

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

Verslagen

V-317

C. G. Dekker

Een onderzoek naar de grootte van de systematische
windfout van de standaard regenmeter.

De Bilt, 1979

Publikatienummer: K.N.M.I. V-317 (MO).

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U.D.C.: 551.508.79

Een onderzoek naar de grootte van de systematische windfout van de
standaard regenmeter

door

C.G. Dekker

I Inleiding

1. Doel van de metingen

Enkele jaren geleden startte de Wereld-Meteorologische Organisatie (WMO) op voorstel van één van haar werkgroepen, de "Working Group for Measurements of Precipitation", van de "Commission for Instruments and Methods of Observation" (CIMO), een projekt, dat inhield, dat er gedurende enige tijd vergelijkende metingen werden verricht tussen een door de werkgroep ontworpen referentie-grondregenmeter en de in gebruik zijnde nationale regenmeter. Het ging er daarbij om, een inzicht te verkrijgen in de grootte van de systematische fout van de verschillende nationale regenmeters. Deze fout is hoofdzakelijk een gevolg van het zg. windeffekt. Door de regenmeter zelf, en door de omgeving, treden er allerlei wervelingen op rond de meter, waardoor een gedeelte van de neerslag, die eigenlijk in de trechter terecht had moeten komen, er overheen geblazen wordt. Dit effect is des te groter als de massa -en daardoor ook de valsnelheid- van de druppels kleiner is. Zo zullen motregendruppels gevoeliger zijn voor aerodynamische effecten dan grotere regendruppels.

In nog sterkere mate doet het effect zich voor bij sneeuw, doordat een sneeuwvlok een groter oppervlak heeft dan een regendruppel.

De CIMO-werkgroep voor het meten van neerslag nam als referentie een goed tegen inspatten beschermde grondregenmeter. Aangenomen werd, dat het wind-effect van deze regenmeter verwaarloosbaar is. Een grondregenmeter heeft als nadeel, dat er geen sneeuw mee kan worden gemeten. Sneeuw is derhalve bij dit projekt buiten beschouwing gelaten.

De verschillen, die tussen de referentie-regenmeter en de verschillende standaardregenmeters worden gevonden, zullen in hoofdzaak toe te schrijven zijn aan de systematische windfout van de nationale regenmeters. Dit verslag handelt over de uitkomsten van het vergelijkend onderzoek van de Nederlandse stations.

2. Opstellingseisen

Om tot betrouwbare meetresultaten te komen, heeft de werkgroep enkele eisen gesteld m.b.t. de opstelling van de referentie-grondregenmeter. De belangrijkste hiervan zijn:

- a. Een vlak terrein over een afstand van tenminste 30 meter rondom de regenmeter;
- b. Geen obstakels van welke aard dan ook in de direkte omgeving;
- c. Beveiligd tegen dieren. Daarbij dient een hek zódanig te zijn aangebracht, dat het de metingen niet verstoort.

Deze eisen gelden ook voor de standaard-regenmeter. Daar deze in de onmiddellijke omgeving van de grondregenmeter opgesteld is, heeft ook de standaardregenmeter aan de bovengestelde eisen voldaan.

3. Beschrijving nationale regenmeter (zie figuur 1)

De regenmeter heeft de vorm van een cylinder, is ca. 27 cm hoog en bestaat uit de volgende 2 delen:

- a. Een koperen opvangtrechter, welke is voorzien van een met grote precisie gedraaide messing bovenrand; de opening van de opvangtrechter heeft een oppervlakte van 2 dm².
- b. Een koperen verzamelbak, die eveneens een nauwkeurig gedraaide messing bovenrand bezit, eveneens met een opening van 2 dm². De verzamelbak is voorzien van een handvat met schenktuit.

De opvangtrechter grijpt met een rand over de bovenzijde van de verzamelbak, waardoor deze vrijwel wordt afgesloten. De steel van de trechter reikt tot in een verdieping in de bodem van de verzamelbak, en de schenktuit is met een dop afsluitbaar. Door deze voorzieningen wordt de verdamping van de neerslag, die zich in de verzamelbak bevindt, tegengegaan.

Bij de regenmeter behoort een gegalvaniseerd statief, dat in de grond wordt geplaatst, en wel zodanig, dat de bovenrand van de regenmeter zich 40 cm boven het maaiveld bevindt.

Met behulp van een bijbehorend maatglas kan de hoeveelheid neerslag worden bepaald.

4. Beschrijving grondregenmeteropstelling (zie figuur 2)

Deze regenmeter bevindt zich in het midden van een kuil, met de afmetingen van ca. 130 x 130 x 31 cm. De wanden van deze kuil zijn vertikaal; tevens zijn zij verhard. Op de bodem van deze kuil bevindt zich grint. De regenmeter is op maaiveldhoogte omgeven door een metalen rooster, waarvan de openingen mogen variëren van 5 tot 15 cm.

De dikte van het rooster is minimaal 5 cm. De bovenrand van de regenmeter dient zich op maaiveldhoogte te bevinden.

5. Waarnemingsstations

Op de volgende plaatsen zijn metingen verricht:

- a. Eibergen Het terrein is nagenoeg vlak. De metingen werden verzorgd door de studiegroep "Hupselse Beek". In deze groep hebben onder meer zitting medewerkers van Rijkswaterstaat, van de Provinciale Waterstaat Gelderland en de Landbouwhogeschool. De metingen zijn verricht gedurende het tijdvak eind maart 1972 tot eind januari 1976.
- b. Noordsleen De metingen zijn hier verricht op het hydrologische proefterrein van de Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, distrikt Zuid-Oost, door medewerkers van dit distrikt. In het tijdvak van januari 1973 t/m januari 1976 zijn de metingen verricht. Ook hier is het terrein vrijwel vlak.
- c. Zandvoort Hier is het terrein niet zo vlak als wenselijk is. De opstelling bevond zich in een duinachtig landschap. Hoewel de duinen er niet zo hoog zijn (ca. 6 m), kon de plaats van opstelling toch niet ideaal worden genoemd.

De aftappingen van de regenmeters werden gedaan door personeel van de Gemeentelijke Waterleidingen Amsterdam, vanaf juli 1972 t/m augustus 1975.

- d. De Bilt De vergelijkende metingen werden verricht op het meteorologische waarnemingsterrein van het K.N.M.I. (vanaf januari 1972 t/m juli 1975). Verschillende medewerkers van de afdeling Meteorologisch Onderzoek verleenden hun medewerking aan het dagelijks aftappen van de regenmeters. Als regel werden deze afgetapt op werkdagen om acht uur. Wanneer er neerslag viel op dit tijdstip, werd gewacht met aftappen, totdat het droog was. Op maandagochtend werd een meerdaagse neerslagsom gemeten, omdat in het week-end géén waarnemingen werden verricht.

Een overzicht van de ligging van de stations is gegeven in figuur 3.

II Resultaten

De verzamelde gegevens werden op verschillende manieren bewerkt. Allereerst werd een omrekeningsfaktor bepaald, waarmee de standaard-regenmeter gemiddeld moet worden gecorrigeerd. Hierbij werd ervan uitgegaan, dat de referentie-grondregenmeter de ware neerslaghoogte aangeeft. Voor het bepalen van deze korrektiefaktor werden maandsommen bewerkt.

Vervolgens werd nagegaan, of de windfout een jaarlijkse gang vertoont. Hiervoor werden seizoensommen geanalyseerd.

Tenslotte werd een meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd naar de samenhang tussen de windfout en de windsnelheid en het neerslagtype. Hiertoe werden de dagelijkse aftappingen bekeken tesamen met de synoptische waarnemingen van naburige K.N.M.I.-stations.

1. Bepaling gemiddelde omrekeningsfaktor

De standaardregenmeter blijkt behept te zijn met een windfout. Het meest eenvoudig kan voor deze fout worden gecorrigeerd, door de aftappingen van de standaardregenmeter te vermenigvuldigen met één (konstante) omrekeningsfaktor. Gaan we er van uit, dat de referentie-grondregenmeter de "ware" neerslaghoogte aangeeft, dan stelt het vergelijkend onderzoek ons in staat de omrekeningsfaktor te bepalen. Dit kan op verschillende manieren gebeuren. Hier werd gekozen voor de volgende procedure:

Per station werd lineaire regressie toegepast op de maandsommen, gelijktijdig gemeten met de standaard- en grondregenmeter, waarbij de regressielijn door de oorsprong werd gedwongen.

Uitgegaan werd dus van de regressievergelijking:

$$Y_i = aX_i + E_i,$$

waarin Y_i de hoeveelheid neerslag is, opgevangen met de grondregenmeter;
 a de omrekeningsfaktor;
 E_i de toevallige fout, en
 X_i de hoeveelheid neerslag, afgetapt van de standaardregenmeter.

In tabel 1 zijn de op deze wijze bepaalde waarden van a , tesamen met de standaardafwijking, gegeven.

| | a | standaardafwijking van a |
|-----------|-------|----------------------------|
| De Bilt | 1.051 | 0.003 |
| Eibergen | 1.037 | 0.005 |
| Sleen | 1.034 | 0.007 |
| Zandvoort | 1.006 | 0.003 |

tabel 1.

Omrekeningsfactoren (a) en standaardafwijking van de omrekeningsfactoren, bepaald uit maandsommen van de standaardregenmeter en van de grondregenmeter.

Te zien is, dat de omrekeningsfactoren van plaats tot plaats verschillen. Zo moeten de waarnemingen te De Bilt gemiddeld met 5% worden verhoogd, terwijl in Zandvoort de waarnemingen bijna geen correctie behoeven. Dit laatste is niet goed te begrijpen. Omdat Zandvoort aan de kust ligt, waar de gemiddelde windsnelheid hoger is dan in het binnenland, zou men verwachten, dat in Zandvoort de windfout ook groter is. Braak wees ook al in een van zijn publikaties (1) erop, dat de windfout met de windsnelheid toeneemt. Reeds eerder in dit verslag is gezegd, dat de omgeving een duinachtig karakter heeft. Mogelijk speelt dit een rol. Duidelijk is het evenwel, dat de opstelling daar te wensen overliet.

In de figuren 4a t/m 4d zijn de maandtotalen van de grond- en van de standaardregenmeter tegen elkaar uitgezet.

2. De windfout in samenhang met het seizoen

Het in de inleiding genoemde windeffekt hangt af van de windsnelheid en van de regendruppelgrootte. De windsnelheid vertoont in Nederland een duidelijke jaarlijkse gang: in de herfst en winter is deze hoger dan in het voorjaar en winter.

Ook de druppelgrootte heeft een jaarlijkse gang. De afmetingen van de druppels zullen in de zomer groter zijn dan in de winter. Dit komt enerzijds omdat er in de zomer vaker convectieve neerslag voorkomt (welke grotere druppels oplevert dan frontale regens) dan in de winter, en anderzijds omdat bij de frontale regen in de winter kleinere druppeltjes vaker voorkomen dan bij frontale regen in de zomer.

In de winter is dus gemiddeld de windsnelheid hoger en de druppelgrootte kleiner. Hierdoor is een jaarlijkse gang in het windeffekt te verwachten. Om na te gaan, of dit inderdaad het geval is, zijn per waarnemingsstation de totaalhoeveelheden van beide regenmeters bepaald per seizoen.

Daarna werd de grootheid $\frac{G}{S} \times 100$ berekend, waarin G de seizoensom van de neerslag van de grondregenmeter is, en S die van de standaardregenmeter. Verder werden, eveneens per seizoen en per waarnemingsstation, de windsnelheidsgemiddelden bepaald, en daarna vergeleken met $\frac{G}{S} \times 100$.

De resultaten zijn weergegeven in de figuren 5a t/m 5d.

Het blijkt, dat voor alle stations -behalve voor Zandvoort- de windfout inderdaad een duidelijke jaarlijkse gang vertoont. In de winter is $\frac{G}{S} \times 100$ maximaal, in de zomer minimaal.

Overigens is dit in overeenstemming met wat andere auteurs hebben gevonden (1) en (2).

3. De windfout in samenhang met windsnelheid en neerslagtype

In de inleiding is betoogd, dat het windeffekt samenhangt met:

- a. de windsnelheid en
- b. de verdeling van de druppelgrootte.

Om deze samenhang nader te bestuderen, werd het waarnemingsmateriaal als volgt bewerkt:

Voor ieder waarnemingsstation werd voor iedere dag de gemiddelde windsnelheid bepaald van de uurvakken, waarin het regende. Ter plaatse werden in het algemeen geen windsnelheidsmetingen verricht, en daarom werden de gegevens ontleend aan metingen op het meest dichtbijzijnde synoptische station van het K.N.M.I.. Op deze stations wordt de wind gemeten op een hoogte van 10 meter. De verkregen daggemiddelden van de windsnelheid werden in klassen verdeeld. (In figuur 3 is de ligging van de K.N.M.I.-stations tussen haakjes aangegeven).

De uurvakken met neerslag werden bepaald aan de hand van uurlijkse waarnemingen op het dichtstbijzijnde K.N.M.I.-station. Omdat de druppelgrootte nergens wordt gemeten, werd volstaan met de splitsing "gewone" regen en motregen. Deze opsplitsing is mogelijk, omdat op de vorengenoemde K.N.M.I.-stations de aard van de neerslag uurlijks wordt vastgesteld. Vervolgens werd per dag bepaald, of de gevallen neerslag toe te schrijven was een "gewone" regen of motregen. Overheersten de uurvakken met motregen, dan werd de gehele dag als motregen gerekend. In de overige gevallen als "gewone" regen.

Het is duidelijk, dat deze methode zeer globaal is. De betrekkelijke waarde wordt niet alleen bepaald door het feit, dat de tijd, waarover de wind is gemiddeld, niet hoeft samen te vallen met de tijd, gedurende welke neerslag viel, maar ook, dat de windsnelheid niet gemeten wordt op de plaats, waar de aftappingen worden verricht. Wat dit laatste betreft, is de situatie te De Bilt gunstiger: zowel neerslag als wind worden ter plaatse gemeten.

Voor iedere regendag zijn nu drie gegevens bekend:

- 1e. De dagsommen van de neerslag van beide regenmeters;
- 2e. De windsnelheidsklasse;
- 3e. De aard van de neerslag.

Teneinde de samenhang te bestuderen tussen de verschillen in neerslaghoeveelheid van beide regenmeters en de windsnelheidsklasse in relatie tot de druppelgrootte, werd het volgende gedaan:

Per windsnelheidsklasse werden (over het gehele tijdvak van waarnemen) de totaalhoeveelheden van alle neerslag bepaald van zowel de grond- als de standaardregenmeter.

Vervolgens werd weer de grootheid $\frac{G}{S} \times 100$ bepaald, waarin G de totaalhoeveelheid is, opgevangen met de grondregenmeter, en S die van de standaardregenmeter. Daarna werd hetzelfde gedaan, echter voor de hoeveelheden, die uitsluitend van motregen afkomstig waren. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 6 t/m 9.

Bij deze figuren dient nog enige toelichting te worden gegeven. Duidelijk blijkt, dat de curve van "alle regens" oploopt, naarmate de windsnelheid toeneemt. Voorts ligt de curve van motregen beduidend hoger. Deze studie bevestigt dus de gedachte, uiteengezet in de inleiding, dat, naarmate de windsnelheid toeneemt en de druppels kleiner zijn, het windeffekt van de standaardregenmeter ook toeneemt.

Zoals te verwachten was, gedraagt Zandvoort zich afwijkend.

Er moet op gewezen worden, dat het verloop van de curves in de hogere windsnelheidsklassen niet betrouwbaar is door het kleine aantal waarnemingen in die klassen. Dit geldt met name voor motregen.

III Motregen

Om na te gaan in hoeverre dit van belang is in de praktijk, werd per station bepaald hoe vaak motregen voorkwam, en wat de bijdrage was tot de totale hoeveelheid neerslag. De resultaten zijn te vinden in tabel 2:

| | De Bilt | | Eibergen | | Noordsleen | | Zandvoort | |
|--------|---------|-------------|----------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| | tijd | hoeveelheid | tijd | hoeveelheid | tijd | hoeveelheid | tijd | hoeveelheid |
| Lente | 14.6 | 3.1 | 16.7 | 5.4 | 16.1 | 3.9 | 11.5 | 2.6 |
| Zomer | 9.3 | 0.4 | 11.1 | 2.5 | 9.6 | 1.3 | 9.7 | 5.4 |
| Herfst | 12.8 | 3.1 | 15.4 | 2.0 | 11.9 | 3.7 | 7.8 | 2.6 |
| Winter | 24.6 | 8.1 | 25.9 | 8.7 | 26.7 | 9.1 | 20.8 | 3.9 |

Tabel 2.

Percentages (tijd en hoeveelheid) die motregen uitmaakt t.o.v. het totaal.

Uit dit overzicht blijkt, dat de hoeveelheden, die motregen oplevert, slechts gering zijn. Derhalve is de grote windfout, die voor motregen werd gevonden, in de praktijk van weinig belang.

IV Conclusies

Als men er van uitgaat, dat de grondregenmeter de juiste hoeveelheid neerslag opvangt, dan blijkt, dat de standaardregenmeter enkele procenten te weinig geeft. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan het windeffekt. Omdat de plaatsen De Bilt, Eibergen en Noordsleen onderling vergelijkbaar

zijn voor wat betreft de opstelling en de omgeving, zou men percentages verwachten, die dicht bij elkaar liggen. Globaal gezien klopt dat wel. Voorts valt er bij de drie vorengenoemde stations ook een jaarlijks gang te constateren. In het algemeen zijn de verschillen in de winter het grootst; in De Bilt is het verschil dan zelfs 8%. Ook is het gebleken, dat de grootheid $\frac{G}{S} \times 100$ van alleen "motregen" duidelijk grotere verschillen geeft dan "alle regens" tezamen. Omdat motregen slechts in geringe mate bijdraagt tot de totale hoeveelheid neerslag, is dit effect voor de praktijk betrekkelijk onbelangrijk. De verschillen zijn groter, naarmate de windsnelheid toeneemt. Dit geldt voor beide neerslagtypen.

V Dankbetuiging

Gaarne wil ik Drs. H.A.R. de Bruin hartelijk danken voor zijn niet-aflatende steun bij de totstandkoming van dit rapport.

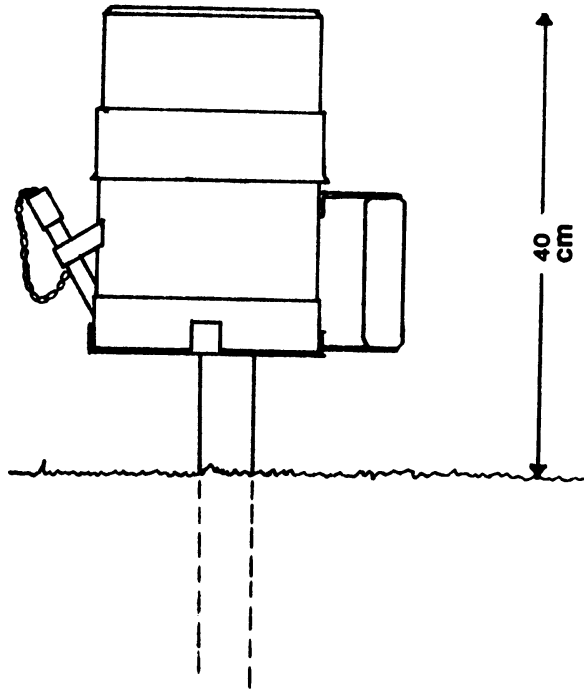


fig. 1

standaard-regenmeter

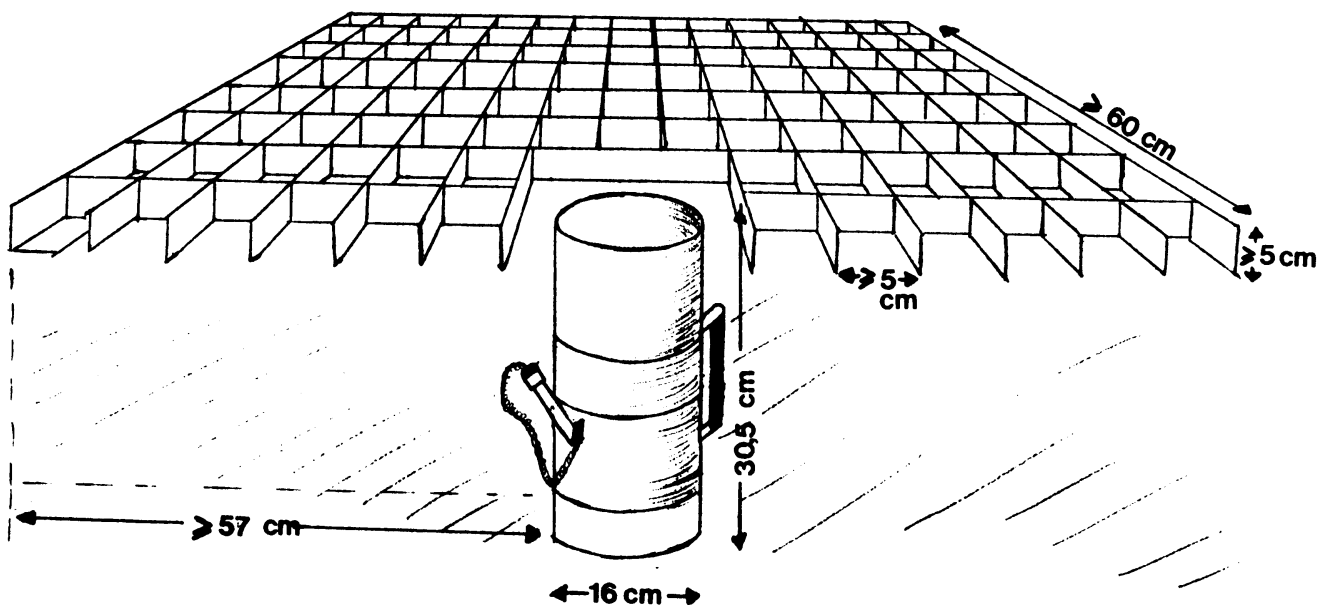


fig. 2

**doorsnede grondregenmeter-
opstelling**



fig. 3

ligging waarnemingsstations

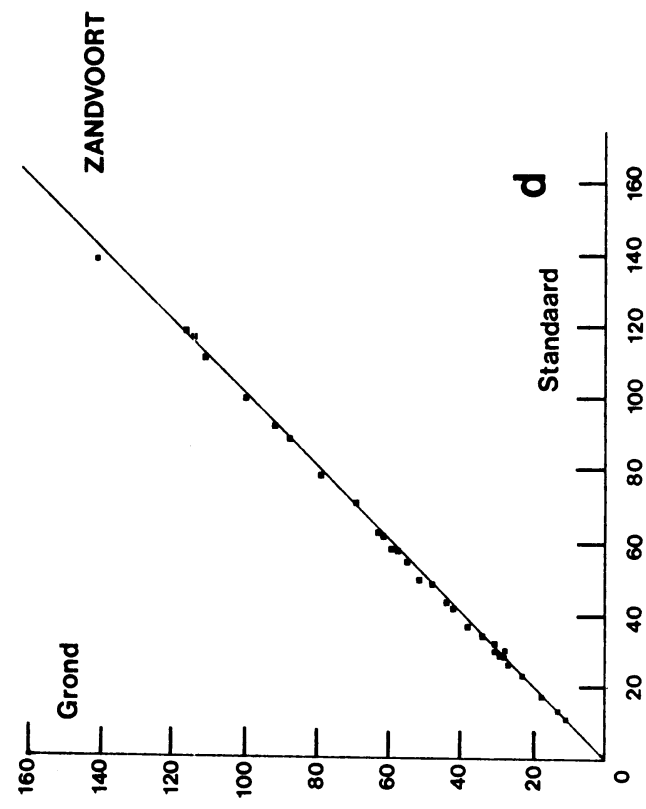
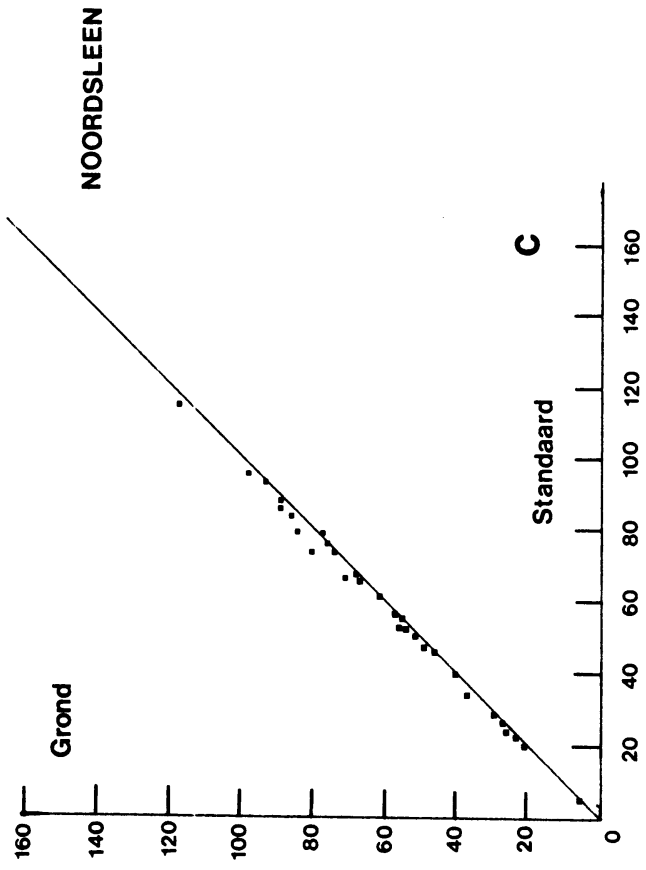
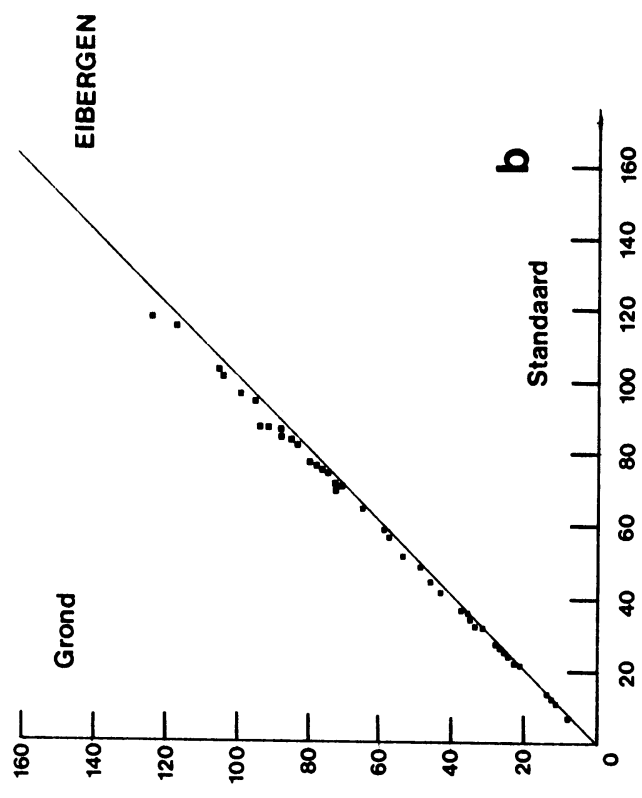
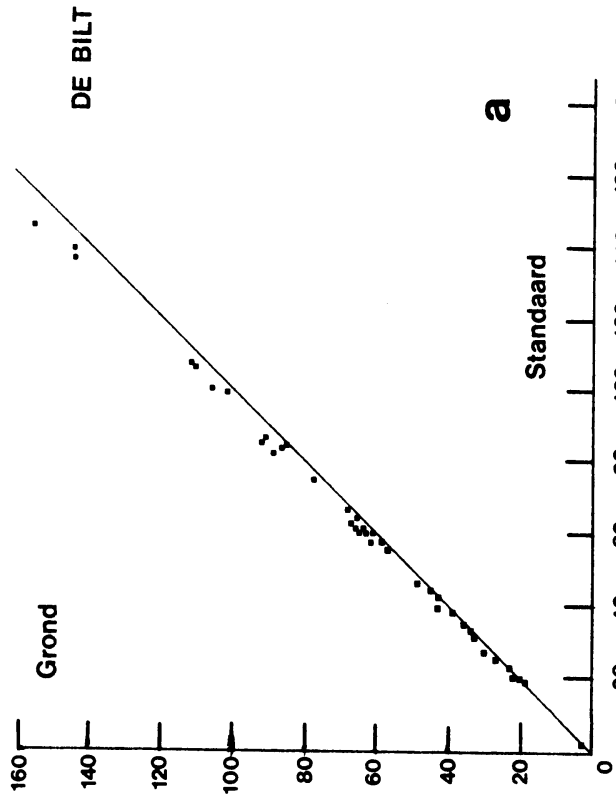


fig. 4

Verband tussen maandsommen van grond- en standaardregenmeter

Figuur 5

Verband tussen totalen $\frac{G}{S} \times 100$ en gem. ws per seizoen

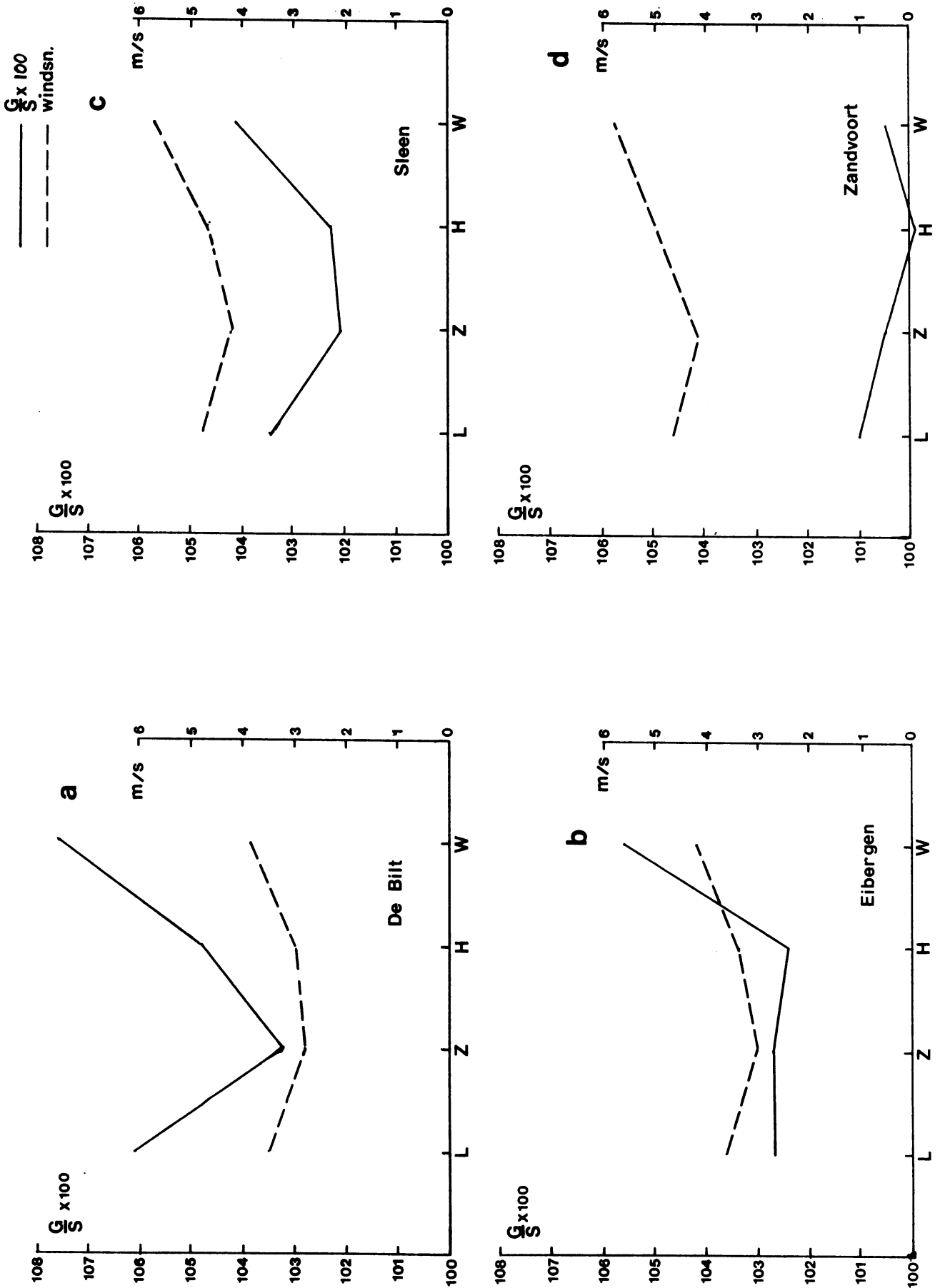


fig.6

De Bilt, gem. $\frac{G}{S} \times 100$

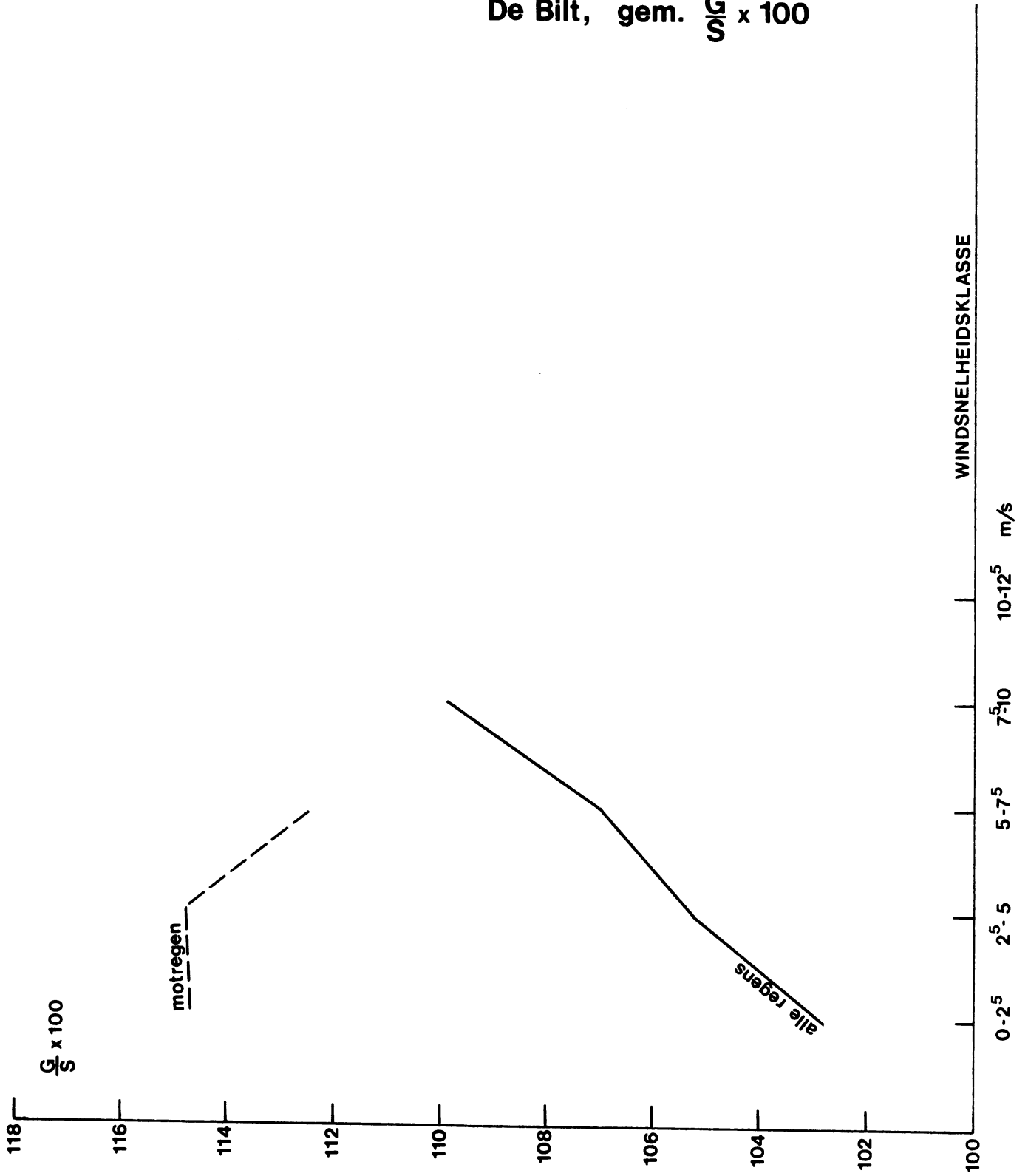


fig. 7

Eibergen, gem. $\frac{G}{S} \times 100$

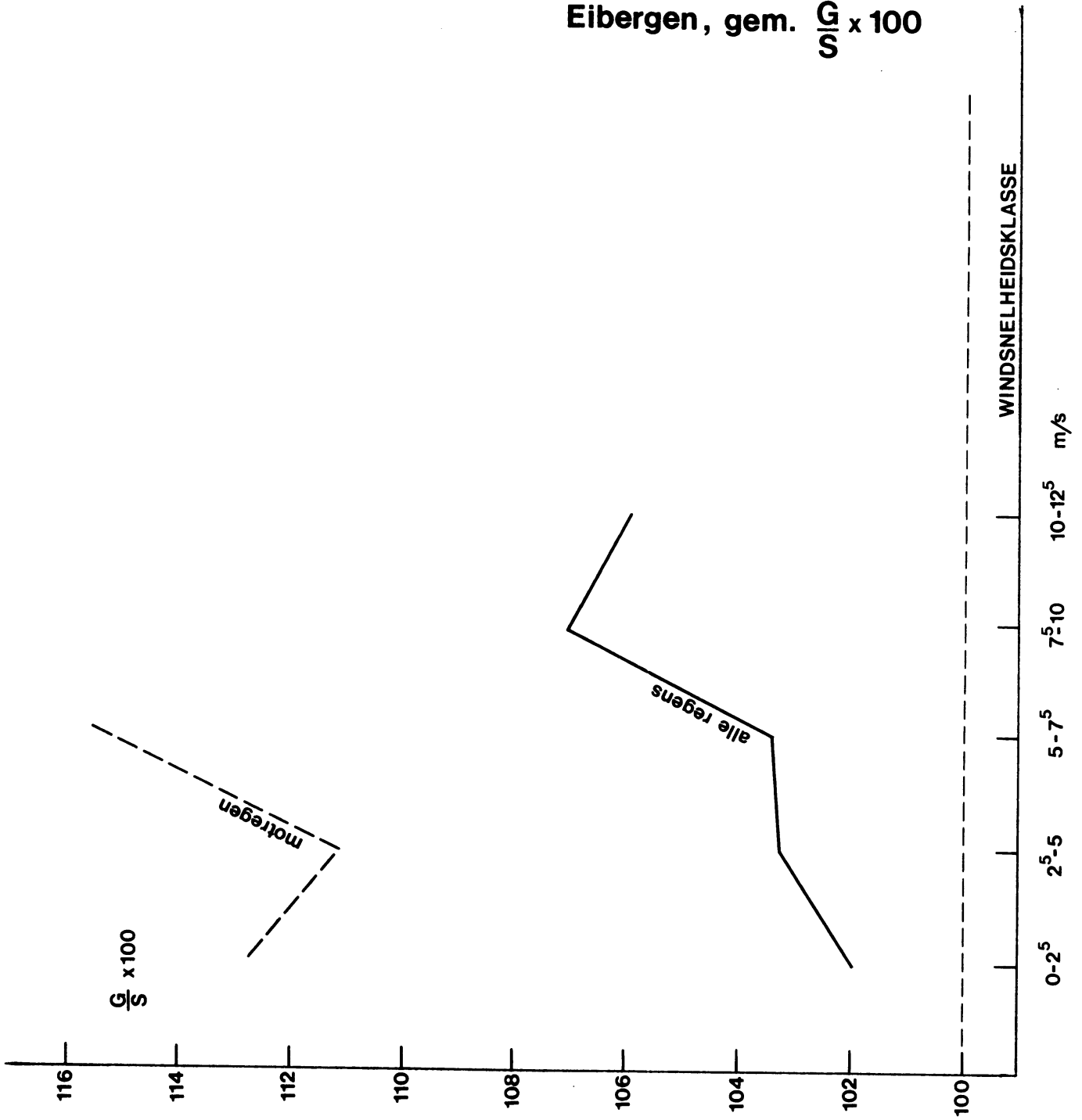


fig. 8

Noordsleen, gem. $\frac{G}{S} \times 100$

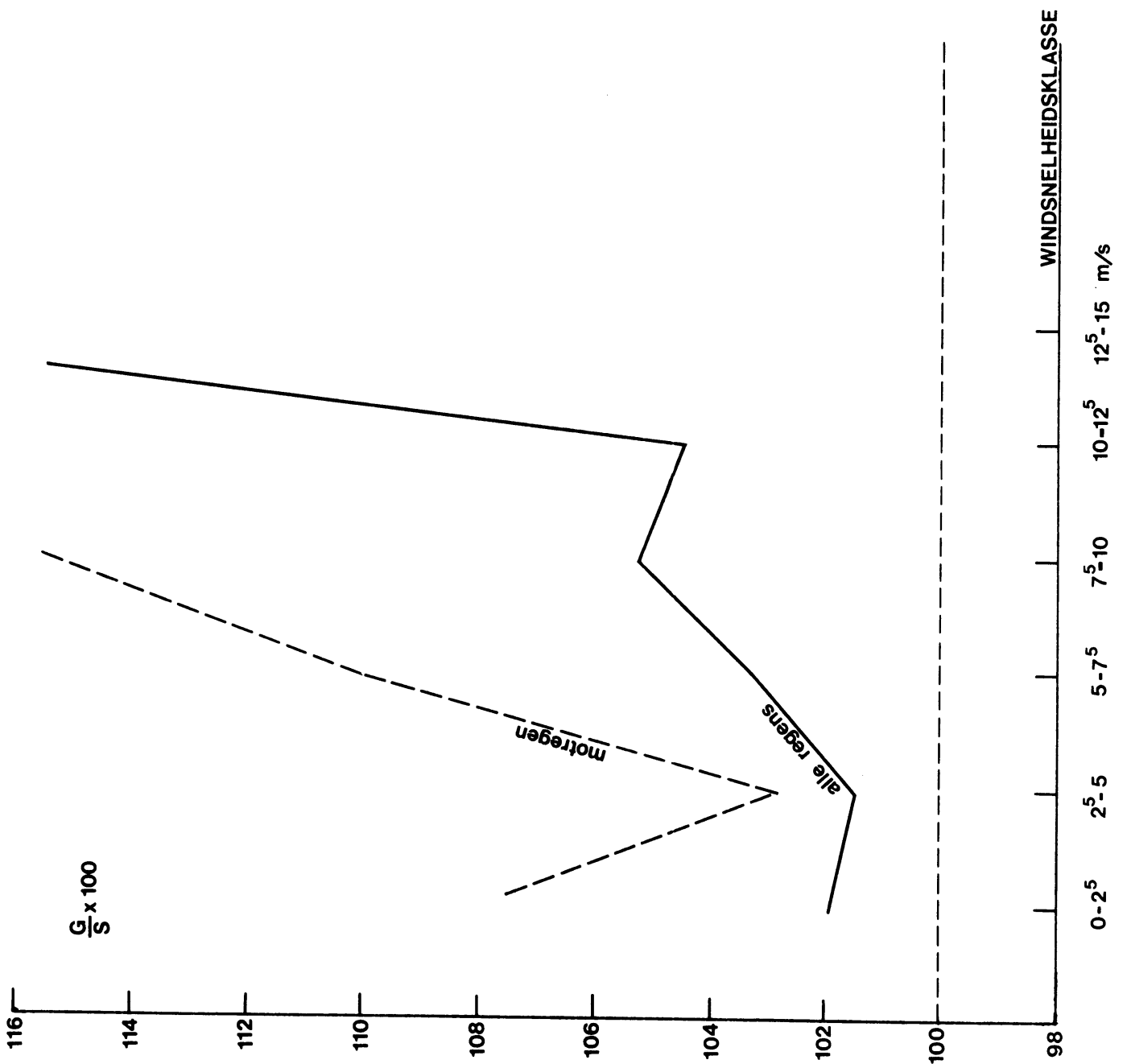
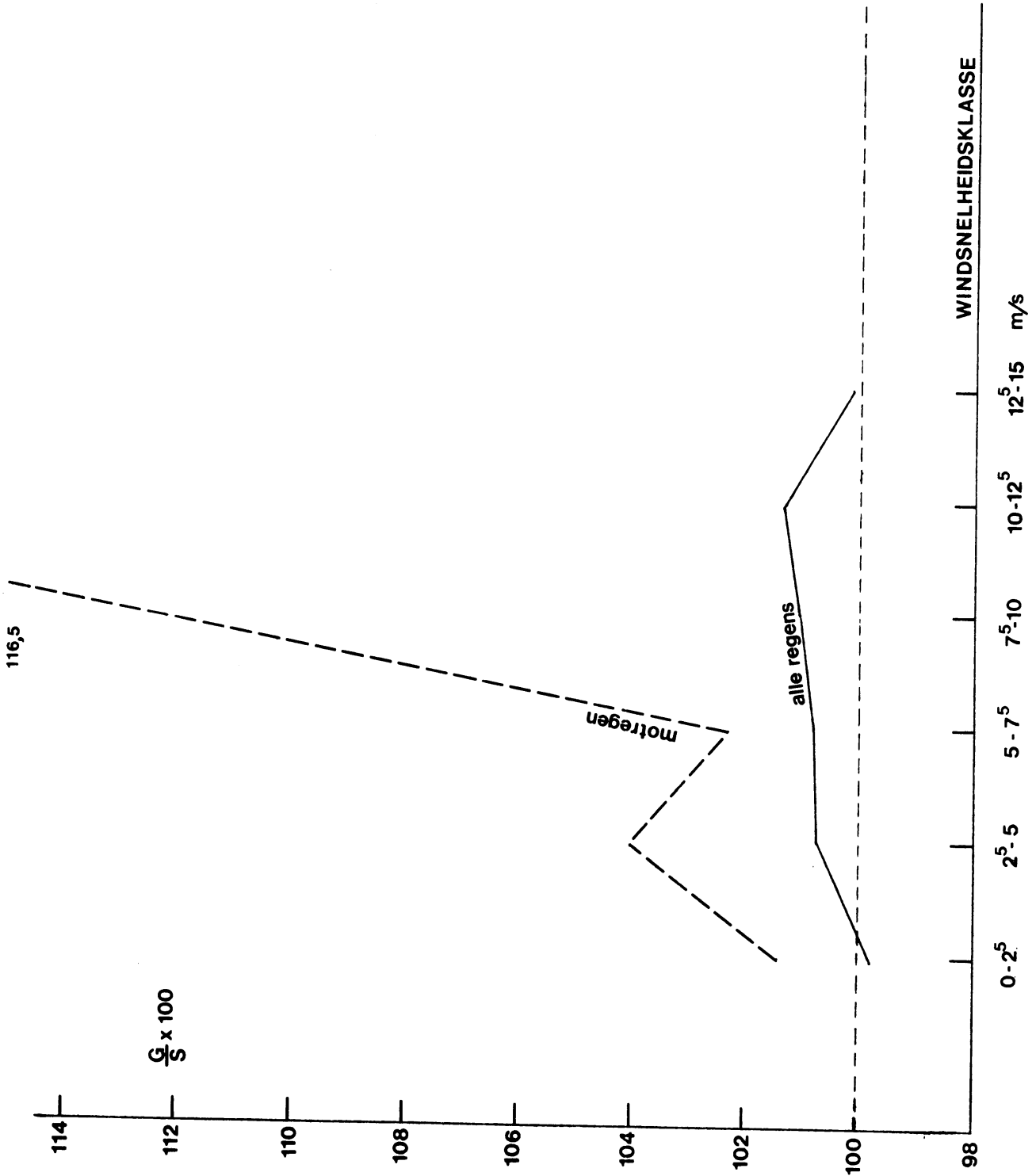


fig. 9

Zandvoort, gem. $\frac{G}{S} \times 100$



Literatuur

1. Braak, Dr.C; "Invloed van den wind op regenwaarnemingen", "Mededelingen en Verhandelingen" nr. 48, Rijksuitgeverij, 's Gravenhage, 1945.
2. Colenbrander, Ir.H.J., Stol, Ir.Ph.Th.; "Neerslag en neerslagverdeling naar plaats en tijd", deelrapport van het rapport "Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied", Commissie ter bestudering van de waterbehoefte van de Gelderse landbouwgronden, tweede interimrapport werkgroep I, 1970.