

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

BEREKENING VAN DE KANAALWEERSTAND VAN DE ZUID-WILLEMSVAART
IN HET TRAJECT DEN DUNGEN-ERP

ing. K.E. Wit

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publicaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0347 8530

14 OCT 1985

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BEREKENING VAN DE BODEMWEERSTAND	1
2.1. Algemeen	1
2.2. Verkregen resultaten	2
3. BEREKENING VAN DE KANAALWEERSTAND UIT DWARSPROFIELEN	5
3.1. Methode van onderzoek	5
3.2. Verkregen resultaten	7
3.3. Toetsing	7
4. SAMENVATTING	9
5. LITERATUUR	10

1. INLEIDING

Uit berekeningen met het grondwatermodel Gelgam (ROIJEN, 1983), blijkt de grootte van de kanaalweerstand een essentieel gegeven bij het berekenen van wijzigingen in het grondwaterregiem langs het kanaal tengevolge van veranderingen in de kanaalsituatie (verbreding, uitdieping, peilverandering).

Daar verondersteld wordt dat de kanaalweerstand is opgebouwd uit een bodemweerstand - veroorzaakt door een meer of minder ontwikkelde sliblaag - en een radiale weerstand, zijn voor het verkrijgen van nadere informatie hieromtrent:

- ongestoorde monsters van de kanaalbodembodem verzameld, waaraan doorlatendheidsmetingen zijn verricht;
- grondwaterstand, kanaalpeilen en stijghoogten van het grondwater in de eerste watervoerende laag in een aantal profielen weergegeven (bron: RWS, tekening nrs. 82322, 82323 en 82133 m).

2. BEREKENING VAN DE BODEMWEERSTAND

2.1. A l g e m e e n

De bodemweerstand heeft betrekking op een bodemlaag, die vanaf de beginperiode van het kanaal is ontstaan. De gedachten gaan hierbij veelal uit naar een sliblaag dan wel een met slib gepenetreerde zandlaag. Een dergelijke laag zou een lage doorlatendheid als hydrologische eigenschap bezitten, waardoor het kanaal in zekere zin wordt afgeschermd van de omgeving. Teneinde hieromtrent meer zekerheid te verkrijgen is een bemonstering van de kanaalbodembodem tussen km 110.0 en 115.0 (fig. 1) uitgevoerd. Dit traject is gekozen op grond van het ontbreken van leemlagen (fig. 7).

2.2. V e r k r e g e n r e s u l t a t e n

Aan de bodemonsters zijn doorlatendheidsmetingen verricht. Bij de eerste monsters zijn de metingen per laag van 10 cm uitgevoerd; vanwege tijdgebrek is later overgegaan naar een eenvoudiger meetsysteem voor het gehele monster. In fig. 2 tot en met 4 zijn de meetresultaten in samenhang met de samenstelling van het bodemmateriaal weergegeven. In hoeverre de bodemopbouw ongestoord is, is nog niet geheel opgelost. Puinresten wijzen op gestoorde bodemlagen, daarentegen zijn er ook structuren die op een ongestoord karakter duiden.

Uit de gemeten doorlatendheid is de bodemweerstand c_b berekend voor elk bodemonster met:

$$c_b = \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n} \quad (1)$$

waarin:

$d_1, d_2 \dots d_n$ de laagdikte is (10 cm)

en $k_1, k_2 \dots k_n$ de doorlatendheid (m/dag) in de corresponderende lagen.

Het moge duidelijk zijn dat ingeval het eenvoudiger meetsysteem is toegepast (1) wordt:

$$c_b = \frac{L}{k} \quad (2)$$

waarbij:

L = monsterlengte

k = de doorlatendheid

Per raai zijn veelal 3 monsters verzameld; de c -waarde voor de gehele raai kan worden berekend volgens:

$$\frac{3}{c_{br}} = \frac{1}{c_{bw}} + \frac{1}{c_{bm}} + \frac{1}{c_{bo}} \quad (3)$$

waarbij:

c_{br} = bodemweerstand per raai

c_{bw} = " van monster westkant kanaal

c_{bm} = " van monster midden kanaal

c_{bo} = " van monster oostkant kanaal

De met (3) verkregen weerstanden zijn in tabel 1 weergegeven, berekening van de bodemweerstand voor het gehele onderzochte traject levert een waarde op van 0,7 dagen.

De bodemweerstand per raai kan eveneens worden berekend door allereerst per laag de doorlatendheid te middelen en vervolgens toepassing van (1). Vanwege het feit dat de monsters in lengte verschillen is deze methode achterwege gelaten, wel kan worden opgemerkt dat deze methode lagere uitkomsten geeft indien slecht doorlatende lagen in de monsters per raai op verschillende diepten voorkomen.

De berekende weerstanden in tabel 1 laten een grote spreiding zien. Voor het gehele traject betekent de bodemweerstand van c_b : 0,7 dagen volgens (4)

$$\Omega_b = \frac{c_b}{u} \quad (4)$$

waarbij:

u = natte omtrek (30 m)

een bijdrage van 0,02 dag/m voor Ω_{bk}

Ten aanzien van tabel 1 valt tot slot op te merken, dat een concentratie van relatief hogere waarden wordt aangetroffen tussen km 112,0 en km 114,4; voor dit gedeelte bedraagt de bodemweerstand: 0,2 dg/m voor Ω_{bk} .

Tabel 1. c-waarden kanaalbodem (dagen)

Km	West	Midden	Oost →	Gemiddeld
	c_{bw}	c_{bm}	c_{bo}	c_{br}
110,0		0,5	29,6	1,0
110,2		0,6	0,1	0,2
110,4		1,6	7,7	2,6
110,6		0,9	0,1	0,2
110,8		0,8	0,4	0,5
111,0	0,2	0,3	0,2	0,2
111,2	4,4	1,7	2,7	2,5
111,4	2,5	0,6	29,8	1,4
111,6	0,4	0,6	2,6	0,6
111,8	0,1	0,8	0,2	0,2
112,0	14,6	0,9	12,5	2,4
112,2	85,7	5,3	7,1	8,8
112,4	14,5	1,2	1,1	1,7
112,6	143,6	17,0	46,7	34,4
112,8	19,2	3,7	13,2	7,5
113,0	3,0	107,8		5,8
113,2	1,6	9,4		2,7
113,4	19,6	3,0		5,2
113,6	30,0	6,7		11,0
113,8	20,6	1,4		2,6
114,0	103,5	8,3		15,4
114,2		15,1	565,0	29,4
114,4		10,0	27,3	14,6
114,6	0,4	5,5	0,9	0,8
114,8	130,0	0,4	0,1	0,2
115,0	0,3	1,7	1,0	0,6

Gemiddeld voor het traject 110,0 → 115,0 : 0,7 dagen

3. BEREKENING VAN DE KANAALWEERSTAND UIT DWARSPROFIELEN

3.1. Methode van onderzoek

Uitgaande van een relatie tussen het verschil van het kanaalpeil en de stijghoogte in de 1e watervoerende laag (zonder kanaalinvloed) en het verloop van het freatisch niveau in de naaste omgeving van het kanaal zijn de volgende vergelijkingen van toepassing, fig. 5:

$$[h^*(x) - h(x)] = [h^*(o) - h(o)] e^{-\frac{x}{\sqrt{k_1 D_1 \gamma}}} \quad (5)$$

$$q(o) = -\frac{K_1 D_1}{\sqrt{k_1 D_1 \gamma}} \cdot [h^*(o) - h(o)] \quad (6)$$

$$\frac{K_1 D_1}{\sqrt{k_1 D_1 \gamma}} = \beta \quad (7)$$

$$q(o) = -\frac{1}{2\Omega_k} [(h_k - h(o)) - (h^*(o) - h(o))] \quad (8)$$

$$h^1(x) = \alpha h^*(x) \quad (9)$$

Uit (5) t/m (9) volgt:

$$\frac{[h^1(100) - h^1(400)]}{h_k - h(o)} = \frac{\alpha}{2\beta\Omega_k + 1} \left[e^{-\frac{100}{\sqrt{k_1 D_1 \gamma}}} - e^{-\frac{400}{\sqrt{k_1 D_1 \gamma}}} \right] \quad (10)$$

h_k = kanaalpeil (m. t.o.v. NAP)

h^1 = hoogte freatisch vlak (m. t.o.v. NAP)

h = stijghoogte 1e w.l. (m. t.o.v. NAP)
(geen kanaalinvloed)

h^* = stijghoogte 1e w.l. (m. t.o.v. NAP)

x = afstand tot kanaalas (m)

$k_1 D_1$ = doorlaatvermogen 1e w.l. (m²/dag)

k_o = doorlaatfactor afdekkend pakket (m/dag)

- γ = drainageweerstand (dagen)
 q = horizontale stroming 1e w.l. (m^2/dag)
 Ω_k = kanaalweerstand (dag/m)
 α = reductiefactor

Invoering constanten in (10)

$$k_1 D_1 = 2000 \text{ m}^2/dag$$

$$\gamma = \frac{L^2}{8 k_1 D_1} + L \Omega_s \quad (11) \quad L = 1500 \text{ m}$$

$$\Omega_s = \frac{1}{k_o} \ln \frac{4D_o}{2\pi r_o} \quad (12) \quad \begin{array}{l} D_o = 20 \text{ m} \\ k_o = 2,5 \text{ m/dag} \\ \Omega_s = 0,27 \text{ dag/m} \\ r_o = 3 \text{ m} \end{array} \rightarrow \gamma \approx 500 \text{ dagen}$$

- L = beekafstand (m)
 D_o = dikte afdekkend pakket (m)
 Ω_s = radiale weerstand (dag/m)
 r_o = straal natte omtrek (m)

De reductiefactor kan globaal worden afgeleid uit de relatie:

$$\alpha = \frac{\gamma}{c_o + \gamma} \quad (13)$$

waarin:

- c_o een waarde aangeeft voor de verticale weerstand in dagen in het afdekkend pakket. Op grond van uitgevoerde pompproeven (VAN REES VELLINGA, c.s., 1982) is voor c_o 100 dagen aangehouden. De factor α kan derhalve worden gesteld op $\approx 0,8$

Uitvoering van de in het voorgaande beschreven methode wordt beperkt door het al dan niet aanwezig zijn van een verschil tussen het kanaalpeil en de stijghoogte van het grondwater in de 1e watervoerende laag (zonder kanaalinvloed). Fig. 7 (tekening nr. 82133 m) laat zien dat het merendeel van de raaien hieraan voldoet.

De in de fig. 8 t/m 19 weergegeven profielen zijn als volgt geconstrueerd, fig. 6.

1. lijn trekken door snijpunt raai/kanaal, evenwijdig aan isohypsen 1e w.l. (DGV-kaart)

2. waarnemingspunten / projecteren op lijn waarbij corrigeren volgens gradiënt isohypsenkaart
3. afstand projectiepunten tot kanaal opmeten.

3.2. V e r k r e g e n r e s u l t a t e n

Op grond van informatie betreffende het voorkomen van leemlagen (fig. 7) zijn vier gebieden onderscheiden:

Gebied I	raai 020 t/m raai 063
" II	raai 067 t/m raai 090
" III	raai 120 t/m raai 140
" IV	raai 140 t/m raai 170

Uit de in de figuren aangegeven waarden voor $(h^1(100) - h^1(400))$ en $(h_k - h_{(o)})$ volgt de invoer van (10), hierbij dient te worden benadrukt dat $h_{(o)}$ - zie fig. 5 - betrekking heeft op de stijghoogte in de 1e w.l. waarbij de kanaalinvloed is geëlimineerd. Bij relatieve grote waarden voor de beschouwde verhouding is de waarde van $h_{(o)}$ onderschat. Om genoemde problemen te omzeilen zijn in het volgende de raaien gebruikt, waarbij $(h_k - h_{(o)}) > 1$ m. Dit heeft tot het volgende resultaat geleid:

Gebied I	$\frac{h^1(100) - h^1(400)}{h_k - h_{(o)}} = 0,08$ m
" II	" = 0,04 m
" III	" = -
" IV	" = 0,07 m

Substitutie van de bekende grootheden in (10) geeft:

Gebied I	$\Omega_k = 0,31$ dag/m
" II	$\Omega_k = 0,88$ "
" III	$\Omega_k = \longrightarrow$ (op grond van fig. 7)
" IV	$\Omega_k = 0,39$ " : $\Omega_k \cong 0,3$ dag/m

3.3. T o e t s i n g

Met de in eerste instantie berekende kanaalweerstand is met (6) en (8) een opsplitsing berekend van $(h_k - h_{(o)})$ voor radiale en horizontale stroming.

Tabel 2.

	Ω_k dg/m	$(h_k - h_{(o)})$ m	$(h_k - h_{(o)}^*)$ m	$(h_{(o)}^* - h_{(o)})$ m
Gebied I	0,31	1,7	0,94	0,76
" II	0,88	2,1	1,64	0,46
" III	0,3	1,9	1,04	0,86
" IV	0,39	1,0	0,61	0,39

Bovenstaande berekeningen geven aan dat bij het kanaal het 'diepe' grondwater gemiddeld $\approx 0,60$ m en op een afstand van 500 m - toepassing van (5) - $\approx 0,50$ m wordt beïnvloed.

Dit betekent dat de waarde $(h_k - h_{(o)})$ is onderschat, verlaging van $h_{(o)}$ met 0,50 m en herhaling van de met (10) uitgevoerde berekeningen geeft:

Tabel 3.

	Ω_k	$(h_k - h_{(o)})$	$(h_k - h_{(o)})$	$(h_{(o)} - h_{(o)})$	$2q(o)$ m ² /dag
Gebied I	0,50	2,2	1,47	0,73	2,9
" II	1,30	2,6	2,18	0,42	1,7
" III	0,50	2,4	1,60	0,80	3,2
" IV	0,65	1,5	1,08	0,42	1,7

Het uiteindelijk resultaat van een analyse van de grondwaterstandsraaien is:

* $\Omega_k = 0,5$ dg/m., waar leemlagen ontbreken en het Aa-dal het kanaal kruist

* $\Omega_k = 0,65$ dg/m. van raai 140 tot 170, waar plaatselijk leem voorkomt

* $\Omega_k = 1,3 \text{ dag/m.}$, waar een aaneensluitend complex leemlagen voorkomt

* wegzijging traject 1 (20 km) $44\ 800 \text{ m}^3/\text{dag}$ of $0,5 \text{ m}^3/\text{sec.}$

4. SAMENVATTING

Voor het traject DEN DUNGEN-ERP is onderzoek verricht naar de kanaalweerstand van de Zuid-Willemsvaart. De kanaalweerstand blijkt te zijn opgebouwd uit een bodenweerstand en een radiale weerstand. Uit metingen aan kanaalbodemmonsters volgden waarden voor de bodenweerstand van 0 tot 0,2 dag/m.

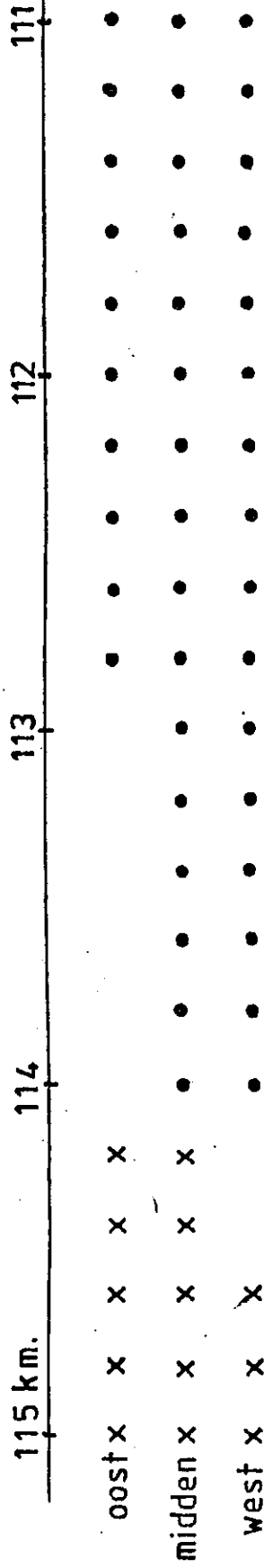
De bewerking van grondwaterstandsraaien leverde waarden voor de kanaalweerstand op van 0,5 tot 1,3 dag/m. De waarden zijn min of meer te relateren aan het al dan niet voorkomen van leemlagen onder de kanaalbodem. Er zijn aanwijzingen dat de berekende kanaalweerstand eerder hoger dan lager zullen zijn. Met een c-waarde van 65 dagen (pomproef N161; praktisch geen leemlagen) wordt met (12) namelijk een radiale weerstand berekend van 1 dag/m.

5. LITERATUUR

- LEKAHENA, E.G., 1972, 1974: Grondwaterkaart van Nederland -
schaal 1 : 50 000. Kaartbladen 51-Oost, 52-West (1972)
en kaartbladen 45-West en 45-Oost (1974), Dienst Grond-
waterverkenning TNO, Delft
- REES VELLINGA, E. VAN, H. WITT en K.E. WIT, 1982: Bodemconstanten
in de omgeving van de Zuid-Willemsvaart tussen 's-Hertogen-
bosch en Donk. Nota 1379, ICW - Wageningen
- ROIJEN, E.M.E., 1983. Berekening verandering grondwaterstanden ten-
gevolge van de verbetering van de Zuid-Willemsvaart in het
traject Den Dungen-Erp.
Rijkswaterstaat, Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging.
District Zuidoost (Maastricht). Nota project-nr.
37.120.00

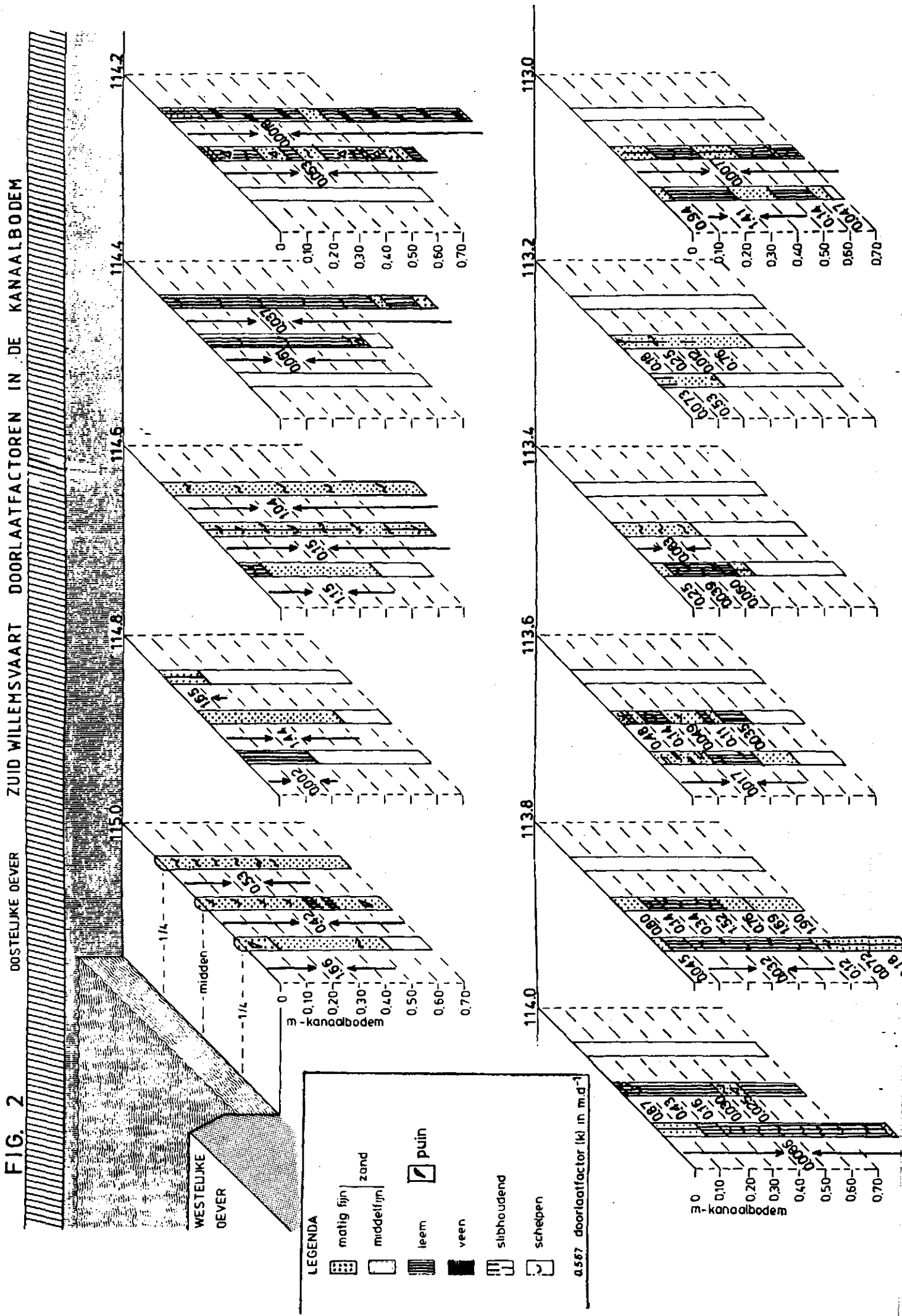
FIG. 1 LOKATIE MONSTERPUNTEN KANAALBODEM

sluis 2
↓



x monsters genomen 18 mei 1983
 • " " 17 maart "

FIG. 2 ZUID WILLEMSVAART DOORLAATFACTOREN IN DE KANAALBODEM



LEGENDA

	matig fijn zand		puin
	middel fijn zand		leem
	leem		veen
	veen		slibhoudend
	slibhoudend		schepes

0.557 doorlaatfactor (k) in m.d.a.⁻¹

ZUID - WILLEMSVAART. DOORLAATFACTOREN IN DE KANAALBODEM

FIG. 3

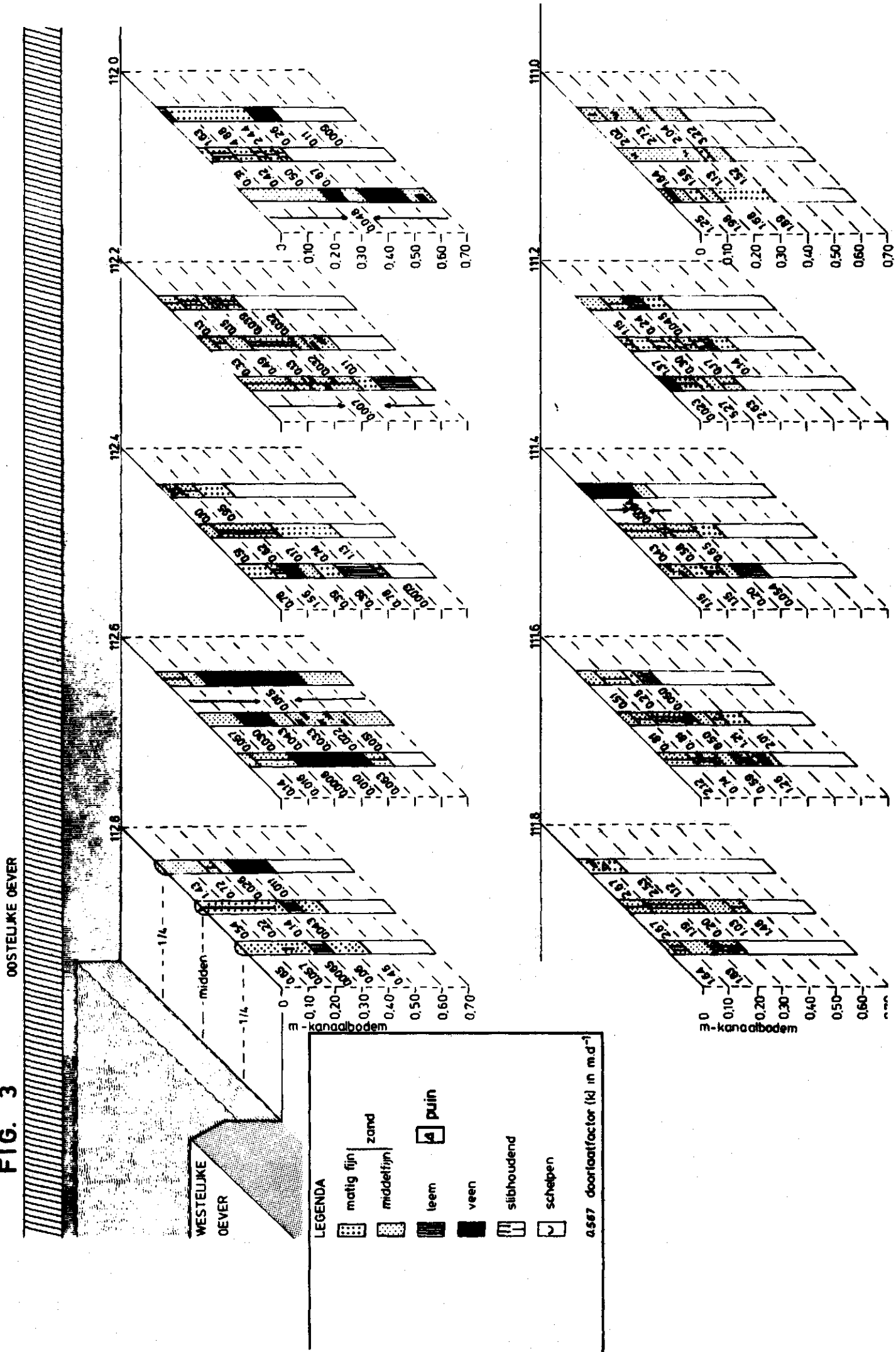


FIG. 4

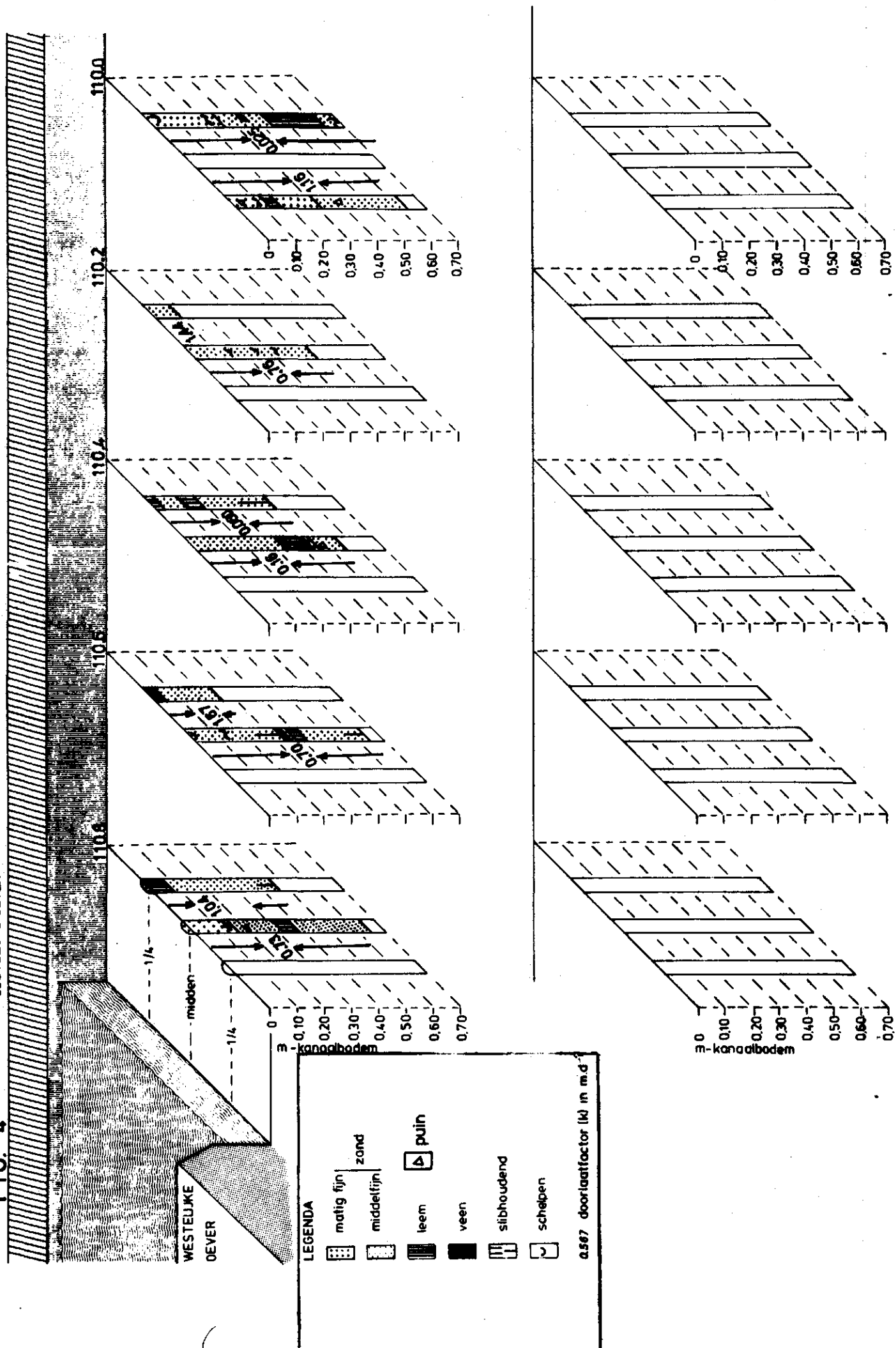


FIG. 5

GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISERING

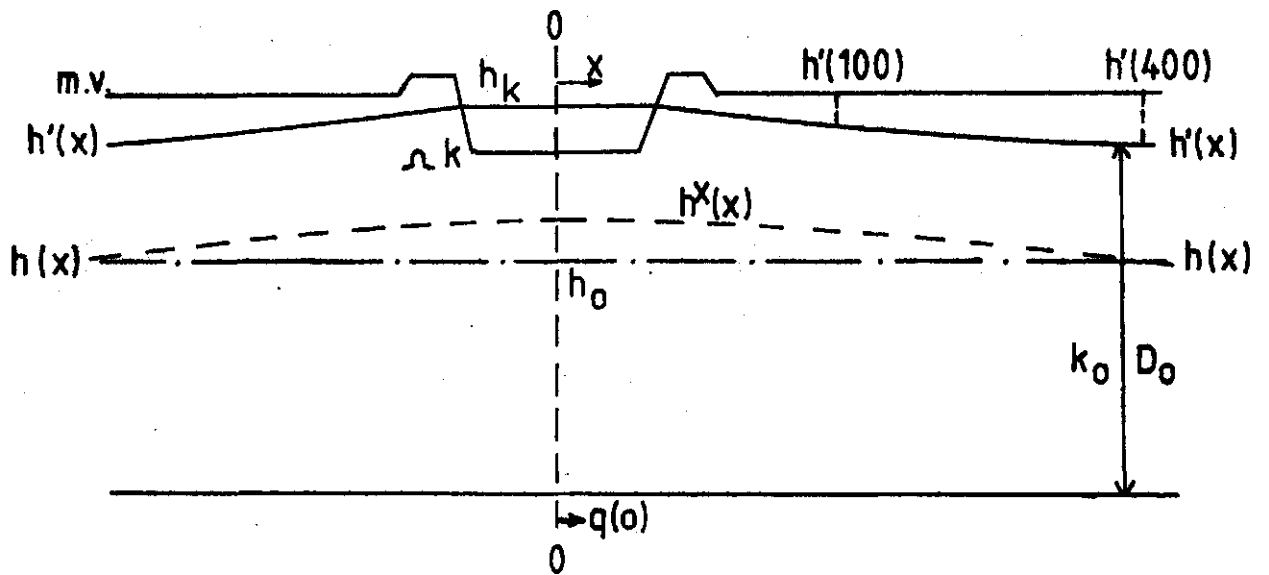
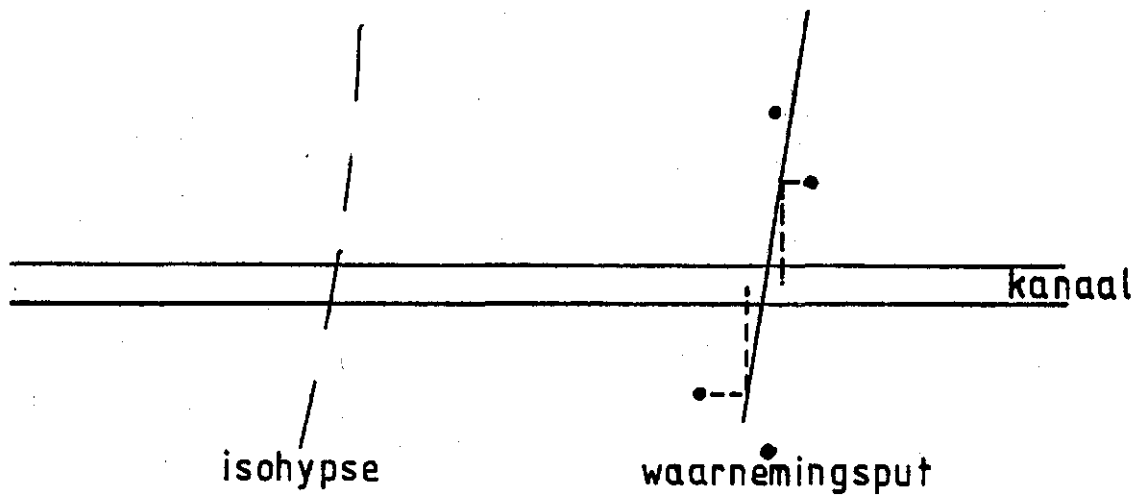


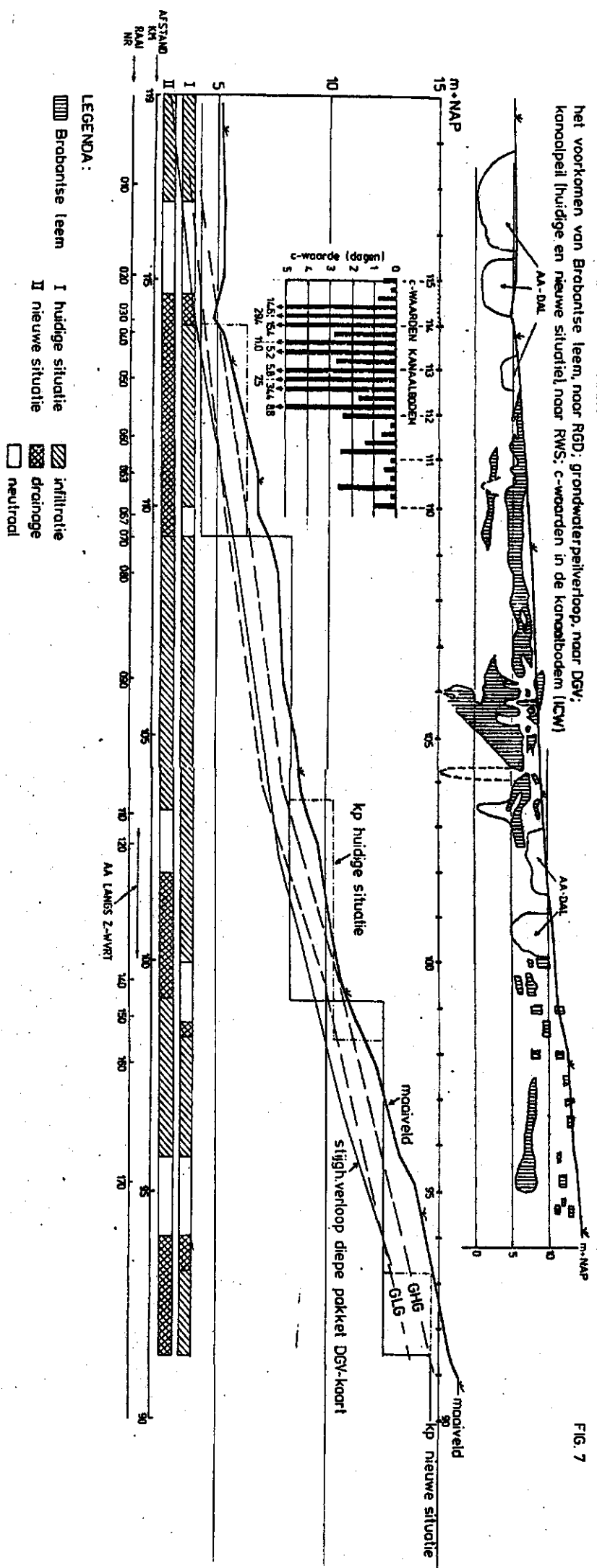
FIG. 6

PROJECTIESYSTEMEN



PROFIEL LANGS DE ZUID-WILLEMSVAART
 het voorkomen van Brabantse leem, naar RGD; grondwaterpeilverloop, naar DGV;
 kanaalpeil (huidige en nieuwe situatie), naar RWS; c-waarden in de kanaalbodem (ICW)

FIG. 7



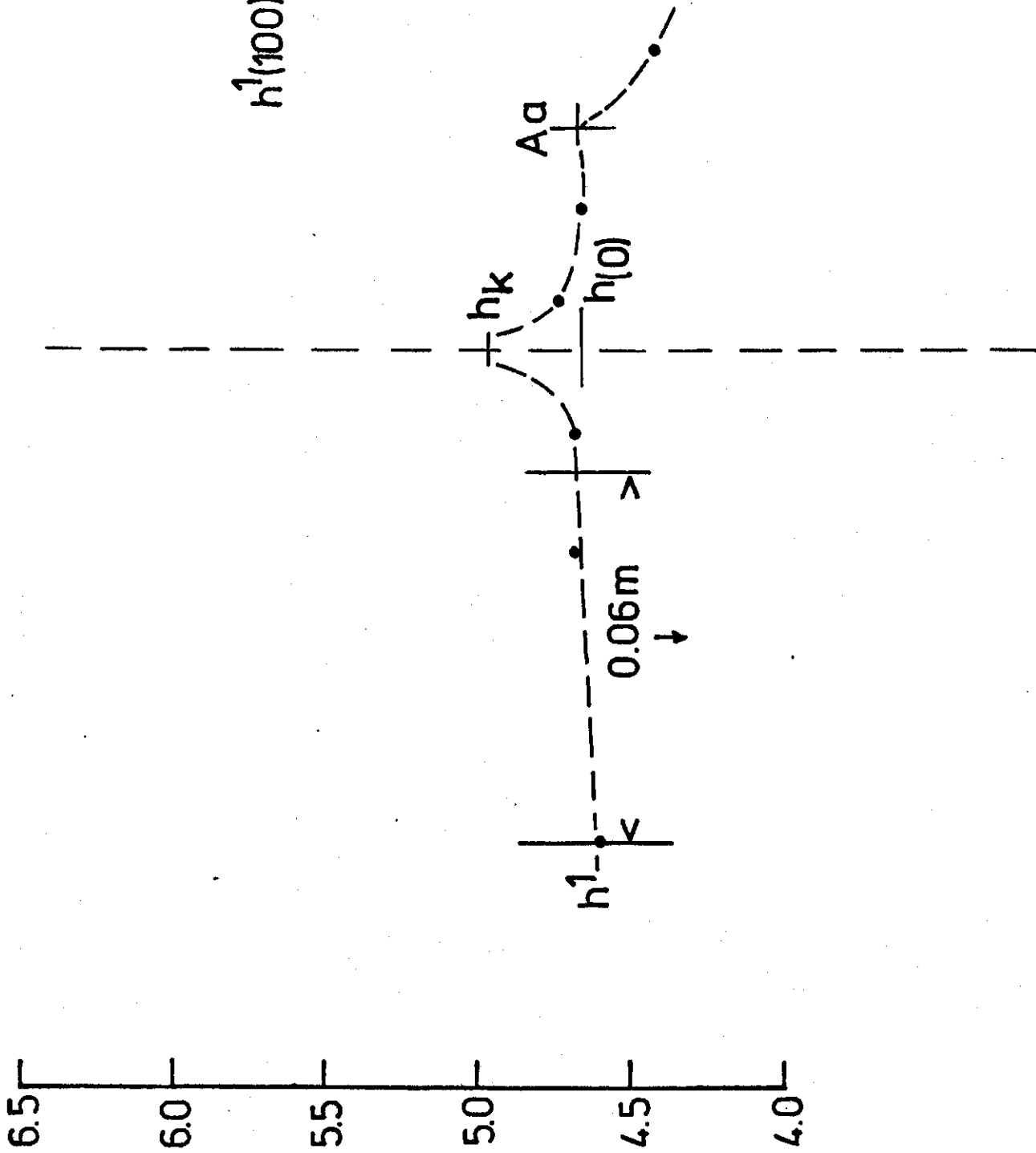
m+NAP

FIG. 8

RAAI 020,

$$h_k - h_{(0)} = 0.30 \text{ m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = 0.06 \text{ m}$$



m + NAP

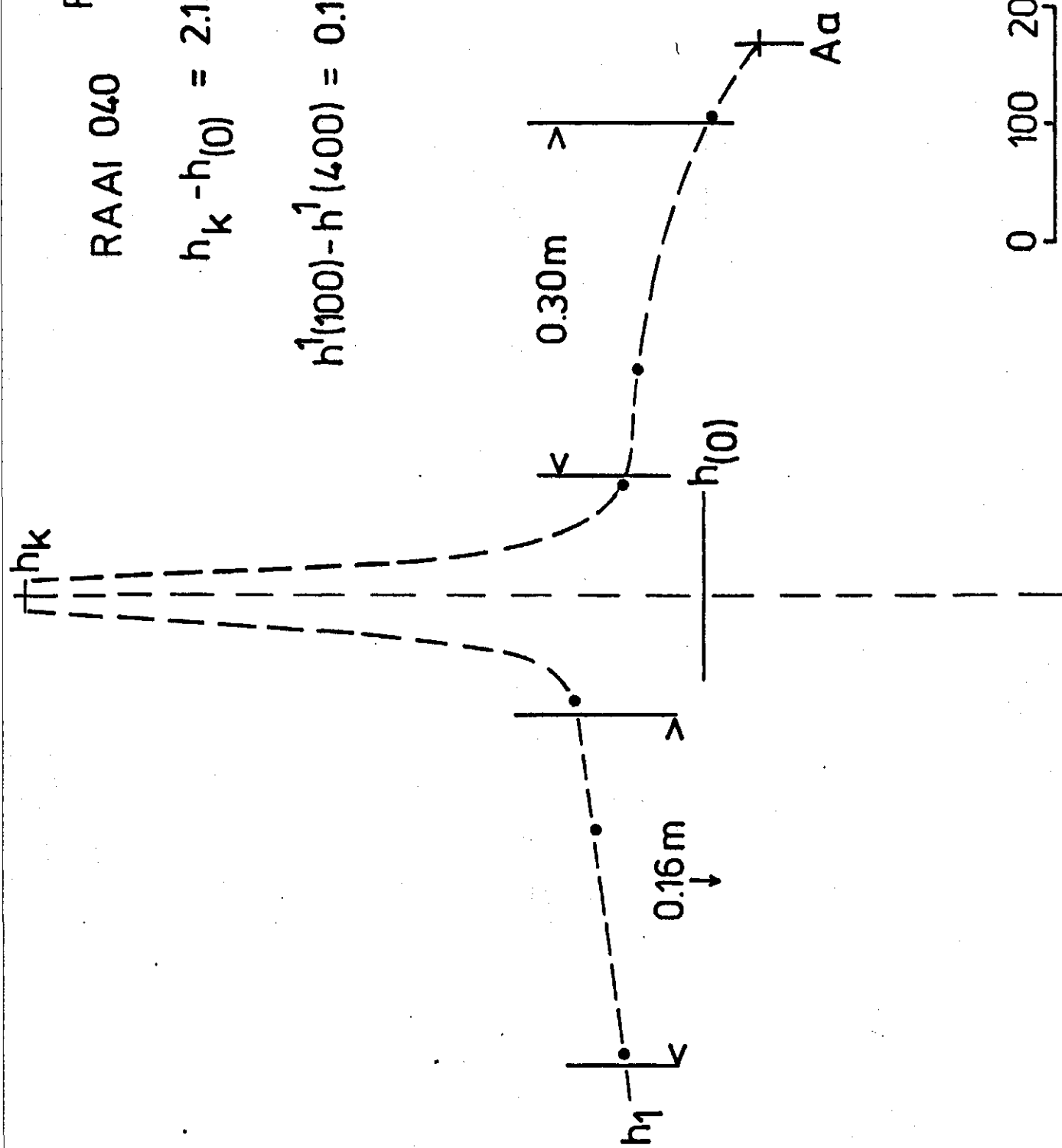
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0

RAAI 040

FIG. 9

$$h_k - h_{(0)} = 2.13\text{m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = 0.16\text{m}$$



m+NAP

6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0

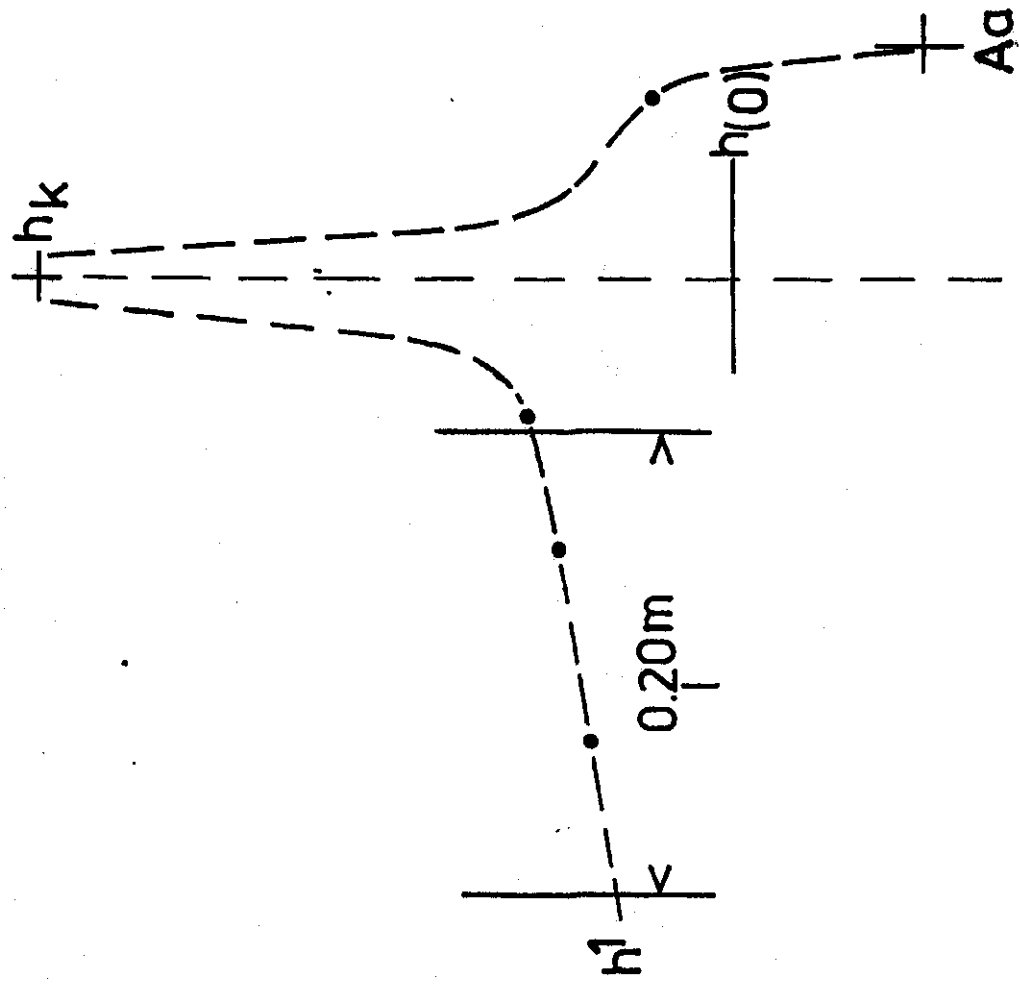


FIG. 10

RAAI 050

$$h_k - h_{(0)} = 1.83 \text{ m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = 0.20 \text{ m}$$

0 100 200m

m + NAP

6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0

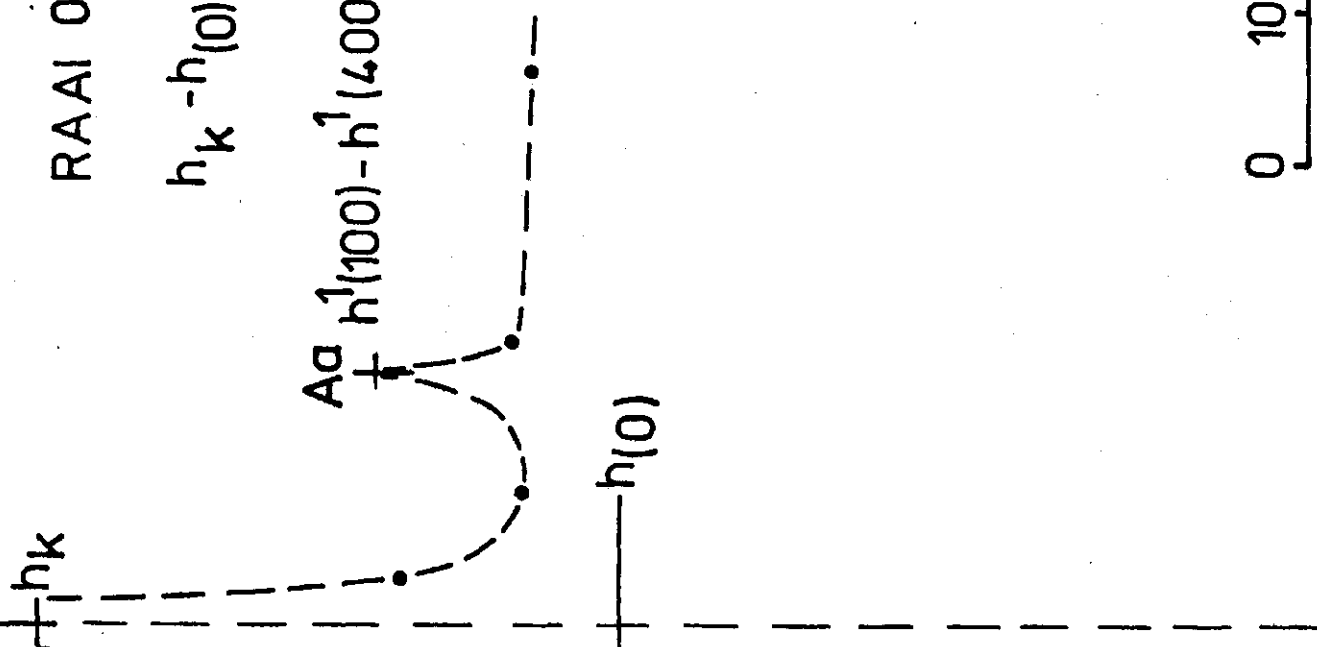


FIG. 11

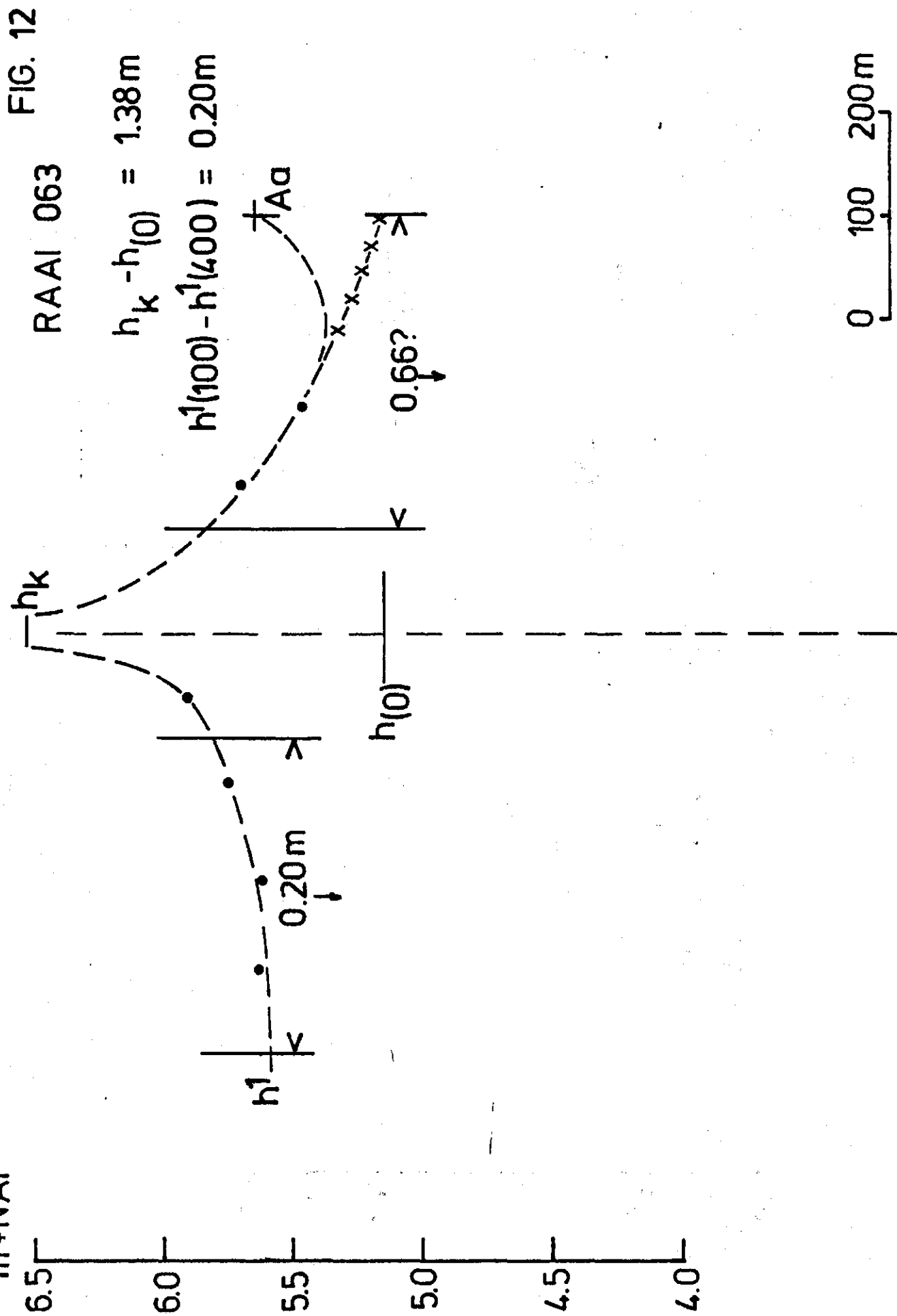
RAAI 060

$$h_k - h_{(0)} = 1.53 \text{ m}$$

$$A_0 \pm h^1(100) - h^1(400) = \approx 0$$



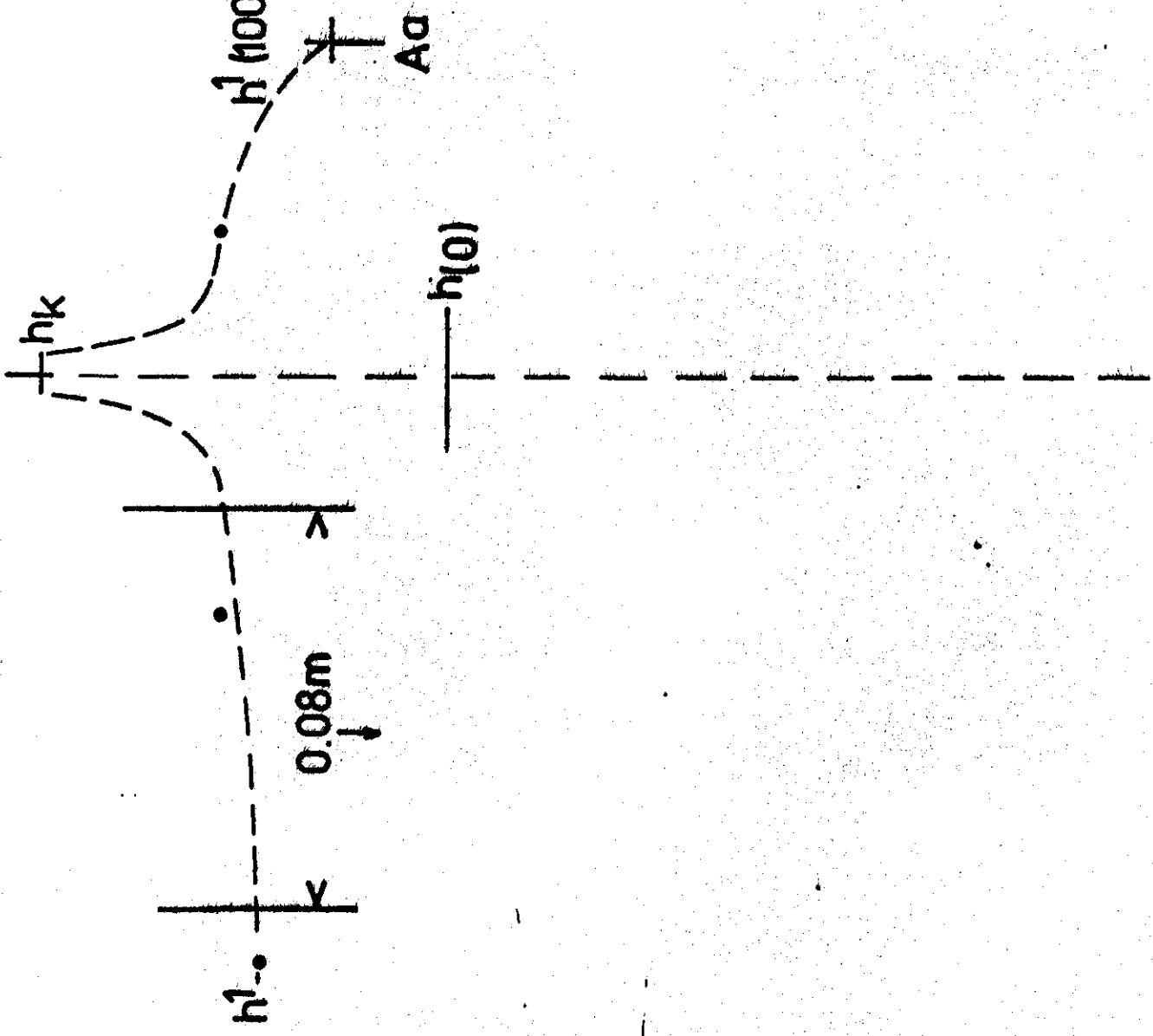
m+NAP



0 100 200m

m+NAP

6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0



RAAI 067

FIG. 13

$$h_k - h(0) = 1.23m$$
$$h^1(100) - h^1(400) = 0.08m$$

0 100 200m

FIG. 14

RAAI 080

$$h_k - h(0) = 2.80\text{m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = 0.05\text{m}$$

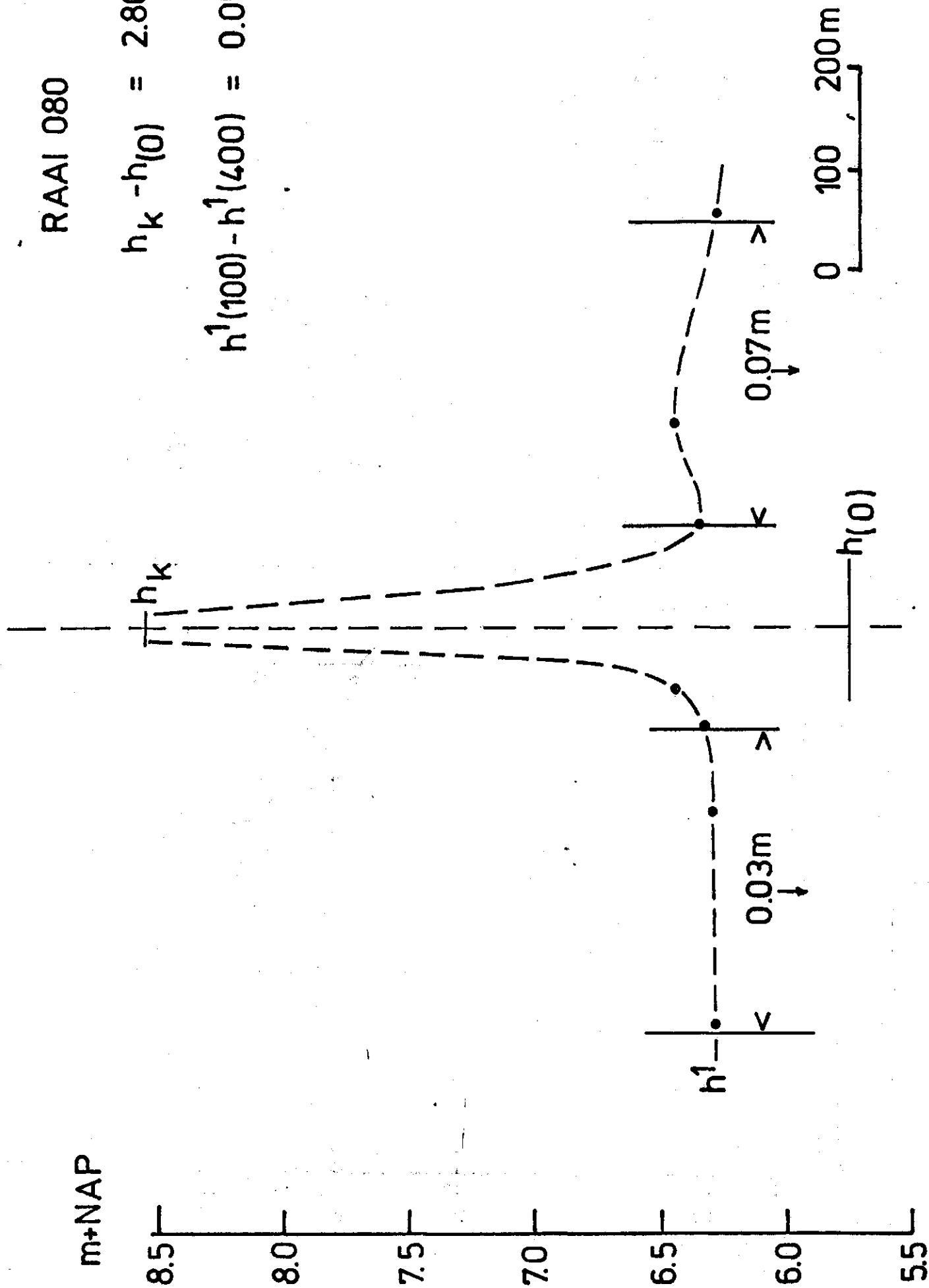


FIG. 15

RAAI 090

$$h_k - h(0) = 2.15\text{m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = 0.08\text{m}$$

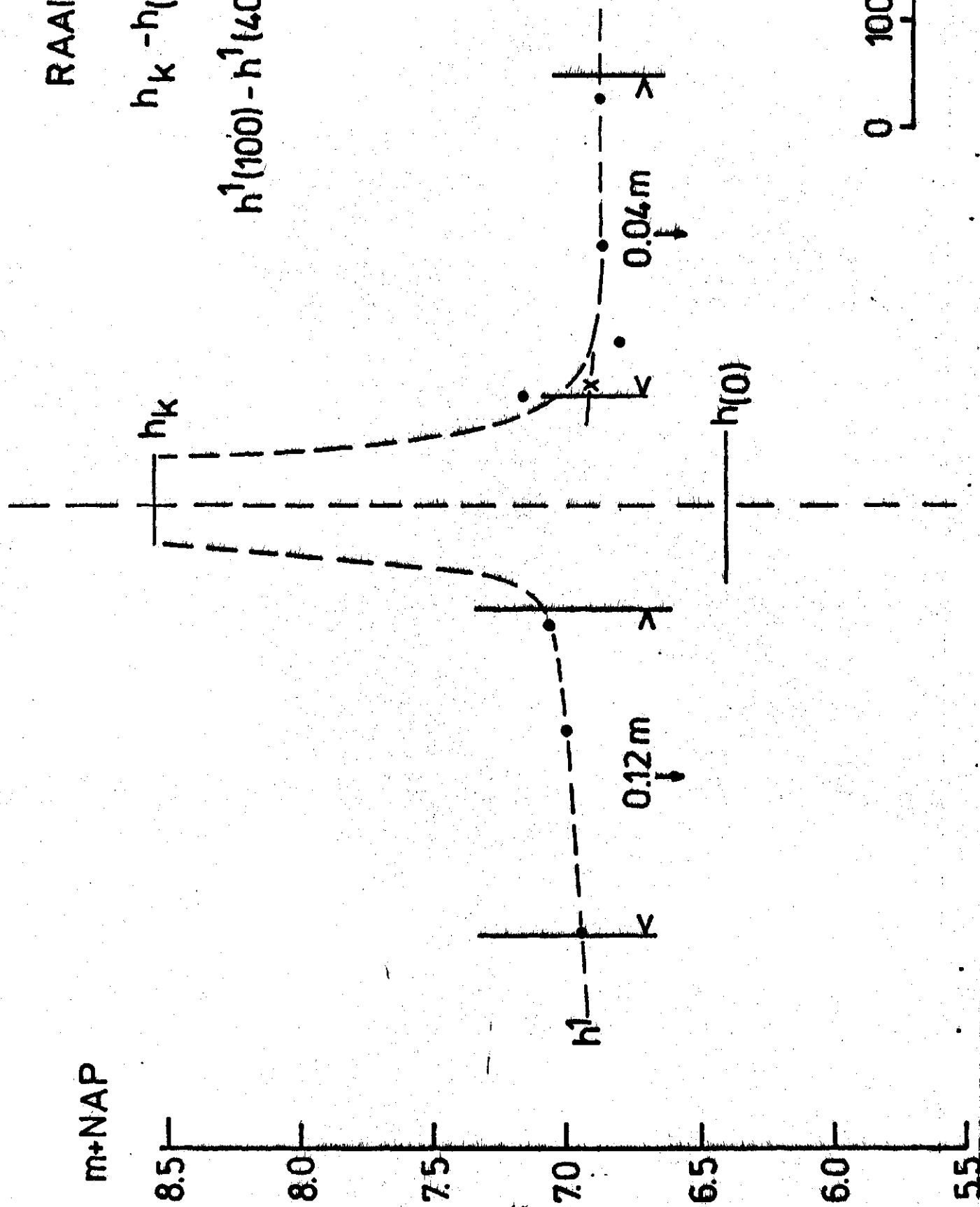


FIG. 16

RAAI 140

$$h_k - h(0) = 0.67\text{m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) \approx 0$$

m+NAP

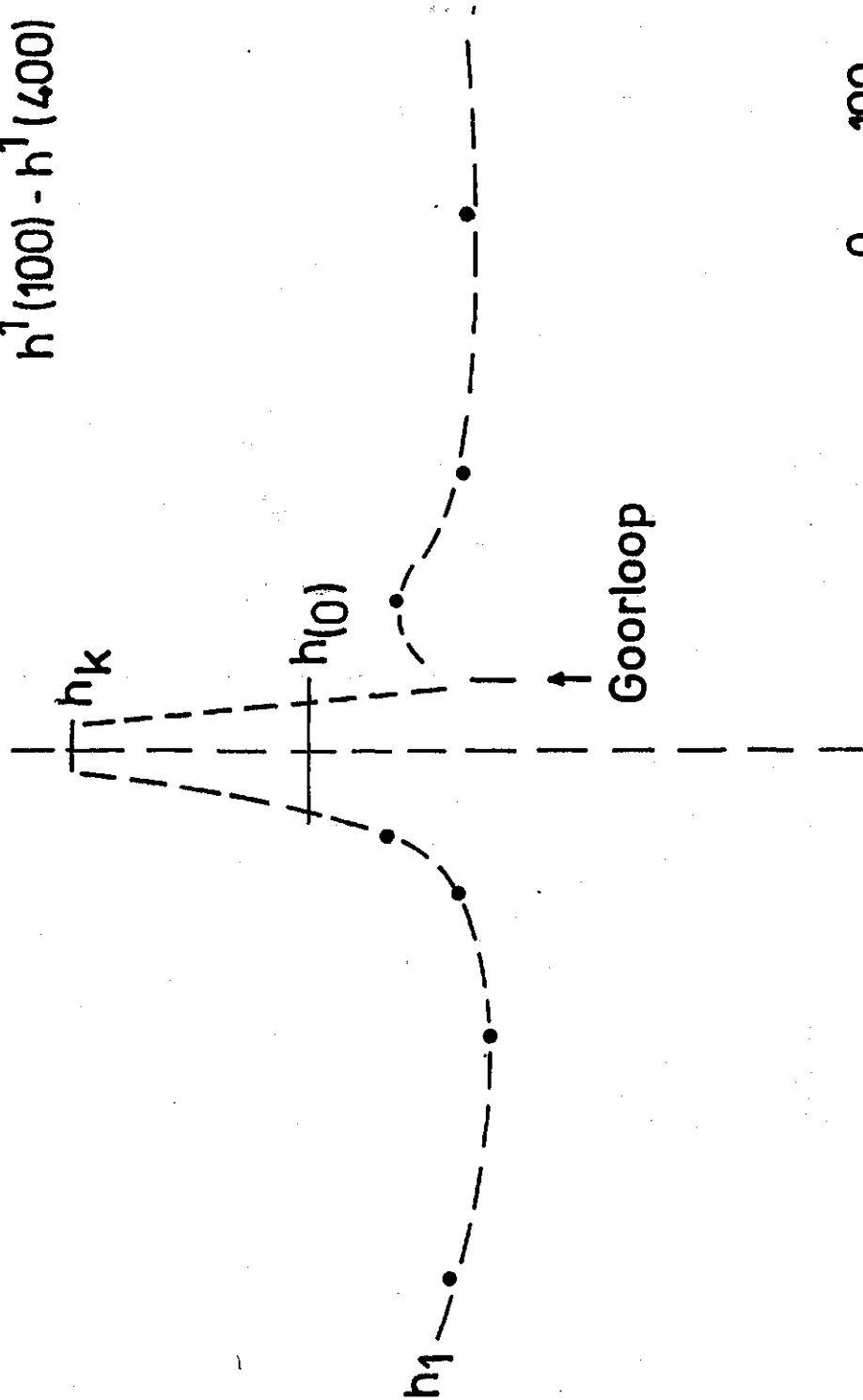
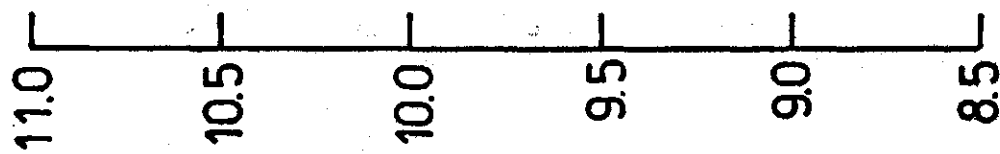


FIG. 17

RAAI 150

$$h_k - h(0) = 0.32 \text{ m}$$

$$h^1(100) - h^1(400) = \approx 0$$

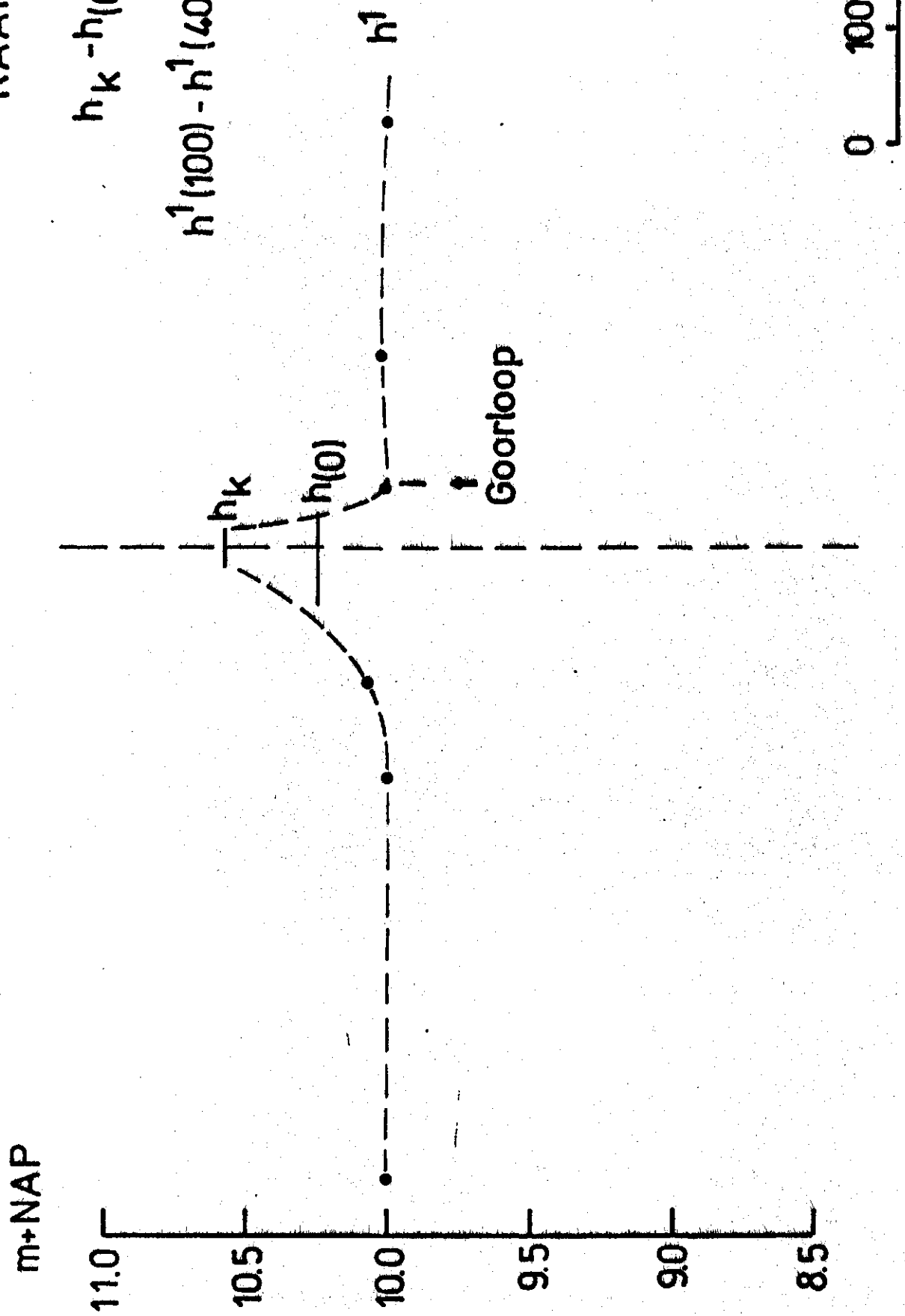


FIG. 18

RAAI 160

m+NAP

$$h_k - h^1(0) = 2.05\text{m}$$
$$h^1(100) - h^1(400) = 0.28\text{m}$$

