

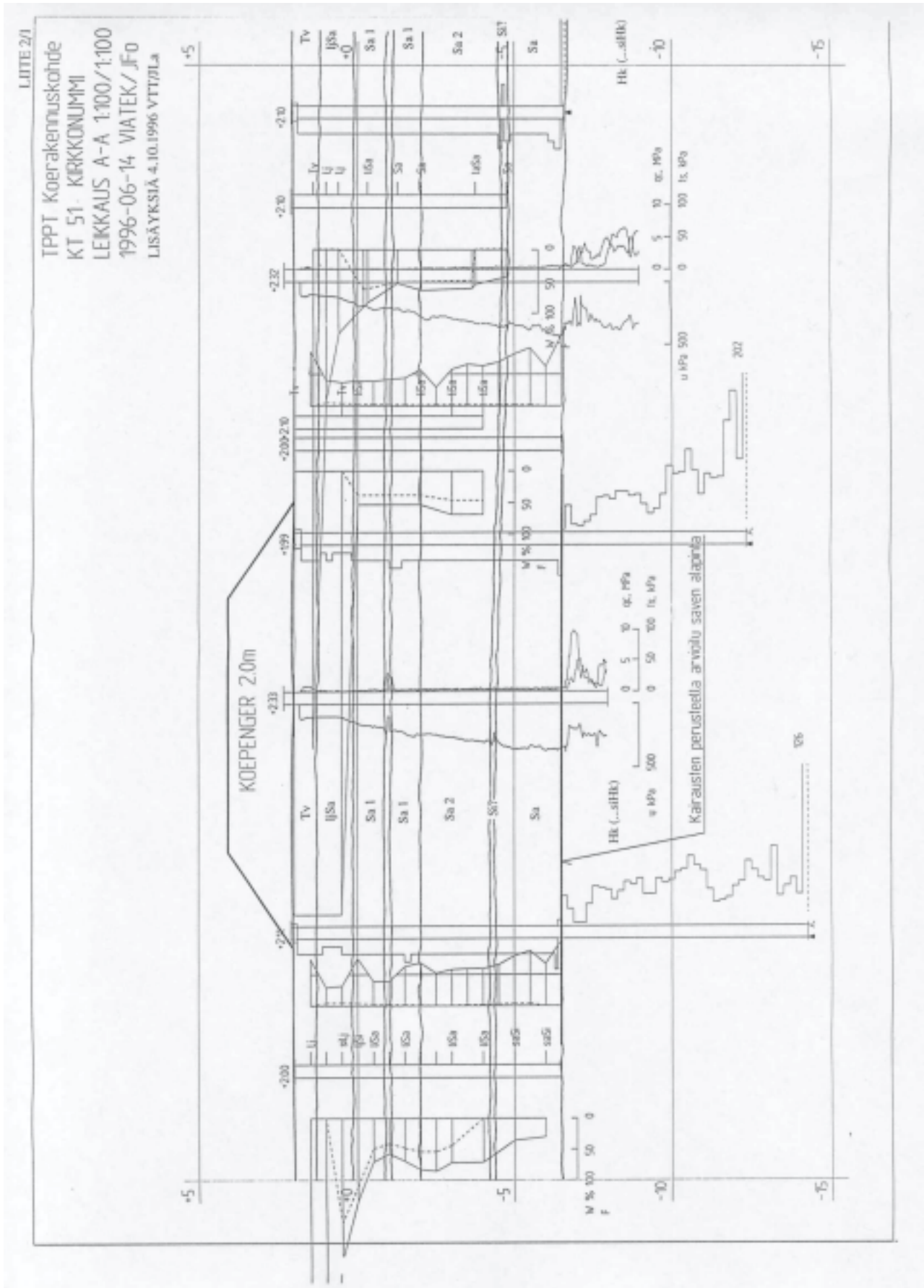
Jouko Törnqvist, Markku Juvankoski

KT51 Kirkkonummen syvä- ja massastabiloitu koerakenne

LIITTEET

Tiehallinnon selvityksiä 29/2003

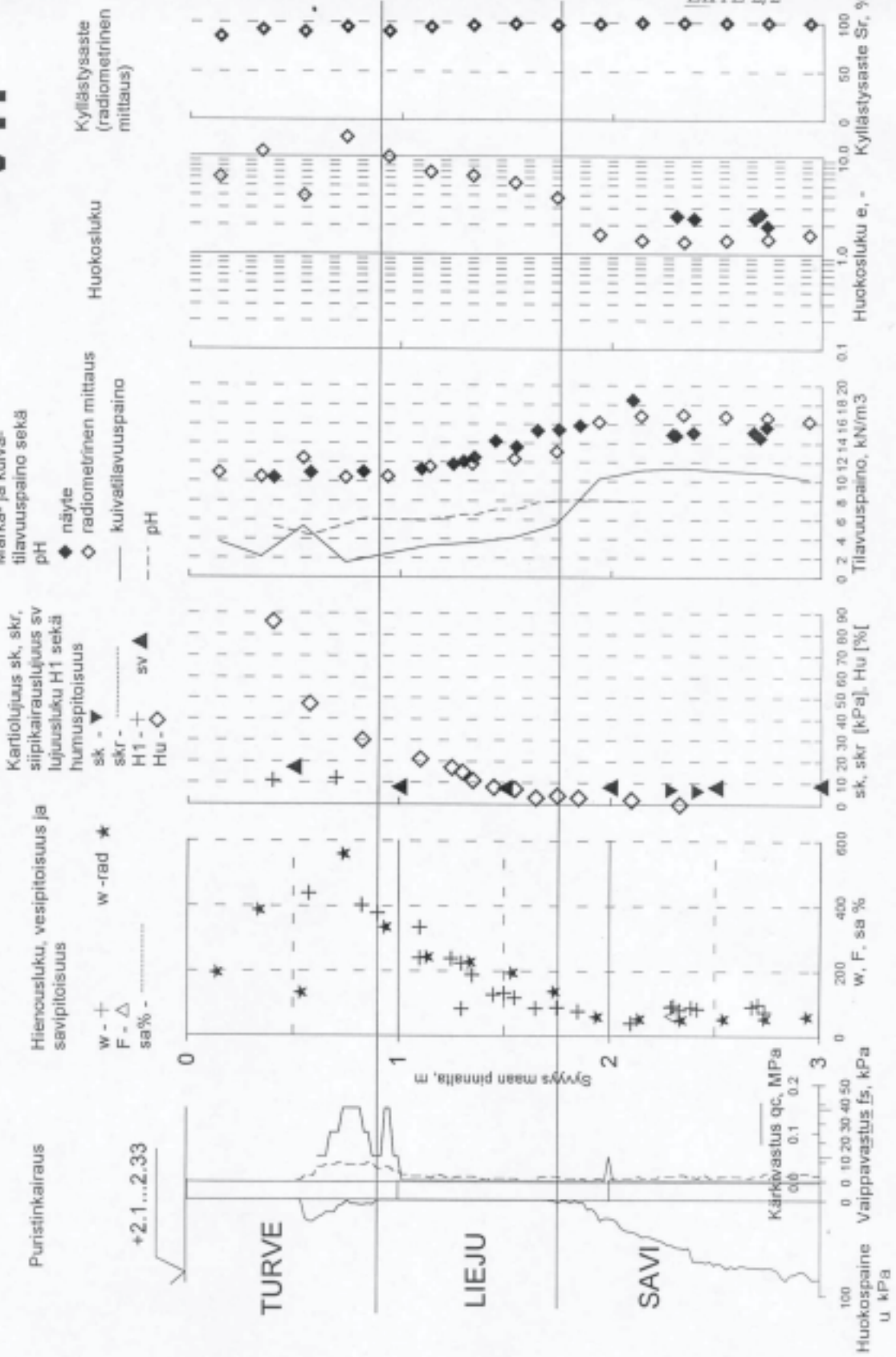




LIITE 2/2



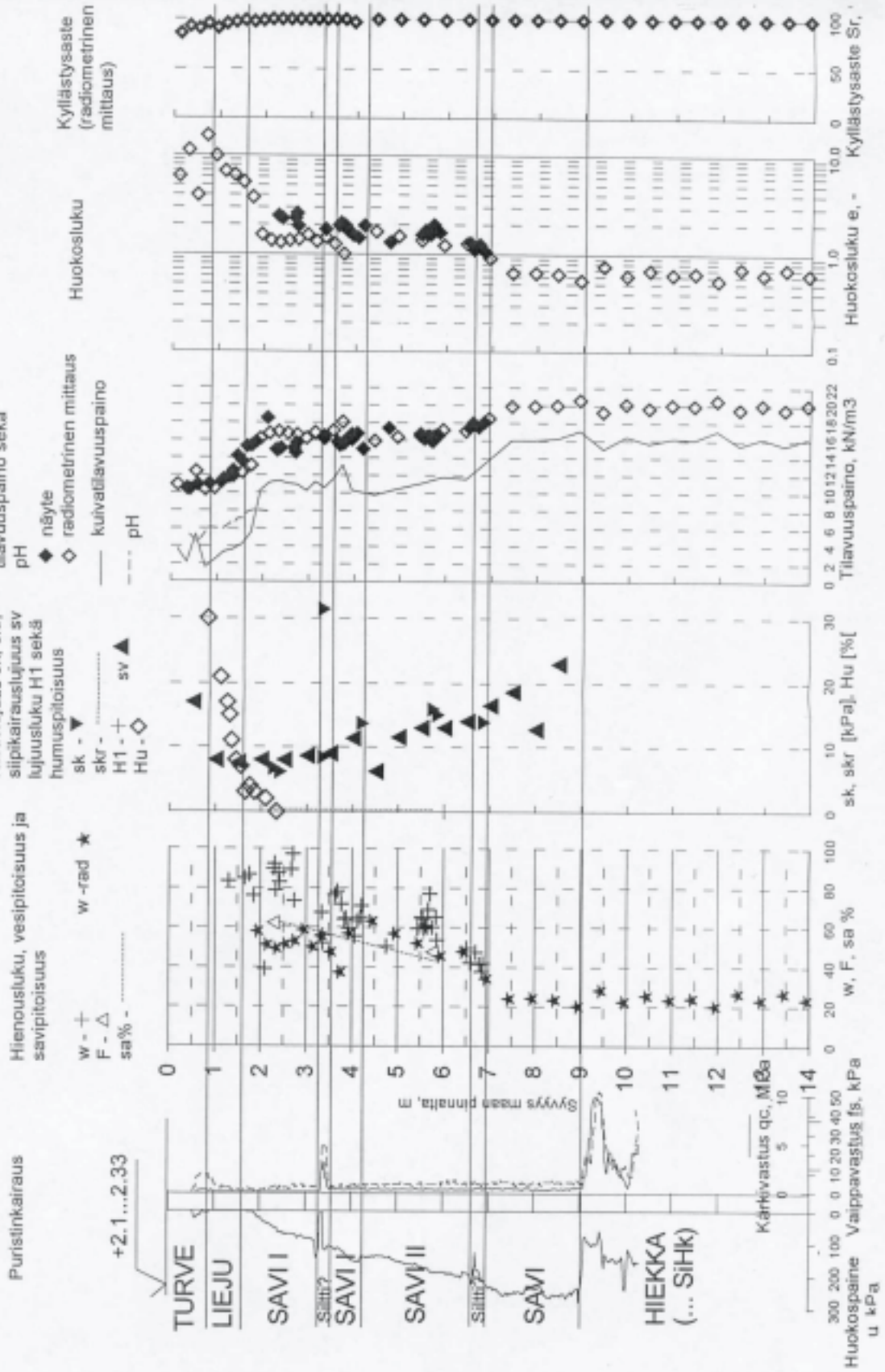
Kt 51 Kirkkonummen koepenger: Näytteenottopiste 6, radiometrisen mittauspisteen RADM2 sekä siipikairauksen tulokset koepilarointikenttien läheisyydessä.

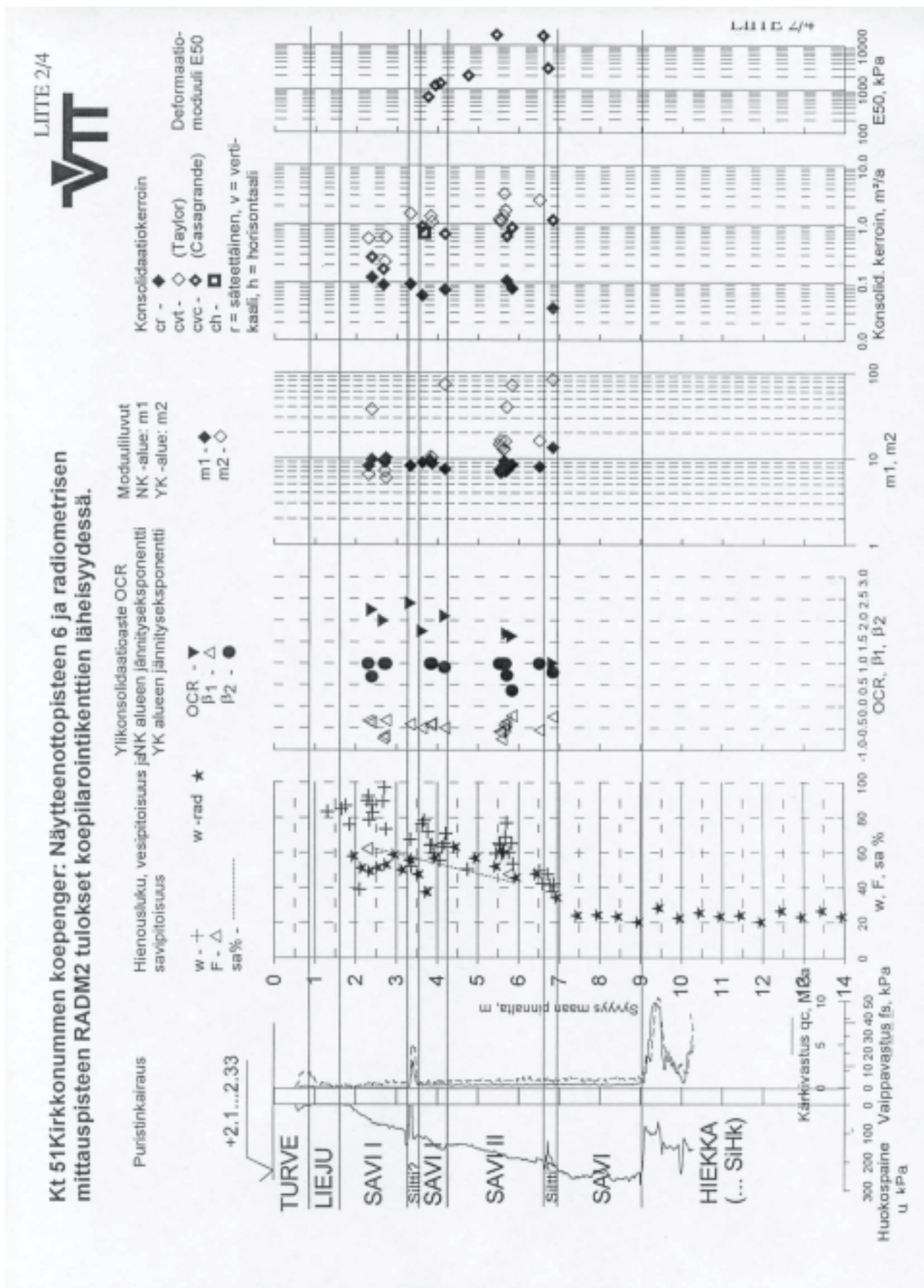


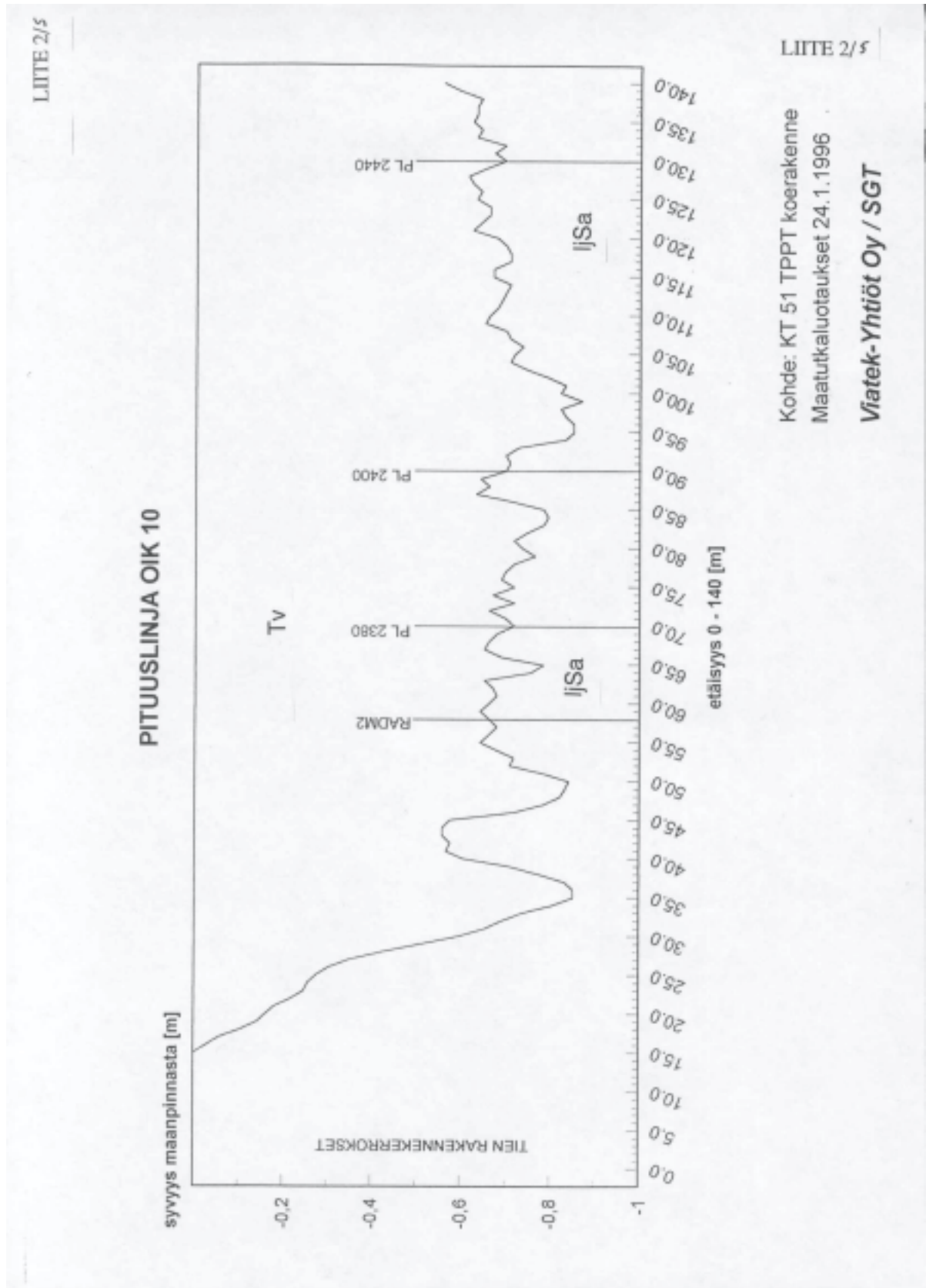
LIITE 2/3

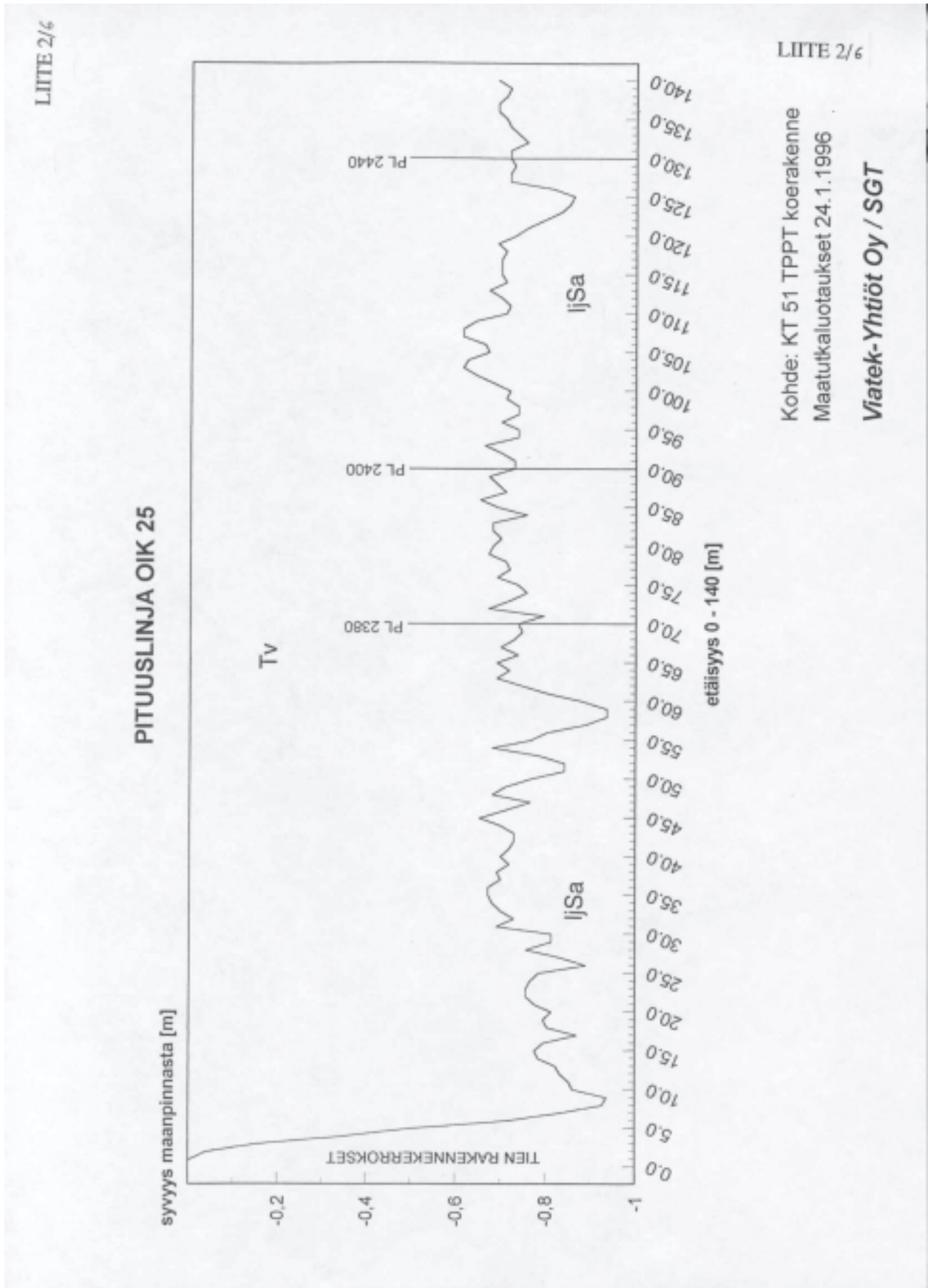


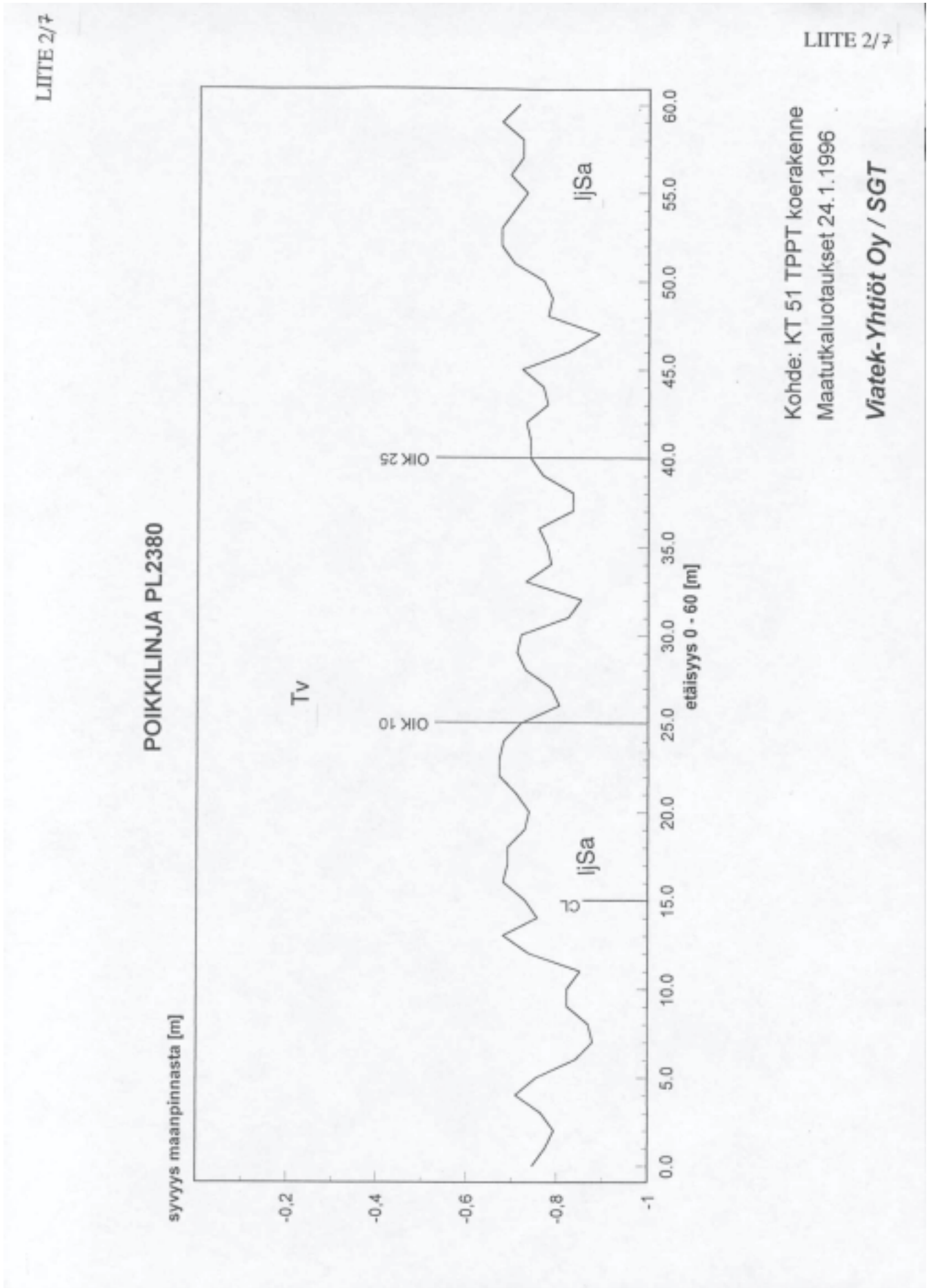
Kt 51 Kirkkonummen koepenger: Näytteenottopisteiden 6, radiometrisen mittauspisteen RADM2 sekä siipikairauksen tulokset koepilarointikentän läheisyydessä.

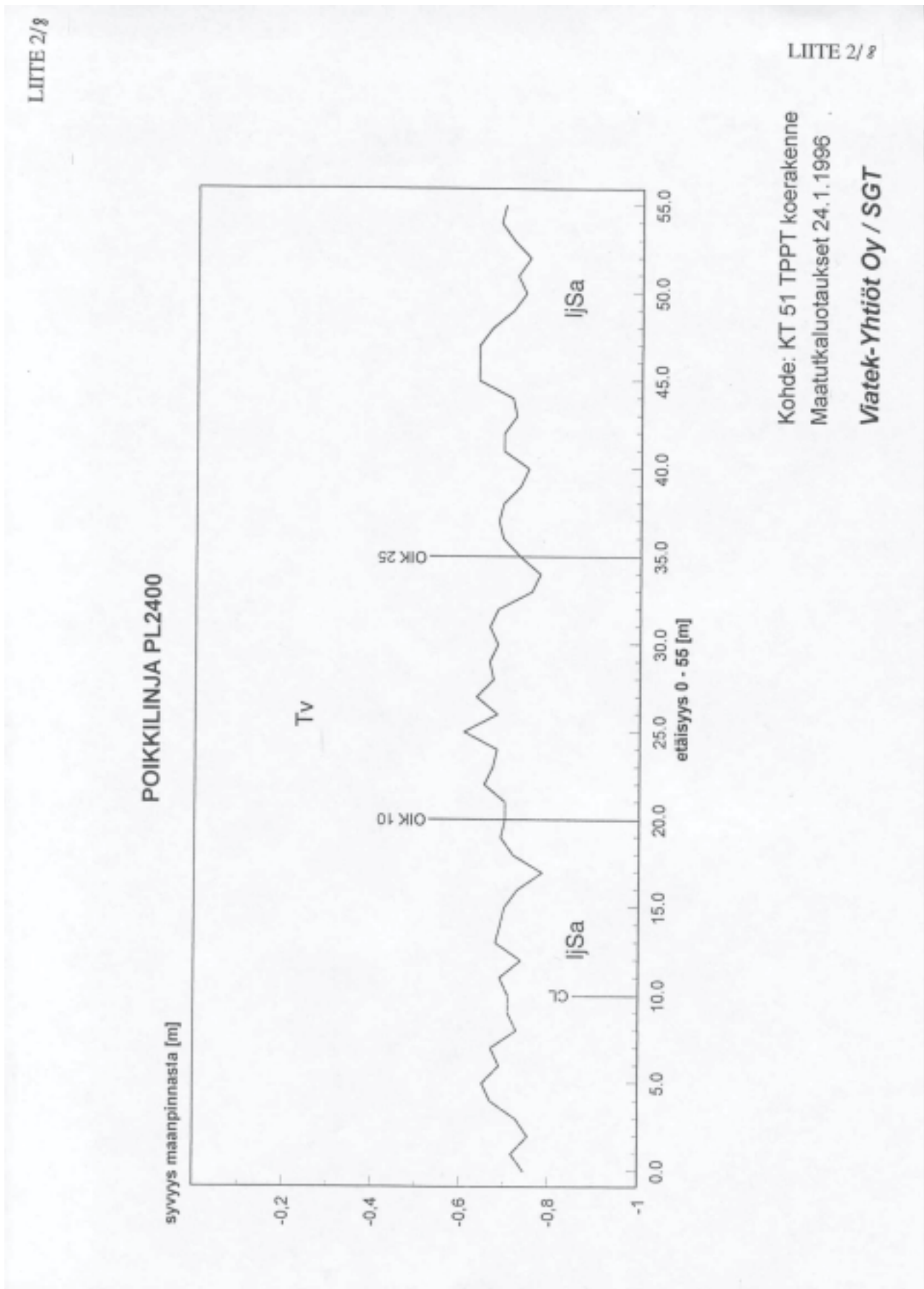






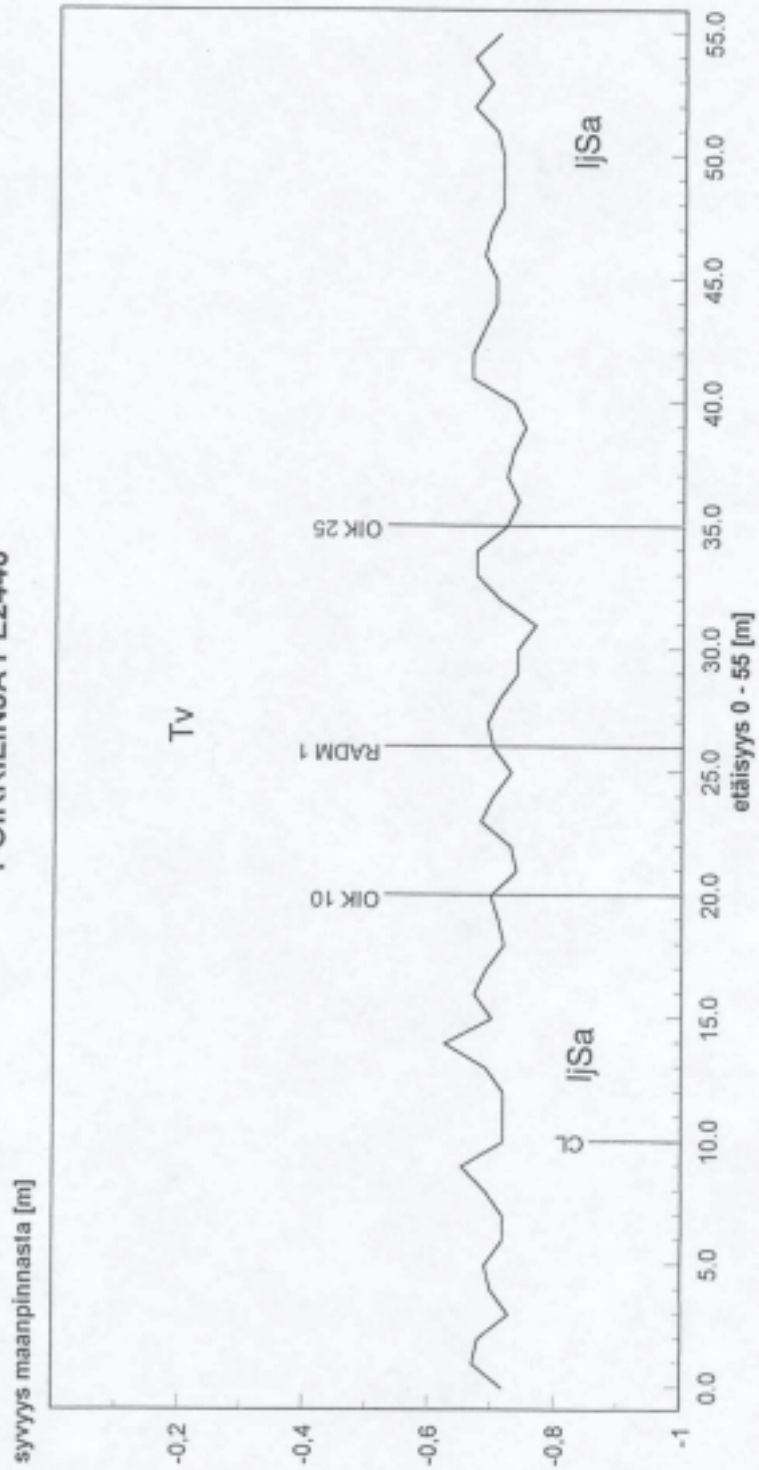






LIITE 2/9

POIKKILINJA PL2440



LIITE 2/9

Kohde: KT 51 TPPT koerakenne
Maatutkaluotaukset 24.1.1996

Viatek-Yhtiöt Oy / SGT

Pilarointi:

Ylempi savikerros (Sa 1) Resepti	Hirta, m³/a (sis. kalli.)	30 d puristuslujuus, kPa (murtobetkeä vastaava muodonmuutos, %)										Huom.												
		60 kg/m³	80 kg/m³	100 kg/m³	120 kg/m³	130 kg/m³	140 kg/m³	160 kg/m³	180 kg/m³	190 kg/m³	200 kg/m³		220 kg/m³	240 kg/m³										
KT4	398																							
Kulja+YSe 7:3	381		294 (2,2)	304 (1,8)	592 (1,5)																			
Kulja+YSe 1:1	412		316 (1,6)		424 (1,8)																			
PSe	450		434 (1,5)		576 (1,6)																			
YSe	355		354 (2,0)		604 (1,9)																			
PSe+CaO 1:1	523		282 (2,3)		442 (2,0)																			
YSe+CaO 1:1	475		298 (1,5)		382 (1,9)																			
F+CaO 1:1	445																							

Alempi savikerros (Sa 2)	Määrä, kg/m³	30 d pur. luju., kPa
KT4	117	406 (1,4)
F+CaO 1:1	180	401 (3,2)
YSe	190	796 (0,8)
Kulja+YSe 1:1	161	809 (1,3)

Ylempi savikerros (Sa 1)	Määrä, kg/m³	30 d pur. luju., kPa
KT4	117	500 (x)
F+CaO 1:1	180	500 (x)
YSe	190	1000 (x)
Kulja+YSe 1:1	161	1000 (x)

(x) interpoloitu arvo

Massastabilointi:

Turpeen ja liejan seos 1:1 Resepti	Hirta, m³/a (sis. kalli.)	30 d puristuslujuus, kPa (murtobetkeä vastaava muodonmuutos, %)										Huom.												
		100 kg/m³	120 kg/m³	140 kg/m³	172 kg/m³	200 kg/m³	250 kg/m³	300 kg/m³	350 kg/m³															
KT4	398																							
Kulja+YSe 7:3	381		90 (3,3)		220 (2,2)																			
Kulja+YSe 1:1	412		54 (5,7)		89 (3,6)																			
PSe	455		153 (2,8)		187 (2,1)																			
PSe+hHk 100 kg/m³	462		158 (2,4)		206 (2,3)																			
PSe+CaO+F 1:1:1	450				263 (1,3)																			

Pelkkä turve	Määrä, kg/m³	30 d pur. luju., kPa
PSe	172	159 (4,2)
Kulja+YSe 1:1	199	112 (4,8)

Turpeen ja liejan seos 1:1 PSe	Määrä, kg/m³	30 d pur. luju., kPa
PSe	172	300 (x)
Kulja+YSe 1:1	200	150 (2,3)

(x) interpoloitu arvo

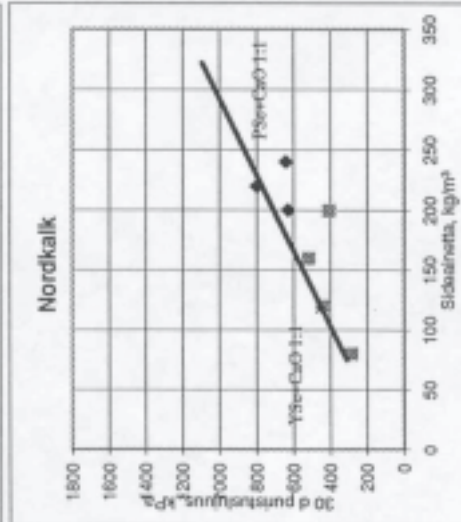
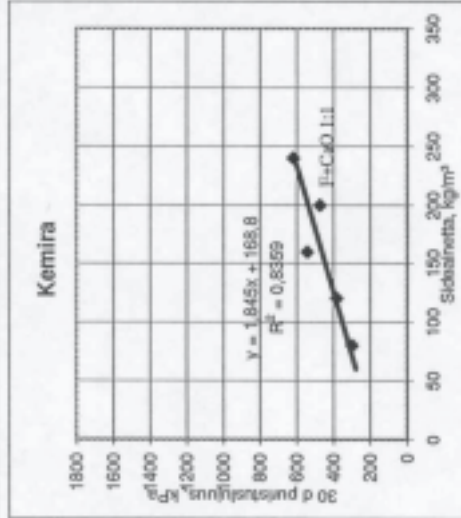
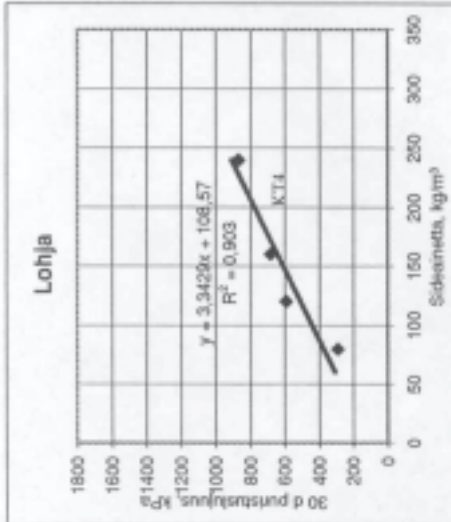
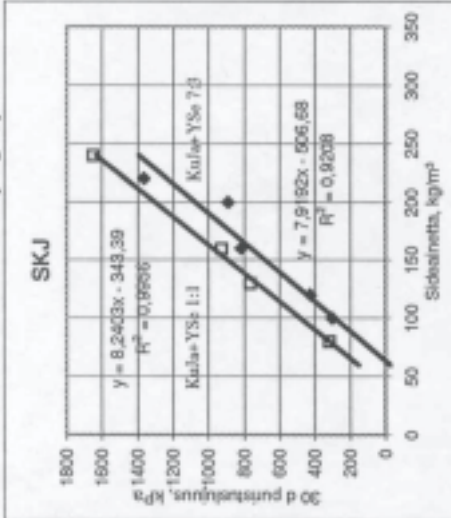
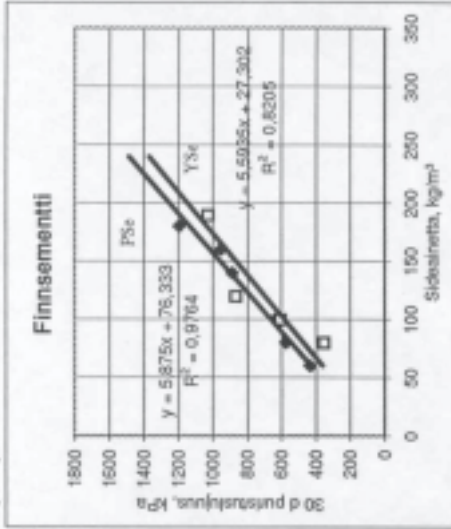
* = kuljetuskustannukset laskettu täysille kuormille

** = Raaben laivustustilojen valmistus

*** = indikaattolohinta

LIITE 3/2

Kt 51 Kirkkonummen koepenger, pilaristabilointi (Sa 1)



Millä sidosainemäärällä (kg/m³) saavutetaan tietty 30 vuorokauden puristuslujuus?

500 kPa:	kg/m³	mk/kg	mk/m³	kg/m³ max, kPa
KT4	117,1	0,398	46,6	870
Kula+YSe 7:3	127,1	0,381	48,4	1366
Kula+YSe 1:1	102,4	0,412	42,2	1648
PSe	72,1	0,45	32,4	1196
YSe	84,5	0,355	30,0	1026
PSe+CaO 1:1	150	0,523	78,5	640
YSe+CaO 1:1	150	0,475	71,3	406
F+CaO 1:1	179,5	0,445	79,9	620

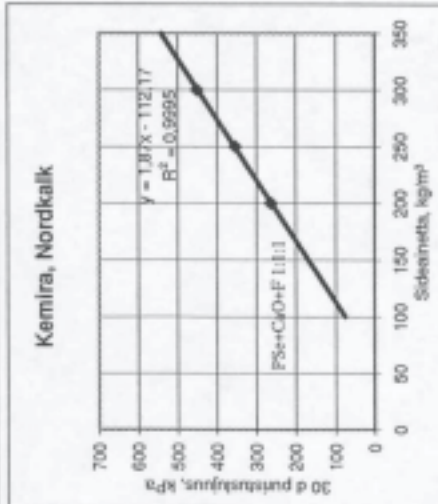
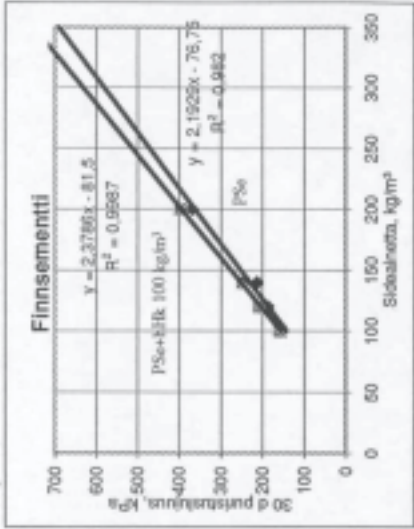
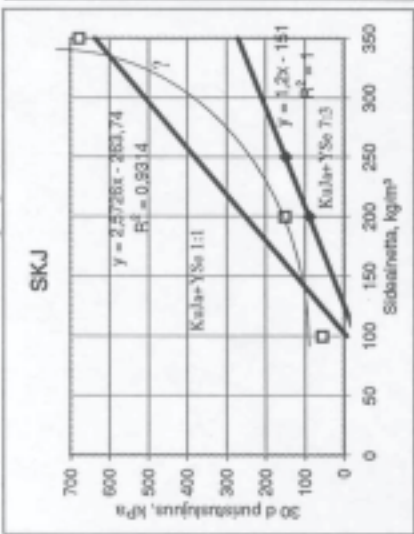
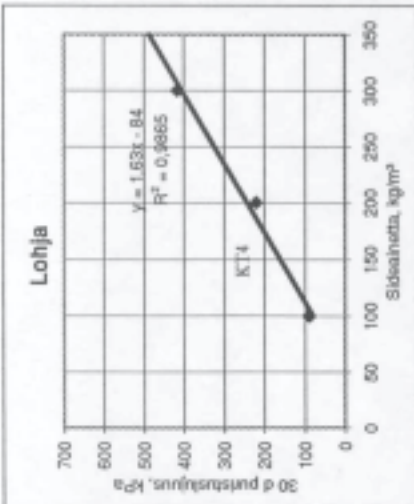
1000 kPa:	kg/m³	mk/kg	mk/m³	kg/m³ max, kPa
KT4	266,7	0,398	106,1	870
Kula+YSe 7:3	190,3	0,381	72,5	1366
Kula+YSe 1:1	163,0	0,412	67,2	1648
PSe	156,9	0,45	70,6	1196
YSe	173,9	0,355	61,7	1026
PSe+CaO 1:1	300	0,523	156,9	640
YSe+CaO 1:1	300	0,475	142,5	406
F+CaO 1:1	450,5	0,445	200,5	620

Kuinka suuri 30 d puristuslujuus saavutetaan sidosainemäärällä 200 kg/m³? (Oletetaan, että sidosainemäärän ja puristuslujuuden yhteys on suoraviivainen.)

KT4	777 kPa
Kula+YSe 7:3	1077 kPa
Kula+YSe 1:1	1305 kPa
PSe	1251 kPa
YSe	1146 kPa
PSe+CaO 1:1	650 kPa
YSe+CaO 1:1	650 kPa
F+CaO 1:1	538 kPa

LIITE 3/3

Kt 51 Kirkkonummen koepenger, massastabilointi (Tv+Lj 1:1)



Millä sideainemäärällä (kg/m³) saavutetaan tietty 30 vuorokauden puristuslujuus?

200 kPa:	kg/m ³	mk/kg	mk/m ³	300 kPa:	kg/m ³	mk/kg	mk/m ³
KT4	174,2	0,398	69,3	KT4	235,6	0,398	93,8
KaJa+YSe 7:3	292,5	0,381	111,4	KaJa+YSe 7:3	375,8	0,381	143,2
KaJa+YSe 1:1	180,3	0,412	74,3	KaJa+YSe 1:1	219,1	0,412	90,3
PSe	126,2	0,45	56,8	PSe	171,8	0,45	77,3
PSe+HhK 100 kg/m ³	118,3	0,462	54,7	PSe+HhK 100 kg/m ³	160,4	0,462	74,1
PSe+CaO+F 1:1:1	166,9	0,45	75,1	PSe+CaO+F 1:1:1	220,4	0,45	99,2

Kuinika suuri 30 d puristuslujuus saavutetaan sideainemäärällä 200 kg/m³? (Oletetaan, että sideainemäärän ja puristuslujuuden yhteys on suoraviivainen.)

KT4	242 kPa
KaJa+YSe 7:3	89 kPa
KaJa+YSe 1:1	251 kPa
PSe	362 kPa
PSe+HhK 100 kg/m ³	394 kPa
PSe+CaO+F 1:1:1	262 kPa

LIITE 3/3

LIITE 3/4

K1.51 Kirkkonummen koepenger
Aikalujuuttaminen

Pilarointi:

Ylempi savikerros (5a 1) Resepti	Toiminta Lohja	Hirsa, mkt (ois. kulj.)	60 d paristuslujuus, kPa (murtotilkeä vastaanava muodonmuutos, %)								Aikalujuuttaminen			
			60 kg/m ³	80 kg/m ³	100 kg/m ³	120 kg/m ³	130 kg/m ³	140 kg/m ³	160 kg/m ³	180 kg/m ³	200 kg/m ³	60 d lujuus / 30 d lujuus	90 d luj. / N 30 d luj.	
KT4	Lohja	398	368 (1,9)										1,25	1
KuJa+YSe 7:3	SKJ+FS	381								1198 (1,1)		1836 (1,2)	1,76	2
KuJa+YSe 1:1	SKJ+FS	412											1,36	-
FSe	FS	450		868 (1,7)									1,89	1
YSe	FS	355		750 (1,5)	1128 (1,3)	1460 (1,4)							1,43	3
PSe+CaO 1:1	FS+N	523											1,36	-
YSe+CaO 1:1	FS+N	475				634 (2,4)							1,61	1
F+CaO 1:1	K+N	445		450 (2,0)		656 (2,1)							1,60	4
													1,60	5

**** 90 d tulokset kolmen koekappaleen keskiarvoja

60 vuorokauden lujuustulokset ovat yksittäiskappaleiden arvojat.

N:t eli pisteiden lukumäärät ovat hyvin pieniä!

Massastabilointi:

Turpeen ja liejun seos 1:1 Resepti	Toiminta Lohja	Hirsa, mkt (ois. kulj.)	60 d paristuslujuus, kPa (murtotilkeä vastaanava muodonmuutos, %)								Aikalujuuttaminen			
			100 kg/m ³	120 kg/m ³	140 kg/m ³	200 kg/m ³	250 kg/m ³	300 kg/m ³	350 kg/m ³	60 d lujuus / 30 d lujuus	N			
KT4	Lohja	398												-
KuJa+YSe 7:3	SKJ+FS	381												2
KuJa+YSe 1:1	SKJ+FS	412												-
FSe	FS	455												3
PSe+hHK 100 kg/m ³	FS	462												-
PSe+CaO+F 1:1:1	FS+N+K	450												-

60 vuorokauden lujuustulokset ovat yksittäiskappaleiden arvojat.

N:t eli pisteiden lukumäärät ovat hyvin pieniä!

* = kuljetuskustannukset laskettu täydsille kuormille

** = Rasphen laivauslihojen valmistuttua

*** = indikaatiohintaa

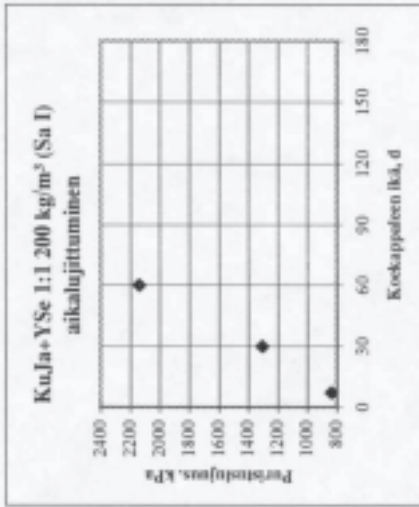
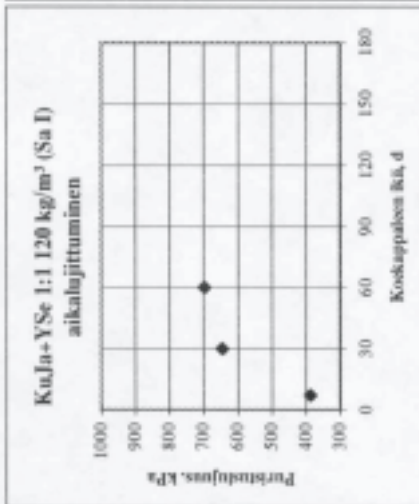
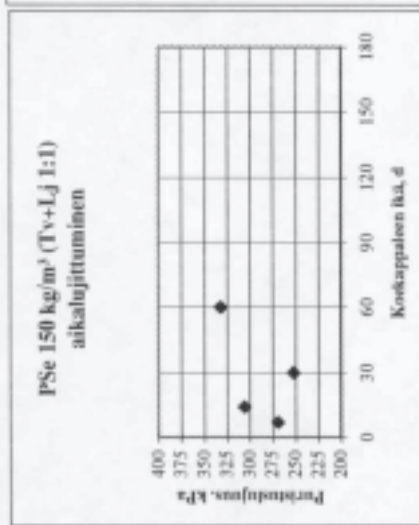
LIITE 3/4

JLa 21.11.1996

K151 Kirkkonummen koepengert
Koerakenteeseen valitut sidemaineet

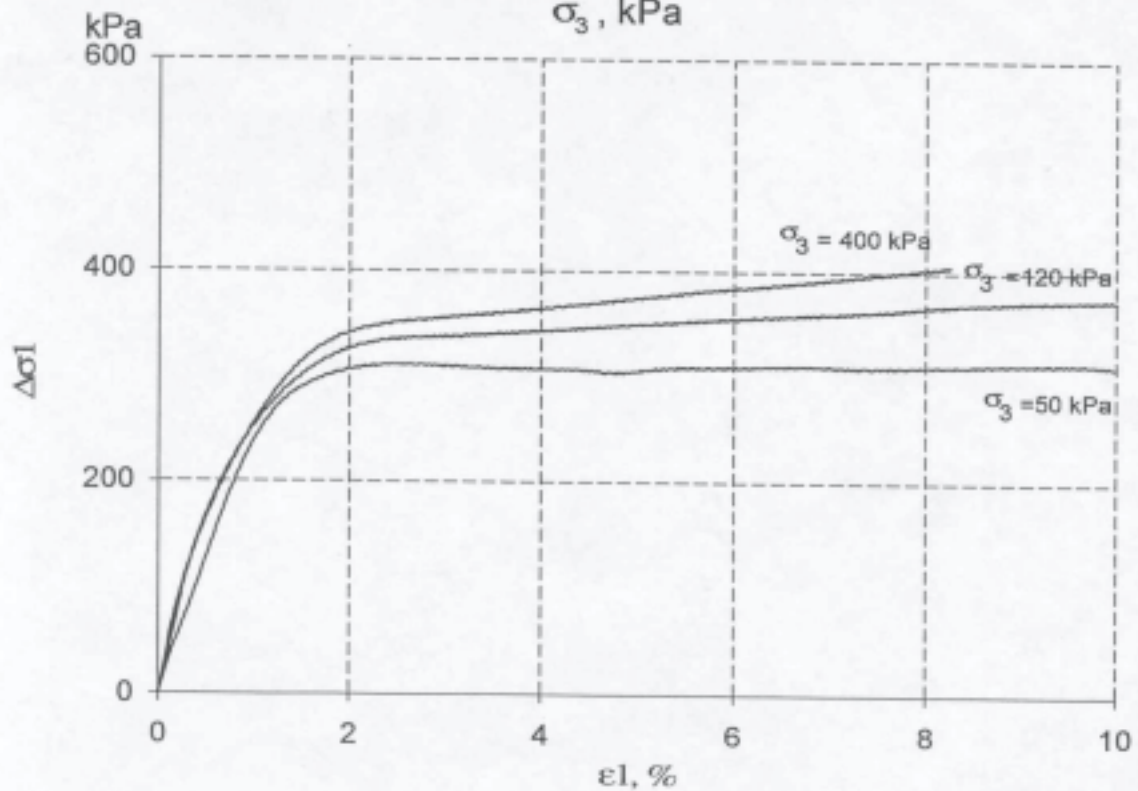
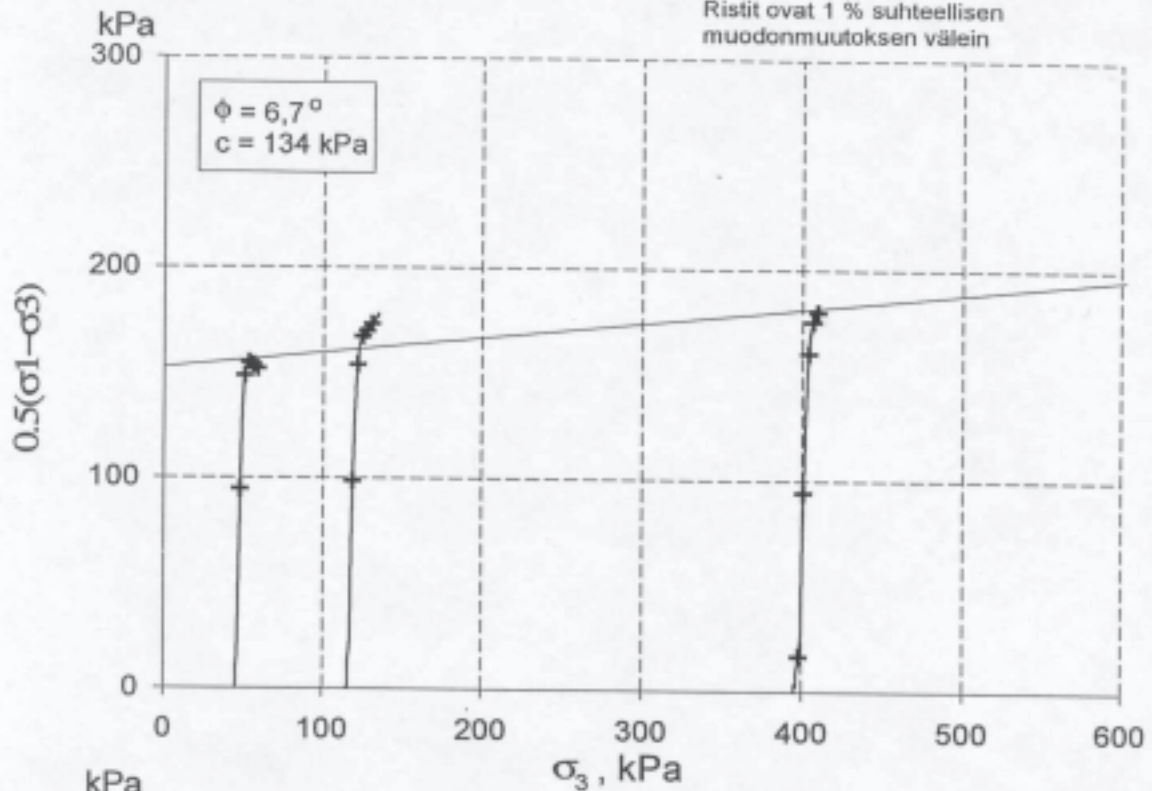
Aikalajittuminen:

Runkosaine/ Sidemaine	Määrä, kg/m ³	Puristuslujuus, kPa			
		7 d	14 d	30 d	60 d
TV+LJ 1:1 PSe	150	269	306	252	332
Sa1 Kufa+YSe 1:1	120	387		645	697
Sa1 Kufa+YSe 1:1	200	835		1305	2139



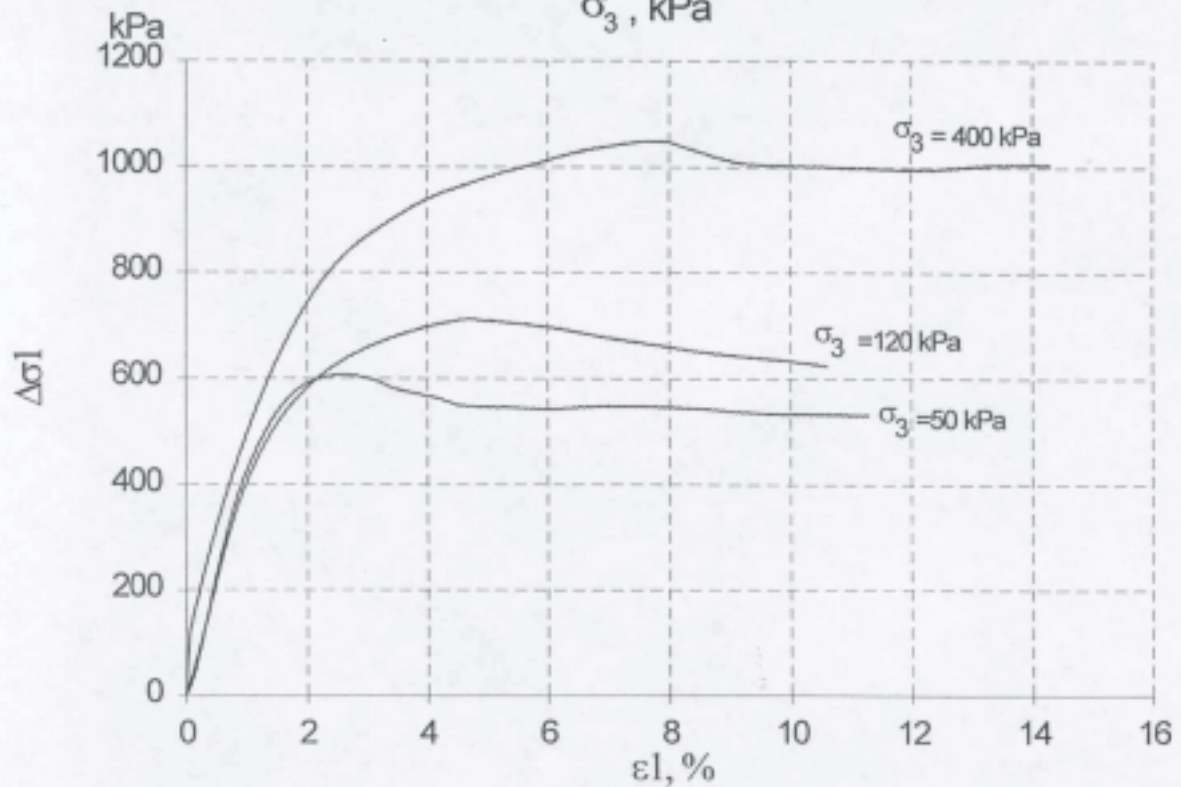
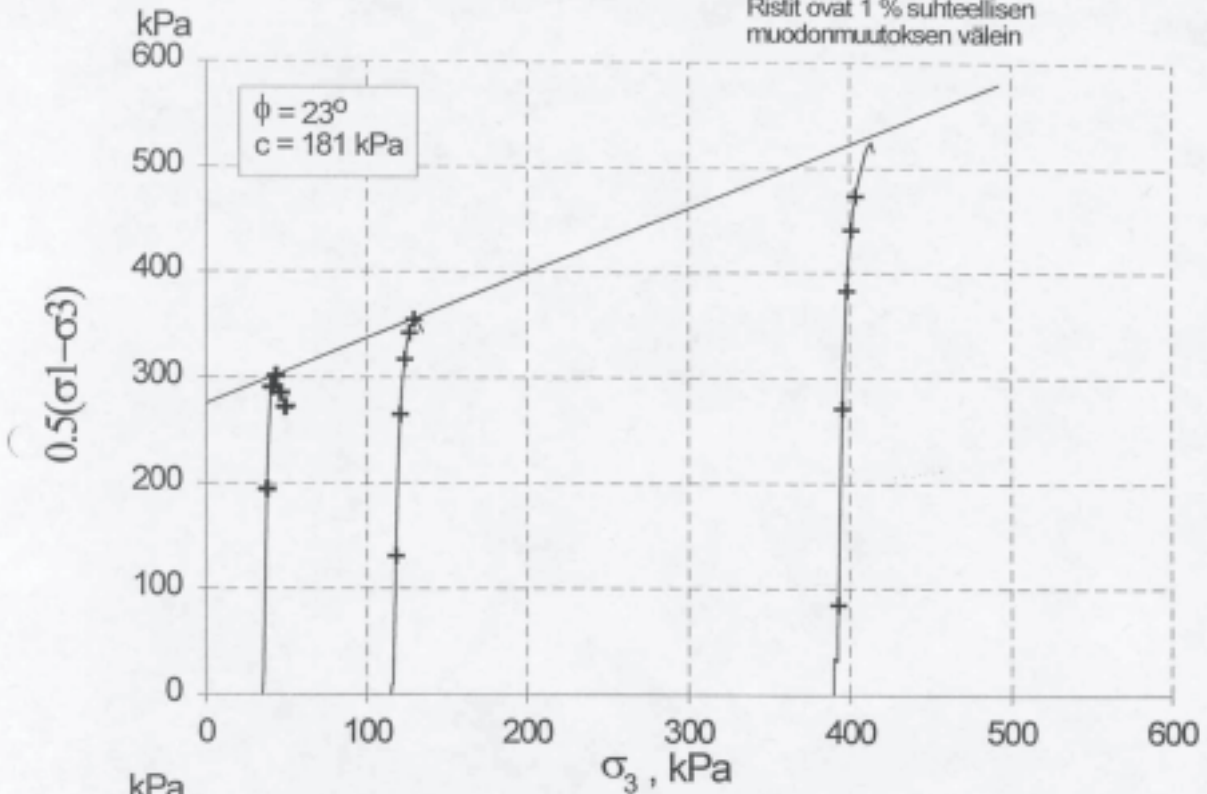
TPPT KT51 Koerakenne
PSe 150 kg/m³ - Turve + lieju 1:1

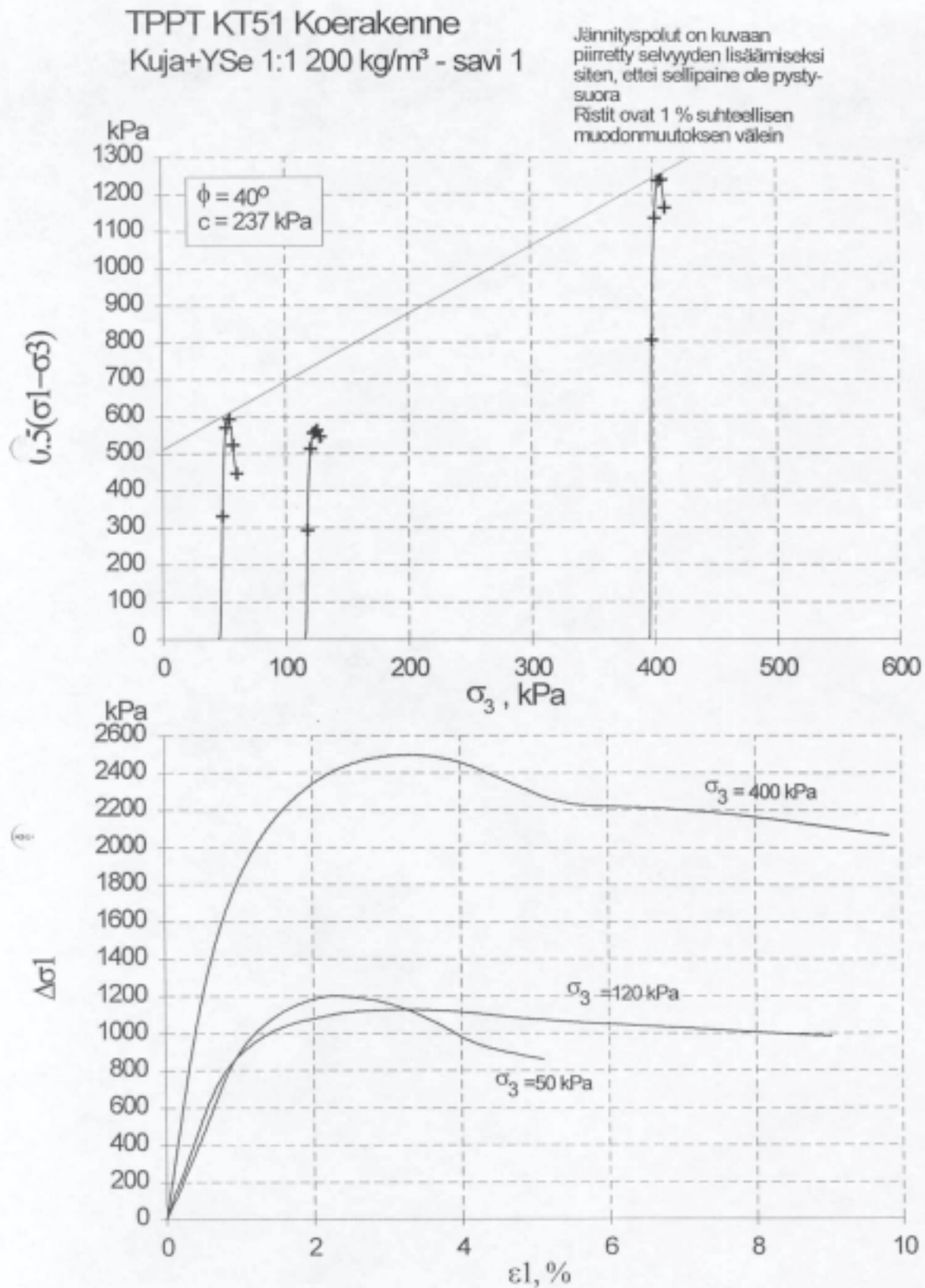
Jännityspolut on kuvaan
piirretty selvyyden lisäämiseksi
sitien, ettei sellipaine ole pysty-
suora
Ristit ovat 1 % suhteellisen
muodonmuutoksen välein



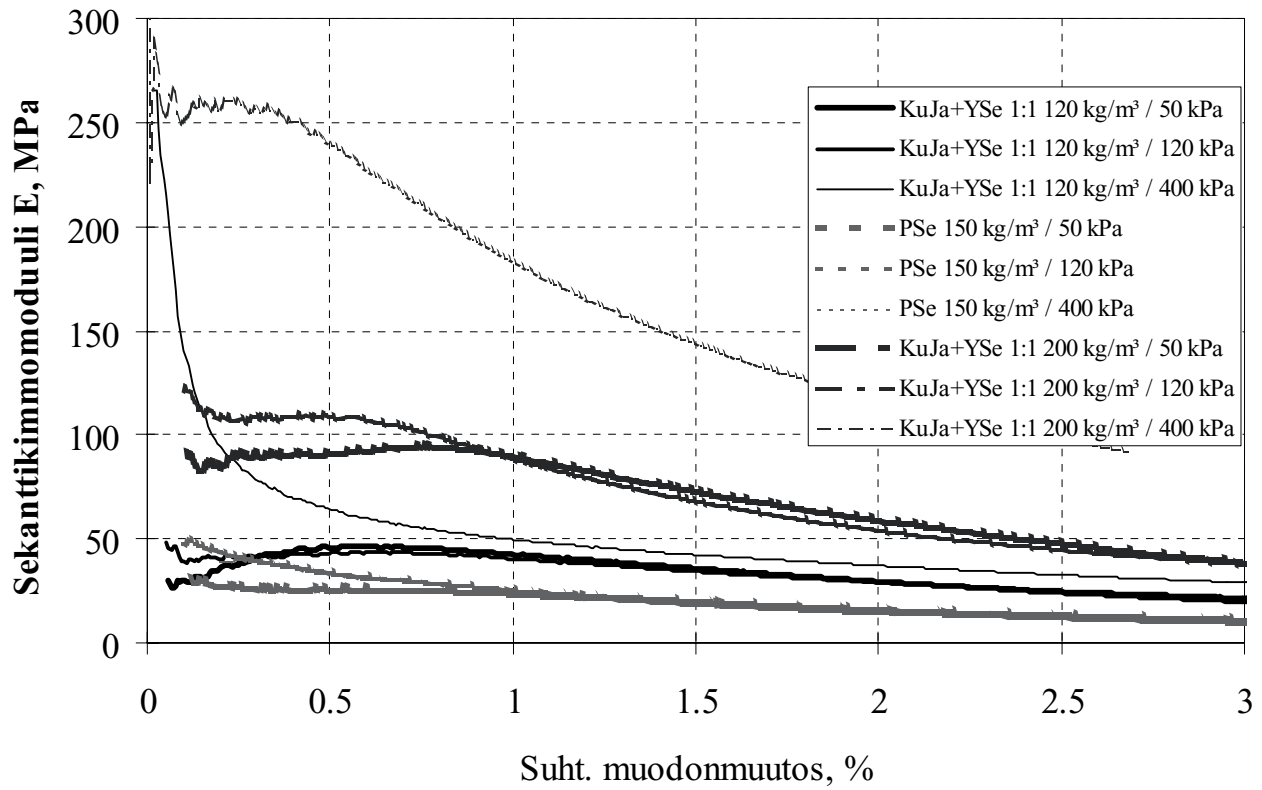
TPPT KT51 Koerakenne
Kuja+YSe 1:1 120 kg/m³ - savi 1

Jännityspolut on kuvaan
piirretty selvyyden lisäämiseksi
siten, ettei sellipaine ole pysty-
suora
Ristit ovat 1 % suhteellisen
muodonmuutoksen välein





Kolmiakselialikokeiden sekanttimoduulit



Kt 51 Kirkkonummen koepenger. Koepenkereen stabilointiteihin valittujen sideainesten kolmiaksisiaalikoeket.

KuJa+YSe 1:1 120 kg/m ³ (runkoaine savi 1)														
VTT:n lab.no	SGT:n lab. no	Ikä d	σ_3 kPa	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_d kN/m ³	H/D	E_{max} kPa	$E_{0.5\%}$ kPa	ϕ °	c kPa
8122	T-406D	60	50	103	50	206	15.06	63.0	9.24	2.04	576	458		
8123	T-406E	60	120	104	50	202	15.71	63.1	9.63	2.10	498	433	23	181
8124	T-406F	60	400	99	50	194	15.40	62.3	9.49	1.97	1123	639		

KuJa+YSe 1:1 200 kg/m ³ (runkoaine savi 1)														
VTT:n lab.no	SGT:n lab. no	Ikä d	σ_3 kPa	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_d kN/m ³	H/D	E_{max} kPa	$E_{0.5\%}$ kPa	ϕ °	c kPa
8127	T-405D	60	50	110	51	220	15.86	56.6	10.13	2.18	1054	916		
8126	T-405E	60	120	95	50	187	15.84	57.1	10.08	1.90	1143	1083	40	237
8125	T-405F	60	400	104	51	209	15.46	57.2	9.83	2.07	2696	2396		

PSe 150 kg/m ³ (runkoaine turve+liewu 1:1)														
VTT:n lab.no	SGT:n lab. no	Ikä d	σ_3 kPa	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_d kN/m ³	H/D	E_{max} kPa	$E_{0.5\%}$ kPa	ϕ °	c kPa
8128	T-401D	61	50	129	68	468	12.30	147.8	4.96	1.90	273	256		
8129	T-401E	61	120	138	68	501	12.44	152.4	4.93	2.04	419	336	6.7	134
8130	T-401F	61	400	133	68	487	12.25	152.9	4.84	1.95	380	331		

LIITE 5/1

Kt 51 Kirkkonummen koepenger

Koepilarointien ja koemassastabilointien aikaiset havainnot.

Tätä liitettä tukee liite 4 (koestabilointikarta).

-Urakoitsijakoekenttä		Poutasää.	
-YIT, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-F+CaO 1:1 120 kg/m ³			
-6.6.1996			
--15-20 mm/r, -120 r/min			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
1-16			Sideaine oli kokkareista, ks. kuva ??? Jotta urakoitsijat olisivat yhdenvertaisessa asemassa, YIT tuli tekemään uuden koepilarikentän 18.6.

Vahingosta viisastuttiin, ja nyt kaikille urakoitsijoille toimitettiin sideaine samasta erästä.

-Urakoitsijakoekenttä		Sataa tihuutti.	
-Piippo&Pakarinen, sekoituskärjen halkaisija 630 mm			
-F+CaO 1:1 120 kg/m ³			
-1.7.1996			
--12 mm/r, -150 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
29	33,7	2,6	
30	34,5	"	
25	34,5	"	
26	35,0	"	
31	35,6	"	
32	34,2	"	
27	34,2	"	
28	35,6	"	
21	33,8	"	
22	35,6	"	
23	35,2	"	
24	34,6	"	
17	36,4	"	
18	36,5	"	
19	34,3	"	Nousunopeus erityispyynnöstä -6...6,5 mm/r.
20	34,3	"	Nousunopeus erityispyynnöstä -6...6,5 mm/r.

-Urakoitsijakoekenttä		Aurinko paistoi.	
-Sillanpää, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-F+CaO 1:1 120 kg/m ³			
-12.6.1996			
--9 mm/r, -130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
45	44,2	3,0	
46	38,0	"	
47	35,4	"	
48	34,9	"	
41	34,5	"	
42	34,0	"	
43	34,5	"	
44	34,1	"	
37	34,3	"	
38	35,4	"	
39	34,0	"	
40	34,4	"	
33	34,5	"	
34	35,3	"	
35	33,4	"	
36	34,3	"	

-Urakoitsijakoekenttä		Poutaslä.	
-YIT, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-F+CaO 1:1 120 kg/m ³			
-18.6.1996			
--15-20 mm/r, -120 r/min			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
61	39,0	2,7	
62	39,1	"	
63	39,1	"	
64	?	"	* Säiliöraportti puuttuu.
57	38,6	"	* Syöttöhäiriö 2 m ja 7 m syvyyksillä.
58	39,3	"	
59	39,0	"	
60	39,1	"	
53	39,2	"	
54	39,1	"	* Syöttöhäiriö 4 m syvyydellä.
55	39,2	"	* Kiviä
56	39,1	"	
49	39,2	"	
50	38,5	"	
51	39,1	"	
52	39,0	"	* Kiviä

LIITE 5/3

-Sideainekoekenttä, puolilujat pilarit Aurinko paistoi.			
-Sillanpää, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-F+CaO 1:1 180 kg/m ³			
-12.6.1996			
--9 mm/r, -130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
80	52,2	3,0	
93	50,2	"	
94	51,1	"	
76	51,7	"	
89	53,1	"	
90	53,0	"	
72	52,2	"	
85	51,3	"	Kivi pinnassa.
86	51,0	"	
68	51,1	"	
81	51,8	"	
82	52,7	"	

-Sideainekoekenttä, puolilujat pilarit Sataa tihutteli, joskaan ei jatkuvasti.			
-Sillanpää, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-KT4 117 kg/m ³			
-12.6.1996			
--9 mm/r, -130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
77	27,2	2,5	Sideaineen syöttöreikä tukkeutui näin pienellä paineella. Pilaria ei tehty uudestaan.
78	36,6	2,7	
79	33,5	"	
73	32,6	"	
74	33,9	"	
75	33,9	"	
69	34,4	"	
70	36,3	"	Tukos, joka aukesi.
71	34,8	"	
65	32,9	"	
66	33,5	"	
67	33,5	"	

-Sideainekoekenttä, lujat pilarit Aurinko paistoi.			
-Sillanpää, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-YSe 190 kg/m ³			
-11.6.1996			
-9 mm/r, -130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
95	57,6	2,2	
96	55,3	2,2 -> 3,1	Tukos, sekoituskärki piti nostaa ylös ja rassata reikä auki. Pilari tehtiin uudestaan.
109	54,8	3,1	
91	54,5	"	
92	55,0	"	
105	55,4	"	
87	54,3	"	
88	55,4	"	
101	56,2	"	
83	54,4	"	
84	58,2	"	
97	54,2	"	

-Sideainekoekenttä, lujat pilarit Aurinko paistoi.			
-Sillanpää, sekoituskärjen halkaisija 600 mm			
-KuJa+YSe 1:1 166 kg/m ³			
-13.6.1996			
-9 mm/r, -130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi- järjestys	Sideaine- määrä, kg/m	Syöttö- paine, bar	Huomautuksia
110	47,8	3,0	
111	44,6	"	
112	44,9	"	
106	45,9	"	
107	46,4	"	
108	54,4	"	Tukos, joka aukesi.
102	47,6	"	
103	46,8	"	
104	46,5	"	
98	45,9	"	
99	46,4	"	
100	46,4	"	

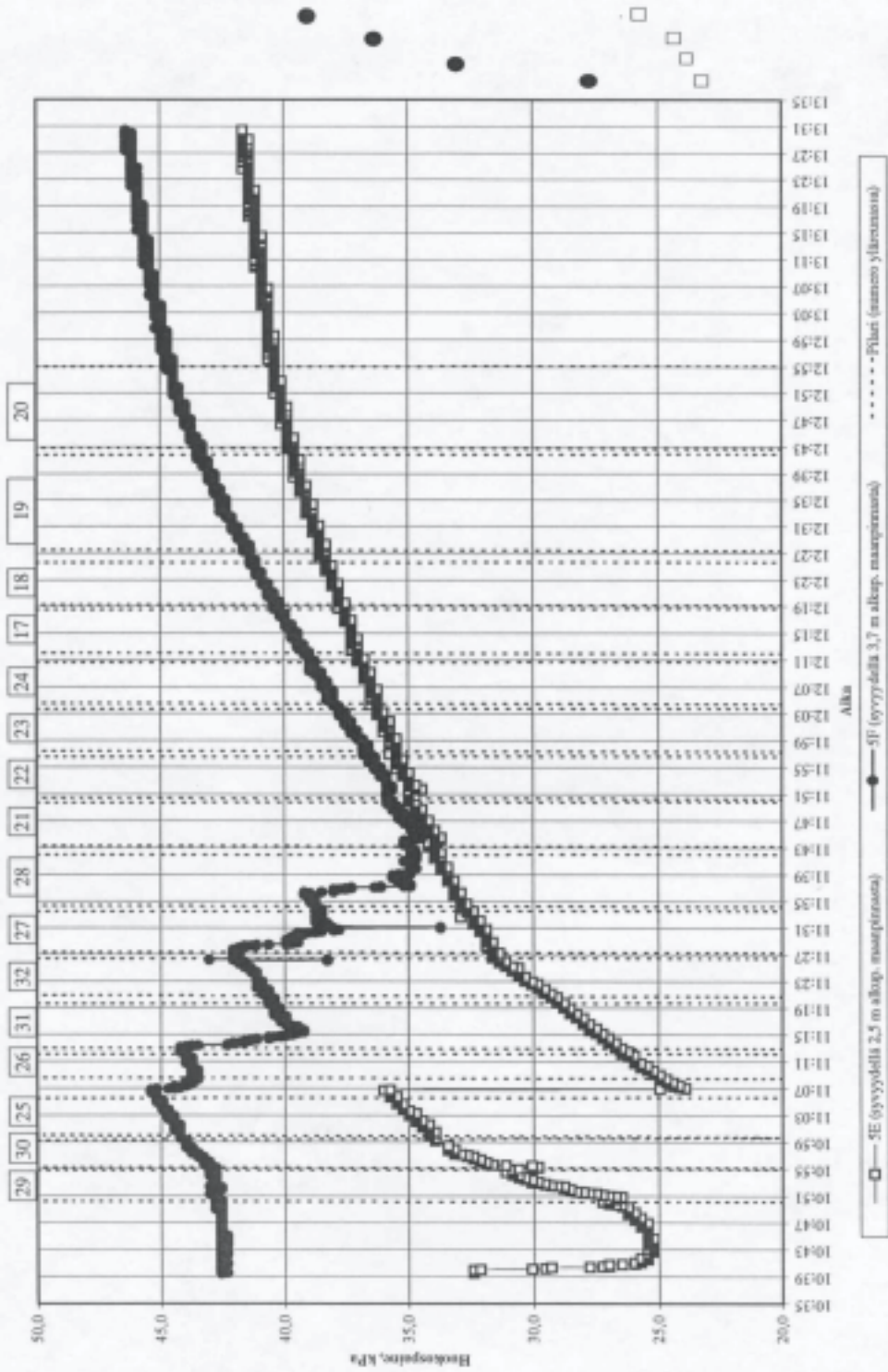
LIITE 5/5

-Sideainekoekenttä, massastabilointi Aurinko paistoi. -Sillanpää, sekoitusjärjen halkaisija 800 mm, massastabilointi liitteen ? oikean alakulman kuvan mukaisesti -PSe 172 kg/m ³ -11.6.1996 --9 mm/r, --130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi-järjestys	Sideaine-määrä, kg/m ³	Syöntö-paine, bar	Huomautuksia
104 pilaria	ka 49,5	2,2	Massastabilointi oli tällä tavalla (limitys kaksinkertainen, sekoitus kahteen kertaan) todella hidasta: noin 24 m ³ stabilointi kesti 4 h 50 min. Koekentän alkupäässä (siis työmaatiestä kauempana olevalla osuudella) joku/jotkut pilaririvit tulivat tehtyä kahteen kertaan, siis sideainetta on sillä alueella liikaa. Virhe huomattiin puolivälissä ja työmaatiestä lähempänä oleva puolisko meni suunnitelmien mukaisesti. Massastabiloinnin päälle levitettiin suodatinkangas ja 0,7 m hiekkapeti stabilointia seuraavana aamuna.

-Sideainekoekenttä, massastabilointi Aurinko paistoi. -Sillanpää, sekoitusjärjen halkaisija 800 mm, massastabilointi liitteen ? oikean alakulman kuvan mukaisesti -KuJa+YSe 1:1 161 kg/m ³ -13.6.1996 --9 mm/r, --130 r/min ellei toisin mainita			
Pilarointi-järjestys	Sideaine-määrä, kg/m ³	Syöntö-paine, bar	Huomautuksia
72 pilaria	ka 55,9	2,2	Massastabilointi oli jo selvästi nopeampaa, kun systeemi oli toissapäivänä opeteltu: noin 23 m ³ stabilointi kesti 2 h 35 min. Tämä kohta oli PSe-koemassastabilointikenttää märempi, pumppauksesta huolimatta. Lähempänä työmaatiestä oleva puolisko oli metsän puoleista puoliskoa kuivempi. Massastabiloinnin päälle levitettiin suodatinkangas ja 0,7 m hiekkapeti stabilointia seuraavana aamuna.

LIITE 6

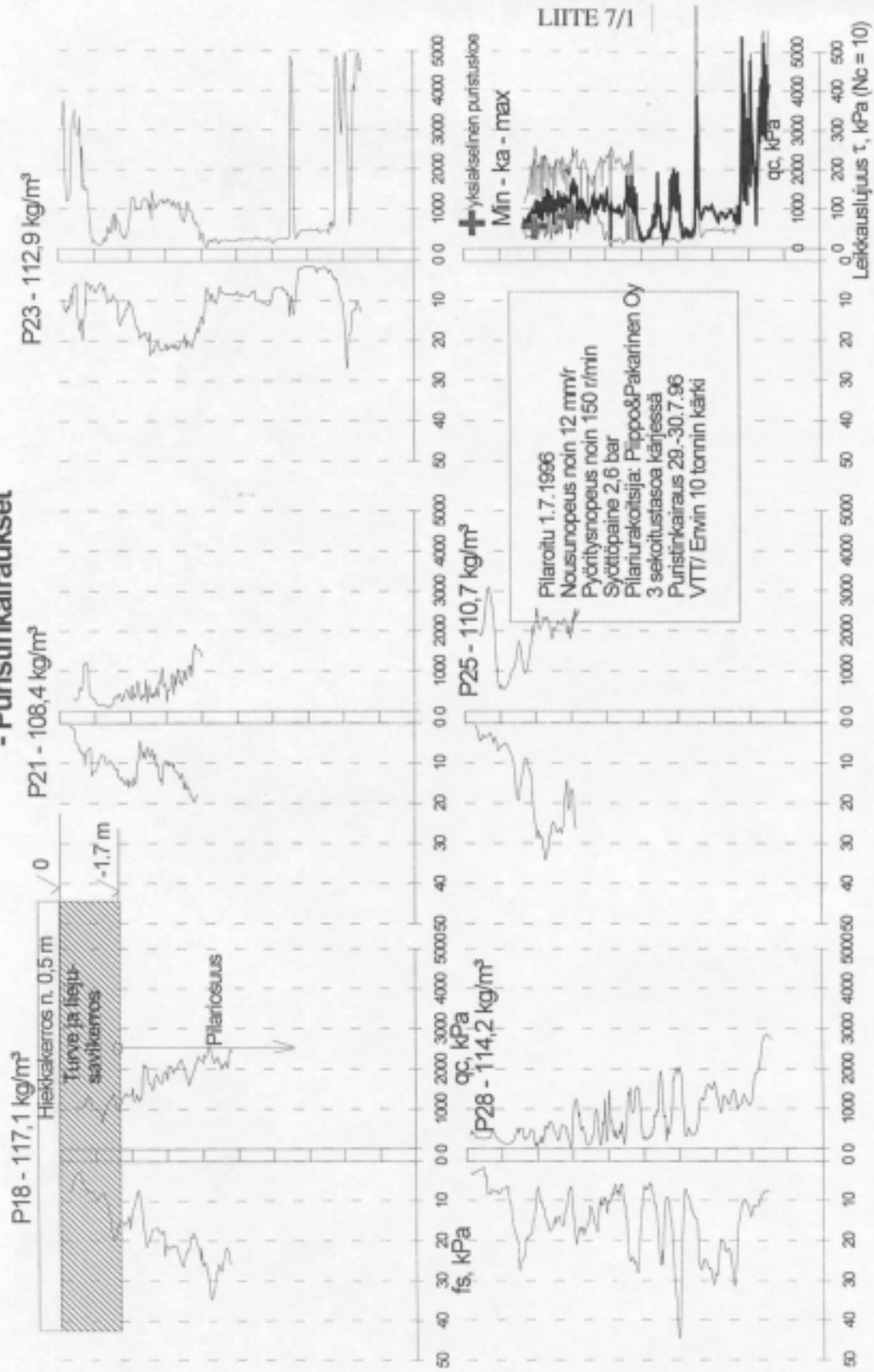
Huokospainemittaukset pilaroinnin aikana 1.7.1996 sekä neljänä myöhempää ajankohdana (16.7., 29.7., 5.8. ja 12.9.1996).



LIITE 6

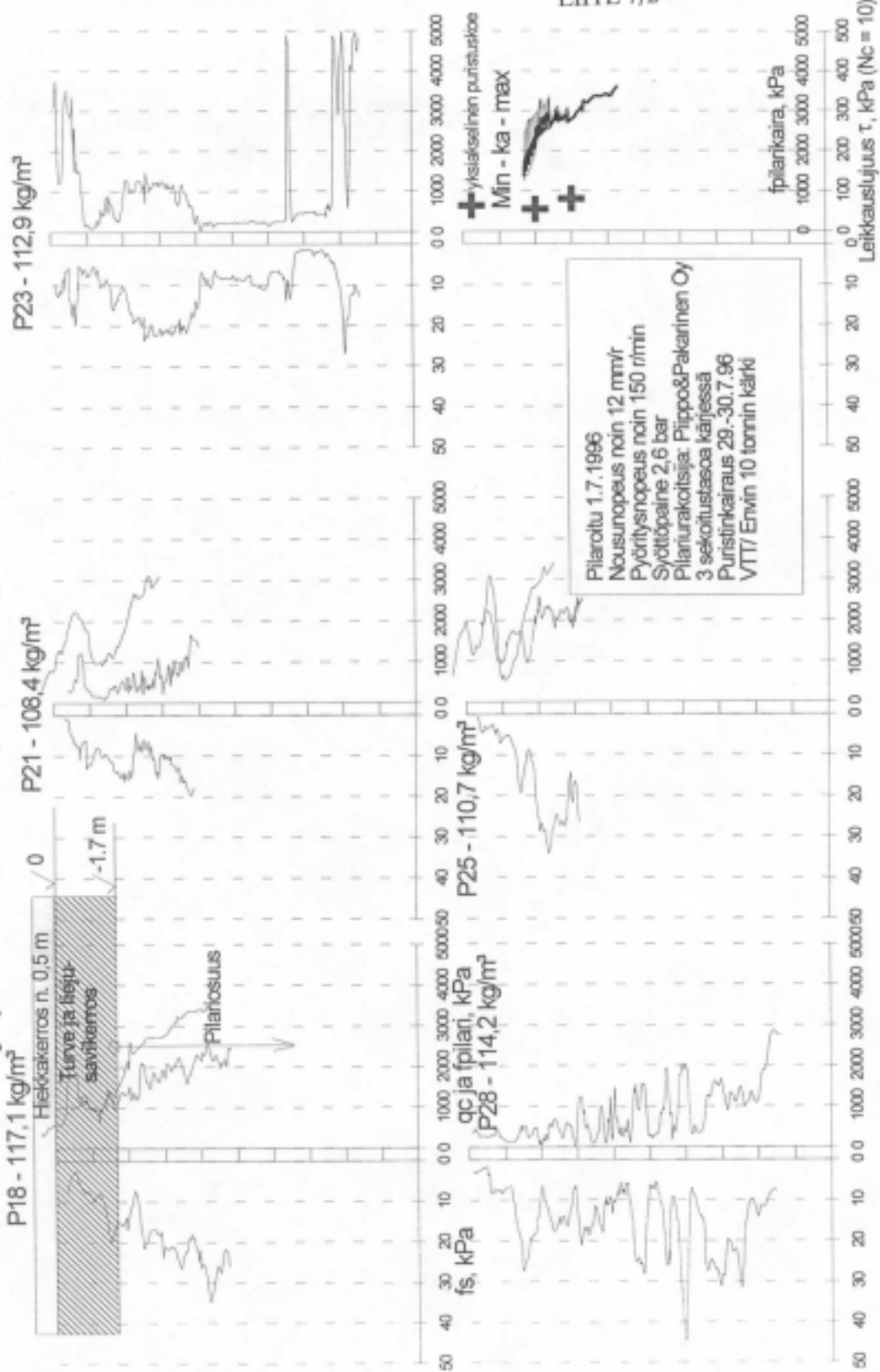
URAKOITSIJOIDEN KOEKENTÄ (D600 mm): Piippo & Pakarinen: Finnstabi + CaO 1:1
- Puristinkairaukset

LIITE 7/1



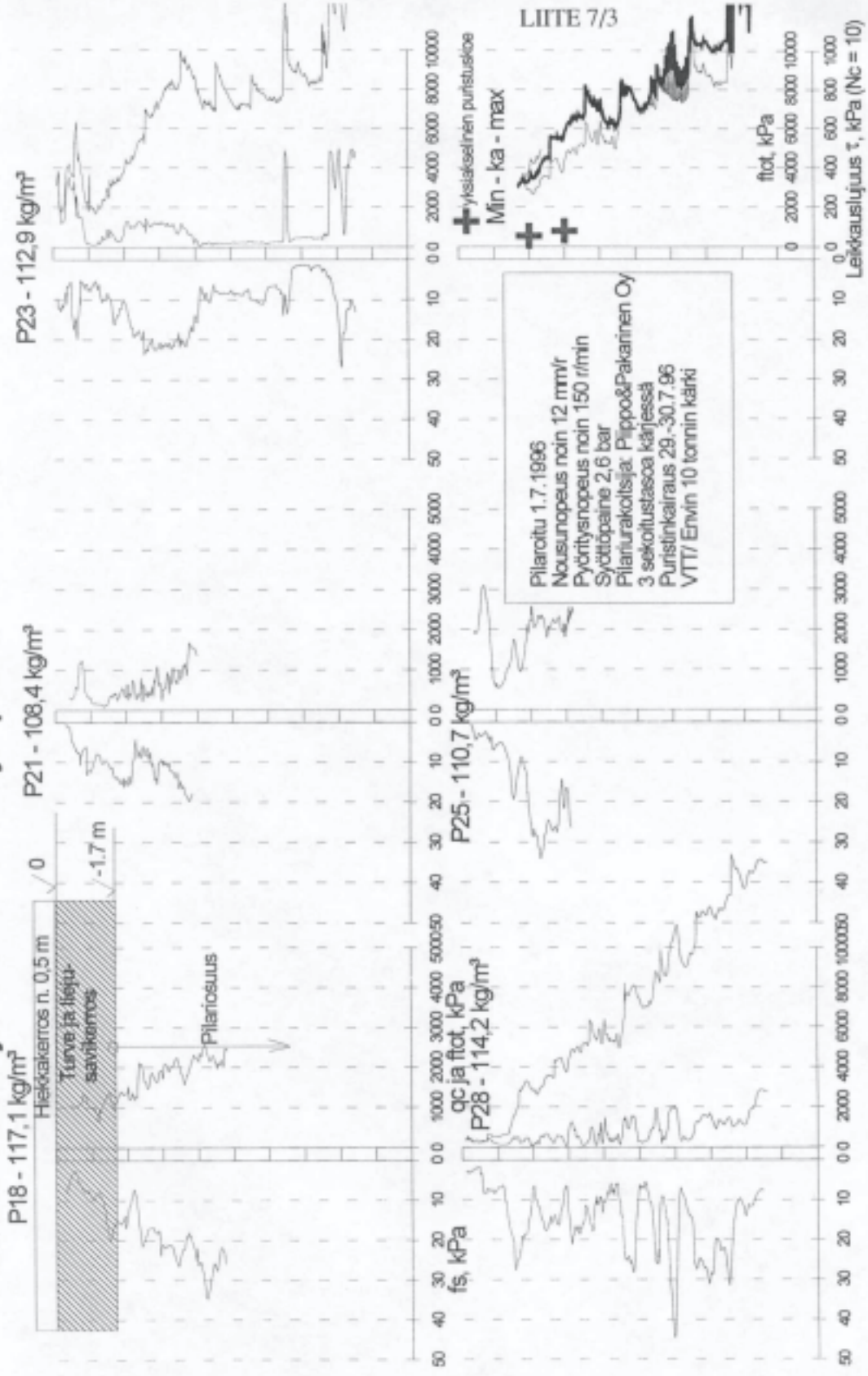
URAKOITSIJOIDEN KOEKENTTÄ (D600 mm): Piippo & Pakarinen: Finnstabi + CaO 1:1
Puristinkairaukset ja pilarikairausvastus (mitattu tangoston yläpäästä)

LIITE 7/2



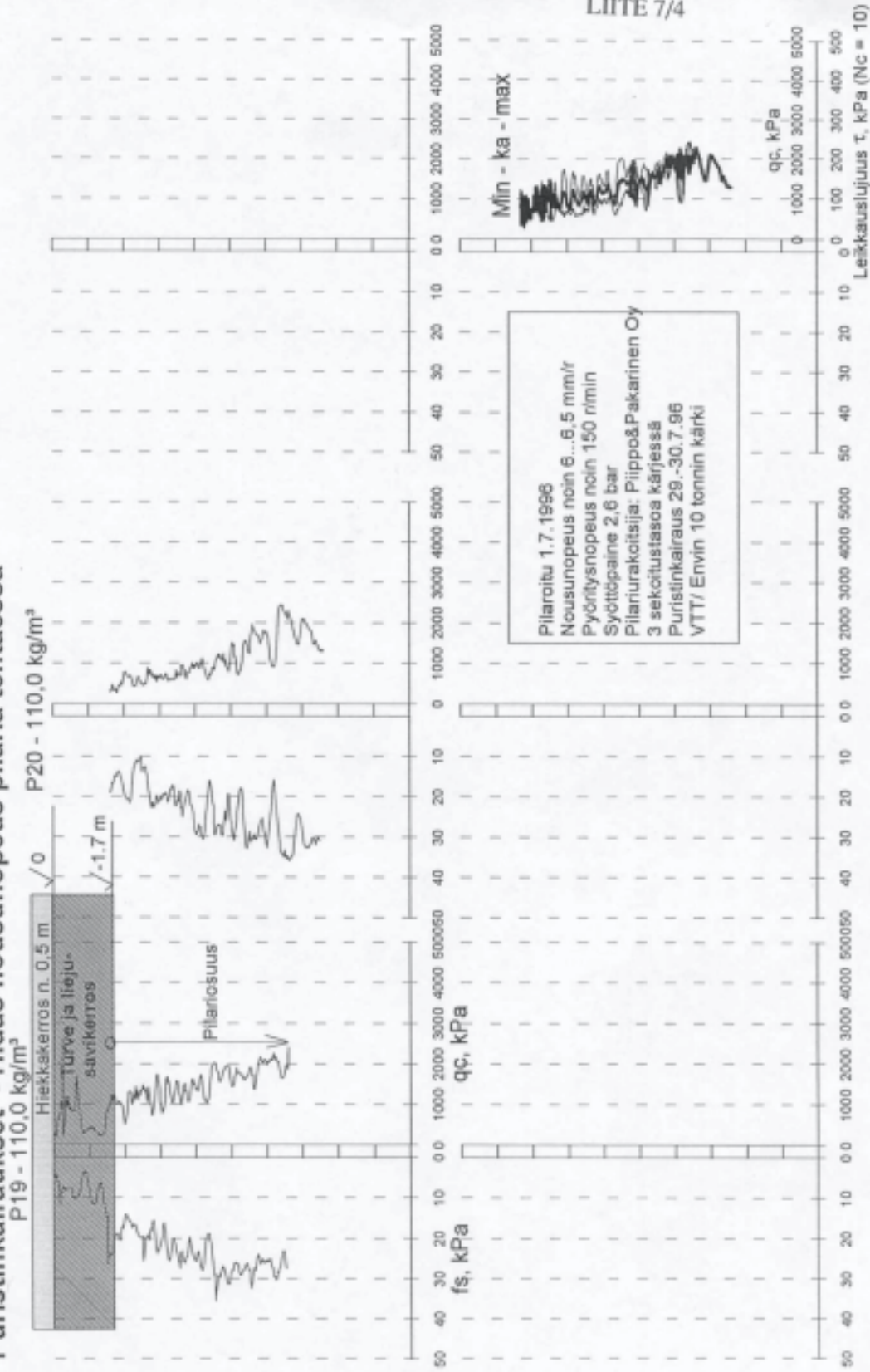
URAKOITSUJOIDEN KOEKENTTÄ (D600 mm): Piiippo & Pakarinen: Finnstabi + CaO 1:1
Puristinkairaukset ja kokonaisvoima/kärjen pinta-ala

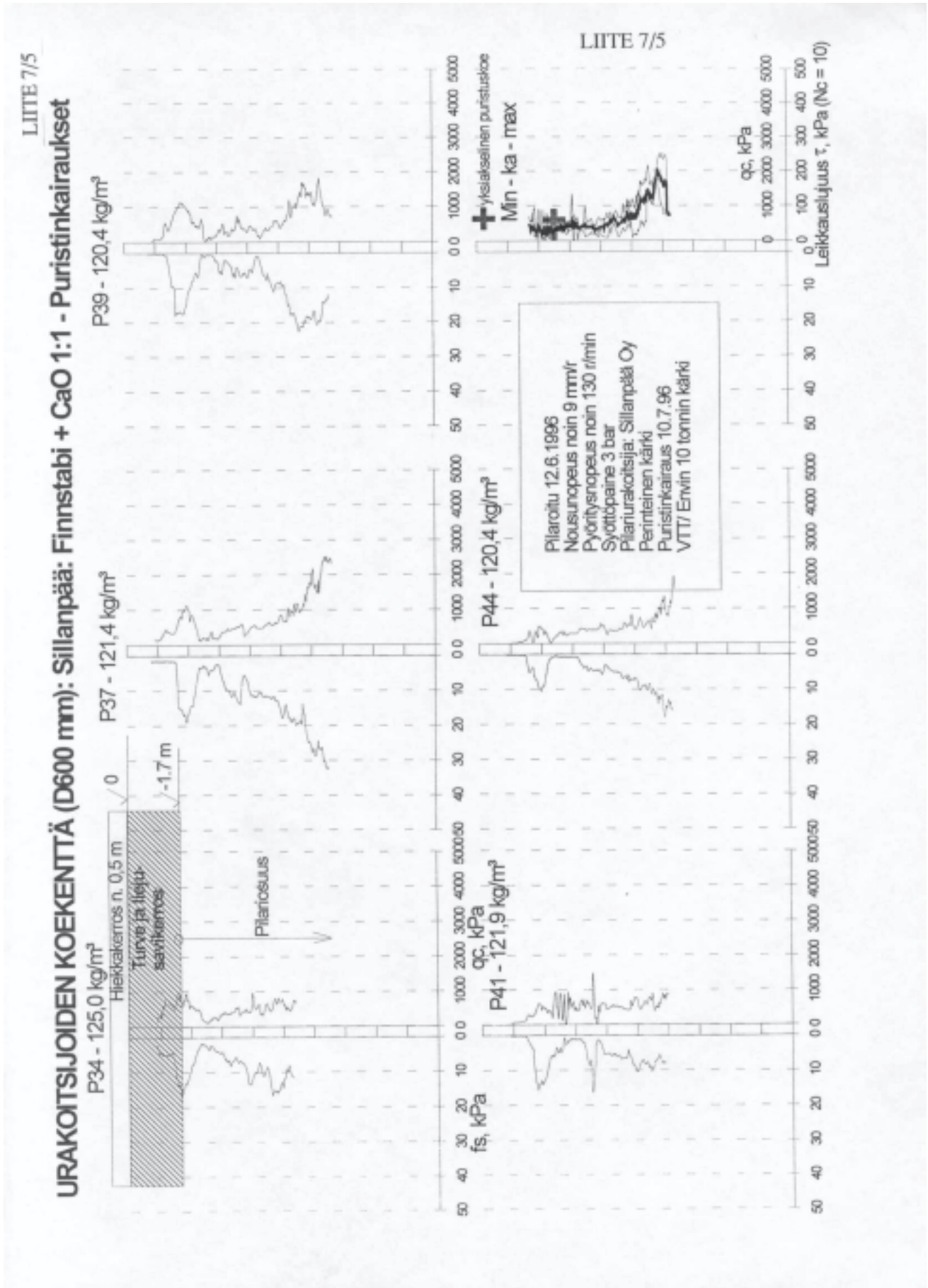
LIITE 7/3



URAKOITSIJOIDEN KOEKENTTÄ (D6000 mm): Piippo & Pakarinen: Finnstabi + CaO 1:1 - LIITE 7/4

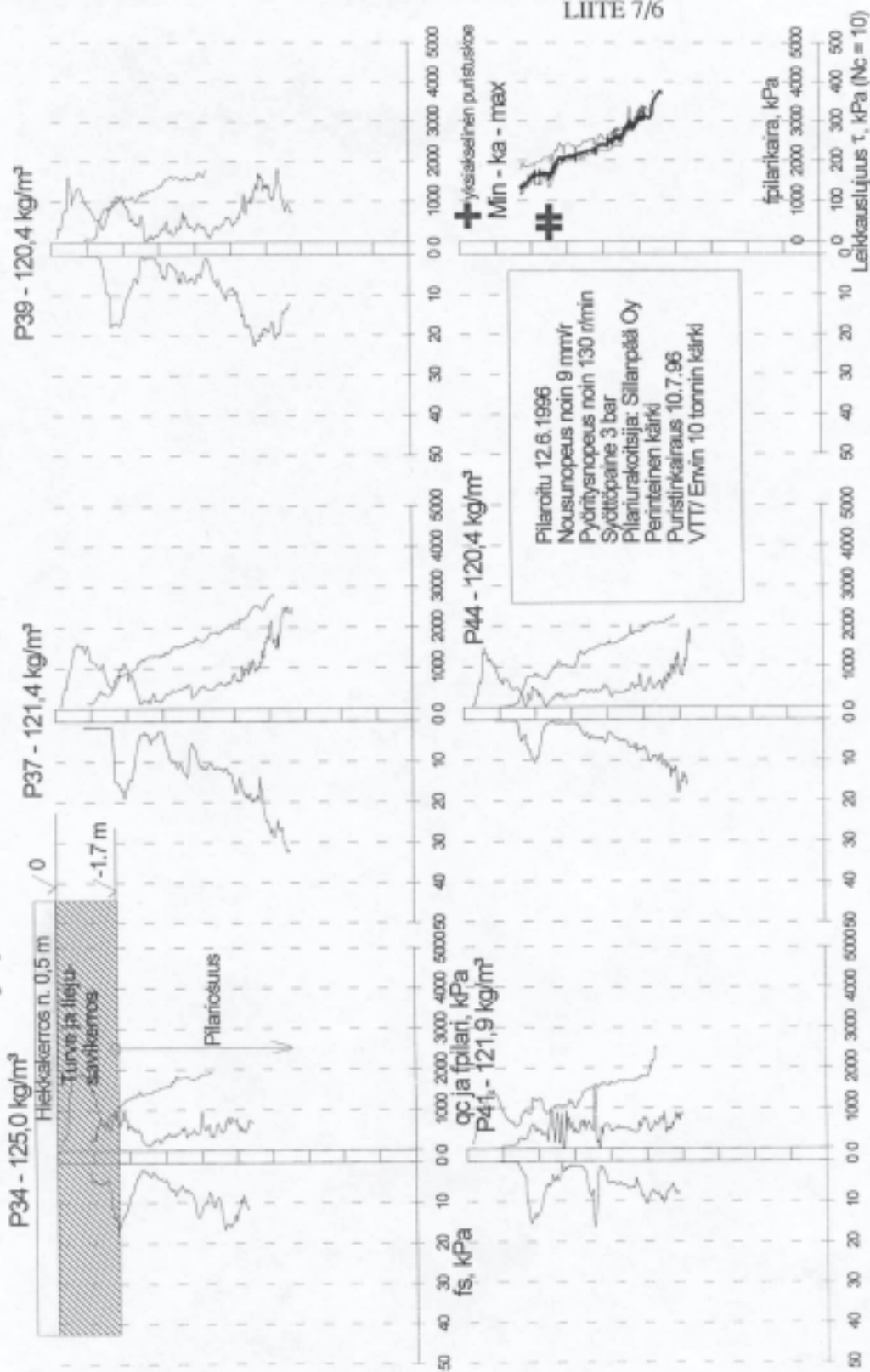
Puristinkairaukset - Hidas nousunopeus pilaria tehtäessä

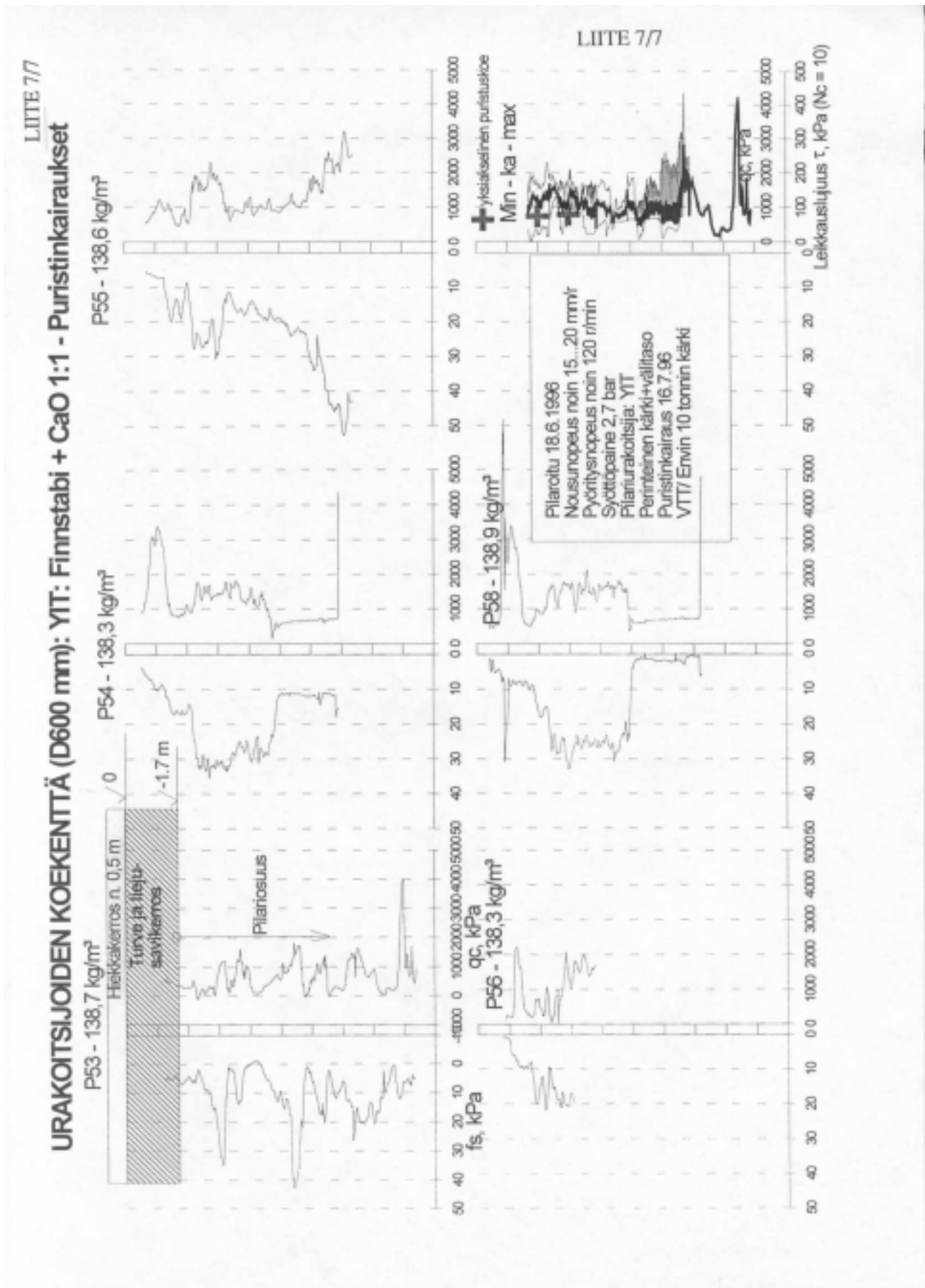


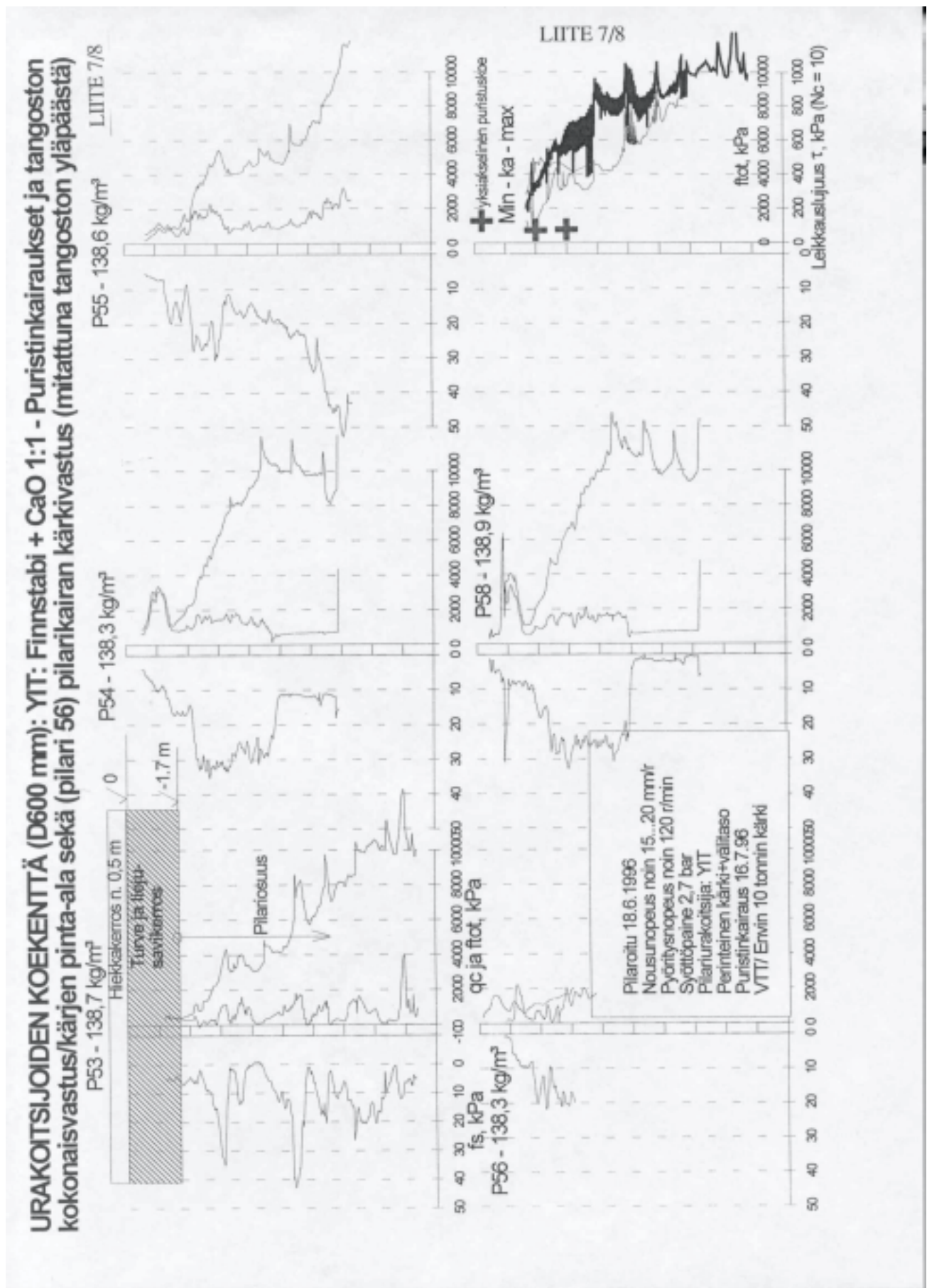


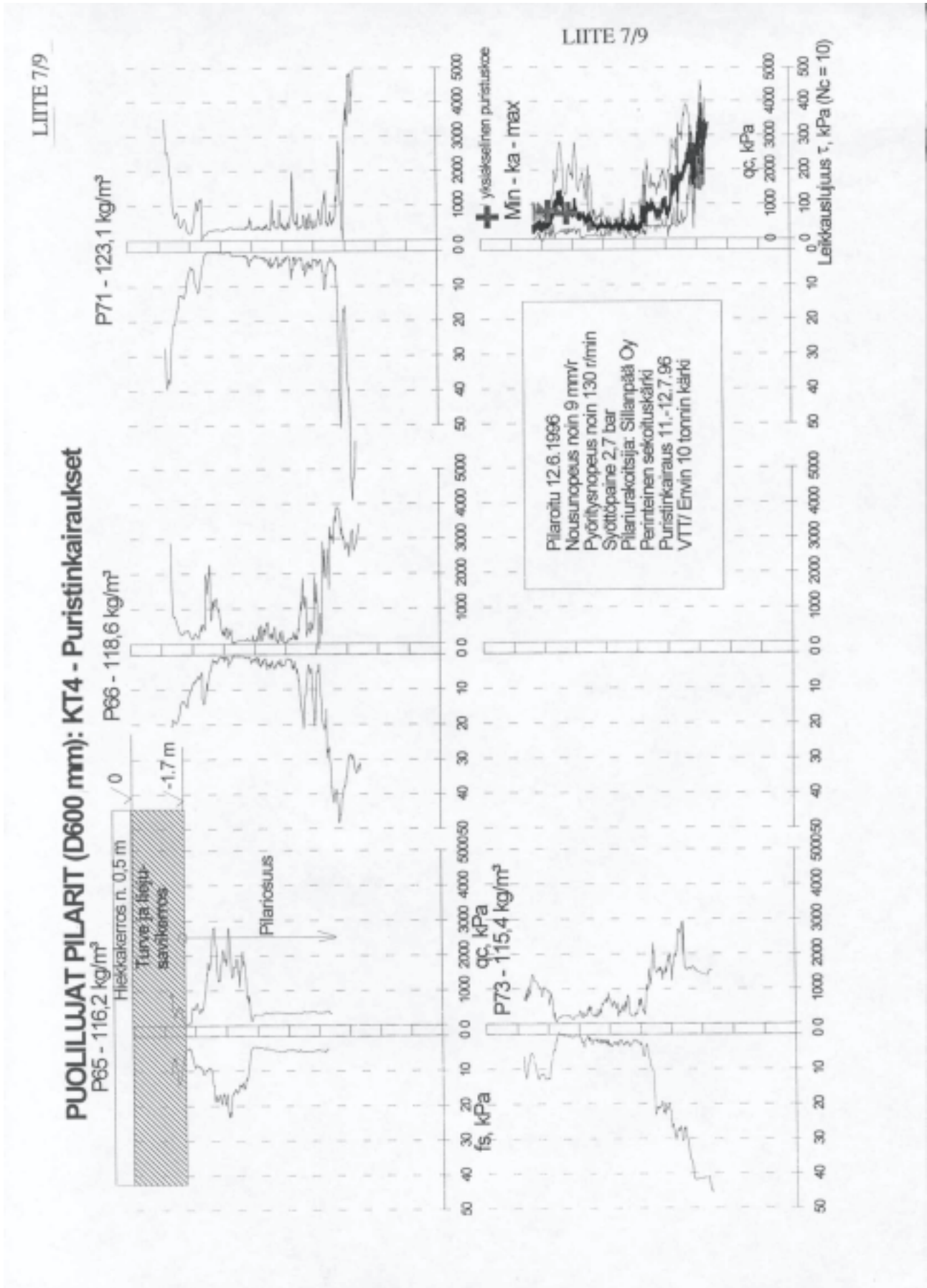
URAKOITSUJOIDEN KOEKENTTÄ (D600 mm): Sillanpää: Finnstabi + CaO 1:1
Puristinkairaukset ja pilarikairan kärkivastus (mitattu tangoston yläpäästä)

LIITE 7/6



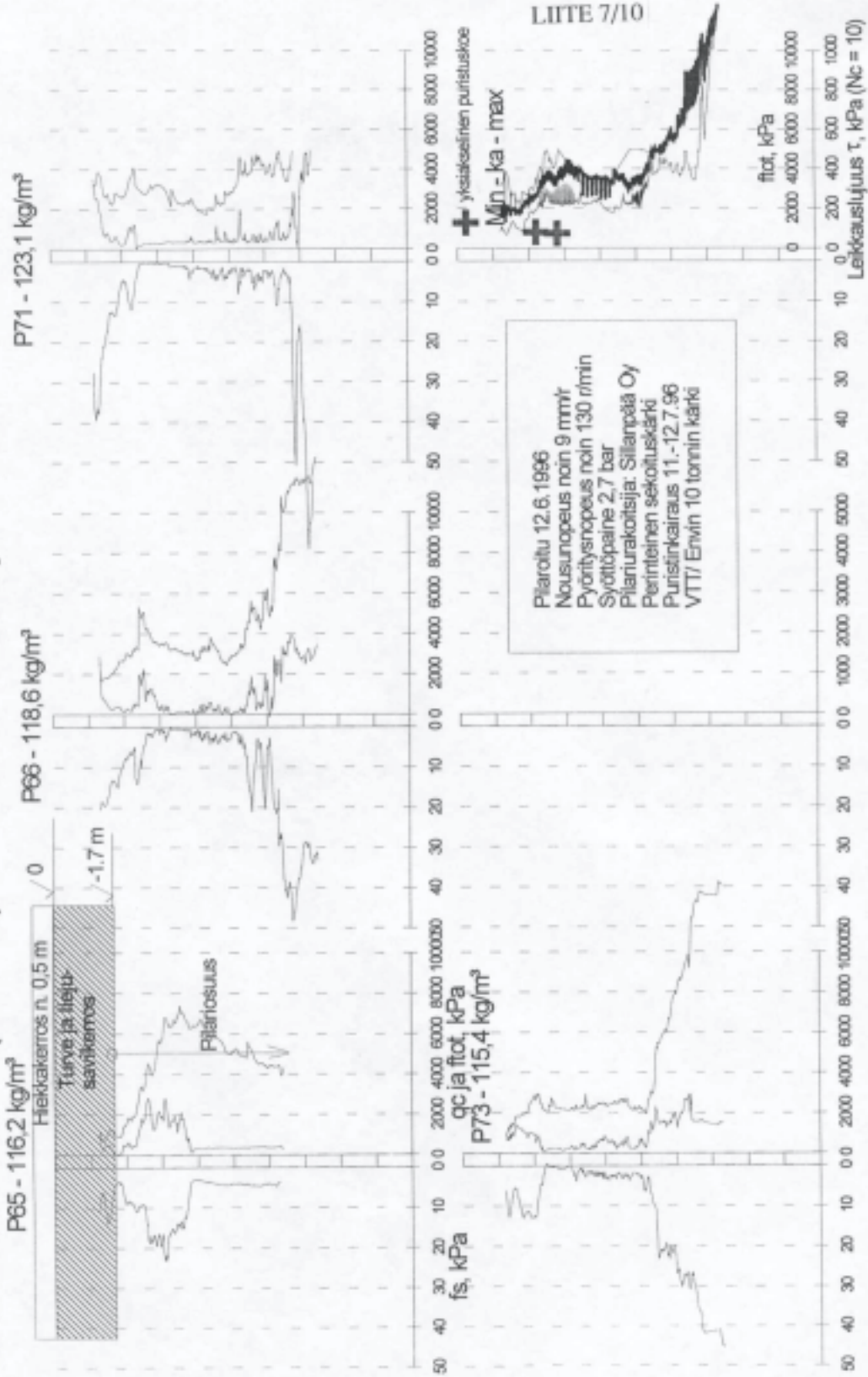


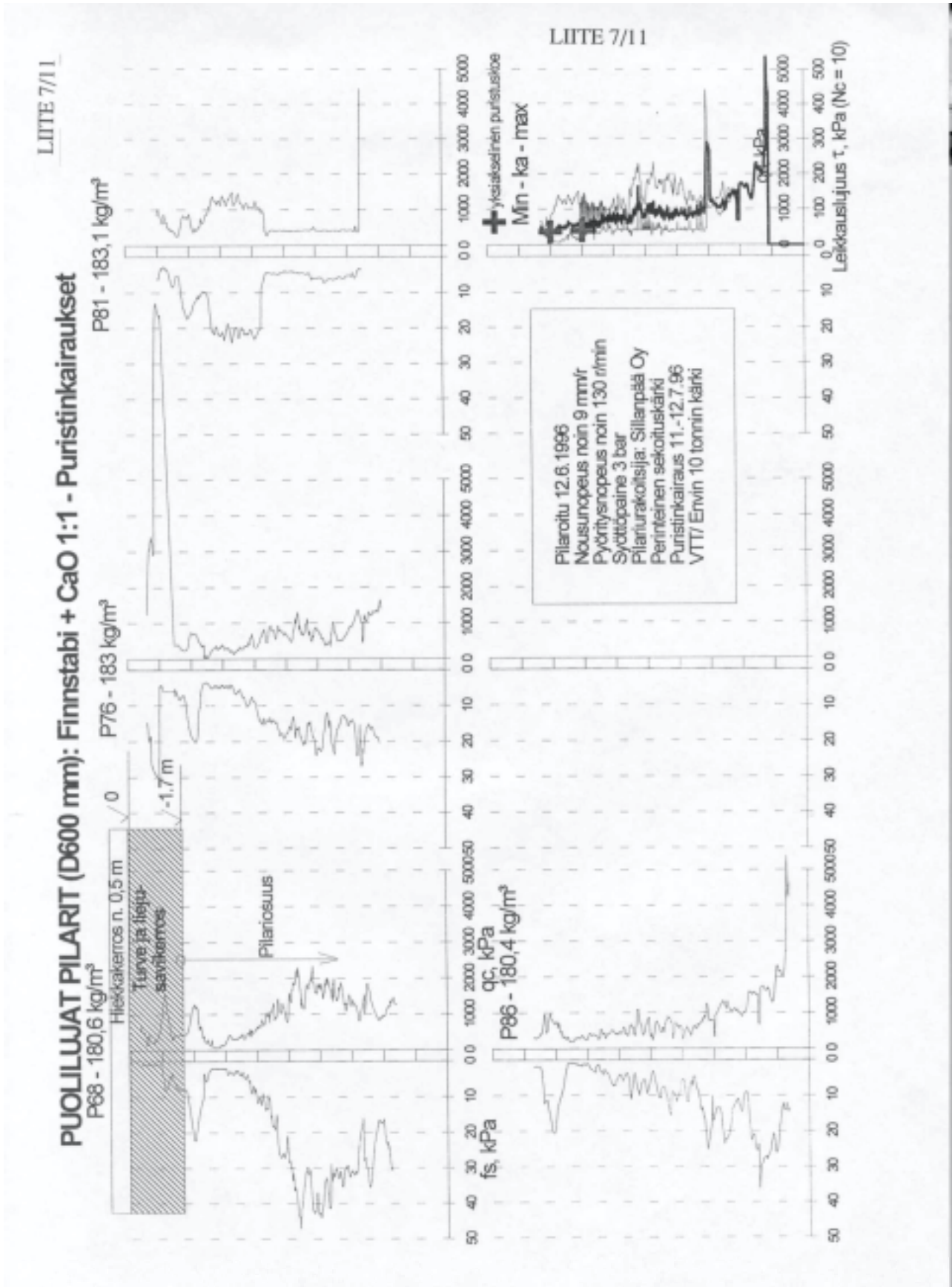


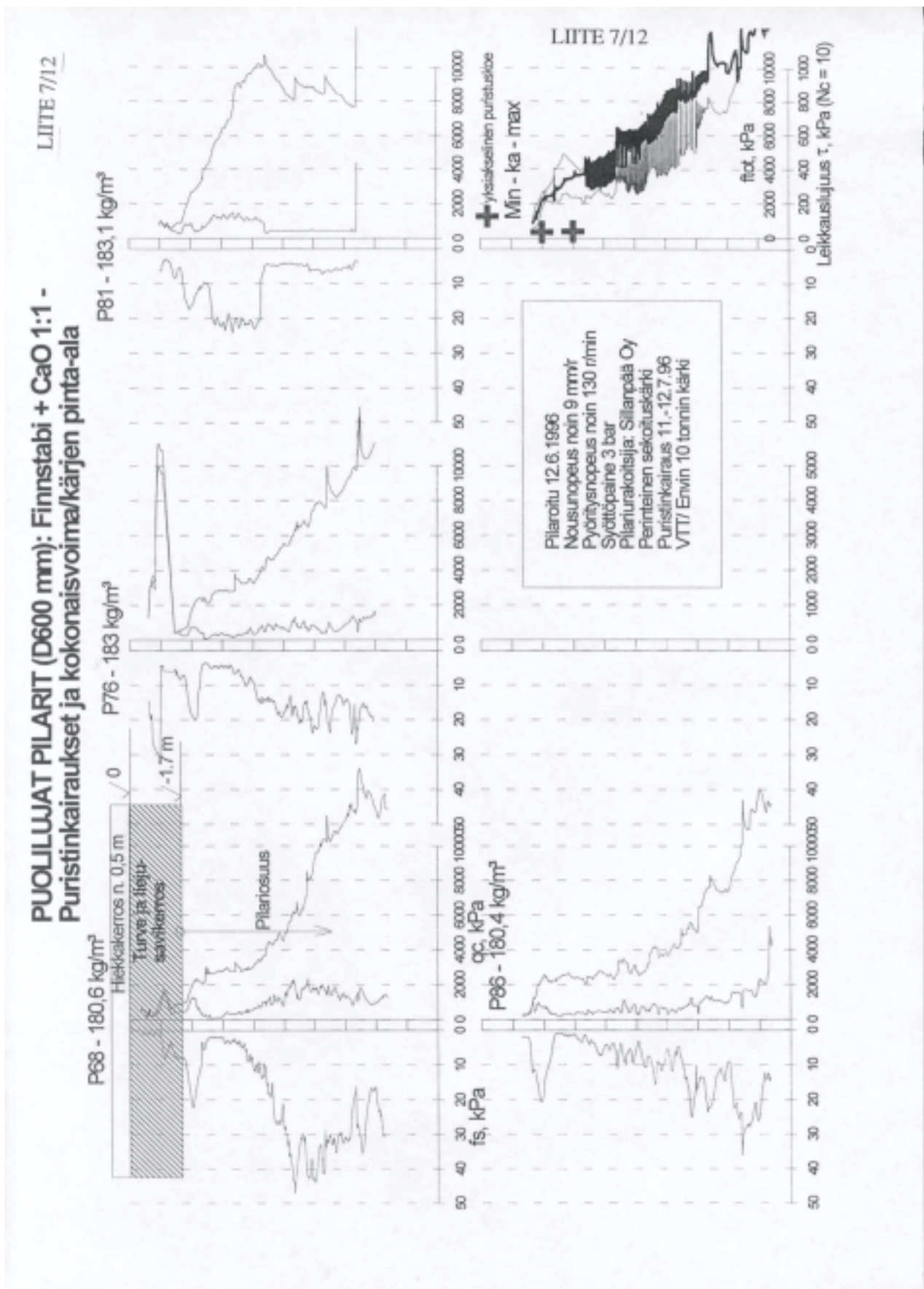


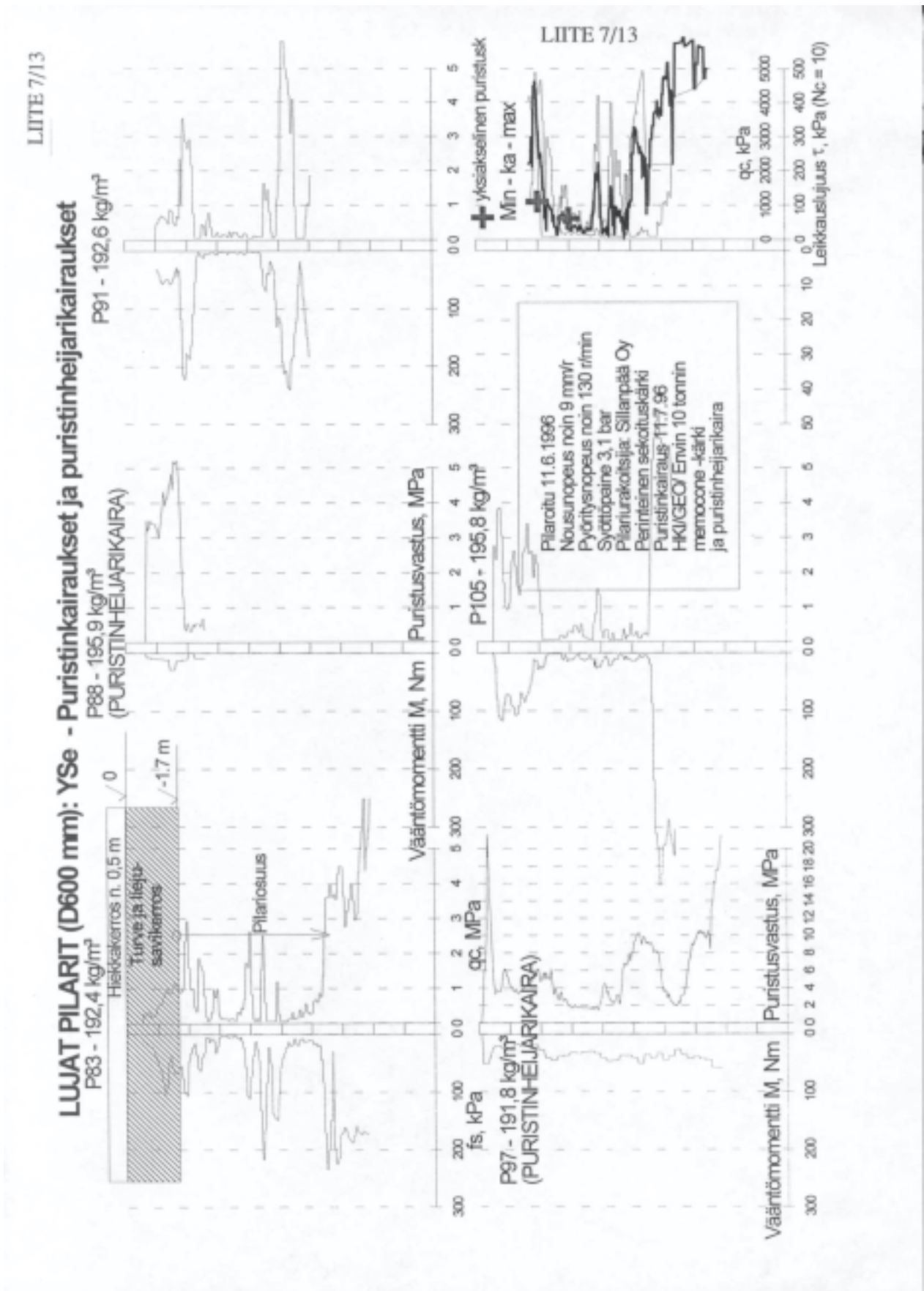
LIITE 7/10

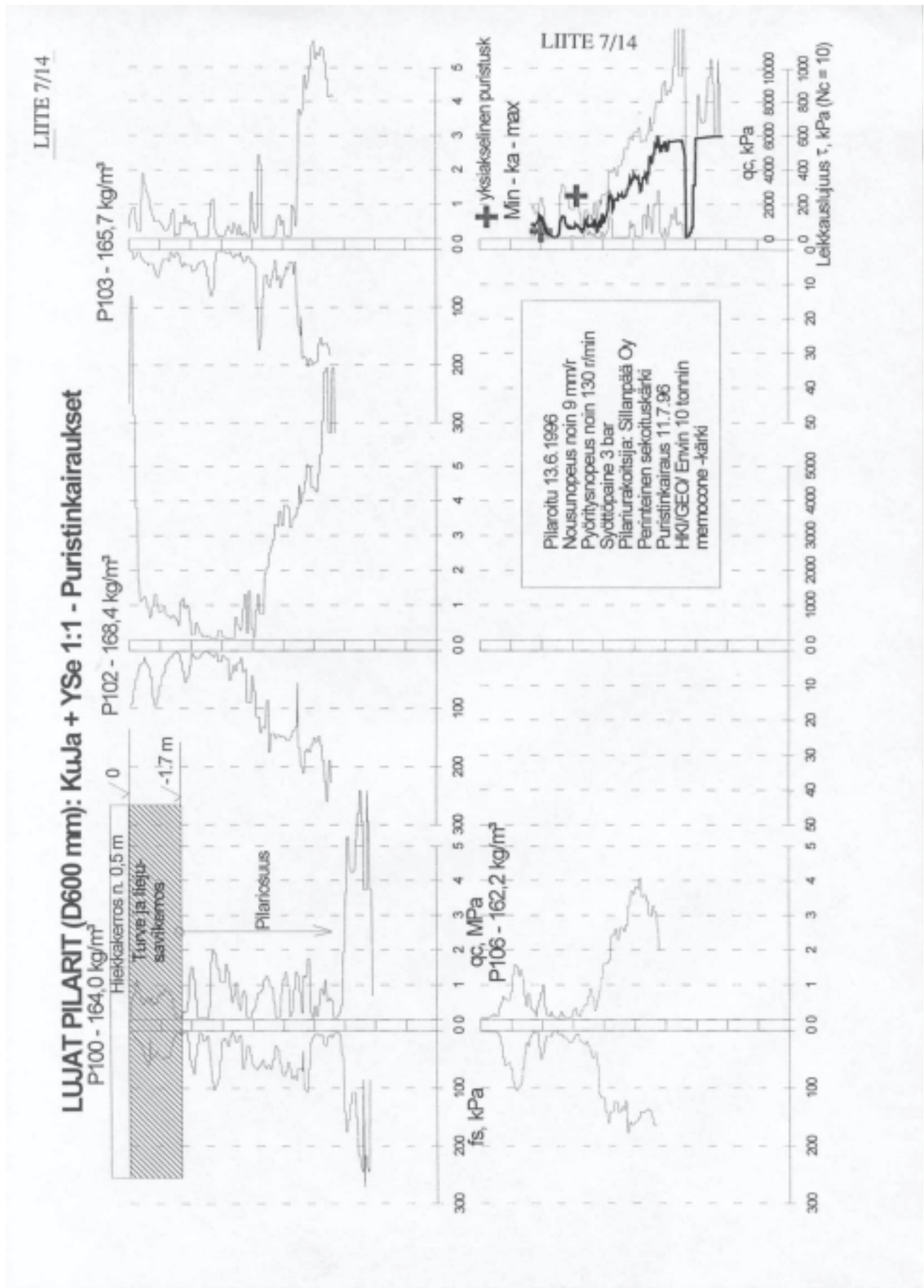
PUOLILUJAT PILARIT (D6000 mm): KT4 - Puristinkairaukset ja kokonaisvoima/kärjen pinta-ala





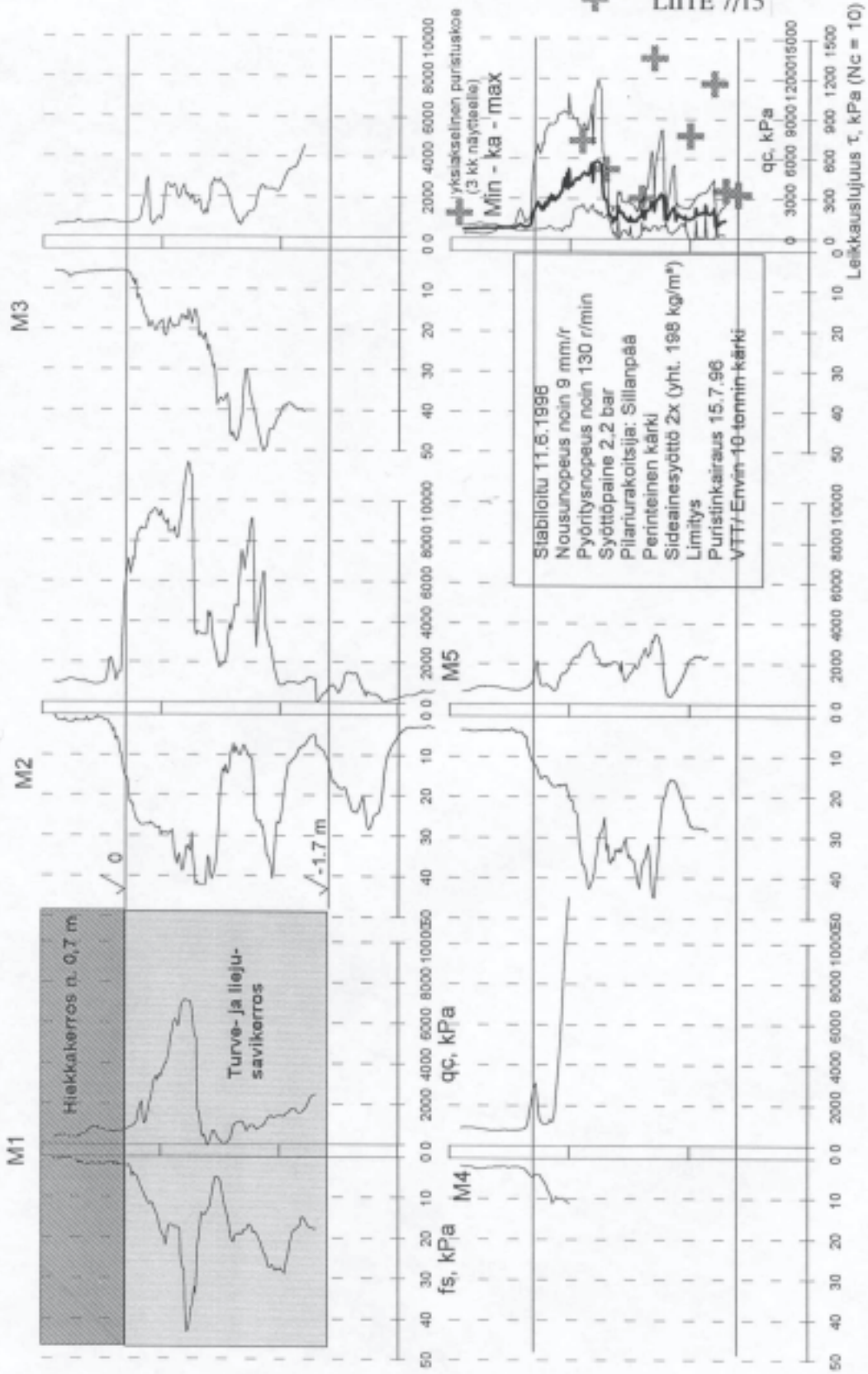






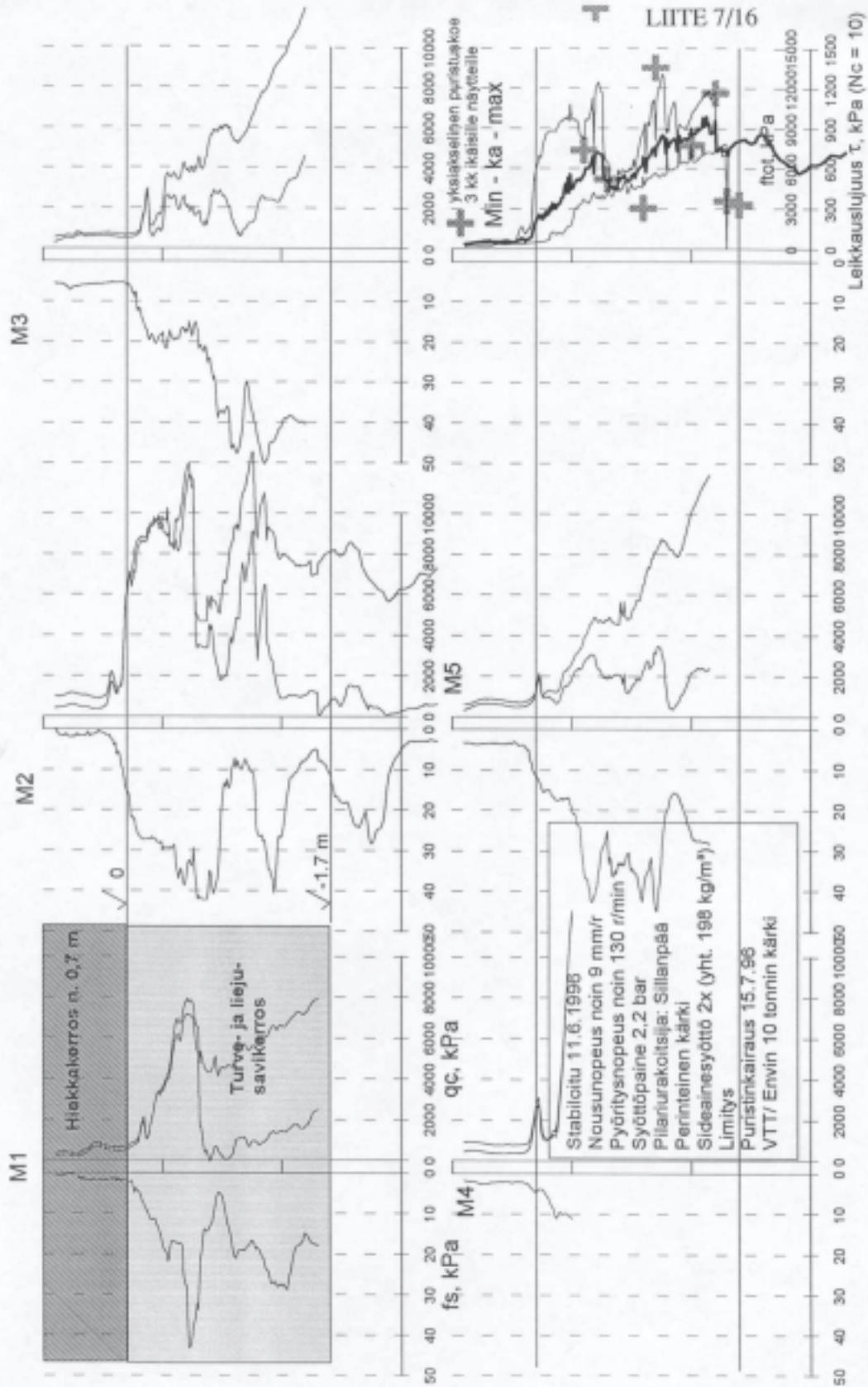
LIITE 7/15

MASSASTABILOINNIN KOEKENTTÄ: Pikasementti - Puristinkairaukset



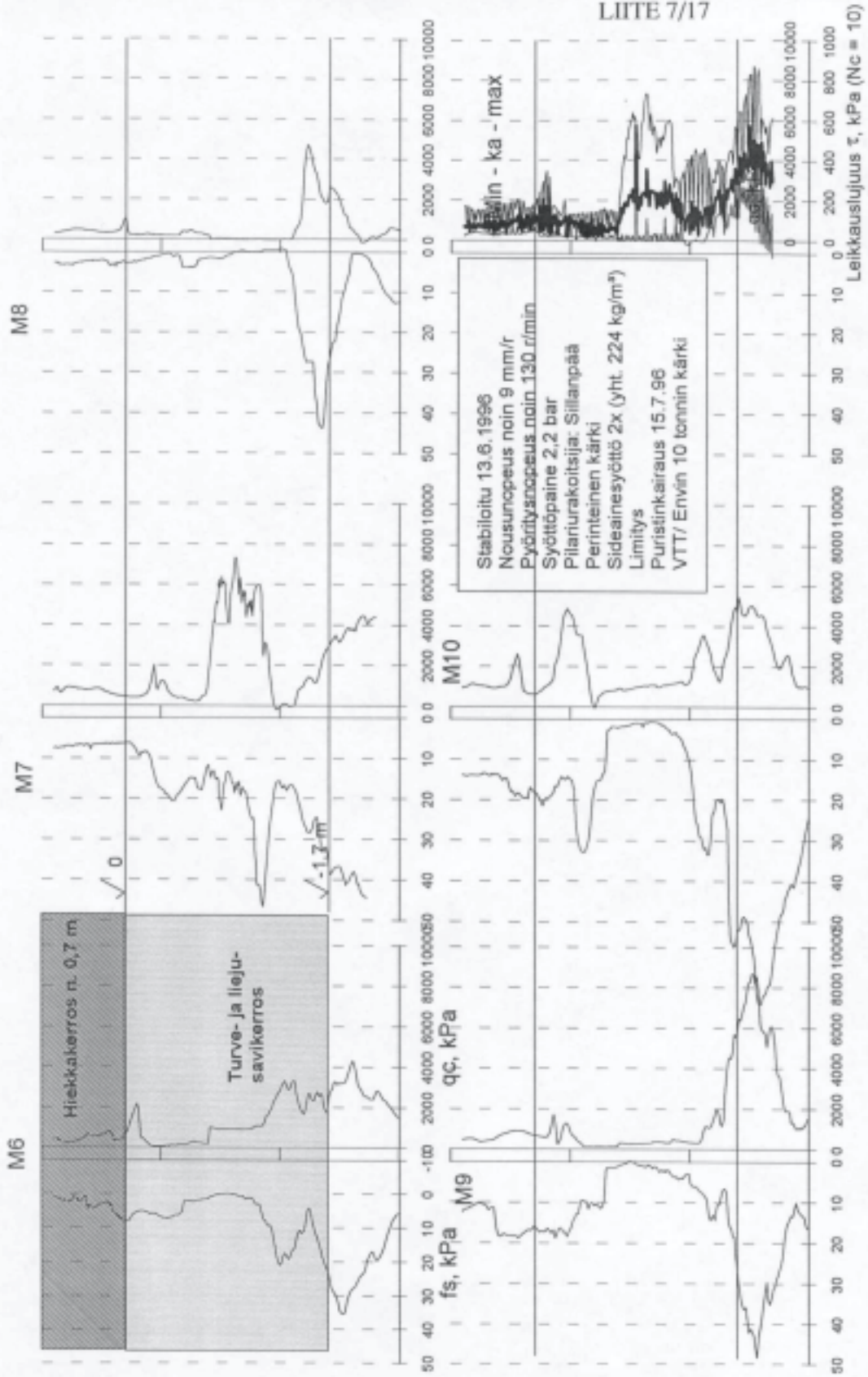
LIITE 7/16

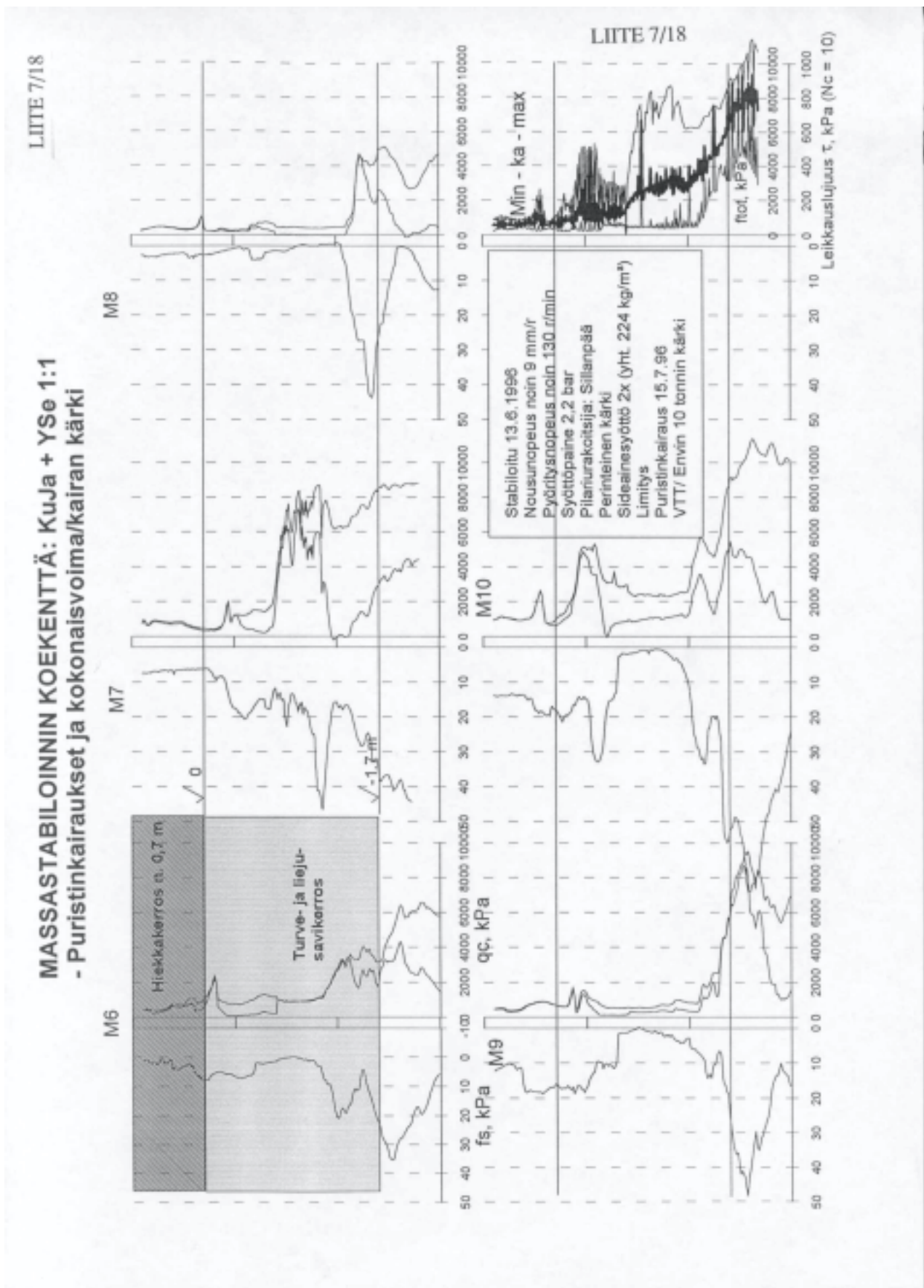
MASSASTABILOINNIN KOEKENTTÄ: Pikasementti - Puristinkairaus ja kokonaisvoima/kairan kärki



LIITE 7/17

MASSASTABILOINNIN KOEKENTTÄ: KuJa + YSe 1:1 - Puristinkairaukset





LIITE 8

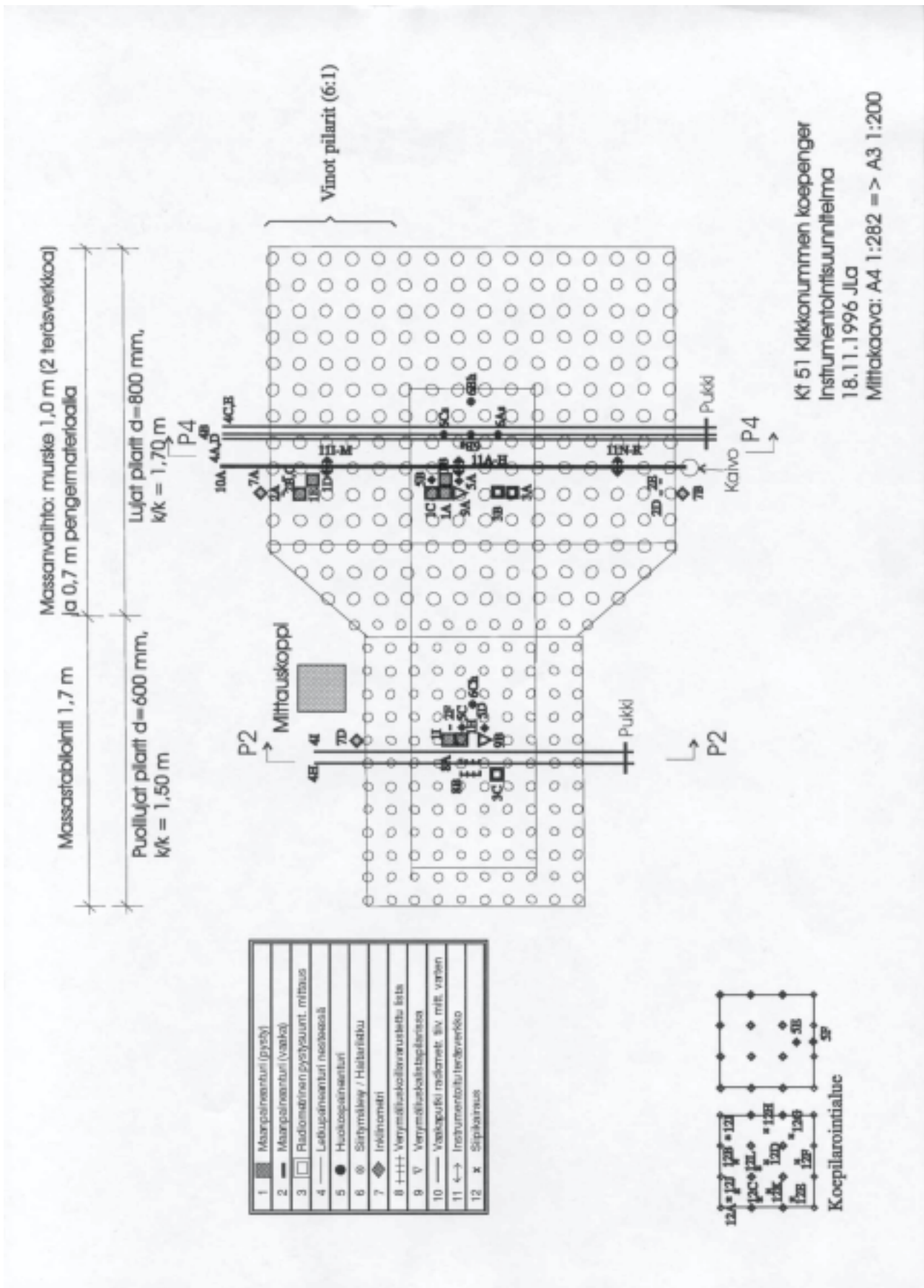
Massastabiloinnin laboratoriotokokeet

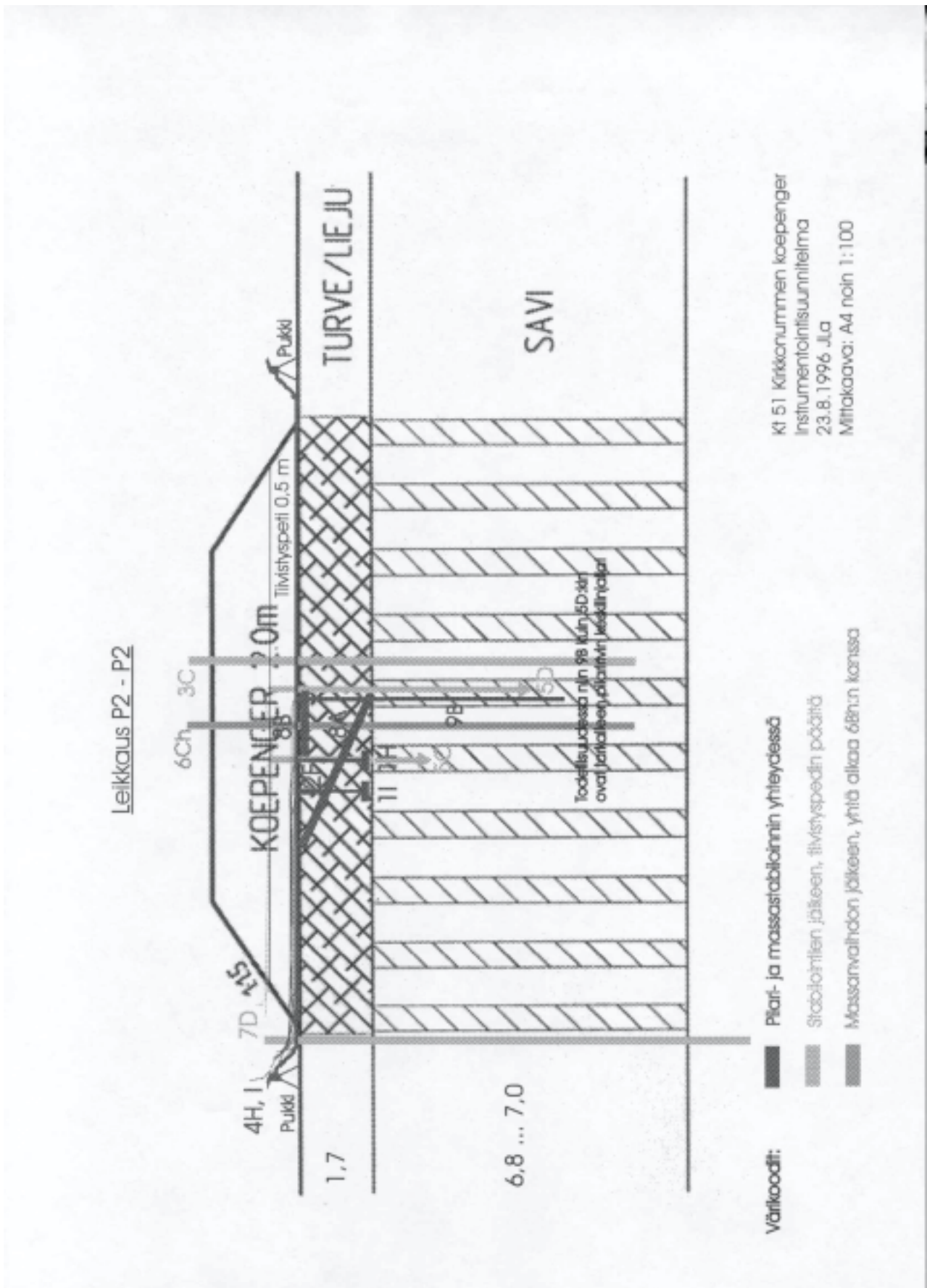
Lab. no	Ikä d	z m	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_0 kN/m ³	H/D	τ_{max} kPa	ϵ_{max} %	E_{max} MPa	$E_{0,5\%}$ MPa	Selite
5a	62	0,5	146,2	99,9	1146	15,19	46,0	10,40	1,48	737	2,4	283	210	Massastabilointi (PSe)
5b	62	0,5	182	98,1	1376	16,34	37,6	11,87	1,86	1795	1,2	509	155	Massastabilointi (PSe)
5c	62	0,5	139,2	98,5	1082	12,85	106,4	6,22	1,42	522	1,6	104	60	Massastabilointi (PSe)
10a	62	1	140,7	99,7	1092	12,62	105,5	6,14	1,41	307	1,3	81	35	Massastabilointi (PSe)
10b	62	1	153,6	99,9	1207	13,92	74,2	7,99	1,54	1353	1,4	327	58	Massastabilointi (PSe)
14a	62	1,4	165	100,2	1298	15,17	27,8	11,87	1,65	777	1,1	282	118	Massastabilointi (PSe)
14b	62	1,4	119,8	99,9	938	15,57	31,9	11,81	1,20	1165	1,8	199	38	Massastabilointi (PSe)
17a	62	1,7	91,4	99,2	713	14,65	71,9	8,52	0,92	360	3,5	41	6	Massastabilointi (PSe)
17b	62	1,7	110,4	101,3	870	14,13	39,8	10,11	1,09	330	1,6	90	11	Massastabilointi (PSe)
ka			139	100	1080	14,49	60,1	9,44	1,40	816	1,8	213	77	

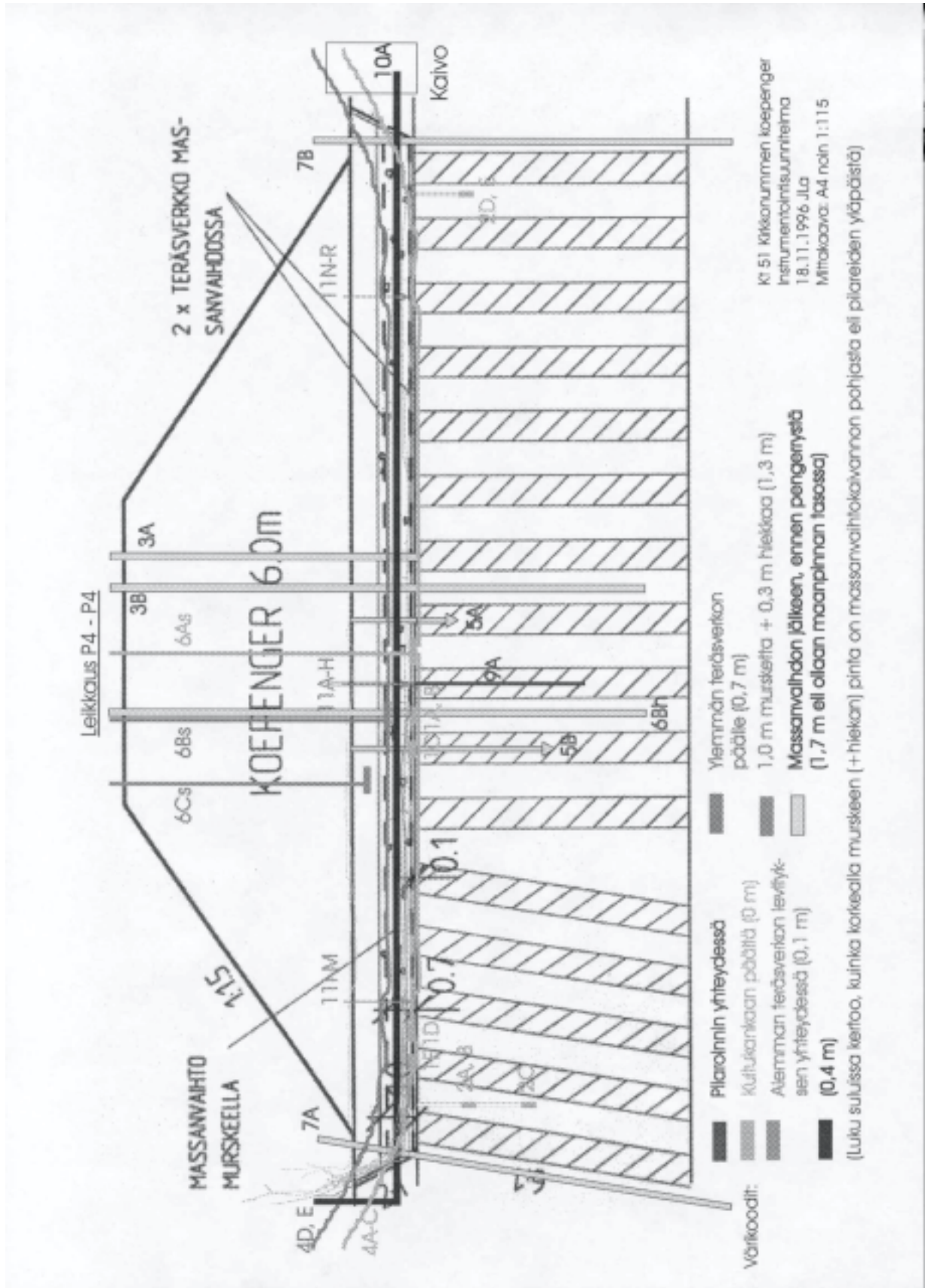
Pilarinäytteiden laboratoriotokokeet

Lab. no	Ikä d	z m	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_0 kN/m ³	H/D	τ_{max} kPa	ϵ_{max} %	E_{max} MPa	$E_{0,5\%}$ MPa	Sideaine-pit. kg/m ³	Selite
8036	35	2	152	100	1194	15,08	60,1	9,42	1,52	55	2,6	6	4		Piipoo&Pakarinen (F+CaO 1:1), pilari 32
8038	35	3	163	100	1280	15,24	50,8	10,11	1,63	80	1,4	14	12	58	Piipoo&Pakarinen (F+CaO 1:1), pilari 32
8033	54	2,5	123	100	966	14,99	58,8	9,44	1,23	34	3,3	5	3		Sillanpää (F+CaO 1:1), pilari 48
8037	54	2,5	173	100	1359	14,99	58,9	9,43	1,73	55	1,4	12	9	128	Sillanpää (F+CaO 1:1), pilari 48
8041	48	2	155	100	1217	14,60	59,8	9,14	1,55	74	2,0	15	9	266	YIT (F+CaO 1:1), pilari 61
8040	48	3	176	100	1382	14,91	53,6	9,71	1,76	79	2,0	13	12		YIT (F+CaO 1:1), pilari 61
8042	54	2,5	133	99	1024	15,39	52,3	10,10	1,34	41	0,7	25	19		KT4 (Sillanpää), pilari 79
8043	54	2,5	98	70	377	15,77	52,3	10,35	1,40	62	0,1	17	13	140	KT4 (Sillanpää), pilari 79
8034	54	2	168	100	1319	15,27	58,8	9,62	1,68	37	2,2	8	6		F+CaO 1:1 (Sillanpää), pilari 80
8035	54	3	162	100	1272	15,32	56,3	9,80	1,62	40	2,4	13	8	184	F+CaO 1:1 (Sillanpää), pilari 80
8032	55	2	168	100	1319	15,68	50,3	10,43	1,68	110	1,5	22	13	268	YSe (Sillanpää), pilari 109
8031	55	3	163	100	1280	14,49	45,1	9,98	1,63	62	5,0	5	4		YSe (Sillanpää), pilari 109
8029	53	2,3	210	127	2660	16,26	40,6	11,56	1,65	45	1,1	22	12	415	KuJa+YSe 1:1 (Sillanpää), pilari 110
8030	53	3,1	177	128	2278	15,64	44,2	10,85	1,38	250	0,9	81	65	200	KuJa+YSe 1:1 (Sillanpää), pilari 110
ka			162	103	1435	15,41	50,4	10,27	1,57	80	1,8	23	17		

LIITE 8



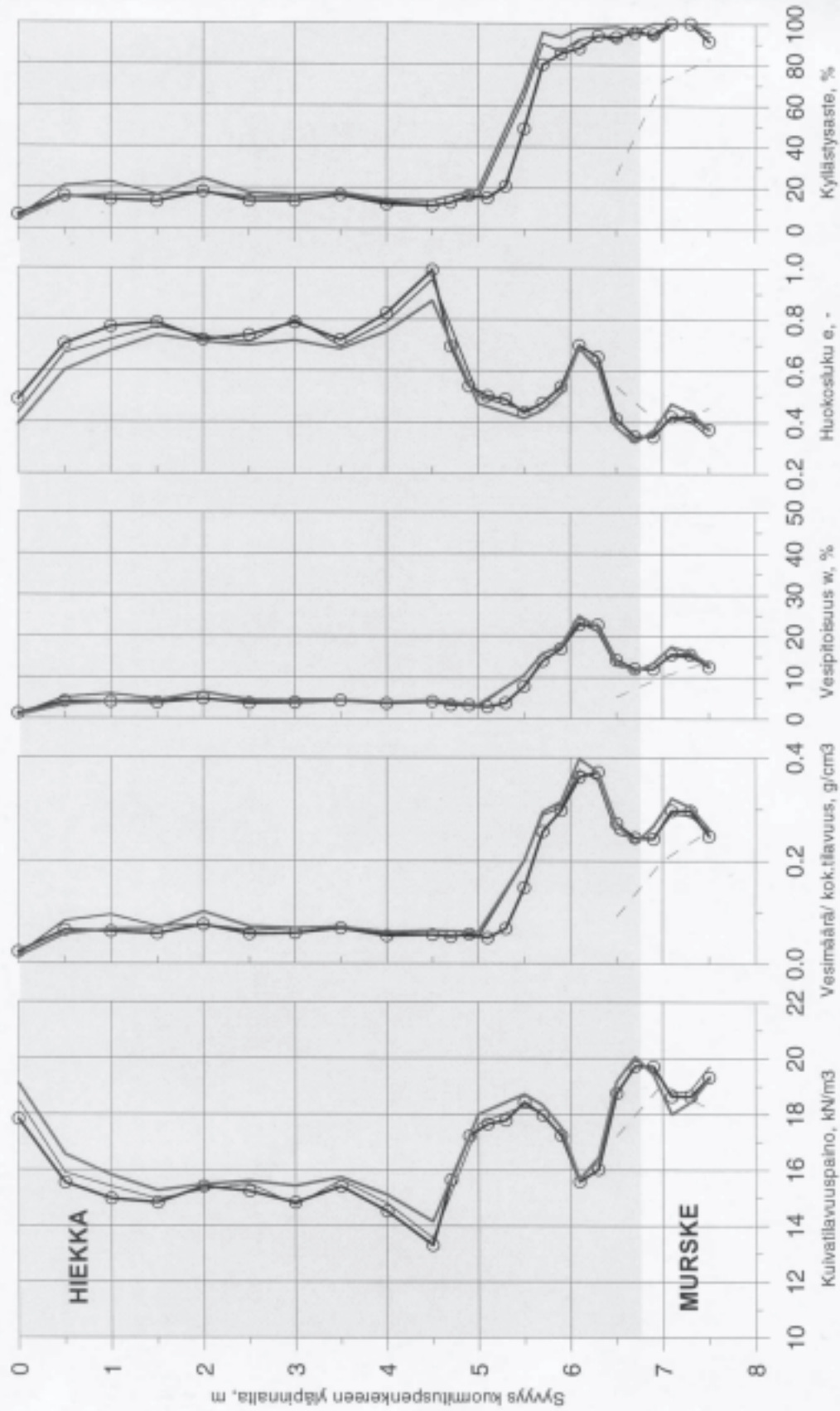




Kohde: Kantatie 51 TPPT Koerakenne

Piste: 3A Maan pinta: + 7.817 (=0)

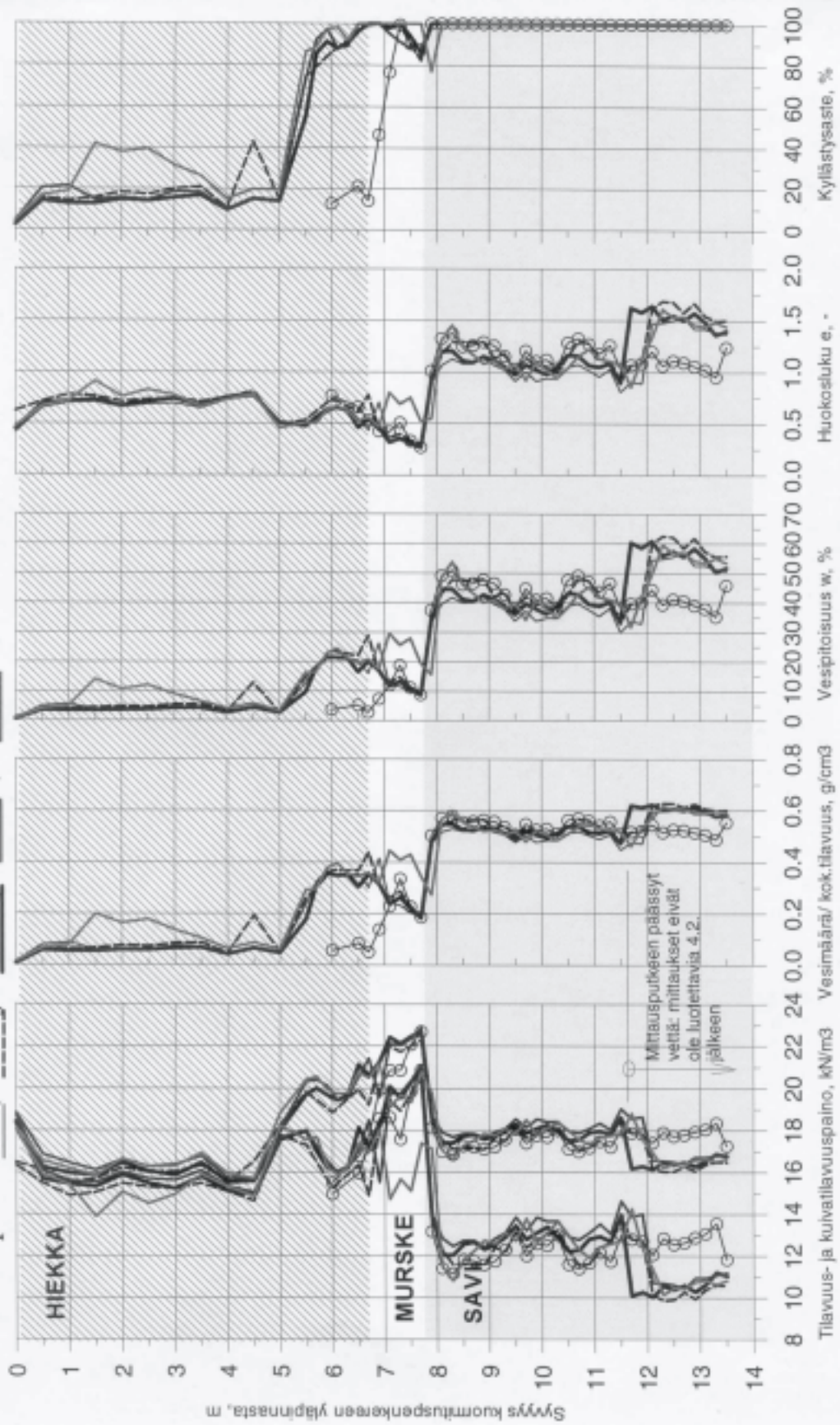
Mittauspvm.: 4.2.97, 12.9.97, 22.6.98, 23.6.99



Kohde: Kantatie 51 TPPT Koerakenne

Piste: 3B ; Korkean penkereen keskiosa, mittausputki pilarien välissä

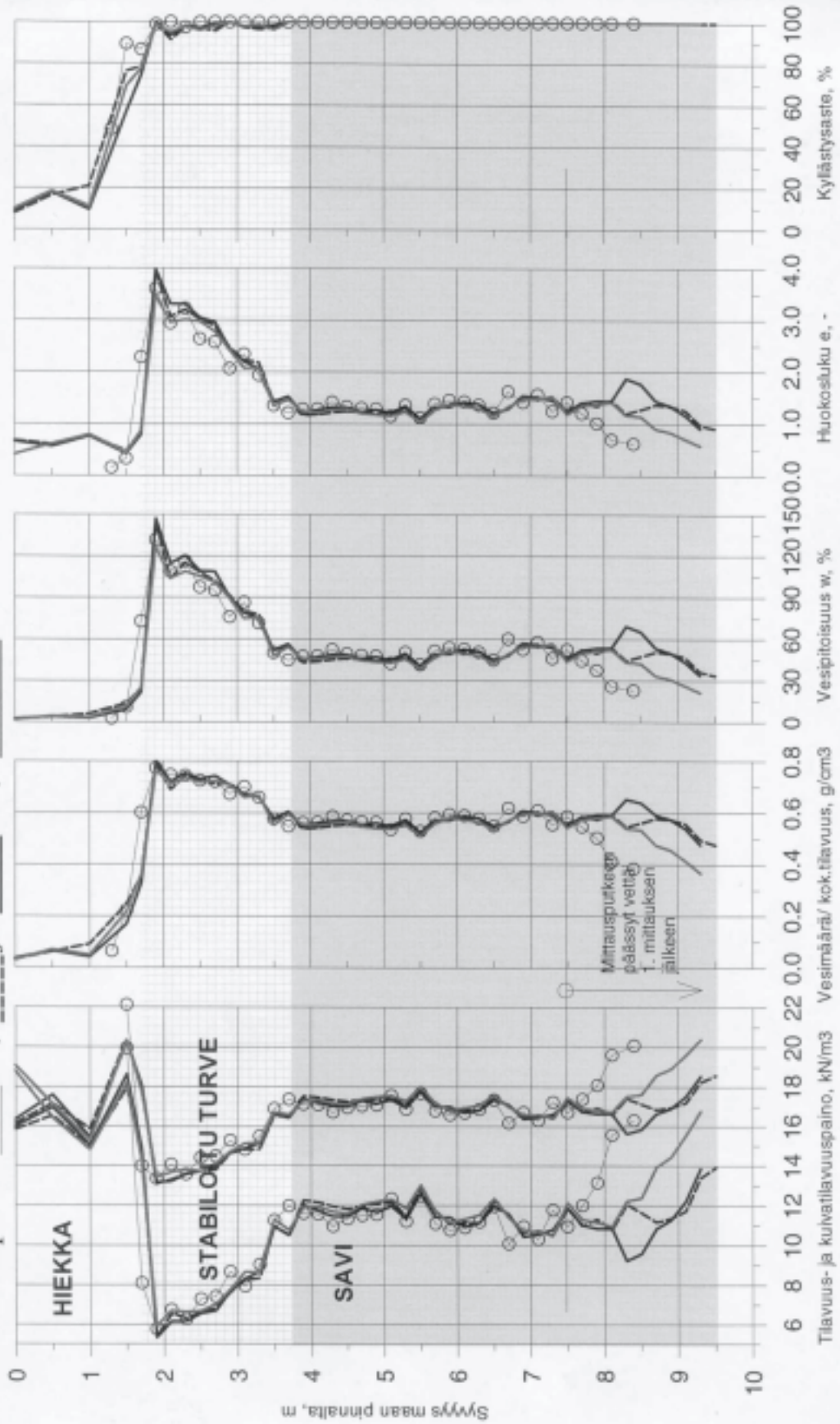
Mittauspvm.: 4.2., 23.5. ja 9.9.97, 22.6.98, 23.6.99



Kohde: Kantatie 51 TPPT Koerakenne

Piste: 3C Maan pinta: + 3.876

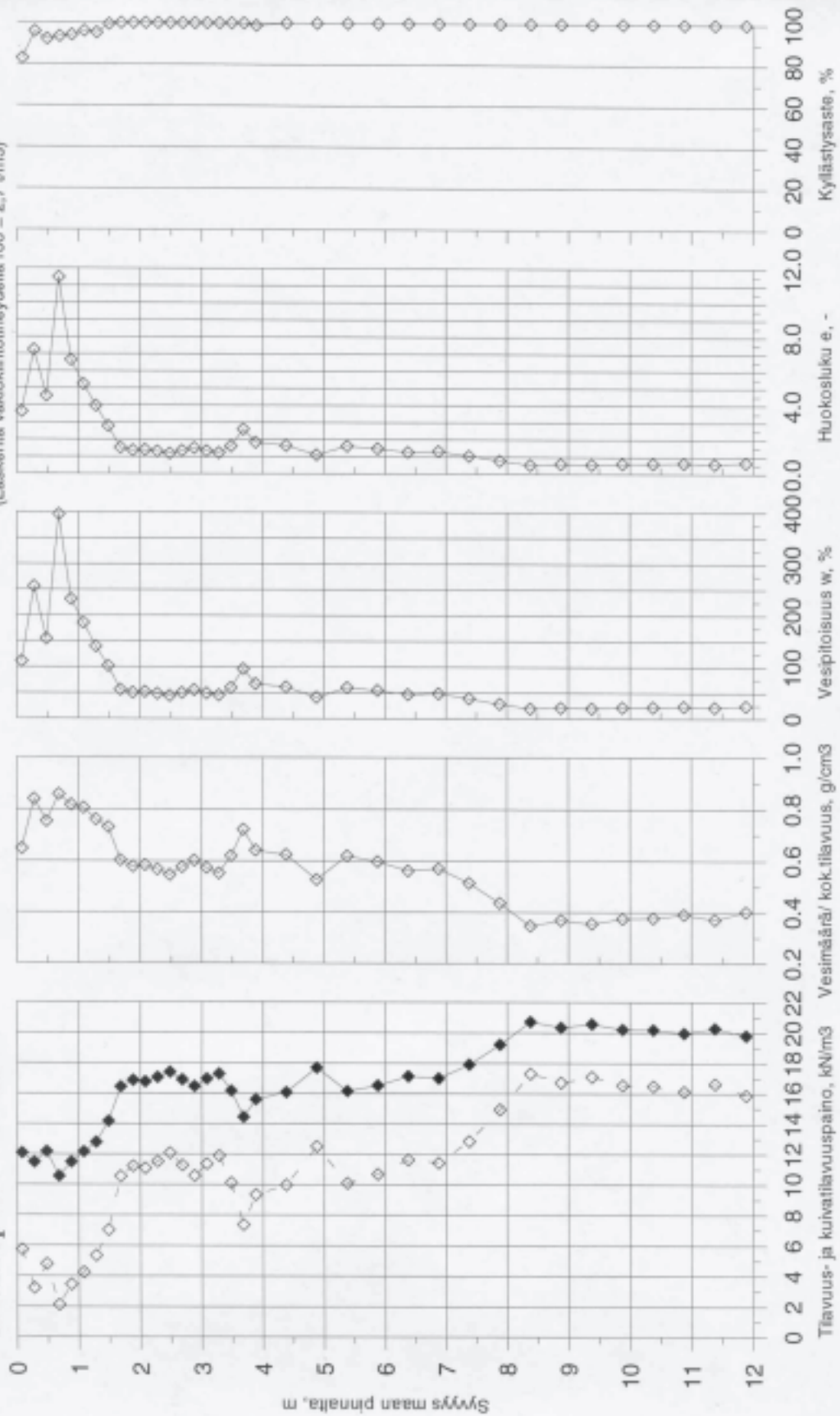
Mittauspvm.: 29.10.96, 23.5. ja 22.9.1997, 23.6.1999



RADIOMETRINEN N-N JA G-G LUOTAUS

Mittaja: VTT/Yhdyksuntateknikka/V. Rätty
Tulkinta perustuu kalibrointiin: Rautaa48, v. 1992
(Laskenta vakiointitoiveidella roo = 2,7 t/m³)

Kohde: Kantatie 51 TPPT Koerakenne
Piste: RADM1 Maan pinta: +2.29 PL2442 oik 16
Mittauspvm.: 18.1.1996



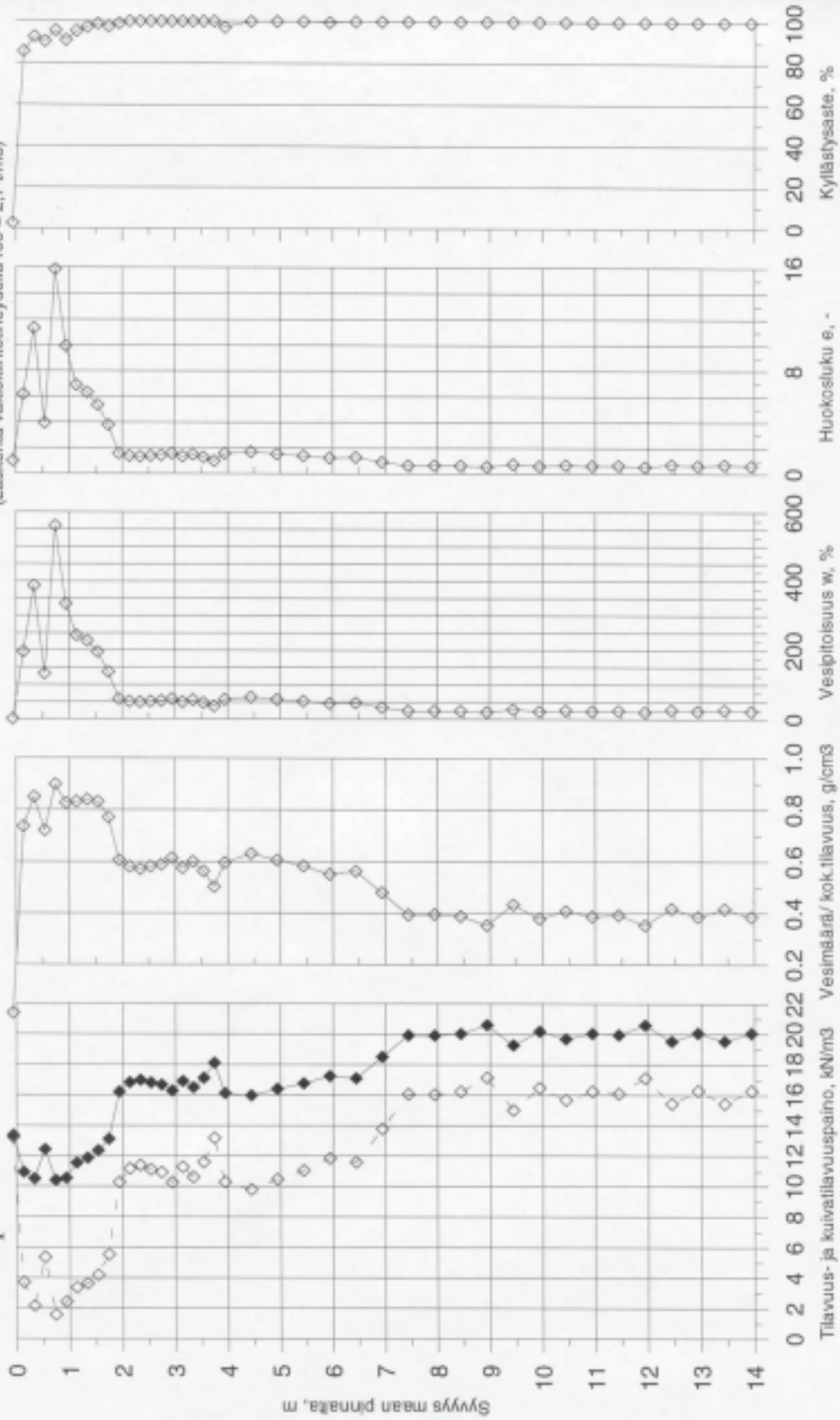
RADIOMETRINEN N-N JA G-G LUOTAUS

Mittausaja: VTT/Yhdyskuntateknikka/V. Rääly
Tulkinta perustuu kalibrointiin: Rautia-48, v. 1992
(Laskenta väkikiintofheydellä $\rho_{00} = 2,7 \text{ t/m}^3$)

Kohde: Kantatie 51 TPPT Koerakenne

Piste: RADM2 Maan pinta: +2.26 PL2368 oik 8

Mittauspvm.: 18.1.1996



Kyllästysaste, %

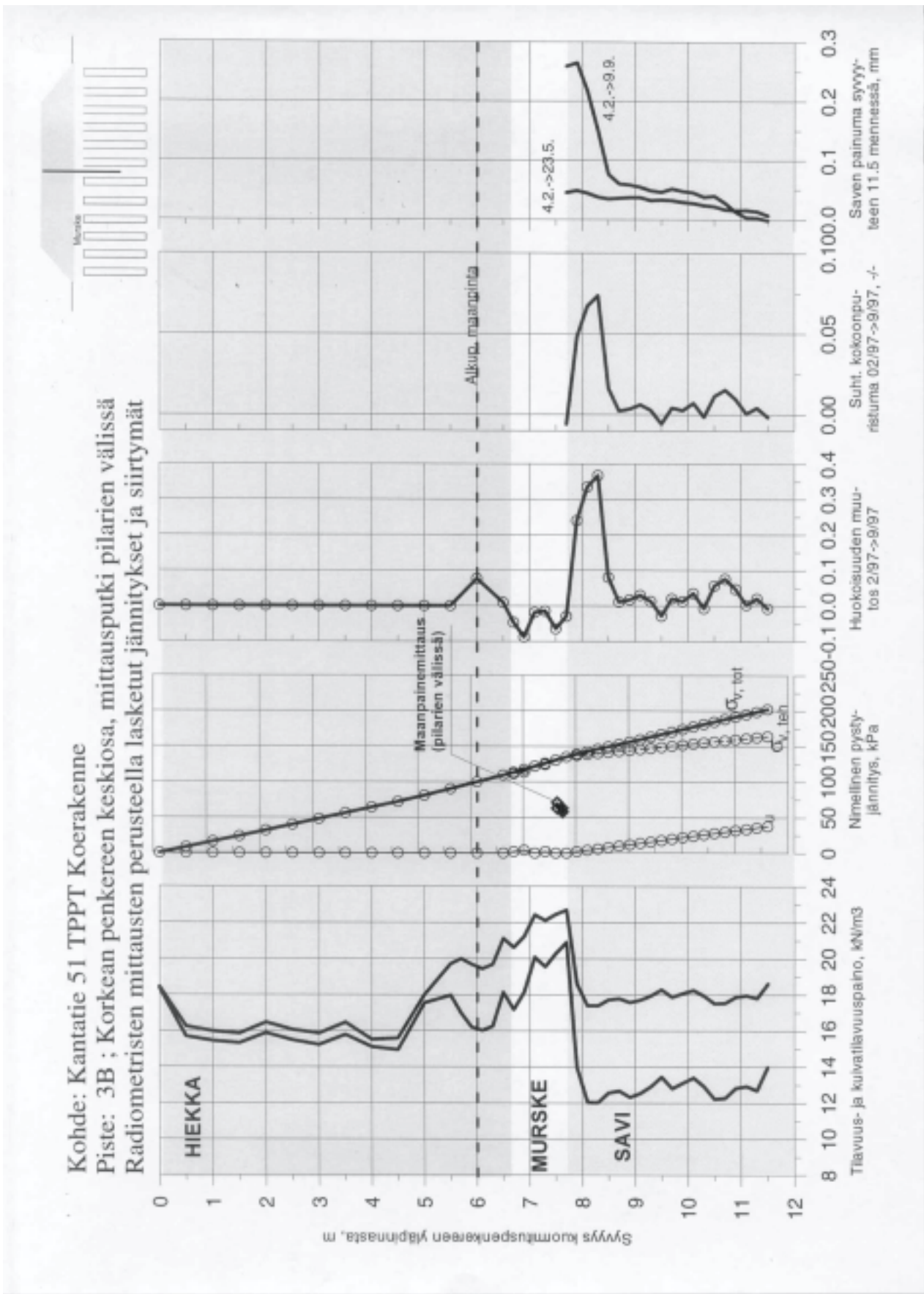
Huokosluku e, -

Vesipitoisuus w, %

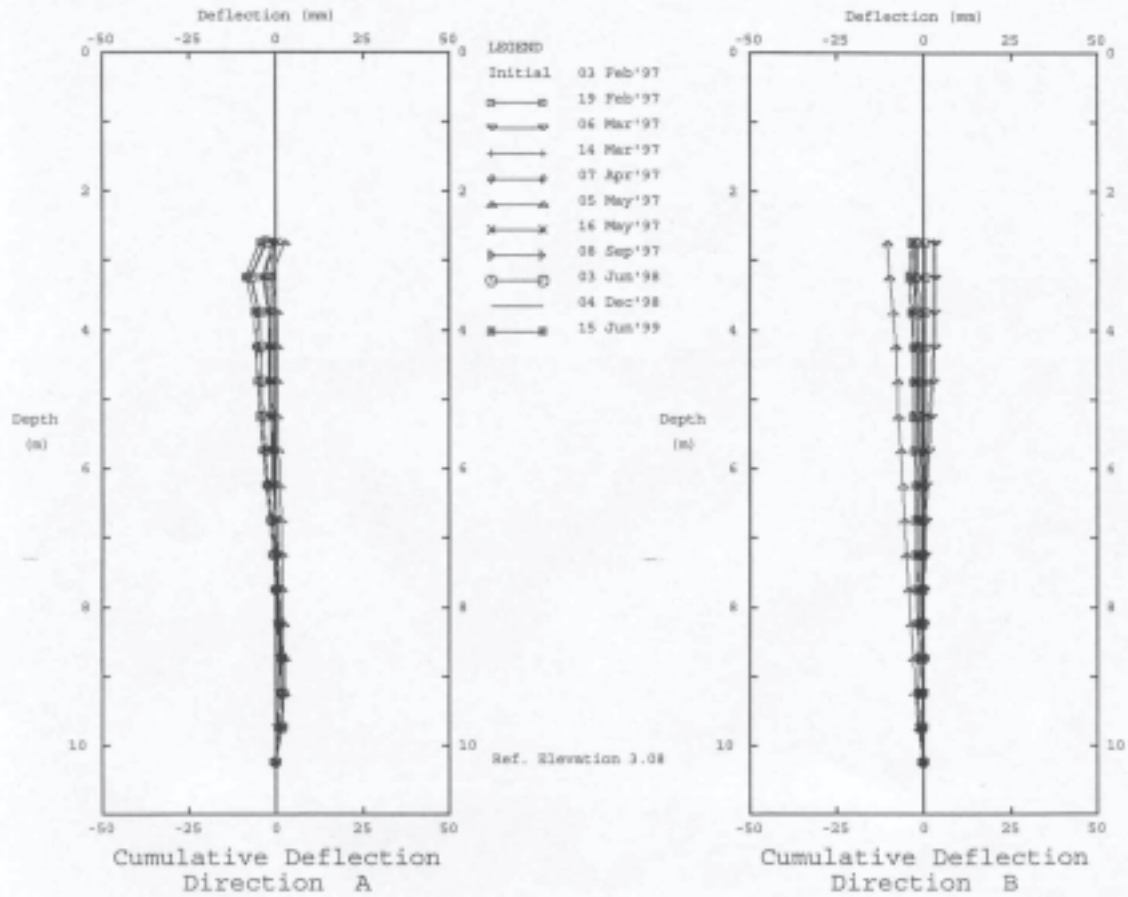
Vesimäärä/kok.tilavuus, g/cm³

Tilavuus- ja kuivatilavuuspaino, kN/m³

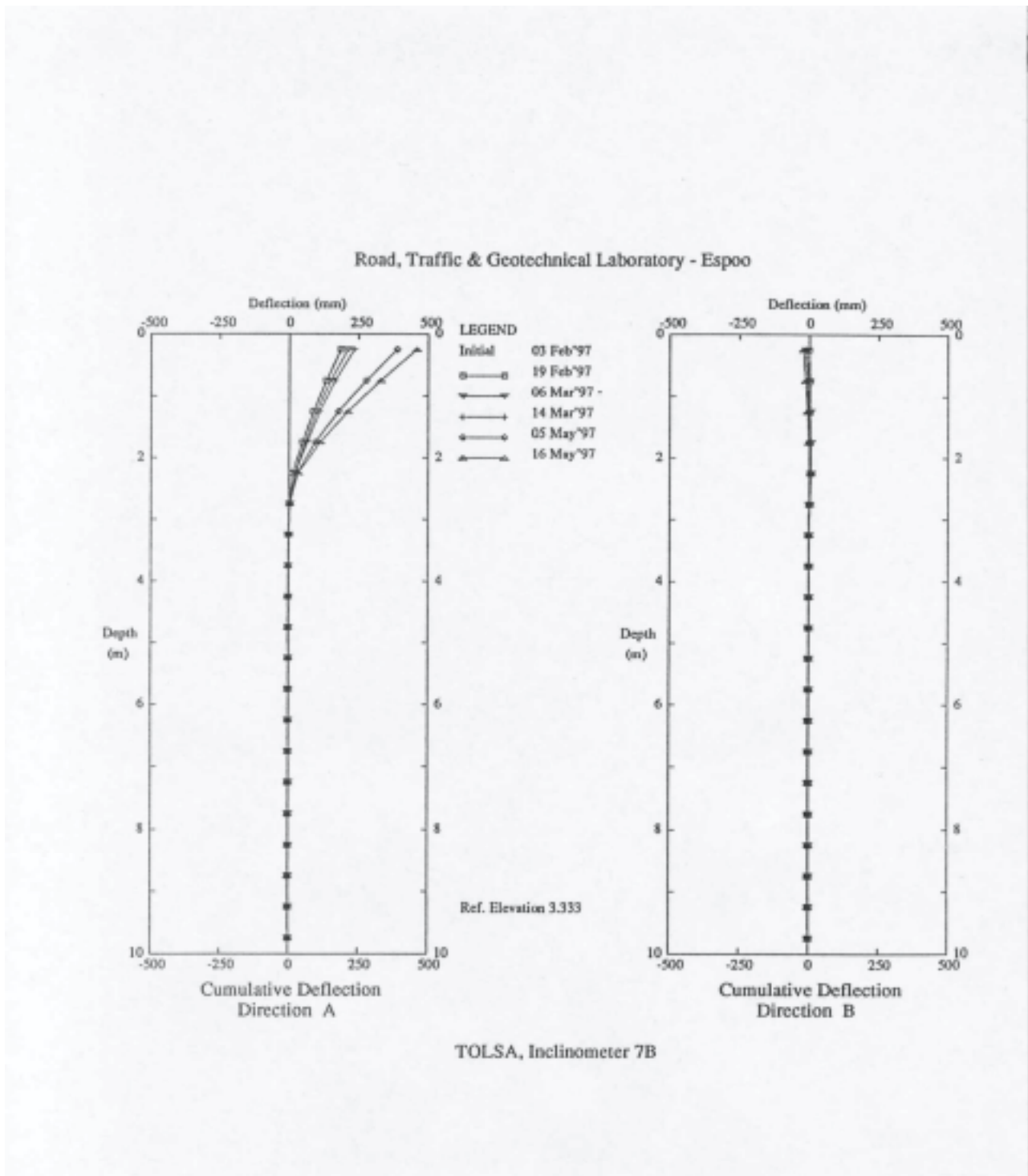
Syvyys maan pinnasta, m

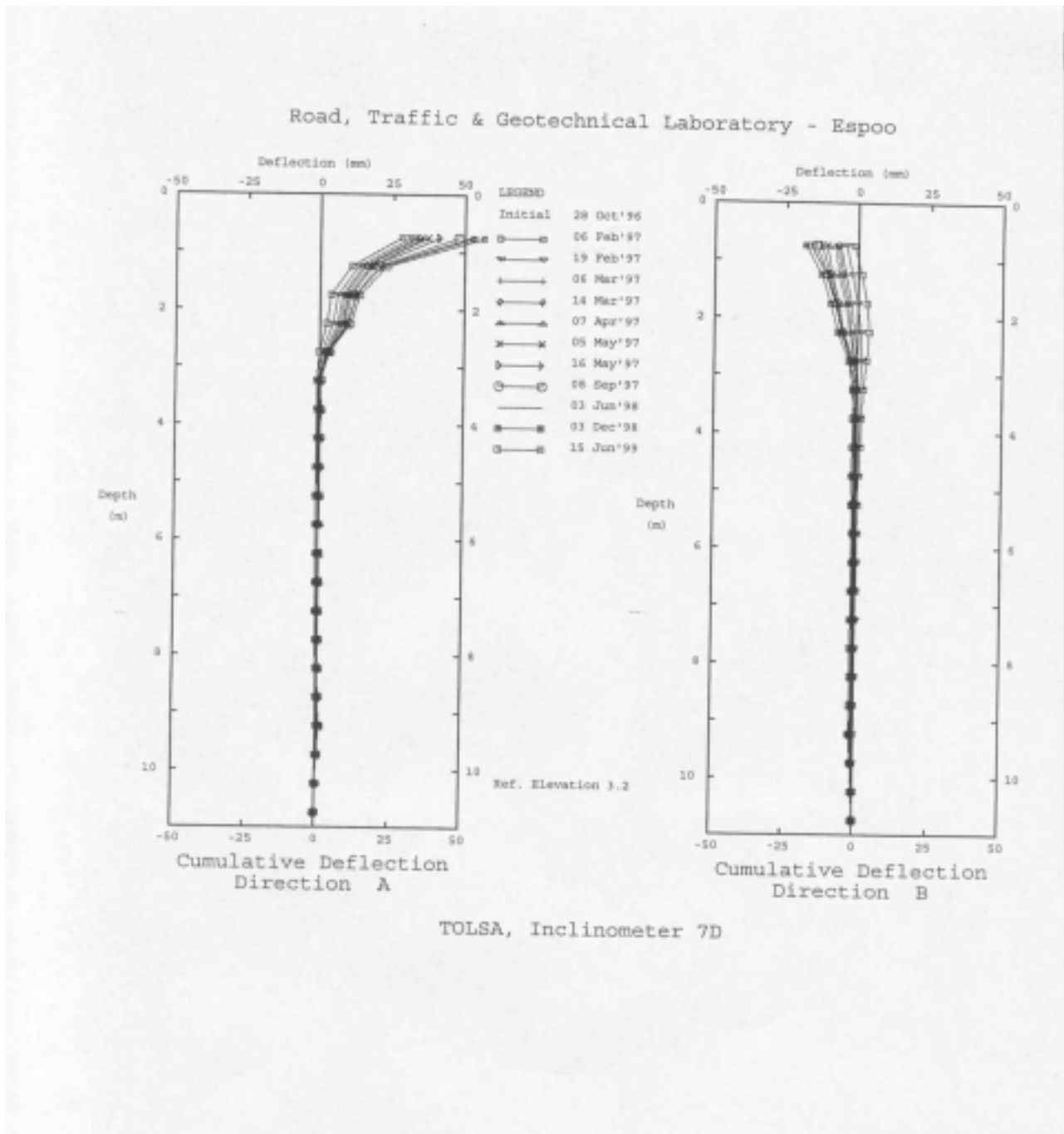


Road, Traffic & Geotechnical Laboratory - Espoo



TOLSA, Inclinator 7A





Koerakenteen stabiloinnin laadunvalvonnan tulokset

Koepenkereen stabiloinneista otettujen näytteiden puristuskokeet.

Matala pengser. Puolilujat pilarit: KuJa+YSe 1:1 120 kg/m³.

Puolilujat pilarit: KuJa+YSe 1:1 120 kg/m ³											
Tunnus	Pilarin numero	Ikä d	z m	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ _d kN/m ³	H/D	τ _{max} kPa
N1_25	29	43	2.0	104	56	258	16.30	61.9	10.07	1.84	103.4
N1_30	29	43	2.5	110	57	277	16.07	56.0	10.30	1.95	210.8
N1_35	29	43	3.0	107	56	265	16.38	53.7	10.66	1.92	239.9
N1_39	29	43	3.4	123	61	359	15.71	54.9	10.14	2.02	204.2
N1_44	29	43	3.9	117	61	343	15.52	57.3	9.87	1.92	95.9
N1_46	29	43	4.1	117	60	333	16.13	57.0	10.27	1.95	52.9
N1_54	29	43	4.9	126	60	359	15.74	58.4	9.94	2.09	82.8
N1_57	29	43	5.2	116	60	328	15.99	56.5	10.22	1.94	94.8
N1_63	29	43	5.8	126	60	352	16.08	48.2	10.86	2.10	108.4
N2_30	105	42	2.5	125	56	313	16.41	49.5	10.98	2.23	219.4
N2_33	105	41	2.8	120	59	331	16.62	47.7	11.25	2.01	148.0
N2_36	105	42	3.1	129	61	371	15.58	39.3	11.19	2.14	89.6
N2_46	105	42	4.1	133	57	341	16.00	56.2	10.24	2.33	98.8
N2_58	105	42	5.3	105	60	301	15.62	49.8	10.43	1.74	234.3

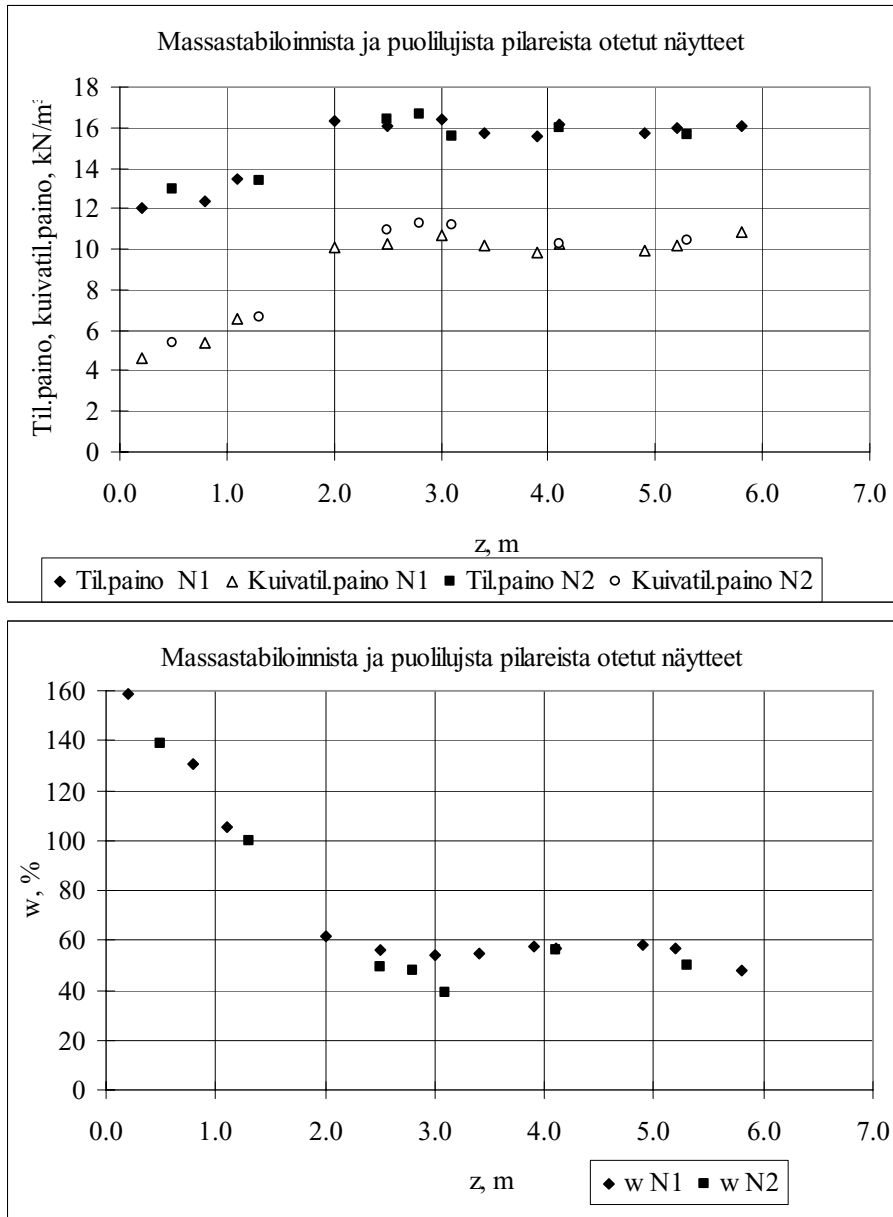
Korkea pengser. Lujat pilarit: KuJa+YSe 1:1 200 kg/m³.

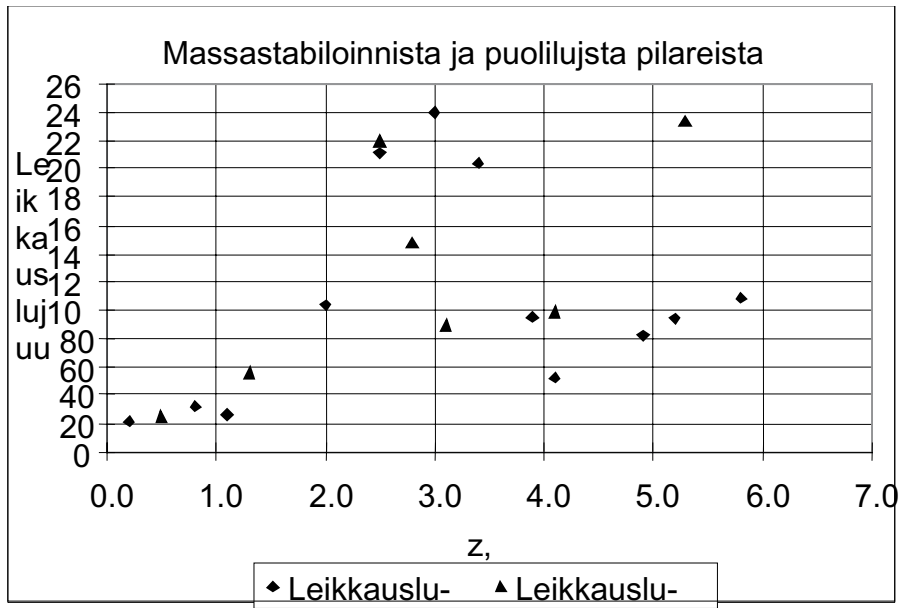
Lujat pilarit: KuJa+YSe 1:1 200 kg/m ³											
Tunnus	Pilarin numero	Ikä d	z m	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ _d kN/m ³	H/D	τ _{max} kPa
L10_25	10	52	2.5	124	61	364	16.89	43.8	11.74	2.04	500.7
L10_28	10	52	2.8	104	56	258	16.24	42.4	11.40	1.84	130.0
L10_35	10	52	3.5	118	56	293	15.72	41.9	11.08	2.10	143.5
L10_41	10	52	4.1	148	57	371	16.83	39.9	12.03	2.61	291.8
L10_47	10	52	4.7	125	56	313	17.39	37.3	12.67	2.21	650.4
L10_49	10	52	4.9	126	60	354	16.38	43.7	11.40	2.11	123.6
L10_53	10	52	5.3	123	57	310	17.13	41.8	12.08	2.18	456.9
L10_56	10	52	5.6	127	59	345	16.22	47.0	11.03	2.15	216.3
L10_62	10	52	6.2	102	56	254	16.48	47.9	11.14	1.80	376.4
L10_64	10	52	6.4	84	58	221	16.30	43.0	11.40	1.46	413.5
L10_66	10	52	6.6	124	61	367	15.86	50.5	10.54	2.03	140.3
L21_26	21	52	2.6	121	56	303	16.68	48.5	11.23	2.15	310.1
L21_31	21	52	3.1	128	61	374	16.46	44.5	11.39	2.10	287.6
L21_36	21	52	3.6	125	57	314	16.49	43.4	11.50	2.20	547.1
L21_45	21	52	4.5	119	57	309	16.75	46.3	11.45	2.08	300.9
L21_46	21	55	4.6	125	56	312	16.75	38.2	12.12	2.21	326.0
L21_51	21	55	5.1	131	56	327	17.01	45.2	11.71	2.33	514.3
L21_56	21	55	5.6	133	61	391	17.16	42.7	12.02	2.18	518.0
L21_61	21	55	6.1	133	56	332	16.74	46.0	11.47	2.36	363.9
L21_66	21	55	6.6	140	57	358	16.70	44.7	11.54	2.45	424.2

Matala penger. Massastabilointi: PSe 150 kg/m³.

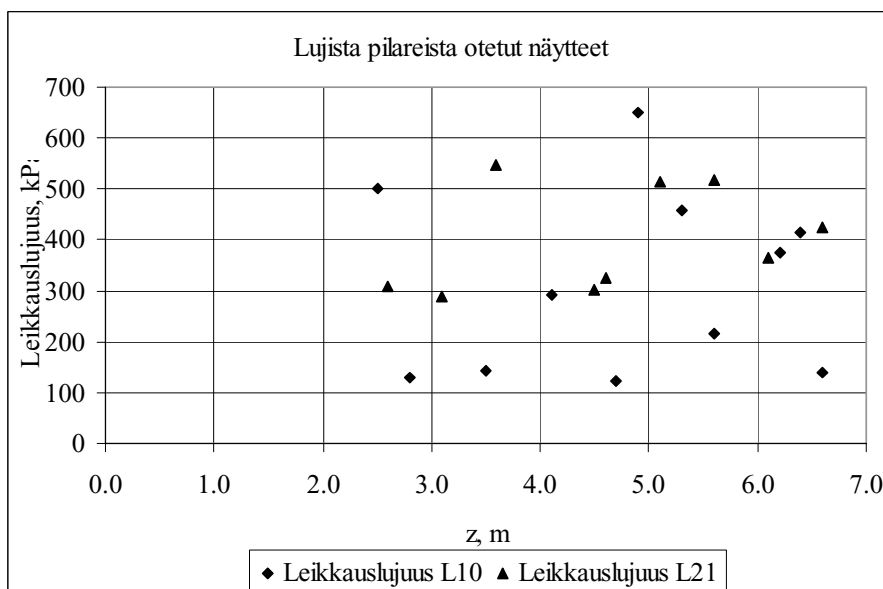
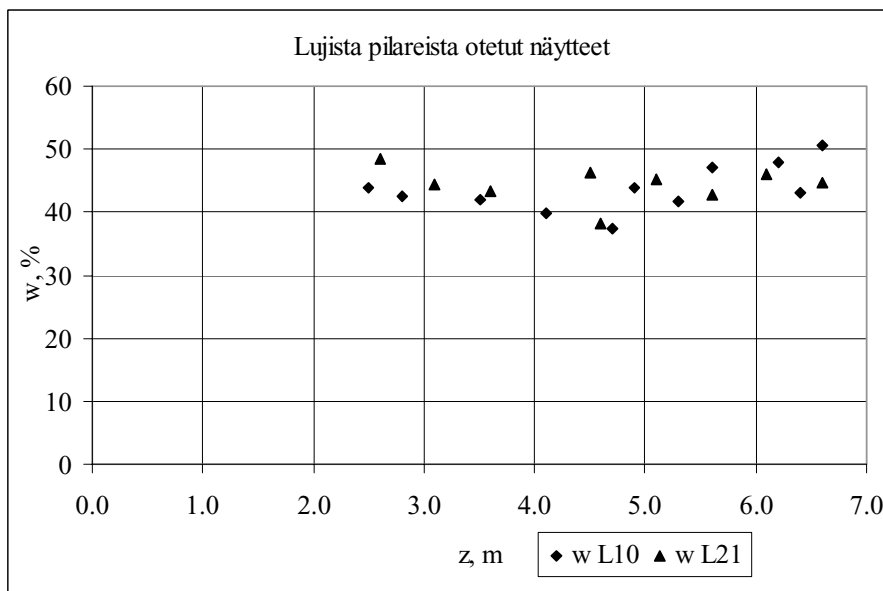
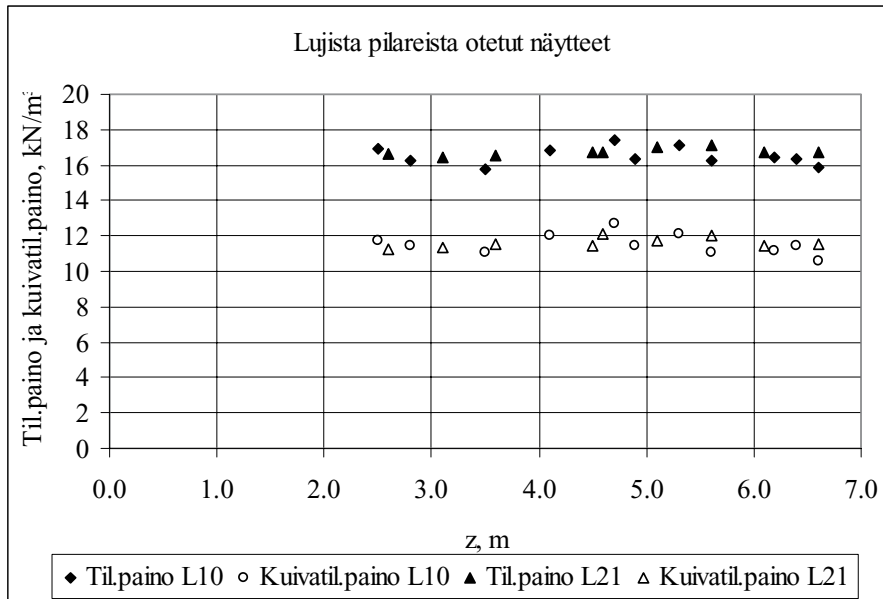
Massastabilointi: PSe 150 kg/m ³											
Tunnus		Ikä d	z m	H mm	D mm	V cm ³	γ kN/m ³	w %	γ_d kN/m ³	H/D	τ_{max} kPa
N1_07		41	0.2	120	57	311	12.01	158.6	4.64	2.09	21.1
N1_13		41	0.8	120	61	347	12.33	130.4	5.35	1.99	31.8
N1_16		41	1.1	103	60	288	13.44	105.6	6.54	1.72	25.7
N2_10		41	0.5	133	56	323	12.93	139.0	5.41	2.40	24.6
N2_18		41	1.3	97	57	247	13.33	99.6	6.68	1.71	55.8

Matalan penkereen näytteiden tilavuuspainot, vesipitoisuudet ja leikkauslujuudet syvyyden suhteen graafisesti esitettyinä.





Korkean penkereen näytteiden tilavuuspainot, vesipitoisuudet ja leikkauslujuudet syvyyden suhteen graafisesti esitettyinä.



Koepenkereen stabiloinneista otettujen näytteiden visuaalinen tarkastelu.
Matala pengerr. Puolilujat pilarit.

Pilari 29 / puoliluja		Massastabilointi tehty 12.9.1996, pilari tehty 10.9.1996		
Massastabilointi		Näyte otettu 21.10.1996		
Näyte valokuvattu 22.10.1996 ja puristuskokeet tehty 23.10.1996				
z m	Palan tod. pituus, cm	Isoja hal- keamia	Väri	Muuta
0-0,5	69	3	ruskea	Siisti yläosaa lukuunottamatta
0,5-1,0	52	1	ruskea	Siisti yläosaa lukuunottamatta
1,0-1,5	40	1	ruskea	Siisti
1,5-2,0	69	3	ruskea	Melko siisti, yläosa huonompi
2,0-2,5	72	5	harmaa	Yläosa huono, alhaalla 20 cm siistiä
2,5-3,0	86	5	harmaa	Melko siisti, yläosa huonompi
3,0-3,5	53	3	harmaa	Siisti
3,5-4,0	64	4	harmaa	Siisti
4,0-4,5	56	1	harmaa	Siisti alaosaa lukuunottamatta
4,5-5,0	51	1	harmaa	Melko siisti
5,0-5,5	51	3	harmaa	Melko siisti
5,5-6,0	62	2	harmaa	Melko siisti

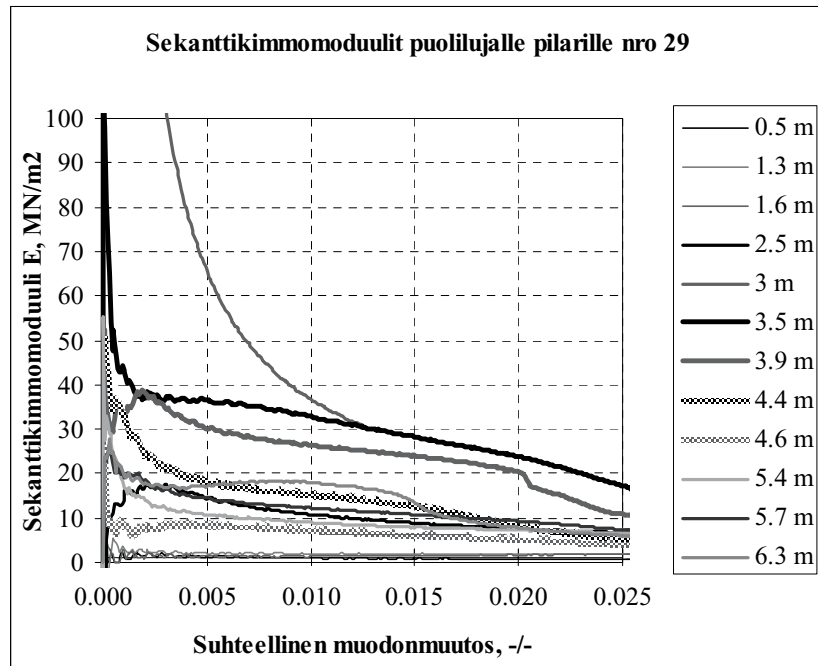
Pilari 105 / puoliluja		Massastabilointi tehty 13.9.1996, pilari tehty 12.9.1996		
Massastabilointi		Näyte otettu 21.10.1996		
Näyte valokuvattu 22.10.1996 ja puristuskokeet tehty 24.10.1996				
z m	Palan tod. pituus, cm	Isoja hal- keamia	Väri	Muuta
0-0,5	60	2	ruskea	Siisti
0,5-1,0	60	1	ruskea	Siisti
1,0-1,5	62	4	rusk./harm.	Siisti
1,5-2,0	54	3	harmaa	Alaosa siisti, yläosa röpelöinen
2,0-2,5	61	6	harmaa	Alaosa siisti, yläosa röpelöinen
2,5-3,0	45	3	harmaa	Melko siisti
3,0-3,5	56	3	harmaa	Melko siisti
3,5-4,0	58	4	harmaa	Melko siisti
4,0-4,5	73	4	harmaa	Röpelöinen
4,5-5,0	68	3	harmaa	Melko siisti
5,0-5,5	62	3	harmaa	Melko siisti
5,5-6,2	70	6	harmaa	Siisti

Koepenkereen stabiloinneista otettujen näytteiden visuaalinen tarkastelu.
Korkea pengser. Luja pilari.

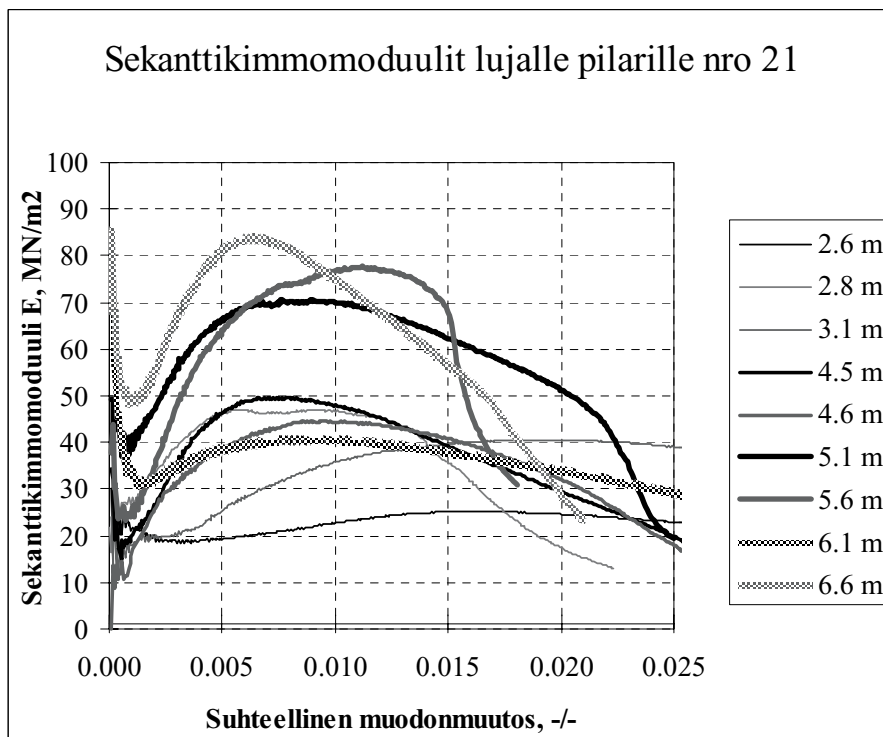
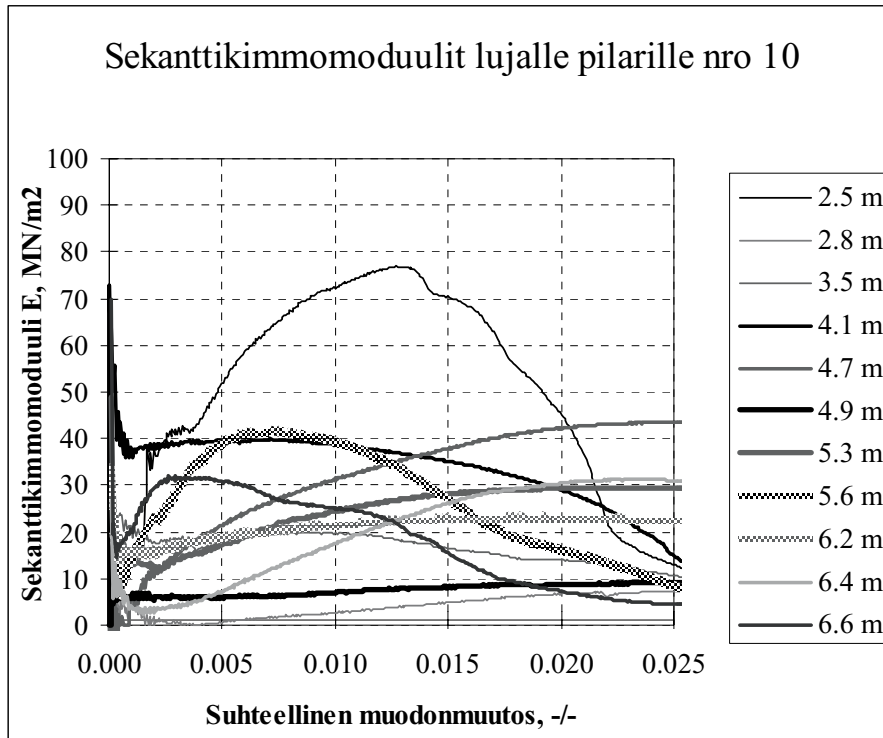
Pilari 10 / luja		Pilari tehty 17.9.1996		
		Näyte otettu 8.11.1996		
		Näyte valokuvattu 8.11.1996 ja puristuskokeet tehty 8.11.1996		
z m	Palan tod. pituus, cm	Isoja hal- keamia	Väri	Muuta
2.3-2.6	16	1	harmaa	Siisti
2.6-3.0	18	-	harmaa	Siisti
3.0-3.4	43	4	harmaa	Siisti
3.4-3.7	40+18	4	harmaa	Siisti
3.7-4.2	46	5	harmaa	Siisti
4.6-5.2	45	1	harmaa	Siisti
5.2-6.0	61	3	harmaa	Siisti
6.0-6.4	79	3	harmaa	Siisti
6.4-	47	2	harmaa	Siisti, vähän röpelöinen

Pilari 21 / luja		Pilari tehty 17.9.1996		
		Näyte otettu 7.11.1996		
		Näyte valokuvattu 8.11.1996 ja puristuskokeet tehty 8. ja 11.11.1996		
z m	Palan tod. pituus, cm	Isoja hal- keamia	Väri	Muuta
2,5-3,0	72	6	harmaa	20 cm siistiä, loput rikki
3,0-3,5	70	4	harmaa	20 cm siistiä. loput rikki
3,5-4,0	58	3	harmaa	Siisti
4,0-4,5	68	3	harmaa	Siistihkö
4,5-5,0	58	4	harmaa	Siisti
5,0-5,5	68	5	harmaa	Siistihkö
5.5-6.0	53	3	harmaa	Siisti
6.0-	68	4	harmaa	Siisti

Matala pengser. Puolilujat pilarit. Pilarin sekanttimoduulit.



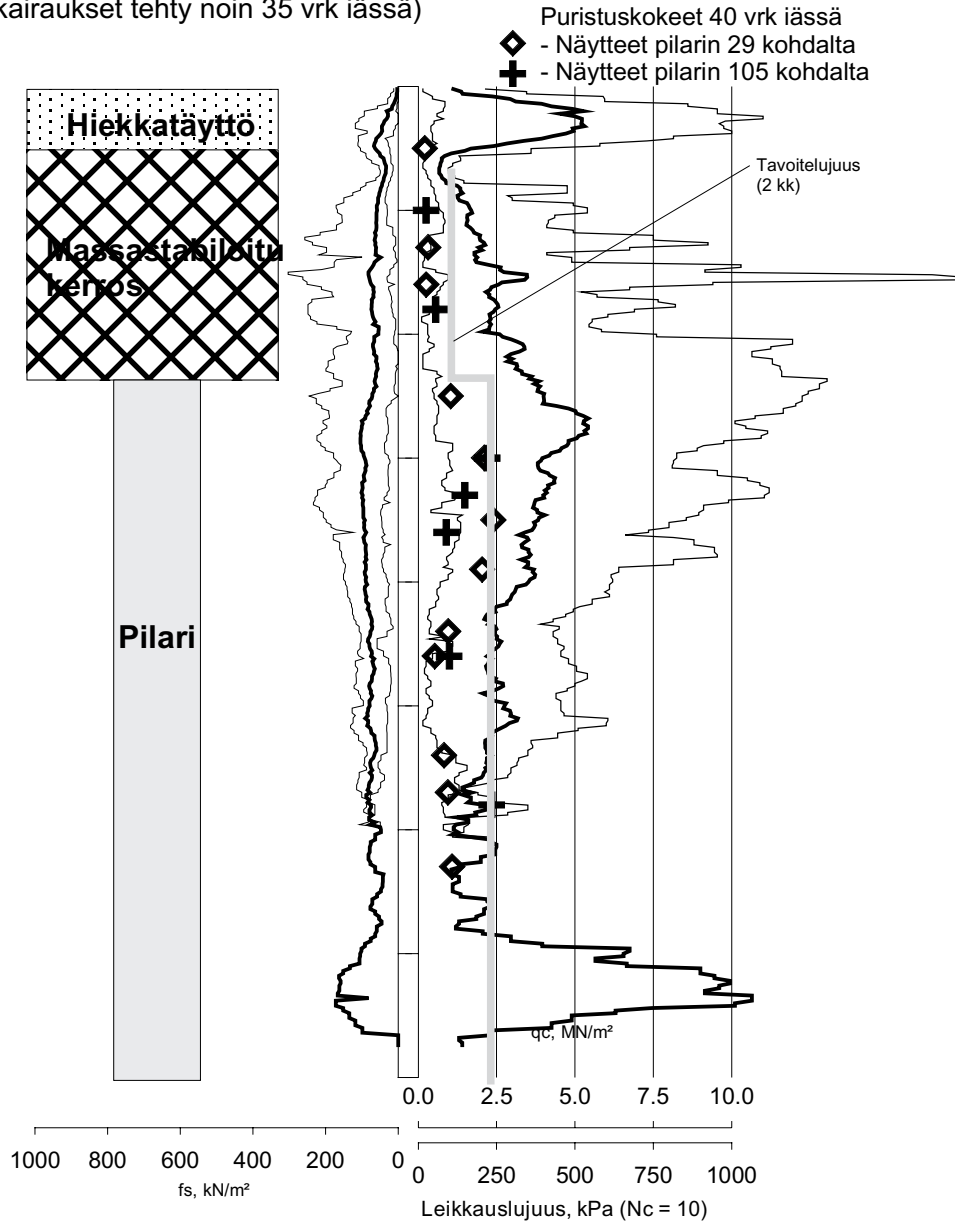
Korkea pengeri. Lujat pilarit. Pilarien sekanttimoduulit.



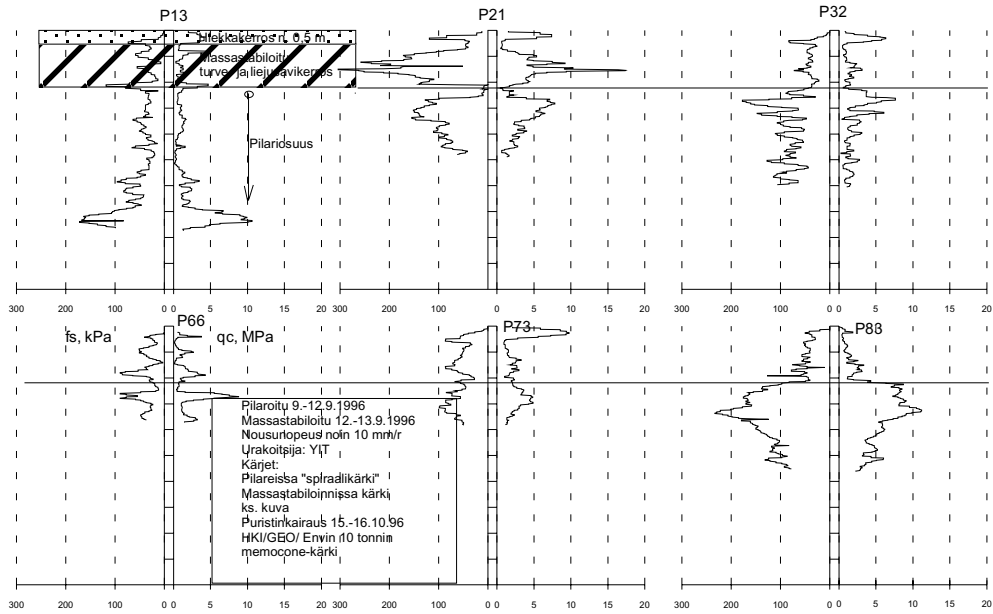
KT 51

Puolilujien pilareiden laadunvalvontatutkimukset

Puristinkairausvastusten keskiarvot, minimi- ja maksimiarvot
(kairaukset tehty noin 35 vrk iässä)



PUOLILUJAT PILARIT RAKENTEESSA: Laadunvalvontakairaukset - Puristinkairaukset



KT 51

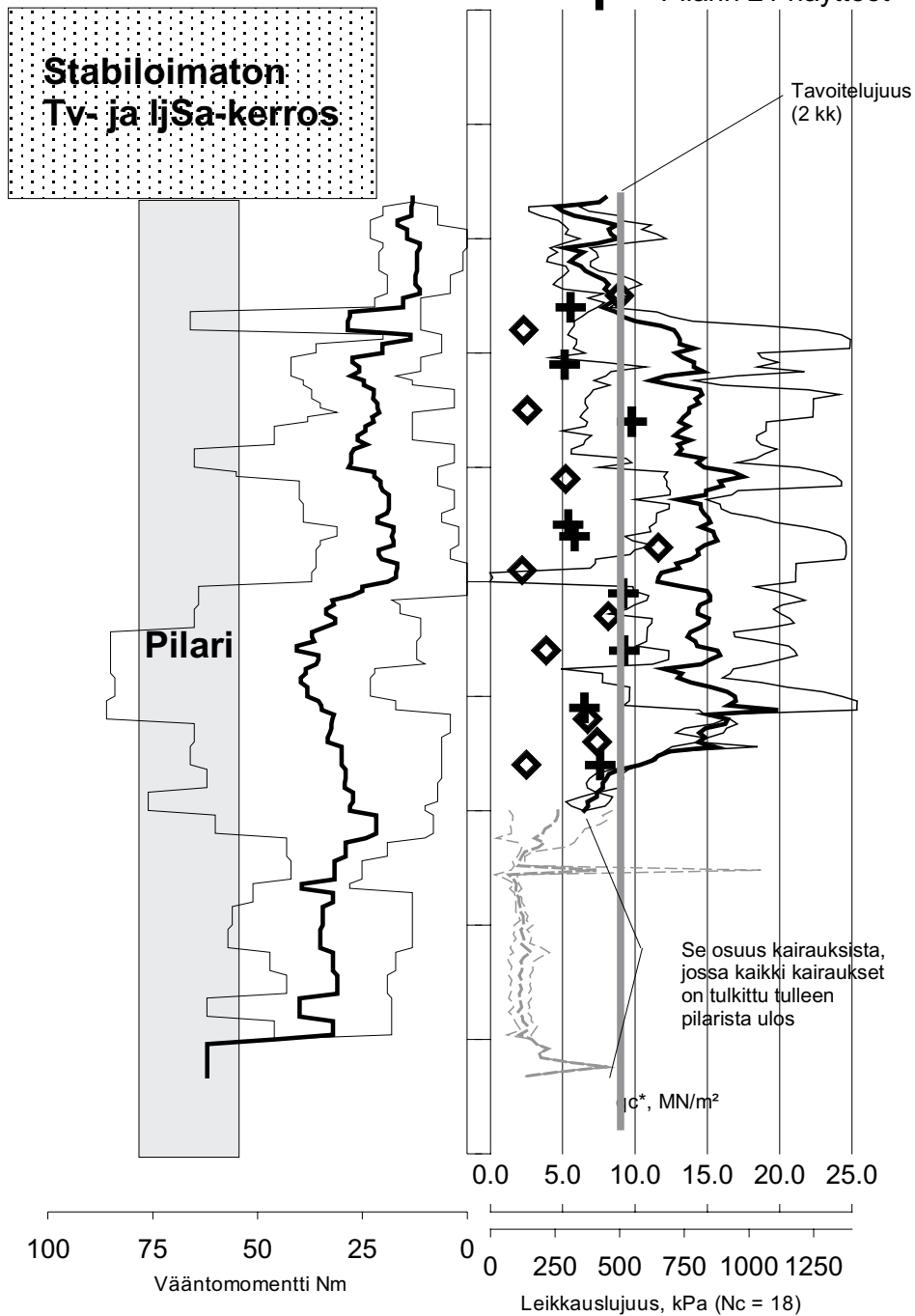
Lujien pilareiden laadunvalvontatutkimukset

Puristinheijarikairausvastusten (redusoitu)

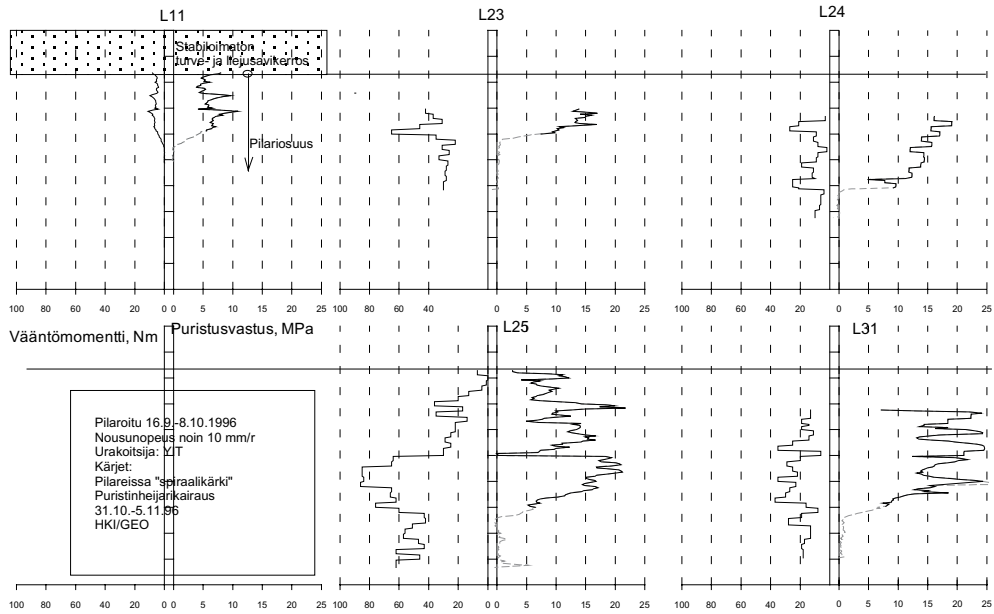
keskiarvot, minimi- ja maksimiarvot
(kairaukset tehty 44 - 49 vrk iässä)

Puristuskokeet 51 vrk iässä

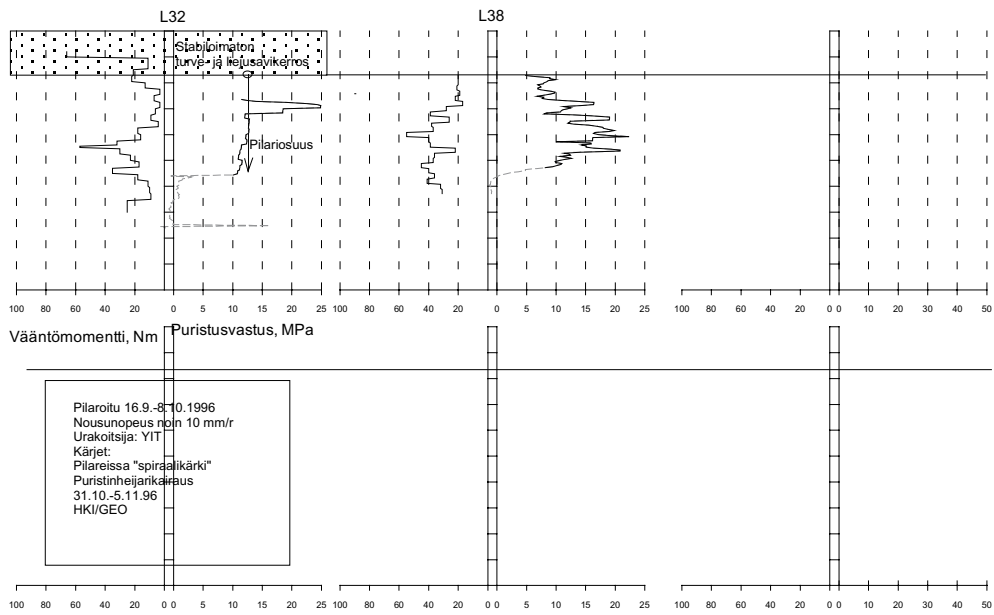
- ◊ - Pilarin 10 näytteet
- +

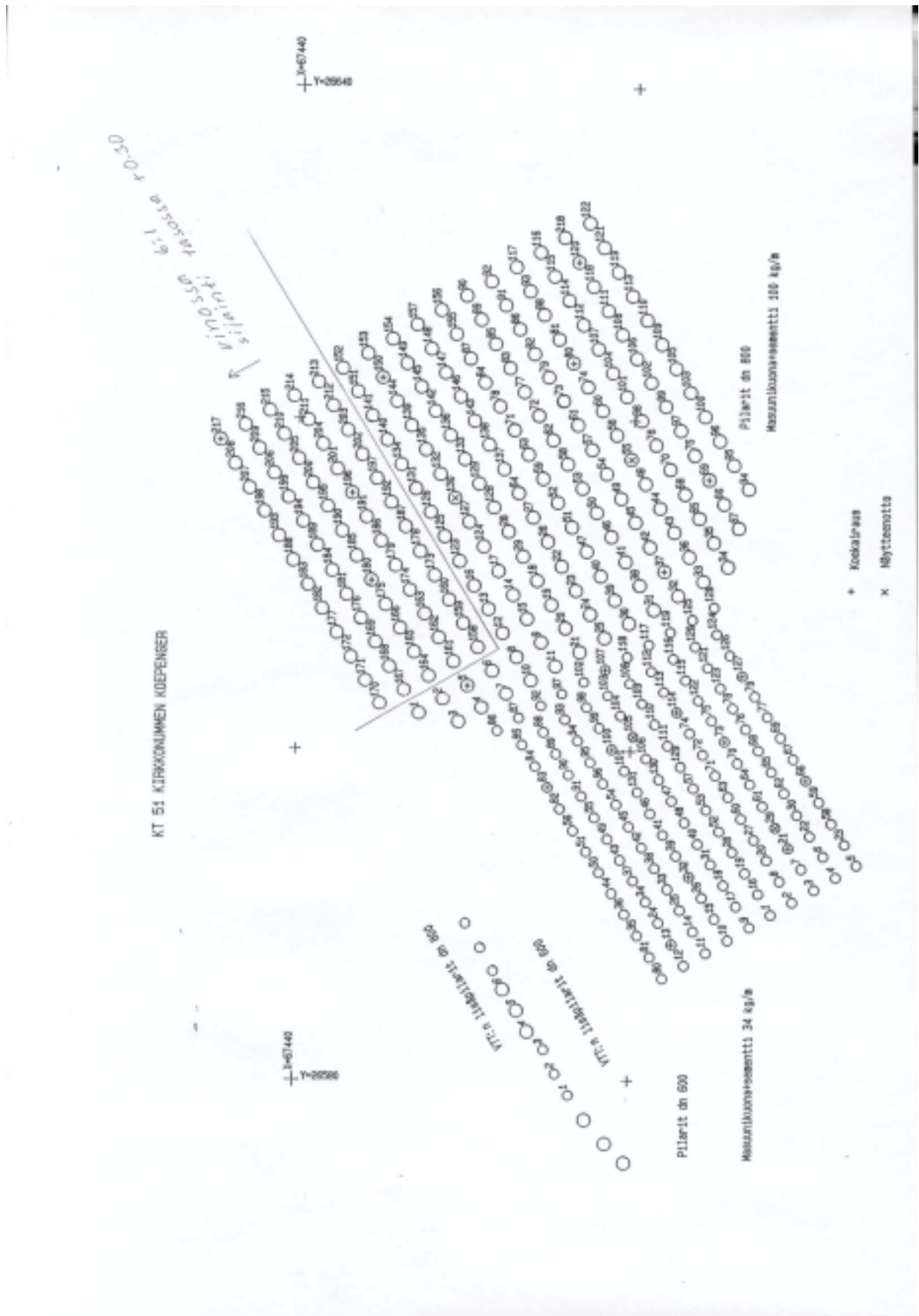


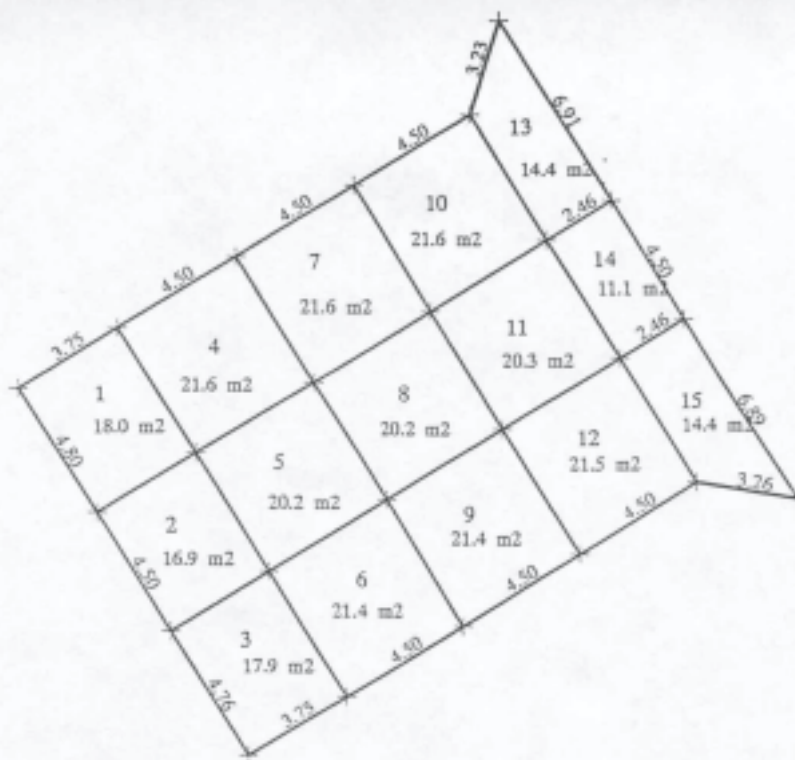
LUJAT PILARIT RAKENTEESSA: Laadunvalvontakairaukset - Puristin-heijarikairaukset



LUJAT PILARIT RAKENTEESSA: Laadunvalvontakairaukset - Puristin-heijarikairaukset







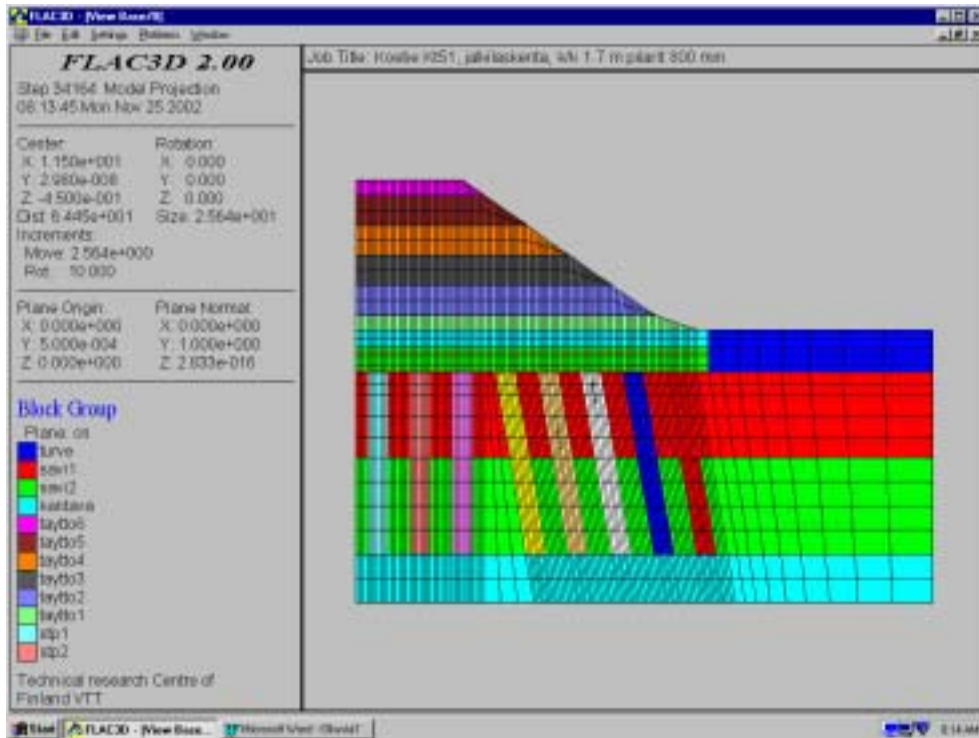
MASSASTABILOINTI KIRKKONUMMEN KOEPENGER -95									
Kohde: Sideaine: Pikasementti 150 kg/m ³									
Lohko N:o	Ala tr m ²	Ala td m ²	Syvyys keskim	Tilav. m ³	Sideaine tenr kg	Pvm	Sideaine tod. kg	Sideaine td kg/m ³	
1	18,0	18,0	1,70	30,60	4560			0,0	
2	16,9	16,9	1,70	28,73	4310			0,0	
3	17,9	17,9	1,70	30,43	4565			0,0	
4	21,6	21,6	1,70	36,72	5508			0,0	
5	20,2	20,2	1,70	34,34	5151			0,0	
6	21,4	21,4	1,70	36,38	5457			0,0	
7	21,6	21,6	1,70	36,72	5508			0,0	
8	20,2	20,2	1,70	34,34	5151			0,0	
9	21,4	21,4	1,70	36,38	5457			0,0	
10	21,6	21,6	1,70	36,72	5508			0,0	
11	20,3	20,3	1,70	34,51	5177			0,0	
12	21,5	21,5	1,70	36,55	5483			0,0	
13	14,4	14,4	1,70	24,48	3672			0,0	
14	11,1	11,1	1,70	18,87	2831			0,0	
15	14,4	14,4	1,70	24,48	3672			0,0	
				480,25	72038				

YIT - YHTYMÄ OY

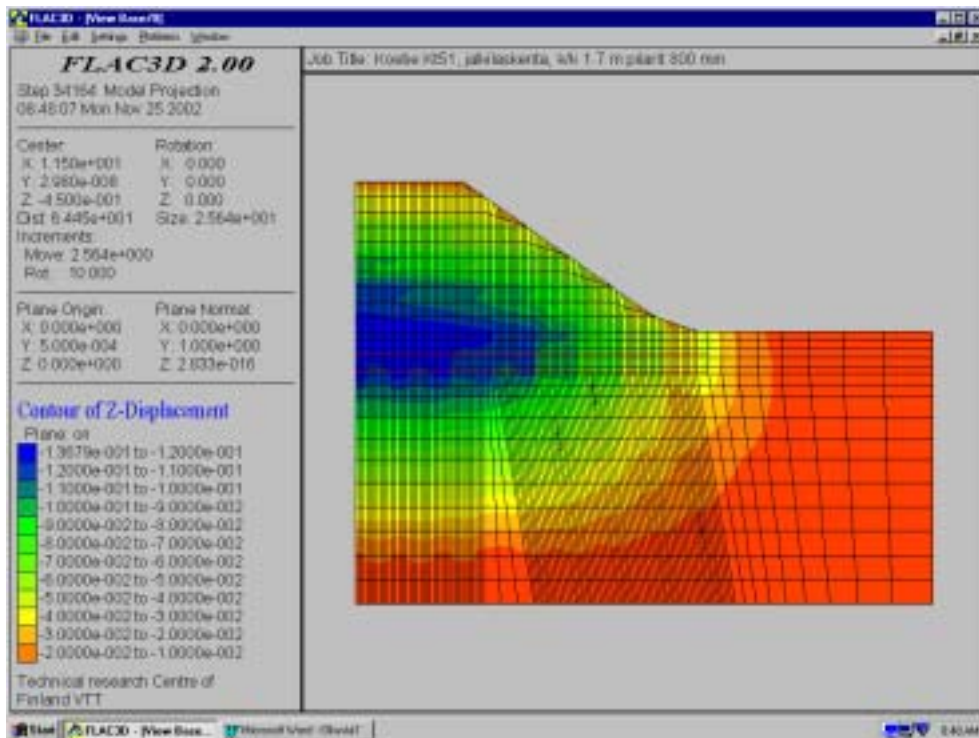
MASSASTABILOINTI KIRKKONUMMEN KOEPENGER -96									
Kohde:		Sideaine: Pikasementti						150 kg/m ³	
Lohko N:o	Ala tr m ²	Ala td m ²	Syvyys keskim	Tilav. m ³	Sideaine teor. kg	Pvm	Sideaine tod. kg	Sideaine td kg/m ³	
1	18,0	18,0	1,70	30,60	4590	12.9.93	4644	151,8	
2	18,9	18,9	1,70	28,73	4310	12.9.93	4357	151,7	
3	17,9	17,9	1,70	30,43	4565	12.9.93	4602	151,2	
4	21,6	21,6	1,70	36,72	5508	12.9.93	5529	150,6	
5	20,2	20,2	1,70	34,34	5151	12.9.93	5142	149,7	
6	21,4	21,4	1,70	36,38	5457	12.9.93	5493	151,0	
7	21,6	21,6	1,70	36,72	5508	12.9.93	5563	151,5	
8	20,2	20,2	1,70	34,34	5151	12.9.93	5152	150,0	
9	21,4	21,4	1,70	36,38	5457	12.9.93	5490	150,9	
10	21,6	21,6	1,70	36,72	5508	13.9.93	5553	151,2	
11	20,3	20,3	1,70	34,51	5177	13.9.93	5229	151,5	
12	21,5	21,5	1,70	36,55	5483	13.9.93	5498	150,4	
13	14,4	14,4	1,70	24,48	3672	13.9.93	3650	149,1	
14	11,1	11,1	1,70	18,87	2831	13.9.93	2843	150,7	
15	14,4	14,4	1,70	24,48	3672	13.9.93	3722	152,0	
				480,25	72038		72467	150,9	

DOK. 1996

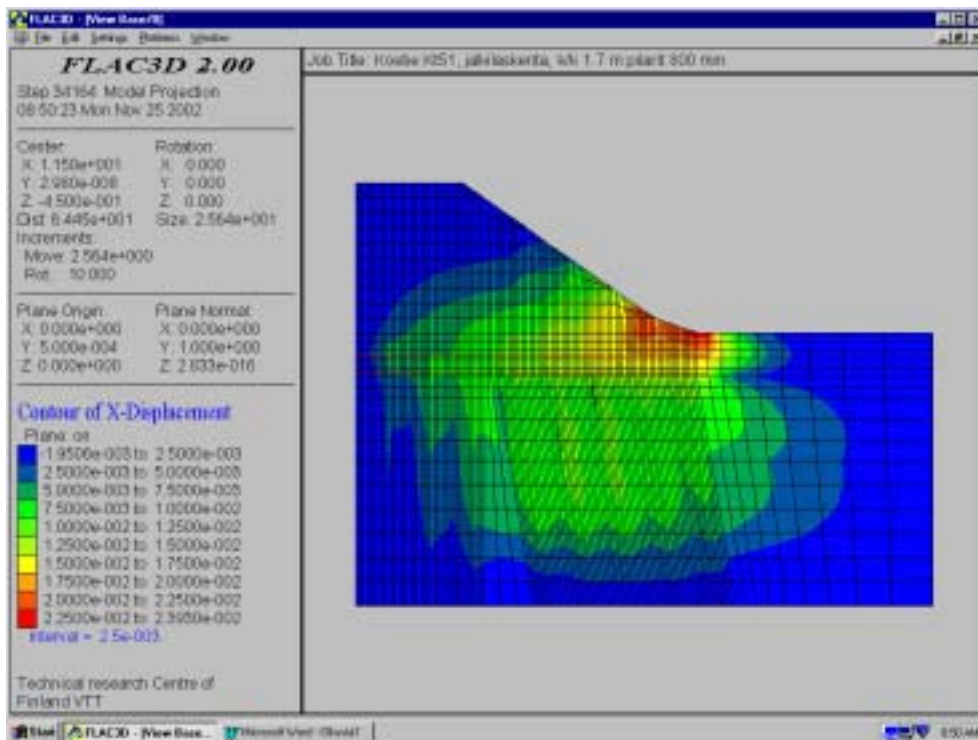
3D-FLAC -ohjelmalla alennetulla pilarien muodonmuutosominaisuuksilla suoritettut tarkastelut



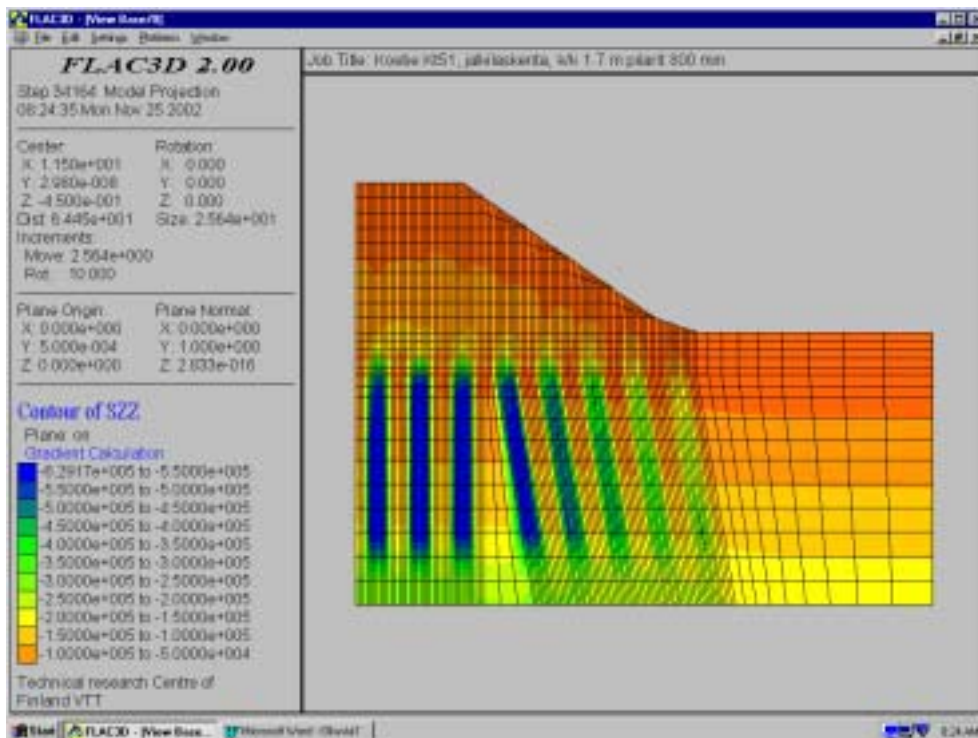
Kuva 1. Laskentaverkon poikkileikkaus pilarien muodostamassa tasossa; rakennekerrokset ja lujitteiden sijainti.



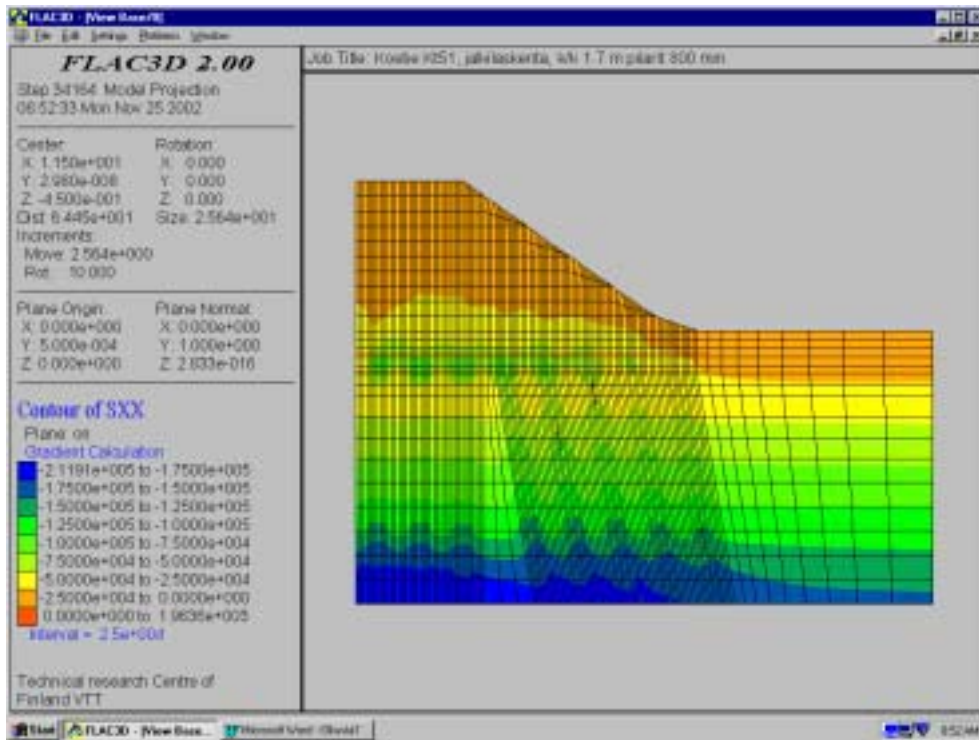
Kuva 2. Pystysuuntaisten siirtymien tasa-arvokäyrät (m) pilarien muodostamassa tasossa penkereen ollessa täydessä korkeudessaan.



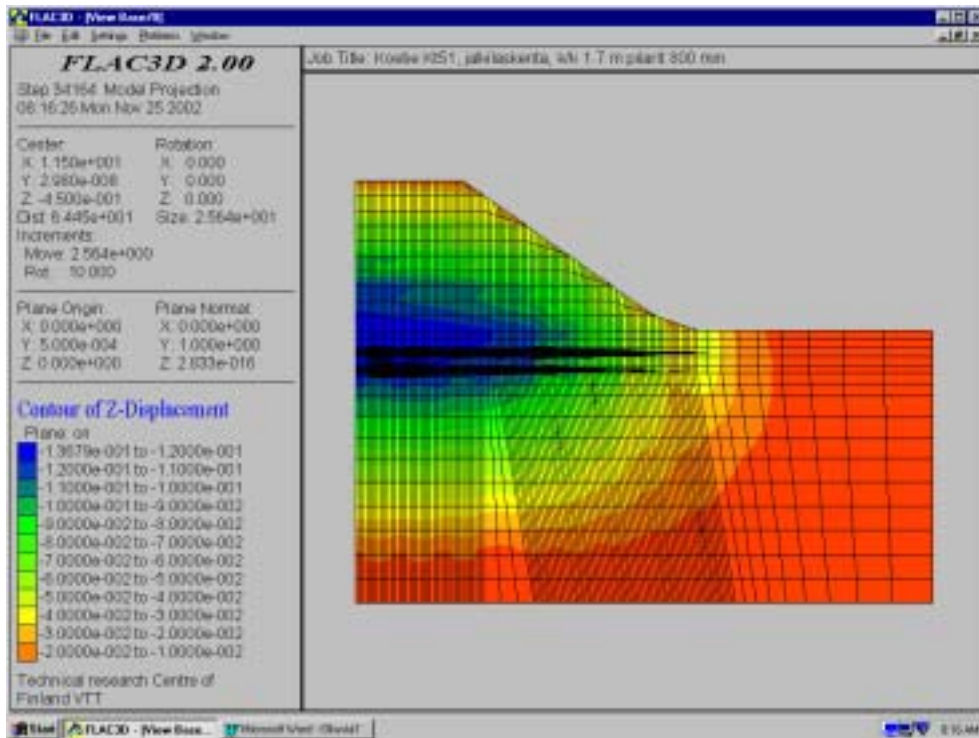
Kuva 3. Vaakasuuntaisten siirtymien tasa-arvokäyrät (m) pilarien muodostamassa tasossa penkereen ollessa täydessä korkeudessaan.



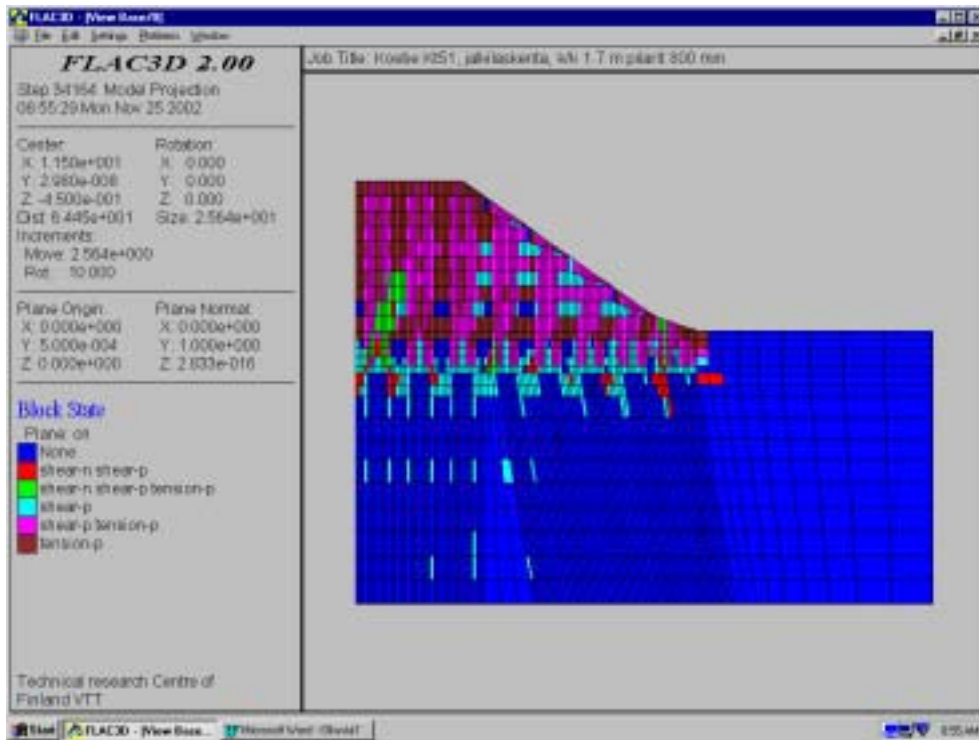
Kuva 4. Pystysuuntaisten kokonaisjännitysten tasa-arvokäyrät (Pa) pilarien muodostamassa tasossa penkereen ollessa täydessä korkeudessaan.



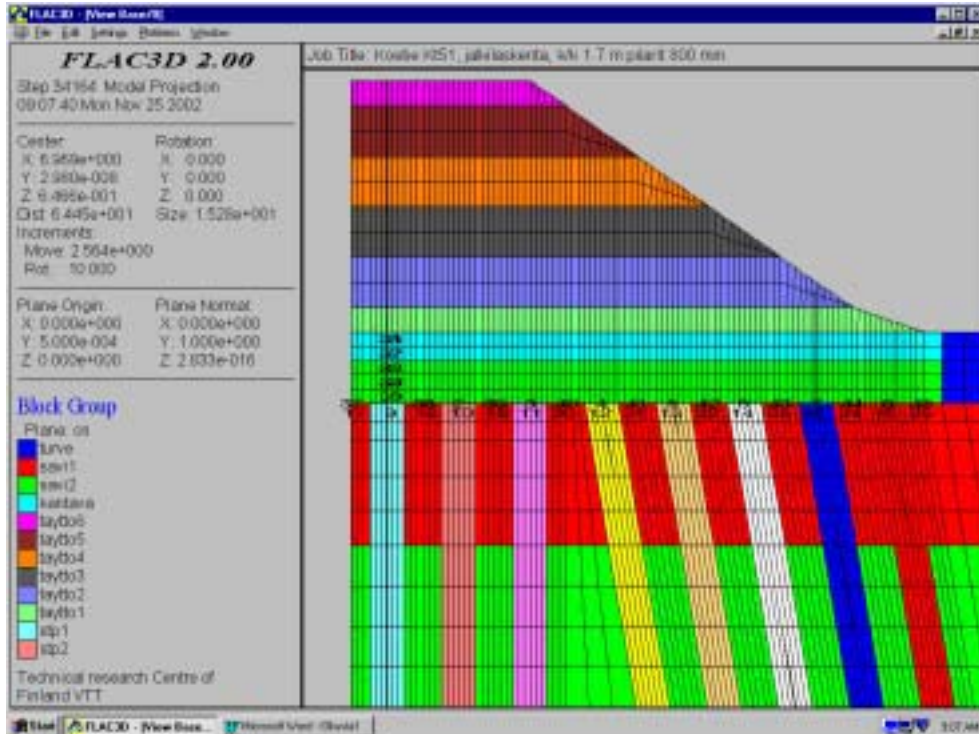
Kuva 5. Vaakasuntaisten kokonaisjännitysten tasa-arvokäyrät (Pa) pilarien muodostamassa tasossa penkereen ollessa täydessä korkeudessa.



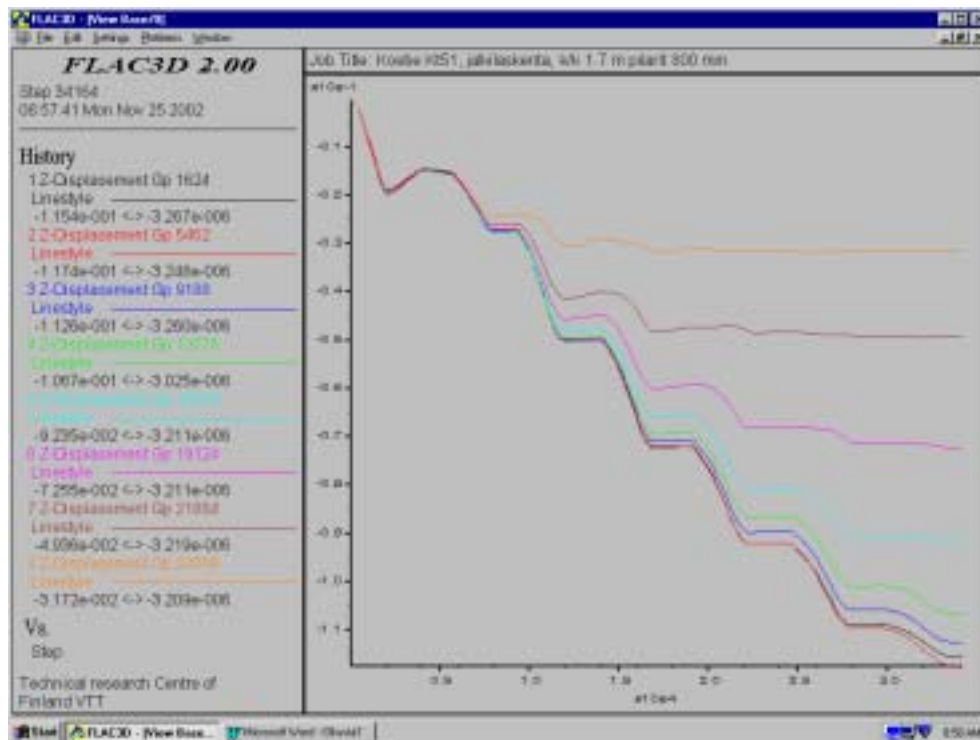
Kuva 6. Penkereen pystysuuntaiset siirtymät ja lujitteissa vaikuttavat voimat (huom. kaikki lujitteet "summautuvat" kuvaan päällekkäin).



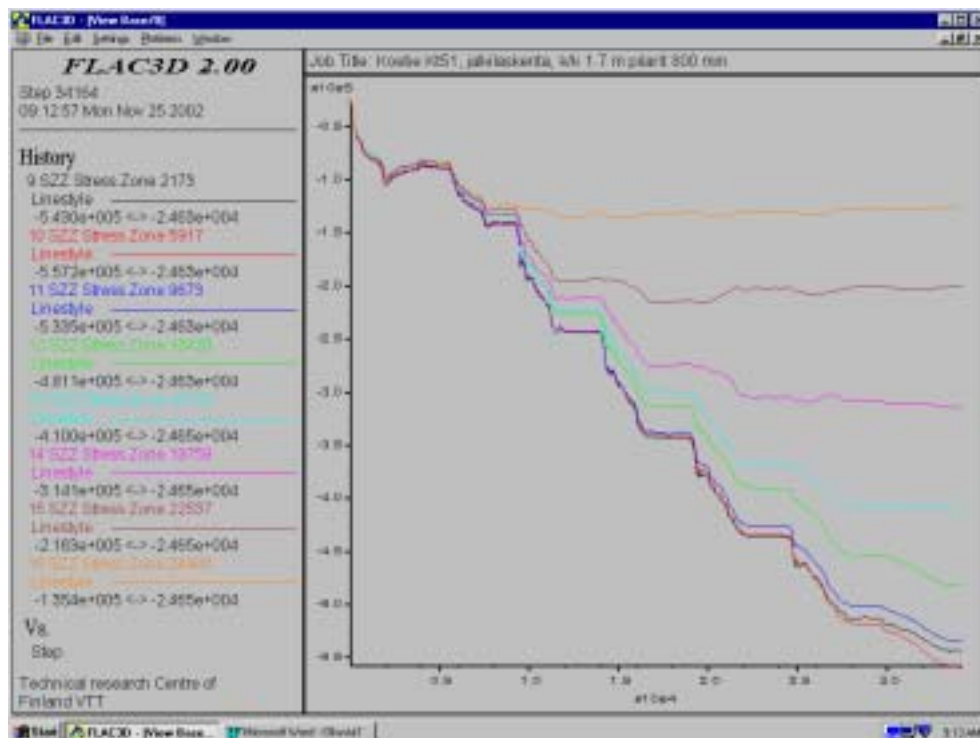
Kuva 9. Elementtien mekaanista tilaa osoittava kuvaaja pilarien muodostamassa tasossa penkereen ollessa täydessä korkeudessaan.



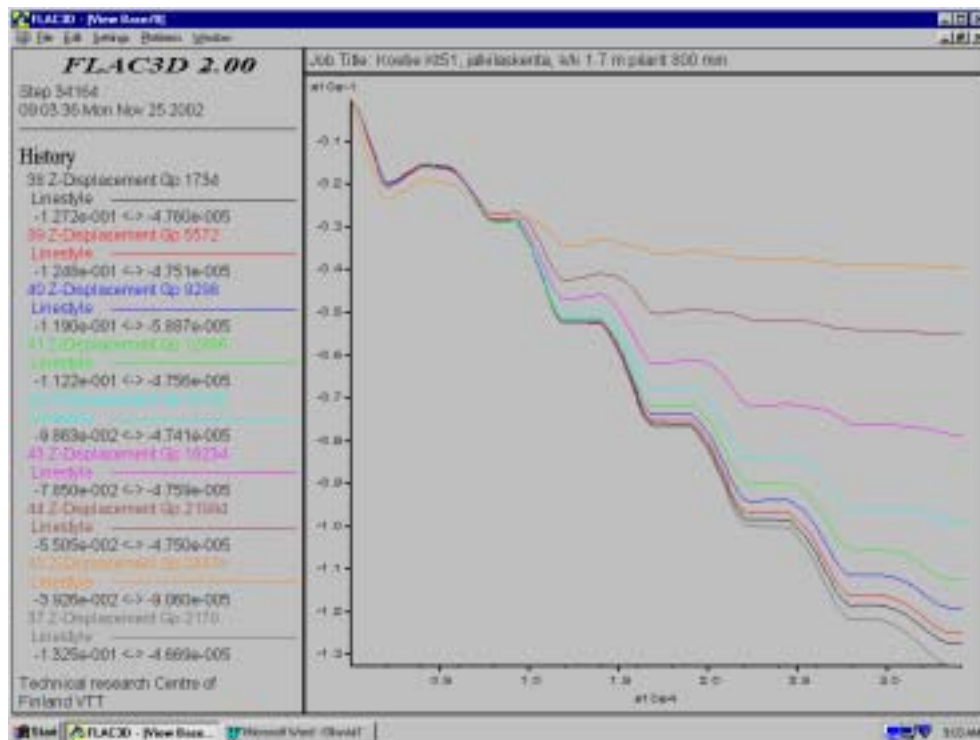
Kuva 10. Jäljempänä olevissa kuvissa esitetyjen numeroitujen seurantapisteiden sijainti.



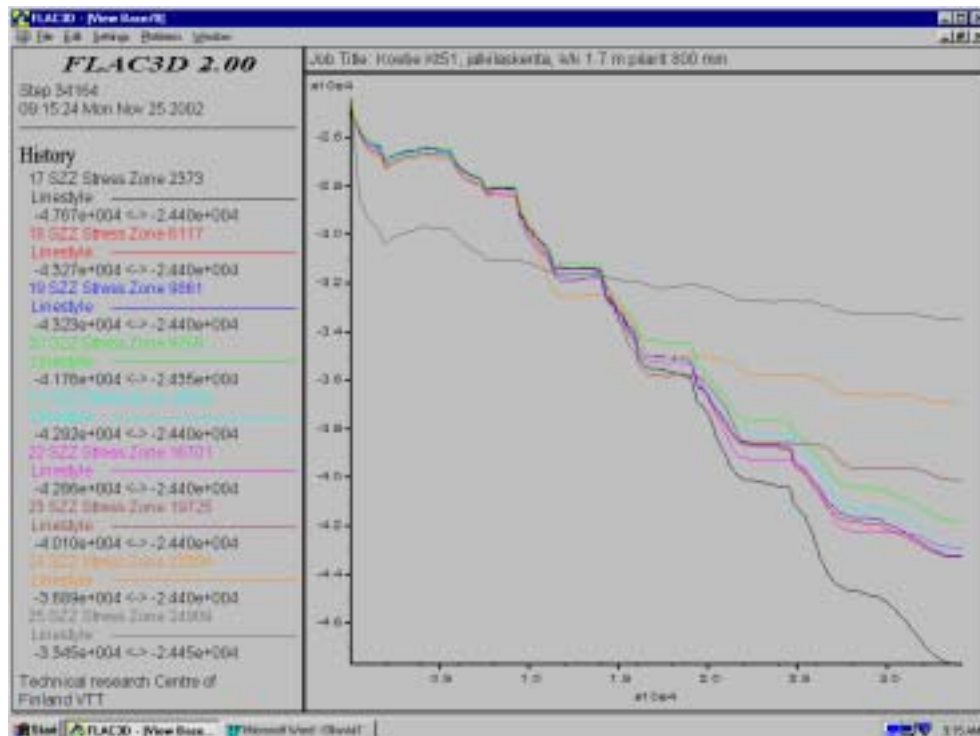
Kuva 11. Pilarien yläpään painuman kehittyminen eri kuormitusportaisissa (seurantapisteen numero viittaa edellä olevaan seurantapisteen paikkaa osoittavaan kuvaan).



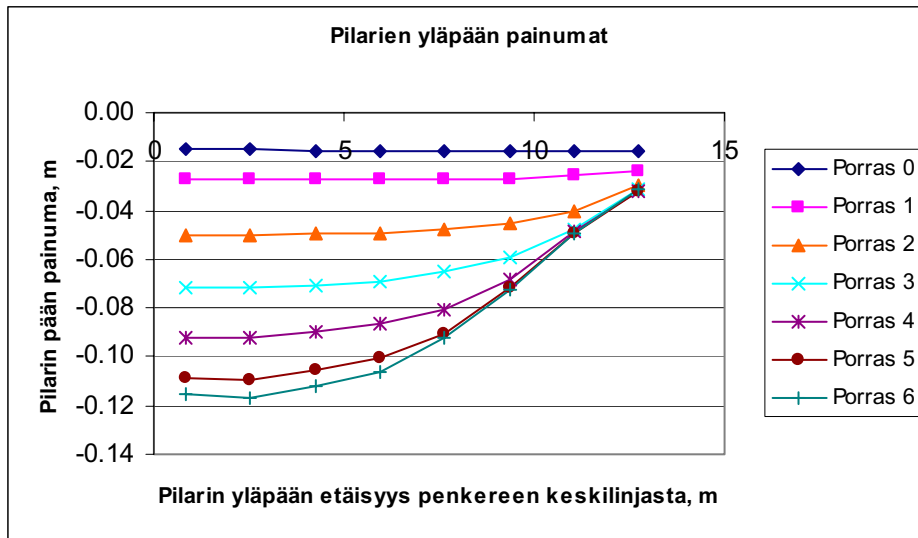
Kuva 12. Kokonaisjännityksen kehittyminen eri kuormitusportaisissa pilarien yläpäässä pilarin keskellä (seurantapisteen numero viittaa edellä olevaan seurantapisteen paikkaa osoittavaan kuvaan).



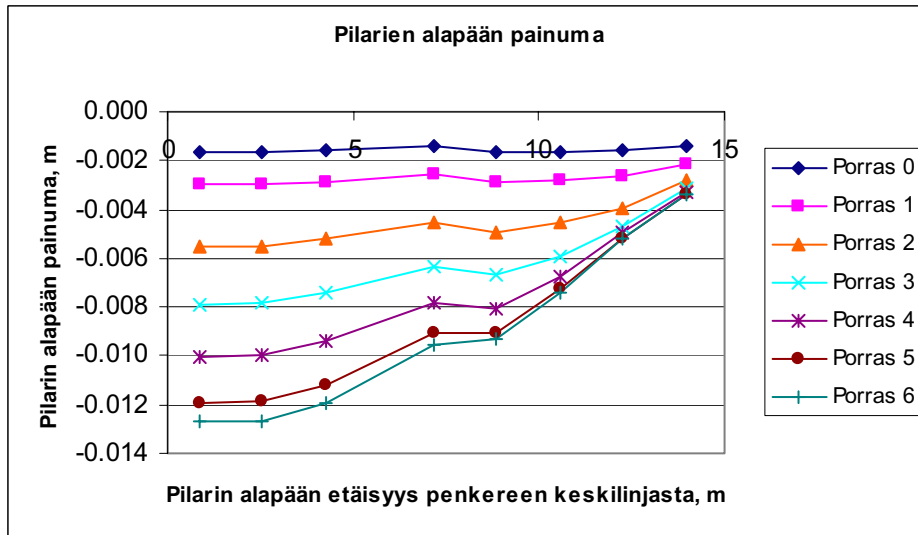
Kuva 13. ”Maanpinnan” painuman kehittyminen eri kuormitusportaissa pilarien yläpäiden tasolla kahden pilarin välissä (seurantapisteen numero viittaa edellä olevaan seurantapisteen paikkaa osoittavaan kuvaan).



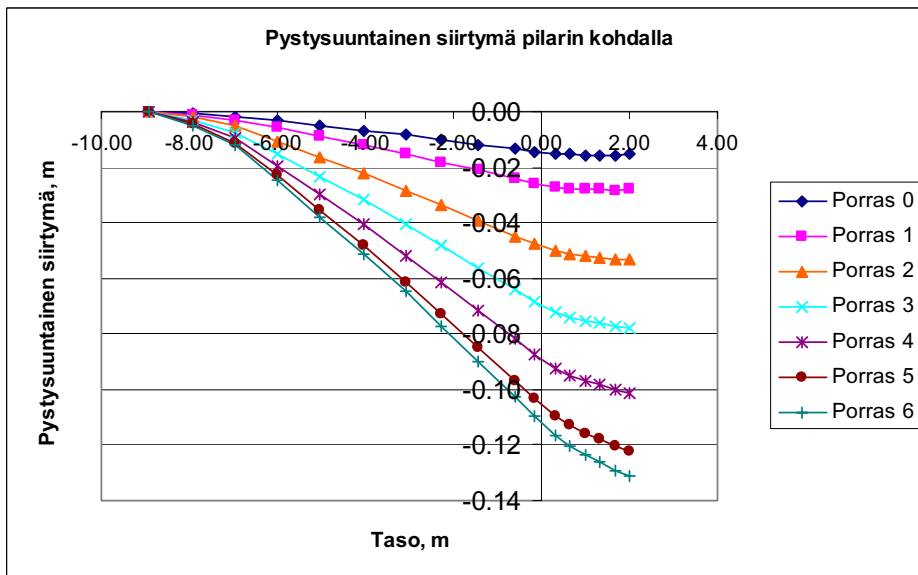
Kuva 14. ”Maanpinnan” kokonaisjännityksen kehittyminen eri kuormitusportaissa pilarien yläpäiden tasolla kahden pilarin välissä (seurantapisteen numero viittaa edellä olevaan seurantapisteen paikkaa osoittavaan kuvaan).



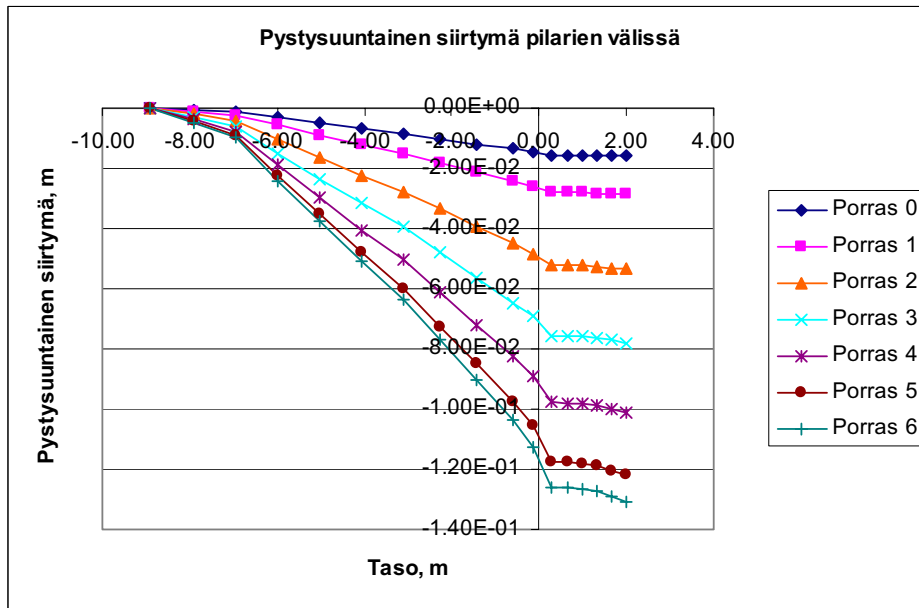
Kuva 15. Pilarien yläpään painumat.



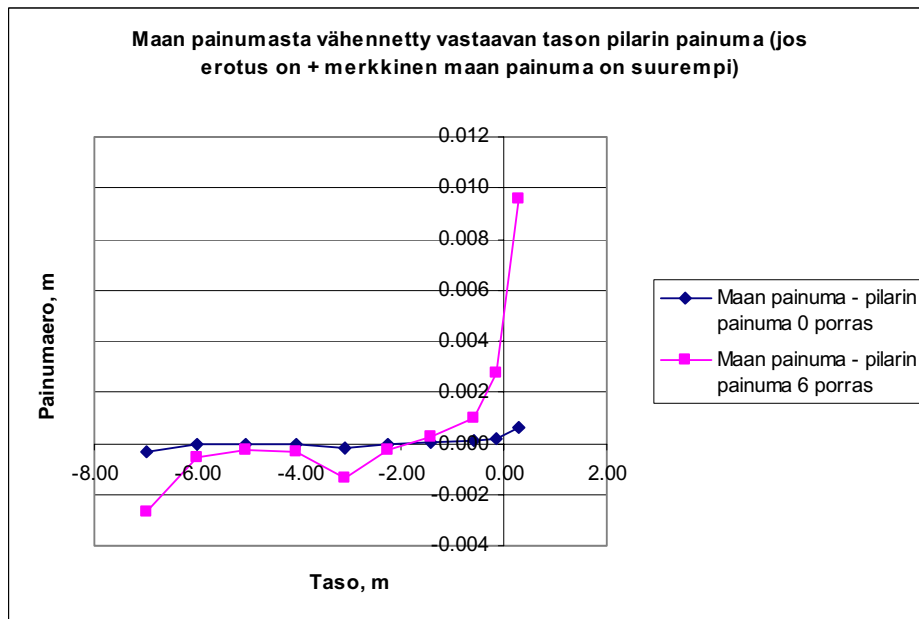
Kuva 16. Pilarien alapään painumat.



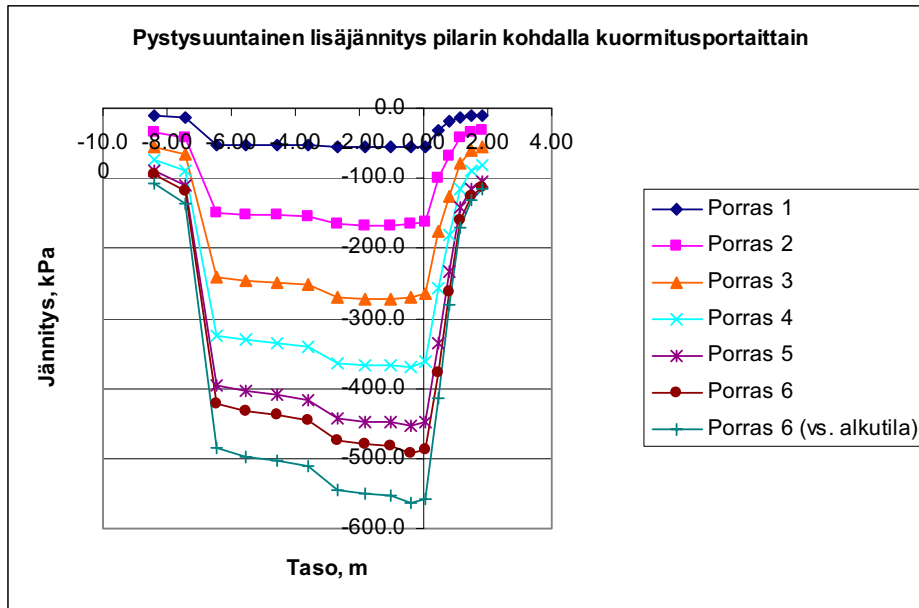
Kuva 17. Pystysuuntainen siirtymä pilarin kohdalla.



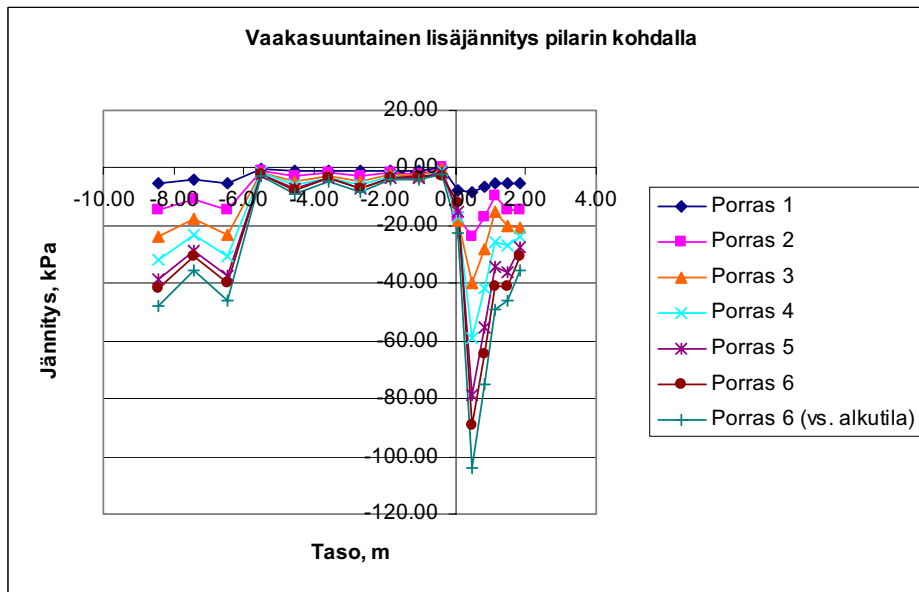
Kuva 18. Pystysuuntainen siirtymä pilarien välissä.



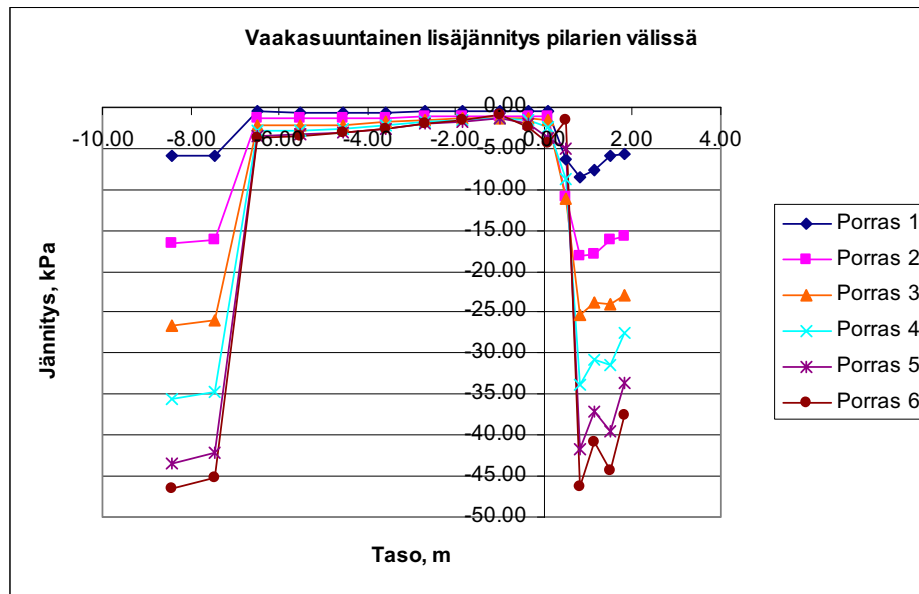
Kuva 19. Maan ja pilarin painumaero.



Kuva 20. Pystysuuntainen lisäjännitys pilarin kohdalla.



Kuva 21. Vaakasuuntainen lisäjännitys pilarin kohdalla.



Kuva 22. Vaakasuuntainen lisäjännitys pilarien välissä.

Taulukko 1. Pääjännitykset pilarien päissä (kPa).

Pilari	sig1	sig2	sig3	p	q	sig oct	tau oct
Pilari 1	-565.6	-81.7	-41.7	-229.7	-523.9	-229.7	238.1
Pilari 2	-563.7	-83.6	-68.7	-238.6	-494.9	-238.6	229.9
Pilari 3	-547.4	-88.8	-71.1	-235.7	-476.3	-235.7	220.5
Pilari 4	-554.4	-82.5	-67.6	-234.8	-486.8	-234.8	226.1
Pilari 5	-485.4	-72.1	-54.5	-204.0	-431.0	-204.0	199.1
Pilari 6	-390.4	-59.3	-45.1	-164.9	-345.3	-164.9	159.5
Pilari 7	-272.3	-46.8	-40.2	-119.8	-232.2	-119.8	107.9
Pilari 8	-164.4	-35.4	-33.7	-77.8	-130.7	-77.8	61.2

Lujitteen kantaman jännityksen ja lujitevoiman laskenta eri menetelmin /5/

Lujitteen kantaman keskimääräisen jännityksen suhde pengertäytteen aiheuttamaan jännitykseen (Stress Reduction Ratio) on

$$S_{3D} = p_r / (\gamma * H)$$

p_r on lujitteen kantama osuus
 γ pengermateriaalin tilavuuspaino
 H pengerkorkeus

British Standard BS8006

Penkereille, joiden korkeus $H > 1.4 * (s - a)$

$$\frac{p_c}{\gamma H} = (C_c a / H)^2$$

p_c on paaluhattuun (pilarin päähän) kohdistuva jännitys
 a paaluhatun (pilarin) sivumitta
 s pilariväli
 $C_c = 1.5 * (H / a) - 0.07$ (kitka- tai muut paalut; muilla paalutyypeillä tästä poikkeavia kertoimia)

$$S_{3D} = ((2.8 * s) / ((s + a)^2 * H)) * (s^2 - a^2 * (p_c / (\gamma * H)))$$

Hewlett & Randolph

Suurempi seuraavista

$$S_{3D} = (1 - a/s) \frac{2 * (K_p - 1)}{\{1 - ((s^2 * (K_p - 1) / (\sqrt{2 * H * (2 * K_p - 3)}))\} + \{(s - a)^2 * (K_p - 1) / (\sqrt{2 * H * (2 * K_p - 3)}))\}}$$

tai

$$S_{3D} = \frac{I}{\frac{2 * K_p}{K_p + I} * \left(\left(I - \frac{a}{s} \right)^{(1 - K_p)} - \left(I - \frac{a}{s} \right) * \left(I + \frac{a}{s} K_p \right) \right) + \left(I - \frac{a^2}{s^2} \right)}$$

K_p on passiivinen maanpainekerroin $(1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$

Terzaghi

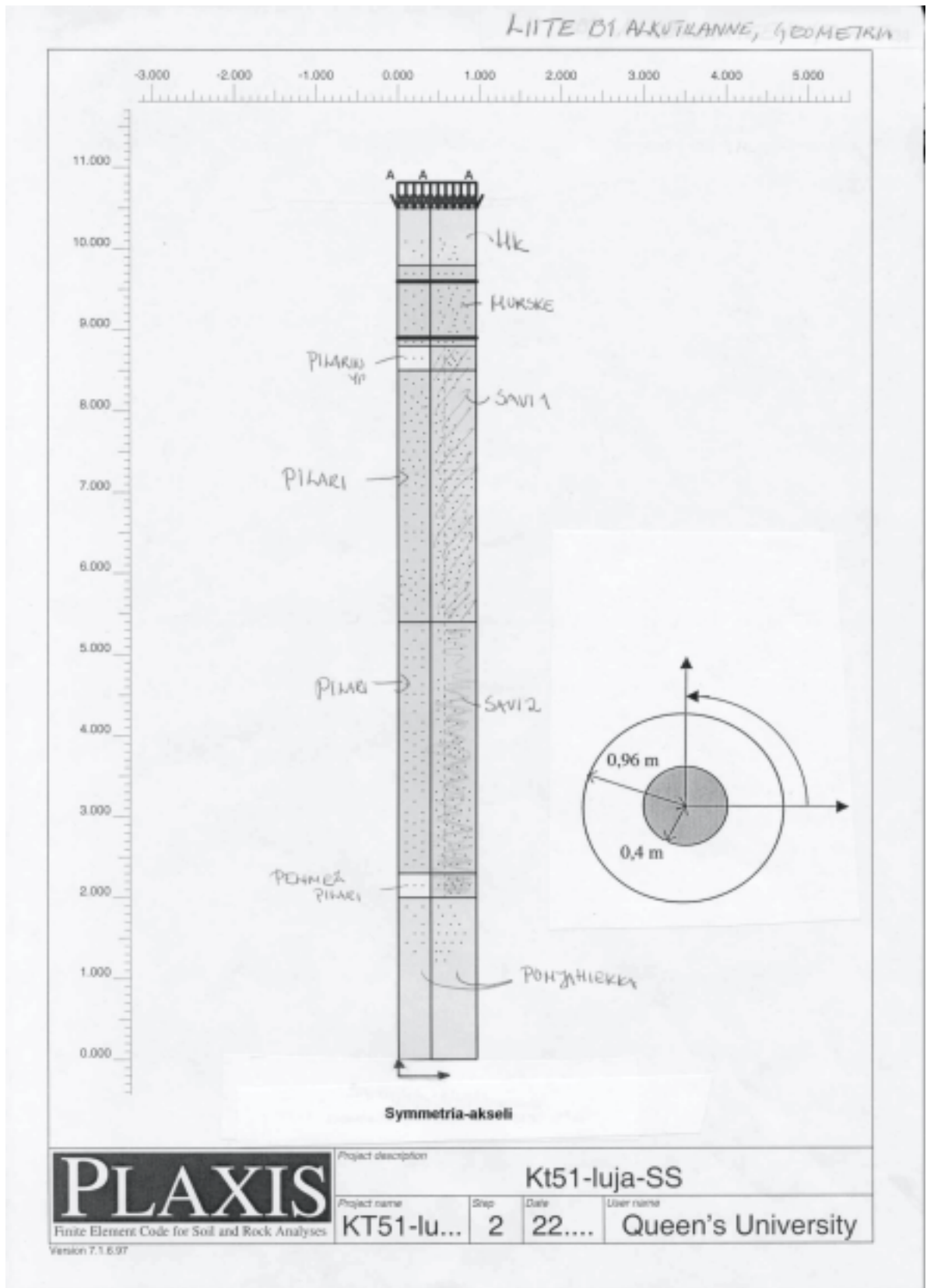
$$S_{SD} = \frac{(s^2 - a^2)}{4 * H * a * K * \tan \phi'} \left(1 - e^{(-4 * a * H * K * \tan \phi') / (s^2 - a^2)} \right)$$

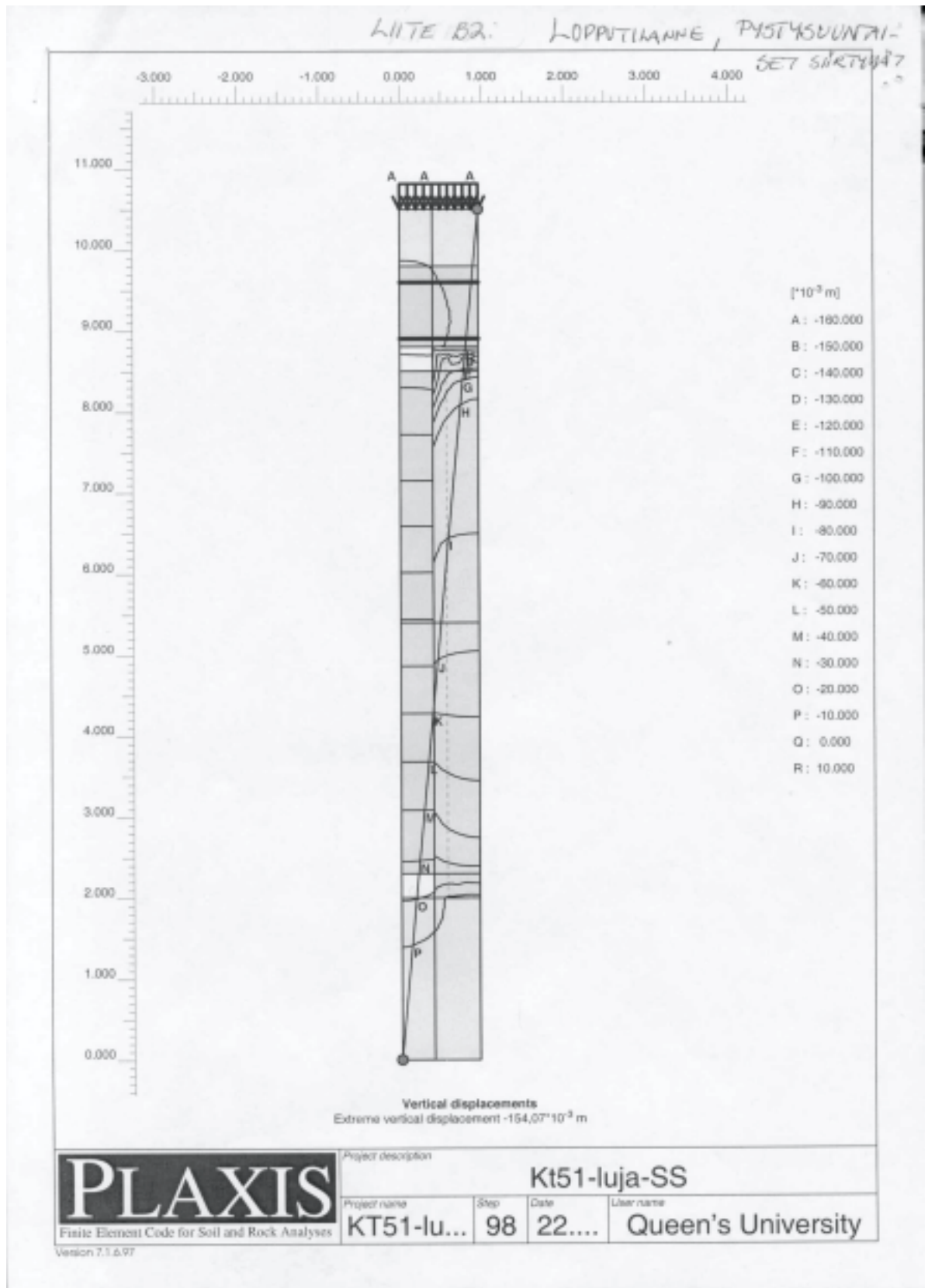
K on maanpainekerroin

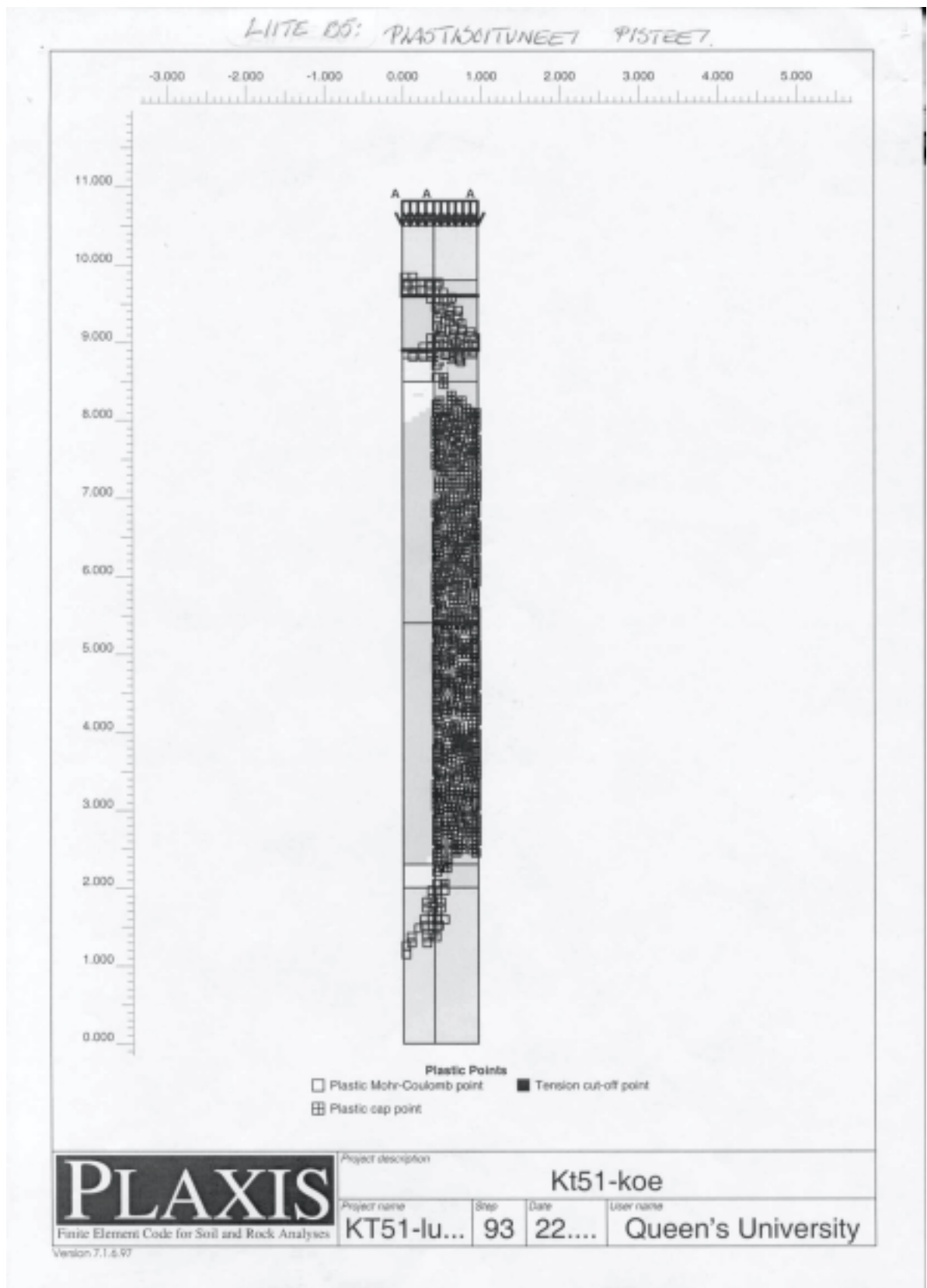
Lujitteessa vaikuttava vetovoima

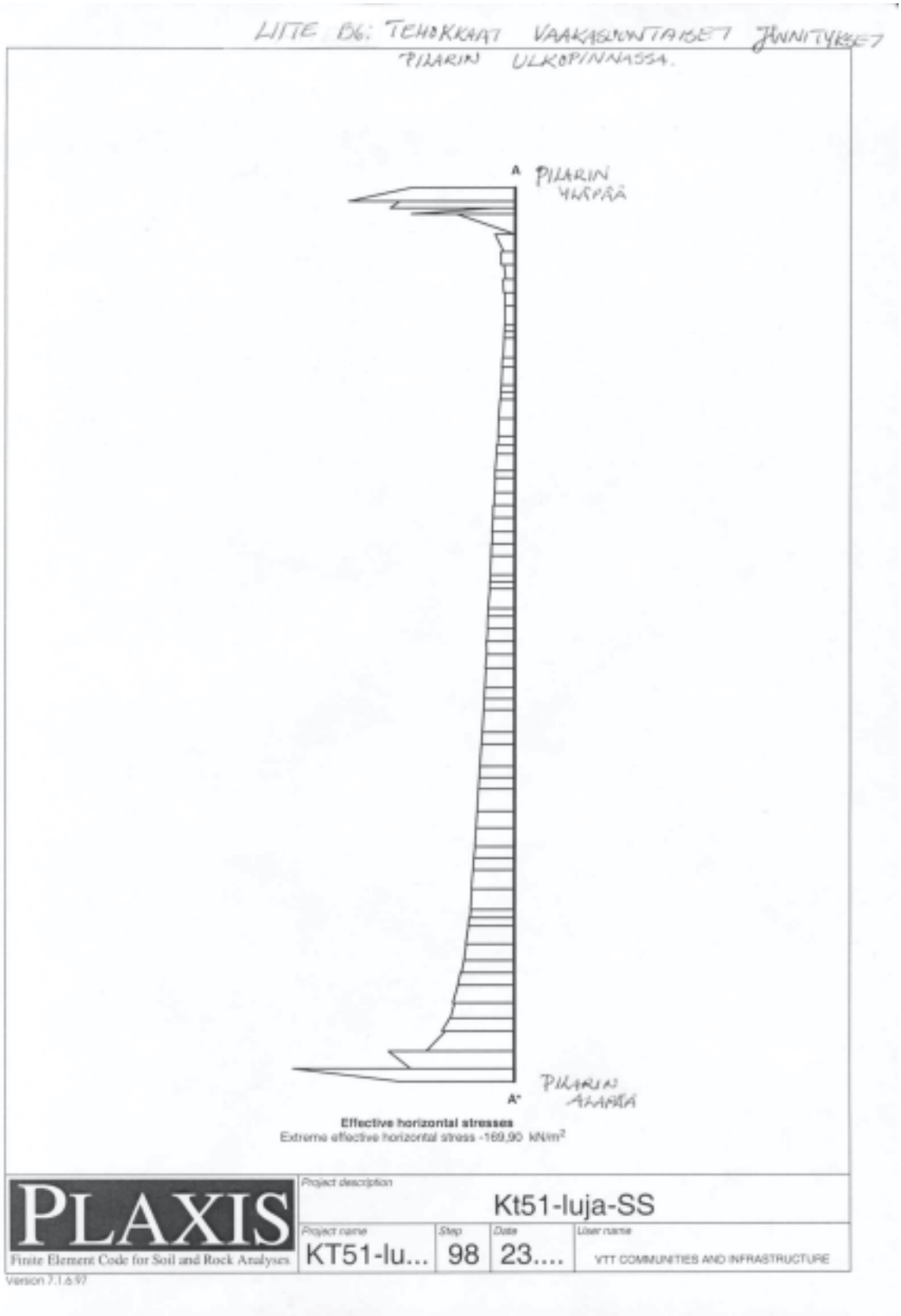
$$T_{rp} = \frac{S_{3D} * \gamma * H * (s^2 - a^2)}{4 * a} * \sqrt{1 + (1 / (6 * \epsilon_a))}$$

ϵ_a on lujitteen aksiaalinen venymä









ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-081-2
TIEH 3200817-v