



ANALISIS Y PROPUESTA DE REALIZA- -
CION DE TRABAJOS GEOFISICOS EN EL
AREA DE BALANEGRA (ALMERIA)

J.L. Plata

EXPEDIENTE Nº

--	--	--	--

ORGANICA Nº

PROGRAMA Nº

CONCEPTO Nº

--	--	--



1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Se ha analizado el informe "Investigación previa al diseño de medidas correctoras del proceso de intrusión marina en el entorno de Balanegra", presentado en Febrero de 1990 por A. González Asensio y P. Domínguez Prats, con la finalidad de recabar la asistencia de este Servicio de Geofísica en las propuestas de trabajos geofísicos a realizar contenidos en el mismo.

La labor realizada ha consistido en un estudio y comprensión del problema presentado, pasando posteriormente a una modelización del mismo en términos geofísicos.

De estos modelos, se han obtenido las respuestas teóricas a diversos métodos, a fin de sacar conclusiones que puedan orientarnos en decidir cuales serían los más resolutivos.



2. MODELOS GEOFISICOS

El problema propuesto es la delimitación en el espacio de los distintos materiales existentes, con discriminación de las zonas acuíferas contaminadas por agua de mar.

Aunque la sistemática planteada divide la región en seis bloques, denominados B1, B2, B3, B'1, B'2, B'3, separados por las fallas φ_1 y F1, F2, F3, para los objetivos propuestos, no consideramos necesario mantener esta ordenación espacial de los trabajos. En cualquier caso, se desea conocer la situación de las fallas y la geometría y características litológicas de las rocas presentes (existencia y potencia de las metapelitas del Permotriás, margas Pliocénicas, dolomías del Triás y cobertera neógena), además de la existencia y límites de la contaminación.

La variedad de situaciones posibles, vienen suficientemente recogidas a efectos de modelización en los perfiles P4 y P5, a uno y otro lado de la falla φ_1 , junto con los P'3 y P'5, a norte y sur de la falla F1.

En superficie, el área de prospección está recubierta de unos conglomerados cuaternarios (conglomerados, gravas y arenas más o menos arcillosas), de potencia desde 0 a 50 m, o bien de conglomerados del Plioceno (conglomerados y arenas, areniscas y calcarenitas), con potencias de hasta 250 m. El mapa nº 1 refleja estas características de superficie.

Al norte de la falla F1 afloran las unidades del Mioceno (calizas, conglomerados y areniscas) y al norte de la Foo el Permotriás (calizas, dolomías y calcoesquistos) y Triás (calizas, dolomías y calcoesquistos).

A falta de datos concretos de las propiedades físicas específicas de cada unidad, se han adoptado valores más o



menos normales. En principio, estas rocas forman un conjunto de propiedades bastante homogéneas a nivel de límites extremos entre los que pueden oscilar.

Bajo los conglomerados del Plioceno se encuentra directamente el paquete del Mioceno, de potencia bastante uniforme (50-80 m), hasta la falla F2, al sur de la cual, antes del Mioceno, hay una facies margosa del Plioceno, de hasta 200 m de potencia.

El Mioceno reposa sobre las filitas del Permotriás en la parte occidental de la falla 4, y sobre el Triás en la parte oriental. El Permotriás y Triás desaparecen al sur de la falla F3.

Las filitas y las margas son las litologías que deben diferenciarse más por sus propiedades físicas del resto de las unidades. Sin embargo, la presencia de agua modificará sobre todo las propiedades eléctricas de las rocas permeables y tanto más cuanto más salinizada sea. En el esquema nº 2 se han representado la porción de subsuelo ocupada por rocas permeables con contaminación marina y las margas, de gran dificultad, a priori, de diferenciación geoelectrónica.



3. MODELIZACION DE SONDEOS ELECTRICOS

La resistividad es el mejor parámetro de identificación litológica y el que puede discriminar la presencia de agua y su salinidad.

Se han tomado valores de resistividad muy exagerados, a fin de ponernos en el caso más favorable.

Conglomerados Cuaternario seco	500 Ωm
Conglomerados Plioceno seco	800 Ωm
saturado agua dulce ..	300 - 400 Ωm
saturado agua salada..	10 Ωm
Margas Plioceno	80 - 100 Ωm
Calizas Mioceno seco	1000 Ωm
agua dulce	300-400 Ωm
agua salada	10 - 20 Ωm
Calizas Permotrias seco	1000 Ωm
Filitas Permotrias	3000 Ωm
Calizas Trias seco	1500 Ωm
agua dulce	500 Ωm
agua salada	30 Ωm



La posición de los modelos de SEV realizados se sitúan en el esquema nº 2.

Resultados del perfil P4 (Fig. 1)

Los modelos 41 a 45 suponen una situación en que los acuíferos son de agua dulce. Los horizontes geoelectrónicos destacables son: el resistivo formado por el impermeable de filitas, el conductor que representan las margas, y la transición de roca seca a saturada.

De la observación de las curvas teóricas se destaca:

- . el techo de las filitas necesita para detectarse un $AB/2 < 1000$. El muro exige $AB/2 > 1000$.
- . la presencia del acuífero se manifiesta por una zona detectable conductora, que en el caso de existir margas siempre cabría la duda de a quien se debe la bajada de resistividad.

Las versiones 43A, 44A y 45A suponen la contaminación de los acuíferos superiores. La diferencia con las curvas sin contaminación es evidente.

Además:

- . haría falta $AB/2 > 1000$ para coger el techo de las filitas y no sería posible coger su muro.
- . la distinción entre acuífero contaminado y margas resulta en este modelo posible por la exagerada baja resistividad que se ha otorgado a las rocas saturadas de agua salada.



Perfil P5 (Fig. 2)

La diferencia fundamental a uno y otro lado de la falla ϕ_1 es la desaparición del resistivo de las filitas.

Se han considerado dos situaciones. En los modelos 51 a 55, los acuíferos están sin contaminar:

- . es notable la presencia de las margas (entre 53 y 54)
- . es notable la presencia de la falla F_3 , al desaparecer el resistivo de base (55)

Al considerar la contaminación (modelos 52A a 54A), las conclusiones son las mismas que para el perfil P4.

Además:

- . la localización de techo y muro de las calizas del Mioceno, aunque teóricamente posible con $AB/2 < 500$ en ausencia de margas, es muy comprometida y prácticamente imposible en presencia de contaminación.

Perfil P'3 (Fig. 3)

El SEV 331 y 331A consideran la diferencia entre las calizas del Mioceno secas o saturadas de agua salada. En el primer caso, la curva de resistividades crecientes haría muy problemático diferenciar los sucesivos tramos, requiriéndose $AB/2 > 1000$ para coger la base del Permotriás.

La presencia de contaminación cambia drásticamente las posibilidades: sería posible para $AB/2 > 1000$ detectar el techo de las filitas, pero no su muro.



Al otro lado de la falla φ_1 , el SEV 332 permitiría con $AB/2 < 500$ detectar el techo y muro de las calizas del Mioceno. Este modelo es análogo al 53.

Perfil P'5 (Fig. 4)

El modelo 552 es análogo al 54.

El modelo 551 y 551A consideran la diferencia entre la situación de una gran potencia de acuífero no contaminado y contaminado.

En el primer caso la detección del techo de las filitas no sería muy fiable y su muro exigiría $AB/2 > 5000$. La presencia de contaminación permite detectar el techo para $AB/2 > 1000$ y nunca el muro ($AB/2 \gg 10.000$). Es una situación similar a la del SEV 44, pero agravada por la mayor potencia del conductor.

Conclusiones

Todo el área cubierta en el esquema nº 2 por las margas y acuíferos contaminados presentan las siguientes características geolétricas:

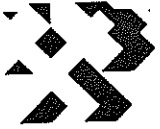
- . dificultad de distinguir una circunstancia de otra,
- . exigen $AB/2$ muy grandes para localizar el techo de las filitas y no se puede ver el muro.

Estos problemas hacen poco recomendable la utilización del método de c.c.

Los métodos de corriente alterna, serían quizás más adaptables a las posibilidades logísticas de la zona. La naturaleza resistiva de la cobertera favorece su aplicación.



Además, la dificultad de observar la base de tramos muy conductores, debe ser menor con métodos electromagnéticos.



4. MODELIZACION SISMICA (Fig. 5 y 6)

Así como el método eléctrico sería el idóneo para identificación litológica, el método sísmico permite la mejor determinación de la geometría de las unidades geológicas.

Para evaluar sus posibilidades, se han obtenido los simogramas teóricos en dos puntos de cada uno de los perfiles que hemos escogido anteriormente y cuya situación puede verse en el esquema 1.

Las velocidades de ondas sísmicas adoptadas son:

Cuaternario	800 m/s
Conglomerados y arenas Plioceno	1800 "
Margas Plioceno	2600 "
Calizas Mioceno	3500 "
Filitas Permotrias	4000 "
Dolomías Trías	4200 "

Como en todo este análisis de modelización, los valores adoptados pueden diferir mucho de la realidad. La baja velocidad escogida para el Cuaternario pretende tener en cuenta las malas condiciones de transmisividad de los conglomerados.

Al lado oeste de la falla φ_1 , los modelos elegidos permiten estudiar la evolución de los registros sísmicos con el aumento de potencia del Plioceno permeable: puntos 331, 41 y 551.

Para potencias de 25-30 m del Cuaternario, su reflexión se localiza antes de los 75 ms. La base del Plioceno permeable va situándose entre los 125 y los 220 ms, para una variación de potencia de 50 a 130 m. La base del Mioceno permeable se sitúa 50 ms más tarde y la base de las filitas unos 100 ms después, alcanzando tiempos totales entre 275 y 375 ms.



La presencia de las margas del Plioceno, en el punto 42, con 170 m de potencia, ocupa más de 100 ms, llevando la el techo del Triás a 400 ms.

Estos datos permiten concluir que, a priori, sería identificable la presencia tanto del Mioceno como del Permotriás. La base del Cuaternario exigiría sistemas de muy alta resolución en los primeros 100 ms.

El paquete de margas, al menos en estas potencias de más de 150 m, quedaría también manifestado.

Para los modelos obtenidos en el lado oeste de la falla φ_1 , sin presencia del Permotriás, el techo del Triás se localiza entre 150 y 225 ms.

Potencias de 50 m de margas se resuelven en unos 30-40 ms, lo que también exigiría muy alta resolución para su identificación.

El estudio de las domocronas de refracción deja ver la existencia de distancias críticas superiores a los 500 m para poder detectar el techo del Mioceno (salvo en los bordes, cuando este se encuentra casi aflorante o a menos de 50-80 m).

El tipo de cobertera (conglomerados), desaconseja el uso de fuentes de energía superficiales débiles.

Aparte de los tiempos de reflexión que permitan identificar cada horizonte, habrá que tener en cuenta la capacidad de reflejar las ondas o coeficiente de reflexión, que es lo que permite obtener señal en cada capa.

De acuerdo con las densidades que para esta modelización se han asignado a cada horizonte, y utilizando la ecuación:

$$R = \frac{V_2 \rho_2 - V_1 \rho_1}{V_2 \rho_2 + V_1 \rho_1}$$



se obtiene:

	<u>Velocidad</u>	<u>Densidad</u>	<u>Impedancia</u>	<u>R</u>
Cuaternario	800	2,1	1680	----- 0,40
Plioc.permeable	1800	2,2	3960	----- 0,20
Margas	2600	2,3	5980	----- 0,17
Mioceno	3500	2,4	8400	----- 0,16
Filitas	4000	2,9	11600	----- 0,04
Trías	4200	<u>2,4</u>	10850	

Según esto, la base de las filitas es posible que fueran las menos identificables.



5. MODELIZACION MAGNETICA (Fig. 7, 8 y 9)

El único horizonte geológico que presumiblemente puede dar un contacto de susceptibilidad magnética, son las filitas del Permotriás.

Se han modelizado los perfiles 4, P'3 y P'5, con un contraste entre $200 \cdot 10^{-6}$ u.c.g.s. y $50 \cdot 10^{-6}$ u.c.g.s.

Para el perfil P4, se destaca la falla F3 con una anomalía de 4 gammas. Resultan también observables las fallas Foo y conjunto Fo-F1; la F2 se enmascara por su coincidencia con un accidente topográfico. Estas fallas dan anomalías de 1-2 gammas.

Para los perfiles P'3 y P'5 se destaca la falla ψ_1 , con una anomalía de 6 gammas.

Por su poca amplitud, estas anomalías, resultarían imposibles de detectar en una prospección real, debido al alto nivel de ruido que se obtendría por la presencia de vallas y otros objetos metálicos en la zona.



6. MODELIZACION DE GRAVIMETRIA (Fig. 10 a 15)

La validez del método gravimétrico para resolver los problemas aquí propuestos, se vería limitada a la posible localización de los accidentes estructurales. La superposición en vertical de diferentes litologías, no es en principio factible de resolverse con este método, aunque las técnicas interpretativas de inversión - modelización, pueden dar algún resultado siempre que se controlen algunos puntos mediante sondeos mecánicos y se contrasten con otros métodos geofísicos.

Por otra parte, la adopción de valores de densidad para hacer una modelización, es más ambigua aun que la de otros parámetros físicos. A falta de un conocimiento real de estos valores, se han adoptado los siguientes:

	Possible variación	Valor tomado
Cuaternario	1,7 - 2,4	2,1
Plioceno permeable	1,7 - 2,4	2,2
Plioceno margoso	2 - 2,6	2,3
Mioceno	2,1 - 2,9	2,4
Permotrias permeable ...	2,1 - 2,9	2,5
Filitas	2,7 - 3,0	2,9
Trias	2,1 - 2,9	2,4

En el modelo P4A2 del perfil P4, se observa una regional que marcaría el aumento de profundidad de las filitas y la falla F3, con una amplia anomalía de unos 10 mgal. Un aspecto parcial, mostrado en el modelo P4A4, muestra que posiblemente sería detectable la variación de potencia del Plioceno debido a la presencia de las margas, con una anomalía superior a 0,5 mGal. Esto en el supuesto de que las margas fueran en efecto más densas.



Practicamente la misma anomalía la refleja el perfil P5, en el modelo P5A, por lo que, como ya indicamos anteriormente, no es directamente deducible la presencia o ausencia de la placa de filitas. Sigue siendo notable la falla F3. El detalle de este modelo, en P5A2, indica igualmente la detectabilidad de la variación de potencia del Plioceno no margoso, en el mismo supuesto anterior.

Los modelos P33A y P55A, de los perfiles P'3 y P'5, muestran la segura detectabilidad de la falla ψ_1 , con anomalía de más de 3 mGal.



7. CONCLUSIONES

- La modelización geofísica realizada, tiene un margen de error, al no disponerse de valores reales de los parámetros físicos de las rocas involucradas.

- El método más recomendable para obtener información de la geometría de las unidades es el sísmico de reflexión. Las condiciones de superficie aconsejan no usar fuentes ligeras, aunque no se descarta la posibilidad de hacer algún ensayo previo.

- La gravimetría puede emplearse para verificar la existencia de grandes fallas, como F3 y \mathcal{Q}_1 . Un fuerte apoyo con datos de sondeos mecánicos quizá permitiera otras aplicaciones por inversión de las mediciones.

- Los SEV deben descartarse, por razones logísticas, al menos para detección de techo y muro de las filitas. La discriminación de acuífero contaminado - margas requeriría el apoyo de otra técnica, como quizá Polarización Inducida.

Resulta en principio más recomendable el uso de los métodos electromagnéticos, para identificación litológica.



8. RECOMENDACIONES

Realizar un perfil según los sondeos B2, B7, B10/B9, 13, 12 (corte según P'3) de sísmica y gravimetría.

También es posible hacerlo según los sondeos B4, 11, 10, 8 y 7 (corte según P'6)

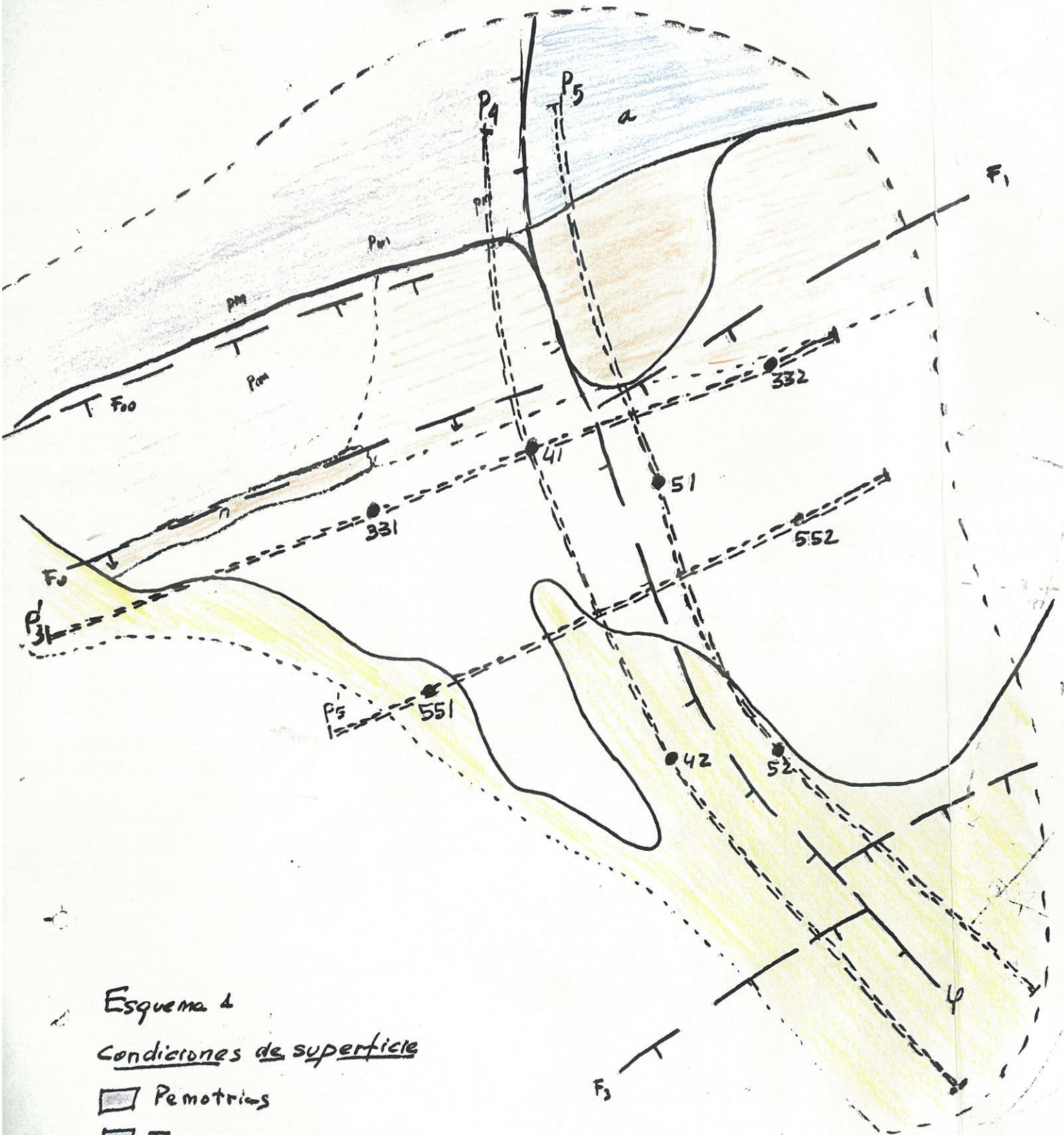
Hacer un sondeo electromagnético en el sondeo B9/B10.

Probar en el mismo emplazamiento, hacer un SEV, con toma de datos de P.I.; del máximo AB posible.

Testificar un sondeo que corte todas las series, para obtener valores de: resistividad, densidad y velocidad.

Madrid, 15 de Junio 1990

Fdo: Juan L. Plata



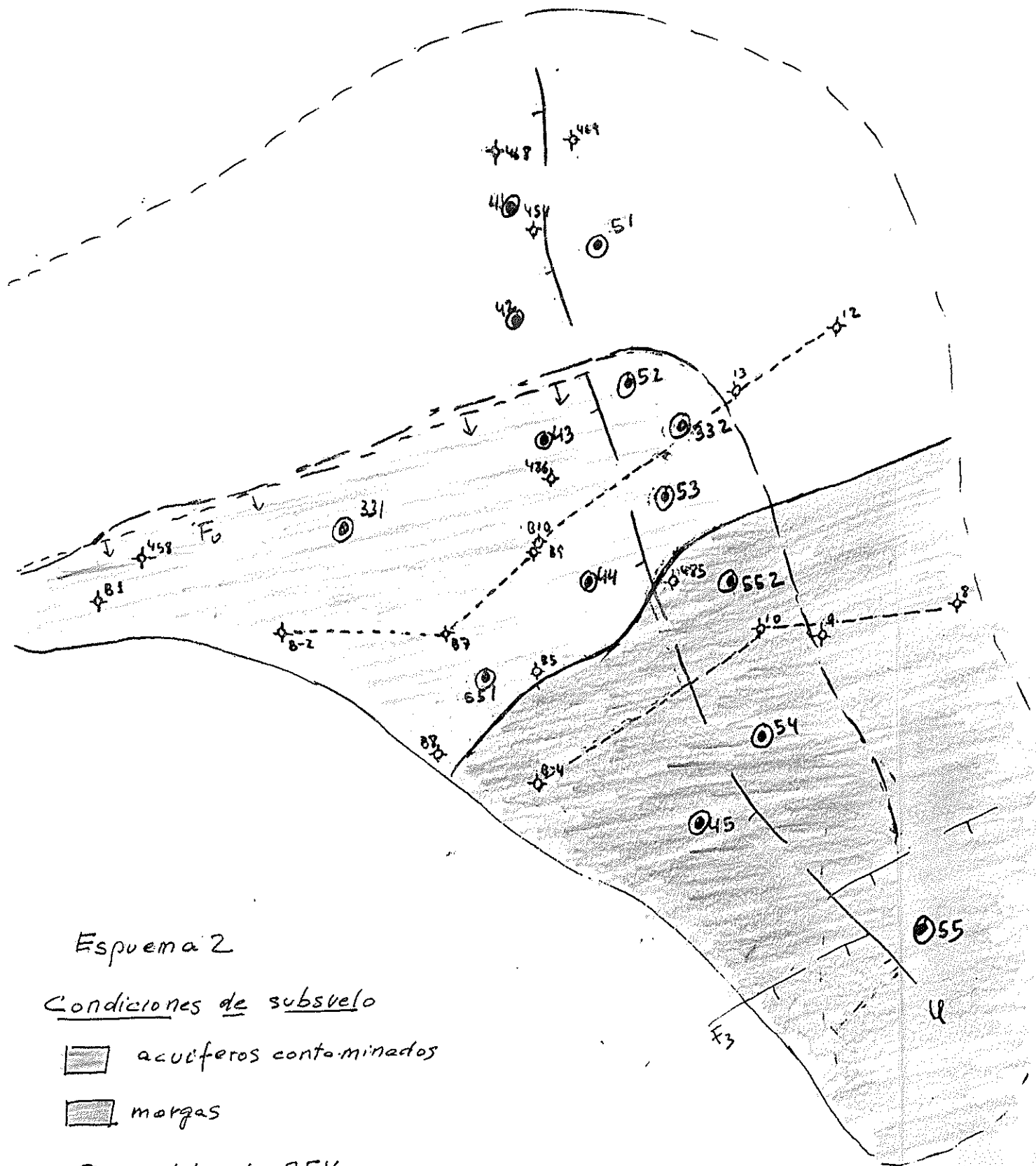
Esquema 4

Condiciones de superficie

- Pematrias
- Trias
- Mioceno
- Plioceno
- Cuaternario




● modelo sísmico

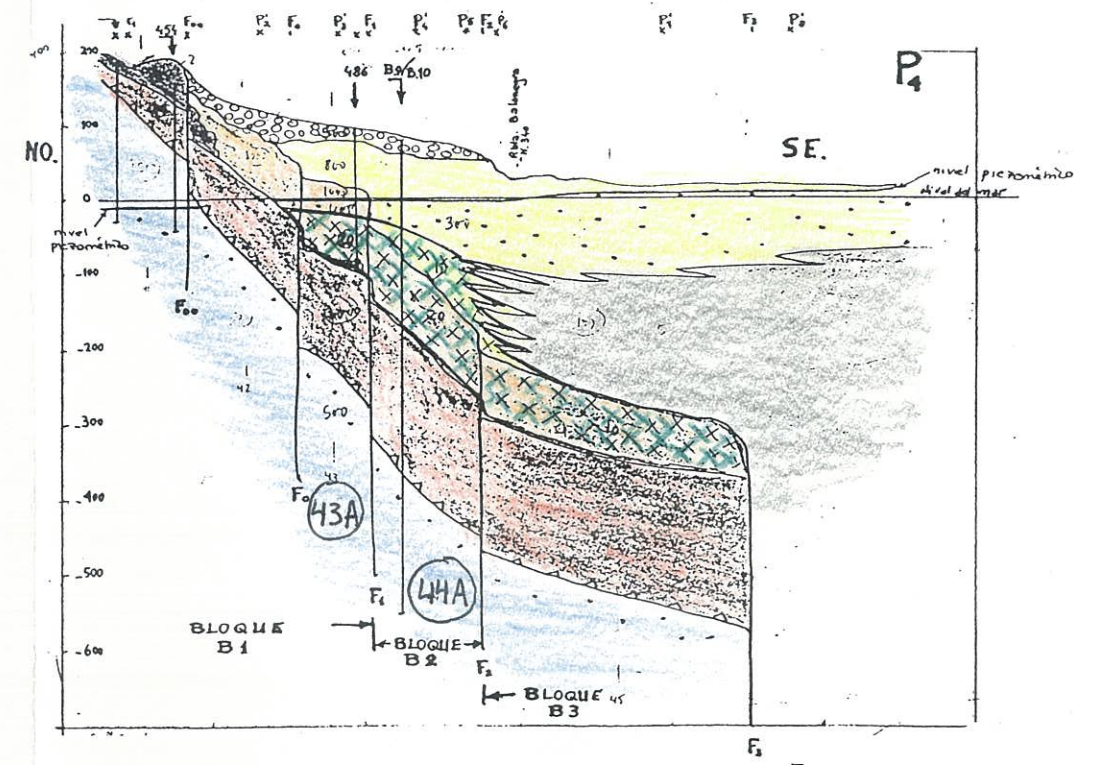
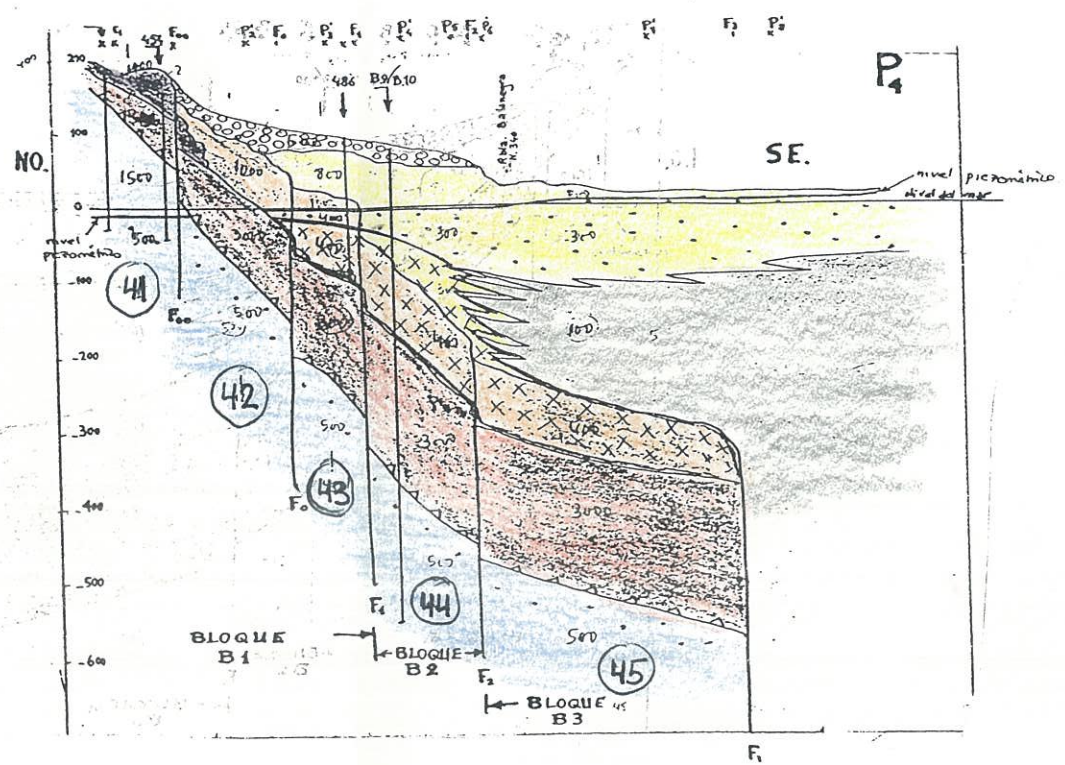
== Perfil modelizado de Gravimetría



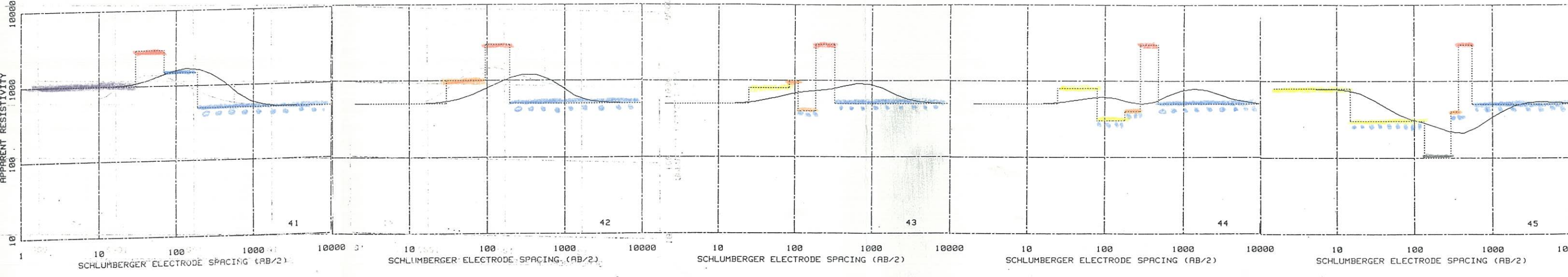
Espuema 2

Condiciones de subsuelo

-  acuíferos contaminados
-  margas
-  modelo de SEV
- perfiles de ensayo recomendados



THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES	THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES	THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES	THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
30.00	30.00	1000.00	30.00	30.00	500.00	25.00	25.00	500.00	15.00	15.00	900.00
40.00	70.00	3000.00	65.00	95.00	1000.00	60.00	95.00	800.00	120.00	135.00	300.00
120.00	190.00	1500.00	180.00	195.00	3000.00	60.00	185.00	400.00	60.00	295.00	100.00
9999809.00	9999999.00	500.00	9999804.00	9999999.00	500.00	140.00	325.00	3000.00	180.00	555.00	3000.00
						9999674.00	9999999.00	500.00	9999519.00	9999999.00	500.00



THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES	THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
25.00	25.00	500.00	25.00	25.00	500.00
60.00	85.00	800.00	55.00	80.00	900.00
25.00	110.00	1000.00	50.00	130.00	300.00
15.00	125.00	400.00	50.00	180.00	10.00
60.00	185.00	20.00	100.00	200.00	20.00
140.00	325.00	3000.00	200.00	400.00	3000.00
9999674.00	9999999.00	500.00	9999519.00	9999999.00	500.00

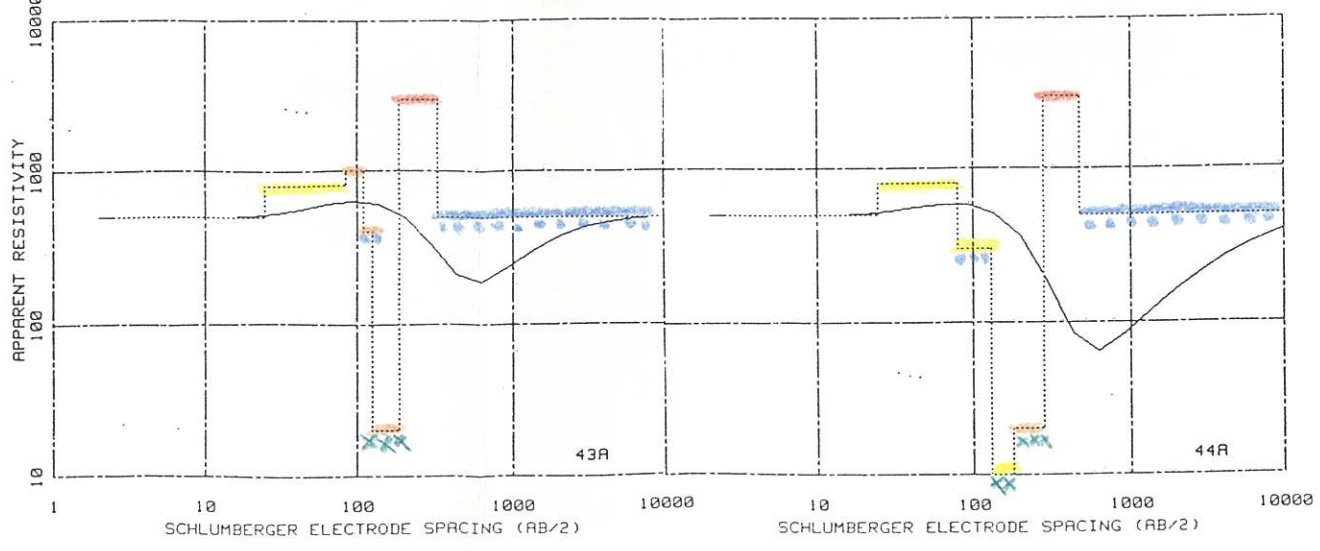


Fig. 1

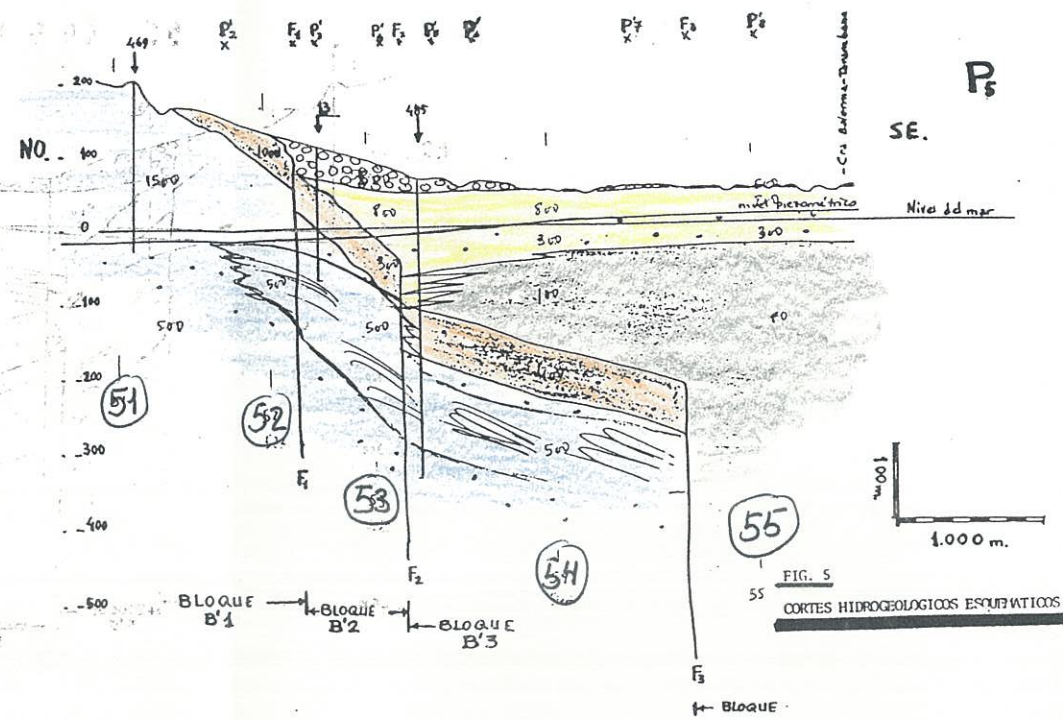


FIG. 5
CORTES HIDROGEOLOGICOS ESQUEMATICOS

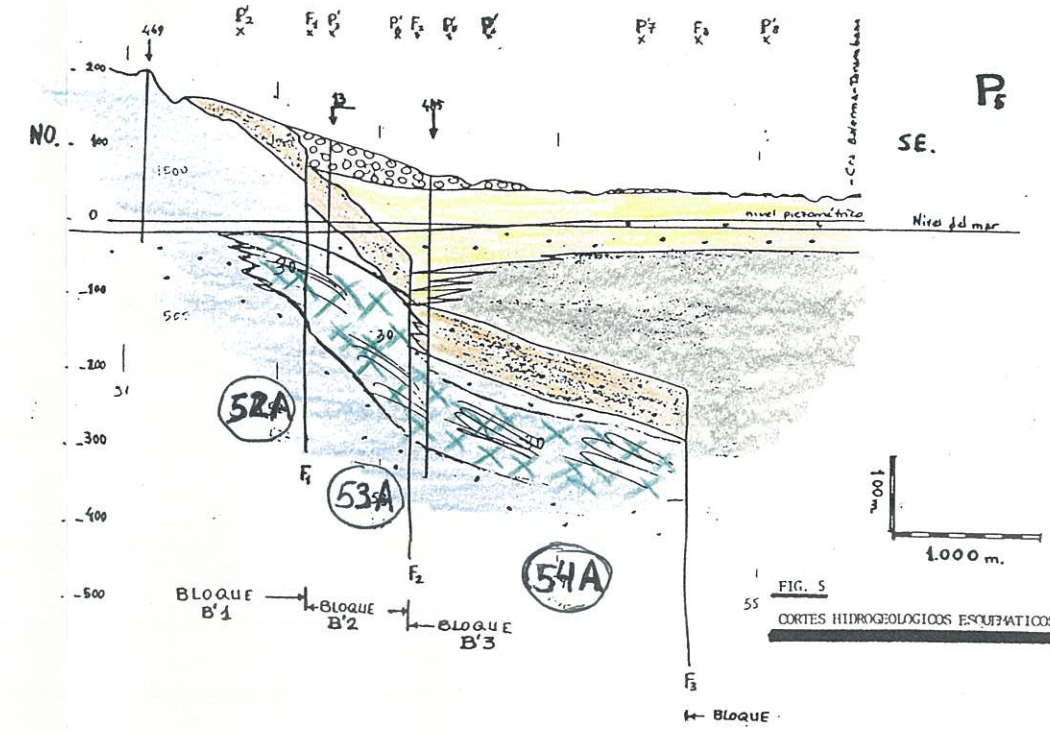


FIG. 5
CORTES HIDROGEOLOGICOS ESQUEMATICOS

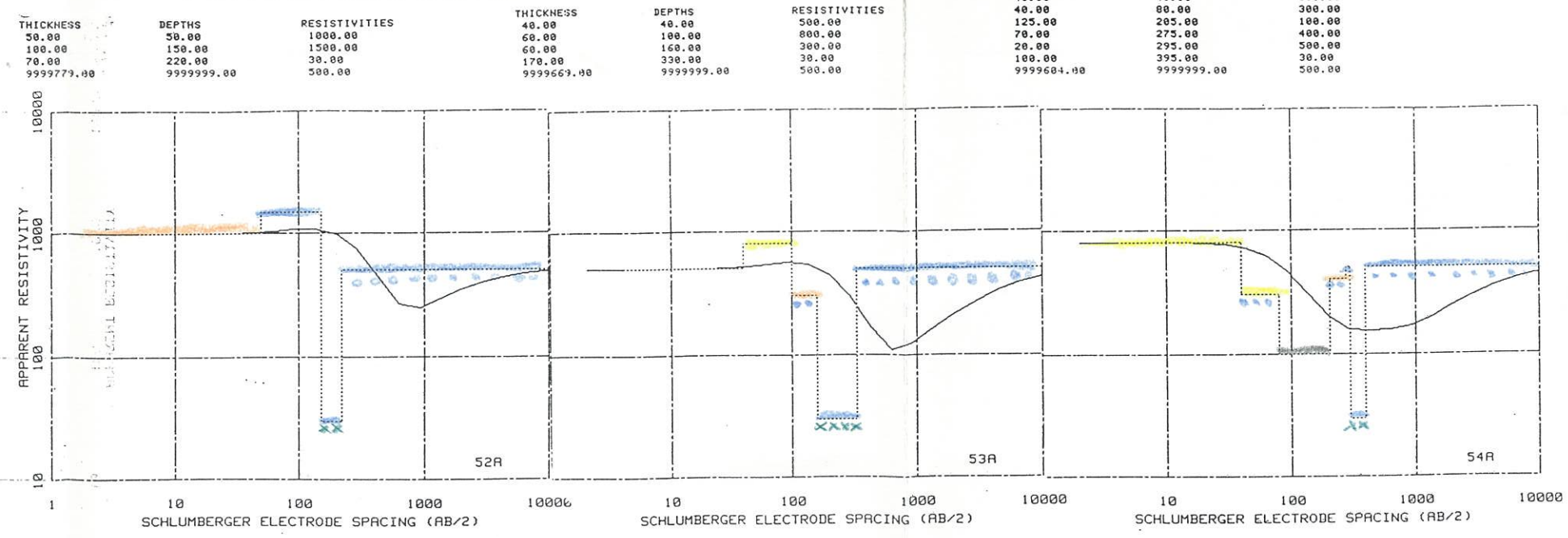
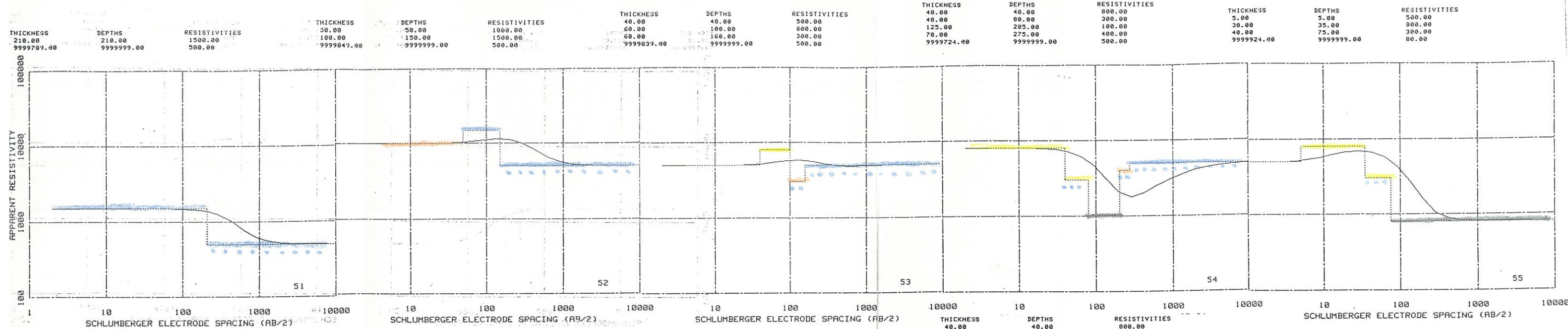


Fig. 2

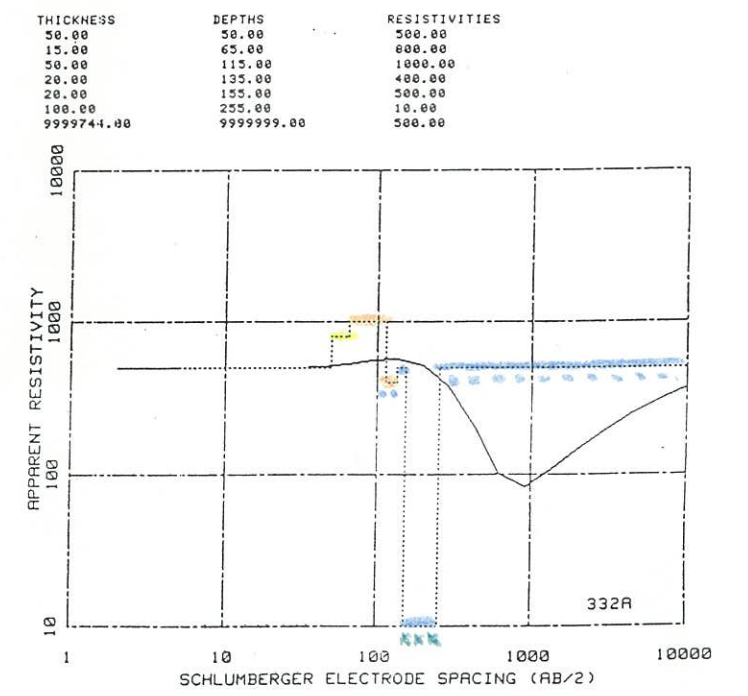
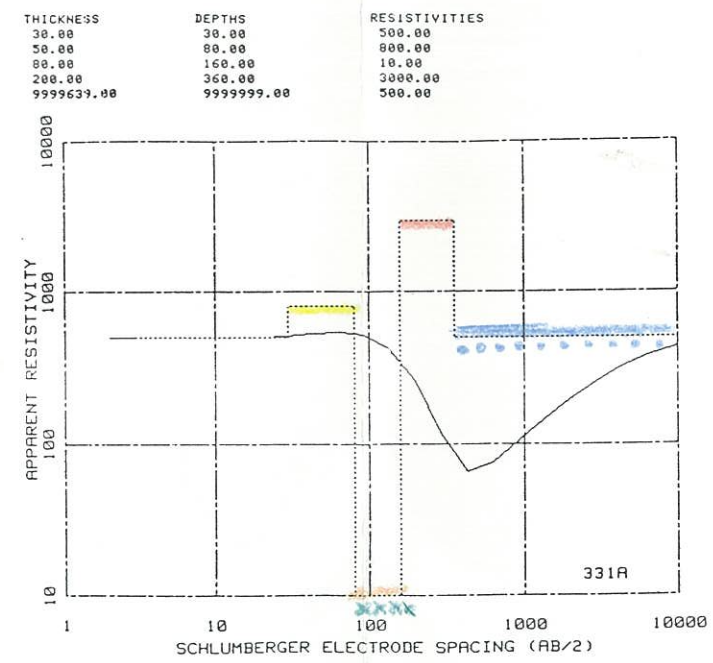
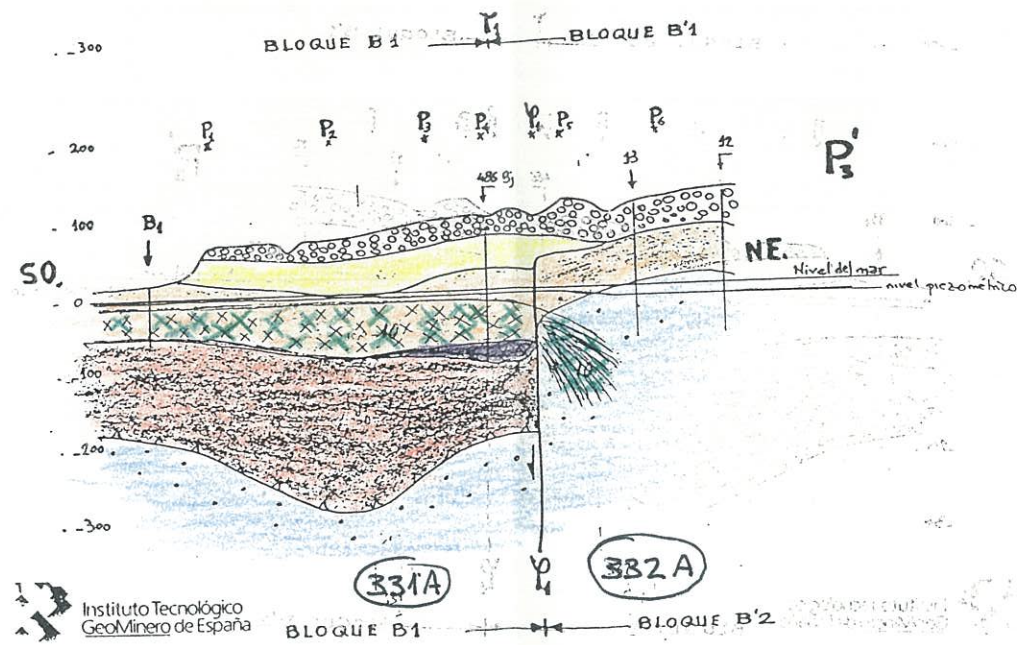
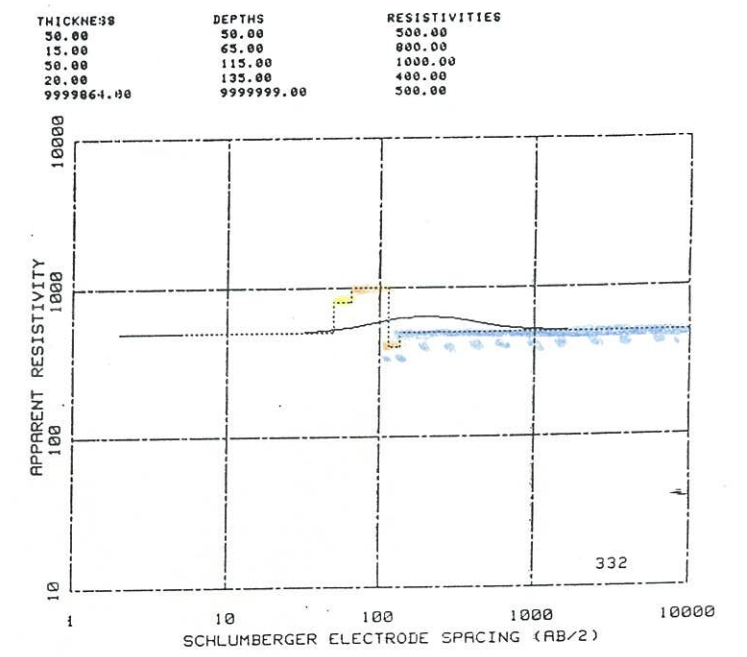
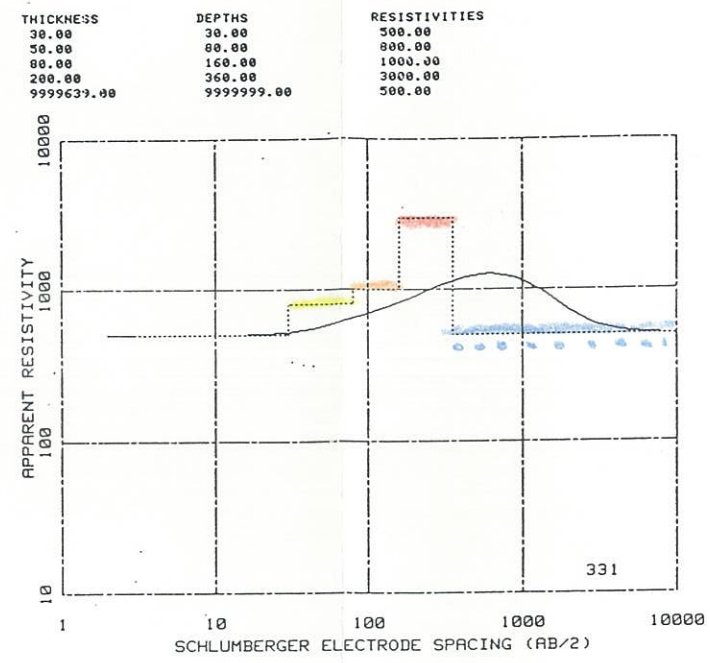
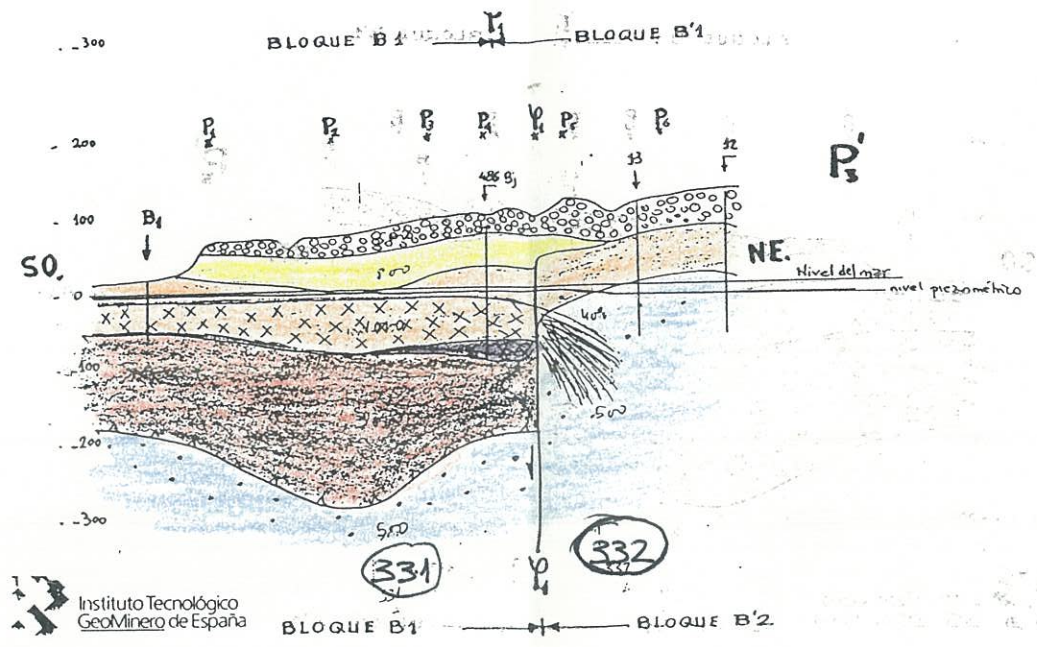
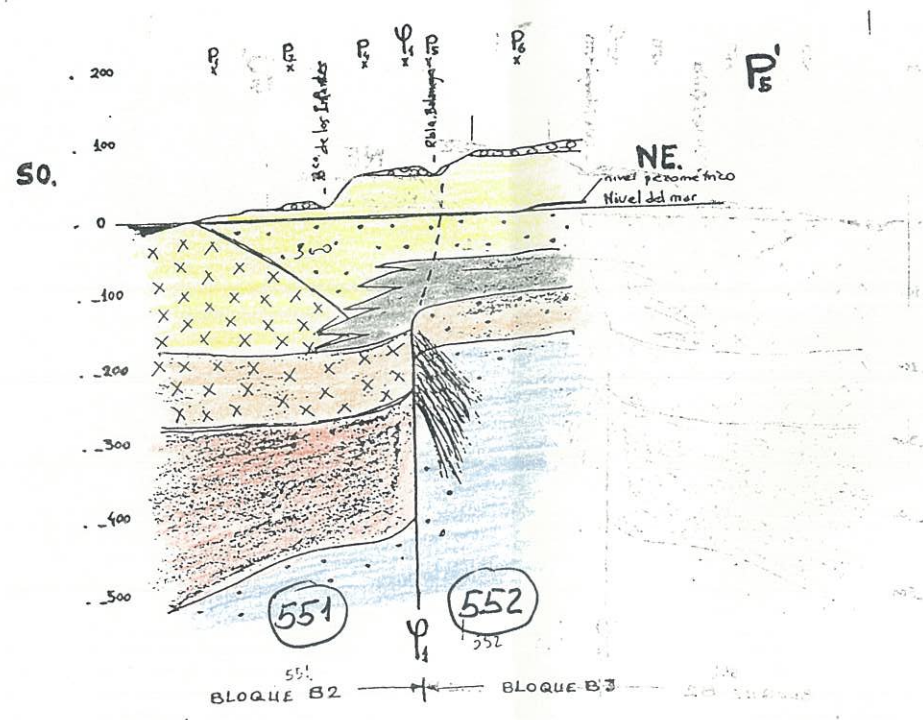
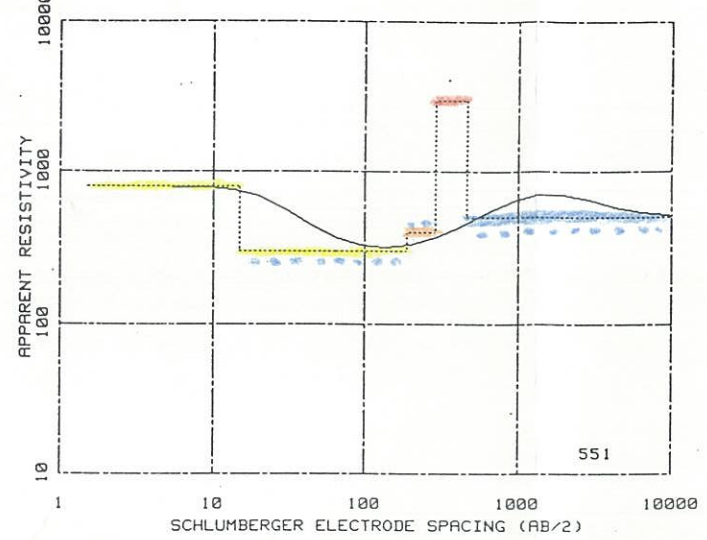


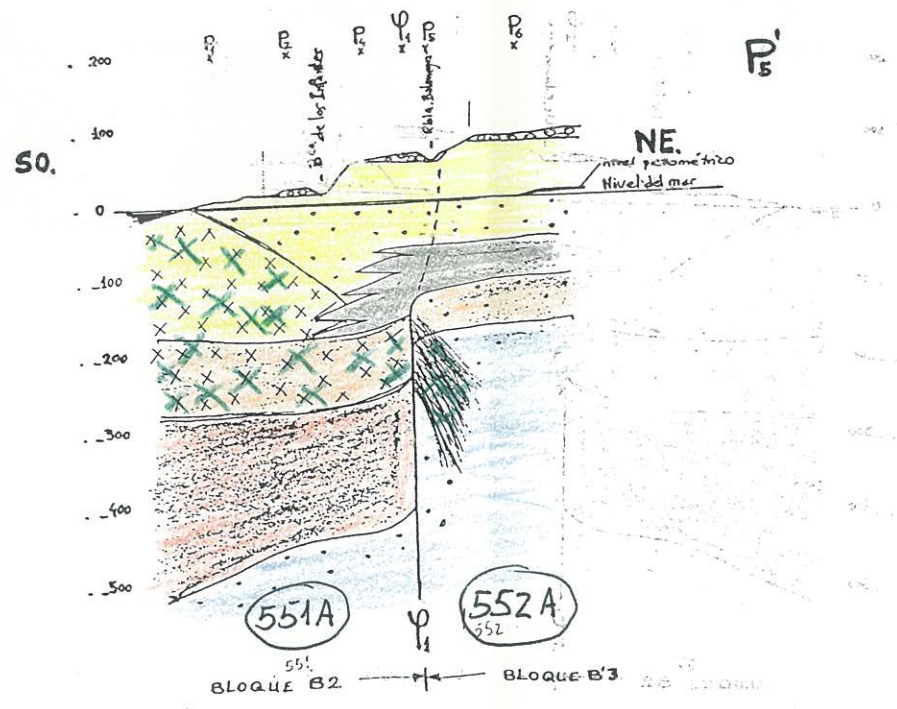
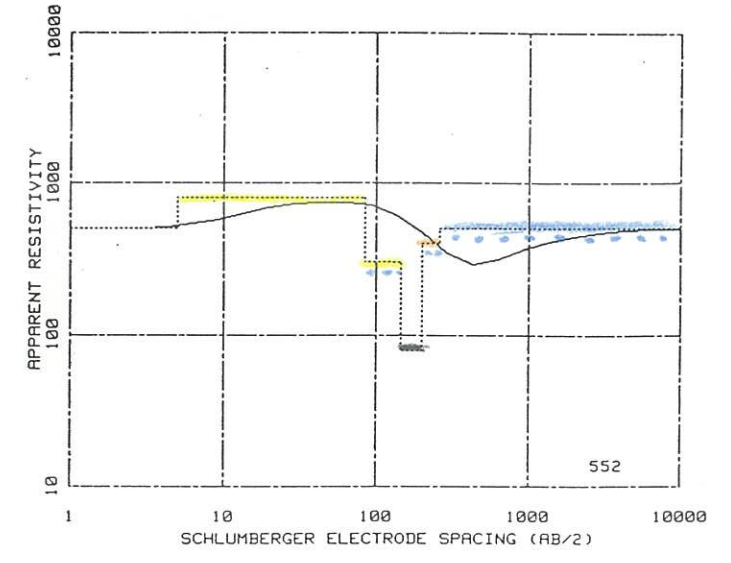
Fig. 3



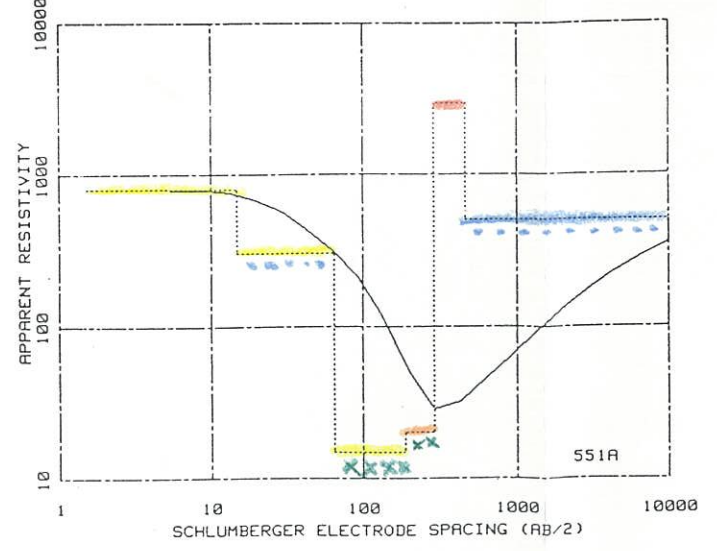
THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
15.00	15.00	800.00
50.00	65.00	300.00
125.00	190.00	300.00
100.00	290.00	400.00
180.00	470.00	3000.00
9999529.00	9999999.00	500.00



THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
5.00	5.00	500.00
80.00	85.00	800.00
60.00	145.00	300.00
35.00	200.00	80.00
60.00	260.00	400.00
60.00	320.00	500.00
110.00	430.00	500.00
9999569.00	9999999.00	500.00



THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
15.00	15.00	800.00
50.00	65.00	300.00
125.00	190.00	15.00
100.00	290.00	20.00
180.00	470.00	3000.00
9999529.00	9999999.00	500.00



THICKNESS	DEPTHS	RESISTIVITIES
5.00	5.00	500.00
80.00	85.00	800.00
60.00	145.00	300.00
35.00	200.00	80.00
60.00	260.00	400.00
60.00	320.00	500.00
110.00	430.00	30.00
9999569.00	9999999.00	500.00

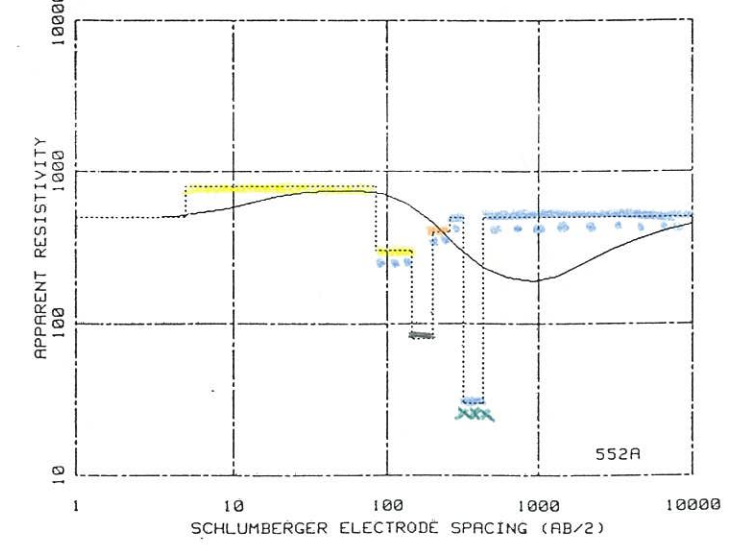


Fig. 4

REFLEXIONES PARA 5 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 30	V(1)= 800
Z(2)= 50	V(2)=1800
Z(3)= 80	V(3)=3500
Z(4)= 200	V(4)=4000
	V(5)=4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

To(1)= .075	Ac(1)= 29.32
To(2)= .131	Ac(2)= 34.39
To(3)= .176	Ac(3)= 67.83
To(4)= .276	Ac(4)= 80.27

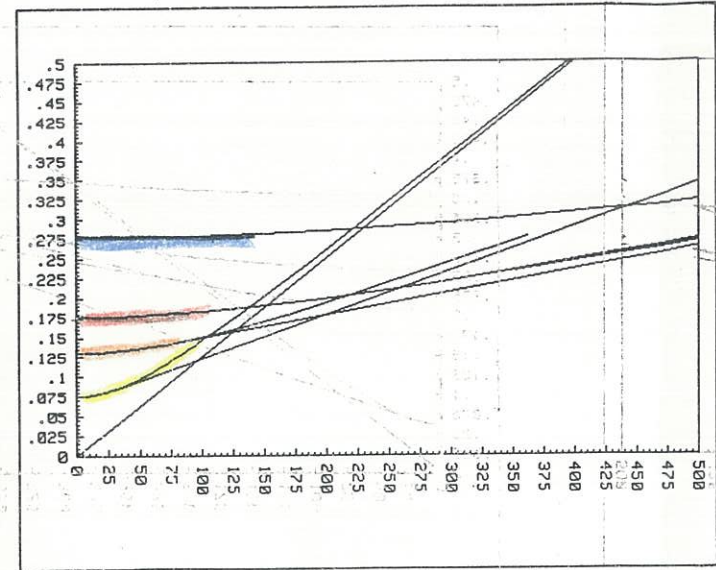
DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 30	Tc= .084
--------	----------

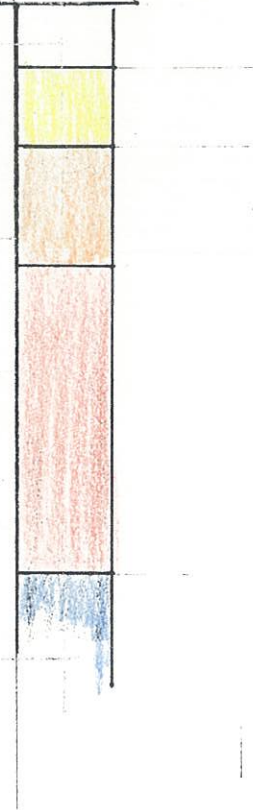
DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida grafica,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]

X(2)= 362	T(2)= .277
X(3)= 581	T(3)= .294
X(4)= 1359	T(4)= .504



331



REFLEXIONES PARA 5 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 25	V(1)=1000
Z(2)= 130	V(2)=1800
Z(3)= 90	V(3)=3500
Z(4)= 190	V(4)=4000
	V(5)=4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

To(1)= .063	Ac(1)= 29.32
To(2)= .207	Ac(2)= 34.39
To(3)= .258	Ac(3)= 67.83
To(4)= .353	Ac(4)= 80.27

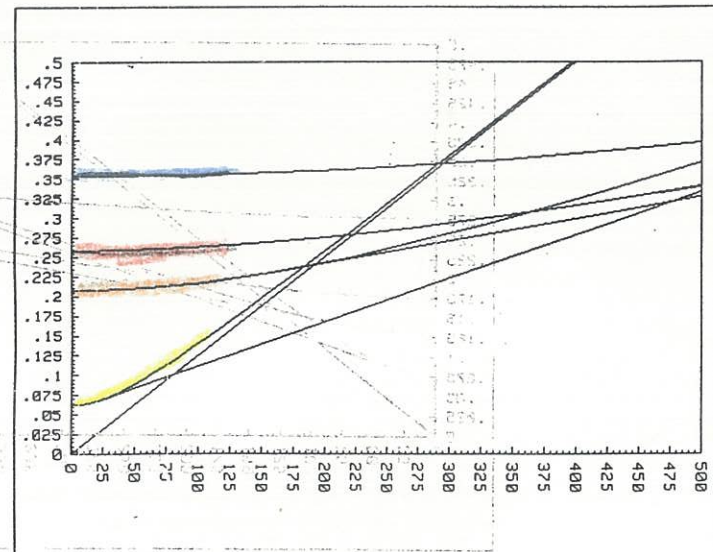
DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 25	Tc= .070
--------	----------

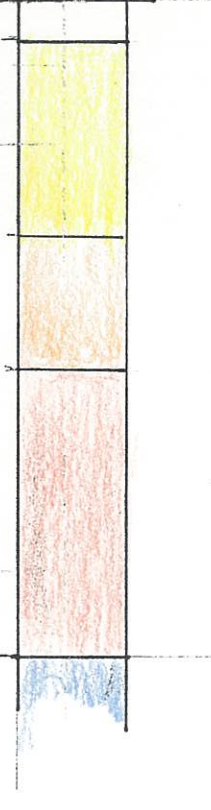
DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida grafica,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]

X(2)= 892	T(2)= .373
X(3)= 733	T(3)= .402
X(4)= 1407	T(4)= .584



41



REFLEXIONES PARA 4 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 190	V(1)=1800
Z(2)= 100	V(2)=3500
Z(3)= 190	V(3)=4000
	V(4)=4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

To(1)= .211	Ac(1)= 34.39
To(2)= .260	Ac(2)= 67.83
To(3)= .363	Ac(3)= 80.27

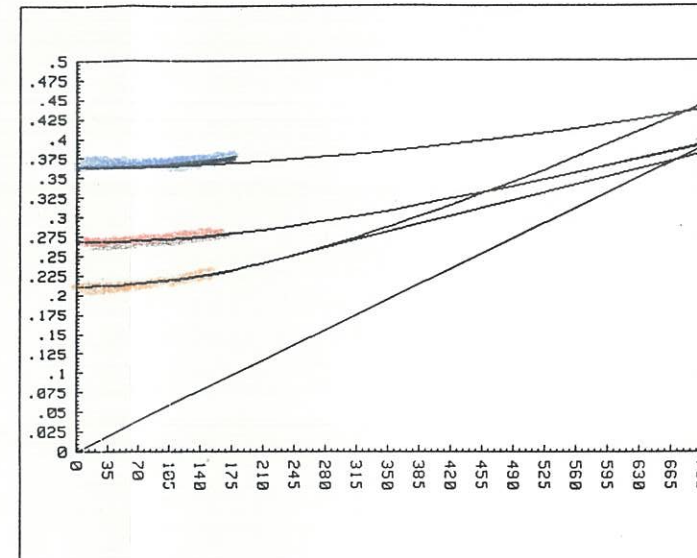
DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 228	Tc= .246
---------	----------

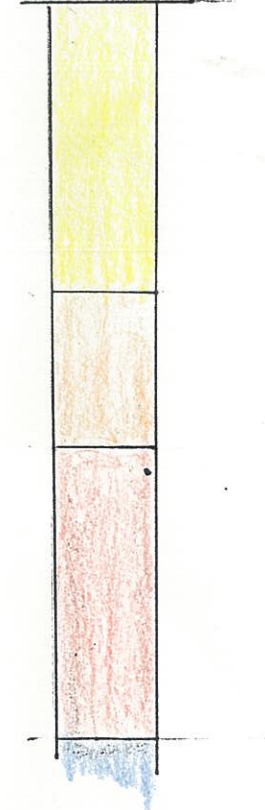
DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida grafica,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]

X(2)= 1614	T(2)= .646
X(3)= 1585	T(3)= .629



551



REFLEXIONES PARA 5 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 120	V(1)=1800
Z(2)= 170	V(2)=2600
Z(3)= 80	V(3)=3500
Z(4)= 180	V(4)=4000
	V(5)=4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

To(1)= .133	Ac(1)= 48.68
To(2)= .264	Ac(2)= 53.31
To(3)= .318	Ac(3)= 67.83
To(4)= .400	Ac(4)= 80.27

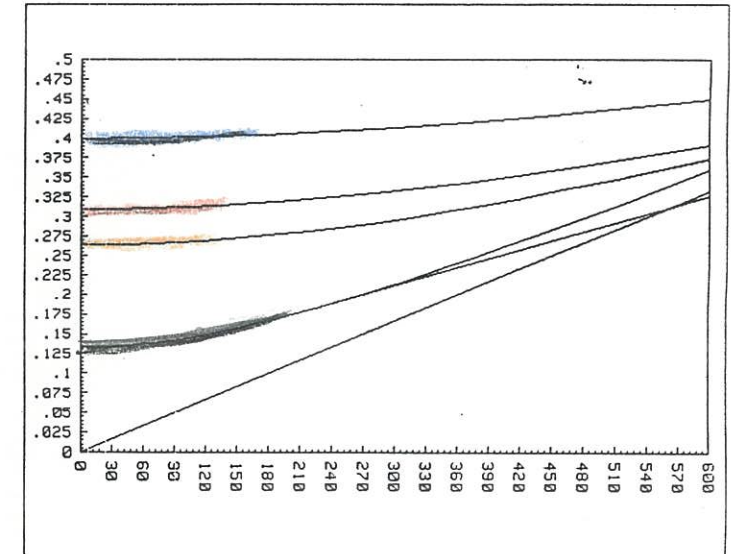
DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 230	Tc= .185
---------	----------

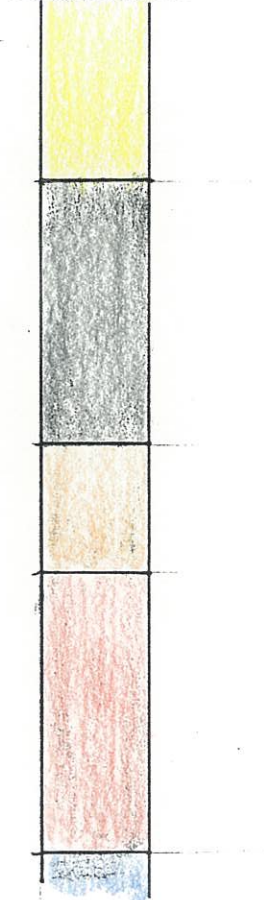
DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida grafica,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]

X(2)= 2477	T(2)= 1.059
X(3)= 1623	T(3)= .669
X(4)= 1667	T(4)= .673



42



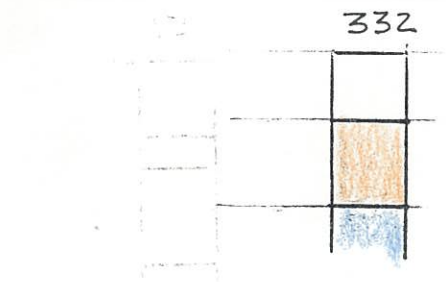
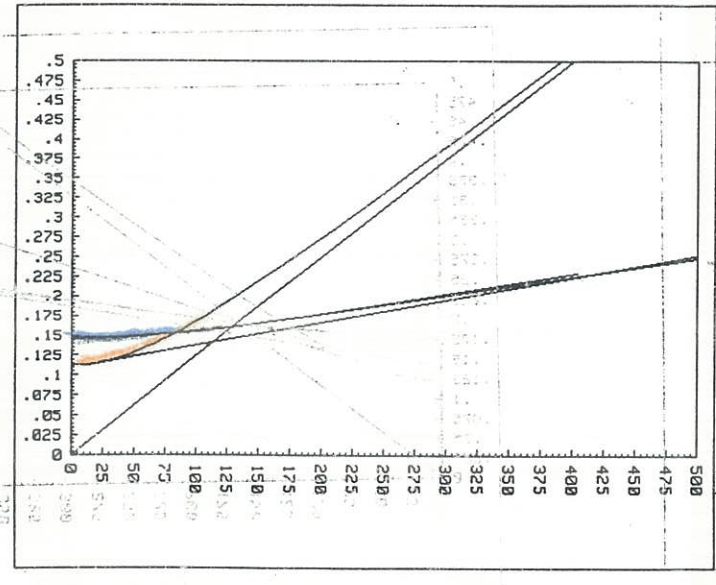
REFLEXIONES PARA 3 CAPAS. DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 45	V(1)= 800
Z(2)= 60	V(2)= 3500
	V(3)= 4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS(grados centesimales):
 To(1)= .113 Ac(1)= 14.68
 To(2)= .147 Ac(2)= 62.71

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 1ª REFLEXION:
 Xc= 21 Tc= .116

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida grafica, segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 494 T(2)= .230



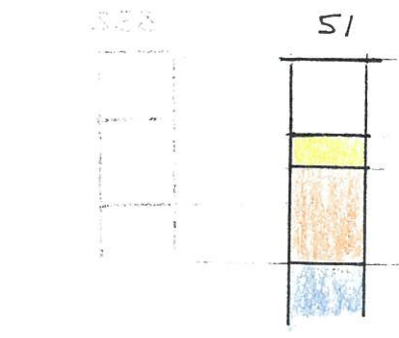
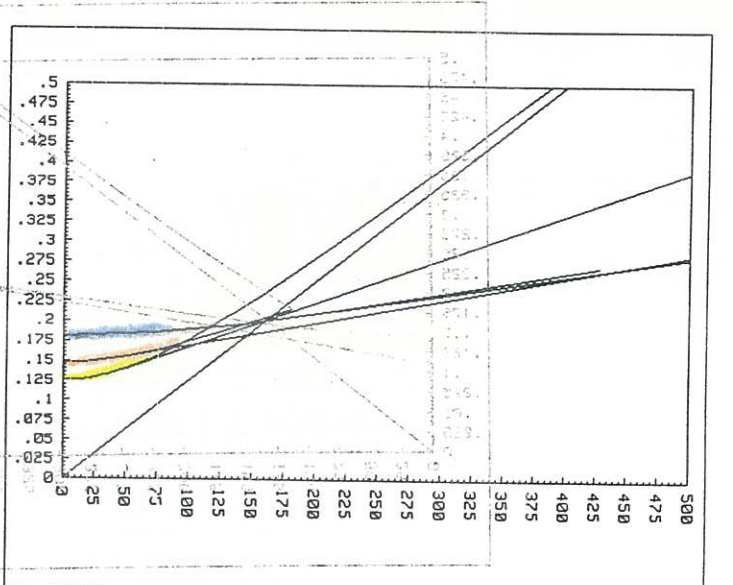
REFLEXIONES PARA 4 CAPAS. DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 50	V(1)= 800
Z(2)= 20	V(2)= 1800
Z(3)= 60	V(3)= 3500
	V(4)= 4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS(grados centesimales):
 To(1)= .125 Ac(1)= 29.32
 To(2)= .147 Ac(2)= 34.39
 To(3)= .182 Ac(3)= 62.71

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 1ª REFLEXION:
 Xc= 50 Tc= .140

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida grafica, segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 181 T(2)= .216
 X(3)= 428 T(3)= .268



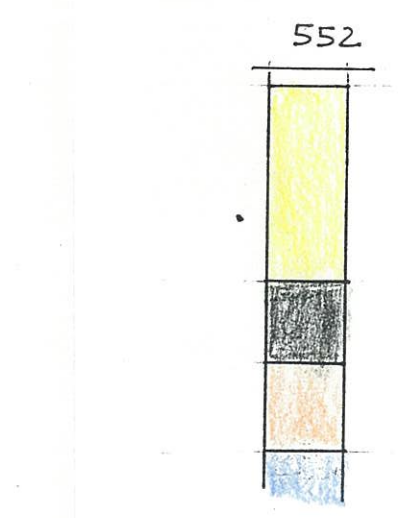
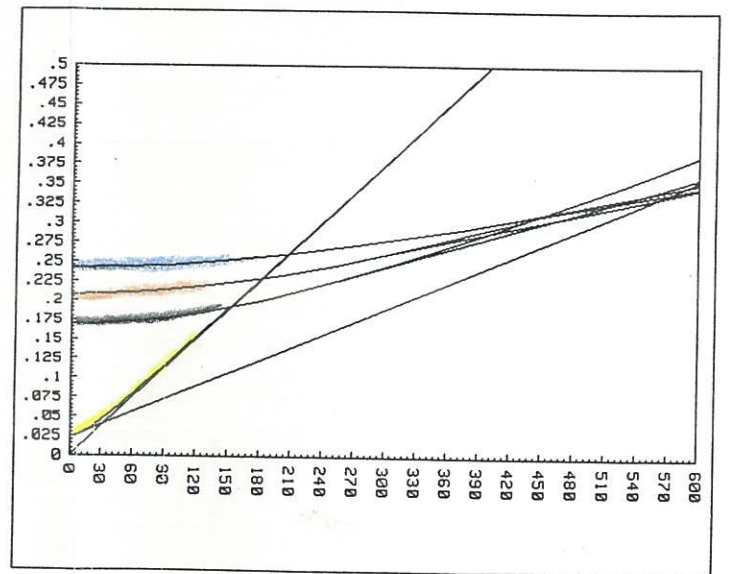
REFLEXIONES PARA 5 CAPAS. DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 10	V(1)= 800
Z(2)= 130	V(2)= 1800
Z(3)= 50	V(3)= 2600
Z(4)= 60	V(4)= 3500
	V(5)= 4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS(grados centesimales):
 To(1)= .025 Ac(1)= 29.32
 To(2)= .159 Ac(2)= 48.68
 To(3)= .288 Ac(3)= 53.31
 To(4)= .242 Ac(4)= 62.71

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 1ª REFLEXION:
 Xc= 10 Tc= .020

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida grafica, segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 878 T(2)= .531
 X(3)= 438 T(3)= .303
 X(4)= 635 T(4)= .361



REFLEXIONES PARA 4 CAPAS. DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 80	V(1)= 1800
Z(2)= 130	V(2)= 2600
Z(3)= 70	V(3)= 3500
	V(4)= 4200

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS(grados centesimales):
 To(1)= .089 Ac(1)= 48.68
 To(2)= .189 Ac(2)= 53.31
 To(3)= .229 Ac(3)= 62.71

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 1ª REFLEXION:
 Xc= 154 Tc= .123

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida grafica, segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 1872 T(2)= .792
 X(3)= 1350 T(3)= .532

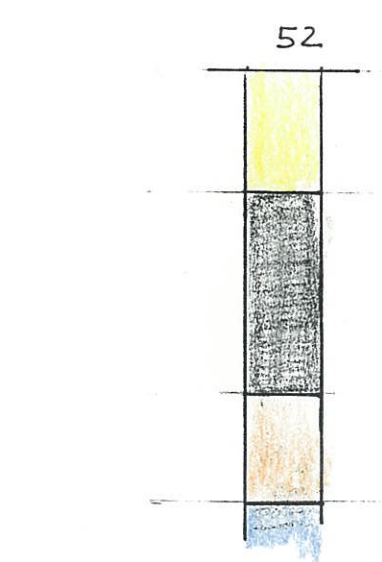
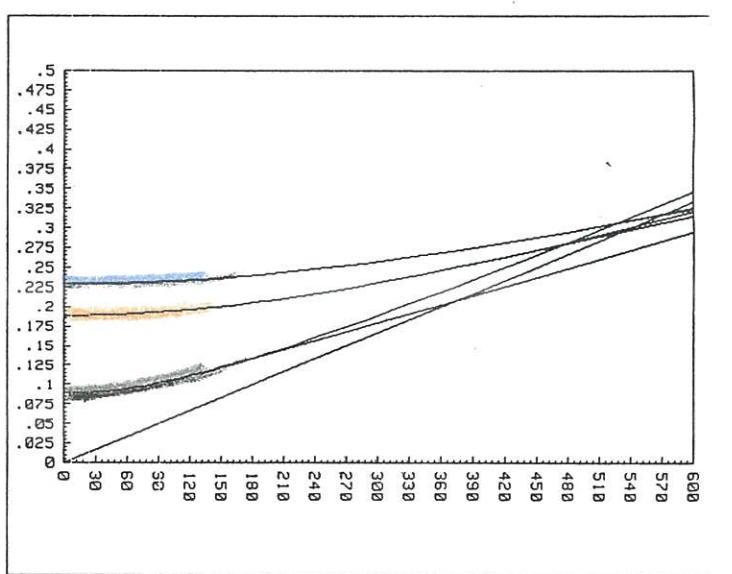
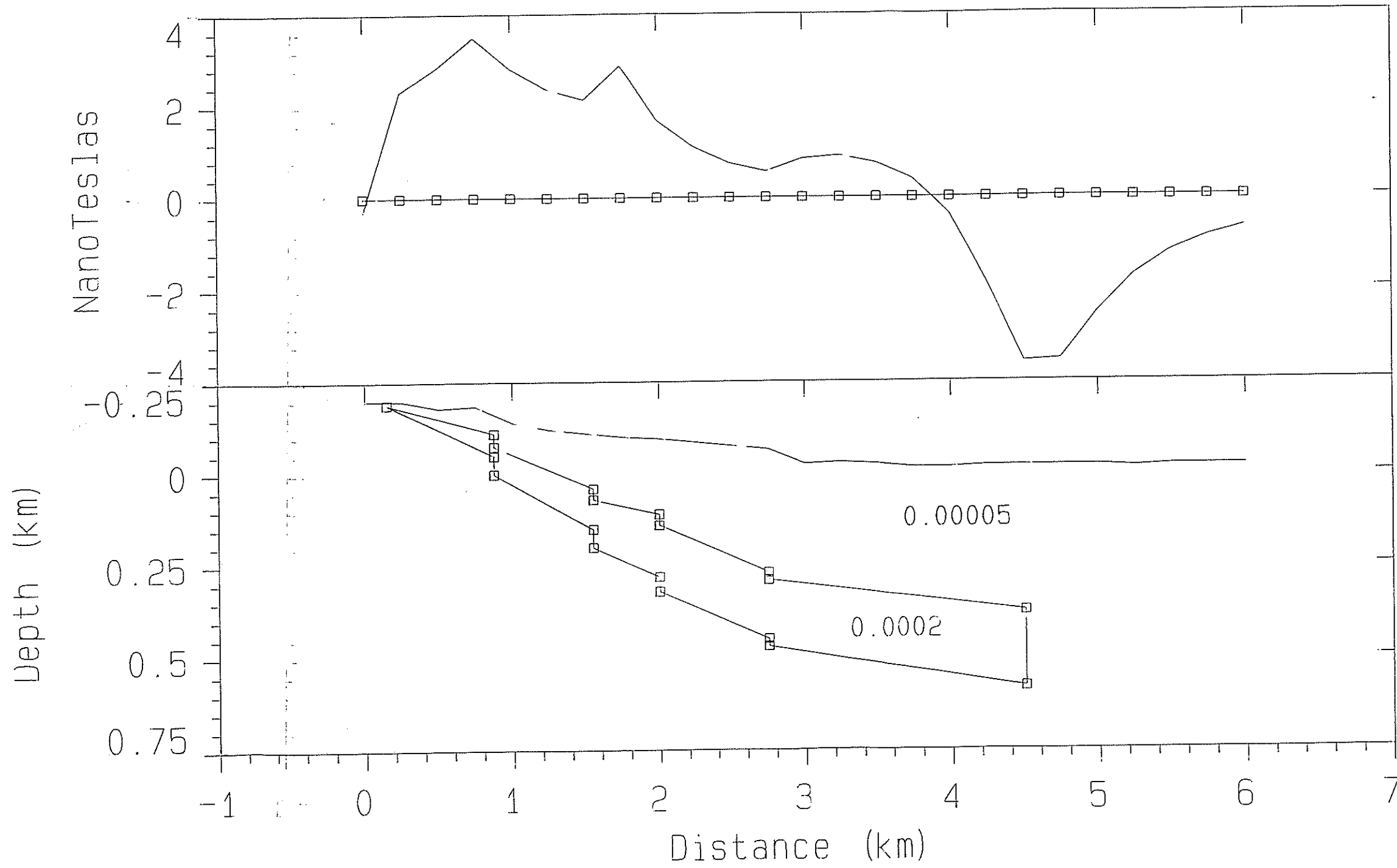
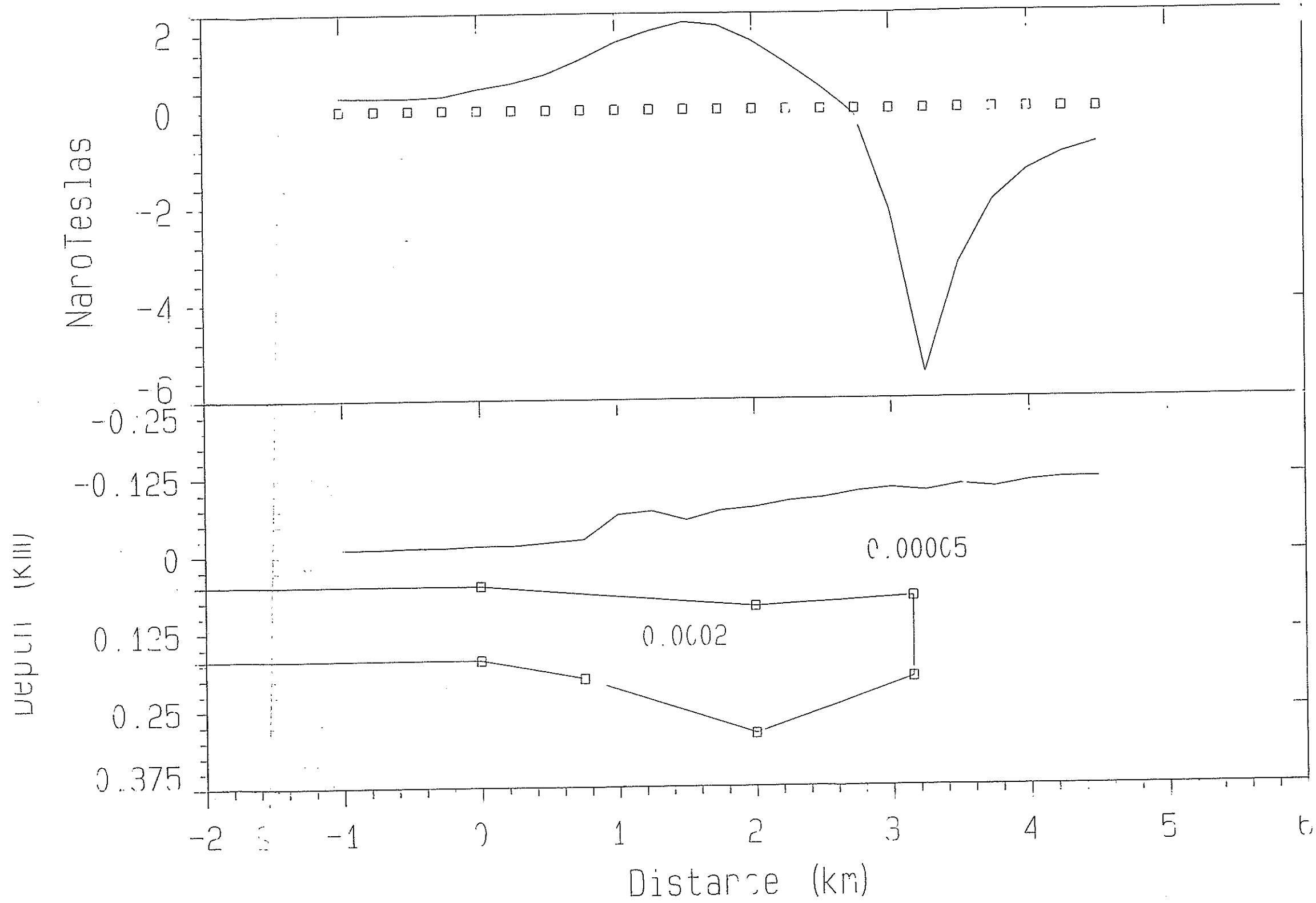


Fig. 6

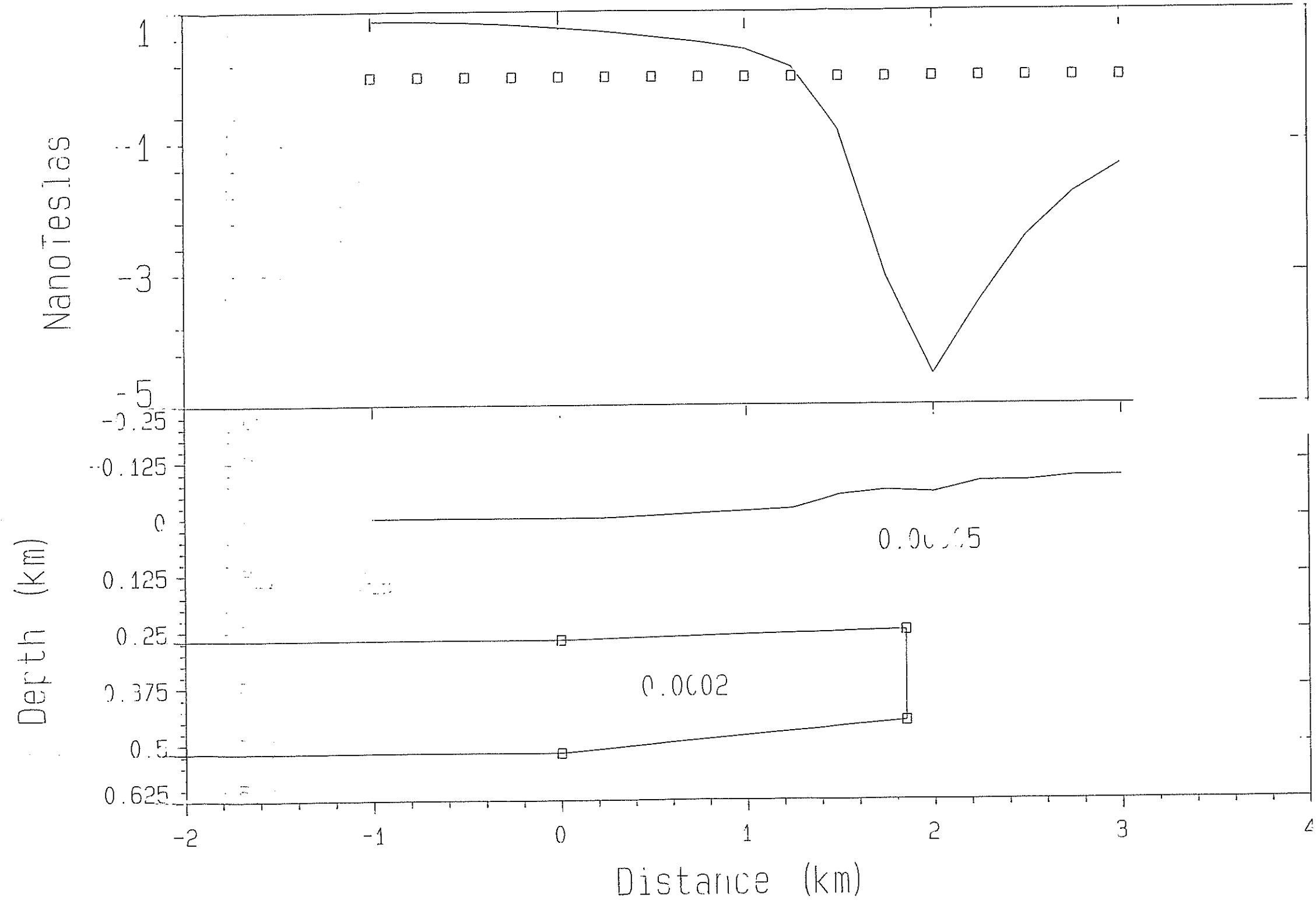
P4MA



P33M



P55M



P4A2

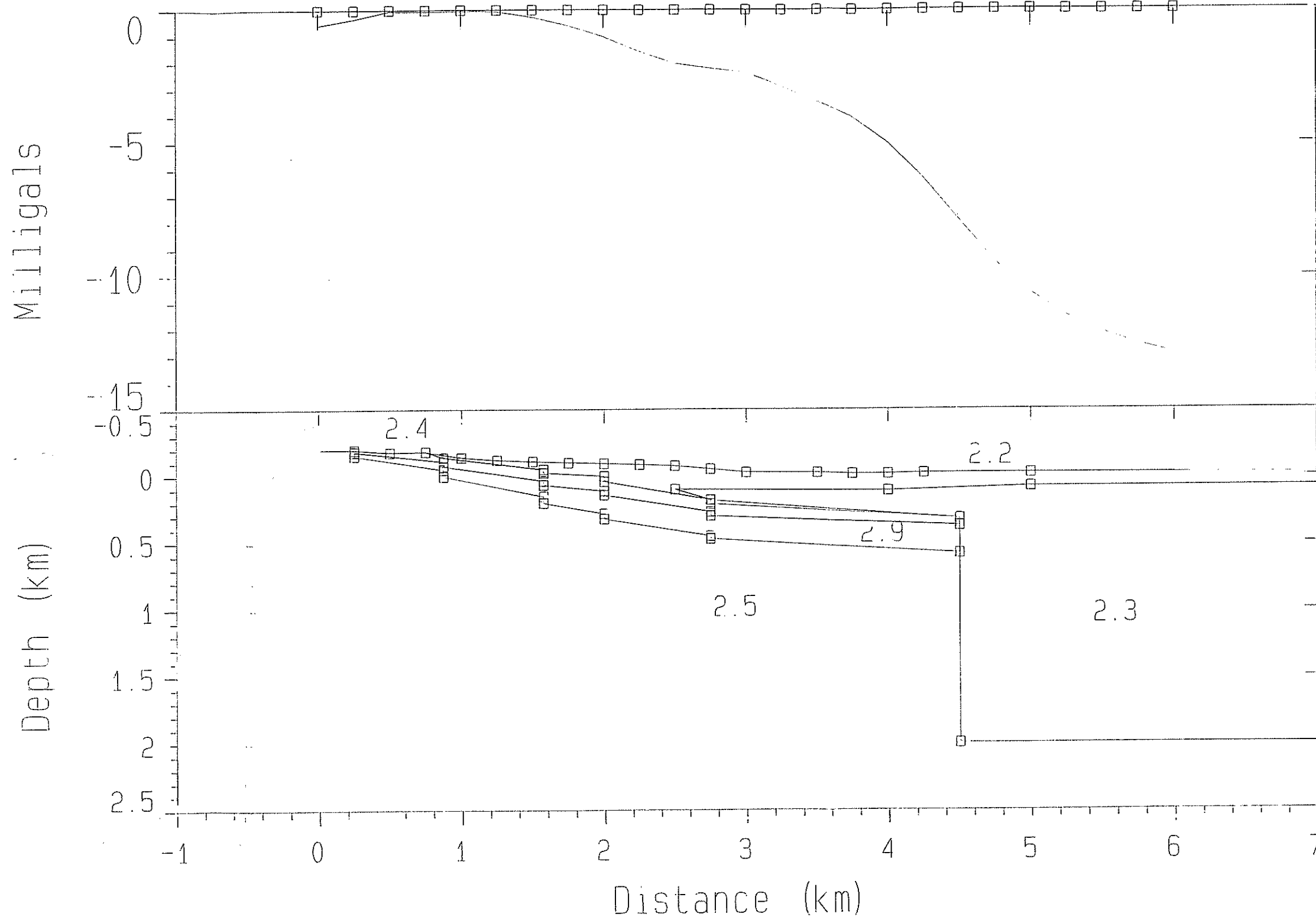


Fig. 10

P4A4

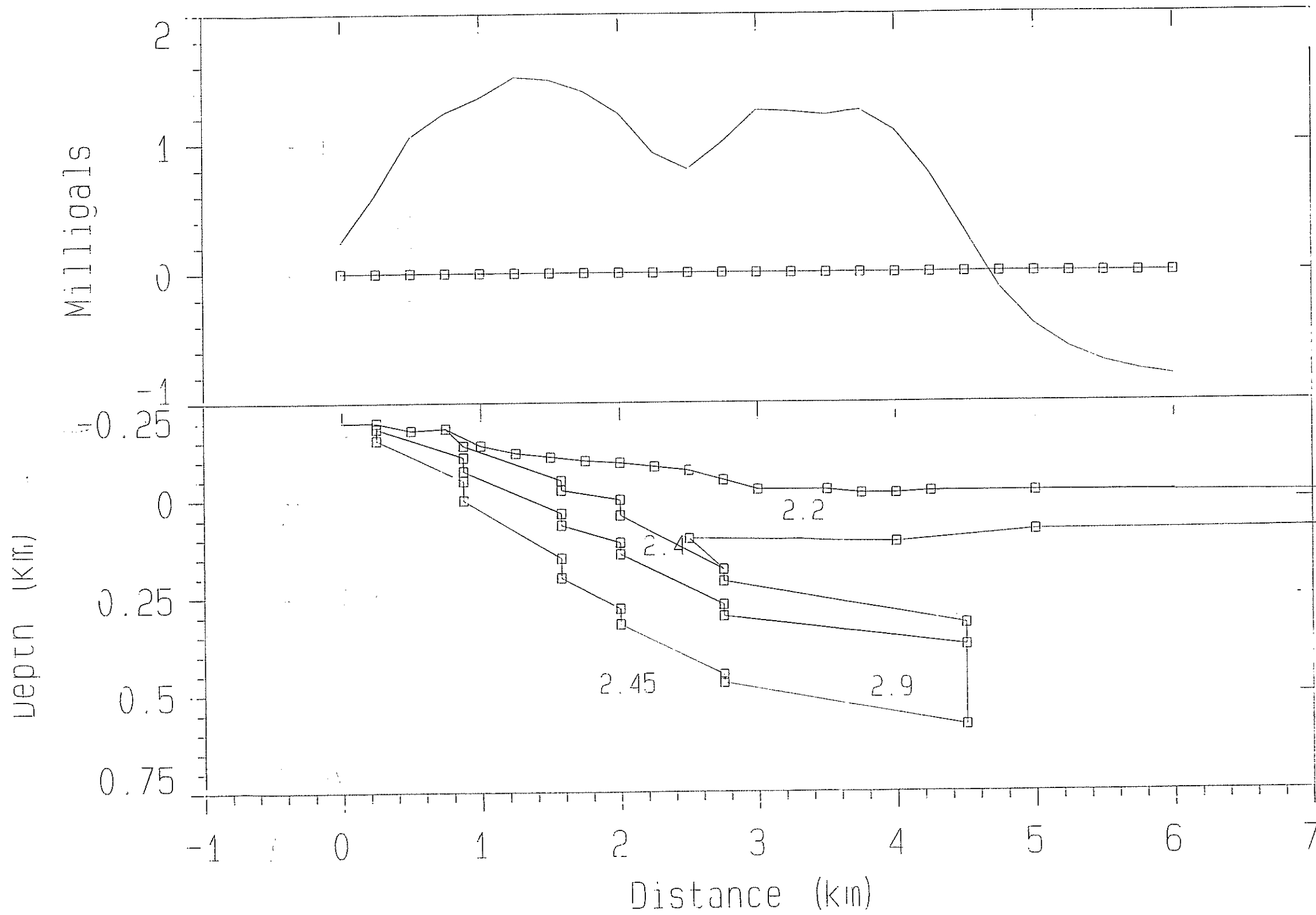
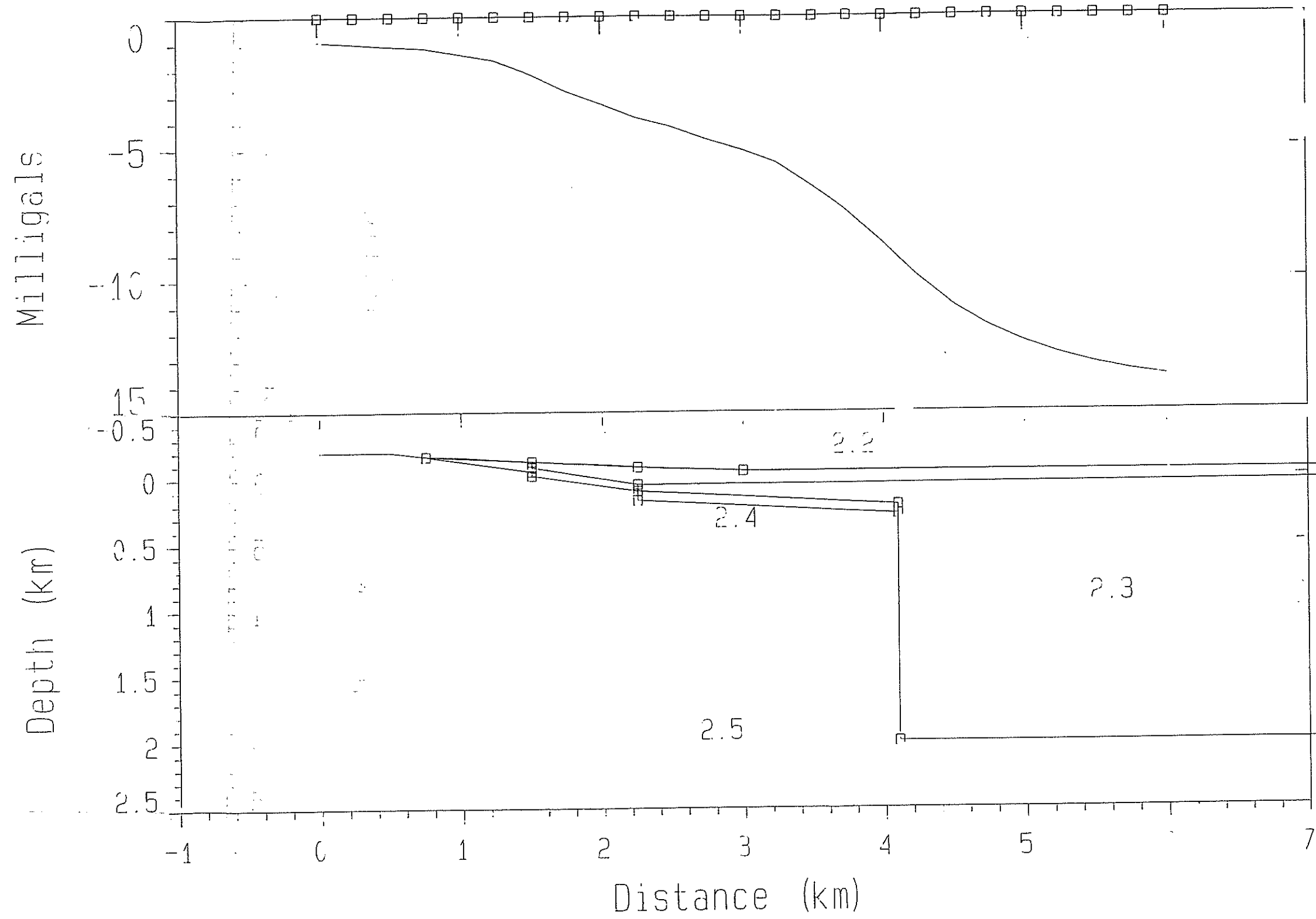
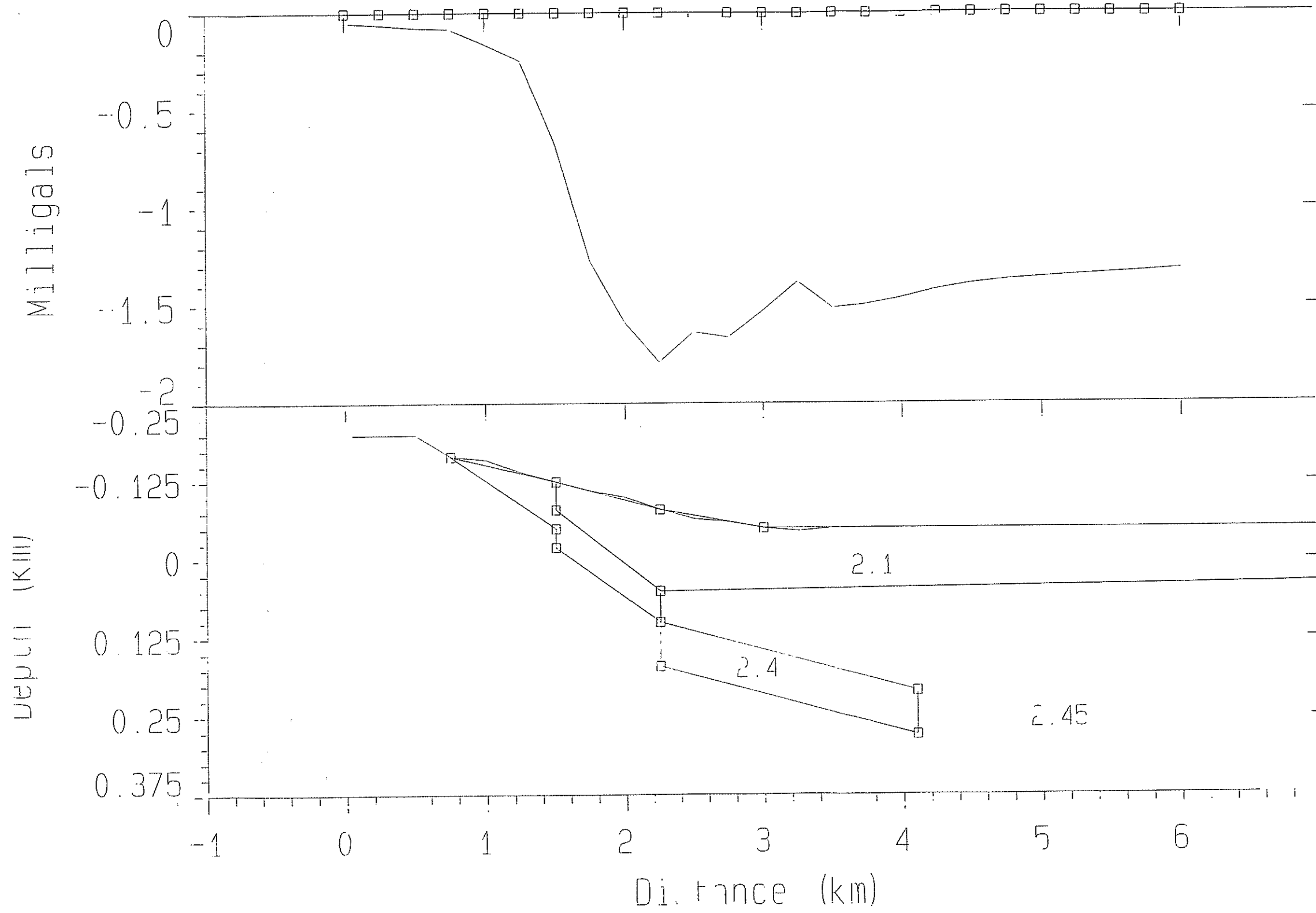


Fig. 11

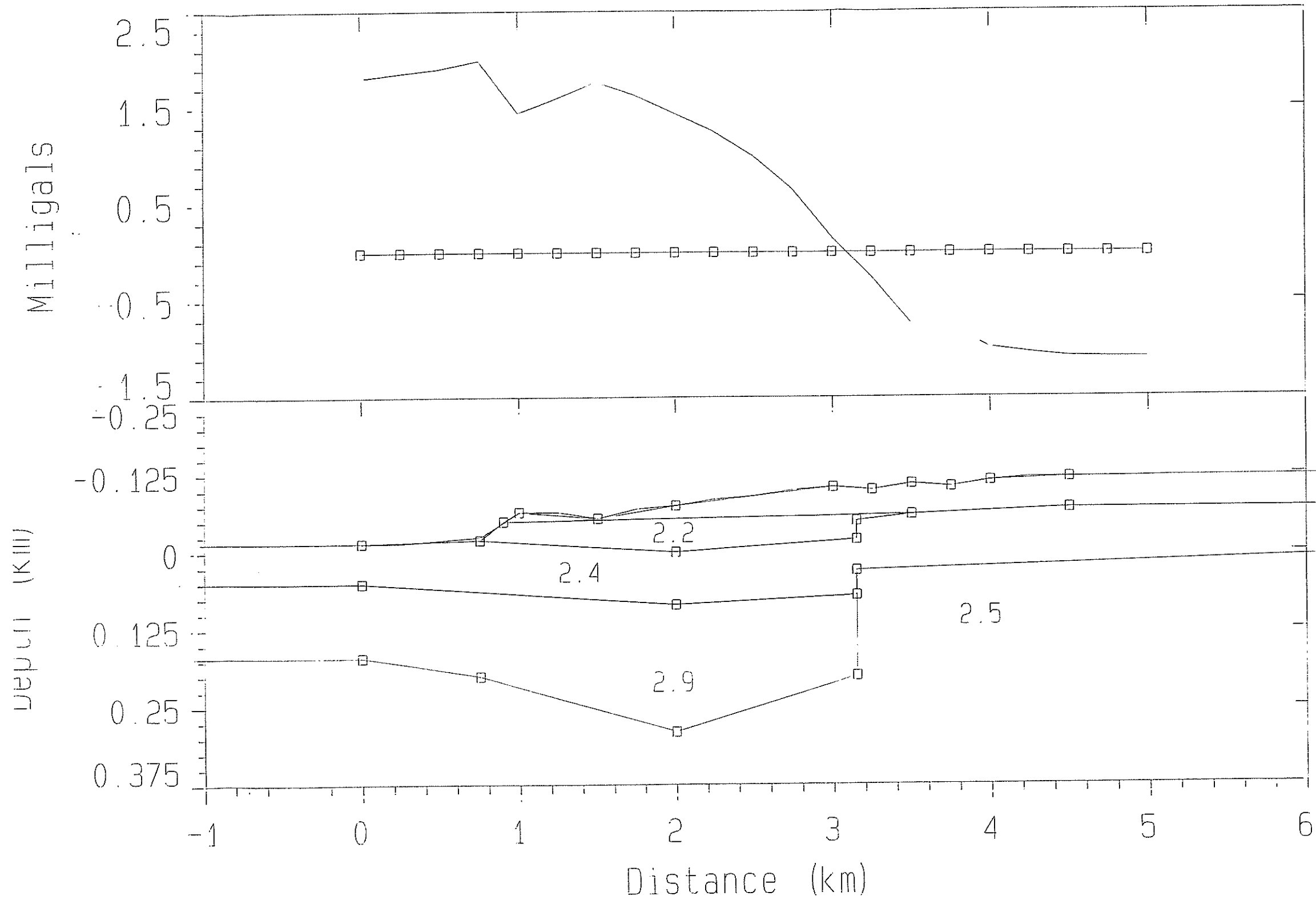
P5A



P5A2



P33A



P55A

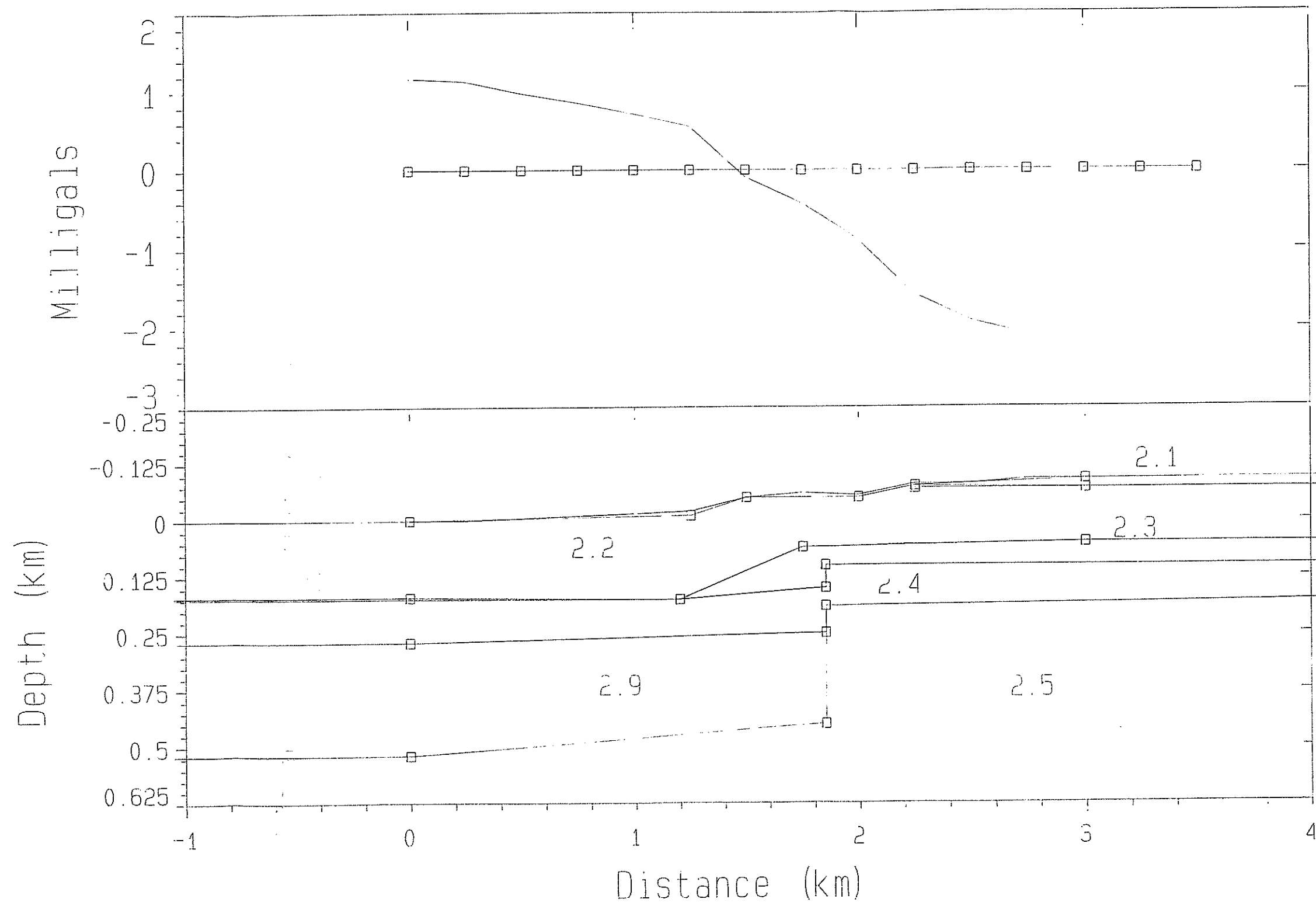


Fig. 15