

VW-HAV- 3217
Veelen- 1970

Deelontwerp:

Vloeistofmechanica.

C.J. van Veelen

Mauritssingel 34

Vlaardingen.

Tel. 01898 - 6098.

Inhoud:

- Hoofdstuk 1 Kombergingsberekening. bladz: 2 - 3
- Hoofdstuk 2 Strooming rond de haven. bladz: 4 - 5
- Hoofdstuk 3 Invloed energie absorberende
taluds op de golfhoogte. bladz: 6 - 21.

Hoofdstuk 1Kombergingsberekening.

Bewegingsvergelijking:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x} = - \frac{\partial h}{\partial x} - I_b + \frac{v^2}{c^2 R} + \frac{b - b_s}{gA} v \frac{\partial h}{\partial t}$$

Voor een diepe en t.o.v. de getijgolf niet lange kom, vallen alle termen weg uit bovengenoemde vergelijking.

Alleen de continuïteitsvoorwaarde houden we dan nog over waaruit is af te leiden bij aanname $h = f(t)$ en $Q = f(x)$

$$Q = B \frac{dh}{dt}$$

Q = hoeveelheid water die de kom binnenkomt.

B = oppervlakte van het bekken. ($B = 506 \cdot 10^4 \text{ m}^2$)

$\frac{dh}{dt}$ = stijging van de waterspiegel in de tijd dt . ($t = 30.60 \text{ sec.}$)

$$Q = \mu A \sqrt{2gz}$$

A = dwarsdoorsnede sluitgat ($A = \text{ongeveer } 10^4 \text{ m}^2$)

z = waterstandsverschil binnen en buiten de kom. (m)

$$\mu = 0,85$$

$$\Delta h = \frac{\mu A \cdot \Delta t}{B} \sqrt{2g} \cdot \sqrt{z}$$

$$\Delta h = \frac{0,85 \cdot 10^4 \cdot 30.60}{5.06 \cdot 10^4} \sqrt{2 \cdot 9.8} \cdot \sqrt{z}$$

$$\Delta h = 13,35 \sqrt{z}$$

$$\Delta h(\text{cm}) = 13,35 \cdot 10^2 \cdot 10^{-1} \sqrt{z} \cdot (z \text{ in cm})$$

$$\Delta h = 133,5 \sqrt{z}$$

Een groot zandtransport met eventueel neerslag van zand in de havenmond is bij de noordelijke haventoeegang dan ook niet te verwachten.

Bij de zuidelijke haventoeegang is de situatie ongunstiger. De snelheden zullen door de verhoudingsgewijs geringe diepte, groter zijn dan die we berekend hebben. Zandtransport zal hier waarschijnlijk wel optreden ondanks dat we buiten de zône van de littoral drift zitten. Een drempel voor de zuidelijke haventoeegang kan men dan ook op de duur verwachten. Omdat alleen schepen van geringe tonnage (vervoer personeel, materiaal etc.) en lege tankers (voor reparatie) van deze havenmond gebruik maken is zandneerslag ten gevolge van de optredende stroomverlamming hier geen bezwaar.

Hoofdstuk 2

Stroming rond de haven.

Door het getij hebben we langs de Nederlandse kust dan weer een stroming in noordelijke richting, dan weer in zuidelijke richting. Ter hoogte van Hoek van Holland is de max. stroomsnelheid in noordelijke richting $0,41 \text{ m/sec.}$, in zuidelijke richting $0,35 \text{ m/sec.}$ Bij een eventueel zandtransport is een resulterend transport in noordelijke richting te verwachten.

Brengen we een obstakel in de stroom (eilandhaven) dan treedt een concentratie van de stroomlijnen op en voorbij het obstakel een wervelstraat met meren. Van belang is de plaats van de loslaatpunten. Met teledeltos papier is geprobeerd een beeld te krijgen van de stroming rond de haven. Het teledeltos papier waarin de haven was uitgeknipt, werd in een "brug van Wheatstone" opgenomen. Met een stift houden we de verschillende equipotentiaalvlakken op het teledeltospapier worden gevonden. Aan de vrije randen mag de invloed van de haven niet merkbaar zijn. We moeten hier equipotentiaalvlakken vinden met steeds gelijke tussenafstanden.

De stroomlijnen werden later ingeschetst.

We zien bij de stroming in noordelijke richting een toename van de snelheid tot ongeveer $1,5 \times 0,41 = \text{ongeveer } 0,60 \text{ m/sec.}$ bij de noordelijke haventoeegang en $\frac{2,9}{1,5} \times 0,41 = \text{ongeveer } 0,90 \text{ m/sec.}$ bij de zuidelijke toegang.

Bij de stroom in zuidelijke richting, bij de noordelijke haventoeegang een $v = \frac{2,9}{2,5} \times 0,35 = \pm 0,40 \text{ m/sec.}$ idem bij de zuidelijke haventoeegang $v = \frac{2,9}{1,5} \times 0,35 = \pm 0,70 \text{ m/sec.}$

Bij de noordelijke haventoeegang blijven de snelheden dus vrij gering $0,6 \text{ m/sec.}$ en $0,4 \text{ m/sec.}$ Gevonden snelheden die aan de ongunstige kant liggen. De diepte is immers niet in het model verrekend.

Een kombergingsberekening blijkt niet reëel. Bij een z van 1 cm ($v = 37,6 \text{ cm/sec.}$) een $\Delta h = 133,5 \text{ cm.}$

Pas bij een $z = 0,1 \text{ cm}$ ($v = 11,9 \text{ cm}$) krijgen we een meer reële $\Delta h = 42 \text{ cm.}$ maar zelfs deze Δh is nog te groot, dus moeten we een nog kleinere z nemen.

De stroming in de havenmond door vullen en ledigen van het havenbekken blijft $< 10 \text{ cm/sec.}$ Dit is zeker het geval bij vullen en ledigen van de haven door de twee openingen.

Wel kunnen er dwarsstromingen in de haven optreden t.g.v. deze twee openingen.

Verschillende snelheden bij de havenmonden, dus een andere $\frac{v^2}{2g}$ geven een verschillende hoogte van de waterspiegels.

Een dwarsstroming zal zeker optreden doordat de verbindingslijn van de havenmonden niet loodrecht is op de heersende getijstroom.

De snelheden bij deze dwarsstroom blijven klein. (\ll dan de eb of vloedstroom).

Hoofdstuk 3

Bij de studie van stromings- en andere verschijnselen komt de vraag op in hoeverre het verloop afhankelijk is van de schaal. Hierbij kunnen ook fysische eigenschappen, dichtheid, oppervlaktenspanning een rol spelen. Er zijn 3 modelregels.

$$\text{Reynolds : } R_e = \frac{vR}{\nu}$$

$$\text{Froude : } F_r = \frac{v^2}{gL}$$

$$\text{Weber : } W_e = \frac{v^2 L}{C} \quad (C = \text{oppervlakte spanning})$$

Aan alle modelregels kunnen we niet tegelijkertijd voldoen.

Welke kengetallen zijn voor het onderzoek van belang?

Allereerst het getal van Reynolds. In werkelijkheid turbulentie maar dan ook in model $R_e > 500$ anders is vergelijken niet goed mogelijk.

$$\text{model } R_{\min.} = 0,20 \text{ m}$$

$$\nu = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec.}$$

$$\frac{v \cdot 0,2}{2 \cdot 10^{-6}} > 500$$

$$v > 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec.}$$

Van belang is verder het getal van Weber. W_e moet boven een zekere grens liggen om de storende invloed van de oppervlaktenspanning te kunnen verwaarlozen. Vooral bij sterk vertrokken schaal (korte, hoge golf in model) heeft de oppervlaktenspanning vergeleken met de zwaartekracht grotere invloed.

De oppervlaktenspanning heeft grotere invloed naarmate de absolute grootte van de golf in het model afneemt.

Bij een model onderzoeken we een fysisch verschijnsel. Door een aantal dimensionele grootheden wordt dit verschijnsel bepaald. We kunnen al deze dimensionele grootheden gaan variëren, maar dan is een zeer groot aantal proeven nodig.

Met dimensie analyse combineren we de dimensionele grootheden tot dimensieloze grootheden, waarin het verschijnsel is uit te drukken. Het aantal dimensieloze grootheden is verder 3 kleiner dan het aantal dimensionele grootheden. We beperken dus nu de proevenseries, door de gevonden dimensieloze grootheden te variëren.

| | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|---------------------|
| | H | D | ρ | g | T | $\text{tg } \alpha$ |
| m | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| l | 1 | 1 | -3 | 1 | 0 | 0 |
| t | 0 | 0 | 0 | -2 | +1 | 0 |

$$x_3 = 0$$

$$x_1 + x_2 - 3x_3 + x_4 = 0$$

$$-2x_4 + x_5 = 0$$

$$x_3 = 0$$

$$x_2 = -x_1 - x_4$$

$$x_5 = 2x_4$$

$$H^{x_1} \quad D^{-x_1-x_4} \quad \rho^0 \quad g^{x_4} \quad T^{2x_4} \quad \text{tg } \alpha^{x_6}$$

$$\left(\frac{H}{D}\right)^{x_1} \quad \left(\frac{gT^2}{D}\right)^{x_4} \quad (\text{tg } \alpha)^{x_6}$$

We nemen voor $x_1 = 1$

$$x_4 = -1$$

$$x_6 = 1$$

$$\frac{H}{D}, \quad \frac{D}{gT^2}, \quad \text{tg } \alpha$$

| Model | 1 | 2 | 3 | Haven | 1 | 2 |
|------------|-------|-------|-------|------------|---|-----------|
| T_m | 1,06 | 1,06 | 1,06 | T_h | 8 | 10 (sec.) |
| D_m | 0,20 | 0,30 | 0,40 | D_h | | (m) |
| L_m^* | 1,30 | 1,50 | 1,60 | L_h | | (m) |
| H_m | 0,039 | 0,054 | 0,065 | H_h | | (m) |
| taludbekl. | 0,065 | 0,065 | 0,065 | taludbekl. | | (m) |

grint

$$c = \sqrt{\frac{gl}{2\pi} \operatorname{tgh} \frac{2\pi D}{L}} \quad 1$$

$$L = c T \quad 2$$

$$\text{Uit 1 en 2} \quad L = \frac{gT^2}{2} \operatorname{tgh} \frac{2\pi D}{L} \quad 3$$

* Met formule 3 de golflengte L bepaald bij de 3 gegeven waterstanden in het in het model.

$$n_d = \frac{D_h}{D_m} \quad \begin{array}{l} \text{(diepte haven)} \\ \text{(diepte model)} \end{array} \quad 4$$

$$n_t = \frac{T_h}{T_m} \quad \begin{array}{l} \text{(periode haven)} \\ \text{(periode model)} \end{array} \quad 5$$

$$n_l = \frac{L_h}{L_m} \quad \begin{array}{l} \text{(golflengte haven)} \\ \text{(golflengte model)} \end{array} \quad 6$$

$$n_l = \frac{L_h}{L_m} = \frac{\frac{gT_h^2}{2\pi} \operatorname{tgh} \frac{2\pi D_h}{L_h}}{\frac{gT_m^2}{2\pi} \operatorname{tgh} \frac{2\pi D_m}{L_m}} = \frac{T_h^2}{T_m^2} \frac{\operatorname{tgh} \frac{2\pi D_h}{L_h}}{\operatorname{tgh} \frac{2\pi D_m}{L_m}}$$

$$n_l = n_t^2 \cdot \frac{\operatorname{tgh} \frac{2\pi D_m \cdot n_d}{L_m \cdot n_l}}{\operatorname{tgh} 2\pi \frac{D_m}{L_m}}$$

$$n_1 = n_t^2 \frac{\operatorname{tgh} \frac{2\pi D_m}{L_m} \cdot \frac{n_d}{n_1}}{\operatorname{tgh} \frac{2\pi D_m}{L_m}}$$

7

We moeten nu 2 gevallen nader uitwerken.

A : $n_{t_1} = \frac{8}{1,06} = 7,55 \rightarrow n_{t_1}^2 = 57,0$

B : $n_{t_2} = \frac{10}{1,06} = 9,44 \rightarrow n_{t_2}^2 = 89,0$

Voor deze 2 gevallen zijn ieder 3 waterstanden bekeken.

1 waterstand 0,20 m $\frac{2\pi D_m}{L_m} = \frac{2 \cdot 0,2}{1,3} = 0,967$

2 waterstand 0,30 m $\frac{2\pi D_m}{L_m} = \frac{2 \cdot 0,3}{1,5} = 1,258$

3 waterstand 0,40 m $\frac{2\pi D_m}{L_m} = \frac{2 \cdot 0,4}{1,6} = 1,571$

$$\operatorname{tgh} x = \frac{\sin h x}{\cos h x} = \frac{\frac{1}{2}(e^x - e^{-x})}{\frac{1}{2}(e^x + e^{-x})} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| n_d/n_1 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |
| $\operatorname{tgh} 0,967 \cdot n_d/n_1$ | 0,821 | 0,784 | 0,747 | 0,650 | 0,523 |
| $\frac{\operatorname{tgh} 0,967 \cdot n_d/n_1}{\operatorname{tgh} 0,967}$ | 1,10 | 1,05 | 1 | 0,870 | 0,700 |

A₁ $n_1 = 62,7$ 59,9 57 49,6 40,0

$n_t = 7,55$ $n_d = 75,2$ 66,0 57 39,6 24,0

B₁

$n_t = 9,44$ $n_1 = 97,8$ 93,5 89 77,5 62,3

$n_d = 117,5$ 103,0 89 62,0 37,4

| | | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|
| n_d/n_1 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |
| $\text{tgh } 1,258 \frac{n_d}{n_1}$ | 0,908 | 0,880 | 0,847 | 0,781 | 0,636 |
| $\frac{\text{tgh } 1,258 \frac{n_d}{n_1}}{\text{tgh } 1,258}$ | = 1,07 | 1,04 | 1,0 | 0,923 | 0,750 |

| | | | | | | |
|--------------|---------|------|------|----|------|------|
| A_2 | $n_1 =$ | 61,0 | 58,1 | 57 | 52,8 | 42,8 |
| $n_t = 7,55$ | $n_d =$ | 73,3 | 64,0 | 57 | 42,3 | 25,7 |

| | | | | | | |
|--------------|---------|--|--|----|------|------|
| B_2 | $n_1 =$ | | | 89 | 82,1 | 66,7 |
| $n_t = 9,44$ | $n_d =$ | | | 89 | 65,6 | 40,0 |

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| n_d/n_1 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| $\text{tgh } 1,571 \frac{n_d}{n_1}$ | 0,916 | 0,847 | 0,735 | 0,653 | 0,560 |
| $\frac{\text{tgh } 1,571 \frac{n_d}{n_1}}{\text{tgh } 1,571}$ | = 1,0 | 0,925 | 0,802 | 0,713 | 0,611 |

| | | | | | | |
|--------------|-------|----|------|------|------|------|
| A_3 | n_1 | 57 | 52,8 | 45,7 | 40,6 | 34,8 |
| $n_t = 7,55$ | n_d | 57 | 42,3 | 27,4 | 20,3 | 13,5 |

| | | | | | | |
|--------------|-------|----|------|------|------|------|
| B_3 | n_1 | 89 | 82,4 | 71,4 | 63,5 | 49,8 |
| $n_t = 9,44$ | n_d | 89 | 66,0 | 42,8 | 31,8 | 20,0 |

Bij een havenmond met een diepte van 20,- m is de diepteschaal :

$$n_{d1} = 100$$

$$n_{d2} = 66,7$$

$$n_{d3} = 50,-$$

Als we de modelgolfhoogten H_m met deze schaal vermenigvuldigen,
krijgen we golfhoogten van 3,90 m , 3,60 m, en 3,25 m.

Voor de Noordzee zijn deze golfhoogten te laag (4,- - 6,-m)

Bij de gegeven modeldiepte zullen we moeten zorgen voor een
grotere golfhoogte. In ieder geval zal men de verhouding $\frac{H}{D}$ moeten
wijzigen bij een constant houden van $\frac{D}{gT^2}$

De eerste metingen werden gedaan bij de 40 cm. waterstand.

Om eerder genoemde reden was voor het golfschot een "dakje" van steengas aangebracht. Desondanks werd in raai 3 nog een energiewinst geconstateerd. De gehele meting is daarom nog een keer overgedaan. Het bleek dat de $E H^2$ in een raai niet zo constant was als in eerste instantie aangenomen. Afwijkingen van de eerste metingen van 4,5% tot 9,1%.

De oorzaak van deze afwijking kan gevolg zijn van:

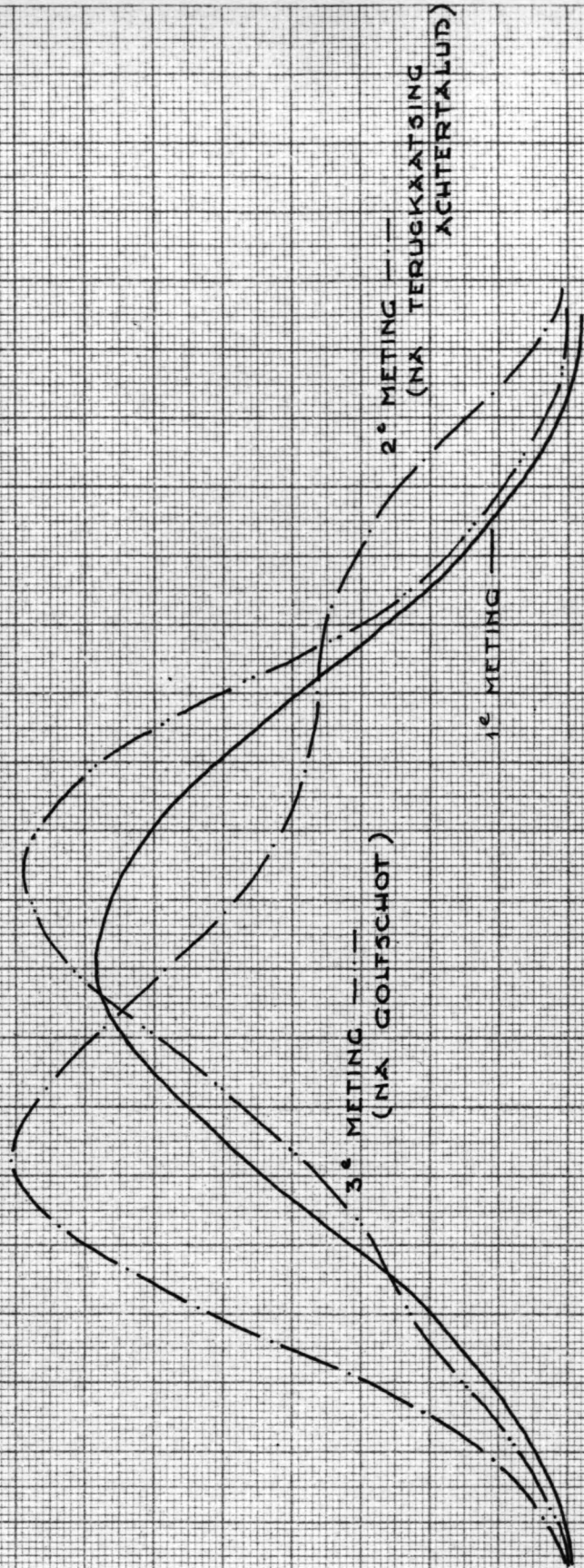
1. meetinstrument.
2. variatie in de gemeten golfhoogte
 - a. wind
 - b. waterstand
 - c. tijd
3. aflezing.

ad 1. Voor het meten van de golfhoogte in een raai werd de meetapparatuur geijkt. Deze ijking werd gecontroleerd aan het einde van iedere raai. Zo nodig werd de apparatuur dan bijgesteld. Afwijkingen (soms 4,2 i.p.v. 4 cm) zijn verwerkt in de uiteindelijke resultaten. Als de afwijking niet gelijkmatig maar pas bij de laatste metingen is opgetreden, geeft dit een fout in de uitkomst van ongeveer 5%.

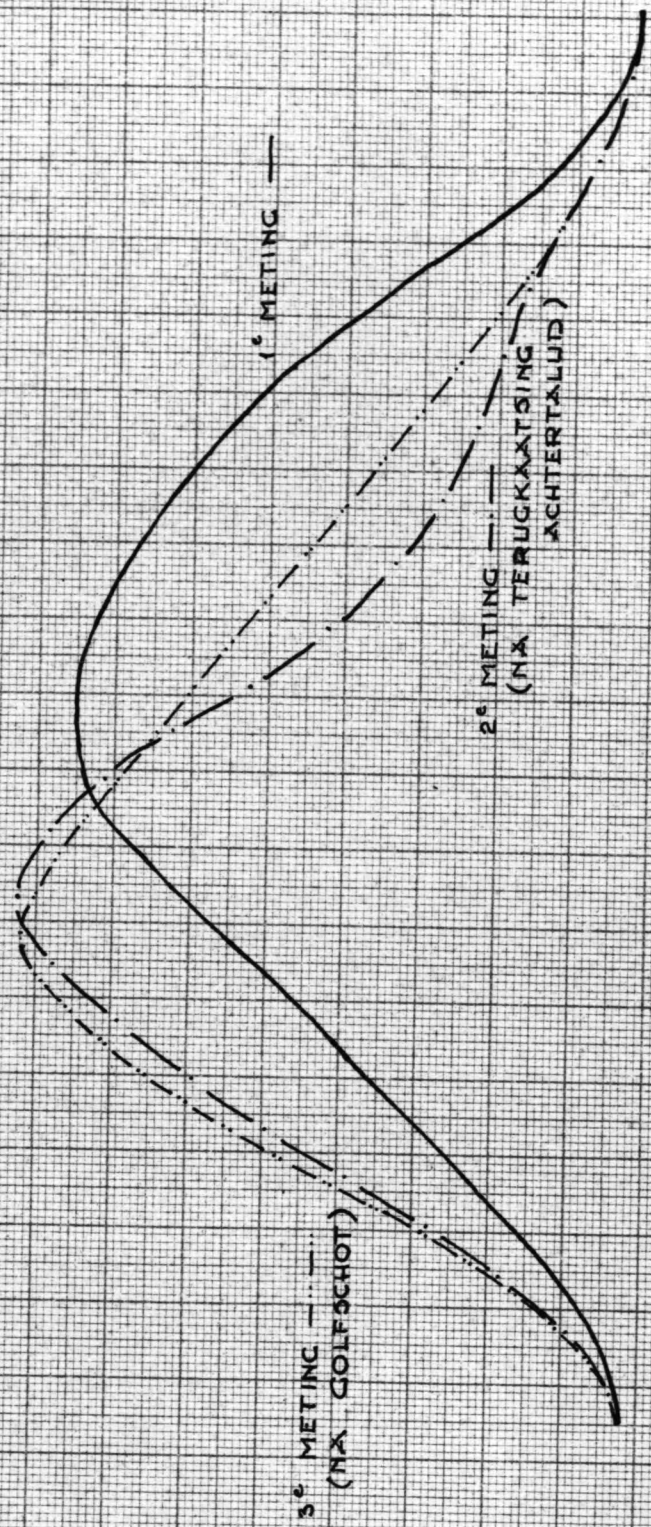
ad 2. a Variaties in de golfhoogte door windstoten zijn zeker mogelijk. Daarom is alleen gemeten bij windstil weer en zeer matige wind.

b De waterstand schommelde om de vereiste waterstand + of - 1 mm. Bij een afwijking 1 mm werd de waterstand gecorrigeerd.

Vooraf bij lage waterstanden kan een kleine fout in de waterstand grote gevolgen hebben. Een verschil van 2 mm bij een waterdiepte van 0,20 m, geeft een verschil in golflengte van 0,5 cm (theorie). Hierdoor zullen dus de knopen en buiken van de staande golf van plaats veranderen. Komt men verder van het achter-



DUNT-METING RAXI 3 - 10.50
 WATERDIEPTE 0.30 M
 GRINTTALUD 1.20



PUNT-METING RXXI 2 - 1150
 WATERDIEPTE 0.30 M
 GRINTTALUD 1.20

talud 1 : 10 waarop een gedeeltelijke terugkaatsing, dan moet de afwijking toenemen.

In een paar punten waarbij korte uitschrijving een "dubbele top" optrad, zijn metingen verricht. De golfmachine werd uitgezet en pas bij vlakke waterspiegel weer aangezet. Ook de opnameapparatuur werd dan aangezet met lange uitschrijvingen.

Bij 2 van de 3 metingen in de raaien 2 en 3 bleek:

1^e dat de golfhoogte na het voor de tweede keer passeren van de opnameapparatuur toegenomen was. Een gedeeltelijke reflexie tegen het achtertalud 1 : 10.

2^e dat bij het voor de tweede keer passeren de golf sterk vervormde. Ook het golfschot heeft echter nog een zekere invloed. Opnieuw een enigszins vervormde golf. Hierna bleek geen systematiek meer te vinden in de opgenomen golfkrommen. De vormen wijzigden zich steeds, zij het minder opvallend.

ad 2. c. Variaties van de golfhoogte in de tijd. Ook hiervoor zijn enige metingen gedaan (korte uitschrijvingen). Tussen de minimale en de maximale waarde bleek een verschil van 15% te kunnen zitten.

Deze variaties worden veroorzaakt door:

1. geringe slingering in het model.
2. accumulatie van secundaire effecten.

Teruggekaatste golven niet alleen van achtertalud maar ook van de zijbegrenzungen. Bij een golfschot dat niet \perp op de lengterichting van de golfbak treedt zeker terugkaatsing op tegen de zijwanden.

Dooreen groot aantal metingen kunnen we deze variatie eruit middelen .

ad 3. De aflezing van golfhoogten kan systematisch te hoog of te laag zijn. Bij uitwerken van verschillende raaiën door verschillende personen is de EH^2 van sommige raaiën dus te laag van andere systematisch te hoog. Aan de hand van een door beide uitgewerkte raai bleek de fout te liggen in de orde van 2%.

Bij deze onderzoeken is het in eerste instantie de bedoeling om het verminderen van de golfenergie in de opeenvolgende raaiën (H^2) te bepalen. Door ons werden onderzocht de helling 1 : 20 bij de waterstanden 0,2 0,3 en 0,4 m, en dezelfde helling maar nu met een taludbedekking van 6,5 cm grint.

Aan het grint werd de eis gesteld : stabiliteit ook bij een helling 1 : 6. Gebruikt werden de gegevens uit "Design of Rock - Fill Breakwaters" door P.A. Hedar.

$$\text{Gewicht van steen} = \frac{\text{Const. } (H)^3 \cdot \gamma_s}{(\gamma_s - 1)^3 (\cos\alpha - \sin\alpha)^3}$$

Aan de hand van proeven werd bij een helling 1 : 6 en een $\gamma_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ een constante $C = 14,7 \cdot 10^{-3}$ gevonden.

Bij een golfhoogte van 0,20 m is het gewicht van de steen 125 gram.

De golfhoogte geschat op maximaal 8 cm. Het vereiste gewicht wordt dan $(\frac{8}{20})^3 \cdot 125 =$ ongeveer 8 gram. Gebroken grint tussen de zeefmaat 1,8 en 2,4 bleek hieraan te voldoen.

De door de refractie bijdraaiende golf ondervindt op het grinttalud een veel grotere wrijving. Verder ontstaat in de 6,5 cm dikke grintlaag een vermoedelijk turbulente grondwaterstroom.

Om de energieafname bij de verschillende taluds en waterstanden te kunnen vergelijken is met de methode van de kleinste kwadraten de lijn bepaald die zo goed mogelijk aansluit bij de gevonden punten. Hiervoor werden de punten gebruikt, uitgedrukt in percentages van de energie in raai 1.

Bij de waterstanden 0,40 en 0,30 m is alleen gebruik gemaakt van de punten in de raaiën 2,3,4, en 5. De punten van raai 1 en 2 moeten op vrijwel gelijke hoogte liggen. Het refractiescherm loopt door voorbij de 2^e raai dus alleen energie verlies door wrijving.

Waterstand 0,40 m 1 : 20 meting 1

| x | y | d | d^2 |
|---------|------|----------------|--|
| (0 , 0) | | (-b) | (b^2) |
| 5 | 0,7 | 0,7 - 5 m - b | 0,49 + 25 m^2 + b^2 -1,4b +10mb - 7m |
| 10 | -0,2 | -0,2 - 10m - b | 0,04 + 100 m^2 + b^2 +0,4b +20mb + 4m |
| 15 | 1,6 | 1,6 - 15m - b | 2,56 + 225 m^2 + b^2 -3,2b +30mb - 48m |
| 20 | 3,7 | 3,7 - 20m - b | 13,78 + 400 m^2 + b^2 -7,4b +40mb -148m |
| | | | <hr/> |
| | | | 16,78 +750 m^2 +4 b^2 -11,6b+100mb-199m. |

$$f_m = 1500 m + 100 b - 199 = 0$$

$$f_b = 100 m + 8 b - 11,6 = 0$$

$$b = - 1,25$$

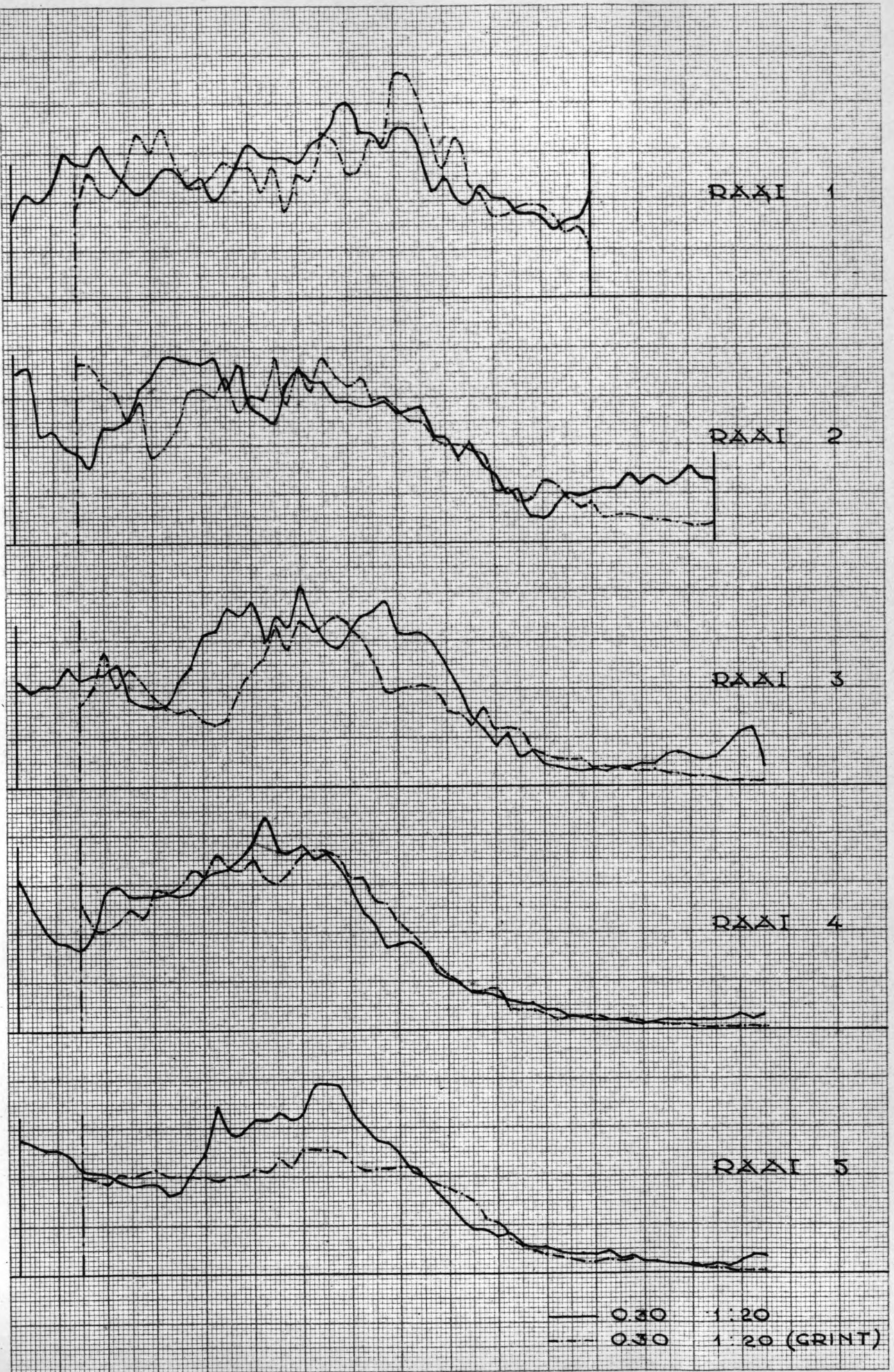
$$m = 0,216 = 0,108 \%$$

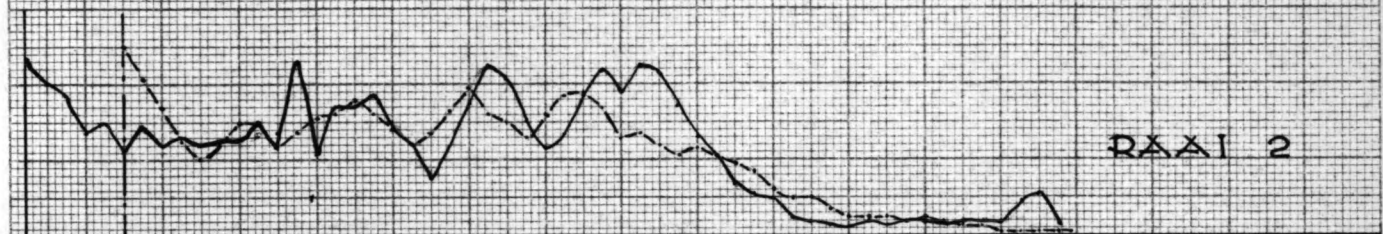
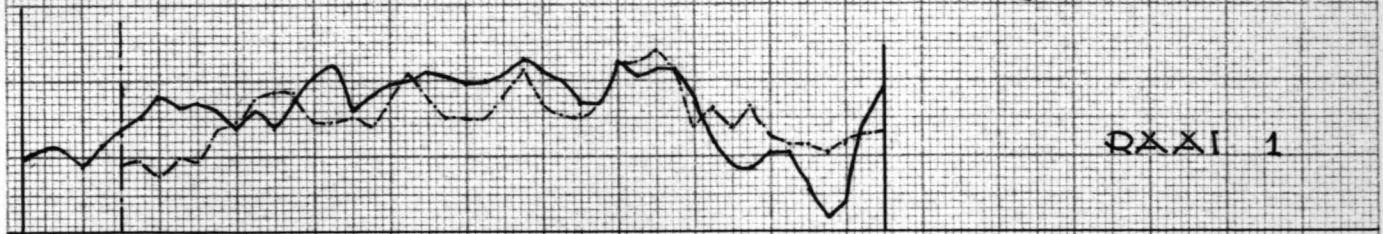
Gevonden werden de volgende waarden:

| | | | |
|------|--------------|------------|------------|
| 0,40 | 1 : 20 | b = - 1,25 | |
| | | m = 0,216 | 10,8 %/10m |
| 0,40 | 1 : 20 | b = 0,66 | |
| | | m = 0,148 | 7,4 %/10m |
| 0,30 | 1 : 20 | b = -1,3 | |
| | | m = 0,280 | 14 %/10m |
| 0,30 | 1 : 20 | | |
| | (grinttalud) | b = -0,65 | |
| | | m = 0,332 | 16,6%/10m |
| 0,20 | 1 : 20 | b = -0,04 | |
| | (grinttalud) | m = 0,427 | 21,4 %/10m |

We zien bij lagere waterstanden een toename van het energieverlies.

Dit komt door de sterkere kromming van de straal bij refractie op het talud bij afnemende waterstand. De "R" wordt kleiner (zie afstudeerverslag van Roode).





— 0.20 1:20
- - - 0.20 1:20 (GRINT)

Bij de energie afname van de met grint bedekte taluds is een schijnbare winst van $2\%/10\text{m}$ t.o.v. de onbeklede betontaluds. De breedte waarover de golfhoogte gemeten wordt is $1,30$ minder geworden door het grinttalud.

Aanname bij raai 1 een constante H over de breedte van de bak.

Totale aanvangsenergie in raai 1 = y

door talud geabsorbeerde energie = x

door versmallen van de modelbak een toename $\frac{x}{10,03} = \frac{11,33}{10,03} \cdot 14 = 15,9\%$
 bij een waterstand $0,2\text{ m}$ $11,33 \cdot y$

idem bij een waterstand $0,3\text{ m}$ $\frac{x}{10,70} = \frac{12,00}{10,70} \cdot \frac{x}{y} = \frac{12,00}{10,70} \cdot 19,6 = 22,0\%$
 $12,00 \cdot y$

Uit de gevonden percentages voor een grinttalud valt dus geen extra "afmelken" van de energie te constateren.

Wel valt duidelijk te constateren dat de staande golf in dwarsrichting van de golfbak sterk in hoogte vermindert. De golfhoogten blijven over de breedte gelijkmatiger.

Verder dempte de door refractie bijbuigende golf sterk uit door de grondwaterstroom in het grint en de grotere ruwheid. Aan het eind van het talud was de energie zo gering dat geen brandenoptrad. Dit in tegenstelling tot het niet beklede talud waar een geconcentreerde energievernietiging door branden optrad.

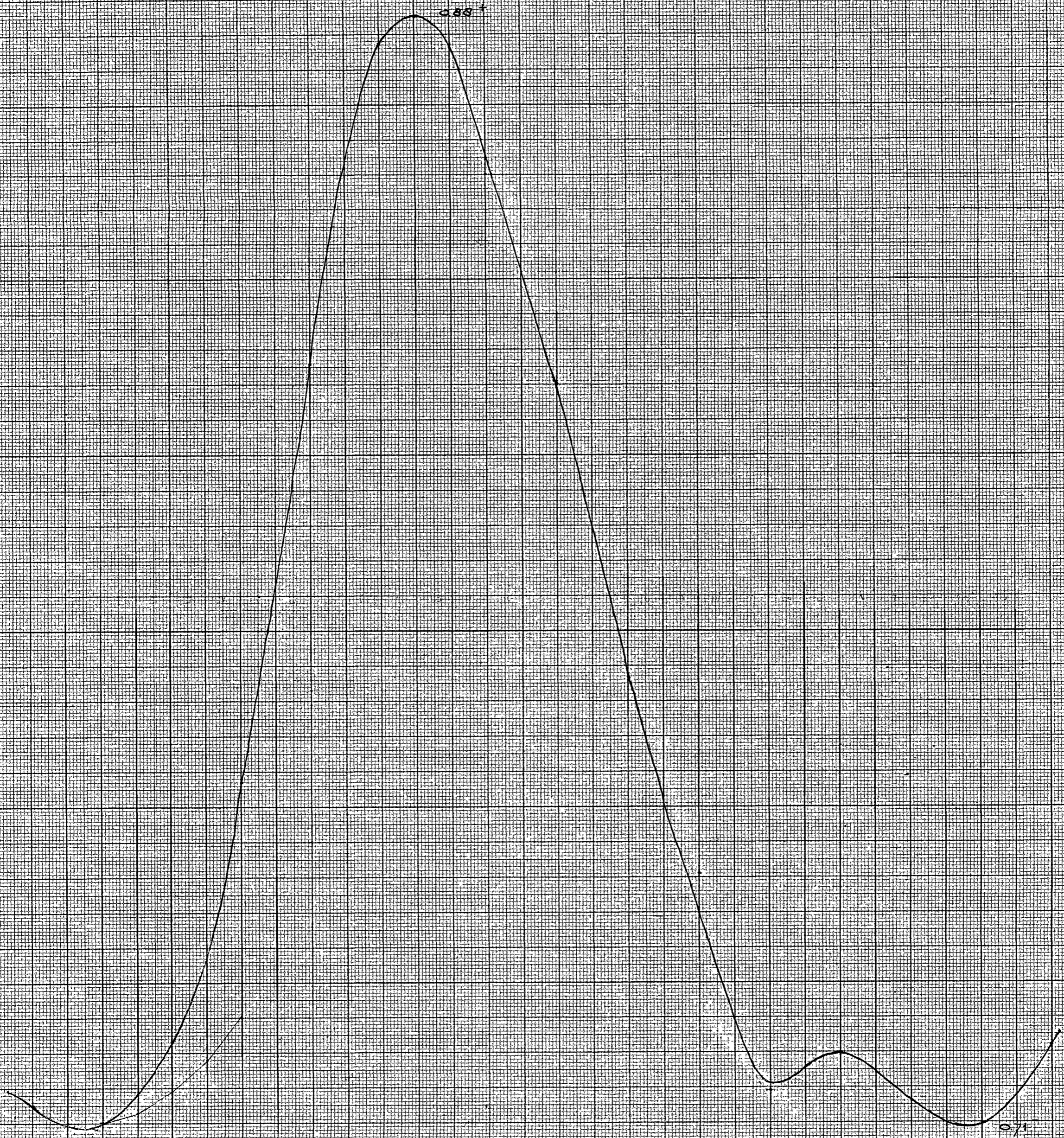
(0,20

I:20

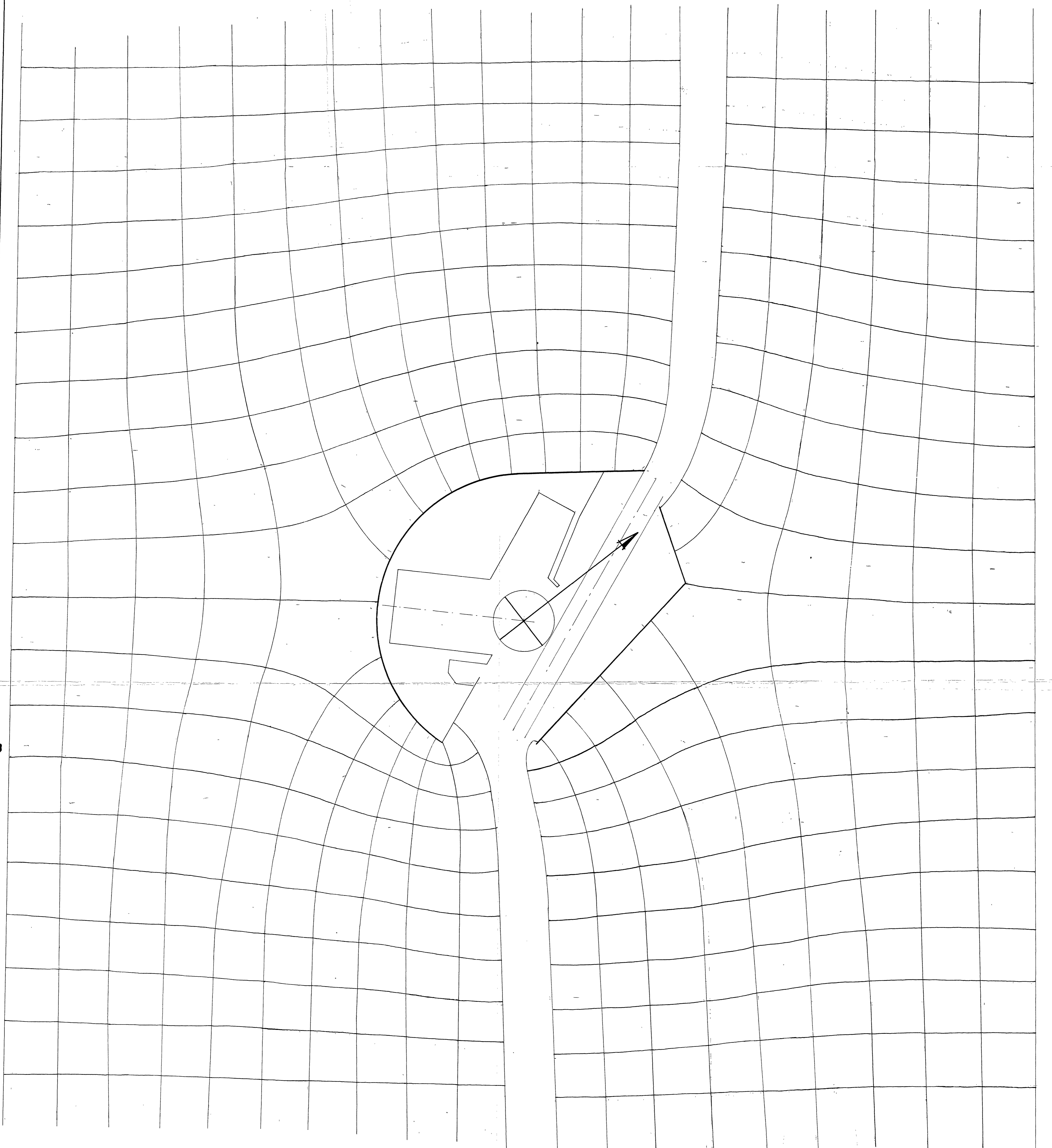
b = -0,40

m = 0,391

19,6% / 10 m.)

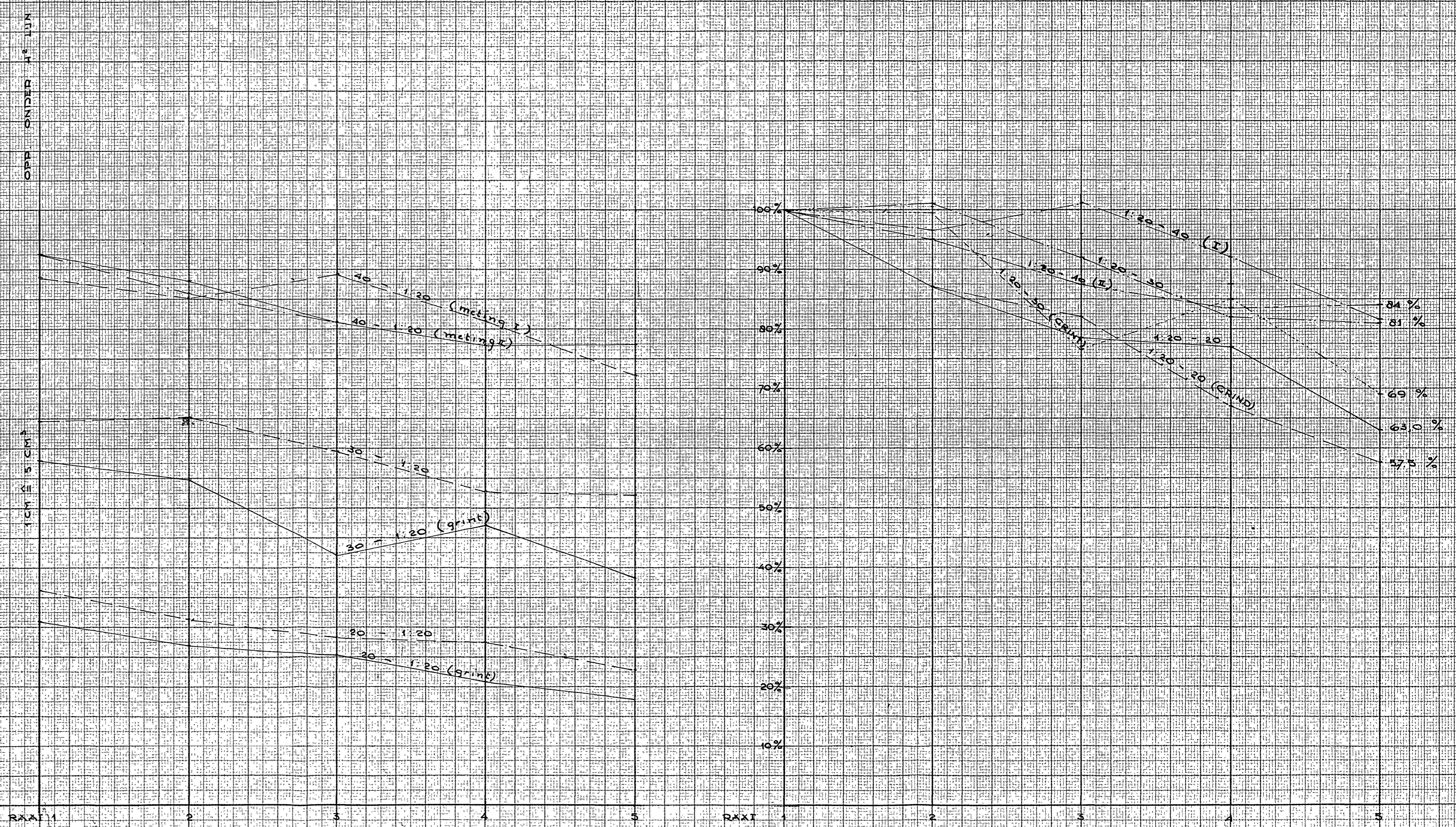
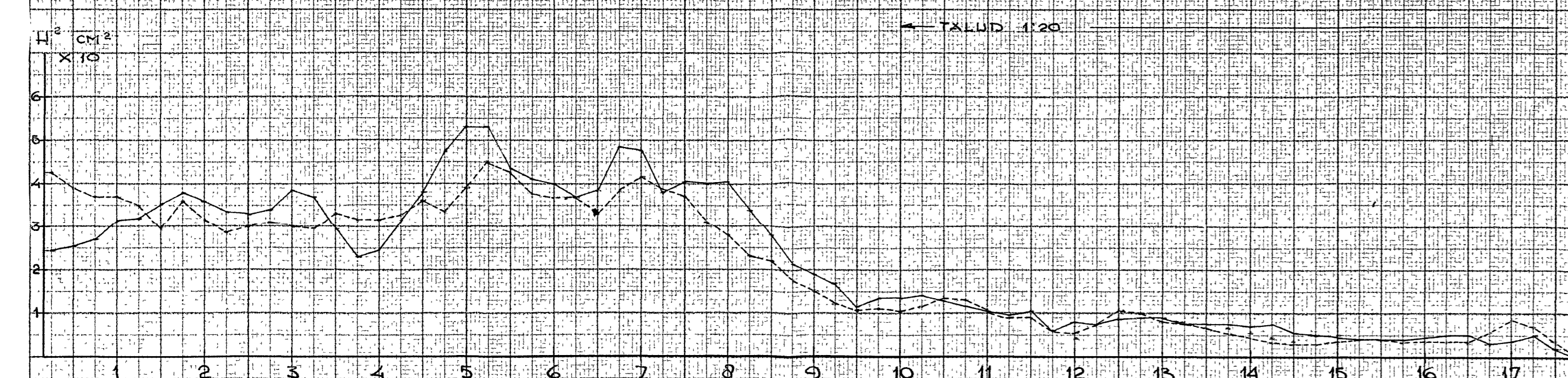
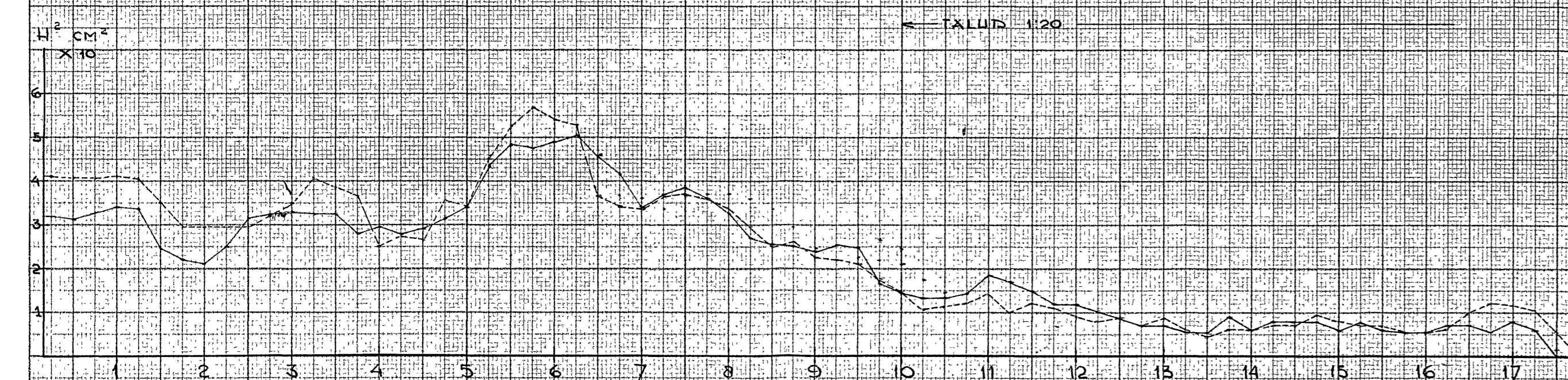
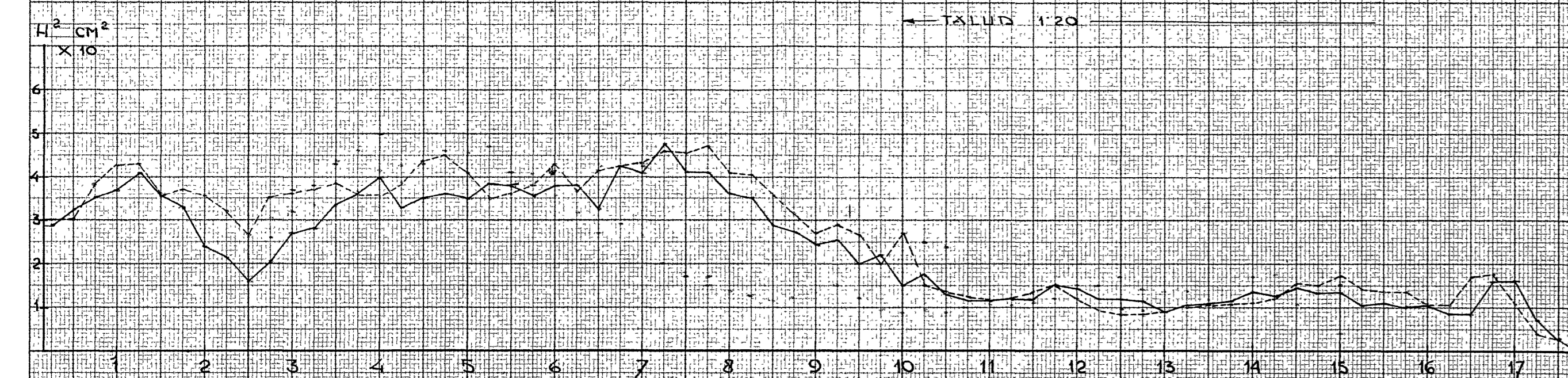
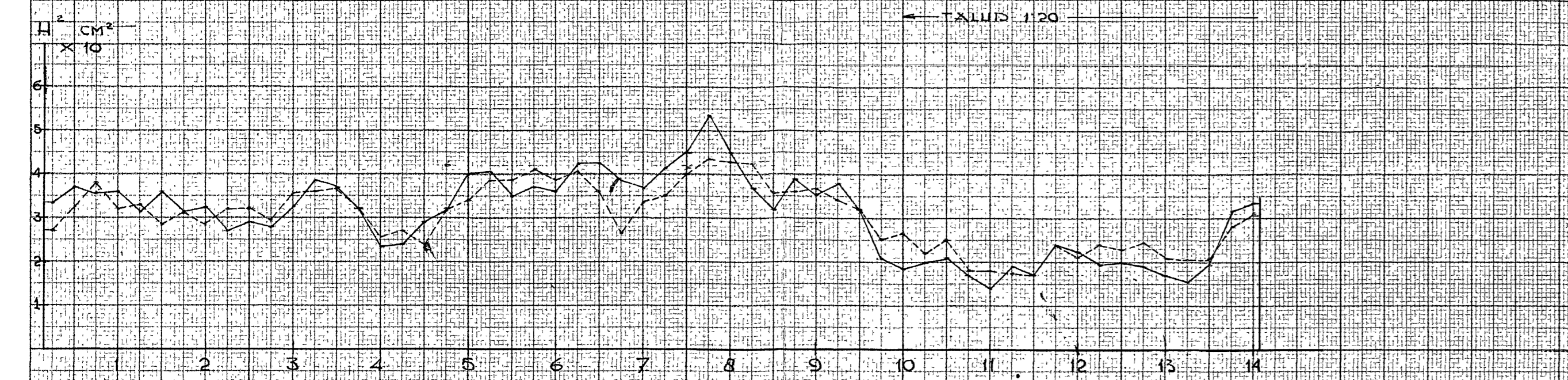
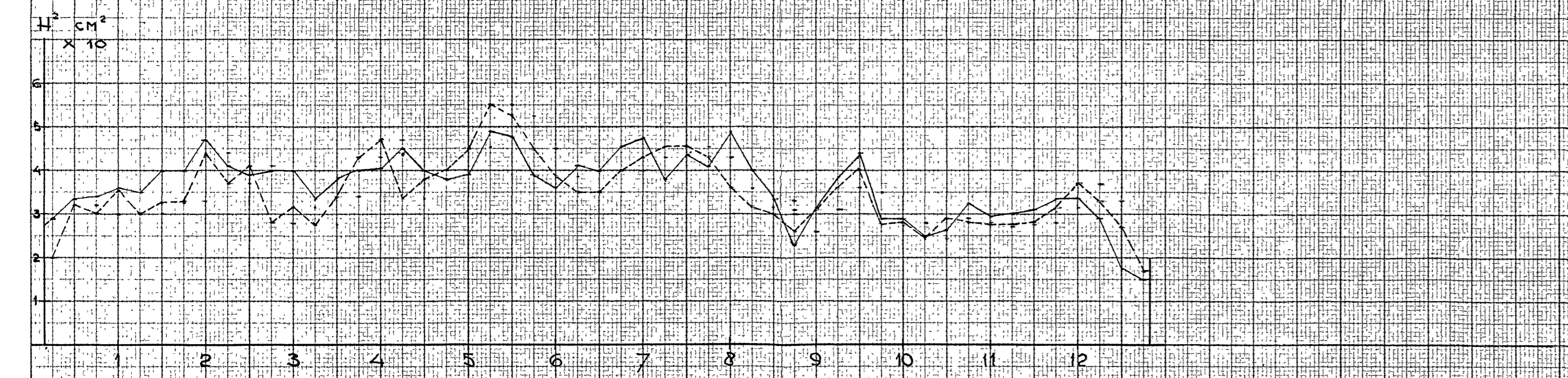


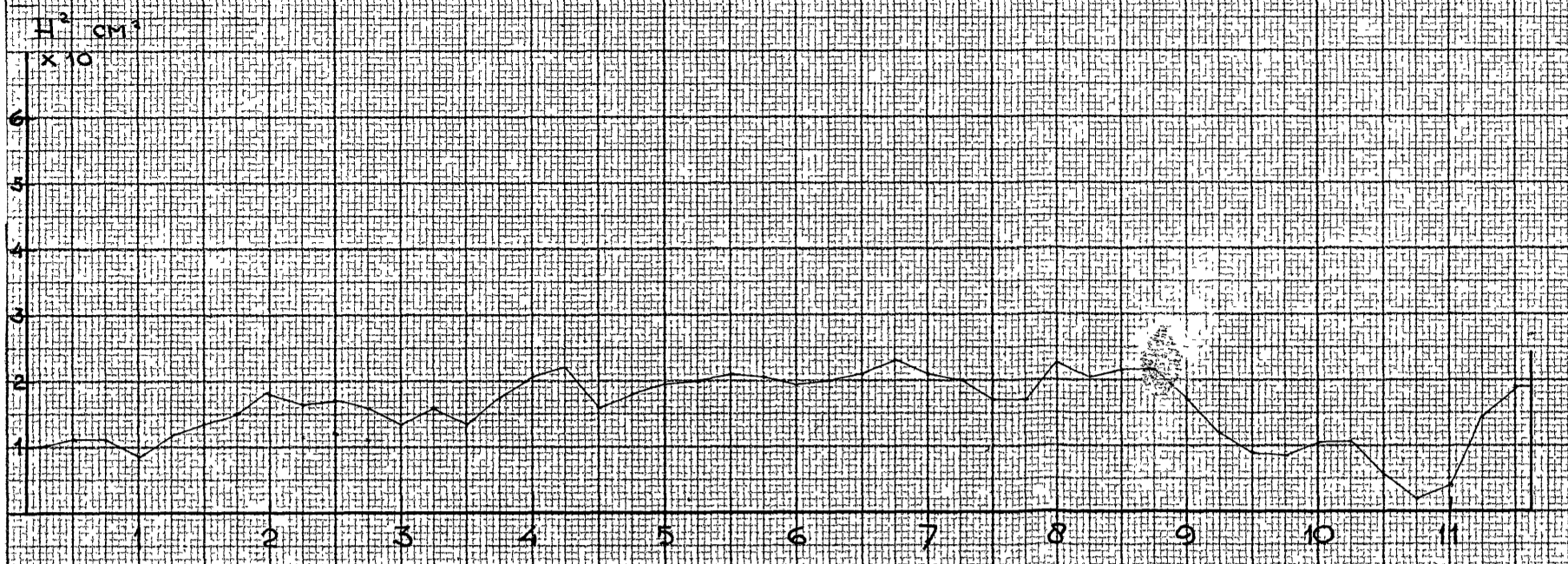
GETULUN TI HOEK VAN HOLLAND



16

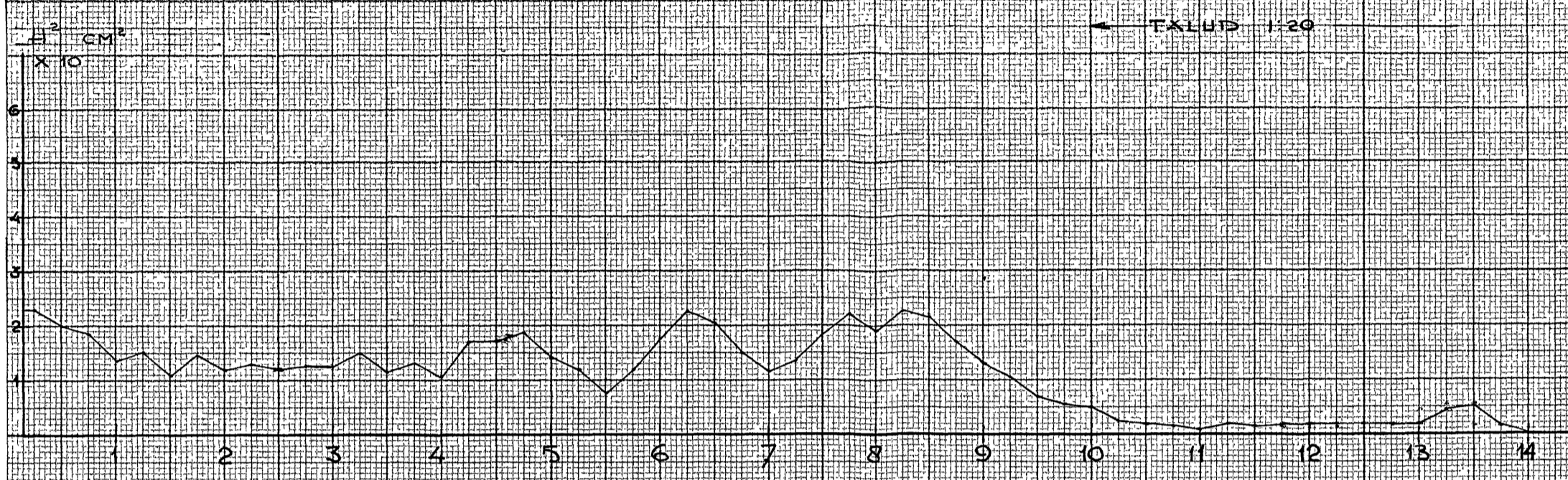
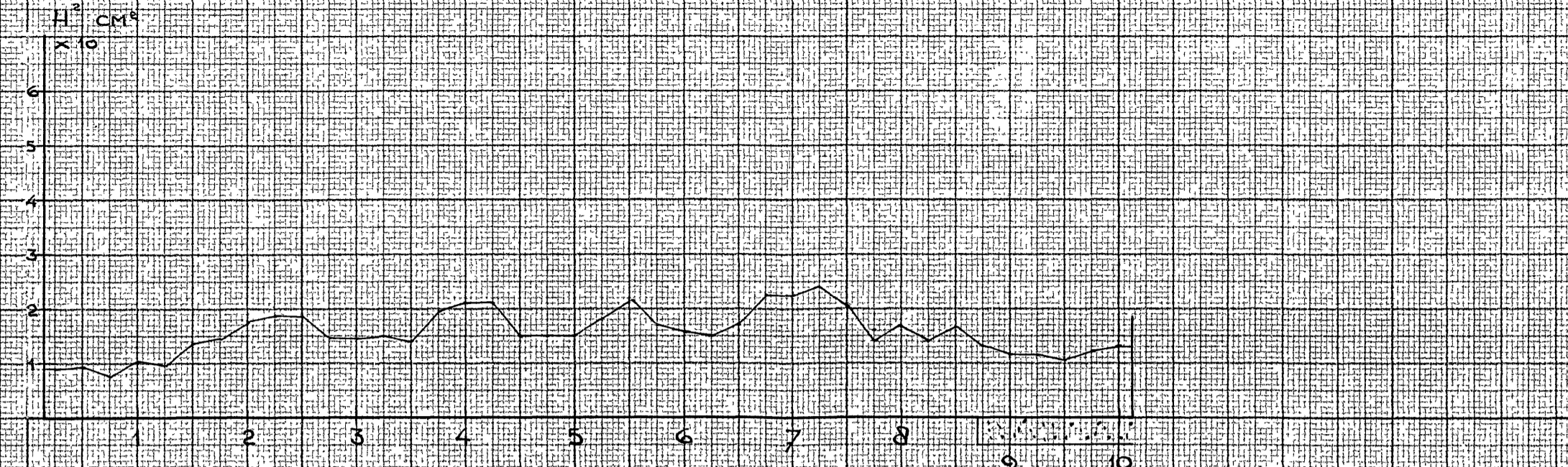
1:20 = 40





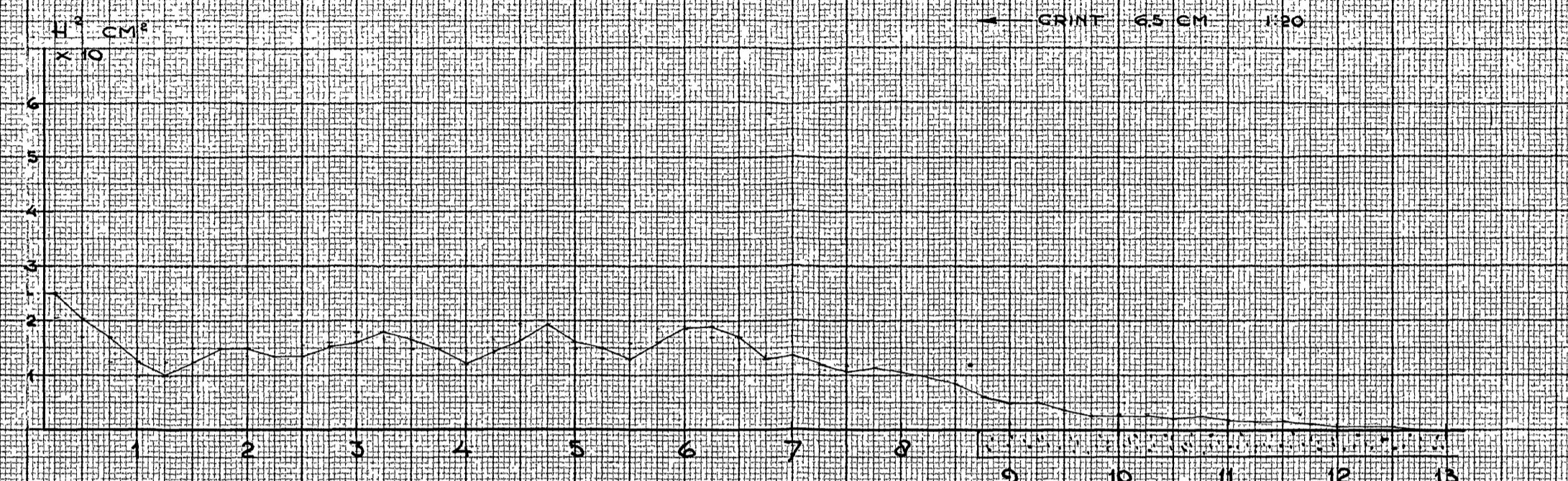
RAAI 1
OPP = 36.15 CM²

RAAI 1
OPP = 31.00 CM²



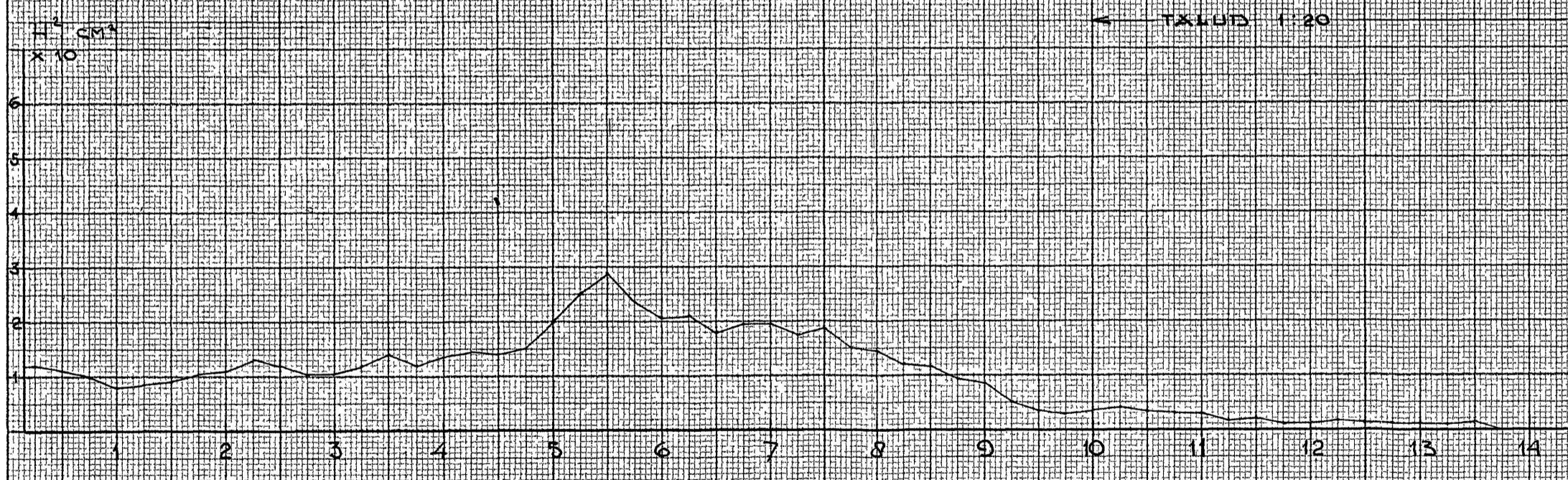
RAAI 2
OPP = 31.45 CM²

RAAI 2
OPP = 27.00 CM²



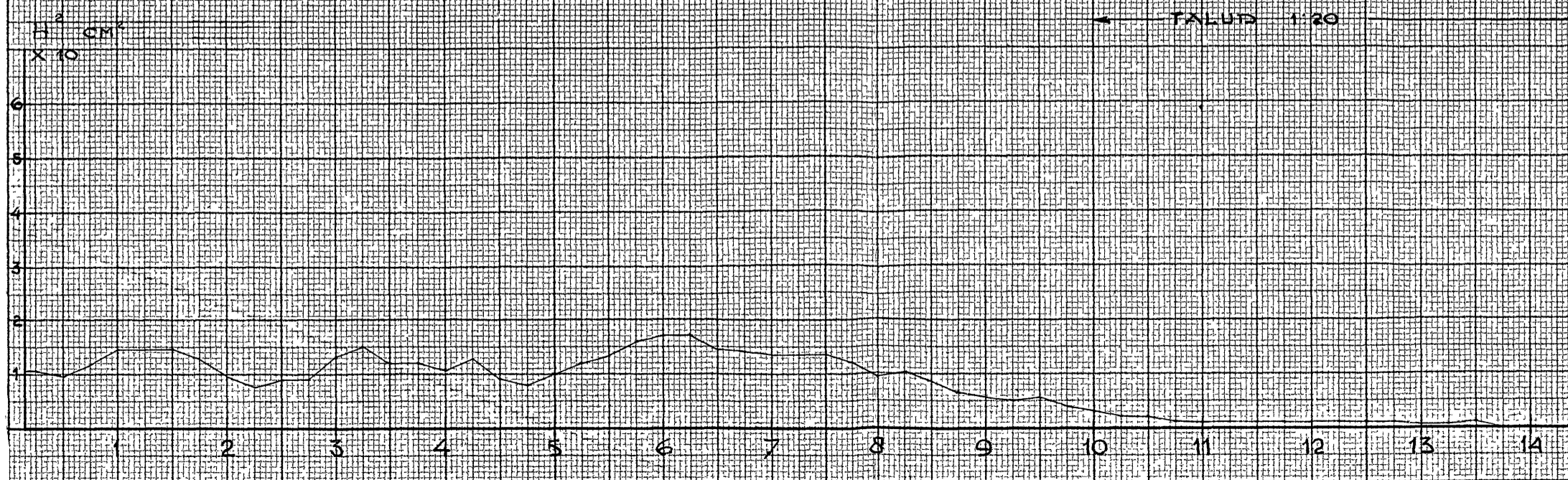
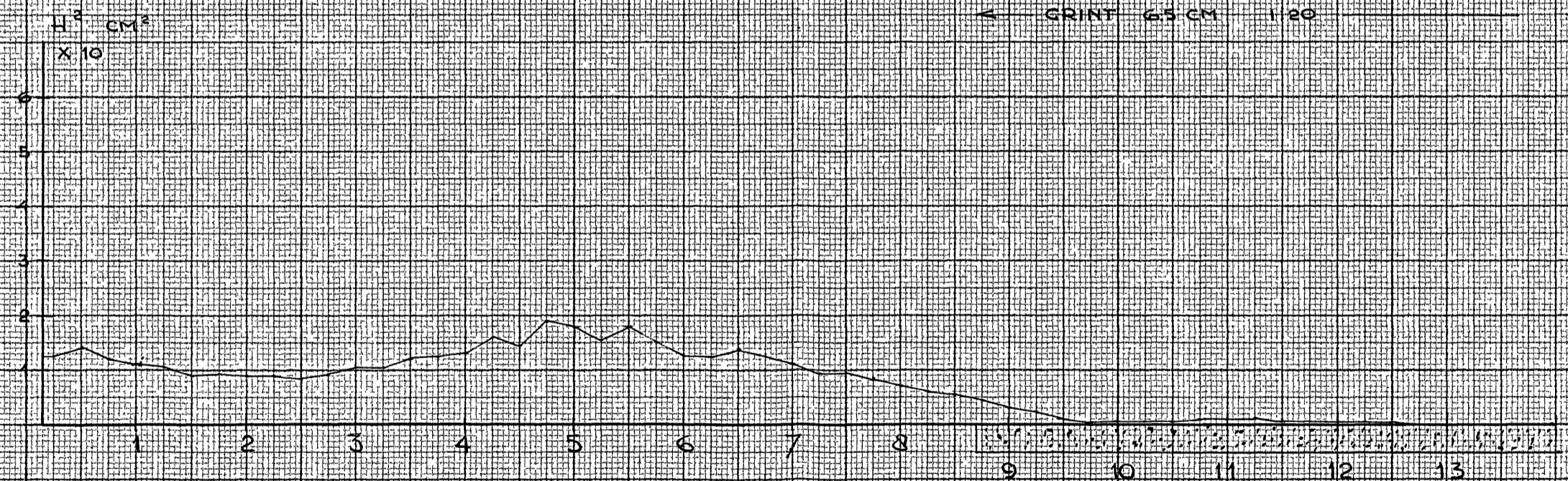
RAAI 3
OPP = 28.35 CM²

RAAI 3
OPP = 25.45 CM²



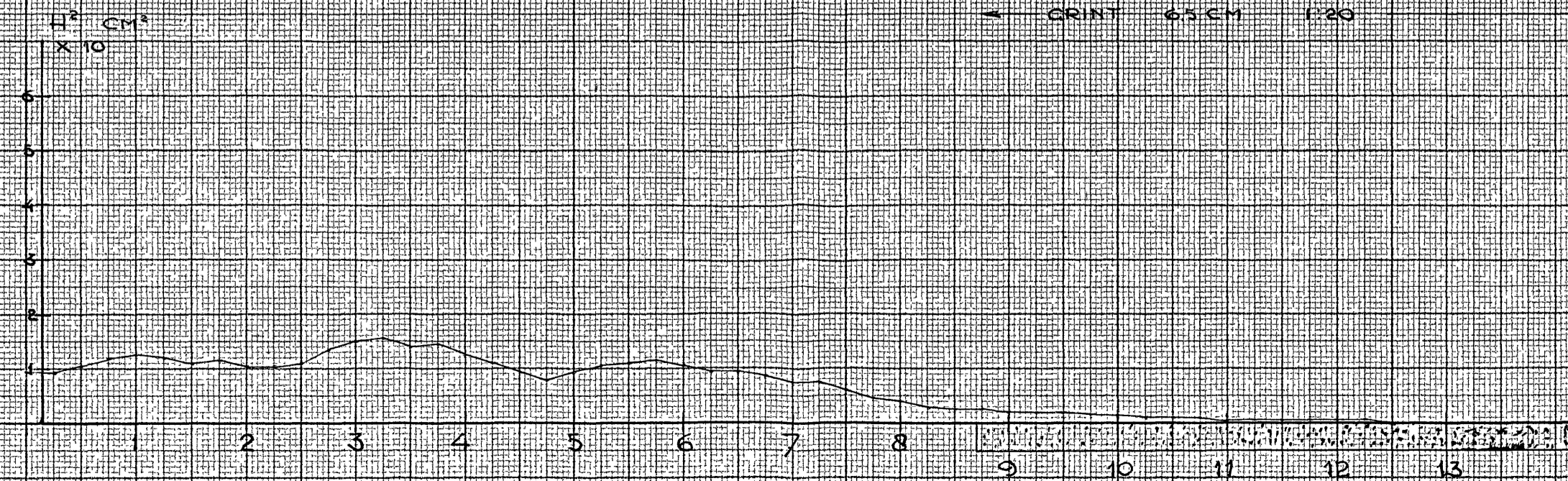
RAAI 4
OPP = 27.75 CM²

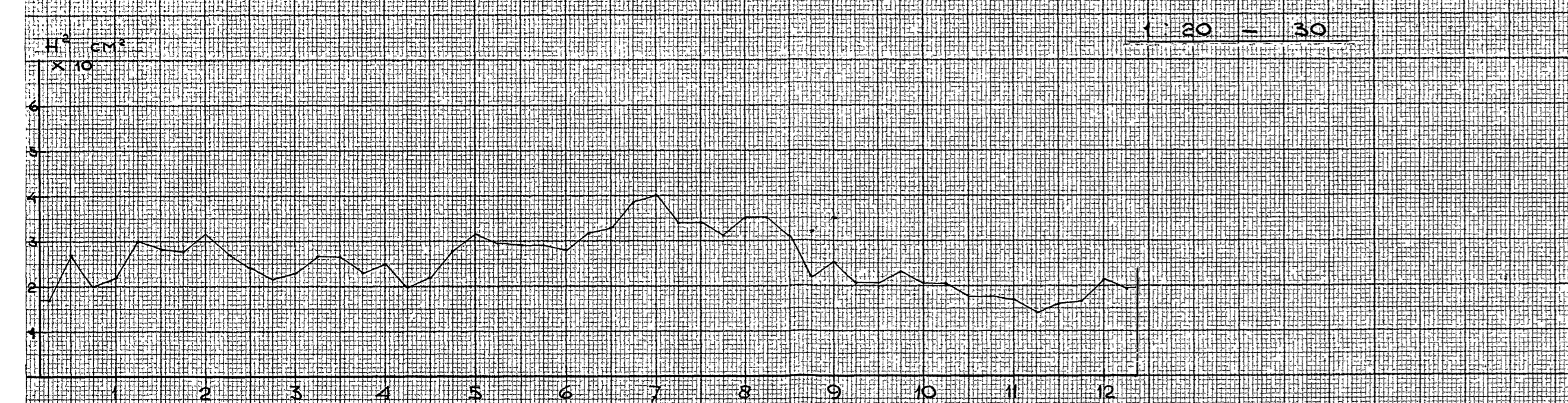
RAAI 4
OPP = 20.80 CM²



RAAI 5
OPP = 22.70 CM²

RAAI 5
OPP = 17.05 CM²





DATA 1
OPR = 2430 CM²

DATA 1
OPR = 5530 CM²



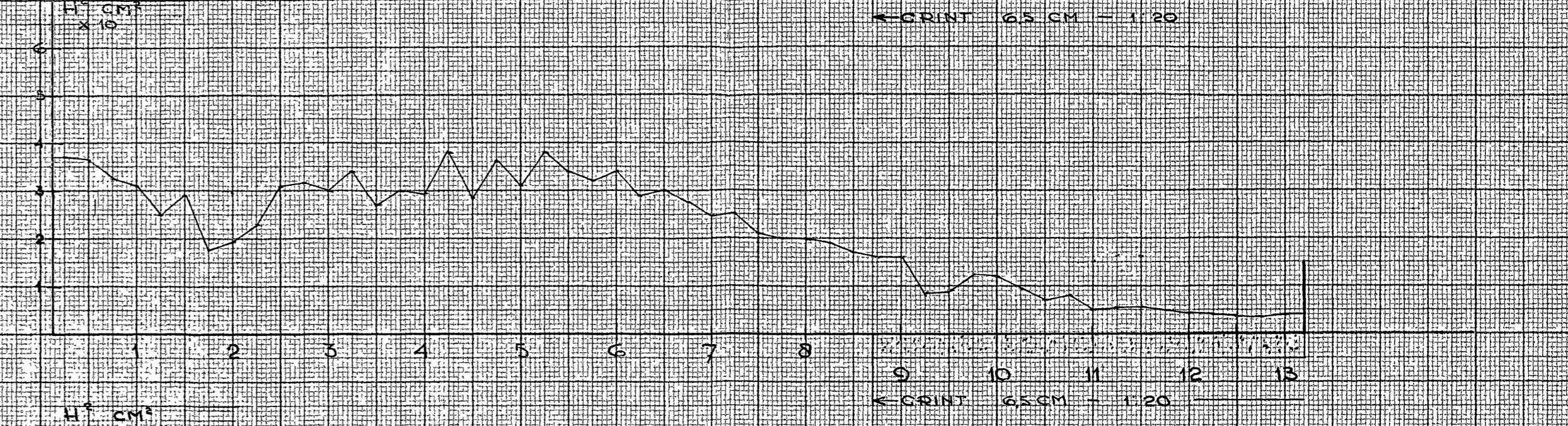
← GRINT 65 CM - 1.20



← TALLUD 1.20

DATA 2
OPR = 6330 CM²

DATA 2
OPR = 5400 CM²



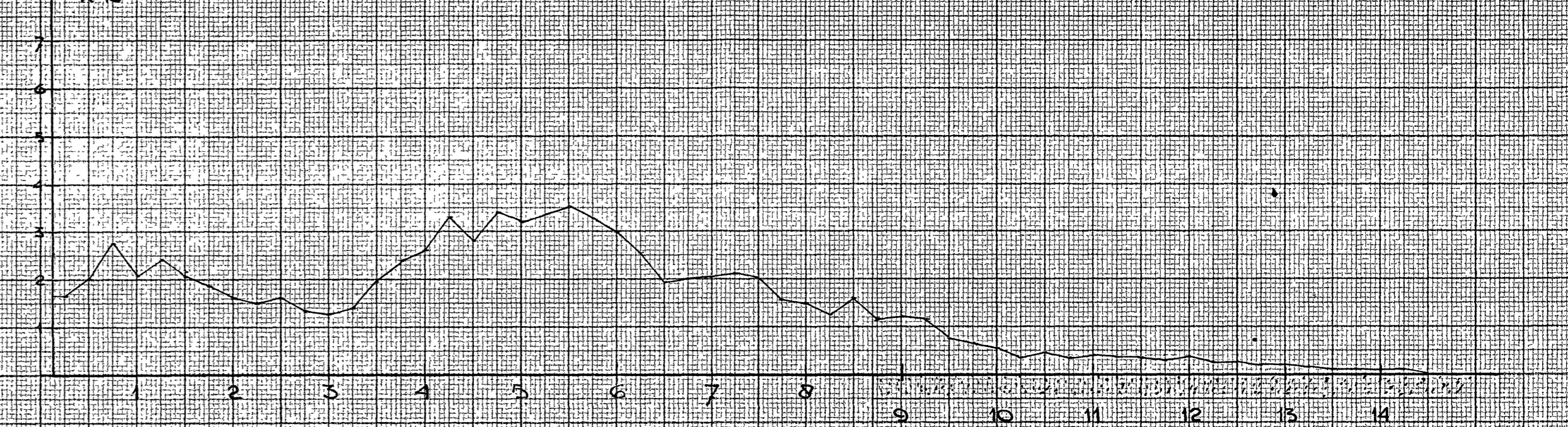
← GRINT 65 CM - 1.20



← TALLUD 1.20

DATA 3
OPR = 5930 CM²

DATA 3
OPR = 4030 CM²



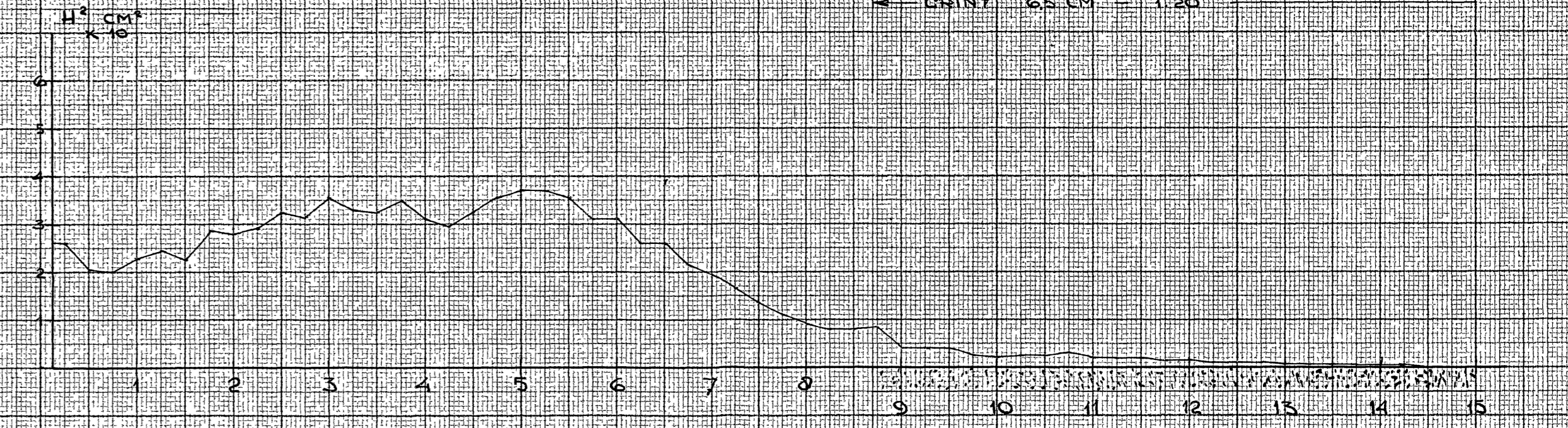
← GRINT 65 CM - 1.20



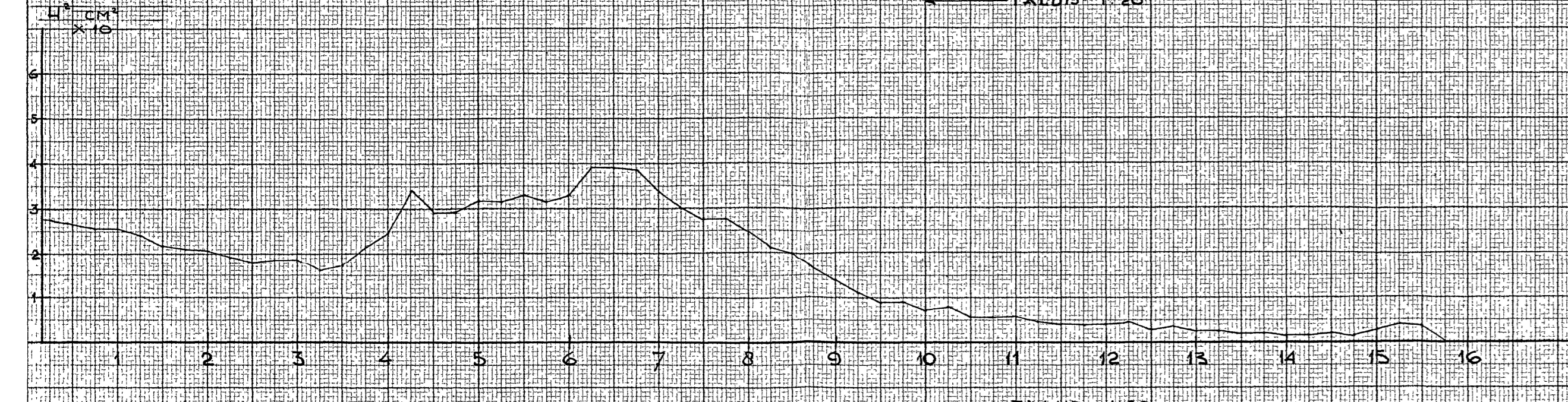
← TALLUD 1.20

DATA 4
OPR = 5235 CM²

DATA 4
OPR = 4715 CM²



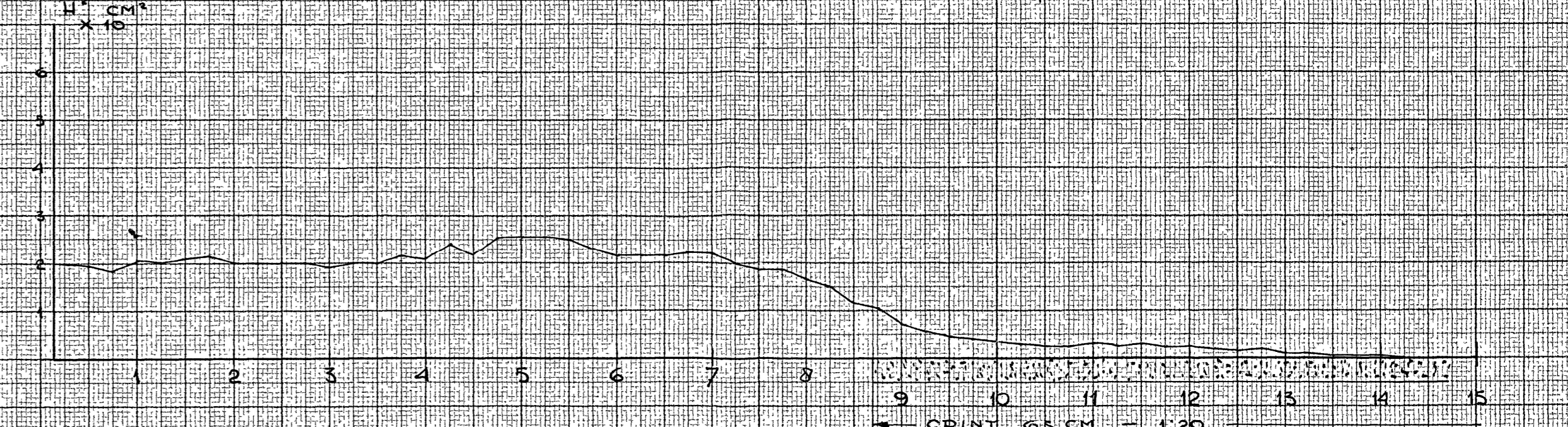
← GRINT 65 CM - 1.20



← TALLUD 1.20

DATA 5
OPR = 5210 CM²

DATA 5
OPR = 3830 CM²



← GRINT 65 CM - 1.20

