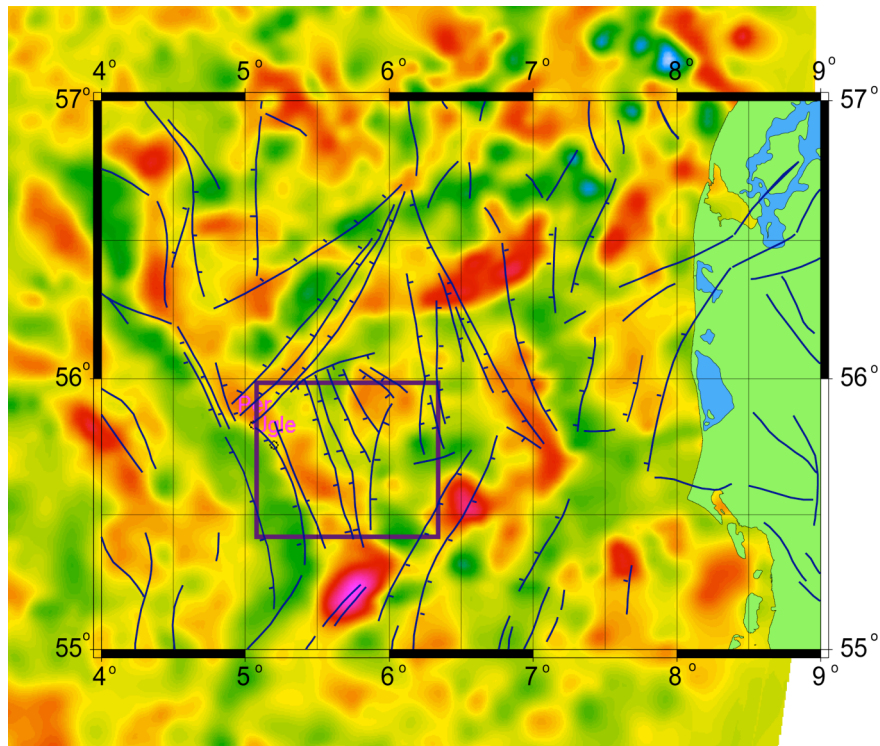

Strukturell utvikling av vestre del av Ringkøbing-Fynhøyden



Eli Brox



Cand. Scient. oppgave i Anvendt Geofysikk
Institutt for Geofag
Universitetet i Oslo
Høst 2005

Forord

Det er med glede og stolthet jeg avslutter dette hovedfaget, men allikevel med ettertenksomhet over at dette er avslutningen på et godt samarbeid med min veileder Annik M. Myhre og med Avdelingen for Geofysikk ved Institutt for Geologi i Oslo. Under arbeidet med oppgaven har det vært mye inspirasjon å hente fra min veileder Annik M. Myhre. Våre faglige diskusjoner og vurderinger har gjort det mulig for meg å komme til de konklusjoner som oppgaven legger fram. Jeg ønsker å takke Annik M. Myhre for all den veiledningen og støtten hun har gitt og for den faglige hjelpen som har vært der under hele prosessen.

Jeg vil takke Jan Inge Faleide for de faglige ideene og forslagene som ble til stor nytte for å gi oppgaven den helhetlige geofysiske tyngden. Takk for hjelp til å skaffe et variert utvalg av seismiske data og assistanse under tolkningsprosessen.

En takk til Michel Heeremans for faglig og teknisk hjelp under hovedfaget. Hans geologiske ekspertise og forskningsarbeid fra studieområdet har vært til stor hjelp i arbeidet med denne hovedfagsoppgaven.

En spesiell takk til TGS-NOPEC for muligheten til å disponere DS-99 linjesettet som danner grunnlaget for selve oppgaven.

Annik, takk for god veiledning og måtte våre veier krysses igjen!

Oslo, 7. november 2005

Eli Brox

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Innledning..... | 5 |
| 2 | Geologisk rammeverk..... | 9 |
| 2.1 | Platetektonisk konsolidering og basementutvikling..... | 9 |
| 2.2 | Stratigrafisk utvikling..... | 17 |
| 2.2.1 | Tidlige paleozoikum..... | 17 |
| 2.2.2 | Silur-devon..... | 18 |
| 2.2.3 | Karbon-perm..... | 21 |
| 2.2.4 | Trias..... | 25 |
| 2.2.5 | Jura..... | 26 |
| 2.2.6 | Kritt og kenozoikum..... | 28 |
| 3 | Datakilder og tolkningsprosedyre..... | 31 |
| 3.1 | Brønner boret i basement..... | 33 |
| 3.2 | Brønner boret i paleozoiske og mesozoiske avsetninger..... | 35 |
| 3.3 | Beskrivelse av seismiske data..... | 41 |
| 3.4 | Datakvalitet til de seismiske undersøkelsene..... | 44 |
| 3.5 | Dybdekonvertering..... | 54 |
| 4 | Tolkning av seismiske data integrert med brønninformasjon og gravimetrisk data..... | 57 |
| 4.1 | Profil fra studieområdet..... | 57 |
| 4.1.1 | Regionale profiler..... | 61 |
| 4.1.2 | Lokale DS-99 profiler over høyden..... | 66 |
| 4.2 | Tyngdedata fra Ringkøbing-Fynområdet..... | 72 |
| 4.3 | Tektonisk tolkning..... | 77 |
| 4.3.1 | Horngraben og den østlige del av Ringkøbing-Fynhøyden..... | 78 |
| 4.3.2 | Sentralgraben og den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden..... | 82 |
| 4.3.3 | Området nordvest for Ringkøbing-Fynhøyden..... | 85 |
| 4.4 | Tolkninger av avsetningssekvenser..... | 85 |
| 4.4.1 | Basement..... | 87 |
| 4.4.2 | Paleozoiske avsetninger..... | 88 |
| 4.4.3 | Triasiske sekvenser..... | 92 |
| 4.4.4 | Jurasiske sekvenser..... | 94 |
| 4.4.5 | Avsetninger fra kritt og kenozoikum..... | 96 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5 | Strukturell og geologisk diskusjon | 99 |
| 5.1 | Utbredelsen av den kaledonske deformasjonsfronten..... | 99 |
| 5.2 | Paleozoisk forkastningsmønster, strukturering og avsetninger | 102 |
| 5.3 | Tektonisk strukturering i trias..... | 109 |
| 5.4 | Tektonisk utvikling i jura | 112 |
| 5.5 | Avsetninger fra kritt | 114 |
| 5.6 | Utviklingen av kenozoikum..... | 116 |
| 6 | Konklusjon | 119 |
| | Referanser: | 124 |
| | Appendiks I | 131 |
| | Appendiks II..... | 149 |
| | Appendiks III..... | 152 |

1 Innledning

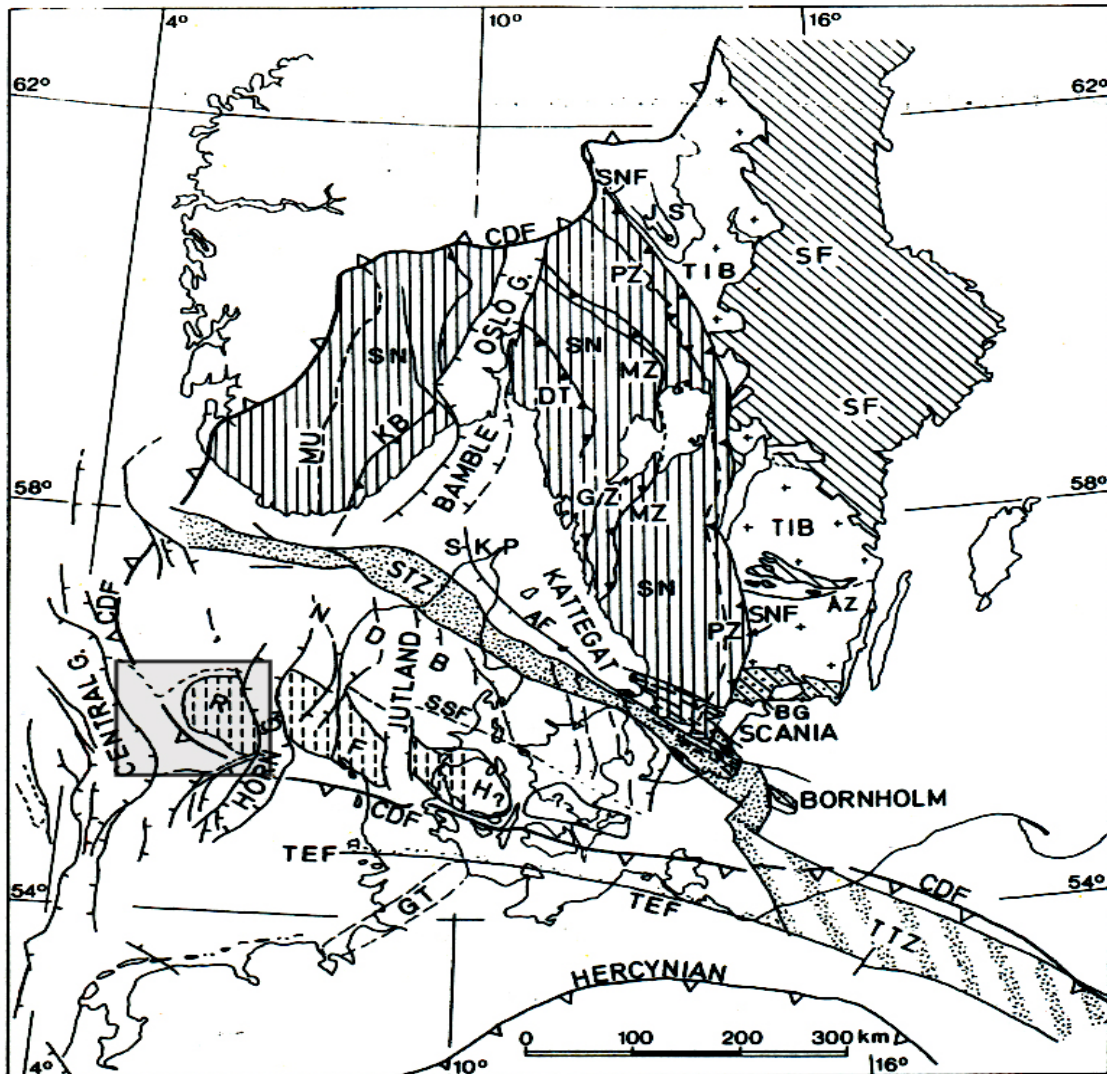
Gjennom den sentrale delen av Nordsjøen strekker det seg en strukturell høyde i øst-vest retning. Denne strukturelle høyden krysser over Danmark ut i Nordsjøen og over på engelsk sokkel. Høyden kalles Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden og den deles av gjennomskjærende grabenstrukturer i nord-syd retning. Det største grabensystemet, Sentralgraben, deler høyden i to hoveddeler, Mid-North Seahøyden i vest og Ringkøbing-Fynhøyden i øst. Ryggsystemet har et skifte i azimuth på hver side av Sentralgraben. Mid-North Seahøyden har en øst-vest retning og Ringkøbing-Fynhøyden har en vestnordvest-østsydøst retning. Ringkøbing-Fynhøyden gjennom skjæres videre av Horngraben og flere andre grabensystemer mot øst (Figur 1.1).

Hensikten med oppgaven er å øke forståelsen av den sen paleozoiske struktureringen av Ringkøbing-Fynhøyden i området mellom Sentralgraben og Horngraben. Det er lagt vekt på å få fram ny strukturell tolkning av denne delen av Ringkøbing-Fynhøyden samt en geologisk utviklingsmodell av høyden sett i sammenheng med utviklingen av områdene rundt. Oppgaven kartlegger både dannelsen og utviklingen av de paleozoiske og tidlig mesozoiske riftstrukturene. I sammenheng med den tektoniske utviklingen er det gjort en vurdering av vulkanisme i karbonperm overgangen.

Ringkøbing-Fynhøyden ser ut til å ha en liknende strukturering som de omkringliggende bassengene. Selv om det er et mindre bevaringspotensial av sedimenter og strukturelle elementer på en høyde så gjenspeiler det observerte strukturmønsteret utviklingshistorien. Både hovedtrekk og variasjoner i forkastningsmønsteret viser utviklingen av området. Strukturmønsteret av den delen av Ringkøbing-Fynhøyden som ligger mellom Sentralgraben og Horngraben vil bli kartlagt og sammenliknet med strukturer i området rundt. Det geologiske rammeverket basert på tidligere arbeider og brønninformasjon fra studieområdet legges til grunn for tolkningen av de seismiske refleksjonsdataene og brukes for å rekonstruere hendelsesforløpet for struktureringen av høyden.

Studieområdet for denne oppgaven ligger mellom $55,5^{\circ}$ - 56° nord og mellom 5° - $6,5^{\circ}$ øst på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 1.2). Grunnlaget for den strukturelle kartleggingen av området baserer seg på tolkninger av seismiske refleksjonsdata knyttet opp mot brønndata og korrelert med tidligere studier fra områdene rundt (Appendiks I, II, III). Samtidig sammenliknes de

tolkede strukturelementene med gravimetriske data fra området for å øke den strukturelle forståelsen.



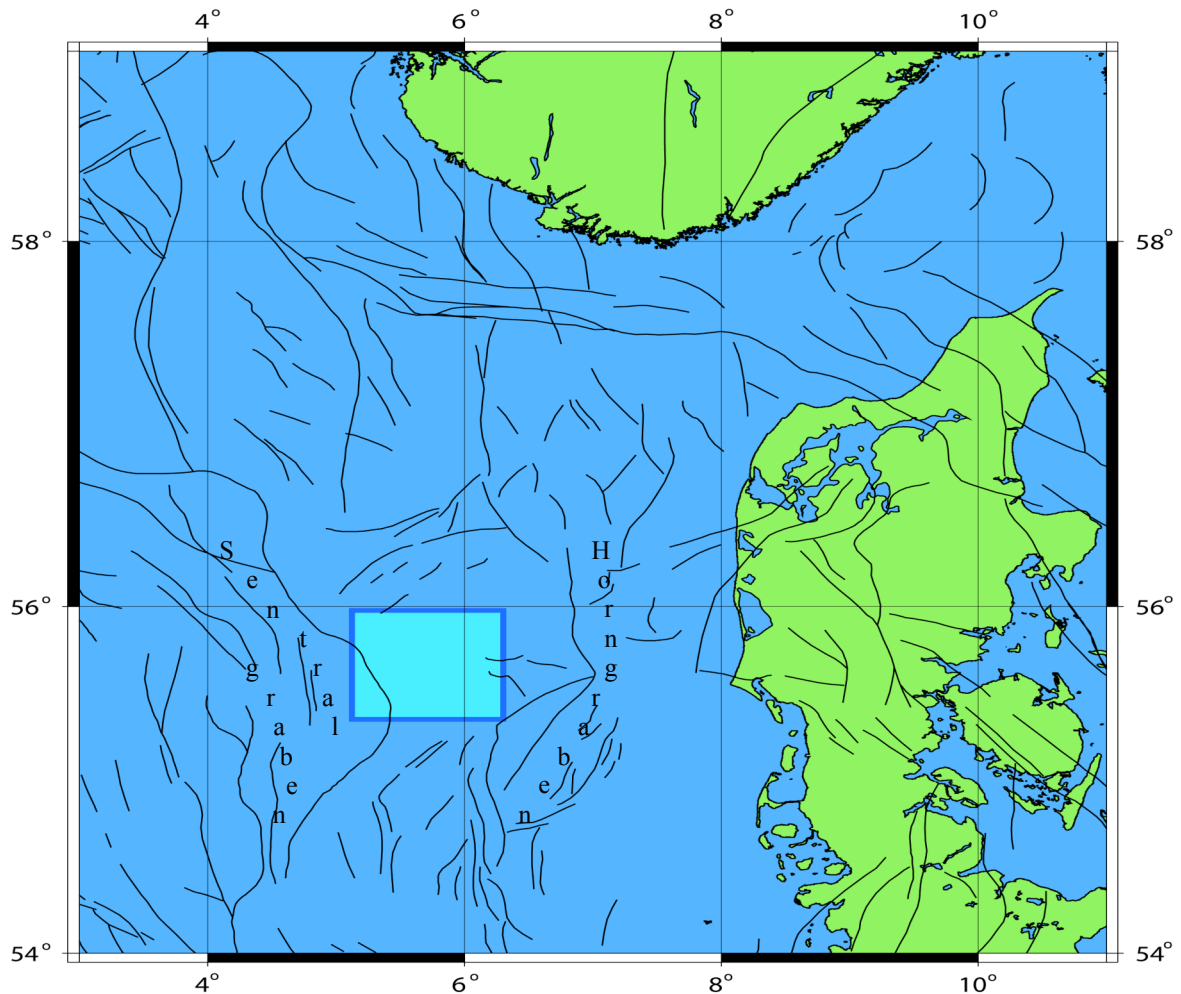
Figur 1.1: Strukturkart over Ringkøbing-Fynhøyden, med oppgavens område rammet inn i en boks. SNF- sveco-norvegisk frontal transversal sone, SKP-Skagerrak-Kattegat plattformen, AF-Anholt forkastningen, STZ-Sorgenfrei-Tornquistsonen, NDB-Norsk-Danskebasseng, SSF-Silkeborg-Samsø forkastningen, RFH-Ringkøbing-Fynhøyden med prekambrisk grunnfjell med tilhørighet til SN-sveco-norvegisk basement fra Baltica-skjoldet, CDF-kaledonsk deformasjonsfront som i syd dreier i en østsydøst retning i den Nord Tysk-Polske forgreningen, TEF-Trans-Europeisk forkastning, TTZ-Teisseyre-Tornquistsonen, GT-Glüctstadt-trau, BG-Blekinge kystgneis, SF-Svecofennian, TIB-Trans-Skandinavisk intrusivt belte, JS-Jotnian sandstein og tilhørende vulkanitter, PZ-Protogen sone, Mz- Mylonitt sone, GZ-Göta-elv sone, DT-Dalsland forkastningen, ÅZ-Åsene skjærsone, KB-Kristiansand Bagn skjærsone, MU-Mandal Ustaoset lineament. (Berthelsen, 1988).

Ringkøbing-Fynhøyden har prekambrisk basement med en tilhørighet til Balticaskjoldet. Utviklingen av kaledonidene har gitt lavgrads metamorf påvirkning fra silur helt i vest av Ringkøbing-Fynhøyden som påvist i brønner (Appendiks I). Mellom Sentralgraben og Horngraben er det en overgang mellom kaledonsk basement og prekambrisk basement (Figur 1.1). Oppgaven kartlegger disse to basement enhetenes utbredelse og den videre utviklingen og struktureringen av disse. Tidligere studier fra området har i detalj kartlagt områdene rundt studieområdet, men har et relativt grovmasket datanett over selve studieområdet på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 1.2). Studier fra de omkringliggende områdene rundt Ringkøbing-Fynhøyden er i denne oppgaven brukt som grunnlag for en videre tolkning og korrelering av data på høyden (Cowie et al., 1972; Ziegler, 1978; Frost et al., 1981; Best et al., 1983; Sørensen, 1986; Berthelsen, 1988; 1992; 1998; Cartwright, 1990; Gabrielsen et al., 1990; Nilsen og Japsen, 1991; Blundell og Freeman, 1992; Michelsen og Nielsen, 1993; Michelsen et al., 1994; Thybo, 1997; Vejbæk, 1997; Zhou og Thybo, 1997; Abramovitz et al., 1997A; 1997B; Pharaoh, 1999; Heeremans og Faleide, 2004; Heeremans et al., 2004A).

Det ble i oppgaven brukt flere 2D seismiske refleksjonsdatasett, tre regionale datasett, RTD-81, DCS-81 og SP-82 og et lokalt datasett DS-99 med 5x5 km grid. Tolkningen ble korrelert med brønndata fra danske brønner rundt og på Ringkøbing-Fynhøyden. Tolkningene av de seismiske dataene er også korrelert med variasjoner i gravimetriske data.

Nord og syd for Ringkøbing-Fynhøyden er det langstrakte lineamenter med en nordvest-sydøst utstrekning der det i tidlig paleozoikum har vært transversal bevegelse og forskyvning av prekambrisk basement (Berthelsen, 1988). Ringkøbing-Fynhøyden krysses helt i vest av den kaledonske deformasjonsfronten (Berthelsen, 1988; Abramovitz et al., 1997B). Ryggaksen på Ringkøbing-Fynhøyden har en tilsvarende geometri som lineamentene langs høyden. Det er antatt en senere reaktivering av de tidlig paleozoiske lineamentene (Thybo, 1997). Bevegelse langs lineamentene i nord og syd har medført at Ringkøbing-Fynhøyden har hatt en langsommere innsynkning enn de omkringliggende områdene (Figur 1.1) (George og Berry, 1997). Grabenstrukturene slik som Sentralgraben og Horngraben skjærer gjennom høyden og danner dype avsetningsbassenger. En kartlegging av forkastningsmønsteret på Ringkøbing-Fynhøyden kan vise om riftsystemet som har skapt de store grabenstrukturene har en større utstrekning og fortsetter inn over høyden. Kartleggingen kan også vise den påvirkningen de transversale

lineamentene langs flankene av Ringkøbing-Fynhøyden har hatt i forbindelse med strukturering og utvikling av området



Figur 1.2: Kart der studieområdet er markert med lys blå ramme og struktureringen fra tidligere arbeid er tegnet inn med sort strek (Heeremans et al., 2004A).

I kapittel 2 presenteres den generelle geologiske utviklingen av området. Både den platetektoniske og den stratigrafiske utviklingen blir presentert. Seismiske data samt dybdekonvertering og brønndata blir presentert og kvalitetsvurdert i kapittel 3. Kapittel 4 er en beskrivelse og dokumentasjon av tolkningen av seismiske data integrert med brønner. Det er også inkludert tyngdekart og beskrivelse av tyngdeanomalier på høyden. Kapittelet viser tolkninger av dataene i området hvor de ulike avsetningsstrukturene og forkastningsmønstrene legges fram. Resultatet fra tolkningen diskuteres i kapittel 5 med vekt på avsetningsmønstre og strukturering. Kapittel 6 oppsummerer og konkluderer oppgaven.

2 Geologisk rammeverk

Ringkøbing-Fynhøyden har en langvarig geologisk utvikling. Høyden har prekambrisk basement og er en del av Baltica-skjoldet og har blitt påvirket av den kaledonske deformasjonen og fjernpåvirket fra dannelsen av den varisiske fjellkjeden. Det har vært intense perioder med vulkanisme og med erosjon, men også med rolig termal innsynking og bassengavsetninger med en betydelig regional utstrekning fram til dagens Nordsjøbasseng.

2.1 Platetektonisk konsolidering og basementutvikling

Kontinentene rundt Nordsjøen består av gamle skjold som Baltica, Laurentia og deler med opprinnelse fra Gondwanaskjoldet. Gjennom flere orogene sykler har skjoldene blitt skjøvet mot hverandre og har inngått i fjellkjeder og superkontinenter. Basement under Nordsjøen er en sammensetning av prekambriske grunnfjellsenheter og kaledonske bergarter (Ziegler, 1990).

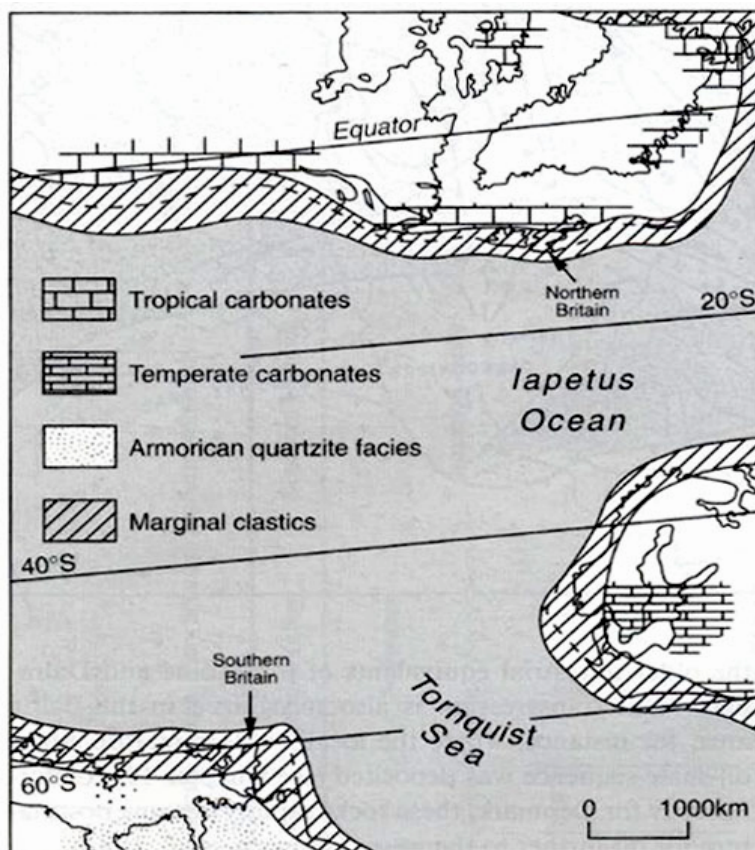


Figur 2.1: Tidlig paleozoisk fordeling av kontinentene Laurentia, Baltica og Gondwana på den sydlige halvkule. S er Skottland og E er England (Glennie og Underhill, 1998).

Baltica, Laurentia og Gondwana var i prekambrium deler av superkontinentet Rodinia (Berthelsen, 1992). Rodinia begynner å sprekke opp rundt 750 Ma og Laurentia og Baltica skiller lag ved havbunnsbredning. Dette dannet Iapetushavet (Figur 2.1) (Harland og Gayer, 1972; Drinkwater et al., 1996). Tornquistshavet utviklet seg mellom Baltica og Gondwana og får direkte

tilnytning til Iapetushavet i siste fase av proterozoikum (Berthelsen, 1992; Glennie og Underhill, 1998).

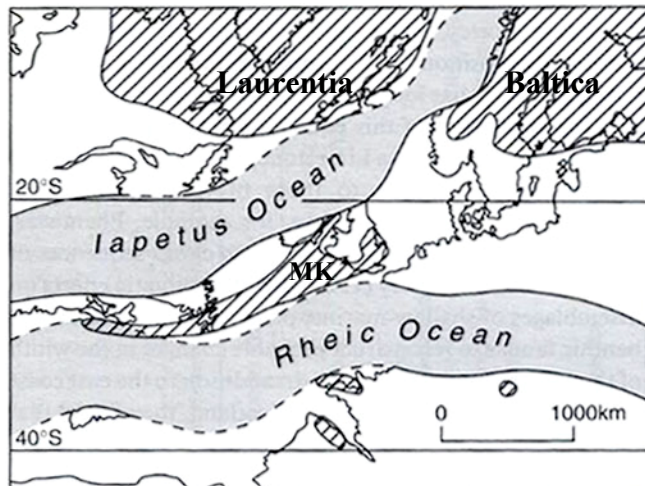
På grunn av subduksjon av Iapetus oseanskorpe under både Laurentia og Baltica begynte disse kontinentene å bevege seg mot hverandre i siste fase av prekambrium og den nordlige armen av Iapetushavet ble lukket først. Baltica, Laurentia og Gondwana fortsetter å bevege seg mot hverandre inn i sen kambrium (Keller og Hatcher, 1999). Under Baltica har det vært subduksjon av Iapetushavet fra vest. Samtidig begynte subduksjonen av Tornquisthavskorpen fra syd under Baltica og lukking av Tornquisthavet (Figur 2.2). Allerede under lukkingen av Iapetushavet i tidlig paleozoikum kan det være skapt svakhetssoner som Viking-Sentralgraben-riftsystemet senere følger (Berthelsen, 1988).



Figur 2.2: Tidlig ordovisium hvor lukkingen av Iapetus- og Tornquist- havet pågår ved subduksjon langs alle kontinentmarginene (Glennie og Underhill, 1998).

I sen ordovisium og fram til silur subduseres oseanskorpe fra Tornquisthavet under både Balticamarginen og det mikrokontinentet som er løsrevet fra Gondwanaskjoldet (Figur 2.2; 2.3). Ved lukkingen av Tornquisthavet dannes det svakhetssoner i de transversale

bevegelseslineamentene i nordvest-sydøst retning rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Cocks og Fortey, 1982; Berthelsen, 1988; 1998). I sen ordovicium lukkes Iapetushavet i nord, men det er fortsatt subduksjon lenger syd fram til sen silur-tidlig devon (Figur 2.3).



Figur 2.3: Tidlig silur der mikrokontinent(MK) fra Gondwanaskjoldet har lukket Tornquistshavet. Det er en fortsatt subduksjon av Iapetushavet mellom Laurentia og Baltica (Glennie og Underhill, 1998).

Dannelsen av den kaledonske fjellkjeden mellom Laurentia og Baltica fulgte etter lukkingen av Iapetushavet og begynte i nord. Den utviklet seg syddover langs Laurentia-Balticamarginen fram til silur-devon overgangen (Ziegler, 1981; Berthelsen, 1988). Den kaledonske deformasjonen bøyer rundt Balticamarginen og går mot syd i en sydøstlig retning representert ved den Nord Tysk-Polske kaledonske forgreningen (Figur 2.4) (Ziegler, 1978). Den mer østlige retningen av den sydlige delen av den kaledonske fjellkjeden ble dannet ved at mikrokontinent løsrevet fra Gondwana ble presset inn mot Baltica etter lukkingen av Tornquistshavet (Frost et al., 1981; Keller og Hatcher, 1999).

Den sydlige delen av kaldonidene i den Nord Tysk-Polske forgreningen følger sen prekambriske lineamenter langs den Trans-Europeiske forkastningen og Teisseyre-Tornquistsonen i østvestlig retning (Zwart og Dornsiepen, 1978; Berthelsen, 1988). Under perioden med subduksjon og dannelse av den kaledonske fjellkjeden nordvest for området har det fra tidlig kambrium vært en transversal bevegelse langs Sorgenfrei-Tornquistsonen og en fortsatt transpressjonsbevegelse langs den Trans-Europeiske forkastningen og Teisseyre-Tornquistsonen (Figur 1.1) (Pharaoh, 1999).

Basement i hoveddelen av den kaledonske deformasjonsfronten har under dannelsen av fjellkjeden vært utsatt for en høygrads metamorfose. I den Nord Tysk-Polske kaledonske delen har deformasjonspåvirkningen bare vært lavgrads metamorfose (Frost et al., 1981; England et al., 1997). Basementet under den Nord Tysk-Polske kaledonske forgreningen er datert til å være mellom 450-415 Ma (Frost et al., 1981).



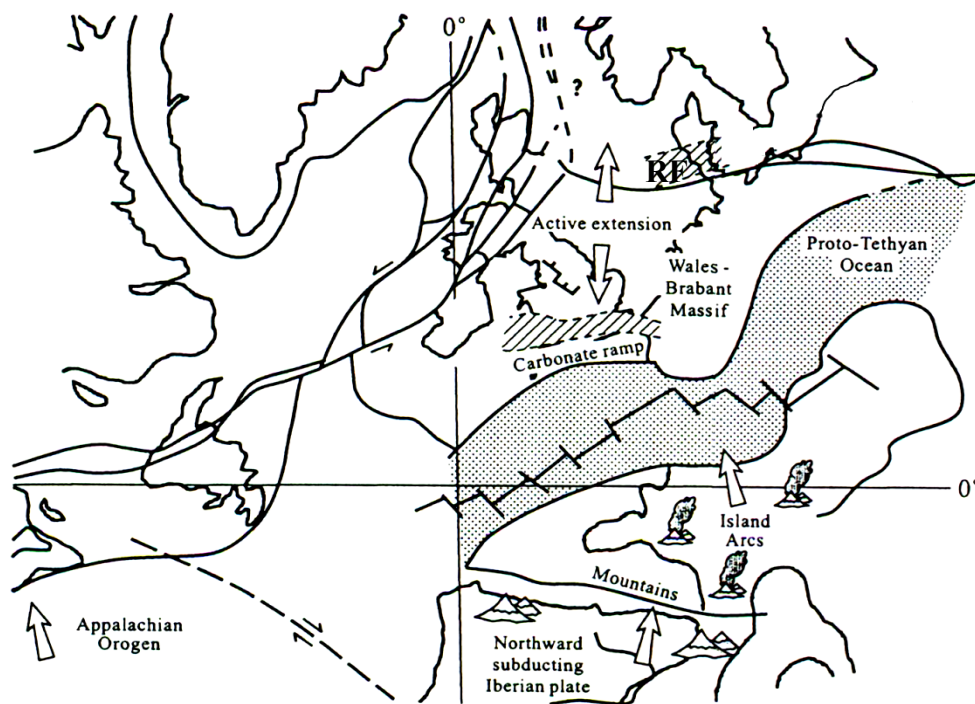
Figur 2.4: Paleozoiske fjellkjedebelter i Nordsjøområdet. Det kaledonske og det varisiske foldebeltet har begge hatt en påvirkning på Ringkøbing-Fynhøyden. LBM London Brabant massiv (Ziegler, 1981).

Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden er gjennomskåret av større nord-sydgående grabensystemer. Allerede i devon eksisterte det en proto-Sentralgraben. Det er mulig at det finnes avsetninger fra devon i eldre riftstrukturer på Ringkøbing-Fynhøyden dannet under kollaps av den kaledonske fjellkjeden (Downie, 1998; Viejo, 2002). I halvgrabenstrukturer med nord-syd

retning over Mid-North Seahøyden er det funnet tykke syn-rift sedimentære avsetninger helt tilbake til devon. Nord-syd riftstrukturering fra devon har kontrollert retningen på senere tektonisk aktivitet i Ringkøbing-Fyn området. Det er reaktivering av de eldre forkastningssystemene gjennom høyden i senere perioder (Downie, 1998).

Ringkøbing-Fynhøyden krysses i vest av den Nord Tysk-Polske deformasjonsfronten (Figur 1.1; 2.4) (Frost, 1977; Berthelsen, 1988; Michelsen et al., 1992) slik at den sydvestlige delen av høyden består av basement påvirket av kaledonsk metamorfose påvist i brønnene Per-1 og Ugle-1 (Larsen, 1971; 1972; Frost et al., 1981) (Appendiks I).

I området rundt den nordøstlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden er det dype brønner ned til basement med dateringer til prekambrisk alder i Ibenholt-1, Grindsted-1 og Glamsbjerg-1 (Appendiks I). Den kaledonske deformasjonsfronten går syd for disse brønnene. Den ytre grensen av Balticaskjoldet går gjennom Ringkøbing-Fynhøyden i syd og følger inn i Teisseyre-Tornquistsonen (Berthelsen, 1988).



Figur 2.5: Paleogeografisk tidssnitt fra omkring 354 Ma som viser karbonbasseng i området syd for Ringkøbing-Fynhøyden (RF), med en begynnende oppbygging av den varisiske fjellkjeden i syd og en ekstensjon i forlandsbassenget opp mot høyden (Maynard et al., 1997).

Syd for Ringkøbing-Fyn området har den varisiske orogesen blitt konsolidert under sen karbon (Figur 2.4). Den varisiske fjellkjeden har hatt en fjernpåvirkning på Ringkøbing-Fyn området (Ziegler, 1981). Det har i overgangen karbon-perm i nordvest Europa vært en tektonisk påvirkning i forbindelse med den varisiske fjellkjedens kollaps. Dette har gitt ekstensjon i det varisiske forlandsbassenget syd for Ringkøbing-Fynhøyden. Samtidig har det vært en relativ heving av den strukturelle Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.5) (Glennie og Underhill, 1998; Viejo et al., 2002).

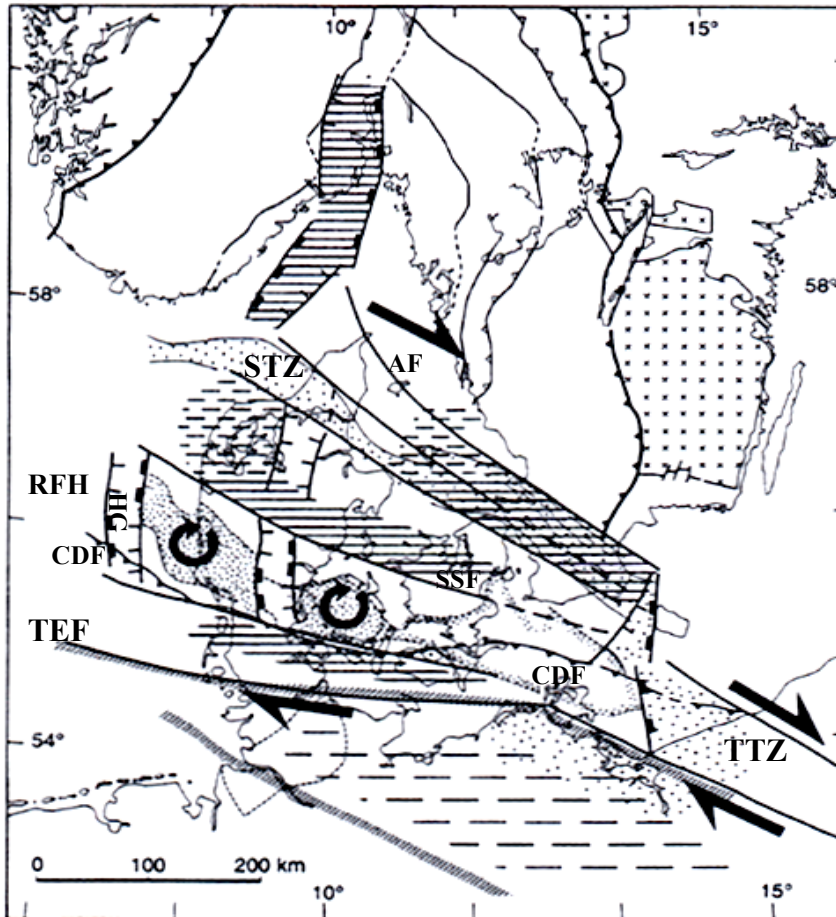
Rundt overgangen mellom karbon-perm var det en utstrakt magmatisk aktivitet i sydlige Nordsjøen (Stemmerik et al., 2000; Heeremans og Faleide, 2004; Heeremans et al., 2004A). Den store magmatiske aktiviteten er karakteristisk for mye av utviklingen av nordvest Europa i sen karbon-perm (Larsen 1972; Heeremans et al., 2004B). Dette kan settes i sammenheng med en begynnende ekstensjon av området (Figur 2.5; 2.6) (Thybo, 1997; Viejo et al., 2002).

Nord-syd ekstensjon av det varisiske forlandsbassenget vestsydvest for Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.5) sammen med påvirkning fra den varisiske fjellkjededannelsen øst for Teisseyre-Tornquistsonen har gitt en øst-vest tektonisk aktivitet i området (Figur 2.6) (Pharaoh, 1999). Denne tektoniske aktiviteten har fulgt den Trans-Europeiske forkastningen og Sorgenfrei-Tornquistsonen med transversal bevegelse. Det har vært transpressjon inn mot Teisseyre-Tornquistsonen som har vært et senter for den store magmatiske og vulkanske aktiviteten i området (Figur 2.6).

Det har under denne tektoniske aktive perioden i overgangen mellom karbon-perm vært en høy magmatisk aktivitet inn mot et senter i Teisseyre-Tornquistsonen (Thybo, 1997). Den transversale bevegelsen langs den Trans-Europeiske forkastningen og langs Sorgenfrei-Tornquistsonen samt Silkeborg-Samsø forkastningen har påvirket området mellom med tverrgående riftutvikling og begynnende Horngrabendannelse (Figur 2.6). Blokkene i Ringkøbing-Fynhøyden er rotert av den motsatte bevegelsesretningen på transversal lineamentene rundt høyden slik at det inn mot Teisseyre-Tornquistsonen er utviklet asymmetriske riftstrukturer som i Horngraben (Thybo, 1997).

Syd for den Trans-Europeiske forkastningen mellom den varisiske fjellkjeden og Ringkøbing-Fynhøyden har det på grunn av transtensionsbevegelsen blitt dannet et elongert og dypt akkomodasjonsrom i det sydlige perm-bassenget (George og Berry, 1997). Etter den tektoniske og

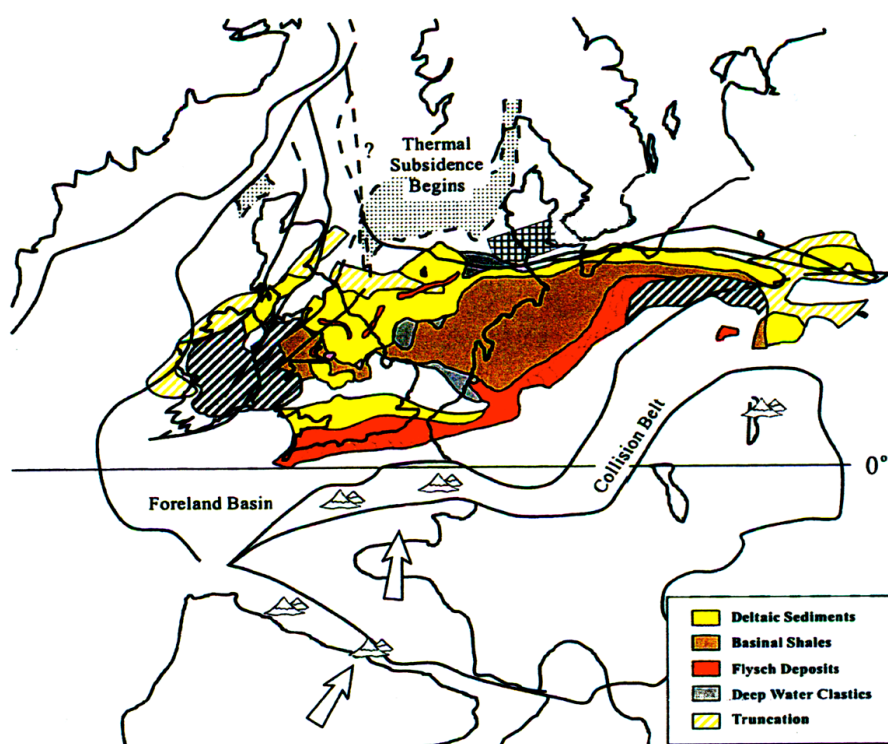
magmatiske aktiviteten har området vært utsatt for termal innsynking (Figur 2.6; 2.7) (Vejbæk, 1998; Stemmerik et al., 2000).



Figur 2.6: Sen karbon til tidlig perm tektonikk med sidelengs bevegelse av området mellom den Trans-Europeiske forkastningen og Sorgenfrei-Tornquistsonen fra Teisseyre-Tornquistsonen i øst (Thybo, 1997). HG-Horngraben, RFH-Ringkøbing-Fynhøyden, CDF-Kaledonsk deformasjonsfront, TEF-Trans-Europeisk forkastning, TTZ-Teisseyre-Tornquistsonen, SSF-Silkeborg-Samsø forkastningen, STZ-Sorgenfrei-Tornquistsonen og AF-Anholt forkastningen.

Innsynkingen av Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden har vært mindre enn innsynkingen i resten av det Norsk-Danskebassenget. Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden har dermed fått en relativ heving i forhold til områdene rundt. Denne relative hevingen har ført til at høyden delte permbassenget i en nordlig og en sydlig del (Stemmerik et al., 2000). Den store innsynkingen og forkastningsaktiviteten i området foran den varisiske fjellkjeden har gitt rom for betydelige sedimentinnfyllinger av kontinental opprinnelse (Figur 2.5) (Maynard et al., 1997; George og Berry, 1997).

Det sydlige permasseng har en asymmetrisk form inn mot den Trans-Europeiske forkastningen. Sedimenttilførselen er fra den varisiske fjellkjeden i syd, og det er også en mulighet for sedimenttransport fra Mid-North Sea-Ringkøbing-Fynhøyden (George og Berry, 1997). Nord for Ringkøbing-Fynhøyden dannes et nordlig mindre permasseng. Det nordlige permasseng har fått sedimenttilførsel både fra nord og fra Ringkøbing-Fynhøyden, og fra området syd for høyden gjennom proto-grabenstrukturer (Downie, 1998).



Figur 2.7: I sen karbon er det en termal innsynkning av området nord for den varisiske fjellkjeden. Etter den tektoniske aktiviteten og vulkanismen gis det ytterligere rom for avsetning av sedimenter. Ringkøbing-Fynhøyden, RF. Området med termal innsynkninger er markert med tette prikker (Maynard et al., 1997).

Den magmatiske aktiviteten fra karbon-perm var starten på utviklingen av en større regional ekstensjon og oppsprekking av Pangaea. Denne tektoniske aktiviteten etterfølges av termal innsynkning regionalt (Viejo et al., 2002). Lokalt i tilknytning til det varisiske forlandsbasseng begynte en ekstensjon allerede i karbon (Figur 2.5; 2.6).

Syd i den sentrale delen av Nordsjøen har det vært en begynnende vulkansk aktivitet i overgangen mellom karbon og perm (Michelsen og Nielsen, 1993; Heeremans et al., 2004A; 2004B). I forbindelse med den magmatiske og tektoniske aktiviteten utviklet også Osloriften seg (Olaussen et al., 1994). En ekstensjon av området vest for Norge skapte riftstrukturer og utviklet seg til en videre generell ekstensjon av Nord-Atlanteren (Ziegler, 1982). Det fortsetter videre med riftaktivitet inn i trias og fram til sen jura-tidlig kritt (Badley et al., 1988; Ziegler, 1990; Gabrielsen et al., 1990). Horngraben og deler av Sorgenfrei-Tornquistsonen har utviklet seg i trias med store deponentre av triasiske sedimenter (Best et al., 1983; Sørensen, 1986; Fisher og Mudge, 1998). Sentralgraben og Vikinggraben har hatt en senere utvikling hovedsaklig i sen jura og inn i kritt (Møller, 1986).

Gjennom kritt er det en betydelig termal avkjøling og innsynkning av Nordsjøen i tillegg til halokinetisk tektonikk av mobile saltavsetninger avsatt i permassengene. I den sydlige delen av Nordsjøen har det også i sen kritt vært kompresjonstektonikk og dannelse av kompresjonsstrukturer i kritt avsetningene (Oakman og Partington, 1998). Den store termale innsynkningen av Nordsjøen har fortsatt videre gjennom kenozoikum (Michelsen et al., 1994; 1997; Bowman, 1998).

2.2 Stratigrafisk utvikling

Hovedmengden av sedimenter avsatt på Ringkøbing-Fynhøyden er avsatt under den termale innsynkningen fra tidlig kritt og fram til dagens Nordsjøbasseng. Før dette har det vært perioder med stor erosjon av Nordsjøområdet der en strukturell høyde som Ringkøbing-Fynhøyden blir ekstra utsatt. Strukturelle feller på høyden kan bevare eldre sedimentavsetninger gjennom erosjonsperiodene. På Ringkøbing-Fynhøyden kan det være bevart paleozoiske sedimenter avsatt på prekambrisk basement i øst (Figur 2.1). Over den vestre delen av høyden med kaledonsk basement vil det kunne være bevart sedimenter fra sen silur og yngre (Berthelsen, 1988).

2.2.1 Tidlige paleozoikum

Det eldre superkontinentet Rodinia har under sin oppsprekking gitt en økt produksjon av osean skorpe og med dette en transgresjon inn over kontinentalmarginene i kambrium. Baltica lå i de tidlige delene av paleozoikum nærmere ekvator med et varmt og humid klima. Transgresjonen

inn over store deler av marginen til Baltica har gitt en betydelig karbonatproduksjon (Glennie og Underhill, 1998). Det varme og humide klima har vedvart gjennom lukkingen av Iapetushavet. På den nordøstlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden over det Baltiske grunnfjellet vil det være muligheter for bevarte sedimentavsetninger i forbindelse med den kambriske transgresjonen (Figur 2.1). Marine avsetninger fra kambrium, ordovicium og silur samt kontinentale klastiske sedimentavsetninger fra øvre silur nedre devon er avsatt i det kaledonske forlandsbasseng og inn over Balticamarginen. Ved gunstige bevaringsforhold på Ringkøbing-Fynhøyden kan avsetninger fra tidlig paleozoikum være bevart i det kaledonske forlandsbassenget.

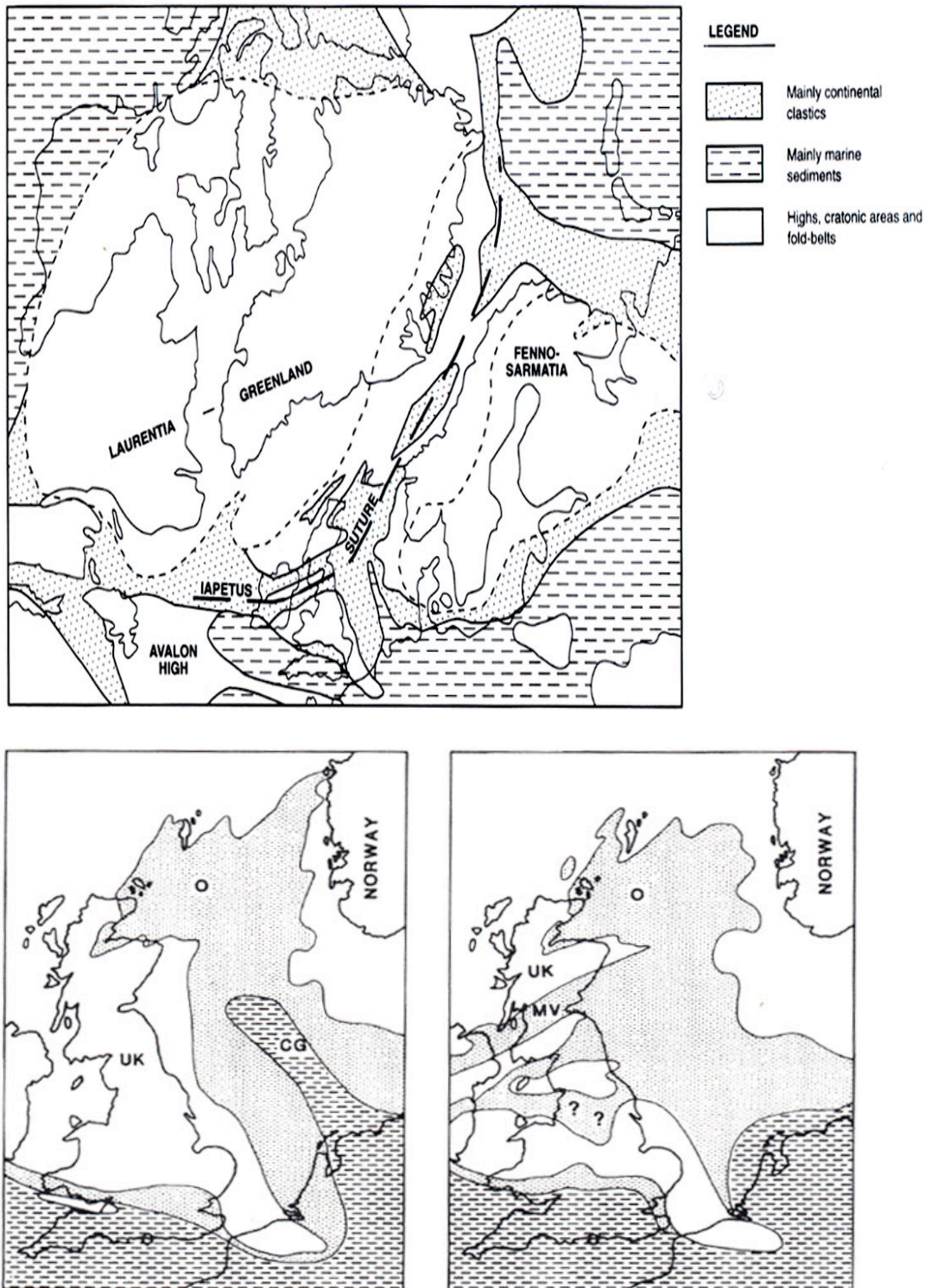
Under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden har det i syd vært et skifte fra hovedkompresjonsretningen til mer øst-vest transpressjon og transversal bevegelse langs de sen prekambriske lineamentene (Zwart og Dornsiepen, 1978). Skiftet i deformasjonsretning inn mot den Nord Tysk-Polske kaledonidegrenen fra hovedretningen av deformasjonsfronten har gitt en svakere metamorfose fra overgangen silur-devon. Denne lavere grad av metamorf påvirkning har muliggjort bevaring av eldre strukturelementer i den Nord Tysk-Polske kaldonidegrenen (Frost et al. 1981). Både transversalbevegelsen i nordvest-sydøst retning rundt Ringkøbing-Fyn området (Mogensen, 1994) og nord-syd gående rifter i området (Heeremans og Faleide, 2004) kan ha skapt bevaringsmuligheter for eldre sedimentavsetninger.

2.2.2 Silur-devon

I silur har den kaledonske deformasjonen dreid inn over den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Dette har gitt en metamorf påvirkning av området. Under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden i silur har det vært lite potensial for bevaring av sedimenter. Derimot har kollaps av den kaledonske fjellkjeden i devon gitt mulighet for avsetning og bevaring av sedimenter i området.

Langs marginen mellom Laurentia og Baltica er det dannet sedimentasjonsområde i devon (Figur 2.8). I syd i et proto-Sentralgraben riftsystem er det fra midtre til sen devon avsatt marine sedimenter (nederst Figur 2.8). Det strekker seg en marin arm gjennom proto-Sentralgraben fra proto-Tethyshavet i syd og inn over de sentrale delene av Nordsjøen. Denne marine facies opp mot sydvest Storbritannia gjennom proto-Sentralgraben er sandsteinsavsetninger med noe skifer og kalkstein (nederst Figur 2.8; 2.9). Bortsett fra denne marine armen i proto-Sentralgraben er det kontinentale sedimentavsetninger fra devon. Over Ringkøbing-Fyn området er det hovedsakelig

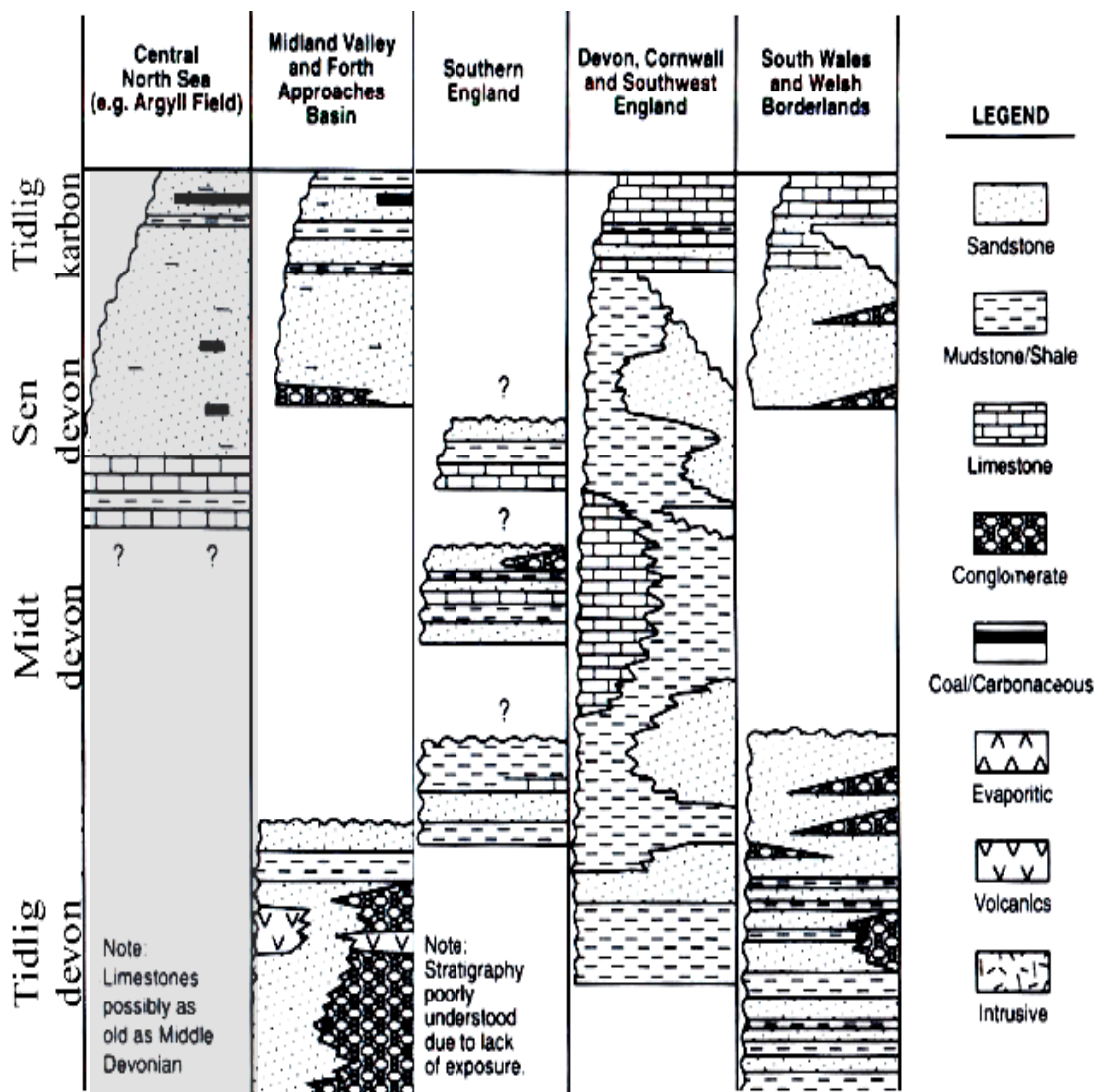
Old Red sandstein avsatt i et arid kontinentalt miljø, med aeoliske dyner, alluviale vifter og lakustrine avsetninger (Figur 2.9) (Downie, 1998).



Figur 2.8: Øverst vises et forenklet distribusjonskart (Ziegler, 1990) av devonsedimenter i studieområdet og rundt Nord-Atlanteren. Nede til venstre vises utstrekningen av midtre til sen devonavsetninger i de sentrale delene av Nordsjøen og gjennom proto-Sentralgraben (CG). Nede

til høyre vises fordelingen av de ulike sen devonavsetningene i de sentrale delene av Nordsjøen, Storbritannia (UK) og Midland Valley (MV) (Downie, 1998).

De kontinentale Old Red avsetningene fra devon ligger stort sett inkonformt over silur eller eldre bergarter der dette er bevart. Det har vært perioder med stor utbredelse av devonavsetninger avbrutt med betydelig erosjon og opphold i sedimentasjonen slik at Old Red sandstein er inndelt i en nedre, midtre og øvre del med regional utstrekning (Figur 2.9). Devonske bassengstrukturer med størst utstrekning i Nordsjøområdet har opprinnelse i forbindelse med ekstensjonstektonikk drevet av gravitativ utjevning i det kaledonske forlandet på grunn av kollaps av den kaledonske fjellkjeden (Downie, 1998).

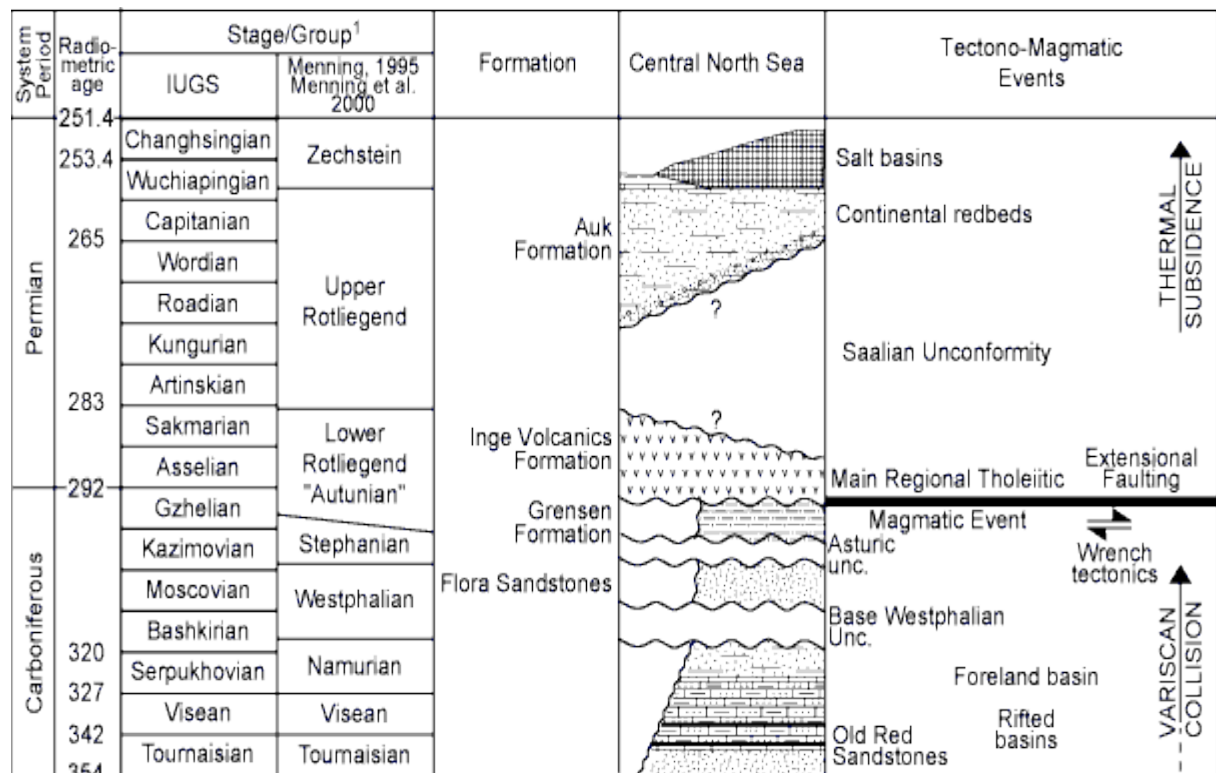


Figur 2.9: Kronostratigrafi i sentrale deler av Nordsjøen og over de sydlige delene av Storbritannia (Downie, 1998). Søylen til venstre markerer den sentrale Nordsjøen mot Sentralgraben.

I den sydlige og den sentrale delen av Nordsjøen har devonavsetningene en utstrekning i nordvest-sydøst som er perpendikulær til avsetningenes utstrekning nord i Nordsjøen. Den sydlige delen av devonavsetningen følger utstrekningen av den Nord Tysk-Polske grenen av fjellkjeden (Figur 2.8) og har tykke avsetninger langsmed riftstrukturene i en nord-syd retning i proto-Sentralgraben og lengre syd (Downie, 1998).

2.2.3 Karbon-perm

Det kontinentale varme klimaet fra devon fortsetter i karbon-perm med en fortsettelse av Old Red kontinentale sandsteinsavsetninger (Figur 2.7) (Heeremans et al., 2004B). Under dannelsen av den varisiske fjellkjeden lengre syd har Ringkøbing-Fynhøyden vært utsatt for en relativ heving som tidvis har gitt erosjon og opphold i avsetning utover i siste delen av karbon.

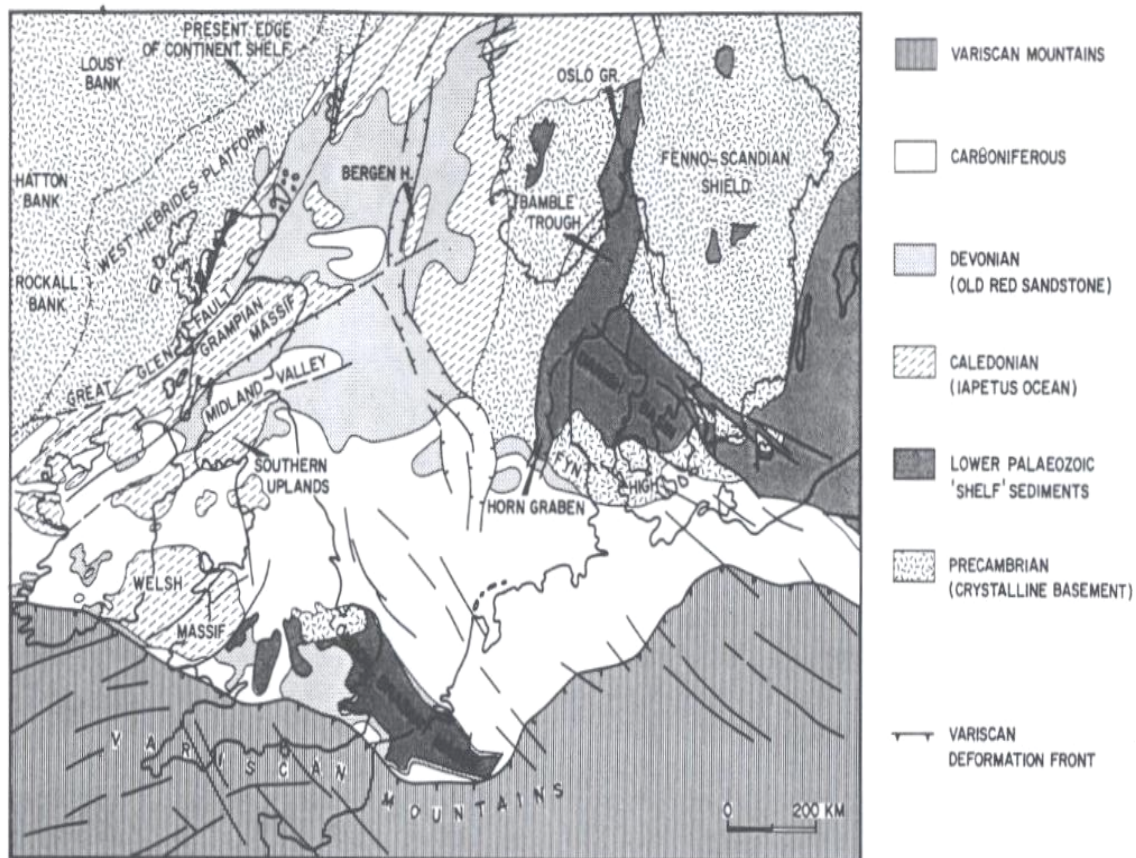


Figur 2.10: Diagram over den sentrale delen av Nordsjøens karbon-perm stratigrafi relatert til tektoniske hendelser (Heeremans et al., 2004B).

Tidlig i karbon inntil den påbegynnende sutureringen av den varisiske fjellkjeden var det i syd hav med marine devon-karbon avsetninger (Maynard et al., 1997). Vest for Ringkøbing-Fynhøyden i det varisiske forlandsbassenget var det tidlig i karbon ekstensjonsaktivitet. Det varisiske forlandsbassenget i syd fylles med sedimenter og gir et smalt dypt basseng med dype

marine avsetninger. Dette strekker seg mot nord over proto-Sentralgrabenområdet og inn på engelsk sokkel.

I forlandsbassenget mot Ringkøbing-Fynhøyden i syd er det grunne avsetninger med en blanding av karbonater og klastiske sedimenter (Figur 2.10) (Maynard et al., 1997). Kollaps av den kaledonske fjellkjeden har gitt mulighet for sedimenttilførsel fra nord over Skottland, Nord-England og Mid-North Seahøyden og inn mot Ringkøbing-Fynhøyden (Maynard et al., 1997). Kollaps av kaledonidene kan ha gitt strukturelle avsetningsfeller rundt proto-Sentralgraben (Figur 2.8).



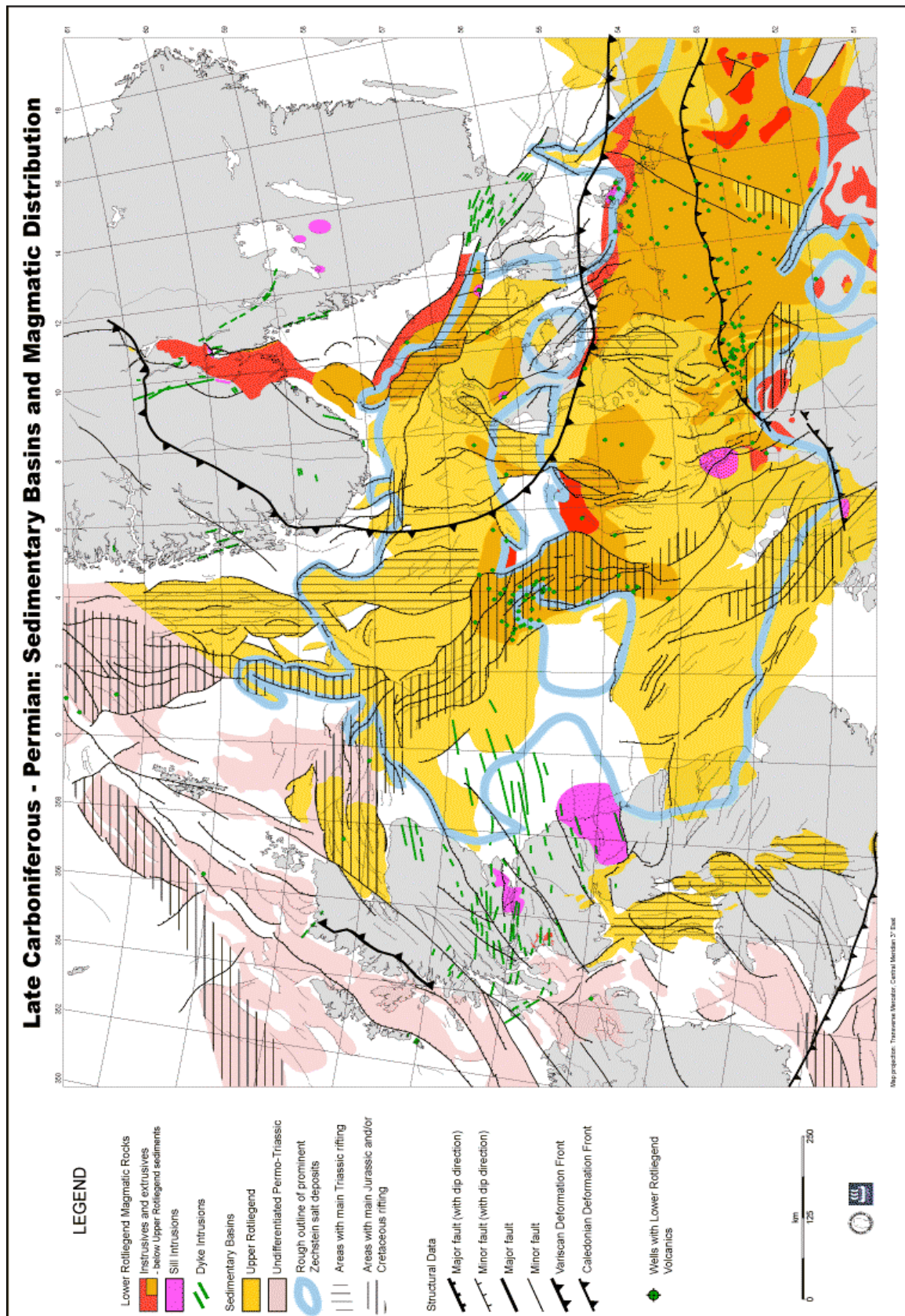
Figur 2.11: Pre-perm geologisk kart med suturering av den varisiske fjellkjeden i syd og dannelse av et forlandsbasseng foran fjellkjeden og nordover (Ziegler, 1982; 1990; Downie, 1998).

Nord for den varisiske fjellkjeden har det vært perioder med marine avsetninger som har avtatt fram mot den vulkanske aktiviteten i overgangen karbon-perm (Figur 2.11). Mot siste del av karbon har det hovedsaklig vært avsatt kontinentale lakustrine og klastiske avsetninger i

Ringkøbing-Fyn området. Det varisiske forlandsbassenget har et akkomodasjonsrom som grunner opp mot Ringkøbing-Fynhøyden. Den tidligere ekstensjonen av området vest for Ringkøbing-Fynhøyden etterfølges av en kortere periode med innsynkning og oversvømte sletter som har gitt store kullavsetninger i Storbritannia (Figur 2.10). Store mengder med klastiske sedimenter er tilført fra den varisiske fjellkjeden i sydvest og inn mot Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.11) (Maynard et al., 1997).

I sen karbon er det en øst-vest transversal bevegelse i eldre prekambriske lineamenter i Ringkøbing-Fyn området (Figur 2.6). Denne transversale bevegelsen har en tilknytning i øst til dannelsen av den varisiske fjellkjeden (Michelsen et al., 1992; Pharaoh, 1999). Det har vært sidelengs bevegelse fra sydøst langs øst-vest lineamentene rundt Ringkøbing-Fynhøyden. Denne bevegelsen kan ha skapt lokale avsetnings og bevaringsrom på og rundt høyden (Figur 2.6) og er en viktig faktor i dannelsen av det dype sydlige perm-bassenget (George og Berry, 1997). Senteret av den transversale bevegelsen i øst har vært et stort vulkansk senter og det har vært mye vulkansk aktivitet i området i overgangen karbon-perm (Figur 2.12). Denne vulkanske aktiviteten øst for Ringkøbing-Fynhøyden og den transversale bevegelsen rundt høyden kan ha startet en rifting av Nordsjøen med en begynnende rifting av Horngraben (Thybo, 1997). Den store tektoniske aktiviteten sammen med den høye magmatiske aktiviteten i overgangen karbon-perm har medvirket til den regionale relative hevingen og den utstrakte erosjonen av området ved dannelsen av Saalian inkonformiteten.

I overgangen karbon-perm var det stor vulkansk aktivitet både på og rundt Ringkøbing-Fynhøyden med avsetninger av både vulkanitter og vulkanoklaster (Figur 2.12). Den tektoniske aktivitet og vulkanismen i overgangen karbon-perm etterfølges av en utstrakt erosjon i store deler av Nordsjøområdet. Det har vært en reduksjon i dannelsen av avsetningsrom i perm som har medført stor erosjon i midtre perm (Figur 2.10) (Heeremans og Faleide, 2004; Heeremans et al., 2004B). Mengden av magmatiske avsetninger i karbon-perm overgangen var betydelige og de er bevart over større områder gjennom erosjonsperioden i Saalian. Over høyden er det også bevart Rotliegende vulkanitter i mindre mengder i riftstrukturer. (Heeremans et al., 2004B).



Figur 2.12: Kart over sedimentære basseng og magmatiske senter i overgangen mellom karbonperm (Heeremans et al., 2004A).

Etter hevingen i midtre perm og dannelsen av Saalian inkonformiteten begynte en termal innsynkning og kontinentale sedimenter avsettes (Figur 2.10). Ringkøbing-Fynhøyden har under denne termale avkjølingen hatt en langsommere innsynkning enn områdene rundt. Av den grunn har den stått som en barriere mellom det nordlige og det sydlige perm bassenget (George og Berry, 1997; Maynard et al., 1997). Den termale innsynkningen har gitt avsetning og bevaring av kontinentale Red Beds etterfulgt av store saltavsetninger i bassengene rundt høyden. I perm var det et arid klima i Ringkøbing-Fyn området med aeoliske og wadi avsetninger.

Etter som innsynkningen av området fortsatte og det relative havnivået steg, har det mot slutten av perm i de dypere delene av bassengene vært perioder med marin tilknytning og avsetning av saline innsjøer. Dette har gitt store Zechstein evaporitt avsetninger (Figur 2.10). Ringkøbing-Fynhøyden har stått for høyt slik at det ikke er Zechsteinsalt avsatt på høyden (Vejbæk, 1997). Rundt høyden i grabenstrukturene er det saltstrukturer og det er store saltavsetninger i det sydlige og nordlige perm basseng. Disse går over til karbonatavsetninger under grunnere forhold opp mot høyden.

Ringkøbing-Fynhøyden har bidratt med klastiske erosjonsprodukter ut i bassengene siden den har hatt en langsommere innsynkning og har stått opp som et positivt element (Viejo et al., 2002). Den videre tektoniske aktiviteten av området i overgangen perm-trias er starten på oppsprekningen av Pangaea og en fortsatt tektonisk strukturering og innsynkning av Ringkøbing-Fynområdet (Sørensen, 1986; Thybo, 1997).

2.2.4 Trias

Den termale innsynkningen avtok i tidlig trias. De marine avsetningene går gradvis over til mer kontinentale avsetninger rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Vejbæk, 1998; Fisher og Mudge, 1998). Deposenteret i bassengavsetningene følger de store øst-vest lineamentene og riftstrukturene (Michelsen, 1997). Det har vært avsatt og bevart triasiske sedimenter både i Sentralgraben og Horngraben. Horngraben har hatt en stor triasisk riftaktivitet og har en mektig trias lagpakke bevart. Horngraben har en strukturelt asymmetrisk bassengform (Figur 2.6). Horngraben har de mektigste trias avsetningen bevart i syd mot det sydlige perm bassenget. Den nordlige delen av grabenstrukturen er asymmetrisk dyp mot øst mens den sydlige har en omvendt struktur (Thybo, 1997).

| Series | Stage | Inner Moray Firth | Western Platform | Central North Sea | Central Graben | Norwegian-Danish Basin | Denmark | |
|-----------------|----------|------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------|---------------|
| UPPER TRIASSIC | RHAETIAN | STOTFIELD CALCRETE FM | | Marnock Sst | Joshua Mdst Mbr Josephine Sst Mbr | GASSUM FM | GASSUM FM | MORS GP |
| | NORIAN | HERON GROUP LOSSIEHEAD FM | | | Jonathan Mdst Mbr | SKAGERRAK FM | ODDESUND FM | JYLLAND GROUP |
| | CARNIAN | | | Skagerrak Mdst | Joanne Sst Mbr | | TØNDER FM | |
| MIDDLE TRIASSIC | LADINIAN | | | Skagerrak Sst | Julius Mdst Mbr | | FALSTER FM | |
| | ANISIAN | | | | Judy Sst Mbr | ØRSLEV FM | | |
| LOWER TRIASSIC | SCYTHIAN | HOPEMAN SANDSTONE FM | | SMITH BANK FM | | SMITH BANK FM | BUNTER SST FM | BACTON GP |
| | | | | | | | BUNTER SHALE FM | |

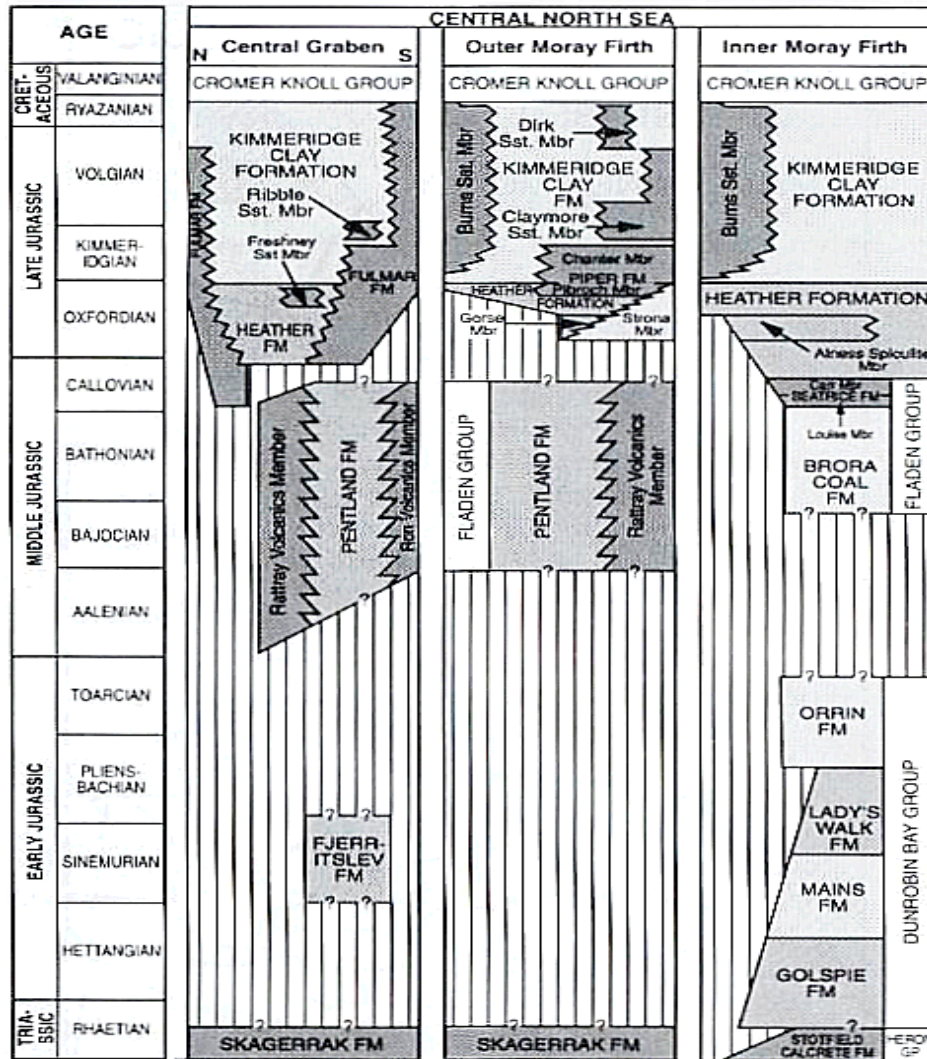
Figur 2.13: Trias lithostratigrafi fra den sentrale Nordsjøen (Fisher og Mudge, 1998).

Trias avsetningene i Sentralgraben kiler ut mot nord. Avsetningene fra tidlig trias i grabenstrukturene er av Bunterformasjonen. Gjennom tidlig trias avsettes sandstein med fluvial, lakustrin og aeolisk opprinnelse. I Sentralgraben er det fra trias kun de eldre triasiske avsetningene som er bevart. I Horngraben er det også bevart trias avsetninger opp til Falsterformasjonen over de områdene som har stor ekstensjon (Clausen og Pedersen, 1999). De triasiske avsetningene har et økende bevaringspotensiale mot øst. I Danmark er det bevart triasiske avsetninger fra hele perioden (Figur 2.13) (Sørensen, 1986).

2.2.5 Jura

I Horngraben og over Ringkøbing-Fynhøyden er det ikke bevart noen nedre og midtre jura avsetninger. I Sentralgraben er det bare bevart en mindre lagpakke fra nedre og midtre jura i syd som tynner ut mot nord (Figur 2.14). Selv om det i Sentralgraben har vært riftaktivitet i jura, så har det i nedre, midtre og inn mot øvre jura også vært stor erosjon. I jura var det vulkansk

oppdoming nordvest for Ringkøbing-Fynhøyden. (Michelsen et. al., 1992; Michelsen og Clausen, 2002). Oppdomingen og høydens langsomme termale innsynkning har bidratt til en stor erosjon av høyden (Ziegler, 1990). Over store deler av Ringkøbing-Fynhøyden har erosjonen gått ned til perm og på enkelte områder helt ned til basement (Michelsen et al., 1992).



Figur 2.14: Lithostratigrafisk søyle fra jura (Richards et al., 1993).

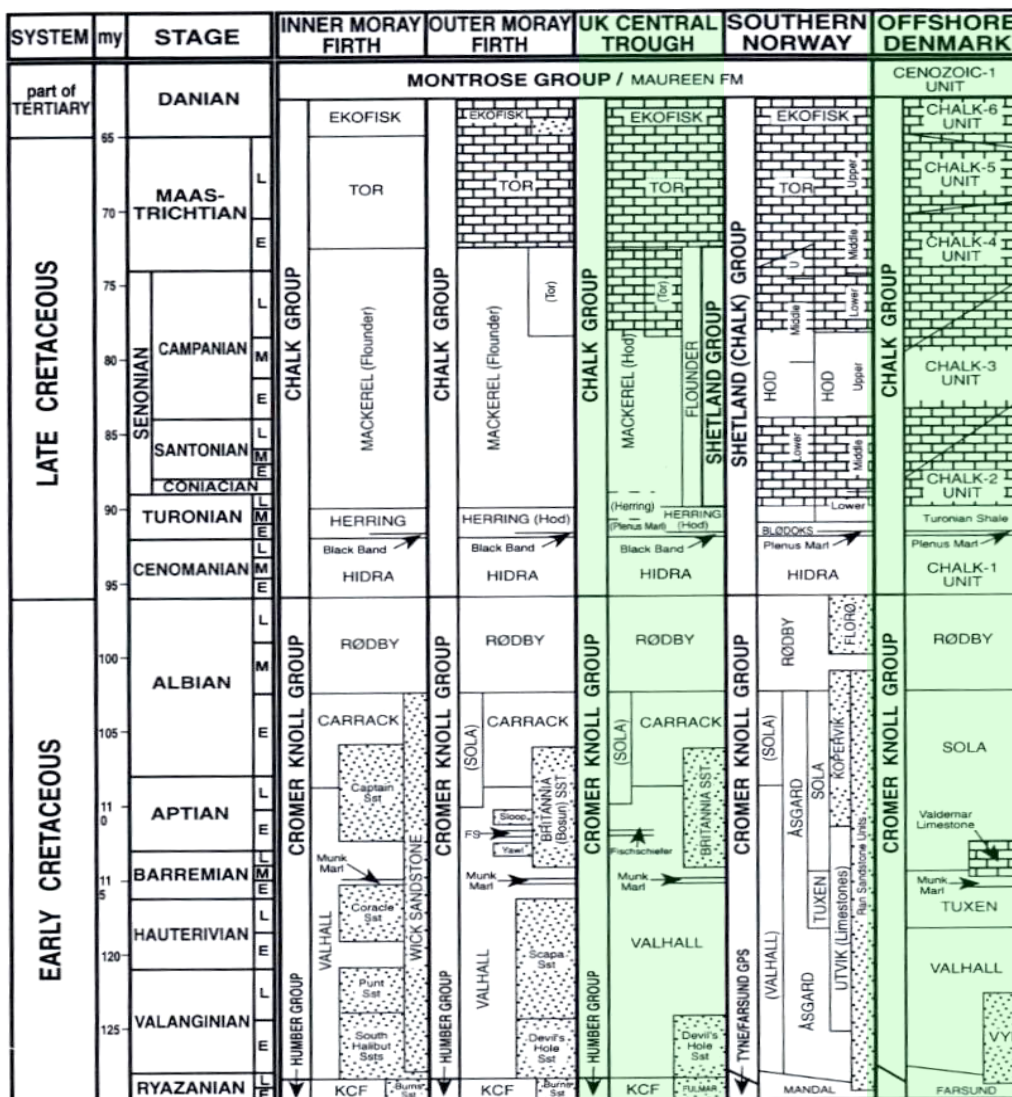
Det oppdømte senteret kolliderer i øvre jura og en transgresjon kommer inn over Nordsjøområdet fra nord. Den har stor utstrekning med dannelse av anoksiske forhold i de dype riftbassengene (Michelsen et al., 1992; Michelsen og Nielsen, 1993). Riftaksen forskyver seg mot vest og danner ekstensjon av proto-Nord-Atlanteren (Underhill, 1998).

I Sentralgraben er det en betydelig innsynkning slik at det i sen jura er avsatt marine shelfavsetninger i grabenstrukturen (Michelsen et al., 1992). Sentralgraben har tykke avsetninger

bevart fra øvre jura mens det i Horngraben bare er bevart en tynn øvre jura sekvens. På Ringkøbing-Fynhøyden er det avsatt varierte mektigheter av øvre jura, men det er ikke spesielt tykke lag. Den betydelige utstrekningen av transgresjonen er et resultat av en begynnende regional termal innsynkning av Nordsjøområdet. Denne termale innsynkingen fortsatte i kritt.

2.2.6 Kritt og kenozoikum

Nordsjøen har i jura-kritt overgangen hatt en betydelig rift med etterfølgende termal innsynkning. I tidlig kritt avtok den tektoniske aktiviteten i Nordsjøen (Ziegler, 1990). Det har i det Norsk-Danskebassenget vært et grunt havområde gjennom mesozoikum (Vejbæk, 1998).



Figur 2.15: Lithostratigrafisk søyle fra kritt der Offshore Denmark og UK Central trough søylene har tilsvarende avsetninger fra kritt som finnes på Ringkøbing-Fynhøyden og ut i Sentralgraben, dette er markert lys grønn (Oakman og Partington, 1998).

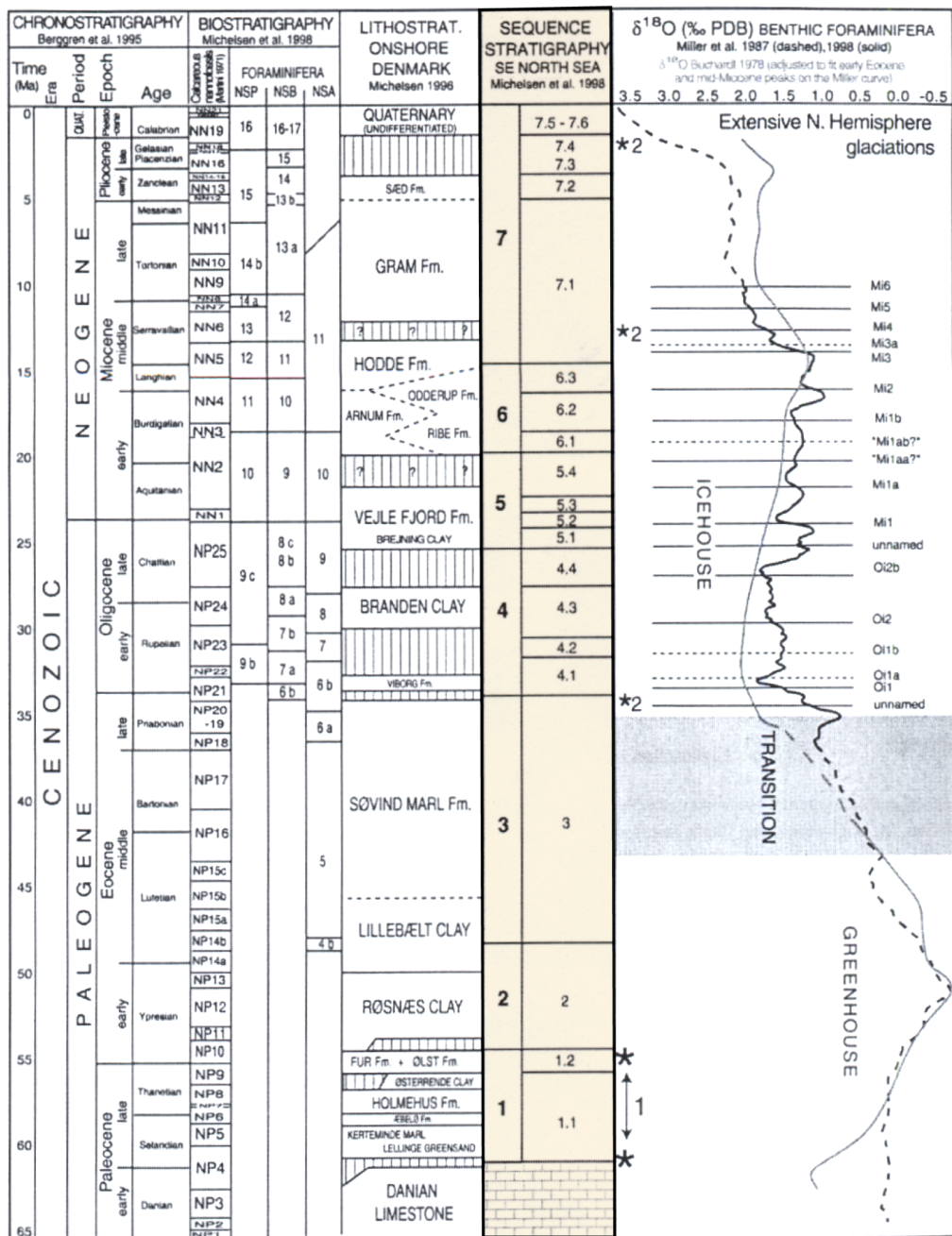
Tidlig kritt har en stor bassengutstrekning inn over kontinentene rundt Nordsjøen. Dette har gitt avsetning av pelagiske sedimenter på Ringkøbing-Fynhøyden (Oakman og Partington, 1998). Nedre kritt har hatt et varmt klima. Mergel ble avsatt i topp Cromer knoll gruppen i store deler av Nordsjøbassenget (Figur 2.15). Denne mergelen har liten tilførsel av hemipelagisk og klastisk materiale fra landområdene og gir et høyt seismisk utslag. I kritt har det varme klimaet samt den store overflateutstrekningen av krittthavet gitt en stor organisk produksjon i vannmassene. Denne produksjonen har ført til mektige kalkavsetninger i kritt bassenget. Overgangen mellom nedre og øvre kritt dannes av Cromer knoll mergelen som med sitt sterke utslag og kontinuerlig utstrekning kan følges over et større område av Nordsjøen (Oakman og Partington, 1998).

Havnivået har hatt en heving og bassenget har fortsatt med en innsynkning inn i øvre kritt. Det er i øvre kritt avsatt pelagiske kalkavsetninger med et høyt innhold av coccolithskall. Denne kalkavsetningen danner chalk gruppen og har stor tykkelse og regional utstrekning (Figur 2.15) (Michelsen, 1997; Michelsen et al., 1998).

Den regionale hevingen av Skandinavia i kenozoikum har sammen med videre innsynkning av Nordsjøen gitt tykke klastiske kenozoiske avsetninger i Ringkøbing-Fynområdet og større deler av Nordsjøbassenget (Bowman, 1998). I tidlig kenozoikum ble det dannet erosjonsstrukturer i øvre kritt avsetninger i det Norsk-Danskebassenget og på Ringkøbing-Fynhøyden. Erosjonskanalene stammer fra et fall i havnivået og en tilting av området mot vestsydvest på grunn av den begynnende landhevingen.

I Sentralgraben og området rundt er det i sen paleocen og eocen avsatt klinoformentstrukturer av tynne hemipelagiske leir- og mergellag. Disse danner en tykk avsetningspakke som oppbygges til øvre eocen med sedimenter tilført fra nordøst i området nord for Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.16) (Michelsen et al., 1994; Huuse et al., 2001).

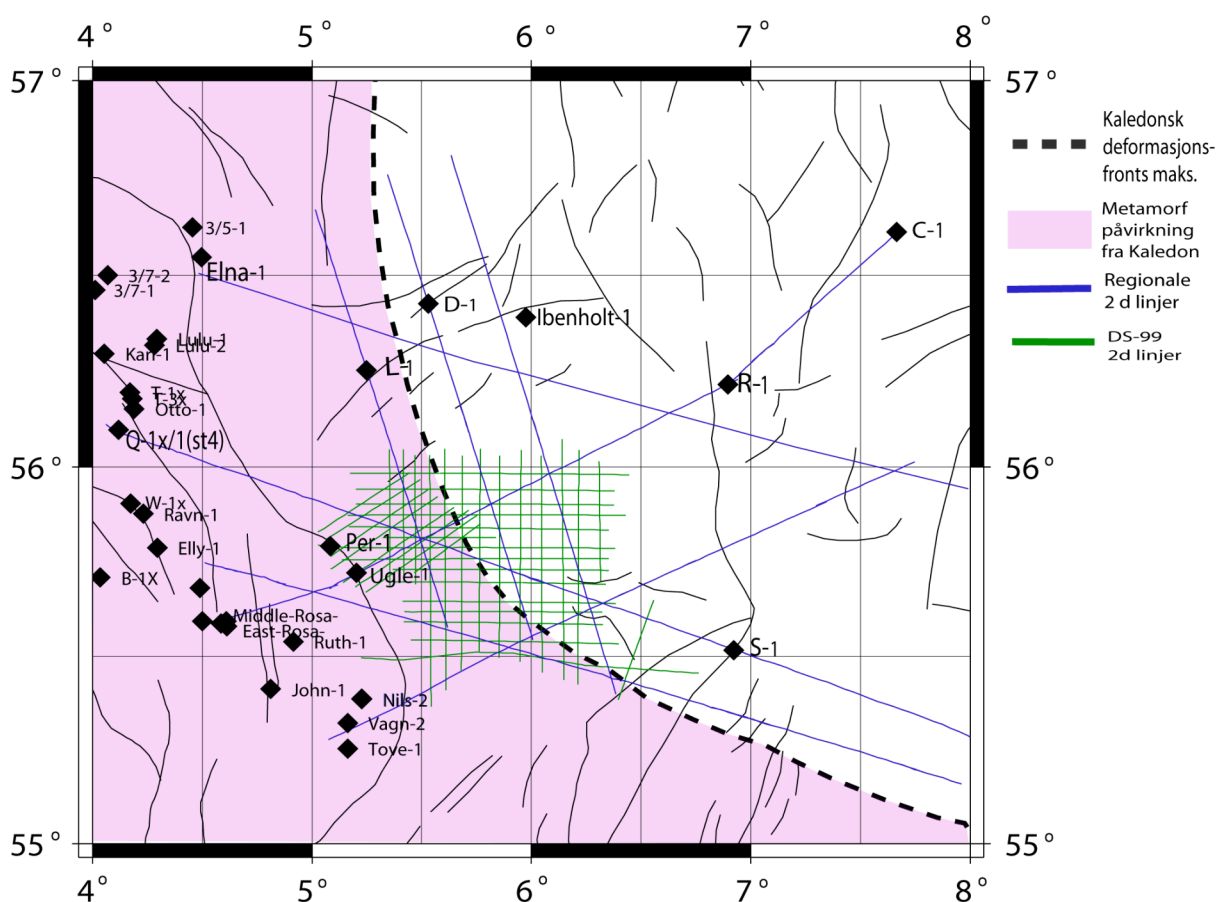
Fra oligocen og til midten av pleistocen bygger avsetningsstrukturene seg i en flere kilometer tykk lagpakke på Ringkøbing-Fynhøyden. Avsetningene går over i et kystnært avsetningsmiljø fra hemipelagiske til pro-delta og videre til delta-avsetninger som prograderer ut mot sydvest. Gjennom oligocen har vanddybden økt sentralt i Nordsjøen og klinoformene prograderer ut i Nordsjøen med sedimenttilførsel fra landområdene i nordøst og i øst (Figur 2.16) (Huuse et al., 2001).



Figur 2.16: Kenozoisk enhetsinndeling markert med beige fra Michelsen et al. (1998) som er brukt som inndeling i strukturering av seismiske undersøkelser (Huuse et al., 2001).

3 Datakilder og tolkningsprosedyre

På Ringkøbing-Fynhøyden er det i denne oppgaven brukt et lokalt grid med 2D seismikk, DS-99 (Figur 3.1) og tre regionale seismiske undersøkelser fra et større område, RTD-81, DCS-81 og SP-82 (Appendiks II; III). Undersøkelsene knyttes til brønnene på høyden og til brønner i området rundt (www.geus.dk). Tolkningen og kartleggingen av eldre strukturelementer over den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden er gjort på grunnlag av de seismiske refleksjonsdatasettene sammen med tyngdeanomali og brønndata fra området (Appendiks I).



Figur 3.1: Oversiktskart over hovedforkastninger i området (tynn sort strek). Sentrale seismiske linjer over Ringkøbing-Fynhøyden mellom Sentralgraben og Horngraben. DS-99 undersøkelsen har grønn strek og regionale linjer skutt nær dype brønner er markert blå. Kaledonsk deformasjonsfront (stiplet sort) avgrensers kaledonsk basement (rosa) fra Abramovitz et al. (1997A).

Brønnene som er brukt ligger spredt og brønndata knyttes sammen med de regionale seismiske linjene. Regionale linjer som krysser gjennom brønner er tolket inn mot høyden fra flere kanter for å kunne få gode kronostratigrafiske tolkninger av sedimentene på Ringkøbing-Fynhøyden. Linjene er også tolket gjennom den lokale DS-99 undersøkelsen slik at tolkninger av disse skal ha en større sikkerhet selv om de ikke direkte kan knyttes til mer enn to brønner (Figur 3.1). Brønnene gir en verdi på tykkelsen av lagpakkene i brønnlokasjonen både i toveis gangtid og i dyp, og kan korreleres med de kryssende seismiske snittene. De eldre avsetningene i dypet kan ikke knyttes sammen mellom brønnene, men de viser hvilke avsetninger som kan være bevart.

I Nordsjøen er det særlig boret mange letebrønner i områder som har vært av interesse for hydrokarbonutvinning slik som i Sentralgraben. Områdene rundt Sentralgraben har en betydelig mindre tetthet av brønner. På Ringkøbing-Fynhøyden mellom Sentralgraben og Horngraben er det bare boret to brønner, Per-1 og Ugle-1. I Sentralgraben er det få brønner som går dypere enn mesozoikum slik som Q-1. Det er boret noen brønner langs med høyden (Elna-1, L-1, D-1, Ibenholt-1) i nord og enkelte i Horngraben(S-1, R-1, C-1) (Figur 3.1; Tabell 3.1) (Appendiks I).

Tabell 3.1: Brønner der eldre trias eller paleozoiske avsetninger er boret i området rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Appendiks I; www.geus.dk).

| | Quaternary | | Tertiary | | Cretaceous | | Jurassic | | Triassic | | Permian Zechstein Group | | Permian Rotliegende Group | | Precambrian Caledon | |
|------------|------------|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. | TWT | Depth m.below msl. |
| C-1 | 36 | 27 | - | 159 | - | 657 | 1081 | 1286 | 1151 | 1373 | 1863 | 2529 | 2138 | 3161 | - | - |
| D-1 | 66 | 49 | - | 301 | 1239 | 1205 | 1391 | 1511 | 1416 | 1543 | 1501 | 1687 | 2252 | 3321 | - | - |
| Elna-1 | 85 | 63 | - | 340 | 2350 | 2474 | - | Non | - | Non | 2496 | 2790 | 2500 | 2798 | - | - |
| Ibenholt-1 | 53 | 39 | - | 252 | - | 1479 | 1520 | 1701 | 1559 | 1749 | 1696 | 1954 | 1910 | 2491 | 1931 | 2533 |
| L-1 | 74 | 55 | - | 323 | - | 2069 | 2147 | 2377 | 2176 | 2416 | 2101 | 2455 | 2236 | 2553 | - | - |
| Per-1 | ~49 | 35 | - | 382 | 2069 | 2119 | - | Non | - | Non | - | Non | - | Non | 2370 | 2730 |
| Q-1 | 81 | 60 | - | 595 | 2962 | 3033 | 3347 | 3967 | - | 4201 | - | 4419 | - | - | - | - |
| R-1 | 50 | 37 | - | 168 | - | 905 | 1202 | 1262 | 1230 | 1303 | - | Non | 1693 | 1998 | - | - |
| S-1 | 41 | 30 | - | 367 | 1037 | 991 | 1395 | 1519 | 1433 | 1574 | - | - | - | - | - | - |
| Ugle-1 | ~73 | 53.1 | - | 329 | 2091 | 2148 | 2231 | 2416 | - | Non | - | Non | - | Non | 2518 | 2998 |

Brønnene på og rundt Ringkøbing-Fynhøyden er satt på positive strukturer, ofte i tilknytning til forkastninger. Når brønnene er satt på lokale høyder vil det i bassengene rundt være avsetninger som ikke er tilstede i brønnene. De er enten fjernet ved erosjon eller ikke avsatt. Tidsepokene som er representert i brønndata og det avsetningsmiljøet som finnes i brønnene kan være typiske i en viss utstrekning rundt brønnene. Den store spredingen mellom brønnene gir en generell god beskrivelse av avsetningsmiljøet regionalt.

For at brønnene skal kunne benyttes i tolkningen må beliggenheten være nær Ringkøbing-Fynhøyden og være boret ned til trias eller eldre bergarter (Tabell 3.1). Ved å ha brønner som går igjennom eller tett opp til de seismiske undersøkelsene kan avsetningsstrukturer følges i refleksjonsmønsteret. Dateringer av sekvenser i brønnene gir en mulighet for en kronostratigrafisk inndeling i lag og datering av reflektorer. Ved bruk av brønndata er det gjort en vurdering av den videre utviklingen ut fra brønnens beliggenhet. I forbindelse med korrelasjon av seismiske data og brønninformasjon er det lagt størst vekt på de brønnene som kan knyttes direkte til seismiske snitt.

3.1 Brønner boret i basement

Det er på dansk sokkel og i Danmark boret få brønner til basement. De brønnene som er boret i basement er brukt for å kartlegge den mulige utstrekningen av en kaledonsk deformasjonsfront. Brønnene er enten boret i basement med kaledonsk metamorf påvirkning, eller i prekambrisk basement fra Balticaskjoldet.

Av de brønnene som går ned i prekambrisk basement ligger Ibenholt-1 nord for Ringkøbing-Fynhøyden og Frederikshavn-1, Glamsbjerg-1 og Grindsted-1 øst for studieområdet. Per-1 og Ugle-1 er boret i kaledonsk basement vest på Ringkøbing-Fynhøyden. Lengre vest, på Mid-North Seahøyden er P-1 brønnen også boret i kaledonsk basement. I brønner sydøst for studieområdet er det boret i kaledonsk metamorft basement i Borg-1 og Løgumkloster-1 (Tabell 3.2) (Appendiks I).

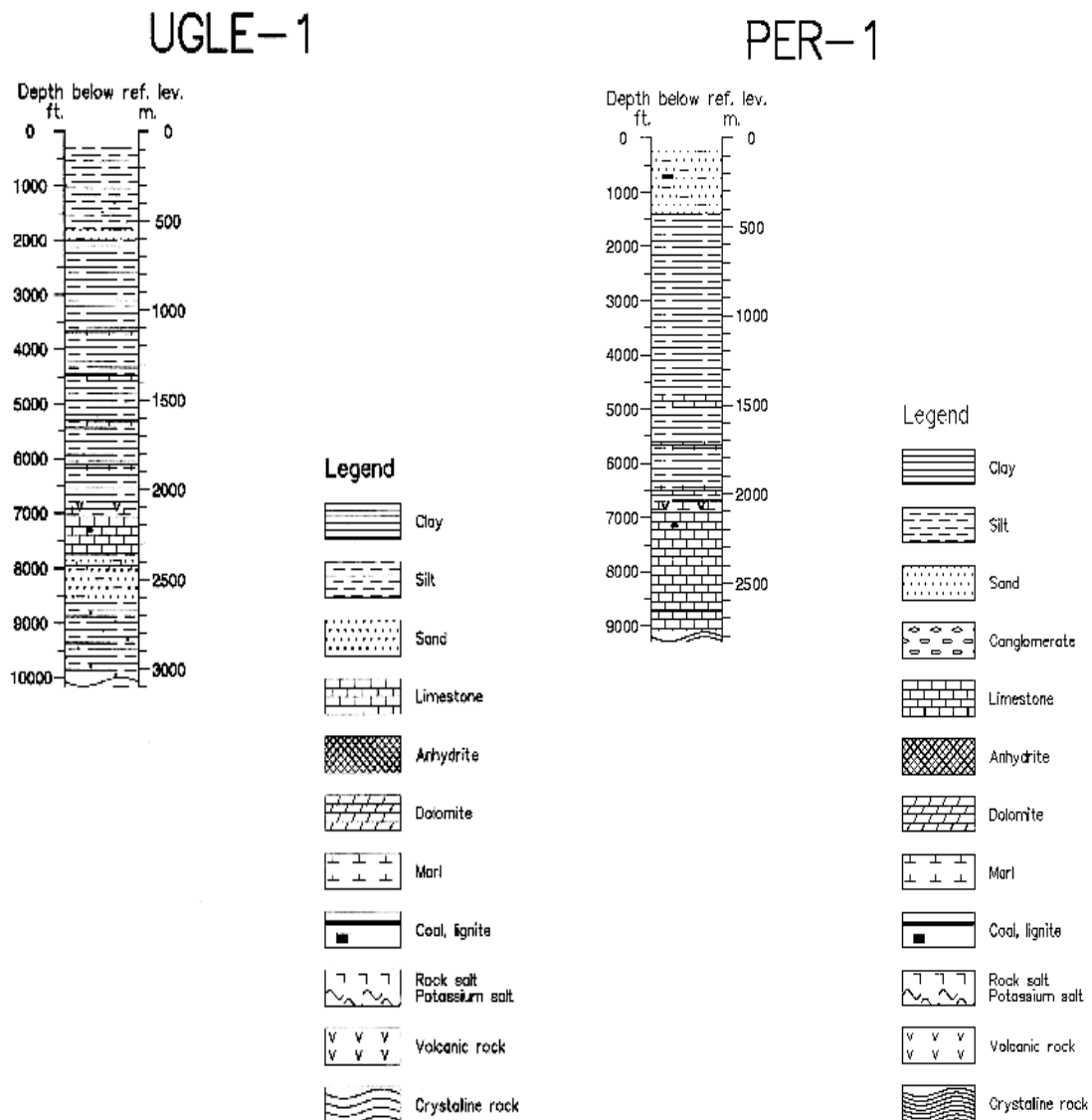
Brønnene Per-1 og Ugle-1 (Figur 3.2; Tabell 3.2) er boret i kaledonsk metamorf basement med en lavgrads silur metamorf påvirkning (Frost et al., 1981). Kaledonsk basement i den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden ved Per-1 og Ugle-1 kan være i grenseområdet for utbredelsen til den

kaledonske deformasjonsfronten. Brønnene Per-1 og Ugle-1 bekrefter at deformasjonsfronten går inn på Ringkøbing-Fynhøyden (Appendiks I).

Tabell 3.2: Brønner boret til basement rundt og på Ringkøbing-Fynhøyden som er med på å avgrense utstrekningen av den kaledonske deformasjonen på høyden (Appendiks I; www.geus.dk).

| Kaledonsk basement | | | | Prekambrisk basement | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Vest for/på Ringkøbing-Fynhøyden | | Sydøst for studieområdet | | Nord for studieområdet | | Øst for studieområdet | | | |
| Per-1 | 55° 47' 30"N | Borg-1 | 55° 2' 57"N | Ibenholt- 1 | 56° 23' 26"N | Frederikshavn- 1 | 57° 26' 16"N | | |
| | 5° 5' 1"Ø | | 8° 48' 23"Ø | | 5° 58' 29"Ø | | 10° 31' 16"Ø | | |
| Ugle-1 | 55° 43' 15"N | Løgumkloster- 1 | 55° 2' 33"N | | | Glamsbjerg-1 | 55° 17' 33"N | | |
| | 5° 12' 10"Ø | | 8° 57' 4"Ø | | | | 10° 7' 47"Ø | | |
| P-1 | 56° 2' 4"N | | | | | | | Grindsted-1 | 55° 45' 27"N |
| | 3° 46' 10"Ø | | | | | | | | 8° 49' 24"Ø |

Borg-1 og Løgumkloster-1 brønnene sydøst for studieområdet (Tabell 3.2) bekrefter at den kaledonske deformasjonsfronten i syd har en utstrekning mot øst. Nord og øst for disse to brønnene er det i Grindsted-1 og Glamsbjerg-1 brønnene funnet prekambrisk basement slik at avgrensingen av den kaledonske deformasjonsfronten er ganske nøyaktig plassert sydøst for studieområdet (Tabell 3.2; Appendiks I).



Figur 3.2: Ugle-1 brønnen til venstre og Per-1 til højre går begge ned til kaledonsk deformert basement (www.geus.dk).

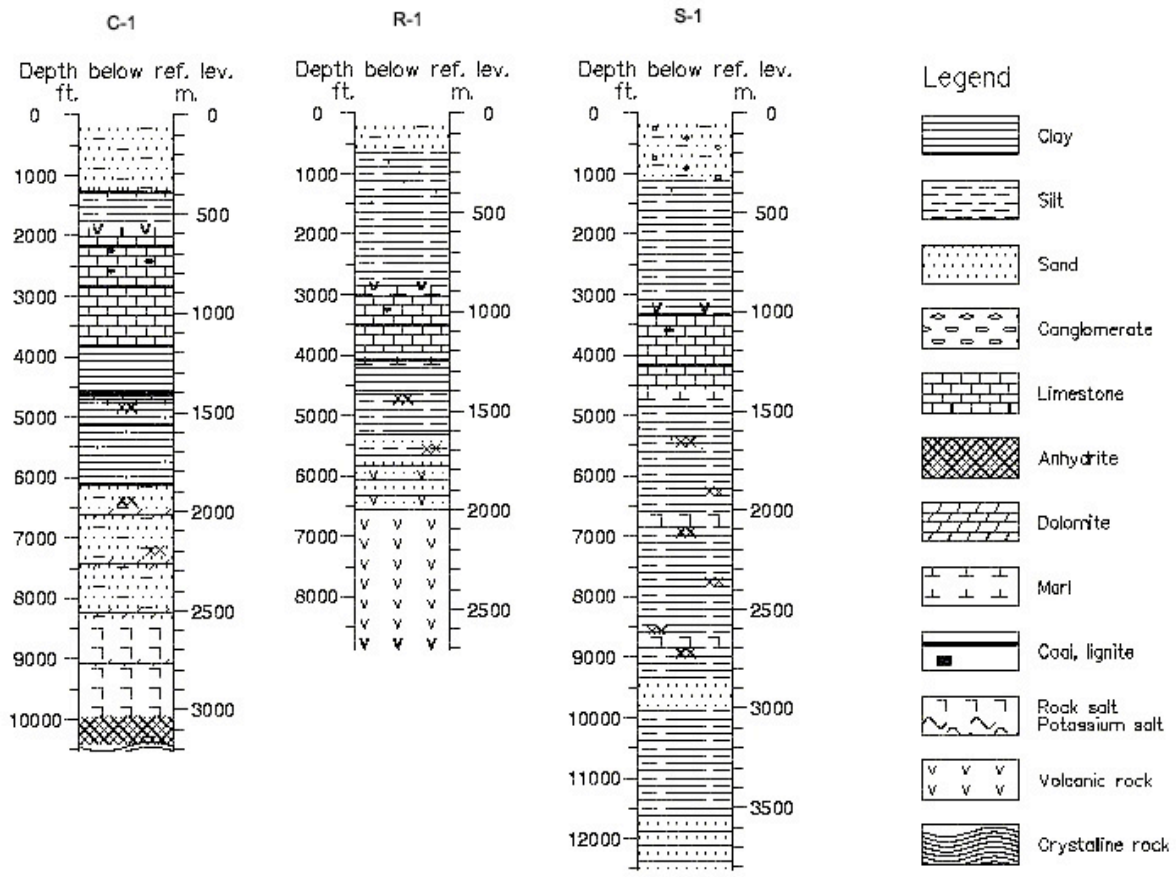
3.2 Brønner boret i paleozoiske og mesozoiske avsetninger

De eldste sedimentære avsetningene i området er funnet øst for Ringkøbing-Fynhøyden og er av kambrisk alder (Terne-1; Slagelse-1) (Sørensen, 1986). Avsetninger fra karbon er funnet i et større område og i flere bønner øst for Horngraben (Nøvling-1; Rønde-1; Terne-1; Slagelse-1), men det er også funnet avsetninger fra karbon i brønner vest for Ringkøbing-Fynhøyden med underliggende kaledonsk basement (39/2-1; P-1; Gert-1). Syd for høyden i området med kaledonsk påvirkning (Borg-1) er det også funnet avsetninger fra karbon (Appendiks I).

Av brønnene brukt i forbindelse med tolkningen av seismiske data i nær tilknytning til Ringkøbing-Fynhøyden (Tabell 3.1) er de fleste boret i Rotliegende avsetninger. Brønnene som går ned i Rotliegende avsetninger viser at disse inneholder magmatisk materiale der radiometriske K/Ar dateringer viser perm alder. Det er i 39/2-1 brønnen vest for Ringkøbing-Fynhøyden påvist forkastningsaktivitet i karbon-perm overgangen som har forkastet lavaer fra denne vulkanske perioden. Vulkanittene må derfor være eldre enn perm alder. I følge Larsen (1972) og Heeremans et al. (2004B) er de magmatiske Rotliegende avsetningene eldre enn det K/Ar dateringen viser. Det radiogene argonet er tapt under en senere oppvarmingsfase i perm. Antagelig har denne oppvarmingen vært en mindre regional oppvarming (150-200°C) som har påvirket de tidligere avsatte eruptiver (Larsen, 1972; Heeremans et al., 2004B). Den vulkanske perioden har i dette området vært i overgangen mellom karbon og perm. Vulkansimen kan følges i brønner fra Danmark, over Ringkøbing-Fynhøyden og videre inn på engelsk side (Figur 2.12).

I Horngraben er det boret to brønner ned i Rotliegende avsetninger fra overgangen karbon-perm (R-1; C-1; Figur 3.3). R-1 brønnen sentralt i Horngraben i overgangssonen fra den nordlige til den sydlige delen ender i basaltisk lava fra Rotliegende gruppen. Over eruptivene er det avsatt kiler fra nedre perm med klastiske syn-rift-sedimenter. Mot nordvest i Horngraben er C-1 boret inn i pyroklastiske Rotliegende avsetninger i overgangen mellom karbon-perm (Vejbæk, 1990). Det er funnet tykke Rotliegende eruptiver i den tyske delen av sydlige Horngraben. S-1 brønnen på dansk side i den sydlige delen av Horngraben er bare boret ned i trias sedimenter. Antagelig finnes det Rotliegende eruptiver dypere enn S-1 er boret fordi det er funnet karbon-perm eruptiver rett syd for S-1. Helt syd i den sydlige Horngraben er det boret 80 meter inn i basaltiske lavaer, vulkansk breksjer og tuff (Best et al., 1983).

Brønnene nord for Ringkøbing-Fynhøyden og brønnene i Sentralgraben viser lik bevaring av borete paleozoiske avsetninger. Det er i denne delen boret i trias og Rotliegende avsetninger, men her har det ikke vært triasisk riftaktivitet som i Horngraben. Nord for Ringkøbing-Fynhøyden er L-1, D-1 og Ibenholt-1 boret ned i Rotliegende avsetninger. Videre mot vest er også Elna-1 boret til Rotliegende avsetninger. Syd for Elna-1 inn i Sentralgraben er Q-1 brønnen boret ned i omarbeidet vulkansk materiale fra Rotliegende (Figur 3.1; Tabell 3.1). Brønnene nord for Ringkøbing-Fynhøyden (Elna-1, L-1 D-1 og Ibenholt-1) har alle Zechstein gruppen bevart. Q-1 brønnen nord i Sentralgraben har ikke Zechstein avsetninger (Figur 3.4; 3.5).



Lithostratigraphy (Groups)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|---------|---------------------|
| 212.0 | 2010.0 | Post Chalk Group |
| 2010.0 | 3828.9 | Chalk Group |
| 3829.0 | 4341.0 | L. Cretaceous units |
| 4341.0 | 4627.0 | Jurassic units |
| 4341.0 | 4627.0 | U. Jurassic undiff |
| 4627.0 | 8418.9 | Triassic units |
| 6535.9 | 8418.9 | Bacton Group |
| 8418.8 | 10492.8 | Zechstein Group |
| 10492.8 | 10525.8 | Rotliegende Group |

Chronostratigraphy (Periods)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|--------|------------|
| 212 | 600 | Quaternary |
| 600 | 2232 | Tertiary |
| 2232 | 4341 | Cretaceous |
| 4341 | 4627 | Jurassic |
| 4627 | 8418 | Triassic |
| 8418 | 10526 | Permian |

Lithostratigraphy (Groups)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|--------|---------------------|
| 206.0 | 3009.9 | Post Chalk Group |
| 3009.9 | 3956.9 | Chalk Group |
| 3956.9 | 4225.9 | L. Cretaceous units |
| 4225.9 | 4359.9 | Jurassic units |
| 4225.9 | 4359.9 | U. Jurassic undiff |
| 4359.9 | 6640.9 | Triassic units |
| 5809.9 | 6640.9 | Bacton Group |
| 6640.9 | 8864.8 | Rotliegende Group |

Chronostratigraphy (Periods)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|--------|------------|
| 206 | 635 | Quaternary |
| 635 | 3055 | Tertiary |
| 3055 | 4226 | Cretaceous |
| 4226 | 4360 | Jurassic |
| 4360 | 6641 | Triassic |
| 6641 | 8865 | Permian |

Lithostratigraphy (Groups)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|---------|---------------------|
| 195.1 | 3348.0 | Post Chalk Group |
| 3348.0 | 4570.0 | Chalk Group |
| 4570.0 | 5082.0 | L. Cretaceous units |
| 5082.0 | 5262.0 | Jurassic units |
| 5082.0 | 5262.0 | U. Jurassic undiff |
| 5262.0 | 12511.9 | Triassic units |
| 8840.9 | 12511.9 | Bacton Group |

Chronostratigraphy (Periods)

| Top ft. below ref. level | Bottom | Unit |
|-----------------------------|--------|------------|
| 195 | 1107 | Quaternary |
| 1107 | 3347 | Tertiary |
| 3347 | 5082 | Cretaceous |
| 5082 | 5262 | Jurassic |
| 5262 | 12512 | Triassic |

Figur 3.3: Brønner i Horngraben, fra nord til venstre mot syd til høyre (www.geus.dk).

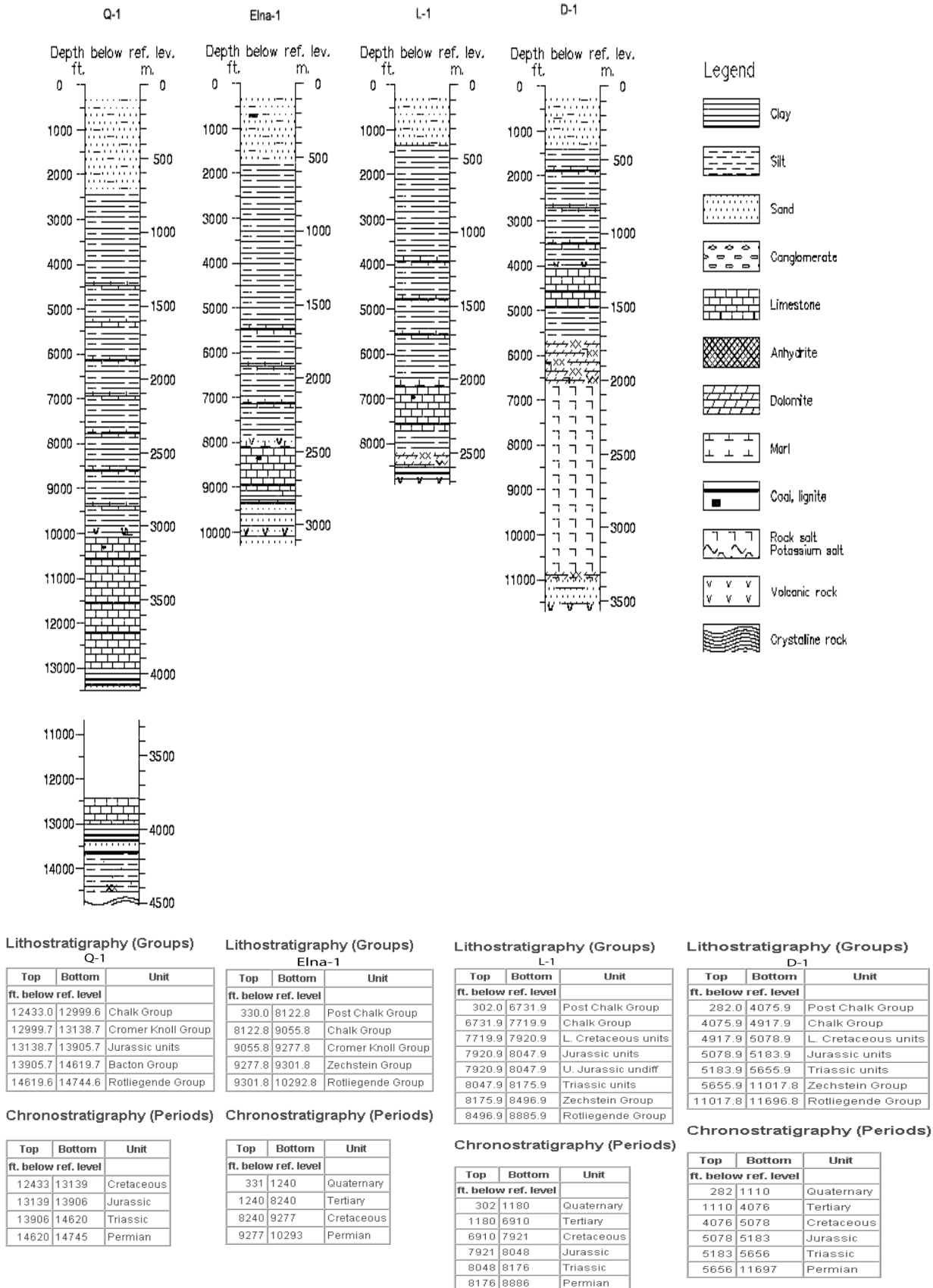
I R-1 brønnen er det ikke funnet Zechstein salt fra perm. Det er lite tegn til at det har vært avsatt salt sentralt i Horngraben. Det er funnet saltstrukturer i den sydlige delen og på den nordøstlige flanken av den nordlige delen. I den nordøstlige delen av Horngraben i C-1 brønnen er det store saltavsetninger bevart. Saltet i C-1 brønnen ble avsatt i det nordlige perm bassenget. S-1 brønnen er ikke boret tilstrekkelig dypt for å finne saltavsetninger (Figur 3.3).

Triasiske sedimenter er boret både i den nordlige og i den sydlige delen av Horngraben. I den nordlige delen er det funnet eldre og yngre triasiske avsetninger i brønnene C-1 og R-1. I den sydlige delen er det i S-1 brønnen mektige yngre triasiske avsetninger over eldre trias. S-1 brønnen ender i Bunter formasjonen fra Bacton gruppen og denne er til stede i C-1 og R-1 også (Figur 3.3) (Vejbæk, 1990). Fra midtre trias i brønnene C-1 og S-1 er det bevart avsetninger fra Ørslev formasjonen. Det er bevart avsetninger fra Falster formasjonen i C-1, R-1 og S-1. Fra øvre trias er det i C-1 og R-1 bevart Tønder formasjonen og Oddesund formasjonen er bevart i C-1 og S-1 (Appendiks I).

I Sentralgraben i Q-1 brønnen er det avsetninger fra Bacton gruppen. Disse triasiske avsetningene tynner og er borte i Elna-1 lenger nord. Fra Elna-1 og østover i brønnene nord for Ringkøbing-Fynhøyden kommer de triasiske avsetningene tilbake. Det er kun observert trias avsetning i bunnen av L-1, østover i D-1 og Ibenholt-1 brønnene øker tykkelsen av Bacton gruppen fra eldre trias (Figur 3.4; 3.5). Videre øst i Horngraben øker mektigheten av trias avsetningen. I øst og i syd av Horngraben er både eldre og yngre trias bevart.

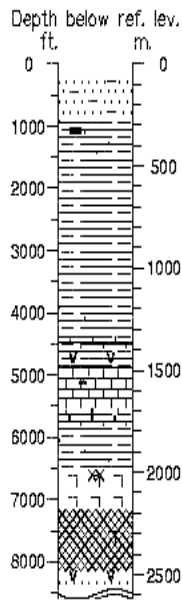
Sentralgrabenbrønnene har vært utsatt for erosjon i trias avsetningene slik at det her ikke er bevart yngre trias avsetninger. Sentralgraben har en liknende triasisk avsetning bevart som nord for Ringkøbing-Fynhøyden, og ikke som i Horngraben der det er syn-rift triasiske avsetninger. De triasiske avsetningene fra brønnene i Sentralgraben tynner mot det jurasiske erosjonssenteret i nordvest. Brønnene nord for Ringkøbing-Fynhøyden tynner også mot dette jurasiske erosjonssenteret (Appendiks I).

Avsetningene fra jura i brønnene i Horngraben har en jevn tykkelse på omtrent 100 meter. Det er bare jura avsetninger fra øvre jura periode i hele Horngraben (Figur 3.3).

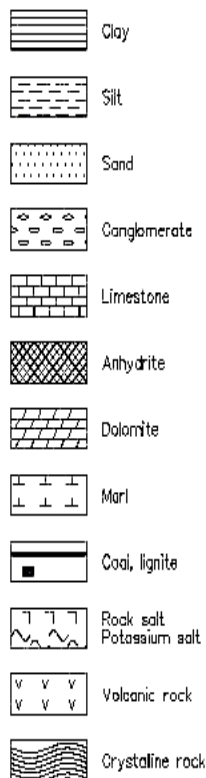


Figur 3.4: Brøner fra Sentralgraben og nord for Ringkøbing-Fynhøydén (www.geus.dk).

IBENHOLT-1



Legend



Lithostratigraphy (Groups)

| Top | Bottom | Unit |
|----------------------|--------|--------------------|
| ft. below ref. level | | |
| 263.0 | 4882.9 | Post Chalk Group |
| 4882.9 | 5517.9 | Chalk Group |
| 5517.9 | 5713.9 | Cromer Knoll Group |
| 5713.9 | 5871.9 | Jurassic units |
| 5871.9 | 6545.9 | Triassic units |
| 6545.9 | 8305.8 | Zechstein Group |
| 8305.8 | 8443.8 | Rotliegende Group |

Chronostratigraphy (Periods)

| Top | Bottom | Unit |
|----------------------|--------|-------------|
| ft. below ref. level | | |
| 262 | 960 | Quaternary |
| 960 | 4985 | Tertiary |
| 4985 | 5713 | Cretaceous |
| 5713 | 5872 | Jurassic |
| 5872 | 6546 | Triassic |
| 6546 | 8443 | Permian |
| 8443 | 8523 | Precambrian |

Figur 3.5: Nord for Ringkøbing-Fynhøyden er Ibenholt-1 boret i prekambrisk basement (www.geus.dk).

Brønndata fra Sentralgraben har, som i Q-1, en tykk lagpakke fra øvre jura (Figur 3.4). Riften i Sentralgraben har hatt en aktivitet gjennom hele jura slik at det har blitt bevart store øvre jura sedimenter. Vest på Ringkøbing-Fynhøyden er det to brønner Per-1 og Ugle-1. Ugle-1 har en øvre jura lagpakke representert. I Per-1 brønnen er ikke jura bevart, her ligger kritt avsetningene rett oppe på kaledonsk deformert basement. Øvre jura avsetninger fra Ringkøbing-Fynhøyden

varierer i tykkelse, slik at det i Ugle-1 finnes øvre jura avsetninger mens like i nærheten i Per-1 er det ikke øvre jura avsetninger (Figur 3.2).

Brønnene rundt Ringkøbing-Fynhøyden har krittavsetninger med en mektighet på omtrent 300 meter. I de store grabenstrukturene som i Sentralgraben og Horngraben er det muligheter for kompaksjon av mektige sedimentbasseng og halokinetisk bevegelse. Dette har gitt mektigere krittavsetninger enn på høyden som i Q-1 og S-1. Krittavsetningene i brønnene er kalkavsetninger med bare en tynn nedre krittlagpakke med en vesentlig større chalk avsetning over (Appendiks I).

De kenozoiske avsetningene mellom Sentralgraben og Horngraben viser i brønner en variasjon i mektighet fra to kilometer i Sentralgraben til en kilometer i Horngraben av klastiske sedimenter (Appendiks I).

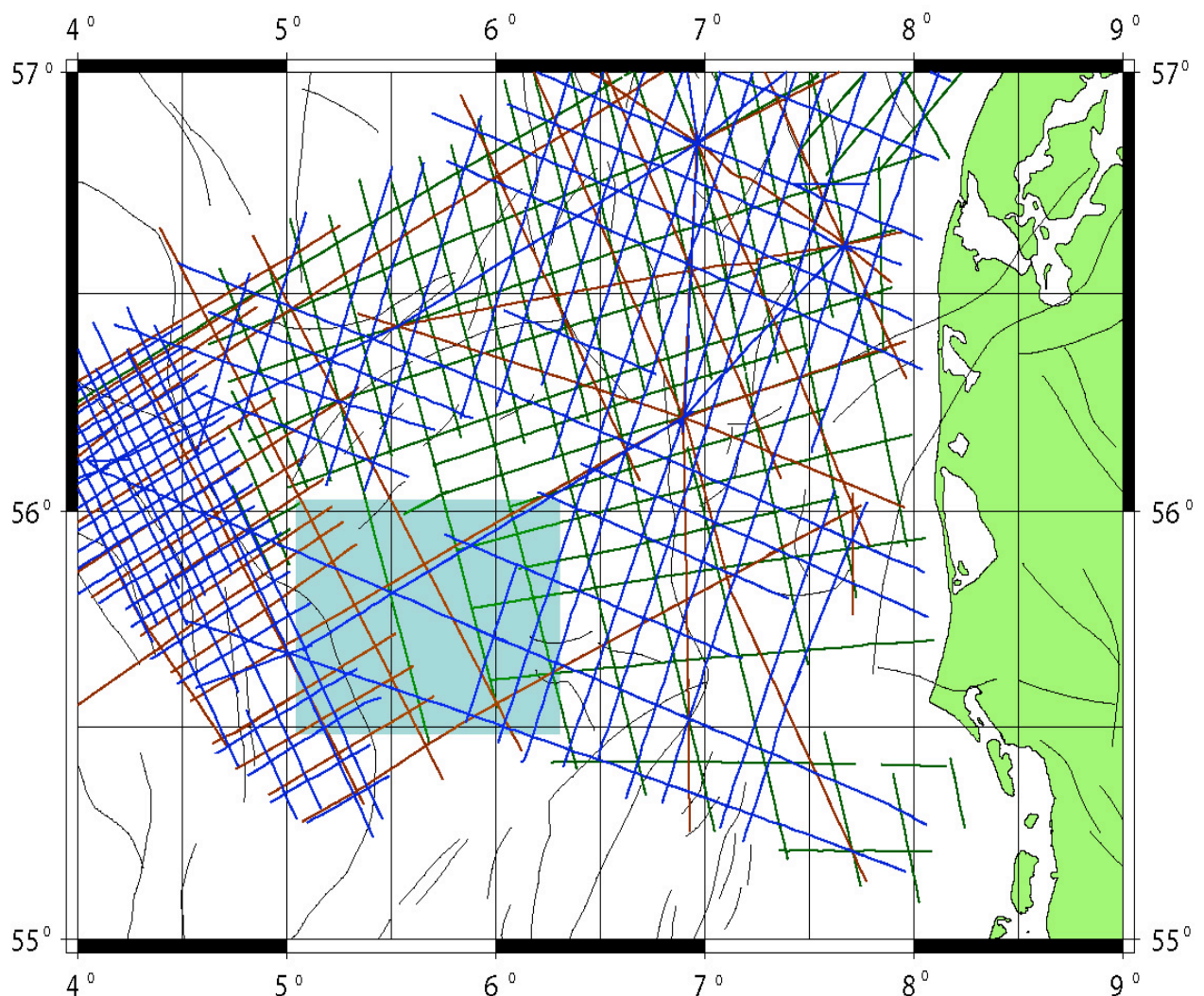
3.3 Beskrivelse av seismiske data

Det er brukt flere ulike undersøkelser av todimensjonale multikanal seismiske refleksjonsdata i denne oppgaven. De seismiske refleksjonsdataene kan deles i to hovedgrupper, de regionale datasettene RTD-81, SP-82 og DCS-81 og det lokale datasettet DS-99. Det lokale datasettet har tett grid over den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden mellom Sentralgraben og Horngraben der de regionale undersøkelsene kun består av et grovt grid (Figur 3.6) (Appendiks III). DS-99 linjene er samlet inn i et nord-syd og et øst-vest grid (Figur 3.1). De regionale datasettene skrår over høyden og ut i bassengene rundt og kan knyttes til brønnene Q-1, Elna-1, L-1, D-1, Ibenholt-1, R-1, C-1, S-1 og på høyden til Per-1 og Ugle-1 (Tabell 3.1; Appendiks I; III).

De regionale linjesettene RTD-81, SP-82 og DCS-81 er samlet inn tidlig på 80-tallet og dekker store deler av dansk sokkel. RTD-81 er samlet inn av GECO i samarbeid med NOPEC i 1981 og prosessert av GECO i 1981-82. DCS-81 undersøkelsen er skutt av Western Geophysical i 1981 og prosessert av Western Geophysical i 1982. SP-82 undersøkelsen er samlet inn av Seismic Profilers i samarbeid med Merlin Geophysical og prosessert av Merlin Geophysical i 1982. RTD-81, SP-82 og DCS-81 finnes kun i papirformat for denne oppgaven (Figur 3.6) (Appendiks III). DS-99 linjesettet er gitt til Universitetet i Oslo fra TGS-NOPEC. Dette datasettet har hoveddekning mellom 5° og 6°30' øst og fra 55°30' til 56° nord (Figur 3.1). Datasettet ble samlet inn av NOPEC International for TGS NOPEC og prosessert i 1999 av TGS NOPEC. Alle

datasettene har likt innsamlingsoppsett og er skutt med en singel kilde og har en fold på 60 og kabellengde på 2950 m.

Universitetet i Oslo mottok DS-99 datasettet på digitalt format for tolkning på Kingdom suite versjon 7.4. Kingdom er et interaktivt tolkningsverktøy som bruker Microsoft operativsystem som plattform. Selv om DS-99 linjene er i et 2D grid, så kan de øvre sedimentære sekvensene med en kontinuerlig utvikling over hele gridet interpoleres mellom linjene. En interpolering av en tolket reflektorhorisont gir et inntrykk av avsetningsstrukturens helling i området. En interpolering av de sedimentære sekvensene bør ikke gjøres hvis sekvensene har liten utstrekning og stor strukturell variasjon i forhold til gridrutene. Småskala variasjoner i horisontene vil forsvinne i interpoleringen.



Figur 3.6: De regionale linjene er markert med ulike farger: RTD-81-brune, SP-82-blå og DCS-81-grønne. Området på Ringkøbing-Fynhøyden hvor DS-99 undersøkelsen ligger er markert med lys blå.

De regionale linjene er sammenliknet med arbeider av Møller (1986), Vejbæk (1990; 1997), Michelsen et al. (1994), George og Berry (1997) og Huuse et al. (2001) og knyttet til brønndata rundt høyden (Tabell 3.1) (www.geus.dk). Linjer som krysser hverandre er korrelert og tolket opp mot og over Ringkøbing-Fynhøyden. På Ringkøbing-Fynhøyden er tolkningene på de regionale linjene korrelert inn til DS-99 linjene. Korreleringen med flere brønner og tidligere arbeider gir en god kronostratigrafisk sikkerhet og en større kontroll av tolkningene i studieområdet (Appendiks I).

Seismisk data med regional utstrekning rundt Ringkøbing-Fynhøyden ble benyttet under tolkingen for å få en helhetlig forståelse av området og for å sette de strukturelle elementene på Ringkøbing-Fynhøyden inn et større strukturelt bilde. Eldre strukturering kan ofte vises i yngre sedimentære avsetninger og forkastningsmønster. En del sentrale linjer som krysser Ringkøbing-Fynhøyden er beskrevet og vist i denne oppgaven.

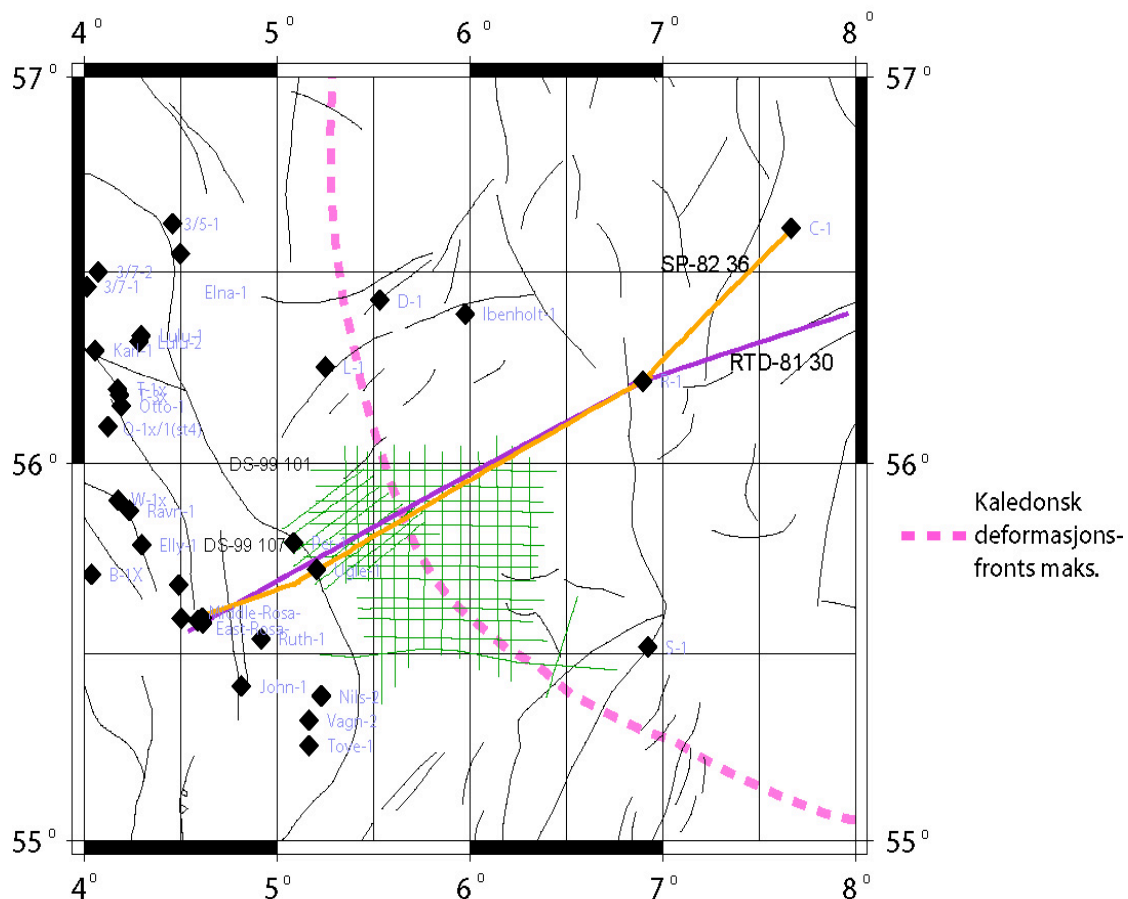
I området rundt Ringkøbing-Fynhøyden svekkes mye av refleksjonsmønsteret fra de paleozoiske avsetningene på grunn av sterke reflektorer i lagpakken over. Der det er påviste paleozoiske bassengavsetninger er ofte den seismiske avbildningen av disse sekvensene vanskelig å fange opp (Viejo, 2002). Sterke reflektorer som bunn av chalk tar opp mye av den seismiske energien. Dypere strukturer og eldre avsetninger vil ha mindre akustisk impedansekontrast ettersom de fleste bergartene har en økning i hastighet og tetthet i dypet. Mye tektonisk aktivitet og vulkanisme varmer opp og forstyrrer de avsatte sekvensene, slik at disse kan være vanskelige å følge over et større område.

Saltets bevegelse i bassengene rundt kompliserer mulighetene til kronostratigrafisk å følge reflektorene mot og over Ringkøbing-Fynhøyden. Selv om ikke alle de dype avsetningene kommer klart fram i de seismiske profilene så kan forkastningsmønsteret og struktureringen av Ringkøbing-Fynhøyden skape et bilde av mulige avsetningsområder.

Mindre lokale riftbassenger på Ringkøbing-Fynhøyden vil ikke kunne tidskorreleres med brønndata når brønnen ikke er boret i selve avsetningen. Mindre og større riftstrukturer som har en liknende utstrekning kan ha en felles opprinnelse. Hvis det seismiske signalet i bassengstrukturen har en likhet i karakter i forskjellige områder kan disse tolkes til likhet i avsetning og lithostratigrafisk innhold.

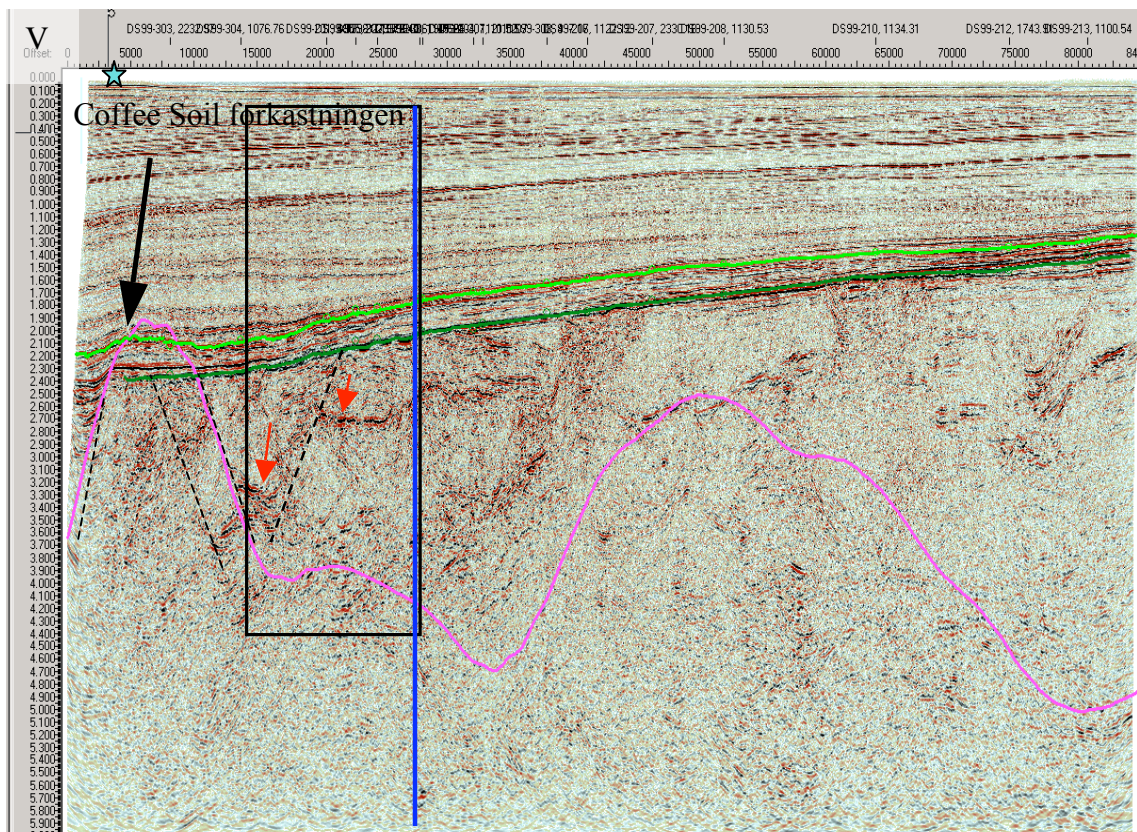
3.4 Datakvalitet til de seismiske undersøkelsene

Det er stor forskjell mellom seismiske datasett samlet inn til forskjellig tid da det har vært en enorm utvikling innen seismisk innsamling og prosessering fra 80-tallet og fram til i dag. RTD-81, SP-82 og DCS-81 som alle er fra tidlig i 80-årene har et mer diffust og støyende bilde enn DS-99 undersøkelsen. Ved at de eldre datasettene i denne oppgaven kun er tilgjengelig som papirkopi er muligheten begrenset for å variere skalaen på snittene. Forkjeller i amplitudeutslag kan ikke framheves ved variasjon i fargeskala og intensitet slik det er mulig med moderne tolkningsverktøy og digitale data. Med det digitale DS-99 linjesettet er det mulig på en interaktiv tolkningsstasjon å variere skala, farger og intensitet på varierende amplitudeutslag ved tolkning av forskjellige fenomener.



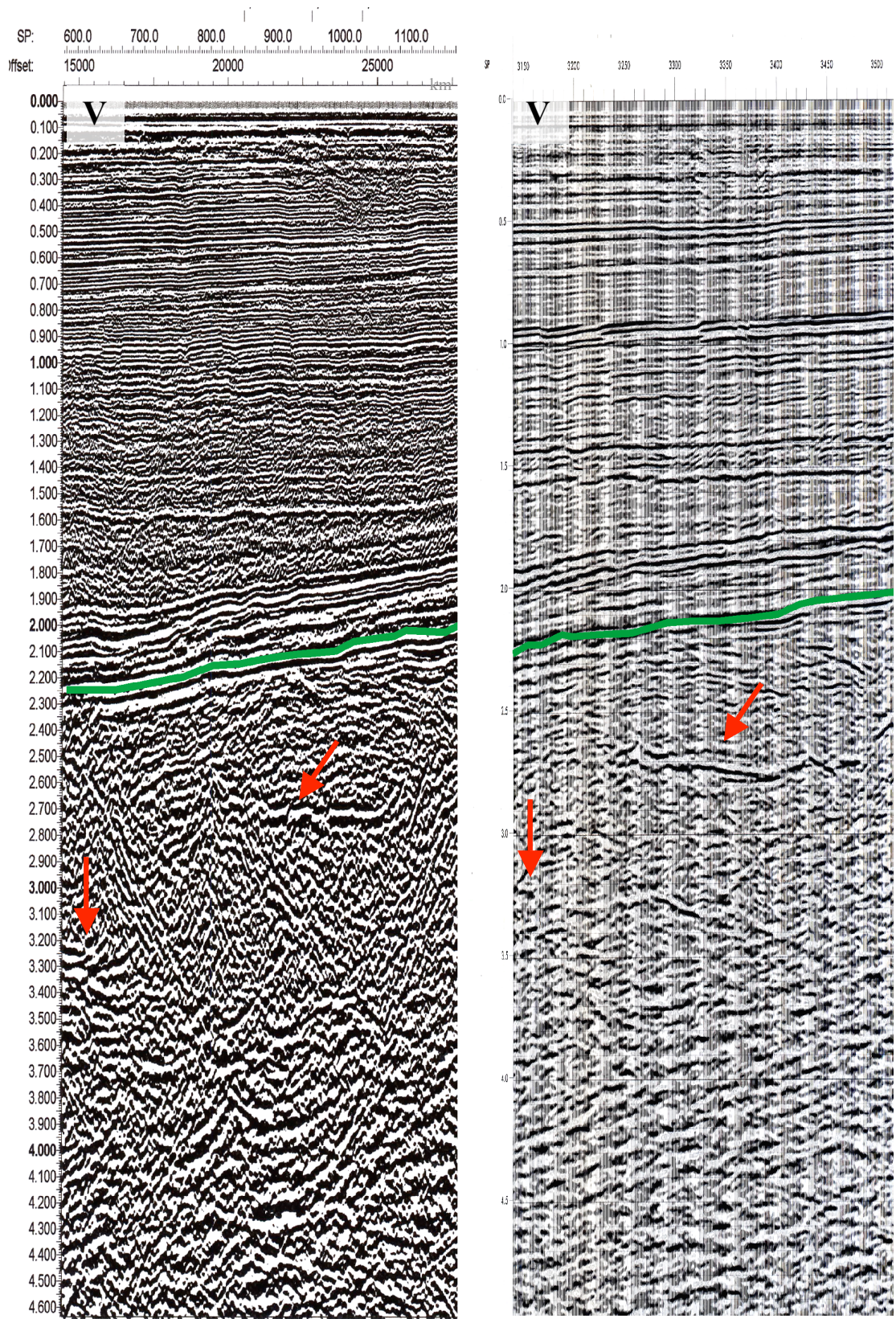
Figur 3.7: Oversiktskart som viser seismiske linjer hvor den seismiske kvaliteten kan sammenliknes. DS-99 101 og 107 linjene er markert med tekst i vest. SP-82 36 linjen er markert med oransje og RTD-81 30 linjen med lilla. Maksimal utstrekning av den kaledonske deformasjonsfront fra Abramovitz et al. (1997A).

Ved å sammenlikne de forskjellige datasettene kommer det tydelig fram forskjeller i det seismiske signal/støyforholdet (Figur 3.7; 3.8; 3.9). Forbedringer i signal/støyforhold ved nyere prosesseringsmetoder gir en bedre seismisk oppløsning. Tettere seismisk datadekning og flere kontroller mot andre typer av data gir sikrere og mer entydig tolkning. Kontroll av seismiske tolkninger på den enkelte linje ved hele tiden å tolke i løkker, gir en sjekk og kvalitetssikring på at det er reelle reflektorer som videreføres.



Figur 3.8: Seismisk snitt av DS-99 107 linjen der innrammet område er forstørret og sammenliknet med RTD-81 linje 30 i figur 3.9. Intrusjoner markert med røde piler på hver side av et større forkastningsplan. Kryssende RTD-81 linje 30 markert med blå strek. Topp og bunn krittreflektorer markert lys og mørk grønn og Bougueranomali markert rosa. Brønnen Per-1 er markert med stjerne★.

Støy i det seismiske bildet varierer mellom de forskjellige undersøkelsene. Det varierer også fra linje til linje i en og samme undersøkelse. Ved å bruke flere forskjellige datasett kan den varierende støyen mellom linjesettene fanges opp og en unngår å tillegge støyen noen reell betydning. Hvis tolkningen i tillegg knyttes til andre typer av data, som her med brønn- og tyngde-data integrert med andre arbeider fra områdene rundt, så gir dette en sikker og god tolkning.



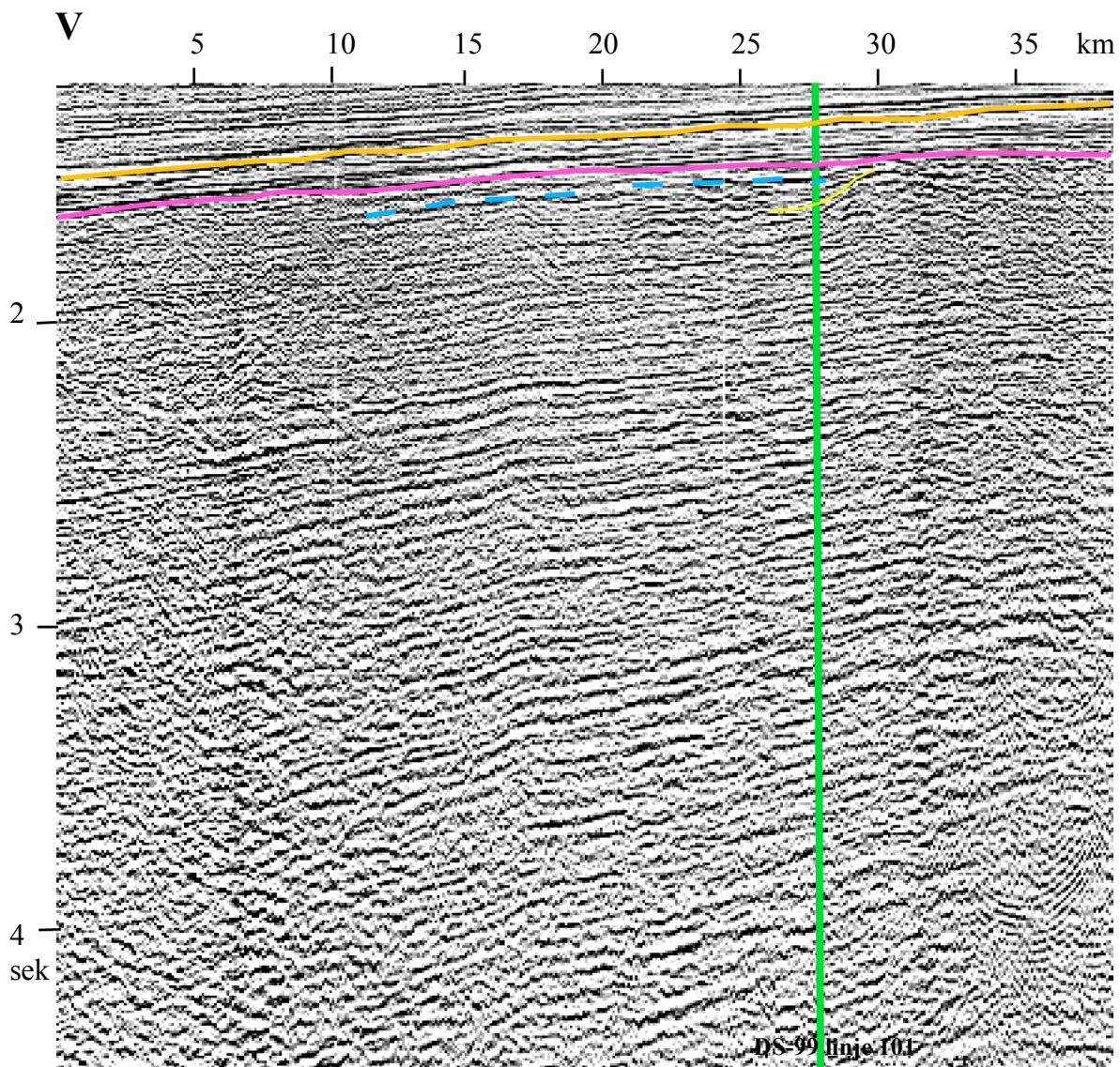
Figur 3.9: Til venstre DS-99 del av linje 107 hentet 1 km øst for Per-1. Til høyre RTD-81 et tilsvarende utsnitt fra 30 linjen der vestre del er 1km syd for DS-99 linje107 og utsnittet er mindre enn 500 meter øst for Ugle-1. Referansereflektor, grønn, er bunn nedre kritt. Linjene er her vist med vest mot venstre. Rød pil markerer intrusjoner.

De dype reflektorene på Ringkøbing-Fynhøyden har ofte en kort og mindre kontinuerlig utstrekning. Ved først å tolke reflektorer i den øvre lagpakken så gir dette en bedre vurdering av de dype reflektorene. En jevn kontroll av linjene inn mot brønndata fra flere retninger gir en kronostratigrafisk sikker tolkning av de seismiske datasettene. En sammenlikning av den seismiske avbildningen fra ulike linjer inn til en brønn gir en god vurdering av utstrekningen til lithostratigrafien funnet i brønnen, og kan brukes til å forklare det seismiske mønsteret rundt brønnen.

DS-99 linjene sammenliknet med de regionale linjesettene viser at DS-99 linjene har et sterkere og klarere refleksjonsmønster fra de enkelte linjene (Figur 3.9). I de eldre regionale undersøkelsene er det enkelte linjesett som skiller seg ut som bedre enn andre. SP-82 har en bedre seismisk oppløsning enn de andre seismiske undersøkelsene fra denne tidsperioden brukt i denne oppgaven. Særlig i de områdene der flere av linjesettene har linjer nær hverandre er det lagt større vekt på linjene med det beste signal/støyforholdet (Figur 3.7).

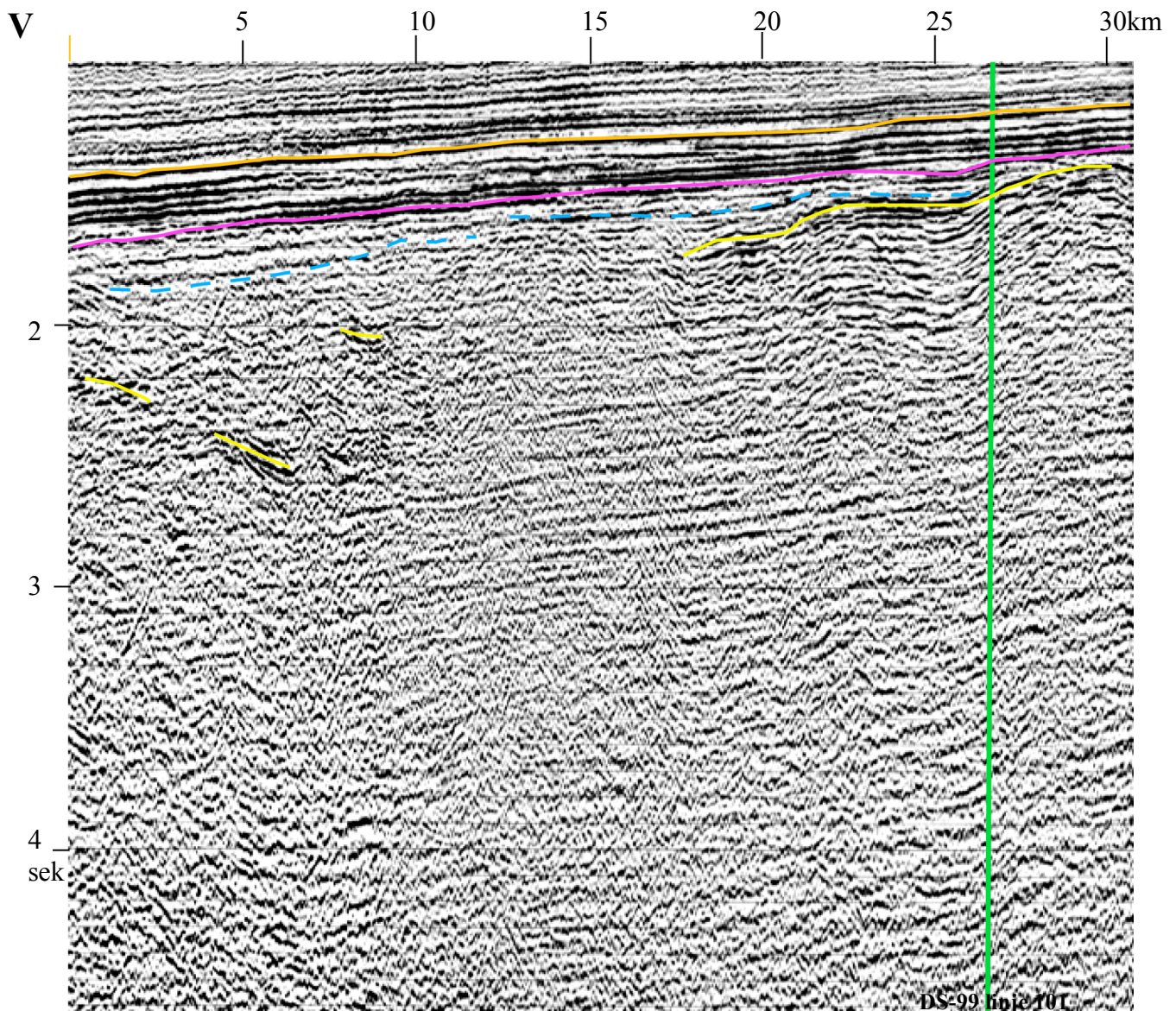
RTD-81 30 linjen krysser over DS-99 107 linjen i en spiss vinkel (Figur 3.7; 3.8). De to snittene kan følges over det samme området med kort avstand mellom linjene inn mot Coffee Soil forkastningen på flanken til Sentralgraben. Ved en sammenlikning av disse linjene (Figur 3.9) er det en klar forskjell i kvaliteten på de seismiske signalene. RTD-81 30 linjen viser at under bunn kritt reflektoren har DS-99 107 linjen en bedre oppløsning som får fram strukturelementer som det eldre datasettet ikke viser.

RTD-81 30 linjen og SP-82 36 linjen følger hverandre parallelt nordøst mot R-1 brønnen med mindre enn 500 m avstand (Figur 3.7). Både RTD-81 30 linjen og SP-82 36 linjen krysser DS-99 101 linjen i samme område. Strukturene i dypet er ikke tydelige under de sterke reflektorene fra kenozoikum og kritt. Den dypeste tolkningen som er mulig av RTD-81 30 linjen i dette området er fra overgangen jura-kritt. Her viser RTD-81 30 linjen mange jevne multippelreflektorer som strekker seg over et uklart mønster (Figur 3.10). Det strukturelle mønsteret under jura-kritt overgangen er uryddig med en del støy og svak refleksjonsenergi sammen med høy multippelenergi over.



Figur 3.10: RTD-81 30 linjen som krysser DS-99 101 linjen (markert grønn). RTD-81 30 linjen går parallelt med SP-82 36 linjen med mindre enn 500 m avstand. Oransje markerer topp chalk, rosa markerer bunn kritt, stiptet blå markerer bunn jura og gul strek markerer intrusjoner og vulkanitter.

I krysningen mellom DS-99 101 linjen og RTD-81 30 linjen kan tolkninger fra 101 linjen korreleres med de svakere reflektorene i RTD-81 30 snittet. Flere kryssende linjer over en linje med dimmet refleksjonsmønster kan muliggjøre en tolkning over linjen. Uten korrelasjoner er det vanskelig å følge dypere strukturering langs en linje som RTD-81 30 linjen. SP-82 linje 36 (Figur 3.11) krysser også DS-99 101 linjen (Figur 3.7). I SP-82 36 linjen kommer de dypere strukturene godt fram. Over disse strukturene har man innslag av gjennomskjærende multiplereflektorer nedover i dypet, men fortsatt er det mye energi fra reelle reflektorer (Figur 3.11).

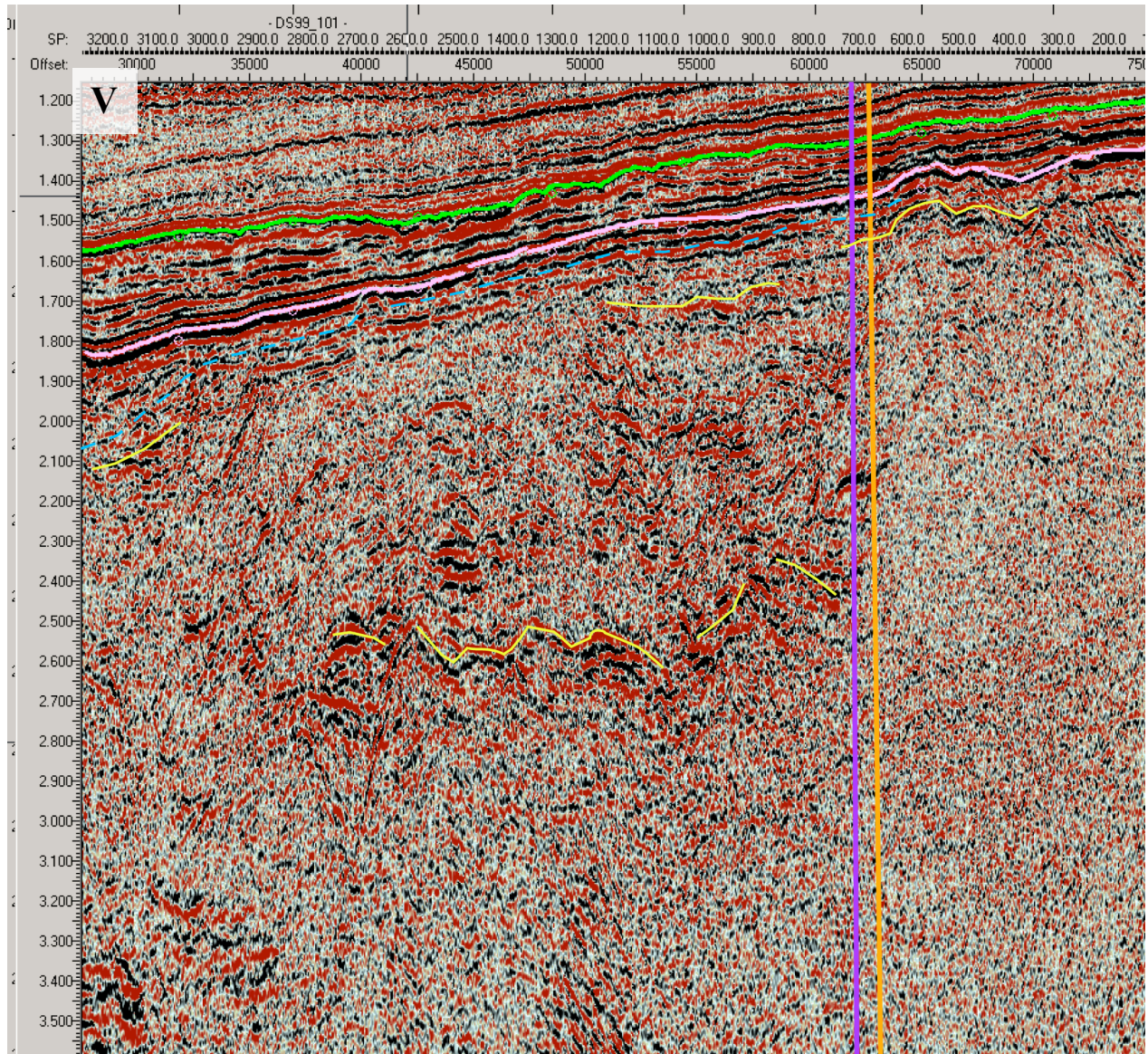


Figur 3.11: SP-82 linje 36 som går parallelt med RTD-81 30 linjen med mindre enn 500 meters avstand og krysser DS-99 101 linjen (markert grønn). Oransje markerer topp chalk, rosa markerer bunn kritt, stiplet blå markerer bunn jura og gul strek markerer intrusjoner og vulkanitter.

Et dypere forkastningsblokkemønster med vulkansk karakter over blokkene kommer klart fram på SP-82 36 linjen. De dypere forkastningsblokkene vises like godt på SP-82 36 linjen (Figur 3.11) som på DS-99 101 linjen (Figur 3.12) selv om det er noe mindre støy og lite multippelenergi i DS-99 linjene.

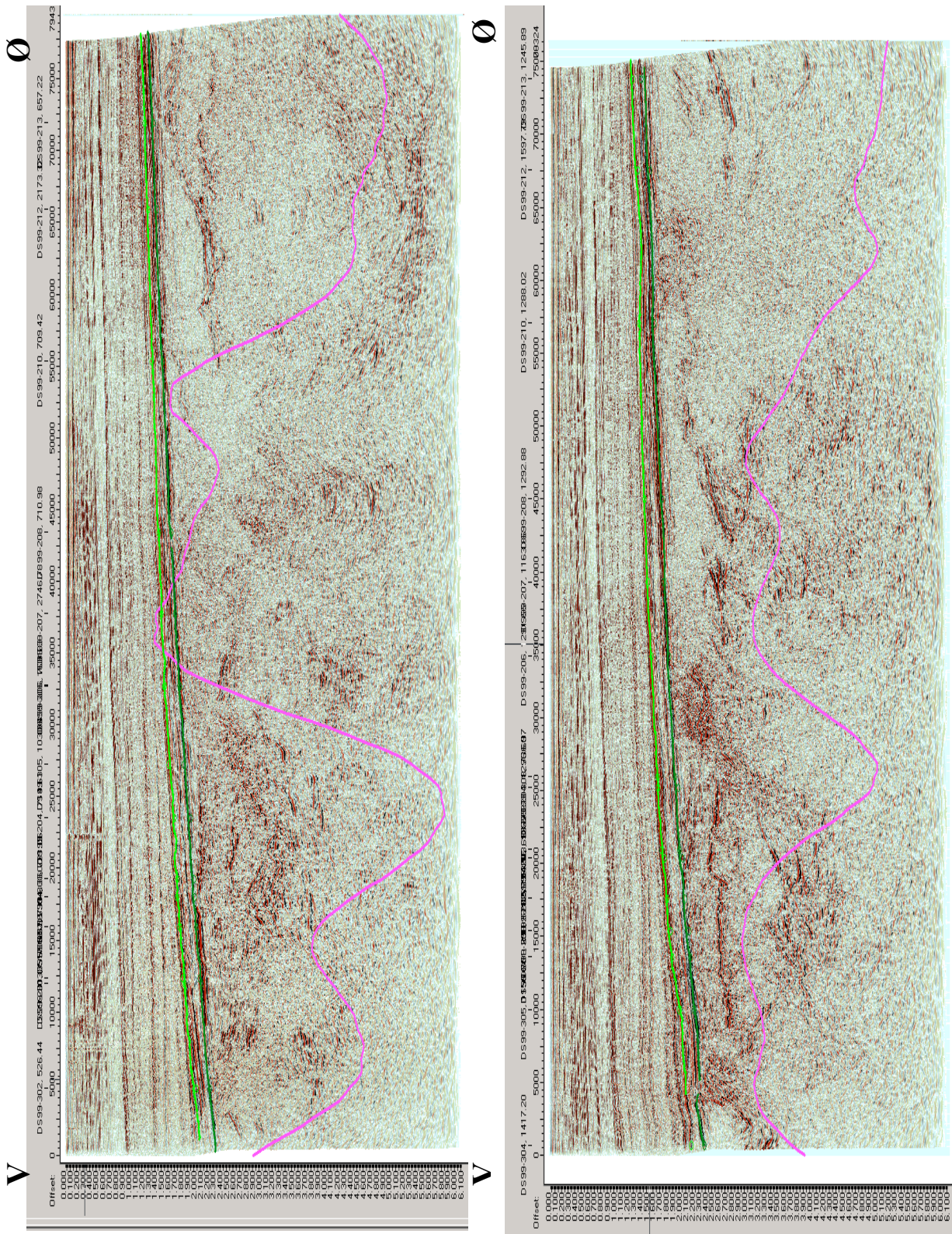
DS-99 linjene har lite multippelstøy (Figur 3.12; 3.13) i forhold til de eldre datasettene (Figur 3.10; 3.11). Støyforholdet i DS-99 er betydelig forbedret gjennom en bedre prosessering.

Forkastningsstrukturene og magmatiske intrusjoner kommer klarere fram i DS-99. Der det er lite refleksjonsmønster i dypet er det heller ikke mye multiplerefleksjoner, men bare en matt karakter i seismikken slik som inne i strukturelle høyder med lite intern akustisk impedansekontrast.



Figur 3.12: DS-99 linje101 krysses av RTD-81 30 linjen markert med lilla og SP-82 36 linjen markert med oransje. Bunn kritt markert rosa, topp chalk markert grønn, stiplet blå bunn øvre jura, gul strek ved vulkanitter og intrusjoner (oversiktskart, Figur 3.7).

DS-99 linjesettet har også god avbildning over områder med mye variasjon i seismisk karakter. Der det er et stort skifte i seismisk karakter fra områder med sterk refleksjonsenergi til homogene områder med lite seismisk refleksjon, er det klare avbildninger i skiftet i overgangen mellom strukturene.



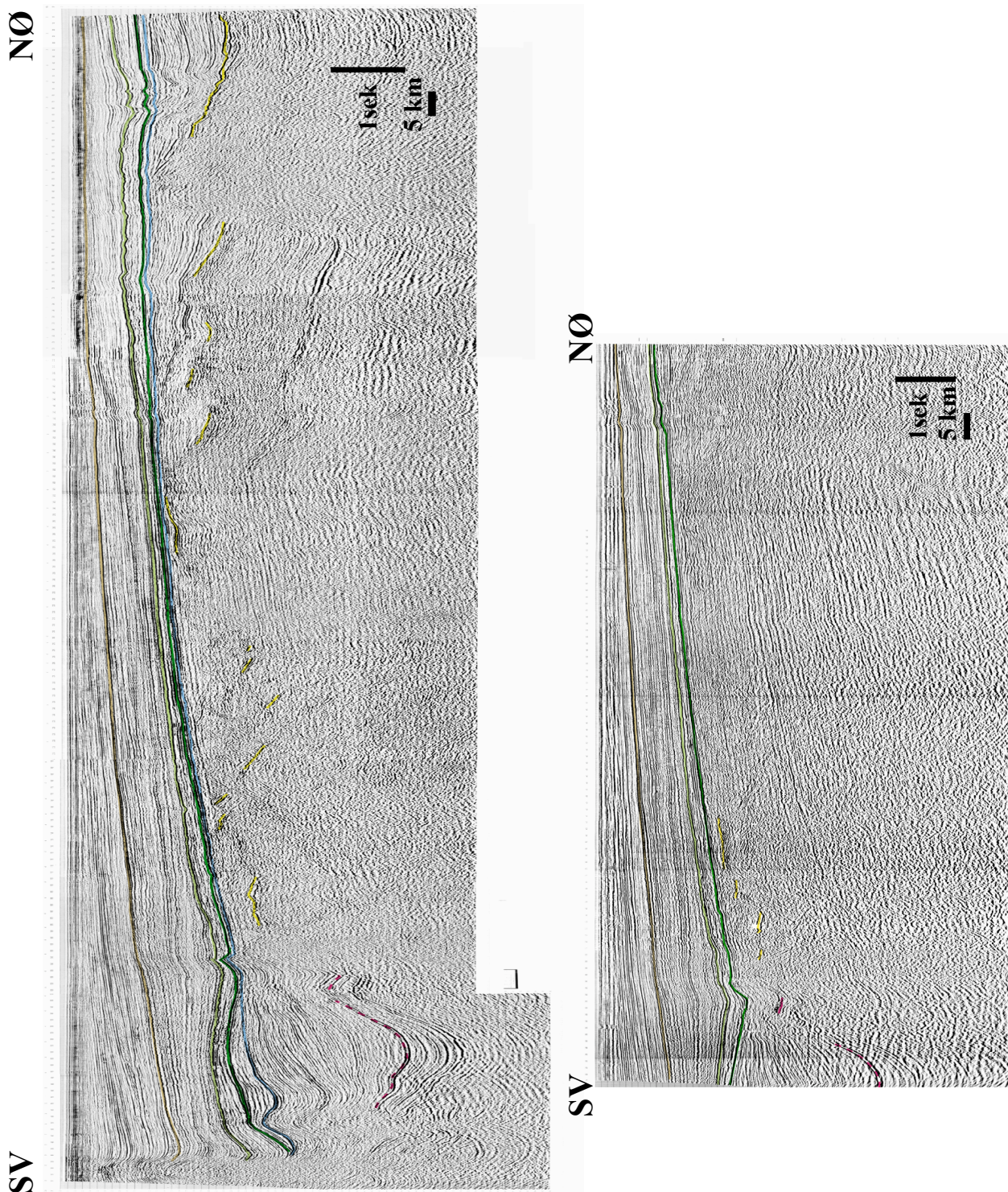
Figur 3.13: Til venstre er DS-99 linje 104 og til høyre DS-99 linje 108. linjene viser en ensartet kvalitet på seismikken og den seismiske karakteren varierer lite i områder med en lik geologi. Rosa linje er tyngdeanomali. Grønne linjer markerer topp chalk og topp nedre kritt.

DS-99 linjenes gode signal/støyforhold gjør at både grunne og dype strukturer vises (Figur 3.13). De sterke dype elementene som kommer fram i de ulike undersøkelsene får en klar og veldefinert avgrensning i DS-99 linjene. DS-99 linjene viser både store forkastningssystem som kan følges fra linje til linje, og småskala forkastninger langs reflektoren i den enkelte linje. Med dataene på digital form kan både mindre lokale og storskala strukturelle elementer studeres i detalj.

DS-99 datasettet har gjennomgående lik seismisk oppløsning og kvalitet i hele området (Figur 3.13) mens de regionale linjene kan variere mye fra en del av en linje til en annen. Langs RTD-81 30 linjen er det stor variasjon av den seismiske kvalitet langs linjen (Figur 3.14). Linjen har en bedre oppløsning over høyden ved Sentralgraben enn ved Horngraben. I RTD-81 30 linjen fra høyden mot Coffee Soil forkastningen vises enkelte eldre strukturer sammen med multippelstøy (Figur 3.9). Øst på høyden mot Horngraben langs RTD-81 30 linjen forsvinner omtrent alle tegn til dypere struktureringer og det er bare multippelstøy som vises (Figur 3.10).

Variasjon innad i de regionale linjene kan gjøre at enkelte deler av en linje inneholder mye informasjon, men å videreføre denne informasjonen til et større område blir umulig gjennom de delene av linjen som har et dårligere signal/støyforhold. Troverdigheten til informasjonen i den del av linjen som er god svekkes når en halvdel av linjen bare viser støyelementer. Når det er mye støy og støynivået er varierende i datasettet vil strukturelle høyder som ikke har et indre mønster lett kunne oppfattes som støy.

Det er stor forskjell mellom de enkelte regionale linjesettene. SP-82 linjene har god oppløsning internt og mulighet til tie mellom linjene. Dette linjesettet skiller seg ut med en bedre kvalitet enn DCS-81 og RTD-81 linjesettene. RTD-81 30 linjen og SP-82 36 linjen (Figur 3.7) viser et refleksjonsbilde fra det samme området på høyden fra Sentralgraben og fram til R-1 brønnen i Horngraben (Figur 3.14). SP-82 36 linjen gir et klarere bilde og viser bedre den dype struktureringen på Ringkøbing-Fynhøyden. RTD-81 30 linjen viser bare et klart bilde ned til bunn kritt og enkelte dype strukturer i kort avstand fra Sentralgraben (Figur 3.14). Enkelte av RTD-81 linjene slik som linje 30 skiller seg ut med et dårlig signal/støyforhold, men det er stor variasjon mellom linjene i settet. DCS-81 linjene er middels gode linjer med lik oppløsning fra linje til linje, men har ingen linjer som krysser over Ringkøbing-Fynhøyden i øst-vest retning.



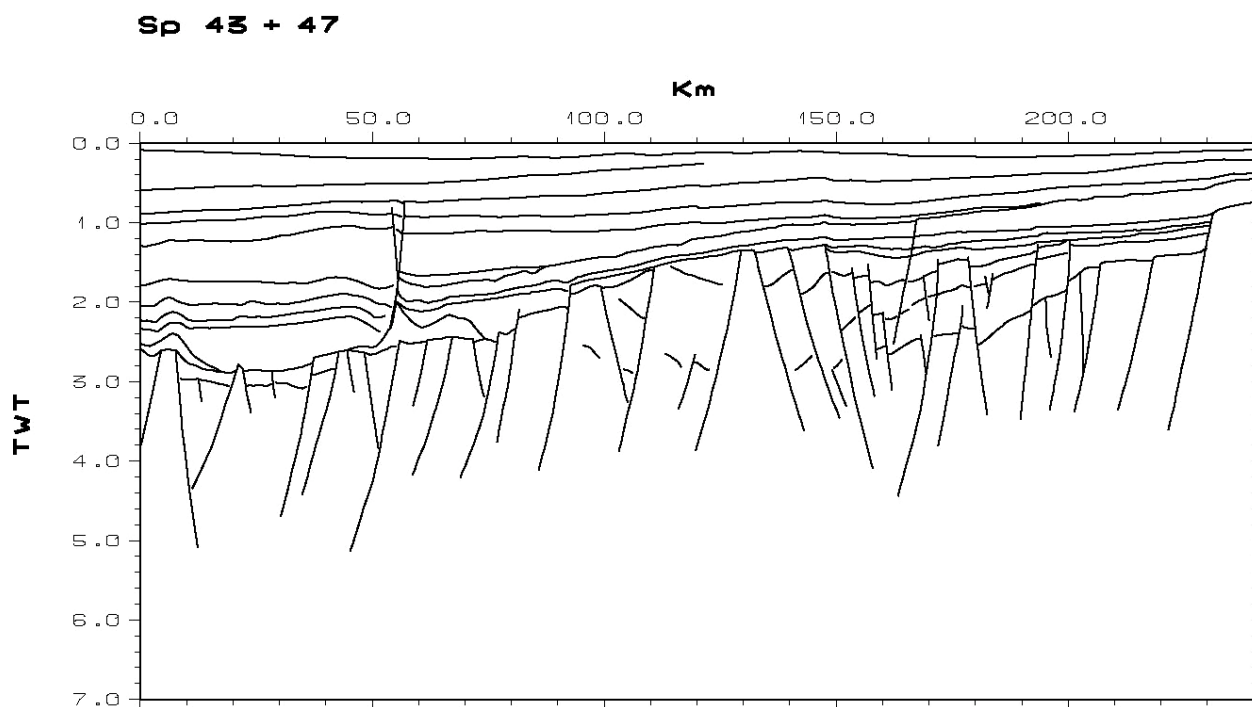
Figur 3.14: Til venstre SP-82 linje 36 og til høyre RTD-81 linje 30 som følger hverandre med under 500 m avstand over høyden (oversiktskart, Figur 3.7). Snittene har sydvest ned og nordøst opp. Beige strek markerer midt miocen, bunn sekvens 7 fra figur 2.16. Lys grønn strek topp chalk og mørk grønn strek topp nedre kritt. Bunn kritt er markert med lys blågrønn strek i figuren til venstre og bunn jura i Sentralgraben er markert med rød strek. Gul strek markere intrusjoner og vulkanitter fra Rotliegende.

3.5 Dybdekonvertering

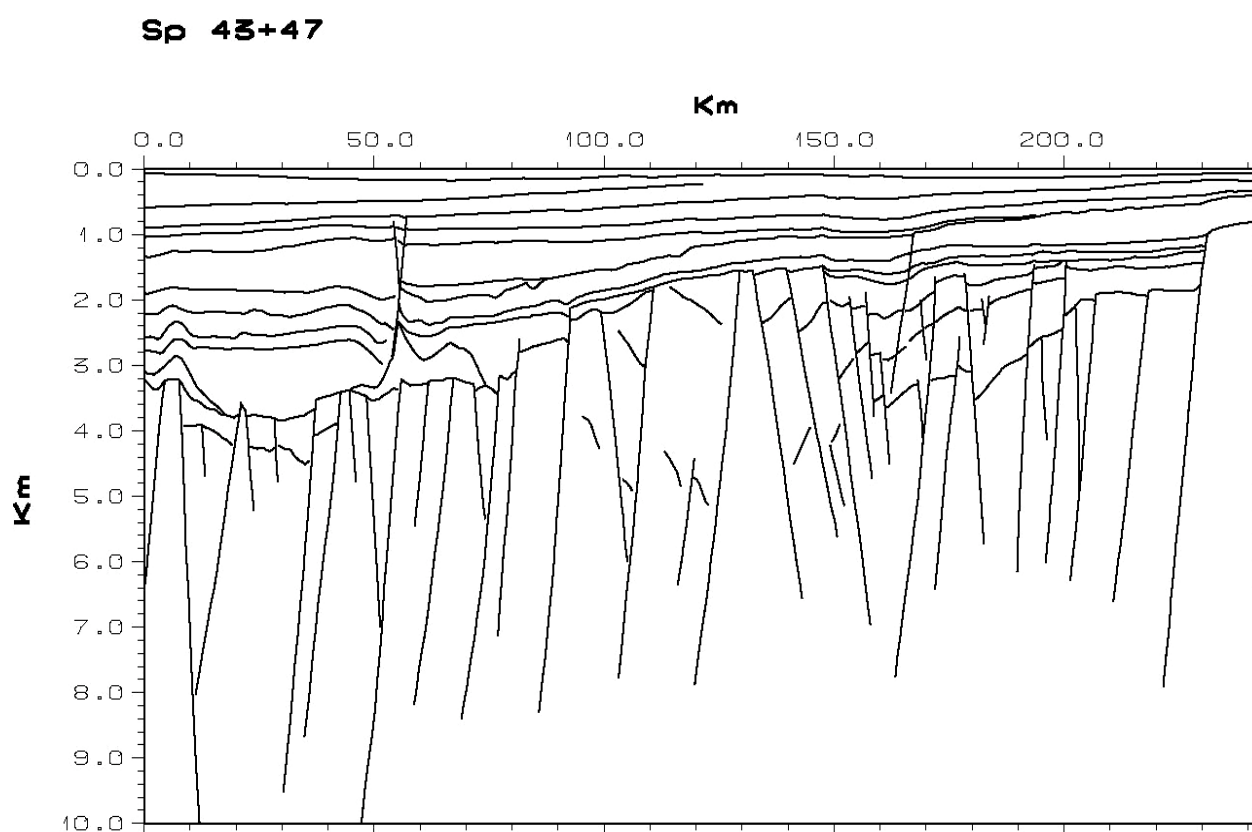
Seismiske snitt i toveis gangtid gjenspeiler variasjoner i hastighet og tetthet ut fra områdets geologi. Overganger mellom forskjellige avsetningsmiljø kan følges og tolkes på de seismiske snittene. Basseng og høydekonfigurasjoner kommer ikke alltid fram i det sanne forhold i toveis gangtid. For å få fram reelle dyp og riktig strukturering på tolkningene kan lagstrukturene dybdekonverteres ut fra hastighetsverdier til de enkelte lagene. Enkelte av de sentrale seismiske snittene er digitalisert til profiler og legges fram i oppgaven kapittel 4.1. Profilene kan eventuelt konverteres fra sekunder i toveis gangtid til dyp i kilometer. Under konverteringen brukes representative hastigheter for de enkelte sekvensene. Hastighetsverdiene for sekvensene er hentet fra brønner i et stort område rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Appendiks I).

Det er et fåtall av brønnene som er boret i basement i nærheten av Ringkøbing-Fynhøyden. Det er også få brønner boret i de paleozoiske avsetningene i nær tilknytning til høyden. Det er kun mindre variasjoner mellom hastighetene i de eldre og dype bergartene. Dette fordi hastighetsvariasjonen utjevnes mellom forskjellige bergarter ved kompaksjon. Dypere og eldre sedimentære bergarter får hastigheter nært opp mot det vulkanitter og metamorfe bergarter har. For å kunne skille de eldre bergartene fra hverandre i en dybdekonvertering på høyden trengs det hastigheter lokalt. Brønndata med gode hastighetsmålinger er blitt brukt sammen med en generell vurdering av lithologien for at dybdekonverteringsverdiene skal være mest mulig troverdige. Nøyaktigheten av hastighetsverdier på høyden for paleozoiske og tidlig mesozoiske lag er antagelser ut fra brønner der disse lagene vanskelig kan følges kontinuerlig inn på høyden slik at det gir høy usikkerhet ved konvertering av profilene.

Metamorf og prekambrisk basement, eruptiver og intrusjoner har høye og ganske like hastighetsverdier (Abramovitz et al., 1997B). En økning i hastighetene i de sedimentære lagpakkene på grunn av det lithologiske innhold som salt, karbonat og skifer samt kompaksjon i dypet gir en høy hastighet, nesten like høy som i basement. Lagene i dypet på høyden viser etter konvertering til kilometer en økning i tykkelse i forhold til toveis gangtid (Figur 3.15; 3.16). Overgangen fra toveis gangtid til kilometer i profilene gir de seismiske profilene et blokkmønster med brattere forkastningsplan.



Figur 3.15: Profil av Sp-82 43 og 47 linjene i toveis gangtid.



Figur 3.16: Dybdekonvertert profil av Sp-82 43 og 47 linjene.

En varierende tykkelse av karbon-perm eruptiver og intrusjoner, sammen med variasjoner i avsetninger i subbassenger på høyden kan skape variasjoner i hastighet. Eldre sedimentære

bergarter fra paleozoikum og magmatiske avsetninger kan ha en hastighet tett opp mot hastigheten i basement og kan vanskelig skilles fra hverandre. Skiftet i basement fra kaledonsk metamorf til prekambrisk kan ha en hastighetsvariasjon, men denne er også ganske liten da de begge generelt har høy hastighet. En liten variasjon i hastighet fra kaledonsk metamorf basement til prekambrisk grunnfjell er også vanskelig å skille på det seismiske snittet (Abramovitz et al., 1997B).

Variasjonen i det strukturelle mønsteret ved konverteringen fra tid til dyp over Ringkøbing-Fynhøyden er liten (Figur 3.15; 3.16). De seismiske dataene viser at de både før og etter en konvertering fra toveis gangtid i sekund (Figur 3.15) til dyp i km (Figur 3.16) er svært like i hovedtrekkene. Mot dypet blir lagene tykkere fordi hastigheten til bergartene øker med dyp. Saltstrukturene blir også noe vertikalt strukket ved at saltet har en høyere hastighet enn sedimentlagene rundt. Nedre kritt og chalk lagpakken har i dette området en høyere hastighet enn de kenozoiske bergartene og får dermed en relativ økning i vertikal retning (Japsen, 2000). Chalk har en ganske jevn tykkelse over høyden og variasjonen strukturelt fra toveis gangtid til dyp for hele kenozoikum-mesozoikum lagpakken er av en lik karakter etter konverteringen. Den relative økningen i hastighet i avsetningene fra kritt perioden skyldes det høye innholdet av kalk og den kompakte strukturen i enkelte lag. Det er noe variasjon i tykkelse av jura lagene på høyden. Selve jura lagpakkens maksimale tykkelse er omtrent to hundre meter og gir lite utslag ved konvertering.

De dype riftbassenger som Sentralgraben og Horngraben med lave hastigheter i motsetning til Ringkøbing-Fynhøydens høye hastigheter medfører ved konvertering at bassengene blir sammenpresset og høyden blir strukket i vertikal retning. Eldre sedimenter i riftbassengene vil likevel få en strekking i forhold til de yngre sedimentpakkene fra kenozoikum på grunn av økning av hastighet nedover i dypet (Japsen, 2000; Appendiks I).

Da det er få nærliggende brønner som data kan kontrolleres mot og konvertering bare gir meget små strukturelle variasjoner internt over Ringkøbing-Fynhøyden er det valgt å legge vekt på profilene i toveis gangtid. Ved å bruke profilene i toveis gangtid vil eventuelle usikkerheter i forbindelse med antagelser og gjennomsnittsverdier av hastigheter av lagene ikke videreføres inn i profilene. Ringkøbing-Fynhøyden har et diffust internt mønster med en uklar avgrensning mellom intrusjoner og bassengavsetninger. Det er valgt å vise de digitaliserte profilene i toveis gangtid i kapittel 4 og ikke som dybdekonverterte profiler da dette gir minst usikkerhet.

De linjene det er valgt å vise som profiler i oppgaven viser områdets strukturmønster og har god dekning av studieområdet og med innbyrdes god spredning mellom linjene (Figur 4.1). Det er valgt ut linjer med beste mulige seismisk oppløsning. Profilene er delt inn i forskjellige sedimentære lagpakker ut fra refleksjonsmønster og veldefinerte reflektorer knyttet til kronostratigrafien i området. Det øverste laget viser havdypet i området og er markert blått (Figur 4.2). Kenozoikum er delt inn i 4 sekvenser fra oligocen og fram til i dag. De tre yngste delene er markert som enheter i forskjellige beige farger. Den fjerde og eldste består av utbyggende sekvenser fra oligocen og er markert med beigegrønn farge. Det er brukt de samme enhetsinndelingene i kenozoikum som i Michelsen et al. (1994; 1998) (Figur 2.16). Denne inndelingen av kenozoikum er valgt siden lagene i de seismiske snittene er korrelert inn mot tolkede snitt fra Michelsen et al. (1994). Den yngre delen av kritt avsetningene, chalksekvensen, er markert i lys grønn og nedre kritt avsetningen har en mørkere grønn farge (Michelsen, 1997). De tre forskjellige tidsepokene av jura er delt inn i forskjellige varianter av blå med en mørkere blåfarge ved økende alder (Møller, 1986; Michelsen et al., 1992). Antatte triasiske avsetninger er markert med en lys lilla (Clausen og Pedersen, 1999; Michelsen og Clausen, 2002). I de områdene der det kommer klart fram et skille ned til eldre trias er dette markert med en mørkere lilla (Clausen og Pedersen, 1999). Zechstein salt fra området rundt høyden er markert med oransje (Vejbæk, 1997) (Figur 4.2).

De regionale linjene har en utstrekning over Ringkøbing-Fynhøyden og inn i området rundt høyden. Disse linjene er brukt for å kartlegge regionale variasjoner både inne på høyden og på flankene av høyden. De regionale linjene er valgt med lengre utstrekning enn selve høydestrukturen fordi det gir mulighet til å sammenlikne og følge struktureringen fra de dype grabenstrukturene og inn mot høyden samt å definere høydens utstrekning (Figur 4.3-4.7).

De lokale DS-99 linjene dekker Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.8-4.13). DS-99 linje 115 er skutt fra Sentralgraben i vest og til Horngraben i øst og er den lengste linjen i det lokale linjesettet (Figur 4.13). Profilene DS-99 107 og 108 strekker seg også inn i Sentralgraben (Figur 4.10; 4.11).

I Horngraben, som er en delt grabenstruktur med en sydlig og en nordlig del, er det valgt ut profiler som er skutt over den nordlige delen slik som SP-82 36 og SP-82 43 og 47 (Figur 4.5; 4.7) og over den sydlige som SP-82 35 og SP-82 37 profilene (Figur 4.4; 4.6). I tillegg har RTD-

81 34 profilet en utstrekning sentralt i overgangen mellom den sydlige og den nordlige delen (Figur 4.3). Det regionale SP-82 43 og 47 profilet og det lokale DS-99 101 profilet går så langt nord at de har en utstrekning ute i det Norsk-Danskebassenget på den nordlige flanken av høyden (Figur 4.7; 4.8).

I profilene er de største og viktigste forkastningsstrukturene markert. Forkastningene er navngitt med en bokstav eller et nummer for å lettere skille dem fra hverandre. Bokstavinndelingen begynner i Sentralgraben og fortsetter østover på Ringkøbing-Fynhøyden og ut i Horngraben. Tallinndelingen begynner nordvest i det Norsk-Danskebasseng og fortsetter inn mot Horngraben. Det er lagt vekt på en tolkning av forkastningsmønsteret fra mesozoikum eller eldre tektoniske faser. I dypet i profilene der det er enkelte reflektorer som står kraftig fram er disse også digitalisert inn i tillegg til reflektorene fra den mer veldefinerte laginndelingen (Figur 4.3-4.13).

Coffee Soil forkastningssystemet øst i Sentralgraben er satt sammen av A'-, A- og B-forkastningene der B-forkastningen er den østligste mot Ringkøbing-Fynhøyden. Det er valgt å dele opp disse forkastningene i A', A og B da de seismiske snittene ikke er klare nok i dypet for å kartlegge der forkastningene går sammen over et større område. B-forkastningen avgrensner Ringkøbing-Fynhøyden og det er et stort sprang inn mot Sentralgraben over denne forkastningen. De profilene fra linjer som er skutt ut i Sentralgraben viser langs den vestlige flanken av Ringkøbing-Fynhøyden en horststruktur mellom B-forkastningen og C-forkastningen (Figur 4.4).

Forkastningsmønsteret med samme retning som Sentralgraben kan i profilene følges på Ringkøbing-Fynhøyden fra vest mot K forkastningen med sprang mot vest. Over K-forkastningen er det et skifte i forkastningsretning til nord-syd retning og med forkastningssprang mot øst (Figur 4.6). Forkastningsstrukturen både mot øst og mot vest fra skiftet midt på høyden er nedforkastet slik at det i overgangen bak K-forkastningen dannes en smal høydestruktur. Øst på høyden fra K-forkastningen og mot Horngraben følger forkastningene en liknende retning som Horngraben (Figur 4.4; 4.13). Reflektorer i profilene viser en trinnvis nedforkastning ned mot Horngraben.

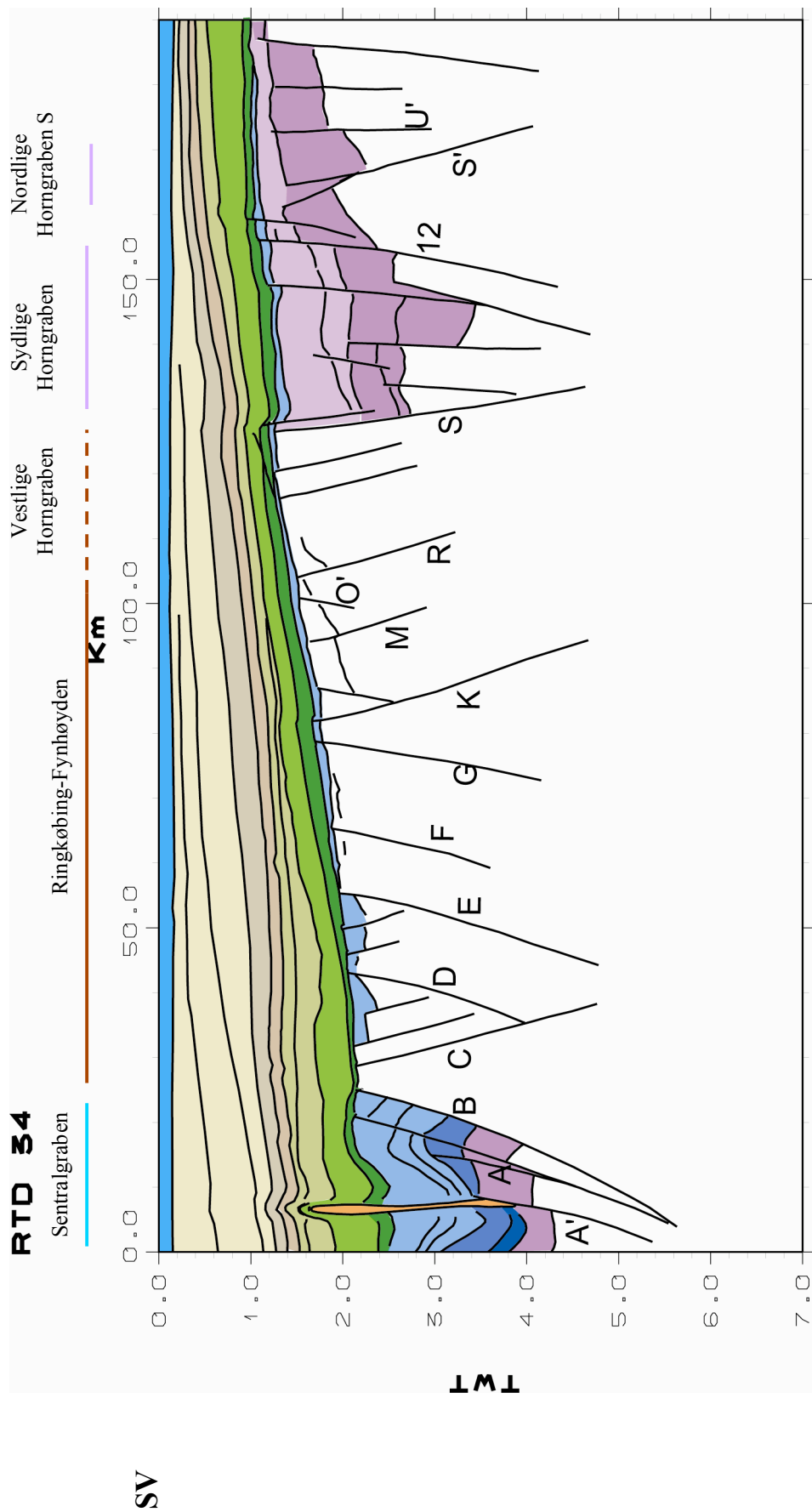
Horngraben er delt i en dyp østlig del og en grunnere vestlig del både i nord og syd. I den sydlige delen av Horngraben er den dype østlige delen avgrenset av S-forkastningen mot vest og U-forkastningen mot øst (Figur 4.6). Den nordlige delen av Horngraben avgrenses mot øst av U'-forkastningen og har en halvgrabenstruktur opp mot 12-forkastningen (Figur 4.5). Den vestlige

delen av den nordlige Horngraben er også en halvgrabenstruktur forkastet langs 12-forkastningen. Begge halvgrabenstrukturene har sprang mot vest. I den sydlige delen av Horngraben er det sprang i vest langs R-forkastningen som danner terrasse ned mot den dype østlige Horngraben (Figur 4.4). Inn i skillet mellom den nordlige og sydlige delen av Horngraben strekker 12-forkastningen seg. RTD-81 34 profilet krysser over fra den sydlige til den nordlige Horngraben. I overgangen mellom grabenstrukturene kan det observeres en horst struktur ved 12-forkastningen (Figur 4.3). Forkastningsmønsteret øst i Horngraben kan følges videre øst mot Danmark (Figur 4.7).

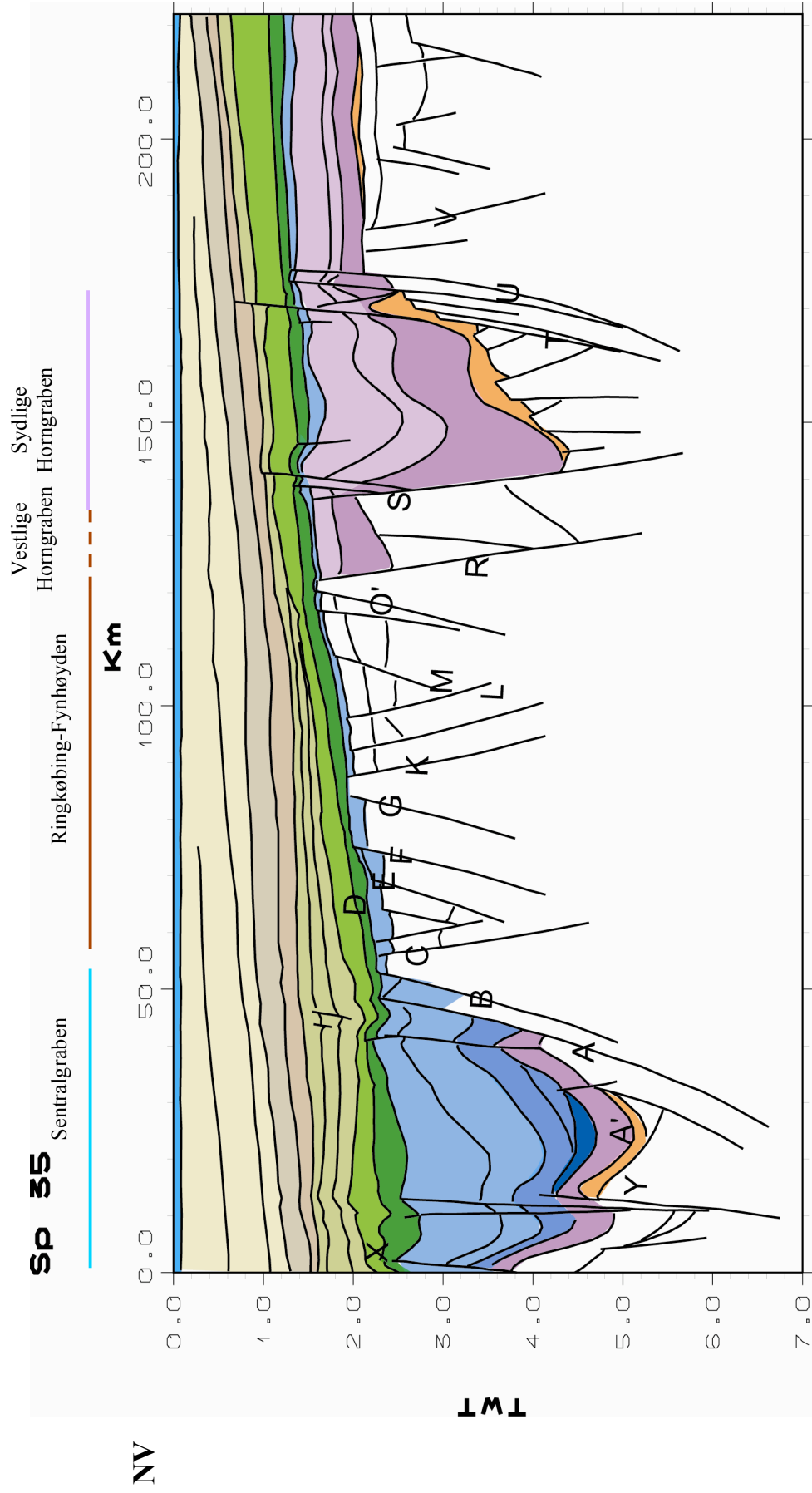


Figur 4.2: Fargekart over sekvensinndelingen i profilene i figur 4.3 til 4.13.

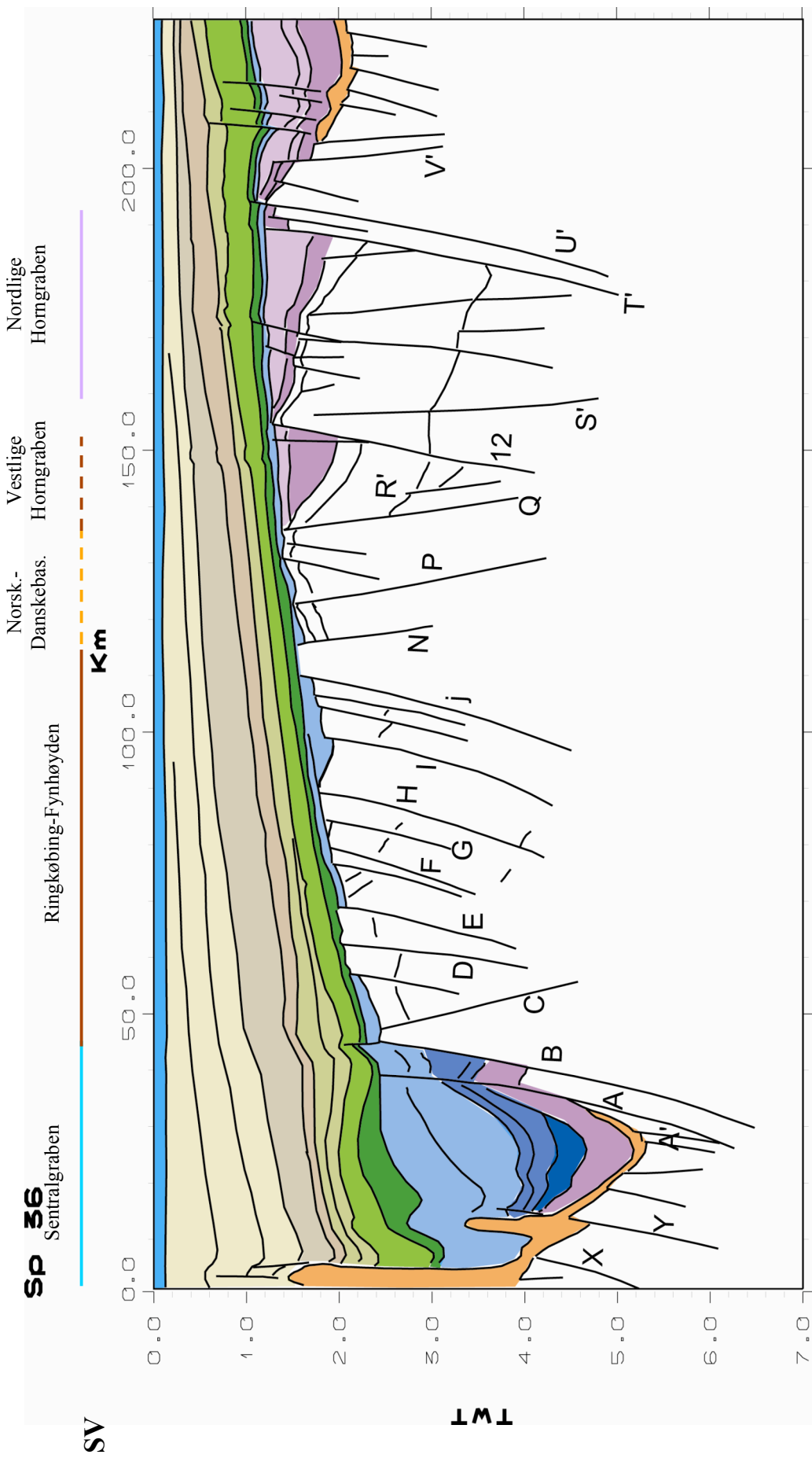
4.1.1 Regionale profiler



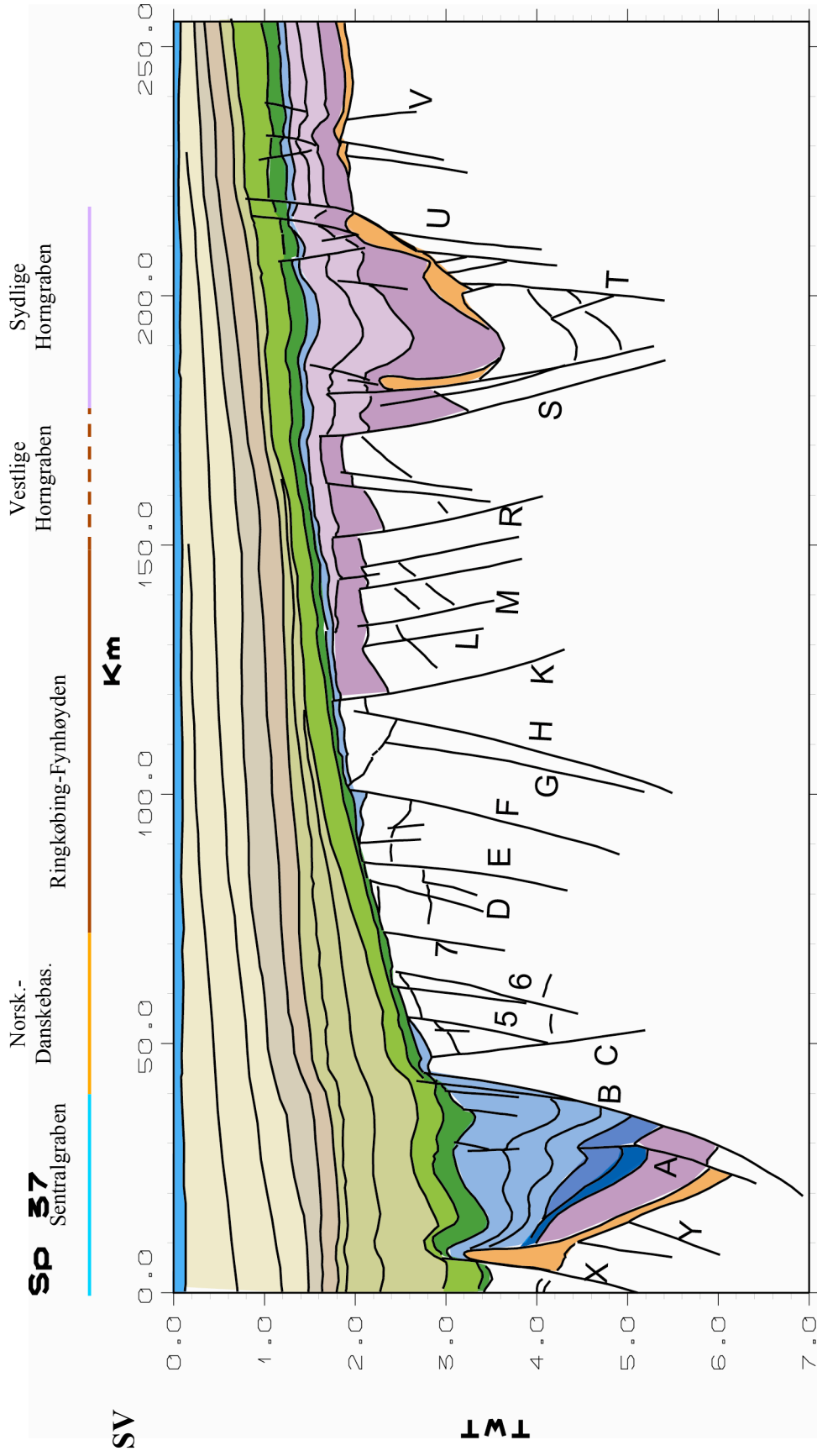
Figur 4.3: Profil av RTD-81 linje 34. Profilet har et skifte i forkastningsmønster mellom G- og K-forkastningene. Ringkøbing-Fynhøydén avgrenses av B- og R-forkastningene. I sydvest strekker profilet seg inn i den sydlige delen av Sentralgraben. Profilet går inn i Horngraben ved S-forkastningen. Profilet krysser i overgangen mellom den sydlige og den nordlige Horngraben ved forkastning 12. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i sydvest (SV). Sterke reflektorutslag er markert inn selv om det ikke vises noen klar avsetningssekvens (Appendiks II).



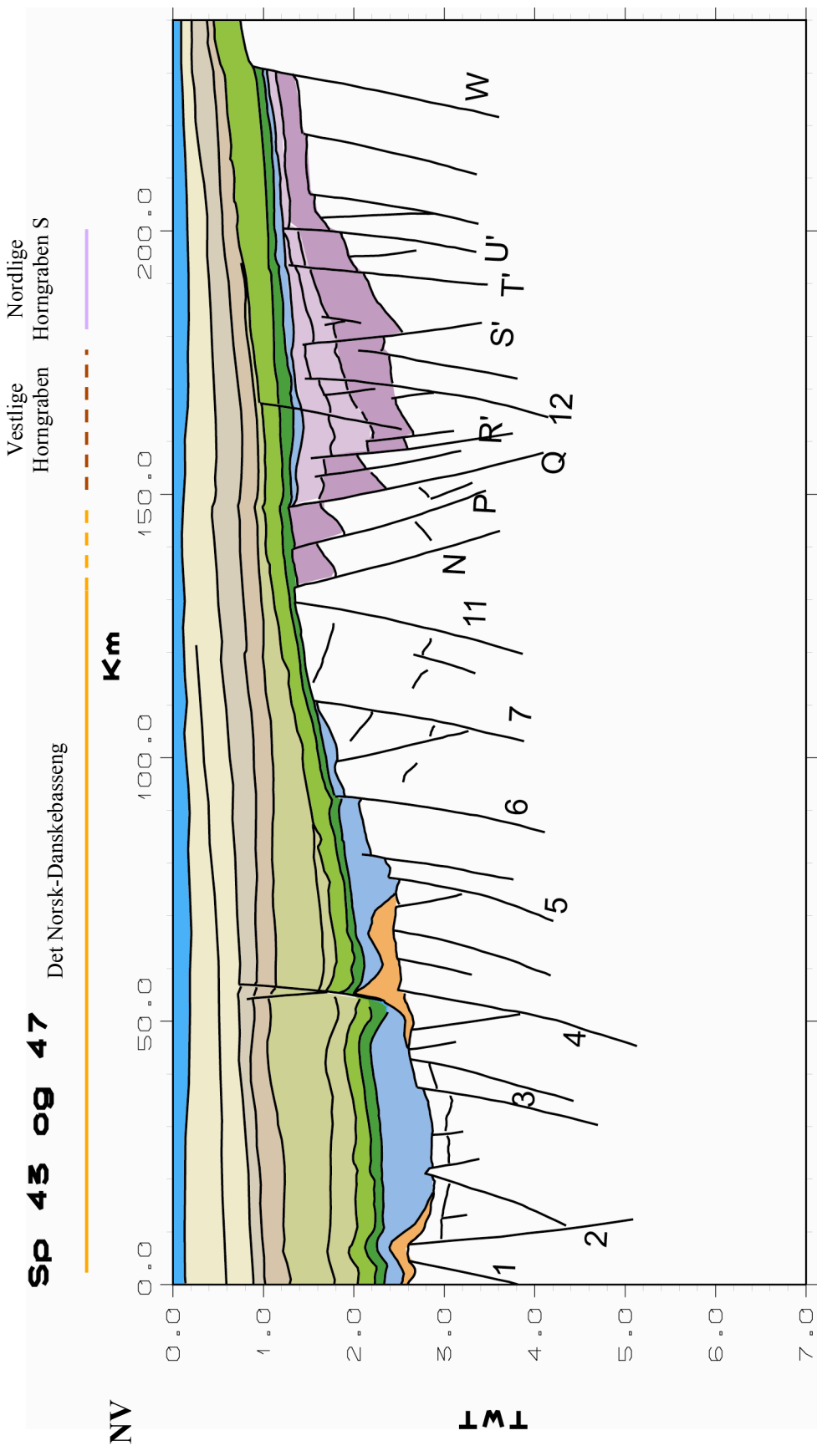
Figur 4.4: Profil av SP-82 linje 35. Profilet har et skifte i forkastningsmønster mellom G- og K-forkastningene på høyden og krysser sentralt over høyden i nordvest retning. Ringkøbing-Fynhøydens avgrenses av B- og R-forkastningene. Profilet går ut i Sentralgraben i syd ved B-forkastningen og i den sydlige Horngraben i sydvest ved S-forkastningen. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i nordvest (NV) (Appendiks II).



Figur 4.5: Profil av SP-82 linje 36. Profilet skråer ut i det Norsk-Danskebasseng mellom J- og N-forkastningene. Ringkøbing-Fynhøydene avgrenses av B-forkastningen i sydvest og går inn i den sydlige delen av Sentralgraben. Profilet krysser i nordøst helt nord i Horngraben. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i sydvest (SV) (Appendiks II).

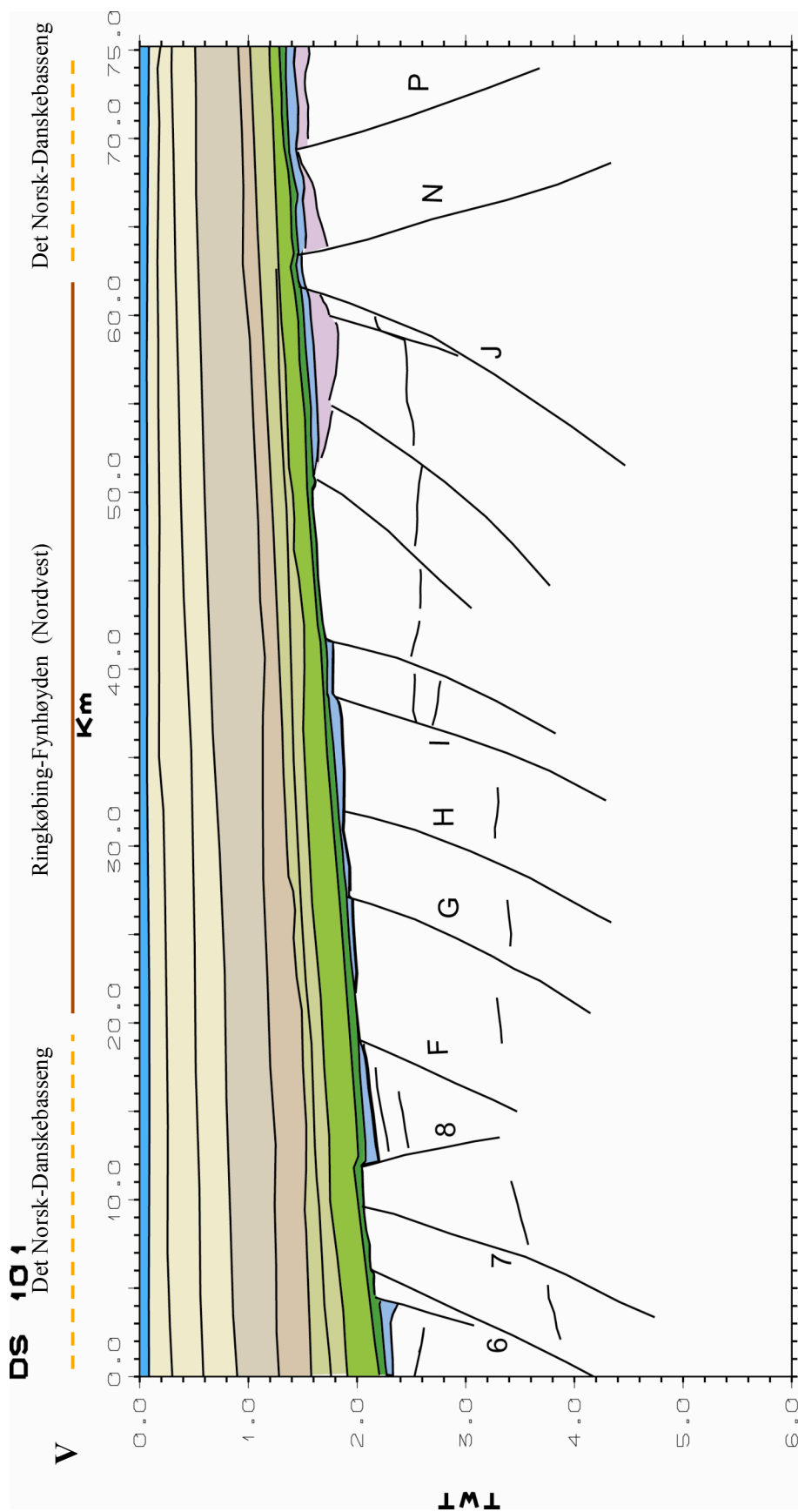


Figur 4.6: Profil av SP-82 linje 37. Profilet har et skifte i forkastningsmønster mellom H- og K-forkastningene. Ringkøbing-Fynshøjden avgrenses av B- og R-forkastningene. Profilet krysser inn sentralt i Sentralgraben i B-forkastningen og i den sydlige delen av Horngraben i S-forkastningen. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i sydvest (SV) (Appendiks II).



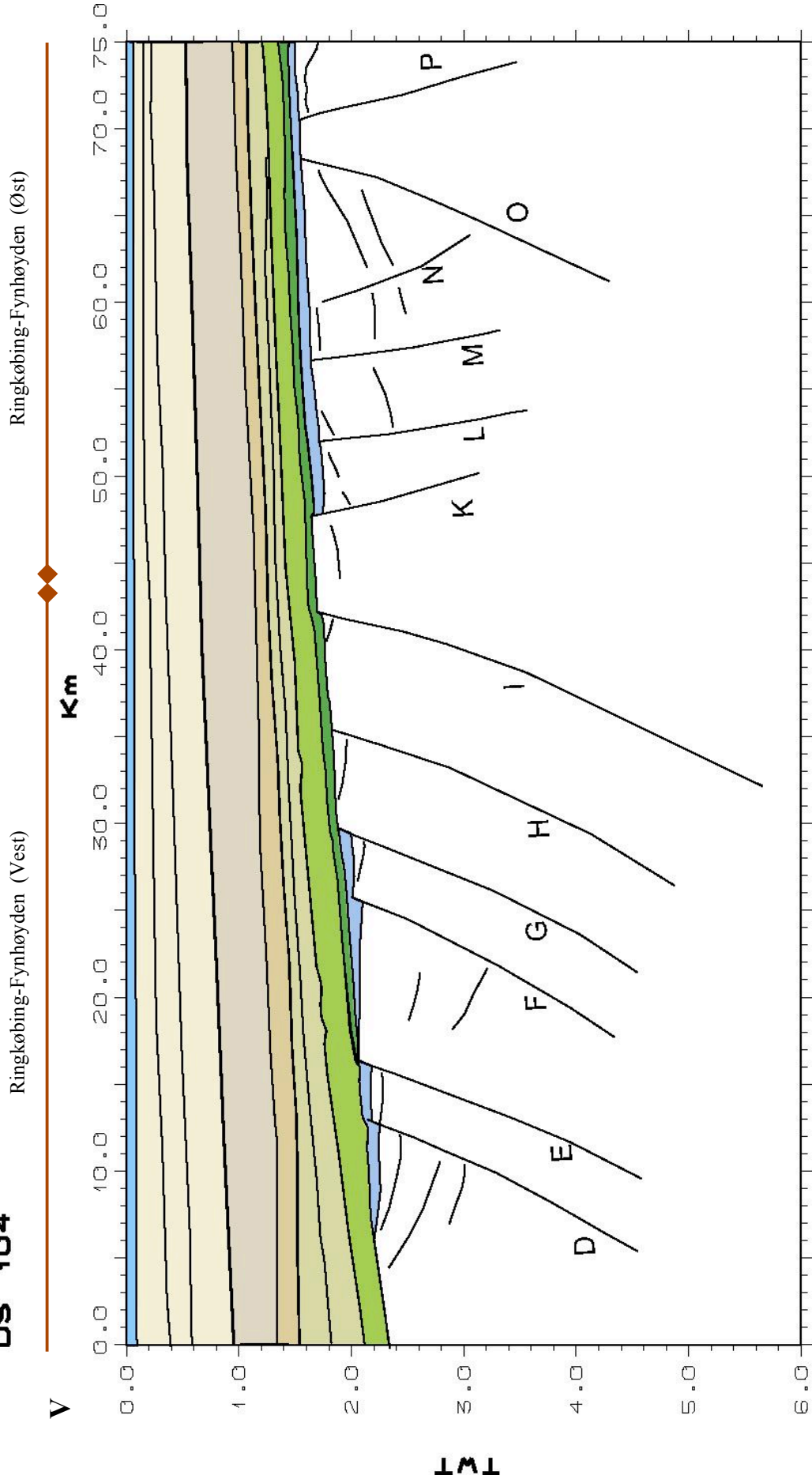
Figur 4.7: Profil av SP-82 linje 43 og 47. Profilet følger i det Norsk-Danskebasseng langs den nordlige flanken av høyden med et skifte i forkastningsmønster over N-forkastningen for å krysse sentralt over Horngraben i skillet mellom den nordlige og den sydlige grabenen. Profilet går ikke ut i Sentralgraben. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i nordvest (NV) (Appendiks II).

4.1.2 Lokale DS-99 profiler over høyden

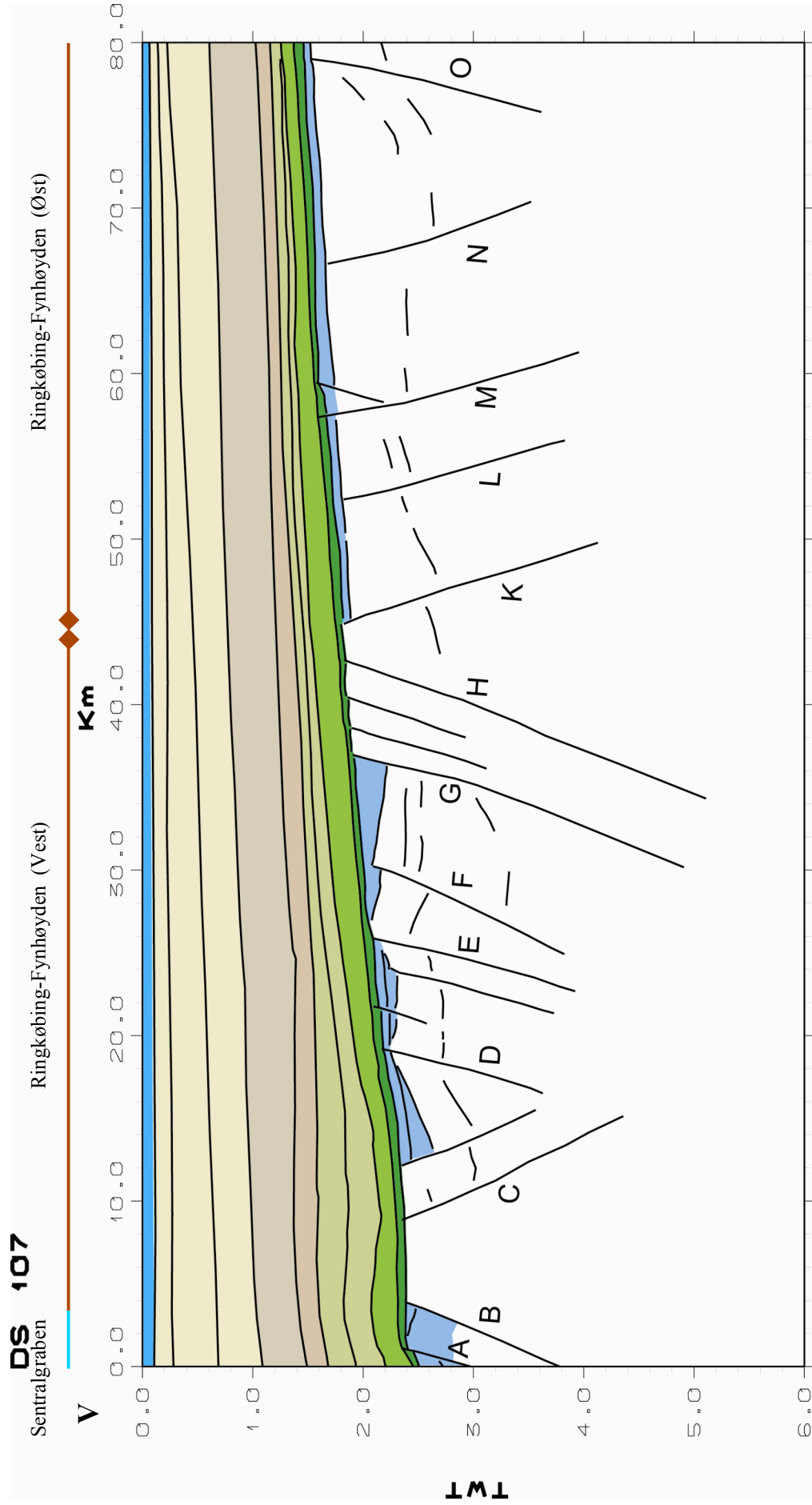


Figur 4.8: Profil av DS-99 linje 101. Følger den nordlige flanken av høyden fra det Norsk-Danskebassenget inn på høyden til et skifte i forkastningsmønster mellom J- og N-forkastningen. Sterke reflektorutslag er markert inn på profilet. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).

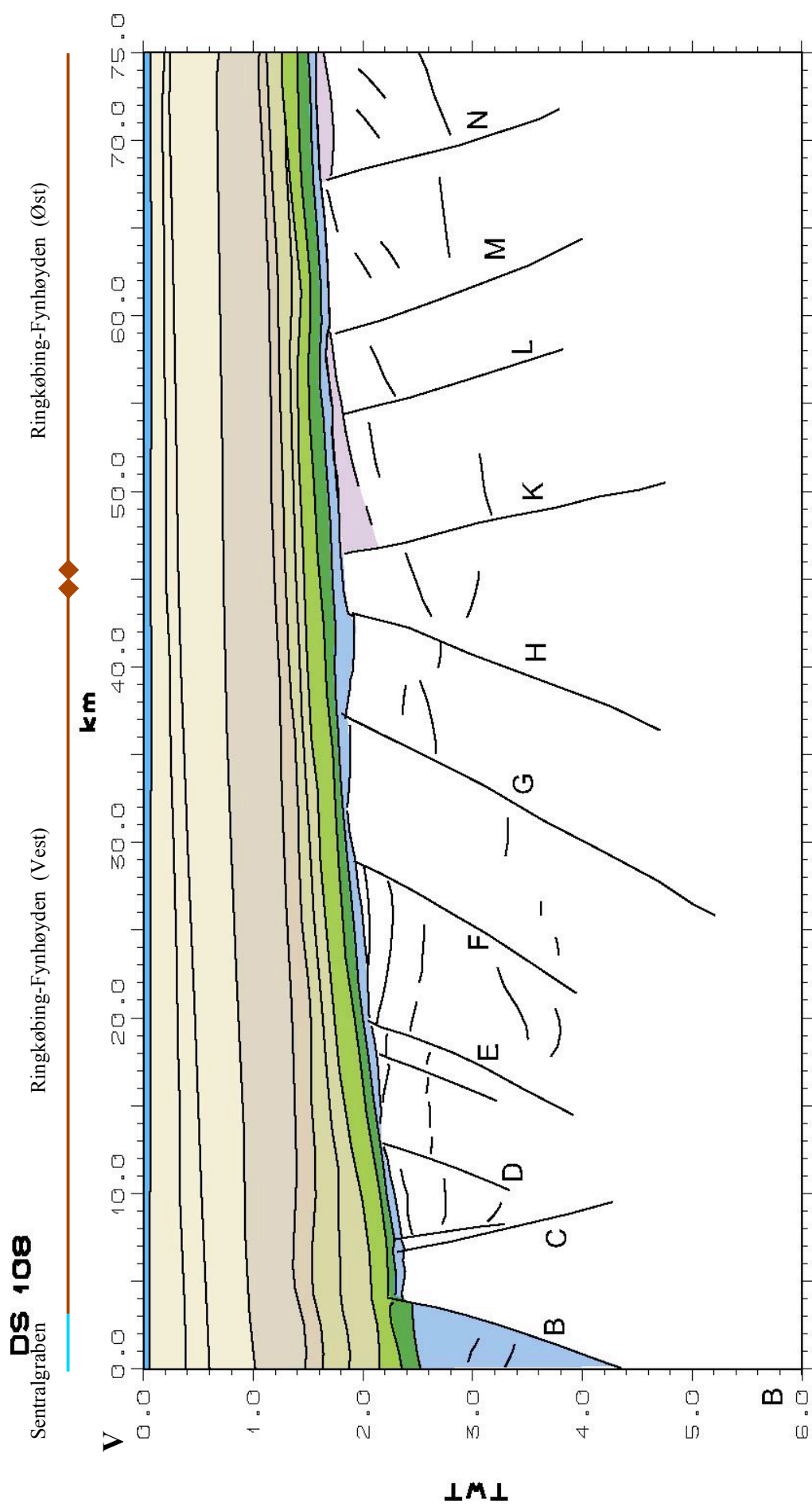
DS 104



Figur 4.9: Profil av DS-99 linje 104. Det er et skifte i forkastningsmønster mellom I- og K-forkastningen inne på Ringkøbing-Fynhøysden. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).



Figur 4.10: Profil av DS-99 linje 107. Snittet går nesten ut i Sentralgraben ved B-forkastningen. Det er et skifte i forkastningsmønster mellom H- og K-forkastningen inne på høyden. Det er tykkere øvre jura lagpakker over den vestre delen av høyden enn den østre. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).

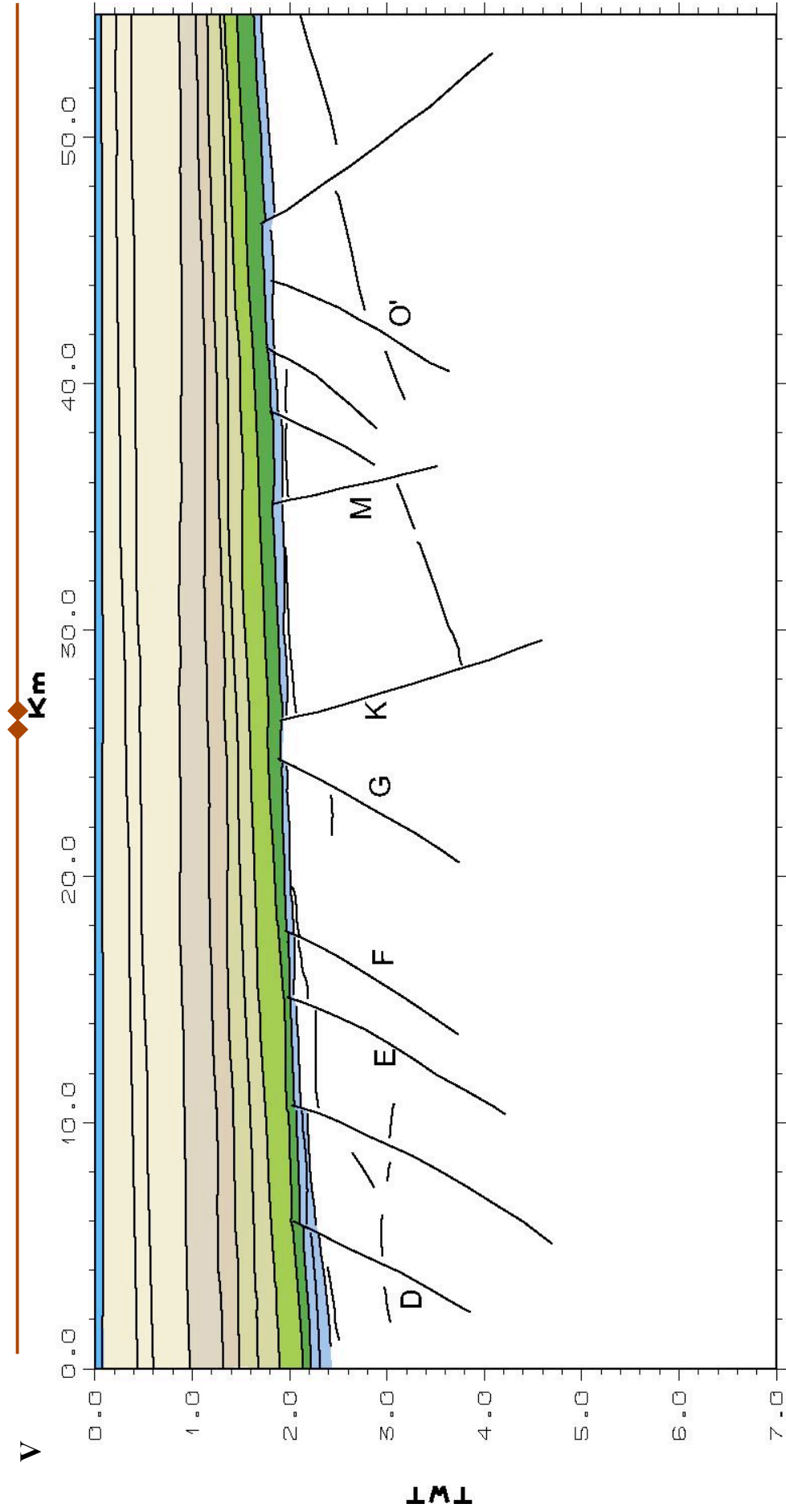


Figur 4.11: Profil av DS-99 linje 108. Snittet går ut i Sentralgraben ved B-forkastningen. Det er et skifte i forkastningsmønster på Ringkøbing-Fynhøjden fra H- til K-forkastningen. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).

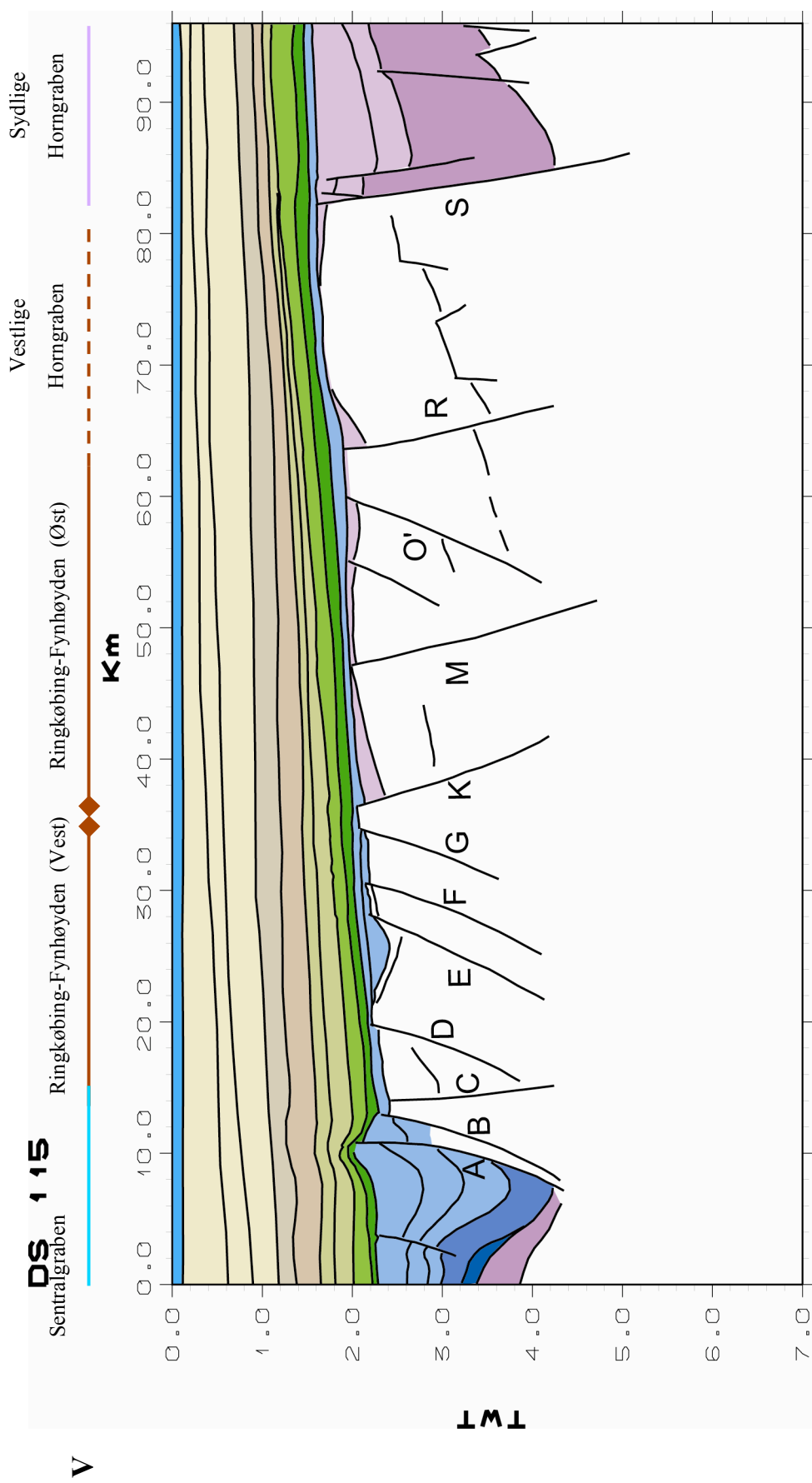
DS 113

Ringkøbing-Fynhøysden (Vest)

Ringkøbing-Fynhøysden (Øst)



Figur 4.12: Profil av DS-99 linje 113. Det er et skifte i forkastningsmønster på Ringkøbing-Fynhøysden fra G- til K-forkastningen. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).



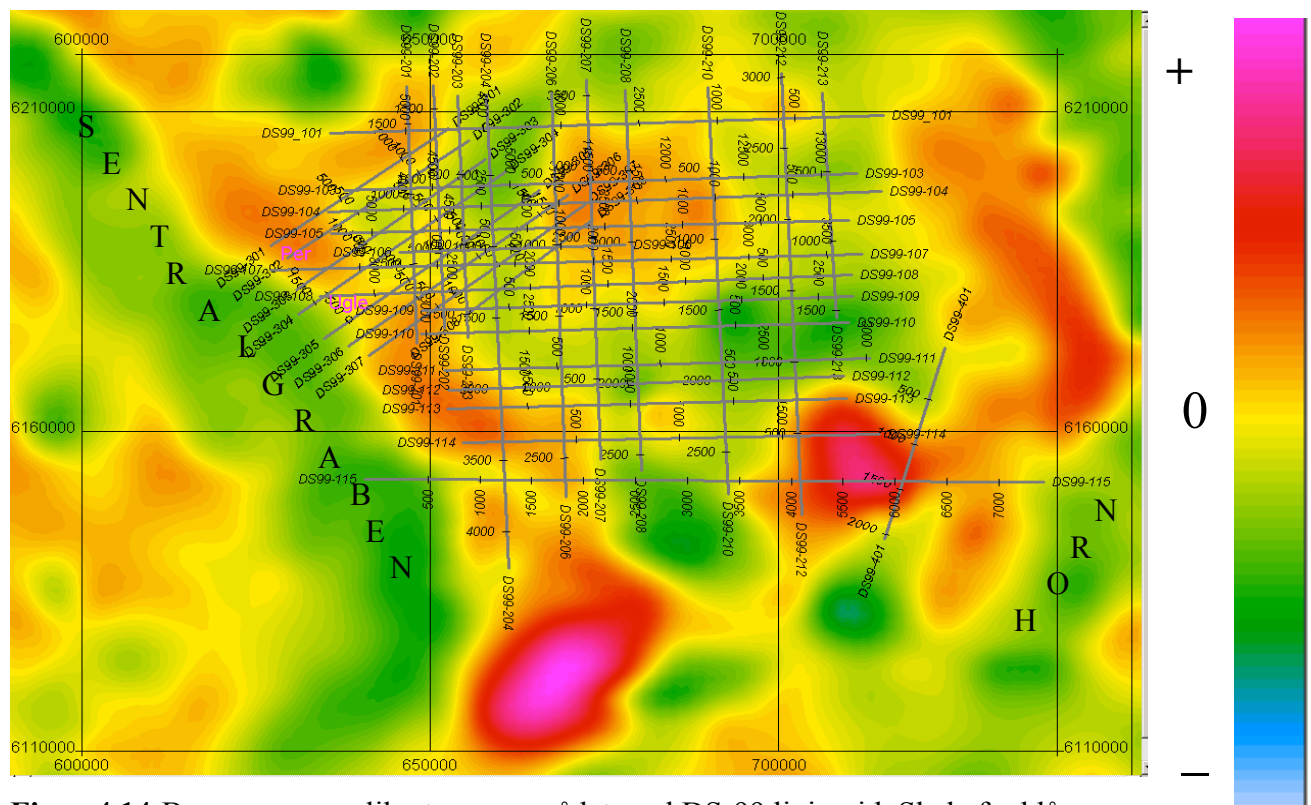
Figur 4.13: Profil av DS-99 linje 115. Profilet går ut i Sentralgraben Langs B- og A-forkastningen og ut i Horngraben langs S-forkastningen. Sentralgraben har en tykk jura lagpakke med både nedre, midtre og øvre jura bevart. Horngraben har en tykk trias lagpakke med både yngre og eldre trias bevart. Dyp i toveis gangtid i sekund, avstand i km der origo er i vest (V).

4.2 Tyngdedata fra Ringkøbing-Fynområdet

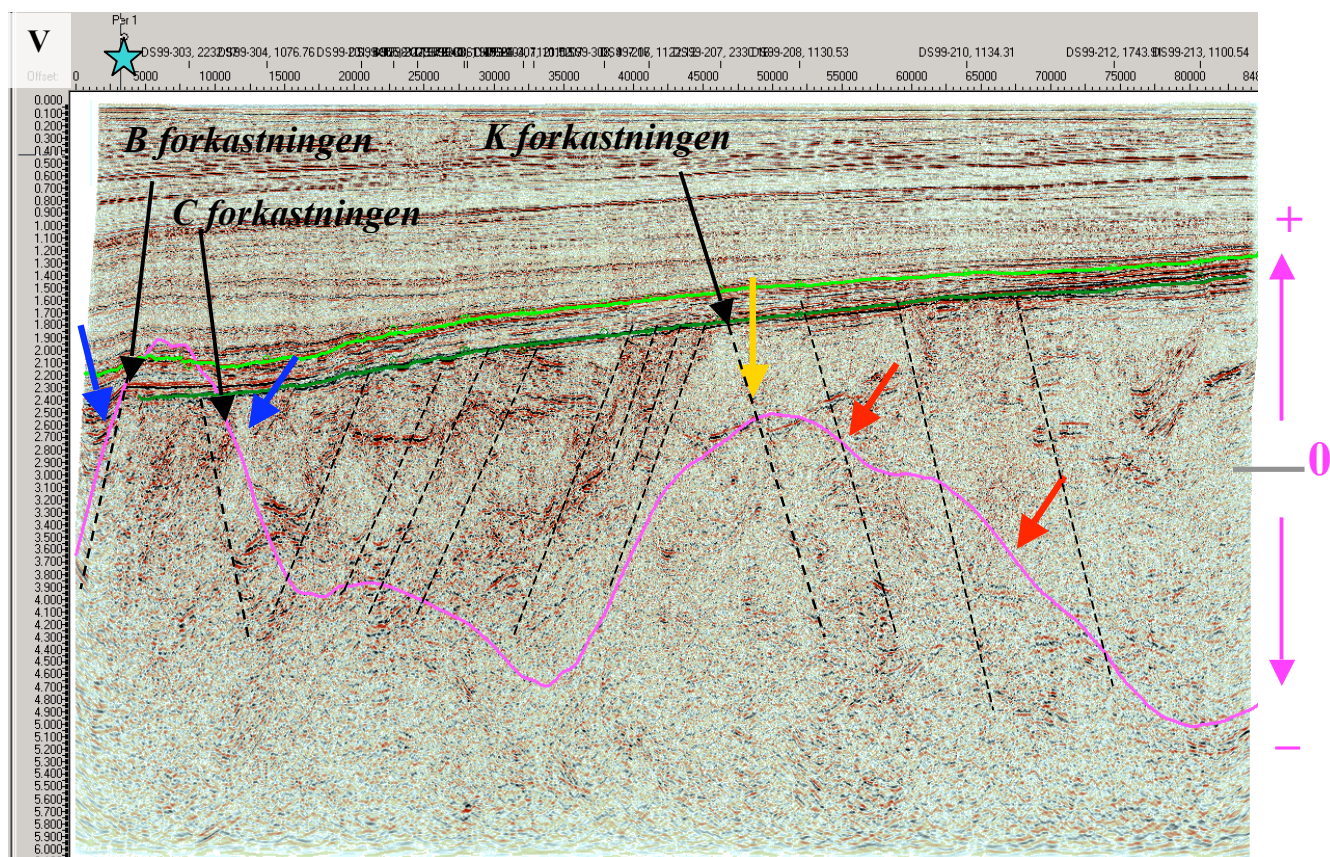
Det er brukt Bouguer anomalier med korreksjon for breddegrad gjennom området.

Interpoleringen av tyngdedata er gjort på Kingdom tolkningsstasjon. Tyngdevariasjonene over høyden er basert på de lokale DS-99 snittene (Figur 3.13; 4.15) og interpoleres over området til tyngdefeltkart (Figur 4.14).

De dype bassengstrukturene med store mektigheter av sedimentære bergarter slår ut med negative tyngdeverdier (Figur 4.14). Både eldre basementstrukturer som står opp som høyder og store intrusjoner gir positive tyngdeverdier. Variasjon i tyngdeanomalieene på Ringkøbing-Fynhøyden gjenspeiler muligheten for at det kan være bevart riftstrukturer og sedimentære avsetninger side om side med vulkanske intrusjoner og basement (Frost, 1977). Området har hatt mye vulkanisme i karbon-perm overgangen og det kan være større intrusjoner og magmatiske ansamlinger som gir store positive utslag på tyngdefeltkartet (Zhou og Thybo, 1997). En annen forklaring kan være tetthetsvariasjoner dypere i skorpen som gir slike positive utslag (Abramovitz, 1997B). Tyngdefeltsvariasjonene lateralt kan være variasjon i bassengavsetningene eller strukturforskjeller.



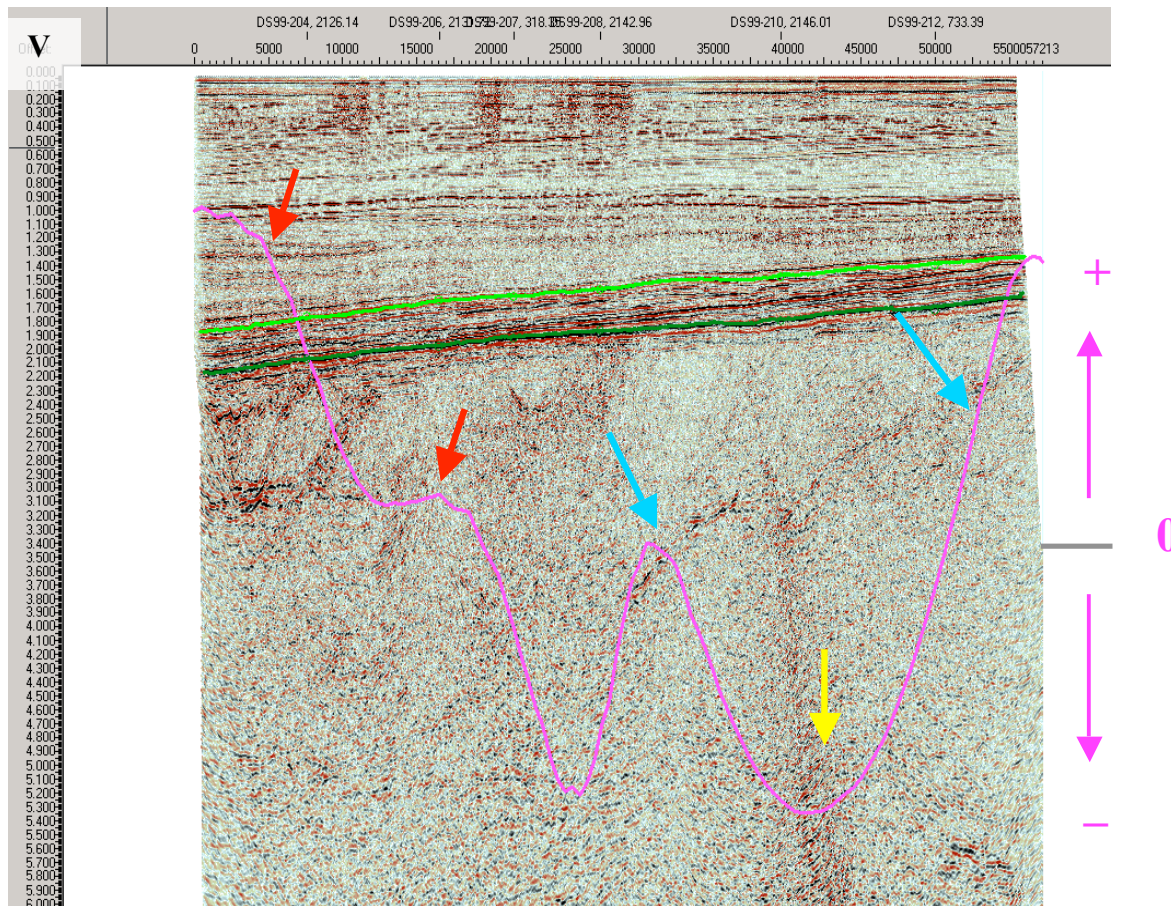
Figur 4.14:Bouguer anomalikart over området med DS-99 linjegridd. Skala fra blå-grønn (negativ verdi) til rød-rosa (positiv verdi).



Figur 4.15: DS-99 linje 107 viser et fall i Bouguer anomali langs østflanken av Ringkøbing-Fynhøyden markert med blå piler. Det er negativ tyngdeverdi mellom C- og K-forkastningene på høyden. Det er en økning i tyngdeverdi mot midten av høyden, gul pil. Det er gradvis fall i tyngdeverdi fra midten av høyden og øst mot Horngraben, røde piler. K-forkastningen danner et skille i forkastningsmønster over høyden. Topp chalk og topp nedre kritt reflektorer er markert henholdsvis lys- og mørk-grønn og Bouguer anomalien er markert rosa. Forkastningsstrukturering se profil i Figur 4.10. ★ markerer Per-1 brønnen.

De dype sedimentære riftbassengene har negative tyngdeverdier (Figur 4.14; 4.15) fordi det her er bergarter med lavere tetthet enn områdene rundt. I Sentralgraben er det negative tyngdeverdier i grabenstrukturen og positive verdier vest mot flanken til Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.17). Variasjonene i tyngdefeltet fra Sentralgraben og inn på høyden følger overgangen fra de dype mesozoiske avsetningene med lav tetthet og negativ tyngdeverdi til den kaledonske basementhøyden med positiv tyngdeverdi. Basement som står høyt relativt til omkringliggende basement har positiv tyngdeverdi i forhold til bassengene på alle kanter rundt Ringkøbing-Fynhøyden. Hvis hele Ringkøbing-Fynhøyden hadde vært en basementstruktur ville tyngdefeltet over ha vært jevnt og med et positivt utslag forutsatt at det ikke er intra skorpe variasjoner. Det er store variasjoner i tyngdefeltet over Ringkøbing-Fynhøyden og den er derfor ikke homogen, men

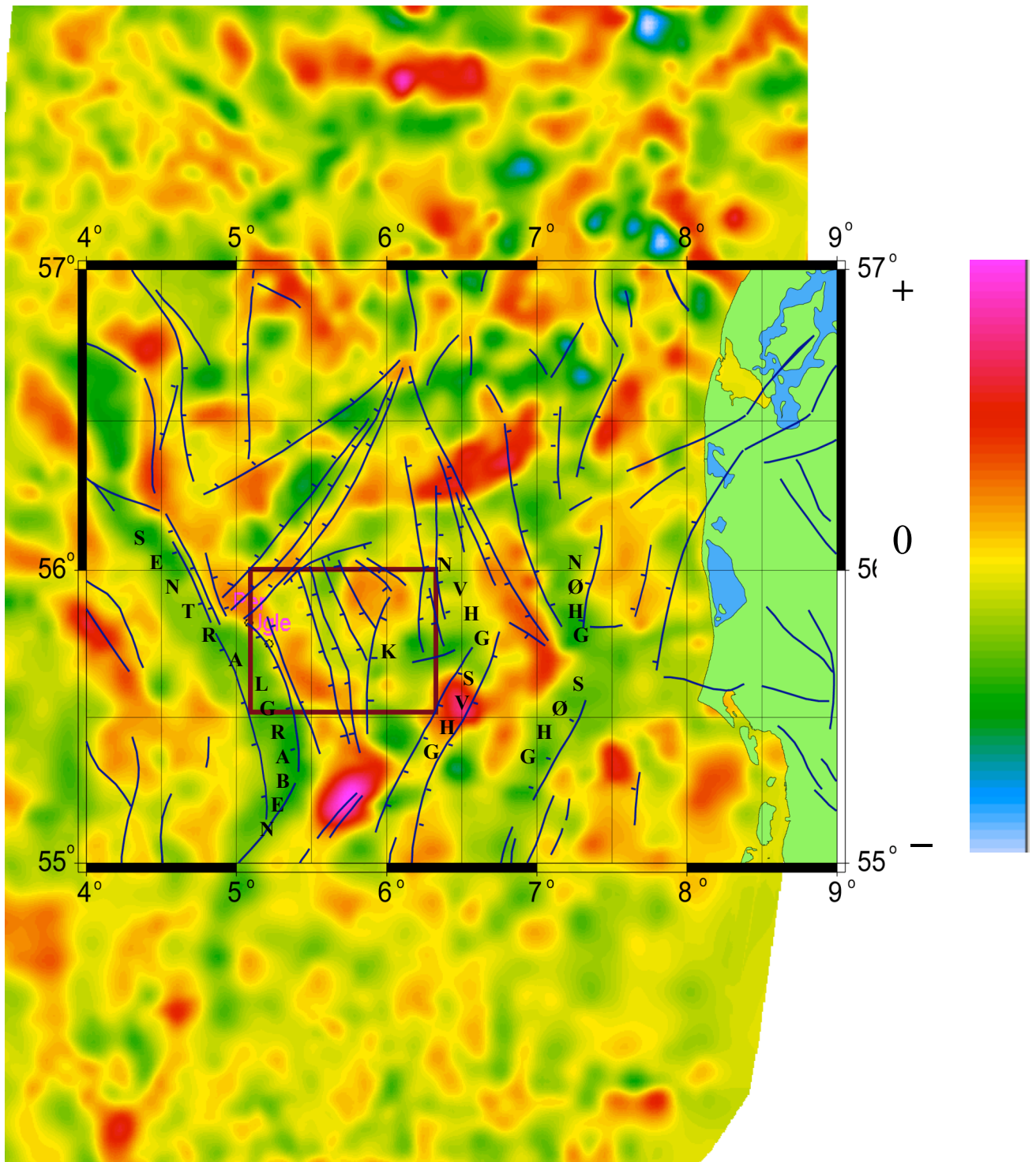
har intrusjoner og interne riftbassenger (Figur 4.15; 4.16). Det er spesielt positiv tyngdeverdi langs flanken vest på høyden der data fra brønnene har bekreftet basement. Dette positive utslaget ligger øst for Coffee Soil-forkastningssystemet mellom B- og C-forkastningen og har liten utstrekning i øst-vest retning på høyden (Figur 4.14; 4.15). Utslaget indikerer den smale horsten som er dannet mellom B- og C-forkastningen (Figur 4.15).



Figur 4.16: DS-99 linje 113 ligger syd i undersøkelsen og har trinnvis fall i tyngdeanomali inn på Ringkøbing-Fynhøyden markert med røde piler. Stort negativt tyngdeutsalg sydøst mot Horngraben helt syd på høyden markert med gul pil. Blå piler markerer økning i tyngdefeltet nært inn mot dype magamtiske ansamlinger. Lys- og mørk-grønn markerer henholdsvis topp chalk og topp nedre krittreflektorer og rosa markerer variasjoner i tyngdeanomali. Variasjonene i området gir tyngdefeltet som er vist i figur 4.17.

Langs den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden ved C-forkastningen er det fall i tyngdefeltet videre inn mot høyden. Reduksjonen i Bouguer anomalien er mindre enn langs Coffee Soil-forkastningssystemet i Sentralgraben. Området med negative verdier på vestre del av høyden (Figur 4.15) har utstrekning over forkastninger med samme nordvest-sydøst retning som Sentralgraben (Figur 4.17). Helt i sydvest langs flanken mot Sentralgraben er de positive

tyngdeverdiene noe uregelmessig (Figur 4.16). Disse verdiene i syd har trappetrinnstruktur med mindre fall i tyngdeverdi enn i den nordlige delen av høydens vestre del.



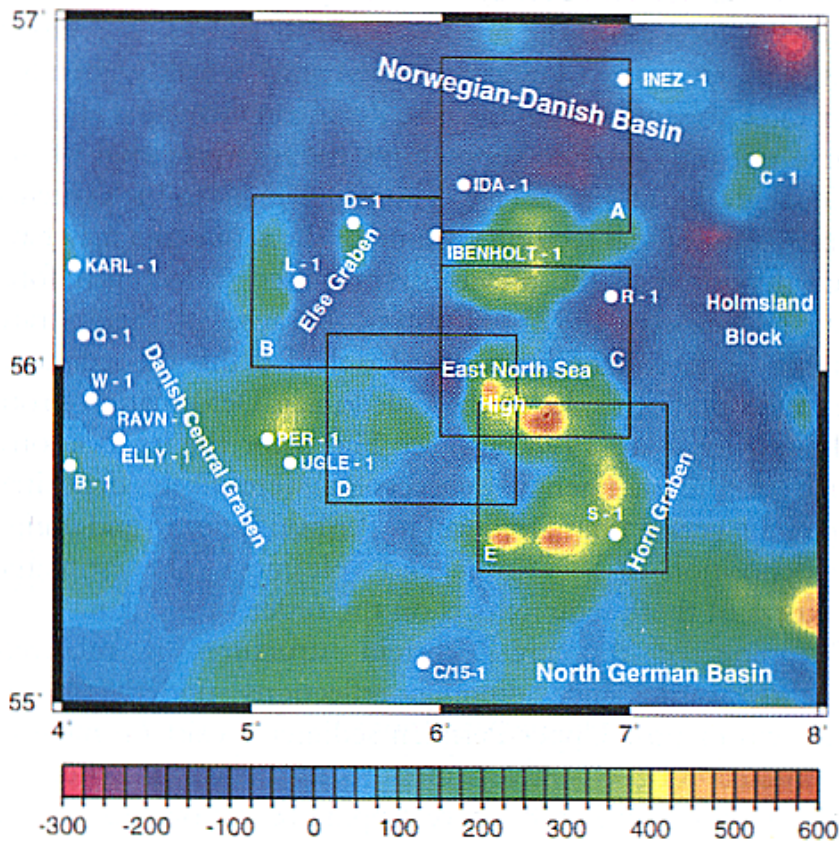
Figur 4.17: Bouguer tyngdeanomalikart over regionen med forkastningsmønsteret inntegnet. Tyngdefeltskala fra blå (negativ verdi maksimal) til rødrosa (positiv verdi maksimal). Rammen i mørk brun dekker området med DS-99 undersøkelsen på Ringkøbing-Fynhøden. NØHG=den dype nordøstlige Horngraben, SØHG=den dype sydøstlige Horngraben. NVHG=den nordvestlige Horngraben. SVHG=den sydvestlige Horngraben. K markerer K-forkastningen.

Den nordlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden har en økning i tyngdefeltet midt på høyden i overgangen fra forkastningssystemet relatert til Sentralgrabens tektonikk til forkastningssystemet som følger Horngrabens strukturelle stil (Figur 4.15; 4.17). Forkastningssystemet som følger Sentralgrabenmønsteret på Ringkøbing-Fynhøyden avgrenses i alle retninger av positive tyngdeverdier, i nord langs flanken av høyden mot det Norsk-Danskebasseng, i øst mot K-forkastningen, i syd med ekstremutslag langs flanken av høyden og i vest på horsten langs Sentralgraben. Dette negative tyngdefeltet mellom C- og K-forkastningene (Figur 4.15) med positive utslag rundt kan være dannet av en innsynkning av basement med mulige sedimentære avsetninger over.

De positive tyngdeverdiene inn mot K-forkastningen midt på høyden i nord kan følges mot syd sentralt gjennom høyden med et avtagende utslag og utstrekning. Fra den positive anomalien midt på høyden avtar tyngdefeltet trinnvis fra K-forkastningen og mot Horngraben. Reduksjonen i tyngdefeltet er større mot syd enn mot nord. De maksimale negative tyngdeverdiene finnes sydøst på høyden (Figur 4.16).

Det er en økning i tyngdeverdi i overgangen mellom den nordlige og den sydlige delen av Horngraben. Denne positive tyngdeverdien følger forkastningsmønsteret inn mot senteret av Horngraben både fra nord og fra syd (Figur 4.17). Bouguer anomaliøkningen ligger mellom den vestlige delen av Horngraben og den østlige dype delen av Horngraben. Forkastningen som definerer den vestlige delen av den nordlige Horngraben følger samme nordvest-sydøst retning som den nordlige tyngdefeltsøkningen og nordlige Horngraben (Figur 4.17). En betydelig positiv anomali syd i Horngraben følger retningen til den sydlige Horngraben og ligger mellom den dype østlige delen av Horngraben og den vestlige delen. Ellers i Horngraben er det negative tyngdeverdier med en nordvest retning i nord og en sydvest retning i syd som tydelig definerer grabenstrukturen.

Det er ekstremt store positive tyngdeanomalier både i syd og nordenden av Horngraben (Figur 4.17). Helt i syd går linjene i DS-99 undersøkelsen inn mot dette området. Disse ekstreme verdiene sammenfaller med positive magnetiske anomalier ved S-1 brønnen i Horngraben (Figur 4.18). Anomaliene kan være dannet av en nærliggende eller dypere liggende magmatisk kilde (Figur 4.14; 4.17; 4.18) (Zhou og Thybo, 1997).



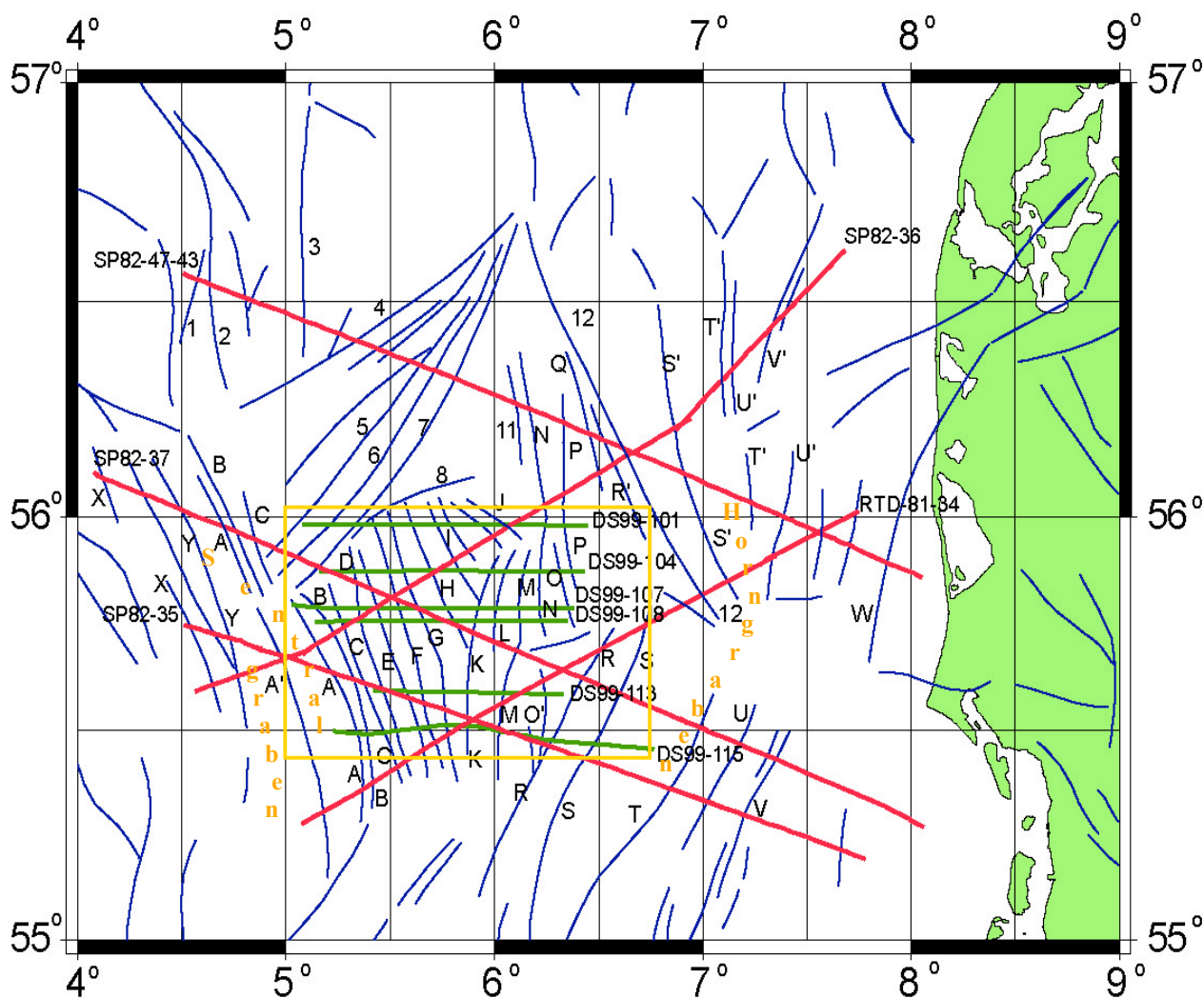
Figur 4.18: Total magnetisk intensitet målt fra 730 m over havnivå. De store positive anomalier i området er sannsynligvis dannet av store magmatiske intrusjoner. Skalaen viser nT (Zhou og Thybo, 1997).

Over store forkastninger og ved skifte i strukturell stil i forkastningssystemet på Ringkøbing-Fynhøyden og i grabenstrukturene er det store variasjoner i tyngdeverdiene. Disse store variasjonene kan knyttes til variasjoner i basement og det kan også knyttes til vulkansk aktivitet langs forkastningssystemene. I tillegg til disse variasjonene i tyngdefeltet langs forkastningssystemene er det enkelte ekstreme utslag både i tyngde- og magnetisk-felt over mindre områder der det sannsynligvis er store magmatiske legemer i dypet (Figur 4.17; 4.18) (Zhou og Thybo, 1997).

4.3 Tektonisk tolkning

De utvalgte profilene representerer de strukturelle variasjonene på Ringkøbing-Fynhøyden. Under kartleggingen av forkastningsmønsteret i studieområdet er det valgt å vise profiler som både har god seismisk avbildning og der de ulike strukturelementene på Ringkøbing-Fynhøyden kommer

fram. Langs de enkelte profilene er de større forkastningene tolket og navngitt med en bokstav eller tall for lettere å kunne skille dem fra hverandre. De regionale profilene som vises, krysser høyden i nesten vest-øst retning slik at de har en god vinkel omtrent perpendikulært på hovedretningene til forkastningssystemene (Figur 4.19). De lokale profilene som vises er valgt på liknende måte som de regionale og de valgte profilene fra DS-99 linjene har en vest-øst retning og god dekning over studieområdet (Figur 4.19).

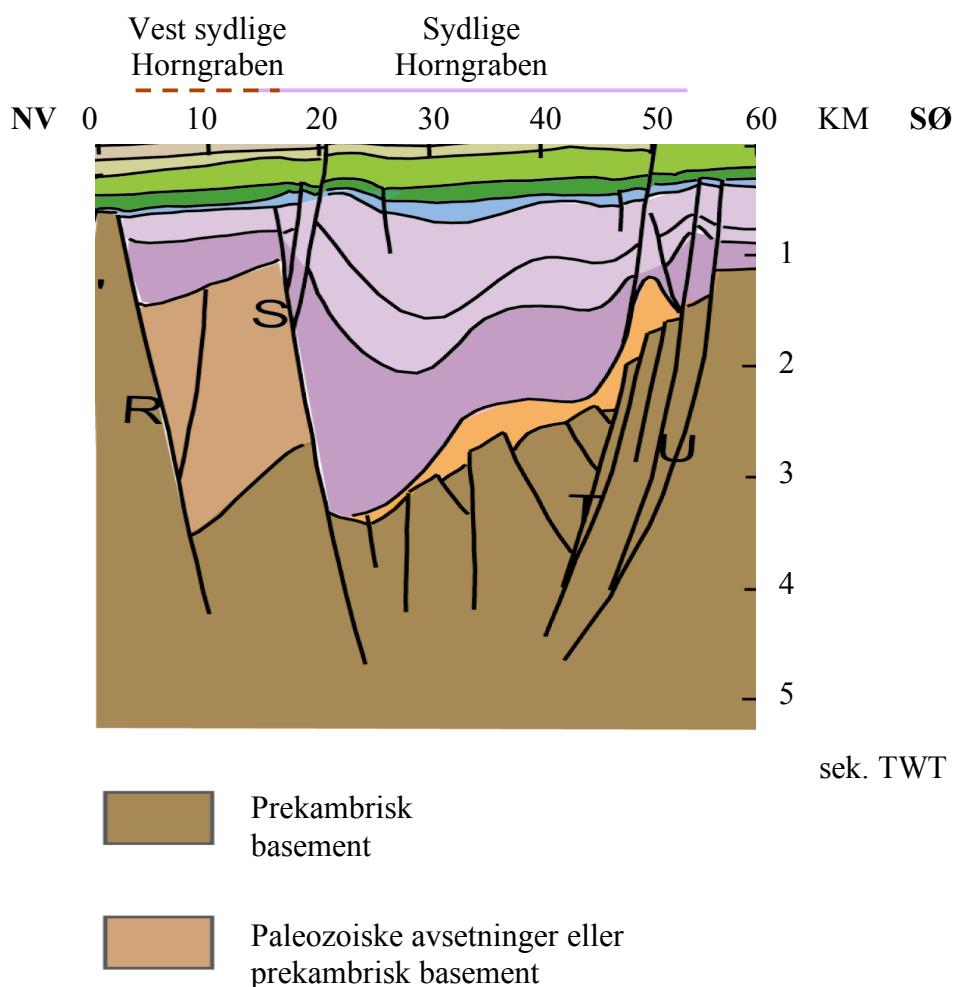


Figur 4.19: Strukturkartet viser tolket forkastningsmønster (blå linjer). Bokstav eller tall er brukt langs de forskjellige forkastningene for å skille dem. De regionale profilene (rød strek) og de lokale profilene (grønn strek innenfor gul ramme) vist som digitaliserte profiler tidligere i kapitlet.

4.3.1 Horngraben og den østlige del av Ringkøbing-Fynhøyden

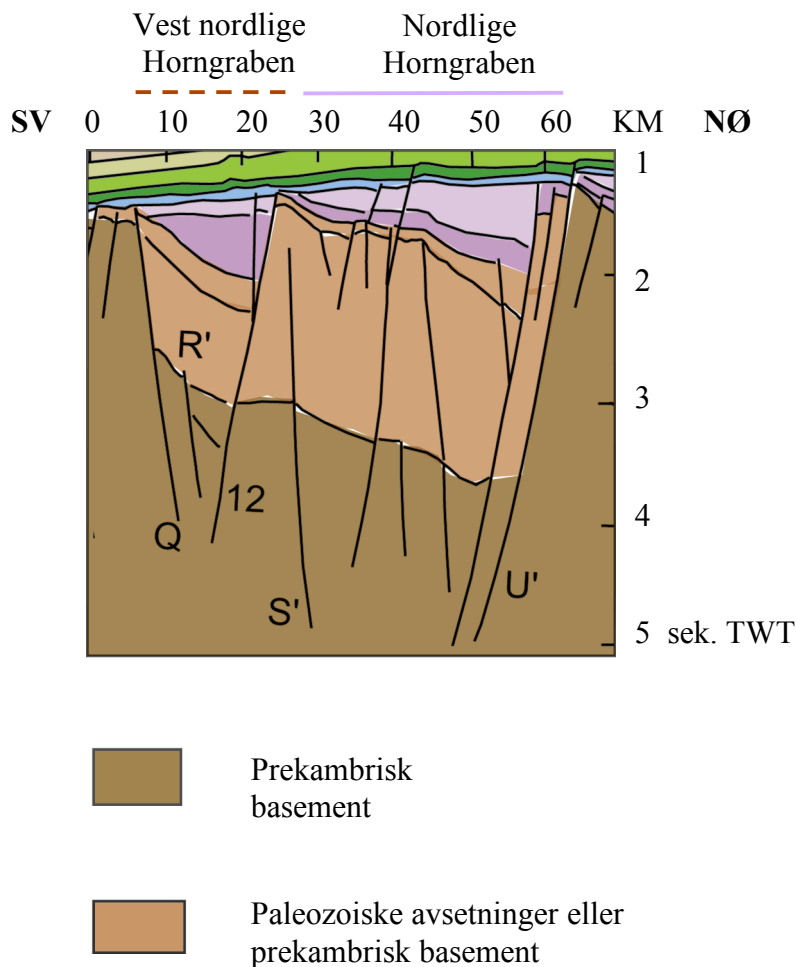
De regionale snittene som er digitalisert til profiler har alle en utstrekning over Horngraben. Horngraben deles i en nordlig og en sydlig del. SP-82 linje 36 og RTD-81 linje 34 er skutt inn i

Horngraben i sydvest-nordøstlig retning (Figur 4.5; 4.3). RTD-81 34 linjen krysser overgangen mellom den sydlige og den nordlige Horngraben og SP-82 36 linjen krysser Horngraben lengst i nord. SP-82 43 og 47 profilet er nord for Ringkøbing-Fynhøyden og har en utstrekning over den nordlige Horngraben (Figur 4.7). SP-82 43 og 47 linjene er samlet inn i en nordvest-sydøst retning. SP-82 linje 35 og SP-82 linje 37 er begge skutt over den sydlige delen av Horngraben i nordvest-sydøst retning (Figur 4.4; 4.6) (Appendiks II; III). Av de DS-99 linjene som er vist som digitaliserte profiler, er det kun linje 115 som er skutt helt til kanten av Horngraben inn mot den sydlige grabenstrukturen (Figur 4.13; 4.19).



Figur 4.20: Utsnitt av den sydlige Horngraben fra SP-82 35 profilet (Figur 4.4). Fargene følger inndelingen av sekvenser fra figur 4.2. I tillegg er det lagt inn prekambrisk basement mørk brun, og en enhet vest mot Ringkøbing-Fynhøyden som kan være prekambrisk basement, men som også kan være sedimentære avsetninger med lys brun (Figur 4.19).

De store forkastningene S, U og U' definerer Horngraben som har en utstrekning i nordøst-sydvest retning (Figur 4.19; 4.20; 4.21). Den sydlige delen har stort sprang langs forkastningsplanet i vest ved S-forkastningen og langs U-forkastningen i øst (Figur 4.4; 4.6; 4.13). Den nordlige delen av Horngraben viser lite forkastningssprang i vest langs S'-forkastningen. I øst er det et stort sprang langs U'-forkastningen slik at det dannes en halvgrabenstruktur i den nordlige delen av Horngraben (Figur 4.5). Negative verdier i tyngdefeltet er med på å definere Horngraben (Figur 4.17).



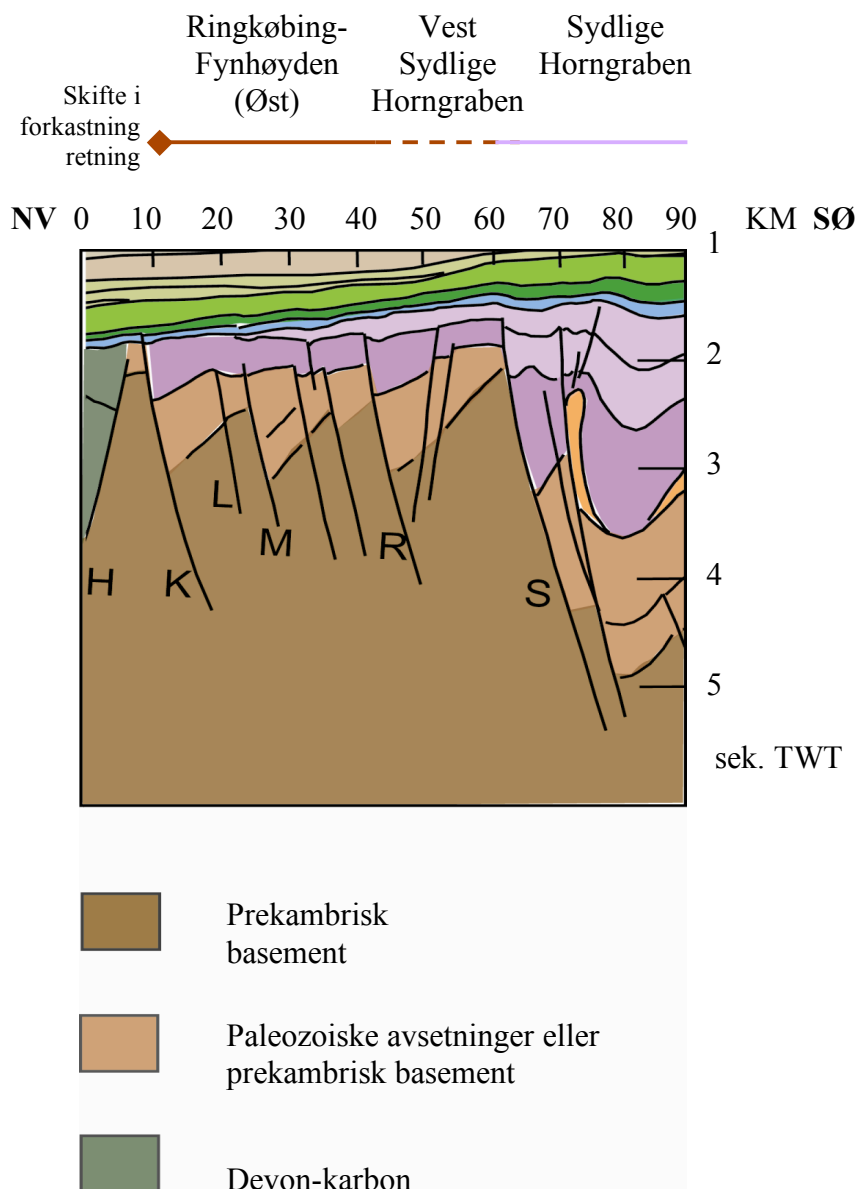
Figur 4.21: Utsnitt fra SP-82 36 profilet over den nordlige Horngraben (Figur 4.5), viser både den vestlige delen og hovedgrabenstrukturen av Horngraben. Prekambrisk basement er markert brunt. Sekvensen mellom eldre trias og basement kan være paleozoiske avsetninger og markert lys brun. Yngre sekvenser følger inndelingen i profilene fra figur 4.2 (Figur 4.19).

Vest for Horngrabens dypeste del er det en vestre del med en stor forkastning mot overgangen til Ringkøbing-Fynhøyden. Denne vestlige delen av Horngraben kan også deles i en sydlig og en nordlig del (Figur 4.19; 4.20; 4.21). I den sydlige delen er det et betydelig forkastningssprang langs R-forkastningen vest for S-forkastningen slik at grabenstrukturen gradvis trapper opp mot høyden (Figur 4.4; 4.6; 4.20). I den nordlige delen av Horngraben er det en halvgrabenstruktur med et sprang langs 12-forkastningen vest for den dype østlige halvgrabenen. Denne vestlige halvgraben grunner opp mot Ringkøbing-Fynhøyden i vest (Figur 4.5; 4.21).

I skillet mellom den nordlige og den sydlige Horngraben stryker 12-forkastningen og danner i nord den vestlige Horngraben (Figur 4.21). Denne forkastningen følger den nordlige grabenstrukturen men avviker noe. 12-forkastningen har en nordvest-sydøst retning (Figur 4.19). Forkastningsspranget langs 12-forkastningen øker fra nord (Figur 4.7) mot syd (Figur 4.3) inn mot overgangen mellom den nordlige og sydlige del av Horngraben. Med unntak av 12-forkastningen avtar forkastningssprangene for de ulike forkastningene inn mot denne overgangssonen mellom nordlige og sydlige Horngraben.

Forkastningene fra K-forkastningen og østover på Ringkøbing-Fynhøyden har samme nord-syd retning som akseretningen til Horngraben (Figur 4.19; 4.22). Forkastningene og Horngraben vrir noe i møtet med 12 forkastningen og får en mer nordøst-sydvest retning enn de nord-syd rettede forkastningene øst på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.19).

Øst på Ringkøbing-Fynhøyden mellom K-forkastningen og vestre del av Horngraben er det nedforkastende blokker mot grabenen langs K-, L- og M-forkastningene (Figur 4.19; 4.22). Dette vises også i tyngdefeltet hvor man kan observere et trinnvis fall i tyngdefeltet mot Horngraben fra en relativ positiv verdi sentralt på høyden ved K-forkastningen (Figur 4.15; 4.17). I området fra K-forkastningen til R- og R'-forkastningen er det få reflektorer fra avsetninger under den tynne jevne jura lagpakken med unntak av et reflektorbånd noe som kan tyde på en homogen lagpakke. Dette reflektorbåndet er forkastet langs forkastningene øst på høyden fra K-forkastningen og mot Horngraben. Reflektorbåndet viser sprang i forkastningen på denne delen av høyden ned mot Horngraben. Den manglende seismiske reflektiviteten over det sterke reflektorbåndet likner dyp seismisk avbildning korrelert med eldre trias avsetninger fra brønner i Horngraben (Figur 3.3; 4.22).

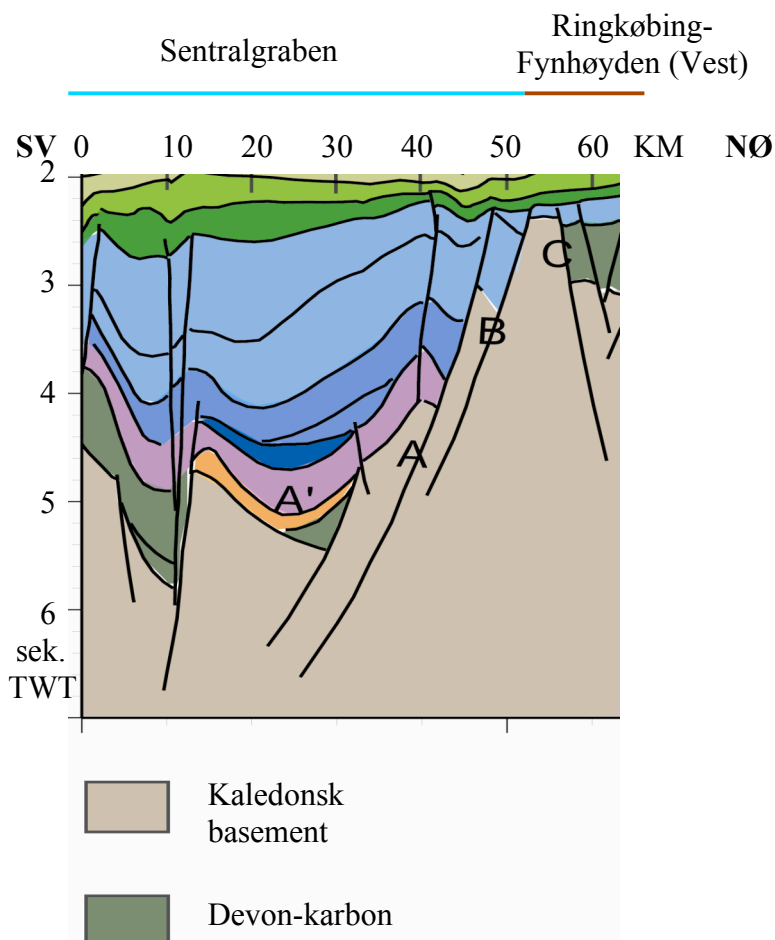


Figur 4.22: Østlige delen av Ringkøbing-Fynhøiden fra Sp-82 37 profilet (Figur 4.6; 4.19). Figuren viser prekambrisk basement og mulige paleozoiske sedimenter på den østlige delen av Ringkøbing-Fynhøiden markert med mørk og lys brunn. Bunn trias avgrenses av et vulkansk reflektorband. Yngre sekvenser følger inndelingen i profilene fra figur 4.2.

4.3.2 Sentralgraben og den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøiden

Av de regionale profilene dekker alle unntatt SP-82 43 og 47 profilet den østlige delen av Sentralgraben (Figur 4.3; 4.4; 4.5; 4.6). Av DS-99 linjene er 107, 108 og 115 skutt så langt vest

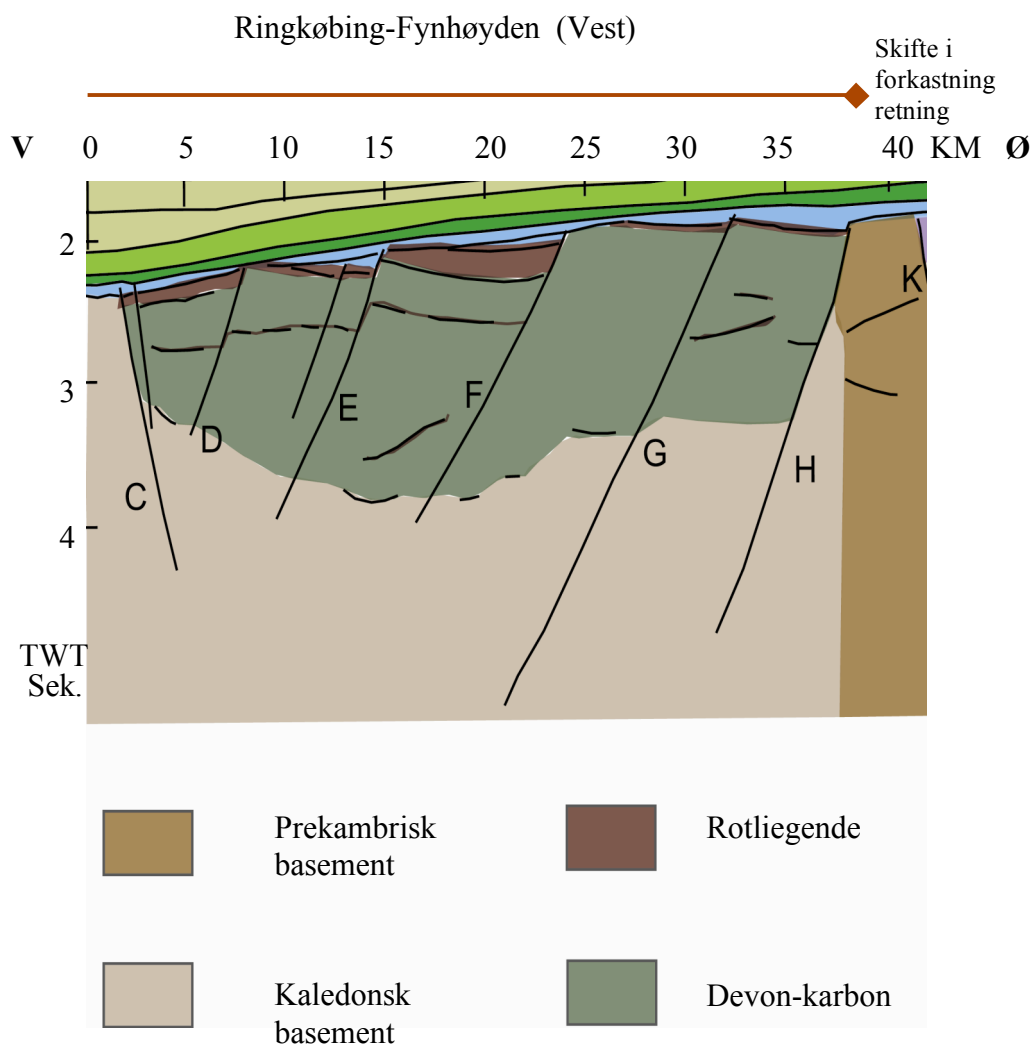
at profilene krysser B-forkastningen som avgrenser Ringkøbing-Fynhøyden ved Coffee Soil mot Sentralgraben (Figur 4.10; 4.11; 4.13). I Sentralgraben er det stort forkastningsprang i øst mot Ringkøbing-Fynhøyden som kan følges fra nord til syd i B-forkastningen langs hele høyden (Figur 4.19; 4.23). Tyngdefeltet er negativt i Sentralgraben og skifter til positive verdier langs flanken av Ringkøbing-Fynhøyden.



Figur 4.23: Utsnitt fra SP-82 35 profilet over Sentralgraben (Figur 4.4). Fargene følger inndelingen fra figur 4.2 og der er i tillegg lagt inn devon-karbon sekvens mørk grønn og kaledonsk basement grå.

Lenger øst i området med Sentralgrabens strukturelle stil på forkastningsmønster på Ringkøbing-Fynhøyden er det negative tyngdeverdier fra C-forkastningen og fram til skifte i forkastningsmønsterets strukturelle stil langs K-forkastningen (Figur 4.15; 4.17). Langs C-forkastningen er det et nedforkastet basseng og dette kan observeres videre østover mot K-forkastningen (Figur 4.11). Langs den vestlige flanken på Ringkøbing-Fynhøyden har C-

forkastningen et forkastningsprang mot høyden og danner den vestlige grensen av en symmetrisk bassengsstruktur (Figur 4.19; 4.24). Bassenget avsluttes mot øst av forkastninger som avskjæres av K-forkastningen. Dette bassenget mellom C- og K-forkastningene gjenspeiles i negative tyngdeverdier. Disse verdiene faller sammen med området med magmatiske intrusjoner langs eldre lagstrukturer i dypet. Intrusjonene ligger i en tykk sedimentær avsetningssekvens. Selv om det er sill intrusjoner mellom enkelte av lagene så er bassenget kjennetegnet ved lavere tyngdeverdier enn området med grunt basement rundt.



Figur 4.24: Utsnitt fra DS-99 108 profilet (Figur 4.11). Sekvensinndelingen er fra figur 4.2, med tilleggsinndeling av Rotliegende vulkanitter og intrusjoner mørk lilla og devon-karbon avsetninger mørk grønn over kaledonsk basement grå. Horst inn mot skifte i forkastningsretning i øst inn mot område med prekambrisk basement brun.

4.3.3 Området nordvest for Ringkøbing-Fynhøyden

Store deler av den vestre delen av SP-82 43 og 47 profilet strekker seg fra Horngraben og ut i det Norsk-Danskebassenget (Figur 4.7; 4.19). Det nordligste profilet fra DS-99 linjesettet, linje 101, strekker seg over den nordlige flanken av høyden (Figur 4.8). Den regionale linjen SP-82 37 krysser Ringkøbing-Fynhøyden, fortsetter sydvest i det Norsk-Danskebasseng og ut i Sentralgraben (Figur 4.6; Figur 4.19).

Forkastningene nordvest for Ringkøbing-Fynhøyden har en annen retning enn forkastningene på selve høyden. Fra det Norsk-Danskebassenget har forkastningene en nord-østlig retning inn mot den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Like ved høyden, bøyes de av mot vest og følger flanken av høyden mot Sentralgraben. Disse forkastningene går i viftesystem ut mot Sentralgraben og Coffee Soil forkastningssystemet hvor de stopper (Figur 4.19). Inn mot høyden er forkastningene sydvest rettet med et rotert forkastningsblokkssystem ned mot nordvest (Figur 4.7). Området mellom dette forkastningssystemet og Ringkøbing-Fynhøyden karakteriseres av positive tyngdeverdier (Figur 4.17).

Mot den østlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden øst for K-forkastningen har forkastningene i det Norsk-danskebasseng en lik retning som forkastningene på høyden og ut i Horngraben. Forkastningene i denne delen av det Norsk-Danskebasseng, øst på høyden og i Horngraben har en nord-sydlig til nordøst-sydvestlig retning med unntak av 12-forkastningen som har en nordvest-sydøstlig retning. 12-forkastningen strekker seg fra det Norsk-Danskebasseng inn mot overgangen mellom den nordlige og sydlige Horngraben. Tyngdefeltet avtar gradvis fra K-forkastningen og øst mot Horngraben. I Horngraben inn mot 12-forkastningen og langs denne er det positive tyngdeverdier der grabenstrukturen deles i en vestlig del og en hoveddel (Figur 4.17; 4.19).

4.4 Tolkninger av avsetningssekvenser

De tolkede sedimentære avsetningssekvensene er valgt fra bønnene rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Tabell 3.1) (Appendiks I). De er valgt slik at de i det seismiske bildet avgrenses av relativt sterke reflektorer med en viss utstrekning og et relativt konformt internt mønster. I bassengområdene, spesielt i de dype grabenstrukturene, men også nord og syd for høyden er det tykke og veldefinerte sedimentære avsetninger (Nilsen og Japsen, 1991). Fra brønner i disse

områdene er de sedimentære sekvensene tolket inn mot og over høyden (Figur 4.2; profilene 4.3-4.13).

I enkelte brønner fra området rundt Ringkøbing-Fynhøyden er det påvist magmatiske avsetninger fra overgangen karbon-perm (Heeremans et al., 2004A; 2004B). Disse har en varierende utbredelse og seismisk karakter og er ofte vanskelig å følge fra profil til profil og korrelere mot brønndata. Karbon-perm avsetningene er derfor ikke definert som en egen enhet i profilene. Det er valgt å tolke Zechstein saltavsetninger rundt Ringkøbing-Fynhøyden som en egen enhet da disse saltstrukturene er lett gjenkjennelige som dome- og pute-strukturer og med sterke reflektorer som avgrenser enheten (Figur 2.10; Tabell 3.1) (Vejbæk, 1997).

Trias lagpakken er i de områdene der det kan skilles ut en yngre trias avsetning delt i en eldre og en yngre trias sekvens (Clausen og Pedersen, 1999). Der trias avsetningen bare består av en enhet er dette avsetninger fra Bacton gruppen i eldre trias (Figur 2.13; 3.3; 3.4; 3.5). De eldre triasiske avsetningene er kontinentale avsetninger med stort sandinnhold og har liten intern seismisk lagdeling (Michelsen og Clausen, 2002). De yngre triasiske avsetningene har en mer skifrig avsetning og har tynne interne avsetningssekvenser i de seismiske data. Det er i studieområdet bare bevart sen trias i Horngraben der trias avsetningene er tykke og kan karakteriseres som en syn-rift avsetning.

Jura kan deles inn i nedre, midtre og øvre jura sekvenser. Nedre og midtre jura er kun bevart i et mindre område i Sentralgraben (Michelsen et al., 1992), mens øvre jura har en stor regional utstrekning som kan følges fra brønnene rundt Ringkøbing-Fynhøyden og inn på høyden (Figur 2.14) (Underhill, 1998). Jura avsetningene er syn-rift og har en stor mektighet i Sentralgraben (Møller, 1986).

Kritt og kenozoiske avsetninger har en regional utstrekning i hele området (Michelsen, 1997). Kritt avsetningene deles i to sekvenser av topp Cromer Knoll. Cromer Knoll avgrenses i toppen av en kraftig seismisk reflektor dannet av mergelkalk (Offshore Denmark inndelingen, Figur 2.15) (Oakman og Partington, 1998). Cromer Knoll avsetningene i den nedre kritt sekvensen har liten tykkelse på Ringkøbing-Fynhøyden og er en fortsettelse av øvre jura avsetningene (Vejbæk, 1998). Den øvre krittlagpakken representerer kalkavsetninger fra chalk gruppen (Figur 2.15). De kenozoiske sekvensene tolkes og deles inn etter samme inndeling som brukt av Michelsen et al.

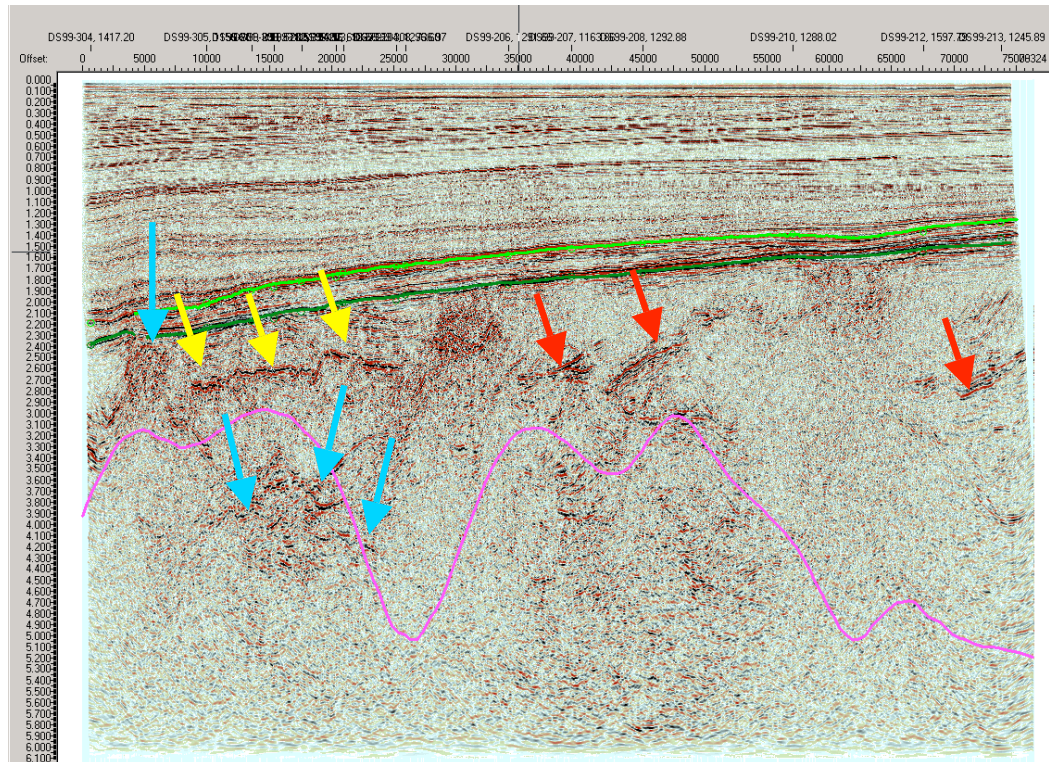
(1994; 1998). Disse sekvensene består av en veksling mellom skifer- og sandsteinavsetninger (Figur 2.16; 4.22; 4.24).

4.4.1 Basement

Basement i Sentralgraben har en kaledonsk opprinnelse og den kaledonske deformasjonsfronten strekker seg inn på vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Utstrekningen av deformasjonsfronten har gått lenger øst enn brønnene Per-1 og Ugle-1 da disse stopper i kaledonsk basement (Figur 3.2) (Frost et al., 1981). På Ringkøbing-Fynhøyden rett øst for Sentralgraben står kaledonsk metamorf berggrunn høyt i form av en horst mellom B- og C-forkastningene (Figur 4.23). Over denne horsten er det bevart lite eller ingen jura avsetninger (Figur 4.3; 4.11) og området sammenfaller med en positiv tyngdeverdi (Figur 4.17). På begge sider av horsten faller tyngdeverdiene kraftig. I horsten kan det ikke observeres noen intern lagstruktur, men på flankene er det observert reflektorer langs lagstrukturer under jura avsetningene (Figur 4.23; 4.24).

De dypeste reflektorene på Ringkøbing-Fynhøyden er ikke kontinuerlige og varierer i karakter. På den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden har de dypeste seismiske reflektorene en uryddig karakter (Figur 4.24; 4.25). Dette sterke refleksjonsmønsteret er tolket til kaledonsk basement. De sterke reflektorene i dypet kan riktignok være fra magmatiske intrusjoner som maskerer overgangen sedimenter basement og da ligger basement dypere. Dette refleksjonsmønsteret kan følges fra C-forkastningen over hele området med forkastningsmønster lik Sentralgrabenretningen fram til K-forkastningen (Figur 4.19). I dette området vest for K-forkastningen er det mellom jura avsetningene og den dypeste reflektoren et område med mange sterke reflektorer (Figur 4.25). Øst for K-forkastningen skifter dette refleksjonsmønsteret karakter til kun et dypt reflektorbånd som fortsetter mot Horngraben (Figur 4.12; 4.25). Det er positive tyngdeverdier sentralt på høyden i skiftet av forkastningsmønsteret med fall i tyngdeverdi på begge sidene (Figur 4.25). Skiftet i det dype refleksjonsmønsteret og skiftet i forkastningsmønster ved K-forkastningen faller sammen med et skifte i basement fra kaledonsk til prekambrisk (Berthelsen, 1988). Det dype reflektorbåndet øst på høyden kan være refleksjoner fra eruptiver på en inkonformitetsflate over eldre sedimentære bergarter eller fra basement som her er prekambrisk (England et al., 1997).

I Sentralgraben og Horngraben er de sedimentære avsetningene så mektige at det i de seismiske dataene ikke observeres basement. Basert på den geologiske utviklingen i området har basement i Sentralgraben en kaledonsk opprinnelse mens det i Horngraben er av prekambrisk opprinnelse (Abramovitz et al., 1997A).



Figur 4.25: Refleksjoner fra magmatiske intrusjoner i DS-99 108 linjen. Gule piler peker på intrusjoner som følger langs eldre lagstrukturer og forkastningsplan. Røde piler peker på eruptivt bånd som senere er forkastet eller båndet kan også representere forkastet prekambrisk basement. Blå piler peker på mulig kaledonsk basement. Rosa linje er variasjon i tyngdefelt i området. Lys grønn markerer topp chalk reflektor og mørk grønn er topp nedre kritt reflektor.

4.4.2 Paleozoiske avsetninger

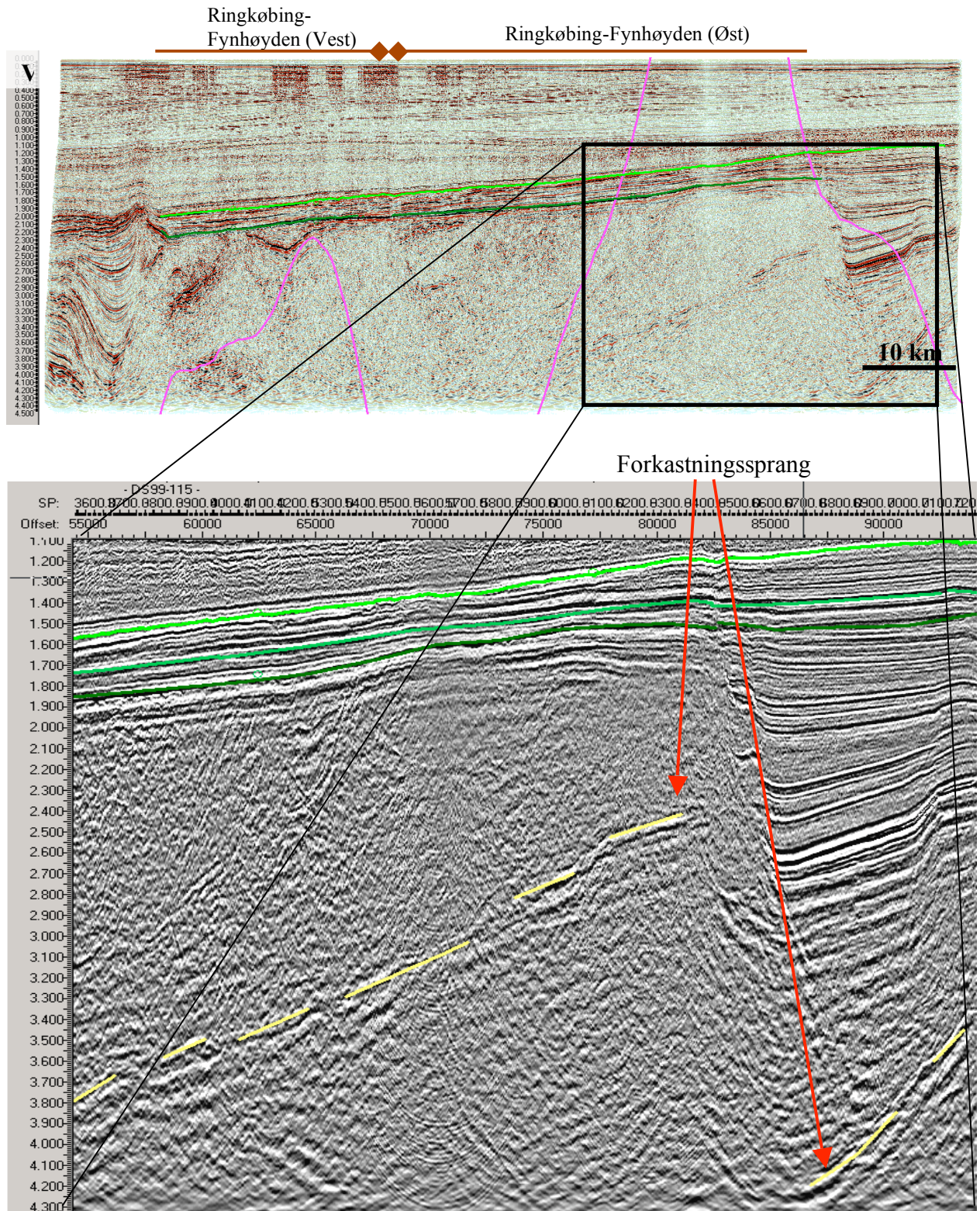
De eldste avsetningene i bassengene i studieområdet er avsetninger fra tidlig paleozoikum. I området som har vært utsatt for kaledonsk deformasjon er første mulige sedimentære avsetninger fra devon og karbon, men på prekambrisk basement kan avsetningene være eldre (Pharaoh, 1999). Disse mulige tidlig paleozoiske avsetningene fra Tornquisthavet observeres ikke som egen sekvens i seismisk data. Det er lite tidlig paleozoiske sedimentære avsetninger observert i brønnene ned til prekambrisk basement (Tabell 3.2; Appendiks I) (Berthelsen, 1988).

Fra kollaps av den kaledonske fjellkjeden er det mulig med sedimentære avsetninger bevart over kaledonsk basement. Det mektige eldre riftbassenget inne på Ringkøbing-Fynhøyden i området med Sentralgrabenmønster mellom C- og K-forkastningen har en opprinnelse fra denne kollapsen og har mektige devon-karbon avsetninger bevart (Figur 4.24). Disse devon-karbon avsetningene består av relativt homogene kontinentale sandige lagpakker (Figur 2.9; 2.10) (Downie, 1998; Viejo et al., 2002). De seismiske dataene fra denne delen av høyden viser en vulkansk karakter med et mønster som tilsier at dette er sill intrusjoner i dette eldre devon-karbon bassenget (Figur 4.24). Sill intrusjonene er fra overgangen karbon-perm. Intrusjonene følger mellom avsetningslag og klatrer opp langs forkastningsplan for å fortsette mellom lagstrukturen i hele devon-karbon bassenget (Figur 4.24; 4.25) (Heeremans et al., 2004A).

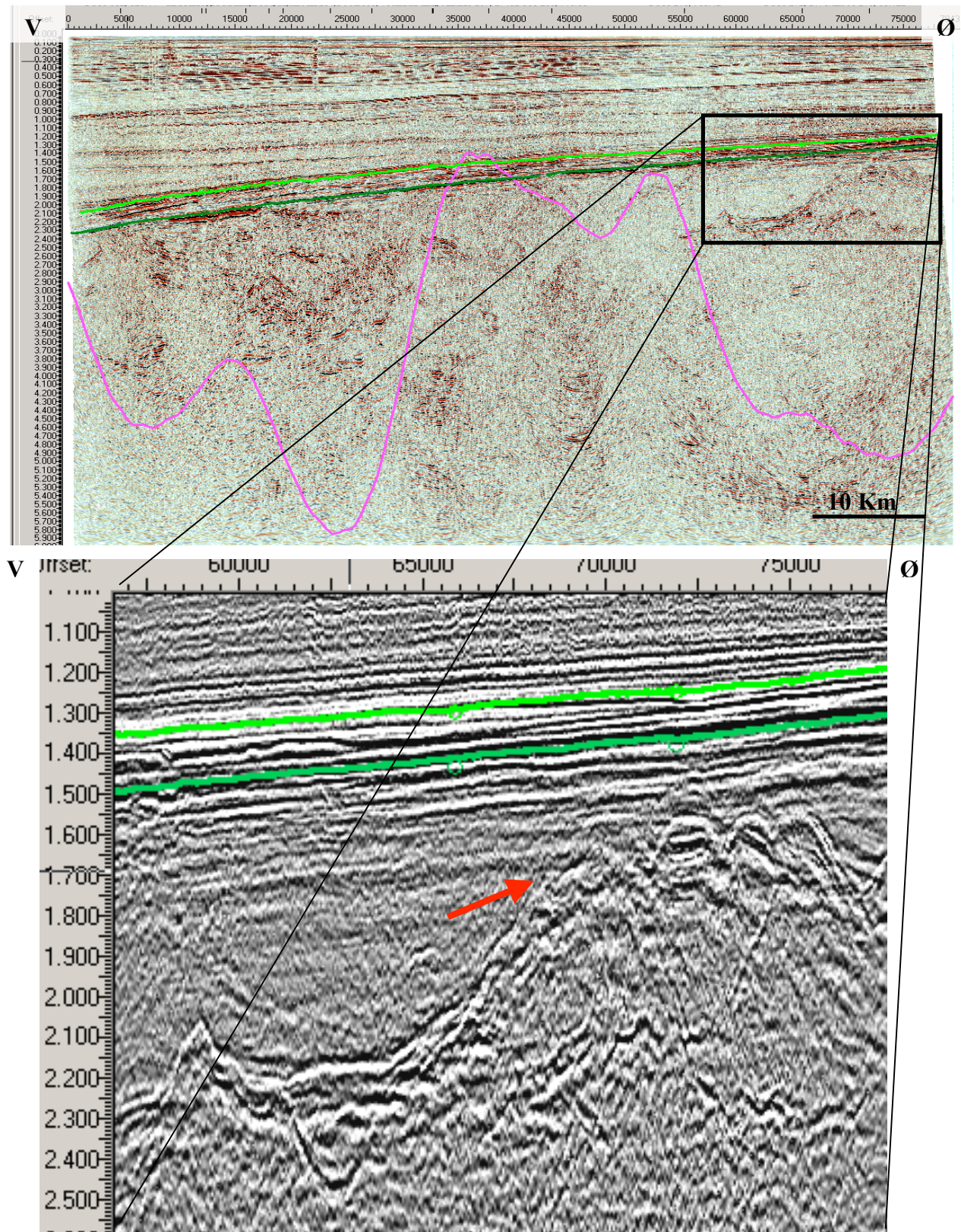
Brønner som er brukt for korrelering med seismisk data stopper ofte i vulkanitter fra karbon-perm overgangen. I permbassengene nord og syd for Ringkøbing-Fynhøyden er det bevart avsetninger både fra tidlig og sen perm selv om det i midtre del av perm har vært stor erosjon (Figur 2.10). Ringkøbing-Fynhøyden har stått høyt i perm og det er lite bevaringspotensial for perm avsetninger. Det er fortsatt mulig at det er bevart vulkanitter fra Rotliegende over høyden da disse har vært avsatt med stor mektighet i området. (Heeremans et al., 2004A). Vulkansk Rotliegende avsetninger fra karbon-perm overgangen er avsatt i et kontinentalt avsetningsmiljø bestående av vulkanoklastiske lag og kontinentale sandavsetninger i tillegg til vulkanitter (Stemmerik et al., 2000) (Figur 2.12). Eruptivene og intrusivene er ofte brede bånd i de seismiske data med sterke utslag og har ofte et uryddig mønster (Viejo et al., 2002).

Vest på Ringkøbing-Fynhøyden mellom C- og K-forkastningene er det en tynn sekvens med et sterkt reflektormønster mellom jura og devon-karbon avsetningene. Denne tynne sekvensen er vulkanitter fra karbon-perm overgangen (Figur 4.24; 4.25).

Øst på Ringkøbing-Fynhøyden er det ikke observert sill langs eldre lagpakker. Fra K-forkastningen og østover mot Horngraben har refleksjonsmønsteret et reflektorbånd som tolkes til å være fra eruptiver fra overgangen karbon-perm (Figur 4.25; 4.26). Reflektorbåndet er brutt av forkastningene (Figur 4.22) og det er i enkelte områder store oppbyggende strukturer over en jevn flate (Figur 4.27). Dette tolkes som eruptive lavaer over en erosjonsflate med en senere forkastningsaktivitet (Heeremans et al., 2004A). De vulkanske lavaene skrår opp mot flanken av Horngraben (Figur 4.26). På denne delen av høyden viser det vulkanske båndet et blokkmønster som indikerer en yngre forkastningsaktivitet (Figur 4.19; 4.25; 4.26).



Figur 4.26: Utsnittet av DS 99 115 linjen viser vestflanken på sydlige Horngraben. I dypet ved røde piler er det kraftige skråstilte reflektorband, markert med gult både på Ringkøbing-Fynhøiden og i grabenstrukturen. Lys grønn markerer topp chalk reflektor, grønn markerer overgangen mellom chalk og nedre kritt langs topp Cromer Knoll reflektor og mørk grønn markerer bunn nedre krittreflektor. Forkastningsstruktur er vist i profil (Figur 4.13).



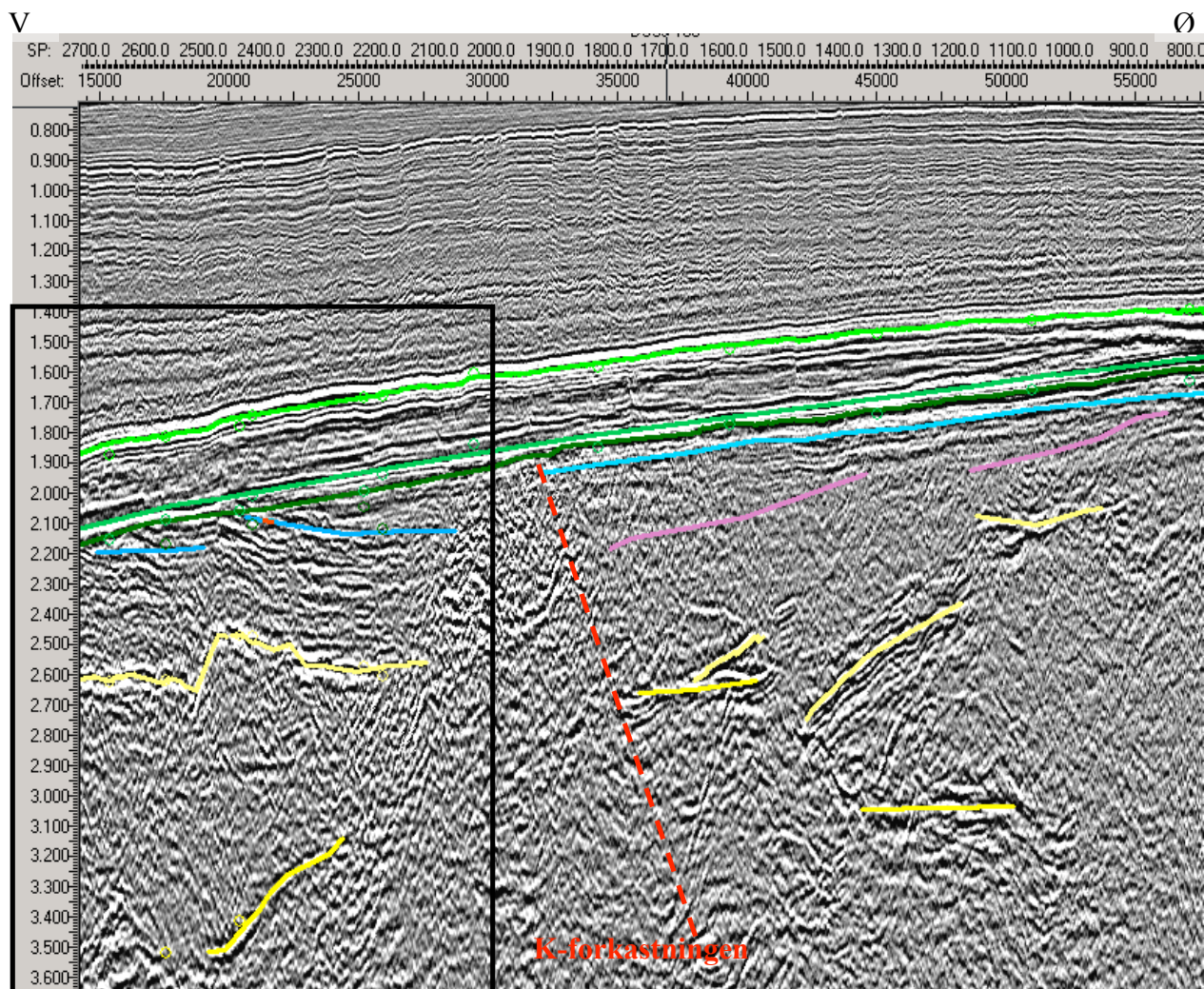
Figur 4.27: Utsnitt av DS-99 linjen 104 nordøst på Ringkøbing-Fynhøyden. Linjen viser eruptiver med ruglete og ujevn overflatekarakter bygget opp i en positiv struktur (rød pil). Lys grønn markerer topp chalk og mørk grønn markerer topp nedre kritt reflektor langs topp Cromer Knoll mergel.

I sedimentbassengene rundt Ringkøbing-Fynhøyden er det i øvre perm avsatt store mektigheter med Zechstein evaporitter som senere har utviklet dome- og diapir-strukturer (Figur 4.20; 4.22; 4.23) (Vejbæk, 1997). Evaporittene i sen perm er dannet ved gjentatte oversvømminger og uttørkninger av bassengene i et varmt og tørt klima. Avsetningene har en kraftig reflektor som danner bunnen av saltlaget og også en sterk reflektor fra toppen (Figur 2.10; Appendiks II). Nord for Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.7) tynner Zechstein lagene inn mot høyden og består sannsynligvis av ikke mobile evaporitter. Der Zechstein avsetningene tynner skifter også den seismiske karakteren og den sterke reflektoren langs bunnen dempes (Appendiks II). Det er ikke funnet Zechstein avsetninger på selve høyden.

Det er ikke observert avsetninger av mobile Zechstein evaporitter sentralt i Horngraben i overgangen mellom den nordlige og den sydlige delen (R-1 Figur 3.3; 4.21). Nordøst i Horngraben og i den sydlige delen er det avsatt Zechstein salt (Figur 4.5; 4.6; 4.20). I det sydlige permbassenget syd for Ringkøbing-Fynhøyden har det vært avsatt store mengder salt i Zechstein (George og Berry, 1997). I Sentralgraben er det dannet Zechstein saltavsetninger inn mot senteret av grabenstrukturen og i den sydlige delen og danner dome- og pute-strukturer (Figur 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.13; 4.23).

4.4.3 Triasiske sekvenser

De seismiske dataene viser lite reflektivitet fra trias avsetninger bevart på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.28). Vest for K-forkastningen og til Sentralgraben er det ingen avsetninger bevart mellom perm og øvre jura (Figur 4.24). Øst for K-forkastningen og mot Horngraben følger jura avsetningene ikke rett over vulkanitter fra karbon-perm noe som gir muligheter for bevarte trias avsetninger (Figur 4.22). I dette området er det avsetninger med lite interne reflektorer mellom øvre jura sedimenter og det eruptive reflektorbåndet av paleozoisk alder (Figur 4.28). Det svake refleksjonsmønsteret likner på eldre trias avsetninger i Horngraben og Sentralgraben (Figur 4.26). De eldre triasiske avsetningene i dette området består hovedsakelig av sandige avsetninger, spesielt i de yngre avsetningene av Bacton gruppen (Figur 2.13) (Clausen og Pedersen, 1999). De er homogene og har liten intern reflektivitet. Mektigheten av denne tykke triasiske avsetningen øst for K forkastningen på Ringkøbing-Fynhøyden er mer enn 500 meter (Figur 4.6; 4.22)



Figur 4.28: Linje DS 99 108. Blå markering er bunn øvre jura reflektor. Lilla markering er en mulig intern reflektor i eldre triasiske avsetninger. Gul markering følger reflektorer langs sill intrusjoner og vulkanitter. Lys grønn er topp chalk reflektor. Grønn og mørk grønn representerer henholdsvis topp og bunn nedre kritt reflektorer. Svart ramme forstørret i figur 4.29 og strukturering av snittet vises i profilet i figur 4.11.

I Horngtaben er det avsatt betydelige mektigheter med trias sedimenter, i nord en km og i syd fire km tykke (Figur 4.20; 4.21) (Fisher og Mudge, 1998). Det har i denne perioden vært en stor riftaktivitet som har utviklet den dype Horngtaben. Den tektoniske aktiviteten i trias var betydelig større i Horngtaben enn i Sentralgraben noe som gjenspeiles i de store mektighetene med trias sedimenter som er bevart (Best et al., 1983). Horngtaben har en større avstand fra det jurasiske hevede området i nordvest og kan ha vært utsatt for mindre erosjon ned i trias avsetningen enn Sentralgraben. I de seismiske snittene i Horngtaben består trias av en yngre del

med intern lagdeling avgrenset i bunnen med en sterk reflektor og en eldre mer homogen del. Den yngre trias sekvensen er av skifrig karakter og finnes bare i den dype Horngraben. Den eldre sekvensen er av Bacton alder og er bevart i et større område rundt Ringkøbing-Fynhøyden, også øst på høyden (Figur 4.20; 4.21; 4.22). Trias avsetningene er erodert og de største mektighetene er bevart i den dype sydlige Horngraben (George og Berry, 1997; Sørensen, 1986).

I Sentralgraben er det bevart en jevn tykk tidlig triasisk avsetningssekvens på en km som tynner mot nord (Figur 4.23). Lagpakken kan følges helt inn mot B forkastningen. Den er noe strukturert rundt de områdene der det har vært bevegelse i Zechstein saltet og dannelse av diapirstrukturer (Figur 4.3). Toppen av tidlig trias avsetningene i Sentralgraben viser betydelig tegn på erosjon og avsetningene viser lite intern strukturering. I Sentralgraben er det ikke bevart yngre trias sedimenter (Michelsen og Clausen, 2002).

4.4.4 Jurasiske sekvenser

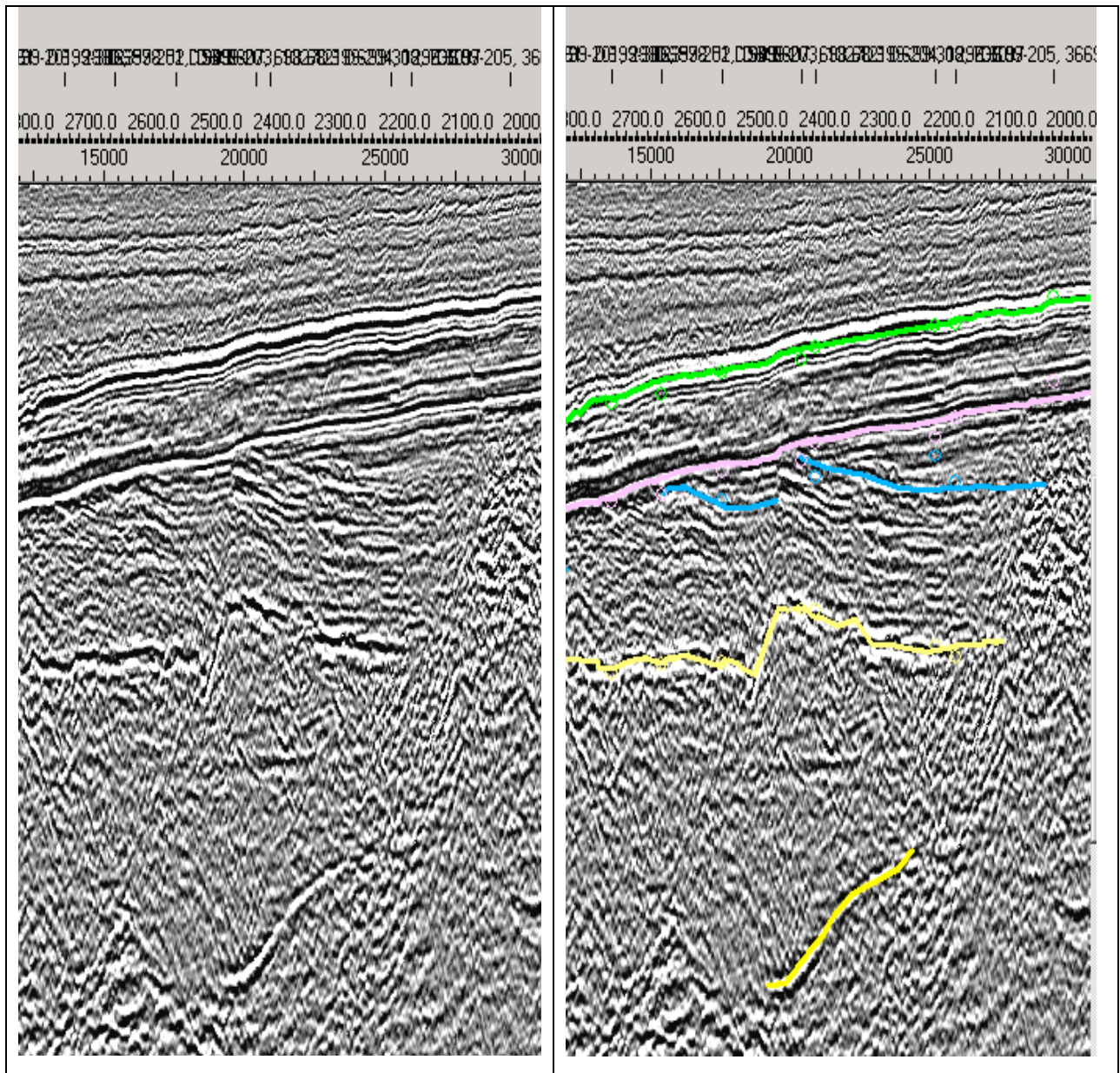
Gjennom store deler av jura har Ringkøbing-Fynhøyden og mye av området rundt stått høyt og vært utsatt for erosjon. Det er lite avsetnings- og bevarings-potensial fra nedre og midtre jura i hele området. Muligheten for bevaring av avsetninger kom først under den vidstrakte transgresjonen i øvre jura. Det har under hevingen i nedre og midtre jura også vært perioder med forkastningsaktivitet i Sentralgraben (Figur 2.14) (Michelsen et al., 1992).

Det er ikke bevart nedre og midtre jura avsetninger i Horngraben og på Ringkøbing-Fynhøyden. Nedre jura sekvensen er bevart inn mot senteret av riftaksen i Sentralgrabens sydlige del (Figur 4.3-4.6; 4.13) (Richards et al., 1993). Utstrekning av midtre jura avsetninger er større enn nedre jura sekvensen. De midt jurasiske sedimentene strekker seg inn mot Ringkøbing-Fynhøyden og følger B-forkastningen. Midtre og nedre jura sekvensene tynner mot nord (Figur 4.23).

I øvre jura har det vært en utstrakt transgresjon etter kollapsen av den jurasiske oppdomingen og en begynnende rifting og termal innsynkning av Nordsjøområdet (Figur 2.14) (Badley et al., 1988). Denne transgresjonen har i Nordsjøen hatt en regional utstrekning og medført avsetning av sedimenter over større deler av området (Appendiks I). Riftaktiviteten i Sentralgrabenområdet fortsatte inn i øvre jura og tykke lagpakker ble avsatt i Sentralgraben (Figur 2.14; 4.23) (Michelsen, et al., 1992). Avsetningene som er bevart fra øvre jura i Sentralgraben er fire kilometer tykke (Figur 4.3-4.6) (Møller, 1986).

V

V



Figur 4.29: Linje DS-99 108. Til venstre uten tolkninger og til høyre med tolkninger. Bunn jura kiler er markert med blått, magmatiske intrusjoner er markert med gult. Topp chalk er markert grønt og bunn kritt er rosa. Strukturering av snittet vises i profilet i figur 4.11.

Riftstrukturmønsteret på Ringkøbing-Fynhøyden viser at det var en tektonisk aktivitet fra Sentralgraben og inn mot midten av høyden i øvre jura. Over den vestlige delen av høyden er det av den grunn bevart små tykke kiler med øvre jura syn-rift sedimenter opptil 200 meters tykkelse

(Figur 4.24; 4.29). Fra midten av høyden, langs K-forkastningen, skifter øvre jura karakter til en jevn tynn 100 meters lagpakke ut i Horngraben (Figur 4.22; 4.28) (Møller, 1986).

Transgresjonen i jura har hatt en stor utstrekning, men sedimentene viser på enkelte deler av høyden tegn til erosjon der hvor riftblokker har stått opp (Figur 4.28; Per-1). De interne reflektorene har en kontinuerlig horisontal karakter som skyldes de skifrige pelagiske avsetningene (Figur 2.14) (Underhill, 1998). Avsetningene fra jura og kritt har samme laghelning internt (Figur 4.28) (Vejbæk, 1998).

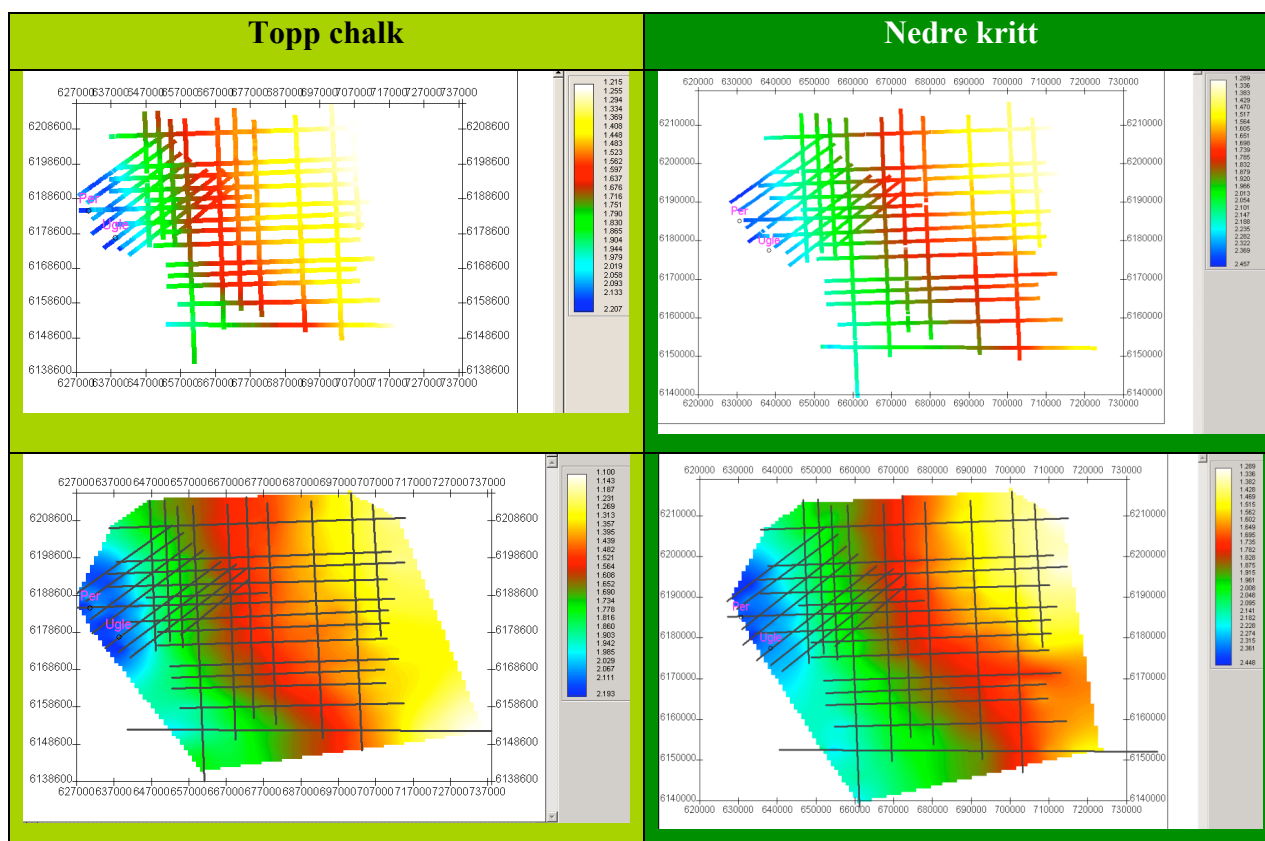
4.4.5 Avsetninger fra kritt og kenozoikum

Kritt avsetningene er delt i to sekvenser, chalk og nedre kritt. Begge sekvensene er avsatt jevnt tykt over hele Ringkøbing-Fynområdet med en helning inn mot Sentralgraben som skyldes en senere innsynkning i vest og heving av landområdene i øst-nordøst (Figur 4.30) (Michelsen, 1997). De sterke reflektorene i kritt kan følges regionalt. Kritt reflektorenes sterke seismiske karakter skyldes det høye innholdet av kalk (Japsen, 2000).

I brønnen Per-1 på den vestlige delen av høyden er det ingen avsetninger eldre enn nedre kritt som ligger rett på kaledonsk basement. Nedre kritt sekvensen er den første lagpakken som dekker hele høyden (Figur 4.25; 4.30). Denne sekvensen er meget tynn (Figur 4.5; 4.13). Den akustiske impedans er sterk i topp nedre kritt Cromer Knoll (Offshore Denmark Figur 2.15).

Chalk sekvensen er definert av sterk topp chalk reflektor i topp og sterk topp Cromer Knoll reflektor i bunn. Sekvensen er en pelagisk kalkavsetning jevntykk over hele Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.11; 4.12) (Oakman og Partington, 1998). I toppen av chalkavsetningen kan det observeres erosjonsstrukturer som kan tolkes som kanaler og innskårete dalsystemer (Figur 4.9). Tidlig kenozoikum trunkerer inn mot topp chalk reflektoren (Figur 4.4) (Michelsen, 1997).

De seismiske dataene viser ingen reflektorbrudd i krittavsetningen på selve Ringkøbing-Fynhøyden. Rundt høyden er det enkelte mindre reflektorbrudd i bassengene. Disse bruddene observeres i områder med store sediment mektigheter under. Kritt reflektorene viser også en domestruktur langs B-forkastningen inn mot Ringkøbing-Fynhøyden i vest. Denne domestrukturen blir større og tydeligere mot syd og skyldes kompresjon i krittbasenget fra syd (Oakman og Partington, 1998).



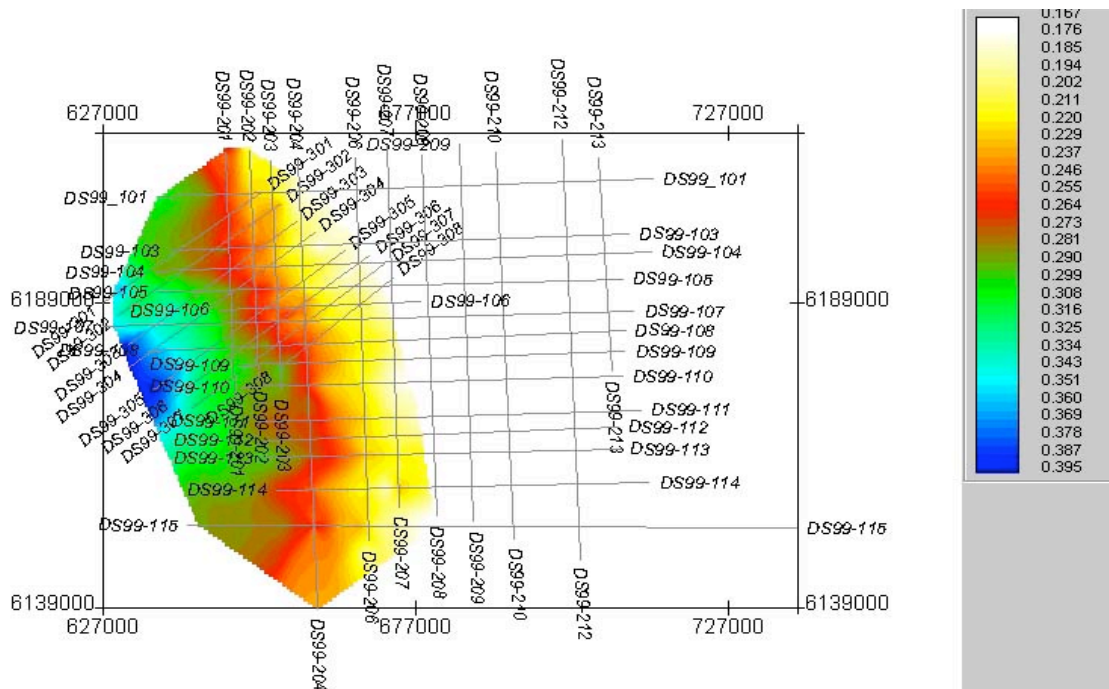
Figur 4.30: Tolkning av topp chalk til venstre og topp nedre kritt til høyre i DS-99 linjene. Øverst vises linjer og nederst vises interpoleringer av horisontene. Fargeskalaen blå til gul viser variasjon i dyp av reflektorene, blå er dypest og gul er grunnest.

I kenozoikum er det en sterk økning i sedimenttilførsel på grunn av landhevning i nordøst og øst (Michelsen et al., 1998). En stor innsynkning i sentrale deler av Nordsjøen og en heving av landområdene rundt gir klinoforme utbygningsskiler ut i bassenget (Figur 2.16; 4.6). Tolkningen av kenozoikum videreføres fra studier gjort i området med hovedvekt på inndelingen til Michelsen et al. (1994; 1998) og med tillegginformasjon fra Huuse et al. (2001) (Figur 2.16). Tolkningen av kenozoikum er over Ringkøbing-Fynhøyden delt inn i fire deler (Figur 4.2) enhet 7, 6, 5 og sekvens 4. Enhet 7 er den yngste og sekvens 4 er den eldste. Dette er navneinndelingen fra Michelsen et al. (1994).

Sekvens 4 lapper på Ringkøbing-Fynhøyden fra Sentralgraben og er den eldste kenozoiske avsetningen på høyden og er fra oligocen (Figur 2.16). Sekvensen har aggraderende klinoformstrukturer fra Sentralgraben og inn over Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.4). De interne reflektorene i sekvensen har laginndeling som følger dagens havbunn og avviker fra den

underliggende helningen på krittlagene. I den nordlige delen av studieområdet lapper sekvens 4 på topp chalk nesten inn til Danmark. Sekvens 4 jevner ut overflaten på Ringkøbing-Fynhøyden slik at det ikke lenger er et dypere basseng ut i Sentralgraben. Den går ikke høyt nok til å dekke hele høyden mot sydøst (Michelsen et al., 1994).

Enhet 5 og 6 er to sekvenser som er jevnt tykke på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.16) (Michelsen, 1998). Nordover viser begge enhetene en økning i tykkelse. Denne økningen kan observeres ved linjene DS-99 101, 104, 107 og 108 (Figur 4.8; 4.9; 4.10; 4.11) i nord har en tykkere enhet 5 og 6 enn linjene DS-99 113 og 115 i syd (Figur 4.12; 4.13). Regionalt viser enhetene litt tynning inn mot Danmark. Enhet 5 lapper ned på topp chalk reflektoren i øst og har en lengre utstrekning mot øst enn sekvens 4.



Figur 4.31: Det er interpolert en intern kliniform reflektor i enhet 7 fra sen tertiær som har en prograderende struktur med en helning som vist i figuren. Skala i toveis gangtid i sekunder.

Enhet 7 blir tykkere mot vest i retning mot bassengsenteret og tynner mot Danmark. Internt i enhet 7 er det kliniforme strukturer i bunnen av enheten som prograderer ut i bassenget med en øvre lagpakke som er jevn over hele området (Figur 4.31). Enhet 7 er tykkest ut mot bassenget og avtar i tykkelse inn mot landområdene (Figur 4.3). Enhet 7 består av både kvartære og øvre tertiære sedimenter (Figur 2.16) (Huuse et al., 2001). Over hele Ringkøbing-Fynhøyden har denne lagpakken en tykkelse på minst 1 kilometer.

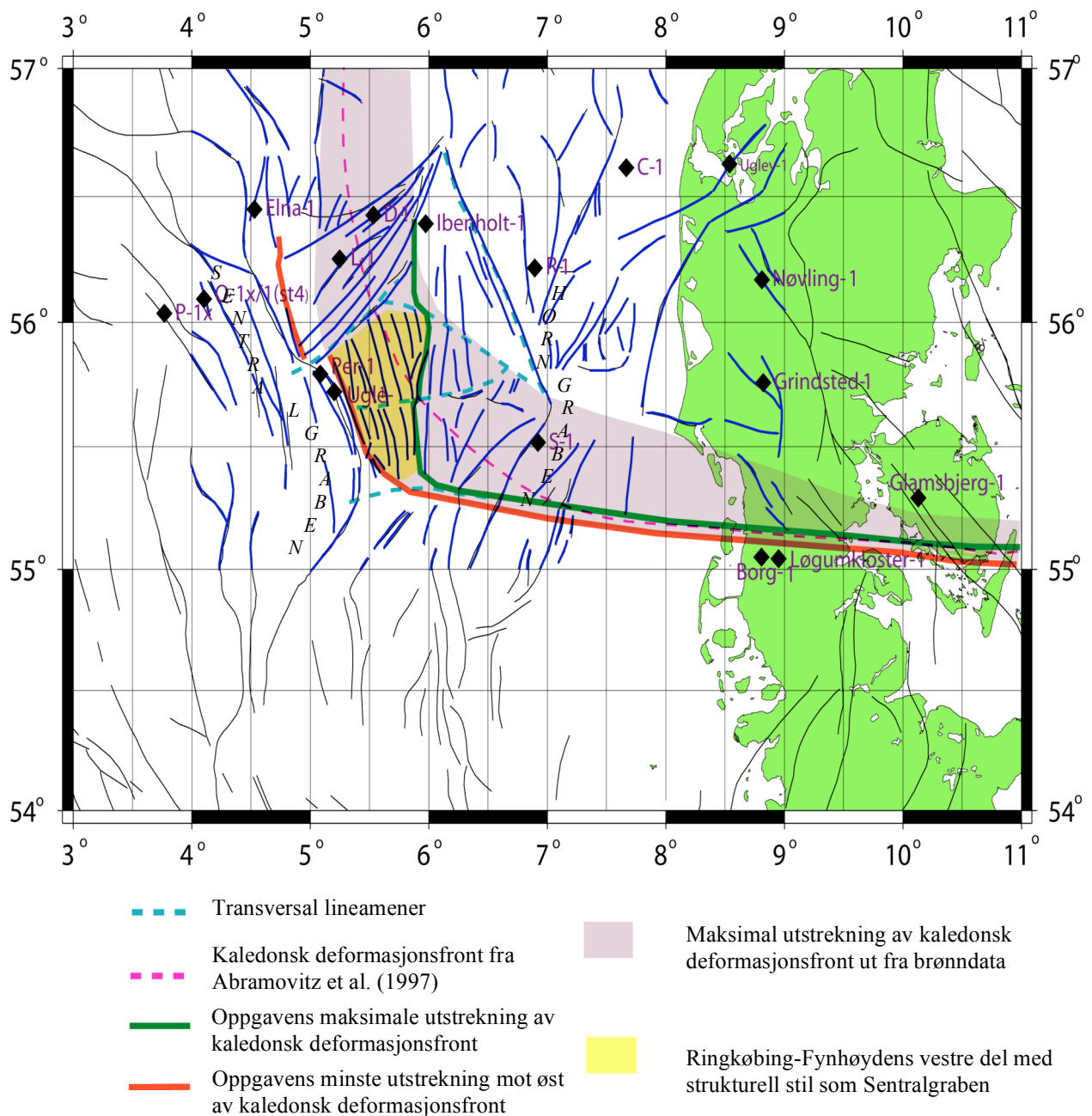
5 Strukturell og geologisk diskusjon

Basert på tidligere arbeider, brønndata og seismiske refleksjonsdata samt gravimetriske data kan man tolke og forstå utviklingen av Ringkøbing-Fynhøyden gjennom geologisk tid (Appendiks I; II; III). Brønner og tolkede seismiske profiler gir et bilde av avsetningsmønster og strukturering og dette gir en forståelse av områdets utvikling.

5.1 Utbredelsen av den kaledonske deformasjonsfronten

Både syd og nord for området som utgjør Ringkøbing-Fynhøyden har det i tidlig paleozoikum vært en bevegelse langs mer vest-øst rettede lineamenter (Berthelsen, 1988). Disse lineamentene har hatt en sidelengs bevegelse langs en prekambrisk basementkjerne i Ringkøbing-Fynhøyden. Den kaledonske deformasjonsfronten bøyer seg inn i de tidlig paleozoiske transversale lineamentene sydøst for høyden. Sen paleozoisk og mesozoisk tektonisk aktivitet er styrt av de transversale lineamentene og følger også skillet i kaledonsk og prekambrisk basement (Figur 5.1).

Lukkingen av Tornquisthavet i tidlig silur har gitt en kompresjon mellom Laurentia, Baltica og mikrokontinent fra Gondwana inn mot denne prekambriske yttergrensen av Balticaskjoldet ved Ringkøbing-Fynhøyden (Abramovitz et al., 1997A; England et al., 1997). Høyden har under dannelsen av kaldonidene hatt en kompresjon både fra vest og fra syd. Denne kompresjonen rundt det rigide Balticabasementet i Ringkøbing-Fynhøyden har gitt en avbøying av den kaledonske deformasjonsfronten (Berthelsen, 1988). Fronten bøyer av rundt Ringkøbing-Fynhøyden ved å skrå over den vestre delen av høyden og følge inn langs de tidlig paleozoiske transversale lineamentene syd for høyden. Forkastningsmønsteret i Sentralgraben følger retningen til den kaledonske deformasjonsfronten (Figur 5.2).



Figur 5.1: Kaledonske deformasjonsfront i studieområdet. Det grå området representerer den maksimale utstrekningen av den kaledonske deformasjonsfronten basert på brønndata. Kaledonsk deformasjonsfront fra Abramovitz et al., (1997A) vist med stiplet rosa linje. Ut fra studieområdets strukturelle stil og de gravimetriske dataene over området viser oppgavens resultater en maksimal utstrekning på den kaledonske fronten markert med grønn strek og en minimal utstrekning på den kaledonske deformasjonsfronten markert med oransje strek.

Den lave graden av deformasjon inn mot den Nord Tysk-Polske deformasjonsfronten kan være på grunn av en mer perifer plassering i forhold til selve senteret av orogenesisen, men det kan også ha vært en spenningsavlastning langs de transversale elementene langs høyden (Frost et al.,

1981). De mesozoiske forkastningsstrukturene i studieområdet følger eldre forkastningsstrukturer. Dette skiftet i sprangretning på selve Ringkøbing-Fynhøyden følger den kaledonske deformasjonsfronten slik at Sentralgrabenmønsteret vest på høyden ligger over det kaledonsk deformerte basement (Figur 4.24) og Horngrabenmønsteret øst på høyden ligger over det prekambriske grunnfjellet (Figur 4.22).

Den kaledonske deformasjonsfronten utviklet seg i silur og har hatt en dreining fra nordvest og inn i den Nord Tysk-Polske forgreningen mot sydøst over den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden og videre mot øst (Berthelsen, 1988; Abramovitz et al., 1997B). Denne dreiningen i deformasjonsfronten som krysser over den vestligste delen av høyden er dokumentert i de dype brønnene (Figur 5.1; Tabell 3.2) (Larsen, 1971; Nilsen og Japsen, 1991). Avbøyingen av den kaledonske deformasjonsfronten over og rundt høyden har påvirket forkastningsmønsteret gjennom høyden i senere perioder (Pharaoh, 1999).

Ringkøbing-Fynhøyden har i vest et kaledonsk basement som er dokumentert i Per-1 og Ugle-1 (Michelsen og Nielsen, 1993; Abramovitz et al., 1997B). Den kaledonske deformasjonen dør ut over Ringkøbing-Fynhøyden (Berthelsen, 1988). Denne minste utstrekningen av kaledonsk basement er øst til Per-1 og Ugle-1 og her faller minste yttergrense av deformasjonsfronten sammen med en positiv tyngdeanomali (Figur 4.17) (Appendiks I). Denne tyngdeanomalien mellom B- og C-forkastningen dannes av en horst langs marginen av Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 5.2). Deformasjonsfronten strekker seg videre syd for høyden mot øst og er boret i brønnene Løgumkloster-1 og Borg-1 (Figur 5.1).

Nordøst for Borg-1 og Løgumkloster-1 er det i Glamsbjerg-1 boret i prekambrisk basement. Det er også boret i prekambrisk basement i Grindsted-1 rett nord for Borg-1 (Figur 5.1). Disse prekambriske funnene i brønnene gir en maksimal nordlig utstrekning av den kaledonske deformasjonsfronten syd for Ringkøbing-Fynhøyden. Deformasjonsfronten må gå mellom disse brønnene. Nord for høyden er det i Ibenholt-1 funnet prekambrisk basement. Det er ikke boret til basement i D-1 og L-1 brønnene nord for høyden så deformasjonsfronten kan ha hatt en utstrekning forbi disse, men ikke fram til Ibenholt-1. Den maksimale utbredelsen av deformasjonsfronten gjennom Ringkøbing-Fynhøyden mot øst, stopper før Ibenholt-1, Grindsted-1 og Glamsbjerg-1 (Figur 5.1) (Appendiks I).

Det er observert et skifte i strukturell stil fra vestlig nedforkastede blokker til østlig nedforkastede blokker på Ringkøbing-Fynhøyden ved K-forkastningen (Figur 5.2). Utstrekningen av den kaledonske deformasjonsfronten kan være sammenfallende med den første store tyngdeanomalien over horst strukturen mellom B- og C-forkastningen helt vest på høyden, men kan også ha hatt en større utstrekning innover høyden. Det kaledonske basement kan ha styrt den yngre tektonikken og siden forkastningsmønsteret fra Sentralgraben kan følges helt inn mot K-forkastningen indikerer dette en maksimal utstrekning av deformasjonsfronten mot øst på Ringkøbing-Fynhøyden (Zhou og Thybo, 1997).

Det er en økning i tyngdefeltet sentralt på Ringkøbing-Fynhøyden i overgangen for de ulike forkastningsmønstrene. Denne tyngdefeltsøkningen og forkastningsmønsterskifte kan være over en grense mellom de to ulike basementene (Abramovitz et al., 1997A). En yttergrense på den kaledonske deformasjonsfronten til K-forkastningen kan representere en maksimal utstrekning på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 5.1). Den senere tektoniske aktiviteten med variasjonen mellom Sentralgraben- og Horngraben-forkastningsmønster følger basementovergangen.

5.2 Paleozoisk forkastningsmønster, strukturering og avsetninger

Det prekambriske basementet på Ringkøbing-Fynhøyden med opprinnelse fra Balticaskjoldet er lite tektonisk påvirket av den kaledonske fjellkjededannelsen. På denne prekambriske delen har det vært bevegelse primært rundt høyden langs de transversale lineamentene i tidlig paleozoikum fram til en begynnende rift og vulkanisme i sen paleozoikum (Berthelsen, 1988). Den delen av Ringkøbing-Fynhøyden med antatt kaledonsk påvirkning har hatt en rift aktivitet knyttet til kollaps av fjellkjeden i sen paleozoikum.

Det er avsetninger eldre enn karbon-perm bevart på Ringkøbing-Fynhøyden. I området med prekambrisk basement kan det være bevart avsetninger fra tidlig paleozoikum. De paleozoiske avsetningene over området med prekambrisk basement kan være avsatt i kambro-silur, men det er lite dyp refleksivitet som kan observeres i denne delen av høyden (Figur 4.26) (Thybo, 1997).

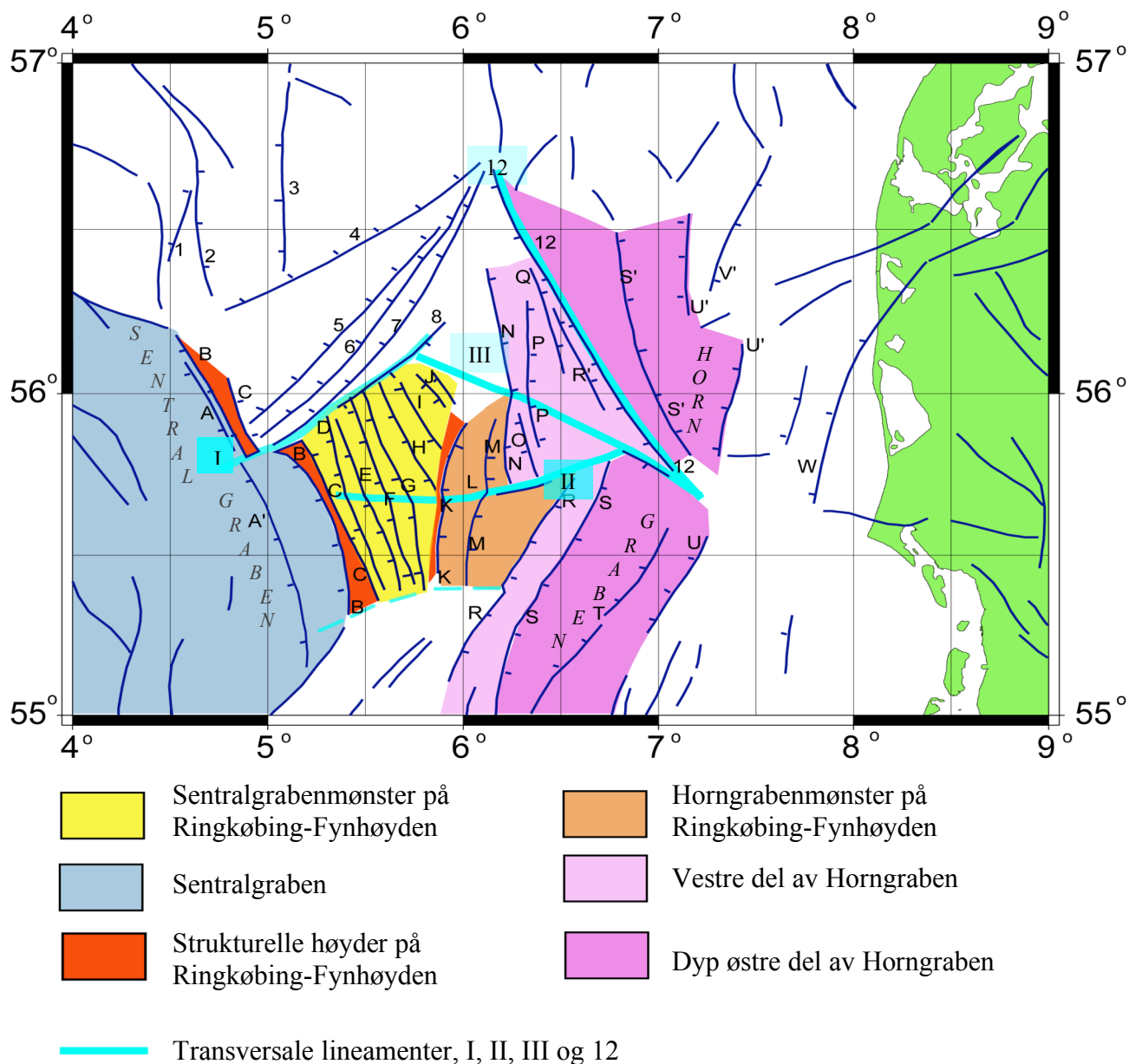
Over området med kaledonsk basement er det ikke bevart avsetninger eldre enn silur da den metamorfe påvirkningen er datert til silur (Frost et al., 1981). Over området med kaledonsk

basement vest på Ringkøbing-Fynhøyden knyttes den første tektoniske aktiviteten til kollaps av den kaledonske fjellkjeden. Under kollaps av kaldonidene har det i devon vært en dannelse av en proto-Sentralgraben (Downie, 1998). Denne riftingen og dannelsen av proto-Sentralgraben kan ha hatt en utstrekning i området rundt. Det er marine devon sedimenter avsatt i proto-Sentralgraben og kontinentale Old Red sandsteiner på Mid-North Seahøyden (Heeremans et al., 2004A). I området med en strukturell stil som følger Sentralgrabenmønsteret har det vært paleozoisk riftaktivitet og tektonisk aktivitet knyttet til kollaps av kaldonidene. De seismiske undersøkelsene vest på Ringkøbing-Fynhøyden dokumenterer en fortsettelse av devon-karbon tektonikken knyttet til kollaps av kaldonidene og dannelse av proto-Sentralgraben inn på Ringkøbing-Fynhøyden. Riftbassenget vest på høyden har negative tyngdeanomalier som indikerer mektige sedimentære avsetninger over et dypereliggende basement (Figur 4.17). Den strukturelle tolkningen av profilene sammen med karakteren til den senere intrusive vulkanske aktiviteten i de seismiske undersøkelsene vest på Ringkøbing-Fynhøyden påviser et mektig riftbasseng vest på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.25). Riftbassenget har bevart avsetninger fra devon-karbon mellom C- og K-forkastningen (Figur 4.24). Over K-forkastningen og øst på Ringkøbing-Fynhøyden over prekambrisk basement er det lite refleksivitet under de mesozoiske avsetningene og det er lite tegn til tektonisk aktivitet i devon-karbon. Det er ingen devon-karbon riftaktivitet øst for K-forkastningen i den prekambriske delen av Ringkøbing-Fynhøyden.

På Ringkøbing-Fynhøyden øst for C-forkastningen mot K-forkastningen følger sill i dypet lagstrukturer i forskjellige nivåer og klatrer langs eksisterende forkastninger. Det faktum at sillintrusjonene klatrer mellom lag i forskjellige nivåer og i forkastningsplan indikerer at bassenget er noe eldre enn karbon-perm vulkanismen (Figur 4.24). Dette eldre bassengområdet har negative tyngdeverdier som kan følges på hele den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Den negative anomalien er større i nord enn i syd. Den store negative tyngdeanomalien i nord indikerer et dypere basseng enn lenger syd. Oppgrunningen i syd knyttes til dreiningen av kaldonidene. Kaldonidene er antatt å ha hatt en utstrekning over hele denne vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Bassenget følger utstrekningen til deformasjonsfronten over området med kaledonsk basement og er dannet under kollaps av den kaledonske fjellkjeden i devon-karbon (Figur 5.1).

Bassenget vest på Ringkøbing-Fynhøyden må være yngre enn silur da området har vært metamorft påvirket under sutureringen av kaldonidene, og eldre enn sillstrukturene fra overgangen karbon-perm. Bassengavsetningene er da fra devon-karbon og avsatt i forbindelse

med og etter kollaps av den kaledonske fjellkjeden. En intern lagdeling i avsetningene er vanskelig å identifisere i de seismiske snittene med unntak av sillene langs laggrensene (Figur 4.25). De manglende interne refleksjonene fra de eldre bassengavsetningene vest på høyden kan skyldes at dette er homogene kontinentale sandige avsetninger.



Figur 5.2: Forkastningsmønsteret over høyden. Forkastninger er markert med bokstaver og tall brukt i profilene i kapittel 4.2 (Figur 4.3-4.13). Transversal lineament 12 og 12-forkastningen er sammenfallende.

I sen paleozoikum har det vært en reaktivering av de tidlig paleozoiske lineamentene ut fra Teisseyre-Tornquist sonen i øst. I følge Thybo (1997) kan en reaktivering av lineamentene rundt Ringkøbing-Fynhøyden ha startet riftdannelsen av Horngraben (Figur 2.6). Den sen paleozoiske reaktiveringen av lineamentene er forårsaket av dannelsen av den varisiske fjellkjeden. Den vulkanske aktiviteten i overgangen mellom karbon-perm knyttes til denne sidelengs bevegelsen med et vulkansk senter øst mot Teisseyre-Tornquist sonen og langs lineamentene (Berthelsen, 1988; Thybo, 1997).

Ringkøbing-Fynhøyden avgrenses av tidlig paleozoiske transversale lineamenter som har hatt en reaktivering i sidelengs bevegelse rundt høyden inn i overgangen mellom karbon-perm (Figur 2.6; 5.2). Ved flanken av høyden i nordvest avgrenses forkastningsmønsteret med samme strukturelle stil som Sentralgraben av lineament I. Forkastningsmønsteret på Ringkøbing-Fynhøyden kan ikke følges nord i det Norsk-Danskebassenget over dette lineamentet. Lineament I viser en sidelengs bevegelse ved at det over dette lineamentet er en forskyvning av flanken på Sentralgraben (Figur 5.2). Forkastningssystemet i det Norsk-Danskebassenget mot den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden har en retning som bøyer av fra nordøst og mer mot vest ved flanken av høyden. Dette forkastningsmønsteret i nord har en trappestruktur mot høyden og inn mot det transversale lineament I som følger høyden i nordvest (Figur 4.7; 5.2). Reaktiveringen i en sidelengs bevegelse har gitt en forskyvning i Sentralgrabens ytre forkastning og horsten vest på Ringkøbing-Fynhøyden er forskjøvet mot vest i det Norsk-Danskebassenget.

Øst på Ringkøbing-Fynhøyden der forkastningsmønsteret kan knyttes mot Horngraben, avgrenses høyden i nordøst av lineament III. Forkastningsmønsteret fra Horngraben er forskjøvet langs lineament III slik at retningen på forkastningene i det Norsk-Danskebassenget er mot nordvest mens det øst på høyden og i vestre del av Horngraben syd for lineament III har en nord-syd retning. Høyden viser også en sidelengs forskyvning av forkastningsmønsteret langs lineament II som kan følges mot vest helt ut til Sentralgrabenflanken. Det er en minkende forskyvning av lineament II vekk fra Horngraben og har sin opprinnelse fra grabenstrukturen. Både lineament II og III går sammen og inn mot den større 12-forkastningen i den nordlige Horngraben (Figur 5.2).

12-forkastningen går inn i overgangen mellom den nordlige og sydlige Horngraben. En sidelengs bevegelse sammen med transpresjon forskyver Horngraben i en nordlig og en sydlig del (Figur

5.2) og har gitt mindre forkastnings-sprang sentralt i Horngraben samt en asymmetrisk riftstruktur (Figur 4.21). Transpresjonen har fulgt 12-forkastningen og har gitt mindre nedforkastning i den nordlige Horngraben enn i den sydlige (Figur 5.2) (Thybo, 1997).

De transversale lineamentene gjennom Horngraben og inn på høyden faller sammen med en økning i tyngdefeltet. Det er store tyngdeanomalier nord og syd for Horngraben langs lineamentene inn mot Teisseyre-Tornquistsonen (Figur 2.6; 4.17). De seismiske dataene viser oppbyggende strukturer med mye vulkanitter langs lineamentene som har hatt en sidelengs bevegelse (Figur 4.27). De transversale lineamentene har vært fokusområdet for stor magmatisk aktivitet i overgangen karbon-perm og da spesielt inn mot Teisseyre-Tornquist sonen i øst der de større lineamentene rundt Ringkøbing-Fynhøyden smalner sammen mot hverandre (Figur 2.6; 2.12). Rundt lineamentene II, III og 12 inn mot Horngraben og langs lineamenter inn i Teisseyre-Tornquist sonen nord og syd for Horngraben er det enkelte store positive tyngdeverdier som er forårsaket av magmatisk ansamling (Figur 4.17). Ved 12-forkastningen i høydeblokken bak lineamentet er det boret i eruptiver i R-1 brønnen og ut av Horngraben rett syd for S-1 brønnen er det boret i tykke eruptiver på tysk sokkel. Det er sidelengs bevegelse i lineamentene II, III og 12 og det har vært høy vulkansk aktivitet i disse lineamentene i karbon-perm overgangen. Forskyvningen i lineamentene fra Teisseyre-Tornquist sonen i sen paleozoikum og starten på dannelsen av Horngraben har gitt mye vulkansk aktivitet (George og Berry, 1997).

Bevegelsen sideveis i de transversale lineamentene rundt Ringkøbing-Fynhøyden har ført til en langsom innsenkning av høyden i perm. Det har vært en større transtensjonsbevegelse syd for Ringkøbing-Fynhøyden som har vært med på dannelsen av det dype permbassenget (George og Berry, 1997). Det har i tillegg vært en tektonisk fjernpåvirkning fra den varisiske fjellkjeden i syd, da det sydlige permbassenget er en del av det varisiske forlandsbassenget (Figur 2.11). Det dype sydlige permbassenget kan følges inn i grabenstrukturene og både Sentralgraben og Horngraben er dypest i syd noe som kan tyde på at deler av disse grabenene hadde en tektonisk utvikling i perm (Figur 4.20; 4.23). Grabenstrukturene viser derfor en tilknytning til de transversale lineamentene som antatt av Thybo (1997). Horngraben har en tilknytning til de transversale lineamentene i over hele grabenstrukturen da den dype delen i syd kan knyttes til transtensjon langs lineamentene syd for Ringkøbing-Fynhøyden og overgangen fra den sydlige til den nordlige Horngraben knyttes til en sidelengs bevegelse med transpresjon fra nordvest langs 12-forkastningen. Denne transpresjonen og sidelengs bevegelse har ført til en halvgrabenstruktur i denne delen av Horngraben.

Sentralgraben og den vestre delen av høyden viser liten tektonisk aktivitet i perm med unntak av den dypere grabenstrukturen helt i syd inn mot det dype sydlige perm bassenget. Sillstrukturer skjærer igjennom de eldre devon-karbon bassengene over den vestre delen av høyden med strukturell stil som Sentralgraben og har liten reaktivering i forkastningene. Det er kun mindre forkastningsbrudd av sillstrukturene. Forkastningsbruddene i sillintrusjonene følger de jurasiske avsetningene og passer i størrelsesorden med den tektoniske aktiviteten som har vært i jura. Det har derfor ikke vært en fortsettelse i riftaktiviteten fra devon-karbon inn i perm over høyden selv om det har vært stor tektonisk og vulkansk aktivitet i lineamentene rundt høyden og inn mot Teisseyre-Tornquist sonen.

Fra K-forkastningen og østover på Ringkøbing-Fynhøyden til Horngraben har forkastningene et sprang ned mot øst og lik retning som Horngraben (Figur 5.2). Eruptive lavaer på denne delen av høyden er forkastet ned mot Horngraben noe som viser at forkastningene har hatt en yngre aktivitet enn de avsatte lavaene (Figur 4.25; 4.26). Forkastningene med dette Horngrabenmønsteret på Ringkøbing-Fynhøyden har hatt en riftaktivitet i trias (Sørensen, 1986). Det er i de seismiske dataene lite tegn til en riftaktivitet knyttet til dette nord-syd rettede forkastningssystemet på høyden da det er lite reflektivitet eldre enn mesozoiske avsetninger i dette området. De eruptive lavaene som er den eneste lagstrukturen som kommer fram i dypet følges jevn over området med en senere forkastningsaktivitet med unntak av større magmatiske sentere inn mot de transversale lineamentene. De transversale lineamentene har hatt en tektonisk og vulkansk aktivitet på høyden, men det har vært liten tektonisk aktivitet i de nord-syd rettede forkastningene i karbon-perm. I denne delen av området er det i brønner ikke dokumentert noen avsetninger eldre enn Rotliegende, men det er en mulighet for avsetninger tilbake til kambrosilur over det prekambriske basementet (Figur 4.22) (Berthelsen, 1988).

Fra K forkastningen og østover på Ringkøbing-Fynhøyden viser den seismiske karakteren under øvre jura lite reflektivitet ned til et dypt reflektorbånd (Figur 4.25; 4.26). Dette reflektorbåndet kan være dannet av Rotliegende eruptiver. Disse Rotliegende eruptivene kan ligge rett på prekambrisk basement, men det kan også ligge på eldre sedimenter avsatt før og under den kaledonske orogenesisen eller senere i devon-karbon parallelt med kollaps av den kaledonske fjellkjeden og i yttergrensen til det varisiske forlandsbassenget (Berthelsen, 1988). Tyngdefeltet viser negative verdier over denne delen av Ringkøbing-Fynhøyden. Denne negative tyngdeverdi gjenspeiler de triasiske forkastede bassengene mot øst og viser da ikke devon-karbon

bassengavsetninger som vest for K-forkastningen. Det dype reflektorbåndet er senere forkastet i forkastningsmønsteret med mulig aktivitet i trias og har en liknende karakter som eldre avsetninger i Horngraben.

Det er mye Rotliegende eruptiver avsatt og bevart i Horngraben, særlig i skillet mellom den nordlige og den sydlige delen av grabenstrukturen og ut på flankene av Horngraben både mot nord og syd (Heeremans et al., 2004A). Under Rotliegende kan det være avsetninger bevart helt ned til tidlig paleozoikum avsatt i Tornquisthavet (Figur 2.1) (Mogensen, 1994). Øst på høyden og i Horngraben er prekambrisk basement bevart.

Ringkøbing-Fynhøyden var en høyde ved slutten av perm og ble utsatt for betydelig erosjon, men tektonisk strukturering av høyden kan ha medført at avsetninger er bevart (Stemmerik, 2000). Den vulkanske aktive perioden i overgangen karbon-perm etterfølges av stor erosjon og dannelse av Saalian inkonformiteten i midtre perm (Heeremans et al., 2004A). På Ringkøbing-Fynhøyden har det vært en relativt mindre innsynkning og større erosjon under Saalian enn av områdene rundt. Kontinentale avsetninger har blitt bevart rundt høyden. Hele permperioden var en varm og tørr periode. Mot slutten av perm har det i de dype bassengområdene rundt hele studieområdet blitt avsatt og bevart saltavsetninger fra Zechstein (Figur 4.7; 4.20; 4.23) (Vejbæk, 1997).

På Ringkøbing-Fynhøyden i den vestre delen er det tolket vulkanitter rett under øvre jura avsetningene (Figur 4.24). Mellom C- og K-forkastningen er vulkanitter bevart i devon-karbonbassenget som sillstrukturer og over bassenget som lavaer (Figur 5.2). I dypet vest på Ringkøbing-Fynhøyden tolkes det sillstrukturer som i likhet med vulkanittene er avsatt i karbon-perm overgangen. Forkastningen i området med Sentralgrabenmønster på høyden er eldre enn sillstrukturene selv om det har vært en mindre reaktivering i jura.

Saltavsetningene i det sydlige permbassenget har store diapirstrukturer som er avsatt i det dype innsynkningsbassenget syd for Ringkøbing-Fynhøyden. I den sydlige delen av Horngraben og Sentralgraben er det store velutviklede salt diapirstrukturer (Figur 4.5; 4.6). Diapirismen i Sentralgraben er dannet inn mot senteret av grabenstrukturen og mangler ut mot B forkastningen (Figur 4.23). I Sentralgraben følger saltavsetningene, som nedre jura avsetningene, en avsetningsgrense som ligger mer sentrert inn i grabenstrukturen. Denne sentraliseringen av saltavsetningene og tidlig jura avsetningen tyder på at proto-Sentralgraben har vært smalere enn øvre jura Sentralgraben (Downie, 1998).

Horngraben har hatt erosjon i de vulkanske avsetningene og overgangen mellom den nordlige og sydlige grabenstrukturen har vært en positiv struktur uten avsetninger av Zechstein salt og virket som en barriere mellom nordlige og sydlig Horngraben slik at Zechstein salt kun er avsatt i syd.

Nord for Ringkøbing-Fynhøyden har det i det nordlige permasseng vært mindre avsetning av mobilt salt enn i det sydlige permasseng (Vejbæk, 1997). Det har allikevel vært bevegelse i saltet i den nordlige delen der disse ikke har dannet diapirstrukturer, men putestrukturer. Inn mot Ringkøbing-Fynhøyden fra nord tynner evaporittene ut og det er ikke avsatt salt på høyden (Figur 4.7). Det er et skifte i seismisk karakter med en dempning i refleksjon ved uttynningen. Ved dette skifte kan saltavsetningen ha gått over til avsetning av karbonat som ikke danner en like sterk refleksjon fra bunnreflektoren som saltet gjør. Overgangen fra salt til karbonat kommer av at Zechsteinmasseng har grunnnet opp mot høyden. Ringkøbing-Fynhøyden har vært en positiv struktur som har stått opp som en rygg mellom det nordlige og det sydlige permasseng (Figur 2.12).

Zechstein avsetningene rundt Ringkøbing-Fynhøyden er avsatt over en erodert flate, Saalian inkonformiteten. Erosjonen i Saalian har vært stor og har erodert avsetninger både på og rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Heeremans et al., 2004B). I området rundt og muligens på Ringkøbing-Fynhøyden er det sammen med vulkanittene bevart mindre vulkanoklastiske og sandige avsetninger. Antagelig har de vulkanske avsetningene vært mye større i området, men har vært utsatt for kraftig erosjon i perm under Saalian.

5.3 Tektonisk strukturering i trias

I de dype grabenstrukturene som skjærer gjennom Ringkøbing-Fynhøyden er det bevart store mektigheter med triasiske sedimenter med mer enn en kilometer tykkelse (Sørensen, 1986). Det har vært en jurasisk erosjon i toppen av de triasiske avsetningene i Sentralgraben og i Horngraben. Sentralgraben har en tynnere triasisk avsetningssekvens enn Horngraben (Clausen og Pedersen, 1999). Horngraben har mektige triasiske syn-rift avsetninger bevart noe som viser den forskjellige utviklingen av Horngraben og Sentralgraben (Figur 4.20; 4.21; 4.23) (Thybo, 1997). Over Ringkøbing-Fynhøyden er det lite seismisk refleksjon fra sekvenser som kan tolkes til å være av trias alder.

I Horngraben varierer tykkelsen på avsetningene fra trias, mens avsetningene fra jura er kun en tynn lagpakke med jevn tykkelse (Figur 4.20; 4.21). Horngraben var tektonisk aktiv i trias, mens det i jura har vært en roligere periode (Best et al., 1983). De triasiske avsetningene som er bevart i Horngraben har en betydelig større mektighet og representerer en mer komplett del av trias lagpakken enn i Sentralgraben.

I Sentralgraben har det vært stor erosjon ned i de triasiske avsetningene og det er bare bevart avsetninger fra eldre trias under de store jura avsetningene (Figur 4.3-4.6; 4.13). Trias sedimentene i Sentralgraben tynner ut mot nord mot det jurasiske oppdomete senteret i nordvest. De seismiske dataene viser ikke syn-rift triasiske avsetninger i Sentralgraben og den triasiske sekvensen er jevntykk og er sannsynligvis bevart av senere jurasisk tektonisk aktivitet (Møller, 1986). Trias avsetningene går i Sentralgraben helt inn til B-forkastningen. Det har derfor vært en forkastningsaktivitet langs denne, slik at de triasiske avsetningene har blitt bevart. Denne forkastningsaktiviteten kan ha vært i trias, men mest sannsynlig i jura. Selv om trias er forkastet i Sentralgraben så er den jevne tykkelsen i øst-vest retning en indikasjon på at disse forkastningene har vært aktive senere enn da sedimentene ble avsatt. I jura kan det ha vært en forkastningsaktivitet i en jevnt erodert trias lagpakke som har gitt en trappetrinnsstruktur av lagene ned mot senteret av Sentralgraben (Figur 4.23).

I den nordligste del av Sentralgraben (Elna-1, Figur 3.4) er de triasiske avsetningene helt fjernet av erosjon. Fra brønnen Elna-1 både mot syd og øst øker trias avsetningene i de andre brønnene (Figur 5.1). I Sentralgraben i Q-1 er trias avsetningene bevart og mektigheten øker mot syd. Øst for Elna-1 i L-1 brønnen er trias avsetninger også bevart. Videre mot øst øker denne avsetningen inn i brønnene D-1 og Ibenholt-1 (Figur 3.4; 3.5). Den triasiske avsetningen er i brønner dokumentert økende fra det jurasiske erosjons-senteret i nordvest mot syd og øst rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Appendiks I).

Det er ikke dokumentert avsetninger fra trias på den vestlige delen av Ringkøbing-Fynhøyden fram til K-forkastningen. De yngste avsetningene under øvre jura er her avsetninger fra karbon-perm overgangen (Figur 4.24). Det er ikke bevart triasiske avsetninger over skillet mellom Sentralgraben- og Horngraben- mønsteret sentralt på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 5.2).

I K-forkastningen skifter det seismiske mønsteret karakter og forkastningene skifter fra sprang mot vest til sprang mot øst (Figur 4.15). Fra K-forkastningen og øst på Ringkøbing-Fynhøyden er

det mulig at det er bevart triasiske avsetninger (Figur 4.22) (Clausen og Pedersen, 1999). Mønsteret i de seismiske data på høyden fra K-forkastningen og østover har få veldefinerte reflektorer med unntak av et dypt og kraftig reflektorbånd. Dette dype reflektorbåndet er forkastet og har en liknende karakter som de dype reflektorbåndene i Horngraben (Figur 4.26). Båndet kan tolkes som eruptiver fra karbon-perm avsatt over en jevn eldre inkonformitetsflate og forkastet i forbindelse med en triasisk riftaktivitet (Figur 4.22) (Thybo, 1997). Det meste av lagpakkene over dette sterke båndet er antatt å være avsetninger fra eldre trias som består av en betydelig mengde syn-rift avsetninger med homogene kontinentale sandige avsetninger som har liten intern strukturering og liten reflektivitet (Fisher og Mudge, 1998) (Figur 4.26; 5.2).

Avsetningene fra trias er tykkest og mest komplett bevart i Horngraben mellom S- og U-forkastningene (Figur 4.20; 5.2) og øker i tykkelse mot syd hvor både nedre og øvre trias er bevart (Michelsen og Clausen, 2002). Inn mot Ringkøbing-Fynhøyden der spranget på forkastningene avtar er trias sedimentene erodert i jura, og det er bare bevart eldre trias avsetninger (Figur 4.22). I den nordlige delen av Horngraben øker trias sedimentene i tykkelse mot øst og i de seismiske data kan det observeres halvgrabenstruktur (Figur 4.21). Det er store sprang langs forkastningen i øst både langs 12- og U'-forkastningen med bare mindre sprang mot øst i S'-forkastningen.

Horngraben er todelt i vest-øst retning (Figur 5.2). Denne todelingen vises i tyngdefeltet med en negativ tyngdeverdi over den østlige delen og en negativ tyngdeverdi over den vestlige delen av Horngraben (Figur 4.17). Hele den østlige delen av Horngraben har store forkastninger både i den sydlige delen mellom S- og U-forkastningene (Figur 4.20) og i den nordlige delen med forkastningssprang langs U'-forkastningen (Figur 4.21).

I den vestlige delen av Horngraben langs Ringkøbing-Fynhøyden er det mindre sprang i forkastningene enn i den østlige delen. I syd ved R-forkastningen er det betydelige triasiske avsetninger bevart, men med mindre sprang enn i S-forkastningen (Figur 4.20). Spranget på R-forkastningen avtar nordover på samme måte som langs S-forkastningen. Mot vest er den nordlige riftstrukturen begrenset av 12-forkastningen. På Ringkøbing-Fynhøydens østre del er det en svak vridning i forkastningsmønsteret fra en nordøst-sydvest retning i Horngraben til en nord-syd retning (Figur 5.2). Det har vært en betydelig forkastningsaktivitet i trias i Horngraben og øst på høyden vestover til K-forkastningen som er etterfulgt av en tektonisk rolig jura periode med erosjon (Figur 5.2) (Sørensen, 1986).

Forkastningsmønsteret i Horngraben avskjæres av de transversale bevegelseslineamentene II, III og 12 (Figur 5.2). Disse lineamentene kan ha hatt en reaktivering i trias. Langs lineament 12 er det avsatt trias syn-rift sedimenter og dette lineamentet har derfor hatt en tektonisk aktivitet i denne perioden (Figur 4.21). Den store 12-forkastningen som kommer inn i Horngraben med en mer nordvest-sydøst retning enn hovedretningen av Horngraben, kan ha vært med på å vri forkastningsmønsteret over høyden til en mer nord-syd retning.

5.4 Tektonisk utvikling i jura

Området nordvest for Ringkøbing-Fynhøyden var i jura hevet med et større oppdomet senter (Richards et al., 1993). Dette medførte at det på Ringkøbing-Fynhøyden var et lite potensial for dannelse av akkomodasjonsrom og store muligheter for dyp erosjon av avsatte sedimenter i jura. For at materialet fra nedre eller midtre jura skal bli bevart i nær tilknytning til det oppdomete senteret, må forholdene for avsetning og bevaring ha vært gode. Det er større sannsynlighet for bevaring lengst vekk fra det oppdomete senteret eller ved en gunstig strukturering.

På Ringkøbing-Fynhøyden og i Horngraben mangler avsetninger fra nedre og midtre jura (Figur 4.3; 4.6). Både nedre og midtre jura er bevart syd i Sentralgraben (Figur 4.23). Begge sekvensene har sin største mektighet i syd og tynner mot erosjonssenteret i nordvest. Sekvensen fra nedre jura har mindre utstrekning enn sekvensen fra midtre jura (Michelsen et al., 1992).

Den jurasiske riften må ha vært dyp i Sentralgraben siden det her er bevart materiale fra både nedre og midtre jura. Den dype grabenstrukturen har hatt betydelig sprang mot A'-forkastningen slik at nedre jura er bevart her (Figur 4.3-4.6; 4.13, 4.23). Det kan ha vært stor forkastningsaktivitet nordover i Sentralgraben også, men at det her ikke er bevart nedre og midtre jura sedimenter da dette er nærmere det jurasiske erosjonssenteret. Sentralt inn mot aksene av Sentralgraben har det i tidlig jura vært større innsynkning enn ved flanken mot Ringkøbing-Fynhøyden. Tidlig og midtre jura viser syn-rift avsetninger. Nedre jura er kun bevart sentralt i grabenstrukturen mens midtre jura kan kartlegges helt til B-forkastningen. Avsetningen ligger her inkonformt over avsetninger fra eldre trias (Figur 4.23). Dette viser at det allerede har vært en stor erosjon i de triasiske avsetningene før jurasisk rifting og sedimentasjon.

Ned på nedre jura sedimenter lapper midtre jura avsetninger med største utbredelse langs B-forkastningen. Denne midtre jura avsetningen er erodert i overflaten og tynner ut mot nordvest. Deposenteret for midtre jura lagpakken ligger lengre mot øst i Sentralgraben enn lagpakken fra nedre jura. Midtre jura sekvensen er jevntykk inn mot aksene som viser at det har vært størst forkastningsaktivitet langs Sentralgrabens flanke inn mot Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 4.23). Forkastningen i de sentrale delene har ikke noen tydelig forkastningsaktivitet i midtre jura. Den store forkastningsaktiviteten har mot slutten av jura forflyttet seg til Coffee Soil forkastningen og Sentralgrabens østlige grense (Michelsen et al., 1992).

Avsetninger i nedre og midtre jura har fylt opp akkomodasjonsrommet i Sentralgraben og enhetene viser erosjon i toppen (Michelsen et al., 1992). Det oppdømte senter hadde sin maksimale størrelse i midtre jura noe som har medført at denne perioden har lite bevaringspotensial (Richards et al., 1993). Den større utstrekningen av midtre jura sekvensen over nedre jura i Sentralgraben tyder på en økende forkastningsaktivitet gjennom jura.

Mot øst i Horngraben er avstanden fra erosjonssenteret stor og bevaringspotensialet for nedre og midtre jura er derfor bedre enn i Sentralgraben. Det har ikke vært den samme forkastningsaktiviteten i Horngraben som i Sentralgraben i jura (Møller, 1986). Horngraben har hatt en tektonisk rolig nedre og midtre jura periode og har derfor ikke bevart nedre og midtre jura avsetninger (Figur 4.20; 4.21).

I øvre jura har den oppdømte strukturen i trippelpunktet mellom Sentralgraben, Vikinggraben og Moray Firth kollapset, og det har vært en betydelig transgresjon inn over store deler av Nordsjøen (Badley et al., 1988). I Sentralgraben har riftaktiviteten fortsatt, og mektige avsetninger fra øvre jura bevart i selve grabenen (Figur 4.23). Øvre jura avsetningene er her flere kilometer tykke inn mot flanken av høyden og det er et betydelig sprang i B-forkastningen (Figur 4.3-4.6; 4.10; 4.11; 4.13).

Transgresjonen i øvre jura har gått inn over høyden, men det er enkelte mindre områder som ikke har avsetninger bevart før tidlig kritt (Figur 3.2). Det har vært en tektonisk aktivitet på den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden i sen jura samtidig med den store forkastningsaktiviteten i Sentralgraben. Forkastningsplanene vest på Ringkøbing-Fynhøyden følger samme retning som forkastningene i Sentralgraben med nordvest-sydøst utstrekning (Figur 5.2). På Ringkøbing-Fynhøyden i vest er øvre jura syn-rift avsetningene ofte bevart i mindre halvgrabener inn mot

forkastningsplanene (Figur 4.24; 4.29). Enkelte mindre sedimentære kiler kan observeres over riftblokkssystemet på høyden mellom B-forkastningen og K-forkastningen. Her er tykkelsen på øvre jura sedimentene opp til et par hundre meter i de forkastede blokkene med størst øvre jura sprang (Underhill, 1998).

Sen jura forkastningene vest på Ringkøbing-Fynhøyden stopper i nord mot det eldre forkastningssystemet (7-, 6-, 5- og 4-forkastningene) i det Norsk-Danskebassenget (Figur 5.2). Den jurasiske forkastningsaktiviteten vest på høyden reaktiverer forkastninger som var aktive under kollaps av kaldonidene og disse eldre forkastningene er avgrenset av de transversale lineamentene rundt høyden.

Området vest på Ringkøbing-Fynhøyden med forkastningsmønster som følger retningen til Sentralgraben smalner inn mot syd (Figur 5.2). Sentralgraben og Horngraben konvergerer noe i syd og dette kan følges i forkastningsmønsteret over den vestlige delen av høyden samt i tyngdeanomaliene på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 5.2). Sentralgrabenmønsteret vest for K-forkastningen har nordvest-sydøst retning og Horngrabenmønsteret øst for K-forkastningen har nord-syd retning. Skiftet i forkastningsmønsteret kan følges i øvre jura avsetningene (Figur 4.15). Øvre jura på Ringkøbing-Fynhøyden er vest for K-forkastningen avsatt i syn-rift kiler (Figur 4.24) og øst for K-forkastningen som en jevn lagpakke som fortsetter over Horngraben (Figur 4.22; 4.28). Dette viser et tydelig skille på selve høyden med sen jura tektonikk kun i vest. Sen jura lagpakke varierer fra 0 til 200 meter tykkelse på den vestre delen, mens lagpakken på den østre delen og over Horngraben har en mektighet på omtrent 100 meter (Appendiks I).

I bassengstrukturene rundt høyden der det har vært bevegelse av Zechstein saltet, har det blitt dannet små lokale depotsenter internt i bassengene særlig i overgangen jura-kritt. Den termale innsynkningen som begynte etter kollapsen av jura oppdomingen har fortsatt inn i kritt (Michelsen, et al., 1992).

5.5 Avsetninger fra kritt

Det har på mesteparten av Ringkøbing-Fynhøyden vært en jevn overgang i avsetninger fra jura til tidlig kritt og det er liten forskjell i bassengformen i jura-kritt overgangen (Michelsen, et al., 1992; Vejrbæk, 1998). Enkelte områder, spesielt inn mot Sentralgrabenområdet, har stått høyt

gjennom juraperioden og her finnes kritt avsetninger rett på kaledonsk basement (Per-1; Figur 3.2; 4.15). Den termale avkjølingen og innsynkningen begynte i jura og fortsatte inn i kritt.

Kritt er delt inn i to enheter på Ringkøbing-Fynhøyden der nedre kritt består av Cromer Knoll gruppen og øvre kritt består av chalk (Figur 4.30). Nedre kritt er en tynn jevn sekvens med et kraftig seismisk refleksjonsutslag i toppen. Det kraftige utslaget i overgangen mellom nedre kritt og chalk er fra et konsolidert lag med kalkmergel som kan følges over større deler av Nordsjøen (Oakman og Partington, 1998). Det har i forbindelse med avsetningen av dette laget vært en maksimal utstrekning av krittbasenget samtidig som det har vært tilført lite materiale fra land. Det kraftige seismiske utslaget i forbindelse med mergelen er dannet ved ansamling av tungmetaller og høyt innhold av kalk (Figur 2.15). Det høye innholdet av kalk i hele kritt pakken gir en generell kraftig seismisk signatur fra de seismiske sekvensene (Figur 5.3). Seismisk data viser at kritt avsetningene i det sydlige Nordsjøområdet er flate og jevntykke lag (Figur 4.28).

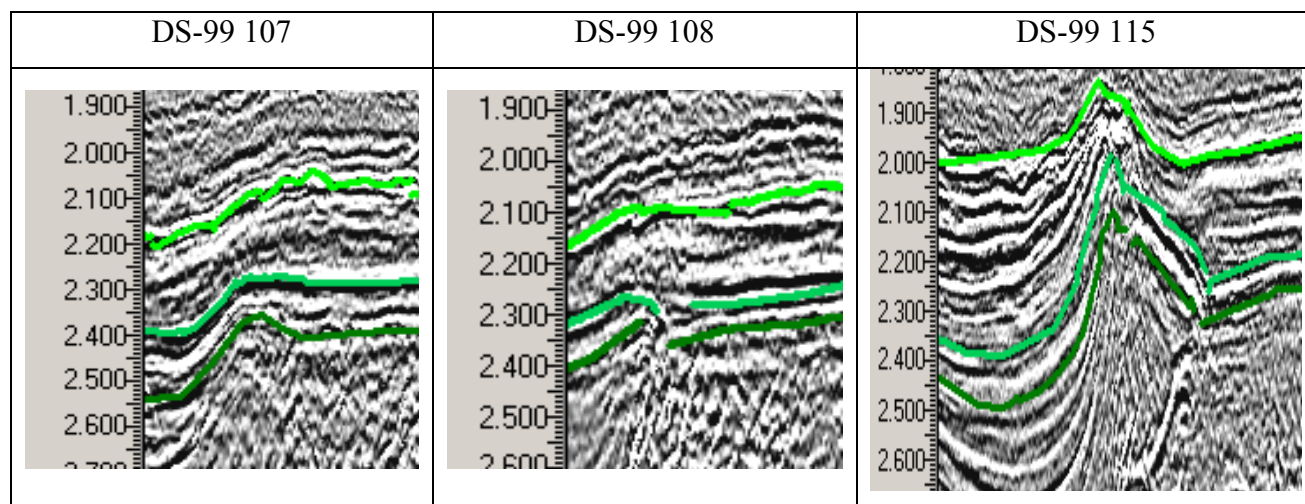
I toppen av chalk sekvensen er det erosjonsstrukturer som viser at det har vært en oppfylling av krittbasenget mot slutten av krittperioden. Dette kommer fram i både stor og liten skala i de seismiske snittene og det er store erosjonsstrukturer 80 km fra origo mot sydøst i figur 4.7 og 73 km fra origo mot nordøst i figur 4.5. Erosjonsstrukturene i toppen av krittbasengavsetningene tolkes som kanalstrukturer og dalsystemer dannet av nedskjærende erosjon. Til tross for at chalklaget har erosjonsstrukturer i toppen så har laget allikevel en jevn tykkelse over høyden. (Appendiks I; II).

I de seismiske linjene viser krittreflektorene god kontinuitet, men det er enkelte brudd i reflektorene som skyldes kompaksjon i de større sedimentbassengene rundt Ringkøbing-Fynhøyden (Michelsen et al., 1998). På selve høyden er det relativt tynne ukonsoliderte sedimentsekvenser noe som medfører få reflektorbrudd knyttet til kompaksjon.

I de områdene i Nordsjøen hvor Zechstein halitt er avsatt er enkelte reflektorbrudd i kritt forårsaket av dette mobile saltet. Det er ikke funnet saltavsetninger fra Zechstein på høyden, men rundt høyden er det flere reflektorbrudd og dannelse av avsetningsrom helt opp til chalk på grunn av halokinetisk aktivitet.

Gjennom krittperioden har det vært en jevn termal innsynkning særlig av området rundt Ringkøbing-Fynhøyden og det kan observeres et ensartet avsetningsmønster over hele området

som har vært dekket av krittbasenget. I krittperioden har det i Nordsjøområdet vært noe transpressjonal bevegelse. Denne bevegelsen har senter i syd, og i den sydlige delen av Nordsjøen er det enkelte steder dannet kompresjonsstrukturer. Figur 5.3 viser at i kritt avsetningene kan en tektonisk kompresjonsstruktur observeres langs B-forkastningen. Den jevne termale innsynkningen kamuflerer kompresjonen lenger mot nord slik at den ikke vises her.



Figur 5.3: Kompresjonsstruktur i nedre kritt ved Coffee Soil forkastningen vises i både DS-99 107 og 108 linjene, men er mye mindre enn kompresjonsstrukturene fra DS-99 115 linjen som ligger helt i syd av Ringkøbing-Fynhøyden.

Kompresjonsstrukturene vises langs Ringkøbing-Fynhøyden inn mot den store B-forkastningen på kanten av Sentralgraben (Figur 5.2; 5.3). Langs enkelte deler av B-forkastningen er det en reaktivering i forkastningsplanet med en reversbevegelse i det som tidligere var en stor normalforkastning. Kompresjonsstrukturen danner en domelignende struktur. Domestrukturen er størst i syd og minker mot nord. Transpressjonsbevegelsen har hatt en opprinnelse fra syd og har derfor en sterkere påvirkning i den sydlige delen av forkastningsplanet (Oakman og Partington, 1998).

5.6 Utviklingen av kenozoikum

Det har vært et gradvis skifte i klima fra et varmt mesozoikum til et kjøligere kenozoikum. Kenozoikum i Nordsjøen består av mektige klastiske avsetninger. Disse lapper på chalk fra et depotsenter i Sentralgraben inn på Ringkøbing-Fynhøyden fra vest og har utbyggende klinoforme strukturer (Michelsen et al., 1994; 1998). I kenozoikum var det termal innsynkning av Nordsjøen

samtidig som det har vært heving av landområdene rundt. De hevete landområdene tilfører store mengder klastiske sedimenter fra nordøst (Huuse et al., 2001).

Ringkøbing-Fynhøyden har vært en grunne i tidlig kenozoikum og mangler klastiske avsetninger fra tidlig paleogen (Huuse et al., 2001). Høyden har i denne første avsetningsperioden i kenozoikum stått høyere enn bassenget nord for høyden (Michelsen, 1997). Det kan i de seismiske linjene på Ringkøbing-Fynhøyden observeres erosjon i overgangen chalk til de pålappende oligocen avsetningene (Michelsen et al., 1994). De kenozoiske avsetningene er mektige og er delt inn i 4 lagpakker på Ringkøbing-Fynhøyden (Figur 2.16; 4.2) der den eldste lagpakken er Sekvens 4 fra oligocen som bygger seg inn over høyden fra vest (Figur 4.3-4.13) (Michelsen et al., 1994). Den yngre del av krittlagpakken som de kenozoiske avsetningene lapper på har en helning mot vest på grunn av innsynkningen i vest og hevingen i øst. De pålappende kenozoiske reflektorene er mer horisontale.

Den oligocen sekvens 4 er en aggraderende oppbygging over kanten av Sentralgraben og inn over Ringkøbing-Fynhøyden. Avsetningene har klatret innover og nordover ettersom det relative havnivået har steget og nytt avsetningsrom er dannet inne på høyden (Figur 2.16). Sekvens 4 har en større utstrekning mot øst langs den nordlige flanken av høyden enn i syd. Sekvens 4 stopper på høyden inn mot Horngraben i øst (profilene, Figur 4.3-4.13).

De to midtre kenozoiske enhetene, enhet 5 og 6 fra overgangen oligocen-miocen til midtre miocen dekker jevnt hele Ringkøbing-Fynhøyden, men regionalt viser de en avsetningsøkning mot nordøst og mot sedimenttilførselen (Figur 2.16) (Michelsen et al., 1994; Huuse et al., 2001). Enhetene er basseng innfyllinger med et senter nord for høyden og kildeområde i nordøst (Michelsen et al., 1998). Enhet 5 og 6 er avsatt med en jevn tykkelse i øst-vest retning, men enhet 5 har en større utstrekning mot nord-øst. Det er en svak økning i tykkelse mot nord i begge enhetene. Den store sedimenttilførselen fra de hevete landområdene i nordøst gir en utbygging av avsetningene som vises med utvidet nedlapp (Figur 4.3-4.13) (Michelsen et al., 1994).

Den yngste delen av kenozoikum, enhet 7, som består av avsetninger fra midtre miocen og fram til i dag viser stor mektighet inn mot sentrale deler av Nordsjøbassenget. Sedimentene har et kildeområde i østnordøst (Figur 2.16) (Michelsen et al., 1994). Enhet 7 har en mektighet på omtrent en kilometer i vest som vist i de regionale profilene og avtar til en tykkelse på et par hundre meter mot øst (Figur 4.3-4.7). De klinoforme prograderende strukturene i den nedre delen

av enhet 7 finnes over hele området. Mot slutten av miocen bygger de pliocen klinoforme strukturene seg ut i bassenger da bassenginnsynkningen ikke lenger holder følge med sedimenttilførselen. Akkomodasjonsrommet i forbindelse med avsetningen av enhet 7 har vært begrenset inn mot Danmark slik at de øvre tertiære lagene har begynt en utbygging inn i bassenget og er avtagende mot østnordøst (Figur 4.31) (Michelsen et al., 1998). De kvartære sedimentene i Nordsjøbassenget har en jevn utbredelse over hele området. Det akkomodasjonsrommet som er dannet og avsetningene fra denne perioden danner langstrakte klinoforme strukturer med flate horisontale lag opp til dagens havbunn (Huuse et al., 2001).

6 Konklusjon

Oppgaven har benyttet hovedsaklig seismiske data og brønninformasjon for å forstå den geologiske utviklingen av Ringkøbing-Fynhøyden. Det er særlig lagt vekt på en tolkning og forståelse av de dype strukturene på Ringkøbing-Fynhøyden mellom Sentralgraben og Horngraben. En av de viktigste observasjonene er at midt på høyden er det et tektonisk skille i forkastningsmønster som deler høyden i en østre og en vestre del. På begge sider av dette tektoniske skillet har forkastningsaktiviteten variert både i tid og strøk på forkastningene.

Ringkøbing-Fynhøyden avgrenses i nord og i syd av eldre tektoniske lineamenter dannet under lukkingen av Tornquisthavet i tidlig paleozoikum. Denne lukkingen medførte en transversal bevegelse i nordvest-sydøst retning på begge sider av høyden. De transversale lineamentene smalner sammen mot øst inn i Teiessyre-Tornquistsonen. Lineamentene avlaster tektonisk spenning rundt Ringkøbing-Fynhøyden ved transversale bevegelser. Ringkøbing-Fynhøyden har prekambrisk basement og danner den sydvestlige grensen av Balticaskjoldet. Fra sydvest mot Ringkøbing-Fynhøyden har det vært en subduksjon av Tornquisthavet. Denne subduksjonen har gitt høyden en hevning og lite potensial for bevaring av eldre paleozoiske avsetninger, men det allikevel en mulighet for bevaring av avsetninger fra tidlig paleozoikum på prekambrisk basement.

Hovedretningen til kaldonidene følger grensen mellom Baltica og Laurentia i nordvest. I syd følger kaldonidene Balticamarginen. Kaldonidene krysser i sydvest Ringkøbing-Fynhøyden og bøyer øst langs de tidlig paleozoiske lineamentene syd for høyden. Retningsskiftet på kaldonidene kan være styrt av kompresjon skapt av avrevne mikrokontinenter fra Gondwanaskjoldet som kommer inn fra sydvest og danner et trippelpunkt med Baltica og Laurentia. Den kaledonske deformasjonen følger svakhetssonene langs de tidlig paleozoiske transversale lineamentene syd for Ringkøbing-Fynhøyden og krysser den vestre delen av høyden i sydøstlig retning. Den vestre delen av høyden med kaledonsk deformasjon har ikke bevart sedimentære avsetninger som er eldre enn deformasjonen i silur og mest sannsynlig er de eldste sedimentene her av devon alder.

Den minste utstrekningen av kaldonidene på Ringkøbing-Fynhøyden er over den vestlige horsten som følger Sentralgraben i nordvest-sydøst retning begrenset av B- og C-forkastningen. Den

maksimale utbredelsen av kaldonidene på Ringkøbing-Fynhøyden kan være fram til skifte i forkastningsmønster midt på høyden ved K-forkastningen.

Proto-Sentralgraben har en tektonisk aktivitet og begynnende grabendannelse i forbindelse med kollaps av kaldonidene i devon-karbon. Det er funnet avsetninger fra devon-karbon i riftstrukturer på Mid-North Seahøyden. Forkastningene vest på Ringkøbing-Fynhøyden i området med kaledonsk påvirkning følger samme retning som proto-Sentralgraben. Forkastninger med tektonisk aktivitet fra devon-karbon på vestre del av Ringkøbing-Fynhøyden har gitt opphav til mektige riftbassenger som er bevart. Sannsynligvis er de dannet i forbindelse med kollaps av kaldonidene og følger nordvest-sydøst svakhetssoner dannet under subduksjon av Tornquisthavet.

Den tektoniske aktiviteten i devon-karbon er ikke observert i området hvor prekambrisk basement er bevart øst på Ringkøbing-Fynhøyden. Den tektoniske rolige perioden øst på høyden fortsetter helt fram til den vulkanske aktiviteten og ekstensjonen i overgangen karbon-perm. Sutureringen av den varisiske fjellkjeden og dannelsen av det Hercynske fjellkjedekomplekset i sydøst har gitt en kompresjon i Teisseyre-Tornquistsonen. Dette har ført til en reaktivering av de tidlig paleozoiske transversale lineamentene med sidelengs bevegelse av lineamentene nord og syd for Ringkøbing-Fynhøyden. Den transversale bevegelsen har ført til at området nord for Ringkøbing-Fynhøyden har beveget seg relativt mot øst og området syd for høyden har beveget seg relativt mot vest i forhold til høyden. Bevegelsen i lineamentene langs Ringkøbing-Fynhøyden har i karbon-perm overgangen gitt opphav til et vulkansk senter i Teisseyre-Tornquistsonen. Den vulkanske aktiviteten har en stor regional utstrekning rundt Ringkøbing-Fynhøyden i hele sydlige Nordsjøen. Det er avsatt vulkanitter på hele Ringkøbing-Fynhøyden. Reaktivering av de transversale lineamentene sammen med den vulkanske aktiviteten i overgangen karbon-perm og den senere ekstensjonen starter dannelsen av Horngraben. Riftaktiviteten i Horngraben og forkastningsmønsteret på den østre delen av høyden viser lite tegn til forkastningsaktivitet knyttet til subduksjon av Tornquisthavet og den kaledonske fasen, men kan derimot knyttes til transversal bevegelse av lineamentene langs høyden.

Den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden viser ikke tektonisk aktivitet under eller rett etter den vulkanske perioden i karbon-perm overgangen. Den østre delen av Ringkøbing-Fynhøyden viser derimot tektonisk aktivitet i øst-vest retning langs høyden og inn mot Horngraben. Riftaktiviteten med en hovedsakelig nord-syd retning øst på høyden har vært aktiv etter den

vulkanske aktiviteten. Forkastningsmønsteret øst på høyden følger den samme retningen som Horngraben. Det kan i de seismiske data observeres forkastninger i de vulkanske lavaene avsatt på denne østlige delen av høyden slik at riftaktiviteten med en nord-syd retning er tolket til å være senere enn den vulkanske perioden i karbon-perm, sannsynligvis trias slik som i Horngraben.

Perm har vært en tørr og varm periode. Den vulkanske aktiviteten i overgangen karbon-perm etterfølges av sandige kontinentale avsetninger fra Rotliegende. Ringkøbing-Fynhøyden har i denne perioden hatt en mindre innsynkning enn både det nordlige og sydlige permbassenget. Innsynkningen av disse bassengene styres delvis av de transversale lineamentene sammen med den termale innsynkingen etter den vulkanske aktiviteten. Det sydlige permbassenget har spesielt stor innsynkning da det i syd har vært en transtensjonsbevegelse i tillegg til at området er en del av det varisiske forlandsbassenget. Langs den nordlige flanken av høyden har det i overgangen mellom den sydlige og nordlige Horngraben vært en transpresjonsbevegelse mot sydøst med en betydelig vulkansk aktivitet sentralt i grabenstrukturen.

I perm har en lengre erosjonsperiode dannet Saalian inkonformiteten. Tidligere avsetninger er blitt kraftig erodert. Vulkanittene fra Rotliegende er mektige og robuste slik at det er bevart rester av Rotliegende lavaer med en regional utstrekning. Mot slutten av perm avsettes mektige saline bassengavsetninger både i det sydlige og det nordlige permbassenget. Disse avsetningene har størst mektighet i det sydlige permbassenget. Ringkøbing-Fynhøyden har fortsatt vært høyere enn områdene rundt og mangler evaporitt avsetninger fra Zechstein. På Ringkøbing-Fynhøyden er det bare bevart tidlige perm avsetninger fra Rotliegende.

I trias fortsetter den tektoniske aktiviteten i Horngraben med dannelse av dype grabenstrukturer og store forkastningssprang. Trias sedimenter øker i mektighet mot syd og grabenstrukturen er dypest i den sydlige delen. Den asymmetriske halvgrabenstruktureringen som spesielt kan observeres i den nordlige del av Horngraben knyttes opp mot de transversale lineamentene. Riftaktivitet relatert til Horngraben kan følges vestover på Ringkøbing-Fynhøyden til K-forkastningen med en forkastningsretning som følger mønsteret til Horngraben med sprang ned mot øst og som er påvirket av de transversale lineamentene nord og syd for høyden. De transversale lineamentene som har aktivitet i overgangen karbon-perm har i trias ført til en påvirkning av den rigide høyden øst for K-forkastningen og dannelsen av Horngraben. Forkastningene øst for K-forkastningen som har nord-syd retning er tektonisk aktive i trias og i

dette området er det en betydelig avsetningssekvens fra tidlig trias bevart over vulkanitter. Vest på høyden er det derimot ingen tegn til triasisk tektonisk aktivitet eller sedimenter.

Vest på Ringkøbing-Fynhøyden mangler avsetningene mellom karbon-perm vulkanittene og øvre jura. Forkastningspranget som gir rom for øvre jura syn-rift kiler på den vestre delen av Ringkøbing-Fynhøyden har samme sprang som forkastningene observert i vulkanitter og sillintrusjoner. Det har på denne delen av høyden ikke vært forkastningsaktivitet etter kollaps av kaldonidene i devon-karbon og helt fram til den mindre tektoniske påvirkningen i øvre jura. Forkastningsaktiviteten i øvre jura følger de samme forkastningsplanene som i devon-karbon. Det har vært stor jurasisk tektonisk aktivitet i Sentralgraben som har sammen retning på forkastningene som vest på høyden.

Forkastningene i Sentralgraben har vært aktive i hele jura og har store forkastningsprang, betydelig større enn på høyden. Dette har medført at avsetninger fra eldre trias, nedre og midtre jura i tillegg til flere kilometer med øvre jura er bevart i Sentralgraben. I områdene rundt Sentralgraben har det fram til øvre jura vært kraftig erosjon som en funksjon av oppdomingen i nordvest i trippelpunktet mellom Sentralgraben, Vikinggraben og Moray Firth. Kollaps av domestrukturen i øvre jura har gitt muligheten for en regional transgresjon i området, også over Ringkøbing-Fynhøyden. Den vestre delen av høyden har fortsatt stått høyt i øvre jura, men har vært påvirket av noe tektonisk aktivitet og har dermed bevart kilestrukturer med syn-rift sedimenter.

Den østre delen av Ringkøbing-Fynhøyden og Horngraben har ikke vært utsatt for noe tektonisk aktivitet i jura. Fra skifte i forkastningsaktivitet midt på Ringkøbing-Fynhøyden og østover ut i Horngraben og mot Danmark er det en jevn inkonformitetsflate under en tynn øvre jura lagpakke. Det er i Horngraben og på Ringkøbing-Fynhøyden ikke bevart noen nedre eller midtre jura avsetninger. Yngre trias avsetninger er bare bevart i de dype delene av Horngraben og lengre mot øst.

Hele området har hatt en jevn termal innsynkning fra sen jura og gjennom kritt. Det er avsatt kalkholdige avsetninger i kritt som gir opphav til sterke seismiske reflektorer. Det er liten forkastningsaktivitet i krittperioden, men enkelte strukturer spesielt mot sydvest viser tegn til transpressjon. Transpresjonsbevegelsen dør ut nordover. Den termale innsynkningen av området

begynte i jura etter kollaps av domene nordvest for studieområdet og en begynnende utvikling av Nord Atlanteren.

Kenozoikum består av en tykk lagpakke som er mektigst mot de sentrale områdene av dagens basseng og som tynner mot de omkringliggende landområdene. Bassenet har i kenozoikum fortsatt hatt en termal innsynkning og de tilførte sedimentene har vært fra omkringliggende hevede landområder. Hevning i nordøst og øst har gitt rikelig sedimenttilførsel til bassengområdet. Mot den siste delen av kenozoikum har sedimenttilførselen vært større enn akkomodasjonsrommet i bassenet og det har i pliocen vært en progradasjon over Ringkøbing-Fynhøyden.

Referanser:

Abramovitz, T., Berthelsen, A., Schjoth, F., Thybo, H., Balling, N., Nielsen L., Flueh, E.R., Huebinger, S., Reston, T., Pedersen, L.B., Schmidt, J., England, R.W., Hobbs, R.W. og Maguire P.K.H. 1997A. MONA LISA-Deep seismic investigations of the lithosphere in the southeastern North Sea. *Tectonophysics*, vol. 269, 1-19.

Abramovitz, T., Berthelsen, A. og Thybo, H. 1997B. Proterozoic sutures and terranes in the south-eastern Baltic Shield interpreted from BABEL deep seismic data. *Tectonophysics*, vol. 270, 259-277.

Badley, M.E., Price, J.D., Rambech Dahl, C. og Agdestein, T. 1988. The structural evolution of the northern Viking Graben and its bearing upon extensional modes of basin formation. *Journal of the Geological Society*, London, vol. 145, 455-472.

Berthelsen, A., For EUGENO-S Working Group, 1988. Crustal structure and tectonic evolution of the transition between the Baltic Shield and the North German Caledonides (the EUGENO-S Project). Fra: Freeman, R., Berthelsen, A. og Mueller, S. (Eds.), *European Geotraverse, EUGENO-S Working Group. Tectonophysics*, vol. 150, 253-348.

Berthelsen, A. 1992. Mobile Europe. Fra: Blundell, D.J., Freeman, R., and Mueller, S. (Eds.), *A Continent revealed: the European Geotraverse*, Cambridge, 11-32.

Berthelsen, A. 1998. The Tornquist Zone northwest of the Carpatians: an intraplate pseudosuture. *GFF*, Stockholm, vol. 120, 223-230.

Best, G., Kockel, F. og Schöneich, H. 1983. Geological history of the southern Horn Graben. Fra: Kaasschieter, J.P.H. og Reijers, T.J.A. (Eds.), *Petroleum Geology of the Southeastern North Sea and the Adjacent Onshore Areas. Geologie en Mijnbouw*, vol. 62, 25-33.

Blundell, D. og Freeman, R. 1992. Why a traverse through Europe? Fra: Blundell, D.J., Freeman, R. og Mueller, S. (Eds.), *A Continent revealed: the European Geotraverse.*, Cambridge, 1-9.

Bowman, M.B.J. 1998. Cenozoic. Fra: Glennie, K.W. (Ed.), *Petroleum Geology of the North Sea: basic concepts and recent advances*, Fourth edition, London, 350-375.

Cartwright, J. 1990. The Structural evolution of the Ringkøbing-Fyn High. Fra: Blundell, D.J. og Gibbs A.D. (Ed.), *Tectonic Evolution of the North Sea rifts*. Oxford Science Publications, 200-216.

Clausen, O.R. og Pedersen, P.K. 1999. Late Triassic structural evolution of the southern margin of the Ringkøbing-Fyn High, Denmark. *Marine and petroleum geology*, København, vol. 16, 653-665.

Cocks, L.R.M. og Fortey, R.A. 1982. Faunal evidence for oceanic separations in the Palaeozoic of Britain. *Journal of the Geological Society*, London, vol.139, 465-478.

Cowie, J.W., Rushton, A.W.A. og Stubblefield, C.J. 1972. *A correlation of Cambrian rocks in the British Isles*. Geological Society, Special Report Nr. 2, London, 42 pp.

Downie R.A. 1998. Devonian. Fra: Glennie K.W. (Ed.), *Petroleum geology of the North Sea*. Fourth edition, London, 85-103.

Drinkwater, R.A., Pickering, K.T. og Siedlecka, A. 1996. Deepwater fault-controlled sedimentation, Arctic Norway and Russia: Response to Late Proterozoic rifting and the opening of the Iapetus Ocean. *Journal of Geological Society*, London, vol. 153, 427-436.

England, R.W., Hobbs, R.W., Maguire, P.K.H., Abramovitz, T., Berthelsen, A., Schjoth, F., Thybo, H., Balling, N., Nielsen, L., Flueh, E.R., Huebinger, S., Reston, T., Pedersen, L.B. og Schmidt, J. 1997. Closure of the Tornquist Sea; constraints from MONA LISA deep seismic reflection data. *Geological Society of America*, vol. 25, nr. 12, 1071-1074.

Fisher, M.J. og Mudge, D.C. 1998. Triassic. Fra: Glennie, K.W. (Ed.), *Petroleum Geology of the North Sea: basic concepts and recent advances*, Fourth edition, London, 212-244.

Frost, R.T.C. 1977. Tectonic patterns in the Danish region (as deduced from a comparative analysis of magnetic, Landsat, bathymetric and gravity lineaments). *Geologie en Mijnbouw*, vol. 56, nr. 4, 351-362.

Frost, R.T.C., Fitch, F.J. og Miller, J.A. 1981. The Age and Nature of the Crystalline Basement of the North Sea Basin. Fra: Illing, L.V. og Hobson G.D. (Eds.), *Petroleum Geology of the Continental Shelf of North-West Europe*, London, vol. 1, 45-57.

Gabrielsen, R.H., Færseth, R.B., Steel, R.J., Idil, S. og Klovjan, O.S. 1990. Architectural styles of basin fill in the northern Viking Graben. Fra: Blundell, D.J. og Gibbs, A.D. (Eds.), *Tectonic Evolution of the North Sea rifts*. Publications International Lithosphere Program, Oxford University Press, New York, vol. 181, 158-179.

George, G.T. og Berry, J.K. 1997. Permian (Upper Rotliegende) synsedimentary tectonics, basin development and palaeogeography of the southern North Sea. Fra: Ziegler, K., Turner, P. og Daines, S.R. (Eds.), *Petroleum geology of the Southern North Sea: Future potential*, Geological Society Special Publication nr. 123, London, 31-61.

www.geus.dk Geological Survey of Denmark and Greenland. GEUS

Glennie, K.W. og Underhill, J.R. 1998. Origin, development and evolution of structural styles. Fra: Glennie, K.W. (Ed.), *Petroleum Geology of the North Sea. Basic Concepts and Recent Advances. Forth edition*, 42-84.

Harland, W.D. og Gayer, R.A. 1972. The Arctic Caledonides and earlier oceans. *Geological Magazine*, vol. 109, 289-314.

Heeremans, M. og Faleide, J.I. 2004. Late Carboniferous-Permian tectonics and magmatic activity in the Skagerrak, Kattegat and the North Sea. Fra: Wilson, M., Neumann, E. –R., Davies, G.R., Timmerman, M. J., Heeremans, M. og Larsen, B. T. (Eds.), *Permo-Carboniferous Magmatism and Rifting in Europe*. Geological Society, London, Special Publications, vol. 223, 157-176.

Heeremans, M., Faleide, J.I. og Larsen B.T. 2004A. Late Carboniferous-Permian of NW Europe: an introduction to a new regional map. Fra: Wilson, M., Neumann, E.-R., Davies, G.R., Timmerman, M.J., Heermans, M. og Larsen, B.T. (Eds.), *Permo-Carboniferous Magmatism and Rifting in Europe*. Geological Society, London, Special Publications, vol. 223, 75-88.

Heeremans, M. Timmerman, M.J., Kirstein, L.A. og Faleide, J.I. 2004B. New constrains on the timing of late Carboniferous-early Permian volcanism in the central North Sea. Fra: Wilson, M., Neumann, E.-R., Davies, G.R., Timmerman, M.J., Heermans, M. og Larsen, B.T. (Eds.), *Permo-Carboniferous Magmatism and Rifting in Europe*. Geological Society, London, Special Publications, vol. 223, 178-194.

Huuse, M., Lykke-Andersen, H. og Michelsen, O. 2001. Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea. *Marine Geology*, vol. 177, 243-269.

Japsen, P. 2000. Fra Kridthav til Vesterhav Nordsøbassinets udvikling vurderet ud fra seismiske hastigheder. *Dansk Geologisk Forenings Nyheds- og informationskrift*. Hæfte 2, København, 1-36.

Keller, G.R. og Hatcher R.D.Jr. 1999. Some comparisons of the structure and evolution of the south Appalachian-Ouachita orogen and portions of the Trans-European Suture Zone region. *Tectonophysics*, vol. 314, Amsterdam, 43-68.

Larsen, O. 1971. K/Ar Age Determinations from the Precambrian of Denmark. *Danmarks geologiske undersøgelse*. Serie 2 nr. 97, 37 pp.

Larsen, O. 1972. K/Ar datering af prøver fra danske dybdeboringer. *Dansk Geologisk Forenings Årsskrift for 1971*, København, 91-94.

Maynard, J.R., Hofmann, W., Dunay, R.E., Bentham, P.N., Dean, K.P. og Watson, I. 1997. The Carboniferous of west Europe: the development of a petroleum system. *Petroleum Geoscience*, vol. 3, 97-115.

Michelsen, O., Mogensen T.E. og Korstgård J.A. 1992. Pre-Cretaceous structural development of the Danish Central Trough and its implications for the distributions of Jurassic sands. Fra: Larsen, R.M., Brekke, H., Larsen, B.T. og Talleraas, E. (Eds.), *Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology*. Norsk Petroleum Forbund, Special publication, nr 1, 495-506.

Michelsen, O. og Nielsen, L.H. 1993. Structural development of Fennoscandia border zone, offshore Denmark. *Marine and Petroleum Geologi*, København, vol. 10, 124-134.

Michelsen, O., Danielsen, M., Heilmann-Clausen, C., Jordt, H., Laursen, G. og Thomsen, E. 1994. Occurrence of major sequence stratigraphic boundaries in relation to basin development in Cenozoic deposits of the southeastern North Sea. Fra: Steel, R.J., Felt, V., Johannessen, E., Mathieu, C. (Eds.), *Sequence stratigraphy of the North West Europe continental margin*. Norwegian Petroleum Society Special Publication, nr. 5, 415-427.

Michelsen, O. 1997. Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and structural development of the Sorgenfrei-Tornquist zone. *Z. dt. Geol. Ges.*, vol 148, Stuttgart, 33-50.

Michelsen, O., Thomsen, E., Danielsen, M., Heilmann-Clausen, C., Jordt, H., Laursen, G.V. 1998. Cenozoic sequence stratigraphy in the eastern North Sea. Mesozoic-Cenozoic Sequence Stratigraphy of Western European Basins. Fra: de Graciansky, P. C., Jacquin, T., Vail, P.R. (Eds.), *SEPM Special Publications. Sedimentary Geological Society*, London, vol. 60, 91-118.

Michelsen, O. og Clausen, O.R. 2002. Detailed stratigraphic subdivision and correlation of the southern Danish Triassic succession. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 19, 563-587.

Møller, J.J. 1986. Seismic structural mapping of the Middle and Upper Jurassic in the Danish Central Trough. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Serie A, nr. 13, København, 37pp.

Mogensen, T.E. 1994. Palaeozoic structural development along the Tornquist zone, Kattegat area, Denmark. *Tectonophysics*, vol. 240, 191-214.

Nilsen, I.H. og Japsen, P. 1991. Deep wells in Denmark, 1935-1990. Lithostratigraphic subdivision. *Danmarks Geologiske Undersøgelser*, Serie A, 31, København, 177 pp.

Oakman, C.D. og Partington, M.A. 1998. Cretaceous. Fra: Glennie, K.W. (Ed.), *Petroleum Geology of the North Sea: basic concepts and recent advances*, Fourth edition, London, 294-349.

Olaussen, S., Larsen, B.T. og Steel, R. 1994. The Upper Carboniferous-Permian Oslo Rift; basin fill in relation to tectonic development. Fra: Embry, A.F., Beauchamp, B. og Glass, D.J. (Eds.), *Pangaea; Pangaea; Global Environments and Resources*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Memoir, vol. 17, 175-197.

Pharaoh, T.C. 1999. Palaeozoic terranes and their lithospheric boundaries within the Trans-European Suture Zone (TESZ): A review. *Tectonophysics*, vol. 314, 17-41.

Richards, P.C., Lott, G.K., Johnson, H., Knox, R.W. O'B. og Riding, J.B. 1993. Jurassic of the Central and Northern North Sea. Fra: Knox, R.W. O'B. og Cordey, W.G. (Eds.), *Lithostratigraphic Nomenclature of the UK North Sea*. British Geological Survey on behalf of the UK Offshore Operators Association bind nr. 3, Nottingham, 219 pp.

Stemmerik, L., Ineson, J.R. og Mitchell, J.G. 2000. Stratigraphy of the Rotliegend Group in the Danish part of the Northern Permian Basin, North Sea. *Journal of the Geological Society*, London, vol. 157, 1127-1136.

Sørensen, K. 1986. Danish Basin subsidence by Triassic rifting on a lithosphere cooling background. *Nature*, vol. 319, 660-663.

Thybo, H. 1997. Geophysical characteristics of Tornquist Fan area, northwest Trans-European Suture Zone: indication of late Carboniferous to early Permian dextral transtension. *Geological Magazine*, vol. 134, 597-606.

Underhill, J.R. 1998. Jurassic. Fra: Glennie, K.W., (Ed.), *Petroleum Geology of the North Sea: basic concepts and recent advances*, Fourth edition, London, 245-293.

Vejbæk, O.V. 1990. The Horn Graben, and its relationship to the Oslo Graben and the Danish Basin. *Tectonophysics*, vol.178. 29-49.

Vejbæk, O.V. 1997. Dybe strukturer i danske sedimentære bassiner. *Geologisk Tidsskrift*, Dansk Geologisk Forening, København, vol. 4, 1-31.

Vejbæk, O.V. 1998. Effects of asthenospheric heat flow in basin modelling exemplified with the Danish Basin. *Earth and Planetary Science letters*, Amsterdam, vol. 95, 97-114.

Viejo, G.F., Laigle, M. og Ranero, C.R. 2002. Pre-Permian sedimentary basin on the North Sea: images from reprocessed and pre-stack depth migrated MONA LISA data. *Marine and Petroleum Geology*, København, vol. 19, 519-526.

Zhou, S. og Thybo, H. 1997. Pre-Zechstein geology of the south-east North Sea, offshore Denmark-a geophysical perspective. Research Article, *First Break*, København, vol. 15, 387-395.

Ziegler, P.A. 1978. North-Western Europe: Tectonics and basin development. *Geologie en mijnbouw*, vol. 57, 589-626.

Ziegler, P.A. 1981. Evolution of Sedimentary Basin in North-West Europe. Fra: Illing, L. V. og Hobson G.D. (Eds.), *Petroleum Geology of the Continental Shelf of North-West Europe*, London, vol. 1, 3-39.

Ziegler, P.A. 1982. Faulting and graben formation in Western and Central Europe. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, London, vol. A305, 113-143.

Ziegler, P.A. 1990. Geological Atlas of Western and Central Europe. 2nd edition, Shell Internationale Petroleum Maatschppij B.V., Geological Society, Bath, Amsterdam, 239 pp.

Zwart, H.J. og Dornsiepen, U.F. 1978. The Tectonic framework of Central and Western Europe. *Geologie en Mijnbouw*, vol. 57, 627-654.

Appendiks I

Brønndata fra brønner fra Danmark hentet fra www.geus.dk. Verdiene i tabellene er ordnet fra yngste litostratigrafiske enhet og med kronostratigrafisk eldre enheter etterfølgende. I hver enhet er alle brønnene med funn av denne enheten listet opp i alfabetisk orden og med verdiene fra brønnlokasjonen til høyre.

Tabell I-01: Brønnresultater fra Danske brønnlokasjoner.

| Post Chalk Group | | | | | | Post Chalk Group (continued) | | | | | |
|------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s | Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| A-1 | 44 | 1717 | - | - | - | Horsens-1 | -54 | 217 | - | - | - |
| A-2 | 44 | 1734 | - | - | - | Hyllebj.-1 | -21 | 19 | - | - | - |
| Adda-1 | 38 | 2020 | 51 | 1999 | 2021 | Hønning-1 | -28 | 417 | - | - | - |
| Adda-2 | 37 | 2015 | 50 | 2001 | 2014 | I-1 | -57 | 2670 | 77 | 2606 | 2049 |
| Adda-3 | 38 | 2033 | 51 | 2008 | 2025 | Ibenholt-1 | 39 | 1408 | 53 | 1336 | 2108 |
| Arnum-1 | -39 | 398 | -42 | 446 | 1784 | Inez-1 | 35 | 798 | 47 | 804 | 1985 |
| B-1 | 41 | 2170 | 55 | 2156 | 2013 | Iris-1 | 66 | 2800 | 89 | 2737 | 2046 |
| Bo-1 | 42 | 1982 | 56 | 1966 | 2017 | J-1 | 44 | 36 | 59 | 44 | 1635 |
| Boje-1 | 41 | 1969 | 55 | 1957 | 2012 | Jens-1 | 38 | 2306 | 51 | 2250 | 2050 |
| Borg-1 | -12 | 707 | -12 | 757 | 1868 | John-1 | 45 | 573 | 61 | 575 | 1993 |
| Brøns-1 | -5 | 414 | -5 | 452 | 1832 | John Fl.-1 | 44 | 1480 | 59 | 1396 | 2121 |
| Børglum-1 | -19 | 115 | - | - | - | K-1 | 56 | 382 | 76 | 414 | 1845 |
| C-1 | 27 | 548 | 36 | 569 | 1926 | Karl-1 | 67 | 2956 | 90 | 2902 | 2037 |
| Cleo-1 | 63 | 2728 | 85 | 2587 | 2109 | Kegnæs-1 | 18 | 236 | 24 | - | - |
| D-1 | 49 | 1156 | 66 | 1173 | 1972 | Kim-1 | 69 | 3050 | 92 | 2946 | 2071 |
| D. Adda-1 | 36 | 2092 | 49 | 2050 | 2041 | Kvois-1 | -12 | 246 | -12 | 276 | 1783 |
| Diamant-1 | 62 | 2950 | 84 | 2870 | 2056 | Kværs-1 | -46 | 412 | - | - | - |
| E-1 | 37 | 1978 | 50 | 1926 | 2054 | L-1 | 55 | 1960 | 74 | 1900 | 2063 |
| E-2 | 41 | 1917 | 55 | 1899 | 2019 | Lavø-1 | -25 | 67 | - | - | - |
| E-3 | 37 | 1947 | 50 | 1930 | 2017 | Linde-1 | -24 | 564 | - | - | - |
| E-4 | 36 | 1911 | 48 | 1906 | 2006 | Liva-1 | 55 | 2856 | 74 | 2802 | 2038 |
| E. Rosa-1 | 34 | 1253 | 46 | 1248 | 2008 | Lone-1 | 70 | 2879 | 93 | 2813 | 2047 |
| E. Rosa-2 | 37 | 1327 | 50 | 1277 | 2079 | Lulu-1 | 66 | 2656 | 89 | 2586 | 2054 |
| E. Rosa-3 | 34 | 1357 | 45 | 1318 | 2059 | Lulu-2 | 68 | 2704 | 92 | 2636 | 2051 |
| E Rosa Fl | 69 | 2490 | 69 | 2347 | 2121 | Løgumkl.-1 | -13 | 423 | - | - | - |
| Edna-1 | 34 | 2644 | 46 | 2584 | 2046 | M-1 | 43 | 1725 | 58 | 1720 | 2006 |
| Elin-1 | 47 | 2632 | 64 | 2576 | 2043 | M-8 | 43 | 1760 | 59 | 1726 | 2040 |
| Elly-1 | 39 | 2777 | 52 | 2705 | 2053 | M-9 | 43 | 1879 | 58 | 1838 | 2045 |
| Elna-1 | 63 | 2375 | 85 | 2247 | 2114 | Mejrurp-1 | -42 | 538 | -42 | 567 | 1896 |
| Emma-1 | 47 | 1842 | 63 | 1805 | 2041 | M. Rosa-1 | 34 | 1811 | 46 | 1766 | 2051 |
| Erslev-1 | -5 | 37 | - | - | - | M Rosa Fl | 33 | 2506 | 44 | 2364 | 2120 |
| Erslev-2 | -5 | 68 | - | - | - | Mona-1 | 66 | 2923 | 89 | 2878 | 2031 |
| F-1 | 41 | 659 | 55 | 676 | 1950 | Mors-1 | -11 | 136 | -11 | 163 | 1672 |
| Farsø-1 | -18 | 33 | - | - | - | N-1 | 39 | 2031 | 52 | 1976 | 2056 |
| Felicia-1 | 70 | 46 | 95 | - | - | N-2 | 37 | 2063 | 50 | 1989 | 2074 |
| Fjerrsl.-1 | -5 | 2 | - | - | - | N-3 | 37 | 1973 | 50 | 1941 | 2033 |
| Fjerrsl.-2 | -6 | 13 | - | - | - | Nils-2 | 45 | 1646 | 61 | 1607 | 2048 |
| Flyvbjerg-1 | -44 | 145 | - | - | - | N. Jens-1 | 40 | 2018 | - | - | - |
| Frdh.-1 | -9 | 203 | -9 | 244 | 1666 | N. Jens-2 | 40 | 2013 | - | - | - |
| Frdh.-2 | -12 | 208 | - | - | - | Nora-1 | 48 | 2511 | 65 | 2488 | 2019 |
| Frdh.-3 | -7 | 287 | - | - | - | Nøvling-1 | -62 | 236 | - | - | - |
| G-1 | 49 | 1929 | 66 | 1903 | 2027 | Oddesund-1 | -2 | 409 | -2 | 464 | 1762 |
| Gassum-1 | -53 | 25 | - | - | - | O-1 | 43 | 1787 | 58 | 1740 | 2054 |
| Gert-1 | 67 | 3049 | 91 | 2986 | 2042 | Olaf-1 | 62 | 2910 | 84 | 2841 | 2049 |
| Gert-2 | 55 | 3060 | 70 | 3011 | 2033 | Otto-1 | 28 | 2413 | 38 | 2433 | 1983 |
| Glamsbj.-1 | -68 | 165 | - | - | - | P-1 | 66 | 2817 | 89 | 2757 | 2043 |
| Grindsted-1 | -32 | 289 | - | - | - | Per-1 | 36 | 2033 | 49 | 1989 | 2044 |
| H-1 | 46 | 1953 | 62 | 1929 | 2024 | Q-1 | 60 | 2972 | 81 | 2881 | 2063 |
| Haldager-1 | -2 | 18 | - | - | - | R-1 | 37 | 855 | 50 | 908 | 1882 |
| Hans-1 | 30 | 72 | 41 | 89 | 1627 | Ravn-1 | 45 | 2968 | 62 | 2818 | 2106 |
| Harte-1 | -29 | 244 | - | - | - | Ringe-1 | -73 | 91 | - | - | - |
| Harte-2 | -31 | 240 | - | - | - | Roar-2 | 45 | 1943 | 60 | 1924 | 2020 |
| Hobro-1 | -27 | 68 | - | - | - | Ruth-1 | 39 | 1512 | 53 | 1508 | 2006 |

| Post Chalk Group (continued) | | | | | |
|------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Rødby-1 | -2 | 29 | -2 | 32 | 1810 |
| Rødby-2 | -3 | 143 | - | - | - |
| Rødding-1 | -24 | 261 | 24 | 200 | 2610 |
| Rødekro-1 | -49 | 391 | - | - | - |
| Rønde-1 | -35 | 122 | - | - | - |
| S-1 | 30 | 961 | 41 | 996 | 1930 |
| Skagen-1 | -2 | 219 | - | - | - |
| Skagen-2 | -2 | 214 | - | - | - |
| Skive-1 | -21 | 205 | - | - | - |
| Skive-2 | -30 | 140 | - | - | - |
| Slagelse-1 | -38 | 262 | - | - | - |
| SE Igor-1 | 48 | 1944 | 65 | 1889 | 2058 |
| Sten-1 | 68 | 2951 | 92 | 2902 | 2034 |
| Stenlille-1 | -37 | 187 | - | - | - |
| Stenlille-2 | -43 | 199 | - | - | - |
| Stenlille-3 | -43 | 199 | - | - | - |
| Stenlille-4 | -33 | 229 | - | - | - |
| Stenlille-5 | -50 | 196 | - | - | - |
| Stenlille-6 | -28 | 168 | - | - | - |
| Sæby-1 | -60 | 216 | - | - | - |
| Søllested-1 | 3 | 72 | 3 | 80 | 1810 |
| T-1 | 66 | 2129 | 89 | 2232 | 1908 |
| T-3 | 65 | 2373 | 88 | 2343 | 2026 |
| Terne-1 | 19 | 53 | - | - | - |
| Thisted-2 | -29 | 32 | - | - | - |
| Tove-1 | 42 | 1529 | 56 | 1503 | 2035 |
| Tønder-1 | -8 | 417 | -8 | 422 | 1976 |
| Tønder-2 | -13 | 469 | -13 | 533 | 1760 |
| Tønder-3 | -7 | 419 | -7 | 470 | 1781 |
| Tønder-4 | -7 | 421 | - | - | - |
| Tønder-5 | -6 | 424 | -6 | 464 | 1828 |
| U-1 | 43 | 2153 | 58 | 2080 | 2070 |
| Ugle-1 | 54 | 2064 | 73 | 2002 | 2062 |
| Uglev-1 | -32 | 3 | - | - | - |
| Ullerslev-1 | -22 | 47 | - | - | - |
| V-1 | 49 | 2159 | 66 | 2101 | 2056 |
| Vagn-1 | 43 | 1145 | - | - | - |
| Vagn-2 | 43 | 1456 | 58 | 1448 | 2011 |
| Varnæs-1 | -22 | 317 | - | - | - |
| Vedsted-1 | -2 | 37 | - | - | - |
| Vemb-1 | -12 | 659 | -12 | 683 | 1930 |
| Vinding-1 | -56 | 548 | - | - | - |
| Voldum-1 | -30 | 22 | - | - | - |
| W-1 | 53 | 3002 | 72 | 2884 | 2082 |
| W. Lulu-1 | 65 | 2771 | 88 | 2687 | 2062 |
| W. Lulu-2 | 65 | 2814 | 88 | 2729 | 2062 |
| W. Lulu-3 | 66 | 2775 | 90 | 2713 | 2046 |
| Ørslev-1 | -2 | 19 | - | - | - |
| Åbenrå-1 | -53 | 388 | - | - | - |
| Års-1 | -39 | 122 | - | - | - |

| Chalk & Post Chalk Group | | | | | |
|--------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Thisted-1 | -29 | 486 | - | - | - |
| Thisted-3 | -26 | 828 | - | - | - |
| Thisted-4 | -30 | 506 | - | - | - |
| Chalk Group | | | | | |
| A-1 | 1761 | 40 | - | - | - |
| A-2 | 1778 | 393 | - | - | - |
| Adda-1 | 2058 | 198 | 2050 | 111 | 3559 |
| Adda-2 | 2052 | 262 | 2051 | 140 | 3745 |
| Adda-3 | 2071 | 232 | 2059 | 129 | 3591 |
| Arnum-1 | 358 | 509 | 404 | 344 | 2958 |
| B-1 | 2211 | 68 | 2211 | 42 | 3237 |
| Bo-1 | 2024 | 220 | 2022 | 142 | 3104 |
| Boje-1 | 2009 | 429 | 2012 | 265 | 3237 |
| Borg-1 | 695 | 492 | 745 | 329 | 2991 |
| Brøns-1 | 409 | 504 | 447 | 353 | 2856 |
| Børglum-1 | 96 | 354 | 102 | 262 | 2704 |
| C-1 | 575 | 554 | 605 | 352 | 3150 |
| Cleo-1 | 2791 | 486 | 2672 | 208 | 4669 |
| D-1 | 1205 | 257 | 1239 | 116 | 4425 |
| D. Adda-1 | 2128 | 256 | 2099 | 139 | 3688 |
| Diamant-1 | 3013 | 647 | 2954 | 278 | 4664 |
| E-1 | 2016 | 435 | 1976 | 238 | 3655 |
| E-2 | 1958 | 207 | 1954 | 150 | 2755 |
| E-3 | 1983 | 517 | 1980 | 284 | 3638 |
| E-4 | 1948 | 312 | 1954 | 212 | 2947 |
| E. Rosa-1 | 1287 | 20 | 1294 | 7 | 5835 |
| E. Rosa-2 | 1365 | 69 | 1327 | 43 | 3190 |
| E. Rosa-3 | 1391 | 89 | 1363 | 45 | 3956 |
| E Rosa FI | 2558 | 474 | 2416 | - | - |
| E Rosa FI et | 2558 | 409 | 2416 | 158 | 5181 |
| Edna-1 | 2678 | 288 | 2630 | 136 | 4231 |
| Elin-1 | 2679 | 218 | 2640 | 108 | 4041 |
| Elly-1 | 2816 | 439 | 2757 | 194 | 4522 |
| Elna-1 | 2438 | 284 | 2332 | 124 | 4587 |
| Emma-1 | 1889 | 114 | 1868 | 69 | 3304 |
| Erslev-1 | 33 | 529 | - | - | - |
| Erslev-2 | 63 | 643 | - | - | - |
| F-1 | 700 | 583 | 731 | 333 | 3504 |
| Farsø-1 | 15 | 1395 | 24 | 860 | 3244 |
| Felicia-1 | 115 | 597 | - | - | - |
| Fjerrsl.-1 | -3 | 285 | -1 | 203 | 2808 |
| Fjerrsl.-2 | 7 | 287 | 7 | 203 | 2828 |
| Flyvbjerg-1 | 101 | 375 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 194 | 127 | 235 | 89 | 2856 |
| Frdh.-2 | 196 | 124 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 280 | 54 | - | - | - |
| G-1 | 1977 | 240 | 1969 | 127 | 3773 |
| Gassum-1 | -28 | 972 | -28 | 649 | 2996 |
| Gert-1 | 3116 | 766 | 3077 | 348 | 4402 |
| Gert-2 | 3116 | 781 | 3081 | 355 | 4399 |
| Glamsbj.-1 | 97 | 670 | 94 | 498 | 2689 |
| Grindsted-1 | 257 | 652 | - | - | - |

| Chalk Group (continued) | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| H-1 | 1999 | 128 | 1991 | 91 | 2813 |
| Haldager-1 | 16 | 398 | 22 | 324 | 2455 |
| Harte-1 | 214 | 547 | - | - | - |
| Harte-2 | 209 | 651 | - | - | - |
| Hobro-1 | 41 | 1542 | 48 | 892 | 3457 |
| Horsens-1 | 163 | 948 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | -2 | 1372 | -2 | 846 | 3243 |
| Hønning-1 | 389 | 494 | - | - | - |
| I-1 | 2727 | 87 | 2683 | 57 | 3048 |
| Ibenholt-1 | 1447 | 194 | 1389 | 89 | 4349 |
| Inez-1 | 833 | 417 | 851 | 219 | 3808 |
| Iris-1 | 2867 | 304 | 2826 | 139 | 4377 |
| J-1 | 80 | 134 | 103 | 113 | 2372 |
| Jens-1 | 2344 | 273 | 2301 | 139 | 3925 |
| John Fl.-1 | 1524 | 137 | 1455 | 74 | 3707 |
| K-1 | 438 | 728 | 490 | 457 | 3184 |
| Karl-1 | 3023 | 1125 | 2992 | 465 | 4837 |
| Kegnæs-1 | 254 | 457 | - | - | - |
| Kegnæs-1 et | 418 | 293 | 372 | 199 | 2944 |
| Kim-1 | 3119 | 752 | 3038 | 319 | 4714 |
| Kvols-1 | 234 | 1488 | 264 | 842 | 3534 |
| Kværs-1 | 366 | 501 | - | - | - |
| L-1 | 2015 | 301 | 1974 | 134 | 4495 |
| Lavø-1 | 42 | 1873 | - | - | - |
| Linde-1 | 540 | 486 | - | - | - |
| Liva-1 | 2910 | 883 | 2876 | 392 | 4503 |
| Lone-1 | 2949 | 306 | 2906 | 142 | 4306 |
| Lulu-1 | 2722 | 492 | 2675 | 253 | 3891 |
| Lulu-2 | 2772 | 503 | 2728 | 238 | 4226 |
| Løgumkl.-1 | 410 | 498 | - | - | - |
| M-1 | 1768 | 289 | 1778 | 179 | 3228 |
| M-8 | 1803 | 359 | 1785 | 205 | 3500 |
| M-9 | 1922 | 132 | 1896 | 76 | 3465 |
| Mejrup-1 | 496 | 886 | 525 | 532 | 3332 |
| M. Rosa-1 | 1845 | 146 | 1812 | 74 | 3946 |
| M Rosa Fl | 2539 | 489 | 2408 | 166 | 5890 |
| Mona-1 | 2989 | 418 | 2967 | 200 | 4185 |
| Mors-1 | 125 | 1357 | 152 | 757 | 3584 |
| N-1 | 2070 | 383 | 2028 | 217 | 3534 |
| N-2 | 2099 | 158 | 2039 | 185 | 1707 |
| N-3 | 2010 | 256 | 1991 | - | - |
| N-3 et | 2010 | 249 | 1991 | 162 | 3074 |
| Nils-2 | 1691 | 364 | 1668 | 268 | 2714 |
| N. Jens-1 | 2058 | 122 | - | - | - |
| N. Jens-2 | 2053 | 130 | - | - | - |
| Nora-1 | 2560 | 302 | 2553 | 151 | 3997 |
| Nøvling-1 | 474 | 785 | 498 | 464 | 3384 |
| Oddesund-1 | 407 | 955 | 462 | 573 | 3333 |
| O-1 | 1830 | 449 | 1798 | 252 | 3563 |
| Olaf-1 | 2972 | 450 | 2925 | 204 | 4411 |
| Olaf-1 | 3487 | 714 | 3179 | 290 | 4921 |
| Otto-1 | 2441 | 248 | 2471 | 135 | 3671 |
| P-1 | 2882 | 235 | 2846 | 106 | 4428 |

| Chalk Group (continued) | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Per-1 | 2069 | 662 | 2038 | 332 | 3986 |
| Q-1 | 3033 | 892 | 2962 | 364 | 4903 |
| R-1 | 891 | 289 | 958 | 177 | 3261 |
| Ravn-1 | 3013 | 732 | 2880 | 309 | 4738 |
| Ringe-1 | 17 | 728 | 17 | 507 | 2872 |
| Roar-2 | 1988 | 487 | 1984 | 293 | 3327 |
| Ruth-1 | 1551 | 117 | 1561 | 59 | 3978 |
| Rødby-1 | 27 | 430 | 30 | 348 | 2472 |
| Rødby-2 | 140 | 295 | - | - | - |
| Rødding-1 | 237 | 1200 | 224 | 728 | 3297 |
| Rødekro-1 | 342 | 508 | - | - | - |
| Rønde-1 | 87 | 1854 | 105 | 1030 | 3600 |
| S-1 | 991 | 372 | 1037 | 242 | 3078 |
| Skive-1 | 184 | 1245 | 220 | 733 | 3396 |
| Skive-2 | 110 | 920 | 120 | 554 | 3321 |
| Slagelse-1 | 224 | 687 | - | - | - |
| SE Igor-1 | 1992 | 69 | 1954 | 39 | 3548 |
| Sten-1 | 3018 | 210 | 2994 | 102 | 4112 |
| Stenlille-1 | 150 | 1008 | 143 | 607 | 3321 |
| Stenlille-2 | 156 | 994 | - | - | - |
| Stenlille-3 | 156 | 993 | - | - | - |
| Stenlille-3 et | 320 | 829 | 279 | 472 | 3513 |
| Stenlille-4 | 196 | 932 | - | - | - |
| Stenlille-4 et | 502 | 626 | 408 | 348 | 3598 |
| Stenlille-5 | 146 | 1008 | 138 | 614 | 3284 |
| Stenlille-6 | 140 | 1062 | 135 | 635 | 3346 |
| Sæby-1 | 157 | 219 | - | - | - |
| Søllested-1 | 75 | 475 | 83 | 364 | 2610 |
| T-1 | 2195 | 123 | 2321 | 65 | 3770 |
| T-3 | 2438 | 262 | 2431 | 139 | 3763 |
| Thisted-2 | 3 | 803 | 3 | 587 | 2736 |
| Tove-1 | 1571 | 258 | 1559 | 147 | 3512 |
| Tønder-1 | 409 | 480 | 414 | 358 | 2680 |
| Tønder-2 | 456 | 517 | 520 | 362 | 2856 |
| Tønder-3 | 412 | 471 | 463 | 337 | 2799 |
| Tønder-4 | 414 | 471 | - | - | - |
| Tønder-5 | 418 | 479 | 458 | 343 | 2793 |
| U-1 | 2196 | 247 | 2138 | 124 | 3982 |
| Ugle-1 | 2118 | 205 | 2075 | 104 | 3935 |
| Uglev-1 | -30 | 532 | -30 | 410 | 2594 |
| Ullerslev-1 | 25 | 754 | 28 | 576 | 2618 |
| V-1 | 2209 | 481 | 2167 | 228 | 4222 |
| Vagn-2 | 1498 | 261 | 1506 | 145 | 3603 |
| Varnæs-1 | 295 | 527 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 35 | 420 | - | - | - |
| Vemb-1 | 647 | 727 | 671 | 429 | 3389 |
| Vinding-1 | 492 | 744 | - | - | - |
| Voldum-1 | -8 | 1220 | -8 | 786 | 3104 |
| W-1 | 3054 | 671 | 2956 | 292 | 4597 |
| W. Lulu-1 | 2835 | 618 | 2775 | 280 | 4417 |
| W. Lulu-2 | 2879 | 701 | 2817 | 313 | 4477 |
| W. Lulu-3 | 2841 | 648 | 2803 | 295 | 4395 |
| Ørslev-1 | 17 | 407 | 18 | 354 | 2299 |

| Chalk Group (continued) | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Åbenrå-1 | 335 | 524 | 352 | 408 | 2567 |
| Års-1 | 83 | 1665 | 120 | 954 | 3491 |
| Cromer Knoll Group | | | | | |
| A-2 | 2171 | 46 | - | - | - |
| Adda-1 | 2256 | 294 | 2161 | 247 | 2384 |
| Adda-2 | 2314 | 393 | 2191 | 314 | 2504 |
| Adda-3 | 2303 | 137 | 2188 | 110 | 2483 |
| B-1 | 2279 | 255 | 2253 | 190 | 2679 |
| Bo-1 | 2245 | 266 | 2164 | 211 | 2525 |
| Boje-1 | 2438 | 287 | 2277 | 220 | 2605 |
| D. Adda-1 | 2384 | 158 | 2238 | 105 | 3019 |
| Diamant-1 | 3660 | 8 | 3232 | 4 | 3629 |
| E-1 | 2451 | 477 | 2214 | 358 | 2663 |
| E-3 | 2500 | 130 | 2264 | 104 | 2509 |
| E. Rosa-1 | 1307 | 1 | 1301 | 1 | 2438 |
| Edna-1 | 2966 | 59 | 2766 | 34 | 3496 |
| Elin-1 | 2897 | 603 | 2748 | 423 | 2849 |
| Elna-1 | 2723 | 68 | 2456 | 40 | 3383 |
| Emma-1 | 2002 | 18 | 1937 | 14 | 2525 |
| G-1 | 2217 | 142 | 2096 | 120 | 2372 |
| Gert-1 | 3882 | 94 | 3425 | 51 | 3681 |
| Gert-2 | 3896 | 74 | 3436 | 41 | 3613 |
| I-1 | 2814 | 507 | 2730 | 338 | 2999 |
| Ibenholt-1 | 1641 | 60 | 1478 | 42 | 2845 |
| Iris-1 | 3171 | 721 | 2965 | 490 | 2943 |
| Jens-1 | 2617 | 236 | 2440 | 167 | 2825 |
| Karl-1 | 4147 | 84 | 3457 | 32 | 5220 |
| Kim-1 | 3871 | 201 | 3357 | 110 | 3652 |
| Liva-1 | 3793 | 393 | 3268 | 224 | 3505 |
| Lone-1 | 3255 | 232 | 3048 | 141 | 3290 |
| M-1 | 2057 | 101 | 1957 | 75 | 2698 |
| M-8 | 2162 | 99 | 1990 | 76 | 2599 |
| M Rosa Fl | 3028 | 9 | 2574 | - | - |
| Mona-1 | 3407 | 550 | 3167 | 358 | 3075 |
| N. Jens-1 | 2180 | 212 | - | - | - |
| N. Jens-2 | 2183 | 168 | - | - | - |
| Nora-1 | 2861 | 576 | 2704 | 409 | 2818 |
| O-1 | 2279 | 76 | 2050 | 52 | 2931 |
| Olaf-1 | 4200 | 157 | 3469 | 91 | 3443 |
| Otto-1 | 2689 | 7 | 2606 | 4 | 3353 |
| Q-1 | 3925 | 42 | 3326 | 21 | 4035 |
| Ravn-1 | 3745 | 12 | 3189 | 5 | 4800 |
| Roar-2 | 2476 | 208 | 2277 | 151 | 2749 |
| Sten-1 | 3228 | 780 | 3096 | 525 | 2972 |
| U-1 | 2443 | 25 | 2262 | 17 | 2940 |
| Ugle-1 | 2322 | 94 | 2179 | 52 | 3615 |
| V-1 | 2690 | 55 | 2395 | 29 | 3805 |
| Lower Cretaceous units | | | | | |
| Arnum-1 | 867 | 86 | 748 | 70 | 2447 |
| Borg-1 | 1187 | 149 | 1074 | 106 | 2811 |
| Brøns-1 | 913 | 93 | 800 | 72 | 2583 |

| Lower Cretaceous units (continued) | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Børglum-1 | 450 | 283 | 364 | 240 | 2357 |
| C-1 | 1130 | 156 | 957 | 124 | 2517 |
| D-1 | 1462 | 49 | 1355 | 36 | 2726 |
| Erslev-2 | 707 | 5 | - | - | - |
| F-1 | 1283 | 228 | 1064 | 181 | 2519 |
| Farsø-1 | 1410 | 279 | 884 | 191 | 2921 |
| Felicia-1 | 712 | 193 | 527 | - | - |
| Fjerrsl.-1 | 282 | 166 | 202 | 142 | 2338 |
| Fjerrsl.-2 | 294 | 707 | 210 | 582 | 2430 |
| Flyvbjerg-1 | 476 | 227 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 321 | 173 | 324 | - | - |
| Frdh.-2 | 320 | 142 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 334 | 213 | - | - | - |
| Gassum-1 | 944 | 77 | 621 | 57 | 2684 |
| Glamsbj.-1 | 766 | 23 | 592 | 10 | 4633 |
| Grindsted-1 | 909 | 32 | - | - | - |
| Haldager-1 | 414 | 366 | 346 | 312 | 2347 |
| Harte-2 | 860 | 55 | - | - | - |
| Hobro-1 | 1583 | 158 | 940 | 108 | 2926 |
| Horsens-1 | 1111 | 57 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1370 | 294 | 844 | 204 | 2882 |
| Hønning-1 | 883 | 102 | - | - | - |
| Inez-1 | 1250 | 144 | 1070 | 114 | 2529 |
| J-1 | 214 | 558 | 216 | 509 | 2193 |
| K-1 | 1166 | 74 | 947 | 62 | 2389 |
| Kegnæs-1 | 711 | 11 | 571 | - | - |
| Kvols-1 | 1722 | 134 | 1106 | 84 | 3190 |
| Kværs-1 | 867 | 85 | - | - | - |
| L-1 | 2316 | 61 | 2108 | 39 | 3142 |
| Lavø-1 | 1915 | 130 | - | - | - |
| Linde-1 | 1026 | 70 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 908 | 101 | 815 | 80 | 2522 |
| Mejrup-1 | 1382 | 219 | 1057 | 152 | 2875 |
| Mors-1 | 1482 | 249 | 909 | 184 | 2707 |
| Nøvling-1 | 1259 | 67 | 962 | - | - |
| Oddesund-1 | 1362 | 124 | 1035 | 91 | 2725 |
| R-1 | 1180 | 82 | 1135 | 67 | 2447 |
| Ringe-1 | 746 | 21 | 524 | - | - |
| Rødby-1 | 457 | 10 | 378 | - | - |
| Rødby-2 | 435 | 10 | - | - | - |
| Rødding-1 | 1437 | 109 | 952 | 76 | 2868 |
| Rødekro-1 | 850 | 43 | - | - | - |
| Rønde-1 | 1941 | 67 | 1135 | 44 | 3045 |
| S-1 | 1363 | 156 | 1279 | 116 | 2691 |
| Skagen-1 | 218 | 125 | - | - | - |
| Skive-1 | 1429 | 131 | 953 | 90 | 2900 |
| Skive-2 | 1030 | 65 | 674 | 50 | 2600 |
| Slagelse-1 | 911 | 21 | - | - | - |
| SE Igor-1 | 2061 | 60 | 1993 | 50 | 2390 |
| Stenlille-1 | 1158 | 47 | 750 | 32 | 2938 |
| Stenlille-2 | 1150 | 42 | 751 | 30 | 2780 |
| Stenlille-3 | 1149 | 45 | 751 | 32 | 2781 |
| Stenlille-4 | 1128 | 58 | 756 | 43 | 2712 |

| Lower Cretaceous units (continued) | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Stenlille-5 | 1154 | 75 | 752 | 49 | 3049 |
| Stenlille-6 | 1202 | 58 | 770 | 42 | 2743 |
| Sæby-1 | 376 | 166 | 369 | 147 | 2259 |
| Søllested-1 | 550 | 38 | 447 | 37 | 2054 |
| T-3 | 2699 | 4 | 2570 | 3 | 2845 |
| Terne-1 | 72 | 45 | - | - | - |
| Thisted-1 | 457 | 82 | - | - | - |
| Thisted-2 | 806 | 131 | 590 | 110 | 2382 |
| Thisted-3 | 802 | 96 | - | - | - |
| Thisted-4 | 476 | 79 | 345 | 66 | 2394 |
| Tove-1 | 1829 | 3 | 1706 | 1 | 6706 |
| Tønder-1 | 889 | 73 | 772 | 62 | 2360 |
| Tønder-2 | 973 | 96 | 882 | 74 | 2595 |
| Tønder-3 | 883 | 76 | 800 | 60 | 2533 |
| Tønder-4 | 885 | 74 | - | - | - |
| Tønder-5 | 897 | 71 | 801 | 59 | 2407 |
| Uglev-1 | 502 | 278 | 380 | 236 | 2358 |
| Ullerslev-1 | 779 | 37 | 604 | - | - |
| Vagn-2 | 1760 | 16 | 1651 | 6 | 5182 |
| Varnæs-1 | 822 | 48 | 732 | 39 | 2443 |
| Vedsted-1 | 455 | 381 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1374 | 181 | 1100 | 127 | 2850 |
| Vinding-1 | 1235 | 75 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1212 | 66 | 778 | 44 | 3000 |
| W. Lulu-1 | 3454 | 7 | 3055 | 3 | 4877 |
| W. Lulu-3 | 3490 | 5 | 3098 | 3 | 3658 |
| Ørslev-1 | 424 | 13 | 372 | - | - |
| Åbenrå-1 | 859 | 32 | 760 | - | - |
| Års-1 | 1748 | 401 | 1074 | 253 | 3170 |
| Lower Cretaceous undifferentiated | | | | | |
| Grindsted-1 | 916 | 25 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1111 | 5 | - | - | - |
| Rødby Formation | | | | | |
| Adda-1 | 2256 | 5 | 2161 | 3 | 3048 |
| Adda-2 | 2314 | 16 | 2191 | 12 | 2692 |
| Adda-3 | 2303 | 11 | 2188 | 9 | 2506 |
| Bo-1 | 2245 | 44 | 2164 | 32 | 2743 |
| Boje-1 | 2438 | 35 | 2277 | 24 | 2896 |
| Borg-1 | 1187 | 11 | 1074 | 6 | 3667 |
| Edna-1 | 2966 | 12 | 2766 | 6 | 4064 |
| Elin-1 | 2897 | 61 | 2748 | 41 | 2988 |
| Elna-1 | 2723 | 13 | 2456 | 5 | 5242 |
| Farsø-1 | 1410 | 55 | 884 | 37 | 2973 |
| Frdh.-1 | 321 | 25 | 324 | - | - |
| Gert-1 | 3882 | 16 | 3425 | 7 | 4441 |
| Gert-2 | 3896 | 6 | 3436 | 4 | 3200 |
| Grindsted-1 | 909 | 7 | - | - | - |
| Hobro-1 | 1583 | 5 | 940 | 4 | 2500 |
| I-1 | 2814 | 8 | 2730 | 6 | 2642 |
| Iris-1 | 3171 | 44 | 2965 | 27 | 3296 |
| Jens-1 | 2617 | 5 | 2440 | 5 | 1951 |

| Rødby Formation (continued) | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Karl-1 | 4147 | 21 | 3457 | 9 | 4741 |
| Kegnæs-1 | 711 | 5 | 571 | - | - |
| Kim-1 | 3871 | 37 | 3357 | 20 | 3688 |
| Kværs-1 | 867 | 10 | - | - | - |
| Linde-1 | 1026 | 14 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 908 | 3 | 815 | 2 | 2857 |
| M-1 | 2057 | 13 | 1957 | 7 | 3745 |
| Mejrup-1 | 1382 | 24 | 1057 | 16 | 3048 |
| Mona-1 | 3407 | 131 | 3167 | 77 | 3412 |
| Nora-1 | 2861 | 41 | 2704 | 26 | 3142 |
| O-1 | 2279 | 3 | 2050 | - | - |
| Olaf-1 | 4200 | 23 | 3469 | 13 | 3611 |
| Roar-2 | 2476 | 69 | 2277 | 49 | 2812 |
| Sten-1 | 3228 | 31 | 3096 | 23 | 2703 |
| Stenlille-1 | 1158 | 5 | 750 | - | - |
| Stenlille-2 | 1150 | 5 | 751 | 3 | 3333 |
| Stenlille-3 | 1149 | 4 | 751 | 2 | 4000 |
| Stenlille-4 | 1128 | 7 | 756 | - | - |
| Stenlille-5 | 1154 | 6 | 752 | 3 | 4133 |
| Stenlille-6 | 1202 | 4 | 770 | 2 | 4400 |
| Søllested-1 | 550 | 14 | 447 | - | - |
| Tove-1 | 1829 | 3 | 1706 | 1 | 6706 |
| Tønder-2 | 973 | 10 | 882 | - | - |
| Ugle-1 | 2322 | 4 | 2179 | 2 | 3600 |
| Vagn-2 | 1760 | 16 | 1651 | 6 | 5182 |
| Varnæs-1 | 822 | 10 | 732 | 7 | 2899 |
| W. Lulu-1 | 3454 | 6 | 3055 | - | - |
| Ørslev-1 | 424 | 13 | 372 | - | - |
| Åbenrå-1 | 859 | 9 | 760 | - | - |
| Års-1 | 1748 | 87 | 1074 | 54 | 3222 |
| Sola & Rødby Formations | | | | | |
| M-8 | 2162 | 19 | 1990 | 15 | 2560 |
| Q-1 | 3925 | 4 | 3326 | 1 | 7315 |
| Sola Formation | | | | | |
| Adda-1 | 2260 | 33 | 2164 | 30 | 2215 |
| Adda-2 | 2331 | 5 | 2203 | 5 | 2073 |
| Adda-3 | 2314 | 24 | 2197 | 20 | 2377 |
| B-1 | 2279 | 59 | 2253 | 49 | 2426 |
| Bo-1 | 2289 | 30 | 2196 | 28 | 2177 |
| Boje-1 | 2473 | 33 | 2301 | 25 | 2658 |
| D. Adda-1 | 2384 | 26 | 2238 | 18 | 2879 |
| Diamant-1 | 3660 | 3 | 3232 | - | - |
| E-1 | 2451 | 17 | 2214 | - | - |
| E-3 | 2500 | 14 | 2264 | 10 | 2804 |
| Elin-1 | 2959 | 120 | 2789 | 91 | 2633 |
| I-1 | 2822 | 38 | 2736 | 28 | 2743 |
| Iris-1 | 3215 | 100 | 2992 | 66 | 3020 |
| Jens-1 | 2622 | 38 | 2445 | 25 | 3072 |
| Kim-1 | 3908 | 58 | 3377 | 36 | 3234 |
| Liva-1 | 3793 | 93 | 3268 | 60 | 3109 |
| Lone-1 | 3255 | 14 | 3048 | 9 | 3183 |

| Sola Formation (continued) | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| M-1 | 2070 | 4 | 1964 | 3 | 2845 |
| Mona-1 | 3539 | 57 | 3244 | 42 | 2700 |
| N. Jens-1 | 2180 | 48 | - | - | - |
| N. Jens-2 | 2183 | 48 | - | - | - |
| Nora-1 | 2902 | 128 | 2730 | 95 | 2695 |
| Roar-2 | 2545 | 49 | 2326 | 40 | 2454 |
| Sten-1 | 3259 | 24 | 3119 | 17 | 2833 |
| Ugle-1 | 2326 | 8 | 2181 | 5 | 3160 |
| W. Lulu-3 | 3490 | 2 | 3098 | 1 | 4267 |
| Tuxen Formation | | | | | |
| A-2 | 2171 | 12 | - | - | - |
| Adda-1 | 2293 | 20 | 2194 | 16 | 2438 |
| Adda-2 | 2336 | 23 | 2208 | 17 | 2761 |
| Adda-3 | 2338 | 25 | 2217 | 20 | 2530 |
| B-1 | 2339 | 65 | 2302 | 44 | 2965 |
| Bo-1 | 2319 | 54 | 2224 | 42 | 2583 |
| Boje-1 | 2506 | 55 | 2326 | 40 | 2774 |
| D. Adda-1 | 2410 | 3 | 2256 | 2 | 3048 |
| Diamant-1 | 3663 | 5 | - | - | - |
| E-1 | 2468 | 24 | - | - | - |
| E-3 | 2514 | 45 | 2274 | 34 | 2671 |
| Edna-1 | 2978 | 30 | 2772 | 16 | 3734 |
| Elin-1 | 3078 | 115 | 2880 | 74 | 3097 |
| Elna-1 | 2736 | 20 | 2461 | 12 | 3302 |
| Gert-1 | 3897 | 35 | 3432 | 18 | 3928 |
| I-1 | 2860 | 89 | 2764 | 56 | 3168 |
| Iris-1 | 3315 | 81 | 3058 | 50 | 3255 |
| Jens-1 | 2660 | 78 | 2470 | 52 | 3001 |
| Karl-1 | 4169 | 62 | 3466 | 23 | 5407 |
| Kim-1 | 3966 | 61 | 3413 | 30 | 4064 |
| Liva-1 | 3886 | 91 | 3328 | 46 | 3976 |
| Lone-1 | 3269 | 32 | 3057 | 19 | 3401 |
| Mona-1 | 3595 | 187 | 3286 | 108 | 3454 |
| N. Jens-1 | 2229 | 51 | - | - | - |
| N. Jens-2 | 2231 | 53 | - | - | - |
| Nora-1 | 3030 | 132 | 2825 | 93 | 2832 |
| Q-1 | 3929 | 12 | 3327 | 6 | 3861 |
| Roar-2 | 2594 | 37 | 2366 | 24 | 3124 |
| Sten-1 | 3283 | 104 | 3136 | 65 | 3198 |
| U-1 | 2443 | 13 | 2262 | 8 | 3200 |
| V-1 | 2690 | 3 | 2395 | 1 | 6096 |
| W. Lulu-1 | 3460 | 1 | - | - | - |
| W. Lulu-3 | 3492 | 3 | 3099 | 2 | 3353 |
| Valhall/Rødby Formations | | | | | |
| E. Rosa-1 | 1307 | 1 | 1301 | 1 | 2438 |
| Valhall Formation | | | | | |
| A-2 | 2183 | 34 | - | - | - |
| Adda-1 | 2313 | 237 | 2210 | 198 | 2395 |
| Adda-2 | 2359 | 348 | 2225 | 280 | 2488 |
| Adda-3 | 2363 | 76 | 2237 | 61 | 2498 |

| Valhall Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| B-1 | 2404 | 130 | 2346 | 103 | 2521 |
| Bo-1 | 2373 | 138 | 2266 | 109 | 2528 |
| Boje-1 | 2562 | 163 | 2366 | 131 | 2490 |
| D. Adda-1 | 2413 | 32 | 2258 | 23 | 2783 |
| E-1 | 2491 | 436 | - | - | - |
| E-3 | 2559 | 71 | 2308 | 60 | 2367 |
| Edna-1 | 3008 | 17 | 2788 | 12 | 2896 |
| Elin-1 | 3193 | 307 | 2954 | 217 | 2829 |
| Elna-1 | 2756 | 35 | 2473 | 23 | 3021 |
| Emma-1 | 2002 | 18 | 1937 | 14 | 2525 |
| G-1 | 2217 | 142 | 2096 | 120 | 2372 |
| Gert-1 | 3933 | 43 | 3450 | 26 | 3306 |
| Gert-2 | 3903 | 68 | 3440 | 37 | 3658 |
| I-1 | 2949 | 372 | 2820 | 248 | 2999 |
| Iris-1 | 3396 | 496 | 3108 | 347 | 2856 |
| Jens-1 | 2738 | 115 | 2522 | 85 | 2697 |
| Kim-1 | 4027 | 45 | 3443 | 24 | 3734 |
| Liva-1 | 3978 | 208 | 3374 | 118 | 3523 |
| Lone-1 | 3302 | 185 | 3076 | 113 | 3280 |
| M-1 | 2074 | 84 | 1967 | 65 | 2579 |
| M-8 | 2181 | 80 | 2005 | 61 | 2608 |
| Mona-1 | 3782 | 176 | 3394 | 131 | 2685 |
| N. Jens-1 | 2280 | 112 | - | - | - |
| N. Jens-2 | 2284 | 67 | - | - | - |
| Nora-1 | 3162 | 276 | 2918 | 195 | 2829 |
| Olaf-1 | 4224 | 133 | 3482 | 78 | 3415 |
| Q-1 | 3940 | 27 | 3333 | 14 | 3875 |
| Roar-2 | 2631 | 52 | 2390 | 38 | 2743 |
| SE Igor-1 | 2061 | 60 | 1993 | 50 | 2390 |
| Sten-1 | 3387 | 621 | 3201 | 420 | 2958 |
| U-1 | 2456 | 12 | 2270 | 9 | 2709 |
| Ugle-1 | 2334 | 21 | 2186 | 13 | 3200 |
| V-1 | 2693 | 9 | 2396 | 4 | 4419 |
| Vyl Formation | | | | | |
| D. Adda-1 | 2445 | 98 | 2281 | 62 | 3146 |
| Ugle-1 | 2354 | 49 | 2199 | 26 | 3769 |
| V-1 | 2702 | 43 | 2400 | 24 | 3607 |
| Mine formation | | | | | |
| Ugle-1 | 2403 | 13 | 2225 | 6 | 4333 |
| Vedsted & Rødby Formations | | | | | |
| Skive-1 | 1429 | 131 | 953 | 90 | 2900 |
| Skive-2 | 1030 | 65 | 674 | 50 | 2600 |
| Thisted-1 | 457 | 82 | - | - | - |
| Thisted-2 | 806 | 131 | 590 | 110 | 2382 |
| Thisted-3 | 802 | 96 | - | - | - |
| Thisted-4 | 476 | 79 | 345 | 66 | 2394 |

| Vedsted Formation | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Borg-1 | 1198 | 138 | 1080 | 100 | 2760 |
| Farsø-1 | 1465 | 224 | 921 | 154 | 2909 |
| Felicia-1 | 712 | 193 | 527 | - | - |
| Fjerrsl.-1 | 282 | 166 | 202 | 142 | 2338 |
| Flyvbjerg-1 | 476 | 227 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 346 | 148 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 320 | 142 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 334 | 213 | - | - | - |
| Haldager-1 | 414 | 366 | 346 | 312 | 2347 |
| Hobro-1 | 1588 | 153 | 944 | 104 | 2942 |
| Horsens-1 | 1116 | 52 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1370 | 294 | 844 | 204 | 2882 |
| Inez-1 | 1250 | 144 | 1070 | 114 | 2529 |
| Kegnæs-1 | 716 | 6 | - | - | - |
| Kvols-1 | 1722 | 134 | 1106 | 84 | 3190 |
| Kværs-1 | 877 | 75 | - | - | - |
| Linde-1 | 1040 | 56 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 911 | 98 | 817 | 78 | 2513 |
| Mejrurp-1 | 1407 | 194 | 1073 | 136 | 2855 |
| Oddesund-1 | 1362 | 124 | 1035 | 91 | 2725 |
| Rødding-1 | 1437 | 109 | 952 | 76 | 2868 |
| Stenlille-1 | 1163 | 42 | - | - | - |
| Stenlille-2 | 1155 | 37 | 754 | 27 | 2719 |
| Stenlille-3 | 1153 | 41 | 753 | 30 | 2700 |
| Stenlille-4 | 1135 | 52 | - | - | - |
| Stenlille-5 | 1161 | 69 | 755 | 46 | 2978 |
| Stenlille-6 | 1207 | 53 | 772 | 40 | 2660 |
| Sæby-1 | 376 | 166 | - | - | - |
| Søllested-1 | 564 | 24 | - | - | - |
| Terne-1 | 72 | 45 | - | - | - |
| Tønder-2 | 983 | 86 | - | - | - |
| Varnæs-1 | 832 | 38 | 739 | 32 | 2346 |
| Vedsted-1 | 455 | 381 | - | - | - |
| Åbenrå-1 | 868 | 23 | - | - | - |
| Års-1 | 1835 | 314 | 1128 | 199 | 3156 |
| Jurassic units | | | | | |
| A-2 | 2216 | 811 | - | - | - |
| Adda-1 | 2550 | 465 | 2408 | 366 | 2543 |
| B-1 | 2534 | 475 | 2449 | 352 | 2700 |
| Bo-1 | 2511 | 198 | 2375 | 182 | 2177 |
| Boje-1 | 2725 | 18 | 2497 | 13 | 2814 |
| Børglum-1 | 733 | 771 | 604 | 532 | 2900 |
| C-1 | 1286 | 87 | 1081 | 70 | 2491 |
| Cleo-1 | 3277 | 1392 | 2880 | 686 | 4058 |
| D-1 | 1511 | 32 | 1391 | 25 | 2560 |
| D. Adda-1 | 2543 | 649 | 2343 | 454 | 2860 |
| Diamant-1 | 3667 | 158 | 3236 | 101 | 3111 |
| E-1 | 2927 | 1122 | 2572 | 813 | 2761 |
| E. Rosa-3 | 1480 | 10 | 1408 | 5 | 4145 |
| E Rosa Fl | 3032 | 17 | - | - | - |
| Edna-1 | 3025 | 1102 | 2800 | - | - |
| Edna-1 <i>et</i> | 3025 | 974 | 2800 | 626 | 3111 |

| Jurassic units (continued) | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Elin-1 | 3500 | 1178 | 3171 | 895 | 2632 |
| Elly-1 | 3255 | 195 | 2951 | 112 | 3489 |
| Emma-1 | 2020 | 440 | 1951 | 295 | 2986 |
| F-1 | 1511 | 530 | 1245 | 365 | 2904 |
| Farsø-1 | 1689 | 1029 | 1075 | 631 | 3261 |
| Felicia-1 | 905 | 600 | - | - | - |
| Fjerrsl.-1 | 448 | 462 | 344 | 378 | 2444 |
| Fjerrsl.-2 | 1001 | 1224 | 792 | - | - |
| Fjerrsl.-2 <i>et</i> | 1001 | 1056 | 792 | 694 | 3043 |
| Flyvbjerg-1 | 703 | 754 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 494 | 477 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 462 | 486 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 548 | 376 | - | - | - |
| G-1 | 2359 | 1421 | 2216 | 968 | 2936 |
| Gassum-1 | 1020 | 440 | 678 | 318 | 2764 |
| Gert-1 | 3976 | 963 | 3476 | 679 | 2835 |
| Gert-2 | 3971 | 869 | 3477 | 637 | 2729 |
| Haldager-1 | 780 | 739 | 658 | 528 | 2799 |
| Hans-1 | 103 | 537 | 130 | 367 | 2926 |
| Hobro-1 | 1741 | 603 | 1048 | 377 | 3199 |
| Horsens-1 | 1168 | 281 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1664 | 890 | 1048 | 548 | 3248 |
| I-1 | 3321 | 558 | 3068 | 379 | 2943 |
| Ibenholt-1 | 1701 | 48 | 1520 | 39 | 2470 |
| Inez-1 | 1394 | 239 | 1184 | 180 | 2652 |
| Iris-1 | 3892 | 711 | 3455 | 556 | 2558 |
| J-1 | 772 | 925 | 725 | 631 | 2931 |
| Jens-1 | 2853 | 1483 | 2607 | 1151 | 2578 |
| John Fl.-1 | 1661 | 616 | 1529 | 438 | 2811 |
| K-1 | 1240 | 707 | 1009 | 504 | 2806 |
| Karl-1 | 4231 | 226 | 3489 | 139 | 3245 |
| Kegnæs-1 | 722 | 3 | - | - | - |
| Kim-1 | 4072 | 522 | 3467 | 312 | 3349 |
| Kvols-1 | 1856 | 549 | 1190 | 354 | 3102 |
| L-1 | 2377 | 39 | 2147 | 29 | 2670 |
| Lavø-1 | 2045 | 296 | - | - | - |
| Linde-1 | 1096 | 218 | - | - | - |
| Liva-1 | 4186 | 40 | 3492 | 26 | 3048 |
| Lone-1 | 3487 | 276 | 3189 | 210 | 2624 |
| Lulu-1 | 3214 | 454 | 2928 | 300 | 3030 |
| Lulu-2 | 3275 | 307 | 2966 | - | - |
| Lulu-2 <i>et</i> | 3275 | 195 | 2966 | 139 | 2799 |
| M-1 | 2158 | 117 | 2032 | 88 | 2660 |
| M-8 | 2261 | 993 | 2066 | 692 | 2869 |
| Mejrurp-1 | 1601 | 576 | 1209 | 399 | 2888 |
| Mona-1 | 3958 | 247 | 3525 | 176 | 2809 |
| Mors-1 | 1731 | 1019 | 1093 | 591 | 3448 |
| N. Jens-1 | 2392 | 1250 | - | - | - |
| Nora-1 | 3438 | 1863 | 3113 | 1421 | 2622 |
| Nøvling-1 | 1326 | 452 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 1486 | 407 | 1126 | 292 | 2788 |
| O-1 | 2355 | 770 | 2102 | 516 | 2985 |
| Q-1 | 3967 | 234 | 3347 | - | - |

| Jurassic units (continued) | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Q-1 | 3967 | 89 | 3347 | 71 | 2507 |
| R-1 | 1262 | 41 | 1202 | 28 | 2917 |
| Ravn-1 | 3757 | 509 | 3194 | 347 | 2934 |
| Rødby-1 | 467 | 88 | - | - | - |
| Rødby-2 | 445 | 80 | - | - | - |
| Rødding-1 | 1546 | 370 | 1028 | 252 | 2937 |
| Rønde-1 | 2008 | 563 | 1179 | 346 | 3254 |
| S-1 | 1519 | 55 | 1395 | 38 | 2888 |
| Skagen-1 | 343 | 115 | - | - | - |
| Skagen-2 | 212 | 350 | - | - | - |
| Skive-1 | 1559 | 534 | 1043 | 350 | 3051 |
| Skive-2 | 1095 | 175 | 724 | 128 | 2727 |
| Slagelse-1 | 932 | 177 | - | - | - |
| SE Igor-1 | 2121 | 1140 | 2043 | 777 | 2934 |
| Sten-1 | 4008 | 67 | 3621 | 52 | 2591 |
| Stenlille-1 | 1205 | 260 | 782 | 183 | 2842 |
| Stenlille-2 | 1192 | 272 | 781 | 191 | 2846 |
| Stenlille-3 | 1194 | 262 | 783 | 184 | 2848 |
| Stenlille-4 | 1187 | 289 | 799 | 199 | 2905 |
| Stenlille-5 | 1229 | 266 | 801 | 180 | 2952 |
| Stenlille-6 | 1260 | 271 | 812 | 180 | 3007 |
| Sæby-1 | 542 | 505 | 516 | 399 | 2531 |
| Søllested-1 | 588 | 176 | 484 | 142 | 2479 |
| T-3 | 2704 | 3 | 2573 | 2 | 2743 |
| Terne-1 | 117 | 1138 | - | - | - |
| Thisted-1 | 539 | 171 | - | - | - |
| Thisted-2 | 937 | 182 | 700 | 136 | 2676 |
| Thisted-3 | 898 | 195 | - | - | - |
| Thisted-4 | 555 | 185 | 411 | 157 | 2357 |
| U-1 | 2468 | 920 | 2279 | 685 | 2688 |
| Ugle-1 | 2416 | 582 | 2231 | 287 | 4056 |
| Uglev-1 | 781 | 130 | 616 | 84 | 3085 |
| V-1 | 2745 | 901 | 2424 | 583 | 3090 |
| Vedsted-1 | 836 | 1196 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1555 | 224 | 1227 | 163 | 2748 |
| Vinding-1 | 1310 | 229 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1278 | 444 | 822 | 303 | 2931 |
| W-1 | 3726 | 456 | 3248 | - | - |
| W-1 | 3726 | 401 | 3248 | 290 | 2764 |
| W. Lulu-1 | 3461 | 340 | 3058 | 215 | 3161 |
| W. Lulu-2 | 3580 | 327 | 3130 | 200 | 3273 |
| W. Lulu-3 | 3495 | 301 | 3101 | 195 | 3089 |
| Ørslev-1 | 437 | 120 | - | - | - |
| Års-1 | 2149 | 1011 | 1327 | 559 | 3617 |
| Jurassic undifferentiated | | | | | |
| Frdh.-3 | 548 | 312 | - | - | - |
| Vinding-1 | 1310 | 86 | - | - | - |
| Upper Jurassic undifferentiated | | | | | |
| C-1 | 1286 | 87 | 1081 | 70 | 2491 |
| D-1 | 1511 | 32 | 1391 | 25 | 2560 |
| L-1 | 2377 | 39 | 2147 | 29 | 2670 |

| Upper Jurassic undifferentiated (continued) | | | | | |
|---|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| R-1 | 1262 | 41 | 1202 | 28 | 2917 |
| S-1 | 1519 | 55 | 1395 | 38 | 2888 |
| T-3 | 2704 | 3 | 2573 | 2 | 2743 |
| Farsund Formation | | | | | |
| Adda-1 | 2550 | 465 | 2408 | 366 | 2543 |
| B-1 | 2534 | 466 | 2449 | 346 | 2696 |
| Bo-1 | 2511 | 198 | 2375 | 182 | 2177 |
| Boje-1 | 2725 | 18 | 2497 | 13 | 2814 |
| Cleo-1 | 3307 | 522 | 2894 | 268 | 3892 |
| D. Adda-1 | 2543 | 649 | 2343 | 454 | 2860 |
| Diamant-1 | 3667 | 124 | 3236 | 83 | 3015 |
| E-1 | 2927 | 1122 | 2572 | 813 | 2761 |
| E. Rosa-3 | 1480 | 10 | 1408 | 5 | 4145 |
| E Rosa Fl | 3032 | 17 | - | - | - |
| Edna-1 | 3025 | 618 | 2800 | 420 | 2942 |
| Elin-1 | 3500 | 1178 | 3171 | 895 | 2632 |
| Emma-1 | 2020 | 26 | 1951 | 21 | 2467 |
| Emma-1 | 2081 | 379 | 1995 | 251 | 3024 |
| G-1 | 2359 | 1421 | 2216 | 968 | 2936 |
| Gert-1 | 3976 | 718 | 3476 | 542 | 2649 |
| Gert-2 | 3971 | 771 | 3477 | 584 | 2642 |
| I-1 | 3321 | 558 | 3068 | 379 | 2943 |
| Iris-1 | 3892 | 711 | 3455 | 556 | 2558 |
| Jens-1 | 2853 | 785 | 2607 | 670 | 2344 |
| John Fl.-1 | 1661 | 150 | 1529 | 108 | 2771 |
| Karl-1 | 4231 | 157 | 3489 | 107 | 2934 |
| Kim-1 | 4072 | 500 | 3467 | 303 | 3301 |
| Liva-1 | 4186 | 40 | 3492 | 26 | 3048 |
| Lone-1 | 3487 | 276 | 3189 | 210 | 2624 |
| Lulu-1 | 3214 | 222 | 2928 | 153 | 2908 |
| Lulu-2 | 3275 | 130 | 2966 | 92 | 2816 |
| M-1 | 2158 | 117 | 2032 | 88 | 2660 |
| M-8 | 2261 | 438 | 2066 | 302 | 2901 |
| Mona-1 | 3987 | 218 | 3545 | 156 | 2798 |
| N. Jens-1 | 2392 | 1250 | - | - | - |
| Nora-1 | 3438 | 943 | 3113 | 783 | 2410 |
| O-1 | 2355 | 210 | 2102 | 144 | 2921 |
| Q-1 | 3967 | 89 | 3347 | 71 | 2507 |
| Ravn-1 | 3757 | 269 | 3194 | 202 | 2663 |
| SE Igor-1 | 2198 | 1063 | 2100 | 720 | 2951 |
| Sten-1 | 4008 | 67 | 3621 | 52 | 2591 |
| U-1 | 2468 | 416 | 2279 | 308 | 2702 |
| Ugle-1 | 2591 | 407 | 2323 | 195 | 4174 |
| V-1 | 2745 | 73 | 2424 | 47 | 3113 |
| V-1 | 2851 | 550 | 2492 | 360 | 3055 |
| W-1 | 3726 | 361 | 3248 | 268 | 2695 |
| W. Lulu-1 | 3464 | 34 | 3060 | 24 | 2845 |
| W. Lulu-2 | 3580 | 104 | 3130 | 69 | 3013 |

| Hot Unit | | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| B-1 | 2603 | 76 | 2500 | 62 | 2438 |
| Bo-1 | 2537 | 39 | 2400 | 36 | 2150 |
| E-1 | 2941 | 25 | - | - | - |
| Edna-1 | 3041 | 11 | 2813 | 9 | 2371 |
| I-1 | 3341 | 68 | 3082 | 54 | 2506 |
| Kim-1 | 4072 | 101 | 3467 | 75 | 2707 |
| Poul Formation | | | | | |
| Emma-1 | 2046 | 35 | 1972 | 23 | 3048 |
| SE Igor-1 | 2121 | 77 | 2043 | 57 | 2716 |
| Ugle-1 | 2416 | 175 | 2231 | 92 | 3804 |
| V-1 | 2818 | 33 | 2471 | 21 | 3106 |
| Unnamed sandstone | | | | | |
| Cleo-1 | 3277 | 30 | 2880 | 14 | 4354 |
| Cleo-1 | 3740 | 13 | 3119 | 6 | 4326 |
| Cleo-1 | 3765 | 2 | 3131 | 1 | 5079 |
| Cleo-1 | 3777 | 7 | 3137 | 3 | 5158 |
| Iris-1 | 3914 | 5 | 3472 | 3 | 3048 |
| Iris-1 | 4115 | 9 | 3635 | 5 | 3779 |
| Kim-1 | 4572 | 17 | 3770 | 3 | 11582 |
| Lulu-2 | 3465 | 5 | 3102 | 3 | 3238 |
| Lulu-2 | 3482 | 4 | - | - | - |
| Mona-1 | 3958 | 29 | 3525 | 20 | 2896 |
| W. Lulu-1 | 3461 | 3 | 3058 | 2 | 3048 |
| W. Lulu-3 | 3495 | 3 | 3101 | 1 | 6706 |
| Heno Formation | | | | | |
| Diamant-1 | 3792 | 14 | 3319 | 7 | 3758 |
| Elly-1 | 3255 | 38 | 2951 | 20 | 3810 |
| Gert-1 | 4694 | 70 | 4018 | 38 | 3690 |
| Karl-1 | 4388 | 13 | 3596 | 6 | 4470 |
| Q-1 | 4056 | 54 | 3418 | - | - |
| Ravn-1 | 4026 | 106 | 3396 | 61 | 3475 |
| W-1 | 4087 | 91 | 3516 | - | - |
| W-1 ^{el} | 4087 | 40 | 3516 | 22 | 3602 |
| Lola / Farsund Formations | | | | | |
| W. Lulu-3 [?] | 3498 | 48 | 3102 | 34 | 2851 |
| Lola & Farsund Formations | | | | | |
| A-2 | 2216 | 771 | - | - | - |
| Lola Formation | | | | | |
| Cleo-1 | 3829 | 680 | 3162 | 326 | 4172 |
| Edna-1 | 3643 | 212 | 3220 | 128 | 3319 |
| Elly-1 | 3293 | 126 | 2971 | 74 | 3410 |
| Gert-1 | 4764 | 87 | 4056 | 54 | 3206 |
| Jens-1 | 3638 | 474 | 3277 | 355 | 2672 |
| John Fl.-1 | 1811 | 248 | 1637 | 192 | 2581 |
| Karl-1 | 4401 | 17 | 3602 | 8 | 4267 |
| Kim-1 | 4590 | 5 | 3773 | 6 | 1626 |
| Lulu-1 | 3437 | 103 | 3081 | 71 | 2911 |

| Lola Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Lulu-2 | 3405 | 178 | 3058 | - | - |
| M-8 | 2699 | 363 | 2368 | 266 | 2732 |
| Nora-1 | 4381 | 512 | 3896 | 356 | 2878 |
| O-1 | 2565 | 166 | 2246 | 113 | 2929 |
| Q-1 | 4110 | 91 | - | - | - |
| Ravn-1 | 4132 | 110 | 3457 | 69 | 3188 |
| U-1 | 2884 | 339 | 2587 | 270 | 2513 |
| V-1 | 3401 | 245 | 2852 | 155 | 3162 |
| W-1 | 4178 | 3 | - | - | - |
| W. Lulu-2 | 3683 | 60 | 3199 | 41 | 2929 |
| W. Lulu-3 | 3547 | 13 | 3136 | 10 | 2682 |
| Basal sandstone unit | | | | | |
| B-1 ^{eq} | 3000 | 9 | 2795 | 6 | 2946 |
| Diamant-1 | 3805 | 20 | 3326 | 12 | 3392 |
| Gert-1 | 4850 | 88 | 4110 | 45 | 3915 |
| Gert-2 | 4742 | 98 | 4061 | 53 | 3692 |
| Karl-1 | 4418 | 38 | 3610 | 18 | 4233 |
| Bryne Formation | | | | | |
| Cleo-1 | 4509 | 160 | 3488 | 78 | 4103 |
| Lulu-1 | 3540 | 129 | 3152 | 76 | 3385 |
| Nora-1 | 4893 | 408 | 4252 | 282 | 2890 |
| W. Lulu-1 | 3498 | 303 | 3084 | 189 | 3203 |
| W. Lulu-2 | 3743 | 163 | 3240 | 90 | 3630 |
| W. Lulu-3 | 3560 | 236 | 3146 | 150 | 3145 |
| Central Graben Group/Lola Formation | | | | | |
| Ravn-1 | 4242 | 24 | 3526 | 15 | 3200 |
| Central Graben Group | | | | | |
| A-2 | 2988 | 40 | - | - | - |
| Edna-1 | 3855 | 9 | 3348 | 5 | 3536 |
| Elly-1 [?] | 3419 | 31 | 3045 | 18 | 3454 |
| Jens-1 | 4112 | 57 | 3632 | 35 | 3240 |
| John Fl.-1 | 2059 | 155 | 1829 | 100 | 3091 |
| M-8 | 3062 | 99 | 2634 | - | - |
| O-1 | 2731 | 237 | 2359 | 156 | 3036 |
| U-1 | 3223 | 119 | 2857 | 76 | 3136 |
| Middle Graben Shale Formation | | | | | |
| A-2 | 2988 | 15 | - | - | - |
| M-8 | 3062 | 36 | - | - | - |
| U-1 | 3223 | 56 | 2857 | 41 | 2751 |
| Lower Graben Sand Formation | | | | | |
| A-2 | 3003 | 24 | - | - | - |
| Edna-1 | 3855 | 9 | 3348 | 5 | 3536 |
| M-8 | 3098 | 63 | - | - | - |
| O-1 | 2731 | 237 | 2359 | 156 | 3036 |
| U-1 | 3280 | 63 | 2898 | 35 | 3588 |

| Frederikshavn Formation | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _i m | ΔZ m | T _i ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Børglum-1 | 733 | 224 | 604 | 156 | 2868 |
| F-1 | 1511 | 120 | 1245 | 88 | 2722 |
| Farsø-1 | 1689 | 150 | 1075 | 89 | 3371 |
| Fjerrsl.-2 | 1001 | 142 | 792 | 102 | 2784 |
| Flyvbjerg-1 | 703 | 171 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 494 | 135 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 462 | 132 | - | - | - |
| Gassum-1 | 1020 | 101 | 678 | - | - |
| Haldager-1 | 780 | 243 | 658 | 192 | 2534 |
| Hobro-1 | 1741 | 65 | 1048 | - | - |
| Horsens-1 | 1168 | 62 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1664 | 146 | 1048 | 90 | 3244 |
| Inez-1 | 1394 | 83 | 1184 | 60 | 2774 |
| J-1 | 772 | 182 | 725 | 148 | 2455 |
| Kvols-1 | 1856 | 56 | 1190 | 32 | 3500 |
| Linde-1 | 1096 | 49 | - | - | - |
| Mejrup-1 | 1601 | 64 | 1209 | 42 | 3033 |
| Mors-1 | 1731 | 137 | 1093 | 81 | 3383 |
| Nøvling-1 | 1326 | 99 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 1486 | 70 | 1126 | 47 | 2979 |
| Rødding-1 | 1546 | 50 | 1028 | 30 | 3333 |
| Rønde-1 | 2008 | 50 | 1179 | 26 | 3846 |
| Skagen-2 | 212 | 172 | - | - | - |
| Skive-1 | 1559 | 70 | 1043 | 43 | 3256 |
| Skive-2 | 1095 | 36 | 724 | 24 | 3000 |
| Sæby-1 | 542 | 105 | 516 | 82 | 2561 |
| Terne-1 | 117 | 258 | - | - | - |
| Uglev-1 | 781 | 19 | 616 | - | - |
| Vedsted-1 | 836 | 235 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1278 | 66 | 822 | 45 | 2933 |
| Års-1 | 2149 | 180 | 1327 | 98 | 3673 |
| Børglum Formation | | | | | |
| Børglum-1 | 957 | 34 | 760 | 28 | 2395 |
| F-1 | 1631 | 82 | 1333 | 61 | 2688 |
| Farsø-1 | 1839 | 61 | 1164 | 37 | 3297 |
| Fjerrsl.-1 | 448 | 90 | 344 | 78 | 2308 |
| Fjerrsl.-2 | 1143 | 113 | 894 | 88 | 2568 |
| Flyvbjerg-1 | 874 | 29 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 629 | 7 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 594 | 9 | - | - | - |
| Gassum-1 | 1121 | 19 | - | - | - |
| Haldager-1 | 1023 | 45 | 850 | 30 | 2967 |
| Hobro-1 | 1806 | 18 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1230 | 5 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1810 | 56 | 1138 | 34 | 3294 |
| Ibenholt-1 | 1701 | 48 | 1520 | 39 | 2470 |
| Inez-1 | 1477 | 46 | 1244 | 38 | 2438 |
| J-1 | 954 | 101 | 873 | 66 | 3076 |
| K-1 | 1240 | 111 | 1009 | 92 | 2412 |
| Kvols-1 | 1912 | 28 | 1222 | 22 | 2545 |
| Linde-1 | 1145 | 31 | - | - | - |
| Mejrup-1 | 1664 | 33 | 1251 | 23 | 2889 |

| Børglum Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _i m | ΔZ m | T _i ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Mors-1 | 1868 | 123 | 1174 | 83 | 2964 |
| Nøvling-1 | 1425 | 18 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 1556 | 45 | 1173 | 33 | 2727 |
| Rødding-1 | 1596 | 40 | 1058 | 23 | 3478 |
| Rønde-1 | 2058 | 38 | 1205 | 26 | 2923 |
| Skagen-2 | 385 | 4 | - | - | - |
| Skive-1 | 1629 | 41 | 1086 | 29 | 2828 |
| Skive-2 | 1131 | 19 | 748 | 14 | 2643 |
| Sæby-1 | 647 | 26 | 598 | 24 | 2167 |
| Terne-1 | 375 | 8 | - | - | - |
| Thisted-1 | 539 | 30 | - | - | - |
| Thisted-2 | 937 | 37 | 700 | 30 | 2467 |
| Thisted-3 | 898 | 18 | - | - | - |
| Thisted-4 | 555 | 19 | 411 | 16 | 2375 |
| Uglev-1 | 799 | 50 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 1071 | 48 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1344 | 14 | 867 | 9 | 3111 |
| Års-1 | 2329 | 65 | 1425 | 39 | 3333 |
| Flyvbjerg Formation | | | | | |
| Børglum-1 | 990 | 34 | 788 | - | - |
| Farsø-1 | 1900 | 34 | 1201 | 18 | 3778 |
| Fjerrsl.-1 | 538 | 18 | 422 | - | - |
| Fjerrsl.-2 | 1256 | 24 | 982 | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 903 | 40 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 636 | 53 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 603 | 47 | - | - | - |
| Haldager-1 | 1068 | 52 | 880 | 40 | 2621 |
| Hobro-1 | 1824 | 28 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1866 | 19 | 1172 | 16 | 2375 |
| K-1 | 1351 | 16 | 1101 | 13 | 2532 |
| Mejrup-1 | 1698 | 3 | 1274 | 2 | 3353 |
| Mors-1 | 1991 | 24 | 1257 | 13 | 3692 |
| Oddesund-1 | 1601 | 3 | 1206 | 2 | 3000 |
| Rødding-1 | 1636 | 11 | 1081 | 11 | 2000 |
| Skagen-2 | 389 | 41 | - | - | - |
| Skive-1 | 1670 | 20 | 1115 | 12 | 3333 |
| Sæby-1 | 673 | 64 | 622 | 52 | 2462 |
| Terne-1 | 383 | 37 | - | - | - |
| Thisted-2 | 974 | 20 | 730 | 14 | 2857 |
| Thisted-3 | 916 | 28 | - | - | - |
| Thisted-4 | 574 | 30 | 427 | 25 | 2400 |
| Uglev-1 | 849 | 23 | 664 | - | - |
| Vedsted-1 | 1119 | 25 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1555 | 11 | 1227 | 8 | 2750 |
| Års-1 | 2394 | 26 | 1464 | 14 | 3714 |
| Haldager Sand Formation | | | | | |
| Børglum-1 | 1024 | 29 | - | - | - |
| F-1 | 1713 | 47 | 1394 | 30 | 3150 |
| Farsø-1 | 1934 | 18 | 1219 | 12 | 3000 |
| Felicia-1 | 905 | 57 | - | - | - |
| Fjerrsl.-1 | 556 | 27 | - | - | - |

| Haldager Sand Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Fjerrsl.-2 | 1280 | 34 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 943 | 54 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 689 | 35 | - | - | - |
| Frdh.-2 | 650 | 46 | - | - | - |
| Haldager-1 | 1120 | 155 | 920 | 100 | 3091 |
| Hobro-1 | 1852 | 39 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1235 | 4 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1885 | 9 | 1188 | 6 | 3000 |
| Inez-1 | 1524 | 9 | 1282 | 6 | 2845 |
| J-1 | 1055 | 19 | 939 | 12 | 3150 |
| K-1 | 1367 | 16 | 1114 | 12 | 2591 |
| Kvols-1 | 1940 | 15 | 1244 | 8 | 3750 |
| Mejrurp-1 | 1701 | 1 | 1276 | 1 | 2438 |
| Mors-1 | 2015 | 122 | 1270 | 61 | 4000 |
| Oddesund-1 | 1604 | 4 | 1208 | 3 | 2667 |
| Skagen-2 | 429 | 14 | - | - | - |
| Skive-1 | 1690 | 12 | 1127 | 7 | 3429 |
| Sæby-1 | 737 | 20 | 674 | 15 | 2667 |
| Terne-1 | 420 | 173 | - | - | - |
| Thisted-1 | 569 | 31 | - | - | - |
| Thisted-2 | 994 | 34 | 744 | 24 | 2833 |
| Thisted-3 | 944 | 43 | - | - | - |
| Thisted-4 | 604 | 18 | 452 | 14 | 2571 |
| Uglev-1 | 873 | 37 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 1144 | 75 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1566 | 9 | 1235 | 7 | 2571 |
| Voldum-1 | 1358 | 30 | 876 | 18 | 3333 |
| Års-1 | 2420 | 35 | 1478 | 18 | 3889 |
| Fjerritslev Formation | | | | | |
| Børglum-1 | 1053 | 296 | 836 | 209 | 2829 |
| Edna-1 <i>et</i> | 3864 | 135 | 3353 | 73 | 3691 |
| Edna-1 | 3864 | 263 | 3353 | - | - |
| F-1 | 1760 | 281 | 1424 | 186 | 3022 |
| Farsø-1 | 1952 | 766 | 1231 | 475 | 3225 |
| Felicia-1 | 962 | 543 | 732 | 390 | 2785 |
| Fjerrsl.-1 | 583 | 327 | 464 | 258 | 2535 |
| Fjerrsl.-2 <i>et</i> | 1256 | 801 | - | - | - |
| Fjerrsl.-2 | 1314 | 911 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 997 | 264 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 724 | 169 | 661 | 141 | 2399 |
| Frdh.-2 | 696 | 174 | - | - | - |
| Gassum-1 | 1140 | 320 | 755 | 241 | 2653 |
| Haldager-1 | 1275 | 244 | 1020 | 166 | 2941 |
| Hans-1 | 103 | 171 | 130 | 133 | 2571 |
| Hobro-1 | 1891 | 453 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1239 | 210 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 1894 | 660 | 1194 | 402 | 3284 |
| Inez-1 | 1532 | 101 | 1288 | 76 | 2647 |
| J-1 | 1074 | 623 | 951 | 405 | 3075 |
| Jens-1 | 4169 | 167 | 3667 | 91 | 3678 |
| John Fl.-1 | 2213 | 64 | 1929 | 38 | 3353 |
| K-1 | 1383 | 564 | 1126 | 387 | 2916 |

| Fjerritslev Formation (continued) | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Kegnæs-1 | 722 | 3 | - | - | - |
| Kvols-1 | 1955 | 450 | 1252 | 292 | 3082 |
| Lavø-1 | 2045 | 60 | - | - | - |
| Linde-1 | 1176 | 138 | - | - | - |
| M-8 | 3161 | 93 | - | - | - |
| Mejrurp-1 | 1702 | 475 | 1277 | 331 | 2867 |
| Mors-1 | 2137 | 613 | 1331 | 353 | 3473 |
| Nøvling-1 | 1443 | 335 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 1608 | 285 | 1211 | 207 | 2754 |
| O-1 | 2968 | 158 | 2515 | 103 | 3060 |
| Rødby-1 ? | 467 | 88 | - | - | - |
| Rødby-2 ? | 445 | 80 | - | - | - |
| Rødding-1 | 1647 | 269 | 1092 | 188 | 2862 |
| Rønde-1 | 2096 | 475 | 1231 | 294 | 3231 |
| Skagen-2 | 443 | 109 | - | - | - |
| Skive-1 | 1702 | 391 | 1134 | 259 | 3019 |
| Skive-2 | 1149 | 120 | 762 | 90 | 2667 |
| Slagelse-1 | 932 | 177 | - | - | - |
| Stenlille-1 | 1205 | 260 | 782 | 183 | 2842 |
| Stenlille-2 | 1192 | 272 | 781 | 191 | 2846 |
| Stenlille-3 | 1194 | 262 | 783 | 184 | 2848 |
| Stenlille-4 | 1187 | 289 | 799 | 199 | 2905 |
| Stenlille-5 | 1229 | 266 | 801 | 180 | 2952 |
| Stenlille-6 | 1260 | 271 | 812 | 180 | 3007 |
| Sæby-1 | 757 | 256 | 689 | 201 | 2547 |
| Søllested-1 ? | 588 | 176 | 484 | 142 | 2479 |
| Terne-1 | 593 | 336 | 544 | 250 | 2688 |
| Thisted-1 | 600 | 110 | - | - | - |
| Thisted-2 | 1028 | 91 | 768 | 68 | 2676 |
| Thisted-3 | 987 | 106 | - | - | - |
| Thisted-4 | 622 | 118 | 466 | 102 | 2314 |
| U-1 | 3342 | 46 | 2933 | 31 | 2969 |
| Vedsted-1 | 1219 | 674 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1575 | 204 | 1242 | 148 | 2757 |
| Vinding-1 | 1396 | 143 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1388 | 334 | 894 | 231 | 2892 |
| Ørslev-1 ? | 437 | 120 | - | - | - |
| Års-1 | 2455 | 705 | 1496 | 390 | 3615 |
| Triassic units | | | | | |
| A-2 | 3027 | 333 | - | - | - |
| Arnum-1 | 953 | 755 | 818 | 498 | 3033 |
| B-1 | 3009 | 59 | 2801 | 34 | 3442 |
| Borg-1 | 1336 | 186 | 1180 | 127 | 2929 |
| Brøns-1 | 1006 | 1041 | 872 | 653 | 3188 |
| C-1 | 1373 | 1156 | 1151 | 712 | 3247 |
| Cleo-1 | 4669 | 155 | 3566 | 64 | 4848 |
| D-1 | 1543 | 144 | 1416 | 85 | 3385 |
| Edna-1 | 4127 | 32 | - | - | - |
| Elly-1 | 3450 | 63 | 3063 | 32 | 3924 |
| Emma-1 | 2461 | 239 | 2246 | 127 | 3758 |
| F-1 | 2041 | 343 | 1610 | 188 | 3648 |
| Farsø-1 | 2718 | 209 | 1706 | - | - |

| Triassic units (continued) | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Felicia-1 | 1505 | 3190 | 1122 | 1496 | 4265 |
| Fjerrsl.-2 | 2225 | 112 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 1457 | 194 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 971 | 305 | 864 | 226 | 2697 |
| Frdh.-2 | 948 | 116 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 924 | 74 | - | - | - |
| Gassum-1 | 1460 | 1923 | 996 | - | - |
| Gassum-1 <i>et</i> | 1460 | 1640 | 996 | 862 | 3805 |
| Glamsbj.-1 | 789 | 45 | 602 | - | - |
| Grindsted-1 | 941 | 626 | - | - | - |
| Hans-1 | 640 | 1119 | 497 | 555 | 4032 |
| Harte-2 | 915 | 150 | - | - | - |
| Hobro-1 | 2344 | 234 | 1425 | - | - |
| Horsens-1 | 1449 | 223 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 2554 | 301 | 1596 | 151 | 3987 |
| Hønning-1 | 985 | 978 | - | - | - |
| Ibenholt-1 | 1749 | 205 | 1559 | 137 | 2999 |
| Inez-1 | 1633 | 316 | 1365 | 201 | 3145 |
| J-1 | 1697 | 255 | 1356 | 137 | 3724 |
| Jens-1 | 4336 | 98 | 3758 | - | - |
| Jens-1 <i>et</i> | 4336 | 27 | 3758 | 15 | 3576 |
| John Fl.-1 | 2277 | 140 | 1967 | - | - |
| John Fl.-1 <i>et</i> | 2277 | 113 | 1967 | 69 | 3278 |
| K-1 | 1947 | 309 | 1513 | 172 | 3597 |
| Kegnæs-1 | 725 | 1400 | 582 | 855 | 3275 |
| Kvols-1 | 2405 | 217 | 1544 | 110 | 3945 |
| Kværs-1 | 952 | 989 | - | - | - |
| L-1 | 2416 | 39 | 2176 | 25 | 3121 |
| Lavø-1 | 2340 | 74 | - | - | - |
| Linde-1 | 1314 | 905 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 1009 | 1150 | 895 | 692 | 3323 |
| M-8 | 3253 | 377 | 2758 | - | - |
| M-8 <i>et</i> | 3253 | 240 | 2758 | 122 | 3937 |
| Mejrups-1 | 2177 | 308 | 1608 | - | - |
| Mejrups-1 <i>et</i> | 2177 | 287 | 1608 | 166 | 3463 |
| Mors-1 | 2750 | 2553 | 1684 | - | - |
| Mors-1 <i>et</i> | 2750 | 2455 | 1684 | 1045 | 4699 |
| Nøvling-1 | 1778 | 1576 | 1378 | 811 | 3886 |
| Oddesund-1 | 1893 | 1632 | 1418 | - | - |
| Oddesund-1 <i>et</i> | 1893 | 1607 | 1418 | 895 | 3591 |
| O-1 | 3125 | 425 | 2618 | - | - |
| O-1 <i>et</i> | 3125 | 258 | 2618 | 148 | 3485 |
| Q-1 | 4201 | 218 | - | - | - |
| R-1 | 1303 | 695 | 1230 | 463 | 3003 |
| Ravn-1 | 4266 | 363 | 3541 | 174 | 4172 |
| Ringe-1 | 767 | 437 | - | - | - |
| Rødby-1 | 555 | 974 | 461 | 607 | 3210 |
| Rødby-2 | 525 | 1129 | - | - | - |
| Rødding-1 | 1916 | 247 | 1280 | 145 | 3407 |
| Rødebro-1 | 893 | 692 | - | - | - |
| Rønde-1 | 2571 | 2021 | 1525 | 900 | 4490 |
| S-1 | 1574 | 2210 | 1433 | 1234 | 3581 |
| Skagen-2 | 563 | 55 | - | - | - |

| Triassic units (continued) | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Skive-1 | 2093 | 197 | 1393 | 109 | 3615 |
| Skive-2 | 1269 | 146 | 852 | 92 | 3174 |
| Slagelse-1 | 1109 | 1107 | - | - | - |
| Stenlille-1 | 1465 | 157 | 965 | 84 | 3738 |
| Stenlille-2 | 1463 | 151 | 972 | - | - |
| Stenlille-4 | 1476 | 172 | 998 | 95 | 3621 |
| Stenlille-5 | 1495 | 167 | 981 | 98 | 3414 |
| Stenlille-6 | 1531 | 158 | 992 | 90 | 3520 |
| Sæby-1 | 1047 | 538 | 915 | 315 | 3415 |
| Søllested-1 | 764 | 1290 | 626 | 756 | 3412 |
| Terne-1 | 1255 | 972 | 992 | 510 | 3810 |
| Thisted-1 | 710 | 200 | - | - | - |
| Thisted-2 | 1119 | 2132 | 836 | 1152 | 3701 |
| Thisted-3 | 1093 | 115 | - | - | - |
| Thisted-4 | 740 | 2637 | 568 | 1413 | 3732 |
| Tønder-1 | 962 | 1178 | 834 | 742 | 3175 |
| Tønder-2 | 1069 | 1350 | 956 | 797 | 3388 |
| Tønder-3 | 959 | 868 | 860 | 558 | 3111 |
| Tønder-4 | 959 | 896 | - | - | - |
| Tønder-5 | 968 | 933 | 860 | 598 | 3120 |
| U-1 | 3388 | 1473 | 2964 | - | - |
| U-1 <i>et</i> | 3388 | 982 | 2964 | 556 | 3534 |
| Ullerslev-1 | 817 | 221 | - | - | - |
| V-1 | 3646 | 178 | 3007 | 93 | 3821 |
| Varnæs-1 | 870 | 791 | 771 | 510 | 3105 |
| Vedsted-1 | 2032 | 36 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1779 | 165 | 1390 | 106 | 3113 |
| Vinding-1 | 1539 | 833 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1722 | 555 | 1125 | - | - |
| Voldum-1 <i>et</i> | 1722 | 188 | 1125 | 113 | 3327 |
| W. Lulu-1 | 3801 | 392 | 3273 | 204 | 3840 |
| W. Lulu-2 | 3907 | 110 | 3330 | 52 | 4220 |
| W. Lulu-3 | 3796 | 27 | 3296 | 16 | 3391 |
| Ørslev-1 | 557 | 876 | 498 | 547 | 3203 |
| Åbenrå-1 | 891 | 907 | - | - | - |
| Års-1 | 3160 | 196 | 1886 | - | - |
| Års-1 <i>et</i> | 3160 | 180 | 1886 | 84 | 4286 |
| Winterton Formation | | | | | |
| Jens-1 | 4336 | 27 | 3758 | 15 | 3576 |
| John Fl.-1 | 2277 | 52 | 1967 | 35 | 2996 |
| M-8 | 3253 | 7 | 2758 | 4 | 3353 |
| O-1 | 3125 | 16 | 2618 | 12 | 2692 |
| U-1 | 3388 | 12 | 2964 | 9 | 2709 |
| Triassic undifferentiated | | | | | |
| John Fl.-1 | 2329 | 87 | 2002 | - | - |
| John Fl.-1 <i>et</i> | 2329 | 61 | 2002 | 34 | 3568 |
| Triton Anhydritic Formation | | | | | |
| Jens-1 | 4363 | 71 | 3773 | - | - |
| M-8 | 3260 | 233 | 2762 | 118 | 3957 |
| O-1 | 3142 | 242 | 2630 | 136 | 3554 |

| Triton Anhydritic Formation (continued) | | | | | |
|--|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| U-1 | 3401 | 277 | 2973 | 154 | 3602 |
| Dudgeon Saliferous & Triton Anhydritic Fms | | | | | |
| U-1 | 3844 | 112 | 3220 | 68 | 3299 |
| Dudgeon Saliferous Formation | | | | | |
| Edna-1 | 4127 | 32 | - | - | - |
| M-8 | 3494 | 137 | 2880 | - | - |
| O-1 | 3383 | 75 | - | - | - |
| O-1 | 3383 | 167 | 2766 | - | - |
| Dowsing Dolomitic Formation | | | | | |
| U-1 | 3678 | 166 | 3127 | 93 | 3572 |
| U-1 | 3956 | 481 | 3288 | - | - |
| U-1 | 3956 | 415 | 3288 | 232 | 3573 |
| V-1 | 3646 | 178 | 3007 | 93 | 3821 |
| Gassum Formation | | | | | |
| Borg-1 | 1336 | 27 | 1180 | 19 | 2842 |
| Børglum-1 | 1349 | 156 | 1045 | 91 | 3423 |
| F-1 | 2041 | 76 | 1610 | 44 | 3450 |
| Farsø-1 | 2718 | 198 | 1706 | - | - |
| Farsø-1 | 2718 | 132 | 1706 | 66 | 4000 |
| Felicia-1 | 1505 | 230 | 1122 | 151 | 3046 |
| Fjerrsl.-2 | 2225 | 96 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 1261 | 22 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 1301 | 156 | - | - | - |
| Frdh.-1 | 893 | 78 | 802 | 62 | 2517 |
| Frdh.-2 | 869 | 78 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 860 | 64 | - | - | - |
| Gassum-1 | 1460 | 130 | 996 | 80 | 3246 |
| Hans-1 | 274 | 366 | 263 | 234 | 3128 |
| Hobro-1 | 2344 | 145 | 1425 | - | - |
| Horsens-1 | 1449 | 94 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 2554 | 169 | 1596 | 88 | 3841 |
| Inez-1 | 1633 | 71 | 1365 | 48 | 2972 |
| J-1 | 1697 | 72 | 1356 | 40 | 3597 |
| K-1 | 1947 | 69 | 1513 | 38 | 3609 |
| Kegnæs-1 | 725 | 141 | 582 | 110 | 2564 |
| Kvols-1 | 2405 | 109 | 1544 | 55 | 3964 |
| Kværs-1 | 952 | 18 | - | - | - |
| Lavø-1 | 2105 | 235 | - | - | - |
| Mejrurp-1 | 2177 | 105 | 1608 | 62 | 3372 |
| Mors-1 | 2750 | 167 | 1684 | 86 | 3884 |
| Nøvling-1 | 1778 | 85 | 1378 | - | - |
| Oddesund-1 | 1893 | 97 | 1418 | 62 | 3129 |
| Rødby-1 | 555 | 128 | 461 | 101 | 2541 |
| Rødby-2 | 525 | 140 | - | - | - |
| Rødding-1 | 1916 | 96 | 1280 | 58 | 3310 |
| Rønde-1 | 2571 | 140 | 1525 | 72 | 3889 |
| Skagen-2 | 552 | 11 | - | - | - |
| Skive-1 | 2093 | 119 | 1393 | 68 | 3500 |
| Skive-2 | 1269 | 53 | 852 | 34 | 3118 |

| Gassum Formation (continued) | | | | | |
|------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _t m/s |
| Slagelse-1 | 1109 | 137 | - | - | - |
| Stenlille-1 | 1465 | 144 | 965 | 77 | 3740 |
| Stenlille-2 | 1463 | 147 | 972 | - | - |
| Stenlille-4 | 1476 | 146 | 998 | 81 | 3605 |
| Stenlille-5 | 1495 | 142 | 981 | 86 | 3295 |
| Stenlille-6 | 1531 | 142 | 992 | 82 | 3461 |
| Sæby-1 | 1013 | 34 | 890 | 25 | 2720 |
| Søllested-1 | 764 | 109 | 626 | 77 | 2831 |
| Terne-1 | 929 | 326 | 794 | 198 | 3293 |
| Thisted-1 | 710 | 125 | - | - | - |
| Thisted-2 | 1119 | 135 | 836 | 97 | 2784 |
| Thisted-3 | 1093 | 115 | - | - | - |
| Thisted-4 | 740 | 114 | 568 | 88 | 2591 |
| Tønder-2 | 1069 | 33 | 956 | 26 | 2538 |
| Ullerslev-1 | 817 | 99 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 1744 | 50 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 1813 | 5 | - | - | - |
| Vedsted-1 | 1893 | 139 | - | - | - |
| Vemb-1 | 1779 | 58 | 1390 | 38 | 3053 |
| Vinding-1 | 1539 | 51 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1722 | 128 | 1125 | 77 | 3325 |
| Ørslev-1 | 557 | 183 | 498 | 140 | 2614 |
| Års-1 | 3160 | 180 | 1886 | 84 | 4286 |
| Vinding Formation | | | | | |
| Borg-1 | 1363 | 50 | 1199 | 34 | 2941 |
| Farsø-1 | 2916 | 11 | - | - | - |
| Felicia-1 | 1735 | 140 | 1273 | 77 | 3636 |
| Gassum-1 | 1590 | 56 | 1076 | 34 | 3299 |
| Harte-2 | 915 | 21 | - | - | - |
| Hobro-1 | 2489 | 68 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1543 | 45 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 2723 | 92 | 1684 | 46 | 4000 |
| K-1 | 2016 | 41 | 1551 | 24 | 3404 |
| Kegnæs-1 | 866 | 89 | 692 | 66 | 2697 |
| Kvols-1 | 2514 | 69 | 1599 | 36 | 3833 |
| Kværs-1 | 970 | 121 | - | - | - |
| Lavø-1 | 2340 | 74 | - | - | - |
| Linde-1 | 1314 | 96 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 1009 | 75 | 895 | 57 | 2655 |
| Mejrurp-1 | 2281 | 204 | 1670 | - | - |
| Mejrurp-1 | 2281 | 183 | 1670 | 104 | 3517 |
| Mors-1 | 2917 | 88 | 1770 | 45 | 3911 |
| Nøvling-1 | 1863 | 66 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 1990 | 79 | 1480 | 50 | 3160 |
| Rødby-1 | 683 | 27 | 562 | 22 | 2494 |
| Rødby-2 | 665 | 25 | - | - | - |
| Rødding-1 | 2012 | 74 | 1338 | 44 | 3364 |
| Rønde-1 | 2711 | 71 | 1597 | 35 | 4057 |
| Skive-1 | 2212 | 78 | 1461 | 41 | 3805 |
| Skive-2 | 1322 | 50 | 886 | 31 | 3226 |
| Slagelse-1 | 1246 | 51 | - | - | - |
| Stenlille-1 | 1609 | 13 | 1042 | 7 | 3714 |

| Vinding Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _i m | ΔZ m | T _i ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Stenlille-2 | 1610 | 4 | - | - | - |
| Stenlille-4 | 1622 | 26 | 1079 | 14 | 3714 |
| Stenlille-5 | 1637 | 26 | 1067 | 12 | 4267 |
| Stenlille-6 | 1673 | 17 | 1074 | 8 | 4125 |
| Søllested-1 | 873 | 91 | 703 | 67 | 2720 |
| Thisted-1 | 835 | 64 | - | - | - |
| Thisted-2 | 1254 | 66 | 933 | 35 | 3771 |
| Thisted-4 | 854 | 62 | 656 | 48 | 2583 |
| Tønder-2 | 1102 | 46 | 982 | 34 | 2706 |
| Tønder-3 | 959 | 5 | 860 | 4 | 2500 |
| Tønder-5 | 968 | 32 | 860 | 24 | 2667 |
| Ullerslev-1 | 916 | 41 | - | - | - |
| Varnæs-1 | 870 | 80 | 771 | 64 | 2488 |
| Vemb-1 | 1837 | 41 | 1428 | 26 | 3154 |
| Vinding-1 | 1590 | 58 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1850 | 60 | 1202 | 36 | 3333 |
| Åbenrå-1 | 891 | 5 | - | - | - |
| Års-1 | 3340 | 16 | 1970 | - | - |
| Oddesund Formation | | | | | |
| Borg-1 | 1413 | 109 | 1233 | 74 | 2946 |
| Brøns-1 | 1006 | 92 | 872 | 68 | 2706 |
| C-1 | 1373 | 176 | 1151 | 119 | 2956 |
| Felicia-1 | 1875 | 541 | 1350 | 270 | 4007 |
| Gassum-1 | 1646 | 376 | 1110 | 220 | 3416 |
| Grindsted-1 | 941 | 66 | - | - | - |
| Harte-2 | 936 | 129 | - | - | - |
| Hobro-1 | 2557 | 21 | - | - | - |
| Horsens-1 | 1588 | 84 | - | - | - |
| Hyllebj.-1 | 2815 | 40 | 1730 | 17 | 4706 |
| Hønning-1 | 985 | 118 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 955 | 157 | 758 | 105 | 2990 |
| Kvøls-1 | 2583 | 39 | 1635 | 19 | 4105 |
| Kværs-1 | 1091 | 191 | 973 | 135 | 2836 |
| Linde-1 | 1410 | 809 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 1084 | 167 | 952 | 111 | 3017 |
| Mors-1 | 3005 | 475 | 1815 | 215 | 4419 |
| Nøvling-1 | 1929 | 732 | - | - | - |
| Oddesund-1 | 2069 | 1456 | 1530 | - | - |
| Oddesund-1 <i>el</i> | 2069 | 1431 | 1530 | 783 | 3655 |
| Ringe-1 | 767 | 94 | - | - | - |
| Rødby-1 | 711 | 71 | 584 | 48 | 2972 |
| Rødby-2 | 690 | 76 | - | - | - |
| Rødding-1 | 2086 | 77 | 1382 | 43 | 3581 |
| Rødekro-1 | 893 | 132 | - | - | - |
| Rønde-1 | 2782 | 633 | 1632 | 288 | 4396 |
| S-1 | 1574 | 365 | 1433 | 261 | 2798 |
| Skive-2 | 1372 | 43 | 917 | 27 | 3185 |
| Slagelse-1 | 1297 | 293 | - | - | - |
| Søllested-1 | 964 | 111 | 770 | 75 | 2944 |
| Thisted-1 | 899 | 11 | - | - | - |
| Thisted-2 | 1320 | 242 | 968 | 150 | 3227 |
| Thisted-4 | 916 | 250 | 704 | 162 | 3086 |

| Oddesund Formation (continued) | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _i m | ΔZ m | T _i ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Tønder-1 | 962 | 103 | 834 | 76 | 2703 |
| Tønder-2 | 1148 | 181 | 1016 | 124 | 2919 |
| Tønder-3 | 964 | 96 | 864 | 70 | 2743 |
| Tønder-4 | 959 | 91 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1000 | 99 | 884 | 70 | 2829 |
| Ullerslev-1 | 956 | 81 | 734 | 60 | 2713 |
| Varnæs-1 | 950 | 127 | 836 | 94 | 2714 |
| Vemb-1 | 1878 | 66 | 1454 | 42 | 3143 |
| Vinding-1 | 1648 | 273 | - | - | - |
| Voldum-1 | 1910 | 367 | 1238 | - | - |
| Ørslev-1 | 740 | 63 | 638 | 46 | 2739 |
| Åbenrå-1 | 896 | 148 | 788 | 106 | 2795 |
| Tønder Formation | | | | | |
| Arnum-1 | 953 | 150 | 818 | 116 | 2585 |
| Brøns-1 | 1098 | 183 | 940 | 150 | 2440 |
| C-1 | 1549 | 196 | 1270 | 140 | 2804 |
| Gassum-1 | 2022 | 241 | 1330 | 130 | 3704 |
| Grindsted-1 | 1007 | 169 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1103 | 158 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1112 | 66 | 863 | 55 | 2400 |
| Kværs-1 | 1282 | 15 | 1108 | 12 | 2586 |
| Løgumkl.-1 | 1251 | 125 | 1063 | 91 | 2756 |
| Mors-1 | 3480 | 239 | 2030 | 106 | 4509 |
| Nøvling-1 | 2661 | 308 | - | - | - |
| R-1 | 1303 | 156 | 1230 | 125 | 2502 |
| Rødekro-1 | 1025 | 114 | - | - | - |
| Rønde-1 | 3415 | 241 | 1920 | 109 | 4422 |
| Søllested-1 <i>el</i> | 1075 | 40 | 845 | 27 | 2920 |
| Tønder-1 | 1065 | 190 | 910 | 148 | 2566 |
| Tønder-2 | 1329 | 243 | 1140 | 174 | 2793 |
| Tønder-3 | 1060 | 191 | 934 | 144 | 2653 |
| Tønder-4 | 1050 | 203 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1099 | 208 | 954 | 156 | 2667 |
| Varnæs-1 | 1077 | 25 | 929 | 20 | 2564 |
| Vinding-1 | 1921 | 184 | - | - | - |
| Åbenrå-1 | 1044 | 127 | 894 | 104 | 2442 |
| Falster Formation | | | | | |
| Arnum-1 | 1103 | 154 | 934 | 104 | 2960 |
| Brøns-1 | 1281 | 163 | 1090 | 90 | 3622 |
| C-1 | 1745 | 94 | 1410 | 62 | 3048 |
| Gassum-1 | 2262 | 112 | 1460 | 48 | 4661 |
| Gjamsbj.-1 | 789 | 26 | 602 | - | - |
| Grindsted-1 | 1176 | 100 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1261 | 160 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1178 | 215 | 918 | 122 | 3525 |
| Kværs-1 | 1297 | 172 | 1120 | 100 | 3447 |
| Løgumkl.-1 | 1376 | 170 | 1153 | 96 | 3556 |
| Mors-1 | 3719 | 196 | 2136 | 84 | 4667 |
| Nøvling-1 | 2969 | 74 | - | - | - |
| R-1 | 1459 | 286 | 1355 | 195 | 2929 |
| Ringe-1 | 861 | 100 | 610 | 58 | 3437 |

| Falster Formation (continued) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Rødby-1 | 782 | 183 | 632 | 112 | 3271 |
| Rødby-2 | 766 | 175 | - | - | - |
| Røde kro-1 | 1139 | 125 | - | - | - |
| Rønde-1 | 3656 | 122 | 2029 | 53 | 4604 |
| S-1 | 1939 | 263 | 1694 | 151 | 3480 |
| Slagelse-1 | 1590 | 132 | - | - | - |
| Søllested-1 | 1115 | 184 | 872 | 101 | 3647 |
| Tønder-1 | 1255 | 169 | 1058 | 90 | 3746 |
| Tønder-2 | 1572 | 176 | 1314 | 96 | 3667 |
| Tønder-3 | 1251 | 168 | 1078 | 98 | 3429 |
| Tønder-4 | 1253 | 168 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1307 | 171 | 1110 | 104 | 3288 |
| Varnæs-1 | 1102 | 170 | 949 | 105 | 3226 |
| Vinding-1 | 2105 | 267 | - | - | - |
| Ørslev-1 | 803 | 154 | 684 | 76 | 4053 |
| Åbenrå-1 | 1171 | 167 | 998 | 98 | 3408 |
| Ørslev Formation | | | | | |
| Arnum-1 | 1257 | 120 | 1038 | 72 | 3344 |
| Brøns-1 | 1444 | 155 | 1180 | 100 | 3100 |
| C-1 | 1840 | 115 | 1472 | 67 | 3439 |
| Gassum-1 | 2374 | 315 | 1508 | 166 | 3793 |
| Glamsbj.-1 | 816 | 19 | - | - | - |
| Grindsted-1 | 1276 | 125 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1421 | 139 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1393 | 177 | 1040 | 106 | 3340 |
| Kværs-1 | 1469 | 126 | 1219 | 73 | 3438 |
| Løgumkl.-1 | 1546 | 154 | 1249 | 89 | 3445 |
| Mors-1 | 3915 | 452 | 2220 | 178 | 5079 |
| Nøvling-1 | 3043 | 83 | - | - | - |
| Ringe-1 | 961 | 102 | 668 | 76 | 2695 |
| Rødby-1 | 965 | 160 | 744 | 106 | 3019 |
| Rødby-2 | 941 | 167 | - | - | - |
| Røde kro-1 | 1264 | 67 | - | - | - |
| Rønde-1 | 3778 | 235 | 2082 | 97 | 4845 |
| S-1 | 2202 | 463 | 1845 | 284 | 3260 |
| Slagelse-1 | 1722 | 102 | - | - | - |
| Søllested-1 | 1299 | 159 | 973 | 98 | 3262 |
| Tønder-1 | 1423 | 178 | 1148 | 102 | 3490 |
| Tønder-2 | 1748 | 162 | 1410 | 84 | 3857 |
| Tønder-3 | 1419 | 176 | 1176 | 107 | 3290 |
| Tønder-4 | 1421 | 178 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1478 | 180 | 1214 | 106 | 3396 |
| Varnæs-1 | 1272 | 95 | 1054 | 58 | 3253 |
| Ørslev-1 | 957 | 115 | 760 | 77 | 2987 |
| Åbenrå-1 | 1338 | 139 | 1096 | 84 | 3310 |
| Skagerrak Formation | | | | | |
| D-1 | 1543 | 91 | 1416 | 54 | 3364 |
| F-1 | 2117 | 267 | 1654 | 144 | 3708 |
| Felicia-1 | 2416 | 2067 | 1620 | 906 | 4563 |
| Fjerrsl.-2 | 2321 | 16 | - | - | - |
| Flyvbjerg-1 | 1457 | 194 | - | - | - |

| Skagerrak Formation (continued) | | | | | |
|--|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Frdh.-1 | 971 | 305 | 864 | 226 | 2697 |
| Frdh.-2 | 948 | 116 | - | - | - |
| Frdh.-3 | 924 | 74 | - | - | - |
| Hans-1 | 640 | 1119 | 497 | 555 | 4032 |
| Ibenholt-1 | 1749 | 205 | 1559 | 137 | 2999 |
| Inez-1 | 1704 | 245 | 1413 | 153 | 3199 |
| J-1 | 1769 | 183 | 1396 | 97 | 3777 |
| K-1 | 2056 | 200 | 1575 | 110 | 3635 |
| Skagen-2 | 563 | 55 | - | - | - |
| Sæby-1 | 1047 | 538 | 915 | 315 | 3415 |
| Terne-1 | 1255 | 972 | 992 | 510 | 3810 |
| Thisted-2 | 1562 | 1689 | 1118 | 870 | 3883 |
| Thisted-4 | 1166 | 2211 | 866 | 1115 | 3966 |
| Vedsted-1 | 2032 | 36 | - | - | - |
| Bacton Group/Dowsing Dolomitic Formation | | | | | |
| Elly-1 | 3450 | 63 | 3063 | 32 | 3924 |
| Bacton Group | | | | | |
| Arnum-1 | 1377 | 331 | 1110 | 206 | 3214 |
| B-1 | 3009 | 59 | 2801 | 34 | 3442 |
| Brøns-1 | 1599 | 448 | 1280 | 245 | 3657 |
| C-1 | 1955 | 574 | 1539 | 324 | 3543 |
| Felicia-1 | 4483 | 212 | 2526 | 92 | 4609 |
| Gassum-1 | 2689 | 694 | 1674 | - | - |
| Gassum-1 <i>et</i> | 2689 | 411 | 1674 | 184 | 4466 |
| Grindsted-1 | 1401 | 166 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1560 | 403 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1570 | 555 | 1146 | 291 | 3814 |
| Kværs-1 | 1595 | 346 | 1293 | 184 | 3756 |
| Løgumkl.-1 | 1700 | 459 | 1338 | 249 | 3682 |
| Mors-1 | 4367 | 936 | 2398 | - | - |
| Mors-1 <i>et</i> | 4367 | 838 | 2398 | 331 | 5063 |
| Nøvling-1 | 3126 | 228 | - | - | - |
| R-1 | 1745 | 253 | 1550 | 143 | 3542 |
| Ringe-1 | 1063 | 141 | 744 | 84 | 3345 |
| Rødby-1 | 1125 | 404 | 850 | 218 | 3705 |
| Rødby-2 | 1108 | 546 | 846 | 294 | 3714 |
| Røde kro-1 | 1331 | 254 | - | - | - |
| Rønde-1 | 4013 | 579 | 2179 | 246 | 4705 |
| S-1 | 2665 | 1119 | 2129 | 538 | 4159 |
| Slagelse-1 | 1824 | 392 | - | - | - |
| Søllested-1 | 1458 | 596 | 1071 | 311 | 3828 |
| Tønder-1 | 1601 | 539 | 1250 | 326 | 3306 |
| Tønder-2 | 1910 | 509 | 1494 | 259 | 3931 |
| Tønder-3 | 1595 | 232 | 1283 | 135 | 3437 |
| Tønder-4 | 1599 | 256 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1658 | 243 | 1320 | 138 | 3522 |
| U-1 | 4437 | 424 | - | - | - |
| Varnæs-1 | 1367 | 294 | 1113 | 168 | 3494 |
| W. Lulu-1 | 3801 | 392 | 3273 | 204 | 3840 |
| W. Lulu-2 | 3907 | 110 | 3330 | 52 | 4220 |
| W. Lulu-3 | 3796 | 27 | 3296 | 16 | 3391 |

| Bacton Group (continued) | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| W. Lulu-3 | 3796 | 12 | 3296 | 8 | 3048 |
| Ørslev-1 | 1072 | 361 | 837 | 208 | 3471 |
| Åbenrå-1 | 1477 | 321 | 1180 | 176 | 3651 |
| Bacton Group/Smith Bank Formation | | | | | |
| Q-1 | 4201 | 218 | - | - | - |
| Bunter Sandstone Formation | | | | | |
| Arnum-1 | 1377 | 125 | 1110 | 80 | 3117 |
| Brøns-1 | 1599 | 141 | 1280 | 80 | 3525 |
| C-1 | 1955 | 481 | 1539 | 275 | 3500 |
| Felicia-1 | 4483 | 152 | 2526 | 67 | 4537 |
| Gassum-1 | 2689 | 694 | 1674 | - | - |
| Gassum-1 | 2689 | 411 | 1674 | 184 | 4466 |
| Grindsted-1 | 1401 | 57 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1560 | 183 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1570 | 232 | 1146 | 122 | 3803 |
| Kværs-1 | 1595 | 44 | 1293 | 25 | 3520 |
| Løgumkl.-1 | 1700 | 166 | 1338 | 95 | 3487 |
| Mors-1 | 4367 | 936 | 2398 | - | - |
| Mors-1 | 4367 | 838 | 2398 | 331 | 5063 |
| Nøvling-1 | 3126 | 45 | - | - | - |
| R-1 | 1745 | 253 | 1550 | 143 | 3542 |
| Ringe-1 | 1063 | 12 | 744 | 6 | 4064 |
| Rødby-1 | 1125 | 256 | 850 | 146 | 3511 |
| Rødby-2 | 1108 | 228 | 846 | 130 | 3508 |
| Rødekro-1 | 1331 | 79 | - | - | - |
| Rønde-1 | 4013 | 579 | 2179 | 246 | 4705 |
| S-1 | 2665 | 1119 | 2129 | 538 | 4159 |
| Slagelse-1 | 1824 | 192 | - | - | - |
| Søllested-1 | 1458 | 291 | 1071 | 161 | 3610 |
| Tønder-1 | 1601 | 207 | 1250 | 144 | 2879 |
| Tønder-2 | 1910 | 186 | 1494 | 100 | 3720 |
| Tønder-3 | 1595 | 212 | 1283 | 122 | 3475 |
| Tønder-4 | 1599 | 213 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1658 | 217 | 1320 | 124 | 3500 |
| Varnæs-1 | 1367 | 87 | 1113 | 52 | 3327 |
| Ørslev-1 | 1072 | 115 | 837 | 70 | 3286 |
| Åbenrå-1 | 1477 | 136 | 1180 | - | - |
| Bunter Shale Formation | | | | | |
| Arnum-1 | 1502 | 206 | 1190 | 126 | 3275 |
| B-1 | 3009 | 59 | 2801 | 34 | 3442 |
| Brøns-1 | 1740 | 307 | 1360 | 165 | 3721 |
| C-1 | 2436 | 93 | 1814 | 49 | 3782 |
| Felicia-1 | 4635 | 60 | 2593 | 25 | 4800 |
| Grindsted-1 | 1458 | 109 | - | - | - |
| Hønning-1 | 1743 | 220 | - | - | - |
| Kegnæs-1 | 1802 | 323 | 1268 | 169 | 3822 |
| Kværs-1 | 1639 | 302 | 1318 | 159 | 3793 |
| Løgumkl.-1 | 1866 | 293 | 1433 | 154 | 3803 |
| Nøvling-1 | 3171 | 183 | - | - | - |
| Ringe-1 | 1075 | 128 | 750 | 78 | 3290 |

| Bunter Shale Formation (continued) | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Rødby-1 | 1382 | 148 | 996 | 72 | 4098 |
| Rødby-2 | 1336 | 318 | 976 | 164 | 3878 |
| Rødekro-1 | 1410 | 175 | - | - | - |
| Slagelse-1 | 2016 | 200 | - | - | - |
| Søllested-1 | 1749 | 305 | 1232 | 150 | 4061 |
| Tønder-1 | 1808 | 332 | 1394 | 182 | 3644 |
| Tønder-2 | 2096 | 323 | 1594 | 159 | 4064 |
| Tønder-3 | 1807 | 20 | 1405 | 13 | 3077 |
| Tønder-4 | 1812 | 43 | - | - | - |
| Tønder-5 | 1875 | 26 | 1444 | 14 | 3714 |
| Varnæs-1 | 1454 | 207 | 1165 | 116 | 3571 |
| Ørslev-1 | 1187 | 246 | 907 | 138 | 3565 |
| Åbenrå-1 | 1613 | 185 | - | - | - |
| Smith Bank Formation | | | | | |
| D-1 | 1634 | 53 | 1470 | 31 | 3422 |
| Permian/Triassic undifferentiated | | | | | |
| Lone-1 | 3762 | 126 | 3399 | 56 | 4507 |
| Permian undifferentiated | | | | | |
| Ringe-1 | 1204 | 160 | 828 | 76 | 4211 |
| Zechstein Group | | | | | |
| Arnum-1 | 1708 | 87 | 1316 | 34 | 5128 |
| B-1 | 3067 | 336 | 2835 | 132 | 5089 |
| Borg-1 | 1522 | 1396 | 1307 | 592 | 4716 |
| Brøns-1 | 2047 | 466 | 1525 | 169 | 5515 |
| C-1 | 2529 | 632 | 1863 | 275 | 4597 |
| D-1 | 1687 | 1634 | 1501 | 751 | 4352 |
| Diamant-1 | 3825 | 16 | 3338 | 7 | 4318 |
| E. Rosa-1 | 1308 | 174 | 1302 | - | - |
| E. Rosa-2 | 1444 | 145 | 1374 | 59 | 4928 |
| E. Rosa-3 | 1490 | 78 | 1413 | 29 | 5402 |
| Elna-1 | 2790 | 7 | 2496 | 4 | 3657 |
| Erslev-1 | 588 | 2877 | - | - | - |
| Erslev-2 | 732 | 2665 | - | - | - |
| Felicia-1 | 4695 | 439 | 2618 | 189 | 4646 |
| Gassum-1 | 3383 | 21 | - | - | - |
| Hans-1 | 1759 | 121 | 1052 | 58 | 4172 |
| Hønning-1 | 1963 | 480 | - | - | - |
| Ibenholt-1 | 1954 | 536 | 1696 | 214 | 5013 |
| John-1 | 618 | 161 | 636 | 52 | 6201 |
| Kegnæs-1 | 2125 | 430 | 1437 | - | - |
| Kværs-1 | 1941 | 653 | 1477 | 267 | 4888 |
| L-1 | 2455 | 98 | 2201 | 35 | 5591 |
| Lulu-1 | 3669 | 22 | 3228 | 7 | 6270 |
| Lulu-2 | 3582 | 20 | - | - | - |
| Løgumkl.-1 | 2159 | 531 | 1588 | 192 | 5531 |
| M. Rosa-1 | 1991 | 119 | 1886 | 40 | 5959 |
| Nils-2 | 2055 | 20 | 1936 | 6 | 6807 |
| Nøvling-1 | 3354 | 111 | 2189 | 38 | 5842 |
| Otto-1 | 2696 | 50 | 2610 | 18 | 5554 |

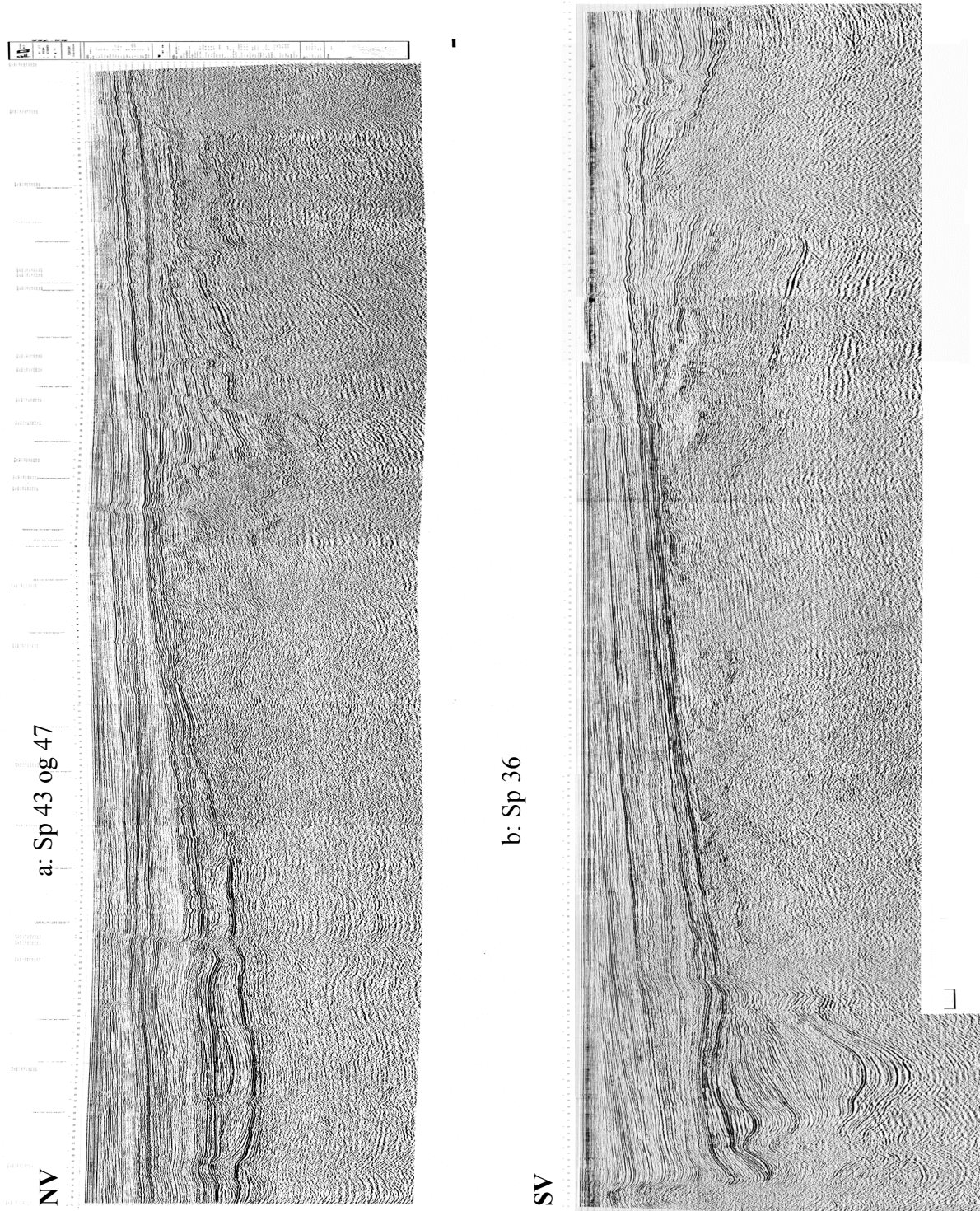
| Zechstein Group (continued) | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Ruth-1 | 1669 | 9 | 1620 | 4 | 4267 |
| Rødby-2 | 1654 | 1020 | 1140 | 442 | 4615 |
| Rønde-1 | 4592 | 239 | 2425 | 111 | 4306 |
| Slagelse-1 | 2216 | 372 | - | - | - |
| Søllested-1 | 2054 | 611 | 1382 | 255 | 4788 |
| T-1 | 2319 | 312 | 2387 | 131 | 4760 |
| T-3 | 2706 | 73 | 2575 | - | - |
| Terne-1 | 2226 | 38 | 1502 | 16 | 4688 |
| Thisted-4 | 3377 | 4 | 1981 | - | - |
| Tove-1 | 1832 | 12 | 1707 | 4 | 6248 |
| Tønder-1 | 2140 | 970 | 1576 | - | - |
| Tønder-2 | 2419 | 651 | 1753 | 279 | 4669 |
| Uglev-1 | 910 | 298 | 700 | 136 | 4379 |
| Vagn-2 | 1775 | 123 | 1657 | 41 | 6007 |
| Varnæs-1 | 1661 | 495 | 1281 | 189 | 5238 |
| Ørslev-1 | 1433 | 369 | 1045 | 140 | 5271 |
| Åbenrå-1 | 1798 | 482 | 1356 | 186 | 5178 |
| Pre-Zechstein undifferentiated | | | | | |
| Arnum-1 | 1795 | 10 | 1350 | - | - |
| Brøns-1 | 2513 | 15 | 1694 | 5 | 6000 |
| Hønning-1 | 2443 | 15 | - | - | - |
| Kværs-1 | 2594 | 51 | 1744 | 26 | 3923 |
| Rødekro-1 | 1585 | 11 | - | - | - |
| Varnæs-1 | 2156 | 51 | 1470 | 22 | 4627 |
| Åbenrå-1 | 2280 | 11 | 1542 | - | - |
| Rotliegende Group | | | | | |
| B-1 | 3403 | 214 | 2967 | - | - |
| B-1 | et | 3403 | 133 | 2967 | 69 3861 |
| Borg-1 | 2918 | 103 | 1899 | 47 | 4383 |
| C-1 | 3161 | 10 | 2138 | - | - |
| D-1 | 3321 | 207 | 2252 | 104 | 3980 |
| Diamant-1 | 3840 | 369 | 3345 | 193 | 3816 |
| Elly-1 | 3513 | 259 | 3095 | 116 | 4462 |
| Elna-1 | 2798 | 302 | 2500 | 160 | 3776 |
| Felicia-1 | 5134 | 156 | 2807 | 57 | 5474 |
| Gert-1 | 4938 | 34 | 4155 | 17 | 3944 |
| Hans-1 | 1880 | 662 | 1110 | 281 | 4712 |
| Ibenholt-1 | 2491 | 42 | 1910 | 21 | 4006 |
| Karl-1 | 4456 | 328 | 3628 | 145 | 4519 |
| Kim-1 | ? 4594 | 53 | 3779 | 23 | 4585 |
| L-1 | 2553 | 119 | 2236 | 52 | 4560 |
| Liva-1 | 4225 | 356 | 3518 | 164 | 4341 |
| P-1 | 3117 | 210 | 2952 | 111 | 3778 |
| Q-1 | 4419 | 38 | - | - | - |
| R-1 | 1998 | 678 | 1693 | 340 | 3987 |
| Ravn-1 | 4629 | 342 | 3715 | 149 | 4591 |
| Rødby-2 | 2674 | 264 | 1582 | - | - |
| Rønde-1 | 4831 | 87 | 2536 | 40 | 4350 |
| Slagelse-1 | 2588 | 6 | - | - | - |
| Sæby-1 | 1585 | 199 | 1230 | - | - |
| Sæby-1 | et | 1585 | 195 | 1230 | 94 4153 |

| Rotliegende Group (continued) | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|
| Well | Z _t m | ΔZ m | T _t ms | ΔT ms | V _i m/s |
| Søllested-1 | 2665 | 26 | 1637 | - | - |
| Søllested-1 | et | 2673 | 15 | 1637 | 7 4545 |
| Tønder-2 | 3070 | 112 | 2032 | 60 | 3749 |
| W-1 | 4181 | 166 | - | - | - |
| Ørslev-1 | 1802 | 226 | 1185 | 117 | 3863 |
| Pre-Permian units | | | | | |
| Borg-1 | 3021 | 41 | 1946 | - | - |
| Borg-1 | et | 3021 | 33 | 1946 | 14 4714 |
| Frdh.-1 | 1276 | 28 | 1090 | 26 | 2157 |
| Gert-2 | 4840 | 192 | 4114 | 98 | 3925 |
| Glambsbj.-1 | 835 | 5 | - | - | - |
| Grindsted-1 | 1567 | 48 | - | - | - |
| Hans-1 | 2542 | 467 | 1391 | 182 | 5132 |
| Ibenholt-1 | 2533 | 26 | 1931 | 9 | 5690 |
| Løgumkl.-1 | 2690 | 15 | 1780 | 4 | 7500 |
| Nøvling-1 | 3465 | 227 | 2227 | - | - |
| Nøvling-1 | et | 3465 | 211 | 2227 | 75 5627 |
| P-1 | 3327 | 130 | 3063 | 57 | 4577 |
| Per-1 | 2730 | 16 | 2370 | - | - |
| Rønde-1 | 4918 | 340 | 2576 | 137 | 4964 |
| Slagelse-1 | 2594 | 340 | - | - | - |
| Terne-1 | 2264 | 1062 | 1518 | - | - |
| Terne-1 | et | 2264 | 1051 | 1518 | 454 4630 |
| Ugle-1 | 2998 | 23 | 2518 | 9 | 5111 |
| Ørslev-1 | 2028 | 523 | 1302 | - | - |
| Ørslev-1 | et | 2028 | 509 | 1302 | 217 4691 |
| Upper Carboniferous undifferentiated | | | | | |
| Hans-1 | 2542 | 467 | 1391 | 182 | 5132 |
| Carboniferous undifferentiated | | | | | |
| Borg-1 | 3021 | 33 | 1946 | 14 | 4714 |
| Gert-2 | 4840 | 192 | 4114 | 98 | 3925 |
| Ørslev-1 | 2028 | 523 | 1302 | - | - |
| Ørslev-1 | et | 2028 | 509 | 1302 | 217 4691 |
| Ca-1 Unit | | | | | |
| P-1 | 3327 | 67 | 3063 | 33 | 4082 |
| Caledonian basement | | | | | |
| Løgumkl.-1 | 2690 | 15 | 1780 | 4 | 7500 |
| P-1 | 3394 | 63 | 3096 | 24 | 5258 |
| Caledonian ? basement | | | | | |
| Borg-1 | 3054 | 8 | 1960 | - | - |
| Per-1 | 2730 | 16 | 2370 | - | - |
| Ugle-1 | 2998 | 23 | 2518 | 9 | 5111 |
| Nøvling Formation | | | | | |
| Nøvling-1 | 3465 | 186 | 2227 | - | - |
| Rønde-1 | 4918 | 230 | 2576 | 92 | 5000 |

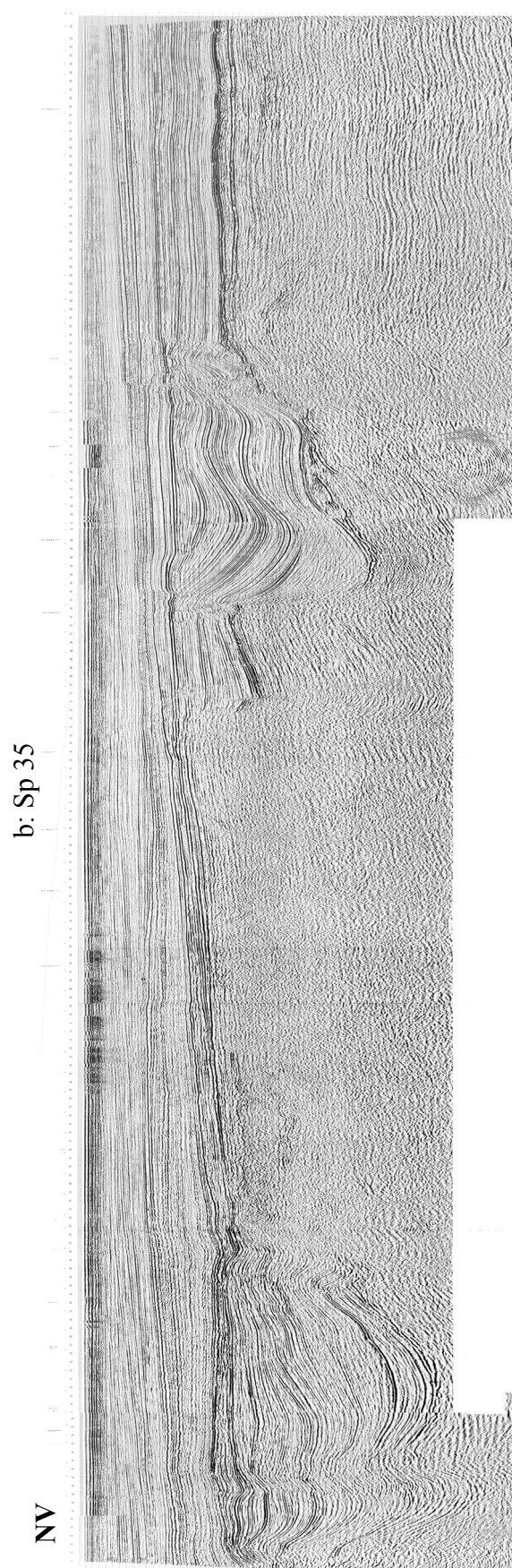
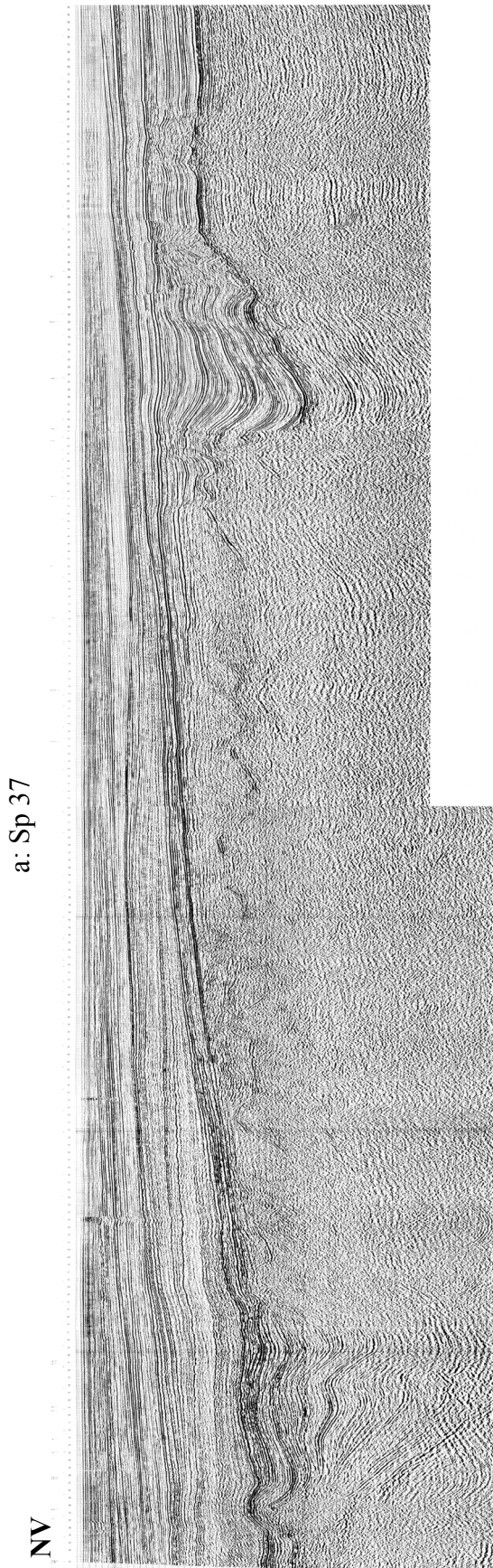
| Rønde Formation | | | | | | |
|-----------------------------------|----|------------|-----------------|-------------|------------------|--------------|
| Well | | Z_i m | ΔZ m | T_i ms | ΔT ms | V_i m/s |
| Nøvling-1 | | 3651 | 41 | - | - | - |
| Rønde-1 | | 5148 | 110 | 2668 | 45 | 4889 |
| Colonus Shale | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 2264 | 444 | 1518 | 172 | 5157 |
| Cyrtograptus Shale | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 2707 | 112 | 1690 | 52 | 4288 |
| Rastrites Shale | | | | | | |
| Slagelse-1 | eq | 2594 | 285 | - | - | - |
| Terne-1 | eq | 2819 | 126 | 1742 | 54 | 4667 |
| Tommarp Mudstone | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 2945 | 8 | 1796 | - | - |
| Jerrestad Mudstone | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 2953 | 31 | - | - | - |
| Dicellograptus Shale | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 2984 | 98 | 1814 | 46 | 4261 |
| Komstad Limestone | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 3082 | 8 | 1860 | - | - |
| Lower Palaeozoic undifferentiated | | | | | | |
| Terne-1 | | 3090 | 46 | - | - | - |
| Dictyonema Shale | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 3136 | 21 | - | - | - |
| Alum Shale | | | | | | |
| Slagelse-1 | eq | 2879 | 27 | - | - | - |
| Terne-1 | eq | 3157 | 92 | 1892 | 48 | 3833 |
| Lower Cambrian undifferentiated | | | | | | |
| Slagelse-1 | | 2906 | 22 | - | - | - |
| Læså Formation | | | | | | |
| Terne-1 | eq | 3249 | 66 | 1940 | 32 | 4125 |
| Slagelse Quartzite | | | | | | |
| Slagelse-1 | | 2928 | 6 | - | - | - |
| Hardeberga Sandstone | | | | | | |
| Terne-1 | | 3315 | 11 | 1972 | - | - |
| Precambrian basement | | | | | | |
| Frdh.-1 | | 1276 | 28 | 1090 | 26 | 2157 |
| Glamsbj.-1 | | 835 | 5 | - | - | - |
| Grindsted-1 | | 1567 | 48 | - | - | - |
| Ibenholt-1 | | 2533 | 26 | 1931 | 9 | 5690 |

Appendiks II

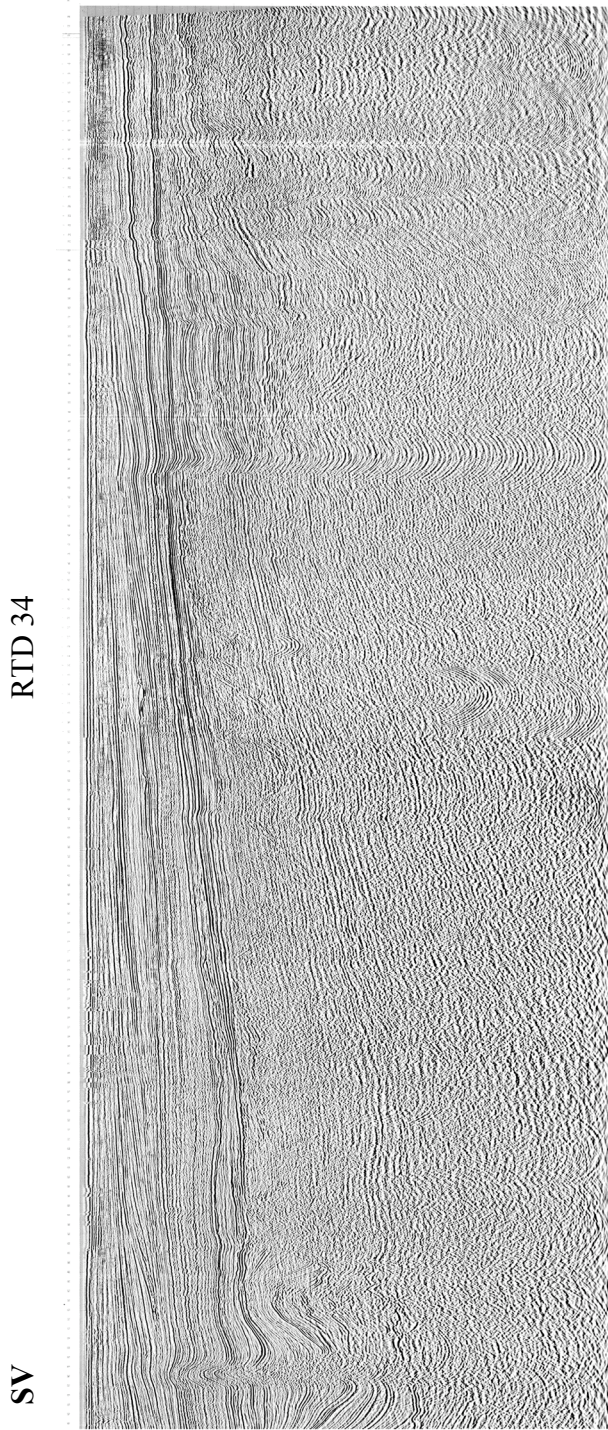
De regionale seismiske snittene som er tolket og digitalisert i de regionale profilene. Figurene er en avbildning av de seismiske snittene. Alle snittene har her øst opp.



Figur II-01: Til venstre linjene SP-82 43 og 47. b: Til høyre Sp-82 36 linjen.




Figur II-02: Til venstre SP-82 37 linjen. b: Til høyre Sp-82 35 linjen.




Figur II-03: Den seismiske linjen RTD-81 34.

Appendiks III



GECO
GEOPHYSICAL COMPANY
OF NORWAY A.S.

LINE: RTD-81-45



Nogec as
NORWEGIAN GEOPHYSICAL
CONSULTANTS

SP.8010 - 11085

NNW ← SHOOTING DIRECTION

MIGRATED STACK


RECORDING DATA

RECORDED BY: HORIZ LTD BOAT: NORTH. HORIZON DATE: OCT. 1981

| | | |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| POSITIONING: PRIM. PULSE-8.SEC. SAT.NAV. | CABLE: SEISMIC ENG. | SOURCE TO NEAR GROUP: 203 M |
| SOURCE: AIRGUN ARRAY | HYDROPHONES PER GROUP: 64 | NO OF GROUPS: 60 |
| GUN DEPTH: 6M | GROUP INTERVAL: 50 M | GROUP LENGTH: 50 M |
| VOLUME: 3814 CU.IN. | CABLE DEPTH: 12 M | CABLE LENGTH: 3000 M |
| PRESSURE: 2000 PSI | | |
| SHOT INTERVAL: 25M | | |

RECORDING SYSTEM: OFS V

RECORD LENGTH: 7.0 SEC
 RECORDING FOLD: 60 FOLD
 SAMPLE RATE: 4 MSEC.
 FORMAT: SEG.B
 RECORDING FILTER: LOW CUT: 5.3 HZ 18 DB/OCT
 HIGH CUT: 90 HZ 70 DB/OCT.



PROCESSING PARAMETERS

PROCESSED BY: GECO A.S STAVANGER DATE: SEP./APR.-1981/1982

1. DEMULTIPLEX, SUMMATION OF TWO ADJACENT SHOTS
2. DEPHASING FILTER
3. EXPONENTIAL GAIN SCALING
4. CDP-GATHER
5. DBS (SEE BELOW)
6. VELOCITY ANALYSIS: USING 2 CDFS IN EACH
7. NORMAL STACK-3000X FOLD
8. INVERSE EXPONENTIAL GAIN SCALING
9. GEOMETRICAL SPREADING CORRECTION, STATIC CORR. SHOT/RECEIVER +2MS
10. RUNNING TRACE MIX 1-2-1
11. DAS (SEE BELOW)
12. FINITE DIFFERENCE MIGRATION, TIME VARIANT FILTERING (SEE BELOW)
13. SCALING IN 500 MS ZONES, AVGAMP 0.5, PCT 75
14. DISPLAY (SEE BELOW)

| DECONVOLUTION | D B S | D A S |
|-------------------------|----------|----------|
| LENGTH AUTOCORR | 160MS | 160MS |
| LENGTH OPERATOR | 128MS | 136MS |
| MIN. PRED. DISTANCE | 32MS | 24MS |
| NO. OF AUTOCORR. WINDOW | 1 | 1 |
| AUTOCORR. WINDOW LENGTH | 3600 MS | 3600MS |
| APPLICATION WINDOW | 0-7000MS | 0-7000MS |

| | TIME (SEC.) | FREQ. (HZ) | SLOPE (DB/OCT) |
|--------------|-------------|------------|----------------|
| TIME VARIANT | 0.0 - 1.0 | 12 60 | 30/60 |
| ZERO PHASE | 1.0 - 2.0 | 12 50 | 30/60 |
| BAND PASS | 2.0 - 3.0 | 10 40 | 30/60 |
| FILTER | 3.0 - 4.0 | 8 35 | 30/60 |
| | 4.0 - 7.0 | 6 30 | 30/60 |

DISPLAY:

POLARITY: **NORMAL** (S E G STANDARD) COMPRESSIONAL WAVE DISPLAYED AS A TROUGH (WHITE)

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| HORIZONTAL SCALE | VERTICAL SCALE |
| FULL SCALE SECTIONS 1 : 25.000 | FULL SCALE SECTIONS 1 : 100.000 |
| HALF SCALE SECTIONS 1 : 50.000 | HALF SCALE SECTIONS 1 : 50.000 |

BAR SCALE: SP. 1 25M 40 500M 1KM

DISPLAY DATE: APR. 1982

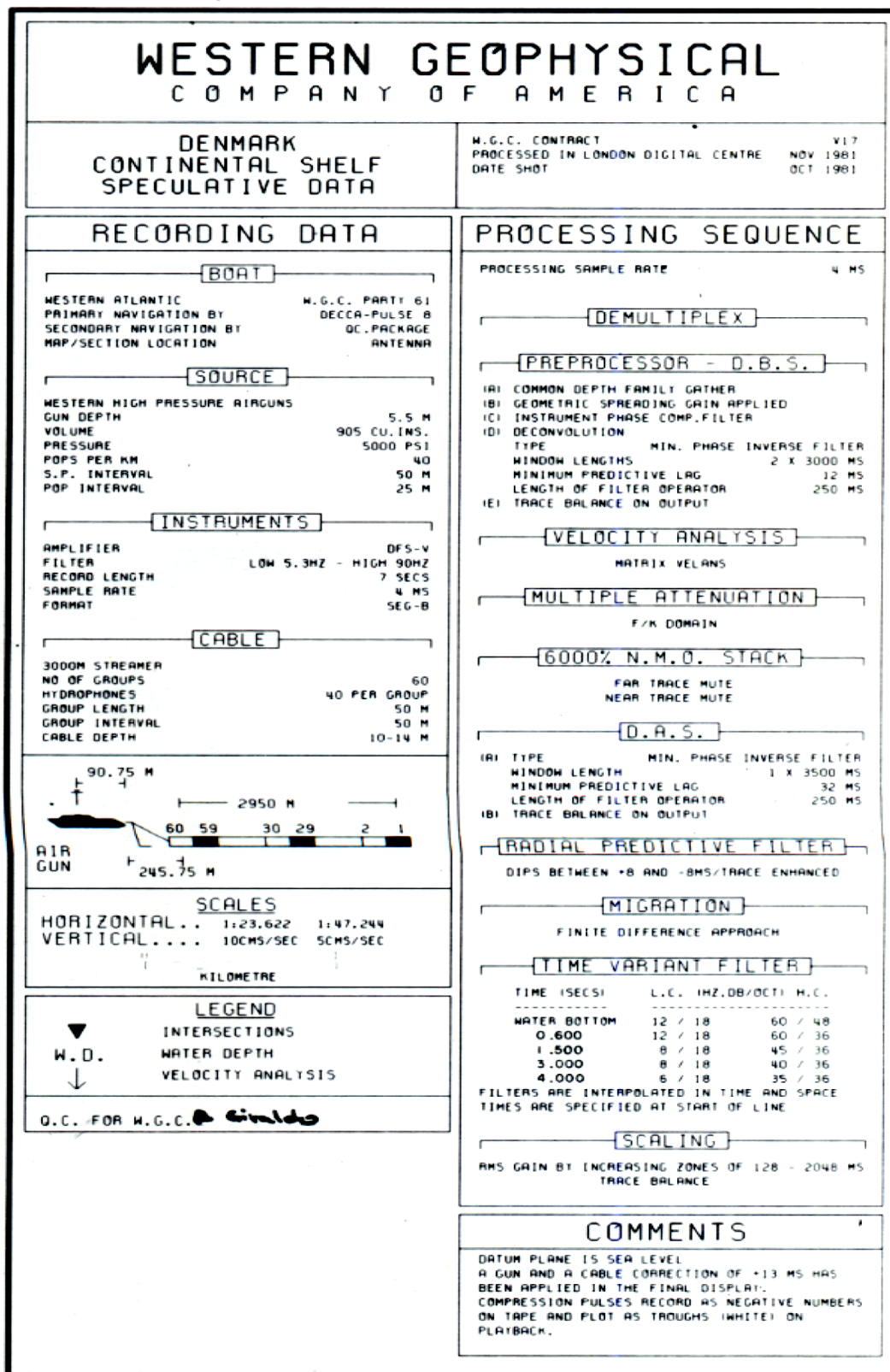
CHECKED DATE: SIGN:

FOR CLIENT USE CHECKED DATE: SIGN:

INTERPRETED BY: CHECKED DATE: SIGN:

LEGEND: WD = WATERDEPTH IN METERS
 V = POSITION OF VELOCITY ANALYSIS, VELOCITIES GIVEN IN M/S
 I = INTERSECTION

Figur III-01: Header til den seismisk undersøkelsen RTD-81.



Figur III-02: Header til den seismisk undersøkelsen DCS-81.



MERLIN GEOPHYSICAL
COMPANY LTD.

line: SP82-37B-3 sp 37705-40619
area: OFFSHORE DENMARK
title: 3000% FILTERED MIGRATION
direction: (ESE)

SPECULATIVE SURVEY

not to be sold or traded without permission

ACQUISITION:

SHOT BY: SEISMIC PROFILERS A.S. (JAN 1982)

ENERGY SOURCE:

type wide airgun array
pop interval 25m
shot point interval 25m
source energy 3640 cujns
source depth 7.5m

RECEIVING ARRANGEMENT:

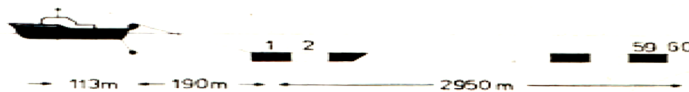
fold of recording 60
no. of groups 60 interval 50m
cable length 2950m depth 10m
near trace 1 offset 190m

INSTRUMENTATION:

recording system DFS V
gain type I.F.P.
filters: low cut 8 Hz. slope 18 dB/octave
high cut 90 Hz. slope 72 dB/octave
record format seg8
record length 7s
sample rate 4ms

POSITIONING SYSTEM:

primary: pulse 8 secondary: satnav



PROCESSING:

PROCESSED BY: MERLIN GEOPHYSICAL NORWAY A/S., SANDVIKA, NORWAY
(JAN/MAY 1982, CONTRACT 012)

1. DEMULTIPLEX:
2. TWO SHOT VERTICAL SUM:
3. SOURCE SIGNATURE COMPENSATION:
desired output 8(18)-60(24) Hz (dB/oct) min phase wavelet
4. STATIC CORRECTIONS:
a) source and receiver depth + 11 ms
5. DECONVOLUTION BEFORE STACK:
pre-deconvolution amplitude scaling 12dB/s exp. to 3.0s
type minimum phase least squares inverse
autocorrelation window length 2000ms 3000ms
max. prediction lag 240ms 240ms
min. prediction lag 20ms 20ms
post-deconvolution inverse scaling -12dB/s exp. to 3.0s
6. NMO CORRECTION:
velocity derivation contoured semblance spectra
offset dependent mute
7. STACK:
type trace weighted CDP
coverage 3000%
- space variant geometrical divergence compensation
8. DECONVOLUTION AFTER STACK:
type minimum phase least squares inverse
autocorrelation window length 2000ms 1600ms 2000ms
max. prediction lag 160ms 160ms 160ms
min. prediction lag 32ms 32ms 32ms
9. WAVE EQUATION MIGRATION:
finite difference solution 48ms depth step
pre-migration filter 7(24)-60(36) Hz (dB/oct)
migration velocity derivation interval velocity model
10. TWO DIMENSIONAL FILTER:
number of adjacent traces 7
passband +16ms to -16ms dip per trace
percentage input feedback 66
11. SPACE TIME VARIANT FILTER:
at sp 37705
time low cut high cut
(ms) Hz (dB/oct)
filters linearly interpolated 100 14(24) 60(36)
in space and time 1100 12(24) 55(24)
cuts and slopes specified 2600 10(24) 45(24)
at -3dB point 3800 7(24) 30(24)
12. AMPLITUDE BALANCE:
a) general amplitude trend removal
b) robust AGC

Figur III-03: Header til den seismisk undersøkelsen SP-82.