

REPRODUCTIE ZOUTTOESTAND
GETIJRIVIEREN

XII

EENDIMENSIONAAL ONDERZOEK

DEEL 2: DISPERSIEGEGEVENS

AFGEHANDELD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT M 896-XII

M 0896_12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

REPRODUKTIE ZOUTTOESTAND GETIJRIVIEREN

Eéndimensionaal onderzoek

Deel 2: Dispersiegegevens

M 896 - XII

juli 1976

SAMENSTELLING RAPPORT

De verslaggeving van het "Systematisch onderzoek variatie randvoorwaarden en stromingskondities" is als volgt:

- M 896 - X : Meet- en rekenresultaten
- M 896 - XI : Tweedimensionaal onderzoek
- M 896 - XII : Eéndimensionaal onderzoek

Het onderhavige rapport M 896 - XII is als volgt ingedeeld:

- Deel 1 : Getij- en zoutgegevens
- Deel 2 : Dispersiegegevens
- Deel 3 : Interpretatie

INHOUD

blz.

LIJST VAN FIGUREN

NOTATIES

| | | |
|----------|--|---|
| <u>1</u> | <u>Eéndimensionaal onderzoek</u> | 1 |
| <u>2</u> | <u>Verifikatie reproductie dispersie</u> | 2 |
| <u>3</u> | <u>Balansmethode versus profielmethode</u> | 3 |
| <u>4</u> | <u>Toelichting onderzoekresultaten</u> | 4 |

LIJST VAN FIGUREN

- | | |
|-----------|--|
| 1 | Proeven systematisch onderzoek |
| 2 | Schema ééndimensionaal onderzoek |
| 3 t/m 5 | Proevenseries systematisch onderzoek |
| 6 t/m 9 | Verifikatie profielmethode |
| 10 t/m 14 | Balansmethode versus profielmethode |
| | <u>Resultaten proevenseries:</u> |
| 15 t/m 21 | Onderzoek variatie waterhoogte |
| 22 t/m 30 | Onderzoek variatie gootlengte |
| 31 t/m 38 | Onderzoek variatie bovenafvoer |
| 39 t/m 46 | Onderzoek variatie getijverschil |
| 47 t/m 53 | Onderzoek variatie zoutconcentratie zee |
| 54 t/m 60 | Onderzoek variatie ruwheid |
| 61 t/m 67 | Onderzoek variatie luchtinjectie |
| 68 t/m 74 | Onderzoek variatie konditie zee |
| 75 t/m 78 | Invloed luchtinjectie bij variatie waterhoogte |
| 79 t/m 82 | Invloed luchtinjectie bij variatie bovenafvoer |
| 83 t/m 87 | Invloed type ruwheid bij variatie waterhoogte |

NOTATIES

| | |
|--------------|--|
| a | : getijamplitude |
| a_z | : getijamplitude op zeerand (randvoorwaarde) |
| c | : zoutconcentratie |
| \bar{c} | : zoutconcentratie, gemiddelde over dwarsprofiel |
| c_z | : zoutconcentratie (konstant) op zeerand |
| g | : versnelling van de zwaartekracht |
| h | : waterhoogte |
| $h - h_0$ | : waterhoogte ten opzichte van middenstand (h_0) |
| h_z | : waterhoogte op zeerand (randvoorwaarde) |
| p | : druk |
| t | : tijd |
| u | : snelheidskomponent in x-richting |
| \bar{u} | : snelheidskomponent in x-richting, gemiddelde over dwarsprofiel |
| x | : horizontale koördinaat |
| C | : weerstandskoefficiënt volgens Chézy |
| D'_x | : dispersiecoëfficiënt |
| F'_r | : intern Froudegetal |
| L | : ekwivalente lengte |
| L_i | : lengte zoutindringing |
| L_s | : stoffelijke lengte getijgoot |
| Q | : debiet |
| Q_a | : debiet luchtinjectie |
| Q_L | : konstante afvoer (randvoorwaarde) |
| R | : hydraulische straal |
| Re | : getal van Reynolds |
| T | : getijperiode |
| T'_x | : dispersief transport |
| λ | : lengte getijgolf volgens $\lambda = \sqrt{gh_0} T$ |
| ν | : kinematische viscositeit |
| ρ | : dichtheid |
| $\bar{\rho}$ | : dichtheid, gemiddelde over dwarsprofiel |
| τ | : schuifspanning |
| τ_b | : schuifspanning aan de bodem |

1 Eéndimensionaal onderzoek

In fig. 1 is een overzicht gegeven van de getijgootproeven in het kader van het systematisch onderzoek naar de invloed van de randvoorwaarden en de stromingskondities op de zoutindringing. De meetgegevens uit dit onderzoek zijn bewerkt op basis van een ééndimensionaal model (horizontale koördinaat; verschijnsel tijdsafhankelijk). Op deze wijze zijn waterstanden, snelheden en zoutconcentraties als functie van plaats en tijd verkregen. Zie deel 1 van dit rapport.

De gegevens zijn verder geanalyseerd op basis van de diffusievergelijking van het ééndimensionale model volgens het schema in fig. 2. Deze werkwijze wordt hierna de balansmethode genoemd. Hiervoor geldt de volgende formule (zie fig. 2):

$$T'_x = \frac{1}{h} \int_{x_*}^x h \left\{ \frac{\delta \bar{c}}{\delta t} + \bar{u} \frac{\delta \bar{c}}{\delta x} \right\} dx$$

waarin: \bar{u} : horizontale snelheid, gemiddelde over vertikaal
 \bar{c} : zoutconcentratie, gemiddelde over vertikaal
 h : waterhoogte
 x : horizontale koördinaat
 x_* : voor $x = x_*$ (zoete gebied) is $T'_x = 0$ (randvoorwaarde)
 T'_x : dispersief transport

Daarnaast is gebruik gemaakt van een direkte bepaling van het dispersieve transport uit de snelheidsverdeling en de concentratieverdeling in de vertikaal (aangenomen is dat de stroming tweedimensionaal is, dus dat er geen gradiënten in dwarsrichting zijn). Deze werkwijze wordt hierna de profielmethode genoemd. Hiervoor geldt de volgende formule:

$$T'_x = \frac{1}{h} \int_0^h (u - \bar{u})(c - \bar{c}) dy$$

waarin: u : horizontale snelheid
 \bar{u} : horizontale snelheid, gemiddelde over vertikaal
 c : zoutconcentratie
 \bar{c} : zoutconcentratie, gemiddelde over vertikaal
 h : waterhoogte
 y : vertikale koördinaat
 T'_x : dispersief transport

2 Verifikatie reproductie dispersie

De verifikatie van de reproductie van de dispersie is uitgevoerd aan de hand van zogenaamde tweelingproeven. Door een aantal proeven nogmaals uit te voeren, kon een indruk verkregen worden in welke mate de resultaten significant geacht kunnen worden. Vanwege de complexiteit van de bewerkingen en in verband met het sterk variërende verschijnsel, is een foutenbeschouwing (voortplanting fouten in de berekening) niet afdoende. Een en ander hangt ook samen met het gekozen bemonsteringssysteem dat voor gemiddelde omstandigheden optimaal is, maar dat bij zeer sterke gradiënten (vloedperiode) te grof is. Deze problematiek is uitgebreid behandeld in de rapporten M 896 - IV (voorbereidend onderzoek tweelingproeven) en M 896 - V (gegevensverwerking getijgootonderzoek).

De resultaten van de dispersieberekeningen voor de tweelingproeven zijn opgenomen in deel 1 in de figuren 8 en 9. De omstandigheden bij de tweelingproeven waren alleen verschillend wat betreft de hieronder aangegeven aspecten, waarbij het getal tussen haakjes het getijverschil in prototypemaat aangeeft:

Proeven T3/T3B (1,60 m): ruwheid door middel van verticale weerstandsstaafjes
Proeven T34B/T34C (1,20 m): ruwheid door middel van verticale weerstandsstaafjes
Proeven T145/T146 (1,60 m): bodemruwheid door middel van verticale plaatjes.

De getij-omstandigheden zijn dus niet zoveel verschillend; een belangrijk verschil geeft de toegepaste ruwheid. Bij toepassing van bodemruwheid treden in verticale richting grote snelheidsgradiënten op en ook de concentratiegradiënten nemen toe. Dit geeft een vergroting van de dispersie; de berekening wordt dan relatief nauwkeuriger.

Aan de hand van de figuren 8 en 9 (deel 1) kan gekonkludeerd worden dat in kwalitatieve zin de resultaten reproduceren en dat bij de proeven T145/T146 dit ook in belangrijke mate in kwantitatieve zin het geval is.

De tweelingproeven T3/T3B en T145/T146 betreffen de referentiesituatie, dat is een soort gemiddelde toestand (betrokken op de Rotterdamse Waterweg). De kwaliteit van de overige proeven in het systematisch onderzoek is globaal van dezelfde orde; voor afwijkende omstandigheden is er in een aantal gevallen een betere, in andere gevallen een minder goede kwaliteit. Een indicatie voor afwijkende omstandigheden geeft in zekere zin reeds de zoutindringing. Zie de figuren 3, 4 en 5.

In een aantal gevallen treden "halingen" op in de dispersiegegevens. Dit hangt meestal samen met het optreden van sterke gradiënten (te grove bemonstering); invloed van verstoringen (resonanties) lijkt ook niet uitgesloten.

3 Balansmethode versus profielmethode

De resultaten volgens de balansmethode en die volgens de profielmethode zijn met elkaar vergeleken in de figuren 6 en 7 voor de proeven T3/T3B (weerstandstaafjes) en in de figuren 8 en 9 voor de proeven T145/T146 (bodemruwheid). Het blijkt dat er in de figuren 8 en 9 een redelijke overeenstemming is, in de figuren 6 en 7 is er vaak weinig overeenkomst.

Onder punt 2 is al gesteld dat vanwege de grotere getalwaarden voor de dispersie de proeven T145/T146 relatief nauwkeuriger resultaten geven. Het vaak ontbreken van overeenkomst bij de resultaten van T3/T3B is hiermee echter niet verklaard.

Voor een analyse wordt gebruik gemaakt van fig. 10 en figuren 11 t/m 14 in deel 1. Fig. 10 (deel 1) illustreert nogmaals het verschil in uitkomsten voor de dispersie onder gelijke getij-omstandigheden voor proeven met weerstandstaafjes en proeven met bodemruwheid. Overigens heeft het beeld kwalitatief wel enige verwantschap, onder andere geen of negatieve dispersie rond het tijdstip van hoogwaterkentering (tijdstip $t/0,04 T = 11$).

De figuren 11 t/m 14 (deel 1) geven resultaten van dispersieberekeningen voor de Rotterdamse Waterweg. Deze berekeningen zijn op basis van de profielmethode (integratie van het produkt van snelheids- en concentratiefluctuaties over het dwarsprofiel). Het blijkt dat de beelden kwalitatief redelijk korresponderen met die in fig. 10 (deel 1), zoals wegvallen dispersie rond hoogwaterkentering (in de buurt van de punt van de zouttong ligt dit wat anders). Fig. 10 (deel 1) is bepaald op basis van de balansmethode. Het probleem zit dus in de toepassing van de profielmethode voor het geval van weerstandstaafjes.

Achteraf is het wel plausibel dat de staafjes problemen moeten geven. De snelheidsgradiënt in verticale richting wordt vereffend; de schuifspanningen worden overgebracht door gradiënten in dwarsrichting. Dit betekent dat toepassing van de profielmethode voor het geval van staafjes geen zin heeft indien niet mede de dwarsverdeling van de snelheid in beschouwing wordt genomen. In de figuren 10, 11 en 12 zijn de resultaten volgens de beide methoden gegeven voor de proevenserie variatie waterhoogte en toepassing van staafjes; in de figuren 13 en 14 is hetzelfde gedaan voor de proevenserie met bodemruwheid. Het blijkt dat in het geval staafjes toegepast zijn, de afwijkingen groter worden naarmate de waterdiepte toeneemt.

Om de juiste ruwheid te krijgen moeten in dat geval meer staafjes toegepast worden. Dit bevestigt de eerder gegeven konklusie. De figuren 13 en 14 geven een fraaie overeenstemming te zien, zeker kwalitatief en deels ook kwantitatief.

4 Toelichting onderzoekresultaten

Parallel met deel 1 zijn vanaf fig. 15 de berekende resultaten van de proeven-series per serie verzameld. De indeling kan ook hier teruggevonden worden aan de hand van de lijst van figuren en de onderschriften per blad. Fig. 1 kan hier tevens als leidraad dienen.

Voorafgaande aan elke serie berekende resultaten per proef is weer een overzichtsbld toegevoegd waarin de serie gekarakteriseerd is aan de hand van de zoutindringing. Zie ook de betreffende proefnummers en figuren die hierbij aangegeven zijn.

GEGEVENS PROEVEN (VOOR ZOVER AFWIJKEND VAN GEGEVENS REFERENTIEPROEVEN)

| PROEF NO. | EENH. | MODEL | PROT. | BUZ. | PROEF NO. | EENH. | MODEL | PROT. | BUZ. |
|-------------------------|-------------------|----------|--------|--------------------------------|---------------------------|---|--------|-------|--------------------------------------|
| 1° VARIATIE WATERHOOGTE | | | | | 4° VARIATIE GETJVERSCHIL | | | | |
| 106 | m | 0,156 | 10 | | 34B/C | m | 0,0188 | 1,20 | |
| 107 | " | 0,188 | 12 | | 134 | " | 0,0375 | 2,40 | |
| 108 | " | 0,250 | 16 | | 135 | " | 0,0125 | 0,80 | |
| 109 | " | 0,281 | 18 | | 136 | " | 0,0750 | 4,80 | |
| 110 | " | 0,266 | 17 | | 137 | " | 0,0500 | 3,20 | |
| 145 | " | 0,216 | 13,8 | BODEMRUW | 138 | " | 0,0156 | 1,00 | |
| 146 | " | 0,216 | 13,8 | " | 5° VARIATIE ZOUTKONC. ZEE | | | | |
| 147 | " | 0,234 | 15 | " | 140 | kg/m ³ | 40 | 40 | |
| 148 | " | 0,188 | 12 | " | 141 | " | 20 | 20 | |
| 149 | " | 0,156 | 10 | " | 142 | " | 10 | 10 | |
| 151 | " | 0,156 | 10 | LU. 60 cc/m ² s | 143 | " | 5 | 5 | |
| 152 | " | 0,250 | 16 | " | 144 | " | 50 | 50 | |
| 2° VARIATIE GOOTLENGTE | | | | | 6° VARIATIE RUWHEID | | | | |
| 101 | m | 157,22 | 100620 | $L/\frac{1}{4}\lambda = 0,774$ | 113 | m ^{1/2} /s | 15,8 | 50 | |
| 102 | " | 201,09 | 128700 | " 0,990 | 114 | " | 12,7 | 40 | |
| 103 | " | 135,28 | 86580 | " 0,866 | 115 | " | 22,1 | 70 | |
| 104 | " | 113,34 | 72540 | " 0,558 | 116 | " | 25,3 | 80 | |
| 105 | " | 252,28 | 161460 | " 1,242 | 117 | " | 28,5 | 90 | |
| 111 | " | 303,47 | 194220 | " 1,494 | 7° VARIATIE LUCHTINJEKTIE | | | | |
| 112 | " | 106,03 | 67860 | " 0,522 | 124 | cc/m ² s | 40 | | cc = 10 ⁻⁶ m ³ |
| 3° VARIATIE BOVENAFVOER | | | | | 125 | " | 100 | | |
| 118 | m ³ /s | -0,00580 | -1899 | | 126 | " | 80 | | |
| 119 | " | -0,01159 | -3798 | | 127 | " | 60 | | |
| 120 | " | -0,00217 | -712 | | 128 | " | 20 | | |
| 121 | " | -0,00145 | -475 | | 8° VARIATIE KONDITIE ZEE | | | | |
| 122 | " | -0,00181 | -593 | | 129 | CIRKULATIEDEBIET MINIMAAL | | | |
| 123 | " | -0,00869 | -2848 | | 131 | LUCHT 80 cc/m ² s (ZEE + GOOT) | | | |
| 153 | " | -0,00181 | -593 | LU. 60 cc/m ² s | 132 | LUCHT 80 cc/m ² s (ZEE) | | | |
| 154 | " | -0,00869 | -2848 | " | 133 | DUIKSCHOT VERWUDERD | | | |
| | | | | | 139 | GEEN ZOETWATERAFZUIGING | | | |

GEGEVENS REFERENTIEPROEVEN T3/T3B

| KONDITIONS | EENH. | MODEL | PROTOTYPE |
|------------------|---------------------|----------|-----------|
| 1° WATERHOOGTE | m | 0,216 | 13,8 |
| 2° GOOTLENGTE | " | 179,16 | 114660 |
| 3° BOVENAFVOER | m ³ /s | -0,00290 | -949 |
| 4° GETJVERSCHIL | m | 0,0250 | 1,60 |
| 5° ZOUTKONC. ZEE | kg/m ³ | 30 | 30 |
| 6° RUWHEID GOOT | m ^{1/2} /s | 19,0 | 60 |
| 7° LUCHTINJEKTIE | GEEN LUCHT | | |
| 8° KONDITIE ZEE | GEEN LUCHT | | |

SCHAALFAKTOREN

MODEL - PROTOTYPE

| | |
|--------------------|--------------|
| HOOGTE: | 64 |
| LENGTE: | 640 |
| SNELHEID: | 8 |
| TJD: | 80 |
| DEBIET: | 327680 |
| ZOUTKONC.: | 1 |
| RUWHEID: | $\sqrt{0,1}$ |
| LUCHTDEBIET: | 327680 |

PROEVEN SYSTEMATISCH ONDERZOEK

j.w.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 896 - 2136

FIG. 1

Basisvergelijkingen:

$$\frac{\partial(h\bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \frac{1}{h} \frac{\partial(T'_x h)}{\partial x} = 0$$

$$\bar{\rho} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \frac{\tau_b}{R} = 0$$

Invoergegevens:

$h = f(x,t)$: waterhoogte
 $\bar{u} = f(x,t)$: horizontale snelheid
 $\bar{\rho} = f(x,t)$: dichtheid

Veronderstellingen:

$$T'_x = -D'_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \quad \text{en} \quad \tau_b = \frac{f}{c^2} \cdot \bar{\rho} \bar{u} |\bar{u}|$$

Randvoorwaarden:

Voor $x = x_{\#}$ (zoete gebied) : $T'_x = 0$

Drukgradient:

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial x} = \frac{1}{2} g h \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} + \bar{\rho} g \frac{\partial h}{\partial x}$$

Uitgevoerde analyse:

$$D'_x = \frac{\frac{1}{h} \int_{x_{\#}}^x h \left\{ \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right\} dx}{-\frac{\partial \bar{c}}{\partial x}}, \quad \text{immers} \quad D'_x = \frac{T'_x}{-\frac{\partial \bar{c}}{\partial x}}$$

$$\frac{f}{c^2} = \frac{-R \left\{ \bar{\rho} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} \right\}}{\bar{\rho} \bar{u} |\bar{u}|}, \quad \text{immers} \quad \frac{f}{c^2} = \frac{\tau_b}{\bar{\rho} \bar{u} |\bar{u}|}$$

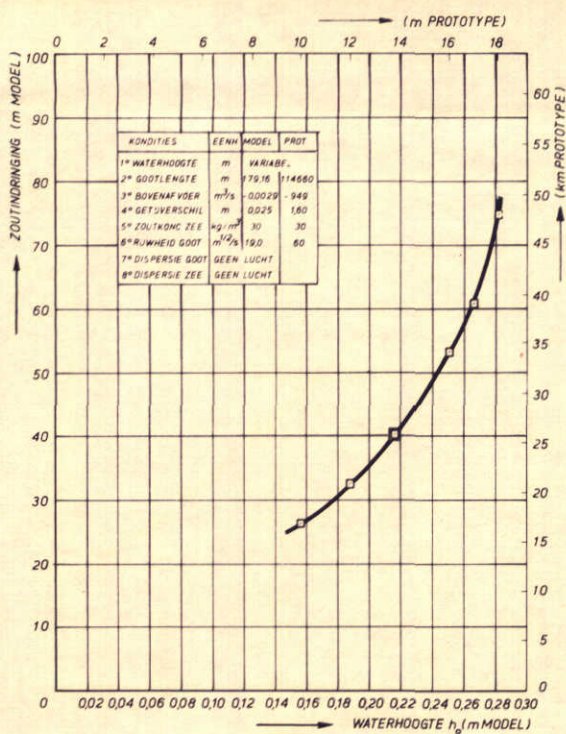
Meererekende parameters:

$$Re = \frac{\bar{u} h}{\nu} \quad (\text{getal van Reynolds}), \quad Ke = \frac{\bar{u}^3}{\frac{\Delta \bar{p}}{\rho} g \nu} \quad (\text{getal van Keulegan})$$

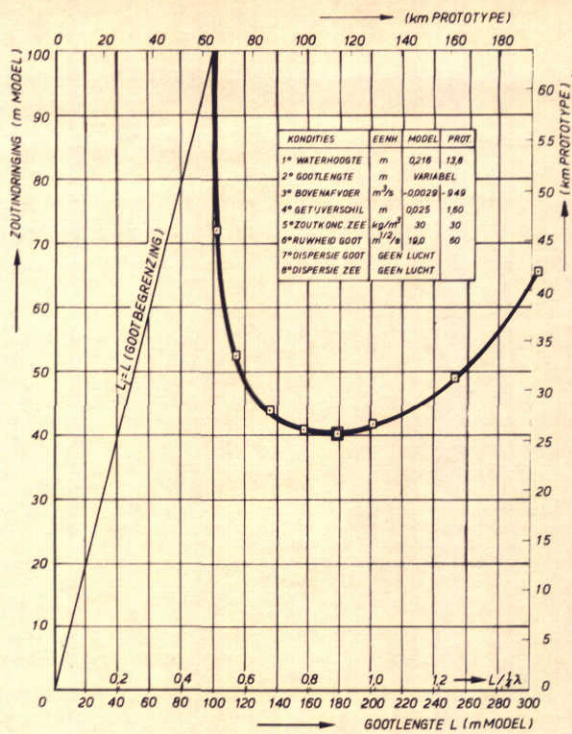
$$Fr = \frac{\bar{u}^2}{gh} \quad (\text{getal van Froude}), \quad Fr' = \frac{\bar{u}^2}{\frac{\Delta \bar{p}}{\rho} gh} \quad (\text{intern Froudegetal})$$

$$R_p^{-1} = \frac{\bar{\rho} \left| \frac{\partial h}{\partial x} \right|}{-g \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{verhoudings-} \\ \text{getal druk-} \\ \text{gradienten} \end{array} \right), \quad u_{\#b} = \frac{\tau_b}{|\tau_b|} \sqrt{\frac{|\tau_b|}{\bar{\rho}}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{schuif} \\ \text{spannings-} \\ \text{snelheid} \end{array} \right)$$

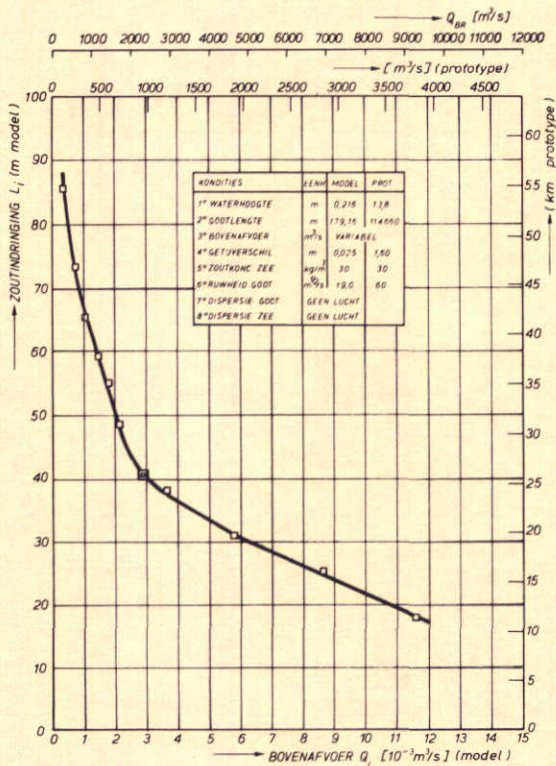
SCHEMA EENDIMENSIONAAL ONDERZOEK



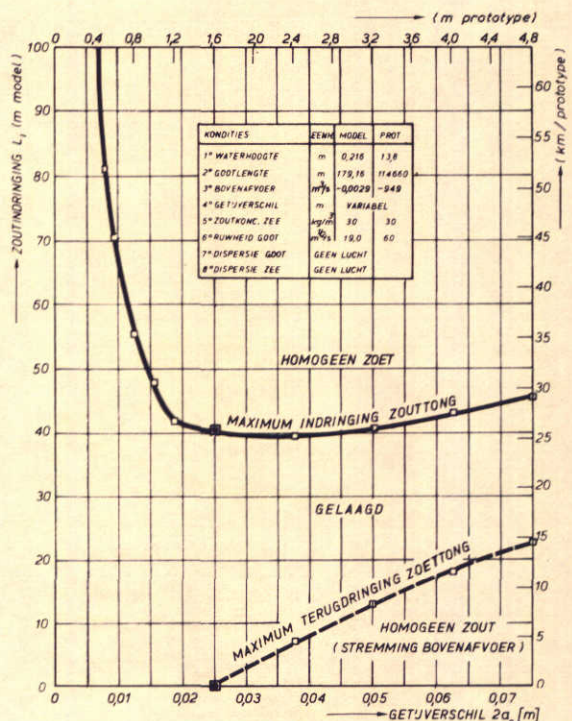
1° VARIATIE WATERHOOGTE



2° VARIATIE GOOTLENGTE



3° VARIATIE BOVENAFVOER



4° VARIATIE GETJVERSCHIL

SYSTEMATISCH ONDERZOEK ZOUTINDRINGING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

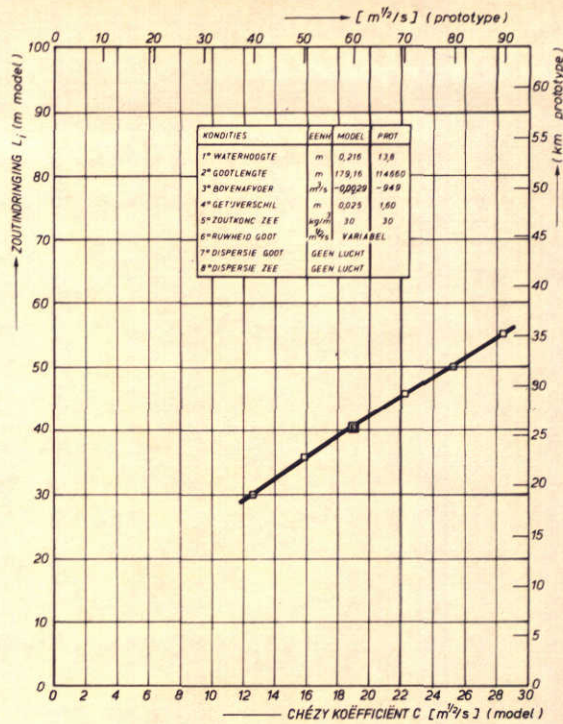
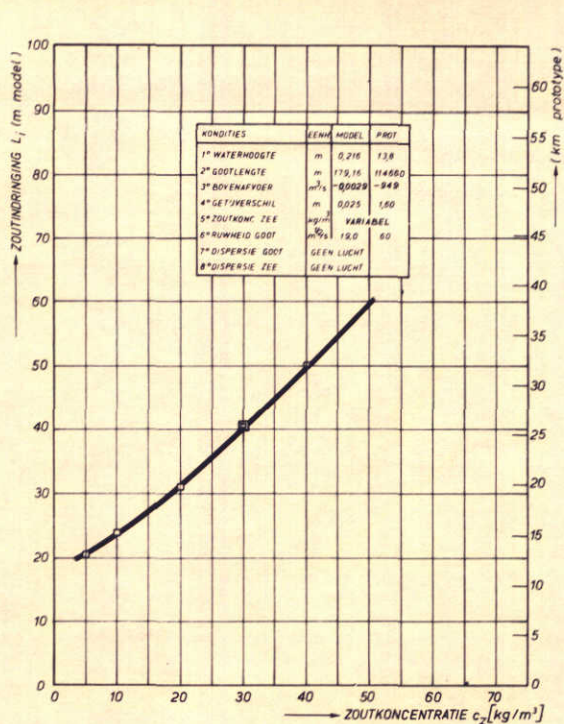
□ MEETRESULTATEN
 ⊠ REFERENTIEPROEF
 ROTTERD. WATERWEG

j.z.

A4

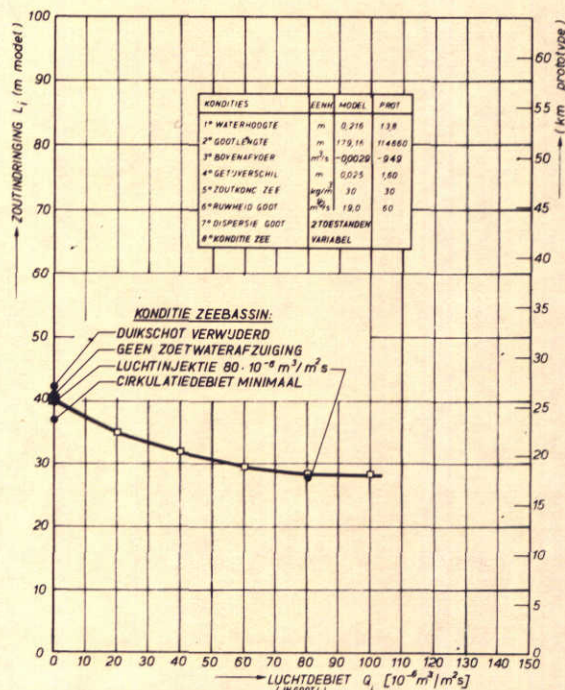
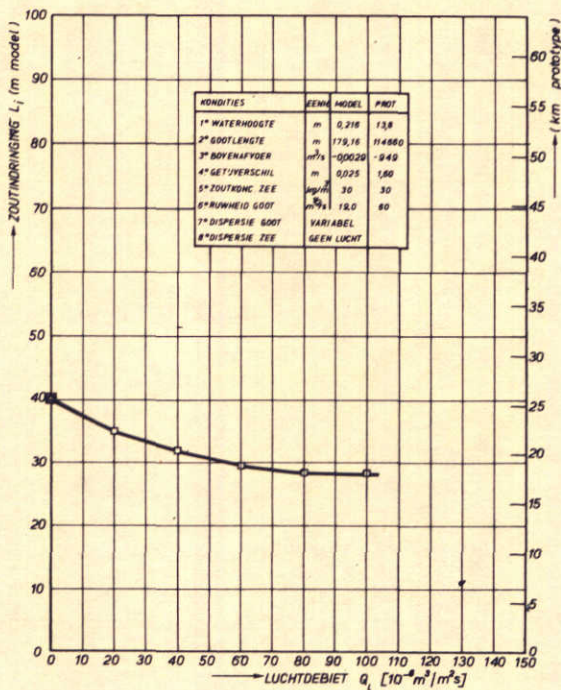
M. 896 - 2138

FIG. 3



5.° VARIATIE ZOUTKONC. ZEE

6.° VARIATIE RUWHEID



7.° VARIATIE LUCHTINJEKTIE

8.° VARIATIE KONDIETIE ZEE

SYSTEMATISCH ONDERZOEK ZOUTINDRINGING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

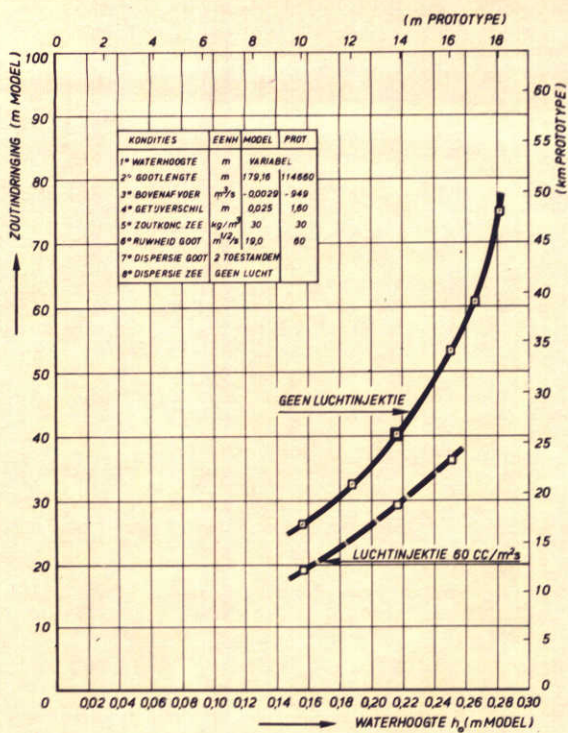
□ MEETRESULTATEN
 □ REFERENTIEPROEF ROTTERD. WATERWEG

M.896 - 2139

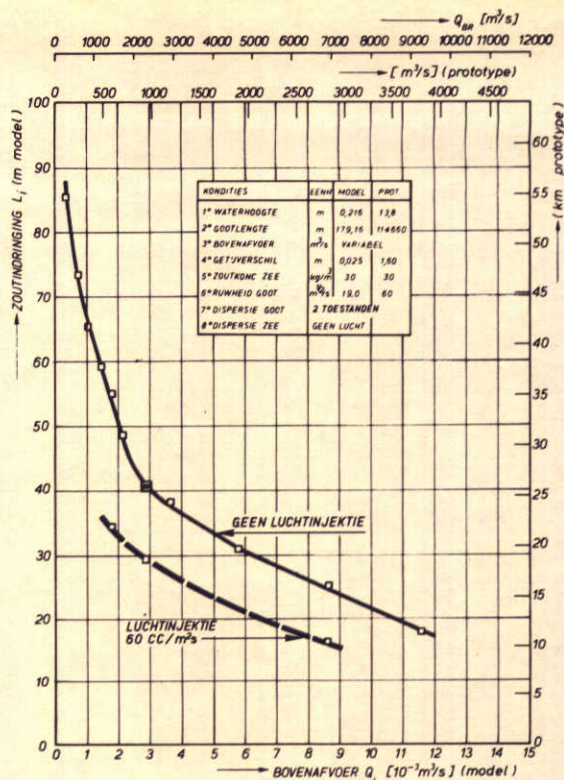
j.z.

A4

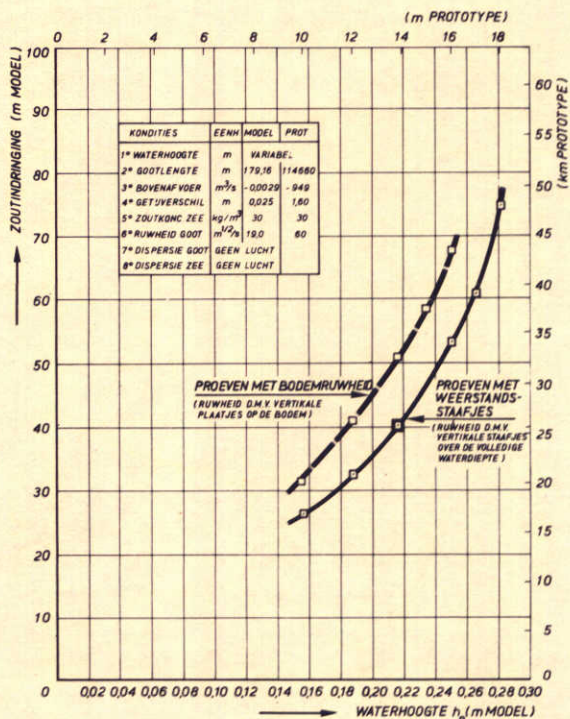
FIG. 4



1° INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VAR. h_0



3° INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VAR. Q_d



1° INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VAR. h_0

SYSTEMATISCH ONDERZOEK ZOUTINDRINGING

□ MEETRESULTATEN

j.z.

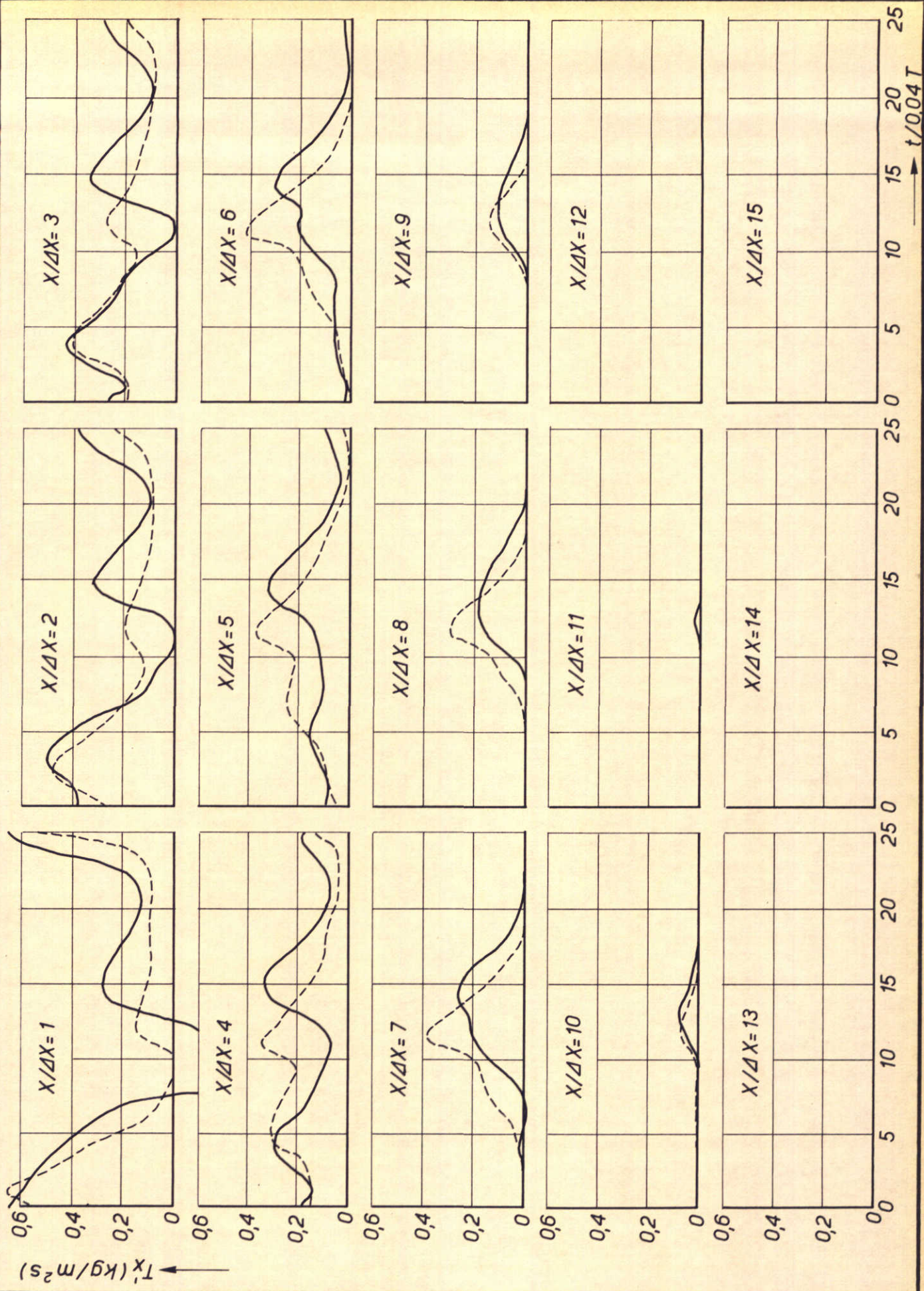
▣ REFERENTIEPROEF ROTTERD. WATERWEG

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896- 2140

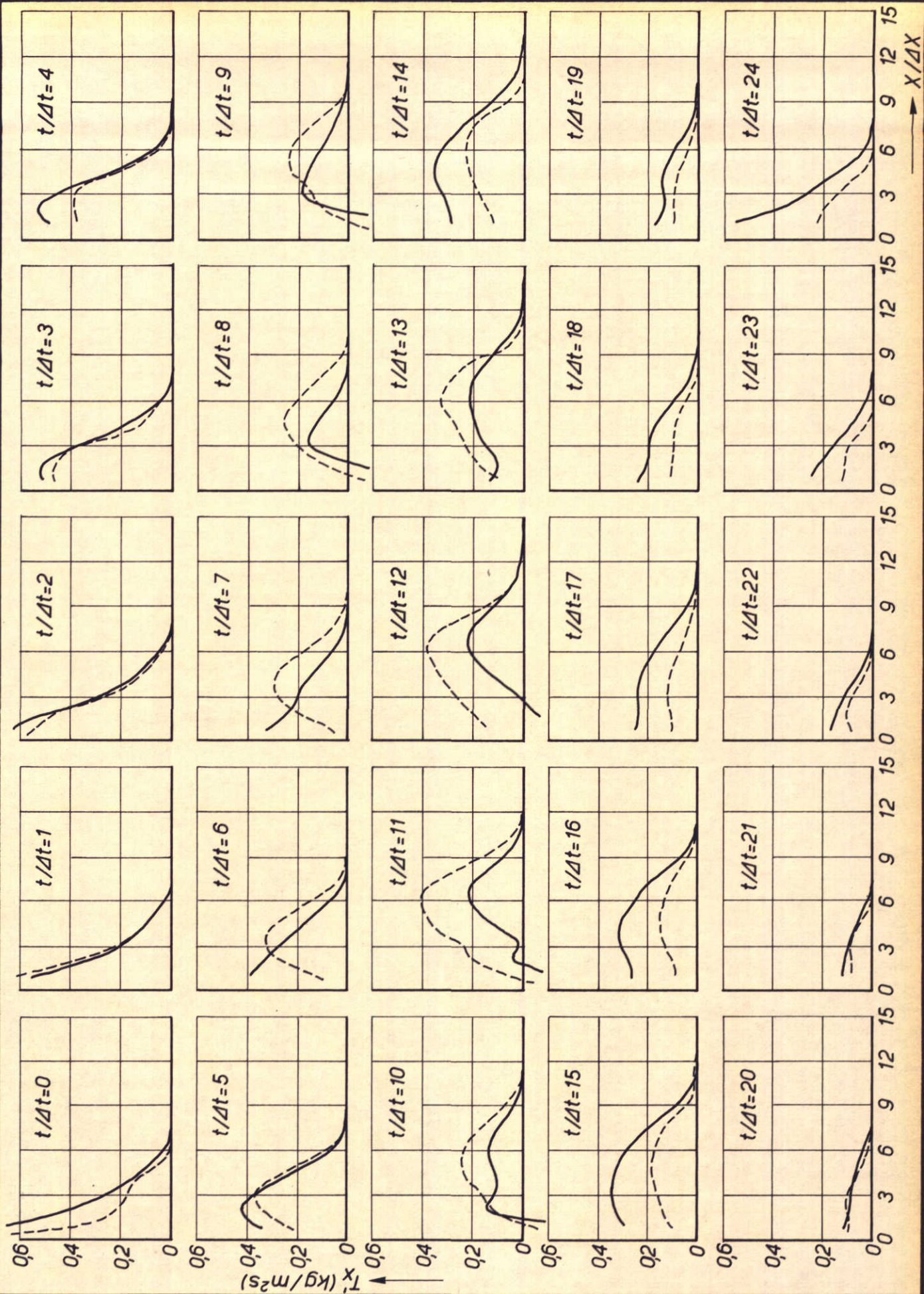
FIG. 5



DISPERSIEF TRANSPORT T'_x ALS $f(t)$ PROEVEN T3/T3 B
 VERIFIKATIE PROFIELMETHODE

— BALANSMETH.
 --- PROFIELMETH.

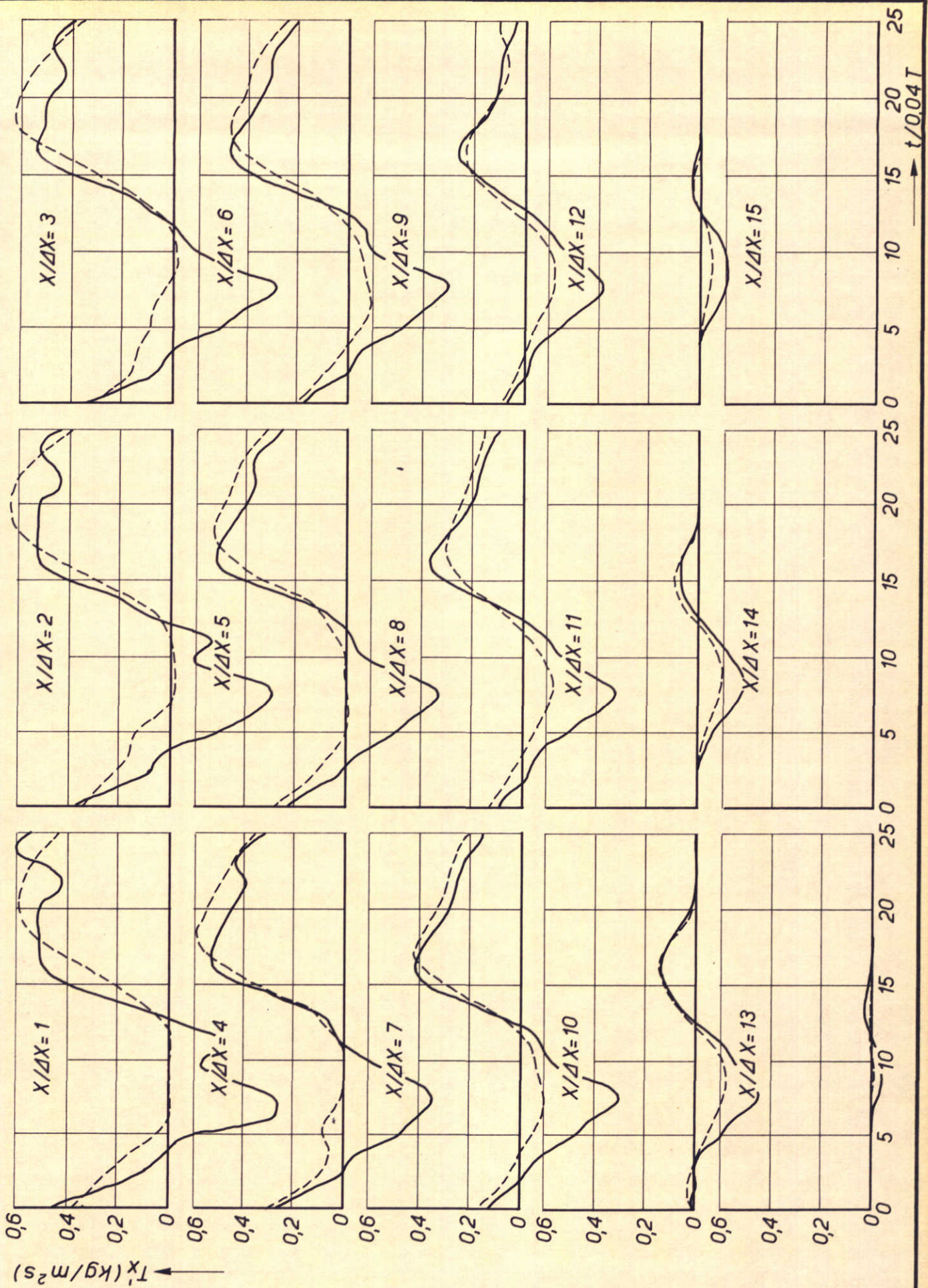
W
K
A4



DISPERSIEF TRANSPORT T'_x ALS $f(x)$ PROEVEN $T_3/T_3 B$
 VERIFIKATIE PROFIELMETHODE

— BALANSMETH.
 - - - PROFIELMETH.

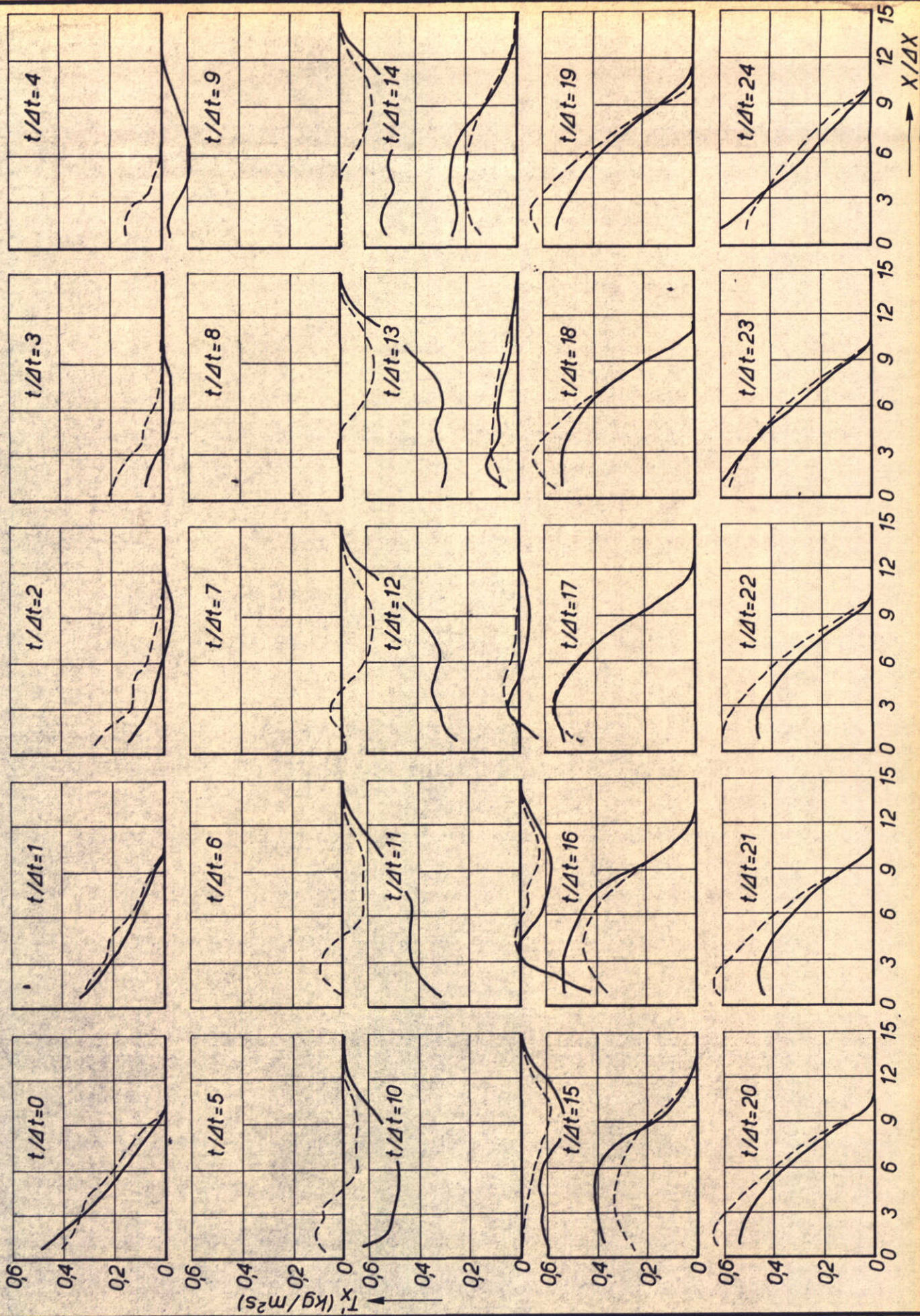
$\frac{W}{K}$
 $\Delta 4$



DISPERSIEF TRANSPORT T'_X ALS $f(t)$ PROEVEN T 145/T 146
 VERIFIKATIE PROFIELMETHODE

— BALANSMETH.
 --- PROFIELMETH.

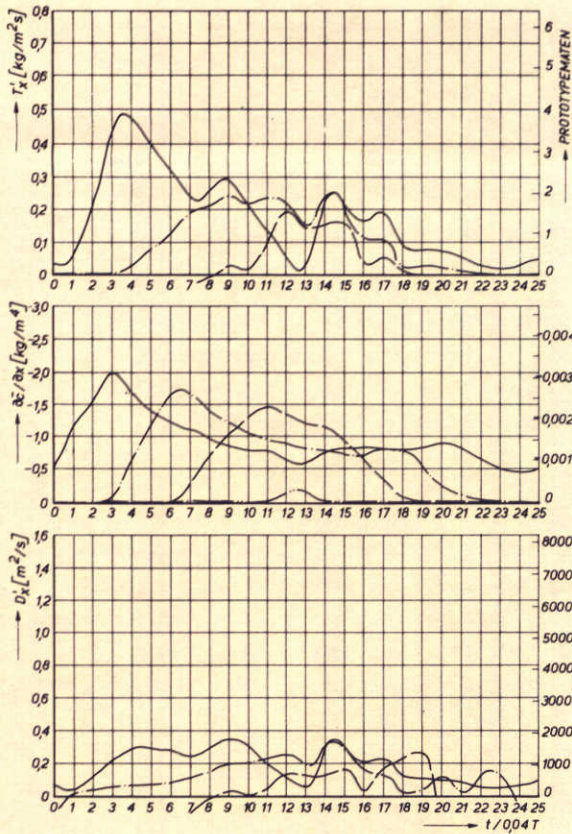
W
K
A4



DISPERSIEF TRANSPORT T_x' ALS $f(x)$ PROEVEN T 145/T 146
 VERIFIKATIE PROFIELMETHODE

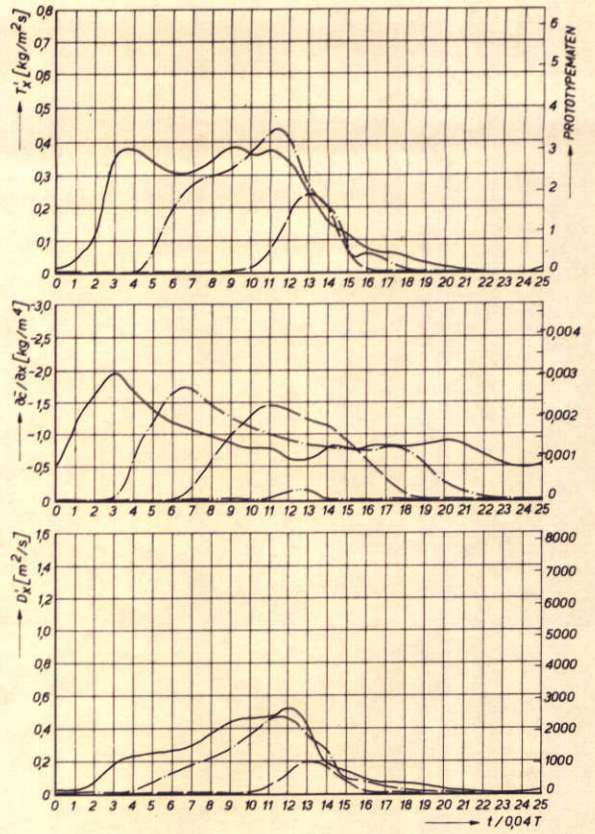
— BALANSMETH.
 - - - PROFIELMETH.

W_K
 A4

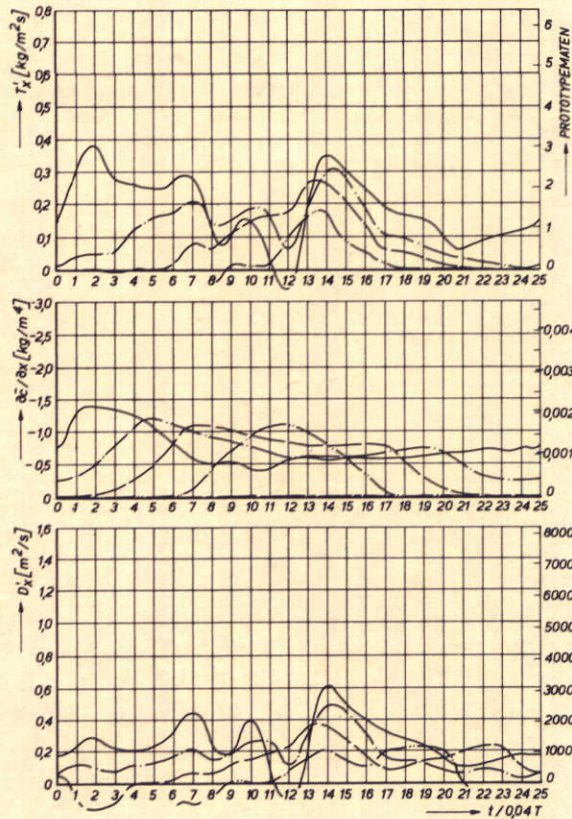


BALANSMETHODE

PROEF T 106 ($h_0=10$ m)

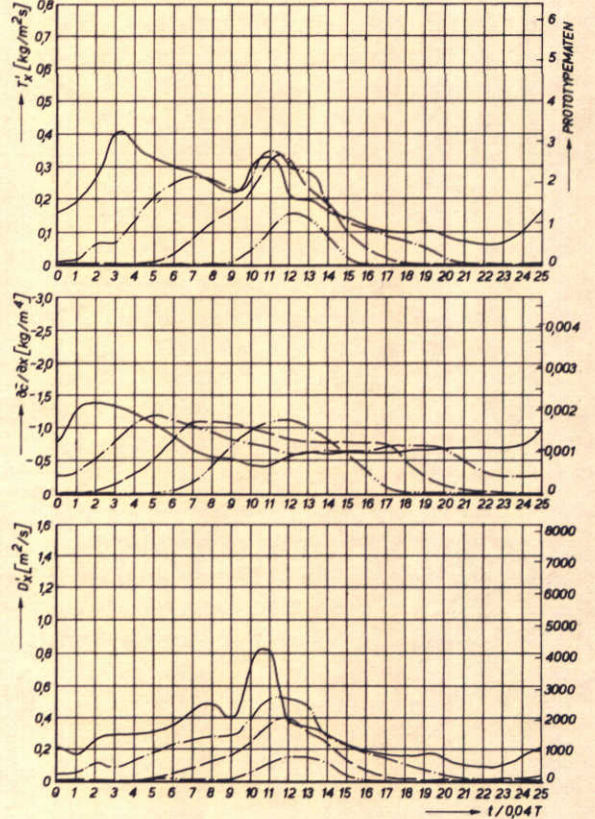


PROFIELMETHODE



BALANSMETHODE

PROEF T 107 ($h_0=12$ m)



PROFIELMETHODE

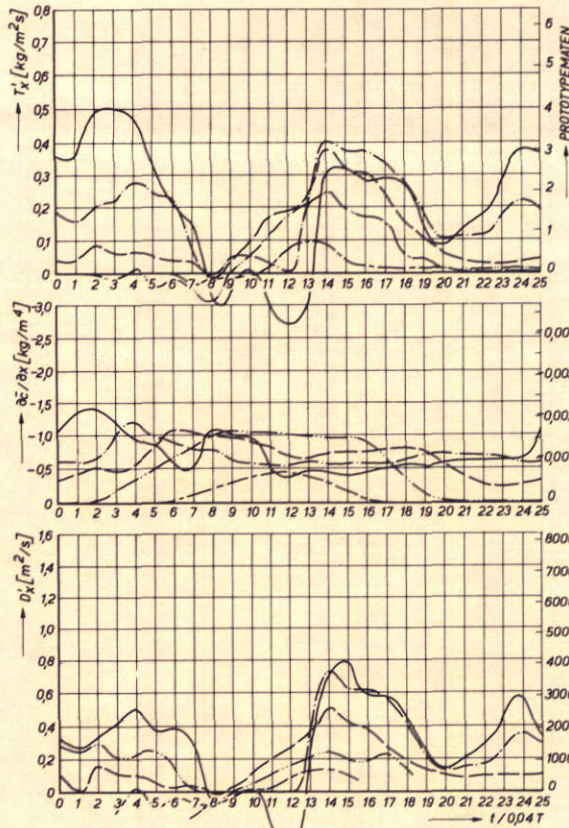
BALANSMETHODE VS. PROFIELMETHODE

PROEVEN RUWHEID d.m.v. STAAFJES

———— $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 ———— $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 ———— $X/\Delta X = 14, 16$

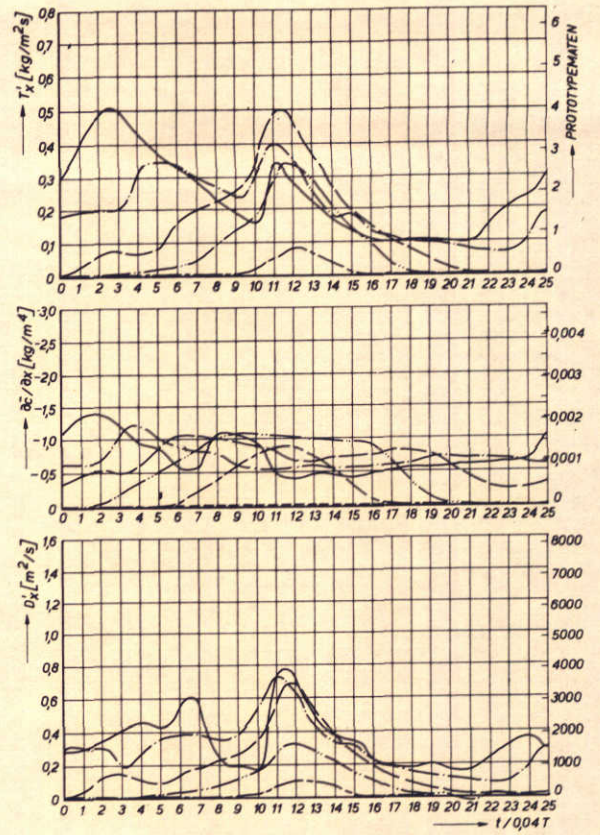
W
K

A4

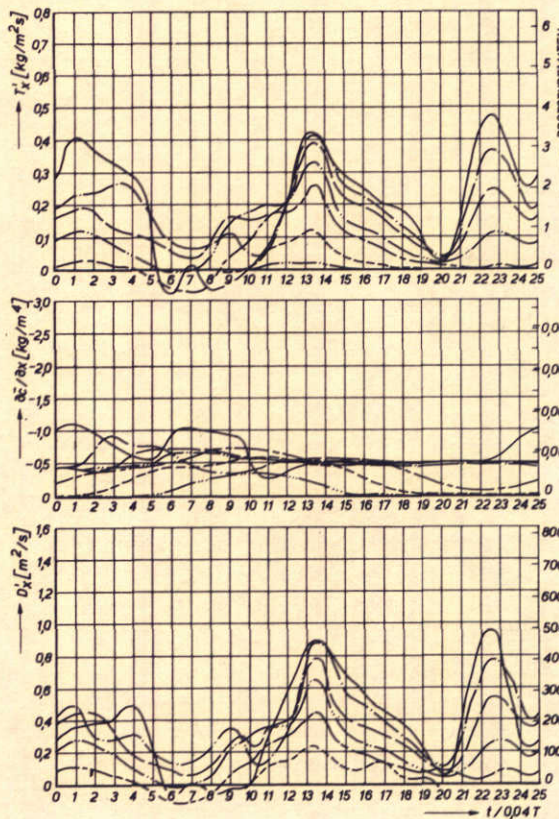


BALANSMETHODE

PROEF T 3 ($h_0=13,8$ m)

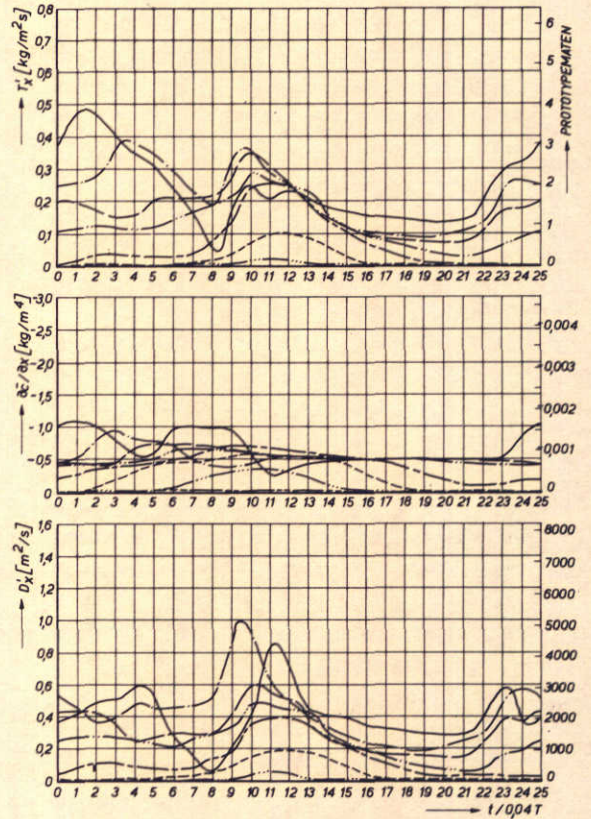


PROFIELMETHODE



BALANSMETHODE

PROEF T 108 ($h_0=16$ m)



PROFIELMETHODE

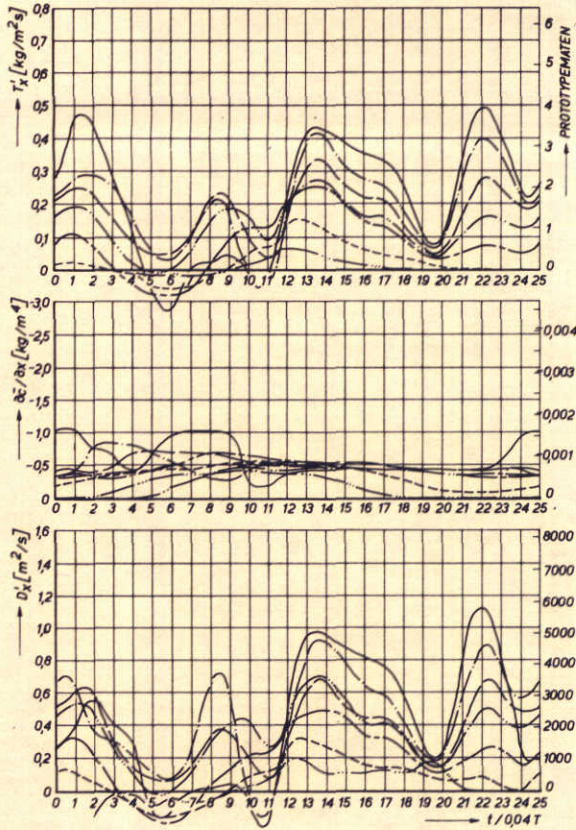
BALANSMETHODE VS. PROFIELMETHODE

PROEVEN RUWHEID d.m.v. STAAFJES

———— $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 ······ $X/\Delta X = 14, 16$

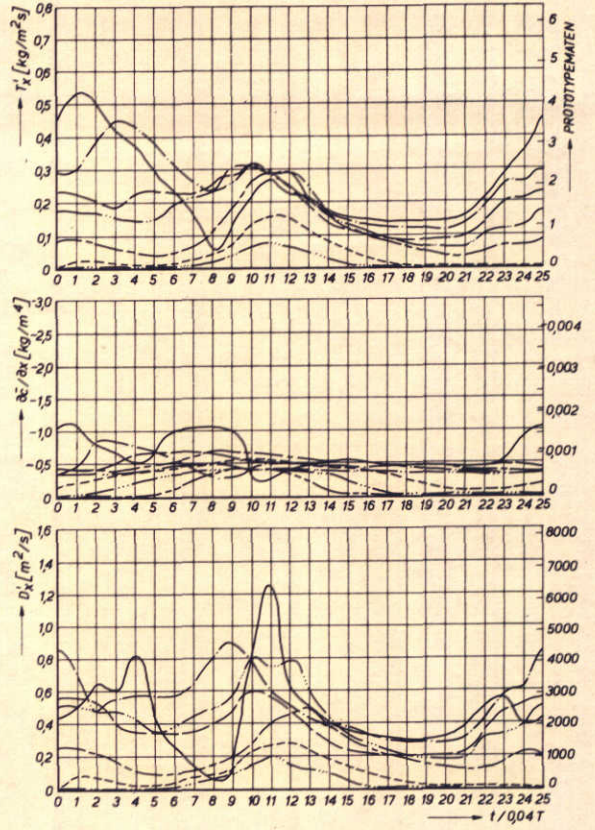
W
K

A4

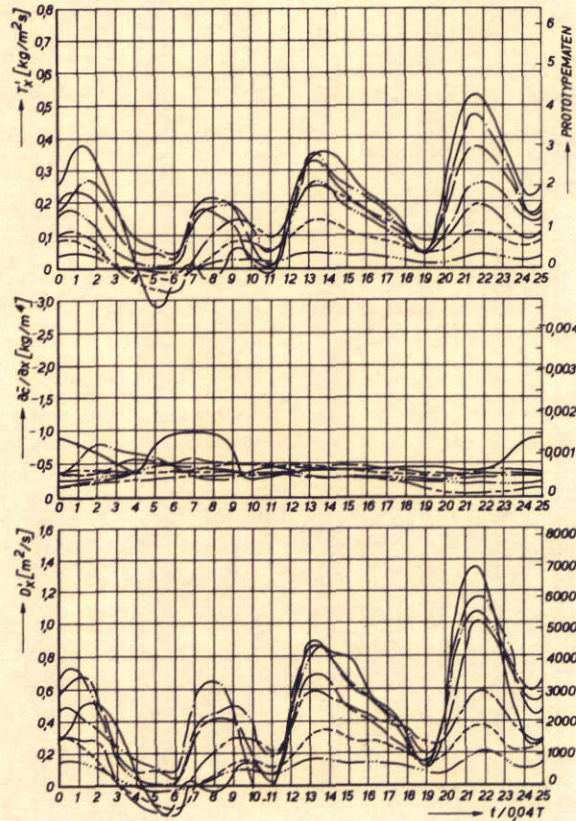


BALANSMETHODE

PROEF T 110 ($h_0=17\text{ m}$)

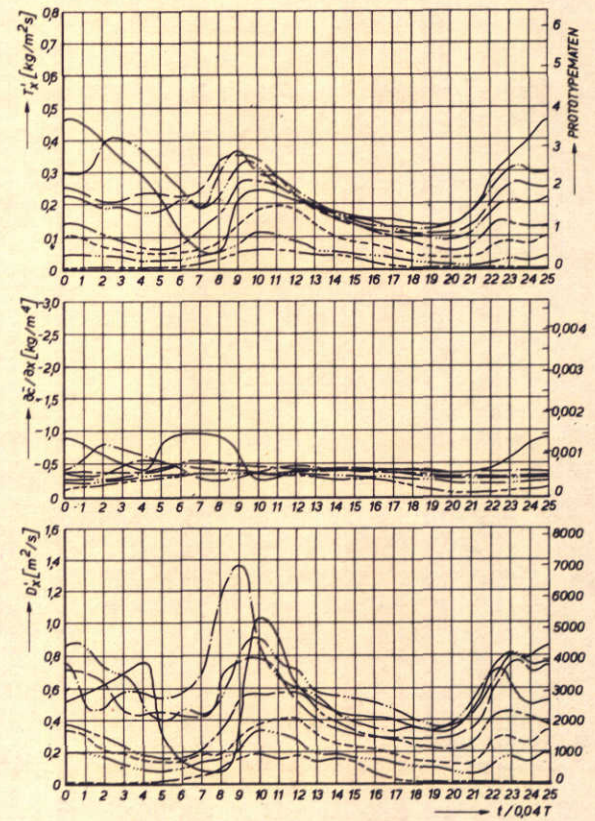


PROFIELMETHODE



BALANSMETHODE

PROEF T 109 ($h_0=18\text{ m}$)

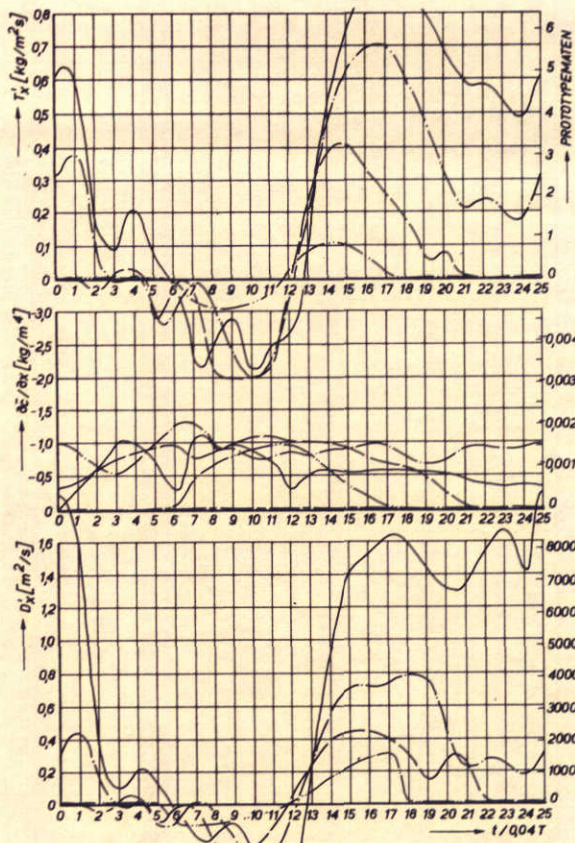


PROFIELMETHODE

BALANSMETHODE VS. PROFIELMETHODE

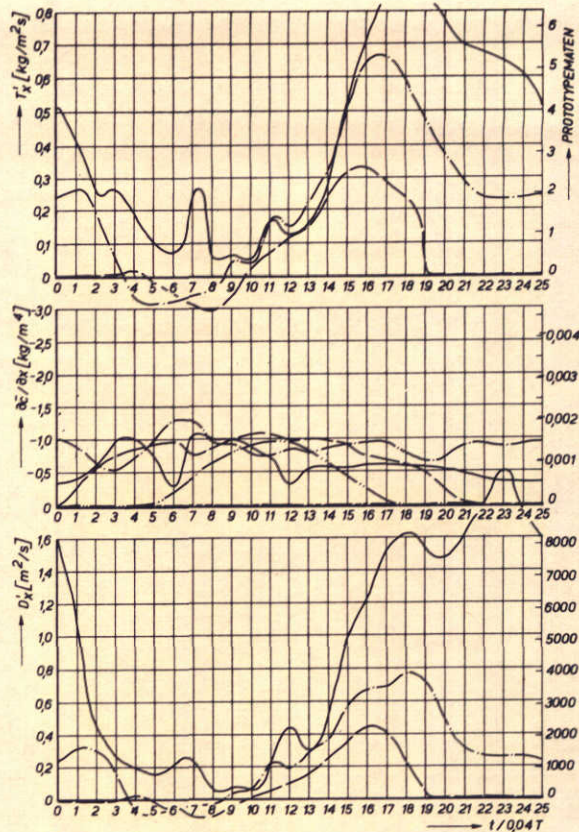
PROEVEN RUWHEID d.m.v. STAAFJES

| | | |
|-----------|--------------------------|--------|
| — · — · — | $X/\Delta X = 2, 4, 6$ | W K |
| — · — · — | $X/\Delta X = 8, 10, 12$ | |
| — · — · — | $X/\Delta X = 14, 16$ | A4 |

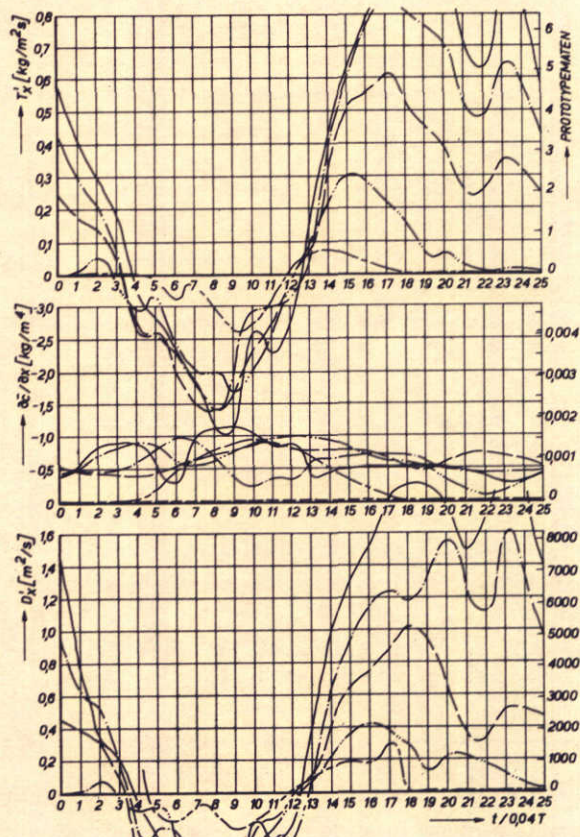


BALANSMETHODE

PROEF T 149 ($h_0 = 10 \text{ m}$)

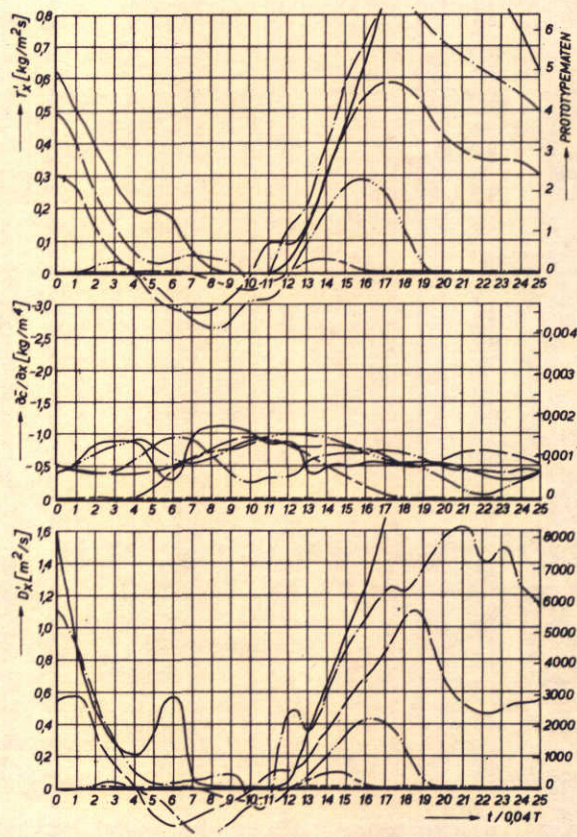


PROFIELMETHODE



BALANSMETHODE

PROEF T 148 ($h_0 = 12 \text{ m}$)



PROFIELMETHODE

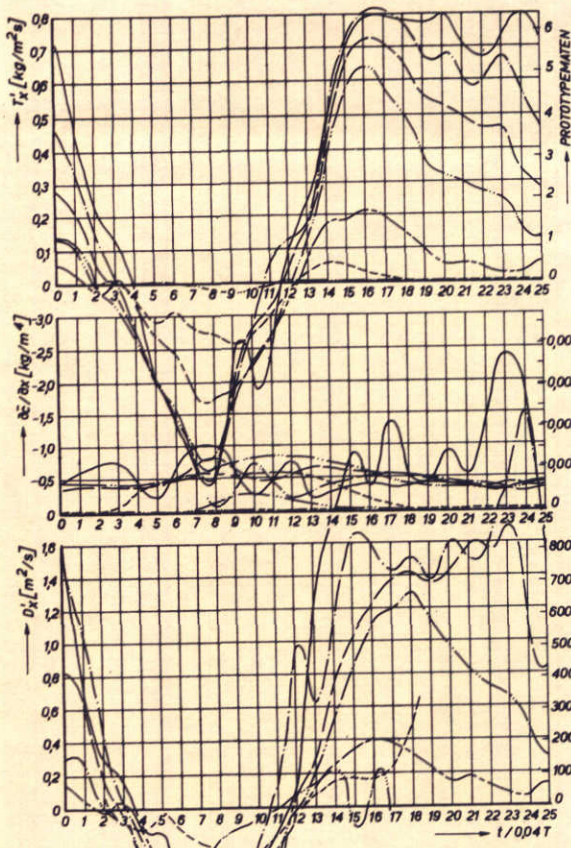
BALANSMETHODE VS. PROFIELMETHODE

PROEVEN MET BODEMRUWHEID

———— $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 ······ $X/\Delta X = 14, 16$

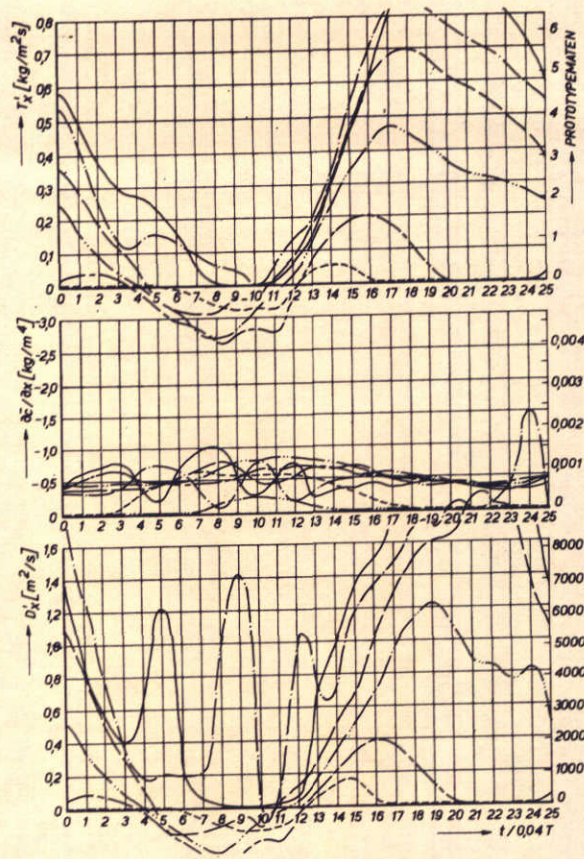
W
K

A4

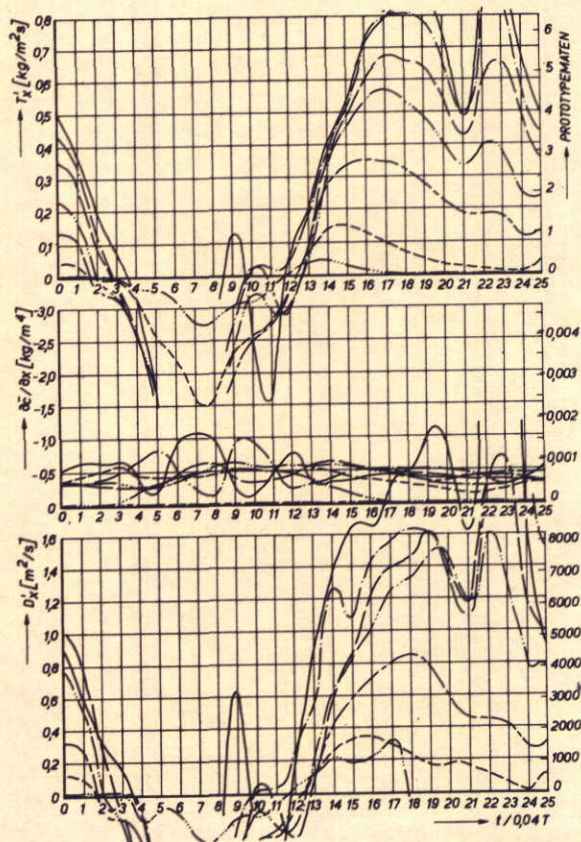


BALANSMETHODE

PROEF T 145 ($h_0=13,8$ m)

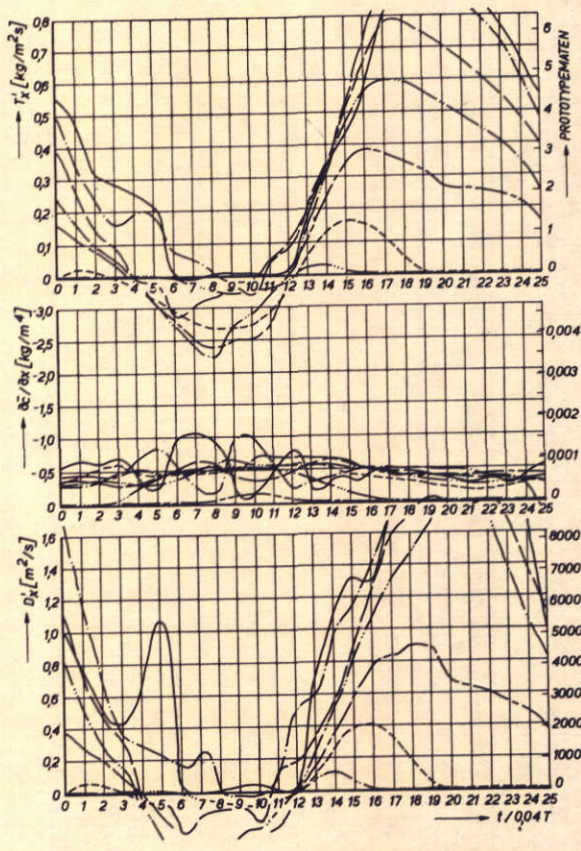


PROFIELMETHODE



BALANSMETHODE

PROEF T 147 ($h_0=15$ m)



PROFIELMETHODE

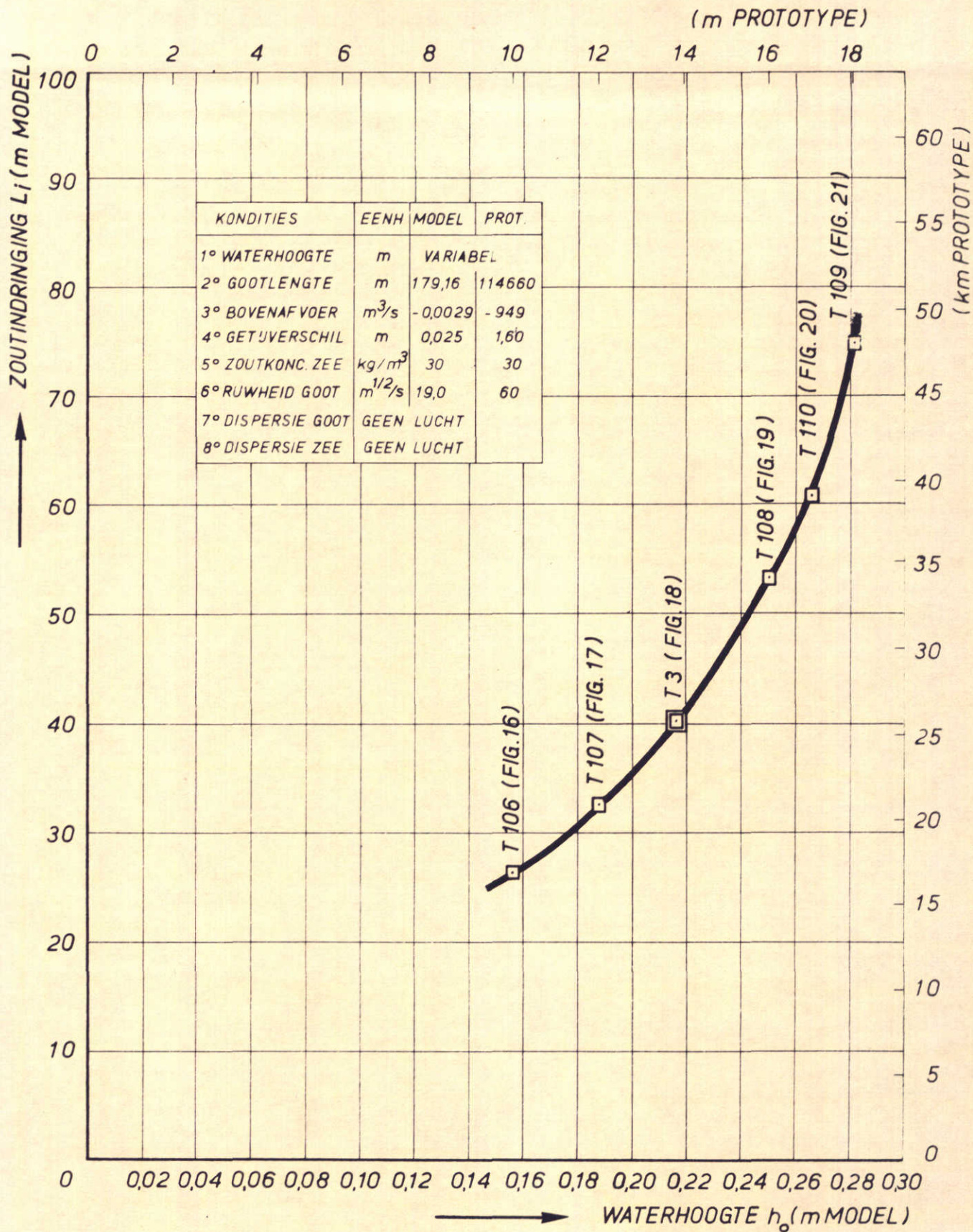
BALANSMETHODE VS. PROFIELMETHODE

PROEVEN MET BODEMRUWHEID

- · — · — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · · — · — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · · · — · — $X/\Delta X = 14, 16$

W
K

A4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE WATERHOOGTE

□ MEETRESULTATEN

P

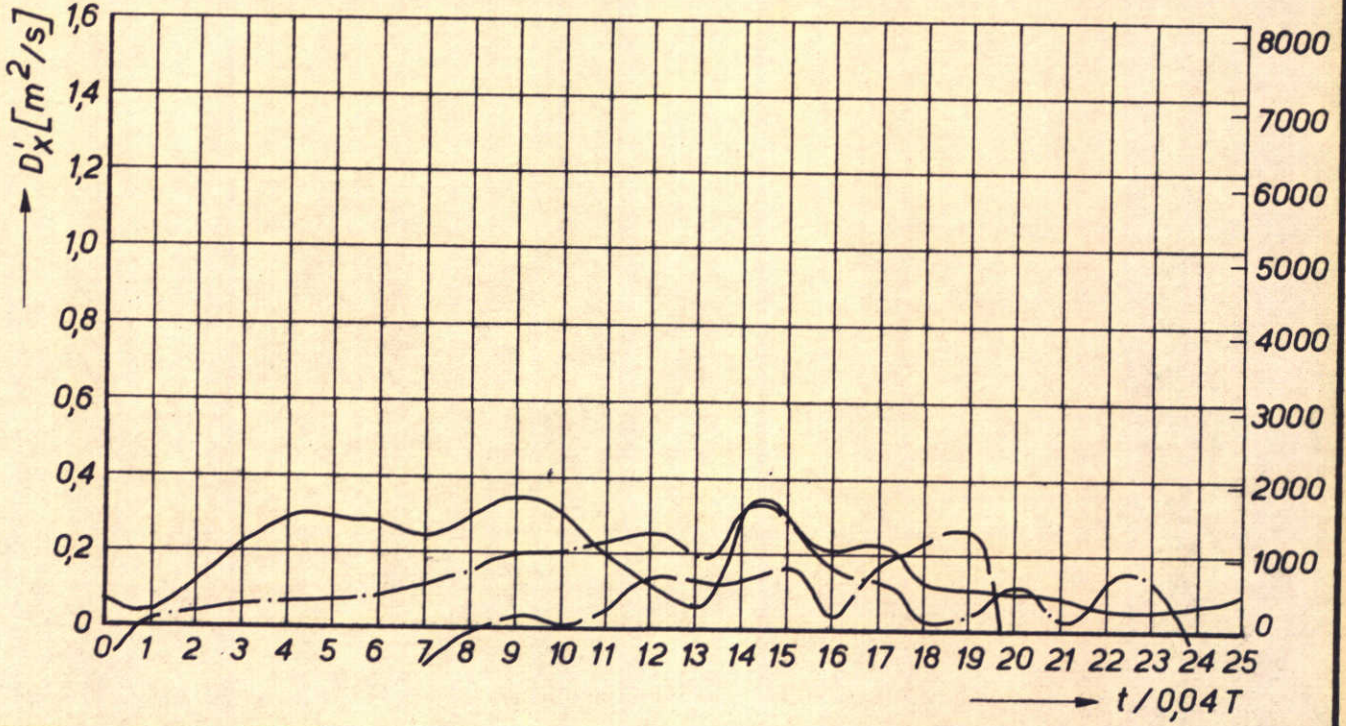
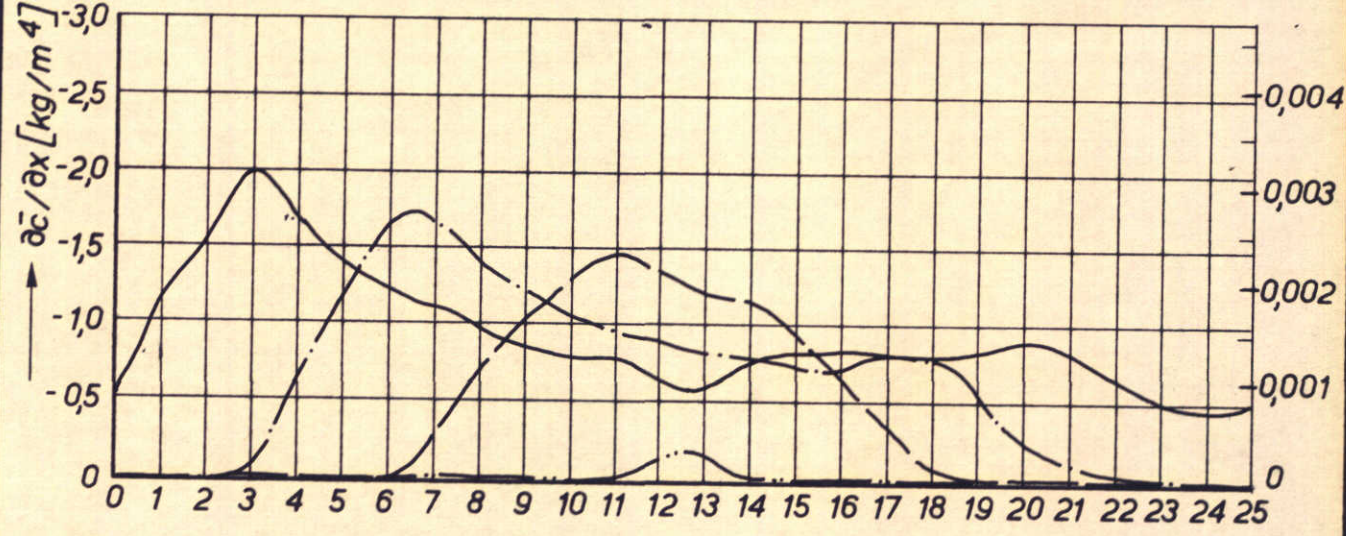
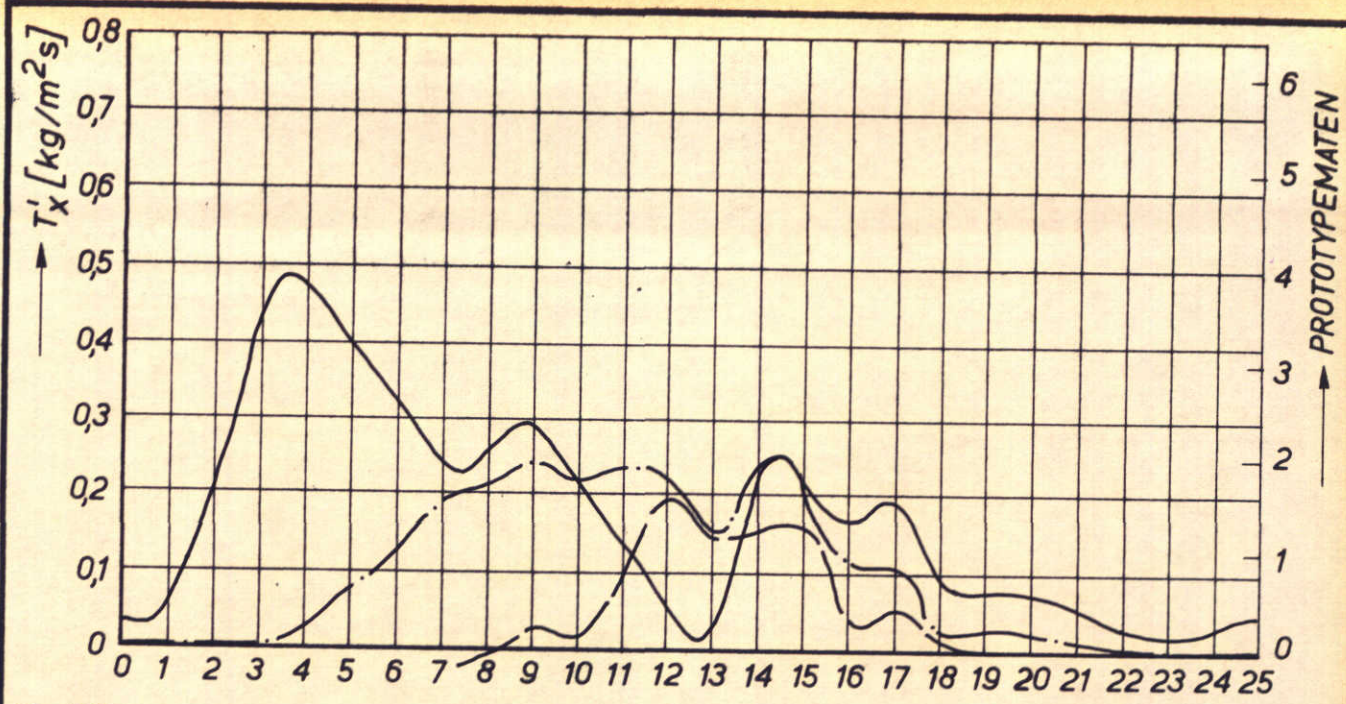
■ REFERENTIE PROEF
ROTTERD. WATERWEG

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2150

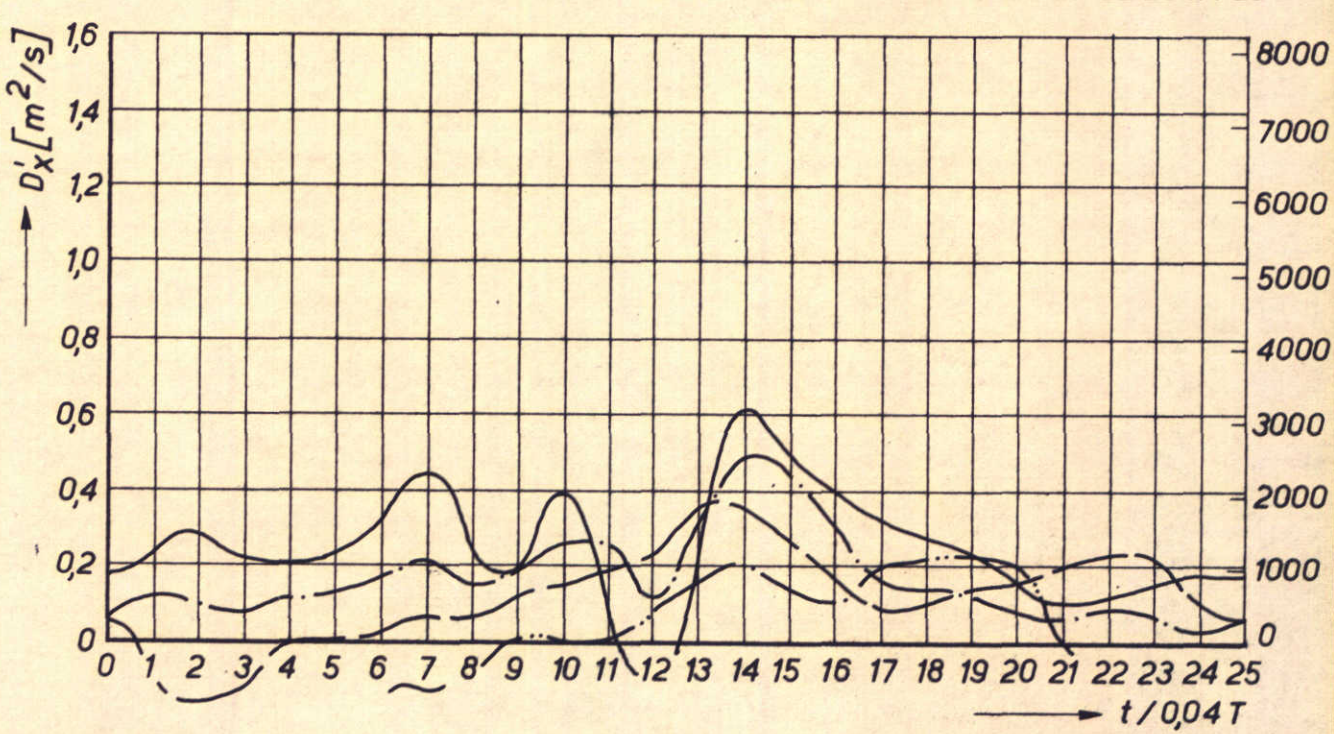
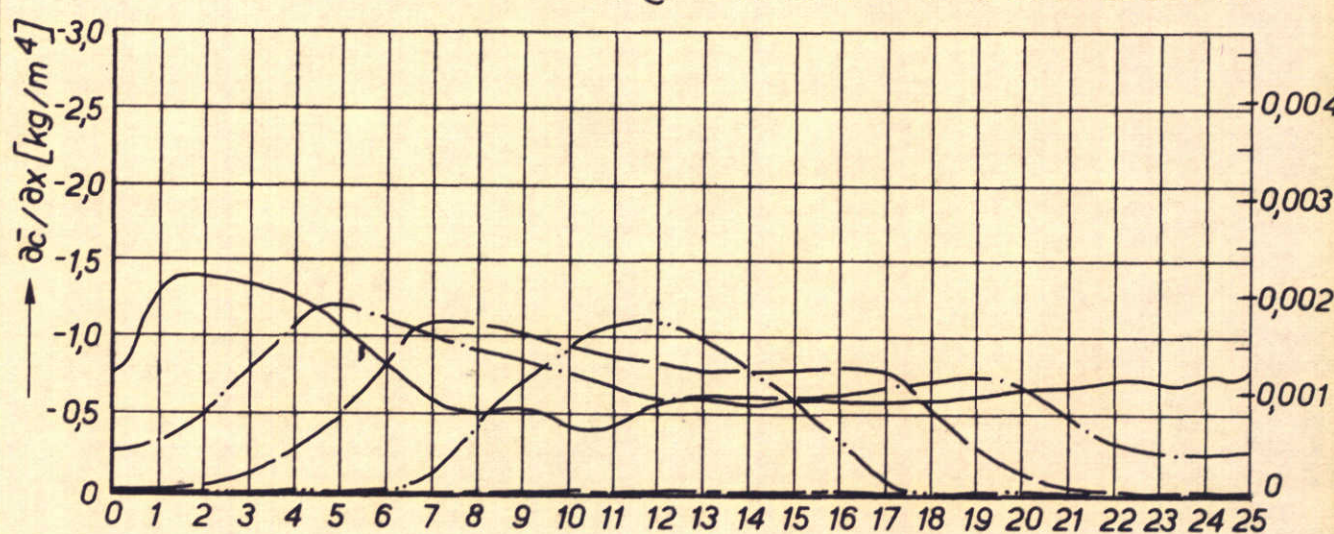
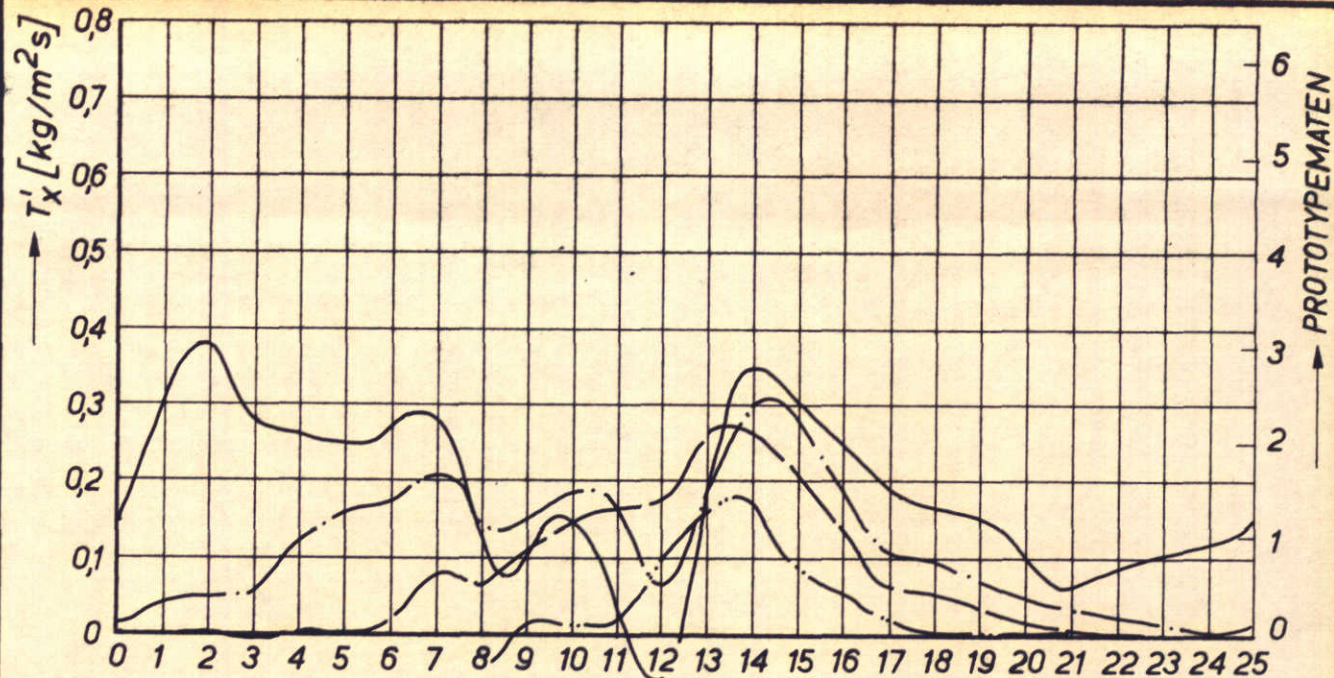
FIG. 15



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 106 (ho = 10 m PROTOTYPE)

— X/ΔX = 2, 4, 6
 - - - X/ΔX = 8, 10, 12
 - · - X/ΔX = 14, 16

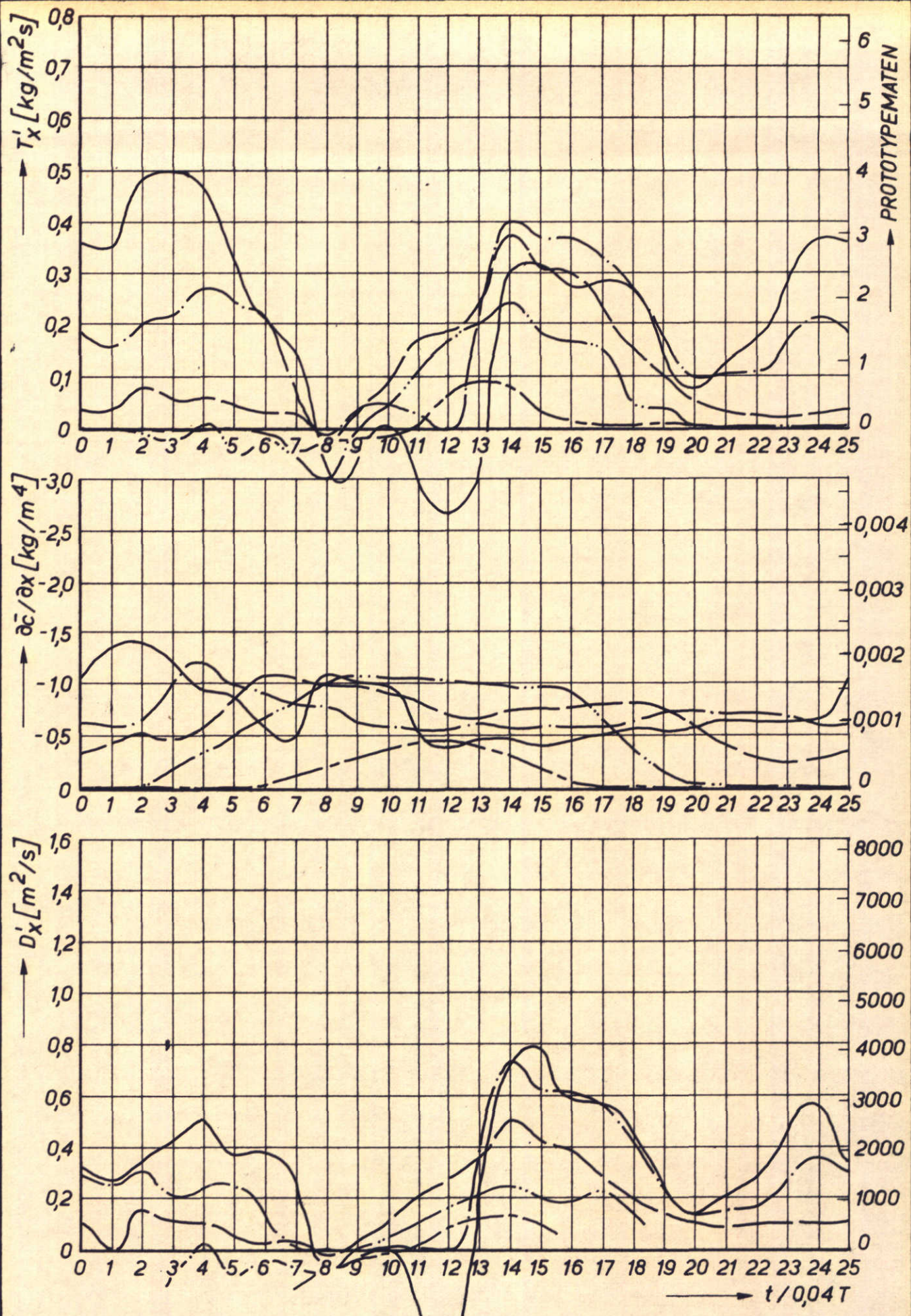
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 107 ($h_0 = 12 \text{ m}$ · PROTOTYPE)

- X/ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ΔX = 14, 16

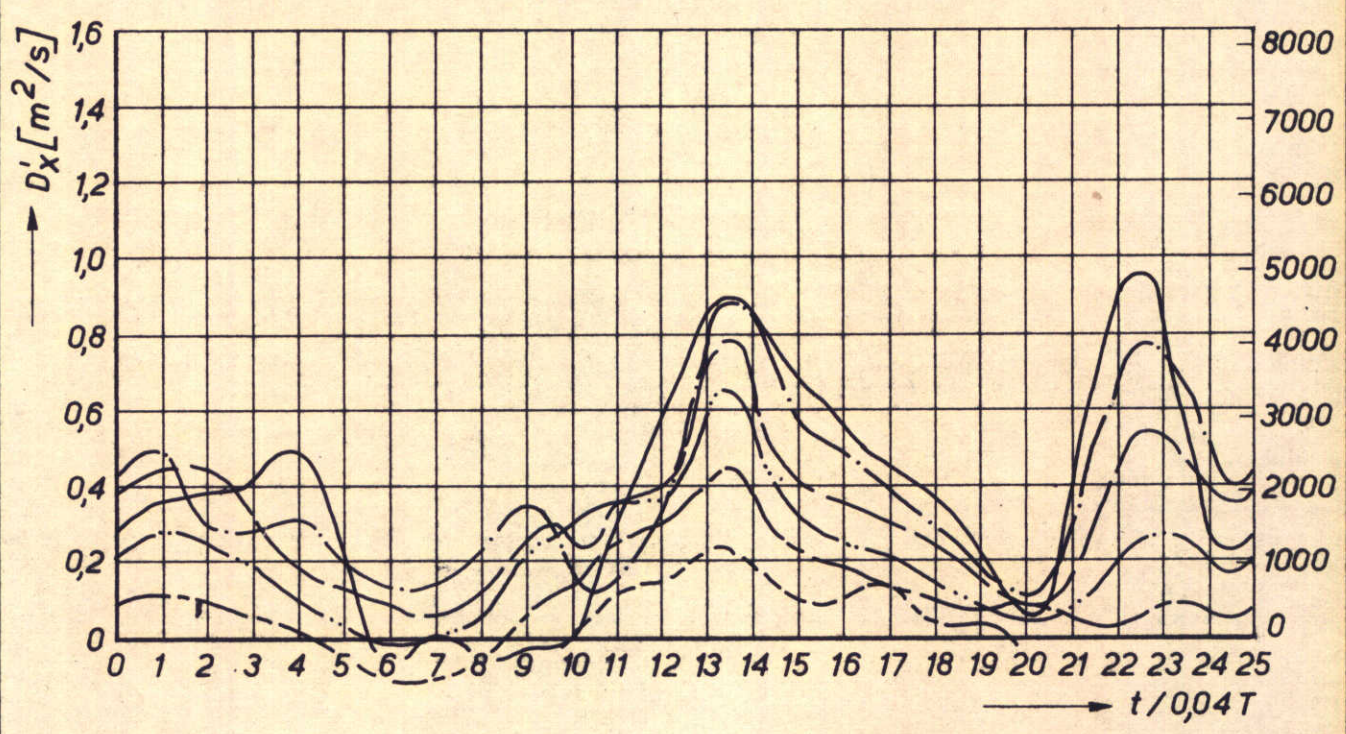
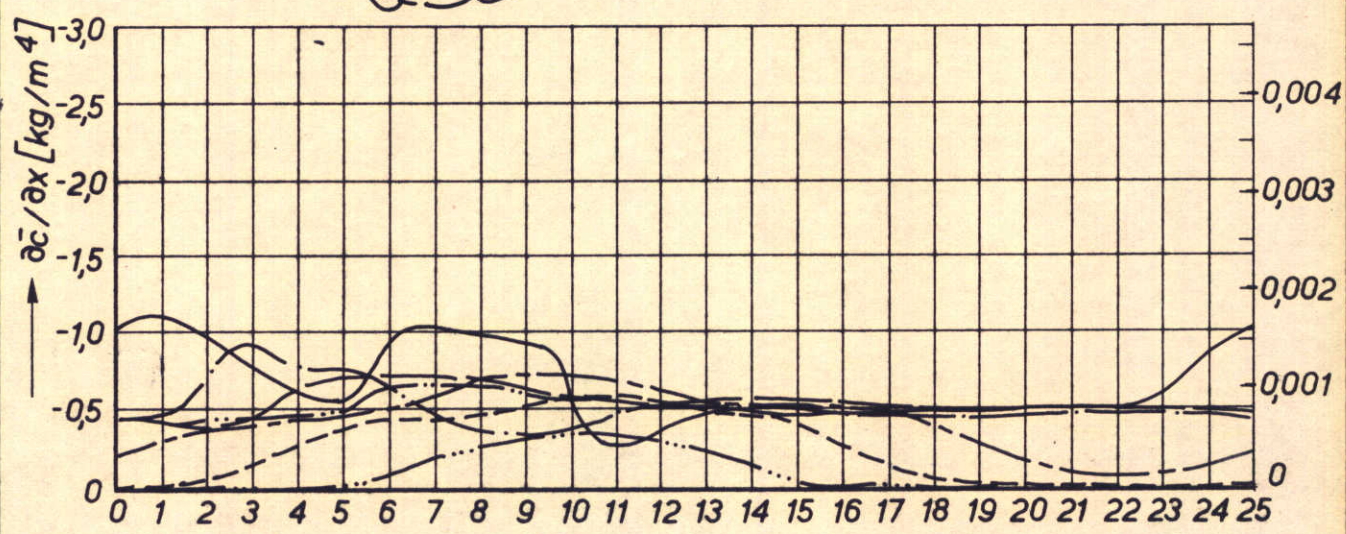
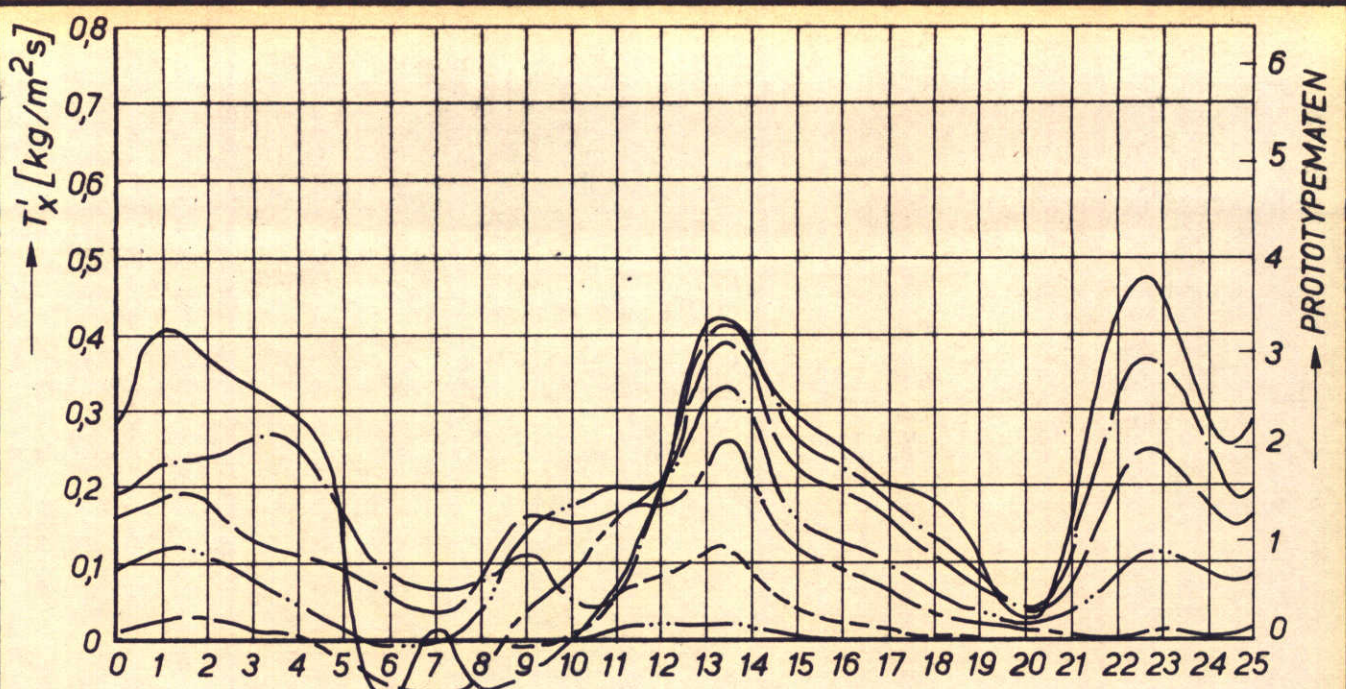
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T3 ($h_0 = 13,8$ m PROTOTYPE)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

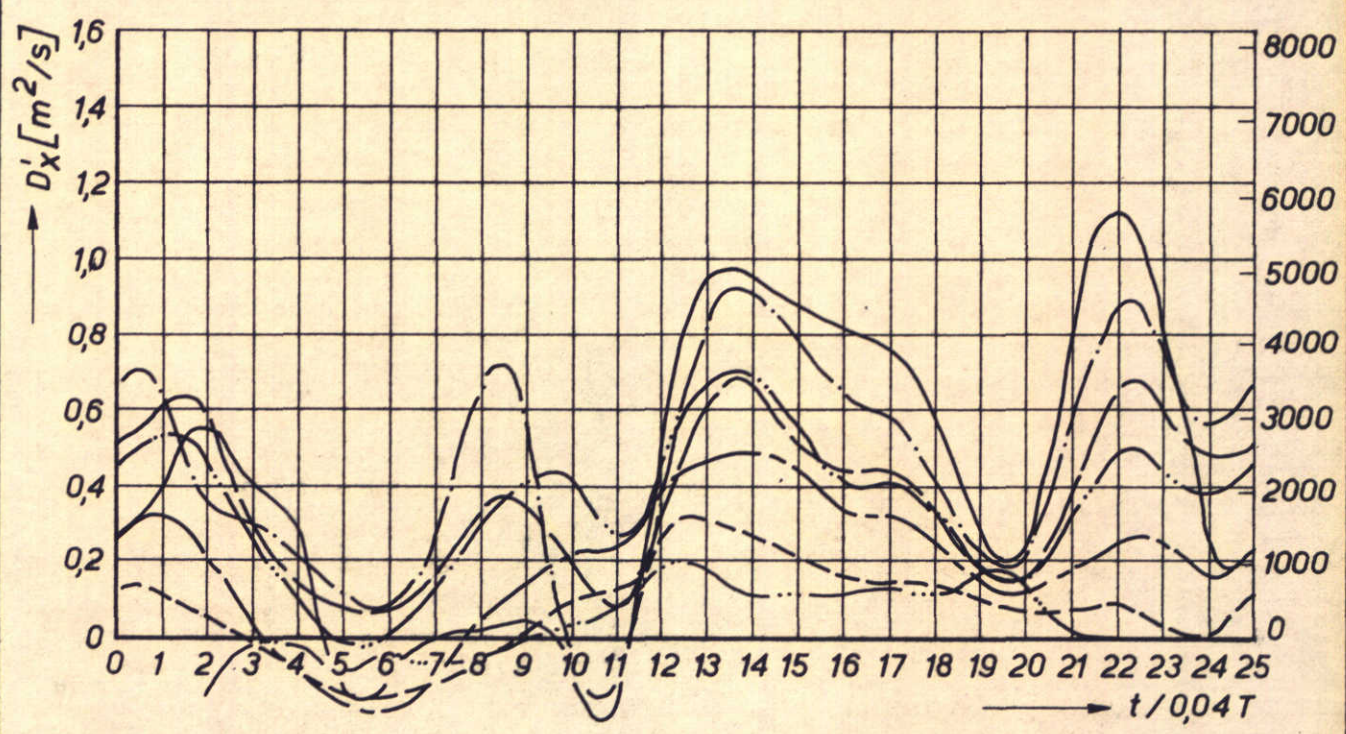
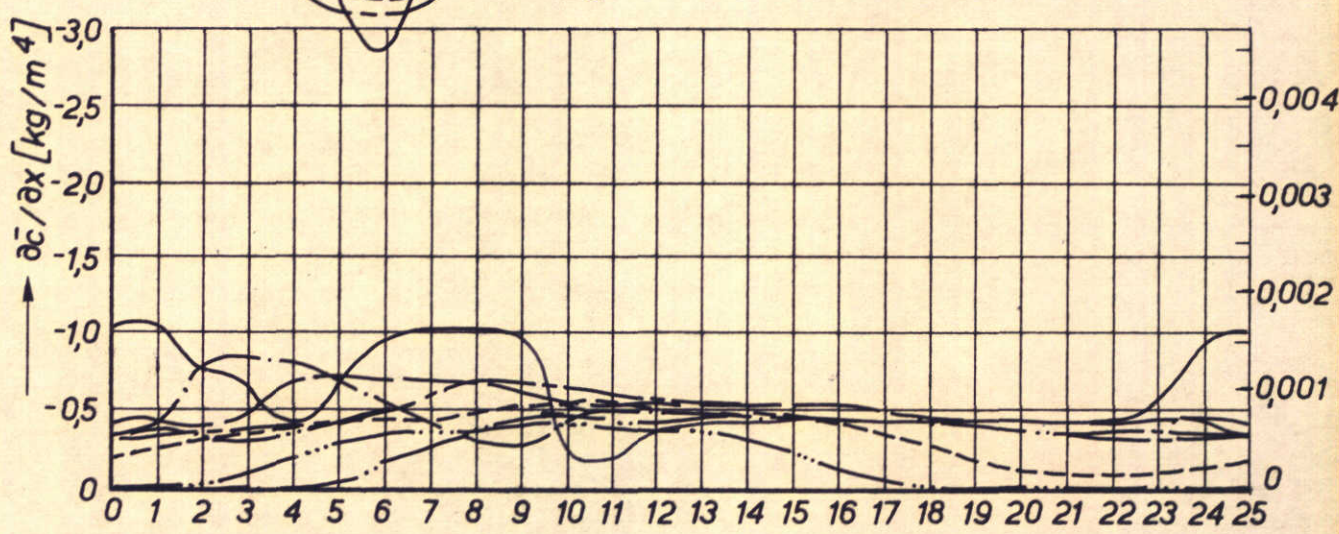
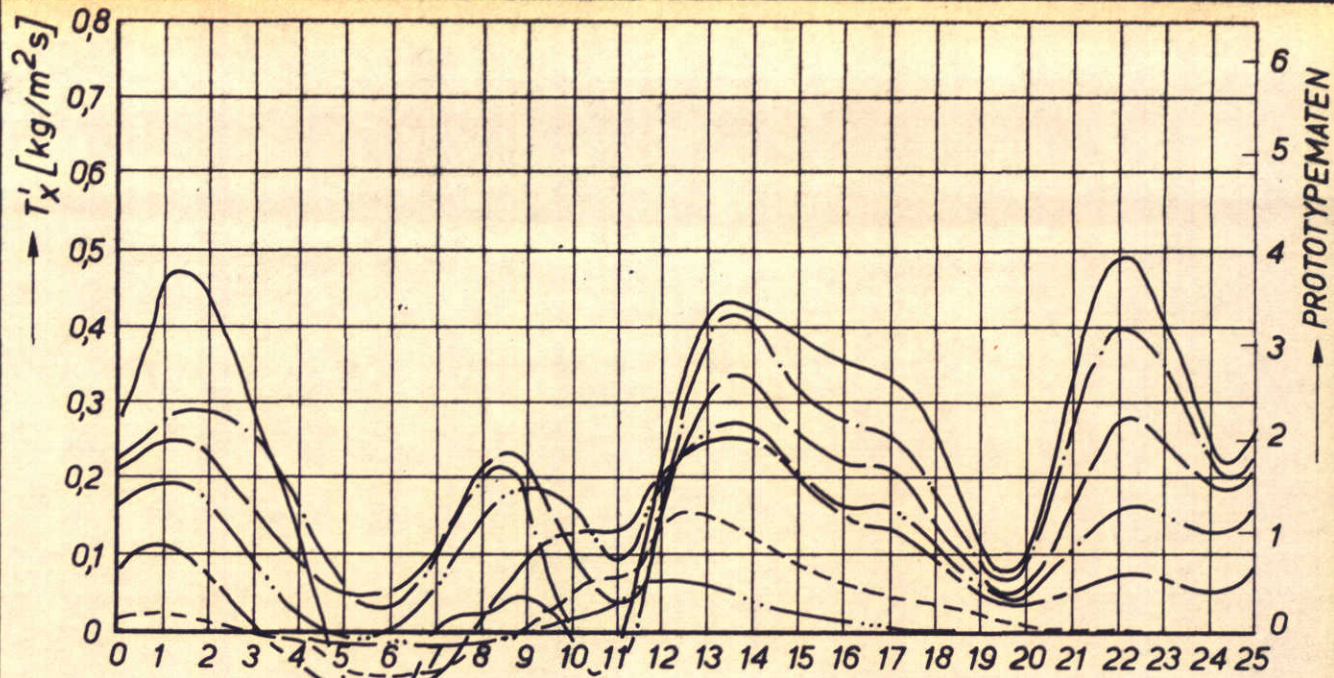
W_K
 ΔA



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 108 ($h_0 = 16$ m PROTOTYPE)

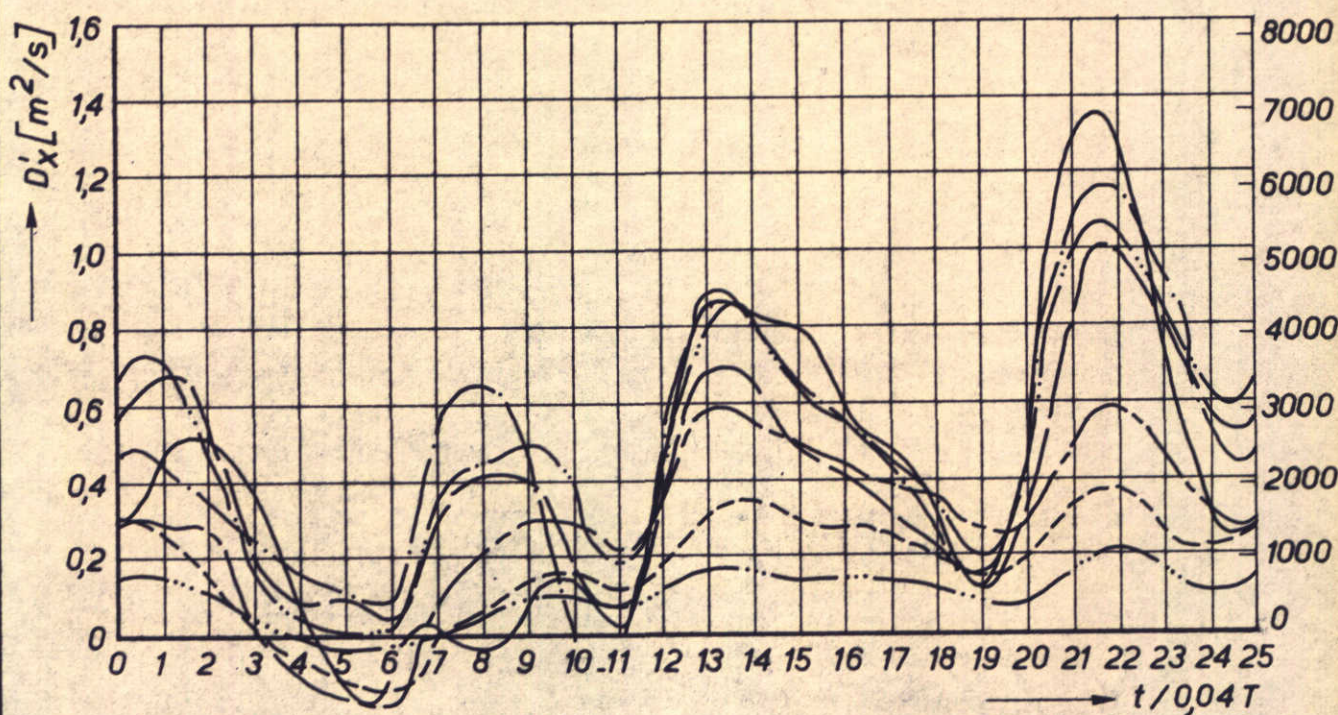
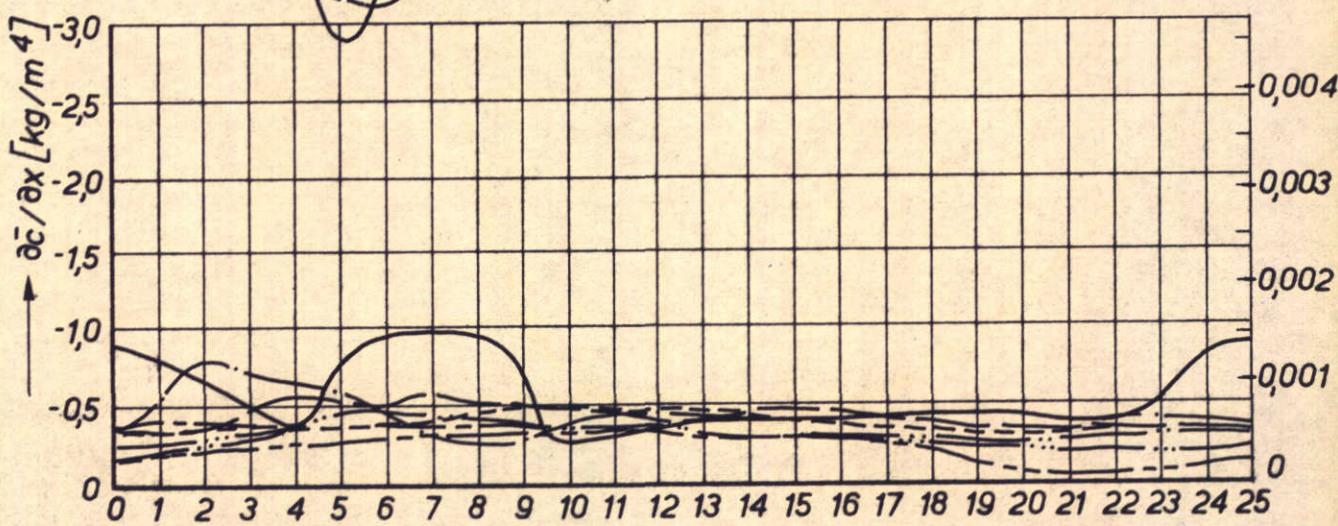
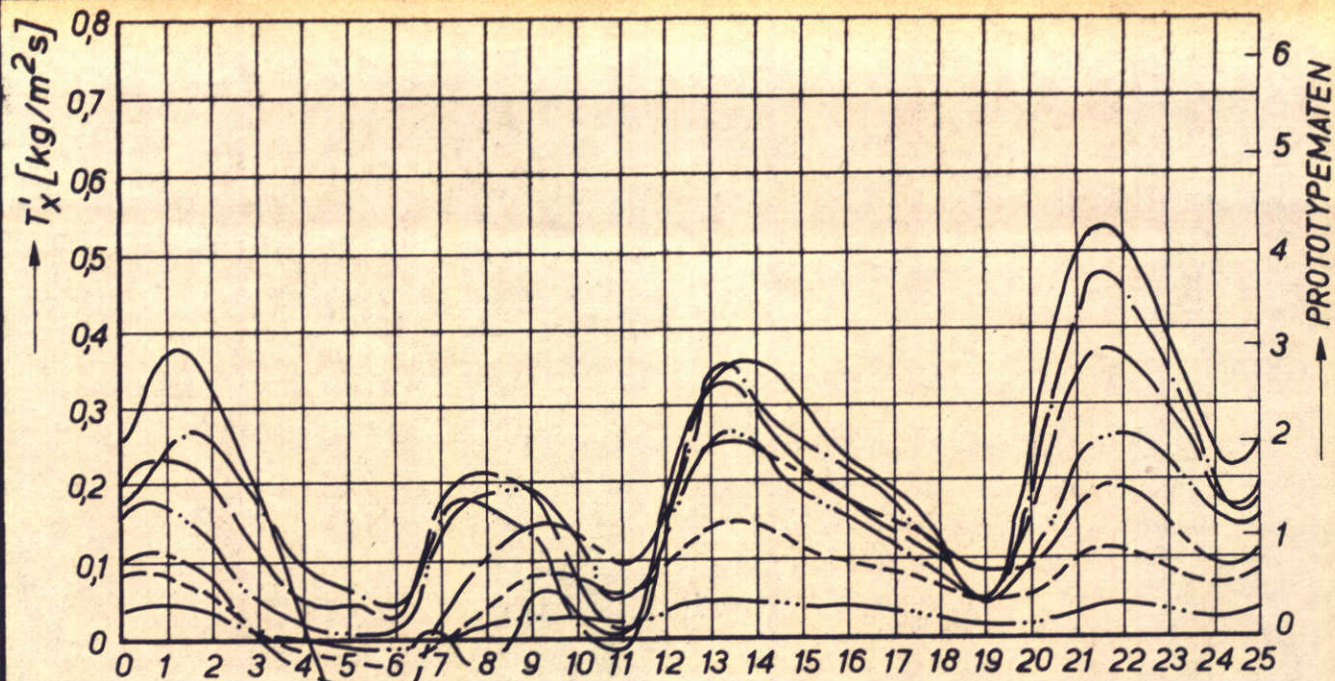
- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 110 ($h_0 = 17$ m PROTOTYPE)

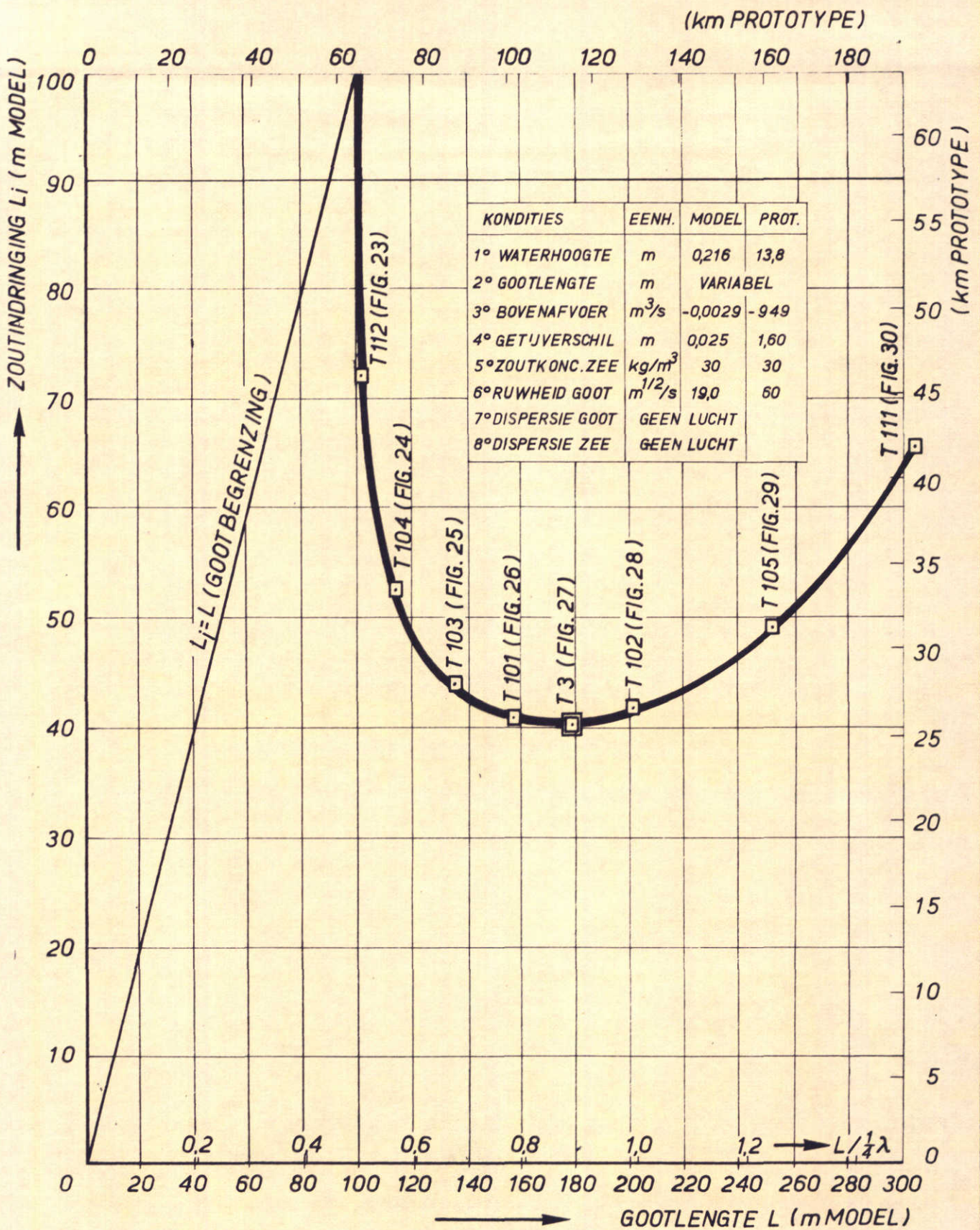
| | | |
|--|--------------------------|--------|
| | $X/\Delta X = 2, 4, 6$ | W K |
| | $X/\Delta X = 8, 10, 12$ | |
| | $X/\Delta X = 14, 16$ | |
| | | A4 |



ONDERZOEK VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 109 ($h_0 = 18$ m PROTOTYPE)

- · — · — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · — — — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · — · — · — $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE GOOTLENGTE

□ MEETRESULTATEN

P

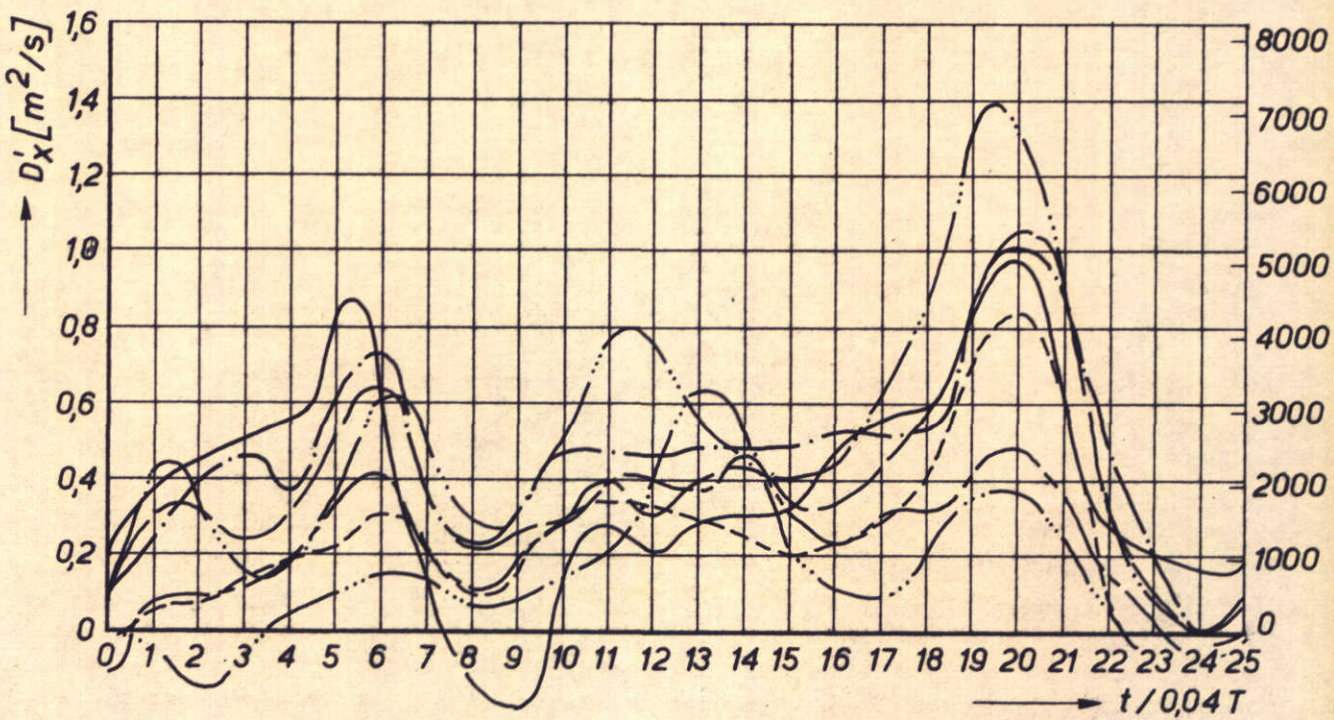
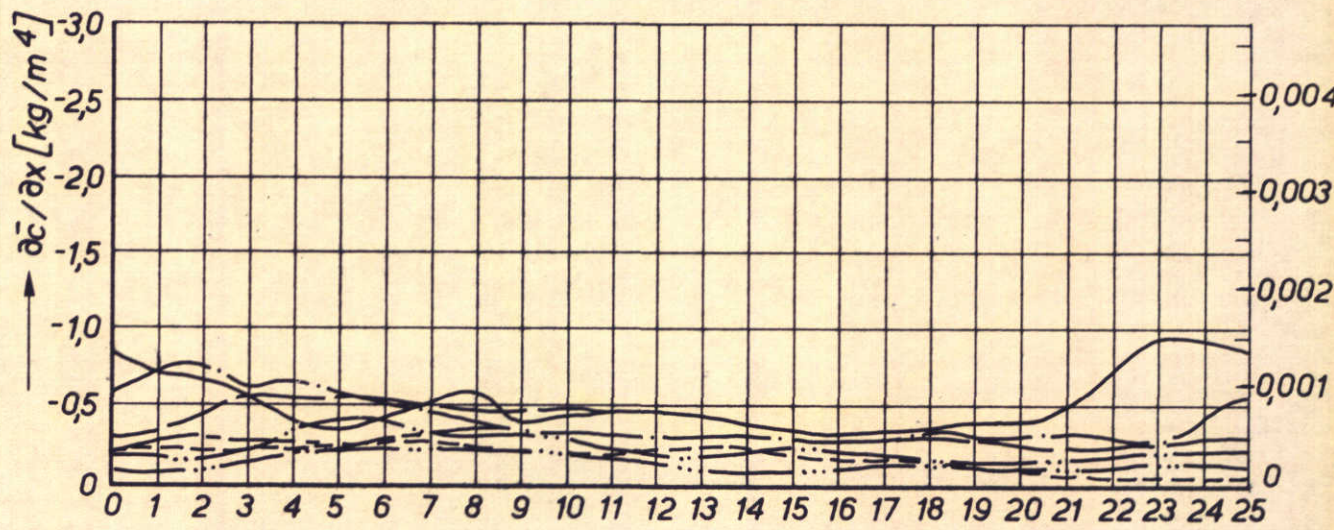
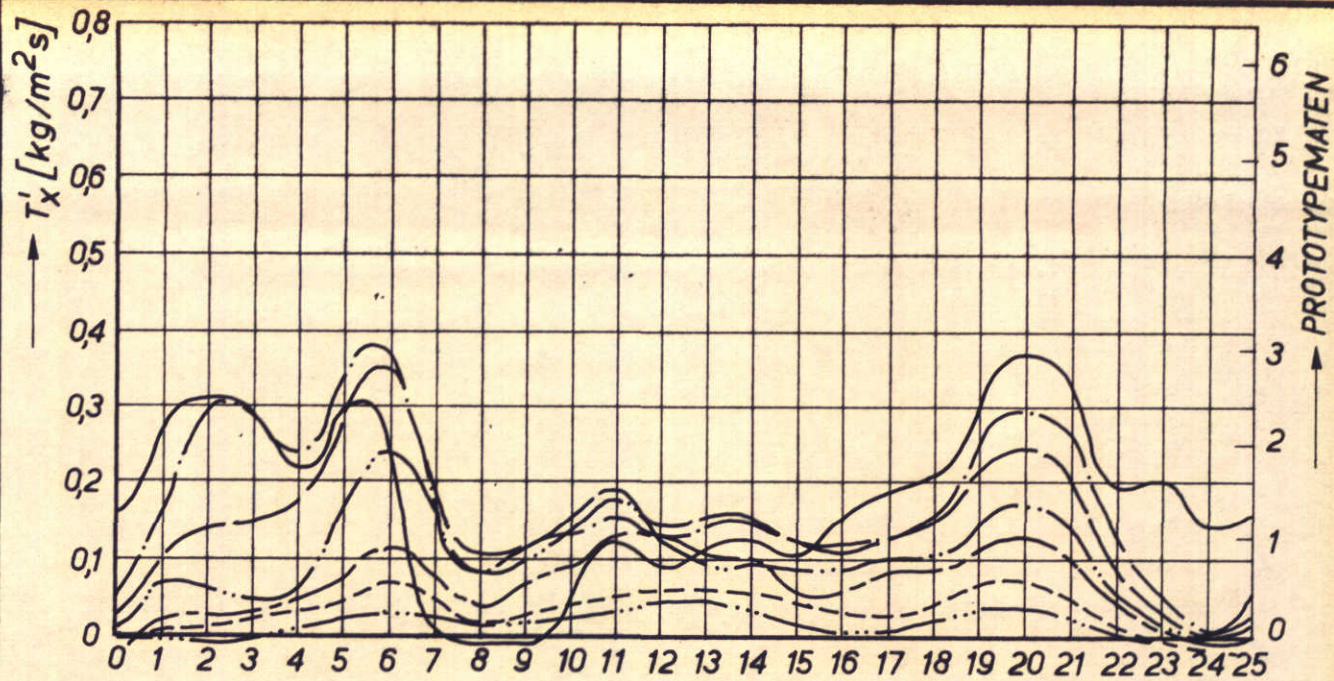
■ REFERENTIE PROEF
ROTTERD. WATERWEG

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2157

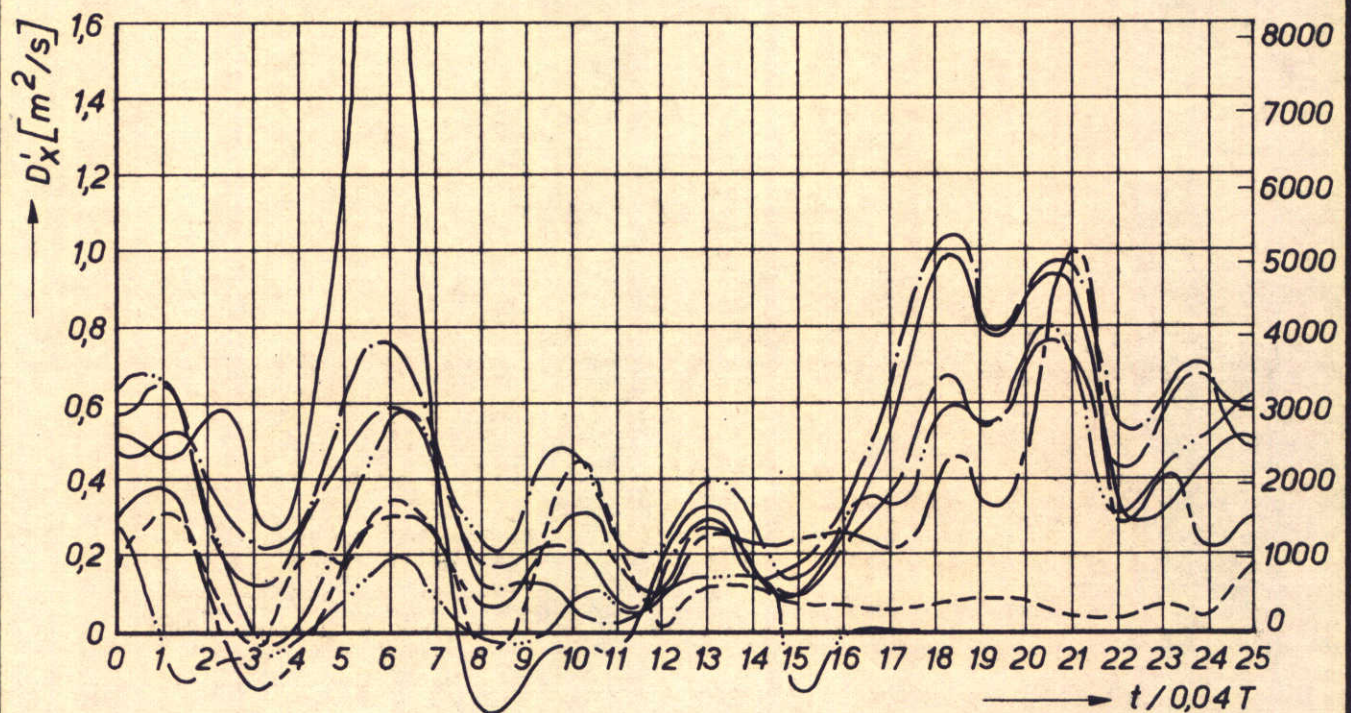
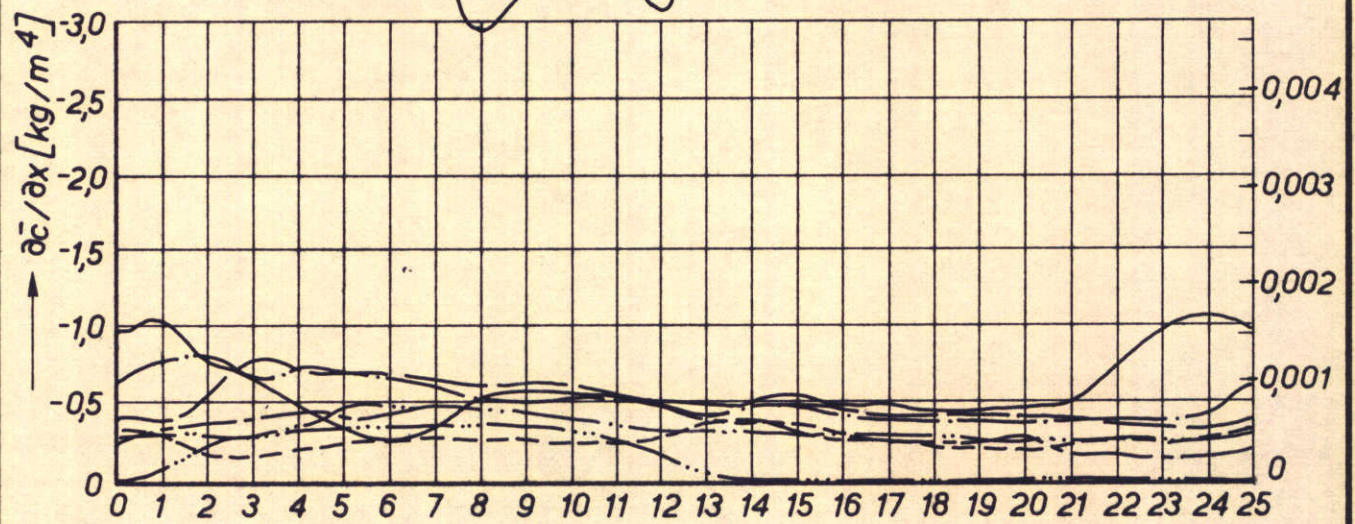
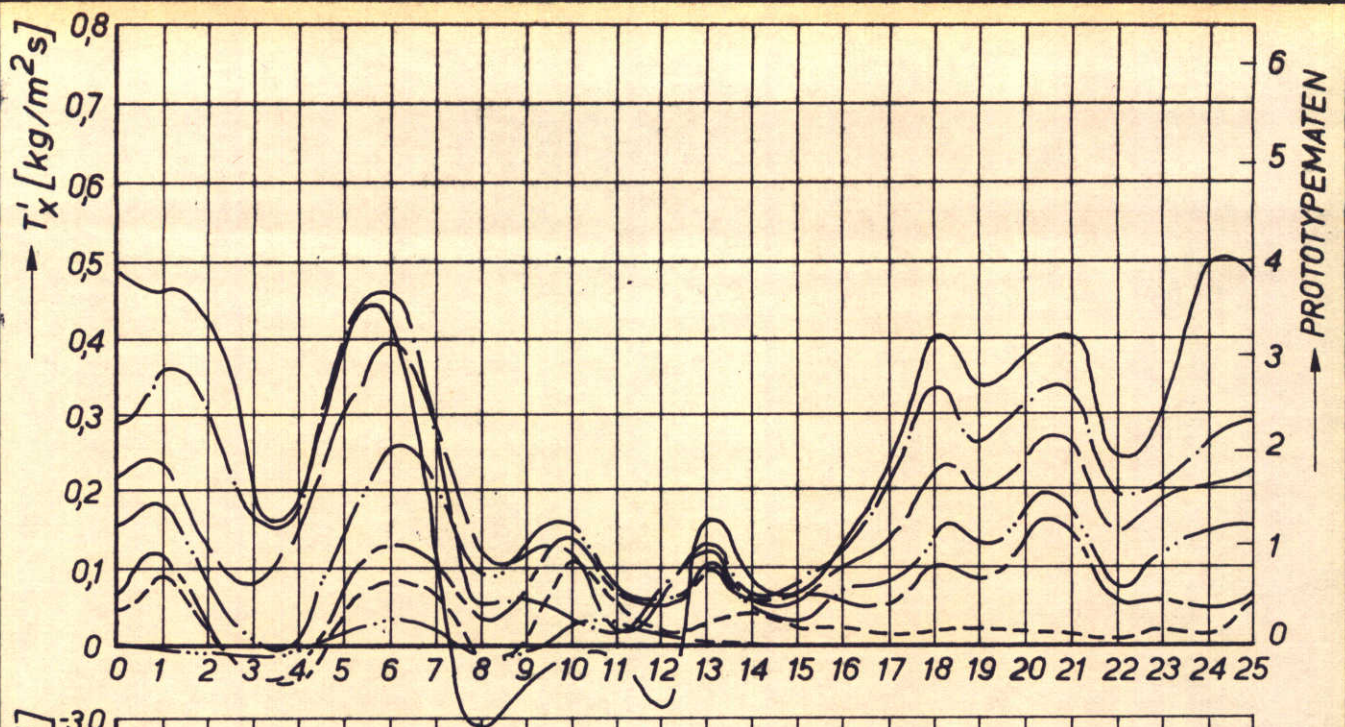
FIG. 22



ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 112 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,522$)

- X/ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ΔX = 14, 16

W_K
 A4



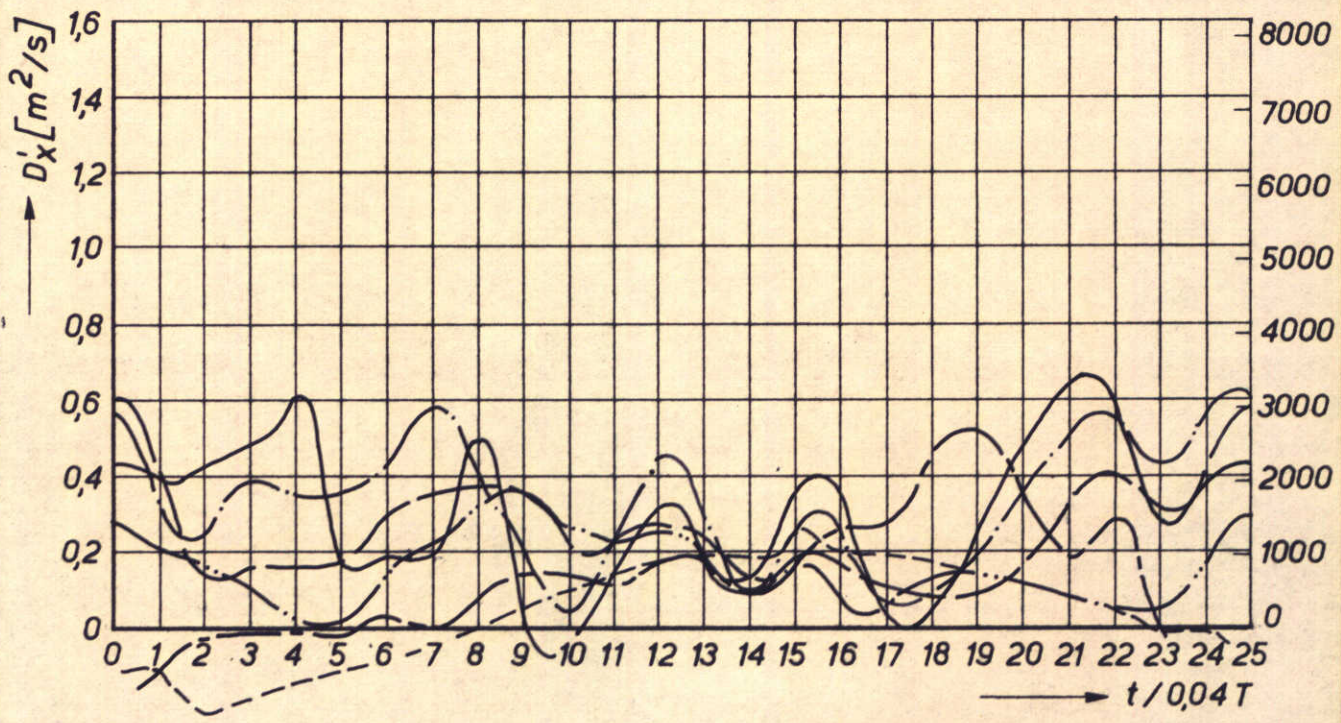
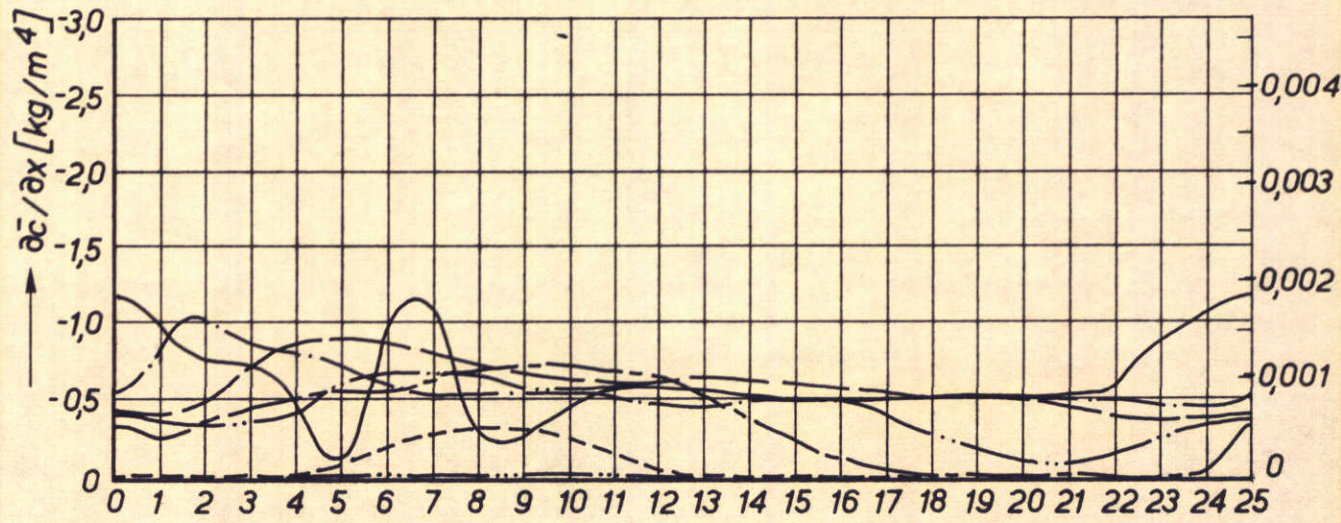
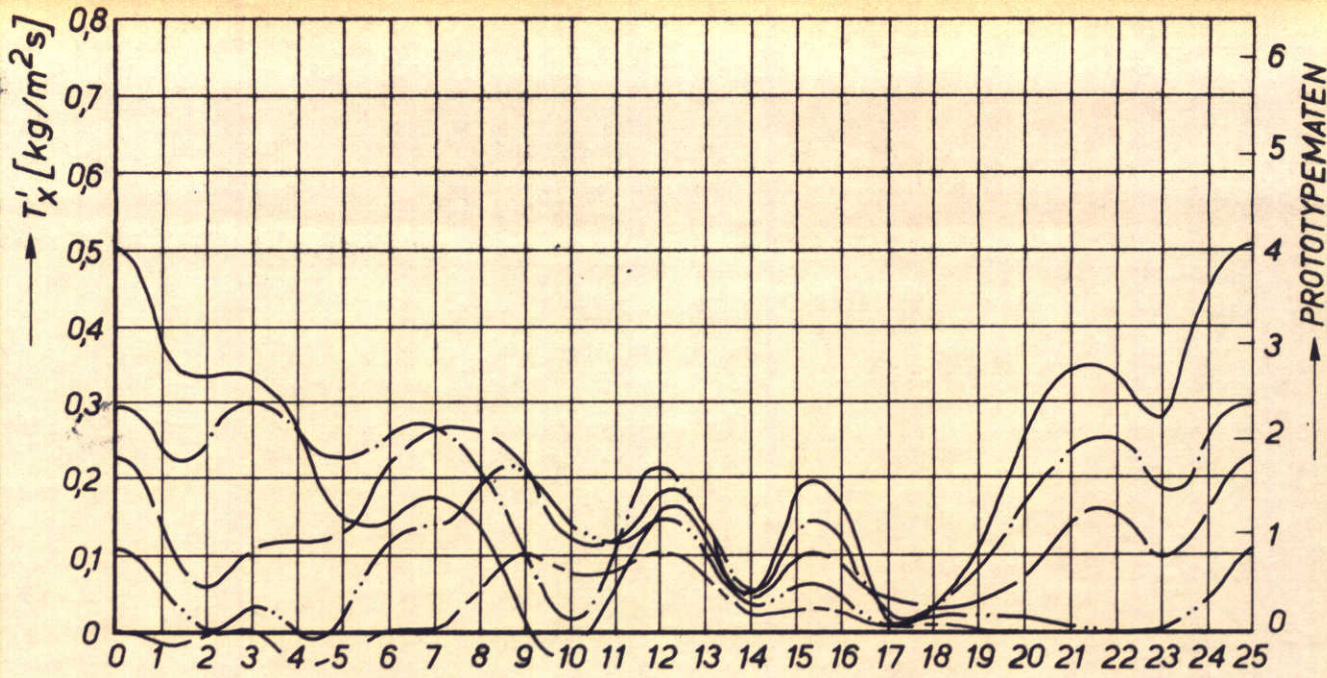
ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE

PROEF T 104 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,558$)

$\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

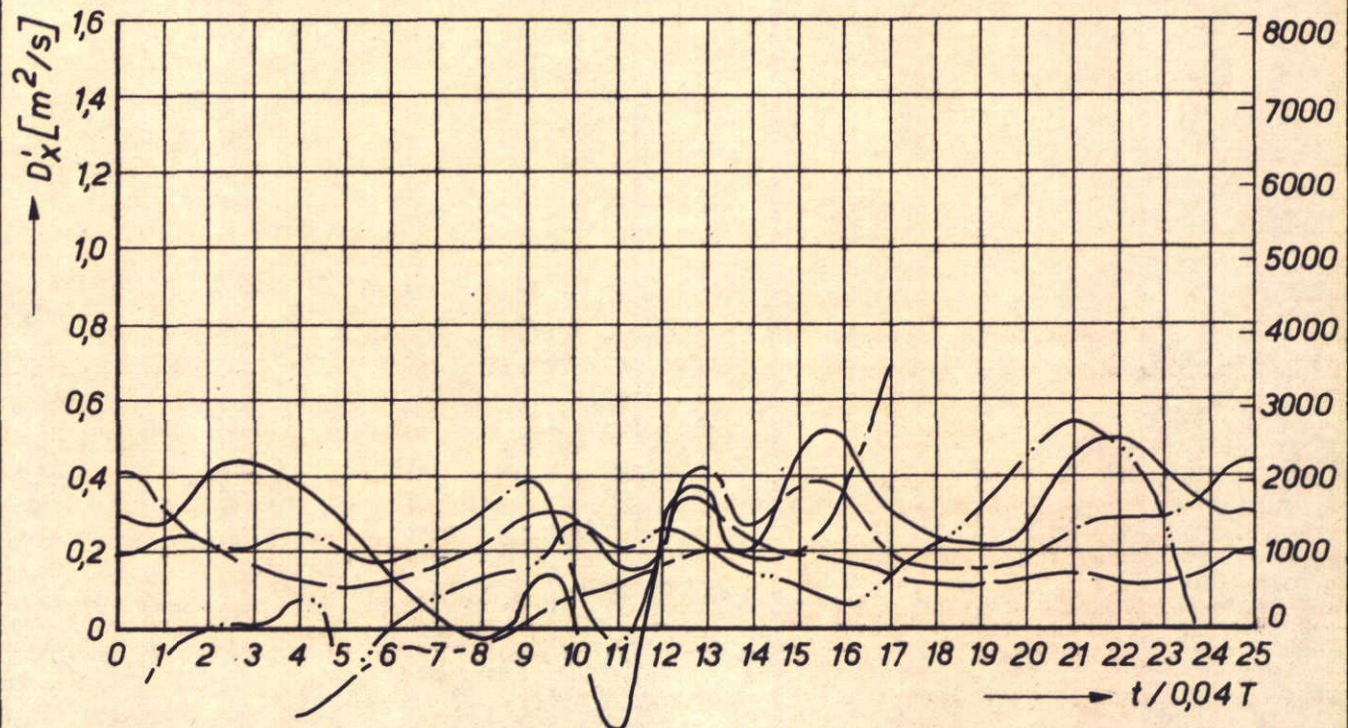
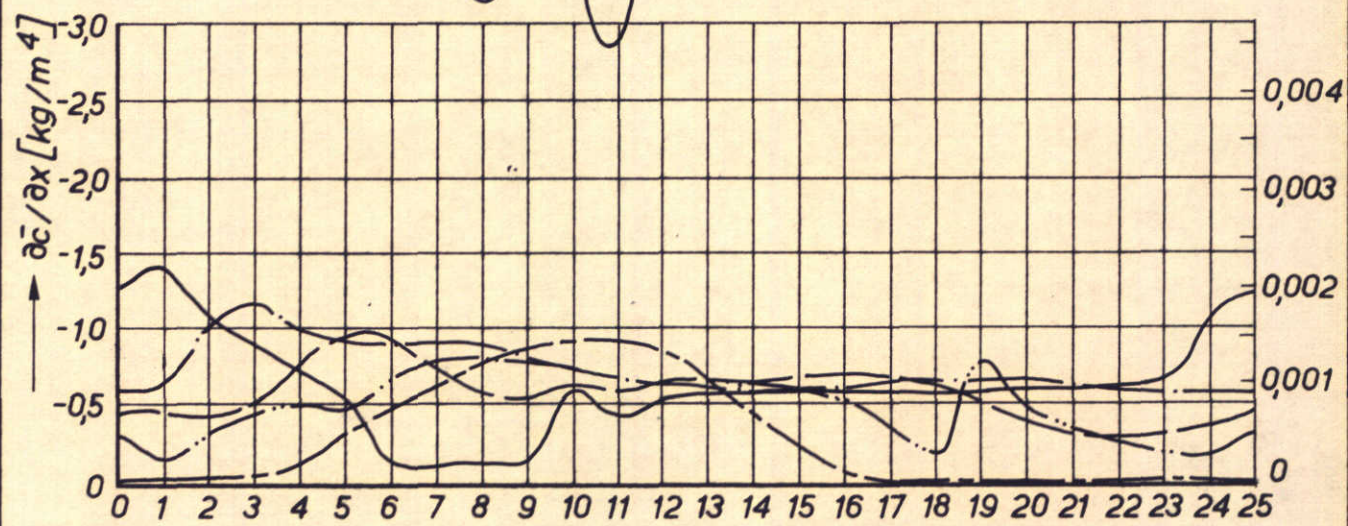
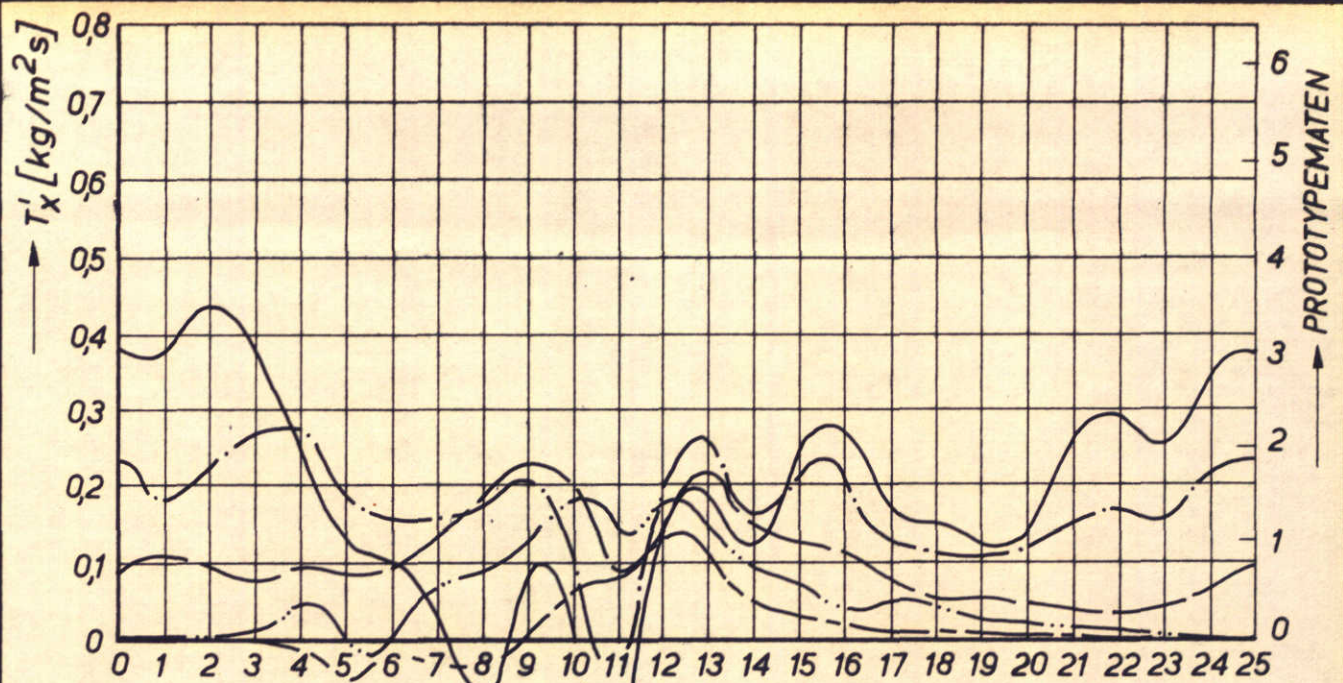
A4



ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 103 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,666$)

\equiv $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 \equiv $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 \equiv $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4

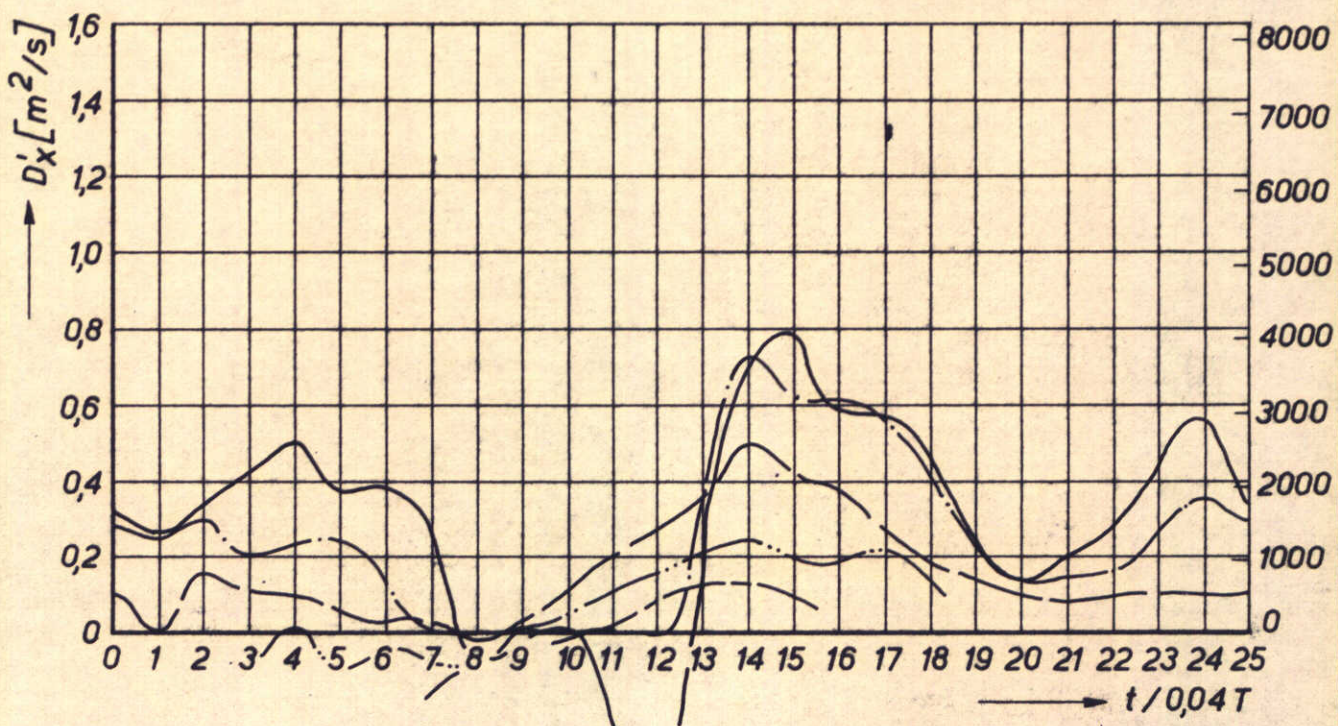
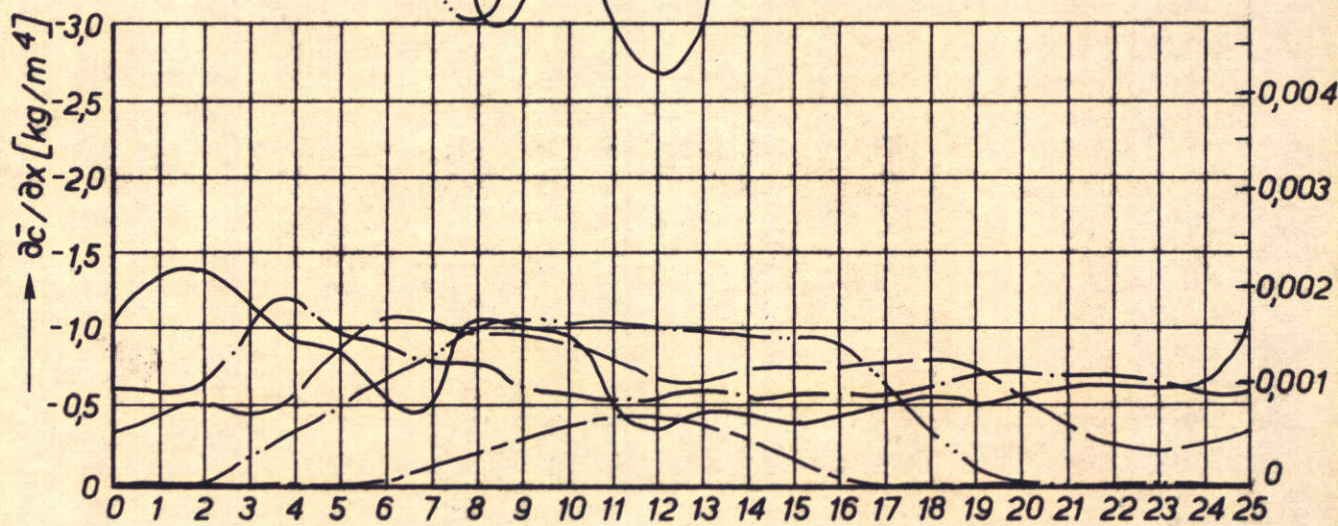
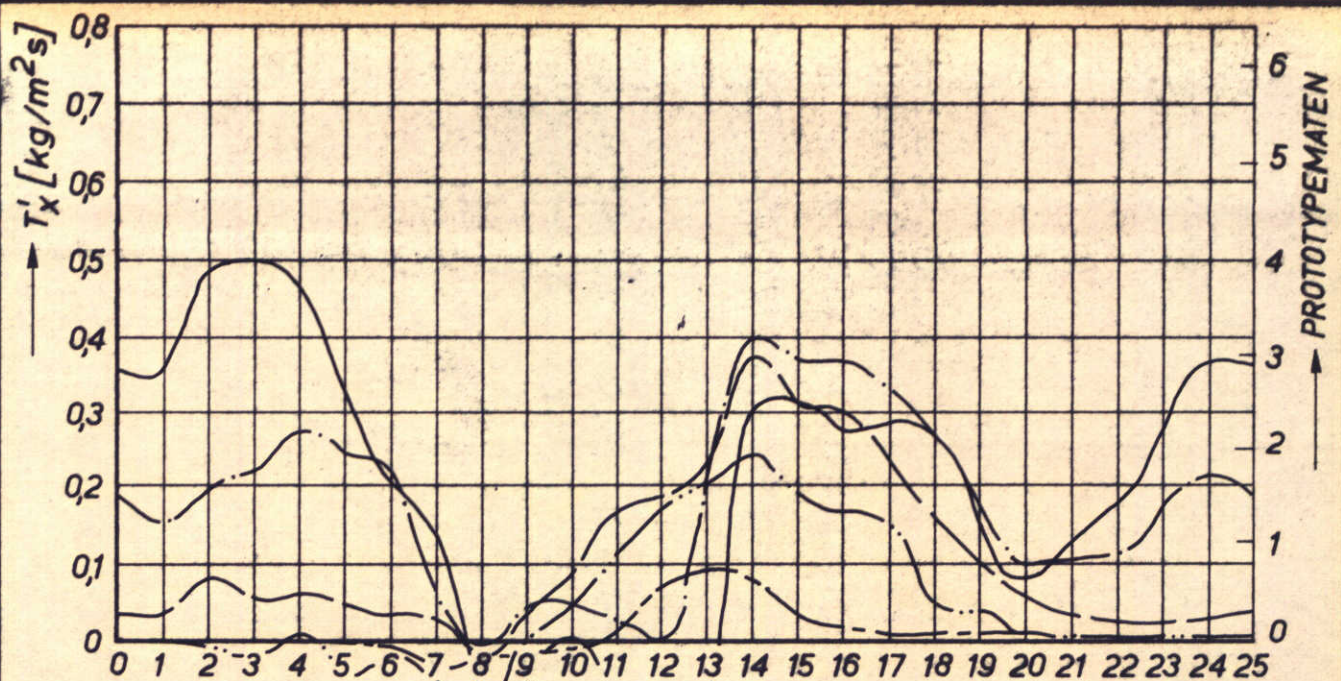


ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 101 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,774$)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

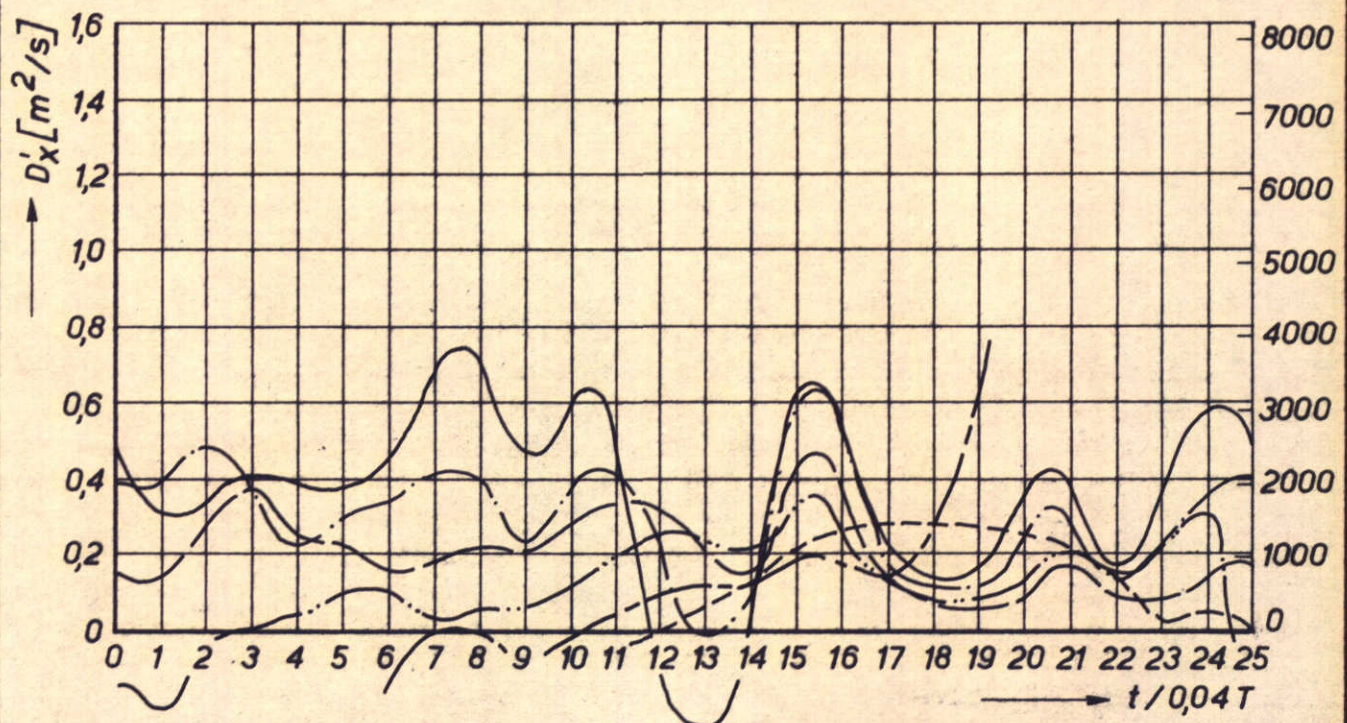
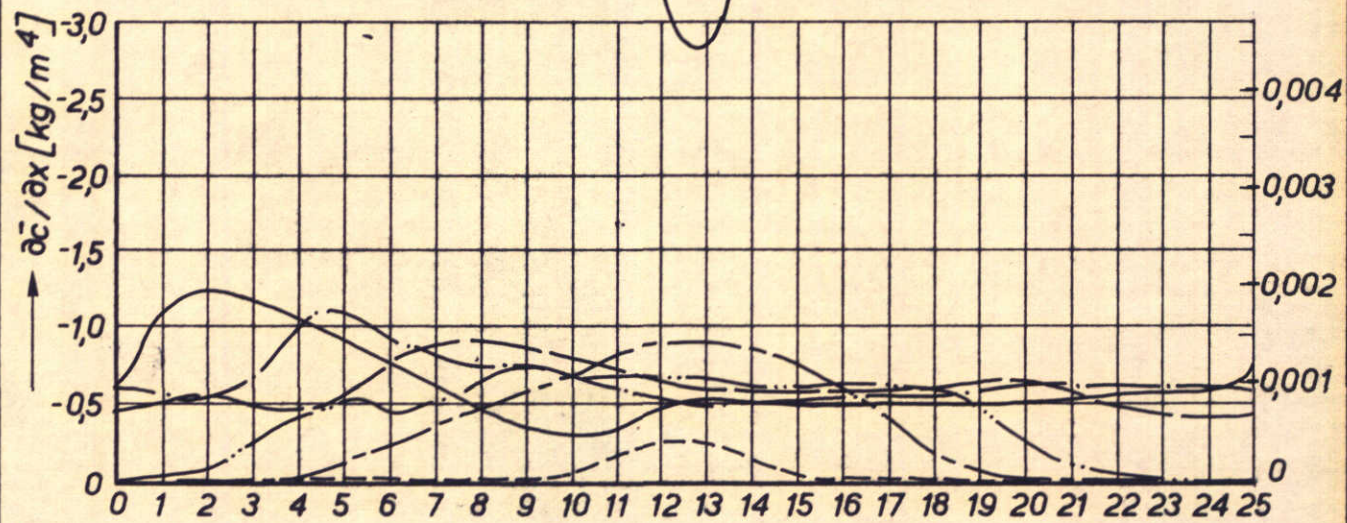
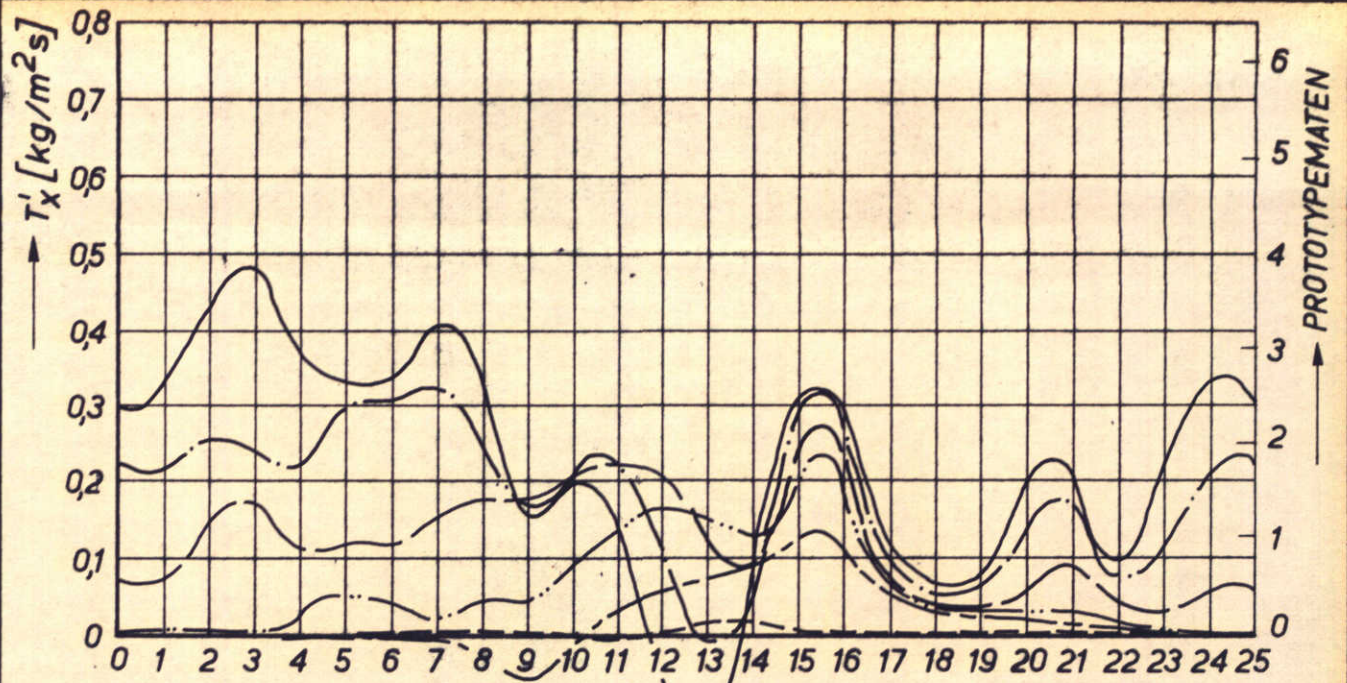
A4



ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 3 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,882$)

$\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4

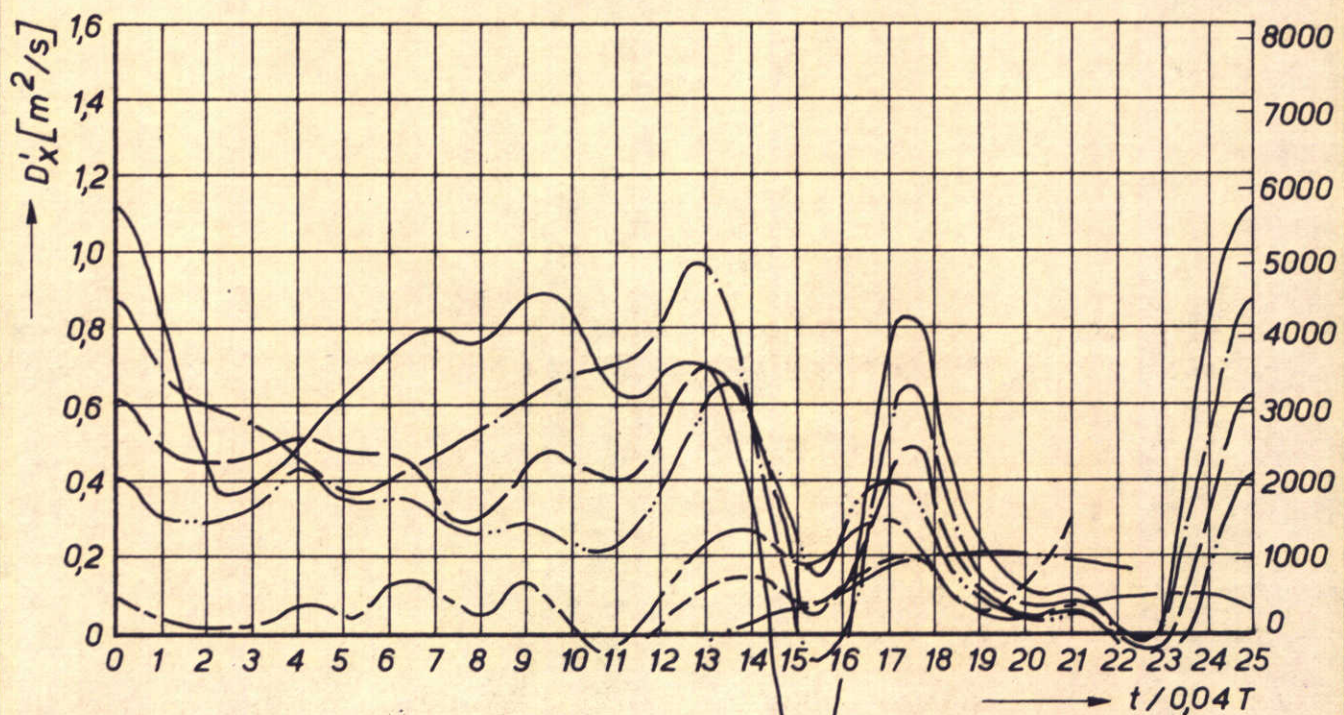
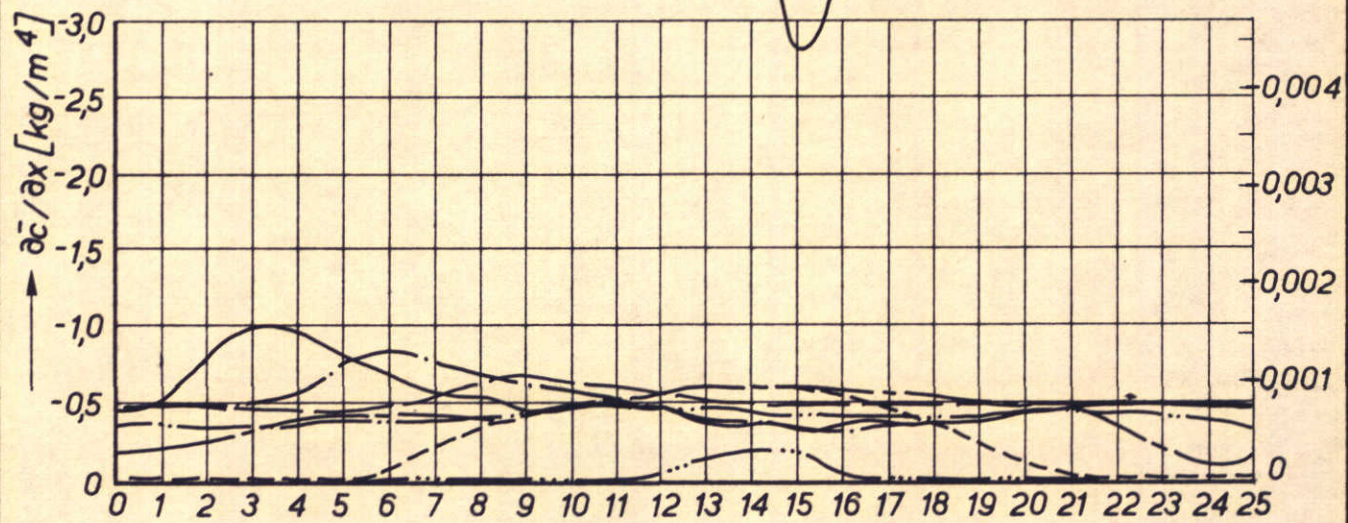
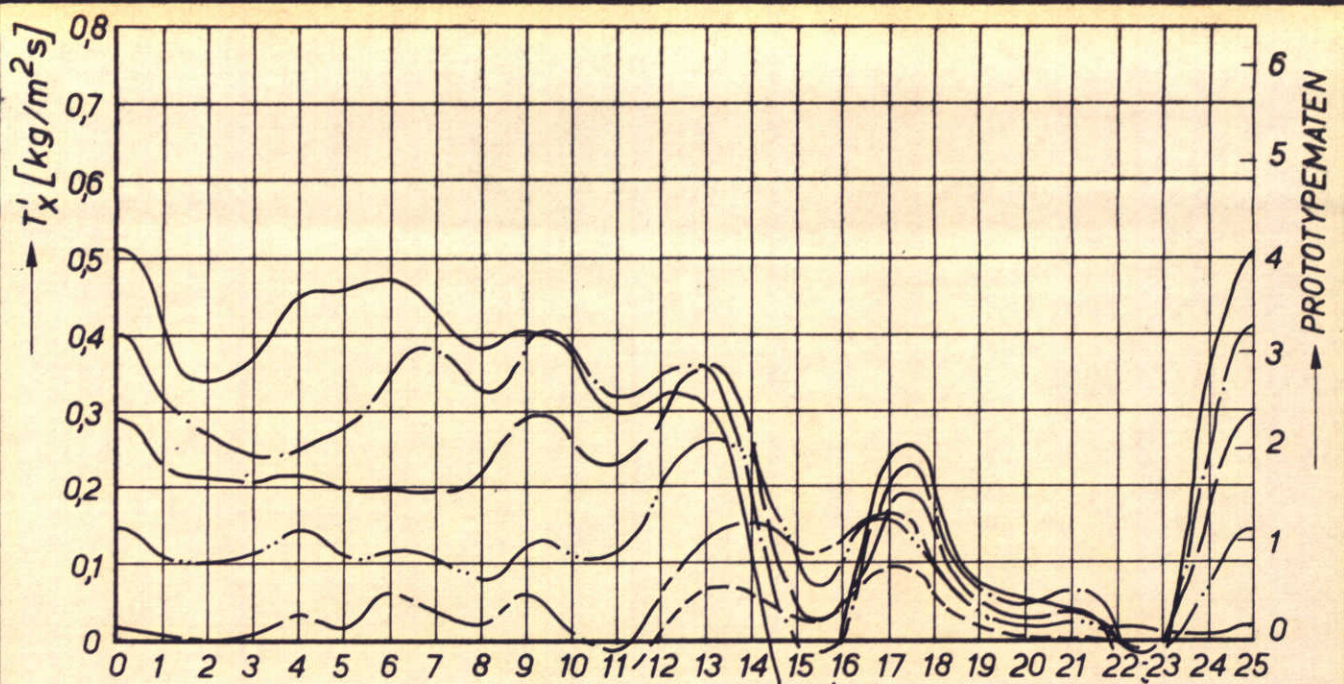


ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE

PROEF T 102 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 0,990$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

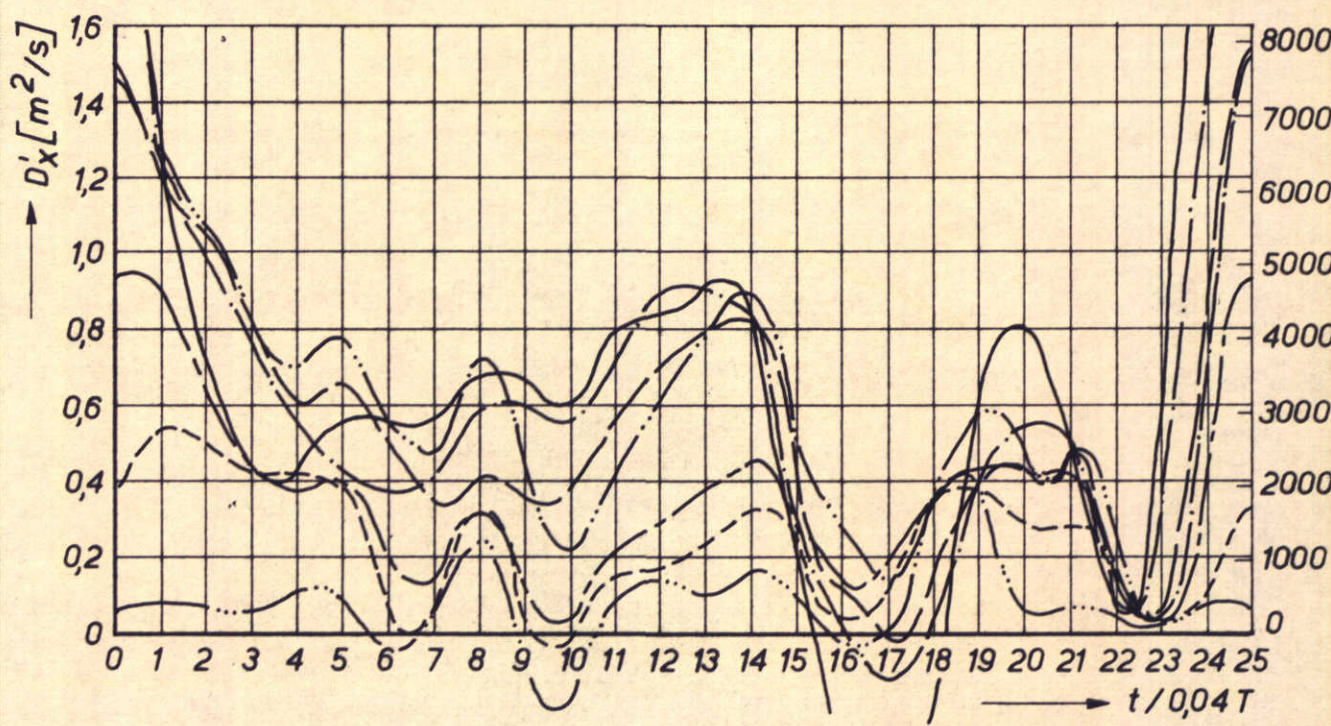
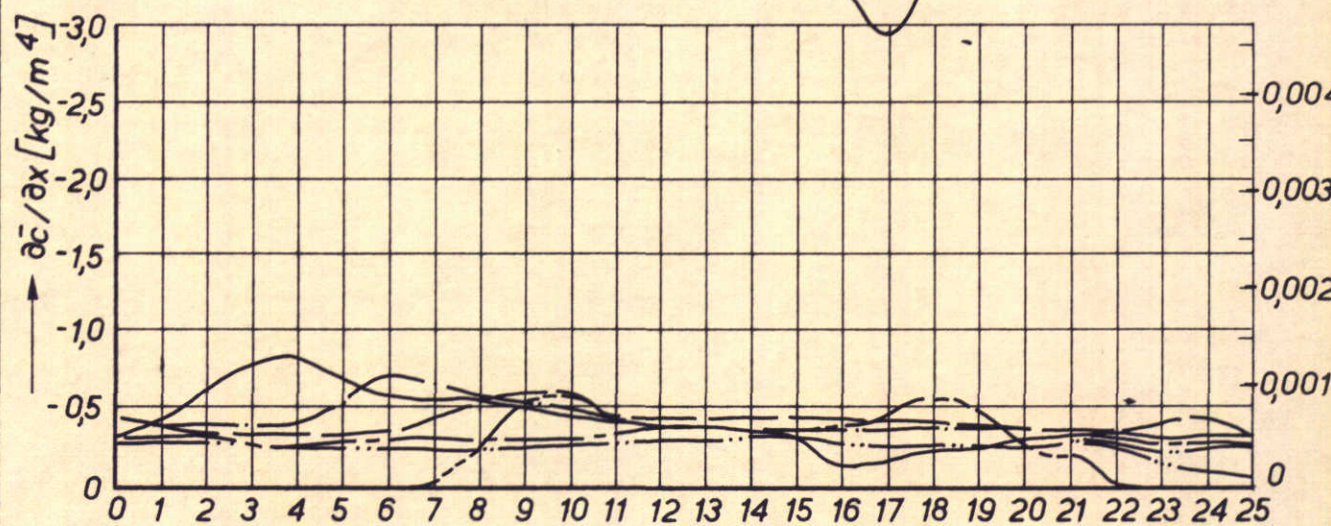
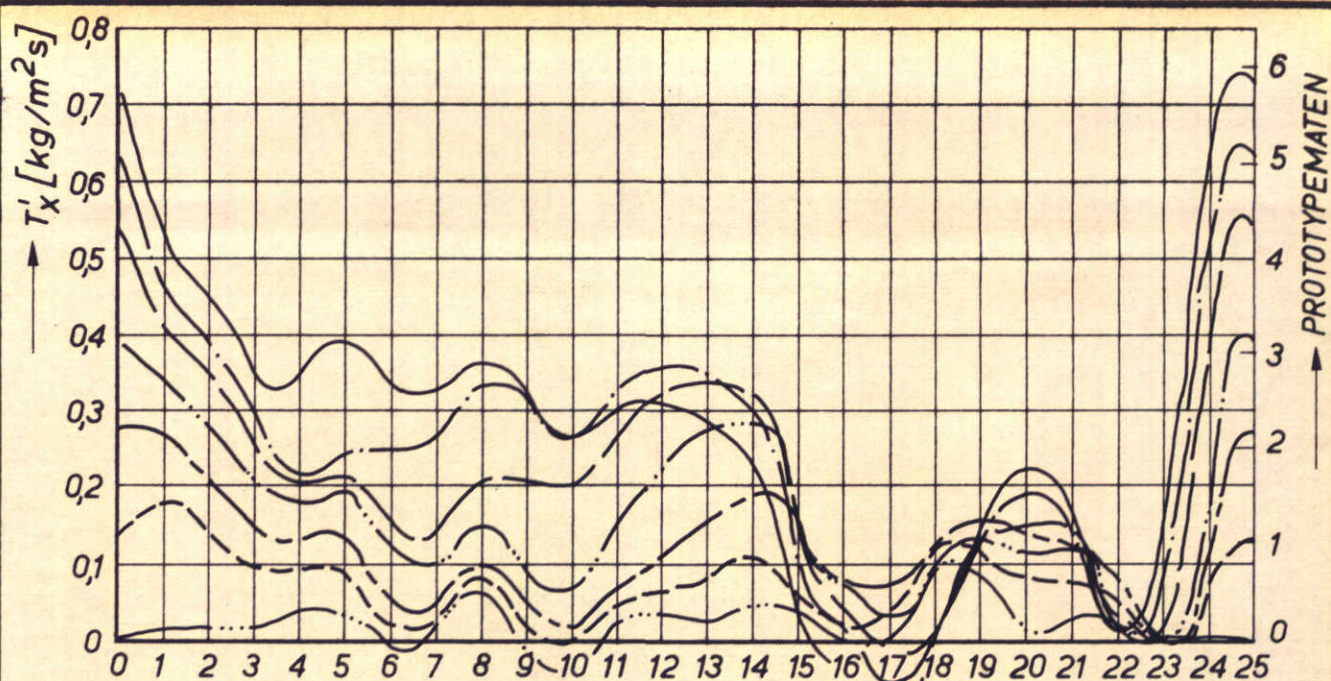
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 105 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 1,242$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

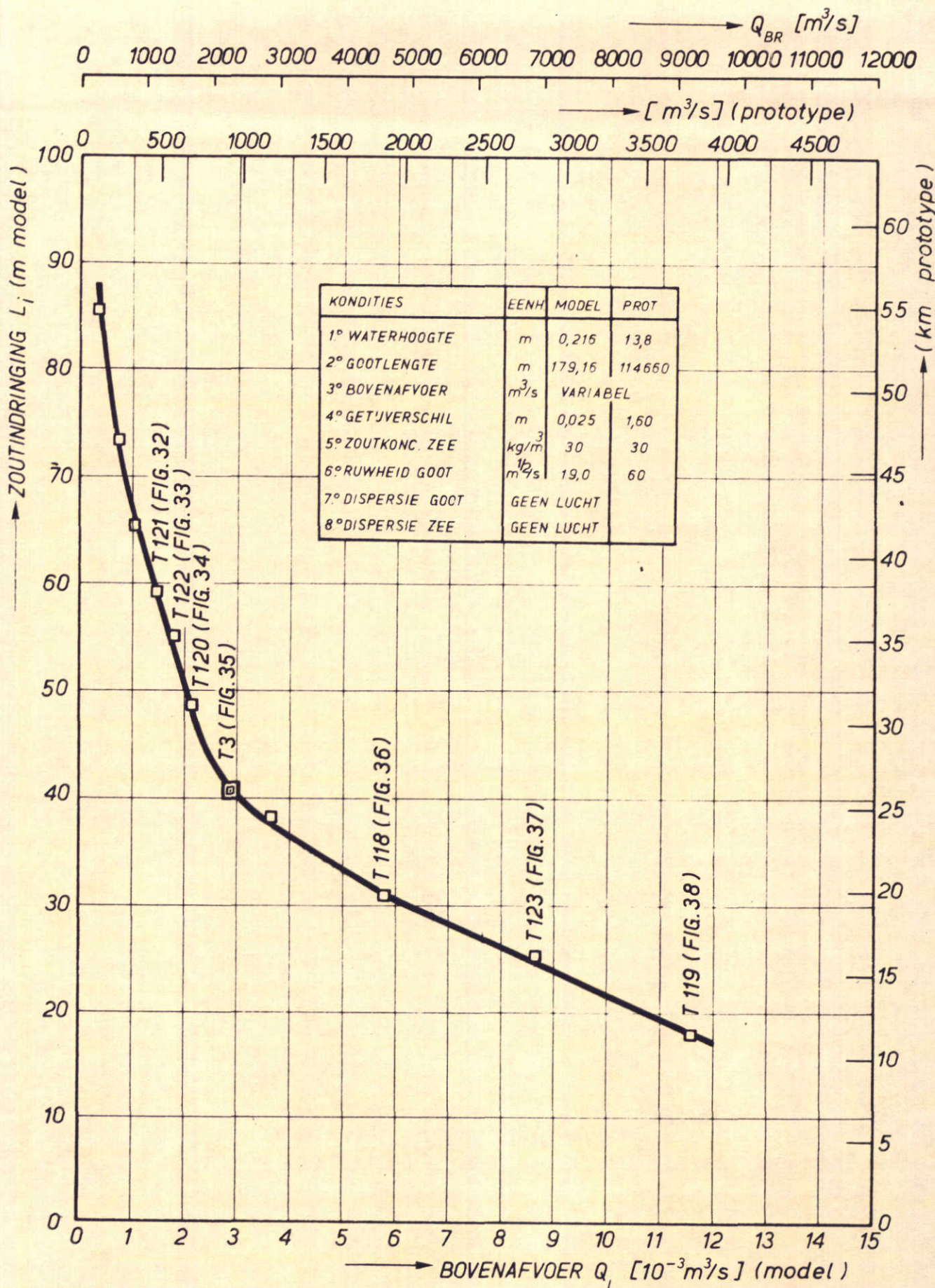
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE GOOTLENGTE
 PROEF T 111 ($L/\frac{1}{4}\lambda = 1,494$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE BOVENAFVOER

□ MEETRESULTATEN

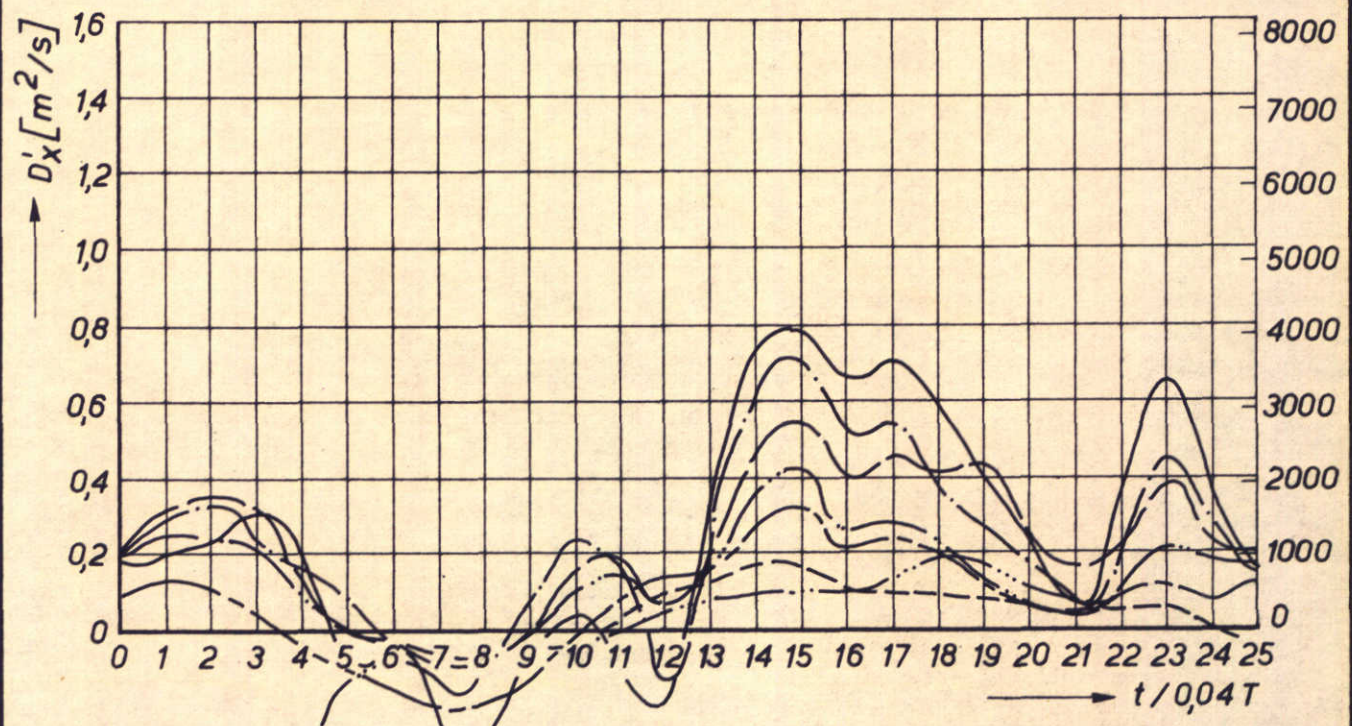
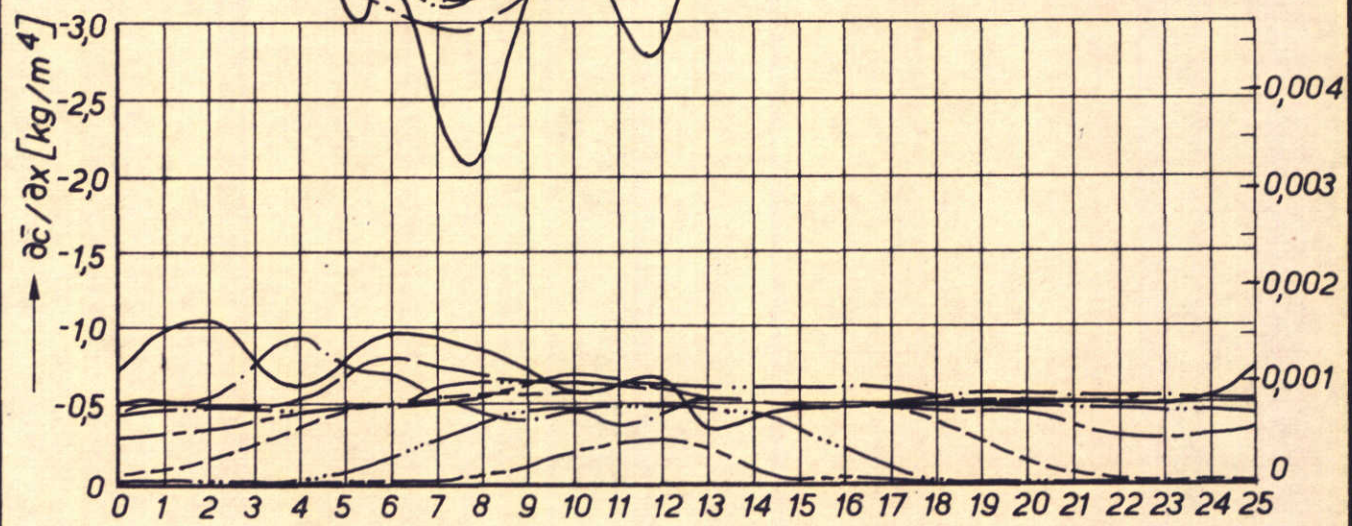
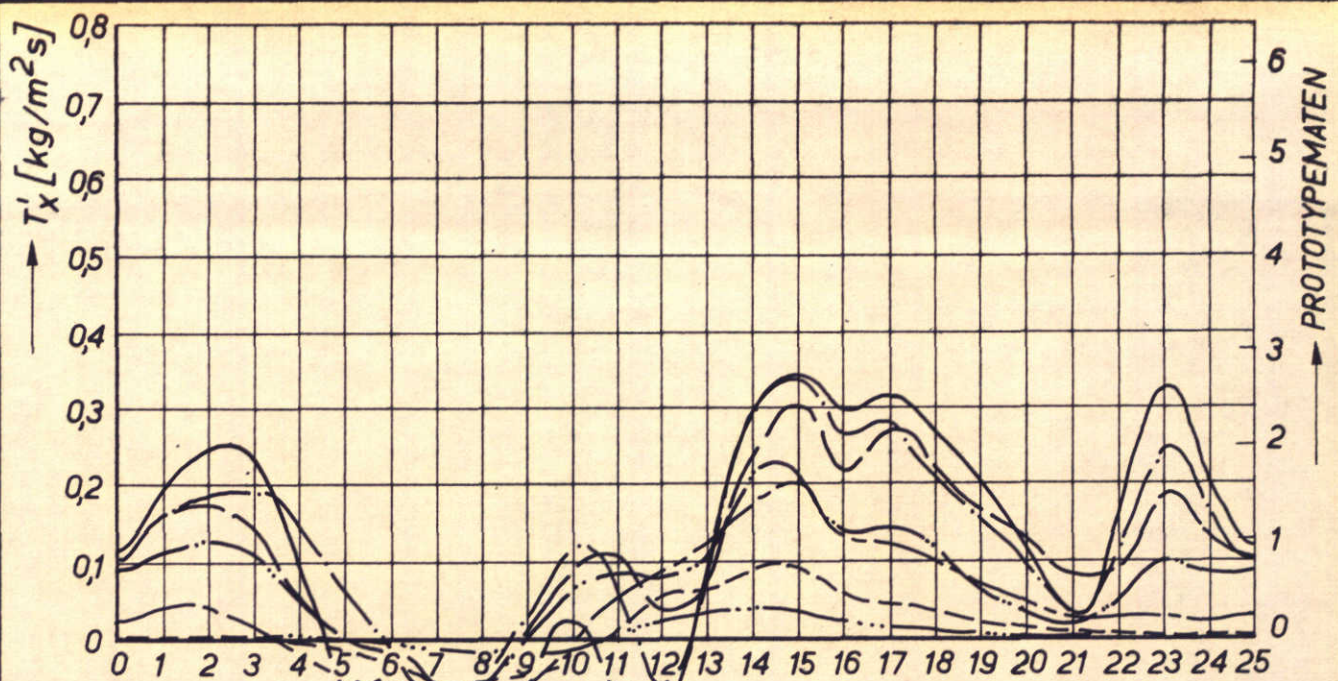
■ REFERENTIEPROEF
ROTTERD. WATERWEG

L²

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

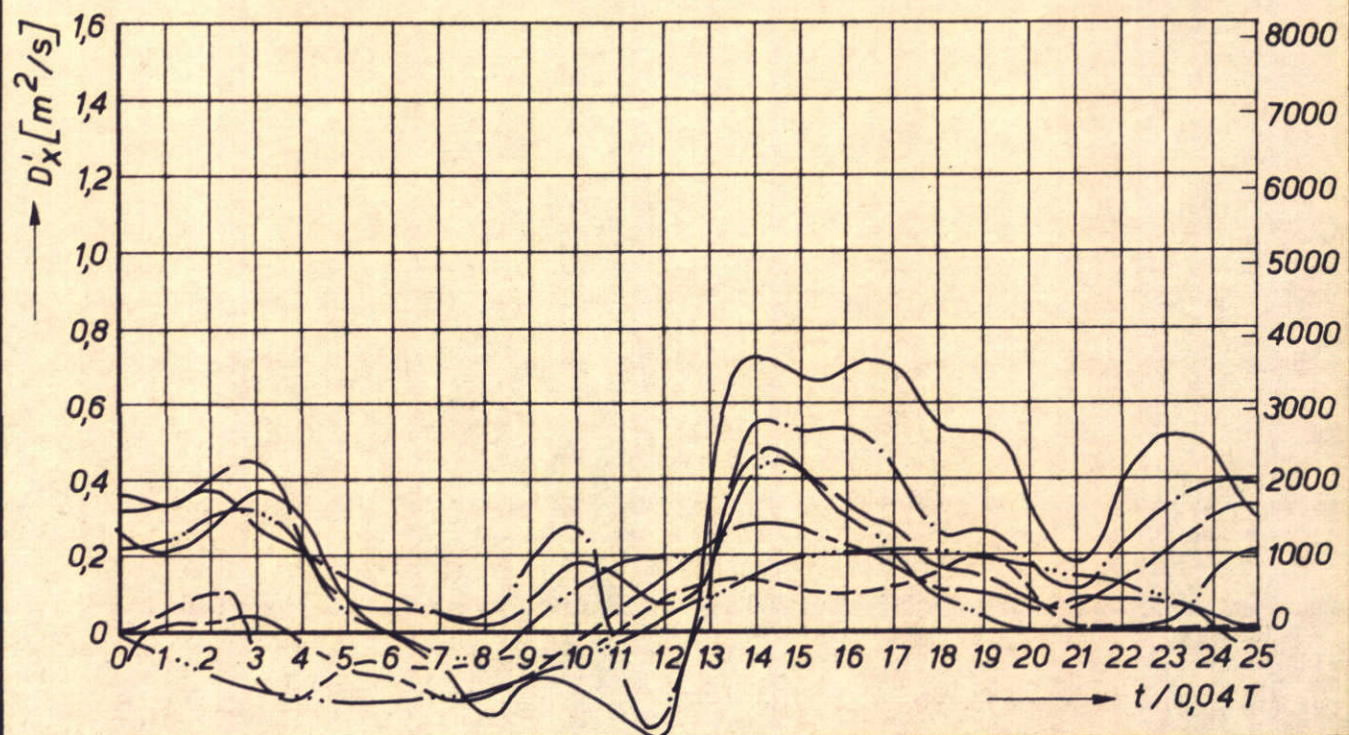
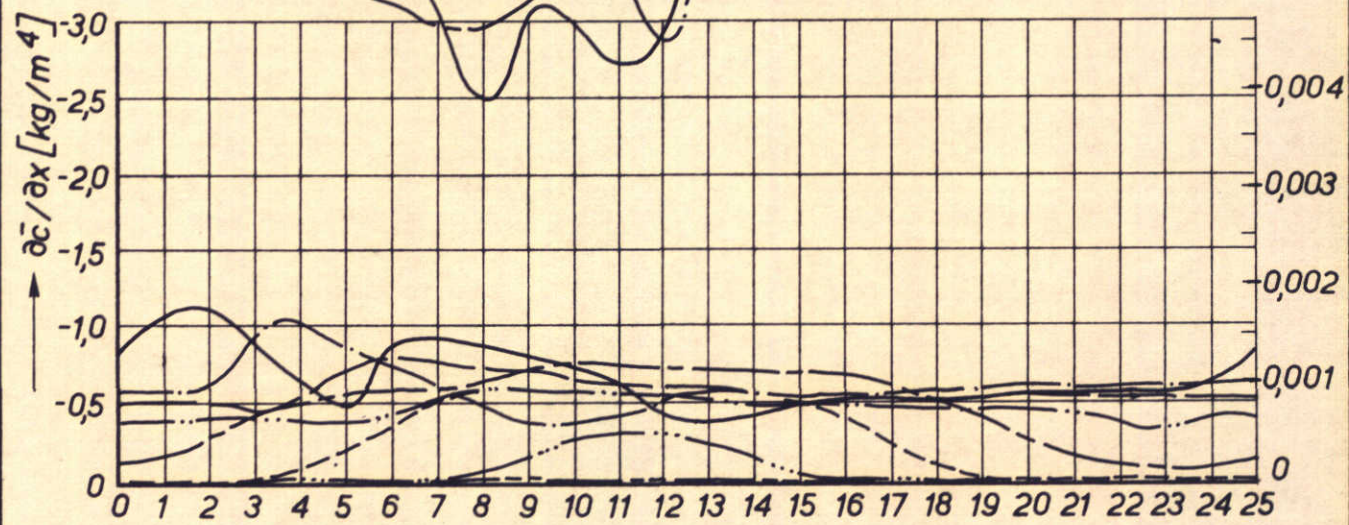
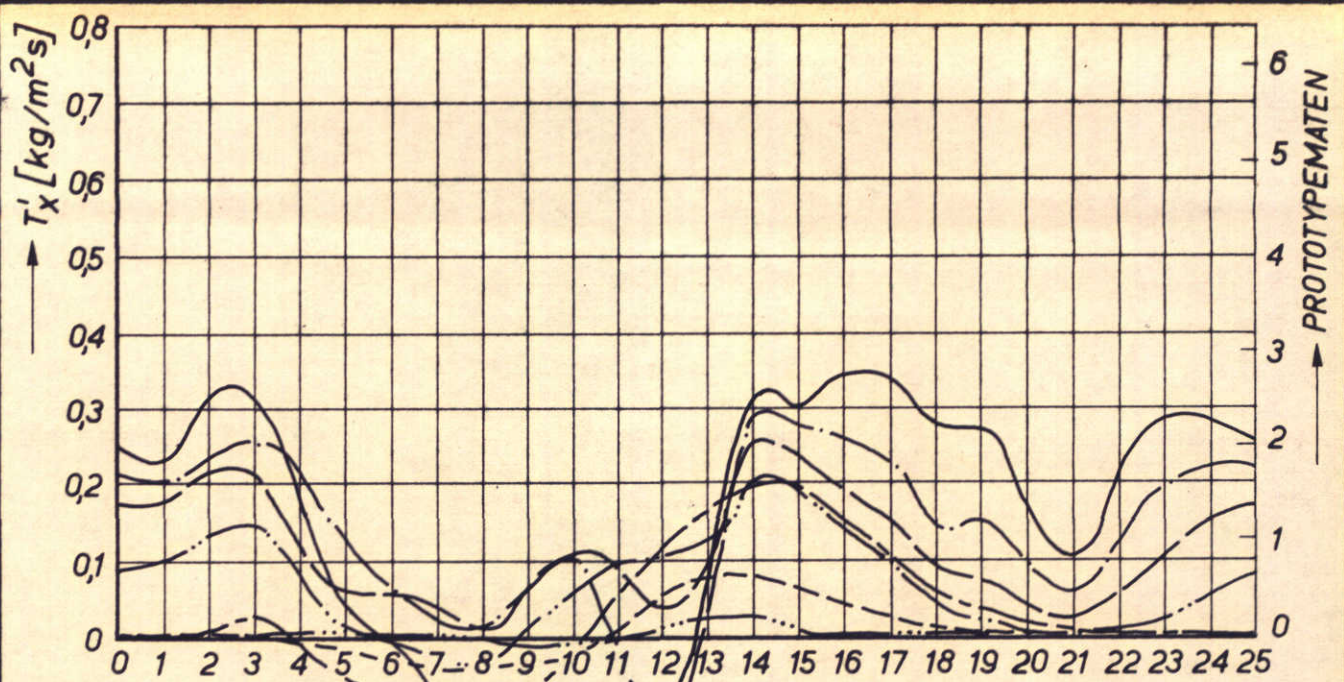
M.896-2166 FIG. 31



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 121 ($Q_L = 475 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

- X/ ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ ΔX = 14, 16

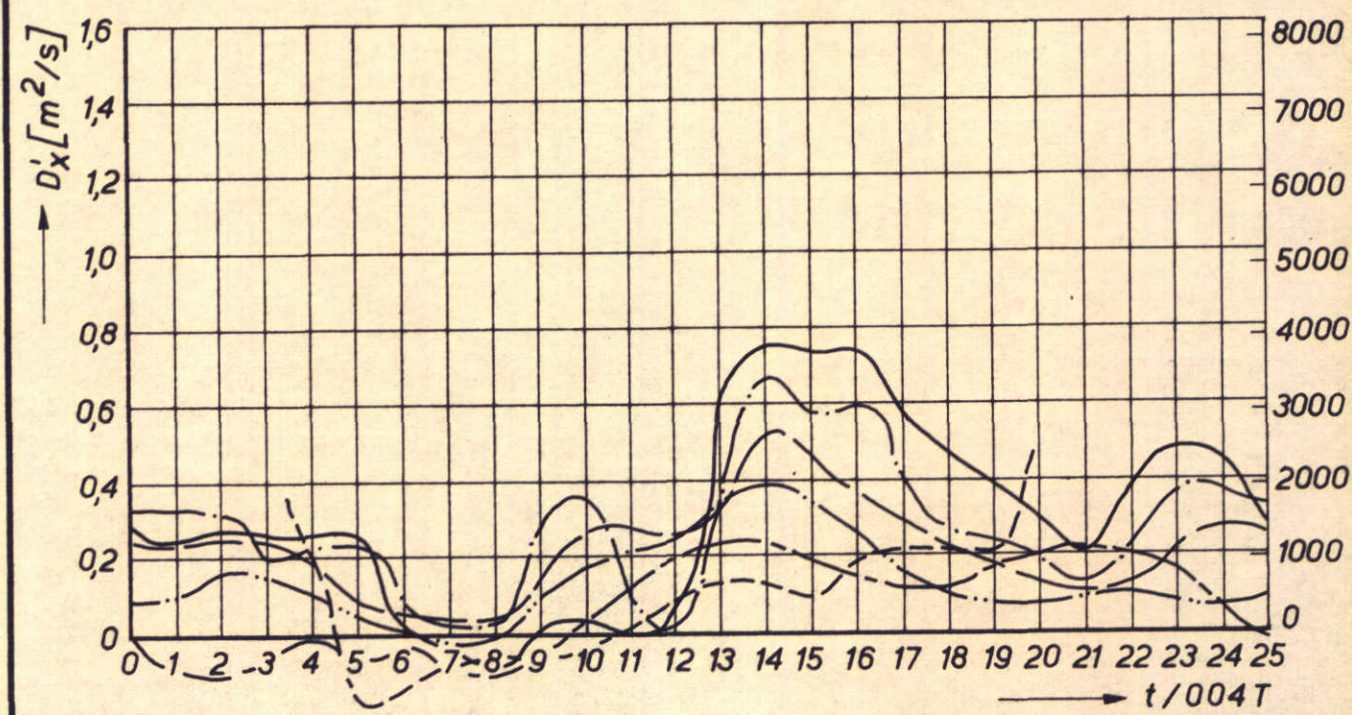
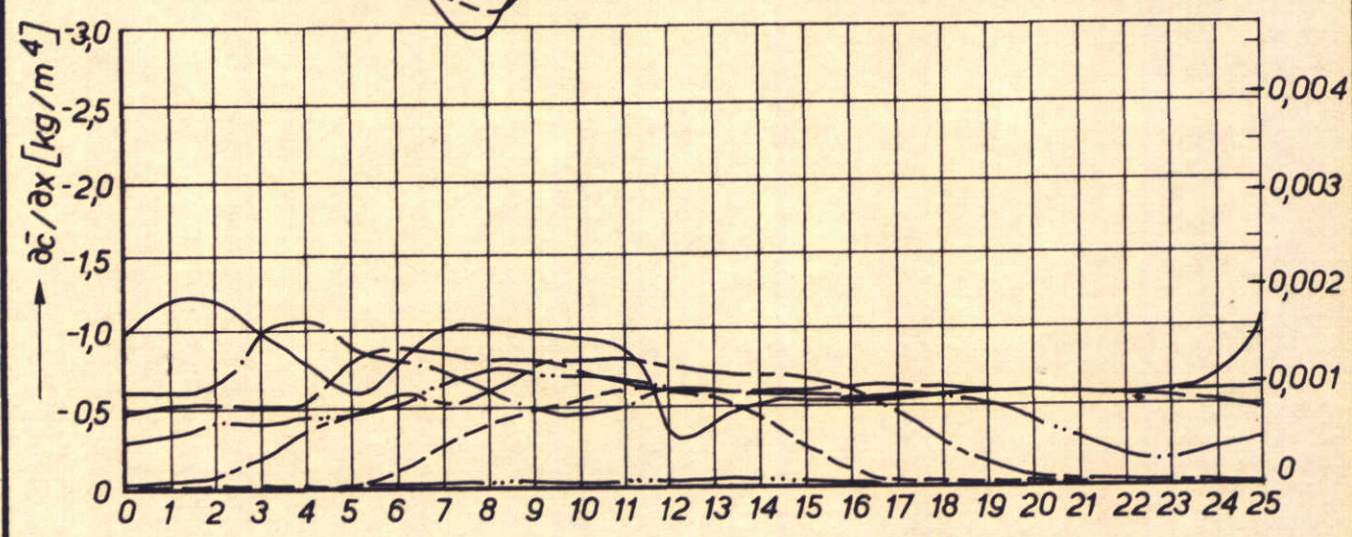
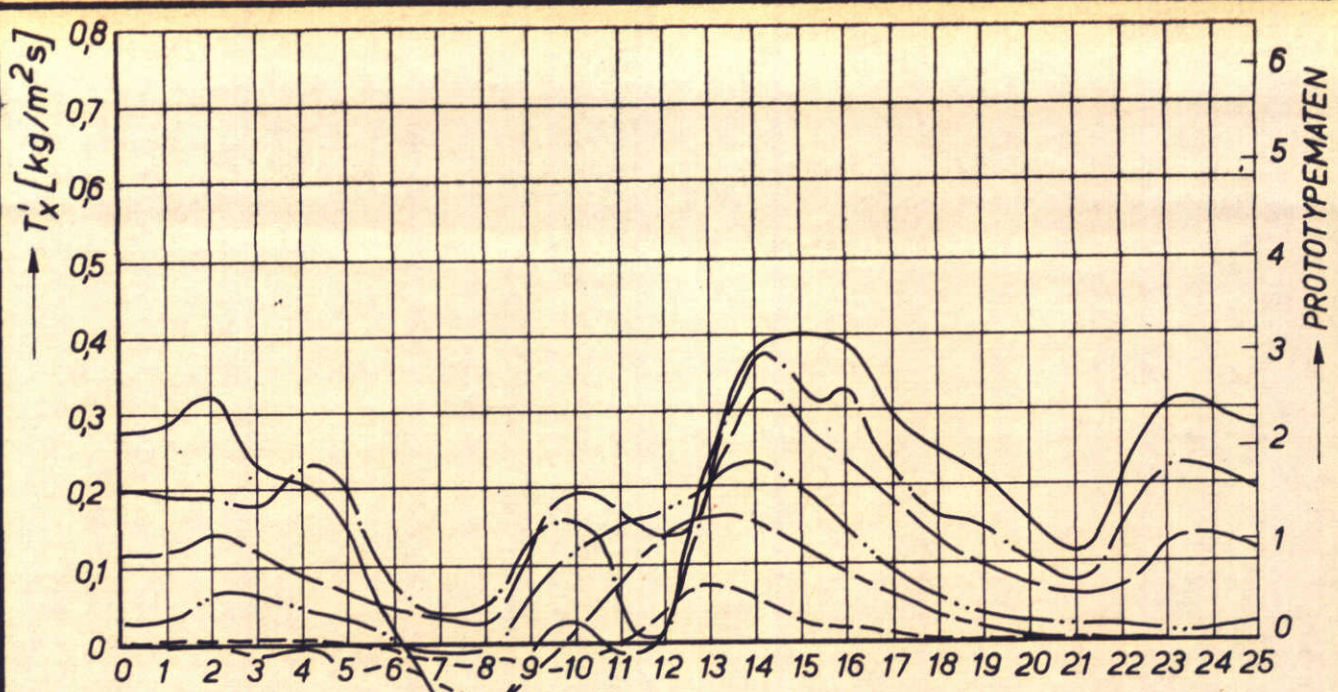
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 122 ($Q_L = 593 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

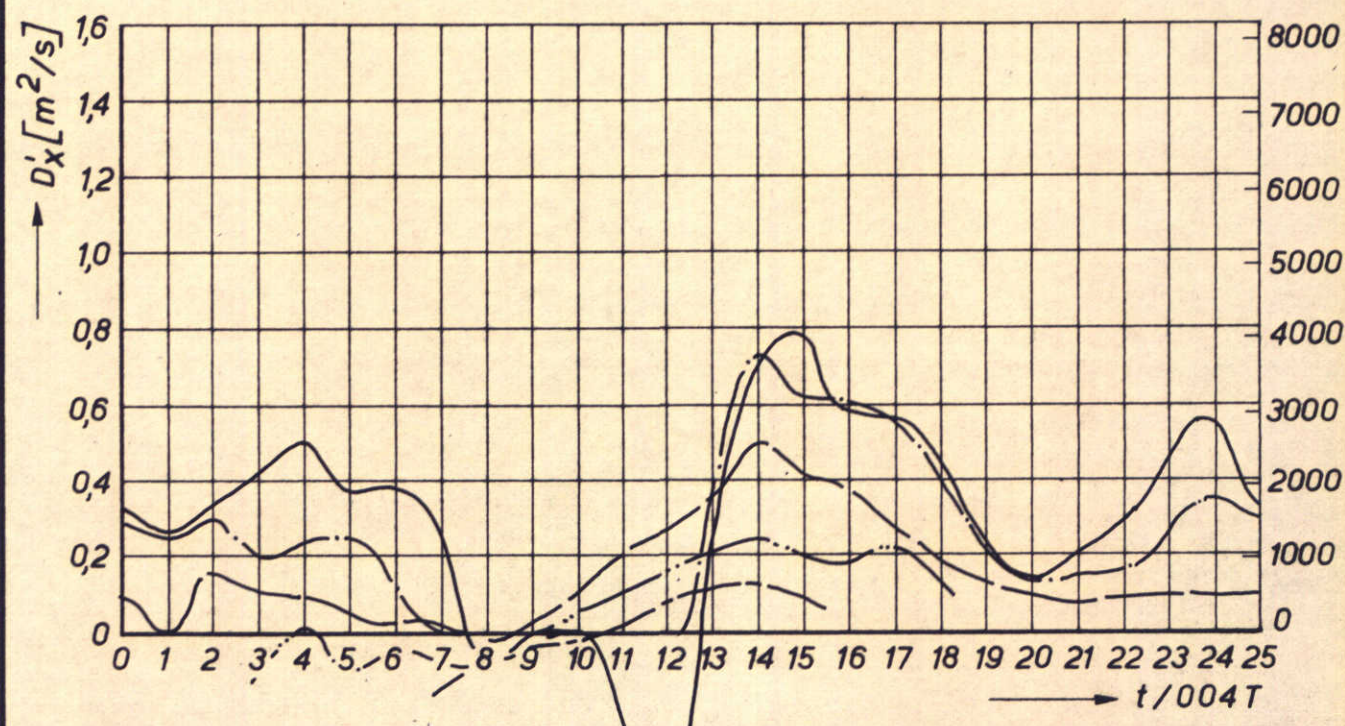
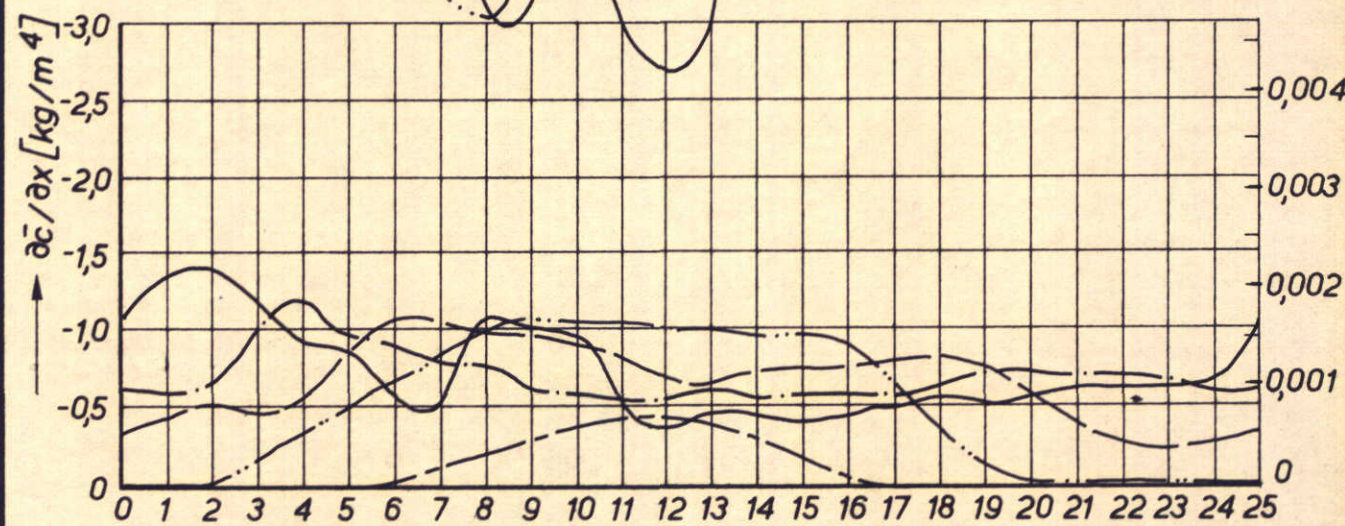
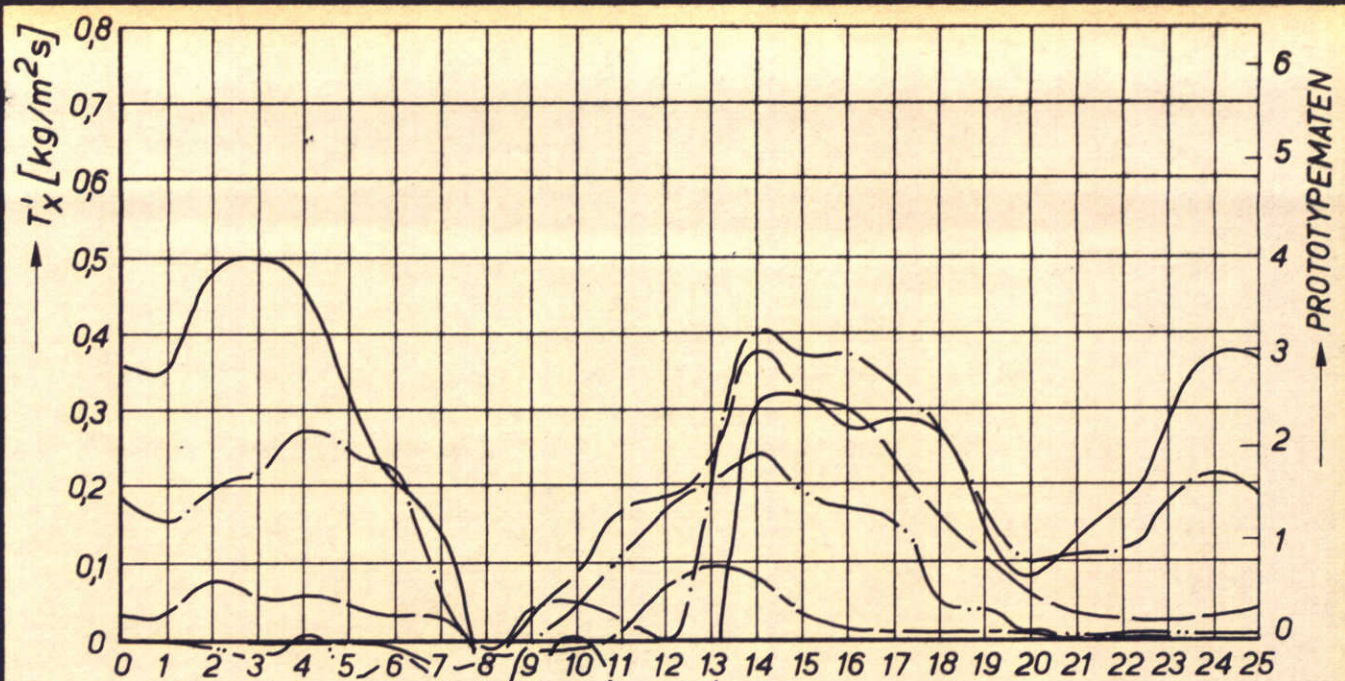
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 120 ($Q_L = 712 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

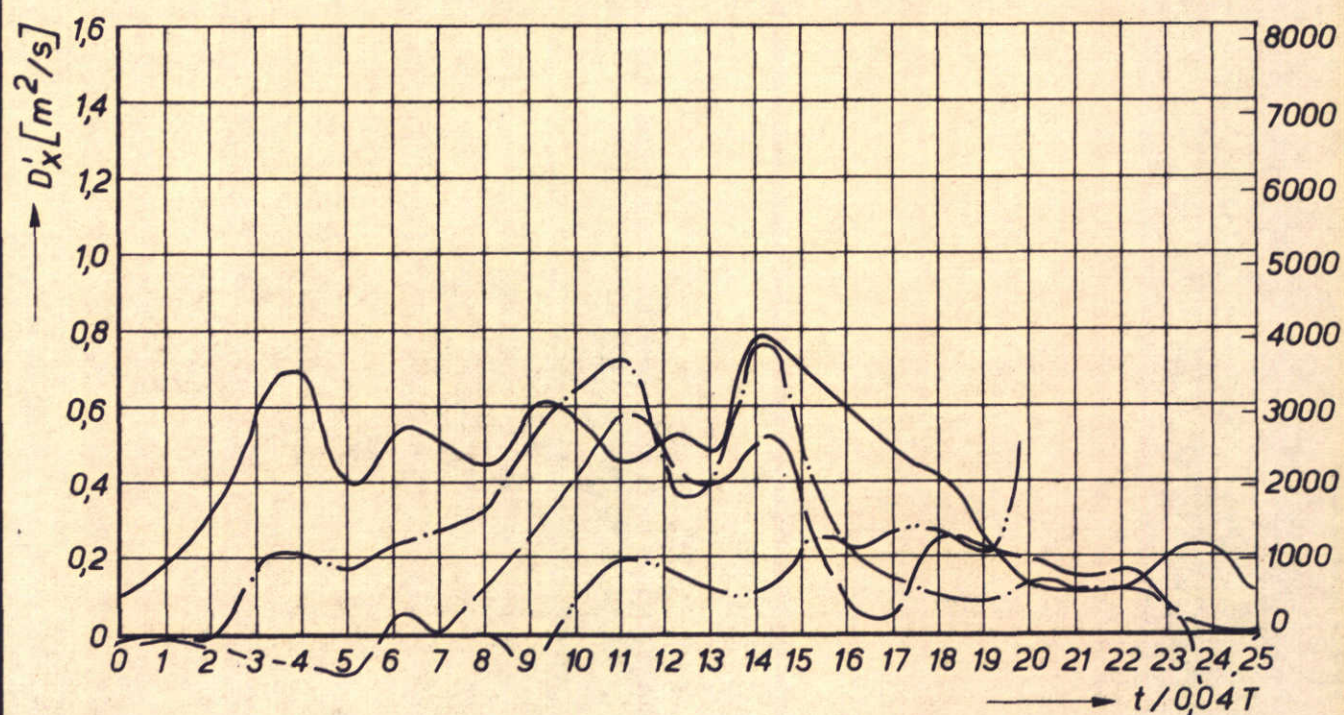
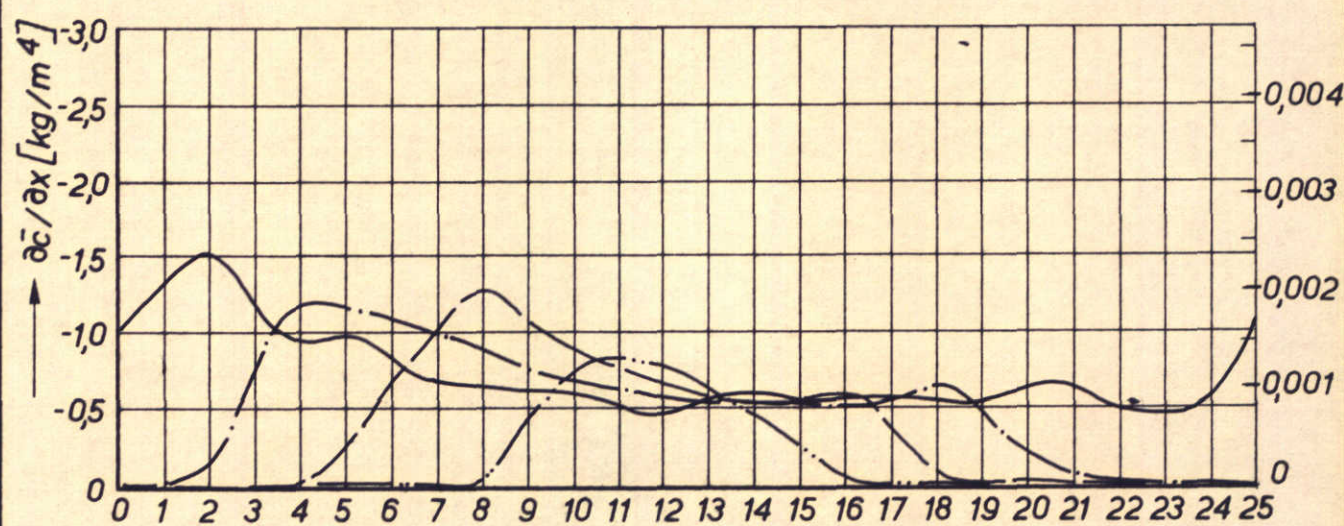
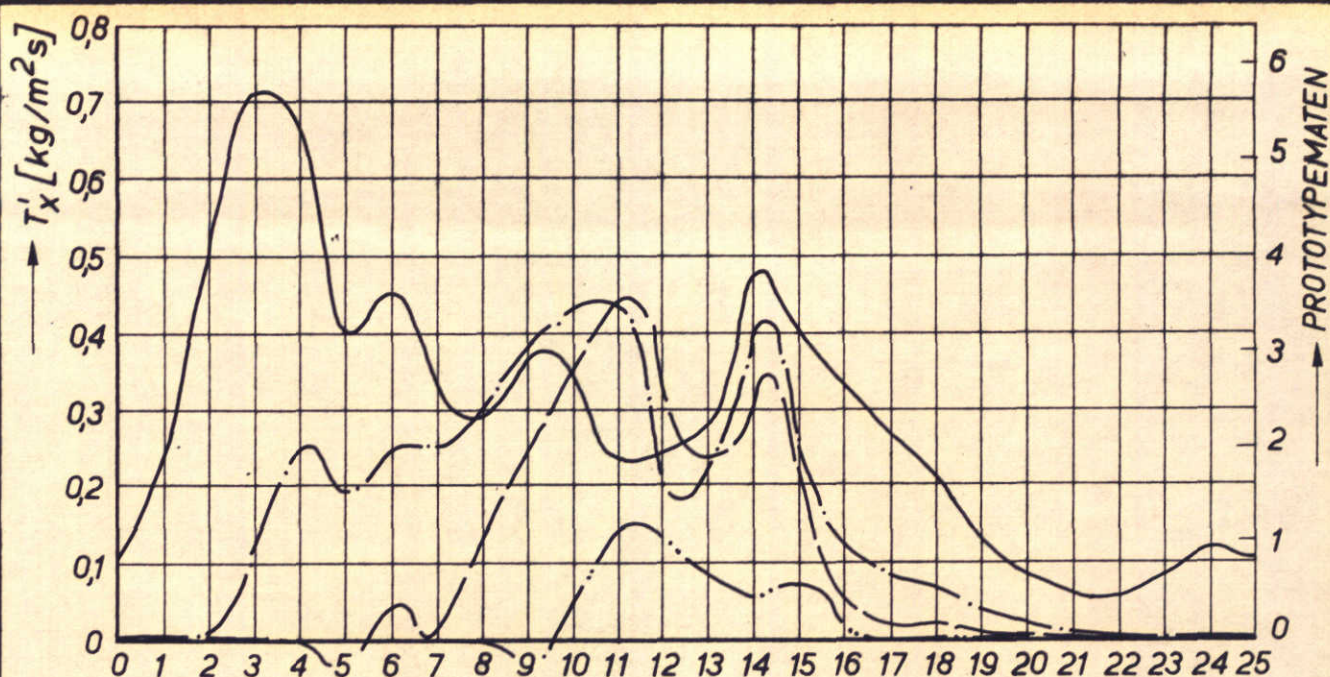
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T3 ($Q_L = 949 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- $X/\Delta X = 14, 16$

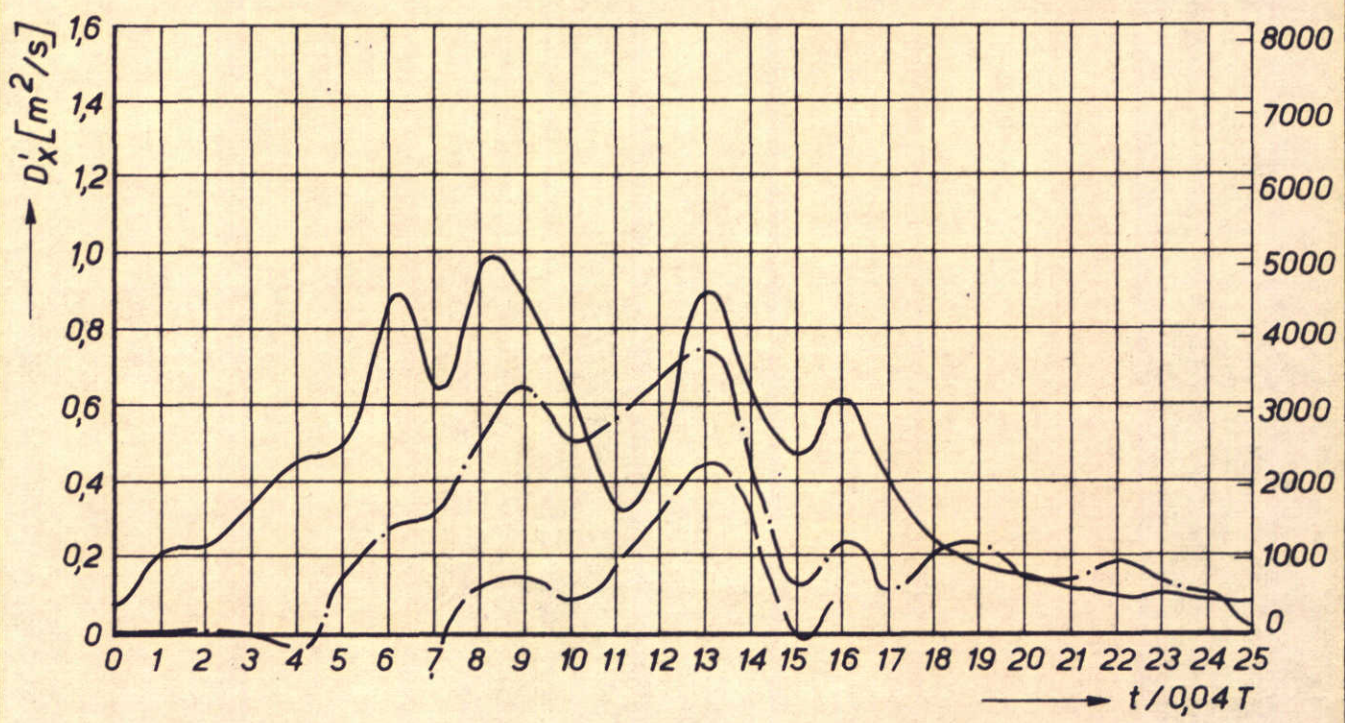
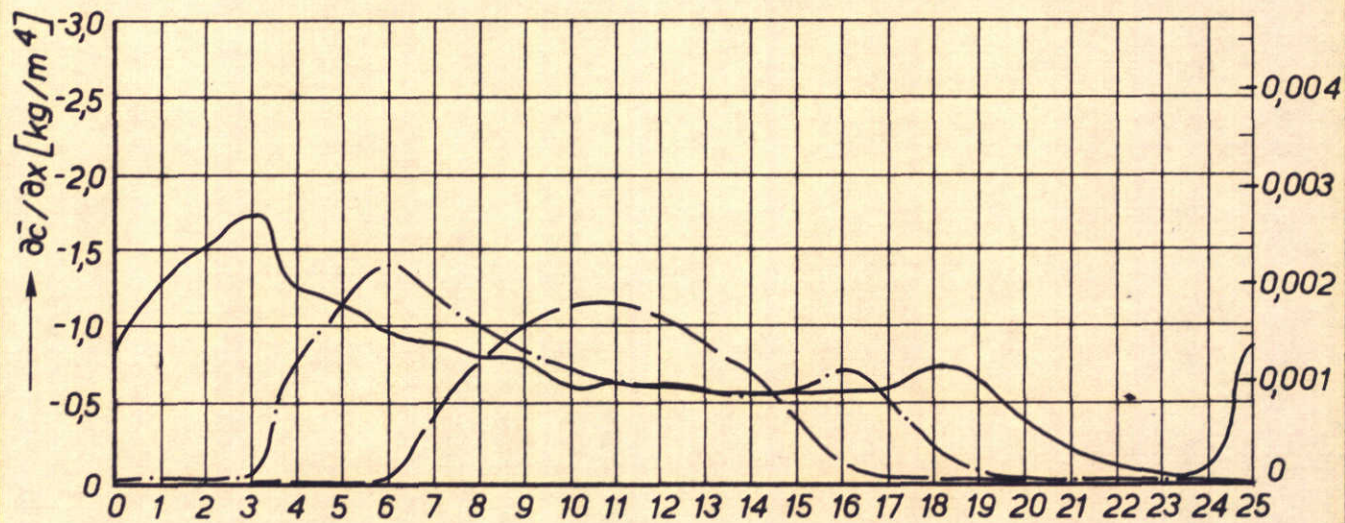
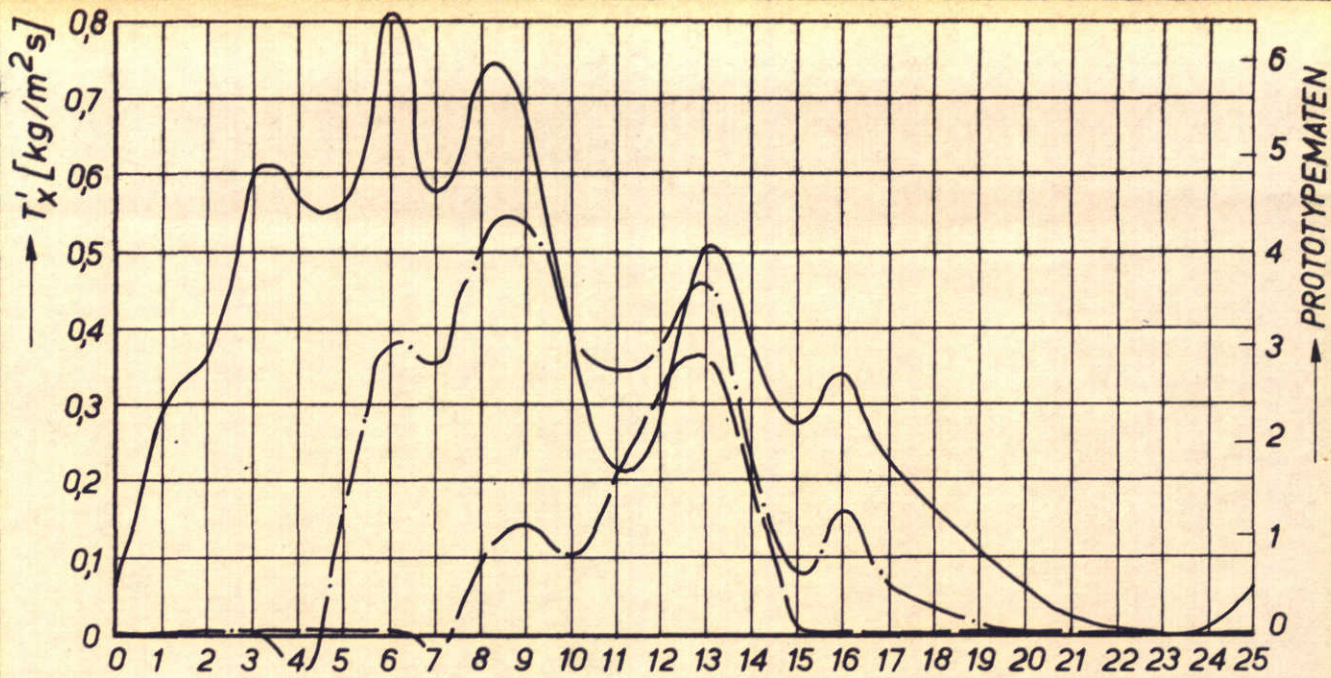
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 118 ($Q_L = 1899 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- $X/\Delta X = 14, 16$

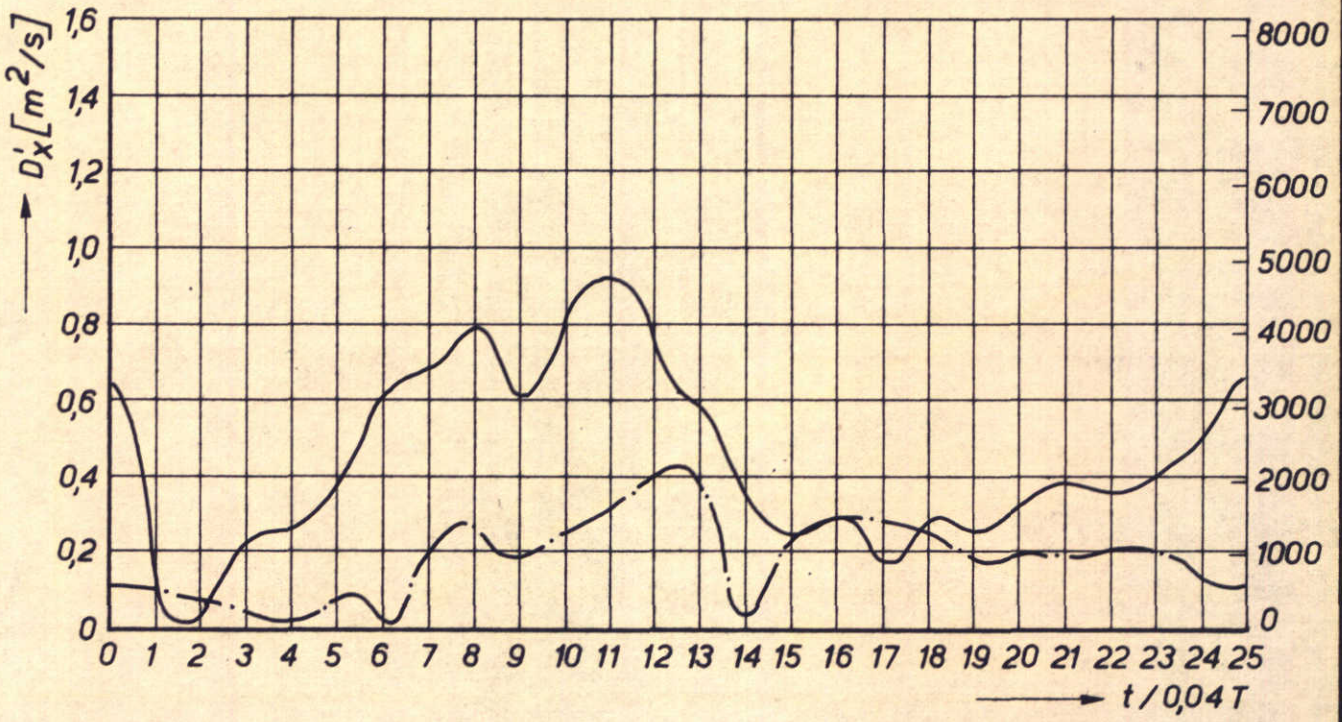
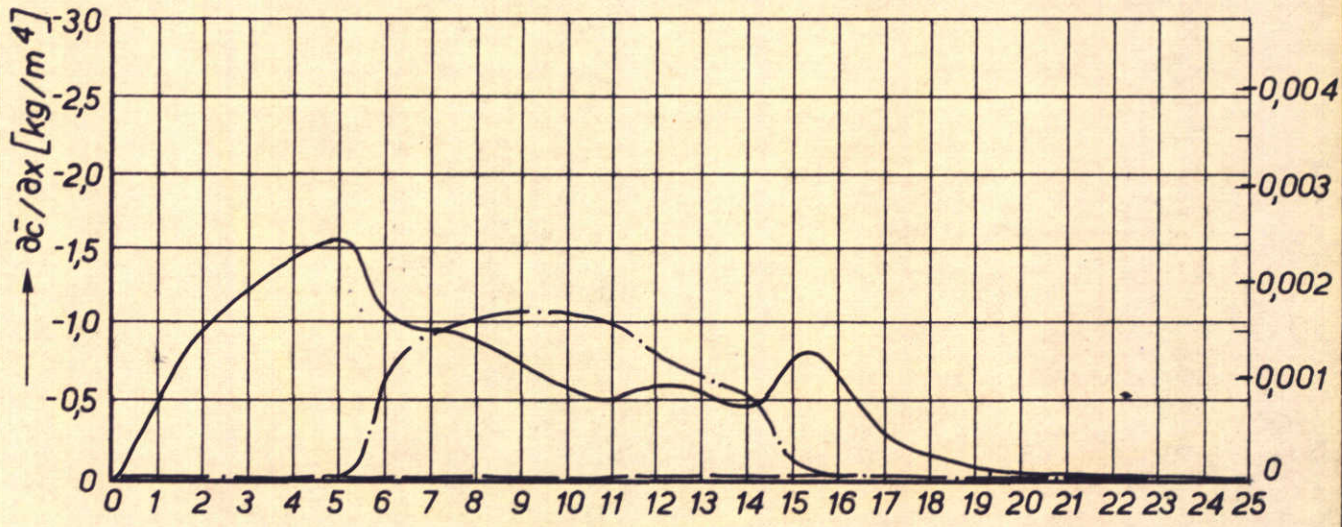
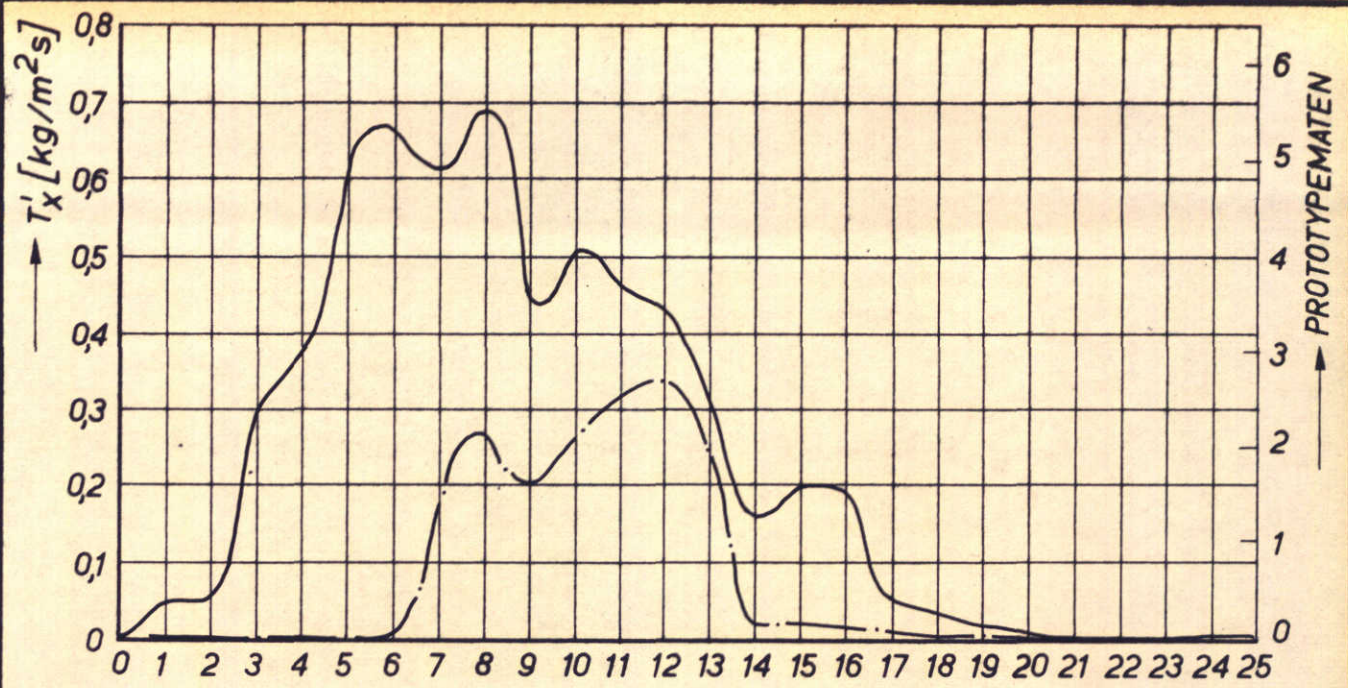
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 123 ($Q_L = 2848 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- $X/\Delta X = 14, 16$

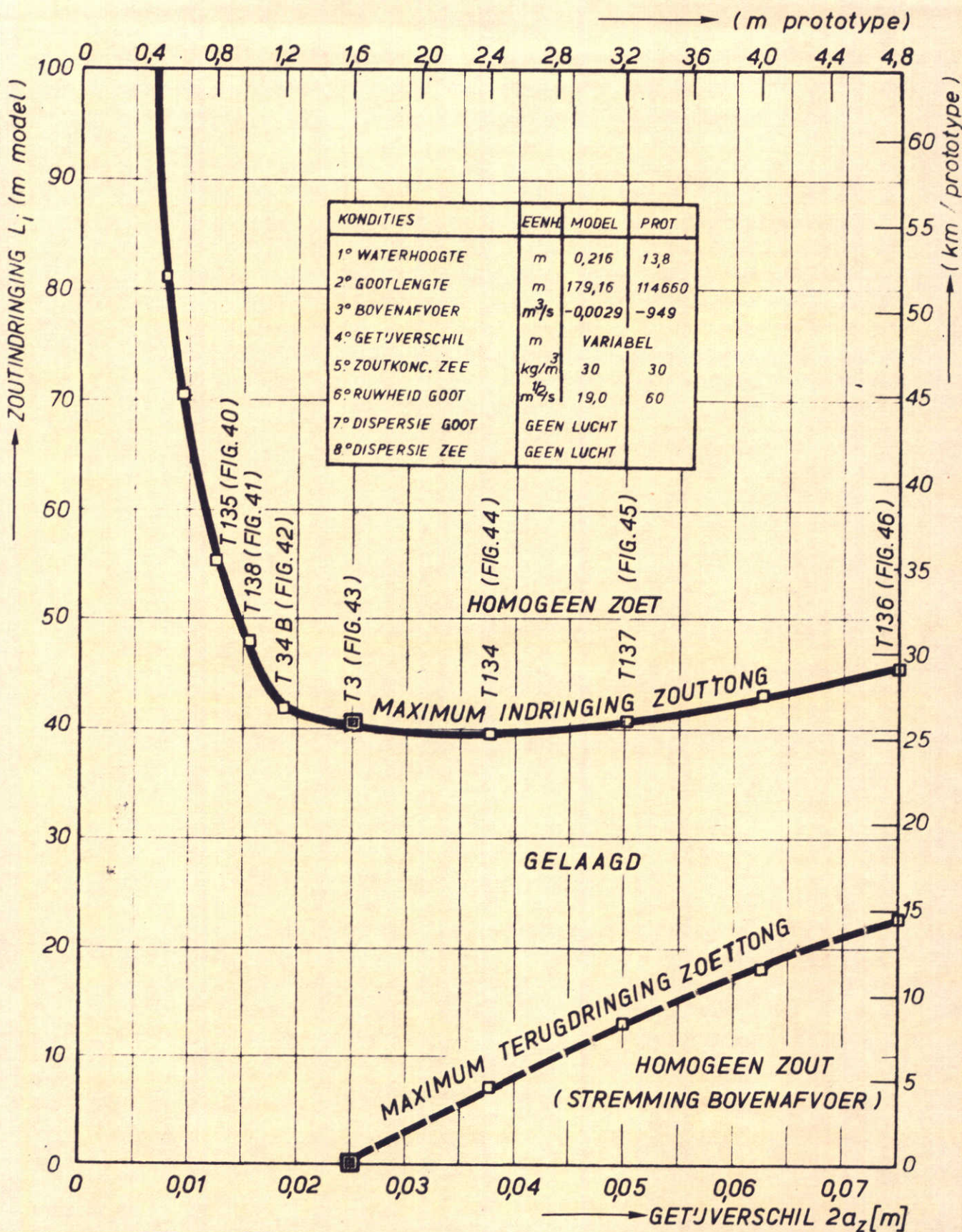
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 119 ($Q_L = 3798 \text{ m}^3/\text{s}$ PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 --- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 -.-.- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4



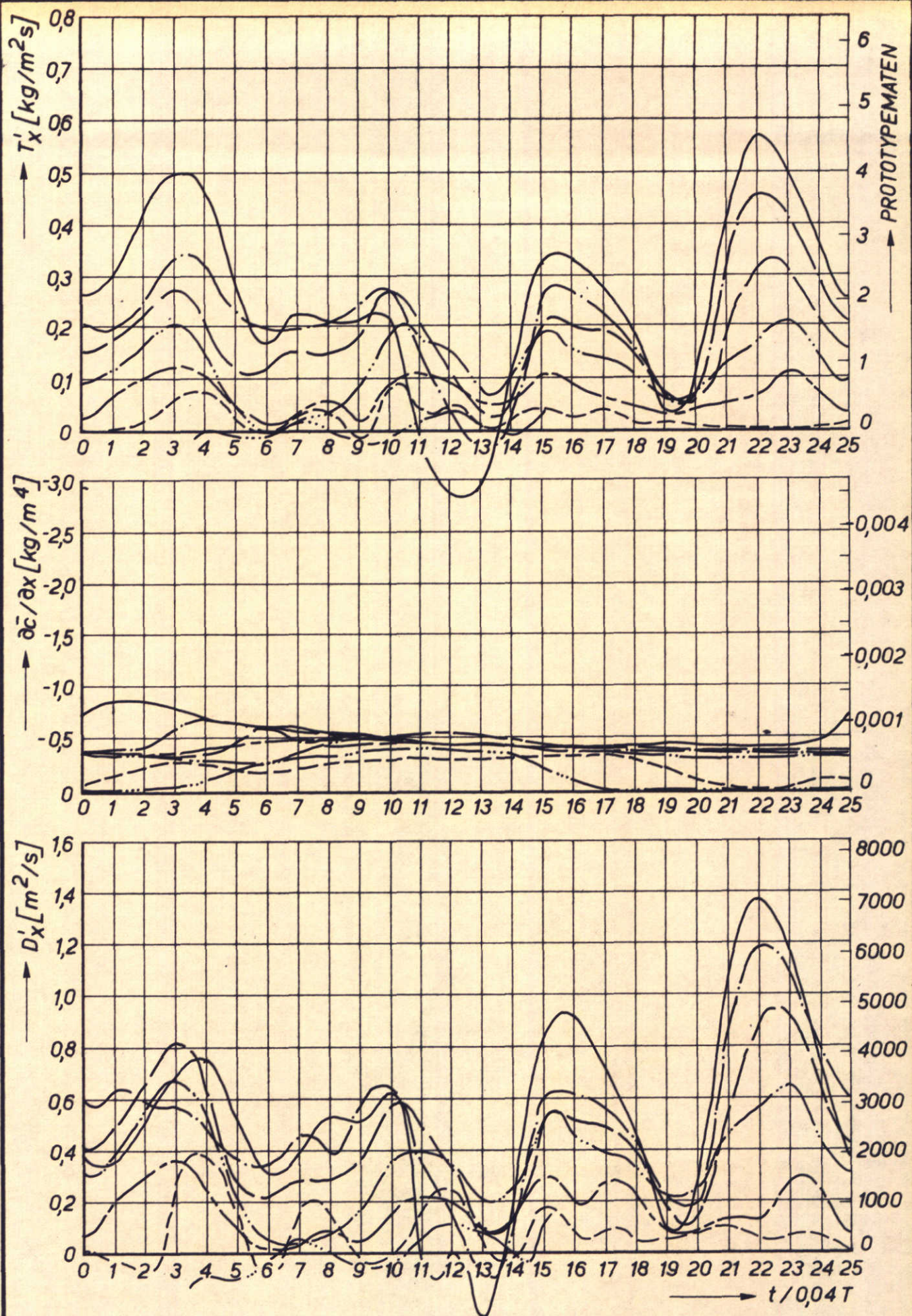
ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE GETJVERSCHIL

MEETRESULTATEN
 REFERENTIE PROEF ROTTERD. WATERWEG

L²
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2174 FIG. 39

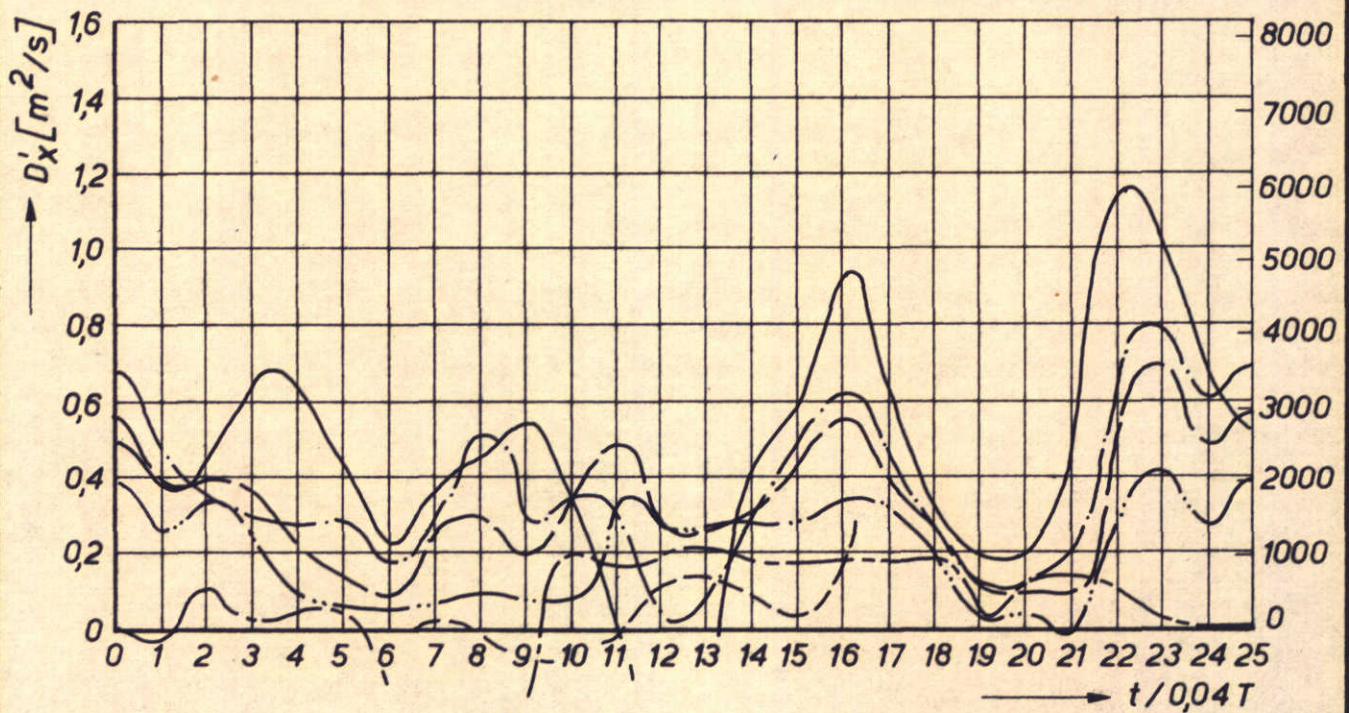
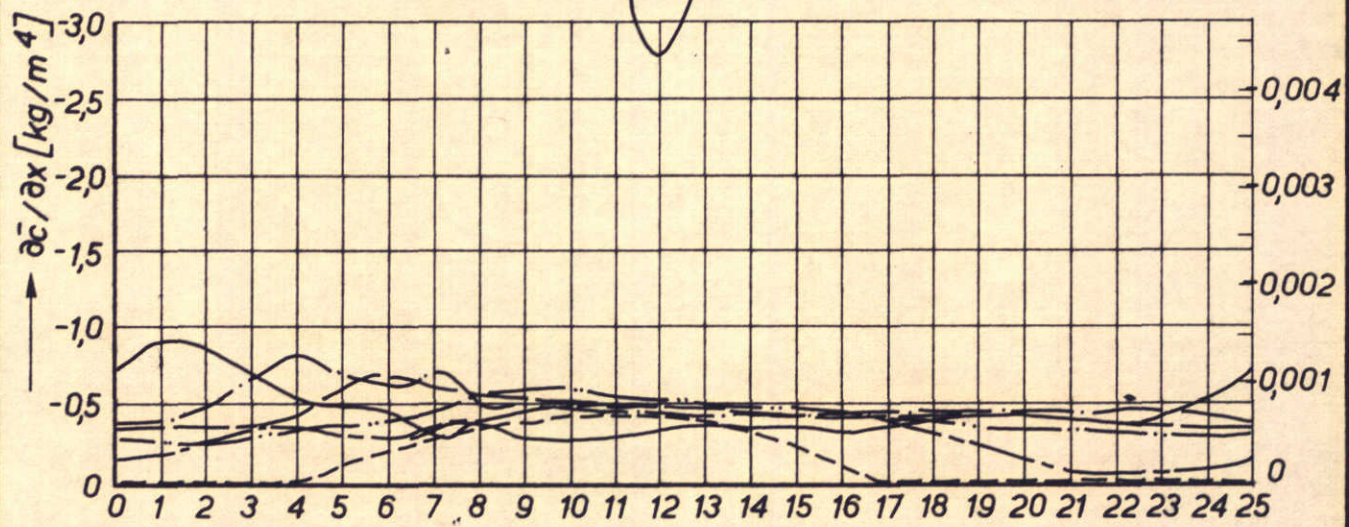
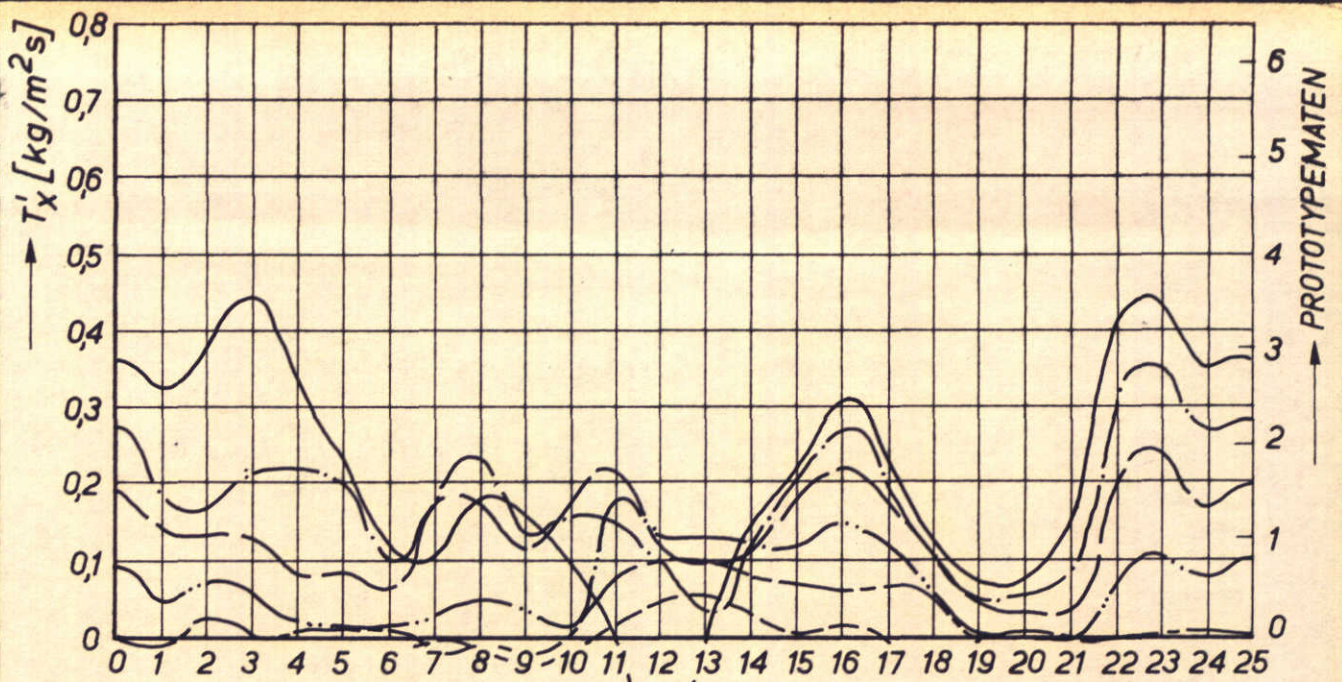


ONDERZOEK VARIATIE GET'JVERSCHIL
 PROEF T 135 ($2\alpha_z = 0,80$ m PROTOTYPE)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

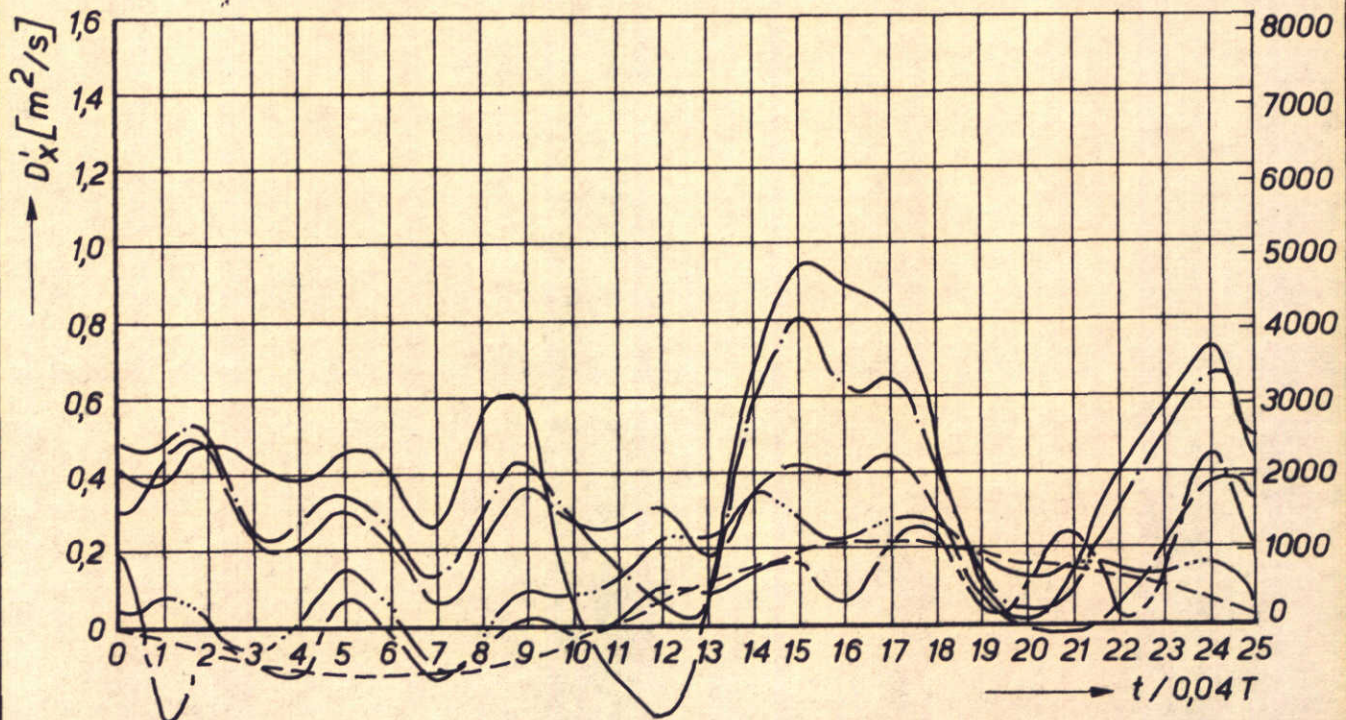
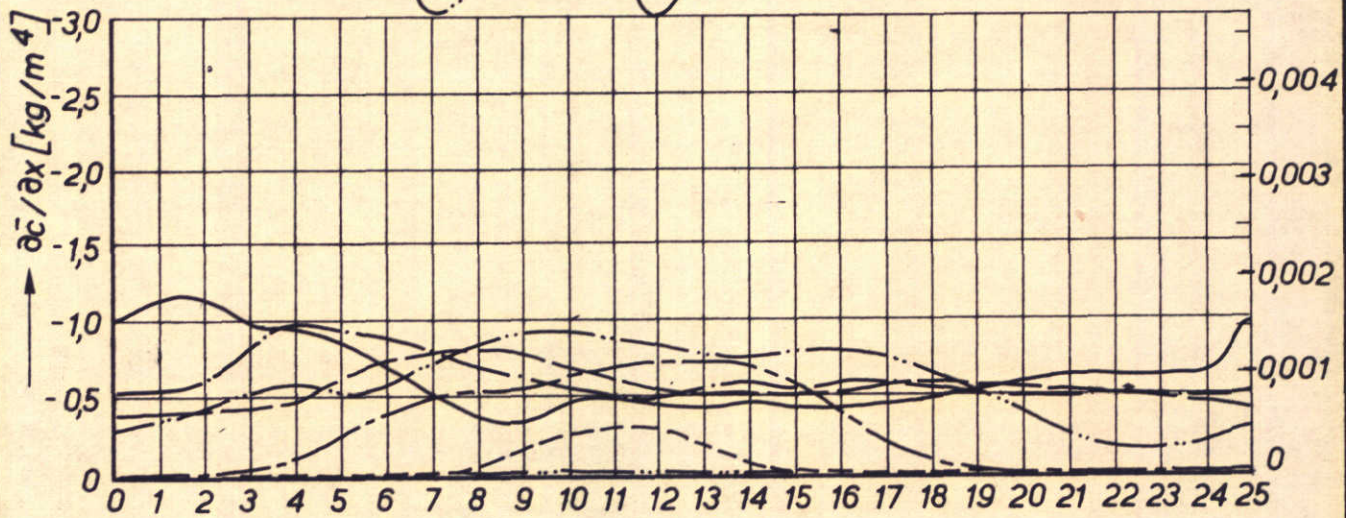
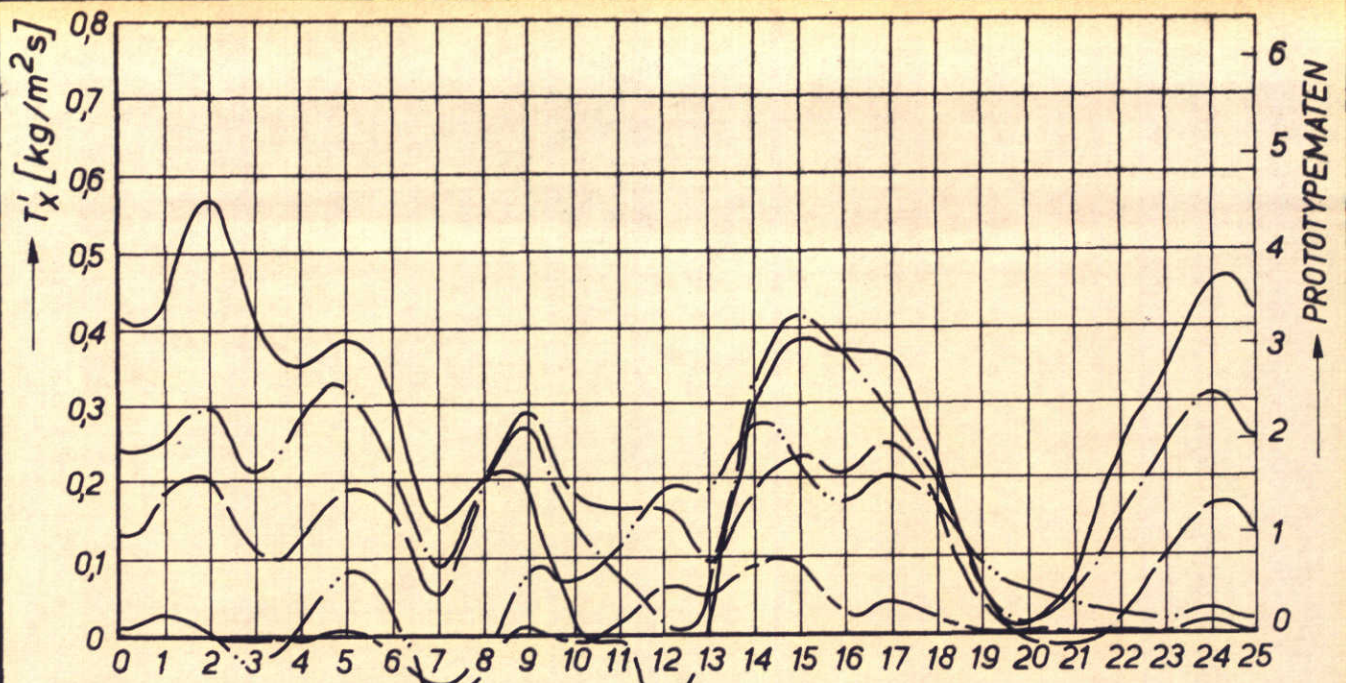
A4



ONDERZOEK VARIATIE GETJVERSCHIL
 PROEF T 138 ($2a_z = 1,00$ m PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 ---|--- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 ---|---|--- $X/\Delta X = 14, 16$

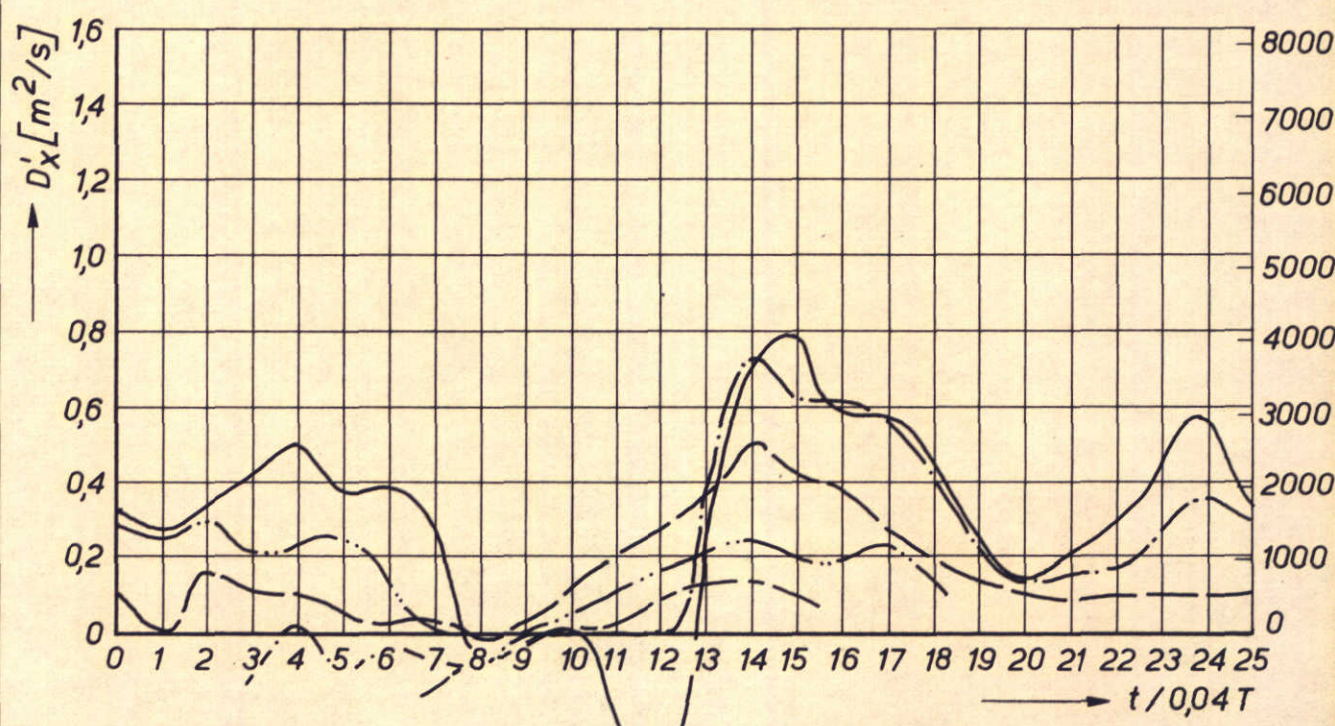
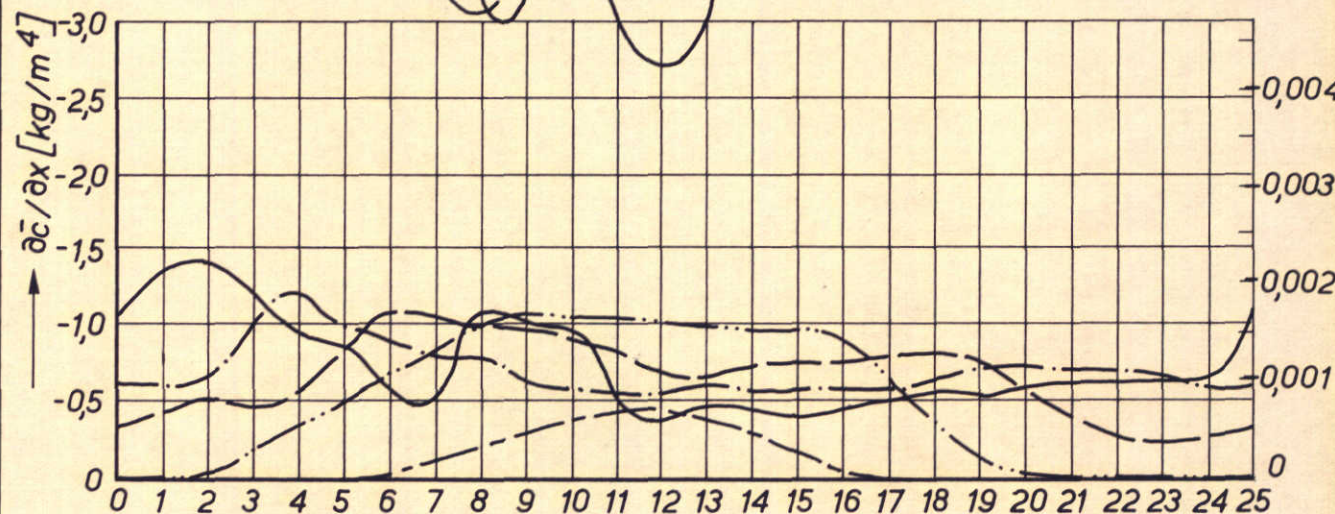
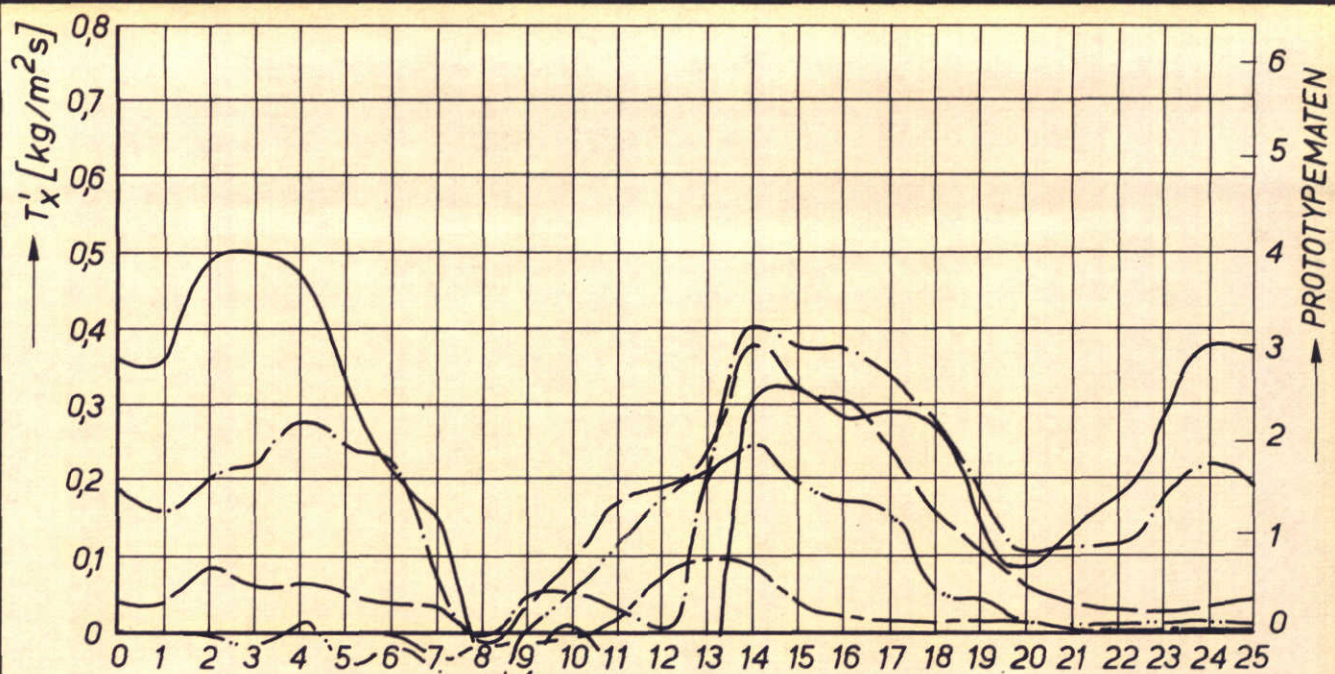
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE GETUVERSCHIL
 PROEF T 34 B ($2a_z = 1,20$ m PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 --- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

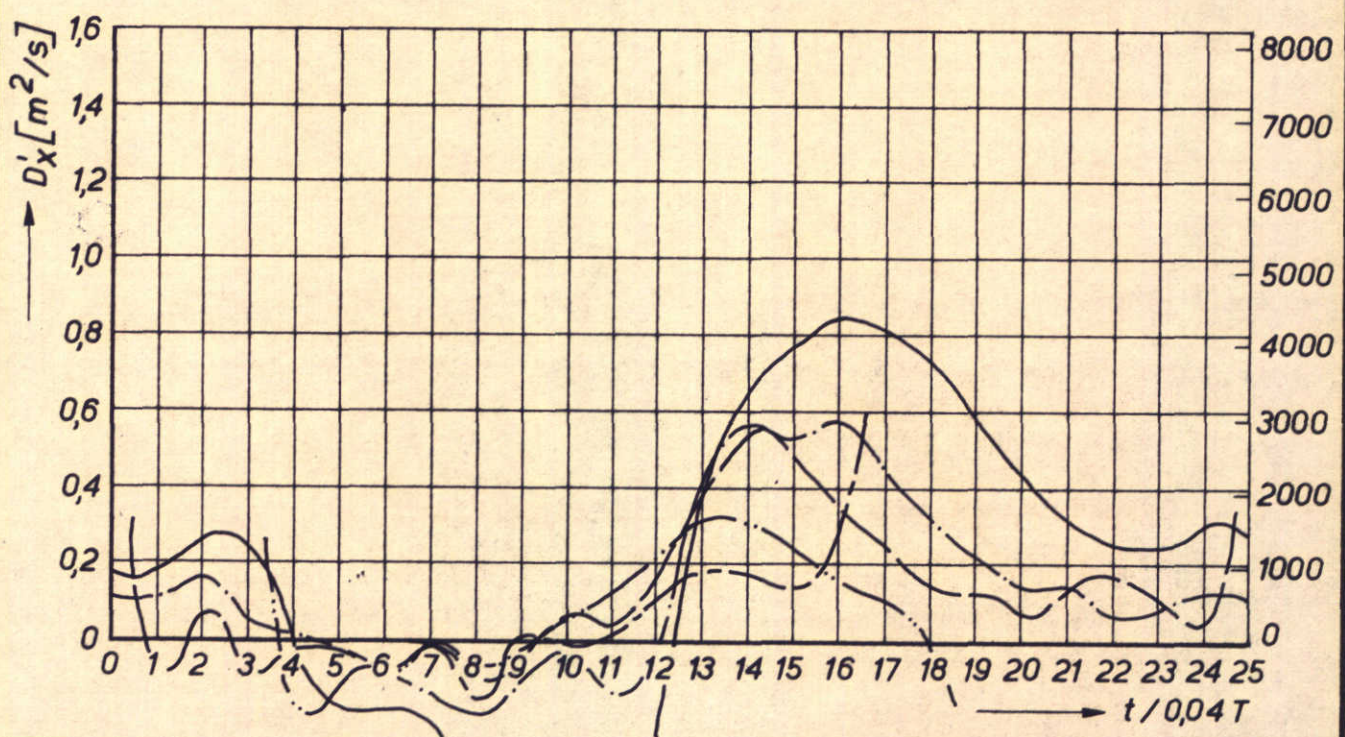
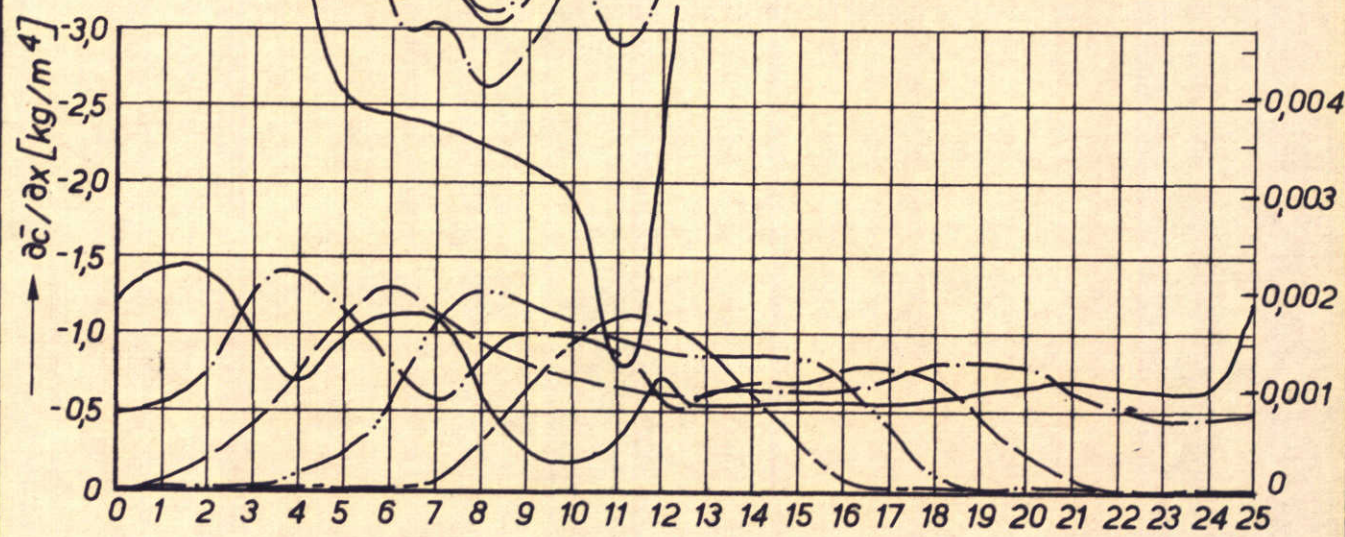
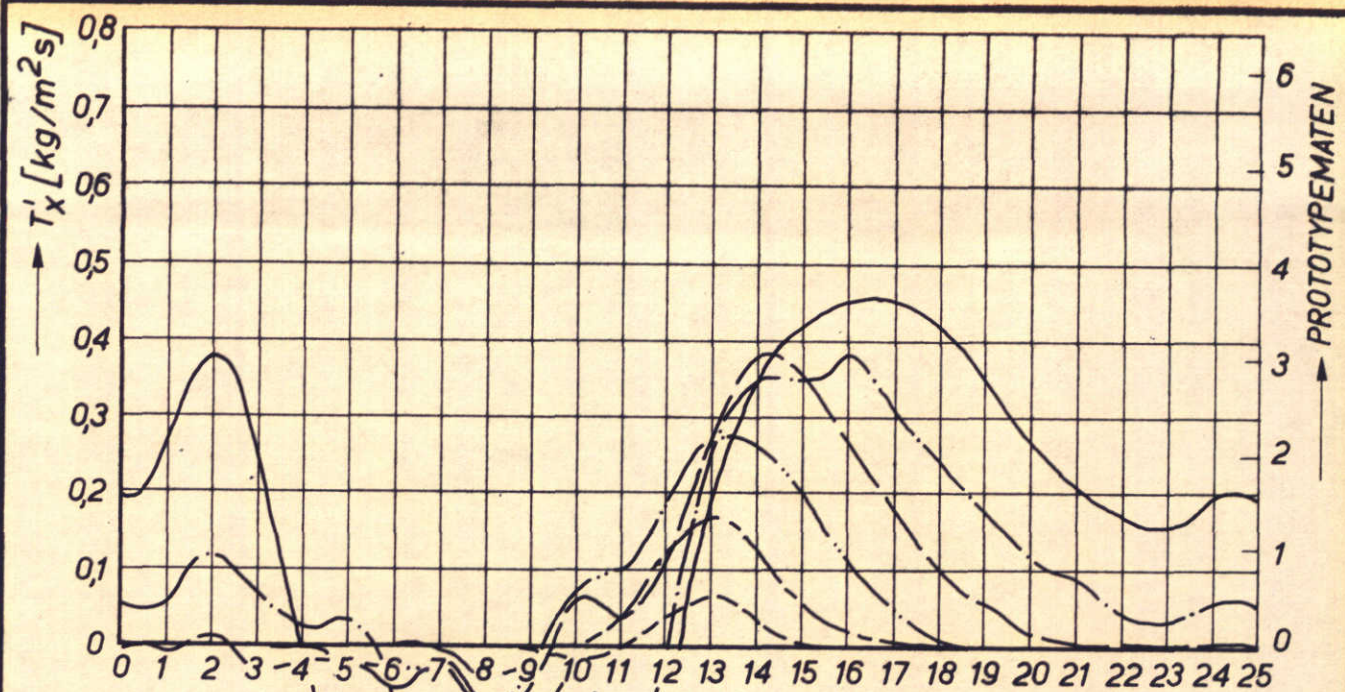
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE GETUVERSCHIL
 PROEF T3 ($2a_z = 1,60$ m PROTOTYPE)

- · — · — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · — — — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · — — — $X/\Delta X = 14, 16$

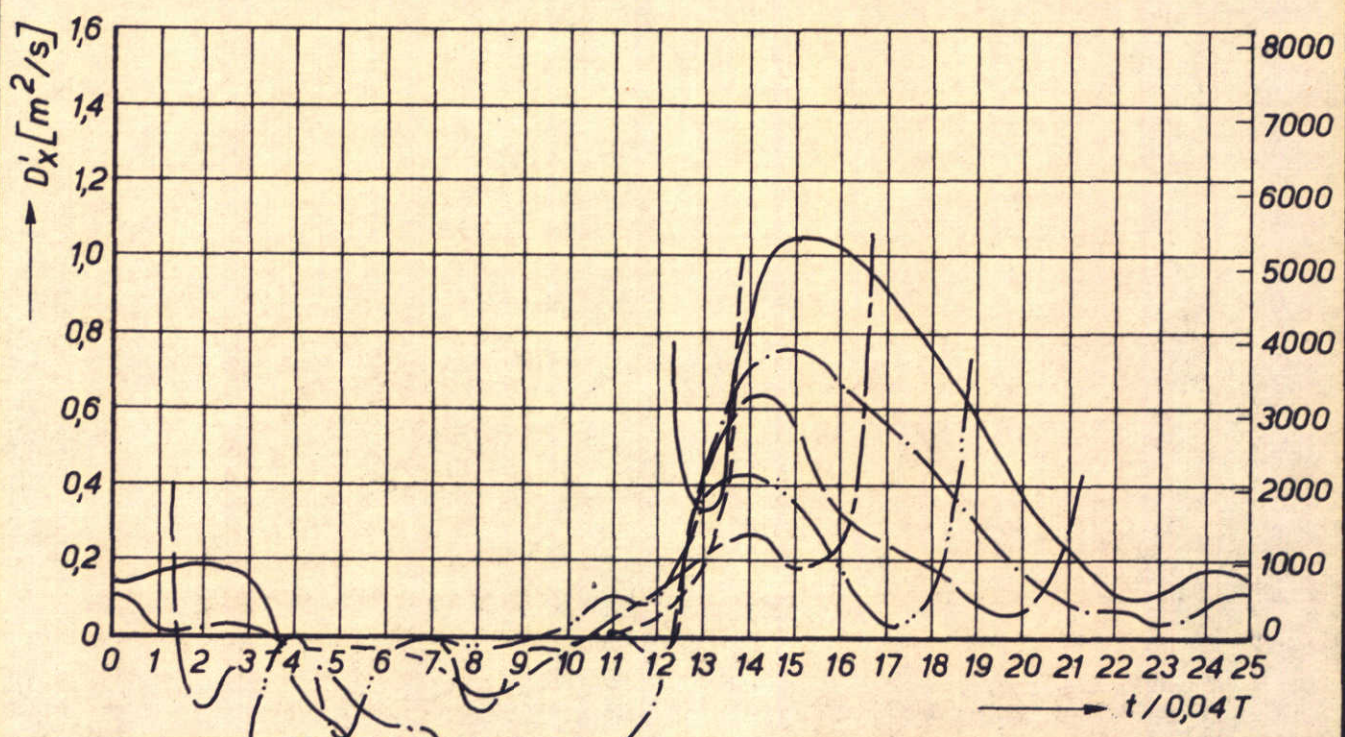
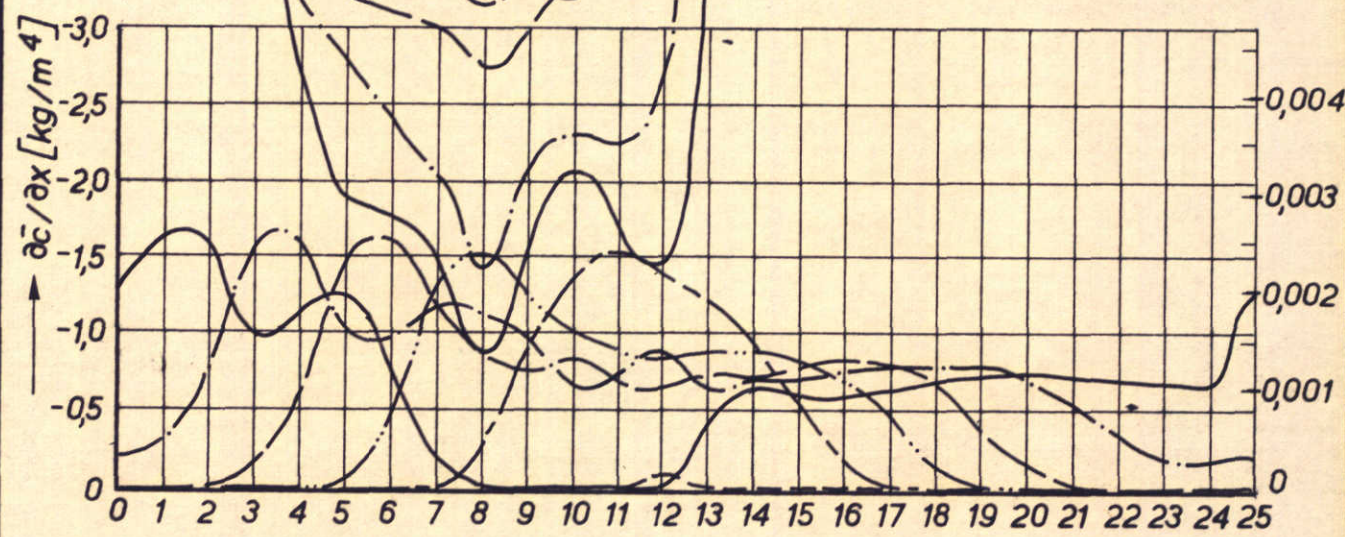
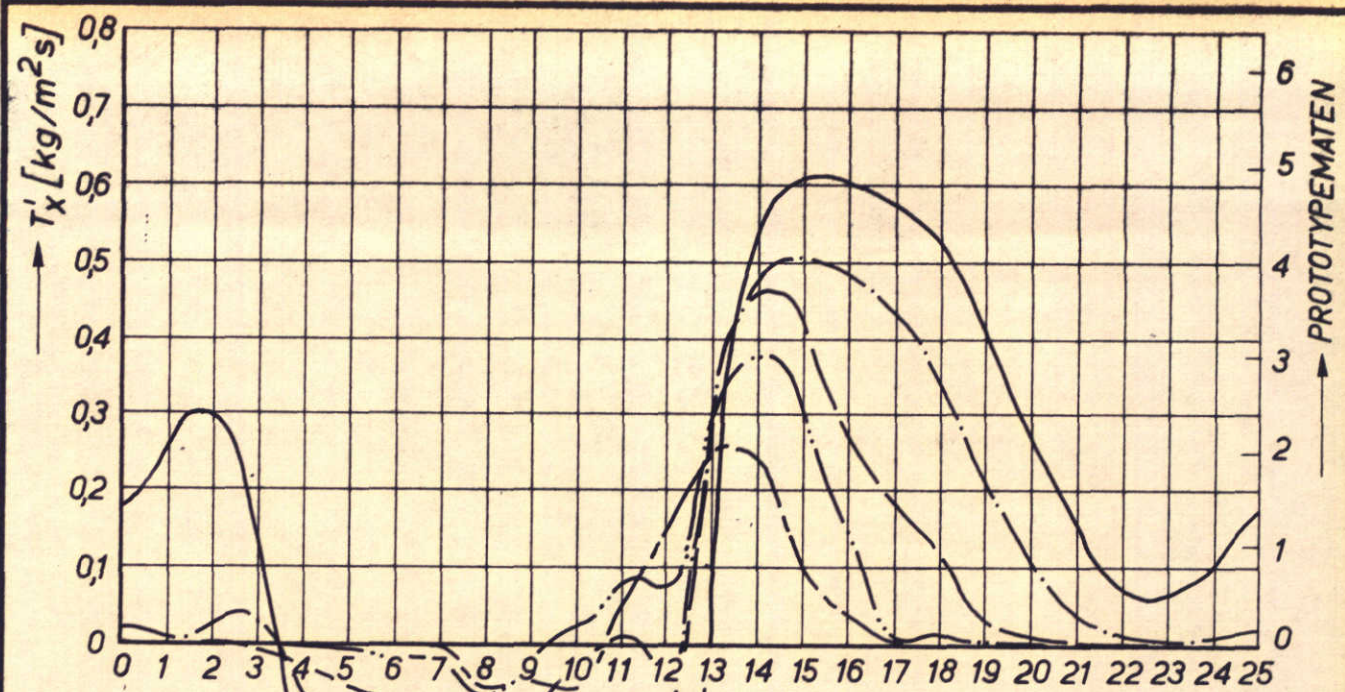
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE GETUJVERSCHIL
 PROEF T 134 ($2a_z = 2,40$ m PROTOTYPE)

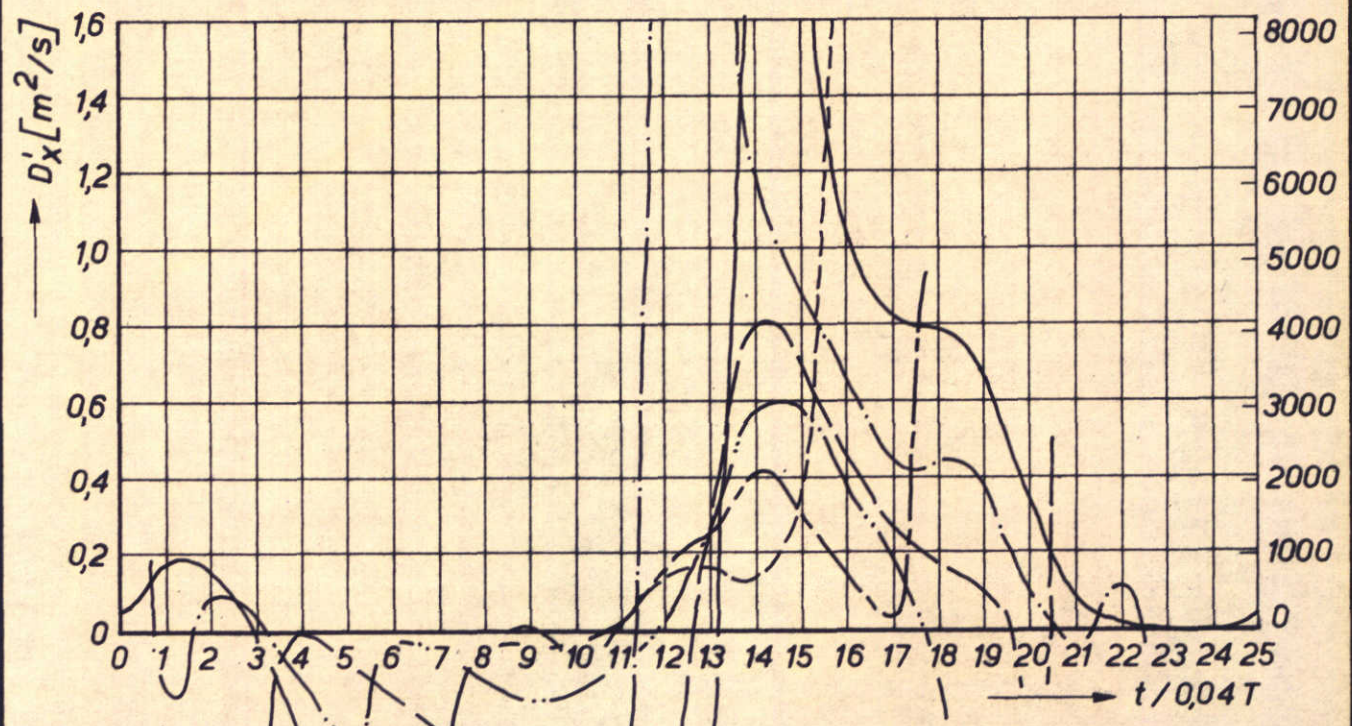
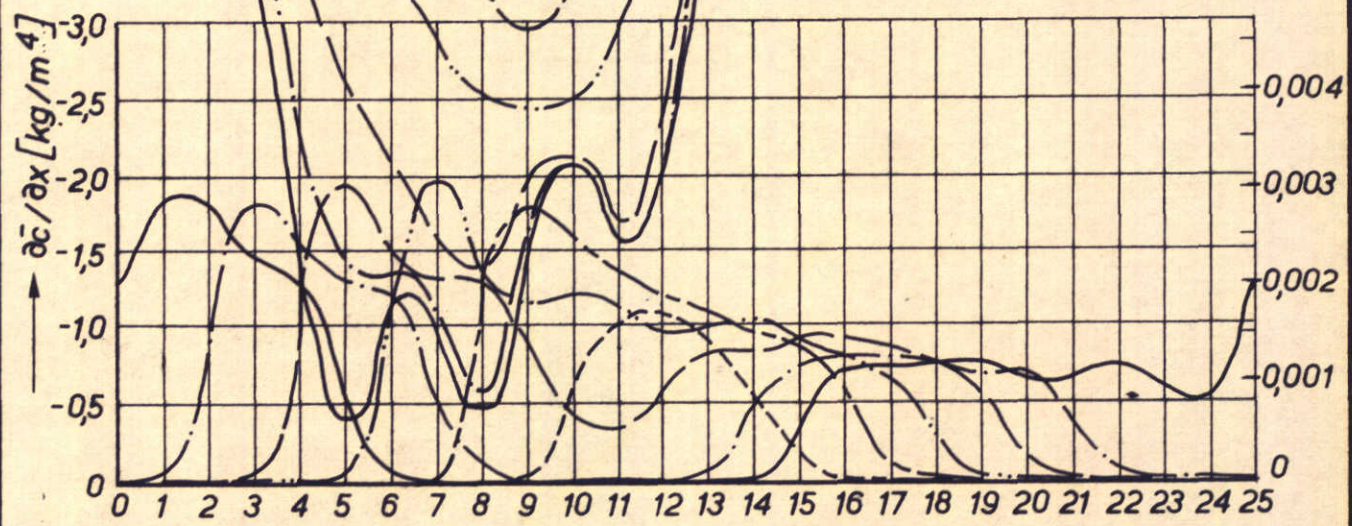
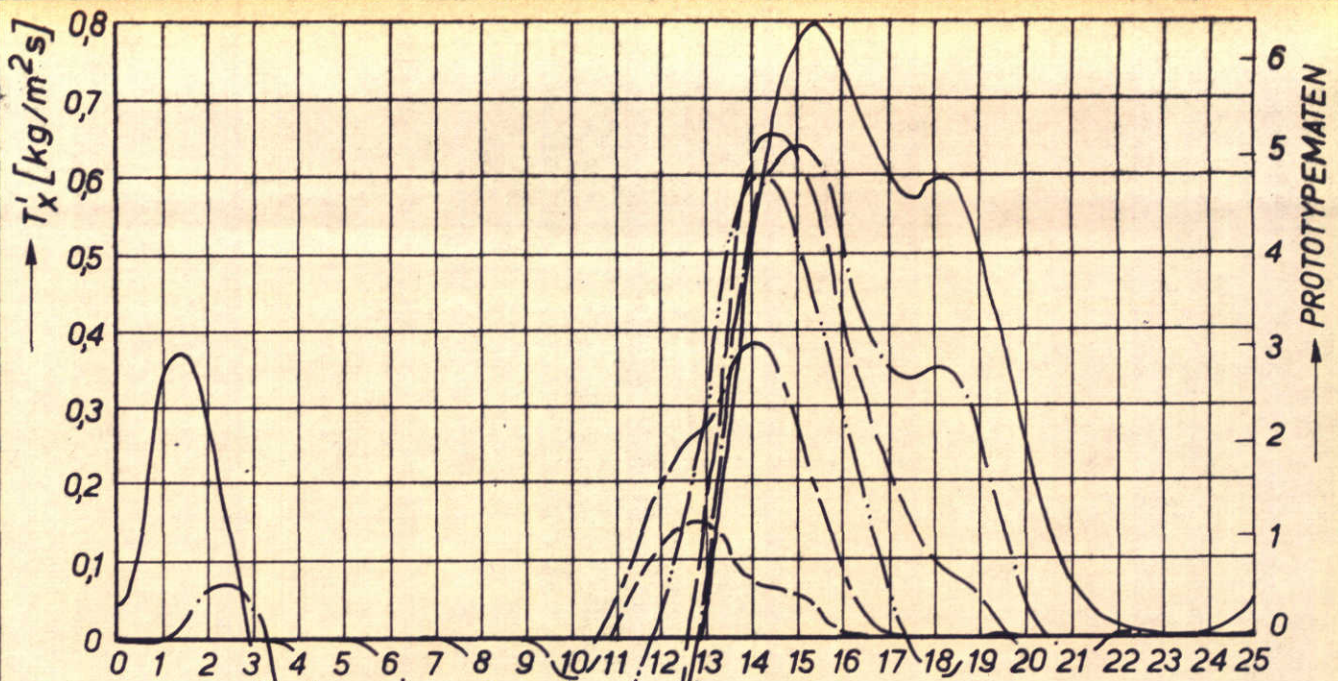
--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 $\Delta 4$



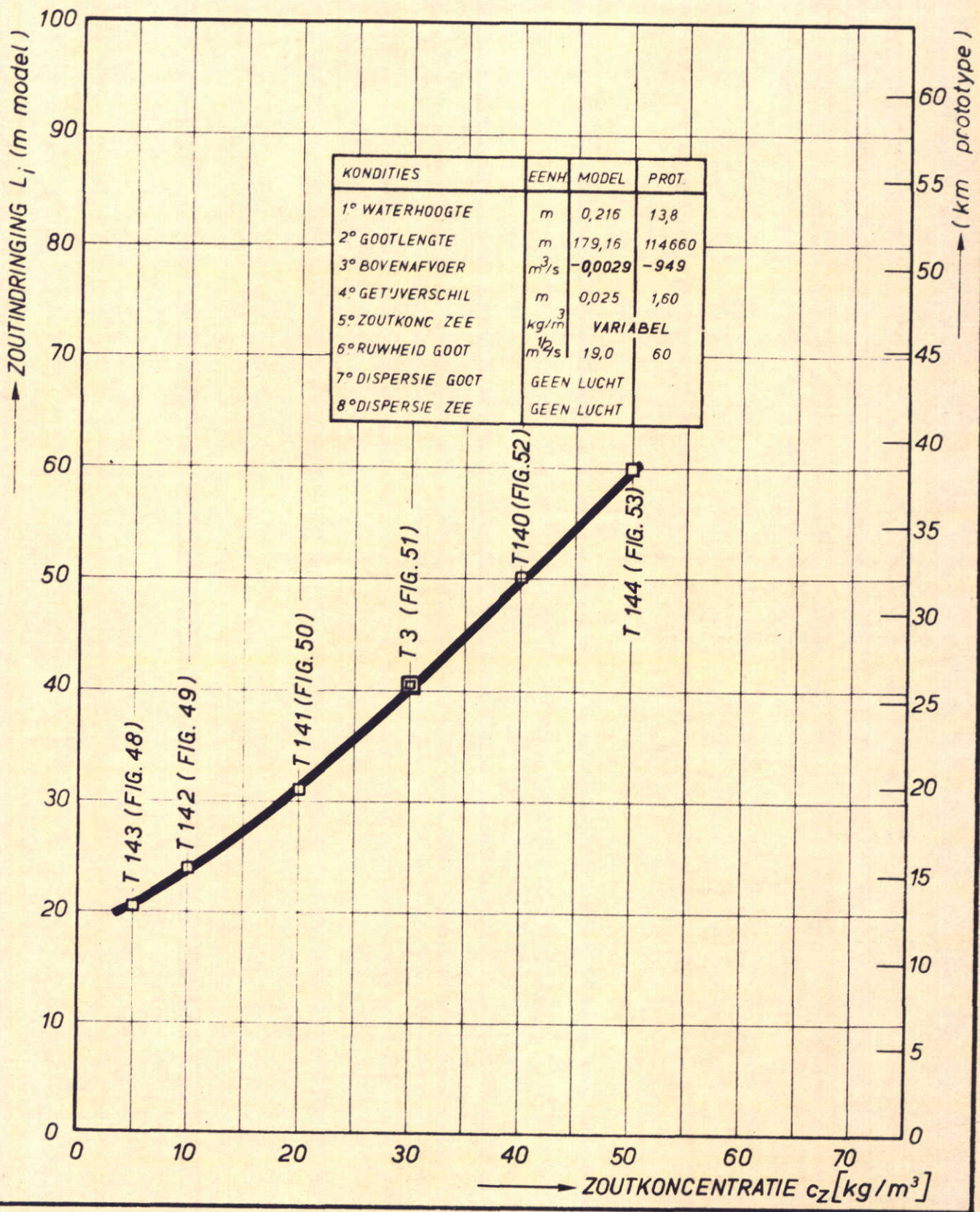
ONDERZOEK VARIATIE GETJVERSCHIL
 PROEF T 137 ($2a_z = 3,20$ m PROTOTYPE)

| | | |
|---------------|--------------------------|--------|
| — — — — — | $X/\Delta X = 2, 4, 6$ | W K |
| — · — · — · — | $X/\Delta X = 8, 10, 12$ | |
| — · — — — | $X/\Delta X = 14, 16$ | |
| | | A4 |



ONDERZOEK VARIATIE GETJVERSCHIL
 PROEF T 136 ($2a_z = 4,80$ m PROTOTYPE)

| | |
|---|-------------|
| $X/\Delta X = 2, 4, 6$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$ $X/\Delta X = 14, 16$ | W_K A4 |
|---|-------------|



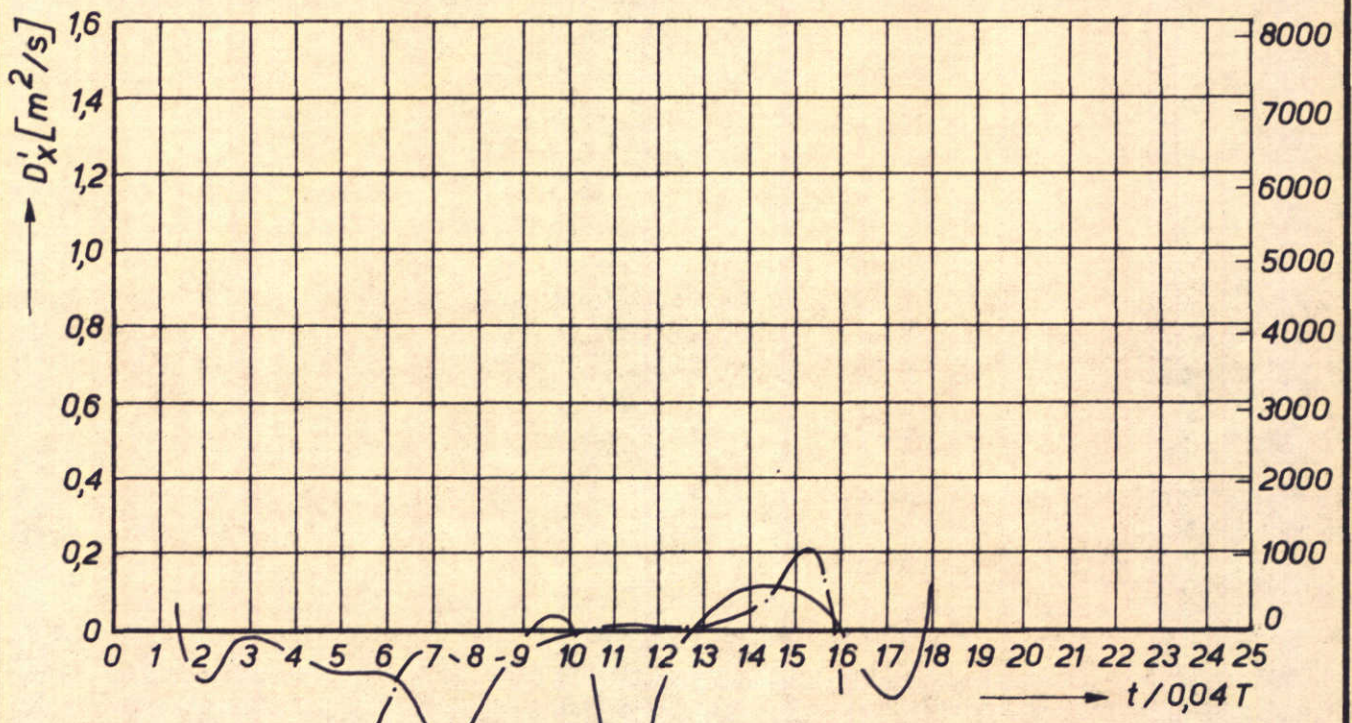
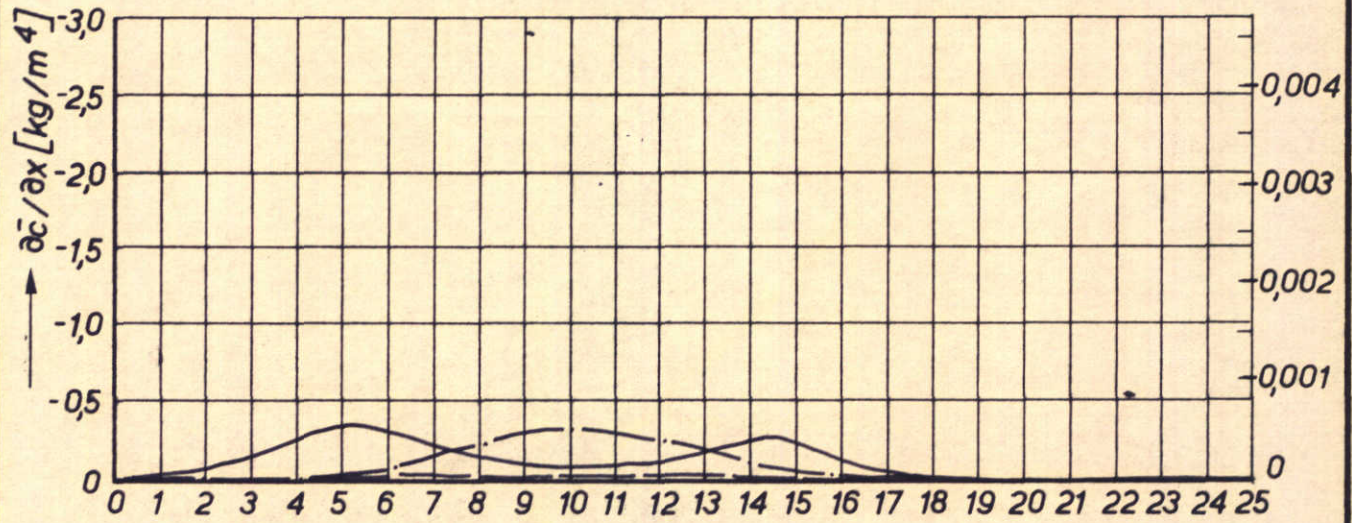
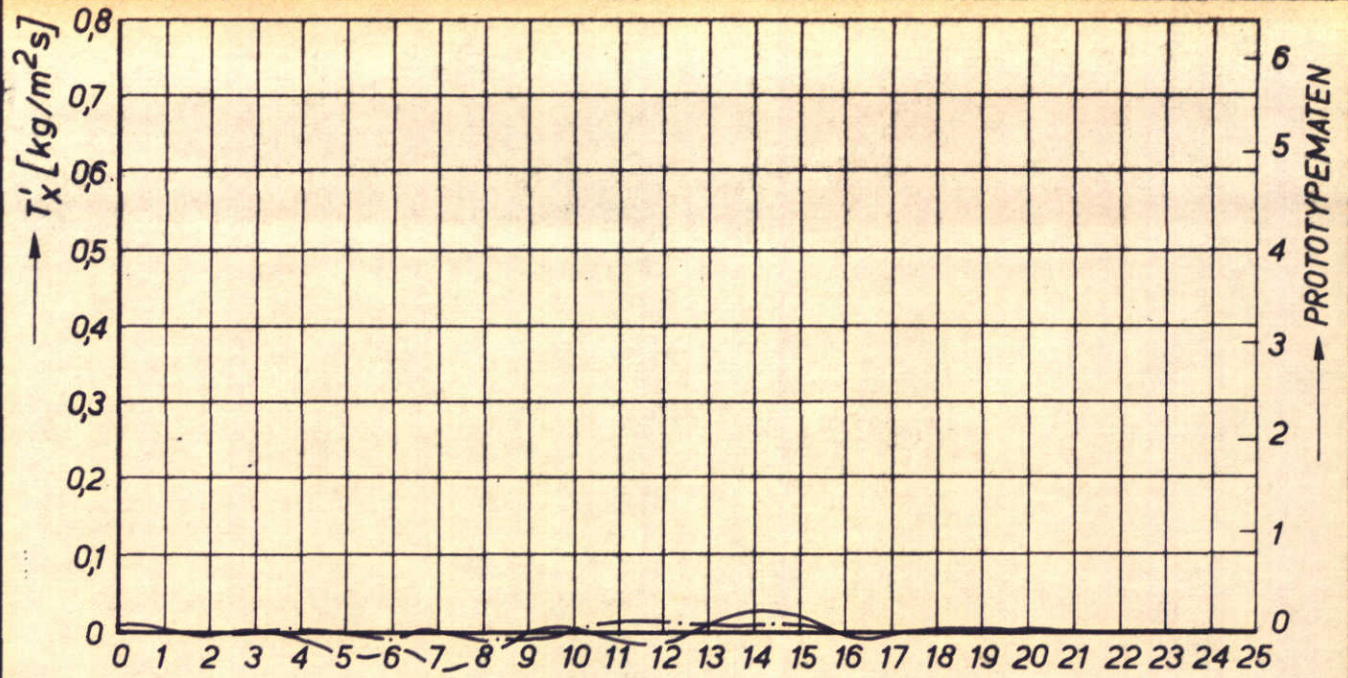
ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE

MEETRESULTATEN
 REFERENTIEPROEF
 ROTTERD. WATERWEG

L²
A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

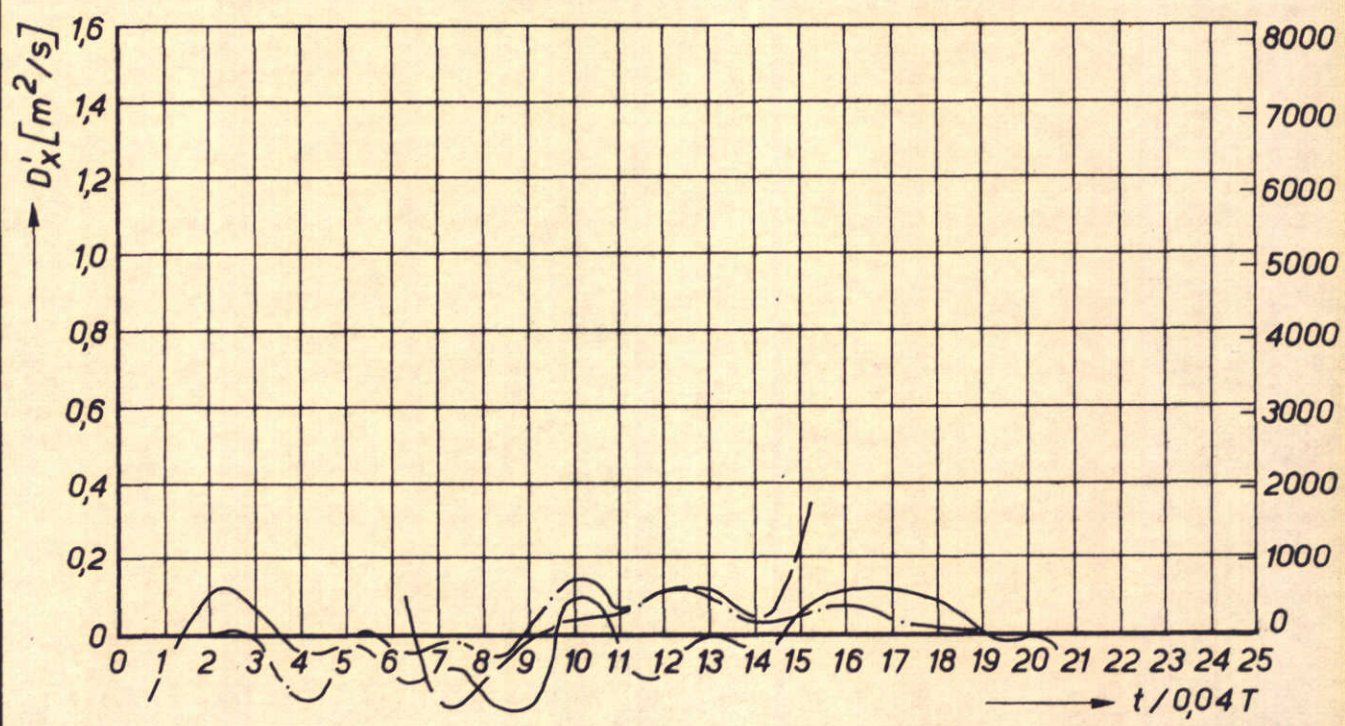
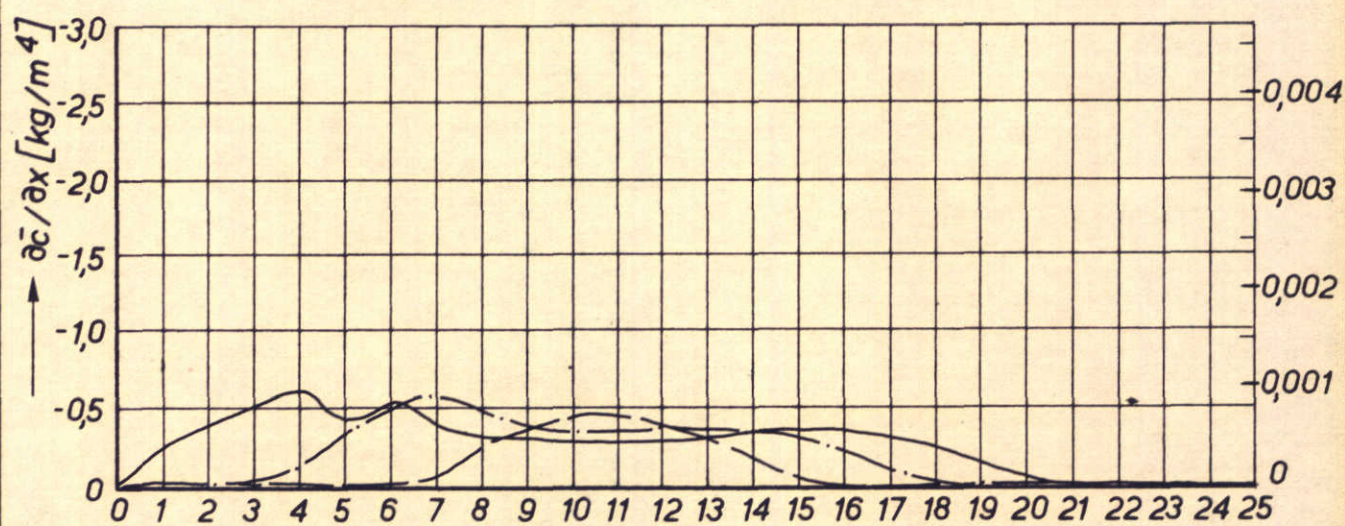
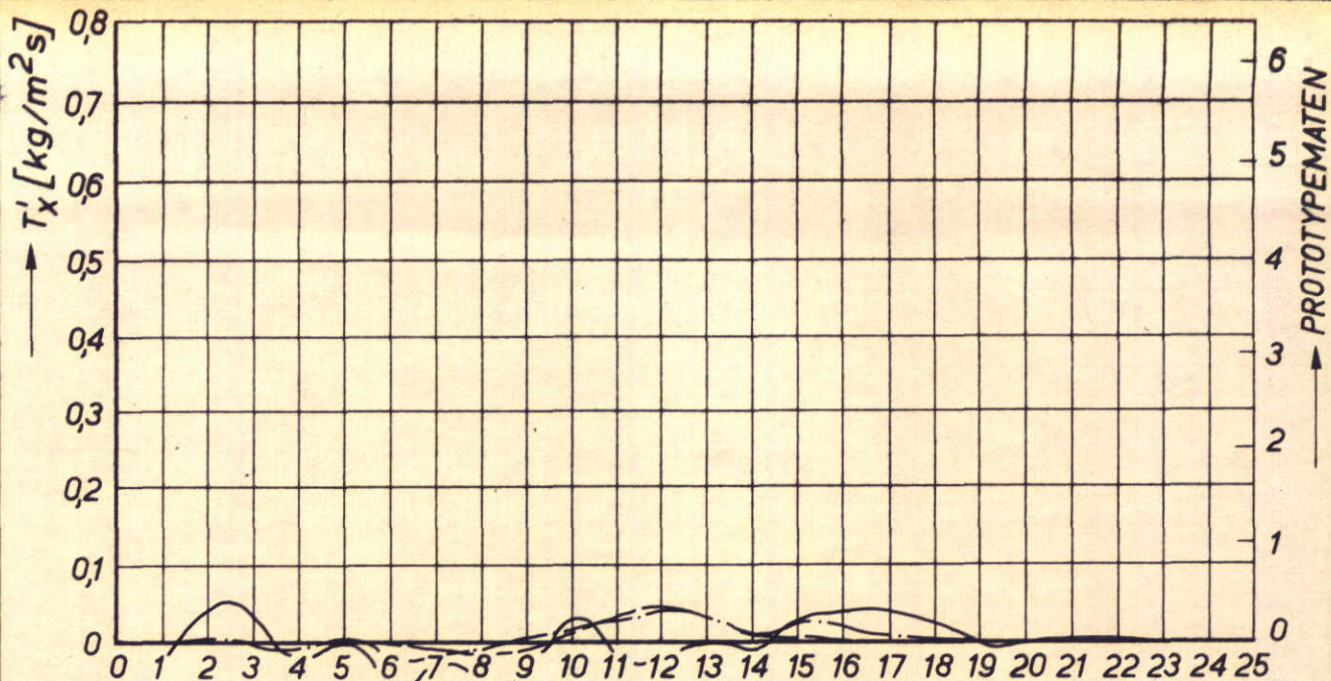
M.896-2182 FIG. 47



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE
 PROEF T 143 ($c_z = 5 \text{ kg/m}^3$)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

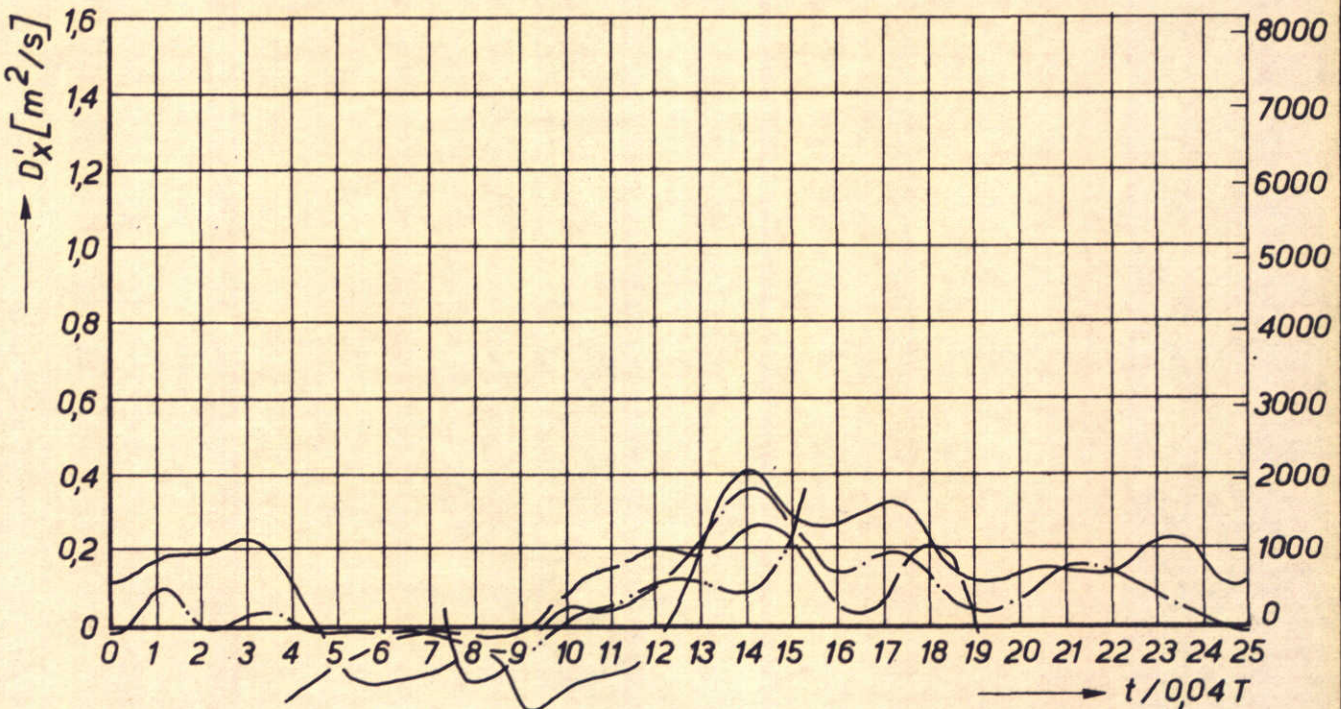
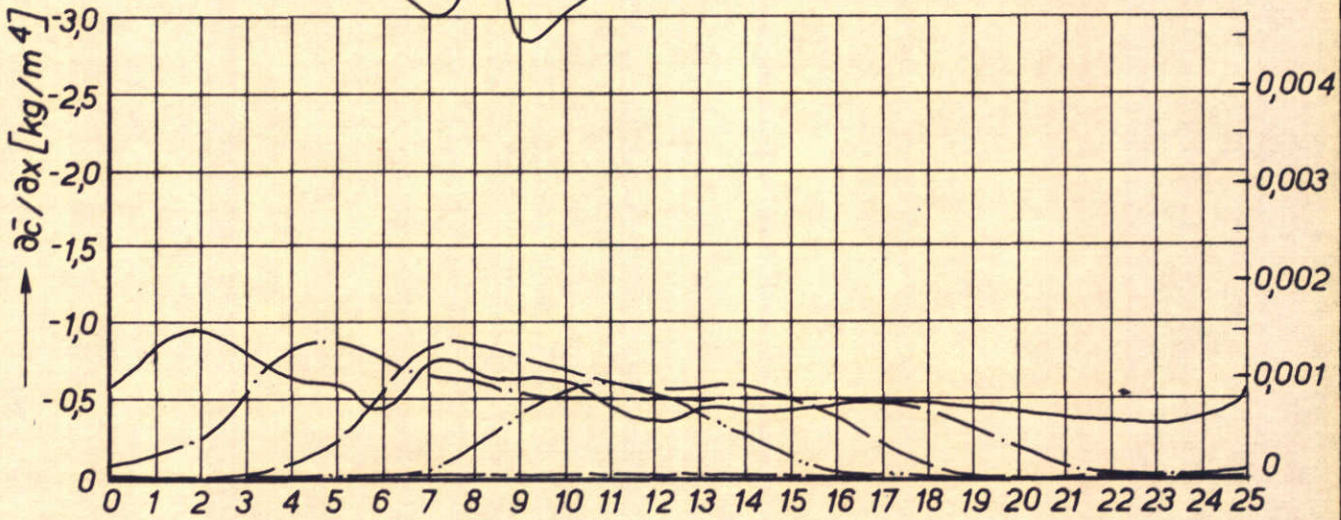
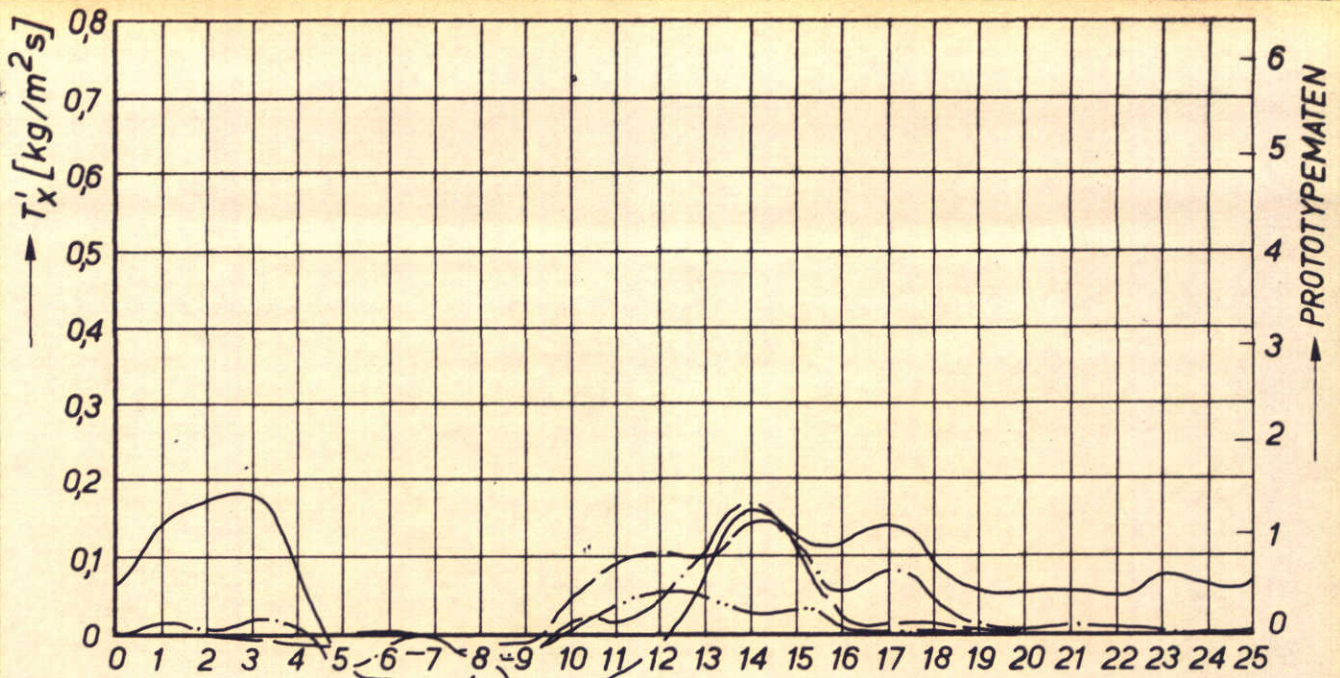
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE
 PROEF T 142 ($c_z = 10 \text{ kg/m}^3$)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

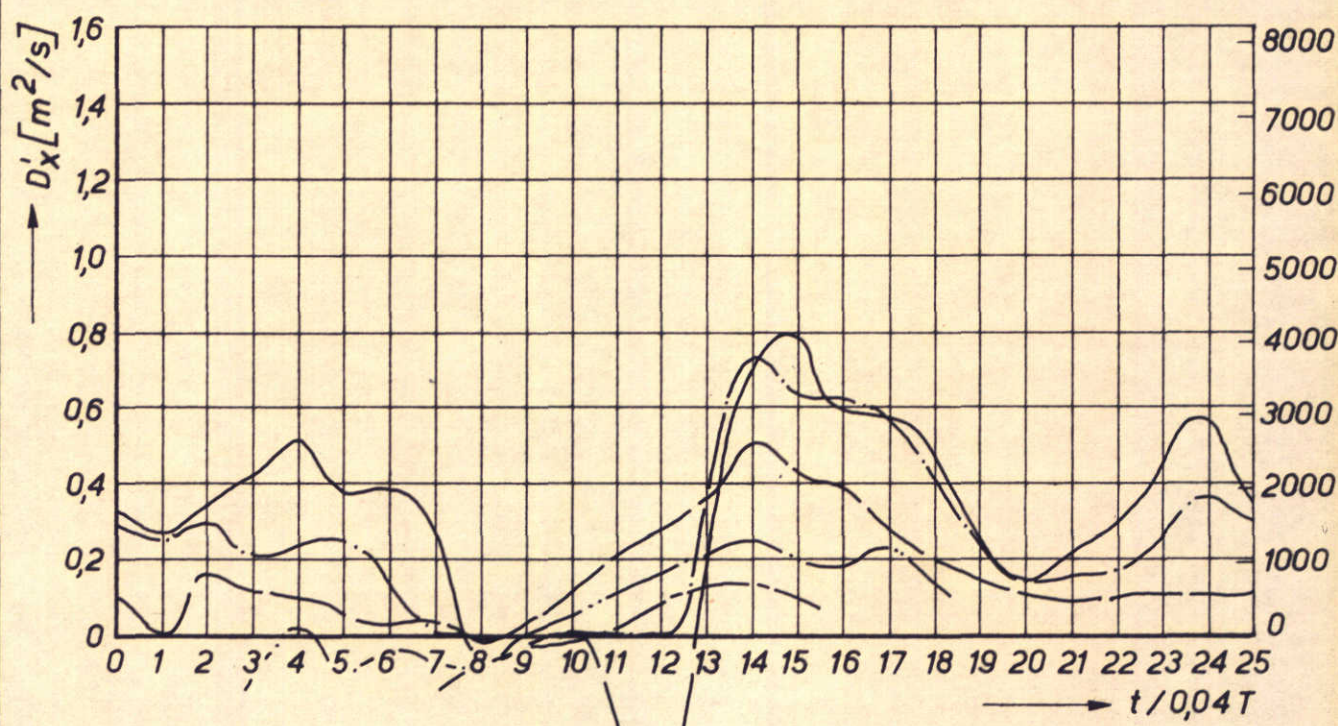
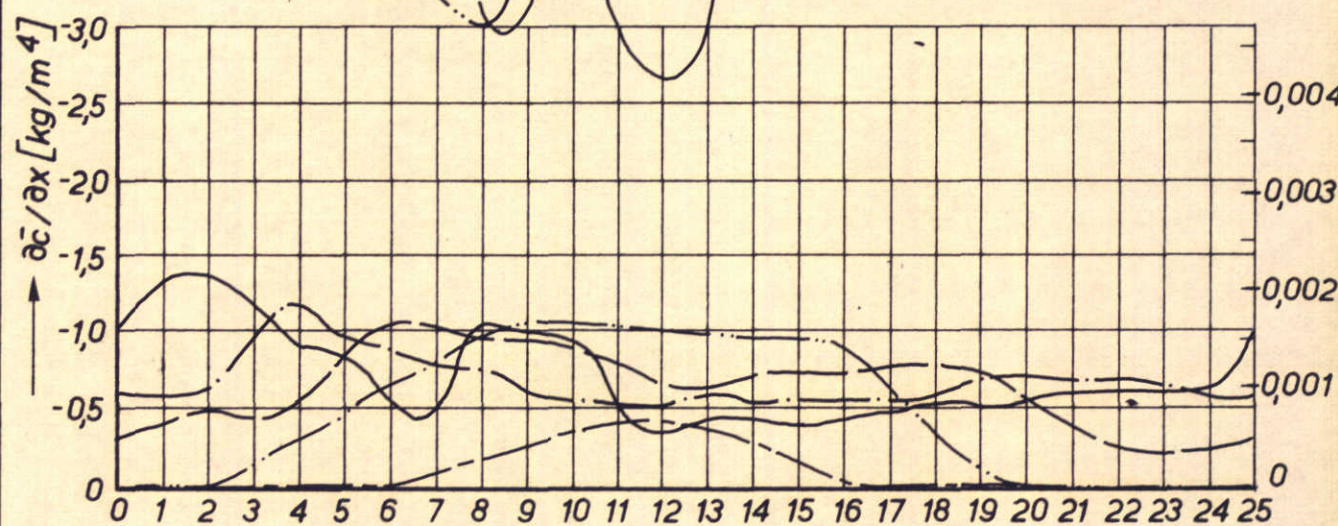
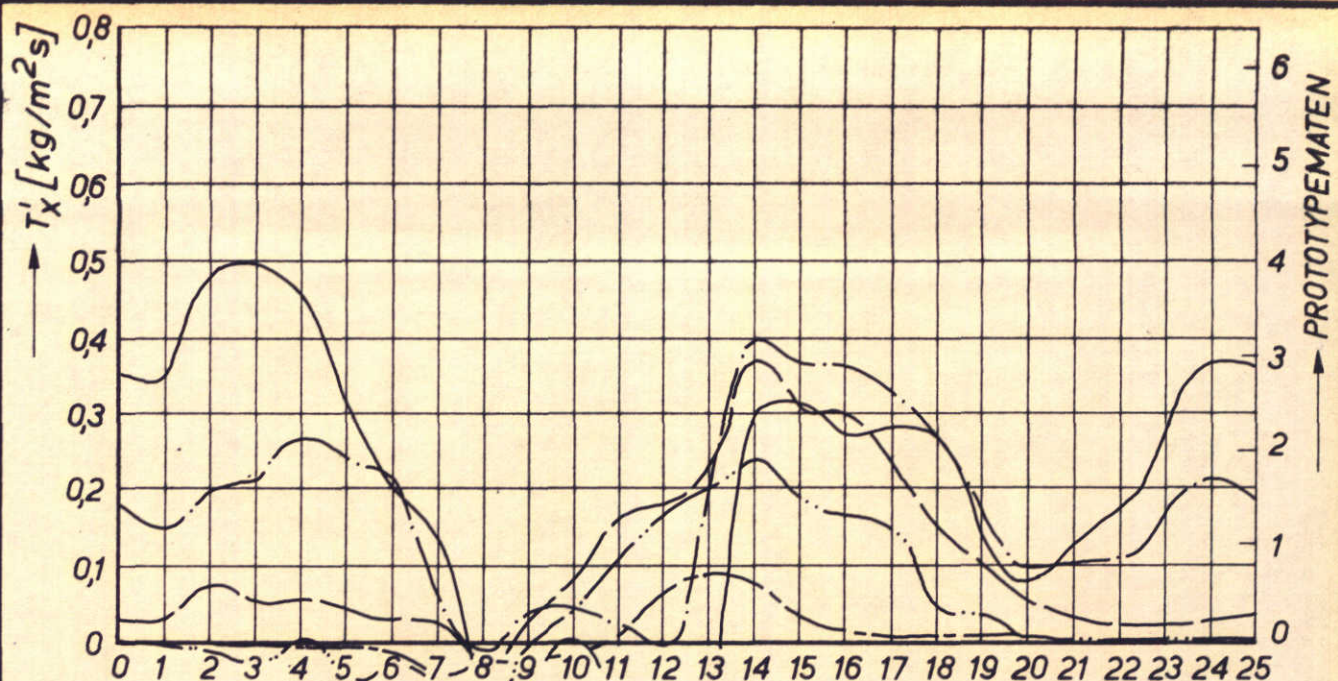
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE
 PROEF T 141 ($c_z = 20 \text{ kg/m}^3$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

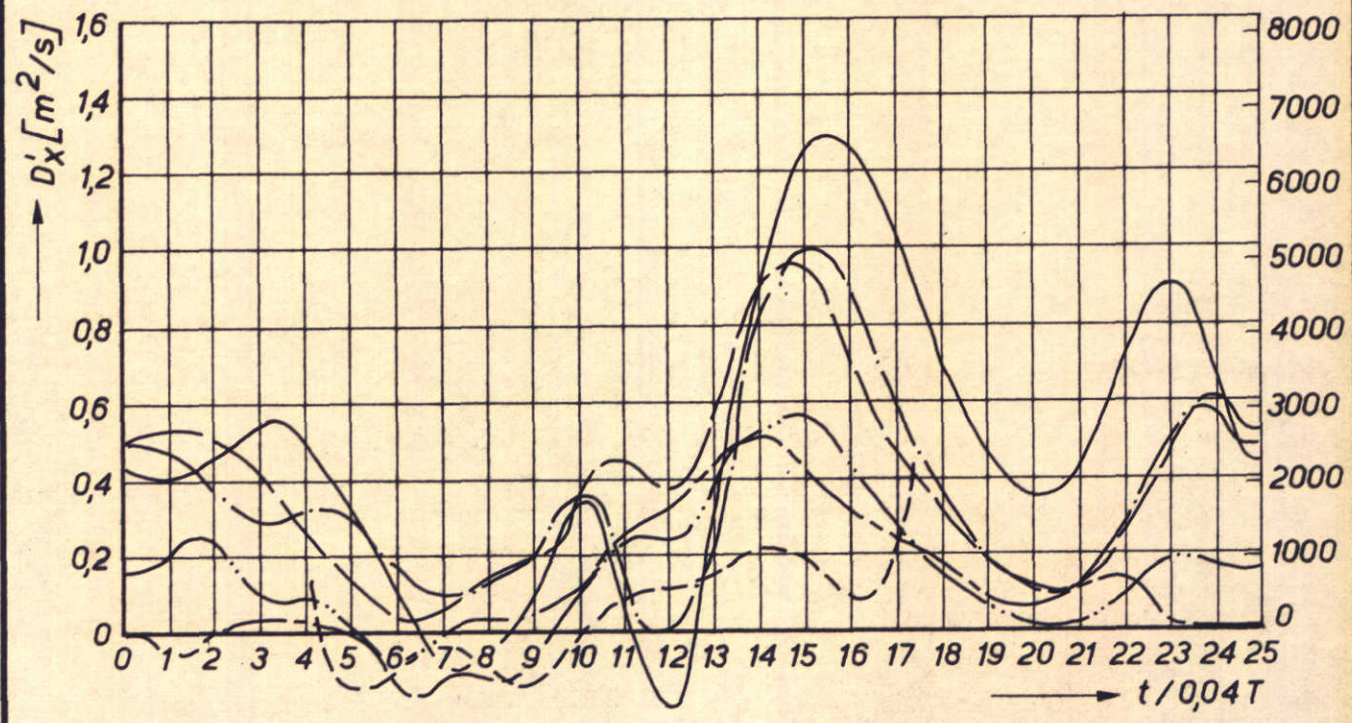
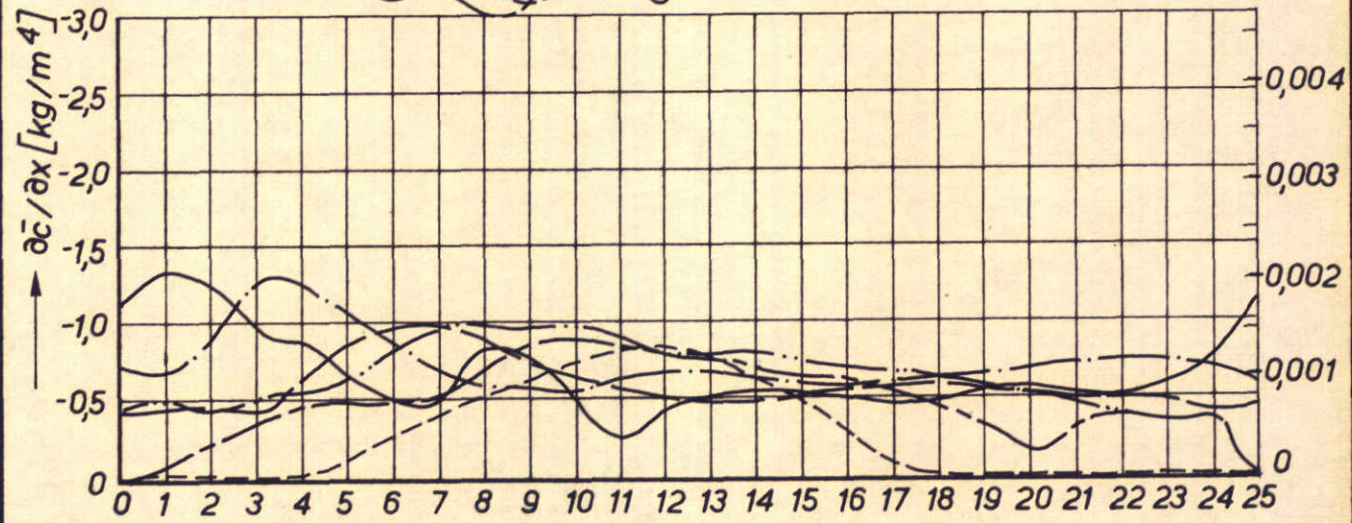
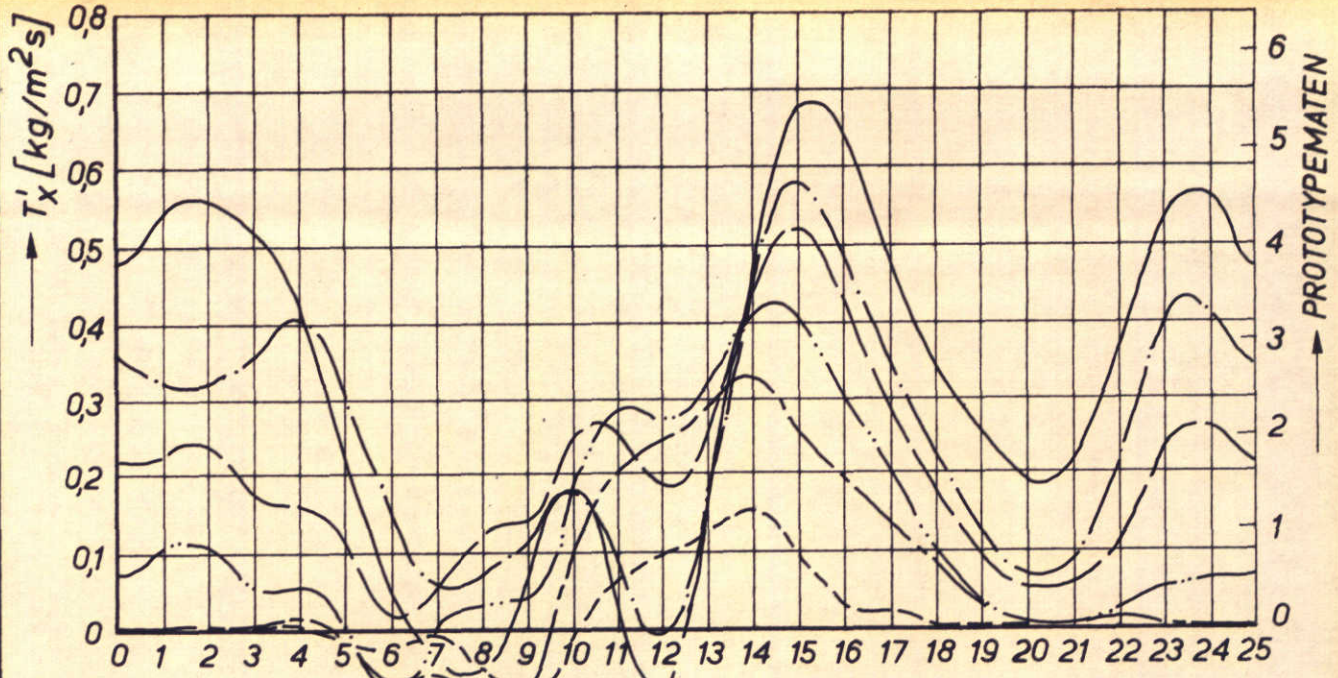
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTCONCENTRATIE ZEE
 PROEF T3 ($c_z = 30 \text{ kg/m}^3$)

- — — — — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · — · — · — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · — — — $X/\Delta X = 14, 16$

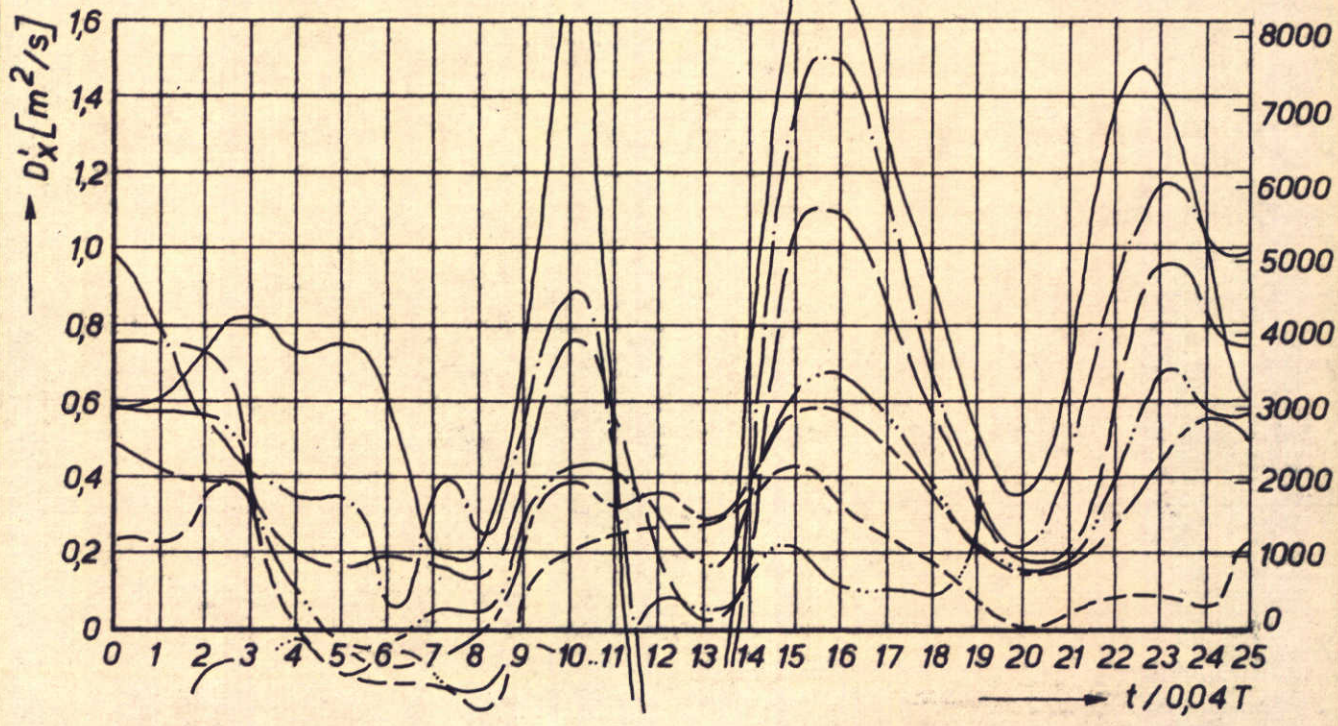
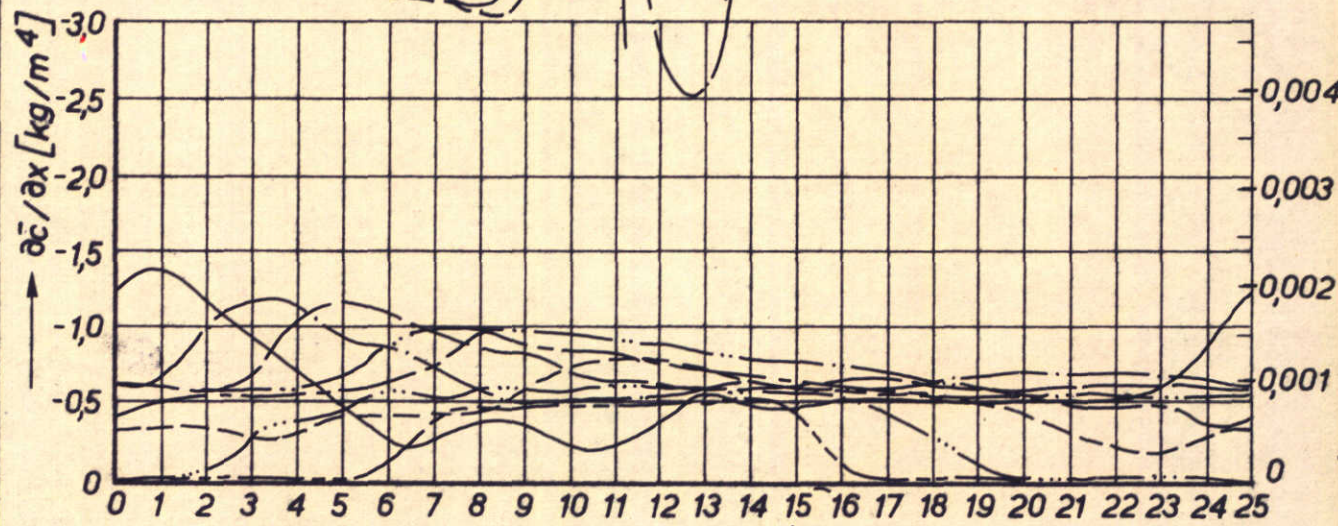
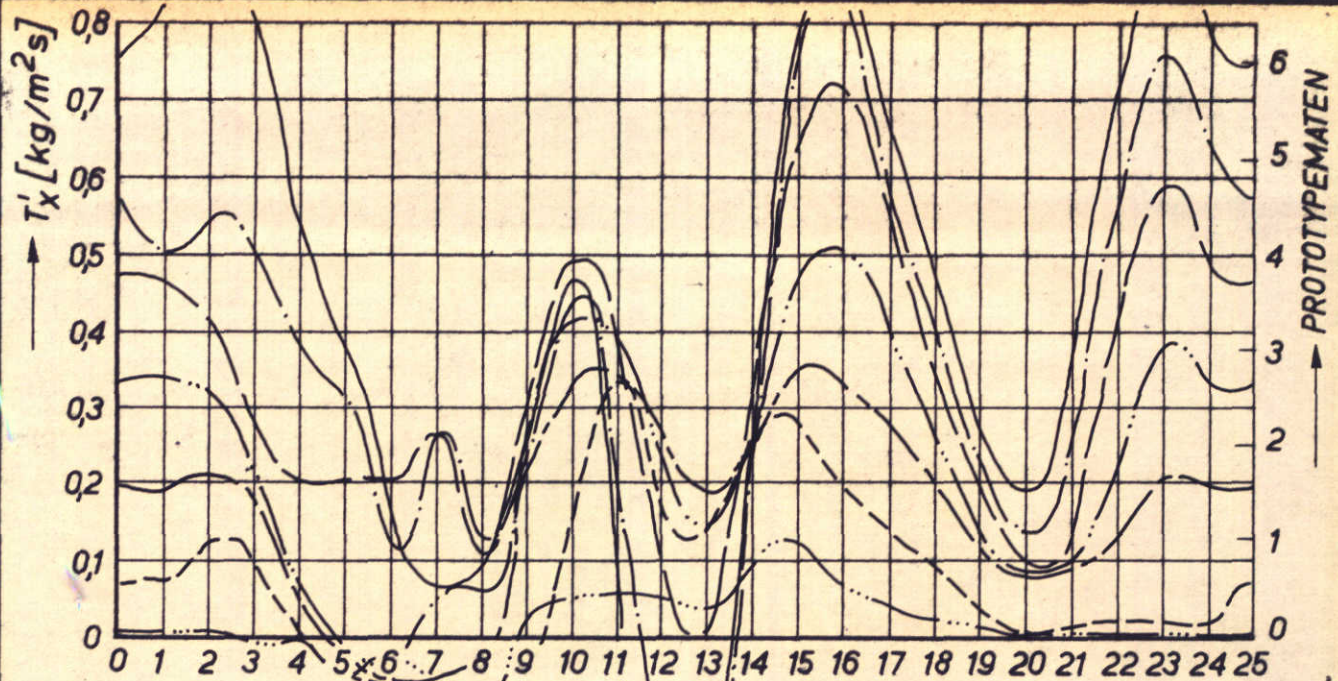
W
K
A4



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE
 PROEF T 140 ($c_z = 40 \text{ kg/m}^3$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

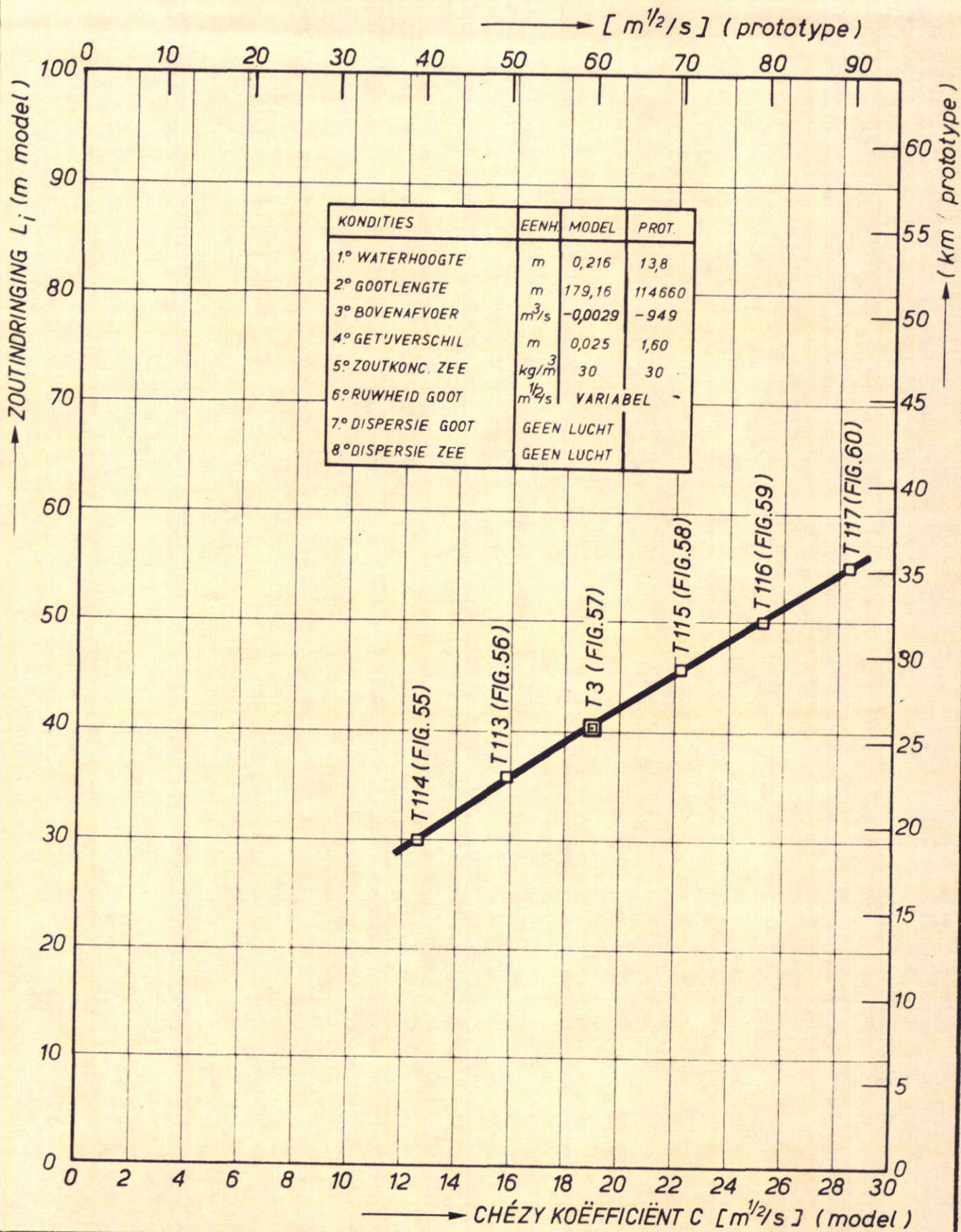
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE ZOUTKONCENTRATIE ZEE
 PROEF T 144 ($c_z = 50 \text{ kg/m}^3$)

$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---} \text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE CHÉZY-KOËFFICIËNT

□ MEETRESULTATEN

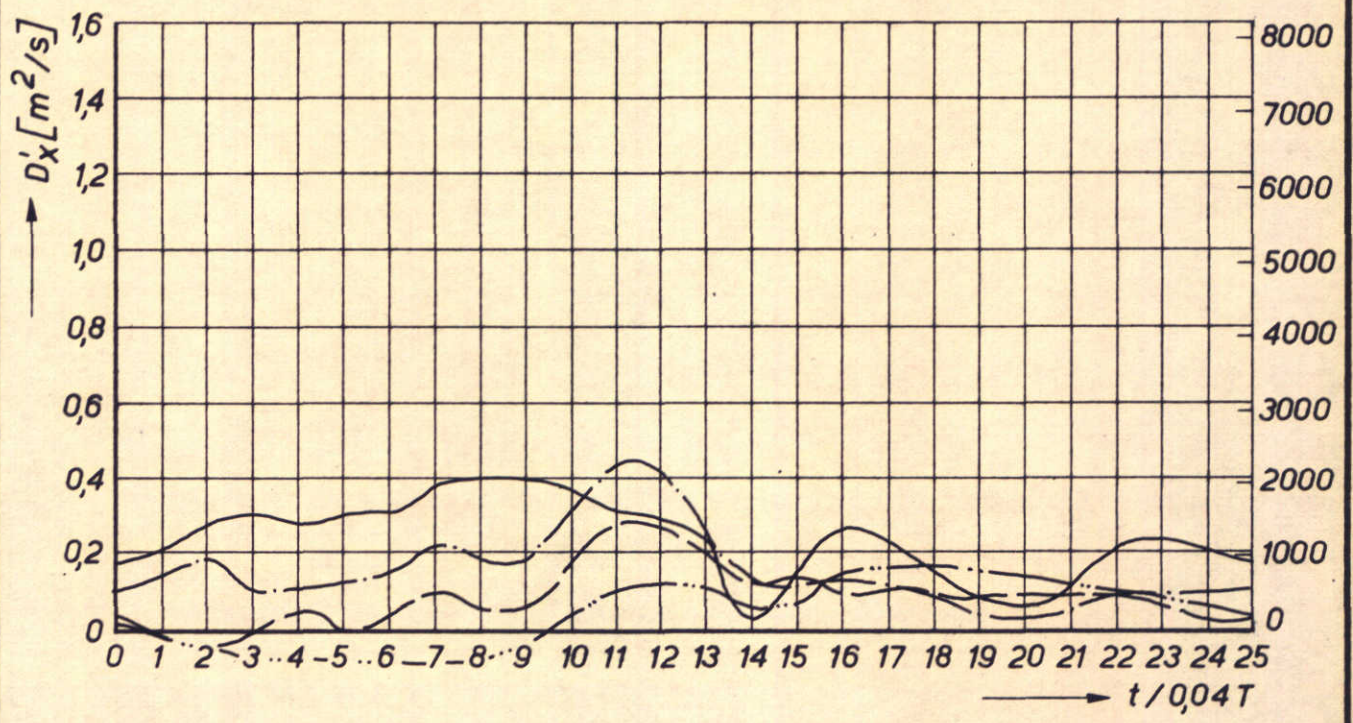
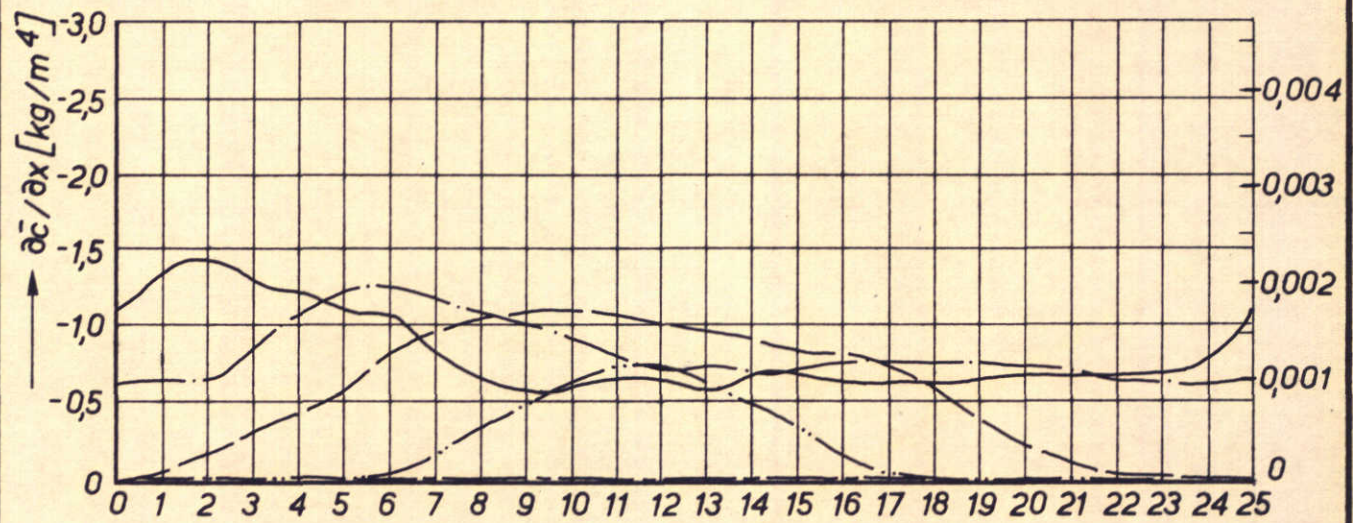
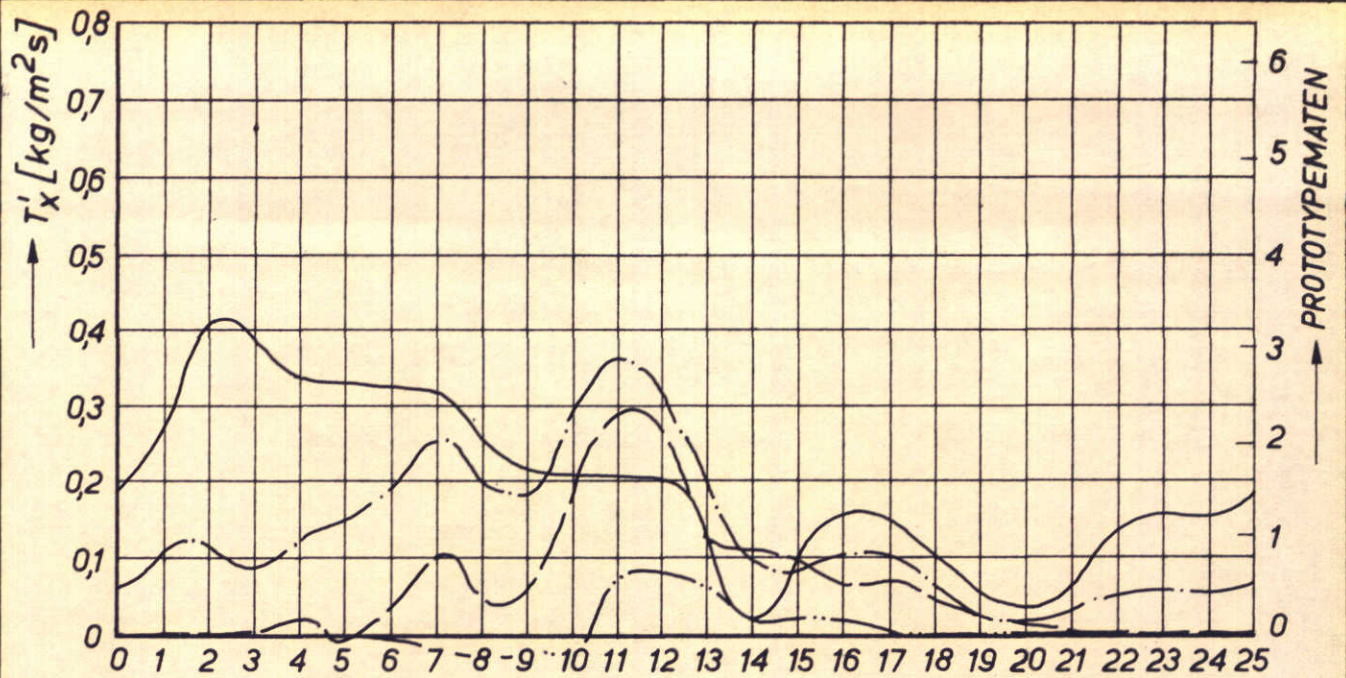
▣ REFERENTIEPROEF
ROTTERD. WATERWEG

L²

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

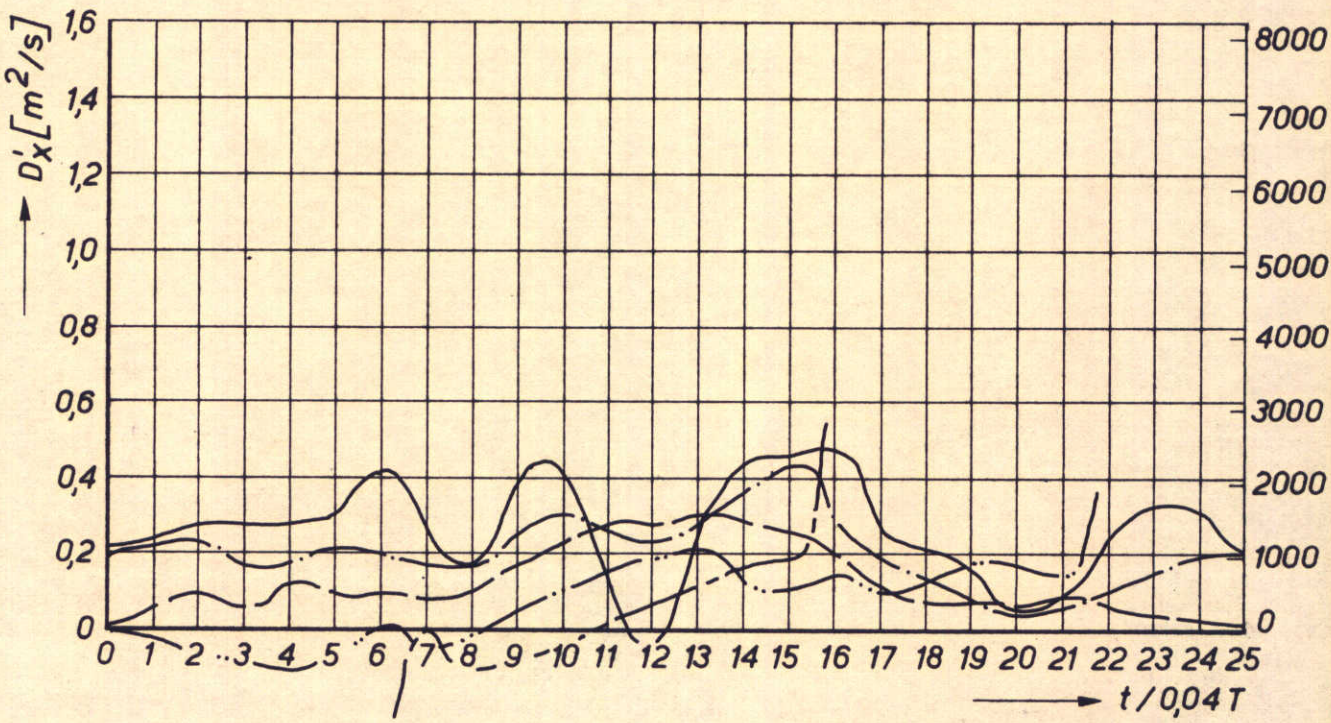
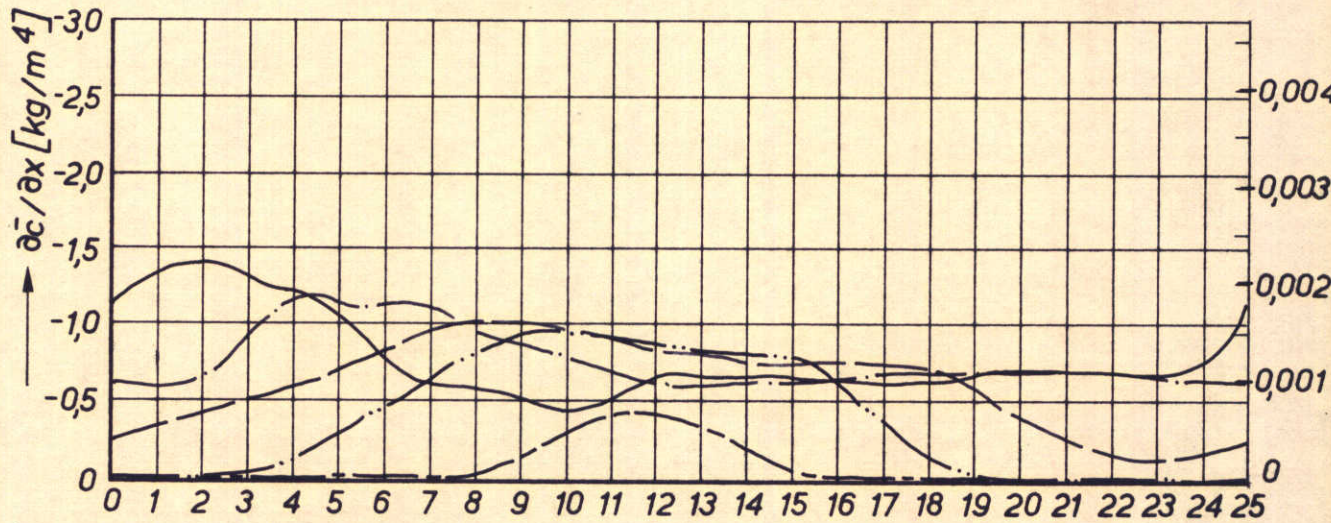
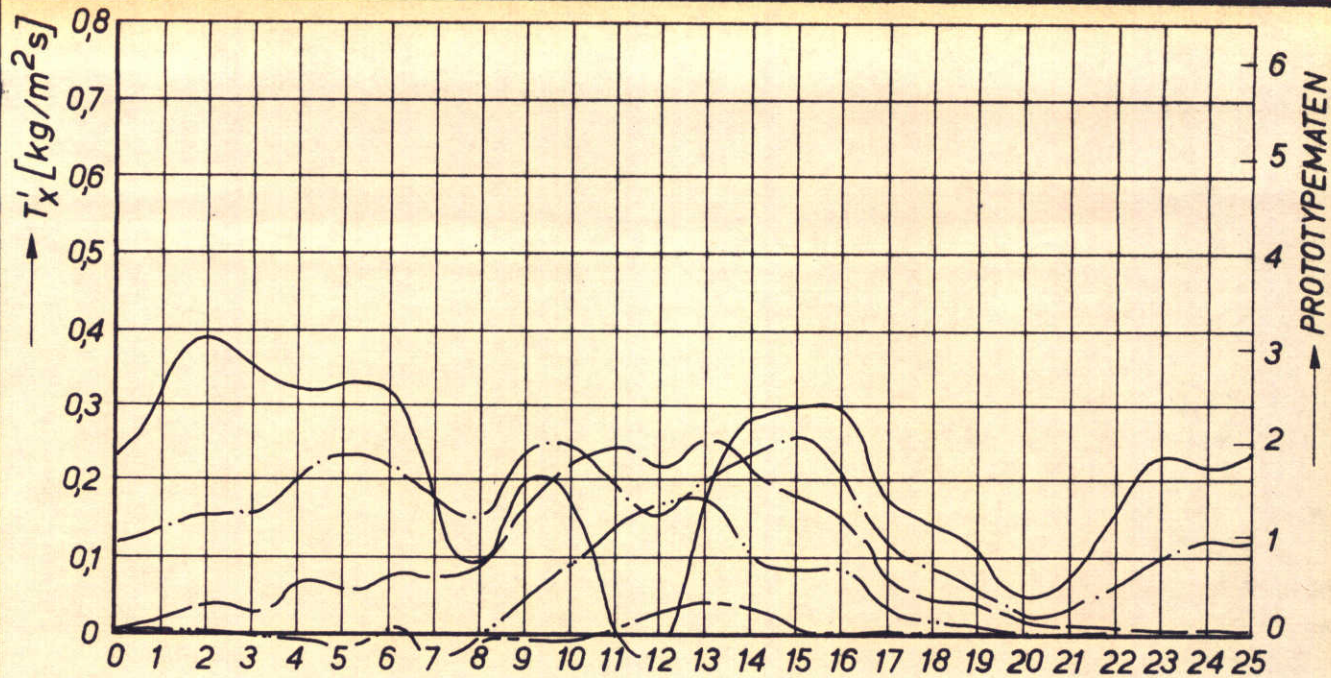
M.896-2189 FIG. 54



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 114 ($C = 40 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ PROTOTYPE)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 --- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

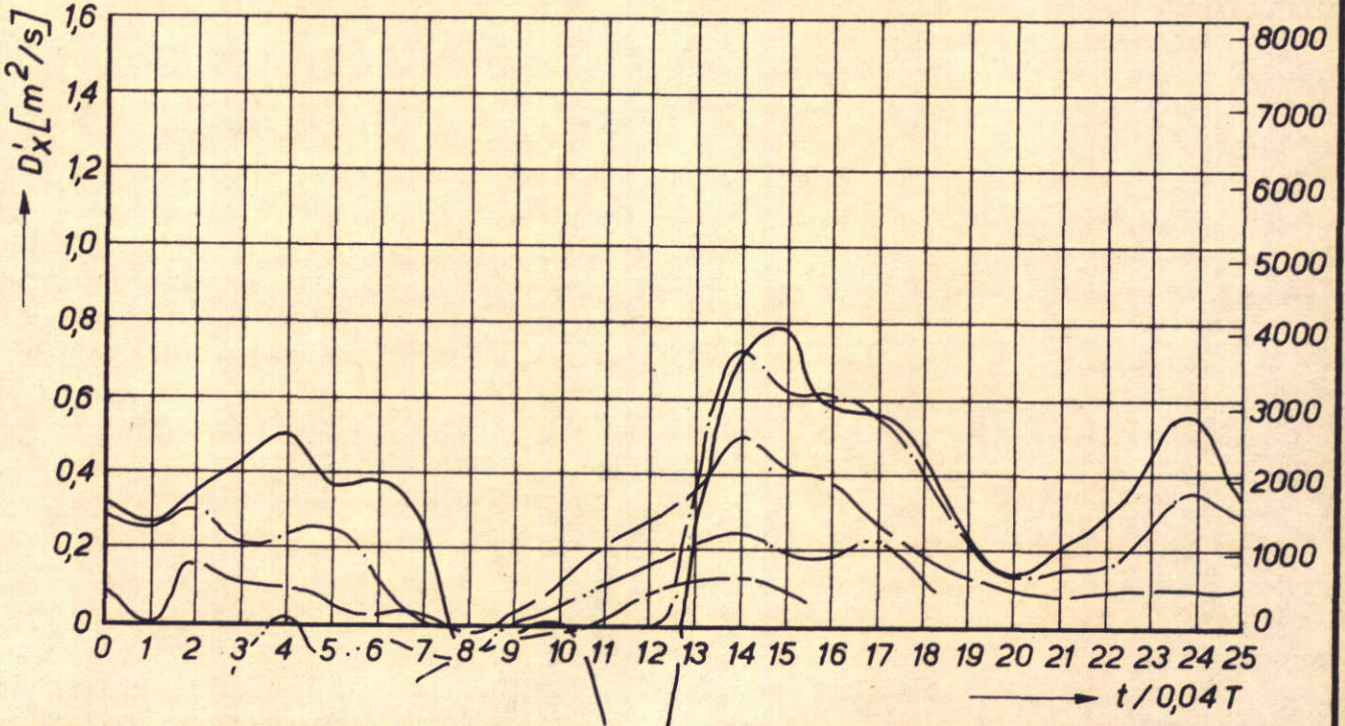
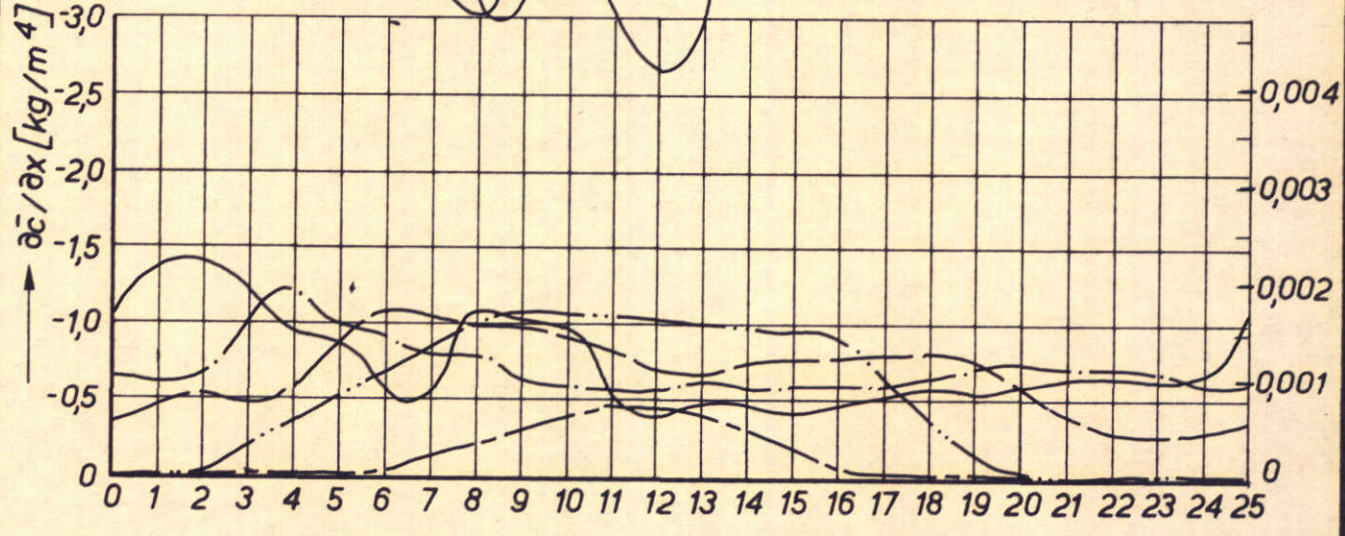
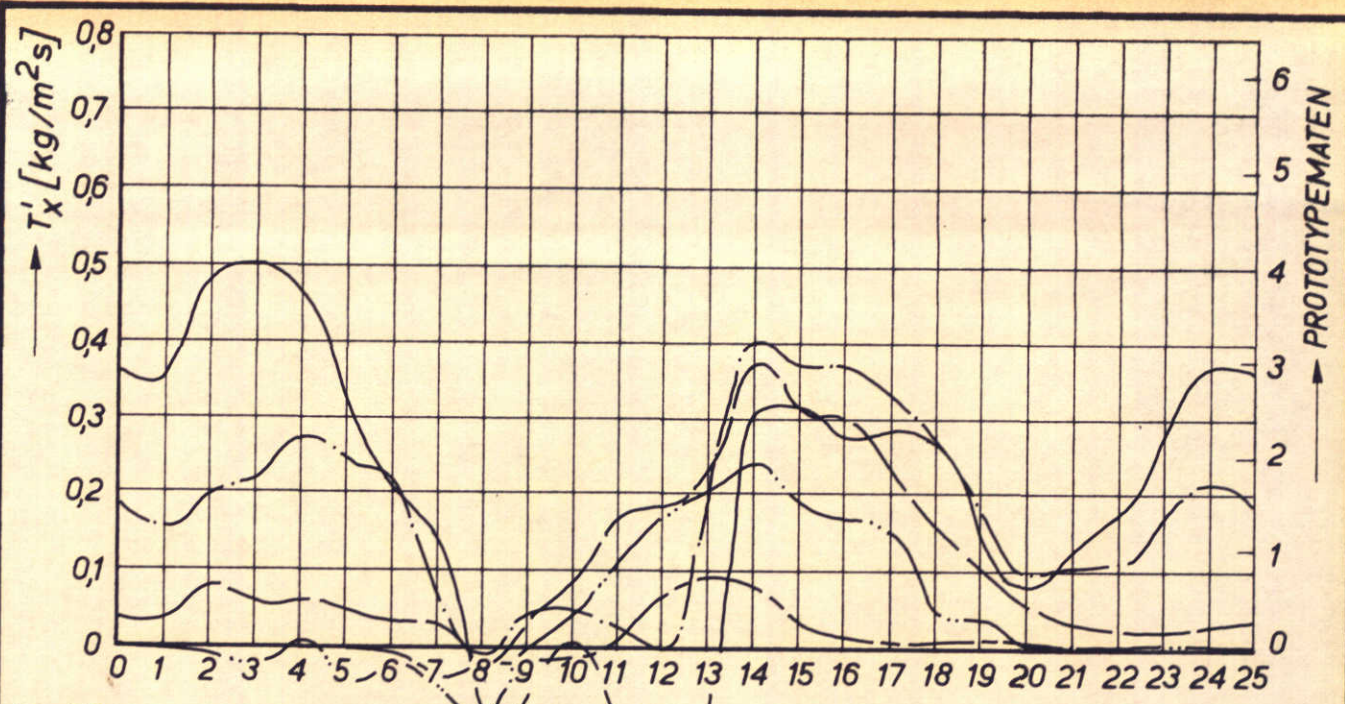
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 113 (C=50 m^{1/2}/s PROTOTYPE)

——— X/ΔX = 2, 4, 6
 - - - X/ΔX = 8, 10, 12
 ····· X/ΔX = 14, 16

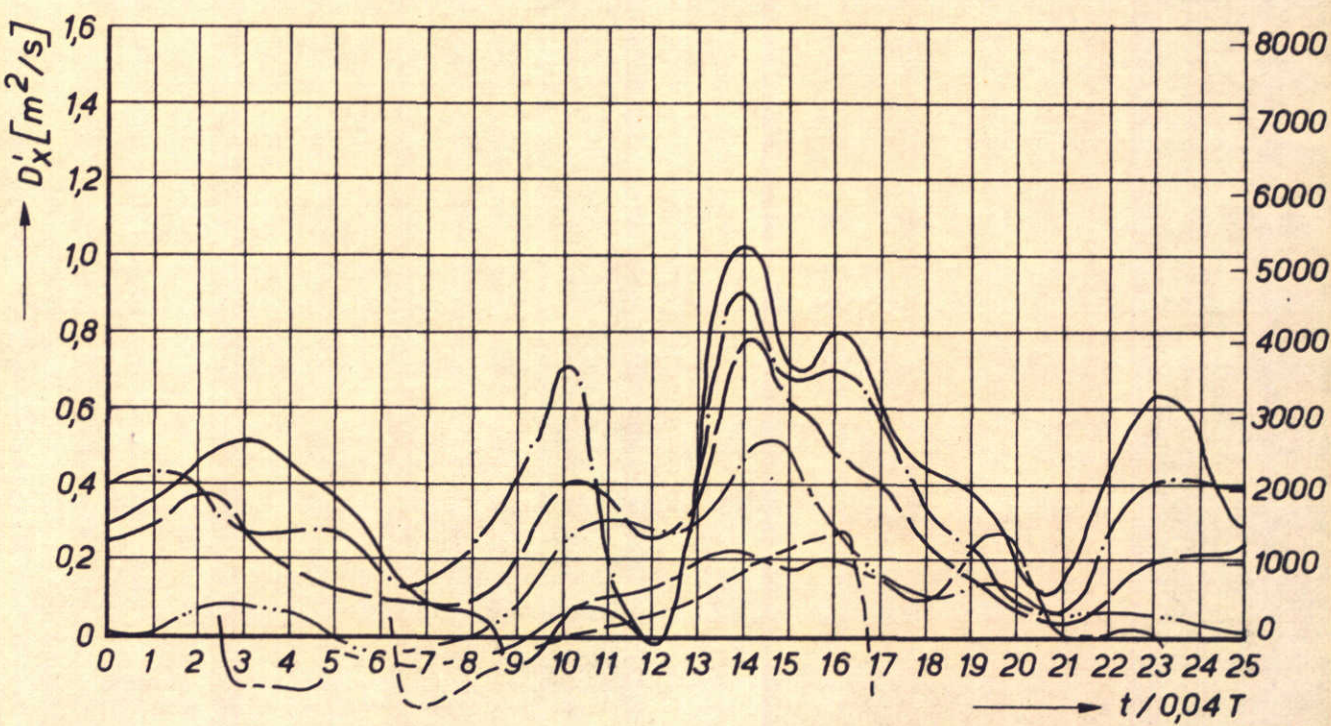
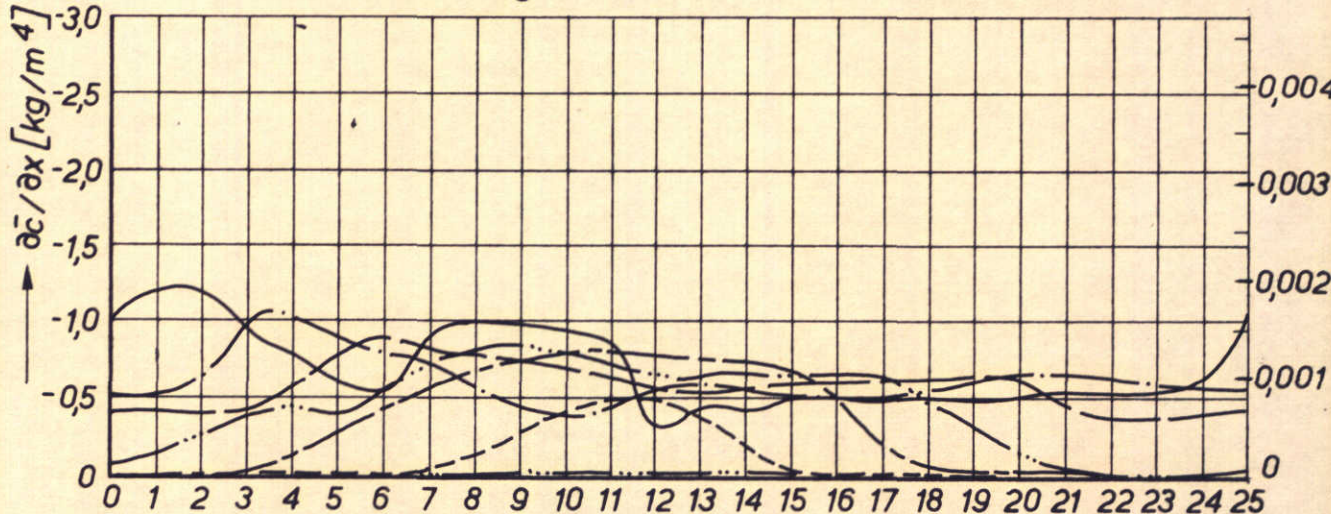
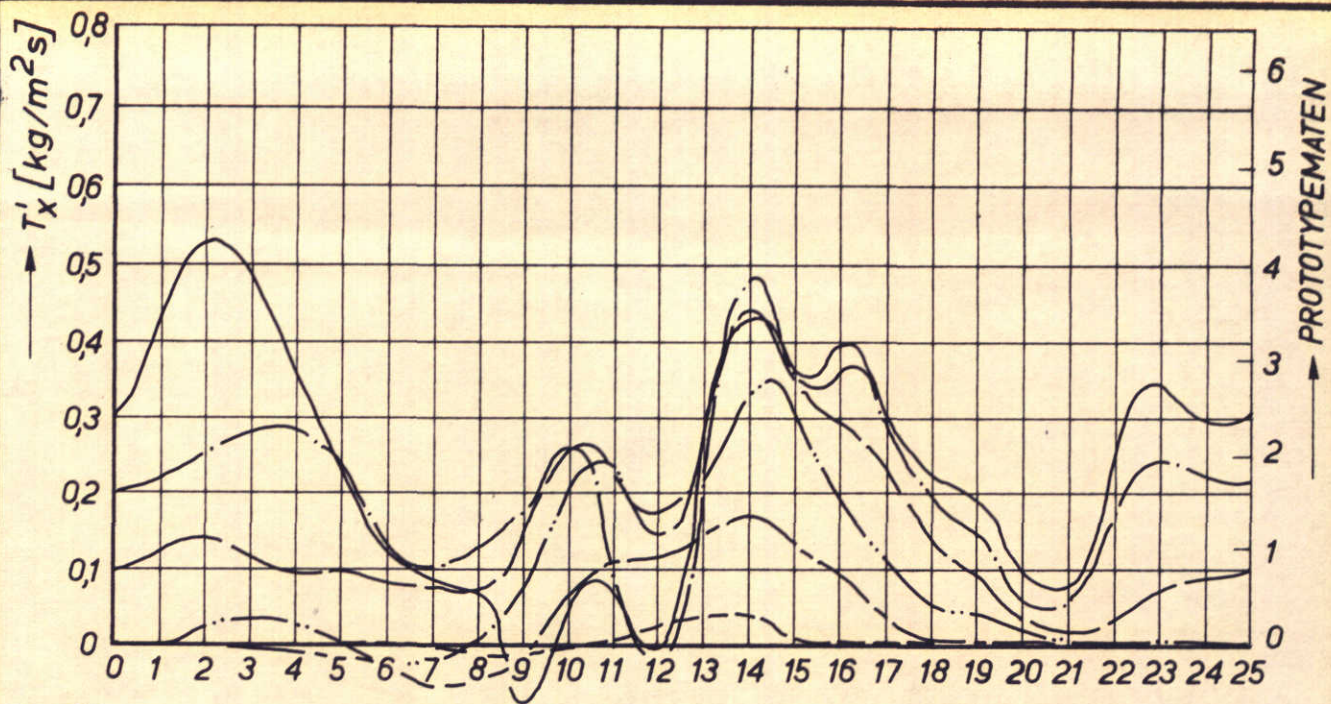
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 3 (C=60 m^{1/2}/s PROTOTYPE)

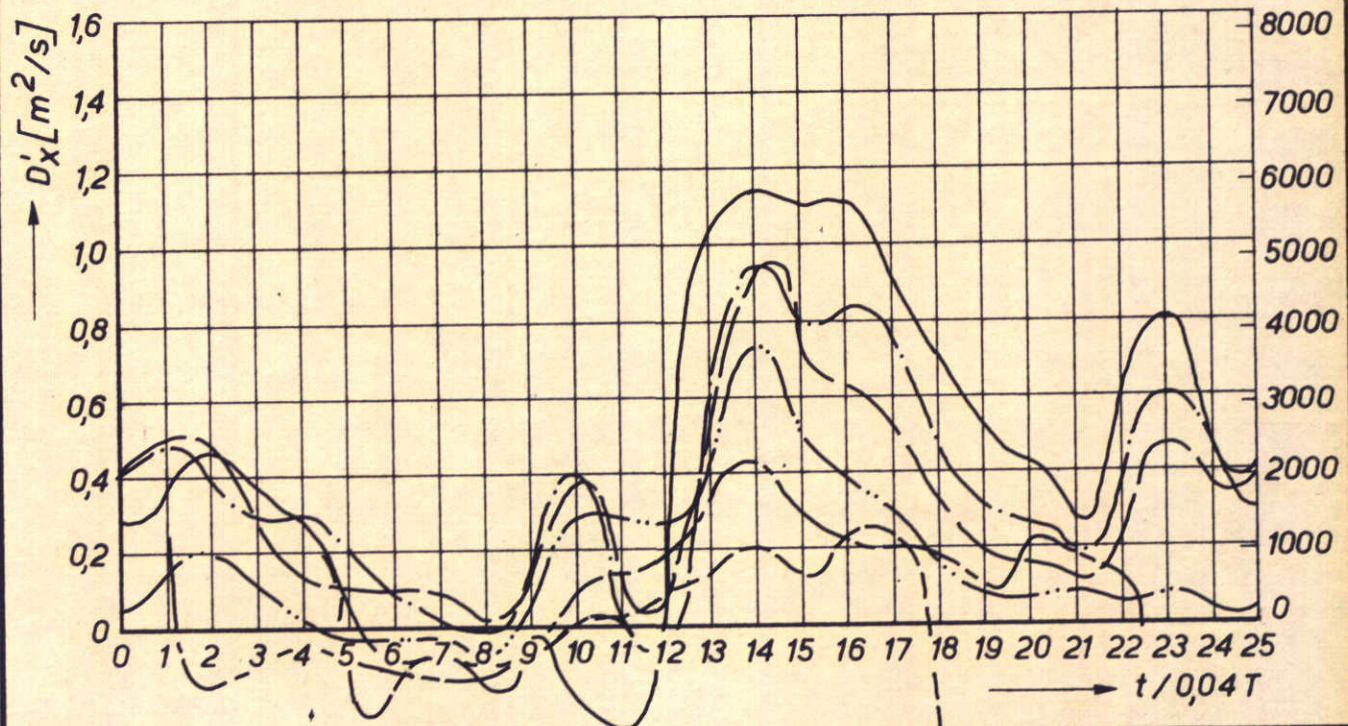
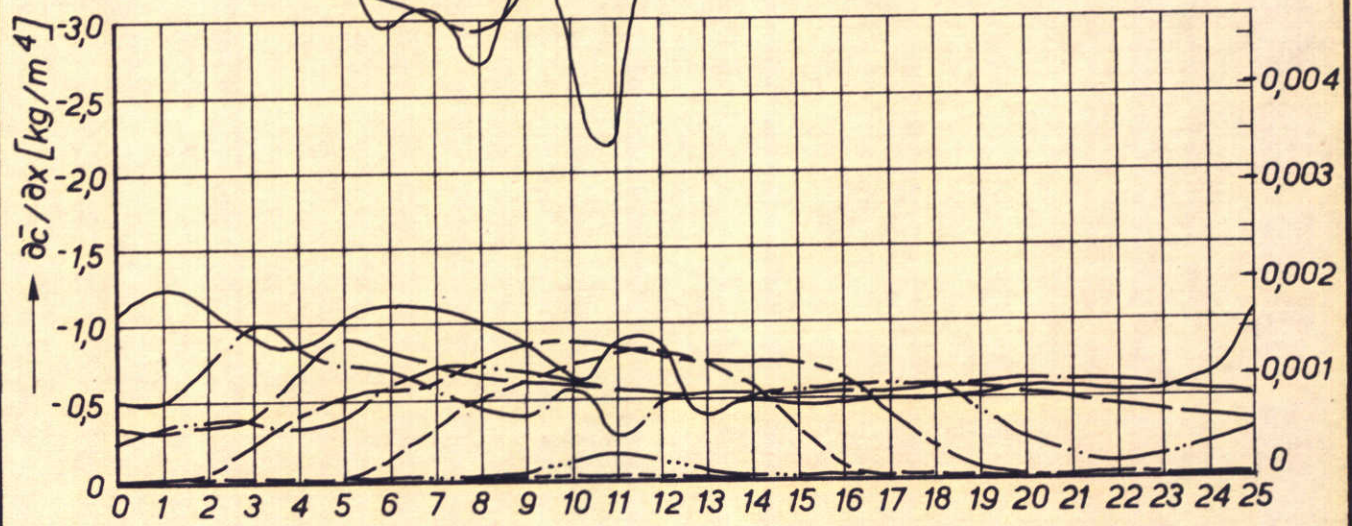
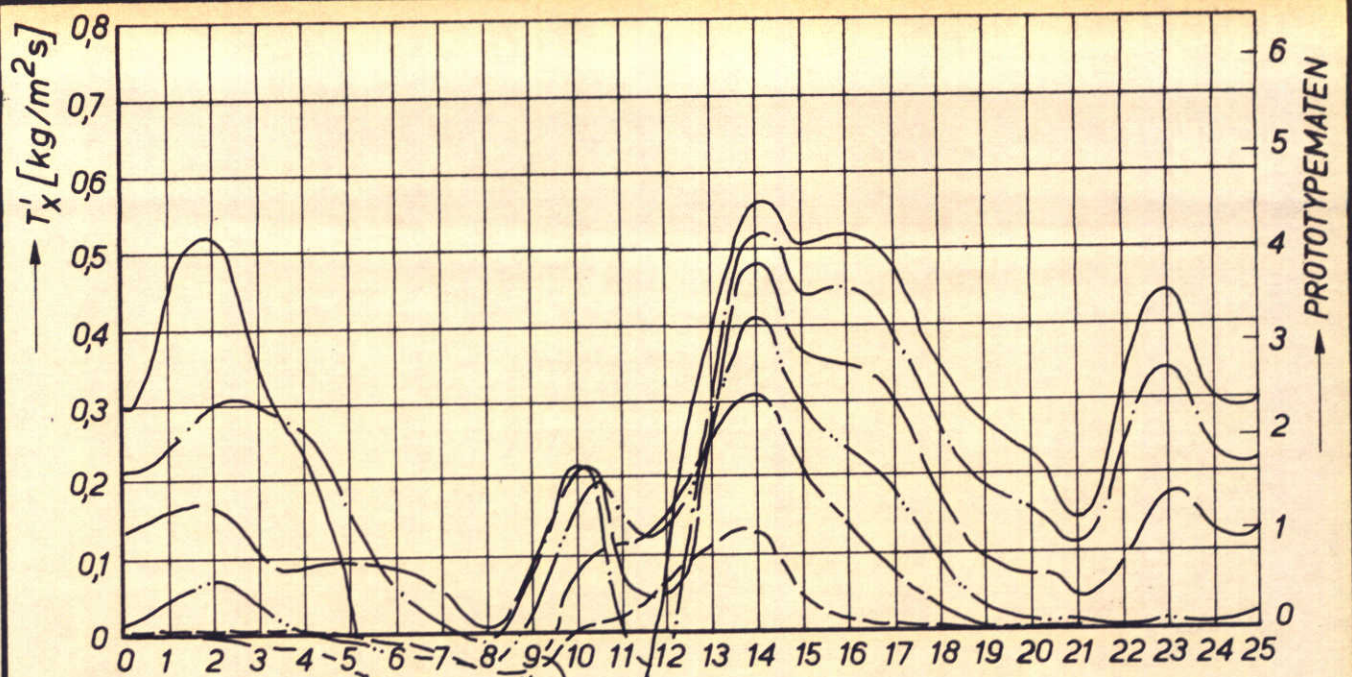
- X/ΔX = 2, 4, 6
- X/ΔX = 8, 10, 12
- X/ΔX = 14, 16

W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 115 (C=70 m^{1/2}/s PROTOTYPE)

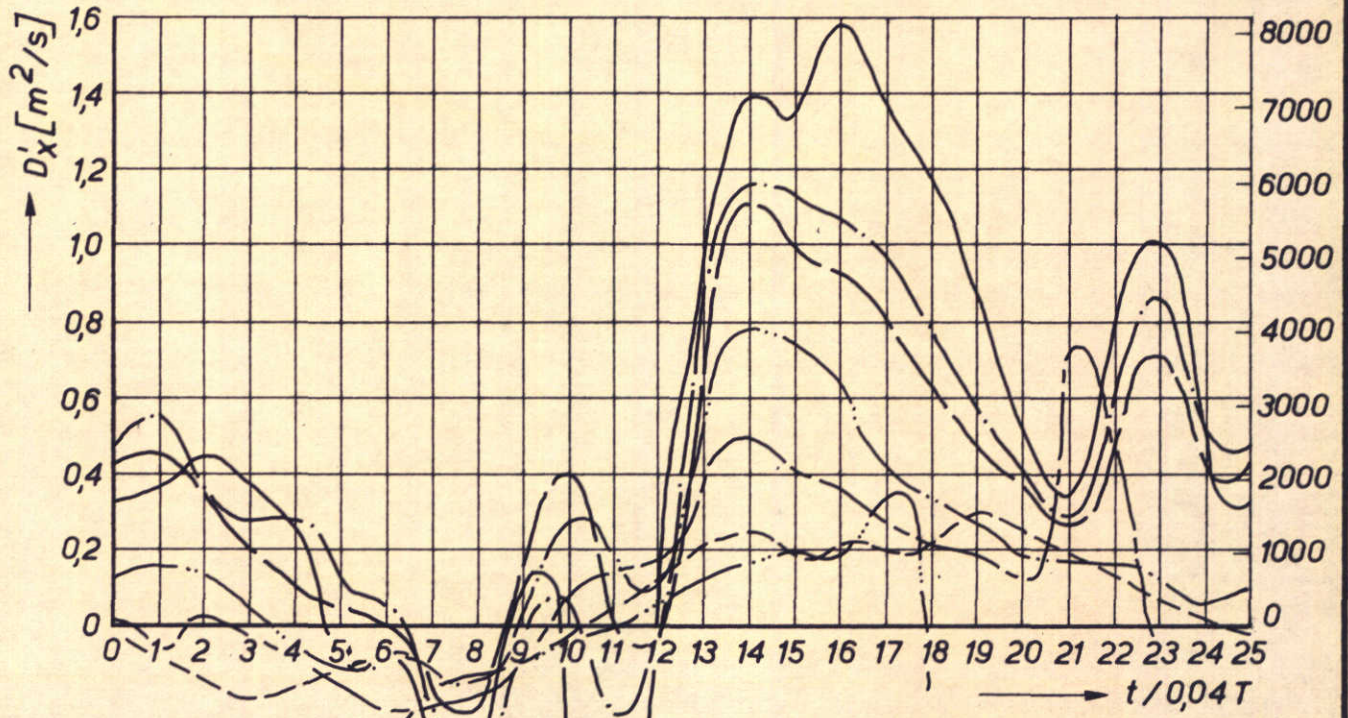
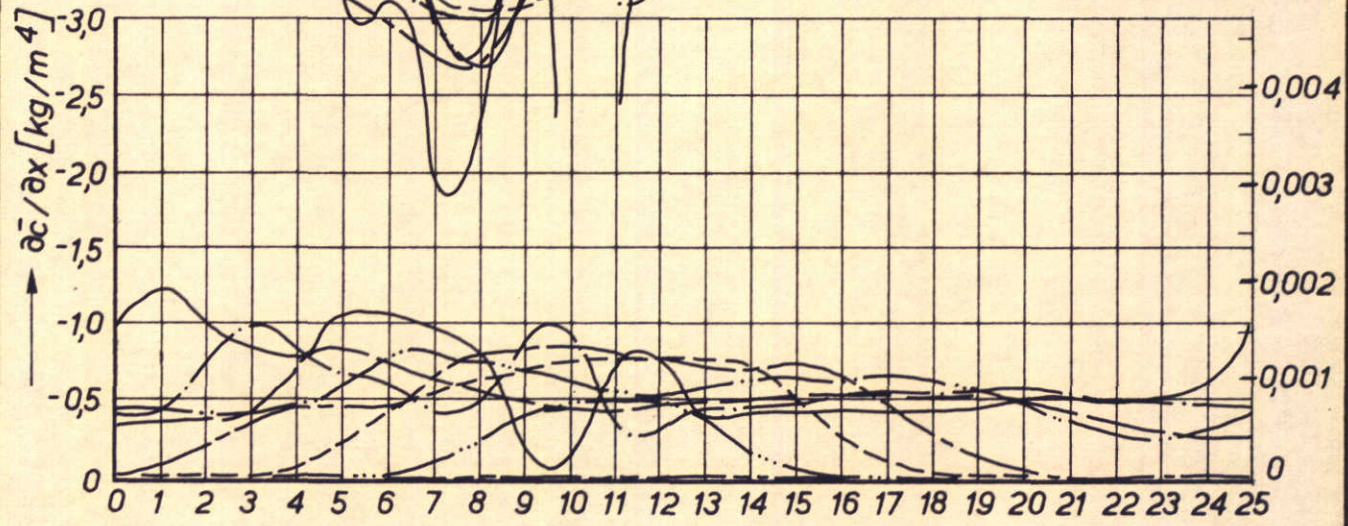
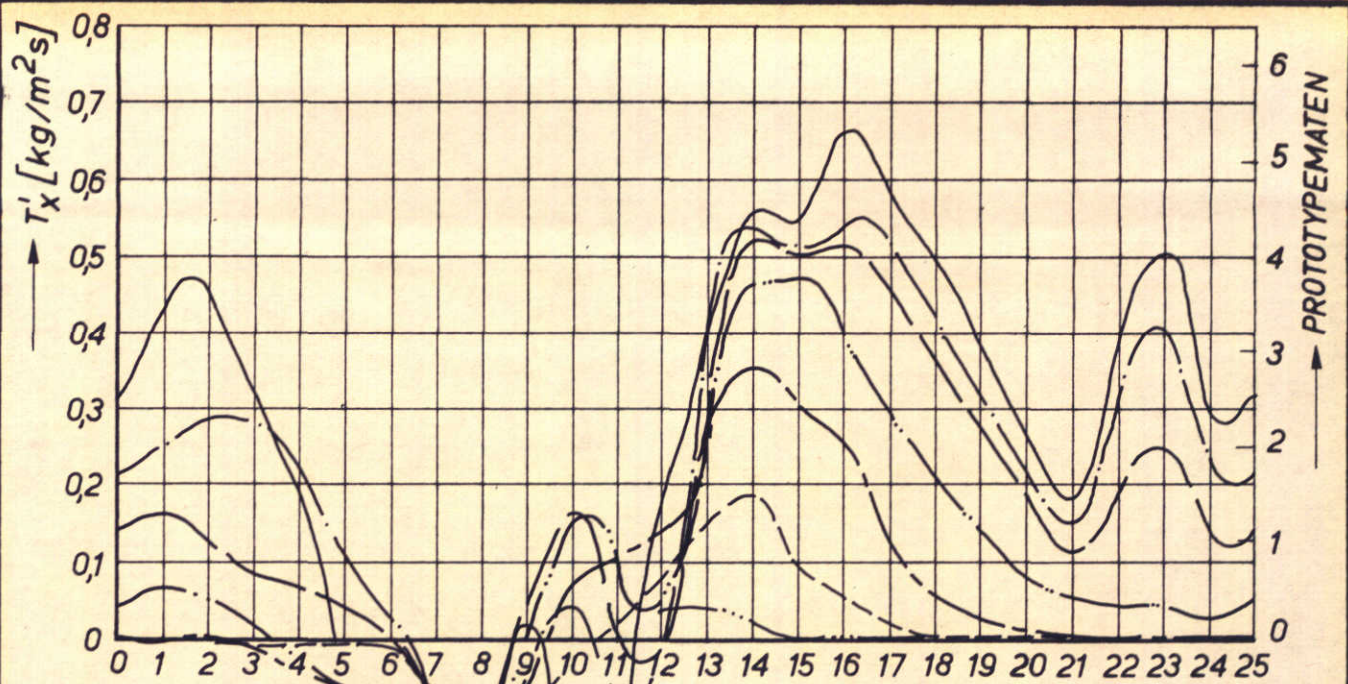
| | | |
|--|------------------|--------|
| | X/ΔX = 2, 4, 6 | W K |
| | X/ΔX = 8, 10, 12 | |
| | X/ΔX = 14, 16 | |
| | | A4 |



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 116 ($C = 80 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ PROTOTYPE)

- X/ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ΔX = 14, 16

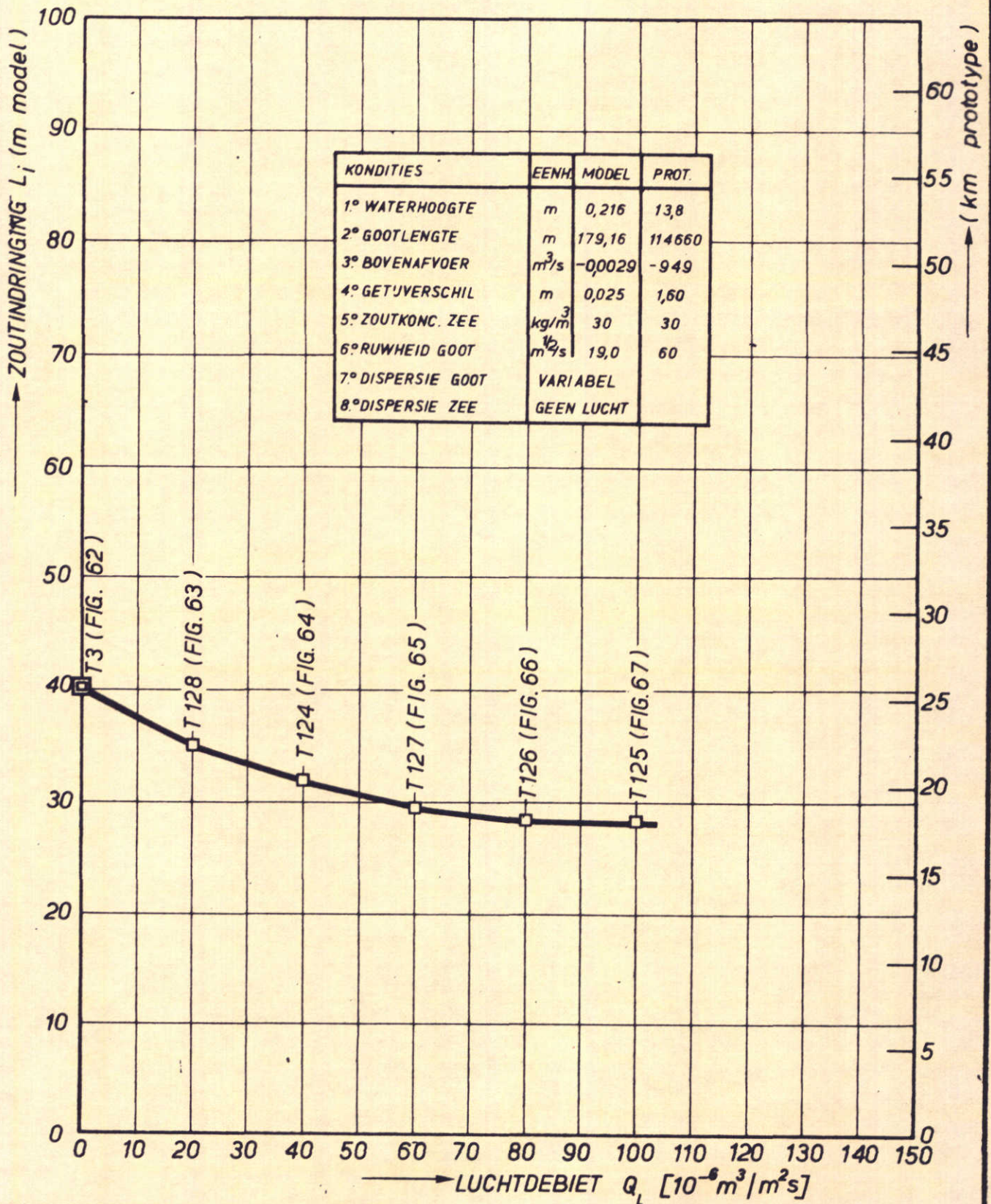
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE RUWHEID
 PROEF T 117 (C = 90 m^{1/2}/s PROTOTYPE)

- · — · — X/ΔX = 2, 4, 6
- · — — — X/ΔX = 8, 10, 12
- · — — — X/ΔX = 14, 16

W_K
 A4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE LUCHTINJEKTIE GOOT

□ MEETRESULTATEN

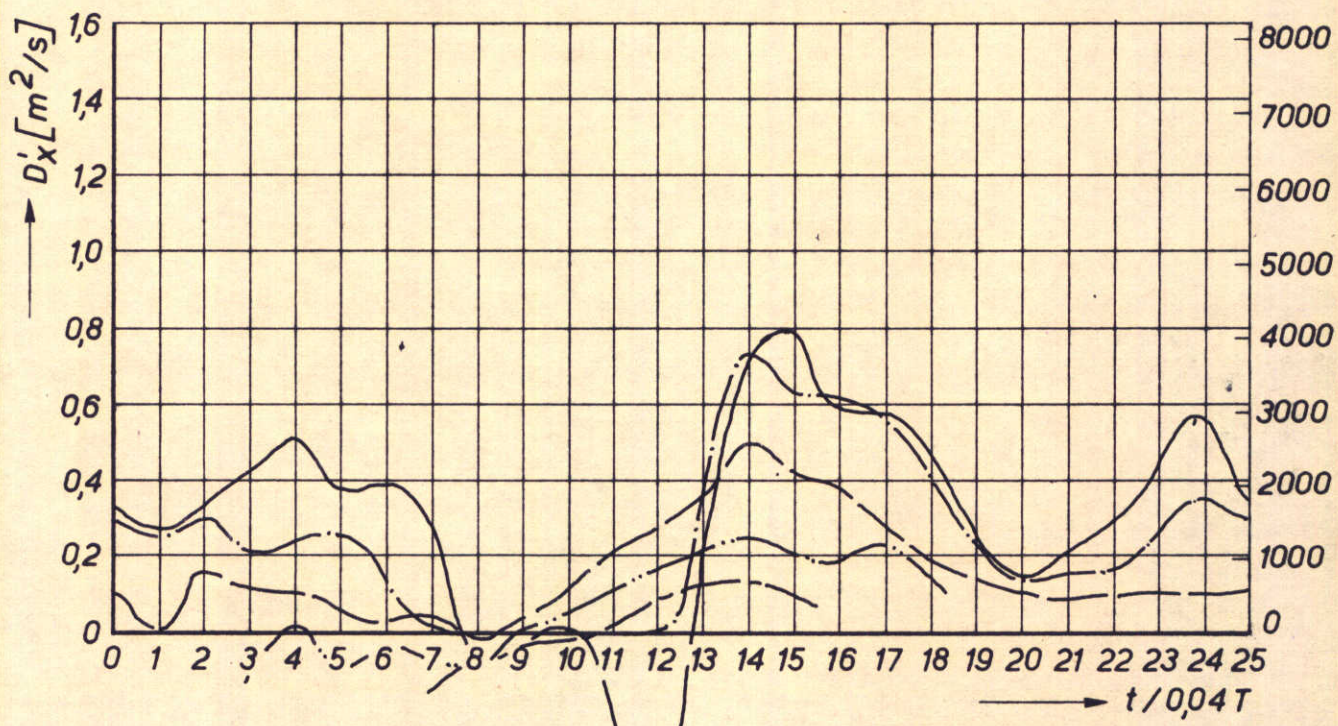
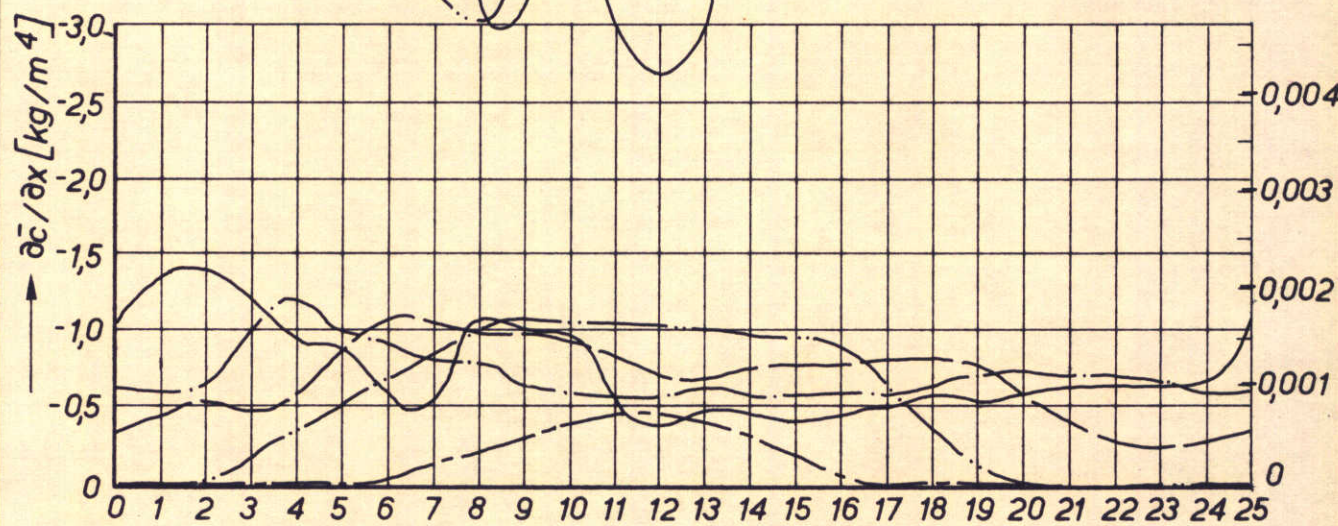
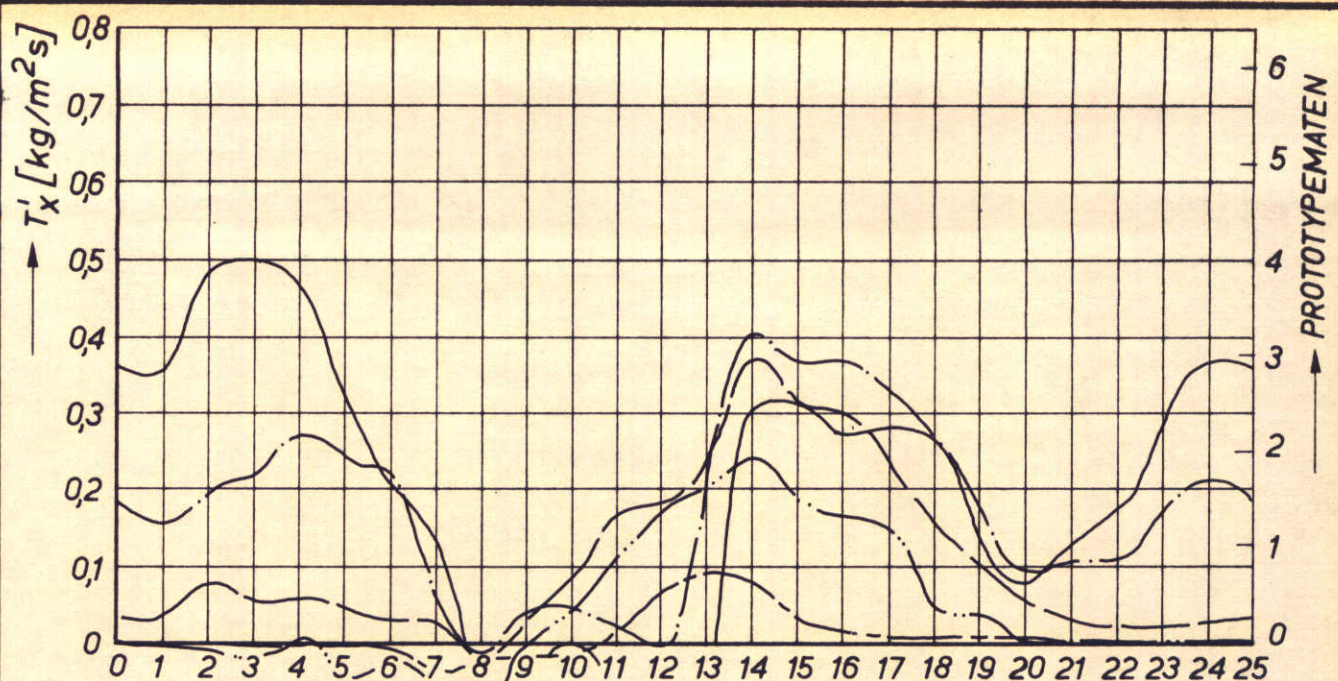
■ REFERENTIEPROEF
ROTTERD. WATERWEG

G.P.

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

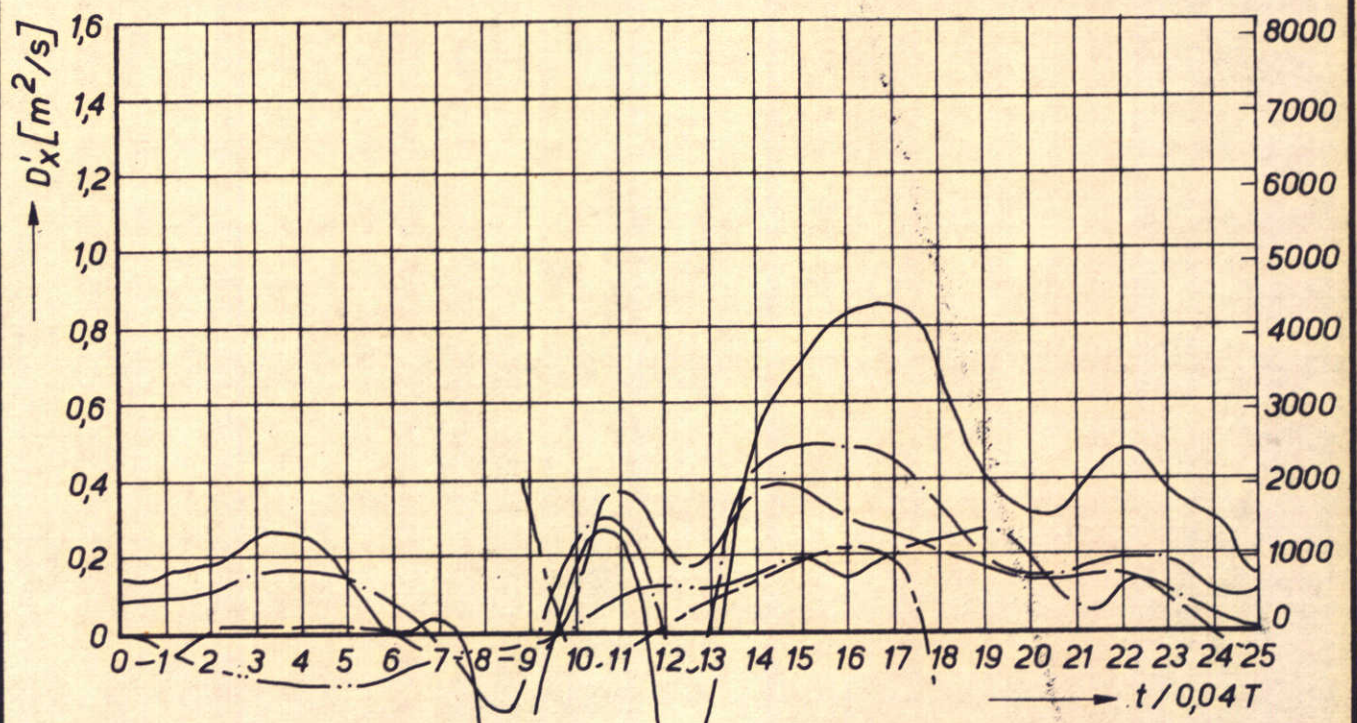
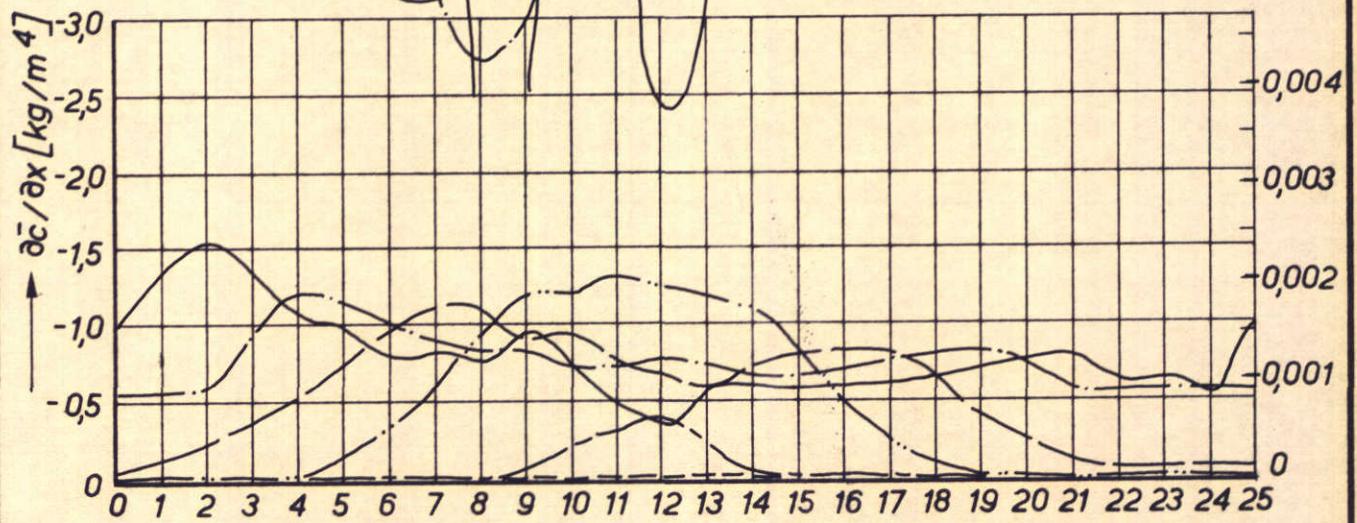
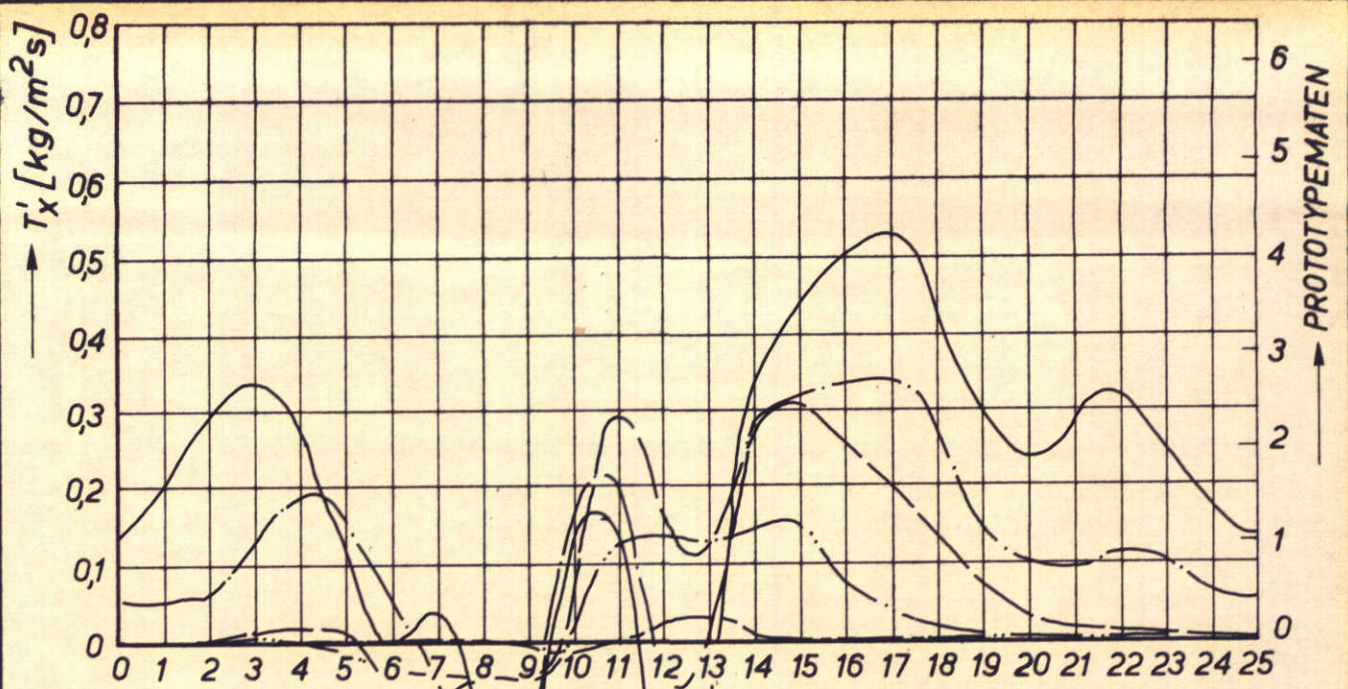
M.896-2196 FIG. 61



ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE
 PROEF T3 ($Q_d = 0 \text{ cc/m}^2 \text{ s}$)

- — — — — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · — · — · — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · — — — · — $X/\Delta X = 14, 16$

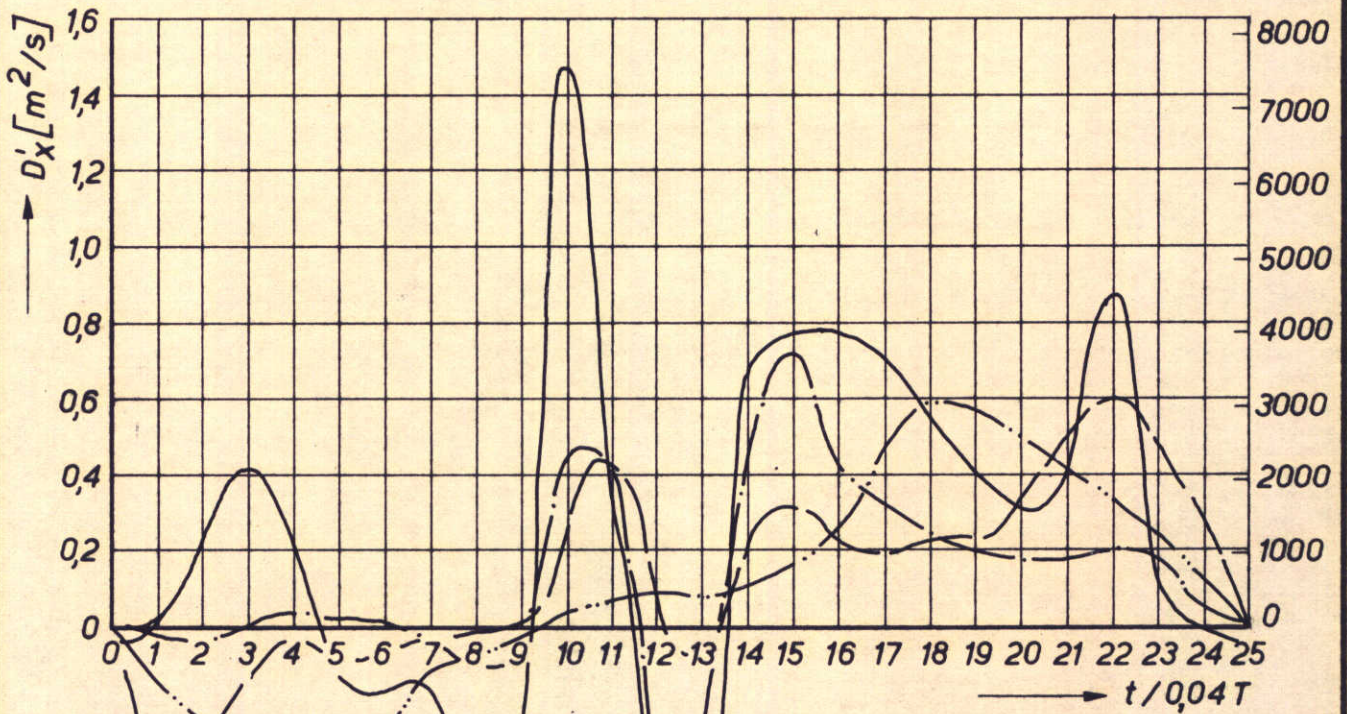
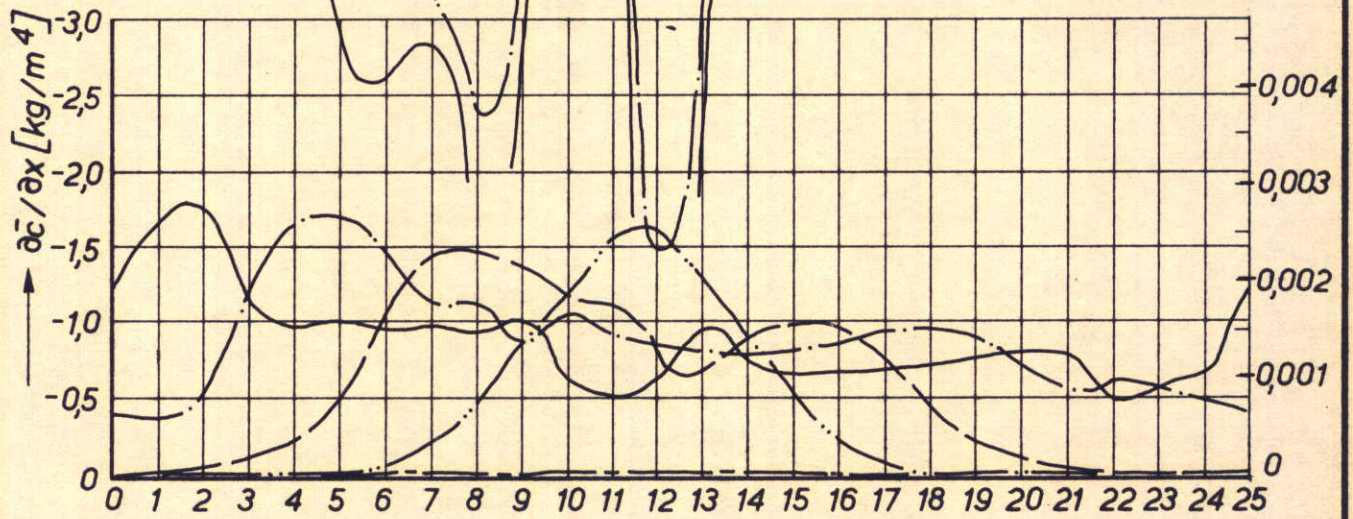
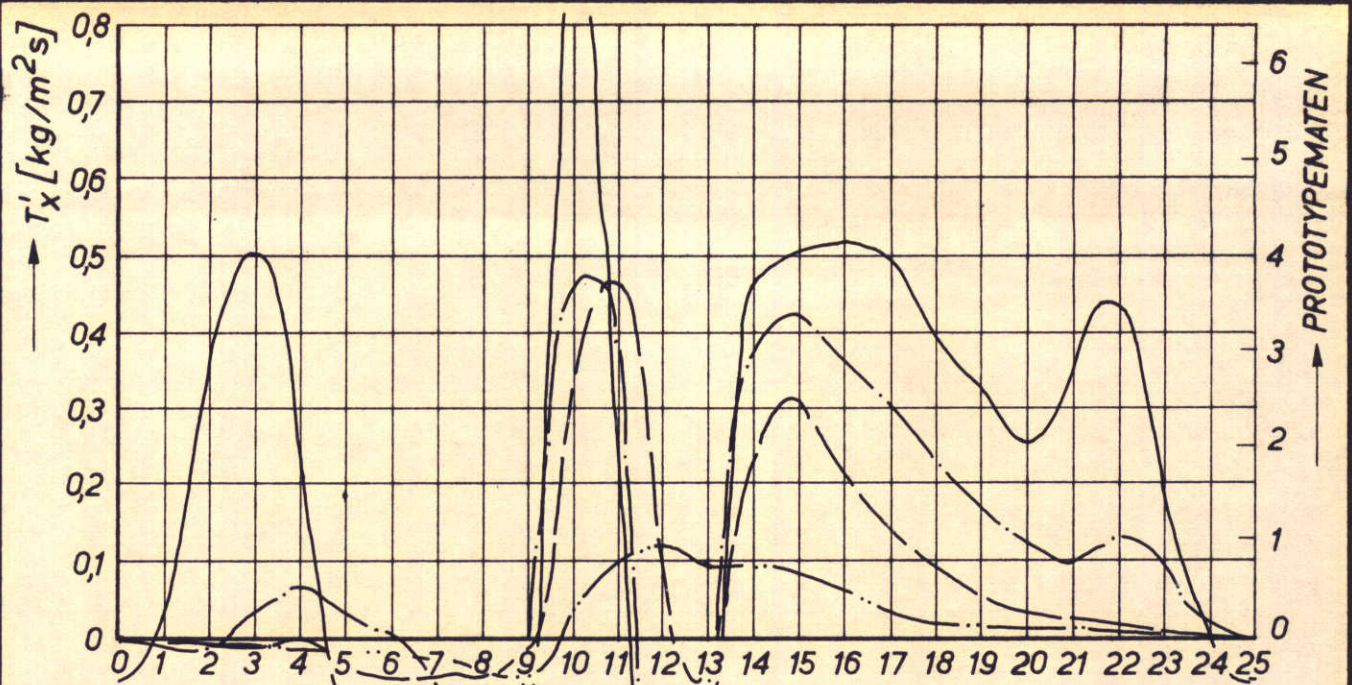
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE
 PROEF T 128 ($Q_a = 20 \text{ cc/m}^2\text{s}$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

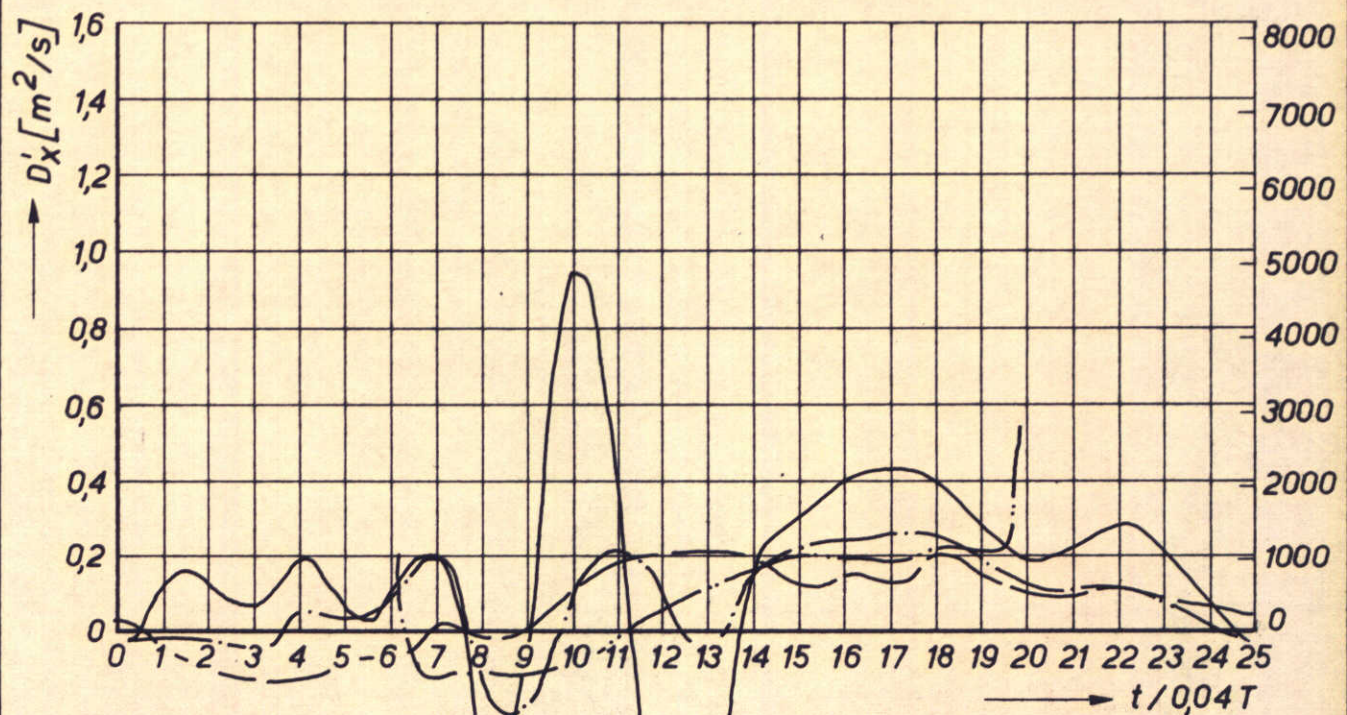
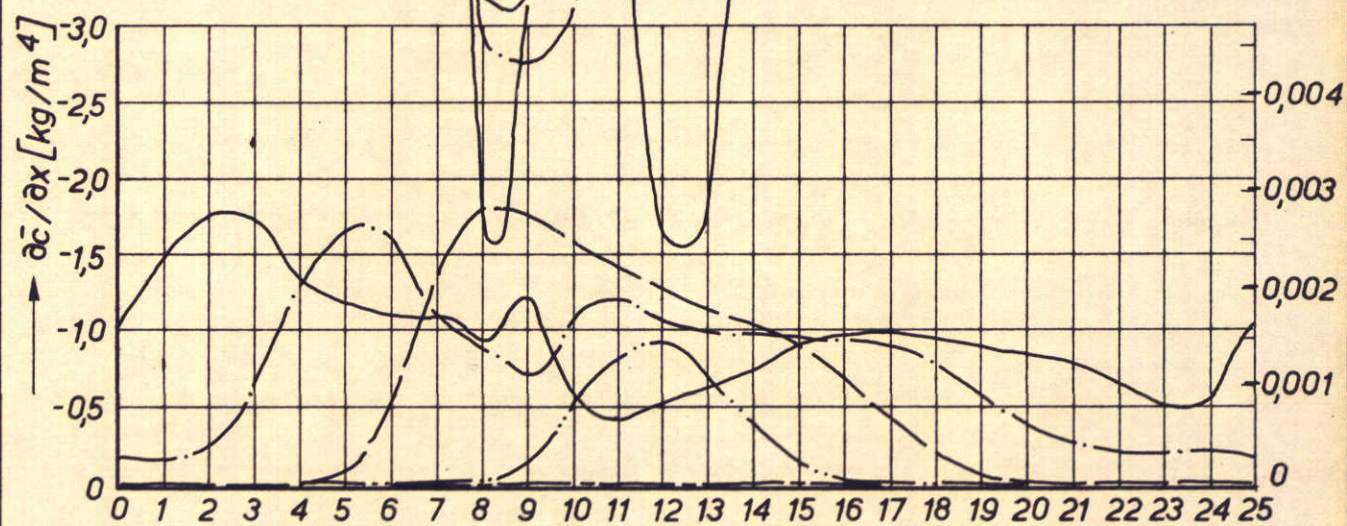
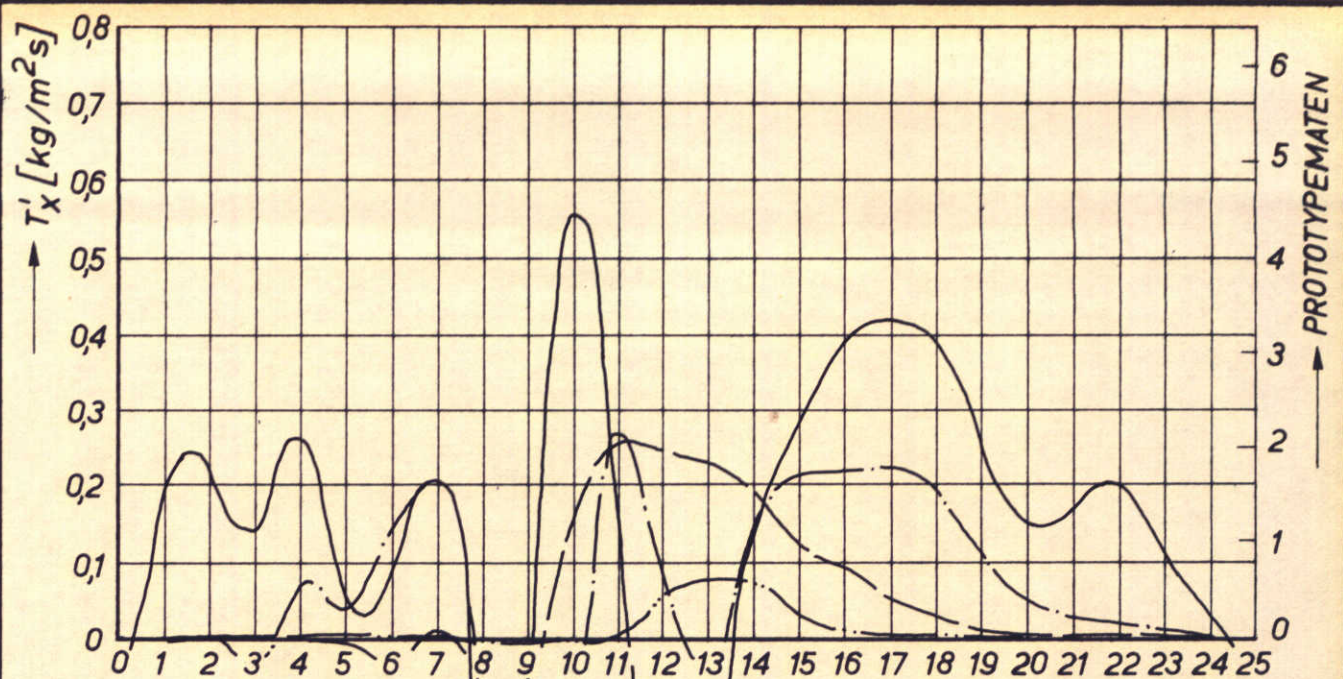
W_K
 A_4



ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE
 PROEF T 124 ($Q_d = 40 \text{ cc/m}^2 \text{ s}$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

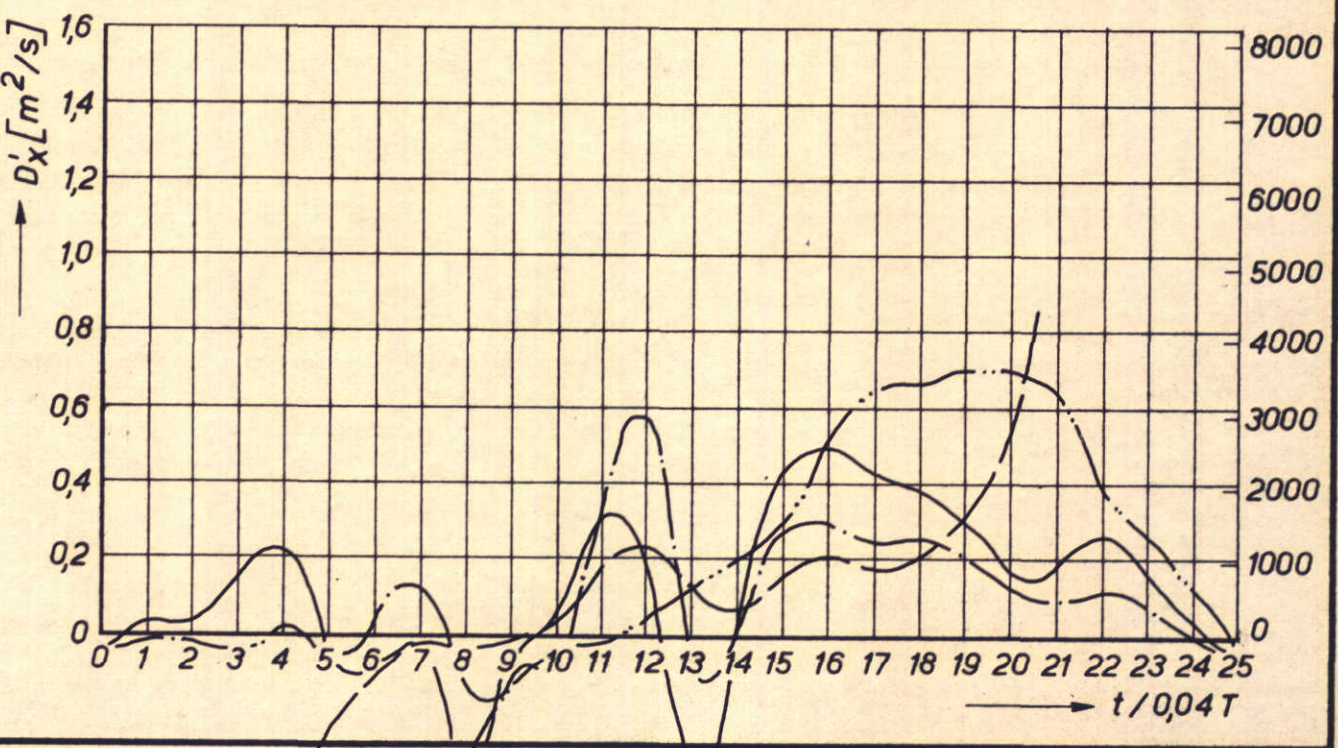
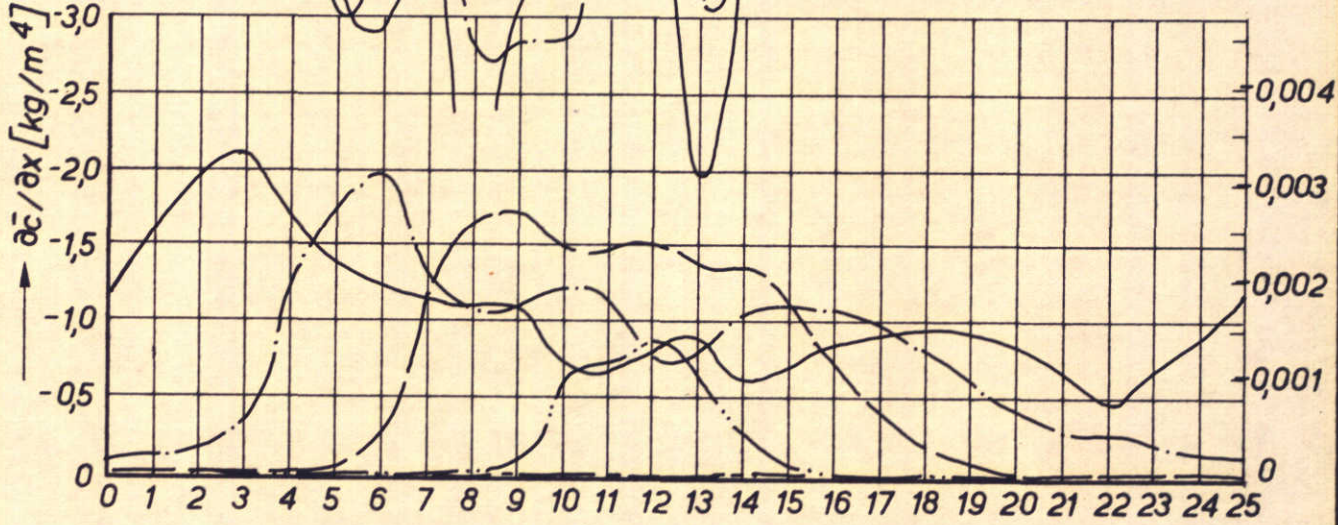
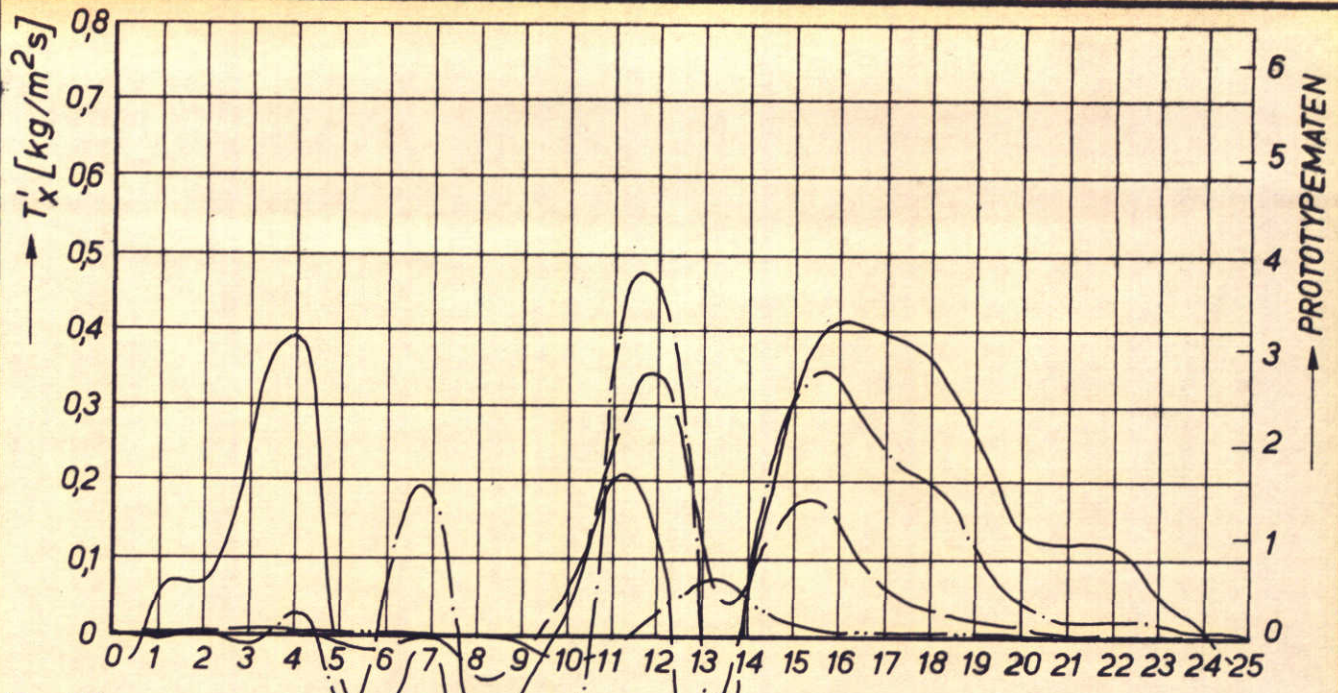
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE
 PROEF T 127 ($Q_d = 60 \text{ cc/m}^2\text{s}$)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

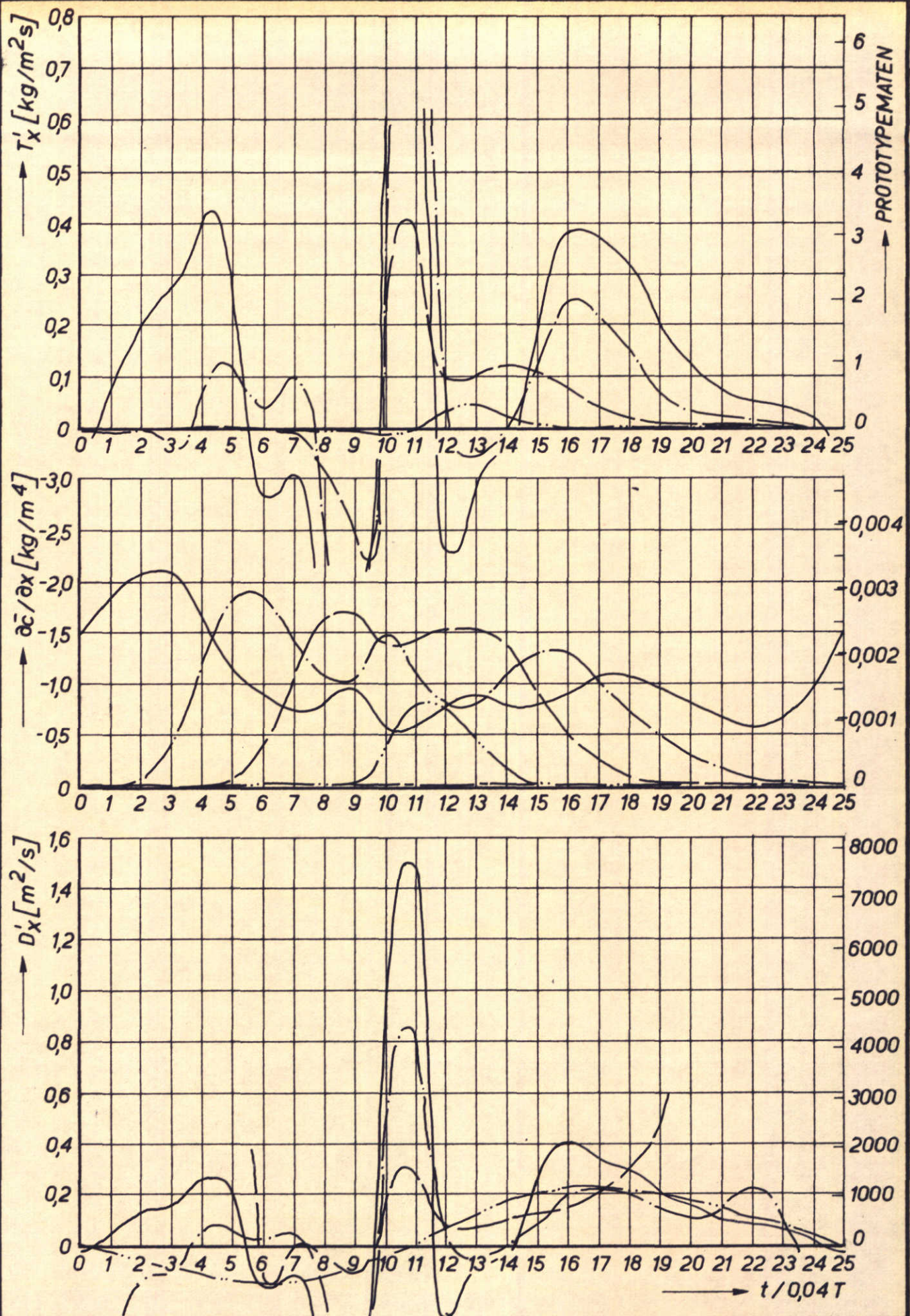
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE
 PROEF T 126 ($Q_a = 80 \text{ cc/m}^2 \text{ s}$)

- X/ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ΔX = 14, 16

W_K
 A4



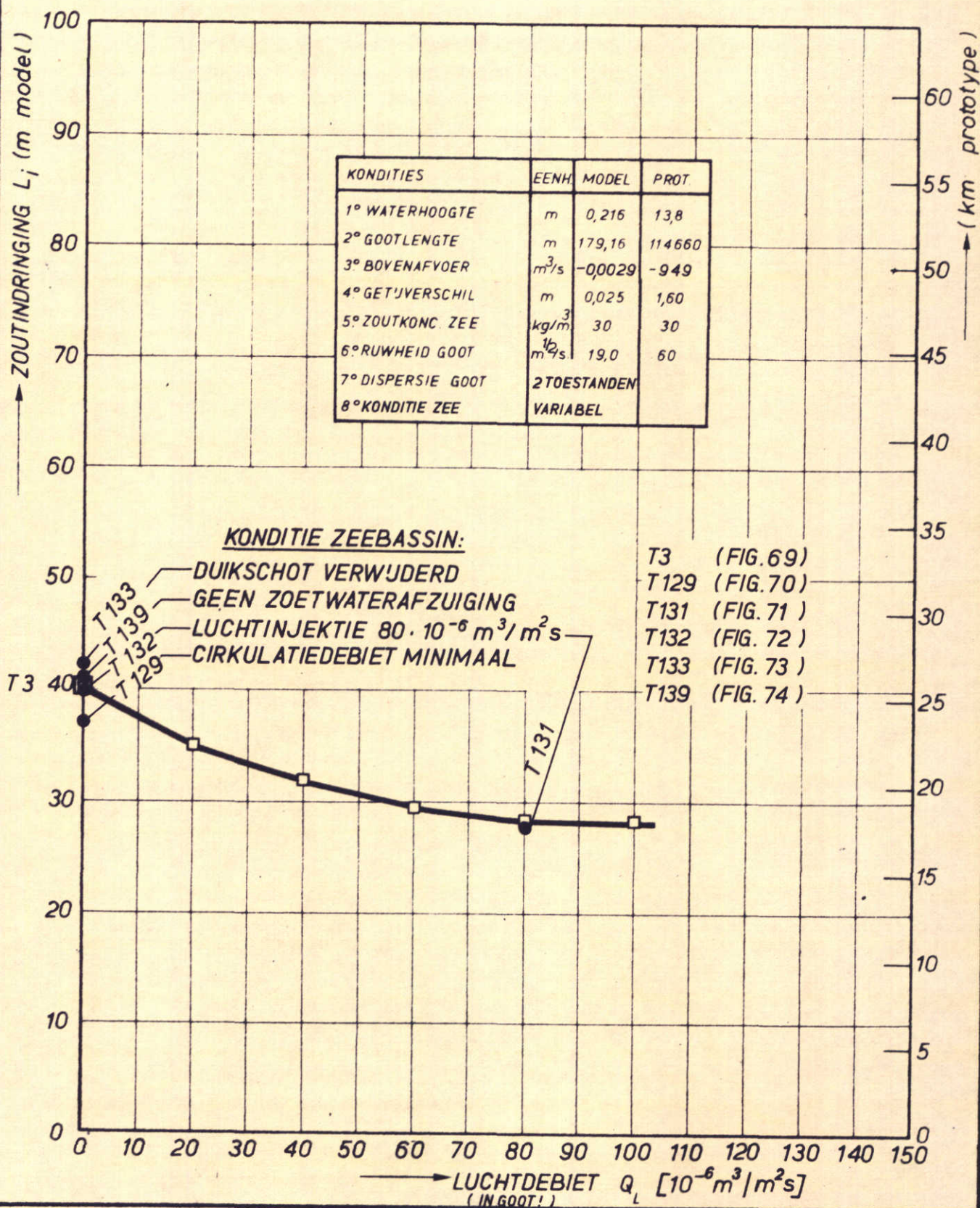
ONDERZOEK VARIATIE LUCHTINJEKTIE

PROEF T 125 ($Q_d = 100 \text{ cc/m}^2\text{s}$)

$\text{---} \text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---} \text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---} \text{---} \text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

A4



ZOUTINDRINGING BIJ VARIATIE KONDIETIE ZEE

□ MEETRESULTATEN

■ REFERENTIEPROEF
ROTTERD WATERWEG

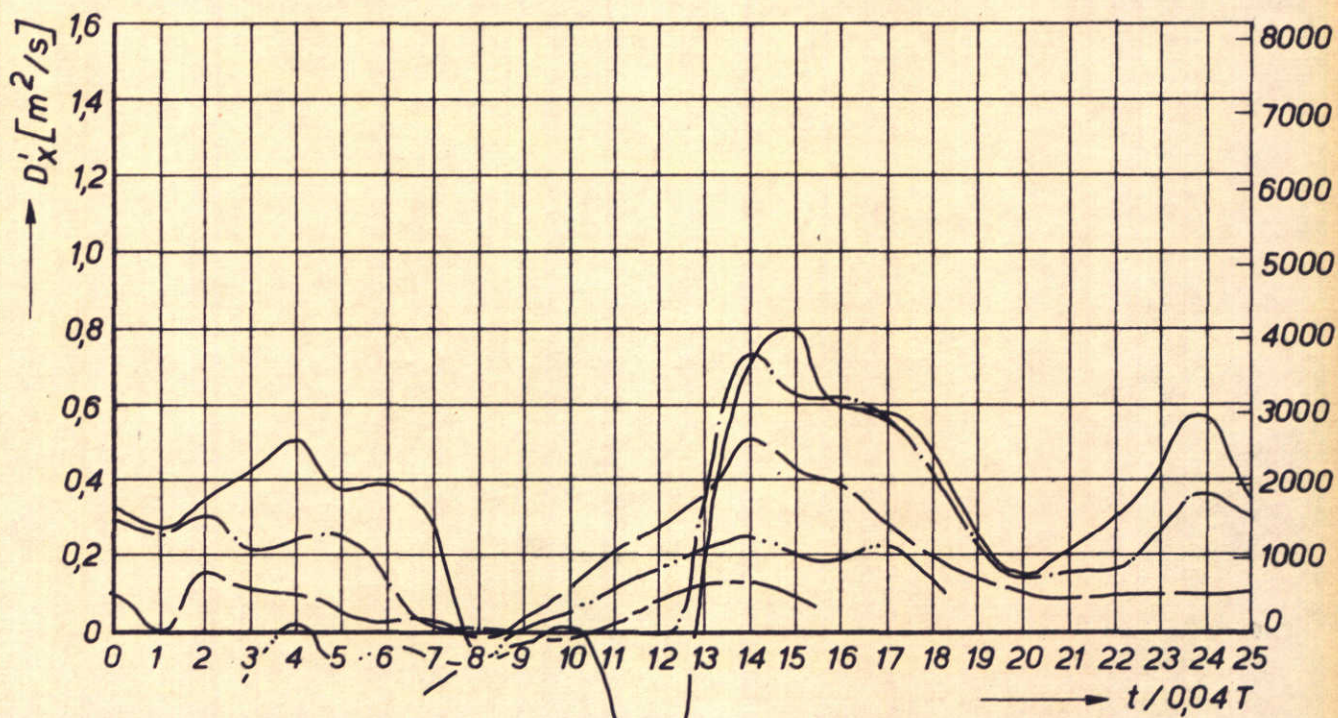
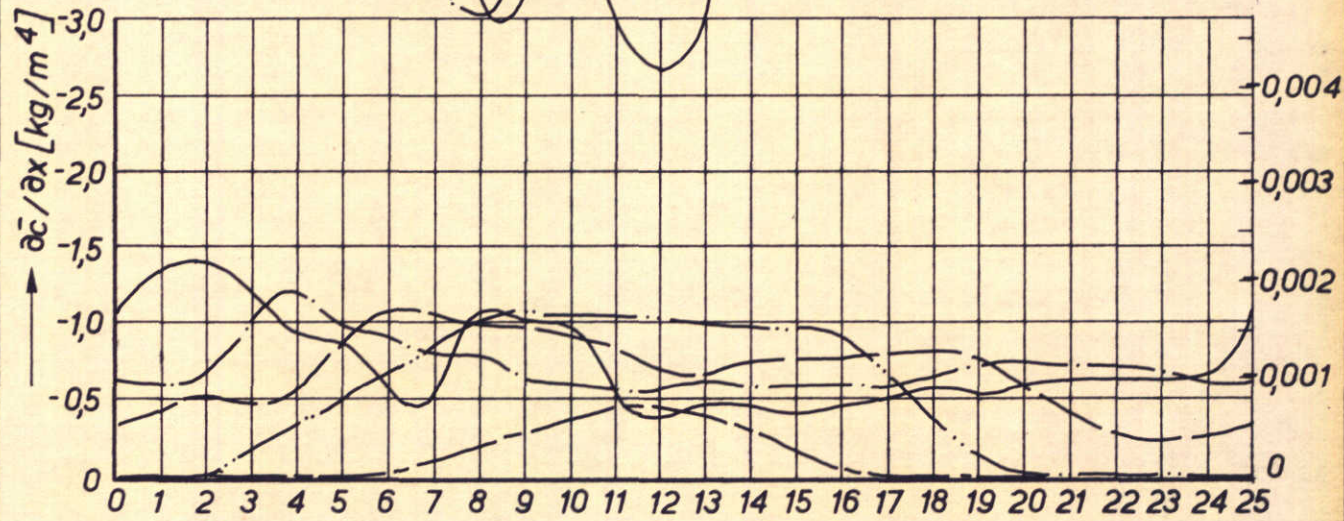
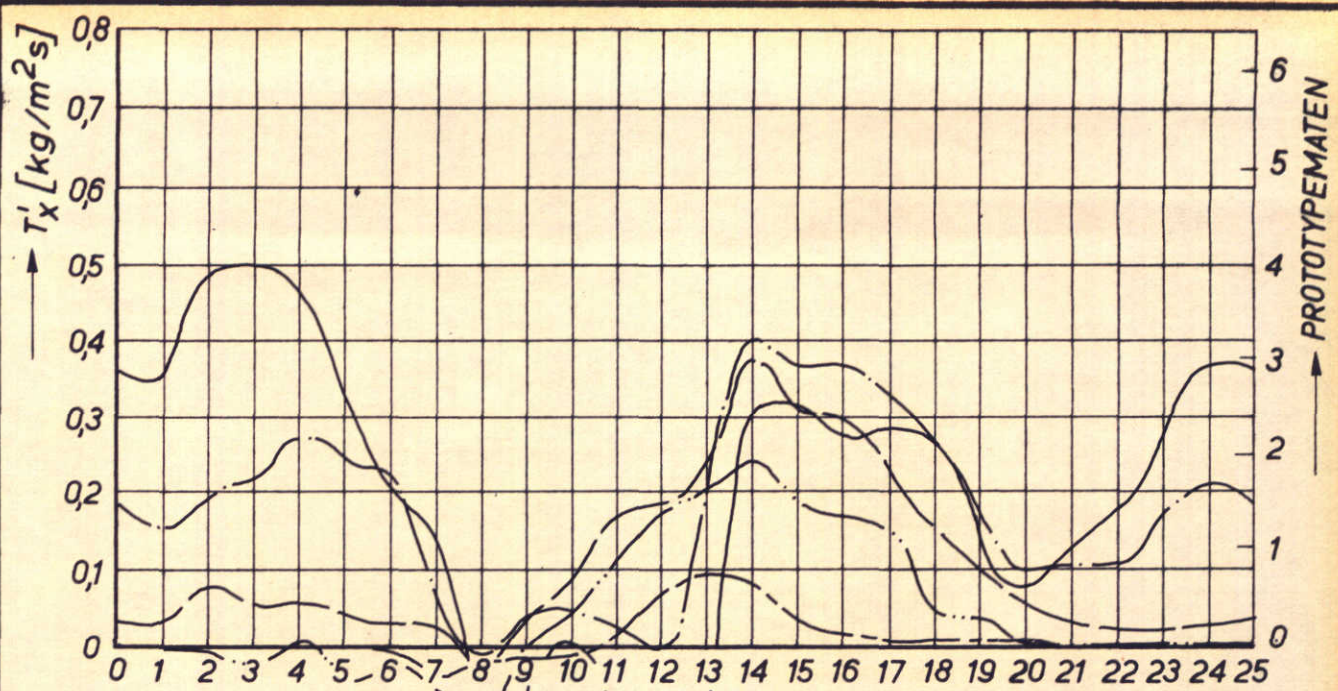
4

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2203

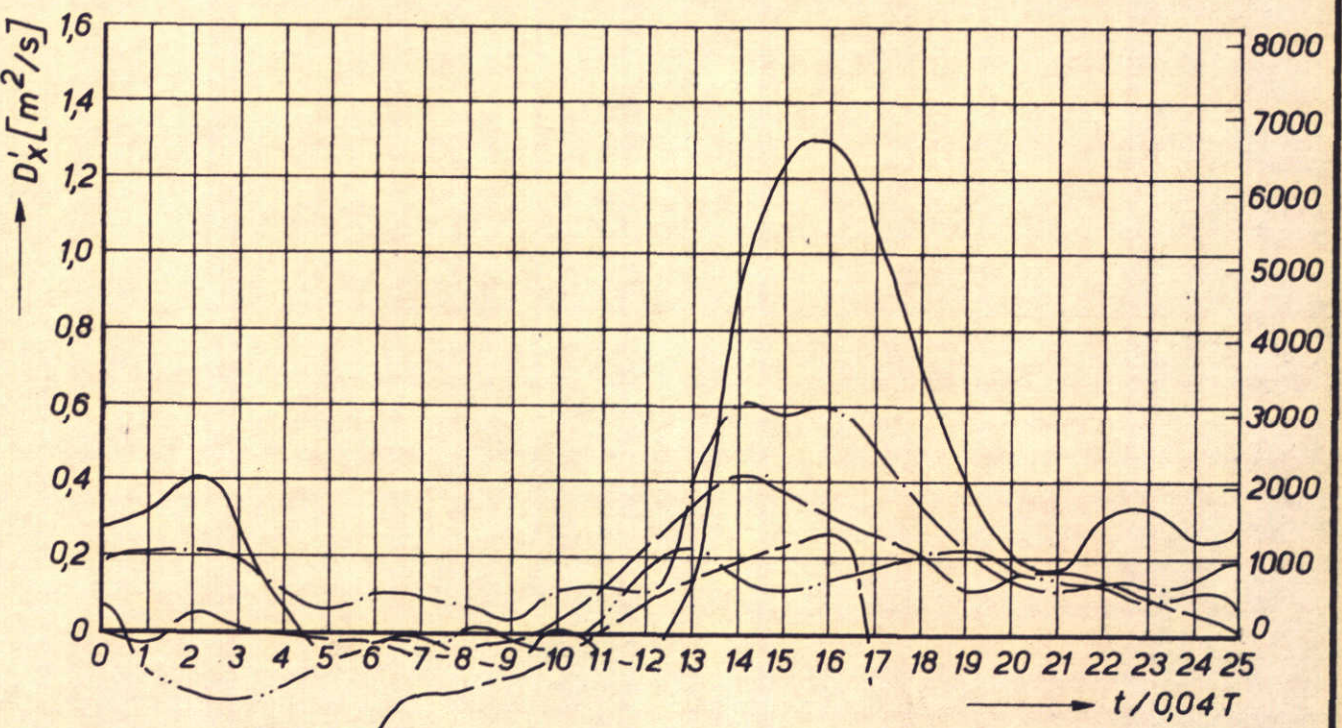
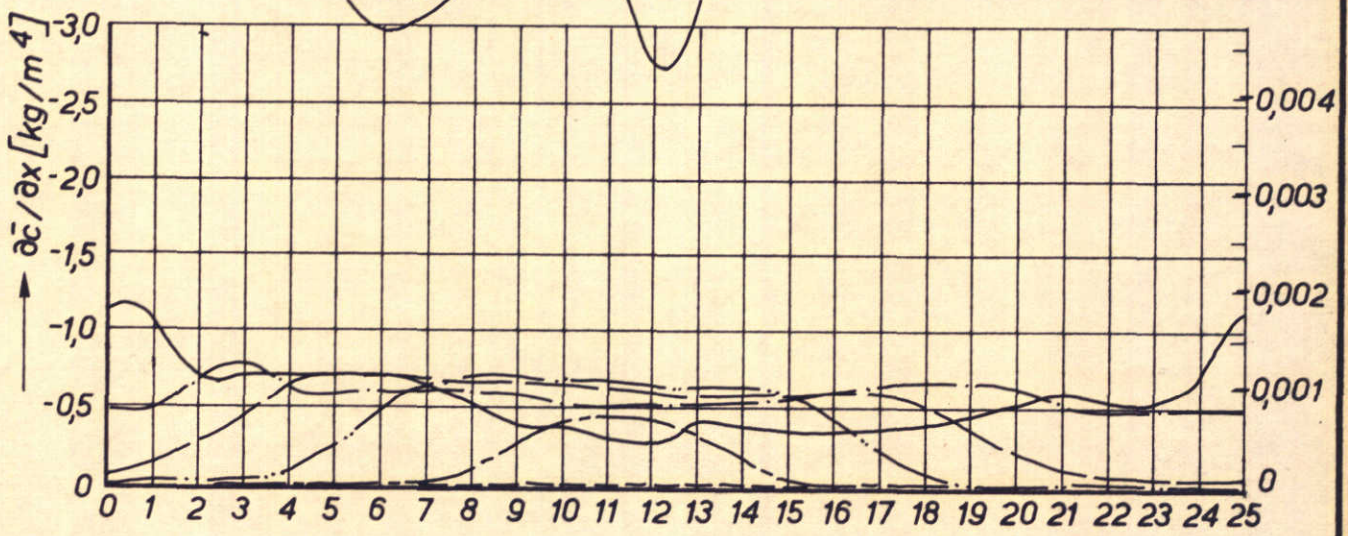
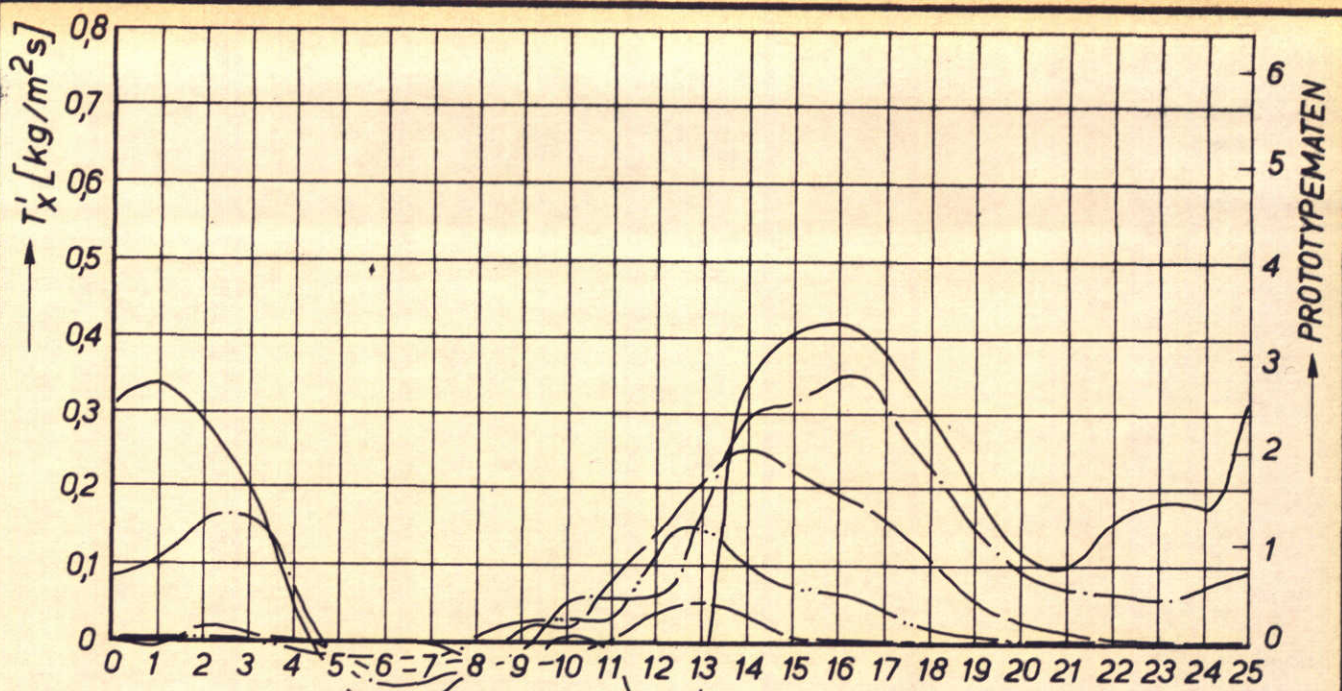
FIG. 68



ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 3 (ZEE ONVERANDERD)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A4

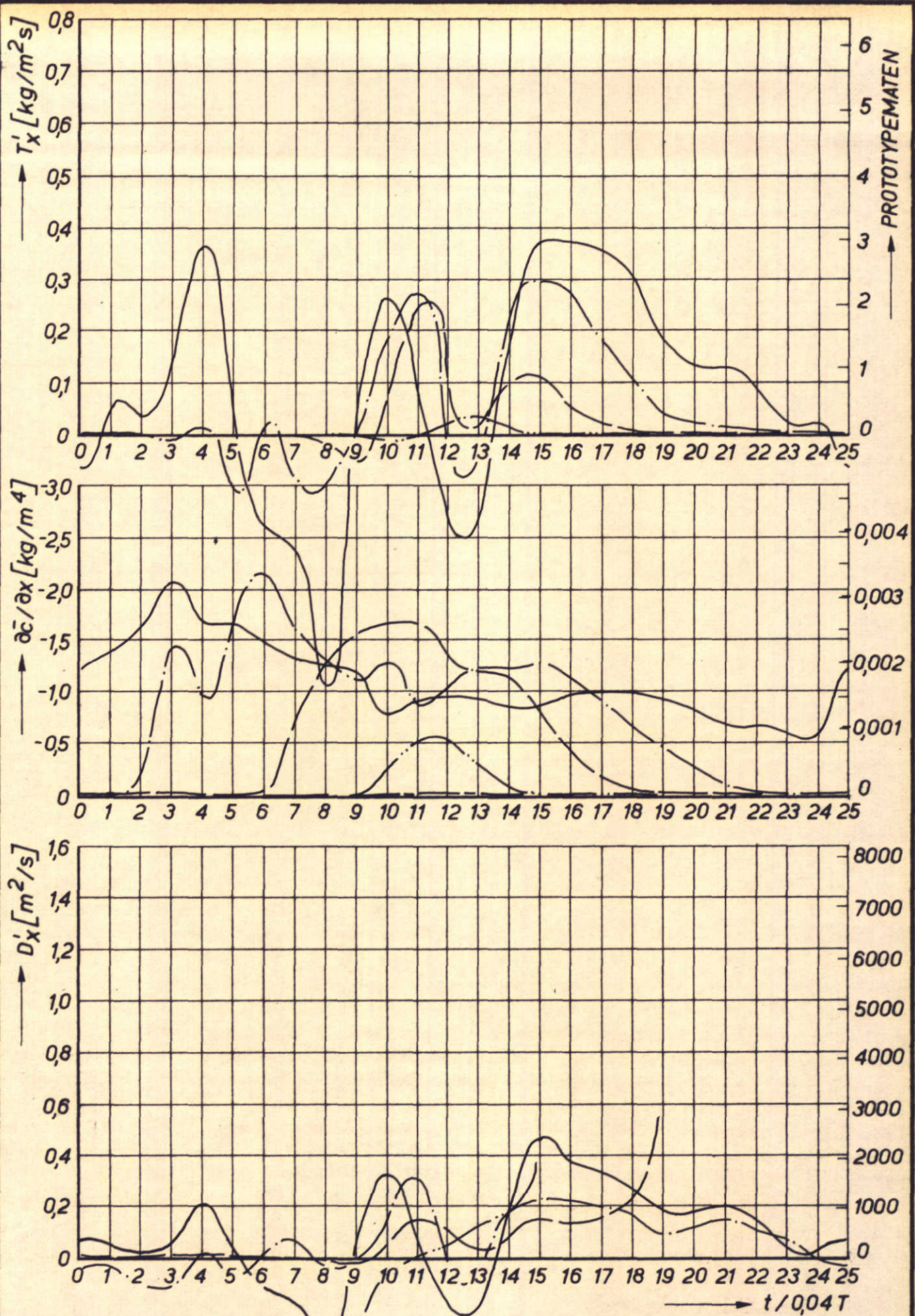


ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 129 (CIRKULATIEDEBIET MINIMAAL)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 --- $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

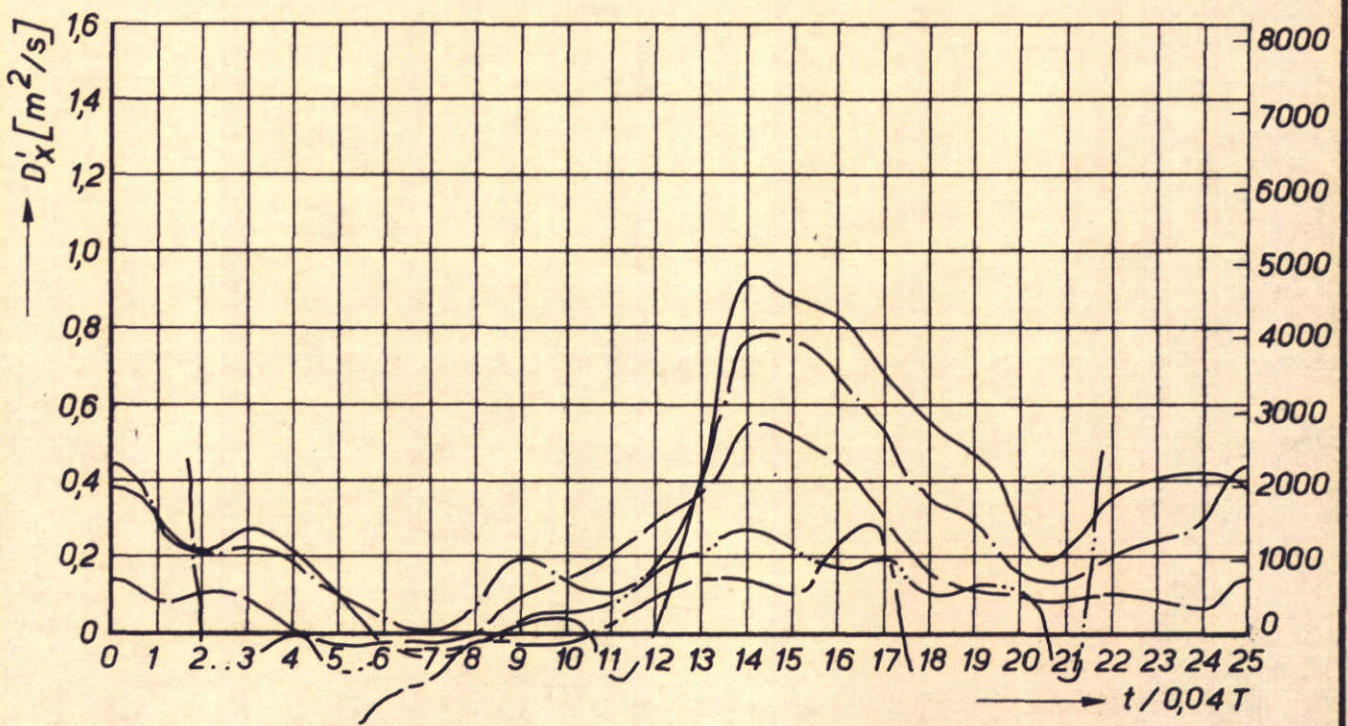
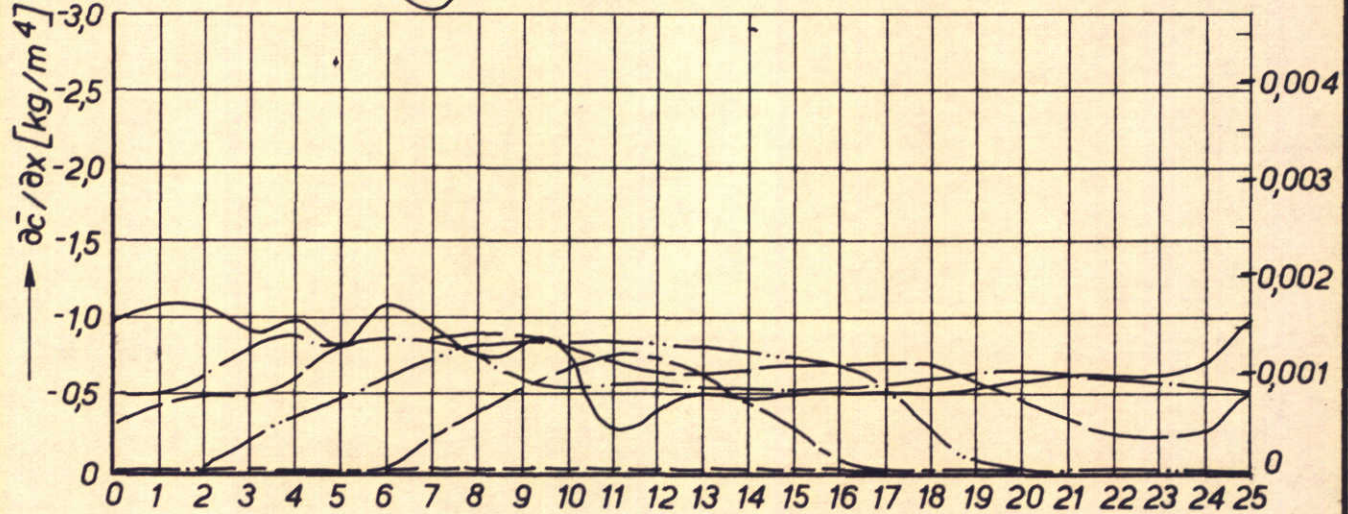
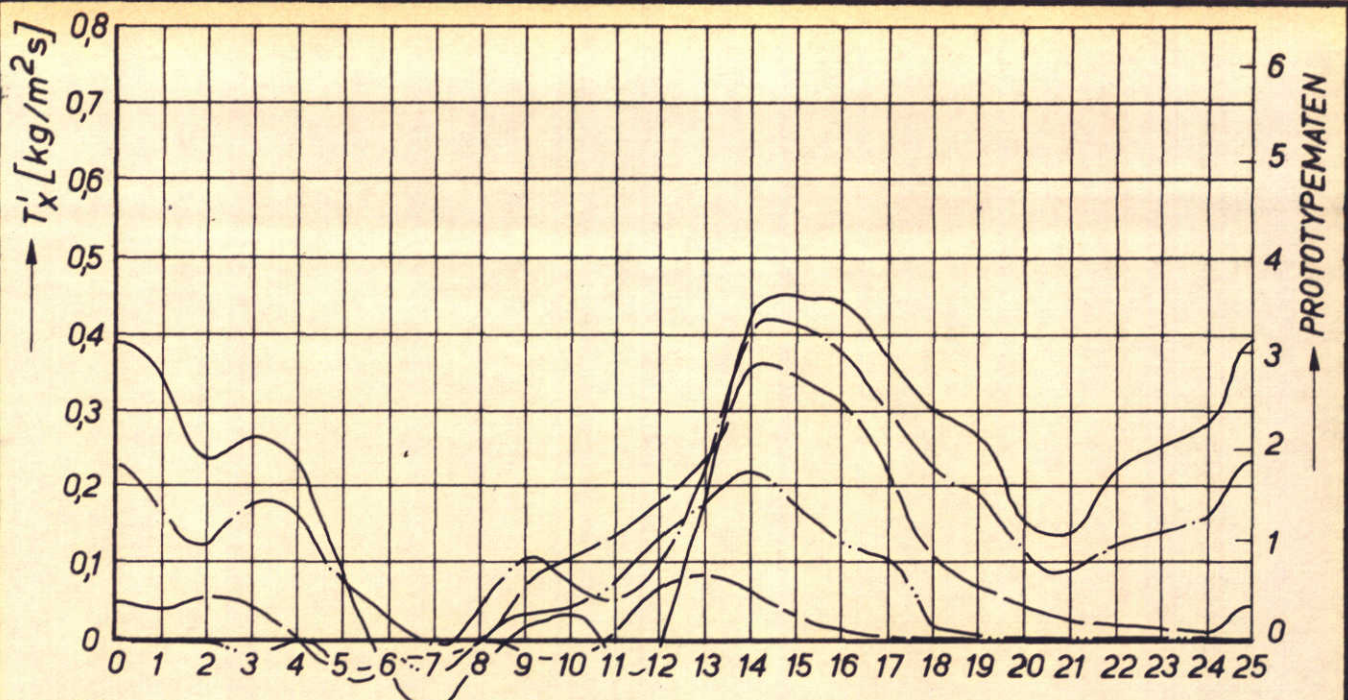
A4



ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 131 [LUCHT 80 cc/m²s (ZEE+GOOT)]

$\equiv \equiv \equiv$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\equiv \cdot \equiv \cdot \equiv$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\equiv \cdot \cdot \equiv$ $X/\Delta X = 14, 16$

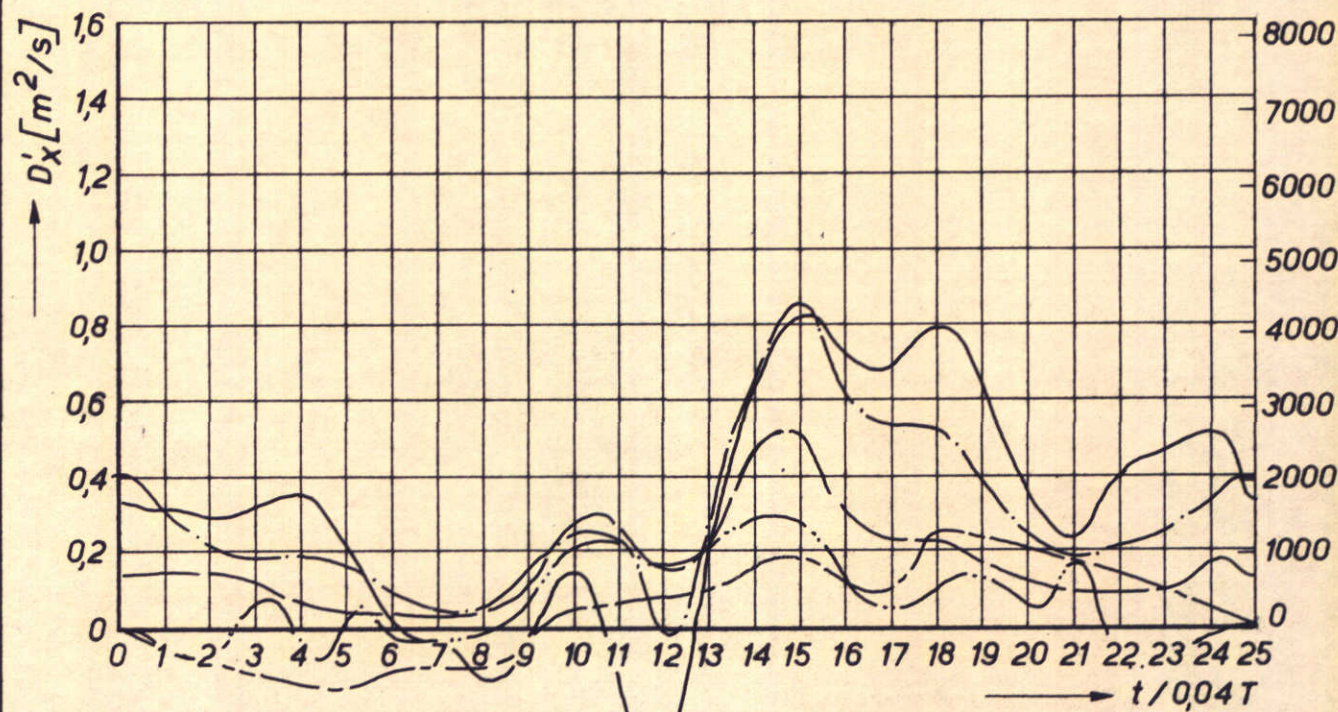
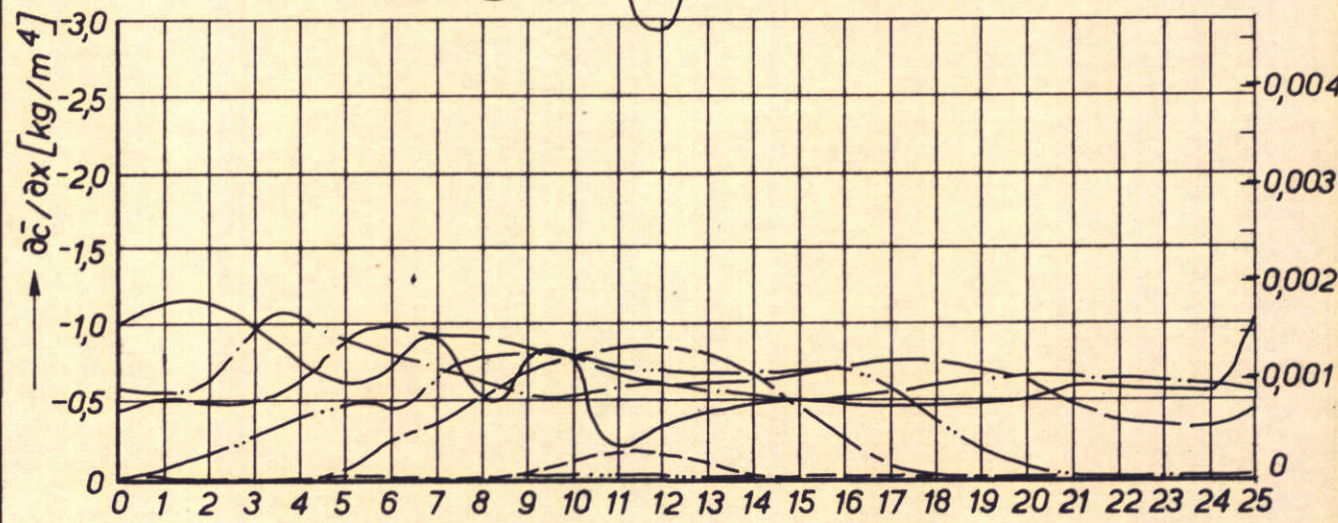
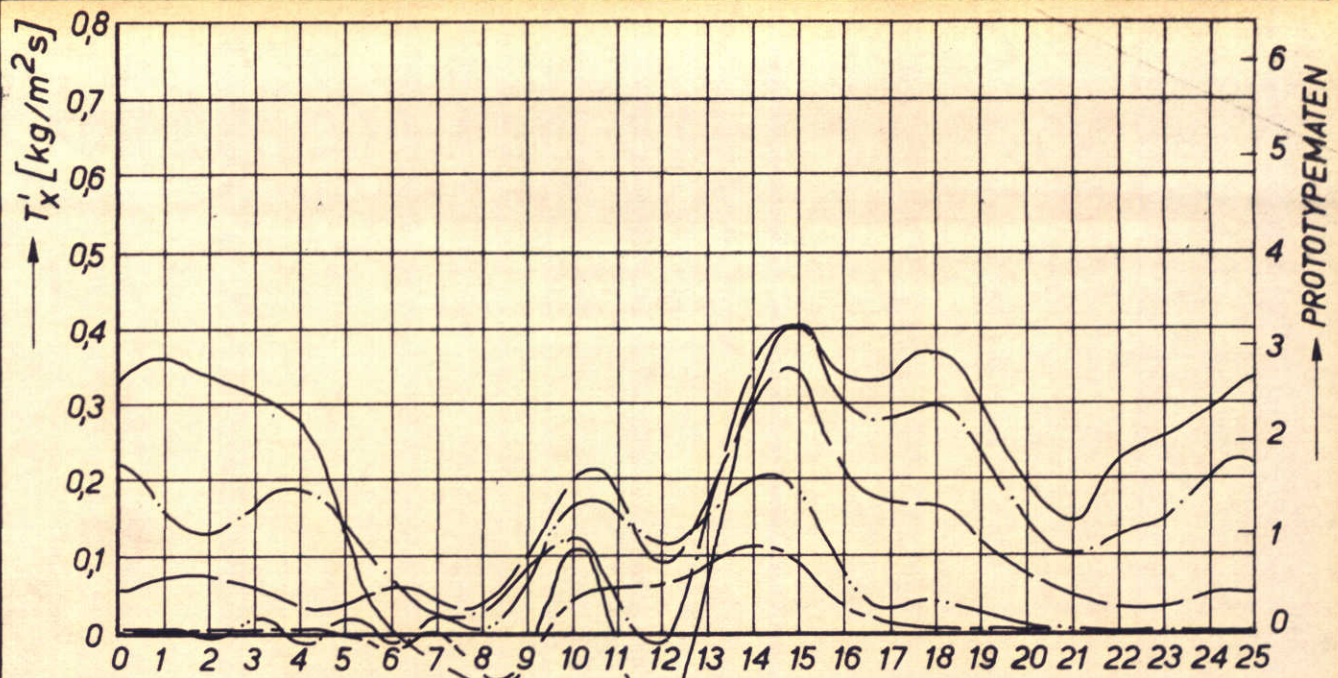
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 132 [LUCHT 80 cc/m²s (ZEE)]

$X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $X/\Delta X = 14, 16$

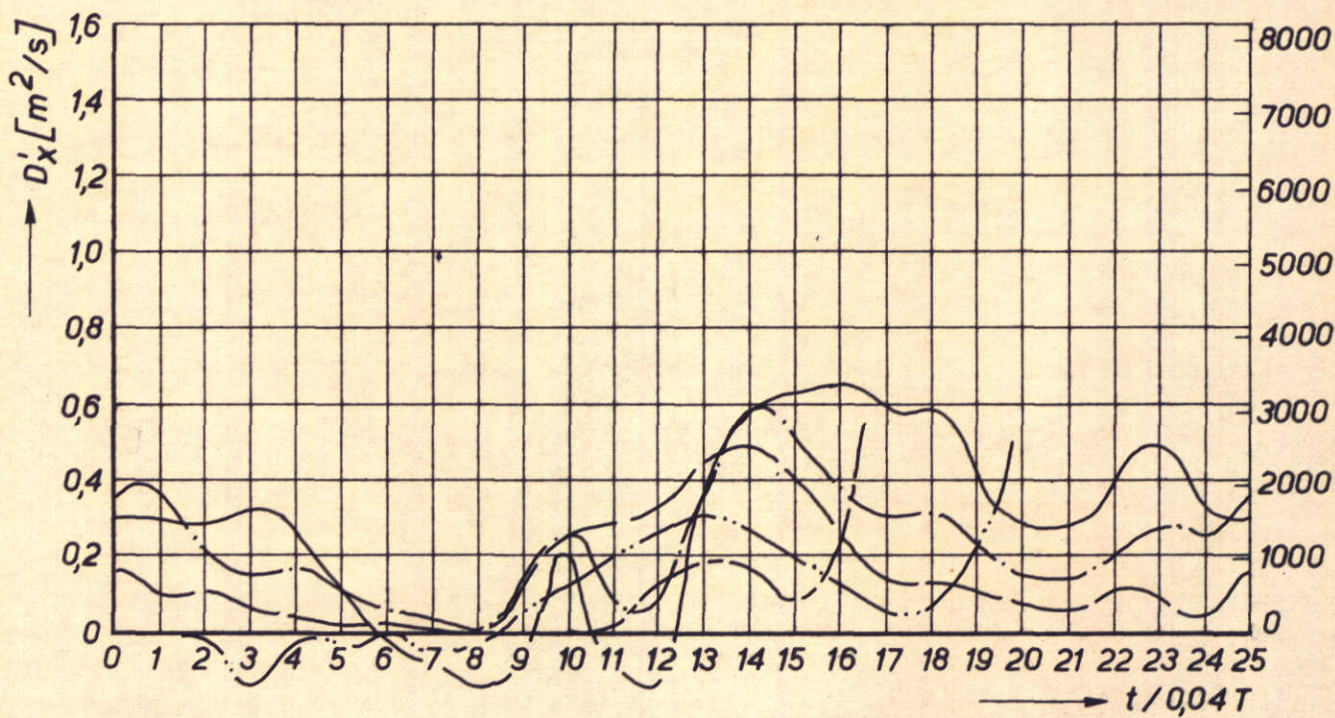
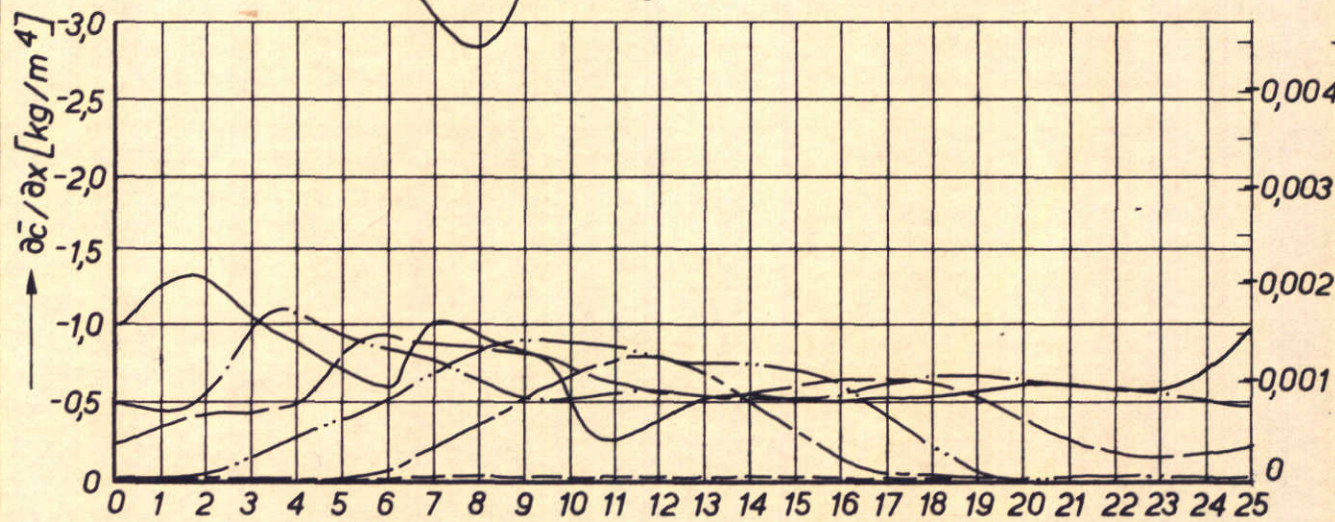
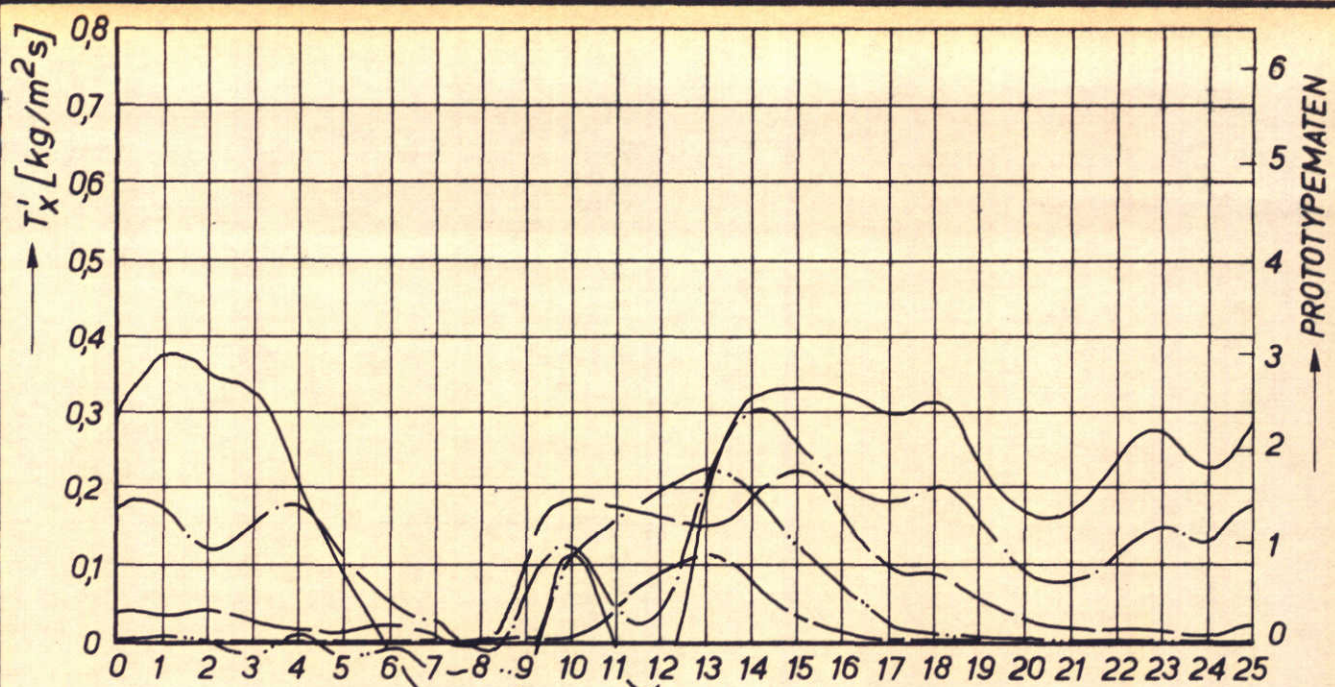
W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 133 (DUIKSCHOT VERWIJDERD)

\equiv $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 \equiv $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 \equiv $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A4



ONDERZOEK VARIATIE KONDITIE ZEE
 PROEF T 139 (GEEN ZOETWATERAFZUIGING)

$\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 $\text{---}\text{---}\text{---}$ $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A_4

(m PROTOTYPE)

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18

ZOUTINDRINGING (m MODEL)

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

| KONDITIONS | EENH | MODEL | PROT. |
|-------------------|---------------------|----------|--------|
| 1° WATERHOOGTE | m | VARIABEL | |
| 2° GOOTLENGTE | m | 179,16 | 114660 |
| 3° BOVENAFVOER | m ³ /s | -0,0029 | -949 |
| 4° GETUVERSCHIL | m | 0,025 | 1,60 |
| 5° ZOUTKONC. ZEE | kg/m ³ | 30 | 30 |
| 6° RUWHEID GOOT | m ^{1/2} /s | 19,0 | 60 |
| 7° DISPERSIE GOOT | 2 TOESTANDEN | | |
| 8° DISPERSIE ZEE | GEEN LUCHT | | |

GEEN LUCHTINJEKTIE

LUCHTINJEKTIE 60 cc/m²s

T151
(FIG. 76)

T127
(FIG. 77)

T152
(FIG. 78)

0 0,02 0,04 0,06 0,08 0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20 0,22 0,24 0,26 0,28 0,30

WATERHOOGTE h₀ (m MODEL)

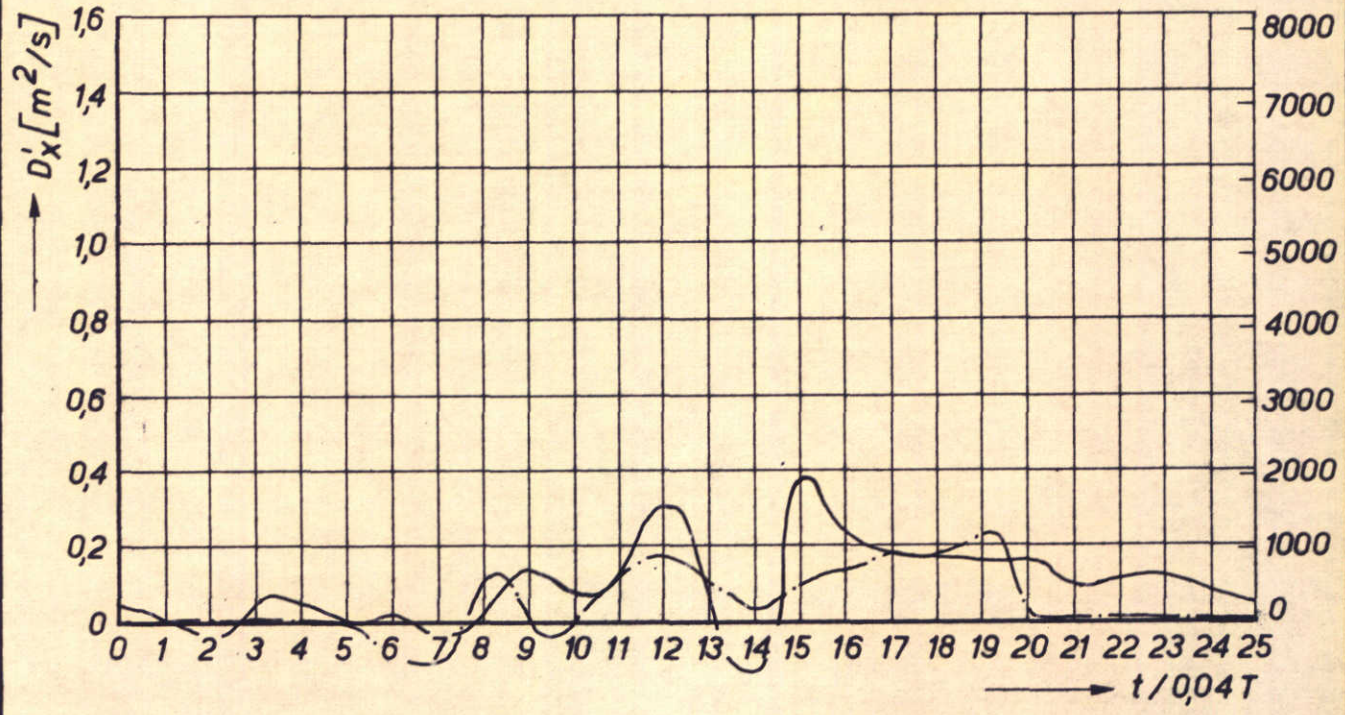
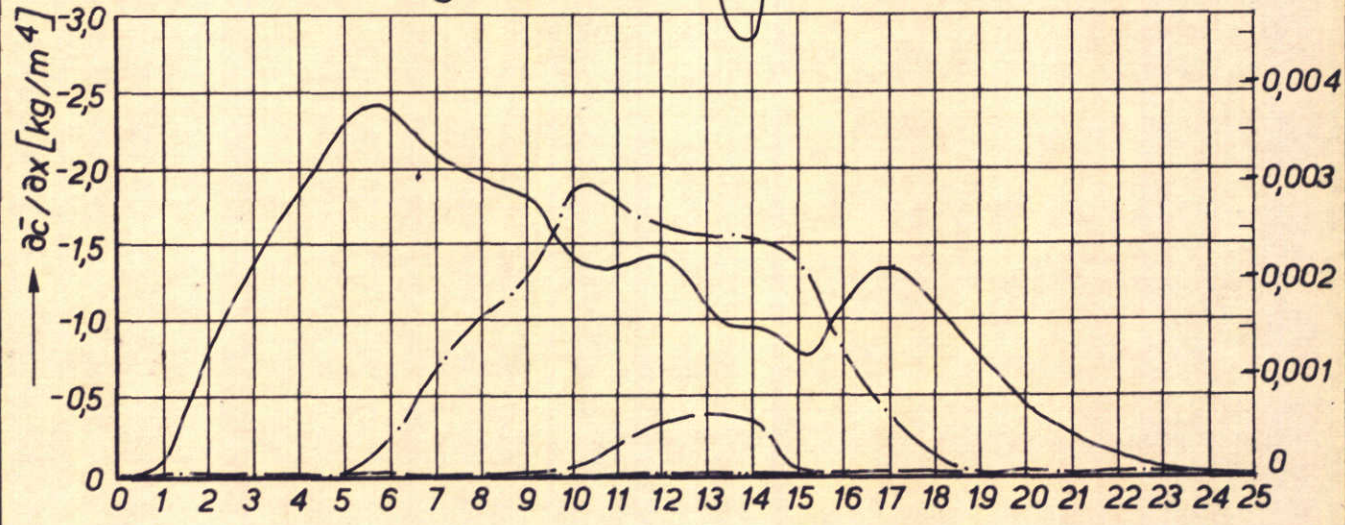
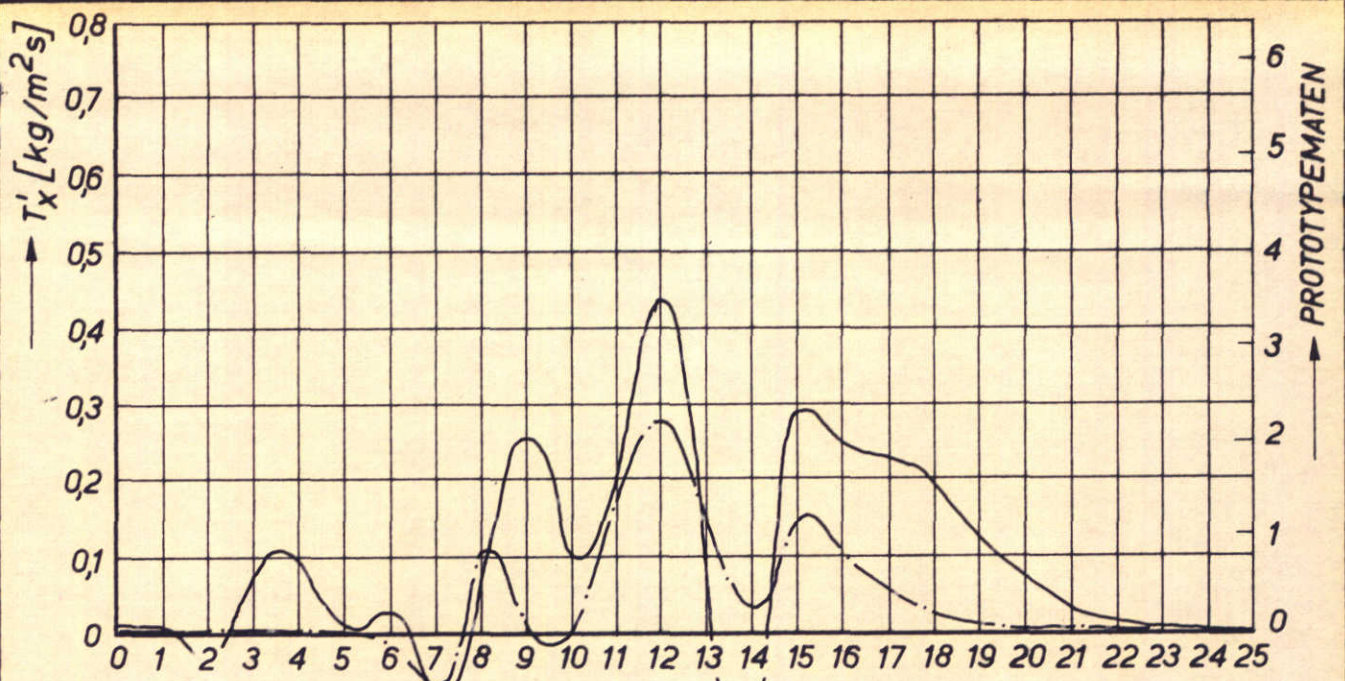
INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE WATERHOOGTE

□ MEETRESULTATEN

P

■ REFERENTIE PROEF
ROTTERD. WATERWEG

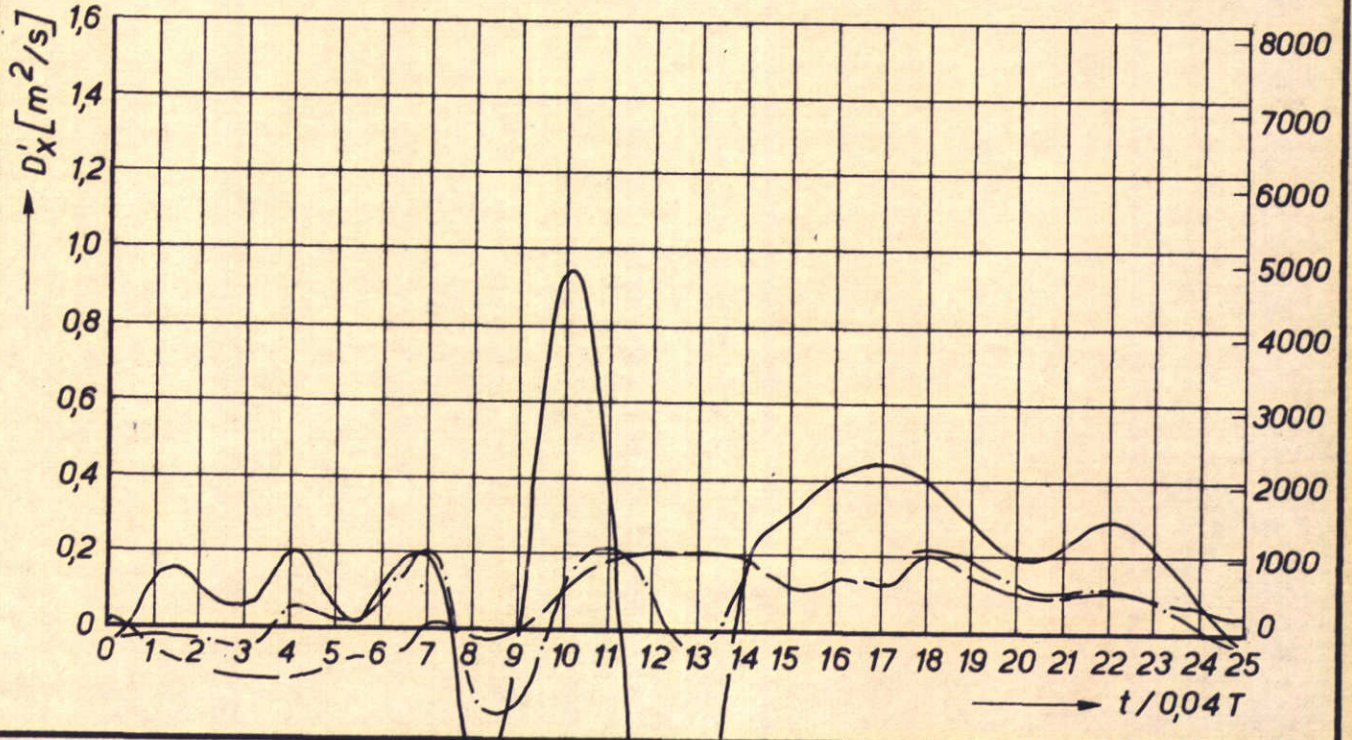
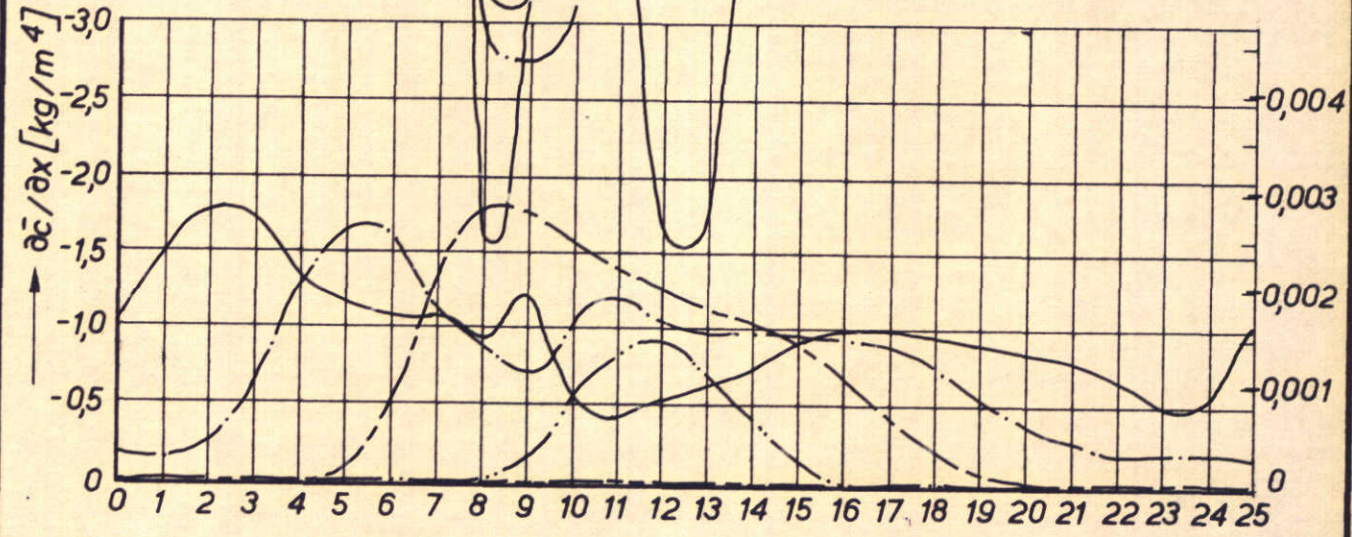
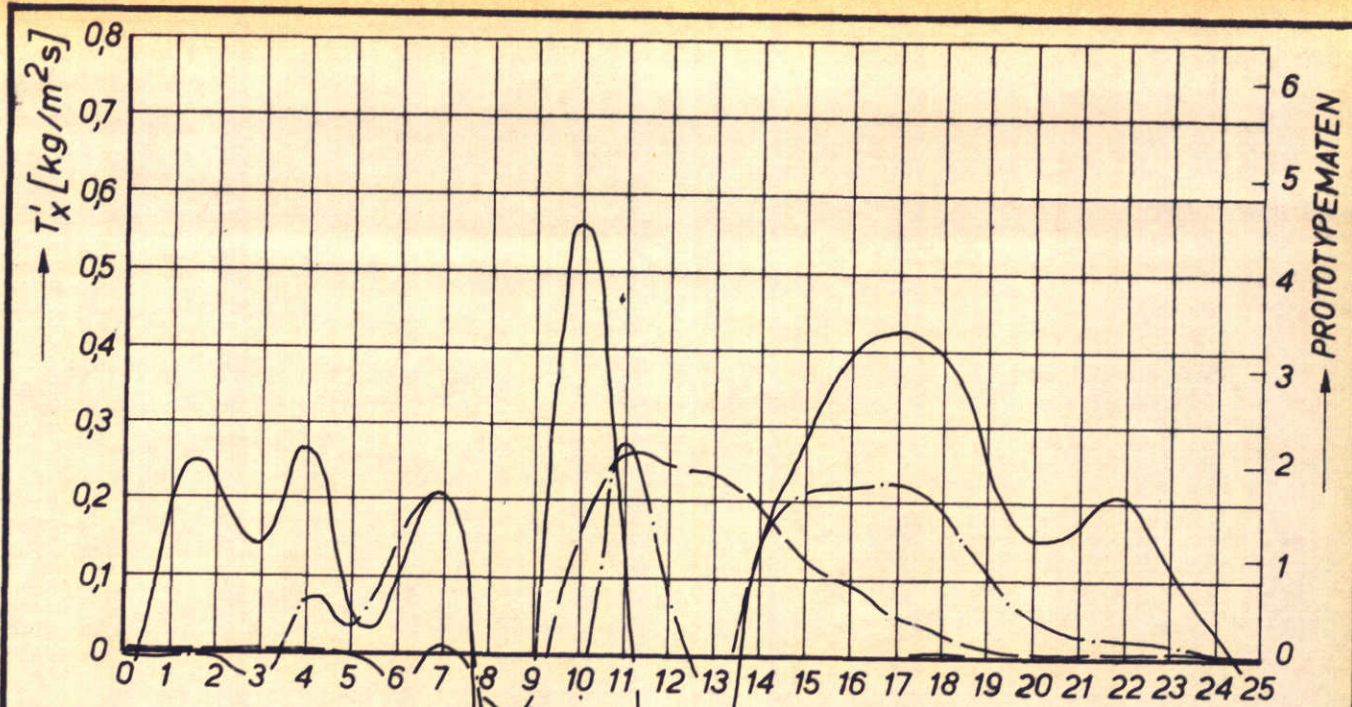
A4



INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE WATER-
 HOOGTE
 PROEF T 151 ($h_0=10$ m PROT.; $Q_0=60$ cc/m² s)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 - · - · $X/\Delta X = 14, 16$

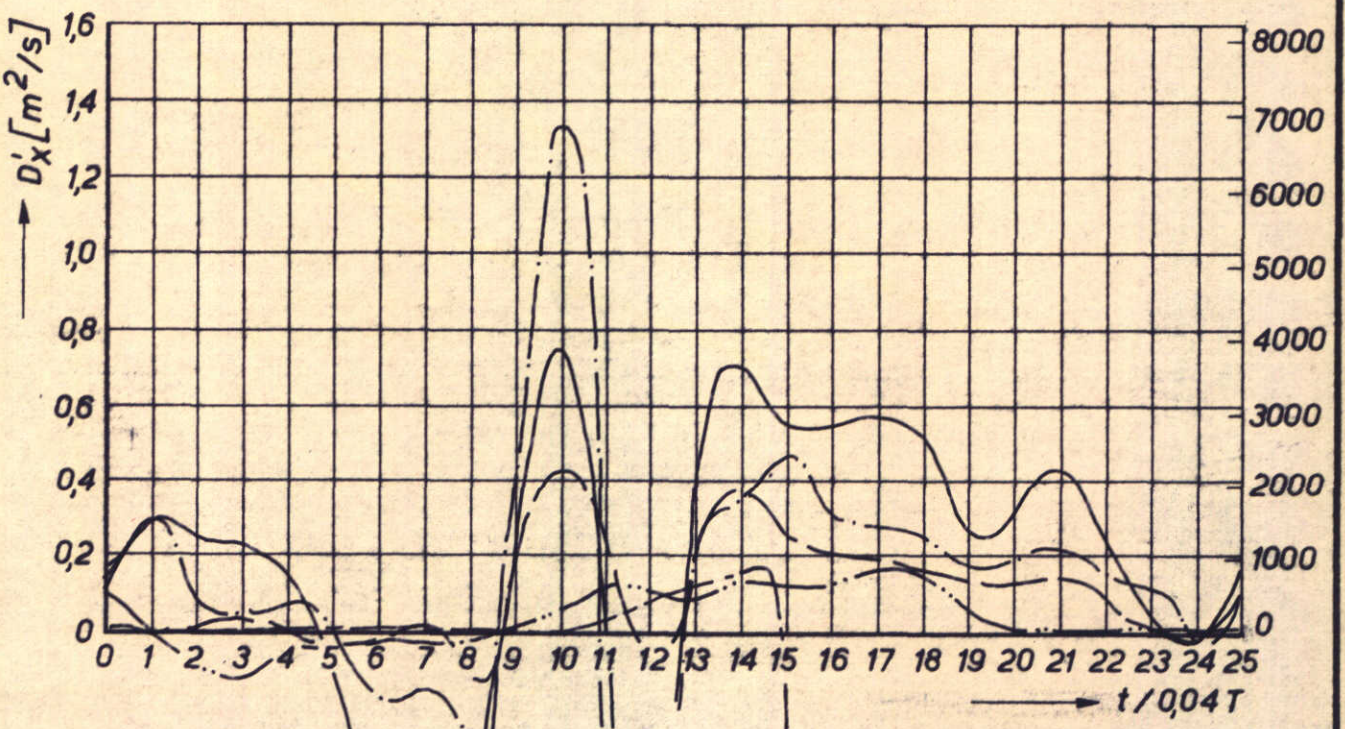
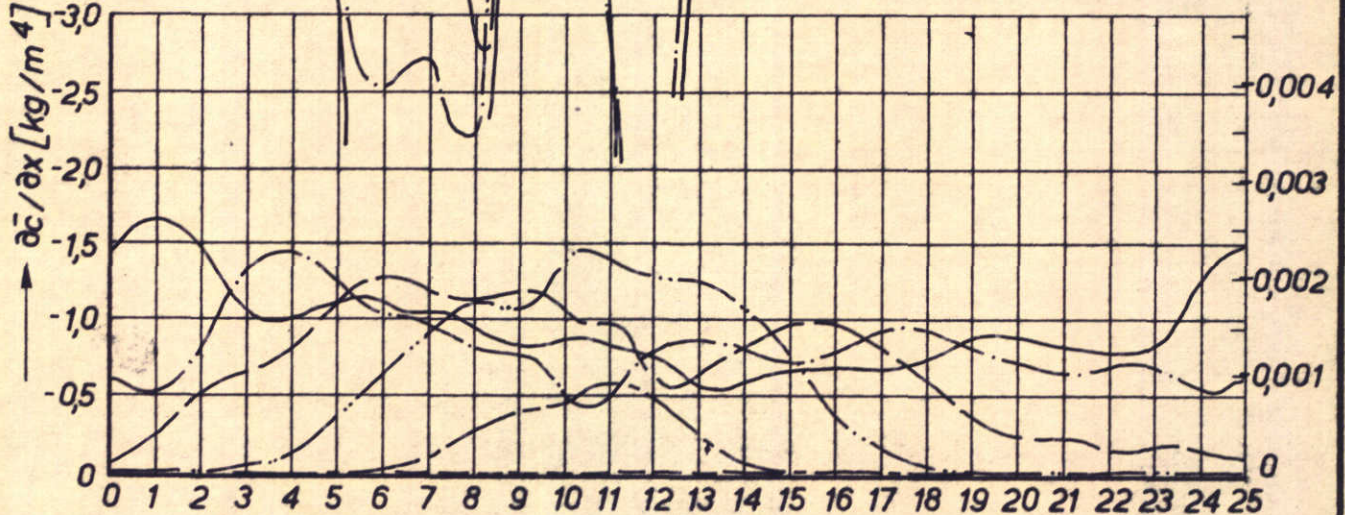
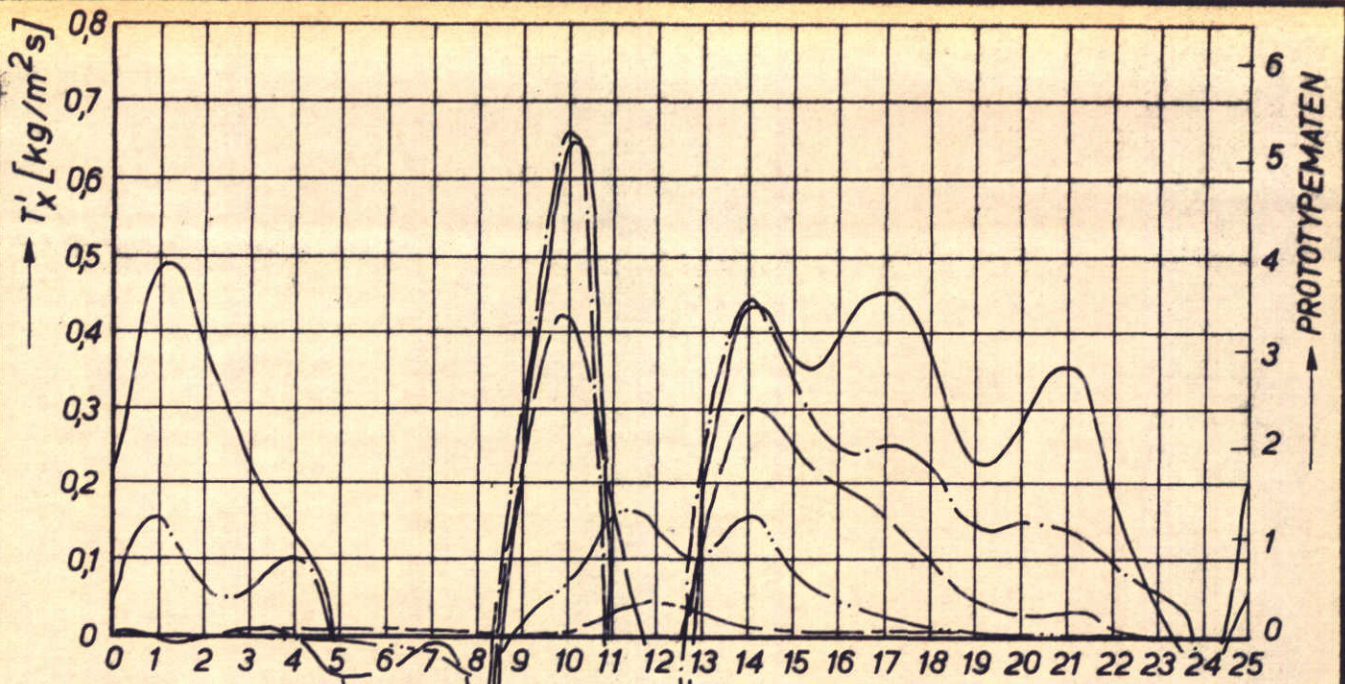
W_K
 A4



INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 127 ($h_0 = 13,8 \text{ m PROT.}$; $Q_a = 60 \text{ cc/m}^2\text{s}$)

- X/DX = 2, 4, 6
- - - X/DX = 8, 10, 12
- · - · X/DX = 14, 16

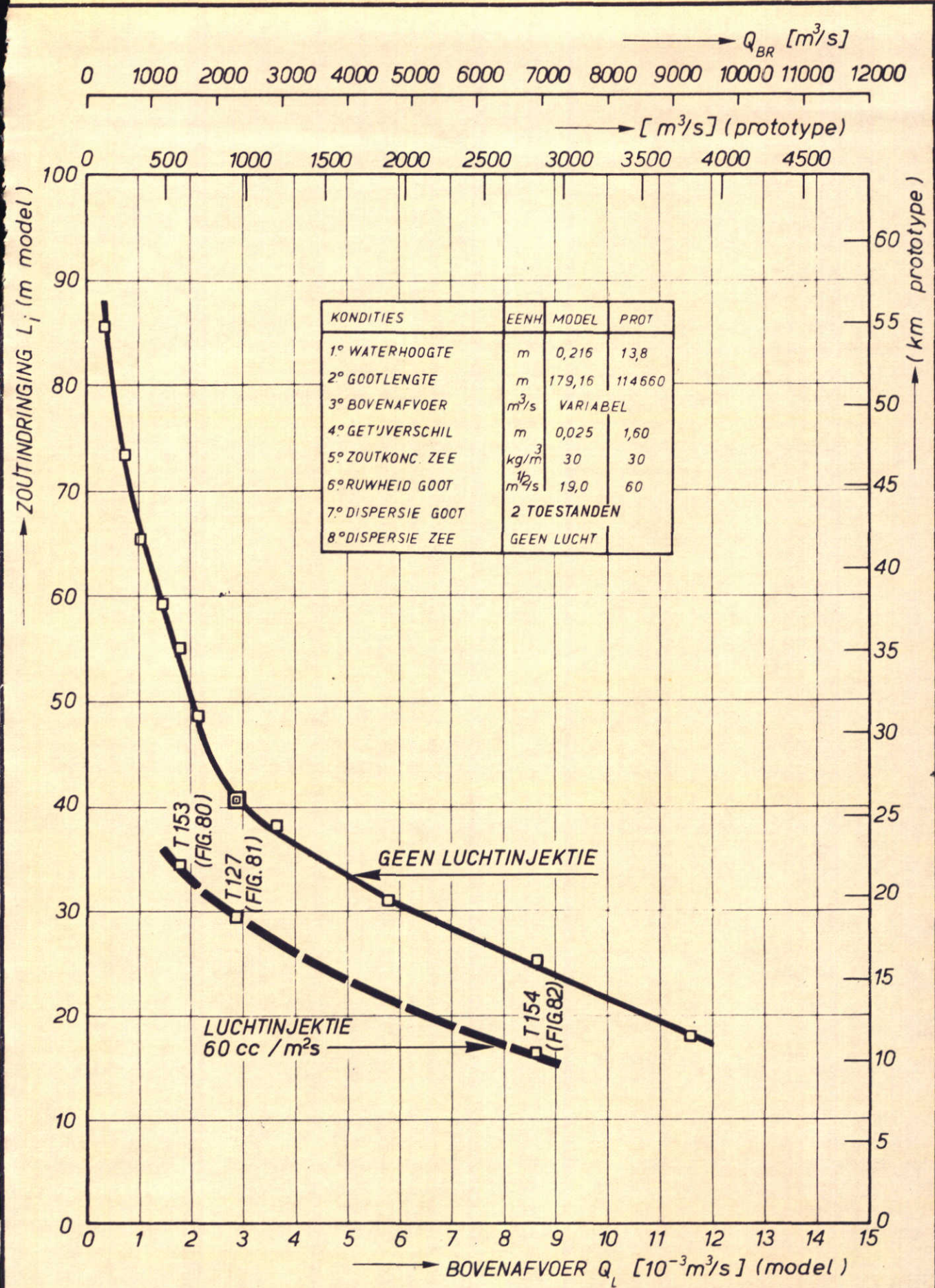
W_K
 A4



INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 152 ($h_0=16\text{ m PROT.}; Q_a=60\text{ cc/m}^2\text{s}$)

- X/ ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ ΔX = 8, 10, 12
- · · X/ ΔX = 14, 16

W_K
 A4



| KONDTIES | EENH | MODEL | PROT |
|-------------------|--------------|----------|--------|
| 1° WATERHOOGTE | m | 0,216 | 13,8 |
| 2° GOOTLENGTE | m | 179,16 | 114660 |
| 3° BOVENAFVOER | m^3/s | VARIABEL | |
| 4° GET'JVERSCHIL | m | 0,025 | 1,60 |
| 5° ZOUTKONC. ZEE | kg/m^3 | 30 | 30 |
| 6° RUWHEID GOOT | $m^{1/2}/s$ | 19,0 | 60 |
| 7° DISPERSIE GOOT | 2 TOESTANDEN | | |
| 8° DISPERSIE ZEE | GEEN LUCHT | | |

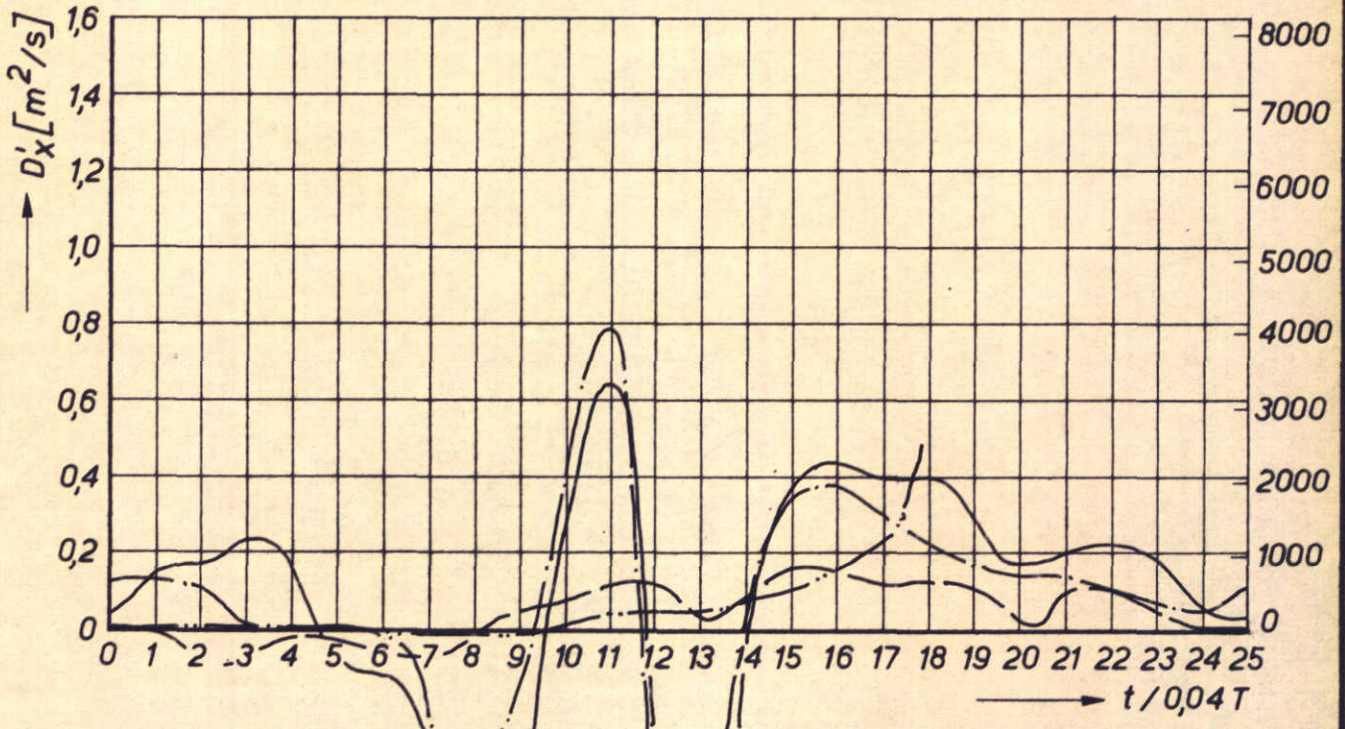
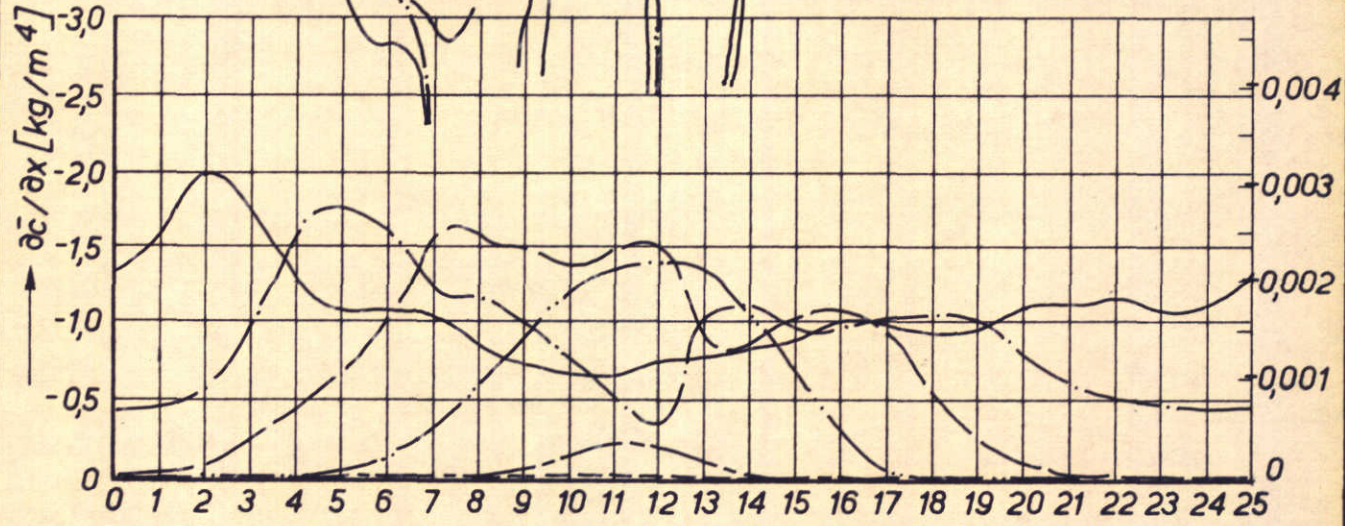
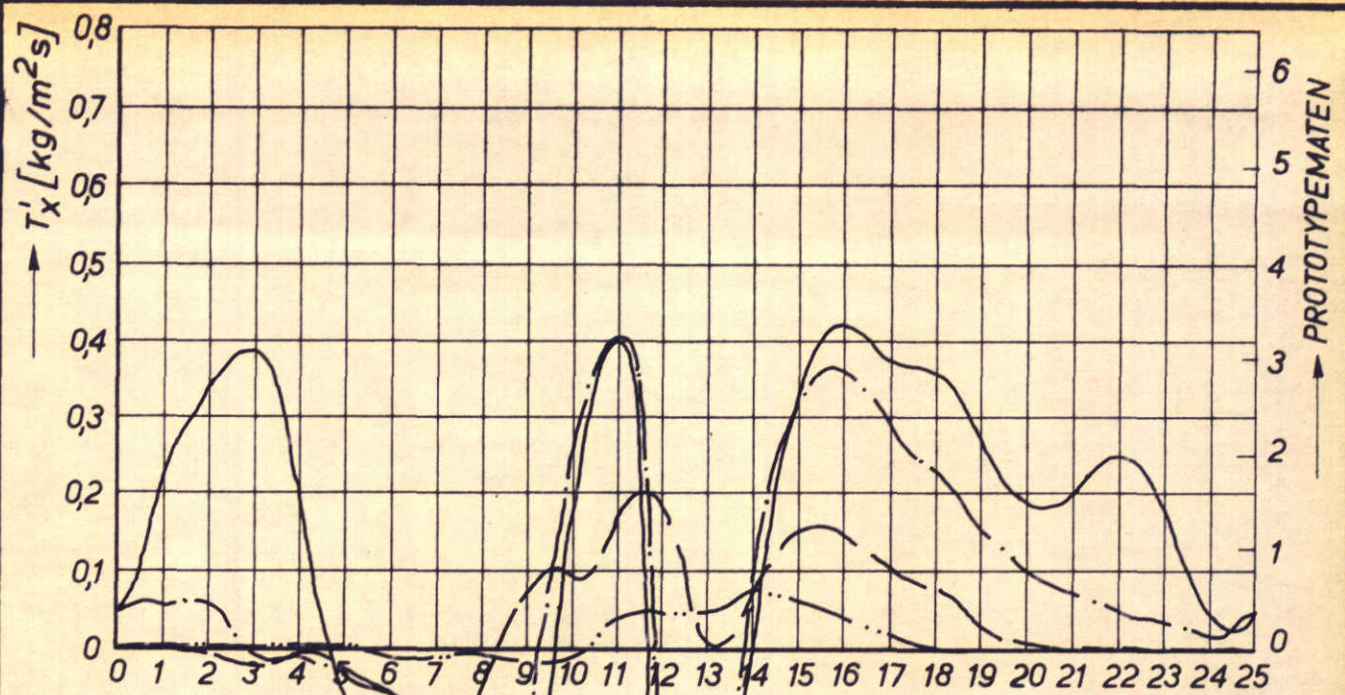
INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE BOVENAFVOER

MEETRESULTATEN
 REFERENTIEPROEF
 ROTTERD. WATERWEG

L^2
 A4

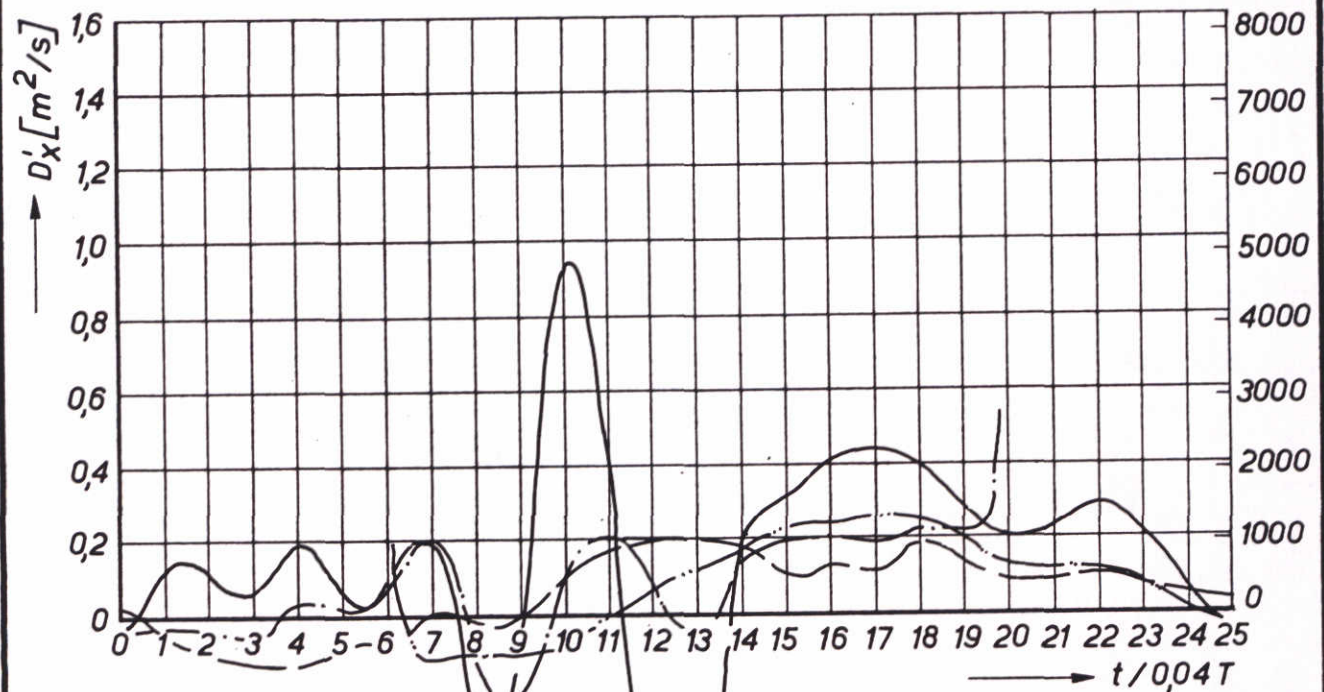
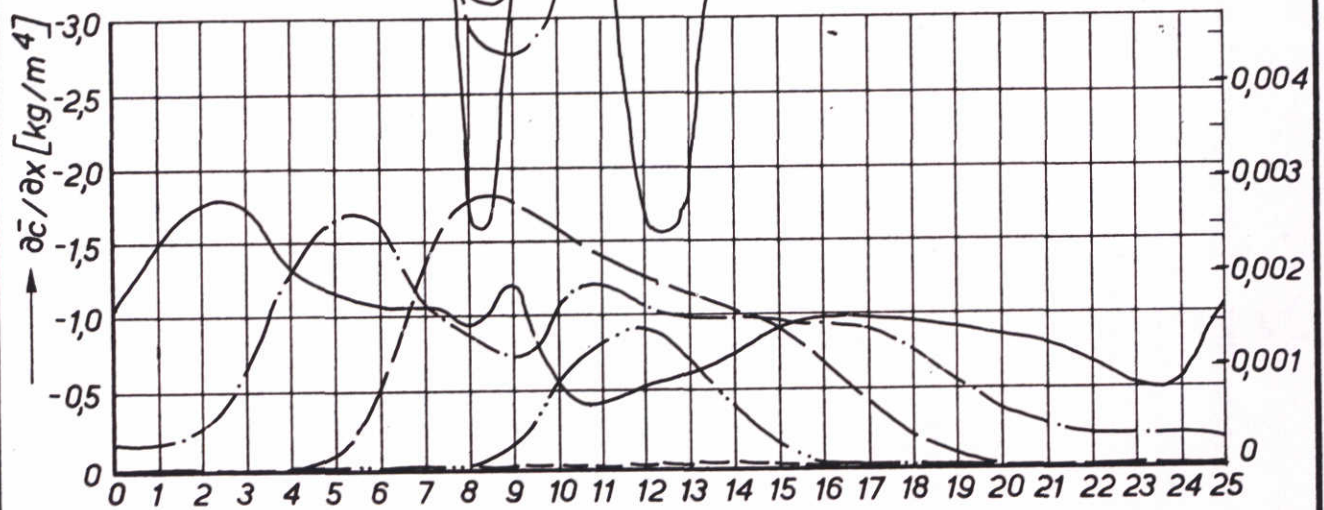
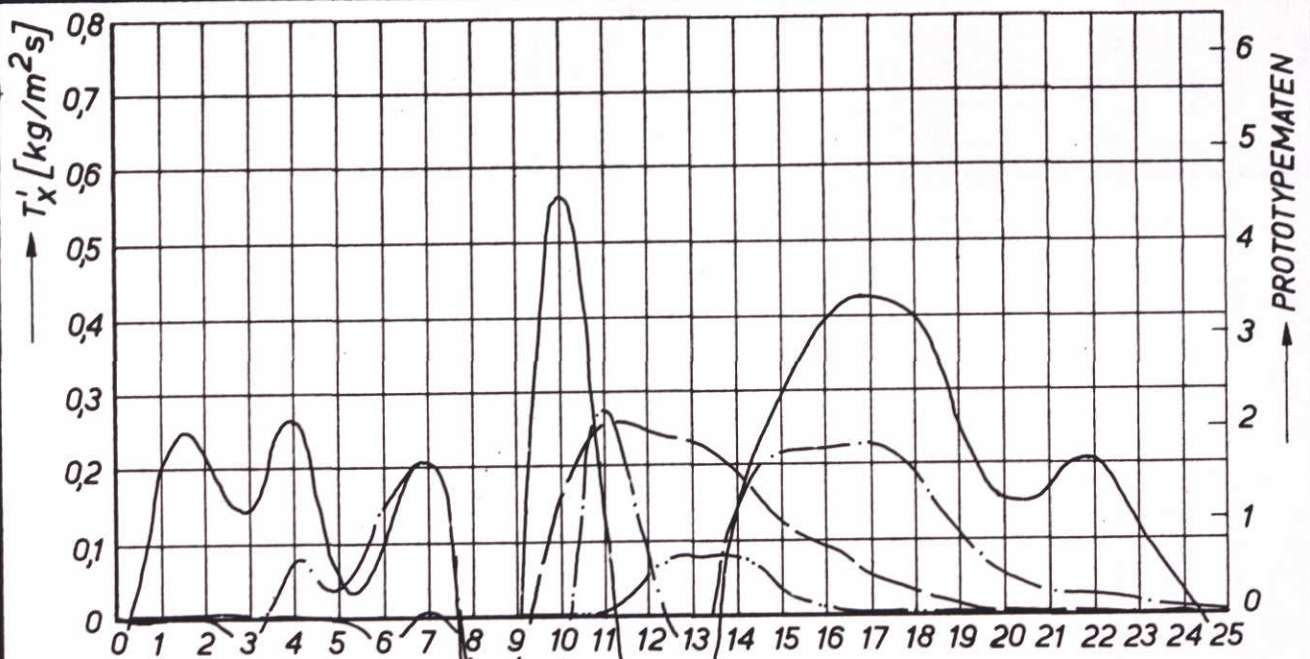
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2214 FIG. 79



INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 153 ($Q_L = 593 \text{ m}^3/\text{s PROT.}; Q_d = 60 \text{ cc}/\text{m}^2\text{s}$)

| | | |
|--|--------------------------|-------------|
| | $X/\Delta X = 2, 4, 6$ | W_K A4 |
| | $X/\Delta X = 8, 10, 12$ | |
| | $X/\Delta X = 14, 16$ | |

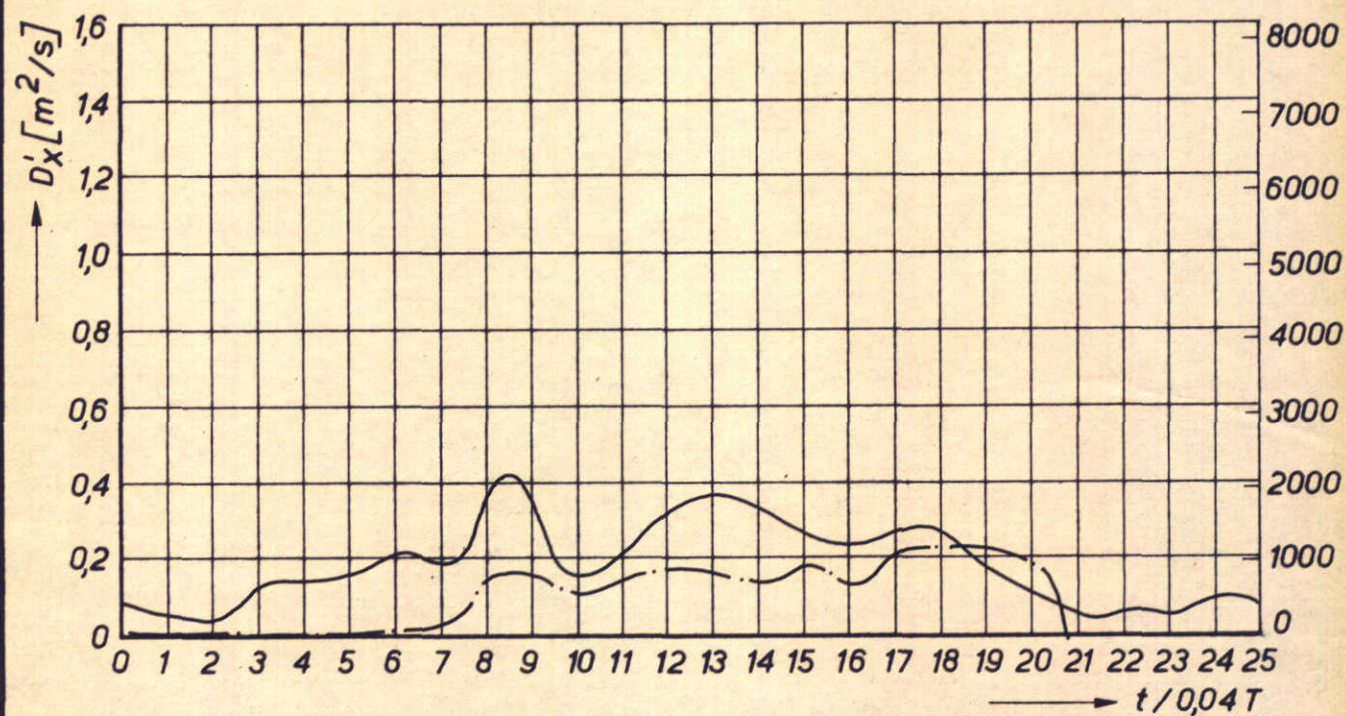
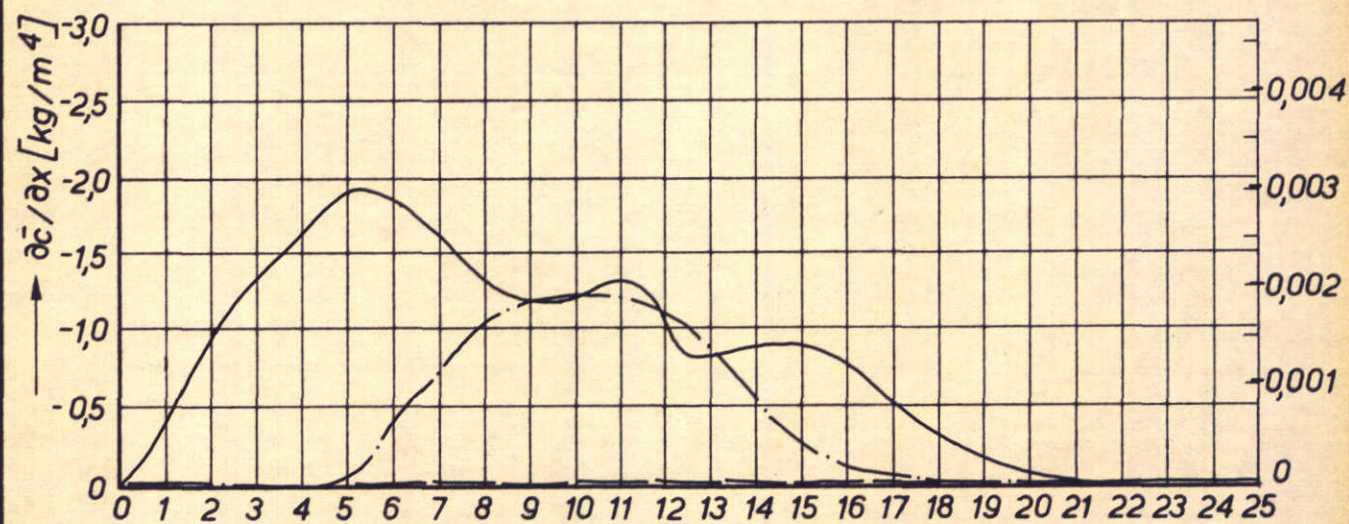
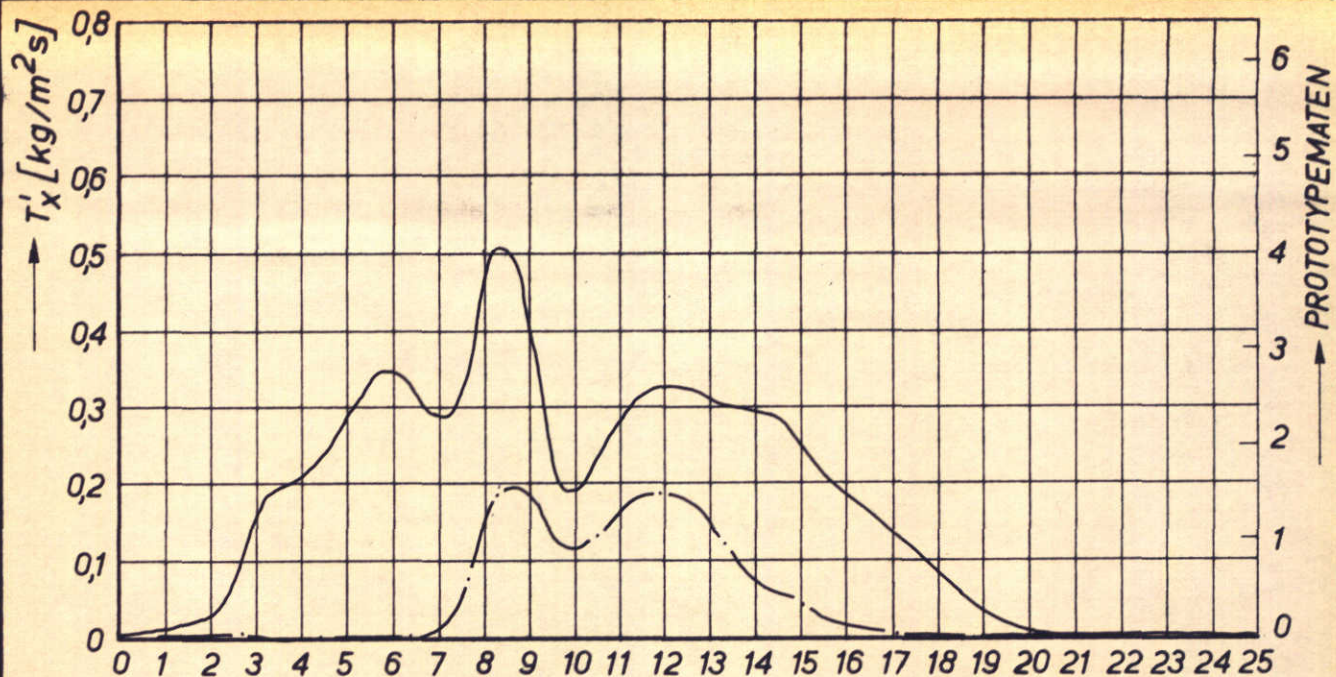


INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE BOVENAFVOER
 PROEF T 127 ($Q_L = 949 \text{ m}^3/\text{s}$ PROT.; $Q_a = 60 \text{ cc}/\text{m}^2\text{s}$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 --- $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

A4



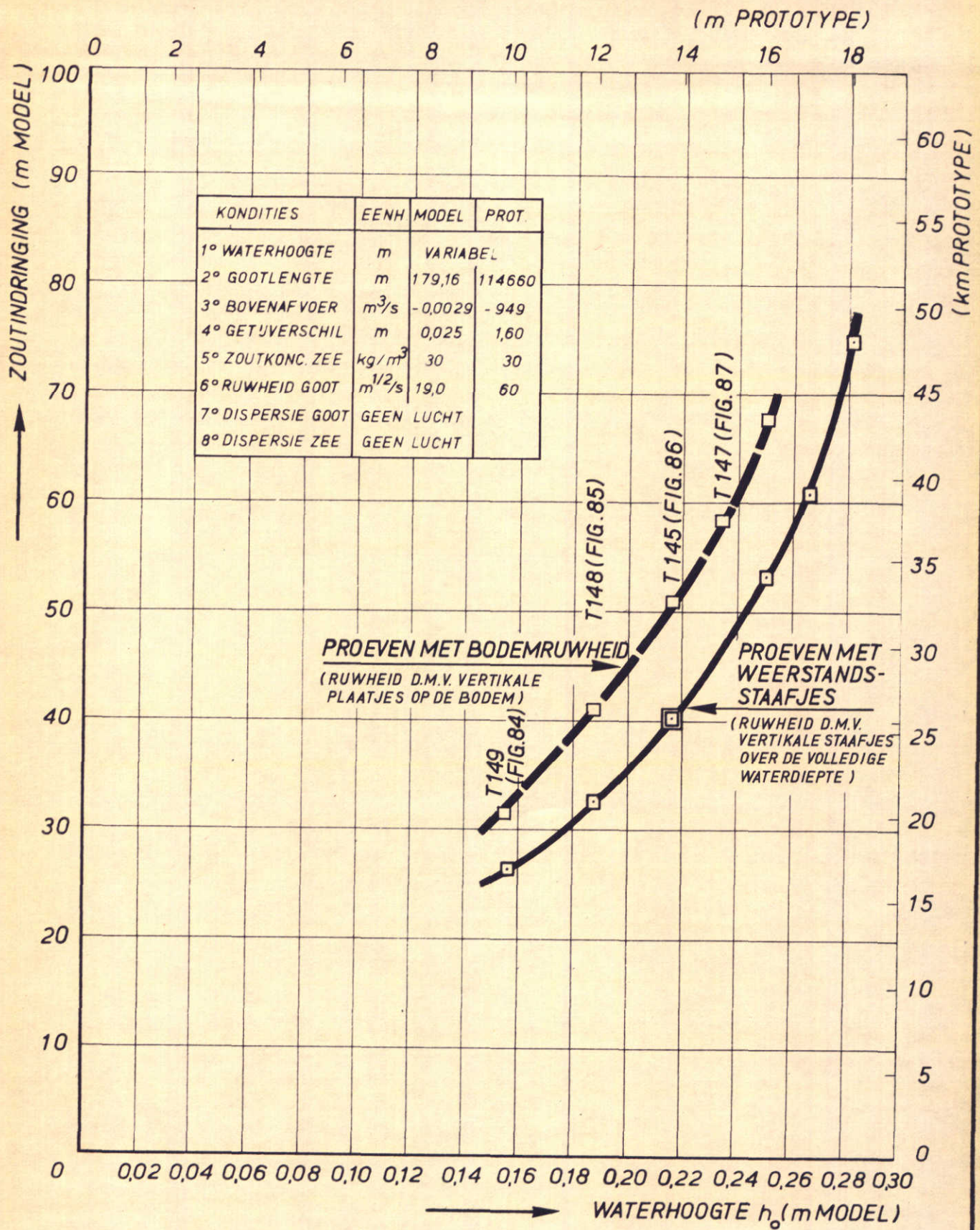
INVLOED LUCHTINJEKTIE BIJ VARIATIE BOVENAFVOER

PROEF T 154 ($Q_L = 2848 \text{ m}^3/\text{s PROT.}$; $Q_d = 60 \text{ cc}/\text{m}^2\text{s}$)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 - · - · $X/\Delta X = 14, 16$

W_K

A4



INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VARIATIE WATERHOOGTE

□ MEETRESULTATEN

P

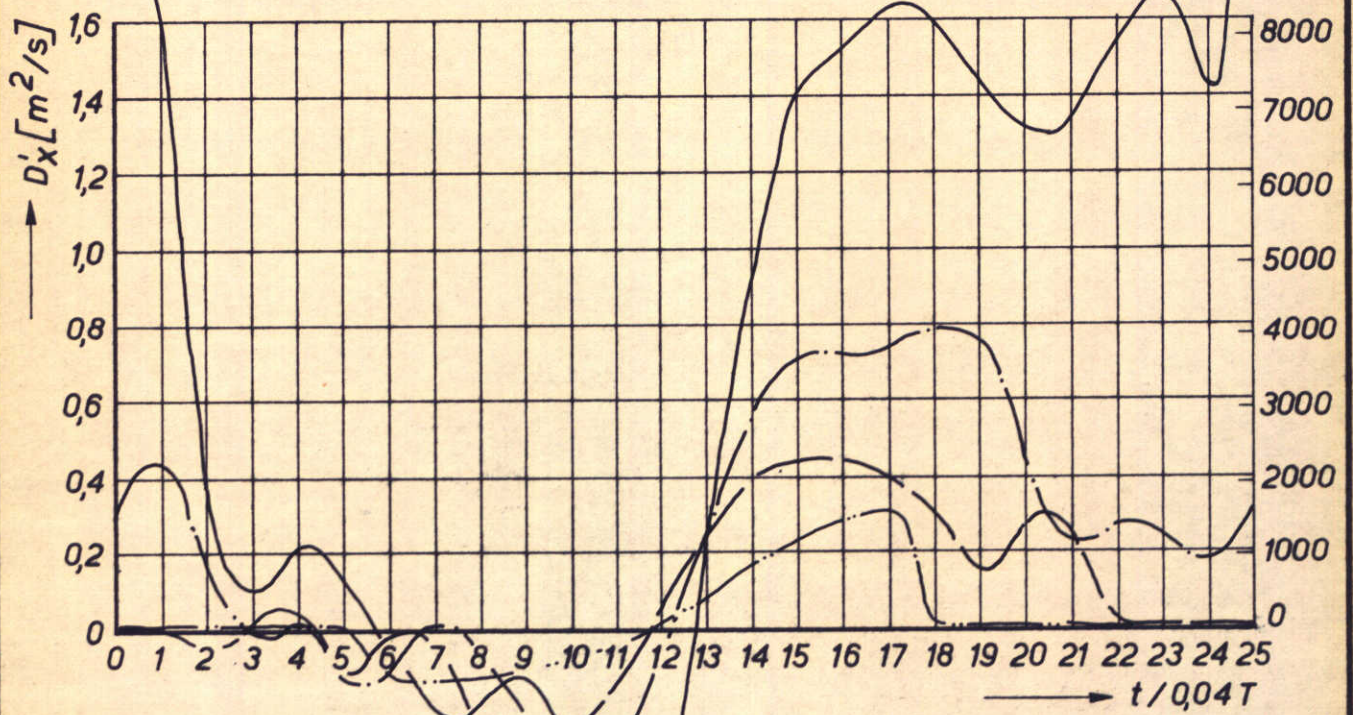
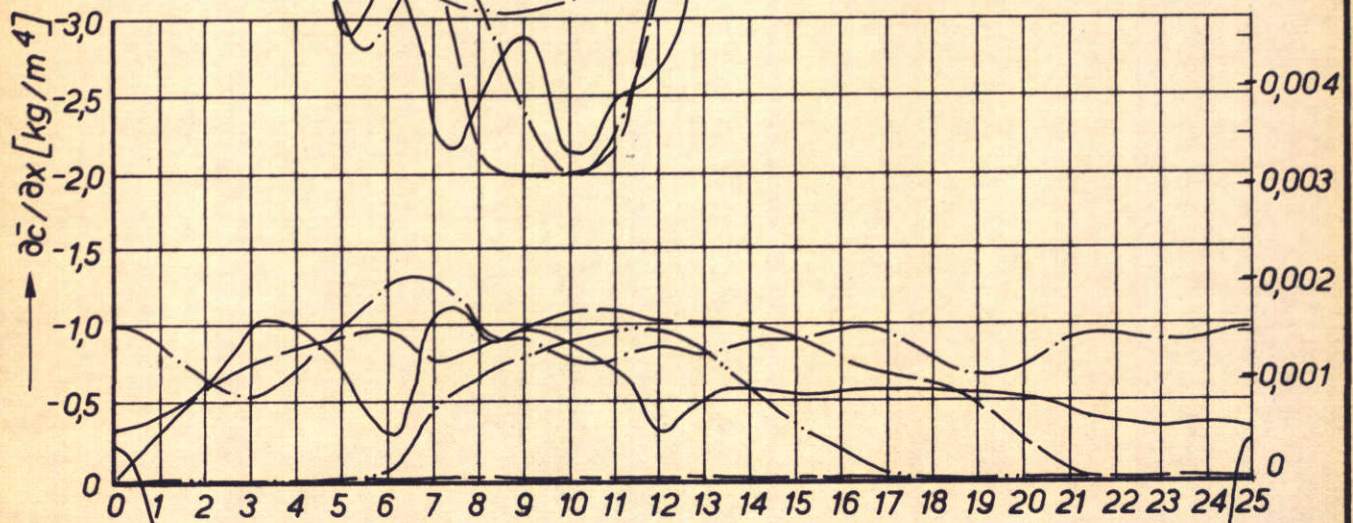
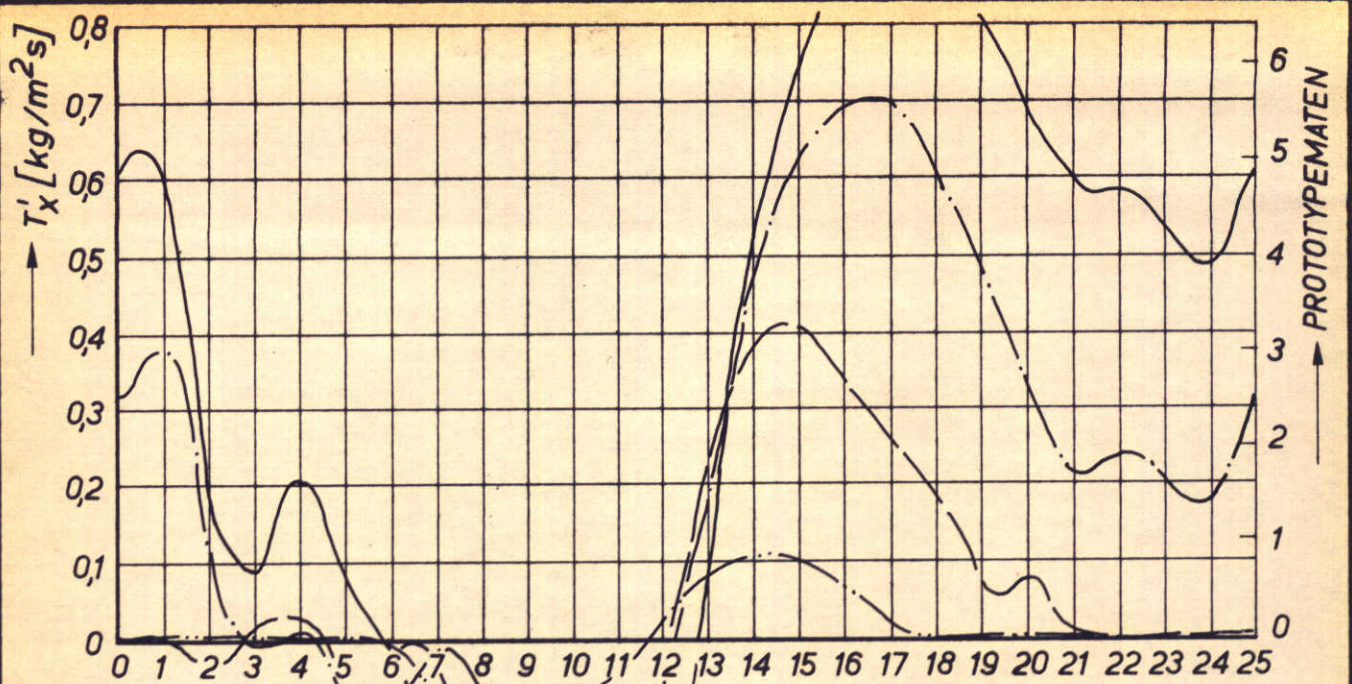
■ REFERENTIE PROEF
ROTTERD. WATERWEG

A4

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.896-2218

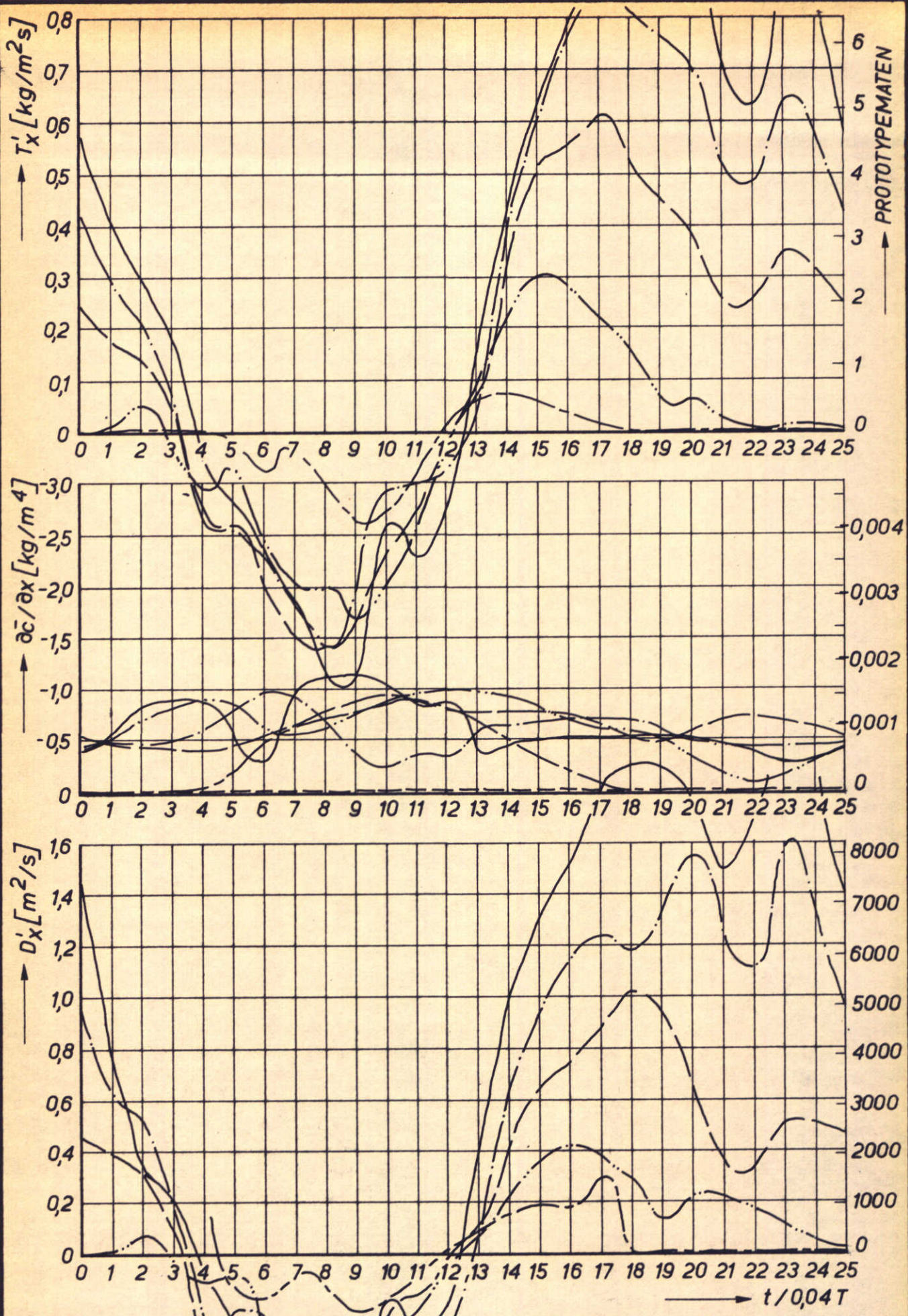
FIG. 83



INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 149 (h = 10 m PROT.; BODEMRUWHEID)

- · — · — $X/\Delta X = 2, 4, 6$
- · — — — $X/\Delta X = 8, 10, 12$
- · — — — $X/\Delta X = 14, 16$

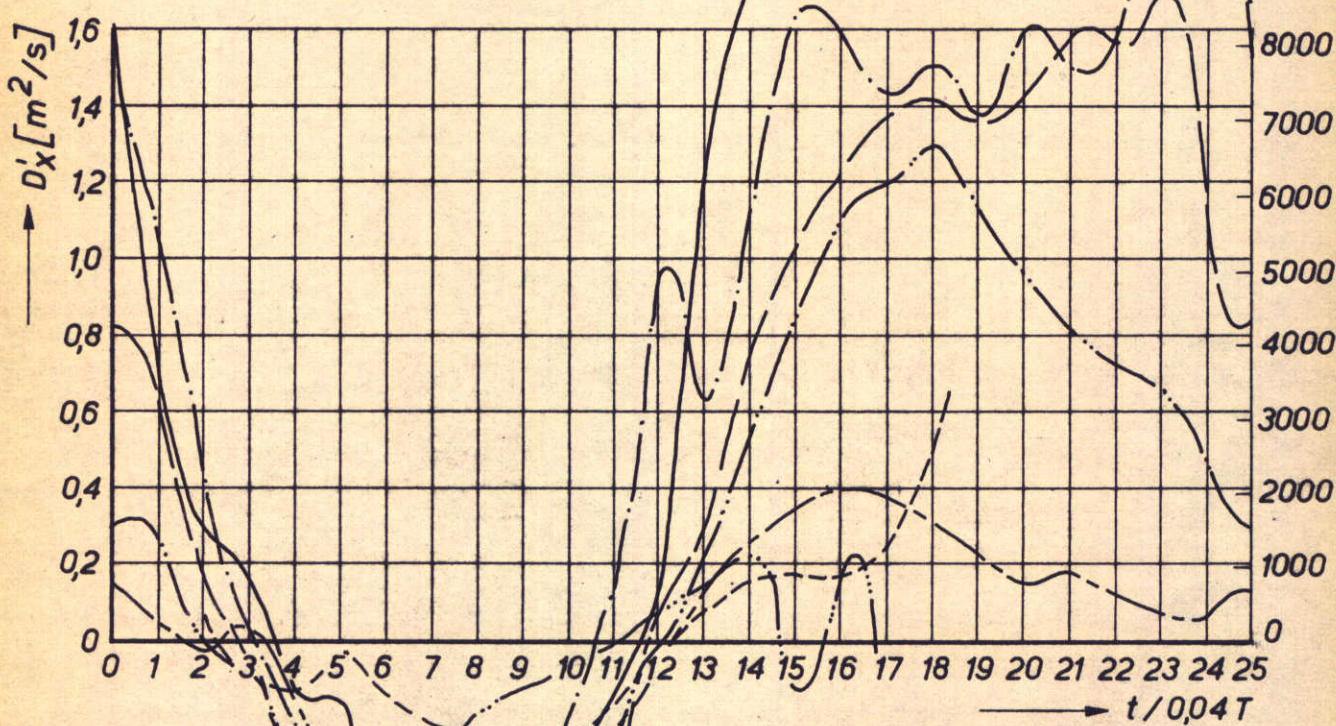
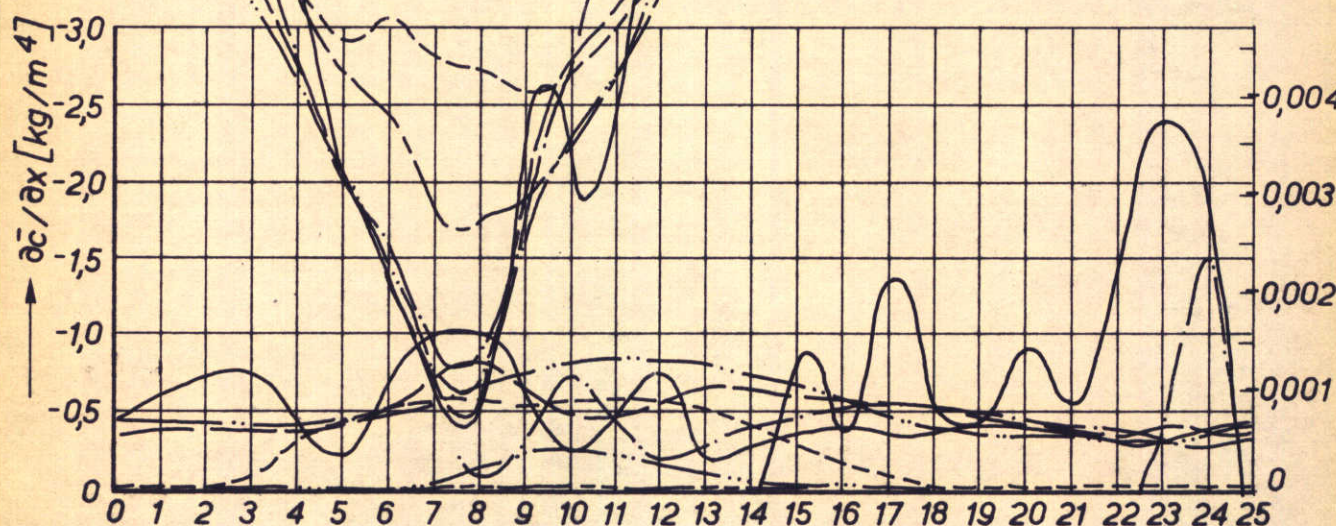
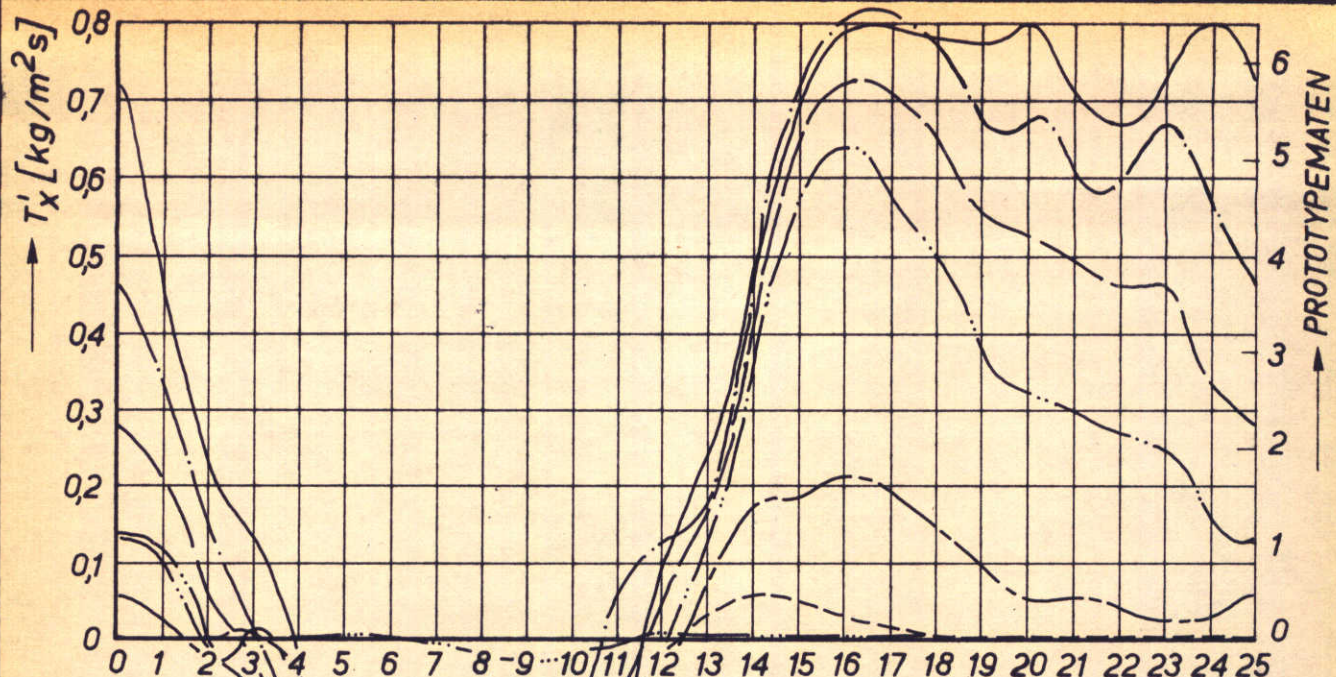
W_K
 A4



INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 148 ($h_0 = 12$ m PROT.; BODEMRUWHEID)

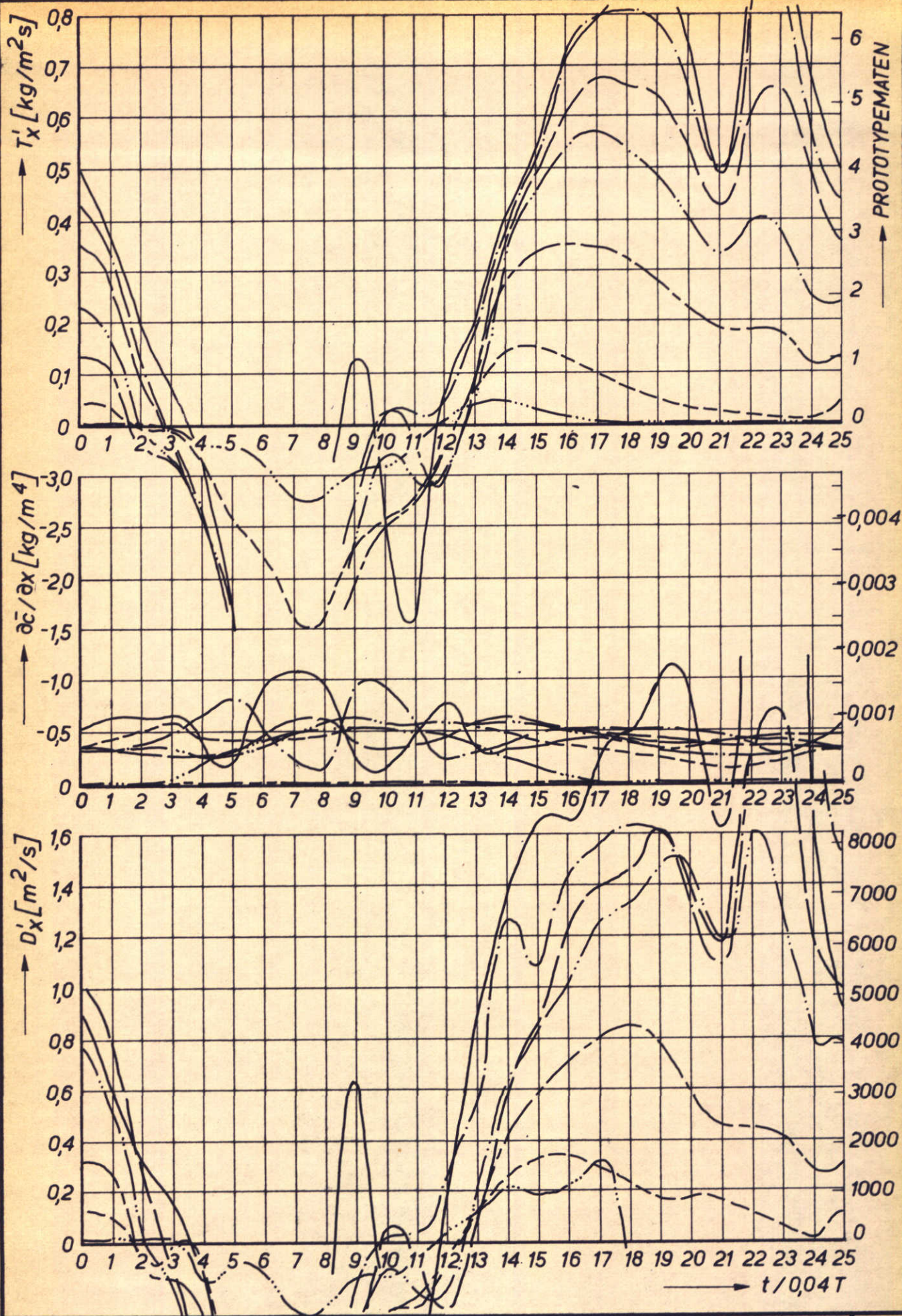
- X/ ΔX = 2, 4, 6
- - - X/ ΔX = 8, 10, 12
- ... X/ ΔX = 14, 16

W_K
 A4



INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 145 ($h_0=13,8$ m PROT.; BODEMRUWHEID)

| | | |
|--|--------------------------|-------|
| | $X/\Delta X = 2, 4, 6$ | W_K |
| | $X/\Delta X = 8, 10, 12$ | |
| | $X/\Delta X = 14, 16$ | |
| | | A4 |



INVLOED TYPE RUWHEID BIJ VARIATIE WATERHOOGTE
 PROEF T 147 (h = 15 m PROT.; BODEMRUWHEID)

--- $X/\Delta X = 2, 4, 6$
 - - - $X/\Delta X = 8, 10, 12$
 - \cdot - \cdot $X/\Delta X = 14, 16$

W_K
 A4

