



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
HYDROLOGISK AVDELING

VANNLINJEBEREGNING I JOSTEDØLA
VED ORMBERGSTØL

OPPDRAKSRAPPORT

2 - 91

OPPDRAGSRAPPORT

2-91

Rapportens tittel:	Dato: 1991-04-02
VANNLINJEBEREGNING I JOSTEDØLA VED ORMBERGSTØL	Rapporten er: Begrenset
	Opplag: 20

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Bjarne Krokli Seksjon Vannbalanse	<i>Dlu</i> Dan Lundquist

Oppdragsgiver:
STATKRAFT v/PBV

Sammendrag:
Det er gjort vannlinjeberegninger i Jostedøla ved Ormbergstøl. Kalibreringsforsøk viser at ut fra tilgjengelige data er den mest sannsynlig ruhet i området ved bruprofilene gitt ved et Manning-tall $M=25$. Samtlige beregninger er utført med vannføringer på henholdsvis 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s. Vannføringen på 830 m³/s er benyttet som flomtopp med gjentakintervall 100 år. Vannlinjeberegningen viser at flommer opp til 700 m³/s vil kunne passere gjennom bruprofilet uten kontakt med brubanen selv om forbygningene oppstrøms hindrer overløp på siden av brua. Ved å senke forbygningen (fra profil 3 til profil 5) til ca. kote 99.40 vil det gis mulighet for overløp slik at vannføringer på 830 m³/s kan passere uten at det oppstår oppstuvning pga. brubanen.

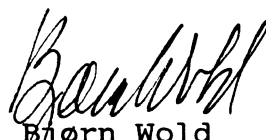
FORORD

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra vannlinje-beregninger som er utført i Jostedøla i området ved Ormbergstøl bru. Beregningene fastlegger vannlinjer i elveleiet over en strekning på ca. 3 km ved vannføringer på 100 - 830 m³/s. Kapasiteten i bruprofilet er bestemt både med og uten overløp ved siden av brua.

Til beregningen er benyttet en numerisk modell, HEC-2, som er utviklet av U.S. Corps of Engineers (oppdatert versjon fra 1988).

Beregningen er utført som oppdrag for Vannkraftkontoret i Statkraft.

Oslo, april 1991.


Bjørn Wold
fung.avd.dir.

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	3
1.1 Beregningsoppgaven	3
1.2 Beliggenhet	3
1.3 Vannlinjemodellen	3
1.4 Beregningsgrunnlag	4
2. VANNLINJEBEREGNINGEN	7
2.1 Kalibrering	7
2.2 Flomfrekvenser	7
2.3 Beregningen (første del)	7
2.4 Beregningen (annen del)	9
3. VEDLEGG A	11
4. VEDLEGG B	20
5. VEDLEGG C	29
6. VEDLEGG D	39
7. VEDLEGG E	49

1. INNLEDNING

1.1 Beregningsoppgaven

Det skal beregnes vannlinje for 100-årsflom fra Ormbergstøl bru og ca. 500 m oppover ut fra dagens situasjon. Dette er vist på tegning 67855 rev. F (punkt 1).

Dersom beregningen under punkt 1 viser at vannlinjen skjærer brubjelkene, skal det beregnes vannlinje for 100-årsflom ut fra situasjonen vist på tegning 74057 rev. A. Forbygningen på venstre bredd oppstrøms brua og gårdsveien er her senket slik at det blir overløp over forbygningen og et ekstra løp forbi brua. Det skal også beregnes hvor stor vannføring som skal til før det blir overløp over forbygningen ut fra tegning 74057 rev. A. Gjentakintervallet for denne vannføringen beregnes (punkt 2).

1.2 Beliggenhet

Ormbergstøl bru ligger ca. 2.5 km oppstrøms Myklemyr vannmerke, VM 2236,0. I modellen er det benyttet i alt 39 tverrprofiler hvorav 6 er oppstrøms brua og resten fordeler seg nedstrøms til et stykke nedenfor bestemte profil for VM 2236,0.

Beliggenheten av profilene er vist på nedfotograferte (85%) kart M=1:5000 i figur 1a og 1b. De viktigste profilene og hjelpeprofilene i området ved brua er vist i figur 2.

1.3 Vannlinjemodellen

I vannlinjeberegningen er det benyttet en numerisk modell HEC-2 (oppdatert versjon 1988) utviklet ved U.S. Corps of Engineers. Modellen benytter den endimensjonale energiligningen og kontinuitetsligningen til å beregne vannstandene i de enkelte tverrsnitt av en elv/kanal. Dette gir et underbestemt ligningssett, slik at løsningen finnes ved en rekke iterasjoner.

Det er benyttet en spesiell bruopsjon (Special bridge method) som selv velger riktig beregningsmetode alt etter vannstand. Man kan ha vanlig strømning gjennom bruprofilen, trykkstrømning under brubanen og terskelstrømning over brubanen. Alle singulærtap pga. pilarer, innsnevring, brubane o.l. blir beregnet.

Som inngangsparametre trenger en oppmålte tverrsnittsprofiler og avstander mellom profilene.

Sikkerheten i beregningene avhenger av observerte/målte vannstander/vannføringer som benyttes til kalibrering av modellen.

1.4 Beregningsgrunnlag

Alle profildata som er benyttet i modellen er skaffet til veie av Statkraft (PBV). Det er også oppgitt vannstander i enkelte tverrprofiler med dato/klokkeslett som er benyttet til kalibrering av modellen.

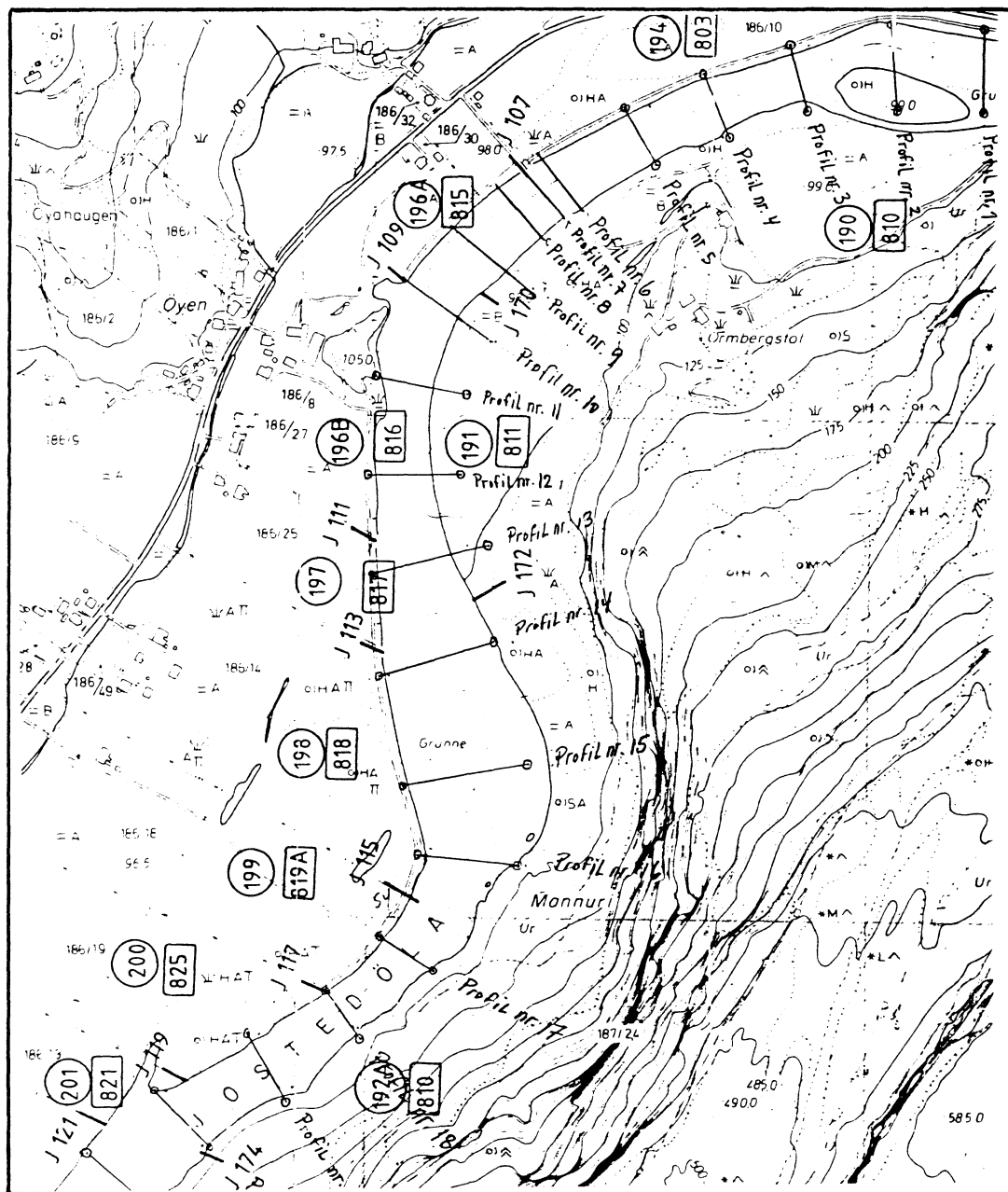


Fig. 1a. Tverrprofilene 1 - 20.

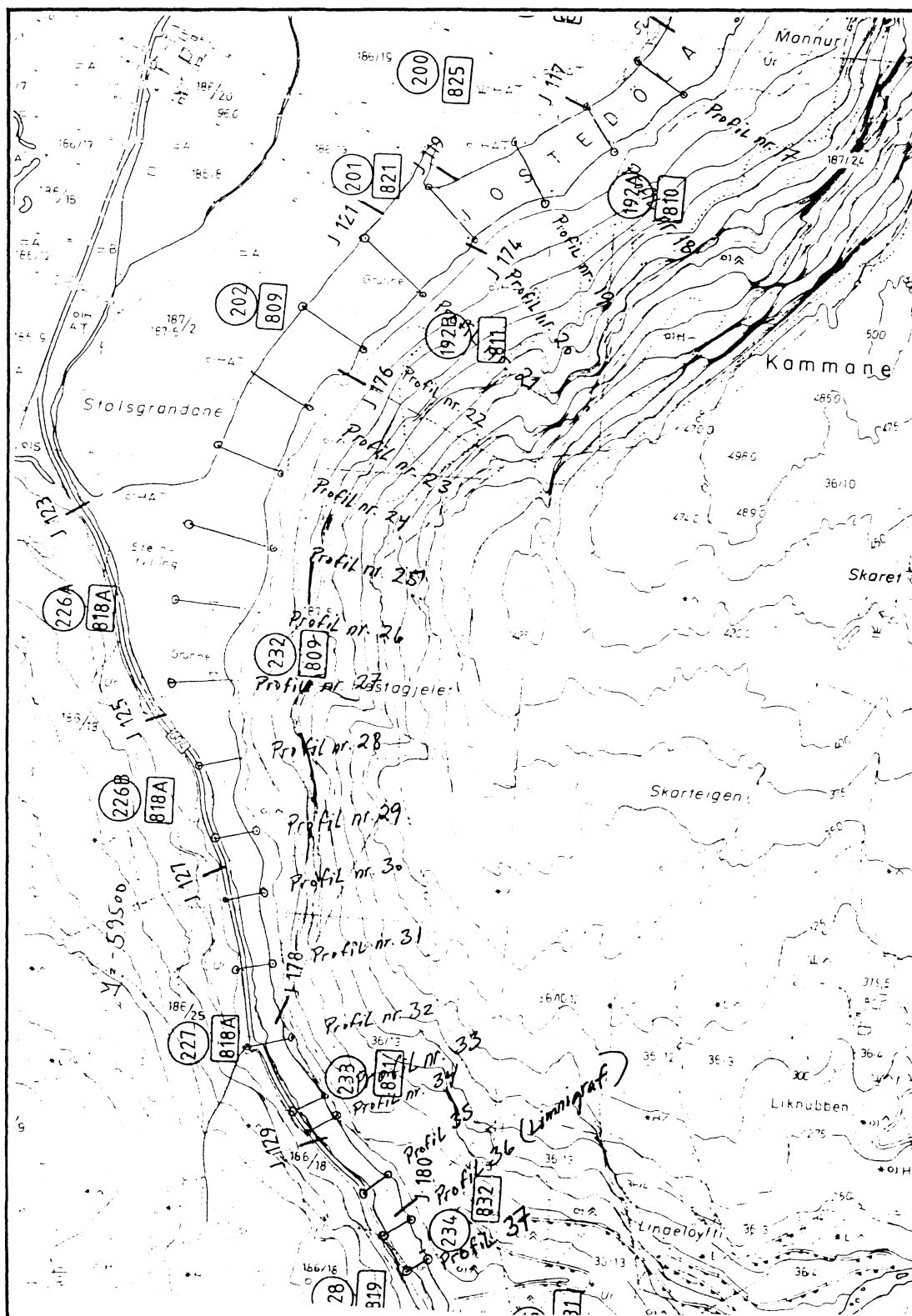


Fig. 1b. Tverrprofilene 16 - 37.

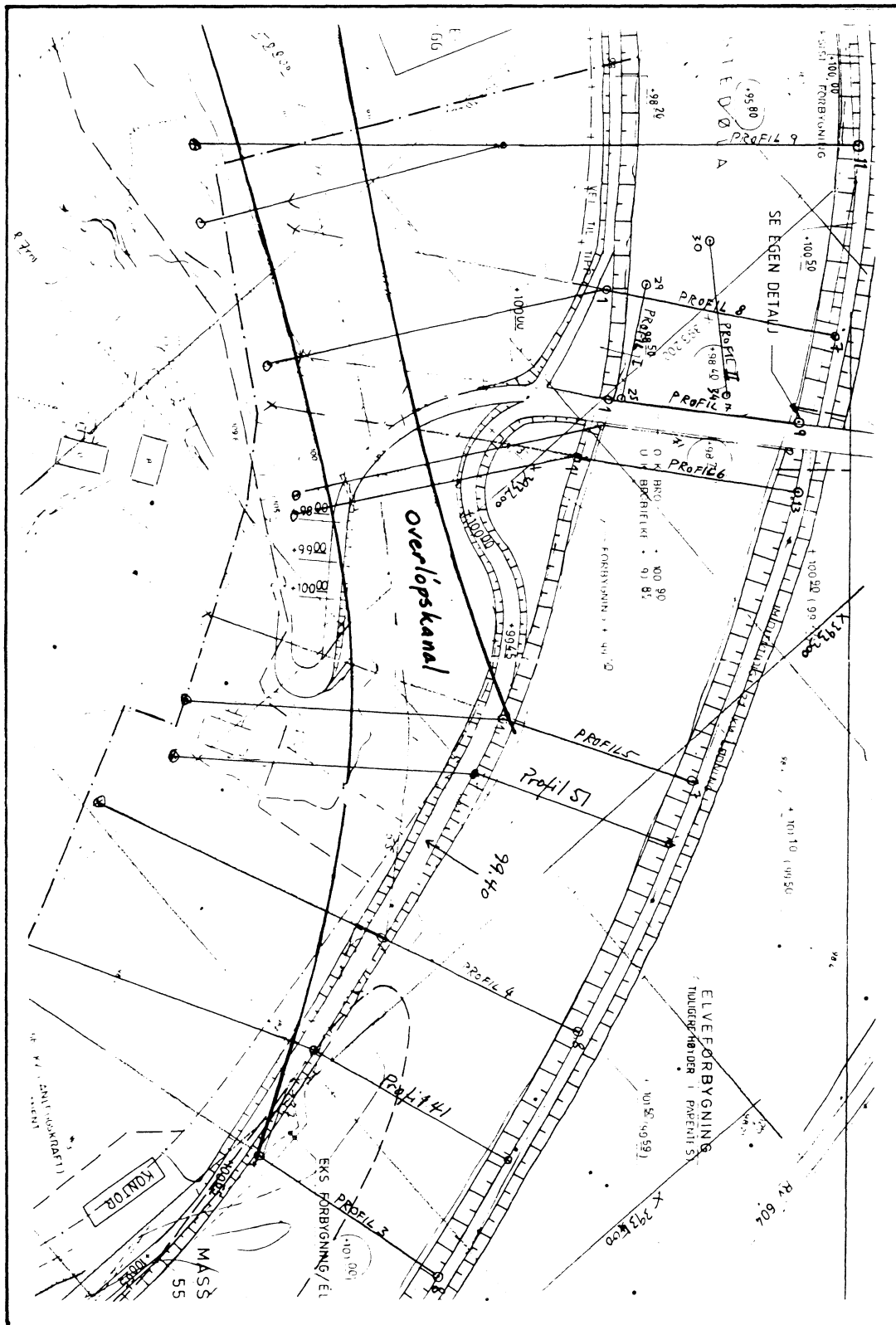


Fig. 2. Tverrprofiler og hjelpeprofiler ved Ormbergstøl bru

2. VANNLINJEBEREGNINGEN

2.1 Kalibrering

Det ble observert vannstand oppstrøms og tett ved bru-profilet den 28/6 1990 kl 10-12 og den 20/7 1990 kl 14. Vannstandene var da henholdsvis 96.77 og 96.85 (kotehøyde NGO-1954). Timeverdier fra vannmerke Myklemyr, VM 2236,0, gir vannføringer på henholdsvis 93-94 m³/s og 100 m³/s.

Kalibreringskjøringer viser at ruhet gitt ved manningstall $M=25$ gir best tilpassing i modellen. Det er sannsynlig at elvebunnen har noe mindre ruhet både oppstrøms og nedstrøms bru, men ved store vannføringer kommer forbygninger, elvebredder og overløp med vegetasjon inn i bildet og her er ruheten større. $M=25$ er derfor en sannsynlig midlere ruhet. En mere detaljert inndeling i ruhetssoner er mulig, men det krever flere observasjoner/målinger. Dessuten viser beregninger at bruprofilet dominerer når det gjelder oppstuvnings-effekt. Dersom det benyttes ruhet på $M=30$ for elvebunn, oppstrøms og nedstrøms brua, og $M=25$ for elvebredder og overløpskanal, gir det marginale forskjeller.

Samtlige beregninger er allikevel utført med både midlere ruhet på $M=25$ og $M=30$.

2.2 Flomfrekvenser

Det er ikke utført flomfrekvensanalyse i tilknytning til denne beregningen. I en tidligere vannlinjeberegning (A. Bukten, AGB/PB 18.04.86) er flom med gjentakintervall 100 år benyttet lik 830 m³/s. I møte med PBV ble det avtalt å benytte denne verdi for Q_{100} også i denne beregningen. I tillegg er alle beregninger utført med vannføringer på 100, 500, 600 og 700 m³/s.

Dersom nye estimat av Q_{100} avviker fra denne verdi kan det benyttes interpolasjon med beregnede verdier ut fra de benyttede vannføringer.

2.3 Beregningen (første del)

Beregningen er utført i to trinn. I den første delen er høyden på forbygninger øket i modellen slik at alt vann må passere bruprofilet (dette tilsvarer dagens situasjon hvor veier hindrer overløp på sidene av brua).

Resultatet av beregningen er vist i tabell 1 ($M=25$) og tabell 2 ($M=30$) på neste side.

Tabell 1. M=25. Vannføring i m³/s. Vannstand i kotehøyde.

	Prof.3	Prof.4	Prof.5	Prof.6	Prof.71	Prof.7
Q	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.
100	97.82	97.58	97.35	96.95	96.69	96.62
500	99.74	99.52	99.07	98.72	98.49	98.42
600	100.10	99.89	99.42	99.07	98.83	98.75
700	100.44	100.24	99.74	99.40	99.14	99.05
830	101.07	100.92	100.64	100.47	100.25	99.75

Hastighetene i profil 7 er henholdsvis 2.60, 3.51, 3.70, 3.89 og 3.73 m/s. De er underkritiske med unntak av 2.60 som er kritisk. Det har sammenheng med plastringen under brua som gjør at en får terskelstrømning ved "mindre" vannføringer. Hastigheten går ned ved 830 m³/s pga. trykkstrømning og oppstuvning.

Tabell 2. M=30. Vannføring i m³/s. Vannstand i kotehøyde.

	Prof.3	Prof.4	Prof.5	Prof.6	Prof.71	Prof.7
Q	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.
100	97.70	97.47	97.26	96.90	96.69	96.62
500	99.50	99.32	98.87	98.57	98.29	98.16
600	99.85	99.67	99.20	98.92	98.62	98.48
700	100.20	100.03	99.53	99.27	98.92	98.78
830	100.79	100.66	100.35	100.20	100.00	99.57

Hastighetene i profil 7 er henholdsvis 2.60, 3.93, 4.11, 4.27 og 3.93 m/s. De er underkritiske med unntak av 2.60 som er kritisk (se bemerkning under tabell 1).

Brubanens underside ligger i kotehøyde 99.85. Beregningen viser at i bruprofilet (profil 71) er det god høyde mellom vannlinje og brubane for vannføringer opp til 700 m³/s. Ved vannføring på 830 m³/s skjærer vannlinjen brubanen som da gir oppstuvning. Ved denne vannføringen blir det trykkstrømning under brua. Alle plott (lengdeprofil og tverrprofilene 3 - 7) fra beregningen er samlet i vedlegg A (midlere ruhet M=25) og vedlegg B (midlere ruhet M=30).

2.4 Beregningen (andre del)

I denne del av beregningen ble det lagt inn i modellen et omløp før brua ved å senke forbygningen til kote 99.00 mellom profil 3 og 5. For å gi modellen nok informasjon ble det lagt inn 2 hjelpeprofil, profil 41 og 51.

Resultatet fra beregningen er vist i tabell 3 (M=25) og tabell 4 (M=30).

Tabell 3. Innlagt omløpskanal. M=25. Vannføring i m³/s. Vannstand i kotehøyde.

	Prof.3	Prof.4	Prof.5	Prof.6	Prof.71	Prof.7
Q	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.
100	97.80	97.57	97.35	96.96	96.69	96.62
500	99.60	99.39	99.00	98.64	98.36	98.28
600	99.90	99.71	99.29	98.93	98.60	98.51
700	100.20	99.98	99.54	99.22	98.83	98.73
830	100.61	100.41	100.04	99.82	99.63	99.06

Ved totalvannføring på 830 m³/s vil ca 150 m³/s passere i omløpskanalen slik at det teoretisk er 0.22 m mellom vannlinje og underkant brubane (profil 71).

Tabell 4. Innlagt omløpskanal. M=30. Vannføring i m³/s. Vannstand i kotehøyde.

	Prof.3	Prof.4	Prof.5	Prof.6	Prof.71	Prof.7
Q	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.
100	97.68	97.46	97.26	96.90	96.69	96.62
500	99.38	99.20	98.84	98.57	98.22	98.10
600	99.72	99.54	99.13	98.88	98.48	98.33
700	100.01	99.82	99.41	99.17	98.80	98.69
830	100.38	100.24	99.86	99.68	99.50	98.98

Når ruheten settes til $M=30$ øker klaringen mellom brubanen og vannlinjen til 0.35 m (profil 71) ved vannføring på $830 \text{ m}^3/\text{s}$.

Plott fra disse beregningene er samlet i vedlegg C ($M=25$) og vedlegg D ($M=30$).

Ved å studere plottene av profil 4 og 5 vil en se at det ikke er nødvendig å senke forbygningen ned til kote 99.00. For å finne optimal høyde ble det gjort en beregning hvor forbygningen senkes til kote 99.40 mellom profil 3 og 6. Det ble her benyttet midlere ruhet $M=25$.

Resultatet fra denne beregningen er å finne i tabell 5.

Tabell 5. Innlagt omløpskanal med terskelhøyde kote 99.40. $M=25$. Vannføring i m^3/s . Vannstand i kotehøyde.

	Prof.3	Prof.4	Prof.5	Prof.6	Prof.71	Prof.7
Q	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.	Vst.
100	97.80	97.57	97.35	96.96	96.69	96.62
500	99.60	99.39	99.00	98.64	98.36	98.28
600	99.94	99.71	99.29	98.93	98.60	98.51
700	100.21	99.98	99.54	99.22	98.83	98.73
830	100.62	100.41	100.04	99.82	99.63	99.06

Ved å sammenligne tabell 3 og 5 vil en se at en oppnår like god kapasitet i brutverrsnittet ved å benytte en terskelhøyde på forbygningen på 99.40 som ved 99.00. Dette medfører bare små høydeforskjeller i mellom profil 3 og 41 og da bare ved vannføringer over $500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sannsynlige gjentakintervall for flommer som vil gi overløp er 15 - 20 år.

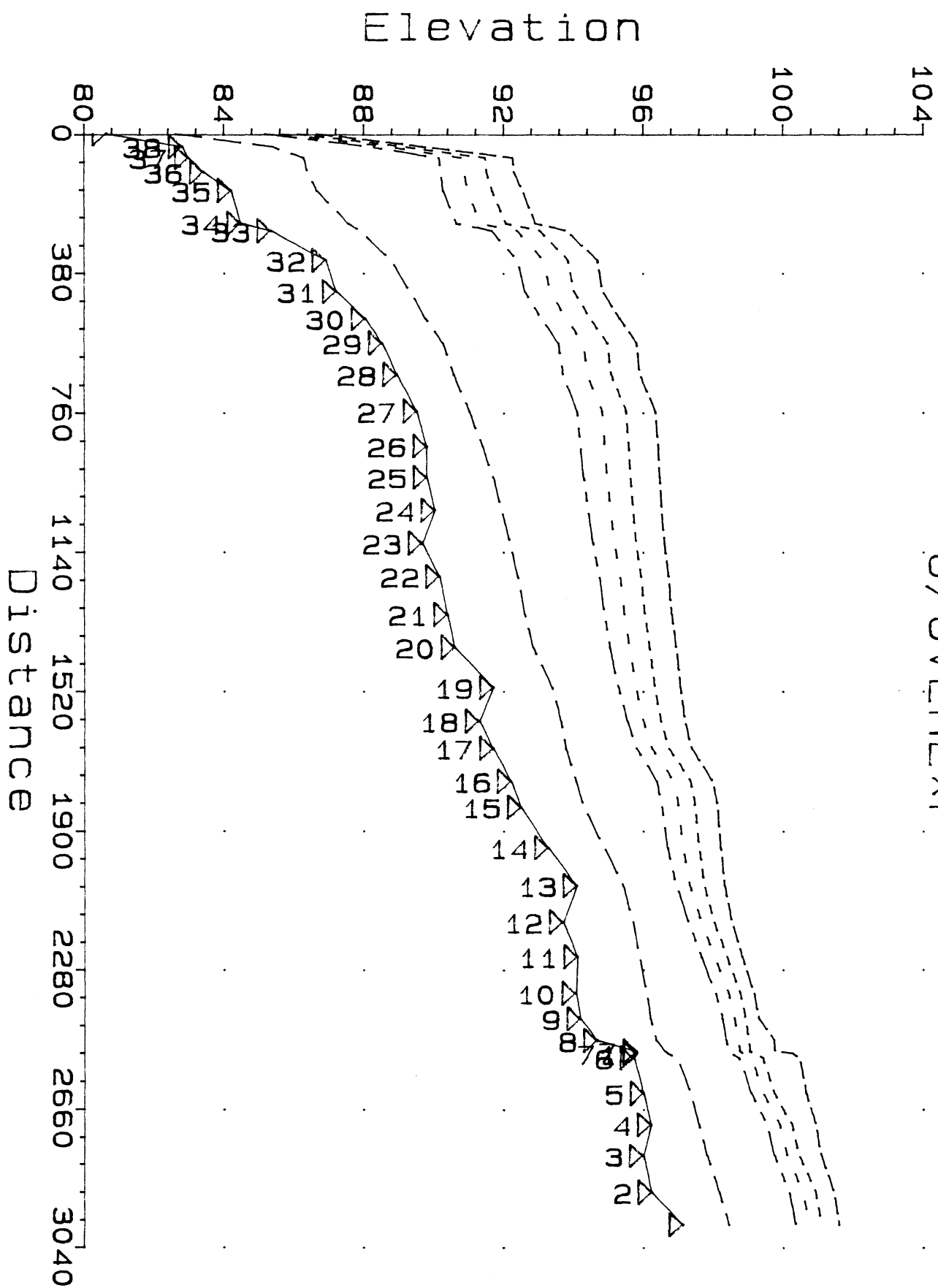
3. VEDLEGG A

De neste 8 sider viser plott av vannlinjer i området ved Ormbergstøl bru. Det er ikke lagt inn omløpskanal. Ruheten er satt til $M=25$.

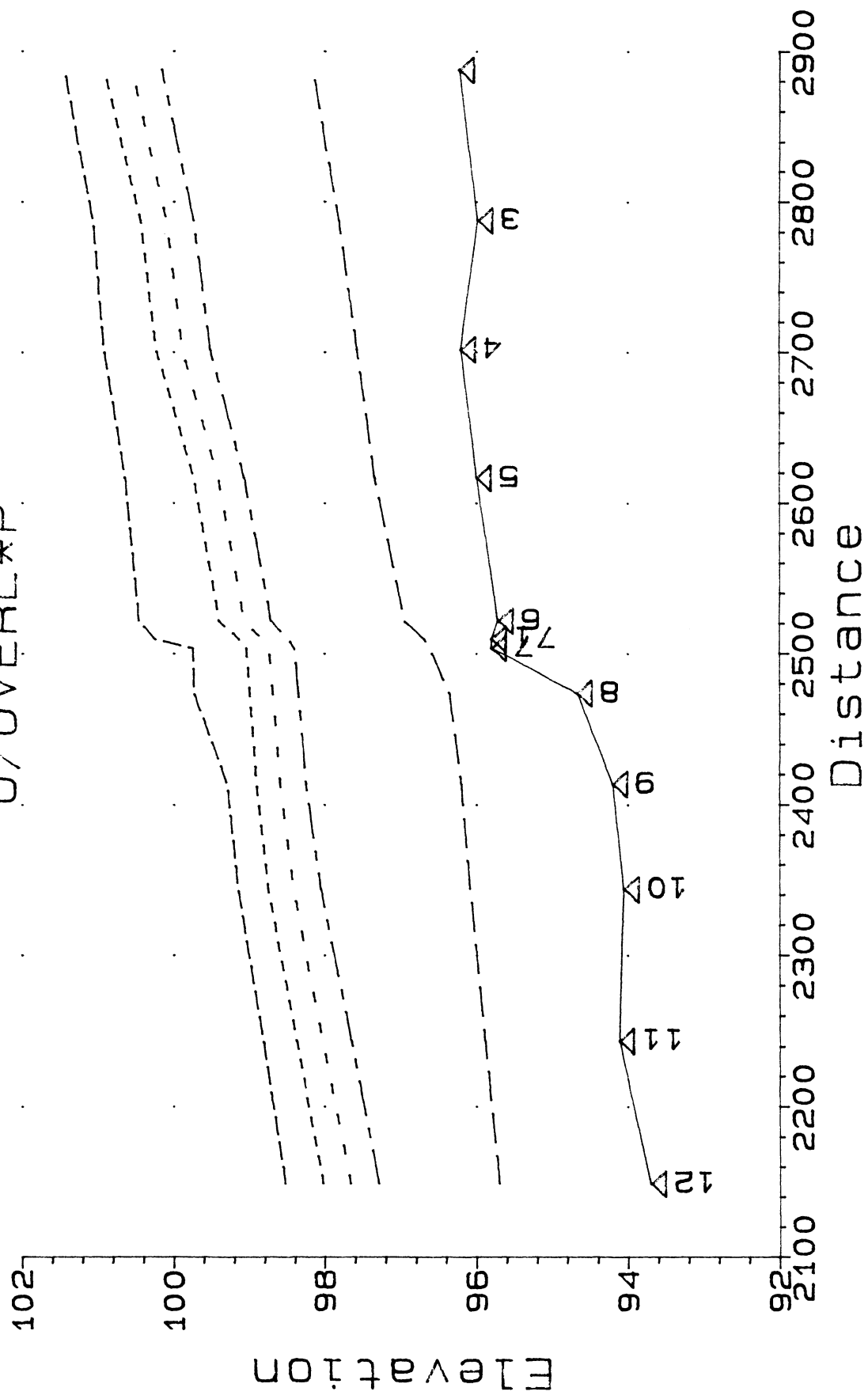
De 2 første plottene viser lenggeprofiler og videre tverrrprofilene 3-7. Alle høyder er i kotehøyde og lengder i meter. Profil 71 viser brutverrsnittet hvor brubane og total pilarbredde er stiplet.

NB! Alle vannlinjer gjelder vannføringer på 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s.

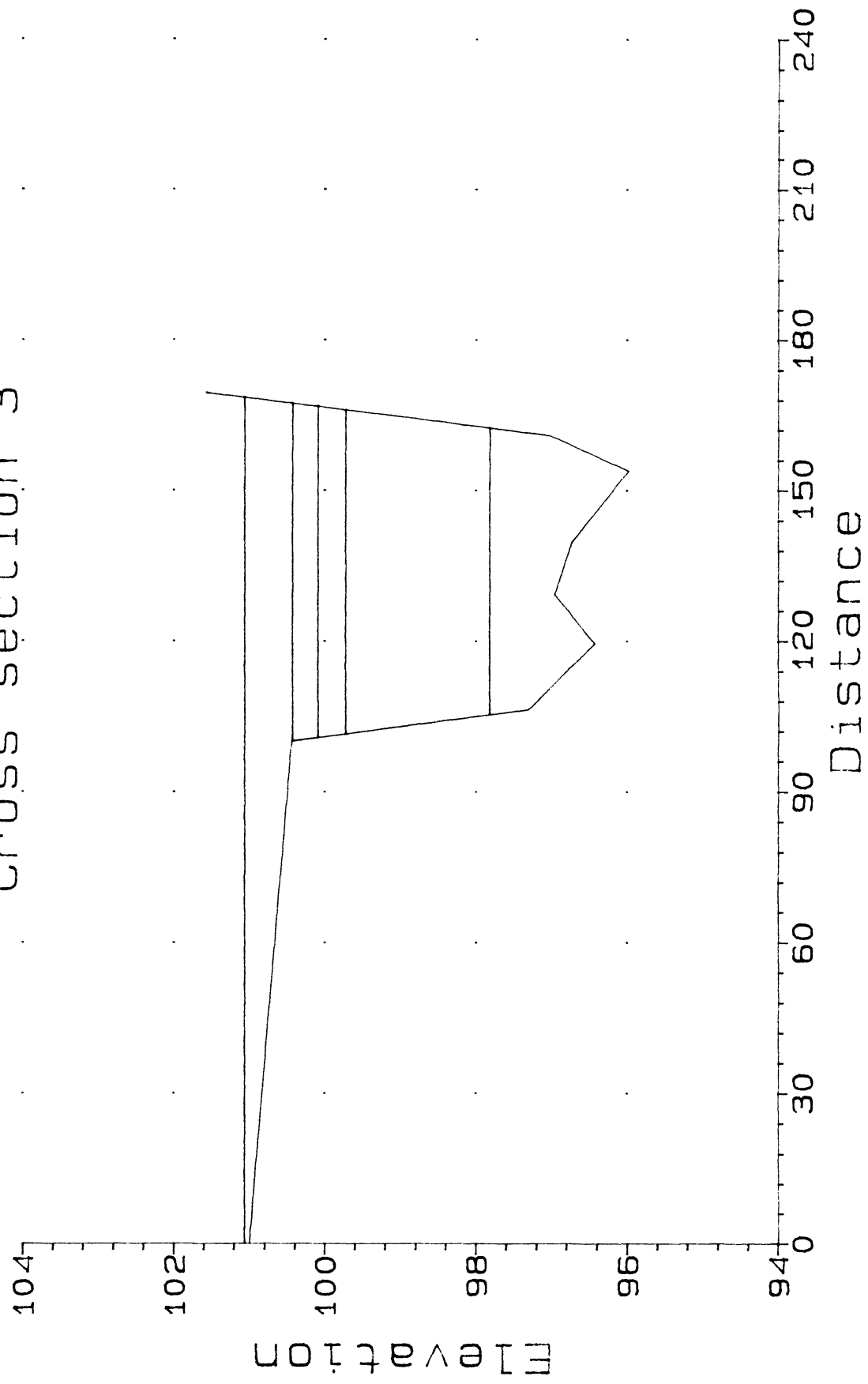
JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P



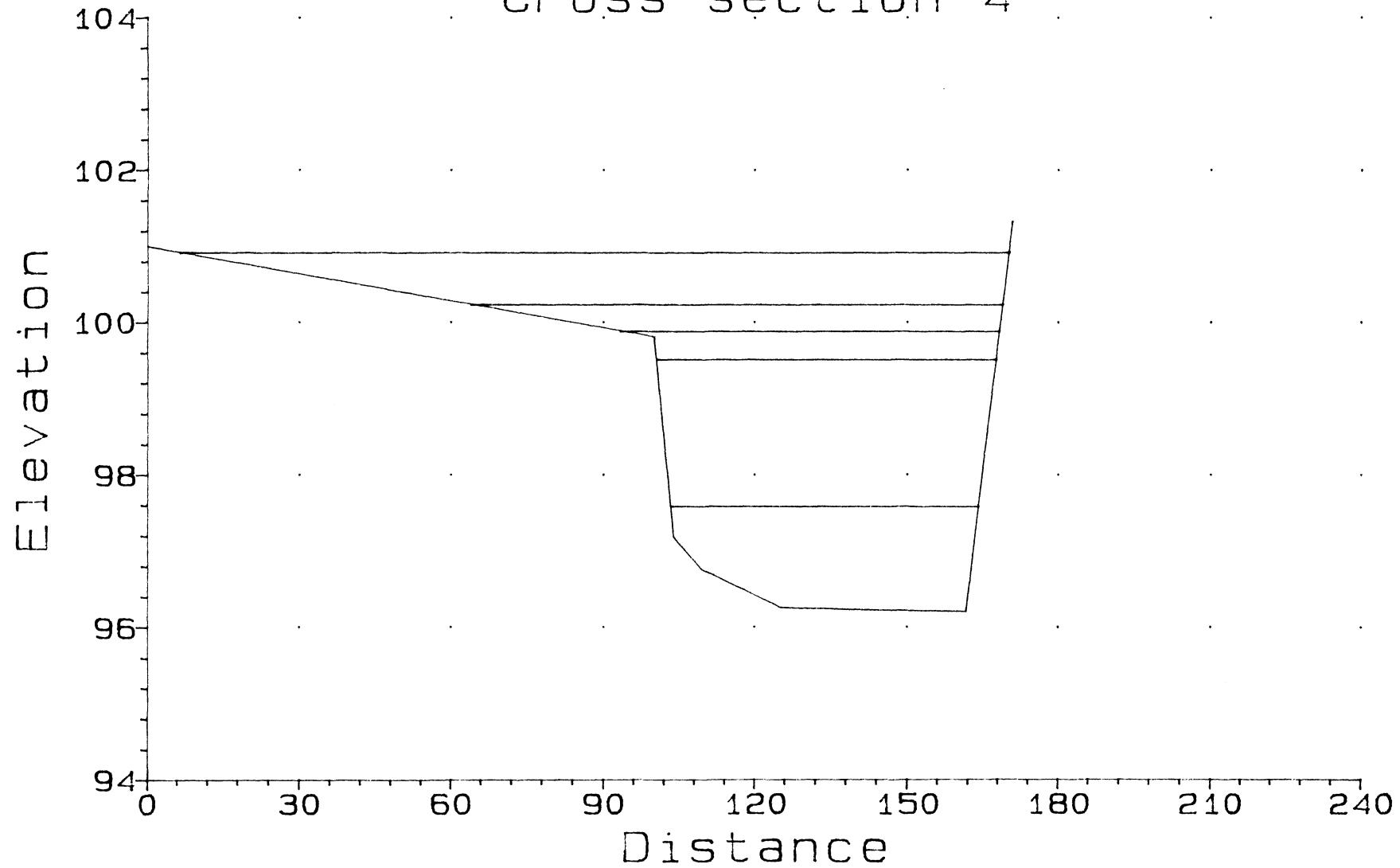
JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P



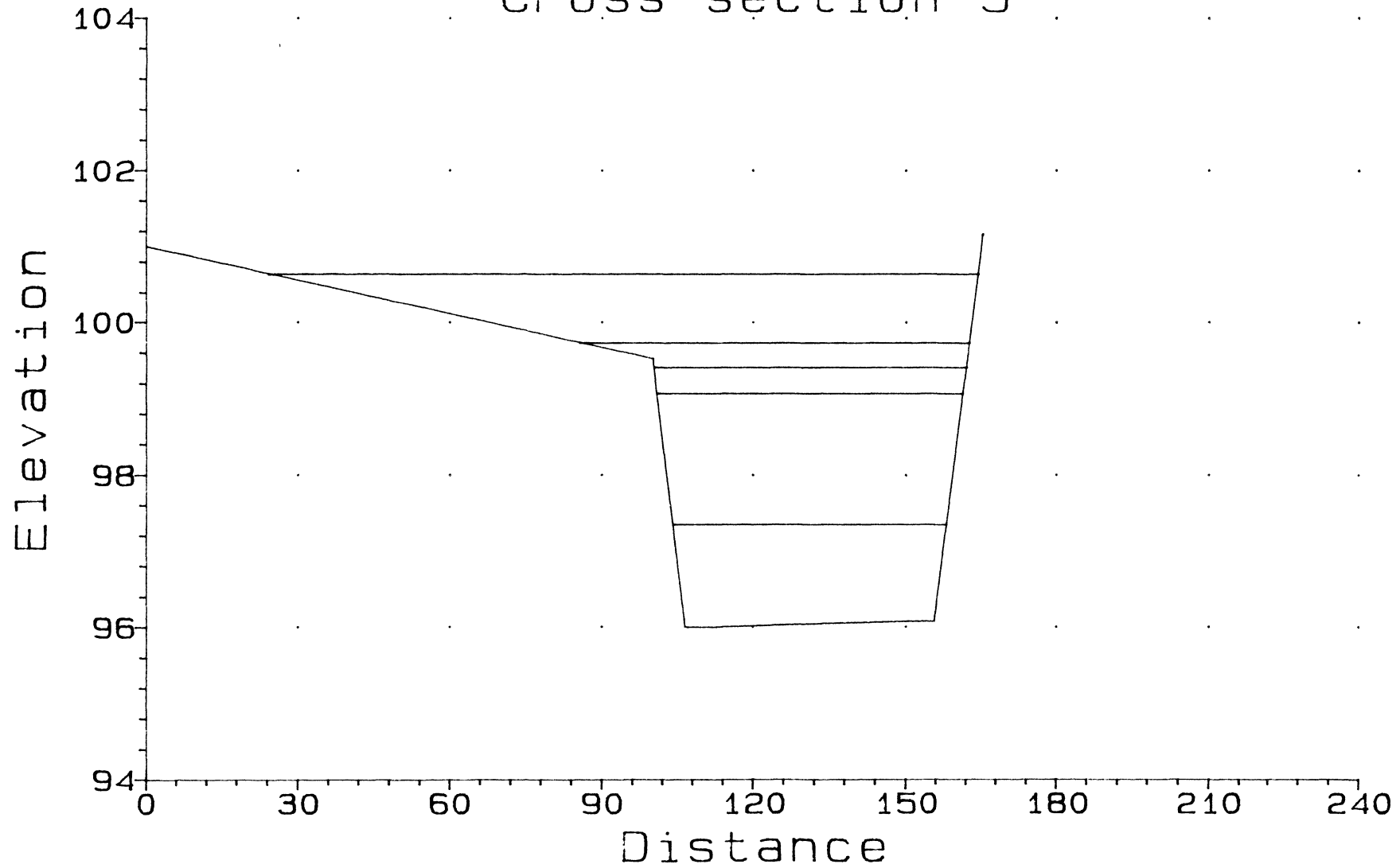
JOSED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 3



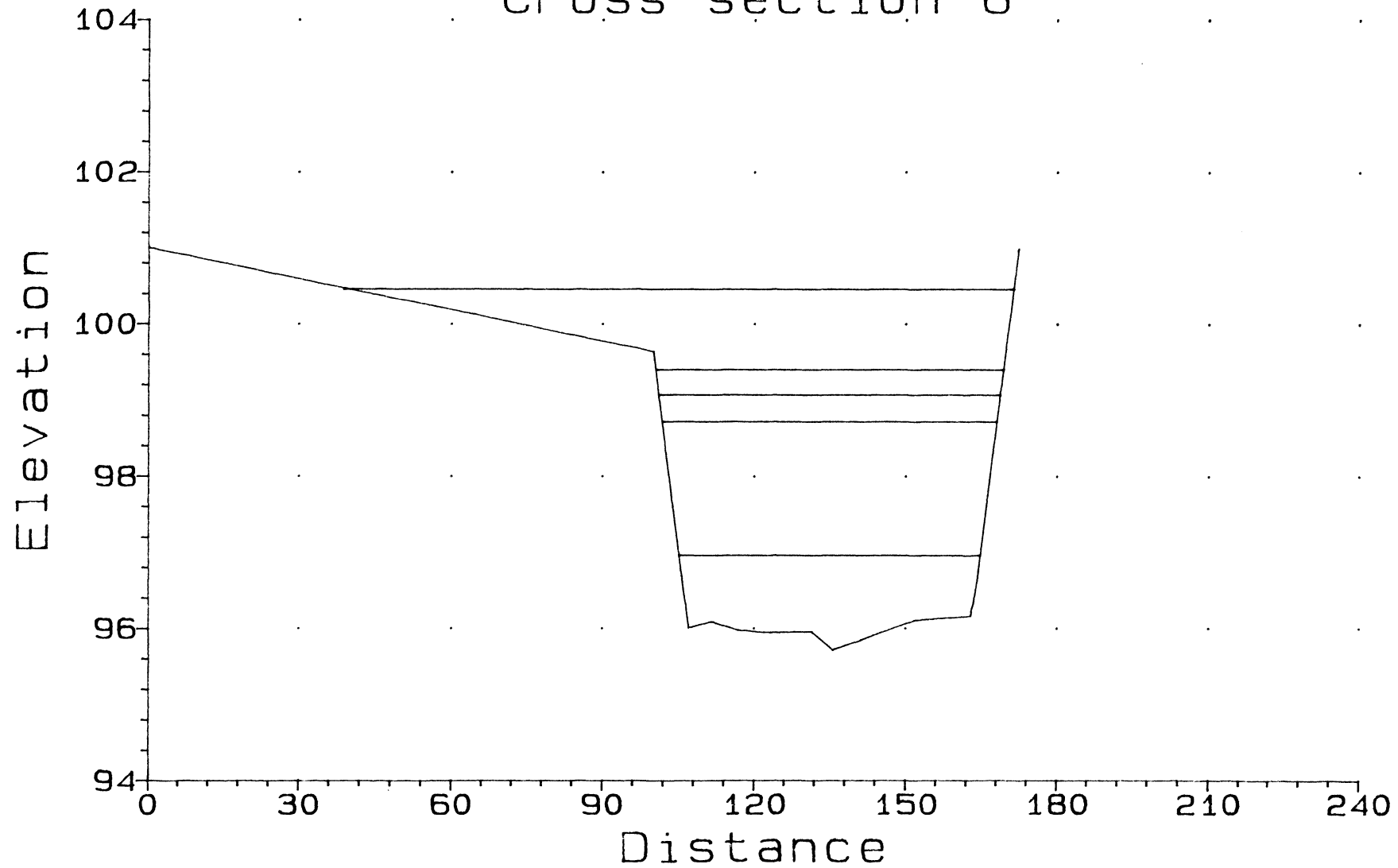
JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 4



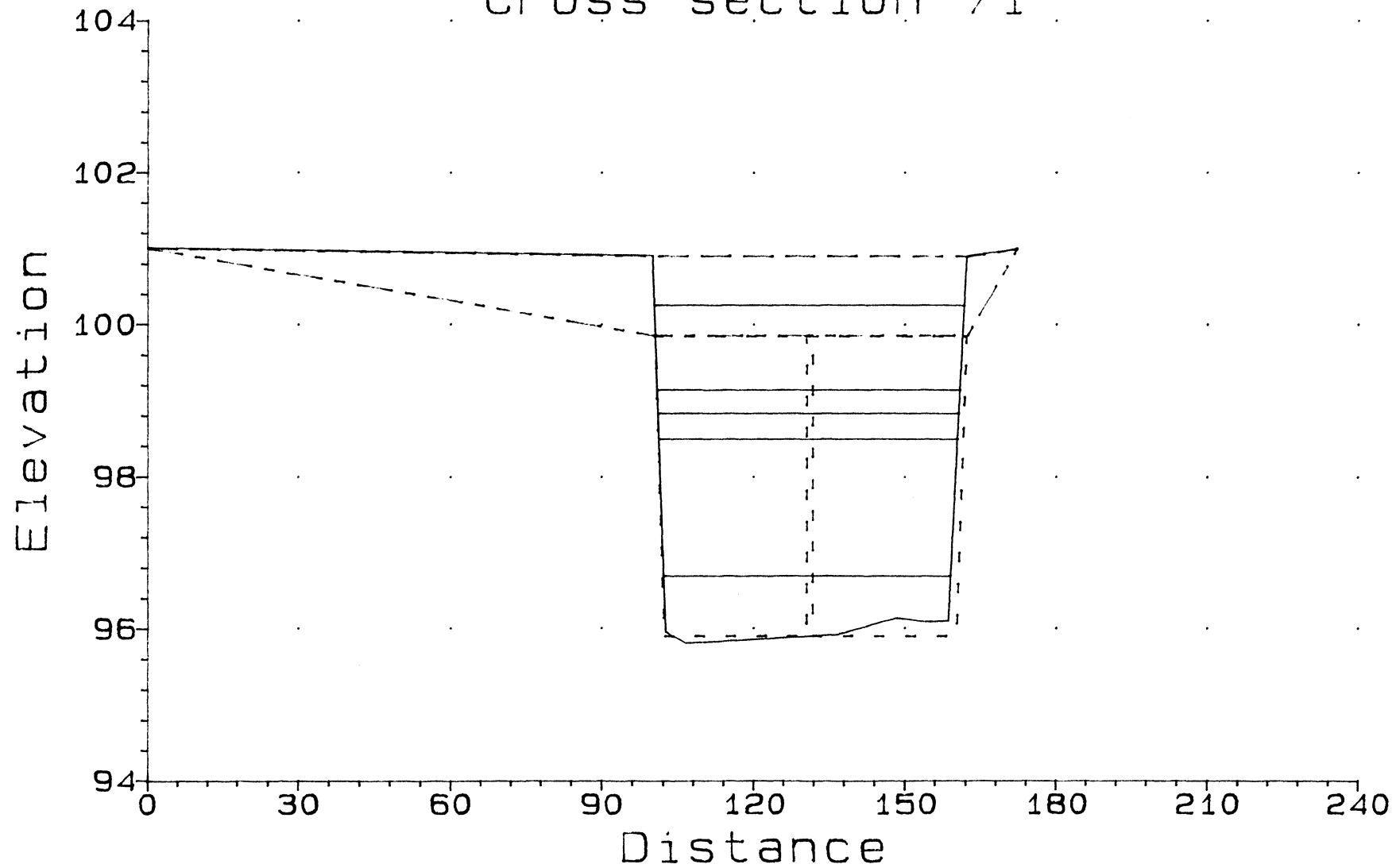
JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 5



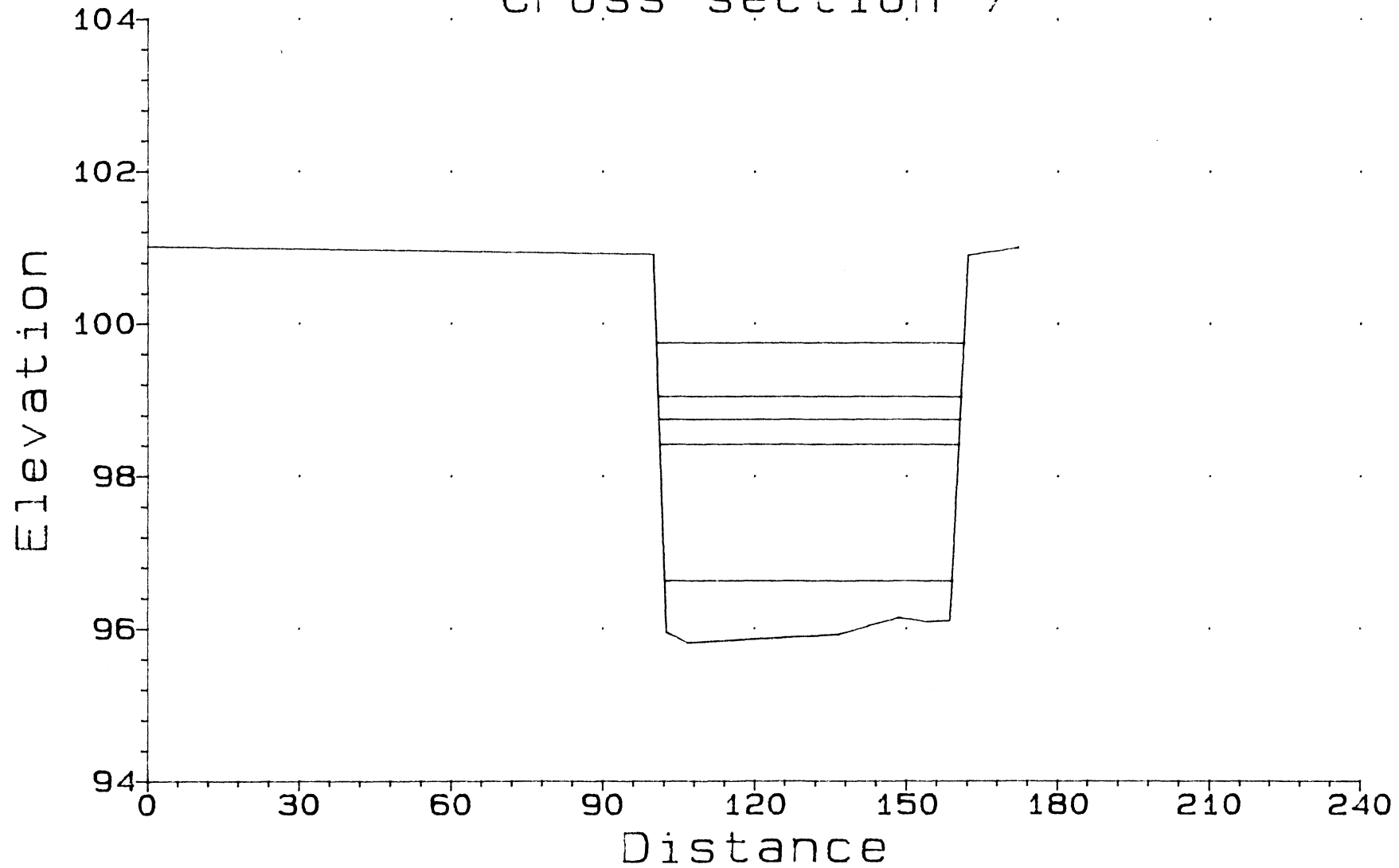
JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 6



JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 71



JOSTED*LA M=25
U/OVERL*P
Cross section 7



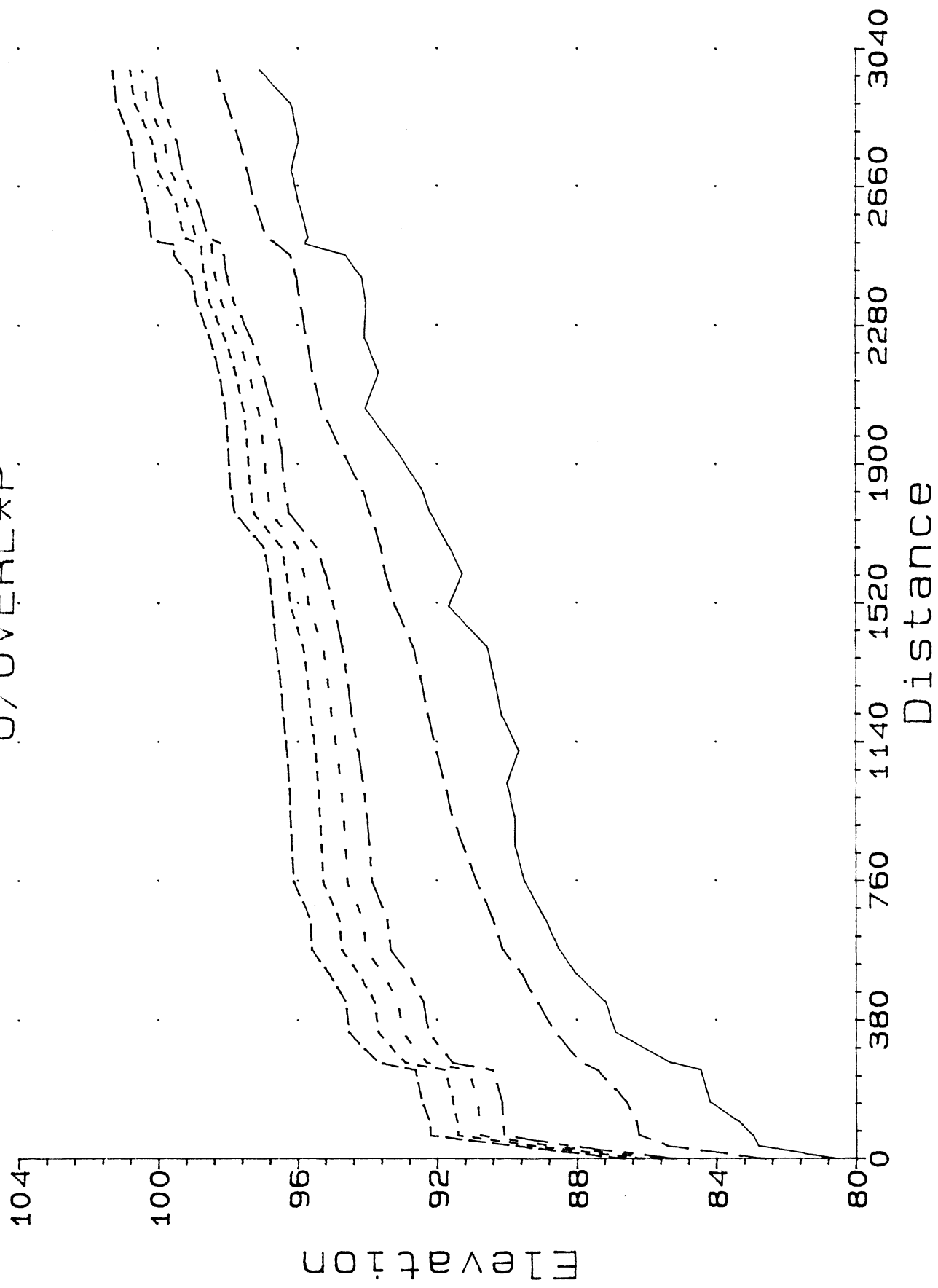
4. VEDLEGG B

De neste 8 sider viser plott av vannlinjer i området ved Ormbergstøl bru. Det er ikke lagt inn omløpskanal. Ruheten er satt til $M=30$.

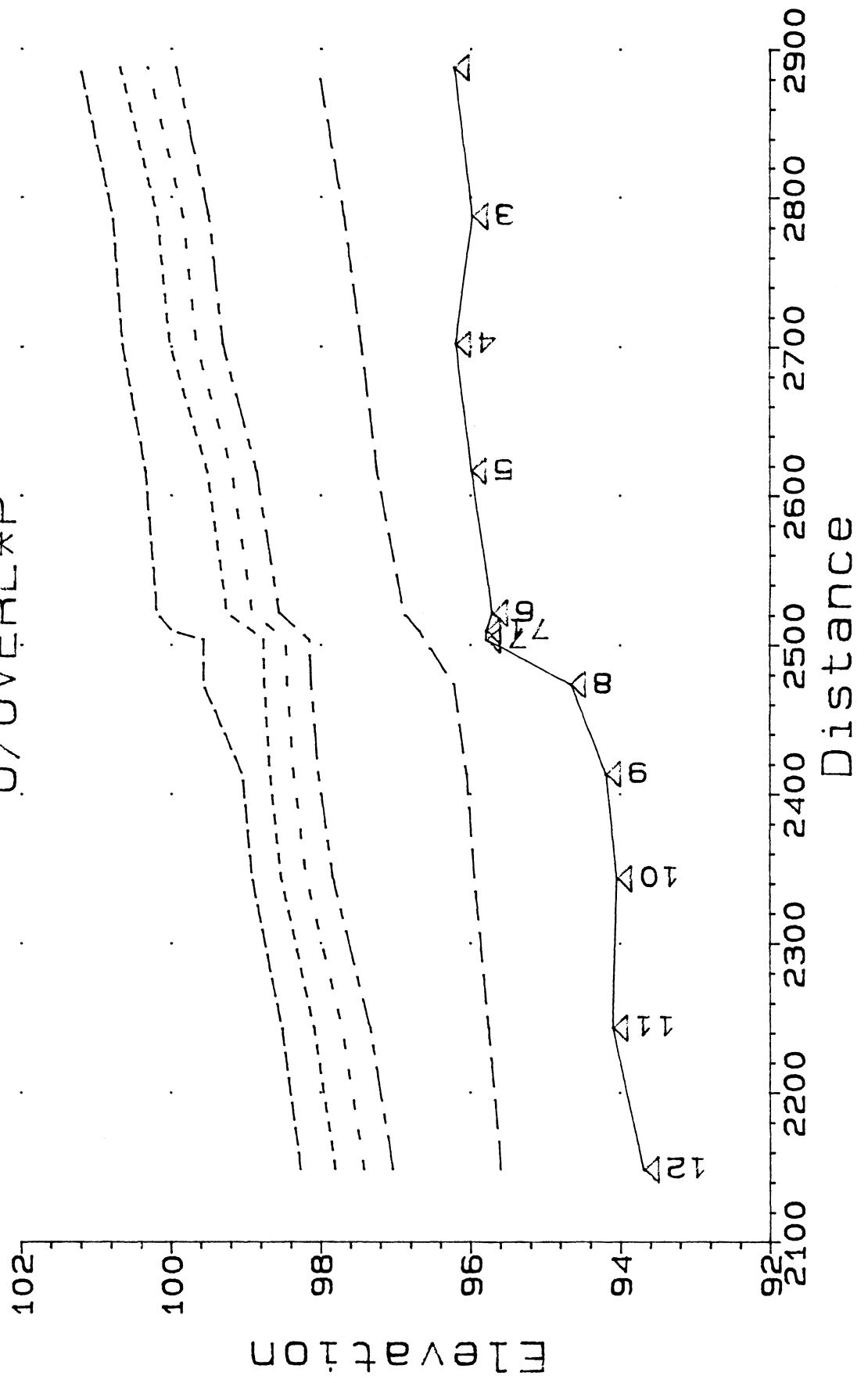
De 2 første plottene viser lenggeprofiler og videre tverrrprofilene 3-7. Alle høyder er i kotehøyde og lengder i meter. Profil 71 viser brutverrsnittet hvor brubane og total pilarbredde er stiplet.

NB! Alle vannlinjer gjelder vannføringer på 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s.

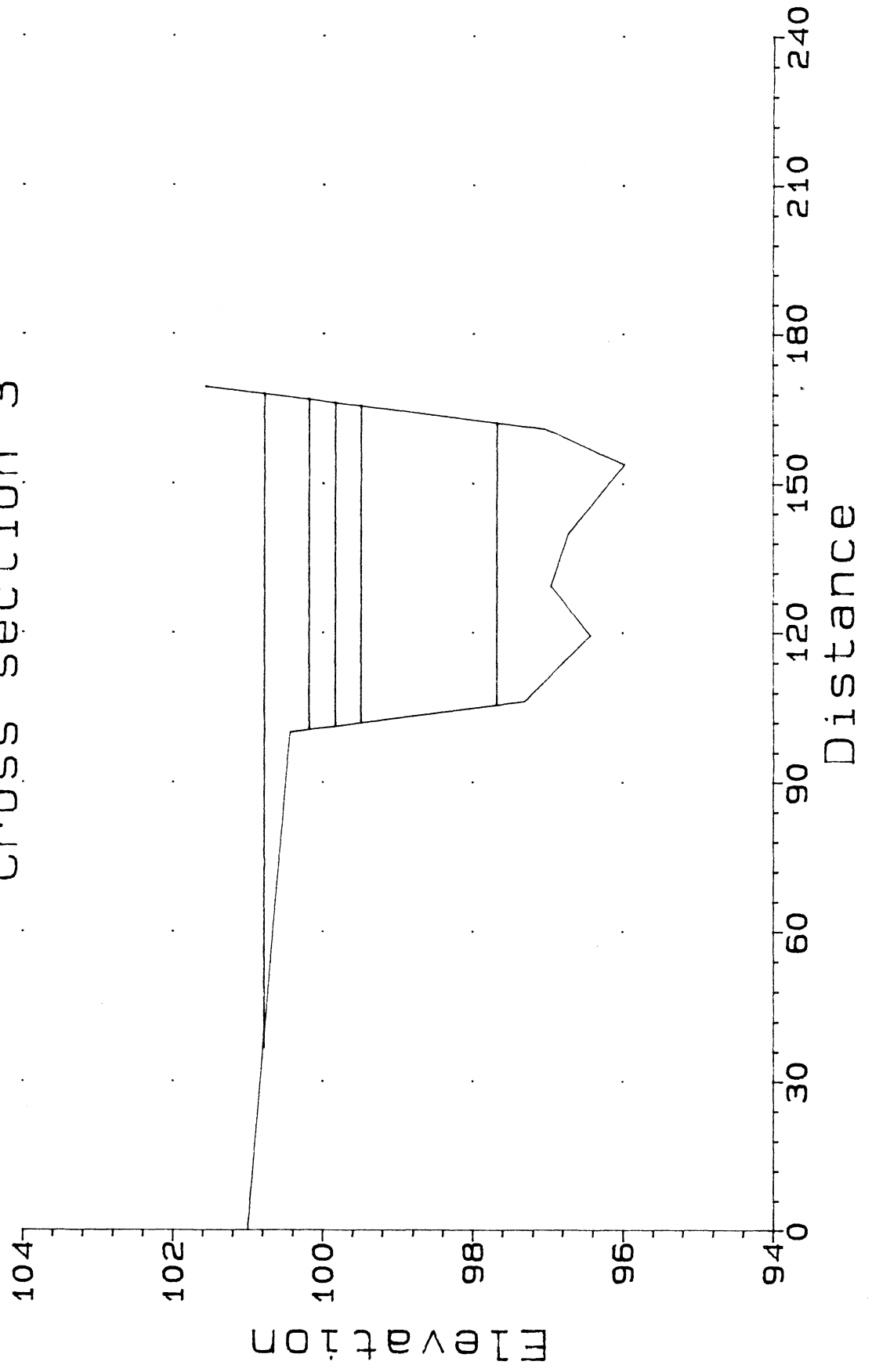
The graph displays Elevation (Y-axis, 80 to 104) against Distance (X-axis, 0 to 3040). Multiple lines represent different U/OverLXP ratios, showing a general increase in elevation with distance. The lines are categorized by their style: solid, long-dashed, and short-dashed. The solid lines generally represent higher U/OverLXP ratios, while the dashed lines represent lower ratios. The lines are labeled with their respective U/OverLXP values: 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05, and 0.02. The lines for 1.0 and 0.8 are solid, while the others are dashed. The lines for 0.05 and 0.02 are the lowest and show a more gradual increase in elevation with distance.



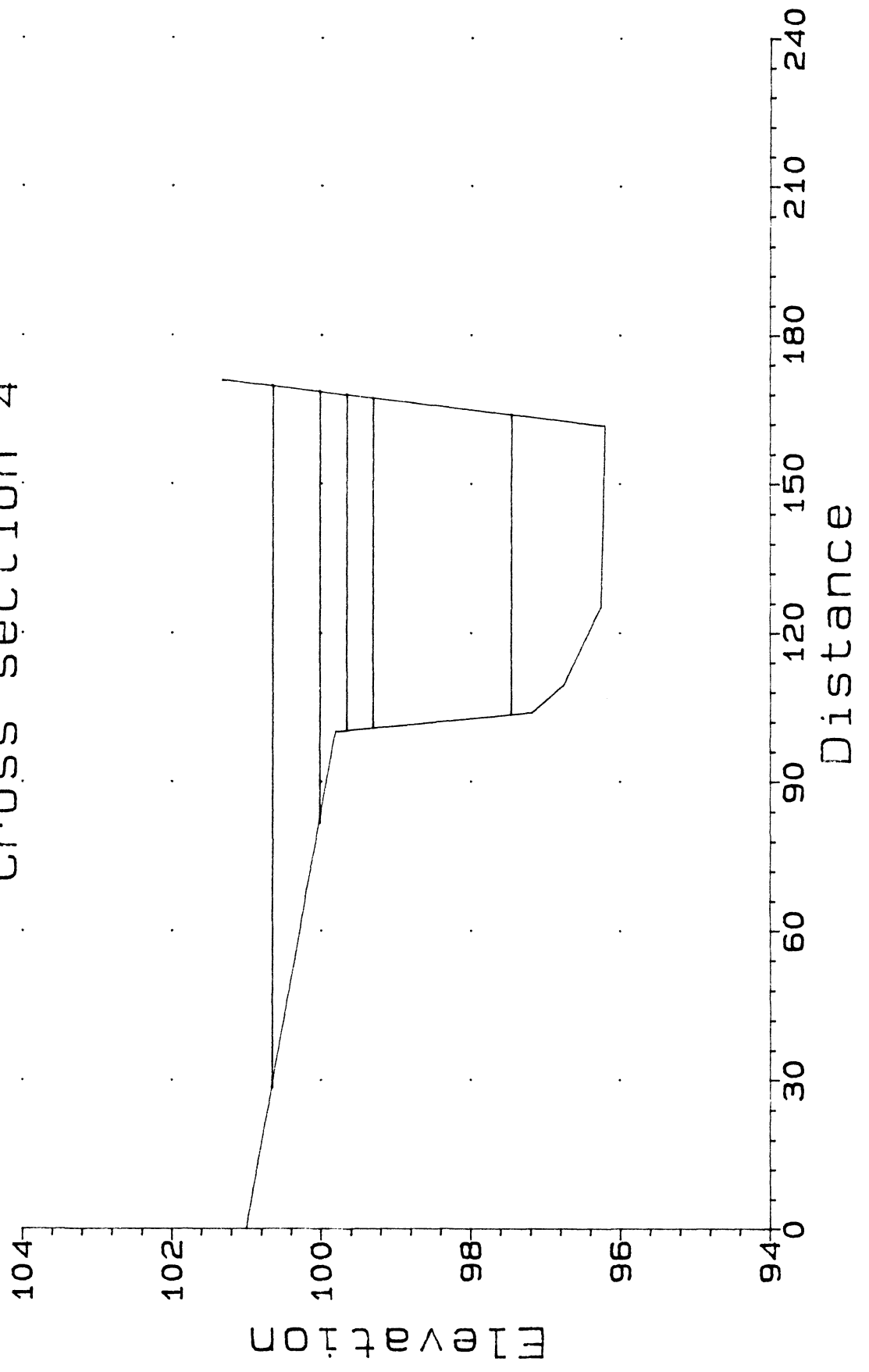
JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P



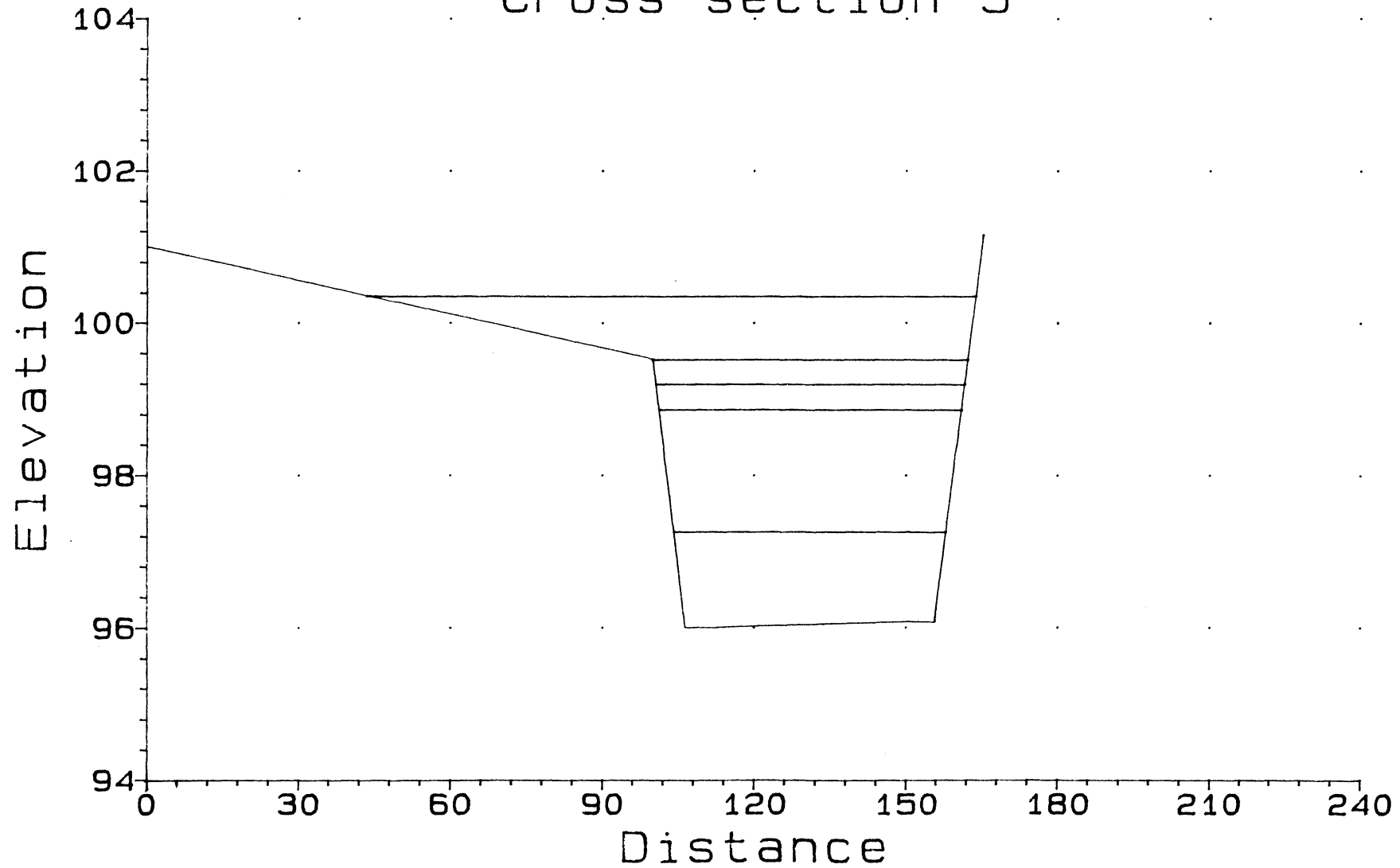
JOSED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 3



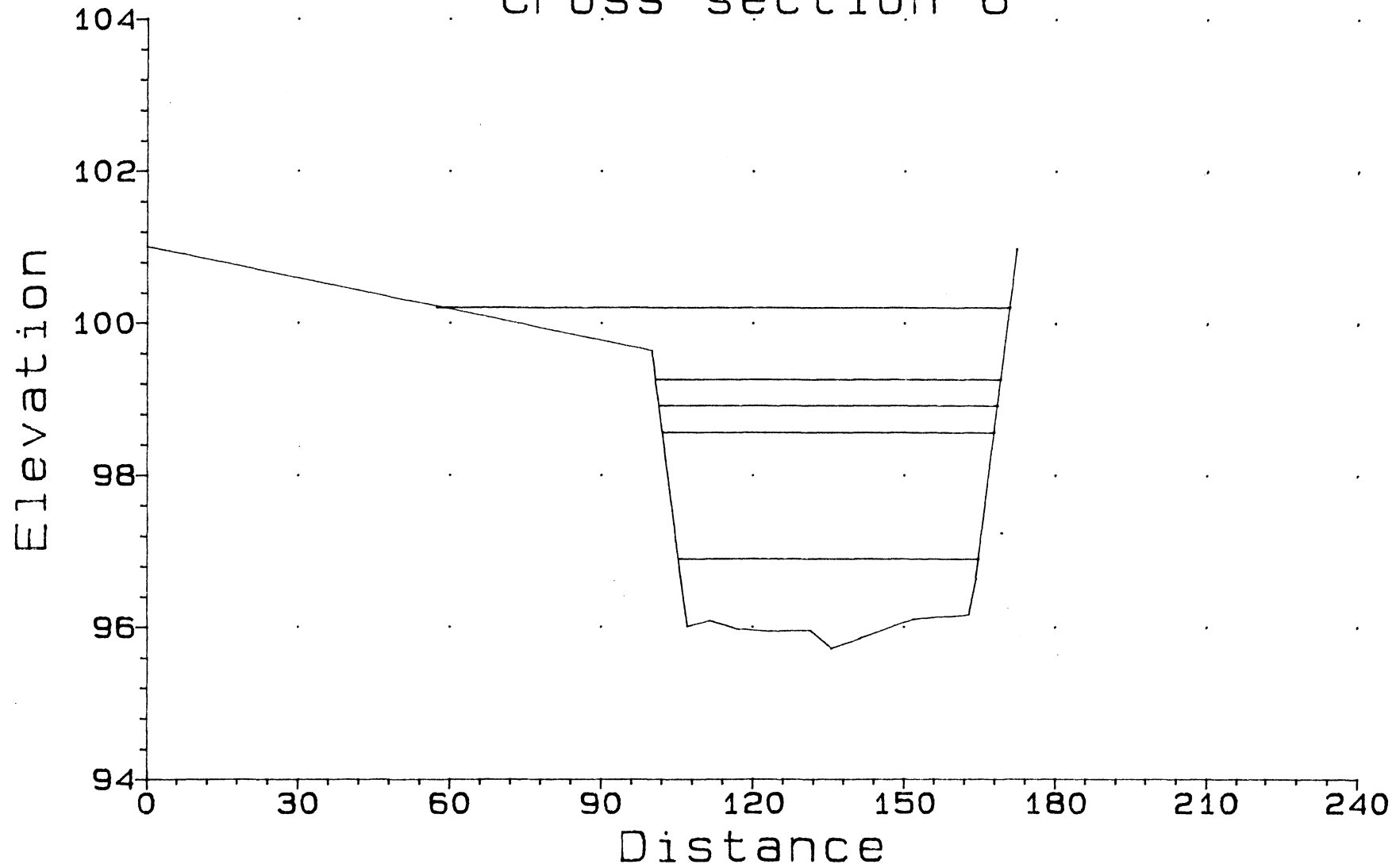
JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 4



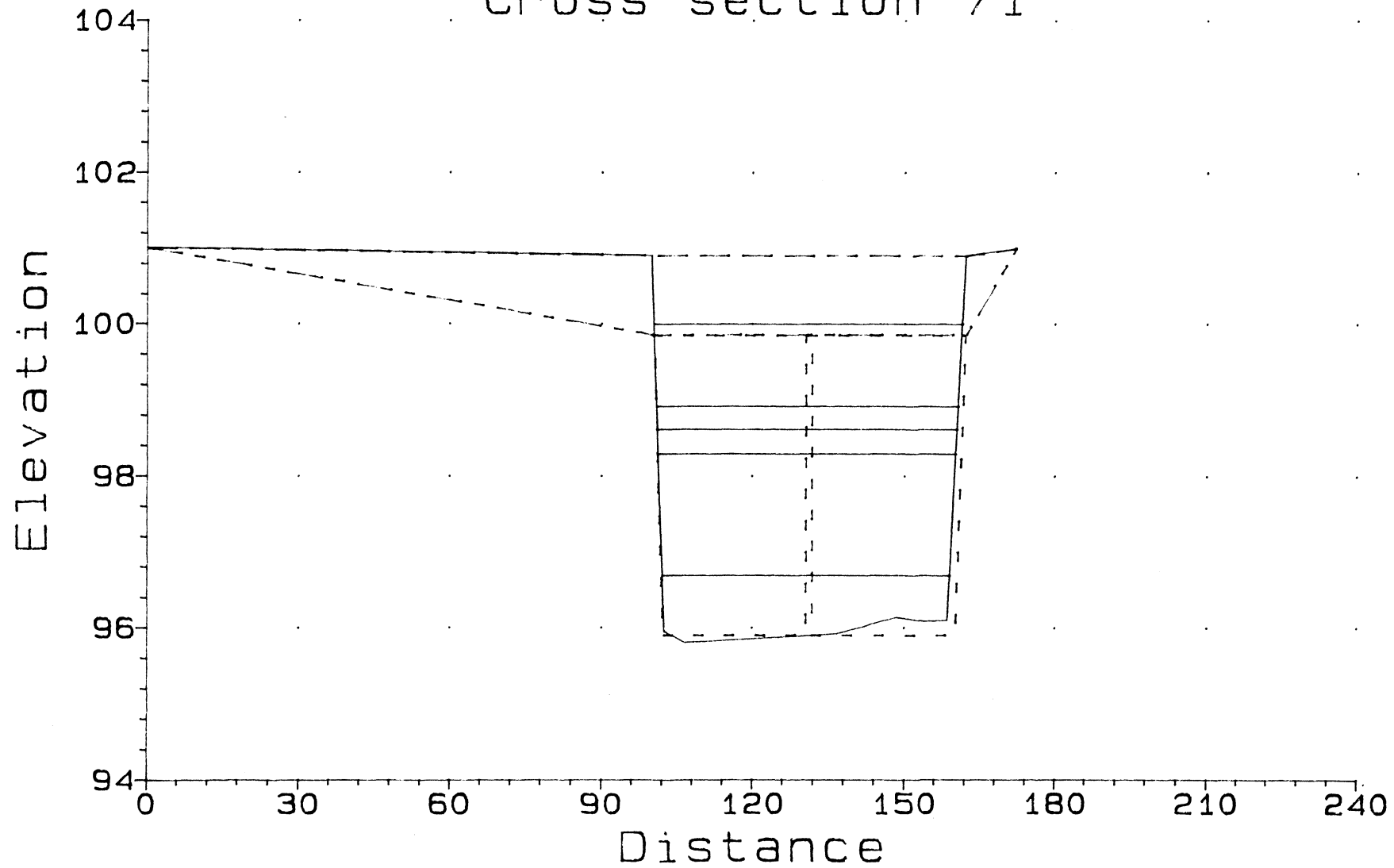
JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 5



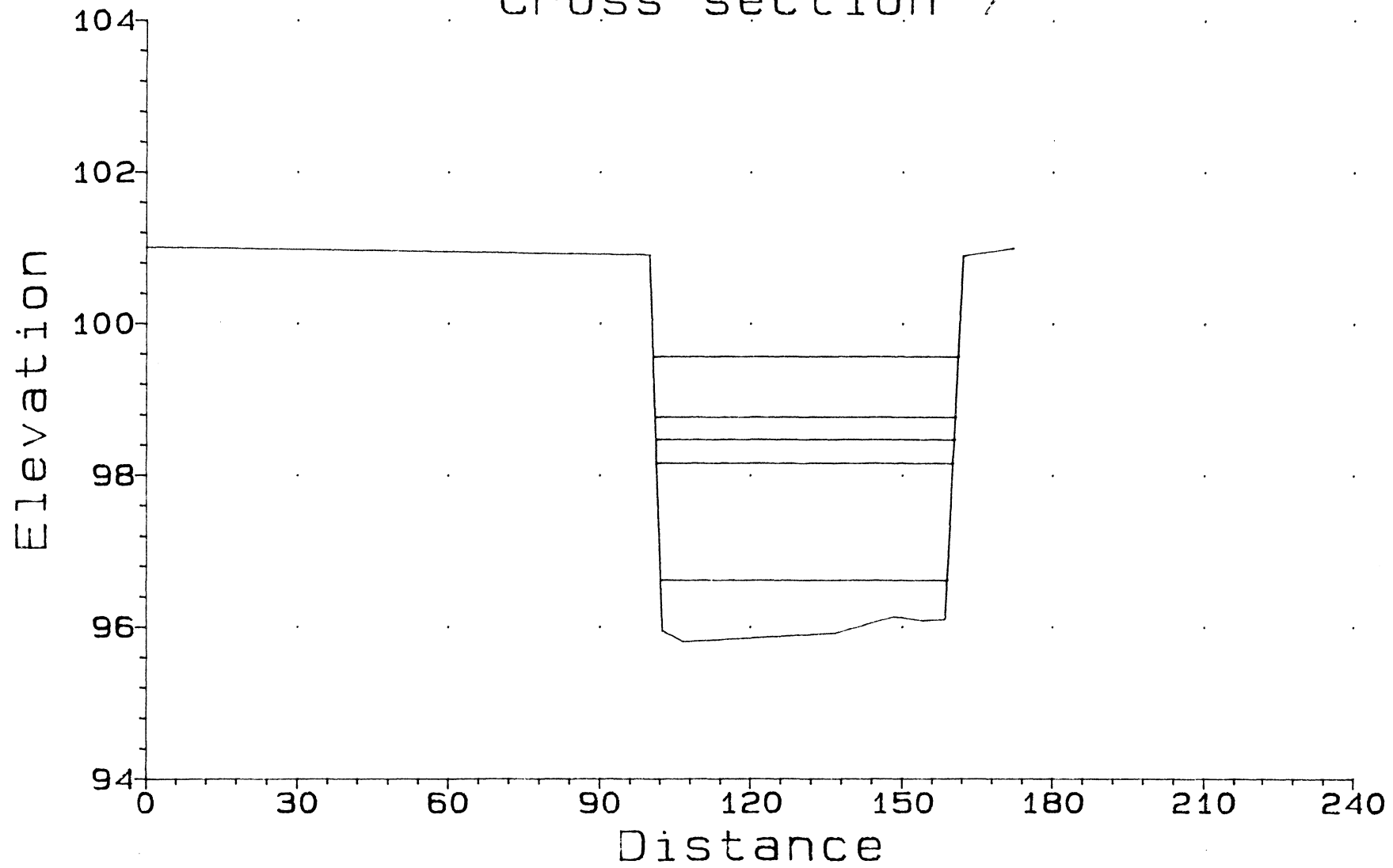
JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 6



JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 71



JOSTED*LA M=30
U/OVERL*P
Cross section 7



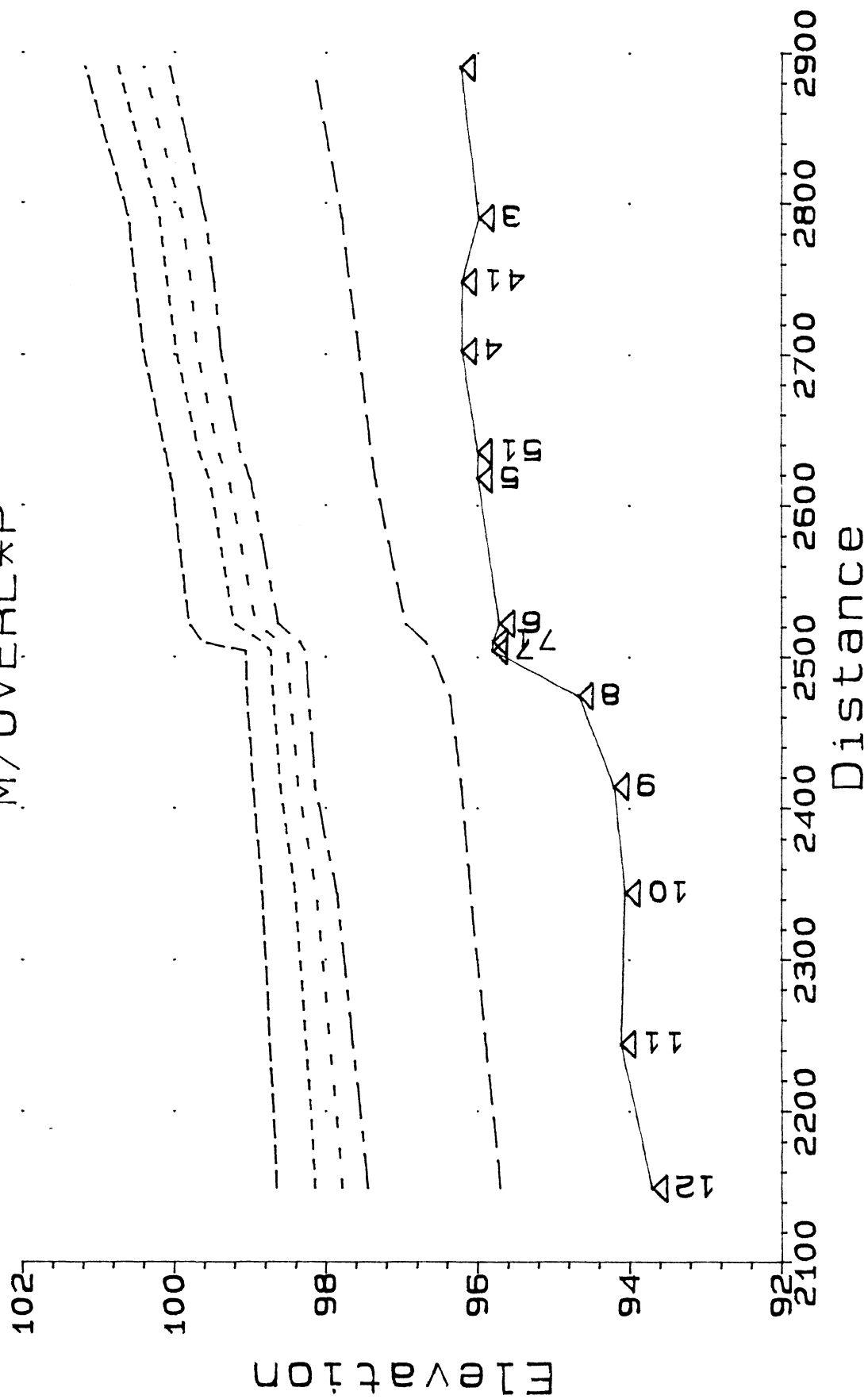
5. VEDLEGG C

De neste 8 sider viser plott av vannlinjer i området ved Ormbergstøl bru. Omløpskanal er lagt inn i modellen. Ruheten er satt til $M=25$. Terskelhøyde er kote 99.00.

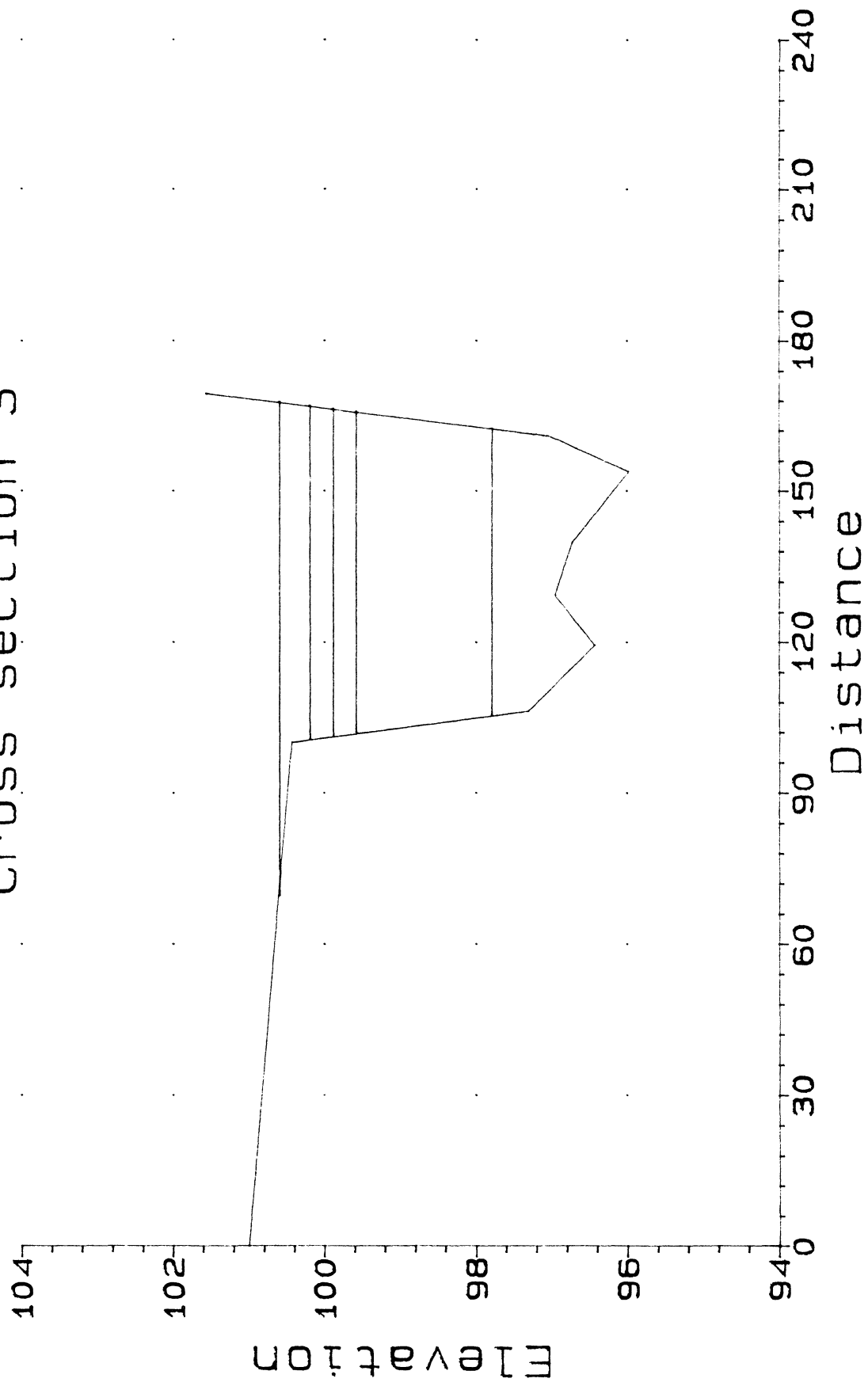
Det første plott viser lenggeprofil og videre tverrprofilene 3-9. Alle høyder er i kotehøyde og lengder i meter. Profil 71 viser brutverrsnittet hvor brubane og total pilarbredde er stiplet.

NB! Alle vannlinjer gjelder vannføringer på 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s.

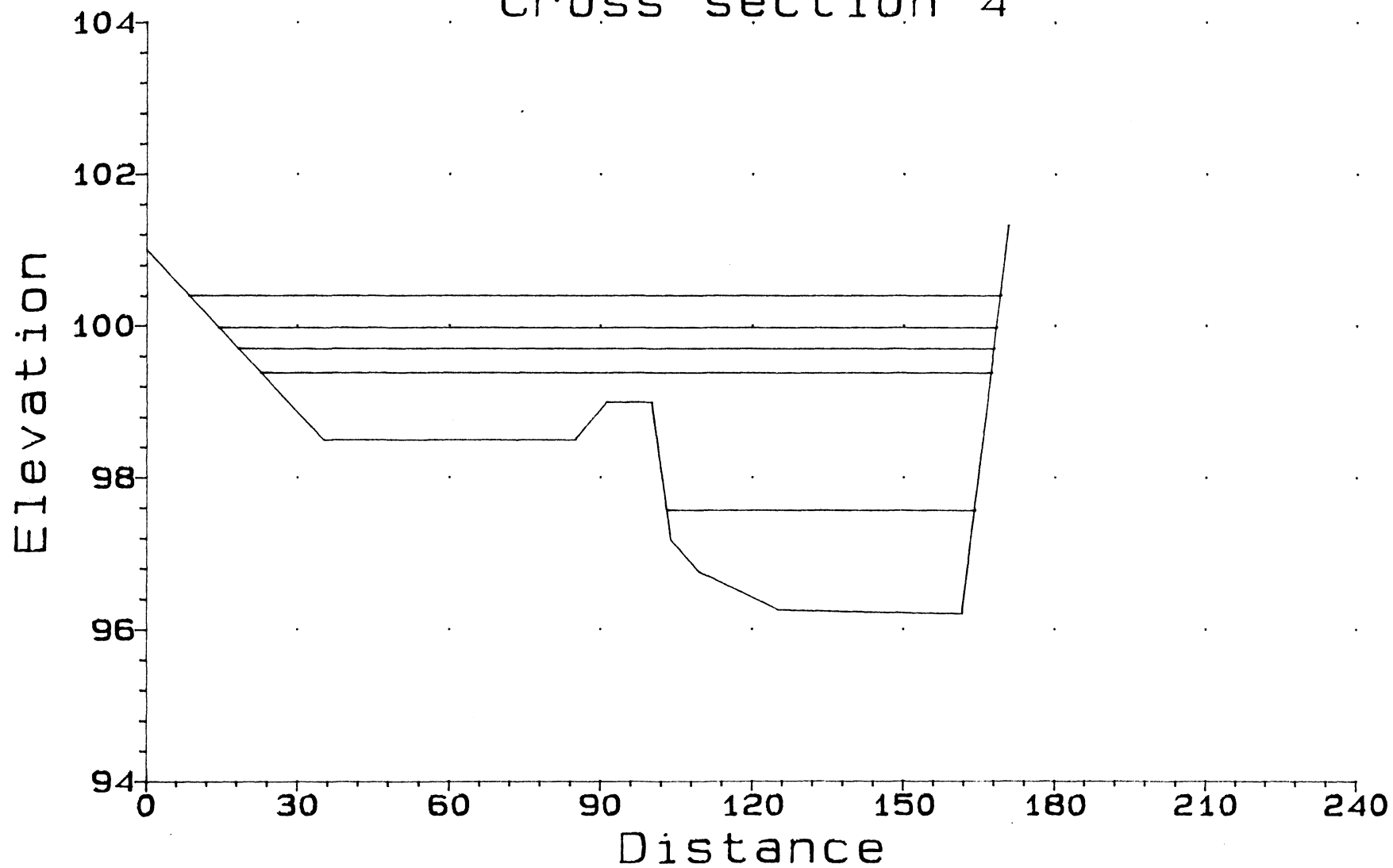
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P



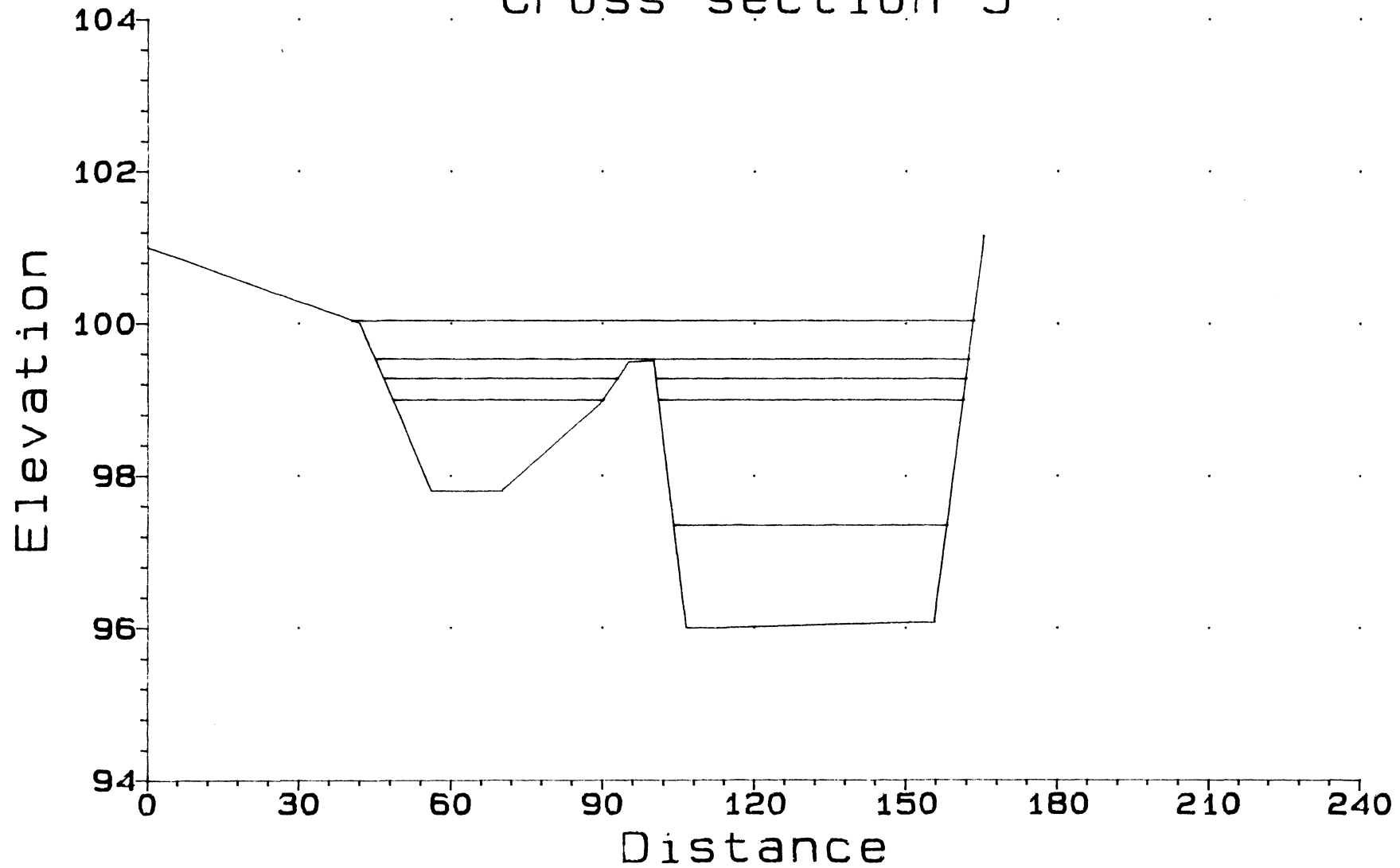
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 3



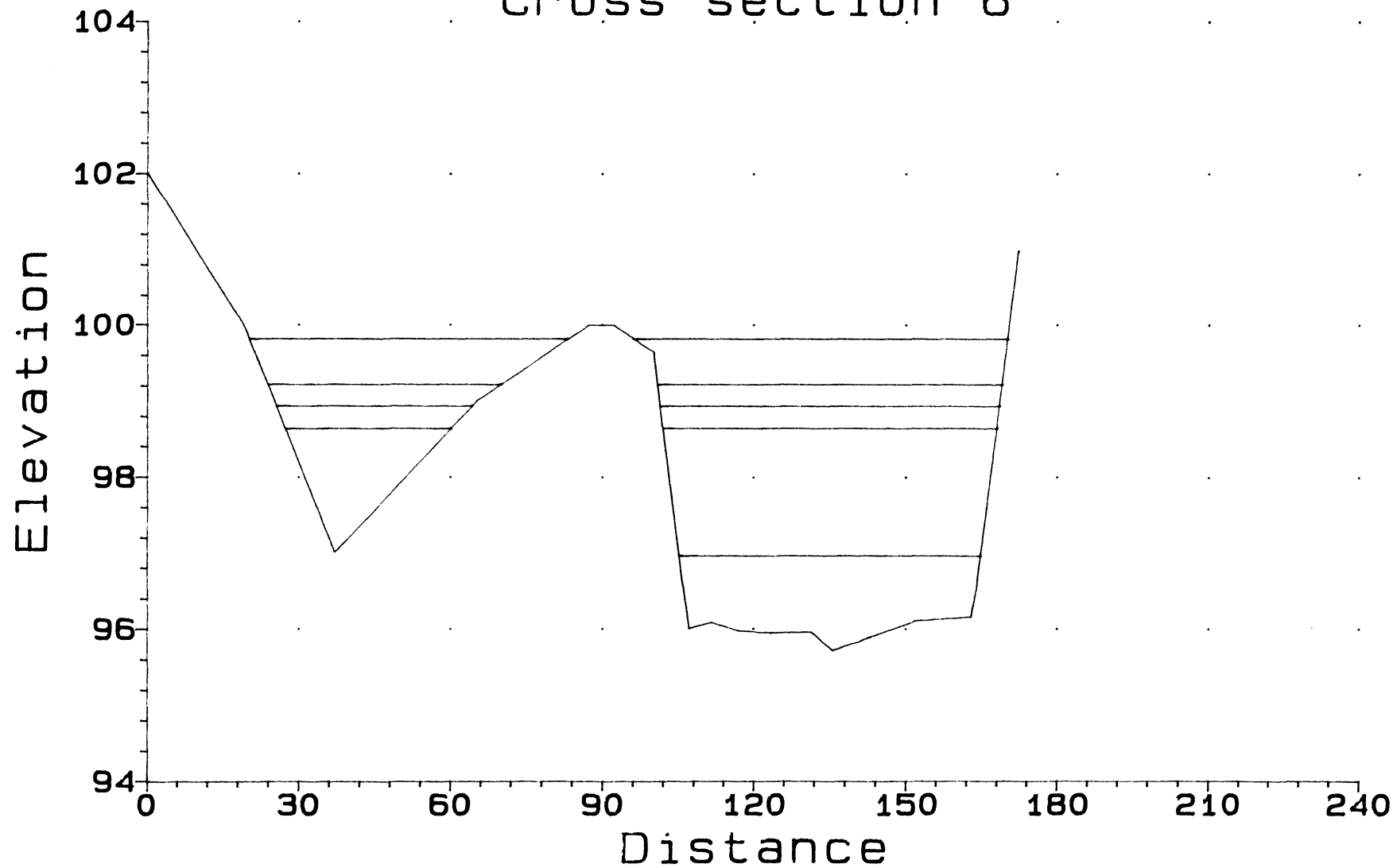
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 4



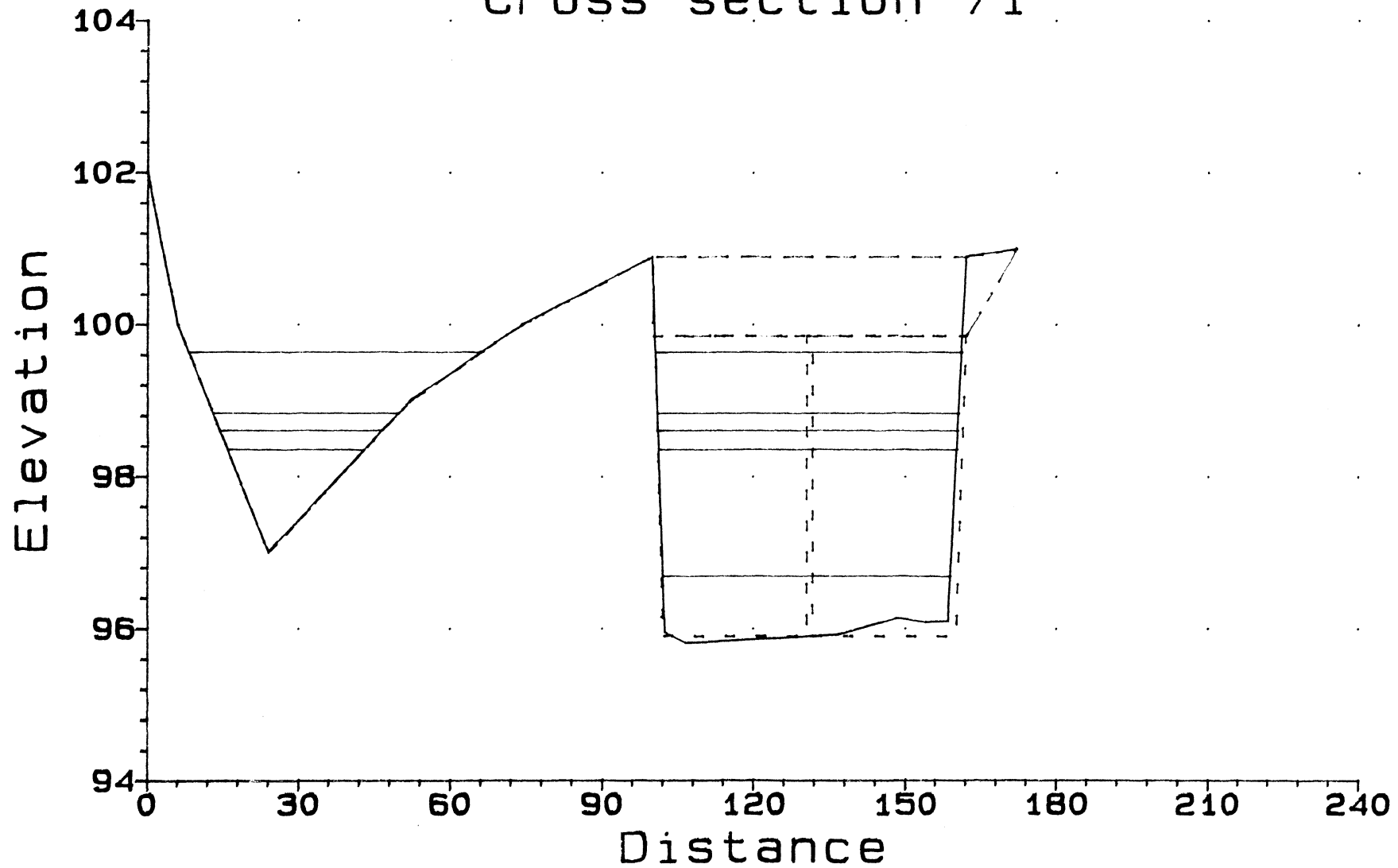
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 5



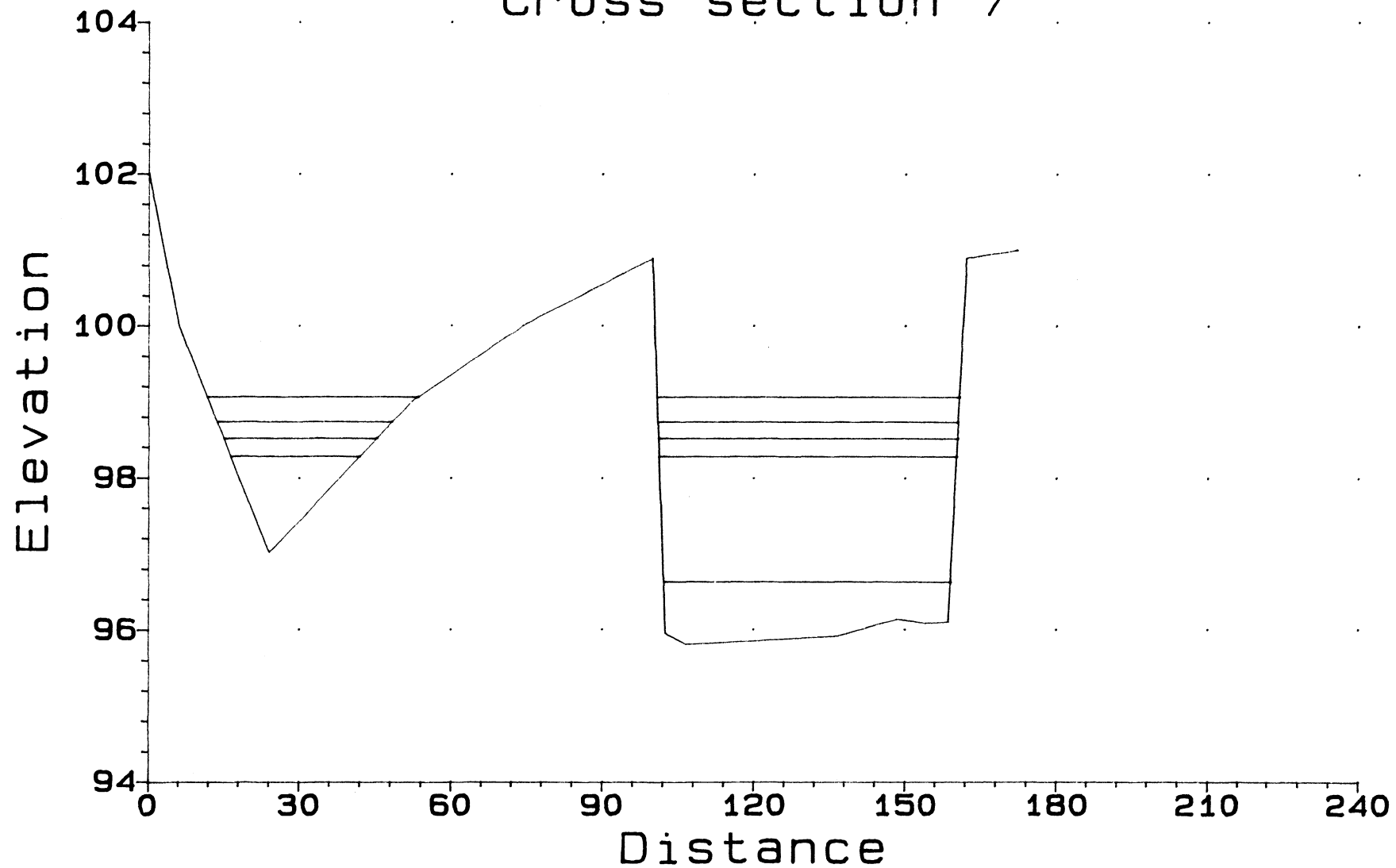
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 6



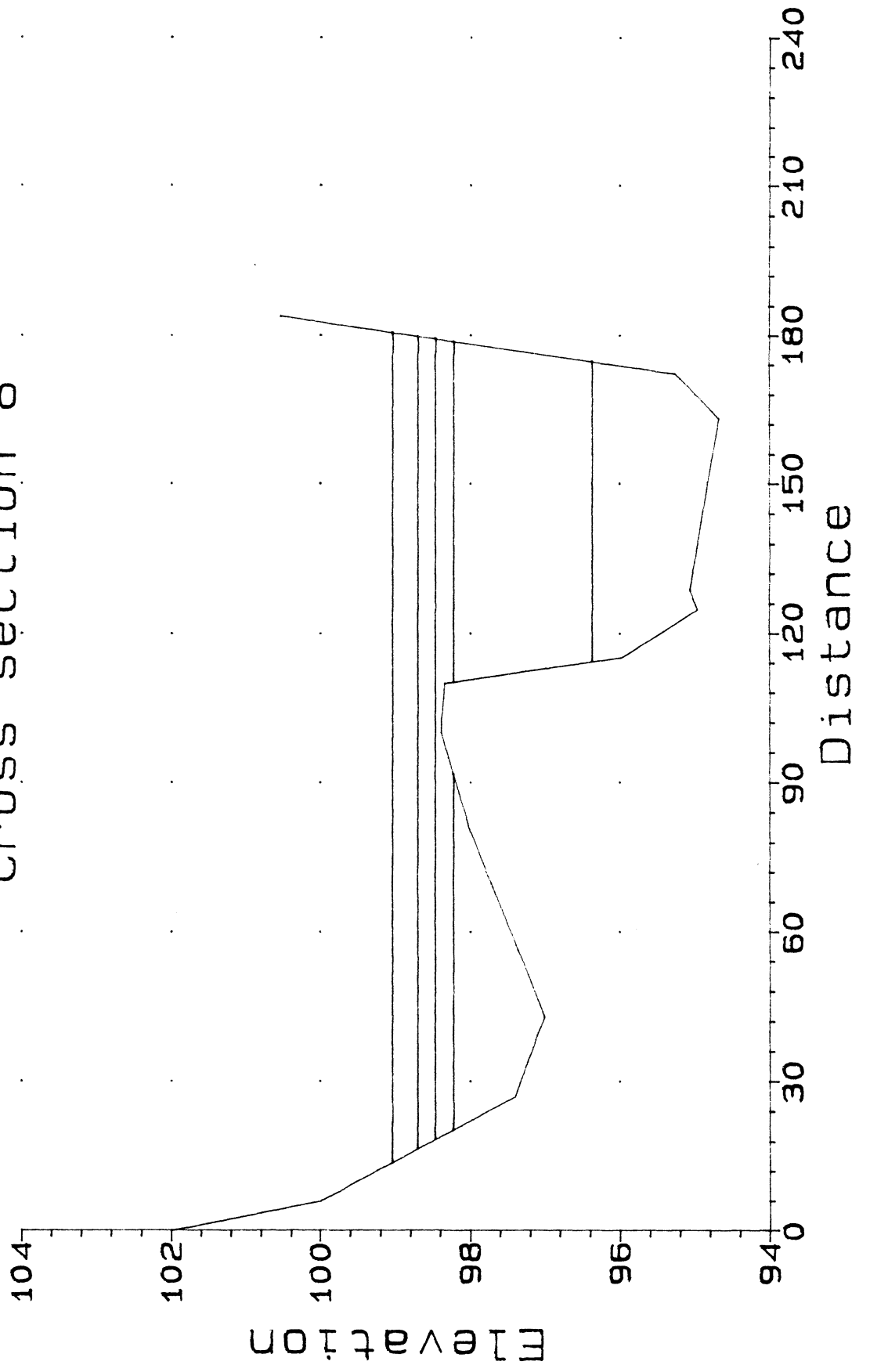
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 71



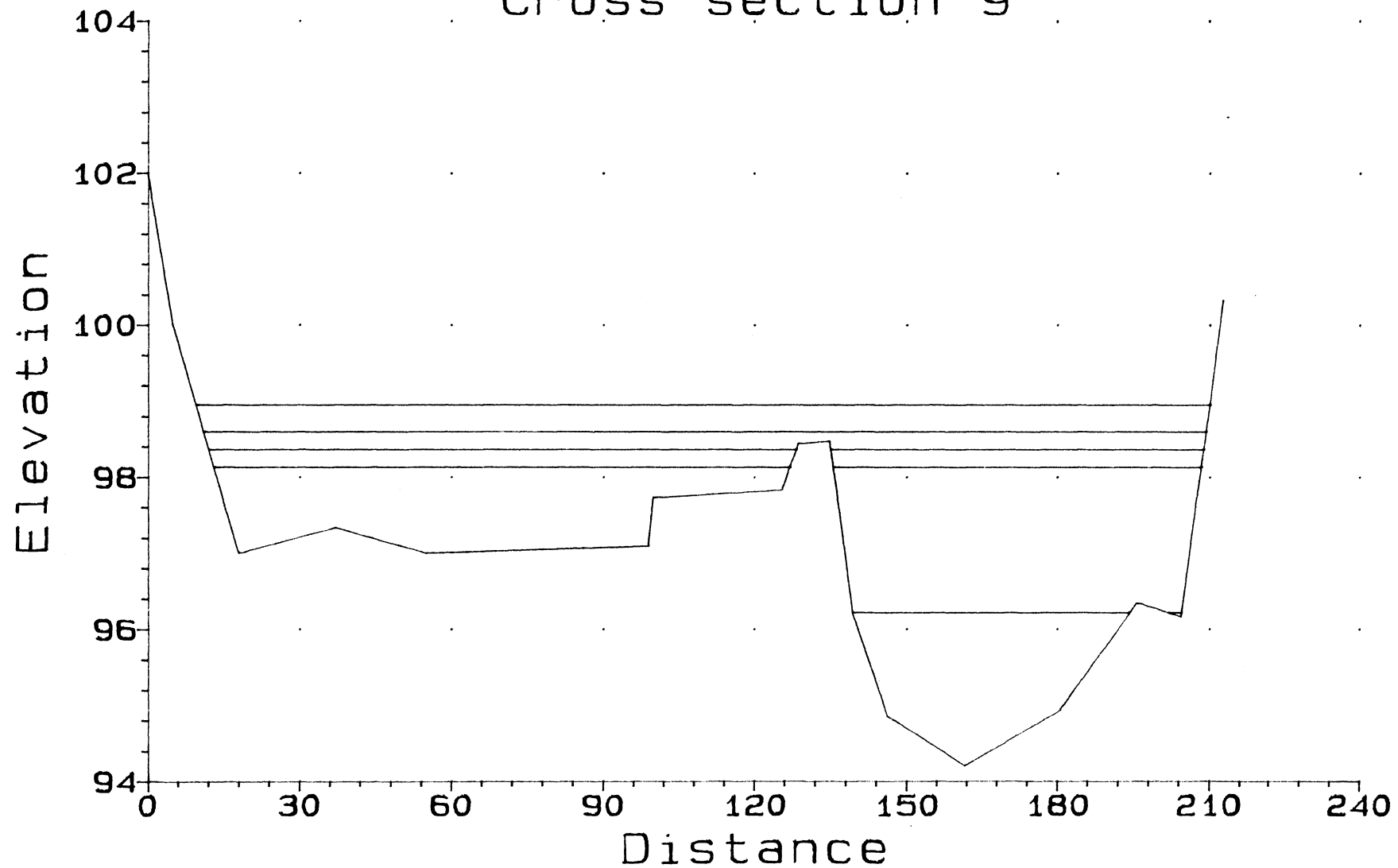
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 7



JOSED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 8



JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P
Cross section 9



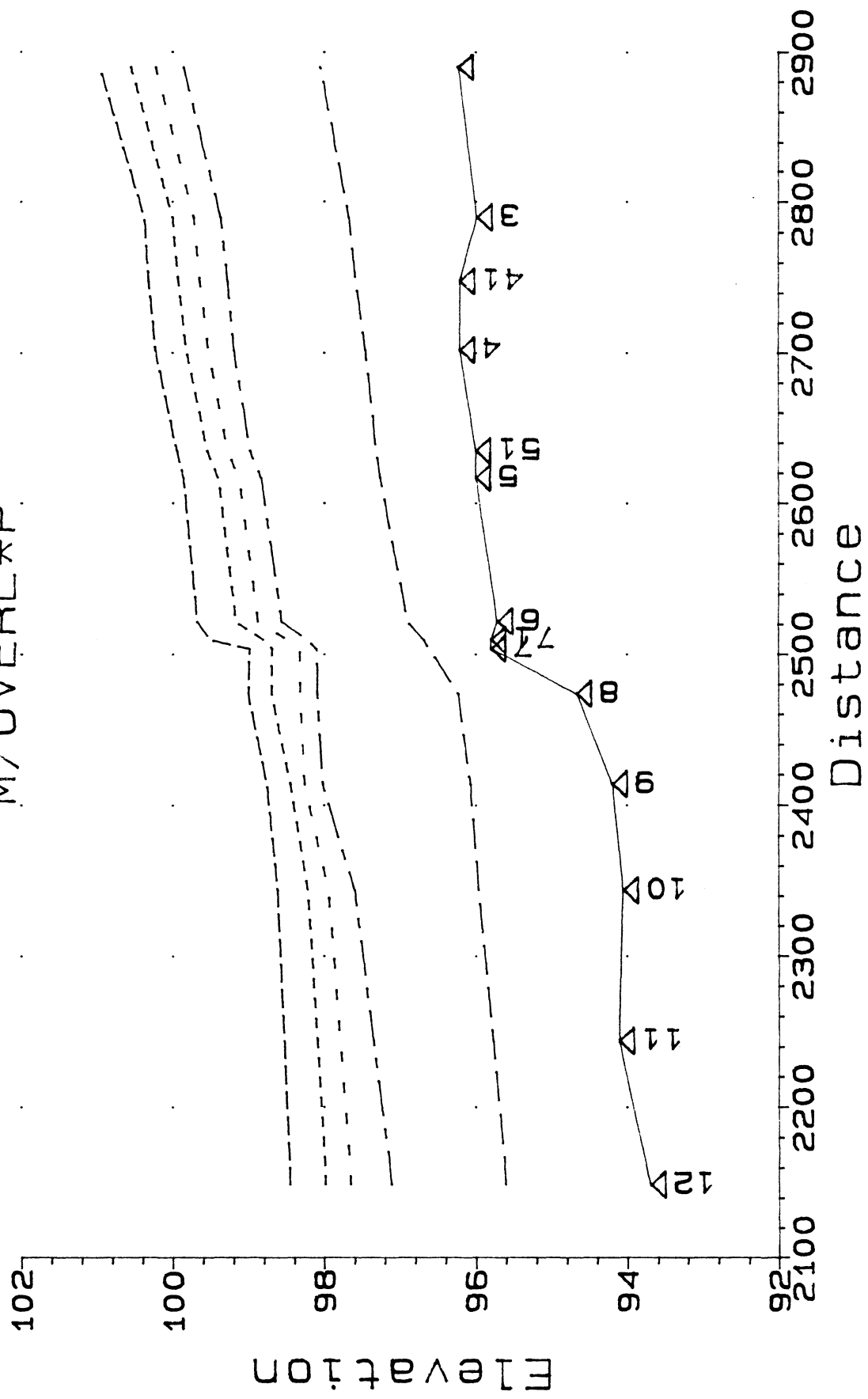
6. VEDLEGG D

De neste 8 sider viser plott av vannlinjer i området ved Ormbergstøl bru. Omløpskanal er lagt inn i modellen. Ruheten er satt til $M=30$. Terskelhøyde er kote 99.00.

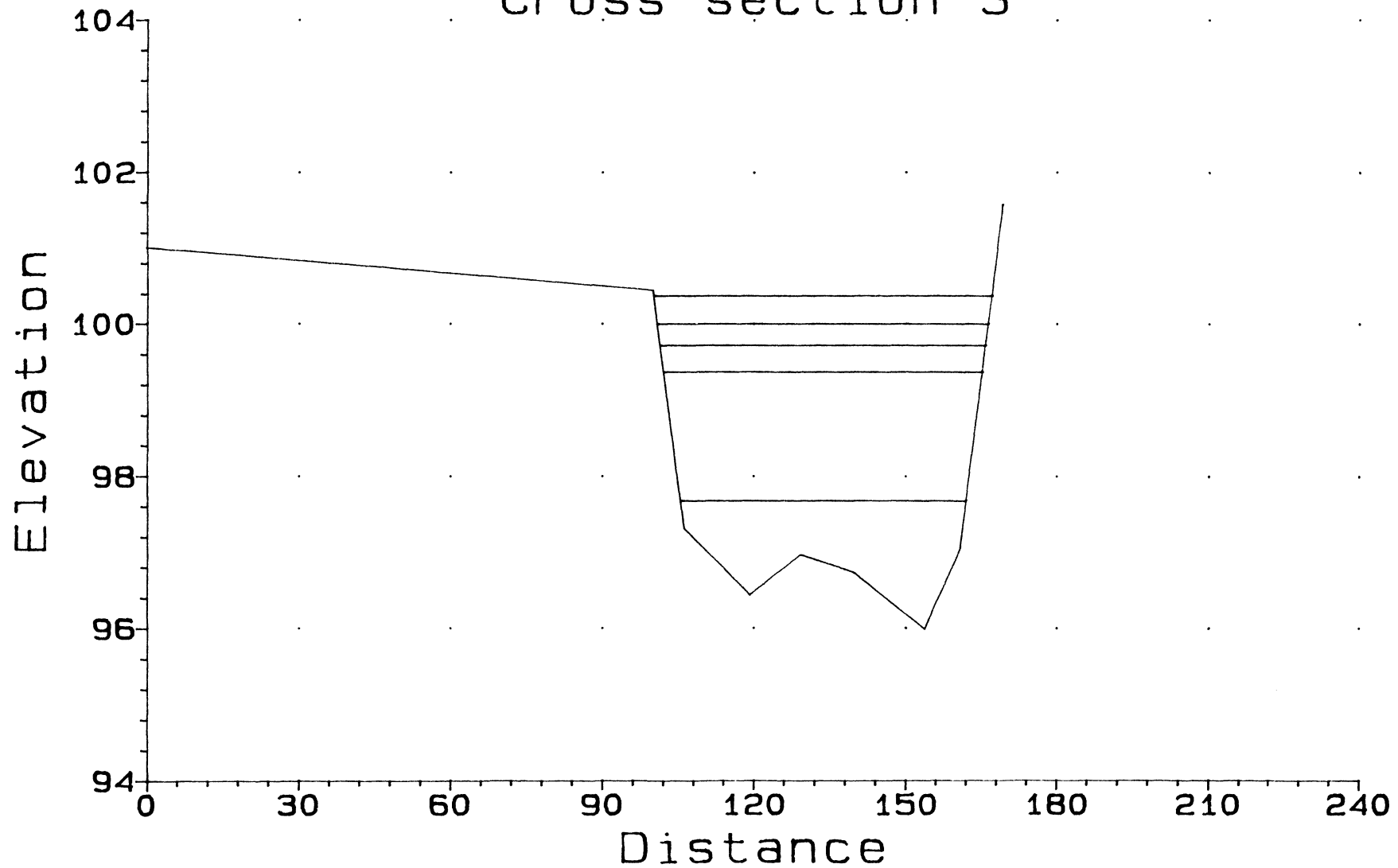
Det første plott viser lenggeprofil og videre tverrprofilene 3-9. Alle høyder er i kotehøyde og lengder i meter. Profil 71 viser brutverrsnittet hvor brubane og total pilarbredde er stiplet.

NB! Alle vannlinjer gjelder vannføringer på 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s.

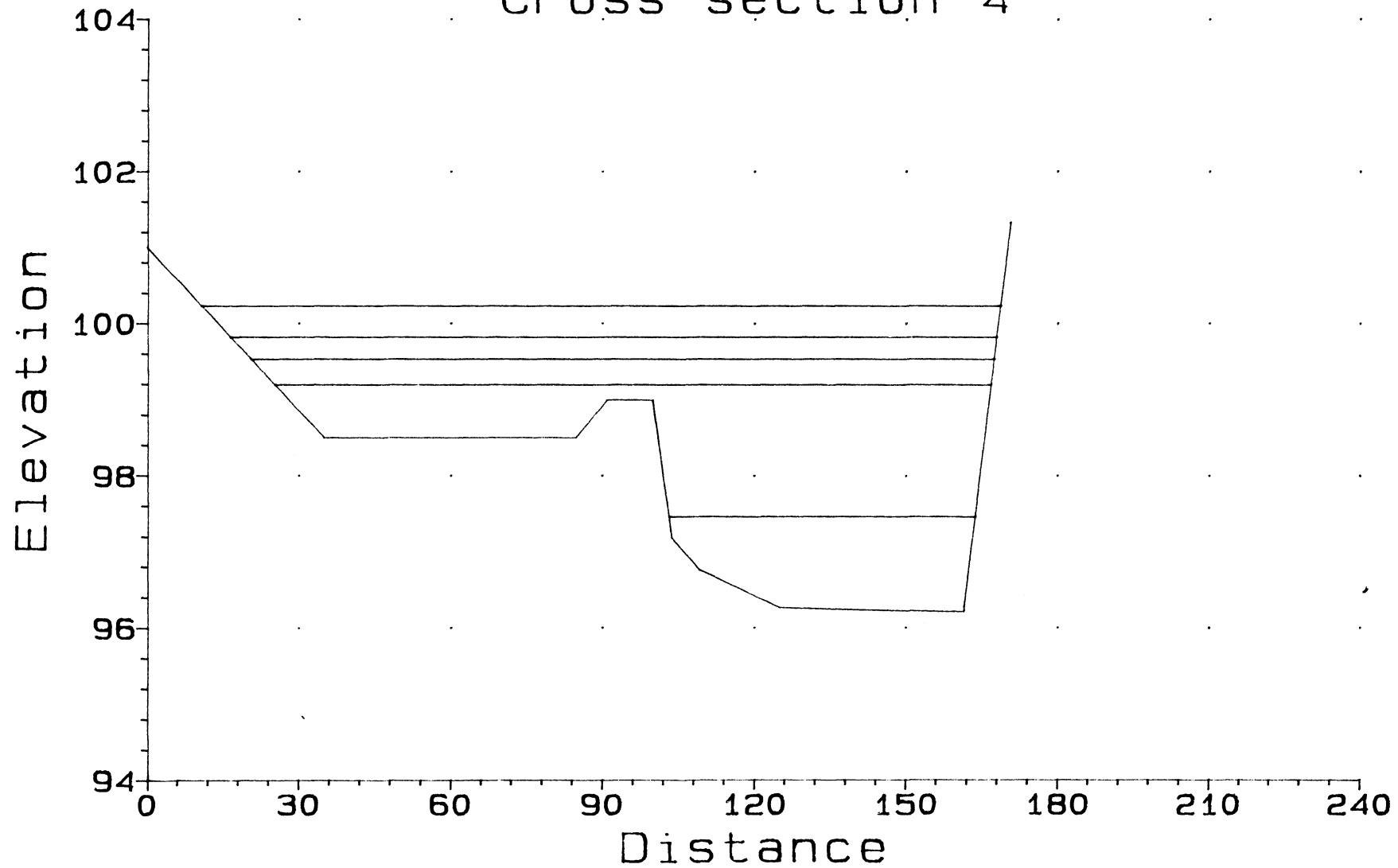
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P



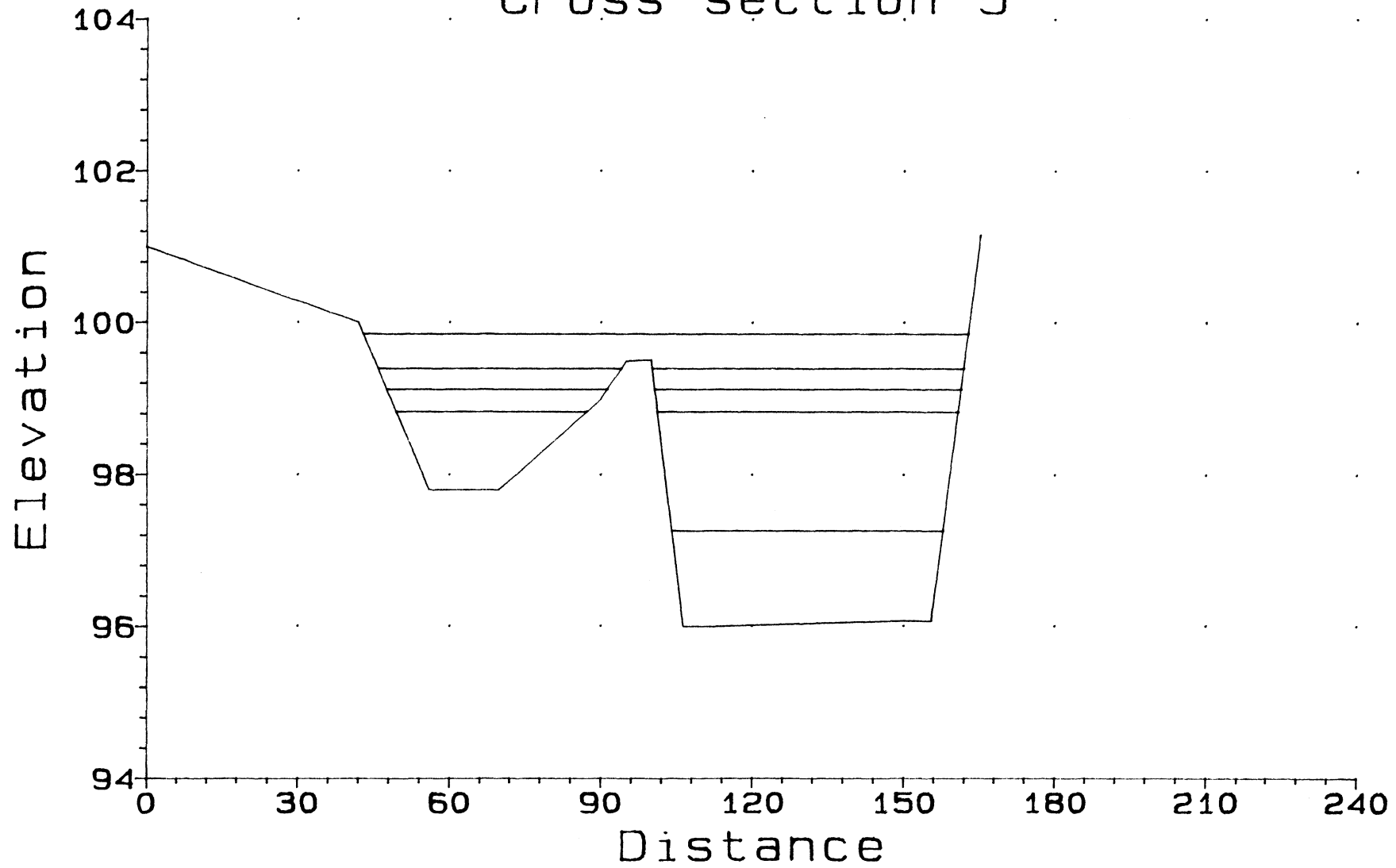
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 3



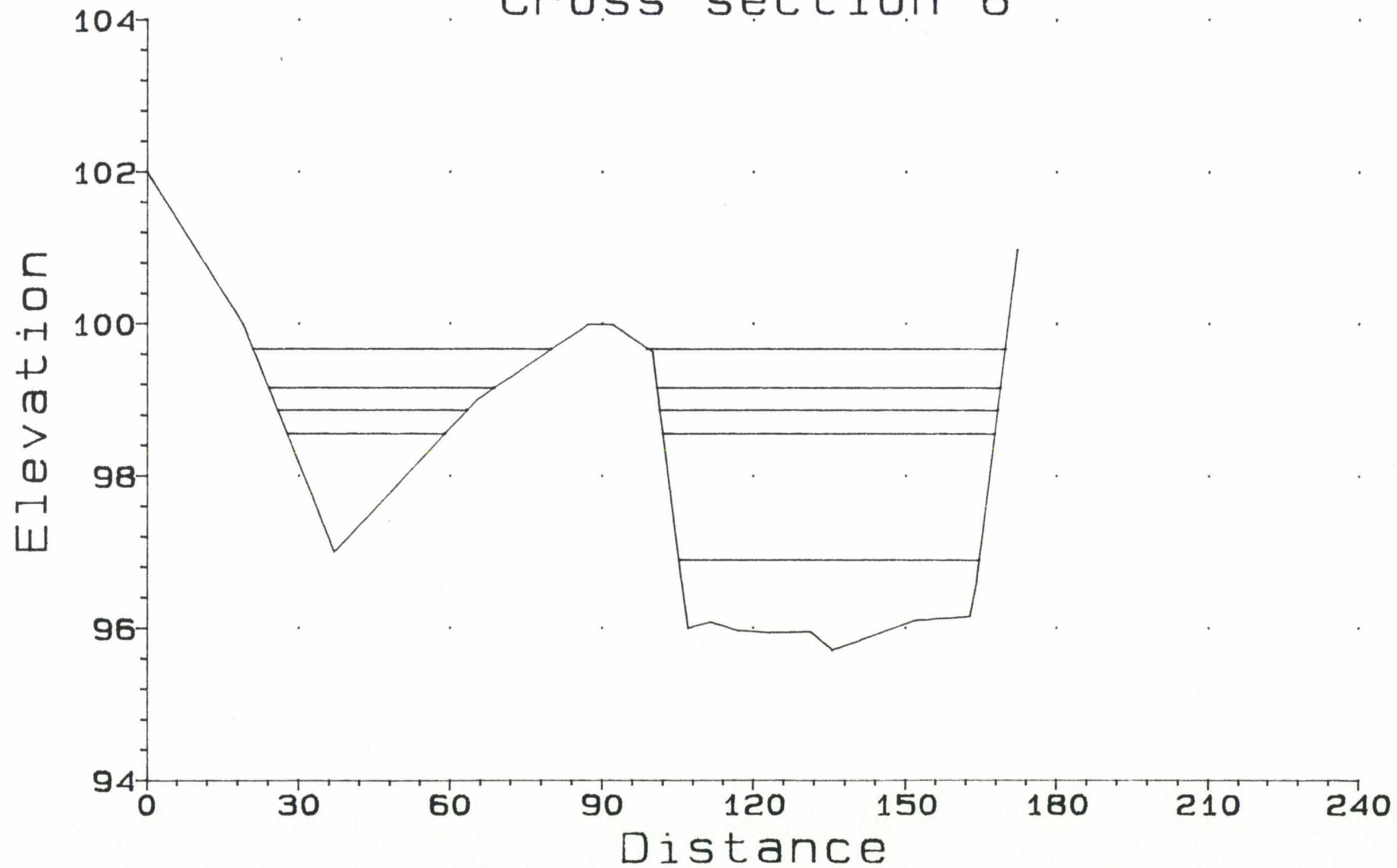
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 4



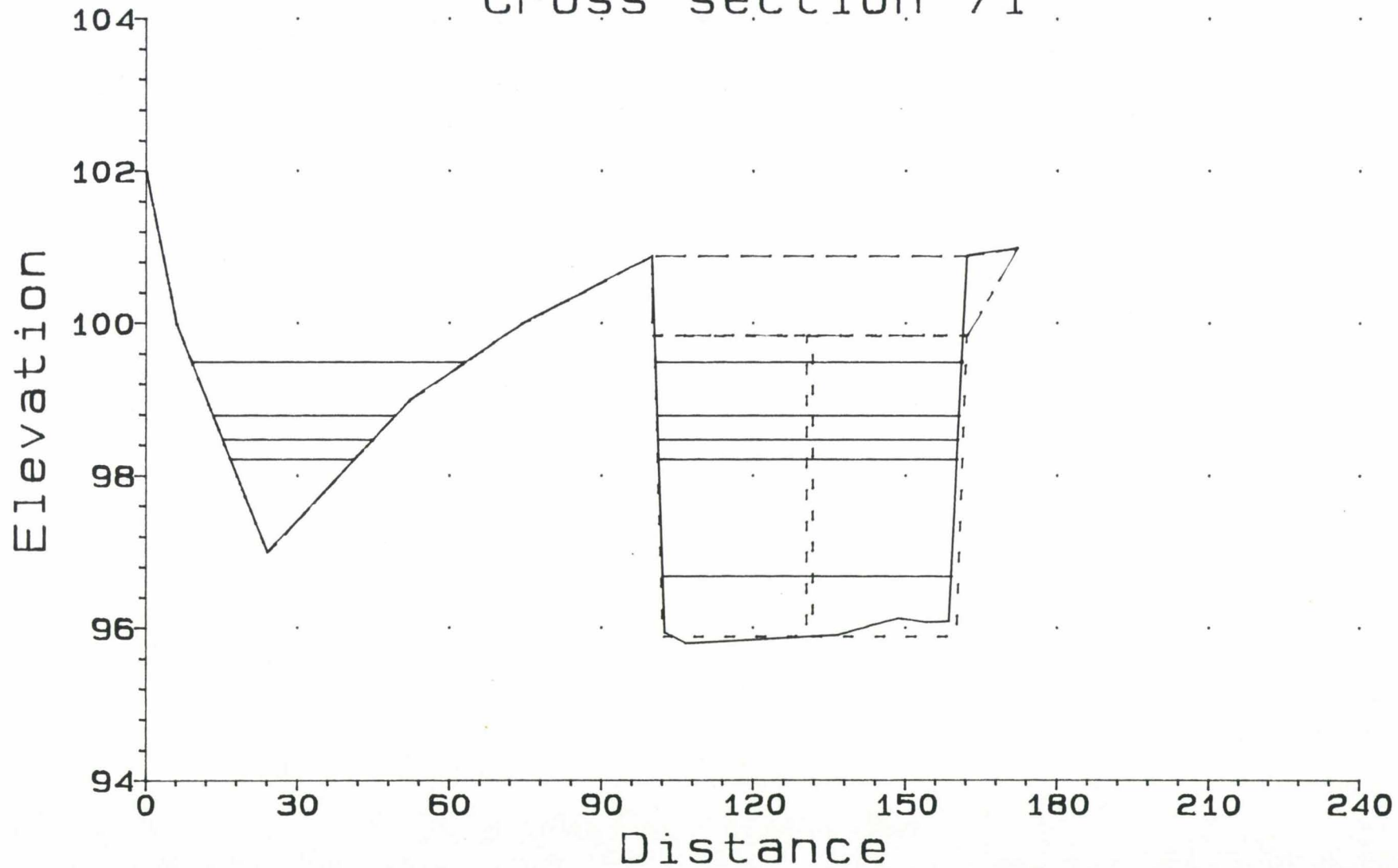
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 5



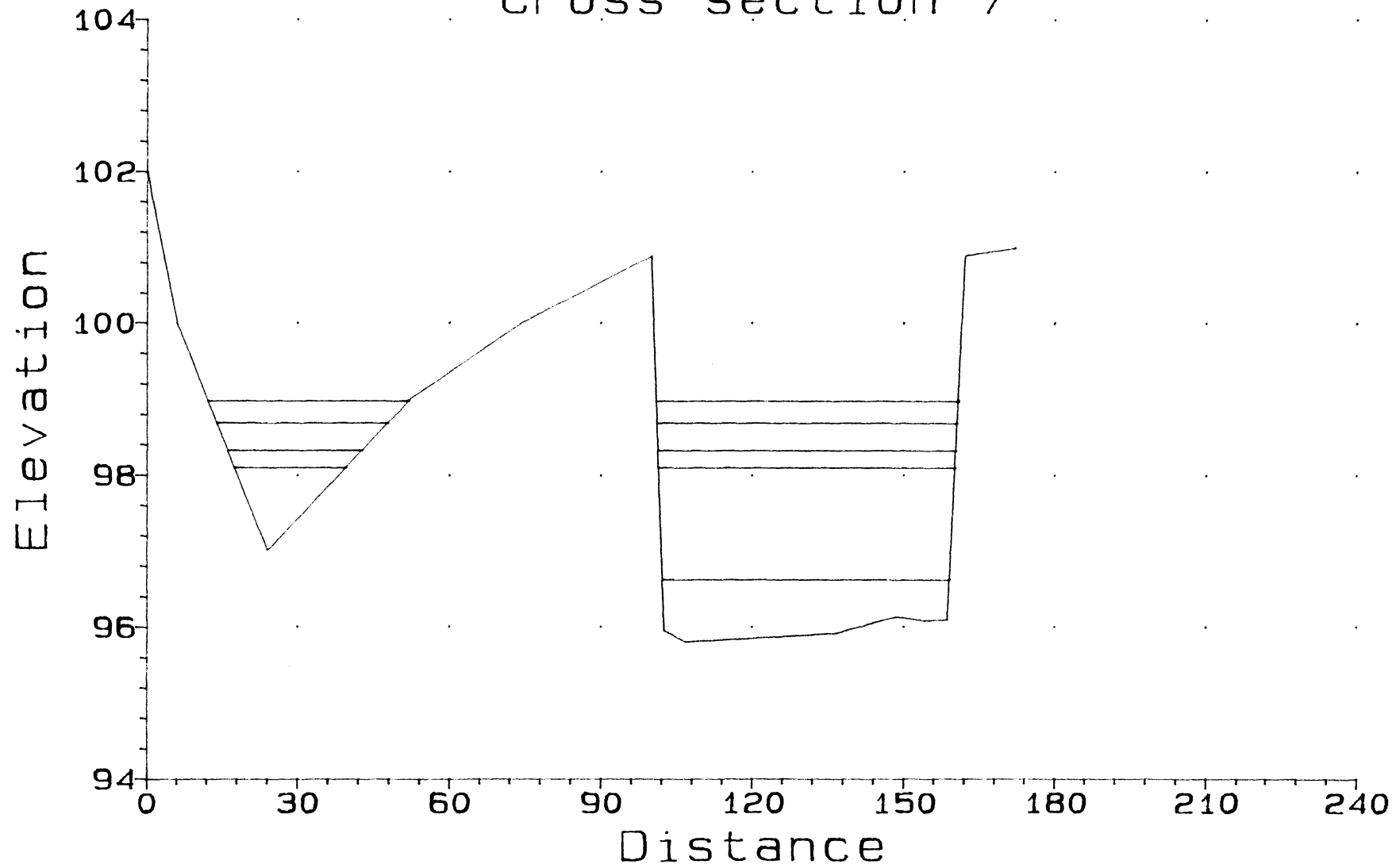
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 6



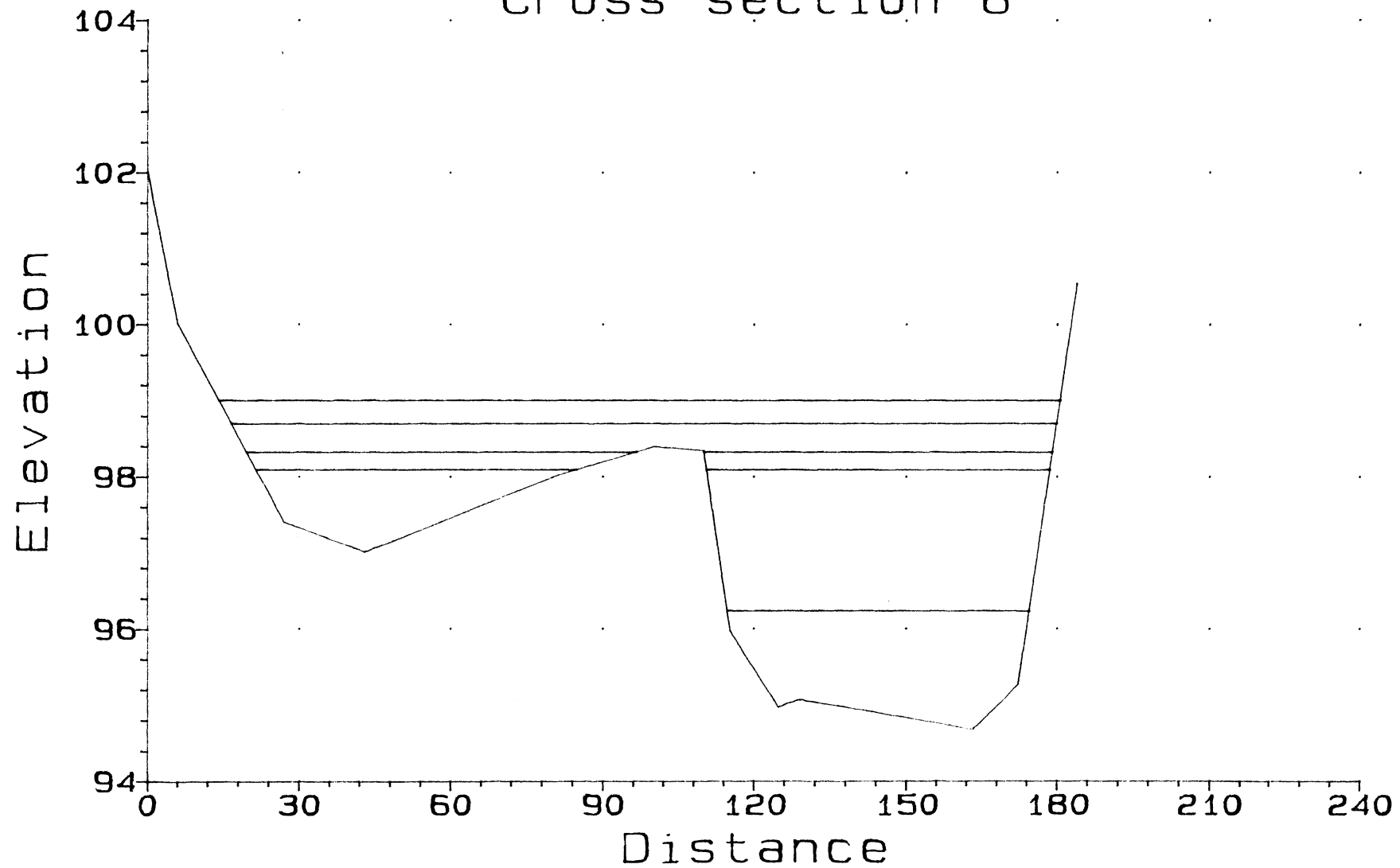
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 71



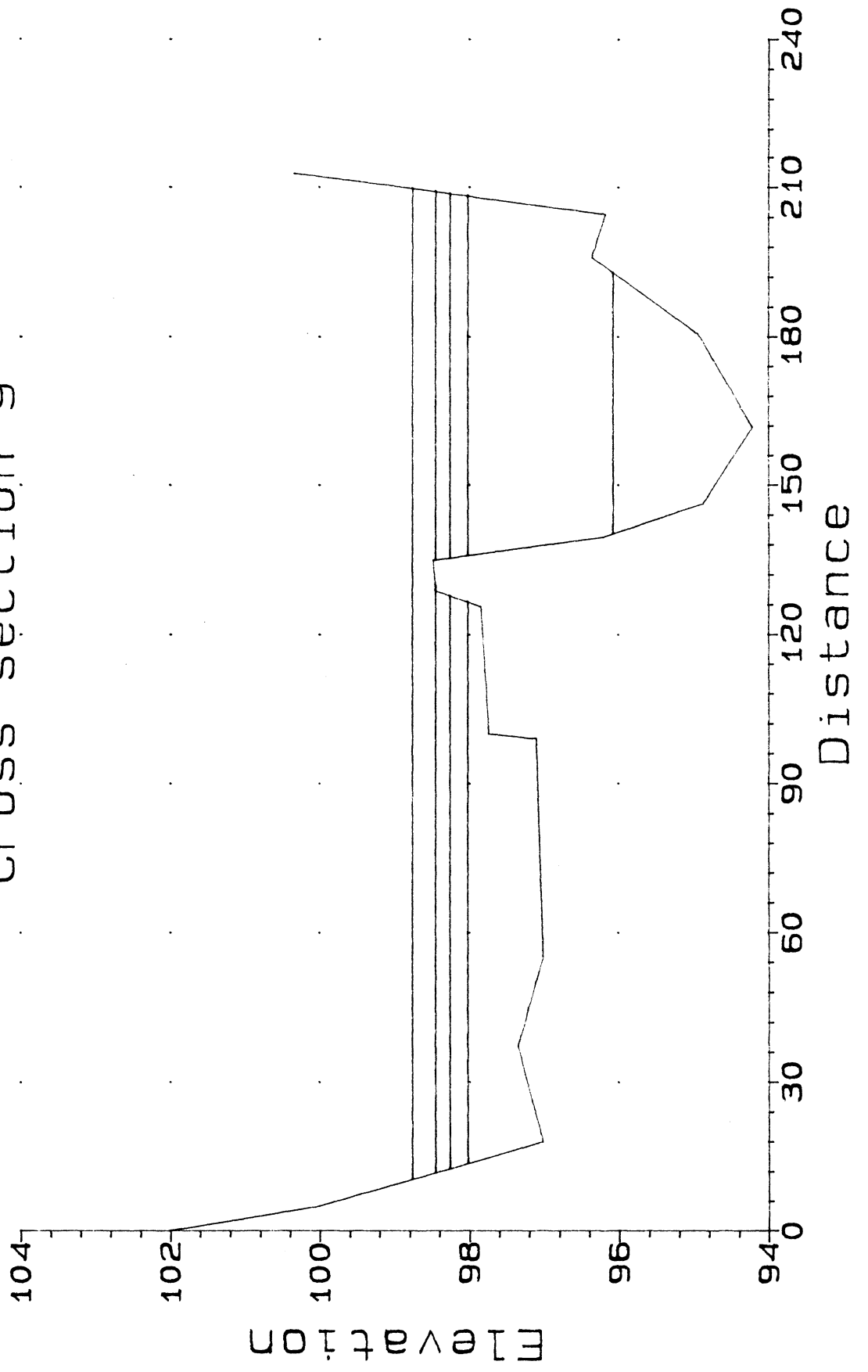
JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 7



JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 8



JOSTED*LA M=30
M/OVERL*P
Cross section 9



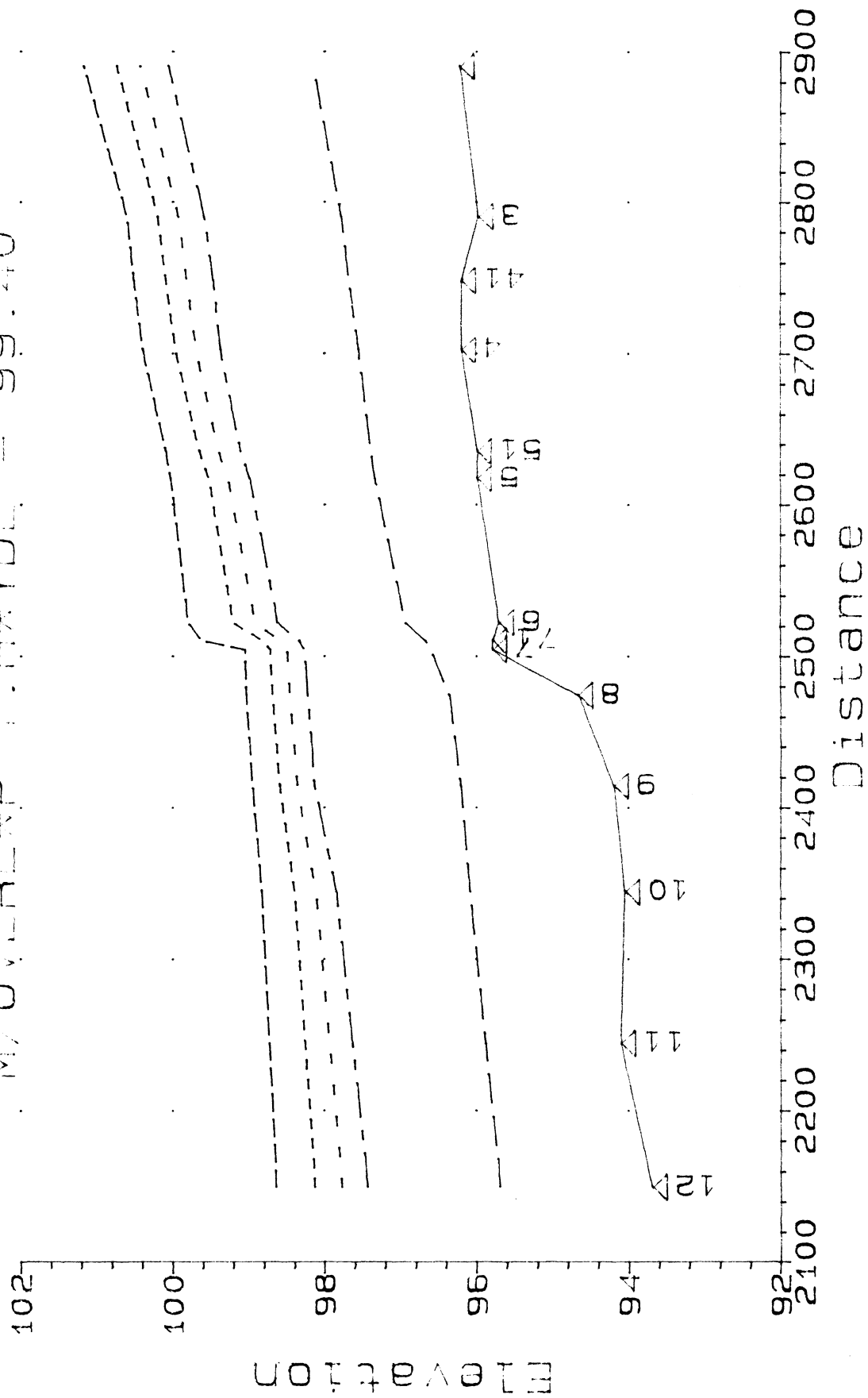
6. VEDLEGG E

De neste 8 sider viser plott av vannlinjer i området ved Ormbergstøl bru. Omløpskanal er lagt inn i modellen. Ruheten er satt til $M=25$. Terskelhøyde er kote 99.40.

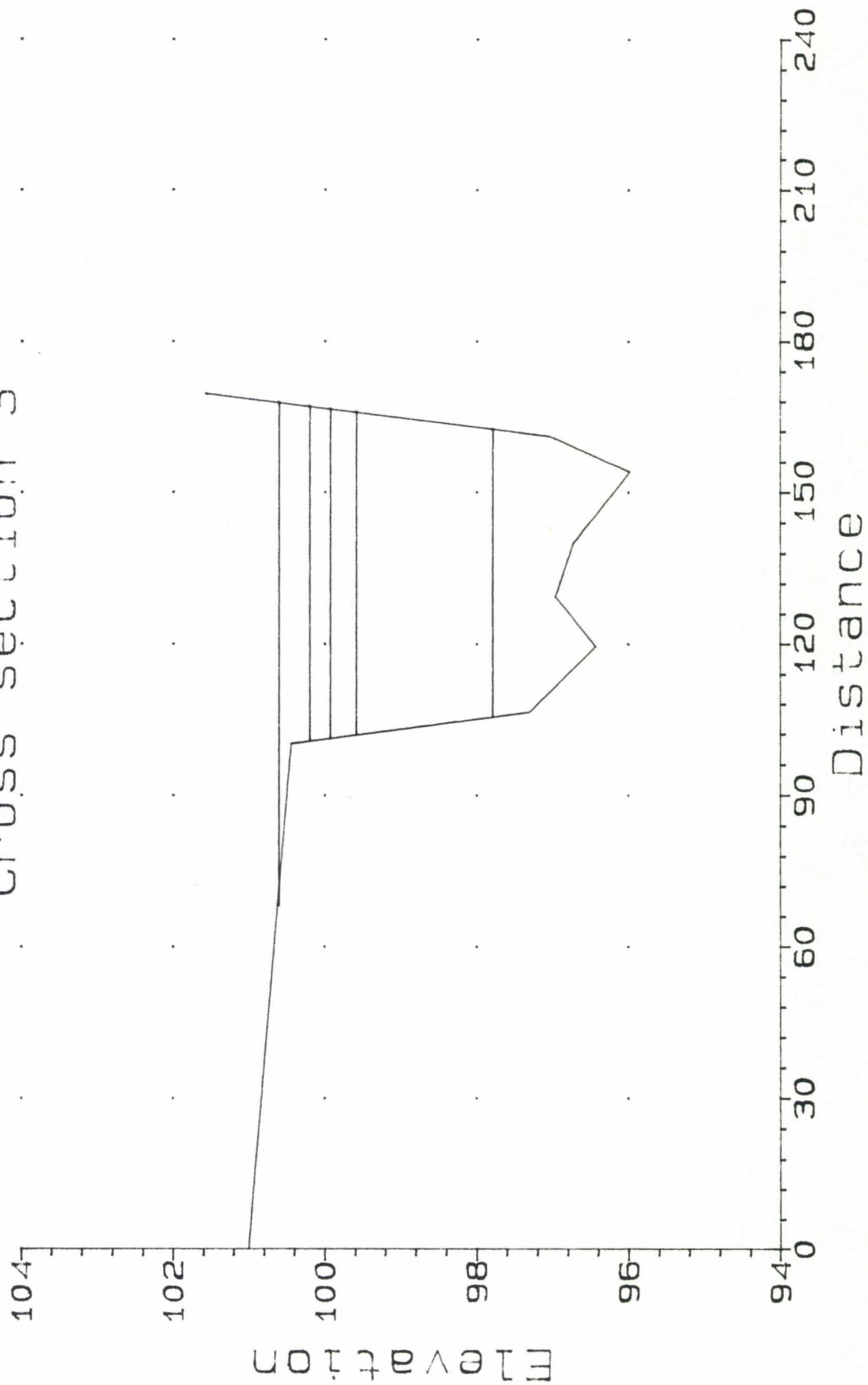
Det første plott viser lenggeprofil og videre tverrprofilene 3-9. Alle høyder er i kotehøyde og lengder i meter. Profil 71 viser brutverrsnittet hvor brubane og total pilarbredde er stiplet.

NB! Alle vannlinjer gjelder vannføringer på 100, 500, 600, 700 og 830 m³/s.

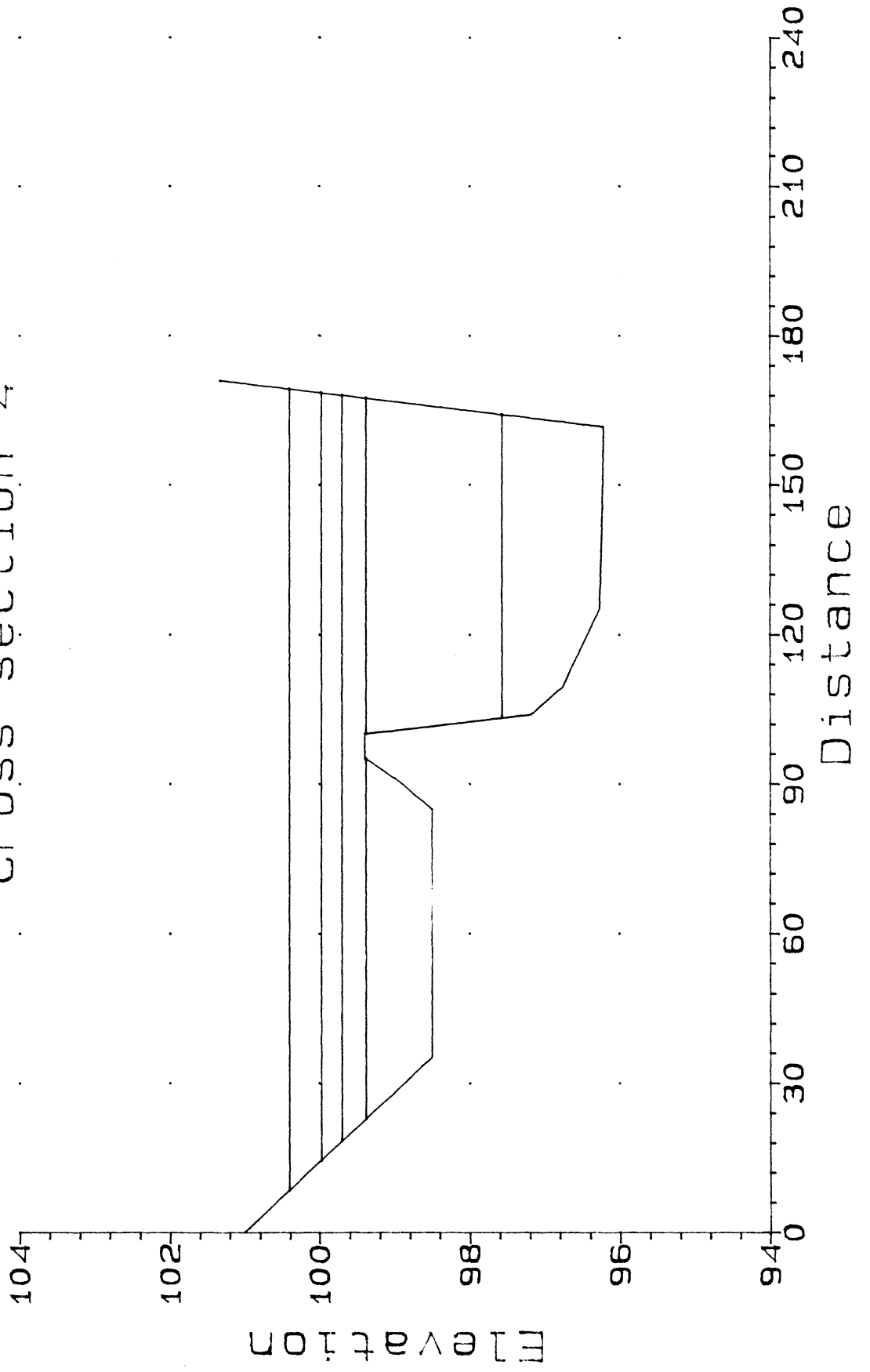
JOSTED*LA M=25
M/OVERLAP T.H*YDE = 99.40



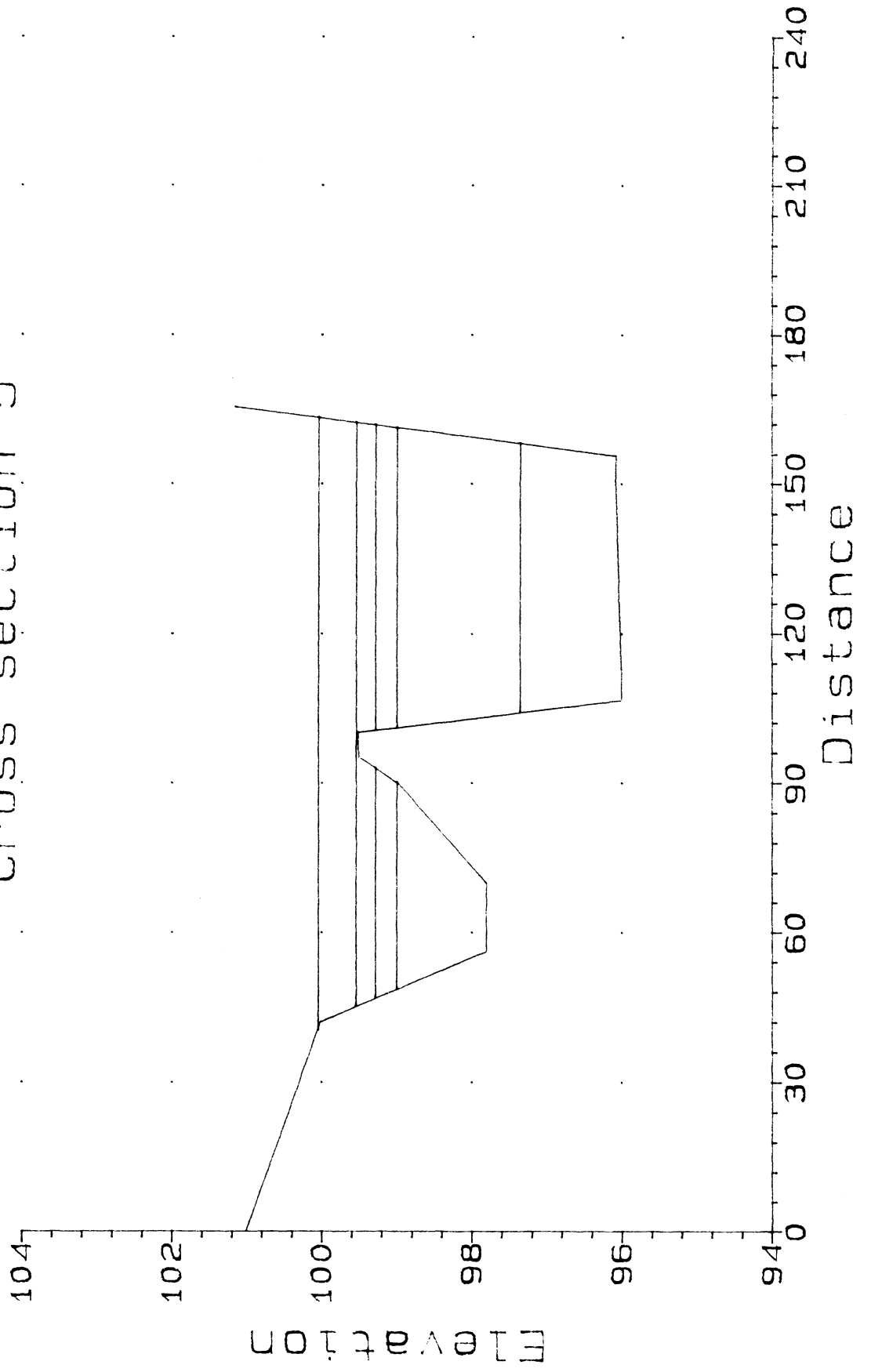
JOSED*LA M=25
M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
Cross section 3



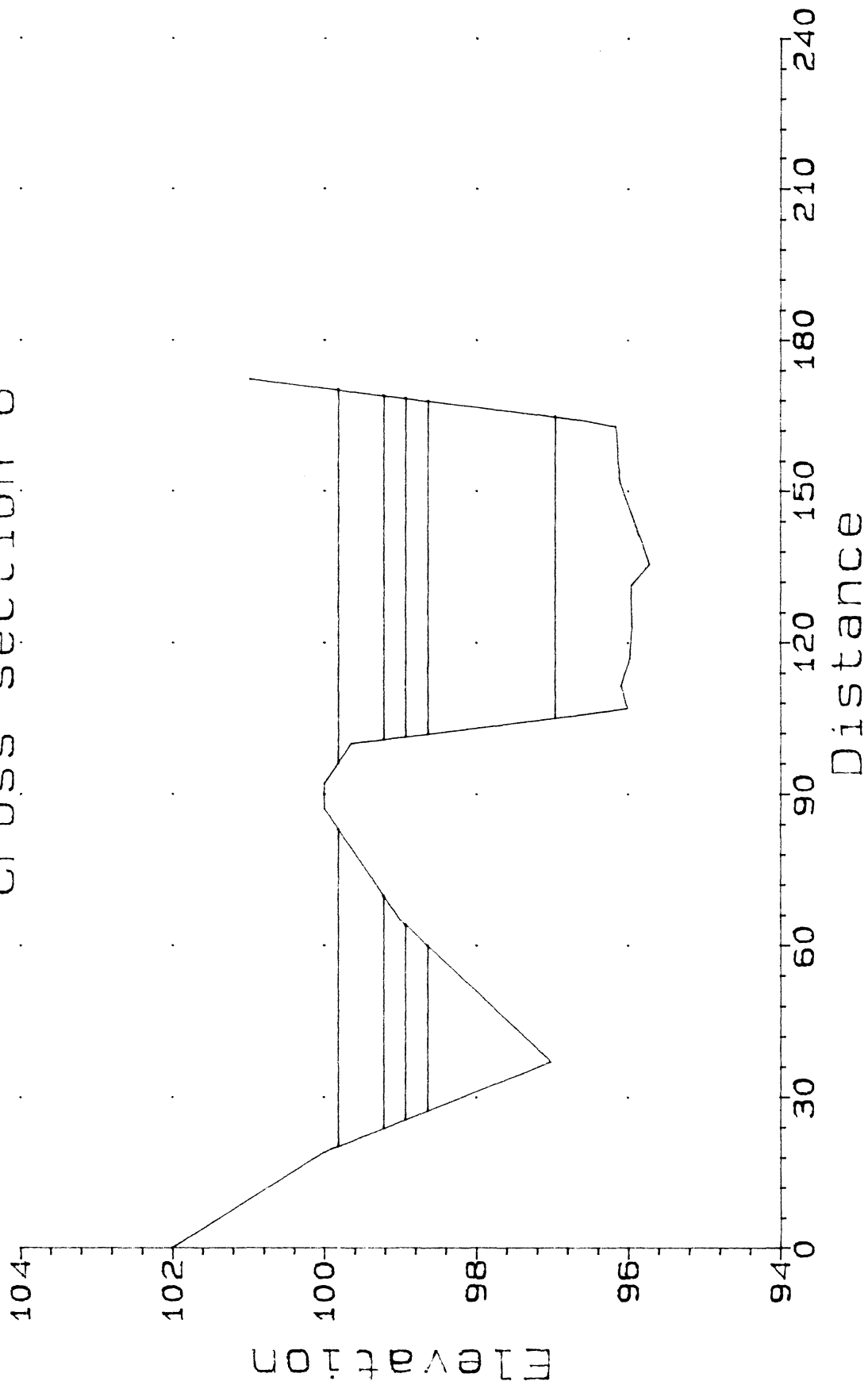
JOSTED*LA M=25
 M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
 Cross section 4



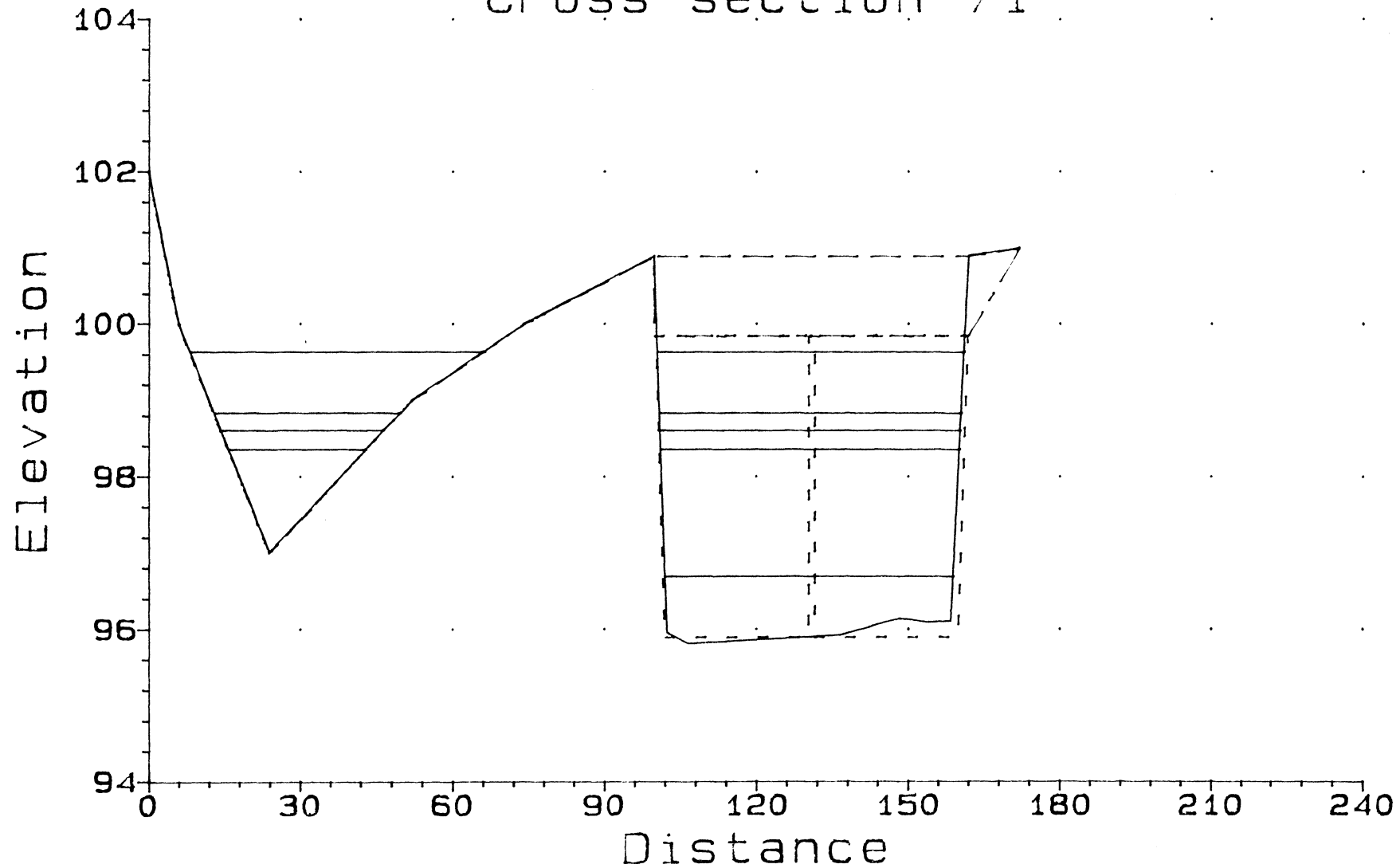
JOSTED*LA N=25
M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
Cross section 5



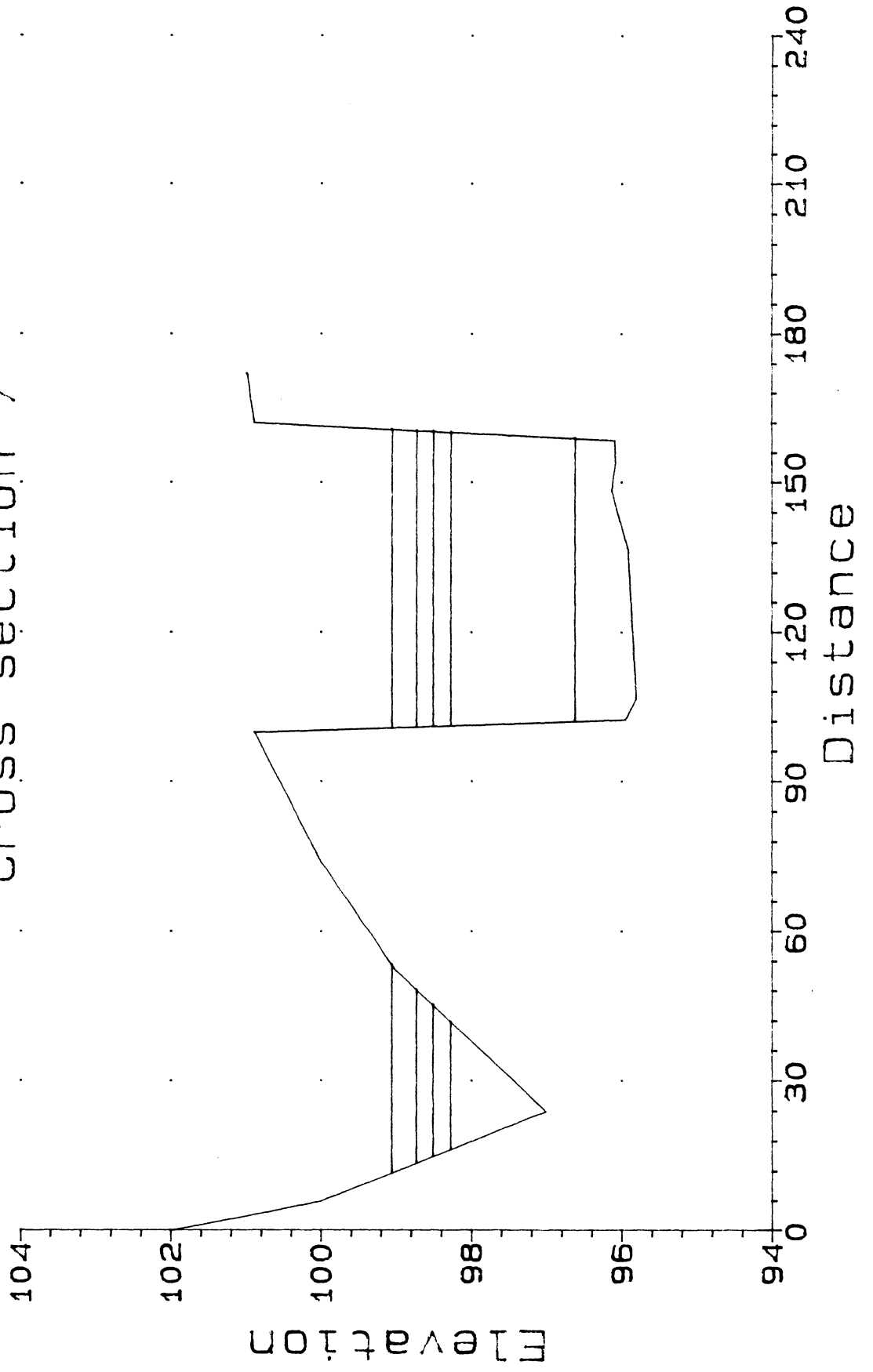
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P_T.H*YDE = 99.40
Cross section 6



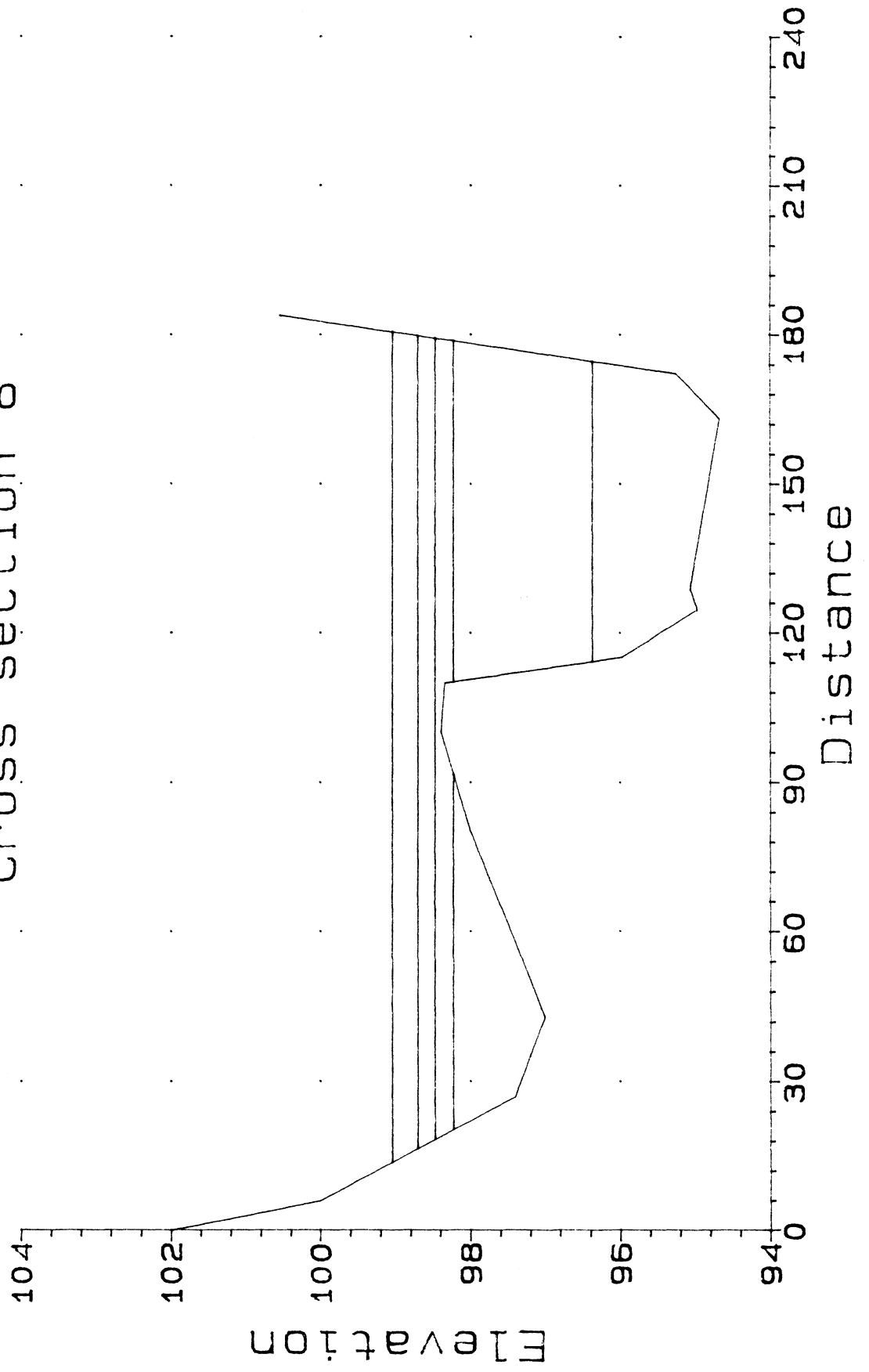
JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
Cross section 71



JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
Cross section 7



JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P T.H*YDE = 99.40
Cross section 8



JOSTED*LA M=25
M/OVERL*P_T.H*YDE = 99.40
Cross section 9

