

Et tidsmessig datum for petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel¹

Jon Falkenberg

Jon Falkenberg: A modern geodetic datum for the petroleum activities on the Norwegian Continental shelf.

KART OG PLAN Vol. 68, pp. 23–29. P.O.B. 5003, NO-1432 Ås, ISSN 0047-3278

European Datum 1950 has been the reference for all petroleum activities on the Norwegian continental shelf for more than forty years. Modern technology for navigation and positioning has created a requirement for a new, homogenous geodetic reference. EUREF89 is proposed, and its advantages described. Challenges in expanding existing terrestrial datums to cover continental shelves are discussed using ED50 as an example.

Key words: Geodetic Datum. ED50. WGS84. EUREF89.

Jon Falkenberg, M.Sc. Geoscience and Engineering, Petroleum Geo Services ASA, 1326 LYSAKER Norway. E-mail: jon.falkenberg@pgs.com

Innledning

EUREF89 har fra 1993 har vært offisielt geodetisk datum for Norge, inklusive havområdene, og det vil være en overraskelse for mange at petroleumsaktivitetene på norsk kontinentalsokkel fortsatt refererer alle koordinater til ED50. Og enda mer forbausende, det foreligger ingen planer om å skifte datum.

Da Europeisk Datum 1950 ble valgt som referansesystem for leting og produksjon av olje og gass på den norske kontinentalsokkel var det en riktig og fremtidsrettet beslutning. Det var imidlertid i 1965, og mer en førti år senere er tiden overmoden for et skifte. Den tekniske utvikling gjør at kravene til homogenitet og målestokk i referansesystemet har økt i vesentlig grad, den samme teknikk gjør det imidlertid mulig å realisere globale datum også til sjøs.

Petroleumsindustrien liker å bli betraktet som ledende når det gjelder anvendelser av moderne teknologi. Når bransjen likevel ikke har innsett fordelene ved et globalt referansesystem har det flere årsaker, uviljen mot forandring er den viktigste. Å dvele ved historien hjelper imidlertid ikke, det må isteden drives opplysning, og kanskje agitasjon, om fordelene ved et moderne datum.

Mens Statens kartverk bestemmer hvilke referansesystem som gjelder i Norge er datum for petroleumsaktivitetene styrt av Oljedirektoratet. Siden Oljedirektoratet ikke har noen geodetisk avdeling ville det imidlertid være naturlig at de innhentet synspunkter og råd fra Kartverket.

Behovet for horisontal referanse

Aktivitetene i forbindelse med leting og utvinning av olje og gass er i stor grad basert på mulighetene for å bestemme, og ikke minst å gjenfinne posisjoner. Kravene til nøyaktighet varierer, men for alle koordinater gjelder at det må være en entydig referanse:

- Grenser mot andre lands kontinentalsokkel må fastlegges i et datum også nabolandet aksepterer.
- Blokkgrenser følger gradnettet, og vil påvirkes av det geodetisk grunnlag. Norsk kontinentalsokkel er delt i *felt* (opprinnelig «kvadranter») og *blokker*. Et felt er 1 breddegrad x 1 lengdegrad, og arealet avtar jo lengre nord man kommer. Hvert felt inneholder 12 blokker, hver blokk er 15 breddeminutter x 20 lengdeminutter. Syd for 62°N er feltene nummerert fortløpende.

1. Proposals and opinions expressed are those of the author, and do not necessarily reflect the views of PGS.

de, fra 1 til 36, mens det videre nordover er brukt de geografiske koordinatene for sydvestre hjørne, f.eks. 6707. Blokkidentifisering er ved felt og blokknummer, 6707/12. Lete- og utvinnings-tillatelser gis også for deler av blokker, det tilstrebes da mest mulig «runde» verdier.

- Marine seismiske undersøkelser skjer ved at reflekterte energipulser fanges opp av hydrofoner i forskjellig avstand fra energikilden. Opprinnelig var energikilden dynamitt eller annet sprengstoff, og selv om det i dag brukes luft som frigjøres under høyt trykk er terminologien i forbindelse med skyting beholdt. Hydrofonene er plassert i en kabel som taues 6-10m under overflaten. Signalene registreres for grupper av hydrofoner. Med grupplengde 12.5m vil en 6 km lang kabel ha 480 grupper, eller traser. For hvert skudd bestemmes og lagres posisjoner for alle traser. Med 25m skuddpunktintervall og en tauhastighet på 5 knop betyr det et nytt datasett hvert 10 sekund. En kilde og en kabel gir et profil, og slik todimensjonal seismikk(2D) brukes for regionale undersøkelser.

Ved å tauе to kilder som fyres vekselvis (flipp-flopp skyting) og å tauе flere hydrofonkabler i parallell registreres mange profil samtidig. To kilder og 10 kabler gir 20 seismikk-linjer for hver båtlinje. Profilene kombineres i dataprosesseringen for å gi et tredimensjonalt bilde av undergrunnen; 3D seismikk.

Den store effektivitet for innsamling gir raskt økende datamengder. Til nå er det på norsk sokkel skutt og lagret data for 15 millioner profil-kilometer.

For regional kartlegging samles inn magnetiske og gravimetriske data, oftest fra det samme fartøy som skyter seismikk. Kravene til posisjonsnøyaktighet for slike data er små.

- Letebrønner. I 1966 ble den første brønnen boret på norsk sokkel. Etter 40 år har nå tallet passert 1100. Nøyaktige koordinater er viktige, og Oljedirektoratet kom tidlig med regler for posisjoneringsmetode og rapportering av resultater.
- Plattformen og undervannsinstallasjoner. Det er nå seksti felt for produksjon, eller planlagt produksjon, av olje og/eller gass.

Noen av feltene har flere plattformer, mens andre er basert på bunn-installasjoner og rør til en plattform på et annet felt, eller en flytende produksjonsenhet. Nøyaktige koordinater er bestemt for alle installasjoner, men dette gir ikke store datamengder.

- Rørledninger. For å kunne gjenfinne nedgravde rør settes store krav både til posisjonsnøyaktighet og god dataforvaltning. Transportsystemene for norsk gass til Storbritannia og kontinentet omfatter mer enn 8000km. Overslagsmessig er 2500km av rørene på norsk sokkel. I tillegg til koordinater for selve røret er det data for tverrprofiler med intervall ned til 25m, og det foretas kontroll-målinger med jevne mellomrom.

Bakgrunn

Behovet for definisjon av et spesifikt datum for norsk kontinentalsokkel kom i 1965, i forbindelse med bestemmelse av grenselinje mot Storbritannia. Norge hadde sitt NGO 1948 og britene OSGB36. Europeisk Datum 1950, ED50, var et naturlig valg, allerede brukt i NATO sammenheng

ED50 var et resultat av amerikansk innflytelse etter den annen verdenskrig, de fremtvang en koordinering av de mange nasjonale nettverk i Europa. Det var i Norge stor skepsis til «amerikanske prinsipper», men i ettertid har det vist seg at ED50 var et godt produkt. De svakhetene som er påvist er typiske for regionale datum som utvides for langt ut over kjerneområdet.

Som fundamentpunkt for ED50 ble valgt Helmerts tårn i Potsdam, og systemet ble etablert ved en nyutjevning av Europeiske trekantrekker. Syd-Norge var inkludert, men ikke kysten fra Bergen og nordover. Først i 1969 ble resten av Norge dekket, ved en utjevning av tildels nymålte førsteordens nett og tilknytning til grensen av den opprinnelige ED50 dekning, inklusive enkelte svenske punkter.

Storbritannia var ikke omfattet av den opprinnelige utjevning, og ED50 ble senere etablert ved en nyutjevning av det eksisterende nett, supplert med avstandsmålinger, og en tilknytning til kontinentet ved målinger over

Det utvidede ED50 nettet som inkluderer Storbritannia og Norge fra Bergen og nordover



kanalen. Den relativt smale forbindelsen her gir rom for usikkerhet i øst-vest retning lengst nord (Skottland). For å styrke nettet ble i 1953 målt med Hiran² mellom Norge og Skottland, men målingene ble av forskjellige grunner ikke anvendt.

Systemene for radionavigasjon som ble brukt de første årene hadde usikkerheter som langt oversteg eventuelle svakheter i ED50, og det var først da man midt på 70 tallet begynte å bestemme posisjon av borerigger med TRANSIT satellitter at problemene dukket opp. Ved translokasjon; observasjoner i en kjent og en ukjent stasjon, kunne metoden gi nøyaktigheter på meternivå. Posisjonene ble imidlertid forskjellige avhengig av hvilken kjent stasjon som ble brukt, og det ble etter hvert klart at mellom ED50 i Skottland og Norge var det en forskjell på syv meter i øst-vest retning.

Oppdagelsen av store olje og gass forekomster som strakte seg inn på Storbritannias sokkel nødvendiggjorde en påvisning av grenselinjen for å gi en riktig fordeling av verdiene i reservoaret. Frigg-feltet ble oppdaget i 1971 og i 1976 ble plattformen innmålt ved en Doppler-kampanje med referanse stasjoner i Norge og Skottland. NGO var involvert, men det endte likevel med en utjevning styrt av en amerikansk «ekspert». Resultatet ble et eget datum: ED50-Frigg. Norge fikk 60.82% av gass-reserven, verdsett til 350 milliarder kroner. En meters forskyvning av grenselinjen ville gitt et utslag nær 100 millioner kroner.

Mens tradisjonelle datum er realisert gjennom faste punkt kan man på sjøen kun etablere et datum ved definisjon. Med tanke på den praktiske utfordringen er det nærliggende å knytte definisjonen til et satellitt-

2. Hiran - High Accurate Range Navigation. Et flybåret system for avstandsmåling, basert på kryssing av baselinjen mellom to bakkestasjoner som mottar og returnerer radiobølger på frekvenser rundt 300MHz. Nøyaktighet 1×10^{-5} , under optimale forhold

system, og oppgaven blir å finne formler og parametere for transformasjon fra et slikt system.

Spørsmålet om de beste parametere for datumtransformasjon var et hovedtema for geodetene både i Norge og de andre Nordsjølandene på 70 og 80 tallet. Referansesystemet for TRANSIT ble forandret ganske ofte, men ble til slutt WGS84. Det forvirret enkelte at de utsendte, forutsagte, banedata («broadcast») hadde en litt annen referanse en de observerte, presise, dataene («precise») som ble tilgjengelig senere (men bare for brukere som var godkjent av amerikanske myndigheter).

En god beskrivelse av utfordringene ved definisjon av ED50 i Nordsjøen finnes i en artikkel av Sivert Bakkelid og Svein Rekkedal, publiserte i *Marine Geodesy* i 1983.

Mens de enkelte lands kartverksmyndigheter diskuterte optimale formler og parametere var det på sokkelen akutt behov for rutiner klare til anvendelse. I mangel av offisielle verdier valgte de forskjellige operatører det de trodde var best. Resultatet er en rekke forskjellige datumskift for samme område. «ED50» for en satellitt-bestemt posisjon kan variere opp til 20 m, avhengig av hvilke formler/parametere som anvendt. Angola, med sine seks sett med transformasjonsparametere fra WGS84 til lokalt datum (Camacupa) brukes ofte som et eksempel på hvor forvirrende det kan bli, men der er det enkelt sammenlignet med norsk sokkel.

Statens Kartverk arbeidet for å fastslå rutiner og parametere som også var akseptert av de andre Nordsjølandene. I 1990 kom: «The transformation between ED 50 and WGS84 for exploration purposes in the North Sea». Denne var gyldig syd for 62 breddegrad, men innførte en to-trinns overgang via ED87 med en polynom-formel som mange vegret seg for inkludere i sine dataprogrammer.

For farevannet nord for 65 breddegrad var brukt en transformasjon med 7 parameter, men mellom 62°N og 65°N skulle det interpoleres. I «Møre-trianglet» måtte land-formlene inkluderes. Fra en vitenskaplig synsvinkel var dette kanskje en god løsning, men i praksis ble det så komplisert at de forskjellige aktører improviserte og etablerte sine

egne rutiner. Noen benyttet syvparameter-skiftet for området nord for 65° N videre sydover, en annen populær fremgangsmåte var å regne korrekt datumskiftet for hjørnene i et område for så å finne en syvparameterløsning som ga minst mulige residuer.

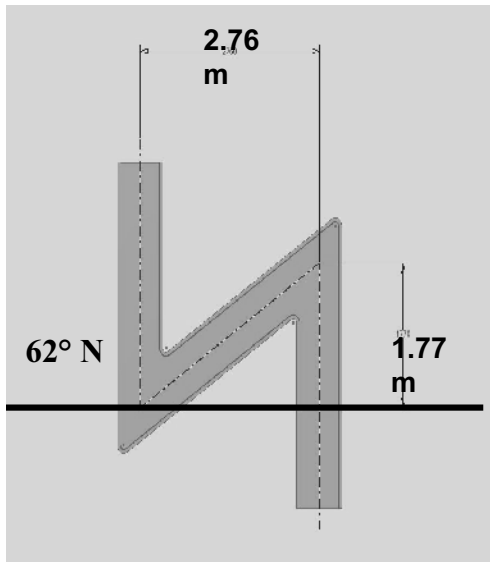
På Geodesidagene i 1987 foreslo Geodesidivisjonen i Statens kartverk WGS84 som et mulig fremtidig datum for sokkelen. Dette ble mottatt med interesse av petroleumsindustrien, og oljeselskapenes *Navigasjonskomité* konkluderte i 1988 med at «Overgang til WGS-84 vil by på store fordeler for offshore-industrien». *Oljeindustriens landsforening* (OLF) satte ned en arbeidsgruppe for videre utredning, og selv med et større innslag av geofysikere, var deres konklusjon en overraskelse: «sluttbrukerne ser foreløpig ingen fordeler med ett nytt datum». Ordet «foreløpig» er viktig å legge merke til. Isteden for å si nei og ta en diskusjon, ble et nytt datum beskrevet som noe positivt, noe man ville komme tilbake til ved en senere anledning. At de uunngåelige utfordringene ved en overgang bare ville bli større etter som man fikk mere data ble ikke tillagt vekt.

Status

Statens Kartverk anbefaler nå transformasjon fra WGS84 til ED50 på norsk sokkel med en formel som har syv parametere, tre translasjoner, tre rotasjoner og en målestokkkorreksjon. Det er et parametersett nord for 62 breddegrad, og et for områdene syd for denne. Forenklingen fra tidligere rutiner har vært godt mottatt av industrien og formlene/parameterne blir gjennomgående fulgt.

Problemet er at på 62° N gir de to parametersettene forskjellige resultat, man har ikke en kontinuerlig løsning. Selv for seismikk og andre geofysiske undersøkelser er 3-4m av betydning, og skal man legge rør blir utfordringen påtrengende. Langeled, rørledningen som skal frakte gassen fra Ormen Lange til England krysser 62 breddegrad, og for å unngå knekk på røret ble det bestemt å benytte parametersett syd helt frem til Nyhamna.

På britisk sokkel brukes en femparameterløsning, som gir litt andre resultat enn det



Tegning i ED50 av rørledningen «Langeled» der den krysser 62° N. Trengs det andre argument for ett nytt datum?

norske parametersett syd. Forskjellen er 2 m ved 62°, avtagende til 1 m ved 58°N (grensen til Danmark).

Ved prosjekt hvor rørledninger skal føres inn på fast grunn merkes ulempene ved ett datum på sjøen og et annet for land. For Snøhvit-utbygningen valgte man å bruke landdatum også ute på feltet. En tilsvarende løsning var lenge aktuell for Ormen Lange, men kom ikke til utførelse.

Som nevnt hadde de første radionavigasjonssystem usikkerheter som langt oversteg svakhetene i ED50. I dag, hvor all navigasjon og posisjonering foregår med GPS, er det omvendt, ved bruk av referansestasjoner og spesielle teknikker oppnås nøyaktigheter på desimeternivå også langt fra land.

Delelinjene mot Storbritannia, Danmark og Sverige er fortsatt definert i ED50. Delelinjene mot Grønland og Island, fastlagt i forbindelse med utvidelsen av sokkelen utover 200 nautiske mil, er imidlertid i WGS84. Den lille delen av grensen mot Russland det er enighet om er også i WGS84. Dette er naturlig, da definisjon av ED50 i Barentshavet og Norskehavet er tvilsom. Storbritannia har tatt konsekvensene av utfordringene med et regionalt datum for fjerne

havområder, og bestemt at vest for 6° V er ED50 det samme som WGS84. («The Thunderer line»)

Det høres betryggende ut at «alle posisjoner på Norsk sokkel er i ED50». I lys av de forskjellige transformasjonsrutiner som har vært brukt kan det imidlertid være vesentlige forskjeller mellom punkter bestemt på forskjellige tidspunkter, og/eller operatører. I teorien skal all datumtransformasjon være dokumentert, men erfaringen viser at dokumentasjonen ofte er mangelfull, eller ikke finnes.

Også fra norsk sokkel finnes eksempler på seismiske undersøkelser som er skutt på feil sted, og brønner som er boret mange hundre meter fra det punktet man hadde valgt. Forvirring rundt datumtransformasjon og det faktum at noen opererer med posisjoner både i ED50 og WGS84 har vært en medvirkende årsak enkelte av tilfellene. Det er imidlertid ikke mulig å si om feilen kunne vært unngått dersom det hadde vært bare en horisontal referanse.

Overgang til nytt datum

ED50 dekker ikke dagens og fremtidens behov for nøyaktig stedfesting på norsk kontinentalsokkel. For å få et homogent og entydig horisontalt grunnlag også for petroleumsaktivitetene må industrien gå over til et nytt datum, et datum som ikke påvirker nøyaktighetene av posisjonerings-systemene, som har entydig overgang fra referansesystemene for navigasjons-satellitter, og som harmonerer best mulig med det datum som brukes på land.

Et nærliggende alternativ er WGS84. Siden GPS opererer i dette datum ville det ikke være behov for transformasjon av posisjoner utledet fra GPS. WGS84 er imidlertid knyttet til ITRF, og koordinatene for et gitt punkt vil bevege seg over tid. Dette vil være vanskelig å akseptere for brukere av posisjonsdata, selv om geofysikere i større grad enn andre burde forstå tektonikk. EUREF89 har «frosset» situasjonen på den Europeiske plate 1989 og er fortsatt nokså nær WGS84. Hvis også petroleumsindustrien går over til EUREF89 vil det være et felles datum for all koordinatavhengig virksomhet i Norge,

både på land og sjø. Fordelene med dette skulle være åpenbare.

EUREF89 er det beste alternativet i dag, og vil være det i overskuelig fremtid.

De små forandringen som over tid vil være nødvendige i transformasjonsparameterene fra WGS84 vil kunne bestemmes med nøyaktigheter som langt overgår behovene på sokkelen.

Forskjellene mellom WGS84 og EUREF89 er i dag mindre enn 0.5 m, og enkelte vil for en del typer oppgaver bruke GPS posisjoner direkte som EUREF89. Kravet til presisjonen øker imidlertid ved de fleste målemetoder, og det anbefales at en transformasjonsrutine er en del av alle posisjonsberegninger, selv om bidraget vil være lite.

Spørsmålet er egentlig ikke *om* man skal skifte datum, men *når*. Siden alle andre på sjøen opererer i WGS84 vil petroleumsindustrien fremstå som ute av takt med tiden, og kravet fra omverdenen om å få koordinater fra petroleumsindustrien også i WGS84 vil skape ett press for en overgang. Eksemplene på valg av WGS84 for felt med nær tilknytning til landanlegg viser og at deler av industrien ser fordelene med et nytt referansesystem. Ved en avgjørelse om et skifte får man en planmessig styrt innføring av det nye. Alternativet er en periode med forvirring og usikkerhet.

Det kan tenkes flere modeller for introduksjon av nytt datum. En ytterlighet er at fra en bestemt dato skal alle posisjoner rapporteres i EUREF89, den andre at man fortsetter med ED50 for de felt hvor man allerede er i gang men anvender EUREF89 for alle nye områder. Mellom ytterpunktene er det mange muligheter for pragmatiske løsninger.

Tanken om et globalt datum for norsk sokkel er ikke ny. Allerede i 1975 skrev *Utvalget for å vurdere navigasjon/posisjonering på norsk kontinental sokkel*: «Fremtidige referansesystemer vil sannsynligvis bli av global karakter og kan tenkes å bli basert på dopper-satellittsystemet.» (NOU 1975: 62). *Geodesiutvalget* var mest opptatt av det geodetiske grunnlag på land, og hadde «etablering av et offisielt marint geodetisk grunnlag» som en viktig, men ikke noen prioritert oppgave. (NOU 1984: 4)

Utfordringer ved overgangen.

Innføring av ett nytt datum vil kreve ekstra innsats og i en kortere periode kanskje skape noe usikkerhet, og enkelte mener at ulempe er større enn fordelene. Argumentene for å holde på det gamle er i det vesentligste knyttet til eksisterende posisjonsdata, eller til blokk-grenser og delelinjer mot andre nasjoner.

Som nevnt innledningsvis er posisjonsdata i olje og gass sammenheng koordinater for seismikk og andre geofysiske undersøkelser, og informasjon om beliggenheten av faste installasjoner som plattformer og rørledninger.

Transformasjon av alle eksisterende data til et nytt datum vil være en kjempeoppgave, men er selvfølgelig ikke nødvendig. Produksjonen fra mange av de første feltene er f.eks. nå stoppet og bare en brøkdel av den lagrede posisjonsinformasjon vil være av interesse. Ønsker man å bruke gamle data sammen med nye er det enkelt å transformere. Oljedirektoratet gir selv en oppskrift på hvordan det kan gjøres. Mens de på sine nettsider først fastslår at «ED50 er de fakto og juridisk standard» tilbyr de også «data i WGS84(Euref89) ved en sanntids transformasjon i serveren».

De mange kartene i ED50 har og så vært nevnt som et argument for å holde på det vi har. Kart er ikke lengre aktstykker på stabil folie, fra digitale data trykkes kart for aktuelle formål, og allerede etter få dager er det kanskje behov for et nytt. Å generere et nytt rutenett er enkelt, i en overgangsperiode kan man ha både gammelt og nytt.

Bekymringen for eksisterende data er en parallell til argumentasjon fra kommunene før innføringen av EUREF89. Men til tross for mindre resurser enn det petroleumsindustrien har ble denne overgangen gjennomført imponerende raskt, og kan tjene som et godt eksempel på hvordan skifte av horisontalt grunnlag kan gjennomføres.

Blokkgrensene følger gradnettet, og grensene gitt i tildelingsdokumentene er juridisk bindende. Så mange blokker og lisenser er utdelt at en re-forhandling med rettighets-haverne er utenkelig. Ved skifte av datum vil det derfor ikke være mulig å få «runde» tall for begrensnene. Noen enkel løsning er ikke åpenbar, men i et digitalt samfunn må

det kunne være rom for desimaler! Blokknummereringen vil selvfølgelig ikke påvirkes.

I Nordsjøen er grensene mot våre naboland fastlagt etter midtlinje-prinsippet, og «runde» verdier finnes ikke. En transformasjon vil da være enkel, men en grense er av interesse for to parter og diplomatiske forhandlinger tar i beste fall tid. Utenriksdepartementet var tidligere ikke villig til å ta opp delelinjespørsmål i Nordsjøen, men har nå signalisert at de kan fremme et forslag om offisielle grensekoordinater også i EUREF89. Dette vil imidlertid ikke skje før utvidelsen av kontinentalsokkelen utover 200 nautiske mil er på plass. Delelinjeforhandlingene med Russland er vanskelige, forskjellen på vårt midtlinjeprinsipp og deres sektorprinsipp utgjør et område på størrelse med den norske sokkel i Nordsjøen. En av de få elementer det synes å være enighet om er imidlertid WGS84 som datum.

At vi vill få et annet datum på sokkelen en Storbritannia og Danmark ikke ideelt, men kan ikke være avgjørende. Kanskje vil en overgang i Norge fremskynde forandringer også for nabolandene.

Projeksjonssystem

Petroleumsindustrien opererer med plane koordinater, og med ett nytt referansesystem bør det spesifisere et projeksjonssystem.

UTM ble valgt fra starten av og har vært brukt konsekvent. Men med en modifikasjon når det gjelder valg av sone. For syd-Norge er sone 32 (sentralmeridian 9°Ø) utvidet vestover for å få med hele kystlinjen. Sone 32 er imidlertid ikke formålstjenlig for sokkelen, som her strekker seg vestover til 1° 30' Ø. Fortegningen ville blitt opp til 1.9 m/km, og det var naturlig å velge sone 31, med 3°Ø som sentralmeridian.

Ett nytt datum vil ikke forandre dette forholdet, men gir en anledning til å formalisere praksisen, og å fastlegge hvor grensen mellom de to sonene skal gå.

For områdene nord for 62° har standardsonene stort sett vært valgt, men det er eksempler på at man har brukt «gal» sentralmeridian selv om man er over to grader inn i nabolandene. Årsaken er som regel hensynet til seismisk prosessering. Denne er basert på rutenett orientert etter skyteretningen. Utvides et område velges samme retning, vel å merke i planet. Skiftes sone, vil retningen bli forskjellig, og det kan ikke dagens programmer håndtere(!). På de aktuelle bredder betyr ikke dette mye for målestokken, men meridiankonvergens (proporsjonal med sinus til bredden) blir raskt 5°. Man trenger ikke være kartograf for lure på om det er noe galt med kart hvor plant og geografisk rutenett spriker så mye.

Konklusjon

Overgang til EUREF89 vil sikre at alle fremtidige posisjonsangivelser på norsk kontinentalsokkel har en felles entydig referanse, og man vil få samme datum som på land. I en overgangsfase kan det være utfordringer ved bruk av gamle data, men hensynet til historien må ikke få stoppe forandringer som over tid gir store forbedringer.

Så snart en avgjørelse er tatt om å innføre ett satellittbasert horisontalt datum kan diskusjonen starte om det vertikale. Sjøkartverket har allerede utført forsøk med dybdekartlegging basert på høydeinformasjonen fra GPS og i fremtiden vil vi både på sjø og land få et høydesystem basert på ellipsoiden.

Referanser

- Sivert Bakkeliid, Svein Rekkedal. Analysis of the Positioning Problems in the North Sea. Marine Geodesy Volume 6, Number 2 (1983).
- Norwegian Mapping Authority The transformation between ED 50 and WGS84 for exploration purposes in the North Sea. Geodetic publications Nr 1990:1
- NOU 1975: 62 Navigasjon/posisjonering på den norske kontinentalsokkel
- NOU 1984: 4 Norsk Kartplan 3- Geodesi