

פיתוח שיטות TDEM ו-NMR לפתרון בעיות

גיאולוגיות והידרוגיאולוגיות שונות בא"י

דו"ח מס' L01/421/93

דו"ח מס' TR-GSI/17/94

מאת

מ. גולדמן
ב. רבינוביץ
מ. רבינוביץ

ד. ויינר

י. ברטוב
ח. גינת
ע. זילברמן
ג. בר

יוני 1994

פיתוח שיטות TDEM ו-NMR לפתרון בעיות

גיאולוגיות והידרוגיאולוגיות שונות בא"י

דו"ח מס' L01/421/93

דו"ח מס' TR-GSI/17/94

מאת

מ. גולדמן
ב. רבינוביץ
מ. רבינוביץ

ד. ויינר

י. ברטוב
ח. גינת
ע. זילברמן
ג. בר

יוני 1994

הקדמה

מטרתו העיקרית של המחקר מתחלקת לשניים: הראשונה היא לנסות ולאתר בעיות בגיאולוגיה של ארץ ישראל בעזרת שיטת ה-TDEM (Time Domain Electromagnetic); השנייה היא פיתוח תוכנה משופרת לפענוח נתוני NMR (Nuclear Magnetic Resonance). א. מדידות TDEM נערכו בחמישה אתרים שונים בדרום הארץ. הבדיקות שנערכו בשלבים הקודמים של המחקר בערבה ובמישור רותם (גולדמן ואחרים, 1990, 1991) איתרו את היחידות הבאות בעלות מאפיינים חשמליים ברורים:

- חברות יהודה, הר הצופים ועבדת וכן קונגלומרט ערבה - בעלות התנגדות חשמלית גבוהה.
- תצורת טאקיה ותצורת חצבה בעלות התנגדויות חשמליות נמוכות יותר. בשלב הנוכחי של המחקר, נערכה פריסה רחבה יותר של נקודות המדידה בנסיון להשתמש בשיטת ה-TDEM ככלי למיפוי תת הקרקע. באיזורים אחרים, כגון הבקעות הטקטוניות של הערבה והנגב הדרומי, תעלת דימונה ונחל מישר, נערכו מדידות TDEM על מנת לאתר הבדלים משמעותיים בהתנגדויות החשמליות בין יחידות גיאולוגיות סמוכות המהוות מטרה למיפוי גיאולוגי.

התוכנית החדשה לפענוח נתוני NMR אמורה להקטין בצורה משמעותית את השפעתם של רעשים חיצוניים וגיאולוגיים. נעשתה בדיקה של התוכנית על נתוני NMR שנאספו במהלך סקר היטכנות שנערך בשנת 1992; השוואה של הפענוח החדש עם הפענוח הקודם ונתוני קידוח מצביעה על דיוק גבוה יותר של התוצאות שהתקבלו בעזרת התוכנית החדשה. המחברים מודים לאלי רם על עזרתו הרבה בעבודת השדה.

מדידות TDEM בבקעות טקטוניות של הערבה והנגב הדרומי

1. מסגרת העבודה

בחודשים אוגוסט, ספטמבר ונובמבר 1993 בוצעו מדידות TDEM במשך 4 ימים בבקעות הטקטוניות של הערבה והנגב הדרומי.

2. רקע

(א) קונגלומרט הערבה

קונגלומרט ערבה מכסה שטחים נרחבים בנגב הדרומי והמרכזי באגני הניקוז של הנחלים פארן, ציחור, חיון ובשולי הערבה. עובי החתכים החשופים נע

בין מטרים בודדים לכמה עשרות. שיחזור תווי הזרימה במהלך השקעת הקג"ל מלמד על תעלה ברוחב שבין אחד לשלושה קילומטרים בה הובלו חלוקים מעבר הירדן המזרחי, דרך הערבה מערבה לכיוון נחל פארן הקדום ("התעלה הירדנית"). עובי שכבות הקונגלומרט החשופות בשולי נחל חיון מגיע ל- 46 מטר. מחשופים בהם מצויים חלוקים אלוכטוניים שהובלו מעבר הירדן המזרחי מצויים מאזור מישורי חיון ומערבה.

נחל שיטה, המצוי בשולי הערבה, הוא עמק רחב החתור בסלעי תצורת מישאש, מלא בקונגלומרט בקרקעיתו, ובתוכו עובר כיום קו פרשת המים. רוחב העמק מעל לקילומטר, ולא ניתן להסבירו ע"י קו שבר מזרח מערב או כעמק סטרייק המפותח במערכת הניקוז הנוכחית. כיוון העמק מרמז שמדובר בשריד של מערכת הניקוז הפליוקנית בה הושקע קג"ל ערבה. מטרת הבדיקה היא לבחון את אופיו ועוביו של הקונגלומרט המצוי בעמק נחל שיטה בצידו המזרחי (סמוך לכביש הערבה) ובצידו המערבי (במישורי חיון).

ב) האלוביום בבקעות עובדה וסיריים

באגן הניקוז של נחל חיון מצויות שתי בקעות טקטוניות - סיריים ועובדה (ציור 2) התחומות ממזרח ע"י העתק מלחן וממערב ע"י העתקים נוספים שכיוונם הכללי לצפון צפון מזרח. הבקעות התפתחו כתוצאה מפעילות טקטונית שהתרחשה לאחר השקעת קג"ל ערבה ובהם הצטבר חתך אלוביאלי בעובי של כמה עשרות מטרים.

הבקעות נטויות לכיוון צפון ומתנקזות לכיוון ים המלח. שיפוע הזרימה מגיע כמעט למעלה אחת בדרום כל אחת מהבקעות ומתמתן לכיוון צפון. במוצא בקעת עובדה לנחל חיון מצוי שיפוע של 2 אלפיות בלבד.

שטחה של בקעת עובדה כ- 60 קמ"ר ורוחבה הולך וקטן מדרום (6 ק"מ) לצפון (1.5 ק"מ). שטחה של בקעת סיריים קרוב ל- 15 קמ"ר ורוחבה בין שניים לשלושה ק"מ.

עפ"י נתוני קידוחים ותצפית על פני השטח החתך האלוביאלי בבקעות עובדה וסיריים משתנה לתרלית וורטיקלית ומכיל חומר גס (בעיקר חלוקים של סלעי חבורת יהודה והר הצופים) וחומר דק. בשתי הבקעות קיימת ירידה בגודל החלוקים והעשרה בכמות החומר הדק במורד הזרימה.

המילוי האלוביאלי בבקעות משתרע על עשרות קילומטרים רבועים והבדיקות שנעשו הן נקודתיות. לצורך מדידת פרופיל האורך נבחרו 4 נקודות שבהם צפוי להיות עובי חתך מקסימלי במעלה הבקעות (נקודות GS 306, GS 308) ובסמוך למוצאן (GS 304, GS 307). כמו כן נעשה חתך בניצב לחלק הצפוני של בקעת עובדה (GS 311 - GS 314).

3. מטרת המחקר

א) . איתור מקומו ועוביו של קונגלומרט ערבה בנחל שיטה ומישורי חיון.

- (ב) בדיקת פרופיל האורך התת קרקעי של הבקעות עובדה וסיירים, במטרה להעריך את כמות הסחף הלכודה, המשפיעה על אי רציפות בתנועת המים בבקעות. כמו כן ביצוע השוואה בין פרופיל האורך התת קרקעי של הבקעות לבין פרופיל האורך הקיים כיום עשויה ללמד על אופי הפעילות הטקטונית בבקעות.
- (ג) בדיקת פרופיל תת קרקעי לרוחב צפון בקעת עובדה, על מנת לאמוד את עובי האלוביום בצפון בקעת עובדה.
- (ד) זיהוי יחידות הסלע העליונות הקבורות מתחת לאלוביום בבקעות סיירים ועובדה.

4. שיטות העבודה

(א) איסוף נתונים

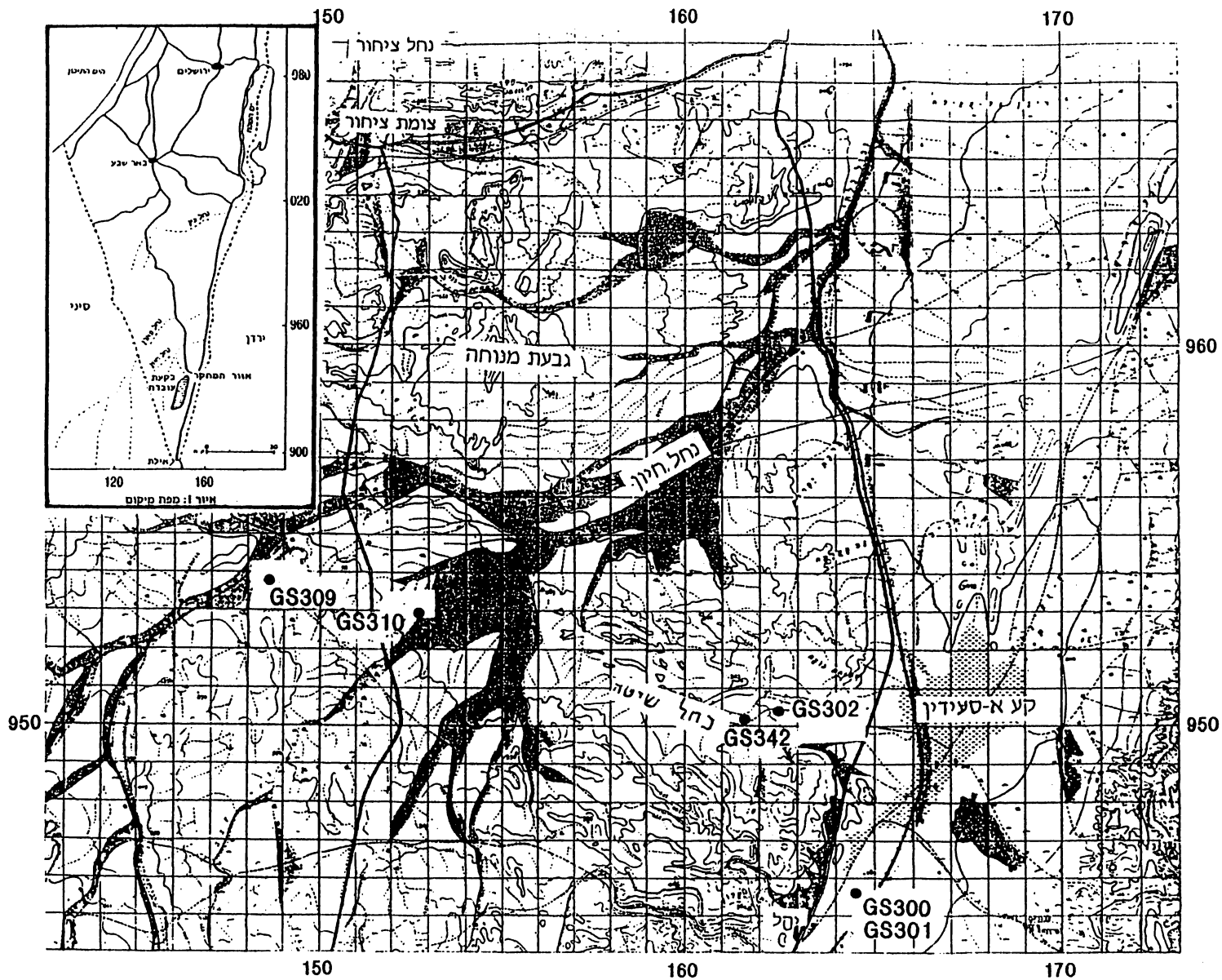
בוצעו פריסות של 50 X 50 מ' ושל 100 X 100 מ' ב- 14 אתרים לפי המטרות הבאות:

(1) קונגלומרט ערבה (ציור מס' 1)

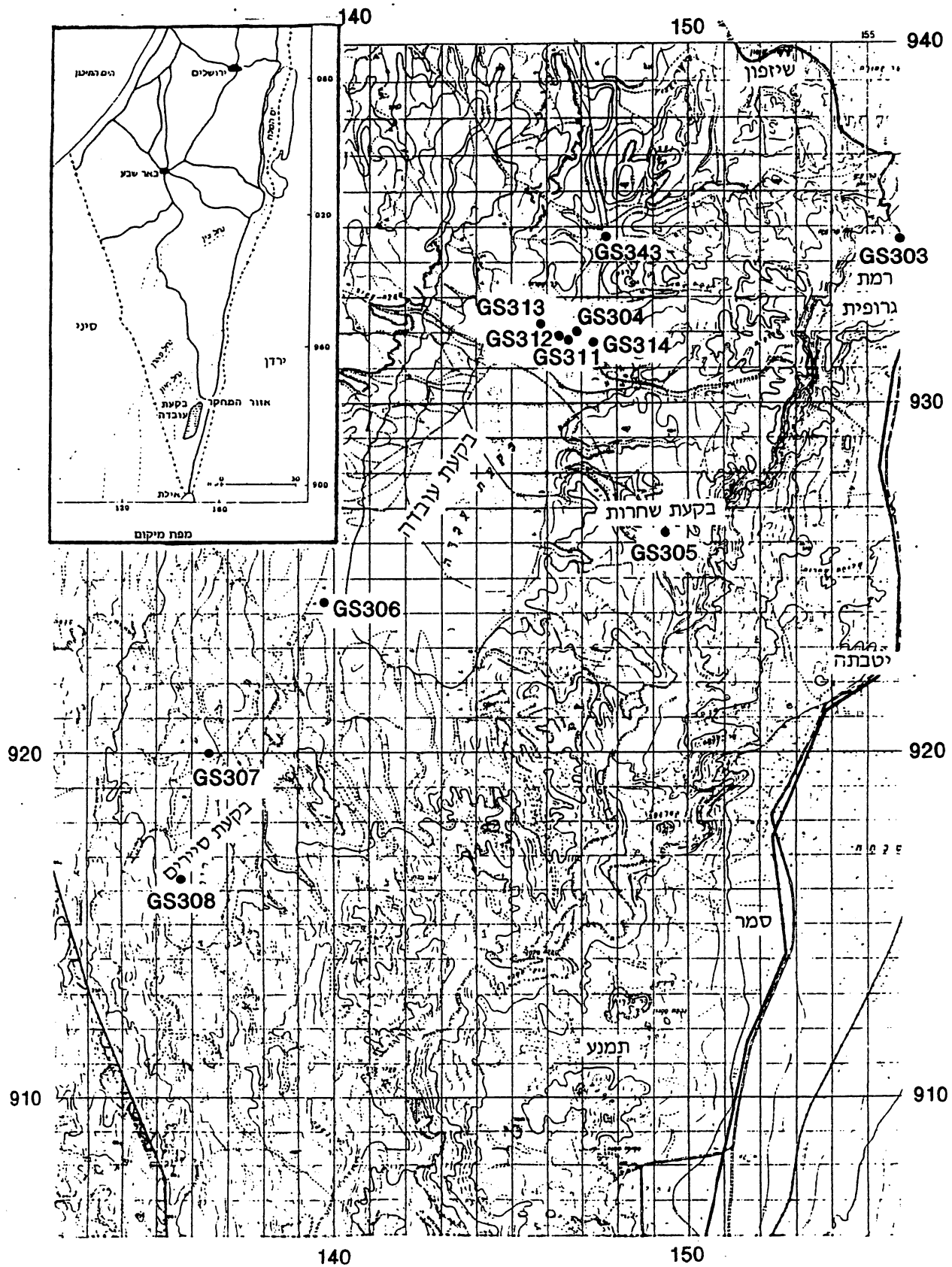
GS300, GS301 נ.צ. 1645/9456 פריסות של 200 מ' ו- 50 מ' לכיול עם הקידוח בנחל יעלון.
GS302 נ.צ. 1624/9504 פריסה של 50 מ' בנחל שיטה לאיתור קג"ל ערבה.
GS309 נ.צ. 1485/9539 פריסה של 50 מ' לכיול האינפורמציה על קונגלומרט ערבה (מחשוף בשולי נחל חיון).
GS310 נ.צ. 1528/9530 פריסה של 50 מ' במישורי חיון לאיתור קג"ל ערבה.
GS342 נ.צ. 1617/9503 פריסה של 50 מ' בנחל שיטה לאיתור קג"ל ערבה.

(2) עובי הסחף בבקעות בנגב הדרומי (ציור מס' 2)

GS303 נ.צ. 1560/9347 פריסה של 50 מ' לכיול ברמת גרופית.
GS304 נ.צ. 1469/9320 פריסה של 100 מ' למציאת העובי בצפון בקעת עובדה.
GS305 נ.צ. 1494/9261 פריסה של 50 מ' למציאת העובי בבקעת שחרות.
GS306 נ.צ. 1397/9242 פריסה של 50 מ' למציאת העובי בדרום בקעת עובדה.



ציור 1: מפת מדידות, קונגלומרט ערבה



ציור 2: מפת מדידות באזור הבקעות

GS307 נ.צ. 1364/9200 פריסה של 50 מ' למציאת העובי בצפון בקעת סירים.

GS308 נ.צ. 1357/9163 פריסה של 50 מ' למציאת העובי בדרום בקעת סירים.

GS311 נ.צ. 1468/9318 פריסה של 100 מ' לפרופיל בצפון בקעת עובדה.

GS312 נ.צ. 1464/9319 פריסה של 50 מ' לפרופיל בצפון בקעת עובדה.

GS313 נ.צ. 1459/9322 פריסה של 50 מ' לפרופיל בצפון בקעת עובדה.

GS314 נ.צ. 1473/9317 פריסה של 50 מ' לפרופיל בצפון בקעת עובדה.

GS343 נ.צ. 1476/9348 פריסה של 50 מ' למציאת עובי נחל חיון בצפון בקעת עובדה.

(ב) פענוח גיאולוגי של הנתונים.

5. תוצאות ומסקנות

(א) קונגלומרט הערבה

ההתנגדות החשמלית של קג"ל ערבה זוהתה כגבוהה מאוד (ציור 3). בכל המקרים היא מעל ל- 130 (ohm-m), ובערכיה הגבוהים מגיעה מעל ל- 400 (ohm-m). בנחל שיטה נמצא שיש התנגדות בערכים גבוהים מאוד (392 ohm-m) (GS302), והתנגדות זו דומה מאוד לזו שנמצאה בבדיקת הכיול בנחל חיון (GS309). במטרים העליונים של החתך מצויה יחידה דקת גרגר, אדומה הנחשפת בשולי הנחל. מתחת לה מצוי קונגלומרט ערבה שעוביו מגיע ל- 31 מטר מתחת לאפיק הפעיל (ציור 4).

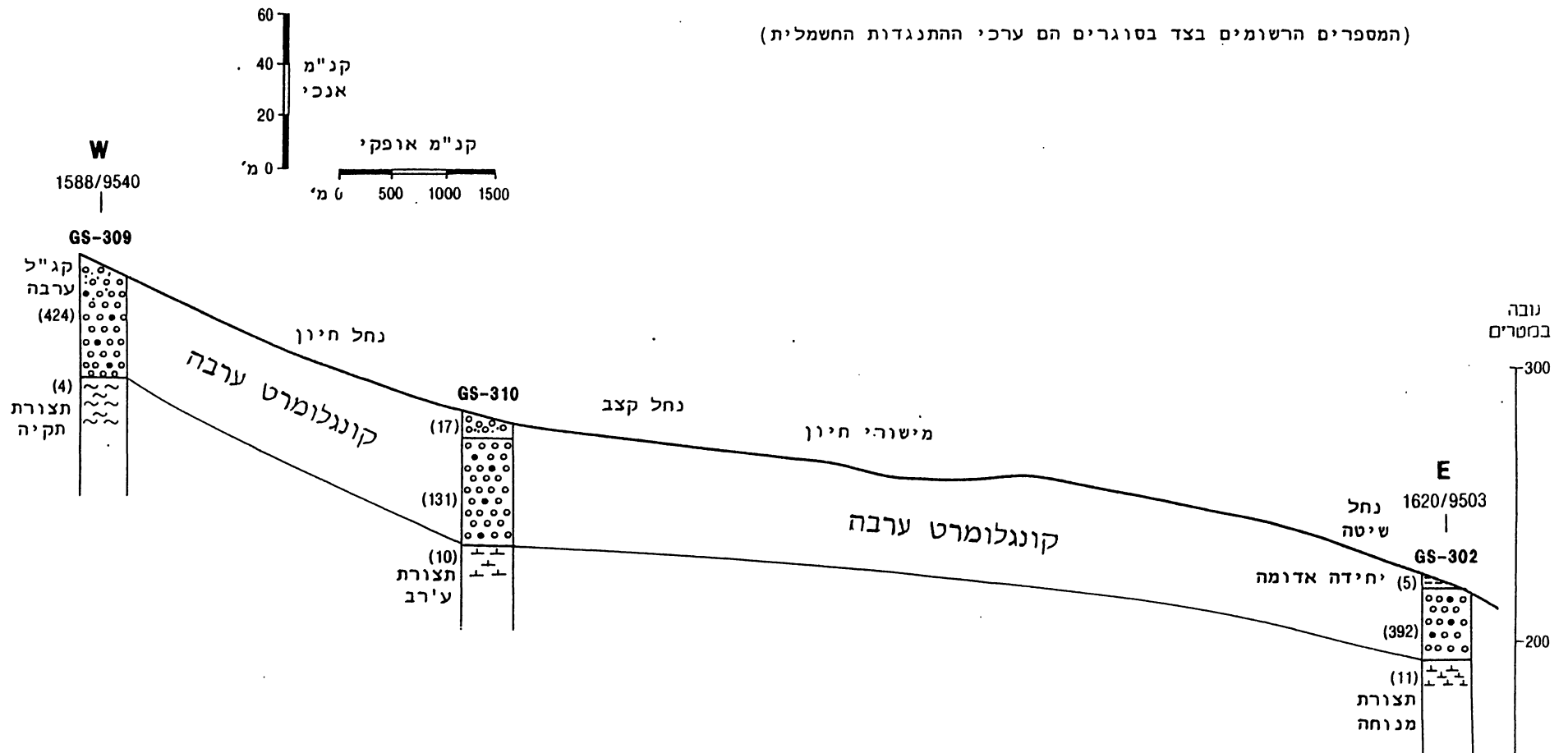
ההתנגדות החשמלית הגבוהה שכיחה בקונגלומרטים, ובמיוחד בקג"ל ערבה בזכות ריבוי חלוקי גרניט וקוורציט. נוכחות מי תהום בחתך (למשל במישורי חיון), מביאה כנראה להתנגדות גבוהה פחות.

בחלק העליון של קג"ל ערבה, זוהתה בחתכים יחידה אלוביאלית עשירה בסילט וחרסית בעובי של כמה עשרות סנטימטרים, בעלת התנגדות חשמלית נמוכה.

המדידות מעלות שעובי קג"ל ערבה באזור המדידה הולך וגדל ממזרח למערב: עוביו 31 מטר בנחל שיטה ו- 46 מטר במישורי חיון (ציור 3). עפ"י מדידות אלו מצוי קג"ל ערבה בנחל שיטה מתחת לאלוביום הרצנטי. לפיכך נחל שיטה הוא כנראה התעלה בה הובלו חלוקים מעבר הירדן המזרחי מערבה בתקופת הפליוקן. עפ"י הידע הגיאולוגי שבידנו קג"ל ערבה מונח על סלעי קרטון בנחל שיטה (תצורת מנוחה) ובמישורי חיון (תצורת ע'רב). ההתנגדות החשמלית של הסלעים שמתחת לקג"ל ערבה בשני המקרים דומה, ומגיעה ל- 10 ohm-m.

ציור 3: הופעת קונגלומרט ערבה (פציאס "התעלה הירדנית")

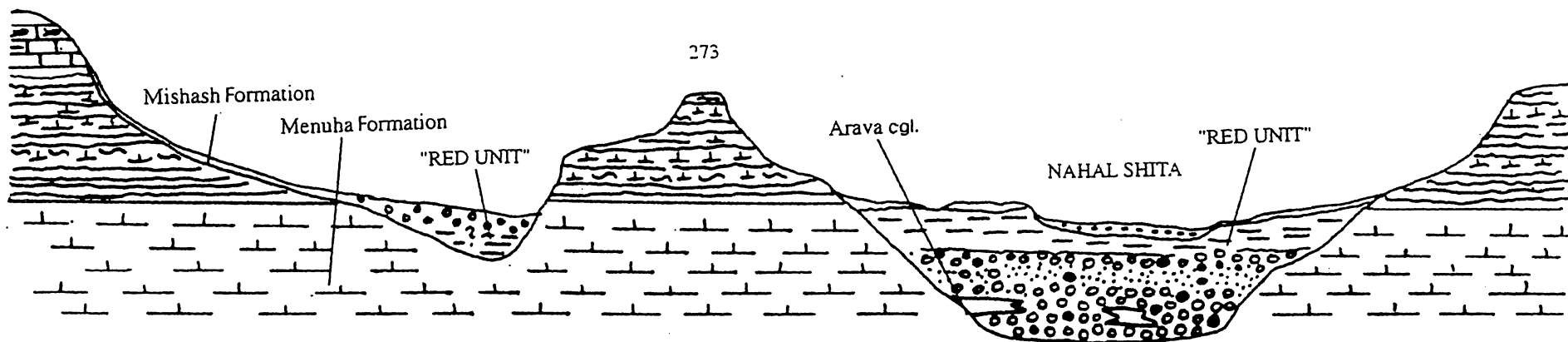
(המספרים הרשומים בצד בסוגרים הם ערכי ההתנגדות החשמלית)



ציור 4: חתך בניצב לנחל שיטה

1625/9485
301 .

1616/9513



vertical scale: 1:2000
horizontal: 1:5000

(ב) מילוי בקעות עובדה וסיירים

עפ"י המדידות הנקודתיות שנעשו נמצא כי:

(1) בבקעת סיירים מתעבה הסחף מ- 15 מטר בדרום הבקעה ל- 30 מטר בצפונה (ציור 5). מכאן שעובי הסחף הולך וגדל במורד הזרימה.

(2) בבקעת עובדה עובי הסחף בפתח הבקעה ובמוצאה דומה והוא בסביבות 50 מטר. לפיכך הפרופיל הקעור של הבקעה נשמר גם בתת הקרקע.

(3) נתוני ההתנגדות החשמלית מאשרים את תצפית שנערכה על פני השטח לגבי אופי החתך האלוביאלי במורד הבקעות. בעוד בדרומן מצויים בעיקר קונגלומרטים (בעלי התנגדות חשמלית גבוהה), הרי שבצפון הבקעות מצטברים חתכים אלוביאליים דקי גרגר של חול, סילט וחרסית (בעלי התנגדות חשמלית נמוכה) (ציור 5).

(4) החתך שנעשה בניצב לפתחה הצפוני של בקעת עובדה מלמד כי עובי האלוביום הוא בין אפס ל- 50 מטר בצפון הבקעה (ציור 6). עיקר האלוביום הוא חומר דק גרגר בדומה לזה הנחשף על פני השטח.

נתונים אלו מהבקעות, אופי החתך המצטבר בהן והעובדה שבבקעות קיימת גם כיום השקעה ואין התחרות (בניגוד למרבית נחלי הנגב הדרומי) מרמזים על שקיעה הדרגתית של הבקעות, תוך כדי הצטברות החתך. בבקעת סיירים שוקע בעיקר חלקה הצפוני ולכן עובי החתך האלוביאלי הולך וגדל כלפי צפון. בקעת עובדה שוקעת כולה וכך מתאפשרת הצטברות סחף ושינוי משקל בין הפרופיל התת קרקעי לפרופיל האורך הנוכחי.

לסלעים מחבורת יהודה אין התנגדות אחידה. שינויים ליתולוגיים תכופים בחתך בחבורת יהודה (בעיקר בתצורת גרופית) ונוכחות מי תהום מקשים על פענוח הנתונים מתת הקרקע.

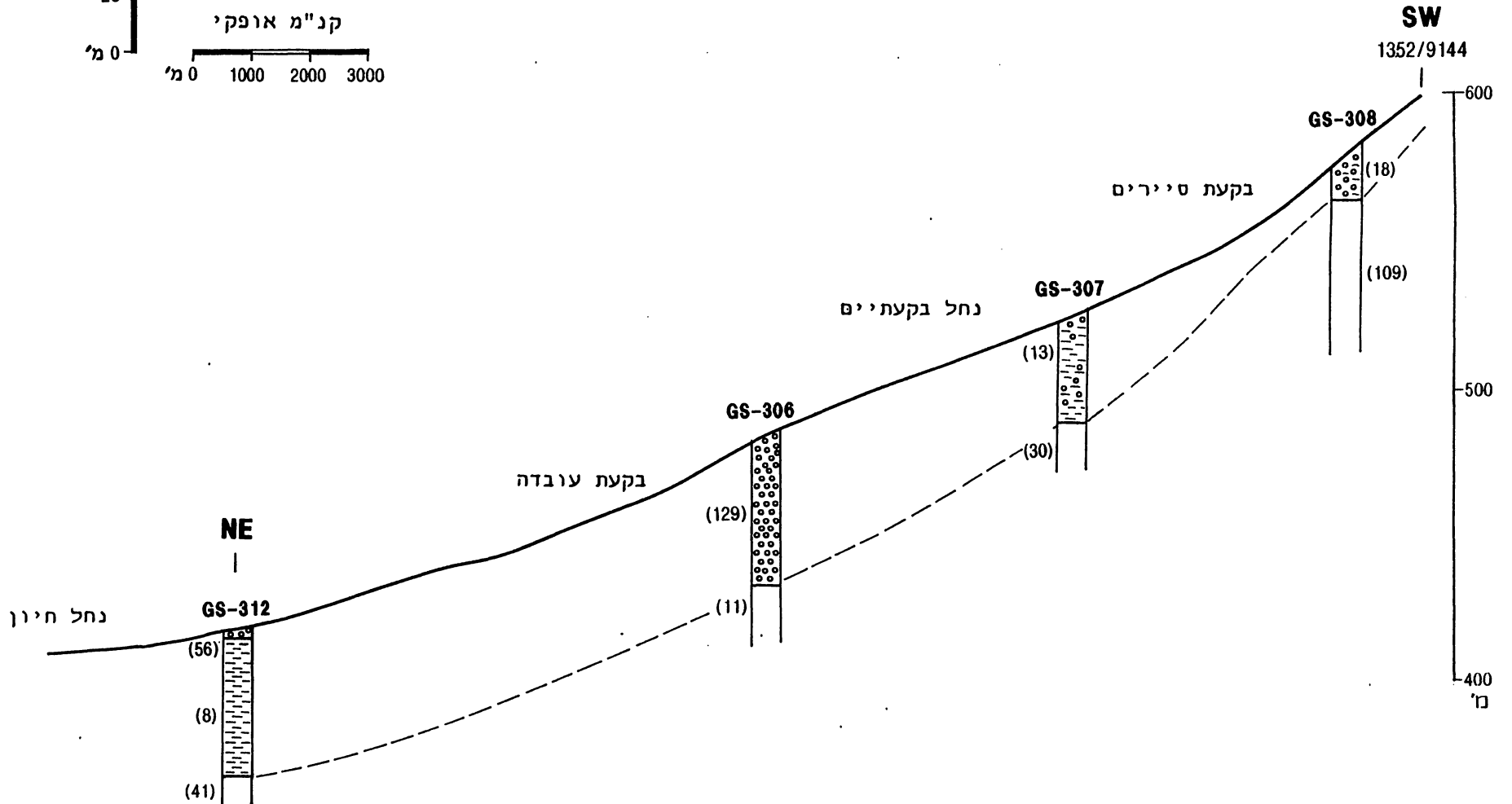
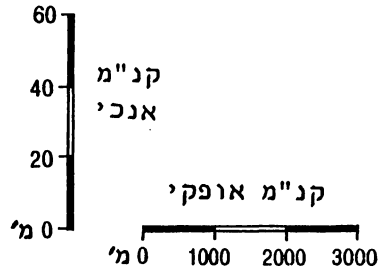
למרות זאת במרבית החתכים המגע בין החתך האלוביאלי לסלע הקבור מתחתיו ברור, אם כי הפרש ההתנגדויות קטן מזה שנמצא בין קג"ל ערבה לסלעים שמתחתיו (ציור 6). ניתוח מפורט של הנתונים מלמד שאין אינפורמציה ברורה לגבי טיב הסלע המצוי מתחת לאלוביום בבקעות.

כיוון ששטח הבקעות גדול מאוד והנתונים הם נקודתיים ולאור אי הבהירות הקיימת בחלק מהמקרים בפענוח הנתונים, דרושה עבודה נוספת על מנת לבסס את המסקנות שהוצגו לעיל.

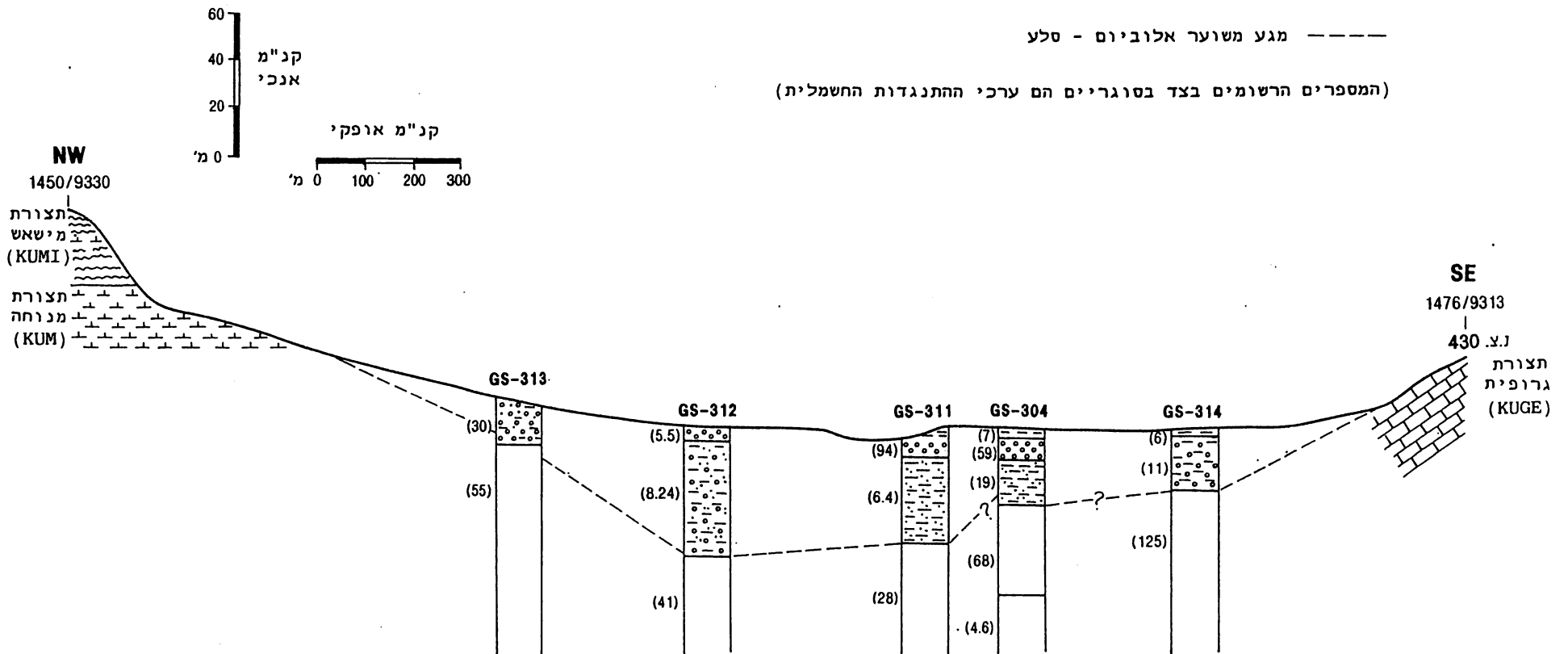
ביצוע חתכים נוספים לרוחב הבקעות (דוגמת החתך שנעשה בצפון בקעת עובדה) עשוי לתרום לאיתור המקומות בהם החתך האלוביאלי עמוק ביותר ואולי אף לקבוע את סוג הסלע המצוי מתחת לאלוביום.

ציור 5: פרופיל על קרקעי ותת קרקעי של הבקעות סיירים ועובדה

(המספרים הרשומים בצד בסוגרים הם ערכי ההתנגדות החשמלית)



ציור 6: חתך רוחב בצפון בקעת עובדה



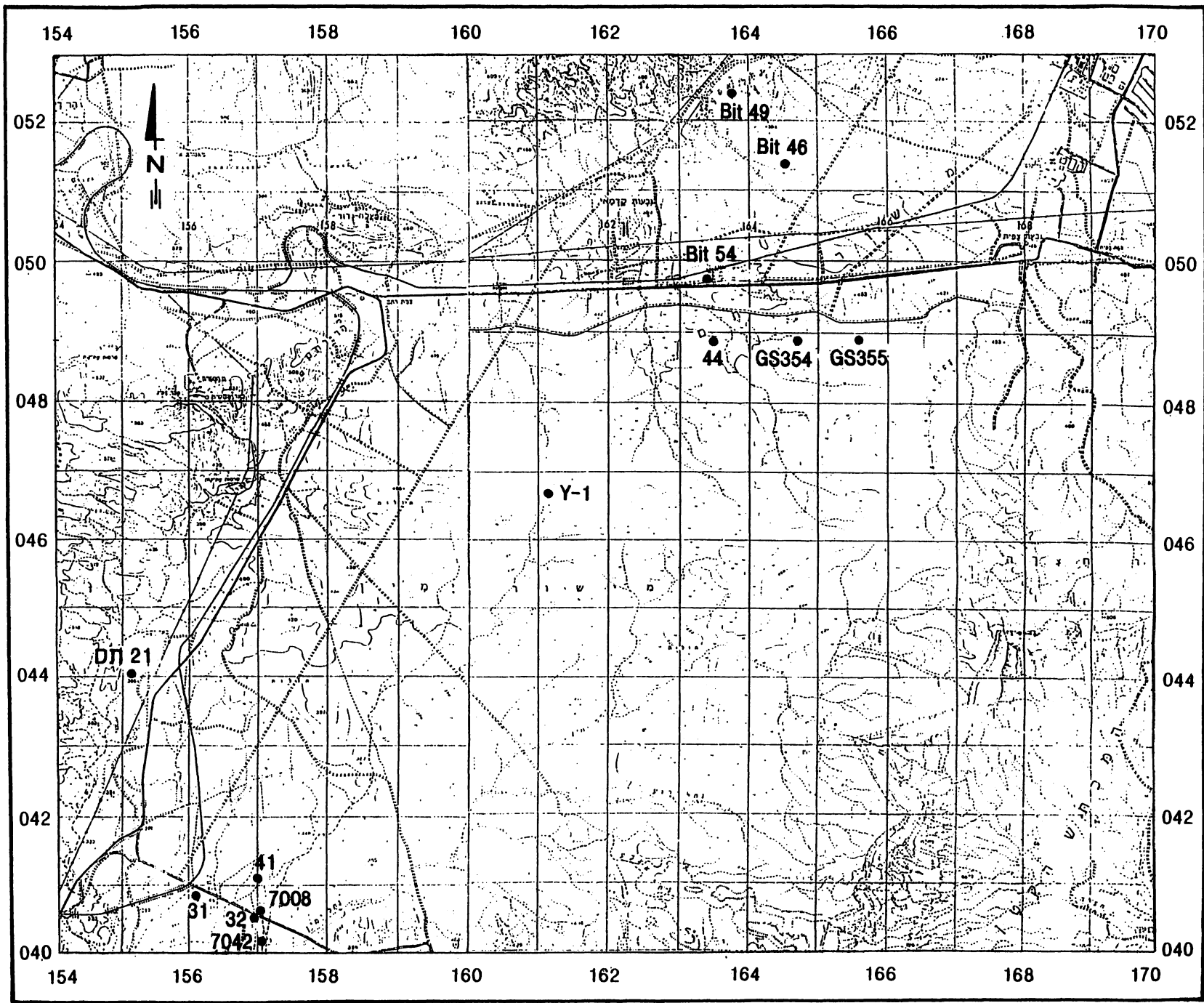
מדידות TDEM במישור רותם ובמישור ימין

בהמשך לנסיונות מיפוי תת הקרקע בשיטת TDEM שנעשו לאחרונה במישור רותם ובמישור ימין, נערכה סדרת ניסויים נוספת, במטרה לאתר את בסיס תצורת חצבה ופרטי חתך בחבורת הר הצופים, במיוחד גג הצור המאסיבי של תצורת מישאש. איסוף הנתונים נועד לבדוק את האפשרות להשתמש בהם להכנת מפה סטרוקטורלית ולפתרון בעיות סטרטיגרפיות.

הנקודות שנבחרו לבחינת השיטה היו בסמוך לקידוחים שנעשו ע"י פמ"א, פו"ב ותה"ל, וזאת על מנת שניתן יהיה להשוות את תוצאות הניסויים עם נתוני הקידוחים.

1. מיקום נקודות המדידה (ציור 7)

GS326	100 X 100	ליד קידוח 7008	(נ.צ. 157027/040597).
GS327	100 X 100	ליד קידוח 41	(נ.צ. 157000/041111).
GS328	100 X 100	ליד קידוח OS21	(נ.צ. 155070/044040).
GS329	100 X 100	ליד קידוח BIT49	(נ.צ. 163800/052422).
GS330	100 X 100	ליד קידוח BIT46	(נ.צ. 164580/051350).
GS331	400 X 400	ליד קידוח BIT46	(נ.צ. 164580/051350).
GS332	100 X 100	ליד קידוח 31	(נ.צ. 156111/040822).
GS333	100 X 100	ליד קידוח 32	(נ.צ. 156993/040550).
GS334	100 X 100	ליד קידוח 7042	(נ.צ. 157089/040222).
GS352A	200 X 200	ליד קידוח 1 - Y	(נ.צ. 161253/046696).
GS353	200 X 200	ליד קידוח 44	(נ.צ. 163467/04890).
GS354A	100 X 100	אין קידוח סמוך	(נ.צ. 16470 /04890)
GS354B	100 X 100		(נ.צ. 16470 /04890) מדידה אחת.
GS355	100 X 100	אין קידוח סמוך	(נ.צ. 16560 /04890).



ציור 7: מיקום נקודות המדידה במישור ימין

2. תוצאות המדידות

טבלה מס' 1 - השוואת נתוני הקידוחים לנתוני המדידות הגיאושמליות.

קידוח	עומק לבסיס חצבה	עומק לגג * הצור המסיבי	נקודת מדידה TDEM	עומק לגג שכבה בעלת התנגדות נמוכה	עומק לגג שכבה בעלת התנגדות גבוהה
7008	16	+ 57	GS 326	49	59
41	47	+ 72	GS 327	47	74
*** OS 21			GS 328	23	
Bit 49	60	+ 204.5	GS 329	62	86
Bit 46	75	+ 178.5	GS 330	72	--
Bit 46	"	"	GS 331	80	169
31	31	+ 72.60	GS 332	32	53
32	36	+ 56.60	GS 333	43	59
7042	25	+ 33.40	GS 334	54	64
Y-1	144	+ 213	GS 352A	94	248
44 (Bit54)	99	+ 180.3	GS 353	76	192
אין			** GS 354A	42	92
אין			GS 354B	52	61
אין			GS 355	30	82

* הקידוחים לא הגיעו לצור המסיבי אך היו קרובים אליו.

** בנקודה GS 354 התקבלו שני פתרונות לאותה המדידה.

*** נתוני קידוח OS 21 נמצאו בלתי אמינים לצרכינו.

טבלה מס' 2 - ערכי התנגדות ליחידות הסטרטיגרפיות ב-OHM-M

נקודת מדידה	תצורת חצבה	תצורת ע'רב	תצורת מישאש
GS 326		22	146
GS 327	15	5	65
GS 328	22	3	
GS 329	94	15, 38	
GS 330	115, 221	11	
GS 331	87, 200	10	40
GS 332	23	3	59
GS 333	22	3	119
GS 334			
GS 352A	18, 162	16	36
GS 353	83	14	48
GS 354A	135	27	37
GS 354B	109	13	35
GS 355	117	8	183

3. סיכום

(א) במדידות שנעשו במישור רותם ובמישור ימין נמצא שניתן לזהות בבירור את המגע שבין תצורת חצבה לתצורת ע'רב, ואת המגע שבין הצור המסיבי של תצורת מישאש לבין תצורת ע'רב ושכבות הפוספט.

(ב) מידת ההצלחה באיתור הגבולות הן לגג תצורת ע'רב והן לגג הצור המסיבי דומה. לצרכי הכנת מפה סטרוקטורלית לא ניתן להצביע בשלב זה על שיכבה מועדפת.

(ג) בחלק מהמדידות לא אותרו גבולות אלה, אך מיעוט המידע מנתוני הקידוחים ובמיוחד חוסר תיאור סטרטיגרפי מפורט של תצורת חצבה הקשה על איתור הסיבות לכך.

(ד) מידת ההצלחה באיתור שני הגבולות המבוקשים גם יחד לא התרכזת בקידוחים מסוימים, ולכן קיים קושי לאפיין את החתכים הגיאולוגיים המתאימים ביותר להפעלת השיטה.

(ה) ערכי ההתנגדויות המיוחסות לתצורת חצבה התפרסו בטווח רחב. ערכים אלה נובעים מהשינויים הליתולוגיים הנפוצים ביחידה זו, וככל הנראה השפיעו במקרים מסוימים על זיהוי הגבולות המבוקשים.

(ו) לשימוש מעשי בשיטה נדרשות מדידות נוספות בסמוך לקידוחים מוכרים ומתוארים היטב על מנת לעמוד על הגורמים המשפיעים על התוצאות.

מדידות TDEM בתעלת דימונה

תעלת דימונה הנה עמק של נהר קדום, ככל הנראה מיוקני, החוצה את מערכת הקמרים של הקשת הסורית בין אגני ימין ורום במזרח ובקעת באר שבע במערב. בחלקים המזרחיים ביותר של התעלה (בין ממשית ודימונה) וכן בקצה המערבי שלה (אזור ערוער), חשופים סדימנטים של תצורת חצבה. לרוב אורכו של העמק הקדום קיים כיסוי של לס ואין מידע ברור על אופי המילוי. כמו כן אין מידע על עובי המילוי בתעלה באזורים השונים.

1. מטרת המחקר

מטרת המחקר היתה לאתר שינויים בעובי המילוי לאורך העמק הטראנסברסלי של דימונה, היכולים להעיד על הרמה. אם הרמה זאת מתמקדת באזור הקמר של דימונה יש בכך כדי ללמד כי הקמר המשיך להתפתח גם לאחר השקעת תצורת חצבה. אופי ההרמה יכול להצביע אם מדובר ברמה דיפרנציאלית של הקמר, כלומר חידוש הקימוט, או בהרמה עם אורך גל גדול יותר (Arching), כפי שהציע Picard (1943, 1951).

לצורך המחקר נבחרו שלוש נקודות: אזור ממשית בקצה המזרחי של העמק, אזור מטעי הזיתים במרכז העמק ואזור המחצבות בסמוך למוצא העמק. נקודה נוספת מוקמה על מחשוף של חבורת יהודה במטרה לאפיין את ההתנגדות החשמלית של חלקיה השונים, וזאת מאחר שתעלת דימונה חתורה בתוכה.

2. תוצאות המדידה (ציור 8)

(א) אתר ממשית - GS 335

האתר מוקם על מחשוף של תצורת חצבה בסמוך למרכז העמק. באתר זה נמדדו התנגדויות גבוהות (כ- 70 אוהם/מטר) עד לעומק של 67 מ'. לאחר מכן ירדה ההתנגדות לכ- 14 אוהם/מטר. מאחר וההתנגדות מפני השטח ועד לשינוי היא אחידה היא מייצגת להערכתנו את תצורת חצבה. העלייה הגדולה של ההתנגדות מייצגת ככל הנראה את בסיסי המילוי והמעבר לסלעי חבורת יהודה.

(ב) אתר חבורת יהודה - GS 336

התוצאות שהתקבלו ממדידת ההתנגדות של חבורת יהודה מצביעות על תחום רחב מאוד ולכן לא ניתן להצביע על התנגדות אופיינית.

(ג) אתר מטעי הזיתים - GS 337

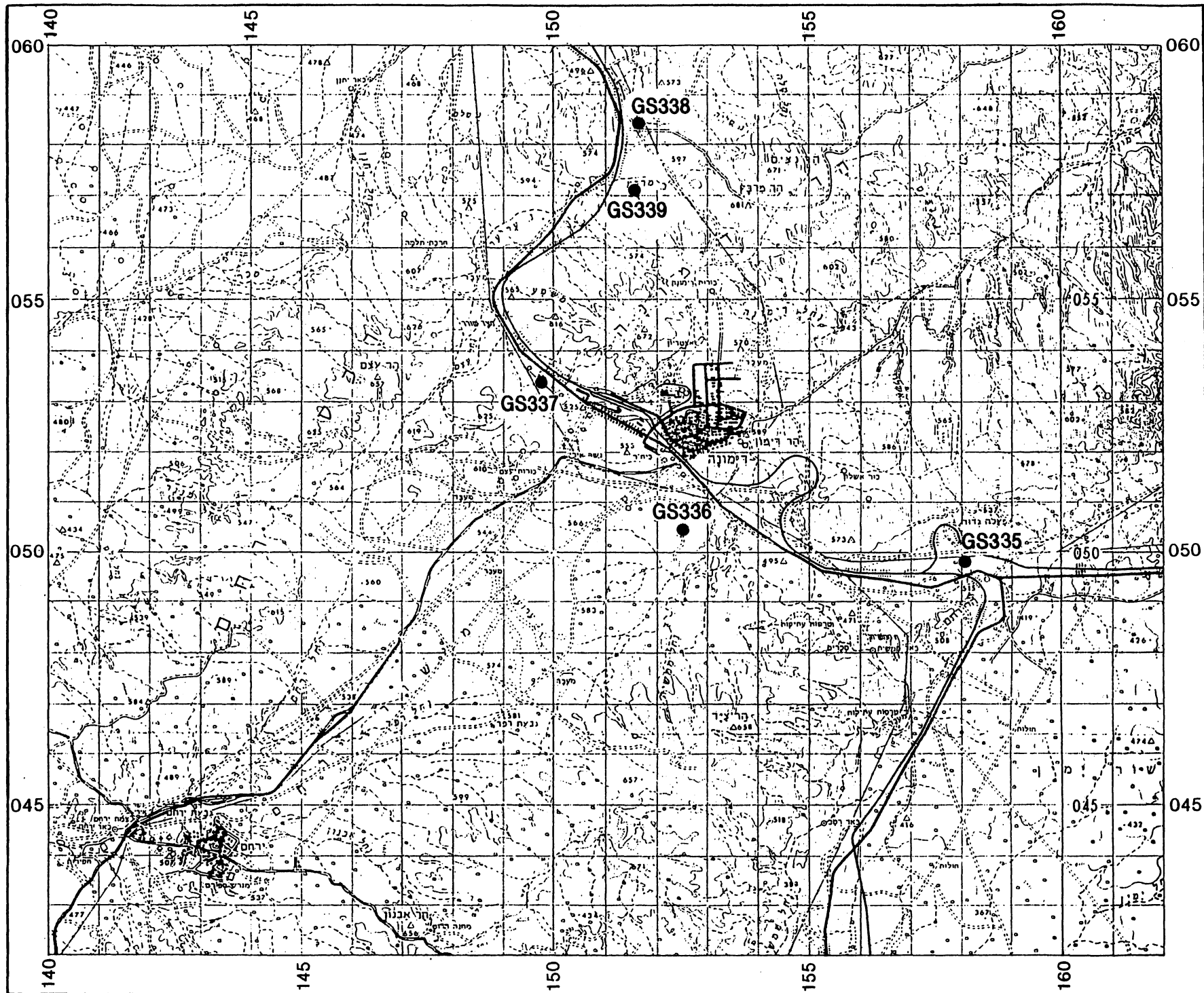
האתר נמצא ממערב לדימונה באזור בו זורמים השפכים של העיר אל נחל ערוער. המדידות הצביעו על קיומו של חתך רווי במים מלוחים בעומק ולא ניתן היה לאבחן את בסיס המילוי של העמק.

(ד) אתר המוצא המערבי של העמק - GS 339

באתר זה נמצאה שכבה עליונה דקה בגג בעלת התנגדות נמוכה (1.8 אוהם/מטר) המייצגת אולי שכבת לס. מתחתיה חתך בעובי של כ- 21 מ' בעל התנגדות של כ- 37 אוהם/מטר המונח על שיכבה בעלת התנגדות נמוכה (6.4 אוהם/מטר) שעוביה כ- 8.5 מ'.

לא ברור עם החלק העליון של החתך מייצג את תצורת חצבה. מחשופים המצויים לאורך מסילת הברזל כק"מ מצפון לנקודה זאת מכילים בעיקר אבני חול וחרסיות.

כמו כן לא ברור מה טיבו של החלק התחתון של החתך. קשה להניח שהוא מהווה חלק מהמילוי מאחר שהדבר יצביע על קיומו של חתך עבה בתת הקרקע (כ- 80 מ') ואין לכך עדויות במקומות אחרים.



ציור 8: אתרי המדידה באזור תעלת דימונה

מדידות TDEM בנחל מישר

העמק הרחב של המישר וכן חלקו העליון של עמק נחל מישר, עד למפגש עם נחל חדב, התפתחו על גבי חתך של תצורת הערבה מגיל פליוקן. תצורת הערבה שקעה כאן לאורך עמק של נחל קדום שניקז את רוב שטחו של הנגב הדרומי דרך אגן כרכום אל נחל נקרות בצפון ומשם לאגן ים המלח.

מצפון למפגש של נחל מישר עם נחל חדב חוצה קו עריף-בתור, המהווה אחד ממערכת שברי הרוחב של הנגב וסיני, את התווי הקדום של נחל מישר. באזור השבר מורמת קרקעית העמק הקדום בשיעור של כ- 20 מ' מעל האפיק הנוכחי. הרמה זאת המאוחרת להשקעת תצורת ערבה מצביעה על פעילות טקטונית פוסט-פליוקנית לאורך קו זה.

אין מידע על עובי החתך של תצורת ערבה הקבור לאורך נחל מישר ומתחת למישר ולא ברורה מידת ההרמה של העמק הקדום באזורים אלה.

1. מטרת המחקר

בירור עובי המילוי של תצורת ערבה לאורך התווי של נחל מישר ומעקב אחרי העמק הקבור עד לקרבת קו עריף-בתור.

2. תוצאות (ציור 9)

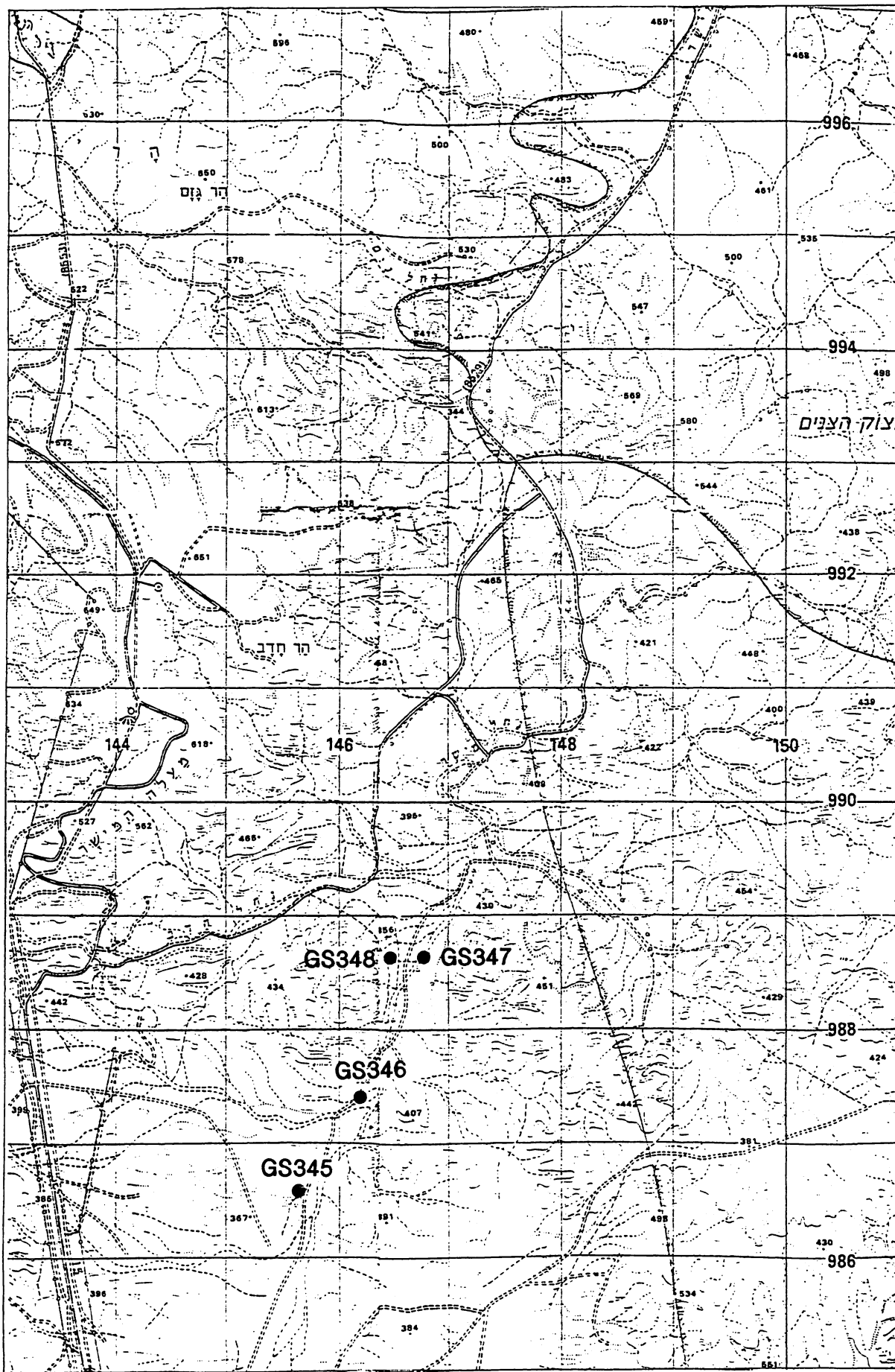
נבדקו שלושה אתרים. שניים נמצאים בשני הקצוות של נחל מישר - בשולי המישר בדרום וליד קו עריף-בתור בצפון, ואחד במרכזו של תווי האפיק.

(א) אתר הקידוח - GS 345

אתר זה נמצא ליד קידוח של חברת הפוספטים, שחדר כ- 60 מ' לתצורת ערבה. תוצאות המדידה הראו שבעומק 60 מ' קיים סלע בעל התנגדות גבוהה מאוד האופיינית לצור של תצורת מישאש. נמצאה התאמה בין נתוני הקידוח להתנגדויות החשמליות שהתקבלו מהמדידה.

(ב) אתר מרכז האפיק - GS 346

באתר זה נמצאה שיכבה עליונה בעלת התנגדות גבוהה המייצגת ככל הנראה אלוביום של הנחל הנוכחי. מתחתיו נמצאת יחידה בעלת התנגדות נמוכה שעוביה כ- 31 מ'. יתכן והיא מייצגת את תצורת ערבה.



ציור 9: אתרי המדידה בנחל מישר

ג) האתר במוצא האפיק - GS 347 ו- GS 348

באזור זה העמק הינו רחב ולכן נעשו כאן שתי מדידות, האחת בקרבת השוליים המזרחיים ושניה בסמוך לשוליים המערביים. התמונה שהתקבלה מצביעה על קיומה של יחידה בעלת התנגדות גבוהה שעוביה 13-30 מ' מתחת לכיסוי של חתך דק בעל התנגדות נמוכה. יתכן ויחידה זאת מייצגת את תצורת ערבה. בשני האתרים מונחת יחידה זאת על חתך עבה מאוד בעל התנגדות נמוכה, כנראה תצורת מנוחה.

3. מסקנות

נראה שבסיס העמק הקבוע הולך ומתרומם במורד נחל מישר. בקצה הדרומי עומקו כ- 60 מ', ובקצה הצפוני כ- 20-30 מ' (בסמוך לאזור בו נחשפת קרקעית העמק על פני השטח).

מדידות TDEM בערבה המרכזית והדרומית

בשלב זה של המחקר בוצעו מדידות נוספות לגבולות סטרטיגרפיים שהוכרו בעבר כגבולות בני זיהוי בשיטת TDEM (גולדמן ואחרים 1990, 1991, 1993). מטרת מדידות אלה היתה לבדוק אפשרות לפריסה שונה, אשר תאפשר קבלת אינפורמציה מרחבית ולא נקודתית בלבד.

בוצעו מדידות בלולאות 100 X 100 מ' ו- 400 X 400 מ' באמצעות משדרי EM-37 ו- EM-47.

הרעיון למדידות המרחביות כלל שתי גרסאות:

א. הכנת לולאה של 100 X 1000 מ', כאשר המקלט מוזז לאורך צירה בדילוג של 100 מ' בכל פעם.

ב. הכנת לולאות רציפות של 100 X 100 מ' באופן הבא: פריסת שני כבלים מקבילים, באורך של 1000 מ', במרחק של 100 מ' זה מזה, וחיבורם ע"י שני כבלים ניצבים, באופן שבכל פעם נוצרת לולאה של 100 X 100 מ' אשר מרכזת מונח על קו המקביל לשני הכבלים הארוכים. בצורה זו ניתן לבצע מדידה יעילה של נקודות המרוחקות 100 מ' זו מזו, לאורך קו.

לאחר ביצוע הנסיונות הוברר שבגלל מגבלות תוכנת פענוח נתוני TDEM, לא ניתן לבצע פענוח כמותי של נתוני מקרה (א). יחד עם זאת במקרה (ב) החישוב הוא נקודתי, ולכן הוא זהה לצורת החישוב הנקודתית המקובלת. למעשה יש בשיטה זו רק שכלול טכני, המאפשר קבלת אינפורמציה מנקודות לאורך קו בצורה מהירה ויעילה יותר.

כמובן שהפריסה לאורך קו מאפשרת איתור נקודות הפרעה לאורכו (שברים, נטיות חזקות), דבר שלא ניתן בשיטת מדידת הנקודות בסריג מרווח כפי שהדבר נעשה בשלבים הקודמים.

להלן מיקום הנקודות בהן נערכו המדידות בערבה (קואורדינטות ברשת UTM). הפענוח הגיאולוגי הניתן כאן הוא בהתאם להתנגדויות האופייניות ליחידות, כפי שנלמד מהמדידות בעבר (גולדמן ואחרים, 1990, 1991; רונן ואחרים, 1993).

GS 315, נ.צ. 3118 / 7011, כ- 500 מ' מזרחית למטעים של יטבתה, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה כ- 100 מ'. החתך הנמדד - תצורת חצבה.

GS 316, נ.צ. 3180 / 7032, ליד הגדר, מזרחית לקטורה, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה כ- 145 מ'. החתך הנמדד - תצורת חצבה.

GS 317, נ.צ. 3203 / 7045, ליד הגדר, צפונה כ- 2.5 ק"מ צפונית לנקודה הנ"ל,
100 X 100 מ'.
עומק החדירה 273 מ'. החתך הנמדד - תצורת חצבה.

GS 319, נ.צ. 3505 / 7110, בקרבת הגדר, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה 172 מ'. קונגלומרט הערבה עד עומק 33.5 מ' מתחתיו - תצורת חצבה.

GS 320, נ.צ. 3555 / 7124, בקרבת הגדר, 100 X 100 מ'.
קונגלומרט הערבה עד עומק 5 מ', תצורת חצבה עד עומק 244 מ', מתחתיה-חבורת עבדת.

GS 321, נ.צ. 3868 / 7190, מזרחית למרכז ספיר ליד הגדר, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה 110 מ'. החתך כולו - תצורת חצבה.

GS 322, נ.צ. 3820 / 7100, מזרחית למושב צופר ולקידוח צופר 20, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה 155 מ'. קונגלומרט הערבה עד עומק 15.7 מ' מתחתיו - תצורת חצבה.

GS 323, נ.צ. 3813 / 7084, ליד קידוח צופר 20 (70 מ' דרומה), 100 X 100 מ'.
עומק החדירה עד 46 מ'. בסיס חבורת עבדת בעומק 9.7 מ', בסיס תצורת טאקיה בעומק 46 מ' מתחתיה - תצורת ע'רב.

GS 324, נ.צ. 9442 / 1722, כ- 350 מ' לדרום מערב מקידוח צופר 11, 400 X 400 מ'.
עומק החדירה 260 מ'. החתך כולו - תצורת חצבה.

GS 325, נ.צ. 3620 / 7085, ליד מושב פארן, 100 X 100 מ'.
עומק החדירה 251 מ'. בסיס תצורת חצבה בעומק 196 מ', בסיס חבורת עבדת בעומק 251 מ', בבסיס החתך - תצורת טאקיה.

GS 340, נ.צ. 3065 / 7005, יטבתה 30 מ' מערבית לקידוח 3/28 בקרבת הגדר, 400 X 400 מ'.

עומק החדירה 34 מ'. בסיס המילוי (?) 17.7 מ', מתחתיו - תצורת חצבה (?).

GS 341, נ.צ. 3204 / 7044, ליד קטורה, 400 X 400 מ'. עומק החדירה 482 מ'. החתך הנחדר - תצורת חצבה.

GS 344, נ.צ. 2966 / 6970, ליד הגדר אזור תמנע, 400 X 400 מ'. עומק החדירה 339 מ'. החתך הנחדר - תצורת חצבה.

GS 351, נ.צ. 3174 / 7013, ליד הגדר אזור קטורה, 350 X 400 מ'. עומק החדירה 429 מ'. החתך הנחדר - תצורת חצבה.

GS 352, נ.צ. 3283 / 7063, 950 מ' צפונית מערבית לקידוח יעלון 6, 400 X 400 מ'. עומק החדירה 365 מ'. כנראה תצורת חצבה ומתחתיו - חבורת עבדת או חבורת יהודה.

GS 349 - ניסוי לולאה ארוכה (ראה ציורים 10, 11), אזור שבר צופר. נ.צ. קצה מזרחי 3824 / 17134 מ'.

אורך הלולאה 100 X 1000 מ', והיא נפרסה בין שני צידיו של שבר צופר. נערכו 10 מדידות במרחק 100 מ' זו מזו, לאורך הלולאה. תוצאות המדידות - ראה ציור.

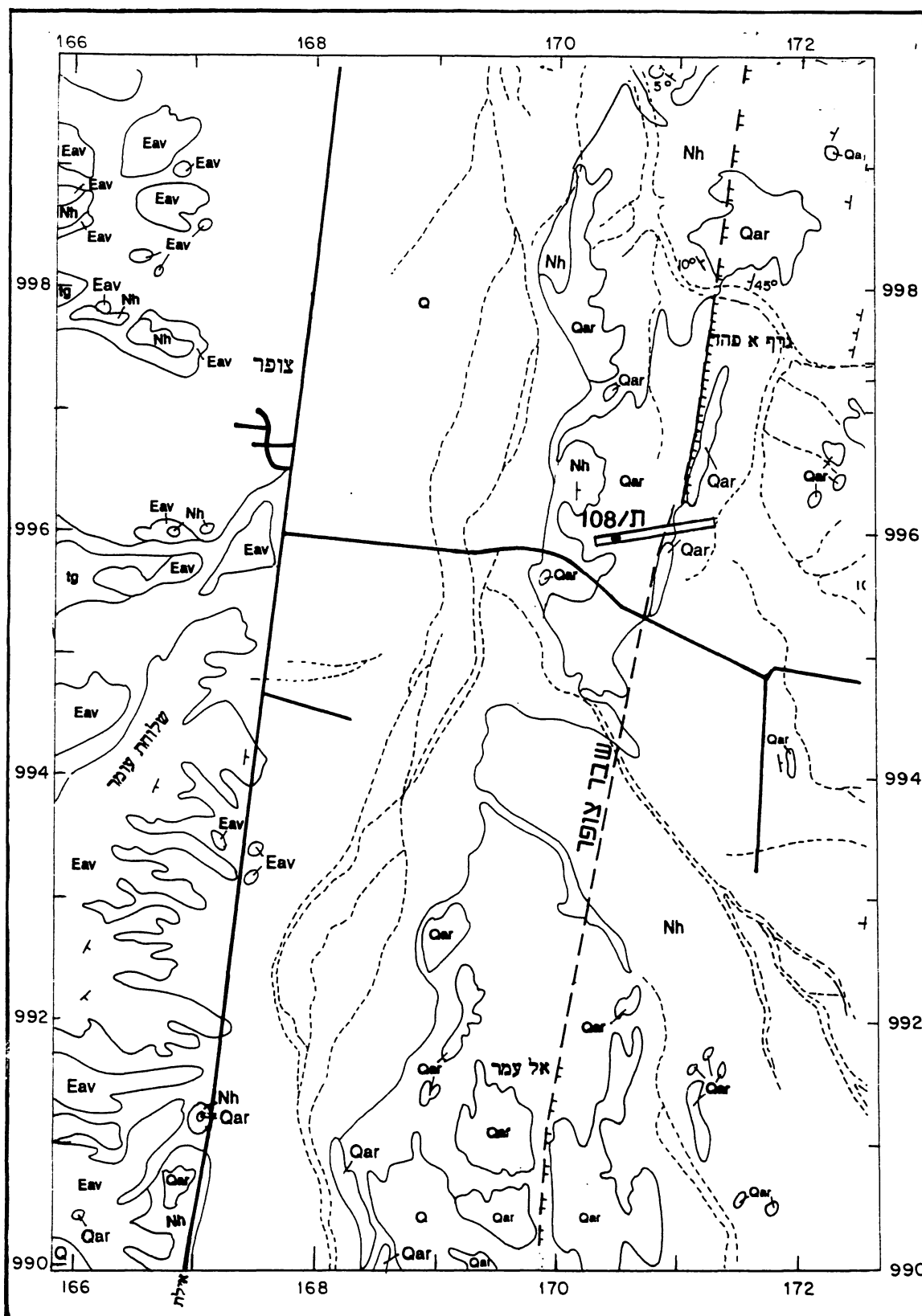
מן הציור עולה אפשרות ההבחנה בשבר צופר, וזאת למרות שלא היתה חדירה עמוקה יותר מאשר חדירת חצבה.

GS 350 - ניסוי לולאה ארוכה (ראה ציורים 12, 13) - אזור שבר יעלון. אורך הלולאה 100 X 1000 מ', והיא נפרסה למן אזור הקידוח ומערבה בנסיון לאתר את שבר יעלון.

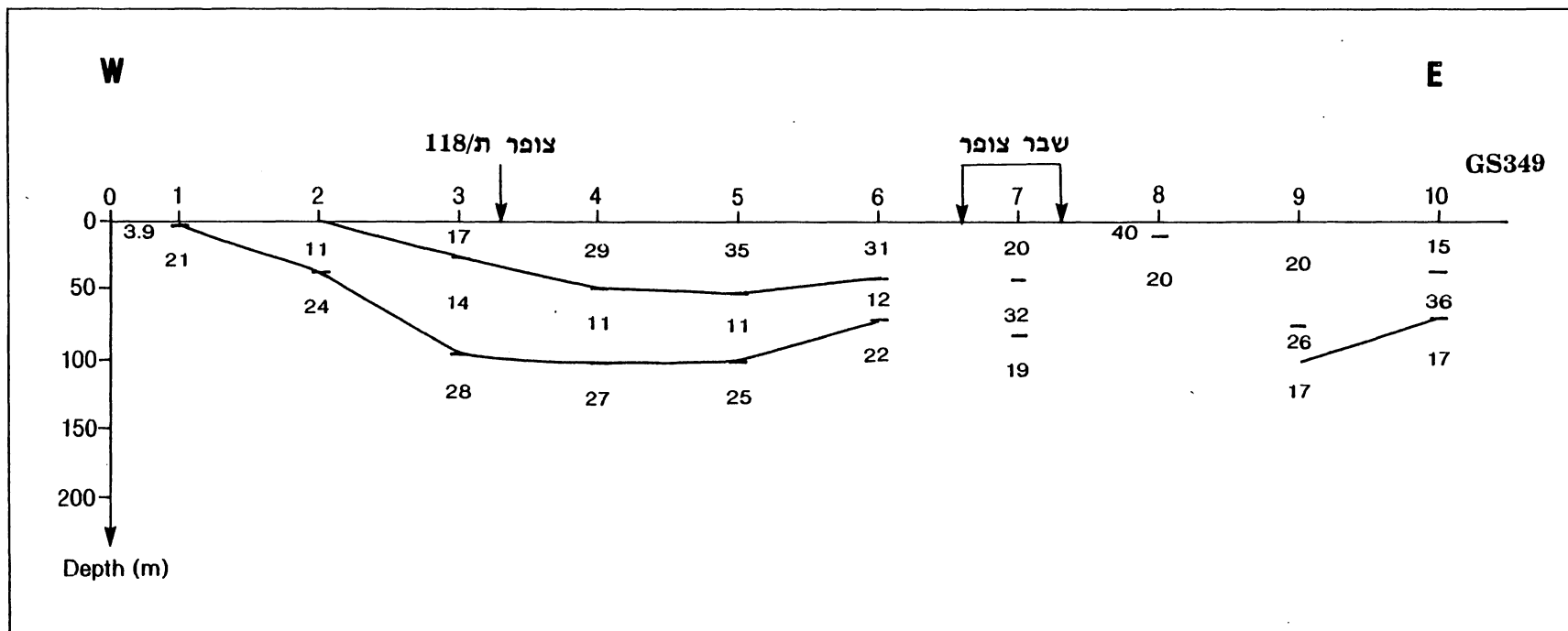
נערכו 10 מדידות במרחק 100 מ' זו מזו לאורך הלולאה. התוצאות של המדידות היו אחידות למדי; ייתכן ושבר יעלון אינו עובר בתחום הלולאה, או שהשכבות שהתנגדותן נמדדה בלולאה זו צעירות ממנו. ראוי לציין שבקידוח יעלון גג תצורת חצבה הוא בעומק כ- 300 מ'.

מתוצאות שני ניסויים אלה עולה:

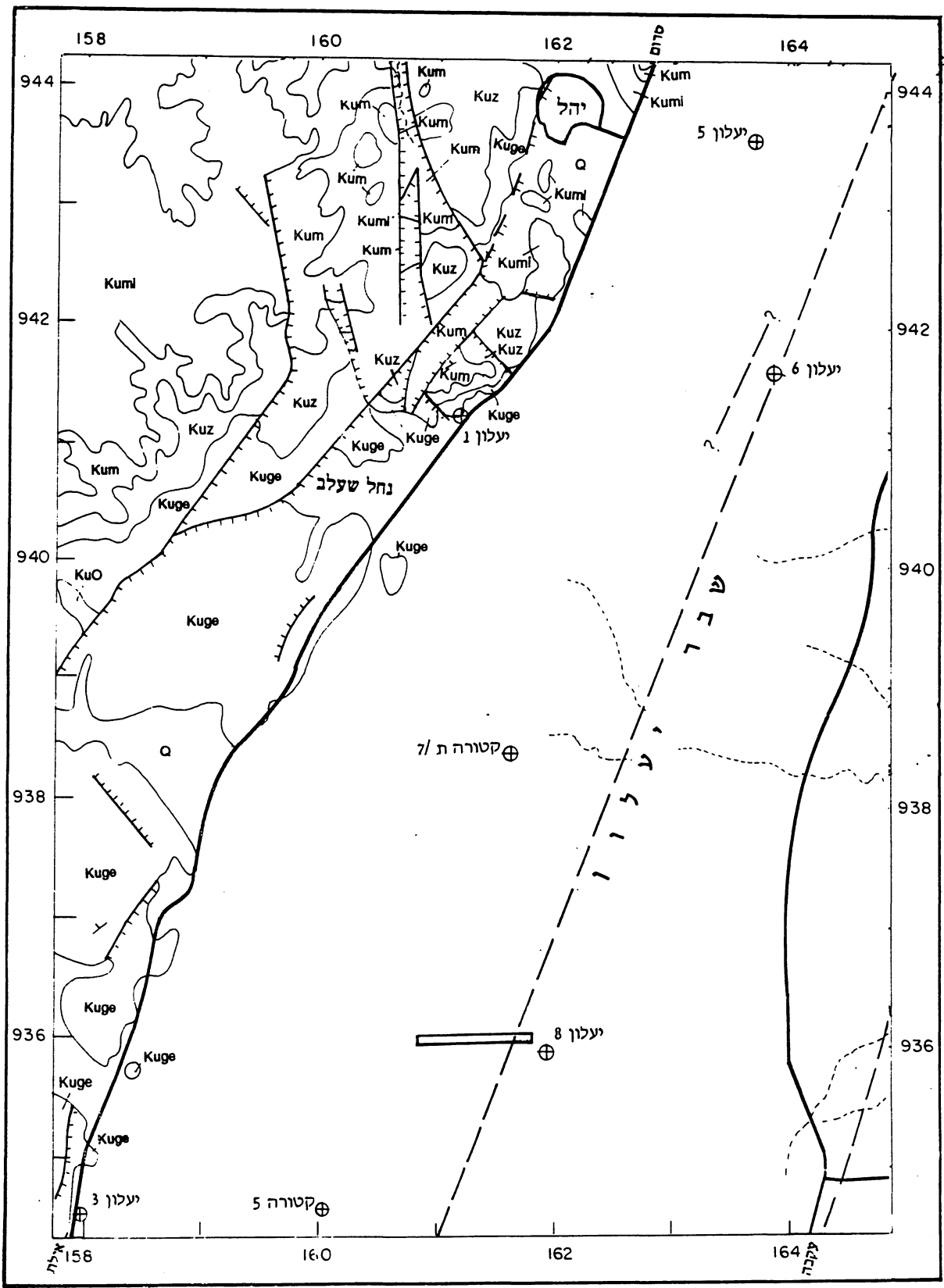
- (1) המדידות הנקודתיות הקרובות זו לזו מעלות את אמינות התוצאות באזור העבודה ואת האפשרות לאתר שינויים מקומיים.
- (2) המדידות הרציפות אינן משנות את התמונה העולה ממדידה בודדת אלא מאפשרת קבלת תמונה רציפה בלבד.
- (3) הנסיון באזור יעלון 8 טרם הושלם, ועל כן אין להוציא ממנו מסקנות סופיות.



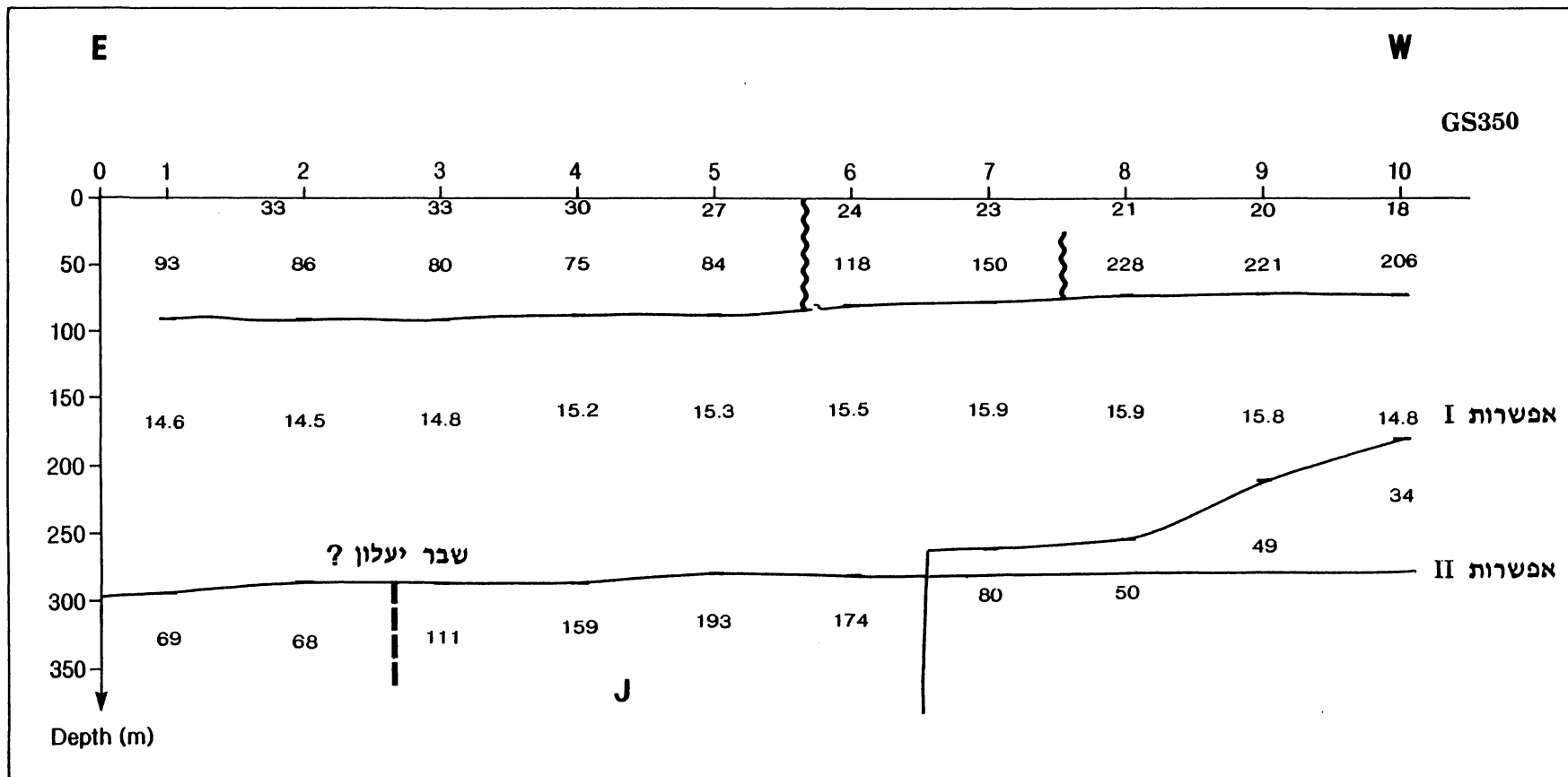
ציון 10: ניסוי לולאה ארוכה באזור צופר (הגיאולוגיה - לפי ברטוב 1994).



ציור 11: חתך התנגדות באזור צופר



ציור 12: ניסוי לולאה ארוכה באזור יעלון 8 (גיאולוגיה - לפי ברטוב 1994)



ציור 13: חתך התנגדויות באזור יעלון 8

פענוח משופר של נתוני NMR

שיטת הפענוח המקורית של נתוני NMR לוקה בשני חסרונות משמעותיים:

(1) התאמת נתוני שדה לנתונים סינתטיים נעשית לפי השיטה "נקודה לנקודה", כתוצאה מכך נקודות רועשות גרמו לפענוח בלתי מדויק (למשל הופעת שכבות מדומות, טעויות בהגדרת פרמטרים הידרולוגיים וכו').

(2) בציוד המדידה תוכנת הפענוח המקורית היתה "Built in", ולא ניתן היה לשפר את איכות הפענוח במידת הצורך.

בתוכנה המשופרת חסרונות אלו אינם מופיעים. התוכנה פותחה ע"י פרופ' אלכסנדר פוספ מהמכון לקינטיקה כימית בנובוסיברסק, רוסיה, ונבדקה באופן יסודי במכון הגיאופיסי בעת ביקורו של פרופ' פוספ בארץ.

תוצאות הבדיקה

הבדיקה ההשוואתית של תוצאות הפענוח המקורי והפענוח מחדש של נתוני NMR מאפשרת לחלק את הנתונים לשלוש הקבוצות הבאות:

(א) נתונים שפענוחם מחדש שיפר בצורה ניכרת את הגדרת הפרמטרים ההידרולוגיים של האקויפר. הדוגמא הבולטת ביותר היא נקודה מס' 1 (ראה ציורים מס' 14 ומס' 15), לפי הפענוח המקורי (ציור מס' 15) המוליכות ההידראולית של האקויפר נמוכה מאוד בנקודה זו (בערך שני מטרים מרובעים ביממה, ראה עמודה מס' 4 בציור מס' 15). הפענוח מחדש לעומת זאת, מצביע על מוליכות הידראולית גבוהה בהרבה (179 מטרים מרובעים ביממה, ראה ציור 14), הנתון החדש מתאים הרבה יותר לנתוני הקידוח ומסביר מדוע הפענוח המקורי בנקודה זו היה שונה לחלוטין מהנקודות הסמוכות (Goldman et al, 1994).

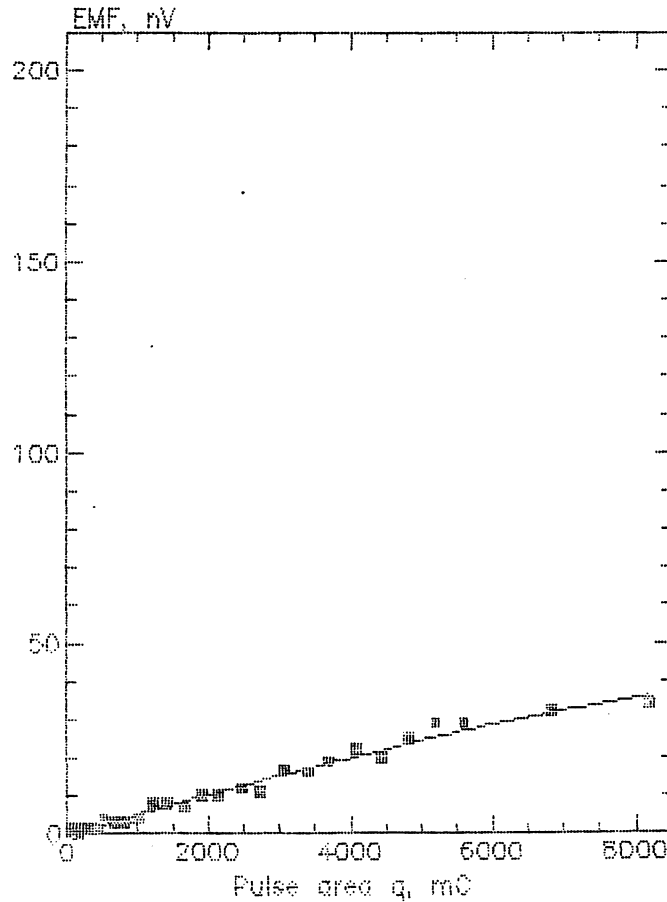
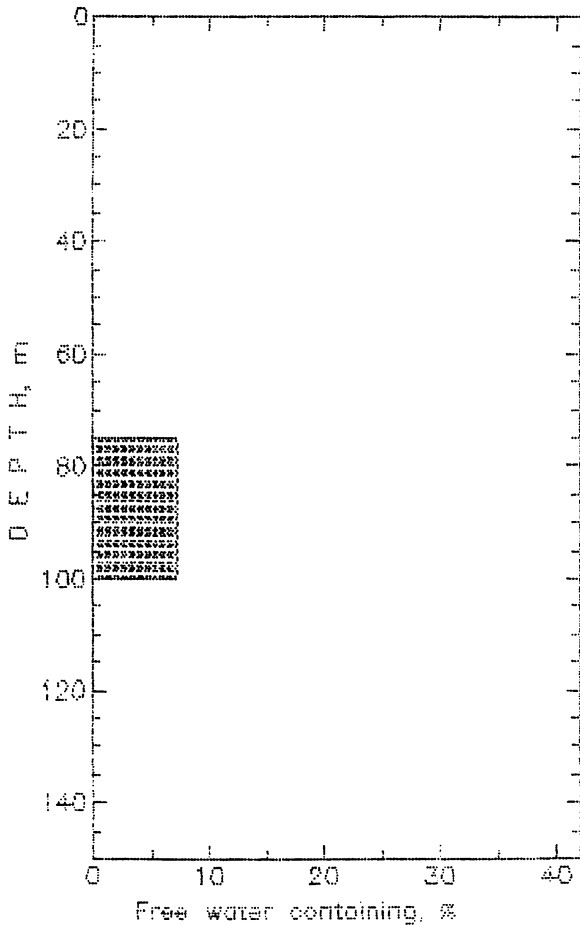
(ב) נתונים שפענוחם מחדש מאפשר לסנן את השכבות המדומות. לדוגמא, בנקודה מס' 6 שני הפענוחים גילו שתי שכבות מים דקות בין העומקים 9 ל-10 מטר ומ-12 - 14 מטר (ראה ציורים מס' 16 ו-17). בזמן שהפענוח המקורי לא איפשר להעריך באופן כמותי את אמינות הפענוח, הרי שהפענוח מחדש מעריך טעויות בהגדרת השכבות הנ"ל ב-100% ו-45% בהתאם. לפיכך, השיכבה העליונה היא שיכבה מדומה באופן חד משמעי וסביר להניח שגם השיכבה השנייה אינה קיימת במציאות.

EXPRESS HYDROTOMOGRAPHY

#1 18 Aug. 1992 TIME 06:30 ALTITUDE m FILE 1SRA-01A
 LOCATION Israel "N" "E"
 EQUIPMENT Hydroscope LOOP D=100 m. Induction
 F = 1870.0 Hz INCLINATION 50° NOISE 2.0 nV (13%) Version 2.0b_1u
 CLIENT IPRG

R E S U L T S								A P R I O R I		
DEPTH m	FREE WATER CONTAINING, %			THICK NESS	VOLUME	CONDUCTIVITY	ER- ROR	AVAIL. LAYERS DEPTH WATER	RESIS- TIVITY	
from-to	S	M	L	m	cub.m.	m ² /24h	%	from-to	%	Ohm·m
75-100	3.7	1.5	1.9	25	1.8	179	13	0-120	40	
T O T A L				25	1.8	179		Water table		m

Ground resistance Ohm



© 1993, Hydroscope Co. Ltd.

ציור 14: פענוח מחדש של נתוני NMR בנקודה מס' 1

"HYDROSCOPE" CENTRE, USSR
SOFTWARE V03.01

LOOP 100 M DATE 18.08.92 TIME 06.30

OBSERVATION SITE: 1

ABS.ALTIITUDEM

FREQUENCY 1870 HZ STACKING NUMBER 100

EARTH FIELD INCLINATION 45 DEGR

DEPTH		VE	T	PERCENTAGE OF WATER													
FROM	TO	3	2	0	10	20	30	40	50								
M	M	M/24H	TS	TM	TL	0	10	20	30	40	50						
0.00	1.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
1.00	2.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
2.00	3.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
3.00	4.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
4.00	5.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
5.00	6.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
6.00	7.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
7.00	8.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
8.00	9.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
9.00	10.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
10.00	12.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
12.00	14.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
14.00	16.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
16.00	18.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
18.00	20.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
20.00	22.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
22.00	24.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
24.00	28.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
28.00	32.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
32.00	36.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
36.00	40.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
40.00	46.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
46.00	54.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
54.00	62.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
62.00	74.00	0.12	0	1	0	0	1	IW				I	SWL				
74.00	138.00	0.48	2	1	0	0	1	IW				I	///////				

ציור 15: פענוח מקורי של נתוני NMR בנקודה מס' 1

EXPRESS HYDROTOMOGRAPHY

6 19 Aug. 1992 TIME 12:00 ALTITUDE m FILE ISRA-006
 LOCATION Israel * * "N * * "E
 EQUIPMENT Hydroscope LOOP D=100 m Induction
 F = 1855.0 Hz INCLINATION 50° NOISE 2.1 nV (4%) Version 2.0b_1u

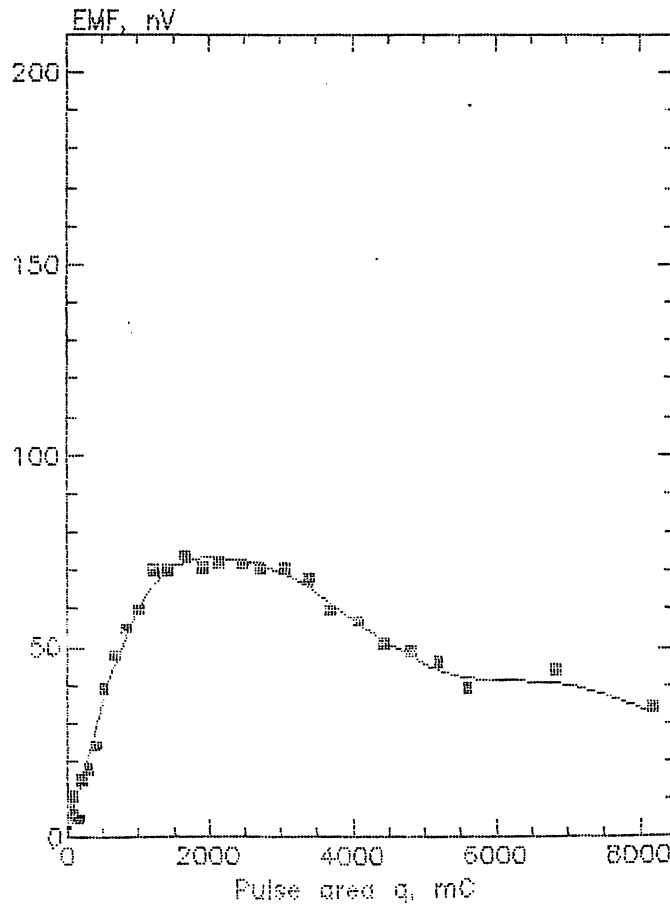
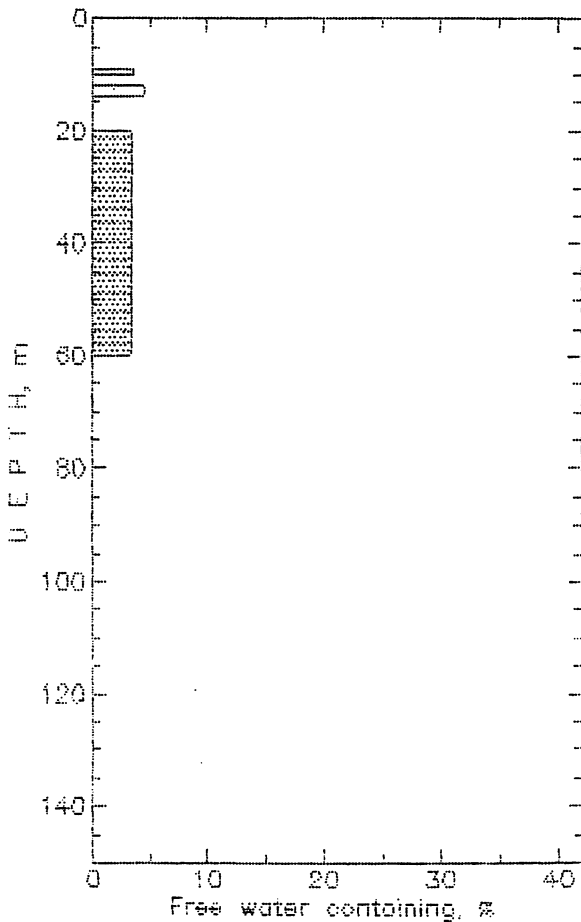
CLIENT Israel, IFRG

R E S U L T S							
DEPTH m	FREE WATER CONTAINING, %			THICK NESS m	VOLUME cub.m.	CONDC TIVITY m ² /24h	ER- ROR %
	S	M	L				
from-to							
9-10	2.2	0	1.3	1	0.0	4	100
12-14	3.4	0	1.1	2	0.1	8	45
20-60	1.1	1.7	0.6	40	1.4	107	4
T O T A L				43	1.5	119	

A PRIORI		
AVAIL. LAYERS	RESIS-	
DEPTH WATER	TIVITY	
from-to	%	Ohm·m
0-120	40	

Water table m

Ground resistance Ohm



ציר 16: פענוח מחדש של נתוני NMR בנקודה מס' 6

ג) נתונים שפענוחם ע"י שתי תוכנות מביא לאותן תוצאות, אך רק פענוח מחדש מאפשר לראות בצורה ויזואלית את התנהגותו של אות ה-NMR והתאמת נתוני השדה לחישובים סינתטיים (ראה ציורים מס' 18 ו-19).

סיכום

תוכנה חדשה זו הרבה יותר מתוחכמת מהתוכנה המקורית. פענוח מחדש של נתוני NMR שנאספו במהלך סקר היתכנות בשנת 1992 מתאים יותר לנתוני הקידוח בכל הנוגע לפרמטרים הידראוליים של אקויפר. יחד עם זאת לא נמצא הבדל משמעותי בין שני הפענוחים בקביעת העומק של שכבות המים וכמות המים בהן.

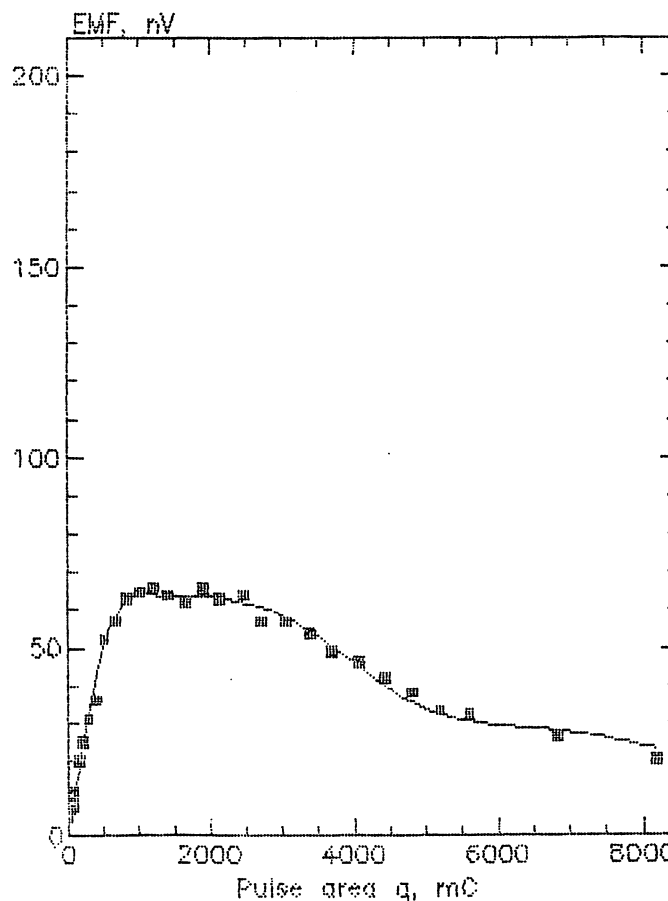
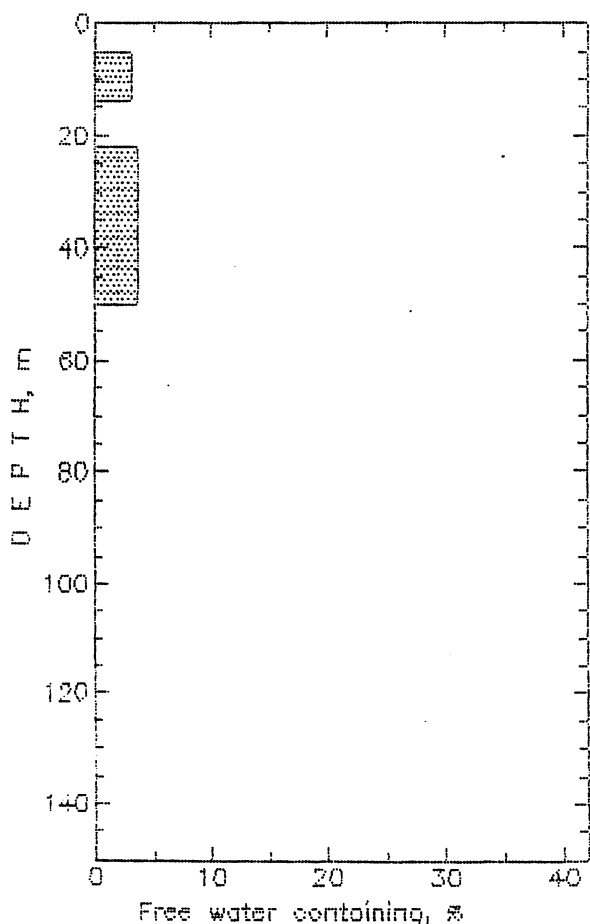
EXPRESS HYDROTOMOGRAPHY

7 19 Aug. 1992 TIME 14:00 ALTITUDE m FILE ISRA-007
 LOCATION Israel " "N " "E
 EQUIPMENT Hydroscope LOOP D=100 m Induction
 F = 1856.0 Hz INCLINATION 50° NOISE 1.7 nV (4%) Version 2.0b_1u

CLIENT Israel, IFRG

R E S U L T S									A P R I O R I		
DEPTH m	FREE WATER CONTAINING, %			THICK NESS	VOLUME	CONDC TIVITY	ER- ROR	AVAIL. LAYERS		RESIS- TIVITY	
	S	M	L					DEPTH	WATER		
from-to				m	cu.b.m.	m ² /24h	%	from-to	%	Ohm·m	
5-14	2.1	0.1	0.8	9	0.3	26	11	0-120	40		
22-50	1.6	1.4	0.7	28	1.0	82	4				
T O T A L				37	1.3	107		Water table m			

Ground resistance Ohm



© 1983, Hydroscope Co. Ltd.

ציור 18: פענוח מחדש של נתוני NMR בנקודה מס' 7

"HYDROSCOPE" CENTRE, USSR
SOFTWARE V03.01

LOOP 100 M DATE 19.08.92 TIME 14.00

OBSERVATION SITE: 7

ABS.ALITUDEM

FREQUENCY 1856 HZ STACKING NUMBER 64

EARTH FIELD INCLINATION 45 DEGR

DEPTH		VE	T	PERCENTAGE OF WATER											TDEM (Ohm-m)		
FROM	TO	3	2	0	10	20	30	40	50								
M	M	M/24H	TS	TM	TL	0	10	20	30	40	50						
0.00	1.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
1.00	2.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
2.00	3.00	0.01	0	1	0	0	1	IW							I		
3.00	4.00	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	I	10					
4.00	5.00	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
5.00	6.00	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	I						
6.00	7.00	0.02	0	1	0	0	1	IW							I		
7.00	8.00	0.03	2	0	0	1	1	IW							I		
8.00	9.00	0.04	4	0	0	1	1	IW							I		
9.00	10.00	0.05	4	1	0	0	1	IW							I		
10.00	12.00	0.07	4	1	0	0	1	IW							I		
12.00	14.00	0.09	4	1	0	0	1	IW							I		
14.00	16.00	0.09	4	0	0	0	0	I							I		
16.00	18.00	0.09	4	0	0	0	0	I							I		
18.00	20.00	0.09	4	0	0	0	0	I							I		
20.00	22.00	0.11	5	0	1	0	1	IW							I		
22.00	24.00	0.11	5	0	0	0	0	I							I		
24.00	28.00	0.15	5	1	0	0	1	IW							I		
28.00	32.00	0.19	5	1	0	0	1	IW							I		
32.00	36.00	0.23	5	1	0	0	1	IW							I		
36.00	40.00	0.31	7	1	1	0	2	IW							I		
40.00	46.00	0.49	22	0	2	1	3	IWW							I		
46.00	54.00	0.49	22	0	0	0	0	I							I		
54.00	62.00	0.49	22	0	0	0	0	I							I		
62.00	74.00	0.49	22	0	0	0	0	I							I		
74.00	138.00	0.49	22	0	0	0	0	I							I		

ציר 19: פענוח מקורי של נתוני NMR בנקודה 7

ס פ ר ו ת

1. גולדמן, מ., רונן, ע., ברטוב, י., שטייניץ, ג., בר, ג., 1990. בדיקת ישימות שיטת TDEM לנושאים גיאולוגיים (שלב ב'), חב' התשתית לנפט, דו"ח מס' ES-42-90, המכון הגיאולוגי.
2. גולדמן, מ.ת. רונן, ע., רבינוביץ, ב., רבינוביץ, מ., ברטוב, י., 1991. המשך בדיקת ישימות שיטת TDEM לפתרון בעיות גיאולוגיות בארץ ישראל, שלב ד', ממנ"ג דו"ח מס' 821/594/91, המכון הגיאולוגי דו"ח מס' TR/GSI/349/91.
3. רונן, ע., רבינוביץ, ב., רבינוביץ, מ., ברטוב, י., מימרון, י., מינסטר, צ., שליב, ג. (1993). המשך בדיקת היתכנות שיטת TDEM לפתרון בעיות גיאולוגיות של ארץ ישראל, שלב ה', ממנ"ג דו"ח מס' 730/114/92, המכון הגיאולוגי דו"ח מס' TR-GSI/10/93.
4. Goldman, M., Rabinovich, B., Rabinovich, M., Gilad, D., Gev, I. and Schirov, M., 1994. Application of the integrated NMR-TDEM method in groundwater exploration in Israel, Journal of Applied Geophysics, 31(1994):27-52
5. Picard, L., 1943. Structure and evolution of Palestine, Bull. Geol. Dept., Hebrew University of Jerusalem.
6. Picard, L., 1951. Geomorphogeny of Israel, Part 1: The Negev, Bull. Res. Council, Israel, 8G:1-30.

נספח (נתוני המדידות) :

כיוול לקידוח יעלון 7 (200 x 200)

FITTING ERROR: 2.148 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	28.36	13.40	0.0
2	7.75	74.44	-13.40
3	64.52		-87.85

GS300

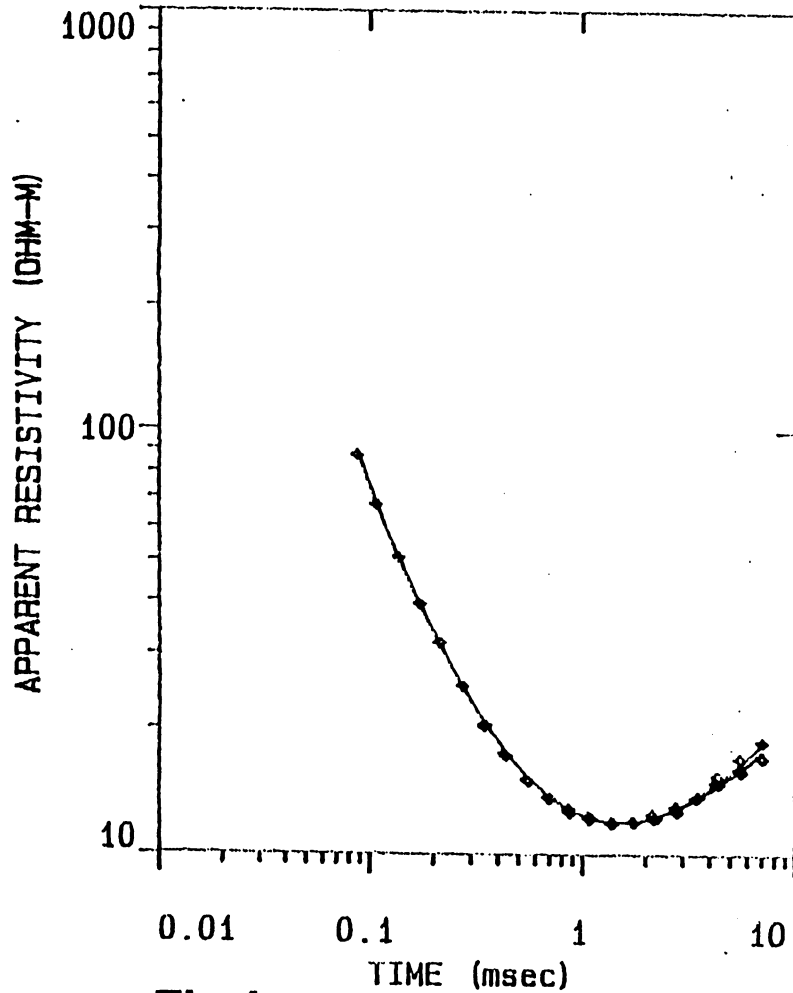
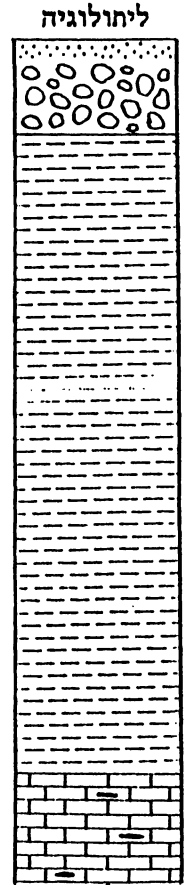
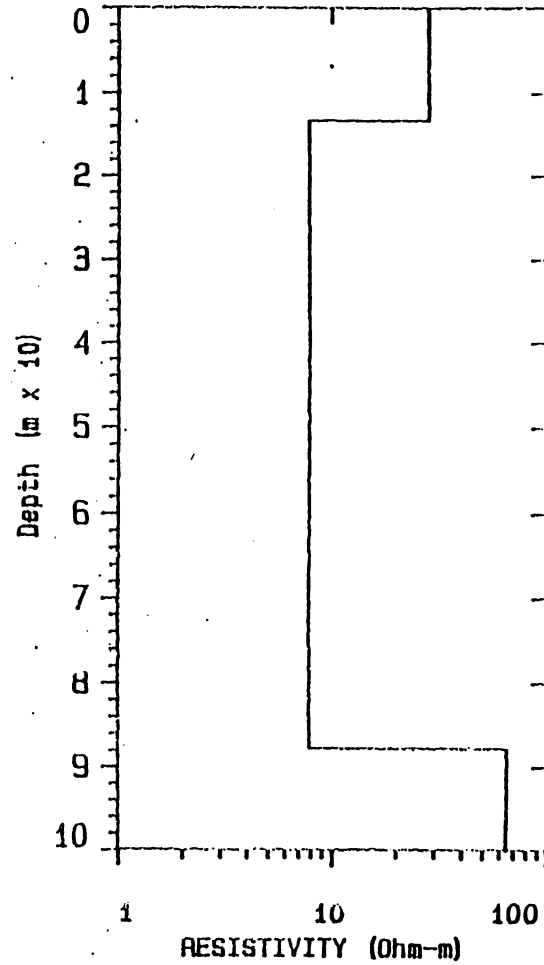


Fig. 1a



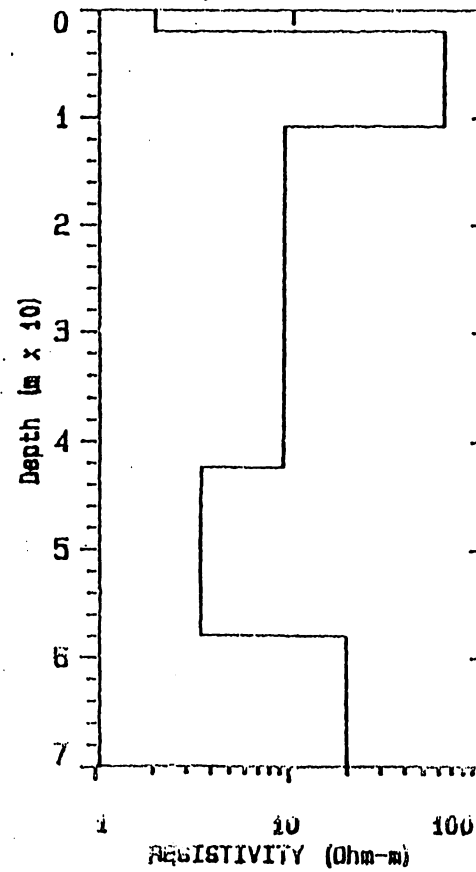
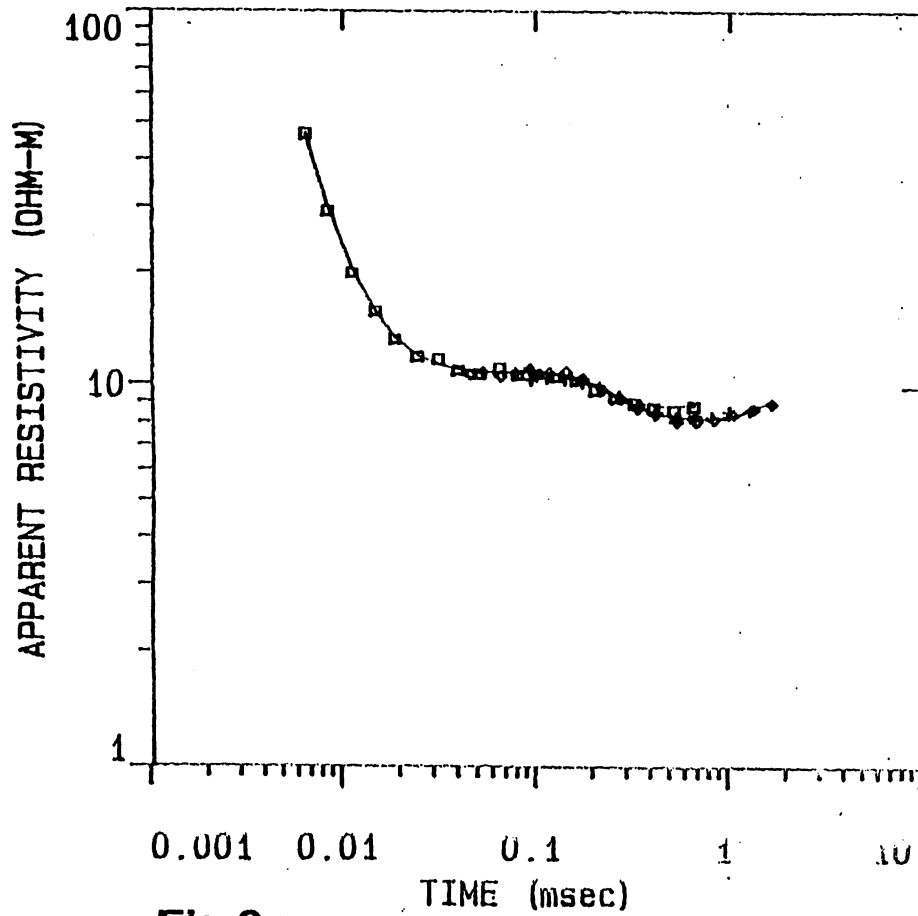
ליחולוגיה

ליד קידוח יעלון 7 (50 x 50)

FITTING ERROR: 2.974 PERCENT

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
			0.0	
1	2.11	2.11	-2.11	0.999
2	64.94	8.84	-10.95	0.136
3	9.69	31.61	-42.57	3.26
4	3.70	15.59	-58.16	4.21
5	20.96			

GS301

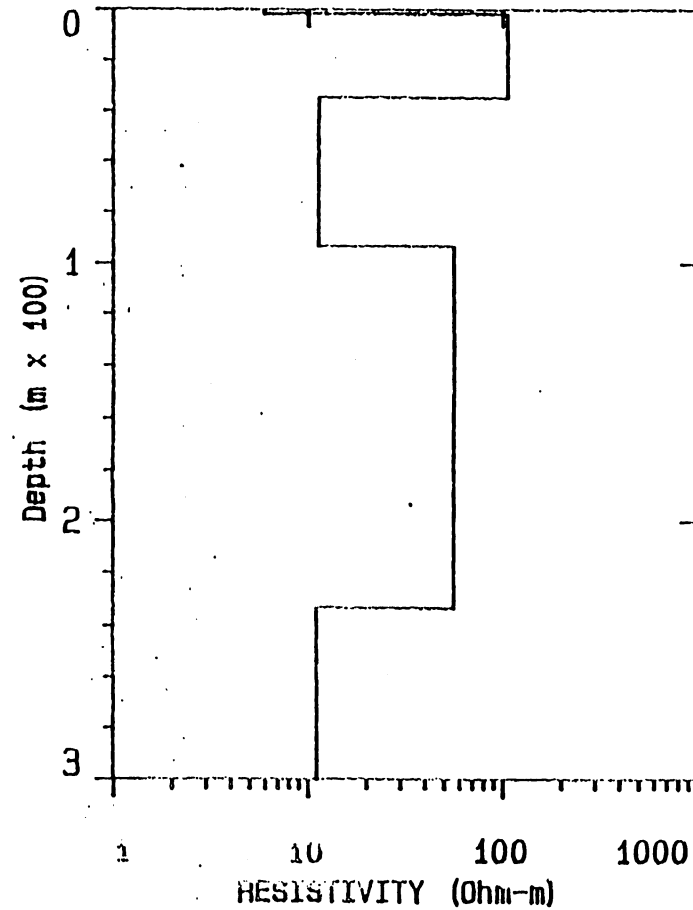


קונגלומרט ערבה - נחל שיטה (100 x 100)

FITTING ERROR: 3.154 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
			0.0	
1	5.83	1.91	-1.91	0.328
2	105.1	32.83	-34.75	0.312
3	11.19	58.65	-93.40	5.23
4	56.00	139.7	-233.1	2.49
5	10.95			

GS302



ליחולוגיה

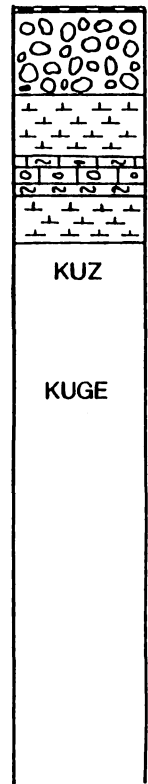


Fig.3a

(50 x 50)

Not interpreted because of distortion

GS303

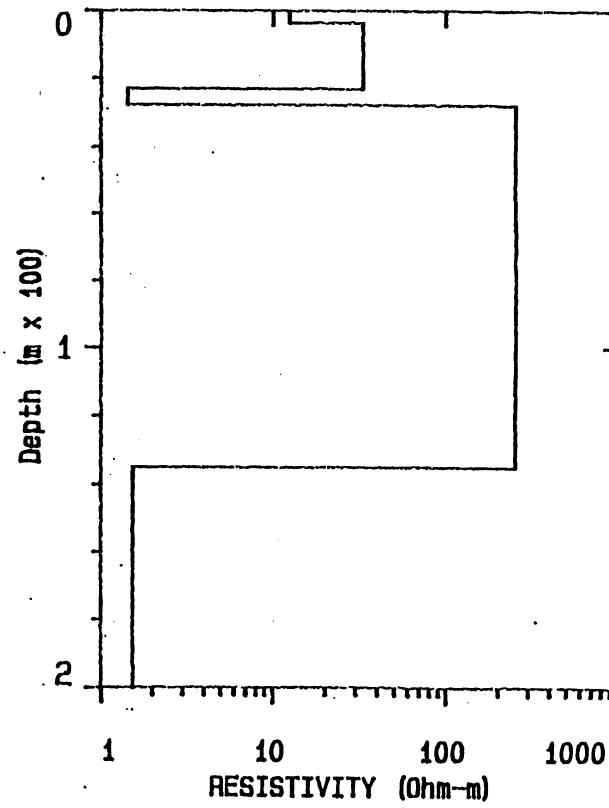
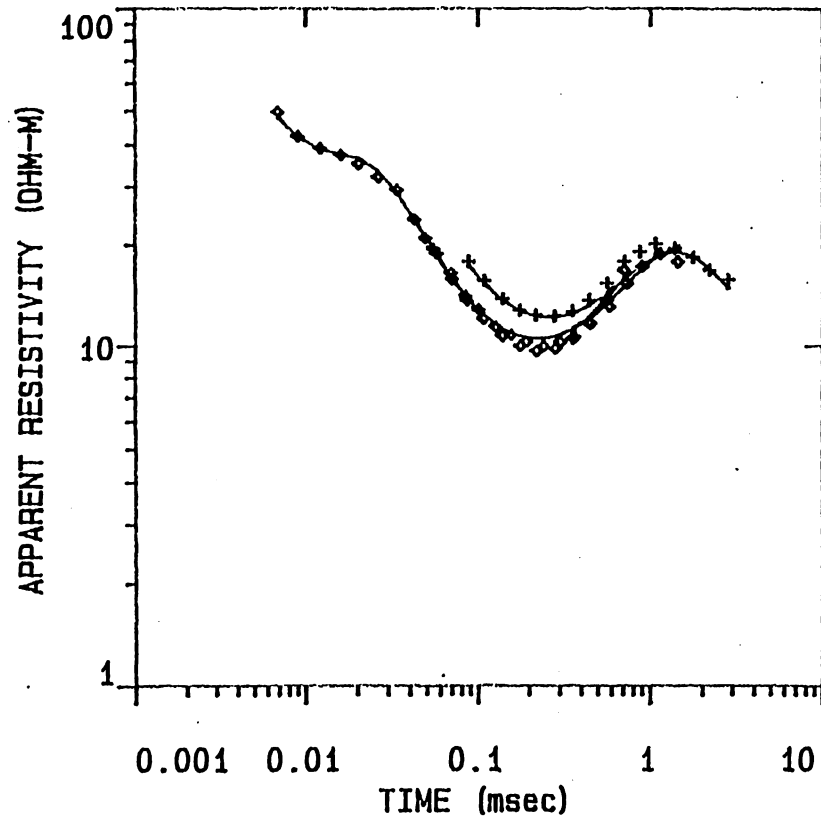
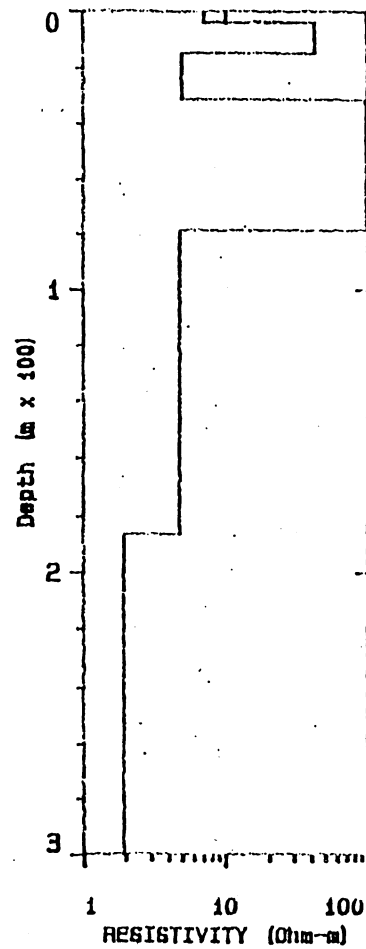
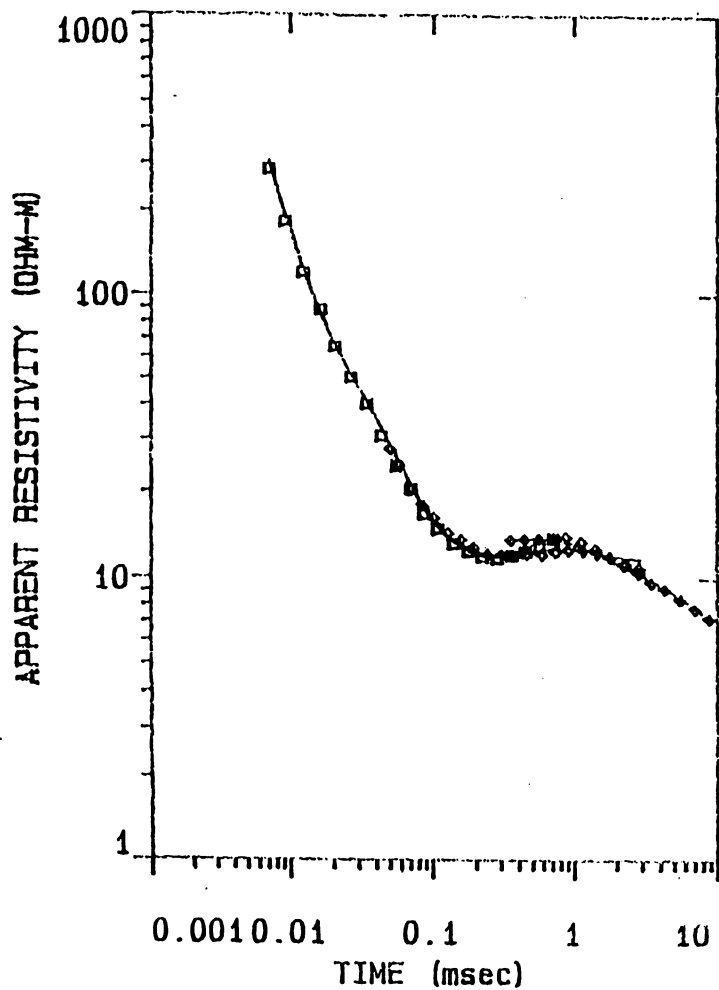


Fig.4a

אלוביום - בקעת עובדה (100 x 100)

	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	6.96	4.11	-4.11
2	42.46	10.68	-14.79
3	4.84	16.62	-31.41
4	96.71	47.48	-78.90
5	4.67	107.4	-186.4
6	1.90		

GS304



ליחולוגיה

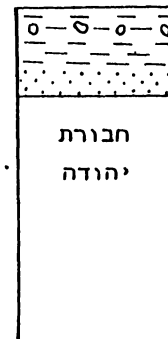


Fig. 5a

בקעת שחרות (50 x 50)

FITTING ERROR: 3.507 PERCENT

#	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	28.83	2.32	0.0
2	50.79	59.70	-2.32
3	5.54	43.38	-62.02
4	2.29		-105.4

GS305A

ליחולוגיה

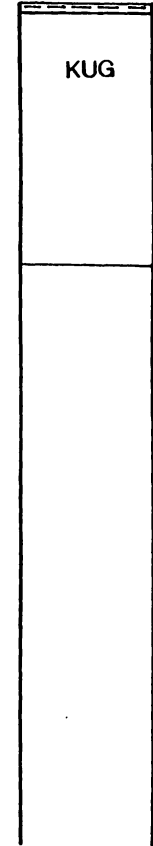
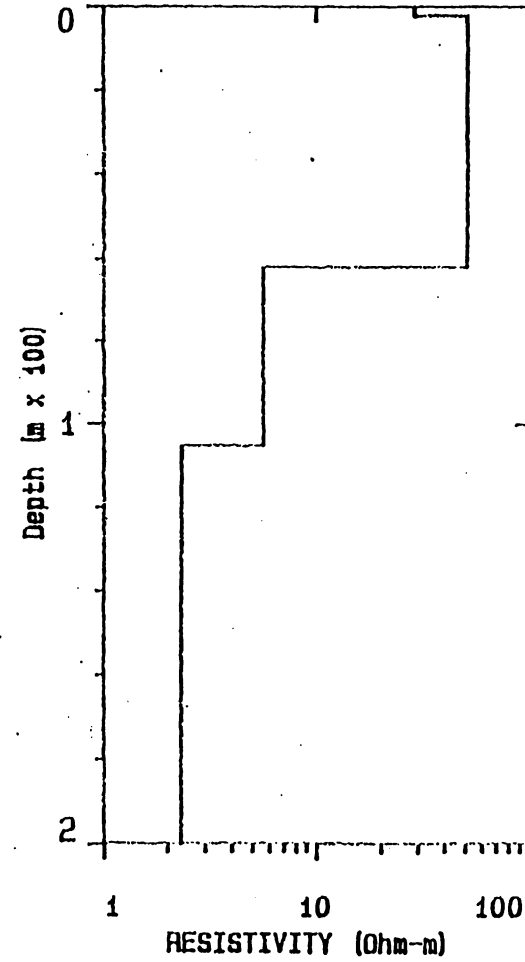
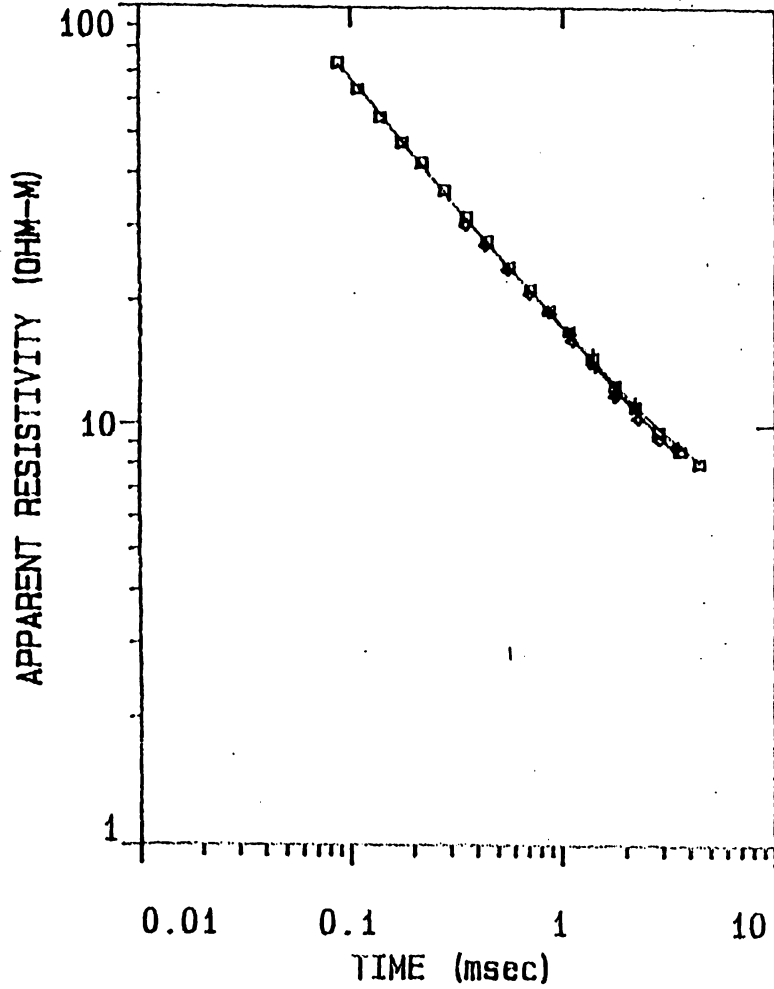


Fig.6a

אלוביום בדרום בקעת עובדה (50 x 50)

FITTING ERROR: 4.078 PERCENT

#	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	8.95	1.14	0.0
2	129.3	53.65	-1.14
3	11.09	25.69	-54.80
4	100.0	25.41	-80.50
5	12.21		-105.9

GS306

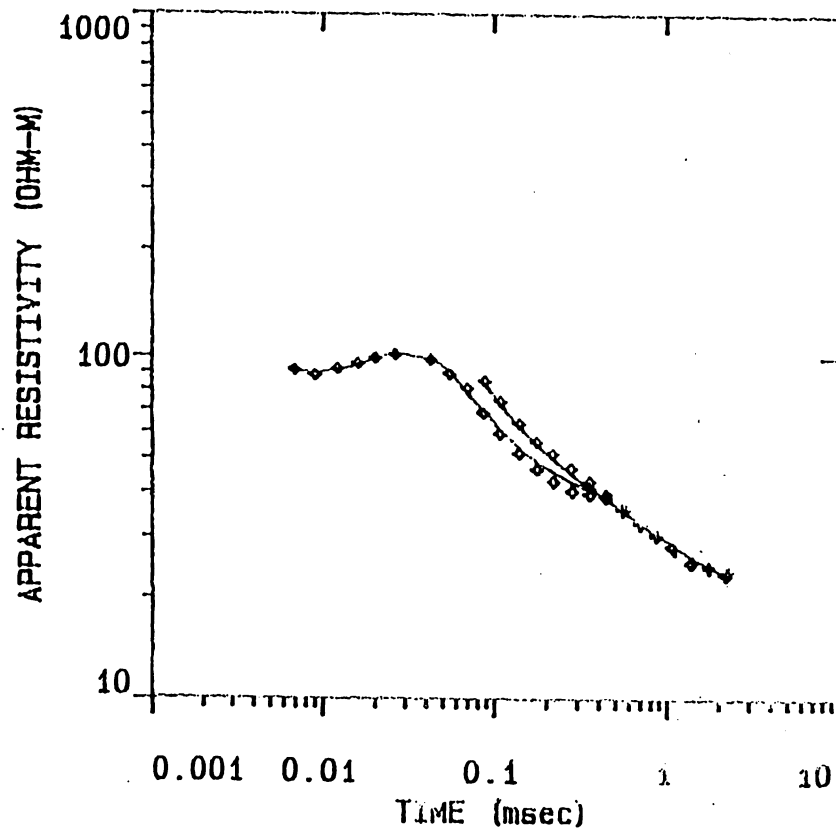
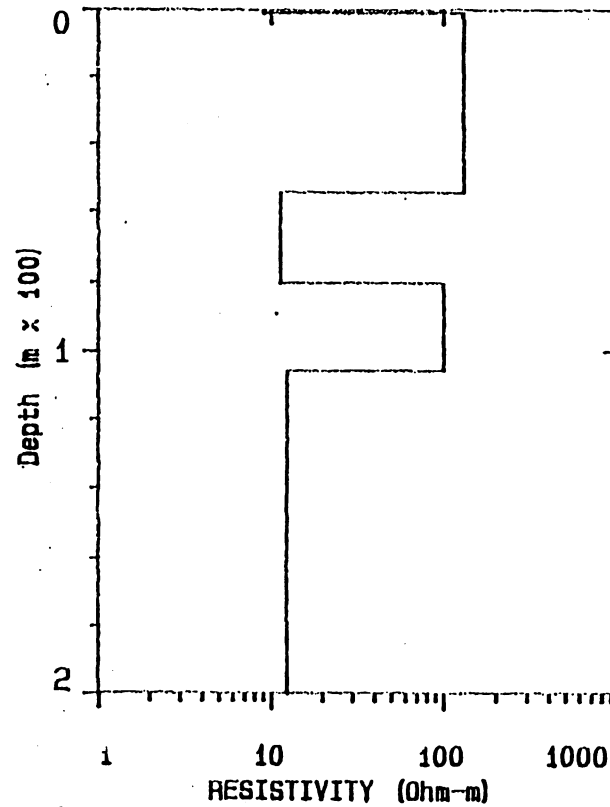


Fig.7a



ליחולוגיה

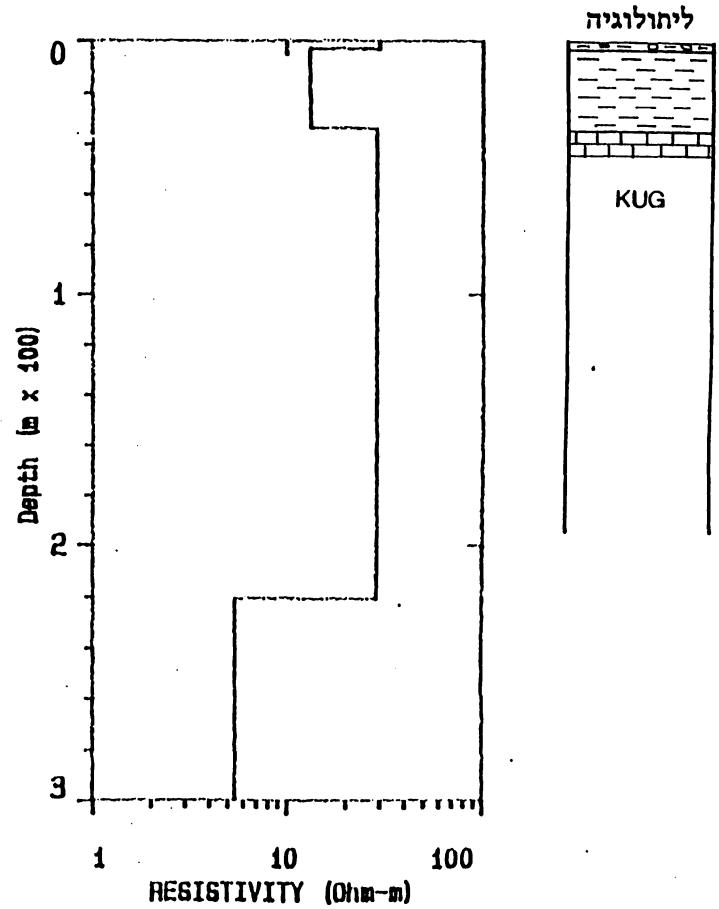
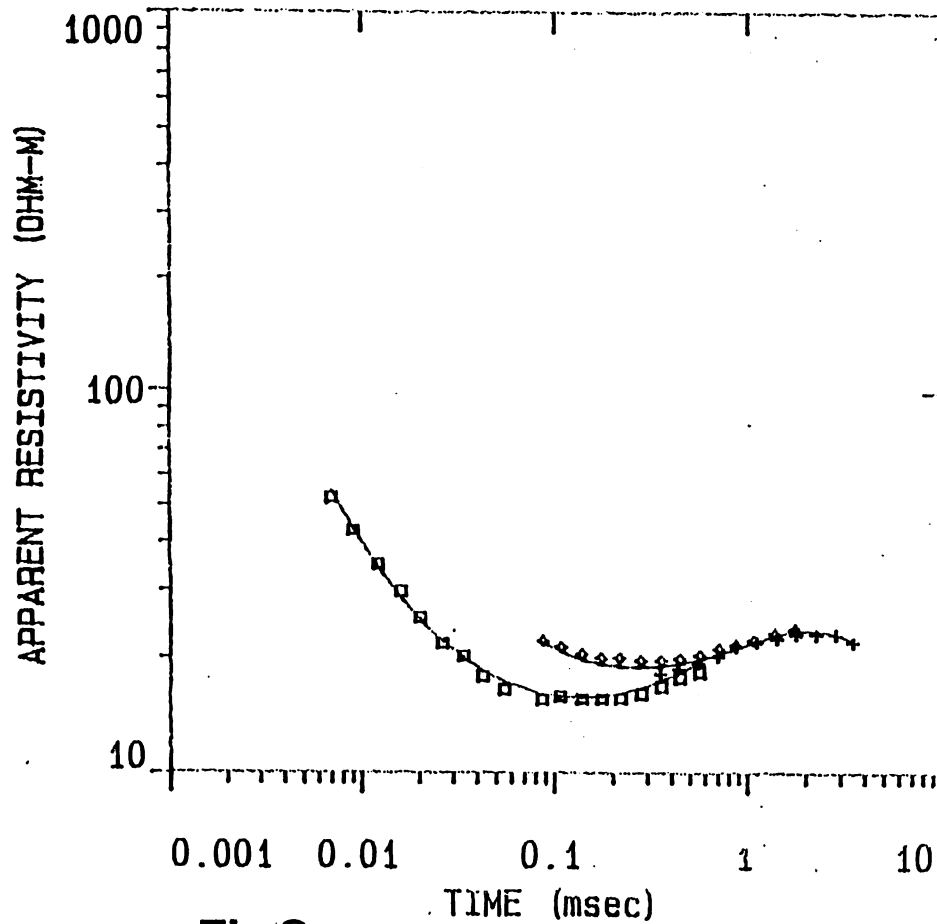


אלוביום בצפון בקעת סיירים (50 x 50)

FITTING ERROR: 4.586 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	29.65	3.27	0.0 -3.27	0.110
2	13.05	30.66	-33.94	2.34
3	28.67	186.8	-220.8	6.51
4	5.35			

GS307

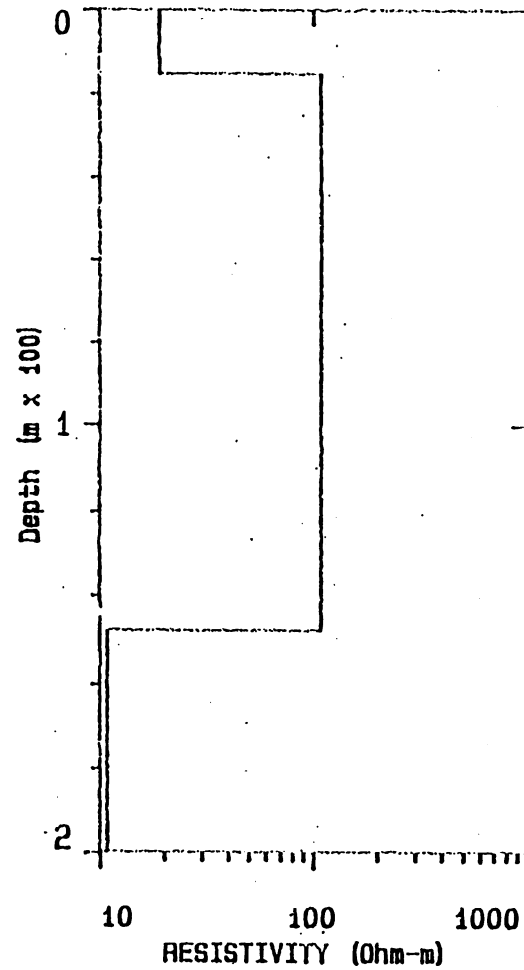
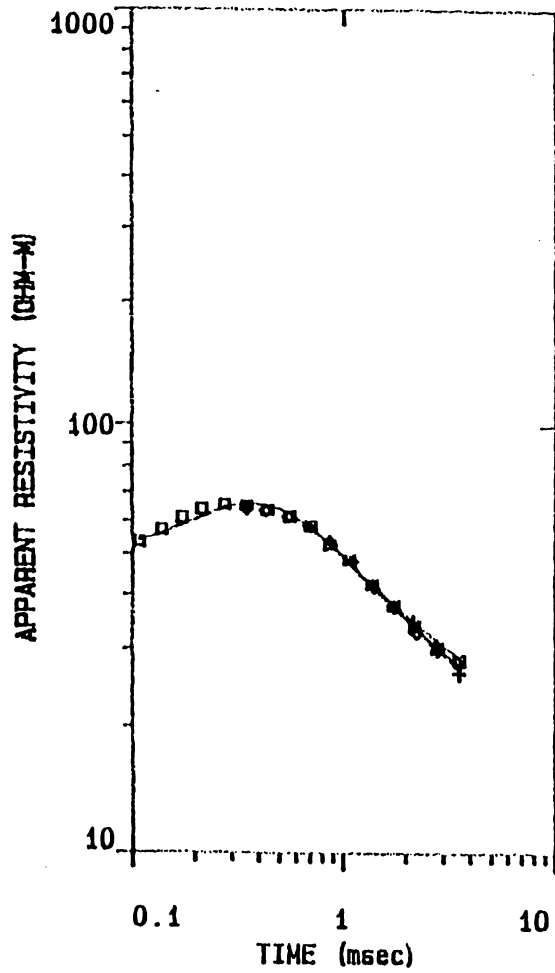


אלוביום בדרום בקעת סיירים (50 x 50)

FITTING ERROR: 3.250 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS' (meters)	ELEVATION (meters)
1	18.74	15.26	0.0
2	108.3	132.8	-15.26
3	10.75		-148.1

GS308



ליחולוגיה

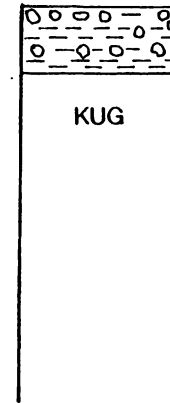


Fig.9a

קונגלומרט ערבה - נחל חיון (50 x 50)

FITTING ERROR: 4.952 PERCENT.

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	155.6	3.42	0.0
2	1.93	0.687	-3.42
3	424.4	32.24	-4.10
4	3.95	46.58	-36.34
5	16.74		-82.93

GS309

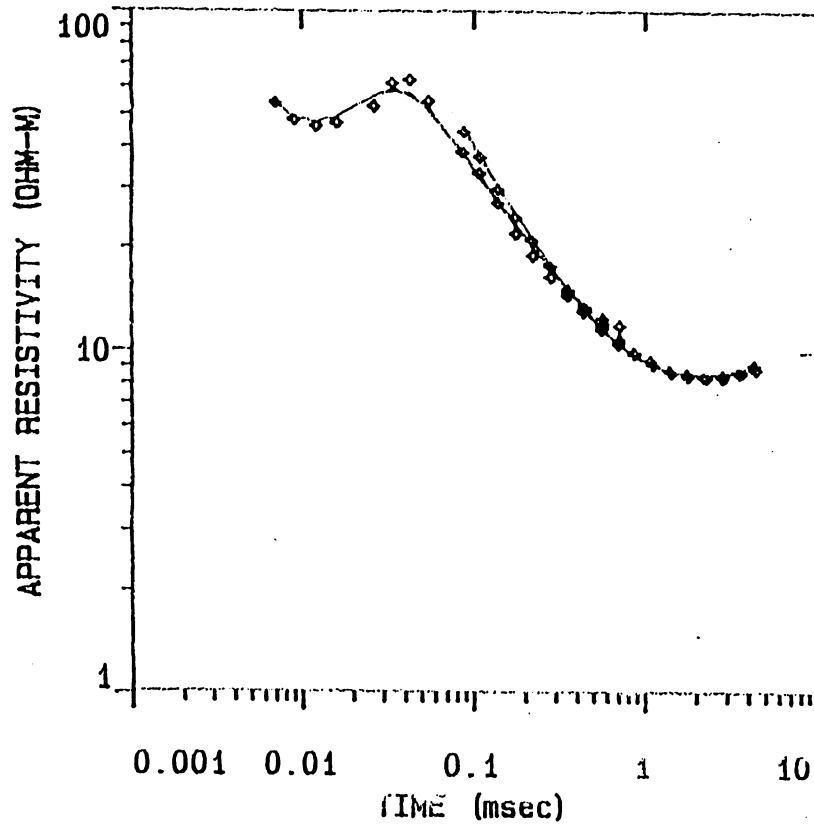
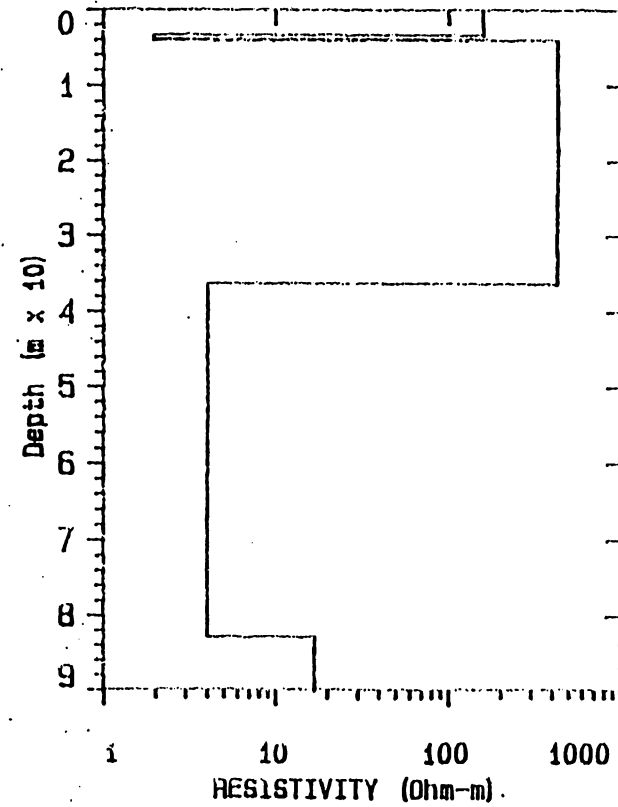
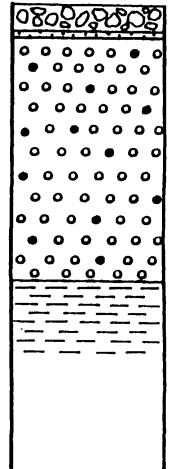


Fig. 10a



ליחולוגיה

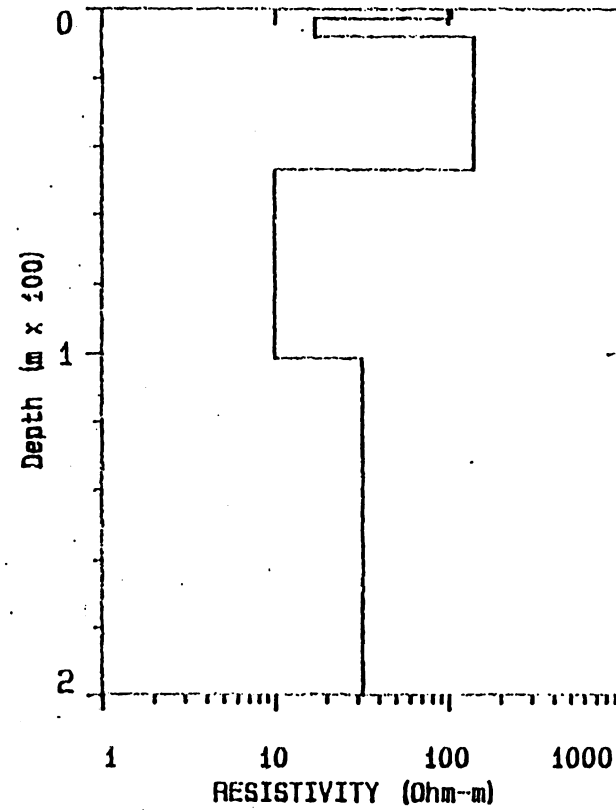
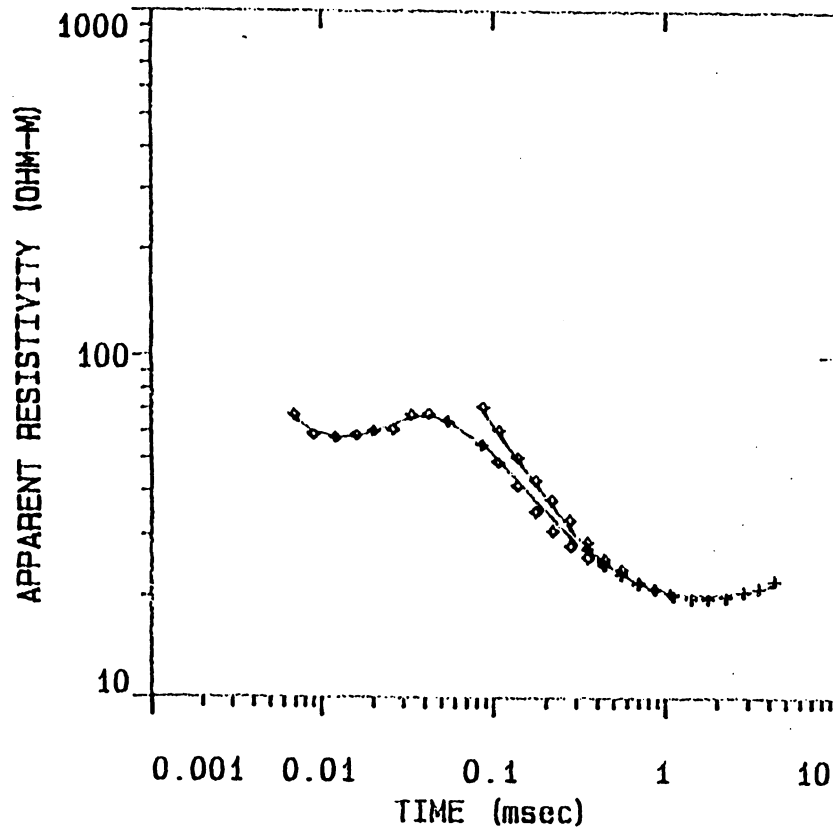


קונגלומרט ערבה - מישורי חיון (50 x 50)

FITTING ERROR: 4.363 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	103.3	3.00	-3.00
2	17.07	5.18	-8.18
3	140.0	38.88	-47.07
4	9.83	54.41	-101.4
5	31.99		

GS310



ליחולוגיה

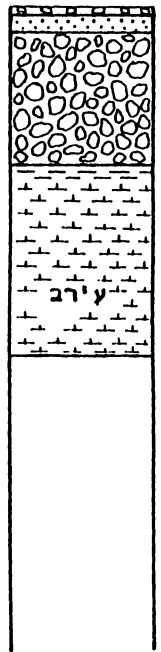


Fig. 11a

צפון בקעת עובדה (100 x 100)

FITTING ERROR:

2.837 PERCENT

GS311

#	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	2.41	1.19	0.0	0.495
2	61.20	10.24	-11.44	0.167
3	5.11	25.26	-36.71	4.13
4	11.30	55.01	-92.52	4.93
5	4.83			

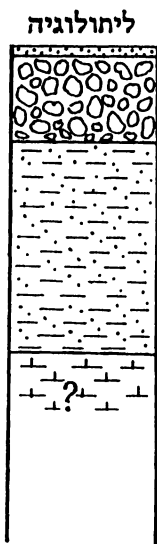
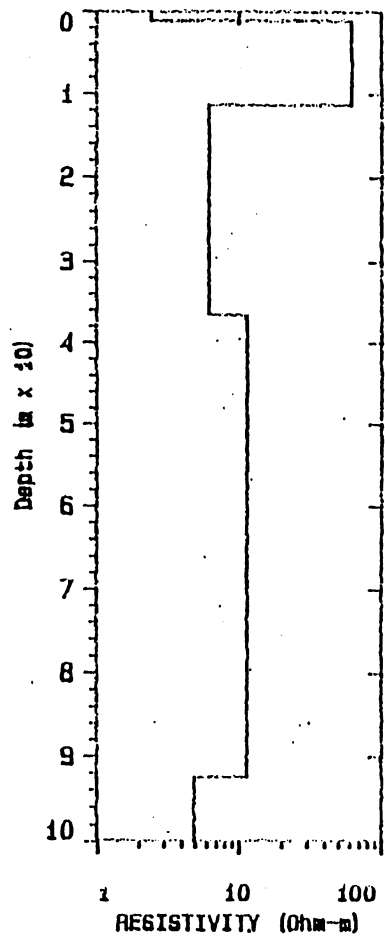
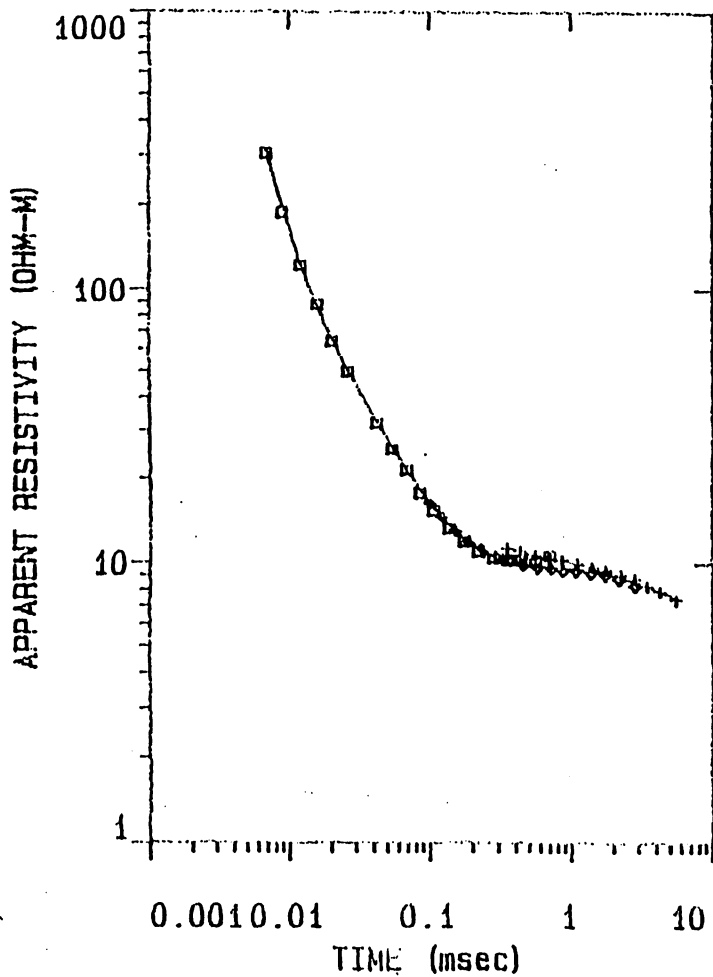


Fig. 12a

צפון בקעת עובדה (50 x 50)

FITTING ERROR:

4.130 PERCENT

#	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	3.53	1.09	0.0	
2	55.34	5.57	-1.09	0.309
3	8.24	50.16	-6.66	0.100
4	41.24	91.68	-56.83	6.08
5	1.67		-148.5	2.22

GS312

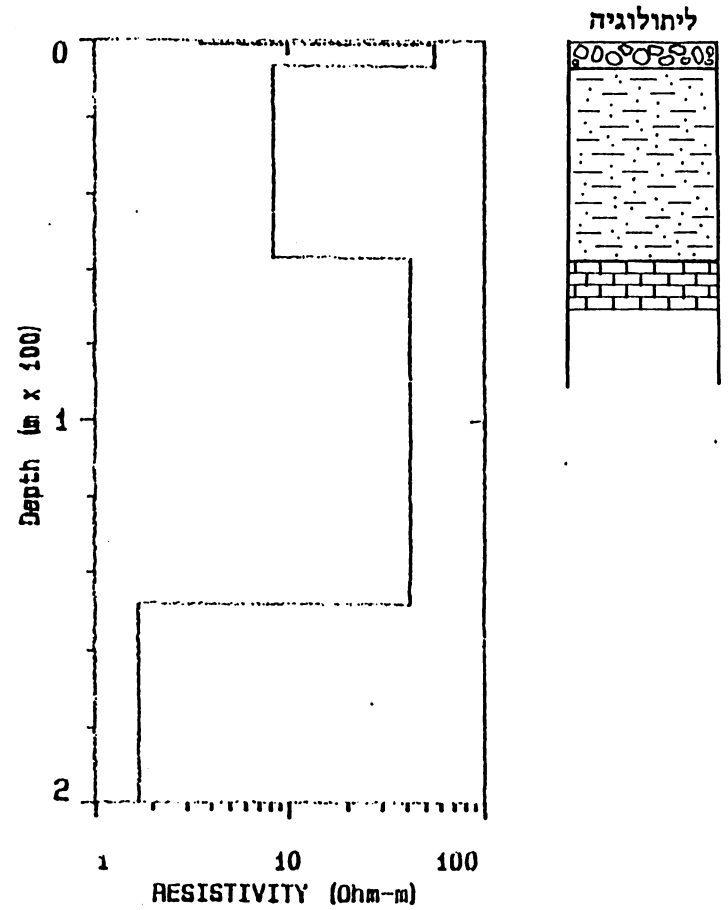
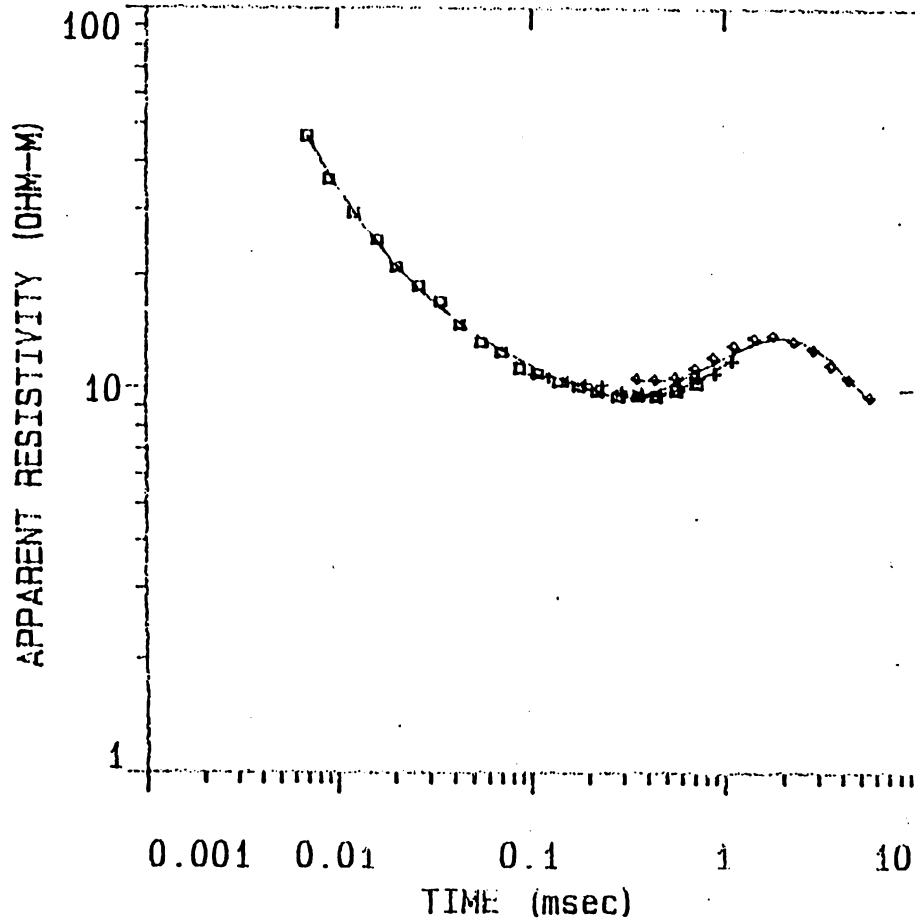


Fig. 13a

צפון בקעת עובדה (50 x 50)

FITTING ERROR: 3.961 PERCENT

	#	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
	1	30.54	19.71	0.0	0.645
GS313	2	55.65	153.3	-19.71	2.75
	3	6.53		-173.0	

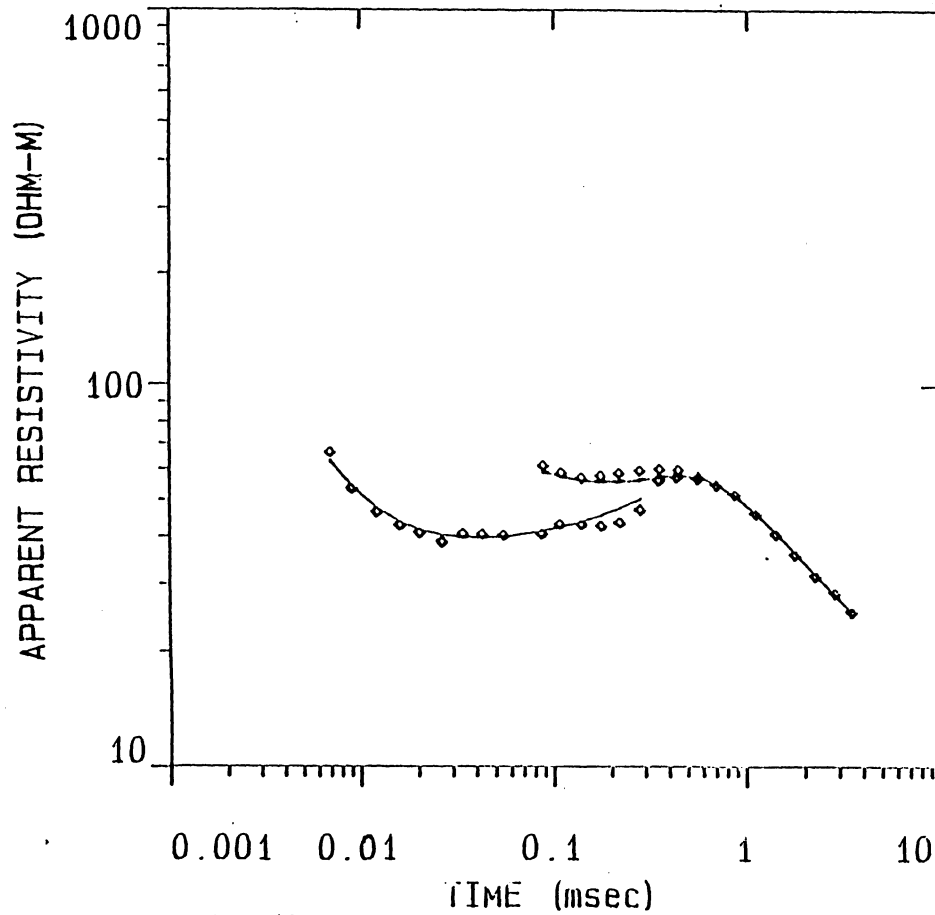
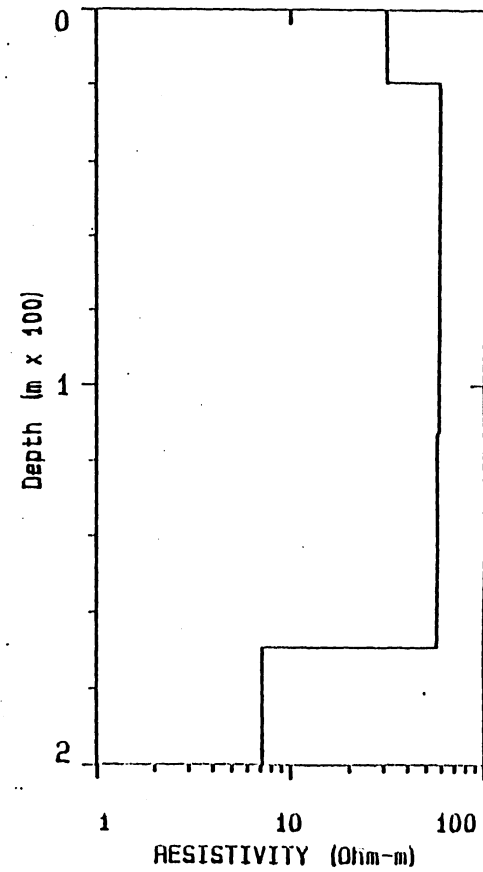
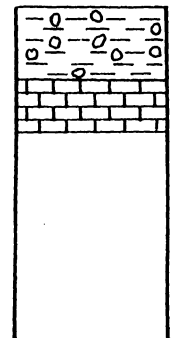


Fig. 14a



ליחולוגיה



צפון בקעת עובדה (50 x 50)

FITTING ERROR: 4.630 PERCENT

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	6.67	2.65	0.0	
2	11.32	27.39	-2.65	0.397
3	125.2	104.6	-30.04	2.41
4	6.78		-134.6	0.835

GS314

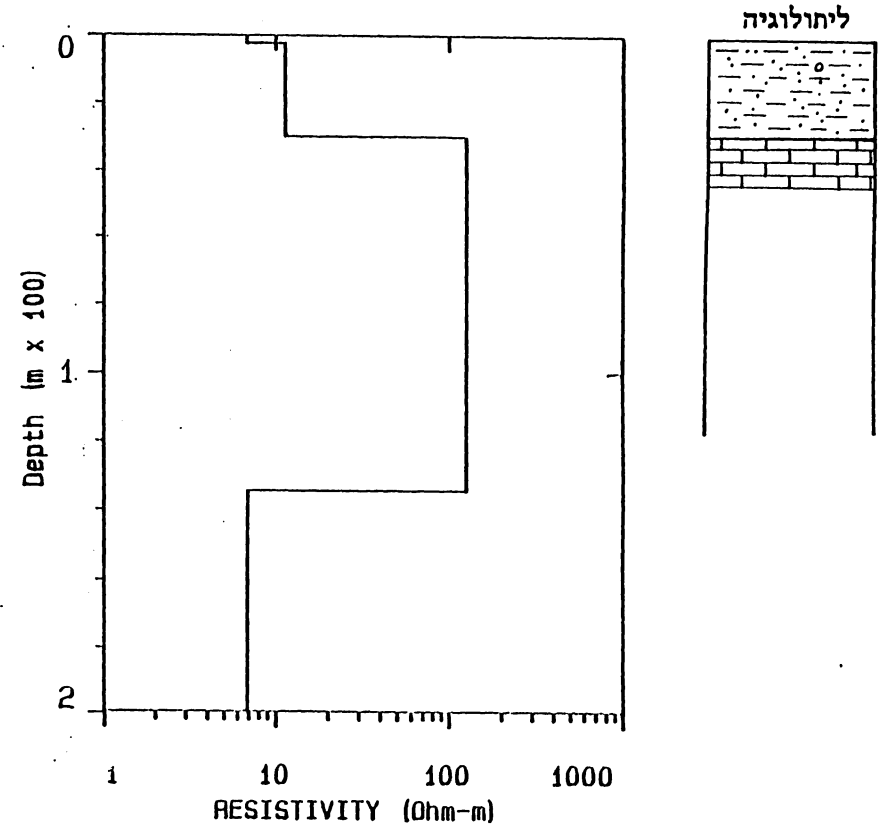
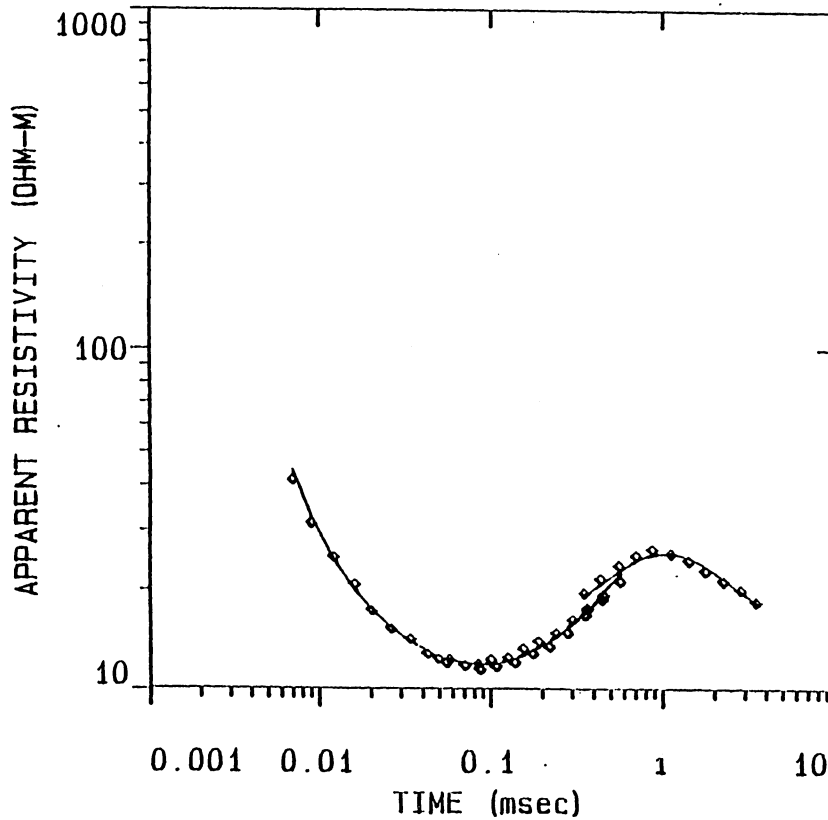


Fig. 15a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.019 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	35.06	4.76	0.0	0.136
2	12.32	95.50	-4.76	7.75
3	26.57		-100.2	

GS315

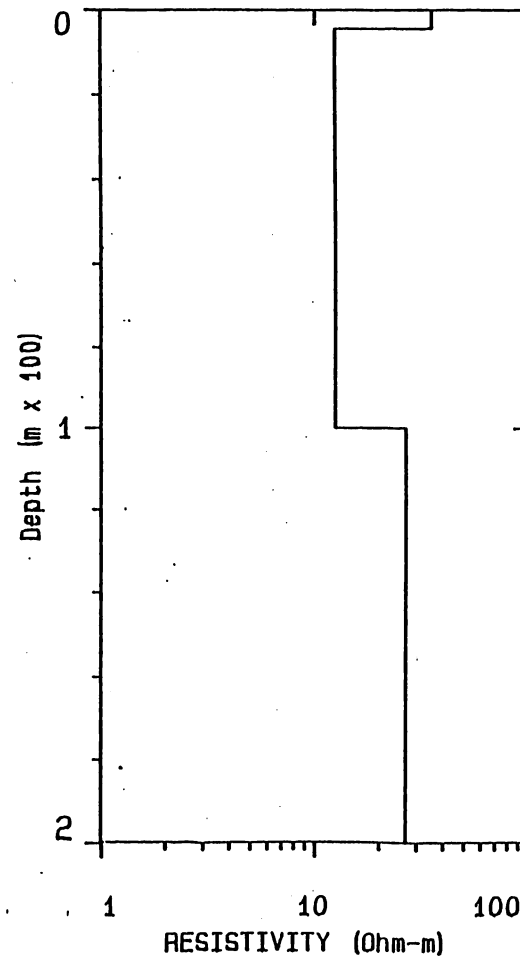
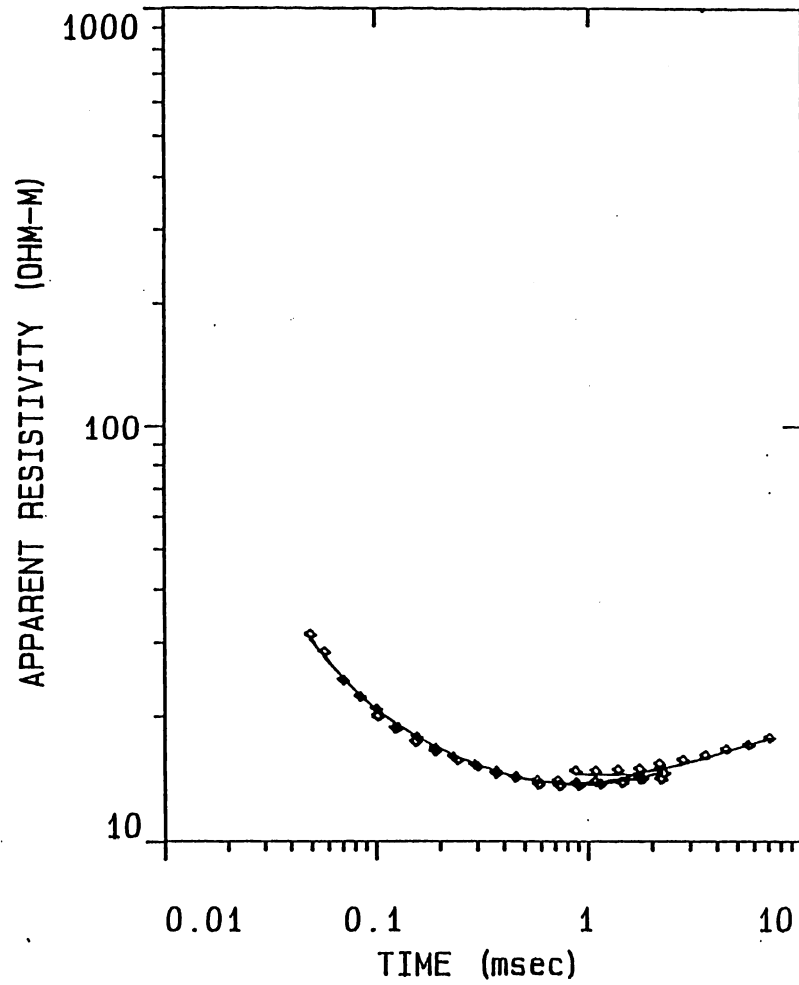


Fig. 16a

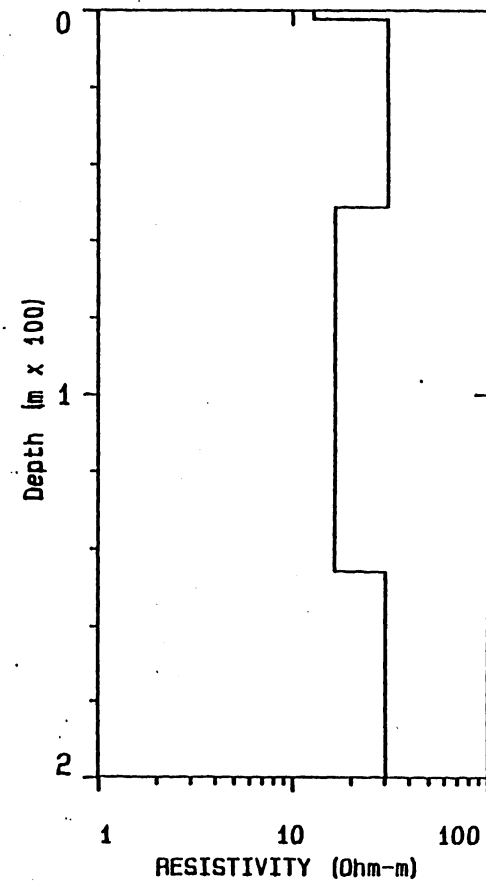
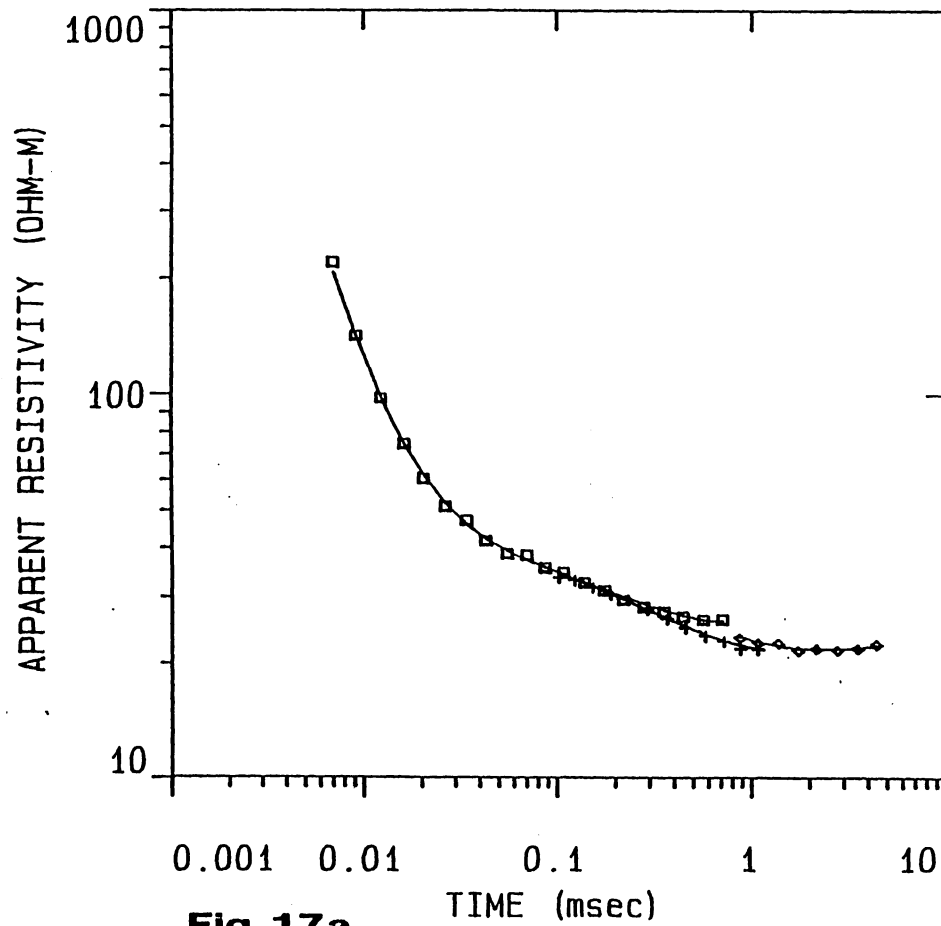
(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.321 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	12.72	2.51	0.0	0.197
2	30.86	49.03	-2.51	1.58
3	16.38	94.33	-51.55	5.75
4	30.14			

GS316



(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.347 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	7.78	0.521	0.0	0.0669
2	20.76	5.63	-0.521	0.271
3	156.3	46.49	-6.15	0.297
4	18.59	221.0	-52.65	11.88
5	160.7			

GS317

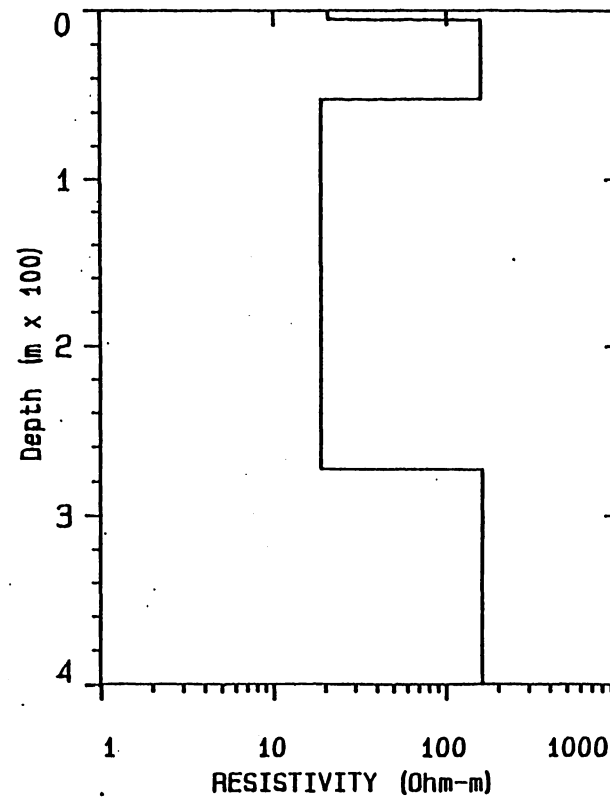
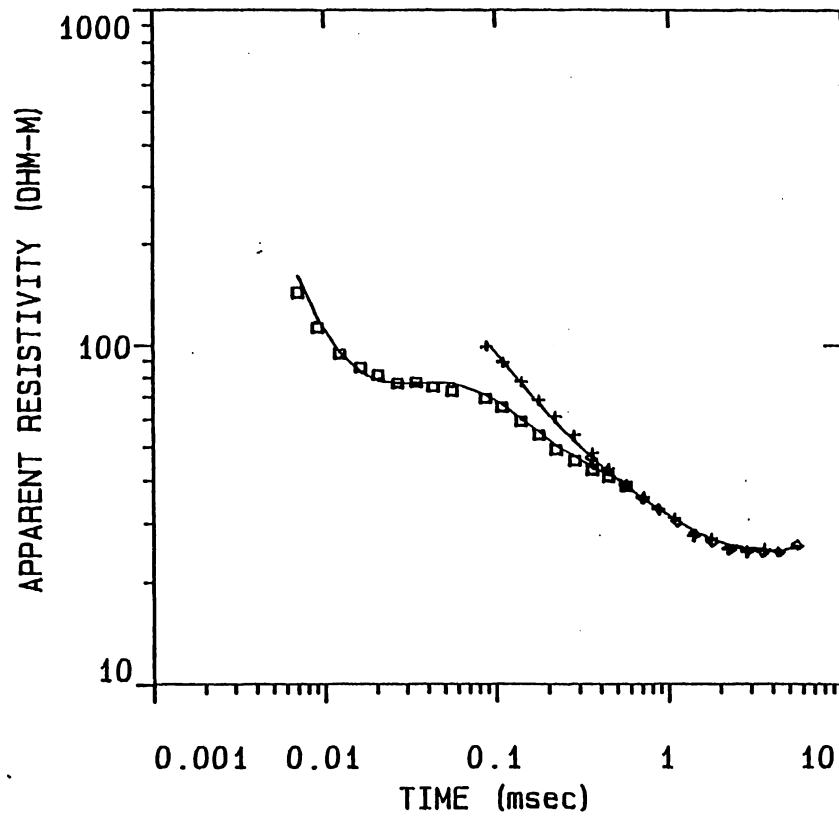


Fig. 18a

(50 x 50) FITTING ERROR: 2.009 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	45.57	68.68	0.0	1.50
2	4.57	14.73	-83.41	3.22
3	194.1	110.2	-193.6	0.567
4	8.51			

GS318

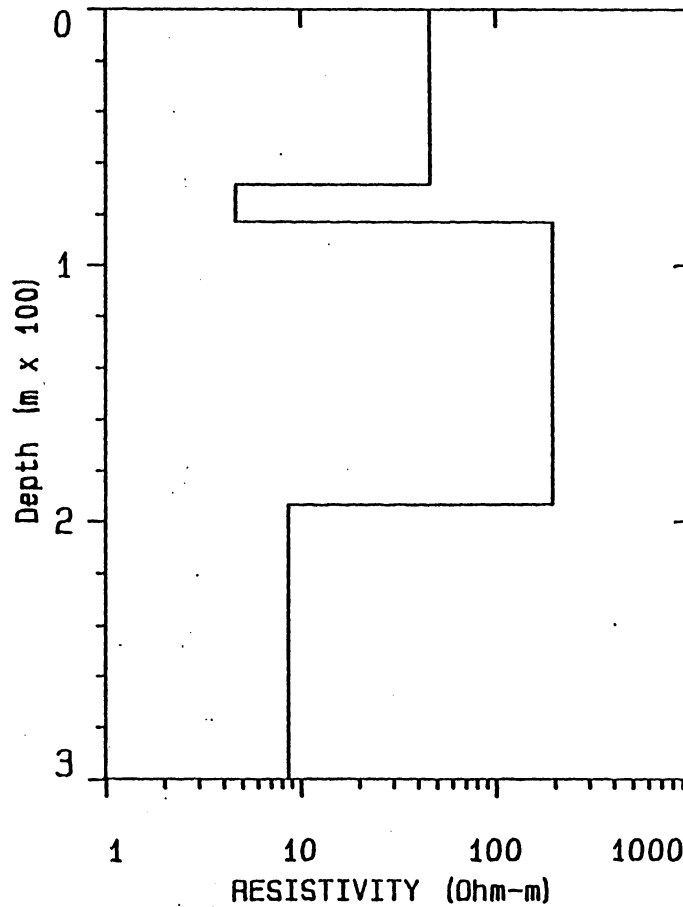
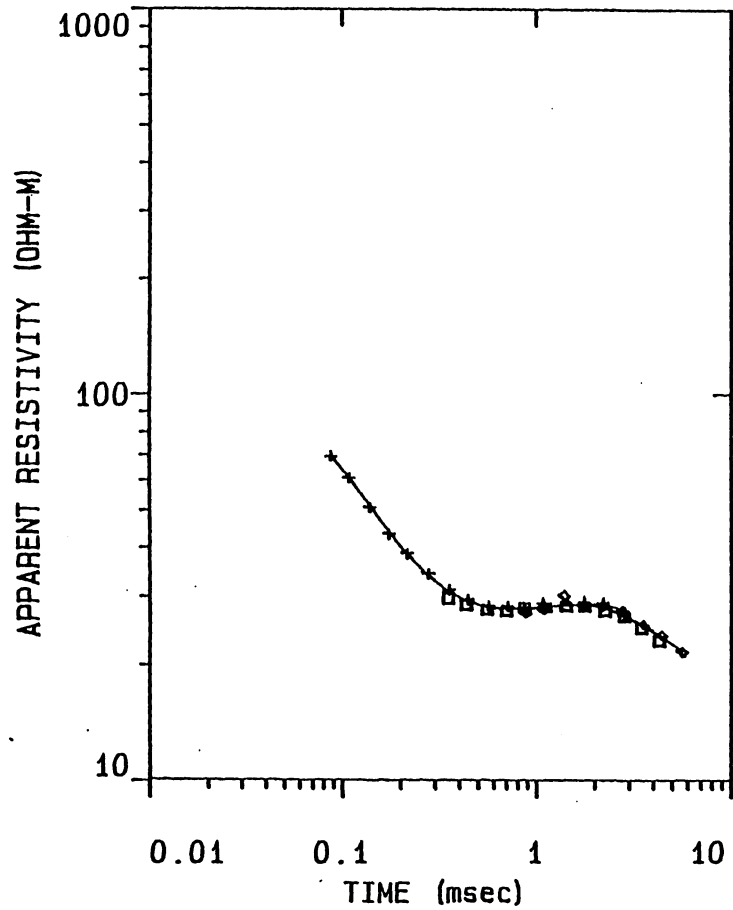


Fig. 19a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.733 PERCENT

GS319

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	14.73	4.01	0.0	
2	219.2	33.47	-4.01	0.272
3	6.86	38.40	-37.49	0.152
4	3.95	96.31	-75.89	5.59
5	17.74		-172.2	24.36

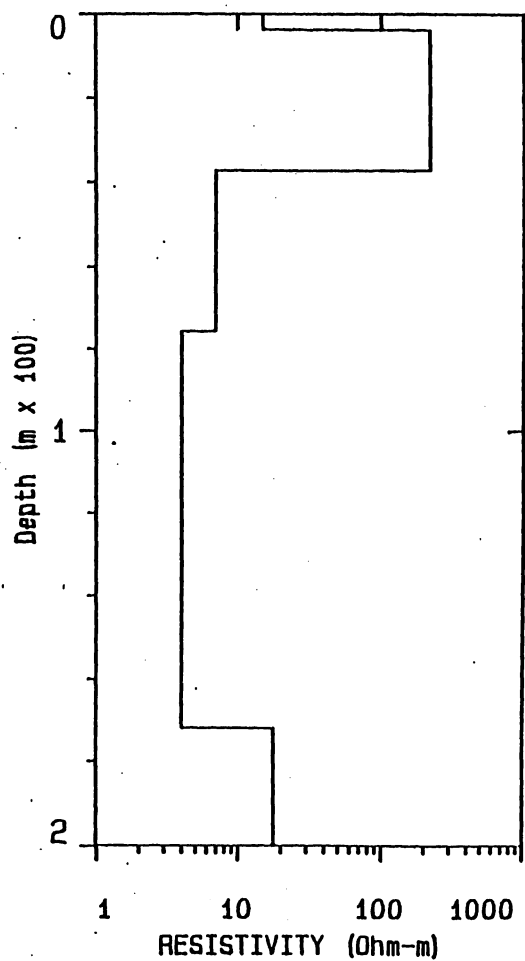
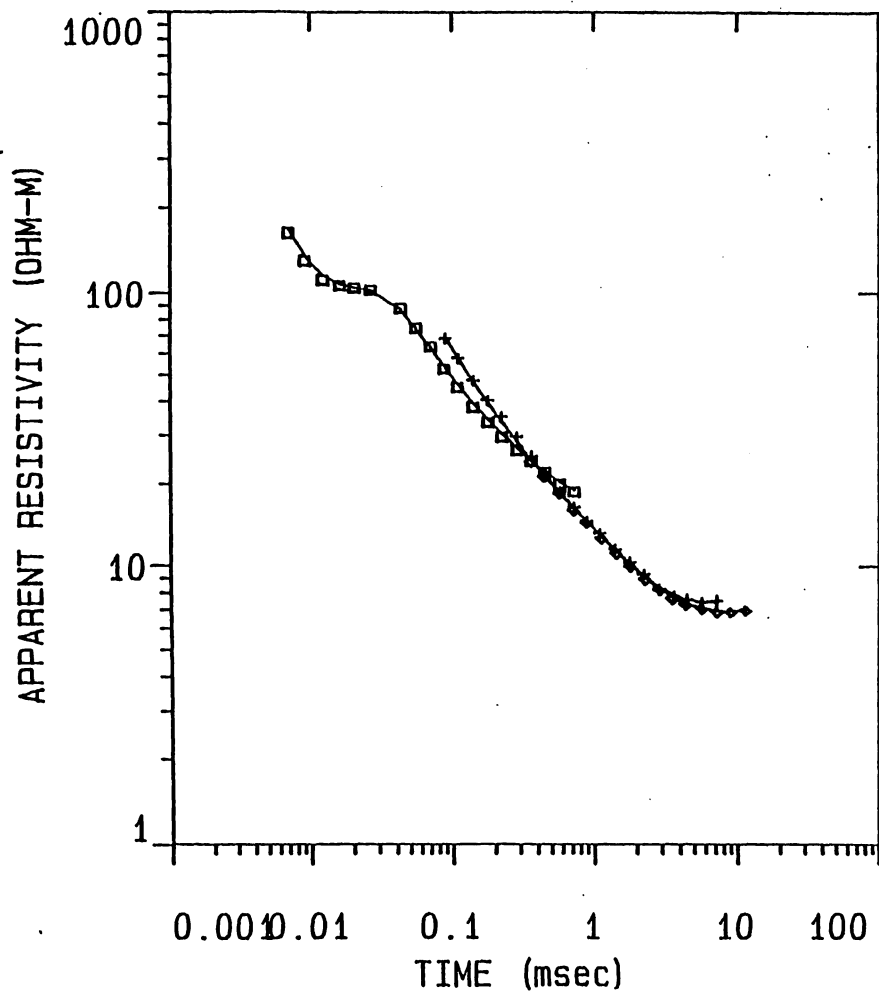


Fig.20a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.617 PERCENT

GS320

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	234.3	5.07	0.0	
2	40.97	57.84	-5.07	0.0216
3	12.16	181.4	-62.92	1.41
4	346.8		-244.4	14.92

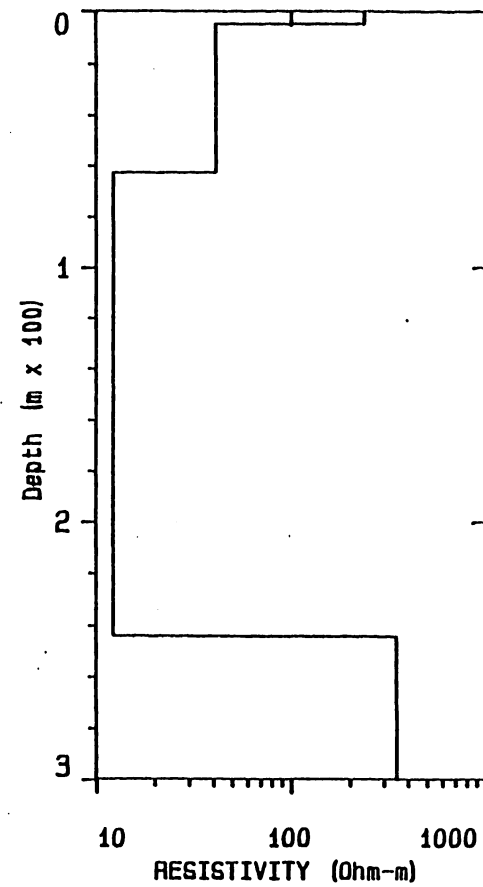
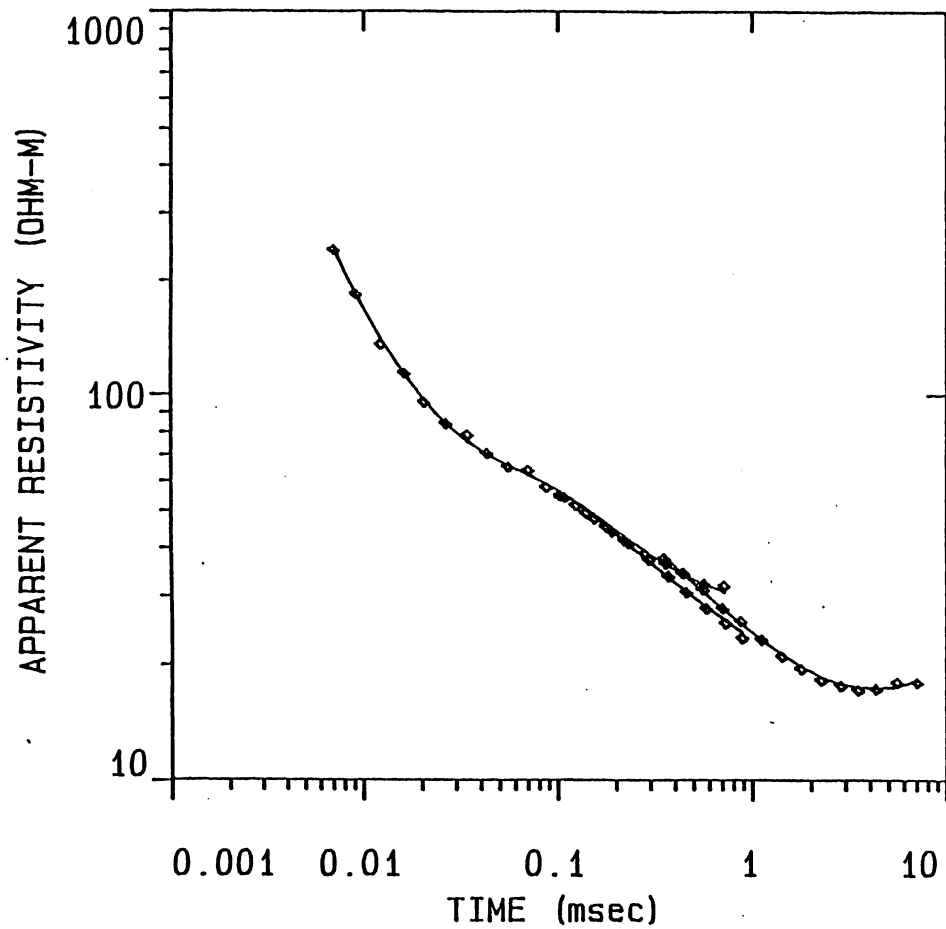


Fig.21a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.419 PERCENT

GS321

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	28.25	6.89	0.0	
2	41.44	35.58	-6.89	0.243
3	16.44	67.95	-42.48	0.858
4	28.56		-110.4	4.13

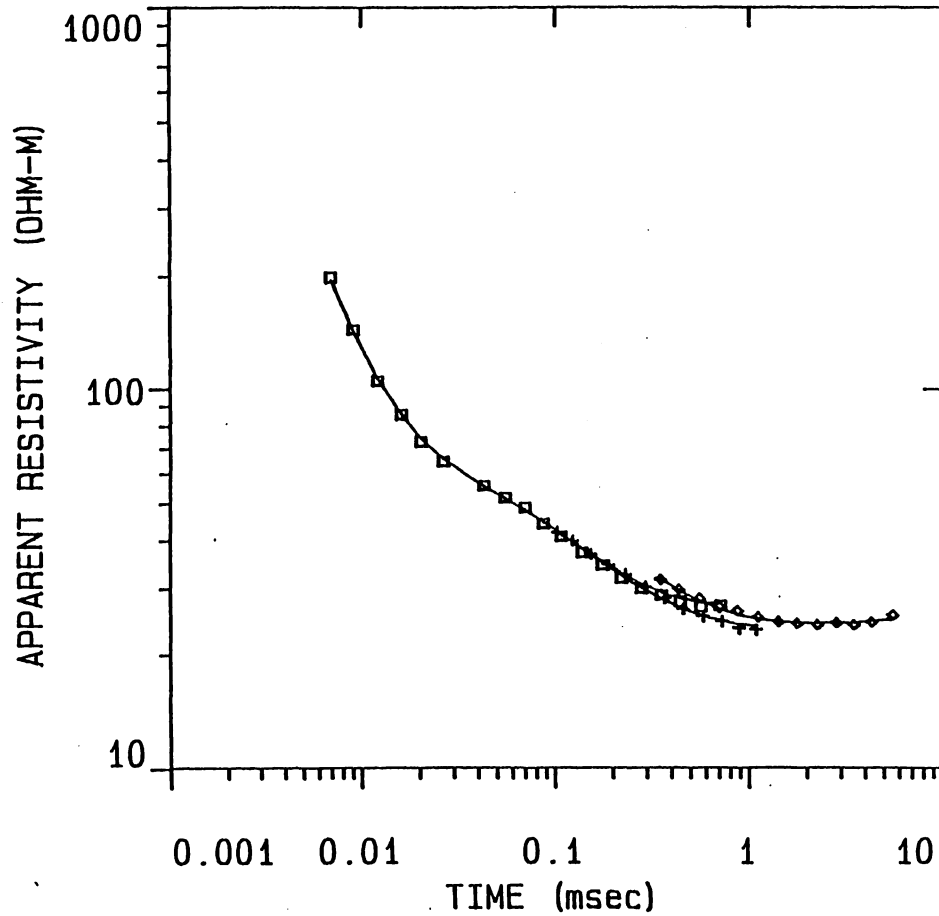
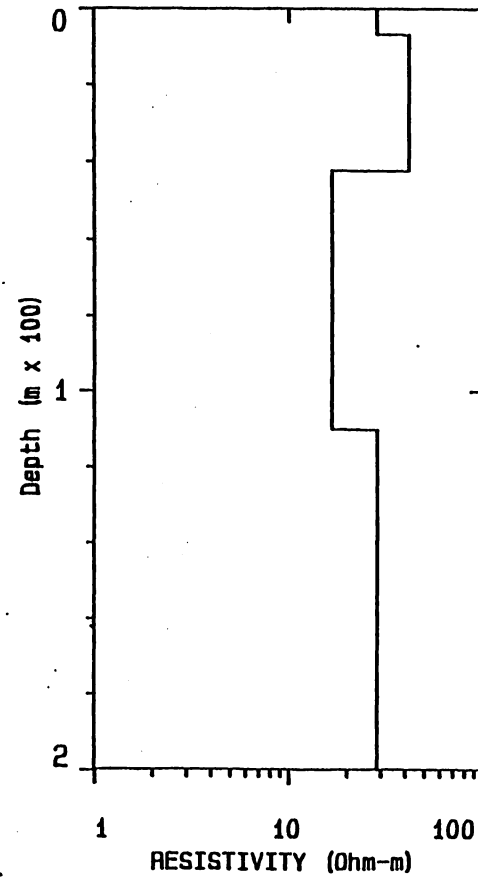


Fig.22a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.724 PERCENT

GS322

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	36.64	15.70	0.0	0.428
2	13.81	139.2	-15.70	10.07
3	5.39			

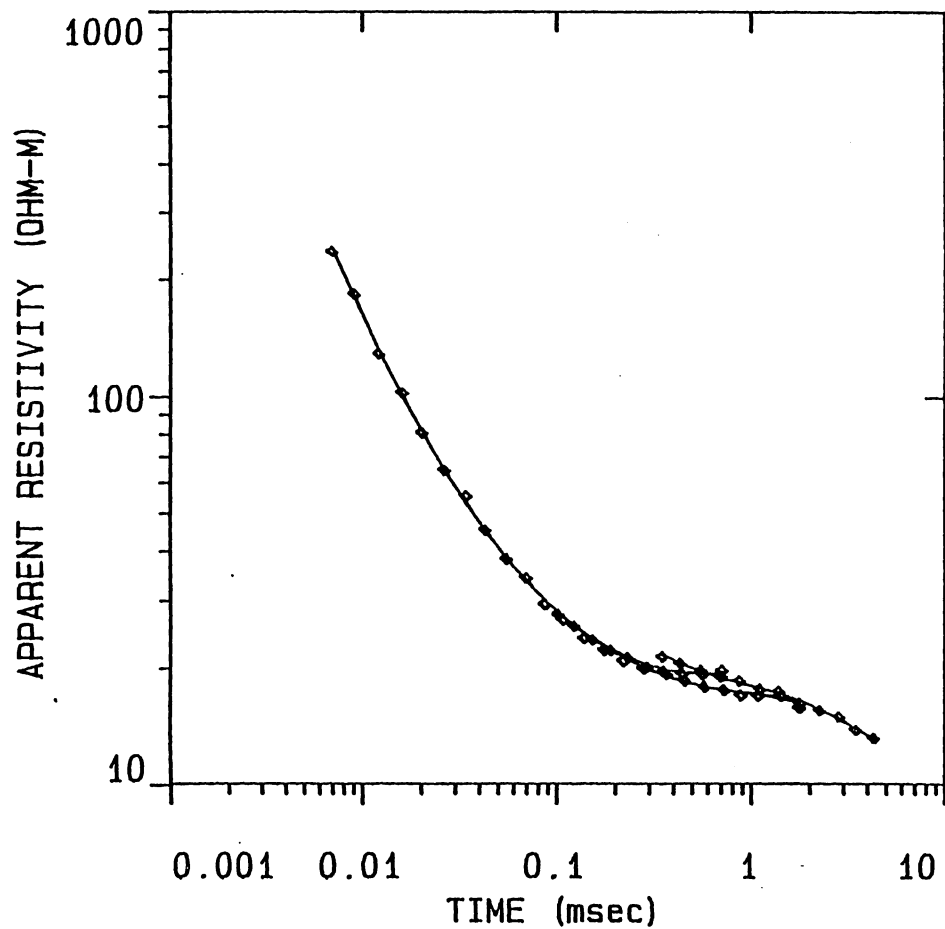
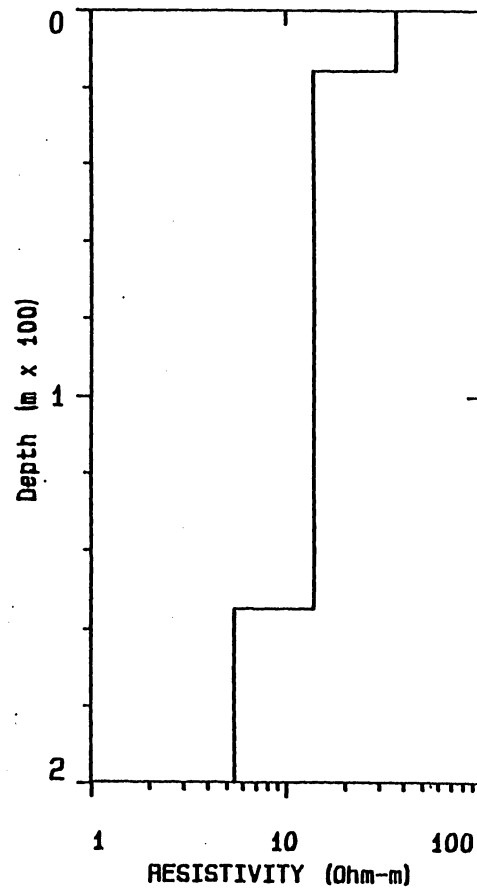


Fig.23a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.453 PERCENT

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	2.24	1.33	0.0	
2	58.42	8.37	-1.33	0.594
3	2.11	4.88	-9.70	0.143
4	7.12	31.71	-14.59	2.31
5	55.58		-46.31	4.45

GS323

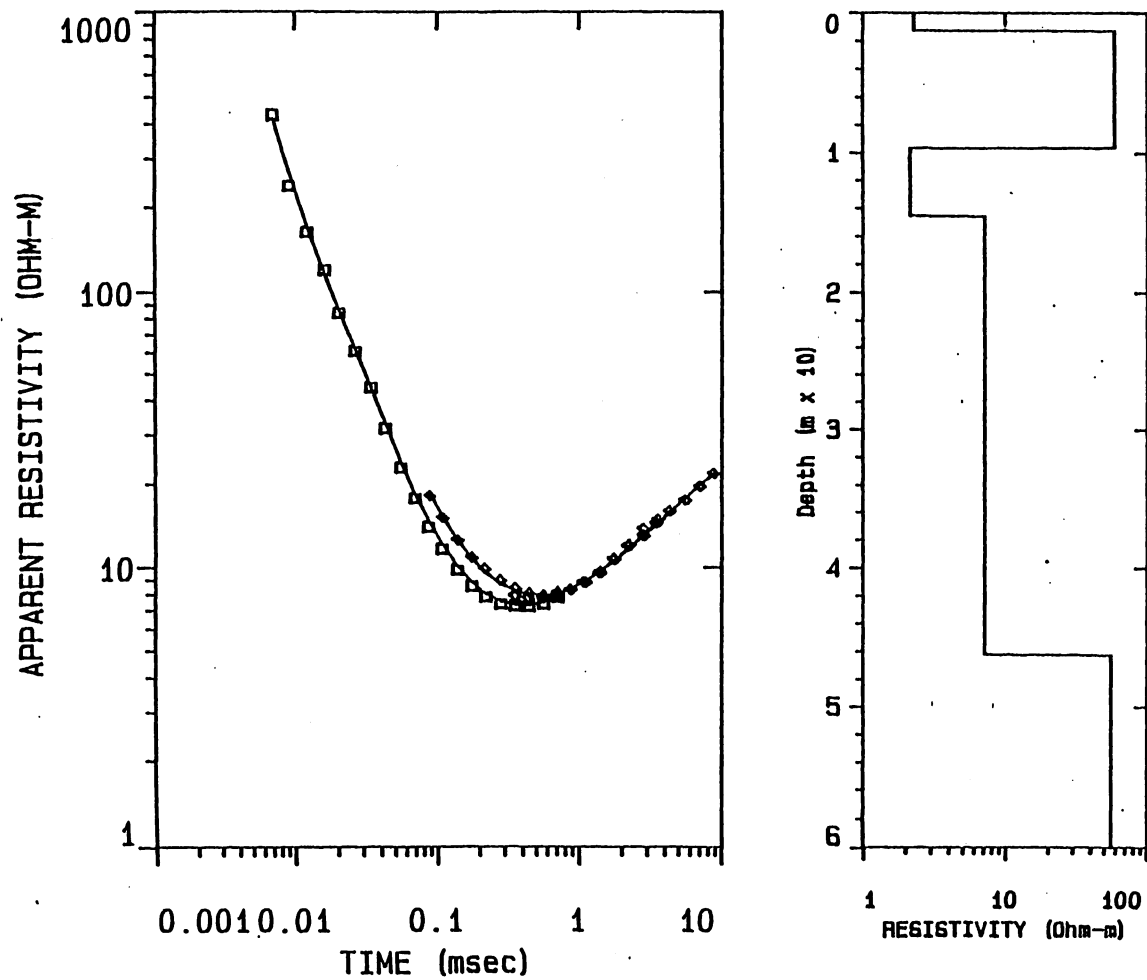


Fig. 24a

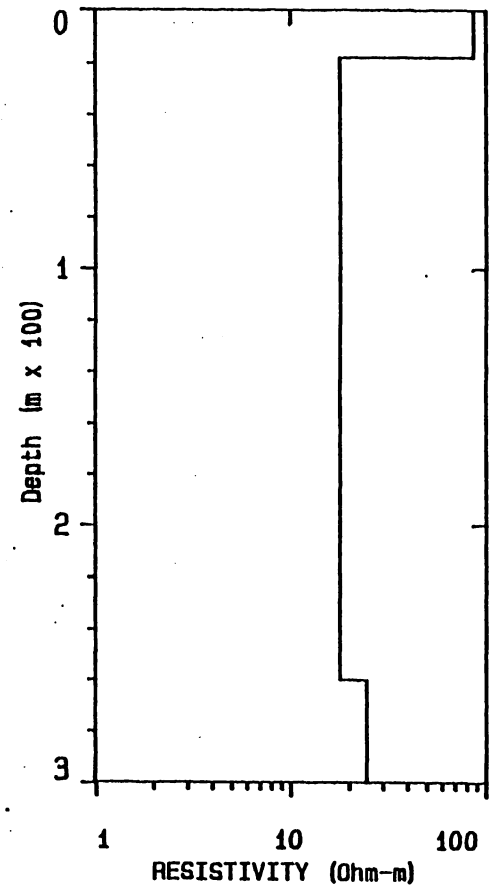
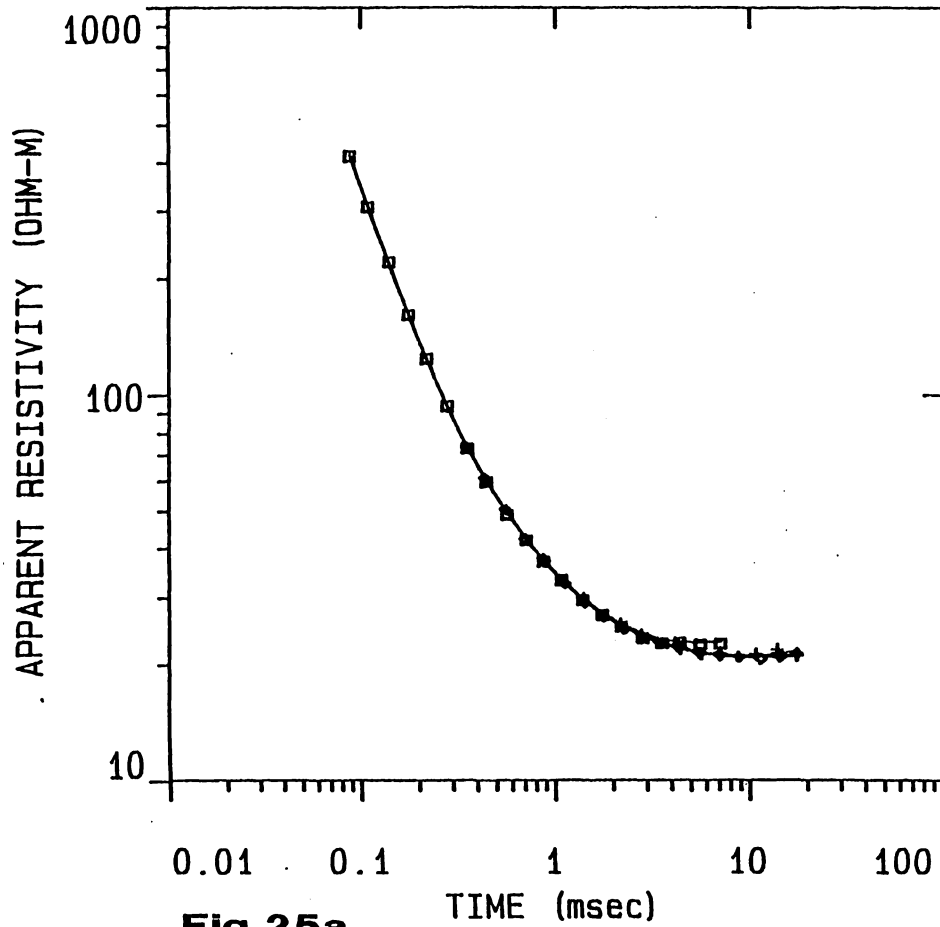
(400 x 400)

FITTING ERROR:

1.805 PERCENT

GS324

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	86.61	18.00	0.0	0.207
2	17.72	242.5	-18.00	13.68
3	24.49		-260.5	



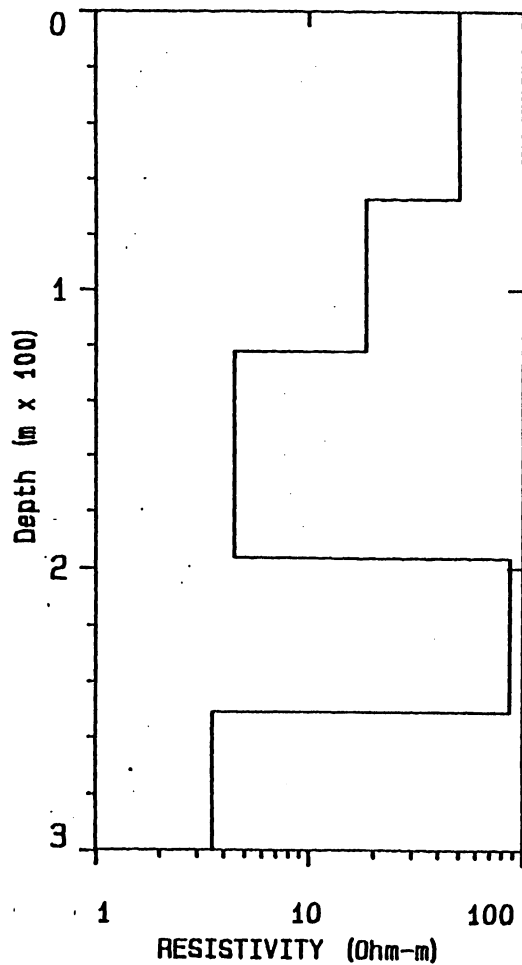
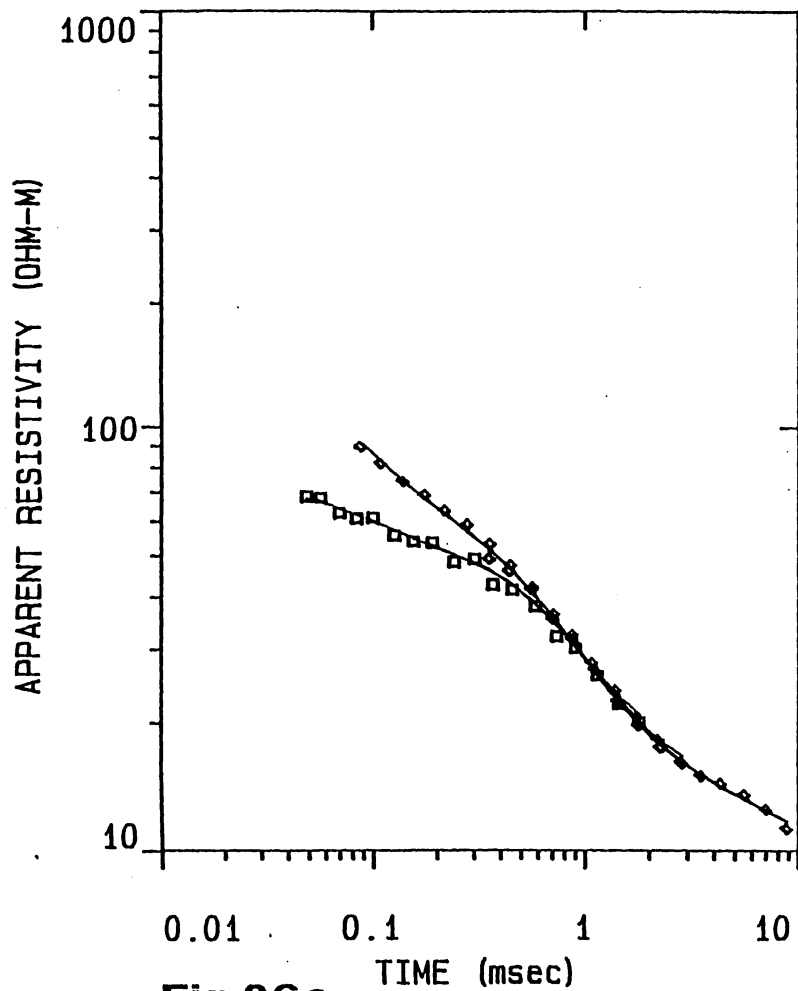
(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.075 PERCENT

GS325

I. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	50.21	67.69	0.0	
2	18.12	54.88	-67.69	1.34
3	4.44	74.13	-132.5	3.02
4	87.08	54.60	-196.7	16.67
5	3.50		-251.3	0.627



(100 x 100)

FITTING ERROR: 4.970 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	6.75	9.09	0.0	1.34
2	22.00	39.60	-9.09	1.79
3	2.01	10.44	-48.69	5.17
4	146.0			

GS326

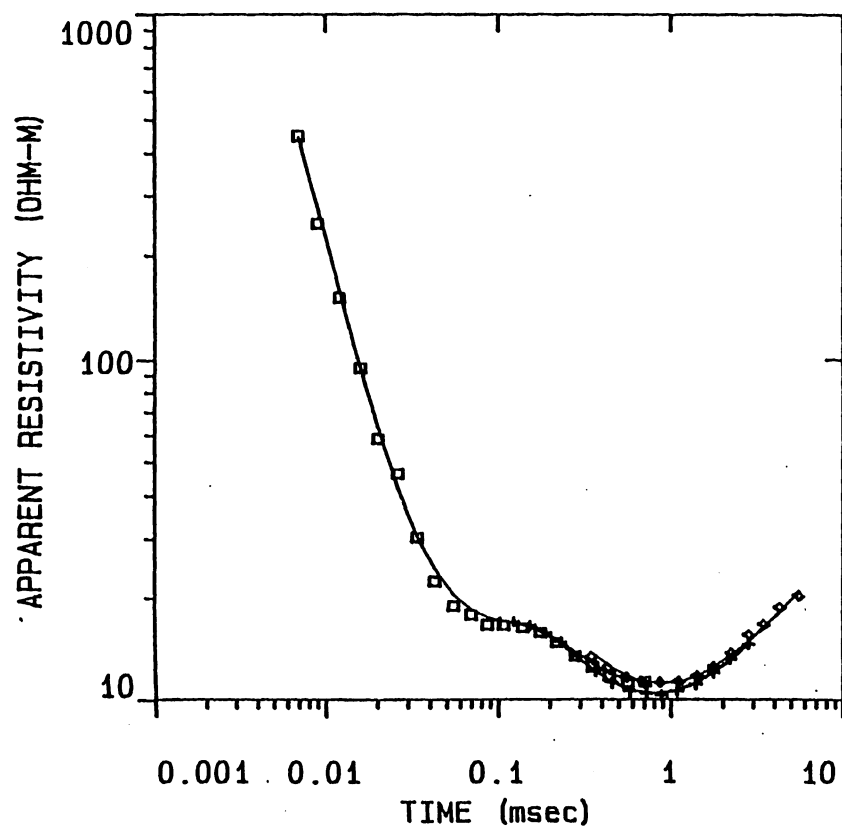
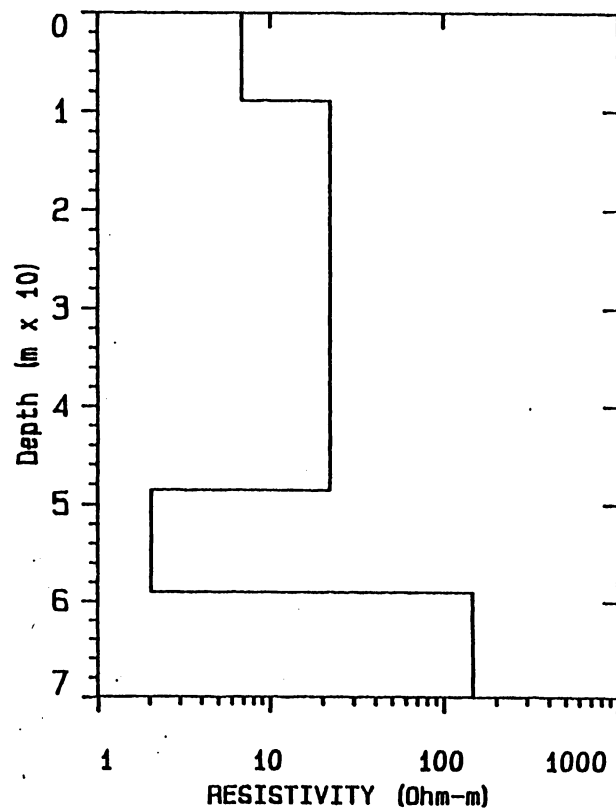


Fig.27a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.767 PERCENT

GS327

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	5.66	3.55	0.0	
2	15.48	43.77	-3.55	0.627
3	5.12	27.37	-47.33	2.82
4	64.51		-74.70	5.33

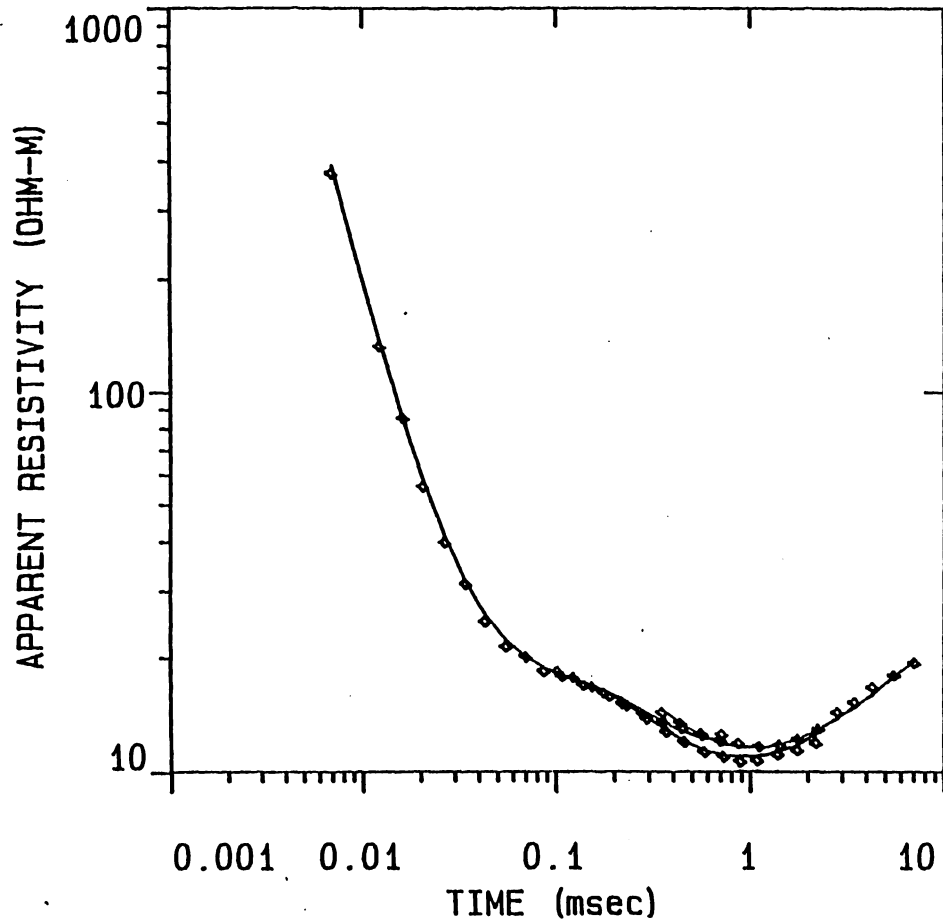
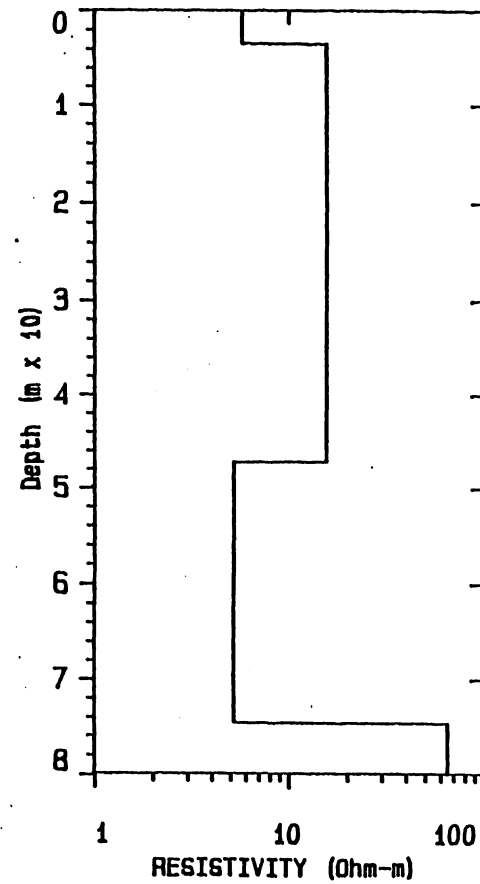


Fig.28a



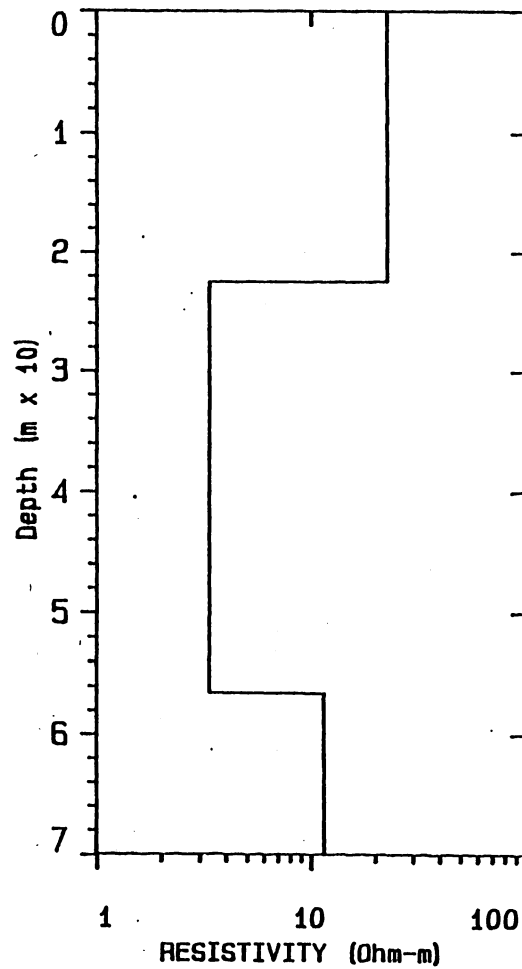
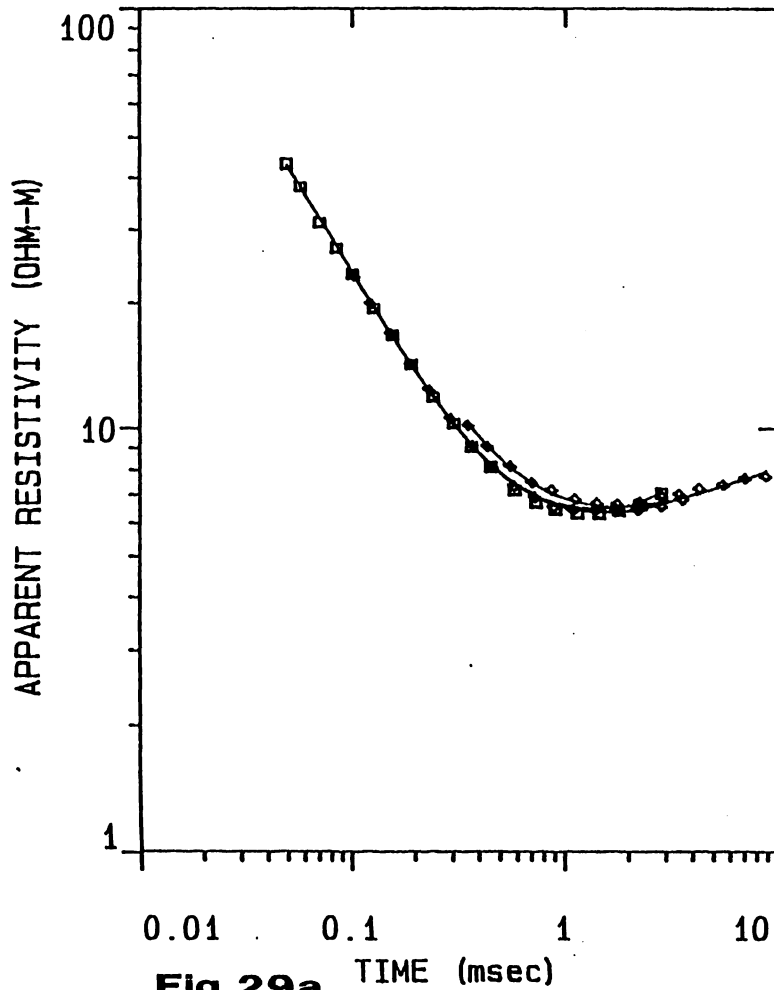
(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.343 PERCENT

GS328

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	22.38	22.54	0.0	
2	3.28	34.07	-22.55	1.00
3	11.43		-56.62	10.35



(200 x 200)

FITTING ERROR:

3.016 PERCENT

GS329

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	94.14	61.91	0.0	
2	14.71	24.61	-61.91	0.657
3	38.49	188.8	-86.52	1.67
4	13.68		-275.3	4.90

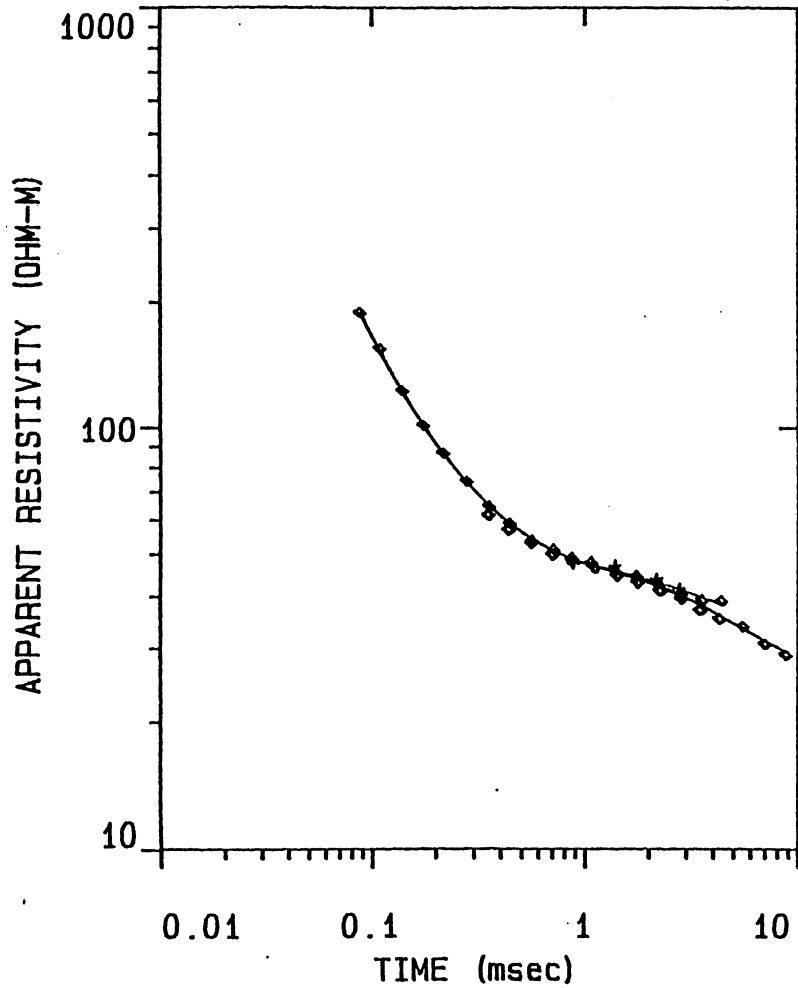
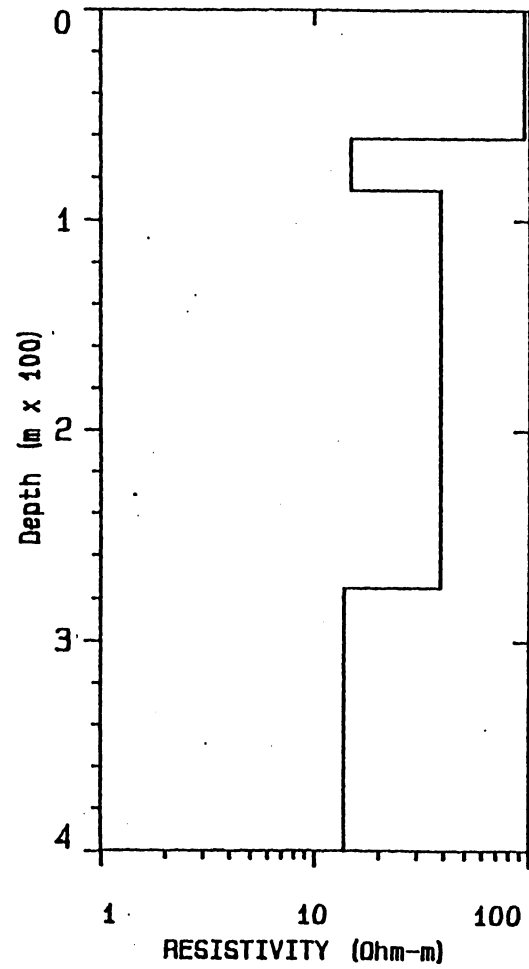


Fig.30a



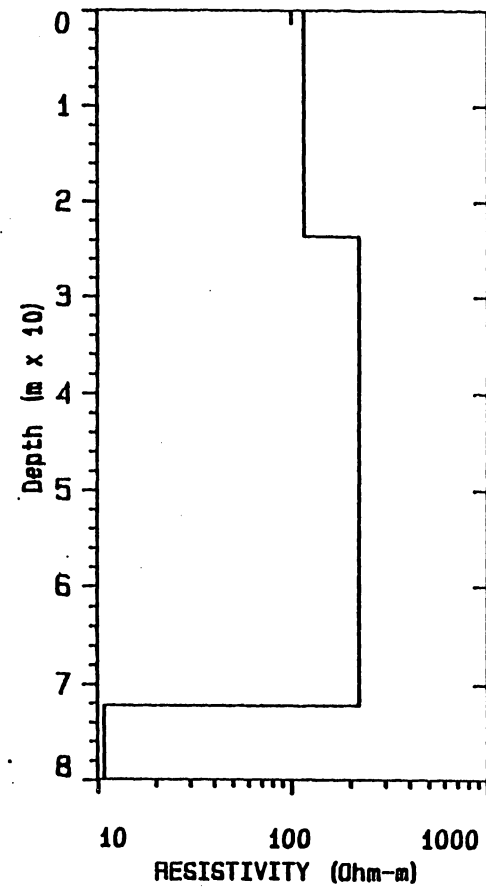
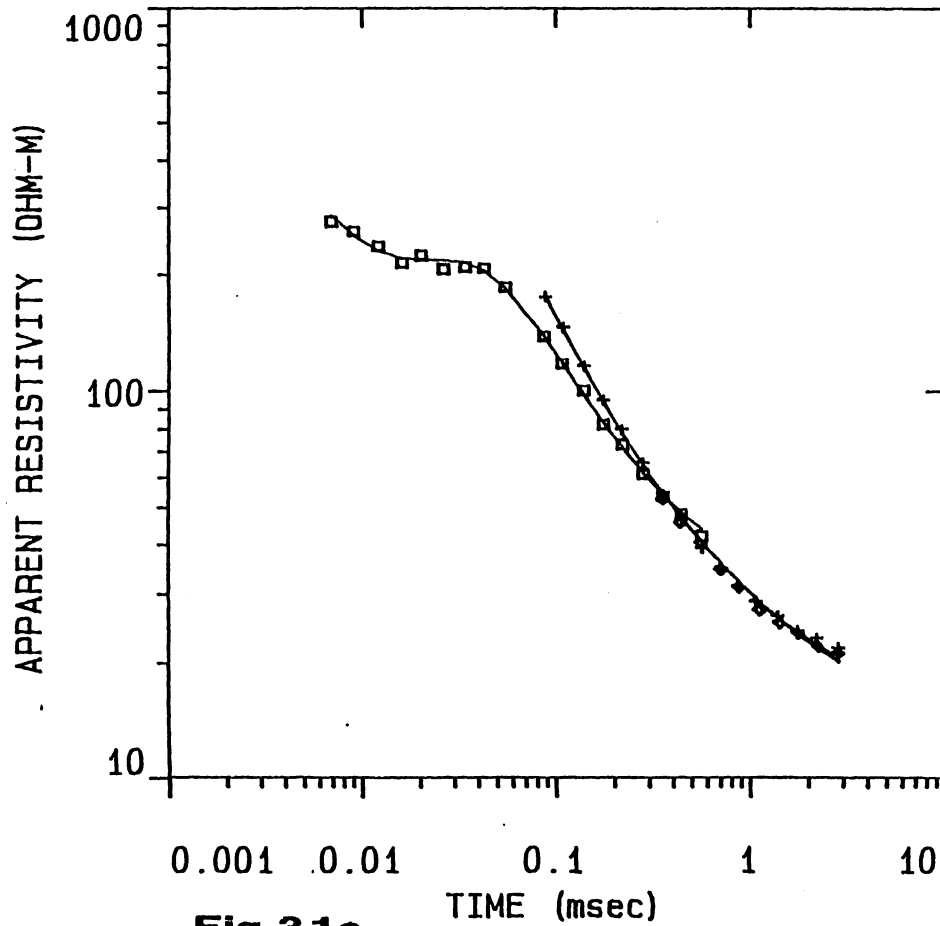
(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.151 PERCENT

GS330

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	114.9	23.74	0.0	
2	220.9	48.50	-23.74	0.206
3	10.75		-72.24	0.219



(400 x 400)

FITTING ERROR:

2.584 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	87.38	31.16	0.0	0.356
2	200.7	48.91	-31.16	0.243
3	9.64	89.19	-80.07	9.25
4	40.15			

GS 331

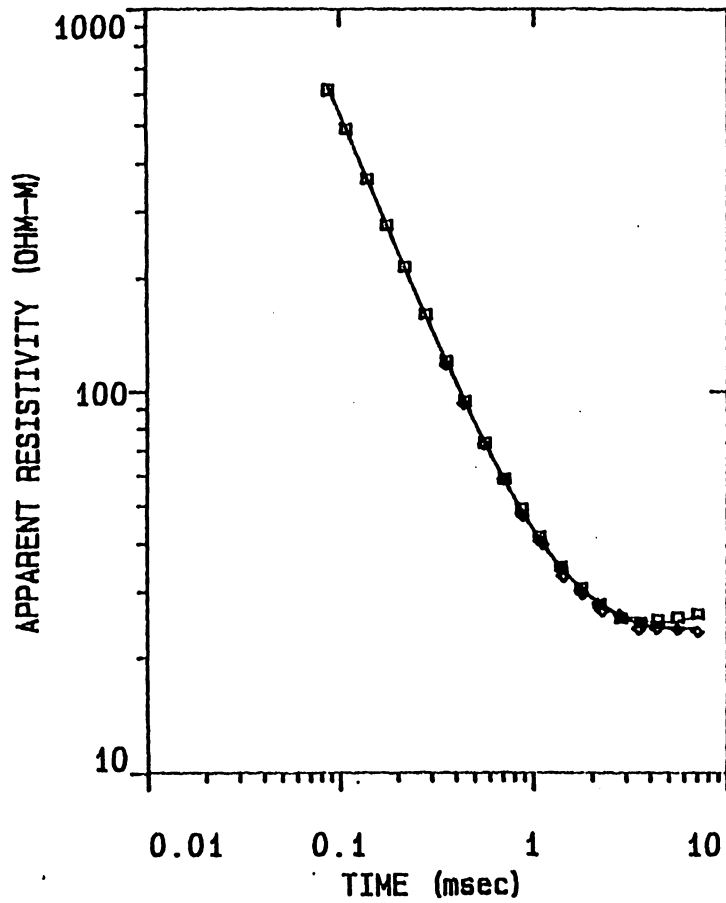
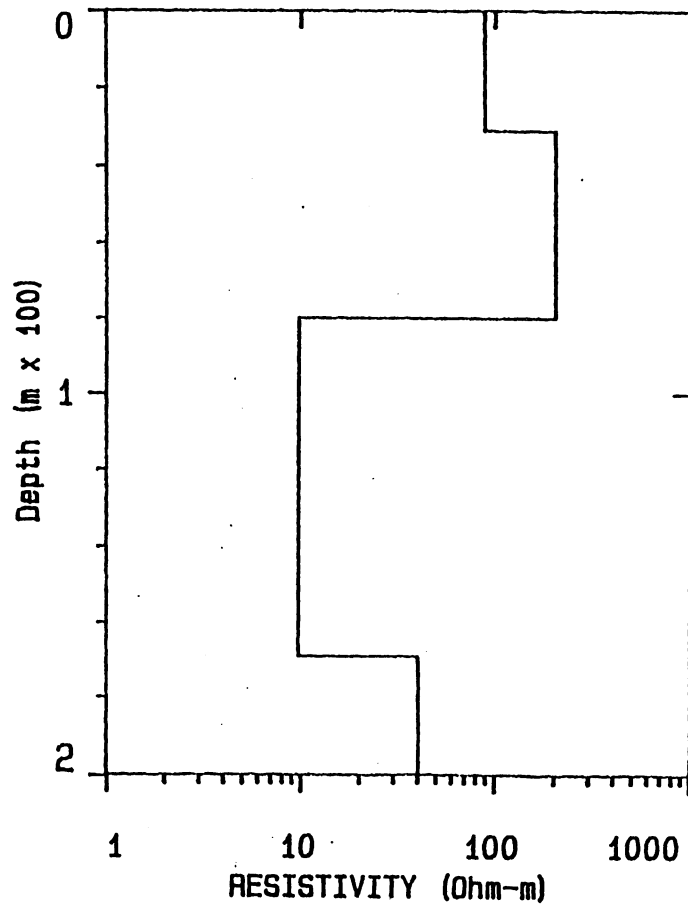


Fig.32a



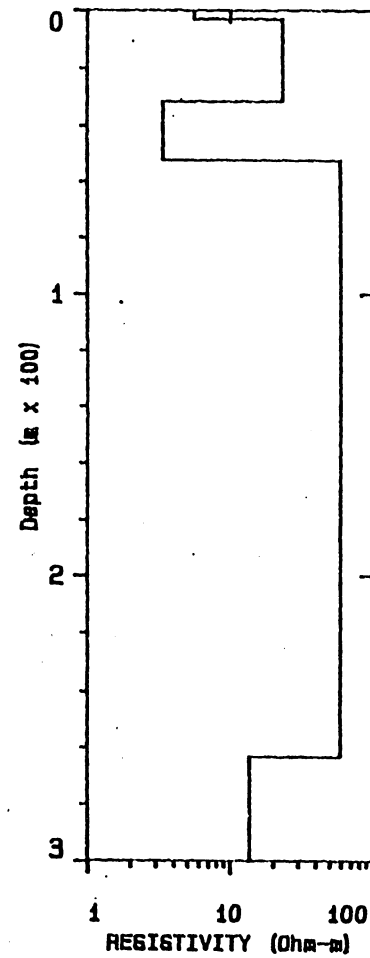
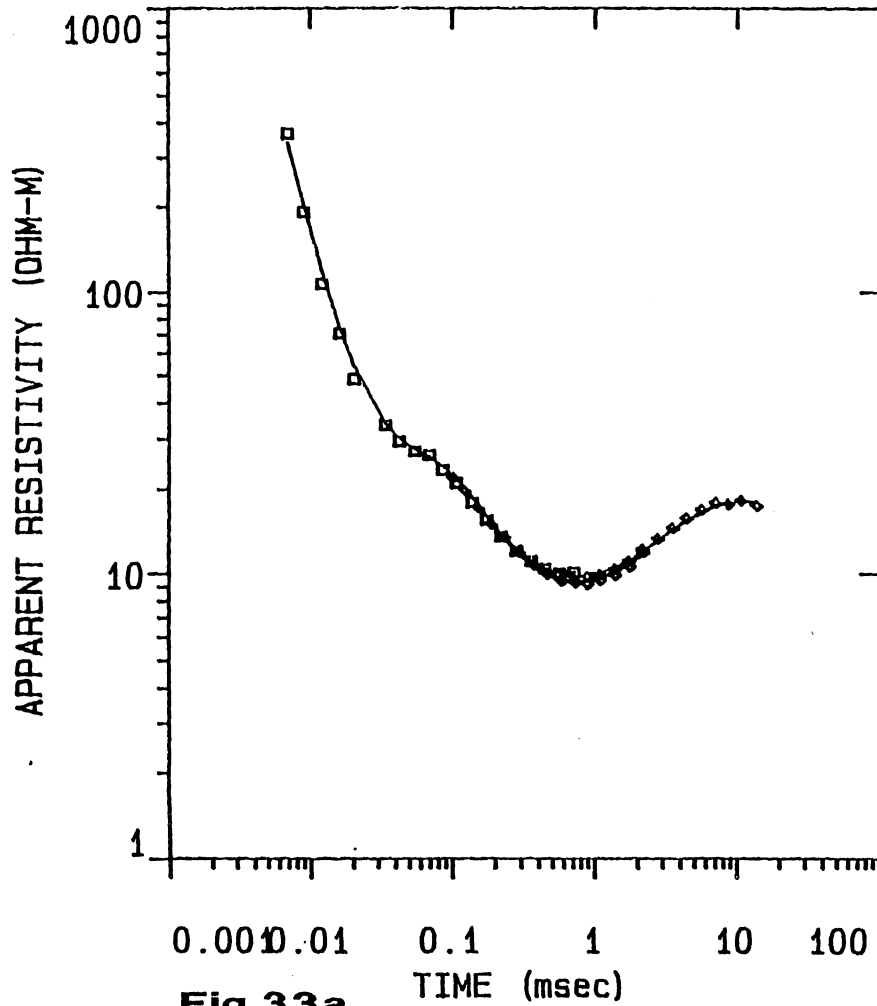
(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.893 PERCENT

GS 332

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	5.50	3.38	0.0	
2	23.26	28.37	-3.38	0.614
3	3.33	20.79	-31.75	1.21
4	59.24	210.8	-52.54	6.24
5	13.47		-263.4	3.55



(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.885 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	4.80	3.64	0.0	
2	21.78	39.83	-3.64	0.758
3	2.98	15.87	-43.47	1.82
4	119.0	301.5	-59.35	5.31
5	10.83		-360.9	2.53

GS 333

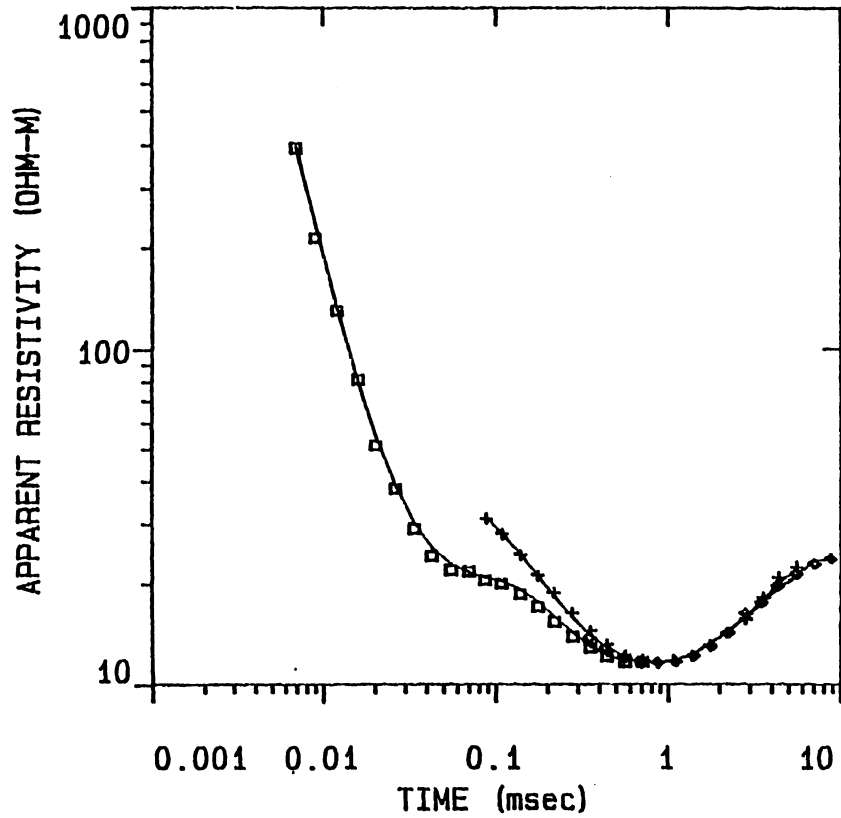
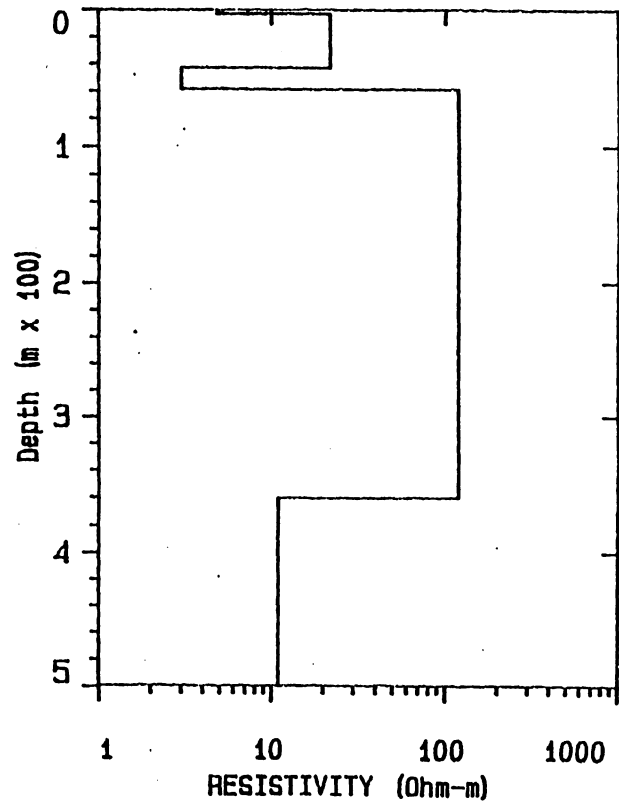


Fig.34a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.789 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	6.02	3.83	0.0	
2	20.72	50.36	-3.83	0.636
3	6.07	9.43	-54.19	2.43
4	135.6	169.9	-63.62	1.55
5	13.19		-233.5	1.25

GS334

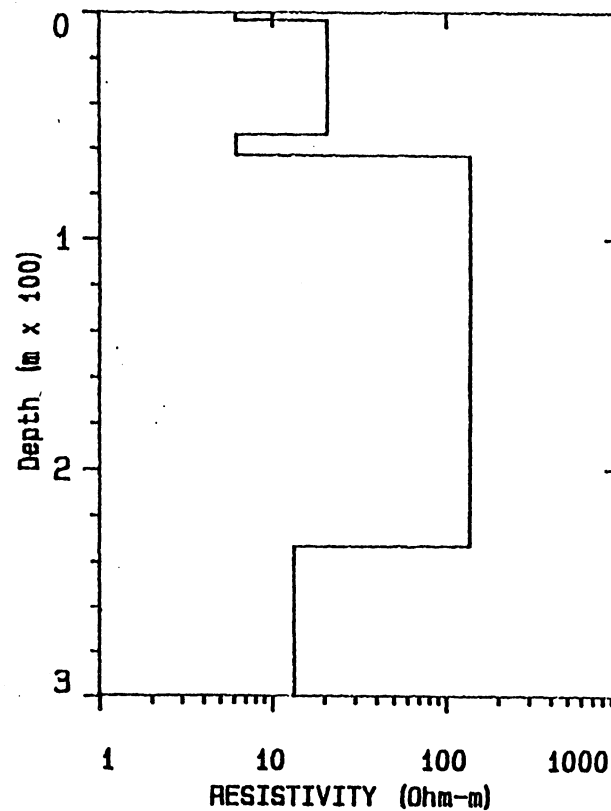
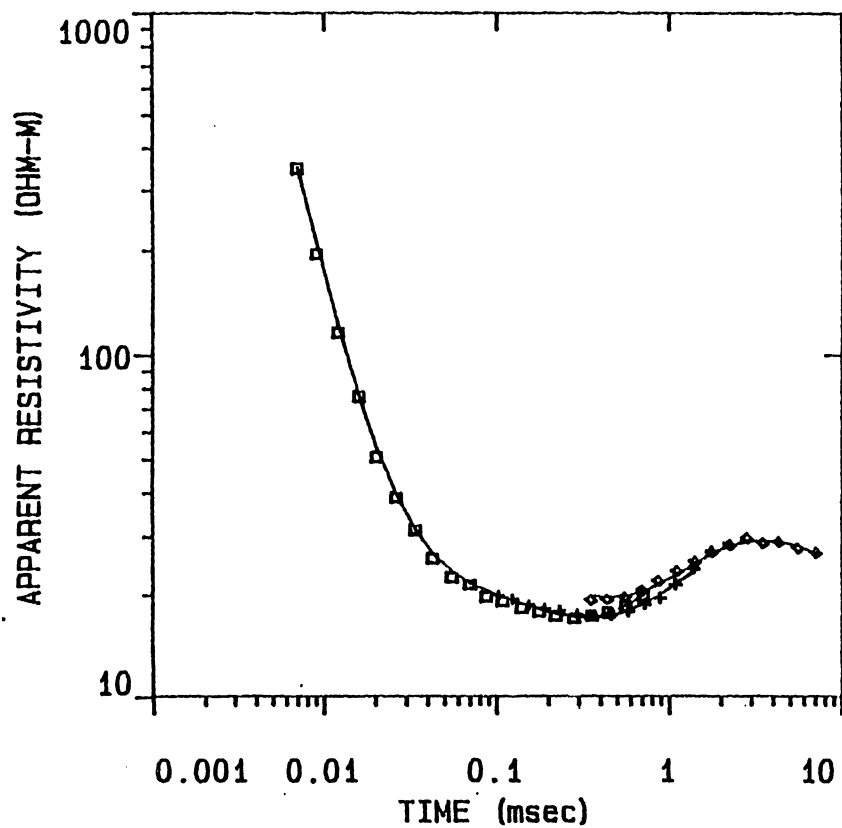


Fig.35a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.822 PERCENT

GS 335

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	68.43	68.25	0.0	
2	14.30		-68.25	0.997

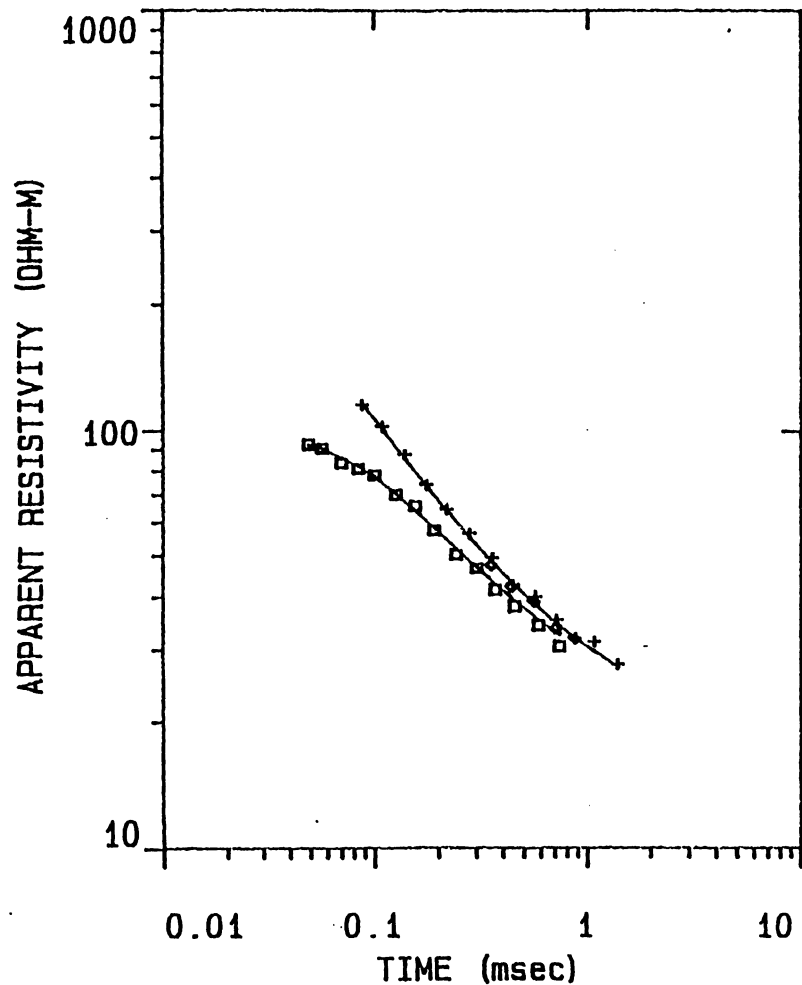
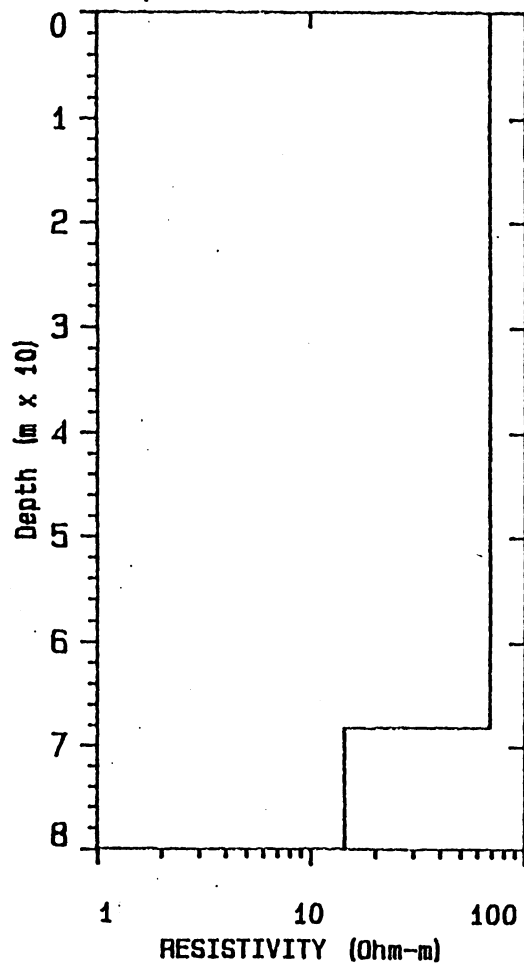


Fig.36a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.593 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	117.9	74.76	0.0	
2	16.75	19.46	-74.76	0.633
3	70.38	150.2	-94.23	1.16
4	8.08		-244.4	2.13

GS336

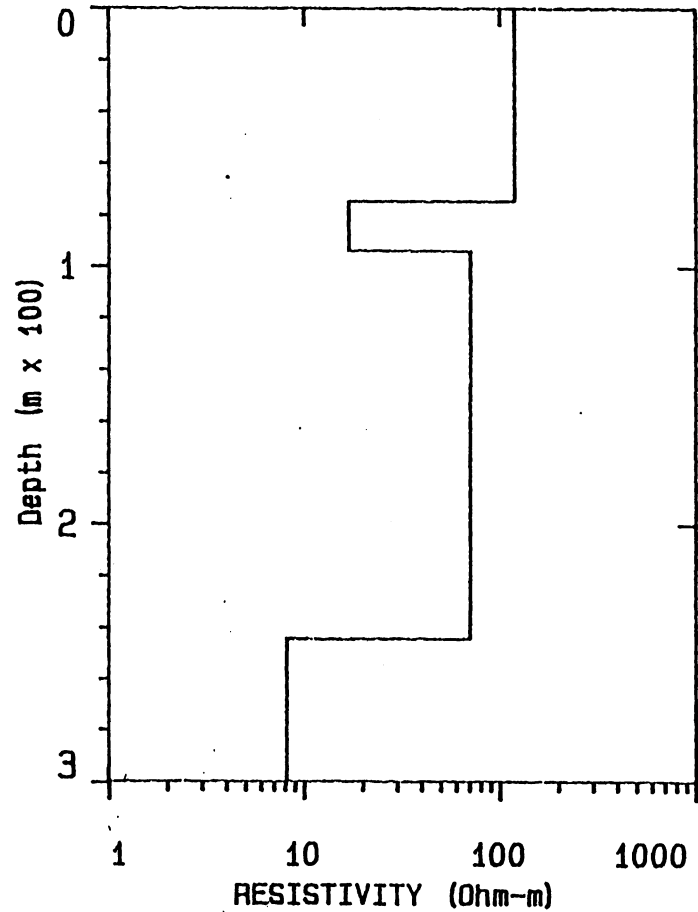
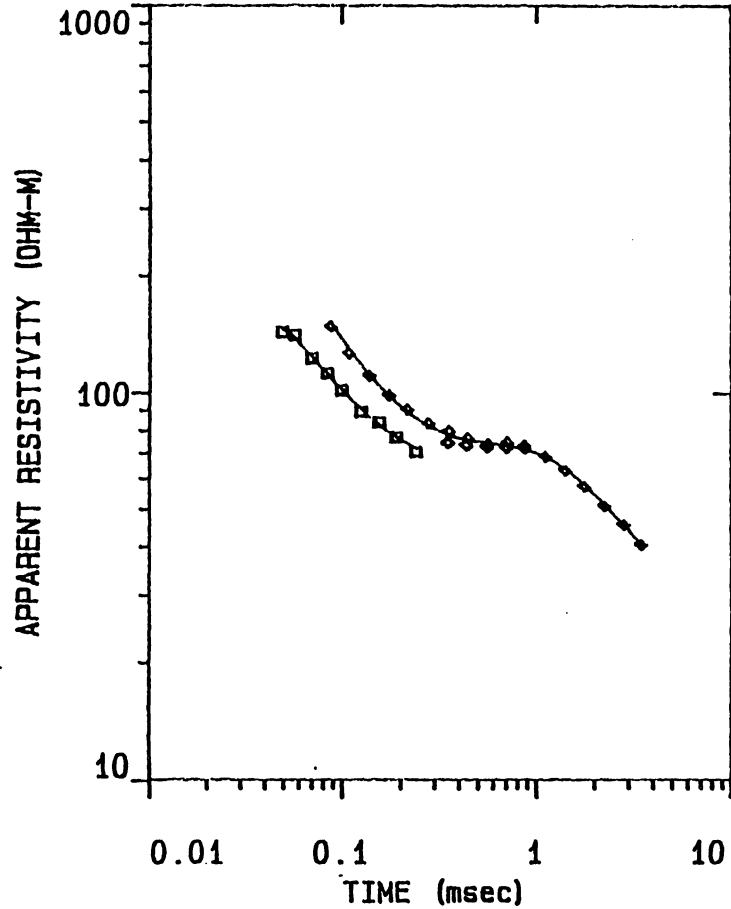


Fig.37a

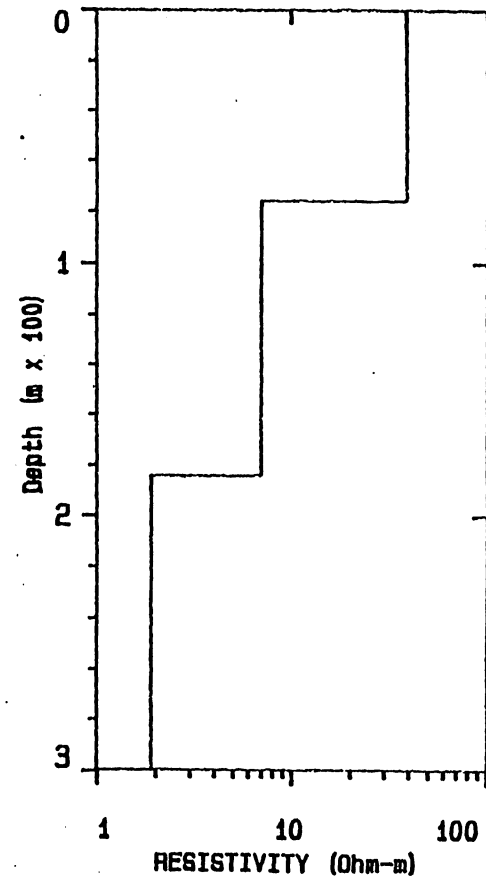
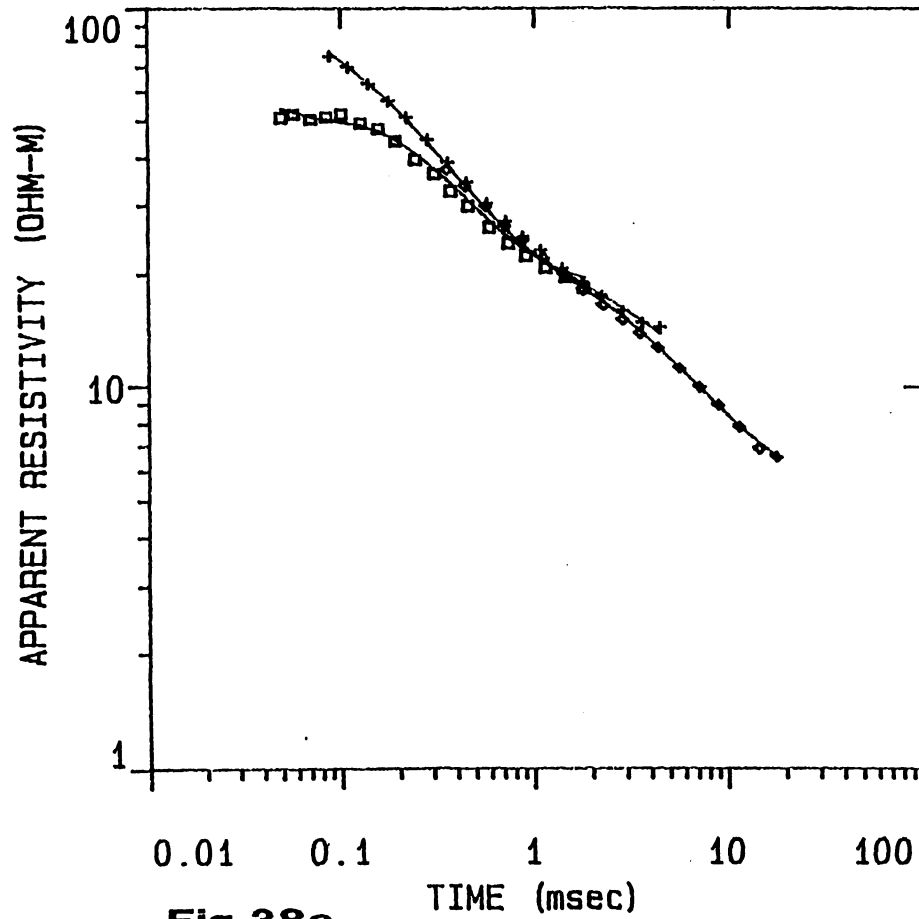
(100 x 100)

FITTING ERROR:

4.045 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	38.50	76.09	0.0	
2	6.91	108.3	-76.09	1.97
3	1.88		-184.4	15.66

GS 337



(100 x 100)

FITTING ERROR: 3.965 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	1.80	0.949	0.0-	
2	37.10	21.07	-0.949	0.526
3	6.41	8.52	-22.02	0.568
4	143.7	49.18	-30.55	1.32
5	6.28		-79.74	0.342

GS 338

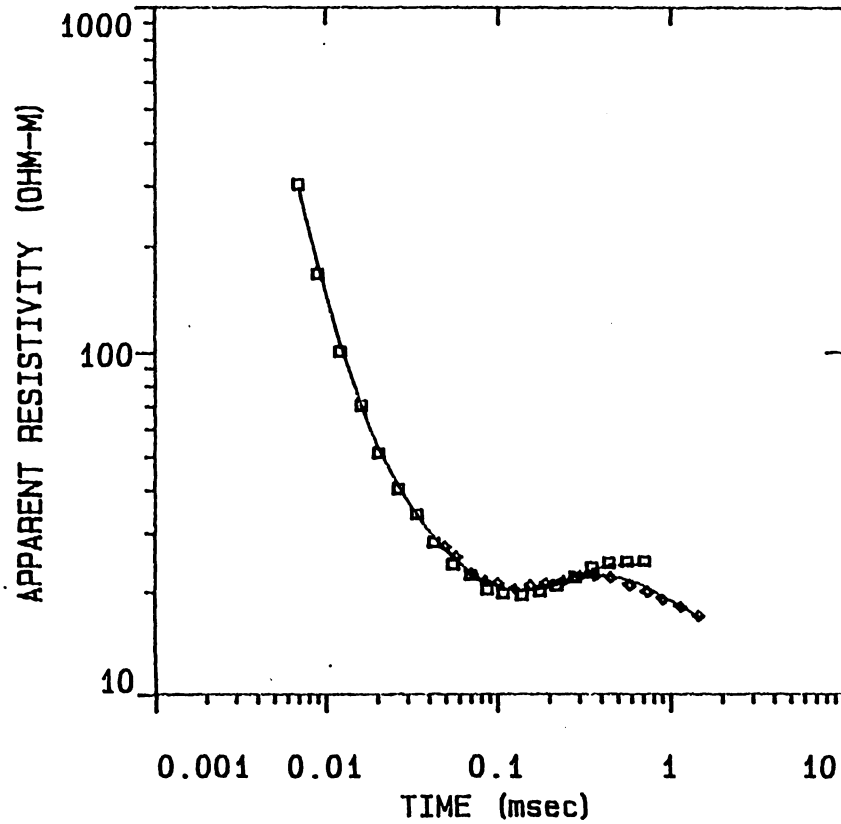
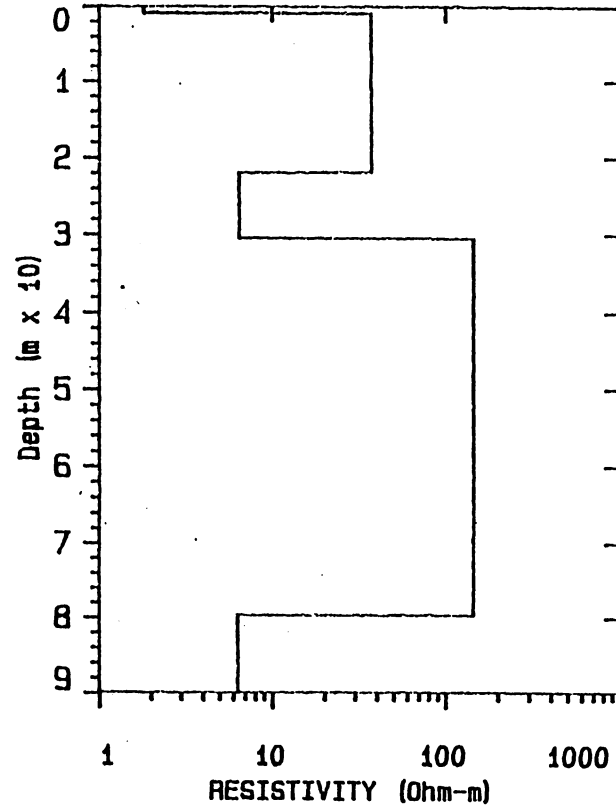


Fig.39a



(100 x 100)

Not interpreted because of distortion

GS 339

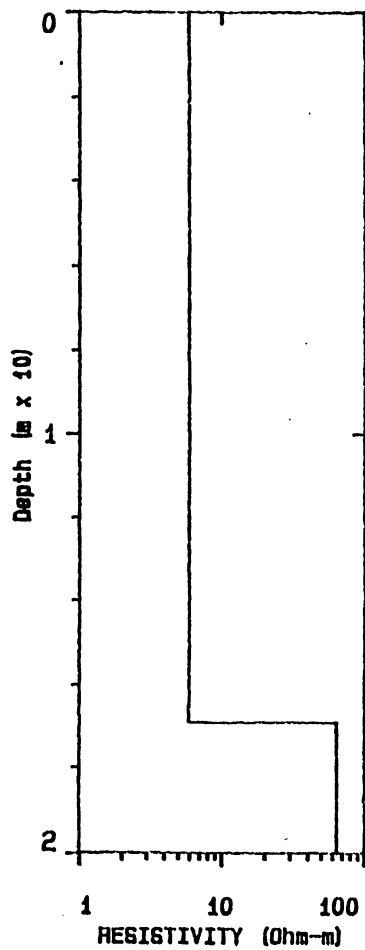
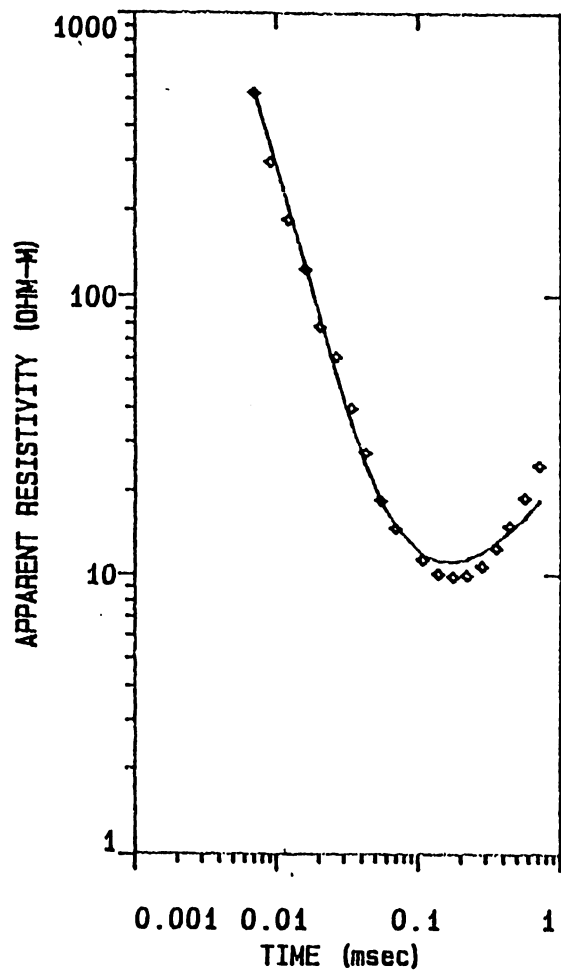


Fig.40a

(400 x 400)

FITTING ERROR:

4.996 PERCENT

GS340

L #	RESISTIVITY (Ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	67.03	17.71	0.0	
2	2.32	17.04	-17.71	0.264
3	15.89		-34.75	7.33

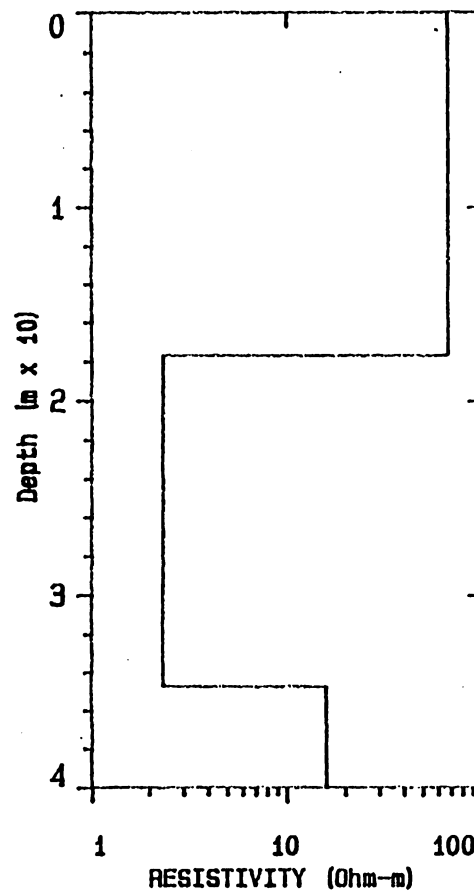
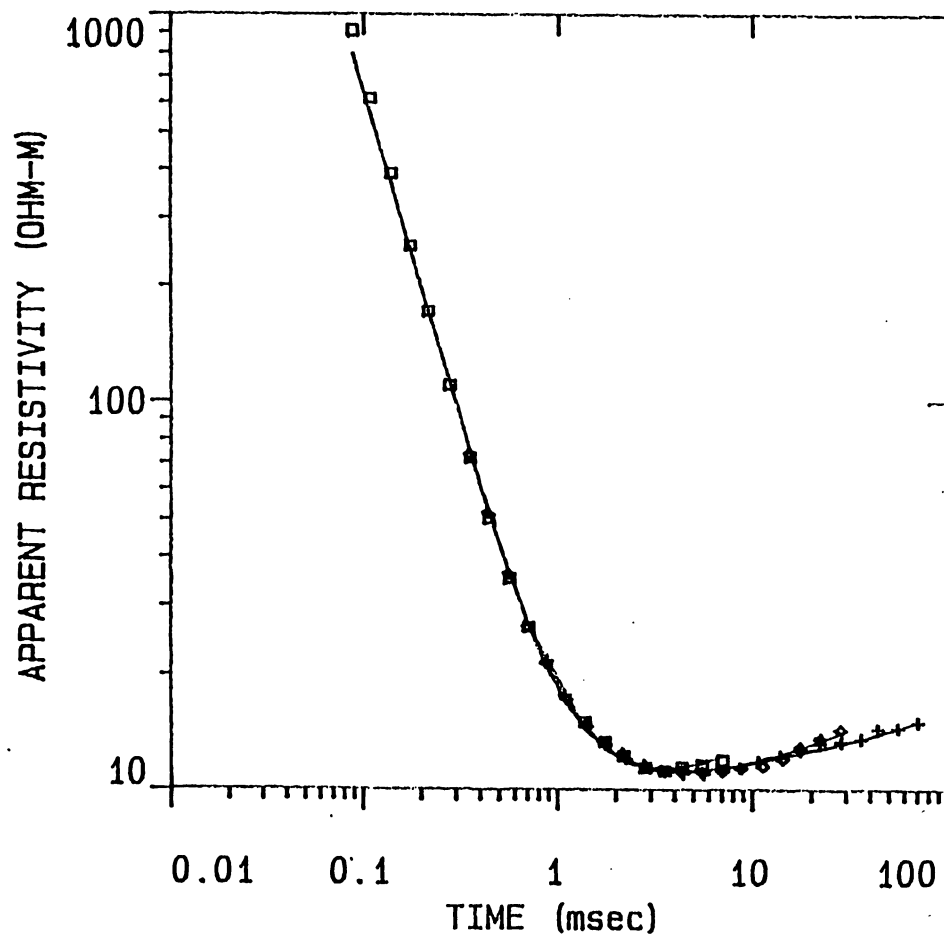


Fig.41a

(400 x 400)

FITTING ERROR:

2.561 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	94.23	25.92	0.0	0.275
2	18.38	176.6	-25.92	9.60
3	32.55	280.1	-482.7	8.60
4	3.56			

GS341

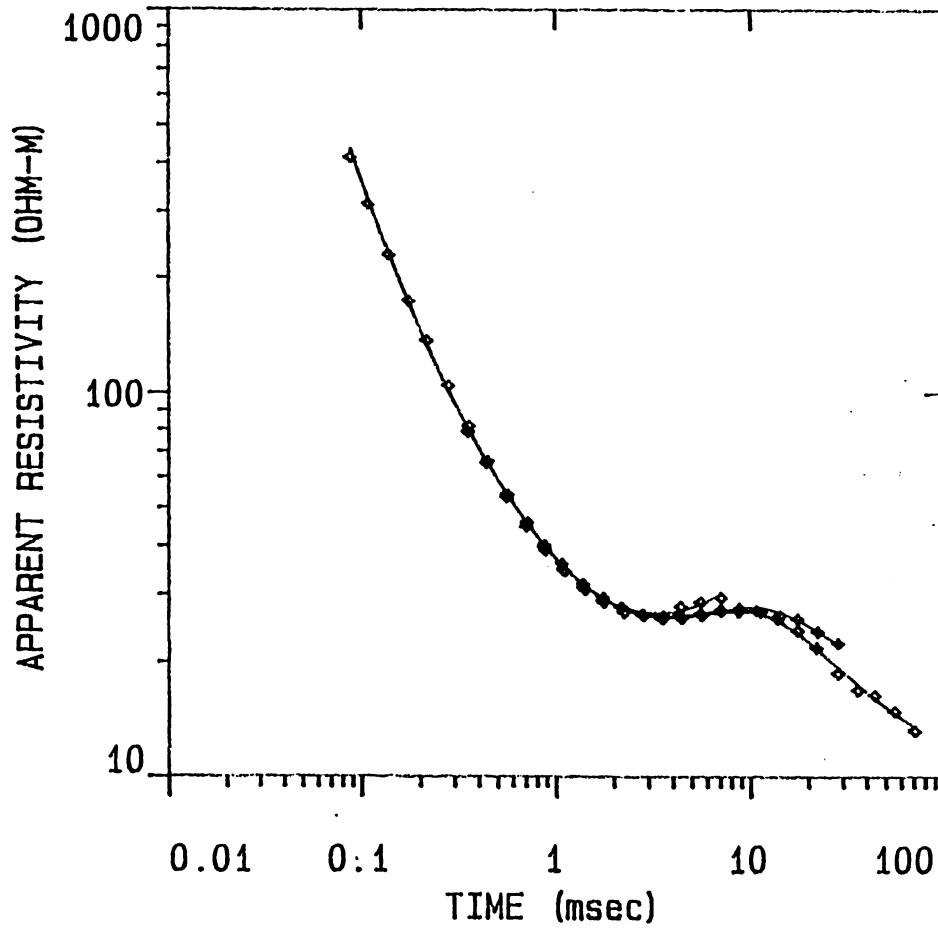
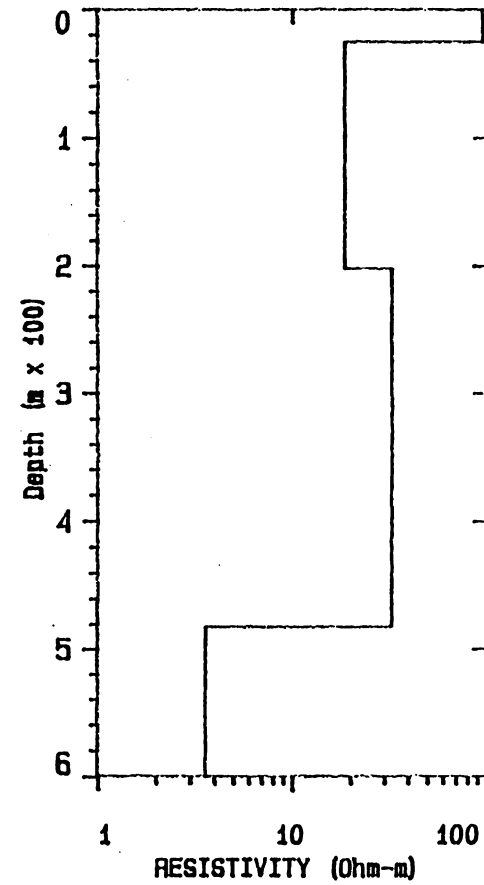


Fig.42a



(50 x 50)

FITTING ERROR: 2.787 PERCENT

GS 342

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	8.72	1.77	0.0	
2	57.14	56.48	-1.77	0.203
3	8.64	18.57	-58.26	0.988
4	24.68	138.0	-76.83	2.14
5	10.21		-214.9	5.59

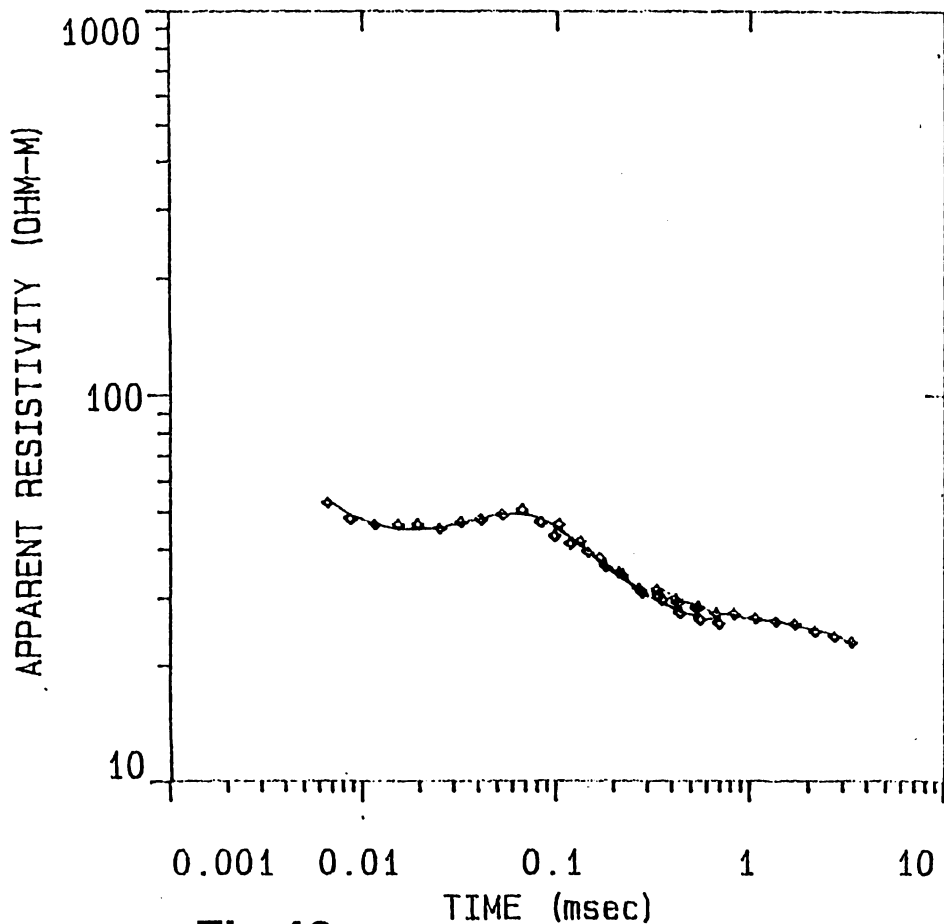
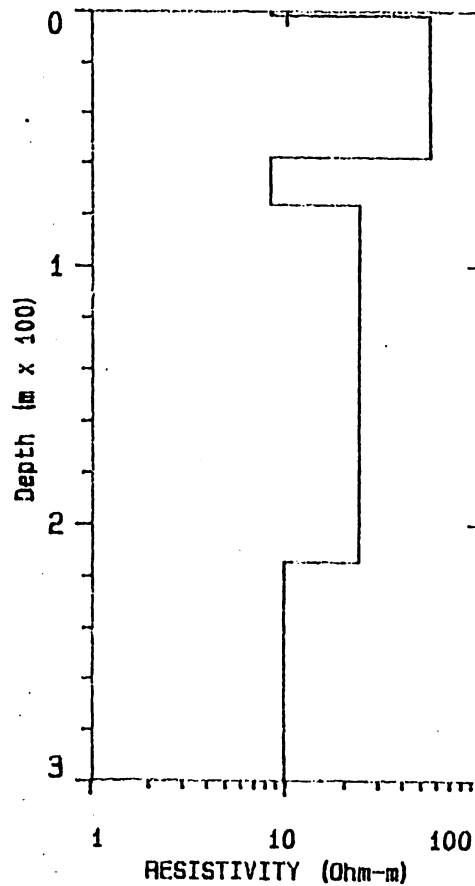


Fig.43a



(50 x 50)

FITTING ERROR:

3.943 PERCENT

GS 343

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	9.96	3.02	0.0	0.303
2	28.22		-3.02	

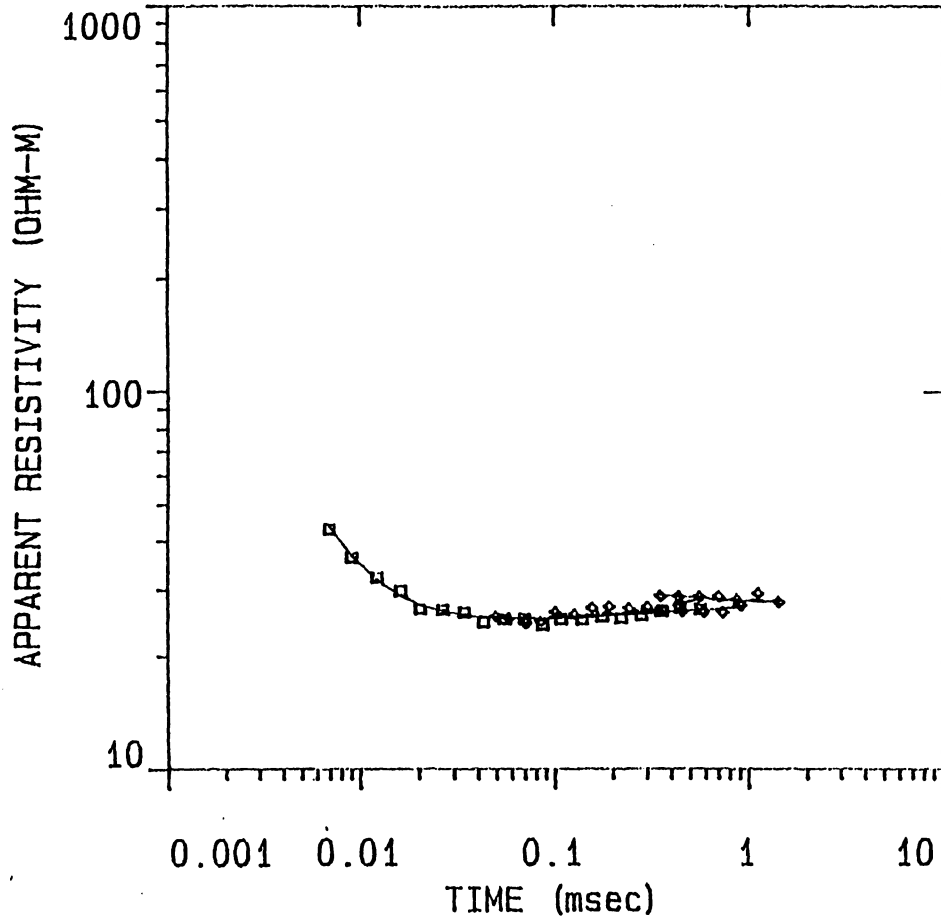
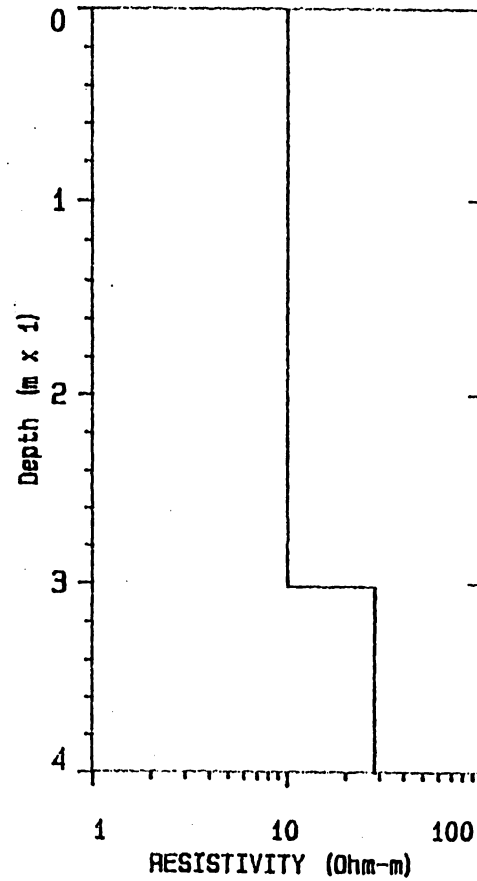


Fig.44a



(400 x 400)

FITTING ERROR:

4.315 PERCENT.

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	111.9	22.23	0.0	
2	10.33	95.62	-22.23	0.198
3	20.06	222.0	-117.8	9.24
4	8.48		-339.8	11.06

GS344

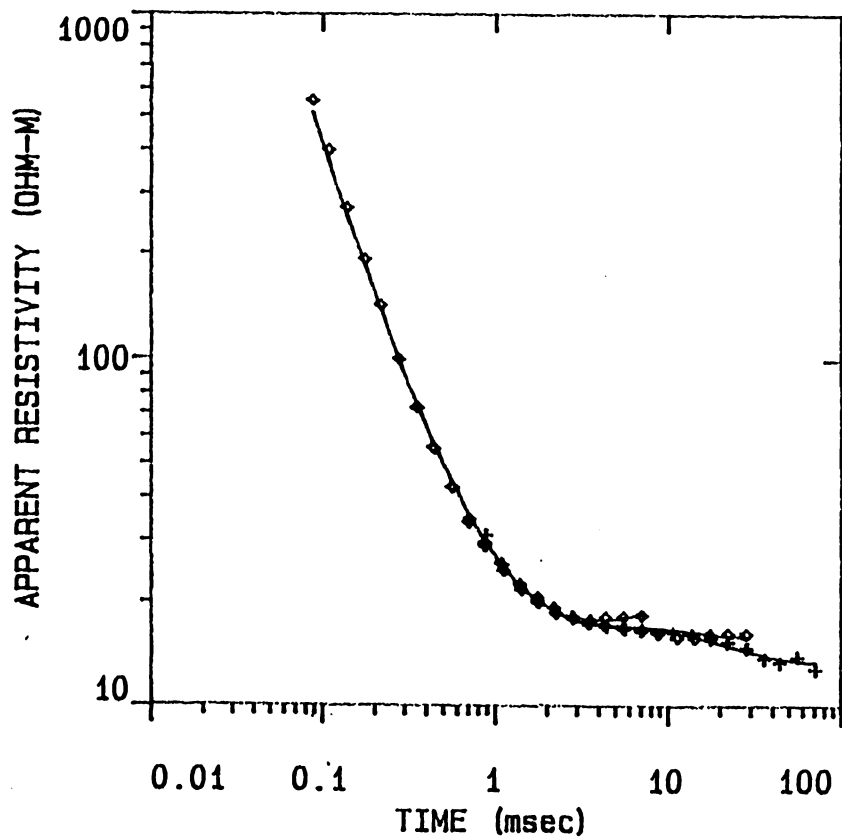
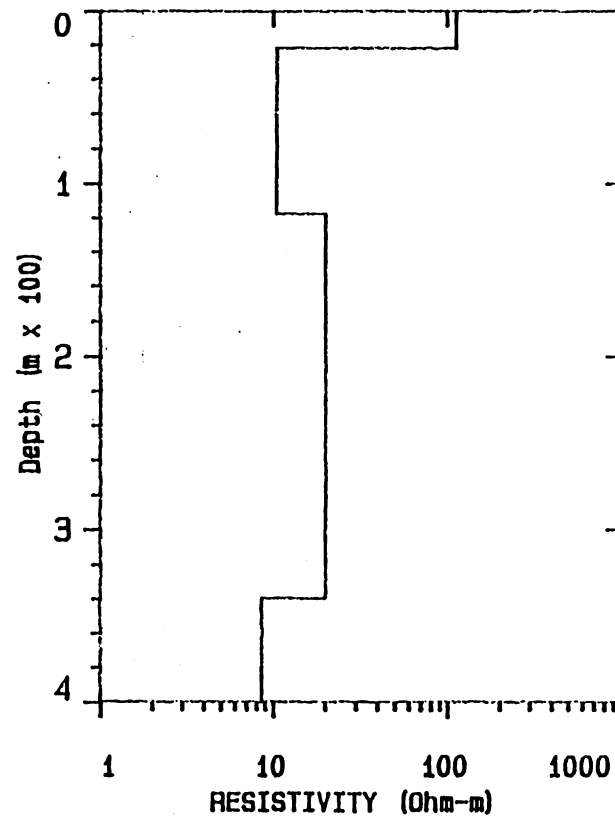


Fig.45a



(200 x 200)

FITTING ERROR:

3.701 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	18.58	21.06	0.0	
2	4.89	39.97	-21.06	1.13
3	270.6	372.1	-61.04	8.16
4	5.60		-433.1	1.37

GS 345

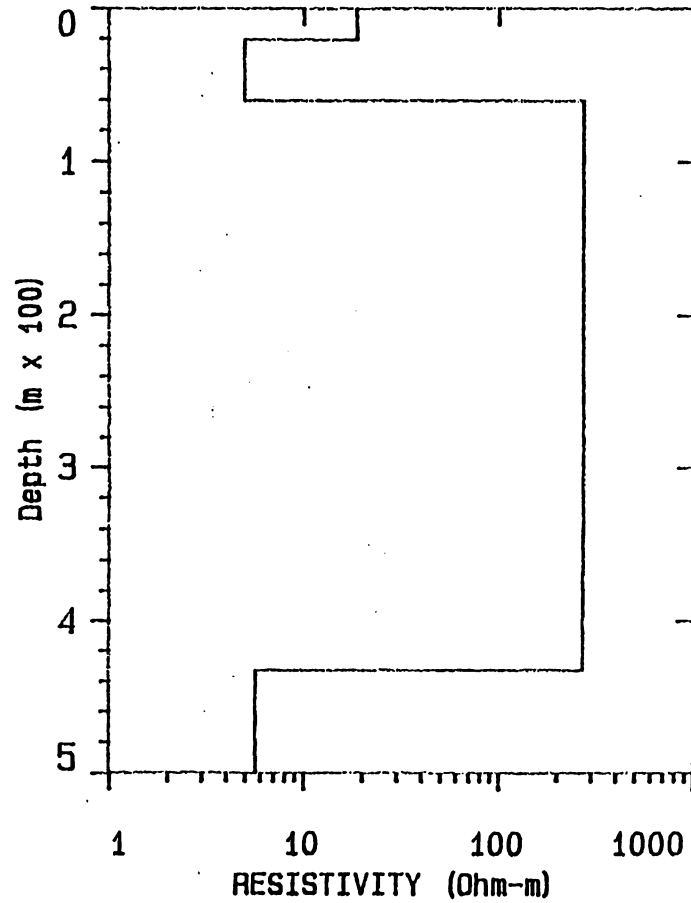
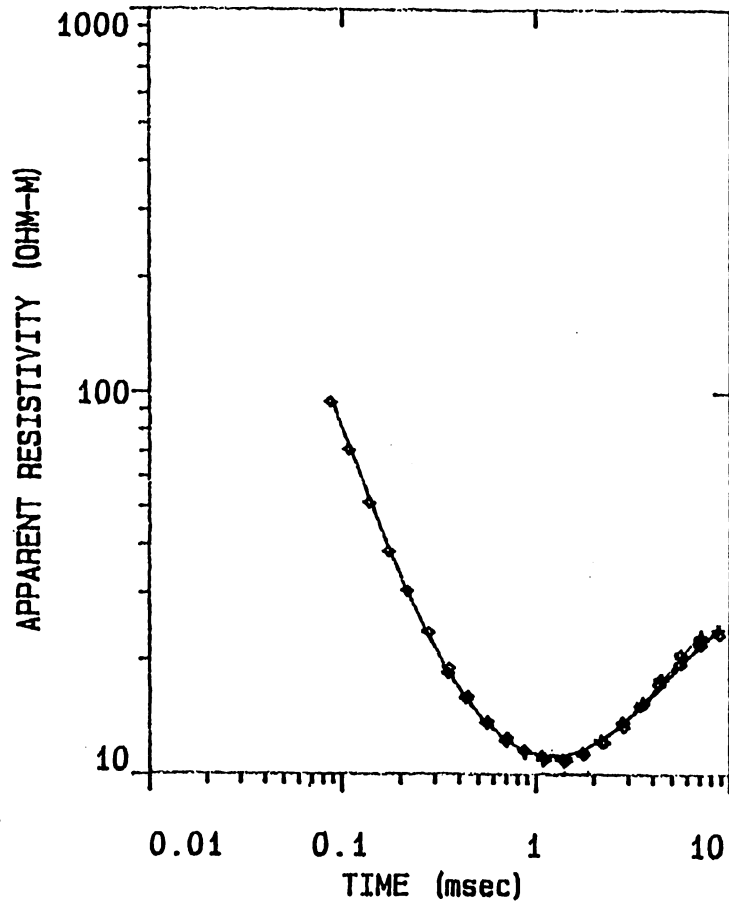


Fig.46a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.424 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	142.3	10.44	0.0	0.0733
2	11.12	31.56	-10.44	2.83
3	32.57		-42.01	

GS346

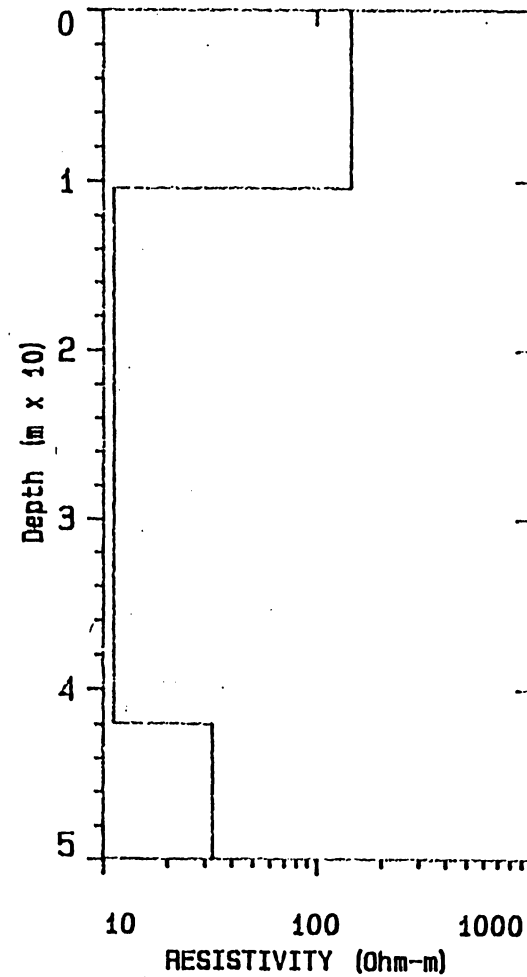
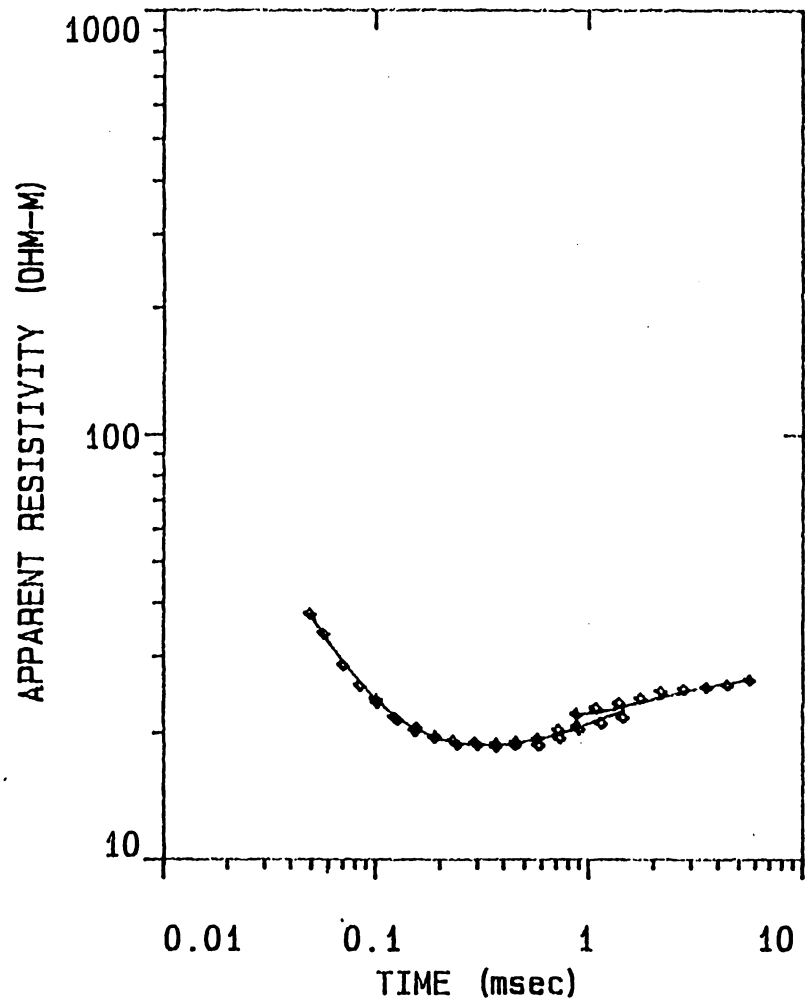


Fig.47a

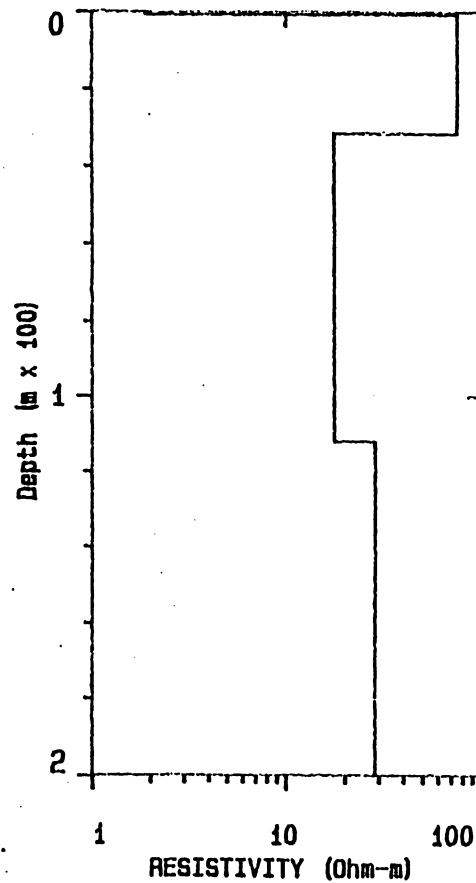
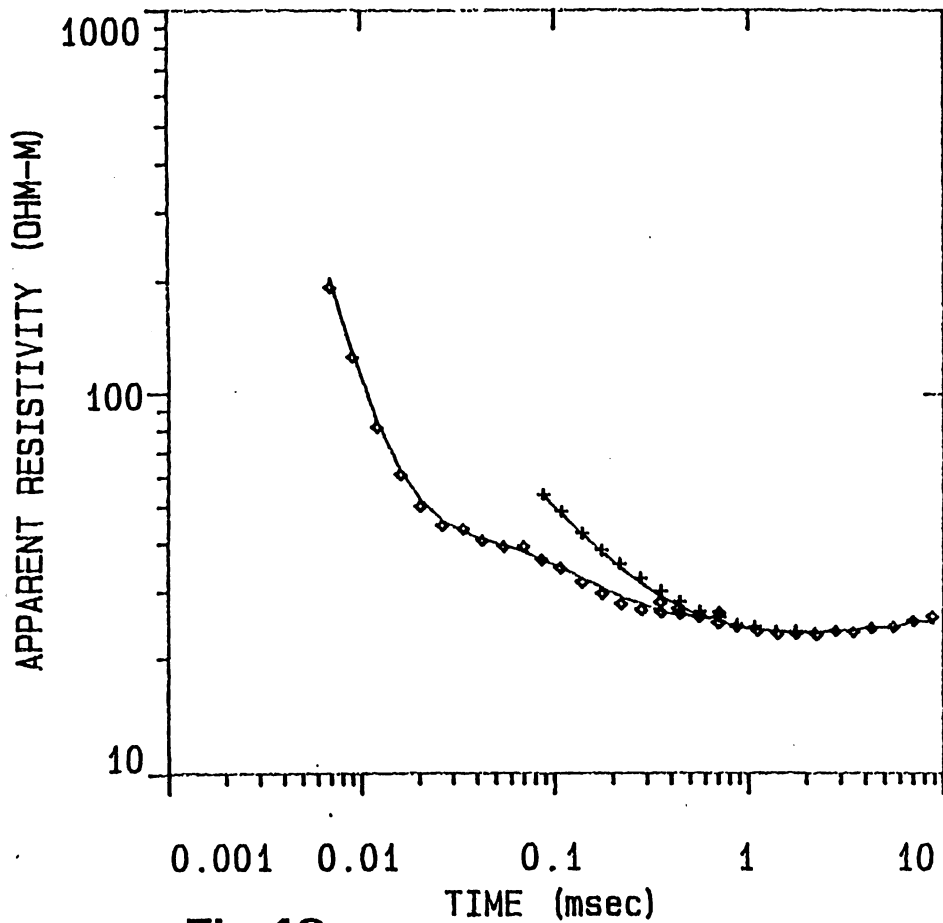
(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.614 PERCENT

GS 347

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	1.88	0.825	0.0	
2	74.52	30.81	-0.825	0.438
3	17.49	80.47	-31.64	0.413
4	28.41		-112.1	4.59



(100 x 100)

FITTING ERROR:

3.508 PERCENT

GS 348

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	2.41	0.844	0.0	
2	93.70	13.44	-0.844	0.349
3	19.94	112.0	-14.29	0.143
4	23.84		-126.3	5.62

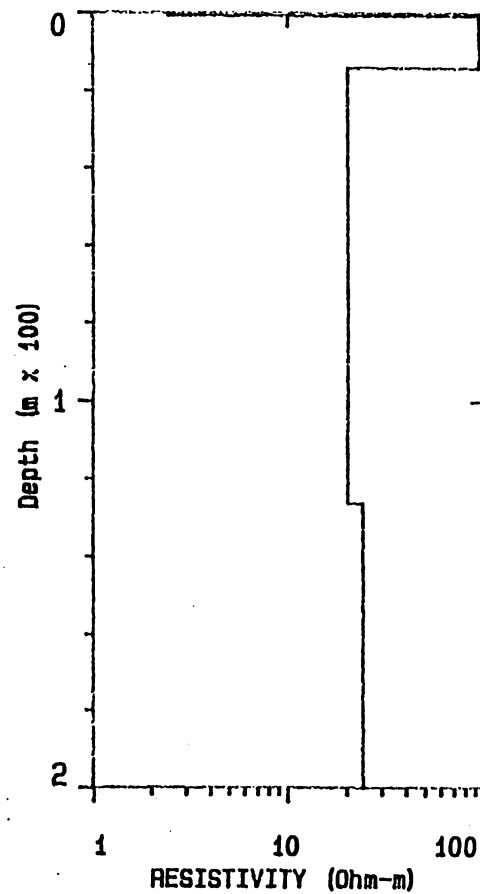
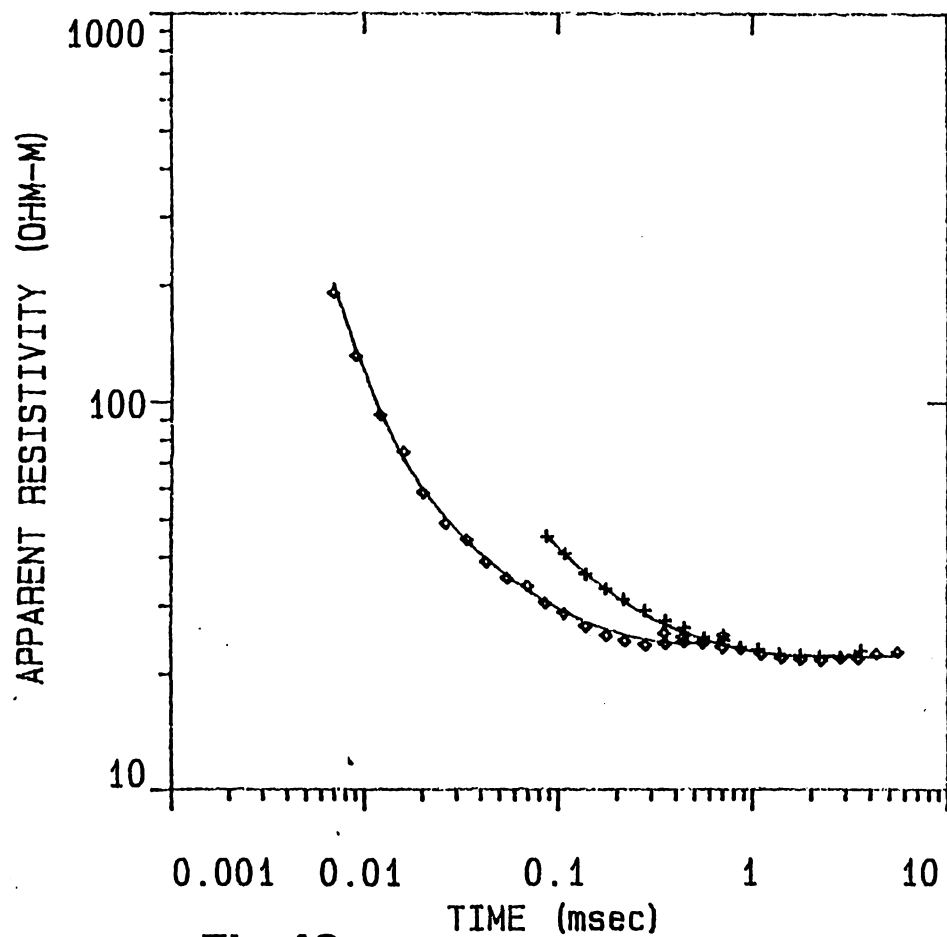


Fig. 49a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.136 PERCENT

	L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
GS34911	1	3.92	3.53	0.0	0.899
	2	21.16		-3.53	

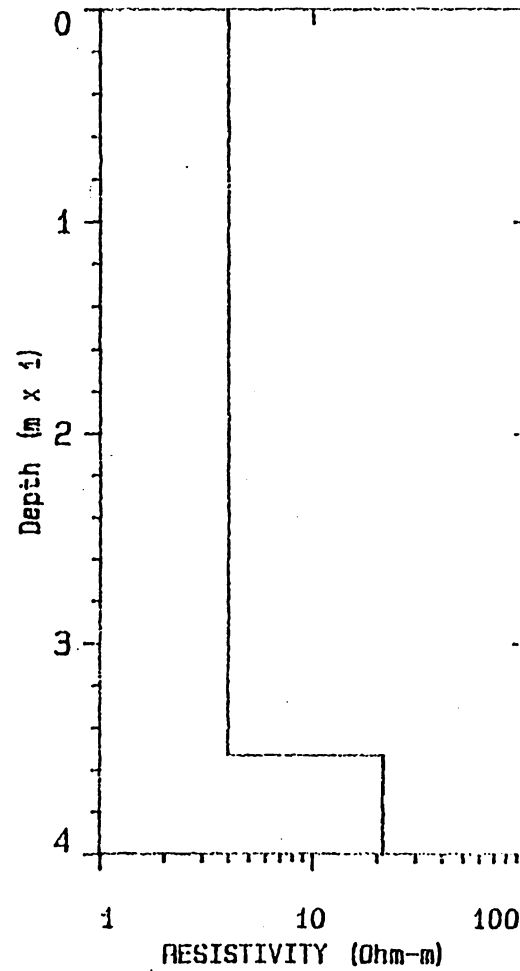
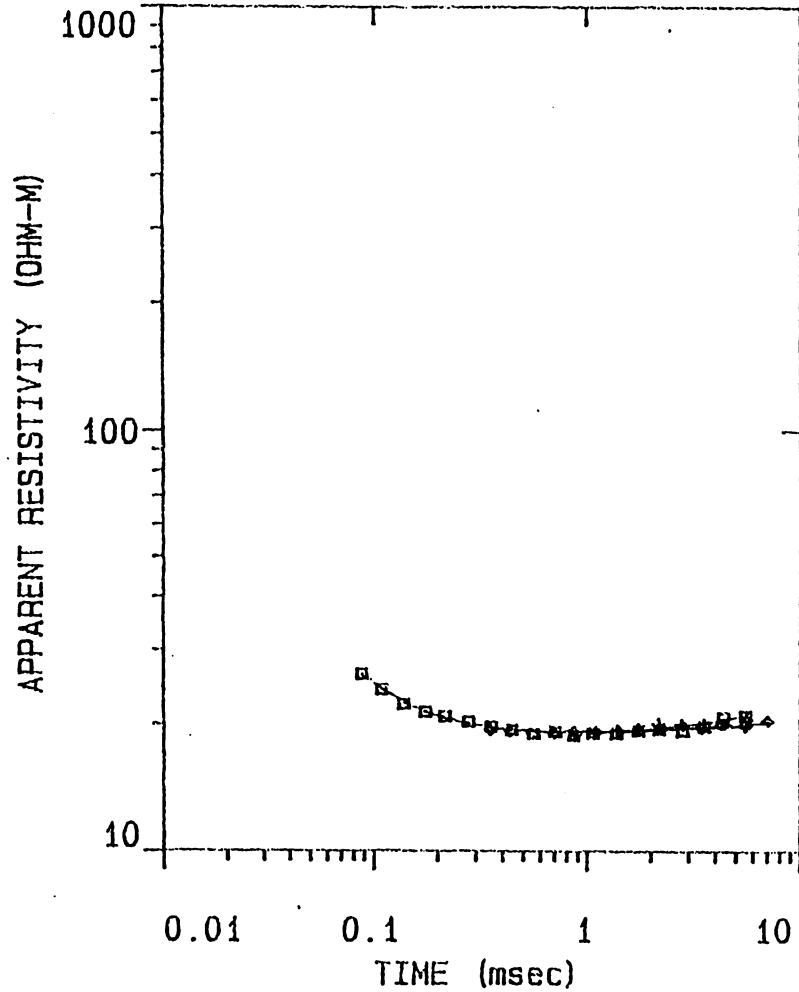


Fig.50a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.032 PERCENT

GS34921

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	11.42	37.91	0.0	3.31
2	23.53		-37.91	

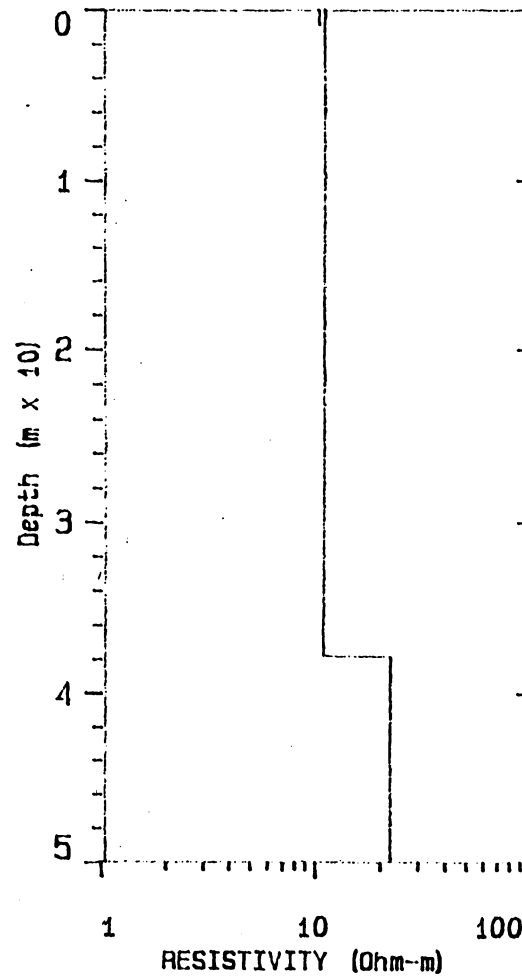
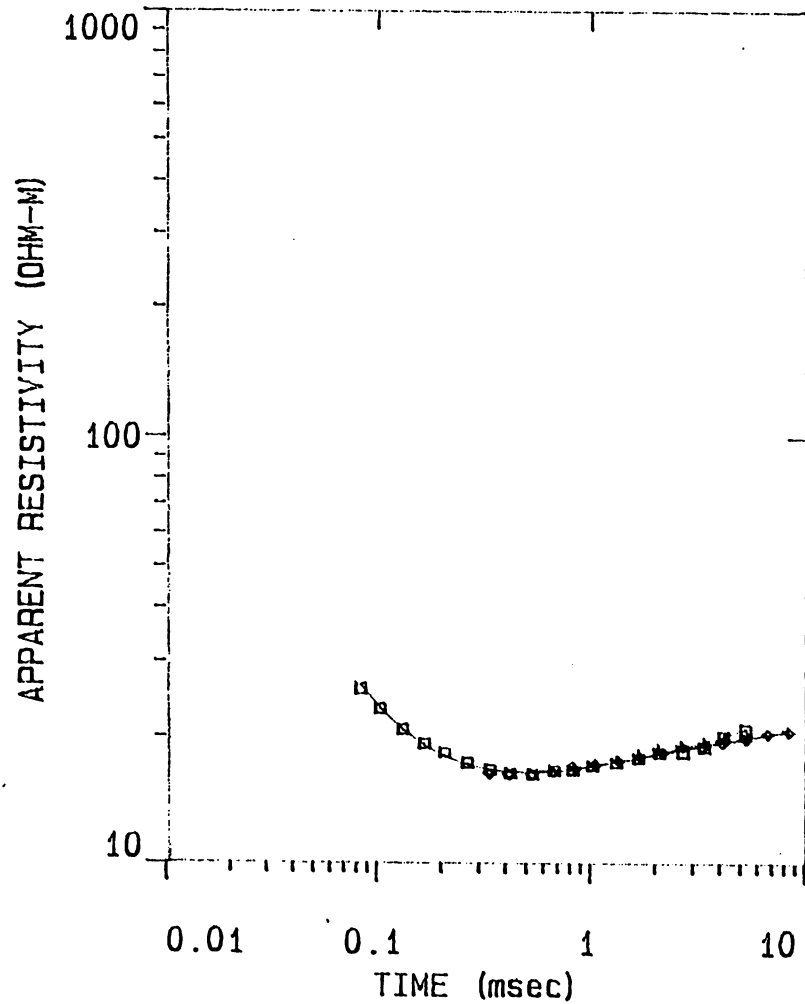


Fig.51a

A FITTING ERROR: 2.260 PERCENT (100 x 100)

B FITTING ERROR: 1.723 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	15.65	112.6	0.0
2	30.01		-112.6

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	16.54	27.73	0.0
2	14.51	69.33	-27.73
3	28.53		-97.06

GS34931

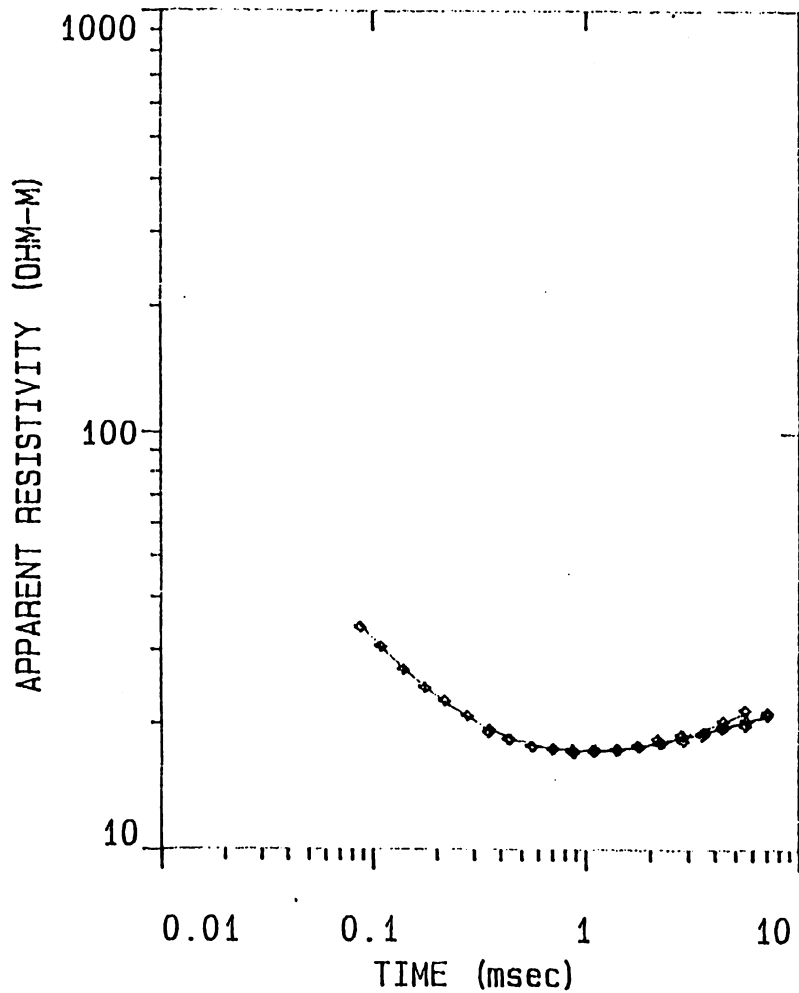
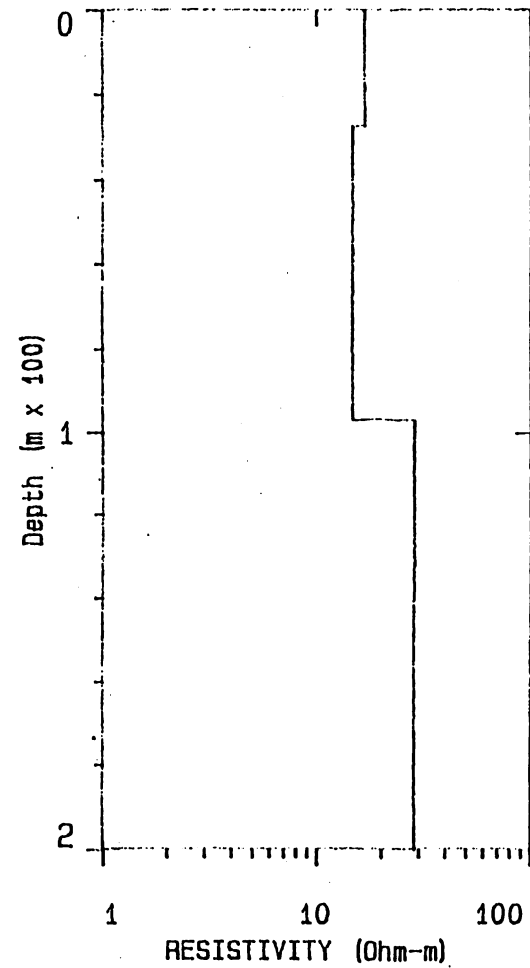


Fig.52a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.400 PERCENT

GS34941

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	28.93	51.43	0.0	1.77
2	10.94	52.05	-51.43	4.75
3	26.99		-103.4	

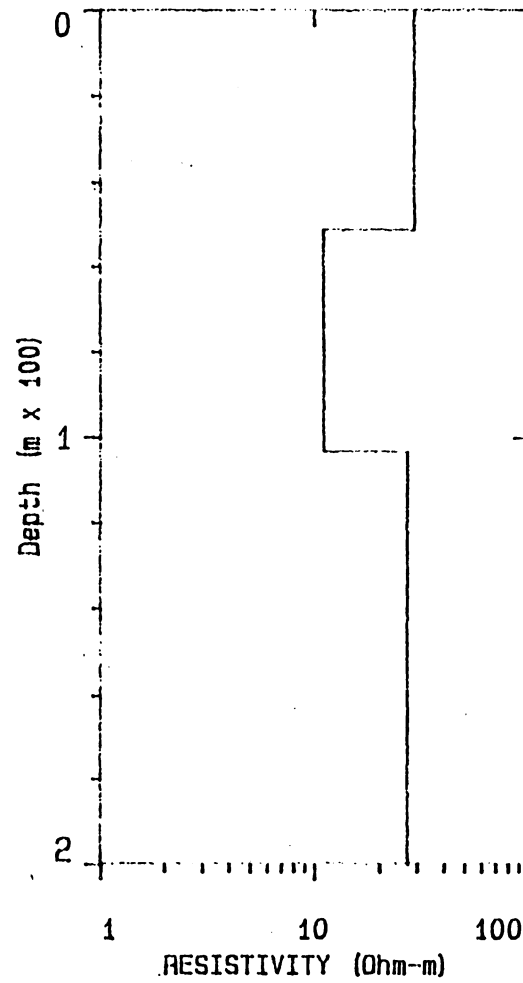
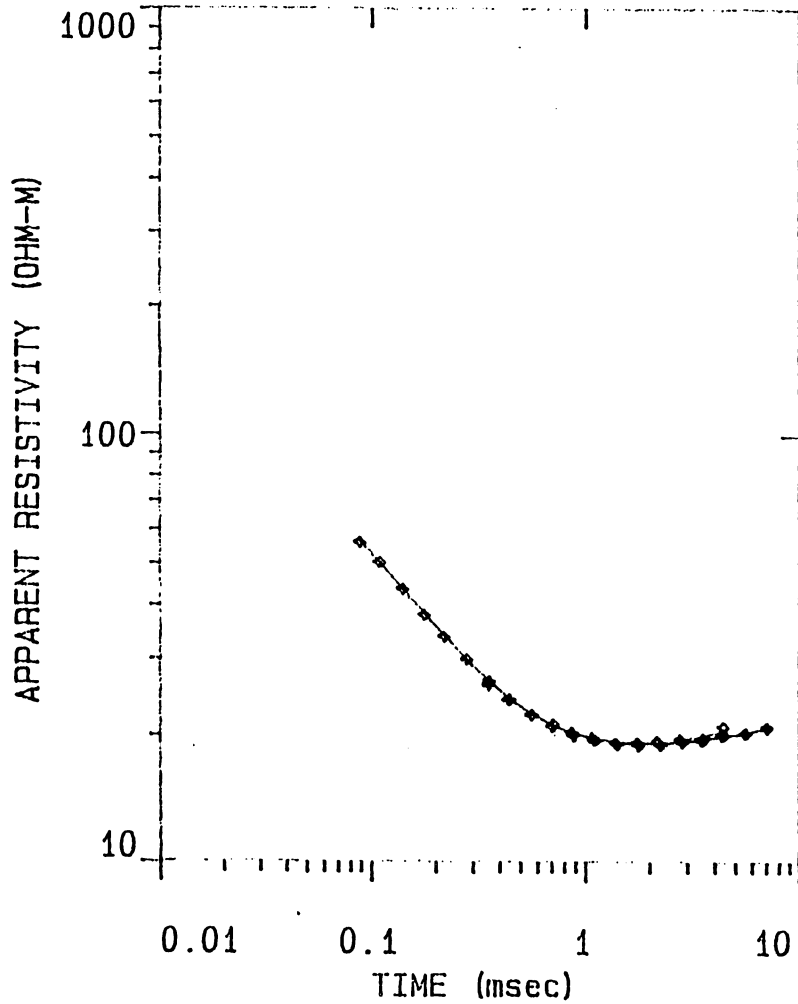


Fig.53a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.356 PERCENT

GS34951

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	34.94	56.36	0.0	1.61
2	11.02	45.44	-56.36	4.12
3	25.26		-101.8	

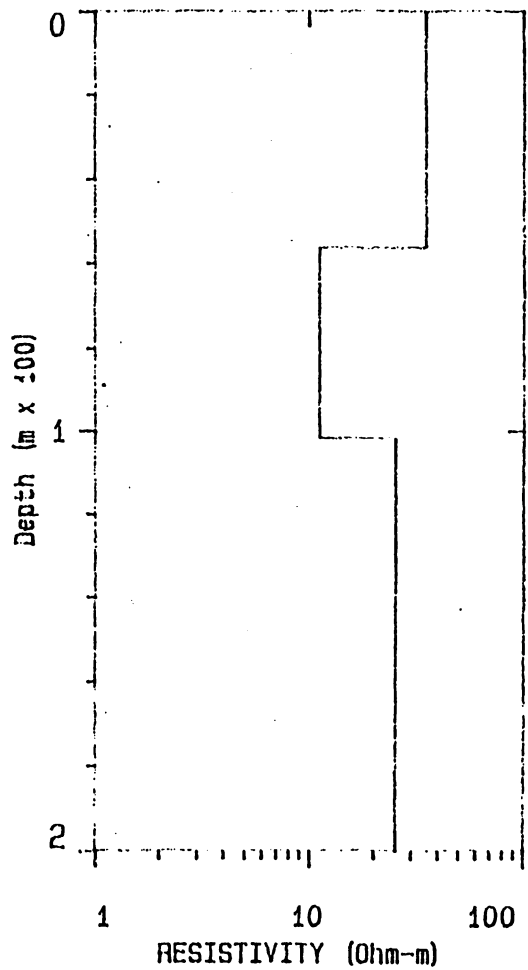
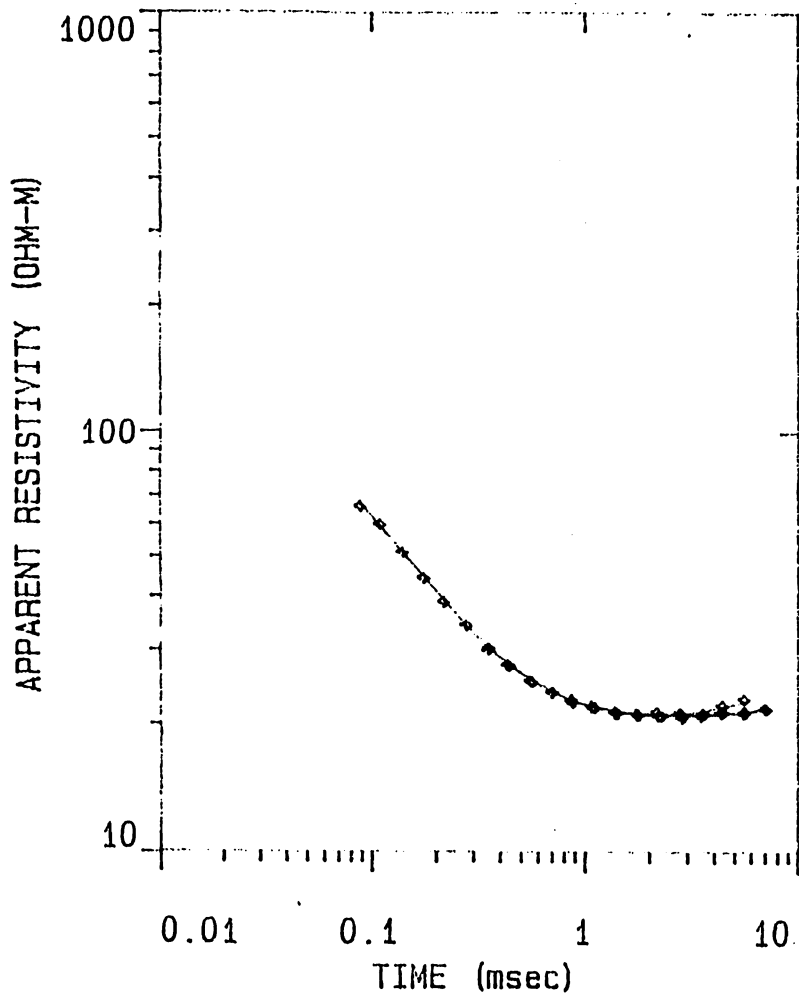


Fig.54a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.807 PERCENT

GS34961

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	30.99	42.03	0.0	
2	12.22	30.39	-42.03	1.35
3	22.26		-72.43	2.48

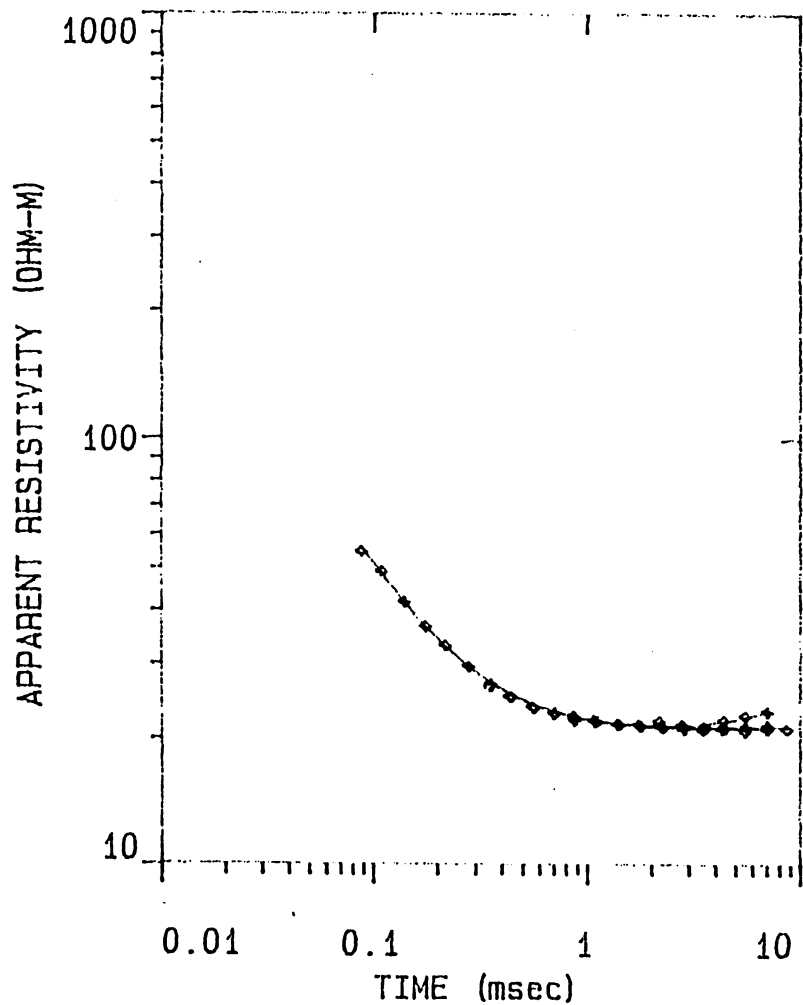
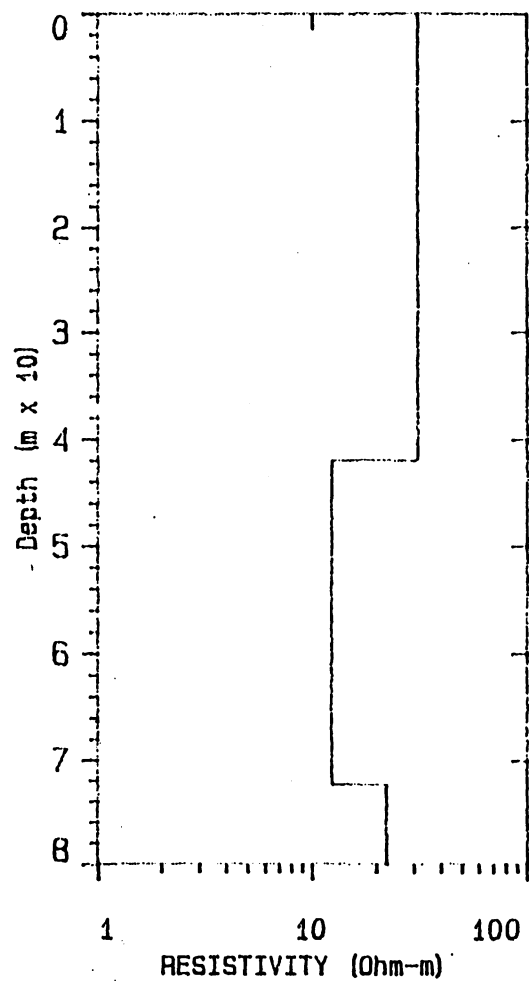


Fig. 55a



(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.924 PERCENT

GS34971

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	19.53	53.57	0.0	
2	31.98	36.51	-53.57	2.74
3	18.81		-90.08	1.14

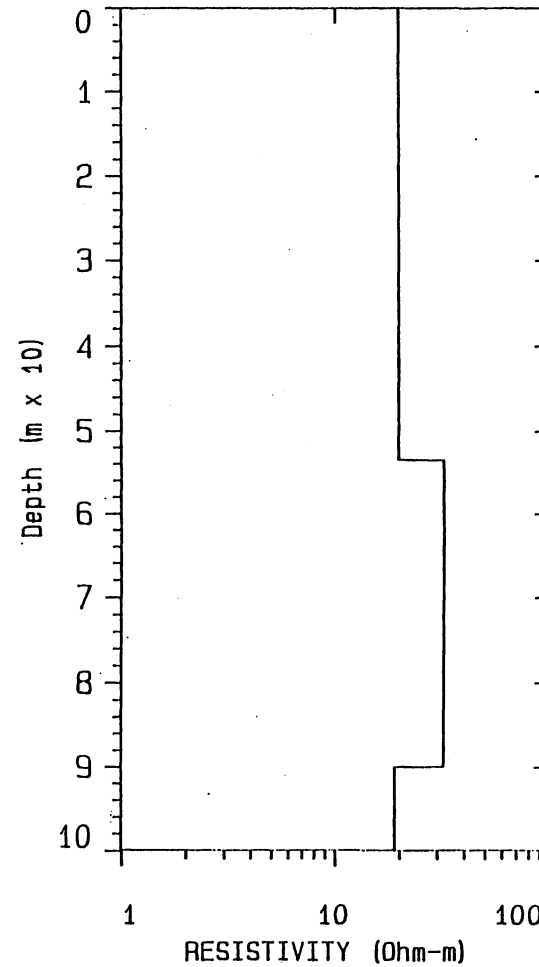
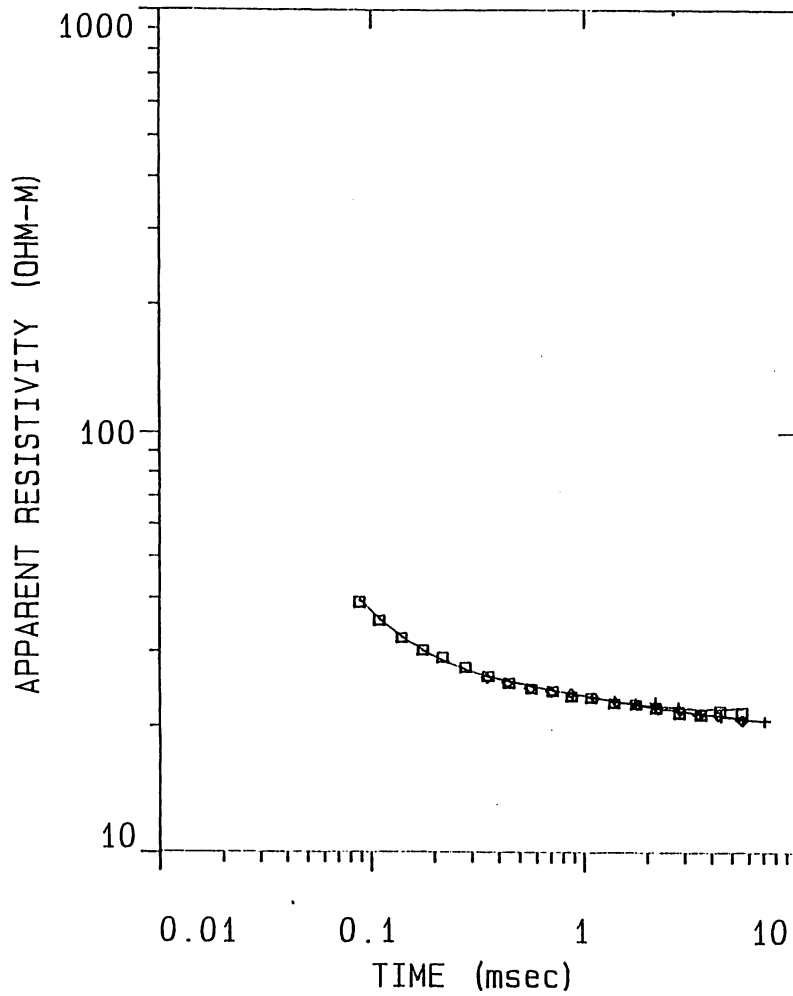


Fig.56a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

2.413 PERCENT

GS34981

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	39.75	10.55	0.0	0.265
2	20.06		-10.55	

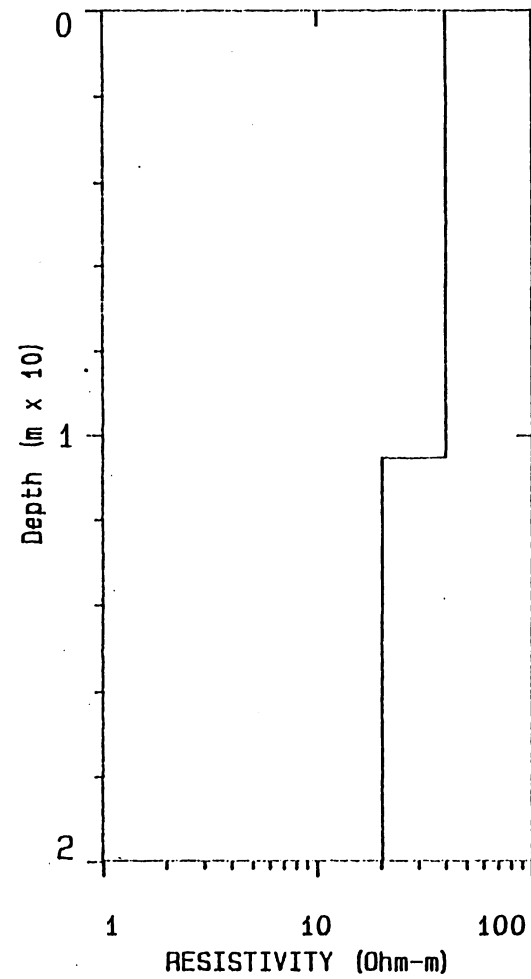
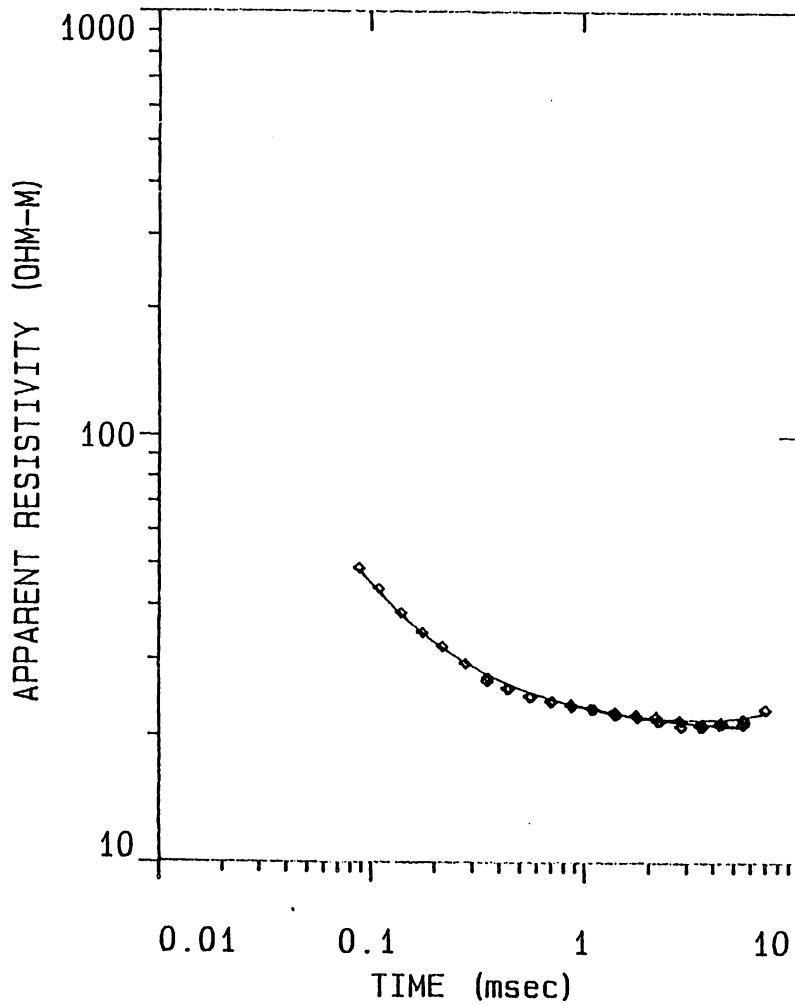


Fig.57a

A FITTING ERROR: 1.840 PERCENT (100 x 100)

B FITTING ERROR: 1.968 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	20.46	74.38	0.0
2	26.11	28.15	-74.38
3	17.36		-102.5

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	20.71	142.0	0.0
2	16.94		-142.0

GS34991

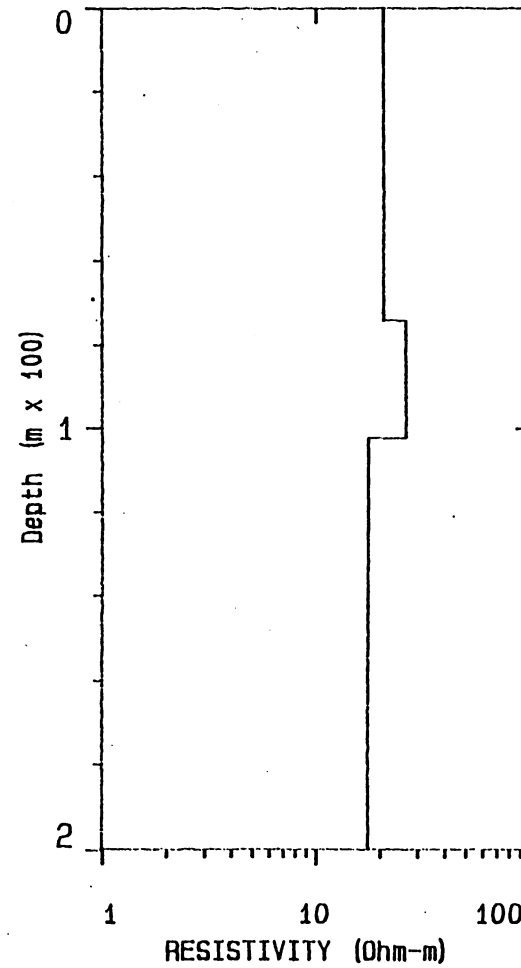
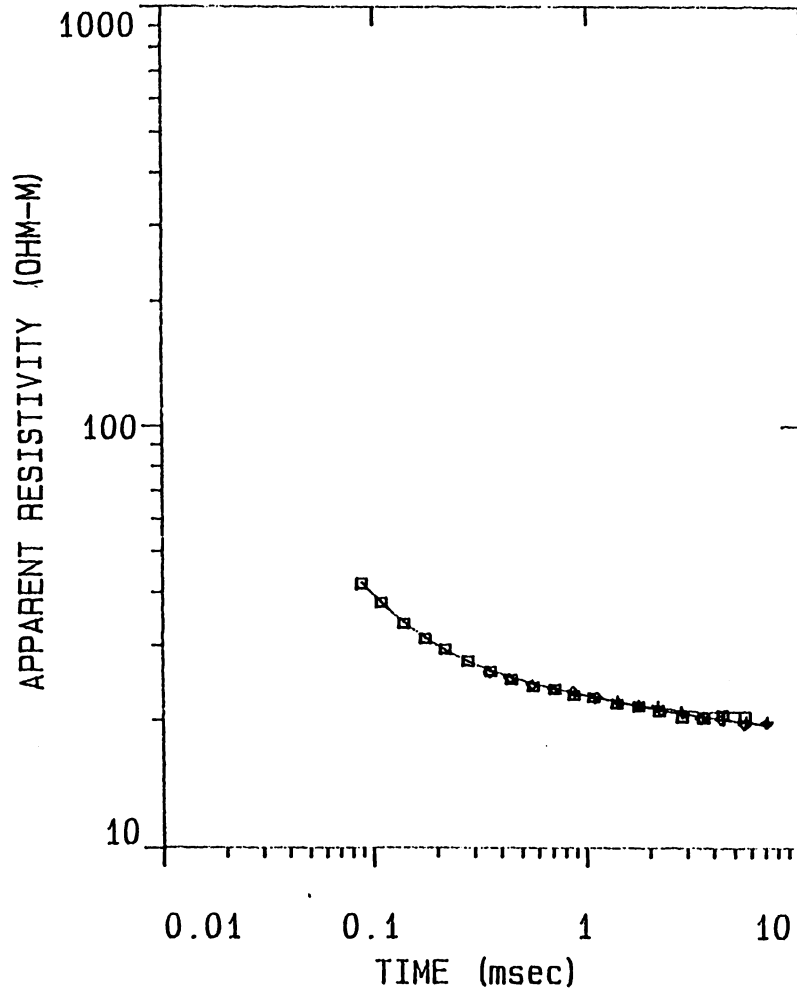


Fig.58a

(100 x 100)

FITTING ERROR: 2.083 PERCENT

GS349101

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
	15.36	35.04	0.0	
	35.86	34.06	-35.04	2.28
	17.53		-69.11	0.949

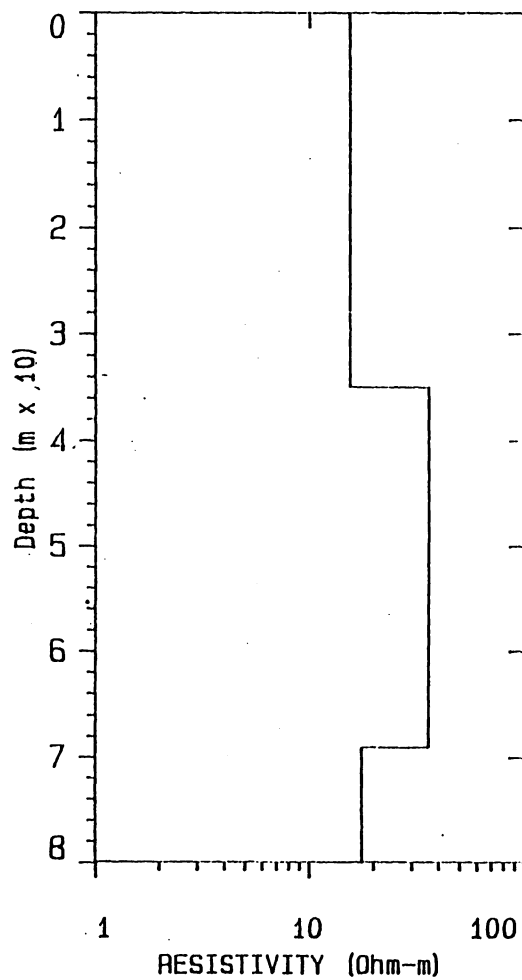
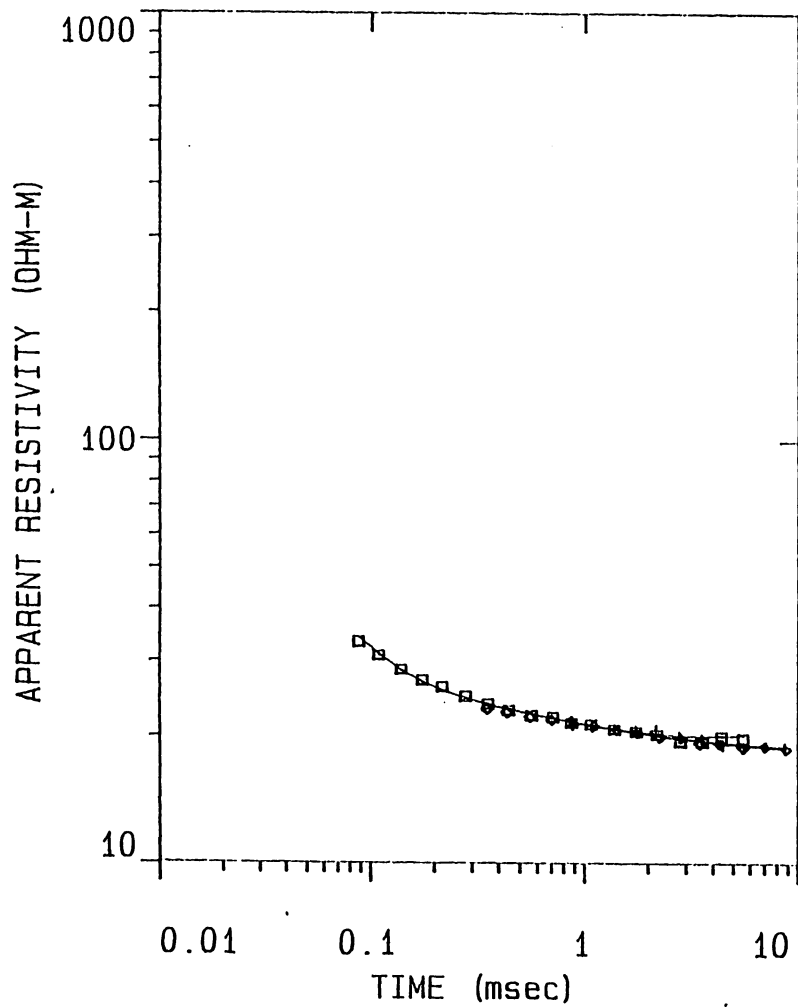


Fig.59a

A FITTING ERROR:

1.633 PERCENT

(100 x 100)

B FITTING ERROR:

1.684 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	93.23	91.94	-91.94
2	14.58	201.6	-293.5
3	69.01		

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	93.91	91.31	-91.31
2	14.79	215.4	-306.7
3	170.0	*	

GS35011

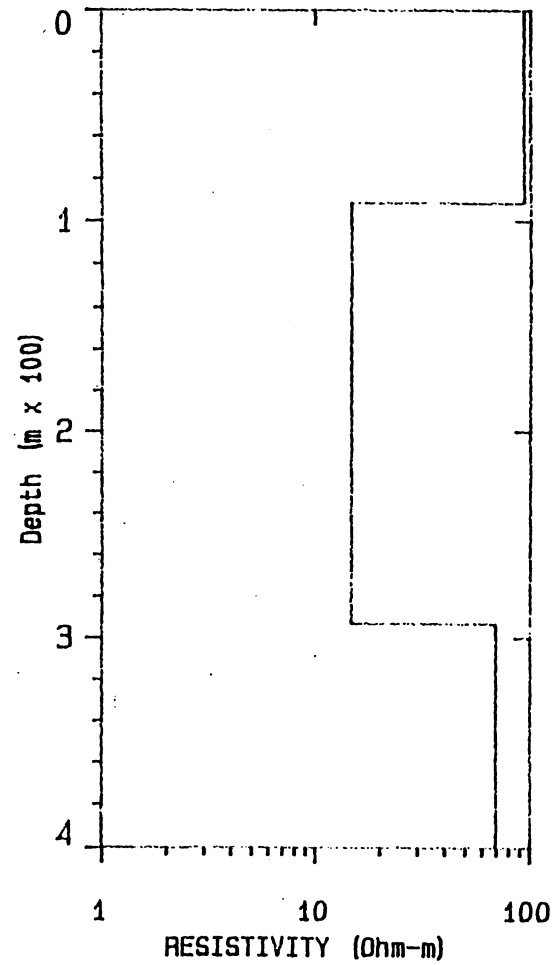
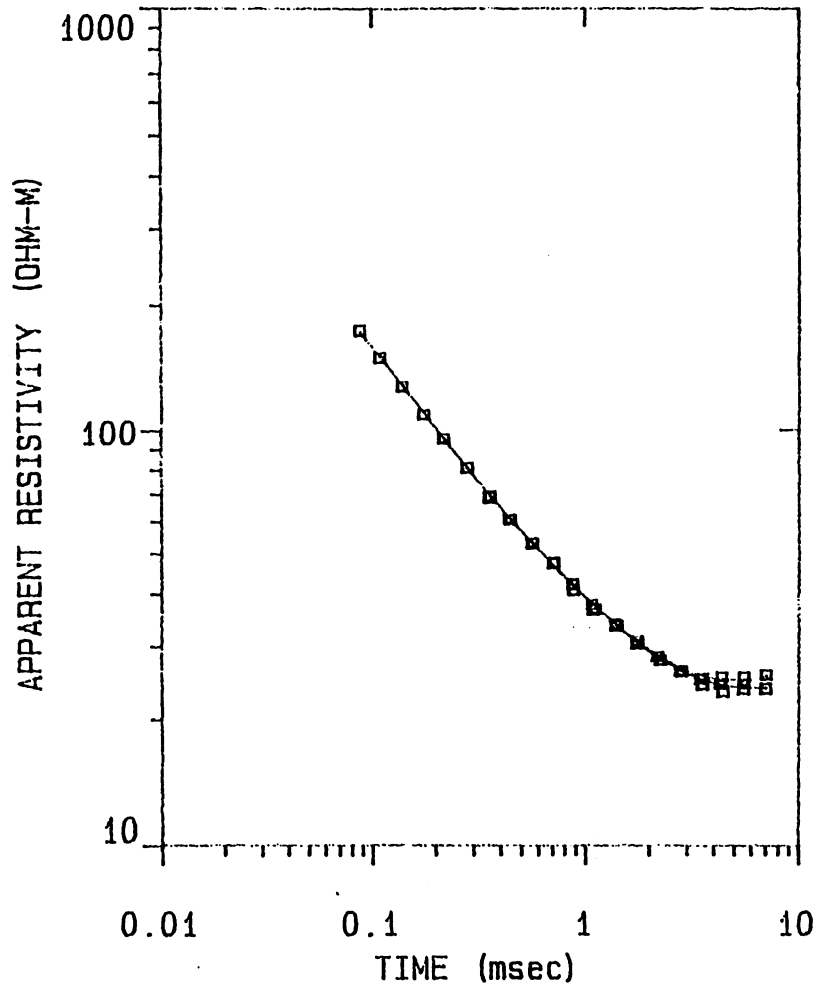


Fig.60a

A FITTING ERROR: 1.722 PERCENT (100 x 100)

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	33.50	6.92	0.0
2	86.52	84.25	-6.92
3	14.49	196.2	-91.18
4	68.40		-287.4

GS35021

B FITTING ERROR: 1.824 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
1	32.81	7.35	0.0
2	89.66	82.78	-7.35
3	14.72	211.9	-90.13
4	170.0	*	-302.1

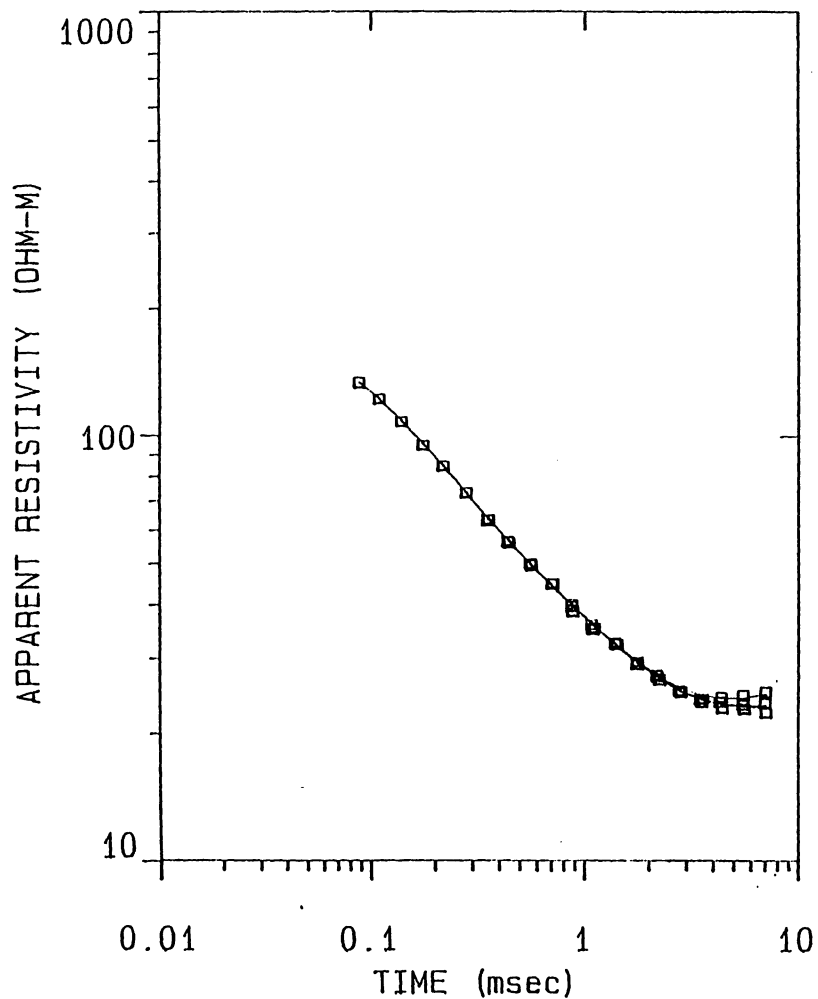
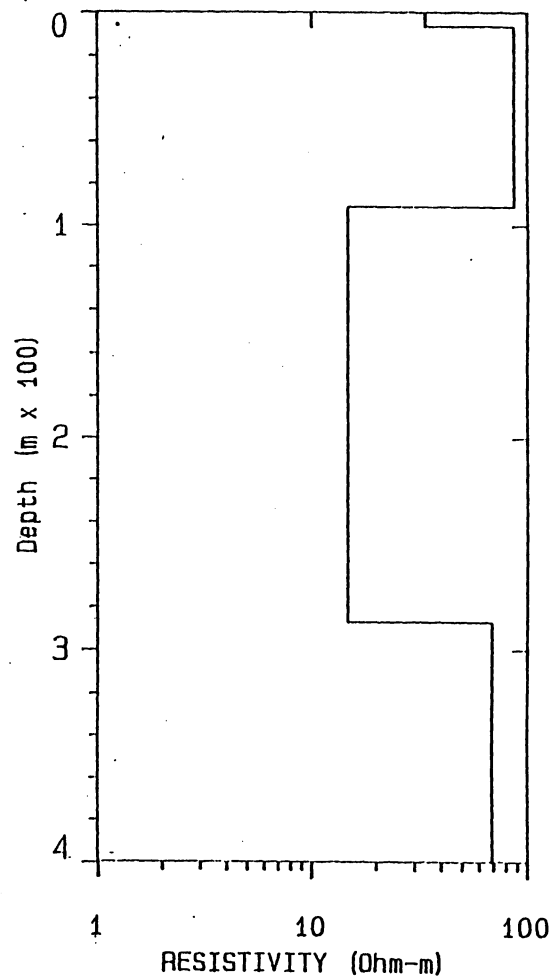


Fig.61a



A FITTING ERROR: 1.747 PERCENT

(100 x 100)

B FITTING ERROR: 1.369 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	33.10	15.70	-15.70
2	79.87	75.68	-91.39
3	14.80	196.0	-287.4
4	111.1		

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	29.66	15.19	-15.19
2	91.31	74.18	-89.38
3	14.94	203.6	-293.0
4	170.0	*	

GS35031

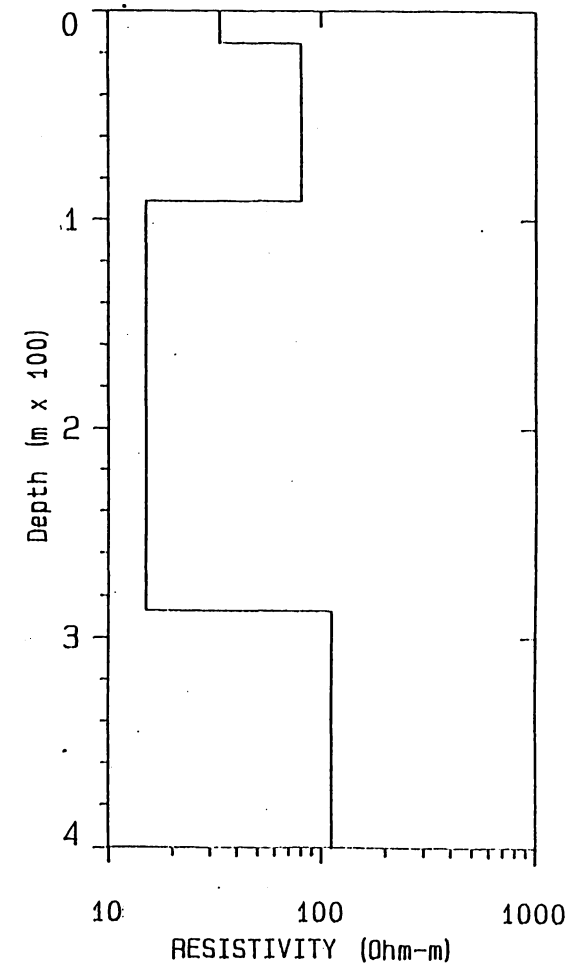
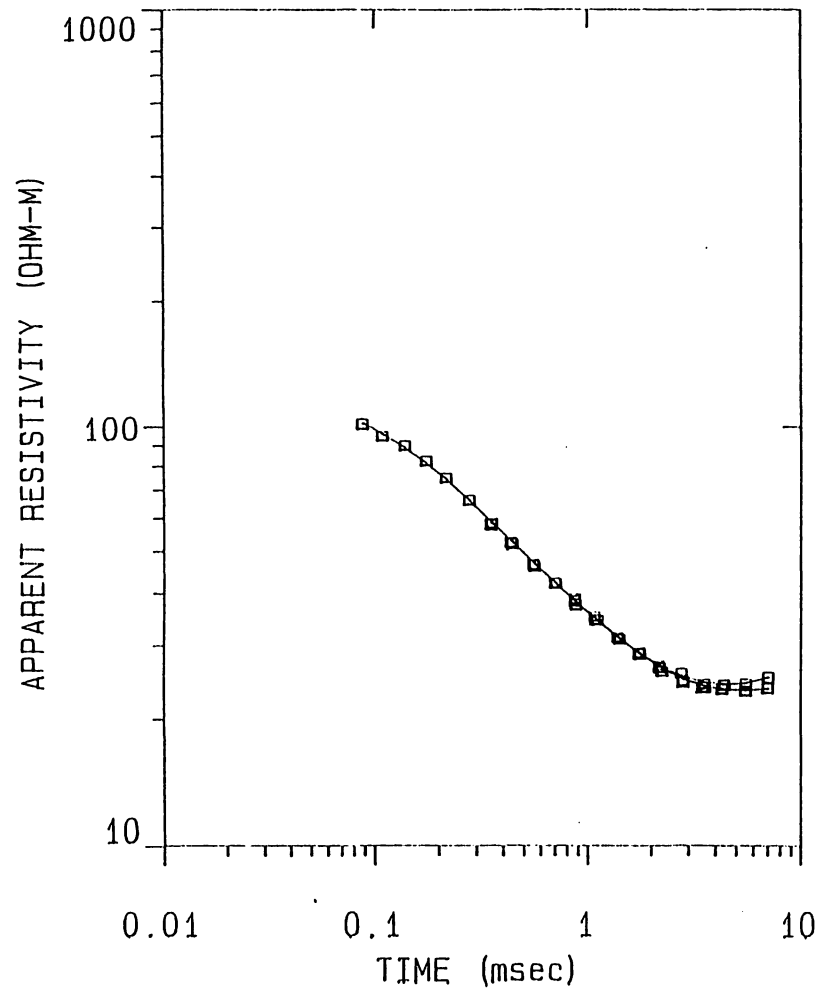


Fig.62a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.382 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	29.80	15.26	0.0	
2	75.19	72.12	-15.26	0.512
3	15.15	200.5	-87.38	0.959
4	159.0		-287.9	13.23

GS35041

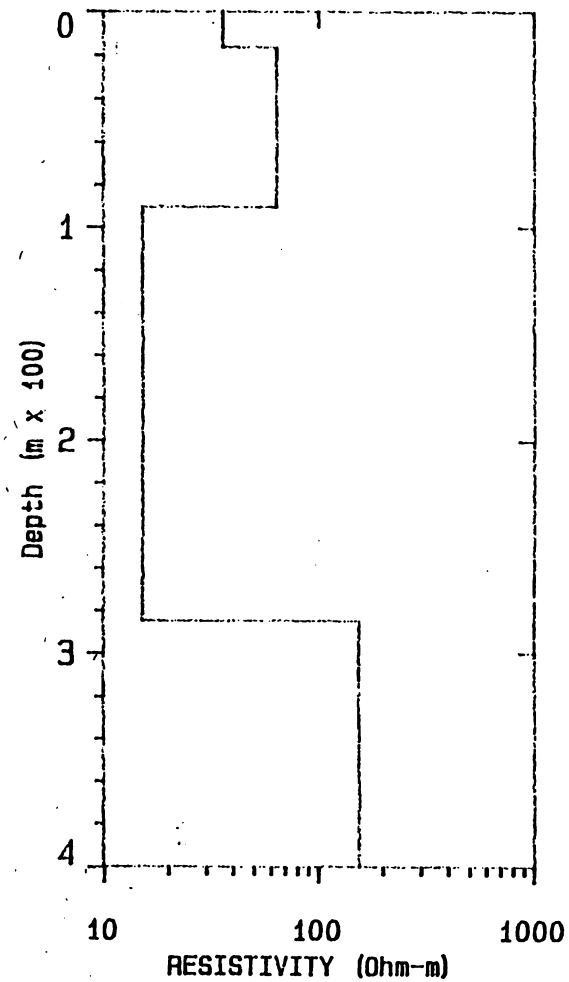
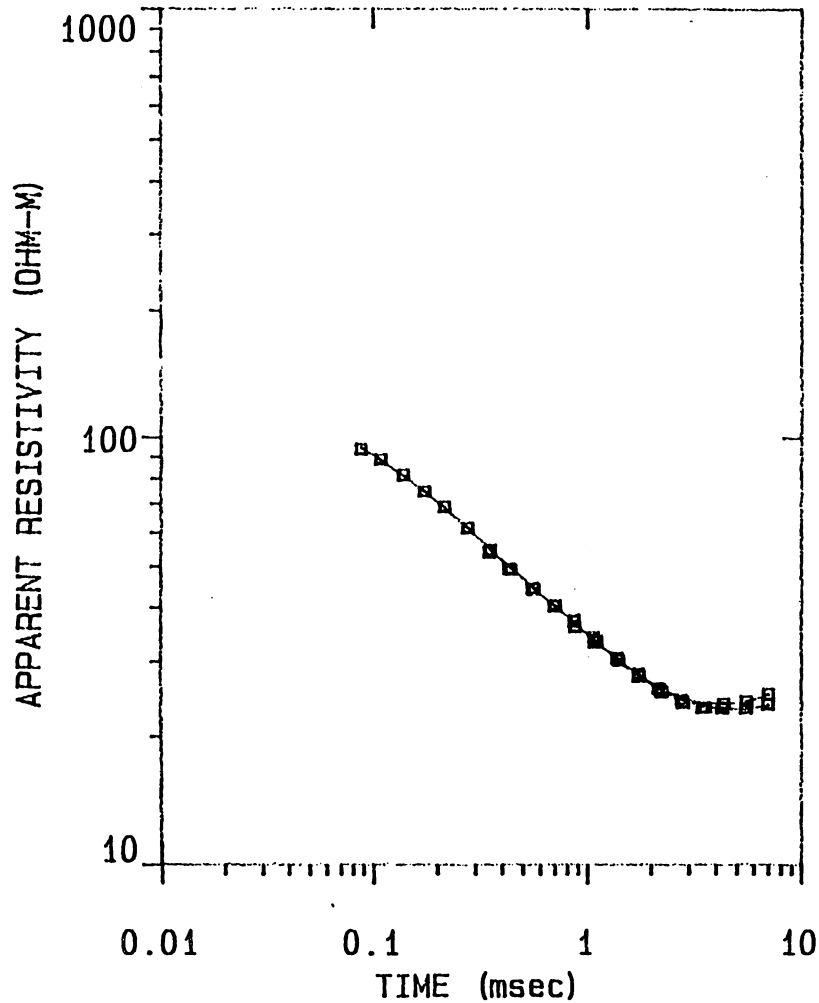


Fig. 63a

(100 x 100)

FITTING ERROR:

1.581 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
			0.0	
1	27.45	18.28	-18.28	0.666
2	84.25	69.81	-88.09	0.828
3	15.34	192.2	-280.3	12.52
4	193.0			

GS35051

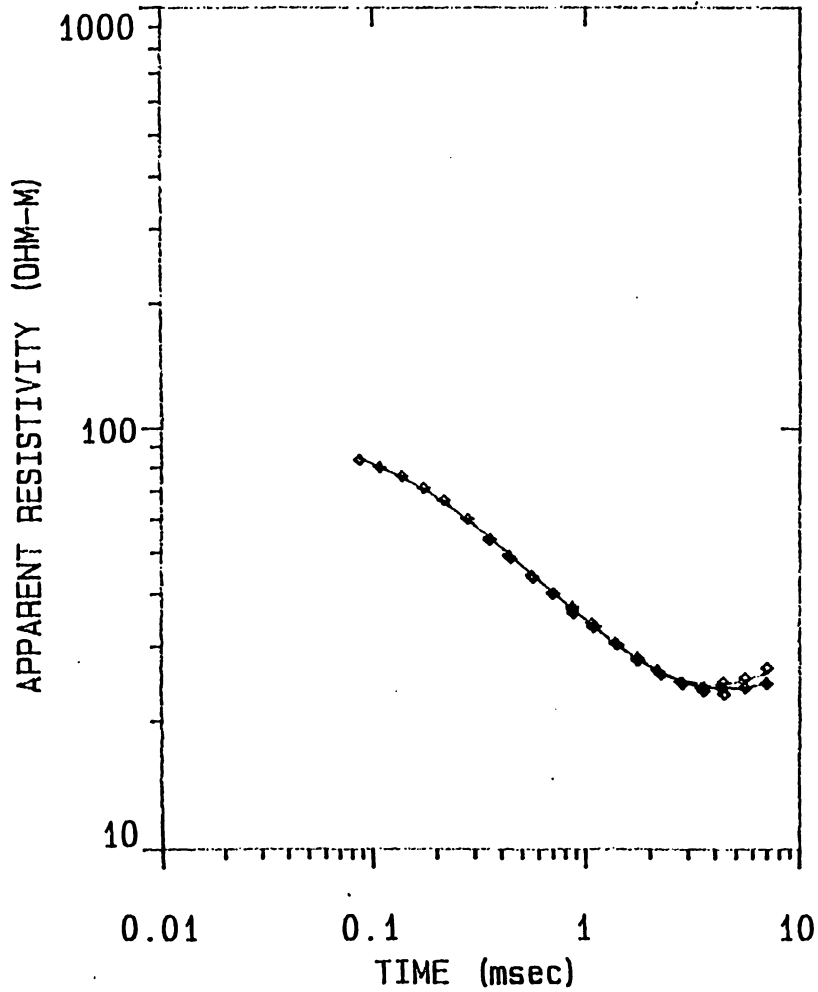
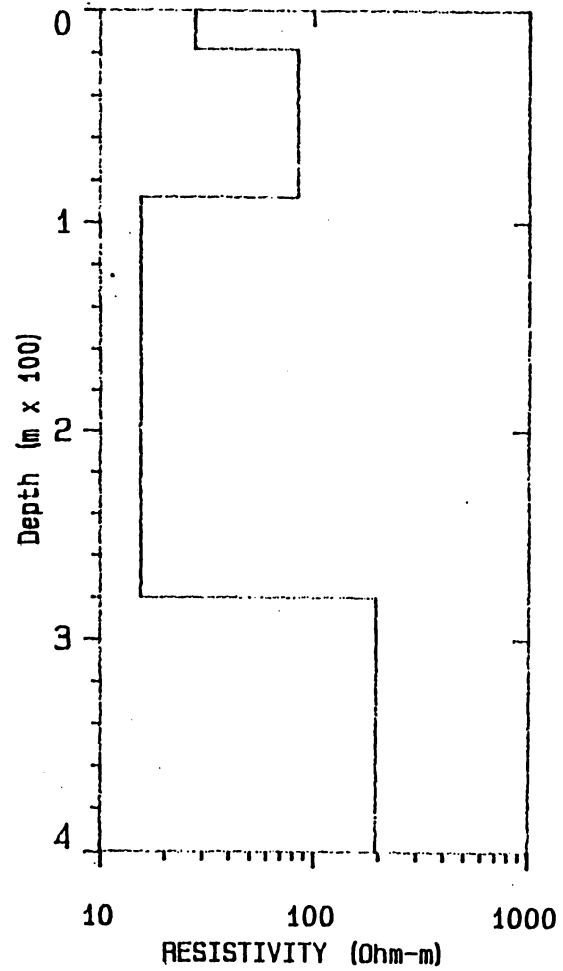


Fig.64a



(100 x 100)

FITTING ERROR: 1.695 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	24.44	19.66	0.0	
2	117.7	61.31	-19.66	0.804
3	15.50	200.6	-80.97	0.520
4	174.3		-281.6	12.94

GS35061

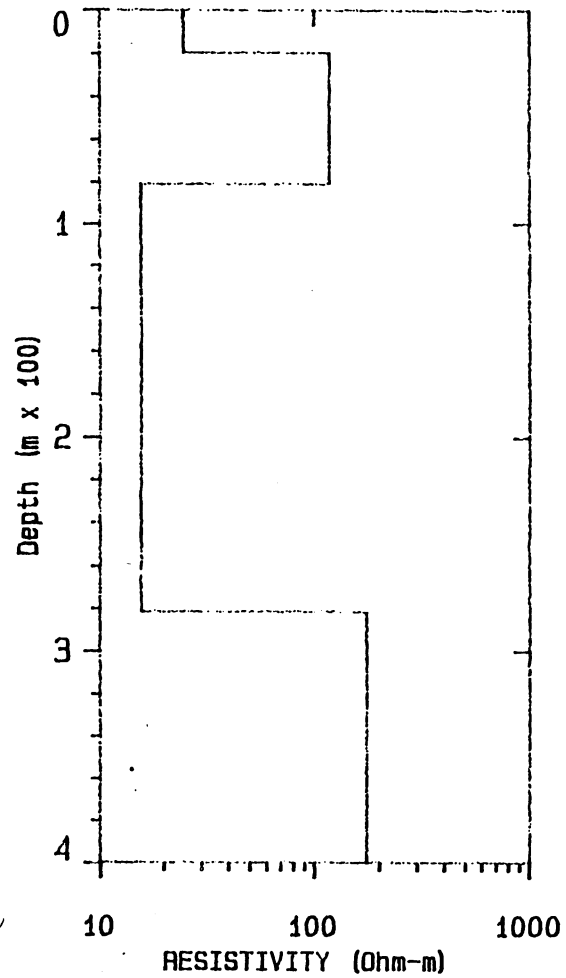
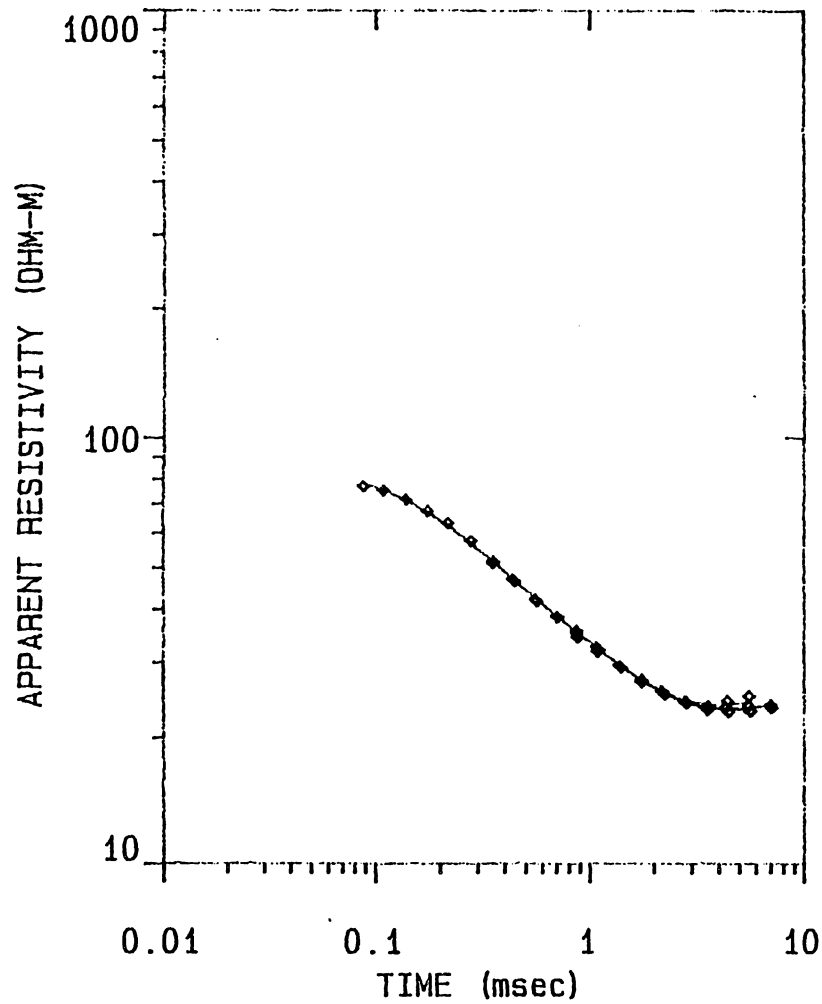


Fig.65a

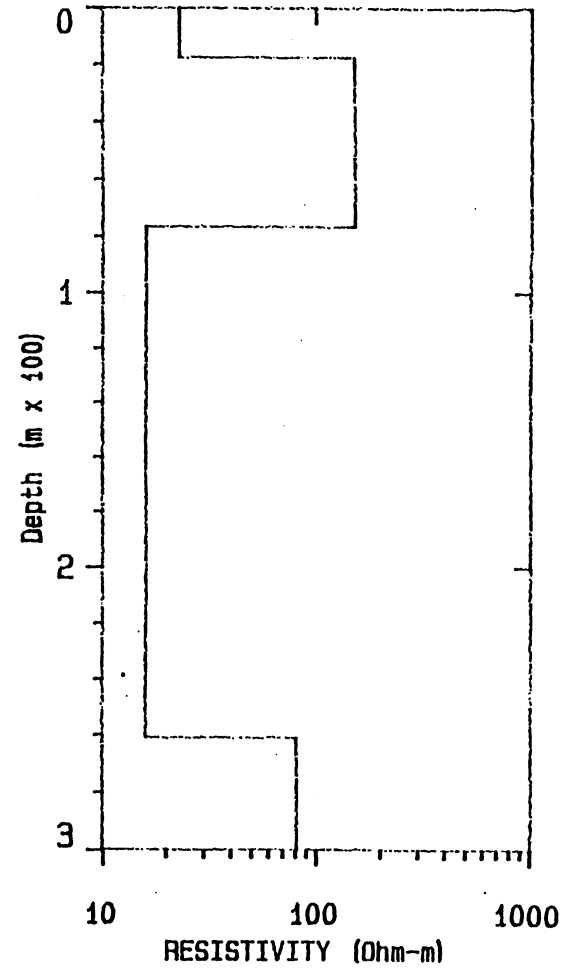
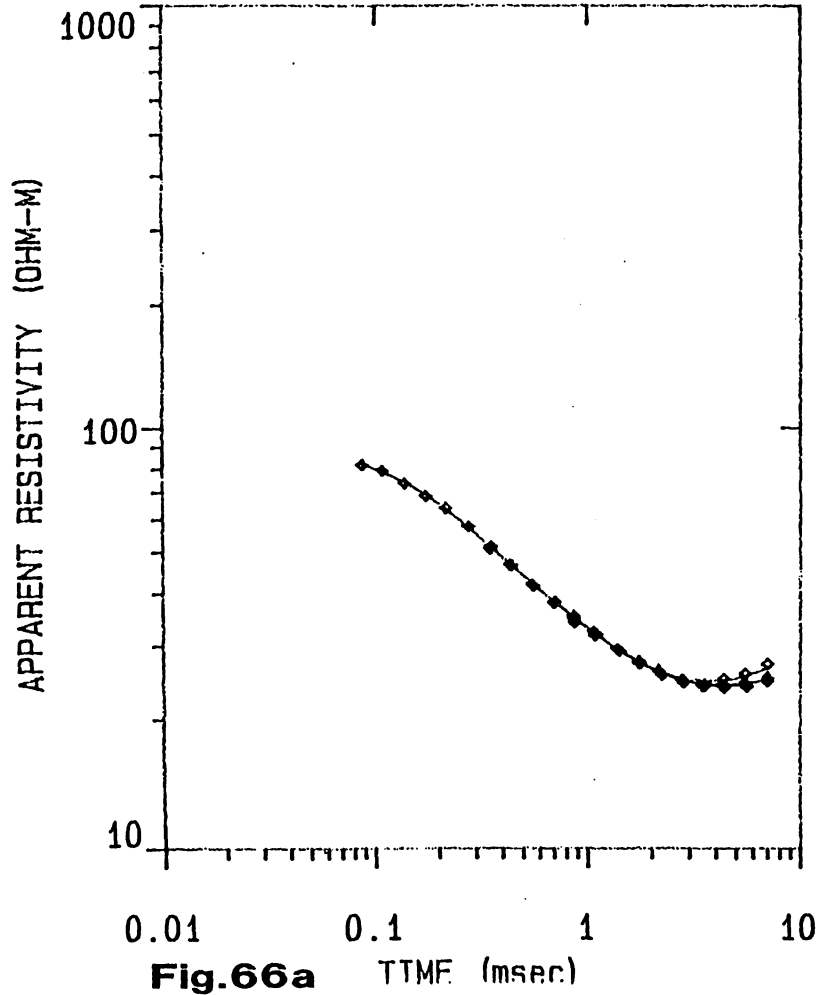
A FITTING ERROR: 1.349 PERCENT (100 x 100)

B FITTING ERROR: 1.460 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	22.68	17.51	-17.51
2	150.0	59.19	-76.71
3	15.89	184.3	-261.0
4	80.52		

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	23.07	17.89	-17.89
2	151.3	58.35	-76.25
3	16.08	197.5	-273.8
4	170.0	*	

GS35071



A FITTING ERROR: 1.332 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	21.27	18.59	-18.59
2	227.5	55.13	-73.72
3	15.88	181.0	-254.7
4	50.54		

GS35081

(100 x 100)

FITTING ERROR: 1.690 PERCENT

B

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	21.32	19.00	-19.00
2	296.5	52.62	-71.62
3	16.40	210.1	-281.7
4	170.0	*	

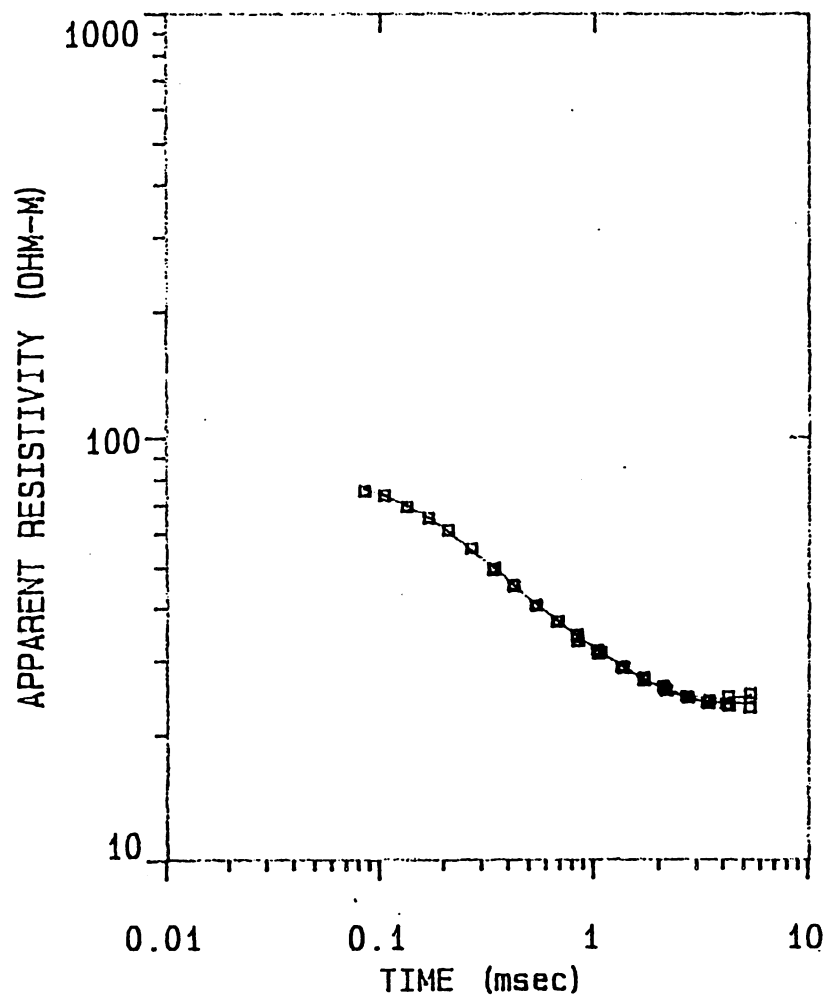
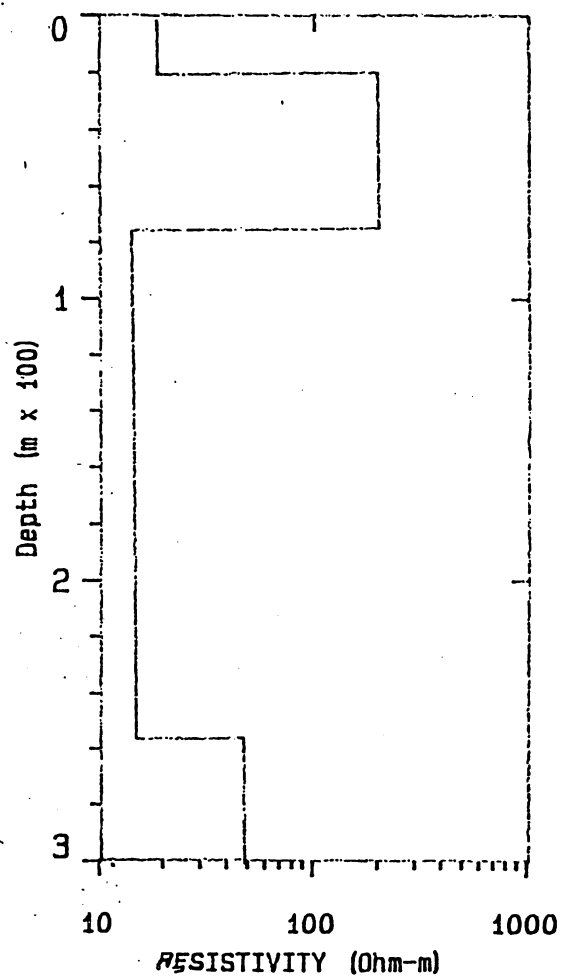


Fig.67a



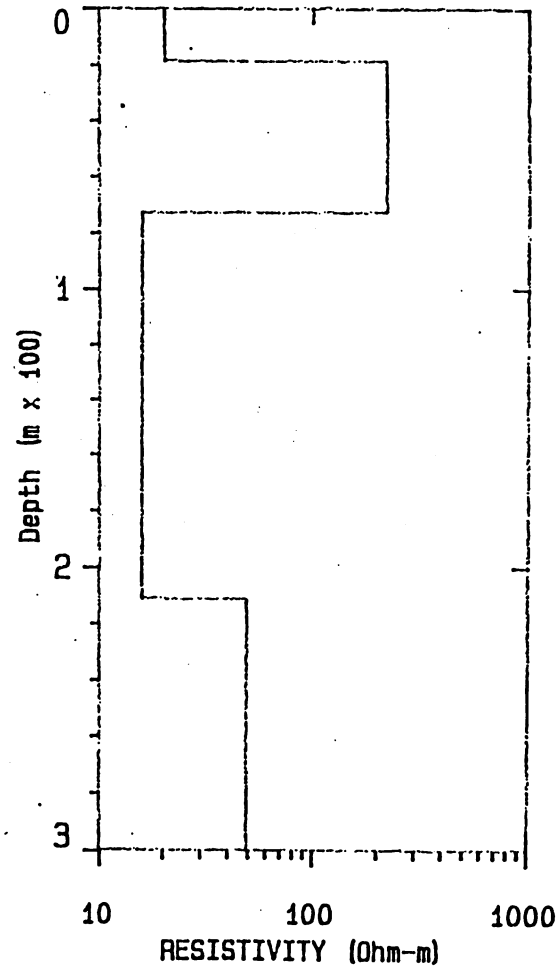
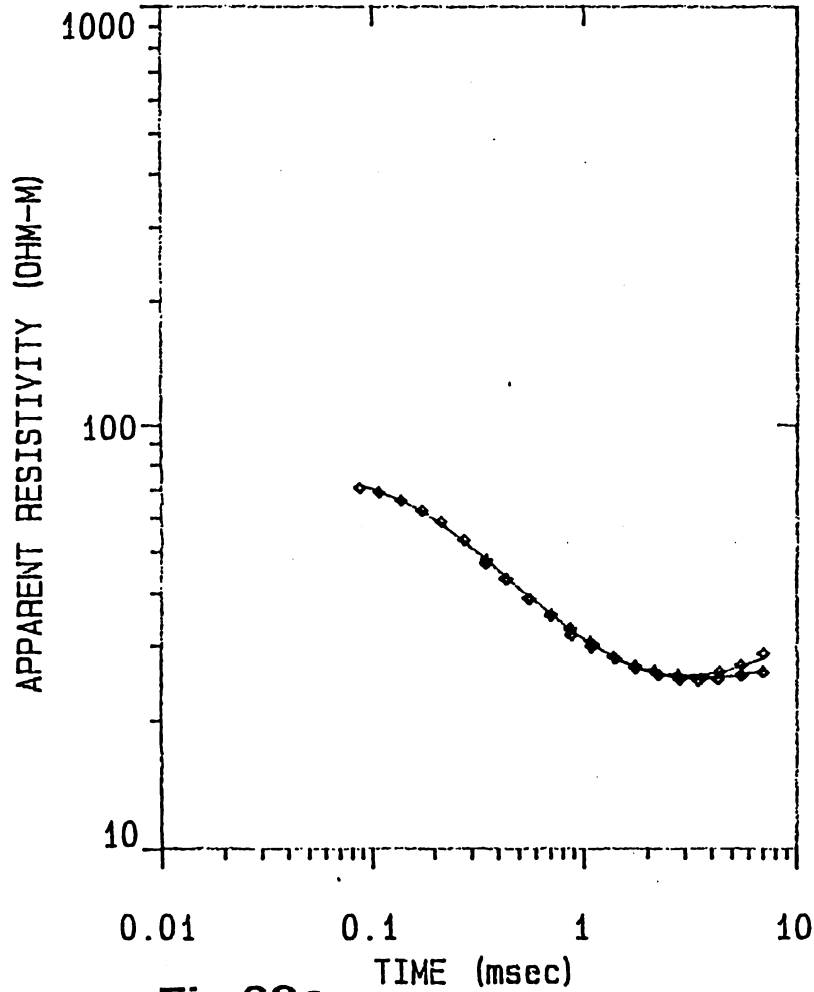
A FITTING ERROR: 1.750 PERCENT (100 x 100)

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	20.18	18.61	-18.61
2	221.3	54.12	-72.74
3	15.82	138.4	-211.2
4	48.78		

GS35091

B FITTING ERROR: 2.544 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	19.20	17.54	-17.54
2	306.3	51.01	-68.55
3	16.90	182.1	-250.6
4	170.0	*	



FITTING ERROR: 1.592 PERCENT

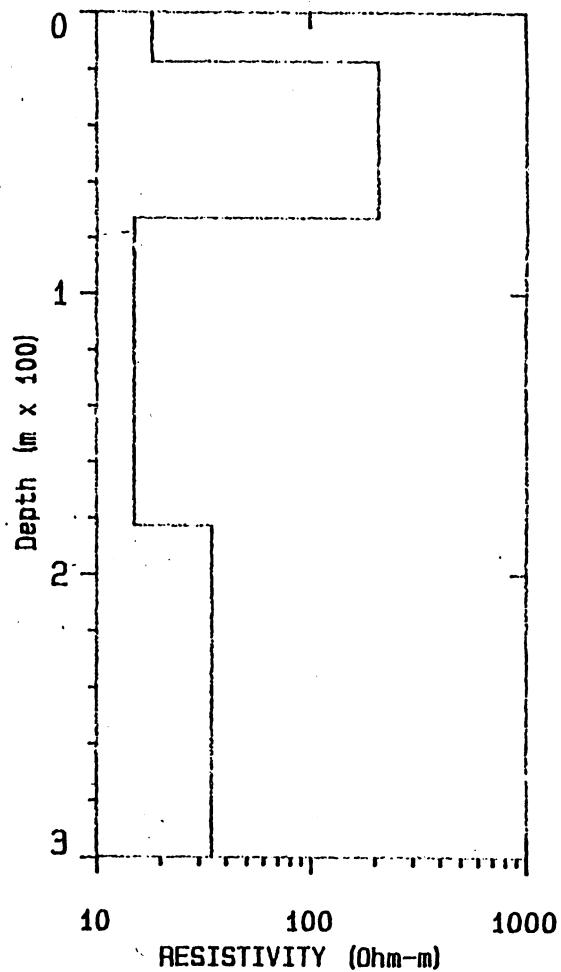
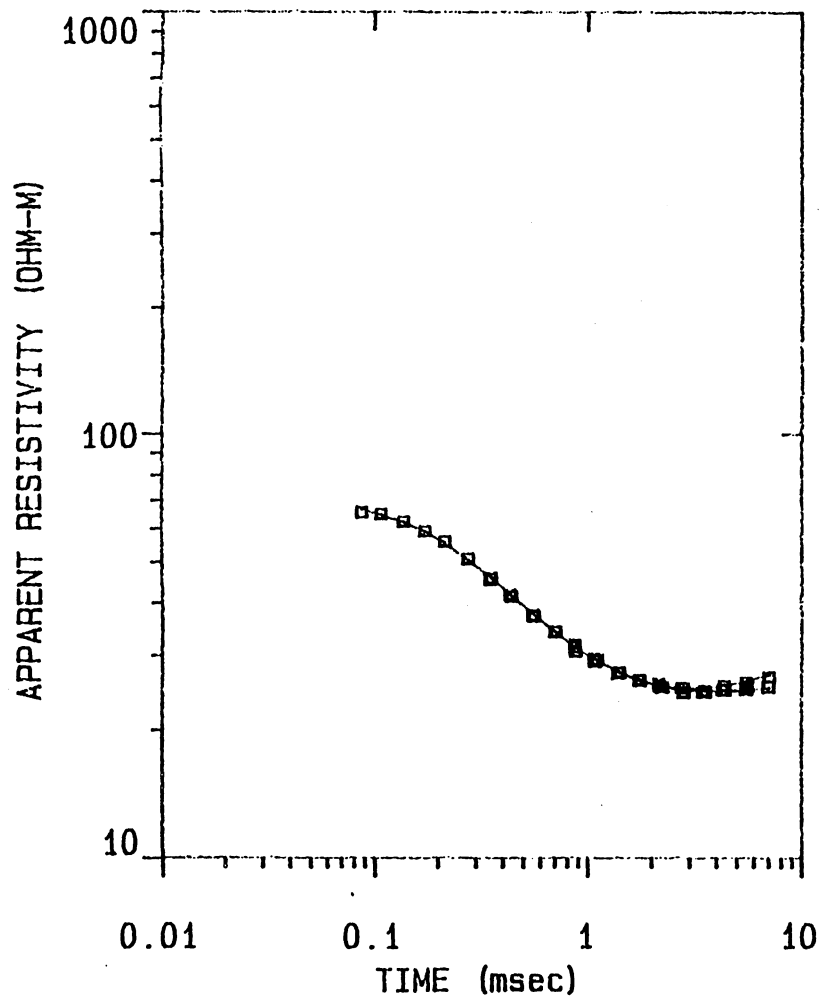
(100 x 100)

FITTING ERROR: 3.271 PERCENT

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	18.02	17.43	-17.43
2	205.6	55.54	-72.97
3	14.84	109.8	-182.8
4	34.10		

GS350101

L. #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)
			0.0
1	17.30	16.41	-16.41
2	326.3	48.53	-64.94
3	17.11	191.3	-256.3
4	170.0	*	



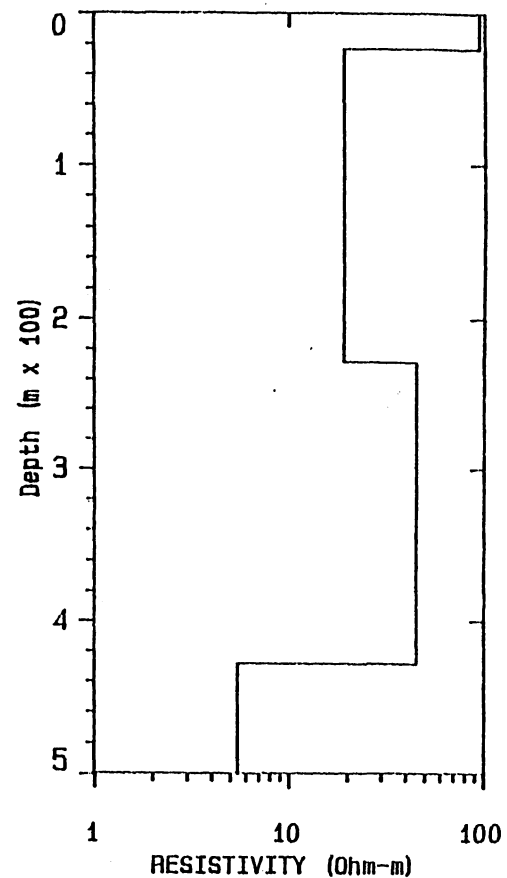
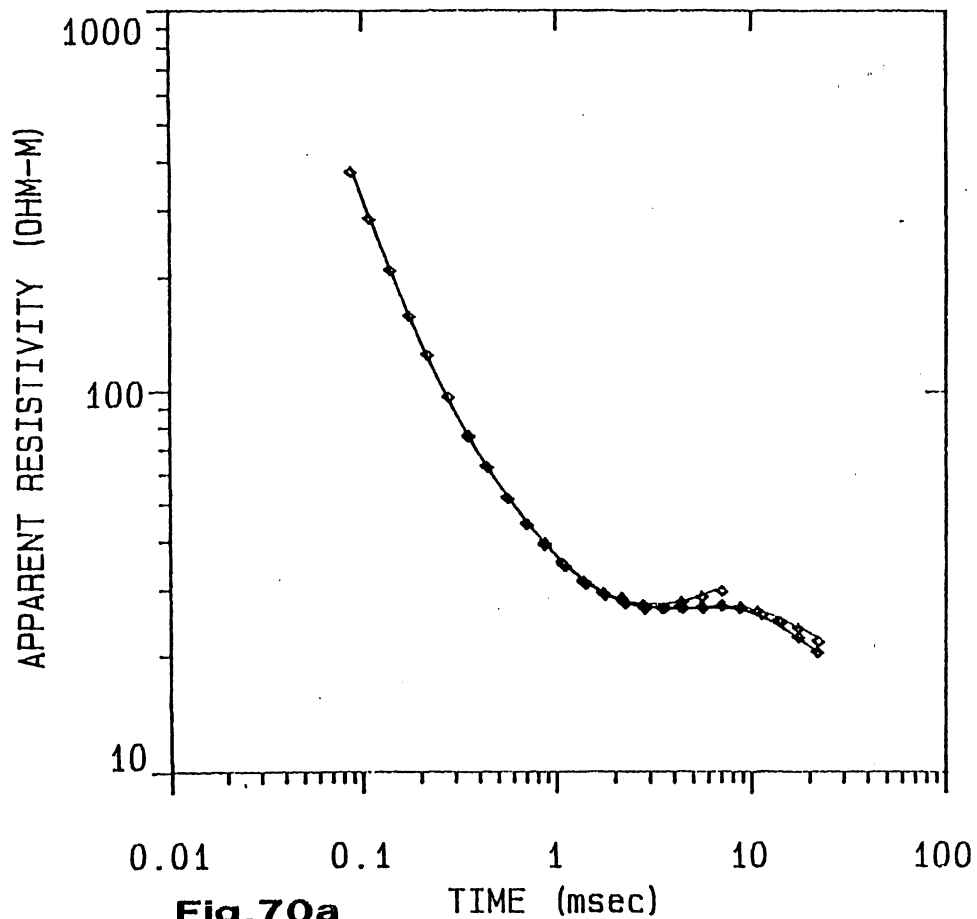
(350 x 400)

FITTING ERROR:

1.959 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	CONDUCTANCE (Siemens)
1	93.53	23.86	0.0	0.255
2	19.02	205.1	-23.86	10.78
3	45.00	200.0	-229.0	4.44
4	5.37			

GS351



PUBLICATION DOCUMENTATION PAGE

1. Publication No. ES-20-94	2.	3. Recipient Accession No.	
4. Title and Subtitle Development of TDEM and NMR methods for solving various geological and hydrological problems in Israel		5. Publication Date July 1994	
		6. Performing Organiz. Code IPRG	
7. Author(s) M. Goldman*, B. Rabinowitz*, M. Rabinowitz*, Y. Bartov**, H. Ginat**, E. Zilberman**, G. Ber**, D. Vainer		8. Perform. Organiz. Rep. No.	
9. Performing Organization Name and Address * Institute for Petroleum Research and Geophysics, Hamashbir 1, P.O. Box 2286, Holon 58122, Holon. ** Geological Survey, 30 Malkhei Israel St. Jerusalem.		10. Project/Task/Work Unit No. IPRG - L01/421/93 GSI - TR/GSI/17/94	
		11. Contract No. 93-17-005	
12. Sponsoring Organization(s) Name & Address a) Ministry of Energy & Infrastructure Earth Science Administration P.O. Box 13106, Jerusalem 91130 b)		13. Type of Report & Period Covered Technical Report for 1.1.93-31.12.93	
		14. Sponsoring Organiz. Code	
15. Supplementary Notes			
16. Abstract (Limit: 200 words) This project has two main aims: (a) To apply the Time Domain Electromagnetic (TDEM) Method for solving various geological problems in the southern part of Israel. At this stage the purpose was to explore the subsurface structures in the Arava area, Rotem plain, tectonic valleys in the Arava and southern Negev areas, the Dimona channel and Wadi Meishar. (b) To develop improved interpretation software for the Nuclear Magnetic Resonance (NMR) methods. Reinterpretation of NMR field data collected during the feasibility study conducted in 1992 using this new software showed the improved accuracy of interpretation as compared with borehole data.			
17. Identifiers/Keywords/Descriptors Electromagnetic soundings, Arava, Rotem plain, tectonic valleys, southern Negev, Dimona channel, Wadi Meishar, NMR, interpretation			
18. Availability Statement Available upon request		19. Security Class (this report)	21. No. of Pages
		20. Security Class (this page)	22. Price

