

R-01-07

Reflektionsseismiska studier inom Laxemarområdet

B Bergman, C Juhlin, H Palm
Uppsala Universitet, Institutionen för geovetenskaper

Februari 2001

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-01-07

Reflektionsseismiska studier inom Laxemarområdet

B Bergman, C Juhlin, H Palm

Uppsala Universitet, Institutionen för geovetenskaper

Februari 2001

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarens(nas) egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

Abstract

Two c. 2 km long crossing lines with high-resolution reflection seismics were acquired at Laxemar, close to The Äspö Hard Rock Laboratory, in December 1999. The main goal with the investigation was to make a full-scale test of developed methods in reflection seismics with the use of small shotholes and small explosive charges. The secondary goal was to identify fracture zones that might correlate with water bearing fracture zones found in boreholes.

Both lines had 10-meter separation between the geophones and charge holes. Shot sizes were 15-gram plastic explosives for shots in rock and 75-gram ones for shots in loose sediments and till.

The results from the measurements show that the small shotholes technique and small charges works well to investigate the rock down to a depth of 3–4 kilometers. The signal penetrates at least to c. 1500-metres (500 ms travel time for the seismic signal) along both lines. Over some parts of the lines the seismic signal penetrates to c. 6000-metres (2 seconds travel time). Five dipping reflectors (c. 30–50°) can be identified. Three of these can be projected up to the surface on both lines and their 3D orientation can be determined. These reflectors also coincide with topographical depressions. The two other dipping reflectors are only visible on one line, but can be assumed to correlate with topographical depressions and that way be assigned a three dimensional orientation. Four of the reflectors correlate with previously mapped fracture zones.

A zone of sub-horizontal reflectivity (0–15°) is visible at 650-900 meters depth where the lines cross the deep borehole KLX02. This zone dips gently towards the east and can be correlated with sections of greenstones found in KLX02. The zone of sub-horizontal reflectivity continues to the deep borehole KLX01, but is not as clear here. This sub-horizontal zone may be the hydraulic connection between the boreholes in their deeper part. Deeper down at 1100 ms (c. 3 km), there are strong reflections which probably arises from the same zone as seen on the Ävrö reflection seismic lines. This zone dips around 9° towards the north and would reach the surface c. 10-km south of Laxemar if it is planar.

Sammanfattning

Två cirka 2 km långa korsande linjer med högupplösande reflektionsseismik utfördes vid Laxemar, i närheten av Äspölaboratoriet, i december 1999. Huvudmålet med undersökningen var att genomföra en fullskalig tillämpning av utarbetad metodik för reflektionsseismik med användning av klenhålstekniken och små sprängladdningar. Delmål var att identifiera sprickzoner som kan korreleras med vattenförande zoner som påträffats i borrhål.

Båda linjerna hade 10 meters separation mellan geofonerna och 10 meter mellan spränghålen. Vid sprängningarna användes 15 gram sprängdeg vid skott i berg och 75 gram sprängdeg i lösa sediment och morän.

Resultatet från mätningen visar att klenhålstekniken med små laddningar fungerar utmärkt för att undersöka berget ner till cirka 3–4 kilometers djup. Signalerna penetrerar till minst cirka 1500 meter (500 ms gångtid för den seismiska signalen) längs bägge linjerna. Över vissa delar av linjerna penetrerar signalerna till minst cirka 6000 meter (2 sekunders gångtid).

Fem lutande reflektorer (30–50°) kan observeras. Tre av dessa kan projiceras upp till ytan på båda linjerna varvid de är tredimensionellt bestämda i position och de sammanfaller med topografiska sänkor. De två andra reflektorerna syns enbart på en linje men antas korrelera med topografiska sänkor och kan på så sätt ges en tredimensionell position. Fyra av de fem reflektorerna kan också korreleras med tidigare karterade sprickzoner.

En zon av subhorisontell reflektivitet (0–15°) ses på 650–900 meters djup där linjerna sammanfaller med djupborrhålet KLX02. Zonen stupar svagt mot ost och kan korreleras med avsnitt av grönstenar i KLX02. Zonen av subhorisontell reflektivitet sträcker sig även bort till djupborrhålet KLX01, men är inte lika tydlig här. Denna subhorisontella zon kan vara den som hydrauliskt förbinder de nedre delarna av borrhålen.

Djupare ner finns starka reflektioner vid 1100 ms (ca 3 km) som förmodligen kommer från samma zon som sågs på reflektionsseismiken på Ävrö. Denna zon stupar ca 9° mot norr och skulle skära ytan cirka 10 km söder om Laxemar om den vore plan.

Innehållsförteckning

	Sida
1 Inledning	7
1.1 Områdets geologi	7
1.2 Definitioner	7
2 Fältparametrar	9
2.1 Inmätning	10
2.2 Sprängning	10
2.3 Mätningar	11
3 Dataprocessering och analys	13
3.1 Data, Linje 1 och 2	13
3.2 Migration	19
3.3 Sprängning i lösa jordlager jämfört med i berg	19
3.4 Geofoner i lösa jordarter jämfört med i berg	23
4 Diskussion om seismiska data	25
4.1 Huvudreflektorer	25
4.1.1 Reflektorer som skär ytan	25
4.1.2 Ytnära subhorisontella reflektorer	26
4.1.3 Djupare reflektorer	27
4.2 Uppspruckna zonen vid 1550–1700 meters djup i KLX02	27
4.3 Jämförelse med hydrogeologiska mätningar	27
4.4 Framtida möjligheter	28
4.4.1 VSP (Vertical Seismic Profiling)	28
4.4.2 RVS	28
4.4.3 Längre N-S 2D linje	28
4.4.4 3D Seismik	28
5 Sammanfattning av resultat	29
6 Referenser	31
Bilagor:	
Bilaga A: Fullständiga processeringssteg	33
Linje 1	33
Linje 2	37
Bilaga B: Migrerade sektioner	41
Bilaga C: Stackade sektioner till 2 sekunder	43
Bilaga D: Genomsnitts DMO-hastigheter för migration av linje 1 och 2	45
Bilaga E: Otolkade stackade sektioner	46
Linje 1	46
Linje 2	47

1 Inledning

Reflektionsseismiska mätningar har på SKB:s uppdrag utförts vid området norr om Lilla Laxemar, i närheten av Äspölaboratoriet. Mätlinjerna placerades i anslutning till borrhålen KLX01 och KLX02 med målen att:

- Genomföra en fullskalig tillämpning av dittills utarbetad metodik för reflektionsseismik med användning av klenhålstekniken och små laddningar.
- Erhålla tydliga bilder av sprickzoner som kan korreleras med vattenförande zoner.

Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet organiserade experimentet och ansvarade för utförandet. Borrningen, markägarkontakterna och inmätningen utfördes av personal utanför universitetet.

1.1 Områdets geologi

Baserat på Bergman et al /1998, 2000/ domineras ytgeologin i Laxemarområdet av medelkorniga grå till grå-röda granitiska eller grandioritiska bergarter med porfyrisk struktur. En svag öst-västlig förskiffring kan ofta urskiljas i dessa. Söder om Frisksjön förekommer xenoliter av finkorniga basiska eller vulkaniska bergarter. Där förekommer också ett större grönstensmassiv. Detta massiv är inträngt av granitiska bergarter. Andra bergarter som förekommer i området består av gångar av röd till grå-röd finkorning granit, pegmatit och aplit. Området skärs av östvästliga och sydväst-nordostliga sprickzoner. På cirka hälften av området vid mätlinjerna är berggrunden täckt med lösa sediment och morän.

1.2 Definitioner

- Omigrerade data (Stackade data): Seismiska data som har bearbetats för att förbättra signal till brus förhållande och genom att addera signalerna på ett sådant sätt att reflekterade signaler förstärks. Dessa data är inte korrigerade för att lutande reflektorer återfinns längre upp och med en svagare lutning än dessa reflektorer har i verkligheten. Omigrerade data återges i registrerad tid.
- Migrerade data: Seismiska data som har korrigerats för att ge lutande reflektorer dess sanna djup och lutning. Dock kan fortfarande 2D seismiska data ge en felaktig bild på grund av att reflektorerna inte är plana mot linjerna utan lutar in emot dessa eller befinner sig helt på sidan av. Migrerade data anges antingen i teoretisk registrerad tid eller i faktiskt djup.
- Stationspunkt: Vid den punkt där i denna mätning både ett spränghål och en geofon belägen.
- Lutningen på reflektorer klassificeras i tabell 1-1.

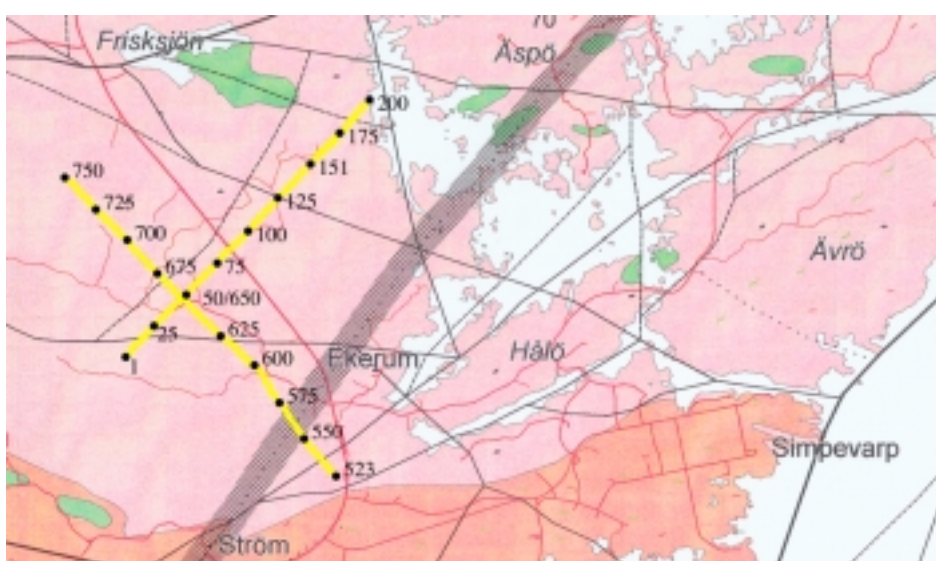
Tabell 1-1. Benämningar på reflektorer med avseende på dess lutning.

Benämning	Tolkad lutning i grader (°)
Subhorisontell	0–15
Svagt lutande	15–30
Lutande	30–60
Brant lutande	60–75
Subvertikal	75–90

2 Fältparametrar

Två linjer stakades i oktober-november 1999, en SV-NO (Linje 1) markerad 1–200 och en SO-NV (Linje 2) markerad 523–750, se figur 2-1, med en stationsseparation på 10 meter. Borrpersonalen instruerades att i första hand borra spränghål och geofonhål i berg om det fanns ett område med berg maximalt 0,3 meter parallellt med och maximalt 2 meter vinkelrätt mot linjen i förhållande till stakningspunkten. Om berg inte fanns inom det området har borringen gjorts i jord på stakningspunkten. Av den anledningen har inte stakningspunkten, spränghålet och geofonhålet alltid samma koordinater.

Linje 1 hade 200 spränghål och linje 2 hade 228 spränghål.



Figur 2-1. Berggrundsgeologisk karta med de seismiska linjerna (gula) och stationsnummer. Linje 1 (SV-NO) och Linje 2 (SO-NV), modifierad efter Bergman et al /1998, 2000/.



Figur 2-2. Berggrundsgeologisk karta med de seismiska linjerna (gula) och CDP nummer. CDP – Common Depth Point Linje 1 (SV-NO) och Linje 2 (SO-NV), modifierad efter Bergman et al /1998, 2000/.

Borring

Borringen utfördes av Södermans Bergsprängning under november och december 1999. Borringarna överlappade mätningarna några dagar i december, dock aldrig närmare den aktiva linjen än 500 meter.

Två typer av borrhål gjordes, en i berg och en i jord.

Berghålen gjordes med eldrivna bormaskiner. Ett bensindrivet elverk av typen Honda 2200 användes till att driva bormaskinerna. Främst användes Hilti TE 54 som också fungerade bäst för ändamålet men också Hilti TE 55, Hilti 74 och Atlas Copco Kango. Hålen gjordes 90 cm djupa, med en borrhåldiameter på 12 mm. In vid varje spränghål i berg borrades också ett geofonhål med 4–8 cm djup och en diameter på 8 mm.

Jordhålen borrades med kompressor och bormaskinen RH57B. Systemet transporterades med terrängbil Mercedes Unimod 406. Jordhålen gjordes 150 cm djupa och alla försågs med foderrör av plast eller järn. Foderrören hade en innerdiameter på 16 mm.

2.1 Inmätning

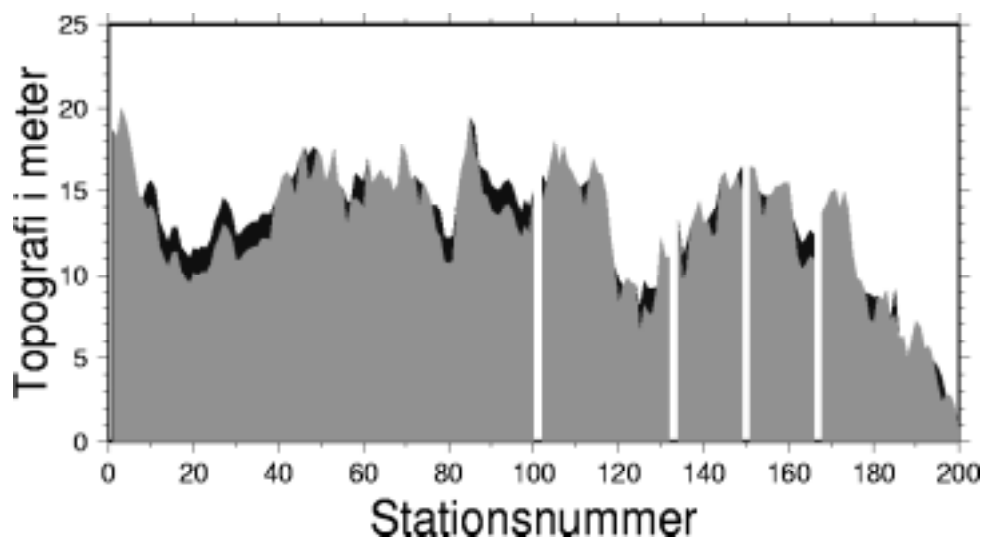
Inmätningarna utfördes av konsultföretaget Caliterra. Både GPS och teodolit användes. GPS användes först för att mäta in alla spränghål och geofonhål. Där mätvärdena från GPS mätningen inte var av god kvalitet mättes dessa in med teodolit. Vid teodolitmätningarna användes GPS värdena av god kvalitet som fixpunkter. Precisionen i GPS mätningar var bättre än en decimeter, både i horisontell och vertikal led, vilket motsvarande 1 % av avståndet mellan stationspunkterna.

2.2 Sprängning

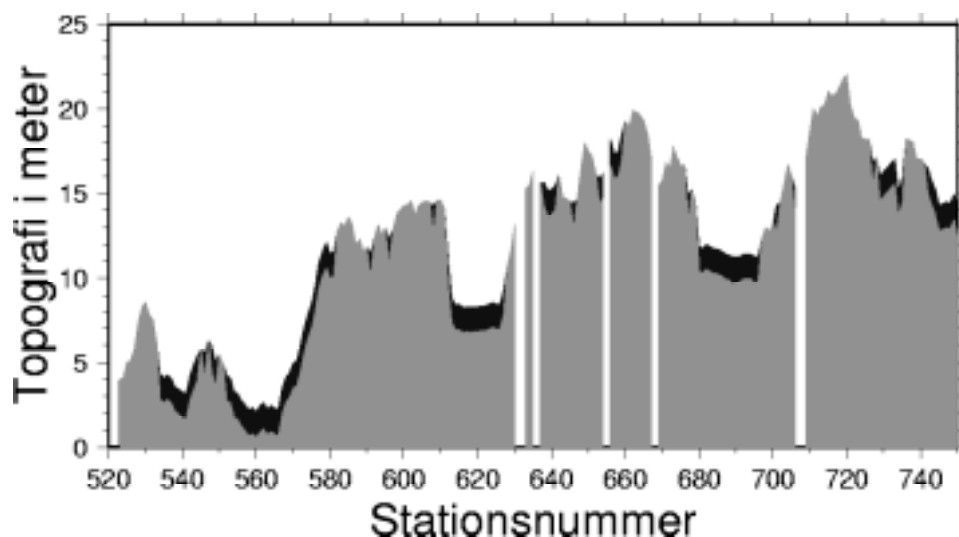
Linje 1 och linje 2 sköts under tidsperioden 5–20 december 1999. 11 spränghål kunde inte användas, motsvarande 2.6 % av totalt 428 borrade spränghål. De som inte kunde skjutas var igenpluggade av antingen is eller sten. I ett fall kunde inte öppningen lokaliseras på grund av att den doldes under lerigt vatten. Totalt sköts 227 skott i berghål, motsvarande 53 % av totala antalet spränghål samt 190 skott i jordhål motsvarande 44 % av antalet spränghål. Se tabell 2-1 för fördelningen på linjerna samt figur 2-3 och figur 2-4 för positionen av berghål och jordhål samt höjd för dessa.

Tabell 2-1. Fördelning av spränghålstyp för linjerna.

Skott på linjen	Berghål	Jordhål fodrade med plast	Jordhål fodrade med järn	% Berghål på linjen	% Jordhål på linjen	Ej skjutna på linjen
Linje 1	117	79	0	58,5	39,5	4
Linje 2	110	103	8	48,2	48,7	7



Figur 2-3. Specificering av spränghål i berg respektive i jord för linje 1. Svart i toppen markerar jordborrade sprängpunkter.



Figur 2-4. Specificering av spränghål i berg respektive i jord för linje 2. Svart i toppen markerar jordborrade sprängpunkter.

2.3 Mätningar

Mätsystemet SERCEL 348 användes för de seismiska mätningarna. Insamlingsparametrarna för SERCEL systemet anges i tabell 2-2.

Tabell 2-2. Fältparametrar för linjerna.

Typ av uppställning	End-on/Shoot through	Nominellt skottdjup i berg	90 cm
Antal kanaler	100	Nominellt skottdjup i jord	150 cm
Närmaste mätpunkt	20	Nominell fold	50
Geofonseparation	10 meter	Mätinstrument	SERCEL 348
Geofontyp	28 Hz enkel	Samplingsintervall	1 ms
Skottseparation	10 meter	Lågfrequensfilter	8 Hz
Skottstorlek i berg	15 gram	Högfrequensfilter	500 Hz
Skottstorlek i jord	75 gram	Inspelningslängd	2 sekunder

3 Dataprocessering och analys

Data processerades (vid Uppsala Universitet, avdelningen Fasta jordens fysik vid institutionen för geovetenskaper) med det kommersiella programmet ProMAX. Data visas som stackade och migrerade sektioner efter de linjer som visas i figur 2-1. Common Data Points (CDP) är belägna mellan skottpunkt och den geofon som registrerade data. Om reflektorn är horisontell överensstämmer positionen av CDP med mittpunkten mellan skott och geofonen som spelade in data. Om reflektorn lutar så kommer emellertid ytprojektionerna av CDP att bli skilda från mittpunkten mellan skott och geofon. Den sanna reflektionspunkten kommer alltid att vara närmare ytan när reflektorn lutar. I det extrema fallet att reflektorn är vertikal och hastigheten konstant i berget kommer reflektionspunkten att vara vid reflektorns skärning med ytan.

Statisk korrektion av data är en av de mest betydelsefulla korrektionerna för att ge tydliga reflektioner. Statisk korrektion används för att korrigera den seismiska signalen för att den passerat i ytnära områden med mycket låg hastighet

Jämförelser mellan de två linjerna där de korsas medger identifiering av reflektioner utanför linjeplanen vilket visar att området har 3D strukturer. Endast reflektioner vid korsningen av linjerna kan få deras 3D geometri bestämda. Andra reflektioner kan komma från en position utanför planen, men det kan inte bevisas utan att mer data insamlas. Omigrerade stackar och processeringsstegen vilka använts på data visas i detta kapitel. En integrerad tolkning av sektionerna är gjord i kapitel 4.

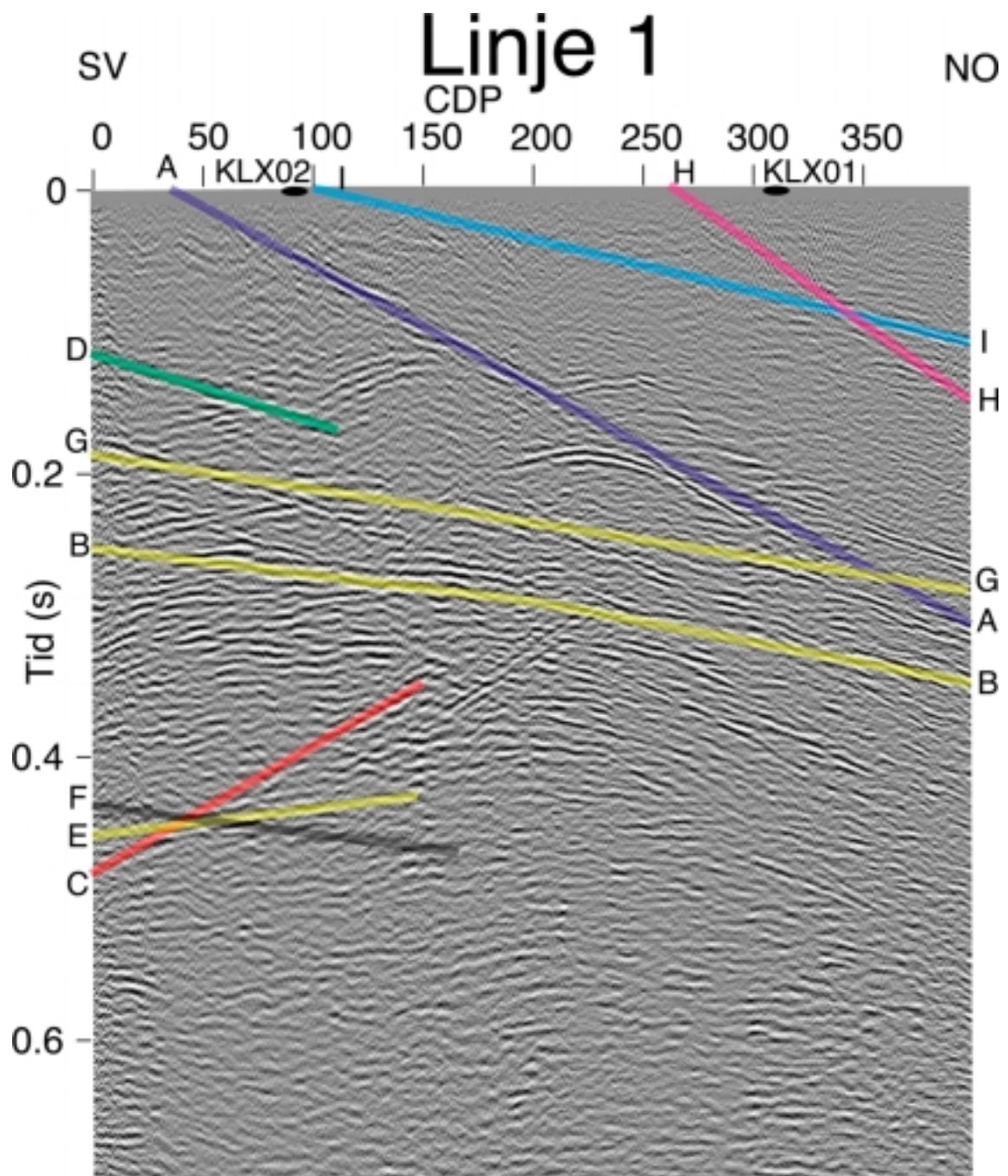
3.1 Data, Linje 1 och 2

De viktigaste processeringsstegen för linje 1 och linje 2 är listade i tabell 3-1. En komplett lista över processeringsstegen finns i bilaga A. Stackade data för linje 1 och linje 2 visas i figur 3-1 och figur 3-2 tillsammans med tolkade reflektorer (för otolkade stackar, se bilaga E).

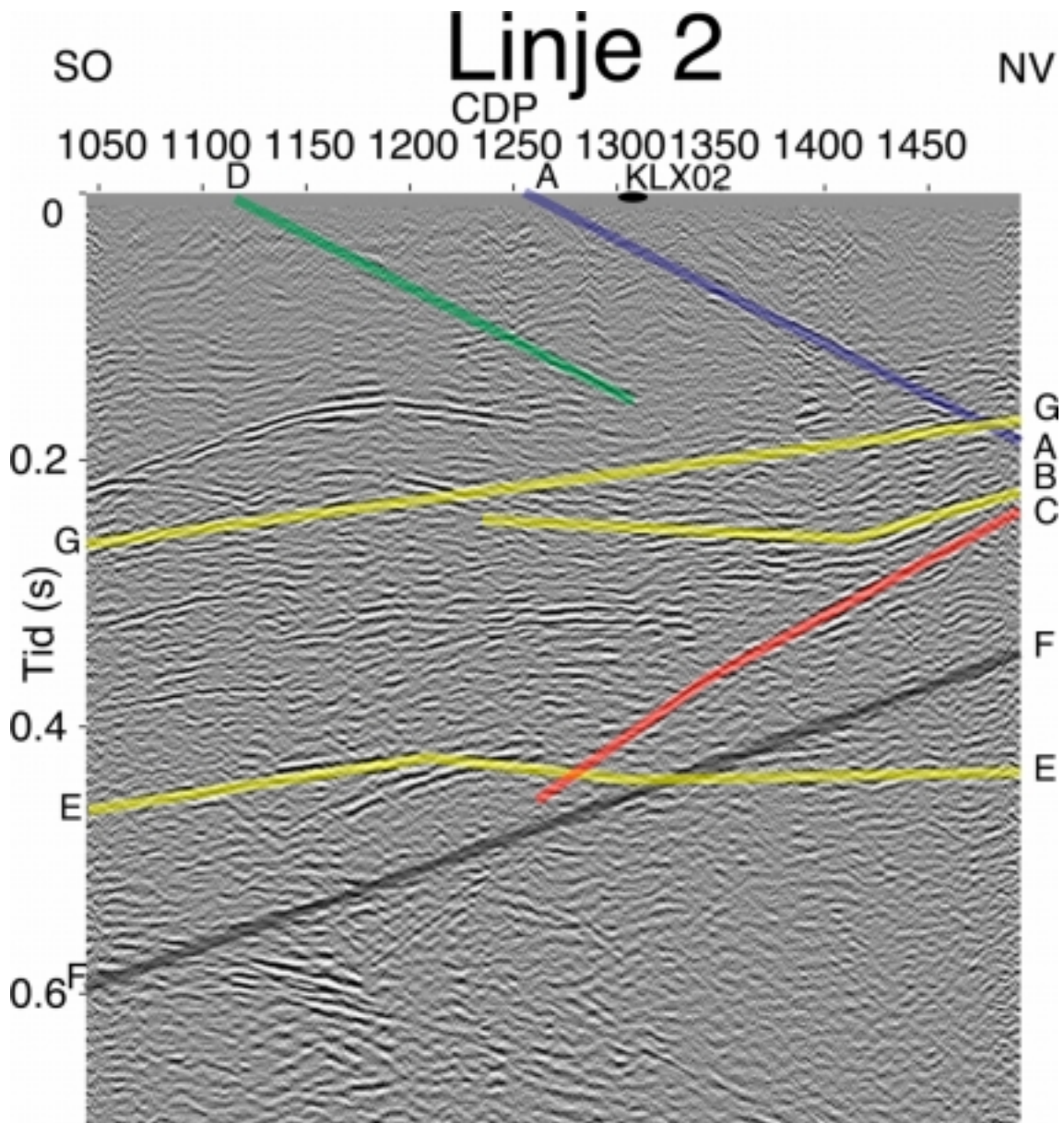
Figur 3-3 och figur 3-4 visar alla tolkade reflektorer som finns på både linje 1 och linje 2 och som korsar borrhålet KLX02. Sektionerna är samma som i figur 3-1 och figur 3-2 men är klippta och sammanfogade vid borrhålet för att ge en 3D presentation av tidssektionerna. De identifierade reflektionernas strykning och skenbara lutning sammanställs i tabell 3-2, sid 16.

Tabell 3-1. De viktigaste processeringsstegen för båda linjerna.

1	Read SEG2 data – 2000 ms
2	Spike and noise edit
3	Pick first breaks
4	Scale by t^{**2}
4	Refraction statics
5	Surface consistent spiking deconvolution Design gate 0 m: 200–500 ms, 500 m: 350–600 ms Operator 40 ms White noise added 1 %
6	Bandpass filter 70-140-300-420 Hz 0– 200 ms 60-120-300-420 Hz 100– 400 ms 50-100-300-420 Hz 300– 500 ms 40-80-240-360 Hz 500– 800 ms 30-60-1680-240 Hz 700–2000 ms
7	Sort to receiver domain
8	Residual statics – Pass 1
9	Trace top mute 0 m: 1 ms 100 m: 18 ms 1000 m: 183 ms
10	AGC – Apply and save – 50 ms window
11	Velocity filtering – median method Remove 3000 m/s
12	AGC – remove
13	Sort to CDP domain
14	Velocity analyses
15	Residual statics – Pass 2
16	Trim statics – 2 ms maximum shift
17	Sort to common offset domain
18	AGC – 50 ms window
19	NMO
20	Common offset F-K DMO velocity – average DMO velocity
21	AGC – 50 ms window
22	Trim statics – 2 ms maximum shift
23	F-X Decon
24	Trace equalization 100–1000 ms
25	Kirchoff Depth migration same velocity as DMO 5500 m/s
26	Trace equalization 200–500 m



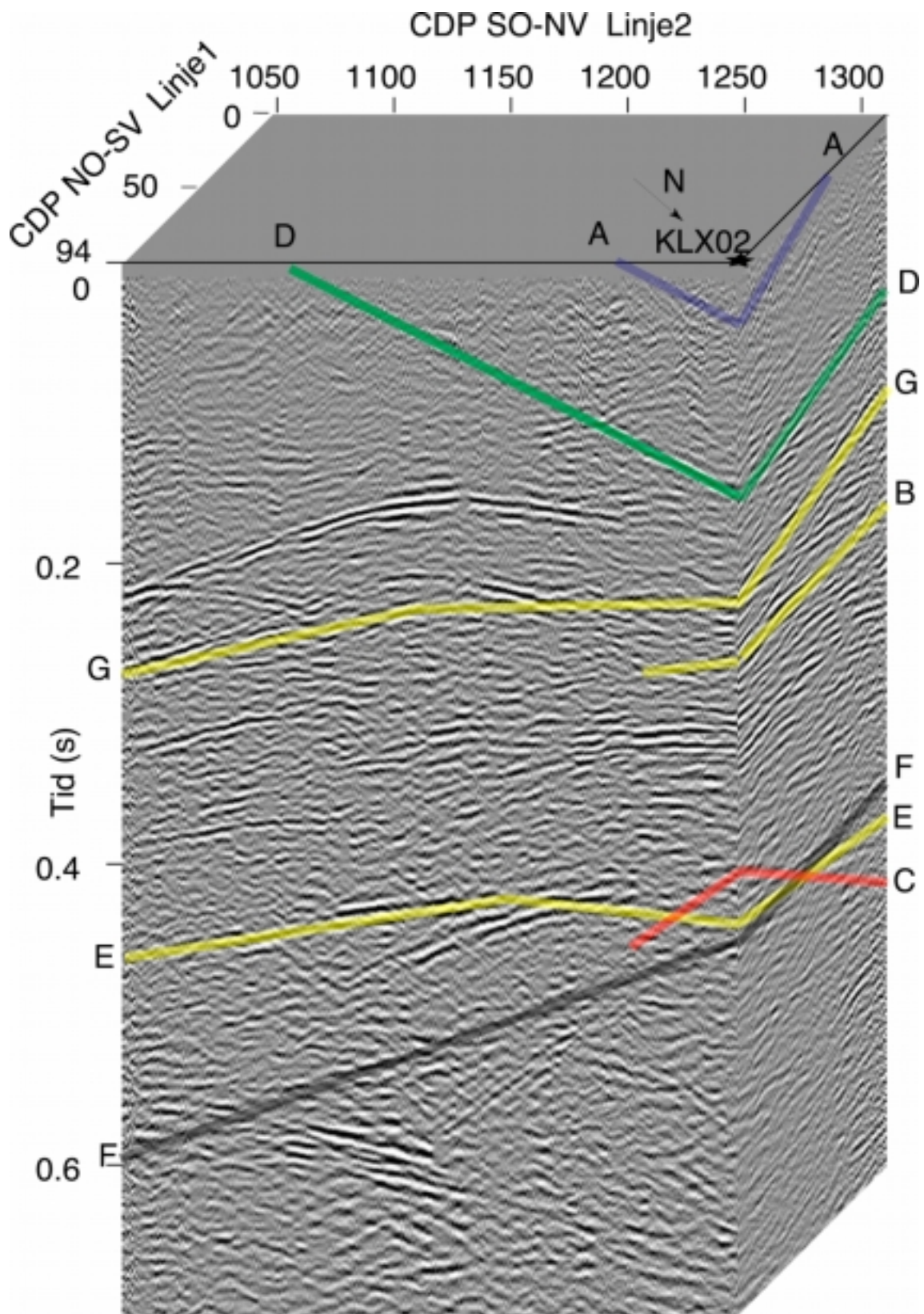
Figur 3-1. Stackad sektion av linje 1, den horisontella axel anger CDP punkt. Tolkade reflektorer är markerade med en linje och bokstavsbezeichnung.



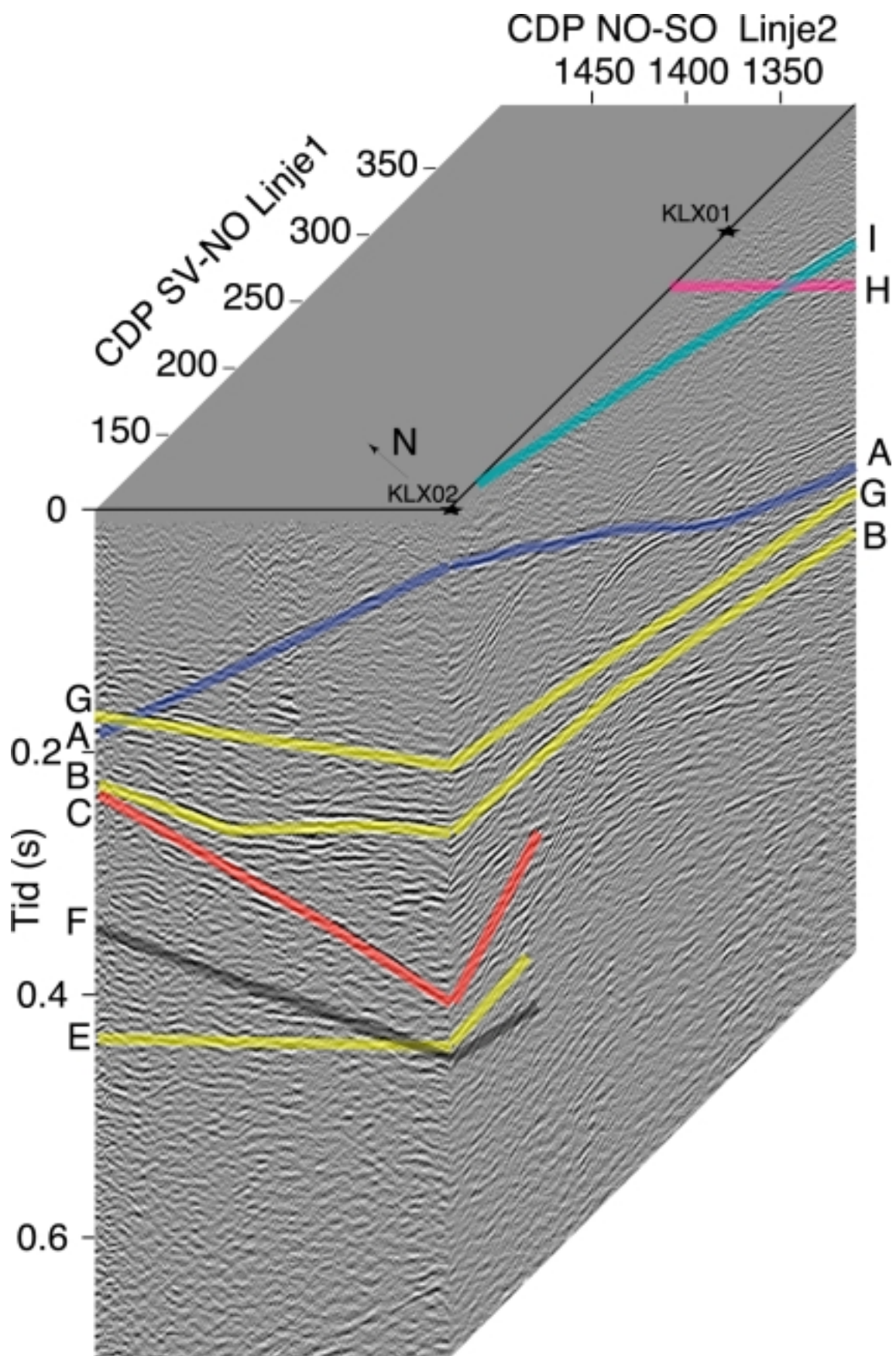
Figur 3-2. Stackad sektion av linje 2, den horisontella axel anger CDP punkt. Tolkade reflektorer är markerade med en linje och bokstavsbezeichnung.

Tabell 3-2. Tabell över tolkade reflektorer, strykning, skenbar lutning samt uppskattning av den verkliga lutningen.

Reflektor	Strykning i grader (°) medsols från norr	Skenbar lutning i ms/km	Lutning i grader (°) efter migration med Vkonst.=5500 m/s
A	273	230	39
B	308	55	9
C	95	267	47
D	250	194	32
E	143	30	5
F	28	246	43
G	351	66	10
H	Okänd	Minst 210	Minst 35
I	Okänd	Minst 83	Minst 13



Figur 3-3. Stackade sektioner av linje 1 och linje 2 sammanfogade vid borrhållet KLX02, betraktad från norr. Horisontella axlar anger CDP punkt. Tolkade reflektorer är markerade med en linje och bokstavs-beteckning.



Figur 3-4. Stackade sektioner av linje 1 och linje 2 sammanfogade vid borrhålet KLX02, betraktad från söder. Horisontella axlar anger CDP punkter. Tolkade reflektorer är markerade med en linje och bokstavsbezeichnung

I de omigrerade data syns reflektorer A-D litet tydligare än reflektorer E-I. Enbart reflektorer som kan tolkas tredimensionellt är markerade i figurerna ovan. Reflektorer som inte korsar profilerna har antagligen inte någon utsträckning utanför det markerade avsnitten, möjligtvis kan det skymmas av någon överliggande reflektor. Den troliga utsträckningen av reflektorerna är markerade i figur 4-1 och figur 4-2.

Reflektor A är den stupande reflektor som säkert finns i mätområdet då den skär båda linjerna och skär ytan i mätområdet. Reflektor D finns också inom mätområdet då den skär linje 2. Vidare kan reflektor C projiceras mot ytan och den korsar då även det rektangulära området som spänns upp av linjerna. Reflektorer B, E och G är subhorizontella reflektorer. Reflektor F är en stupande reflektor som finns utanför linjerna.

Reflektorer I och H är reflektorer som bara syns på linje 1. Dessa två reflektorer kan inte ges någon strykning eller lutning då de inte kan tolkas tredimensionellt, dess minsta lutning kan dock ges, se tabell 3-2.

De andra reflektorerna kan inte bestämmas då de inte kan sammankopplas mellan de olika linjerna och inte skär ytan. Reflektorerna återfinns med stor sannolikhet ej vertikalt under linjerna utan reflektorerna kommer från sidan av dessa. Djupare reflektioner tas upp i avsnitt 4.1.3.

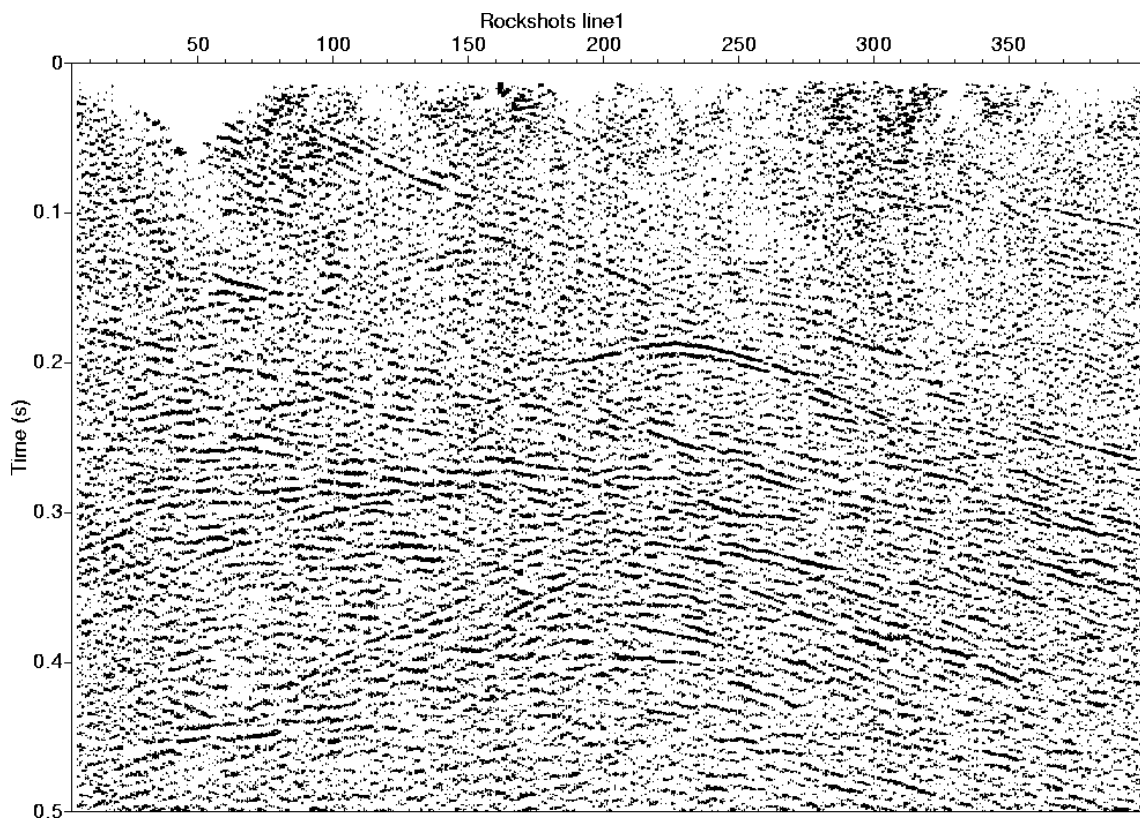
De hyperboliska reflektioner som syns i figur 3-1 till figur 3-4 är troligtvis diffrakterade signaler från block av berg med annan geologi än omkringliggande bergmassa.

3.2 Migration

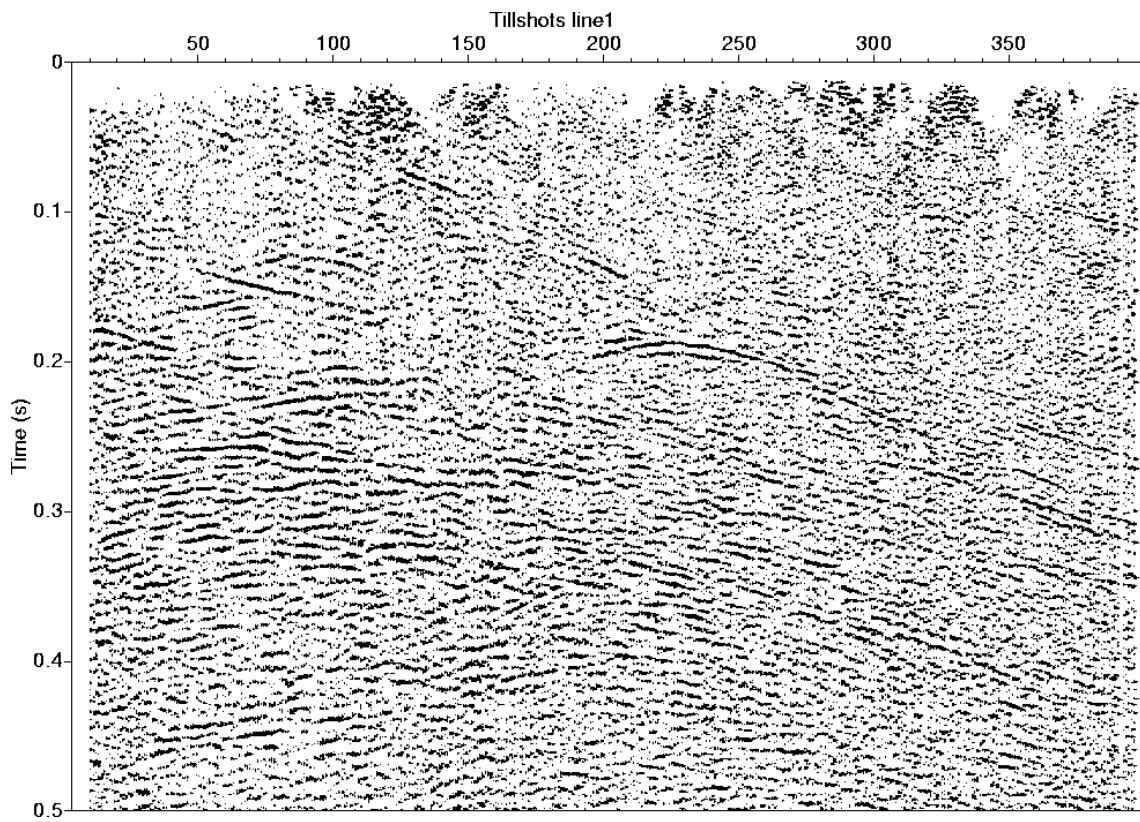
Migrerade sektioner visas i bilaga 2. Linje 2 har migrerats med genomsnitts DMO hastigheten (se bilaga D) vilket gav en relativt bra migrerad sektion. När linje 1 migrerades med genomsnitts DMO hastigheten (se bilaga D) blev sektionen övermigrerad, en indikation av att många av reflektionerna kommer utanför planet av linjen eftersom hastigheten är lägre närmare ytan. Linje 1 blir mycket mindre övermigrerad när en lägre konstant hastighet på 5500 m/s används. Om de migrerade sektionerna skall användas för tolkning så är sektionen för linje 2 förmodligen mer tvådimensionell än den för linje 1. Men notera att det bevisligen finns 3D effekter även i linje 2, till exempel reflektorerna A och C.

3.3 Sprängning i lösa jordlager jämfört med i berg

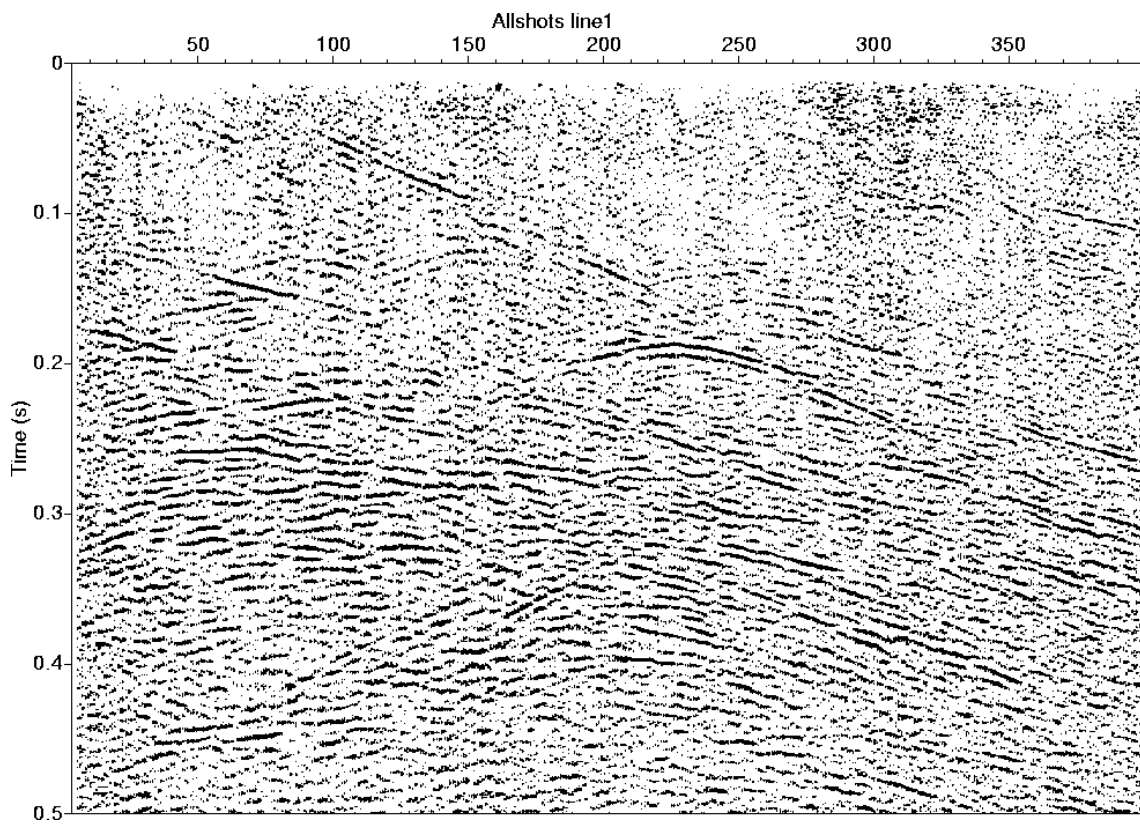
En uppdelning av skott skjutna i berghål respektive jordhål visar att båda typerna bidrar med nästan lika mycket information, figur 3-5, figur 3-6, figur 3-8 samt figur 3-9. Informationen från de separerade typerna är densamma som från de ej uppdelade, figur 3-7 och figur 3-10. De ytliga reflektionerna syns bättre och de djupare reflektionerna är lite skarpare vid skott skjutna i berg. Mätdata från både geofoner i jord respektive berg är medtagna. För jämförelse mellan mätdata från geofoner i berg och geofoner i jord se avsnitt 3.4.



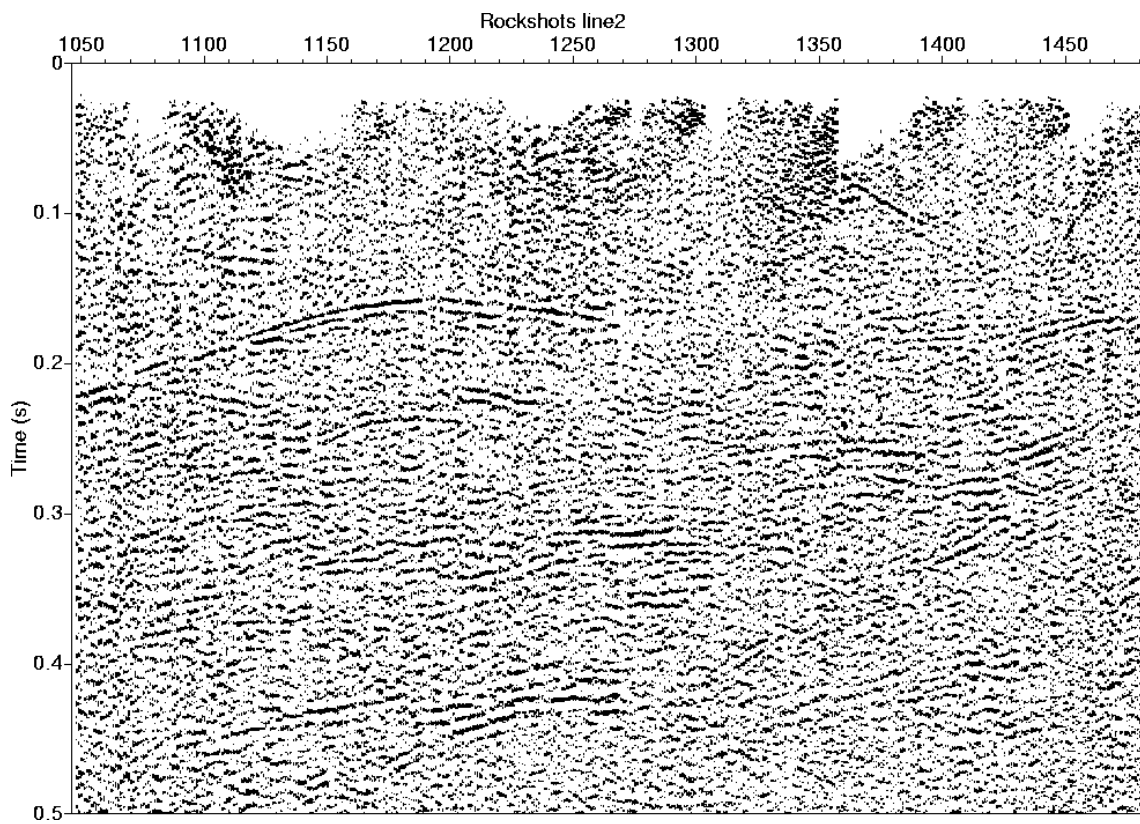
Figur 3-5. Enbart sprängning i berg på linje 1.



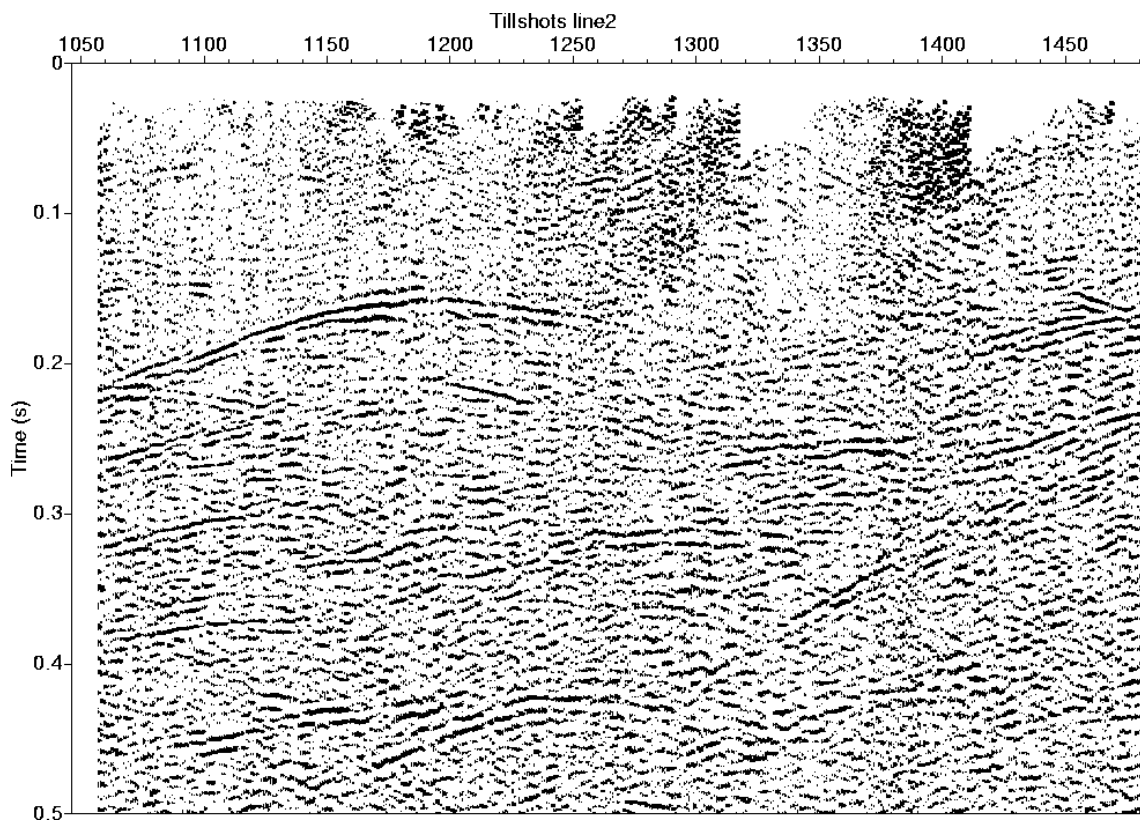
Figur 3-6. Enbart sprängning i jord på linje 1.



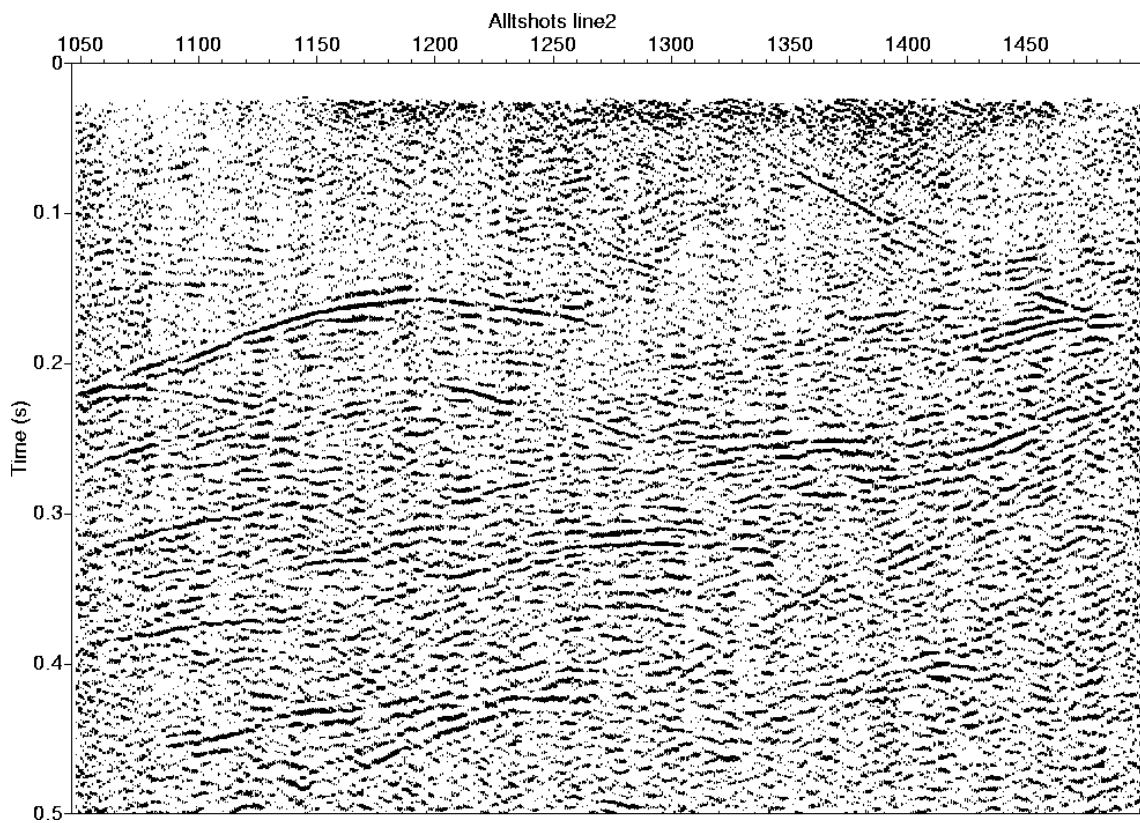
Figur 3-7. Sprängning i berg och jord på linje 1.



Figur 3-8. Enbart sprängning i berg på linje 2.



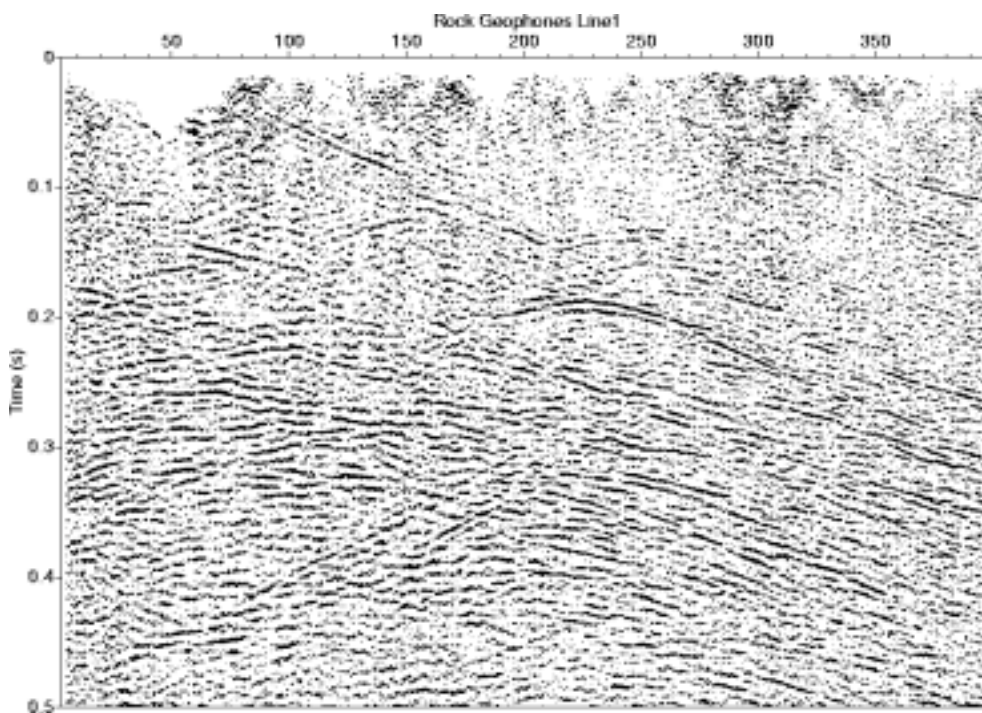
Figur 3-9. Enbart sprängning i jord på linje 2.



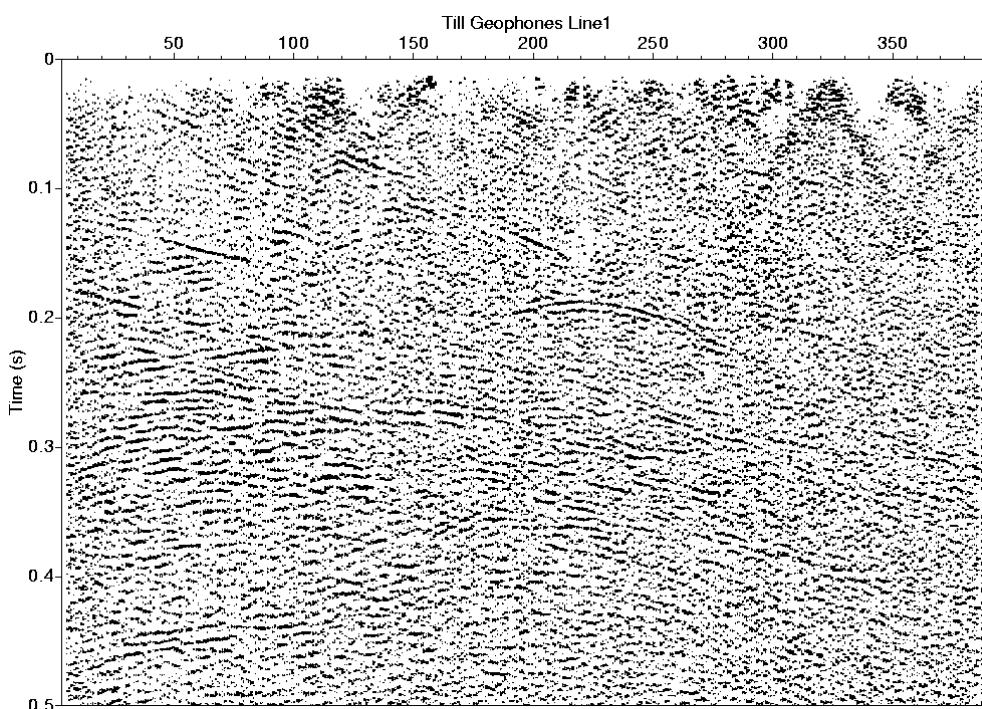
Figur 3-10. Sprängning i berg och jord på linje 2.

3.4 Geofoner i lösa jordarter jämfört med i berg

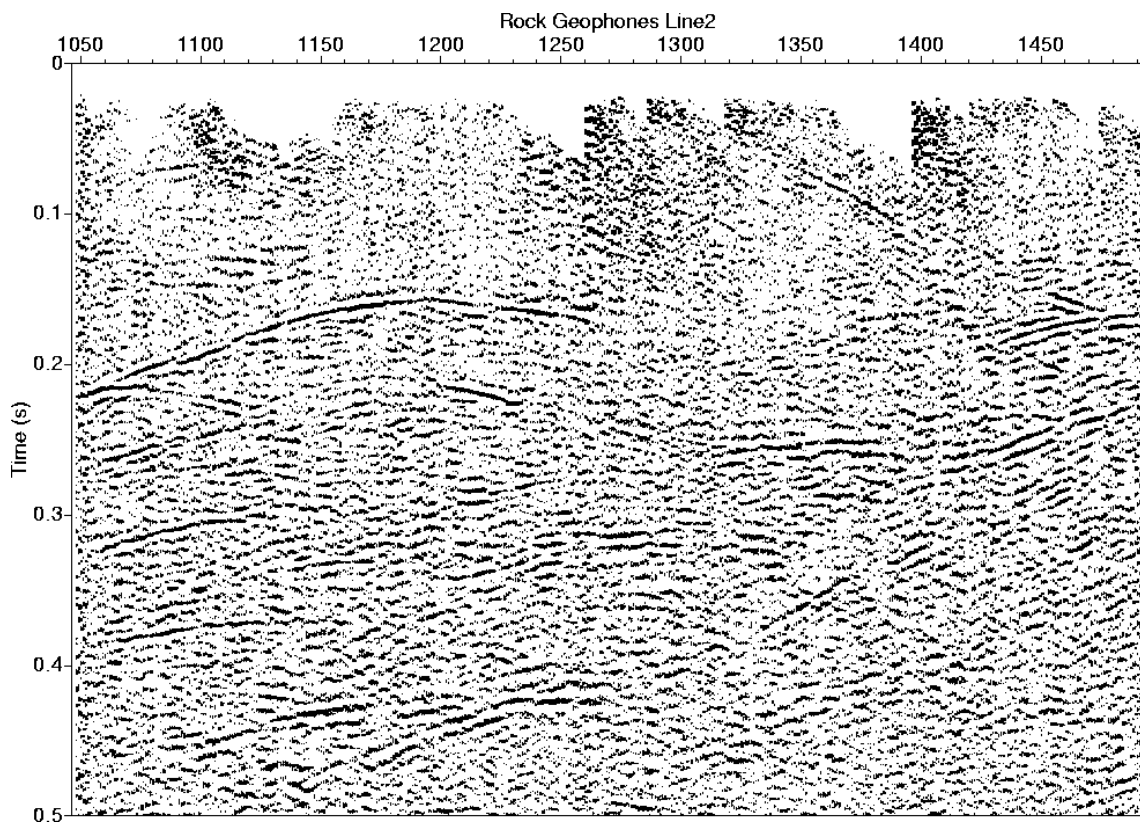
En uppdelning av mätdata från geofoner placerade på berg respektive jord visar att geofoner fastkilade i berg, figur 3-11, figur 3-13, har en bättre signalmottagning jämfört med geofoner nedtryckta i jord figur 3-12 och figur 3-14. De ytliga reflektionerna syns bättre och de djupare reflektionerna är lite skarpare vid geofoner belägna i berg. Vidare syns att vid geofoner i jord får man en ökad grad av oönskad energi från ytvågor som visar sig som koner med spetsen i toppen på stacken eller som mycket branta skenbara reflektorer. Skott från både jordhål och berghål är använda.



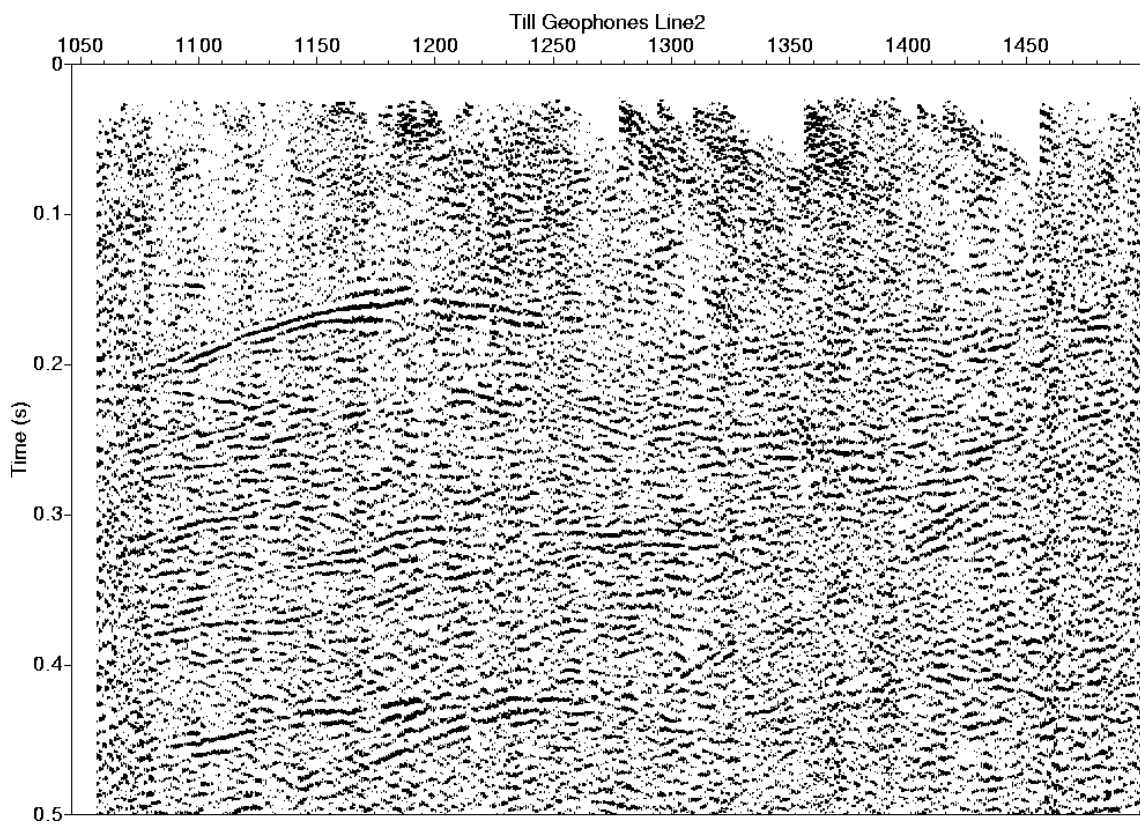
Figur 3-11. Geofoner i berg på linje 1.



Figur 3-12. Geofoner i jord linje 1.



Figur 3-13. Geofoner i berg på linje 2.



Figur 3-14. Geofoner i jord på linje 2.

4 Diskussion om seismiska data

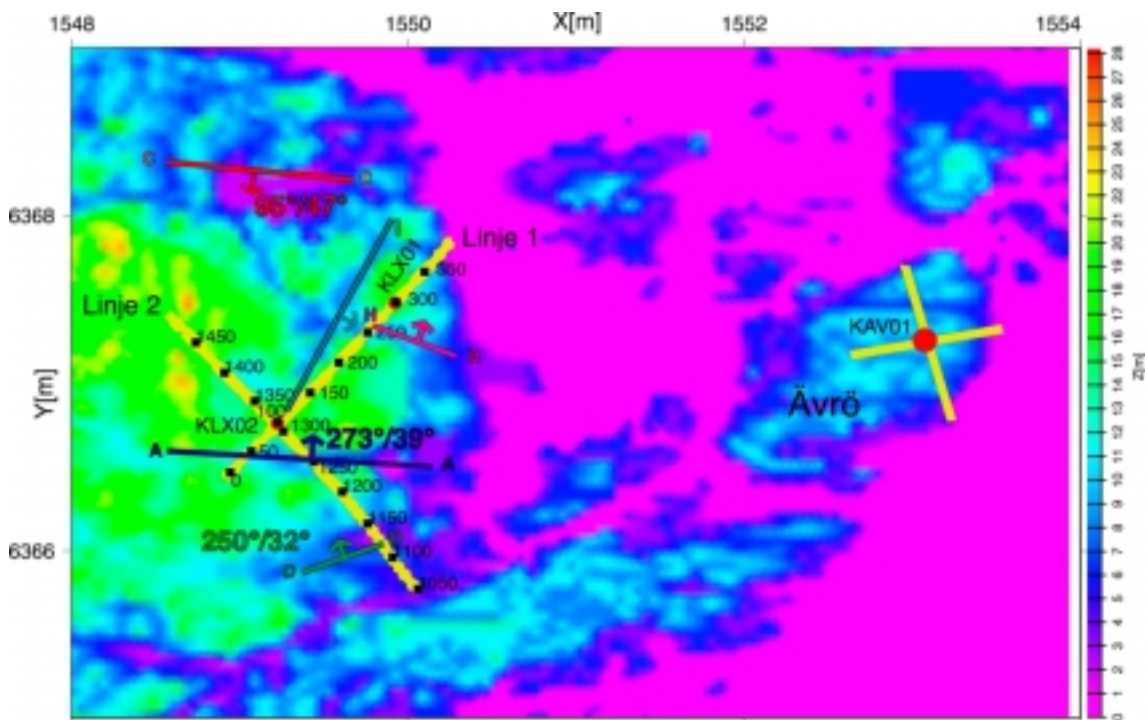
4.1 Huvudreflektorer

4.1.1 Reflektorer som skär ytan

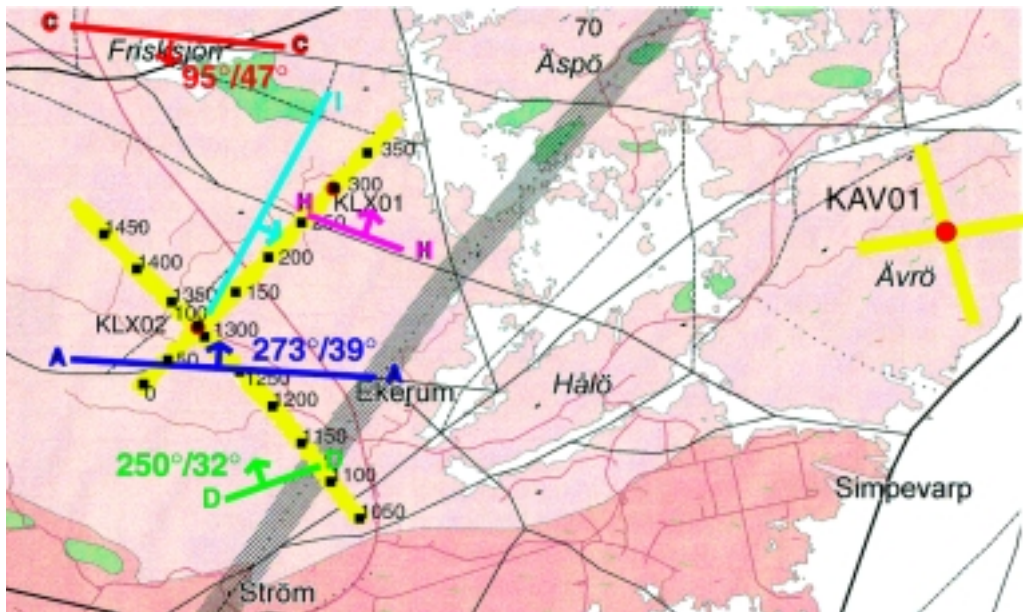
Det är fem lutande reflektorer med utsträckning upp till ytan på linje 1 och linje 2. Reflektor A, den tydligaste reflektorn i de översta 500 metrarna, sammanfaller med en topografisk sänka ca 250 meter rakt söder om KLX02, figur 4-1. Reflektor A sammanfaller samtidigt med en sprickzon markerad på den berggrundsgeologiska kartan, figur 4-2.

Med den beräknade lutningen på reflektorn ($\sim 39^\circ$) så kan skärningspunkten med KLX02 uppskattas till ca 200 meters djup och skärningen med KLX01 uppskattas till 650 meters djup, om reflektorn är plan. Reflektor A kan förmodas sammanfalla med den flödesanomali som uppmättes strax under 200 meters djup i KLX02 och 30-meters intervalltester tagna mellan 600 meter och 700 meter i KLX01.

Reflektor C:s skärning med ytan kan korreleras med en topografisk sänka ca 1325 meter norr om KLX02 respektive ca 600 meter norr om KLX01, figur 4-1. Reflektor C sammanfaller också med en sprickzon markerad på den berggrundsgeologiska kartan, figur 4-2. Skärningsdjupen med borrhålen kan då beräknas till ca 1.4 km för KLX02 respektive ca 650 meter för KLX01. Denna reflektor diskuteras vidare i avsnitt 4.2.



Figur 4-1. Topografisk karta med CDP punkter samt Reflektorer A, C, D. Troliga positioner av de ej tredimensionellt bestämda reflektorerna I och H är markerade. Ön Ävrö och de där skjutna linjerna syns till höger /Juhlin and Palm, 1997/.



Figur 4-2. Berggrundsgeologisk karta med CDP punkter samt reflektorer A, C, D. Troliga positioner av de ej tredimensionellt bestämda reflektorerna I och H är markerade. Ön Ävrö och de där skjutna linjerna syns till höger /Juhlin and Palm, 1997/, kartan modifierad efter Bergman et al /1998, 2000/.

Reflektor D skär ytan ca 800 meter SSO från KLX02 respektive ca 1330 meter från KLX01, reflektorn sammanfaller också med en topografisk sänka, se figur 4-1. Denna reflektor beräknas korsa KLX02 på ca 500 meters djup respektive KLX01 på ca 830 meters djup. Reflektor D finns inte markerad på den berggrundsgeologiska kartan, där den korsar linjen på samma ställe som den plastiska deformationszonen som löper SV-NO (rastrerad på kartan) men kan bara följas väster om denna, figur 4-2.

Reflektorer I och H kan inte ges en 3D tolkning enbart med seismiska data då dessa reflektorer bara återfinns på linje 1. Dock kan dessa reflektorer följas upp till ytan. Deras skärningspunkter med ytan sammanfaller med topografiska sänkor, figur 4-1, samt karterade sprickzoner, figur 4-2.

En trolig tolkning av reflektor H är att den sammanfaller med den ena sänkan och den karterade sprickzonen. Reflektor H skulle då ha en lutning på 44° mot NNO och den skulle skära KLX01 på ca 200 meters djup. En trolig tolkning av reflektor I är att den sammanfaller med den andra sänkan och den karterade sprickzonen. Reflektor I skulle då ha en lutning på 44° mot OSO och den skulle skära KLX01 på ca 300 meters djup.

4.1.2 Ytnära subhorisontella reflektorer

Reflektorerna B och G, och reflektioner associerade med dessa, har en gångtid på ca 200–300 ms och är subhorisontella (figur 3-1 till figur 3-4). På de migrerade sektionerna (se bilaga B) ligger dessa reflektorer på ca 650–900 meters djup. Deras subhorisontella struktur är tydligast på linje 2. På linje 1 ger de ett intryck av att stupa mjukt mot NO och deras förekomst är otydlig under KLX01. I djupintervallet 700–900 meter i KLX02 finns det ett starkt inslag av grönstenar. Det är möjligt att dessa bergarter ger upphov till reflektionerna B och G och de andra subhorisontella reflektionerna från motsvarande djup. Det uppspruckna berget associerat med grönstenarna kan också ge bidrag till den förhöjda reflektiviteten.

Reflektor E vid ca 400 ms ligger djupare (ca 1200 meter på migrerade sektionen för linje 2, bilaga B). Denna kan korreleras med ett grönstensparti, men också en sprickzon, i KLX02, på detta djup.

4.1.3 Djupare reflektorer

De två linjerna processerades ner till 2 s, de kompletta stackarna visas i bilaga C. Signalkvaliteten varierar längs linjerna under 500 ms, men bitvis är den mycket bra. Under den SO halvan av linje 2 finns det två mycket tydliga subhorisontella reflektioner vid ca 1100 ms med en skenbar stupning till NV. Dessa finns också på linje 1, men här inte lika tydliga, med en skenbar stupning mot NO. Dessa reflektioner motsvarar förmodligen de som observerades under Ävrö med samma gångtid /Juhlin and Palm, 1997/. Om reflektorerna består av plan, har de en skenbar stupning av ca 100 ms/km (ca 9°) mot norr vilket innebär att de skulle skära ytan ca 10 km söder om Laxemarområdet.

4.2 Uppspruckna zonen vid 1550–1700 meters djup i KLX02

Den starkt uppspruckna zonen vid 1550–1700 meters djup i KLX02 syns inte tydligt på reflektionsseismiken. Detta kan bero på att den är subhorisontell, men ej reflektiv, eller att den är för brant stupande för att kunna följas ända fram till borrhålet på dessa förhållandevis korta linjer. Det är förmodligen det senare som är orsaken till att den inte syns tydligt. Reflektor C beräknades att stupa 48° åt syd vid vågutbredningshastighet av 5500 m/s (tabell 3-2) och skär därmed KLX02 vid 1400 meters djup. Om en högre hastighet antas (6000 m/s) blir stupningen ca 53° och den skär då KLX02 vid 1760 meters djup. Det är troligt att det är reflektor C som motsvarar den uppspruckna zonen vid 1550–1700 meters djup i KLX02. En ny mätning längs en N-S linje sträckande 1500 meter norr om KLX02 till 3,5 km söder om borrhålet skulle kunna bekräfta detta påståendet.

4.3 Jämförelse med hydrogeologiska mätningar

Interferenstester mellan KLX01 och KLX02 visar att det finns en hydraulisk koppling mellan borrhålsintervallet 0–805 meter i KLX02 med intervallet 272–695 meter i KLX01 samt en koppling mellan 805–1103 meters djup i KLX02 med 695–1078 meters djup i KLX01.

Reflektor A skär KLX02 på ca 200 meters djup och är med stor sannolikhet kopplat till den ökande hydrauliska konduktiviteten strax under detta djup som noterades i flödesloggningen. Reflektor A beräknas skära KLX01 vid ca 650 meters djup. Det är möjligt att det är genom reflektor A den översta hydrauliska kopplingen sker.

Intervallet mellan 805–1103 meters djup i KLX02 täcker en stor del av grönstenarna mellan 700 meter och 900 meters djup i borrhålet som tolkas att luta mot ost. Det kan vara genom de sprickor associerade med dessa bergarter som den hydrauliska kopplingen mellan KLX02 och KLX01 sker i de djupare delarna av borrhålen. Detta innebär att flödet sker längs en storskalig subhorisontell zon.

4.4 Framtida möjligheter

4.4.1 VSP (Vertical Seismic Profiling)

Det finns ett flertal reflektorer som skär KLX02. Att detta verkligen är fallet kan bekräftas med VSP. De reflektorer som är av störst intresse att bekräfta ner till 1200 meters djup är den stupande reflektorn A och de subhorisontella B, G och E. En VSP skulle även möjligen ge information om reflektor C och om den verkligen skär borrhålet vid 1550–1700 meters djup. SKB planerar att genomföra VSP under hösten 2000.

4.4.2 RVS

SKB provar för närvarande användning av 3-D modelleringsverktyget RVS för att hjälpa vid tolkning och presentation av reflektionsseismik. Den komplicerade geometrin för reflektorerna vid Laxemar medför att RVS torde vara till hjälp även här. Detta kommer troligen att göras efter VSP har utförts.

4.4.3 Längre N-S 2D linje

En längre N-S 2D linje skulle kunna lösa två problem gällande strukturerna i Laxemarområdet:

- Följa reflektor C upp till ytan och ner till var den skär borrhålet KLX02.
- Följa de djupa reflektorerna vid 1100 ms upp till ytan mot söder.

Detta skulle kräva en 10–12 km lång linje som delvis skjuts till sjöss.

4.4.4 3D Seismik

De komplicerade strukturerna i Laxemarområdet av lutande reflektorer med olika strykningar skulle kunna upplösas med 3D seismik. En 3D undersökningens stora tidsåtgång och omfattning gör dock att metoden ställs i jämförelse med, t ex ett flertal korsande 2D linjer. Eftersom SKB inte provat 3D seismik bör i första hand förutsättningar för metoden utredas. 3D seismiska undersökningar har gjorts inom olje- och malmprospekteringsindustrin varvid erfarenheter om denna metod finns för andra användningsområden.

5 Sammanfattning av resultat

Följande slutsatser kan dras:

- Genomförande av reflektionsseismik med små (15 gram) laddningar i berg och (75 gram) laddningar i lösa sediment och morän fungerar utmärkt. Signalerna penetrerar till minst 500 ms (ca 1500 meter) längs bägge linjerna. Över vissa delar av linjerna penetrerar signalerna till minst 2 sekunder (ca 6000 meter).
- Geofonerna bör företrädesvis placeras på berg.
- Fem måttligt (ca 30–50°) stupande reflektorer (A, C, D, H och I) har observerats på Laxemar data. Alla av dessa kan projiceras upp till ytan och A, C och D kan bestämmas tredimensionellt. A och C kan korreleras med tidigare karterade sprickzoner. Reflektorer I och H kan inte tolkas tredimensionellt med reflektionsseismiken, dock kan de ges en trolig korrelation med tidigare karterade sprickzoner.
- Reflektor A skär KLX02 vid ca 200 meters djup och stupar ca 40° mot norr. Den kan korreleras med en zon med hög hydraulisk konduktivitet i KLX02. Den projiceras att skära KLX01 vid 650 meters djup. Denna reflektor kan vara en zon som hydrauliskt förbinder de övre delarna av borrhålen.
- Reflektor C kan inte följas ända fram till KLX02, men tolkas vara en reflektor som motsvarar det kraftigt uppspruckna partiet vid 1550–1700 meters djup i KLX02. Reflektorn stupar ca 50° mot söder.
- En zon av förhöjd subhorisontell reflektivitet finns vid 650–900 meters djup i KLX02 och omfattar reflektorer B och G. Denna zon stupar svagt mot ost och kan korreleras med grönstenar och associerade sprickzoner i KLX02. Den fortsätter mot KLX01, men är inte lika tydlig här, och kan vara den zonen som hydrauliskt förbinder de nedre delarna av borrhålen.
- Starka reflektioner vid 1100 ms (ca 3 km) kommer förmodligen från samma zon som detekterades på Ävrö data. Denna zon stupar ca 9° mot norr och skulle skära ytan ca 10 km söder om Laxemar om den är plan.

6 Referenser

Bergman T, Johansson R, Lindén A H, Lindgren J, Rudmark L, Wahlgren C H, Isaksson H, Lindroos H, 1998. Förstudie Oskarshamn. Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB R-98-56, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Bergman T, Johansson R, Rudmark L, Wahlgren C H, Isaksson H, Stanfors R, 2000. Förstudie Oskarshamn. Kompletterande geologiska studier. SKB R-00-45, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Juhlin C, Palm H, 1997. 3-D structure below Ävrö Island from high-resolution reflection seismic studies, southeastern Sweden. *Geophysics*, 64, 662–667.

Bilaga A: Fullständiga processeringssteg

Linje 1

```
FLOW - read_seg2      Fri Jan  7 16:07:52 2000
  Output - rawdata w-e Add 19600 Over 0
  Floppy Input
  Trace Header Math
    Select mode                               Sequence renumber mode
    Renumber ensembles or traces?            ENSEMBLES
    SELECT trace header word                 Live source number
                                             (usr-defined)
    Starting value                           1
    Increment value                          1

FLOW - 2b load geometry  Tue Jan 18 12:22:56 2000
  Output - shots geometry Add 0 Over 19600
  Inline Geom Header Load
    Primary header to match database          SOURCE
    Secondary header to match database        None
    Match by valid trace number?             No
    Drop traces with NULL CDP headers?       No
    Drop traces with NULL receiver headers?  No
    Verbose diagnostics?                     No

FLOW - cj-1-sort      Wed Mar  8 09:52:34 2000
  Output - cj-cdp Add 19600 Over 0
  Trace Header Math
    Select mode                               Change data attributes
    Trace number valid?                       Valid
    Geometry valid?                           Valid
    Domain of data                            No change
    Data type                                  No change
    Primary sort of data                       No change
  True Amplitude Recovery
    Time-Power constant                       2.
    APPLY function to data or REMOVE effect  Apply
    of amplitude corrections?
    Maximum application TIME                  5000.
  Trace Equalization
    BASIS for scaling                          RMS
    Time gate reference                        Time 0
    SPECIFY TE gate parameters
    1:0:400-700/
    Type of output                             TRACES
  Apply Refraction Statics
    Final datum elevation                     0
    Replacement velocity                      5000
    NMO static method                        Elevations
    Length of smoother                       51
    Processing DATUM                          FINAL DATUM
  Spiking/Predictive Decon
    TYPE of deconvolution                     Minimum phase spiking
    Decon operator length(s)                  40
    Operator 'white noise' level(s)          1
    Time gate reference                        Time 0
```

Get decon gates from the DATABASE?	No
SELECT Primary decon gate header word	Source index number (internal)*
SELECT Secondary decon gate header word	Absolute value of offset
SPECIFY decon gate parameters 1:0:200-500/1:500:350-600/	
Output traces or filters	Normal decon output
Apply a bandpass filter after decon?	No
Bandpass Filter	
TYPE of filter	Time and Space-Variant Filter
Type of filter specification	Ormsby bandpass
PHASE of filter	Zero
Apply a notch filter?	Yes
Notch filter frequency	50.
Width of notch filter	4.
Automatic notch frequency search?	No
Space-variant filter parameters 1:0:70-140-300-420,60-120-300-450,50-100- 300-450,40-80-240-360,30-60-180-240/	
Get time gates from the DATABASE?	No
SELECT Primary time gate header word	Live source number
SELECT Secondary time gate header word	Signed source-receiver offset
SPECIFY filter time gate parameters 1:0:0-200,100-400,300-600,500-800,700-2000/	

FLOW - cj-1b-vf Wed Mar 8 11:44:38 2000

Output - cj-rg-vf Add 19600 Over 0

Trace Length

 New trace length 850.

Apply Residual Statics

Apply Residual Statics

Apply Fractional Static

Automatic Gain Control

 Application mode APPLY & SAVE

 Type of AGC scalar MEAN

 AGC operator length 50.

 BASIS for scalar application Centered

 Robust Scaling? No

2-D Spatial Filtering

 Type of 2-D filter Simple 2-D Median

 Number of SAMPLES for 2-D filter 3

 Number of TRACES for 2-D filter 9

 Application mode for 2-D filter Subtraction

 Steer filters along a velocity dip? Yes

 Linear moveout velocity for dip steering 3000.

Automatic Gain Control

 Application mode REMOVE AGC

FLOW - cj-dmo-coff Wed Mar 8 11:53:05 2000

Output - cj-coff Add 19600 Over 0

Common Offset DMO Binning

 Near offset bin 25.

 Bin increment 10.

 Maximum number of bins 100

 Use absolute value of offset? No

 Set offset header to binned center? No

```

In-line Sort
  Select new PRIMARY sort key          Offset bin for DMO
  Select new SECONDARY sort key        CDP bin number
  Maximum traces per output ensemble   1000

FLOW - cj-dmo   Wed Mar  8 12:45:51 2000
  Output - cj-dmo Add 19564 Over 0
  Automatic Gain Control
    Application mode                    APPLY
    Type of AGC scalar                 MEAN
    AGC operator length                50.
    BASIS for scalar application       Centered
    Robust Scaling?                   No
  Trace Muting
    Re-apply previous mutes           No
    Mute time reference               Time 0
    TYPE of mute                      Top
      Starting ramp                   10.
      SELECT Primary mute header word Live source number
      SELECT Secondary mute header word Absolute value of offset
      SPECIFY mute parameters
      1:0:10/1:1100:210/
  Normal Moveout Correction
    Direction for NMO application      FORWARD
    Stretch mute percentage           40.
    Apply any remaining static during NMO? Yes
    Get velocities from the database?  Yes
      SELECT Velocity parameter file   cj-dmo2
  Common Offset F-K DMO
    CDP interval                      5.
    Typical common-offset trace spacing 5.
    Maximum number of CDP's in dataset 394
    Header entry to use for offsets    Offset bin for DMO
    Maximum frequency (in Hz)         300.
    Get RMS velocities from database?  Yes
      Select RMS velocity file         cj-dmo2-average
    DMO stretch factor               0.95
    Maximum memory to use (in Mbytes)  32.
  Trace Header Math
    Select mode                       Change data attributes
      Trace number valid?             Valid
      Geometry valid?                 Valid
      Domain of data                  No change
      Data type                       No change
      Primary sort of data            No change

FLOW - cj-dmo-stack Thu Mar  9 08:23:06 2000
  Output - cj-dmo-stack Add 394 Over 0
  Trace Muting
    Re-apply previous mutes           Re-mute
  Automatic Gain Control
    Application mode                    APPLY
    Type of AGC scalar                 MEAN
    AGC operator length                50.
    BASIS for scalar application       Centered
    Robust Scaling?                   No
  Apply Trim Statics
  Apply Fractional Static

```

```

CDP/Ensemble Stack
  Sort order of input ensembles          CDP
  METHOD for trace summing                 Alpha-trimmed Mean
  PERCENT of samples to exclude          15.
  Apply final datum statics after stack? Yes
Trace Display

```

FLOW - cj-stack-plot Thu Mar 9 08:40:50 2000

Output - cj-stack-proc Add 394 Over 0

```

Trace Equalization
  BASIS for scaling                       MEAN
  Time gate reference                     Time 0
  SPECIFY TE gate parameters
  1:0:200-500/
  Type of output                          TRACES
F-X Decon
  TYPE of filter                          Wiener Levinson
  Percentage of white noise               0.1
  Horizontal window length                9
  Number of filter samples                 8
  Time window length                      100.
  Time window overlap                     20.
  F-X filter start frequency              50.
  F-X filter end frequency                 300.

```

```

Trace Equalization
  BASIS for scaling                       MEAN
  Time gate reference                     Time 0
  SPECIFY TE gate parameters
  1:0:200-500/
  Type of output                          TRACES
Trace Display

```

FLOW - cj-mig Mon Apr 10 15:21:43 2000

Output - cj-kmig_d Add 394 Over 0

```

Kirchhoff Depth Mig.
  Maximum frequency to migrate (in Hz)    300.
  Migration aperture (feet or meters)      0.
  Maximum dip to migrate                   50.
  Avoid spatial aliasing?                 Yes
  Accuracy factor                          1.
  Get interval velocities from database?    Yes
  Select interval vs. time file            cj-dmo2-average

```


Linje 2

```

FLOW - seg-2 read      Mon Feb 14 11:25:33 2000
  Output - rawdata s-n Add 22100 Over 0
  Floppy Input
  Trace Header Math
    Select mode
      Renumber ensembles or traces?
      SELECT trace header word
      Starting value
      Increment value
    Sequence renumber mode
    ENSEMBLES
    Live source number
    (usr-defined)
    1
    1

FLOW - load geometry   Thu Feb 17 15:02:05 2000
  Output - shots geometry Add 22100 Over 0
  Inline Geom Header Load
    Primary header to match database
    Secondary header to match database
    Match by valid trace number?
    Drop traces with NULL CDP headers?
    Drop traces with NULL receiver headers?
    Verbose diagnostics?
    SOURCE
    None
    No
    No
    No
    No

  Output - cj-cdp Add 22100 Over 0
  True Amplitude Recovery
    Time-Power constant
    APPLY function to data or REMOVE effect
    of amplitude corrections?
    Maximum application TIME
    Trace Equalization
    BASIS for scaling
    Time gate reference
    SPECIFY TE gate parameters
    1:0:400-700/
    Type of output
    Apply Refraction Statics
    Final datum elevation
    Replacement velocity
    NMO static method
    Length of smoother
    Processing DATUM
    Spiking/Predictive Decon
    TYPE of deconvolution
    Decon operator length(s)
    Operator 'white noise' level(s)
    Time gate reference
    Get decon gates from the DATABASE?
    SELECT Primary decon gate header word
    SELECT Secondary decon gate header word
    SPECIFY decon gate parameters
    1:0:200-500/1:500:350-600/
    Output traces or filters
    Apply a bandpass filter after decon?
    2.
    Apply
    5000.
    RMS
    Time 0
    TRACES
    0
    5000
    Elevations
    31
    FINAL DATUM
    Minimum phase spiking
    40
    1
    Time 0
    No
    Source index number
    (internal)*
    Absolute value of offset
    Normal decon output
    No

```

```

Bandpass Filter
  TYPE of filter                               Time and Space-Variant
                                                Filter
  Type of filter specification                 Ormsby bandpass
  PHASE of filter                             Zero
  Apply a notch filter?                       Yes
    Notch filter frequency                   50.
    Width of notch filter                    4.
    Automatic notch frequency search?        No
  Space-variant filter parameters 1:0:70-140-
  300-420,60-120-300-450,50-100-300-450,40-
  80-240-360,30-60-180-240/
  Get time gates from the DATABASE?          No
    SELECT Primary time gate header word     Live source number
    SELECT Secondary time gate header word    Signed source-receiver
                                                offset
    SPECIFY filter time gate parameters
    1:0:0-200,100-400,300-600,500-800,700-2000/

FLOW - cj-lb-vf  Tue Mar  7 17:07:51 2000
  Output - cj-rg-vf Add 22100 Over 0
  Trace Length
    New trace length                          850.
  Apply Residual Statics
  Apply Residual Statics
  Apply Fractional Static
  Automatic Gain Control
    Application mode                          APPLY & SAVE
    Type of AGC scalar                       MEAN
    AGC operator length                      50.
    BASIS for scalar application             Centered
    Robust Scaling?                          No
  2-D Spatial Filtering
    Type of 2-D filter                       Simple 2-D Median
    Number of SAMPLES for 2-D filter         3
    Number of TRACES for 2-D filter         9
    Application mode for 2-D filter          Subtraction
    Steer filters along a velocity dip?     Yes
      Linear moveout velocity for dip steering 3000.
  Automatic Gain Control
    Application mode                          REMOVE AGC

FLOW - cj-dmo-coff  Tue Mar  7 17:23:43 2000
  Output - cj-coff Add 22100 Over 0
  Common Offset DMO Binning
    Near offset bin                          25.
    Bin increment                            10.
    Maximum number of bins                   100
    Use absolute value of offset?            No
    Set offset header to binned center?     No
  In-line Sort
    Select new PRIMARY sort key              Offset bin for DMO
    Select new SECONDARY sort key            CDP bin number
    Maximum traces per output ensemble       1000

```

FLOW - cj-dmo Wed Mar 8 07:46:34 2000

Output - cj-dmo Add 22099 Over 0

Trace Kill/Reverse

Trace editing MODE Kill
SELECT trace Kill parameter file killedtraces

Automatic Gain Control

Application mode APPLY
Type of AGC scalar MEAN
AGC operator length 50.
BASIS for scalar application Centered
Robust Scaling? No

Trace Muting

Re-apply previous mutes No
Mute time reference Time 0
TYPE of mute Top
Starting ramp 10.
SELECT Primary mute header word Live source number
SELECT Secondary mute header word Absolute value of offset
SPECIFY mute parameters
1:0:10/1:1100:210/

Normal Moveout Correction

Direction for NMO application FORWARD
Stretch mute percentage 40.
Apply any remaining static during NMO? Yes
Get velocities from the database? Yes
SELECT Velocity parameter file cj-dmo2

Common Offset F-K DMO

CDP interval 5.
Typical common-offset trace spacing 5.
Maximum number of CDP's in dataset 451
Header entry to use for offsets Offset bin for DMO
Maximum frequency (in Hz) 300.
Get RMS velocities from database? Yes
Select RMS velocity file cj-dm01-average
DMO stretch factor 0.95
Maximum memory to use (in Mbytes) 32.

Trace Header Math

Select mode Change data attributes
Trace number valid? Valid
Geometry valid? Valid
Domain of data No change
Data type No change
Primary sort of data No change

FLOW - cj-dmo-stack Wed Mar 8 07:53:16 2000

Output - cj-dmo-stack Add 451 Over 0

Trace Muting

Re-apply previous mutes Re-mute

Automatic Gain Control

Application mode APPLY
Type of AGC scalar MEAN
AGC operator length 50.
BASIS for scalar application Centered
Robust Scaling? No

Apply Trim Statics

Apply Fractional Static

CDP/Ensemble Stack

Sort order of input ensembles	CDP
METHOD for trace summing	Alpha-trimmed Mean
PERCENT of samples to exclude	15.
Apply final datum statics after stack?	Yes
Trace Display	

FLOW - cj-stack-plot Wed Mar 8 09:30:48 2000

Output - cj-stack-proc Add 451 Over 0

Trace Equalization	
BASIS for scaling	MEAN
Time gate reference	Time 0
SPECIFY TE gate parameters	
1:0:200-500/	
Type of output	TRACES
F-X Decon	
TYPE of filter	Wiener Levinson
Percentage of white noise	0.1
Horizontal window length	5
Number of filter samples	4
Time window length	100.
Time window overlap	20.
F-X filter start frequency	50.
F-X filter end frequency	250.

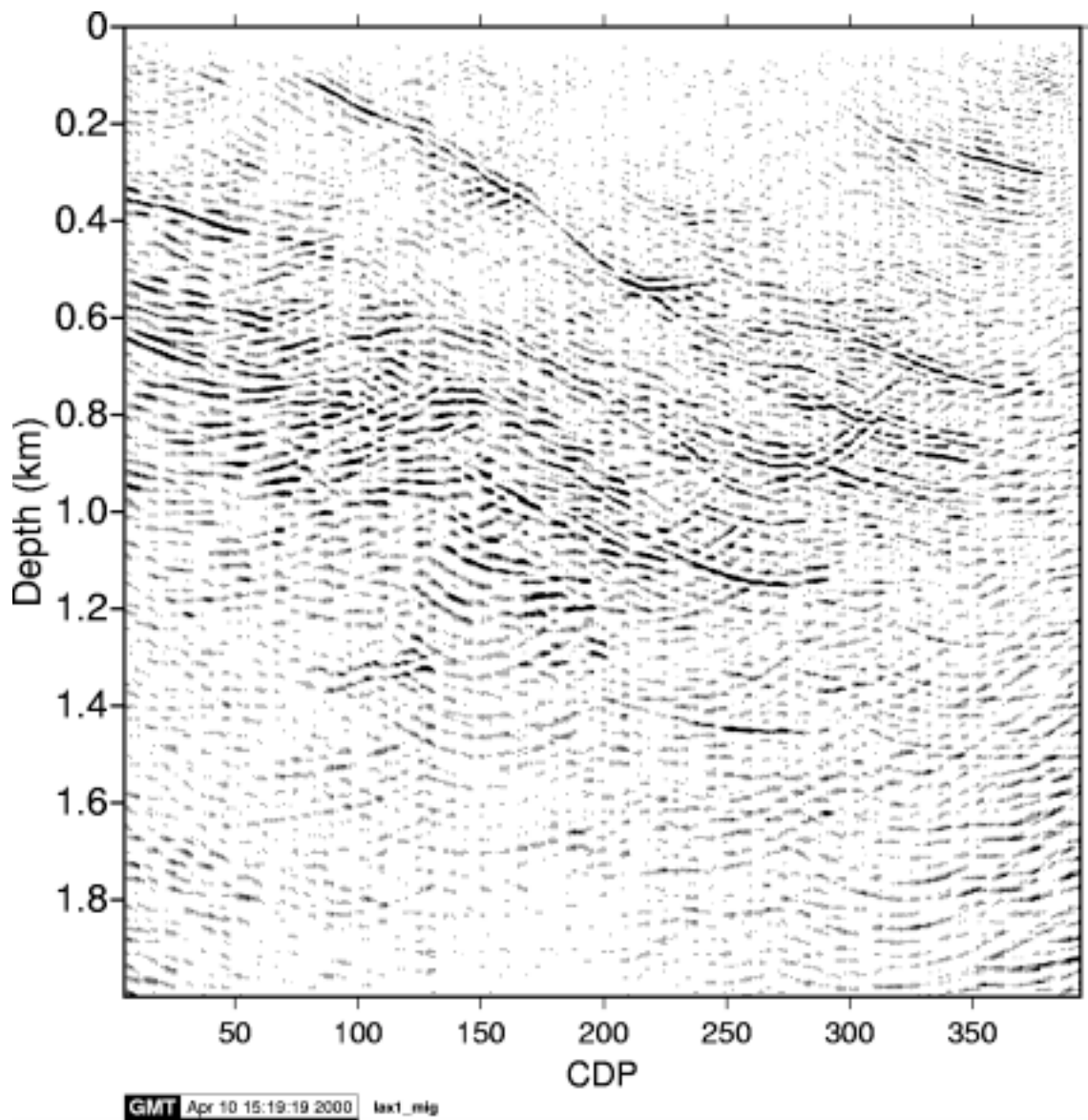
Trace Equalization	
BASIS for scaling	MEAN
Time gate reference	Time 0
SPECIFY TE gate parameters	
1:0:200-500/	
Type of output	TRACES
Trace Display	

FLOW - cj-mig Mon Mar 27 16:59:09 2000

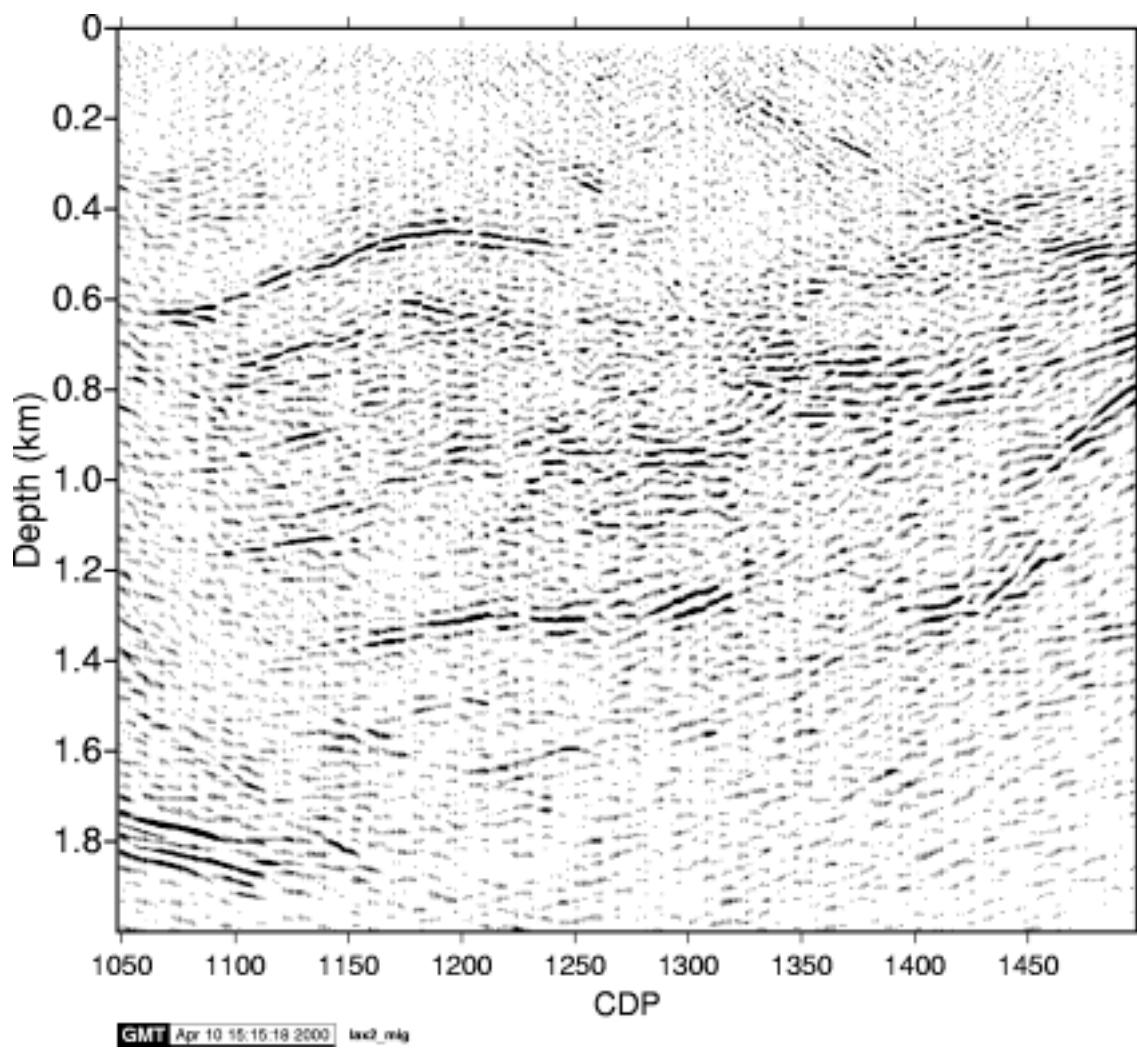
Output - cj-stack-kmig Add 451 Over 0

Kirchhoff Depth Mig.	
Maximum frequency to migrate (in Hz)	300.
Migration aperture (feet or meters)	0.
Maximum dip to migrate	70.
Avoid spatial aliasing?	Yes
Accuracy factor	1.
Get interval velocities from database?	Yes
Select interval vs. time file	cj-dmo2-average

Bilaga B: Migrerade sektioner

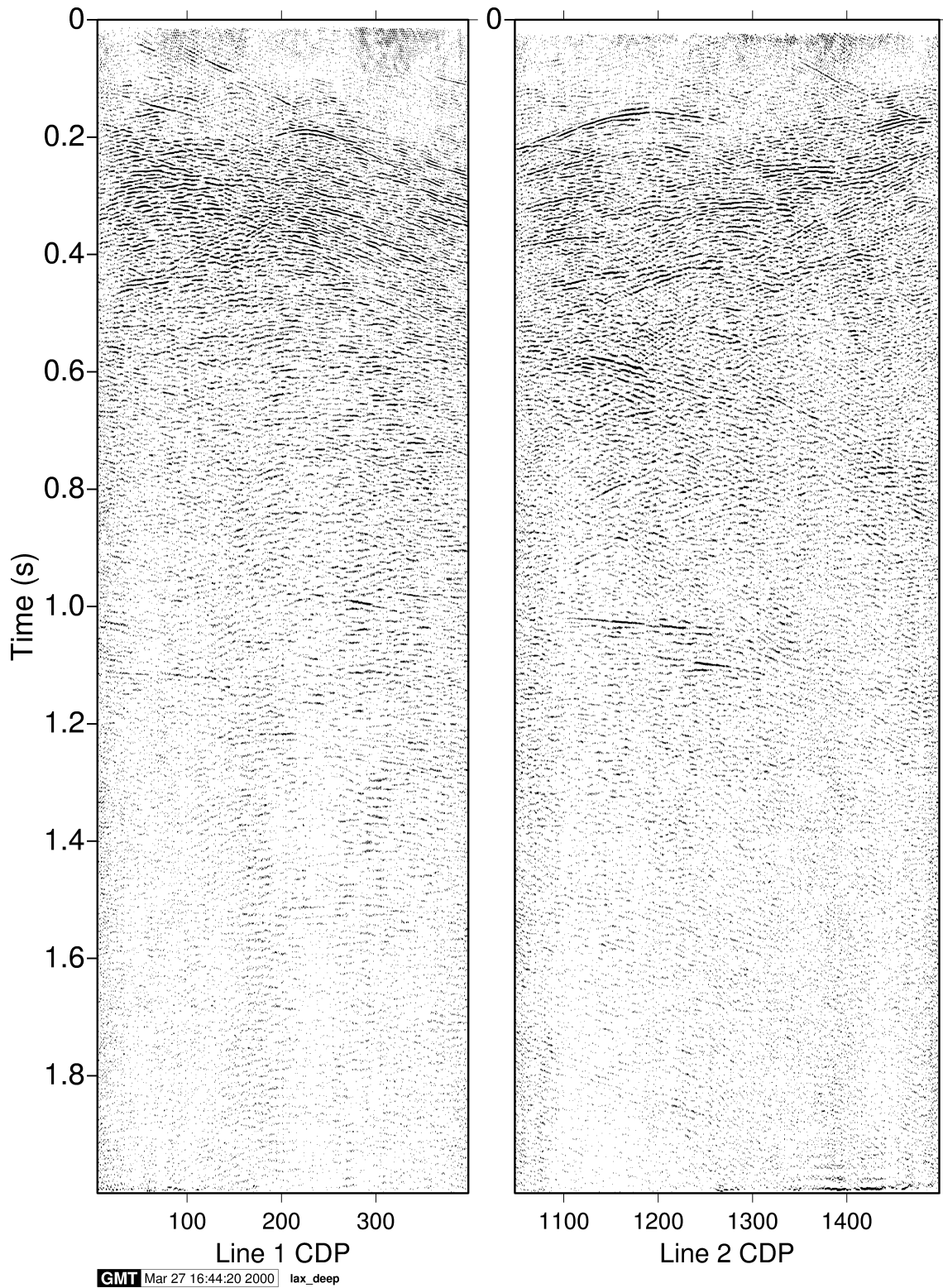


Figur B-1. Migrerad stack av linje 1. Se figur 2-2 för läge. CDP – Common Depth Point.



Figur B-2. Migrerad stack av linje 2. Se figur 2-2 för läge. CDP – Common Depth Point.

Bilaga C: Stackade sektioner till 2 sekunder



Figur C-1. Omigrerade stackar av linje 1 och linje 2 ner till två sekunder. Se figur 2-2 för läge. CDP – Common Depth Point.

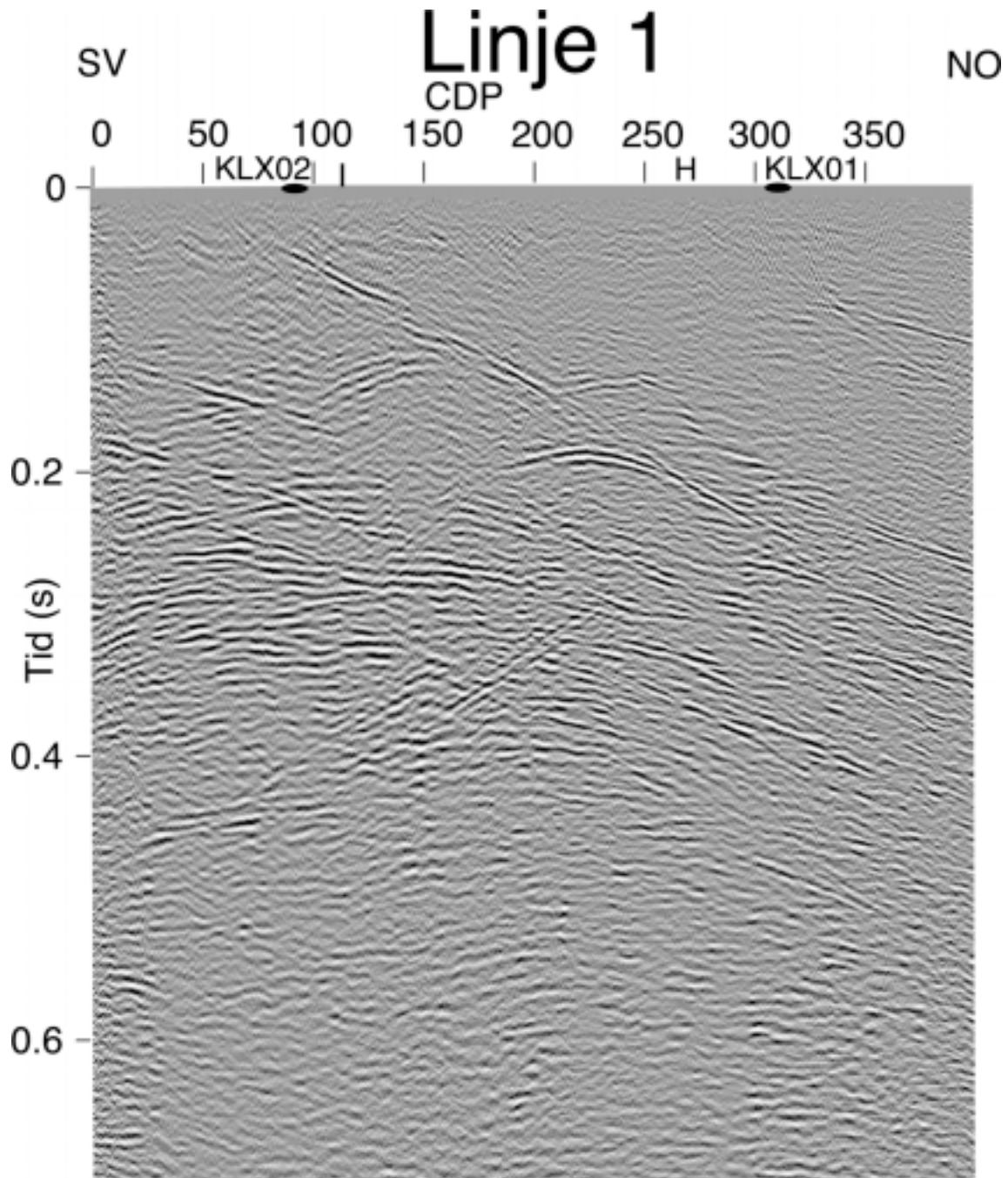
Bilaga D: Genomsnitt DMO-hastigheter för migration av linje 1 och linje 2.

Tabell D-1. Genomsnitt DMO-hastigheter vid migrering av linje 1 och linje 2.

Djup i Meter	Linje 1 Hastighet i m/s	Linje 2 Hastighet i m/s
0.0	5573.1	5573.1
30.0	5573.1	5573.1
60.0	5573.1	5573.1
90.0	5576.1	5576.1
120.0	5589.9	5589.9
150.0	5603.8	5603.8
180.0	5627.5	5627.5
210.0	5665.1	5665.1
240.0	5702.7	5702.7
270.0	5734.1	5734.1
300.0	5761.1	5761.1
330.0	5788.1	5788.1
360.0	5826.2	5826.2
390.0	5869.0	5869.0
420.0	5911.7	5911.7
450.0	5973.6	5973.6
480.0	6040.9	6040.9
510.0	6108.3	6108.3
540.0	6124.4	6124.4
570.0	6124.9	6124.9
600.0	6125.3	6125.3
630.0	6156.0	6156.0
660.0	6199.5	6199.5
690.0	6243.0	6243.0
720.0	6311.5	6311.5
750.0	6396.1	6396.1
780.0	6480.8	6480.8
810.0	6538.4	6538.4
840.0	6556.9	6556.9
870.0	6575.3	6575.3
900.0	6592.7	6592.7
930.0	6602.5	6602.5
960.0	6612.3	6612.3
990.0	6622.1	6622.1
1020.0	6639.6	6639.6
1050.0	6658.7	6658.7
1080.0	6677.9	6677.9
1110.0	6692.2	6692.2
1140.0	6701.6	6701.6
1170.0	6710.9	6710.9
1200.0	6713.2	6713.2
1230.0	6673.7	6673.7
1260.0	6634.1	6634.1
1290.0	6594.5	6594.5
1320.0	6543.2	6543.2
1350.0	6489.3	6489.3
1380.0	6435.4	6435.4
1410.0	6394.2	6394.2
1440.0	6362.7	6362.7
1470.0	6331.2	6331.2
1500.0	6310.0	6310.0
1530.0	6305.1	6305.1
1560.0	6300.2	6300.2
1590.0	6296.5	6296.5

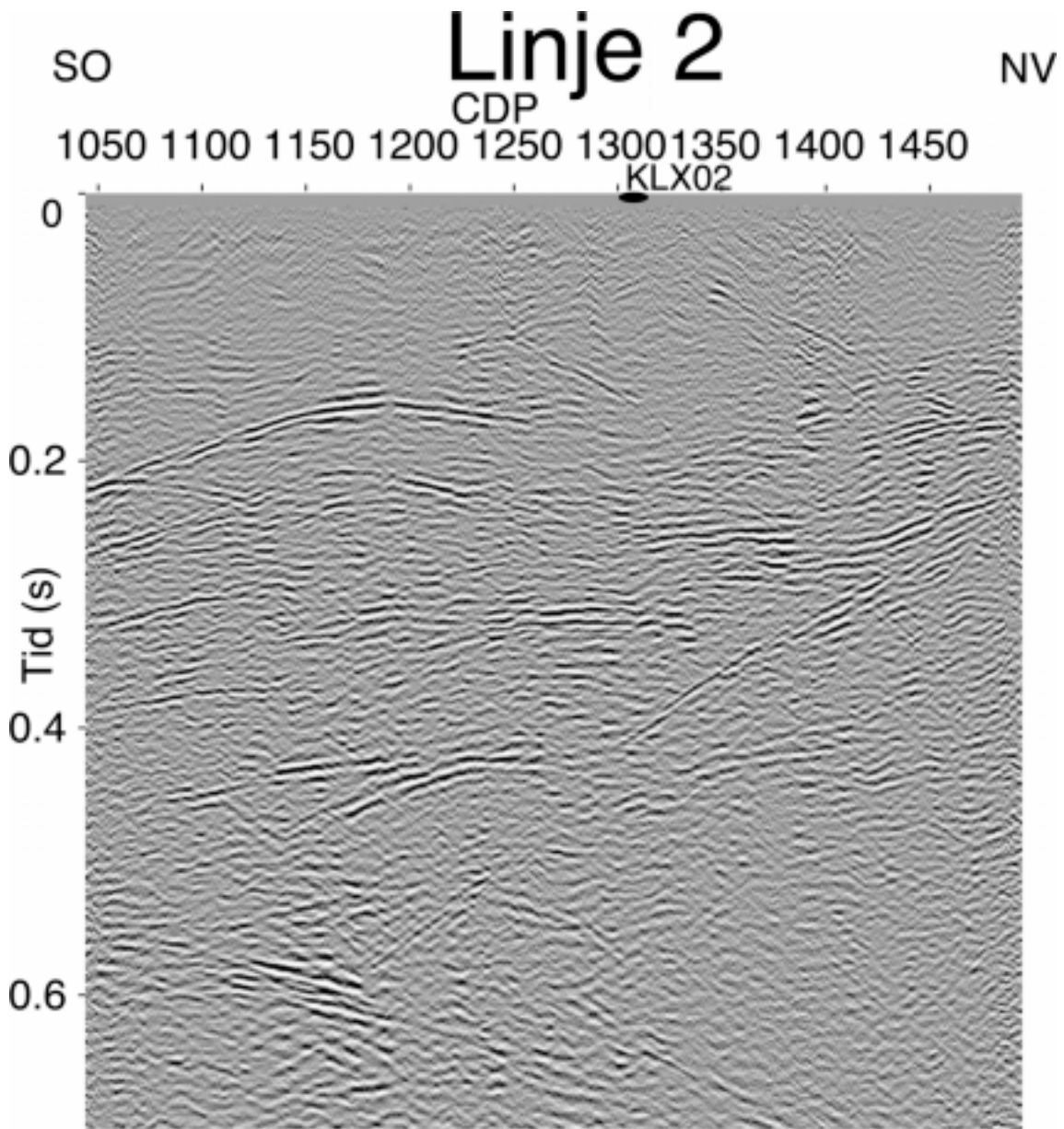
Bilaga E: Otolkade stackade sektioner

Linje 1



Figur E-1. Otolkad stack av linje 1. Se figur 2-2 för läge. CDP – Common Depth Point.

Linje 2



Figur E-2. Otolkad stack av linje 2. Se figur 2-2 för läge. CDP – Common Depth Point.