

dienst **weg en water** bouwkunde

BRESGROEI IN EEN ZANDDIJK
FEITENVERSLAG VAN EEN PROEF

Rapport : WBA-R-90.041

C1 90.01

Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Afdeling advisering waterbouw

ir. A.P. de Looff

februari 1989

BRESGROEI IN EEN ZANDDIJK; FEITENVERSLAG

Feitenverslag van een proef uitgevoerd 13 december 1989 in de Zwingeul te Zeeuwsch-Vlaanderen naar het bezwijkgedrag van een zanddijk.

Inhoud:	blz.
1. Inleiding	1
2. Aanleiding en uitvoering van de proef	1
3. De proefopstelling	2
4. De registraties	3
5. Nabeschouwing	5

Bijlagen:

- 1: De proeflokatie
- 2: Doorsnedes en aanzichten van de zanddijk
- 3: Meetopstellingen
- 4: Stroomsnelheidsmetingen
- 5: Waterstanden
- 6: Bresgroei
- 7: Profielmetingen
- 8: Foto's

1. Inleiding

In opdracht van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep C (zandige kusten) is een prototype proef uitgevoerd naar het bezwijkgedrag van een zanddijk t.g.v. overstroming. De proef heeft plaatsgevonden woensdag 13 december 1989 in de Zwingel te Zeeuwsch-Vlaanderen. De aanleg van de zanddijk en bijbehorend overig grondverzet is uitgevoerd door de Belgische aannemer Depret nv. De "directie" namens TAW-C is gevoerd door ir. C. Visser. Metingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst Zeeland van de RWS Directie Zeeland en door de meetdienst van Provinciale Waterstaat Zeeland. Videoregistraties zijn gemaakt door J.B. Smit van Provinciale Waterstaat Zeeland en door ir. M. Meulblok van RWS Directie Zeeland. Een uitgebreide fotoreportage is gemaakt door ir. R. Jorissen van RWS, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Bovenstaande metingen en registraties hebben als basis gediend voor het feitenverslag van de proef.

2. Aanleiding en uitvoering van de proef

Een streven van de TAW is in 1997 een "leidraad toetsing" te presenteren waarin uitgegaan wordt van een zogenaamde "inundatiebenadering". Hiertoe dient het bezwijkgedrag van waterkeringen bekend te zijn. Werkgroep C (zandige kusten) heeft in dit kader de taak onderzoeksvoorstellen te doen en onderzoek te begeleiden naar het bezwijkgedrag van waterkeringen met een zandkern. Tijdens de vergadering van werkgroep C van 24 november 1989 wordt geconstateerd dat in het Zwin op grote schaal met zand gemanipuleerd wordt om een zandvang te creëren in de Zwingel. De aanwezigheid van het grondverzetmaterieel ter plaatse biedt de mogelijkheid tot het uitvoeren van een unieke proef: het opwerpen van een zanddam in de Zwingel bij laagwater met als doel deze bij opkomend getij te laten bezwijken. Besloten wordt tot het uitvoeren van deze proef. Als "directievoerder" namens de TAW, werkgroep C wordt ir. C. Visser benoemd. Visser voert onderhandelingen met de aannemer, verwerft diverse vergunningen en regelt de meetploegen. Overleg met diverse Nederlandse en Belgische overheden wordt gevoerd door ir. M. Meulblok. De proef wordt uitgevoerd op woensdag 13 december 1989.

3. De proefopstelling

* Lokatie:

Zwingeul, grens Nederland/België. (bijlage 1)
De Zwingeul loopt vanaf zee in het natuurreservaat "Het Zwin". Bij springtij wordt water tot achter in het Zwin gevoerd; bij doodtij komt het water minder ver het gebied in. De geul heeft een brede inlaat (60 tot 100 m) en meandert het Zwin binnen. T.p.v. de zanddijk heeft de geul een breedte van ca. 50 m. Het niveau van de geulbodem is hier ca. NAP +0.30m. De zuidelijke oever (België) ligt op een niveau van ca. NAP + 3m. De noordelijke oever (Nederland) ligt op een niveau van ca. NAP +3.5m. Foto 1 geeft een overzicht van de proefopstelling.

* Meet- en registratieapparatuur:

Zowel voor als na het bezwijken is het profiel in de omgeving van de zanddijk ingemeten. Na de proef is dit gebeurd donderdagmorgen 14 december 1989. Na het hoogwater van de proef is er dus nog een getij over de ontgrondingskuil heengegaan voordat deze opgemeten werd.

Tijdens het bezwijken waren in de nabijheid van de dijk aanwezig:
peilschaal bovenstrooms
peilschaal benedenstrooms
stroommeters (ottmolens) bovenstrooms
stroommeters (ottmolens) benedenstrooms
jalons op de dijk met bekende onderlinge afstand
videoregistratie met tijdsaanduiding
fotoregistratie

* De zanddijk:

De zanddijk is met droog grondverzetmaterieel aangebracht tijdens laagwater. De afmetingen van de zanddijk zijn:

- kruinhoogte: NAP +2.5m à NAP +3.0m
- bodemligging geul: ca. NAP +0.30m
- kruinbreedte: 7 tot 8m
- helling buitentalud: ca. 1:1½
- helling binnentalud: ca. 1:3
- lengte v.d. dijk = breedte v.d. geul = ca. 50 m.

In bijlage 2 is de dijk getekend in boven- en zijaanzicht en in dwarsdoorsnede. Ongeveer in het midden van de dijk is over de gehele dijkbreedte een inkeping overdwers gemaakt om de plaats van de doorbraak vast te leggen. (foto 2)

4. De registraties

De hier vermelde metingen van stroomsnelheid, waterstanden en windrichting/windsnelheidsgegevens zijn afkomstig van RWS, Meetdienst Zeeland, notitie ZLMD-89.N.119.

Meetopstelling stroommeters en peilschalen: zie bijlage 3.

* Stroommetingen:

In de meetpunten A en B (bovenstrooms) werd met één ott-molen de stroomsnelheid gemeten op resp. 60 en 30 cm. boven de bodem. (foto 3) In meetpunt C werd met twee ott-molens gemeten op 30 en 60 cm boven de bodem. (foto 4) De registraties zijn in bijlage 4 opgenomen.

- punt A: tot ca. 12u59min. is de stroomsnelheid enkele cm/sec. Vanaf dit tijdstip loopt de stroomsnelheid snel op tot een maximum van 3.2 m/s op tijdstip 13u10min. Na dit tijdstip daalt de stroomsnelheid vrij snel tot 1.75 m/s op tijdstip 13u14min. Dit is tevens de laatste registratie van dit meetpunt.
- punt B: tot ca. 13u02min. is de stroomsnelheid enkele cm/s. Vanaf dit tijdstip stijgt de stroomsnelheid tot een maximum van 3.3m/s op tijdstip 3u10min. Daarna loopt de stroomsnelheid langzaam terug tot ca. 2.9 m/s, op tijdstip 3u19min. (laatste registratie)
- Punt C: 30 cm: één meting bekend: 3.6 m/s op t = 3u02min.
60 cm: begin van de registratie op t = 3u10min bij een stroomsnelheid van 1.1 m/s. Deze snelheid neemt langzaam af tot 0.2 m/s op tijdstip 13u32min.

* Waterstanden:

De meetopstelling is te zien in bijlage 3 en op de foto's 3 (bovenstrooms) en 4 (benedenstrooms). De meetresultaten zijn opgenomen in bijlage 5. Nadat de bres zich gaat ontwikkelen als een stroomgat, is het aan de waterstand van de peilschaal bovenstrooms te merken dat veel water door het stroomgat gaat stromen: In 4 minuten tijd daalt de waterstand ca. 15 cm. Verdere registratie is niet uitgevoerd wegens het omvallen van de peilschaal (tijdstip 13u03min).

De peilschaal benedenstrooms geeft pas registraties vanaf het tijdstip 13u05min. Registraties hebben plaatsgevonden tot 13u30min. Het waterstandsverloop toont een grillig beeld. Op het tijdstip 13u05min kan een van het verhang geschat worden op 60 à 70 cm over 30m (onderlinge afstand peilschalen) oftewel ca. 2cm per meter.

* Windrichting tijdens de proef: zuidoost

* Windsnelheid tijdens de proef: 6 tot 8 m/s.

* Video- en fotoregistraties:

Aan de hand van een videoregistratie met tijdsweergave (nauwkeurigheid: minuten) volgt hier een chronologisch overzicht van de proef:

ca. 12u45min	water begint in inkeping te lopen	(foto 5)
12u50min00"	water stroomt over de dijk heen; bresgroei in hoofdzaak in dwarsrichting op de dijk; overlaatwerking	(foto 6)
12u52min00"	bresbreedte 2.0m	(foto 8)
12 53 00	2.3m	(foto 9)
12 53 30	2.9m	
12 54 30	3.2m	
12 55 00	3.5m	(foto 10)
ca. 12 56	bres heeft voorzijde van de dijk bereikt; vanaf dit tijdstip ontwikkelt de bres zich als een stroomgat	
12u57min30"	bresbreedte 6.7m	
12 58 00	7.3m	(foto 11)
12 58 30	8.2m	
12 59 00	8.5m	(foto 12)
12 59 30	10.0m	
13 00 15	10.7m	
13 01 00	12.3m	(foto 14)
13 03 30	16.1m	(foto 15)
ca. 13 09	23.5m	(foto 16)
ca. 13 20	Verwijdering van het restant van de zanddam aan NL-zijde om stroomaanval aan Belgische zijde te verminderen	(foto 17)

De schatting van de bresbreedte is gedaan aan de hand van de positie van de op de dijk geplaatste jalonstokken (ingetekend in bijlage 7). Deze jalonstokken zijn op de foto's goed zichtbaar, echter op de videobeelden zijn ze nauwelijks te onderscheiden. Om nu toch een inzicht van de bresgroei in de tijd te krijgen is de tijdsregistratie van de videobeelden gekoppeld aan de fotoreportage. Ten gevolge van wisselen van fotorolletjes en het ontbreken van referentieafstanden op de foto's (bv maar één jalonstok zichtbaar) zijn er een aantal langere intervallen waarin de bresbreedte niet bekend is. In bijlage 6 is de bresgroei in grafiekvorm weergegeven.

* Profielmetingen:

Het profiel van het gebied rond de zanddam is twee maal ingemeten: a) voor de proef (bijlage 7.1)
b) na de proef, donderdagmorgen 14-12-'89 (bijlage 7.2)

In bijlage 7.1 zijn de lokaties van de jalonstokken ingetekend. In de bijlagen 7.3,4 en 5 zijn de dwarsdoorsnedes van drie raaien getekend, ter indicatie van de ontwikkeling van het profiel t.g.v. de dijkdoorbraak.

5. Nabeschouwing

Bresgroei:

Er zijn twee fasen te onderscheiden in de groei van de bres:

Fase 1: (foto's 5 t/m 10)

Water stroomt over het dijklichaam; de dijk fungeert als overlaat. Initieel treedt erosie op aan het binnentalud van de dijk. Het dijklichaam wordt hier over de volle hoogte tot aan het maaiveld weggespoeld. Vervolgens schrijdt de erosie voort door de dijk heen totdat over de volle breedte van de dijk een bres tot op het maaiveld is ontstaan. De breedtegroei van de bres in deze fase bedraagt ca. 0.5 m/min. (bijlage 6)

Fase 2: (foto's 11 t/m 17)

Als aan het eind van fase 1 geen sprake meer is van een overlaat begint de fase van de stroomgatontwikkeling. De bres groeit door het afschuiven van grote schollen zand aan weerszijden van de bres. De breedtegroei van de bres in deze fase bedraagt ca. 1.7 m/min. (bijlage 6)

Ontgronding:

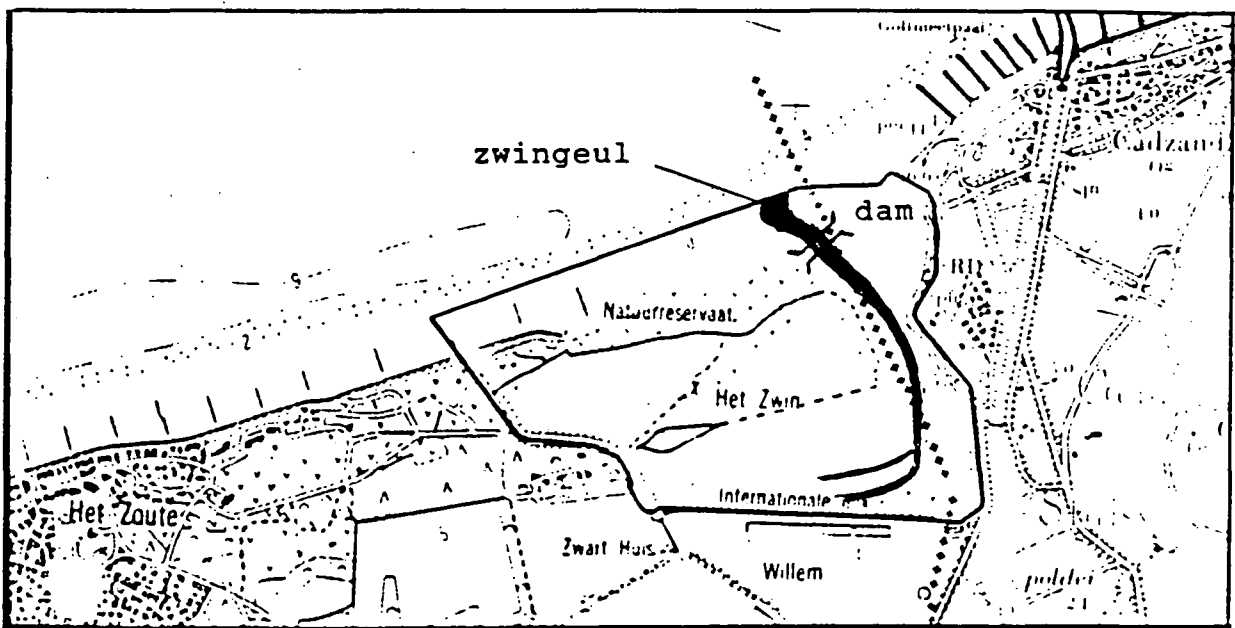
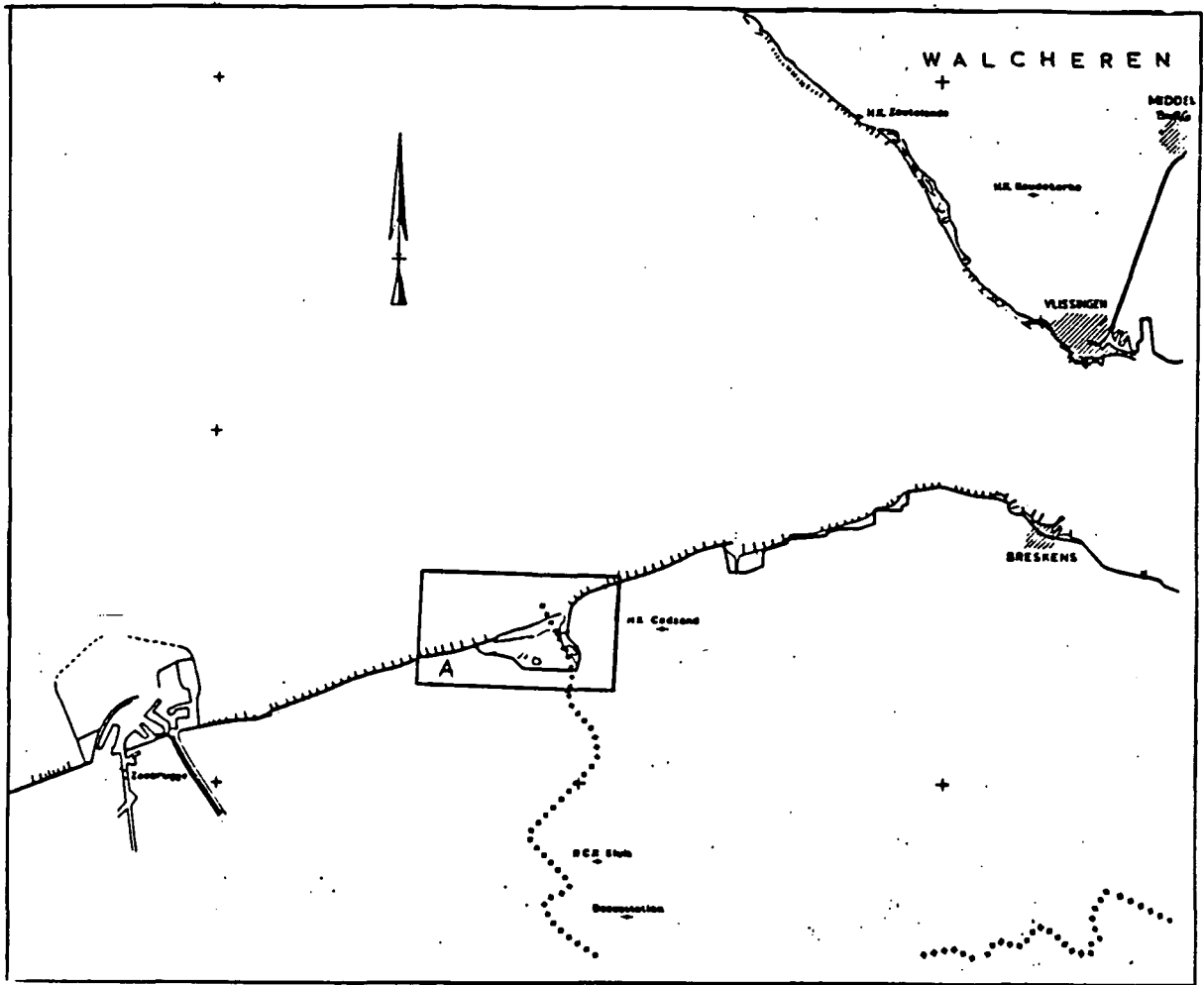
Uit bijlage 7 blijkt dat zowel aan de Nederlandse als aan de Belgische zijde ontgrondingen hebben plaatsgevonden. Blijkens bijlage 7.3 en 7.4 heeft aan de Belgische zijde t.p.v. de dam een achteruitgang van de oever plaatsgehad van 5 à 7 m. Uit bijlage 7.4 en 7.5 is te zien dat aan de Nederlandse zijde, bovenstrooms van de dam een achteruitgang van 5 à 10 m heeft plaatsgehad. Wat de ontwikkelingen zijn geweest beneden het niveau van ca. NAP + 0.5m is niet bekend; wegens de aanwezigheid van water kon niet gemeten worden.

Aanbevelingen voor soortgelijke proefnemingen:

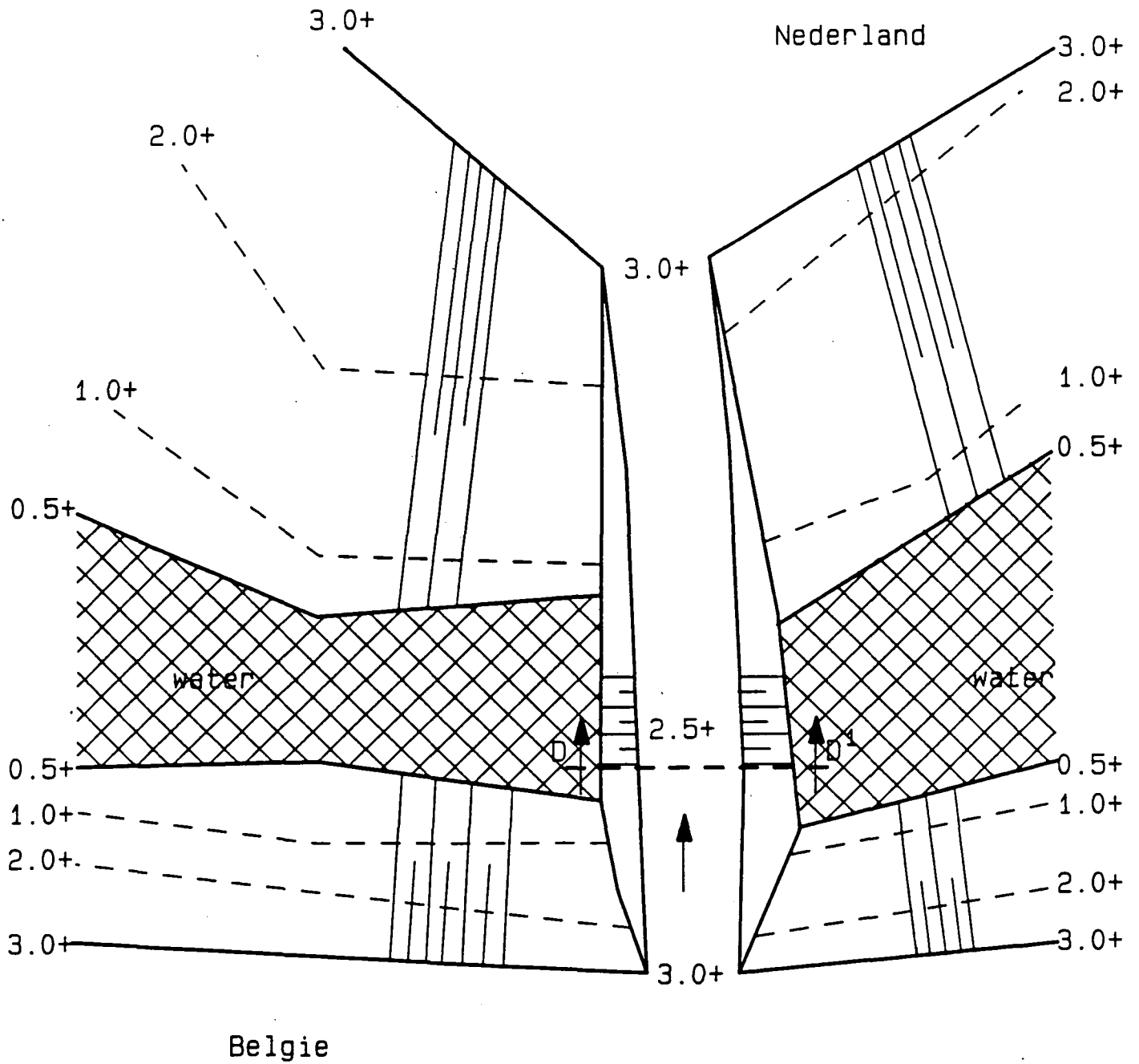
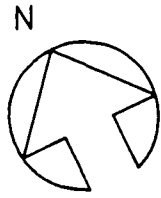
- Plaats dikke (5 à 10 cm), wit geverfde baken op de dijk met constante onderlinge afstand van 2 tot 4 m.
- Foto- en videoregistraties zo recht mogelijk voor het stroomgat. Registraties zoveel mogelijk met tijdsaanduiding
- Een fotoreportage is een must voor het uitwerken van de bresgroei. Van een foto is nl. nauwkeuriger te meten dan van een trillend videobeeld.
- Bij de verankering van stroommeters en peilschalen dient rekening gehouden te worden met een ontgrondingskuil die tijdens de proef ontstaat. Omdat dit bij deze proef niet voldoende onderkend is zijn twee ott-molens en een peilschaal losgewoeld.

BIJLAGEN:

- BIJLAGE 1 : De proeflokatie
- BIJLAGE 2 : Doorsnede en aanzichten van de zanddijk
- BIJLAGE 3 : Meetopstellingen
- BIJLAGE 4 : Stroomsnelheidsmetingen
- BIJLAGE 5 : Waterstanden
- BIJLAGE 6 : Bresgroei
- BIJLAGE 7 : Profielmetingen
- BIJLAGE 8 : Foto's

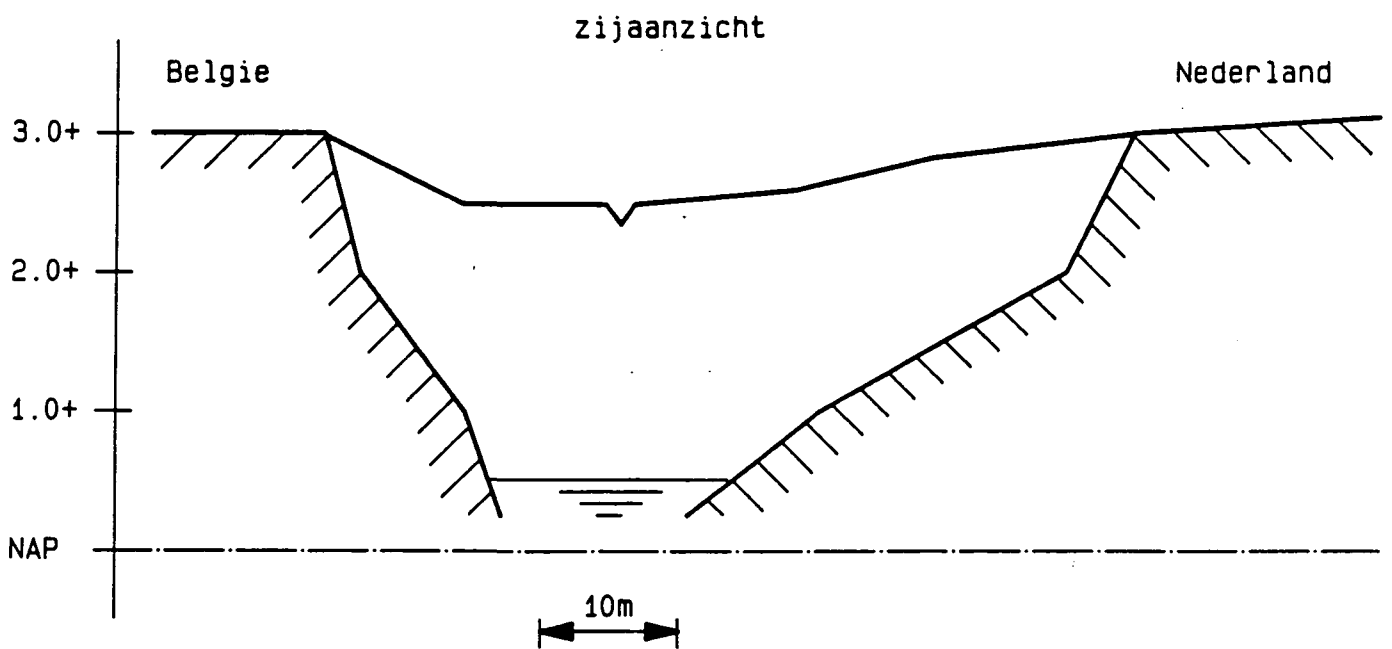
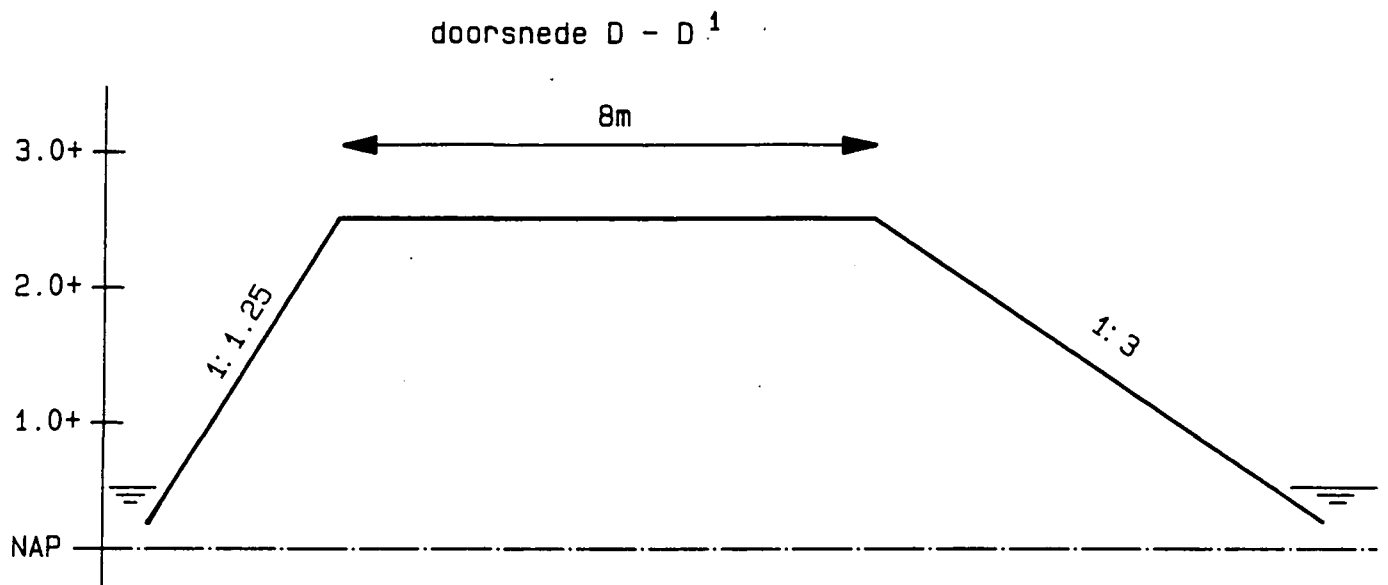


Bijlage 1: de proeflokatie

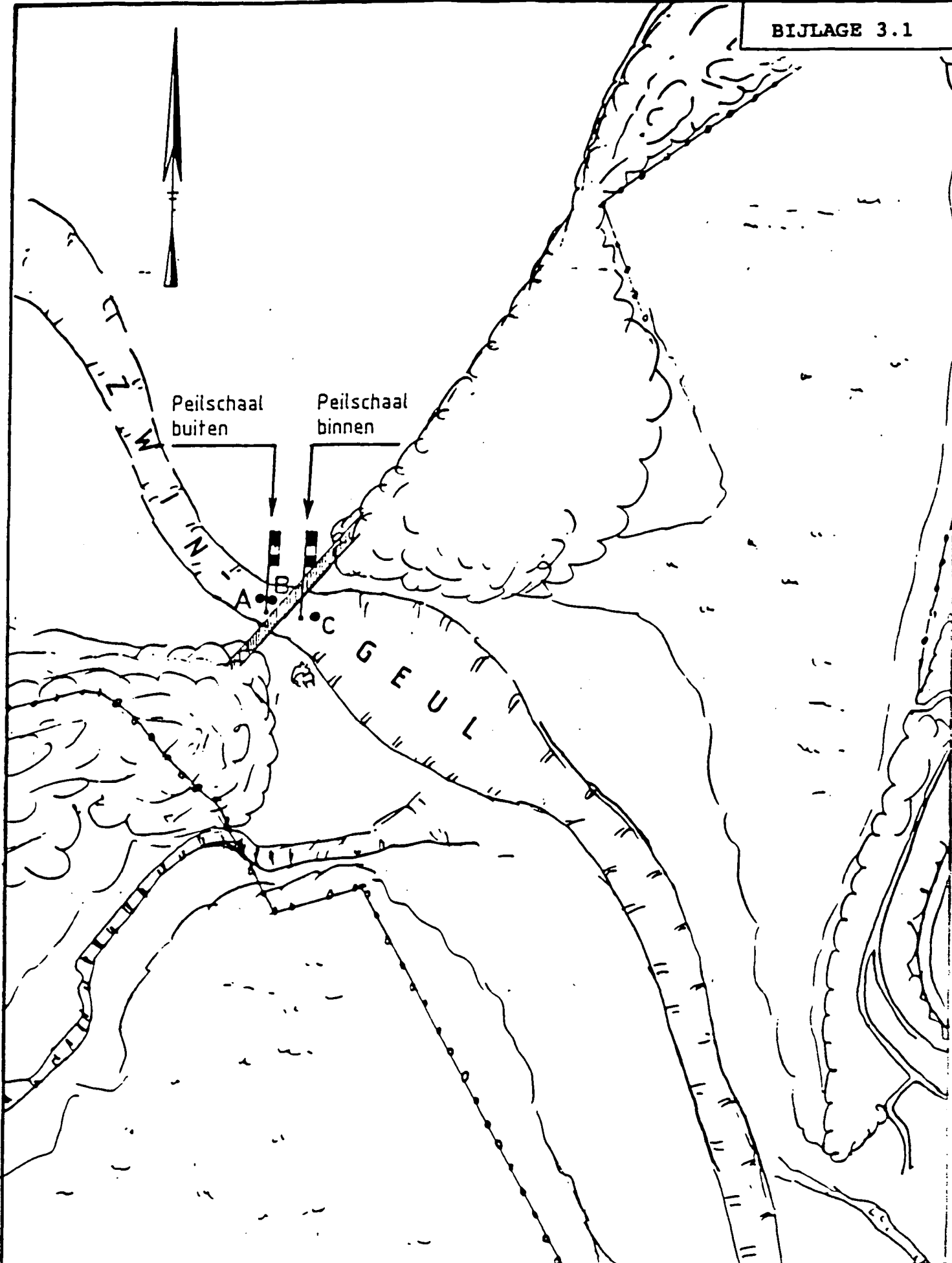


Zanddijk bovenaanzicht

schaal ca. 1:500



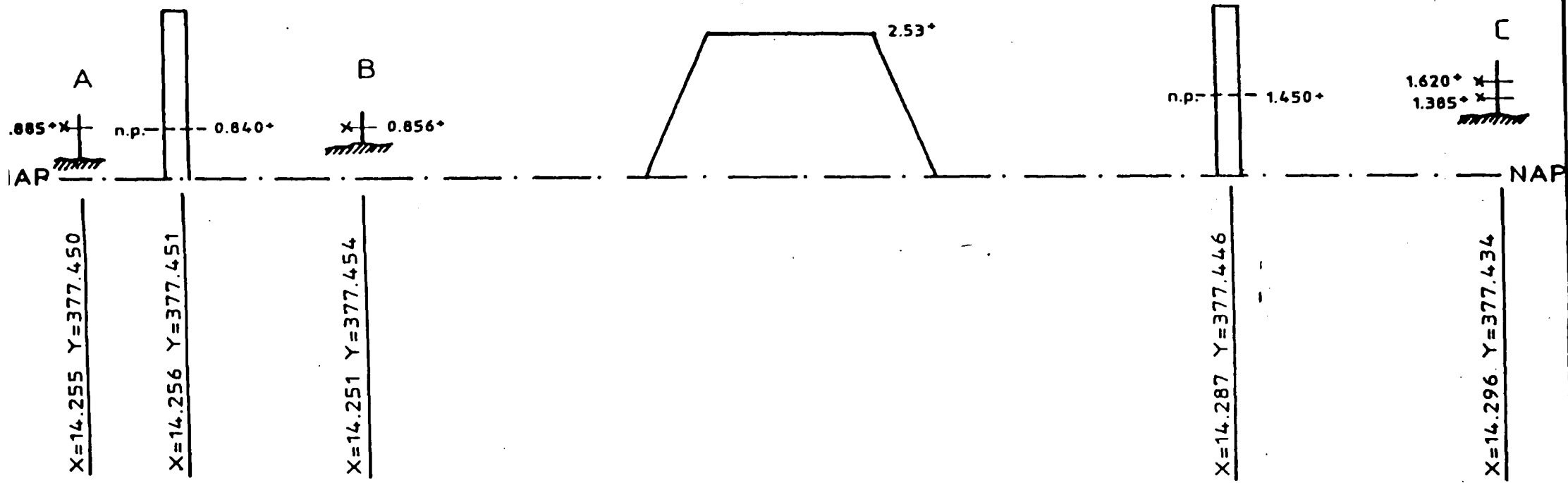
zanddijk, dwarsdoorsnede en zijaanzicht



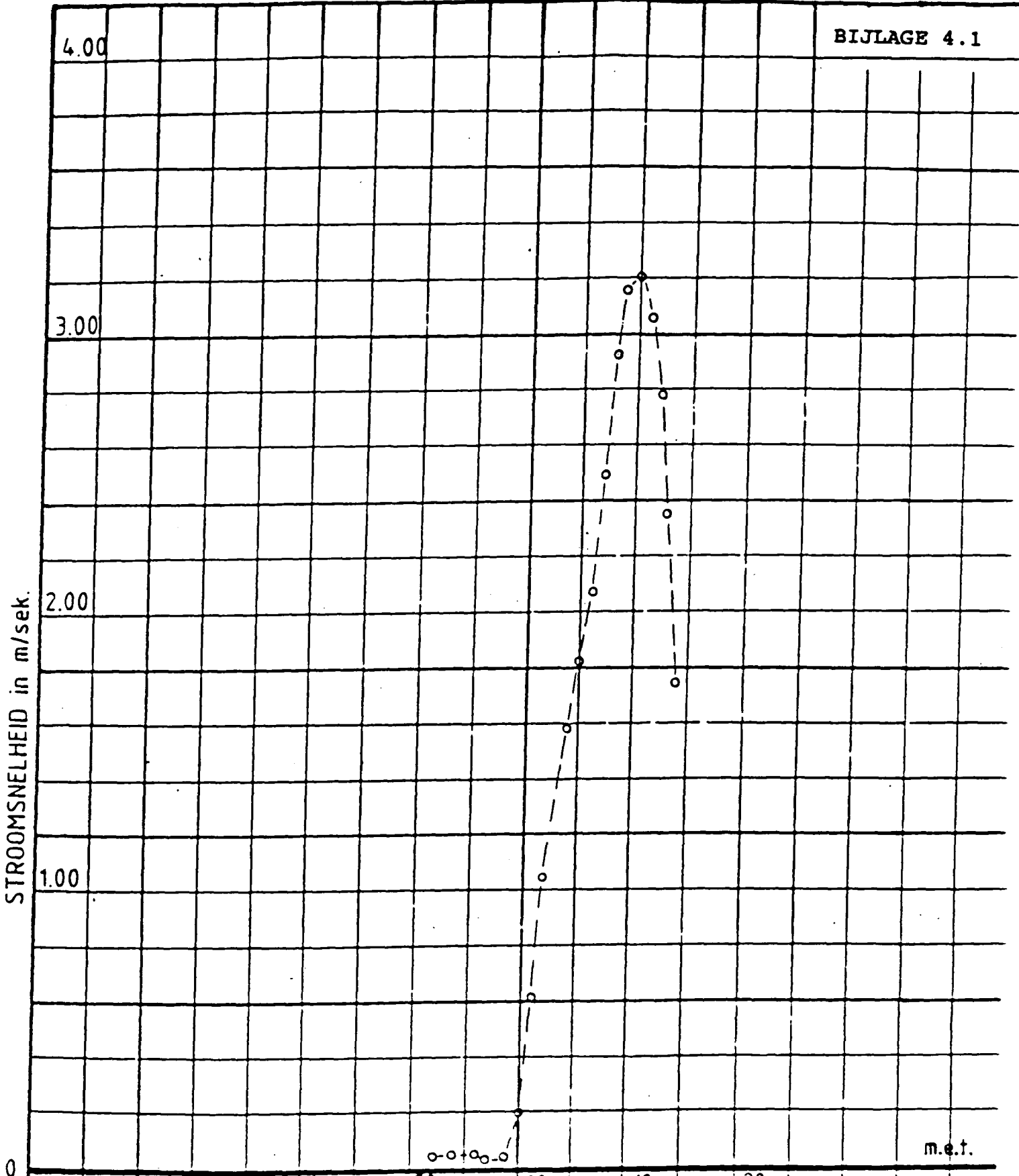
rijkswaterstaat directie zeeland - meetdienst	get.	
	gec.	
STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak) 13 - 12 - 1989 Situatie meetpunten	gez.	schaal 1: 3000
	akk.	nr.

Peilschaal
buiten

Peilschaal
binnen



rijkswaterstaat directie zeeland - meetdienst	get.	
	gec.	
STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak) 13 - 12 - 1989 POSITIES MEETPUNTEN	gez.	schaal 1 : 100
	akk.	nr.



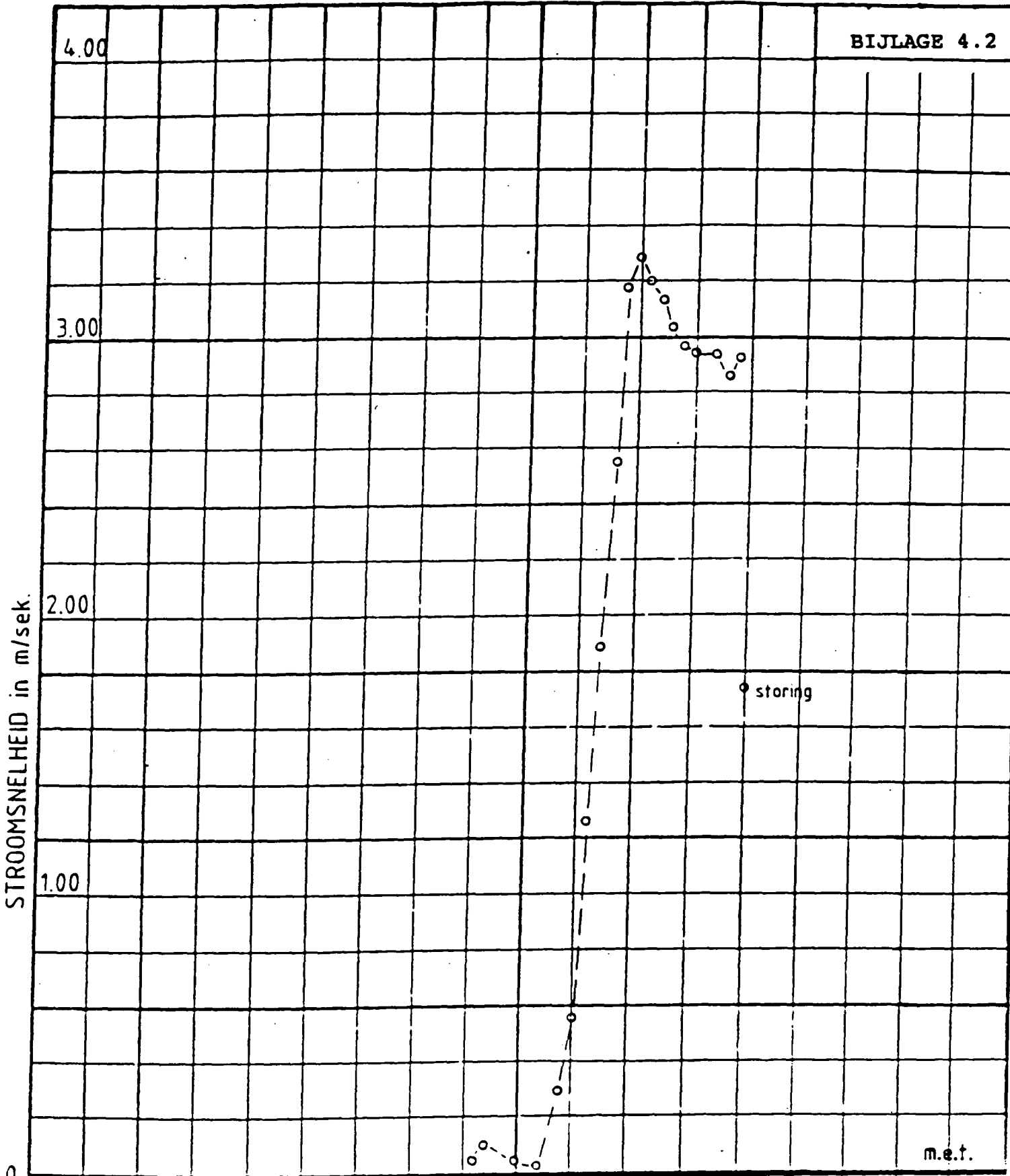
m.e.t.

rijkswaterstaat
directie zeeland - meetdienst

STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak)

get.	
gec.	
gez.	schaal dyrs.

STROOMSNELHEID in m/sek.



m.e.t.

rijkswaterstaat
directie zeeland - meetdienst

STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak)

13 12 1099 DIJKT. B

get.	
gec.	
gez.	schaal dvrs.
nr	

STROOMSNELHEID in m/sek.

4.00

3.00

2.00

1.00

0

*

* storing

m.e.t.

12. 20 12. 30 12. 40 12. 50 13. 00 13. 10 13. 20 13. 30 13. 40

* 30 cm. boven de bodem

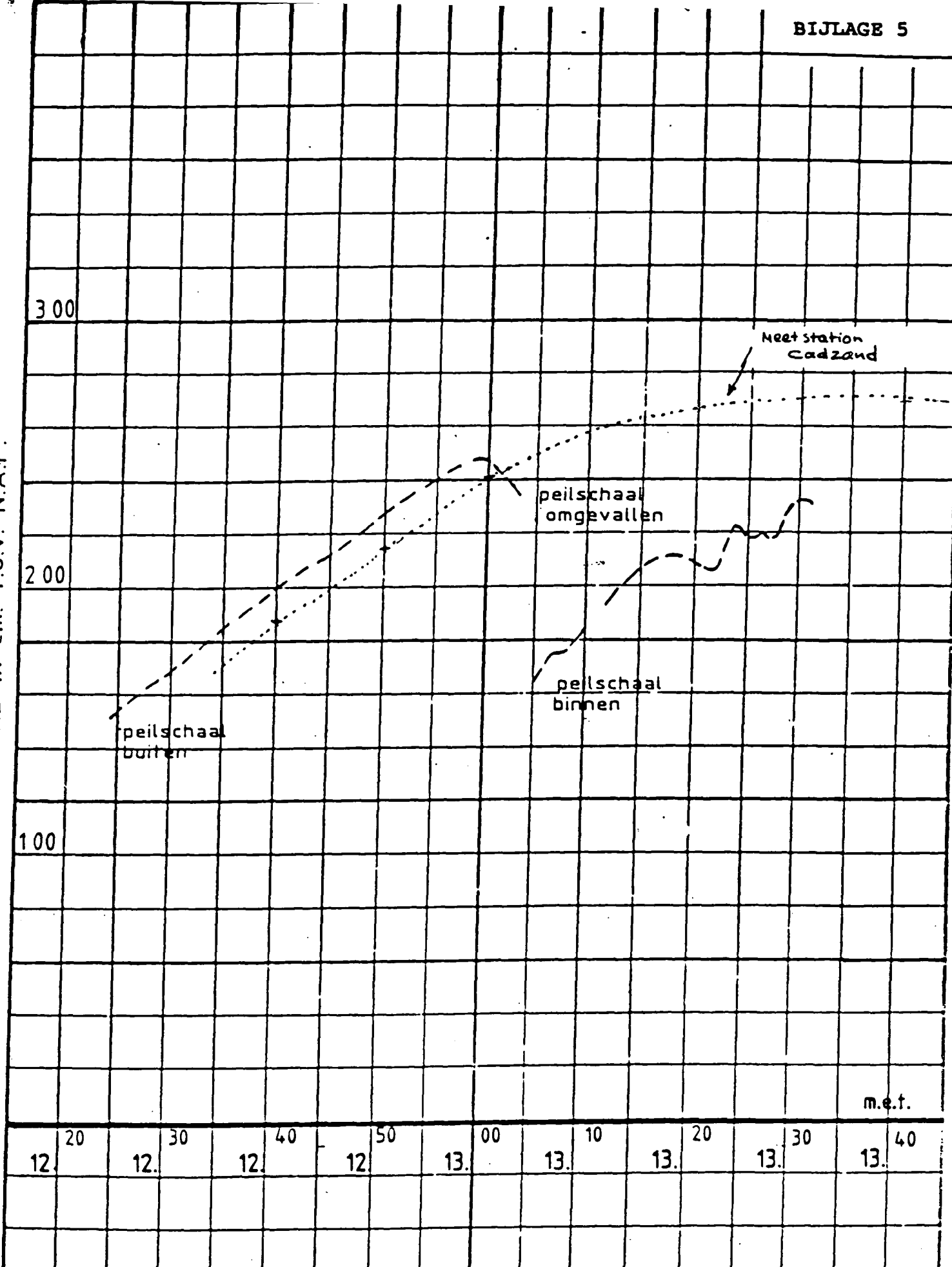
o 60 cm. boven de bodem

rijkswaterstaat
directie zeeland - meetdienst

get.	
gec.	
gez.	schaal dvr.

STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak)

WATERSTAND in cm. t.o.v. N.A.P.



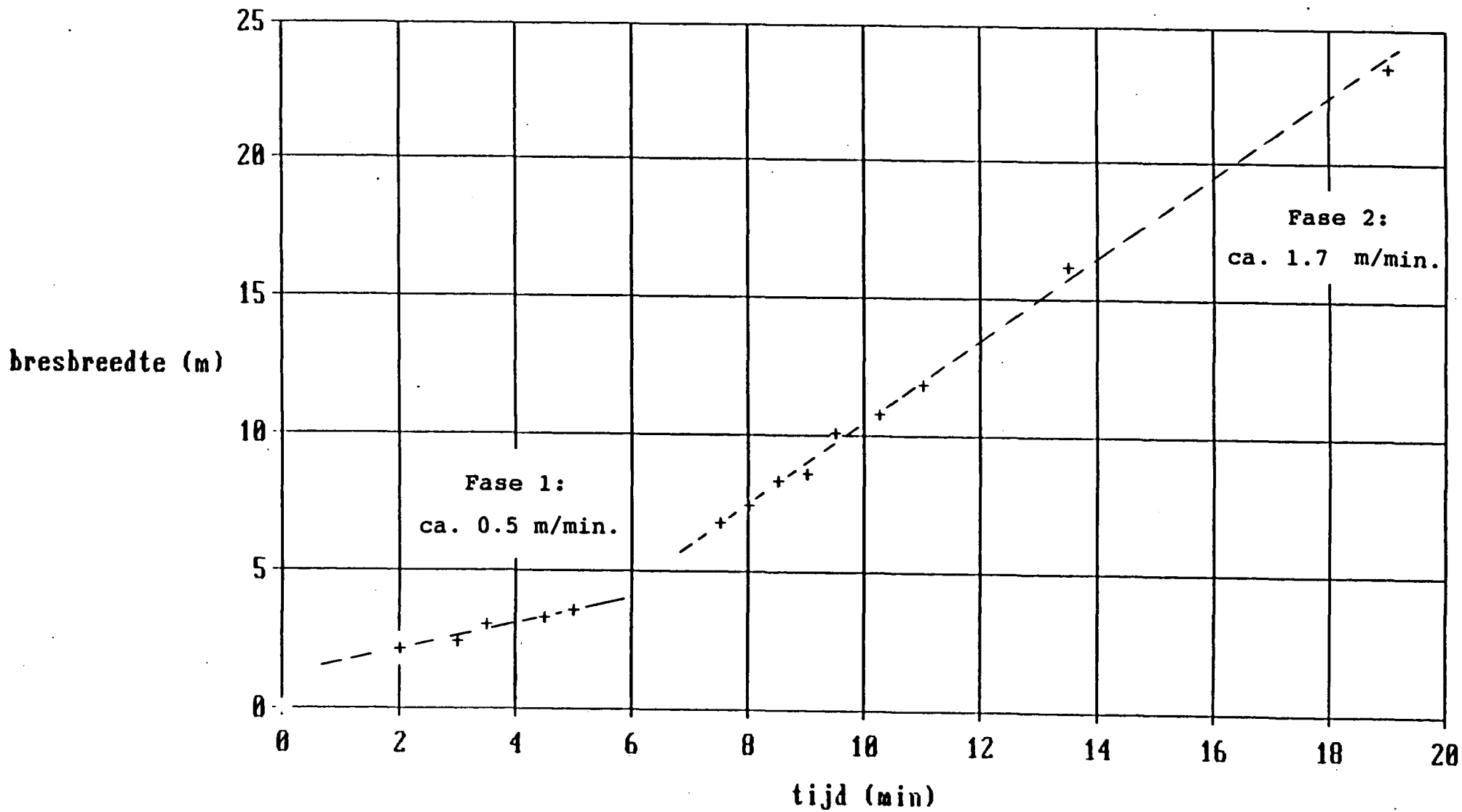
m.e.t.

rijkswaterstaat
directie zeeland - meetdienst

get.	
gec.	
gez.	schaal d.v.s.

STROOMMETING ZWINGEUL (dijkdoorbraak)
13 - 12 - 1989 VISUELE PEILSCHALEN

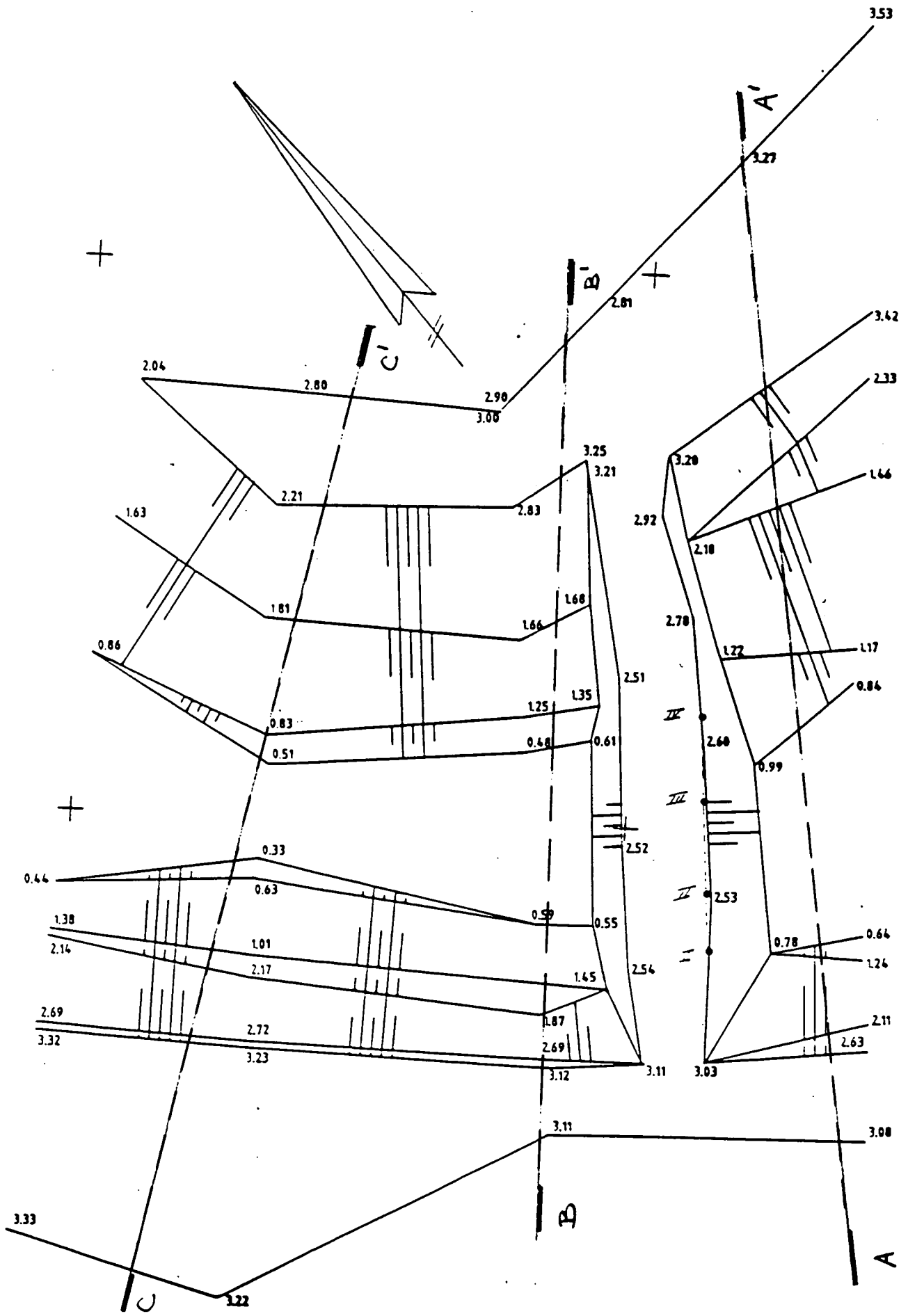
bresgroei



$t = 0 \approx 12$ uur 50 min

BEGINSITUATIE SCHAAL 1 : 500

(Volume t.o.v. N.A.P.-vlak: 9870 m³)

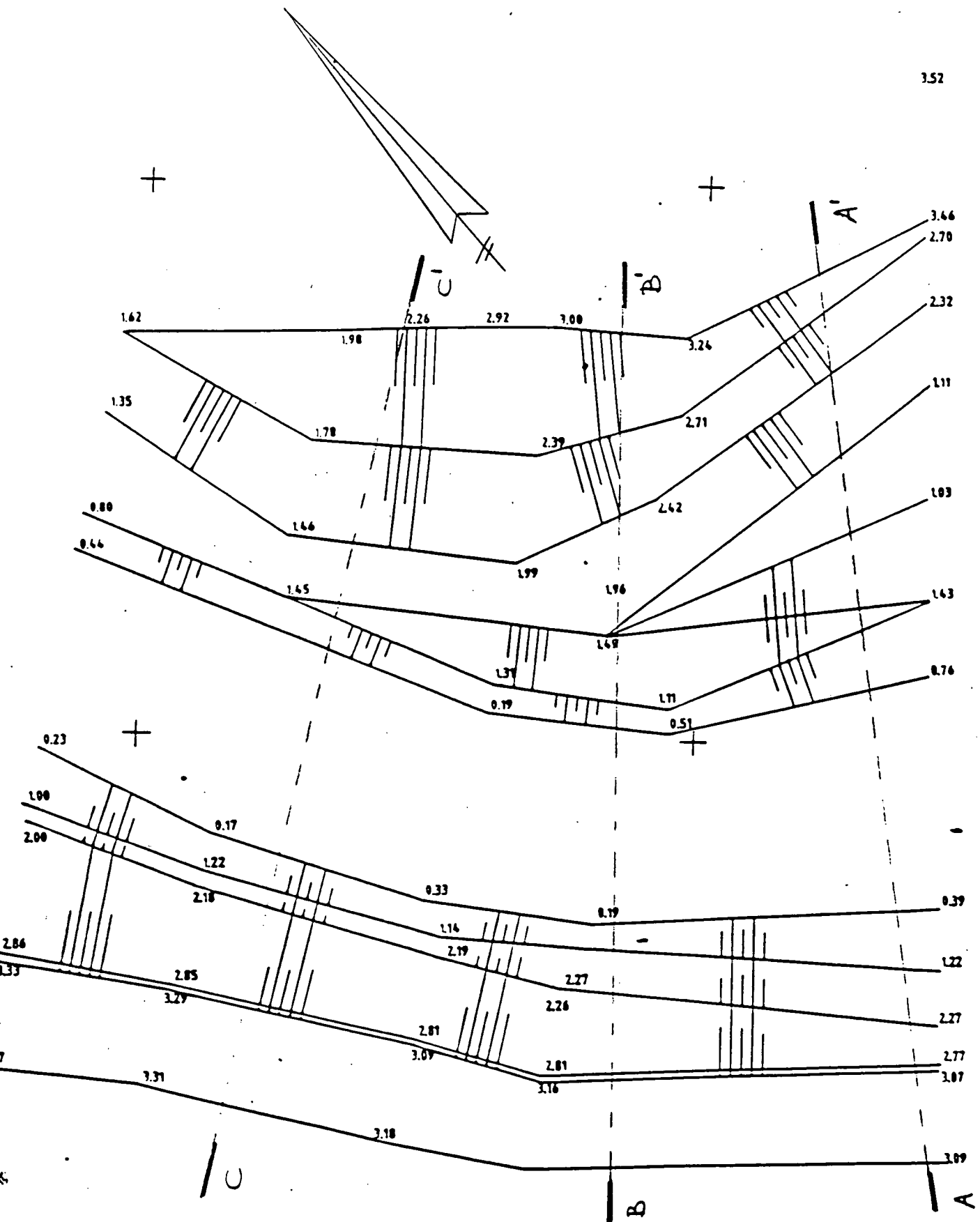


EINDSITUATIE SCHAAL 1 : 500

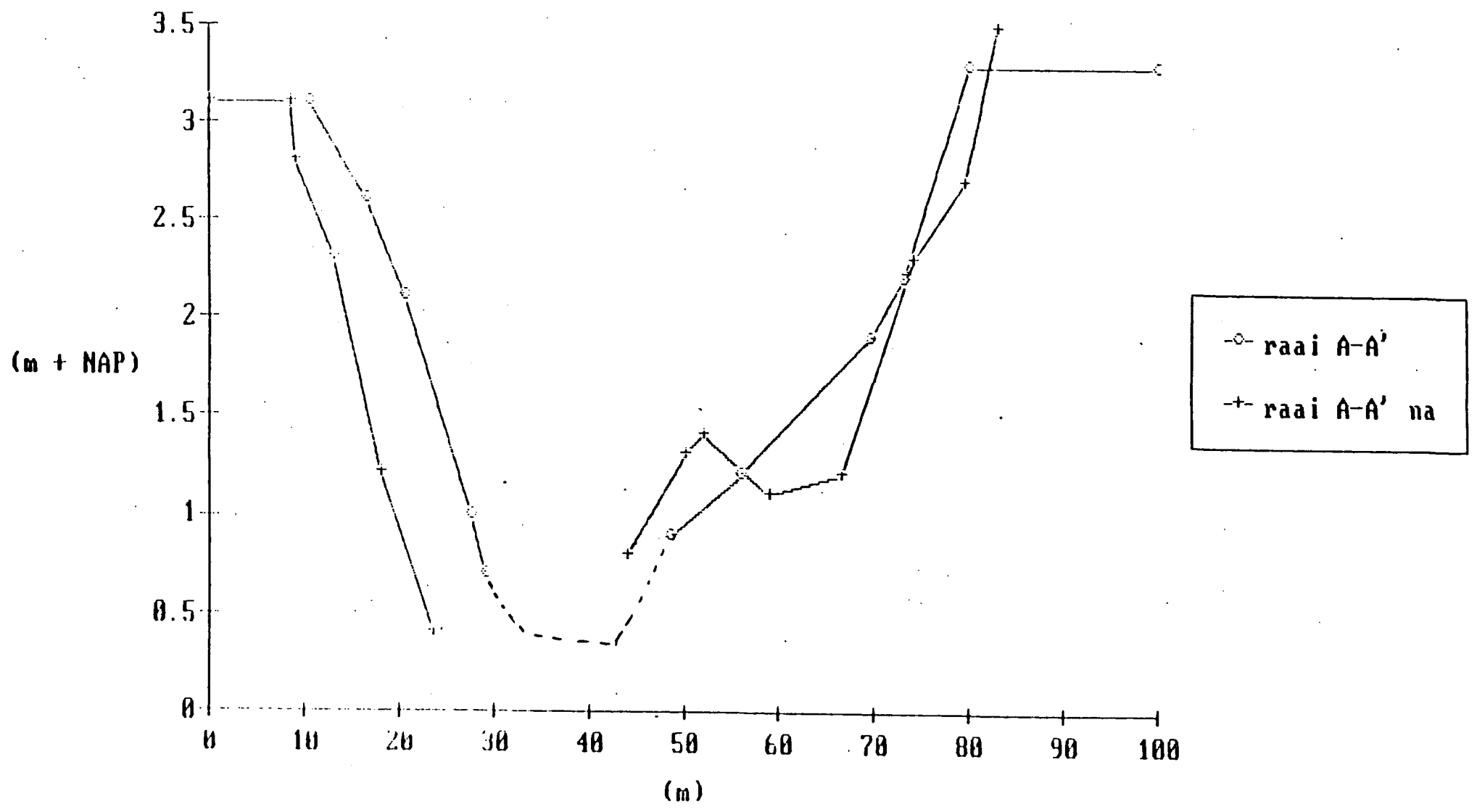
(Volume t.o.v. N.A.P.-vlak: 7010 m³)

3.50

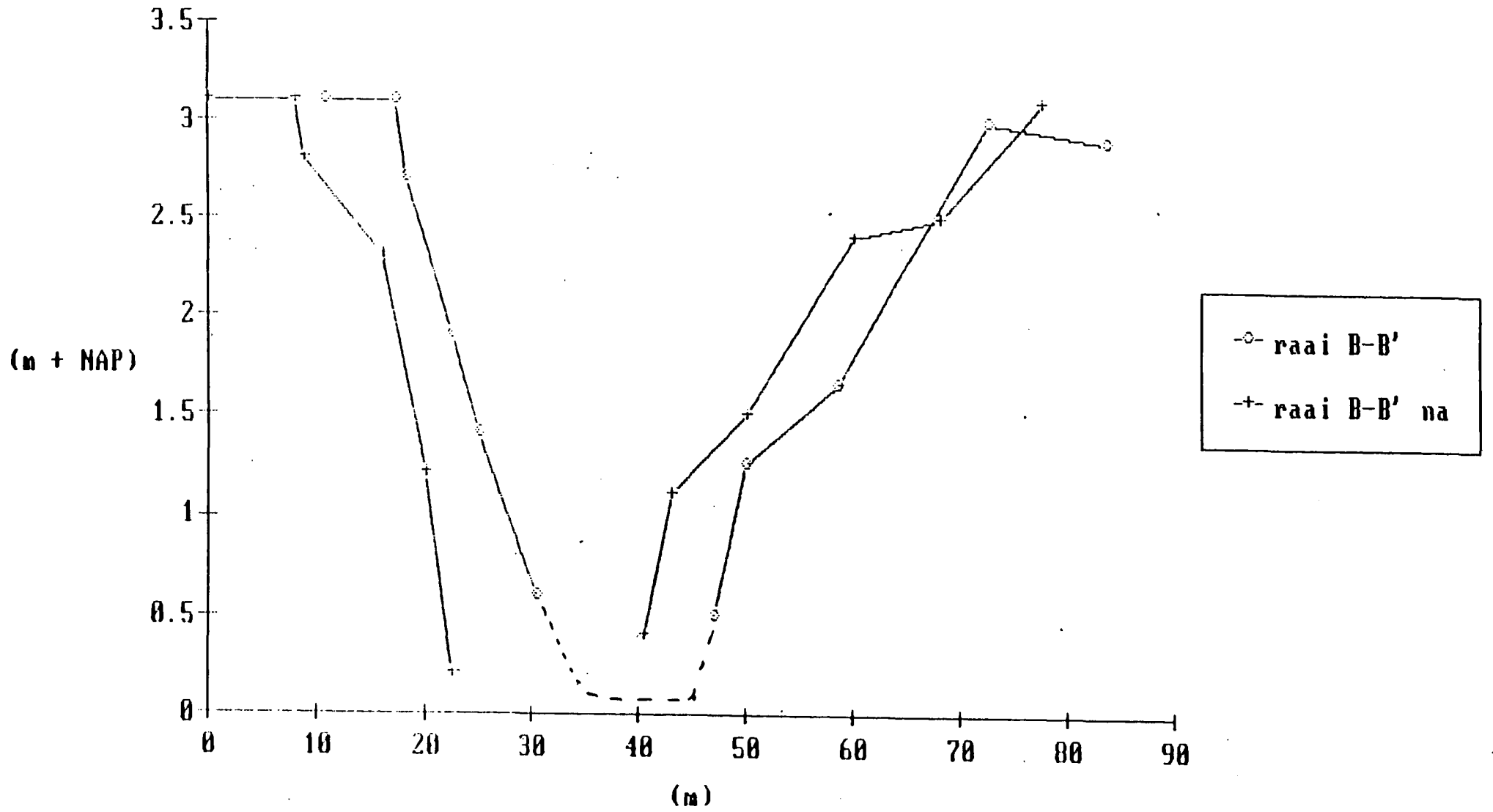
3.52



raai A-A'



raai B-B'



raai C-C'

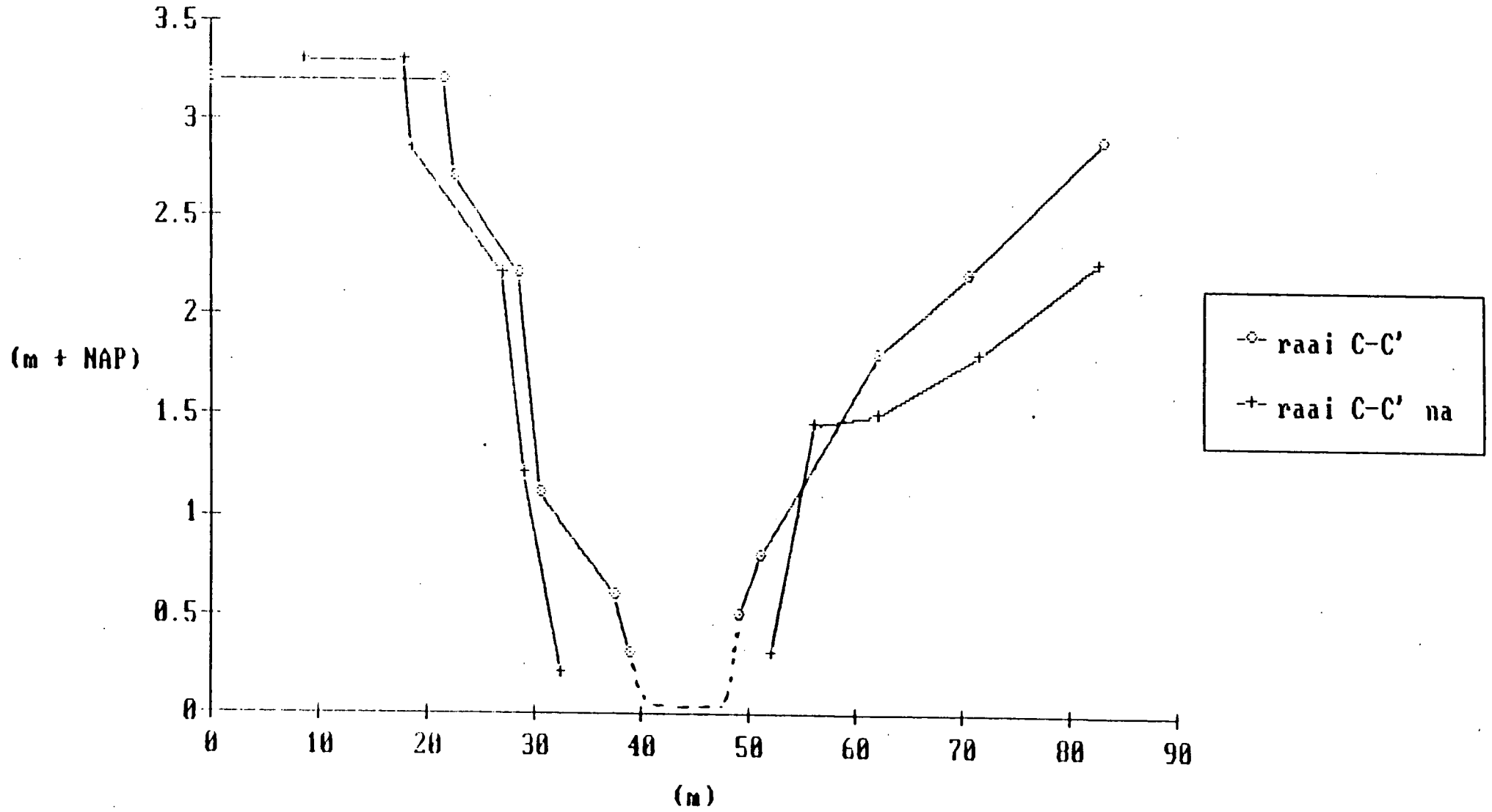




Foto 1: overzicht

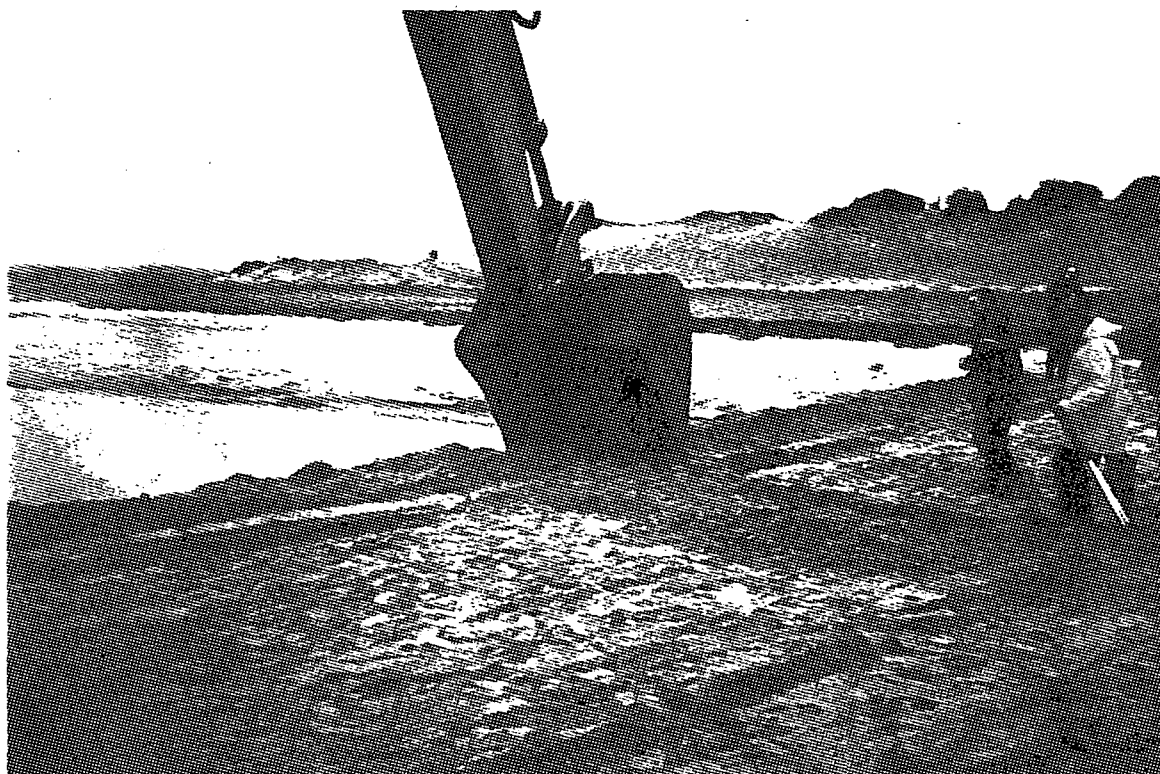


Foto 2: graven van de inkeping



Foto 3: meetopstelling bovenstrooms



Foto 4: meetopstelling benedenstrooms

Ca. 12^h45'

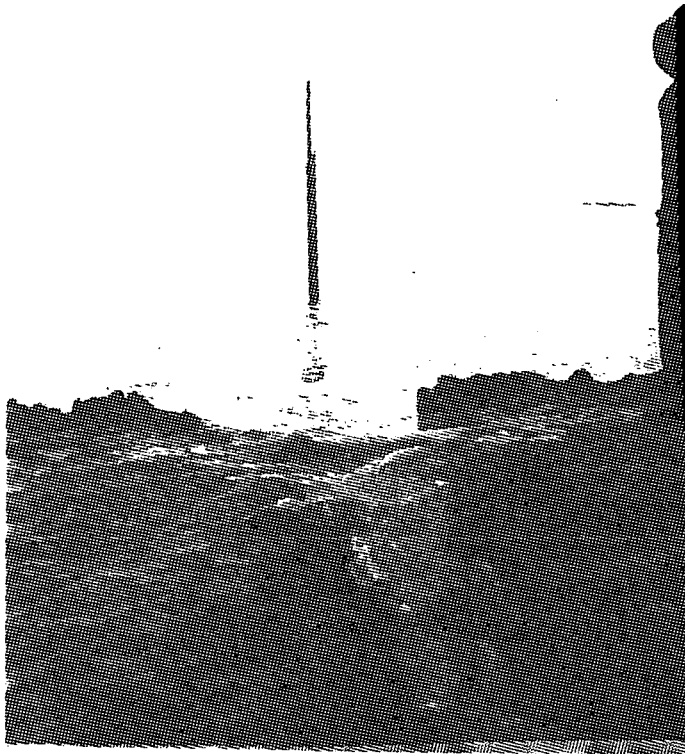


Foto 5: water
begint in inkeping
te stromen

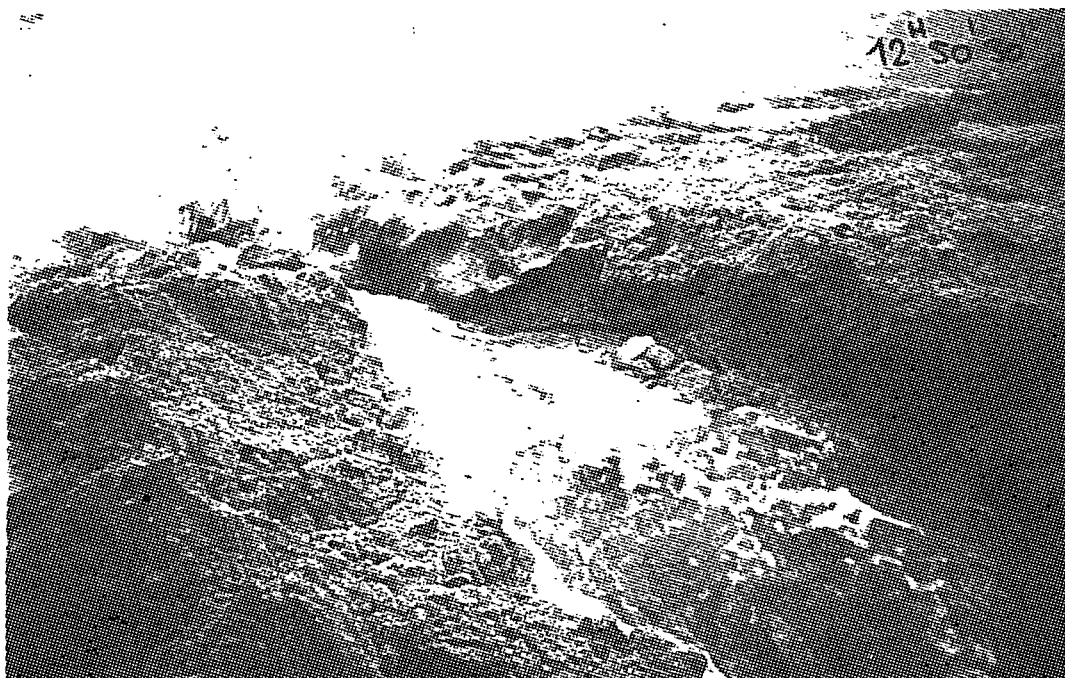


Foto 6: Water stroomt over dijk heen

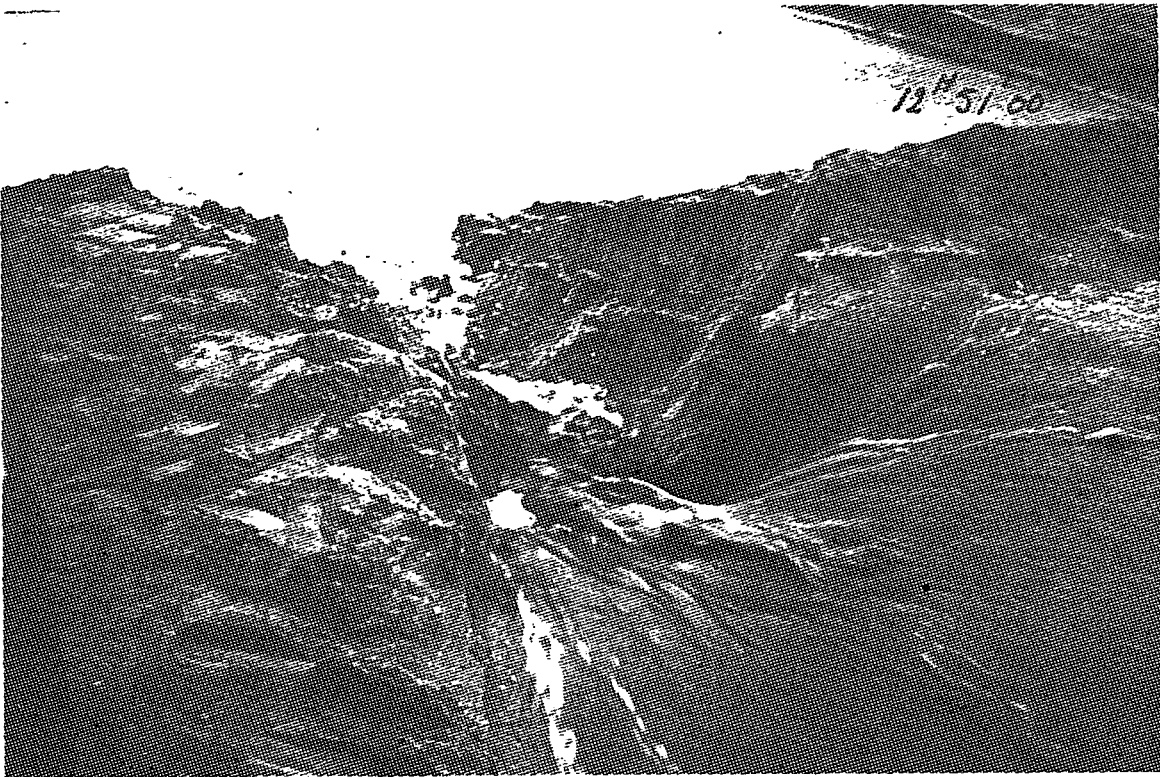


Foto 7

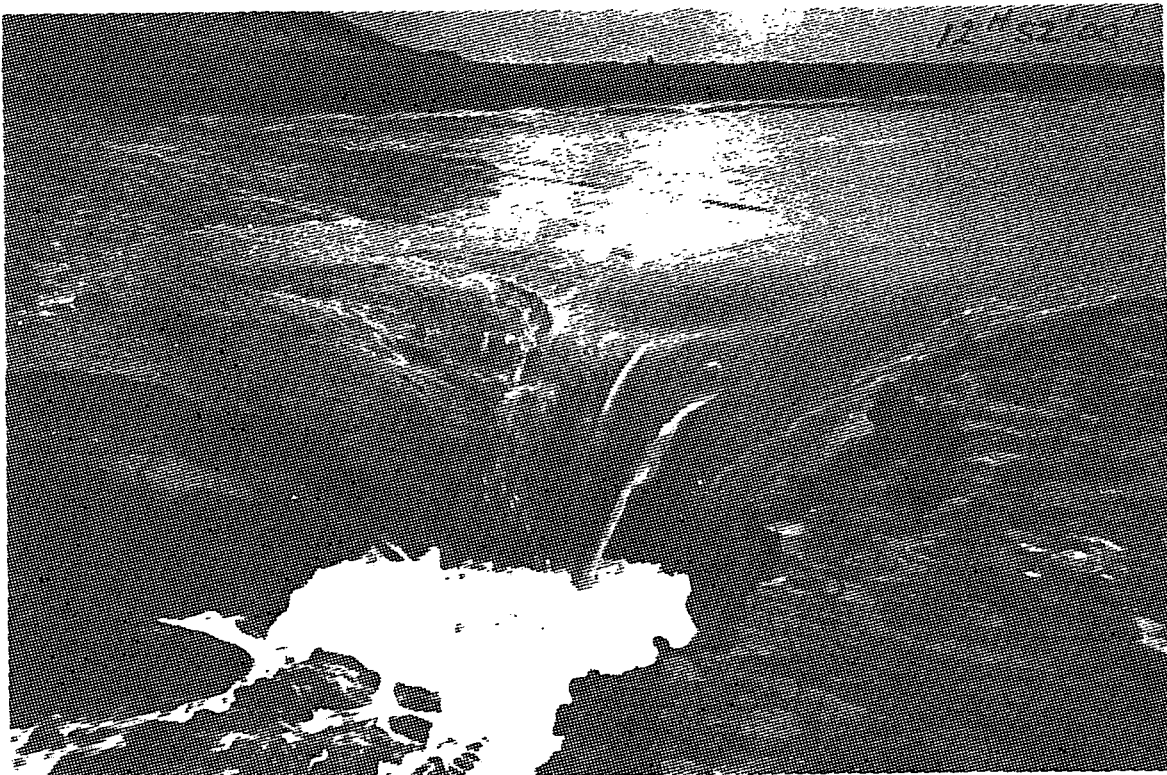


Foto 8

12^H 53' 00'

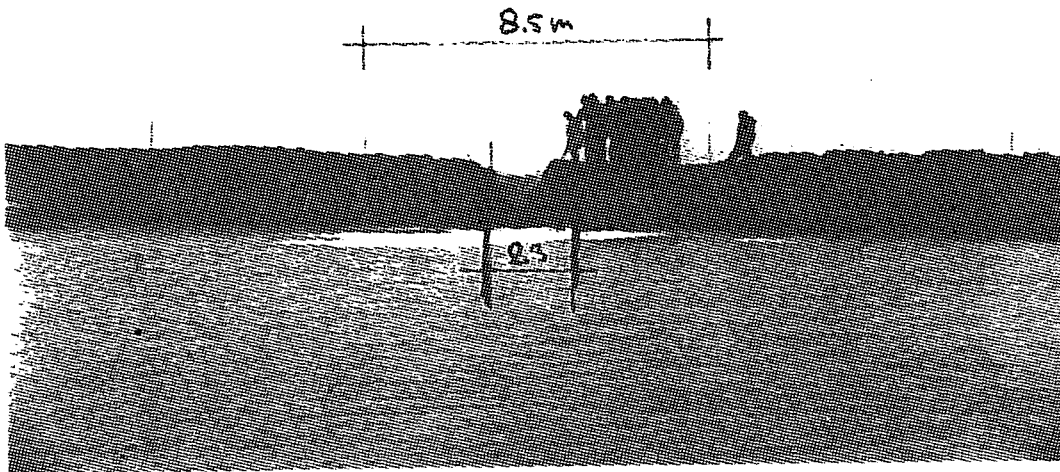


Foto 9

12^H 55' 00''

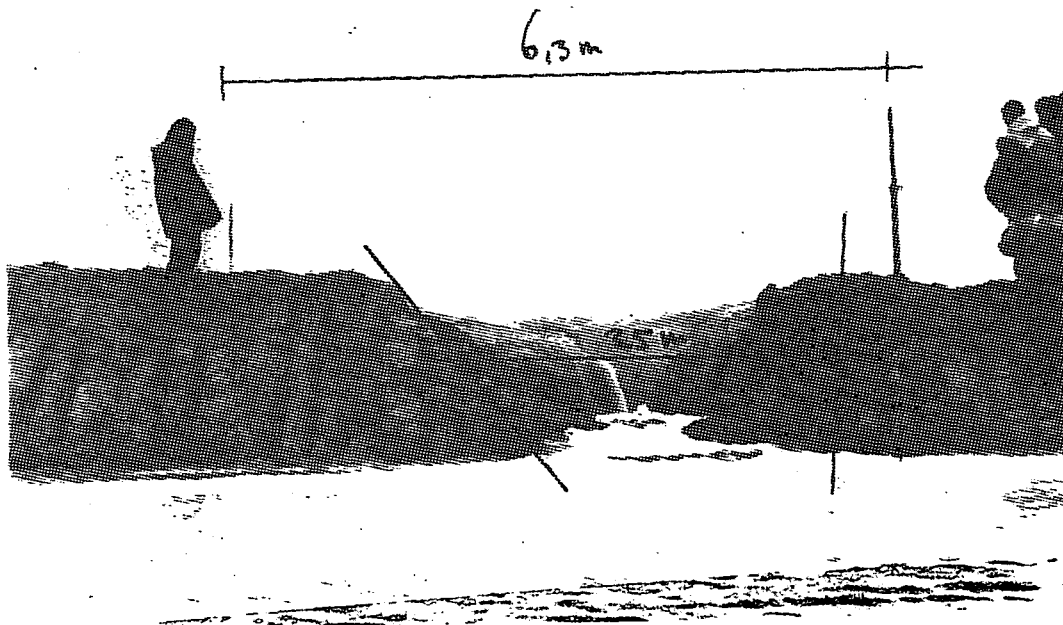


Foto 10

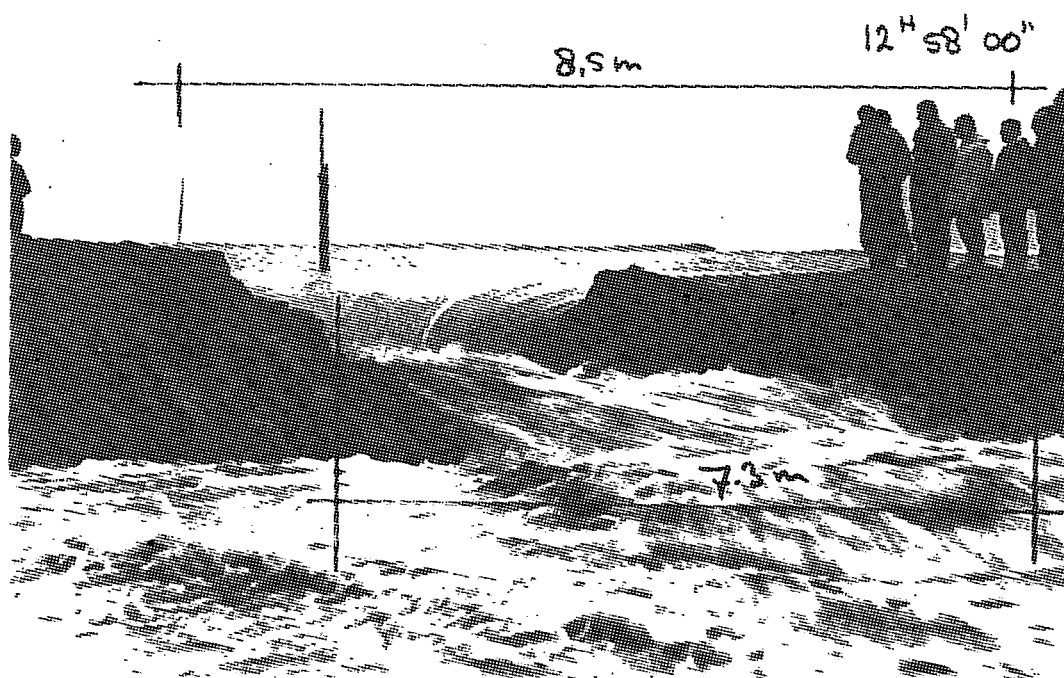


Foto 11

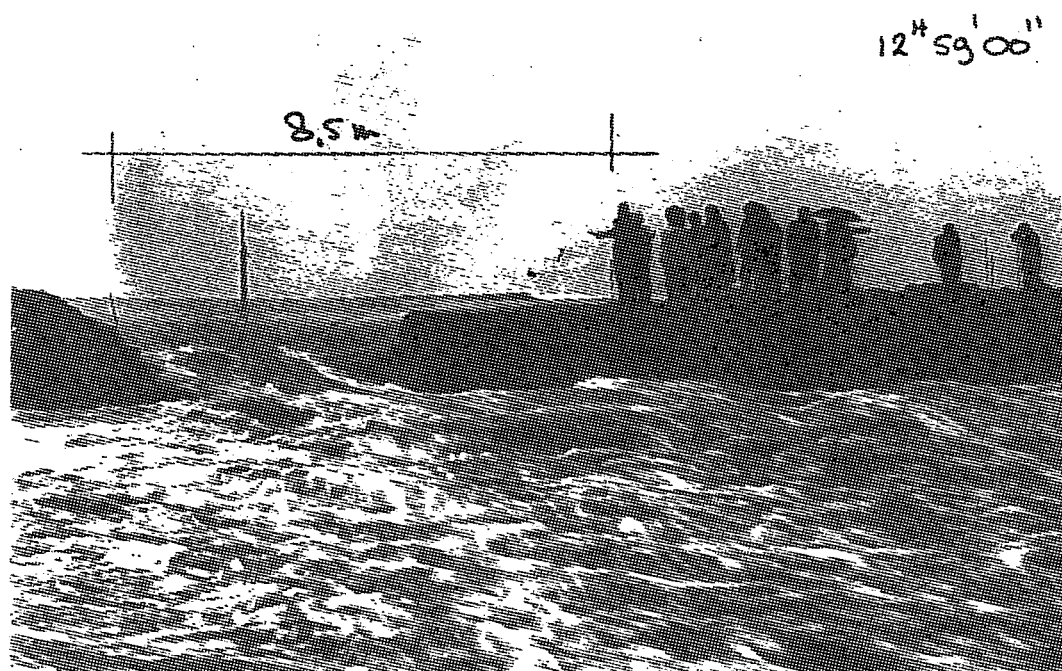


Foto 12

13^H00'00"

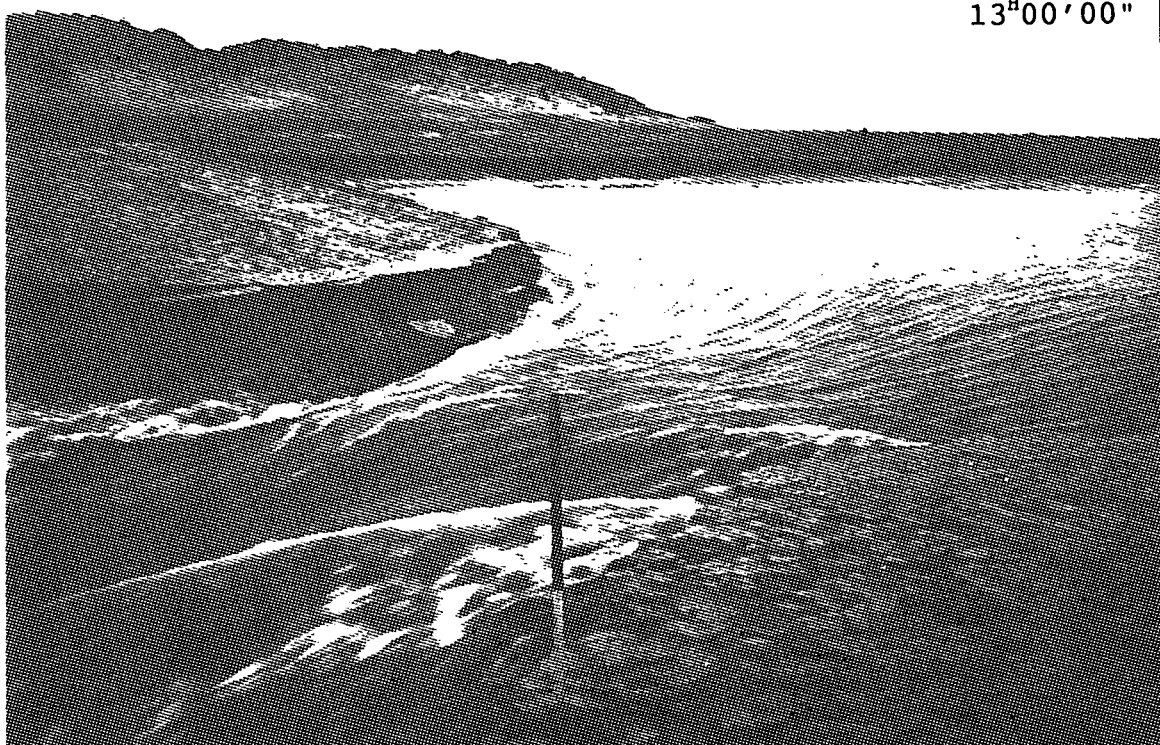


Foto 13

13^H01'00"

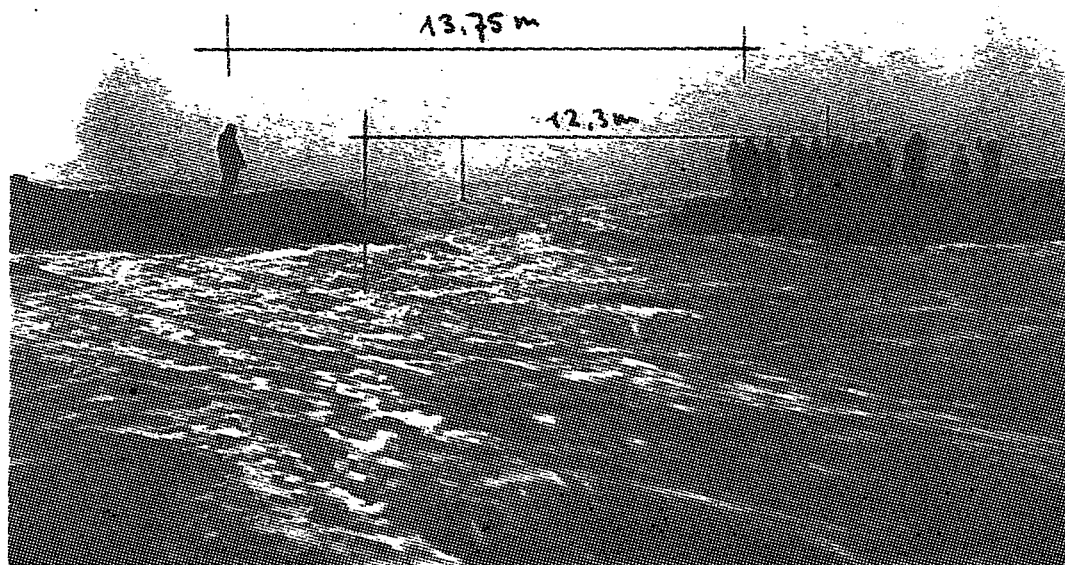


Foto 14

13^H 03' 30''

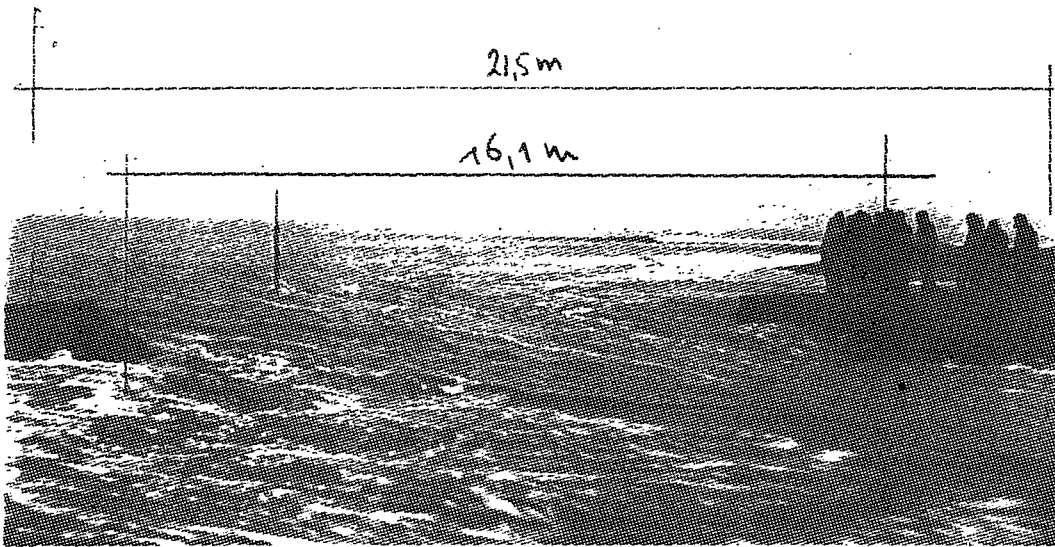


Foto 15

Ca 13^H 09'

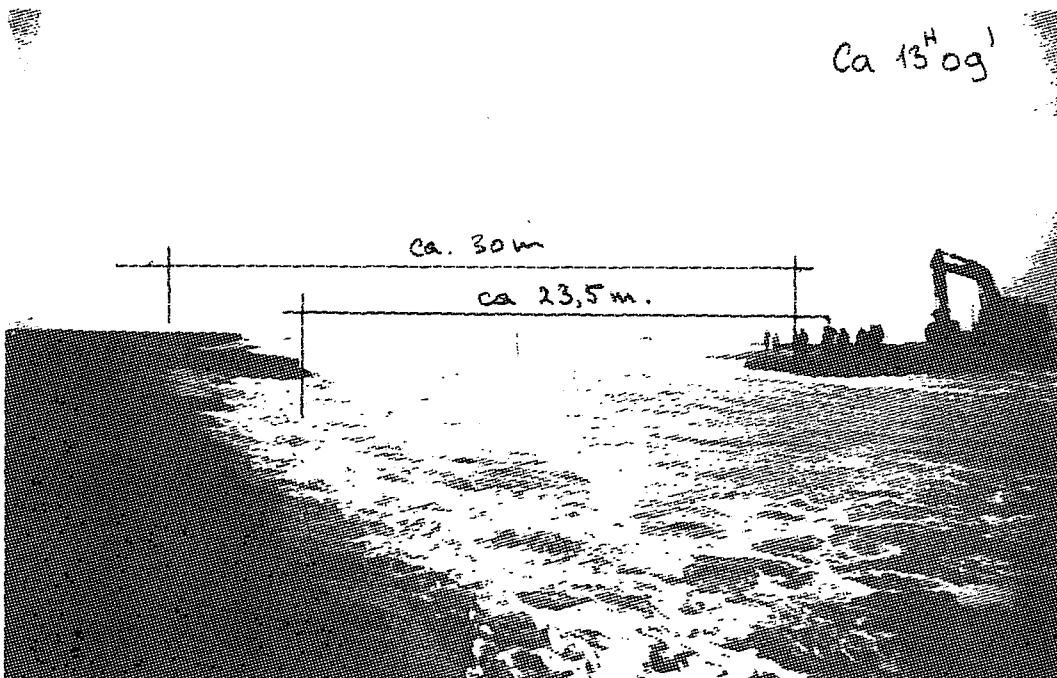


Foto 16

13^H 20^I

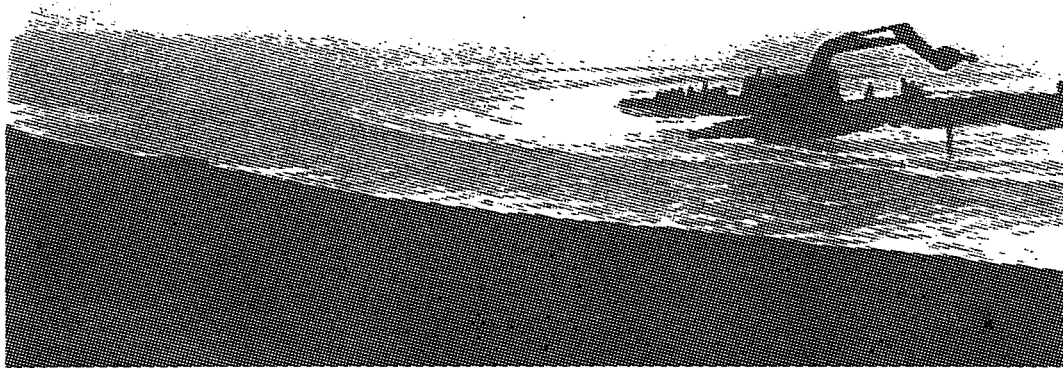


Foto 17:afgraven restant zanddam