

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Enkele resultaten van golfregistraties
in Brouwershavense Gat en Oosterschelde

door

A.C. Bakker

De Bilt, november 1962

Enkele resultaten van golfregistraties
in Brouwershavense Gat en Oosterschelde

door

A.C. Bakker

I. In hoofdzaak ten behoeve van de Deltawerken zijn door Rijkswaterstaat in het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde enkele palen geplaatst waarop met behulp van door Wemelsfelder ontworpen apparatuur golven worden geregistreerd. Afgezien van enkele onderbrekingen zijn thans van verschillende palen registraties van enkele jaren beschikbaar.

De gegevens, die door de golfpalen worden geleverd, kunnen op verschillende manieren worden bewerkt. Door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst worden voor iedere maand en voor ieder zomer- en winterhalfjaar overschrijdingskrommen berekend; deze zeggen iets over de frekwentie van de golfhoogten per maand en per seizoen.

In het onderhavige rapport is het materiaal op een geheel andere manier bewerkt. Het was de bedoeling om na te gaan door welke factoren de golfhoogte op de diverse plaatsen wordt bepaald en tevens af te leiden in welke mate deze factoren afzonderlijk op de golfhoogte invloed uitoefenen.

De registraties van de volgende golfpalen zijn in dit rapport bewerkt:

	<u>Paal</u>	<u>Positie</u>	<u>Registratie in de periode</u>
Oosterschelde	OS II	$x = -121986.50$ $y = -60650.41$	1957 en 1958
	OS III	$x = -117277.24$ $y = -55779.73$	1-2-1961 tot 1-4-1962
	OS IV	$x = -115527.86$ $y = -54305.21$	1-10-1957 tot 1-9-1961
Brouwershavense Gat	BG I	$x = -106019.44$ $y = -41957.08$	1-2-1961 tot 1-4-1962

Een kaart van het betrokken gebied met de positie van geulen en banken is aan dit rapport toegevoegd.

De registraties geschieden met behulp van door Wemelsfelder ontworpen z.g. wasschrijvers. Een uitvoerige beschrijving hiervan, alsmede van de methode van uitwerking van de registraties is te vinden in "Golfamplitudeschrijver type S64" door ir. P.J. Wemelsfelder, nota Rijkswaterstaat 1957. Een kort resumé moge hier volgen:

In het instrument bevindt zich een vlotter, die de verticale waterbeweging volgt en registreert. Per 300 m geïntegreerde opwaartse beweging van de vlotter wordt 60 m geschreven (een "blok"), de overige 240 m worden niet opgetekend. De papierstrook op de trommel wordt per meter geïntegreerde opwaartse beweging 0,1 mm voortbewogen. Een blokje is dus 6 mm breed.

Na elke 3000 m integratie wordt 1 registratie opgetekend, waarbij het papier met een snelheid van 1 mm/sec wordt voortbewogen gedurende 72 sec. De mogelijkheid ontstaat hierdoor tevens de golfperiode en de steilheid te bepalen.

Door het geringe papierverbruik is een langdurige registratie (omstreeks 4 maanden) zonder bediening mogelijk.

Uit de verkregen blokjes kan volgens een door Wemelsfelder ontworpen methode met behulp van een transparant schaalte de H $1/3$ (het gemiddelde van de hoogste 33% van de golven) worden bepaald.

De uitwerking van de registraties wordt regelmatig verricht door personeel van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Zierikzee.

II. Door welke grootheden wordt de golfhoogte in de zeegaten bepaald?

De belangrijkste zijn:

- 1e windrichting en
- 2e windsnelheid.

Daarnaast zijn er andere factoren:

- 3e windduur
- 4e fetch (strijk lengte)

Deze spelen alleen een rol van betekenis, indien zij een zeer lage waarde hebben, zij vormen dan de hoofdfactor, die de golfhoogte beperkt. Nemen zij grotere waarden aan, dan worden zij geheel door de andere factoren overstemd.

- 5e diepte (waterstand); de zeegaten bestaan uit een conglomeraat van geulen en banken; een lage waterstand werkt zeer beperkend op de golfhoogte.
- 6e stroom; indien deze tegen de golfrichting in is gericht, zal dit een enigszins verhogend effect moeten hebben, een meestroom werkt (zij het in mindere mate) verlagend op de golfhoogte.

7e De bovenstaande punten 1 t/m 6 geven de invloed op windgolven (zeegang), daarnaast is het mogelijk dat golven, opgewekt in de Noordzee, als deining de zeegaten binnenlopen. De golfhoogte hiervan wordt in de zeegaten bepaald door de mate van energieverlies, die deze deining onderging bij het passeren van het bankengebied voor de kust. Ten gevolge van de bodemwrijving, breking en refractie zal deze deining meestal van ondergeschikte betekenis zijn; bij een sterk verhoogde waterstand (opzet t.g.v. een storm boven de Noordzee) zal deze deining evenwel ver de zeegaten kunnen binnendringen.

Ter afleiding van het verband wind-golfhoogte zijn nu voor iedere paal de windsnelheid van het lichtschip Goeree en $H \frac{1}{3}$ grafisch tegen elkaar uitgezet. Om de invloed na te gaan van waterstand en getijstroom op de golfhoogte zijn deze grafieken getekend bij HW, LW, max. eb en max. vloed. Voorts is voor iedere paal voor elke grafiek steeds een windrichtingssector gekozen, zodanig, dat zo goed mogelijk de invloed van de bodemtopografie op de golven kan worden bepaald.

Een opmerking over de definitie van HW, LW, max. eb en max. vloed is hier op zijn plaats.

Bij het uitwerken van de "blokjes" uit de registraties wordt de $H \frac{1}{3}$ bij HW resp. LW verkregen door dat blokje te nemen, dat het dichtst bij HW resp. LW valt. Ten gevolge van het mechanisme van het apparaat worden bij kleine golfhoogten weinig blokjes geschreven en kan dus een afwijking ontstaan t.o.v. het tijdstip van HW resp. LW. Gesteld kan worden, dat bij golfhoogten kleiner dan 30 cm hierdoor een fout van enige betekenis geïntroduceerd kan worden, die zich moet uiten in een grotere spreiding in de betreffende grafiek.

Ter bepaling van $H \frac{1}{3}$ bij max. eb resp. max. vloed is een blokje genomen dat voorkomt in de grootste helling van de getijkrommen. Dit wil zeggen: max. eb omstreeks 3 uur na HW en max. vloed omstreeks $1\frac{1}{2}$ uur voor HW. In de praktijk zal dit bij een waterstand van omstreeks N.A.P. vallen, doch het is duidelijk, dat hierin een vrij grote onnauwkeurigheid schuilt.

III. Beschouwing over de resultaten van elke paal afzonderlijk.

De bijlagen 1, 4, 8 en 12 geven voor de verschillende palen een voorbeeld van het verband windsnelheid-golfhoogte. De andere omstandigheden, die mede van invloed zijn, zoals getij-fase, windrichtingssector (in graden, 90° = oost, 180° = zuid enz.) zijn tevens in de figuur aangegeven.

De overige bijlagen geven voor iedere paal een samenvatting. Hier staan uitgezet golfhoogte ($H \frac{1}{3}$) tegen de tijd, gerekend van HW af.

De gemiddelde getijkromme (waterstand tegen tijd), die dient om de invloed van de waterstand op de golfhoogte te laten zien, is in het bovenste gedeelte van de figuur opgenomen. De stroomkromme (stroomsnelheid tegen tijd) en de stroomrichting op ieder uur is eveneens in de figuur getekend. Deze laatste gegevens zijn afkomstig van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst. De stroomsnelheid is een gemiddelde van de snelheid van het water in de bovenste 2 m. De stroomsnelheden waren indertijd gemeten bij springtij. Hiervoor is een correctie aangebracht, zodat de krommen gelden voor gemiddeld getij.

IIIa. OS II

Een voorbeeld van het verband windsnelheid-golfhoogte vindt men in bijlage 1. In de volgende 2 bijlagen zijn gekozen 2 windrichtingssectoren; bijlage 2 geeft de sector W-N (260° t/m 360°), bijlage 3 de sector N-OZ (10° t/m 100°).

Bij wind van een bepaalde snelheid tussen W en N blijken de hoogste golven daar voor te komen, waar de met de wind meegerichte stroom voldoende snelheid heeft verloren, dus enige tijd na HW. Bij wind uit O-N is dit minder het geval, hier komen de hoogste golven voor dicht bij HW en doet de stroomsnelheid, die dan meest dwars op de windrichting staat, minder ter zake.

Als conclusies mogen worden genoemd:

- a) Bij wind van een bepaalde snelheid uit de NW-sector zijn de golven het hoogst omstreeks kentering, dus enige tijd na HW.
Bij wind uit de NO-sector komen de hoogste golven voor omstreeks HW. De verhouding in golfhoogte bij HW t.o.v. LW bedraagt omstreeks 1,6 maar hangt af van de windrichting, bij NO-wind bedraagt hij 1,8.
- b) In het algemeen zijn de golven bij wind uit N-W een factor 1,3 hoger dan bij wind van dezelfde snelheid uit N-O; ook bij sterke NO-wind blijft deze verhouding gelijk, waaruit volgt dat onder deze omstandigheden de golven in de O-W lopende geul zich nog goed kunnen ontwikkelen.

IIIb. OS III

Voor een voorbeeld van het verband windsnelheid-golfhoogte zie bijlage 4.

In de bijlagen 5 t/m 7 zijn gekozen 3 windrichtingssectoren: WNW-NNW (290° t/m 330°), O-ZZ (100° t/m 150°) en ZZW-W (220° t/m 270°). Bij de eerste 2 sectoren waait de wind in de lengte van de geul, bij de derde sector staat hij er dwars op.

De stroomsnelheid, die hier aanmerkelijk kleiner is dan bij de OS II, heeft nu slechts een geringe invloed op de golfhoogte. De hoogste golven komen voor bij HW.

Verdere conclusies: De golven bij HW zijn gemiddeld een factor 2,7 hoger dan bij LW, alleen bij wind uit de ZO-sector is deze factor merkbaar lager (2,0 à 2,5).

De golven zijn praktisch even hoog bij wind uit de NW-sector als uit de ZW-sector (bij dezelfde windsnelheid).

Golven bij wind uit de ZO-sector zijn belangrijk lager, dit verschil is groter naarmate de wind sterker is; de golven kunnen ook bij sterke ZO-wind niet tot ontwikkeling komen.

IIIc. OS IV

Voor een voorbeeld van het verband windsnelheid-golfhoogte zie bijlage 8.

In de bijlagen 9 t/m 11 zijn gekozen 3 windrichtingssectoren: W-N (270° t/m 350°), NO-ZO (040° t/m 140°) en ZO-ZW (150° t/m 210°). Bij de eerste 2 sectoren waait de wind in de lengterichting van de geul(en), bij de derde sector waait hij over een ondiep bankengebied, voor hij de paal bereikt.

De stroomsnelheid heeft een geringe invloed op de golfhoogte, de golven zijn het hoogst kort na HW. Bij een oostelijke wind zouden de hoogste golven dicht bij het vloedmaximum moeten vallen (windrichting en getijstroom tegengesteld). In de figuren zijn hiervoor wel indicaties aanwezig, doch deze zijn te zwak om een nauwkeurige conclusie te trekken.

Verdere conclusies:

De golven zijn bij HW gemiddeld een factor 1,7 hoger dan bij LW.

De golven zijn het hoogste bij winden uit de W-N sector, verhouding t.o.v. golven uit de andere sectoren omstreeks 1,8.

IIIId. BG I

Een voorbeeld van het verband windsnelheid-golfhoogte is gegeven in bijlage 12.

In de bijlagen 13 t/m 15 zijn gekozen 3 windrichtingssectoren: NW-N (300° t/m 360°), NO-O (070° t/m 090°) en ZZO-ZZW (160° t/m 200°). Bij de eerste 2 windrichtingssectoren waait de wind in de lengte van de hoofdgeulen, bij de derde sector blaast hij over een ondiep bankengebied.

Het tijdstip van HW resp. LW valt hier praktisch samen met de stroomkentering. Het blijkt, dat de golven hun grootste hoogte hebben bij HW.

Verdere conclusies:

De golven zijn bij HW gemiddeld een factor 2,0 hoger dan bij LW, bij wind uit de sector zuid ligt deze verhouding hoger en neemt bovendien toe met een toenemende windsnelheid. Dit komt, omdat bij LW ook bij grote windsnelheden ten zuiden van de paal geen golven van enige betekenis kunnen ontstaan.

De golven zijn bij wind uit de NW-sector een factor 2,2 hoger dan die bij wind uit de sector oost. Deze verhouding hangt bij vergelijking van golven uit de NW-sector met die uit de sector zuid weer af van de windsnelheid, wederom omdat bij zuidelijke winden onder alle omstandigheden geen golven van enig belang tot ontwikkeling kunnen komen.

IV. Indien we nu alle gegevens en resultaten tesamen beschouwen blijkt, dat de belangrijkste factoren die de golfhoogte bepalen zijn: de windrichting, de windsnelheid en de waterstand.

Uit de bijlagen 1, 4, 8 en 12 volgt dat de golfhoogte vrijwel lineair toeneemt met de windsnelheid.

Het belang van de waterstand komt uit de overige bijlagen duidelijk naar voren. Golven, opgewekt in de diepere gedeelten, de geulen, kunnen speciaal bij HW een respectabele hoogte verkrijgen. Golven, die de ondiepere gedeelten, de banken, moeten passeren alvorens de meetpaal te bereiken, verliezen door bodemwrijving en breking veel van hun energie, zodat er, met name bij LW, vrijwel niets overblijft.

Bij grote windsnelheden uit de sector W-N zal er meestal een opzet in de waterstand bestaan. De grote golfhoogten, die onder die omstandigheden bij HW voorkomen, kunnen worden verklaard enerzijds door het ontstaan van hoge zeegang in de diepe geulen en anderzijds in het gemakkelijk naar binnen lopen van deining uit de Noordzee.

De waterstand is aanzienlijk belangrijker dan de getijstroom. Het blijkt, dat wanneer in bepaalde gevallen (zie bijlage 2) bij de hoogste waterstand nog een sterke getijstroom aanwezig is, het tijdstip met de hoogste golven verschoven wordt naar het moment, dat de getijstroom voldoende in snelheid is afgenomen.

Er zijn aanwijzingen, dat de golven hoger zijn wanneer getijstroom en wind een tegengestelde richting hebben, doch het verschijnsel blijkt van weinig belang te zijn. Dat desondanks in de praktijk de onwerkbaarheid onder die omstandigheden aanmerkelijk groter is dan wanneer stroomrichting en windrichting gelijk zijn, moet worden toegeschreven aan het verschil in steilheid van de golven.

Het praktisch nut van de gevonden resultaten is tweeledig. In de eerste plaats is het mogelijk, uitgaande van het gevonden verband golfhoogte-windsnelheid-windrichting een beschouwing te houden over de werkbaarheid ter plaatse van de meetpaal. Met behulp van een langjarige frekwentieverdeling van windrichting en windsnelheid, gekoppeld aan het bovengevonden verband, kan nu een uitspraak worden gedaan over de kans op onwerkbare omstandigheden t.g.v. golven en wind op die plaats. Met behulp van een beperkt aantal gelijktijdige metingen van golven over een geheel gebied, kan deze werkbaarheidsbeschouwing uitgebreid worden tot verschillende plaatsen.

In de tweede plaats is het mogelijk, dat met de gevonden grafieken golfvoorspellingen worden gedaan in de tijd, dat de grote werken in uitvoering zijn. Uitgaande van de voorspelde waterstand (getijboekje) en van de verwachte windomstandigheden (uit de weerkaarten) kunnen nu binnen zekere grenzen verwachtingen van de golfhoogte worden gegeven.

V. Ten slotte volgen hier nog enkele opmerkingen over de nauwkeurigheid van de gebruikte grafieken.

Een vrij grote spreiding van de punten om de getrokken lijn moet om verschillende redenen verwacht worden. De belangrijkste zijn:

1e Een verandering in de windrichting gedurende enkele uren vóór de registratie.

2e Een verandering in de windsnelheid gedurende enkele uren vóór de registratie.

Vooraf de verandering genoemd in 2 doet zich vrij vaak voor en daar de golfhoogte zich met een zekere traagheid aanpast, moet dit een belangrijke bron van spreiding vormen.

3e Individuele verschillen bij gebruik van het Wemelsfelder schaalte voor het aflezen van $H \frac{1}{3}$.

4e De vraag welk blokje voor de bepaling van $H \frac{1}{3}$ is gekozen. Uitwerking van een naburig blokje zou tot een ander antwoord hebben geleid. Deze variatie ligt gemiddeld in de orde van 5%.

5e Bij kleine golfhoogten (de afwijking t.o.v. het tijdstip van HW resp. LW), doordat er weinig blokjes geschreven worden. (Zie onder II).

6e De onduidelijke definitie van max. eb en max. vloed (zie onder II).

7e Het gebruik van lichtschip Goeree als windstation.

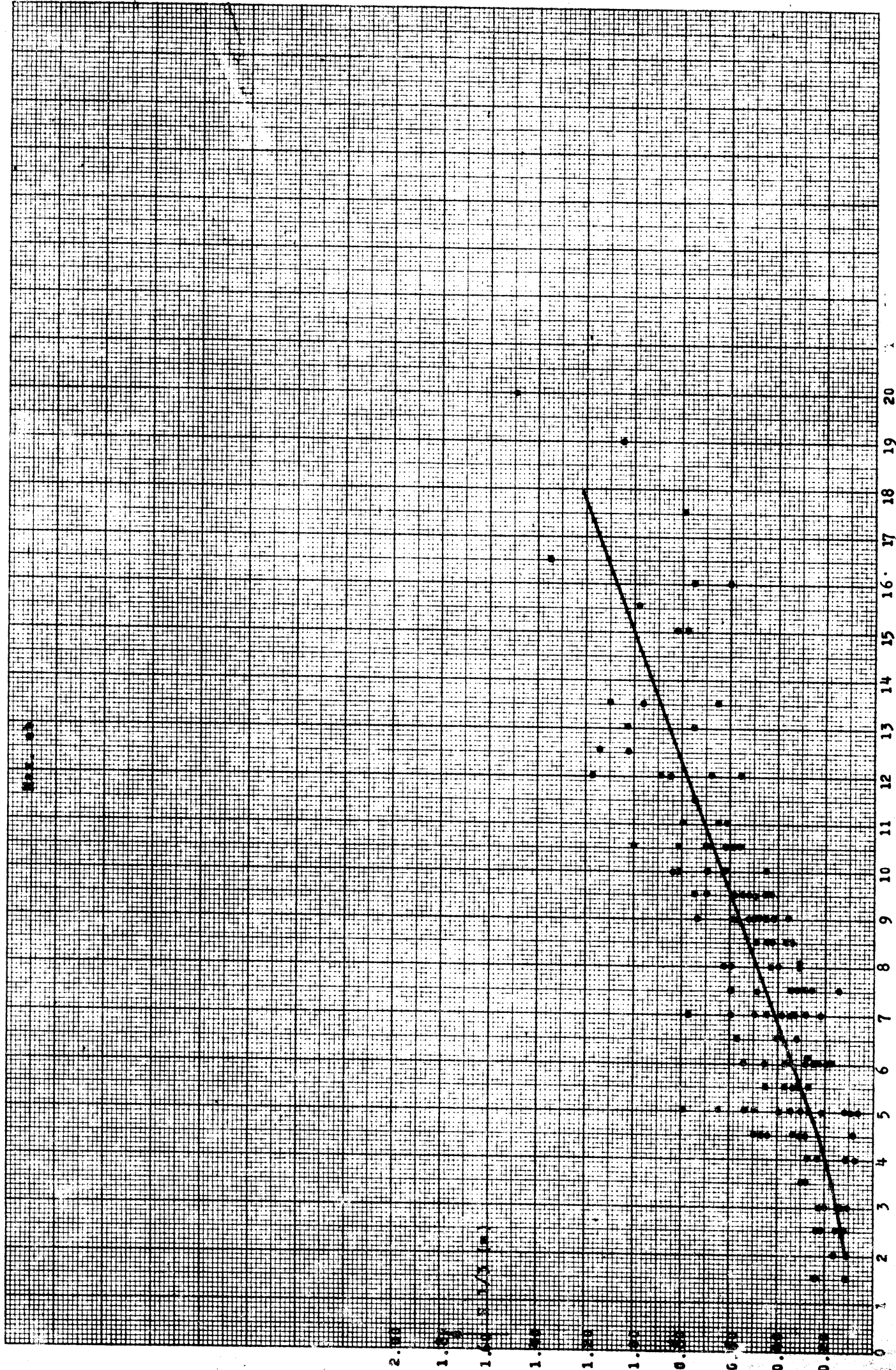
Goeree ligt op omstreeks 25 km afstand van de golfmeetpalen en de wind wordt er niet geregistreerd, doch geschat. Naast de onnauwkeurigheid, die deze schatting in zich bergt, kunnen plaatselijke invloeden tot gevolg hebben dat de windrichting en windsnelheid anders is dan in

werkelijkheid nabij de golfmeetpalen is voorgekomen. Het gebruik van andere windstations, als Vlissingen of Zierikzee, zou gezien hun ligging zeker geen verbetering betekend hebben. Het beste zou zijn een windmeter op een paal ergens in de mond van de Oosterschelde.

- 8e De afwijking van de gebruikte gemiddelde hoog- en laagwaterstanden ten gevolge van spring- en doodtij kan slechts een bijdrage in de spreiding veroorzaken, die van ondergeschikte betekenis is.
- 9e Aangezien een opzet in de waterstand niet alleen afhangt van de plaatselijke wind, doch van het windveld boven de gehele Noordzee, kan in enkele gevallen een van het gemiddelde sterk afwijkende waterstand voorkomen, die niet past bij de op dat moment voorkomende wind. Een t.o.v. het gemiddelde sterk afwijkende golfhoogte kan hiervan het gevolg zijn, wat in de grafieken als spreiding tot uiting komt.

Literatuur

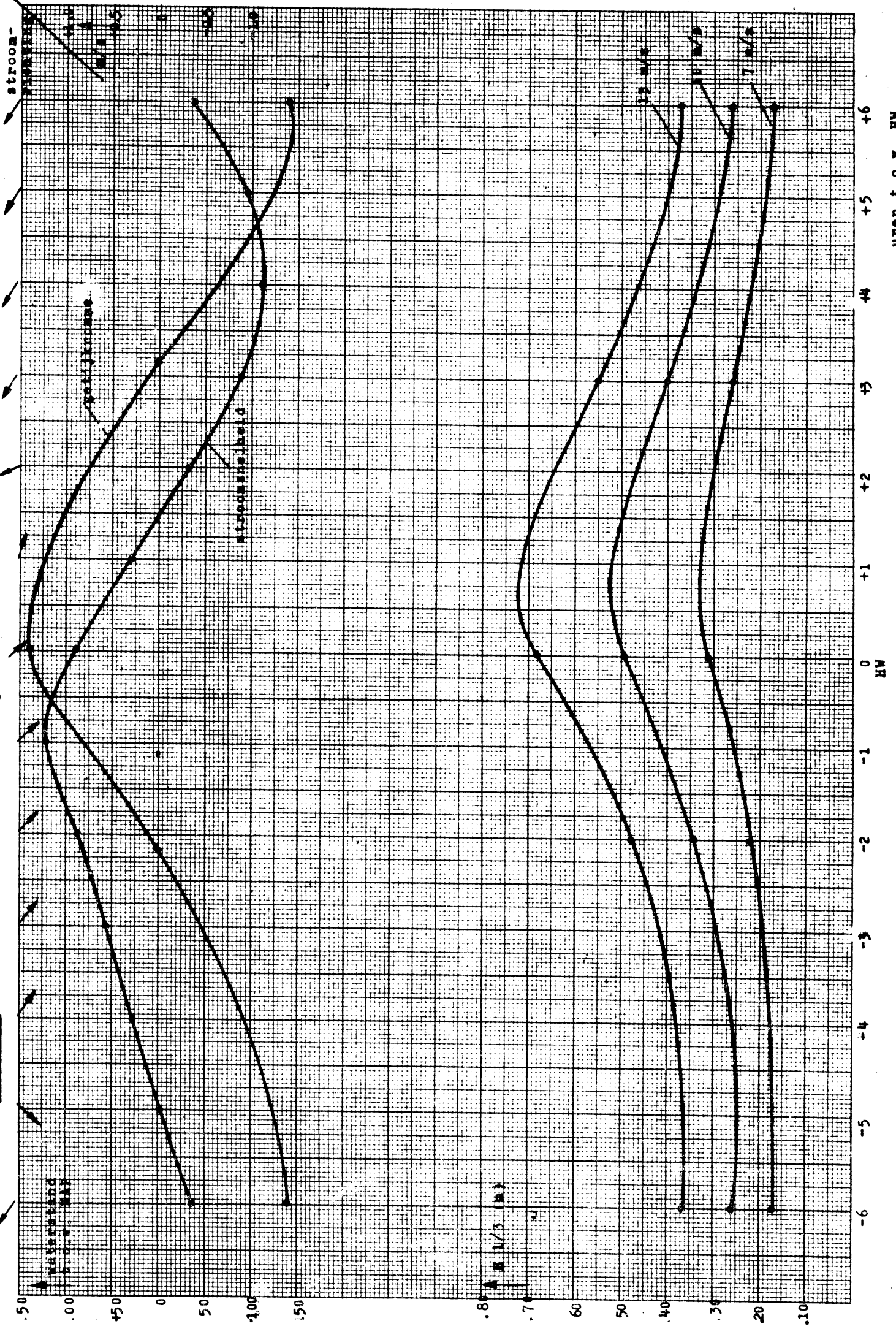
1. P. Groen en R. Dorrestein - Zeegolven 1958.
2. P.J. Wemelsfelder - Golfamplitude-schrijver type S64, Rapport Rijkswaterstaat 1957.



m/s Goeree

BIJLAGE 2

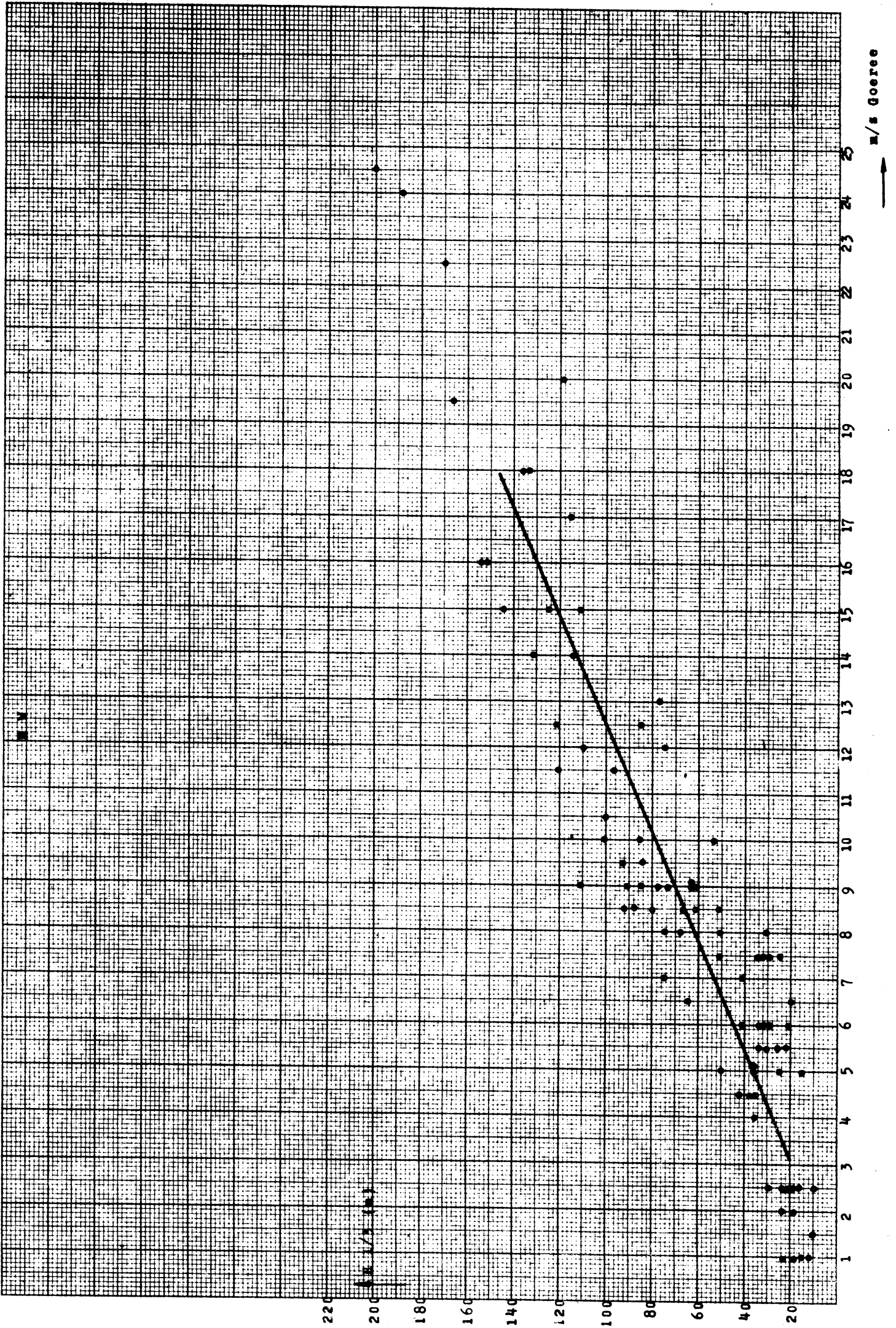
OS II - Winrichting 010 t/m 100°



uren t.o.v. HW

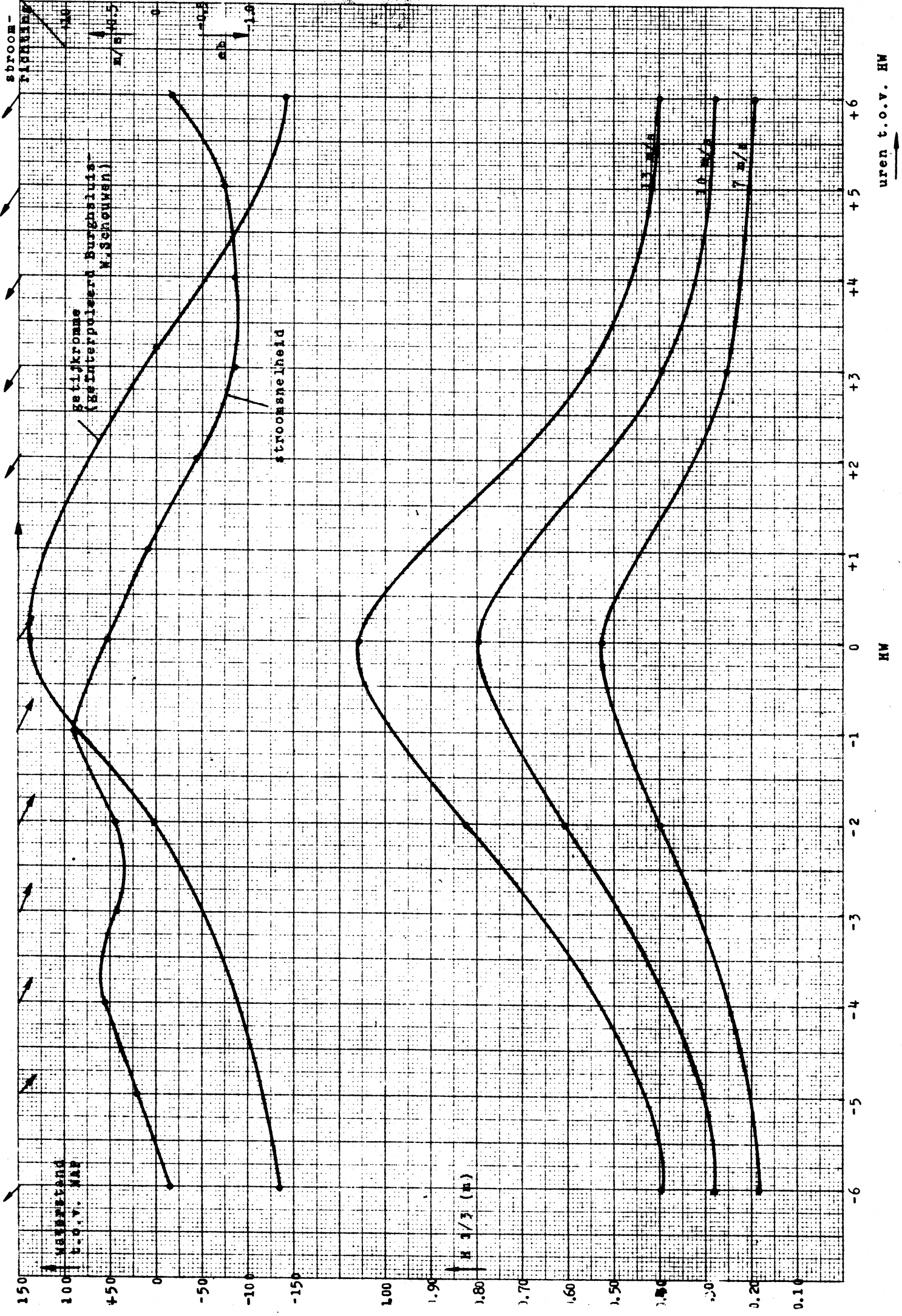
OS III - Windrichting 290 t/m 330°

BIJLAGE 4



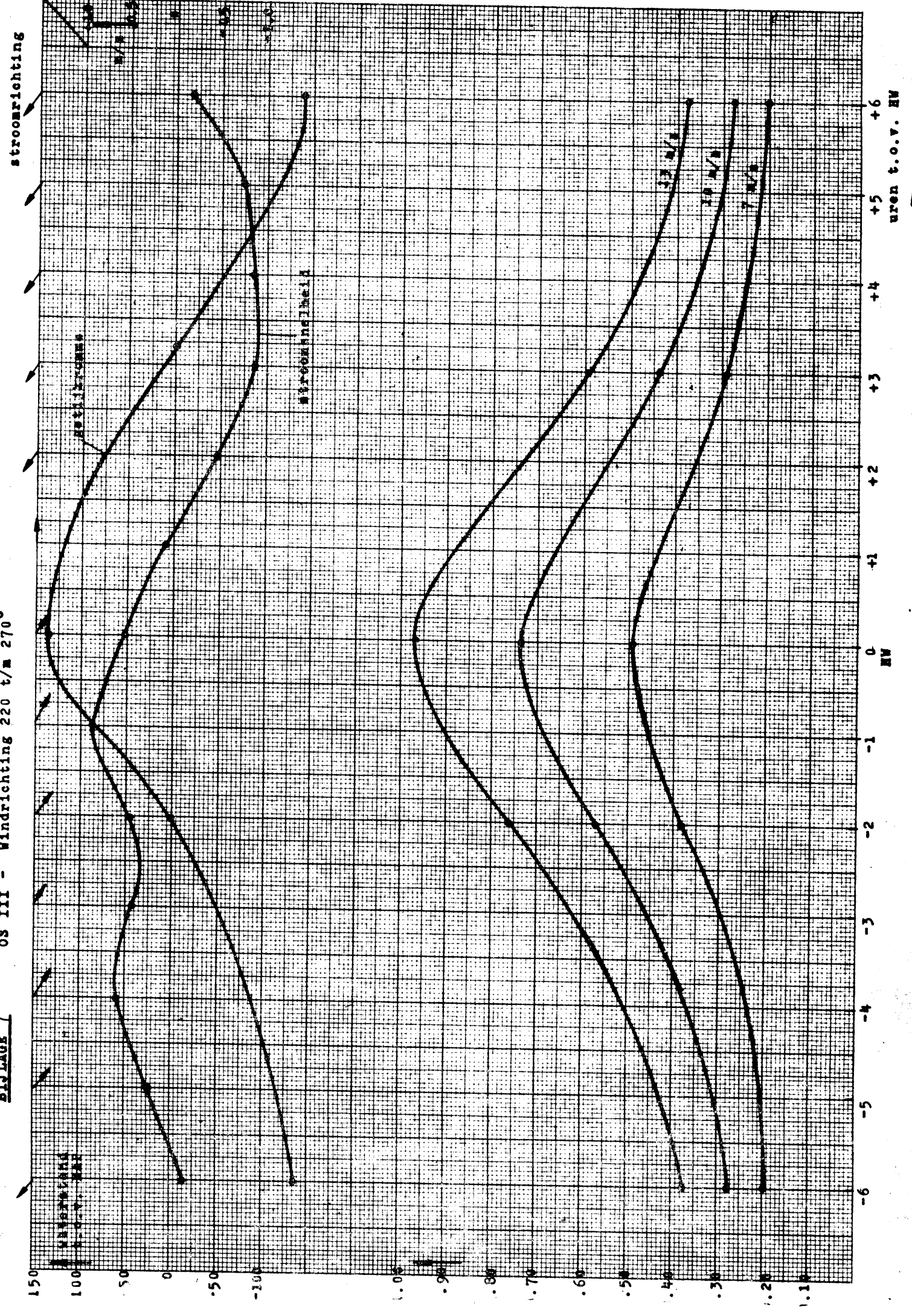
OS III - Windrichting 290 t/m 330°

BIJLAGE 5



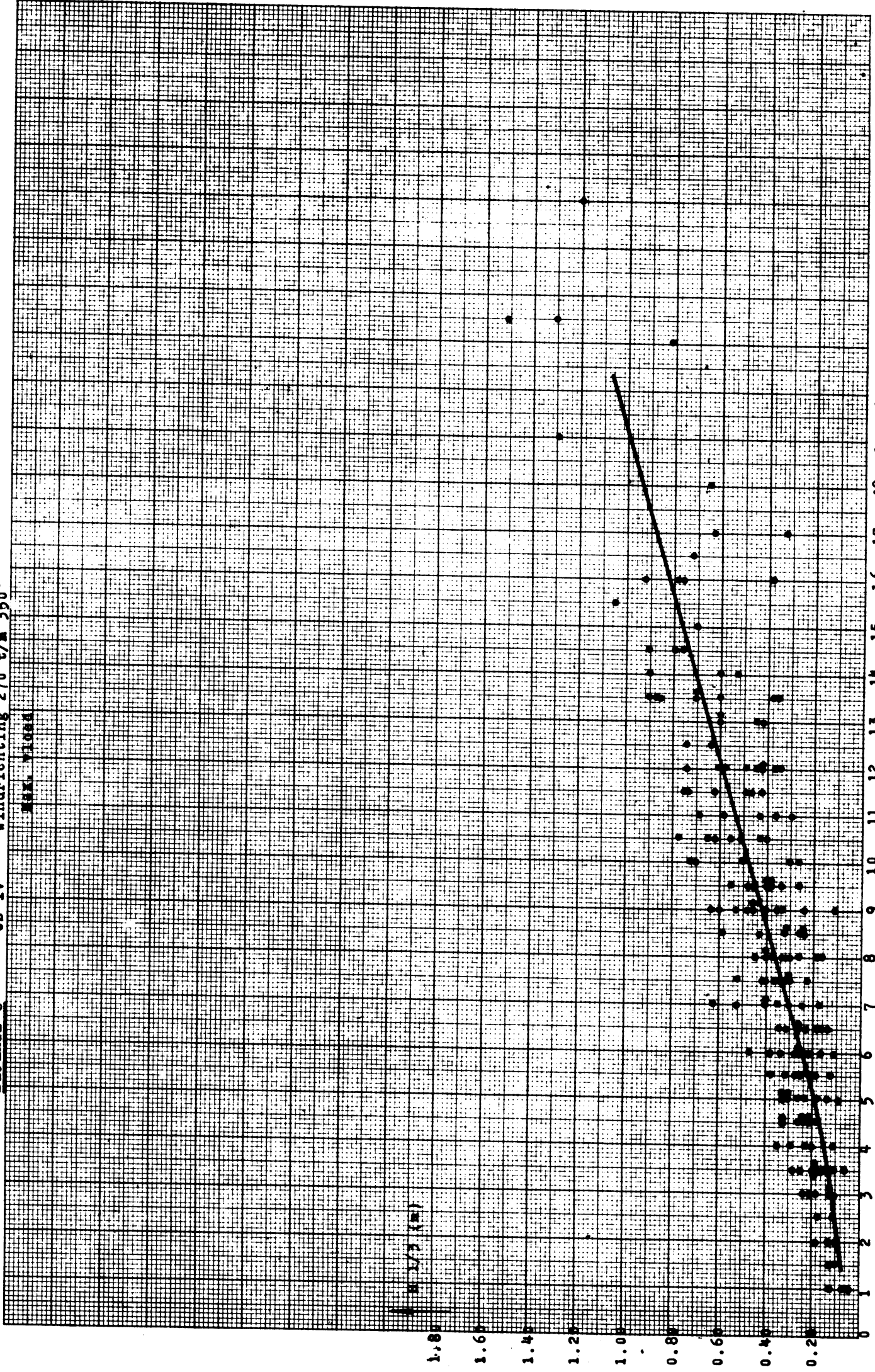
uren t.o.v. HW

BIJLAGE 7 OS III - Windrichting 220 t/m 270°



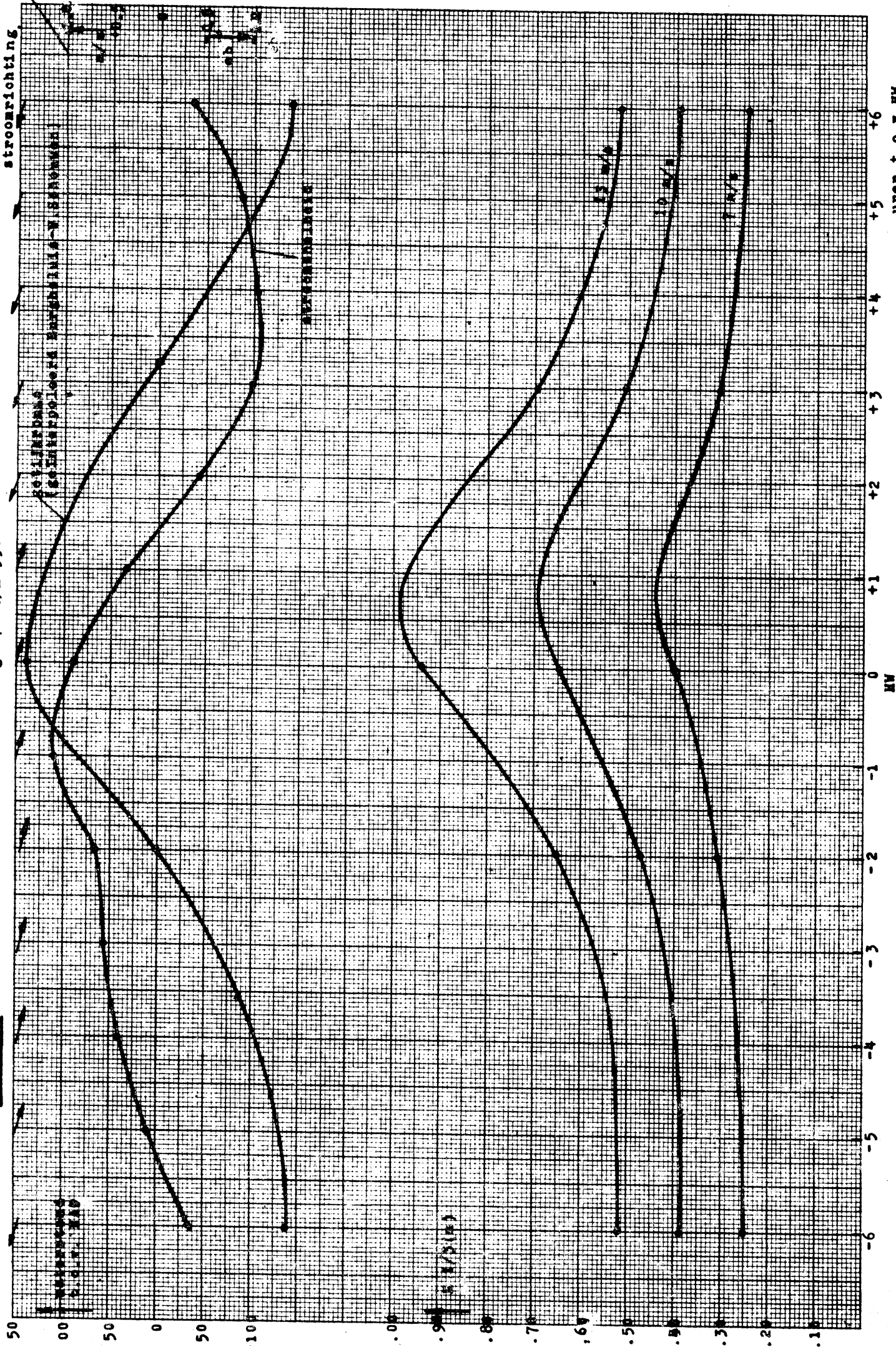
BIJLAGE 8 OS IV - Windrichting 270 t/m 350°

Max. Vloed



M/S Goeres

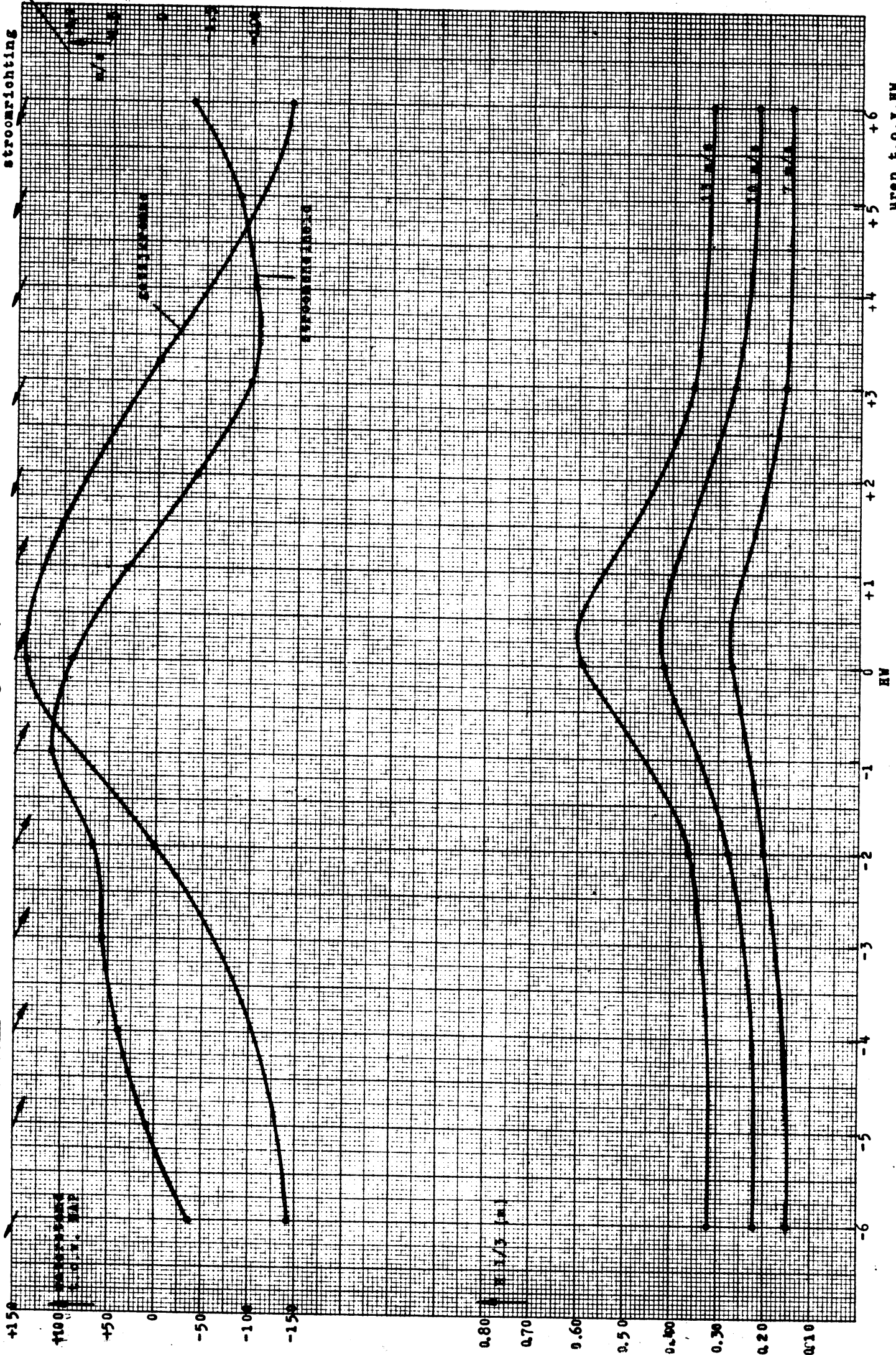
BIJLAGE 9 OS IV - Windrichting 270 t/m 350°



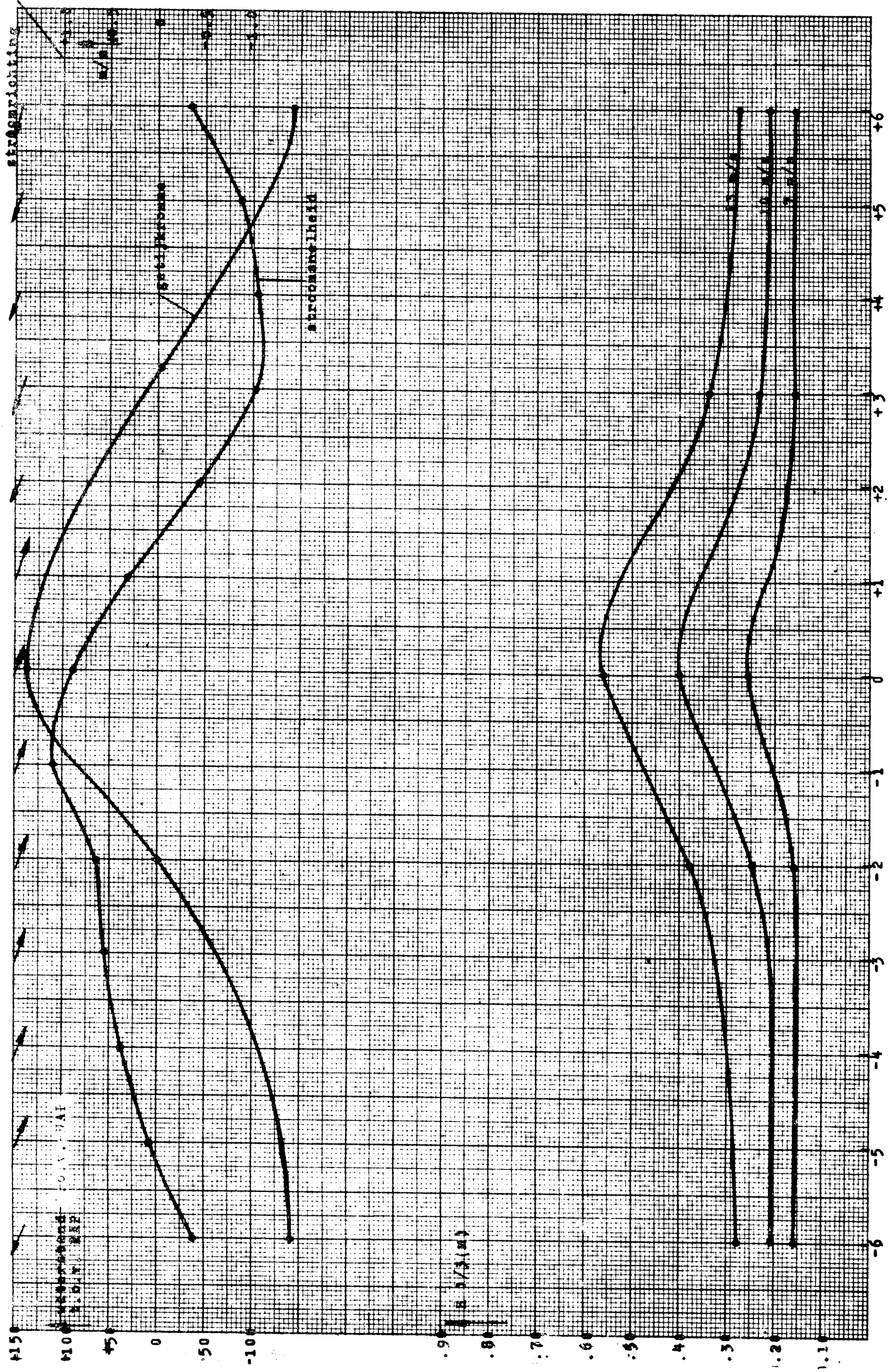
uren t.o.v.HW

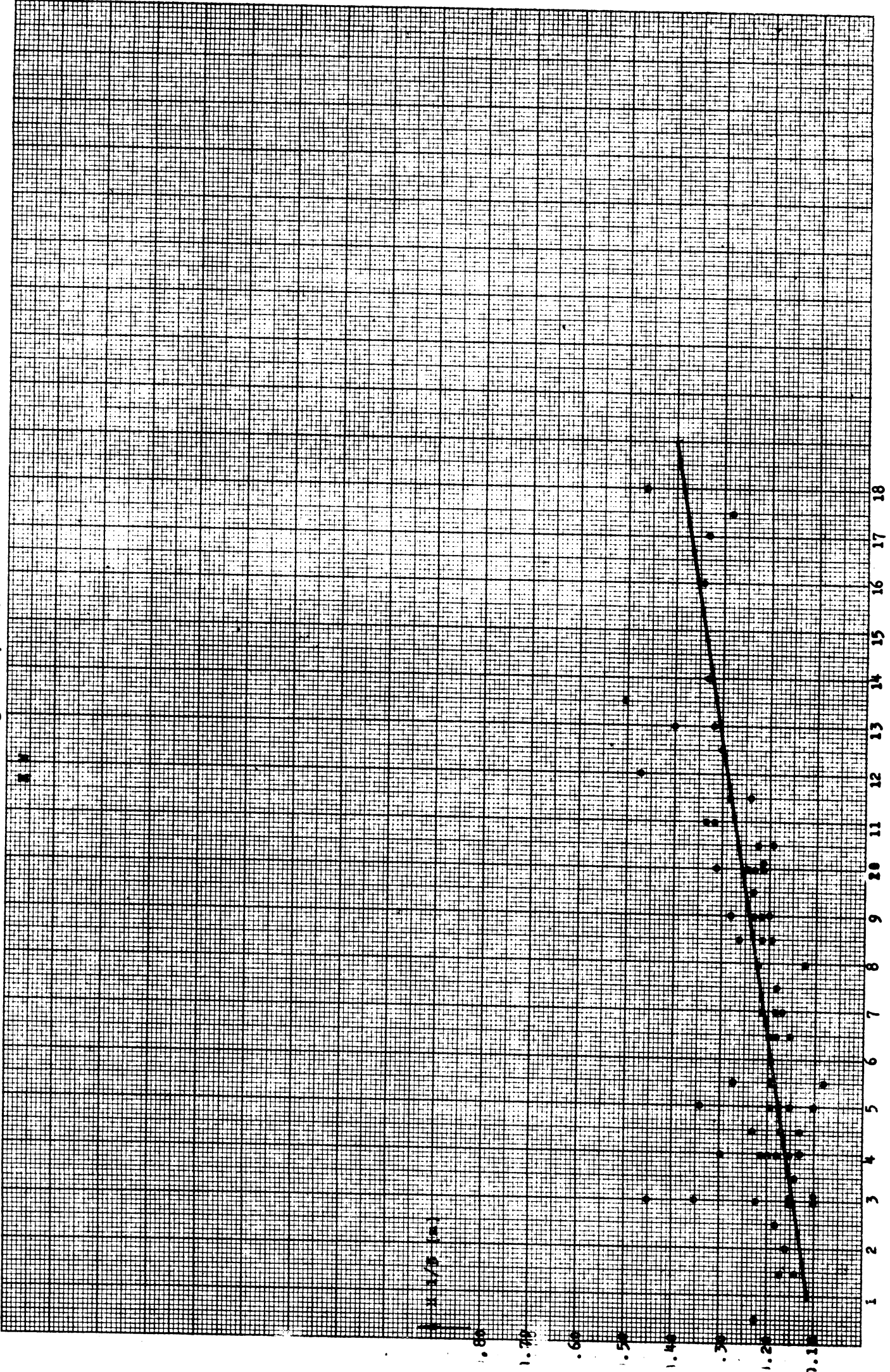
OS IV - Windrichting 040 t/m 140°

BIJLAGE 10



uren t.o.v. HW

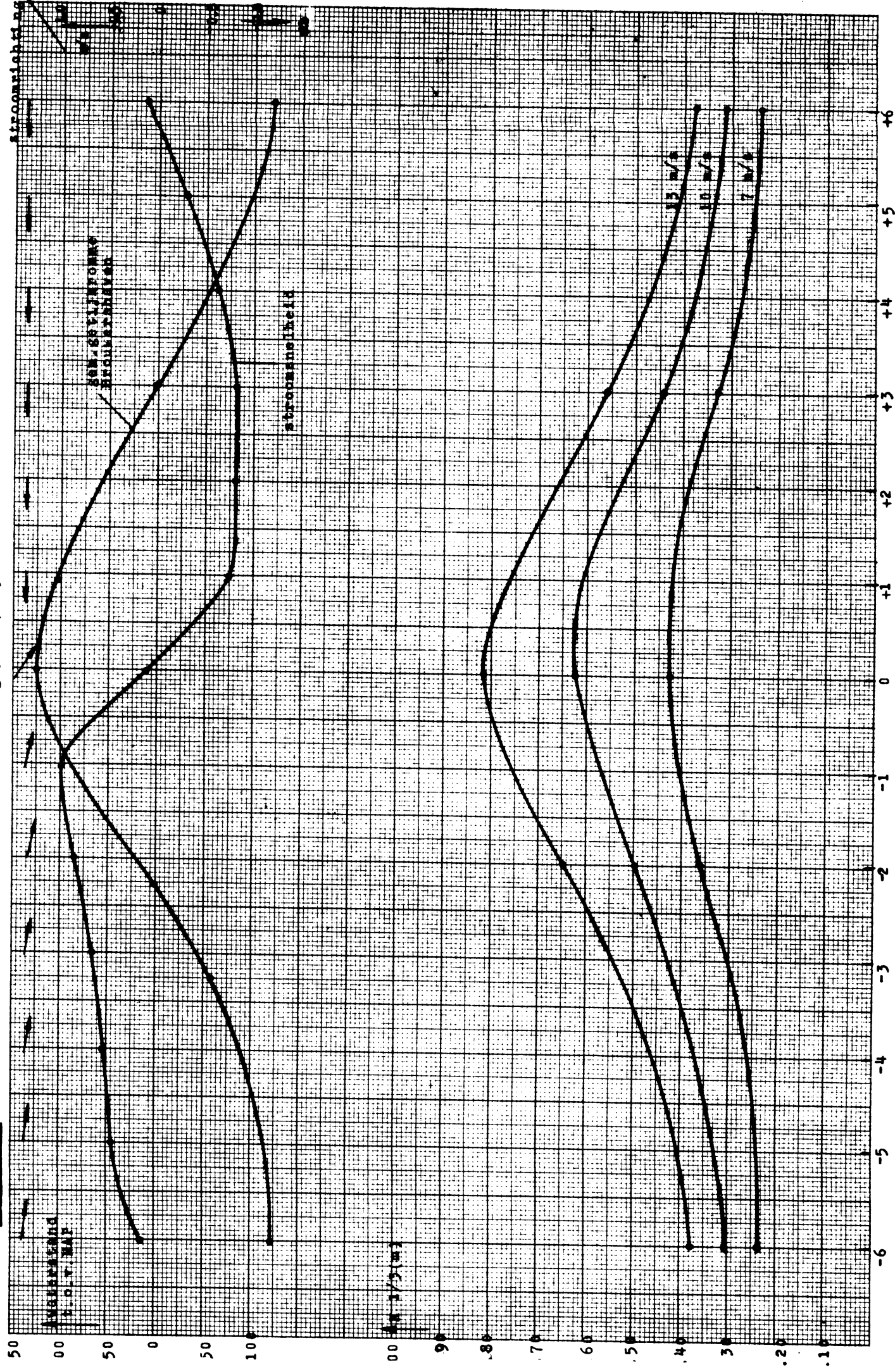




m/s Goeree →

BG I - Windrichting 300 t/m 360°

BIJLAGE 12

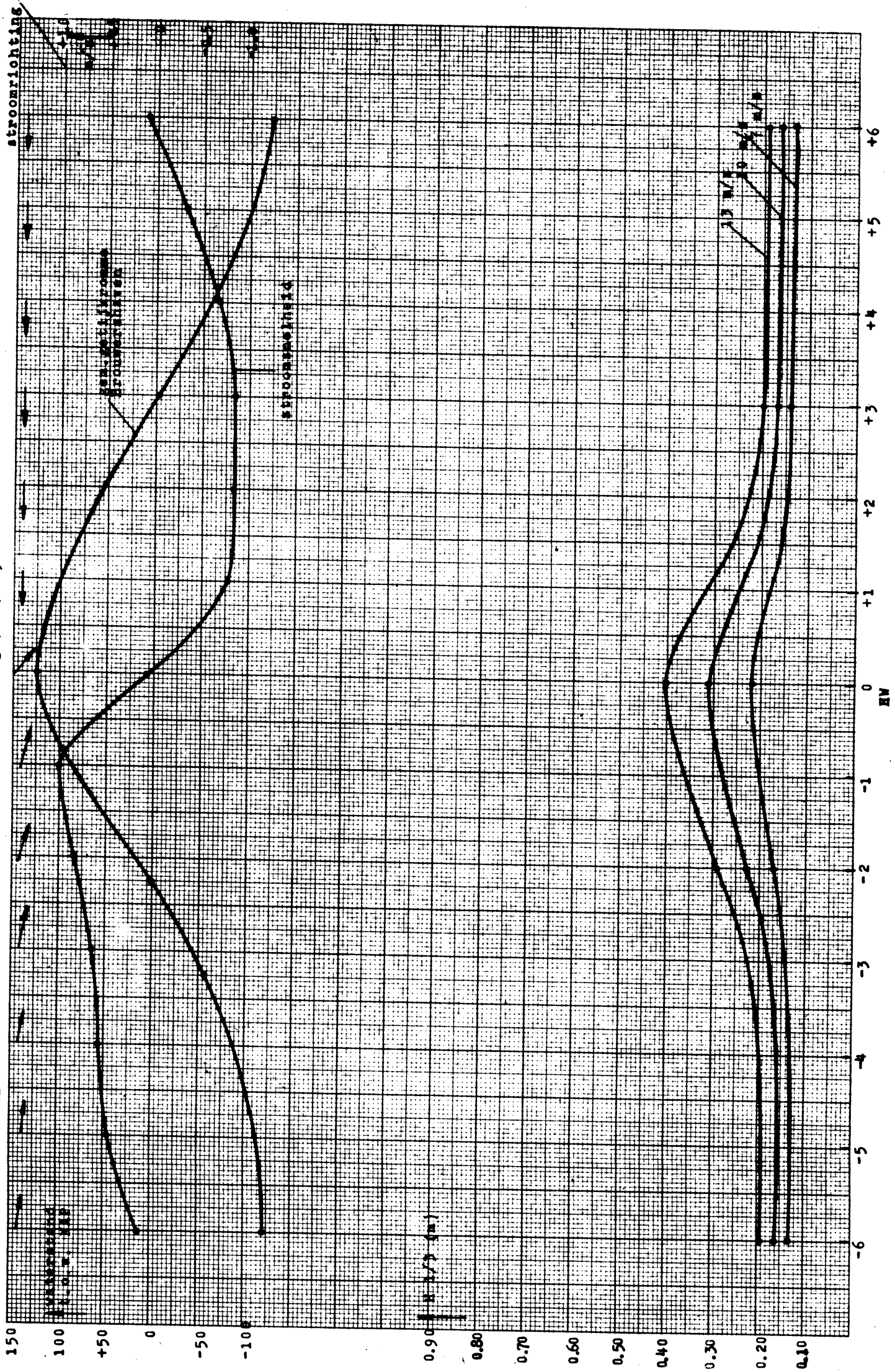


H/M

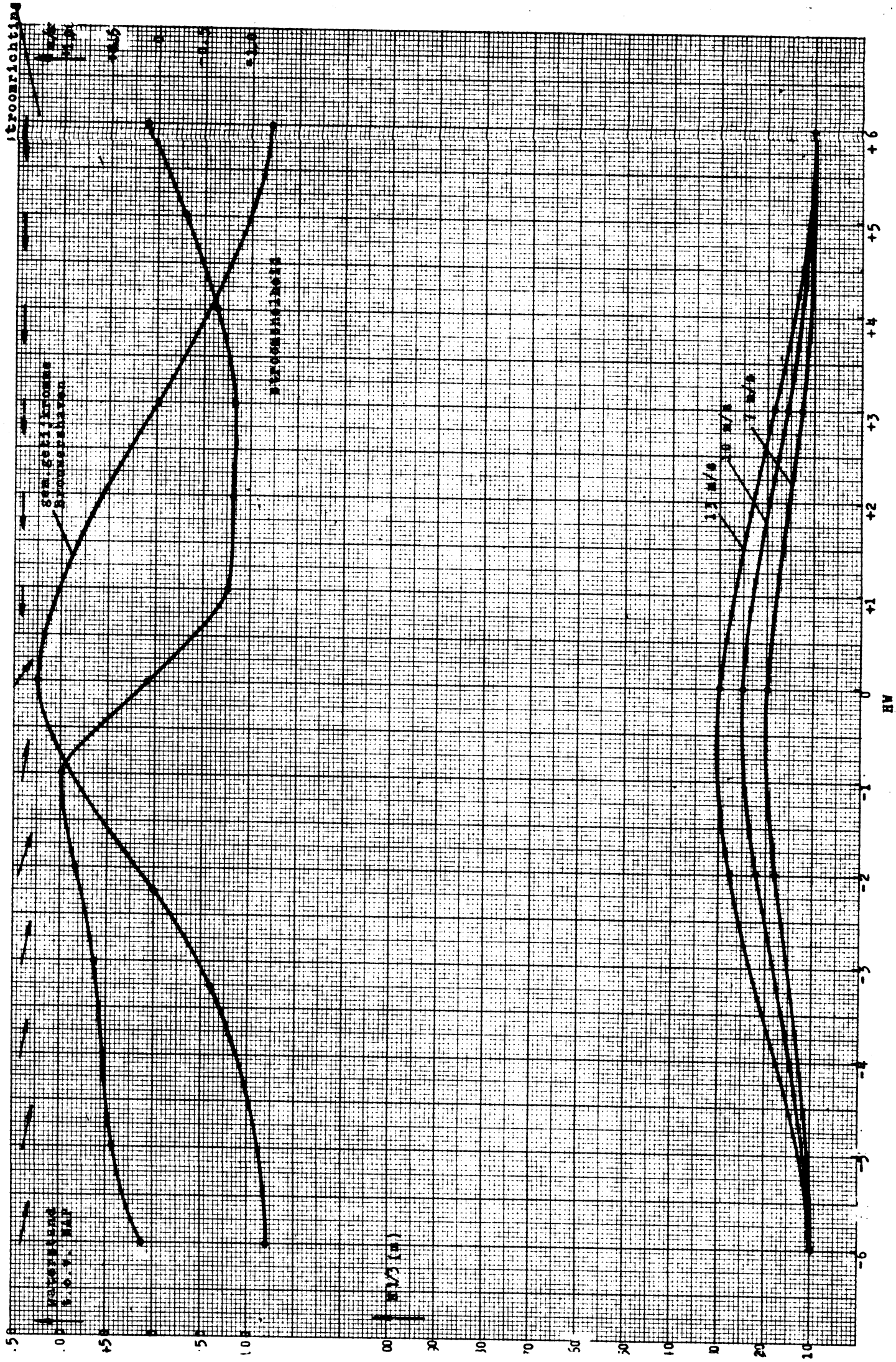
uren t.o.v. HW

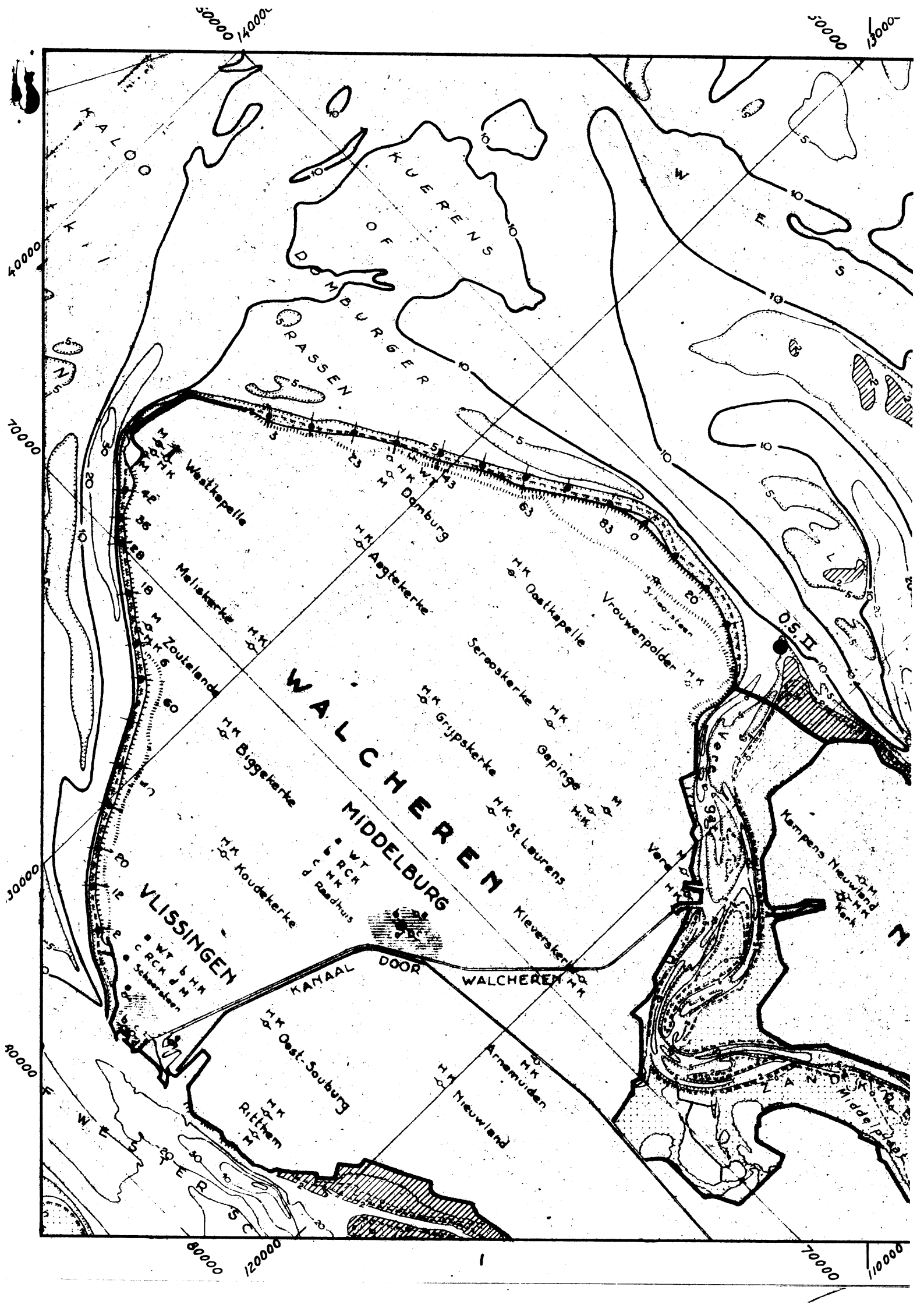
BIJLAGE 14

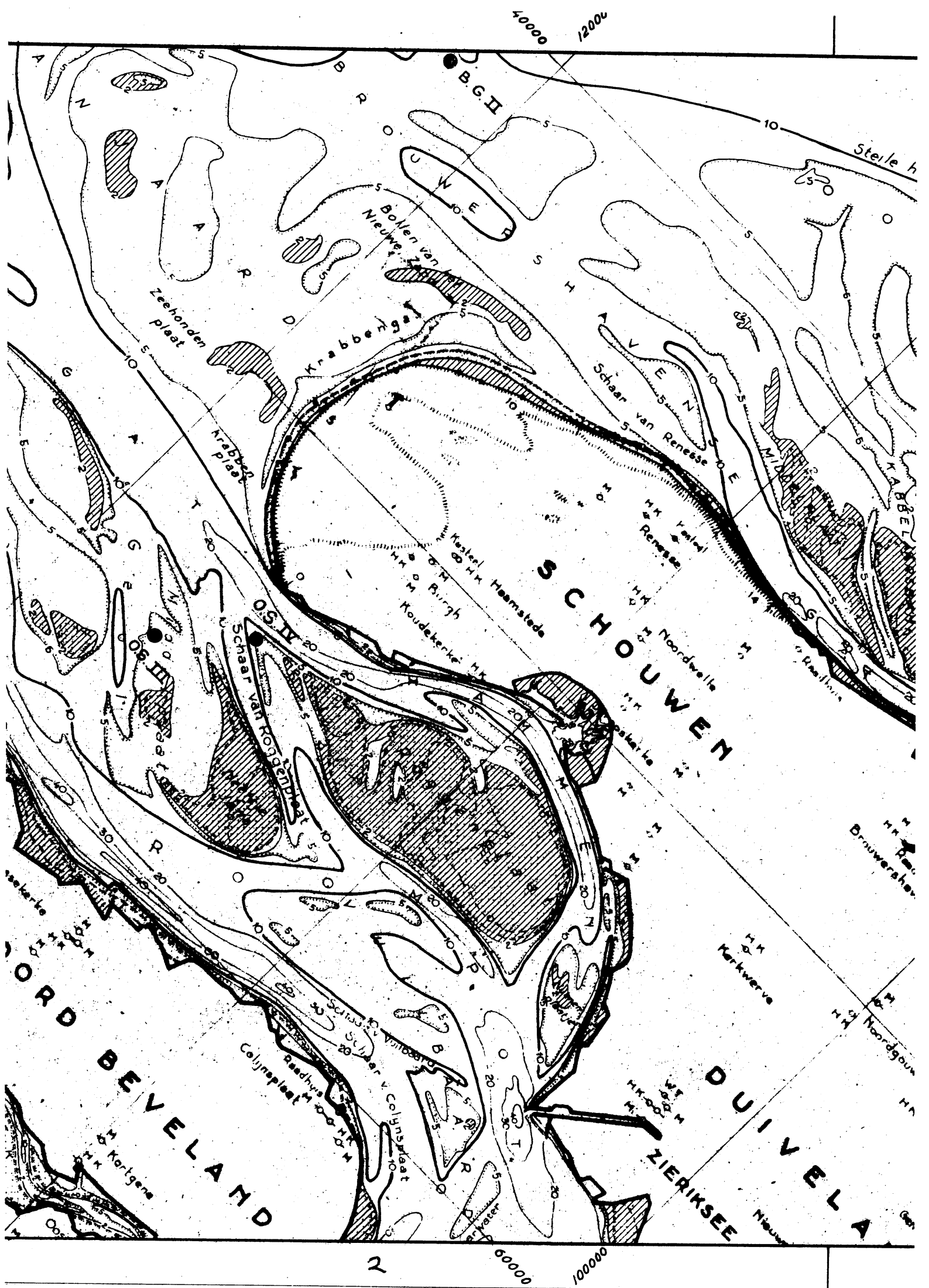
BO I - Windrichting 70 t/m 90°

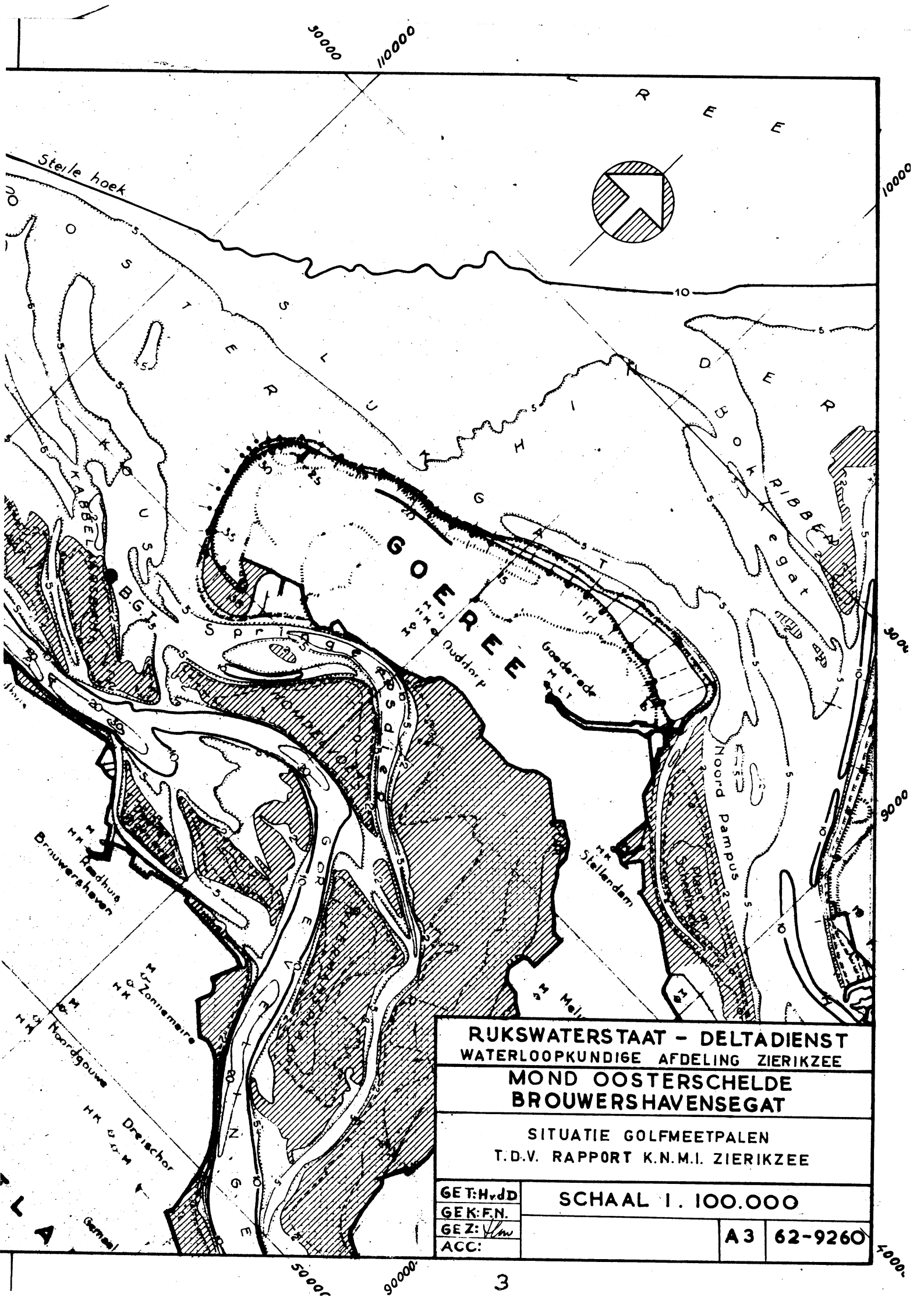


uren t.o.v. HW









RUKSWATERSTAAT - DELTADIENST
WATERLOOPKUNDIGE AFDELING ZIERIKZEE
MOND OOSTERSHELDE
BROUWERSHAVENSEGAT
 SITUATIE GOLFMEETPALEN
 T.D.V. RAPPORT K.N.M.I. ZIERIKZEE
 GET: HvdD
 GEK: FN
 GEZ: *Von*
 ACC:
SCHAAL 1 : 100.000
A3 62-9260