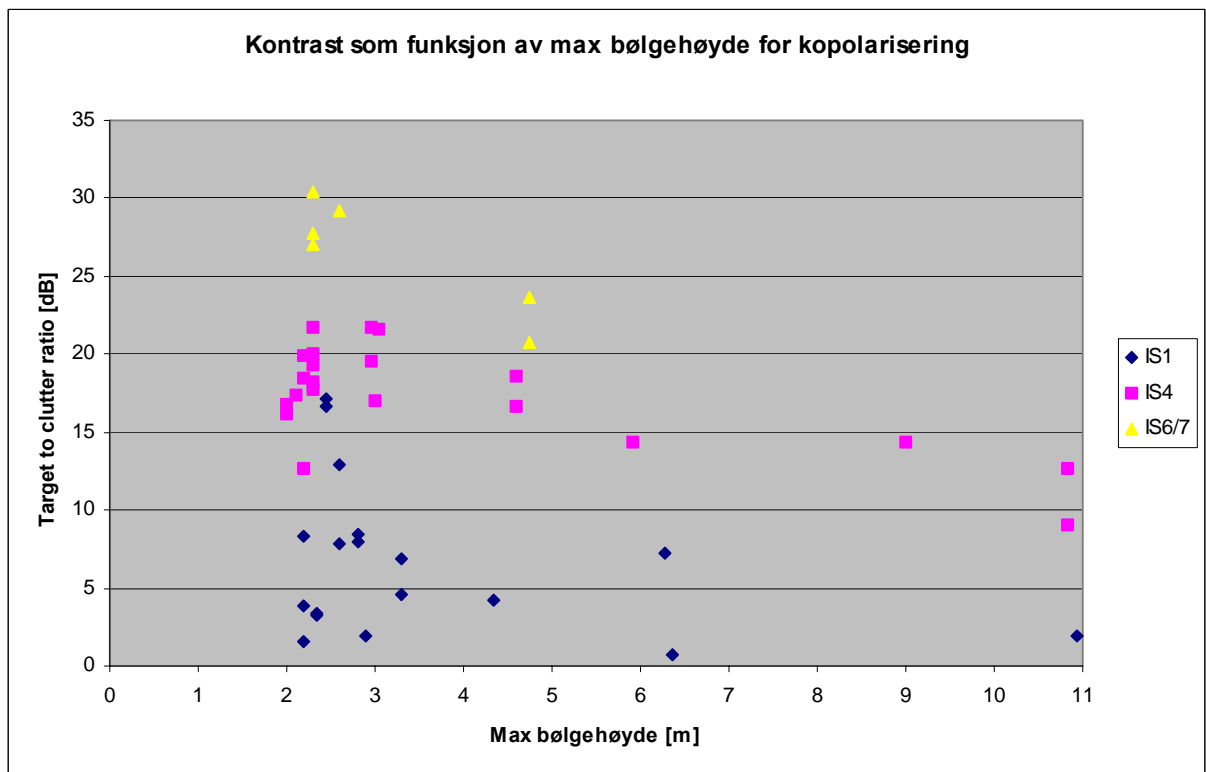
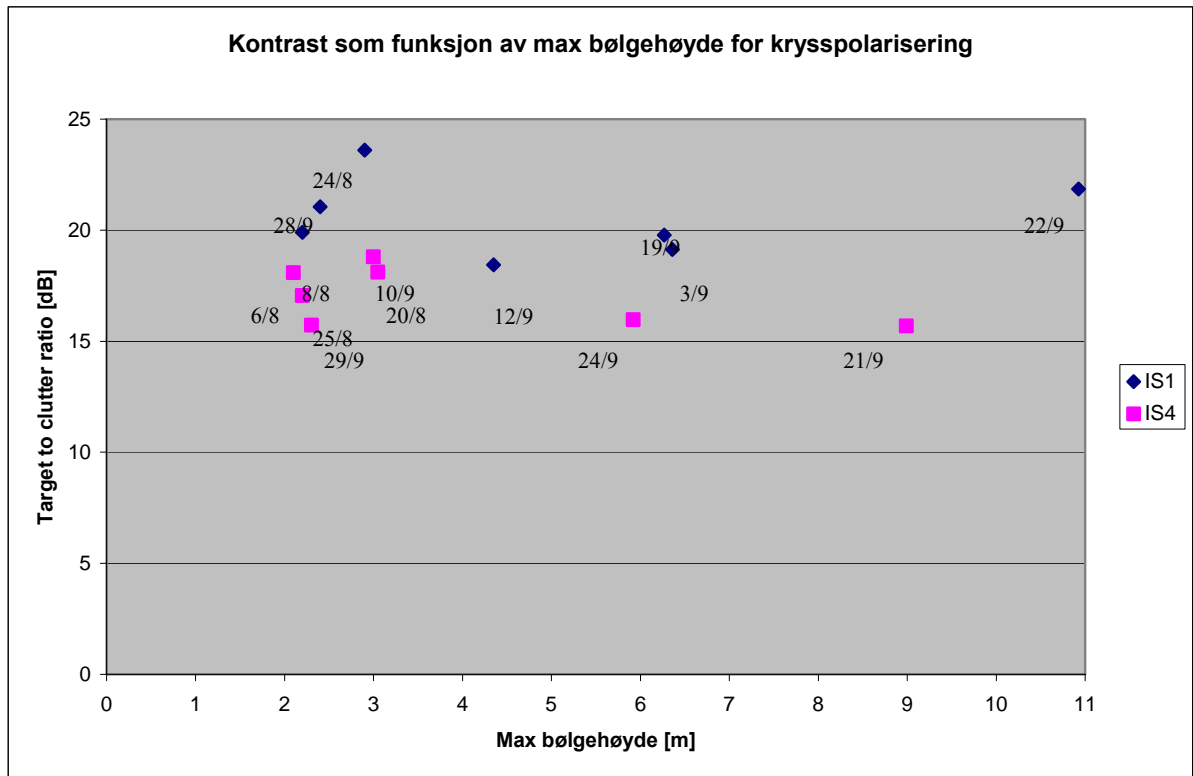
Værdata for dagene der hovedproduksjonsskipet er avbildet med høye innfallsvinkler mangler fra og med september 2004. Dette er derfor ikke tatt med i analysen for krysspolarisering.



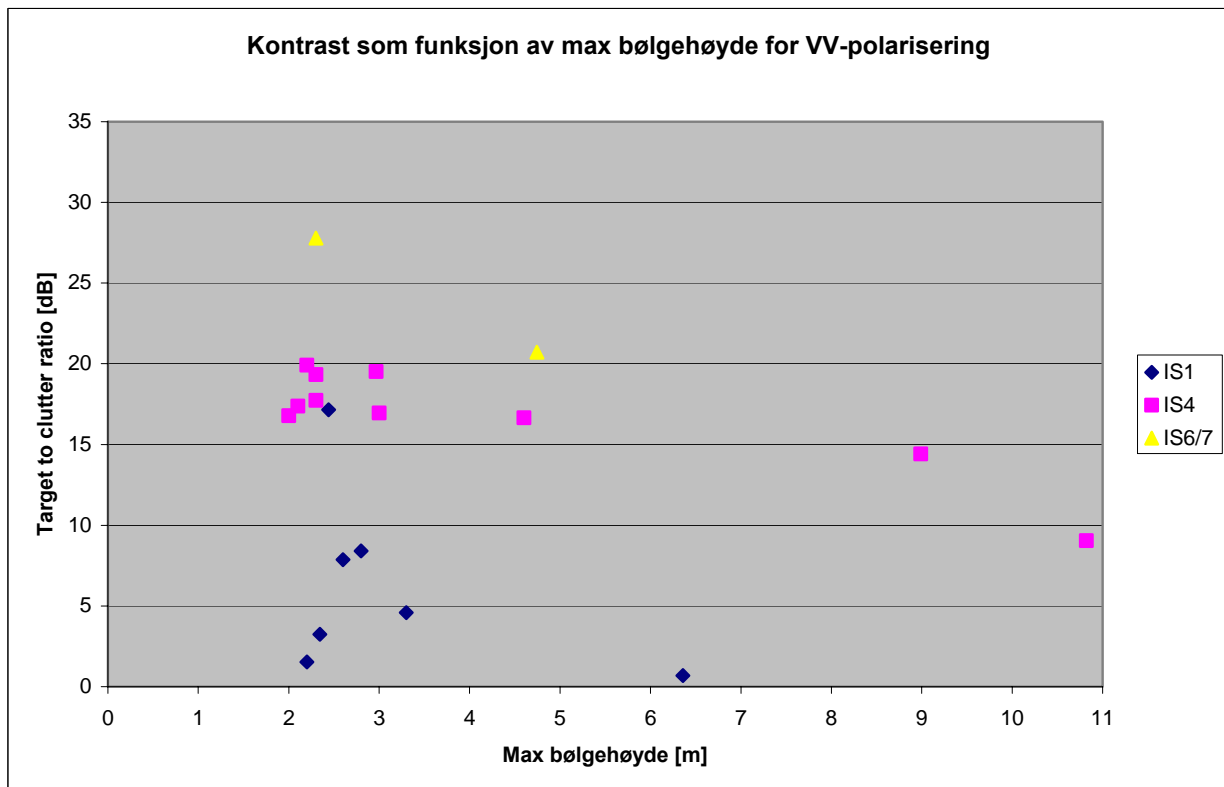
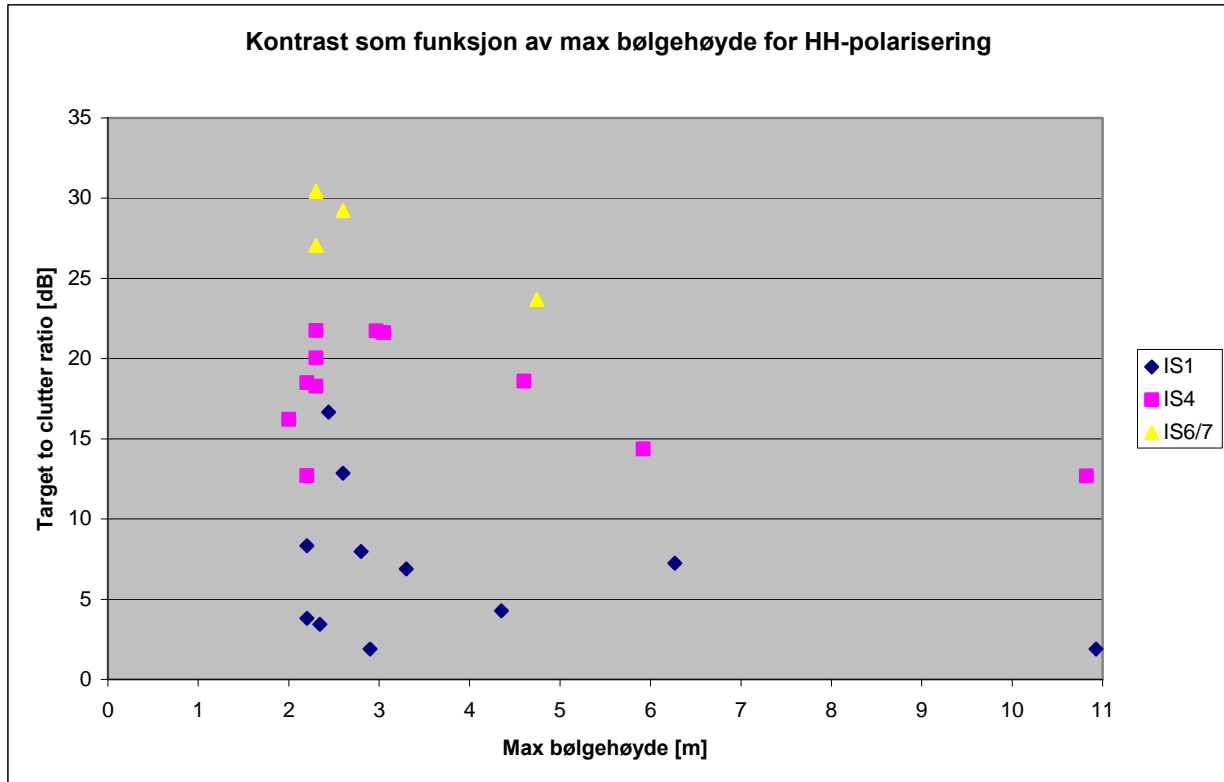
Figur 3-21 TCR som funksjon av vindhastighet for kryss- (øverst) og kopolarisering (nederst).



Figur 3-22 TCR som funksjon av vindhastighet for HH- (øverst) og VV-polarisering (nederst).



Figur 3-23 TCR som funksjon av maksimum bølgehøyde for kryss- (øverst) og kopolarisering (nederst).



Figur 3-24 TCR som funksjon av maksimum bølgehøyde for HH- (øverst) og VV-polarisering (nederst).

3.2.2 Retning til Norne FPSO

Vi har undersøkt om det er mulig å se hvilken retning hovedproduksjonsskipet Norne FPSO vender. Skipet roterer slik at det hele tiden har baugen vendt mot bølgene. Vi har sammenlignet det vi så på radarbildene med værdata fra met.no.

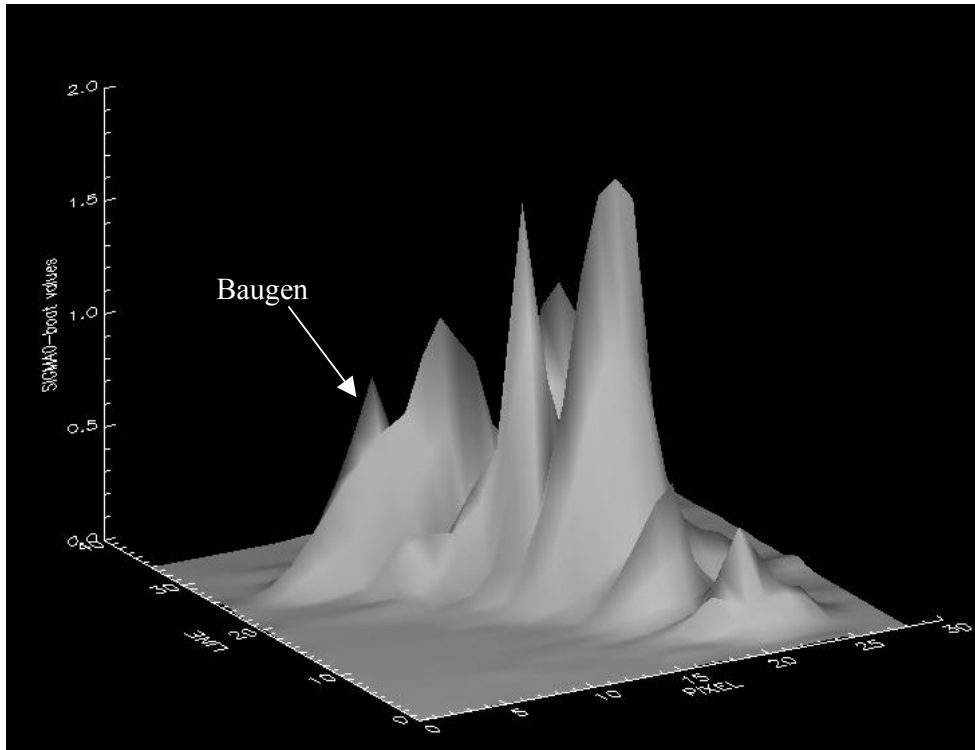
IS1 – bratt innfallsvinkel:

Den 8. august 2003 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 324° med klokken fra nord, det vil si omtrent nordvest. Figur 3.25 viser retningen til produksjonsskipet. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser øverst er baugen. Vi kan tydelig se signaturen til skipet. Det er ikke så lett å se retningen til skipet ut ifra signaturen i HH-bildet. Det er også mulig å se retningen til skipet i radarbildene (Figur 3-5).

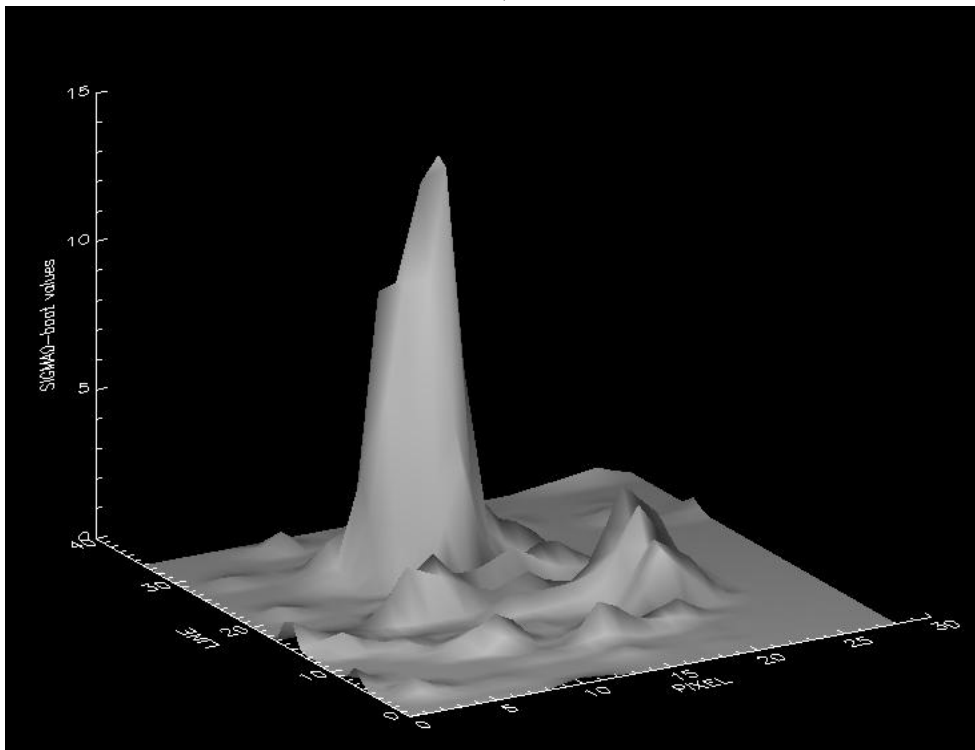
24. august 2003 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 19° med klokken fra nord. Figur 3.26 viser hovedproduksjonsskipet sammen med skyttelskipet. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser øverst er hovedproduksjonsskipet. Vi kan tydelig se signaturene til begge skipene i begge bildene, men det er vanskeligere å se retningen til skipet i bildet med kopolarisering. Det er mer støy i kopolariseringsbildet. Det er også mulig å se retningen til skipet i begge radarbildene (Figur 3-6). Det er lettere å skille skipene i bildet med kopolarisering, HH.

Figur 3.27 og Figur 3.28 viser også eksempler på radarsignaturer i subspor IS1 med polarisering HH/HV. Det er mer informasjon i signaturen fra bildene med krysspolarisering.

28. september er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 294° med klokken fra nord, det vil si omtrent nordvest. Figur 3.29 viser hovedproduksjonsskipet. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser øverst er baugen til Norne FPSO. Vi kan tydelig se retningen til skipet i begge bildene. Det er mer støy i kopolariseringsbildet.

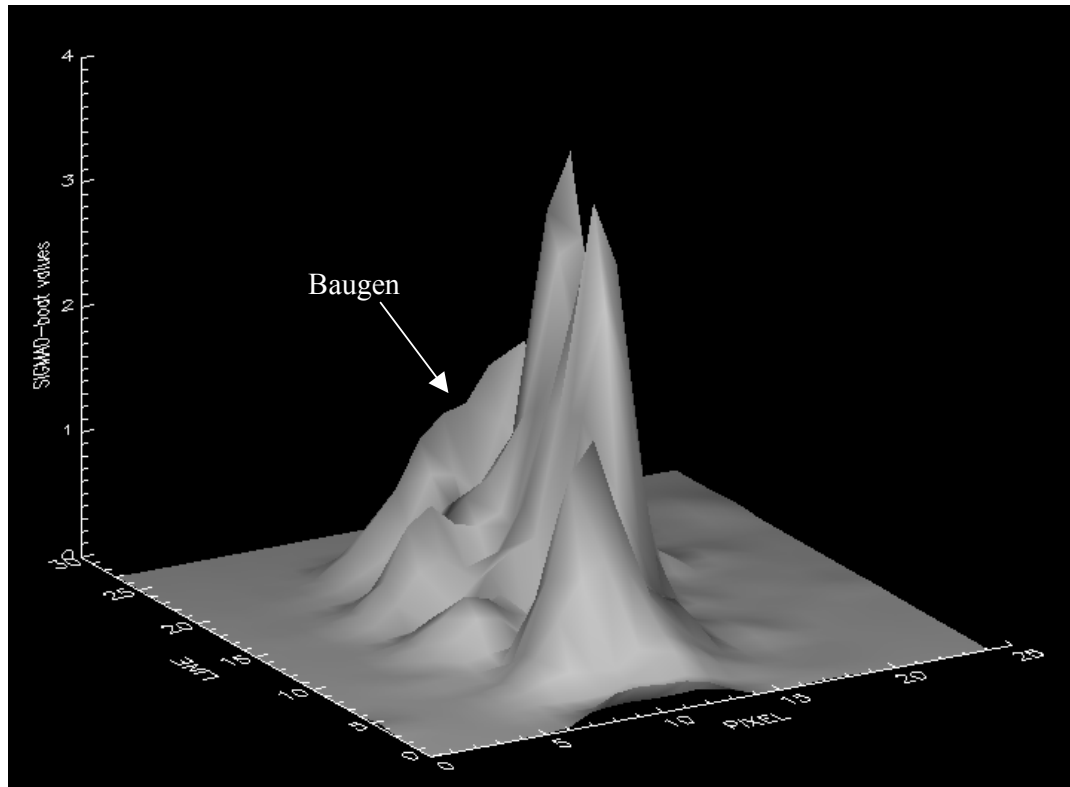


HV

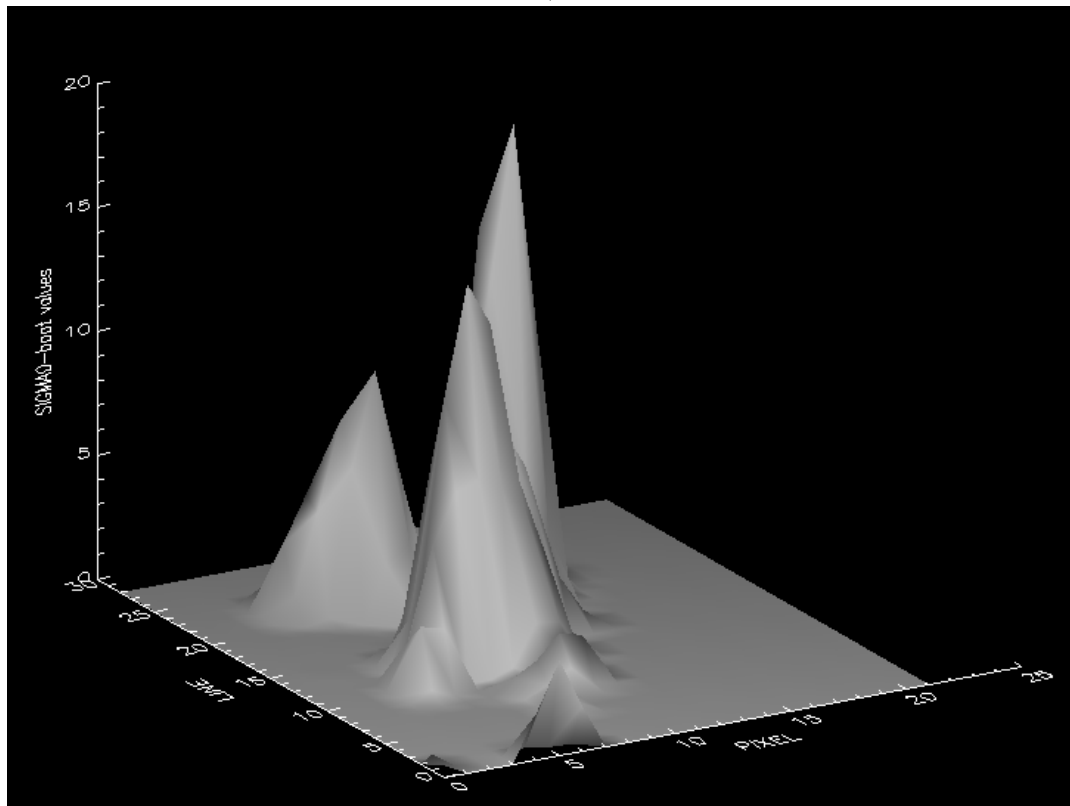


HH

Figur 3.25 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 8. august 2003 i subspor IS1. Signaturen i HV-kanalen viser tydelig hvilken vei skipet vender.

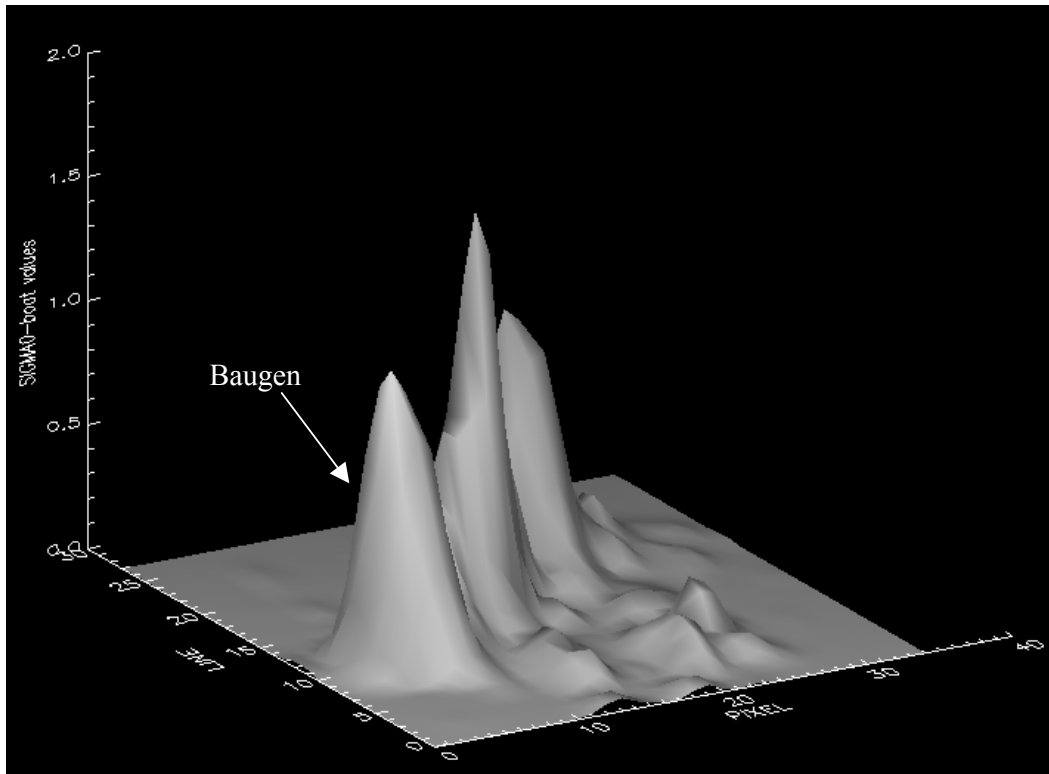


HV

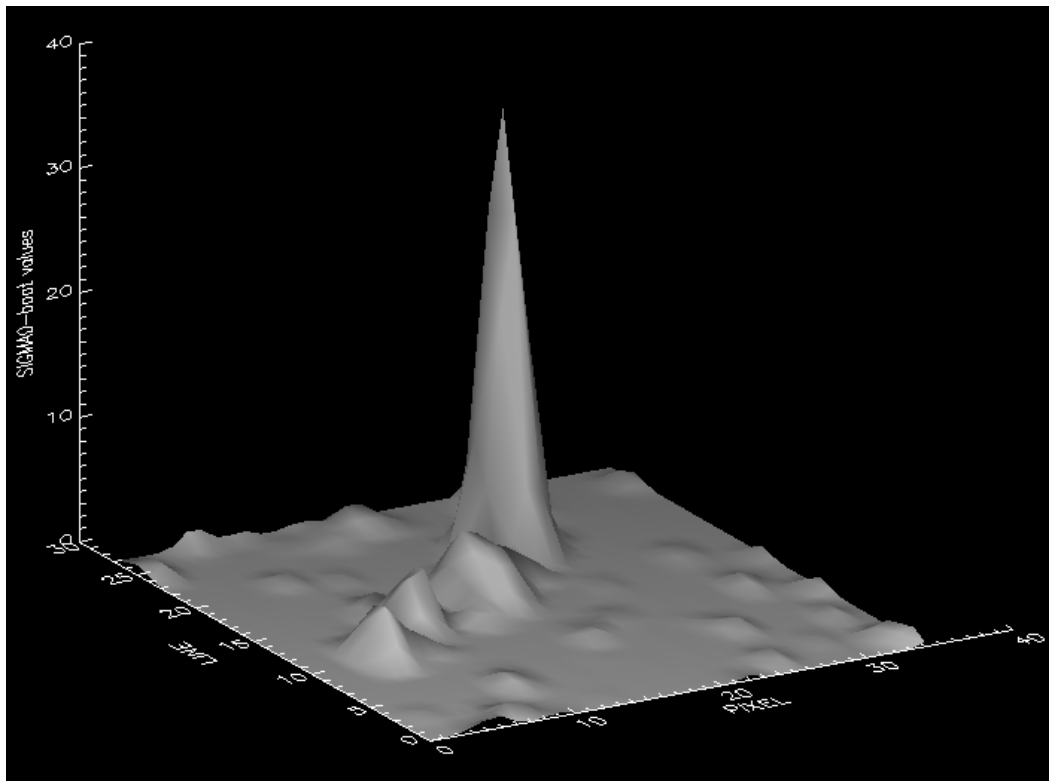


HH

Figur 3.26 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 24. august 2003 i subspor ISI.

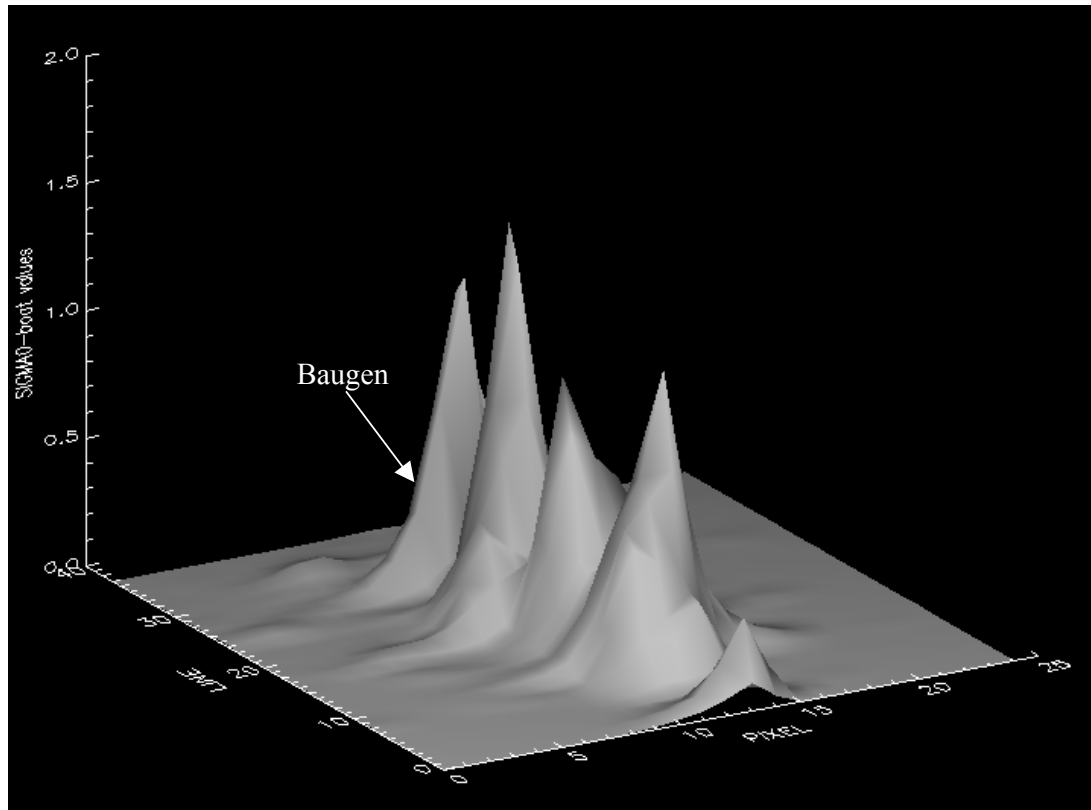


HV

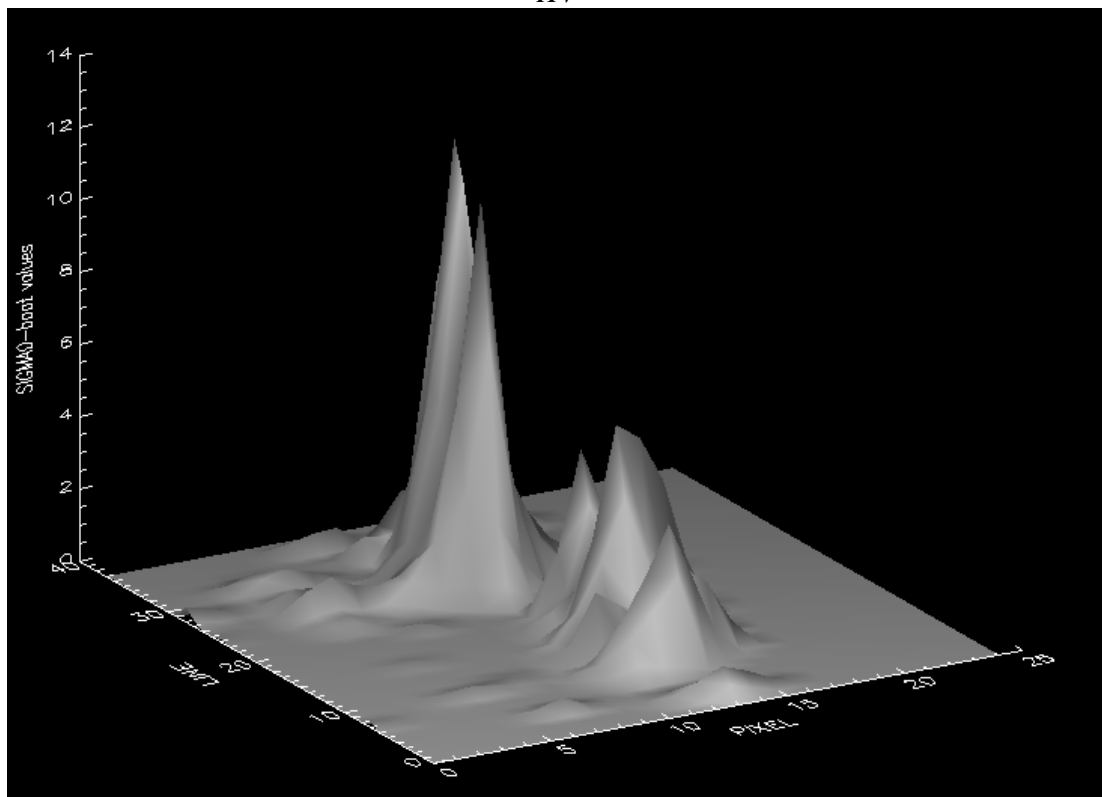


HH

Figur 3.27 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 12. september 2003 i subspor IS1.

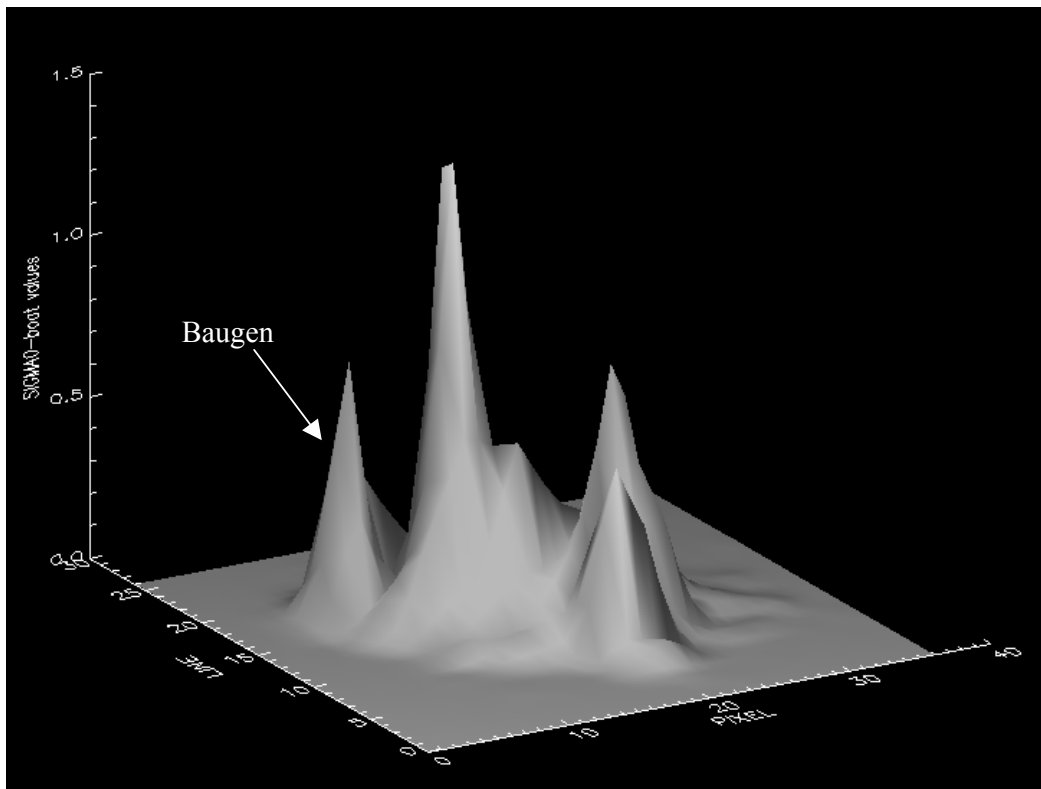


HV

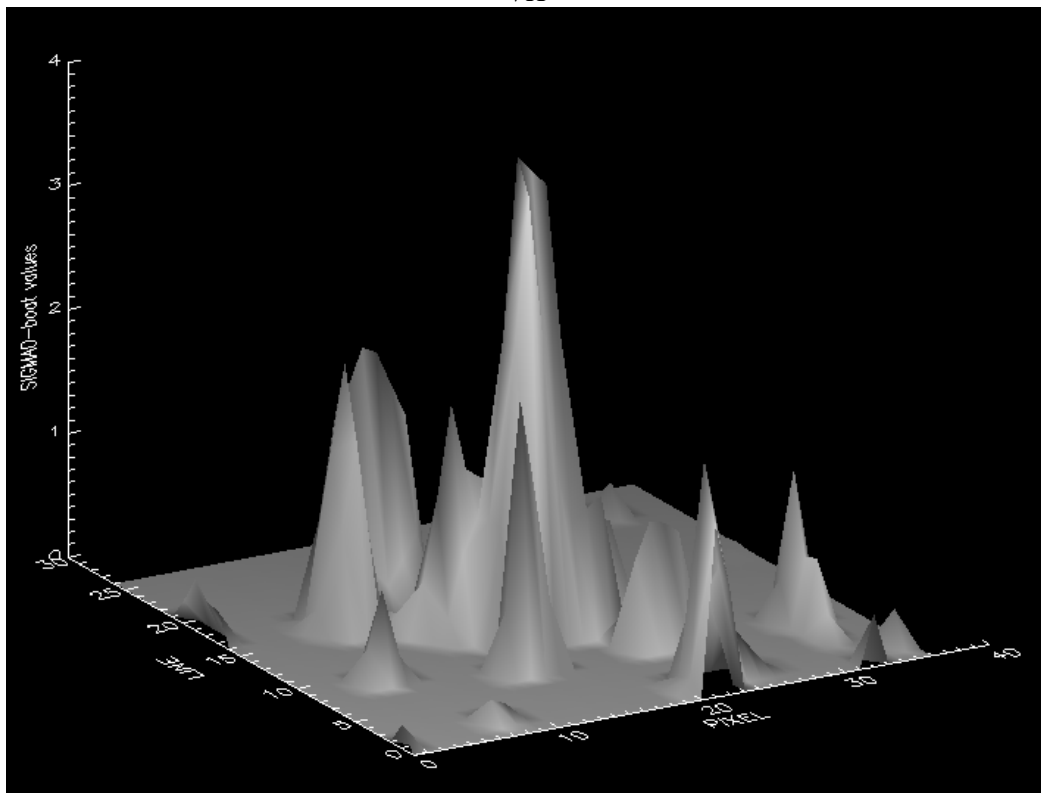


HH

Figur 3.28 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 19. september 2003 i subspor IS1.



VH



VV

Figur 3.29 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 28. september 2003 i subspor IS1.

IS4 – medium innfallsvinkel:

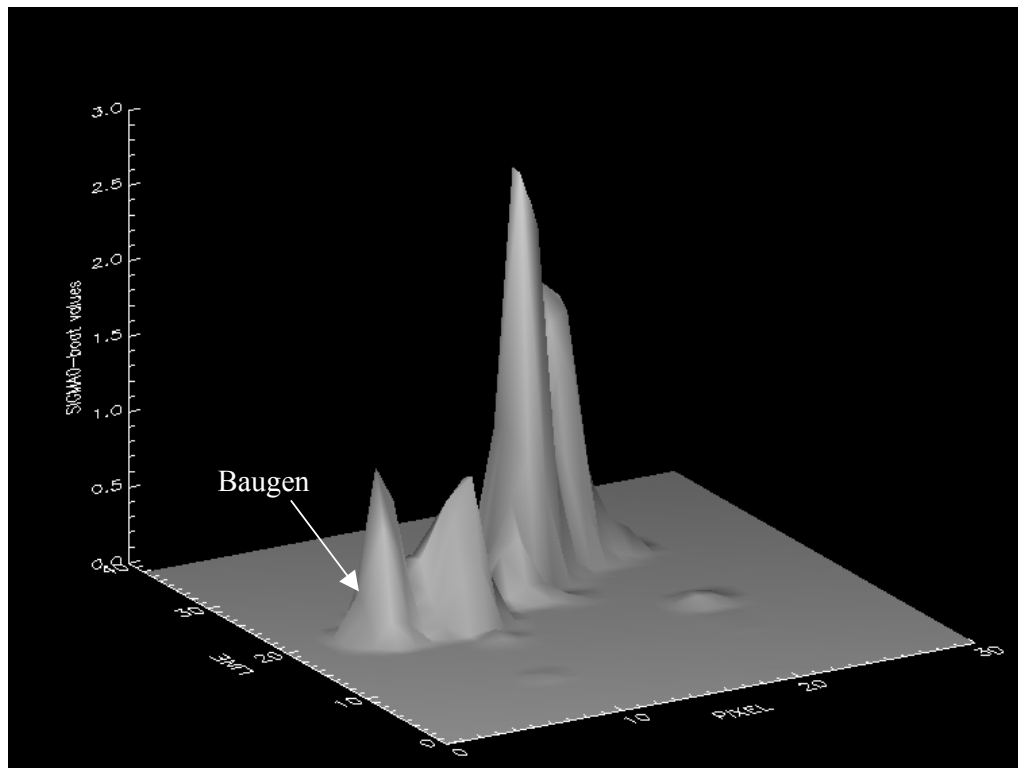
21. september 2003 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 256° med klokken fra nord, det vil si litt sør for vest. Figur 3.30 viser retningen til produksjonsskipet. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser til venstre er baugen til skipet. Vi kan tydelig se signaturen til skipet. Det er mulig å se retningen til skipet i radarbildet med kopolarisering, mens dette ikke er mulig i radarbildet med krysspolarisering (Figur 3-8).

Figur 3.31 viser signaturer for Norne FPSO 10. september 2003 i VV- og VH-polarisering. Den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene er ca. 164° med klokken fra nord, det vil si sørøst. Det er mulig å se hvilken retning skipet har i både i ko- og krysspolarisering. Ved hjelp av denne energiretningsinformasjonen og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser til høyre er baugen til skipet.

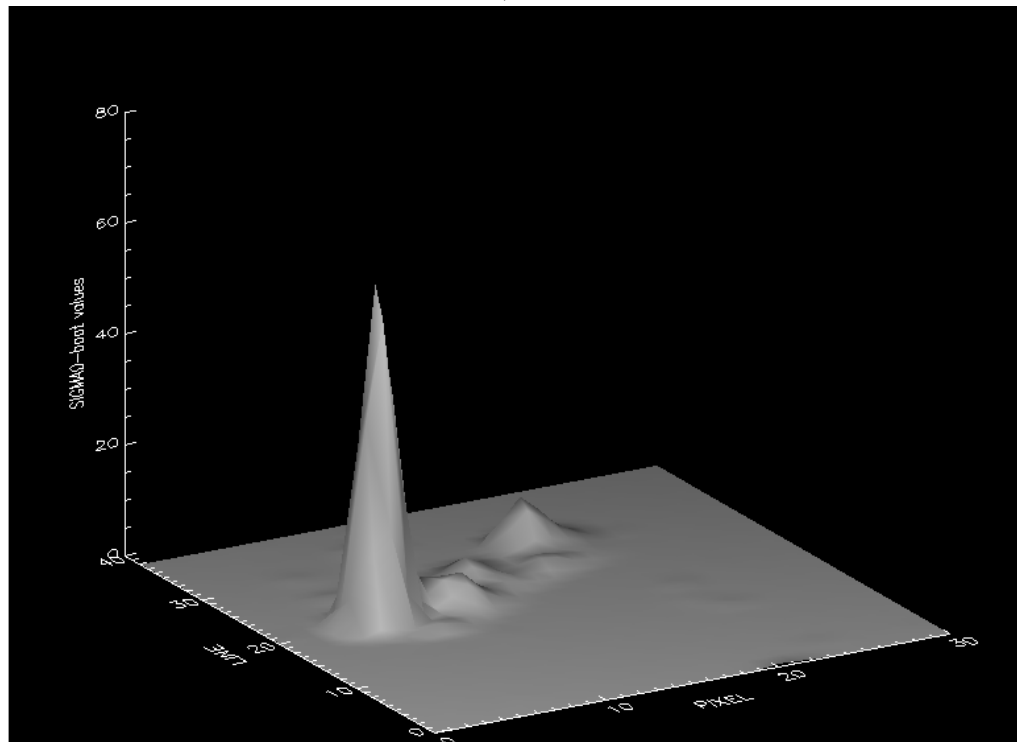
Figur 3.32 viser et annet eksempel på radarsignaturer i subspor IS4 med polarisering VV/VH.

20. august 2003 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 313° med klokken fra nord, det vil si nordvest. Vindretningen er ca. 223° . Figur 3.33 viser retningen til produksjonsskipet. Ved hjelp av denne informasjon og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser til venstre er baugen til skipet. Det ser ut som om skipet er mer vendt mot vinden enn bølgene. Retningen til skipet kan være litt tilfeldig på dette tidspunktet fordi det ikke er så mye sjø og vind. Det er nesten vindstille, ca. 1.15 m/s.

Figur 3.34 - Figur 3.36 viser andre eksempler på radarsignaturer i subspor IS4 med polarisering HH/HV.

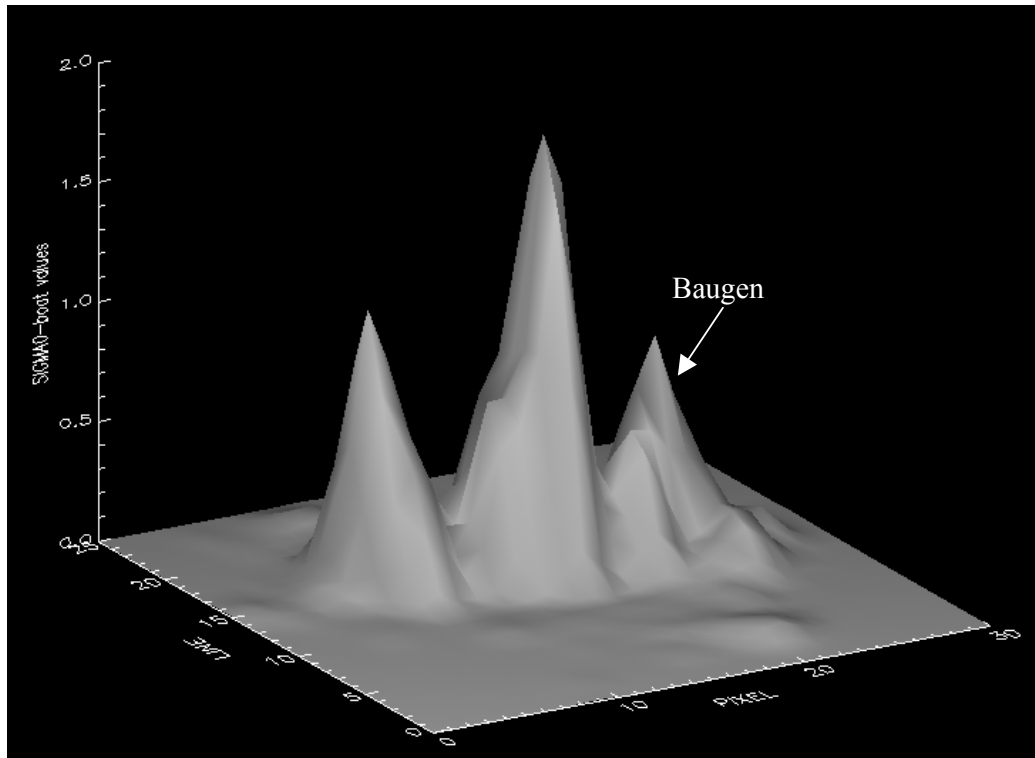


VH

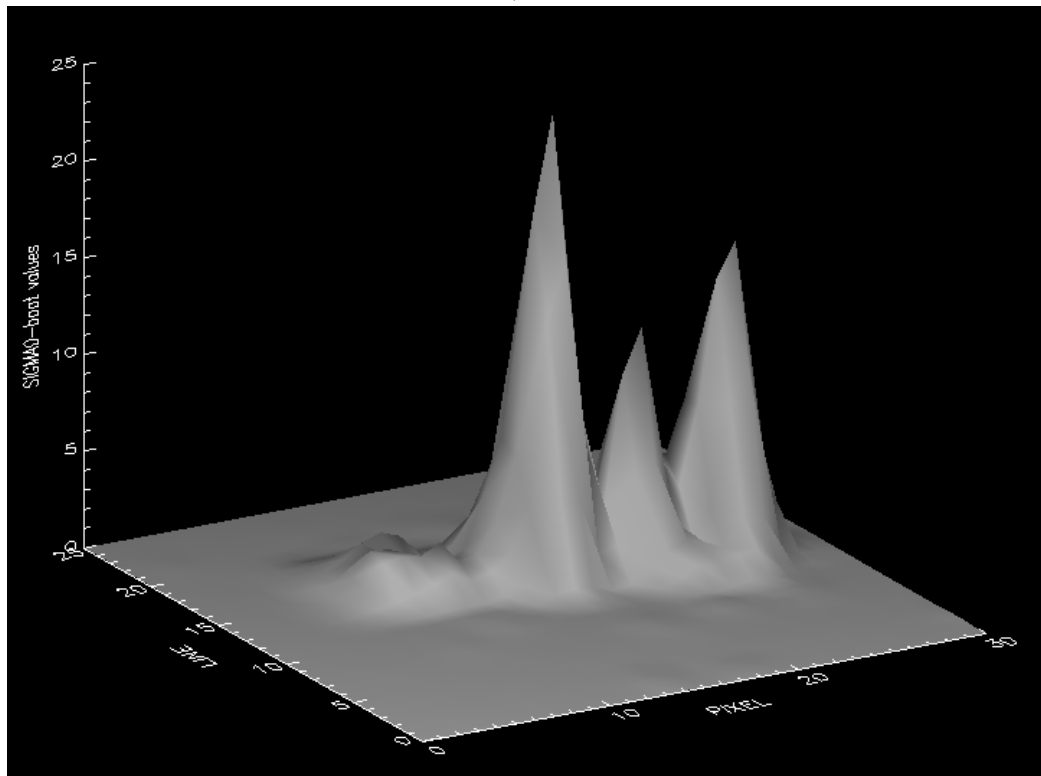


VV

Figur 3.30 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 21. september 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

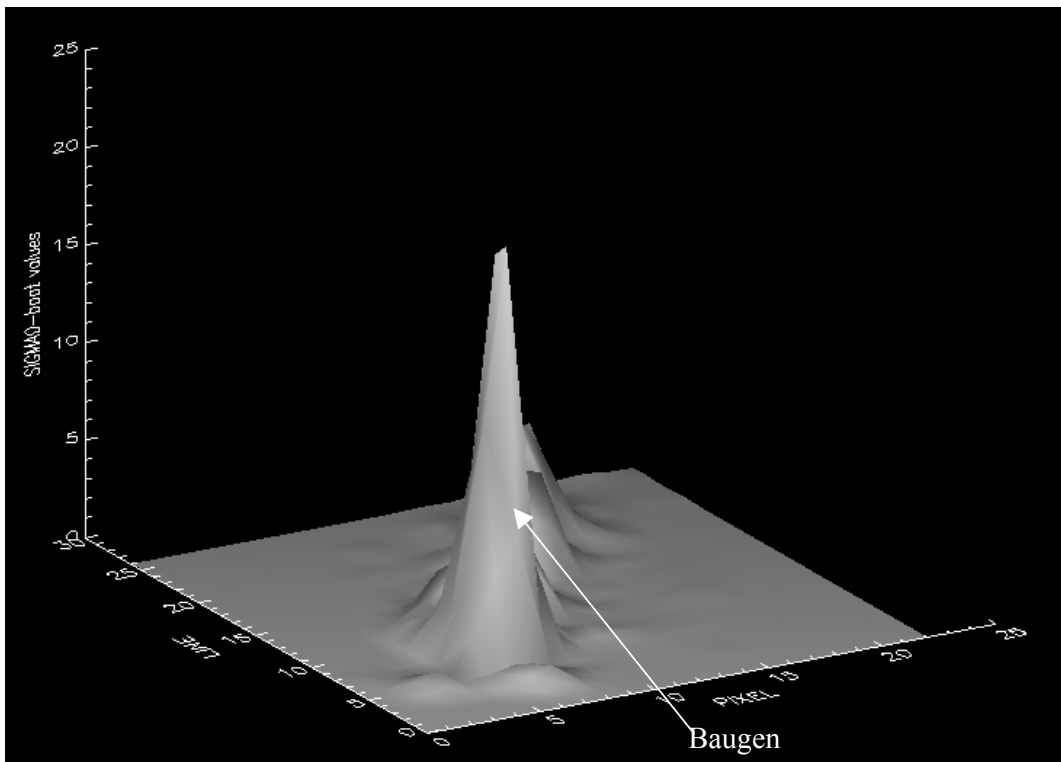


VH

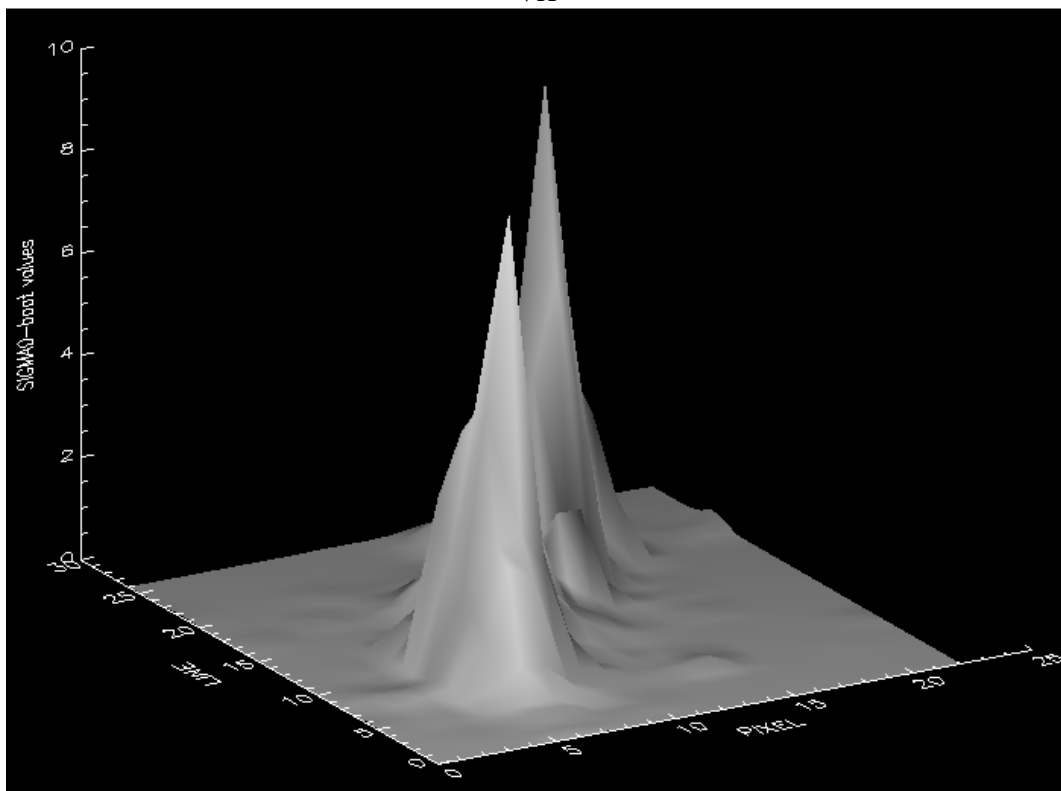


VV

Figur 3.31 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 10. september 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

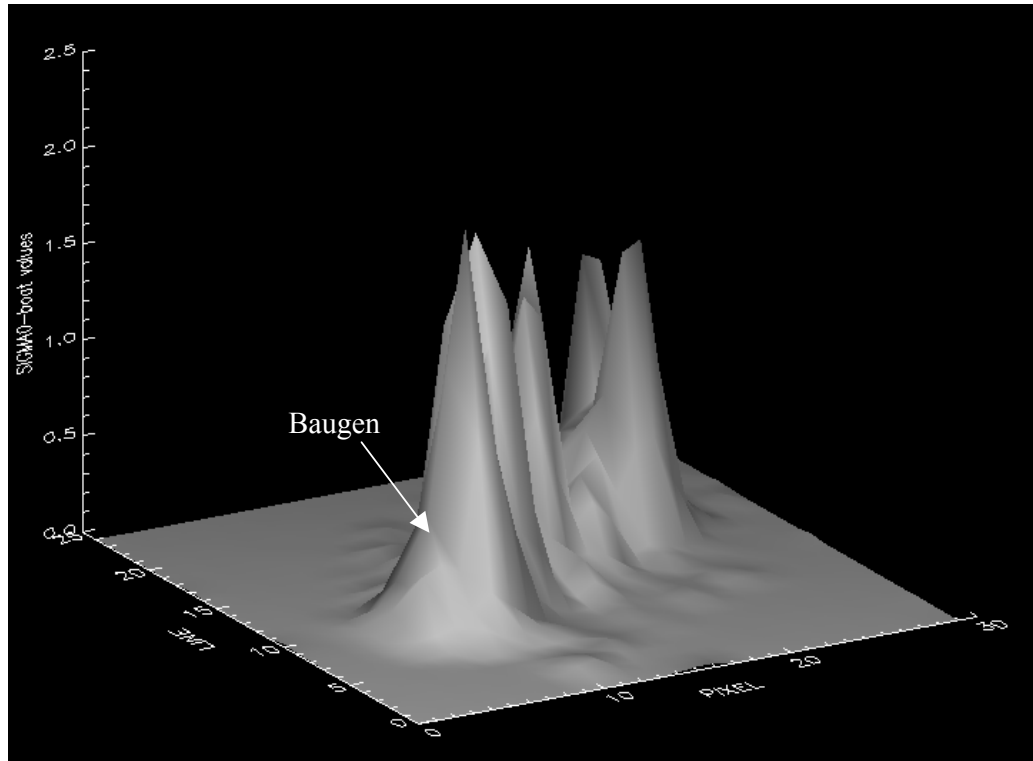


VH

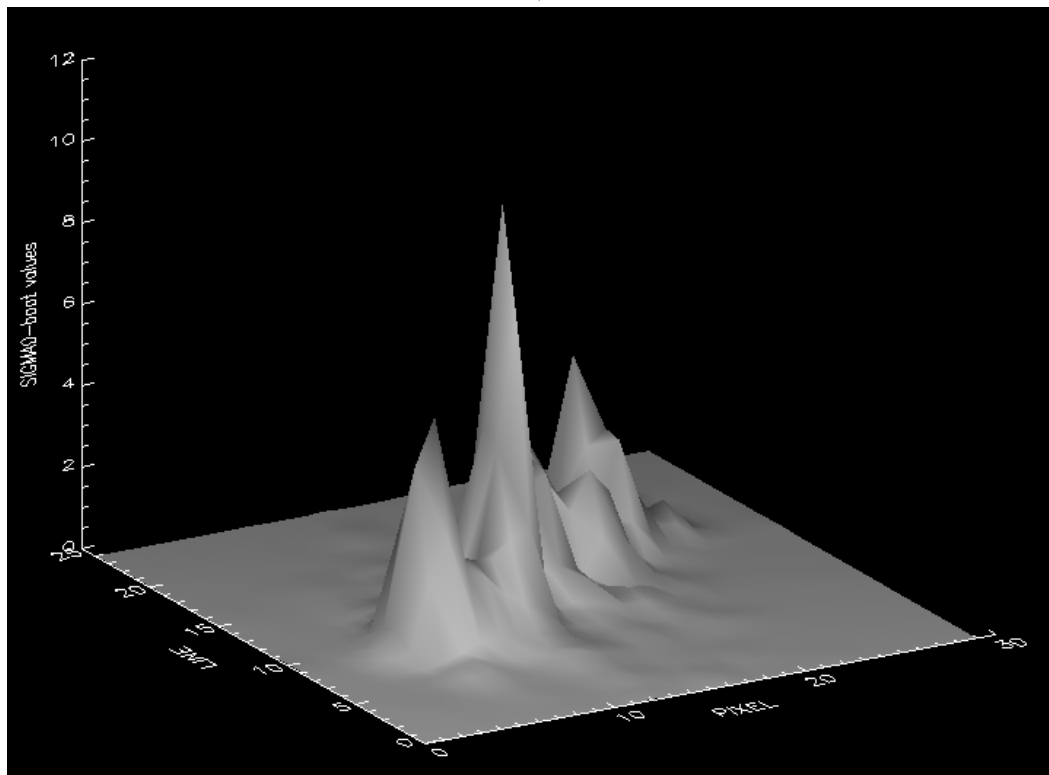


VV

Figur 3.32 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 6. august 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

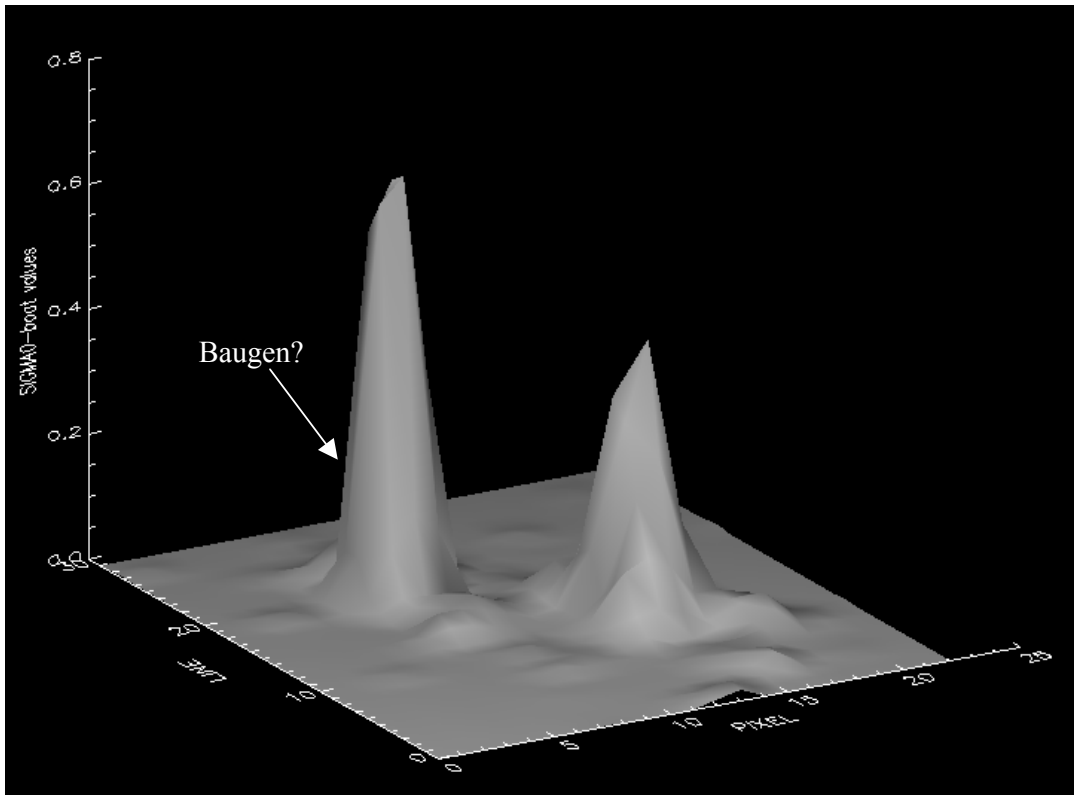


HV

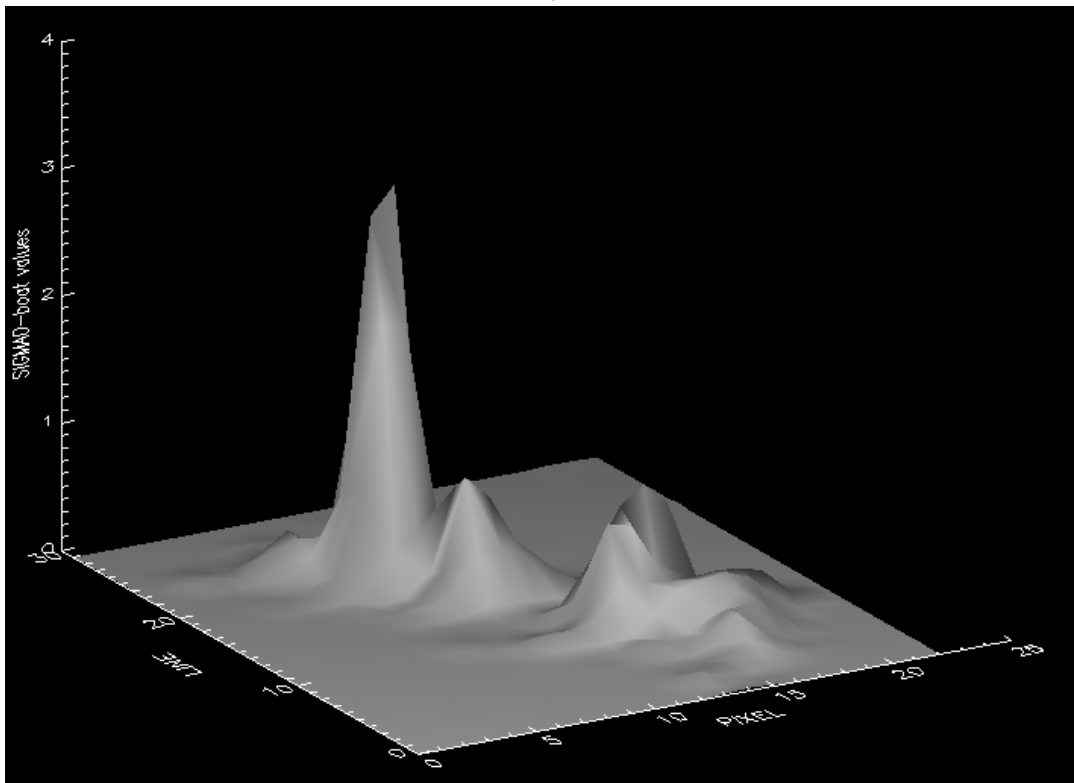


HH

Figur 3.33 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 20. august 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

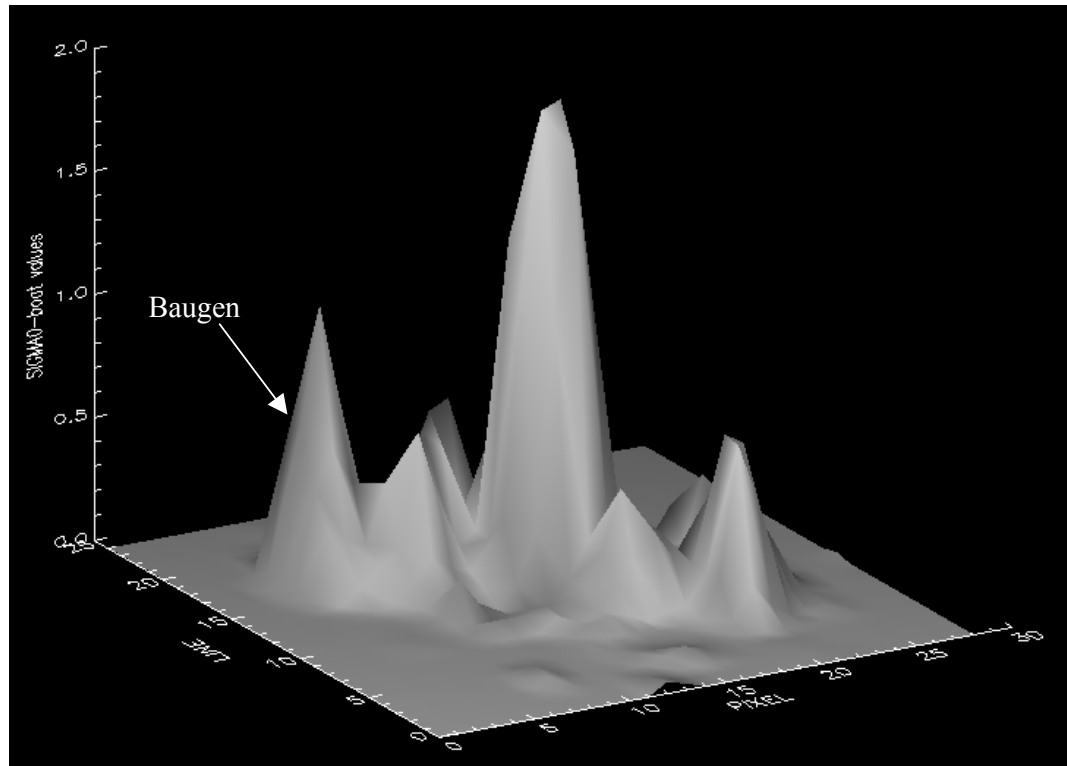


HV

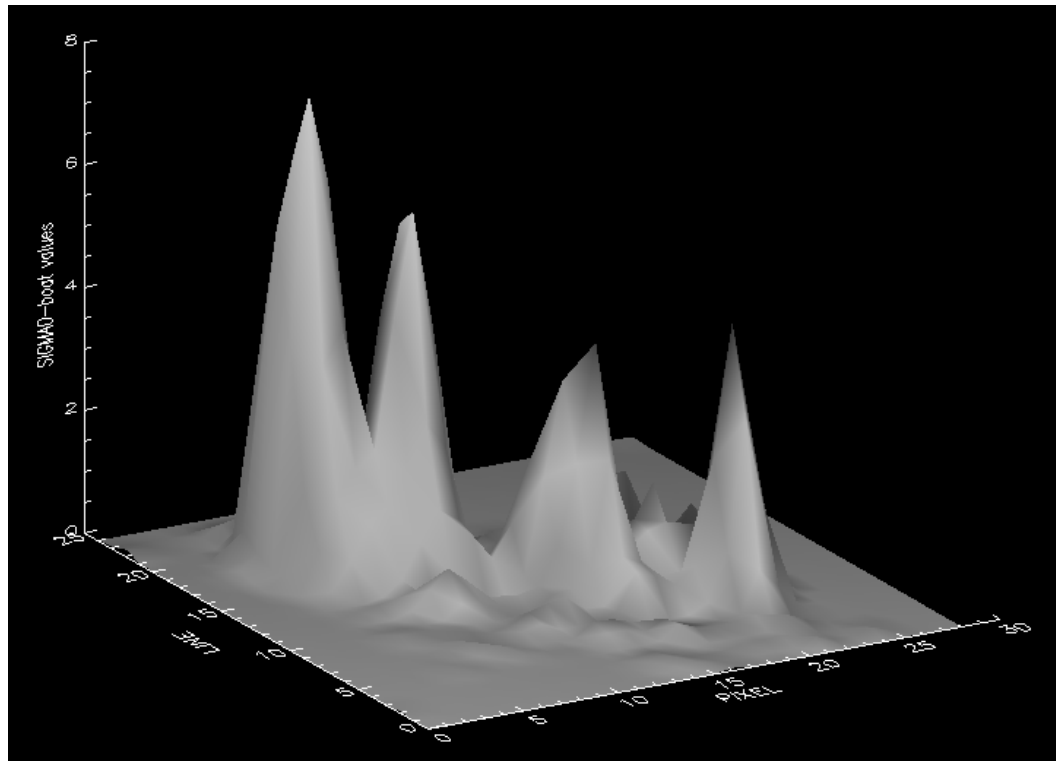


HH

Figur 3.34 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 25. august 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

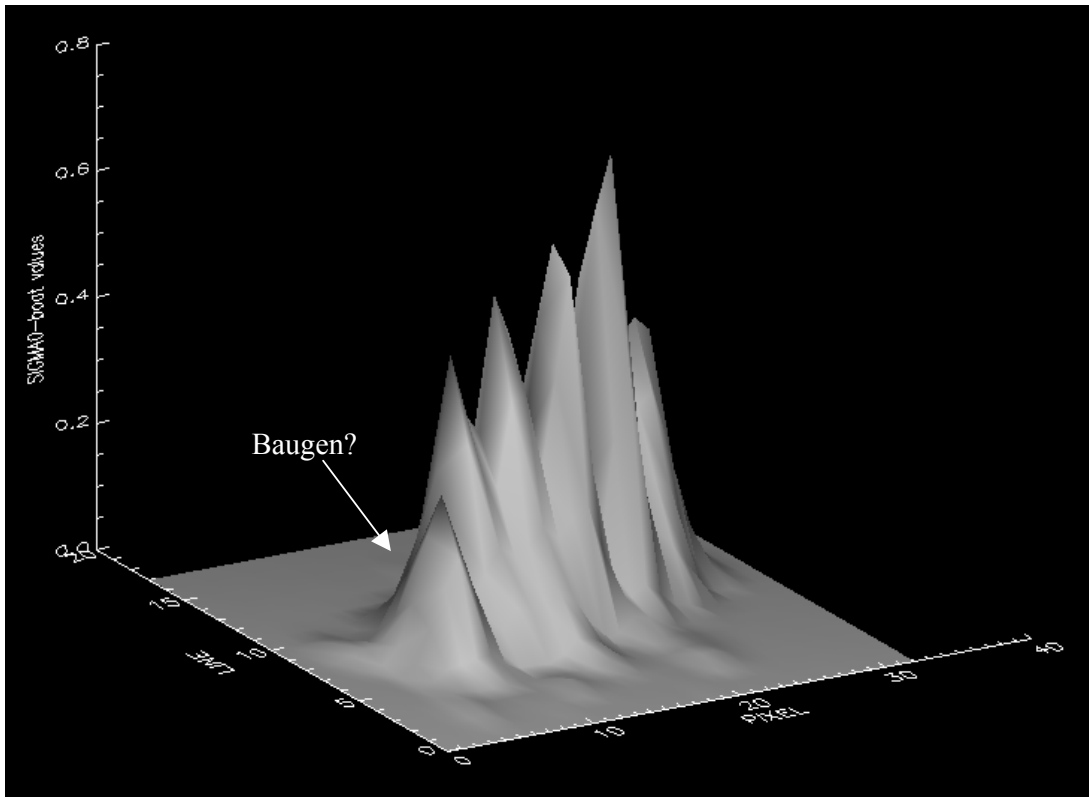


HV

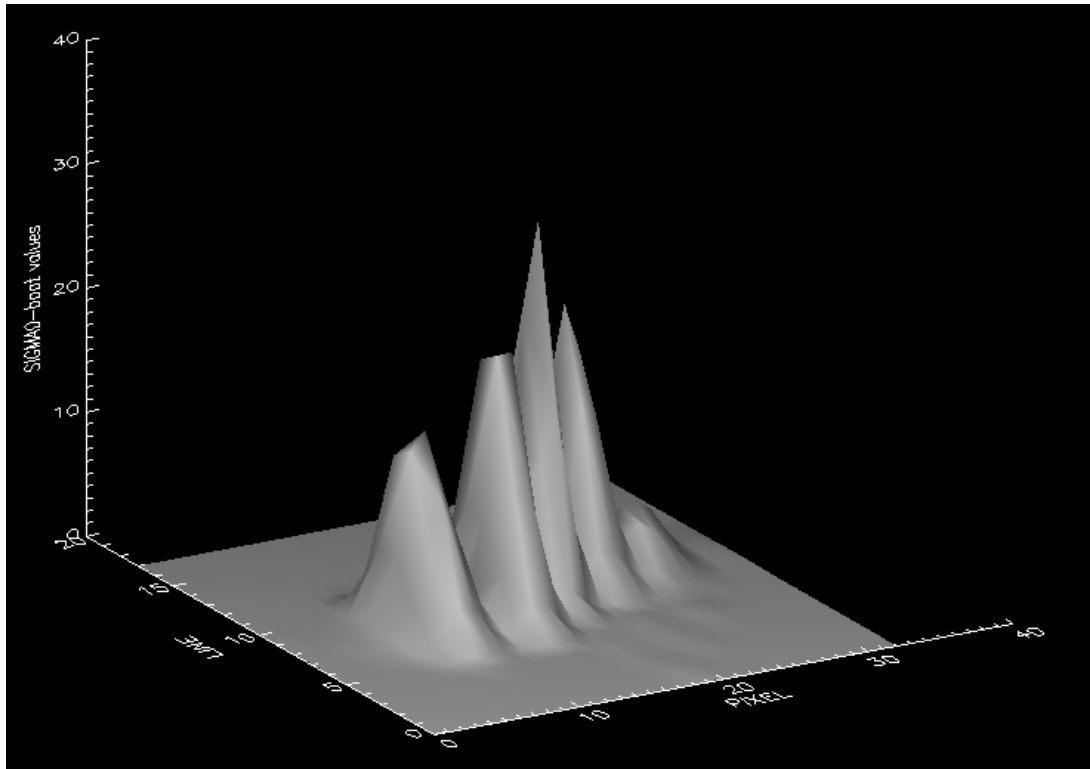


HH

Figur 3.35 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 24. september 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.



HV



HH

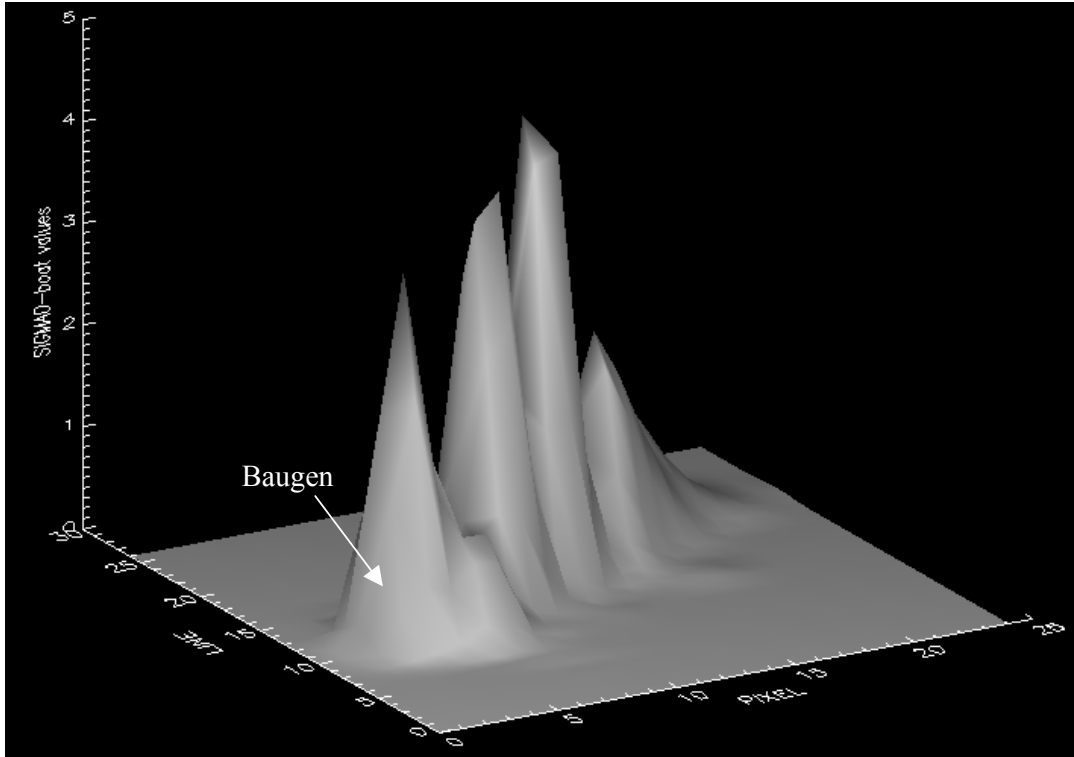
Figur 3.36 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 29. september 2003 i subspor IS4. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

IS6 og IS7:

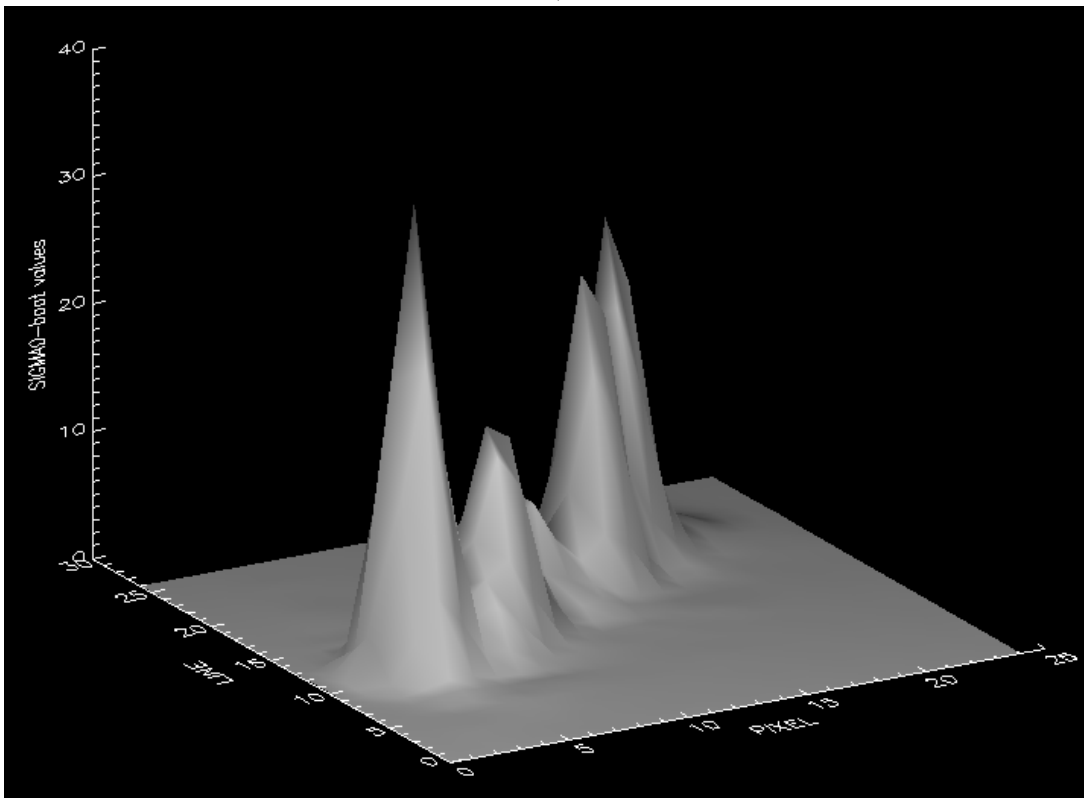
Figur 3.37 - Figur 3.40 viser eksempler på radarsignaturer i subspor IS6, mens Figur 3.41 - Figur 3.46 viser eksempler på radarsignaturer i subspor IS7.

30. september 2003 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 315° med klokken fra nord, det vil si nordvest. Vindretningen er 210° med klokken fra nord (sørvest). Figur 3.37 viser retningen til produksjonsskipet i radarbildet i subspor IS6. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser til venstre er baugen til skipet. Vi kan tydelig se signaturen til skipet. Det er mulig å se retningen til skipet i radarbildet med krysspolarisering, mens det mye vanskeligere i radarbildet med kopolarisering (Figur 3-10).

29. august 2004 er den totale gjennomsnittlige energiretningen til bølgene ca. 240° med klokken fra nord, det vil si sørøst. Vindretningen er ca. 212° med klokken fra nord (sørøst). Figur 3.41 viser retningen til produksjonsskipet i radarbildet i subspor IS7. Ved hjelp av informasjon fra met.no og siden skipet har baugen vendt mot bølgene, kan vi anta at det vi ser til venstre er baugen til skipet. Vi kan tydelig se signaturen til skipet i begge kanalene.

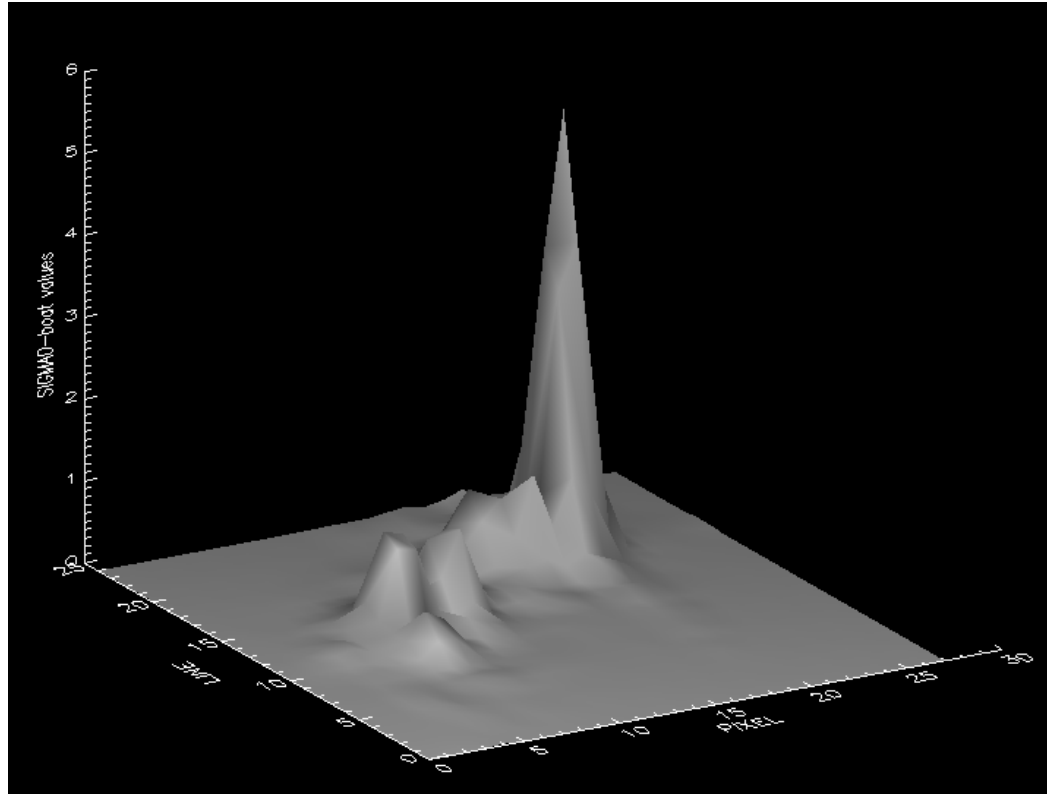


HV

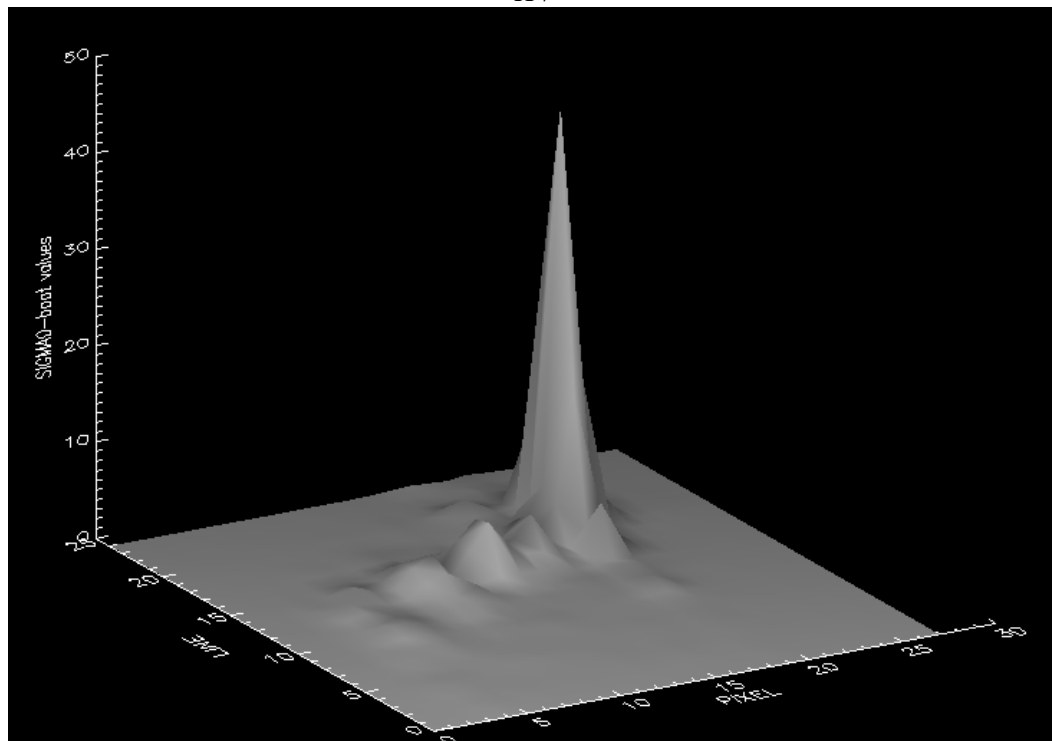


HH

Figur 3.37 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 30. september 2003 i subspor IS6. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

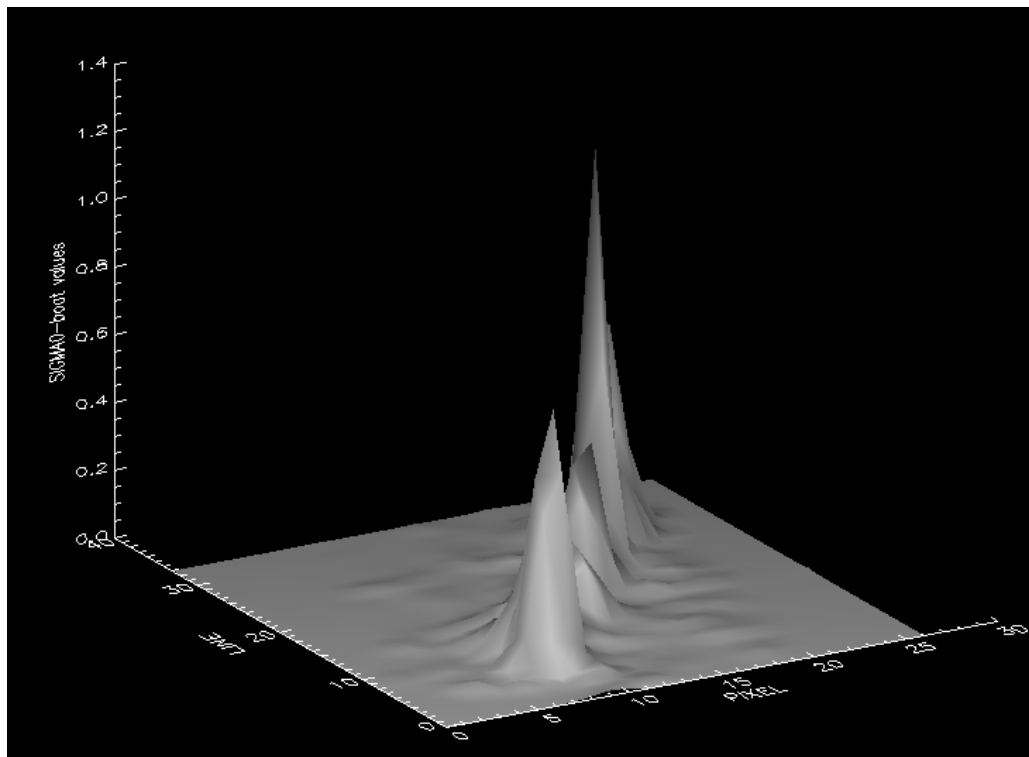


HV

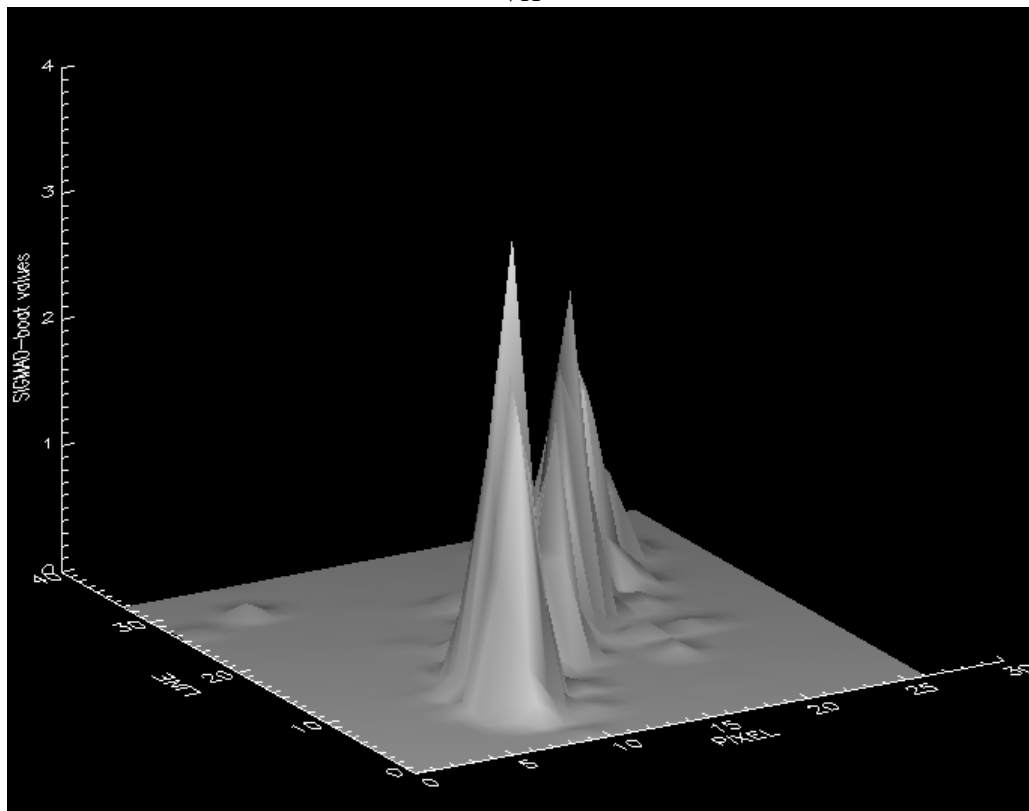


HH

Figur 3.38 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 2. desember 2004 i subspor IS6. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

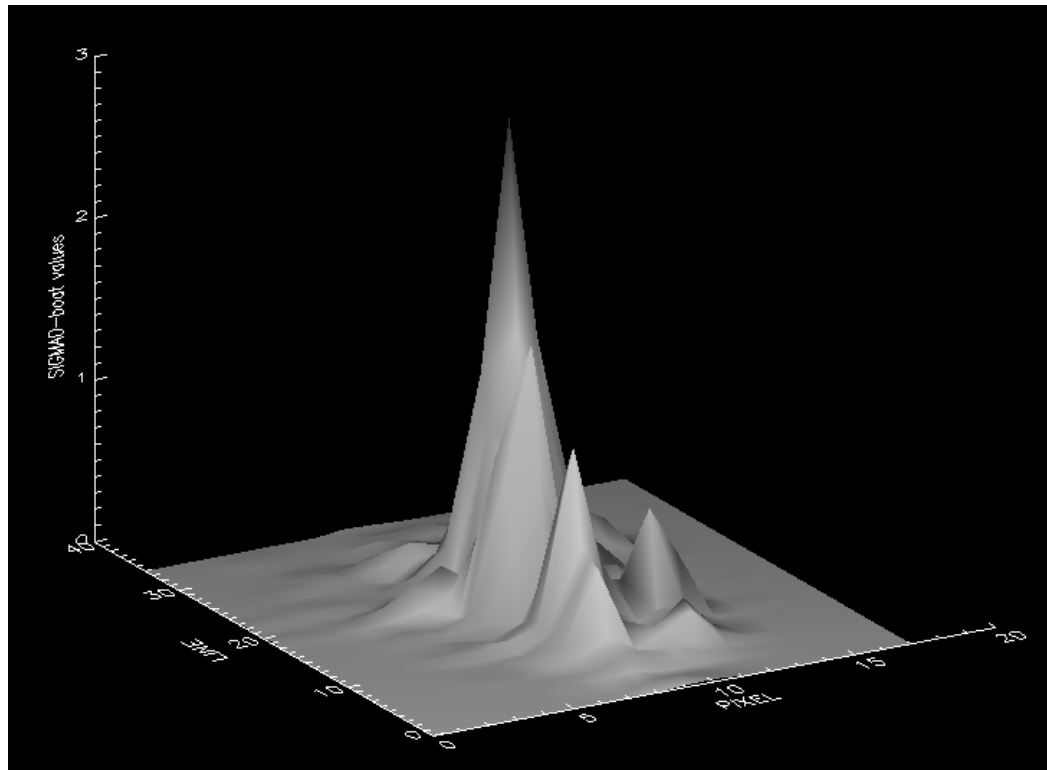


VH

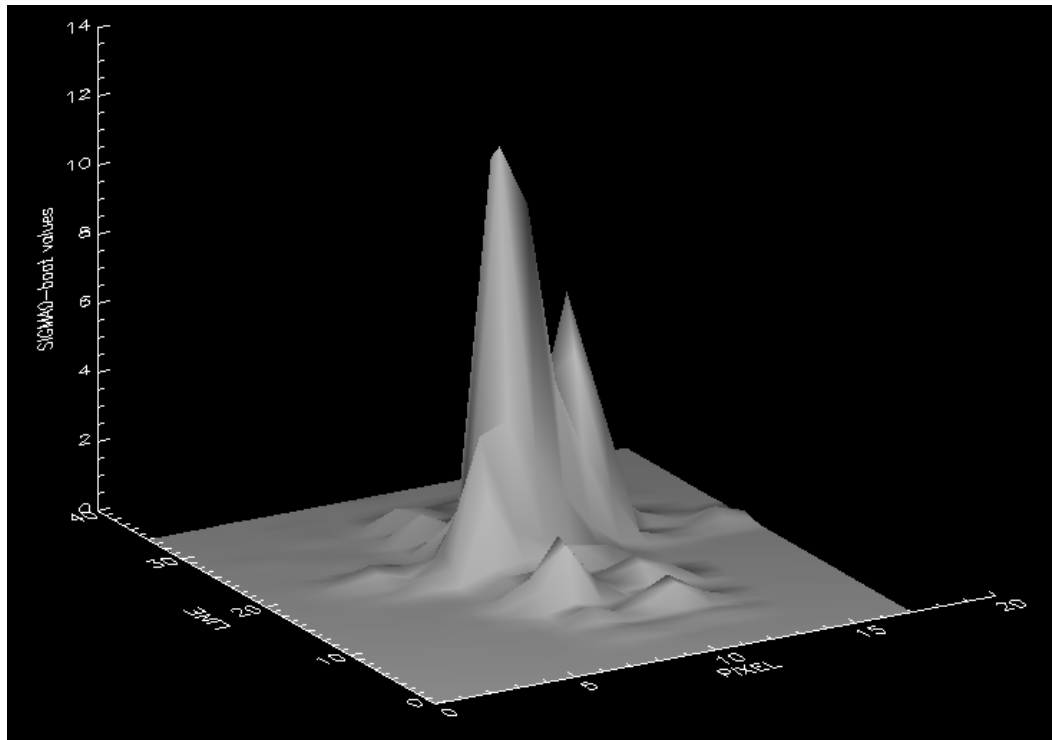


VV

Figur 3.39 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 6. januar 2005 i subspor IS6. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

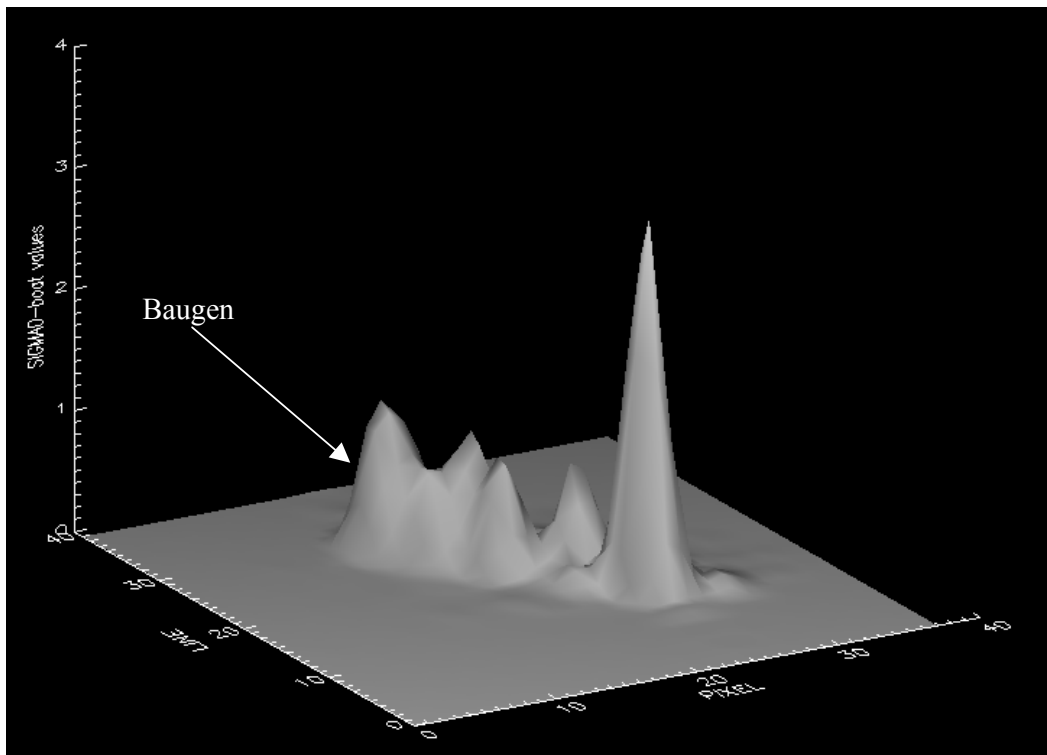


VH

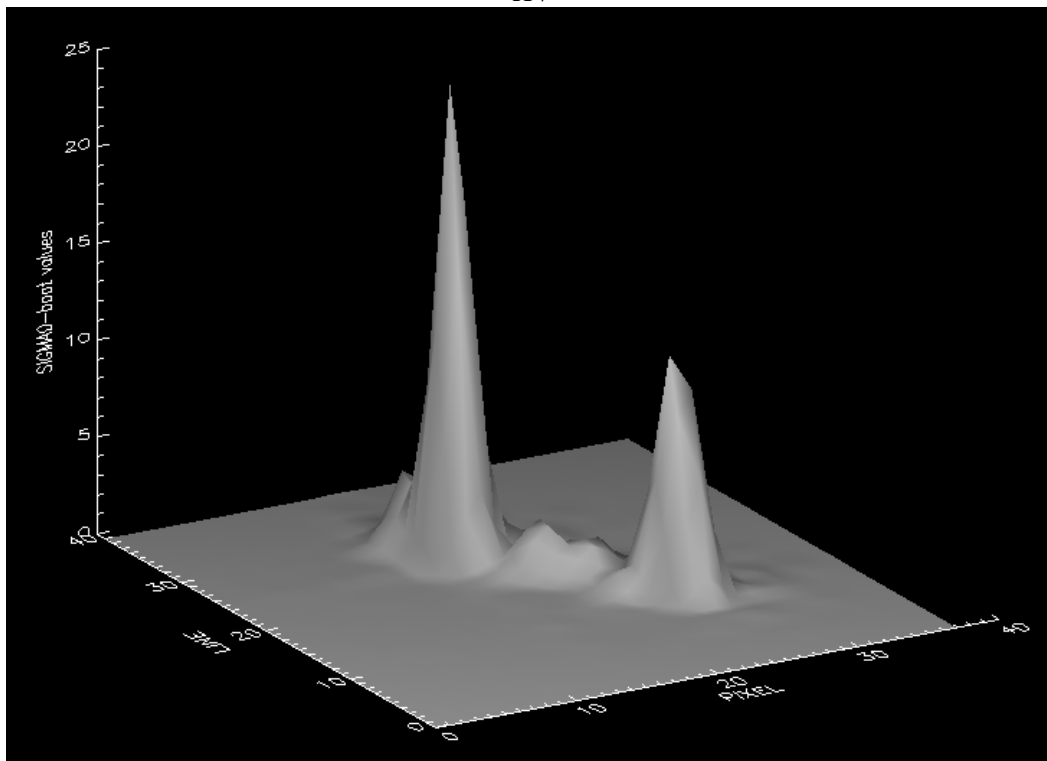


VV

Figur 3.40 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 22. januar 2005 i subspor IS6. Det er vanskeligere å bestemme hvilken vei skipet vender i begge kanalene på dette tidspunktet.

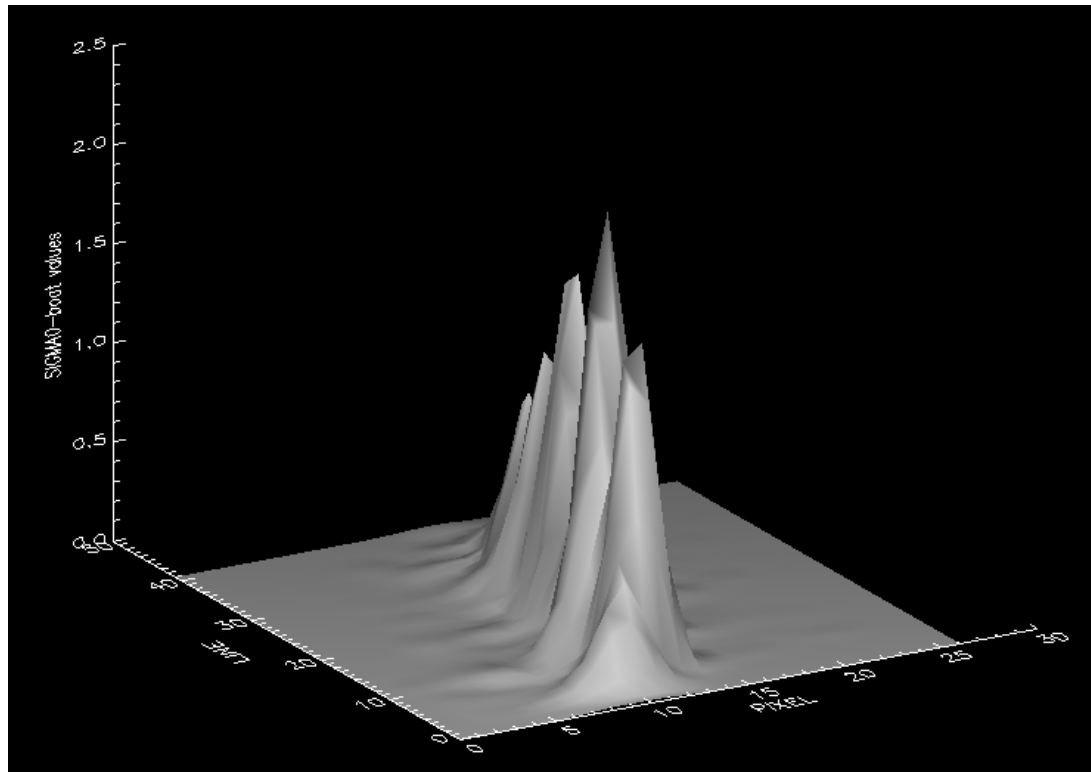


HV

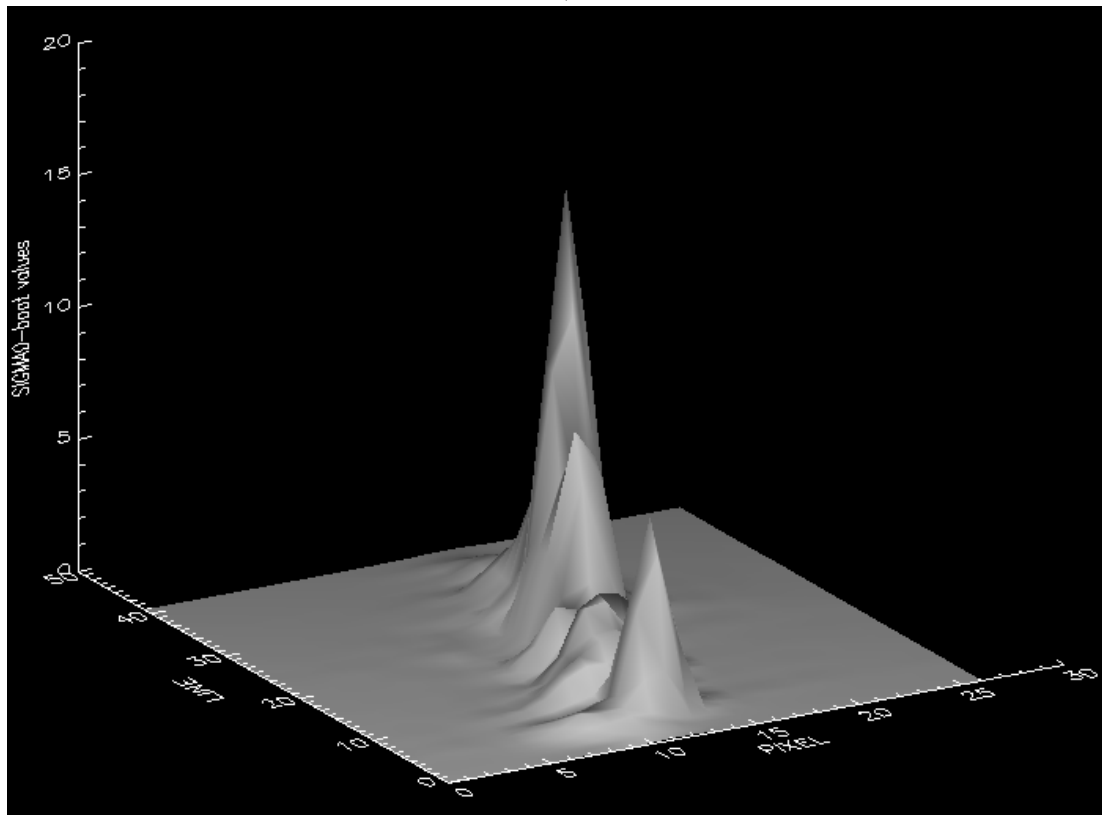


HH

Figur 3.41 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 29. august 2004 i subspor IS7. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

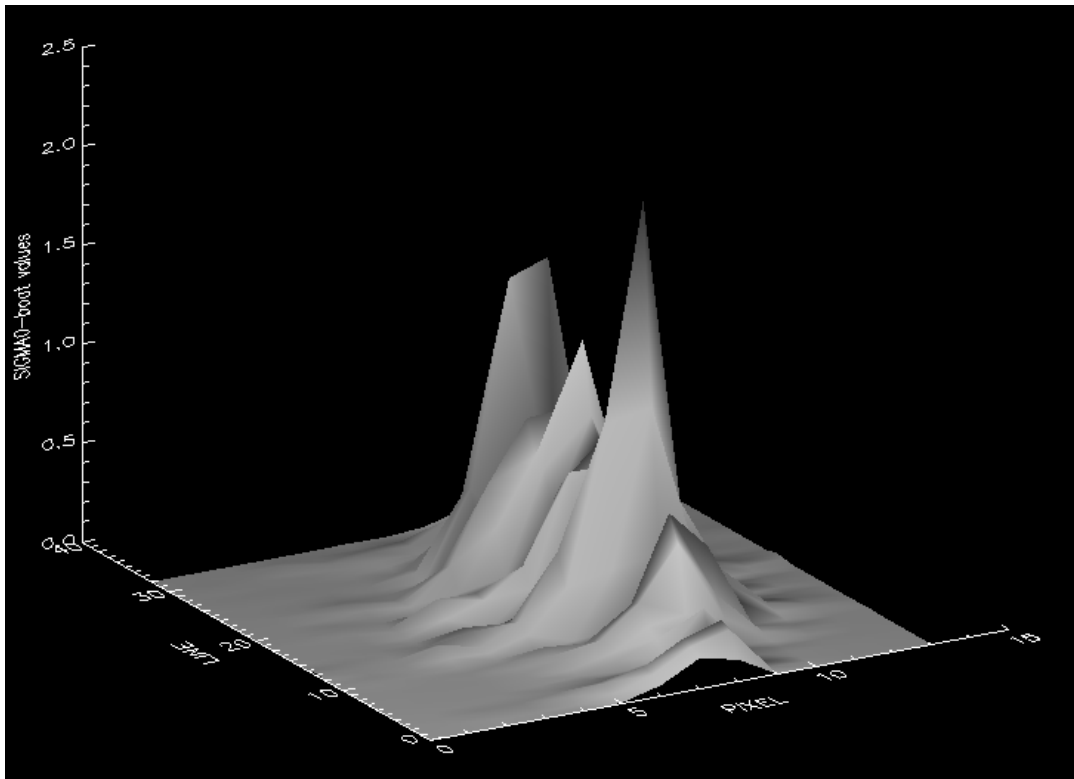


HV

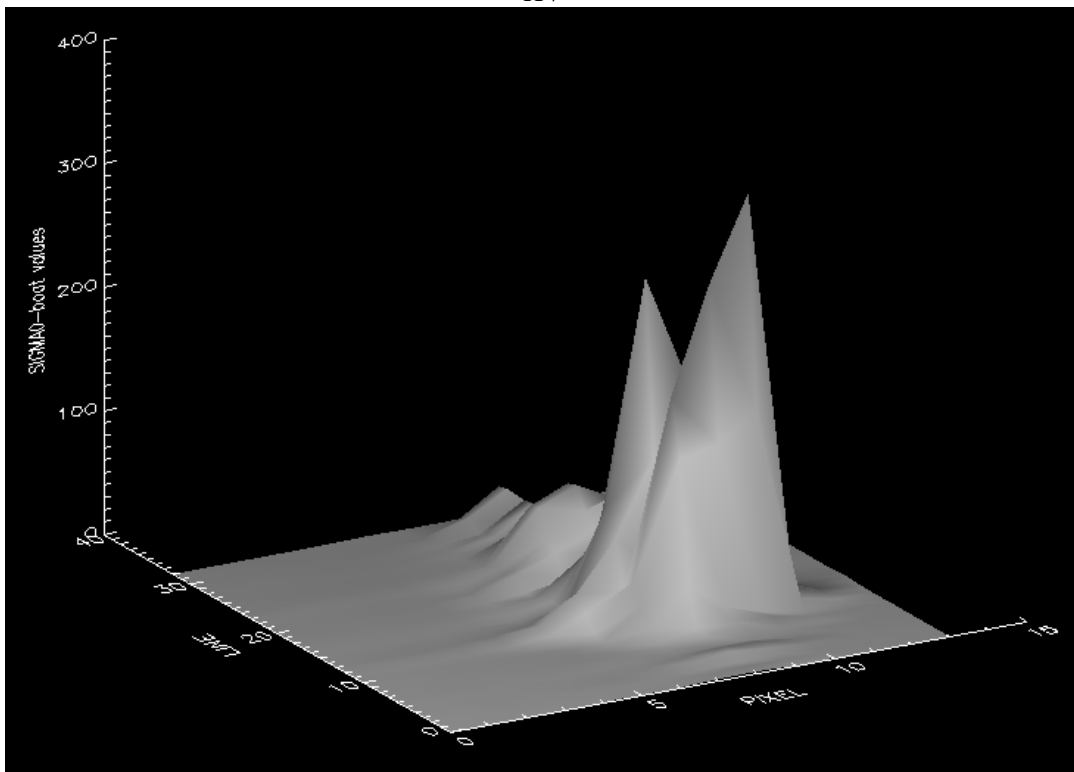


HH

Figur 3.42 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 25. oktober 2004 i subspor IS7. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

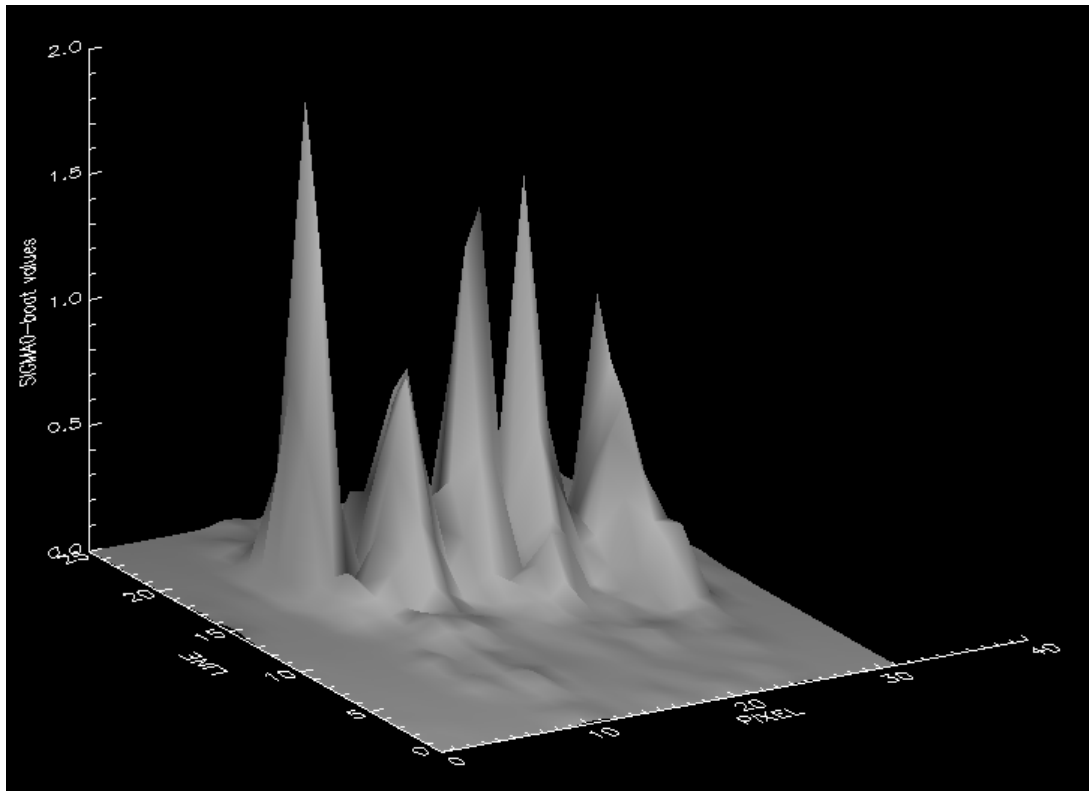


HV

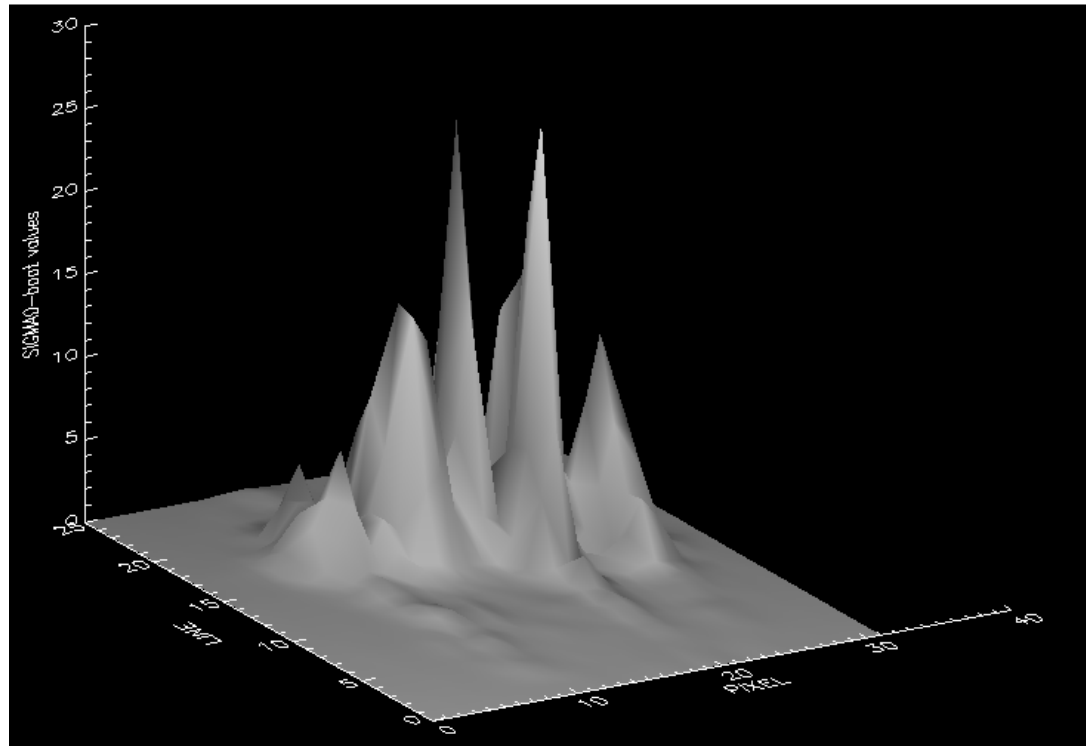


HH

Figur 3.43 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 29. november 2004 i subspor IS7. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

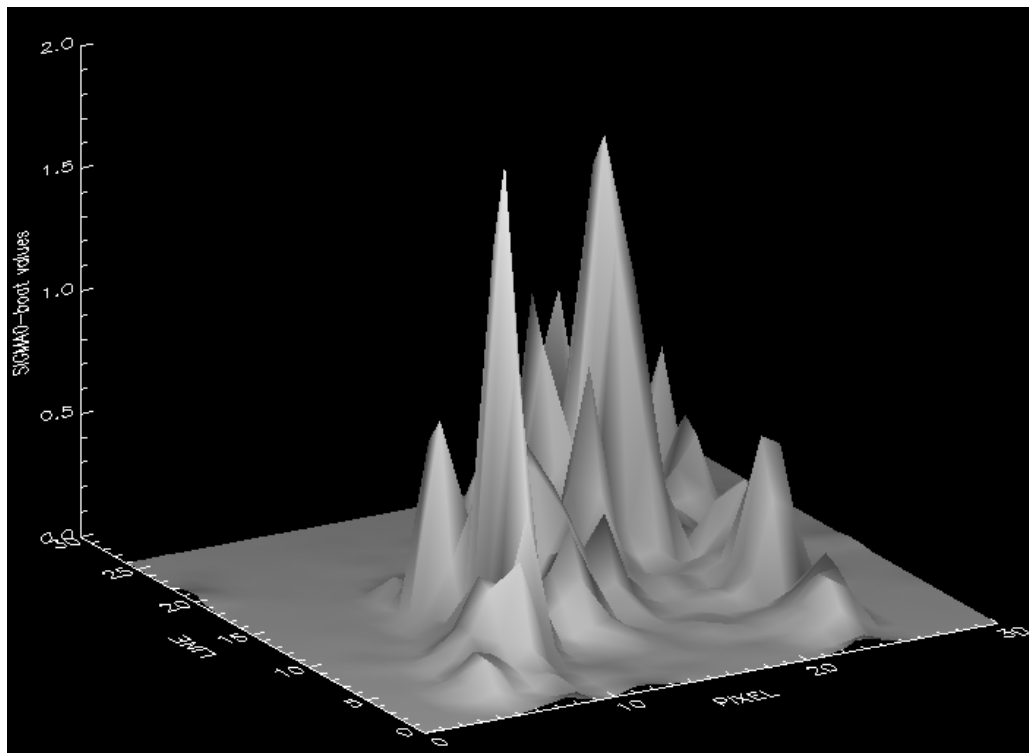


HV

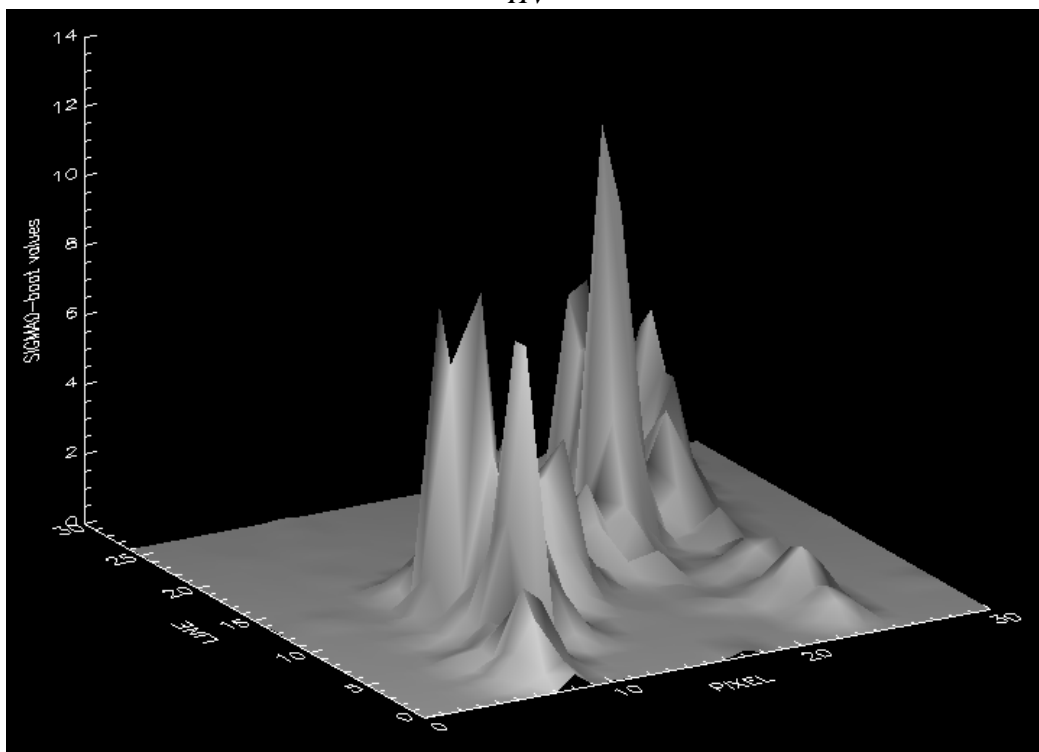


HH

Figur 3.44 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 12. desember 2004 i subspor IS7. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

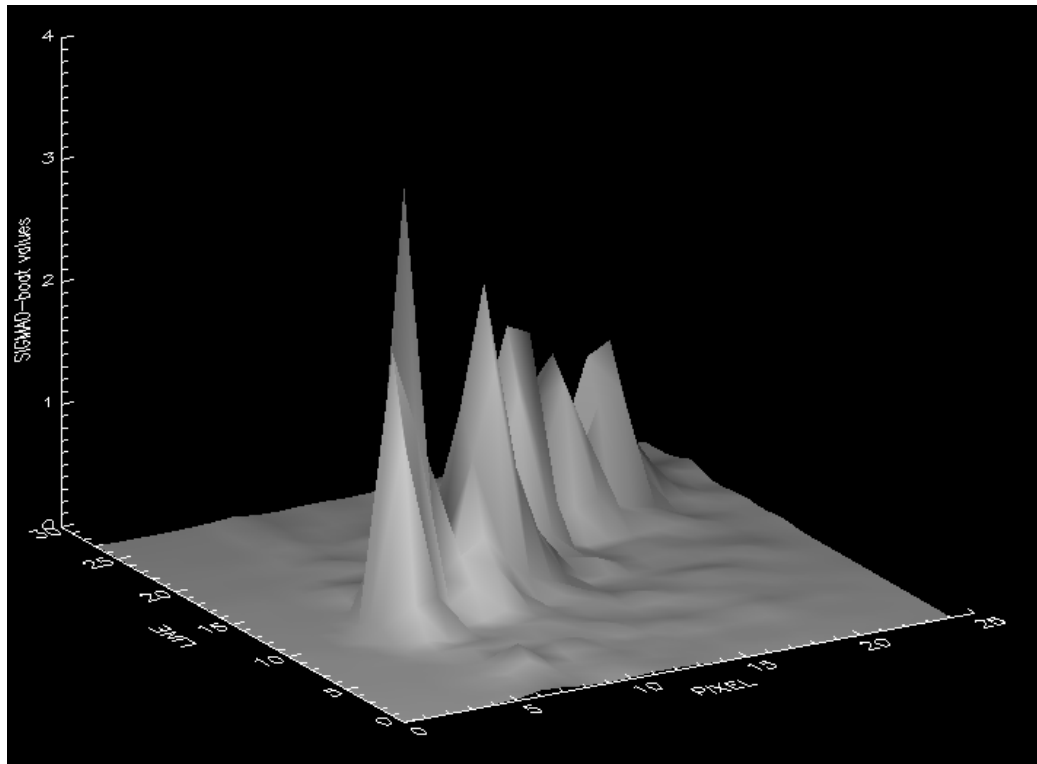


HV

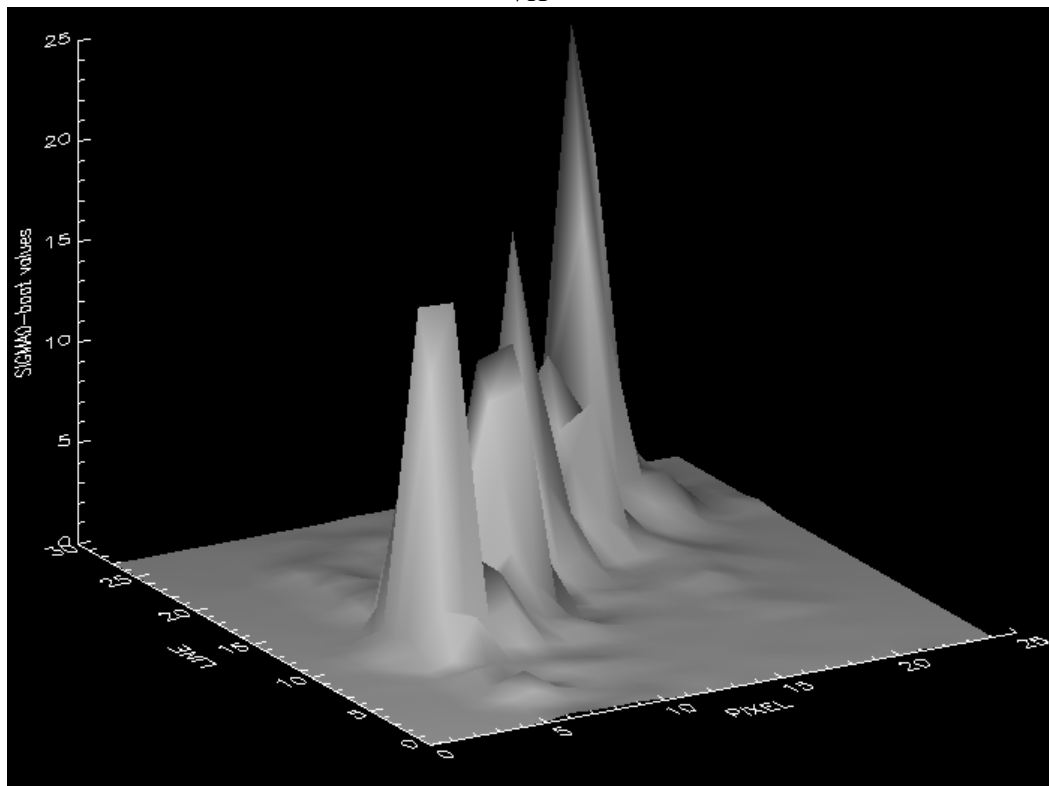


HH

Figur 3.45 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon HV og kopolarisasjon HH 3. januar 2005 i subspor IS7. Det er vanskelig å se hvilken vei skipet vender i begge kanalene. Det er noe støy i begge kanalene.



VH



VV

Figur 3.46 Signaturer for Norne FPSO i krysspolarisasjon VH og kopolarisasjon VV 16. januar 2005 i subspor IS7. Det er mulig å se ut ifra begge signaturene hvilken vei skipet vender.

Eksempler på detaljer i radarsignaturer av hovedproduksjonsskipet Norne FSPO på Nornefeltet er vist. Vi ser at radarsignaturene i kryss- og kopolarisering er forskjellige. Forskjellene skyldes sannsynligvis at spredningen i kopolarisering skjer mest som følge av dobbeltrefleksjon fra sjøen og siden av skroget samt mellom plane overflater på dekk og overbygningen, mens refleksjonen i krysspolarisering følger av flere komplekse refleksjoner mellom forskjellige deler av skipets struktur. Krysspolarisering gir som regel mer informasjon om skipets struktur enn det kopolarisering gjør.

I subspor IS1 gir radarsignaturer i krysspolarisering mer informasjon om skipet enn i kopolarisering. Det er også ofte lettere å anslå retningen til skipet i krysspolarisering.

I subspor IS4 går det an å anslå retningen til skipet i både kryss- og kopolarisering. Signaturer fra bilder med kopolarisering i IS4 gir mer informasjon enn bilder med kopolarisering i IS1. Grunnen til at signaturen fra bildet med kopolarisering 21. september 2003 gir liten informasjon kan være fordi vindstyrken og maksimum bølgehøyde er høye, henholdsvis 17.1 m/s og 9.0 m. Det gjør at signaturene blir mer utydelige.

I subspor IS6 og IS7 går det an å anslå retningen til skipet i både kryss- og kopolarisering.

3.2.3 Oppsummering Nornefeltet

TCR-verdiene øker med innfallsvinkelen for kopolarisering, mens de minker med økende vindhastighet og høy sjø. Horisontal polarisering er bedre en vertikal polarisering for skipsdeteksjon fordi refleksjonene fra sjøen er undertrykt ved horisontalpolarisering slik at skipet kommer klarere fram i bildet. De kopolariserte dataene viser klart at de ikke alltid tilfredsstillende kravet om å ha TCR-verdier over 10 dB for IS1.

Det motsatte er tilfelle for krysspolarisering for lave og middels store innfallsvinkler. TCR-verdiene minker med økende innfallsvinkel mellom IS1 og IS4. For høye innfallsvinkler (IS6 og IS7) øker verdiene litt igjen. Dette resultatet er overraskende. De krysspolariserte dataene tilfredsstillende kravet om å ha TCR-verdier over 10 dB for IS1. Både kryss- og kopolariserte data tilfredsstillende dette kravet for høye innfallsvinkler og for medium innfallsvinkler.

Spredningen i TCR-verdiene skyldes flere faktorer, blant annet near- og far-range støy. En annen faktor kan være skipets retning relativt til radarens pekeretning. Det kan virke som om skipet avbildet fra baksiden gir høyest TCR, mens avbildning fra forsiden gir lavest TCR. Avbildning fra siden gir verdier midt i mellom. En tredje faktor er at dataene er samlet under forskjellige vindhastigheter og sjøforhold. TCR-verdiene minker med økende vindhastighet og høy sjø, spesielt for kopolariserte data. Bølger som beveger seg mot radaren gir sterkt signal fra bølgene, og dermed lavere TCR, mens bølger som beveger seg vekk fra radaren, gir noe lavere signaler fra bølgene. Bølger som beveger seg på tvers av radarens peileretning gir svakest signal fra bølgene, og dermed høyere TCR.

Radarsignaturene i kryss- og kopolarisering er forskjellige. Krysspolarisering gir som regel mer informasjon om skipets struktur enn det kopolarisering gjør. Det er lettere å anslå retningen til

skipet ved hjelp av signaturene i krysspolarisering. Kopolarisering gir mer informasjon i subspor IS4 enn i IS1. Det er like lett å anslå retningen til skipet i både kryss-og kopolarisering i subspor IS4, IS6 og IS7.

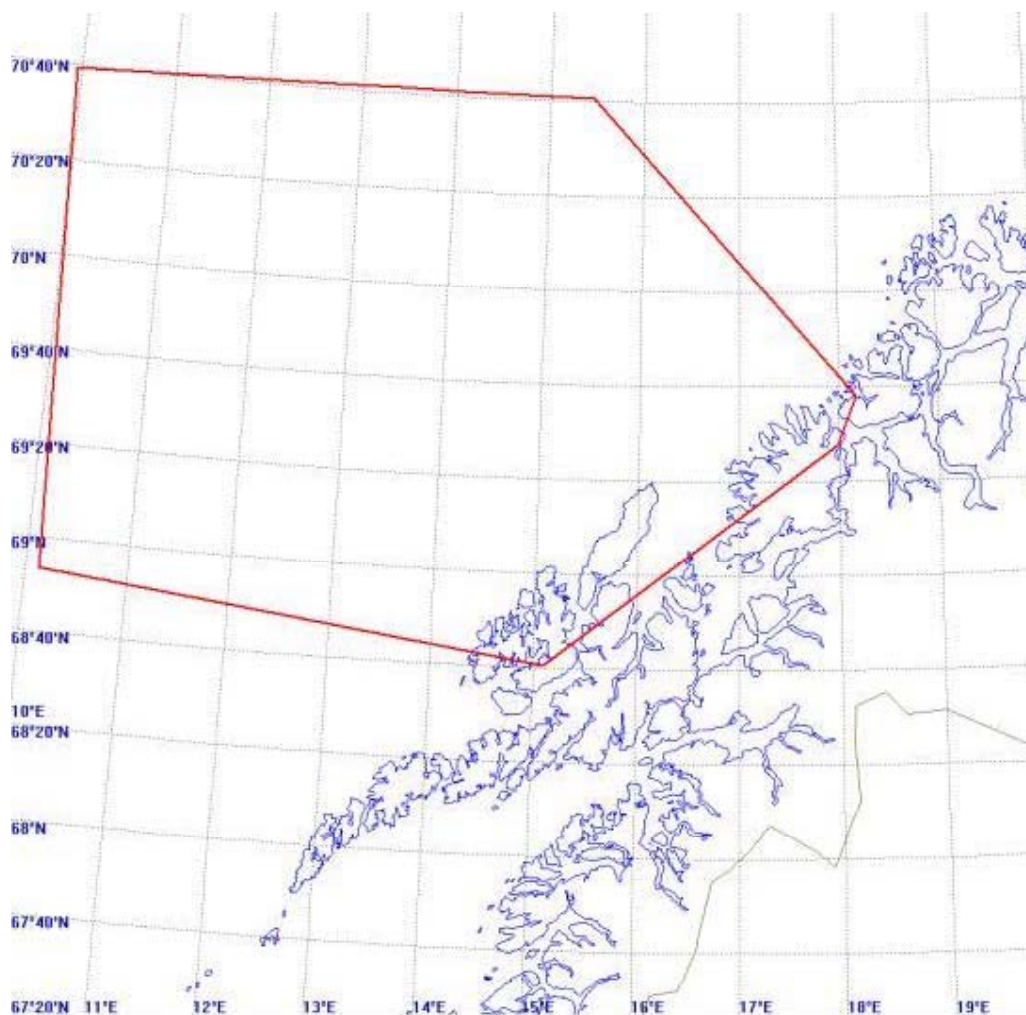
3.3 Opptak i Malangen

Seks ENVISAT bilder og fire RADARSAT-1 bilder ble bestilt over Malangen-området 19. - 28. mai 2004. Alle produktene er i standard produktformater. Tabell 3-5 viser oversikt over data som ble bestilt over Malangen-området (se Figur 3.47). Radarbildene i denne Malangen-kampanjen ble analysert i forbindelse med SATHAV. Demonstrasjonen hadde som mål å samle inn informasjon for å validere deteksjonsevne og begrensninger i forhold til skipsdeteksjon. Det var egentlig bestilt krysspolarisering VV/VH for ENVISAT AP (Alternerende Polarisering) Mode bildene, men isteden ble det mottatt bilder i kanalene HH/VV.

KSAT (Kongsberg Satellite Services AS), Forsvarets Tolkningscenter (FTS) og Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) har analysert datasettene. KSAT, Kongsberg Spacetec (KSPT), FFI, og FTS deltok i en workshop hos KSAT den 13. oktober der resultatene ble diskutert.

| ENVISAT | | | |
|-------------------|--------------|---------------------|------------------|
| Dato | Modus | Polarisering | Tid (UCT) |
| 19.05.04 | AP | HH/VV | 19:35 |
| 21.05.04 | WS | VV | 20:11 |
| 24.05.04 | WS | VV | 20:17 |
| 26.05.04 | WS | HH | 09:22 |
| 28.05.04 | AP | HH/VV | 09:59 |
| 28.05.04 | AP | HH/VV | 10:00 |
| RADARSAT-1 | | | |
| 21.05.04 | SCN FAR | HH | 16:13 |
| 24.05.04 | SCN FAR | HH | 16:26 |
| 26.05.04 | SCN FAR | HH | 05:34 |
| 28.05.04 | SCN FAR | HH | 16:09 |

Tabell 3-5 Oversikt over satellittdata som ble bestilt i forbindelse med undersøkelsen over Malangen-området i mai 2004.



Figur 3.47 Viser testområde over Malangen (8). © KSAT

Alle radarbildene ble prosessert Near Real Time (NRT) hos KSAT. Kart mottatt fra LDKN med avmerkede posisjoner til skip samt et excel-ark med de nøyaktige posisjonene til skipene ble brukt i analysen. Informasjon om de rapporterte posisjonene i excel-arket er AIS- (Automatic Identification System) og bakkeradardata. Rapporterte og detekterte skipsposisjoner ble sammenliknet.

avstand fra rapportert posisjon, mens den siste ikke ble funnet i SAR-bildet. Alle fire AIS-rapporterte skip er synlige i bildet. Det er scalloping midt i bildet, og dataene må derfor reprosesserer for å få et ordentlig radarbilde. En kan se mye vind- og bygevirkosomhet i bildet.

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|---|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 504402 | Soyana | 70,081N | 17,741E | 70.04N – 17.81E |
| 2 | 500618 | Wilson Goole | 69,83N | 17,679E | 69.77N – 17.74E |
| 3 | 503363 | Ukjent | 69,822N | 18,245E | 69.81N – 18.17E |
| 4 | 504898 | Rochief | 69,454N | 18,121E | 69.40N – 18.18E |
| 5 | 505931 | Mekhanik Tyulenev | 69,543N | 16,095E | 69.54N – 16.13E |
| 6 | 505267 | Ukjent | 69,467N | 15,284E | Nei |

Tabell 3-7 Informasjon fra bakkeradar og AIS 21. mai 2004 kl. 22:12.

RADARSAT-1 21. mai 2004 :

RADARSAT-1 bildet 21. mai 2004 er et ScanSAR bilde med polarisering HH. Det ble rapportert om fire båter via AIS (se Tabell 3-8). Normand Trym ble detektert, en båt lå utenfor bildet, mens de to siste båtene ikke ble detektert i SAR-bildet. Det AIS-rapporterte skipet er synlig i bildet.

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|---|-----------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 498160 | Ukjent | 69,051N | 13,869E | Posisjon utenfor bildet |
| 2 | 498158 | Ukjent | 69,049N | 14,45E | Nei |
| 3 | 495290 | Ukjent | 69,314N | 14,918E | Nei |
| 4 | 494839 | Normand Trym | 69,293N | 16,25E | 69.33N – 16.28E |

Tabell 3-8 Informasjon fra bakkeradar og AIS 21. mai 2004 kl. 18:14.

ENVISAT 24. mai 2004:

ENVISAT bildet 24. mai 2004 er et WS bilde med polarisering VV. Det ble rapportert om fire båter via AIS (se Tabell 3-9). Tre av båtene ble detektert, mens den siste ikke ble funnet i SAR-bildet. Begge de AIS-rapporterte skipene er synlige i bildet.

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|---|-----------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 642429 | Sibonia | 70,233 | 16,567 | 70.19N – 16.59E |
| 2 | 640794 | Ukjent | 69,75 | 16,233 | Nei |
| 3 | 642426 | Wilson Tana | 69,717 | 16,683 | 69.71N – 16.71E |
| 4 | 637554 | Ukjent | 69,4 | 15,933 | 69.37N – 15.98E |

Tabell 3-9 Informasjon fra bakkeradar og AIS 24. mai 2004 kl. 22:17.

RADARSAT-1 24. mai 2004:

RADARSAT-1 bildet 24. mai 2004 er et ScanSAR bilde med polarisering HH. Det ble rapportert om fem båter via AIS-systemet (se Tabell 3-10). Tre båter ble detektert, en lå utenfor bildet, mens en ble rapportert på land. Alle AIS-rapporterte skip er synlig i bildet (utenom det som ikke ligger innenfor bildet).

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|---|-----------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 632135 | Ukjent | 69,25 | 14,46 | 69.30N – 14.84E |
| 2 | 512791 | Carten Elina (KV Kongsøy) | 69,21 | 16,27 | 69.23N – 16.34E |
| 3 | 632685 | Fjordronningen | 69,3 | 18,23 | 69.50N – 18.25E |
| 4 | 632777 | Ukjent | 69,08 | 18,18 | Sørreisa |
| 5 | 671712 | Mekhnik Kottsov | 69,53 | 20,84 | Posisjon utenfor bildet |

Tabell 3-10 Informasjon fra bakkeradar og AIS 24. mai 2004 kl. 18:26.

ENVISAT 26. mai 2004:

ENVISAT bildet 26. mai 2004 er et WS bilde med polarisering HH. Vi har ingen AIS-rapport på tidspunktet da satellitten fløy over området.

RADARSAT-1 26. mai 2004:

RADARSAT-1 bildet 26. mai 2004 er et ScanSAR bilde med polarisering HH. Det ble rapportert om 32 båter via AIS (Tabell 3-11). Seks båter ble detektert, atten ble ikke detektert, to lå utenfor bildet, mens seks ble rapportert på land.

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|----|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 728091 | Ukjent | 69,46 | 14,333 | Nei |
| 2 | 730451 | Ukjent | 69,384 | 15,828 | Nei |
| 3 | 730435 | Ukjent | 69,467 | 15,821 | Nei |
| 4 | 728764 | Ukjent | 69,45 | 15,826 | Nei |
| 5 | 728103 | Ukjent | 69,366 | 15,667 | Nei |
| 6 | | Ukjent | 69,356 | 15,864 | Nei |
| 7 | 730402 | Ukjent | 69,274 | 15,758 | Nei |
| 8 | 729921 | Ukjent | 69,362 | 16,015 | Nei |
| 9 | 729219 | Ukjent | 69,662 | 16,448 | 69.66N – 16.40E |
| 10 | | Mekhanik Brilin | 69,684 | 16,658 | 69.68N – 16.62E |
| 11 | 720341 | Admiral Ushakov | 69,659 | 16,446 | Nei |
| 12 | 727965 | Ukjent | 69,629 | 16,506 | Nei |
| 13 | 727727 | Ukjent | 69,879 | 17,633 | Nei |
| 14 | 727452 | Marble Bay | 69,87 | 17,583 | Nei |
| 15 | 718176 | Ukjent | 69,688 | 16,663 | Nei – Nær Mekhanik |

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|----|-----------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| 16 | 728784 | Ukjent | 69,993 | 17,765 | Nei |
| 17 | 720467 | Ukjent | 70,26 | 17,764 | Posisjon utenfor bildet |
| 18 | 694028 | Ukjent | 70,073 | 13,833 | Nei |
| 19 | 722356 | Ukjent | 70,031 | 17,988 | 70.03N – 17.97E |
| 20 | 727975 | Ukjent | 69,936 | 17,658 | Nei |
| 21 | | Ukjent | 69,866 | 17,578 | Nei |
| 22 | 727853 | Ukjent | 69,891 | 17,64 | Nei |
| 23 | 698749 | Mekhanik Makarin | 69,854 | 18,082 | 69.83N – 18.14E |
| 24 | 700066 | Ukjent | 69,841 | 18,089 | 69.80N – 18.05E |
| 25 | 688576 | Ukjent | 69,83 | 17,949 | 69.83N – 17.93E |
| 26 | 704922 | Ukjent | 69,668 | 18,833 | Posisjon utenfor bildet |
| 27 | 680102 | Ukjent | 69,516 | 17,809 | Skinnkollen, Senja |
| 28 | 654897 | Ukjent | 69,572 | 18,333 | Kvalnes, Kvaløya |
| 29 | 729476 | Ukjent | 69,516 | 18,639 | Durmålstinden ved Malangen |
| 30 | 685796 | Ukjent | 69,365 | 18,124 | Lenvik |
| 31 | 729883 | Ukjent | 69,51 | 18,623 | Durmålstinden ved Malangen |
| 32 | 730489 | Fjorddronningen | 69,294 | 18,248 | Fagerfjellet |

Tabell 3-11 Informasjon fra bakkeradar og AIS 26. mai 2004 kl. 07:34.

ENVISAT 28. mai 2004:

Det ble tatt to ENVISAT AP bilder 28. mai 2004 med HH- og VV-polarisering i subspor IS1. Det ene ble tatt 09:59 UCT. Det ble rapportert om fire båter via AIS (se Tabell 3-12). En båt ble detektert, en var utenfor bildet, mens to ikke ble detektert. Det andre radarbildet ble tatt 10:00 UCT. Det ble rapportert om fire båter via AIS (se Tabell 3-12). Alle båtene ligger utenfor bildet. Informasjonen i Tabell 3-12 er fra klokken 12:00, og er litt etter radarbildene ble tatt. Derfor kan observasjonene i radarbildet avvike fra de AIS-rapporterte båtene.

| | TN | Navn | Breddegrad | Lengdegrad | Detektert? |
|---|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 32167 | Lista | 69,982 | 17,15 | 69.98N – 17.12E |
| 2 | 32371 | Alexandr_Suvorov | 70,118 | 17,558 | Nei |
| 3 | 32714 | Ukjent | 69,674 | 16,14 | Nei |
| 4 | 31199 | Ukjent | 69,364 | 14,688 | Posisjon utenfor bildet |

Tabell 3-12 Informasjon fra bakkeradar og AIS 28. mai 2004 kl. 12:00.

I både RADARSAT-1 og ENVISAT bildene er det stort sett mulig å detektere alle AIS-rapporterte skip. Men det er ofte problemer med å se skip som er rapportert med bakkeradar. Grunnen til dette er sannsynligvis at skip som er bundet til å rapportere sine posisjoner via AIS-systemet er store skip, slik at de er forholdsvis lette å detektere i radarbilder. Alle skip over 300 tonn internasjonalt og 500 tonn nasjonalt må rapportere sine posisjoner jevnlig.

Det er ofte til dels store avvik mellom rapporterte og detekterte skipsposisjoner. Dette har også være tilfelle ved et tidligere studium. Det kan være at båter som har navn i tabellene kan være rapportert inn manuelt, og at det har skjedd en feil ved mottak eller registrering. Mange rapporterte båter er rapportert på land.

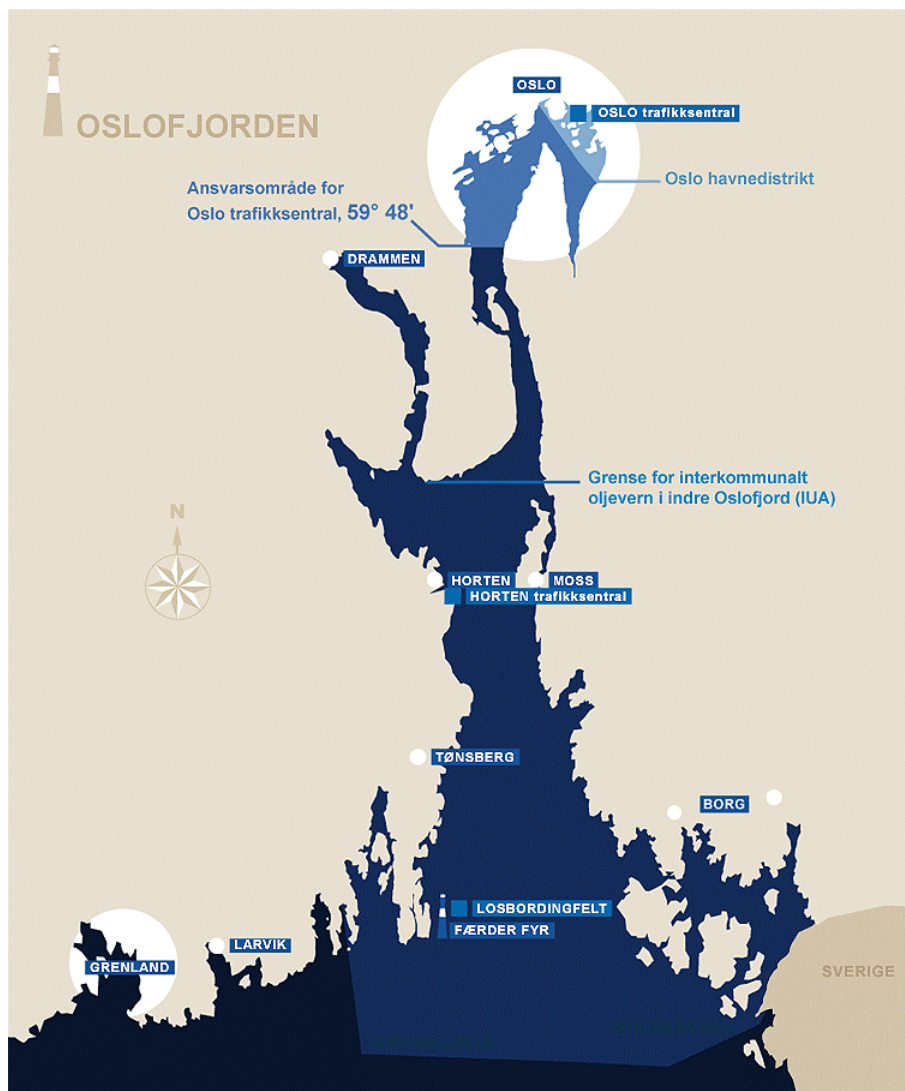
Det var planlagt at et Orion fly skulle fly over områdene for å ta bilder samtidig som satellitten passerte. Det ville da ha vært mulig å sammenligne flyfotoene med satellittbildene og dataene fra LDKN for å se hvilke skip som er mulig å se. Dessverre hadde ikke Orion mulighet til å fly på de dagene satellittdataene ble tatt opp.

3.4 Oslofjorden og Brevik

Er rekke ENVISAT AP mode data har blitt bestilt over den 109 km lange Oslofjorden samt Brevik-området i november 2004 og februar 2005. Både IS1, IS2 og IS7 bilder er analysert. I tillegg er et ENVISAT Wide Swath (WS) bilde fra 21. desember 2004 tatt med i analysen. Tabell 3-13 viser oversikt over dataene. Disse dataene er utgangspunktet for et studium som er en del av SATHAV-prosjektet som utføres i samarbeid med KSAT. Et av målene til dette studiet er å undersøke hvor små båter det er mulig å se i ENVISAT AP bilder. Forholdene er noe ideelle i deler av bildet som er tatt over Indre Oslofjord pga rolige sjøforhold, men det gir en pekepinn på hva som er mulig å se i ENVISAT AP modus bilder. Bjørn Fremstad ved FFI har tatt flere hundre bilder fra fly over deler av testområdet (Figur 3.49) to dager (19/11 og 24/11). Befaringer er utført i noen av de aktuelle områdene, samt at det er tatt en rekke bilder fra bakken for å få et bedre inntrykk av størrelsen på objektene og for å kunne se flere detaljer. Frank Lauritzen i Kystverket i Horten har vært behjelpelig med å gi oss informasjon om hvilke båter de har i arkivet sitt i de aktuelle områdene og tidspunktene. Kystverket Horten skal også gi oss informasjon om båter i området den 10. februar. Alle båter over 24 m må melde fra til sjøtrafikkavdelingen i Horten når de seiler inn i Oslofjorden samt inn i Brevik-området. Etter at båtene har seilt inn i de nevnte områdene må de melde sin posisjon med jevne mellomrom. Informasjonen fra Kystverket er kart der en ser skipenes hastighet, posisjon i forhold til land og som regel navnet til båtene. Ved hjelp av all innsamlet informasjon har vi estimert størrelsen til båter og andre objekter og identifisert hvilke båter som er innenfor områdene som er avbildet i radarbildene de aktuelle datoene. Shipping Publications AS sine hjemmesider (17) og Grønlien (7) har også blitt brukt til å finne lengder til skip, båter og andre objekter. I tillegg til denne informasjonen er sjø og landkart brukt for å kunne stedfeste fyr, lykter, øyer, skjær og lignende.

| Dato | Modus | Polarisering | Subspor | Antall bilder |
|----------|-------|--------------|---------|---------------|
| 19/11-04 | AP | HH/HV | IS1 | 2 |
| 20/11-04 | AP | HH/HV | IS7 | 2 |
| 23/11-04 | AP | VV/VH | IS7 | 1 |
| 21/12-04 | WS | VV | | 1 |
| 10/2-05 | AP | HH/HV | IS2 | 2 |
| | | | Totalt | 8 |

Tabell 3-13 Oversikt over data bestilt over Oslofjorden

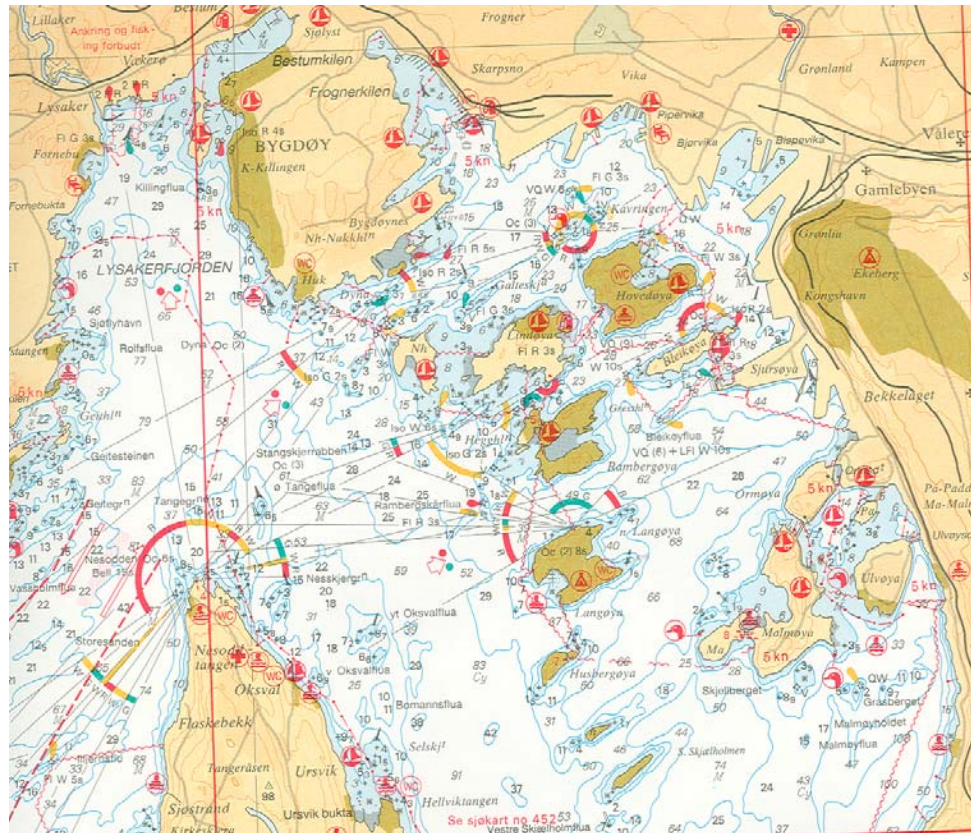


Figur 3.49 Oversiktsbilde over Oslofjorden (15).

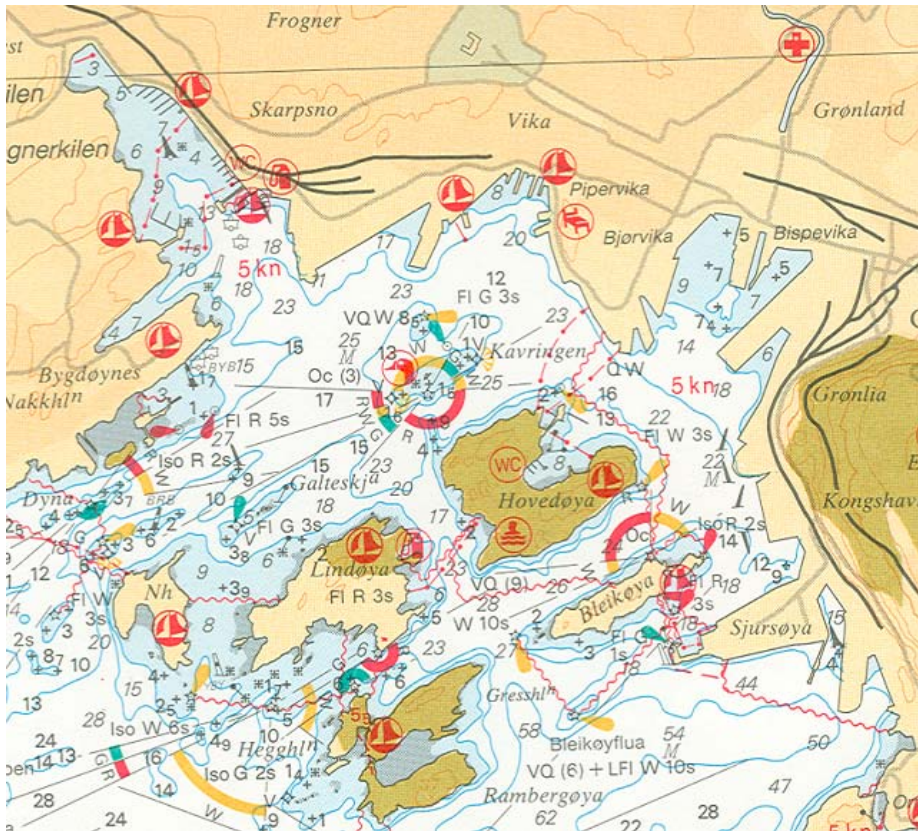
Oversiktskart og bilder er vist for å gi et oversiktlig bilde av området. Noen av punktmålene som er undersøkt er også illustrert i kapittelet. Det er mange detaljer i satellittbildene og mye informasjon som kan være vanskelig å analysere uten å ha en god oversikt på forhånd. Studiet er delt inn i tre deler. Del 1 omfatter ENVISAT AP bilder i subspor IS1 og IS2 (bratte innfallsvinkler). To IS1 bilder er tatt 19. november 2004 med polarisering HH/HV, mens to IS2 bilder blir tatt 10. februar 2005 med polarisering VV/VH. Del 2 omfatter ENVISAT AP bilder i subspor IS7 (høye innfallsvinkler). Bildene er tatt 20. og 23. november 2004, henholdsvis med polariseringene HH/HV og VV/VH. Del 3 omfatter et ENVISAT WS bilde med polarisering VV fra 21. desember 2004. Alle delene av studiet omfatter indre Oslofjord, ytre Oslofjord og Brevik-området. Brevik-området er tatt med i studiet fordi det går store skip med eksplosiv last ut og inn av dette området, og det er derfor streng kontroll og god oversikt over skip og båter her.

3.5 Oslo Havn

Oslo Havn er godt beskyttet uten strøm og med en tidevannsforskjell på 0.3 m. Det er ingen isproblemer innerst i Oslofjorden. Trafikksentralene i Oslo (Oslo Havn) og Horten (Kystverket) samarbeider om å ha en Sjøtrafikkteneste for Oslofjorden (VTS – Vessel Traffic Service). Grensen mellom sektorene går langs breddeparallellen 59 grader 48 minutter. Figur 3.50 viser sjøkart over Indre Oslofjord, mens et forstørret utsnitt av dette er vist i Figur 3.51.



Figur 3.50 Indre Oslofjord. Målestokk 1:50 000.



Figur 3.51 Indre Oslofjord forstørret.

Det er først gitt en presentasjon av "faste" mål som er observert innenfor målområdet. Tabell 3-14 viser oversikt over de "faste" målene som har blitt undersøkt de aktuelle datoene i studiet. Målene kan for eksempel være fortoyde båter, skip/fartøyer som står rolig gjennom hele undersøkelsen, fyr, lykter, skjær osv. I delkapitlene 3.5.1-3.5.3 er det gitt en presentasjon om hva som er detektert av bevegelige mål de aktuelle datoene.

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|--|------|--|---|------------------------------------|---|---|---|-------------------------------|
| Bjørvika, Bispevika, Vippetangen, Hovedøya | | | | | Verifikasjon¹ | | | |
| 3 | Skip | Bjørvika | Lengde: 42.7 m. Bredde: 10.11 m. Depl: 297 tonn. | "Innvik", lasteskip | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Foto, felt, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 4 | Skip | Bjørvika | Lengde: ca. 37 m. | Lasteskip 2 | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Foto, felt, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 5 | Lykt | Sørøst for Hovedøya | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 3.5 m. | | Foto, felt, ff, fly HH: nei HV: ja? Usikker pga støy | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Vika, Kavringen, Lindøya, Nakkholmen, Gressholmen, Rambergøya | | | | | | | | |
| 7 | Fyr | Nær Kavringen | Lengde: 10-15 m. Bredde: ca. 2-3 m. | "Kavringen fyr" | Foto, felt, ff, fly HH: nei (støy) HV: ja? (støy) | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja (støy) VH: ja (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 8 | Øy | Kavringen | Lengde: ca. 50 m. Bredde: ca. 15 m. Høyde: ca. 3 m. | "Kavringen" | Foto, felt, ff, fly HH: nei (støy) HV: ja? (støy) | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja (støy) VH: ja (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 9 | Lykt | Nær Kavringen | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 3.5 m. | | Foto, felt, ff, fly HH: nei (støy) HV: nei (støy) | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: nei (støy) VH: nei (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 10 | Lykt | Nær Kavringen | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 3.5 m. | | Foto, felt, ff, fly HH: nei (støy) HV: nei (støy) | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: nei (støy) VH: nei (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 13 | Fyr | Galteskjera Fyr på Galteskjær (øy) | Lengde: ca. 4-5 m. Bredde: ca. 1-2.5 m. Lengde skjær: ca. 80 m. | "Galteskjera Fyr" på Galteskjær | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: ja | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Foto, felt, ff, fly VV: ja (tydelig) VH: ja | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 15 | Fyr | Dyna Fyr | Lengde: ca. 20 m. Bredde: ca. 5 m. | "Dyna Fyr" og liten øy | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: ja (støy) | Foto, felt, ff, fly VV: ja (tydelig) VH: ja (tydelig) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 16 | Lykt | M/m Dyna og Nakkholmen | Lengde: ca. 5 m. Høyde: ca. 5 m. | "Kobbernaglen" | Foto, ff, fly HH: ja HV: ja? (støy) | Foto, ff, fly HH: ja HV: nei | Foto, ff, fly VV: ja VH: nei? (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|--|----------------|-----------------------------------|---|--|---|---|--|-------------------------------|
| 19 | Fyr | Heggholmen | Lengde: ca. 10-15 m. Bredde: ca. 5-10 m. Høyde: ca. 10-15 m. (Omtrentlige verdier) | "Heggholmen fyr". Hellningen på skråtaket er ca. 35- 40° i forhold til horisontalplanet. | Foto, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Ikke i bildet | Foto, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 20 | Lykt | På Lindøya nær Heggholmen | Høyde: ca. 1.5 m. Diameter: ca. 1 m. | "Lindøy fyr". | Foto, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Ikke i bildet | Foto, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 21 | Lykt | Nær Heggholmen | Høyde: ca. 3 m. Diameter: ca. 1.5 m. | "Stangskjærrabben fyr" | Foto, fly HH: ja (begge bilder) HV: ja (begge bilder) | Foto, fly HH: ja HV: ? (støy) | Foto, fly VV: ja VH: ja (begge bilder) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 23 | Fortøyd båt | Ved Rambergøya | Lengde: ca. 25 m | Svart båt? | Fly HH: ja? (støy) HV: nei | Ikke i bildet | Foto, fly VV: ja VH: ja (begge bilder) | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 24 | Fyrlykt | Sør for Nakkholmen | Lengde: ca. 4.5-5 m. Bredde: ca. 1.9 m. | "Raudsekkene" og skjær/øy | Foto, fly HH: ja (begge bilder) HV: ja (begge bilder) | Foto, fly HH: ja HV: ja | Foto, fly VV: ja VH: ja (begge bilder/støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| Bleikøya, Sjursøya, Rambergøya, Langøyene | | | | | | | | |
| 26 | Lykt | Mellom Bleikøya og Sjursøya | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 3.5 m. | Rødt fasettak | Foto, felt, ff, fly HH: ja? HV: nei? (støy) | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja VH: ja (begge bilder/støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 27 | Lykt | På Kalveodden på Bleikøya | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 3.5 m. | Rødt fasettak | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| Bestumskilen, Bygdøy Sjøbad | | | | | | | | |
| 40 | Seilbåt | Bestumskilen | Lengde: ca. 13 m. | | Felt, ff, fly HH: nei HV: ja? (støy/utsmøring) | Felt, ff, fly HH: støy/utsmøring HV: støy/utsmøring | Felt, ff, fly VV: ja VH: ja (begge bilder/støy) | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 41 | Båt | Bestumskilen | Lengde: ca. 11 m. Bredde: ca. 3.5 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: nei | Felt, ff, fly HH: støy/utsmøring HV: støy/utsmøring | Felt, ff, fly VV: støy/utsmøring VH: støy/utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|---|-----------|---------------------------------------|---|------------------|---|---|---|----------------------------|
| 42 | Objekt | Bestumskilen | Lengde: ca. 6 m. Bredde: ca. 4 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: nei | Felt, ff, fly HH: støy/utsmøring HV: støy/utsmøring | Felt, ff, fly VV: støy/utsmøring VH: støy/utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 43 | Seilbåt | Bestumskilen | Lengde: ca. 9 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: nei | Felt, ff, fly HH: støy/utsmøring HV: støy/utsmøring | Felt, ff, fly VV: støy/utsmøring VH: støy/utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 44 | Liten båt | Bestumskilen | Lengde: ca. 3.5 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: nei | Felt, ff, fly HH: støy/utsmøring HV: støy/utsmøring | Felt, ff, fly VV: støy/utsmøring VH: støy/utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 45 | Objekt | Bestumskilen | Lengde: ca. 5 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: nei? (støy) | Felt, ff, fly HH: nei HV: nei | Felt, ff, fly VV: nei VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Holtekilen | | | | | | | | |
| 46 | Seilbåt | Holtekilen | Lengde: ca. 20 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Felt, ff, fly HH: ja HV: ja | Felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 47 | Husbåt | Holtekilen | Lengde: ca. 6 m. Bredde: ca. 3 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring | Felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Sandviksbukta | | | | | | | | |
| 48 | Seilbåt | Sandviksbukta | Lengde: ca. 7 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring/støy HV: utsmøring/støy | Fly HH: støy HV: støy | Fly VV: støy VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 49 | Brygge | Sandviksbukta | Lengde: ca. 3 m. Bredde: ca. 1.5 m. Høyde: 2.5 m. | | Felt, ff, fly HH: utsmøring/støy HV: utsmøring/støy | Felt, ff, fly HH: ja? HV: nei | Felt, ff, fly VV: nei VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Malmøya, Ormøya, Ulvøya, Skilpadda | | | | | | | | |
| 51 | Robåt | Øst for bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 3.5 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: støy VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 52 | Robåt | Vest for bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 2.5 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: støy VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|--------------------------|----------------|------------------------------|--|--------------------|---|---|--|-------------------------------|
| 53 | Seilbåt | Bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 12 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: støy VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 54 | Seilbåt | Bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 12 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja (sammen 55,56) VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 55 | Seilbåt | Bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 12 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja (sammen 54,56) VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 56 | Seilbåt | Bro mellom Malmøya og Ormøya | Lengde: ca. 12 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja (sammen 54,55) VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 57 | Lite skjær | Øst for Malmøya | Lengde: ca. 70 m. Bredde: ca. 30 m. | "Kaninøya" | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: ja VH: støy | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 58 | Seilbåt | Øst for Skilpadda | Lengde: ca. 8 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: støy VH: støy | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 59 | Seilbåt | Nordøst for Ormsundbrua | Lengde: ca. 22 m. | "Norsk Folkehjelp" | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 60 | Båt | Nordøst for Ormsundbrua | Lengde: ca. 5 m. | Grønn og hvit | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Foto, felt, ff, fly VV: utsmøring VH: utsmøring | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Nesodden, Sunnaas | | | | | | | | |
| 62 | Skjær med lykt | Vest for Sunnaas | Lengde: ca. 3 m. | "Gåsungene" | Foto, felt, ff, fly HH: støy HV: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Foto, felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 63 | Skjær med lykt | Vest for Sunnaas | Lengde: ca. 3 m. | "Gåsungene" | Foto, felt, ff, fly HH: støy HV: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Foto, felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 64 | Skjær | Vest for Sunnaas | Lengde: ca. 3 m. | "Gåsungene" | Foto, felt, ff, fly HH: støy HV: nei | Foto, felt, ff, fly HH: nei HV: nei | Foto, felt, ff, fly VV: nei VH: nei | Foto, felt, ff, fly, k Nei |

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|-------------------------------|----------|--------------------------|--|---|---|---|---|-------------------------------|
| 66 | Seilbåt | Sør for Oksval | Lengde: ca. 7 m. | | Felt, ff, fly HH: nei HV: ja? (støy) | Felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 67 | Seilbåt | Sørøst for Hellviktangen | Lengde: ca. 7 m. | | Felt, ff, fly HH: støy HV: usikker? (støy) | Felt, ff, fly HH: nei HV: nei | Felt, ff, fly VV: ja VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Sund vest for Nesodden | | | | | | | | |
| 74 | Boreskip | Vest for Langebåt | Lengde: 21 m. Bredde: 10.63 m. | "B/R Vestbor" | Felt, ff, fly HH: utsmøring HV: ja (støy) | Felt, ff, fly HH: ja HV: nei (støy) | Felt, ff, fly VV: ja (tydelig) VH: ja (tydelig) | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 75 | Fyr | Vest for Digerud | Høyde: ca. 6 m. Diameter: ca. 2 m. | "Digerudgrunnen" fyr, på holme med d = ca. 4 m. | Felt, ff, fly HH: ja HV: ja (støy) | Felt, ff, fly HH: ja (tydelig) HV: nei | Felt, ff, fly VV: ja (tydelig) VH: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 76 | Holmer | Nordøst for Håøya | Lengde1: ca. 120 m. Bredde1: ca. 40 m. Lengde2: ca. 50 m. Bredde2: ca. 24 m. Lengde3: ca. 120 m. Bredde3: ca. 40 m. | "Sundbyholmene" | Foto, fly HH: støy HV: usikker/ja? (støy) | Foto, fly HH: ja (alle tre tydelige) HV: ja (de to største) | Foto, fly VV: ja (alle tre) VH: ja (de to største) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 77 | Båt | Vest for Fjellstrand | Lengde: ca. 7 m. | | Fly HH: støy HV: usikker/ja? (støy) | Fly HH: nei? (støy) HV: nei? (støy) | Fly VV: nei? (støy) VH: nei? (støy) | Foto, felt, ff, fly Nei |
| Oscarsborg, Drøbak | | | | | | | | |
| 83 | Lykt | Utenfor Drøbak | Lengde: ca. 1 m. Høyde: ca. 2 m. | "Drøbakgr" | Foto, felt, ff, fly HH: nei HV: nei | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: nei | Foto, felt, ff, fly VV: nei (utsmøring fra skip) VH: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| 84 | 2 skjær | Utenfor Drøbak | Lengde: ca. 45 m. Bredde: ca. 20 m. | "Småskjær" | Foto, felt, ff, fly HH: støy HV: ja? (støy) | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: ja (støy) | Foto, felt, ff, fly VV: nei (utsmøring fra skip) VH: ja | Foto, felt, ff, fly, k Nei |
| Son | | | | | | | | |
| 93 | Robåt | Son | Lengde: ca. 3 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Felt, ff VV: nei VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-2004 | 20-nov-2004 | 23-nov-2004 | 21-des-2004 |
|----|-------|-----------------|---------------------------------------|------------------|---------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 94 | Robåt | Son | Lengde: ca. 3.5 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Felt, ff VV: nei VH: nei | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 95 | Båt | Son ved båthavn | Lengde: ca. 12 m. | | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Felt, ff VV: nei VH: ja (støy) | Foto, felt, ff, fly Nei |
| 96 | Båt | Son bak båthavn | Lengde: ca. 10 m. Bredde: ca. 8 m. | Katamaran | Ikke i bildet | Ikke i bildet | Felt, ff VV: ja? (støy) VH: ja | Foto, felt, ff, fly Nei |

Tabell 3-14 Oversikt over noen av målene som er undersøkt de aktuelle datoene.

- ¹ Parameteren verifikasjon sier hvor sikkert målene er detektert i satellittbildene. For AP bildene er både ko- og krysspolariseringskanalene angitt. For å anslå målenes geografiske posisjon på tidspunktet da satellitten passerte og størrelsen til målene har fotografier fra oversiktspunkter på Sunnaas på Nesodden og ved den gamle Sjømannsskolen på Ekebergåsen (foto), feltbefaring (felt), feltfotografier (ff), flyfotografier (fly) og kart (k) blitt brukt.

Denne demonstrasjonen viser at det generelt er vanskelig å detektere skip, båter og andre objekter som ligger nært land, brygger, øyer og lignende pga utsmøring fra sterkt reflekterende objekter (se Figur 3.54 og Figur 3.55). For å være sikker på å kunne detektere skip og båter ved hjelp av ENVISAT AP modusen kan ikke objektene ligge inntil land eller andre sterkt reflekterende objekter. Et unntak i dette studiet er objekt nr. 50 som lå til kai nordøst for Kalvøya i Sandvika 19. november 2004. Det er et lasteskip på ca. 65 m som er mulig å detektere i HV-kanalen. I HH-kanalen er det ikke mulig å se skipet pga sammenhengende støy. Se kapittel 3.5.1 og Tabell 3-15 for mer informasjon.

Radarbildet fra 19. november i HH-kanalen i subspor IS1 har mye sammenhengende støy som gjør det umulig å detektere objekter i mange områder (Figur 3.53). Dette skyldes at det i disse områdene blåser en del. Ved en viss terskelverdi for vindstyrken, rundt 2.5-3.5 m/s, får vi et bratt hopp i tilbakespredningen fra sjøen. Dette oppstår fordi bølgelengden til overflatebølgene er omtrent lik som bølgelengden til den innkommende radarbølgen, og det oppstår Braggrefleksjon. Det gir en kraftigere refleksjon enn vanlig fordi det oppstår en forsterket tilbakespredning/resonans fra signalene som er reflektert fra overflaten (sammenhengen mellom vind og tilbakespredningen er ikke-lineær). ENVISAT opererer i C-båndet med en bølgelengde på 5.62 cm, og det er de små krusningene på overflaten med lengder rundt denne bølgelengden (avhengig av innfallsvinkelen) som sørger for Braggspredningen, og dette har betydning for hva vi kan se og ikke se på havoverflaten.

Kavringen Fyr (objekt nr. 7), med lengde på ca. 10-15 m og bredde på ca. 2-3 m, er mulig å detektere i begge kanalene den 23. november (IS7). Den 19. november (IS1) er det ikke mulig å detektere fyret i HH-kanalen, mens det er mulig i HV-kanalen. Det er litt vanskelig å avgjøre om det virkelig er Kavringen Fyr som er detektert i HV-kanalen den 19. november pga støy. Det samme er tilfelle med øya Kavringen (objekt nr. 8) som er ca. 50 m lang og ca. 15 m bred. Små lykter rundt Kavringen Fyr er ikke mulig å detektere i noen av kanalene pga støy.

Galteskjera Fyr på øya Galteskjæra (objekt nr. 13) er mulig å detektere i begge kanalene 19/11 (IS1) og 23/11 (IS7), mens det er bare detekterbart i HH-kanalen 20/11 (IS7). Galteskjera Fyr er ca. 4-5 m lang og 1-2.5 m bred, mens øya Galteskjæra er ca. 80 m lang.

Dyna Fyr (objekt nr. 15), som er ca. 20 m lang, 5 m bred og ligger på et lite skjær, er mulig å detektere i begge kanalene både 19/11 (IS1), 20/11 (IS7) og 23/11 (IS7). Dyna Fyr er mye tydeligere i HH-kanalen enn HV-kanalen den 19. november.

Lykten Kobbernaglen (objekt nr. 16) mellom Dyna Fyr og Nakkholmen er mulig å detektere i begge kanalene 19/11. Den er mer synlig i HH-kanalen. I HV-kanalen kan den forveksles med støy. Den er bare detekterbar i kopolariseringskanalen den 20/11 og 23/11. Kobbernaglen er ca. 5 m lang og 5 m høy.

Stangskjærrabben Fyr nær Heggholmen, med høyde på ca. 3 m og diameter på ca. 1 m, er detekterbar i begge bildene med kopolarisering med høy innfallsvinkel. Den er detekterbar hvis

en bruker begge bildene for å sammenlikne i VH-kanalen den 23/11. Det er usikkert om det er mulig å se fyret i HV-kanalen den 20/11 pga støy. For lav innfallsvinkel (19/11) er fyret detekterbart i begge kanalene hvis en bruker begge bildene for å sammenlikne.

En seilbåt (objekt nr. 40) i Bestumskilen med lengde på ca. 13 m er muligens detekterbar i IS1 den 19/11 ved å bruke HV-kanalen. Usikkerheten er knyttet til støy og utsmøring fra land. Den er ikke detekterbar i HH-kanalen i IS1. Den er ikke detekterbar i noen kanaler den 20/11, mens den er detekterbar i begge kanalene den 23/11 ved å sammenlikne bildene.

I Holtekilen er det observert en husbåt (objekt nr. 47) på ca. 6 m ganger 3 m og en seilbåt (objekt nr. 47) med lengde på ca 20 m (Figur 3.62). I subsporet IS1 er ingen av dem mulig å detektere i noen av kanalene pga utsmøring og støy. Seilbåten kan detekteres i begge kanalene den 20/11 mens den bare er detekterbar i HH-kanalen den 23/11. Husbåten kan detekteres i kopolariseringskanalen både 20/11 og 23/11, mens den i krysspolariseringskanalen ikke er detekterbar.

Robåtene og seilbåtene (objektene 51-56 og 58) som ligger til bøye inne i området ved Malmøya, Ormøya og Ulvøya er ikke i radarbildet den 19/11 og 20/11. Den 23/11 er det ikke mulig å detektere objektene 51-53 og 58 pga støy i bildene. Båtene har lengder på ca. 2.5 m - 12 m. Objektene 54-56 (lengde ca. 12 m) går an å detektere i VV-kanalen. Siden båtene ligger så nære hverandre, ser de tre båtene ut som et objekt i radarbildet. Båtene ligger ca. 20-30 m fra hverandre i en trekant. Kaninøya, som er ca. 70 m lang og 20 m bred kan detekteres i VV-kanalen, men ikke i VH-kanalen den 23/11.

Gåsungene er tre skjær (objekt nr. 62-64) der to av dem har en lykt (62-63). De er ca. 3 m lange. Skjærene med lykt er det mulig å detektere i kopolariseringskanalene for høye innfallsvinkler (IS7) 20/11 og 23/11, mens det er omvendt for lav innfallsvinkel (19/11, IS1). Det er litt usikkert om de virkelig ble detektert i HV-kanalen den 19/11 pga støy. Skjæret uten lykt er ikke detekterbart i noen kanaler verken 19/11, 20/11 eller 23/11.

To seilbåter på ca. 7 m (objekt nr. 66 og 67) øst for Nesodden er ikke mulig å detektere i noen av kanalene for høye innfallsvinkler. De kan muligens detekteres den 19/11 (bratt innfallsvinkel), men det er litt usikkert pga støy.

Boreskipet B/R Vestbor (objekt nr. 74) øst for Langebåt med lengde 21 m og bredde 10.63 m (Figur 3-65) er veldig klart i begge kanalene den 23/11. Den 20/11 er den detekterbar i HH-kanalen, mens det ikke er mulig å detektere båten pga støy i HV-kanalen. 19/11 er den ikke detekterbar i HH-kanalen pga sammenhengende støy, mens det er mulig å detektere båten i HV-kanalen.

Digerudgrunnen Fyr (objekt nr. 75) er detekterbar den 19/11 i begge kanalene. Den 20/11 er den bare detekterbar i HH-kanalen, mens den er detekterbar i begge kanaler den 23/11 (litt usikkert i VH-kanalen pga støy). Fyret er ca. 6 m høyt og 2 m bredt.

Vest for Son Båthavn, innerst i Sonskilen, er det observert en katamaran (objekt nr. 96) og en rød båt (objekt nr. 95) (se Figur 3.63). Katamaranen er ca. 10 m lang og 8 m bred, mens båten er ca. 12 m lang. De er bare i radarbildet den 23/11. Det er ikke mulig å detektere båten i VV-kanalen, mens det er mulig å detektere den i VH-kanalen (noe støy rundt). Katamaranen er mulig å detektere i begge kanalene.

3.5.1 Del 1: Bratte innfallsvinkler (IS1 og IS2)

Det er bestilt to ENVISAT AP bilder til del 1 av studiet. Subspor IS1 og polarisering HH/HV er brukt 19. november 2004, mens subspor IS2 og polarisering HH/HV blir brukt den 10. februar 2005.

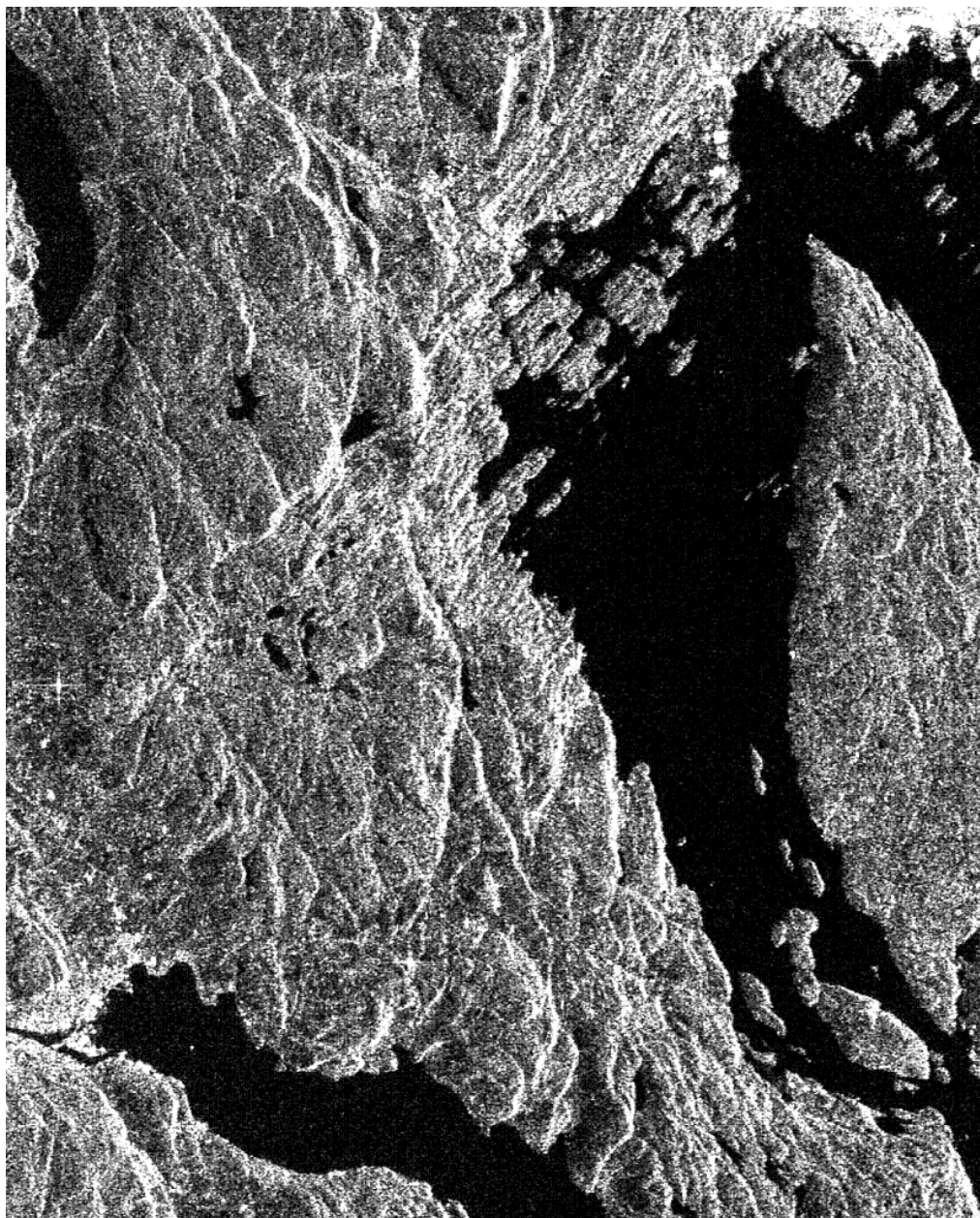
19. november, IS1:

Bildet med HH-polarisering er vist i Figur 3.52 mens HV-polarisering er vist i Figur 3.53. Bildet med HH-polarisering viser mye sammenhengende støy som følge av Bragg-refleksjon.

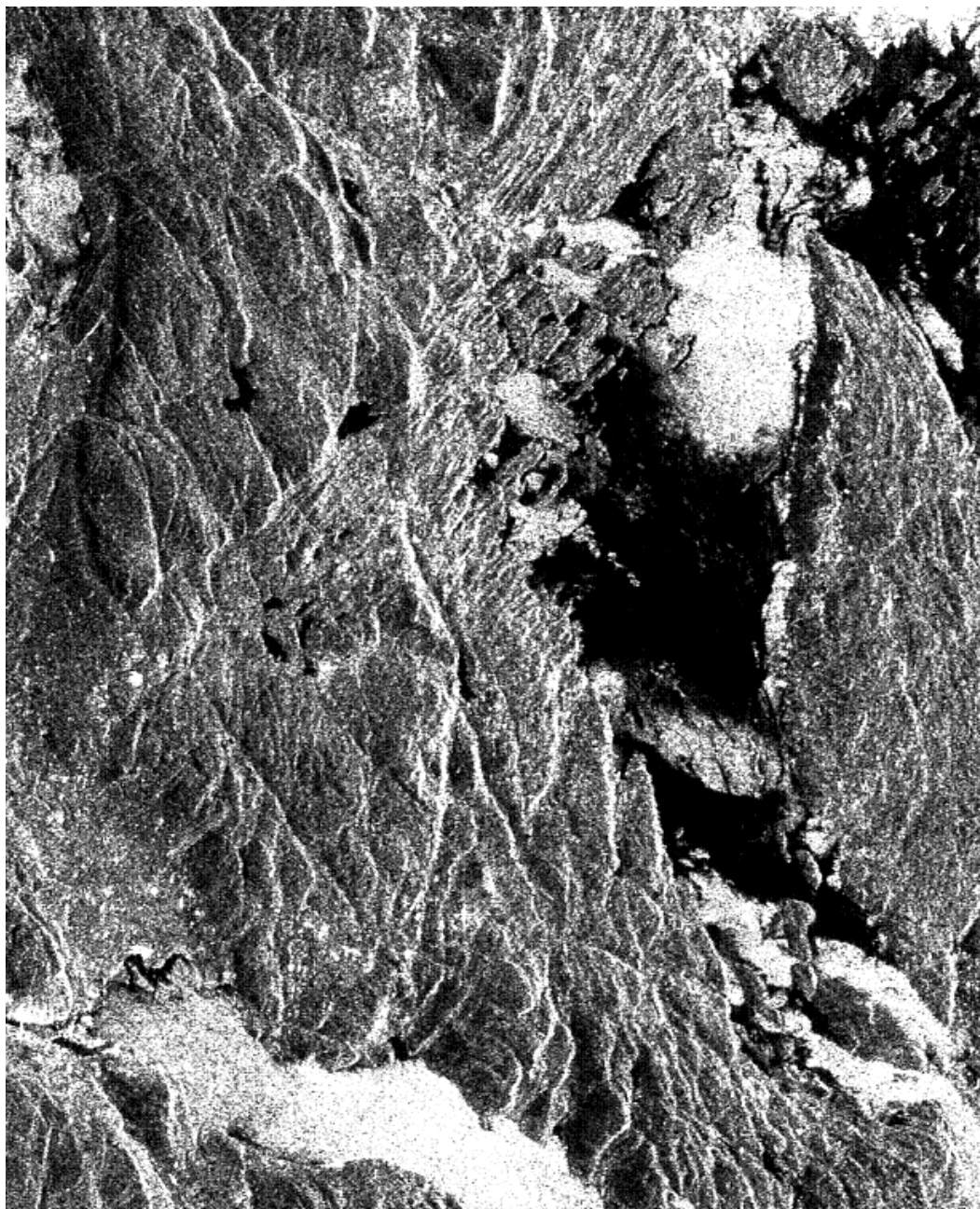
Figur 3.54 viser et utsnitt av ENVISAT AP bildet med HV-polarisering i subspor IS1 som er tatt 19. november 2004. Plasseringen til en rekke mål er vist i figuren. Figur 3.55 viser samme utsnitt i HH-polarisering.

Figur 3.56 viser at det kan være vanskelig å skille små objekter fra støy i ENVISAT AP modus bilder. Inne i den angitte sirkelen er Kavringen Fyr, Kavringen (øy), samt noen små lykter.

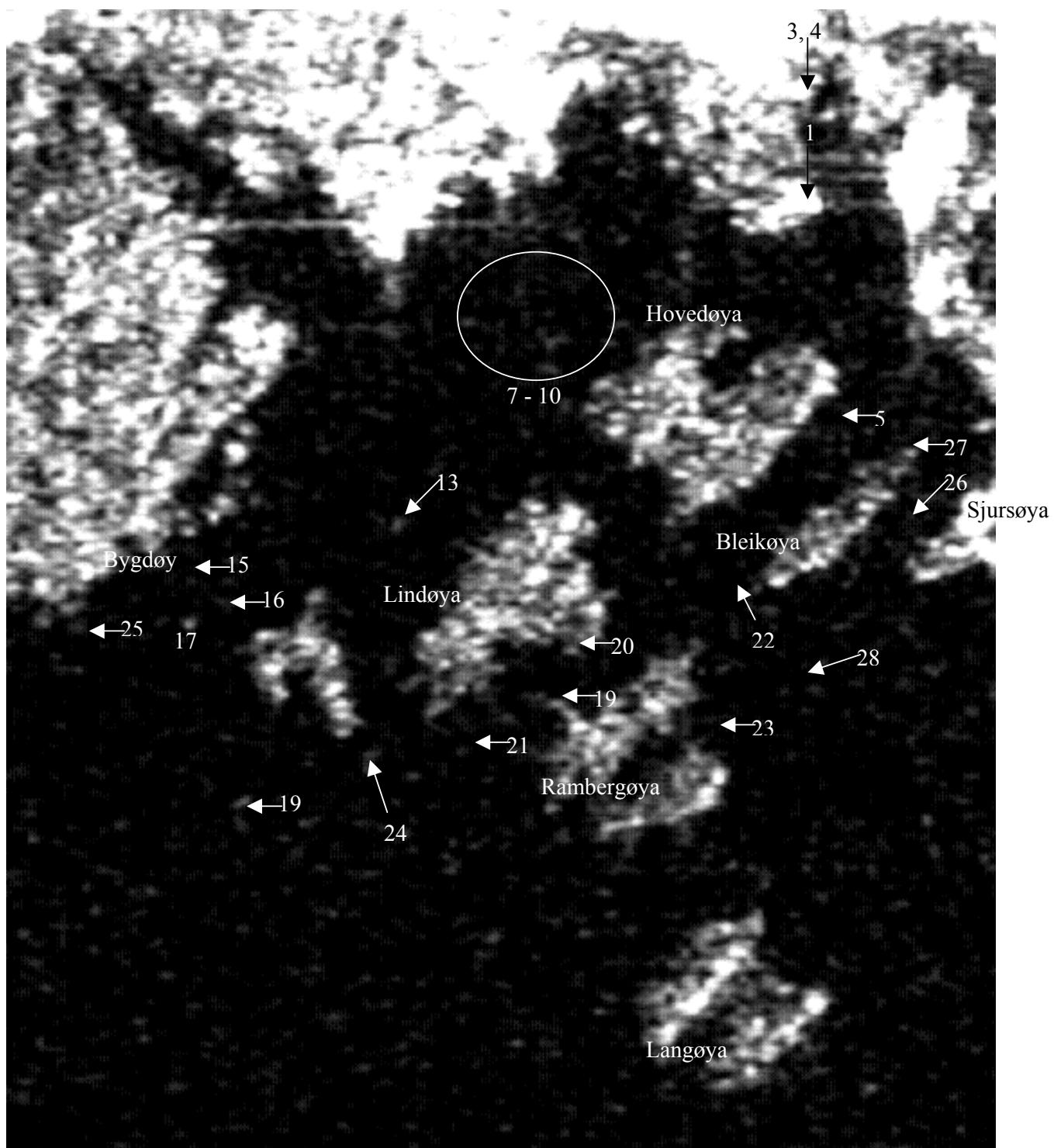
Tabell 3-15 viser oversikt over bevegelige mål den 19. november 2004.



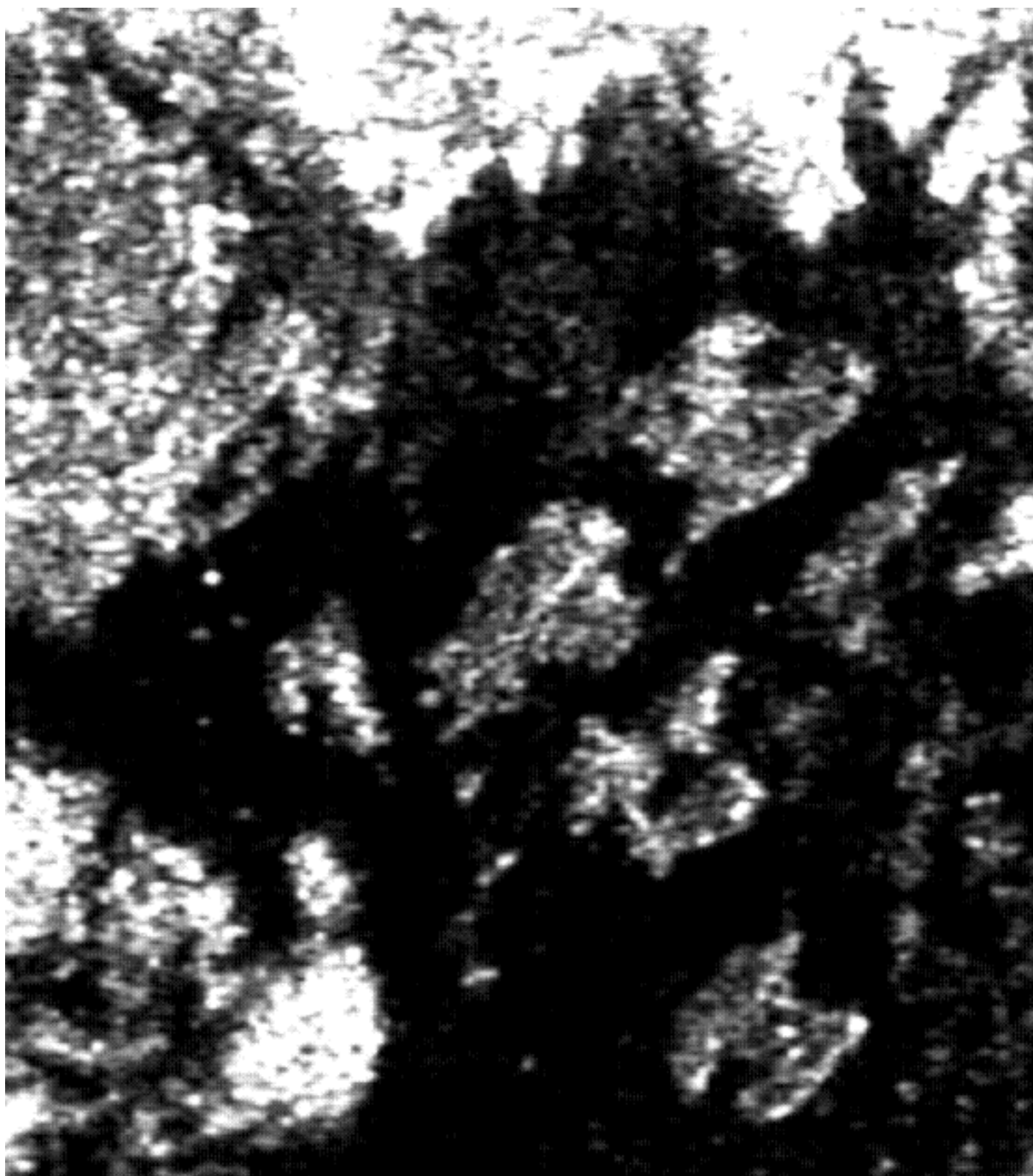
Figur 3.52 Utsnitt av ENVISAT AP modus bilde 19. november klokken 11:02 lokal tid. Bildet er tatt med krysspolarisering HV i subspor IS1. Nesodden er midt i bildet til høyre, mens Indre Oslofjord er øverst til høyre i bildet.



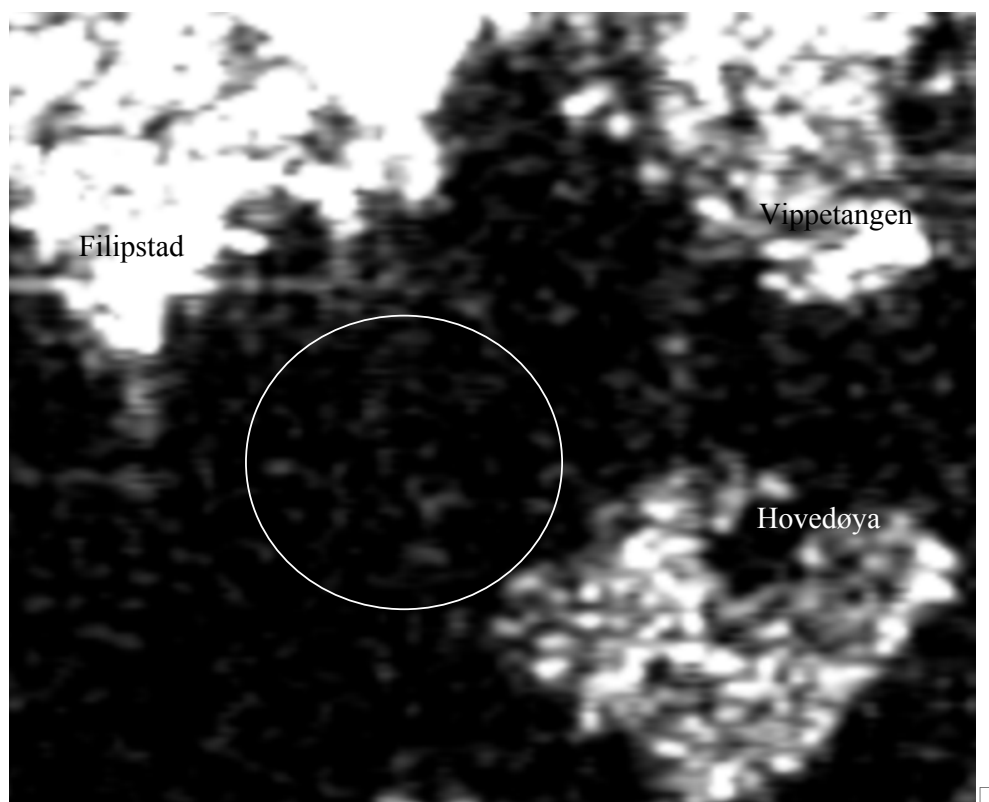
Figur 3.53 Utsnitt av ENVISAT AP modus bilde 19. november klokken 11:02 lokal tid. Bildet er tatt med kopolarisering HH i subspor IS1.



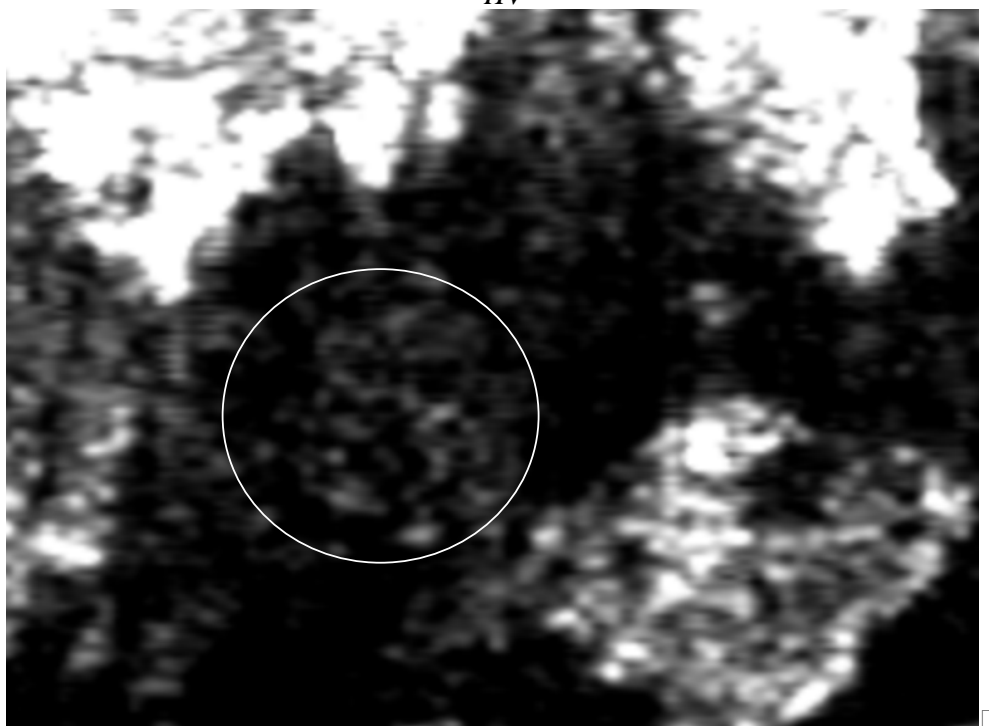
Figur 3.54 Utsnitt av ENVISAT AP modus bilde 19. november klokken 11:02 lokal tid. Bildet er tatt med krysspolarisering HV i subspor IS1.



Figur 3.55 Utsnitt av ENVISAT AP modus bilde 19. november klokken 11:02 lokal tid. Bildet er tatt med kopolarisering HH i subspor IS1.



HV



HH

Figur 3.56 Det er vanskelig å skille støy fra små objekter. HV-kanalen er vist øverst mens det HH-kanalen er vist nederst.

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 19-nov-04 |
|--|-----------|------------------------------------|---|--|--|
| Bjørvika, Bispevika, Vippetangen, Hovedøya | | | | | Verifikasjon |
| 1 | Ferge | Bjørvika | Lengde: 178.4 m. Bredde: 30.4 m. | "DFDS Seaways", passasjerferge | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring |
| Vika, Kavringen, Lindøya, Nakkholmen, Gressholmen, Rambergøya | | | | | |
| 6 | Båt | Ved Lindøya | Lengde: ca. 70 m. | | Foto, felt, ff HH: ja? (utsmøring) HV: ja? (utsmøring) |
| 11 | Båt | Ut fra Vippetangen | Lengde: ca. 12 m. | Hvit båt med motor og antenner mot vest | Foto HH: ja HV: ja |
| 12 | Lasteskip | Ved Filipstad | Lengde: 99.95 m. Bredde: 19.74 m. Depl: 1398 tonn. | "Värmland" | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring |
| 17 | Båt | M/m Dyna og Nakkholmen | Lengde: ca. 12 m. | | Foto, felt, ff, fly HH: ja HV: ja |
| 18 | Skip | Ved lykt2 nær (bak) Nakkholmen | Lengde: ca. 30 m. | | Foto, fly HH: nei (støy) HV: ja |
| Vest Oslofjorden | | | | | |
| 50 | Lasteskip | Ved kai øst for Kalvøya | Lengde: ca. 65 m. | | Fly HH: støy/utsmøring HV: ja |
| Nesodden | | | | | |
| 30 | Ferge | | Lengde: 56.15 m. Bredde: 10.02 m. Depl: 277 tonn. | "Bamse Brakar" | Fly HH: støy HV: ja (utsmøring) |
| 34 | Ferge | Vest for Nesoddtangen | Lengde: 166.26 m. Bredde: 28.4 m. Depl: 17269 tonn. | "Kronprins Harald" | Fly HH: støy HV: ja |
| Fagerstrand | | | | | |
| 70 | Båt | Rett sør for Fagerstrand brygge | Lengde: ca. 8 m. | | Fly HH: ? (støy) HV: ? (støy) |
| 71 | Båt | Inni Fagerstrand bryggeområde | Lengde: ca. 7 m. | | Fly HH: ? (støy) HV: ? (støy) |
| Oscarsborg, Drøbak | | | | | |
| 72 | Skip | Ved Bergholmen | Lengde: ca. 80 m. | | Fly HH: støy HV: ja |
| 80 | Båt | Vest for Oscarsborg | Lengde: ca. 10 m. | | Fly HH: utsmøring HV: nei (støy) |
| 81 | Båt | Nordvest for Oscarsborg | Lengde: ca. 5 m. | | Fly HH: utsmøring HV: nei (støy/utsmøring) |
| 82 | Båt | Hallangspollen | Lengde: ca. 12 m. | | Fly HH: støy HV: utsmøring/støy |

Tabell 3-15 Oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 19. november 2004.

19. november er det mulig å detektere en båt (objekt nr. 17) på ca. 12 m mellom Dyna Fyr og Nakkholmen i både ko- og krysspolarisering. I radarbildet med ko-polarisering (HH) er det mye sammenhengende støy i bildet, slik at det noen steder er umulig å detektere objekter uansett størrelse. Dette er tilfelle med et 30 m langt skip (objekt nr. 18) nær Nakkholmen. Det er mulig å detektere dette i HV-kanalen, men ikke i HH-kanalen pga sammenhengende støy som følge av Bragg-refleksjon. En hvit 12 m lang båt (objekt nr. 117) med veldig tydelige og store antenner på vei ut ifra Vippetangen er synlig i begge kanalene. Små båter på ca. 3 – 15 m (for eksempel objektene 70 og 71) er stort sett vanskelig å detektere pga støy i begge kanalene. Det er vanskelig å vite hva som er støy og hva som eventuelt kan være båten når båtene er så små. Lasteskipet (objekt nr. 50), som er ca. 65 m langt, og ligger ved Kalvøya er vist i Figur 3-64. Det er ikke mulig å detektere skipet i HH-kanalen pga sammenhengende støy, mens det er mulig å detektere skipet i HV-kanalen selv om det ligger nært land. Grunnen til dette kan være at skipet ligger plassert litt unna sterkt reflekterende objekter på land.

Det er mulig å detektere et lasteskip på ca. 80 m (objekt nr. 72, se Figur 3-66) i HV-kanalen, mens dette ikke er mulig i HH-kanalen pga sammenhengende støy. Objektene 80 – 82, med lengder mellom 10 og 12 m, i nærheten av Oscarsborg er ikke mulig å detektere i noen av kanalene. Det er også her sammenhengende støy i HH-kanalen. "Kronprins Harald" (objekt nr. 34) på 166.26 m, som er på vei sørover vest for Nesoddtangen, er lett synlig i HV-kanalen, mens det ikke er mulig å detektere skipet i HH-kanalen pga sammenhengende støy.

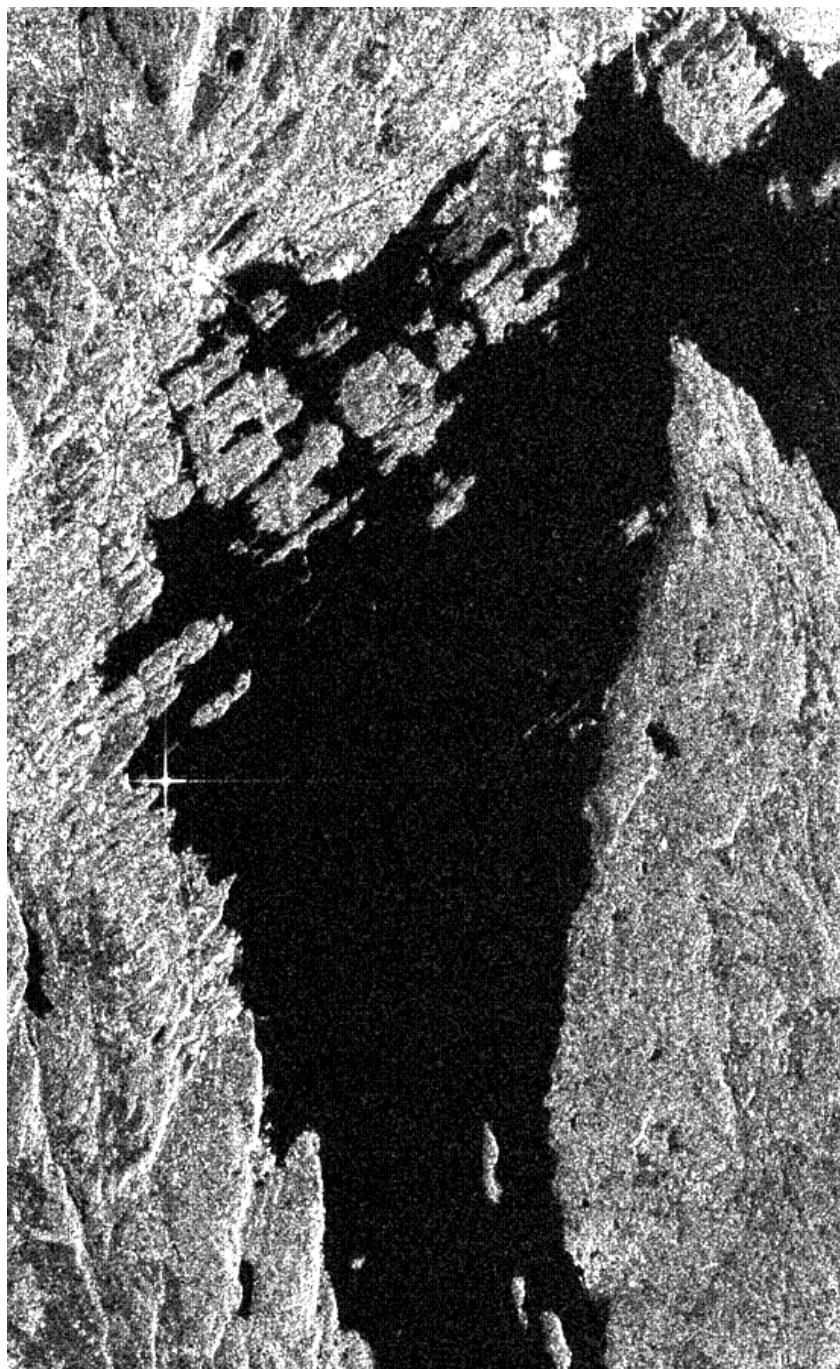
3.5.2 Del 2: Høye innfallsvinkler (IS7)

I del 2 av studiet er to ENVISAT AP bilder i subspor IS7 (høy innfallsvinkel) analysert. Bildene er tatt 20. (HH/HV) og 23. (VV/VH) november 2004.

20. november, IS7:

Radarbildet med HV-polarisering er vist i Figur 3.57 mens bildet med HH-polarisering er vist i Figur 3.58. Det er mindre støy i bildet med kopolarisering.

Tabell 3-16 viser oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 20. november 2004. Det ikke mulig å detektere en hvit båt (objekt 82) på ca. 20 m inne i Hallangspollen i HV-kanalen, mens dette er mulig i HH-kanalen. Alle andre rapporterte skip som ikke ligger inntil land, kai eller liknende kan detekteres i begge kanaler på denne datoen. Skipene har lengder mellom 16.75 m og 182.55 m.



Figur 3.57 Utsnitt fra radarbildet den 20. november 2004 kl. 10:31 i subspor IS7 og krysspolarisering HV.



Figur 3.58 Utsnitt fra radarbildet tatt den 20. november 2004 kl. 10:31 i subspor IS7 og kopolarisering HH.

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | 20-nov-04 |
|---|-------|-------------------------------|--|--|---|
| Bjørvika, Bispevika, Vippetangen, Hovedøya | | | | | Verifikasjon |
| Frognerkilen | | | | | |
| 35 | Ferge | Filipstad | Lengde: 205.25 m. Bredde: 26.6 m. Depl: 19651 tonn. | "Prinsesse Ragnhild" | Foto, felt, ff, fly HH: utsmøring HV: utsmøring |
| Oscarsborg, Drøbak | | | | | |
| 82 | Båt | Hallangspollen | Lengde: ca. 20 m. | | Fly HH: ja HV: nei |
| 87 | Båt | Nordvest for Skiphelle | Lengde: 55.4 m. Bredde: 9.3 m. Depl: 332 tonn. | Tidligere navn: "Fonntind". Nytt navn: "Imperator" | Kystvakten HH: ja HV: ja |
| Åsgårdstrand | | | | | |
| 104 | Båt | Åsgårdstrand, nord for brygge | Lengde: 182.55 m. Bredde: 27.34 m. Depl: 10113 tonn. | "Kaltene" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| 105 | Båt | Åsgårdstrand, nord for brygge | Lengde: 171.2 m. Bredde: 27.4 m. Depl: 7648 tonn. | "Richard Mærsk" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| 106 | Båt | Åsgårdstrand, ved brygge | Lengde: 32.89 m. Bredde: 10 m. Depl: 103 tonn. | "John" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| Sandefjord | | | | | |
| 109 | Ferge | Sør for Sandefjord | Lengde: 137 m. Bredde: 24 m. Depl: 6076 tonn. | "Color Viking" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| Hvasser | | | | | |
| 110 | Båt | Sør for Hvasser | Lengde: 82.45 m. Bredde: 11.32 m. Depl: 656 tonn. | "MV Fensfjord" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| Langesund | | | | | |
| 113 | Båt | Langesund | Lengde: 16.75 m. Bredde: 4.9 m. | "Los 10" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja (svak) |
| 114 | Båt | Langesund lenger ut | Lengde: under 20 m. | Fiskebåt | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |
| 115 | Båt | Sør for Langesund | Lengde: 88 m. Bredde: 14.8 m. Depl: 907 tonn. | "Lanrick" | Kystvakten Horten HH: ja HV: ja |

Tabell 3-16 Oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 20. november 2004.

23. november, IS7:

Tabell 3-17 viser oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 23. november 2004. Det er mulig å detektere alle rapporterte skip denne datoen. Skipene har lengder mellom 36 m og 168 m.

Tabell 3-17 Oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 23. november 2004.

| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn/beskrivelse | Verifikasjon |
|--|-------|------------------------------|--|---|--|
| Vika, Kavringen, Lindøya, Nakkholmen, Gressholmen, Rambergøya | | | | | 23-nov-04 |
| 25 | Ferge | Vest for Nakkholmen | Lengde: 36 m. Bredde: 9.6 m. Depl: 150 tonn. | "Prinsen" | Kystvakten VV: ja (støy) VH: ja (støy) |
| Ellers i sundet vest for Nesodden | | | | | |
| 78 | Båt | Øst for Tronstadodden | Lengde: 44.29 m. Bredde: 8.56 m. Depl: 219 tonn. | Tidligere navn: "Bulkmar" Nytt navn: "Euro Bulk" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| 79 | Båt | Vest for Langebåt | Lengde: 83.5 m. Bredde: 13.5 m. Depl: 850 tonn. | "Helle Wonsild" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| Oscarsborg, Drøbak | | | | | |
| 88 | Ferge | Nordvest for Drøbak | Lengde: 168 m. Bredde: 27.6 m. Depl: 19318 tonn. | "Color Festival" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| Hvitsten, Kjøvangen med mer | | | | | |
| 89 | Båt | Vest for Solbergstranda | Lengde: 129 m. Bredde: 18 m. Depl: 4568 tonn. | "Lysvik/Moss" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| 90 | Båt | Vest for Hvitsten | Lengde: 154.9 m. Bredde: 23.05 m. Depl: 6802 tonn. | "MSCINDIA/Gtb" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| 91 | Båt | Nordvest for Kjøvangen | Lengde: 67.5 m. Bredde: 10.4 m. Depl: 492 tonn. | "Triton" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| Son | | | | | |
| 97 | Båt | Vest for Son, midt i fjorden | Lengde: 76.61 m. Bredde: 12.21 m. Depl: 916 tonn. | "Grinna" | Kystvakten VV: ja VH: ja |
| Moss | | | | | |
| 101 | Båt | Sørøst for Jeløya | Lengde: 166.1 m. Bredde: 28.4 m. Depl: 17528 tonn. | "Stena Saga" | Kystvakten VV: ja VH: ja |

3.5.3 Del 3: Wide Swath

Et ENVISAT WS bilde med polarisering VV har blitt analysert i del 3 av studiet. Tabell 3-18 viser oversikt over bevegelige mål som er undersøkt den 21. desember 2004. Det er ikke mulig å detektere alle rapporterte skip den 21. desember ved hjelp av Wide Swath. Det er ikke mulig å detektere en båt (objekt 68) på ca. 15 m sør for Iljernet ved Nesodden. Det er heller ikke mulig å detektere "Cotswold" (objekt 102) på 99.1 m sørvest for Larkollen pga støy i bildet. Alle andre rapporterte båter er mulig å detektere denne datoen. Skipene har lengder mellom 44.29 m og 137 m.

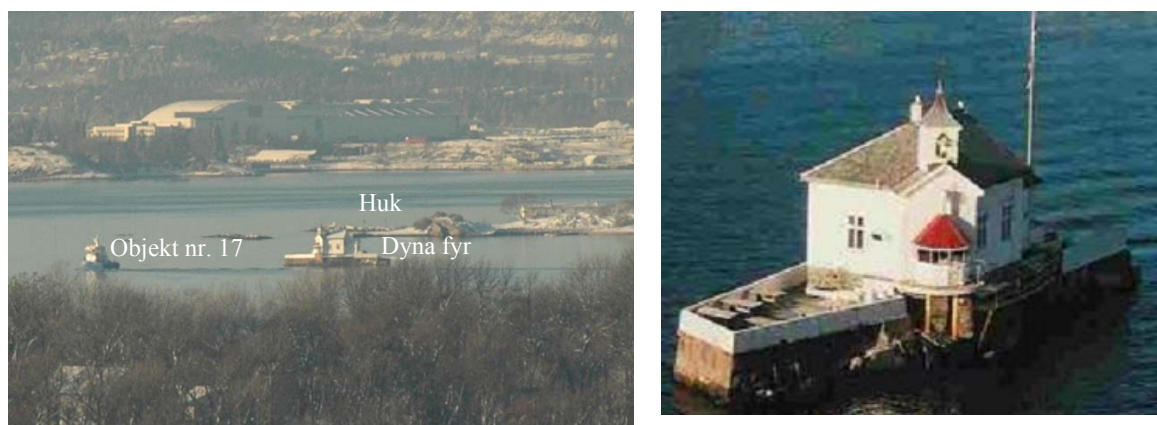
| Nr | Mål | Sted | Lengde | Navn | Verifikasjon |
|-------------------------------|-------|------------------------------|--|-------------------|--------------------------|
| Nesodden, Sunnaas | | | | | 21-des-04 |
| 68 | Båt | Sør for Illjernet | Lengde: 15 m. | | Kystverket Nei? |
| 69 | Båt | Nord for Nesodden | Lengde: 44.29 m. Bredde: 8.56 m. Depl: 219 tonn. | "Euro Bulk" | Kystverket Ja |
| Hvitsten, Kjøvangen mm | | | | | |
| 92 | Båt | Vest for Krokstrand | Lengde: 99.7 m. Bredde: 16.5 m. Depl: 1981 tonn. | "Regina-J" | Kystverket Ja |
| Moss | | | | | |
| 102 | Båt | Sørvest for Larkollen | Lengde: 99.1 m. Bredde: 15.8 m. Depl: 1011 tonn. | "Cotswold" | Kystverket Nei (støy) |
| Hvaler | | | | | |
| 107 | Båt | Vest for Hvaler | Lengde: 123.37 m. Bredde: 19.2 m. Depl: 2744 tonn. | "Bohus" | Kystverket Ja (støy) |
| 108 | Båt | Vest for Fredrikstad | Lengde: 101.12 m. Bredde: 18.2 m. Depl: 2233 tonn. | "Katharina Ehler" | Kystverket Ja? (støy) |
| Hvasser | | | | | |
| 111 | Ferge | Sør for Hvasser | Lengde: 137 m. Bredde: 24 m. Depl: 6076 tonn. | "Color Viking" | Kystverket Ja |
| 112 | Båt | Sørøst lenger ut for Hvasser | Lengde: 96.3 m. Bredde: 14.2 m. Depl: 1309 tonn. | "Vingatank" | Kystverket Ja |
| Brevik | | | | | |
| 116 | Skip | Sør for Brevik | Lengde: 129 m. Bredde: 17.99 m. Depl: 4568 tonn. | "Lysbris" | Kystverket Ja |

Tabell 3-18 Oversikt over bevegelige mål som er undersøkt 21. desember 2004.

3.5.4 Foto av mål fra bakken



Figur 3.59 Båt på vei ut ifra Vippetangen 19/11 (objekt nr. 11)



Figur 3.60 Venstre: Båt (objekt nr. 17) på vei ut av indre Oslofjord ved Dyna Fyr (objekt nr. 15) 19/11 kl. 11:02. Høyre: Dyna Fyr. ©www.dynafyr.no



Figur 3.61 Kavringen fyr (objekt nr. 7) til venstre, Kavringen øy (objekt nr. 8) til høyre for Kavringen Fyr, samt diverse små lykter i området mellom Kavringen og Filipstad.



Figur 3.62 Holtekilen: Objekt nr. 46 (venstre) og objekt nr. 47 (høyre).



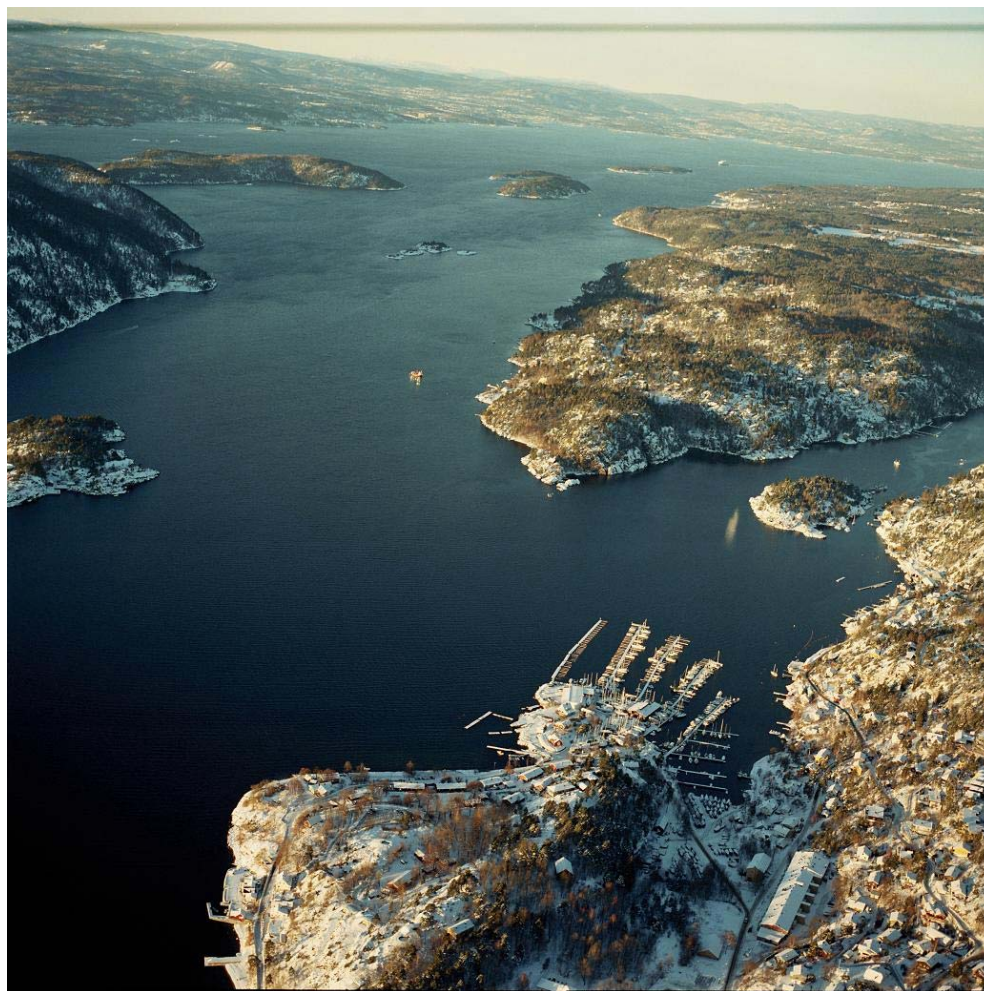
Figur 3.63 Son: Objekt nr. 95 (rød båt) til venstre og objekt nr. 96 (katamaran) til høyre.

3.5.5 Flyfoto av mål

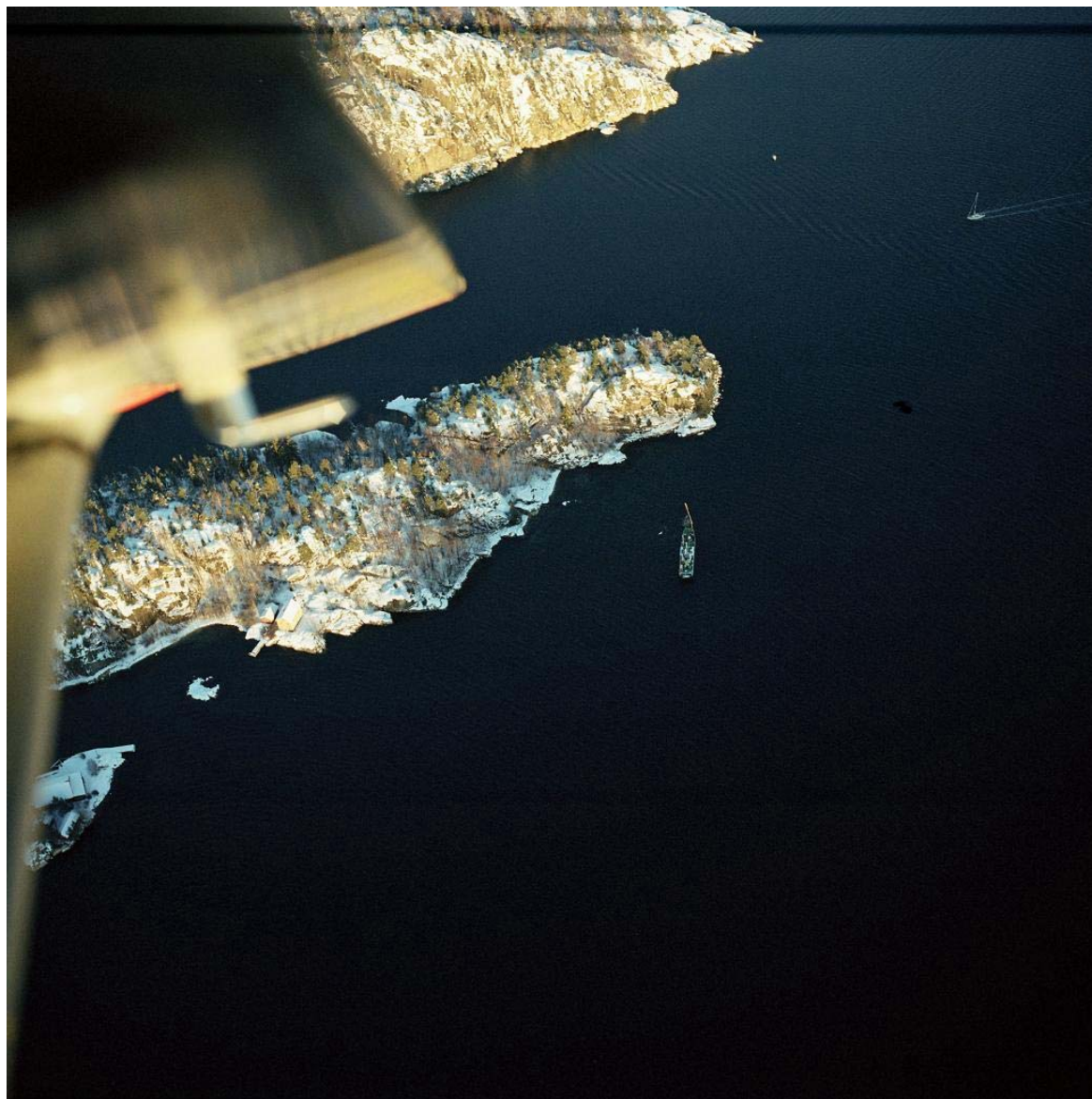
Figur 3-64 viser objekt nr. 50 i Sandvika. Figur 3-65 viser et flyfoto av Hallangspollen, Hallangstangen, Husvik, deler av Håøya og nordover i Oslofjorden (bildet er tatt ca. 11:10 19. november 2004). Helt øverst kan en se Color Line (objekt nr. 34) på vei sørover. Vest for Langebåt kan en se objekt nr. 74 B/R Vestbor og bak Gjylteholmen kan en se objekt nr. 82. Figur 3-66 viser objekt nr. 72 ved Bergholmen.



Figur 3-64 Utsnitt av flyfoto over Sandvika som viser objekt nr. 50 19. november 2004.



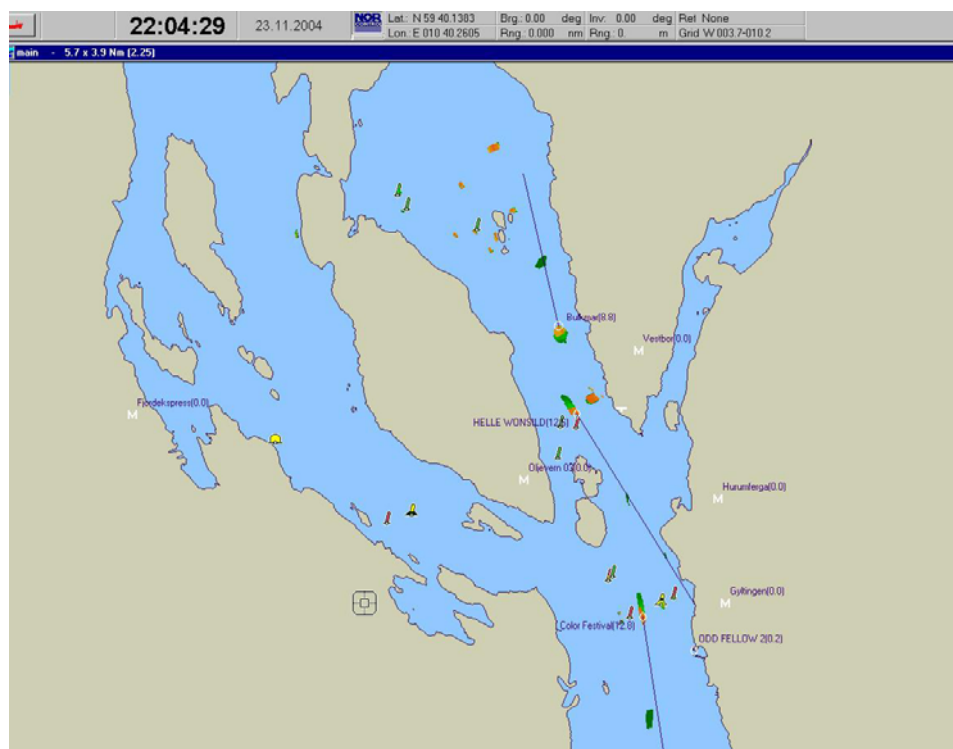
Figur 3-65 Flyfoto av Hallangspollen, Hallangstangen, Husvik, deler av Håøya og nordover i Oslofjorden. Objekt nr. 74 B/R Vestbor ligger vest for Langebåt, objekt nr. 82 ligger inne i Hallangspollen, mens en kan skimte objekt nr. 34 bakerst i bildet. Bildet er tatt 19. november 2004.



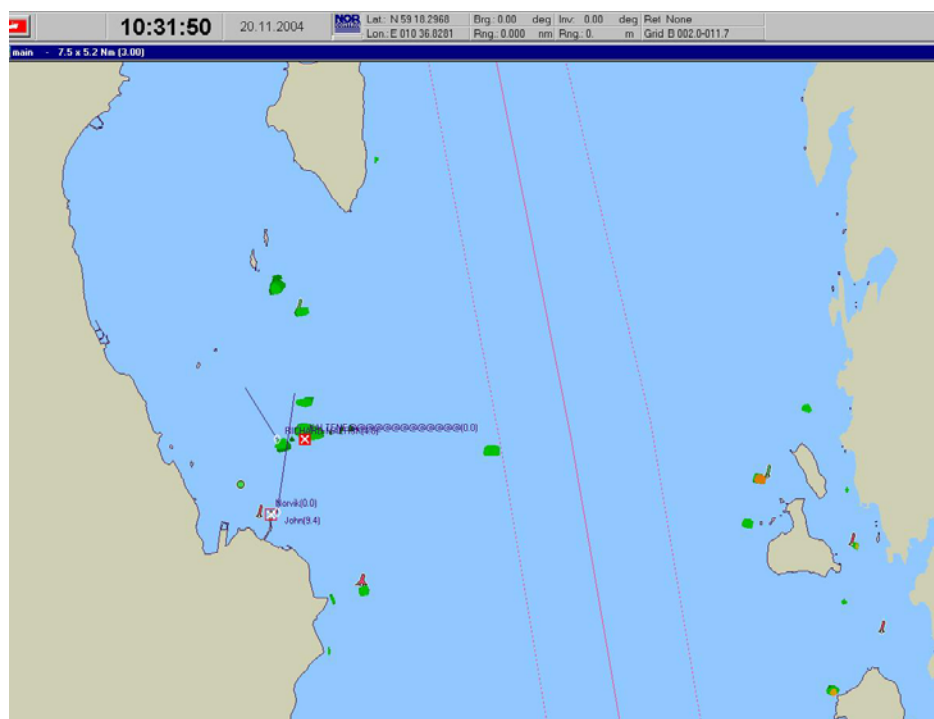
Figur 3-66 Objekt nr. 72 ved Bergholmen 19. november 2004.

3.5.6 Data fra Kystverket Horten

Figur 3.67 og Figur 3.68 viser eksempler på formatet vi mottar data fra Kystverket Horten. Figurene viser kart der forskjellige parametere er plottet inn. Alle båter i bevegelse som er av interesse for Kystverket blir plottet inn med navn slik vi ser i figurene. I tillegg blir det tegnet inn en hastighetsvektorer som sier hvor langt båten/fartøyet vil nå i løpet av seks minutter. Hastigheten er angitt i parentes bak navnet til båten. En hvit sirkel betyr at AIS'en er koblet inn, mens ett rødt kryss betyr at i det aktuelle tidspunktet så har AIS'en falt ut.



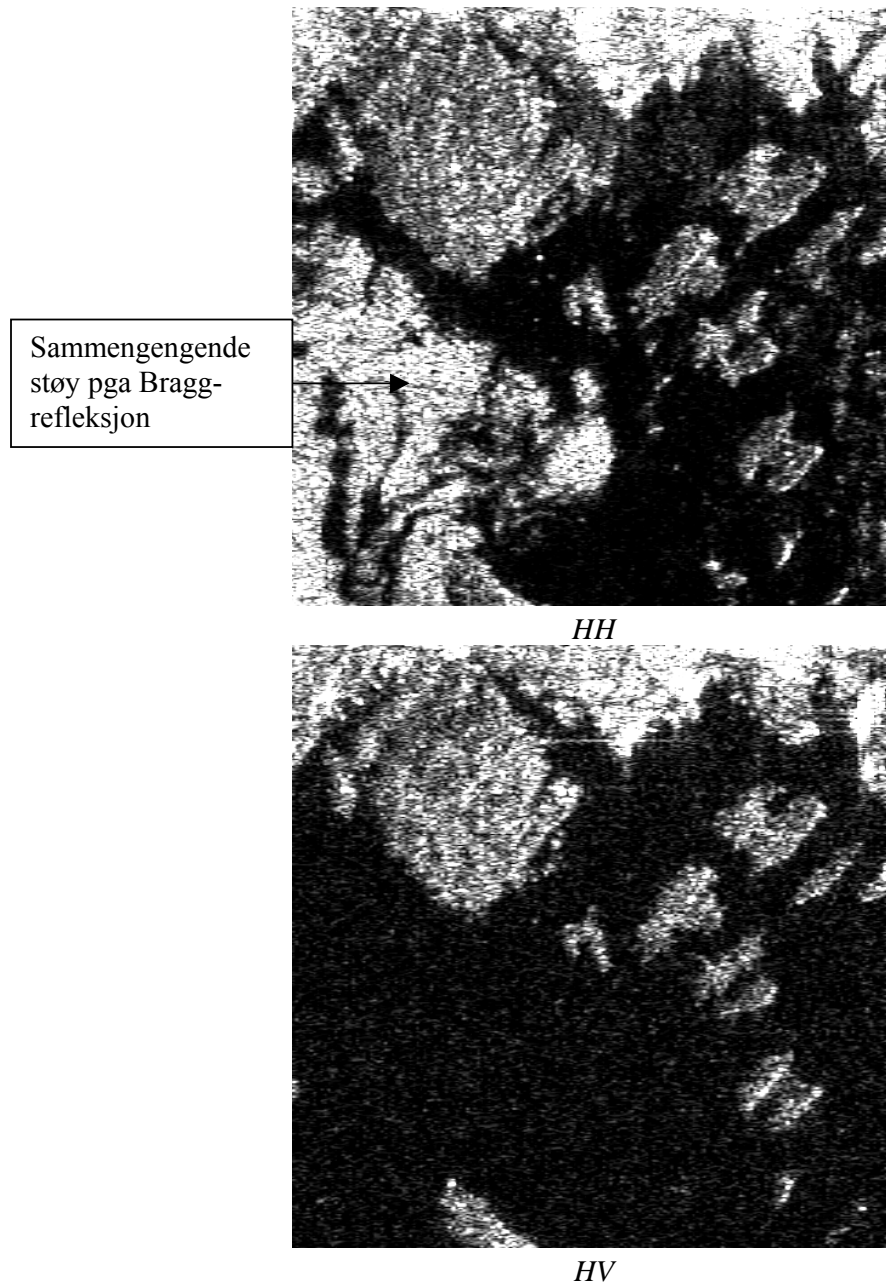
Figur 3.67 Data fra Kystverket Horten 23. november 2004 kl. 22:04:29.



Figur 3.68 Data fra Kystverket Horten 20. november 2004 kl. 10:31:50.

3.5.7 Utsmøring

Figur 3.69 viser utsnitt av radarbilder i subspor IS1 19. november 2004 i ko- og krysspolariserg. En kan se at det er mye utsmøring nær land og havner, slik at det er vanskelig å detektere skip og båter nært land eller som ligger til kai. Det er også mer sammenhengende støy, pga Bragg-refleksjon, i sjøen i bildet med ko-polarisering, og det er også vanskeligere å skille mellom sjø og land.



Figur 3.69 Utsnitt av radarbildene fra 19. november 2004 i subspor IS1. Begge utsnittene viser at det er mye utsmøring nær land og havner. Det er mye sammenhengende støy i sjøen som følge av Bragg-refleksjon i radarbildet med kopolarisering.

3.5.8 Oppsummering Oslofjord kampanje

Det er vanskelig å detektere skip, båter og andre objekter i sjøen som ligger nært land, brygger, øyer og lignende pga utsmøring fra sterkt reflekterende objekter. Dette er tilfellet uavhengig av størrelsen til objektet en ønsker å detektere.

I kopolariseringskanalen 19. november 2004 er det mye sammenhengende støy pga Bragg-refleksjon. Dette gjør det umulig å detektere objekter i mange områder. Problemet med sammenhengende støy er ikke gjeldende ved høye innfallsvinkler i dette studiet.

Det er stort sett lettere å detektere objekter i HV-kanalen ved bratte innfallsvinkler (IS1), både fordi de er mer synlige i denne kanalen (pga mindre refleksjon fra sjøen) og fordi det er mye sammenhengende støy i HH-kanalen. Hvis objektene er veldig små, er det ofte vanskelig å se om det er objektet eller støy en ser i HV-kanalen. Det kan ofte være lettere å detektere objektene ved å bruke informasjon fra begge kanalene. Da er det lettere å skille mellom om det er støy eller om det er et virkelig objekt som blir detektert. Boreskipet B/R Vestbor (objekt nr. 74) med lengde 21 m og bredde 10.63 m er mulig å detektere i HV-kanalen ved bratt innfallsvinkel (IS1). Digerudgrunnen Fyr (6 m høyt og 2 m bredt) er mulig å detektere i begge kanalene. Den minste båtlengden en med sikkerhet kan detektere i begge kanalene er 12 m (objekt nr. 11 og 17). Objektene 66, 67 og 77 på 7 m kan detekteres i krysspolariseringskanalen hvis en vet at det er et objekt der. De er ikke så synlige pga støy. Kobbernaglen (objekt nr. 16) med lengde og høyde på ca. 5 m kan detekteres i HH-kanalen. Små båter på ca. 3 – 15 m er stort sett vanskelig å detektere pga støy i begge kanalene fordi det kan være vanskelig å vite hva som er støy og hva som eventuelt kan være båten.

Dyna Fyr er et unntak på at det er lettere å detektere ved å bruke krysspolarisering ved bratte innfallsvinkler. Dyna Fyr er mye tydeligere i kopolariseringskanalen enn i krysspolariseringskanalen den 19. november.

For høye innfallsvinkler er det lettere å detektere objekter i kopolariseringskanalene. Det er mer støy i radarbildene med krysspolarisering. Det er ikke observert sammenhengende støy som følge av Bragg-refleksjon i noen av radarbildene med høye innfallsvinkler. Det er mulig å detektere objekter ned til ca. 6 m ved å bruke kopolariseringskanalen. Husbåten (objekt nr. 47) på ca. 6 m ganger 3 m er detekterbar både 20. og 23. november 2004 ved å bruke henholdsvis HH- og VV- kanalene. Seilbåtene med lengde på ca. 12 m (objektene 54-56) er mulig å detektere i VV-kanalen, men ikke i VH-kanalen den 23. november 2004. Men det er ikke mulig å skille de tre båtene pga av at de glir sammen i radarbildet. Det er mulig å detektere en båt (objekt nr. 95) som er ca. 12 m lang i VH-kanalen 23. november, men ikke i VV-kanalen. En katamaran (objekt nr. 96) med lengde på ca. 10 m er mulig å detektere i begge kanalene.

Den minste båten som er detekterbar i Wide Swath bildet den 21. desember 2004 er "Euro Bulk" (objekt nr. 69) på 44.29 m.

4 OPPSUMMERING OG FRAMTIDSUTSIKTER

4.1 Generelt

Denne rapporten har presentert resultater fra analyse av et større antall ENVISAT SAR bilder for å vurdere muligheter for skipsdeteksjon med ASAR instrumentet. Hensikten har vært å vurdere evnen til skipsdeteksjon i forskjellige moder og å anbefale hvilke av disse som bør brukes til en slik anvendelse.

Arbeidet som er utført viser at det er to svært viktige faktorer vedrørende bruk av SAR for å detektere skip: polarisering og innfallsvinkel.

Kopolariserte bilder:

SAR-bilder som er tatt med VV- eller HH-polarisering vil ha betydelig radarrefleksjon fra havoverflaten. Refleksjonen minker med økende innfallsvinkel. Dette har vært grunnlaget for at FFI har anbefalt Forsvaret (og andre) å bruke store innfallsvinkler for skipsdeteksjon. Da minker havrefleksjonen, samtidig som refleksjon fra havgående fiskefartøyer er god, slik at kontrast mellom skip og fartøy maksimeres. Ulempen med bilder med stor innfallsvinkel er at avbildningstiden forlenges i forhold til bratte innfallsvinkler. Dette bidrar til at kjølvann ikke avbildes så tydelig, og de blir vanskeligere å detektere og analysere.

For RADARSAT-1 har FFI anbefalt bruk av ScanSAR Narrow Far til skipsdeteksjon. Denne modusen representerer den beste avveiningen mellom stor innfallsvinkel, moderat oppløsning (god nok for deteksjon av store fiskefartøy) og arealdekning.

For slike bilder vil RADARSAT-1 og RADARSAT-2 gi noe bedre resultater enn ENVISAT ASAR i Wide Swath modusen, ettersom den romlige oppløsningen er bedre i RADARSAT ScanSAR data enn i ENVISAT Wide Swath data.

I noen anvendelser, for eksempel overvåking av skip i kystområder, vil betydningen av stor arealdekning være mindre. Det er da mulig å bruke bilder med mindre arealdekning og med bedre oppløsning. For ENVISAT har en da valget mellom Image Mode og AP Mode. I begge disse modiene har en syv stråler å velge mellom, IS1-IS7. Innfallsvinkelen øker med økende strålenummer. Image Mode bildene har noe bedre kvalitet enn den kopolariserte AP Mode kanalen, ettersom antall looks er større, og speckle støy er mindre. Datamaterialet vi har analysert viser at for midlere innfallsvinkler (IS4), vil kopolariserte bilder være bedre enn krysspolariserte bilder. Er man avhengig av å ta bilder med slike innfallsvinkler, ser det ut til at Image Mode egner seg best til skipsdeteksjon.

Krysspolariserte bilder:

SAR-bilder som er tatt med VH- eller HV-polarisering har svært lav refleksjon fra havoverflaten. Intensiteten i bilder over hav er dominert av støy fra ASAR instrumentet selv. Støyen har en systematisk variasjon i range-retningen. Skipsdeteksjonskapasiteten for slike

bilder er bestemt av om signalet fra skipet er over det såkalte støygulvet. Siden refleksjon fra havoverflaten er nærmest fraværende, vil det ikke være mulig å se kjølvann i krysspolariserte bilder fra ENVISAT.

Når det er sagt, har vi noen indikasjoner på at det er et svakt signal fra havoverflaten likevel – særlig i sterk vind og/eller høy sjø. Måling av kontrast mellom skip og bakgrunn på Nornefeltet i krysspolariserte bilder viser en svak avhengighet av vindstyrke og bølgehøyde. Ytterligere undersøkelser av histogrammer for pikselverdier (ikke vist i denne rapporten) over hav viser noe asymmetri. Dette kan være en indikasjon på at signalet ikke bare er støy, men det har vi ikke hatt tid til å undersøke nærmere i dette studiet.

Ved bratte innfallsvinkler (15-30°) ser det ut til at skip til sjø kontrast er tilstrekkelig for å kunne utføre deteksjon. Data fra Nornefeltet viser også at det for slike innfallsvinkler er betydelig struktur i signaturen til skipene vi har studert. For tilfellene der det er mulig å sammenlikne signaturene i ko- og krysspolarisering, er det i de fleste tilfellene lettere å avgjøre orienteringen (lengderetningen) til fartøyet i radarbilder med krysspolarisering. Datamaterialet er foreløpig ikke godt nok til å avgjøre om strukturen kan brukes til å utføre klassifikasjon av fartøy.

For større innfallsvinkler vil fartøyene også ha større avstand til radaren. Mindre fartøyer vil da avgi signaler som er under støygulvet, og derfor ikke være mulig å detektere. Basert på observasjoner fra Oslofjorden, ligger denne grensen typisk i området 15-20 m.

For større fartøy har vi fått et noe uventet resultat i at kontrasten øker for større innfallsvinkler igjen (se Figur 3-19). Det vil kreve mer arbeid for å finne årsaken.

4.2 Utsikter for RADARSAT-2

For skipsdeteksjon forventes RADARSAT-2 å ha betydelig bedre kapasitet:

- Evnen til å avbilde til høyre eller venstre vil kunne gi en betydelig økning i dekningsgraden.
- Evne til å avbilde havet med to kanaler med forskjellige polariseringer, for eksempel HH/HV, vil sannsynligvis gi bedre muligheter for deteksjon av skip og kjølvann, ved å se på bratte innfallsvinkler

Sistnevnte punkt kan medføre en vesentlig endring i preferanse og strategi for havovervåking med tanke på skipsdeteksjon. Det ser ut til at en da kan anbefale bruk av bratte innfallsvinkler, noe som også vil si kortere avstand mellom radarantenne og skip. En vil da kunne bruke krysspolariserte bilder til deteksjon av fartøyene, og kopolariserte bilder til å detektere kjølvann.

Det kopolariserte bildet vil også være godt egnet for deteksjon av oljesøl av betydning.

Vi tar imidlertid ett forbehold foreløpig: Krysspolariserte signaler ser ut til å være betydelig svakere enn kopolariserte signaler. Vi har ennå ikke tilstrekkelig informasjon til å konkludere med at et større antall mindre fartøy vil være usynlige i slike bilder.

4.3 Anbefalinger for videre arbeid

Det er innhentet et betydelig datasett, både med SAR-bilder og med verifikasjonsdata for å se på skipsdeteksjon i SAR-data med flere polariseringer. Foreløpig er det kun sett på de mest åpenbare trekkene ved dataene. Spesielt for krysspolariserte bilder er det en del nye spørsmål: Finnes det et reelt og målbart signal fra havoverflaten? Kan et slikt signal skyldes ”lekkasje” fra kopolariseringskanalen (såkalt crosstalk)? Hvis det er et reelt geofysisk signal: Hvilken fordelingsfunksjon følger denne? For kopolariserte bilder har det vist seg i tidligere arbeid at intensitetsfordeling for havoverflaten kan modelleres med en K-fordeling. Dette er brukt som grunnlag for estimering av terskler og falsk alarm rater i automatiske skipsdetektorer. En bør se på om en tilsvarende fordelingsfunksjon kan finnes for krysspolariserte bilder, slik at en best mulig skipsdetektor kan utvikles som også virker effektivt for polarimetrisk data.

Dersom det er et reelt geofysisk signal i krysspolariserte data, reiser også spørsmålet seg: Kan dette brukes, eventuelt sammen med det kopolariserte signalet, til å forbedre estimer av vind og sjøtilstand?

Vi har også sett at det er mer struktur i signaturen til større fartøy avbildet med i krysspol kanalen. Det bør gjøres en undersøkelse av hvor systematisk dette er, om det kan utnyttes for separasjon av fartøy og havis, og om det kan utnyttes til klassifisering av fartøystype.

Litteratur

- (1) Arnesen, T.N. and R.B. Olsen (2004): Vurdering av ENVISAT ASAR for Skipsdeteksjon. FFI/Rapport-2004/02121. Forsvarets Forskningsinstitut, Kjeller, Norway.
- (2) Arnesen, T.N. and R.B. Olsen (2004): Literature Review on Vessel Detection. FFI/Rapport-2004/02619. Forsvarets Forskningsinstitut, Kjeller, Norway.
- (3) Aksnes, K, K Eldhuset and T Wahl (1987): SAR Detection of Ships and Ship Wakes. Vol.1: Executive Summary, Vol.2: Main Volume, ESA Contract Report No. 6.507/85/F/FL., Norwegian Defence Research Establishment, Kjeller, Norway.
- (4) Eldhuset, K (1989): Principles and Performance of an Automated Ship detection System for SAR Images, Proc of IGARSS'89, pp. 358-361, Vancouver, Canada.
- (5) Eldhuset, K (1996): An Automatic Ship and Ship Wake Detection System for Spaceborne SAR Images in Coastal Regions, IEEE Trans on Geosc and Rem Sens Symp, Vol. 34. No. 4, pp. 1009-1019.
- (6) European Space Agency. Januar 2005: <http://envisat.esa.int/>
- (7) Grønlien, T. R. (1998): Deteksjon av punktmål ved hjelp av ScanSAR. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo.
- (8) Indregard, Marte (2004): Framdriftsrapport Sathav skip per 1. desember 2004. Rapport for prosjekt JOP 8.3.3.05.04.1, KSAT, Desember 2004.
- (9) Olsen, R.B., T. Wahl and G. Engen (1999): Expected Performance of the ENVISAT ASAR for Near Real-Time Maritime Applications. Proc IGARSS'99.
- (10) Olsen, R. og T. Wahl (2003): The Ship detection Capability of ENVISAT's ASAR. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, France, July 21-25, 2003.
- (11) Meadows, P and P. Wright: ASAR IMP Image Quality (VV Polarisation) Envisat Calibration Review, ESA-ESTEC (9 – 13 September 2002).
- (12) Meadows & Wright: APP and APM image quality
- (13) Rosisch, B: ASAR IMS & WVI Product quality (VV). Envisat Calibration Review, ESA-ESTEC (9 – 13 September 2002).
- (14) Meteorologisk Institutt. Værdata mottatt via NORUT.
- (15) Oslo Havn KF. Desember 2004: <www.ohv.oslo.no
- (16) Rosisch, B: ASAR IMS & WVI Product quality (VV). Envisat Calibration Review, ESA-ESTEC (9 – 13 September 2002).
- (17) Shipping Publications AS. Januar 2004: www.ship-info.no

- (18) Vachon, P (1995): Ship Detection by RADARSAT SAR, Tech Report, Canada Centre for Remote Sensing, Ottawa, Ontario, Canada.
- (19) Vachon, PW, SJ Thomas, J Cranton, HR Edel and MD Henschel (2002): Validation of Ship Detection by the RADARSAT Synthetic Aperture Radar and the Ocean Monitoring Workstation, *Can J Rem Sens*, Vol. 26, pp. 200-212, Canada.
- (20) Vachon, PW, JWM Campbell, C Bjerklund, FW Dobson and MT Rey (1997): Ship Detection by the RADARSAT SAR: Validation of Detection Model Predictions; *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 23, No. 1, pp. 48-59