



STATENS KARTVERK  
SJØKARTVERKET

Lervigsveien 36,  
Postboks 60, 4001 Stavanger  
Telefon 51 85 87 00  
Telefax 51 85 87 01

# RAPPORT

TITTEL	DATO
<b>Samanlikning av tidvassmodellar i arbeidet med <math>K_0</math>-flata.</b>	08.05.03
	ANTALL SIDER
	19
FORFATTER(E)	ANTALL BILAG
Birgit Kjoss Lynge	

SAMMENDRAG
<p>I samband med stadig meir nøyaktig vertikal posisjon for sjømålingsfarty kan det i framtida vere mogeleg å sjømåle utan å vere avhengige av vannstands-målingar. Då det framleis er ynskjeleg å relatere djupner i sjøkart til sjøkartnull (<math>K_0</math>) forutset det at sjøkartnull er kjent relativt ellipsoida. Dette forutset at middelvatn som sjøkartnull er relatert til, er kjent relativt ellipsoida. I 2002 vart det laga ein 1. versjon av ei <math>K_0</math>-flate (sjøkartnull relativt middelvatn) for kystnære område.</p> <p>Det er også ynskjeleg å lage ei <math>K_0</math>-flate for havområde der dei harmoniske konstituentane til tidvatnet ikkje er kjende frå lengre måleseriar. I denne rapporten er to ulike tidvassmodellar som beregnar tidvatn i havområda studert nærmare for å vurdere om desse kan nyttast i det vidare arbeidet med fastlegging av ei <math>K_0</math>-flate også i havområda.</p>

STIKKORD
Havmodellar
Harmoniske konstantar
Observasjonar
Samanlikning

RAPPORT NR.	TILGJENGELIGHET
GEO 03-2	Open

# INNHALD

<b>1</b>	<b>INNLEIING</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>MODELLAR</b> .....	<b>2</b>
2.1	GS-MODELLEN .....	2
2.2	AG-MODELLEN .....	4
<b>3</b>	<b>SAMANLIKNING AV MODELLRESULTAT OG OBSERVASJONAR</b> .....	<b>5</b>
3.1	RESULTAT FRÅ GS-MODELLEN .....	5
3.1.1	<i>M2 (Principal lunar)</i> .....	6
3.1.2	<i>S2 (Principal solar)</i> .....	7
3.1.3	<i>K1 (Luni-solar diurnal)</i> .....	7
3.1.4	<i>N2 (Larger lunar elliptic)</i> .....	8
3.2	RESULTAT FRÅ AG-MODELLEN .....	9
3.2.1	<i>M2 (Principal lunar)</i> .....	9
3.2.2	<i>S2 (Principal solar)</i> .....	10
3.2.3	<i>K1 (Luni-solar diurnal)</i> .....	11
3.2.4	<i>N2 (Larger lunar elliptic)</i> .....	11
3.3	SAMANLIKNING AV GS-MODELLEN OG AG-MODELLEN.....	13
3.3.1	<i>M2 (Principal lunar)</i> .....	13
3.3.2	<i>S2 (Principal solar)</i> .....	14
3.3.3	<i>K1 (Luni-solar diurnal)</i> .....	14
3.3.4	<i>N2 (Larger lunar elliptic)</i> .....	14
<b>4</b>	<b>VURDERING OG OPPSUMMERING</b> .....	<b>14</b>
4.1	GJEVIK, MODELLVALIDERING OG SAMANLIKNINGAR.....	15
4.2	ANDERSEN, MODELLVALIDERING OG SAMANLIKNINGAR.....	15
4.3	NØYAKTIGHEIT AV MODELLAR OG OBSERVASJONAR .....	15
<b>5</b>	<b>ANBEFALING / KONKLUSJON</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>REFERANSAR</b> .....	<b>18</b>

# 1 INNLEIING

Våren 2002 starta K0-prosjektet opp som FoU-aktivitet i Geofysikkseksjonen. Bakgrunnen for prosjektet er ynske om å sjømåle i norske farvatn utan å vere avhengig av vannstands-målingar i framtida. Med stadig aukande presisjon i måling av vertikal posisjon til sjømålingsfarty ved satelittmålingar kan dette verte mogleg. Ved sjøkartlegging kan den vertikale posisjonen av farty saman med djupnemålingar nyttast til å finne ellipsoidisk høgde for havbotnen. I praksis er det framleis ynske om å relatere djupner til sjøkartnull (K0) då det er desse som vert presentert i sjøkart. Dette forutset at sjøkartnull (K0) er kjent i forhold til ellipsoida. Då sjøkartnull er bestemt relativt middelvatn må også middelvatn vere kjent relativt ellipsoida. Fyrste fase i K0-prosjektet er å finne K0 relativt middelvatn for deretter å finne middelvatn relativt ellipsoida. I havområde og langs kysten nord for Utsira er K0 lagt til LAT (Lavaste astronomiske tidvatn).

I 2002 vart det laga ein 1. versjon av ei K0-flate for kystnære område basert på tidvass-soner utarbeida av Geofysikkseksjonen. I havområde der det ikkje finnast måleseriar av vannstand er det behov for å nytte numeriske modellar ved beregning av LAT for å bestemme K0-flata. I denne samanheng er det av interesse å sjå på ulike modellar for utrekning av tidvatn i havområde. Sjøkartverket har til no hatt tilgang til data frå to ulike tidvassmodellar, ein frå Universitet i Oslo (UiO, ved professor Bjørn Gjevik) og ein frå Kort & Matrikkelstyrelsen i Danmark (KMS, ved Ole B. Andersen). Desse modellane er i denne rapporten studert nærmare.

Kapittel 2 gjev ei enkel skildring av modellane. I kapittel 3 vert modellresultata samanlikna med observasjonar og i kapittel 4 og 5 kjem ei oppsummering og ei anbefaling for bruk av tidvassmodellar i det vidare arbeidet med K0-flata.

## 2 MODELLAR

For å finne tidvatnet i havet finnast ulike modelleringsteknikkar. Boka *Tides: A Scientific History*, delar teknikkane inn i tre klasser:

- A. Løysingar basert fullstendig på dynamiske likningar, form og batymetri i havet, parametar av elastisitet og friksjon og startvilkår i systemet (Hydrodynamiske modellar);
- B. Løysingar styrt til å passe med harmoniske konstantar frå *in situ* data eller frå altimetri. Løysingane brukar ingen antekne fysiske formuleringar;
- C. Løysingar basert på invers teori, som er dynamisk teori optimalt tilpassa målte parametar ved minste kvadrats differanse. Teknikken er kjent som data assimilasjon.

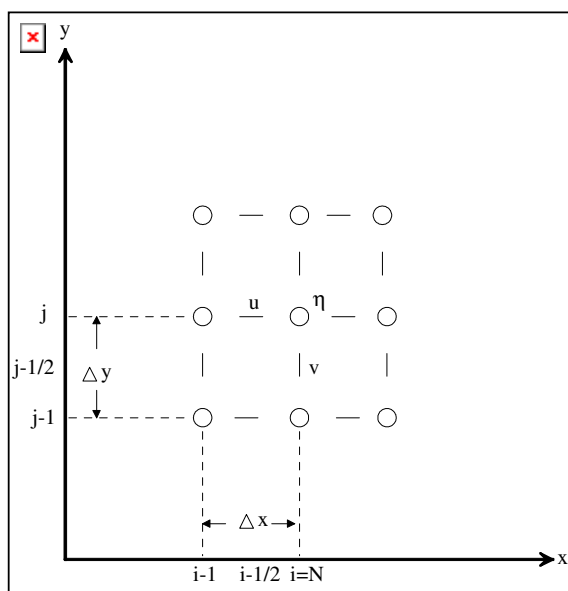
I arbeidet med K0-flata har to tidvassmodellar vorte studert nærmare. Den eine er utvikla av Bjørn Gjevik ved Universitetet i Oslo og den andre er utvikla av Ole B. Andersen ved Kort & Matrikkelstyrelsen i Danmark.

### 2.1 GS-modellen

Bjørn Gjevik har gjort simuleringar av tidvatn med ein hydrodynamisk numerisk modell. Data som Sjøkartverket har fått hjå han er presentert i *Atlas of Tides on the shelves of the Norwegian and the Barents seas*, Gjevik, Nøst og Straume (1990). Simuleringane inkluderar dei tre dominerande halvdaglege konstituentane M2, S2 og N2 og den dominerande daglege konstituenten K1 .

Bjørn Gjevik sin modell er ein barotrop tidvassmodell av typen A der dei dynamiske likningane vert løyst numerisk. Tidvassmodellen er regional og dekker Dei nordiske hav (Norske-, Grønlands- og Barentshavet) og Det Arktiske hav. Skildring av modellen samt resultat av verifikasjons studie kan finnast i fylgjande publikasjonar: Gjevik (1989), Gjevik og Straume (1989) og Gjevik, Nøst og Straume (1994). Modellen vert her omtala som GS-modell.

Dei djupneintegrerte tidvasslikningane er tilnærma ved eit sett av endeleg differanse likningar. Eit forskjøve Arakawa C-grid er brukt der overflateheving ( $\eta$ ) og volumfluks ( $U, V$ ) er plassert i separate punkt ( $i, j$ ),  $(i-1/2, j)$  og  $(i, j-1/2)$  høvevis (Figur 1). Overflateheving ( $\eta$ ) og volumfluks ( $U, V$ ) er også forskjøve i tid. For integrasjon i tid er sentrerte differansar nytta bortsett frå for Coriolis leddet som er representert på ein alternerande måte og friksjonsledda som er representert ved ein framlengs metode. Grenseverdiar langs dei opne rendene for modellen i Gjevik et.al. (1989) vart funne ved å interpolere modelldata frå ein modell for nordaust Atlanteren ved Flather (1981) og Flather et. al (1987) og data frå Schwiderskis (1979, 1981 og 1986) globale tidvatn kart. Djupne-matrisa er lest frå batymetrikart for  $(i, j)$  gridpunkt og djupna i dei mellomliggande punkt  $(i-1/2, j)$  og  $(i, j-1/2)$  er funne ved lineær interpolasjon.



**Figur 1** Eit romleg forskjøve grid med overflateheving ( $\eta$ ) i gridpunkt (o) og volum fluks ( $U, V$ ) i gridpunkt (l).

I arbeidet med GS-modellen vart fyrst ei gitteropløysing på 50 km nytta der den halvdaglege M2 konstituenten og den heildaglege K1 konstituenten vart simulert. Samanlikningar med observasjonar frå 116 tidvass-stasjonar er utført. I dette arbeidet vart det gjort ulike versjonar av modellkøyringar for å vurdere effekta av opne render i modellen, tidvatn genererande krefter og horisontal eddy viskositet. Gjevik og Straume gjorde testar med og utan eddy viskositet og med og utan tidvatn genererande kraft. Ved dei opne rendene vart modellen testa ved berre å nytte volumfluks eller berre overflateheving som grenseverdiar og ved å nytte begge desse som grenseverdiar. I regionale modellar er vanlegvis den tidvatn genererande krafta neglisjert og tidvatn rørsle er driven som ei oscillerande tidvassbølge som forplantar seg i modellområdet ved å spesifisere rørsle ved dei opne rendene i modellen. Resultat frå

Gjevnik og Straume sine testar og samanlikning med observasjonar viser at den daglege konstituenten K1 i dei nordiske hav er sterkt påverka av direkte tidvatn genererande krefter. Den halvdaglege konstituenten M2 er hovudsakleg ei oscillerande tidvassbølgje som forplantar seg frå Nord Atlanteren inn i Norske- og Grønlandshavet medan dei direkte tidvatn genererande kreftene er små. Testane viser også at horisontal eddy viskositet har stor effekt på tidvatnet si amplitude og har også ein glattande effekt på kortperiodisk støy.

GS-modellen vart i seinare arbeid oppgradert (Gjevnik et. al. 1994), og simuleringar med 25 km grid oppløysing er blitt gjort for å sjå på effekta av forfina grid. I det nye settet av simuleringar er også konstituentane S2 og N2 inkludert. Harmoniske konstantar er funne frå simulerte tidsrekker med standard fourier analyse. Dei beregna harmoniske konstantane er samanlikna med observasjonar frå eit sett av 121 kyst og hav stasjonar og korrelasjons koeffisientar og standard avvik er funne frå lineær regresjonsanalyse. Tabellar og plott med harmoniske konstantar for overflateheving og straum er publisert i *Atlas of Tides on the shelves of the Norwegian and the Barents seas*, Gjevnik et. al. (1990). I dette arbeidet er overflateheving nytta som grenseverdier ved dei opne rendene og tidvatn genererande krefter og eddy viskositet inkludert. Dette gav dei beste resultatane langs norskekysten og i Barentshavet i Gjevnik og Staume sine testar (Gjevnik og Straume 1989). Data på rendene er henta frå modell-simuleringar med ein tidvassmodell for nordaust Atlanteren utvikla av ei gruppe ved Proudman Oceanographic Laboratory i England (privat kommunikasjon mellom Bjørn Gjevnik og R. A. Flather).

## 2.2 AG-modellen

Frå Kort & Matrikelstyrelsen – Geodesi i Danmark (KMS) har Sjøkartverket fått Andersen/Grenoble modellen (AG-modellen) utvikla av Ole B. Andersen. AG-modellen er ein tidvassmodell av typen C der dynamisk teori løyst med Grenoble modellen er tilpassa ved altimetridata.

### Grenoble Modellen:

Grenoble modellen er ein hydrodynamisk tidvassmodell (type A). Grenoble modellen var i fylgje *Tides: A Scientific History (kapittel 14)* eit stort framsteg i denne teknikken og kom omsider som eit resultat av lengre forskning ved Institut de Mécanique de Grenoble (IMG) (Le Provost et. al 1994). Grenoble modellen er basert på endeleg element metode og dekkjer alle hav og sokkelområde inkludert Arktiske hav og det isdekte Weddel- og Rosshavet. I endeleg element metode er det mogleg å variere storleiken på elementa og ein treng ikkje inkludere landpunkt i utrekningane. Gridelementa i modellen varierar i storleik frå 200 km i djupe havområde til 10 km langs kystlinja. Beregningane var so store at havet måtte delast inn i fire ulike område som vart løyst separat før løysingane vart lappa saman langs felles render etter spesielt konstruerte metodar. Ved grenseflatene til desse delområda er modellen tilpassa verdier frå tidvassmålarar. Modellen er basert på ei ikkje lineær formulering av gruntvass likningane. Modellen gir oss åtte konstituentar (M2, S2, N2, K2, 2N2, K1, O1 og Q1) på eit grid med oppløysing  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ . Fem sekundære konstituentar (Mu2, Nu2, L2, T2 og P1) har deretter vorte utleia ved *admittance interpolation*. Små manglar i resultatane vart tilskrivede utilstrekkelege batymetridata. Kjelda seier ingenting om kva batymetridata dette er. Informasjon om Grenoble modellen er henta frå Cartwright (1999) og Andersen et. al (1995).

### Den altimetri tilpassa Andersen / Grenoble modellen

AG-modellen er ei empirisk langbølgja tilpassing av Grenoble modellen ved å bruke 2 år med TOPEX/POSEIDON-data, tilsvarande 70 gjentekne kretsar.

Tilpassing til Grenoble modellen er gjort ved å nytte Groves og Reynolds (1975) ortogonalisererte konvolusjons metode. Metoda er også nytta av Cartwright og Ray i deira GEOSAT løysing. Tilpassinga er avgrensa til konstituentane M2 og S2 då desse var dei einaste konstituentane der store forbetringar kunne sjåast frå altimetri. Tilpassinga vart interpolert på eit konstant grid ved å bruke *optimum interpolation* med kovarians funksjonar med *halfwidth* på 3000 km. Dette vart gjort for å sikre korreksjon av tidvatnet av veldig lang bølglengd. På denne måten vil dei fine strukturane i Grenoble modellen haldast uendra og tilpassinga vil ikkje uroe høg frekvente fenomen presentert i Grenoble modellen. Dette resulterer i ein modell som skal vere like god som Grenoble modellen i grunne område.

Den endelege tilpassa modellen er ein global modell med oppløysing på  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  korrigerert innanfor  $65^\circ$  nordleg og sørleg breiddegrad. Mellom  $65'$ te og  $75'$ te breiddegrad avtek tilpassinga lineært mot null slik at modellen er identisk med Grenoble modellen nord for  $75^\circ$  N og sør for  $75^\circ$  S. AG modellen er altså ein hydrodynamisk modell som er tilpassa altimetridata for konstituentane M2 og S2 nord for  $65^\circ$  S og sør for  $65^\circ$  N. Modellen gjev oss til saman 13 konstituentar. Informasjon om modellen er henta frå dokumentet README\_13\_3.95 og Andersen et.al. (1995)

Andersen har også utvikla andre modellar for beregning av tidvatn som berre bygger på altimetridata. Modellar som berre byggjer på altimetridata er førebels ikkje so gode over grunne sokkelområde.

### **3 SAMANLIKNING AV MODELLRESULTAT OG OBSERVASJONAR**

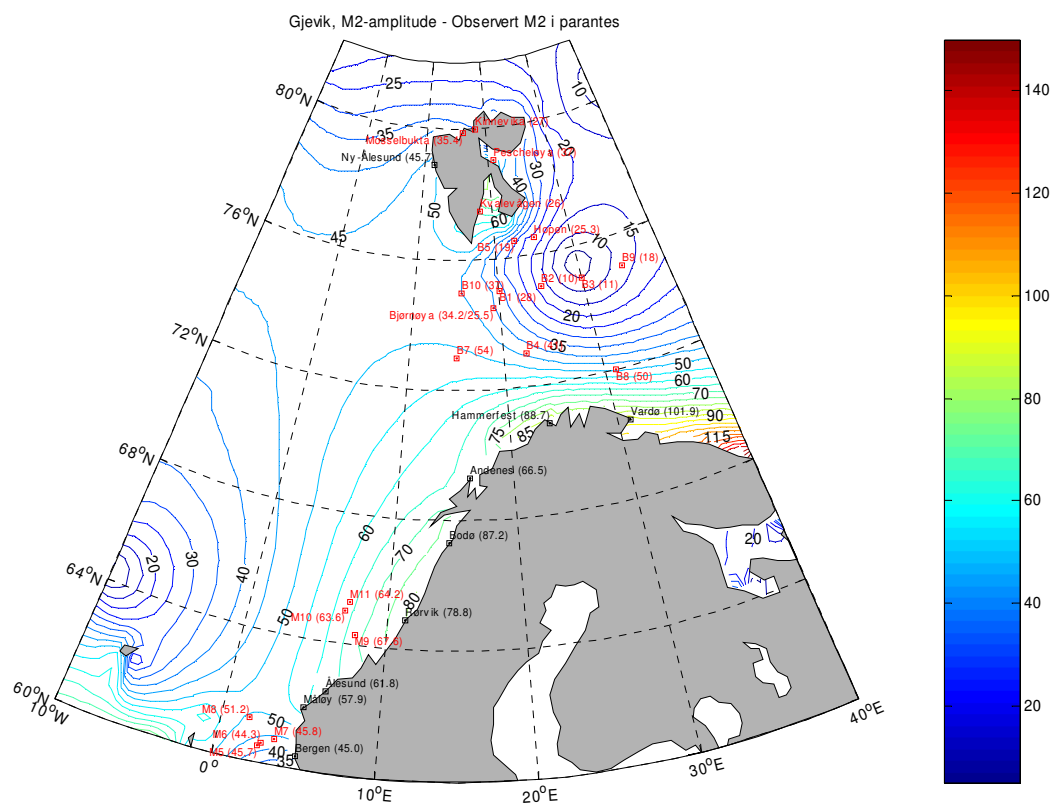
I det fylgjande vert modelldata frå GS- og AG-modellen samanlikna med harmoniske konstantar frå observasjonar av vannstand ved ulike oljefelt i havområda, frå Barentshavet (Kvamme et. al. 1991) og frå Sjøkartverket sitt faste målenett langs kysten. Frå harmonisk analyse av kortare og lengre måleperioder av vannstand er harmoniske konstantar for dei ulike konstituentane funne. I arbeidet med K0-flata er det viktigast at modellane gjev tilfredstillande resultat i havområda der det finnast få måleseriar av vannstand. Modellar med relativ grov oppløysing vil vanskeleg kunne fange opp raske endringar i botntopografien og landformer inne ved kysten. Arbeidet er her konsentrert om amplituda til konstituentane, medan fasen ikkje er teke med. Modelldata er plotta opp i Matlab med konturar for konstant amplitude for kvar 5 cm for M2 og for kvar 2 cm for konstantane S2, K1 og N2. Desse plotta ligg til grunn for samanlikninga. Posisjonar med måleseriar av vannstand er lagt inn i figurane og amplitude for konstituentane er gjeve i cm i parantes. Ved Bjørnøya vil det i figurane vere gjeve verdiar frå to ulike måleseriar, ei nord og ei sør på øya. Måleseriane i havområde er av varierende lengde, måleperiode er gjeve i tabell 1 side 19. Målestasjonar i Barentshavet med måleperiode kortare enn 35 dagar er ikkje tekne med i tabellen. Samanlikninga er visuell på grunnlag av figurane og også basert på verdiar frå tabell 1.

#### **3.1 Resultat frå GS-modellen**

B. Gjevik sin modell (GS-modellen) gjev fire konstituentar, dei dominerande halvdaglege M2, S2, N2 og den dominerande daglege K1. Modellen er presentert med  $0.5^\circ$  oppløysing i lengdegrad og  $0.25^\circ$  oppløysing i breiddegrad medan det i modellen er nytta ei oppløysing på 25 km. I plotta er berre  $0.5^\circ$  i breidde nytta sidan dette er den oppløysinga også Andersen/Grenoble modellen har. I samanlikningane er berre data nord for  $60^\circ$  N med. Det finnast også data sør for  $60^\circ$  N, men førebels ikkje på eit format som me enkelt kan bruke.

### 3.1.1 M2 (Principal lunar)

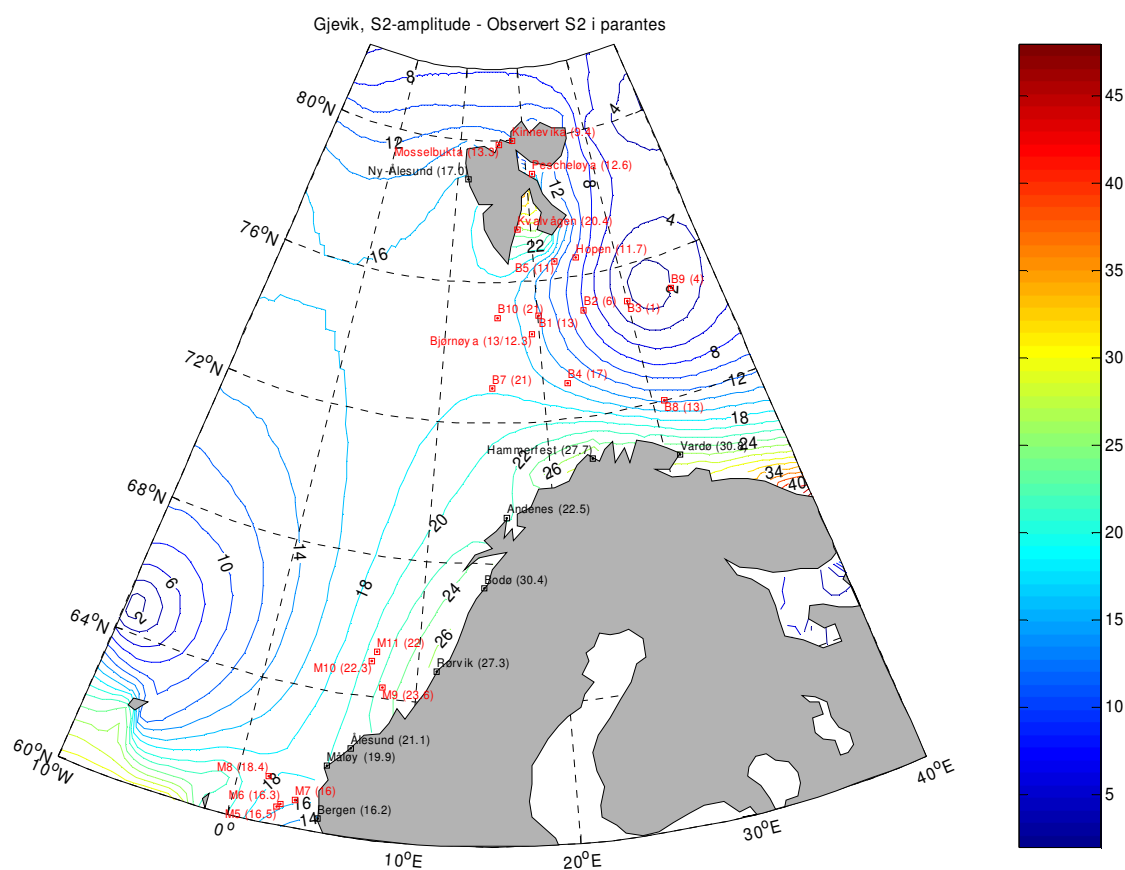
For målestasjonane M5 (Veslefrikk), M6 (Oseberg) og M7 (Troll) sør i området i figur 2 ligg amplituda for M2 mellom konturar på 40 og 45 cm noko som høver relativt godt med observasjonar. Stasjonane er her modellert nokre cm for lavt i forhold til observasjonane der M6 er den stasjonen med lengst måleperiode med observasjonar over 6 månadar. For stasjon M8 (Statfjord) der observasjonar for 1 år finnast gjev modellen også her ei amplitude for M2 som er eit par cm for lav i forhold til observasjonane. Frå Måløy og nordover langs kysten til Lofoten og Vestfjorden er det godt samsvar mellom modelldata og konstanter frå Sjøkartverket sine primærhamner. Stasjonane M9 (Draugen), M10 (Beta) og M11 (Heidrun) vest for Tondheim/Rørvik er veldig godt gjenskapt i modellen, dette visast også i tabell 1 side 19. I Barentshavet er tilhøva meir komplisert. Stasjonane B4, B7 og B8 er dei som gjev mest like resultat med observasjonar. Modellen gjenskaper eit amfidromt punkt nær stasjon B3. Det amfidrome punktet er dokumentert, men det er litt uvisst kor godt dette er plassert i modellen. Vest for Svalbard ser modellen bra ut, men sør og aust for Svalbard er det dårleg samsvar mellom modelldata og observasjonar. Her er oppløysinga i modellen for dårleg til å gjenskape dei fine strukturane, m.a. er området ved Storfjorden og Hinlopen dårleg oppløyst i modellen og gjev store differansar her. Denne problematikken er omtala i Gjevik et.al. (1994), sjå kapittel 4.1. Modellen ser ikkje so verst ut sør i Barentshavet, men i Vardø gjev modellen 10 cm lavare amplitude for M2 enn M2 i gjeldande konstantsett i Vardø der Sjøkartverket har fast målestasjon.



**Figur 2** Amplituda til M2 frå GS-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 5. cm. Amplituda til M2 frå observasjonar er gjevne i parentes ved målestasjonane. Namn på målestasjonane er gjevne i teksta og i tabell 1 side 19.

### 3.1.2 S2 (Principal solar)

For stasjonane vest for Bergen, M5-M8, er det godt samsvar mellom modellert S2 og S2 frå harmonisk analyse av observert vannstand (Figur 3). I området vest for Trondheim/Rørvik, stasjon M9-M11, er amplituda til konstituenten S2 modellert om lag 1 cm lavare enn den me får frå observasjonar. Ålesund og Måløy har bra samsvar, men ellers er S2 noko for lavt modellert langs kysten nord til Lofoten. Nord for Lofoten, for Andenes og Hammerfest, ser modellen betre ut i forhold til observerte verdiar for amplitude, medan Vardø ser ut til å ligge nærmare 5 cm for lavt. Også for S2 ser me at modellen oppfører seg greit vest for Svalbard medan aust- og sørsida er meir usikker. I Barentshavet gjev også modellen noko usikre resultat der samsvar mellom modell og observert er best ved målestasjon B8 der differansen er om lag 1 cm.

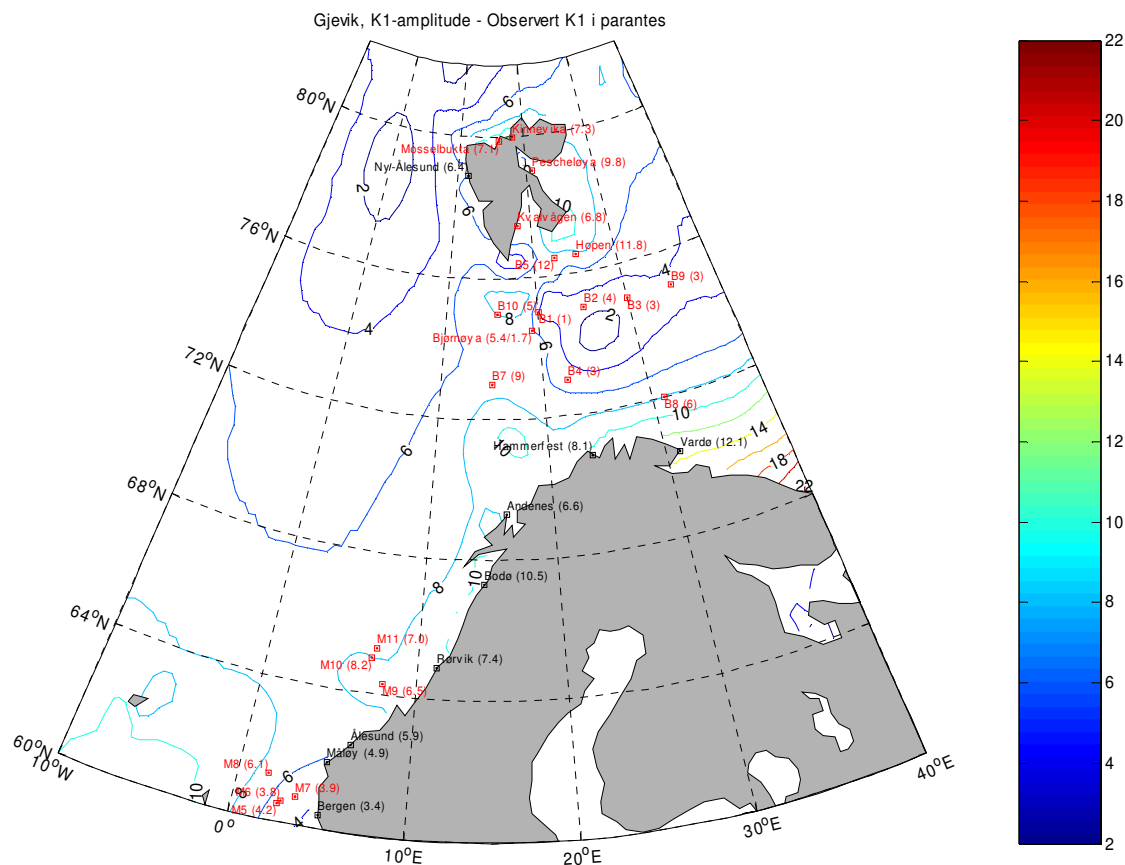


**Figur 3** Amplituda til S2 frå GS-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. cm. Amplituda til S2 frå observasjonar er gjevne i parantes ved målestasjonane.

### 3.1.3 K1 (Luni-solar diurnal)

Vest for Bergen/Måløy for målestasjonane M5-M8 gjev GS-modellen om lag 1 cm høgare amplitude for K1 enn observert K1-amplitude som i dette område er på 4 til 6 cm (Figur 4). For oljefelta M10 (Beta) og M11 (Heidrun) på Haltenbanken er amplituda for K1 bra gjenskapt i modellen i forhold til observasjonar, medan modellen gjev ei noko høg amplitude for M9 (Draugen). Langs kysten er amplituda til K1 gjenskapt ganske bra i Bergen, Bodø og i Vardø i forhold til observasjonar, men for resten av kysten er denne nokre cm for høg. Ved

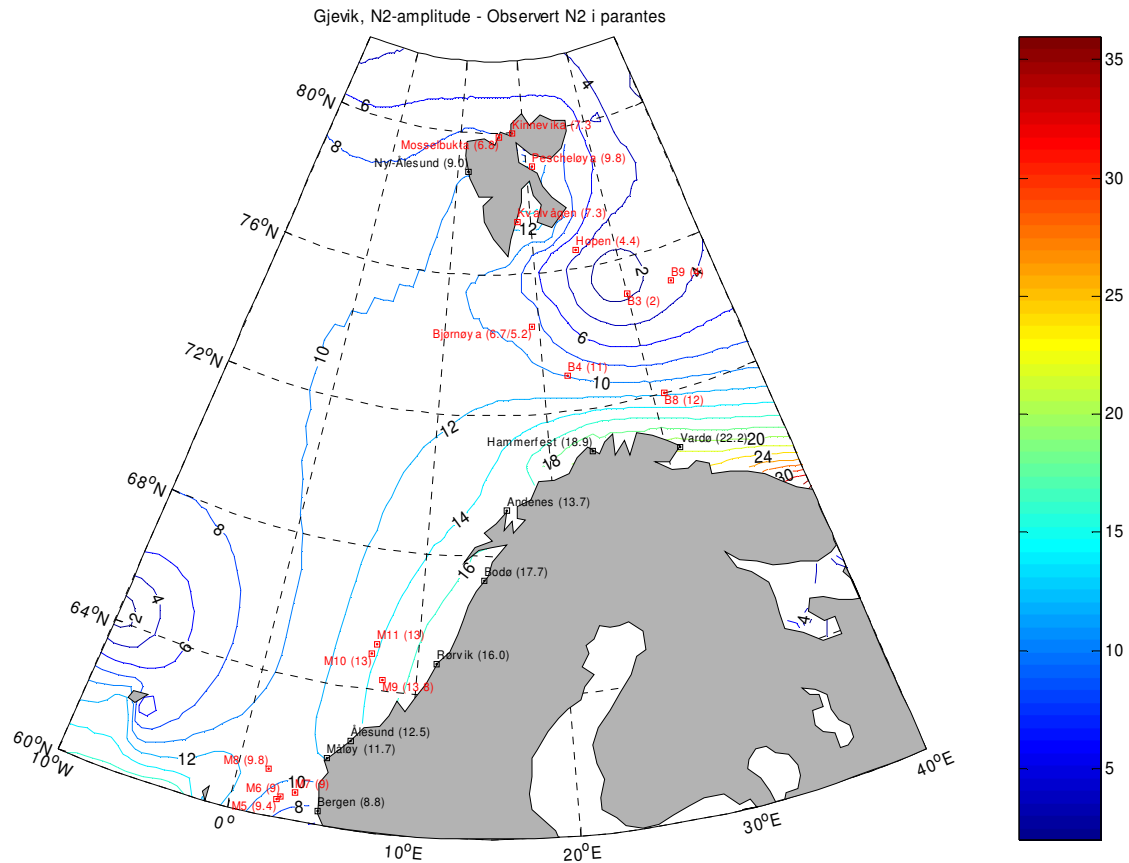
Svalbard gjev modellen amplitude for K1 i godt samsvar med observasjonar i Ny-Ålesund og også med observasjonar ved Kvalvågen. Nord for Svalbard er det ikkje so godt samsvar og i Barentshavet er det målestasjonane B3 og B9 nær det amfidrome punktet som gjev best samsvar mellom måleseriar og GS-modellen.



**Figur 4** Amplituda til K1 frå GS-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. cm. Amplituda til K1 frå observasjonar er gjeve i parantes ved målestasjonane.

### 3.1.4 N2 (Larger lunar elliptic)

For stasjonane M5-M7 vest for Bergen gjev modellen verdiar av amplituda til N2 i godt samsvar med observasjonar medan M8 (Statfjord) gjev litt høg verdi for amplituda til N2 i forhold til observasjonen her (Figur 5). Ved M10 (Beta) og M11 (Heidrun) vest for Trondheim/Rørvik er modellen i ganske godt samsvar med observasjonar, medan M9 (Draugen) som ligg litt nærmare land ligg om lag 1 cm for høgt i forhold til observasjonane. For Sjøkartverkets faste målestasjonar langs kysten gjev modellen godt samsvar bortsett frå for Bodø og Andenes der det er nokre cm i differanse. For Barentshavet gjev modellen ganske godt samsvar for amplituda til N2 for dei stasjonane med lang nok måleserie til at N2 er utrekna. Ved Bjørnøya og inn Storfjorden ved Kvalvåg og Hinlopen gjev ikkje modellen resultat med so godt samsvar mellom observasjonar og modell.



**Figur 5** Amplituda til N2 frå GS-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. cm. Amplituda til N2 frå observasjonar er gjeve i parantes ved målestasjonane.

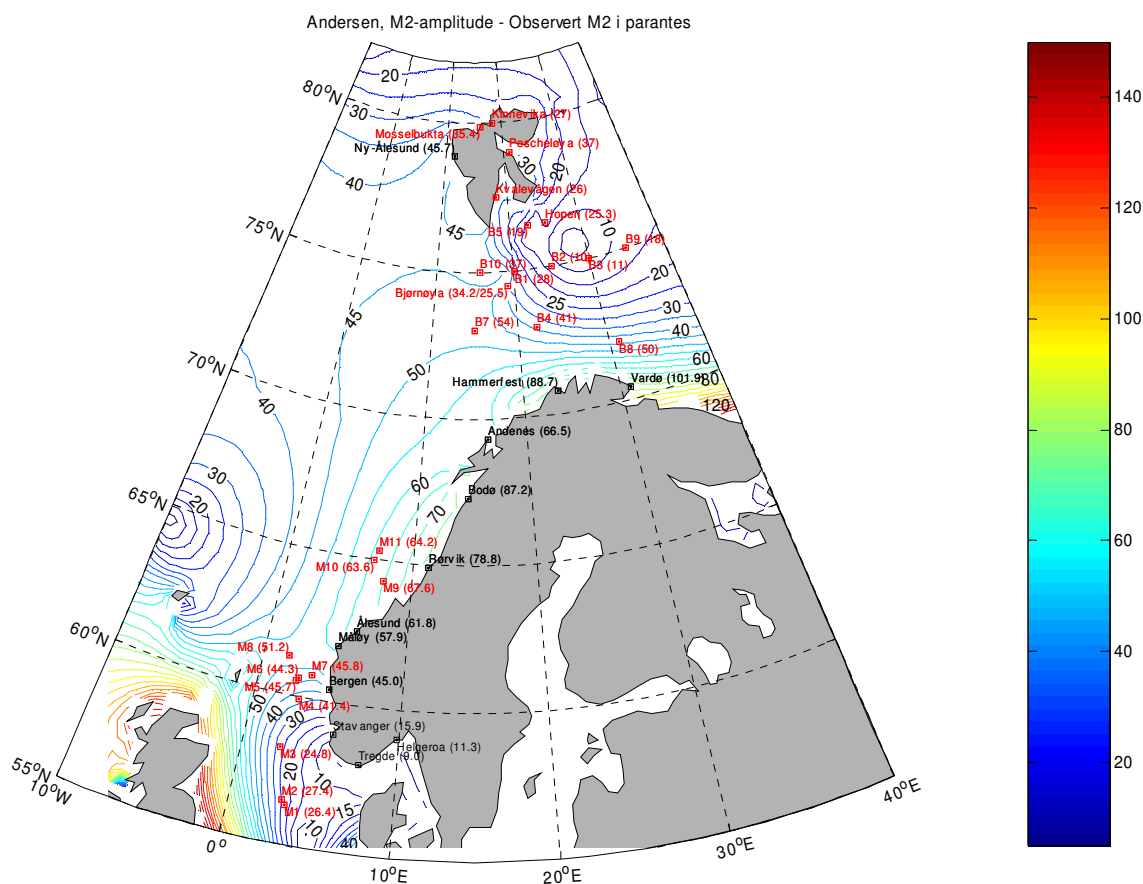
### 3.2 Resultat frå AG-modellen

Andersen/Grenoble modellen gjev 13 konstituentar. I denne samanlikninga er berre dei fire viktigaste (M2, S2, K1 og N2), som også kjem ut av Bjørn Gjevik sin modell tekne med. AG-modellen er som tidlegare omtala altimetritilpassa, men berre fullstendig tilpassa sør for 65° N og for konstituentane M2 og S2. Mellom 65° N og 75° N er modellen delvis tilpassa altimetridata der tilpassingsfaktoren avtek lineært mellom desse breiddegradene. Nord for 75° N er det altså ein fullstendig Grenoble modell som ligg til grunn for samanlikningane.

#### 3.2.1 M2 (Principal lunar)

Sør i Nordsjøen ved stasjon M1 (Vallhall) og M2 (Ekofisk) gjev modellen eit par cm lavare amplitude for M2 enn observasjonar gjev, medan for M3 (Sleipner) som ligg litt lengre nord gjev modellen litt høgare amplitude enn observasjonar gjev (Figur 6). M4 (Frigg) ligg noko lavare i modellen enn for observasjonar medan M5 (Veslefrikk), M6 (Oseberg), M7 (Troll) og M8 (Statfjord) er ganske bra gjenskapt i forhold til observasjonar. Frå Stavanger og nordover langs kysten samsvarar modelldata og observasjonar godt, som for Gjevik sin modell gjeld dette nord til området ved Lofoten og Vestfjorden. M9 (Draugen), M10 (Beta) og M11 (Heidrun) samsvarar også ganske godt med observasjonar, men ikkje so godt som for Gjevik sin modell. AG-modellen samsvarar heller ikkje heilt godt i Barentshavet. Det amfidrome

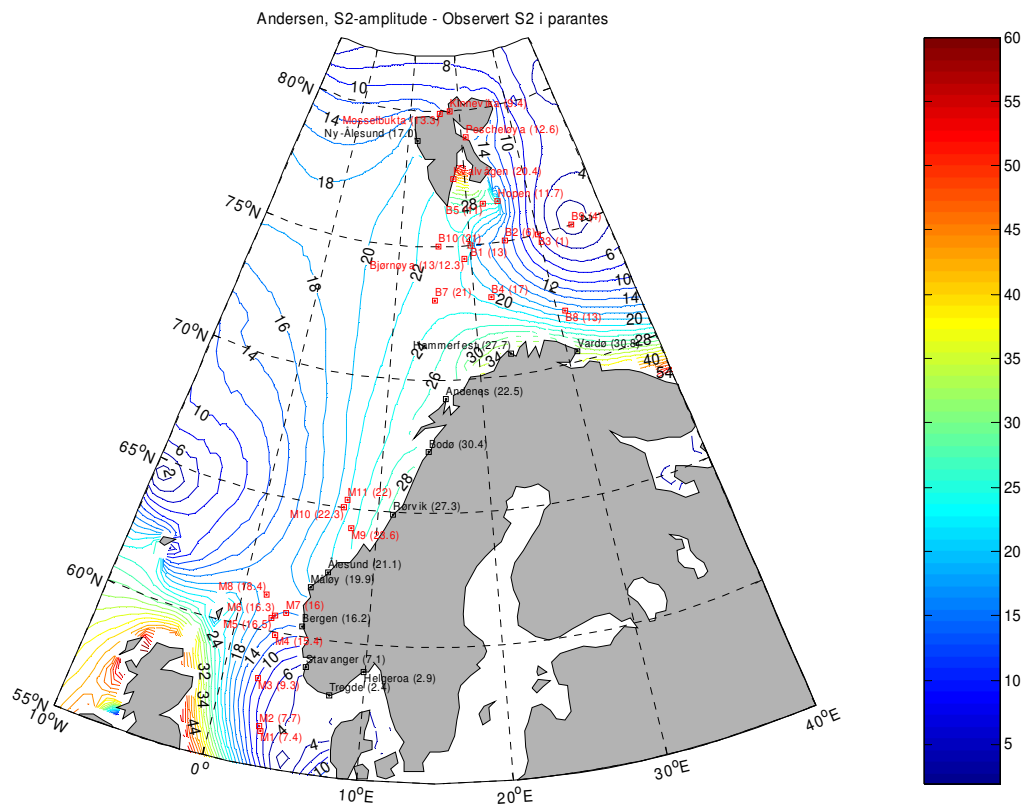
punktet ligg litt lengre vest enn i GS-modellen noko som ser passande ut for observasjonane, men det er likevel ikkje godt samsvar mellom målestasjonar og modellresultat. B4 og B1 er dei stasjonane i Barentshavet som er best gjenskapt i modellen. Også på kysten nord for Svalbard er det godt samsvar, men ikkje fullt so godt på vestkysten. I Vardø er M2 modellert 20 cm for lav i forhold til M2 i gjeldande konstantsett i Vardø.



**Figur 6** Amplituda til M2 frå AG-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 5. cm. Amplituda til M2 frå observasjonar er gjeve i parentes ved målestasjonane.

### 3.2.2 S2 (Principal solar)

Amplituda til S2 er modellert litt lav i forhold til S2 frå observasjonane for målestasjon M4 (Frigg), og litt høg for stasjon M3 (Sleipner), ellers er det godt samsvar mellom modell- og observasjonsdata for målestasjonane i Nordsjøen og vest for Bergen (Figur 7). På Haltenbanken vest for Trondheim/Rørvik er det også bra samsvar. Langs kysten er det bra samsvar for Ålesund, Måløy og Rørvik medan det er dårlegare samsvar nord for Lofoten. I Hammerfest gjev modellen ei amplitude for S2 som er heile 6 cm høgare enn amplituda frå gjeldande konstantsett her, medan S2-amplituda i Vardø omlag er 2 cm høgare i modellen enn for Vardø. I Barentshavet og område rundt Svalbard er S2 best gjenskapt nord og vest for Svalbard og for B7 og B10 langs sokkelskråninga, ellers gjev modellen lite samsvar for S2 amplituda med målestasjonane. For dei fleste målestasjonane gjev modellen for høge verdiar for amplituda til S2 og det kan sjå ut som om det amfidrome punktet ligg for langt aust.



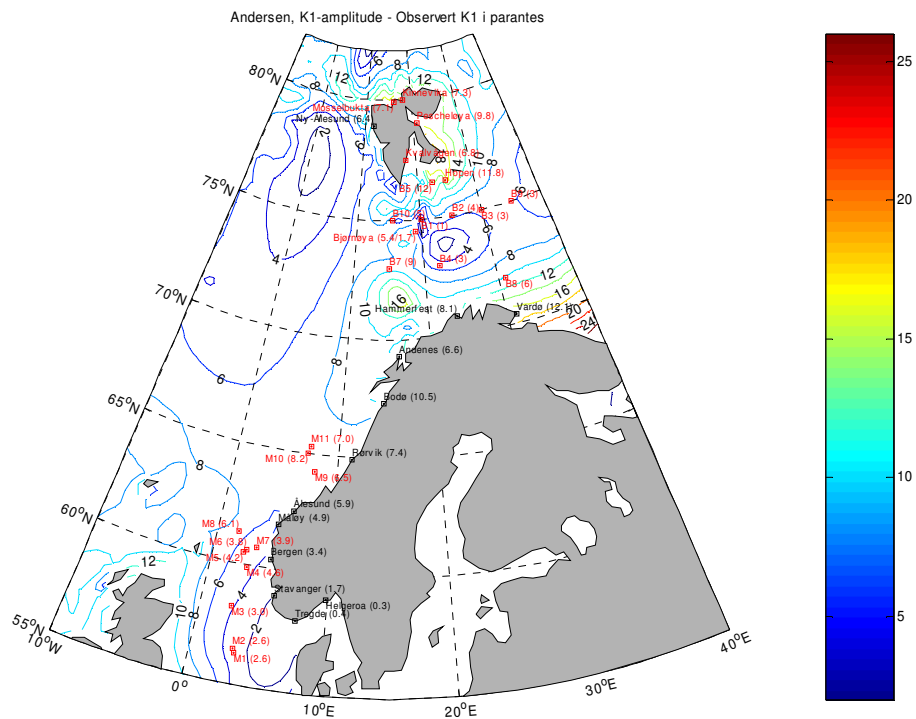
**Figur 7** Amplituda til S2 frå AG-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. meter. Amplituda til S2 frå observasjonar er gjeve i parantes ved målestasjonane.

### 3.2.3 K1 (Luni-solar diurnal)

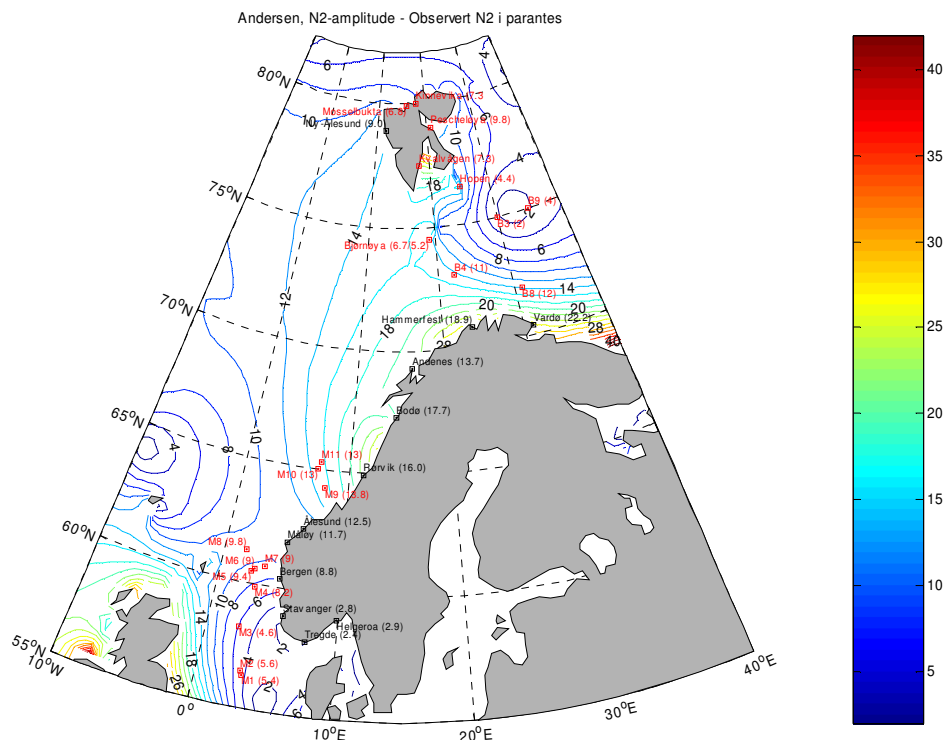
Modellen gjev litt for store amplituder for K1 i delar av Nordsjøen (Figur 8). M1 (Vallhall), M2 (Ekofisk) og M4 (Frigg) er dei felte som samsvarar best med målingar her. M11 (Heidrun) vest for Rørvik gjev godt samsvar mellom modell og observasjon, medan M10 gjev litt høg og M9 litt lav amplitude for K1 i modellen i forhold til amplituder for K1 frå observasjonar. Bodø og Rørvik er bra gjenskapt i modellen, medan modellen gjev ein del for høge amplituder for K1 nordover langs kysten. Stasjonen B7 i Barentshavet samsvarar bra med observasjonar, ellers gjev modellen eit ganske komplekst bilete av K1 amplituda i Barentshavet og det er store variasjonar over bassenget, spesielt langs sokkelskråninga mellom Norskehavet og Barentshavet og rundt Bjørnøya og Hopen. Det er vanskeleg å seie kva som kan vere i samsvar med den reelle situasjon og ikkje. Modellen gjev også eit ganske kompleks bilete rundt Svalbard.

### 3.2.4 N2 (Larger lunar elliptic)

Amplituda for N2 i A/G-modellen er stort sett i godt samsvar med observasjonar i Nordsjøen (Figur 9). For stasjonen M3 er det ein differanse på 1-2 cm mellom observasjonar og modell og for M8 gjev modellen ei litt høg amplitude for N2. På målestasjonane på Haltenbanken gjev A/G-modellen eit par cm høgare amplituda for N2 enn det observasjonar gjev. N2 amplituda aukar ein del inn mot kysten og gjev ei N2 amplitude i Rørvik som er 6 cm større enn analyse av måleseriar gjev. Rørvik er ei av Sjøkartverket sine primærhamner. I Barentshavet er det B3 som gjev mest lik amplitude med observasjonane. Ellers i Barentshavet gjev modellen ei noko større amplitude for N2 enn den analyse av observasjonar gjev. Rundt Svalbard er det heller ikkje særleg godt samsvar mellom modellen og observasjonar.



**Figur 8** Amplituda til K1 frå AG-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. meter. Amplituda til K1 frå observasjonar er gjeve i parantes ved målestasjonane.



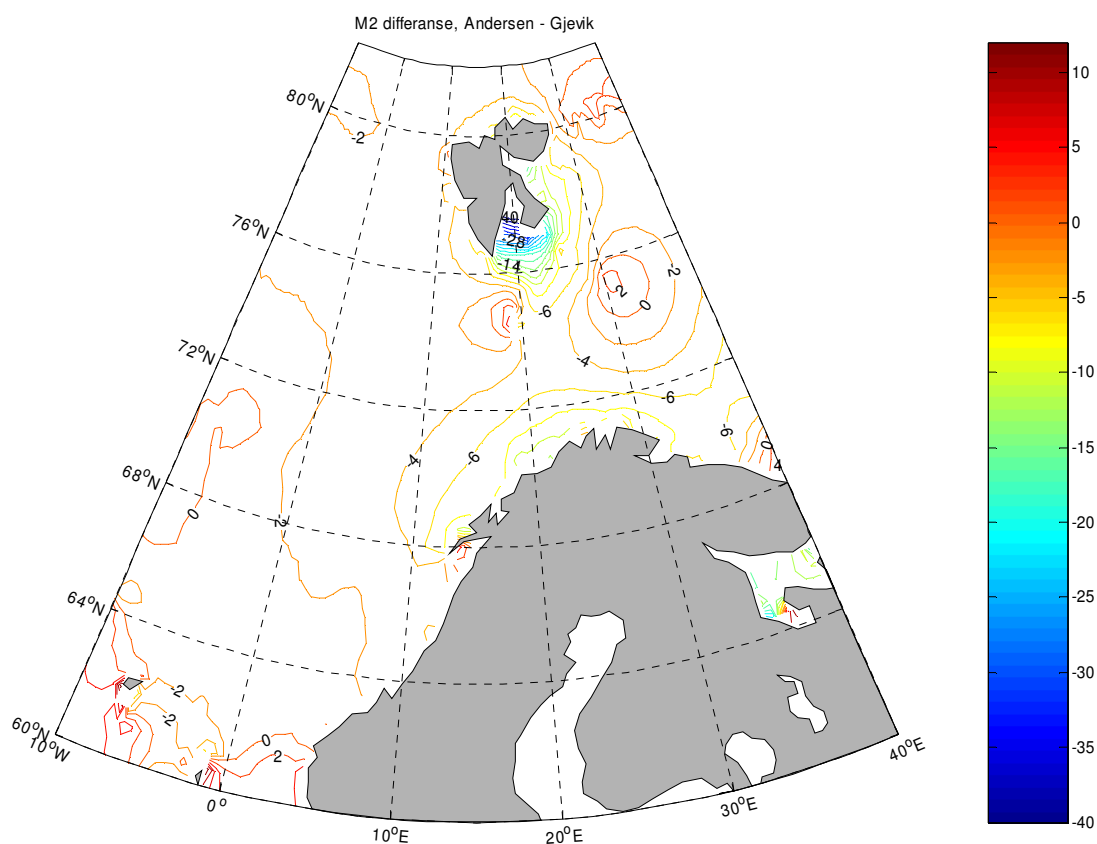
**Figur 9** Amplituda til N2 frå AG-modellen. Konturar for konstant amplitude er plotta for kvar 2. cm. Amplituda til N2 frå observasjonar er gjeve i parantes ved målestasjonane.

### 3.3 Samanlikning av GS-modellen og AG-modellen

Over er dei to modellane, GS-modellen og AG-modellen, visuelt vurdert opp mot observasjonar i havområda og langs kysten av Noreg. Under følgjer ei kort oppsummering av resultatata og kva modell som gjev best samsvar med observasjonane.

#### 3.3.1 M2 (Pricipal lunar)

Differansane mellom M2 amplituda for dei to modellane sør for Lofoten er ikkje so store (Figur 10). Det er likevel noko skilnad på dei to, og vest for Bergen for målestasjon M5 til M8 er det AG-modellen som gjev eit noko betre resultat for amplituda til M2 i forhold til observasjonar, medan det for stasjonane M9 til M11 på Haltenbanken er GS-modellen som kjem best ut. Nord for Lofoten langs kysten og i Barentshavet er det større differanse mellom modellane. I Barentshavet og på vestkysten og på nordsida av Svalbard er det GS-modellen som tilsynelatande gjev dei *beste* resultatata, medan plasseringa av det amfidrome punktet for M2 tilsynelatane gjev best samsvar for AG-modellen. Langs kysten av Nord Noreg ved Hammerfest og nord til Vardø er det også GS-modellen som kjem best ut, sjølv om differansen mellom observert og modellert M2 i Vardø er omlag 10 cm, noko som utgjer om lag 10 % av amplituda.



**Figur 10** Differansen mellom amplituda til M2 frå AG-modellen og GS-modellen. Konturar for kvar 2. cm er plotta.

### 3.3.2 S2 (Principal solar)

For konstituenten S2 har begge modellane godt samsvar med observasjonar i Nordsjø-området. På Haltenbanken er det i motsetning til for konstituenten M2 AG-modellen som gjev best samsvar, medan det nord for Lofoten er GS-modellen som kjem best ut. Noko som er interessant å merke seg er samanhengen mellom dei to modellane i kystområda nord for Lofoten og sørlege område i Barentshavet med Vardø. AG-modellen gjev betre samsvar for amplituda til S2 i Vardø enn i Hammerfest og ved stasjon B8 sør i Barentshavet, medan for GS-modellen er det motsett, best samsvar for S2 i Hammerfest og for stasjon B8 og dårlegare for Vardø. Den grove oppløysinga i modellane over dei grunne sokkelområda vest for Tromsø og overgangen frå Norskehavet og inn i det grunnare Barentshavet kan vere grunnen til desse differansane. I Barentshavet gjev ingen av modellane eit godt samsvar med observasjonane, men GS-modellen gjev noko betre samsvar enn AG-modellen.

### 3.3.3 K1 (Luni-solar diurnal)

Sør for Lofoten gjev dei to modellane om lag like resultat for amplituda til K1. I Barentshavet og rundt Svalbard differerer dei to modellane ein del meir. Modellane samsvarar best med observasjonar ved det amfidrome punktet søraust for Svalbard, der GS-modellen gjev noko betre resultat enn AG-modellen. Maksimum i overflateheving vest for Hammerfest og sør for Svalbard er i fylgje Gjevik et.al (1994) eit resultat av resonans mellom tidvassbølgja og kontinentale sokkelbølgjer langs sokkelskråninga mellom Noreg og Svalbard.

### 3.3.4 N2 (Larger lunar elliptic)

Begge modellane gjev godt samsvar mellom modellresultat og observasjonar for N2-amplituda i Nordsjø-området. På Haltenbanken vest for Rørvik/Trondheim er det GS-modellen som gjev *best* resultat. I AG-modellen aukar amplituda til N2 ganske mykje inn mot Nordlandskysten, noko som ikkje er i samsvar med observasjonar. I Barentshavet og langs kysten nord for Lofoten er det også GS-modellen som gjev dei *beste* resultatata.

## 4 VURDERING OG OPPSUMMERING

To modellar for beregning av konstituentar til tidvatnet har no vorte omtala og kvaliteten til resultatata vurdert mot observasjonar frå målestasjonar ute i havområde og langs kysten av Noreg. I arbeidet er det berre amplituda til konstituentane som er evaluert. Ei evaluering av fasen til konstituentane frå modellane kunne også ha vore nyttig, men er ikkje teke med her. Modellane som er evaluert i dette arbeidet er noko ulike og har noko ulikt omfang. Bjørn Gjevik sin hydrodynamiske modell (GS-modellen) er regional og spesielt utvikla og testa for området langs kysten av Noreg og Barentshavet, medan Ole B. Andersen sin altimetritilpassa modell (AG-modellen) er global og utvikla frå den globale Grenoble modellen som me har mindre kjennskap til. Modellane gjev ganske like resultat i område sør for Lofoten og gjev relativt bra resultat i samanlikningar med observasjonar her. Langs kysten av Noreg nord for Lofoten, i Barentshavet og rundt Svalbard differerer modellane noko meir og samsvar med observasjonar varierar også. Ved nokre av målestasjonane i Barentshavet er det relativt godt samsvar for nokre av konstituentane, medan for andre stasjonar er samsvaret heller dårleg. Det kan verke tilfeldig kva for stasjonar som samsvarar med observasjonar og ikkje. Det er derfor vanskeleg å seie kor god eller dårleg modellen er i dette området. Felles for dei to modellane er dårleg samsvar mellom modelldata og observasjonar i området rundt Bjørnøya og Hinlopen og sør og aust for Svalbard. Den grove oppløysinga i modellane over grunne område der topografien endrar seg raskt over små horisontale avstandar er nok noko av grunnen til dette. Mellom anna er ikkje opninga i Storfjorden nord for Edgeøya inkludert med

gridoppløysing på 25 km i GS-modellen, noko som viser godt for M2 konstituenten her. Dette problemet er omtala i Gjevik et.al (1994). Ved Bjørnøya finnast det måleseriar frå to lokalitetar, frå Austervåg nord på øya (29 dagar i 1930) og frå Sørhamna sør på øya (1 år i 1989-1990). Desse måleseriane gjev ganske ulike verdiar av amplituda til dei ulike konstituentane. For t.d. M2 er differansen mellom dei to måleseriane om lag 9 cm. Den store differansen kan vere med å understreke det komplekse i dette området og ein kan også kanskje rekne med ei viss uvisse i målingane.

#### **4.1 Gjevik, modellvalidering og samanlikningar**

Regresjonsanalyse mellom observasjonar og modelldata der 26 målestasjonar i Barentshavet er inkludert gjev eit standardavvik for M2 amplituda på  $\pm 10$  cm for GS-modellen med 25 km oppløysing (Gjevik et.al. 1994). Dersom Kvalevåg som ligg i Storfjorden ikkje er med i analysa vert standardavviket redusert til 5.4 cm for M2 amplituda. Dette stadfestar det dårlege samsvaret mellom modelldata og observasjonar i Storfjorden. Simuleringar med 12.5 km grid oppløysing som inkluderar opning i Storfjorden nord for Edgeøya fører til reduksjon av M2 amplituda i tidvatnet i Storfjorden på 15-20 cm. Gjevik meiner at lokale topografiske effektar over den grunne Svalbardbanken kan forklare det systematiske avviket i M2 amplituda i området ved Bjørnøya der amplituda i modellen er ein del større enn observert. Konstituenten S2, som i Barentshavet om lag er ein kvart til halvparten av M2 amplituda har eit standardavvik på  $\pm 2.5$  cm i Barentshavet.

I modellen med 50x50 km grid oppløysing finn Gjevik (1988) eit standardavvik på  $\pm 12$  cm for M2 amplituda frå lineær regresjonsanalyse mellom modelldata og observasjonar der 116 tidvass-stasjonar i eit område som også inkluderar kysten av England er inkludert. For Barentshavet og langs nordleg og vestleg kyst av Noreg gjev lineær regresjonsanalyse eit standardavvik på  $\pm 9$  cm der 24 målestasjonar er inkludert.

#### **4.2 Andersen, modellvalidering og samanlikningar**

Andersen et.al (1995) samanliknar eit utval av nye globale tidvassmodellar. AG-modellen kjem her ut som nest beste globale modellen med RMS samsvar på 2.7 cm der 95 tidvass-sasjonar er inkludert i samanlikninga. RMS differansen er definert i Andersen et.al.(1995). I dette arbeidet er det også gjort samanlikningar der eit sett av 65 målestasjonar i nordvest Europeiske sokkelområde er nytta. AG-modellen er her den modellen som gjev best samsvar med observasjonane med ein samla RMS differanse på 4.2 cm for konstituentane M2, S2, K1 og O1. Dette resultatet er ikkje overraskande då nokre av tidvass-stasjonane som er nytta i samanlikninga også er nytta for tilpassing av Grenoble modellen ved grenseflatene til eit av delområda i modellen. Andersen konkluderar i denne artikkelen med at Topex/Poseidon utvikla modellar er i fortrefteleg samsvar med målingar i djupe havområde. Differansane mellom modellane oppstår ved studie av tidvatnet over kontinentale sokkelområde som omgir havet. Då sokkelområde er kritisk for tidvatn dissipasjon vil det vere veldig viktig å betre modellane i sokkelområde i framtidige globale tidvassmodellar.

#### **4.3 Nøyaktigheit av modellar og observasjonar**

I samanlikningane i kapittel 3 er harmonisk analyse av vannstandsobservasjonar nytta som *den faktiske tilstand* av tidvatnet i havet og kvaliteten på modelldata er vurdert opp mot desse. I denne samanheng kan det også vere nyttig å stille spørsmål om nøyaktigheita til observasjonane. Måleseriane er av varierende lengde og eventuelle variasjonar over tid vert ikkje fanga opp i dei korte måleseriane. I samanlikninga kan det soleis vere nyttig å ta med uvisse i målingane i ei vurdering av nøyaktigheita i modellane. For primærhamnene langs kysten og for nokre av oljeplattformene med lange måleseriar kan ein rekne med at dei

harmoniske konstantane er godt bestemt. Spørsmålet om nøyaktigheit på observasjonar frå tidvassmålarar dukkar også opp i Andersen et. al. (1995). I sitt arbeid med samanlikningar av ulike tidvassmodellar vert spørsmålet om nøyaktigheit ved dei ulike tidvassmålarane viktig. Med utvikling av nye tidvassmodellar med auka nøyaktigheit vert også nøyaktigheita til harmoniske konstantar funne frå tidvassmålarar viktig.

## 5 ANBEFALING / KONKLUSJON

Kva tidvassmodell ein skal velge å bruke i arbeidet er avhengig av bruksområde. I arbeidet med K0-flata vil det vere viktig med ein modell som er god over kontinentalsokkelen der det ikkje finnast tilstrekkeleg tilgang på måleseriar av vannstand. Ved bruk av modellar med grov oppløysing vil område langs kysten der landformer og botntopografi endrar seg raskt vere mindre viktig i ei slik samanlikning, men kan vere med å gje ein peikepinne på korleis modellen fungerer. Etter å ha studert dei to tidvassmodellane GS-modellen av Bjørn Gjevik og AG-modellen av Ole B. Andersen nærmare og samanlikna desse med observasjonar i havområde og langs kysten vurderer eg begge modellane til å gje tilfredstillande resultat sør for Lofoten (i forhold til dei måleseriane som ligg til grunn her). I havområde sør for Lofoten er differansen mellom observasjonar og modelldata om lag 1-2 cm og eit avvik av denne storleik må kunne sjåast på som tilfredstillande utifrå drøftinga i kapittel 4.3. Vest for Nordlandskysten må ein vere merksam på at AG-modellen gjev eit noko større avvik for amplituda til konstituenten N2.

Nord for Lofoten er avvik mellom modellane og observasjonar noko større og også differansen mellom dei to modellane. Langs kysten frå Lofoten og nordover og også vest for Svalbard er det GS-modellen som gjev dei beste resultat. I Barentshavet og ved Svalbard (bortsett frå på vestsida) vurderer eg begge modellane til å gje for usikre resultat til at det kan anbefalast å nytte modelldata frå dette området i det vidare arbeidet med K0-flata. Nye modelloppsett med betre oppløysing trengst i dette området der botntopografi og omliggande landområde krev ei betre romleg oppløysing ved beregning av tidvatnet.

Sjøkartnull (K0) er i havområda og langs kysten nord for Utsira lagt til LAT (Lavaste astronomiske tidvatn). I rapport av Daniel Hareide (2003) vert ulike metodar for beregning av LAT omtala. I rapporten vert det anbefalt å nytte so mange konstituentar som mogleg ved beregning av LAT. Då ein frå GS-modellen får ut berre 4 konstituentar vil AG-modellen med sine 13 konstituentar vere betre egna ved beregning av LAT lagt til grunn at nøyaktigheita til modellen er god nok.

For GS-modellen har me førebels ikkje data sør for 60° N på eit tilgjengeleg format, noko som gjer at denne berre dekker deler av området der me treng tidvassdata for å beregne LAT i havområda. Data frå GS-modellen sør for 60° N finnast, men må transformerast til geografiske koordinatar før desse kan samanliknast med resten av datasetta. Når modelldata frå GS-modellen vert tilgjengeleg også sør for 60° N vil det kunne vere interessant å sjå om også desse data kan nyttast. Problemet med GS-modellen vil då vere at denne berre gjev 4 konstituentar. For AG-modellen må ein vere merksam på at modellen berre er fullstendig altimetritilpassa nord til 65° N. Frå denne breiddegrad avtek altimetritilpassinga lineært nord til 75° N der modellen er identisk med Grenoble modellen nordover.

Med opplysningane over i grunn kan det i fyrste omgang anbefalast å nytte AG-modellen sør for Lofoten til å beregne LAT i det vidare arbeidet med K0-flata. I arbeidet med K0-flata er det ynskjeleg å lage ei flate som også skal gjelde for område nord for Lofoten. AG-modellen

kan nyttast til å beregne LAT også nord for Lofoten, men ein må då vere merksam på at datasettet som vert nytta ikkje er tilstrekkeleg godt nok over heile området. I det vidare arbeidet vil det vere nyttig å samanlikne LAT beregna frå modelldata og LAT beregna frå observasjonar.

Det finnst også tidvassmodellar av nyare dato som SKSK har fått tilgang til frå Ole B. Andersen ved KMS. Dette er FES99 av Le. Provost et.al. (som også står bak Grenoble modellen) og ein modell frå Goddard Space Flight Center (GOT00) av Richard Ray. I det vidare arbeid vil data frå dei to modellane verte studert nærmare for å vurdere om desse data vil gje betre samsvar med observasjonar i havområda og spesielt i Barentshavet og omliggande område og soleis nyttast i arbeidet med å etablere ei KO-flate.

## 6 REFERANSAR

- I. Andersen, O.B., Woodworth, P.L., Flather, R.A.(1995) Intercomparison of recent ocean tide models. *Journal of Geophysical Research*, VOL. 100, NO. C12, Pages 25,261-25,282,
- II. Cartwright, David Edgar, *Tides, A scientific History* (1999) Cambridge University Press
- III. Gjevik, B., (1989) Model simulations of tides and shelf waves along the shelves of the Norwegian-Greenland-Barents Sea. *Modeling Marine Systems Vol.1, Chp.9*. CRC Press Inc Boca Raton, Florida.
- IV. Gjevik, B., and Straume, T., (1989) Simulations of the M2 and the K1 tide in the Nordic Seas and the Arctic Ocean. *Tellus* 41A, 73-96
- V. Gjevik, B., Nøst, E., and Straume, T.(1990) Atlas of tides on the shelves og the Norwegian and the Barents Seas, Rep. F&U-ST 90012, Dep. of Math., Univ. of Oslo, Oslo, Norway.
- VI. Gjevik, B., Nøst, E., and Straume, T., (1994) Model simulations of the tides in the Barents Sea. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99, NO. C2, Pages 3337-3350.
- VII. Groves,G.W. and R.W. Reynolds (1975) An orthogonalized convolution method of tide prediction. *J.Geophys. Res.*,80,4131-4138.
- VIII. Hareide, Daniel (2003) Valg av metode for beregning av sjøkartnull ( $K_0$ ) og  $Z_0$  for norske havområder. Rapport GEO 03-1, Statens kartverk Sjø
- IX. Kvamme, O.B. and Mildal, K. Diserud (1991) Water level and current observations in the Barents Sea- final report. Report no. GEO 91-1, Norwegian Mapping Authority, Norwegian Hydrographic Service.
- X. Le Provost, C., M.L.Genco, F. Lyard, and P.Canceil. Spectroscopy of the world ocean tides from finite-element hydrodynamic model. *J. Geophys. Res.*, 99, (C12), 24, 777-797, 1994
- XI. Schwiderski, E. W. (1979) Global ocaen tides. Part II. The semi-diurnal principal lunar tide M2. Atlas of tidal charts and maps. Report 79-414. Naval surface weapon center, Dahlgren, Va. USA, 90 pp.
- XII. Schwiderski, E. W. (1981) Global ocean tides. Part IV. The diurnal luni-solar declination tide (K1). Atlas og tidal charts and maps. Report 81-142. Naval surface weapon center, Dahlgren, Va. USA, 80 pp.
- XIII. Schwiderski, E. W. (1986) Tides. In *The Nordic Seas* (ed. B. G. Hurdle). New York: Springer-Verlag, 191-209.
- XIV. README\_13\_3.95 Domkument av Ole B. Andersen om AG-modellen

**Tabell 1** Tabellen viser dei stasjonane i havområde der me har måleseriar av vannstand frå og posisjon og måleperiode til desse. Vidare gjev tabellen amplituda til konstituenten M2 for observasjonar, for Bjørn Gjevik sin modell (GS-modellen) og for Ole B. Andersen sin modell (AG-modellen) samt ei samanlikning mellom modellane og observasjonar og desse to modellane. Posisjonen for målefelt er her runda til næraste halve grad for samanlikning med modelldata, og faser er gjeve i GMT.

Felt	Periode for Observasjon	Posisjon	Observert		Modell Gjevik		Modell Andersen		Differanse mellom observasjon og modelldata				Diff. modellar	
			M2		M2		M2		Obs. - Gjevik		Obs. - Andersen		Gje.- Ander.	
			H (cm)	g (°)	H (cm)	g (°)	H (cm)	g (°)	H (cm)	g (°)	H (cm)	g (°)	H (cm)	g (°)
Valhall (M1)	07.04.-12.05.02 (1986 NHS)	N 54° 17' E 03° 24'	27.2 (26.4)	87.8 (80.6)			21.9	69.4			5.3	18.4		
Ekosfisk (M2)	07.04.-12.05.02 (1980-2002 DHI)	N 56° 33' E 03° 13'	27.3 (27.4)	75.6 (84.6)			27.1	70.8			0.2	4.8		
Sleipner (M3)	70 dagar (1992)	N 58° 11' E 02° 27'	24.8	353.5	24.1	14	27.3	2.9	0.7	-20.5	-2.5	-9.4	-3.2	11.1
Frigg (M4)	1 år (1985)	N 59° 53' E 03° 04'	41.4	300.7	34.7	291	38.4	291.2	6.7	9.7	3	9.5	-3.7	-0.2
Veslefrikk (M5)	3 mnd (1987)	N 60° 33' E 02° 38'	45.7	290.2	42.6	289	46.1	286.5	3.1	1.2	-0.4	3.7	-3.5	2.5
Oseberg (M6)	6 mnd (1983)	N 60° 34' E 02° 48'	44.3	286.8	41.2	286	45.1	285.7	3.1	0.8	-0.8	1.1	-3.9	0.3
Troll (M7)	1 mnd (1980)	N 60° 50' E 03° 35'	45.8	286.4	46.3	281	49.9	282.8	-0.5	5.4	-4.1	3.6	-3.6	-1.8
Statfjord (M8)	1 år (1982)	N 61° 15' E 01° 51'	51.2	285.9	48	287	50.5	283.2	3.2	-1.1	0.7	2.7	-2.5	3.8
Draugen (M9)	1,5 mnd (1986)	N 64° 17' E 07° 47'	67.6	306.9	68	302	65.2	304.6	-0.4	4.9	2.4	2.3	2.8	-2.6
Beta (M10) (Haltenbanken)	25 dagar (1991)	N 65° 02' E 06° 55'	63.6	306.5	63.3	305	62.5	306.4	0.3	1.5	1.1	0.1	0.8	-1.4
Heidrun (M11)	1 år (1993 – 1994)	N 65° 20' E 07° 20'	64.2	308	64.1	308	61.8	310.7	0.1	0	2.4	-2.7	2.3	-2.7
Barentshavet:														
B3 (M12)	36 dagar	N 74° 59.7' E 30° 00.6'	11	94	5	54	7	71	6	40	4	13	-2	-17
B8 (M13)	59 dagar	N 72° 00.0' E 31° 00.0'	50	89	49	77	44	78	1	12	6	11	5	-1
B9 (M14)	39 dagar	N 75° 00.2' E 34° 57.4'	18	126	13	130	13	118	5	4	5	8	0	12