

Technische Universiteit Delft  
Faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek

Memorandum M-443

Rotatie-symmetrische bron-put lichamen

E. Dobbinga

November 1987  
Delft-Nederland

#### SAMENVATTING

Het rapport geeft vergelijkingen waarmee de vorm van stroomlijnen en de grootte van snelheid en druk kan worden berekend voor rotatie-symmetrische potentiaalstromingen die bestaan uit een combinatie van een parallelstroming en op de hartlijn gelegen bronnen en putten; daarbij is de behandeling beperkt tot combinaties van geconcentreerde bronnen (putten) en bron(put)lijnstukken met lineair verlopende sterkte.

Ter oriëntering zijn in de vorm van figuren berekeningsresultaten voor de "scheidingsstroomlijnen" ("bron-put lichamen") voor een aantal eenvoudige configuraties opgenomen.

Memorandum M-443

"Rotatie-symmetrische bron-put lichamen"

<u>Indeling</u>	<u>Blz.</u>
Notaties	4
1. Inleiding	6
2. De beschouwde configuraties	6
3. De berekening van de vorm van stroomvlakken	7
3.1. Algemeen; het begrip: "buitentransport"	7
3.2. Bijdragen in het buitentransport B	8
3.2.1. De bijdrage die geïnduceerd wordt door een geconcentreerde bron	8
3.2.2. De bijdragen in B door bronlijnstukken	8
3.2.2.1. Algemeen	8
3.2.2.2. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type I (sterkte lineair afnemend bij toenemende $x$ )	9
3.2.2.3. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type II (constante sterkte)	10
3.2.2.4. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type III (sterkte lineair toenemend bij toenemende $x$ )	10
3.3. Samenvatting van de vergelijkingen voor de berekening van de vorm van de stroomvlakken	11
4. De berekening van de snelheidscomponenten	13
4.1. Algemeen; bijdragen door een geconcentreerde bron	13
4.2. Bijdragen in $u$ en $v$ door bronlijnstukken	13
4.2.1. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type I	13
4.2.2. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type II	14
4.2.3. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type III	15
4.3. Samenvatting; bijdragen van bronnen (putten) in de snelheidscomponenten	17
5. De druk in punten van stroomvlakken	19
6. De berekening van de stuwpunten	20
6.1. Algemeen	20
6.2. Bijdragen in $u_{st}$ door een bronlijn van type I	21
6.3. Bijdragen in $u_{st}$ door een bronlijn van type II	21
6.4. Bijdragen in $u_{st}$ door een bronlijn van type III	22

	<u>Blz.</u>
7. Enkele berekeningsresultaten	23
7.1. Algemeen	23
7.2. Halflichaam bij een enkele geconcentreerde bron	23
7.3. Combinatie van een enkele geconcentreerde bron en een geconcentreerde put van gelijke sterkte	24
8. Commentaar	25
Tabellen : 1 t/m 20	27 t/m 45
Figuren : 1 t/m 9	46 t/m 56

Notaties

2a	$x_{\text{put}} - x_{\text{bron}}$ (alleen in par. 7.3)
b	als index: verwijst naar het begin van een bron- of putlijnstuk; kleinste waarde van $x_s$
B	dat deel van het "buitentransport" dat door de bronnen en putten wordt geïnduceerd (zie par 3.1)
e	als index: verwijst naar het eind van een bron- of putlijnstuk; grootste waarde van $x_s$
F,G,H	aanduiding voor sommige integralen
i	nummer van de beschouwde singulariteit (i toenemend in x-richting)
j	aanduiding van het type lijnsingulariteit: I : q neemt bij toenemende x lineair af van $q_{\text{max}}$ bij $x_b$ tot 0 bij $x_e$ ; II : q is constant tussen $x_b$ en $x_e$ ; III: q neemt bij toenemende x lineair toe van 0 bij $x_b$ tot $q_{\text{max}}$ bij $x_e$
k	hulpvariabele = $x - x_s$ ; $k_b = x - x_b$ ; $k_e = x - x_e$
$L_s$	totale lengte van het gebied waarin singulariteiten voorkomen
L	lengte van het verdringingslichaam = $x_{\text{sta}} - x_{\text{stv}}$
p	de druk in punt x, r
$p_0$	de ongestoorde druk op grote afstand van de singulariteiten
$Q_i$	totale sterkte van singulariteit no. i; positief indien het een bron of bronlijn betreft; negatief voor een put of putlijn
Q	referentie bronsterkte = som van de positieve $Q_i$ waarden
$q_{is}$	plaatselijke bronsterkte per meter ter plaatse $x_s$ voor een bron- of putlijnstuk no. i; negatief voor putlijn
r	afstand tussen een punt van een stroomlijn bij $x = x$ en de hartlijn
$r_0$	= r bij $x = -\infty$
$r_m$	= r voor de "scheidingsstroomlijn" (het oppervlak van het verdringingslichaam)
$r_{\text{max}}$	= max. waarde van $r_m$
$r_{\text{kar}}$	= $\sqrt{Q/(\pi V_0)}$ (= $r_{\text{max}}$ voor het halflichaam dat bij een geconcentreerde bron Q in een parallelstrooming $V_0$ behoort)
R	= $\sqrt{(x - x_s)^2 + r^2}$
t	= $x_{\text{bron}} - x$ voorste stuwpunt (alleen in par. 7.3)
u	de door de bronnen en putten geleverde bijdrage in de x-component van de snelheid in punt x, r

- $v$  de radiale component van de snelheid in punt  $x, r$
- $V_{res}$  resulterende snelheid in punt  $x, r; = \sqrt{(V_0 + u)^2 + v^2}$
- $V_0$  ongestoorde snelheid van de parallelstroming;  $q_0 = \frac{1}{2}\rho V_0^2$
- $x$  coördinaat in de richting van  $V_0$
- $x_{stv}$   $x$  voor het voorste stuwpunt
- $x_{sta}$   $x$  voor het achterste stuwpunt;  $\Delta x_{sta}$  zie figuur onder tab. 6
- $x_i$   $x$  voor geconcentreerde bron of put no.  $i$
- $x_s$  lopende  $x$ -coördinaat bij integratie over bron- of putlijnstuk
- $x_{ib}$  resp.  $x_{ie}$   $x$  voor begin resp. eind van bron- of putlijnstuk ( $x_{ie} > x_{ib}$ )
- 
- $\gamma$   $\text{bg tg } dr/dx = \text{bg tg } \frac{v}{V_0 + u}$  (graden)
- $\theta_i$   $\text{bg cos } \frac{x - x_i}{\sqrt{(x - x_i)^2 + r^2}}$
- $\sigma_i$  = (lengte van bron- of putlijnstuk no.  $i$ )/ $L_s$
- $\rho$  luchtdichtheid

## 1. Inleiding

Het rapport heeft betrekking op slanke axiaal aangestroomde rotatiesymmetrische bron-put lichamen. Het doel is voor het onderwijs te beschikken over een geschrift waaruit aan de hand van enkele eenvoudige rekenvoorbeelden een inzicht kan worden verkregen omtrent het effect van variaties in de bron-put verdeling op de bijbehorende verdringingslichamen en op het stromingsveld daaromheen.

Het rapport geeft vergelijkingen waarmee voor de potentiaalstroming de vorm van de stroomlijnen en de grootte van snelheid en druk kan worden berekend.

Ter oriëntering zijn voor een aantal configuraties resultaten opgenomen.\*)

## 2. De beschouwde configuraties

De beschouwde configuraties bestaan uit combinaties van een parallelstroming met snelheid  $V_0$  en een reeks drie-dimensionale bronnen en putten die gelegen zijn<sup>o</sup> op een rechte lijn evenwijdig aan  $V_0$ ; de "hartlijn".

De behandeling is beperkt tot combinaties van geconcentreerde bronnen en putten en bronlijnstukken resp. putlijnstukken met lineair met  $x$  verlopende sterkte  $q$ . Hierbij is  $x$  de coördinaat in de richting van  $V_0$ . Met betrekking tot de bron- of putlijnen worden drie verschillende<sup>o</sup> typen I, II en III onderscheiden. Bij type I neemt de absolute waarde  $|q|$  van de bronsterkte af met toenemende  $x$ ; type II heeft betrekking op een lijnstuk met constante sterkte  $q$ ; bij type III neemt  $|q|$  toe met toenemende  $x$  (zie fig. 1c).

---

\*) De gebruikte programma's I t/m IV zijn gebundeld in intern rapport LSW 87-4



3. De berekening van de vorm van stroomvlakken

3.1. Algemeen; het begrip "buitentransport"

Een afleiding van de betrekking waaruit het verloop van r (de afstand van een punt van een stroomlijn tot de hartlijn) met x kan worden berekend kan plaats hebben aan de hand van fig.1a waarin de situatie voor een enkele geconcentreerde bron met sterkte Q<sub>i</sub> is geschetst.

Bij de bepaling van het verloop van r met x wordt gelet op het resulterende volumetransport-in-x-richting door de ter plaatse van x gelegen dwarsdoorsnede van het gebied buiten het beschouwde stroomvlak.

Dit transport moet onafhankelijk zijn van x hetgeen betekent dat de totale bijdrage van alle bronnen en putten in dit transport gelijk moet zijn aan π(r<sup>2</sup> - r<sub>o</sub><sup>2</sup>).V<sub>o</sub>, indien tenminste Σ Q<sub>i</sub> gelijk aan nul is.

Hierin is r<sub>o</sub> de waarde van r ver stroomopwaarts (bij x = -∞).

Indien men er van te voren niet van uit wil gaan dat de som van alle bronsterkten steeds nul zal zijn kan de voorwaarde beter als volgt worden geschreven:

$$(\text{totaal transport door } V_o) - \frac{\Sigma Q_i}{2} - \pi \cdot r_o^2 \cdot V_o =$$

$$(\text{totaal transport door } V_o) - \pi \cdot r^2 \cdot V_o + [\text{buitentransport } \Sigma Q] \tag{1}$$

hierin is:

(totaal transport door V<sub>o</sub>) = de bijdrage van V<sub>o</sub> in het volumetransport door een gehele dwarsdoorsnede van het veld.

$-\frac{\Sigma Q_i}{2}$  = de bijdrage van alle bronnen en putten samen in het transport door de dwarsdoorsnede bij x = -∞

r = de afstand tussen een punt van het beschouwde stroomvlak en de hartlijn bij x = x

r<sub>o</sub> = r bij x = -∞

[buitentransport ΣQ] = de bijdrage door alle bronnen en putten samen in het volumetransport in x-richting dat treedt door het buiten het beschouwde stroomvlak gelegen deel van de dwarsdoorsnede bij x = x

Voor bijdragen van bronnen en bronlijnen in het "buitentransport" wordt hierna de letter B gebruikt.

Voor (1) kan ook worden geschreven:

$$\Sigma \Delta B - \pi(r^2 - r_o^2) V_o + \frac{\Sigma Q_i}{2} = 0 \quad (2)$$

Dit wordt nog iets herleid door invoering van

$$r_{kar}^2 = \frac{Q}{\pi \cdot V_o} \quad (3)$$

Hierin wordt met Q de som van alle bronnen bedoeld, dat wil zeggen de som van de positieve Q waarden, r<sub>kar</sub> is gelijk aan de helft van de max. diameter van een bij een enkele geconcentreerde bron met sterkte Q behorende halflichaam. Na invoering van (3) wordt (2):

$$\frac{2\Sigma \Delta B}{Q} - \frac{2(r^2 - r_o^2)}{r_{kar}^2} + \frac{\Sigma Q_i}{Q} = 0 \quad (4)$$

### 3.2. Bijdragen in het "buitentransport" B

#### 3.2.1. De bijdrage die geïnduceerd wordt door een geconcentreerde bron

Voor de in fig.1a geschetste situatie geldt voor de bijdrage [buitentransport  $Q_i$ ] die ter plaatse  $x = x$  wordt geïnduceerd door een enkele geconcentreerde bron met sterkte  $Q_i$  die zich bij  $x = x_{si}$  bevindt:

$$\Delta B_{Q_i} = \left[ \text{buitentransport } Q_i \right] = \frac{Q_i}{2} - \frac{Q_i}{2} \cdot (1 - \cos \theta_i)$$

of

$$\frac{2 \left[ \Delta B_{Q_i} \right]}{Q} = \frac{Q_i}{Q} \cdot \cos \theta_i = \frac{Q_i}{Q} \frac{x - x_{si}}{\sqrt{(x - x_{si})^2 + r^2}} \quad (5)$$

Voor een reeks bronnen en putten geldt dus:

$$\frac{2 \cdot \left[ \Delta B_{(\text{bronnen reeks})} \right]}{Q} = \Sigma \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{x - x_{si}}{\sqrt{(x - x_{si})^2 + r^2}} \quad (6)$$

#### 3.2.2. De bijdragen in B door bronlijnstukken

##### 3.2.2.1. Algemeen

Voor een bronlijn i, gelegen tussen  $x_{ib}$  (kleinste waarde) en  $x_{ie}$  (grootste waarde) kan het rechter lid van (6) worden geschreven in de vorm van een integraal:

$$\frac{2 \cdot \left[ \Delta B_{(\text{bronlijn } i)} \right]}{Q} = \int_{x_{ib}}^{x_{ie}} \frac{q_{is} \cdot dx_s}{Q} \frac{x - x_s}{\sqrt{(x - x_s)^2 + r^2}} \quad (7)$$

In deze vorm is  $x$  een constante en  $x_s$  de coördinaat waarbij de sterkte van de bronlijn  $q_{is}$  bedraagt.

Voor de totale sterkte  $Q_i$  van de bronlijn no.  $i$  geldt:

$$Q_i = \int_{x_{ib}}^{x_{ie}} q_{is} \cdot dx_s \quad (8)$$

De uitkomst van de integraal in (7) is afhankelijk van het type van de bronverdeling. In het volgende worden achtereenvolgens de typen I, II en III behandeld.

### 3.2.2.2. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type I (sterkte lineair afnemend bij toenemende $x$ )

Een lijnstuk van type I is een bronlijn waarvan de bij  $x_s$  geldende sterkte  $|q_{is}|$  tussen  $x_b$  en  $x_e$  lineair afneemt van  $|q_{i \max}|$  bij  $x_b$  tot nul bij  $x_e$ . Voor een dergelijk lijnstuk geldt:

$$\int_{x_b}^{x_e} q_{is} \cdot dx_s = Q_i \quad \text{en} \quad q_{i \max} = \frac{2 \cdot Q_i}{x_e - x_b} \quad (9)$$

en

$$q_{is} = q_{i \max} \cdot \frac{x_e - x_s}{x_e - x_b} = \frac{2 \cdot Q_i \cdot (x_e - x_s)}{(x_e - x_b)^2} \quad (10)$$

Voor bronlijnstukken van type I krijgt vergelijking (7) na substitutie van (10) de vorm:

$$\frac{2 \cdot \Delta B_{Ii}}{Q} = \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{2}{(x_e - x_b)^2} \cdot \underbrace{\int_{x_b}^{x_e} \frac{(x - x_s) \cdot (x_e - x_s) \cdot dx_s}{\sqrt{(x - x_s)^2 + r^2}}}_{F_I} \quad (11)$$

Voor de hierin voorkomende integraal kan worden geschreven:

$$F_I = (x_e - x) \cdot \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x - x_s) dx_s}{\sqrt{(x - x_s)^2 + r^2}} + \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x - x_s)^2}{\sqrt{(x - x_s)^2 + r^2}} \cdot dx_s \quad (12)$$

Of na substitutie van  $x-x_s = k$   $x_s = x-k$   $x_s = x_e$ :  $k_e = x-x_e$   
 $dx_s = -dk$   $x_s = x_b$ :  $k_b = x-x_b$

$$F_I = +(x-x_e) \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k \cdot dk}{\sqrt{k^2+r^2}} - \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k^2 \cdot dk}{\sqrt{k^2+r^2}} = \quad (13)$$

$$\left[ +(x-x_e) \cdot \sqrt{k^2+r^2} - \frac{k\sqrt{k^2+r^2}}{2} + \frac{r^2}{2} \cdot \ln (k + \sqrt{k^2+r^2}) \right] \Big|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} = F_I \quad (14)$$

3.2.2.3. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type II  
 (constante sterkte)

Voor een bron- (of put)lijn van type II geldt dat de sterkte tussen  $x_b$  en  $x_e$  constant is:

$$q_{is} = \frac{Q_i}{x_e - x_b} \quad (15)$$

Voor dit geval wordt vergelijking (7):

$$\frac{2 \cdot \Delta B_{III}}{Q} = \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{1}{x_e - x_b} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) \cdot dx_s}{\sqrt{(x-x_s)^2+r^2}} \quad (16)$$

Voor de in (16) voorkomende integraal kan na substitutie  $x-x_s = k$  worden geschreven:

$$- \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k \cdot dk}{\sqrt{k^2+r^2}} = - \sqrt{k^2+r^2} \Big|_{k_b=x-x_b}^{k_e=x-x_e} = F_{II} \quad (17)$$

3.2.2.4. Bijdrage in B door bronlijnstukken van type III  
 (sterkte lineair toenemend bij toenemende x)

Een lijnstuk van type III is een bronlijn waarvan de bij  $x_s$  geldende sterkte  $|q_{is}|$  tussen  $x_{ib}$  en  $x_{ie}$  lineair toeneemt van nul bij  $x_{ib}$  tot  $q_{i \max}$  bij  $x_{ie}$ .  
 Voor een dergelijk lijnstuk geldt:

$$\int_{x_b}^{x_e} q_{is} \cdot dx_s = Q_i \quad \text{en} \quad q_{i \max} = \frac{2 \cdot Q_i}{x_e - x_b} \quad (18)$$

en

$$q_{is} = q_{i \max} \cdot \frac{x_s - x_b}{x_e - x_b} = \frac{2 \cdot Q_i \cdot (x_s - x_b)}{(x_e - x_b)^2} \quad (19)$$

Voor bronlijnstukken van type III krijgt vergel. (7) na substitutie van (19) de vorm:

$$\frac{2 \cdot \Delta B_{IIIi}}{Q} = \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{2}{(x_e - x_b)^2} \cdot \underbrace{\int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) \cdot (x_s-x_b) \cdot dx_s}{\sqrt{(x-x_s)^2 + r^2}}}_{F_{III}} \quad (20)$$

Voor de in (20) voorkomende integraal kan worden geschreven:

$$F_{III} = +(x-x_b) \int_{x_b}^{x_e} \frac{x-x_s}{\sqrt{(x-x_s)^2 + r^2}} dx_s - \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s)^2}{\sqrt{(x-x_s)^2 + r^2}} dx_s \quad (21)$$

Of na substitutie van  $x-x_s = k$      $x_s = x-k$  ;  $x_s = x_e$      $k_e = x-x_e$   
 $dx_s = -dk$      $x_s = x_b$      $k_b = x-x_b$

$$F_{III} = -(x-x_b) \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k \cdot dk}{\sqrt{k^2 + r^2}} + \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k^2 \cdot dk}{\sqrt{k^2 + r^2}} = \quad (22)$$

$$\left[ -(x-x_b) \sqrt{k^2 + r^2} + \frac{k\sqrt{k^2 + r^2}}{2} - \frac{r^2}{2} \ln (k + \sqrt{k^2 + r^2}) \right] \Bigg|_{k_b = x-x_b}^{k_e = x-x_e} \quad (23)$$

3.3. Samenvatting van de vergelijkingen voor de berekening van de vorm van stroomvlakken

De algemene vergelijking waaruit r kan worden berekend is (4):

$$\boxed{\frac{\sum \Delta B}{Q} - \frac{(r^2 - r_o^2)}{2 r_{kar}} + \frac{1}{2} \frac{\sum Q_i}{Q} = 0} \quad *) \quad (4)$$

De bijdragen in  $\sum \Delta B/Q$  zijn:

Voor een geconcentreerde bron:

$$\frac{\Delta.B_i}{Q} = \frac{1}{2} \frac{Q_i}{Q} \frac{x-x_{si}}{\sqrt{(x-x_{si})^2 + r^2}} \quad (6)$$

Voor een bronlijnstuk van type I:  $\frac{\Delta.B_{Ii}}{Q} =$

$$\frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{1}{(x_e - x_b)^2} \left[ (x-x_e) \sqrt{k^2 + r^2} - \frac{k\sqrt{k^2 + r^2}}{2} + \frac{r^2}{2} \cdot \ln(k + \sqrt{k^2 + r^2}) \right] \Bigg|_{k_b = x - x_b}^{k_e = x - x_e} \quad (11)$$

en

(14)

Voor een bronlijnstuk van type II:  $\frac{\Delta.B_{IIi}}{Q} =$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{1}{x_e - x_b} \cdot \left[ -\sqrt{k^2 + r^2} \right] \Bigg|_{k_b = x - x_b}^{k_e = x - x_e}$$

Voor een bronlijnstuk van type III:  $\frac{\Delta.B_{IIIi}}{Q} =$

$$\frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{1}{(x_e - x_b)^2} \left[ -(x-x_b) \cdot \sqrt{k^2 + r^2} + \frac{k\sqrt{k^2 + r^2}}{2} - \frac{r^2}{2} \cdot \ln(k + \sqrt{k^2 + r^2}) \right] \Bigg|_{k_b = x - x_b}^{k_e = x - x_e}$$

\*) De gegeven rekenvoorbeelden hebben betrekking op situaties waarvoor  $\sum Q_i = 0$

4. De berekening van de snelheidscomponenten

4.1. Algemeen; bijdragen door een geconcentreerde bron

De horizontale in +x richting wijzende snelheidscomponent in het punt x,r bestaat behalve uit de snelheidsbijdrage  $V_0$  van de parallelstroming uit de som u van de door de afzonderlijke bronnen geïnduceerde bijdragen  $\Delta u$ :

De radiale snelheidscomponent wordt alleen gevormd door de bijdragen  $\Delta v$  van alle singulariteiten in het veld.

Uit fig.1a kan worden afgeleid voor de bijdragen  $\Delta u$  en  $\Delta v$  van een zich ter plaatse  $x_i$  bevindende geconcentreerde bron met sterkte  $Q_i$ :

$$\Delta u_i = \frac{Q_i (x-x_i)}{4\pi \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} ; \quad \Delta v_i = \frac{Q_i \cdot r}{4\pi \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (24)$$

of met

$$r_{kar}^2 = Q/\pi \cdot V_0 :$$

$$\Delta u_i / V = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) (x-x_i)}{4 \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (25)$$

$$\Delta v_i / V = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{4 \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (26)$$

4.2. Bijdragen in u en v door bronlijnstukken

4.2.1. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type I

Wordt in verg. (25)  $Q_i$  vervangen door  $q_i \cdot dx_s$  en  $x_i$  door  $x_s$  dan volgt na substitutie van (10) en integratie over de lengte van het lijnstuk:

voor de bijdrage  $u_{Ii}$ :

$$\frac{\Delta u_{Ii}}{V_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2(x_e - x_b)^2} \underbrace{\int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_e - x_s) \cdot (x - x_s) \cdot dx_s}{\left[ (x - x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}}}_{G_I} \quad (27)$$

Voor de in (27) voorkomende integraal kan worden geschreven:

$$G_I = -(x-x_e) \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) \cdot dx_s}{\left[ (x-x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}} + \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s)^2 \cdot dx_s}{\left[ (x-x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (28)$$

Of na substitutie:

$$\begin{aligned} x-x_s &= k & x_s=x_e : k &= x-x_e \\ x_s &= x-k & x_s=x_b : k &= x-x_b \end{aligned}$$

$$G_I = +(x-x_e) \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k \cdot dk}{[k^2+r^2]^{3/2}} - \int_{x-x_b}^{x-x_e} \frac{k^2 \cdot dk}{[k^2+r^2]^{3/2}} = \quad (29)$$

$$-(x-x_e) \cdot \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} + \frac{k}{\sqrt{k^2+r^2}} - \ln(k + \sqrt{k^2+r^2}) \Big|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (30)$$

Op analoge wijze kan voor de v-component uit (26) worden afgeleid:

$$\frac{\Delta v_{Ii}}{v_0} = r_{kar}^2 \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{2(x_e-x_b)^2} \cdot \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) \cdot dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} \quad (31)$$

Voor de integraal kan ook worden geschreven:

$$-(x-x_e) \cdot \int_{x_b}^{x_e} \frac{dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} + \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} \quad (32)$$

of na substitutie van  $k = x-x_s$  en herleiding:

$$\left[ +(x-x_e) \cdot \frac{k}{r\sqrt{k^2+r^2}} + \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} \right] \Big|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (33)$$



#### 4.2.2. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type II

De snelheidsbijdragen door een lijnstuk II kunnen worden afgeleid uit (25) en (26) door  $Q_i$  daarin te vervangen door  $q_i \cdot dx_s$ ;  $x_i$  te vervangen door  $x_s$  en na substitutie van (15) over de lengte van het lijnstuk te integreren. Voor de bijdrage  $\Delta u_{II}$  wordt daarbij uit (25) verkregen:

$$\frac{\Delta u_{IIi}}{v_o} = r_{kar}^2 \frac{(Q_i/Q)}{4 \cdot (x_e - x_b)} \int_{x_b}^x \frac{(x - x_s) \cdot dx_s}{\left[ (x - x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (34)$$

na substitutie  $x - x_s = k$  en uitwerking wordt dit:

$$\frac{\Delta u_{IIi}}{v_o} = r_{kar}^2 \frac{(Q_i/Q)}{4(x_e - x_b)} \cdot \left[ \frac{1}{\sqrt{k^2 + r^2}} \right] \Bigg|_{k_b = x - x_b}^{k_e = x - x_e}$$

Op analoge wijze kan voor  $\Delta v_{III}$  uit (26) worden afgeleid:

$$\frac{\Delta v_{IIIi}}{v_o} = - r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{4(x_e - x_b)} \int_{x_b}^x \frac{dx_s}{\left[ (x - x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (36)$$

na substitutie  $x - x_s = k$  en uitwerking wordt dit:

$$\frac{\Delta v_{IIIi}}{v_o} = - r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{4(x_e - x_b)} \left[ \frac{k}{r \cdot \sqrt{k^2 + r^2}} \right] \Bigg|_{k_b = x - x_b}^{k_e = x - x_e} \quad (37)$$

#### 4.2.3. Snelheidsbijdragen door lijnstuk van type III

De snelheidsbijdragen door een lijnstuk III kunnen worden afgeleid uit (25) en (26) door  $Q_i$  daarin te vervangen door  $q_i \cdot dx_s$ ;  $x_i$  te vervangen door  $x_s$  en na substitutie van (19) over de lengte van het lijnstuk te integreren. Voor de bijdrage  $\Delta u_{III}$  wordt daarbij uit (25) verkregen:

$$\frac{\Delta u_{IIIi}}{v_o} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2 \cdot (x_e - x_b)^2} \int_{x_b}^x \frac{(x_s - x_b) \cdot (x - x_s) \cdot dx_s}{\left[ (x - x_s)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (38)$$

$G_{III}$

Voor de hierin voorkomende integraal kan worden geschreven:

$$(x-x_b) \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} - \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s)^2 \cdot dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} \quad (39)$$

of na substitutie van  $x-x_s = k$  en uitwerking:

$$\left[ (x-x_b) \cdot \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} - \frac{k}{\sqrt{k^2+r^2}} + \ln (k + \sqrt{k^2+r^2}) \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (40)$$

Op analoge wijze kan voor  $\Delta v_{IIIi}$  uit (26) worden verkregen:

$$\frac{\Delta v_{IIIi}}{v_o} = r_{kar}^2 \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{2 \cdot (x_e-x_b)^2} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_s-x_b) \cdot dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} \quad (41)$$

Voor de integraal kan ook worden geschreven:

$$(x-x_b) \int_{x_b}^{x_e} \frac{dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} - \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x-x_s) dx_s}{[(x-x_s)^2+r^2]^{3/2}} \quad (42)$$

of na substitutie van  $k = x-x_s$  en herleiding:

$$\left[ -\frac{k(x-x_b)}{r^2 \sqrt{k^2+r^2}} - \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (43)$$

4.3. Samenvatting; bijdragen van bronnen(putten) in de snelheidscomponenten \*)

Een geconcentreerde bron:

$$\frac{\Delta u}{v_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) (x-x_i)}{4 \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (44a) = (25)$$

$$\frac{\Delta v}{v_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{4 \left[ (x-x_i)^2 + r^2 \right]^{3/2}} \quad (44b) = (26)$$

Bronlijn van type I

$$\frac{\Delta u_I}{v_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2(x_e-x_b)^2} \left[ \frac{k-(x-x_e)}{\sqrt{k^2+r^2}} - \ln(k + \sqrt{k^2+r^2}) \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (45a)$$

$$\frac{\Delta v_I}{v_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{2(x_e-x_b)^2} \left[ (x-x_e) \frac{k}{r^2 \sqrt{k^2+r^2}} + \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (45b)$$

Bronlijn van type II

$$\frac{\Delta u_{II}}{v_0} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{4 \cdot (x_e-x_b)} \cdot \frac{1}{\sqrt{k^2+r^2}} \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (46a)$$

$$\frac{\Delta v_{II}}{v_0} = -r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{4(x_e-x_b)} \cdot \frac{k}{r^2 \sqrt{k^2+r^2}} \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (46b)$$

---

\*) Deze samenvatting heeft alleen betrekking op de bijdragen van de singulariteiten; bij de berekening van de resulterende in x-richting wijzende component van de snelheid dient uiteraard ook de bijdrage  $v_0$  van de parallelstrooming te worden meegeteld.

Bronlijn van type III

$$\frac{\Delta u_{III}}{v_o} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2 \cdot (x_e - x_b)^2} \left[ \frac{(x - x_b - k)}{\sqrt{k^2 + r^2}} + \ln (k + \sqrt{k^2 + r^2}) \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (47a)$$

$$\frac{\Delta v_{III}}{v_o} = r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q) \cdot r}{2 \cdot (x_e - x_b)^2} \left[ \frac{-(x - x_b) \cdot k}{r^2 \sqrt{k^2 + r^2}} - \frac{1}{\sqrt{k^2 + r^2}} \right] \Bigg|_{k=x-x_b}^{k=x-x_e} \quad (47b)$$

5. De druk in punten van stroomlijnvlakken

De druk kan met behulp van de wet van Bernoulli uit de snelheidscomponenten worden berekend:

$$p_o + \frac{1}{2}\rho v_o^2 = p - \frac{1}{2}\rho v_{res}^2 = p + \frac{1}{2}\rho \left[ (v_o + \Sigma\Delta u)^2 + (\Sigma\Delta v)^2 \right]$$

of

$$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2} = 1 - \left[ \left( 1 + \frac{\Sigma\Delta u}{v_o} \right)^2 + \left( \frac{\Sigma\Delta v}{v_o} \right)^2 \right] \quad (48)$$

6. De berekening van de stuwpunten

6.1. Algemeen

In de hier beschouwde rotatie-symmetrische situaties geldt voor de stuwpunten dat zij op de hartlijn zijn gelegen en wel bij waarden van  $x$  waarbij de snelheidscomponent in  $x$ -richting nul is zodat:

$$\boxed{\frac{u_{\text{stuwpunt}}}{V_0} = 1 + \sum \frac{\Delta u_{st}}{V_0} = 0} \quad (49)$$

Hierin is  $\sum \Delta u_{st}$  de som van de door de bronnen en putten geleverde bijdragen in de snelheid  $u$  ter plaatse van het stuwpunt.

Deze bijdragen zouden met de in par. 3 afgeleide betrekkingen kunnen worden berekend. Voor de berekening van de plaats van de stuwpunten waarbij  $r = 0$  is verdient het aanbeveling uit te gaan van de eenvoudiger betrekkingen die hieronder zijn afgeleid.

Bij de afleiding van die betrekkingen is ervan uitgegaan dat het voorste stuwpunt (bij  $x_{stv}$ ) gelegen is stroomopwaarts van het gebied waarin zich de bronnen en putten bevinden en dat slechts van een achterste stuwpunt (bij  $x_{sta}$ ) wordt gesproken indien zich een dergelijk stuwpunt stroomafwaarts van de laatste put bevindt.

De waarden van  $x_{stv}$  en  $x_{sta}$  kunnen uit (49) worden berekend indien de waarden van  $\Delta u_{st}/V_0$  als functie van  $x_{st}$  bekend zijn.

Op deze waarden van  $\Delta u/V_0$  wordt hierna ingegaan.

Voor een enkele geconcentreerde bron geldt:

in het voorste stuwpunt:

in het achterste stuwpunt:

$$\Delta u_{stv} = - \frac{Q_i}{4\pi(x_i - x_{stv})^2}$$

$$\Delta u_{sta} = + \frac{Q_i}{4\pi(x_{sta} - x_i)^2}$$

$$\frac{\Delta u_{stv}}{V_0} = -r_{kar}^2 \frac{Q_i/Q}{4(x_i - x_{stv})^2} \quad (50)$$

$$\frac{\Delta u_{sta}}{V_0} = r_{kar}^2 \frac{Q_i/Q}{4(x_{sta} - x_i)^2} \quad (51)$$

Voor het effect van een bronlijnstuk kan worden geschreven:

in het voorste stuwpunt

in het achterste stuwpunt:

$$\Delta u_{st} = - \int_{x_b}^{x_e} \frac{q_s \cdot dx_s}{4\pi(x_s - x_{stv})^2} \quad (52a)$$

$$\Delta u_{sta} = + \int_{x_b}^{x_e} \frac{q_s \cdot dx_s}{4\pi(x_{sta} - x_s)^2} \quad (52b)$$

De uitkomst hiervan is afhankelijk van type  $q_s - x_s$  verloop:

6.2. Bijdragen in  $u_{st}$  door een bronlijn van type I

Na substitutie van (10) in (52) volgt:

voor:

$$\Delta u_{Istv} = - \frac{Q_i}{2\pi(x_e - x_b)^2} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_e - x_s) \cdot dx_s}{(x_s - x_{stv})^2} \text{ of}$$

$$\frac{\Delta u_{Istv}}{V_o} = - r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2(x_e - x_b)^2} \left[ \frac{x_e - x_b}{x_b - x_{stv}} - \ln \frac{x_e - x_{stv}}{x_b - x_{stv}} \right] \quad (53)$$

achter:

$$\Delta u_{Ista} = \frac{Q_i}{2\pi(x_e - x_b)^2} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_e - x_s) \cdot dx_s}{(x_{sta} - x_s)^2} \text{ of}$$

$$\frac{\Delta u_{Ista}}{V_o} = + r_{kar}^2 \frac{(Q_i/Q)}{2(x_e - x_b)^2} \left[ \frac{x_e - x_b}{x_b - x_{sta}} - \ln \frac{x_e - x_{sta}}{x_b - x_{sta}} \right] \quad (54)$$

6.3. Bijdragen in  $u_{st}$  door een bronlijn van type II

Na substitutie van (15) in (52) volgt:

voor:

$$\Delta u_{IIstv} = - \frac{Q_i}{4\pi(x_e - x_b)} \int_{x_b}^{x_e} \frac{dx_s}{(x_s - x_{stv})^2} \text{ of}$$

$$\frac{\Delta u_{IIstv}}{V_o} = - r_{kar}^2 \cdot \frac{Q_i/Q}{4 \cdot (x_e - x_b)} \left[ \frac{1}{x_b - x_{stv}} - \frac{1}{x_e - x_{stv}} \right] \quad (55)$$

achter:

$$\Delta u_{IIsta} = + \frac{Q_i}{4\pi(x_e - x_b)} \int_{x_b}^{x_e} \frac{dx_s}{(x_{sta} - x_s)^2} \text{ of}$$

$$\frac{\Delta u_{IIsta}}{v_o} = + r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{4 \cdot (x_e - x_b)} \left[ \frac{1}{x_b - x_{sta}} - \frac{1}{x_e - x_{sta}} \right] \quad (56)$$

6.4. Bijdragen in  $u_{st}$  door een bronlijn van type III

Na substitutie van (19) in (52) volgt:

voor:

$$\Delta u_{IIIstv} = - \frac{Q_i}{2\pi(x_e - x_b)^2} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_s - x_b) \cdot dx_s}{(x_s - x_{stv})^2} \quad \text{of}$$

$$\frac{\Delta u_{IIIstv}}{v_o} = + r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2(x_e - x_b)^2} \left[ \frac{x_e - x_b}{x_e - x_{stv}} - \ln \frac{x_e - x_{stv}}{x_b - x_{stv}} \right] \quad (57)$$

achter:

$$\Delta u_{IIIsta} = + \frac{Q_i}{2 \cdot \pi(x_e - x_b)^2} \int_{x_b}^{x_e} \frac{(x_s - x_b) dx_s}{(x_{sta} - x_s)^2} \quad \text{of}$$

$$\frac{\Delta u_{IIIsta}}{v_o} = - r_{kar}^2 \cdot \frac{(Q_i/Q)}{2 \cdot (x_e - x_b)^2} \left[ \frac{x_e - x_b}{x_e - x_{sta}} - \ln \frac{x_e - x_{sta}}{x_b - x_{sta}} \right] \quad (58)$$



## 7. Enkele berekeningsresultaten

### 7.1. Algemeen

Een overzicht van de configuraties waarvoor berekende resultaten in het rapport zijn opgenomen is in het schema van fig. 2 gegeven; daarin wordt ook verwezen naar de erop betrekking hebbende figuren en naar de tabellen.

Teneinde een voor bronlijnen geschreven programma ook voor geconcentreerde bronnen te kunnen gebruiken is in een aantal gevallen niet gewerkt met een echte in één punt geconcentreerde bron maar met een zgn. "quasi geconcentreerde bron" waarmee hier wordt bedoeld een bronlijnstuk van type I met zo geringe lengte dat het praktisch als een geconcentreerde bron werkt. Een "quasi bron" is in de figuren aangeduid met het teken  $\perp$ ; voor een echte bron is een ronde stip gebruikt.

De rekenvoorbeelden zijn beperkt tot de zgn. "scheidingsstroomvlakken" of "bronput lichamen" dat wil zeggen tot die stroomvlakken die de scheiding vormen tussen de materie die uit de bronnen stroomt en in de putten weer verdwijnt enerzijds en de door deze materie verdrongen buitenstroming anderzijds. De waarde van  $r_0$  is nul voor deze gevallen. Met uitzondering van de in par. 7.2 en 7.3 besproken elementaire gevallen worden de resultaten verder zonder commentaar gegeven en wordt verwezen naar de figuren.

### 7.2. Halflichaam bij een enkele geconcentreerde bron Q

Bij de berekening van het "scheidingsstroomvlak" dient  $r_0$  gelijk nul te worden genomen. In dat geval volgt uit (4) en (5):

$$\cos\theta - \frac{2r_m^2}{r_{kar}^2} + 1 = 0 \quad (59)$$

of

$$\frac{x-x_{bron}}{\sqrt{(x-x_{bron})^2+r_m^2}} - \frac{2r_m^2}{r_{kar}^2} + 1 = 0 \quad (60)$$

Bij een serie waarden van  $r_m/r_{kar}$  kan uit (59) de hoek  $\theta$  worden berekend en uit (60) de bijbehorende waarde van  $(x-x_{bron})/r_{kar}$ . Het verloop van  $r_m/r_{kar}$  en  $(p-p_0)/(\frac{1}{2}\rho V_0^2)$  met  $(x-x_{bron})/r_{kar}$  is in tab. 1 gegeven en in fig. 3 geschetst.

7.3. Combinatie van een enkele geconcentreerde bron en een geconcentreerde put van gelijke sterkte

Voor dit geval volgt uit (4) en (5):

$$\cos \theta_1 - \cos \theta_2 - 2 \frac{r^2 - r_o^2}{r_{kar}} + 0 = 0 \quad (61)$$

of

$$\frac{x - x_{bron}}{\sqrt{(x - x_{bron})^2 + r^2}} - \frac{x - x_{put}}{\sqrt{(x - x_{put})^2 + r^2}} - \frac{2(r^2 - r_o^2)}{r_{kar}} = 0 \quad (62)$$

Voor dit eenvoudige geval is bekend dat  $r_m$  midden tussen de bron en de put een maximum  $r_{max}$  bereikt. Wordt  $x_{put} - x_{bron} =$  gelijk  $2a$  gesteld dan kan verg. (62) voor het geval  $r_o = 0$  worden geschreven:

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + r_{max}^2}} - \frac{-a}{\sqrt{a^2 + r_{max}^2}} = \frac{2r_{max}^2}{r_{kar}^2} \quad (63)$$

of

$$\left[ \frac{r_{kar}}{r_{max}} \right]^2 = \frac{\sqrt{a^2 + r_{max}^2}}{a} \quad (64)$$

Bij gekozen waarden van  $a$  en  $r_{max}$  kan met (64) de waarde van  $r_{kar}$  worden bepaald. Wordt voor  $(x_{bron} - x_{voorste\ stuwpunt})$  het symbool  $t$  ingevoerd dan geldt voor het voorste stuwpunt:

$$v_o - \frac{Q}{4\pi t^2} + \frac{Q}{4\pi (t+2a)^2} = 0 \quad (65)$$

Dit kan worden herleid tot:

$$1 - \frac{r_{kar}^2}{4} \left[ \frac{1}{t^2} - \frac{1}{(t+2a)^2} \right] = 0 \quad (66)$$

Hieruit kan  $t = x_{bron} - x_{voorste\ stuwpunt}$  worden berekend.

Het verloop van  $r_m$  met  $x$  kan uit (62) worden afgeleid .

Ter oriëntering is dit voor een geval gedaan nl. voor  $a = 0,12$ ;  $r_{max} = 0,04$  m. De resultaten zijn in tab. 2 opgenomen; het verloop van  $r_m$  en  $(p - p_o)/q_o$  met  $x$  is in fig. 3 getekend.

## 8. Commentaar

Ter verkrijging van een algemene indruk van het effect van de bron-put verdeling op de vorm van het scheidingsstroomvlak (het "lichaam") en op het drukverloop daarlangs, wordt verwezen naar de figuren 3 t/m 8.

Bij de keuze van de bronsterkte en lengte afmetingen werd ernaar gestreefd lichamen te verkrijgen die wat max. diameter en lengte betreft vergelijkbaar zijn met de bestaande stroomlijn modellen die voor weegproeven in een 40 x 40 cm tunnel worden gebruikt.

Bij de berekening van het bron-putlichaam van fig. 3 werd uitgegaan van een max. diameter van 0,08 meter ( $r_{\max} = 0,04$  m); de afstand tussen bron en put werd daarbij  $L_S = 0,24$  m gekozen.

Nadat gebleken was dat daarbij een karakteristieke straal  $r_{\text{kar}}$  van 0,04107 m behoorde werd bij alle volgende rekenvoorbeelden uitgegaan van  $r_{\text{kar}} = 0,041$  m.

Voor de lengte  $L_S$  van het gebied waarin zich bronnen en putten bevinden werd in al die gevallen 0,35 m aangehouden.

Het commentaar bij de verkregen uitkomsten wordt in dit stadium tot slechts enkele opmerkingen beperkt:

- a. Het gebruik van een serie geconcentreerde bronnen en putten ter verkrijging van een stroomlijnlichaam lijkt niet aanbevelenswaardig. Als afschrikwekkend voorbeeld is fig. 4 opgenomen. Verrassend is de zeer sterke schommeling in het drukverloop.
- b. In de configuraties 4,5 en 7 t/m 9 is in plaats van een geconcentreerde bron gewerkt met een bronlijn van type I met geringe lengte (0,001 m). Ter oriëntering is configuratie 7 ook berekend voor het geval deze bronlijn ("quasi geconcentreerde bron") door een echte geconcentreerde bron is vervangen. Vergelijking van de linker en rechterkant van tabel 7 leert dat het verschil alleen in het neusstuk tussen het stuwpunt en  $x = 0,075$  m merkbaar is en dat deze verschillen gering zijn; het stuwpunt van het lichaam met echte geconcentreerde bron ligt 0,33 mm verder stroomopwaarts dan dat voor het lichaam met "quasi bron".
- c. De configuraties 6 zijn opgenomen om een indruk te krijgen van de ligging van het achterste stuwpunt. Zoals mocht worden verwacht ligt bij kleine  $\sigma$  het achterste stuwpunt op enige afstand  $\Delta x_{\text{sta}}$  achter het achterste punt van de putlijn. Bij toeneming van  $\sigma$  neemt  $\Delta x_{\text{sta}}$  af. Voor  $\sigma > 0,267$  kan  $\Delta x_{\text{sta}}$  praktisch gelijk nul worden gesteld. Het is niet mogelijk met de gebruikte rekenprogramma's de voor potentiaalstroming in de directe omgeving van dat achterste punt geldende druk te berekenen. Hinderlijk is dit niet: als gevolg van de aanwezigheid van de grenslaag zal de druk bij de staartpunt steeds sterk verschillen van de voor een potentiaalstroming geldende waarde. Ter oriëntering omtrent de bij de staartpunt in een potentiaalstroming optredende druk is in de tabellen wel de bij  $x-x_{1b} = 0,3499$  m, dat wil zeggen op 0,1 mm stroomopwaarts van de staartpunt berekende druk opgenomen.
- d. Bij het gebruik van de rekenprogramma's dient zowel de ondergrens  $r_{\text{onder}}$  van het gebied waarin de waarde van  $r_m$  wordt berekend als de gewenste nauwkeurigheid  $\Delta r_m$  passend te worden gekozen. Bij alle berekeningen is normaal zowel voor  $r_{\text{ondergrens}}$  als voor de gewenste nauwkeurigheid  $\Delta r_m$  een waarde 0,00001 ingevoerd wanneer de maten in meters werden gegeven. In bijna alle gevallen voldeed dit; slechts bij de staartpunt van slanke lichamen ontstaan moeilijkheden.

Uiterst kleine waarden van  $r_m$  kunnen door de rekenprogramma's niet worden verwerkt. Dit heeft o.a. tot consequentie dat de waarde van de ondergrens van het  $r_m$  gebied wel klein genoeg moet worden gekozen maar ook niet te klein. Ter bevrediging van de nieuwsgierigheid naar de bruikbaarheid van de rekenmethode voor zeer kleine waarden van  $r_m$  zijn in tabel 7c voor een enkele configuratie 7b uitkomsten gegeven voor de situatie in de onmiddellijke nabijheid van de staartpunt. Voor de resultaten kan ook naar fig. 9 worden verwezen. Uit de figuur blijkt dat het berekende  $\gamma$  en  $p$  verloop tot 0,002 mm van de staartpunt er nog vertrouwenwekkend uitziet.

Voor de nog dichterbij de staartpunt gelegen punten zijn de maten in mm ingevoerd en is de ingevoerde waarde van  $r_m$  verkleind tot  $10^{-10}$  mm. De berekende drukverdeling loopt nog glad door tot 0,0001 mm van de staartpunt; daarentegen vertoont het verloop van  $\gamma$  met  $x-x_1$  reeds op 0,002 mm van de staartpunt een onregelmatig verloop.

- e. Voor gebruik in het windtunnelpracticum LSL-2 zijn modellen vervaardigd waarvan de vorm overeenkomt met de verdringingslichamen van de configuraties 9 en 20. Deze zijn gebruikt voor de bestudering van "buoyancy"-effekt. Het is wenselijk voor de voortzetting van dit onderzoek ook modellen te maken die van drukmeet-gaatjes zijn voorzien.

Tabel 1

Halflichaam bij een enkele geconcentreerde bron

$\frac{r_m}{r_{kar}}$	$\frac{x-x_{bron}}{r_{kar}}$	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1+u/v_o$	$v/v_o$	voor $r_{kar} = 0,04107$ m $x-x_{bron}$ m $r_m$ m *)	
0	-0,50000	1,000	90,00	0,00000	0,00000	-0,02054	0
0,01	-0,49992	1,000	89,14	0,00030	0,02000	-0,02053	0,00041
0,02	-0,49970	0,998	88,28	0,00120	0,03998	-0,02052	0,00082
0,03	-0,49932	0,996	87,42	0,00270	0,05992	-0,02051	0,00123
0,04	-0,49880	0,994	86,56	0,00479	0,07981	-0,02049	0,00164
0,05	-0,49812	0,990	85,70	0,00749	0,09963	-0,02046	0,00205
0,075	-0,49577	0,978	83,55	0,01681	0,14874	-0,02036	0,00719
0,1	-0,49247	0,960	81,40	0,02980	0,19701	-0,02023	0,00411
0,2	-0,46949	0,845	72,75	0,11680	0,37624	-0,01928	0,00821
0,3	-0,42980	0,664	64,02	0,25380	0,52085	-0,01765	0,01232
0,4	-0,37097	0,437	55,15	0,42880	0,61590	-0,01524	0,01643
0,5	-0,28868	0,188	46,10	0,62500	0,64952	-0,01186	0,02054
0,6	-0,17500	-0,051	36,82	0,82080	0,61440	-0,00719	0,02464
0,7	-0,01400	-0,240	27,26	0,98980	0,50990	-0,00057	0,02875
0,70711	0	-0,250	26,57	1,00000	0,50000	0	0,02904
0,75	0,09449	-0,301	22,37	1,05469	0,43407	0,00388	0,03080
0,8	0,23333	-0,331	17,43	1,10080	0,34560	0,00958	0,03286
0,825	0,31962	-0,333	14,95	1,11537	0,29781	0,01313	0,03388
0,85	0,42238	-0,324	12,47	1,12349	0,24851	0,01735	0,03491
0,875	0,54867	-0,304	10,01	1,12451	0,19857	0,02253	0,03594
0,9	0,71119	-0,272	7,60	1,11780	0,14907	0,02921	0,03696
0,925	0,93594	-0,226	5,26	1,10269	0,10149	0,03844	0,03799
0,95	1,28903	-0,166	3,07	1,07849	0,05784	0,05294	0,03902
0,975	2,02797	-0,091	1,17	1,04450	0,02139	0,08329	0,04004
0,99	3,40334	-0,039	0,31	1,01911	0,00556	0,13978	0,04066
0,995	4,90639	-0,020	0,11	1,00978	0,00198	0,20151	0,04086
0,9975	7,00482	-0,010	0,04	1,00494	0,00070	0,28769	0,04097
0,9999	35,34208	-0,00	0,00	1,00020	0,00001	1,45150	0,04107

\*) zie ook figuur 3.

Tabel 2

## Configuratie 2

1 geconcentreerde bron + 1 geconcentreerde put

 $r_{kar} = 0,04107$  m;  $r_{max} = 0,04$  m;  $L_s = 0,24$  m

$x-x_{bron}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho V_o^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1 + u/V_o$	$v/V_o$
-0,020467	0	"1"	"90"	0	0
-0,020	0,00505	0,939	79,39	0,04541	0,24240
-0,0195	0,00723	0,877	74,77	0,09224	0,33873
-0,019	0,00887	0,817	71,31	0,13717	0,40538
-0,018	0,01141	0,704	65,87	0,22250	0,49676
-0,017	0,01344	0,599	61,52	0,30185	0,55649
-0,016	0,01514	0,503	57,81	0,37569	0,59674
-0,015	0,01664	0,414	54,55	0,44391	0,62359
-0,014	0,01797	0,333	51,63	0,50716	0,64049
-0,013	0,01917	0,258	48,97	0,56551	0,64990
-0,012	0,02027	0,189	46,51	0,61959	0,65325
-0,011	0,02129	0,127	44,23	0,66955	0,65179
-0,010	0,02223	0,07	42,12	0,71537	0,64680
-0,0075	0,02430	-0,051	37,37	0,81455	0,62221
-0,005	0,02608	-0,144	33,27	0,89424	0,58678
-0,0025	0,02760	-0,215	29,69	0,95751	0,54597
0	0,02893	-0,267	26,53	1,00716	0,50271
0,005	0,03114	-0,329	21,24	1,07465	0,41759
0,010	0,03287	-0,352	17,04	1,11174	0,34071
0,015	0,03423	-0,351	13,70	1,12916	0,27520
0,020	0,03533	-0,336	11,04	1,13443	0,22130
0,025	0,03621	-0,314	8,92	1,13252	0,17777
0,030	0,03691	-0,290	7,23	1,12669	0,14302
0,040	0,03795	-0,242	4,82	1,11061	0,09356
0,050	0,03865	-0,202	3,26	1,09453	0,06233
0,060	0,03912	-0,170	2,24	1,08099	0,04225
0,070	0,03945	-0,147	1,55	1,07038	0,02893
0,080	0,03967	-0,129	1,07	1,06243	0,01976
0,090	0,03983	-0,117	0,71	1,05673	0,01312
0,100	0,03993	-0,109	0,44	1,05291	0,00803
0,110	0,03998	-0,104	0,21	1,05071	0,00381
0,120	0,04000	-0,102	0	1,05000	0

\*) zie fig. 3

Tabel 3:

Configuratie 3:

2 geconcentreerde bronnen + 3 geconcentreerde putten

$r_{kar} = 0,04 \text{ m}$ ;  $L_s = 0,3 \text{ m}$

i =	1	2	3	4	5
$Q_i/Q$	0,25	0,75	-0,7	-0,2	-0,1
$x_i-x_1$	0	0,025	0,15	0,25	0,3 m

$x-x_1$ m	$r_m$ *) m	$\frac{P-P_o}{\frac{1}{2}\rho V_o^2}$ *)	$\gamma$ graden
-0,011 289 89	"0"	"1"	"90"
-0,011	0,00303	+0,948	79,11
-0,005	0,01342	+0,329	44,00
0	0,01742	+0,176	34,41
0,01	0,02337	+0,031	28,34
0,0175	0,02713	-0,133	24,56
0,025	0,03017	-0,265	19,50
0,04	0,03414	-0,338	10,68
0,05	0,03566	-0,314	6,82
0,06	0,03661	-0,280	4,23
0,075	0,03737	-0,241	1,75
0,09	0,03759	-0,225	0,01
0,0901	0,03759	-0,225	0,00
0,1	0,03750	-0,228	-1,13
0,11	0,03718	-0,240	-2,51
0,125	0,03615	-0,264	-5,62
0,14	0,03404	-0,242	-10,78
0,15	0,03175	-0,137	-14,94
0,16	0,02883	+0,053	-16,93
0,17	0,02603	+0,197	-13,36
0,175	0,02498	+0,214	-10,42
0,18	0,02418	+0,203	-7,81
0,19	0,02314	+0,147	-4,44
0,20	0,02252	+0,085	-2,91
0,215	0,02186	+0,001	-2,52
0,225	0,02134	-0,060	-3,43
0,23	0,02101	-0,092	-4,42
0,24	0,01994	-0,142	-8,25
0,245	0,01908	-0,129	-11,29
0,25	0,01794	-0,055	-14,53
0,255	0,01654	+0,080	-16,09
0,26	0,01518	+0,195	-13,71
0,265	0,01417	+0,214	-9,20
0,27	0,01352	+0,168	-5,91
0,275	0,01308	+0,104	-4,33
0,28	0,01272	+0,034	-4,02
0,285	0,01235	-0,043	-4,93
0,29	0,01181	-0,133	-7,63
0,294	0,01113	-0,205	-12,13
0,295	0,01090	-0,217	-13,76
0,296	0,01064	-0,226	-15,65
0,297	0,01033	-0,228	-17,86
0,298	0,00999	-0,220	-20,40
0,3	0,00912	-0,163	-26,86
0,3015	0,00826	-0,062	-33,18
0,303	0,00712	+0,116	-41,35
0,3064	0,00069	+0,989	-85,34
0,306 427 30	"0"	"1"	"-90"

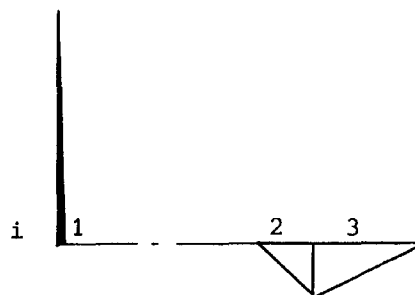
\*) zie figuur 4

Tabel 4

Configuratie 4:

quasi geconcentreerde bron + 2 putlijnstukken:

$r_{kar} = 0,041 \text{ m} ; L_s = 0,35 \text{ m}.$



i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s$	0,002 857	0,075	0,3
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-0,2	-0,8
	$x_{b1} = 0$	$x_{b2} = 0,21875 \text{ m}$	$x_{b3} = 0,245 \text{ m}$
	$x_{e1} = 0,001 \text{ m}$	$x_{e2} = 0,245 \text{ m}$	$x_{e3} = 0,35 \text{ m}$

-x m	$r_m$ m	$\frac{P-P_o}{\frac{1}{2}\rho V^2}$	$\gamma$ graden	$1+u/v_o$	$v/v_o$
-0,015	0,016 12	0,445	55,64	0,42036	0,61495
-0,01	0,021 89	0,091	42,83	0,69932	0,64817
0	0,028 74	-0,258	26,93	0,99989	0,50797
0,01	0,032 74	-0,347	17,29	1,10831	0,34505
0,025	0,036 13	-0,311	9,06	1,13077	0,18031
0,05	0,038 62	-0,197	3,33	1,09239	0,06361
0,075	0,039 57	-0,130	1,36	1,06283	0,02525
0,1	0,039 96	-0,098	0,55	1,04794	0,01003
0,125	0,040 10	-0,087	0,10	1,04245	0,00173
0,15	0,040 05	-0,090	-0,32	1,04406	-0,00575
0,175	0,039 79	-0,110	-0,95	1,05334	-0,01767
0,2	0,039 10	-0,151	-2,43	1,07189	-0,04546
0,225	0,037 36	-0,196	-5,94	1,08766	-0,11309
0,25	0,033 55	-0,157	-11,58	1,05375	-0,21598
0,275	0,027 23	-0,019	-16,36	0,96862	-0,28428
0,3	0,019 19	+0,123	-19,05	0,88500	-0,30554
0,325	0,010 12	+0,260	-20,80	0,80437	-0,30552
0,3499	0,000 05	+0,721	-27,39	0,46902	-0,24306

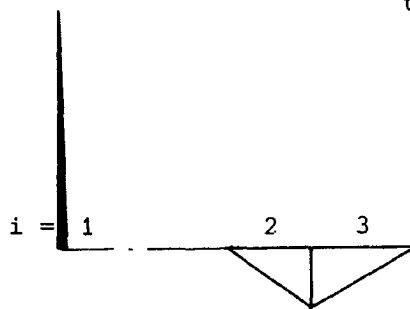


Tabel 5

Configuratie 5:

quasi geconcentreerde bron + 2 putlijnstukken

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s$	0,002 857	0,225	0,3
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-3/7	-4/7
	$x_{1b} = 0$	$x_{2b} = 0,16625 \text{ m}$	$x_{3b} = 0,245 \text{ m}$
	$x_{1e} = 0,001 \text{ m}$	$x_{2e} = 0,245 \text{ m}$	$x_{3e} = 0,35 \text{ m}$

$x - x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p - p_o}{\frac{1}{2}\rho V^2}$	$\gamma$ graden	$1 + u/V_o$	$v/V_o$
-0,015	0,016 11	0,445	55,65	0,42039	0,61519
-0,01	0,021 87	0,090	42,83	0,69974	0,64869
0	0,028 73	-0,260	26,92	1,00092	0,50831
0,01	0,032 72	-0,350	17,28	1,10965	0,34516
0,025	0,036 10	-0,315	9,04	1,13235	0,18007
0,05	0,038 58	-0,202	3,29	1,09447	0,06297
0,075	0,039 51	-0,137	1,29	1,06582	0,02405
0,1	0,039 86	-0,108	0,42	1,05257	0,00768
0,125	0,039 91	-0,102	-0,19	1,04998	-0,00340
0,15	0,039 67	-0,116	-1,00	1,05607	-0,01839
0,175	0,038 93	-0,140	-2,59	1,06674	-0,04816
0,2	0,037 25	-0,153	-5,23	1,06951	-0,09784
0,225	0,034 22	-0,135	-8,71	1,05313	-0,16142
0,25	0,029 52	-0,066	-12,57	1,00776	-0,22475
0,275	0,023 24	+0,041	-15,31	0,94476	-0,25867
0,3	0,016 03	+0,137	-16,72	0,88965	-0,26730
0,325	0,008 29	+0,232	-17,66	0,83518	-0,26590
0,3499	0,000 03	+0,597	-24,86	0,57619	-0,26694

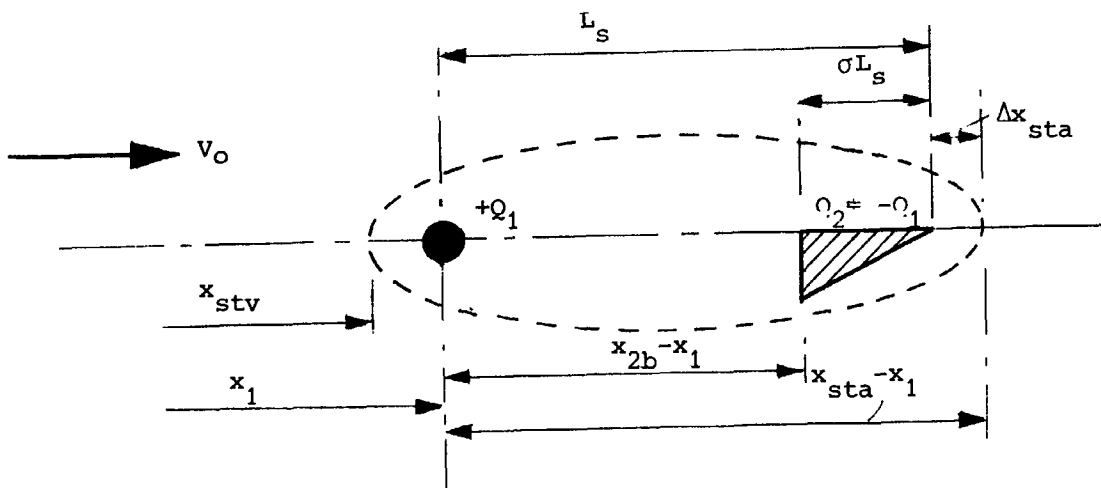
Tabel 6

Ligging van de stuwpunten voor de configuratie 6:

1 bron + 1 putlijn type I; lang  $\sigma \cdot L_s$

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}$ ;  $L_s = 0,35 \text{ m}$

$\sigma L_s$ mm	$\sigma$	$x_{2b} - x_1$ m	stuwv.voor $x_{stv} - x_1$ m	stuwv.achter $x_{sta} - x_1$ m	$\Delta x_{sta}$ mm
3,5	0,01	0,34650	-0,02047	0,36819	18,19
17,5	0,05	0,33250	-0,02047	0,36024	10,24
35	0,1	0,31500	-0,02046	0,35361	3,61
45,5	0,13	0,30450		0,35151	1,51
52,5	0,15	0,29750	-0,02046	0,35074	0,74
70,0	0,2	0,28000	-0,02046	0,35007	0,07
87,5	0,25	0,26250	-0,02045	0,35000345	0,0035
91,0	0,26	0,25900		0,35000170	0,0017
92,75	0,265	0,25725		0,35000118	0,0012
93,45	0,267	0,25655		0,35000102	0,0010
93,5375	0,26725	0,2564625		0,35000100	0,001
93,625	0,2675	0,256375			
116,68	0,33333	0,23333	-0,02045		
140	0,4	0,21000	-0,02044	geen vrij	
175	0,5	0,17500	-0,02043	stuwpunt	
262,5	0,75	0,08750	-0,02035	achter meer	
350	1	0	-0,01952		

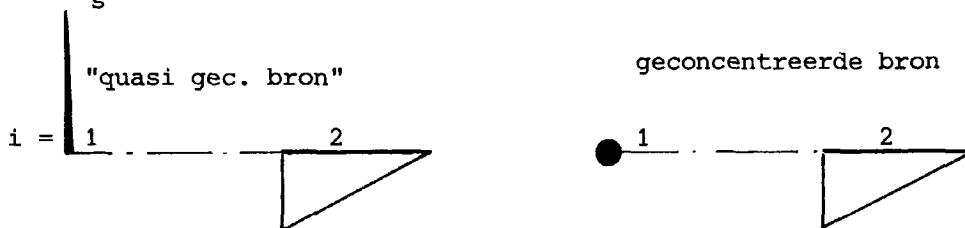


Tabel 7

Configuratie 7 + variant met geconcentreerde bron

"bron" + putlijn type I

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



Tabel 7a; conf. 7

Tabel 7b; conf. 7b

i	1	2	1	2
$(x_e - x_b)/L_s$	0,002 857	0,4	0	0,4
type	I	I	(gec.bron)	I
$Q_i/Q$	+1	-1	+1	-1
	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,21\text{m}$	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,21 \text{ m}$
	$x_{1e}=0,001 \text{ m}$	$x_{2e}=0,35\text{m}$	$x_{1e}=0$	$x_{2e}=0,35 \text{ m}$

$x - x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2}$ *)	$\gamma$ graden	$r_m$ m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2}$	$\gamma$ graden
-0,02044 *)				"0"	"1"	"90"
-0,02011 *)	"0"	"1"	"90"	0,00424	+0,957	81,08
-0,019	0,00772	+0,860	73,71	0,00878	+0,820	71,46
-0,015	0,01611	+0,445	55,67	0,01658	+0,416	54,63
-0,01	0,02188	+0,090	42,83	0,02218	+0,072	42,14
-0,005	0,02581	-0,132	33,80	0,02603	-0,143	33,29
0	0,02873	-0,260	26,93	0,02890	-0,266	26,53
0,005	0,03097	-0,325	21,55	0,03110	-0,328	21,23
0,01	0,03273	-0,350	17,28	0,03283	-0,350	17,03
0,015	0,03411	-0,350	13,89	0,03420	-0,349	13,69
0,02	0,03522	-0,335	11,19	0,03529	-0,334	11,03
0,03	0,03683	-0,289	7,33	0,03687	-0,288	7,23
0,04	0,03788	-0,241	4,88	0,03791	-0,240	4,82
0,05	0,03859	-0,201	3,31	0,03861	-0,199	3,27
0,075	0,03953	-0,135	1,32	0,03954	-0,134	1,30
0,1	0,03990	-0,105	0,47			
0,125	0,03999	-0,097	-0,05			
0,15	0,03984	-0,108	-0,65			
0,175	0,03934	-0,139	-1,81			
0,2	0,03801	-0,184	-4,65			
0,225	0,03493	-0,162	-9,57			
0,25	0,02973	-0,051	-13,53			
0,275	0,02319	+0,055	-15,57			
0,3	0,01593	+0,144	-16,71			
0,325	0,00822	+0,234	-17,56			
0,34	0,00339	+0,315	-18,19			
0,345	0,00173	+0,365	-18,59			
0,349	0,00036	+0,468	-19,53	0,00036	+0,468	-19,53
0,3499	0,00004	+0,594	-19,29	0,00004	+0,595	-21,81

↑  
gelijk aan tabel  
links  
↓

\*) Zie figuur 5

Tabel 7c:

Configuratie 7b

Berekeningen dicht bij de staartpunt  
(vervolg van tabel 7b)

x-x <sub>1</sub> maten ingevoerd in m	instelling rekenprogramma IIIB **)		r <sub>m</sub> m	p-p <sub>o</sub> ½ρV <sub>o</sub> <sup>2</sup>	γ graden				
	ondergrens van r <sub>m</sub>	nauwkeurig- heid van r <sub>m</sub>							
0,349	10 <sup>-5</sup> m	10 <sup>-5</sup> m	0,000 36	+0,468	-19,53				
0,349 9			0,000 04	+0,595	-21,81				
0,349	10 <sup>-5</sup> m	10 <sup>-7</sup> m	0,000 364 5	+0,468	-19,44				
0,349 9			0,000 039 4	+0,595	-20,81				
0,349	10 <sup>-6</sup> m	10 <sup>-10</sup> m	0,000 364 518	+0,468	-19,44				
0,349 9			0,000 039 393	+0,595	-20,79				
0,349 99	↑ ↓	↑ ↓	0,000 004 312	+0,703	-22,42				
0,349 991			0,000 003 898	0,708	-22,51				
0,349 992			0,000 003 483	0,713	-22,60				
0,349 993			0,000 003 066	0,718	-22,70				
0,349 994			0,000 002 646	0,725	-22,83				
0,349 995			0,000 002 225	0,732	-22,97				
0,349 996			0,000 001 799	0,741	-23,15				
0,349 997			10 <sup>-6</sup> m	10 <sup>-10</sup> m	0,000 001 369	0,753	-23,37		
maten inge- voerd in mm			↑ ↓	↑ ↓	10 <sup>-5</sup> mm	10 <sup>-10</sup> mm	0,000 001 153	0,760	-23,49
349,997 5					0,000 001 045	0,764	-23,54		
349,997 75	0,000 000 929	0,768			-23,76				
349,998	0,000 000 891	0,770			-23,65				
349,998 1	0,000 000 845	0,772			-23,75				
349,998 2	0,000 000 800	0,774			-23,81				
349,998 3	0,000 000 753	0,777			-23,93				
349,998 4	0,000 000 715	0,779			-23,77				
349,998 5	0,000 000 669	0,781			-23,84				
349,998 6	0,000 000 623	0,784			-23,96				
349,998 7	0,000 000 576	0,787			-23,07				
349,998 8	0,000 000 529	0,790			-24,22				
349,998 9	0,000 000 495	0,793			-23,73				
349,999	0,000 000 448	0,797			-23,84				
349,999 1	0,000 000 405	0,801			-23,70				
349,999 2	0,000 000 358	0,806			-23,78				
349,999 3	0,000 000 310	0,811			-23,86				
349,999 4	0,000 000 287	0,814			-23,90				
349,999 5	0,000 000 260	0,817			-24,12				
349,999 6	0,000 000 215	0,824			-23,96				
349,999 7	0,000 000 166	0,833	-23,90						
349,999 8	0,000 000 123	0,844	(-22,58)						
349,999 9	0,000 000 082	0,858	(-18,56)						

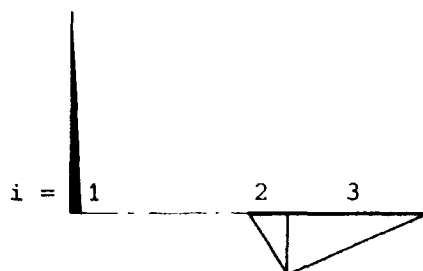
\*) zie figuur 9

\*\*) in intern rapport LSW 84-5

Tabel 8

Configuratie 8:  
quasi gec. bron + 2 putlijnstukken

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s$	0,002 857	0,1	0,4
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-0,2	-0,8
	$x_{1b} = 0$	$x_{2b} = 0,175 \text{ m}$	$x_{3b} = 0,21 \text{ m}$
	$x_{1e} = 0,001 \text{ m}$	$x_{2e} = 0,21 \text{ m}$	$x_{3e} = 0,35 \text{ m}$

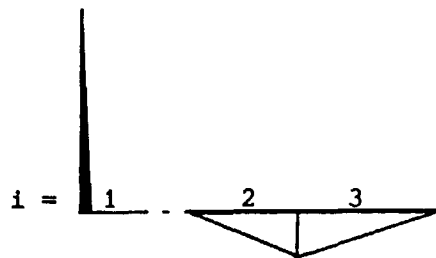
$x - x_{1b}$ m	$z_m$ *) m	$\frac{p - p_o}{\frac{1}{2}\rho v^2}$	$\gamma$ graden	$1 + u/v_o$	$v/v_o$
-0,015	0,016 10	0,445	55,67	0,42024	0,61537
-0,01	0,021 87	0,089	42,83	0,70001	0,64884
0	0,028 72	-0,261	26,92	1,00141	0,50857
0,01	0,032 71	-0,352	17,27	1,11028	0,34523
0,025	0,036 09	-0,316	9,02	1,13307	0,17995
0,05	0,038 56	-0,204	3,28	1,09541	0,06269
0,075	0,039 48	-0,139	1,26	1,06717	0,02355
0,1	0,039 82	-0,112	0,37	1,05464	0,00674
0,125	0,039 84	-0,110	-0,29	1,05336	-0,00533
0,15	0,039 52	-0,128	-1,24	1,06202	-0,02303
0,175	0,038 59	-0,163	-3,30	1,07640	-0,06213
0,2	0,036 38	-0,166	-7,04	1,07186	-0,13234
0,225	0,032 37	-0,096	-10,96	1,02781	-0,19910
0,25	0,026 94	-0,001	-13,29	0,97360	-0,23004
0,275	0,020 73	+0,077	-14,45	0,93038	-0,23982
0,3	0,014 12	+0,142	-15,14	0,89400	-0,24181
0,325	0,007 23	+0,212	-15,68	0,85463	-0,23993
0,3499	0,000 03	+0,517	-17,61	0,66213	-0,21022

\*) zie fig. 5

Tabel 9

Configuratie 9:  
quasi gec. bron + 2 putlijnstukken

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s =$	0,002 857	0,3	0,4
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-3/7	-4/7
	$x_{1b} = 0$	$x_{2b} = 0,105 \text{ m}$	$x_{3b} = 0,21 \text{ m}$
	$x_{1e} = 0,001 \text{ m}$	$x_{2e} = 0,21 \text{ m}$	$x_{3e} = 0,35 \text{ m}$

$x - x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p - p_o}{\rho v^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1 + u/v_o$	$v/v_o$
-0,02009	"0"	"1"	"90"		
-0,019	0,007 63	0,862	73,87	0,10325	0,35706
-0,0181	0,010 25	0,756	68,28	0,18281	0,45897
-0,018	0,010 50	0,745	67,76	0,19130	0,46773
-0,0179	0,010 74	0,733	67,23	0,19989	0,47614
-0,017	0,012 69	0,636	63,05	0,27338	0,53765
-0,016	0,014 49	0,536	59,14	0,34927	0,58455
-0,015	0,016 06	0,444	55,71	0,41998	0,61600
-0,0125	0,019 27	0,245	48,61	0,57438	0,65169
-0,01	0,021 83	0,086	42,84	0,70096	0,64999
-0,0075	0,023 96	-0,040	37,98	0,80373	0,62739
-0,005	0,025 77	-0,137	33,78	0,88637	0,59301
0	0,028 68	-0,267	26,90	1,00383	0,50924
0,005	0,030 92	-0,333	21,50	1,07435	0,42325
0,01	0,032 67	-0,359	17,22	1,11342	0,34516
0,02	0,035 15	-0,346	11,11	1,13831	0,22351
0,025	0,036 03	-0,325	8,95	1,13699	0,17901
0,03	0,036 74	-0,301	7,22	1,13161	0,14344
0,04	0,037 77	-0,255	4,74	1,11626	0,09258
0,05	0,038 45	-0,216	3,13	1,10101	0,06013
0,06	0,038 90	-0,186	2,04	1,08853	0,03873
0,07	0,039 18	-0,165	1,26	1,07931	0,02377
0,075	0,039 28	-0,158	0,94	1,07585	0,01774
0,08	0,039 35	-0,152	0,66	1,07308	0,01231
0,09	0,039 42	-0,144	0,13	1,06937	0,00241
0,1	0,039 39	-0,140	-0,39	1,06758	-0,00733
0,11	0,039 28	-0,139	-0,95	1,06696	-0,01782
0,12	0,039 06	-0,139	-1,58	1,06675	-0,02951
0,125	0,038 90	-0,139	-1,92	1,06659	-0,03584
0,13	0,038 72	-0,139	-2,28	1,06631	-0,04246
0,14	0,038 25	-0,138	-3,04	1,06524	-0,05649
0,15	0,037 65	-0,136	-3,85	1,06330	-0,07149
0,16	0,036 90	-0,132	-4,71	1,06029	-0,08735
0,17	0,036 00	-0,126	-5,62	1,05597	-0,10400
0,175	0,035 49	-0,122	-6,10	1,05323	-0,11261

zie vervolg blz. 37

Tabel 9 vervolg

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_0}{\frac{1}{2}\rho v^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1 + u/v_0$	$v/v_0$
0,175	0,035 49	-0,122	-6,10	1,05323	-0,11261
0,18	0,034 93	-0,117	-6,59	1,05003	-0,12137
0,19	0,033 69	-0,105	-7,61	1,04203	-0,13915
0,2	0,032 26	-0,089	-8,64	1,03151	-0,15666
0,21	0,030 65	-0,067	-9,62	1,01832	-0,17263
0,22	0,028 88	-0,041	-10,48	1,00321	-0,18554
0,225	0,027 94	-0,027	-10,84	0,99545	-0,19055
0,23	0,026 96	-0,014	-11,15	0,98781	-0,19461
0,24	0,024 95	+0,012	-11,63	0,97345	-0,20042
0,25	0,022 86	0,036	-11,99	0,96059	-0,20396
0,26	0,020 71	0,057	-12,25	0,94908	-0,20609
0,27	0,018 52	0,076	-12,46	0,93862	-0,20736
0,275	0,017 41	0,085	-12,55	0,93366	-0,20778
0,28	0,016 29	0,094	-12,63	0,92884	-0,20806
0,29	0,014 04	0,111	-12,77	0,91945	-0,20833
0,3	0,011 76	0,128	-12,89	0,91008	-0,20830
0,31	0,009 46	0,146	-13,01	0,90031	-0,20795
0,32	0,007 14	0,166	-13,12	0,88946	-0,20738
0,325	0,005 97	0,177	-13,19	0,88325	-0,20703
0,33	0,004 80	0,190	-13,25	0,87620	-0,20633
0,34	0,002 43	0,225	-13,43	0,85639	-0,20457
0,3499	0,000 03	0,409	-13,18	0,74831	-0,17523

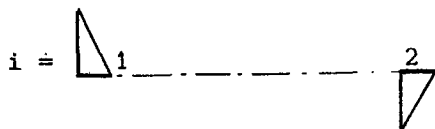
\*) Zie figuren 5 en 8

Tabel 10

Configuratie 10:

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,1$

$r_{kar} = 0,041$  m;  $L_s = 0,35$  m

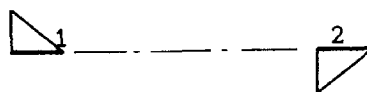


Tabel 11

Configuratie 11:

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,15$

$r_{kar} = 0,041$  m;  $L_s = 0,35$  m



$i =$	1	2	1	2
$(x_e - x_b)/L_s =$	0,1	0,1	0,15	0,15
type	I	I	I	I
$Q_i/Q$	+1	-1	+1	-1
	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,315$ m	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,2975$ m
	$x_{1e}=0,035$ m	$x_{2e}=0,35$ m	$x_{1e}=0,0525$ m	$x_{2e}=0,35$ m

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v^2}$ *)	$\gamma$ graden	$x-x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v^2}$ )	$\gamma$ graden
-0,01252	"0"	"1"	"90"	-0,01029	"0"	"1"	"90"
-0,01	0,00077	0,998	88,00	-0,01	0,00333	+0,957	80,03
-0,005	0,01760	0,295	47,36	-0,005	0,01391	+0,446	51,60
0	0,02215	0,052	37,78	0	0,01903	+0,172	40,37
0,01	0,02823	-0,199	25,54	0,01	0,02567	-0,102	27,74
0,02	0,03214	-0,291	17,59	0,02	0,03005	-0,219	20,00
0,03	0,03476	-0,302	12,02	0,03	0,03313	-0,264	14,48
0,05	0,03769	-0,236	5,51	0,05	0,03684	-0,248	7,23
0,075	0,03926	-0,150	2,19	0,075	0,03891	-0,169	2,87
0,1	0,03990	-0,101	0,97	0,1	0,03974	-0,114	1,21
0,125	0,04020	-0,076	0,44	0,125	0,04010	-0,085	0,53
0,15	0,04032	-0,065	0,16	0,15	0,04024	-0,073	0,17
0,175	0,04035	-0,063	-0,05	0,175	0,04026	-0,071	-0,09
0,2	0,04028	-0,069	-0,27	0,2	0,04016	-0,080	-0,39
0,225	0,04009	-0,086	-0,64	0,225	0,03989	-0,103	-0,93
0,25	0,03967	-0,120	-1,39	0,25	0,03926	-0,150	-2,15
0,275	0,03871	-0,185	-3,30	0,275	0,03772	-0,231	-5,44
0,3	0,03628	-0,286	-8,74	0,3	0,03368	-0,274	-14,08
0,31	0,03438	-0,309	-13,05				
0,325	0,02959	-0,226	-23,04	0,325	0,02389	+0,019	-29,11
0,34	0,02080	+0,141	-38,41				
0,3499	0,01029	+0,643	-56,58	0,03499	0,00255	0,882	-61,45
0,35	0,01014	+0,651	-56,88	0,35	0,00237	0,892	-62,38
0,353	0,00394	+0,919	-73,29	0,3507	0,00047	0,992	-81,11
				0,35074	"0"	"1"	"90"
0,35361	"0"	"1"	"90"				

\*) zie figuur 6

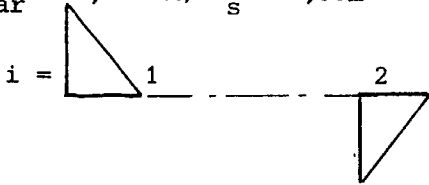


Tabel 12

Configuratie 12

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,2$

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}$ ;  $L_s = 0,35 \text{ m}$

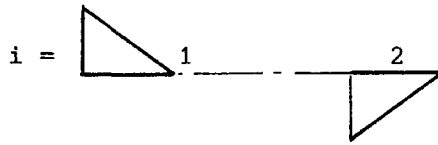


Tabel 13

Configuratie 13

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,25$

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}$ ;  $L_s = 0,35 \text{ m}$



$i =$	1	2	1	2
$(x_e - x_b)/L_s =$	0,2	0,2	0,25	0,25
type	I	I	I	I
$Q_i/Q$	+1	-1	+1	-1
$x_{1b} =$	0	$x_{2b} = 0,28 \text{ m}$	0	$x_{2b} = 0,2625 \text{ m}$
$x_{1e} =$	$0,07 \text{ m}$	$x_{2e} = 0,35 \text{ m}$	$x_{1e} = 0,0875 \text{ m}$	$x_{2e} = 0,35 \text{ m}$

$x - x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p - p_o}{\frac{1}{2} \rho v^2}$	$\gamma$ graden	$x - x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p - p_o}{\frac{1}{2} \rho v^2}$ *)	$\gamma$ graden
-0,00869	"0"	"1"	"90"	-0,00748	"0"	"1"	"90"
-0,008	0,00474	+0,894	73,79	-0,005	0,00840	0,659	59,09
-0,005	0,01089	+0,561	55,29	0	0,01440	+0,304	42,74
0	0,01646	+0,251	41,85	0,01	0,02142	0,016	28,96
0,01	0,02338	-0,031	28,70	0,02	0,02610	-0,103	21,76
0,02	0,02799	-0,153	21,25	0,03	0,02959	-0,163	16,93
0,03	0,03134	-0,211	16,09	0,05	0,03437	-0,207	10,38
0,05	0,03570	-0,236	9,02	0,075	0,03768	-0,193	5,11
0,075	0,03840	-0,187	3,87	0,1	0,03919	-0,147	2,15
0,1	0,03951	-0,130	1,58	0,125	0,03980	-0,110	0,84
0,125	0,03997	-0,096	0,65	0,15	0,04002	-0,094	0,21
0,15	0,04015	-0,082	0,19	0,175	0,04001	-0,095	-0,26
0,175	0,04015	-0,081	-0,15	0,2	0,03976	-0,114	-0,91
0,2	0,04000	-0,094	-0,59	0,225	0,03911	-0,158	-2,31
0,225	0,03958	-0,126	-1,42	0,25	0,03742	-0,224	-5,95
0,25	0,03858	-0,188	-3,52	0,275	0,03328	-0,202	-13,39
0,275	0,03601	-0,256	-9,05	0,3	0,02541	+0,004	-21,08
0,3	0,02981	-0,146	-19,21	0,325	0,01434	+0,260	-26,39
0,325	0,01842	+0,196	-29,34	0,34	0,00639	+0,453	-29,66
0,33	0,01549	+0,279	-31,25	0,345	0,00344	+0,557	-31,53
0,3499	0,00042	+0,934	-57,36	0,3499	0,00012	+0,891	-44,19
0,35	0,00024	0,963	-63,37	0,3500	"0"	"1"	"-55,85?"
0,35007	"0"	"1"	"90"				

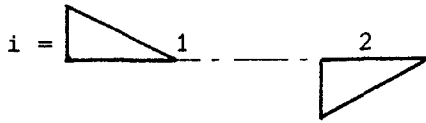
\*) Zie figuur 6.

Tabel 14

Configuratie 14:

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,3$

$r_{kar} = 0,041m$ ;  $L_s = 0,35 m$



i	1	2
$(x_e - x_b)/L_s =$	0,3	0,3
type	I	I
$Q_i/Q$	+1	-1
	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,245m$
	$x_{1e}=0,105m$	$x_{2e}=0,35 m$

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v^2}$	$\gamma$ graden
-0,00655	0	1	90
-0,005	0,00627	+0,751	63,47
0	0,01273	+0,341	43,31
0,01	0,01977	+0,047	28,85
0,02	0,02445	-0,067	21,81
0,03	0,02798	-0,126	17,26
0,05	0,03297	-0,177	11,23
0,075	0,03675	-0,186	6,27
0,1	0,03872	-0,160	2,96
0,125	0,03956	-0,126	1,14
0,15	0,03984	-0,109	0,24
0,175	0,03980	-0,113	-0,44
0,2	0,03941	-0,140	-1,48
0,225	0,03831	-0,194	-3,94
0,25	0,03550	-0,216	-9,44
0,275	0,02978	-0,089	-16,03
0,3	0,02149	+0,092	-20,27
0,325	0,01155	+0,268	-22,97
0,3499	0,00007	+0,796	-32,95

Tabel 15

Configuratie 15

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,4$

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



Tabel 16

Configuratie 16

bronlijn + putlijn:  $\sigma = 0,5$

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}; L_s = 0,35 \text{ m}$



i	1	2	1	2
$(x_e - x_b)/L_s = 0,4$		0,4	0,5	0,5
type	I	I	I	I
$Q_i/Q$	+1	-1	+1	-1
$x_{1b}=0$		$x_{2b}=0,21\text{m}$	$x_{1b}=0$	$x_{2b}=0,175\text{m}$
$x_{1e}=0,14\text{m}$		$x_{2e}=0,35\text{m}$	$x_{1e}=0,175\text{m}$	$x_{2e}=0,35\text{m}$

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho V^2}$	$\gamma$ graden	$x-x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho V^2}$ *)	$\gamma$ graden
-0,005225	"0"	"1"	"90"				
-0,00522	0,00032	0,999	88,20				
-0,00521	0,00056	+0,997	86,86	-0,004325	"0"	"1"	"90"
-0,0052	0,00072	+0,994	85,98				
-0,005	0,00215	+0,950	78,13	-0,002	0,00628	0,591	53,30
0	0,01026	+0,387	43,96	0	0,00855	0,413	44,29
0,006	0,01488	+0,159	32,48				
0,01	0,01721	+0,080	28,11	0,01	0,01533	0,092	27,13
0,02	0,02175	-0,025	21,33	0,02	0,01968	-0,006	20,53
0,03	0,02522	-0,078	17,17	0,03	0,02302	-0,054	16,65
0,05	0,03033	-0,129	11,91	0,05	0,02803	-0,102	11,90
0,075	0,03459	-0,155	7,69	0,075	0,03240	-0,133	8,18
0,1	0,03725	-0,162	4,60	0,1	0,03536	-0,156	5,41
0,125	0,03871	-0,159	2,18	0,125	0,03717	-0,181	2,89
0,15	0,03924	-0,154	0,35	0,15	0,03783	-0,213	-0,05
0,175	0,03903	-0,169	-1,38	0,175	0,03692	-0,224	-4,34
				0,19	0,03540	-0,190	-7,21
0,2	0,03784	-0,204	-4,43	0,2	0,03399	-0,152	-8,81
0,225	0,03483	-0,174	-9,46	0,225	0,02948	-0,053	-11,33
0,25	0,02967	-0,060	-13,46	0,25	0,02417	0,023	-12,53
0,275	0,02315	+0,050	-15,53	0,275	0,01845	0,080	-13,18
0,3	0,01591	+0,140	-16,68	0,3	0,01249	0,130	-13,61
0,325	0,00822	+0,231	-17,54	0,325	0,00636	0,186	-13,97
				0,345	0,00131	0,274	-14,45
0,3499	0,00004	+0,594	-21,20	0,3499	0,00003	0,443	-15,24

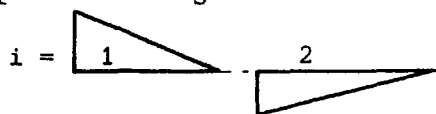
\*) Zie figuren 6 en 7

Tabel 17

Configuratie 17

bronlijn + putlijn

$r_{kar} = 0,041m; L_s = 0,35$



Tabel 18

Configuratie 18

bronlijn + putlijn

$r_{kar} = 0,041m; L_s = 0,35m$



i	1	2	1	2
$(x_e - x_b)/L_s =$	0,4	0,5	0,5	0,4
type	I	I	I	I
$Q_i/Q$	+1	-1	+1	-1
	$x_{1b} = 0$	$x_{2b} = 0,175m$	$x_{1b} = 0$	$x_{2b} = 0,21m$
	$x_{1e} = 0,14m$	$x_{2e} = 0,35m$	$x_{1e} = 0,175m$	$x_{2e} = 0,35m$

$x - x_{1b}$ m	$r_m$ m	$\frac{p - p_0}{\frac{1}{2} V^2}$	$\gamma$ graden	$x - x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p - p_0}{\frac{1}{2} V^2}$ *)	$\gamma$ graden
-0,005217	"0"	"1"	"90"	-0,004332	"0"	"1"	"90"
0	0,01025	+0,385	43,95	0	0,00856	+0,415	44,30
0,01	0,01719	+0,077	28,09	0,01	0,01534	+0,096	27,16
0,02	0,02172	-0,030	21,29	0,02	0,01970	-0,001	20,56
0,03	0,02518	-0,083	17,13	0,03	0,02305	-0,049	16,69
0,05	0,03027	-0,136	11,84	0,05	0,02808	-0,095	11,96
0,075	0,03449	-0,166	7,57	0,075	0,03249	-0,122	8,30
0,1	0,03708	-0,180	4,36	0,1	0,03552	-0,138	5,65
0,125	0,03837	-0,189	1,61	0,125	0,03750	-0,150	3,46
0,15	0,03849	-0,201	-1,13	0,15	0,03858	-0,164	1,43
0,175	0,03722	-0,206	-4,91	0,175	0,03873	-0,186	-0,80
0,2	0,03412	-0,139	-9,04	0,2	0,03771	-0,216	-4,20
0,225	0,02954	-0,046	-11,43	0,225	0,03476	-0,182	-9,37
0,25	0,02420	+0,027	-12,58	0,25	0,02963	-0,064	-13,41
0,275	0,01847	+0,083	-13,20	0,275	0,02313	+0,047	-15,50
0,3	0,01250	+0,132	-13,62	0,3	0,01590	+0,138	-16,16
0,325	0,00636	+0,187	-13,98	0,325	0,00821	+0,230	-17,53
0,345	0,00131	+0,275	-14,45	0,345	0,00173	+0,362	-18,56
0,3499	0,00003	+0,443	-15,29	0,3499	0,00004	+0,593	-20,89

\*) zie figuur 7

Tabel 19

Configuratie 19:

bronlijn (I) + 2 putlijnen (III en I)

$r_{kar} = 0,041 \text{ m}$ ;  $L_s = 0,35 \text{ m}$

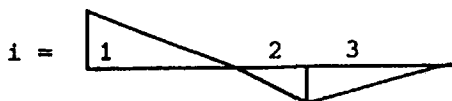


i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s$	0,5	0,1	0,4
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-0,2	-0,8
	$x_{1b} = 0$ $x_{1e} = 0,175 \text{ m}$	$x_{2b} = 0,175 \text{ m}$ $x_{2e} = 0,21 \text{ m}$	$x_{3b} = 0,21 \text{ m}$ $x_{3e} = 0,35 \text{ m}$

$x - x_{1b}$	$r_m$	$\frac{p - p_0}{\frac{1}{2} \rho V_0^2}$	$\gamma$	$1 + u/V_0$	$v/V_0$
m	m		graden		
-0,00433	"0"	"1"	"90"	"0"	"0"
-0,004	0,002 37	0,918	74,49	0,07650	0,27569
-0,0025	0,005 58	0,654	56,62	0,32376	0,49133
0	0,008 55	0,414	44,30	0,54773	0,53458
0,01	0,015 34	0,094	27,14	0,84693	0,43420
0,02	0,019 69	-0,004	20,55	0,93800	0,35165
0,025	0,021 45	-0,031	18,41	0,96330	0,32060
0,03	0,023 03	-0,051	16,68	0,98207	0,29418
0,05	0,028 06	-0,098	11,93	1,02527	0,21665
0,075	0,032 45	-0,127	8,25	1,05066	0,15225
0,1	0,035 45	-0,146	5,55	1,06546	0,10351
0,125	0,037 36	-0,164	3,23	1,07704	0,06077
0,15	0,038 26	-0,186	0,84	1,08901	0,01590
0,16	0,038 32	-0,197	-0,28	1,09394	-0,00537
0,17	0,038 16	-0,207	-1,57	1,09804	-0,03014
0,175	0,037 99	-0,210	-2,30	1,09931	-0,04408
0,18	0,037 76	-0,213	-3,07	1,09969	-0,05907
0,19	0,037 07	-0,211	-4,78	1,09677	-0,09167
0,2	0,036 07	-0,198	-6,60	1,08745	-0,12588
0,225	0,032 21	-0,115	-10,75	1,03759	-0,19705
0,25	0,026 84	-0,013	-13,18	0,97999	-0,22944
0,275	0,020 68	+0,069	-14,38	0,93480	-0,23973
0,3	0,014 09	+0,137	-15,10	0,89716	-0,24203
0,325	0,007 22	+0,208	-15,65	0,85699	-0,24015
0,3499	0,000 03	+0,515	-17,57	0,66399	-0,21021
0,35	"0"				

Tabel 20

Configuratie 20:  
 bronlijn (I) + 2 putlijnen (II en I)  
 $r_{kar} = 0,041 \text{ m}$  ;  $L_s = 0,35 \text{ m}$



i	1	2	3
$(x_e - x_b)/L_s$	0,4	0,2	0,4
type	I	III	I
$Q_i/Q$	+1	-1/3	-2/3
	$x_{1b}=0$ $x_{1e}=0,14\text{m}$	$x_{2b}=0,14\text{m}$ $x_{2e}=0,21\text{m}$	$x_{3b}=0,21\text{m}$ $x_{3e}=0,35\text{m}$

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{P-P_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1+u/v_o$	$v/v_o$
-0,00522	"0"	"1"	"90"		
-0,005	0,002 11	0,952	78,39	0,04420	0,21506
-0,004	0,004 98	0,770	63,87	0,21121	0,43059
-0,003	0,006 71	0,636	56,35	0,33435	0,50230
-0,002	0,008 08	0,533	51,12	0,42901	0,53202
-0,001	0,009 23	0,451	47,16	0,50368	0,54308
0	0,010 25	0,385	43,94	0,56463	0,54408
0,005	0,014 21	0,181	33,83	0,75162	0,50371
0,01	0,017 19	0,077	28,08	0,84586	0,45233
0,015	0,019 63	0,013	24,19	0,90638	0,40708
0,02	0,021 71	-0,030	21,29	0,94566	0,36854
0,025	0,023 55	-0,061	19,00	0,97380	0,33537
0,03	0,025 18	-0,084	17,12	0,99490	0,30653
0,04	0,027 97	-0,116	14,15	1,02432	0,25821
0,05	0,030 27	-0,137	11,83	1,04369	0,21865
0,06	0,032 18	-0,152	9,93	1,05726	0,18500
0,07	0,033 78	-0,163	8,29	1,06717	0,15547
0,075	0,034 48	-0,167	7,54	1,07113	0,14183
0,08	0,035 11	-0,171	6,84	1,07459	0,12882
0,09	0,036 19	-0,178	5,51	1,08024	0,10427
0,1	0,037 04	-0,183	4,28	1,08459	0,08117
0,11	0,037 69	-0,187	3,11	1,08792	0,05903
0,12	0,038 13	-0,190	1,96	1,09039	0,03737
0,125	0,038 28	-0,192	1,39	1,09131	0,02657
0,13	0,038 38	-0,193	0,83	1,09203	0,01574
0,14	0,038 42	-0,194	-0,33	1,09273	-0,00625
0,15	0,038 26	-0,194	-1,51	1,09221	-0,02887
0,16	0,037 88	-0,191	-2,74	1,09014	-0,05226
0,17	0,037 29	-0,185	-4,02	1,08610	-0,07637
0,175	0,036 92	-0,181	-4,68	1,08320	-0,08864

Zie vervolg blz. 45

Tabel 20 vervolg

$x-x_{1b}$ m	$r_m$ *) m	$\frac{p-p_o}{\frac{1}{2}\rho v_o^2}$ *)	$\gamma$ graden	$1+u/v_o$	$v/v_o$
0,175	0,036 92	-0,181	-4,68	1,08320	-0,08864
0,18	0,036 48	-0,176	-5,35	1,07966	-0,10104
0,19	0,035 42	-0,161	-6,71	1,07032	-0,12586
0,2	0,034 13	-0,141	-8,07	1,05756	-0,14995
0,21	0,032 59	-0,114	-9,37	1,04131	-0,17179
0,22	0,030 83	-0,081	-10,51	1,02252	-0,18960
0,225	0,029 89	-0,064	-10,99	1,01276	-0,19662
0,23	0,028 90	-0,047	-11,41	1,00310	-0,20244
0,24	0,026 81	-0,014	-12,09	0,98478	-0,21091
0,25	0,024 62	+0,016	-12,59	0,96827	-0,21627
0,26	0,022 35	0,043	-12,97	0,95352	-0,21954
0,27	0,020 02	0,067	-13,26	0,94018	-0,22154
0,275	0,018 84	0,078	-13,38	0,93391	-0,22222
0,28	0,017 65	0,090	-13,49	0,92785	-0,22265
0,29	0,015 22	0,111	-13,69	0,91611	-0,22323
0,3	0,012 77	0,132	-13,87	0,90454	-0,22331
0,31	0,010 29	0,154	-14,03	0,89262	-0,22298
0,32	0,007 78	0,177	-14,18	0,87954	-0,22227
0,325	0,006 51	0,190	-14,26	0,87215	-0,22168
0,33	0,005 23	0,205	-14,35	0,86374	-0,22099
0,34	0,002 65	0,246	-14,60	0,84036	-0,21886
0,3499	0,000 03	0,456	-16,09	0,70896	-0,20443

\*) zie figuur 8

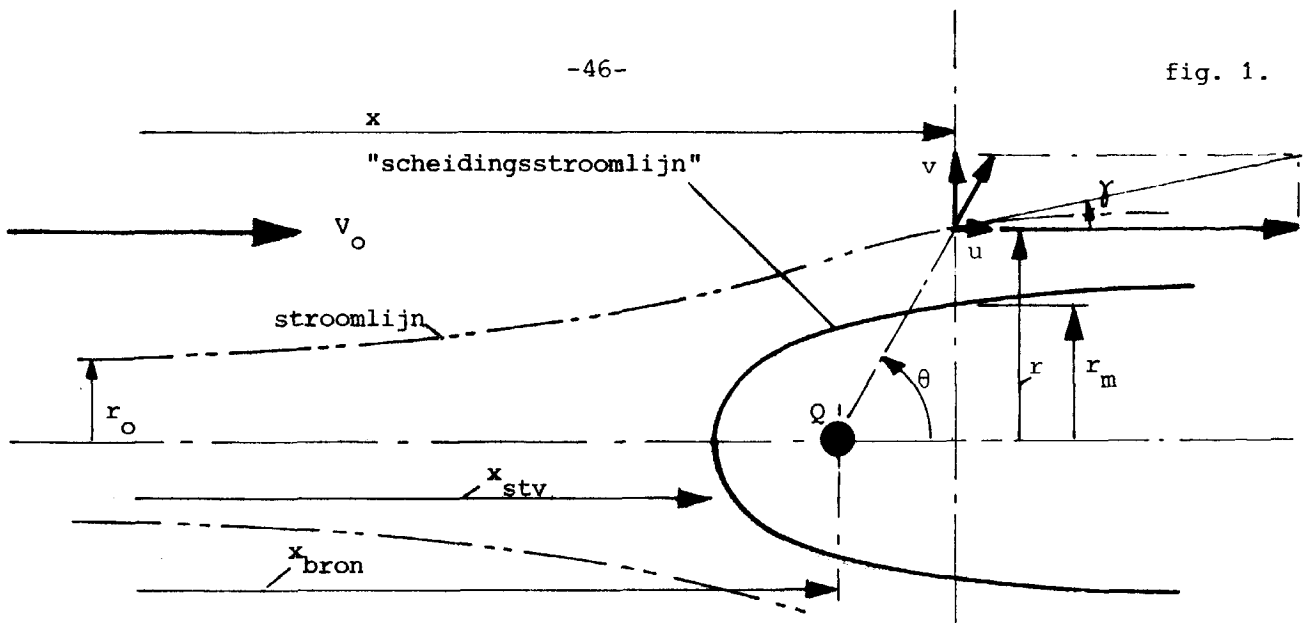


Fig. 1a: Schema voor 1 geconcentreerde bron

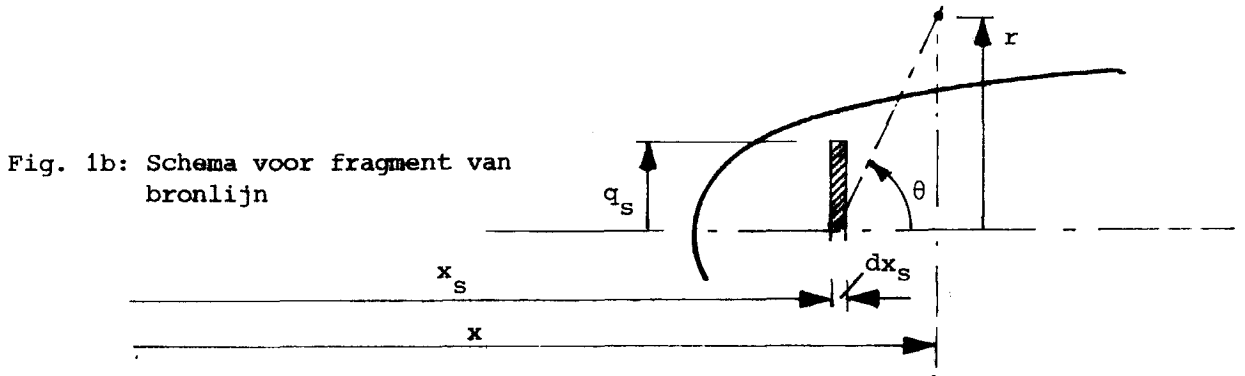


Fig. 1b: Schema voor fragment van bronlijn

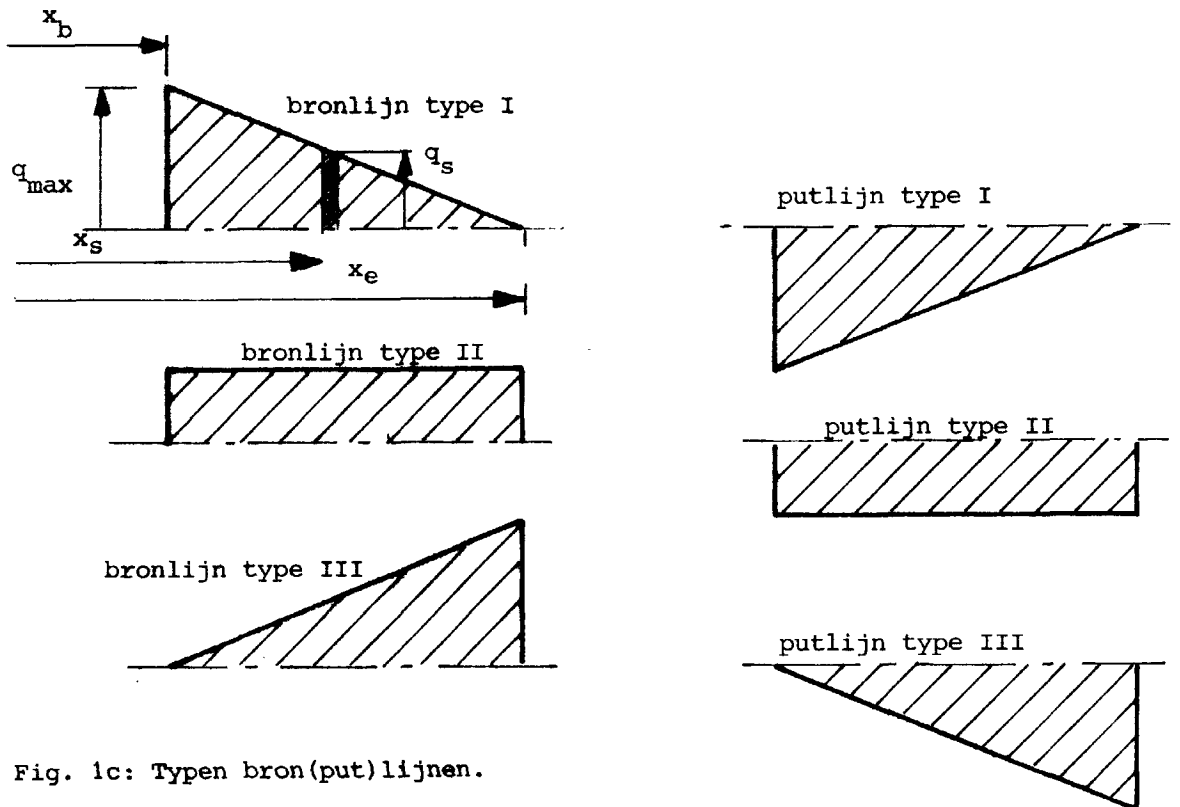


Fig. 1c: Typen bron(put)lijnen.



Configuratie no.:

zie fig.: fig.2a  
tabel:

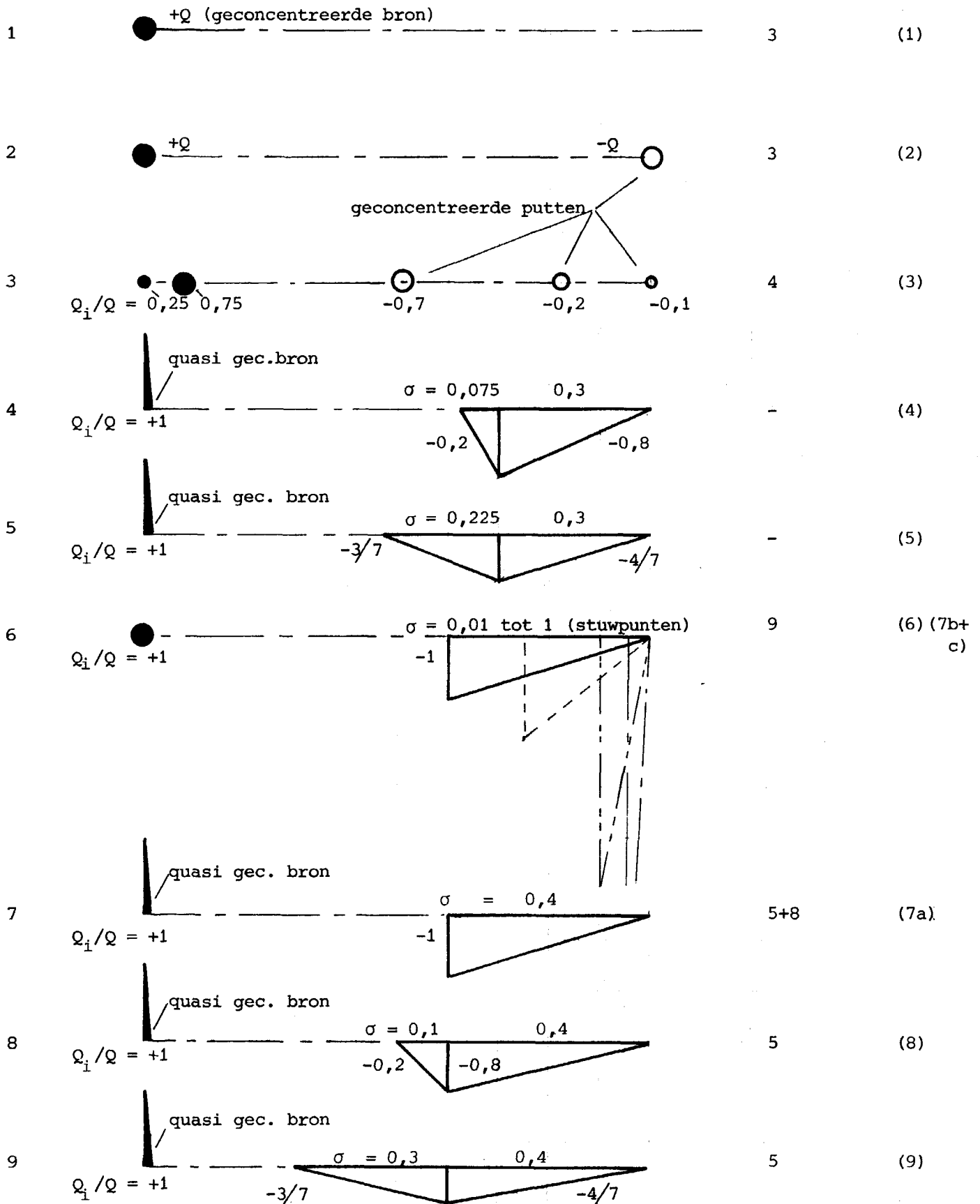


Fig. 2a: Beschouwde bron-put configuraties (vervolg in fig. 2b en 2c)

$$\sigma_i = \frac{(x_e - x_b)_i}{L_s};$$

$L_s$  = totale lengte van het gebied  
wáarin bronnen en putten zijn gelegen

Conf. no.:

zie figuur:

tabel:

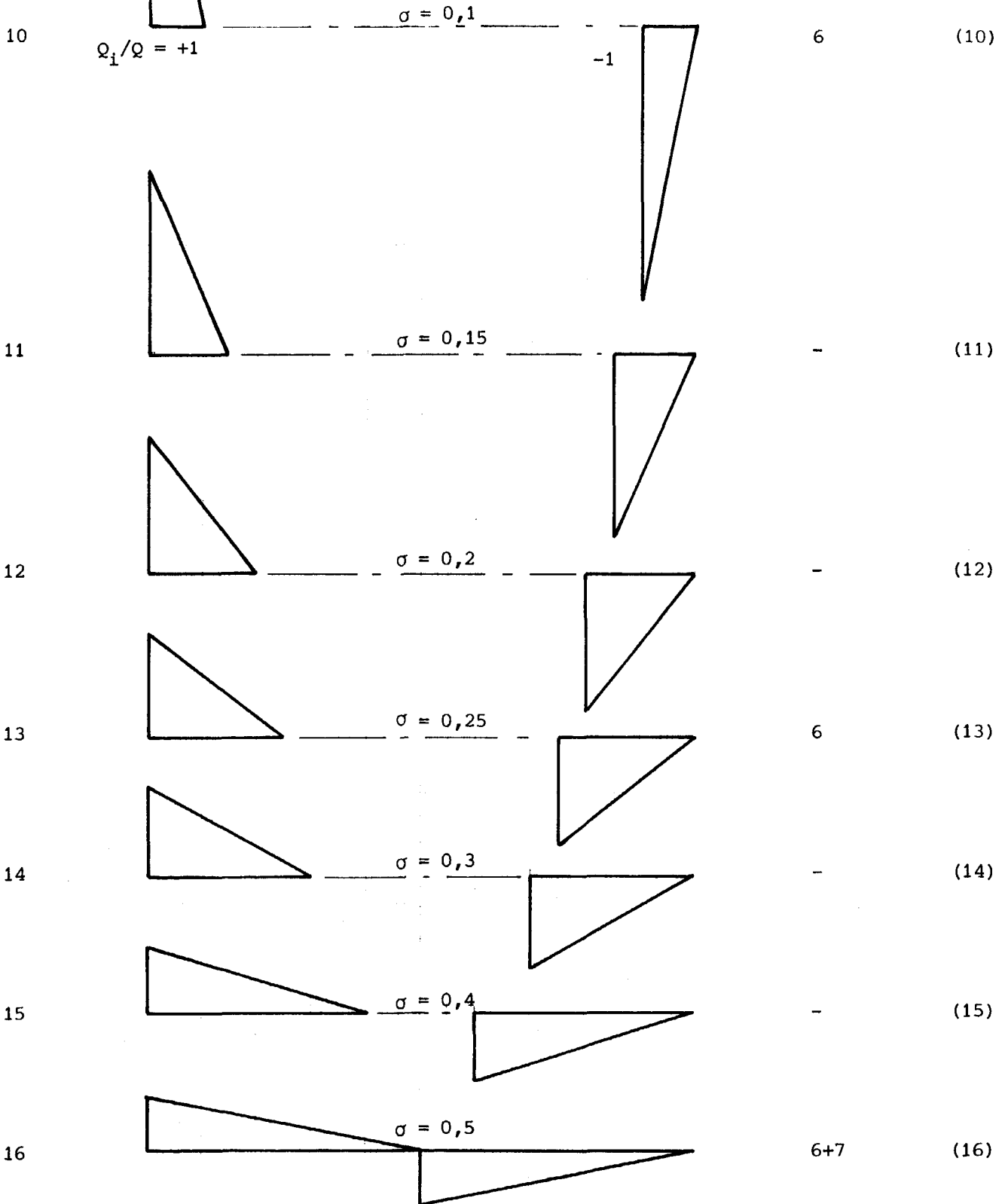
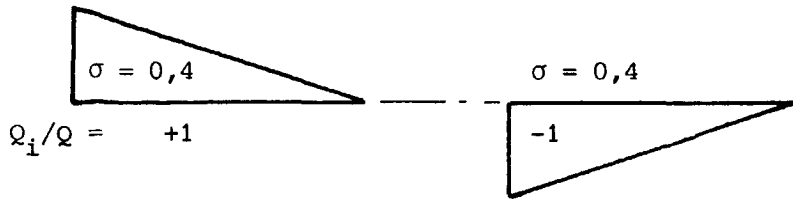


Fig. 2b: Beschouwde bron-put configuraties (vervolg)

zie  
figuur:

conf.  
no.:

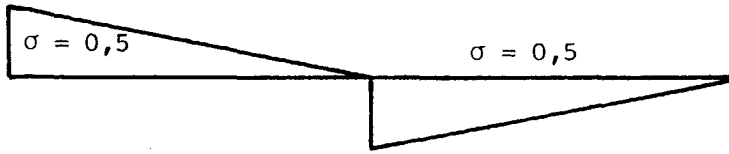
15



-

(15)

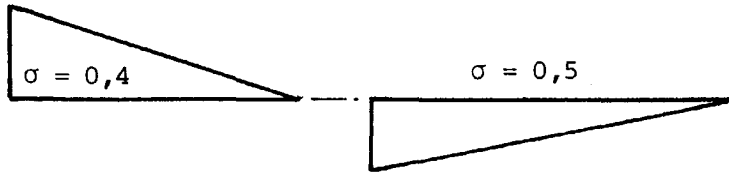
16



6+7

(16)

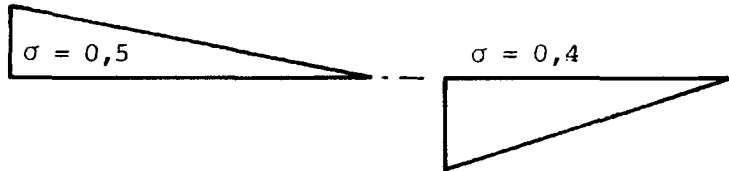
17



7

(17)

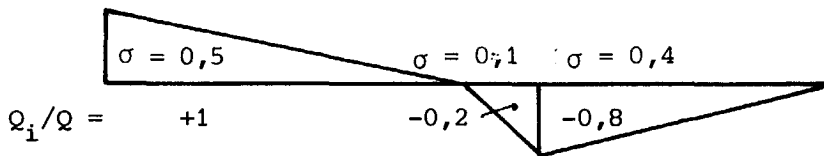
18



7

(18)

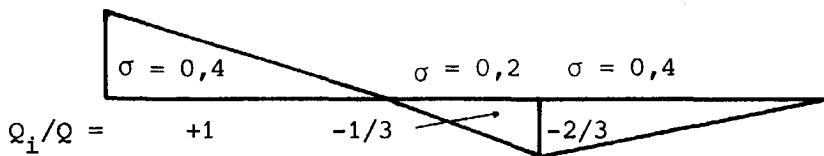
19



8

(19)

20



8

(20)

Fig. 2c: Beschouwde bron-put configuraties (vervolg)

fig. 3

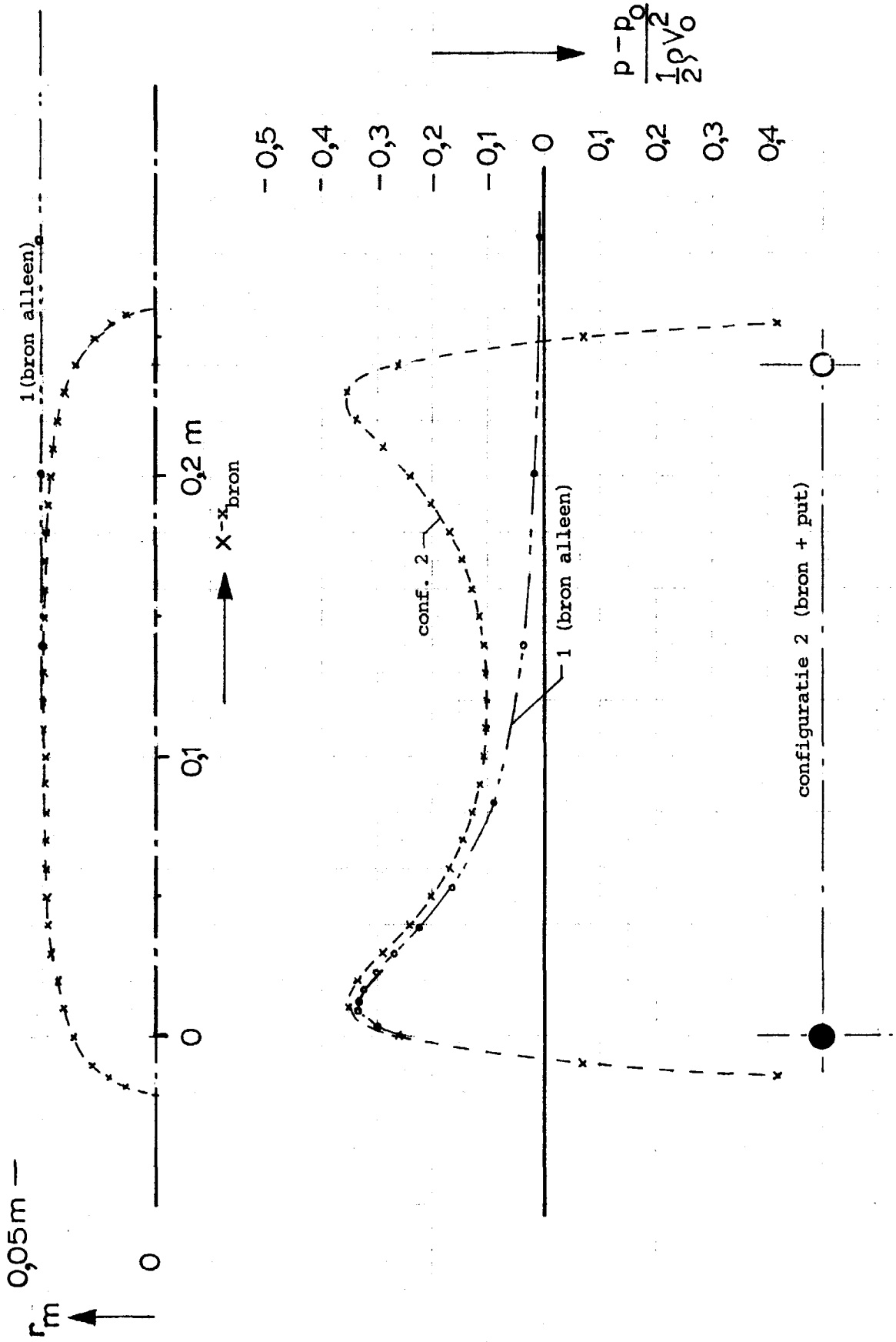


fig. 4

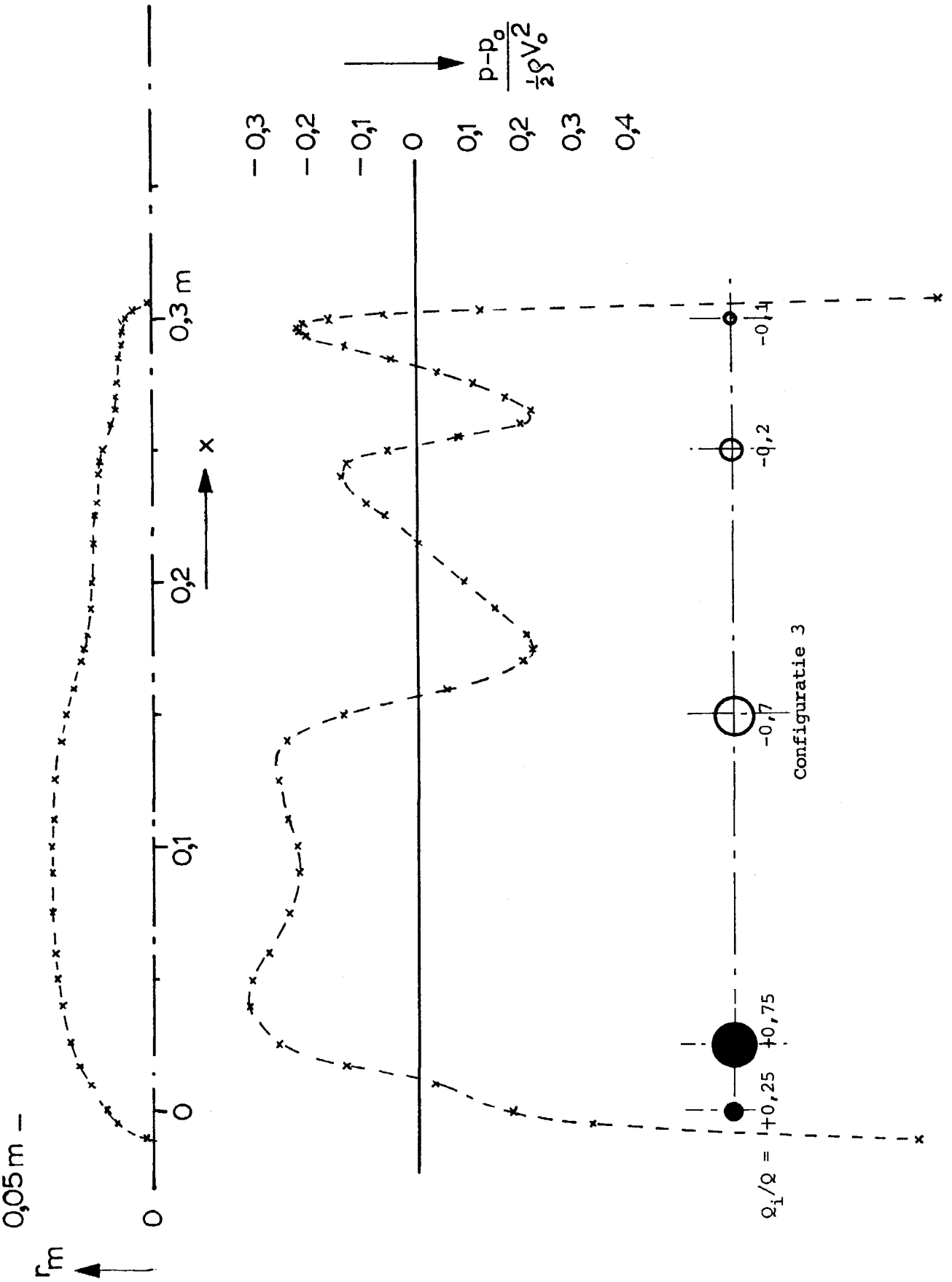
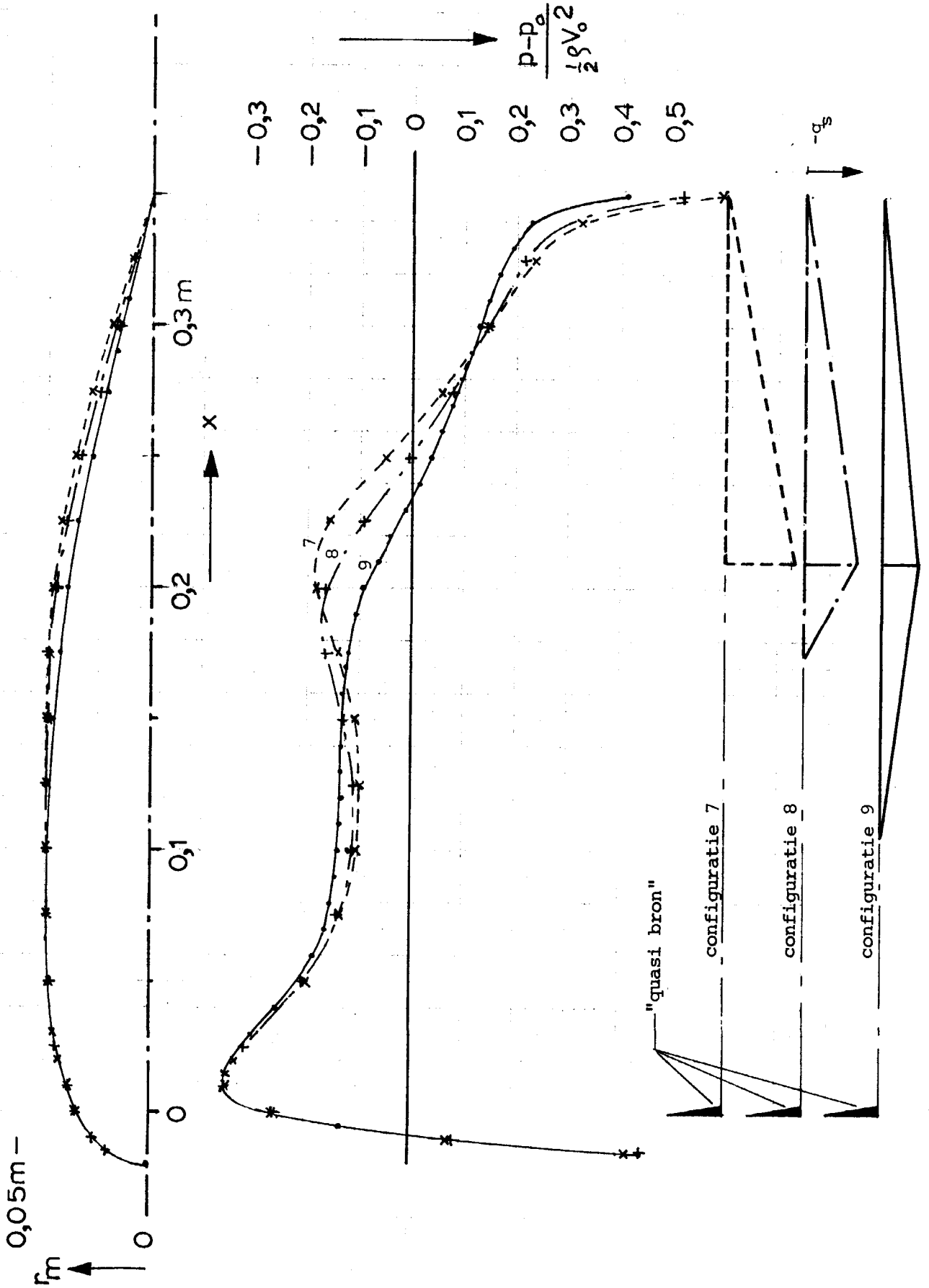
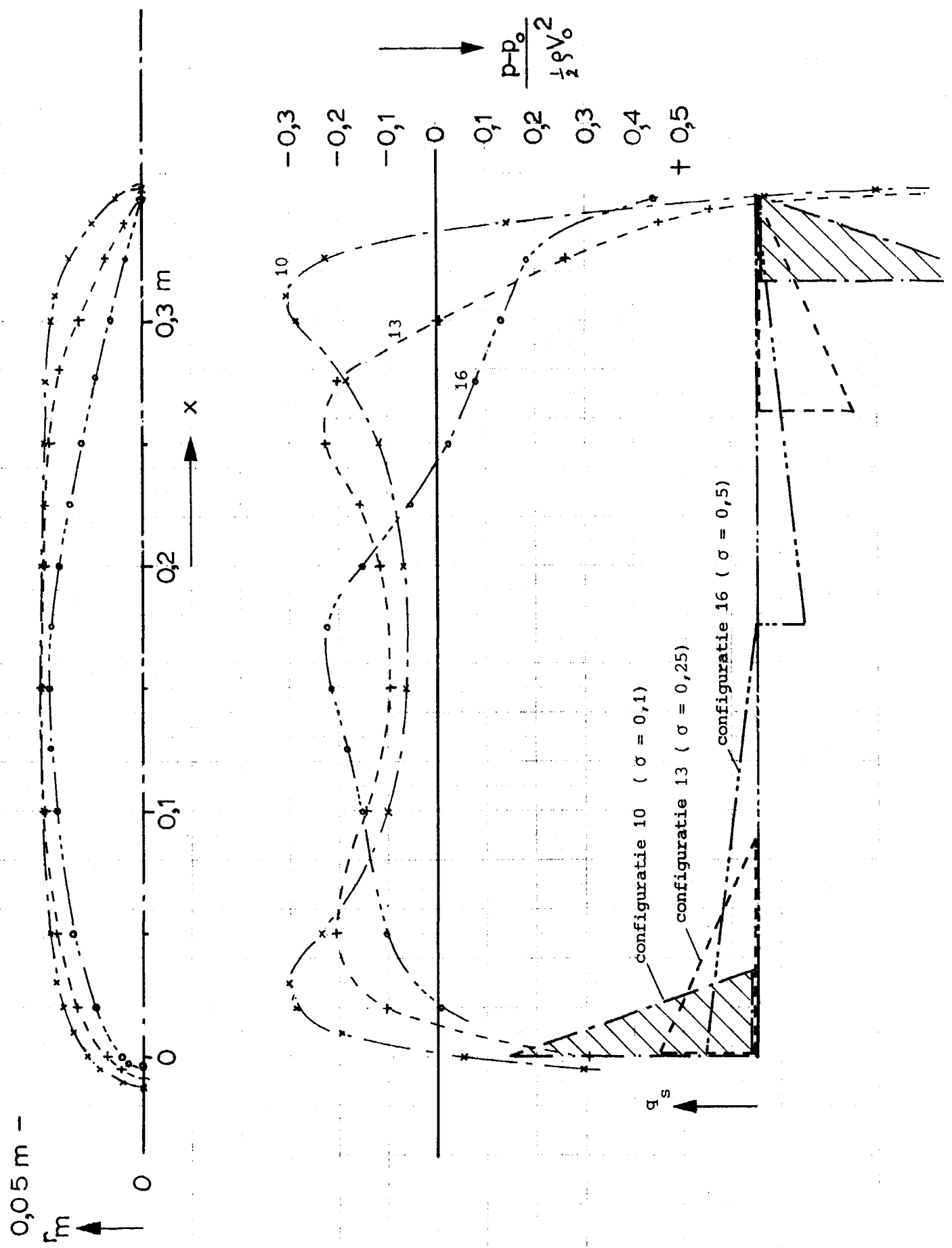
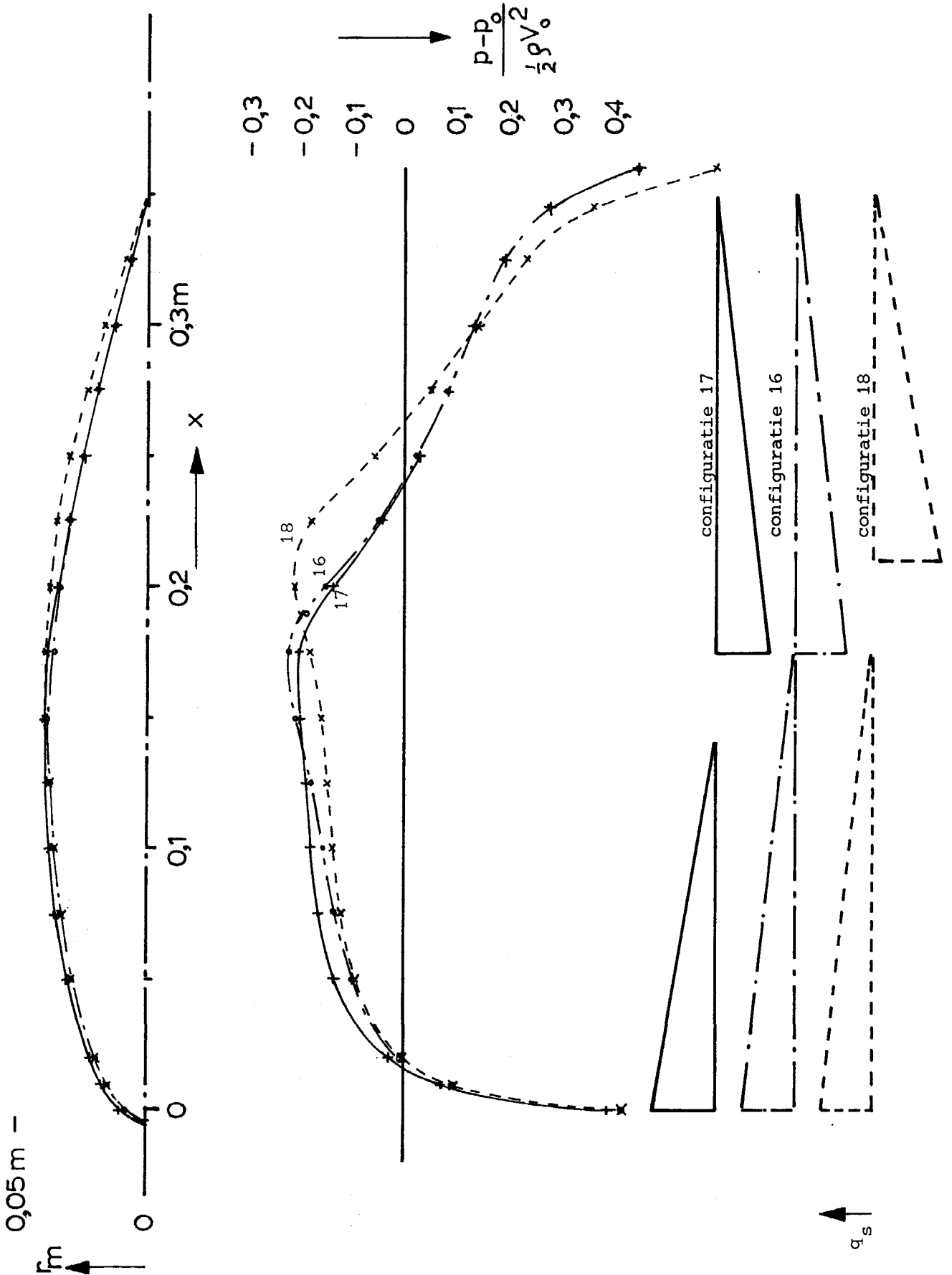


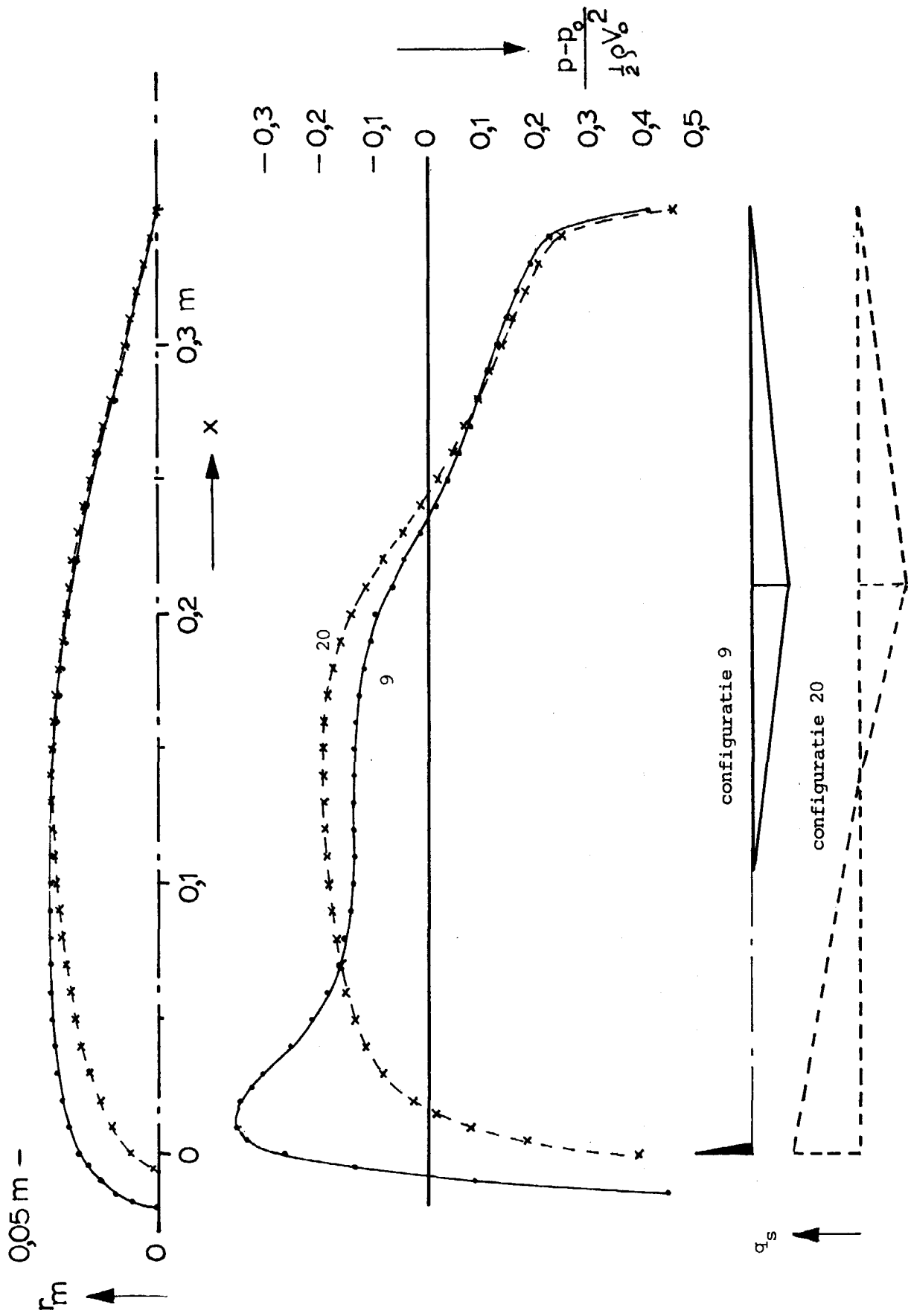
fig. 5











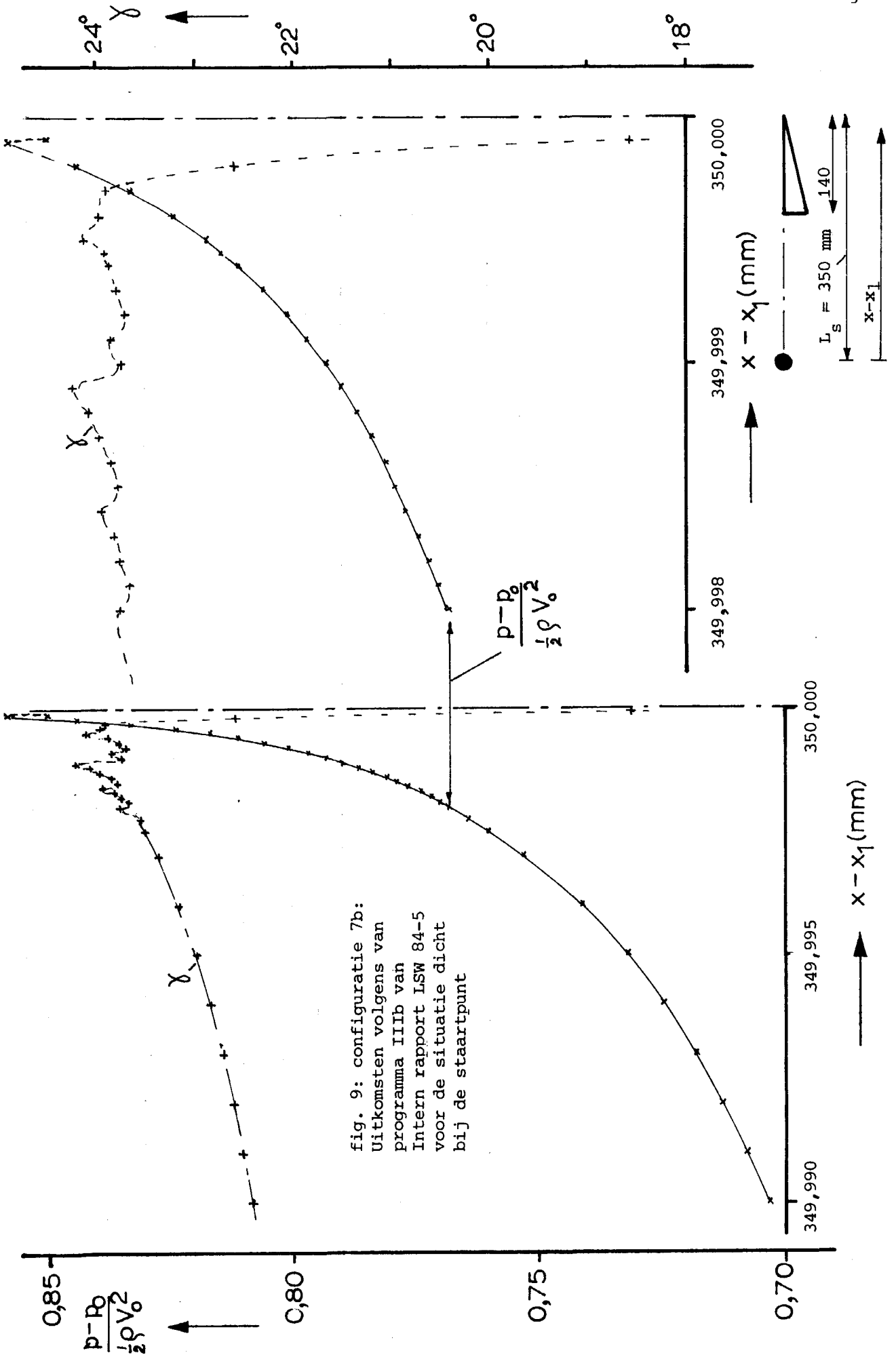


fig. 9: configuratie 7b:  
 Uitkomsten volgens van  
 programma IIlb van  
 Intern rapport LSW 84-5  
 voor de situatie dicht  
 bij de staartpunt



Memorandum 443



60142011180