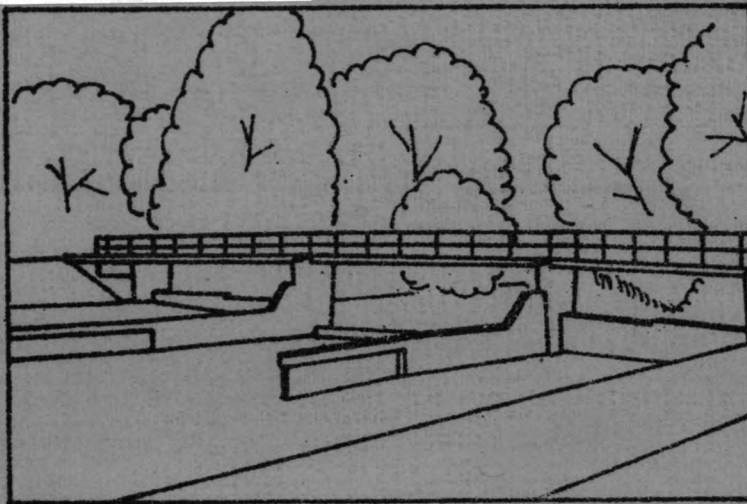


# DE MORFOLOGIE

## VAN DE DINKEL

RW-SEM- 3263  
Kolff - 1976



J. van der Kolff

Rapport afstudeeronderzoek

1976

Technische Hogeschool Delft  
Afdeling der Civiele Techniek  
Vakgroep Rivier- en  
Verkeerswaterbouwkunde

De morfologie van de Dinkel.

Morfologische veranderingen ten gevolge van uit te voeren rivierwerken.

J. van der Kolff.

Rapport afstudeeronderzoek

1976

Technische Hogeschool Delft  
Afdeling der Civiele Techniek  
Vakgroep Rivier- en Verkeers-  
waterbouwkunde.

## Inhoud.

### 1. Inleiding.

- 1.1. Overzicht en conclusies.
- 1.2. Terreinverkenning.
- 1.3. Geologie.
- 1.4. Waterstaatkundige toestand.
- 1.5. Waterschap Regge en Dinkel.
- 1.6. Probleemstelling.
- 1.7. Samenvatting.

### 2. Probleem-analyse.

- 2.1. Algemeen.
- 2.2. Beneden-Dinkel.
- 2.3. Omleidingskanaal.
- 2.4. Zandvang.
- 2.5. Verruiming Boven-Dinkel.
- 2.6. Gegevens.

### 3. Afvoer.

- 3.1. Peilschalen en afvoerkrommen.
- 3.2. Afvoerverlooptlijn.
- 3.3. Duurlijn.
- 3.4. Inundaties.

### 4. Sedimenttransport.

- 4.1. Bodemmateriaal.
- 4.2. Ruwheid.
- 4.3. Transportformule.
- 4.4. Morfologische tijdschaal.

5. Verdeelwerk.

5.1. Overzicht.

5.2. Constructie.

5.3. Afvoerdeling.

5.4. Verdeling van sediment.

6. Morfologische berekeningen.

6.1. Overzicht.

6.2. Wiskundig model.

6.3. Bestaande toestand.

6.4. Zandvang.

6.5. Verruiming Boven-Dinkel.

7. Aanbevelingen.

7.1. Onderzoek.

7.2. Maatregelen.

8. Literatuur.

9. Symbolen.

Bijlagen.

## 1. Inleiding.

### 1.1. Overzicht en conclusies.

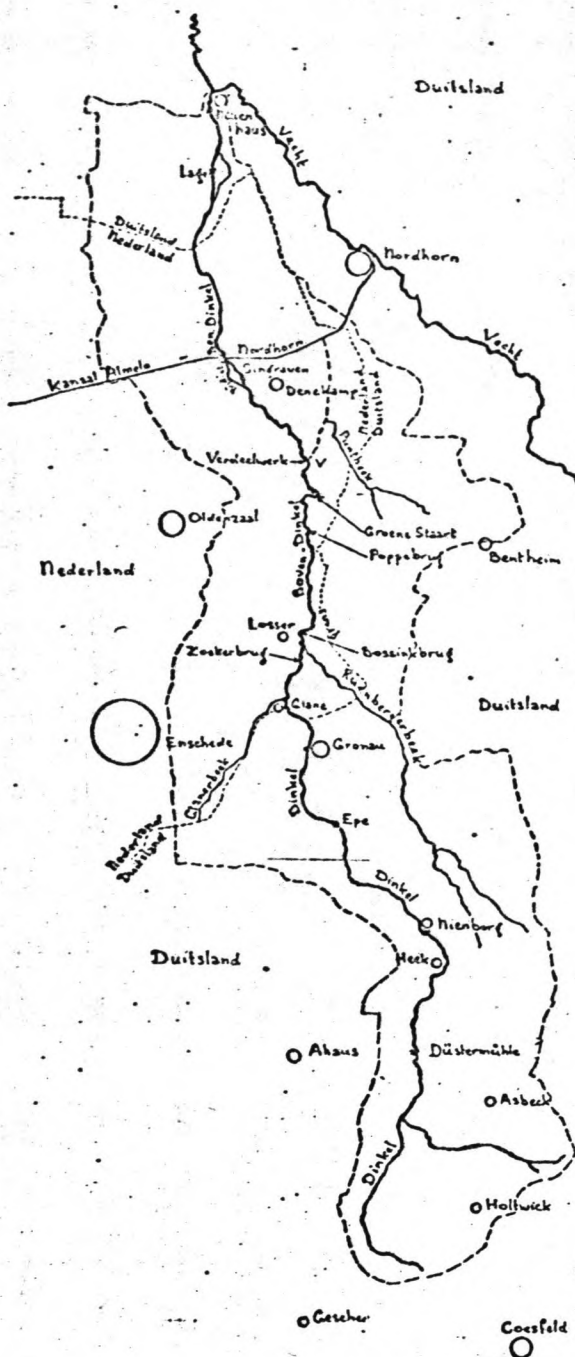
In 1970 werd het stroomgebied van de Dinkel (zie figuur 1.1-1) opgenomen in het bestaande Waterschap De Regge, dat sedertdien Waterschap Regge en Dinkel zou heten (zie paragraaf 1.5.). Hiermee werd het Waterschap geplaatst voor het probleem van de veelvuldig optredende inundaties langs de Boven-Dinkel, waarvan vooral die des zomers veel schade aanrichten. In opdracht van het Waterschap werd door de N.V. Heidemaatschappij Beheer een afvoerstudie uitgevoerd [Heidemij, 1973], terwijl het zelf terreinopnamen, peilingen, e.d. verrichtte (zie bijlage 1).

Het zandtransport belooft eveneens voor problemen te zullen zorgen toen het zich liet aanzien, dat ten gevolge van aanzanding de afvoercapaciteit van de Beneden-Dinkel was afgenomen en ook de capaciteit van het Omleidingskanaal begon terug te lopen door afzetting van zand, direct achter het Verdeelwerk (zie paragraaf 1.4. en 1.6.).

In het kader van afstuderen nam de schrijver van dit rapport een onderzoek op zich, dat antwoord zou moeten geven op de volgende vragen:

1. Kan een verband bestaan tussen de aanzandingen in de Beneden-Dinkel en de bouw van het Verdeelwerk (in 1964 gereedgekomen, zie paragraaf 2.2.);
2. Wat is de oorzaak van de aanzandingen in het Omleidingskanaal (zie paragraaf 2.3.);
3. Zijn door het aanleggen van een zandvang (aanvankelijk bovenstrooms, later benedenstrooms gedacht van het Verdeelwerk) in de Dinkel de onder 1 genoemde aanzandingen te voorkomen (zie paragraaf 2.4.);
4. Wat zijn de consequenties voor de morfologie van de rivier van de door het Waterschap voorgestelde verbreding van de Boven-Dinkel (zie paragraaf 2.5.), waarbij uiteraard niet kan worden voorbijgegaan aan een nadere beschouwing van het doel ervan: nl. de bestrijding van Zomer-inundaties.

De gestelde problemen vereisen onder meer morfologische berekeningen, waarbij de factor tijd en niet te verwaarlozen parameter is. Genoemde berekeningen zijn slechts langs numerieke weg mogelijk, en niet dan na een sterke schematisatie van het probleem [De Vries, 1969]. Tijdstap na tijdstap worden telkens met bekende begin- en randvoorwaarden de differentiaalvergelijkingen van water- en zandbeweging opgelost.



Figuur 1.1-1. De Dinkel in zijn omgeving.

Wat op deze wijze berekend kan worden is uiteindelijk nog maar de beweging van de bodem in verticale zin.

Zijdelings verplaatsen van de rivierbedding (b.v. meanderen) is een verschijnsel, dat nog niet voor berekening vatbaar is, evenmin als eventueel breder of smaller worden.

Bij het beoordelen van de resultaten van bovenbedoelde morfologische berekeningen moet met genoemde schematisaties en beperkingen rekening worden gehouden. Hoewel deze resultaten dus nooit exact het natuurlijke gedrag van een rivier weergeven zijn de berekeningen nuttig omdat deze wel een indicatie geven van een bepaald proces (b.v. aggradatie, degradatie) en de snelheid ervan.

De „bouw" van een wiskundig model vergde een niet onbelangrijk deel van de tijd, gemoeid met dit onderzoek. Als een afzonderlijke studie werd een algemeen toepasbaar computerprogramma samengesteld [Van der Kolff, 1975], dat in het kader van het onderhavige onderzoek is uitgebouwd tot een model van de Dinkel. Om praktische redenen werd het model opgezet voor de toestand van begin 1970 (zie paragraaf 6.2.).

De ontstaansgeschiedenis is eigenlijk een proces, dat parallel loopt met een groot deel van wat een vooronderzoek kan worden genoemd. Zo is het in opbouw zijnd model zelf ingeschakeld bij:

- a. het bepalen van de ruwheid van het zomerbed;
- b. het onderzoek naar de verdeling van afvoer over zomer- en winterbed bij inundaties van de Boven-Dinkel;
- c. het bepalen van de meest geschikte zandtransportformule.

Tot op zekere hoogte zou dit het ijken van het model kunnen worden genoemd. Bij het beantwoorden van de onder 2 gestelde vraag behoeften welliswaar geen morfologische berekening te worden uitgevoerd, maar kwam het model wel uitstekend van pas (zie paragraaf 5.4.). Beantwoording van de overige 3 vragen maakten de morfologische berekeningen gewenst, waarvoor het model was ontworpen (zie paragrafen 6.3., 6.4. en 6.5.). Hoewel het niet in de eerste plaats geschikt is voor het maken van hoogwaterberekeningen bewees het wiskundig model toch ook goede diensten bij de onder vraag 4 bedoelde beschouwing van het hoogwaterprobleem.

De samensteller van dit onderzoek is het Dagelijks Bestuur van het Waterschap Regge en Dinkel erkentelijk voor de welwillende reactie op zijn verzoek een van de problemen, waar het Waterschap zich voor gesteld ziet, te mogen uitwerken in een afstudeeronderzoek. Dank ook is hij het Waterschap schuldig voor de bereidheid gegevens beschikbaar te stellen en een deel van de gemaakte computerkosten te dragen.

Erkentelijkheid is op zijn plaats jegens de Technische Hogeschool Delft voor het beschikking stellen van het grootste deel van het rekenbudget, voornamelijk ten behoeve van de ontwikkeling van het rekenprogramma en het model.

De schrijver stelt er prijs op te vermelden, dat het onderzoek plaats vond onder leiding van Prof.ir. L. van Bendegom en begeleid werd door Ir. A. Prins.

Tenslotte moet nog worden genoemd Ir. F. Schukken, Hoofd van de Technische Dienst van het Waterschap, die verscheidene malen bereid was tijd uit te trekken voor het bespreken van problemen.

Conclusies:

1. Tussen de aanzandingen in de Beneden-Dinkel en de bouw van het Verdeelwerk (in 1964) bestaat geen verband.  
Reeds in 1964 moeten de aanzandingen van dien aard zijn geweest, dat de afvoercapaciteit van het zomerbed minder dan  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  bedroeg.
2. Aanzandingen in het Omleidingskanaal kunnen worden veroorzaakt door zwevend transport vanuit de Boven-Dinkel. Het gehele debiet (inclusief de afvoer via het winterbed) van de Boven-Dinkel wordt bij inundaties samengetrokken bij het Verdeelwerk, waardoor het niet onmogelijk is, dat de concentratieverdeling van het sediment daar zodanig wordt, dat het zich naar verhouding van de afvoer verdeelt over Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal.  
De aanleg van een zandvang in het Omleidingskanaal, even beneden het Verdeelwerk verdient aanbeveling.
3. Verwijdering van het restant van een V-vormige stroombreker beneden de duiker van het Verdeelwerk in de Beneden-Dinkel zou een einde maken aan de opstuwung bij lagere afvoeren, als gevolg waarvan zich zand boven het Verdeelwerk afzet. Verondersteld wordt, dat van dit zand bij hoge afvoer een groot deel in het Omleidingskanaal terechtkomt.
4. De onder 1 genoemde aanzandingen in de Beneden-Dinkel zijn met een zandvang bij het Verdeelwerk niet te voorkomen. De aanleg van een dergelijke zandvang wordt zelfs ontraden, aangezien deze een reeds ingetreden bodemdaling zal versterken.
5. Door verruiming van het zomerbed van de Boven-Dinkel zouden afvoeren tot ca.  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  geen inundaties meer veroorzaken. Het gunstig effect van deze verruiming bij hogere afvoeren is gering.  
Het ziet er naar uit, dat de verruiming zich zonder veel onderhoud een reeks van jaren zal handhaven. In de Beneden-Dinkel zal een sterkere bodemdaling inzetten, welke kan worden tegengegaan door beneden het Verdeelwerk een nader te bepalen hoeveelheid zand te doseren (bijvoorbeeld uit het Omleidingskanaal afkomstig).
6. Teneinde meer inzicht te verkrijgen in het sedimenttransport dienen zandtransportmetingen te worden verricht.
7. Met een periode van enige jaren moet de ligging van het zomerbed in kaart worden gebracht en dienen peilingen te worden verricht.
8. Onderzocht moet worden hoe de morfologie zich in het verleden heeft ontwikkeld.
9. De peilschaalstations Poppebrug, Zoekerbrug, Verdeelwerk en Wepelose brug (Ruenbergerbeek) dienden niet te worden opgeheven.
10. Afvoermetingen dienen te worden herhaald, aanvankelijk met een periode van bijvoorbeeld 10 jaar, later eventueel te verlengen.



11. Met behulp van een afvoermeting dient de verdeling van het debiet over zomer- en winterbed te worden nagegaan, met name tussen Poppebrug en het Verdeelwerk.
12. Bij toekomstige opnamen van hoogwaterstanden dienen eventuele opstuwingsverschijnselen te worden geregistreerd.
13. Bij inundaties is een verlaging van de waterstand bovenstrooms van Kribbebrug, met maximaal enkele decimeters, te bewerkstelligen door verbetering van de afvoercapaciteit t.p.v. de brug.

## 1.2. Terreinverkenning.

De Dinkel is een riviertje, dat haar oorsprong vindt in Duitsland, tussen de plaatsen Holtwick en Gescher, ten noordwesten van de stad Coesfeld (zie figuur 1.2-1, en figuur 1.2-3). Door Münsterland stroomt de rivier in noordelijke richting, om tussen Gronau en Glane de Duits-Nederlandse grens te overschrijden.



Figuur 1.2-1. Tussen Holtwick en Gescher:

als een eerste aanzet tot een rivier meandert een geultje door het weiland.

Tussen de grenspalen 854 en 853 is de Dinkel grensrivier.

Verder noordwaarts, op Nederlands grondgebied, passert de Dinkel de bekende vakantie-plaatsen Losser en Denekamp.

Vanaf grenspaal 72 bevindt het riviertje zich weer op Duits grondgebied, waar het ten zuiden van Neuenhaus in de Vecht uitmondt.

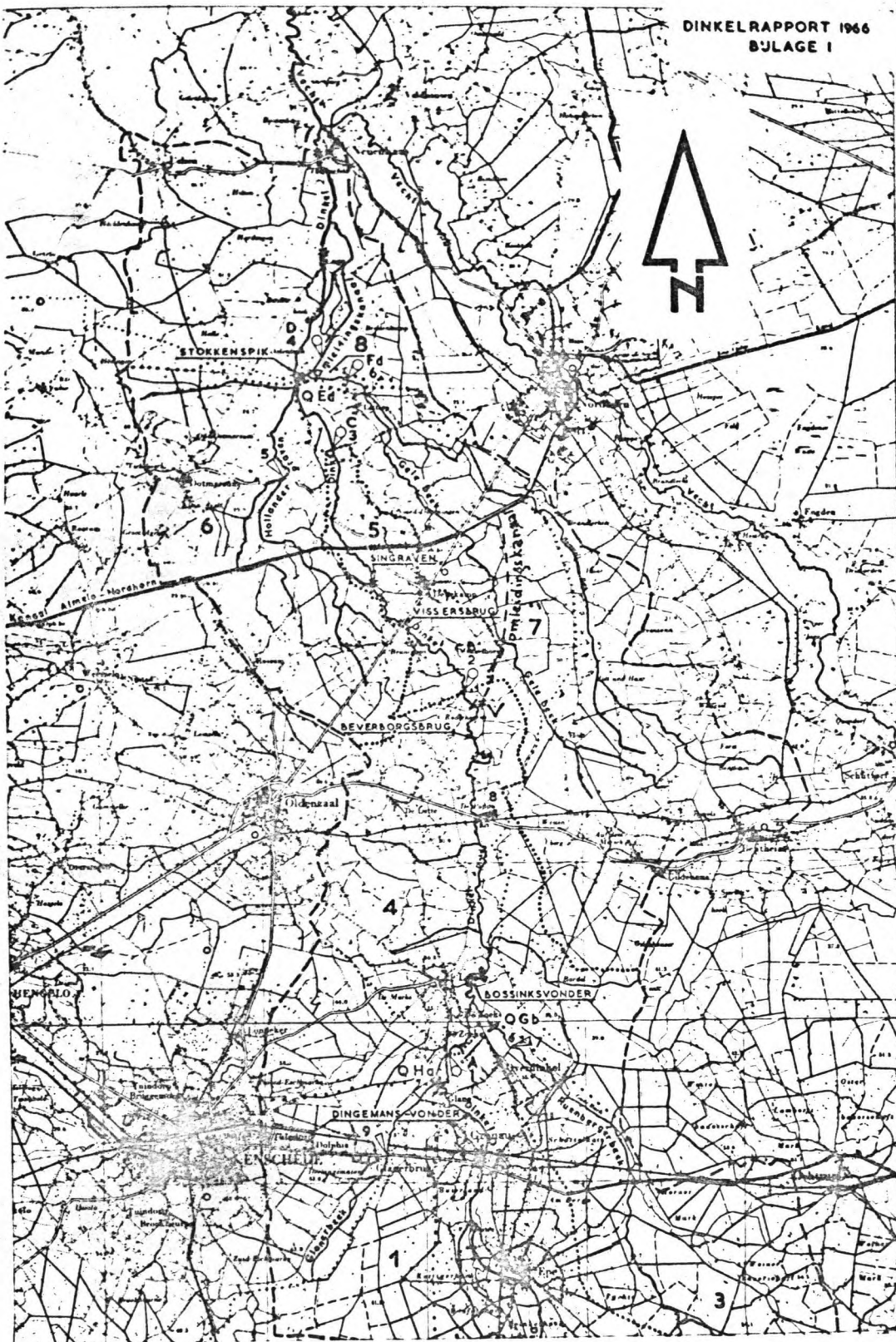
De totale lengte van de Dinkel bedraagt ca. 84 km, waarvan ca. 40 km in Nederland ligt. Het Nederlandse deel wordt voorafgegaan en gevolgd door Duitse trajecten van respectievelijk ca. 36 en 8 km.

Kennelijk hebben landbouwbelangen in het Duitse Dinkedal in het verleden veel werk doen verzetten. Natuurlijke riviergedeelten zijn schaars. Reguleringswerkzaamheden hebben een over grote afstanden rechte waterloop achtergelaten, eerder stroomkanaal dan rivier te noemen (figuur 1.2-2). Op een enkele plaats liggen de oude meanders als een natuurreservaatje naast de nieuwe Dinkelloop.



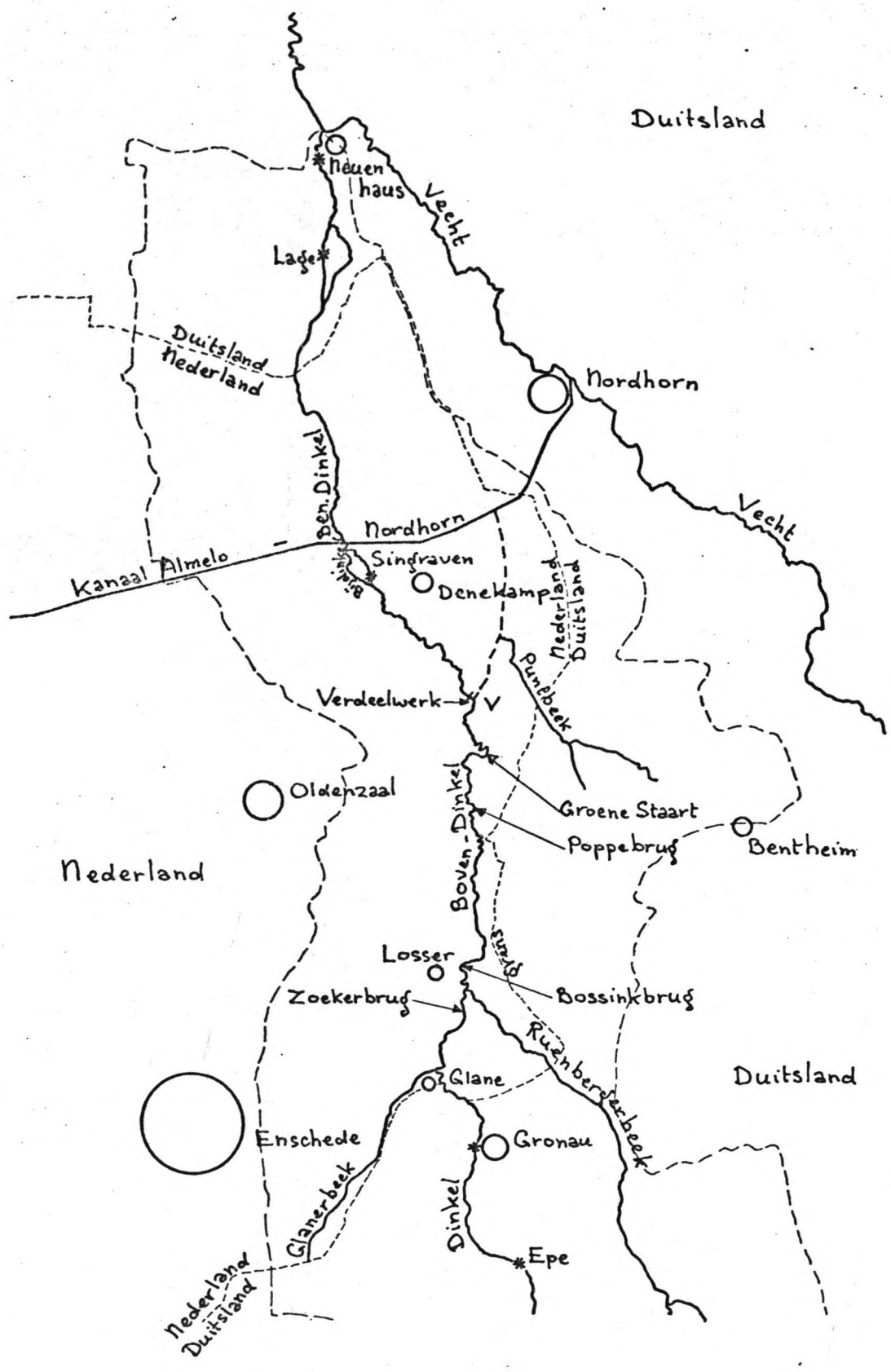
Figuur 1.2-2. Bodemtrap in de omgeving van de weg Ahaus-Asbeck.

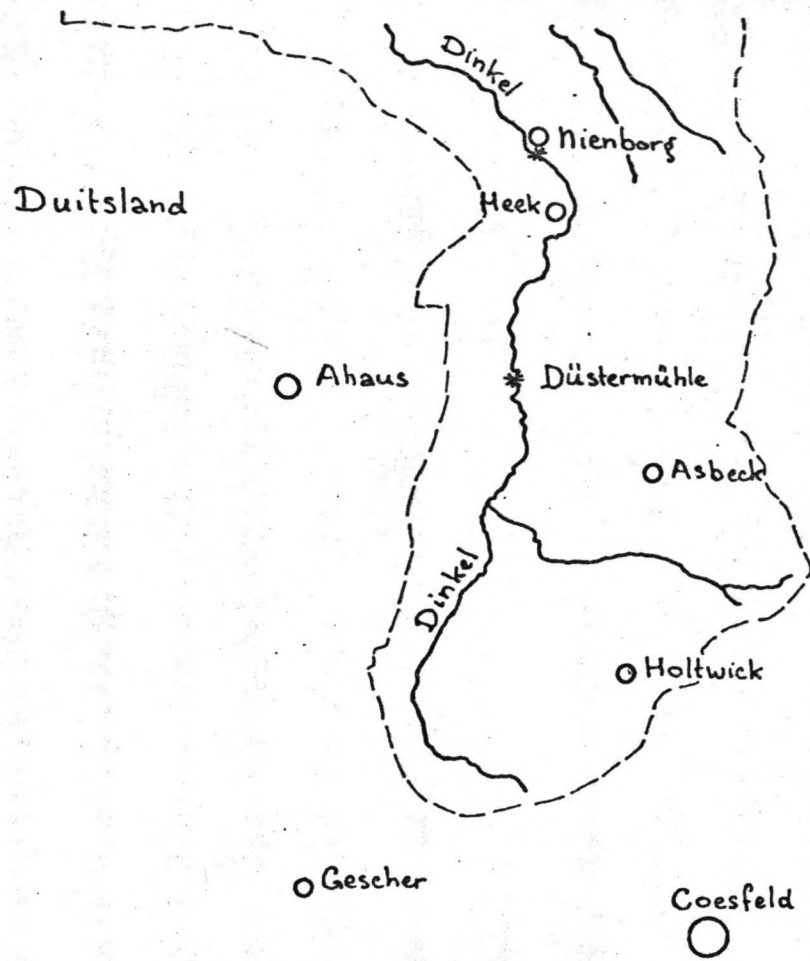




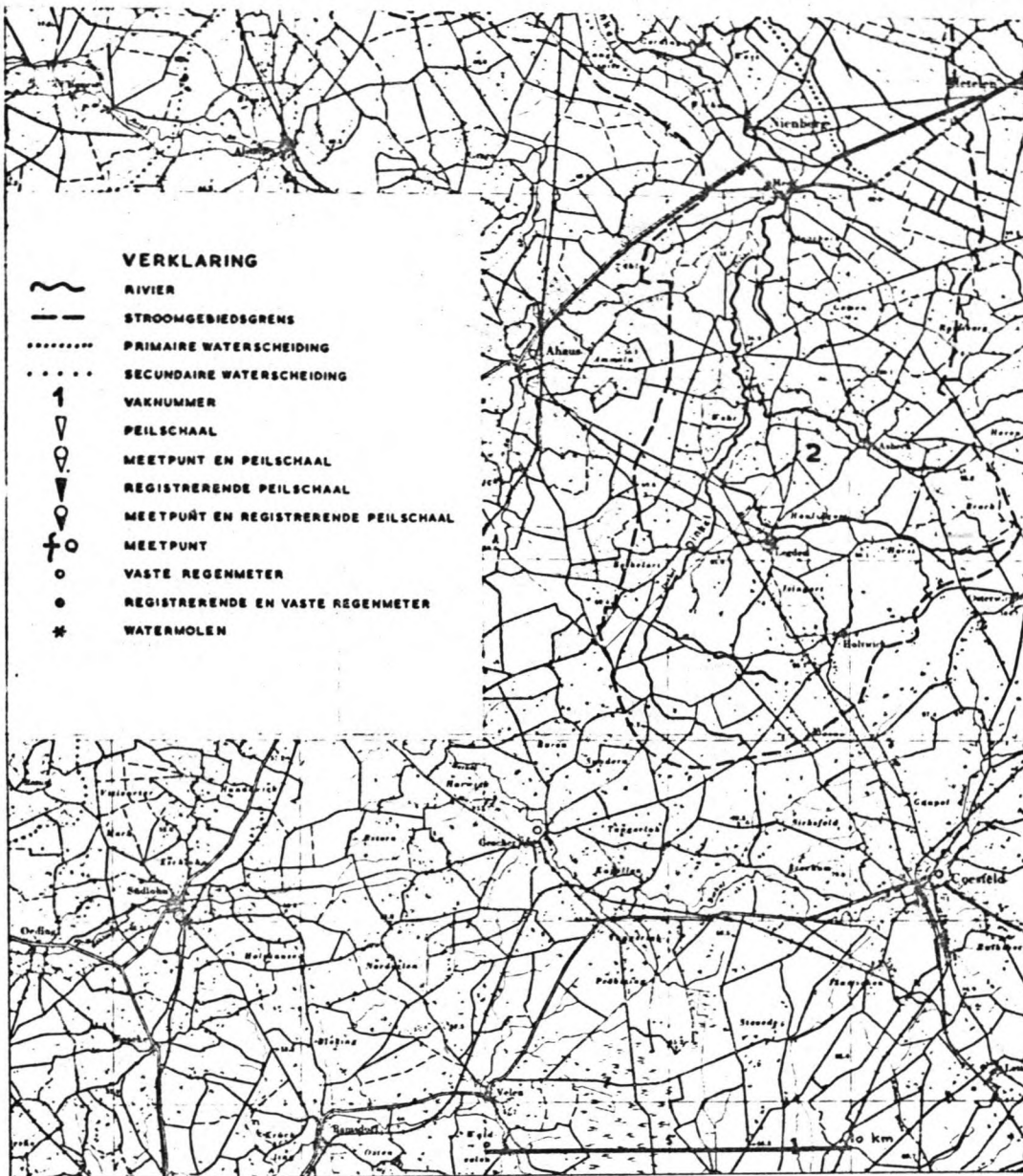
a











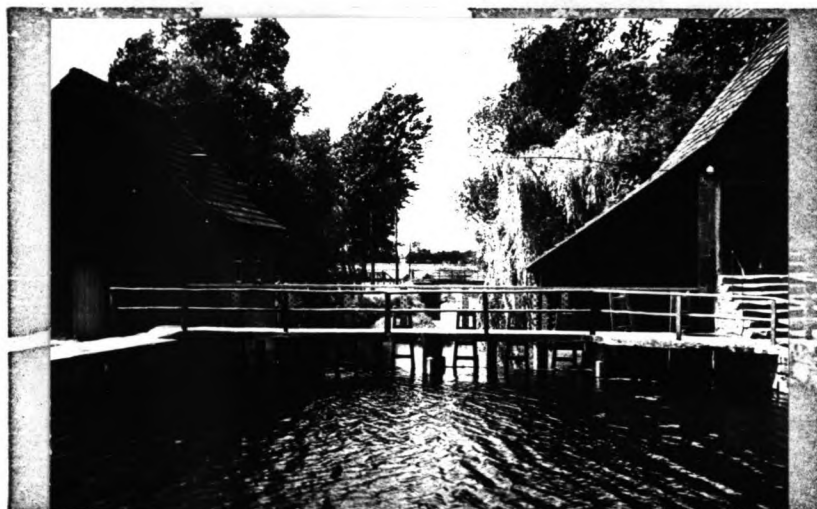
Figuur 1.2-3. Overzichtkaart van het stroomgebied van de Dinkel. Merk op, dat de kaart niet van recente datum is. Het zuidelijk deel van het Omleidingskanaal en het Verdeelwerk (V) zijn schematisch aangegeven. (naar Snijdelaar, 1966).

Als deel van de reguleringswerken zijn bij Nienborg en Heek retentiebekkens aangelegd. In de Dinkel is hier een stuw gebouwd, bestaande uit een gewapend betonnen onderbouw en een stalen klep.

Daar bovengenoemde werken bij deze studie niet van belang zijn wordt hierop niet verder ingegaan.

Ook in Gronau treffen we een stuw aan. Op de onderbouw van de oorspronkelijke watermolen is een stalen schuif gemonteerd.

Enkele oude watermolens, zoals de Düstermühle tussen Ahaus en Asbeck, en die te Nienborg (figuur 1.2-4), lijken nog geheel in tact te zijn. De watermolen van Epe verkeert in desolate toestand.



Figuur 1.2-4. Oude watermolen te Nienborg.

Geheel in contrast met het karakter van het Duitse Dinkeldal staat dat van het benedenstrooms daarvan gelegen rivierdal in Nederland.

Van de grens tot aan het Verdeel (zie hoofdstuk 5) ten zuiden van Denekamp, zijn nimmer verbeteringswerken van enige omvang uitgevoerd. De Dinkel meandert nog vrij door het Twentse landschap, zeer afwisselend opgebouwd uit laaggelegen grasland (hooiland, de zg. maten), houtwallen, hoger gelegen bouwland (essen) en houtopstanden (figuur 1.2-5).



Figuur 1.2-5. De Dinkel, oostelijk van Losser.

Ook worden duinen aangetroffen, vooral in het Lutterzand, ten noorden van de weg Oldenzaal-Bentheim (beschreven in de volgende paragraaf). Behalve ter plaatse van bruggen zijn de oevers van de Nederlandse Dinkel nergens verdedigd.

Een bodem-verdediging wordt slechts ter plaatse van het Verdeelwerk aangetroffen. Niet zonder reden is in 1966 het Dinkeldal in het Streekplan Twenthe tot natuurmonument bestemd.

Interessante informatie omtrent natuur en recreatie geeft het deeltje "Overijssel" uit de serie "Eigen land met open ogen", uitgegeven door de A.N.W.B. Benedenstrooms van het reeds genoemde Verdeelwerk, in de z.g. Beneden-Dinkel, is aan het riviertje het schitterende landgoed Singraven gelegen (zie figuur 1.2-3). De havezathe was in de 15e eeuw de residentie van de drost van Twenthe. Het huidige huis dateert uit 1651. Eigenaresse is thans de Edwina van Heekstichting te Enschede. De bij het landgoed behorende watermolen mag bekend worden verondersteld.

Deze in originele toestand verkerende koren-, olie- en houtzaagmolen is namelijk onderwerp van een tweetal beroemde schilderijen van Meindert Hobbema. In het Louvre te Parijs hangt "Le moulin à l'eau" en in de National Gallery te Londen bevindt zich "Village with watermills". Van de drie onderslagraden is die van de houtzaagmolen dagelijks in werking. De houtzagerij verwerkt ondermeer op het landgoed gekapt hout tot balken en delen. Het houten schut van de molen heeft acht, met houten schuiven, regelbare openingen, drie voor de raden en vijf voor vrije afvoer. Parallel aan de watermolen ligt de Bijdinkel (zie figuur 1.2-3), aan de bovenmond eveneens voorzien van een houten stuw met regelbare openingen.

Bij de watermolen eindigt het deel van de Dinkel, dat in deze studie wordt beschouwd.

Benedenstrooms van Singraven, na de hereniging van Dinkel en Bijdinkel, wordt het Kanaal Almelo-Nordhorn gekruist.

De resterende 7 km Dinkel op Nederlands grondgebied is in het kader van een na 1957 uitgevoerd ruilverkavelingsplan grotendeels aangepast aan door de landbouw gestelde eisen.





*Figuur 1.2-6 "Le moulin à l'eau", de watermolen te Singraven.  
Schilderij door Meindert Hobbema.  
(Reproductie beschikbaar gesteld door de  
Edwina van Heek-stichting te Enschede)*

### 1.3. Geologie.

De voornaamste bron bij het schrijven van deze paragraaf is het rapport "The upper quaternary of the Dinkel valley", onder redactie van T. van der Hammen en T.A. Wijnstra [1971]. Het rapport behandelt de resultaten van veld- en laboratoriumstudies, verricht door studenten van de Universiteit van Amstertdam en van de Landbouw Hogeschool te Wageningen, onder leiding van respectievelijk de redacteuren en Ir. W. van de Westeringh. De voor de onderhavige studie meest interessante resultaten zijn de geomorfologische kaart van het Dinkel-dal, de beschrijving van het Lutterzand (met afzettingen, daterend uit het bovenste deel van de laatste ijstijd, het Weichselien) en een beknopt overzicht van de geschiedenis van het Boven-Kwartair van het Dinkel-dal.

De geomorfologische kaart van het grootste deel van het Nederlandse Dinkel-dal is opgenomen in figuur 1.3-1, waarbij moet worden opgemerkt, dat de afgedrukte kaart een wat vereenvoudigde versie is van een van de "officiële" kaarten, uitgegeven door de Rijks Geologische Dienst. De geomorfologische kaart geeft een klassificatie van terreinvormen volgens hun ontstaanswijze; de terreinvormen op zich komen tot uitdrukking in een hoogtelijnenkaart. In het oog springend is de stuwwal, gevormd in de voorlaatste ijstijd (Saale), in de omgeving van Oldenzaal.











Als gevolg van permafrost heeft het water tijdens de laatste ijstijd (Weichsel) in deze stuwwal geulen kunnen uitschuren, welke later weer ten dele door dekzanden zijn opgevuld.












De kaart toont over het traject Losser-Denekamp een scherp begrensd rivierdal. Bij het meanderen heeft de rivier z.g. pointbars (oeverwallen in binnenbochten) in het dal achtergelaten. Beneden Denekamp gaat het dal over in een vlakte. Hier komt een groot aantal ondiepe dalen voor, waarbij in vele gevallen niet duidelijk is of deze zijn gevormd door de Dinkel of door zijtakken (ook is het mogelijk, dat deze dalen hun ontstaan danken aan water, dat alleen bij hoge afvoeren van de Dinkel de laaggelegen terreinen volgde).

In het Lutterzand, een duinengebied ten zuiden van Denekamp, heeft de Dinkel zich diep ingesneden. Gezien het feit, dat hier letterlijk en figuurlijk sprake is van een raakvlak tussen geologie en rivierwaterbouwkunde wordt aan het Lutterzand de volgende beschouwing gewijd.

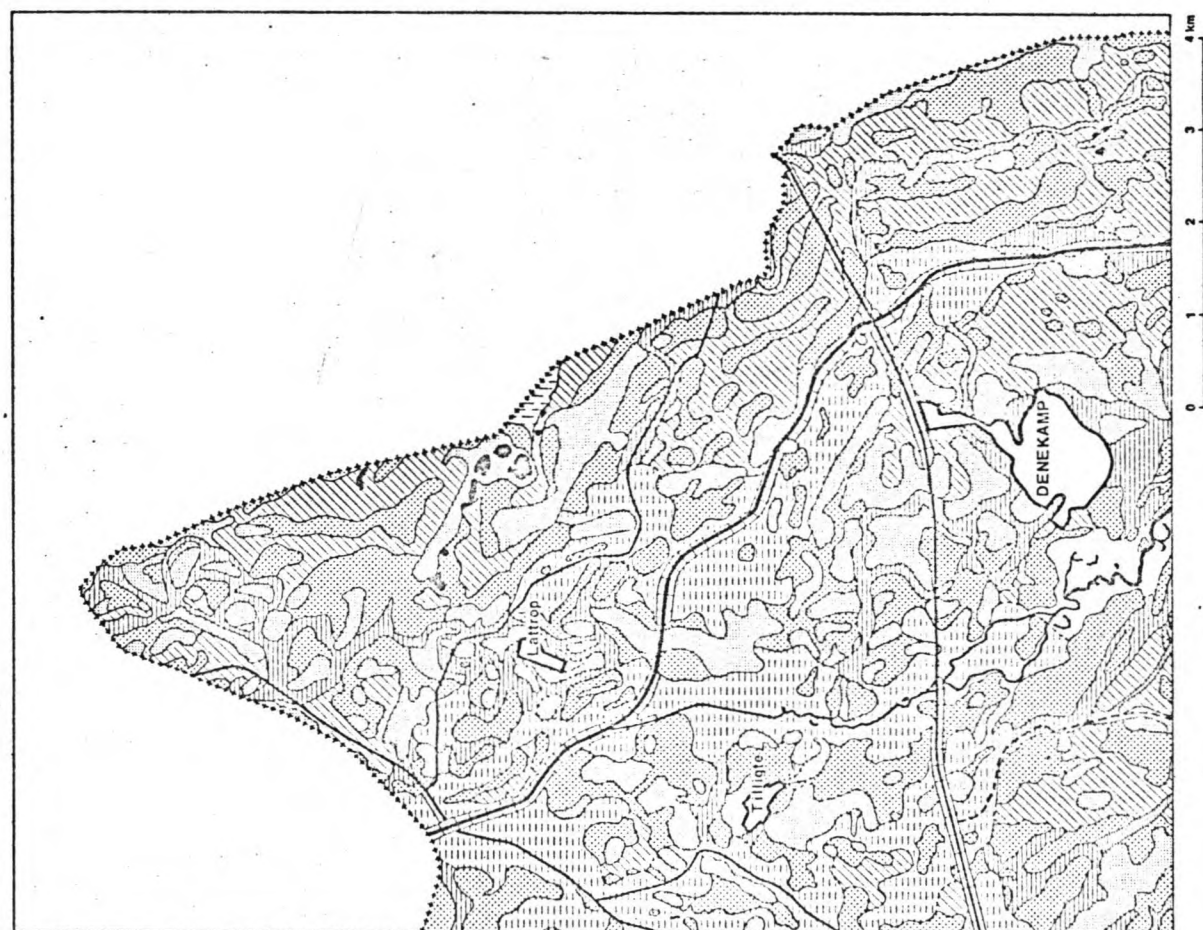
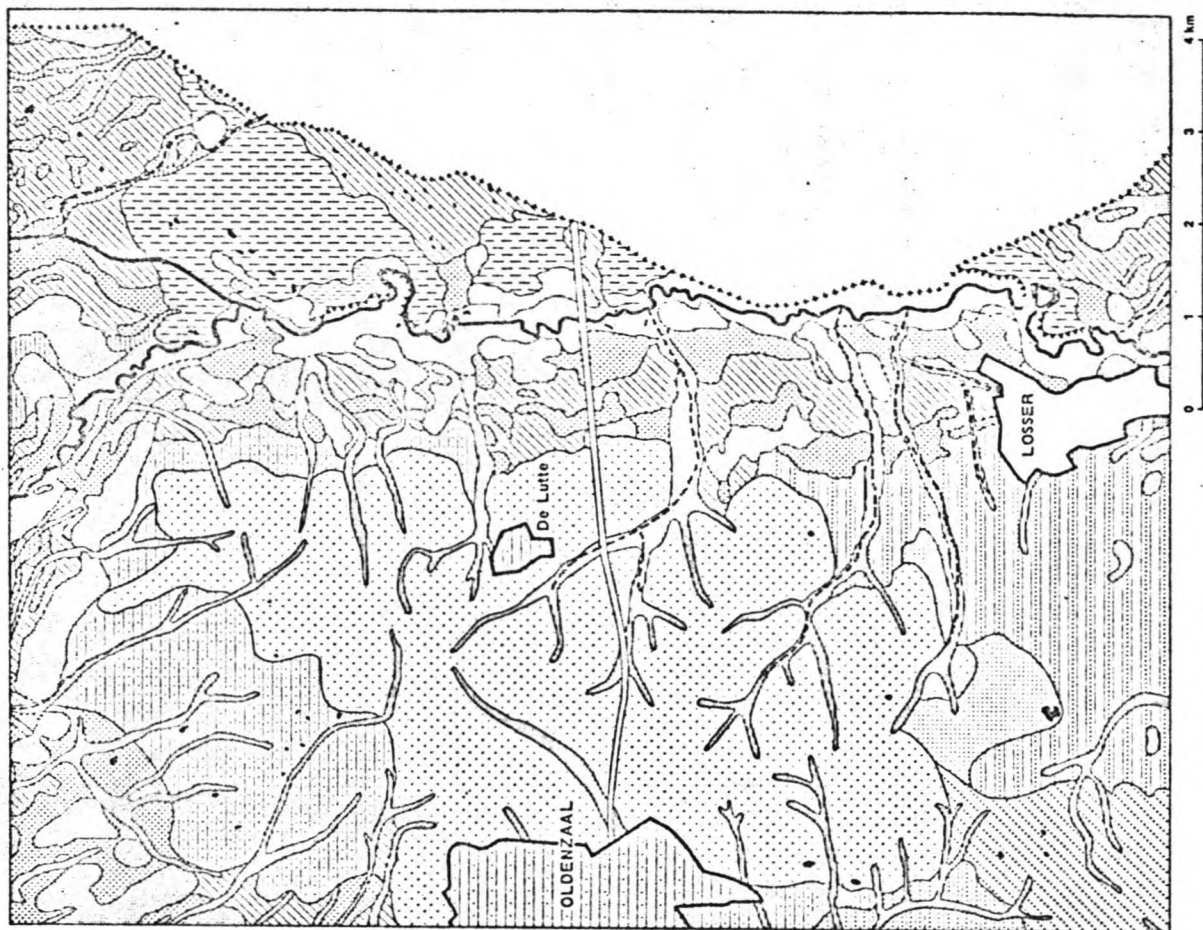


Legend:

- 1  Harlock remnant, max. height between 1½-5 m
- 2  Ice-pushed ridge, max. height between 30-60 m
- 3  See 2, but covered by weakly undulated coversand
- 4  See 2, but built-up area
- 5  Ice-pushed ridge, max. height between 12½-30 m
- 6  See 5, but covered by weakly undulated coversand
- 7  Glacial plain
- 8  See 7, but covered by weakly undulated coversand
- 9  Snowmeltwater valley
- 10  Inland-dunes, max. height between 5-12½ m

- 11  Inland-dunes, max. height between 1½-5 m
- 12  Coversand ridge (incl. plaggen-soil), max. height between 1½-5 m
- 13  Coversand ridge (incl. snowmeltwater deposits and plaggen-soil), max. height between ½-1½ m
- 14  Flat coversand region (incl. snowmeltwater deposits)
- 15  Dinkel valley with point bars
- 16  Overflow valley, brook valley
- 17  River plain
-  River, channel, width 12½-30 m
-  River, channel, width 5-12½ m
-  Brook, width < 5 m
-  Carpiement





Figuur 1.3-1. Geomorfologische kaart van het Dinkeldal (volgens Prof. G.C. Maafleveld).

Zoals Wijmstra en Schreve-Brinkman [Van der Hammen en Wijmstra, 1971] opmerken, vormen de steile buitenbochten van enkele meanders van de Dinkel, waar deze het Lutterzand doorsnijdt ( Groene Staart), een uniek geologisch monument. Hier is in de natuur de stratigrafie van het Boven-Weichselien altijd goed te bestuderen, dankzij het feit, dat de rivier het doorsnijdingsvlak voortdurend schoon schuurt.

Wijmstra en Schreve-Brinkman hebben de genoemde insnijding aan een grondig onderzoek onderworpen. Aan de hand van opnamen van 13 profielen, reikend van de grondwaterspiegel tot het maaiveld, werden verticale doorsneden samen gesteld, waarin de lithologische eenheden werden aangegeven. Een situatie en de verticale doorsneden worden gegeven in de figuren 1.3-2 en 1.3-3.

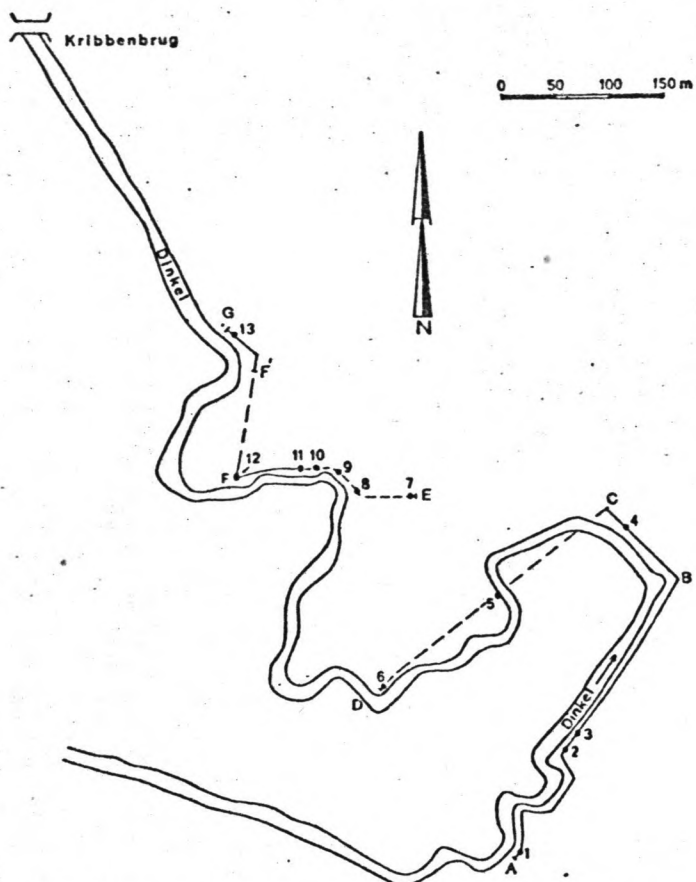
Korrel-onderzoek, pollen-analyse en C 14-onderzoek waren vervolgens behulpzaam bij een stratigrafische interpretatie, welke eveneens in de doorsneden is aangegeven. Een duidelijk beeld van de stratigrafie geven de details van profiel A-B, opgenomen als de figuren 1.3-4 A, B en C. Helaas hebben de samenstellers van de doorsneden nagelaten deze te voorzien van hoogtematen, gerelateerd aan een vast referentieniveau (b.v. N.A.P.).

Omdat de ligging van de lagen nu slechts wordt gegeven ten opzichte van een grondwaterstand is deze niet exact na te gaan.

















Zeefkrommen van een aantal bodemmonsters, waarvan de locatie in de zoëven genoemde details is vastgelegd met "W", gevolgd door een nummer, zijn te vinden in de figuren 4.1-6 en 4.1-7, onder paragraaf 4.1. van hoofdstuk 4.

Ten gerieve van de lezer zijn in de figuren 1.3-5 en 1.3-6 overzichten opgenomen, welke respectievelijk het gehele Pleistoceen en Boven-Pleistoceen en Holoceen indelen.

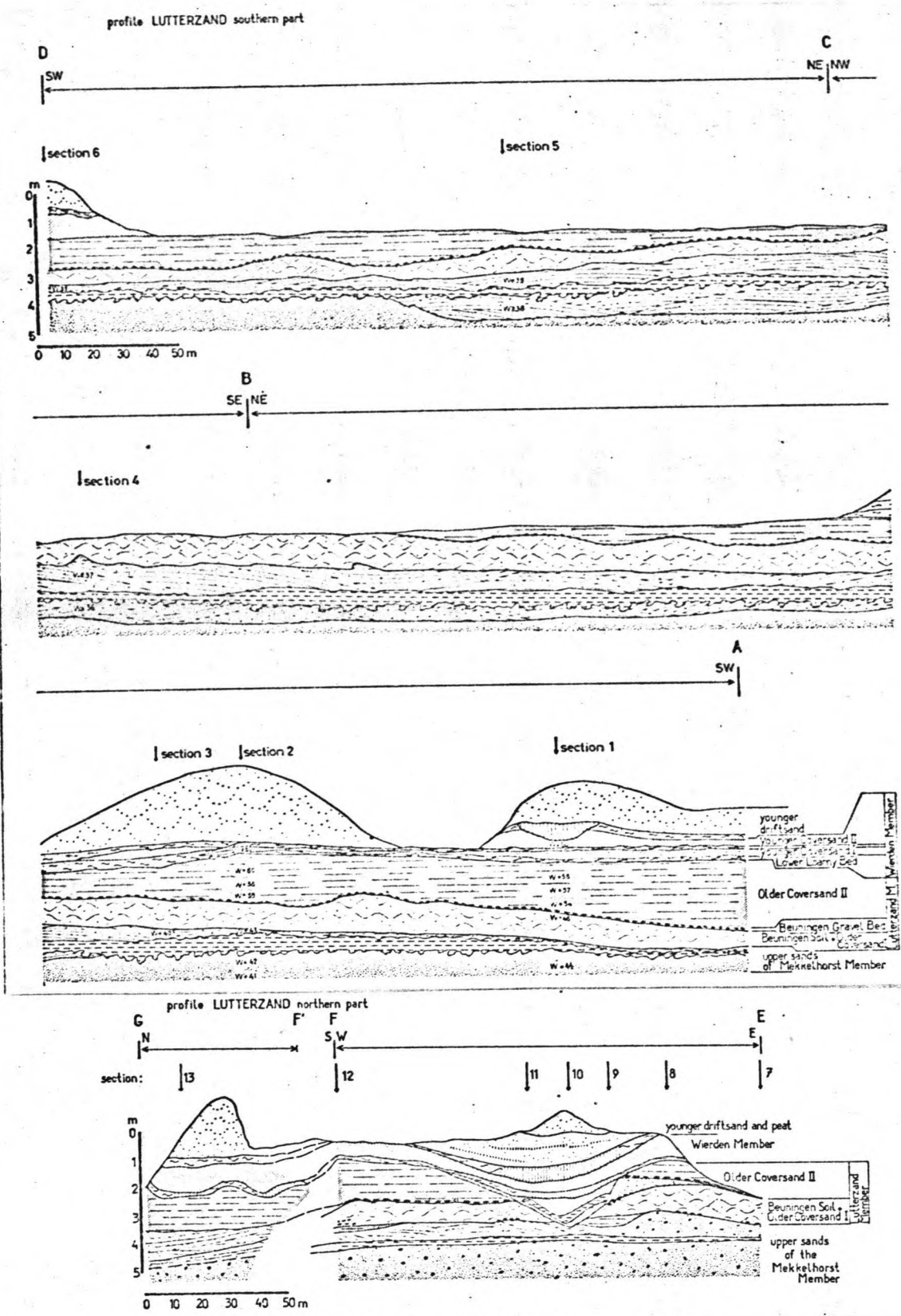
Uit de profielen blijkt, dat de Dinkel zich tot in de Mekkelhorstlaag van de Twenthe-formatie heeft ingesneden. Het grijsgekleurde zand van deze laag is relatief gróf, met een  $D_{50}$  van ongeveer 300  $\mu$ , zoals valt af te leiden uit de genoemde zeefkrommen.



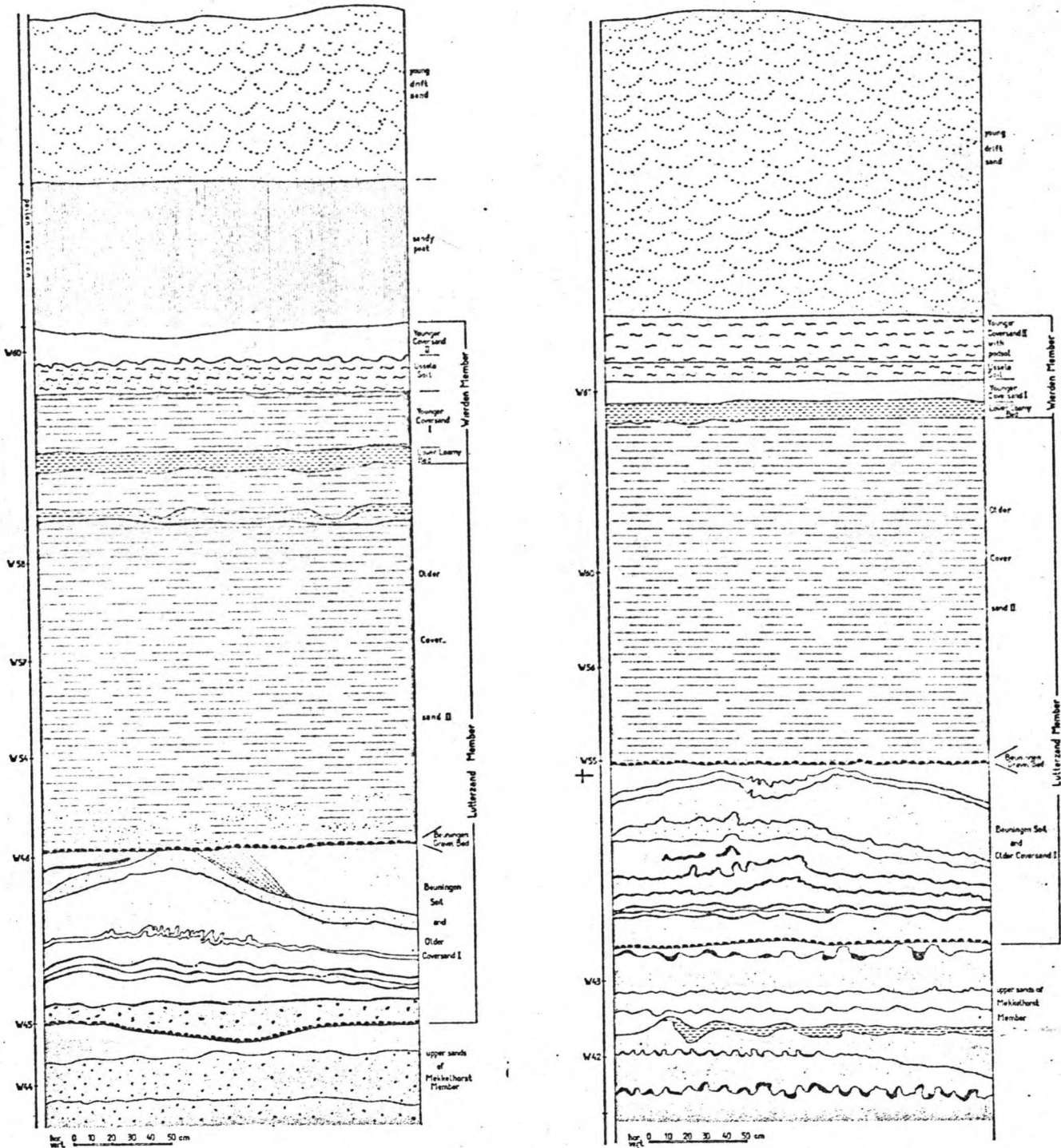
Legend for sections

- |  |   |
|--|---|
|  young driftsand                                    |  white sand                                      |
|  peat   |  cryoturbate loamy layers                        |
|  coversand (not loamy)                              |  coarse sand with small pebbles up to 5mm        |
|  soil   |  sand with pebbles sand with shale fragments     |
|  loamy coversand (coversand with thin loamy layers) |  clay  |
|  loamy sand (thicker layer)                         |  young brook deposits (loamy sands, sandy clays) |
|  pebble bed   |  cross bedding                                   |
|  sand   |  loamy coversand, cryoturbated to homogenized    |

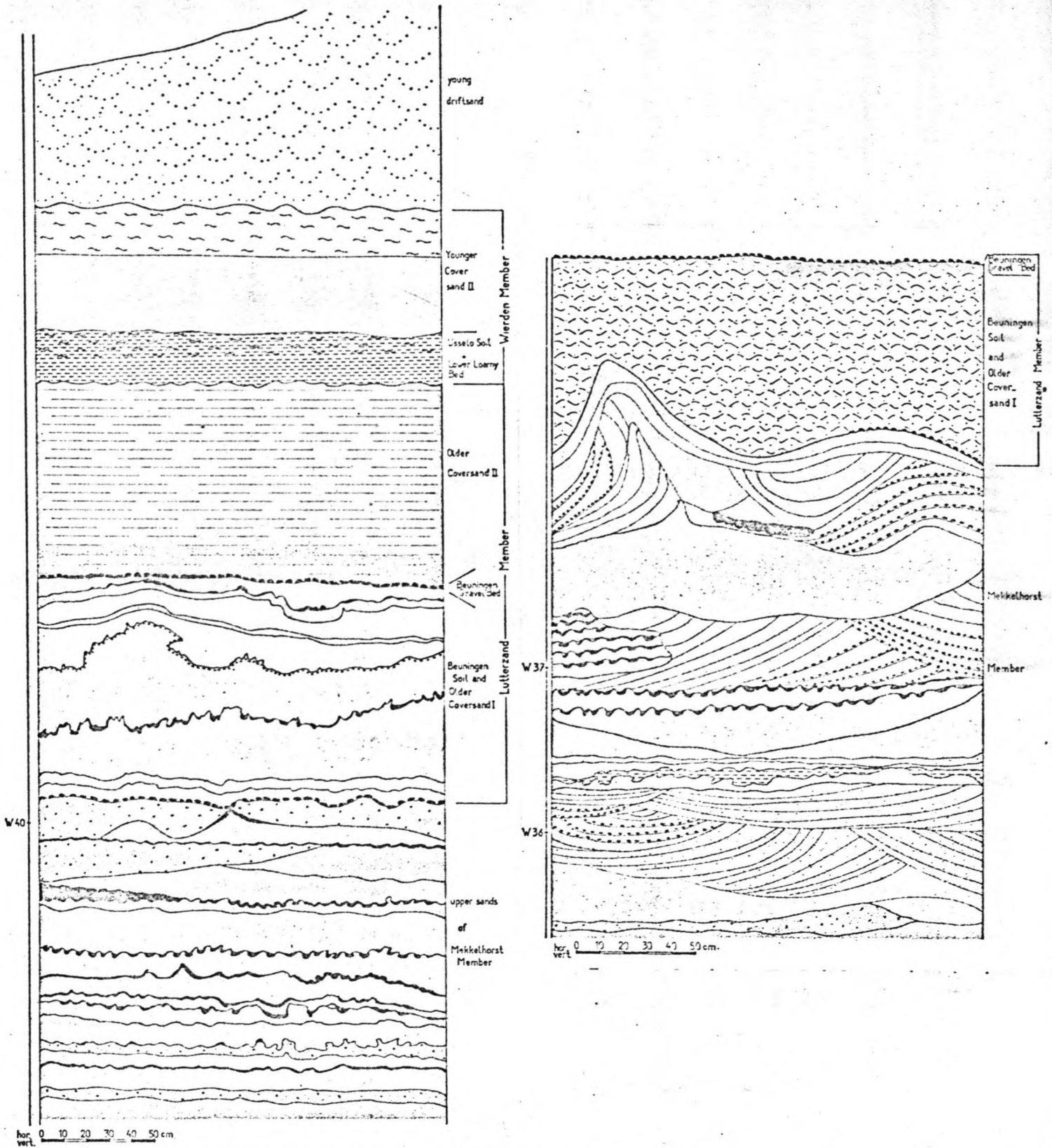
Figuur 1.3-2. Situatie en legenda van de secties in het Lutterzand.  
 [Van der Hammen en Wijmstra, 1971].



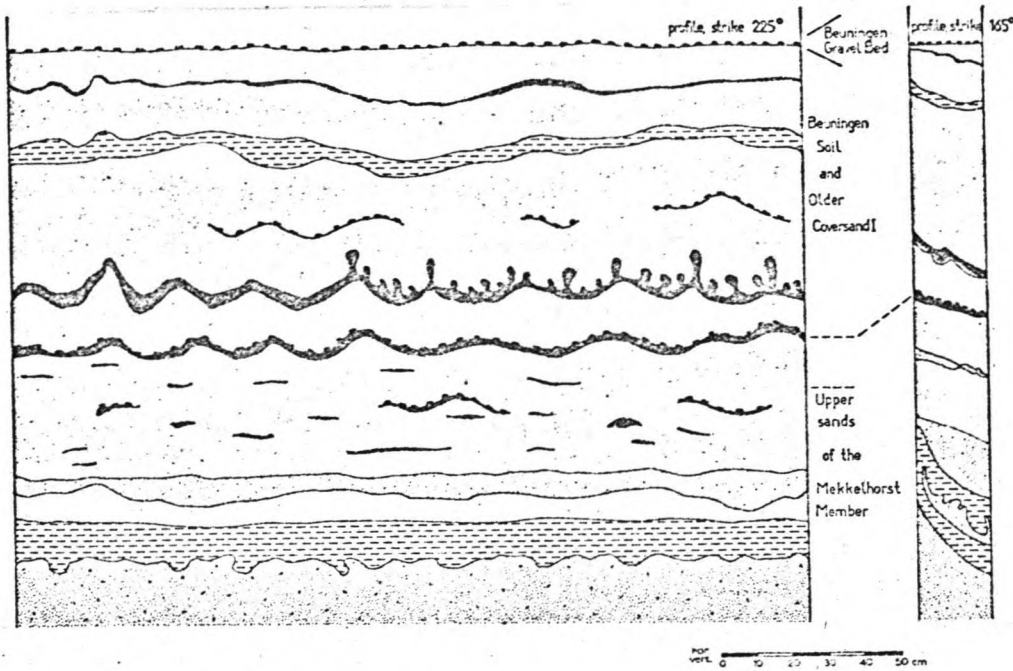
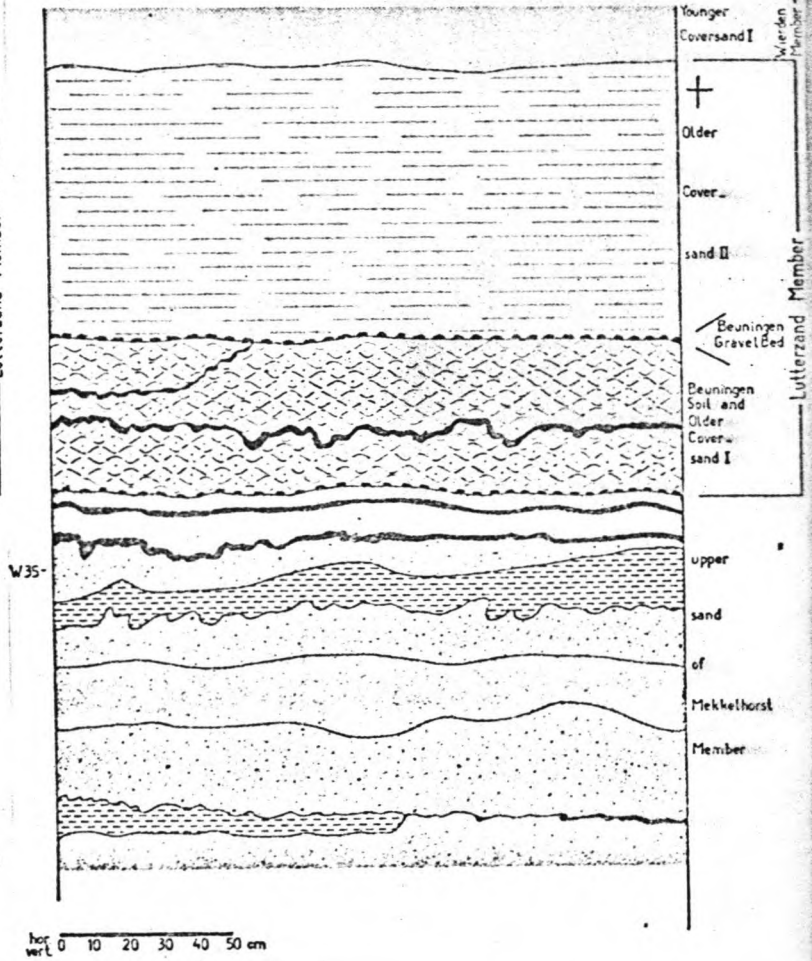
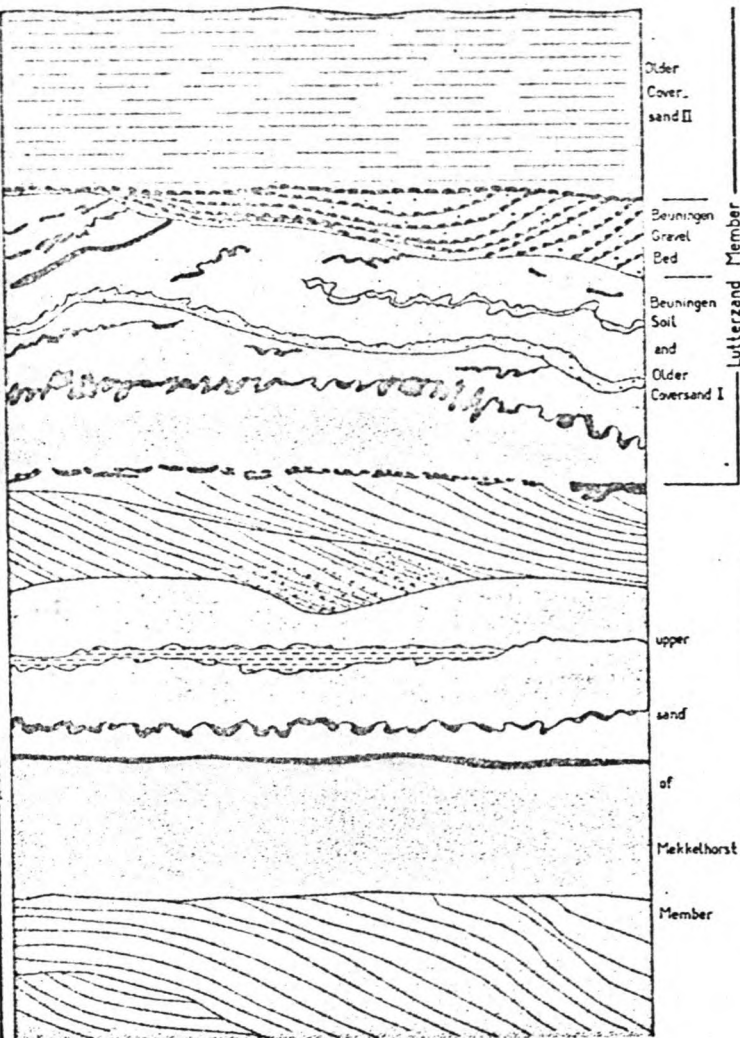
Figuur 1.3-3. Insnijdingen in het Lutterzand.  
(volgens Wijmstra en Schreve-Brinkman).



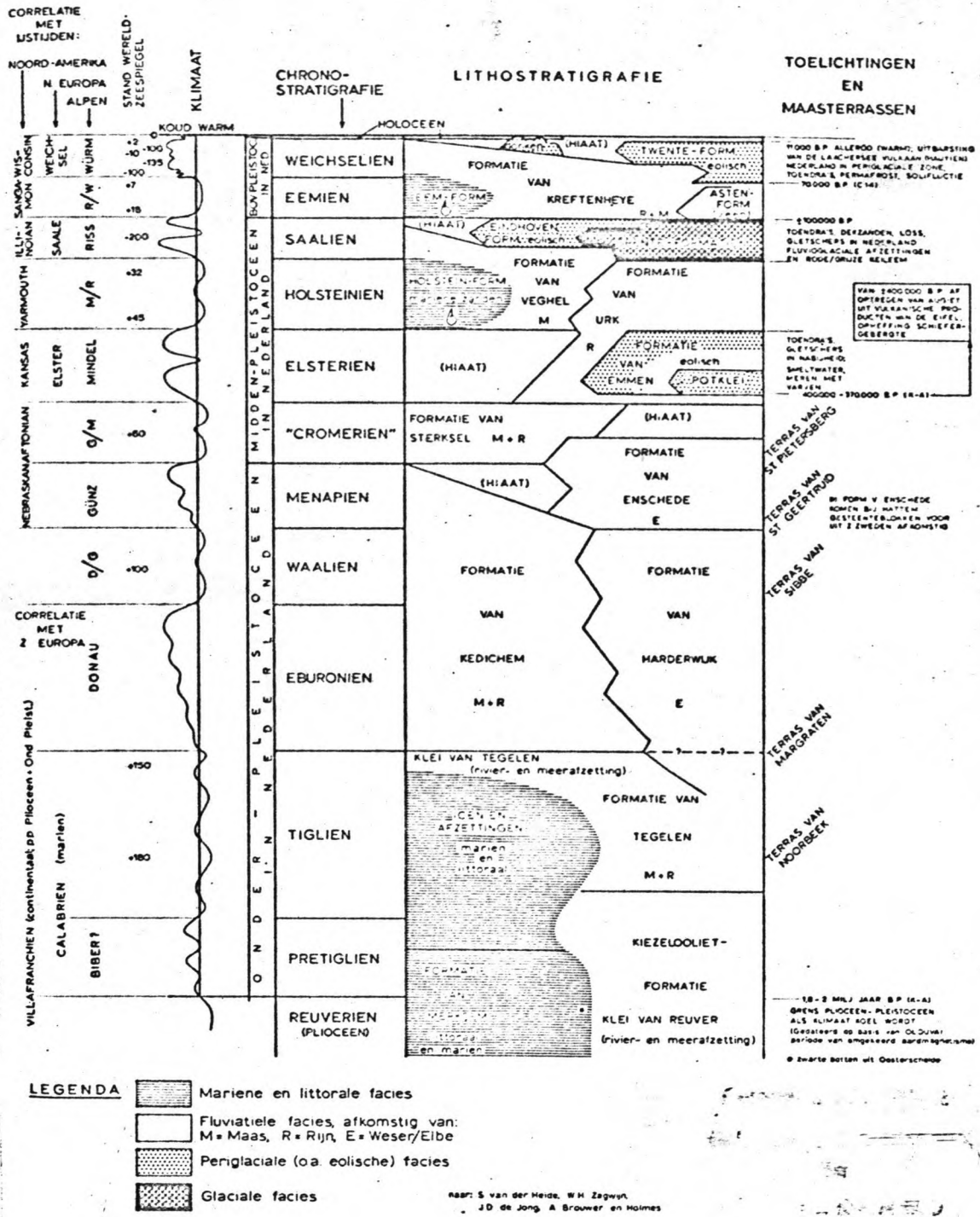
Figuur 1.3-4. A. Details van de insnijdingen in het Lutterzand.  
 (volgens Wijnstra).



Figuur 1.3-4. B. Details van de insnijdingen in het Lutterzand.  
(volgens Wijmstra).

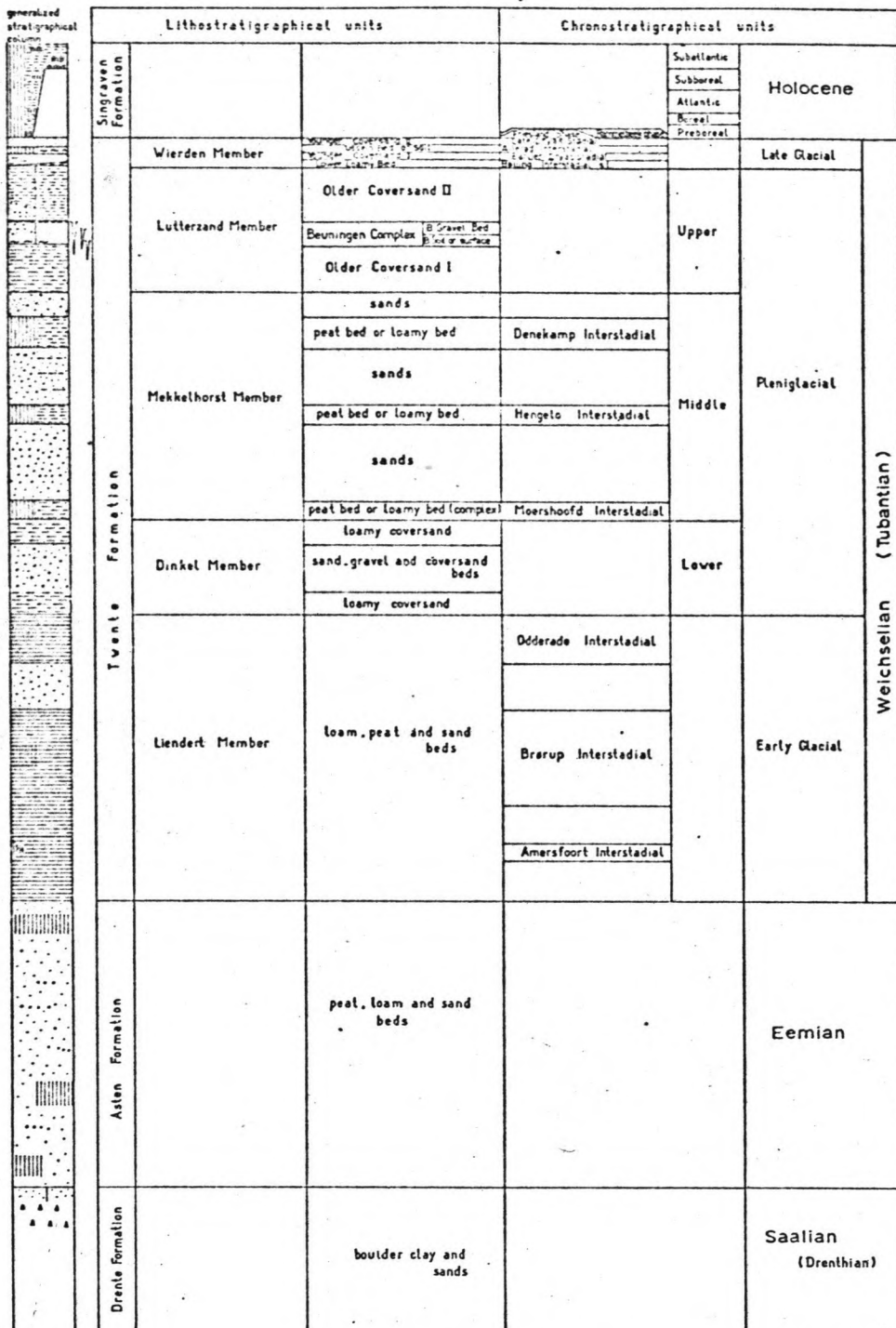


Figuur 1.3-4. C. Details van de insnijdingen in het Lutterzand. (volgens Wijmstra en Schreve-Brinkman).



Figuur 1.3-5. Overzicht van het Pleistoceen in Nederland.  
(naar Van der Heide, Zagwijn, De Jong, Brouwer en Holmes).





Figuur 1.3-6. Overzicht van het Boven-Kwartair in het Dinkeldal.  
( volgens Van der Hammen).

Te verwachten is, dat de samenstelling van het bodemmateriaal van de rivier sterk wordt beïnvloed door menging met materiaal van de hoger gelegen dekzandlagen, waarvan de korrel veel fijner is ( $D_{50}$  minder dan 200  $\mu$ , zie figuren 4.1-6 en 4.1-7).

Het steile talud (hier en daar zelfs loodrecht) <sup>kan</sup> worden verklaard uit de aanwezigheid van laagjes leem, grind, veen en gepodzoliseerde laagjes, welke de lagen zand en leemhoudend zand afwisselen. Vooral het leem behoedt de oevers voor instorten. De snelheid, waarmee de oever wordt geërodeerd is (nog) nooit exact vastgesteld, maar uit eigen waarneming is gebleken, dat van juli 1973 tot maart 1975 ter plaatse van de details 2 en 3 minder dan een meter is verloren gegaan, terwijl bij detail 4 de oever (minder "versterkt" met cohesief materiaal) enige meters opschoof (zodat enkele bomen in de rivier terechtkwamen). Daar het Waterschap voornemens is de ligging van de Dinkel regelmatig in te meten zal in de toekomst meer bekend worden van het verloop van het erosieproces. De figuren 1.3-7 en 1.3-8 geven een indruk van het buitengewone karakter van de hier beschreven meanders.

Bij de beschrijving van de geschiedenis van het Boven-Kwartair van het Dinkeldal wordt uitgegaan van het Saalien, een ijstijd, waarin het landijs Nederland voor een deel overdekte. Het Dinkeldal was op dat moment ca. 50 m dieper dan tegenwoordig.

Gedurende een ouder Saalien stadiaal werd de stuwwal van Enschede geformeerd. Later ontstonden de stuwwal van Ootmarsum tot Sibculo en die ten noorden van Oldenzaal (Rehburger stadiaal).

Het Saalien werd gevolgd door het Eemien (een interglaciale periode), waarin verschillende lagen zand, klei en veen in het Dinkeldal (fluviatiel) werden afgezet. Het sedimenteren ging door tijdens het hierop volgende Vroeg Glaciaal (Liendertlaag), een eerste periode van de volgende (en laatste) ijstijd, het Weichselien (door Van der Hammen ook Tubantien genoemd). Deze ijstijd bracht in Nederland geen landijs, hoewel dit wel zijn invloed deed voelen (periglaciale verschijnselen).

Het Lagere Pleniglaciaal (van ca. 60.000 tot 50.000 B.P.) moet zo koud zijn geweest, dat van enige vegetatie nauwelijks sprake was (poolwoestijn tot toendra), getuige het ontbreken van laagjes organisch materiaal in de toen afgezette Dinkellaag (Twenthe Formatie). De laag, welke nergens in het Dinkeldal aan de oppervlakte treedt, bestaat uit fluviatiele en niveo-fluviatiele (zie ook Faber, 1960) zanden en grove (aeolisch afgezette) dekzanden, voor een deel leemhoudend. Tijdens het wat minder koude Midden Pleniglaciaal (ca. 50.000 tot 27.000 B.P.) werd de Mekkelhorstlaag afgezet: betrekkelijk grof (niveo-) fluviatiel zand (vaak kris-kras-gelaagd), afgewisseld met laagjes veen of leem (overeenkomend



Figuur 1.3-7. Insnijding in het Lutterzand te Groene Staart.

De opname is gemaakt, ongeveer ter plaatse van de details 2 en 3.



Figuur 1.3-8. Insnijding in het Lutterzand te Groene Staart.

De opname laat de Dinkeloever, ongeveer ter plaatse van detail 4 zien.

met interstadialen).

De begroeiing moet van het toendra-type zijn geweest. De lagen boven die van het Denekamp interstadiaal komen in de bovenbeschreven Dinkel-oeveren in het Lutterzand aan de oppervlakte.

Het voortgaande sedimenteren onderging in het begin van het Bovenste Pleniglaciaal een grote verandering. Het tot dusver hoofdzakelijk fluviatiel of niveo-fluviatiel transport maakte plaats voor aeolisch transport. Hierbij ontstonden de leemhoudende dekzanden van de Lutterzandlaag. Het zand werd waarschijnlijk aangevoerd vanuit de toen droogliggende Noordzee. Het Boven-Pleniglaciaal (ca. 27.000 tot 13.000 B.P.) moet kouder en droger zijn geweest, dan het voorgaande Midden-Pleniglaciaal.

Het koudst zal het zijn geweest tijdens de vorming van het Beuningen-Complex, meestal bestaande uit gepodzoliseerde bodem en grind gelegen tussen de Oudere Dekzanden I en II, getuige de sterke invloed van vorst (b.v. "vorstwiggen").

Op enkele plaatsen is hier kryoturbatie waar te nemen.

In het Laat Glaciaal (ca. 13.000 tot ca. 10.200 B.P.) werd de Wierdenlaag gevormd, als laatste laag van de Twenthe Formatie. Vele riviertjes, welke in het Pleniglaciaal oostelijk van de tegenwoordige Dinkel hadden gestroomd vielen plotseling droog. Er was een duidelijke tendens van de hoofdstroom om zijn loop in westelijke richting te verleggen, resulterende in de huidige Dinkelloop. Tijdens het Bølling interstadiaal nam het aeolisch transport aanzienlijk af, ten gevolge van de zich geleidelijk uitbreidende vegetatie. Voor het eerst konden ook berken het uithouden. Met de aanvang van het Vroegere Dryas stadiaal brak weer een periode van hevige koude aan, welke de berken en het grootste deel van de overige vegetatie niet konden overleven. De wind kreeg wederom de kans om richels en duinen te vormen (Jonger Dekzand I). Gedurende het Allerød interstadiaal kon de begroeiing zich herstellen en ontstonden eerst berkenbossen en later ook dennebossen.

Bosbranden tijdens het Jongere Dryas stadiaal verwoestten op vele plaatsen de vegetatie, waardoor het aeolische transport opnieuw op gang kon komen. Het Jongere Dekzand II werd gevormd, dikwijls door verwijdering en afzetten van oudere sedimenten.

Met het begin van het Preboreaal, het eerste tijdperk van het Holoceen (ca. 10.200 B.P.) trad een duidelijke klimaatsverbetering (Frieslandfase) op, hierna nog slechts een enkele maal onderbroken door een wat koudere fase (Rammelbeekfase). Bossen (eerst berken, later dennen) breidden zich steeds verder uit. Sedert het Boreaal werd de gehele Dinkel-vallei overdekt met loofbossen (els, hazelaar, eik, iep en es).

Op de huidige morfologie van het Dinkel-dal heeft de mens uiteindelijk een enorme invloed gehad.

De, sedert 5000 B.P., door boeren toegepaste landbouwmethode ("roofbouw") putte de grond zodanig uit, dat het bos zich, na het verlaten van de landbouwgrond, niet of nauwelijks kon herstellen. De voortgaande ontbossing (bij toenemende bevolking) resulteerde in een steeds groter wordende frequentie en intensiteit van de overstromingen door de Dinkel en andere beken, waardoor over grote oppervlakten een dunne laag Singraven Formatie kon worden afgezet (voornamelijk leemhoudend).

Rond de jaren 800 à 1000 kwam plaggenbemesting sterk in zwang, met als gevolg, dat (door het plaggensteken) op vele plaatsen het dekzand bloot kwam te liggen.

Het plaatselijk steken van veen leidde tot eenzelfde resultaat, waarbij in het laatste geval de lage ligging van de afgraving de vorming van kleine meertjes tot gevolg had (op dezelfde plaatsen, dus waar deze ook in het Pleistoceen hadden gelegen!).

Waar de heide-vegetatie werd aangetast konden zandverstuivingen ontstaan, de aanzet tot het ontstaan van duinen.

In grote gebieden, onder meer het Lutterzand, was dit het geval. Hoewel in het Lutterzandgebied reeds in het Midden-Holoceen (Sub-boreaal of Atlanticum) enige echte rivierduinen waren gevormd, dateert het grootste deel van de thans aanwezige duinen uit de Middeleeuwen. Laatstgenoemde, door verstuiving ontstane duinen kunnen geen aanspraak maken op de naam "rivierduinen".

#### 1.4. Waterstaatkundige toestand.

Het stroomgebied van de Dinkel heeft een totale grootte van ca. 63.700 ha. Hiervan is ongeveer 41.200 ha. in Duitsland gelegen.

Het heeft een smalle, langgerekte vorm, noord-zuid gesitueerd (zie figuren 1.2-3 en 1.4-2).

De belangrijkste zijbeken, welke zich in Nederland met de Dinkel (tot het Verdeelwerk Boven-Dinkel geheten) verenigen zijn de Ruenbergerbeek, de Glanerbeek en de Puntbeek. Grote delen van de stroomgebieden van deze beken zijn in Duitsland gelegen; voor de grootten hiervan wordt verwezen naar tabel 1.4-1. De Glanerbeek stroomt bij Glane in de Dinkel uit en de Ruenbergerbeek bij

Stroomgebied	Oppervlakte in ha.
Glanerbeek	3951
Ruenbergerbeek	7440
Puntbeek	2890
Dinkel bij grens te Glane	19090
Dinkel bij Zoekerbrug	24740
Dinkel bij Poppebrug	39865
Dinkel bij Verdeelwerk	40058
totaal in Nederland	22500
totaal in Duitsland	41200
totaal	63700

Tabel 1.4-1. Overzicht van de grootten van stroomgebieden en deelstroomgebieden.

De stroomgebieden van de Glanerbeek, de Ruenbergerbeek en de Puntbeek zijn voor het grootste deel in Duitsland gelegen, [Snijdelaar, 1966; Van der Schrier, 1969; Heidemij, 1973].

Losser, terwijl de Puntbeek sedert de aanleg hiervan in het Omleidingskanaal uitmond.

Het Omleidingskanaal, deel uitmakend van ruilverkavelingswerken in het Denekampse Veld, en omstreeks 1965 voltooid, sluit ca. 4 km ten zuiden van Denekamp

door middel van het z.g. Verdeelwerk op de Dinkel aan (figuur 1.4-3). Het Verdeelwerk wordt uitvoerig beschreven in hoofdstuk 5.

De afvoer van de Dinkel beneden het Verdeelwerk (Beneden-Dinkel) wordt erdoor beperkt tot maximaal ca.  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij het resterende deel van de afvoer via een overlaat door het Omleidingskanaal wordt getransporteerd.

Dinkel Dat kanaal, berekend op een maximaal debiet van ca.  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ , herenigt zich met de ca. 2,5 km bovenstrooms van de grens, waar de rivier Nederland weer verlaat. Het Omleidingskanaal, dat ten behoeve van de peilbeheersing is voorzien van een tweetal stuwen, kruist ten noord-oosten van Denekamp het buiten gebruik gestelde Kanaal Almelo-Nordhorn.

Door aarden dammen in het voormalige Kanaal Almelo-Nordhorn zijn beide waterlopen van elkaar gescheiden.

Ook de Beneden-Dinkel kruist het Kanaal Almelo-Nordhorn. Door middel van een duiker wordt de rivier onder het kanaal door geleid. Met stoney-schuiven aan de bovenmond van de duiker wordt de waterstand van de Dinkel geregeld en, via een open verbinding, eveneens van het aansluitende kanaalpand. Na de aanleg van het Omleidingskanaal is een ontlastsluis in de noordelijke kanaaldijk, welke diende om bij hoge afvoeren het kanaal te ontlasten van het water, dat de duiker niet kon verwerken, buiten gebruik gesteld. Het geheel van de duiker, stuw en sluis was noodzakelijk in verband met een uit 1905 daterend grenstractaat met Pruisen, dat beperking oplegde ten aanzien van het Kanaalpeil.

Het Dinkelkanaal, dat nabij de Nederlands-Duitse grens als verlengde van de Hollandergraven de Dinkel door middel van een duiker kruist, staat in verbinding met een in Duitsland gelegen kanaal dat beneden de watermolen van Lage in de Dinkel uitmondt (zie figuur 1.2-3). Dit kanalenstelsel heeft tot doel het deel van het Duitse Dinkeldal, bovenstrooms van de watermolen van Lage voor belangrijke inundaties te behouden.

In Nederland is het buiten zijn oevers treden van Beneden-Dinkel als gevolg van de aanleg van het Omleidingskanaal en de overige verbeteringswerken in het gebied van de Beneden-Dinkel tot het verleden gaan behoren. Bij de onverbeterde Dinkel, bovenstrooms van het Verdeelwerk (Boven-Dinkel), treden inundaties, bij afvoeren, groter dan ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , nog herhaaldelijk op.

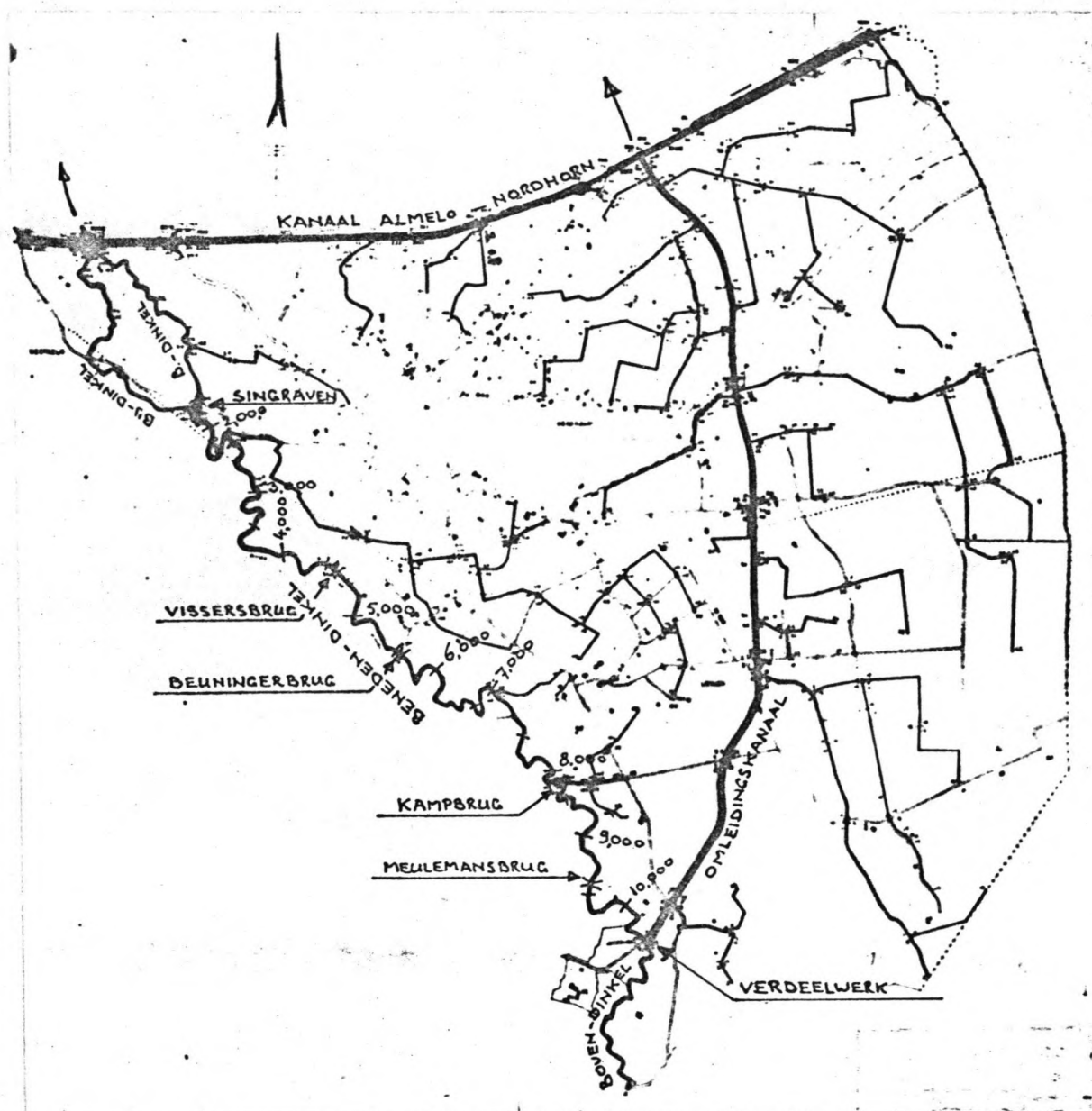
Het deel van het dal, dat kan worden gerekend tot het winterbed van de rivier heeft een breedte, welke varieert van ca. 300 tot 600 m. In paragraaf 3.4. wordt nader op de inundaties ingegaan.











Figuur 1.4-3. Overzichtskaart van de Ruilverkaveling Denekampse Veld met Beneden-Dinkel, Omlleidingskanaal en Verdeelwerk.  
 [Technische Dienst Waterschap De Beneden-Dinkel].  
 Tussen het Verdeelwerk en de watermolen van Singraven is de kilometering ingetekend.

Het verhang van het zomerbed van zowel Boven- als Beneden-Dinkel kan globaal worden gesteld op  $i = 3 \times 10^{-4}$ .

In dwarsrichting van het Dinkedal komen plaatselijk (zowel in Duitsland als Nederland) belangrijke hellingen voor (bij de in paragraaf 1.3. beschreven stuwwal, oostelijk van Oldenzaal, b.v. 3 à 7 m per km). Het gevolg hiervan en van de reguleringswerken in Duitsland is, dat de afvoer nogal snel reageert op regenval in het stroomgebied; vooral ook omdat dit zo smal is (zie figuur 1.2-3).

In paragraaf 3.2. wordt het afvoerverloop berekend aan de hand van peilschaalwaarnemingen en afvoerkrommen.

Het blijkt, dat de vereiste gegevens niet altijd beschikbaar zijn.

Peilschaalstations en afvoermeetpunten zijn in de loop der jaren nogal eens verplaatst, hetgeen de waarde van de meetgegevens niet bepaald verhoogt. Voor deze studie zijn de in 1950 ingestelde peilschaalstations Poppebrug (in de weg van Oldenzaal naar Bentheim) en Zoekerbrug (tussen Glane en Losser) van zeer groot belang. Het eerstgenoemde station is helaas in 1974 opgeheven, het laatstgenoemde in 1975.

Helaas maakt de beheerder van de peilschaalstations (de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat: Dienst voor de Waterhuishouding-Regio Grote rivieren te Arnhem) door deze handelwijze een voorzetting van het afvoeronderzoek van ir. Snijdelaar [Snijdelaar, 1966] en de Heidemaatschappij [Heidemij, 1973] onmogelijk.

Vóór 1847 had de overheid weinig belangstelling voor de Dinkel en werd het aan de oevereigenaren overgelaten om al of niet rivierverbeteringen uit te voeren. Ter vergroting van de afvoercapaciteit werden hier en daar bochten afgesneden. In 1847 werd, in opdracht van Gedeputeerde Staten van Overijssel, door W. Staring en T.J. Stieltjes een plan opgesteld tot verbetering van de Dinkel. Het plan kwam niet tot uitvoering, evenals enige volgende plannen, respectievelijk van 1872, 1910 en 1920.

De belangrijkste reden voor het niet tot uitvoering komen van de plannen van 1847 en 1872 was gebrek aan overeenstemming over het antwoord op de vraag, welke instantie voor de werken verantwoordelijk zou zijn, m.a.w. wie zou moeten betalen. Deze kwestie werd door de Regering in 1904 opgelost door de Dinkel tot rijksrivier te verklaren.

De volgende plannen strandden echter ook op het niet beschikbaar komen van de nodige financiën. [Snijdelaar, 1966].

Vermeldenswaardig is nog, dat de Dienst der Domeinen als eigenaar van de Dinkel zelf verantwoordelijk is voor het onderhoud ervan, een unieke situatie.

Sedert 1 januari 1970 is de zorg voor de waterhuishouding in het gehele Nederlandse stroomgebied van de Dinkel opgedragen aan het Waterschap Regge en Dinkel (zie paragraaf 1.5.). Op dezelfde datum werd het in 1942 opgerichte Waterschap van de Beneden-Dinkel opgeheven, dat zich (zoals de naam aanduidt) niet met de Boven-Dinkel bemoeide (zie figuur 1.5-1).

Behalve aan de reeds genoemde bronnen zijn gegevens voor deze paragraaf ontleend aan de Beschrijving van de provincie Overijssel, behorende bij de Waterstaatskaart, Rijkswaterstaat, 1963.

### 1.5. Waterschap Regge en Dinkel.

De frequent e inundaties in een groot deel van Overijssel, ten gevolge van het buiten de oevers treden van riviertjes en beken, en de steeds luider wordende roep ter voorkoming daarvan van "landbouwzijde" hebben Gedeputeerde Staten van Overijssel in 1846 doen besluiten een onderzoek te laten instellen. De 1e luitenant der artillerie W. Staring kreeg de opdracht tot het onderzoeken van de toestand van de ontwatering in het grootste deel van Overijssel en het aangeven van de middelen ter verbetering. Staring, bijgestaan door zijn collega T.J. Stieltjes, diende reeds in juli 1847 een uitgebreid verslag in omtrent de waterstaatkundige toestand in de gehele provincie. Als vervolg hierop verscheen in 1848 een uitgebreid rapport, inhoudende voorstellen tot verbeteringswerken. De voorstellen van Staring en Stieltjes werden echter, althans in Twenthe, niet uitgevoerd.

De klachten over de slechte ontwatering leidden in 1868 tot de oprichting van een vereniging, welke een adres richtte aan de Koning.

Dit adres, alsmede talrijke verzoekschriften aan Gedeputeerde Staten en artikelen in de pers, was voor genoemd college aanleiding om aan Stieltjes opdracht te geven tot het verrichten van een studie, speciaal gericht op Twenthe. In 1872 verscheen het rapport, inhoudende een beschrijving van de afwatering in de stroomgebieden van Vecht, Regge, Schipbeek en Buurserbeek, en voorstellen ter verbetering. Stieltjes stelde verder onder meer voor om waterschappen op te richten.

"Voorlopig gebeurde er echter weer niets dan over het rapport vergaderen en discussiëren. De toestand bleef zo, dat jaar in jaar uit grote gebieden het grootste deel van de winter diep onder water stonden en ook zomers, bij matige regenval, veel land geïnuundeerd werd" [Yzerman, 1934].

Op 8 juli 1880 werd door Gedeputeerde Staten van Overijssel een commissie geïnstalleerd met als taak de voorbereiding tot het vormen van een of meer waterschappen en het ontwerpen van de vereiste reglementen. Het werk van de commissie werd bespoedigd door toedoen van de enorme overstromingen van het jaar 1882. Hieruit resulteerde namelijk een adres, het z.g. adres Stork, genoemd naar de eerste ondertekenaar, aan Gedeputeerde Staten. In het adres werd snelle afronding van de werkzaamheden van de commissie geëist.

Niet lang daarna werd een ontwerp-reglement voor het op te richten Waterschap De Regge bij G.S. ingediend. Op de ter visie-legging volgde vele bezwaarschriften van de kant van o.m. eigenaren van de hoger gelegen gronden, die van een waterschap slechts (vooral financieel) nadeel verwachtten.

"Na eindeloze debatten" werd tenslotte in de Statenvergadering van 23 november 1883 besloten tot de oprichting van het Waterschap De Regge [Yzerman, 1934].

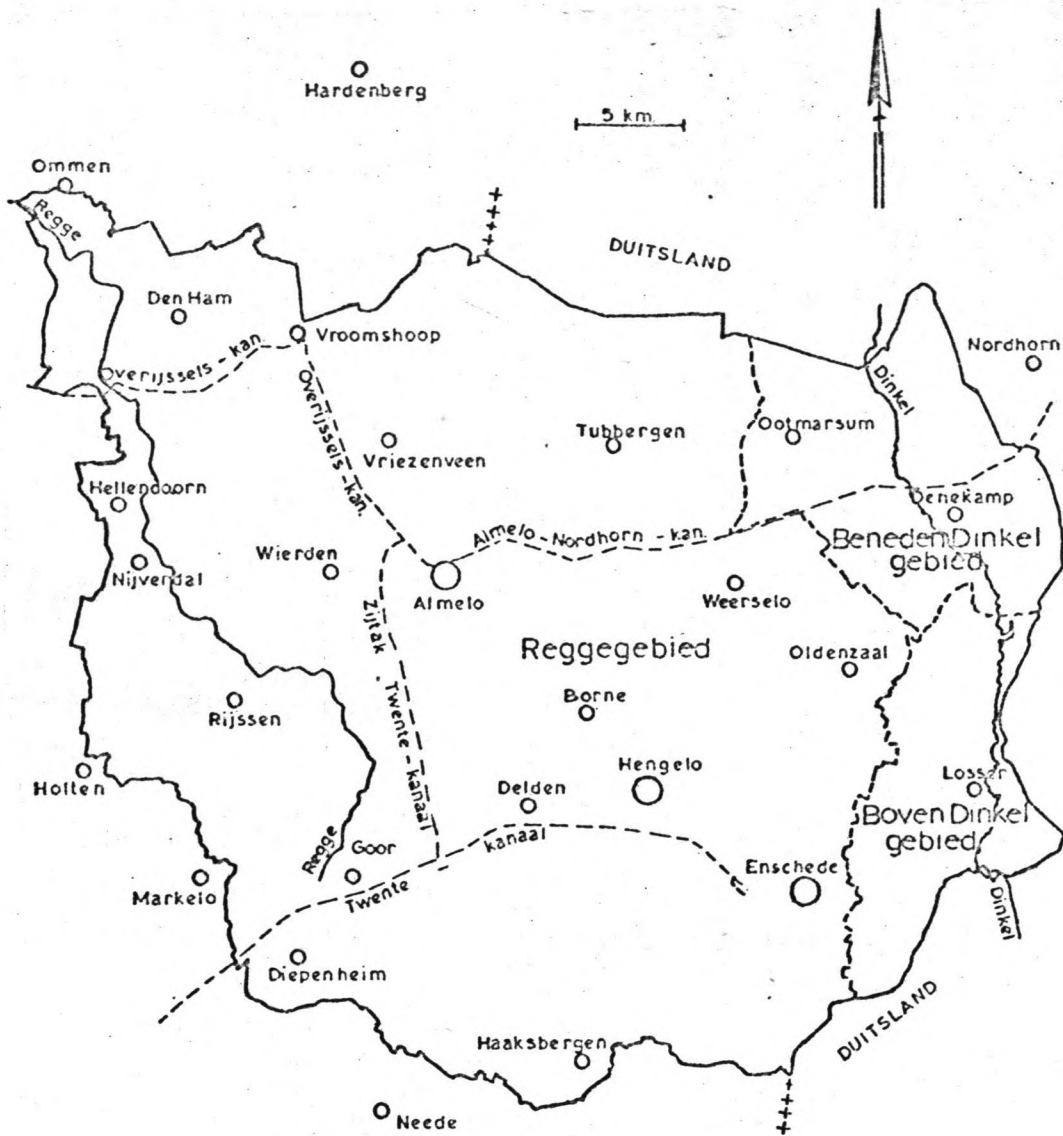
Ingaande 1 september 1962 werd het Waterschap behalve met de zorg voor de waterbeheersing tevens belast met de zuivering van afvalwater.

Met het oog op verbetering van de waterbeheersing in het Beneden-Dinkel-gebied was in 1942 het Waterschap De Beneden-Dinkel opgericht. In opdracht van het laatstgenoemde waterschap werd door het Technisch Bureau van de Unie van Waterschapsbonden een plan inzake de verbetering van de afvoercapaciteit van de Dinkel opgesteld. Aan de uitvoering van het in 1951 aangeboden plan is van 1956 tot 1965 gewerkt. Behalve de regulering van een deel van de Beneden-Dinkel zijn de aanleg van het Omleidingskanaal en de bouw van het Verdeelwerk de belangrijkste, in dit rapport, te noemen werken.

Het Boven-Dinkel-gebied bleef tot 1 januari 1970 buiten waterschapsverband. In genoemd jaar gingen het Waterschap De Regge en het Waterschap De Beneden-Dinkel op in het nieuwe Waterschap Regge en Dinkel, dat tevens werd belast met de waterhuishouding in het Boven-Dinkel-gebied.

De taken werden (of bleven) waterbeheersing en afvalwaterzuivering.

Het waterschap strekt zich uit over een oppervlakte van ca. 135.000 ha. (figuur 1.5-1). Het grootste deel hiervan is gelegen in de provincie Overijssel, terwijl een klein deel (600 ha) in de provincie Gelderland ligt [Waterschap Regge en Dinkel, 1972].



Figuur 1.5-1. Het rechts-gebied van het Waterschap Regge en Dinkel.  
[Waterschap Regge en Dinkel, 1972].



## 1.6. Probleemstelling.

In overleg met het Waterschap Regge en Dinkel werden de doelstellingen van het onderhavige onderzoek vastgesteld.

Het onderzoek zou zich in eerste instantie richten op de volgende problemen:

1. Aanzandingen in de Beneden-Dinkel, tussen het Verdeelwerk en de watermolen van Singraven.
2. Aanzandingen in het Omleidingskanaal, onmiddellijk benedenstrooms van het Verdeelwerk;

Verondiepingen in de Beneden-Dinkel betekenen voor het Waterschap een niet te tolereren vermindering van de afvoercapaciteit, zodat deze door baggeren moeten worden verwijderd. Daar het Waterschap de indruk heeft, dat dit met een tussenpoos van slechts enkele jaren zou moeten worden herhaald is zij voorstander van een meer definitieve oplossing.

Aanzanding van het Omleidingskanaal, zij het in geringere mate, dan in werkelijkheid, was reeds ten tijde van de bouw van het Verdeelwerk door het Waterloopkundig Laboratorium [1964] voorzien.

Het Waterschap vindt, dat de Cultuur Technische Dienst, als opdrachtgever van Omleidingskanaal en Verdeelwerk, een zandvang niet achterwege had mogen laten. Met een zandvang zou relatief kostbaar baggerwerk worden voorkomen.

Ter oplossing van de problemen had het Waterschap aanvankelijk onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk een zandvang geprojecteerd. Het effect van deze zandvang zou mede in de beschouwingen worden betrokken. Later werd als plaats voor een mogelijke zandvang de Dinkel, beneden het Verdeelwerk genoemd. In de loop van het onderzoek werd het duidelijk, dat het zich eveneens zou moeten bezighouden met het bestuderen van door het Waterschap voorgestelde verruiming van het dwarsprofiel van de Boven-Dinkel. Dit laatste ter voorkoming van de nu en dan optredende zomer-inundaties.

Op de problemen en de door het Waterschap geopperde maatregelen zal in hoofdstuk 2 nader worden ingegaan.

Onderstreept moet worden, dat deze studie een louter technische is, hetgeen niet betekent, dat de gestelde problemen alleen van de technische kant moeten of kunnen worden benaderd.

Bij het naar waarde schatten van mogelijke technische oplossingen mogen onder meer de eventuele consequenties voor het landschap niet over het hoofd worden gezien.

Een studie naar de landschappelijke waarde van het Dinkeldal verdient dan ook zeker aanbeveling; hier zal echter wegens tijdgebrek geen poging daartoe worden ondernomen.

Uiteraard zijn er andere aspecten, welke evenzeer niet mogen worden verwaarloosd. Onmiddellijk kan worden genoemd het grote wetenschappelijke belang van de in paragraaf 1.3 beschreven meanders in het Lutterzand (Groene Staart). De voor geologen interessante insnijdingen (tot in de lagen van het Midden Pleniglaciaal) dienen volgens Van der Hammen en Wijmstra te worden beschermd, aangezien deze voor Nederland uniek en op Europees niveau belangrijk zijn [Van der Hammen en Wijmstra, 1971].

Biologen zullen kunnen uitweiden over de grote natuurwetenschappelijke waarde van de begroeiing van het hoogwaterbed van de Boven-Dinkel, samenhangend met het regelmatig optreden van de inundaties [Van der Schrier, 1969].

Wanneer het komt tot een afweging van verschillende alternatieven ter oplossing van de gestelde problemen zullen behalve de technische en economische aspecten ook alle andere (genoemde en niet genoemde) aspecten in aanmerking moeten worden genomen.

### 1.7. Samenvatting.

In de inleiding van dit onderzoek (hoofdstuk 1) wordt een beschrijving gegeven van het stroomgebied van de Dinkel, waarbij aandacht wordt besteed aan topografische, geologische en waterstaatkundige aspecten. Verder geeft dit hoofdstuk een beknopt overzicht van de geschiedenis van de beherende instantie: het Waterschap Regge en Dinkel. De inleiding wordt beëindigd met een inventarisatie van de bij dit onderzoek op te lossen problemen:

1. aanzandingen in de Beneden-Dinkel;
2. aanzanding in het Omleidingskanaal, onmiddellijk achter het in 1964 gebouwde Verdeelwerk.

Hoofdstuk 2 wijdt een nadere beschouwing aan <sup>(deze en andere)</sup> problemen en geeft de richting van het onderzoek aan. Voorts worden de door het Waterschap geopperde maatregelen tot bestrijding van de problemen in het kort besproken, te weten:

1. de aanleg van een zandvang, direct bovenstrooms van het Verdeelwerk;
2. het verbreden van de Boven-Dinkel, van Zoekerbrug tot het Verdeelwerk.

Hoofdstuk 3 richt zich in de eerste plaats op het reconstrueren van het afvoerloop over de te bestuderen periode, van begin 1970 tot 1975. Ten behoeve van het wiskundig model wordt het verloop vervolgens geschematiseerd tot een aaneenschakeling van perioden van constante afvoer.

Bij vergelijken van een uit het geschematiseerde afvoerloop samengestelde duurlijn met een gemiddelde afvoerduurlijn over langere periode tekent de onderzochte periode 1970 - 1975 zich af als relatief droog.

Tenslotte besteedt hoofdstuk 3 aandacht aan de verdeling van de afvoer over laag- en hoogwaterbed bij inundaties (bij de Boven-Dinkel). Voor deze verdeling wordt een "blackbox"-achtig model afgeleid, dat in het wiskundig model redelijk goede resultaten geeft.

De korrelgrootte-verdeling van het bodemmateriaal wordt in hoofdstuk 4 geanalyseerd. Als maatgevende korreldiameter voor de in het model toe te passen zandtransportformule wordt gemakshalve toegepast de mediane diameter:  $D_{50}$ .

Voor de gehele rivier wordt één en dezelfde maatgevende korreldiameter ingevoerd:  $D_{50} = 300 \mu$ .

Hoofdstuk 4 vervolgt met het analyseren van de ruwheid van het laagwaterbed, waarvoor  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$  de beste waarde lijkt. Ook hier wordt voor het gehele te onderzoeken traject één C-waarde toegepast.

Voor wat betreft het sedimenttransport wordt onderzocht welk van de drie beschouwde formules het transport het best beschrijft. Beschouwd worden de volgende formules:

- a. Meyer-Peter en Müller
- b. Engelund en Hansen
- c. Ackers en White.

Gekozen wordt de formule van Ackers en White.

Met het oog op het schatten van de snelheid, waarmee morfologische processen zich in de Dinkel voltrekken wordt de z.g. morfologische tijdschaal volgens De Vries bepaald [De Vries, 1973]. Hierbij blijkt, dat de Dinkel morfologisch zeer traag moet reageren op zekere ingrepen in het regiem.

Het Verdeelwerk, dat in het wiskundig model een centrale plaats inneemt, wordt in hoofdstuk 5 behandeld.

Ten behoeve van het model wordt het stuwprogramma wiskundig vastgelegd. Voor de verdeling van sediment over de Beneden-Dinkel en het Omleidingskanaal worden twee hypothesen (elk onderverdeeld in 2 mogelijkheden) opgesteld en voor het model vertaald in een wiskundige uitdrukking.

Hoofdstuk 6 behandelt het principe en de werking van het toegepaste wiskundig model, dat is vervaardigd op basis van de methode van Vreugdenhil en De Vries [De Vries, 1969]. Tevens worden in dit hoofdstuk de met het model uitgevoerde morfologische berekeningen besproken, waarbij de resultaten zoveel mogelijk worden vergeleken met de uitkomsten van eerdere beschouwingen.

Aan de hand van de resultaten van dit onderzoek komt hoofdstuk 7 tot een aantal voorstellen, respectievelijk aanbevelingen. Een korte samenvatting van de conclusies en aanbevelingen is opgenomen in paragraaf 1.1. onder hoofdstuk 1.

Tot slot vermelden de hoofdstukken 8 en 9 respectievelijk de geraadpleegde literatuur en de toegepaste symbolen.

## 2. Probleem-analyse.

### 2.1. Algemeen.

Uitgangspunt bij dit onderzoek is de veronderstelling, dat de bouw van het Verdeelwerk zodanige consequenties voor de morfologie van de Dinkel heeft gehad, dat hiermee de aanzandingen in de Beneden-Dinkel kunnen worden verklaard. Bij de aanzandingen in het Omleidingskanaal (zie hoofdstuk 5) is de relatie met het Verdeelwerk zonder meer duidelijk. Met de aanleg van een zandvang wordt beoogd de aanzandingen in de Beneden-Dinkel te voorkomen. In de volgende paragrafen zullen de genoemde problemen nader worden geanalyseerd, evenals de problemen, welke samenhangen met de voor de Boven-Dinkel voorgestelde verruiming van het laagwaterbed.

Over de beschikbare gegevens en hun bronnen gaat de laatste paragraaf van dit hoofdstuk.

Uit laatstgenoemde paragraaf zal blijken, dat de bodemligging van de Dinkel van vóór de aanleg van het Verdeelwerk niet bekend is.

Enige houvast geven hoogstens de afvoerkrommen, gegeven door Snijdelaar [1966] en het Waterloopkundig Laboratorium [1964], welke bij vergelijking met de afvoerkrommen van de Heidemaatschappij [1973] een voorzichtige conclusie omtrent bodemrijzing of -daling mogelijk maken.

Zo er ten tijde van de bouw van het Verdeelwerk [1964] al sprake was van een evenwichtsligging van de rivierbedding is deze dus niet bekend.

Van de huidige situatie kan zeker niet worden verwacht, dat deze een evenwichtstoestand voorstelt, gezien de korte tijd verlopen sinds de bouw van het genoemde kunstwerk.

In verband hiermee zal worden getracht een schatting te maken van de snelheid, waarmee morfologische processen in de Dinkel zich voltrekken (zie paragraaf 4.4). Als belangrijkste hulpmiddel bij het bestuderen van morfologische processen op kortere termijn (waarbij de tijd dus als parameter moet worden ingevoerd) zal worden gebruik gemaakt van een wiskundig model.

Het model beperkt zich tot een één-dimensionale beschouwing, waaraan gekoppeld het bewegen van de bodem in verticale richting, zodat eventueel zijdelings verleggen van de rivierbedding (b.v. uitmeanderen) een aanvullende studie noodzakelijk maakt, evenals andere meer-dimensionale effecten (zie hoofdstuk 6).

Het model wordt in eerste instantie opgezet voor de situatie van begin 1970, voor welke toestand de vereiste gegevens beschikbaar zijn. Om deze reden wordt een belangrijk deel van het onderzoek gewijd aan het analyseren van de hiervoor genoemde situatie.

Teneinde met behulp van het model de periode van 1970 tot 1975 te kunnen doorrekenen is het nodig te beschikken over kennis van het afvoerverloop gedurende die tijd. Het afvoerverloop kan worden gereconstrueerd aan de hand van bekende peilschaalwaarnemingen en afvoerkrommen.

Een deel van hoofdstuk 3 is aan dit onderwerp gewijd.

Onontbeerlijk is ook kennis van de ruwheid van de rivier en van de grootte van het sedimenttransport. Deze zaken komen in hoofdstuk 4 aan de orde.

## 2.2. Beneden-Dinkel.

De betrekkelijk grote hoeveelheid bodemmateriaal, welke sedert 1973 op last van het Waterschap uit de Beneden-Dinkel zijn gebaggerd, kunnen aanleiding geven een relatie te veronderstellen tussen de opgeruimde aanzandingen en de bouw van het Verdeelwerk [1964].

De gebaggerde hoeveelheden zijn aangegeven in tabel 2.1, terwijl voor de locaties kan worden verwezen naar figuur 1.4-3. Het baggerwerk is in 1975 voortgezet, in stroomafwaartse richting.

Geschat mag worden, dat de kosten van het baggeren en afvoeren van de specie voor de ca. 19.000 m<sup>3</sup> ongeveer f 250.000,- zullen bedragen.

Deze kosten, gecombineerd met een schatting van de periode, waarmee deze terugkeren, zijn een belangrijke achtergrond, waartegen mogelijke preventieve maatregelen of ingrepen moeten worden afgewogen (zie paragraaf 2.4.). Het is dan ook van belang inzicht te verkrijgen in het "mechanisme" van de aanzandingen.

Met de ingebruikstelling van het Verdeelwerk werd in het afvoer-regiem van de Beneden-Dinkel drastisch ingegrepen. *F*

De ontwerpafvoer voor de Beneden-Dinkel werd <sup>(in 1964)</sup> vastgesteld op 15 m<sup>3</sup>/s, een afvoer, welke dus niet meer zou worden overschreden, dankzij het Omleidingskanaal, ontworpen om het resterende debiet te verwerken (ontwerpdebiet 55 m<sup>3</sup>/s, met een frequentie van 1 % per jaar). Zie ook paragraaf 2.3.

(Door het Waterschap werd in 1970 de toelaatbare afvoer voor de Beneden-Dinkel beperkt tot 13 m<sup>3</sup>/s).

Het gevolg van het begrenzen van de afvoer was, dat inundaties bij de Beneden-Dinkel niet meer zouden optreden, maar ook, dat het zomer-bed gedurende langere perioden volbelast zou zijn dan voorheen.

Deze regiem-wijziging zal in hoofdstuk 6 nader worden beschouwd, waarbij getracht zal worden de gevolgen voor de bodemligging zo goed mogelijk te analyseren.

*F* Bij de inundaties namelijk werd een relatief groot deel van het debiet via het winterbed afgevoerd, waarbij de stroom soms dwars over het meanderende zomerbed trok.

locatie	datum	hoeveelheden in m <sup>3</sup>
km 10,330, "woelbak"	juli 1973	100
idem	aug. ,,	395
km 8,326 - 8,400	aug. ,,	542
km 8,400 - 8,750	nov. ,,	994
km 8,750 - 8,850	dec. ,,	615
	eind 1973	2646
Kampbrug - km 7,500	jan. 1974	2460
km 7,000 - 7,500	febr. ,,	2240
km 6,300 - 7,000	maart ,,	2246
km 5,550 - 6,300	april ,,	2161
idem	april ,,	2166
km 4,900 - 5,500	mei ,,	1400
km 4,800 - 4,900	mei ,,	350
	eind 1974	13023
Vissersbrug - km 4,100	maart 1975	1335
km 3,850 - 4,100	april ,,	725
km 3,650 - 3,850	april/mei 1975	1200
	21 mei 1975	3260
totaal van juli 1973 tot 21 mei 1975		18929

Tabel 2.2-1. Uit de Beneden-Dinkel gebaggerde hoeveelheden.  
 (opgave van het Waterschap Regge en Dinkel).  
 De kilometrerings is in figuur 1.4-3 aangegeven.



### 2.3. Omleidingskanaal.

De aanzandingen in het Omleidingskanaal, onmiddellijk benedenstrooms van het Verdeelwerk, kunnen hun ontstaan slechts danken aan zand, dat bij hoge Dinkel-afvoer met een deel van het debiet via de overlaat op het kanaal wordt gebracht. Dit betekent, dat er, bij dergelijke afvoeren, althans boven het Verdeelwerk sprake moet zijn van sediment in suspensie. In deze studie zal dit worden | gepoogd de mate van aanzanding te verkla-  
ren (zie paragraaf 5.4.). | nagegaan. Voorts zal worden

Volgens opgave van het Waterschap Regge en Dinkel heeft zich van 1970 tot mei 1975 ca. 3270 m<sup>3</sup> zand afgezet over de eerste 400 m van het Omleidingskanaal, gerekend vanaf het Verdeelwerk. Naar schatting is met heb verwij-  
deren hiervan een bedrag van ca. f 40.000,- gemoeid.

Het onderhoud van een zandvang zou ongetwijfeld goedkoper zijn.

Een dergelijke zandvang had naar de mening van het Waterschap moeten worden aangelegd als onderdeel van het Verdeelwerk (zie paragraaf 1.6).

Een eventueel alsnog te bouwen zandvang (zie paragraaf 2.4) zou volgens deze visie dan ook geheel voor rekening moeten zijn van het Rijk (Cultuur Technische Dienst).

#### 2.4. Zandvang.

Het Waterschap veronderstelt het aanzanden van de Beneden-Dinkel te kunnen verhinderen door de aanleg van een zandvang in de Dinkel, benedenstrooms van het Verdeelwerk.

Een eerder door het Waterschap ontworpen zandvang, bovenstrooms van het Verdeelwerk (zie vermelding in bijlage 1), zou mogelijk tevens de aanzandingen in het Omleidingskanaal voorkomen, maar het ontwerp kreeg niet de vereiste goedkeuring van Staatsbosbeheer, als toezichthoudende instantie op het natuurgebied.

De oorspronkelijk (bovenstrooms) geprojecteerde zandvang, welke een oppervlakte van ca.  $60 \times 250 \text{ m}^2$  zou beslaan zou het landschap te veel geweld aandoen.

In het ontwerp was de verlegde Dinkelbedding van de eigenlijke zandvang gescheiden door een lage "geleide-dam" (lang ca. 250 m), waarvan de kruin ca. 1,25 m boven de bodem was gelegen. Hiermee werd beoogd het bodemtransport ongehinderd via de Dinkelbedding te laten passeren. Zwevend transport daar-entegen zou zich naar verwachting in de achter de geleide-dam gelegen kom verzamelen.

Dezerzijds wordt betwijfeld of de bovenbedoelde zandvang aan de verwachtingen zou hebben voldaan.

Helaas laat het gedrag van deze zandvang zich moeilijk door berekeningen voorspellen.

Teveel moeilijk te kwantificeren effecten zijn hier van invloed (bochtstroming, verdeling van de zandconcentraties in horizontale en verticale richting, neervorming in kom, etc.).

Door middel van een modelonderzoek, met behulp van een schaalmodel, (of in werkelijkheid!) valt de werking beter te bestuderen.

De opzet van het bovenbeschreven ontwerp was kennelijk om de toevoer van sediment naar de Beneden-Dinkel niet geheel af te snijden. Te grote ontgroning beneden het Verdeelwerk zou hiermee worden voorkomen.

Een zandvang, welke al het aangevoerde sediment opvangt zou inderdaad in de Beneden-Dinkel een bodemdaling inleiden, welke zich in benedenstroomse richting verder zou voortplanten. Het is dan ook zaak na de aanleg van een zandvang voordurend de bodemligging benedenstrooms ervan in het oog te houden en op grond van deze waarnemingen te bepalen hoeveel zand mag worden verwijderd.

Dit geldt zeker ook voor de zandvang, welke het Waterschap thans overweegt te bouwen, beneden het Verdeelwerk. Wel kan vrij eenvoudig met een wiskundig model worden nagegaan hoe hij een volledig effectieve zandvang (al het aangevoerde materiaal geborgen) de bodem van de Beneden-Dinkel zich zou gedragen.

De meest extreme gevolgen voor de rivier zijn hiermee te voorspellen. Genoemd onderzoek zal in paragraaf 6.4 aan de orde komen teneinde na te gaan of een zandvang aan het hier gestelde doel zou beantwoorden. Op grond van de negatieve uitkomst van dit onderzoek wordt een beschouwing van de financiële consequenties van de aanleg van een zandvang niet zinvol geacht. Bovenstaande heeft uiteraard geen betrekking op een eventueel in het Omleidingskanaal aan te leggen zandvang (zie paragraaf 2.3).

## 2.5. Verruiming Boven-Dinkel.

Vergroting van de afvoercapaciteit van het zomerbed van de Boven-Dinkel zal tot gevolg hebben, dat inundaties eerst bij hogere afvoeren zullen optreden dan voorheen.

Doel is het voorkomen van de voor de landbouw schadelijke zomerinundaties. Overigens noodzakelijke beschouwingen omtrent de economische kant van deze zaak zullen in dit rapport niet aan de orde komen. Als vaststaand zal worden aangenomen, dat de voorgestelde verruiming economisch verantwoord is.

Het huidige dwarsprofiel van de Boven-Dinkel vertoont sterke variatie in zowel bodemhoogte, -breedte als taludhellingen. Over een afstand van 100 m ligt het hoogte-verschil in de orde van ca. 1 m, bij een waterdiepte van doorgaans nog geen 2 m, terwijl de bodembreedte varieert van ca. 10 m tot minder dan 4 m. De taluds zijn hier en daar loodrecht en op andere plaatsen flauw hellend.

Het Waterschap overweegt om de bodembreedte te laten verlopen van 6 m te Zoekerbrug (boven Losser) tot ruim 9 m bij het Verdeelwerk, waarbij de bodem wordt afgewerkt volgens het bestaande gemiddelde bodemverhang ( $3 \times 10^{-4}$ ). De taluds zouden niet steiler dan 1 : 1 worden.

Alvorens in te gaan op de te verwachten gevolgen voor de morfologie van de rivier zal eerst moeten worden uitgezocht wat het nuttig effect van de verruiming ten aanzien van de hoogwaterstanden is. Dit is slechts mogelijk na een nadere analyse van de thans voorkomende inundaties (zie paragraaf 3.4), welke ook al noodzakelijk is voor de bestudering van de huidige morfologie van de rivier (zie paragraaf 6.3). Daarna kan een globale beschouwing worden gewijd aan de verwachte gunstige gevolgen van de vergroting van de afvoercapaciteit van het zomerbed (i.c. daling van de hoogwaterstand en voorkomen van zomerinundaties) (zie paragraaf 6.5.). Een uitvoerige behandeling van het hoogwaterprobleem wordt in dit rapport niet gegeven. Dit is overigens onderwerp van een afzonderlijke (afstudeer-) studie [Verbeek, 1976?].

Thans komen we nu aan de vraag welke consequenties van de verruiming van het zomerbed op kortere en langere termijn zijn te verwachten ten aanzien van de bodemligging van de rivier en het Omleidingskanaal (zie ook paragraaf 2.3.). Een zandvang wordt hierbij niet aanwezig verondersteld.

Directe gevolgen van de ingreep zullen zijn:

1. Enerzijds verkleining van de zandtransportcapaciteit door afname van de stroomsnelheid (bij gelijkblijvend debiet);
2. Anderzijds toename van het jaarlijkse zandtransport door vergroting van de afvoercapaciteit van het laagwaterbed. (waardoor bij inundaties de zandtransporterende zomerbedafvoer toeneemt);
3. Mogelijke tijdelijke veranderingen van de ruwheid, met als indirect gevolg

verandering van afvoer capaciteit en het aantransporterend vermogen.

Wat de consequenties hiervan uiteindelijk zullen zijn ten aanzien van de bodemligging zal dienen te worden onderzocht.

De grote vraag doet zich hierbij voor, in hoeverre de "verbetering" blijvend is.

De mogelijkheid bestaat, dat al zeer snel plaatselijk aanzienlijke verondiepingen zullen ontstaan, waardoor de situatie nog ongunstiger wordt dan zij eerst was.

Aan bovenstaande onderwerpen is paragraaf 6.5. voornamelijk gewijd .

## 2.6. Gegevens.

Voor een overzicht van het materiaal, dat in het kader van deze studie werd verzameld en waarvan bij het onderzoek gebruik is gemaakt wordt verwezen naar bijlage 1.

### 3. Afvoer.

#### 3.1. Peilschalen en afvoerkrommen.

Zoals reeds in paragraaf 1.4. is opgemerkt, zijn de vereiste gegevens voor het samenstellen van een afvoerverlooptlijn niet altijd voorhanden. Of de peilschaalwaarnemingen ontbreken of de afvoerkromme bestaat niet. Is er wel een afvoerkromme, dan is deze vaak zo oud, dat kan worden getwijfeld aan de bruikbaarheid.

In paragraaf 2.1. is het noodzakelijk genoemd te beschikken over het afvoerverloop over de jaren 1970 tot 1975.

Uit terreinverkenning en literatuuronderzoek waren over het te onderzoeken traject de volgende peilschaalstations naar voren gekomen (zie figuur 1.2-3 en 1.4-2):

- Meulemansbrug
- Verdeelwerk (Beverborgstuw), beneden- en bovenstrooms
- Poppebrug
- Zoekerbrug

Het station Meulemansbrug kan representatief worden geacht voor de Beneden-Dinkel, evenals de benedenstroomse peilschaal van het Verdeelwerk.

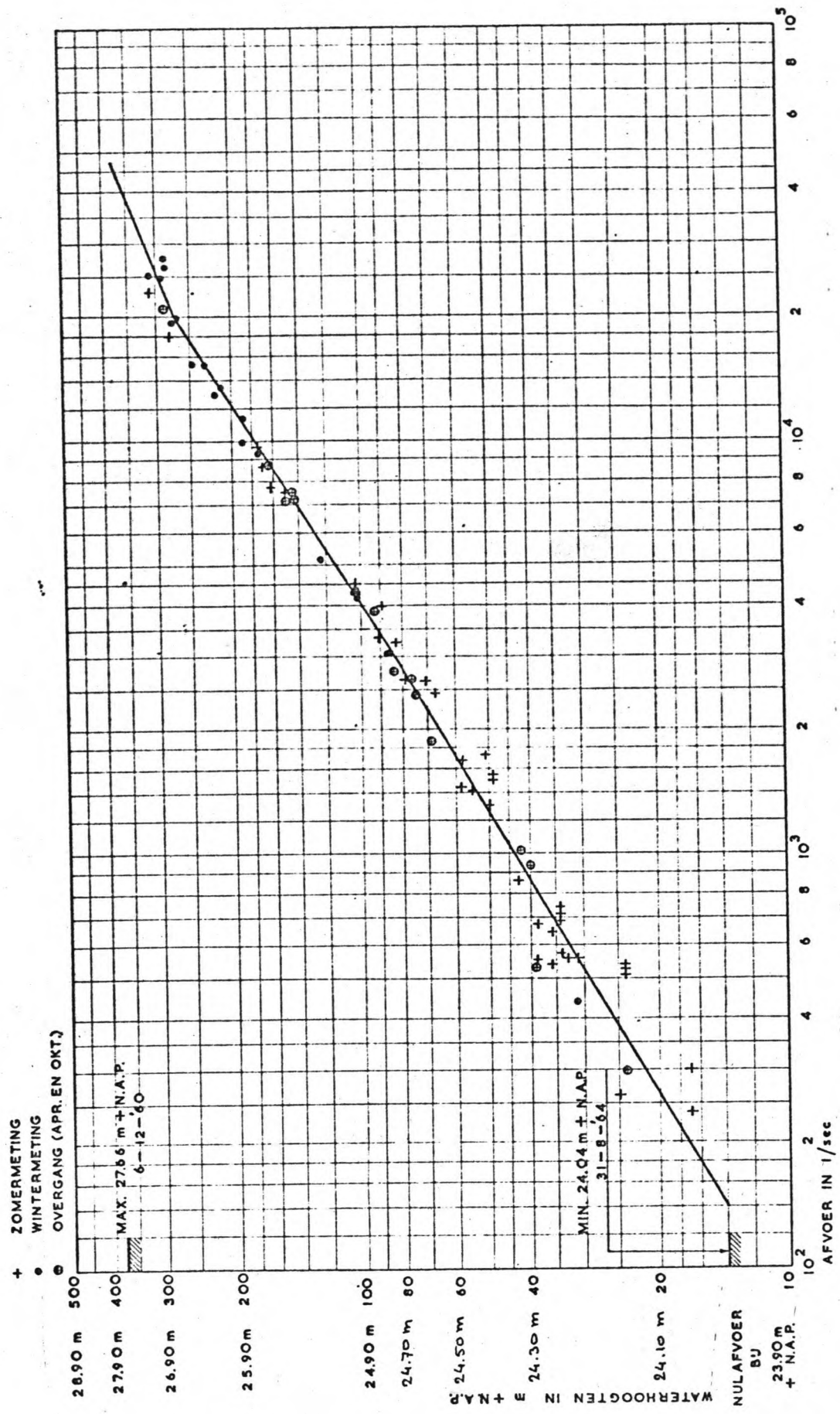
Immers, tussen het Verdeelwerk en Singraven is van een belangrijke bijdrage aan het debiet, door zijdelingse toevoer, geen sprake.

Zoals door het model wordt bevestigd, oefent de stuw van Singraven bij Meulemansbrug (onderligge afstand 7,7 km) nog steeds een zekere invloed uit op de waterstanden.

De meest recente afvoerkromme voor Meulemansbrug is helaas die uit het rapport van Ir. Snijdelaar [1966] (figuur 3.1-1).

Voor de benedenstroomse peilschaal van het Verdeelwerk is een afvoerkromme te destilleren uit het W.L-rapport [W.L., 1964] (tabel 3.1-2).

Bij de Boven-Dinkel moet worden bedacht, dat de Ruenbergerbeek de Dinkelaafvoer aanmerkelijk vergroot. Tussen het Verdeelwerk en de instroming van de Ruenbergerbeek vindt uiteraard wel enige zijdelingse toevoer plaats; maar deze wordt hier verwaarloosd. Enig idee van de samenstelling van de Dinkelaafvoer bij het Verdeelwerk geeft tabel 3.1-3. De namen van de bijdragende beken, e.d. zijn te vinden in figuur 1.4-2.



Figuur 3.1-1. Afvoerkromme van Meulemansbrug [Snijdelaar, 1966].



waterstand m tov NAP	afvoer $\text{m}^3/\text{s}$
24,47	0,13
24,55	0,32
24,64	0,62
24,73	1,1
24,83	1,9
24,92	2,1
25,01	2,6
25,10	3,0
25,18	3,5
25,27	4,0
25,36	4,5
25,46	5,0
25,55	5,5
25,63	6,0
25,72	6,6
25,81	7,2
25,90	7,8
26,00	8,5
26,09	9,4
26,21	10,2
26,43	12,3
26,64	16

Tabel 3.1-2. Waterstand-afvoerrelatie voor de benedenstroomse zijde van het Verdeelwerk. (naar gegevens uit W.L., 1964).

stroomgebied	oppervlakte in ha.	afvoer met frequentie 1 x per jaar in m <sup>3</sup> /s
Dinkel te Zoekerbrug	24740	23,503
Kranengoor	633	0,924
Bethlehemse beek	578	0,832
Snoeijinksbeek	717	0,882
Lutterveld	1046	1,266
Molterheurne	380	0,612
Roorderheurne	398	0,521
Direct op Dinkel af- waterend	759	0,805
Ruenbergerbeek	7440	7,663
Dinkel te Verdeelwerk	40058	34,450

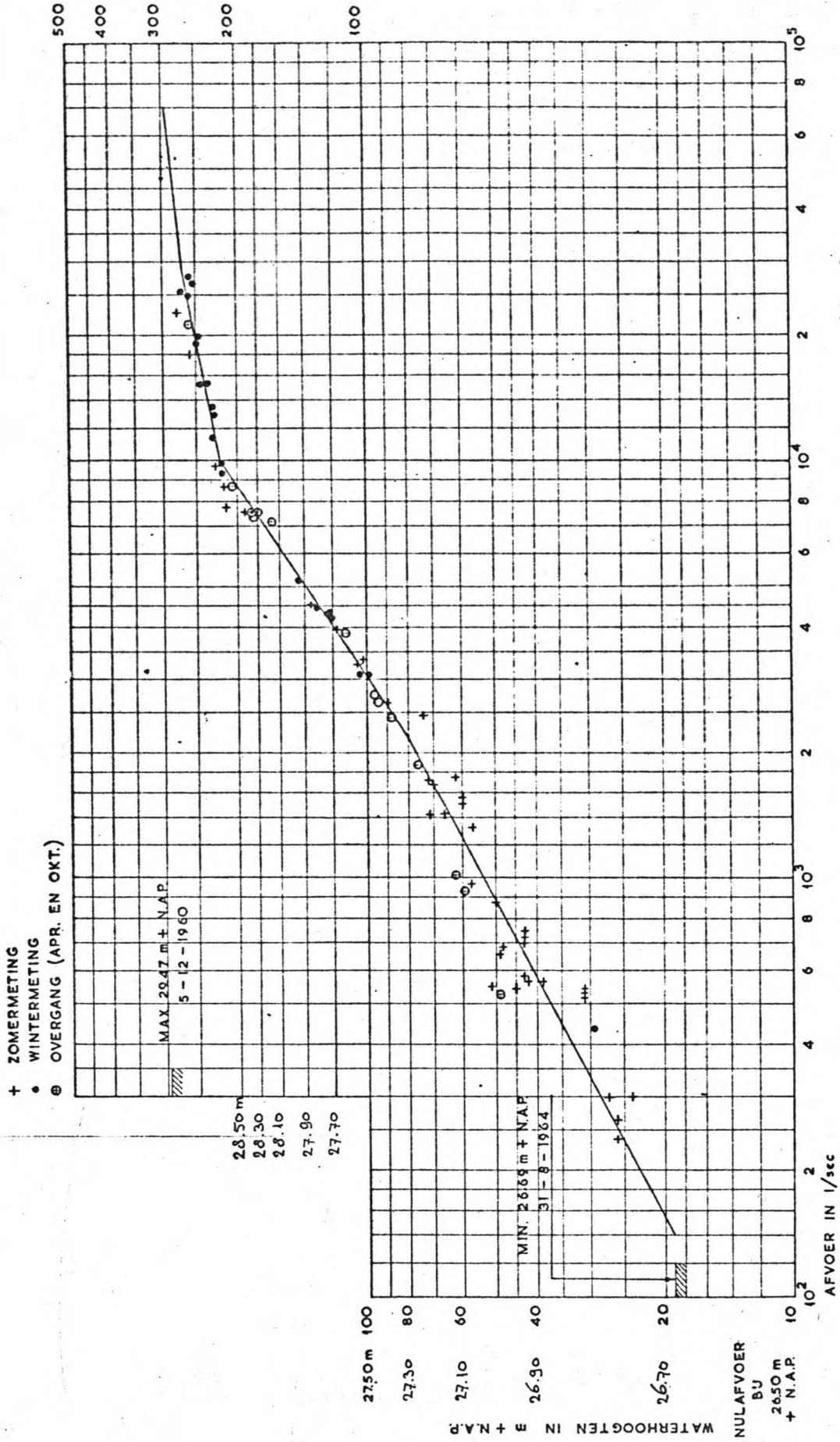
Tabel 3.1-3. Maatgevende afvoeren voor het stroomgebied van de Dinkel, alsmede van enige deel-stroomgebieden [Heidemij, 1973].

Het peilschaalstation, dat het meest in aanmerking komt te wordentoegepast bij het bepalen van de afvoeren, bovenstrooms van het Verdeelwerk, is Poppebrug. Dit hoewel, zoals het wiskundig model laat zien, sprake is van stuweffecten, gevolge van het Verdeelwerk, terwijl bij inundaties nog sprake is van opstuw-  
ing door Kribbebrug en ook de afstroming over het winterbed de waterstanden sterk beïnvloed (zie paragraaf 3.4.).

De beschikbare afvoerkromme is, jammer genoeg, ook hier niet recent te noemen. Figuur 3.1-4 geeft deze toch uiterst belangrijke kromme weer [Snijdelaar, 1966]. Het is vanzelfsprekend, dat voor de bovenstroomse zijde van het Verdeelwerk geen bruikbare afvoerkromme kan worden bepaald.

Het peilschaalstation Zoekerbrug heeft het grote nadeel, dat dit bovenstrooms van de instroming van de Ruengerbeek is gelegen.

In de eerste plaats brengt dit met zich mee, dat niet alleen het afvoerverloop voor Zoekerbrug moet worden bepaald, maar ook dat voor de Ruengerbeek. Ten tweede blijkt de afstand van Zoekerbrug tot de instroming van de Ruengerbeek slechts 2,4 km te bedragen. Op grond hiervan is voor Zoekerbrug geen éénduidige afvoerkromme te verwachten (verband houdend met opstuwingsverschijnselen).



Figuur 3.1-4. Afvoerkromme van Poppebrug [Snijdelaar, 1966].

Het is daarom op het eerste gezicht merkwaardig, dat de Heidemaatschappij [Heidemij, 1973] een afvoerkromme (figuur 3.1-5) presenteert, waarbij alle meetpunten niet al te ver van een rechte lijn. (op logaritmisch papier) zijn gelegen. De oorzaak hiervan is misschien, dat Dinkel en Ruenbergerbeek vaak een gelijkvormig afvoerverloop hebben, hetgeen te verklaren is uit de omstandigheid, dat beide stroomgebieden over grote afstand aan elkaar grenzen (beide gebieden zijn langwerpig en noord-zuid georiënteerd). Depressies zullen dikwijls in beide stroomgebieden neerslag tot gevolg hebben.

Tijdens een afvoerstudie heeft de Heidemaatschappij voor Zoekerbrug twee afvoerkrommen vervaardigd. De ene kromme (figuur 3.1-5) is bepaald uit een groot aantal afvoermetingen, verricht door de Heidemaatschappij in 1970 en 1971, en uit metingen van Rijkswaterstaat, over een langere periode. De tweede kromme (figuur 3.1-6) heeft in het bijzonder betrekking op de situatie, kort na het optreden van de afvoergolf van 23 en 24 februari 1970, toen zich ter plaatse van het afvoermeetpunt een bodemverlaging voordeed van ca. 1 m (figuur 3.1-7).

Juist de tweede kromme is belangrijk voor dit onderzoek, omdat deze geldig moet zijn voor de bij het model toegepaste begintoestand (volgens een terreinopname, daterend uit het voorjaar van 1970) en daarom de mogelijkheid biedt het model te ijken.

De uitschuring is volgens de Heidemij in de loop van de zomer weer aangevuld [Heidemij, 1973].

Een oudere afvoerkromme voor Zoekerbrug geeft figuur 3.1-8 [Snijdelaar, 1966]. Bij het samenstellen van een afvoerkromme voor het meetpunt Welpelose brug van de Ruenbergerbeek (figuur 3.1-9) heeft de Heidemaatschappij gebruik gemaakt van afvoermetingen uit 1969, 1970 en 1971 [Heidemij, 1973].

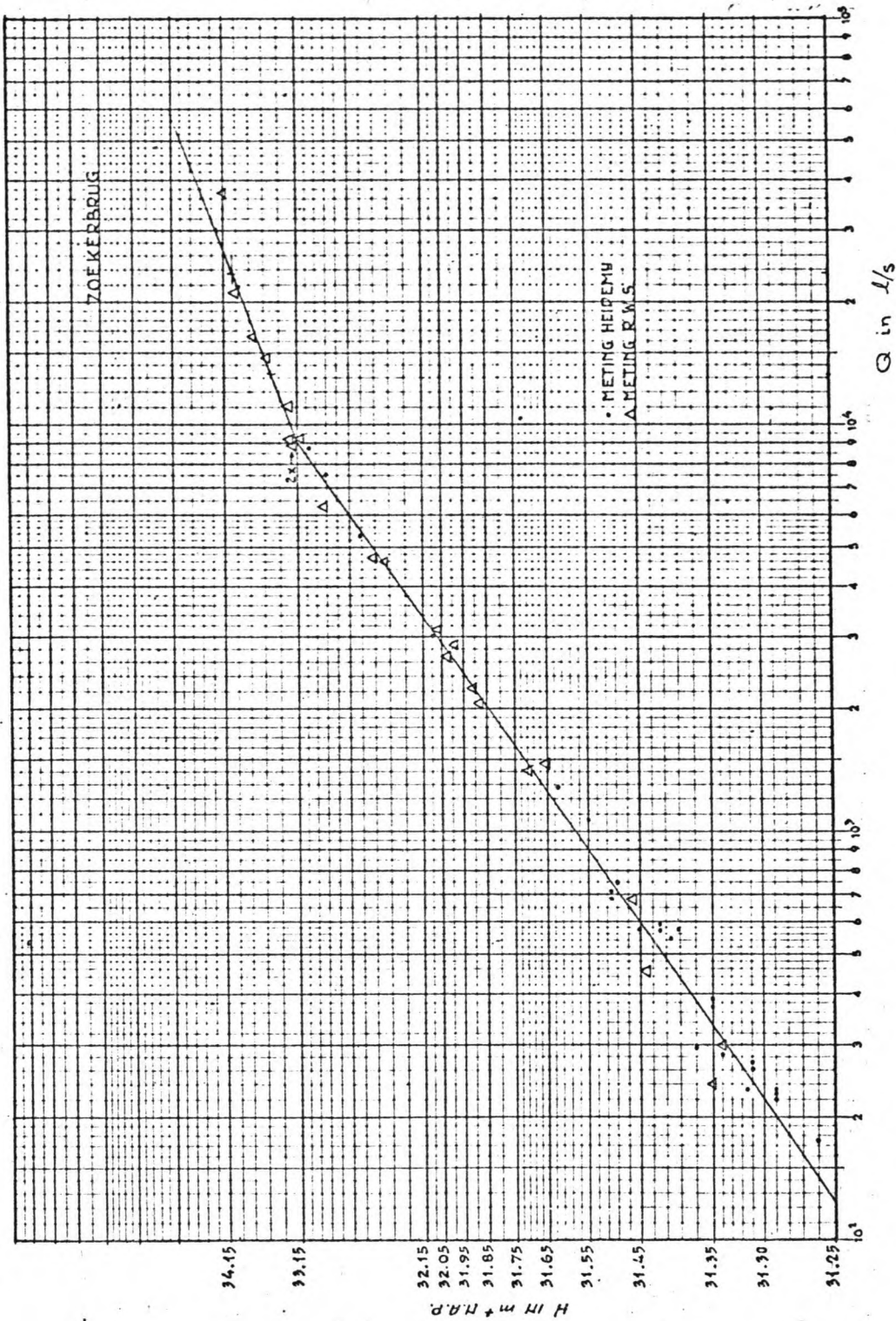
Voor een overzicht van de beschikbare peilschaalwaarnemingen kan worden verwezen naar bijlage 1.

De peilschalen van de Dinkel zijn éénmaal per dag afgelezen, die van de Ruenbergerbeek tweemaal.

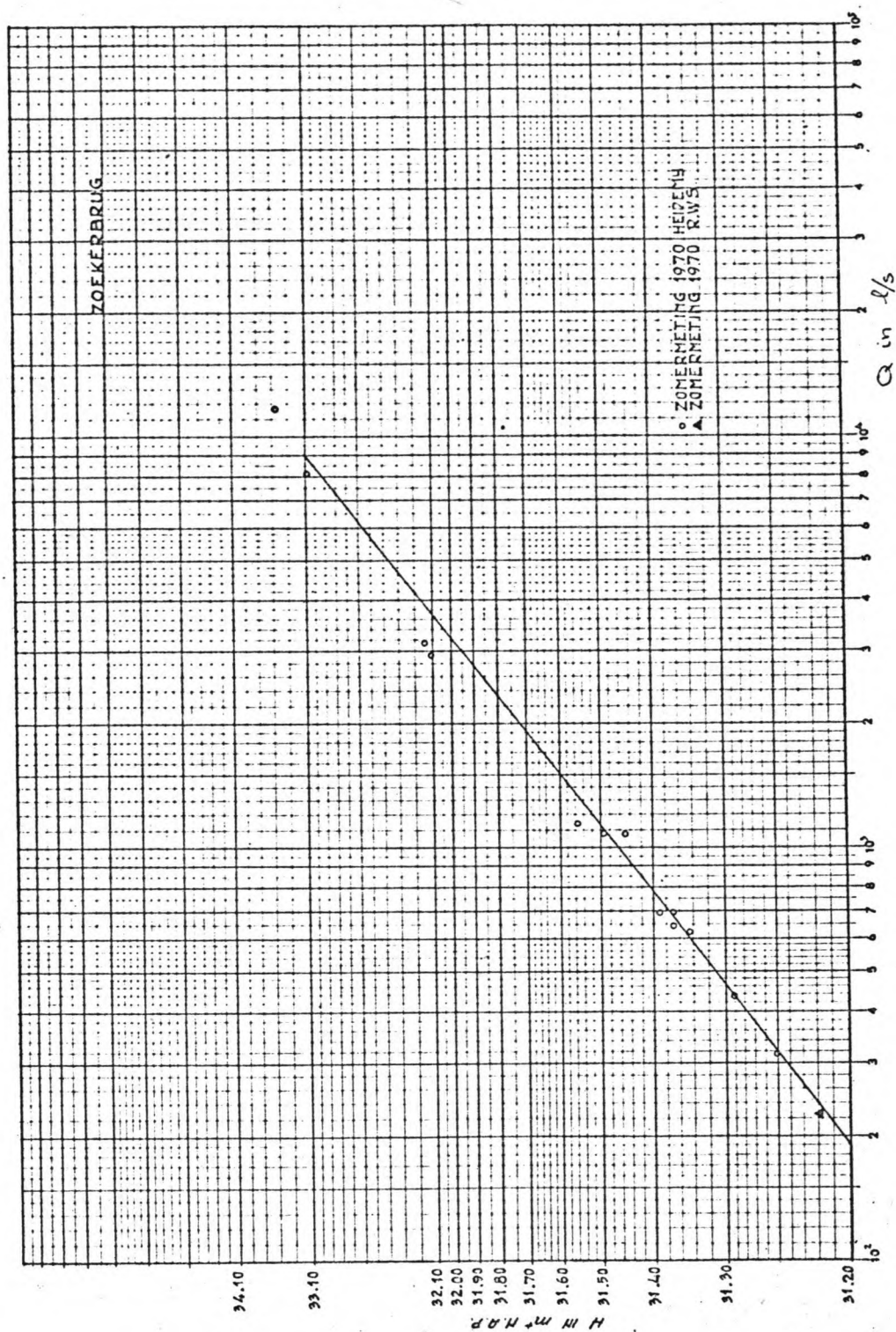
Gezien de beschikbare peilschaalwaarnemingen en de bovenstaande beschouwing is aanvankelijk gedacht om het afvoerverloop over de jaren 1970 tot 1975 te berekenen met behulp van peilschaalwaarnemingen en afvoerkrommen van het station Zoekerbrug. De redenen zijn als volgt samen te vatten:

- a. de peilschaalwaarnemingen van Zoekerbrug bestrijken de gehele te onderzoeken periode 1970 tot 1975;
- b. de afvoerkrommen van het station zijn de meest recente, terwijl deze bovendien zijn bepaald ten tijde van de bodemopname, welke als begintoestand dient voor het model.

De hieraan verbonden nadelen zijn de volgende:



Figuur 3.1-5. Afvoerkromme van Zoekerbrug (meerjarig gemiddelde) [Heidemij, 1973].



Figuur 3.1-6. Afvoerkromme van Zoekerbrug (zomerperiode 1970) [Heidemij, 1973].

- a. behalve het afvoerverloop van de Dinkel te Zoekerbrug moet ook het afvoerverloop van de Ruenbergerbeek (te Welpelose brug) worden bepaald.  
(De hiervoor nodige afvoerkromme is beschikbaar, evenals een groot deel van de benodigde peilschaalwaarnemingen. De ontbrekende waarnemingen kunnen alsnog bij Rijkswaterstaat worden opgevraagd);
- b. in het algemeen kan niet worden gesteld, dat superpositie van de afvoertoppen te Zoekerbrug en te Welpelose brug de Dinkel-afvoer oplevert, welke optreedt benedenstrooms van de instroming van de Ruenbergerbeek. Dit als gevolg van het vervormen van de afvoergolven in de beide waterlopen, alsmede van verschillen in de looptijden;
- c. door het optreden van inundaties bij de hogere afvoeren (hoger dan ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , zoals uit de afvoerkrommen blijkt) vindt niet alleen tussen Zoekerbrug en de instroming van de Ruenbergerbeek, maar vooral benedenstrooms ervan sterke topvervlakking plaats. Dit heeft tot consequentie, dat het berekende afvoerverloop niet geheel overeenkomt met het dat over bijvoorbeeld het traject Poppebrug - Verdeelwerk.

Aangezien dit onderzoek zich voor een groot deel richt op aanzandingsproblemen in de Beneden-Dinkel en bij het Verdeelwerk, waarbij van de Boven-Dinkel juist het meest benedenstrooms gelegen deel van belang is, wegen vooral de onder b en c genoemde nadelen dermate zwaar, dat besloten is voor het berekenen van het afvoerverloop van de Dinkel uit te gaan van het peilschaalstation Poppebrug in plaats van Zoekerbrug.

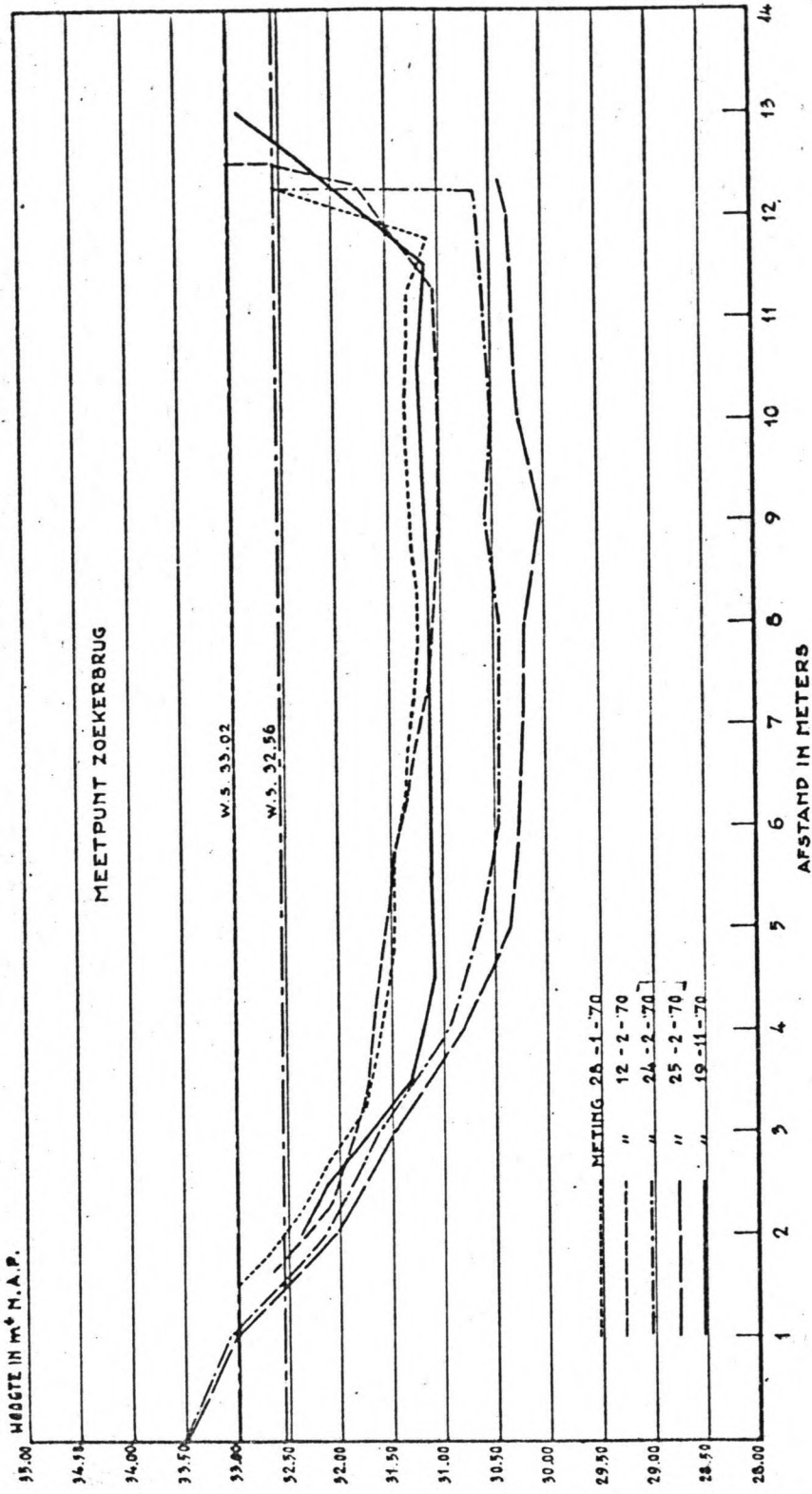
Wel blijft de afvoerkromme voor de zomer van 1970 van Zoekerbrug nuttig bij het berekenen van de ruwheid van het model, waarvoor wordt verwezen naar hoofdstuk 4. De ruwheid van het model wordt bepaald bij niet te hoge afvoeren, zodat daarbij de onder b en c genoemde nadelen niet gelden. Voorts wordt voor de debietbijdrage van de Ruenbergerbeek volstaan met een schatting.

Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

Het grootste voordeel van het peilschaalstation Poppebrug is, zoals thans duidelijk zal zijn, de gunstige ligging.

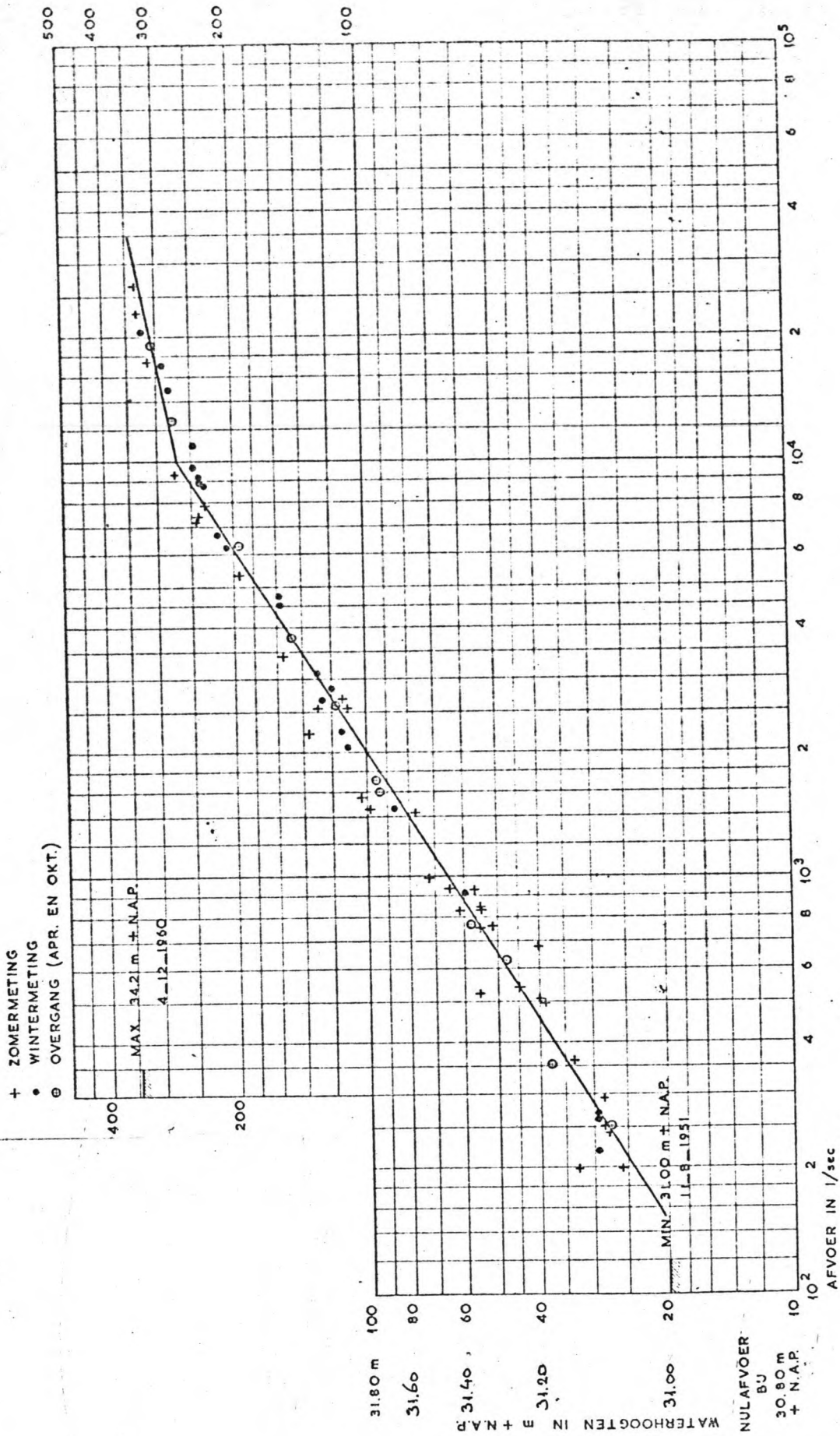
Als bezwaren kunnen worden genoemd:

- a. het ontbreken van peilschaalwaarnemingen na juni 1974, als gevolg van het opheffen van het station;
- b. het ontbreken van een recente afvoerkromme, zodat moet worden gewerkt met de vóór 1966 daterende afvoerkromme, gegeven door het rapport van ir. Snijdelaar 1966;
- c. stuweffecten door het Verdeelwerk, en, bij hoge afvoer, door Kribbebrug, alsmede beïnvloeding van de waterstanden bij afstroming over het winterbed.



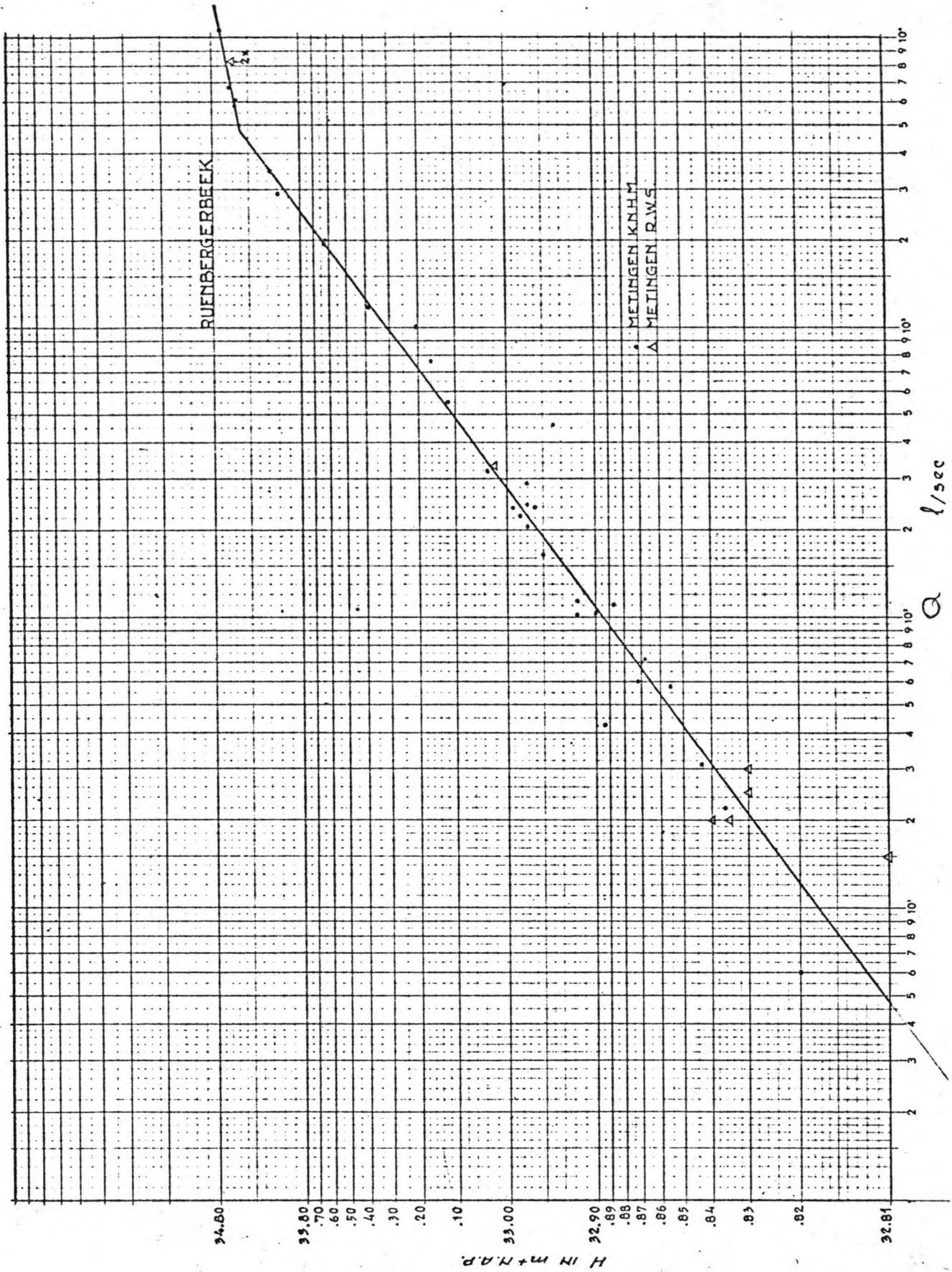
Figuur 3.1-7. Bodembeweging bij Zoekerbrug. [Heidemij, 1973].





Figuur 3.1-8. Afvoerkromme van Zoekerbrug (voorheen Rotermansbrug geheten)

[Snijdelaar, 1966].



Bovenstaande bezwaren zullen moeten worden geaccepteerd. Betreffende het gebruik van de oude afvoerkromme kan worden opgemerkt, dat nog moet blijken, dat deze is verouderd.

Het is namelijk nog niet zeker dat zich de afgelopen 10 jaar grote wijzigingen in bodemligging hebben voorgedaan. Bij het berekenen van de ruwheid, in hoofdstuk 4, wordt hierop teruggekomen.

Nadat de afvoeren voor de Boven-Dinkel zijn berekend uit de waarnemingen te Poppebrug kunnen de afvoeren voor de Beneden-Dinkel worden bepaald via het voor het Verdeelwerk geldige stuwprogramma, waarvoor wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

### 3.2. Afvoerverlooplijn.

In de vorige paragraaf is beredeneerd, dat voor de berekening van het afvoerverloop in de Boven-Dinkel, ondanks de daaraan verbonden bezwaren, het best kan worden uitgegaan van het peilschaalstation Poppebrug.

De toe te passen afvoerkromme is weergegeven in figuur 3.1-4.

Teneinde bij het berekenen van het afvoerverloop gebruik te kunnen maken van een rekenautomaat is het noodzakelijk de kromme te vertalen in een wiskundige uitdrukking.

Bestudering van figuur 3.1-4 leert, dat de afvoerkromme, op dubbel-logarithmisch papier, is te splitsen in drie rechte lijnen:

1. voor afvoeren, kleiner dan  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
2. voor afvoeren, tussen  $2,3$  en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
3. voor afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

De vergelijkingen van deze lijnen, welke worden afgeleid op bijlage 2, luiden:

$$1. \text{ voor } Q \leq 2,3 \text{ m}^3/\text{s}: \quad Q = 0,15 \cdot \left\{ \frac{L - 26,45}{0,24} \right\}^{2,159}$$

$$2. \text{ voor } 2,3 < Q \leq 10 \text{ m}^3/\text{s}: \quad Q = 0,10 \cdot \left\{ \frac{L - 26,52}{0,09} \right\}^{1,445}$$

$$3. \text{ voor } Q > 10 \text{ m}^3/\text{s}: \quad Q = 0,10 \cdot \left\{ \frac{L - 26,55}{0,87} \right\}^{5,089}$$

Met behulp van bovenstaande vergelijkingen kunnen uit de beschikbare peilschaalwaarnemingen de bijbehorende afvoeren voor het station Poppebrug worden berekend. Een stroomschema en een afdruk van het rekenprogramma, dat hiervoor is gemaakt, is opgenomen als bijlage 3.

De resultaten van de berekening zijn verwerkt tot figuur 3.2-1. Tevens is in deze figuur opgenomen het geschematiseerde afvoerverloop, zoals dat bij het model is toegepast.

De knik in de afvoerkromme bij  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$  is te verklaren uit het feit, dat bij die afvoer inundaties beginnen op te treden.

Gesteld kan worden, dat bij hogere afvoeren het debiet opgebouwd kan worden gedacht uit een afvoer van het laagwaterbed (of zomerbed) en een van het hoogwaterbed (of winterbed).

De zomerbedafvoer zou dan kunnen worden berekend uit de geëxtrapoleerde tak van de afvoerkromme, geldig voor  $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ , terwijl de winterbedafvoer volgt uit het verschil van totale afvoer en zomerbedafvoer. Het op deze wijze berekende verloop van de zomerbedafvoer voor Poppebrug is door een extra lijn in figuur 3.2-1 aangegeven. Het belang van deze afvoersplitsing is gelegen in het feit, dat voor het sedimenttransport slechts de zomerbedafvoer verantwoordelijk kan worden gesteld.

Overigens wordt op de inundaties nader ingegaan in paragraaf 3.4.

De knik in de afvoerkromme bij  $Q = 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  is vermoedelijk te verklaren uit de aanwezigheid van zandbanken ter plaatse van Poppebrug, waardoor de breedte van het doorstromingsprofiel bij lagere afvoeren sterk verschilt van de bij hogere afvoeren. Bij zeer lage afvoeren was de peilschaal meestal zelfs niet af te lezen, omdat deze door een drooggevallen zandplaat werd omgeven.

Er moest dan een hulppeilschaal worden geplaatst. Al met al moet de nauwkeurigheid van de berekende afvoeren, lager dan b.v.  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , niet worden overschat.

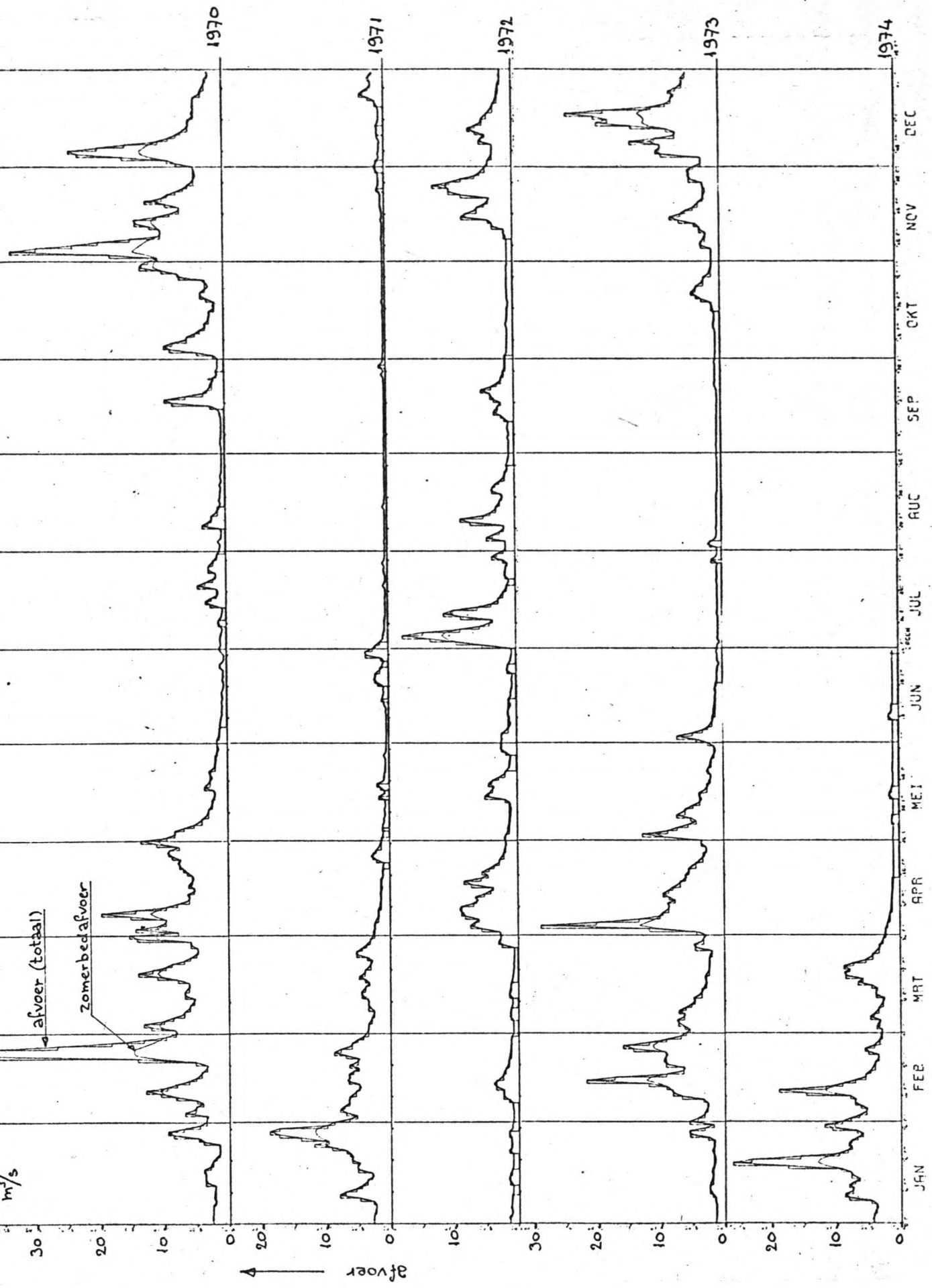
Ten behoeve van de berekening van de ruwheid van de Dinkel (zie paragraaf 4.2), waarbij voor de volledigheid ook gebruik werd gemaakt van de meest recente afvoerkromme van het peilschaalstation Zoekerbrug [Heidemij, 1973], diende het wiskundig model tijdelijk te worden uitgebreid. Het model omvatte toen het traject Glanerbeek (waarvan de instroming bovenstrooms van Zoekerbrug) tot Singraven, zodat rekening moest worden gehouden met de bijdrage, welke de Ruenbergerbeek levert aan het debiet van de Dinkel.

Volstaan werd met schatting van deze bijdrage, waarvoor steun werd ontleend aan het gestelde omtrent de éénduidigheid van de afvoerkromme van Zoekerbrug [Heidemij, 1973] in paragraaf 3.1.: het als regel gelijkvormige patroon van het afvoerloop van Dinkel en Ruenbergerbeek. Een fout in deze schatting, mits niet al te groot, is hier niet katastrofaal wegens de vrij korte afstand van Zoekerbrug tot de instroming van de Ruenbergerbeek (ca. 2,4 km), waardoor het peil te Zoekerbrug voor een belangrijk deel wordt bepaald door het peil bij de samenvloeiing.

Het stroomgebied van de Ruenbergerbeek vertegenwoordigt een grootte van 7440 ha, terwijl dat van de Dinkel bij Zoekerbrug 24740 ha groot is (zie paragraaf 1.4). Naar de verhouding van deze oppervlakten kan de afvoer van de Ruenbergerbeek worden geschat op ca. 30 % van de Dinkel-afvoer te Zoekerbrug.

Een bevestiging hiervoor is het volgende. Uit de bij het rapport van de Heide-maatschappij [1973] gevoegde afvoerlooplijnen valt op te maken; dat de periode van 13 en 14 november 1970 er een was met stationaire afvoer (voor beide beken). De afvoer van de Ruenbergerbeek bedroeg ca. 3,1 m/s en die van de Dinkel te Zoekerbrug ca. 10 m/s.

Tenslotte werd de bijdrage van de Ruenbergerbeek aan de afvoer van de Dinkel geschat op  $\frac{1}{3}$  van de Dinkel-afvoer te Zoekerbrug.



Figuur 3.2-1. Berekende afvoerverlooppijnen voor het peilschaalstation Poppebrug.

Tevens zijn aangegeven het t.b.v. het model geschematiseerde afvoerverloop <sup>en</sup> (waar van toepassing) de zomerbedafvoer.

### 3.3. Duurlijn.

Teneinde te kunnen vaststellen in hoeverre het afvoerverloop, berekend voor de jaren 1970, 1971, 1972 en 1973, representatief kan worden geacht voor het afvoerverloop op langere termijn, wordt een duurlijn voor de vier-jarige periode vergeleken met een duurlijn voor een andere (langere) periode.

De duurlijn voor de jaren 1970 t/m 1973 werd bepaald uit de berekende, geschematiseerde dagelijkse afvoer (voor het meetpunt Poppebrug)(zie figuur 3.3-1).

Hierbij werd gebruik gemaakt van een rekenautomaat. Een stroomschema en een afdruk van het hiervoor geschreven rekenprogramma is opgenomen als bijlage 4.

In figuur 3.3-1 is tevens weergegeven de duurlijn, welke door het Waterloopkundig Laboratorium werd samengesteld uit ca. 10 jaar peilschaalwaarnemingen sedert 1953, eveneens van het station Poppebrug [W.L., 1964].

Het blijkt, dat, behalve bij 130 dagen onderschrijding, de duurlijn voor de jaren 1970 t/m 1973 lager ligt, dan de duurlijn van het W.L.

Van ca. 200 tot 330 dagen onderschrijding per jaar bedraagt het verschil ongeveer  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , daarboven neemt het verschil sterk toe. Dat bij de kleinere frequenties de verschillen toenemen is geen wonder, gezien de korte waarnemingsperioden (voor beide krommen).

Er kan worden geconcludeerd, dat de periode van 1970 tot en met 1973 gemiddeld een relatief droge periode is. Uit figuur 3.2-1 kan worden opgemaakt, dat dit voor een belangrijk deel kan worden geweten aan het zeer droge jaar 1971. Wordt  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  aangehouden als de grens, waarboven inundaties optreden (zie paragraaf 3.2. en 3.4.), dan blijkt uit figuur 3.3-1, dat in de periode 1970 t/m 1973 deze gemiddeld ca. 20 dagen per jaar voorkwamen, terwijl over een langere periode gemiddeld ruim 30 dagen dit het geval was.

De Heidemaatschappij vond, dat de Poppebrug een peil van  $28,70 \text{ m} + \text{N.A.P.}$  (overeenkomend met een afvoer van  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , volgens figuur 3.1-4) gemiddeld 35 dagen per jaar wordt overschreden [Heidemij, 1973]. Zie figuur 3.3-2.

Opmerkelijk is overigens, dat de Heidemaatschappij voor Poppebrug  $28,30 \text{ m} + \text{N.A.P.}$  heeft vastgesteld als het peil, waarbij nog incidentele inundaties voorkomen. Kennelijk, getuige de afvoerkromme, vindt er dan geen afstroming plaats over het winterbed. In de volgende paragraaf wordt hierop teruggekomen.

Samenvattend kan de in deze studie beschouwde afvoerperiode (1970 tot medio 1974) als relatief droog worden gekwalificeerd, waarmee bij het interpreteren van de resultaten van het modelonderzoek wel rekening moet worden gehouden.

m<sup>3</sup>/s

40

30

20

10

0

----- volgens W.L. 1964

----- volgens berekende afvoeren

↑ afvoer

100

200

300

365

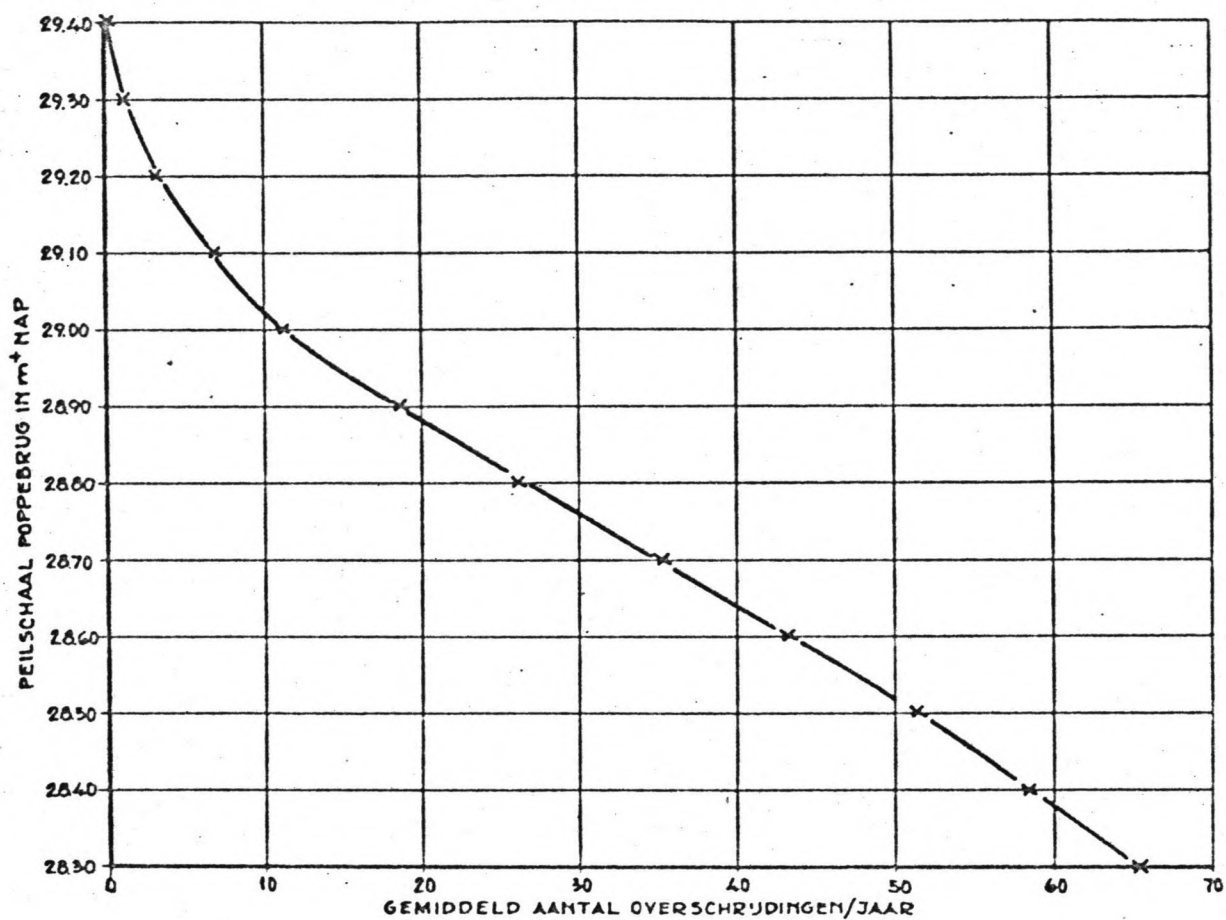
dagen onderschrijding →

# DUURLIJN

Figuur 3.3-1. Duurlijn volgens de berekende (geschematiseerde) afvoerverloop lijnen over de jaren 1970, 1971, 1972 en 1973 voor Poppebrug.

Ingetekend is bovendien de door het Waterloopkundig Laboratorium bepaalde duurlijn voor een waarnemingsperiode 1953 - 1964 [W.L., 1964].





Figuur 3.3-2. Duurlijn voor de hogere waterstanden te Poppebrug.  
[Heidemij, 1973].

### 3.4. Inundaties.

Zoals in paragraaf 2.5. is gesteld vereist het beoordelen van het nuttig effect van een vergroting van de afvoercapaciteit van het zomerbed van de Boven-Dinkel een beschouwing van de huidige hoogwaterproblemen. In de inleiding (paragraaf 1.1.) is al melding gemaakt van de hierop betrekking hebbende afvoerstudie Dinkel, uitgevoerd door de Afdeling Speurwerk van de N.V. Heidemaatschappij Beheer [1973]. Vooral in deze paragraaf wordt wat materiaal (figuren, e.d.) gepresenteerd, dat aan genoemde studie is ontleend.

Te noemen vallen om te beginnen de bijlagen 5 A t/m E, welke een overzicht geven van de omvang van het geïnundeerde gebied.

De mate, waarin de inundaties optreden kan worden afgeleid aan, onder meer, een tweetal duurlijnen, waarvan die voor hoogwaterstanden te Poppebrug reeds is gegeven in paragraaf 3.3. (figuur 3.3-2). Een duurlijn voor hoogwaterstanden te Zoekerbrug geeft figuur 3.4-1.

Ten aanzien van figuur 3.3-2 is in de vorige paragraaf opgemerkt, dat de Heidemaatschappij 28,30 m + N.A.P. aanhoudt als het peil, waarbij reeds hier en daar inundaties optreden. Voor Zoekerbrug hanteert de Heidemaatschappij hiervoor een peil van 33,00 m + N.A.P.

Een indruk van de grootte van de inundatie-perioden is te verkrijgen samen met de figuren 3.4-2 en 3.4-3.

De grootten van de inundatie-volumen zijn in de figuren 3.4-4 en 3.4-5 voor een viertal deelgebieden uitgezet tegen respectievelijk de waterstanden te Poppebrug en te Zoekerbrug.

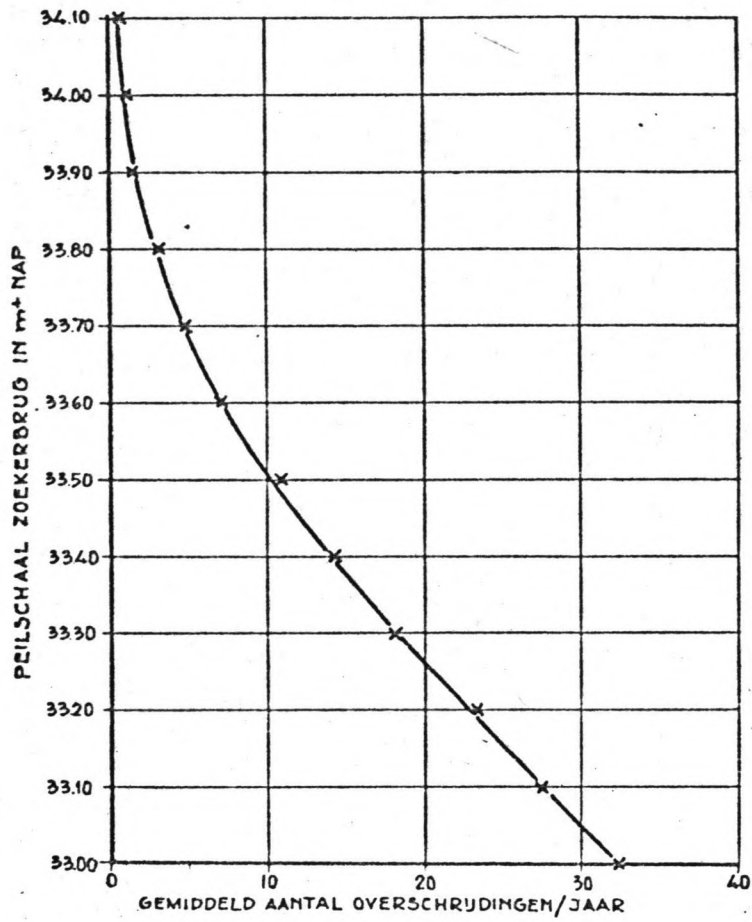
Aan de hand van deze figuren en figuren 3.4-6, waarin aangegeven waterstandsopnamen van een aantal hoogwaterperioden; kan voor het hoogwater van 23 februari 1970 bijvoorbeeld het volgende, globaal, worden berekend.

Inundatievolumen:

a. Duitse grens - Zoekerbrug:	$4,1 \times 10^5$	$m^3$
b. Zoekerbrug - instroming Bethlehemse Beek:	$10,2 \times 10^5$	$m^3$
c. instr. Bethlehemse Beek - Poppebrug:	$9,5 \times 10^5$	$m^3$
d. Poppebrug - Verdeelwerk:	$12,8 \times 10^5$	$m^3$
	<hr/>	
Totaal Nederlands gebied	$36,6 \times 10^5$	$m^3$

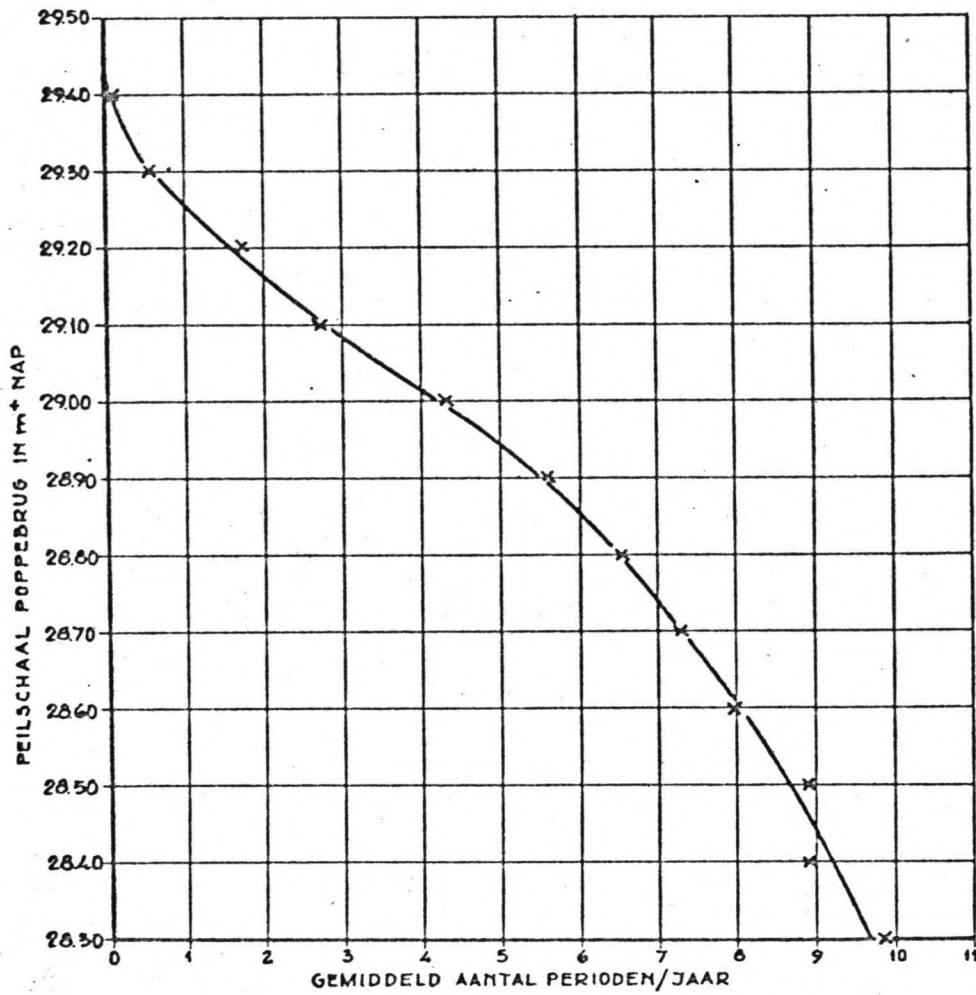
Het inundatievolume tussen Poppebrug en het Verdeelwerk belooft in dit geval bijna 35 % van het totale inundatievolume, terwijl het bijbehorende stroomgebied slechts 2 % uitmaakt van het gehele Dinkeldal tussen Duitse grens en Verdeelwerk, zoals uit tabel 1.4-1 kan worden afgeleid. De stroomgebieden van Ruenbergerbeek

## ZOEKERBRUG



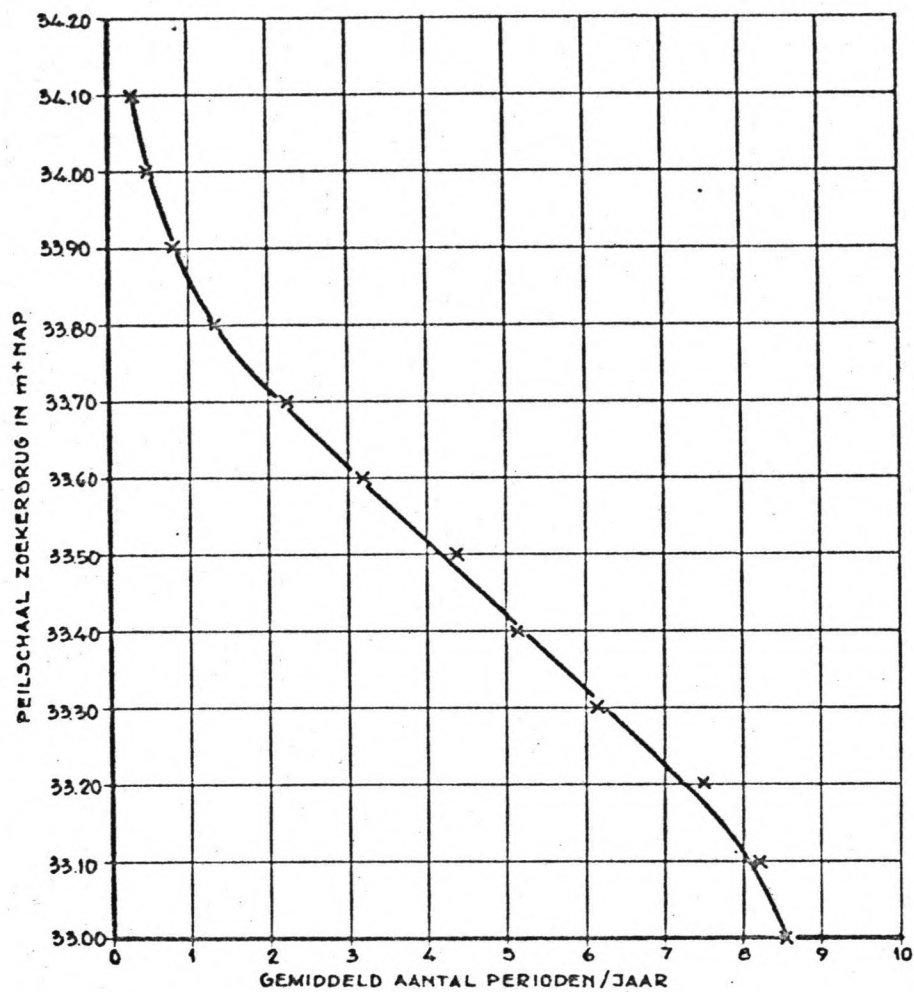
Figuur 3.4-1. Duurlijn voor de hogere waterstanden te Zoekerbrug [Heidemij, 1973].

## POPPEBRUG



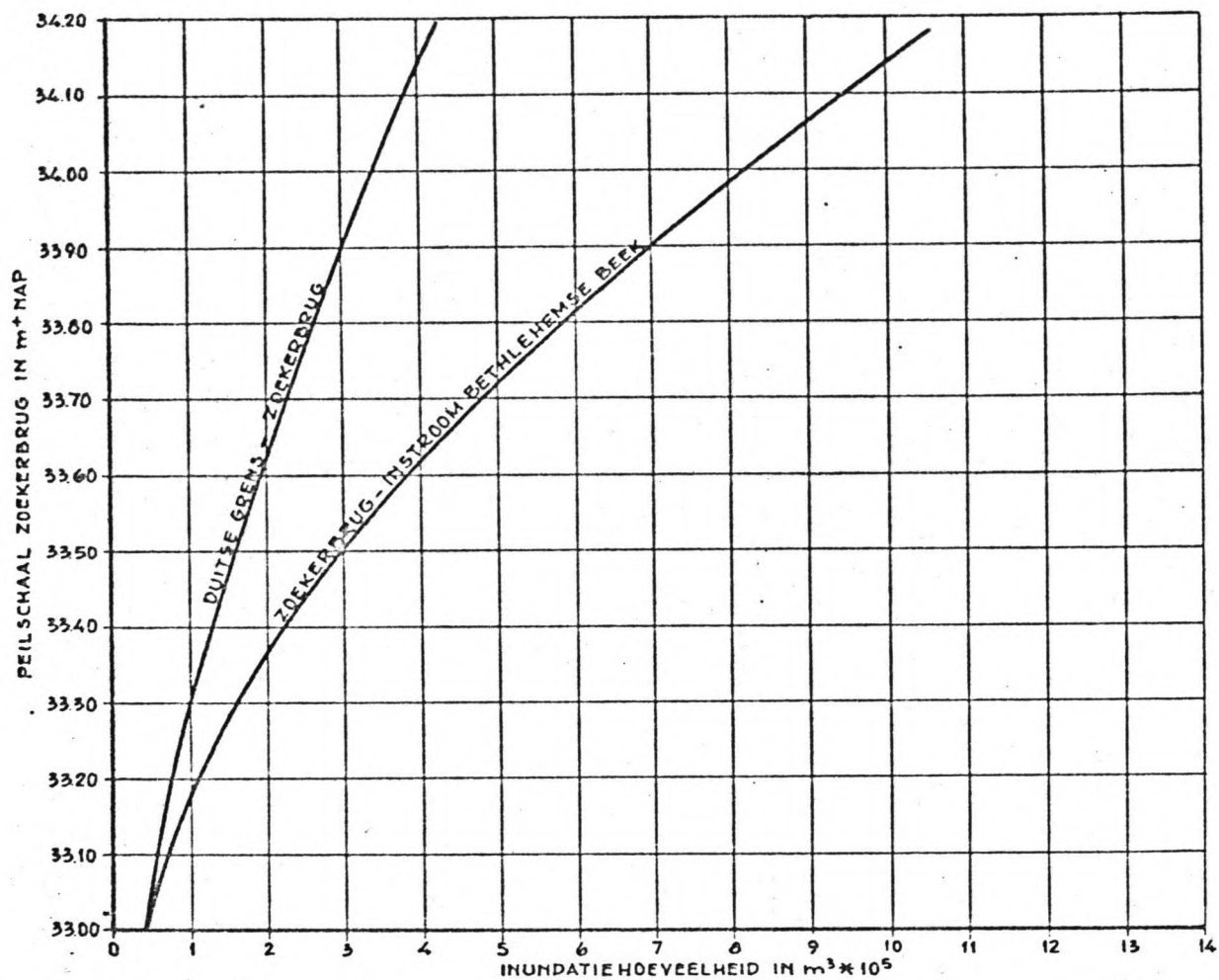
Figuur 3.4-2. Inundatie-perioden als functie van het peil te Poppebrug.  
[Heidemij, 1973].

## ZOEKERBRUG



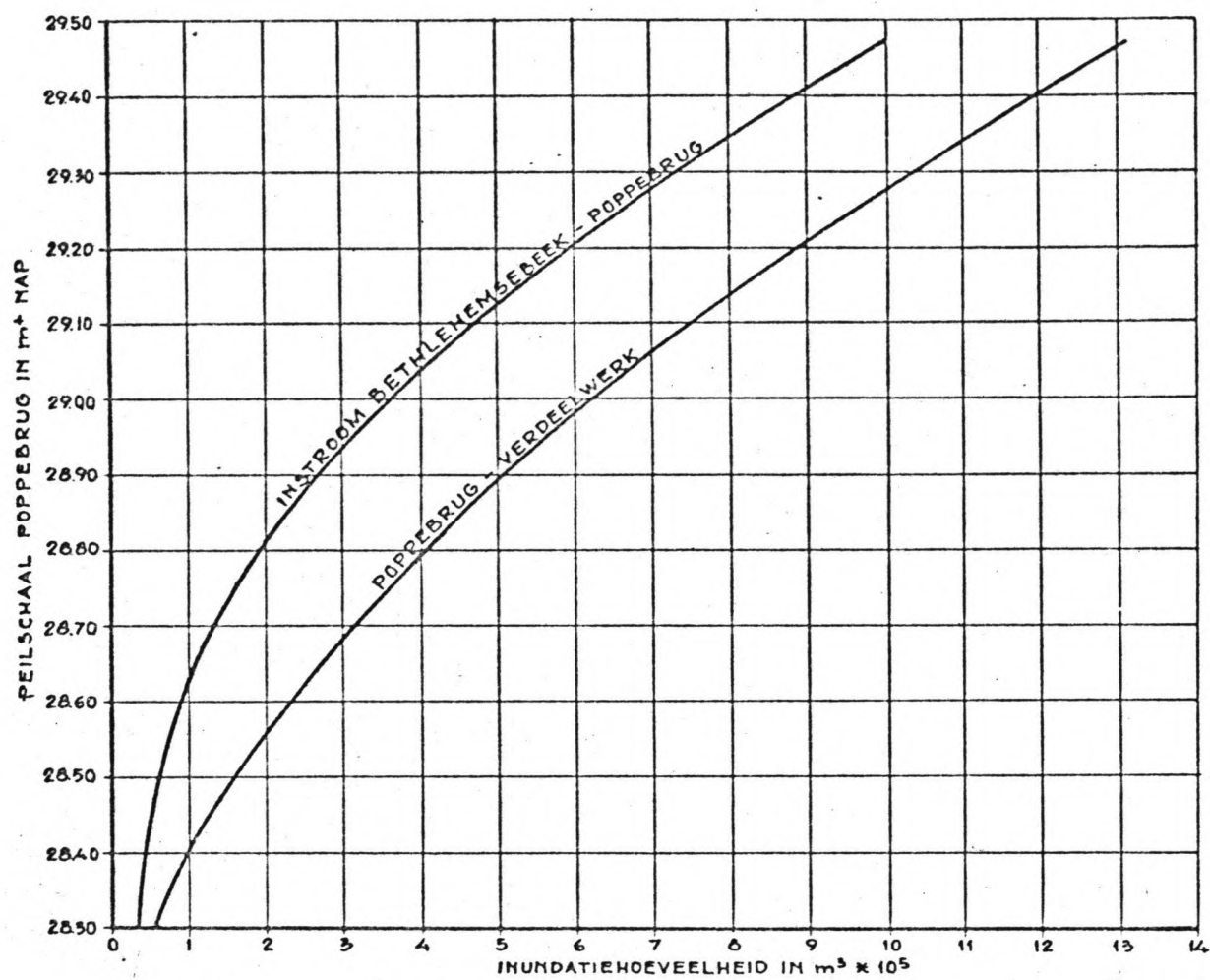
Figuur 3.4-3. Inundatie-perioden als functie van het peil te Zoekerbrug.  
[Heidemij, 1973].

## ZOEKERBRUG



Figuur 3.4-4. Inundatie-volume van Duitse grens tot instroming Bethlehemse Beek.  
[Heidemij, 1973].

## POPPEBRUG



Figuur 3.4-5. Inundatie-volume van instroming Bethlehemse Beek tot Verdeelwerk.  
[Heidemij, 1973].

en Glanerbeek blijven hierbij uiteraard buiten beschouwing.

Een minder extreem hoogwater is vastgelegd op 7 december 1970 (zie figuur 3.4-6).

Hierbij moeten de inundatiehoeveelheden globaal als volgt zijn geweest:

a. Duitse grens-Zoekerbrug:	0	m <sup>3</sup>
b. Zoekerbrug-instroming Bethlehemse Beek:	0	m <sup>3</sup>
c. intr. Bethlehemse Beek-Poppebrug:	2,6 x 10 <sup>5</sup>	m <sup>3</sup>
d. Poppebrug-Verdeelwerk:	5,0 x 10 <sup>5</sup>	m <sup>3</sup>
Totaal	7,6 x 10 <sup>5</sup>	m <sup>3</sup>

Bij deze opname is het gebied tussen Poppebrug en het Verdeelwerk een van de weinige gebieden, welke geïnundeerd raakten. Verreweg het grootste deel van het inundatievolume kwam daarbij op rekening van dat gebied.

Duidelijk is in ieder geval, dat zeker het gebied tussen Poppebrug en het Verdeelwerk bij hoogwater relatief veel (en vaak) water bergt. Opstuwung door het Verdeelwerk heeft hier natuurlijk veel mee te maken (zie ook figuur 3.4-6), maar ook opstuwung door de Lutterzandweg (Kribbebrug), zoals later in deze paragraaf zal worden aangetoond.

Aandacht verdient vooral een enkele kilometers bovenstrooms van de Kribbebrug gelegen boerderij aan de Molterheurneweg (zie figuur 3.4-7). Deze op enkele honderden meters van het zomerbed (bij km 2100) gelegen boerderij ligt op een geringe terreinverheffing, praktisch gesproken midden in het winterbed. Uit een gesprek met de bewoonster is gebleken, dat het in februari 1970 weinig heeft gescheeld of het water was het woonhuis binnengedrongen. Overlast van het hoge water door onderlopen van mestkelders e.d. heeft men reeds bij lagere hoogwaterstanden.

Volgens figuren 3.4-6. bereikte het water hier op 23 februari 1970 een peil van ca. 28,30 m + N.A.P. Tijdens het hoogwater van 16 januari 1968 is de boerderij ondergelopen bij een ca. 0,40 m hoger gelegen waterstand.

Zoals later in deze paragraaf zal blijken ligt de boerderij extra ongunstig door de nabijheid van de grote bocht "Groene Staart", beschreven in paragraaf 1.3. Bij inundaties neemt, naar blijkt uit deze studie, het winterbed hier een relatief groot deel van de afvoer voor zijn rekening. Verwacht mag worden, dat een geul door het winterbed, welke de boerderij gevaarlijk dichtbij passeert veel hiervan naar zich toe trekt. Deze geul mondt bij km 2100 uit in het zomerbed. Vooruitlopend op de hierna te behandelen kwestie van de afvoerverdeling over zomer- en winterbed kan voor een beeld van de toestand bij bovengenoemde boerderij worden gewezen op tabel 3.4-9.

In paragraaf 3.2. is opgemerkt, dat het voor de berekening van het sedimenttransport (en dus ook voor de uit te voeren morfologische berekeningen) nodig is te rekenen met de zomerbedafvoeren.



Dit maakt een beschouwing betreffende het ingewikkelde beeld van afvoerverdeling over zomer- en winterbed bij inundaties noodzakelijk. Het ontwikkelde wiskundig model, waarmee de bedoelde morfologische berekeningen uiteindelijk worden uitgevoerd is hierbij zelf een belangrijk hulpmiddel.

Bij het ijken van het model bleek het niet voldoende te zijn de totale afvoer op de in paragraaf 3.2. beschreven wijze te splitsen in een zomerbed- en een winterbedafvoer. Er zal rekening moeten worden gehouden met het plaatselijk extra uittreden van water uit het zomerbed. Vooral waar de sinusoïteit van de rivier (thalweg, gedeeld door lengte van het dal) groot is, zal bij aanwezigheid van niet te hoge oeverwallen een relatief groot deel van de totale afvoer de kortere route over het winterbed kiezen.

Opgemerkt kan worden, dat het inbrengen van dit verschijnsel in het één-dimensionale model dit model een enigszins drie-dimensionaal tintje geeft.

Een voorbeeld, waar het bovenbeschreven uittreden sterk het geval is, is de hiervoor reeds aangestipte bocht in het Lutterzand, te Groene Staart.

Een ander aspect, waarmee bij inundaties rekening moet worden gehouden is het plaats vinden van opstuwning bij bruggen of andere vernauwingen van het winterbed. Als voorbeeld is Kribbebrug reeds genoemd.

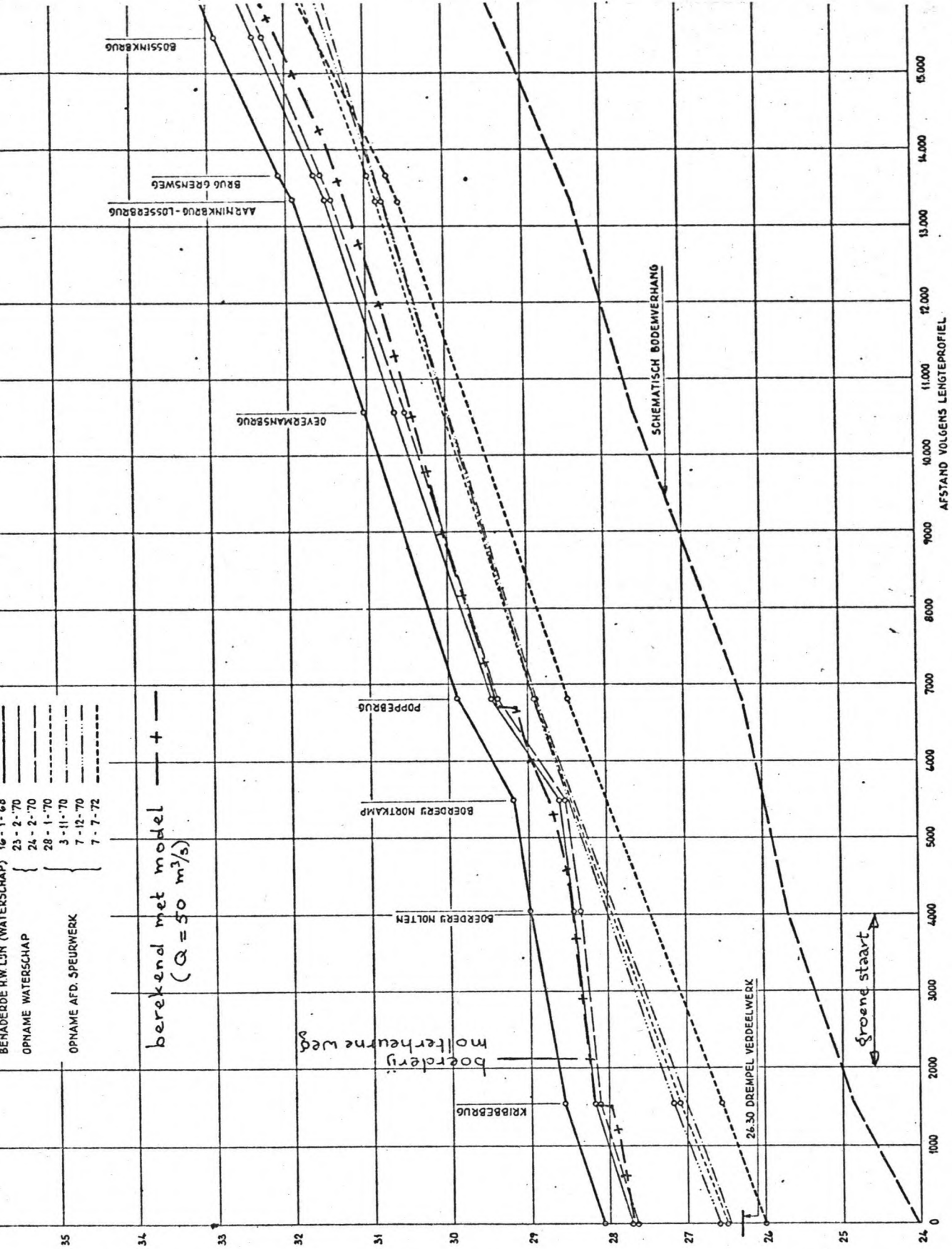
De voldoende overwegingen hebben geleid tot de beslissing om de uitgebreide studie van de afvoer over het winterbed te beperken tot het traject Poppebrug - Verdeelwerk:

- a. gebrek aan tijd om de meer bovenstrooms gelegen trajecten uitgebreid te beschouwen;
- b. voorlopig gaat de meeste interesse uit naar het meest benedenstroomse deel van de Boven-Dinkel, als onderdeel van het traject Poppebrug - Singraven;
- c. over het thans beschouwde traject zijn de inundaties het omvangrijkst.

Uitgangspunt bij het ijken van het model op het gebied van de winterbedafvoeren is figuur 3.4-6.

In deze figuur zijn waterstandsopnamen van verschillende hoogwaterperioden samengebracht. Opvallend hierbij is het verloop van de waterstanden tussen Poppebrug en Kribbebrug. Dit kan niet worden verklaard door te stellen dat hierbij het voorbijtrekken van een hoogwatergolf tot uiting komt. Daarvoor is de afstand van ca. 5 km te kort, terwijl het wel toevallig zou zijn, dat de opnamen van 1968 en 1970 dan hetzelfde beeld zouden opleveren.

Het ligt dan voor de hand aan te nemen, dat zich bovenstrooms van Kribbebrug een stuwkromme manifesteert, ruim 1 km beneden Poppebrug overgaand in een afzuigkromme. Dit zou mogelijk zijn als een belangrijk deel van de afvoer in de omgeving van boerderij Notkamp (km 5400) het zomerbed zou kunnen verlaten en zijn weg vervolgen via het winterbed, om even boven Kribbebrug weer terug te keren in het zomerbed. Om deze mogelijkheid te onderzoeken is een studie gemaakt van de beschikbare hoog-



Figuur 3.4-6. Opnamen van verschillende hoogwaterperiodes [Heidemij, 1973]. Aangegeven is bovendien de met het model berekende verhanglijn bij  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

telijnenkaarten en het lengteprofiel van de rivier (vermeld in bijlage 1).

Figuur 3.4-7. is een bewerking van deze hoogtelijnenkaarten.

Hierin is een mogelijke route over het winterbed aangegeven voor een nader te bepalen deel van de afvoer.

Overeenkomstig de geuite veronderstelling blijkt een deel van de afvoer bij boerderij Notkamp (ong. km 5400) te kunnen uittreden om na een depressie in het winterbed, aan de oostzijde van het zomerbed, bij km 5000 het hier sterk meanderende zomerbed over te steken. Beneden km 4500 blijkt belangrijke uittreding naar het winterbed, westelijk van de Dinkel, mogelijk te zijn. Via een geul in het winterbed, onmiddellijk ten zuid-oosten van een eerder genoemde, boerderij aan de Molterheurneweg (km 2100), kan de uitgetreden afvoer weer in het zomerbed terugkeren. De bekende, zeer grote bocht te Groene Staart in het Lutterzand, wordt hierdoor bij hoge afvoer in niet onbelangrijke mate ontlast.

De verdeling van de afvoer over zomer- en winterbed zou kunnen worden berekend door het gehele systeem van zomer- en winterbed als een netwerk te beschouwen. Een netwerkberekening zou echter zeer gecompliceerd worden. Stroomvoerende breedte en weerstand van het winterbed zouden, om maar enkele voorbeelden te noemen, sterk met de grootte van de afvoer variëren.

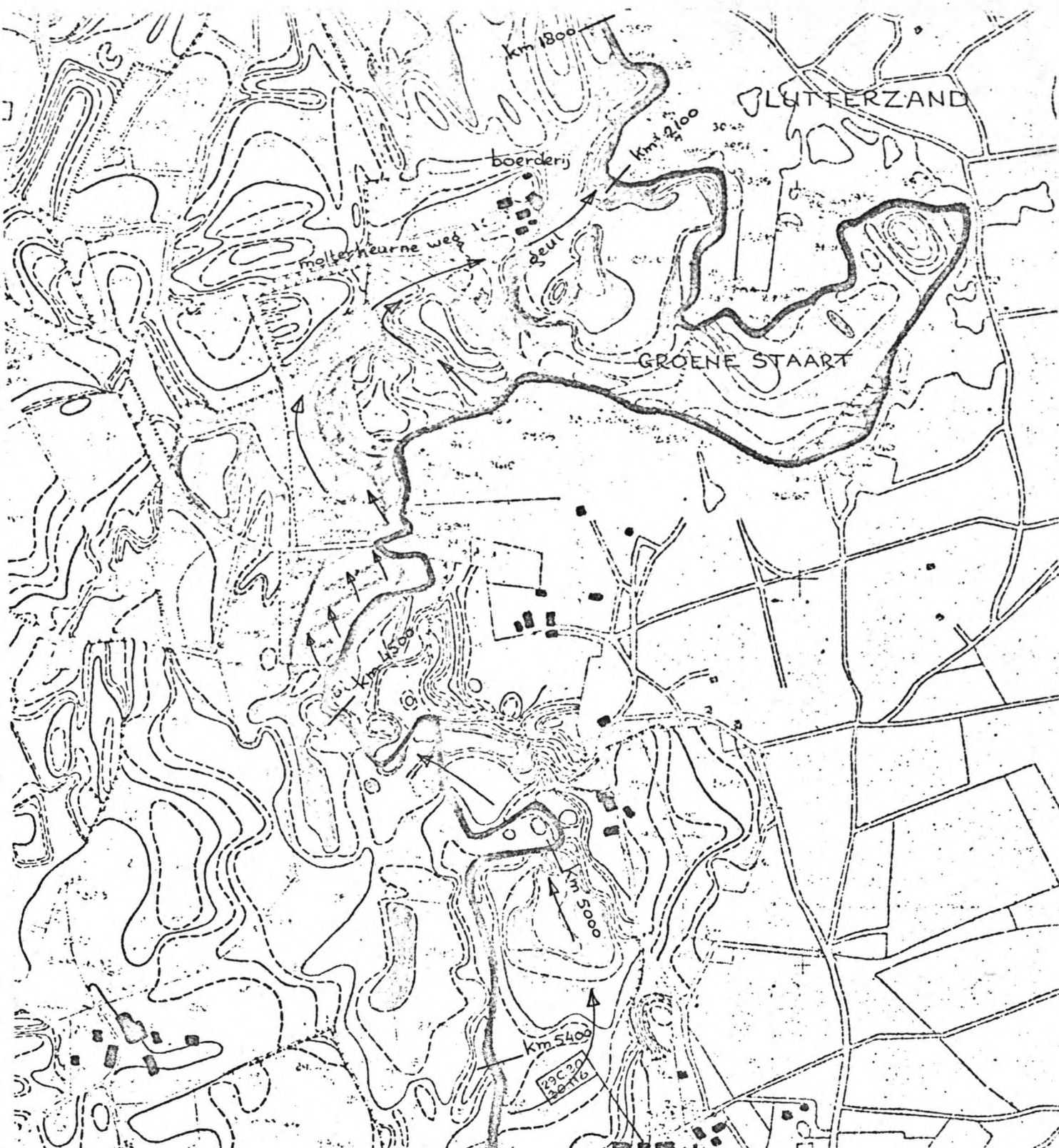
Afgezien van de omstandigheid, dat de benodigde gedetailleerde gegevens niet beschikbaar zijn, zou het vervaardigen van een voor berekende toegankelijke schematisatie van het winterbed een zeer uitvoerige studie vergen. Het valt te betwijfelen of de geïnvesteerde tijd en moeite een beter resultaat zullen opleveren dan de hier gevolgde methode.

Deze methode gaat ervan uit, dat er een éénduidig verband bestaat tussen de waterstand aan het benedeneinde van het netwerk en de afvoer door elk van de beide takken (stationaire waterbeweging).

Omdat het ontbreken van gegevens een betere schematisatie niet mogelijk maakt wordt er een lineaire relatie verondersteld tussen de bedoelde waterstand en de afvoer over het winterbed. Aan de hand van de hoogtelijnenkaart en het lengteprofiel van de rivier is een redelijk lijkend verband opgesteld, dat vervolgens in het wiskundig model werd getoetst.

Na enige malen bijstellen kon een "verdelingsfunctie" worden vastgesteld, welke redelijk met figuur 3.4-6 overeenstemmende waterstanden bleek op te leveren. De voor km 2100 en km 4550 bepaalde functies worden gegeven op bijlage 6. Op de resultaten wordt later in deze paragraaf teruggekomen.

Bestudering van de hoogtelijnenkaart leert vervolgens, dat er ten noorden van Kribbebrug welliswaar sprake kan zijn van inundatie, maar, dat het winterbed hier waarschijnlijk geen mogelijkheid biedt tot het ontstaan van een extra afvoerende geul, zoals meer zuidelijk. Ook wordt duidelijk, dat bij Kribbebrug,



Figuur 3.4-7. Hoogtelijnenkaart, traject van km 5,400 (boerderij Notkamp) tot km 1,800 (even bovenstrooms van Kribbebrug). Een mogelijk patroon van afstroming over het winterbed is met lijnen aangegeven ( $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

in geval van inundaties, bijna de gehele Dinkel-afvoer door één overspanning moet worden verwerkt. De ca. 200 m meer naar het westen gelegen extra brugopening in de Lutterzandweg kan door de hoge ligging van het maaiveld, gevoegd bij de van nature in het winterbed aanwezige weerstand, nauwelijks aan de afvoercapaciteit bijdragen. Het kan niet uitblijven, dat de Lutterzandweg dan enige opstruwing veroorzaakt.

In figuur 3.4-6. is van een dergelijke opstuwning niets te bemerken. Aangenomen wordt, dat het voor de bovenstroomse zijde van Kribbebrug aangegeven waterspiegelverloop met de werkelijkheid overeenkomt. Het verloop tussen Kribbebrug en het Verdeelwerk moet in dat geval echter niet goed zijn weergegeven, hetgeen door het model wordt bevestigd.

Om dit na te gaan werd de hoogwaterlijn van 24 februari 1970 aan een nadere beschouwing onderworpen. Op genoemde dag zijn door de Heidemaatschappij afvoermetingen verricht, waarvan enkele resultaten zijn verzameld in tabel 3.4-8.

meetpunt	tijdstip meting uur	peil t.o.v. N.A.P. m.	afvoer $m^3/s.$
Verdeelwerk (Omleidingskanaal)		27,65 +	38,2
Verdeelwerk (Beneden-Dinkel)	16.25 - 17.00	27,57 +	12,9
Zoekerbrug	14.40 - 15.35	33,90 +	21,5
Welpelose brug	13.30 - 13.55	34,47 +	6,1

Tabel 3.4-8. Overzicht van enige metingen, verricht door de Heidemaatschappij op 24 februari 1970 [Heidemij, 1973].

Onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk moet de afvoer kennelijk  $51,1 m^3/s$  bedragen. Volgens de afvoerkromme voor Poppebrug [Snijdelaar, 1966] (figuur 3.1-4) is bij de in figuur 3.4-6 op te meten waterstand van  $29,40 m + N.A.P.$  de afvoer  $50 m^3/s$ . Derhalve wordt voor het gehele traject Poppebrug - Verdeelwerk een afvoer van  $50 m^3/s$  aangehouden.

Uitgaande van de aanname, dat overal (en dus ook benedenstrooms van Kribbebrug) de afvoer zich in principe in dezelfde verhouding als bij Poppebrug verdeelt over zomer- en winterbed (wat hier niet kan worden bewezen), kan de verhanglijn tussen Verdeelwerk en Kribbebrug worden bepaald als aangegeven in figuur 3.4-6. Er blijkt dan over Kribbebrug een verval te heersen van ca. 0,25 m.

Voor het model moet Kribbebrug dus worden beschouwd als een onvolkomen overlaat.

De afvoercoëfficiënt, welke voor de eenvoud onafhankelijk van de afvoer wordt verondersteld, wordt berekend in bijlage 7.

Een tweede "overlaat" moet zich bevinden even benedenstrooms van Poppe brug. Dat Poppebrug zelf verantwoordelijk zou zijn voor opstuwning is in dit geval niet aannemelijk. De peilschaal van Poppebrug bevindt zich namelijk aan de benedenstroomse zijde van de brug (waar de waterstand dus zeker niet wordt gestuwd), terwijl (gezien berekeningen met het model) de in figuur 3.4-6 aangegeven, steile afzuigkromme tussen Poppebrug en km 5400 niet reëel is te achten. Uit de betreffende hooglijnenkaart kan worden opgemaakt, dat ca. 200 m benedenstrooms van Poppebrug de oeverlanden zo hoog liggen, dat, naar verwacht mag worden, de afvoer hier niet gemakkelijk zal kunnen uittreden. In het model is hier dan ook een onvölkomen overlaat gecreëerd (zie bijlage 7).

Vanuit fysisch oogpunt is uiteraard gemakkelijk kritiek te leveren op de gepleegde schematisaties. Zoals eerder is opgemerkt, is het echter niet eenvoudig en hoogst waarschijnlijk ook niet zinvol om nauwkeuriger te schematiseren. In de toekomst zal dit laatste ter dege moeten worden onderzocht; door tijdgebrek blijft dit thans achterwege. Gewezen wordt hier nog op de al eerder genoemde hoogwaterstudie, welke momenteel als afstudeerwerk wordt verricht [Verbeek, 1976]. Doel is voorlopig om, uitgaande van fysisch redelijke veronderstellingen, het model in zoverre te verfijnen, dat het zoveel mogelijk met de werkelijkheid overeenkomende waterstanden oplevert. Aan deze doelstelling blijkt, althans voor het traject Poppebrug - Verdeelwerk, redelijk te zijn voldaan (zie ook tabel 3.4-9), Aangenomen wordt, dat dan ook de voor het sedimenttransport verantwoordelijke zomerbedafvoer met de realiteit in redelijke mate overeenkomt. Uiteindelijk doel is namelijk de berekening van sedimenttransport en geen hoogwaterberekening!

Het model is in hoofdzaak getoetst aan de waterstandsopname van 24 februari 1970 (zie figuur 3.4-6, afvoer:  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ), terwijl voor lagere, inundatie veroorzakende afvoeren is nagegaan of het model redelijk lijkende resultaten geeft. In ieder geval is bij een afvoer van  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  van uittredingen geen sprake (grens, waarbij inundaties beginnen op te treden, zie paragraaf 3.2. en tabel 3.4-9).

totale afvoer	afvoer over winterbed	waterstand bij boerderij		waterstand te Poppebrug	
		berekend	naar fig. 3.4-6	berekend	naar fig. 3.1-4
$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	m	m	m	m
10	0	27,10 +		28,67 +	28,65 +
14	3	27,26		28,79	28,80
19	8	27,45		28,90	29,00
23			27,40 * +		29,05
25	14	27,65		29,00	29,10
33	23	27,90		29,13	29,20
40	30	28,06		29,22	29,30
50	41	28,28	28,20 **	29,37	29,40

\* 7-12-1970 (voor afvoer: zie figuur 3.2-1).

\*\* 24-2-1970 (zie deze paragraaf).

De waterstanden worden gegeven t.o.v. N.A.P.

Tabel 3.4-9. Waterstanden en afvoeren bij de boerderij aan de Molterheurne weg bij Groene St aart.

De berekende waterstanden zijn bepaald bij een C-waarde van  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$  (zie paragraaf 4.2), uitgaande van bekende waterstanden bij het verdeelwerk (zie paragraaf 5.3).

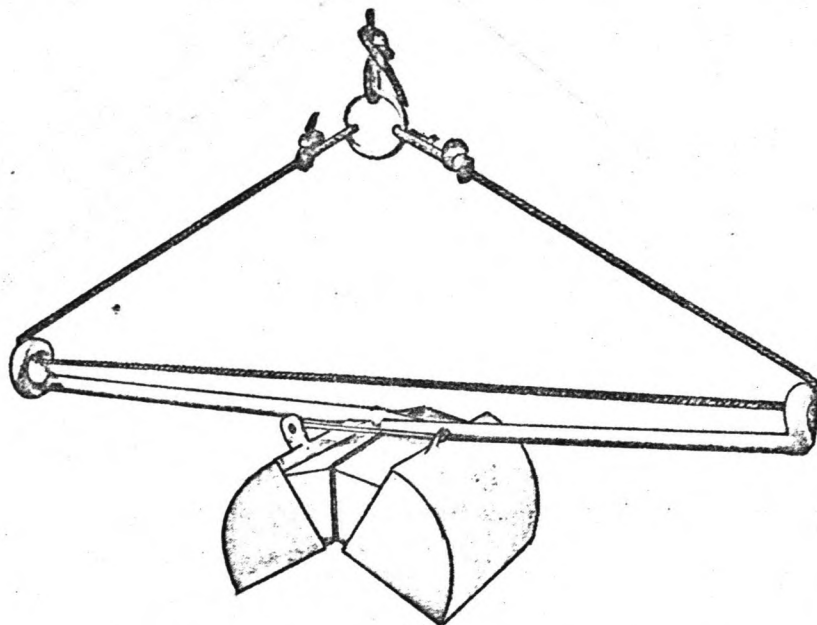
Bodemgeometrie naar opname door het Waterschap [1970].

#### 4. Sedimenttransport.

##### 4.1. Bodemmateriaal.

Teneinde inzicht te verkrijgen in de samenstelling van het bodemmateriaal van de Dinkel is in juli 1973 en maart 1975 een aantal bodemmonsters genomen. In juli 1973 konden de monsters bij lage afvoer worden opgescheept, in maart 1975 werd gebruik gemaakt van een z.g. bodemhapper (zie figuur 4.1-1), geleend van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft.

Een overzicht van de plaatsen, waar de monsters werden genomen, de data van bemonstering en codering geeft tabel 4.1-2.



Figuur 4.1-1. Bodemhapper.

Type Van Veen's grijper, klein formaat.  
(gewicht 2,4 kg, inhoud 0,5 l).

[Instrumentenfabriek Van Essen B.V., Delft].

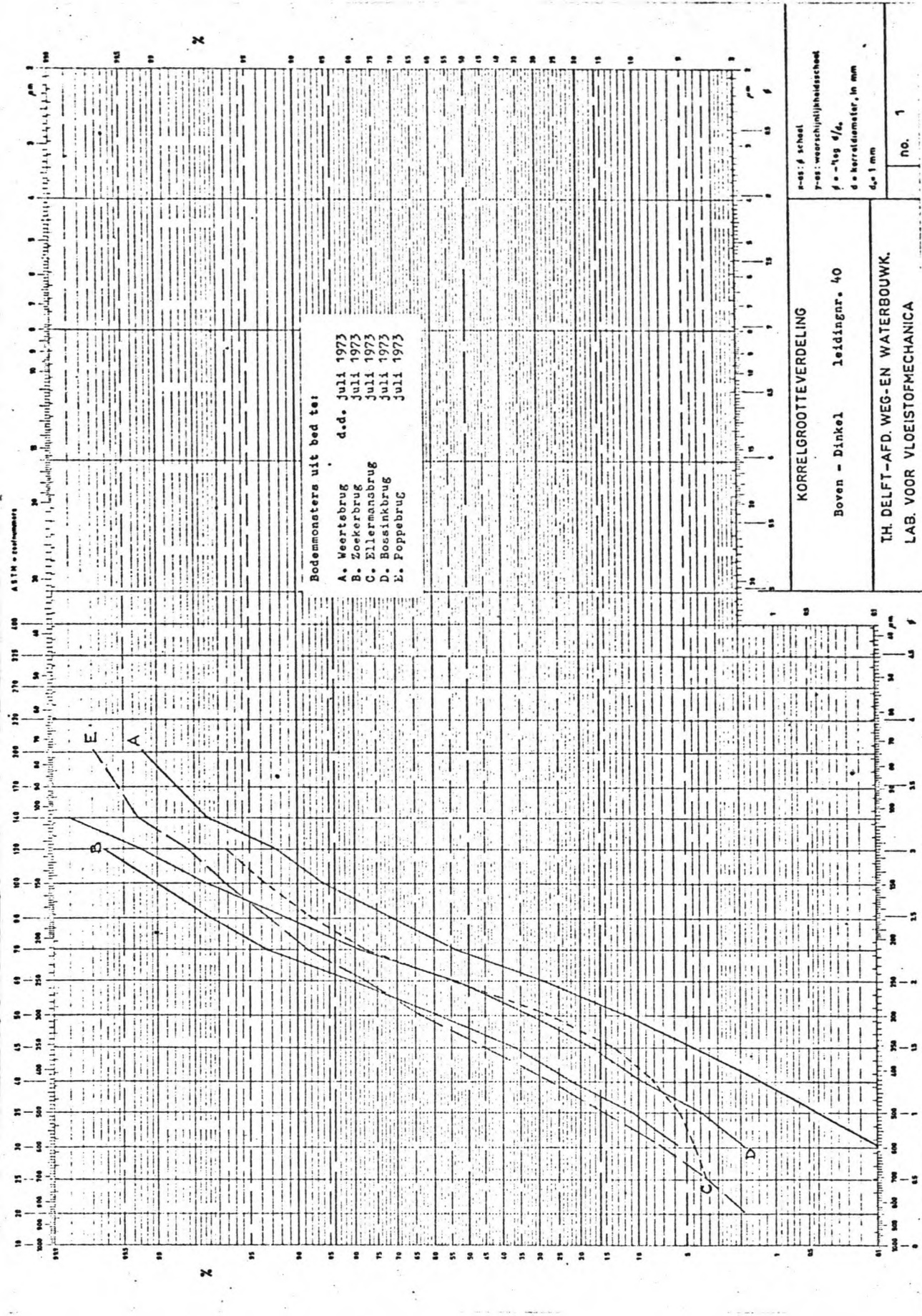


plaats	datum	code
<u>Boven-Dinkel:</u>		
Weertsbrug (km 21,013)	juli 1973	A
Zoekerbrug (km 19,080)	juli 1973	B
Ellermansbrug (km 17,665)	juli 1973	C
Bossinkbrug (km 15,430)	juli 1973	D
Poppebrug (km 6,840)	juli 1973	E
idem	maart 1975	F
Lutterzand, Groene Staart (km 3,300)	juli 1973	G
idem	juli 1973	H
Kribbebrug (km 1,580)	juli 1973	J
<u>Beneden-Dinkel:</u>		
Kampbrug (km 8,318)	maart 1975	K
Vonder boven Singraven (km 2,907)	maart 1975	L
<u>Omleidingskanaal:</u>		
bij Lutterzandweg	maart 1975	M

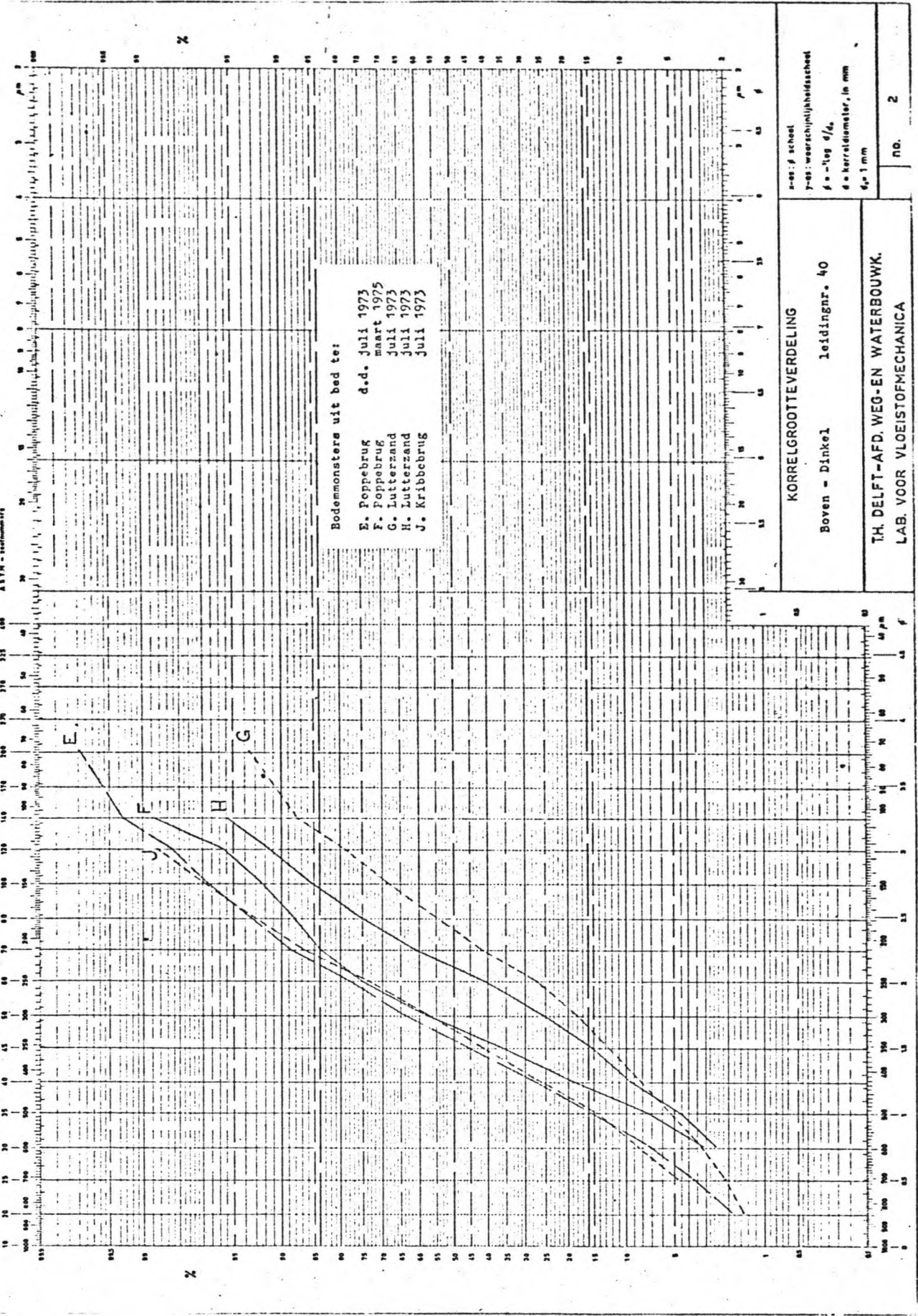
Tabel 4.1-2. Overzicht van bodemmonsters met vermelding van plaats, datum en codering.

De in tabel 4.1-2 vermelde bodemmonsters werden aan een zeef-analyse onderworpen, waarbij werd gebruik gemaakt van draadzeven volgens A.S.T.M.-norm.

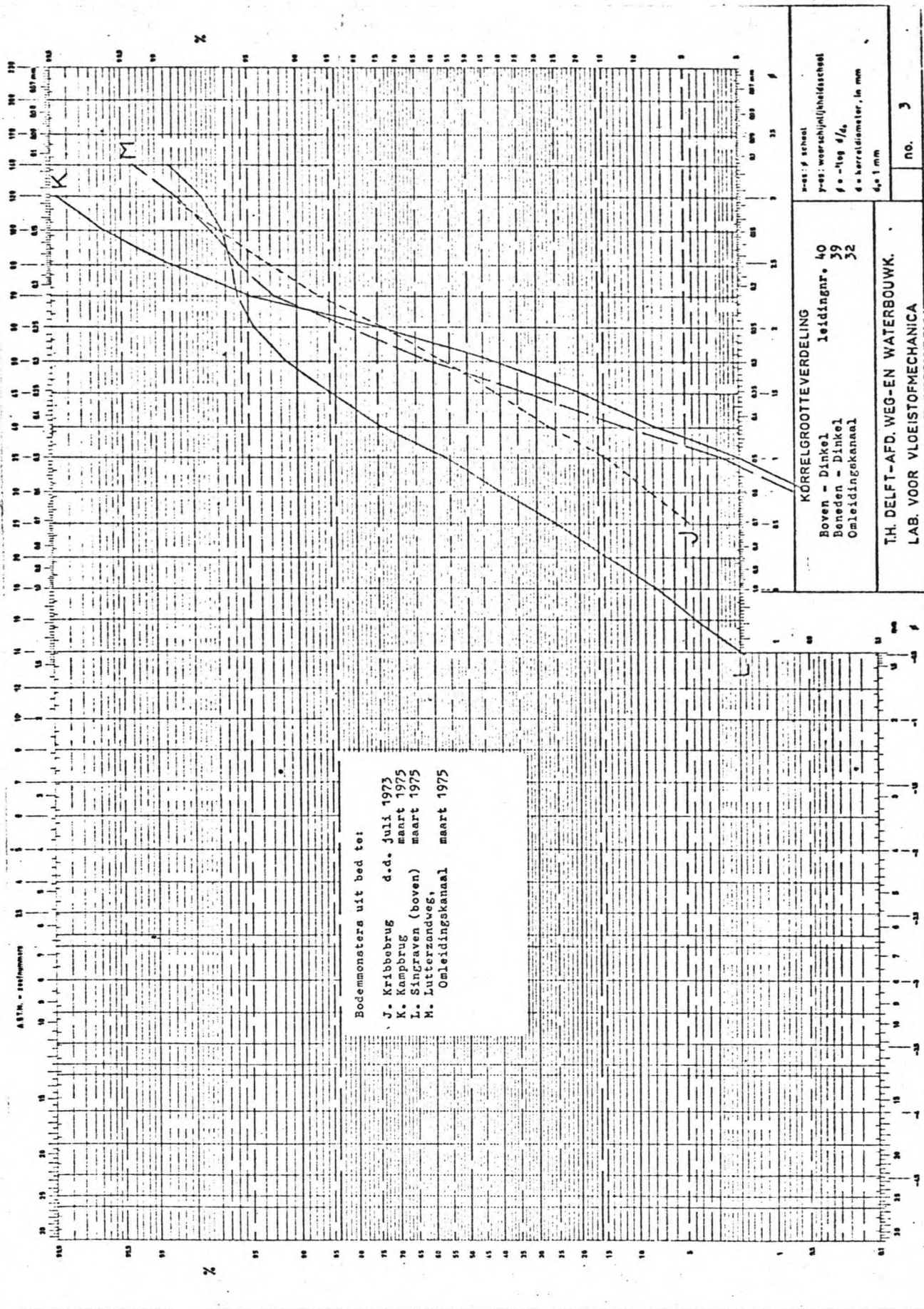
Een nadere beschrijving van de zeef-analyse is opgenomen als bijlage 8. Aan de hand van de resultaten van deze analyse werden zeefkrommen vervaardigd, welke worden weergegeven in de figuren 4.1-3 tot en met 4.1-5.



Figuur 4.1-3. Zeefkrommen van bodemmonsters uit de Boven-Dinkel, bovenstrooms van Poppebrug.



Figuur 4.1-4. Zeefkrommen van bodemmonsters uit de Boven-Dinkel, benedenstrooms van Poppebrug.



Figuur 4.1-5. Zeefkrommen van bodemmonsters uit Boven- en Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal.

In de figuren 4.1-6 en 4.1-7 worden zeefkrommen gegeven van monsters, welke zijn genomen en onderzocht door Wijmstra [Van der Hammen en Wijmstra, 1971]. Het betreft monsters, welke afkomstig zijn uit de in paragraaf 1.3 beschreven Dinkel-oever in het Lutterzand (Groene Staart), van ongeveer dezelfde plaats als de monsters G en H (zie tabel 4.1-2). Voor een nadere plaatsaanduiding van de monsters moet worden verwezen naar de figuren 1.3-2, 1.3-3 en 1.3-4. Vergelijken van de zeefkrommen levert de conclusie op, dat de monsters B, E, F en J (Zoekerbrug, Poppebrug en Kribbebrug) redelijk overeenkomen, zowel onderling als met monster W44 (Mekkelhorst-laag, volgens Wijmstra).

Dit duidt erop, dat de Dinkel zich inderdaad tot in de Mekkelhorst-laag heeft ingeslepen, zoals al werd gesteld in paragraaf 1.3. Uit de zeefkrommen van de monsters G en H kan, bij vergelijking met de zeefkrommen van de figuren 4.-6 en 4.1-7, worden opgemaakt, dat hier sprake moet zijn van vermenging van zand uit de Mekkelhorst-laag met dekzand (vooral Ouder Dekzand I en II). Opvallend is voorts, dat bij Weertsbrug (bovenstrooms van de instroming van de Glanerbeek, monster A), bij Ellermansbrug en bij Bossinkbrug (resp. boven- en benedenstrooms van de instroming van de Ruenbergerbeek, monsters C en D) het bodemmateriaal wat fijner is dan op de andere bomonsterde plaatsen, met uitzondering van bovengenoemde monsters van het Lutterzand. Mogelijk is ook hier vermenging met materiaal uit de oevers de oorzaak.

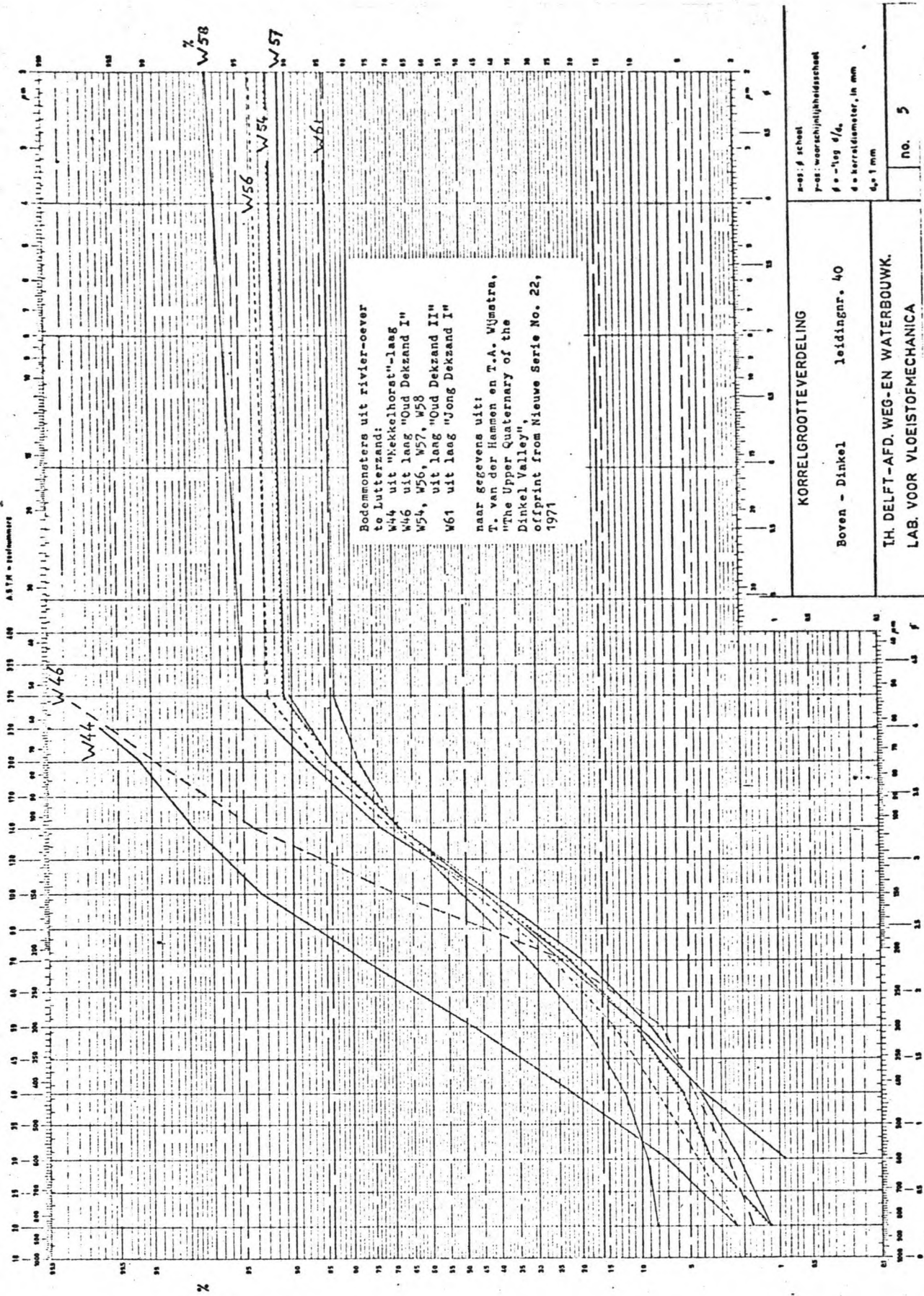
De zeefkromme van het bodemmateriaal bij Kampbrug (monster K) heeft een duidelijk steiler verloop dan de andere krommen, hoewel de mediane korrelgrootte niet afwijkt (ca. 320  $\mu$ ). De reden hiervoor is niet bekend.

De oorzaak van het merkwaardige verloop van de zeefkromme voor monster L moet uitzeving zijn. Kennelijk is hier de fijnste fractie uitgespoeld.

De korrelgrootteverdeling van het in het Omleidingskanaal aangetroffen zand is in grote lijnen overeenkomstig die voor het materiaal, dat bij Kribbebrug, Poppebrug en Zoekerbrug is gevonden. Dat zand kan dus afkomstig zijn uit de Boven-Dinkel.

Wordt de plaatselijke sterke afwijking van de korrelgrootteverdeling voor het Lutterzand verwaarloosd, dan kan resumerend worden gesteld, dat de (maatgevende) mediane korrelgrootte voor zowel Boven- als Beneden-Dinkel gemiddeld ca. 300  $\mu$  bedraagt.

De sterke afwijking, even bovenstrooms van Singraven, is voor dit onderzoek niet van belang.



KORRELGROOTTEVERDELING

Boven - Dinkel      leidingnr. 40

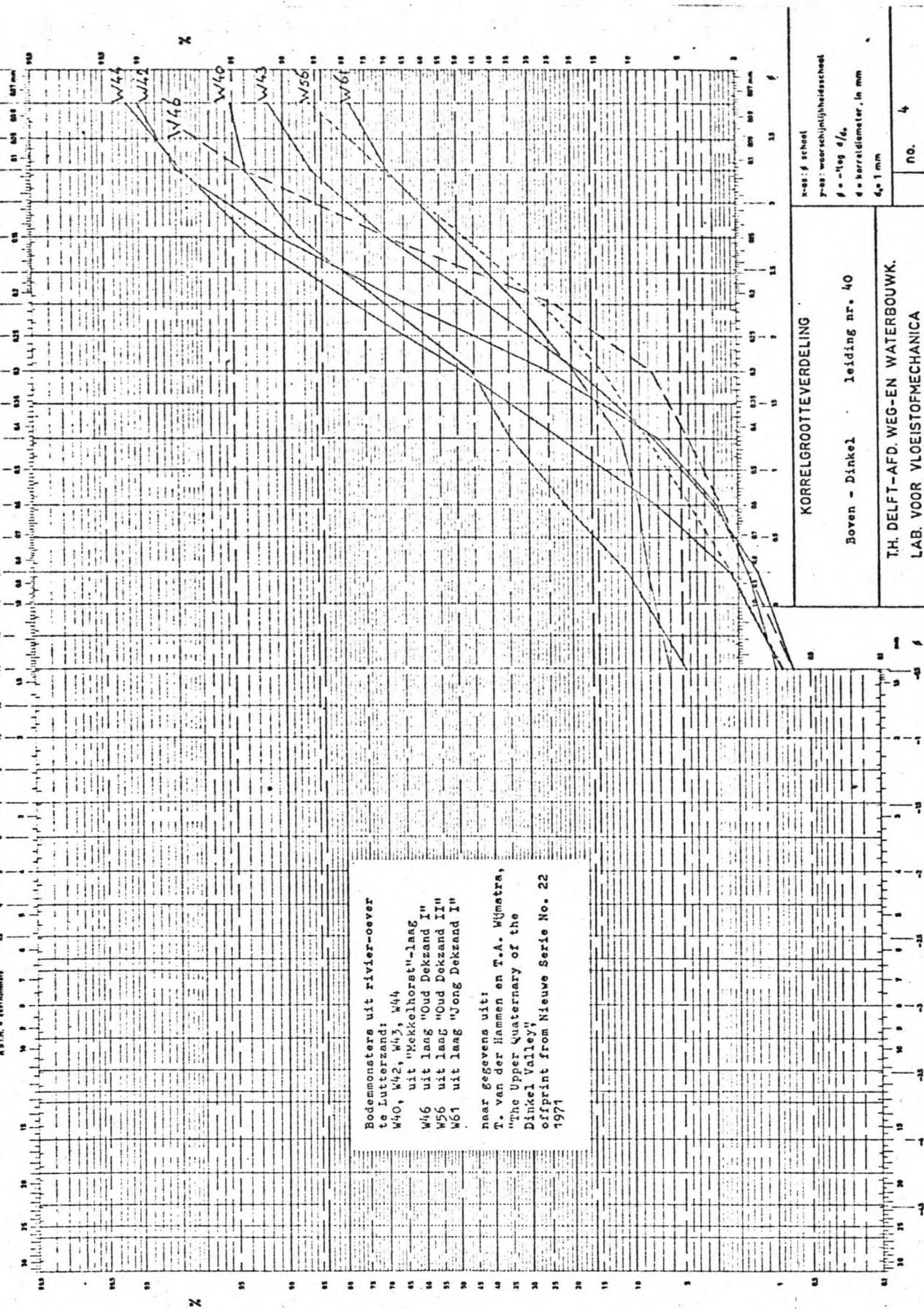
I.H. DELFT-AFD. WEG- EN WATERBOUWK.  
 LAB. VOOR VLOEISTOFMECHANICA

n-05:  $\beta$  school  
 p-05: weersteelheidscoëfficiënt  
 $\beta = -\log d/\lambda$   
 d = korrelmaat, in mm  
 $d_n = 1$  mm

no. 5

Figuur 4.1-6. Zeefkrommen van monsters uit de oever van de Boven-Dinkel in de bocht te Groene Staart (1)  
 (naar Van der Hammen en Wijmstra, 1971).

Voor de herkomst van de monsters: zie figuren 1.3-4A, B en C.



Bodemmonsters uit rivier-oever  
 te Lutterzand:  
 W40, W42, W43, W44  
 uit "Nekkelhorst"-laag  
 W46 uit laag "Oud Dekzand I"  
 W56 uit laag "Oud Dekzand II"  
 W61 uit laag "Jong Dekzand I"  
 naar gegevens uit:  
 T. van der Hammen en T.A. Wijnstra,  
 "The Upper Quaternary of the  
 Dinkel Valley"  
 offprint from Nieuwe Serie No. 22  
 1971

Figuur 4.1-7. Zeefkrommen van monsters uit de oever van de Boven-Dinkel in de bocht van Groene Staart (2)

(naar Van der Hammen en Wijnstra, 1971).

Voor de herkomst van de monsters: zie figuren 1.3-4A, B en C.

#### 4.2. Ruwheid.

Langs twee wegen is getracht de ruwheid van de Dinkel te bepalen:

1. met behulp van de schattingsmethoden van Lovera en Kennedy [1969] en Alam en Kennedy [1969]. De eerstgenoemde methode levert de ruwheid van een vlak bed, terwijl de tweede methode een schatting geeft van de beddingruwheid (ruwheid ten gevolge van beddingvormen, veroorzaakt door zandtransport). Laatstgenoemde methode is gebaseerd op waarnemingen in Noord-Amerikaanse rivieren en irrigatie-kanalen in West-Pakistan en op metingen in laboratorium-goten (voor grafieken: zie figuren 9.4 en 9.5, bijlage 9);
2. met behulp van het model en de bekende afvoerkrommen. Voor verschillende afvoeren is, met toepassing van een aantal in aanmerking komende C-waarden, de bij verschillende meetstations gevonden waterstanden vergeleken met die volgens de bekende afvoerkrommen. Het is mogelijk gebleken op grond van deze methode tot een keuze te komen van een C-waarde.

De ruwheid is slechts bepaald voor afvoeren, waarbij geen inundaties optreden. Ten gevolge van de onzekerheid bij de vaststelling van debiet en stroomsnelheid in het laagwaterbed, bij overstroming, heeft het schatten van een ruwheid in dat geval weinig zin (hoewel uit tabel 3.4-9 reeds blijkt, dat de bij de gekozen C-waarde berekende waterstanden voor Poppebrug weinig afwijken van de te meten standen).

1. de empirische ruwheidsberekening volgens Lovera-Kennedy en Alam-Kennedy is toegepast op de volgende peilschaalstations:  
 Meulemansbrug  
 Verdeelwerk (Beverborgstuw), aan de benedenstroomse zijde <sup>(en)</sup> Zoekerbrug, zowel voor de toestand van de zomer van 1970 als van november van dat jaar.  
 Voor de berekening kan worden verwezen naar de tabellen 4.2-1 tot en met 4.2-4.
2. met het model en de gegevens van de volgende peilschaalstations werd vervolgens de ruwheid berekend:  
 Meulemansbrug  
 Verdeelwerk (Beverborgstuw), aan de benedenstroomse zijde  
 Poppebrug  
 Zoekerbrug (voorheen Rotermansbrug geheten).  
 De resultaten van de berekening zijn vermeld in de tabellen 4.2-5 tot en met 4.2-8.



Bezien we de resultaten van de berekeningen, dan valt bij de onder 1 bepaalde ruwheden de relatief grote spreiding in de uitkomsten op, wat gezien de berekeningsmethode geen wonder is.

Toch wijzen wel alle uitkomsten op C-waarden van  $20 \text{ à } 30 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ .

Grotere waarde wordt gehecht aan de onder 2 uitgevoerde berekeningen.

Op grond van deze berekeningen wordt de C-waarde vastgesteld als  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ .

Hierbij wordt de ruwheid onafhankelijk van de afvoer verondersteld, hetgeen gezien de berekeningsresultaten gerechtvaardigd is.

Voor de volledigheid moet worden opgemerkt, dat behalve met de onder 1 genoemde methode nog enkele berekeningen zijn uitgevoerd volgens andere schattingsmethoden:

- a. volgens Einstein en Barbarossa [1951] en
- b. volgens Engelund en Hansen [1967].

Methode a leverde een binnen het bovengenoemde interval ( $C = 20 \text{ à } 30 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ) gelegen ruwheid op. De berekeningsresultaten volgens methode b liggen te ver naast de werkelijkheid. Zie bijlage 9.

De belangrijkste argumenten voor de keuze van de C-waarde zijn:

- a. in tabel 4.2-7 (Poppebrug) voldoet de C-waarde over het gehele scala van afvoeren; hierbij wordt dan wel verondersteld, dat de afvoerkromme sedert 1966 weinig is veranderd. De juistheid van deze veronderstelling zal tijdens het uit te voeren model-onderzoek kunnen worden beoordeeld.
- b. in paragraaf 5.2. (bijlage 13) wordt bij een afvoer van  $7,2 \text{ m}^3/\text{s}$  het verval over het Verdeelwerk (de duiker) berekend als ca. 0,16 m. Uitgaande van een bovenwaterstand van 25,81 m + NAP (zie figuur 5.3-1) betekent dit een benedenwaterstand van 25,65 m + NAP. Bij de betrekkelijk hoge afvoer van  $7,2 \text{ m}^3/\text{s}$  zal de in paragraaf 5.3 beschreven opstuwning door drempels beneden het Verdeelwerk verwaarloosbaar zijn, zodat de hier berekende benedenwaterstand geacht wordt te corresponderen met de waterstand, welke zou optreden bij afwezigheid van de drempels (zoals berekend met behulp van het model).

Vergelijken van deze waterstand met de kolommen van tabel 4.2-6 geeft grond voor de keuze:  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ . In figuur 5.3-1 zijn zowel de door het W.L. [W.L., 1964] gegeven als de met het model berekende Q-h-relatie (voor  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ) aangegeven.

De in tabel 4.2-5 (Meulemansbrug) berekende waterstanden zouden op een wat grotere C-waarde kunnen wijzen ofwel op een bodemstijging (benedenstrooms) van ca. 0,15 m tijdens de periode 1966 tot 1970.

Bij tabel 4.2-6 (Verdeelwerk, benedenstrooms) moet de conclusie juist tegenovergesteld zijn: of een wat lagere C-waarde of een bodemdaling van ca. 0,15 m.

Bij tabel 4.2-8 (Zoekerbrug) kunnen de berekende C-waarden het best worden verge-

leken met de peilen volgens de kolom "zomer 1970" [Heidemij, 1973] omdat de in het model toegepaste bodemgeometrie uit dezelfde periode dateert als de gebruikte afvoerkromme. De keuze van  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$  wordt dan ook hier ondersteund. Verder kan worden geconcludeerd, dat van 1966 tot 1970 de bodem van een belangrijk deel van de Boven-Dinkel (benedenstrooms van Zoekerbrug) ca. 0,10 m moet zijn gedaald. Hierbij moet voornamelijk worden gekeken naar de wat hogere afvoeren, omdat bij zeer lage afvoeren plaatselijke verondiepingen, direct benedenstrooms van het meetpunt, de waterstanden sterk zullen beïnvloeden.

De Studiedienst van de Directie Bovenrivieren van Rijkswaterstaat kwam tot een iets afwijkende waarde voor de ruwheid te Zoekerbrug, n.l.  $C = 21 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$  (bij  $Q = 4,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ), een afwijking van slechts 10 % [Zanen, 1970].

afvoer $m^3/s$	peil m	h m	A $m^2$	P m <sup>3</sup>	R m	v m/s	Re	R/D <sub>50</sub>	f'	F <sub>D</sub>	f''	f	C $\frac{1}{m^2/s}$
1,1	24,36	0,56	5,20	10,25	0,51	0,21	107100	1789	0,013	3,79	>0,15	>0,16	<22
2,1	24,57	0,77	7,23	10,72	0,67	0,29	194300	2351	0,012	5,48	0,15	0,16	22,1
3,1	24,75	0,95	9,00	11,12	0,81	0,34	275400	2842	0,011	6,43	0,13	0,14	23,7
4	24,90	1,10	10,51	11,46	0,92	0,38	349600	3228	0,010	7,19	0,12	0,13	24,6
6	25,15	1,35	13,06	12,02	1,09	0,46	501400	3825	0,010	8,70	0,09	0,10	28,0
7,2	25,35	1,55	15,15	12,47	1,22	0,48	585600	4281	0,010	9,08	0,09	0,10	28,0

peil gemeten t.o.v. NAP

aangehouden: bodemhoogte: 23,80 m + NAP  
 bodembreedte: 9,00 m  
 taludhelling: 1:0,50  
 $D_{50} = 0,285$  mm

Tabel 4.2-1. Ruwheid ter plaatse van Meulemansbrug, berekend volgens Lovera-Kennedy en Alam-Kennedy [1969].

Gegevens: afvoer en peil volgens Snijdelaar [1966]; geometrie naar opname Waterschap [1970];

$D_{50}$  volgens schatting, gebaseerd op bodemonsters (zie par. 4-1).

afvoer $m^3/s$	peil $m$	h $m$	A $m^2$	P $m$	R $m$	v $m/s$	Re	R/D <sub>50</sub>	f'	F <sub>D</sub>	f''	f	C $\frac{1}{m^2/s}$
1,1	24,73	1,03	7,04	8,88	0,79	0,16	126400	2772	0,013	3,03	>0,16	>0,17	<21,5
2,1	24,92	1,22	8,65	9,50	0,91	0,24	218400	3193	0,012	4,54	0,16	0,17	21,5
3,1	25,11	1,41	10,34	10,13	1,02	0,30	306000	3579	0,011	5,67	0,15	0,16	22,1
4	25,27	1,57	11,84	10,65	1,11	0,34	377400	3895	0,010	6,43	0,14	0,15	22,9
6	25,63	1,93	15,46	11,83	1,31	0,39	510900	4596	0,010	7,38	0,12	0,13	24,6
7,2	25,81	2,11	17,39	12,42	1,40	0,41	574000	4912	0,010	7,75	0,11	0,12	26,7

peil gemeten t.o.v. NAP

aangehouden: bodemhoogte: 23,70 m + NAP

bodembreedte: 5,50 m

taludhelling: 1:1,3

D<sub>50</sub> = 0,285 mm

Tabel 4.2-2. Ruwheid ter plaatse van het Verdeelwerk (Beverborgstuw), berekend volgens Lovera-Kennedy en Alam-Kennedy [1969].

Gegevens: afvoer en peil volgens W.L. [1964]; geometrie naar opname Waterschap [1970];

D<sub>50</sub> volgens schatting, gebaseerd op bodemonsters (zie par. 4-1).

afvoer $\text{m}^3/\text{s}$	peil m	h m	A $\text{m}^2$	P m	R m	v m/s	Re	R/D <sub>50</sub>	f'	F <sub>D</sub>	f''	f	C $\frac{1}{\text{m}^2/\text{s}}$
1,1	31,49	1,24	10,09	10,29	0,98	0,11	107800	3063	0,014	1,96	>0,15	>0,16	<22
2,1	31,73	1,48	12,27	10,86	1,13	0,17	192100	3531	0,012	3,03	>0,15	>0,16	<22
3,1	31,97	1,72	14,53	11,43	1,27	0,21	266700	3969	0,011	3,75	>0,15	>0,16	<22
4	32,16	1,91	16,36	11,88	1,38	0,24	331200	4313	0,010	4,28	>0,15	>0,16	<22
6	32,56	2,31	20,38	12,83	1,59	0,29	461100	4969	0,010	5,18	0,15	0,16	22
7,2	32,78	2,53	22,67	13,35	1,70	0,32	544000	5313	0,010	5,71	0,14	0,15	23

peil gemeten t.o.v. NAP

aangehouden: bodemhoogte: 30,25 m + NAP

bodembreedte: 7,35 m

taludhelling: 1:0,64

D<sub>50</sub> = 0,320 mm

Tabel 4.2-3. Ruwheid ter plaatse van Zoekerbrug, (zomerperiode 1970) berekend volgens Lovera-Kennedy en Alam-Kennedy [1969].

Gegevens: afvoer en peil volgens Heidemij [1973] (zomerperiode 1970, zie figuur 3.1-6);  
 geometrie naar Heidemij [1973] (zie figuur 3.1-7); D<sub>50</sub> volgens schatting, gebaseerd  
 op bodemonsters (zie par. 4-1).

afvoer $\frac{m^3}{s}$	peil m	h m	A $m^2$	P m	R m	v m/s	Re	R/D <sub>50</sub>	f'	F <sub>D</sub>	f''	f	C $\frac{1}{m^2/s}$
1,1	31,61	0,41	3,30	8,78	0,38	0,33	125400	1188	0,013	5,89	0,14	0,15	23
2,1	31,87	0,67	5,55	9,50	0,58	0,38	220400	1813	0,012	6,78	0,12	0,13	25
3,1	32,09	0,89	7,56	10,10	0,75	0,41	307500	2344	0,011	7,32	0,11	0,12	26
4	32,28	1,08	9,37	10,63	0,88	0,43	378400	2750	0,010	7,67	0,11	0,12	26
6	32,65	1,45	13,09	11,65	1,12	0,46	515200	3500	0,010	8,21	0,10	0,11	27
7,2	32,85	1,65	15,21	12,20	1,25	0,47	587500	3906	0,010	8,39	0,09	0,10	28

peil gemeten t.o.v. NAP

aangehouden: bodemhoogte: 31,20 m + NAP  
 bodembreedte: 7,65 m  
 taludhelling: 1:0,95  
 $D_{50} = 0,320 \text{ mm}$

Tabel 4.2-4. Ruwheid ter plaatse van Zoekerbrug (toestand november 1970), berekend volgens Lovera-Kennedy en Alam-Kennedy [1969].

Gegevens: afvoer en peil volgens Heidemij [1973] (meerjarig gemiddelde, zie figuur 3.1-5);  
 geometrie naar Heidemij [1973] (zie figuur 3.1-7);  $D_{50}$  volgens schatting, gebaseerd op  
 bodemonsters (zie par. 4-1).

afvoer $m^3/s$	peil volgens Snijddelaar, 1966 (figuur 3.1-1) m	peil, berekend met behulp van het model, uitgaande van de ruwheid C (in $m^{1/2}/s$ )					
		14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m
1,1	24,37	24,54	24,48	24,44	24,40	24,37	24,34
2,1	24,57	24,87	24,79	24,73	24,67	24,62	24,58
3,1	24,75	25,15	25,05	24,97	24,90	24,84	24,78
4	24,90	25,37	25,25	25,15	25,07	25,00	24,94
6	25,15	25,79	25,64	25,52	25,41	25,33	25,25
7,2	25,35	26,01	25,84	25,71	25,60	25,50	25,41

peilen gemeten t.o.v. NAP; peil te Singraven aangehouden als 24,02 m + NAP

Tabel 4.2-5. Waterstanden te Meulemansbrug, zowel volgens Snijddelaar [1966] (zie figuur 3.1-1) als berekend met behulp van het model (met verschillende C-waarden).

In model toegepaste bodemgeometrie naar opname door Waterschap [1970].

afvoer $m^3/s$	peil volgens W.L., 1964 (tabel 3.1-2) m	peil, berekend met behulp van het model, uitgaande van de ruwheid C (in $m^2/s$ )					
		14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m
1,1	24,73	24,68	24,62	24,57	24,53	24,49	24,46
2,1	24,92	25,05	24,96	24,89	24,83	24,78	24,73
3,1	25,10	25,35	25,24	25,15	25,08	25,01	24,95
4	25,27	25,59	25,46	25,35	25,27	25,19	25,13
6	25,63	26,03	25,87	25,74	25,63	25,54	25,46
7,2	25,81	26,26	26,09	25,95	25,83	25,72	25,63

peilen gemeten t.o.v. NAP; peil te Singraven aangehouden als 24,02 m + NAP

Tabel 4.2-6. Waterstanden benedenstrooms van het Verdeelwerk (Beverborgstuw), zowel volgens W.L. [1964] (tabel 3.1-2) als berekend met behulp van het model (met verschillende C-waarden).

In model toegepaste bodemgeometrie naar opname door Waterschap [1970].



afvoer $m^3/s$	peil volgens Snijdelaar, 1966 (figuur 3.1-4) m	peil, berekend met behulp van het model, uitgaande van de ruwheid C (in $m^2/s$ )					
		14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m
1,1	27,06	27,19	27,12	27,07	27,03	27,00	26,97
2,1	27,28	27,57	27,47	27,40	27,33	27,27	27,23
3,1	27,50	27,89	27,77	27,67	27,59	27,52	27,46
4	27,70	28,15	28,01	27,90	27,80	27,72	27,64
6	28,05	28,64	28,46	28,32	28,20	28,10	28,01
7,2	28,25	28,89	28,70	28,55	28,41	28,30	28,20

peilen gemeten t.o.v. NAP; peilen bovenstrooms van Verdeelwerk volgens Heidemij [1973] (figuur 5.3-1).

Tabel 4.2-7. Waterstanden te Poppebrug, zowel volgens Snijdelaar [1966] (zie figuur 3.1-4) als berekend met behulp van het model (met verschillende C-waarden).

In model toegepaste bodemgeometrie naar opname door Waterschap [1970].

afvoer $\frac{m^3}{s}$	peil volgens Snijdelaar, 1966 (figuur 3.1-8) m	peil volgens Heidemij, 1973		peil, berekend m.b.v. model, uitgaande van de ruwheid C (in $m^{\frac{1}{2}}/s$ )						
		zomer 1970 (fig. 3.2-6) m	meerjarig gem (figuur 3.1-5) m	14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m	
0,83	31,37	31,41	31,53	31,58	31,55	-	-	-	-	-
1,58	31,65	31,62	31,74	31,85	31,78	31,72	31,67	31,64	31,60	
2,33	31,90	31,80	31,92	32,12	32,02	31,94	31,87	31,82	31,77	
3,01	32,10	31,95	32,07	32,33	32,21	32,12	32,04	31,97	31,91	
4,51	32,54	32,25	32,37	32,76	32,60	32,48	32,38	32,29	32,21	
5,41	32,65	32,45	32,55	32,98	32,81	32,68	32,56	32,46	32,38	

peilen gemeten t.o.v. NAP; berekende peilen gebaseerd op afvoer-verdeling volgens paragraaf 3.5.

Tabel 4.2-8. Waterstanden te Zoekerbrug (voorheen Rotermansbrug geheten), zowel volgens Snijdelaar [1966] (zie figuur 3.1-8), volgens Heidemij [1973] (zie figuren 3.1-5 en 3.1-6) als berekend met behulp van het model (met verschillende C-waarden).

In model toegepaste bodemgeometrie naar opname door Waterschap [1970].

#### 4.3. Transportformule.

De keuze van een transportformule, welke het in werkelijkheid optredende zandtransport op adequate wijze beschrijft, is een onderwerp, dat onder meer aan de orde komt in het rapport naar aanleiding van het modelonderzoek ter ondersteuning van het ontwerpen van het Verdeelwerk [W.L., 1964] (zie paragraaf 5.2.).

Ten behoeve van dat onderzoek werden zandtransportmetingen verricht te Meulemansbrug. Volgens het rapport werd bij afvoeren tot  $13 \text{ m}^3/\text{s}$  geen zwevend transport waargenomen. De metingen schijnen derhalve te zijn beperkt tot bodemtransportmetingen. Het rapport vermeldt de volgende resultaten [W.L., 1964]:

a. bij een afvoer  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ :  $S = 4 \text{ m}^3/\text{etmaal}$ ;

b. bij een afvoer  $Q = 13 \text{ m}^3/\text{s}$ :  $S = 8 \text{ m}^3/\text{etmaal}$ .

Bij de metingen is gebruik gemaakt van een B.T.M.A.

Het rapport merkt nog op, dat naar mededeling van het toenmalige Waterschap De Beneden-Dinkel bij hogere afvoeren wel degelijk zwevend transport voorkomt en schat dit qua orde van grootte op evenveel als het bodemtransport.

Kennelijk vond het Waterloopkundig Laboratorium in de metingen voldoende aanleiding om voor wat betreft de zandtransport-berekeningen te volstaan met het berekenen van bodemtransport.

Veel keus had men overigens ook niet: z.g. totaaltransportformules waren er nog nauwelijks.

Het Waterloopkundig Laboratorium koos de formule van Frijlink [1952], welke met de B.T.M.A.-metingen overeenkomende uitkomsten scheen op te leveren.

Uitgaande van de in paragraaf 5.2. opgenomen (gemiddelde) duurlijn voor de afvoer berekende het W.L. het gemiddelde jaartransport voor onder meer de volgende gevallen:

1. de Dinkel te Meulemansbrug, zonder Verdeelwerk (zie tabel 4.3-1);
2. de Dinkel, benedenstrooms van het Verdeelwerk (zie tabel 4.3-2);
3. de Dinkel, direct bovenstrooms van het Verdeelwerk (zie tabel 4.3-3).

Uit de berekeningen, vooral dienende ter onderlinge vergelijking, trekt het W.L. de conclusie, dat bovenstrooms van het Verdeelwerk de rivier zal aanzanden en benedenstrooms ervan zal uitschuren. In hoofdstuk 6 zal hierop worden teruggekomen. Het gemiddelde jaartransport van de Dinkel komt volgens het W.L. neer op ca.  $1000 \text{ m}^3$ .

Voor wat betreft de bovengenoemde B.T.M.A.-metingen moet hier het volgende worden opgemerkt. Gebleken is, dat met de B.T.M.A. bij het hier aanwezige materiaal ( $D_{50} = 300 \text{ mu}$ ) geen correcte uitkomsten kunnen worden verwacht. Het fijne zand verstopt voor een deel de mazen van het vangkorfje met als gevolg verminderde doorstroming en te kleine vangsten in vergelijking met het optredende zandtransport.

afvoer $m^3/s$	transport $m^3/etm$	frequentie gem. aantal dagen per jaar	transport $m^3/jaar$
0-2	0,06	170	10
2-4	1,6	74	118
4-7	3,9	59	230
7-11	8,3	35	290
11-15	9,6	9	86
15-20	11,7	10	117
20-25	14,1	4	56
>25	19	4	76
jaartotaal			980

Tabel 4.3-1. Bodemtransport, berekend met de formule van Frijlink, te Meulemansbrug. Situatie vóór de bouw van het Verdeelwerk [W.L., 1964].

afvoer $m^3/s$	transport $m^3/etm$	frequentie gem. aantal dagen per jaar	transport $m^3/jaar$
0-2	0,06	170	10
2-4	1,6	74	118
4-7	3,9	59	230
7-11	8,3	54	446
11-15	9,6	8	76
jaartotaal			880

Tabel 4.3-2. Bodemtransport, berekend met de formule van Frijlink, benedenstrooms van het Verdeelwerk, na de bouw er van [W.L., 1964].

afvoer $\text{m}^3/\text{s}$	transport $\text{m}^3/\text{etm}$	frequentie gem. aantal dagen per jaar	transport $\text{m}^3/\text{jaar}$
0-2	0,06	170	10
2-4	1,05	74	78
4-7	0,8	59	47
7-11	3	35	105
11-15	6,5	9	58
15-20	11,7	10	117
20-25	15	4	60
>25	20	4	80
jaartotaal			555

Tabel 4.3-3. Bodemtransport, berekend met de formule van Frijlink, direct bovenstrooms van het Verdeelwerk, na de bouw er van [W.L., 1964].

Hiermee komt tevens de geldigheid van de formule van Frijlink op losse schroeven te staan.

Opmerkelijk is, dat de Studiedienst van de Directie Bovenrivieren van Rijkswaterstaat bij de studie betreffende voorgenomen bochtafsnijdingen tussen Lossen en Gronau opnieuw gebruik maakt van de formule van Frijlink.

Met behulp van overigens niet nader gespecificeerde gegevens van het Waterloopkundig Laboratorium komt het rapportje tot een kromme voor het sedimenttransport (als functie van afvoergroepen), waaruit een gemiddeld jaartransport van ca.  $1300 \text{ m}^3$  is af te leiden [Zanen, 1970].

Omdat de formule van Frijlink kan worden beschouwd als een mengvorm van een drietal formules en voor wat betreft de resultaten vooral met twee daarvan sterk overeenkomt (Einstein en Meyer-Peter en Müller) is er dezerzijds de voorkeur aan gegeven de formule van Meyer-Peter en Müller [1948] in het onderzoek te betrekken. Dit, hoewel in het voorgaande al enkele vraagtekens bij de toepasbaarheid van een bodemtransportformule zijn geplaatst.

Behalve deze formule zijn ook de volgende z.g. totaaltransportformules op hun bruikbaarheid onderzocht:

- a. de formule van Engelund en Hansen [1967];
- b. de formule van Ackers en White [1973].

De terminologie "totaaltransportformule" houdt in, dat de formule geacht wordt het totaal van bodem- en zwevend transport "correct" te berekenen, zich dus niet beperkt tot slechts bodemtransport. Feitelijk komt slechts de onder b genoemde formule in aanmerking voor de benaming "totaaltransportformule" aangezien deze geldig is voor bodemmateriaal, in samenstelling variërend van klei tot grind. De onder a genoemde formule geldt eigenlijk alleen voor bodemmateriaal met  $D_{50} < 1 \text{ mm}$ , bij voornamelijk zwevend transport.

Een kritieke schuifspanning ("begin van beweging") wordt in deze formule dan ook niet aangetroffen.

Zoals bekend zijn de formules van Meyer-Peter en Müller en Engelund en Hansen als volgt te schrijven:

$$X = f(Y)$$

waarbij 
$$X = \frac{s}{\sqrt{g \Delta} \cdot D}^{3/2} \quad (\text{transport-parameter})$$

en 
$$Y = \frac{\Delta D}{\mu_{hi}} \quad (\text{stroom-parameter}).$$

met  $s$  = transport per m' breedte  
 $g$  = versnelling van de zwaartekracht  
 $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$  = relatieve dichtheid van het sediment  
 $D$  = maatgevende korreldiameter  
 $\mu$  = ribbelfactor  
 $h$  = waterdiepte  
 $i$  = energieverhang

De formules luiden nu:

$$\text{M.P.M.:} \quad X = 13,3 [Y^{-1} - 0,047]^{3/2}$$

$$\text{E.H. :} \quad X = 0,084 \cdot Y^{-5/2}$$

In tegenstelling hiermee bestaat "de formule van Ackers en White" uit een conglomeraat van formules, waarvan hieronder een overzicht wordt gegeven. De formule beschrijft het transport via een dimensieloos transport  $G_{gr}$  als functie van twee dimensieloze grootheden:

1. de maatgevende, dimensieloze korreldiameter  $D_{gr}$ ;
2. een soort dimensieloze schuifspanning ("mobility"),  $F_{gr}$ , vergelijkbaar met de stroomparameter  $Y$ .

De dimensieloze korreldiameter wordt geschreven als:

$$D_{gr} = D \cdot \left( \frac{g \cdot \Delta}{v^2} \right)^{1/3}$$

met  $D$  = maatgevende korreldiameter =  $D_{35}$   
 $\Delta$  = relatieve dichtheid bodemmateriaal  
 $g$  = versnelling zwaartekracht  
 $v$  = kinematische viscositeit

De "mobility"  $F_{gr}$  wordt gedefinieerd als:

$$F_{gr} = \frac{v_*^n}{\sqrt{g \Delta D}} \cdot \left[ \frac{v}{\sqrt{32} \cdot \log \left( \frac{\alpha d}{D} \right)} \right]^{1-n}$$

met  $v_*$  = schuifspanningsnelheid  
 $v$  = gemiddelde watersnelheid  
 $\alpha = 10$   
 $d$  = natte doorsnede/waterspiegelbreedte  
 $n$  = een functie van  $D_{gr}$ , voor het "overgangsgebied" ( $1,0 < D_{gr} \leq 60$ ) te schrijven als:  $n = 1,00 - 0,56 \cdot \log D_{gr}$ ;  
 voor grof materiaal ( $D_{gr} > 60$ ) als:  $n = 0,00$ .

Op te merken valt, dat de grenzen van het "overgangsgebied" globaal overeenkomen met respectievelijk  $D_{50} = 0,04$  en  $2,5$  mm.

De dimensieloze transportvergelijking luidt:

$$G_{gr} = C \left( \frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m$$

met  $A = \frac{0,23}{\sqrt{D_{gr}}} + 0,14$  voor  $1,0 < D_{gr} \leq 60$

en  $A = 0,17$  voor  $D_{gr} > 60$

$$\log C = 2,86 \cdot \log D_{gr} - (\log D_{gr})^2 - 3,53$$

voor  $1,0 < D_{gr} \leq 60$

en  $C = 0,025$  voor  $D_{gr} > 60$

$$m = \frac{9,66}{D_{gr}} + 1,34$$

voor  $1,0 < D_{gr} \leq 60$

en  $m = 1,50$  voor  $D_{gr} > 60$

Het sedimenttransport kan nu worden berekend uit:

$$G_{gr} = \frac{X \cdot d}{(\Delta + 1) \cdot D} \cdot \left( \frac{v_*}{v} \right)^n$$

met  $X$  = sedimentflux, uitgedrukt in p.p.m van het debiet.

Om praktische redenen is bij de berekening van het zandtransport als maatgevende korrel steeds  $D_{50}$  aangehouden, in afwijking van het voorschrift bij de formules van M.P.M. en A.W.

Evenzo is  $d$  volgens de formule van A.W. hier vervangen door de hydraulische straal  $R$ , terwijl voor  $\alpha$  is gekozen  $\alpha = 12$ . De invloed van deze wijzigingen op het resultaat van de berekeningen zullen later in deze paragraaf worden nagegaan.

Als transporterende breedte is steeds aangehouden de bodembreedte, wel correct bij bodemtransport, maar minder correct bij zwevend transport. Het zal in dat geval van de vorm van de zandvertikaal en de zijdelingse diffusie afhangen in hoeverre het berekende transport te klein is. Overigens wordt bij de berekeningen aangenomen, dat de schuifspanning over de gehele transporterende breedte dezelfde



de (maximale) grootte heeft, wat ook niet het geval zal zijn. Mogelijk wordt de eerder genoemde fout door de laatstgenoemde weer wat gecompenseerd.

Op de theoretische aspecten van de zandtransportformules zal hier niet verder worden ingegaan. Volstaan wordt met op te merken, dat de theorie nog steeds niet zover is, dat van transportformules grote nauwkeurigheid kan worden verwacht (vooral niet bij toepassing in natuurlijke waterlopen).

Aan de hand van metingen (waarvan de nauwkeurigheid ook al niet moet worden overschat) moet worden vastgesteld welke transportformule een bepaalde rivier het best "past".

Van de transportformule mag daarna niet meer worden verwacht dan de weergave van de orde van grootte van het transport. In dit licht is een fout van 100 % nog acceptabel te noemen.

Met behulp van het wiskundig model werd voor een aantal debieten het transport met elk van de drie te toetsen transportformules berekend te Meulemansbrug. Slechts van dit meetpunt staan meetresultaten ter beschikking, al zijn deze, zoals reeds is opgemerkt, niet geheel betrouwbaar. De resultaten van de berekeningen zijn vermeld in tabel 4.3-4.

Ter vergelijking zijn de berekeningen voor twee verschillende maatgevende koreldiameters uitgevoerd. Tijdens het onderzoek is namelijk de keuze hiervan gecorrigeerd. De onderlinge verschillen blijken gering te zijn.

Uiteraard hebben de resultaten volgens M.P.M. de beste overeenkomst met de meetresultaten. Dit mag hier echter nog geen aanleiding zijn de overige twee formules te verwerpen, al lijken met name de resultaten volgens E.H. aan de hoge kant. Aanvullende informatie omtrent het volgens M.P.M. en A.W. berekende transport te Meulemansbrug geeft tabel 4.3-5.

Uiteindelijk wordt de keuze van de transportformule gebaseerd op de berekeningen van het zandtransport bij het Verdeelwerk, waarvoor moet worden verwezen naar paragraaf 5.4. Van de drie beschouwde transportformules bleek slechts met die van Ackers en White de in ca. vijf jaar tijd ontstane verondieping van het Omleidingskanaal (zie ook paragraaf 2.3) te kunnen worden verklaard.

De resultaten volgens de formule van Meyer-Peter en Müller zijn beslist te laag. De formule van Engelund en Hansen is verder buiten beschouwing gelaten wegens veel te grote transporten bij kleinere afvoeren.

Een definitieve keuze van een transportformule is slechts mogelijk op grond van transportmetingen.

		zandtransport in m <sup>3</sup> /etmaal							
afvoer in m <sup>3</sup> /s	berekend met behulp van het wiskundig model, uitgaande van ruwheid C = 23 m <sup>1/2</sup> /s							gemeten bodemtransport volgens W.L., 1964	
	volgens Meyer-Peter en Müller		volgens Engelund en Hansen		volgens Ackers en White				
	D <sub>50</sub> = 285 μ	D <sub>50</sub> = 300 μ	D <sub>50</sub> = 285 μ	D <sub>50</sub> = 300 μ	D <sub>50</sub> = 285 μ	D <sub>50</sub> = 300 μ	D <sub>50</sub> = 300 μ		
1,1	0,0	0,0	1,6	1,5	0,0	0,0	0,0		
2,1	0,2	0,0	6,2	5,8	0,6	0,5	0,5		
3,1	0,8	0,8	13,9	12,9	1,7	1,5	1,5		
4	1,5	1,4	22,9	21,7	3,8	3,5	3,5		
6	3,2	3,1	52,5	49,9	8,7	8,1	8,1		
7,2	4,3	4,3	76,7	72,8	13,2	12,4	12,4		4
7,5	4,6	4,6	83,5	79,3	15,1	14,2	14,2		+8
12,7	10,5	10,4	254,5	241,8	41,5	39,5	39,5		

Tabel 4.3-4. Zandtransport te Meulemansbrug. Met behulp van het wiskundig model is het transport berekend volgens drie formules (zie van Meyer-Peter en Müller, van Engelund en Hansen en van Ackers en White) en voor twee maatgevende (hier: mediane) korrelgrootten (285 en 300 μ). Voor de ruwheid is C = 23 m<sup>1/2</sup>/s aangehouden. Ter vergelijking zijn de door het Waterloopkundig Laboratorium verrichte waarnemingen in de tabel opgenomen [W.L., 1964].

afvoer $Q$ $m^3/s$	bodem- breedte $b_b$ m	waterspiegel- breedte $b_w$ m	waterdiepte $h$ m	hydr. staal $R$ m	energie- verhang $i$	watersnelheid $v$ m/s	sedimenttransport S	
							M.P.M $m^3/etmaal$	A.W $m^3/etmaal$
1,1	8,95	9,51	0,53	0,48	$20 \times 10^{-5}$	0,23	0,0	0,0
2,1	8,95	9,77	0,78	0,68	$23 \times 10^{-5}$	0,29	0,2	0,5
3,1	8,95	9,98	0,98	0,83	$25 \times 10^{-5}$	0,33	0,8	1,5
4	8,95	10,15	1,15	0,95	$27 \times 10^{-5}$	0,37	1,4	3,5
6	8,95	10,49	1,46	1,16	$29 \times 10^{-5}$	0,42	3,1	8,1
7,2	8,95	10,66	1,63	1,27	$30 \times 10^{-5}$	0,45	4,3	12,4
7,5	8,95	10,70	1,67	1,29	$31 \times 10^{-5}$	0,46	4,6	14,2
12,7	8,95	11,34	2,28	1,64	$35 \times 10^{-5}$	0,55	10,4	39,5

Tabel 4.3-5. Waterbeweging en zandtransport te Meulemansbrug, berekend met behulp van het wiskundig model.

Uitgangspunt bij het schematiseren van het dwarsprofiel is de bodemligging van het voorjaar (en zomer) van 1970 [Waterschap, 1970, zie bijlage 1]. Voor de ruwheid is aangehouden  $C = 23 \text{ m}^2/s$ . Het sedimenttransport is berekend met de formule van Meyer-Peter en Müller en met die van Ackers en White, bij een maatgevende korrelgrootte van  $D_{50} = 300 \text{ mu}$ . Let wel, het betreft lokale waarden; vooral ten aanzien van  $i$  en  $S$  moet rekening worden gehouden met grote plaatselijke verschillen.

Vervolgens zal getracht worden een schatting te maken van het gemiddelde jaartransport in de Boven-Dinkel. Hierbij wordt uitgegaan van de geldigheid van de formule van Ackers en White.

Bij beschouwing van het lengteprofiel van de Boven-Dinkel, dat als initiële toestand deel uitmaakt van het wiskundig model (geschematiseerd naar opname door Waterschap in 1970), viel onder meer het grote verhang tussen Bossinkbrug en Losserbrug op.

Besloten werd dit traject te kiezen voor een berekening van het jaartransport, vooral ook omdat dit traject het model aan de bovenstroomse zijde min of meer begrenst.

Voor de berekening werd uitgegaan van gemiddelden van bodembreedte, taludhelling, diepte en verhang over het hele traject van 2,11 km. Het gemiddelde verhang werd bepaald uit de met het model berekende waterstanden bij de twee bruggen (bij  $C = 23 \text{ m}^2/\text{s}$ ). Van plaats tot plaats zijn ten gevolge van nogal grote bodemhoogte-variantie de berekende transporten sterk uiteenlopend, zoals het model aantoonde. Tabel 4.3-6 geeft de resultaten van de berekening op basis van de gemiddelden.

Het berekende transport is in figuur 4.3-7 uitgezet tegen de afvoer (zowel totale, als zomerbed-).

Bovendien is ingetekend de kromme voor Meulemansbrug (volgens tabel 4.3-5).

Aan de hand van figuur 4.3-7 en figuur 3.3-1 (afvoerduurlijn uit de geschematiseerde afvoer over de jaren 1970 t/m 1973) is het gemiddelde jaartransport over de periode 1970 t/m 1973 berekend voor het gekozen traject.

Zie bijlage 10. Het gemiddelde jaartransport is bepaald op  $2060 \text{ m}^3$ . Dit transport is gebaseerd op een relatief droge periode (zie paragraaf 3.3.).

Om een schatting te kunnen maken voor langere tijd wordt het gemiddelde transport per etmaal berekend:  $5,6 \text{ m}^3/\text{etmaal}$ . Dit komt overeen met een afvoer van  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . (terwijl de gemiddelde afvoer ca.  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  bedroeg).

Volgens figuur 3.3-1 heeft dit debiet een gemiddelde onderschrijdingsduur gehad van ca. 270 dagen per jaar. Wordt aangenomen, dat de dominante afvoer voor het zandtransport is gerelateerd aan deze onderschrijdingsduur, dan zou voor een langere waarnemings periode deze afvoer ca.  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  bedragen.

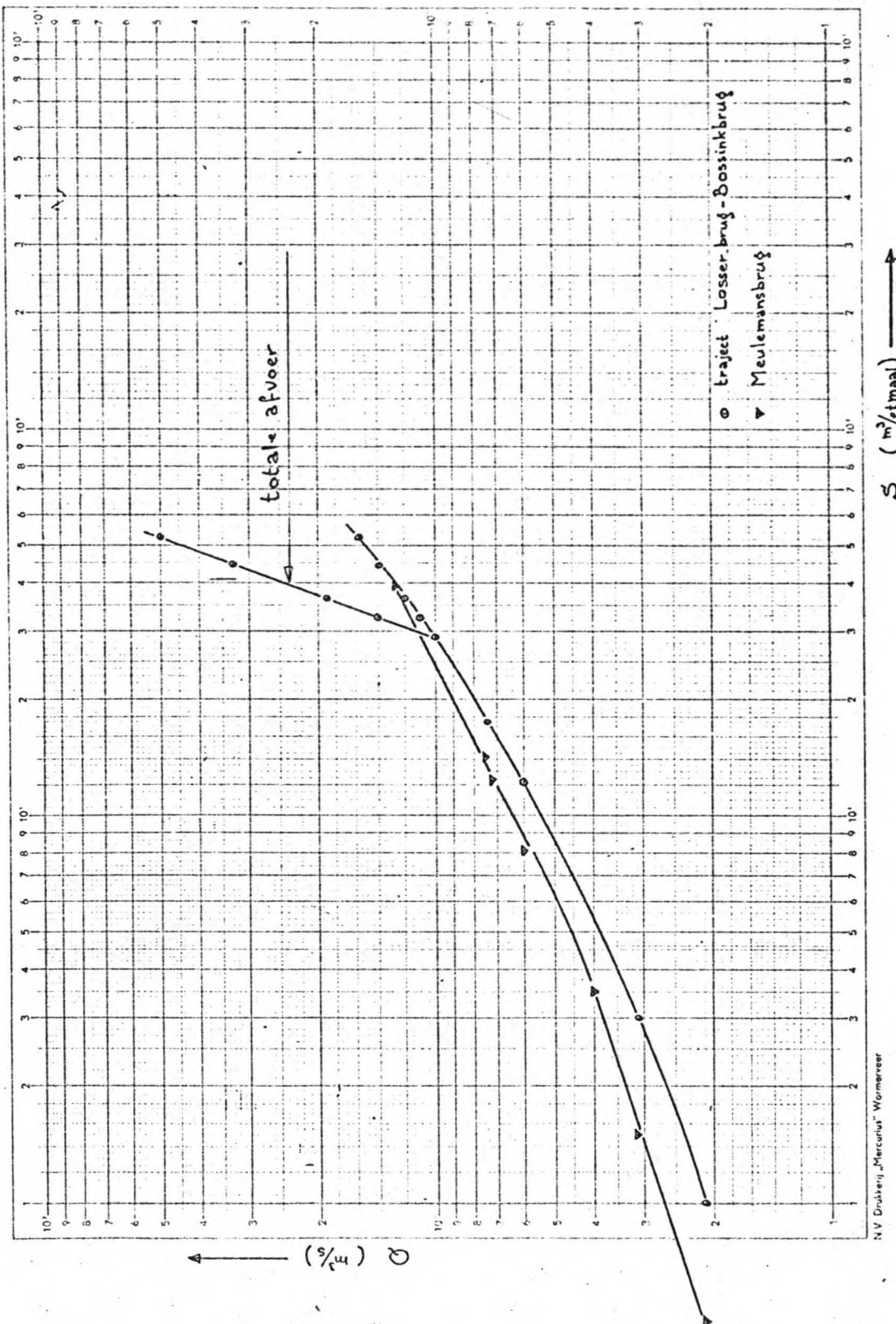
Dit zou neerkomen op een gemiddeld jaartransport van  $365 \times 8,5 = 3100 \text{ m}^3$ . Een theoretische achtergrond heeft deze schattingsmethode niet; op grond van gevoelsoverwegingen is getracht een langjarig gemiddelde te bepalen. Als gemiddeld jaartransport zal voorlopig worden uitgegaan van  $3500 \text{ m}^3/\text{jaar}$ .

afvoer Q		verhang i x10 <sup>4</sup>	diepte h m	doorsnede A m <sup>2</sup>	hydr. straal R m	v m/s	v* m/s	transport S m <sup>3</sup> /etm.
totaal m <sup>3</sup> /s	zomerbed m <sup>3</sup> /s							
2,1	2,1	3,8	0,91	6,43	0,74	0,33	0,044	1,0
3,1	3,1	3,9	1,13	8,22	0,88	0,38	0,051	3,0
6	6	4,1	1,64	12,72	1,19	0,47	0,064	12,1
7,5	7,5	4,1	1,87	14,92	1,31	0,50	0,068	17,4
10	10	4,2	2,21	18,34	1,49	0,55	0,074	29,0
14	11	4,2	2,34	19,71	1,56	0,56	0,076	32,6
19	12	4,2	2,46	21,00	1,62	0,57	0,078	36,4
33	14	4,2	2,69	23,55	1,73	0,59	0,081	44,6
50	15,7	4,2	2,88	25,74	1,82	0,61	0,083	52,4

Tabel 4.3-6. Gemiddelde afvoergrootheden en zandtransport over het traject  
Bossinkbrug-Losserbrug

Gemiddelde breedte: 6,20 m; gem. taludhelling: 1:0,95; lengte: 2,11 km  
(naar bodemopname door Waterschap, 1970). Ruwheid:  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ .

Transport berekend volgens de formule van Ackers en White.



Figuur 4.3-7. Sedimentafvoerkromme voor het traject Bossinkbrug-Losserbrug en voor Meulemansbrug. Berekend volgens de formule van Ackers en White. Bodemgeometrie naar opname door Waterschap (1970).

Thans wordt de gevoeligheid van het berekende transport nagegaan voor:

- a. een variatie van 10 % in de te hanteren C-waarde;
- b. het afwijken van de voorgeschreven grootheden bij de formule van Ackers en White (D, d en  $\alpha$ ).

a. Beschouwd wordt een afvoer van  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (geen inundatie).

1. traject Bossinkbrug- Losserbrug:

De C-waarde wordt verhoogd met 10 % en wordt dus  $C = 25,3$  i.p.v.  $C = 23 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ .

Gezien de peilen volgens de tabellen 4.2-7 en 4.2-8 betreffende respectievelijk Poppebrug en Zoekerbrug zal de waterstand ca. 10 cm dalen.

Hiermee:  $h = 1,77 \text{ m}$

$$A = 13,95 \text{ m}^2$$

$$P = 11,08 \text{ m}$$

zodat  $R = 1,26 \text{ m}$

$$v = 0,54 \text{ m/s} \quad (\text{verandering ca. } 10 \%)$$

$$v_* = 0,067 \text{ m/s}$$

en  $S = 22,2 \text{ m}^3/\text{etm}$  (eerst  $17,4 \text{ m}^3/\text{etmaal}$ )

De vergroting van het transport bedraagt dus ca. 30 %.

2. Meulemansbrug:

De C-waarde wordt eveneens verhoogd met 10 % tot  $C = 25,3 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ .

De waterdiepte neemt daardoor af van 1,67 tot 1,58 m.

Hiermee:  $A = 15,45 \text{ m}^2$

$$P = 12,51 \text{ m}$$

zodat  $R = 1,23 \text{ m}$

$$v = 0,49 \text{ m/s} \quad (\text{minder dan } 10 \% \text{ afwijking})$$

$$v_* = 0,060$$

en  $S = 16,8 \text{ m}^3/\text{etm}$  (i.p.v.  $14,2 \text{ m}^3/\text{etmaal}$ )

De vergroting van het transport bedraagt hier ca. 18 %.

b. traject Bossinkbrug- Losserbrug:

$$\text{Nu: } D = D_{35} = 270 \text{ mu}$$

$$d = A/bw = 14,92/9,75 = 1,53 \text{ m}$$

$$\alpha = 10$$

Uitgaande van  $C = 23 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$  wordt het transport thans  $S = 19,9 \text{ m}^3/\text{etm}$  i.p.v.

17,4, een verhoging van slechts 14 %. Vergelijken met de fout in het transport bij een mis-schatting van de ruwheid met 10 % is de onnauwkeurigheid als gevolg van het afwijken van bovenstaande grootheden dus te verwaarlozen.

#### 4.4. Morfologische tijdschaal.

Teneinde een indruk te krijgen van de snelheid, waarmee morfologische processen zich in een bepaalde rivier voltrekken ontwikkelde Dr.ir. De Vries een methode, waarbij de onderhavige rivier wordt vergeleken met een rivier ("standaard"), waarvan het gedrag bekend is [De Vries, 1973]. Zie ook bijlage 11.

Als "standaard-rivier" zal worden beschouwd de Waal, waarin een theoretische plotselinge bodemdaling op zekere plaats eerst ca. 400 jaar later 100 km stroomopwaarts voor de helft zou zijn doorgedrongen.

Van de Waal is bekend, dat morfologische veranderingen zich langzaam voltrekken.

Alvorens de methode op de Dinkel te kunnen toepassen moet eerst worden vastgesteld, dat aan de volgende voorwaarde is voldaan:

$$X_{0,50} > 3 \frac{h}{i}$$

, waarin  $X_{0,50}$  = de afstand, waarover de daling zich voor de helft heeft gemanifesteerd. (100 km bij de Waal bv.)

De eis is dus  $X_{0,50} > \frac{3,4}{3,10^{-4}}$  of  $X > 4,10^4$  m = 40 km.

Voor een goede vergelijking wordt gekozen  $X_{0,50} = 100$  km.

Wordt voor het jaartransport van de Dinkel aangehouden een hoeveelheid van  $3500 \text{ m}^3/\text{jaar}$  (zie paragraaf 4.3) en wordt uitgegaan van een bodembreedte van 6 m, dan kan de tijd waarin bovenbedoelde bodemdaling zou hebben plaatsgevonden, qua orde van grootte worden vastgesteld op 4000 jaar (zie bijlage 11). Hieruit kan de conclusie worden getrokken, dat morfologische veranderingen in de Dinkel zich zeer langzaam voltrekken; nog een factor 10 langzamer dan bij de Waal.

Ingrepen zullen zich niet snel manifesteren in de vorm van bodemdaling of -stijging over grote afstanden. Aan de andere kant betekent dit ook, dat bepaalde ingrepen nog heel lang kunnen nawerken. Zo lang zelfs, dat op den duur de oorzaak van een zeker verschijnsel niet of nauwelijks meer is na te gaan.



## 5. Verdeelwerk.

### 5.1. Overzicht.

De sleutelpositie, welke het Verdeelwerk inneemt, maakt het noodzakelijk grondig inzicht te verkrijgen in constructie en werking van dit kunstwerk. Het Verdeelwerk is gebouwd met het oogmerk de Beneden-Dinkel te vrijwaren van inundaties, waartoe bij afvoeren, groter dan ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , een deel van het debiet op het Omleidingskanaal wordt afgelaten. De afvoer kan zodanig worden verdeeld, dat op de Beneden-Dinkel deze beperkt blijft tot maximaal  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Aan de hand van de beschikbare gegevens zal het stuwprogramma worden vastgesteld en, ten behoeve van het model, worden vertaald in een wiskundige beschrijving. Uit de probleemstelling is bekend, dat het Verdeelwerk behalve water ook sediment "verdeelt". Het opsporen van de oorzaak hiervan is een van de doelstellingen van deze studie. Enkele mogelijke oorzaken zullen worden beschouwd en, alweer voor het model wiskundig worden vastgelegd.

Met behulp van een wiskundig model, beperkt tot het Verdeelwerk met naaste omgeving, worden deze hypothesen uitgewerkt en aan de werkelijkheid getoetst.

Aan de uitkomst van deze berekeningen wordt een belangrijke ruggesteun ontleend bij de keuze van de zandtransportformule in paragraaf 4.3.

Om misverstanden uit te sluiten wordt nog opgemerkt, dat alle beschouwingen in dit hoofdstuk de thans bestaande situatie betreffen.

## 5.2. Constructie.

Aan de bouw van het Verdeelwerk ging een door het Waterloopkundig Laboratorium verricht onderzoek vooraf [W.L., 1964].

Het onderzoek bestond uit drie delen:

- a. een modelonderzoek naar de meest gunstige vorm van het splitsingspunt en de daarin opgenomen kunstwerken om het debiet in de gewenste verhouding te verdelen;
- b. een berekening van de te verwachten veranderingen in het zandtransport;
- c. een modelonderzoek naar de ontgrondingen benedenstrooms van de kunstwerken.

De aan het Verdeelwerk te stellen eisen luiden als volgt:

- a. bij een "maximaal te verwachten" debiet van  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  (met een door het W.L. berekende frequentie van 1 % per jaar) zou de afvoer van de Beneden-Dinkel niet meer mogen bedragen dan  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij de rest van het debiet door het Omleidingskanaal zou moeten worden afgevoerd;
- b. in verband met oude rechten (watermolen) zou bij afvoeren, kleiner dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , het gehele debiet door de bestaande loop moeten worden afgevoerd;
- c. bij grotere afvoeren zou de mogelijkheid moeten bestaan het Omleidingskanaal te voeden, met handhaving van de genoemde minimumafvoer;
- d. het kunstwerk zou de afvoer van drijvend vuil niet mogen verhinderen;
- e. bewegende delen en bediening ervan zouden, indien mogelijk, moeten worden vermeden;
- f. de verdeling van het sedimenttransport zou zo goed mogelijk moeten worden aangepast aan de transportcapaciteit van Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal (!);
- g. indien mogelijk zou het kunstwerk moeten worden gecombineerd met een brug (Beverborgsbrug) over de bestaande loop, benedenstrooms van de splitsing.

Samengevat zijn de conclusies van het modelonderzoek:

1. ter plaatse van de splitsing zijn twee kunstwerken nodig: een overlaat naar het kanaal en een duiker (stuw) naar de bestaande Dinkelloop;
2. wegens eis c is in de duiker een schuif nodig, waarmee de doorstroomopening gedeeltelijk kan worden gesloten;
3. de afvoer van sediment zou alleen enigszins bevredigend kunnen verlopen wanneer niet langdurig zou worden gestuwd, zodat de duiker als regel geheel geopend zou moeten zijn;
4. ontgrondingen in het Omleidingskanaal, onmiddellijk achter de overlaat, zouden kunnen worden beperkt door het aanbrengen van een stortebed; ontgraving in de Beneden-Dinkel, onmiddellijk beneden de duiker, zouden door het aanbrengen van een V-vormige stroombreker tot aanvaardbare proporties kunnen worden teruggebracht;

regelmatige inspectie zou noodzakelijk zijn; de stabiliteit van de duiker zou moeten worden gewaarborgd door het opsluiten van de einden van de vloer.

Gezien de bestekstekening (bijlage 12) is het Verdeelwerk in eerste instantie conform het advies van het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerd. Het kunstwerk is gebouwd in een bochtafsnijding. Zie figuur 5.2-1.

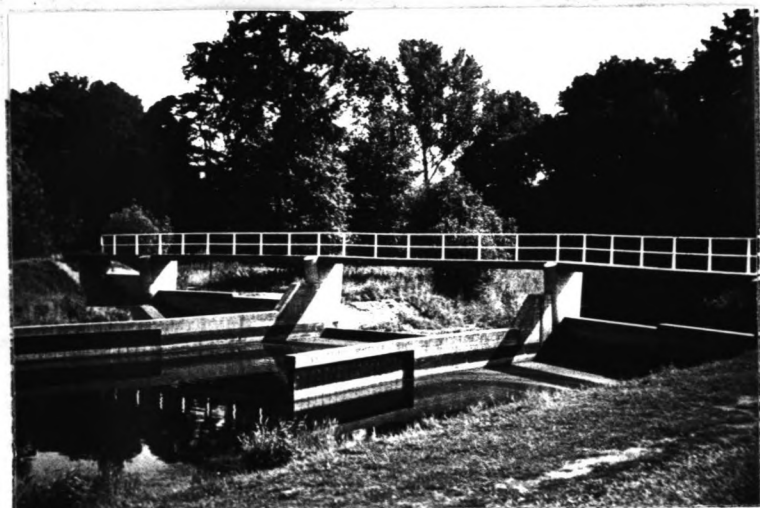
Wegens sterke aanzanding, onmiddellijk benedenstrooms van de duiker, is in 1966 de V-vormige stroombreker verwijderd. Er resteert thans, naar tijdens het onderzoek bleek, een drempel met een kruinshoogte van 24,85 m + N.A.P. (bij een bodemhoogte van ca. 24,10 m + N.A.P.).

Voorts is vóór 1970 de vormgeving van de doorstroomopening van de duiker drastisch gewijzigd. De opening werd zodanig vergroot, dat over de volle hoogte de dagbreedte thans 3 m bedraagt.

Hiermee samenhangend werd de schuifconstructie aangepast.

De thans noodzakelijke bediening van de schuif werd geautomatiseerd, waarbij het regelmechanisme wordt gedirigeerd door een vlotterconstructie aan de benedenstroomse zijde van de duiker. Zie figuur 5.2-2.

Bovenstaande wijzigingen kwamen pas aan het licht na uitvoerige berekeningen, betreffende optredende vervallen over de duiker, en na inspectie ter plaatse (zie ook bijlage 13). Kennelijk zijn de tekeningen van het Verdeelwerk na de veranderingen niet gereviseerd.



Figuur 5.2-1. De overlaat van het Verdeelwerk.



Figuur 5.2-2. Bovenstrooms aanzicht van het Verdeelwerk.

### 5.3. Afvoerverdeling.

Een recent stuwprogramma wordt in feite gegeven door de afvoerstudie door de Heidemaatschappij [1973]. Hoewel dit niet uitdrukkelijk wordt vermeld, is de waterstand, bovenstrooms van het Verdeelwerk, uitgezet tegen de afvoer van de Beneden-Dinkel. Het stuwprogramma is weergegeven in figuur 5.3-1. Duidelijk is, dat bij afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , de overlaat voor het Omleidingskanaal in werking treedt. Voorts is de steeds sterker toenemende stijging van de bovenwaterstand, bij grotere afvoeren, opvallend.

Het asymptotisch tot ca.  $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$  naderen van de kromme wijst op het steeds verder sluiten van de doorstroomopening van de duiker. De schuif is hierop geprogrammeerd.

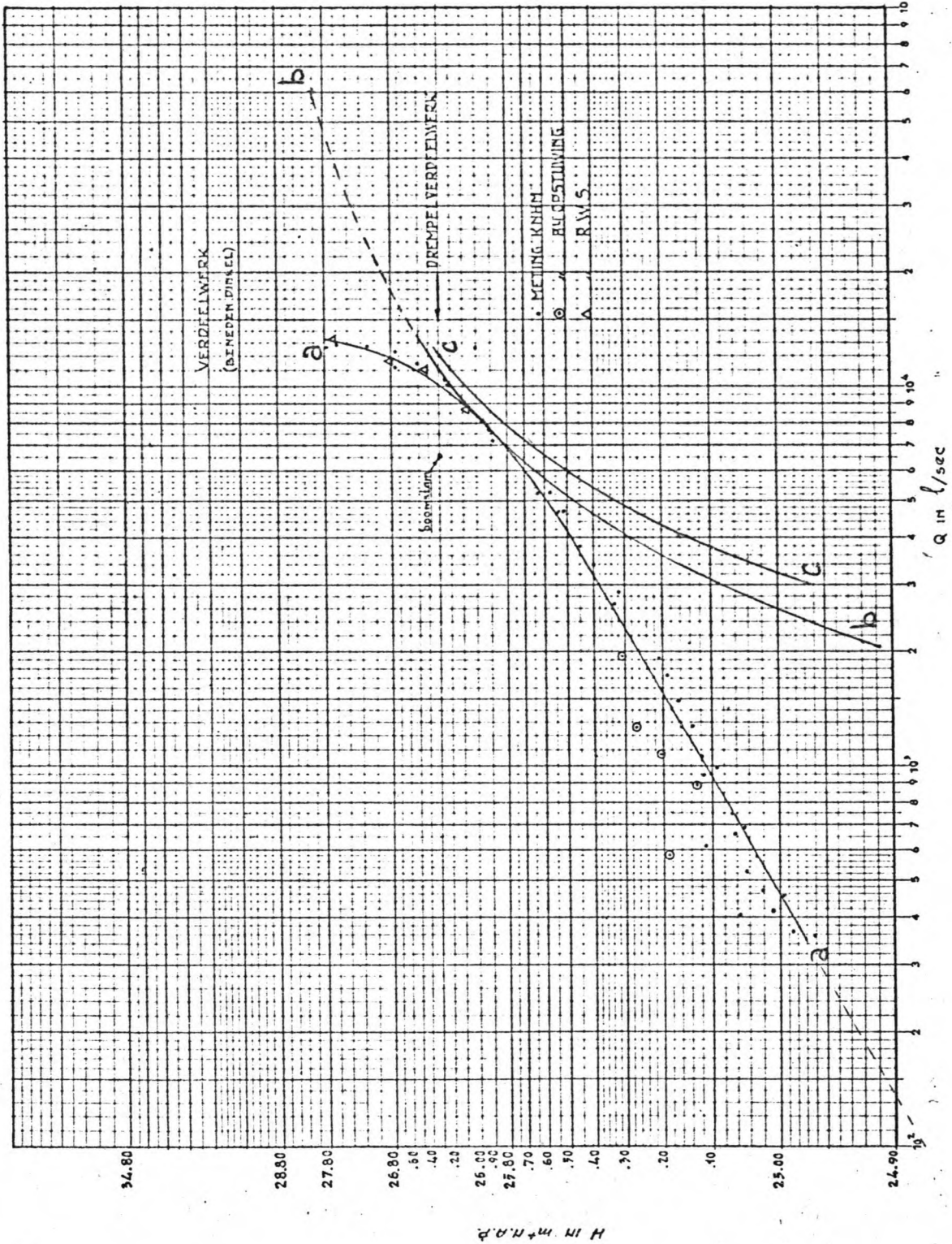
Bij afvoeren, kleiner dan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  wordt het stuwprogramma op het dubbel-logarithmisch papier door een rechte lijn weergegeven.

Extrapoleren van de rechte naar het gebied van de kleinere afvoeren geeft grond voor de veronderstelling, dat bij een peil van ca.  $24,85 \text{ m} + \text{N.A.P.}$  het debiet nul bedraagt. Met andere woorden, er zal zich ter plaatse van, of beneden de duiker een drempel moeten bevinden met genoemd peil als kruinshoogte; de hoogte van de vloer van de duiker is immers  $24,10 \text{ m} + \text{N.A.P.}$

Een op 17 oktober 1975 uitgevoerde, nadere verkenning van de situatie ter plaatse van het Verdeelwerk, in verband met dit vraagstuk, leerde het volgende. Bij de optredende, zeer lage afvoer tekende zich een tweetal drempels af, op afstanden van respectievelijk ca. 10 en 50 m benedenstrooms van de duiker (zie figuur 5.3-2). Het totale verval over de beide drempels bedroeg naar schatting  $0,50 \text{ à } 1,00 \text{ m}$ . Op de peilschalen, gemonteerd op de frontmuren, respectievelijk boven en beneden de duiker, kon een waterstand van  $24,88 \text{ m} + \text{N.A.P.}$  worden afgelezen.



Figuur 5.3-2. Drempels, benedenstrooms van het Verdeelwerk.



Figuur 5.3-1. Stuwprogramma van het Verdeelwerk. De bovenwaterstand (a) is uitgezet tegen de afvoer in de Beneden-Dinkel [Heidemij, 1973].

Bovendien is de benedenwaterstand aangegeven: b. volgens W.L., 1964. c. berekend met het model (met  $C = 23 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ).

De schuif was geheel geheven. Om een schatting van de grootte van de afvoer te kunnen maken werd de peilschaal van de Poppebrug afgelezen.

Deze gaf een waterstand aan van 26,85 m + N.A.P., welke volgens de enig beschikbare afvoerkromme [Snijdelaar, 1966] overeenkomt met een debiet van 0,45 m<sup>3</sup>/s. Gezien de lage afvoer en de zandbank rondom de peilschaal valt te twijfelen aan de juistheid van dit resultaat.

Volgens het (geëxtrapoleerde) stuwprogramma van het Verdeelwerk, daterend uit 1970 zou de afvoer ca. 0,1 m<sup>3</sup>/s bedragen. Door de molenaar van Singraven werd diezelfde dag de afvoer geschat op 6 m<sup>3</sup>/min! Van een meetbaar verval over 10 m zou in elk geval geen sprake kunnen zijn.

De bij inspectie verkende drempels hadden een duidelijk waarneembare kruin, bestaande uit een steenstapeling. Op de kruinen had zich wat drijvend vuil, takken e.d., afgezet.

Nadere informatie, verstrekt door het Waterschap, leerde dat de bovenstroomse drempel een restant is van een omstreeks 1966 verwijderde V-vormige stroombreker en dat de benedenstroomse drempel de benedenbegrenzing vormt van een kleine, in 1973 aangelegde, zandvang.

Concluderend kan worden gesteld, dat thans zowel als ten tijde van de afvoermetingen door de Heidemaatschappij in 1970 en 1971 [Heidemij, 1973] benedenstrooms van de duiker minstens één drempel is en was gelegen met een kruinshoogte van ca. 24.85 m + N.A.P.

Het wiskundig model, dat wordt "gevoed" met (stationaire) afvoeren, zoals deze kunnen worden gemeten in de Boven-Dinkel, vereist, dat het stuwprogramma wordt beschreven op twee manieren:

1. Vóór het (stroomopwaars) doorrekenen van de verhanglijn moet de afvoerverdeling over Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal bekend zijn:
2. het berekenen van de verhanglijn voor de Boven-Dinkel behoeft een randvoorwaarde in de vorm van een bekende waterstand aan het benedenstroomse eind.

Bij de wiskundige beschrijving van het stuwprogramma wordt gebruik gemaakt van de volgende symbolen:

- $Q_1$  = afvoer van de Boven-Dinkel
- $Q_2$  = afvoer van de Beneden-Dinkel
- $Q_3$  = afvoer van het Omleidingskanaal
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  = coëfficiënten
- $l$  = waterstand

## 1. Afvoerverdeling.

De aan de af te leiden functie te stellen eisen zijn:

- bij de Boven-Dinkel-afvoeren, kleiner dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  moet het gehele debiet naar de Beneden-Dinkel; het Omleidingskanaal ontvangt dan dus niets:
- bij toenemende Boven-Dinkel-afvoer moet het Omleidingskanaal steeds meer debiet opnemen, zodanig, dat bij een totale afvoer van  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  de Beneden-Dinkel hiervan slechts  $13 \text{ m}^3/\text{s}$  afvoert.

- Kennelijk luidt een deel van de functie:

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1 & \text{voor } Q_1 &\leq 10 \text{ (m}^3/\text{s)} \\ Q_3 &= 0 \end{aligned}$$

- Met het oog op het asymptotische karakter van het tweede deel van het stuwprogramma wordt voor de Beneden-Dinkel-afvoer een hyperbolische functie aangenomen:

$$Q_2 = \gamma \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{Q_1 - \alpha}{\beta} \right) + \delta \quad (\text{figuur 5.3-1})$$

De functie moet voldoen aan de volgende voorwaarden:

$$\lim_{Q_1 \rightarrow 70} Q_2 = 13 \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1)$$

$$\frac{dQ_2}{dQ_1} = 0,4 \quad \text{voor } Q_1 = 10 \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2)$$

$$Q_2 = Q_1 \quad \text{voor } Q_1 = 10 \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (3)$$

Voor de berekening van de coëfficiënten wordt verwezen naar bijlage 14. Het resultaat van de berekening luidt:

$$\alpha = -3,00$$

$$\beta = 12,20$$

$$\gamma = 12,86$$

$$\delta = -0,13$$

Hiermee kan het tweede deel van het stuwprogramma worden beschreven als:

$$Q_2 = 12,86 \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{Q_1 + 3,00}{12,2} \right) - 0,13 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad \text{voor } Q_1 > 10 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$



## 2. Waterstandsverloop.

Het waterstandsverloop wordt gegeven door het stuwprogramma van figuur 5.3-1. Getracht zal dus moeten worden de in deze figuur voorkomende kromme met een wiskundige uitdrukking te beschrijven.

Feitelijk zou de waterstand, bovenstrooms van het Verdeelwerk, met deze beschreven kromme, via de reeds onder 1 berekende afvoerverdeling geheel zijn vastgelegd. Echter, de nauwkeurigheid van de berekende waterstand en, hoger dan 26,30 m + N.A.P. (kruinhoogte van de overlaat), zou niet groot zijn. De redenen hiervoor zijn:

- a. voor Boven-Dinkel-afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , wordt onder 1 de Beneden-Dinkel-afvoer slechts benaderd door een hyperbolische functie (wel voldoende nauwkeurig voor het doorrekenen van de verhanglijn van de Beneden-Dinkel);
- b. voor Beneden-Dinkel-afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , verloopt de kromme van het stuwprogramma zeer steil (tevens de reden voor het voldoende nauwkeurig zijn van de aangenomen afvoerverdeling zoals onder a gesteld).

De nauwkeurigheid van de waterstandsberekening kan worden vergroot dankzij een door de afvoerstudie van de Heidemaatschappij [1973] gegeven afvoerkromme van de overlaat voor het Omleidingskanaal.

In de figuur 5.3-2 gereproduceerde kromme wordt het verband gegeven tussen de waterstand, bovenstrooms van het Verdeelwerk, en de afvoer van het Omleidingskanaal. Aangezien het verband door een machtsfunctie kan worden beschreven, ontstaat op dubbel-logaritmisch papier een rechte lijn (met een knik ter plaatse van een kruinsverbreding).

Het waterstandsverloop zal nu op de volgende wijze worden beschreven:

- a. voor Boven-Dinkel-afvoeren, kleiner dan of gelijk aan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , met behulp van figuur 5.3-1 (stuwprogramma van de duiker);
- b. voor Boven-Dinkel-afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , met behulp van figuur 5.3-2 (afvoerkromme van de overlaat).

- a. Zoals reeds eerder is opgemerkt, aan het begin van deze paragraaf, wordt het stuwprogramma voor afvoeren, kleiner dan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ , op het dubbel-logaritmisch papier door een rechte lijn weergegeven.

Het traject van afvoeren, kleiner dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , wordt dan ook in twee stukken verdeeld:

- 1e. afvoeren, kleiner dan of gelijk aan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ :

Het waterstandsverloop kan hier door een machtsfunctie worden beschreven:

$$l = l_3 = 0,162 \cdot \left(\frac{Q_2}{0,4}\right)^{0,60805} + 24,823$$

2e. afvoeren, groter dan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  en kleiner dan of gelijk aan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ :

Ter benadering van het waterstandsverloop wordt hier gebruik gemaakt van een 3e-graads interpolatie-polynoom van Lagrange [Zaat, 1971].

Aan figuur 5.3-1 worden de 4 benodigde steunwaarden ontleend:

Peil (0) = 25,48	voor QS (0) = 4
Peil (1) = 25,70	voor QS (1) = 6
Peil (2) = 25,95	voor QS (2) = 8
Peil (3) = 26,30	voor QS (3) = 10,

waarbij de notatie is:

Peil, voorzien van een volgnummer = steunwaarde (waterstand)

QS, idem = bijbehorende afvoer.

Worden de polynomen genoteerd als  $LA_i$  en de gevraagde waterstand als Level, dan kunnen de polynomen en het te beschrijven waterstandsverloop als volgt worden geschreven:

$$LA_i = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^3 \frac{Q_2 - QS(j)}{QS(i) - QS(j)} \quad \text{en}$$

$$\text{Level} = \sum_{i=0}^3 \text{Peil}(i) \cdot LA_i$$

b. Voor Boven-Dinkel-afvoeren, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij de overlaat voor het Omleidingskanaal in werking treedt, kan het verloop van de bovenwaterstand worden weergegeven door een machtsfunctie.

Met deze functie (met de afvoer van het Omleidingskanaal als onafhankelijk variabele) wordt de afvoerkromme van figuur 5.3-2 benaderd. De formule luidt:

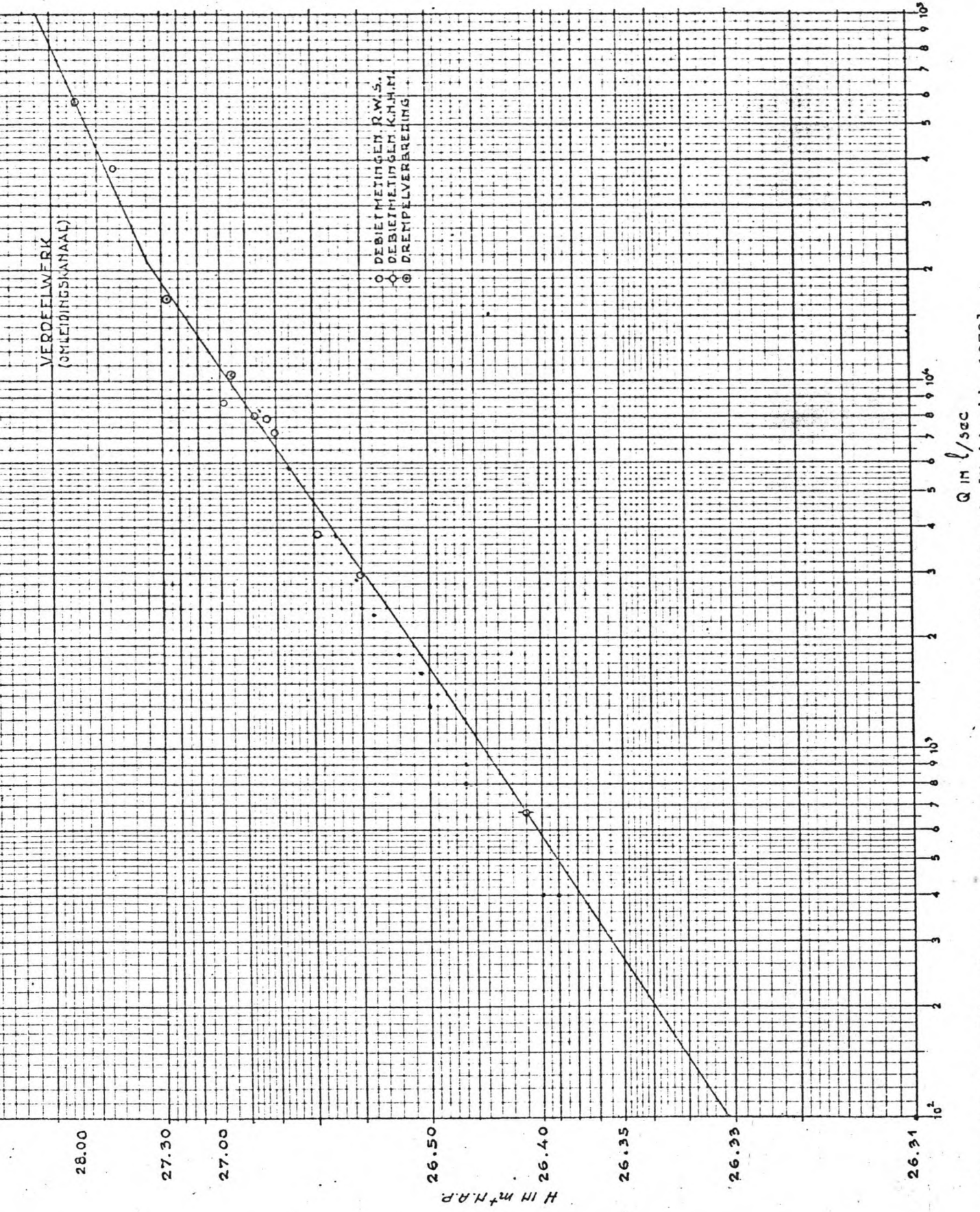
$$\text{voor } Q_3 \leq 21 \text{ (m}^3/\text{s)}: \quad l = l_4 = 0,03 \cdot (10 \cdot Q_3)^{0,668295} + 26,30$$

$$\text{voor } Q_3 > 21 \text{ (m}^3/\text{s)}: \quad l = l_4 = 1,1 \cdot \left(\frac{Q_3}{21}\right)^{0,428496} + 26,30$$

Een stroomschema van het als onderdeel van het model geschreven rekenprogramma, gebruik makend van de onder a en b opgestelde rekenmethoden en vergelijkingen, is opgenomen als bijlage 15.

Hiermee is het stuwprogramma (in twee uitvoeringen) van het Verdeelwerk vastgelegd, overeenkomstig de situatie van begin 1970.

Veilig kan worden aangenomen, dat het stuwprogramma geldig is sedert de verbouwing van het Verdeelwerk (heeft plaats gevonden vóór 1970). Door de aanwezigheid van de drempels, benedenstrooms van de duiker, spelen morfologische ontwikkelingen in de Beneden-Dinkel een slechts geringe rol. Dit nog afgezien van de (naar



Figuur 5.3-2. Afvoerkromme van de overlaat van het Verdeelwerk [Heidemij, 1973].

verwachting) geringe snelheid, waarmee deze ontwikkelingen plaatsvinden. Onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk is sinds de bouw van het kunstwerk in het geheel niets gewijzigd, zodat hier geen mogelijke oorzaak van veranderingen kan zijn gelegen.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het behandelde stuwprogramma geldig is voor de gehele, in deze studie te beschouwen, periode.

#### 5.4. Verdeling van sediment.

Het sedimenttransport in althans de Boven-Dinkel zal behalve uit bodemtransport ook uit zwevend transport moeten bestaan. Zie paragraaf 4.3.

Van de concentratie-verdeling over de vertikaal (de zg. zandvertikaal) en de intensiteit van de secundaire stroming (de spiraalstroming) zal het afhangen welk deel van het aangeboden sediment met het water over de overlaat het Omleidingskanaal in gaat.

Een tweetal hypothesen is met behulp van het model getoetst:

1. even bovenstrooms van het Verdeelwerk heeft het zand een verticale concentratie-verdeling volgens Rouse [Graf, 1971], bepaald door de plaatselijke stroomparameters. Aangenomen wordt, dat het deel van de zandvertikaal, gelegen boven 26,30 m + N.A.P. (de kruinshoogte van de overlaat), naar het kanaal wordt afgevoerd.
2. even bovenstrooms van het Verdeelwerk is het zand uniform over de vertikaal verdeeld, hetgeen als een extreme toestand kan worden beschouwd. Aangenomen wordt, dat het zandtransport zich over duiker en overlaat verdeelt volgens dezelfde verhouding als het debiet.

De concentratie-verdeling volgens de eerste hypothese (dus volgens Rouse) betreft een z.g. evenwichtsvertikaal, hetgeen betekent, dat de concentratie-verdeling zich heeft ingesteld volgens de ter plaatse heersende stromings-omstandigheden; dus zonder over- of onderconcentraties. Dit is wat onwaarschijnlijk, gezien de korte afstand, waarover de vertikaal zich kan instellen.

De tweede hypothese gaat uit van een dermate grote turbulentie-intensiteit, dat het sediment zich bovenstrooms van de overlaat bijna ogenblikkelijk volledig met het water vermengt, zodat een uniforme concentratie verdeling ontstaat.

Deze hypothese is overeenkomstig een voorzichtige conclusie van het in paragraaf 5.2 genoemde modelonderzoek, voor zover het verdeling van het zwevend transport betreft [W.L., 1964].

1. De z.g. Rouse-verdeling [Graf, 1971].

Rouse beschrijft de concentratie-verdeling als volgt:

$$C = C_A \cdot \left\{ \frac{h-y}{y} \cdot \frac{y_A}{h-y_A} \right\}^Z \quad \text{met } Z = \frac{w}{K \cdot v_*} \quad (5-1)$$

waarbij:

$C$  = zandconcentratie op hoogte  $y$  boven de bodem

$C_A$  = idem op hoogte  $y_A$  boven de bodem

$w$  = valsnelheid van de maatgevende korrel (hier aangenomen:  $D_{50}$ )

$K$  = constante van Von Karman (voor "schoon" water: = 0,4)

$v_* = \sqrt{g \cdot h \cdot i}$  = schuifspanningssnelheid

Ten aanzien van het water wordt voor de verticale snelheidsverdeling de logaritmische verdeling aangehouden:

$$v(y) = \frac{v_*}{K} \cdot \ln \frac{y}{y_0} \quad \text{met } y_0 = \frac{1}{33} \cdot k_N \quad (5-2)$$

waarbij  $k_N$  = equivalente zandruwheid (z.g. Nikuradse ruwheid)

Voor de gemiddelde snelheid van het water kan dan worden geschreven:

$$\bar{v} = \frac{v_*}{K} \cdot \ln \frac{12 \cdot h}{k_N}$$

Met behulp van de formule van Chézy volgt voor de ruwheid  $C$ :

$$C = \frac{\sqrt{g}}{K} \cdot \ln \frac{12 \cdot h}{k_N}$$

Bij een bekende  $C$ -waarde en waterdiepte  $h$  is, onder aanname van  $K = 0,4$ ,

$k_N$  te berekenen:

$$C = \ln \left( \frac{12 \cdot h}{k_N} \right)^{\sqrt{g/K}} \quad \text{of } \exp(C) = \left( \frac{12 \cdot h}{k_N} \right)^{\sqrt{g/K}}, \text{ zodat}$$

$$k_N = 12 \cdot h \cdot \exp\left(-\frac{CK}{\sqrt{g}}\right)$$

Of wegens (5-2):

$$y_0 = \frac{12}{33} \cdot h \cdot \exp\left(-\frac{CK}{\sqrt{g}}\right) \quad (5-3)$$

Afhankelijk van een juiste keuze van de waarde van  $y_A$  kan het totale zandtransport worden weergegeven door de formule:

$$s_g = \int_{y_A}^h v(y) \cdot C(y) \cdot dy, \quad (5-4)$$

De symbolen hebben hier de volgende betekenis:

$s_g$  = zandtransport per eenheid van breedte in gewichtshoeveelheden,

$v(y)$  = watersnelheid op een hoogte  $y$  boven de bodem

$C(y)$  = zandconcentratie op een hoogte  $y$  boven de bodem

Omdat hier slechts de verhouding wordt bepaald van de hoeveelheden sediment, welke overlaat en duiker passeren, kan worden volstaan met uitkomsten in gewichtshoeveelheden.

Volgens de hypothese kan worden gesteld:

$$p = \frac{\int_k^h v(y) \cdot C(y) \cdot dy}{\int_{y_A}^h v(y) \cdot C(y) \cdot dy}, \quad \text{waarbij } p = \frac{S_3}{S} \quad (5-5)$$

Hierbij geldt:

$S_3$  = zandtransport naar het Omleidingskanaal

$S$  = bij Verdeelwerk aangeboden zandtransport

$k$  = hoogte van de kruin van de overlaat ten opzichte van de bodem van de Dinkel.

Hoe klein  $y_A$  moet zijn om met (5-4) tevens het bodemtransport te berekenen valt moeilijk te zeggen.

De kleinste praktische waarde voor  $y_A$  is  $y_0$ , omdat voor  $y$ -waarden, kleiner dan  $y_0$  de watersnelheid negatief wordt (zie 5-2) en daarmee ook het transport volgens (5-4).

Aangehouden wordt dus:  $y_A = y_0$ , vastgelegd volgens (5-3), zodat:

$$y_A = \frac{12}{33} \cdot h \cdot \exp \left( -\frac{C \cdot K}{\sqrt{g}} \right)$$

Uit (5-1), (-2) en (5-5) volgt:

$$p = \frac{\int_k^h \left( \frac{h-y}{y} \right)^Z \cdot \ln(y/y_0) \cdot dy}{\int_{y_A}^h \left( \frac{h-y}{y} \right)^Z \cdot \ln(y/y_0) \cdot dy} \quad \text{met } Z = \frac{w}{K \cdot v_*}$$

De integralen van teller en noemer van bovenstaande uitdrukking zijn met behulp van een driepunts-integratiemethode numeriek te benaderen.

Op bijlage 15 wordt het stroomschema gegeven voor de berekening van  $p$ , met behulp van de regel van Simpson [Zaat, 1971], als onderdeel van het model.

## 2. De uniforme verdeling.

De uitwerking van deze hypothese is stellig de meest eenvoudige van de twee.

Hier kan worden gesteld:

$$p = \frac{Q_3}{Q_1}$$

Wat de grootte van het transport boven het Verdeelwerk betreft wordt uitgegaan van een tweetal mogelijkheden:

1. het transport komt overeen met de zandtransportcapaciteit van het samenge-trokken debiet, onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk;
2. het transport beantwoordt aan de zandtransportcapaciteit van de z.g. zomer-bed-afvoer, iets verder bovenstrooms van het Verdeelwerk.

Duidelijk is, dat uit 1., waarbij het gehele debiet is geconcentreerd gedacht in het zomerbed, een veel grotere zandtransport volgt dan uit 2.

Beide mogelijkheden zijn extremen. Bij de eerste mogelijkheid zou het transport bij het Verdeelwerk het zandaanbod ver overtreffen, wat uiteraard slechts tijde-lijk mogelijk is. Het zou erop neer kunnen komen, dat bij hoge afvoer (niet inundaties) bovenstrooms van het Verdeelwerk een ontgroning ontstaat, welke tijdens een volgende laagwaterperiode weer grotendeels wordt aangevuld. Dit zou moeten geschieden op een afstand van meer dan ca. 10 m van het Verdeelwerk, in verband met een dichterbij gelegen bodembekleding (ontvangbed). Hier wordt in deze paragraaf nog op teruggekomen.

De tweede mogelijkheid betreft een minimum transport.

De werkelijkheid zal ergens tussen beide mogelijkheden in liggen.

Met de twee eerder genoemde hypothesen en de bovenstaande twee mogelijkheden als uitgangspunt zijn berekeningen op te zetten van de hoeveelheid zand, welke in de loop van de jaren 1970 tot 1975 in het Omleidingskanaal zou zijn afgezet. Voor dit doel is het wiskundig model (ter besparing van rekenkosten) verkleind tot een model van het Verdeelwerk en een aansluitend riviertraject van ca. 50 m. Hierbij is een vaste bodem ingevoerd (in overeenstemming met het in werkelijkheid aanwezige ontvangbed), waarover het zandtransport geacht wordt plaats te vinden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode van 1 maart 1970 tot 1 juli 1974, waarbij tenslotte is gebruik gemaakt van de transportformule van Ackers en White (zie paragraaf 4.3), nadat de formule van Merger-Peter en Müller veel te kleine transporten bleek op te leveren.

Volgens de formule van M.P.M. zou, uitgaande van mogelijkheid 1, het transport bovenstrooms van het Verdeelwerk over de bovengenoemde periode niet meer bedragen dan ca. 2600 m<sup>3</sup>. In het Omleidingskanaal zou slechts zijn neergeslagen:

volgens hypothese 1 : ca. 20 m<sup>3</sup>;

volgens hypothese 2 : ca. 370 m<sup>3</sup>.



In het licht van de in het kanaal gepeilde aanzandingen (zie paragraaf 2.3) zijn bovenstaande hoeveelheden niet reëel te achten. Zo dadelijk wordt hierop teruggekomen.

Onder aannahme van de juistheid van de transportformule van A.W. leiden de berekeningsresultaten (tabellen 5.4-1 en 5.4-2) tot het verwerpen van hypothese 1, volgens welke slechts het bovenste deel van de zandvertikaal (berekend volgens Rouse, zie eerder deze paragraaf) in het Omleidingskanaal verdwijnt.

Zoals in paragraaf 2.3 is gesteld, werd namelijk over de periode maart 1970 tot mei 1975 ca.  $3270 \text{ m}^3$  zand in het Omleidingskanaal afgezet. Dit komt globaal neer op een hoeveelheid van  $\frac{4}{5} \times 3270 \approx 2600 \text{ m}^3$  (laag geschat) over de periode maart 1970 tot juli 1974, belangrijk meer dan de volgens hypothese 1 berekende hoeveelheden.

Voor wat betreft de genoemde hoeveelheid van  $3270 \text{ m}^3$  moet nog worden opgemerkt, dat dit feitelijk slechts het zand is, dat is achtergebleven in de eerste 400 m van het Omleidingskanaal.

Ongetwijfeld moet deze hoeveelheid nog met enige procenten worden verhoogd om te komen tot de hoeveelheid zand, welke de overlaat is gepasseerd. Dit in verband met het feit, dat het zand nog wel over grotere afstand zal zijn getransporteerd dan 400 m beneden het Verdeelwerk, al zijn de eventuele verondiepingen daar minder dan de meetnauwkeurigheid.

Vervolgens kan uit de cijfers van  $\sqrt[3]{50} \text{ m}^3/\text{s}$  in één etmaal reeds ca.  $900 \text{ m}^3$  zand op het Omleidingskanaal kan brengen. Een dergelijke afvoer is voorgekomen op 24 februari 1970. Indien de peilingen van begin 1970 door het Waterschap in onder meer het Omleidingskanaal zijn verricht vóór deze datum, dan is een groot deel van de  $2600 \text{ m}^3$  hiermee al verklaard. Hieruit volgt, dat het van het grootste belang is de peildatum na te gaan.

De eerder geopperde veronderstelling, dat ten aanzien van het transport, onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk, rekening moet worden gehouden met het samentrekken van de gehele afvoer (mogelijkheid 1, zie ook tabel 5.4-1) lijkt met de werkelijkheid overeen te komen.

Volgens deze mogelijkheid kan dat transport belangrijk groter zijn, dan de aanvoer van sediment ( $8860$  i.p.v.  $5210 \text{ m}^3$ ). Van de extra hoeveelheid gaat volgens de berekeningen bijna de helft naar het Omleidingskanaal.

Op grond van het bovenstaande mag in de Boven-Dinkel, boven het Verdeelwerk een bodemdaling worden verwacht. Een belangrijke daling is uit de ter beschikking staande peilingen echter niet op te maken. Mogelijk vindt aanvulling van zand plaats vanuit de oevers. In hoofdstuk 6 wordt hierop teruggekomen.

† tabel 5.4-3 worden opgemaakt, dat een afvoer van

tijdvak	transport boven- strooms van Verdeelwerk *	transport naar Omleidingskanaal	
		hypothese 1 m <sup>3</sup>	hypothese 2 m <sup>3</sup>
1970 (1 mrt t/m 31 dec)	3430	74	900
1971	800	2	100
1972	800	1	50
1973	2530	37	580
1974 (1 jan t/m 31 juni)	1300	19	290
1-3-1970 t/m 31-6-1974	8860	133	1920

\* bodemhoogte: 24,10 m + N.A.P.

Tabel 5.4-1. Berekening van de verdeling van het zantransport bij het Verdeelwerk, uitgaande van de totale afvoer in het zomerbed (mogelijkheid 1), met gebruikmaking van de transportformule van Ackers en White. Bestaande toestand.

tijdvak	transport boven- strooms van Verdeelwerk *	transport naar Omleidingskanaal
		hypothese 2 m <sup>3</sup>
1970 (1 mrt t/m 31 dec)	1760	180
1971	580	30
1972	680	20
1973	1420	120
1974 (1 jan t/m 31 juni)	770	60
1-3-1970 t/m 31-6-1974	5210	410

\* bodemhoogte: 24,10 m + N.A.P.

Tabel 5.4.2. Berekening van de verdeling van het zandtransport bij het Verdeelwerk, uitgaande van alleen zomerbedafvoer (mogelijkheid 2), met gebruikmaking van de transportformule van Ackers en White. Bestaande toestand.

Ten aanzien van de bere<sup>ke</sup>ningen van het transport van zand en de verdeling over Dinkel en Omleidingskanaal moet worden opgemerkt, dat geen grote nauwkeurigheid kan worden verwacht.

Onzekerheid is er niet alleen ten aanzien van de grootte van het berekende zandtransport (transportformule, "verantwoordelijk debiet"), maar ook ten aanzien van de zandvertikaal.

Voor wat betreft de verdeling van het zand over de vertikaal kan nog worden gewezen op Tabel 5.4-3, waarin voor verschillende afvoeren behalve onder meer zandtransportgegevens ook de grootte van de exponent Z van de concentratieverdeling volgens Rouse is aangegeven. Te zien is, dat bij debieten, groter dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij de overlaat van het Verdeelwerk begint af te voeren, Z al gauw kleiner tot veel kleiner dan 1 wordt.

Figuur 5.4-4 geeft ter illustratie de vorm van de zandvertikaal voor waarden van  $Z = 0,5$  en  $Z = 1$ . Hierbij dient ook nog in beschouwing te worden genomen, dat bij in de praktijk gemeten zandvertikalen de concentratie bovenin groter bleek te zijn, dan berekend volgens Rouse [MITCH, 1973].

De te verwachten grote turbulentie als gevolg van het samentrekken van het debiet, onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk, zal dit verschijnsel hier zeker bevorderen. Onbekend is voorts de invloed van de bocht, waarmee het water aanstroomt. Vooral wat dit laatste betreft zullen modelproeven met een schaalmodel, zoals uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium (zie paragraaf 5.2) verhelderend werken. Zoals eerder is vermeld was een voorzichtige conclusie van dit onderzoek in overeenstemming met hypothese 2.

Samenvattend kan worden gesteld, dat toepassing van de transportformule van Ackers en White (bij hypothese 2 en mogelijkheid 1) qua orde van grootte redelijk met de werkelijkheid in overeenstemming zijnde resultaten oplevert.

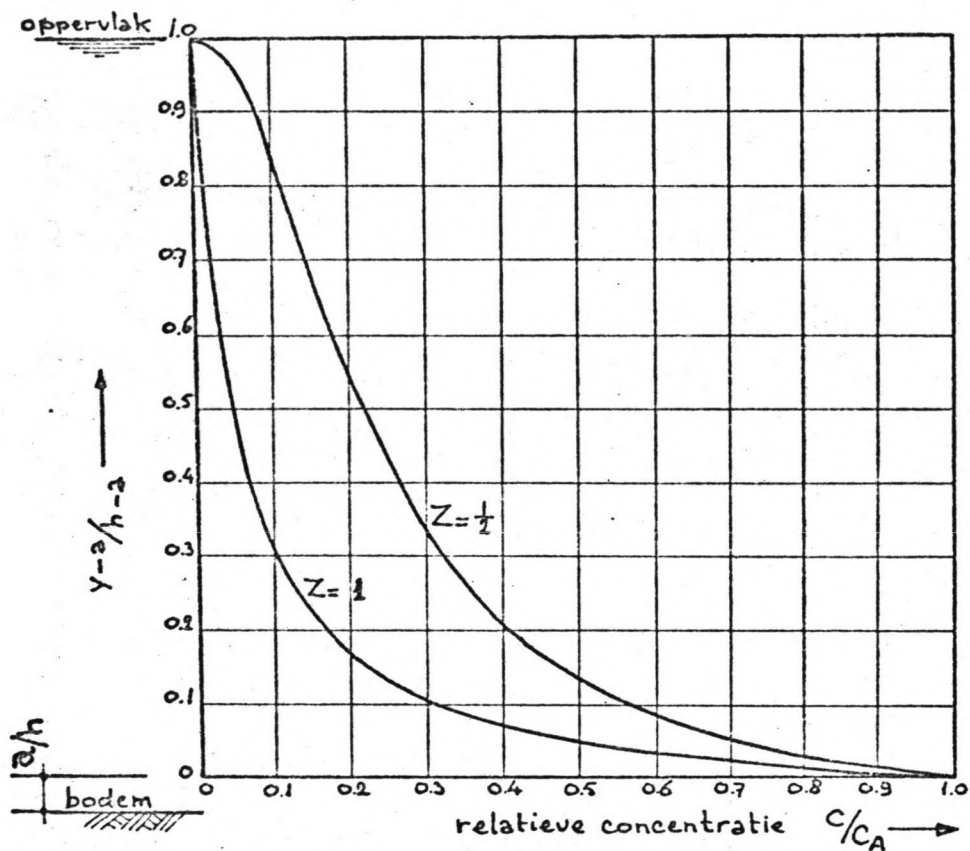
De te maken morfologische berekeningen zullen worden gebaseerd op hypothese 2 en mogelijkheid 1.

totale afvoer $m^3/s$	afvoer naar Omleidingskanaal $m^3/s$	zomerbed-afvoer Boven-Dinkel $m^3/s$	transport bovenstr.v. Verdeelwerk $m^3/etm$	transport naar Oml. kanaal $m^3/etm$	Z	stuwpeil t.o.v. N.A.P. m
1,1	0,0	1,1	0,0	0,0	5,13	25,12
2,1	0,0	2,1	0,0	0,0	3,17	25,27
3,1	0,0	3,1	0,5	0,0	2,42	25,39
4,0	0,0	4,0	2,1	0,0	2,04	25,48
6,0	0,0	6,0	9,1	0,0	1,64	25,70
7,2	0,0	7,2	13,6	0,0	1,52	25,84
7,5	0,0	7,5	15,1	0,0	1,51	25,88
10,0	0,0	10,0	15,3	0,0	1,50	26,30
14,0	2,8	11,0	39,1	7,8	1,26	26,58
19,0	7,0	12,0	99	40	1,05	26,81
25,0	12,5	13,0	200	100	0,91	27,06
33,0	20,3	14,0	380	230	0,79	27,35
39,7	27,0	14,7	610	410	0,71	27,53
50	37,3	15,7	1200	900	0,61	27,71

bodempeil: 24,0 m + N.A.P.; sediment:  $D_{50} = 300 \mu$ .

Tabel 5.4-3. Afvoer- en zandtransportverhoudingen bij het Verdeelwerk, voor de bestaande toestand.

Aangegeven zijn bovendien het stuwpeil en de exponent van de concentratie-verdeling van het zand volgens Rouse, onmiddellijk bovenstrooms van het Verdeelwerk. Het transport is berekend met de formule van Ackers en White, op basis van mogelijkheid 1 (totale afvoer).



Figuur 5.4-4. Zandvertikaal volgens Rouse voor waarden van  $Z = 0,5$  en  $Z = 1$ .

## 6. Morfologische berekeningen.

### 6.1. Overzicht.

In dit hoofdstuk worden de morfologische berekeningen besproken, welke als hulpmiddel bij het beantwoorden van de in hoofdstuk 2 gerezen vragen zijn uitgevoerd.

De uitkomsten van de berekeningen worden hierbij telkens, waar mogelijk, getoetst aan hetgeen reeds bekend is of is berekend in voorafgaande hoofdstukken. Met name ten aanzien van de uitkomsten van de berekeningen betreffende de Boven-Dinkel moet uitdrukkelijk worden gewezen op één van de belangrijkste beperkingen van het model: de oevers worden verondersteld niet te eroderen of <sup>aan</sup> te zanden.

Het principe van het wiskundig model, alsmede de hier aan verbonden mogelijkheden en beperkingen worden behandeld in paragraaf 6.2.

De daarop volgende paragrafen gaan in op de verschillende in hoofdstuk 2 beschreven problemen.

## 6.2. Wiskundig model.

Als basis voor het wiskundig model van de Dinkel dient het rekenprogramma, dat door de schrijver van dit rapport (juist met het oog op deze studie) is samengesteld [Van der Kolff, 1975].

Dat programma gaat uit van de methode van Vreugdenhil en De Vries, zoals door De Vries [1969] beschreven. Een volledige behandeling ervan zou hier te voeren. Volstaan wordt daarom met een globaal aangeven van het principe en de mogelijkheden en beperkingen ervan.

Verder zal op de ingevoerde begin- en randvoorwaarden worden ingegaan.

Het programma lost, langs numerieke weg, met behulp van zekere begin- en randvoorwaarden, de beide groepen vereenvoudigde differentiaalvergelijkingen op:

1. bewegings- en continuïteitsvergelijking voor het water;
2. idem voor het sediment.

ad. 1. door de vereenvoudiging (tot permanente stroming) is de bewegingsvergelijking voor het water ontaard in de vergelijking van de verhanglijn, terwijl de bijbehorende continuïteitsvergelijking nog slechts tot uitdrukking brengt, dat de afvoer op elk tijdstip op iedere plaats dezelfde is. Deze vereenvoudigingen zijn geoorloofd gezien de relatief grote snelheid, waarmee een zeker debiet zich instelt, vergeleken met de trage bodembewegingen.

ad. 2. de bewegingsvergelijking voor het sediment is de gekozen zandtransportformule (hier: de formule van Ackers en White), terwijl het de continuïteitsvergelijking voor het sedimenttransport is, waarmee bodemhoogte-veranderingen worden berekend:

$$\frac{\partial S}{\partial x} + b_b \cdot \frac{\partial z}{\partial t} = 0$$

met: S = zandtransport

$b_b$  = bodembreedte

z = bodemhoogte t.o.v. een referentieniveau (N.A.P.)

x = "plaatsbepalings-parameter"

t = tijd-parameter.

Stabiliteit van het numerieke rekenproces maakt het bij het hier gekozen reken-schema (expliciet) noodzakelijk voor laatstgenoemde differentiaalvergelijking een wat minder voor de hand liggende differentievergelijking (volgens Vreugdenhil en De Vries) te kiezen, waarop hier niet verder wordt ingegaan.

Teneinde de numerieke berekening mogelijk te maken wordt de rivier in vakken verdeeld, op de begrenzingen waarvan door de rekenautomaat waterstanden,-snelheden,

e.d., alsmede het zandtransport worden bepaald.

Zoals bij het bepalen van de verhanglijn en zandtransporten de rivier met stappen  $\Delta x$  wordt doorlopen,

zo wordt ook de tijd tot stappen  $\Delta t$  gediscretiseerd (bij het bespreken van de randvoorwaarden wordt hierop teruggekomen).

Het wiskundig model doet nu in principe niets anders, dan het voor opeenvolgende tijdstappen berekenen van de verhanglijn, sedimenttransport en bodemhoogte-veranderingen (per vak).

Het wiskundig model leent zich dus voor het berekenen van bodemhoogte veranderingen onder invloed van een bepaald afvoerverloop, uitgaande van een zekere beginsituatie.

Hierbij wordt uiteraard rekening gehouden met de beïnvloeding van het regiem door het Verdeelwerk (zie hoofdstuk 5).

Waar het model geen rekening mee kan houden zijn verschijnselen als:

- a. het zich eventueel zijdelings verleggen van het laagwaterbed en
- b. het zich eventueel verbreden of versmallen van dat laagwaterbed, onder invloed van het regiem.

Het model staat slechts beweging in het verticale vlak toe, waarbij wordt aangenomen, dat de oevers niet kunnen worden geërodeerd.

Eigenlijk gaat laatst genoemde aanname nog verder: aangenomen wordt tevens, dat de oevers niet aanzanden bij het omhoogkomen van de bodem, zodat deze in dat geval breder wordt (bij omlaagbewegen weer smaller).

Het model houdt voorts geen rekening met het feit, dat de zwevend-zandvertikaal tijd nodig heeft om zich aan te passen aan veranderde stromingsomstandigheden [Kerssens, 1974]. Dit kan bij de Dinkel met zijn niet-uniforme stroombeeld een bron van fouten zijn. Door metingen van de zandvertikaal in een aantal opeenvolgende dwarsprofielen is na te gaan of dit werkelijk het geval kan zijn. Vermoedelijk valt de hier gemaakte fout in het niet bij de fout, welke ontstaat door te negeren, dat bij inundaties zwevend zand met een deel van het debiet het laagwaterbed verlaat en neerslaat in het hoogwaterbed (getuige de oeverwallen). Overigens vindt het grootste deel van het jaartransport plaats bij afvoeren, waarbij het zwevend transport voor het grootste deel onder in de vertikaal plaats vindt. (zie ter illustratie bijlage 10), zodat de bovenbeschreven fouten niet groot zullen zijn.

In paragraaf 2.1. is al gesteld, dat het model is opgezet voor de toestand van begin maart 1970.

Uit die tijd dateert namelijk de eerste bodemopname van het juist ingestelde Waterschap Regge en Dinkel. Door middel van een lengteprofiel en dwarsprofiel met een onderlinge afstand van 100 m was het zomerbed van de Dinkel vastgelegd



(zie bijlage 1).

Hiermee lag het al voor de hand voor de z.g. vaklengte  $\Delta x$  een "veelvoud" van 100 m te nemen. Wegens het nogal onregelmatige bodemverloop werd uiteindelijk, ter verhoging van de nauwkeurigheid van de verhanglijnberekening, gekozen  $\Delta x = 50$  m, zodat tussengelegen dwarsprofielen door interpolatie moesten worden bepaald. De bekende dwarsprofielen werden geschematiseerd tot trapezia en vervolgens vastgelegd door: bodembreedte, -hoogte t.o.v. N.A.P. en taludhelling. Voor een staat met deze gegevens voor het beschouwde traject wordt verwezen naar bijlage 16, waarin tevens zijn opgenomen de mediane korreldiameter en valsnelheid van het bodemmateriaal en de ruwheid.

Na de beide begrenzings van het beschouwde traject te hebben vastgesteld (zie vervolg van deze paragraaf) is hiermee de beginvoorwaarde voor het wiskundig model bepaald (althans voor de eerste berekeningen ermee, zie paragraaf 6.3).

Betreffen <sup>de</sup> bovengenoemde begrenzings, waar de randvoorwaarden moeten worden gesteld, het volgende.

Als benedenrandvoorwaarde moet bekend zijn:

- het verloop van de waterstand als functie van de afvoer.

Het zal geen verwondering wekken (gezien ook hoofdstuk 2), dat als benedenrand is gekozen de stuw (met watermolen) van Singraven. Hier kan worden uitgegaan van een constante waterstand (24,02 m + N.A.P.), het officiële stuwpeil. Ongetwijfeld zal dit dan eens hoger, dan weer wat lager liggen, maar de afwijkingen kunnen niet groot zijn omdat:

- a. een te laag peil de bedrijfsvoering van de watermolen zelf niet ten goede komt;
- b. een te hoog peil zich snel manifesteert in plaatselijke, ongewenste inundaties.

Bovenrandvoorwaarden zijn:

1. het debiet, respectievelijk het verloop hiervan als functie van tijd;
2. het aangeboden zandtransport.

Betreffende punt 1 is in paragraaf 3.1 ervoor gepleit het afvoerverloop te berekenen aan de hand van peilschaalwaarnemingen te Poppebrug. Tevens is in genoemde paragraaf de motivering te vinden voor het leggen van de bovenrand benedenstrooms van de instroming van de Ruenbergerbeek. Het afvoerverloop is in paragraaf 3.2 geschematiseerd tot een aaneenschakeling van perioden met constant debiet. In het model worden deze perioden op grond van zekere criteria zo nodig nog onderverdeeld in tijdstappen  $\Delta t$ .

Ter besparing van rekentijd zijn afvoeren, kleiner dan  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$  bij de morfologische berekeningen buiten beschouwing gelaten. Het transport is bij deze afvoeren immers verwaarloosbaar klein (of nul, zie bijlage 10).

Het onder 2 genoemde zandtransport aan de bovenrand is niet bekend. Iedere aanname voor dit transport is even goed of slecht.

Gekozen is hier voor een aanbod  $S = 0$ .

Te schatten is met welke snelheid de hier geïntroduceerde fout zich in benedenstroomse richting voortplant. Aan het eind van de met het model door te rekenen periode (1 maart 1970 tot en met 31 juni 1974) is op grond van deze schatting te bepalen welk deel van het doorgerekende traject bij beoordeling van de resultaten buiten beschouwing moet blijven.

Bij het doorrekenen van de verruimde Boven+Dinkel plantte de fout zich naar schatting over een afstand van ca. 2 km voort.

Het hierbij toegepaste regiem was dat van 1 maart 1970 t/m 31-6-1974.

Voor de uitwerking van de voor laatstgenoemde berekening noodzakelijke beginvoorwaarde wordt verwezen naar bijlage 17.

### 6.3. Bestaande toestand.

#### Beneden-Dinkel.

Het is in deze paragraaf, dat antwoord moet worden gegeven op vraag 1 uit paragraaf 1.1., n.l.:

Kan er verband bestaan tussen de aanzandingen in de Beneden-Dinkel en de bouw van het Verdeelwerk?

Mede met het oog op het beantwoorden van deze vraag zijn met het in paragraaf 6.2. beschreven wiskundig model enkele morfologische berekeningen uitgevoerd. Zie bijlagen 18 t/m 20.

De conclusie, welke uit de resultaten moet worden getrokken luidt, dat er althans tijdens het toegepaste regiem van 1 maart 1970 tot en met 31 juni 1974 nauwelijks sprake is van enige aanzanding in de Beneden-Dinkel.

In een vroeg stadium van het onderzoek zijn twee berekeningen uitgevoerd met toepassing van de transportformule van Meyer-Peter en Müller, welke later minder geschikt leek te zijn, uitgaande van de volgende beginsituaties:

1. de bodemopname van maart 1970, volgens het Waterschap (bijlage 18);
2. de Beneden-Dinkel na baggeren (volgens bijlage 17, zie ook paragraaf 2.2) en de Boven-Dinkel volgens de opname van 1970 (bijlage 19).

N.B. In beide gevallen zonder enige zandvang.

ad. 1. plaatselijk is er enige aanzanding (enkele decimeters) of uitschuring. Het geheel overziende is echter geen sprake van grote bodemhoogte-varianten;

ad. 2. aanzanding van enig belang (enkele decimeters) is te zien tussen Kampbrug en Beuningerbrug, voornamelijk op plaatsen, waar de breedte van de rivier relatief groot is. Tussen het Verdeelwerk en Kampbrug is hier echter nauwelijks sprake van enige bodembeweging.

Ook uit de in de volgende paragrafen te behandelen berekening, waarbij de transportformule van Ackers en White is toegepast kan worden afgeleid, dat zeker tussen het Verdeelwerk en Kampbrug geen aanzanding plaatsvindt.

Van de in paragraaf 6.5 uitgevoerde berekening zijn onder meer resultaten vermeld in tabel 6.5-2, welke bij vergelijking met de tabellen 5.4-1 en 5.4-2 aanleiding kunnen geven een bodemstijging te veronderstellen, benedenstrooms van het Verdeelwerk. Tabel 6.5-2 geeft namelijk onder anderen jaartransporten te Meulemansbrug, berekend volgens de transportformule van Ackers en White voor het regiem van 1 maart 1970 tot en met 31 juni 1974 bij een gebaggerde Beneden-Dinkel. Het totale transport voor de hele periode zou hier  $4600 \text{ m}^3$  bedragen. Volgens de tabellen 5.4-1 en 5.4-2 varieert het aanbod van zand naar de Beneden-Dinkel over dezelfde periode tussen  $5210 - 410 = 4800 \text{ m}^3$ . Het overschot aan zand zou maximaal ca.

en  $8860 - 1920 = 6940 \text{ m}^3$ .

2300 m<sup>3</sup> bedragen (over 4 jaar en 4 maanden); bij een bodembreedte van 8 m en een lengte van bijvoorbeeld 500 m overeenkomend met 0,50 m bodemstijging. Minimaal zou het overschot ca. 200 m<sup>3</sup> bedragen, een nauwelijks te meten bodemstijging veroorzakend.

In tegenstelling tot het bovenstaande geeft de bodemopname van begin 1970 (door het Waterschap) de indruk, dat tussen het Verdeelwerk en Meulemansbrug sprake is van een lichte bodemdaling. Deze indruk wordt ondersteund door een van de uitkomsten van paragraaf 4.2. (het verschuiven van de afvoerkromme van het Verdeelwerk), n.l. een waarschijnlijke bodemdaling gedurende de jaren 1964-1970 tussen het Verdeelwerk en Meulemansbrug van ca. 0,15 m, in overeenstemming overigens met een van de conclusies van het Waterloopkundig Laboratorium (zie paragraaf 4.3).

In dezelfde paragraaf 4.2 werd de mogelijkheid genoemd van een bodemstijging van ca. 0,15 m beneden Meulemansbrug over de jaren 1966-1970. Dit laatste is weer in overeenstemming met de onder ad. 2 genoemde (berekende) aanzanding tussen Kampbrug en Beuningerbrug.

Uit de morfologische berekeningen, welke uitgaan van de bodemligging van begin 1970, valt op te maken, dat de tussen Beuningerbrug en Vissersbrug (Oldenzaalse Straatweg) gelegen verondieping zich in stroomafwaartse richting verplaatst en wat afvlakt (bijlagen 18 en 20).

Gezien het voorkomen van afgesneden bochten langs de Beneden-Dinkel dringt de vraag zich op of deze verondieping niet het gevolg is van een bochtafsnijding, welke in de omgeving van Beuningerbrug zou moeten hebben plaatsgevonden. Deze afsnijding kan vrij lang geleden (bijvoorbeeld 10 à 10-tallen jaren) zijn uitgevoerd (of ontstaan!). Het is immers wel duidelijk uit zowel de morfologische berekeningen als de schattingsmethode van paragraaf 4.4, dat morfologische processen zich in de Dinkel heel langzaam voltrekken en bepaalde wijzigingen in het regiem of in de loop van de rivier nog heel lang nawerken.

Het antwoord op de in de aanhef van deze paragraaf gestelde vraag zal in ieder geval ontkennend kunnen worden beantwoord: er is geen verband tussen de aanzandingen in de Beneden-Dinkel en de bouw van het Verdeelwerk.

Dit houdt tevens in, dat de beschreven aanzandingen niet van recente datum zijn, zodat eraan mag worden getwijfeld of de afvoercapaciteit van de Beneden-Dinkel ten tijde van de bouw van het Verdeelwerk (1964) wel 15 m<sup>3</sup>/s kan hebben bedragen. Het antwoord op de vraag hoe frequent de Beneden-Dinkel zou moeten worden gebaggerd is hier nog niet exact te geven, maar aan het bovenstaande kan wel de aanwijzing worden ontleend, dat dit minder dan eens per 10 jaar zal zijn.

### Boven-Dinkel.

Het relatief grote verhang tussen Bossinkbrug en Losserbrug (zie paragraaf 4.3), blijkt bij nadere beschouwing van de beschikbare luchtfoto's het gevolg te zijn van een bochtafsnijding.

Deze afsnijding moet hebben plaatsgehad vóór 1970; het juiste tijdstip was tijdens dit onderzoek niet te achterhalen. Het thans ca. 2110 m lange traject werd erdoor ingekort met ca. 950 m, zodat het nu gemeten verhang van ca.  $4,2 \times 10^{-4}$  vóór afsnijding  $2,9 \times 10^{-4}$  moet hebben bedragen, een waarde welke overeenkomt met het verhang elders.

Uit bovengenoemde bochtafsnijding, mits plaatsgevonden tussen 1966 en 1970, zou tevens de daling van waterstanden te Zoekerbrug (met ca. 0,10 m, zie paragraaf 4.2) kunnen worden verklaard.

Morfologische berekeningen, waarin de Boven-Dinkel volgens de toestand van begin 1970 is betrokken, zijn alleen uitgevoerd met toepassing van de transportformule van Meyer-Peter en Müller, welke in een later stadium van de studie werd verlaten voor de formule van Ackers en White. In de resultaten werd na afwegen van rekenkosten tegen te bereiken verfijning van het resultaat geen aanleiding gezien de berekeningen te herhalen met laatstgenoemde formule.

De berekeningen wijzen op een geleidelijke bodemdaling, vooral in het traject van de bocht te Groene Staart. Uit de bodemopname van 1975 (zie vermelding in bijlage 1) is echter op te maken, dat over de gehele Boven-Dinkel nauwelijks sprake is van enige verandering in bodemligging tussen 1970 en 1975. Twee mogelijke verklaringen zijn hiervoor te bedenken:

1. voeding van zand vanuit de oevers;
2. "afpleistering" van de bodem, waardoor degradatie wordt voorkomen.

Te Groene Staart is zeker sprake van de eerste mogelijkheid. Hier immers verschuift het laagwaterbed in zijdelingse richting met een snelheid in de orde van meters per jaar, waarbij de hoge buitenbocht wordt uitgeschuurd en een lage binnenbocht wordt afgezet. Teneinde deze beweging beter te kunnen volgen heeft het Waterschap een aanvang gemaakt met het periodiek inmeten van de plaats van het laagwaterbed. Uit het feit, dat de bodemligging tussen 1970 en 1975 nauwelijks enige wijziging heeft ondergaan wordt afgeleid, dat dit ook tussen 1966 en 1970, althans over het traject Poppebrug-Verdeelwerk, niet het geval zal zijn geweest.

Afgezien van beïnvloeding van de laagste waterstanden door lokale zandbanken mag in dat geval worden gesteld, dat de afvoerkromme van Poppebrug in die periode niet is gewijzigd. Aangenomen wordt dan ook, dat het in paragraaf 3.2 geoorloofd was de afvoerverlooptlijnen te berekenen met behulp van peilschaalwaarnemingen te Poppebrug, met gebruikmaking van de afvoerkromme uit 1966. Er wordt voorts aan herinnerd, dat ook bij het bepalen van de ruwheid van de huidige Dinkel genoemde afvoerkromme een rol speelde (zie paragraaf 4.2).

#### 6.4. Zandvang.

De morfologische berekening, uitgevoerd met een verruimde Boven-Dinkel en een gebaggerde Beneden-Dinkel als begintoestand (zie paragraaf 6.5) wijst onder meer uit, dat de invloed van een zandvang bij het Verdeelwerk in de Beneden-Dinkel de eerste  $4\frac{1}{2}$  jaar slechts merkbaar is tussen het Verdeelwerk en Meulemansbrug (afstand ca. 1 km).

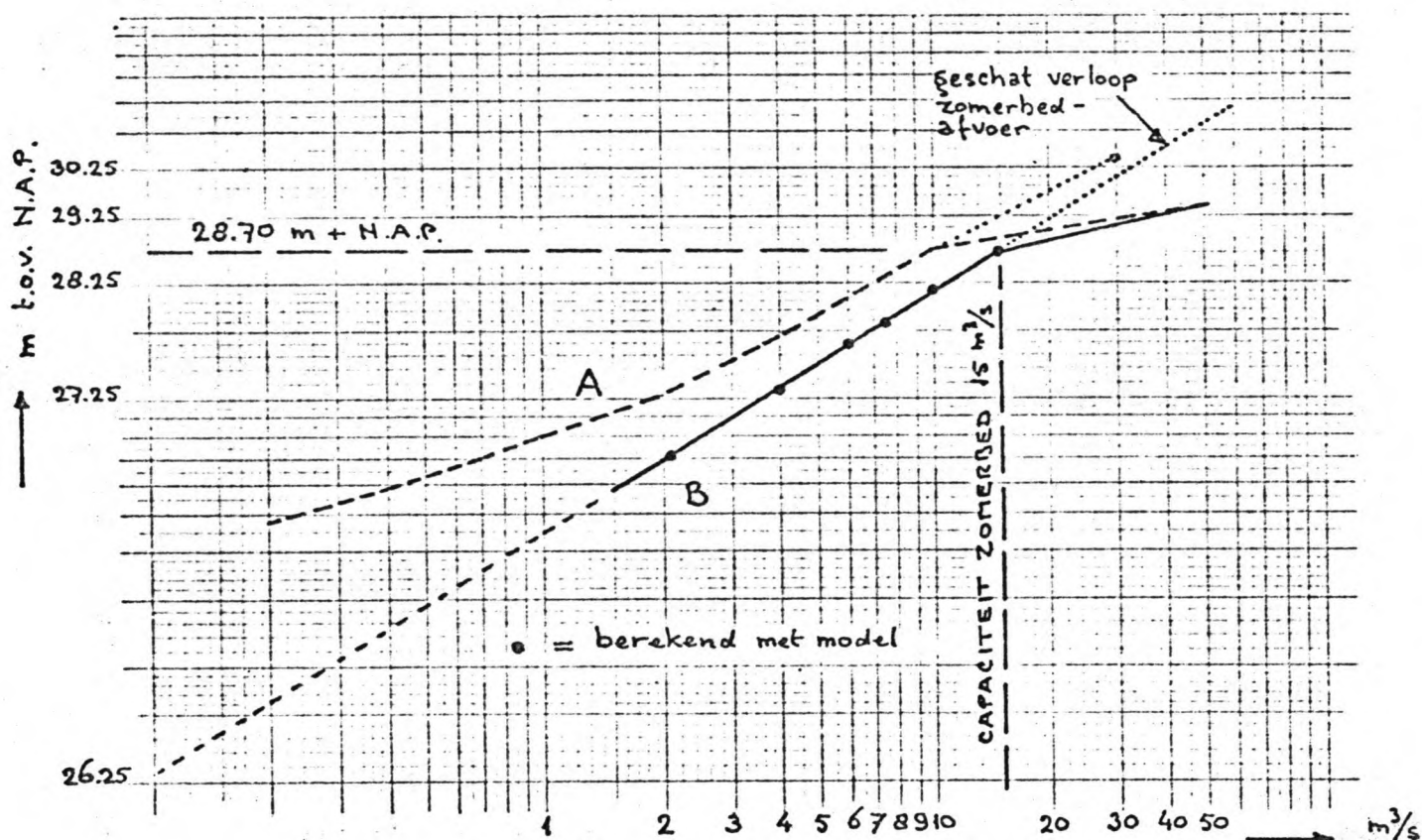
Het ziet er dan ook niet naar uit, dat met een zandvang de in paragraaf 2.2 beschreven aanzandingen in de Beneden-Dinkel zouden zijn te voorkomen (zie ook paragraaf 2.4)

Ook al omdat de bodem, onmiddellijk benedenstrooms van het Verdeelwerk, reeds thans de neiging heeft te dalen (zie paragraaf 6.3) wordt de aanleg van bovenbedoelde zandvang ontraden.

Het spreekt vanzelf, dat, hoewel het effect van de in 1973 aangelegde z.g. kleine zandvang (zie paragraaf 5.3) zich nog niet zo sterk openbaart, ook deze zandvang de gesignaleerde bodemdaling zal bevorderen. Het waterschap wordt dan ook in overweging gegeven bedoelde zandvang te verwijderen.

6.5. Verruiming Boven-Dinkel.

Uitgaande van een ongewijzigde ruwheid ( $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ) is op basis van de door het Waterschap voorgestelde nieuwe bodemgeometrie voor het meetpunt Poppebrug een nieuwe afvoerkromme geconstrueerd. Naast deze, in figuur 6.5-1 weergegeven kromme is de afvoerkromme volgens Snijdelaar [1966] ingetekend.



Figuur 6.5-1. Afvoerkrommen te Poppebrug.

Getekend zijn de kromme volgens Snijdelaar [1966] (A) en de berekende kromme (B) voor het verruimde profiel.

Voor een overzicht van de bodemgeometrie, zoals deze als begintoestand hier is ingevoerd in het wiskundig model wordt verwezen naar bijlage 17.

Aan de hand van afvoerkromme B van figuur 6.5-1 werd bovendien het in de berekening in te voeren afvoerverloop (1 maart 1970 tot en met 31 juni 1974) herzien; althans voor wat betreft de verdeling van het debiet in zomer- en winterbedafvoer (zie ook paragraaf 3.2).

Bijlage 20 geeft het resultaat van de morfologische berekening.

Aangaande het nut van de voorgestelde verruiming van de Boven-Dinkel kan uit figuur 6.5-1 worden afgeleid, dat bij afvoeren tot ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  de waterstand te Poppebrug ca. 0,5 m daalt, en dat het effect van de verruiming afneemt, naarmate de afvoer groter wordt. Zo is bij debieten, groter dan  $15 \text{ à } 20 \text{ m}^3/\text{s}$  van de verruiming niet veel meer te merken bij Poppebrug.

Ter illustratie hiervan worden de waterstanden bij de in paragraaf 3.4 genoemde boerderij aan de Molterheurne weg (beneden Poppebrug) beschouwd. Vóór de verruiming geeft het model, bij een totaal debiet van  $33 \text{ m}^3/\text{s}$ , hier een waterstand van 27,87 m + N.A.P. Na de verruiming moet de waterstand volgens het model bij dezelfde afvoer 27,84 m + N.A.P. bedragen. Uiteraard speelt bij de genoemde boerderij ook nog de al eerder genoemde opstuwung bij Kribbebrug een rol, terwijl voorts aan het stuwprogramma van het daar beneden gelegen Verdeelwerk vanzelfsprekend niets is veranderd.

De afvoerverdeling over Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal blijft namelijk ongewijzigd.

Zoals het Waterschap ook stelde heeft de verruiming van de Boven-Dinkel dus wel een gunstig effect op de waterstanden bij de 's zomers nog al eens voorkomende afvoeren van  $10 \text{ à } 20 \text{ m}^3/\text{s}$ , welke thans inundatie veroorzaken, (en wel meer naarmate de afstand tot het Verdeelwerk groter wordt). Gering is daarentegen het effect bij grotere debieten (en direct boven het Verdeelwerk).

Uit de morfologische berekening (bijlage 20) blijkt, dat het regiem van 1 maart 1970 tot en met 31 juni 1974 een nauwelijks zichtbare invloed heeft op de bodem van de Boven-Dinkel, al is er benedenstrooms van Poppebrug sprake van enige aanzanding. Een aanwijzing voor dit laatste is het verschil in transport tussen Poppebrug en Kribbebrug (zie tabel 6.5-2).

Hierbij moet worden aangetekend, dat in de morfologische berekening voor de ruwheid dezelfde C-waarde ( $C = 23 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ) is aangehouden als bij de voorgaande berekeningen. Kort na het tot stand komen van de verruiming zal de ruwheid kleiner zijn, maar te verwachten is, dat de C-waarde na enige tijd door plaatselijke aanzandingen weer zal afnemen.

Om de gevoeligheid van de morfologische berekening voor afwijkingen in de aangehouden C-waarde aan te geven dient het volgende. In paragraaf 4.3 is voor de niet-verruimde Boven-Dinkel aangetoond, dat een eventuele verhoging van de C-waarde met 10 % een stijging van het transport veroorzaakt met ca. 30 %. Ten aanzien van eventuele bodemstijging of -daling kan in dat geval een toename met eveneens maximaal 30 % worden verwacht. Voor de verruimde Boven-Dinkel is bovenstaande niet afzonderlijk nagegaan, maar het lijkt redelijk te veronderstellen, dat transport e.d. met een percentage van dezelfde orde van grootte zullen toenemen.



Of de bodembreedte zich handhaaft volgens de opgelegde afmetingen is een open vraag. De z.g. regime-theorie zegt namelijk, dat de breedte van een rivier zich instelt naar het regime. Inglis [Leliavsky, 1954] stelt bijvoorbeeld:

$$b \propto \sqrt{Q}$$

Wordt voor Q de z.g. "bankfull-discharge" aangehouden, dan zou in het geval van de Boven-Dinkel, bij een toename van de Q met 50 % (van 10 naar 15 m<sup>3</sup>/s) de breedte met ca. 20 % mogen toenemen (van 6 naar 7 à 7,5 m); dus minder dan de voorgestelde verbreding.

Wordt voor Q bijvoorbeeld de gemiddelde afvoer gekozen (Q ≈ 3 à 4 m<sup>3</sup>/s), dan wordt Q in het geheel niet beïnvloed door de vergroting van de afvoercapaciteit van het zomerbed.

In dat geval zou de nieuwe bodembreedte dus zeker niet voldoen aan de empirische formule van Inglis. Ten aanzien van de meanderlengte bestaat dezelfde onzekerheid. Omdat al vaststaat, dat de Dinkel een op ingrepen zeer traag reagerende rivier is (zie paragraaf 4.4) zullen bovengenoemde verschijnselen hier vermoedelijk niet snel tot problemen leiden.

Voor de resultaten van de morfologische berekening ten aanzien van de gebaggerde Beneden-Dinkel kan voor het gedeelte beneden Meulemansbrug worden verwezen naar paragraaf 6.3. Tussen het Verdeelwerk en Meulemansbrug is nu echter sprake van een ontgroning, veroorzaakt door een onvoldoende aanbod van zand in de Beneden-Dinkel. Zie bijlage 20.

Een overzicht van het zand<sup>d</sup>transport op verschillende plaatsen langs de Dinkel geeft tabel 6.5-2.

Voor een schatting van de hoeveelheid zand, welke in het Omleidingskanaal zal neerslaan wordt gebruik gemaakt van tabel 6.5-3.

Zie ook paragraaf 5.4. Vergeleken met de huidige toestand zal na verruiming van de Boven-Dinkel minder zand in het kanaal terechtkomen. De reductie kan worden geschat op 25 à 50 %, uitgaande van de z.g. "mogelijkheid 1" (zie paragraaf 5.4).

tijdvak	Zandtransport te					
	Singraven m <sup>3</sup>	Meule- mansbrug m <sup>3</sup>	Verdeel- werk m <sup>3</sup>	naar Om- leidings- kanaal * m <sup>3</sup>	Kribbe- brug m <sup>3</sup>	Poppe- brug m <sup>3</sup>
1970 (1 mrt t/m 31 dec)	p.m.	1840	2200	700	1620	2360
1971	p.m.	730	410	70	500	710
1972	p.m.	610	380	30	560	940
1973	p.m.	1020	1590	540	1270	1930
1974 (1 jan t/m 31 juni)	p.m.	400	750	220	610	760
totaal	80	4600	5330	1560	4560	6700

\* uitgaande van een bodemhoogte: 24,20 m + N.A.P.

Figuur 6.5-2. Jaartransport op verschillende plaatsen, alsmede het transport naar het Omleidingskanaal (volgens hypothese 2 en mogelijkheid 1), berekend met de transportformule van Ackers en White, voor de verruimde Boven-Dinkel en gebaggerde Beneden-Dinkel.

tijdvak	transport bovenstrooms van Verdeelwerk * m <sup>3</sup>	transport naar Omlei- dingskanaal hypothese 2 m <sup>3</sup>
1970 (1 mrt. t/m 31 dec)	1630	560
1971	280	50
1972	250	30
1973	1130	340
1974 (1 jan t/m 31 juni)	570	170
totaal	3860	1150

\* uitgaande van een bodemhoogte: 24,10 m + N.A.P.

Tabel 6.5-3<sup>A</sup>. Berekening van de verdeling van het zandtransport bij het Verdeelwerk, uitgaande van de totale afvoer in het zomerbed (mogelijkheid 1), met gebruikmaking van de transportformule van Ackers en White. Verruimde Boven-Dinkel.

tijdvak	transport bovenstrooms van Verdeelwerk * m <sup>3</sup>	transport naar Omlei- dingskanaal hypothese 2 m <sup>3</sup>
1970 (1 mrt t/m 31 dec)	1010	230
1971	230	30
1972	230	20
1973	730	160
1974 (1 jan t/m 31 juni)	370	80
totaal	2570	520

\* uitgaande van een bodemhoogte: 24,10 m + N.A.P.

Tabel 6.5-3<sup>B</sup>. Berekening van de verdeling van het zandtransport bij het Verdeelwerk, uitgaande van alleen zomerbedafvoer (mogelijkheid 2), met gebruikmaking van de transportformule van Ackers en White. Verruimde Boven-Dinkel.

## 7. Aanbevelingen.

### 7.1. Onderzoek.

#### Afvoer.

Teneinde de in het verleden uitgevoerde afvoerstudies (Snijdelaar, 1966; Heidemij, 1973) hun waarde te doen behouden verdient het aanbevelen de volgende peilschaalstations in stand te houden en dagelijks te doen aflezen:

- Zoekerbrug
- Poppebrug
- Verdeelwerk (boven- en benedenstrooms)
- Wepelose brug (Ruenbergerbeek)

Incidentele aflezing van een peilschaal te Meulemansbrug zou zeer van nut kunnen zijn bij het vaststellen van aggradatie of degradatie in de Beneden-Dinkel (door de mogelijkheid te kunnen vergelijken met de afvoerkromme uit 1966).

Welke bezwaren ook kleven aan bovenstaande peilschaalstations, het is voor de continuïteit van het afvoeronderzoek (en daarmee ook voor het onderzoek naar de morfologie) van groot belang reeds vele jaren in gebruik zijnde stations niet op te heffen.

Voorts dienen met een zekere regelmaat bij genoemde peilschaalstations afvoermetingen plaats te vinden, teneinde steeds met een correcte afvoerkromme de afvoer te kunnen bepalen. Te denken valt, afhankelijk van de morfologische ontwikkelingen, aan een periode van 10 jaar, welke na de eerste 10 jaar kan worden verlengd indien de wijzigingen gering blijken te zijn. Bij een ingrijpende profielwijziging moeten uiteraard zo spoedig mogelijk er na de in aanmerking komende afvoerkrommen worden herzien.

Om de in dit rapport aangehouden afvoerverdeling over zomer- en winterbed te kunnen toetsen aan de werkelijkheid zou het aanbeveling verdienen eenmalig afvoermetingen te verrichten in het winterbed, op nader te bepalen plaatsen. Een gunstige plaats hiervoor lijkt de directe omgeving van de eerder genoemde boerderij aan de Molterheurne weg (km 2100 van de Boven-Dinkel).

Ook de in dit rapport berekende vervallen over Kribbebrug en beneden Poppebrug, bij inundaties, zouden in werkelijkheid moeten worden gemeten. Bij het verrichten van toekomstige hoogwateropnamen zouden opstuwingsverschijnselen al direct moeten worden geregistreerd, opdat hieruit correcte verhanglijnen kunnen worden bepaald.

## Morfologie.

Gezien de traagheid, waarmee morfologische processen in de Dinkel plaatsvinden zou het aanbeveling verdienen de geschiedenis van de Dinkel ter dege na te gaan. Helaas is door tijdgebrek dit onderzoek hieraan niet toegekomen. Met behulp van oude kaarten, beschrijvingen, e.d. en modernere luchtfoto's moet verlegging van het laagwaterbed kunnen worden nagegaan. Ook de reeds gesignaleerde bocht-afsnijdingen zullen moeten worden gedateerd.

In dit verband is het een goed besluit van het Waterschap om de ligging van het zomerbed ingaande 1975, met een zekere regelmaat in kaart te brengen (en te peilen).

Zolang de verruiming van de Boven-Dinkel niet heeft plaatsgevonden kan de reactie van de rivier op een recente bochtafsnijding (tussen 1966 en 1970) worden bestudeerd aan de ontwikkeling van het traject Bossinkbrug-Losserbrug (zie paragraaf 6.3).

Zeer belangrijk is het om sedimenttransport te meten. De waarde van de uitkomsten van deze studie hangt voor een belangrijk deel samen met de mate van nauwkeurigheid, waarmee het zandtransport is berekend. Vastgesteld moet worden in hoeverre de hier toegepaste transportformule van Ackers en White het transport correct weergeeft.

Als plaatsen voor het verrichten van transportmetingen (zowel bodem- als zwevend transport) komen in aanmerking:

- Meulemansbrug (ter vergelijking met de resultaten van W.L., 1964);
- Verdeelwerk (zwevend transport boven de overlaat);
- Kribbebrug;
- Poppebrug;
- Zoekerbrug.

De vraag of "afpleistering" plaats vindt zal kunnen worden beantwoord door het nader onderzoeken van de gelaagdheid van de bodem. (zie ook paragraaf 1.3). Voor onderzoek hiernaar komt vooral het traject Poppebrug-Kribbebrug in aanmerking. Onderzoek naar voeding van zand vanuit de oevers moet vooral bij het traject langs het Lutterzand plaats vinden.

Hier zal de rivier dan ook frequenter moeten worden ingemeten dan op andere plaatsen.

## 7.2. Maatregelen.

Uit het onderzoek is gebleken, dat een zandvang in de Beneden-Dinkel, beneden het Verdeelwerk niet nodig is; zelfs ongewenst is. Door een zandvang zal het blijkbaar reeds aangevangen proces van degradatie worden bevorderd.

De in 1970 gepeilde aanzandingen zouden in ieder geval met een zandvang niet zijn te voorkomen. In paragraaf 6.3 is beredeneerd, dat deze aanzandingen met de bouw van het Verdeelwerk niets uitst aande hebben en reeds aanwezig moesten zijn vóór die tijd. Mede met het oog op dit onderwerp is het in paragraaf 7.1 bepleitte onderzoek naar de "historie" van de Dinkel van belang. Het ziet er in ieder geval niet naar uit, dat baggerwerk met een grotere frequentie dan eens per 10 à 20 jaar zal moeten worden uitgevoerd.

De voorgestelde verruiming van de Boven-Dinkel zal vermoedelijk niet de aanzet zijn voor het ontstaan van grote aanzandingen of verondiepingen. Wel moet worden gerekend op plaatselijke aanzandingen als gevolg van het uitschuren van oevers.

De voorgestelde steile taludhelling (1:1) zal dit zeker bevorderen.

Op de vraag of de verbreding van blijvende aard zal zijn kan hier geen goed antwoord worden gegeven.

Op grond van empirische formules zou dit antwoord ontkennend moeten zijn (zie paragraaf 6.5).

Gezien het feit, dat morfologische processen zich in de Dinkel relatief langzaam voltrekken valt echter niet te vrezen, dat de voorgenomen verbreding snel te niet zal worden gedaan.

De Beneden-Dinkel zal door de verruiming van de Boven-Dinkel minder zand toegevoerd krijgen, waardoor de degradatie, te beginnen bij het Verdeelwerk, zal worden versterkt.

De bodem van de Beneden-Dinkel zal vooral tussen het Verdeelwerk en Meulemansbrug regelmatig moeten worden gepeild. Wordt de ontgronding te groot, dan zal deze met elders gebaggerd zand (bijvoorbeeld uit het Omleidingskanaal) moeten worden opgevuld.

Te verwachten is, dat in het Omleidingskanaal na verruiming van de Boven-Dinkel, minder zand zal neerslaan. De aanleg van een zandvang in het kanaal verdient zeker overweging teneinde dat zand gemakkelijker te kunnen verwijderen dan thans het geval is.

Met betrekking tot het hoogwaterprobleem kan worden opgemerkt, dat een daling van de hoogwaterstanden boven Kribbebrug met ca.  $\frac{1}{4}$  m kan worden bereikt door het vergroten van de afvoercapaciteit ter plaatse van deze brug, waardoor opstuwning wordt voorkomen.

8. Literatuur.

1. Ackers, P., en White, W.R., 1973      Sediment Transport: New Approach and Analysis, Journal of the Hydraulics Division, A.S.C.E., no. HY 11, 1973
  
2. Alam, A.M.Z., en Kennedy, J.F., 1969      Friction factors for flow in sandbed channels, Journal of the Hydraulics Division, A.S.C.E., Vol. 95, no. HY 6, Paper 6900, 1969
  
3. A.N.W.B., 1968      Overijssel, serie "Eigen land met open ogen", 1968
  
4. Einstein, H.A., en Barbarossa, N.L., 1951      River channel roughness, Transactions A.S.C.E., Paper no. 2528, 1951
  
5. Engelund, F. en Hansen, E., 1967      A monograph on sediment transport in alluvial streams, Teknisk Forlag, Copenhagen, 1967
  
6. Faber, F.J., 1960      Geologie van Nederland, Aanvullende hoofdstukken over de -, deel IV, 1960
  
7. Frijlink, H.C., 1952      Discussion of bedload movement formulas of Kalinske, Einstein and Meyer-Peter and Müller and their application to recent measurements of bedload movement in the rivers of Holland, Delft, June 1952 (Translation by Ch.W. Thomas, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado)
  
8. Graf, W.H., 1971      Hydraulics of sediment transport, Mc Graw-Hill Book Company, 1971
  
9. Hammen, T. van der, en Wijmstra, T.A., 1971      The Upper Quaternary of the Dinkel Valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands), offprint form Nieuwe Serie No. 22, Mededelingen Rijks Geologische Dienst, 1971
  
10. Heidemij, 1973      Afvoerstudie Dinkel, Afdeling Speurwerk, N.V. Heidemaatschappij Beheer, 1973



11. Kerssens, P.J.M., 1974  
Aanpassingslengte van zwevend-zand-vertikalen, afstudeeronderzoek, Vakgroep Algemene en Verkeerswaterbouwkunde, Technische Hogeschool Delft, 1974
  
12. Kolff, J. van der, 1975  
Morfologische berekeningen voor brede zowel als smalle rivieren, afstudeerrapport, Vakgroep Rivier- en Verkeerswaterbouwkunde, Technische Hogeschool Delft, 1975
  
13. Leliavsky, S., 1954  
An introduction to fluvial hydraulics, Constable and Company Ltd, London, 1954
  
14. Lovera, F., en Kennedy, J.F., 1969  
Friction factors for flat bed flows, Journal of the Hydraulics Division, A.S.C.E., Vol. 95, No. HY 4, Paper 6678, July, 1969
  
15. Meyer-Peter, E., en Müller, R., 1948  
Formulas for bed-load transport, Proc. Second meeting of the International Association for Hydraulic Structures Research, Stockholm, Vol. 2, Paper 2, 1948
  
16. MITCH, 1973  
Rio Magdalena and Canal del Dique survey project, Misión Técnica Colombo-Holandesa, Nedeco report, 1973
  
17. Rijkswaterstaat, 1963  
Beschrijving van de provincie Overijssel, behorende bij de Waterstaatskaart, 1963
  
18. Schrier, D.M. van der, 1969  
Waterstaatkundige inventarisatie van het gebied van de Boven-Dinkel, Werkgroep voor waterstaatkundige inventarisatie gebied Boven-Dinkel, maart 1969
  
19. Snijdelaar, M., 1966  
Rapport inzake onderzoek naar de frequentie van afvoeren in het stroomgebied van de Dinkel, Rijkswaterstaat, Dienst voor de Waterhuishouding, februari 1966
  
20. Verbeek, J., 1976?  
nog niet voltooide studie naar hoge afvoeren in de Dinkel, afstudeeronderzoek
  
21. Vries, M.de, 1969  
Solving river problems by hydraulic and mathematical models, Polish Academy of Sciences, Institute of Hydro-Engineering, Gdansk, Conference on "Selected Problems from the Theory of Simulation of Hydrodynamic Phenomena", Jablonna, June 1969, later uitgegeven als Publication No. , Delft Hydraulics Laboratory.

22. Vries, M. de, 1973  
River-bed variations, Aggradation and degradation, Lecture held for the I.A.H.R., "International Seminar on Hydraulics of Alluvial Streams", New Delhi, India, 15-19 Jan. 1973, Publication no. 107, Delft Hydraulics Laboratory, 1973
23. Waterschap Regge en Dinkel, 1972  
Wat is- Wat doet het Waterschap Regge en Dinkel, 1972
24. W.L., 1964  
Verdeelwerk Omleidingskanaal Dinkel, Rapport Modelonderzoek, M 818, Waterloopkundig Laboratorium, Delft, mei 1964
25. Yzerman, M.J., 1934  
Waterschap De Regge, 1934
26. Zaat, J.A., 1971  
Numerieke Analyse A1, Delftse Uitgevers Maatschappij N.V., Delft, 1971
27. Zanen, A., 1970  
Normalisatie van de Dinkel tussen Gronau en Lossen, Rijkswaterstaat, Directie Bovenrivieren, Afdeling Studiedienst, april 1970

## 9. Symbolen.

De in het standaard-rekenprogramma (BEEK) voorkomende symbolen worden hier niet vermeld. Verwezen kan worden naar het betreffende rapport [Van der Kolff, 1975].

De overige in het model toegepaste symbolen worden hieronder verklaard:

### 1. geldig in het gehele model:

Q1	= afvoer in Boven-Dinkel
Q2	= idem in Beneden-Dinkel
Q3	= idem in Omleidingskanaal
QQ	= parameter bij de berekening van de afvoerverdeling over Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal (stuwprogramma)
QZ	= z.g. zomerbedafvoer
STR	= zandtransport naar het Omleidingskanaal
SKAN	= getotaliseerd zandtransport naar idem
SVER	= getotaliseerd zand-aanbod bij het Verdeelwerk
QMIN	= breuk, aangevende het deel van de afvoer, dat uittreedt uit het laagwaterbed (zie paragraaf 3.4)

### 2. geldig in het programma-onderdeel, waarin het Verdeelwerk wordt beschreven (zie ook bijlage 15):

L2	= waterstand, benedenstrooms van het Verdeelwerk
L3	= idem, bovenstrooms van het Verdeelwerk
L4	= idem
LEVEL	= idem
LA	= polynoom van Lagrange
HKRUIN	= kruinshoogte van de overlaat van het Verdeelwerk in m t.o.v. N.A.P.
YK	= idem t.o.v. de bodem van de rivier
YO	= hoogte t.o.v. de bodem, waar de watersnelheid nul wordt gedefinieerd
YS	= hoogte t.o.v. de bodem, toegepast bij de numerieke integratie van de zandverticaal
DH	= stapgrootte bij idem
OG	= ondergrens (hoogte t.o.v. de bodem) bij idem
SOM	= parameter bij idem
P	= breuk, aangevende het deel van het bij het Verdeelwerk aangeboden zandtransport, dat in het Omleidingskanaal verdwijnt

INT	= grootte van de door middel van numerieke integratie berekende integraal van de gehele of gedeeltelijke zandverticaal
STAP	= aantal "stappen" bij bovengenoemde integratie
QS(i)	= steunwaarden bij driepunts-interpolatie, met $i = 0, 1, 2$ of 3 (zie paragraaf 5.3)
PEIL(i)	= idem
STEUN	= index voor QS en PEIL
POLY	= idem

### 3. bij toepassing van de zandtransportformule van Ackers en White:

AA	= begin-van-bewegingsparameter A
CEE	= coëfficiënt van de transportfunctie C
DGR	= dimensieloze korrelgrootte $D_{gr}$
EKS	= massa-flux X
EM	= exponent van de transportfunctie m
EN	= "overgangs-exponent" n
FGR	= sediment-transporteerbaarheidsgetal $F_{gr}$
GGR	= dimensieloos sedimenttransport $G_{gr}$
LNDGR	= logaritme van DGR

Bijlage 1.Gegevens (bij paragraaf 2.6).

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van het materiaal, dat in het kader van deze studie werd verzameld en waarvan bij het onderzoek is gebruik gemaakt. Hoewel literatuur in een literatuurlijst wordt vermeld, welke als hoofdstuk 8 deel uitmaakt van dit rapport, is ter wille van de overzichtelijkheid specifieke literatuur ook in deze bijlage opgenomen.

A. Tekeningen, ter beschikking gesteld door het Waterschap Regge en Dinkel:

1. Ruilverkaveling De Beneden-Dinkel: Plan van wegen en waterlopen, bedoeld in art. 79 der ruilverkavelingswet 1954; Waterlopen, kaden en kunstwerken; schaal 1:10000; getekend door Cultuur-technische Dienst, 1962/1963.
2. Ruilverkaveling Denekampse Veld:
  - a. Overzichtskaart van waterleidingen in het Denekampse Veld; schaal 1:10000; getekend door Technische Dienst Waterschap De Beneden-Dinkel.
  - b. Omleidingskanaal; Situatie; schaal 1:12500; getekend door Technisch Bureau van de Unie van Waterschapsbonden N.V., 1960.
  - c. Verdeelwerk; Bestekstekening; schaal 1:20, 1:100; getekend door idem, april 1964 (zie bijlage 12).
  - d. Stuwbrug BX; Bestekstekening; schaal 1:20, 1:100; getekend door idem, 1961. (betreft de stuw aan het benedeneinde van het bovenste pand van het Omleidingskanaal, bij de instroming van de Puntbeek).
3. Omleidingskanaal, leiding 32, getekend door Waterschap Regge en Dinkel:
  - a. nrs. 4/16 en 5/16; Situatie; schaal 1:2000; d.d. 1970 (bestrijken het bovenste pand, aansluitend op het Verdeelwerk)
  - b. nr. 6/16; Lengteprofiel; lengteschaal 1:10000, hoogteschaal 1:100; d.d. 1970 (traject Verdeelwerk-Kanaal Almelo-Nordhorn)
  - c. nrs. 7/16 t/m 16/16; Dwarsprofielen; schaal 1:100; d.d. 1970 (idem, profiel-afstanden ca. 100 m)
  - d. nr. 1-1; Dwarsprofielen 1:100, Opname i.v.m. verzanding van de leiding bij het Verdeelwerk; d.d. 1975.
4. Beneden-Dinkel, leiding 39, getekend door (of in opdracht van) Waterschap Regge en Dinkel:
  - a. nrs. 1/19 t/m 5/19; Situatie 1:2000; d.d. juli 1970 (traject Verdeelwerk-Kanaal Almelo-Nordhorn)

- b. nr. 6/19; Lengteprofiel; lengteschaal 1:10000, hoogteschaal 1:100; d.d. 1070 (idem)
- c. nrs. 7/19 t/m 19/19; Dwarsprofielen; schaal 1:100; d.d. 1970 (idem)
5. Boven-Dinkel, leiding 40, getekend door (of in opdracht van) Waterschap Regge en Dinkel:
- a. nrs. 1/14 t/m 3/14; Situatie 1:2500; d.d. juli 1970 (traject Haarmanngraben-Verdeelwerk)
- b. nr. 8/14; Lengteprofiel; lengteschaal 1:10000, hoogteschaal 1:100; d.d. 1970 (traject grens-Verdeelwerk)
- c. nrs. 9/14 t/m 14/14; Dwarsprofielen; schaal 1:100; d.d. 1970 (idem)
- d. nr. 1-1; Aan te leggen zandvanger bij Verdeelwerk; schaal 1:200, 1:2000; d.d. 1974
- e. nr. 1-1; Ged. tussen Ellermansbrug en Zoekerbrug; schaal 1:100, 1:5000, 1:10000; d.d. 1975 (opname toestand 1975)
- f. Hoogtekaart; schaal 1:5000; d.d. 1969; op basis van topografische kaart 29 C (5 kaarten, samen het gehele hoogwaterbed van de Boven-Dinkel bestrijkend)
- g. Inundatiekaarten; schaal 1:5000; d.d. 1970 (idem).  
In een veel later stadium van het onderzoek ter beschikking gekomen:
- h. nrs. 1/21 t/m 7/21; Situatie fotokaart; schaal 1:2500; d.d. december 1975 (gehele Nederlandse Boven-Dinkel)
- i. nrs. 8/21 t/m 10/21; Lengteprofielen; schaal 1:10000 en 1:100; d.d. oktober 1975 (traject grens-Verdeelwerk)
- j. nrs. 11/21 t/m 21/21; Dwarsprofielen; schaal 1:100; d.d. september en oktober 1975 (idem)
- h, i, en j vormen samen de meest recente terreinopname door het Waterschap.
6. Topografische kaart "Waterschap Regge en Dinkel"; schaal 1:50000; getekend door Topografische Dienst, maart 1970.
7. Fotokaarten, schaal 1:5000 (luchtfoto's):  
De Poppe, Groene Staart, Het Lutterzand, Beuningen, Mekkelhorst, Hoenderhoek (samen het traject Haarmanngraben-Vissersbrug bestrijkend); d.d. mei/juni 1973.

B. Peilschaalwaarnemingen (dagelijks), ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding, Regio Grote Rivieren:

1. station Poppebrug: 7 t/m 31 december 1952 en 21 september 1953 t/m juni 1974.
2. station Zoekerbrug (Rotermansbrug): oktober 1950 t/m maart 1975.
3. station Verdeelwerk (Beverborgstuw), boven: 9 februari 1972 t/m juni 1974.
4. station Meulemansbrug: oktober 1950 t/m februari 1955.
5. station Welpelose brug (Ruenbergerbeek): januari 1953 t/m december 1972.

C. Literatuur.

1. N.V. Heidemaatschappij Beheer (aangehaald als Heidemij), Afdeling Speurwerk, Afvoerstudie Dinkel, oktober 1973:  
een veelvuldig aangehaald rapport met vele bijlagen (beschikbaar gesteld door Waterschap Regge en Dinkel).
2. Snijdelaar, Ir. M., Rapport inzake onderzoek naar de frequenties van afvoeren in het stroomgebied van de Dinkel, februari 1966, Rijkswaterstaat, Dienst voor de Waterhuishouding:  
zeer belangrijk, vooral i.v.m. de opgenomen afvoerkrommen (beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Hoofdafdeling Waterhuishouding).
3. Waterloopkundig Laboratorium (aangehaald als W.L.), Verdeelwerk Omleidingskanaal Dinkel, Rapport Modelonderzoek, M 818, mei 1964:  
belangrijk, vooral gezien de centrale positie van het Verdeelwerk in deze studie en wegens de beschouwing, gewijd aan sedimenttransport (beschikbaar gesteld door W.L.).
4. Werkgroep voor waterstaatkundige inventarisatie van het gebied van de Boven-Dinkel (aangehaald als Van der Schrier, naar de rapporteur), Waterstaatkundige inventarisatie gebied Boven-Dinkel, maart 1969 (beschikbaar gesteld door de heer J. Verbeek, afstudeerder op het hoogwaterprobleem van de Boven-Dinkel).
5. Zanen, Ir. A., Normalisatie van de Dinkel tussen Gronau en Losser, april 1970, Rijkswaterstaat, Directie Bovenrivieren, Afdeling Studiedienst (brief, gericht aan de Hoofdingenieur-A van de Rijkswaterstaat in het arrondissement Almelo)  
(beschikbaar gesteld door de heer J. Verbeek)
6. Hammen, T. van der, en T.A. Wijmstra, The Upper Quaternary of the Dinkel Valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands), offprint from Nieuwe Serie No. 22, Mededelingen Rijks Geologische Dienst, 1971.

D. Diversen.

1. Informatie, verstrekt door het Hoofd van de Technische Dienst van het Waterschap Regge en Dinkel, de heer Ir. F. Schukken.
2. Correspondentie van het Waterschap aan de hoofdingenieur-directeur voor de landinrichting in de provincie Overijssel, betreffende de door het Waterschap ontworpen zandvang bij het Verdeelwerk.
3. Toeristenkaart van Twenthe, Salland en Achterhoek, A:N.W.B., 1972.
4. Routebeschrijving met kaart van de Hamaland-route, Toeristische Grenslandroute 1, A.N.W.B. en A.D.A.C., 1971.

Bijlage 2. (bij paragraaf 3.2)

De vergelijking van de afvoerkromme van het meetstation Poppebrug.  
(figuur 3.1-4).

1. voor  $Q \leq 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$\frac{\log 0,5 - \log 0,15}{\log 2,3 - \log 0,15} = \frac{\log (26,87 - x) - \log (26,69 - x)}{\log (27,30 - x) - \log (26,69 - x)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{26,87 - x}{26,69 - x} \right) = 0,44101 \cdot \log \left( \frac{27,30 - x}{26,69 - x} \right)$$

Iteratie geeft als oplossing:  $x = 26,45$ , waarmee het "nulniveau" is berekend.  
Thans kan de vergelijking van de rechte worden opgesteld:

$$\frac{\log Q - \log 0,15}{\log 2,3 - \log 0,15} = \frac{\log (L - 26,45) - \log (26,69 - 26,45)}{\log (27,30 - 26,45) - \log (26,69 - 26,45)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{Q}{0,15} \right) = \frac{\log \left( \frac{2,3}{0,15} \right)}{\log \left( \frac{0,85}{0,24} \right)} \cdot \log \left( \frac{L - 26,45}{0,24} \right) \quad \text{zodat}$$

$$Q = 0,15 \cdot \left( \frac{L - 26,45}{0,24} \right)^{2,1588128}$$

2. voor  $2,3 < Q \leq 10 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$\frac{\log 2,3 - \log 0,100}{\log 10 - \log 0,100} = \frac{\log (27,30 - x) - \log (26,61 - x)}{\log (28,70 - x) - \log (26,61 - x)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{27,30 - x}{26,61 - x} \right) = 0,680864 \cdot \log \left( \frac{28,70 - x}{26,61 - x} \right)$$

Uit iteratie volgt:  $x = 26,52$ , waarmee de vergelijking van de rechte wordt:

$$\frac{\log Q - \log 0,100}{\log 10 - \log 0,100} = \frac{\log (L - 26,52) - \log (26,61 - 26,52)}{\log (28,70 - 26,52) - \log (26,61 - 26,52)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{Q}{0,1} \right) = \frac{\log 100}{\log \left( \frac{2,18}{0,09} \right)} \cdot \log \left( \frac{L - 26,52}{0,09} \right) \quad \text{zodat}$$

$$Q = 0,1 \cdot \left( \frac{L - 26,52}{0,09} \right)^{1,4448633}$$



3. voor  $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$\frac{\log 10 - \log 0,100}{\log 50 - \log 0,100} = \frac{\log (28,70 - x) - \log (27,42 - x)}{\log (29,50 - x) - \log (27,42 - x)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{28,70 - x}{27,42 - x} \right) = 0,741023 \cdot \log \left( \frac{29,50 - x}{27,42 - x} \right)$$

Iteratie levert thans op:  $x = 26,55$ , waarmee de rechte nu wordt beschreven als:

$$\frac{\log Q - \log 0,100}{\log 50 - \log 0,100} = \frac{\log (L - 26,55) - \log (27,42 - 26,55)}{\log (29,50 - 26,55) - \log (27,42 - 26,55)} \quad \text{of}$$

$$\log \left( \frac{Q}{0,1} \right) = \frac{\log 500}{\log \left( \frac{2,95}{0,87} \right)} \cdot \log \left( \frac{L - 26,55}{0,87} \right) \quad \text{zodat}$$

$$Q = 0,1 \cdot \left( \frac{L - 26,55}{0,87} \right)^{5,0894886}$$

Bijlage 3 (bij paragraaf 3.2)

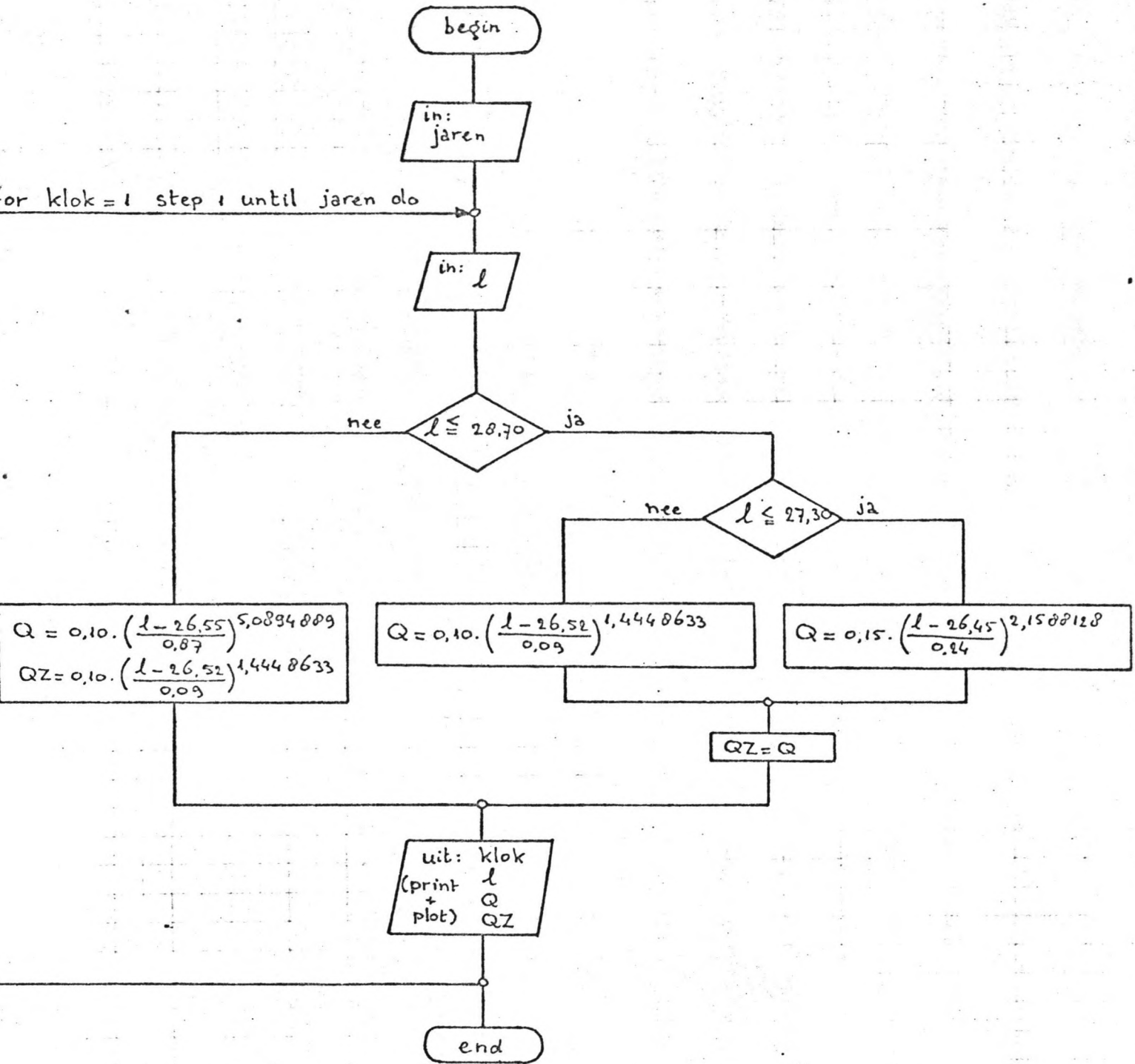
Stroomschema en rekenprogramma voor het berekenen en tekenen van het afvoer-  
verloop, uitgaande van peilschaalwaarnemingen en afvoerkromme te Poppebrug.

De in het stroomschema toegepaste symbolen hebben de volgende betekenis:

- jaren = het aantal ingevoerde dagelijkse waterstanden (per jaar: 365 à 366)
- klok = volgnummer van de berekende afvoer
- l = waterstand te Poppebrug
- Q = berekende afvoer te Poppebrug
- QZ = z.g. zomerbedafvoer (zie paragraaf 3.2)

Bijgevoegd zijn twee rekenprogramma's:

1. het programma volgens het stroomschema, waarmee het afvoer-  
verloop wordt berekend en getekend;
2. eenzelfde programma, aangevuld met de nodige programmatuur voor het tekenen van  
het geschematiseerde afvoer-  
verloop samen met het onder 1 berekende afvoer-  
verloop in één figuur.



Rekenprogramma voor de berekening van afvoeren en plotten van het afvoerverloop

FAST ALGOL COMPILER OF DELFT, RELEASE OF 1/ 9/1975

INCR.NR.+SOURCE LISTING

COMPILER VERSION :BATCH

 OPTIONS IN EFFECT:SIZE(KRYTES)= 94,IDL= 6,SEG=SEGM,  
 EBCDIC(EB),NOIDLST,LOAD(L),LONG(LP),OPTO,NOPAG,SE,SOURCE(S),NST,SWAPO,TEST(T),W

```

0  'BEGIN'                                K0L01A00
1  'REAL' L,Q,Q1,QZ;                      K0L01J00
2  'INTEGER' KLOK,JAREN;                  K0L01C00
3  'REAL' 'ARRAY' QTP,QZP(/1:368/), DAG(/1:368/); K0001C01
4  PLOTS (1,20); FACTOR (0.3937); PLOT (5.0,5.0,-3); K0001C02
7  AXIS (0.0,0.0,'('DAGEN')',-5,37,0.0,0.0,10); K0001C03
8  AXIS (0.0,0.0,'('AFVOER. IN M**3/S')',16,20.0,90.0,0.0,5); K0001C04
9  OUTSTRING (1,('K0L01000
10 BEREKENING VAN AFVOEREN (BOVENSTROOMS (BOVENSTROOMS VAN HET VERDEELWERK) MET GEBRUIK K0L01E00
11 KMAKING VAN WATERSTANDEN TE POPPEBRUG ')); LINE(1,6); OUTSTRING (1,(' K0L01F00
12 AANTAL DAGELIJKSE WATERSTANDEN: ')); READ (0,JAREN); AFIX (1,4,0,JAREN); K0L01G00
14 ;LINE(1,4); OUTSTRING (1,('K0L01H00
16 ETMAAL-NR WATERSTAND AFVOER TE AFVOER BOVEN ZOMERBED-'); K0L01I00
16 LINE(1,1); OUTSTRING (1,('K0L01J00
18 TOV NAP POPPEBRUG VERDEELWERK AFVOER'); K0L01K00
18 LINE(1,2); OUTSTRING (1,('K0L01L00
20 M M**3/S M**3/S M**3/S M**3/S'); K0L01M00
20 LINE (1,2); 'FOR' KLOK:=1 'STEP' 1 'UNTIL' JAREN 'DO' 'BEGIN' K0L01N00
23 READ(0,L); K0L01O00
24 'IF' L<=28.70 'THEN' 'BEGIN' 'IF' L<=27.30 'THEN' K0L01P00
27 Q:=-.15*(((L-26.45)/.24)**2.1588128) 'ELSE' K0L01Q00
29 Q:=-.10*(((L-26.52)/.09)**1.4448633); QZ:=Q 'END' 'ELSE' 'BEGIN' K0L01R00
34 Q:=-.10*(((L-26.55)/.37)**5.0894889); QZ:=-.10*(((L-26.52)/.09)** K0L01S00
36 1.4448633) 'END'; K0L01T00
37 Q1:=Q; K0L01U00
38 AFIX(1,5,0,KLOK); FIX(1,9,2,L);AFIX(1,8,2,Q);AFIX(1,8,2,Q1); K0L01V00
42 AFIX (1,10,2,QZ); LINE (1,1); K0L01W00
44 QTP(/KLOK/):=Q1; QZP(/KLOK/):=QZ; DAG(/KLOK/):=KLOK; K0001W01
47 QTP(/KLOK+1/):=0.0; QTP(/KLOK+2/):=5.0; QZP(/KLOK+1/):=0.0; K0001W02
50 QZP(/KLOK+2/):=5.0; DAG(/KLOK+1/):=0.0; DAG(/KLOK+2/):=10.0; K0001W03
53 'END'; K0L01X00
54 LINES (DAG,QTP,JAREN,1,0,0); LINES (DAG,QZP,JAREN,1,0,0); K0001X01
56 PLOT (3.2,0,3); PLOT (3.2,20,2); K0001X02
58 PLOT (6.0,0,3); PLOT (6.0,20,2); K0001X03
60 PLOT (9.1,0,3); PLOT (9.1,20,2); K0001X04
62 PLOT (12.1,0,3); PLOT (12.1,20,2); K0001X05
64 PLOT (15.2,0,3); PLOT (15.2,20,2); K0001X06
66 PLOT (18.2,0,3); PLOT (18.2,20,2); K0001X07
68 PLOT (21.3,0,3); PLOT (21.3,20,2); K0001X08
70 PLOT (24.4,0,3); PLOT (24.4,20,2); K0001X09
72 PLOT (27.4,0,3); PLOT (27.4,20,2); K0001X10
74 PLOT (30.5,0,3); PLOT (30.5,20,2); K0001X11
76 PLOT (33.5,0,3); PLOT (33.5,20,2); K0001X12
78 PLOT (36.6,0,3); PLOT (36.6,20,2); K0001X13
80 SYMBOL ( 1.0,-.7,.3,('JAN')',0.0,3); K0001X14
81 SYMBOL ( 4.2,-.7,.3,('FEB')',0.0,3); K0001X15
82 SYMBOL ( 7.0,-.7,.3,('MRT')',0.0,3); K0001X16
83 SYMBOL ( 10.1,-.7,.3,('APR')',0.0,3); K0001X17
84 SYMBOL ( 13.1,-.7,.3,('MEI')',0.0,3); K0001X18
85 SYMBOL ( 16.2,-.7,.3,('JUN')',0.0,3); K0001X19
86 SYMBOL ( 19.2,-.7,.3,('JUL')',0.0,3); K0001X20
87 SYMBOL ( 22.3,-.7,.3,('AUG')',0.0,3); K0001X21
88 SYMBOL ( 25.4,-.7,.3,('SEP')',0.0,3); K0001X22
89 SYMBOL ( 28.4,-.7,.3,('OKT')',0.0,2); K0001X23
90 SYMBOL ( 31.5,-.7,.3,('NOV')',0.0,3); K0001X24
91 SYMBOL ( 34.5,-.7,.3,('DEC')',0.0,3); K0001X25
92 SYMBOL (5.0,-2.5,1.0,('AFVOER VERLOOP')',0.0,13); LASPLO; K0001X26
94 'END' K0L01Y00

```

NO ERRORS FOUND

Rekenprogramma voor de berekening van afvoeren en plotten van werkelijk  
zowel als geschematiseerd afvoerverloop

FAST ALGOL COMPILER OF DELFT, RELEASE OF 1/ 9/1975

INCR.NR.+SOURCE LISTING

COMPILER VERSION :BATCH

 OPTIONS IN EFFECT: SIZE(KBYTES)=222,IDL= 6,SEG=SEGM,  
 EBCDIC(EB),NOIDLST,LOAD(L),LONG(LP),OPTO,NOPAG,SE,SOURCE(S),NST,SWAPO,TEST(T),W

```

0 'BEGIN'
1 'REAL' L,0,Q1,Q2;
2 'INTEGER' KLOK,JAREN;
3 'REAL' 'ARRAY' QTP,QZP(/1:368/), DAG(/1:368/);
4 PLOTS (1,20); FACTOR (0.3937); PLOT (5.0,5.0,-3);
7 AXIS (0.0,0.0,('DAGEN'),-5,37,0.0,0.0,10);
8 AXIS (0.0,0.0,('AFVOER IN M**3/S'),16,20.0,90.0,0.0,5);
9 'BEGIN' 'REAL' DUUR,LL,QZ,TIJDEL; 'INTEGER' NR,TEL,Y;
12 'REAL' 'ARRAY' QR,TIJD(/1:368/); READ (0,Y); NR:=1; TIJDEL:=0;
16 OUTSTRING (1,('K0L01D00
17 BEREKENING VAN AFVOEREN (ROVENSTROOMS VAN HET VERDEELWERK) MET GEBRUIK0L01E00
17 KMAKING VAN WATERSTANDEN TE POPPERUG ')); LINE(1,6); OUTSTRING (1,(' K0L01F00
19 AANTAL DAGELIJKSE WATERSTANDEN: ')); READ (0,JAREN); AFIX (1,4,0,JAREN);K0L01G00
21 ;LINE(1,4); OUTSTRING (1,('K0L01H00
23 AANTAL GESCHEMATISEERDE AFVOEREN: ')); AFIX (1,4,0,Y); OUTSTRING (1,('K0001H01
25 ,TE PLOTTEN OVER DE AFVOERVERLOOPLIJD));LINE(1,4); OUTSTRING (1,('K0001H02
27 ETMAAL-NR WATERSTAND AFVOER TE AFVOER BOVEN ZOMERSED-'));K0L01I00
27 LINE(1,1); OUTSTRING (1,('K0L01J00
29 TOV NAP POPPERUG VERDEELWERK AFVOER')); K0L01K00
29 LINE(1,2); OUTSTRING (1,('K0L01L00
31 M M**3/S M**3/S M**3/S)); K0L01M00
31 LINE (1,2); 'FOR' KLOK:=1 'STEP' 1 'UNTIL' JAREN 'DO' 'BEGIN'
34 READ(0,L); K0L01N00
35 'IF' L<=28.70 'THEN' 'BEGIN' 'IF' L<=27.30 'THEN' K0L01P00
38 Q:=.15*(((L-26.45)/.24)**2.1588128) 'ELSE' K0L01Q00
40 Q:=.10*(((L-26.52)/.09)**1.4448633); QZ:=Q 'END' 'ELSE' 'BEGIN' K0L01R00
45 Q:=.10*(((L-26.55)/.87)**5.0894869); QZ:=.10*(((L-26.52)/.09)** K0L01S00
47 1.4448633) 'END'; K0L01T00
48 Q1:=Q; K0L01U00
49 AFIX(1,5,0,KLOK); FIX(1,9,2,L);AFIX(1,8,2,Q);AFIX(1,8,2,Q1); K0L01V00
53 AFIX (1,10,2,QZ); LINE (1,1); K0L01W00
55 QTP(/KLOK/):=Q1; QZP(/KLOK/):=QZ; DAG(/KLOK/):=KLOK; K0001W01
58 QTP(/KLOK+1/):=0.0; QTP(/KLOK+2/):=5.0; QZP(/KLOK+1/):=0.0; K0001W02
61 QZP(/KLOK+2/):=5.0; DAG(/KLOK+1/):=0.0; DAG(/KLOK+2/):=10.0; K0001W03
64 'END'; K0L01X00
65 LINES (DAG,QTP,JAREN,1,0,0); LINES (DAG,QZP,JAREN,1,0,0); K0001X01
67 PLOT (3.2,0,3); PLOT (3.2,20,2); K0001X02
69 PLOT (6.0,0,3); PLOT (6.0,20,2); K0001X03
71 PLOT (9.1,0,3); PLOT (9.1,20,2); K0001X04
73 PLOT (12.1,0,3); PLOT (12.1,20,2); K0001X05
75 PLOT (15.2,0,3); PLOT (15.2,20,2); K0001X06
77 PLOT (18.2,0,3); PLOT (18.2,20,2); K0001X07
79 PLOT (21.3,0,3); PLOT (21.3,20,2); K0001X08
81 PLOT (24.4,0,3); PLOT (24.4,20,2); K0001X09
83 PLOT (27.4,0,3); PLOT (27.4,20,2); K0001X10
85 PLOT (30.5,0,3); PLOT (30.5,20,2); K0001X11
87 PLOT (33.5,0,3); PLOT (33.5,20,2); K0001X12
89 PLOT (36.5,0,3); PLOT (36.6,20,2); K0001X13
91 SYMBOL ( 1.0,-.7,.3,('JAN'),0.0,3); K0001X14
92 SYMBOL ( 4.2,-.7,.3,('FEB'),0.0,3); K0001X15

```

```

93 SYMBOL ( 7.0,-.7,.3,('MRT'),'0.0,3); K0001X16
94 SYMBOL ( 10.1,-.7,.3,('APR'),'0.0,3); K0001X17
95 SYMBOL ( 13.1,-.7,.3,('MEI'),'0.0,3); K0001X18
96 SYMBOL ( 16.2,-.7,.3,('JUN'),'0.0,3); K0001X19
97 SYMBOL ( 19.2,-.7,.3,('JUL'),'0.0,3); K0001X20
98 SYMBOL ( 22.3,-.7,.3,('AUG'),'0.0,3); K0001X21
99 SYMBOL ( 25.4,-.7,.3,('SEP'),'0.0,3); K0001X22
100 SYMBOL ( 28.4,-.7,.3,('OKT'),'0.0,3); K0001X23
101 SYMBOL ( 31.5,-.7,.3,('NOV'),'0.0,3); K0001X24
102 SYMBOL ( 34.5,-.7,.3,('DEC'),'0.0,3); K0001X25
103 LINE (1,6);
105 GESCHEMATISEERDE AFVOER: '); LINE (1,4); OUTSTRING (1,('K0001X26
107 NR TIJDSTIP AFVOER')); LINE (1,2); OUTSTRING (1,('K0001X27
109 ETM M**3/S')); LINE (1,2); K0001X29
110 'FOR' TEL:=1 'STEP' 1 'UNTIL' Y 'DO' 'BEGIN' READ (0,QQ(/NR/),DUUR,LL, K0001X30
113 QQ2); TIJD(/NR/)=TIJDEL; NR:=NR+1; QQ(/NR/)=QQ(/NR-1/); K0001X31
116 TIJD(/NR/)=TIJD(/NR-1/)+DUUR; ; TIJDEL:=TIJD(/NR /); QQ(/NR+1/); K0001X32
119 ):=0.0; QQ(/NR+2/)=5.0; TIJD(/NR+1/)=0.0; TIJD(/NR+2/)=10.0; K0001X33
122 AFIX (1,4,0,NR); AFIX (1,7,2,TIJD(/NR/)); AFIX (1,8,2,QQ(/NR/)); K0001X34
125 LINE (1,1); NR:=NR+1; 'END'; K0001X35
128 LINES (TIJD,QQ,2*Y,1,0,0); K0001X36
129 SYMBOL (5.0,-2.5,1.0,('AFVOERVERLOOP'),'0.0,13); LASPLO; K0001X37
131 'END'; K0L01Y00
132 'END' K0001Y01

```

NO ERRORS FOUND

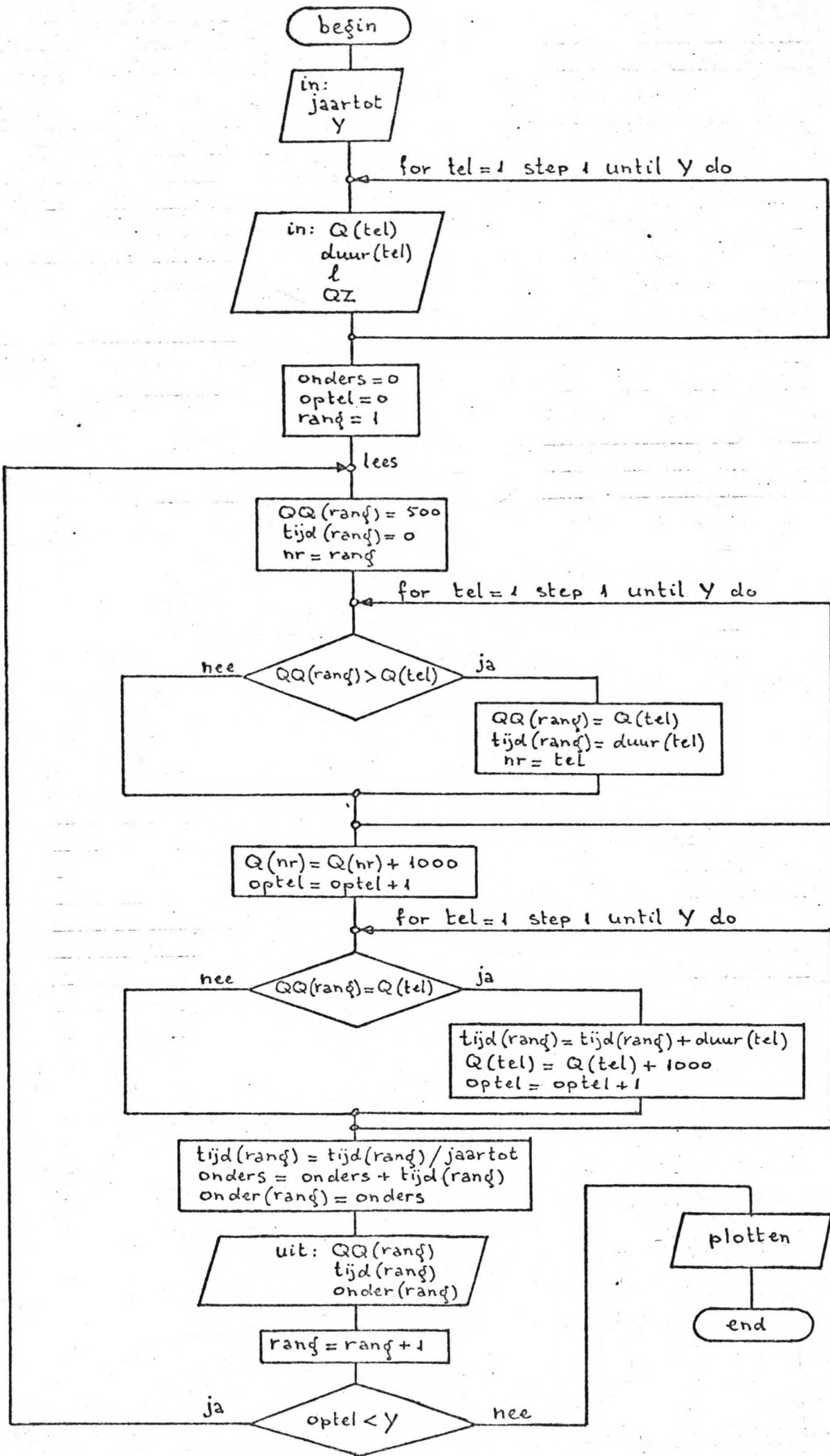
Bijlage 4 (bij paragraaf 3.3)

Stroomschema en rekenprogramma voor het berekenen en tekenen van de afvoerduurlijn voor het meetpunt Poppebrug.

De in het stroomschema en het programma toegepaste symbolen hebben de volgende betekenis:

duur (tel) = duur van ingelezen afvoerperiode, met volgnummer  
jaartot = aantal in de berekening betrokken jaren  
l = waterstand te Singraven (stuwpeil)  
nr = telparameter  
onders = onderschrijdingstijd in etmalen  
onder(rang) = idem met een rangnummer, opdat relatie met afvoer QQ (rang) duidelijk is  
optel = telparameter  
Q(tel) = debiet, met volgnummer  
QQ(rang) = debiet, gerangschikt volgens opklimmende grootte, met rangnummer  
QZ = zomerbedafvoer (zie paragraaf 3.2)  
rang = rangnummer  
tel = volgnummer  
tijd(rang) = totale duur van afvoerperiode met grootte QQ (rang)  
Y = aantal ingevoerde (geschematiseerde) afvoerperioden

Bij deze berekening worden de ponskaarten met afvoergegeven gebruikt, welke speciaal voor het wiskundig model zijn gemaakt. Het betreft dus het geschematiseerde afvoerverloop.





Rekenprogramma voor de berekening van de afvoerduurlijn

FAST ALGOL COMPILER OF DELFT, RELEASE OF 1/ 9/1975

INCR.NR.+SOURCE LISTING

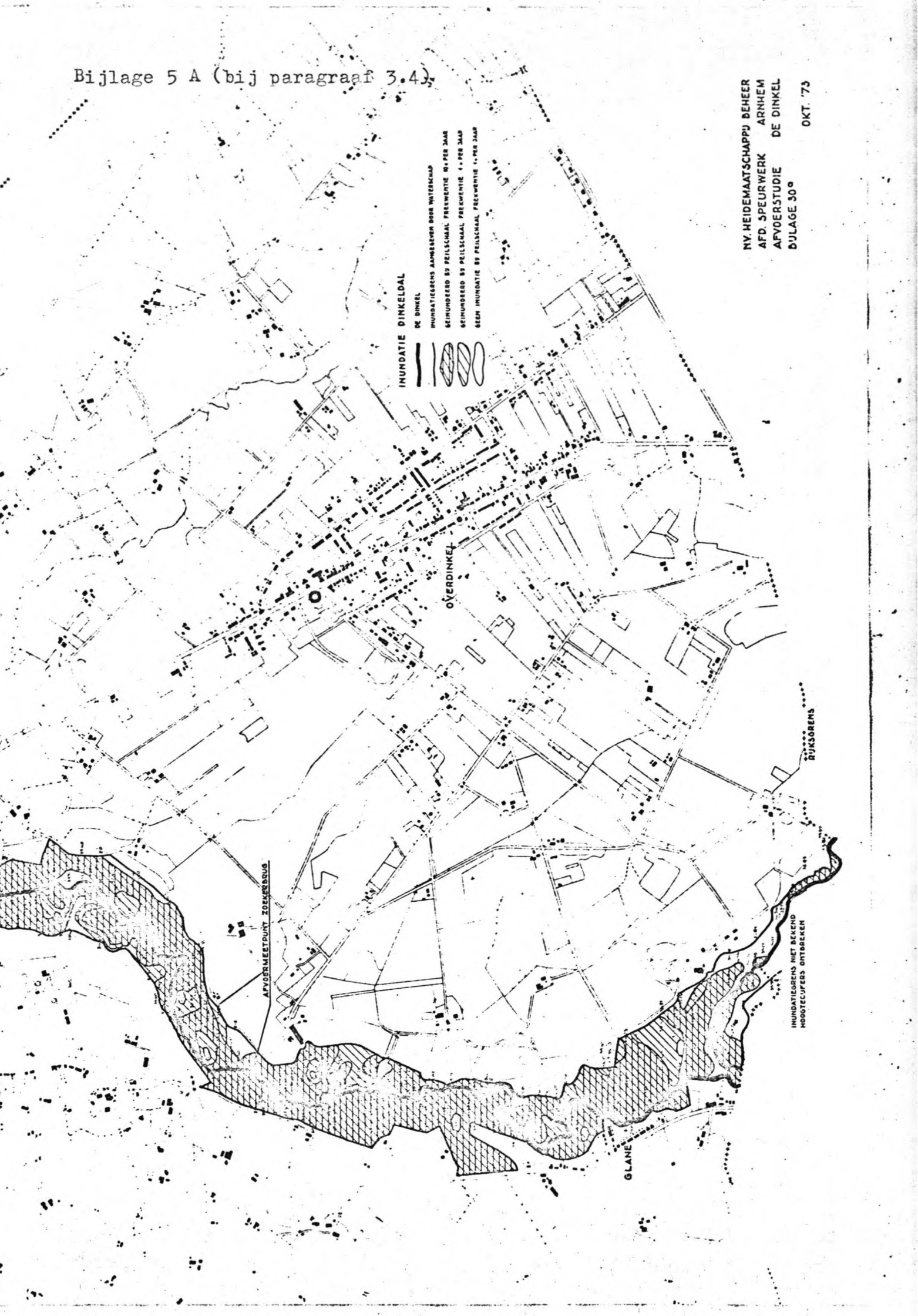
COMPILER VERSION : BATCH  
 OPTIONS IN EFFECT: SIZE(KBYTES)=350,IDL= 6,SEG=SEGM,  
 EBCDIC(5B),NCIDLST,LOAD(L),LONG(LP),OPTO,NOPAG,SF,SOURCE(S),NST,SWAPO,TEST(T),W

```

0 'BEGIN' DUU01A00
1 'REAL' L,QZ,ONDERS; DUU01B00
2 'INTEGER' Y,JAARTOT,TEL,RANG,NR,OPTEL; DUU01C00
3 READ (0,JAARTOT,Y); OUTSTRING (1,('DUU01D00
5 BEREKENING GEMIDDELTE DUURLIJD'); LINE (1,4); OUTSTRING (1,('DUU01E00
7 AANTAL JAREN: '); AFIX (1,9,0,JAARTOT); LINE (1,1); OUTSTRING (1,('DUU01F00
10 AANTAL AFVOERPERIODEN: '); AFIX (1,4,0,Y); LINE (1,4); DUU01G00
12 'BEGIN' 'REAL' 'ARRAY' Q,QQ,DUUR,TIJD,ONDER(/1:Y+2/); DUU01H00
14 'FOR' TEL:=1 'STEP' 1 'UNTIL' Y 'DO' READ(0,Q(/TEL/),DUUR(/TEL/),L,QZ); DUU01I00
16 ONDERS:=0; OPTEL:=0; OUTSTRING (1,('DUU01J00
19 NR AFVOER PERIODE ONDERSCHRIJINGSTIJD'); DUU01K00
19 LINE (1,2); OUTSTRING (1,('DUU01L00
21 M**3/S ETM ETM'); LINE (1,2); DUU01M00
22 RANG:=1; LEFS: QQ(/RANG/):=500; DUU01N00
25 TIJD(/RANG/):=0; NR:=RANG; DUU01O00
27 'FOR' TEL:=1 'STEP' 1 'UNTIL' Y 'DO' 'BEGIN' DUU01P00
29 'IF' QQ(/RANG/)>Q(/TEL/) 'THEN' 'BEGIN' QQ(/RANG/):=Q(/TEL/); DUU01Q00
32 TIJD(/RANG/):=DUUR(/TEL/); NR:=TEL 'END' 'END'; DUU01R00
36 Q(/NR/):=Q(/NR/)+100; OPTEL:=OPTEL+1; DUU01S00
38 'FOR' TEL:=1 'STEP' 1 'UNTIL' Y 'DO' 'BEGIN' DUU01T00
40 'IF' QQ(/RANG/)=Q(/TEL/) 'THEN' 'BEGIN' TIJD(/RANG/):=TIJD(/RANG/)+ DUU01U00
43 DUUR(/TEL/); Q(/TEL/):=Q(/TEL/)+100; OPTEL:=OPTEL+1; 'END' 'END'; DUU01V00
47 TIJD(/RANG/):=TIJD(/RANG/)/JAARTOT; ONDERS:=ONDERS+TIJD(/RANG/); DUU01W00
49 ONDER(/RANG/):=ONDERS; DUU01X00
50 AFIX (1,4,0,RANG); AFIX (1,6,2,QQ(/RANG/)); AFIX (1,7,2,TIJD(/RANG/)); DUU01Y00
53 AFIX (1,13,2,ONDER(/RANG/)); LINE (1,1); DUU01Z00
55 RANG:=RANG+1; 'IF' OPTEL<Y 'THEN' 'GOTO' LEFS; PLO01A00
58 PLOTS (1,20); FACTOR (0.3937); PLOT (5.0,5.0,-3); PLO01B00
61 AXIS (0.0,0.0,('DAGEN'),-5.37,0.0,0.0,10); PLO01C00
62 AXIS (0.0,0.0,('AFVIER IN M**3/S'),16,20.0,90.0,0.0,2.5); PLO01D00
63 ONDER(/RANG/):=0.0; ONDER(/RANG+1/):=10.0; QQ(/RANG/):=0.0; PLO01E00
66 QQ(/RANG+1/):=2.5; PLO01F00
67 LINES (ONDER,QQ,RANG-1,1,0,0); PLO01G00
68 PLOT (10.0,0.0,3); PLOT (10.0,20.0,2); PLO01H00
70 PLOT (20.0,0.0,3); PLOT (20.0,20.0,2); PLO01I00
72 PLOT (30.0,0.0,3); PLOT (30.0,20.0,2); PLO01J00
74 PLOT (36.5,0.0,3); PLOT (36.5,20.0,2); PLO01K00
76 SYMBOL (5.0,-2.5,1.0,('DUURLIJD'),0.0,8); LASPLO; PLO01L00
78 'END' 'END'

```

NO ERRORS FOUND



INUNDATIE DINKEDAL

DE DINKEL

INUNDATIEGRENZS AANMERKEN DOOR WATERLAFAP

SCHEINDEGRENZ BIJ PEILSCHAAAL FREQUENTIE 1.0 PER JAAR

SCHEINDEGRENZ BIJ PEILSCHAAAL FREQUENTIE 1.0 PER JAAR

BEGREN INUNDATIE BIJ PEILSCHAAAL FREQUENTIE 1.0 PER JAAR



OVERDINKEL

AFVOERMEETPUNT ZOEKERSBOUW

GLANIE

RIJKSORENS

INUNDATIEGRENZS NIET BEKEND  
HOOGTEGEGEVENS ONTBREKEN

INUNDATIE DINKELDAL

DE DINKEL

INUNDATIEGRENSEN AANGEGEVEN DOOR WATERSCHAP

GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL PREKVENTIE 0,1 PER JAAR

GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL PREKVENTIE 1,0 PER JAAR

BEEN INUNDATIE BIJ PEILSCHAAL PREKVENTIE 1,0 PER JAAR



INUNDATIEGRENSEN NIET BEKEND  
HOOGTEGRIJERS ONTBREKEN

INUNDATIEGRENSEN NIET BEKEND  
HOOGTEGRIJERS ONTBREKEN

LOSSER

DEERDINKEL

Bijlage 5 C (bij paragraaf 3.4)

NY HEIDEMAATSCHAPPIJ BEHEER  
AFD. SPEURWERK ARNHEM  
AFVOERSTUDIE DE DINKEL  
BULAGE 30c  
OKT. '73

INUNDATIE DINKELDAL

DE DINKEL

INUNDATIEGRENEN AANGEGEVEN DOOR WATERSCHAP

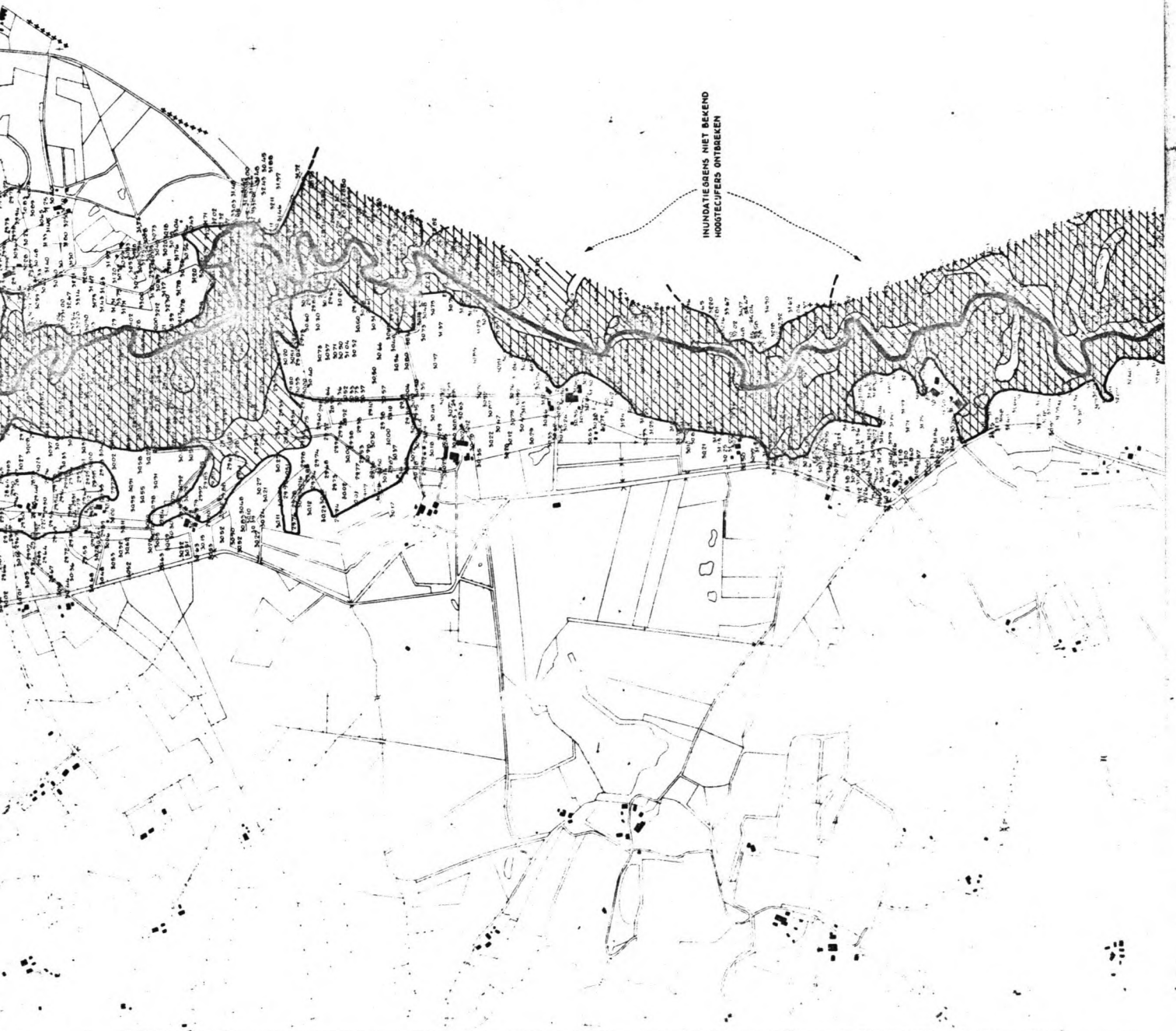
GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 10. PER JAAR

GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 1. PER JAAR

GEEN INUNDATIE BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 1. PER JAAR



INUNDATIEGRENEN NIET BEKEND  
HOOGTEGUFERS ONTBREKEN



Bijlage 5 D (bij paragraaf 3.4)

N.V. HEIDEMAATSCHAPPIJ BEHEER  
AFD. SPEURWERK ARNHEM  
AFVOERSTUDIE DE DINKEL  
BIJLAGE 30<sup>a</sup>

OKT. '73

INUNDATIE DINKEDAL

DE DINKEL

INUNDATIEGEGENS AANGEHEVEN DOOR WATERSCHAP

GEINUNDEED BIJ PEILSCHAAAL FREKVENTIE 10x PER JAAR

GEINUNDEED BIJ PEILSCHAAAL FREKVENTIE 1x PER JAAR

GEEN INUNDATIE BIJ PEILSCHAAAL FREKVENTIE 1x PER JAAR



INUNDATIE DINKELDAL

DE DINKEL



INUNDATIEBREMERS AANGEGEVEN DOOR WATERBOLLEN

GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 0,1 PER JAAR

GEINUNDEERD BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 1,0 PER JAAR

GEEN INUNDATIE BIJ PEILSCHAAL FREKVENTIE 1,0 PER JAAR

NV HEIDEMAATSCHAPPIJ BEHEER  
AFD. SPEURWERK ARNHEM  
AFVOERSTUDIE DE DINKEL  
DULAGE 30\*

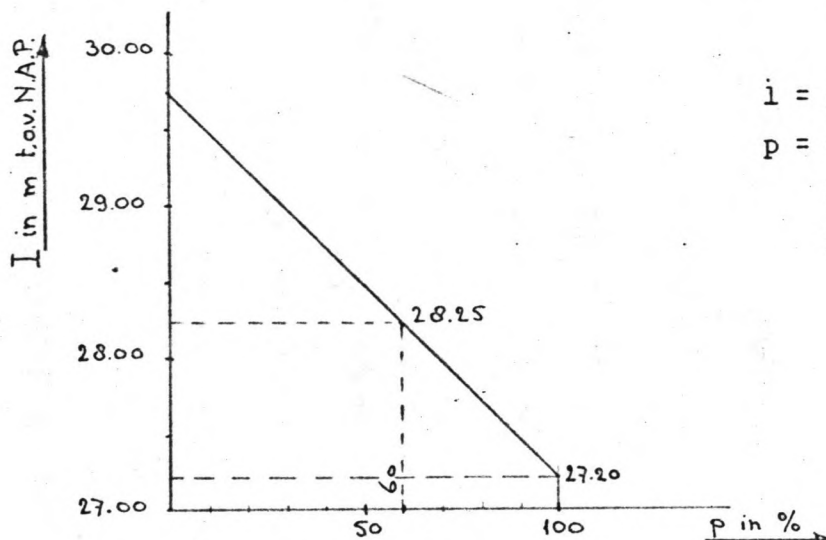
OKT. '73



Bijlage 6 (bij paragraaf 3.4).

Verdeling van debiet over laag- en hoogwaterbed.

1. km 2100



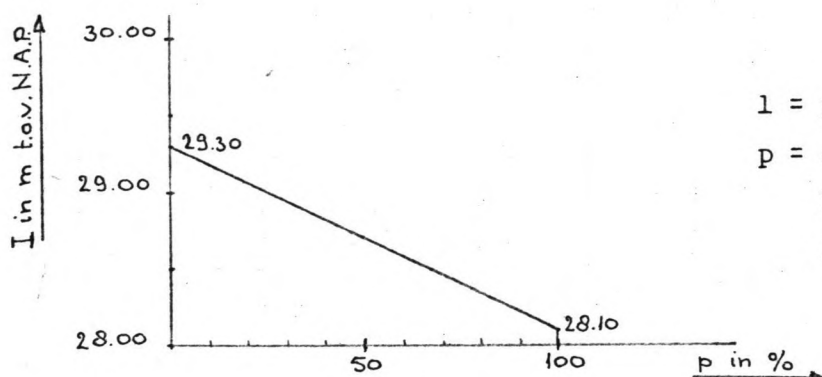
$i$  = peil in Dinkel te km 2100  
 $p$  = deel van het debiet, dat  
 binnen het laagwaterbed  
 blijft.

Het empirisch bepaalde verband luidt in formule-vorm:

$$p = \frac{0,40}{1,05} (i - 27,20) = 0,3810 (i - 27,20).$$

Bij een peil, lager dan 27,20 m + N.A.P. is uittreden van debiet niet mogelijk.

2. km 4550



$i$  = peil in Dinkel te km 4550  
 $p$  = deel van het debiet, dat  
 binnen het laagwaterbed  
 blijft.

Het empirisch bepaalde verband luidt in formule-vorm:

$$p = \frac{1,00}{1,20} (i - 28,10) = 0,8330 (i - 28,10)$$

Bijlage 7. (bij paragraaf 3.4)Opstuwning te Kribbebrug.

Bij een debiet van  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt de opstuwning ca. 0,23 m.

Aangenomen wordt, dat het gehele debiet hier door het laagwaterbed moet worden verwerkt.

Dwarsprofiel ter plaatse van de overspanning:

bodembreedte :  $b_b = 3,75 \text{ m}$  (toestand 1970)

waterspiegelbreedte:  $b_w = 9,25 \text{ m}$  (idem bij  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

waterdiepte :  $h = 3,67 \text{ m}$  (idem)

Uitgaande van de formule  $Q = m \cdot B \cdot h \sqrt{2gz}$  met

$$B = \frac{3,75 + 9,25}{2} = 6,50 \text{ m}, h = 3,67 \text{ m}, z = 0,23 \text{ m en}$$

$Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$  kan de afvoercoëfficiënt  $m$  worden berekend:  $m = 0,99$ .

Deze afvoercoëfficiënt wordt verondersteld te gelden bij iedere afvoer.

Ter contrôle is het verval bepaald bij een afvoer  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij geen inundatie optreedt. Het verval bedraagt dan:  $z = 0,01 \text{ m}$ . (te verwaarlozen dus).

Opstuwning benedenstrooms van Poppebrug.

Verondersteld wordt, dat ten gevolge van de plaatselijk hoge ligging van het hoogwaterbed het gehele debiet hier door het laagwaterbed moet worden verwerkt.

Empirisch is de afvoercoëfficiënt van de hier aangenomen overlaat vastgesteld als  $m = 0,7$ .



Bijlage 8 (bij paragraaf 4.1)Zeef-analyse van de bodemmonsters.

Uit elk van de bodemmonsters werd voor analyse ca. 50 gram afgesplitst.

Bodemmonsters, waarin een belangrijk percentage klei of silt werd verondersteld, werden z.g. nat gezeefd op een 50 mu-zeef. Door het opvangen silt-water-mengsel vóór en na indampen te wegen kon het gehalte aan materiaal, kleiner dan 50 mu, in het oorspronkelijke monster worden bepaald.

Het hoogste gehalte werd aangetroffen in monster A (Weertsbrug): 0,96 % (naar gewicht)

Veel lager was het gehalte in andere monster:

monster J (Kribbebrug): 0,08 % (naar gewicht)

monster L (boven Singraven): 0,29 % (idem)

monster M (Omleidingskanaal): 0,20 % (idem)

Het gehalte aan klei of silt is in het algemeen dus te verwaarlozen.

Na het drogen van de monsters (respectievelijk de resideren) werden deze gezeefd. Hierbij werd gebruik gemaakt van draadzeven (volgens A.S.T.M.-norm). Bij elk van de analyses zijn series van 11 zeven toegepast, in grootte variërend van 74 tot 100 mu (éénmaal tot 1410 mu), al naar gelang een eerste schatting deed verwachten.

Bijlage 9 (bij paragraaf 4.2)

Berekening van de ruwheid volgens de methode van Einstein en Barbarossa [1951] en volgens de methode van Engelund en Hansen [1967].

Deze berekeningen zijn toegepast op het traject tussen Losserbrug en Bossinkbrug (Boven-Dinkel) met een lengte van 2,11 km (ook beschouwd in bijlage 10).

Gegevens: gemiddelde bodembreedte	:	6,20 m
gemiddelde taludhelling	:	1:0,95
gemiddelde waterspiegelverhang	:	variërend naar afvoer van 3,8 tot $4,2 \times 10^{-4}$ .
bodemmateriaal, aangehouden	:	$D_{35} = 270 \text{ mu}$ $D_{50} = 300 \text{ mu}$ $D_{65} = 330 \text{ mu}$ $D_{90} = 440 \text{ mu}$

a. Einstein-Barbarossa

Eerder dan een berekening van de C-waarde is het volgende een toetsing van de methode E.B. aan de veronderstelde ruwheid  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ . (zie paragraaf 4.2). Beschouwd wordt een afvoer van  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij volgens het model voor bovengenoemd traject gemiddeld geldt (zie tabel 4.3-6):

$$h = 1,87 \text{ m}$$

$$R = 1,31 \text{ m}$$

$$i = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$v = 0,50 \text{ m/s.}$$

Uit bovenstaande gegevens is al een ruwheid af te leiden: uit  $v = C\sqrt{Ri}$  volgt:  $C = 21,6 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ . (redelijk in de buurt van  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ).

Bij de methode E.B. wordt uitgegaan van het verhang  $i$  en het verloop van de grootheden van het dwarsprofiel,  $R$  en  $A$  (doorsnede) als functie van de diepte  $h$  (zie figuur 9.1).

Hier wordt bovendien reeds gekozen  $v = 0,50 \text{ m/s}$ .

Uit de relatie  $\frac{v}{v_*'} = 7,66 \left(\frac{R'}{k_s}\right)^{1/6}$  (Strickler)

volgt:  $R' = \left(\frac{v \cdot k_s^{1/6}}{24 \cdot i^{1/2}}\right)^{3/2}$

met  $k_s = D_{65}$  :  $R' = 0,14$  (m),  
zodat  $C' = 65,8$  ( $m^{1/2}/s$ )

Met  $\frac{\Delta \cdot D_{35}}{R' i} = 7,8$  volgt uit de grafiek van E.B. (figuur 9.2)

$$\frac{C''}{\sqrt{g}} = 9,5$$

dus  $C'' = 29,8$  ( $m^{1/2}/s$ ) .

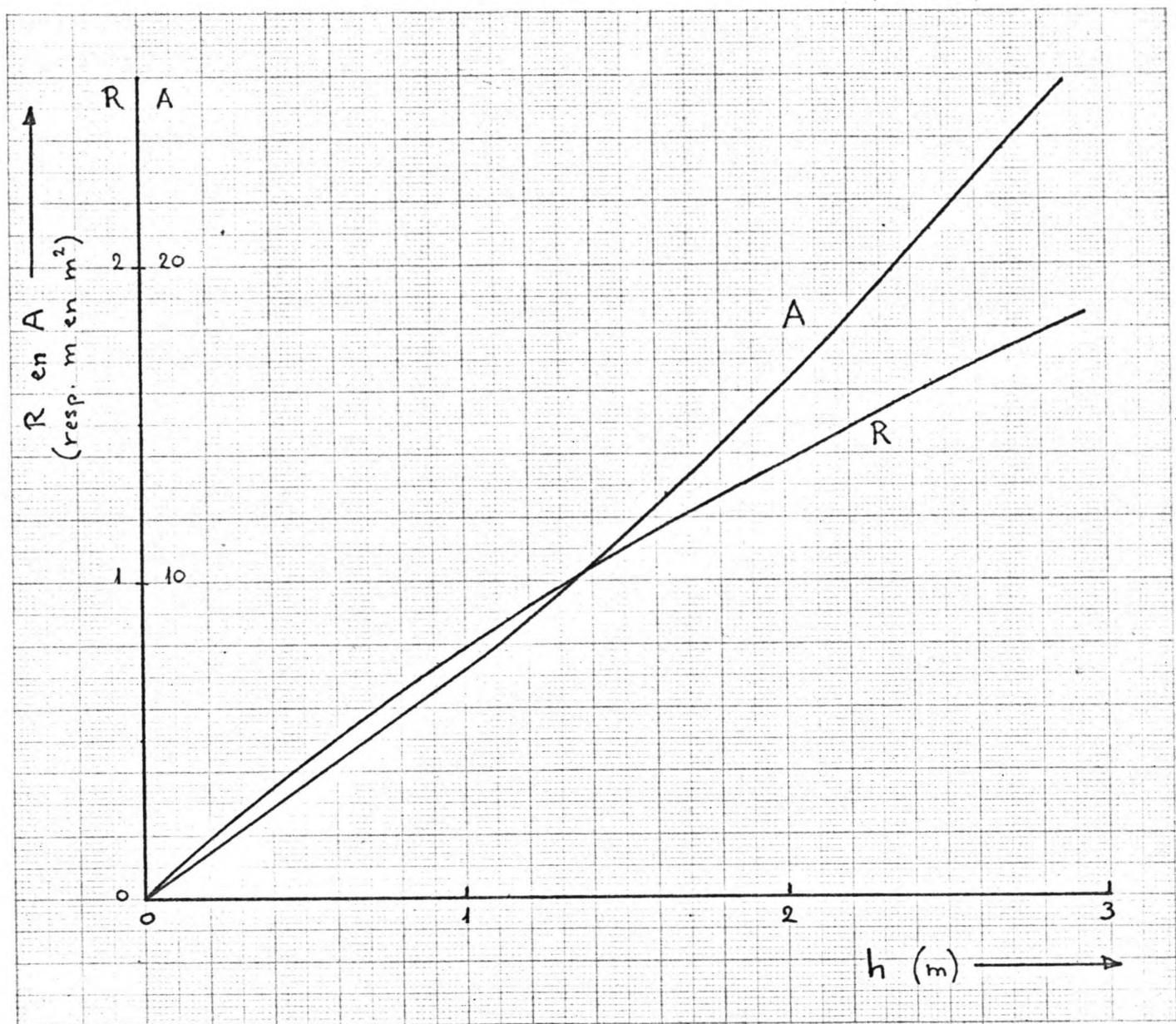
en  $R'' = 0,83$  (m)

$$C \text{ is nu } \frac{1}{C^2} = \left(\frac{1}{C'}\right)^2 + \left(\frac{1}{C''}\right)^2$$

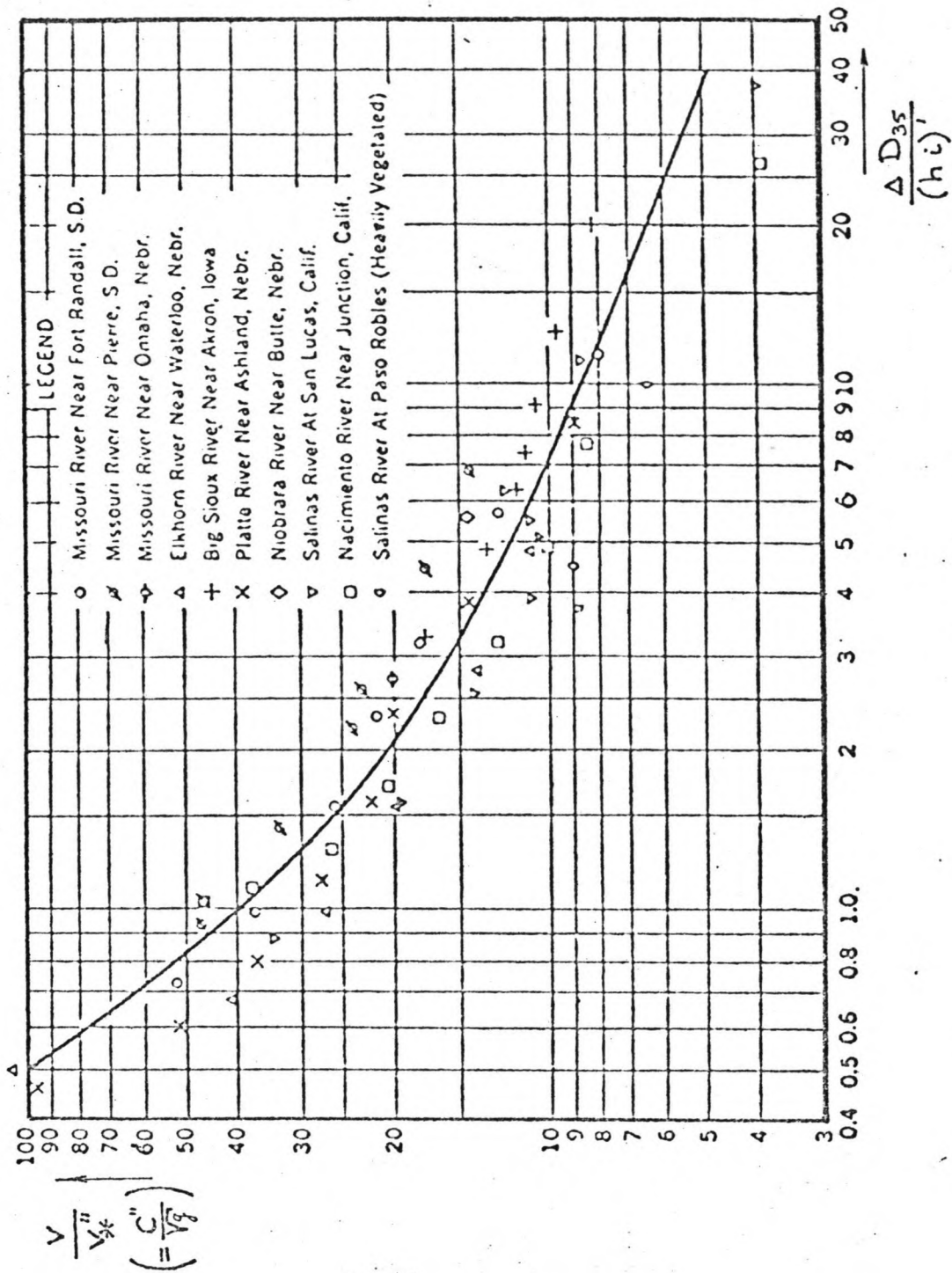
Resultaat:  $C = 27,1 \approx 27$  ( $m^{1/2}/s$ ) en

$$R = R' + R'' = 0,97$$
 (m)

C is te groot en R te klein.



Figuur 9.1. Verloop van R en A als functie van h.



Figuur 9.2.

Verband tussen  $v/v_*'' = f \left\{ \left( \frac{\Delta D_{35}}{h_i} \right)^{1/2} \right\}$  volgens Einstein - Barbarossa

Volgens figuur 9.1. behoort bij  $R = 0,97$  (m) een doorsnede van  $A = 9,5$  ( $\text{m}^2$ ).  
 Hieruit volgt een debiet van  $Q = v \cdot A = 4,75$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), kleiner dan het optredende  
 debiet ( $Q = 7,5$   $\text{m}^3/\text{s}$ ).

De invloed van de ruwheid van de oevers is tot nu toe verwaarloosd.  
 Vervolgens wordt getracht deze in rekening te brengen, volgens een procedure  
 van E.B.

Stel de Manning-ruwheid van de oevers op  $n = 0,050$ .

Natte omtrek van de oevers:  $P_w = 2 \times 1,87 \times \sqrt{0,95^2 + 1} = 5,16$  (m).

Uit  $n = 0,050$  volgt met de formule van Manning:

$$R_w = (n \cdot v \cdot i^{-1/2})^{3/2} = 1,37 \text{ (m)}$$

en  $A_w = R_w \cdot P_w = 7,08$  ( $\text{m}^2$ ).

Doorsnede en debiet worden nu als volgt berekend:

$$A' = 6,2 \cdot R' = 0,87 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A'' = 6,2 \cdot R'' = 5,15 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} \quad 6,02 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_w = \quad \quad \quad \underline{\hspace{1.5cm}} \quad 7,08 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = \quad \quad \quad \underline{\hspace{1.5cm}} \quad 13,10 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q = A \cdot v = 13,10 \cdot 0,50 = 6,55 \text{ (m}^3/\text{s}\text{)}.$$

Volgens grafiek 9.1 bij  $A = 13,10$   $\text{m}^2$ :  $R = 1,20$  (m)

$$\text{m.a.w. : uit } v = C\sqrt{Ri} \quad : \quad C = 22,5 \text{ (m}^{1/2}/\text{s}\text{)}$$

Bij een Manning-waarde  $n = 0,055$ :

$$R_w = 1,58 \text{ (m)}$$

$$A_w = 8,17 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = 14,19 \text{ (m}^2\text{)} \rightarrow R = 1,26 \text{ (m)}$$

$$Q = 7,1 \text{ (m}^3/\text{s}\text{)}$$

$$C = 22,0 \text{ (m}^{1/2}/\text{s}\text{)}$$

Te zien is, dat met inachtnaem van de ruwheid van de oevers de C-waarde daalt  
 tot waarden, kleiner dan  $C = 25$   $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ .

b. Engelund-Hansen.

Evenals onder a wordt de ruwheid bij  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$  beschouwd.

$$\begin{aligned} \text{Dus: } i &= 4,2 \times 10^{-4} \\ v &= 0,50 \text{ (m/s)} \quad h = 1,87 \text{ (m)} \\ &\text{(zie tabel 4.3-6)} \end{aligned}$$

De maatgevende korreldiameter is hier de z.g. valdiameter (diameter van een bolvormige korrel van hetzelfde materiaal als de beschouwde korrel en met dezelfde "valsnelheid"), af te leiden uit de mediane korrelgrootte m.b.v. een tabelletje van E.H.

Voor  $D_{50} = 300 \text{ } \mu$  geldt:  $d_v = 300 \text{ } \mu$ .

$$\theta = \frac{hi}{\Delta d_v} = \frac{1,87 \cdot 0,00042}{1,65 \cdot 0,0003} = 1,55$$

Volgens E.H. :  $\theta' = 0,06 + 0,4 \cdot \theta^2 = 1,02$  (figuur 9.3.),  
zodat  $h' = \frac{\theta'}{\theta} \cdot h = 1,23 \text{ (m)}$

$$\frac{v}{\sqrt{gh' \cdot i}} = 0,6 + 2,5 \cdot \ln \frac{h'}{k} \quad \text{met } k = 2,5 \cdot d_v$$

$$\text{m.a.w. } v = 1,34 \text{ (m/s)}$$

Veel te hoog.

Omdat het vermoeden bestaat, dat de wandinvloed hier te sterk is om te verwaarlozen (zie a) wordt vervolgens een lagere afvoer beschouwd:

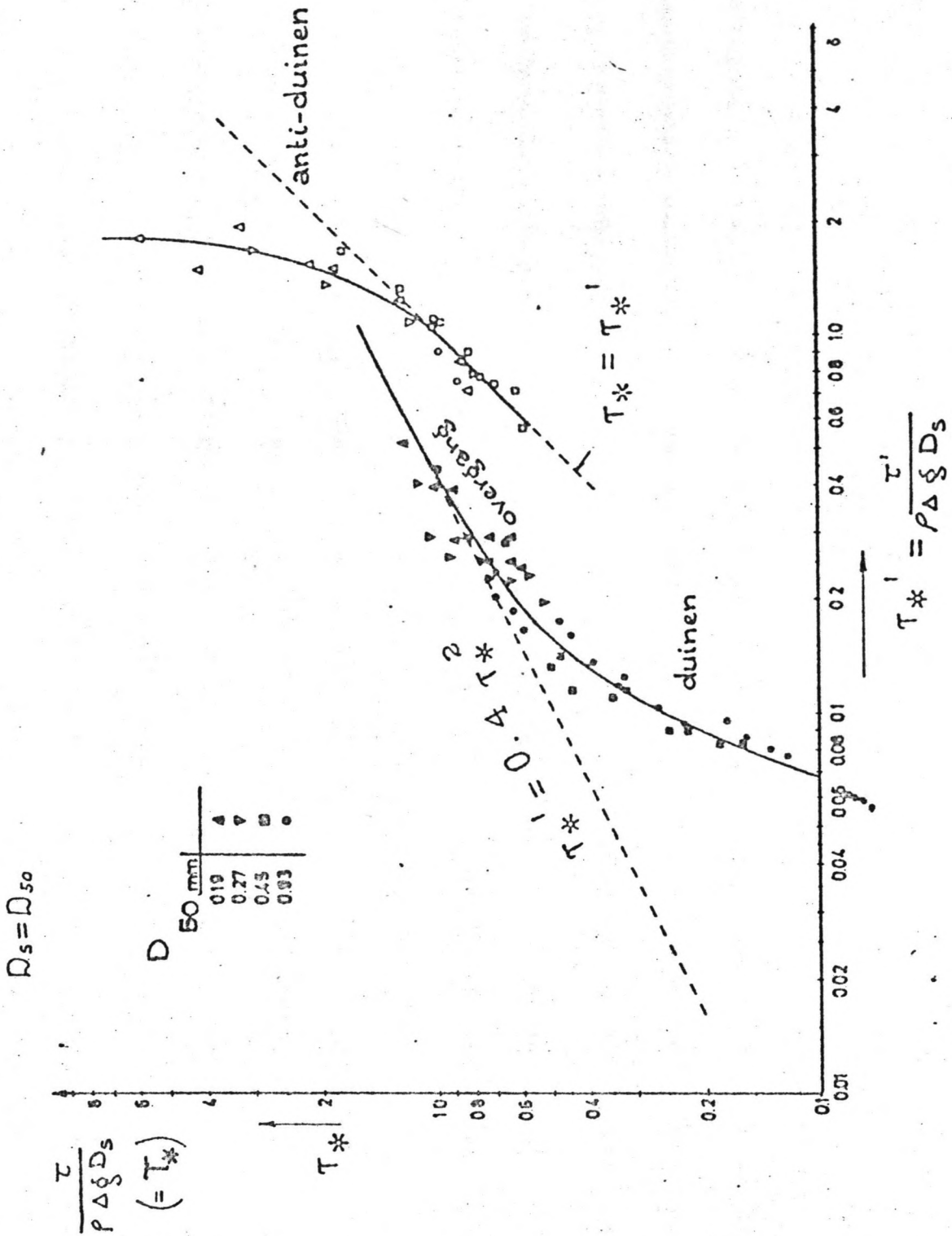
$$\begin{aligned} Q &= 2,1 \text{ (m}^3/\text{s)} \text{ met } i = 3,8 \times 10^{-4} \\ v &= 0,33 \text{ (m/s)} \quad h = 0,91 \text{ (m)} \\ &\text{(zie bijlage 10)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hier: } \theta &= 0,70 \\ \text{, dus } \theta' &= 0,26 \quad \text{en } h' = 0,33 \text{ (m)} \\ \text{en } v &= 0,56 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

Ook hier is  $v$  nog te hoog.

Omdat de methode E.H. niet geldt voor een bed met ribbels (wel met duinen) wordt de volgende controle uitgevoerd:

$$\begin{aligned} Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s} : \frac{v^* \cdot d_v}{v} &= \frac{0,068 \cdot 0,0003}{10^{-6}} = 20,4 \\ &> 11 \text{ à } 12, \text{ dus duinenregiem.} \end{aligned}$$



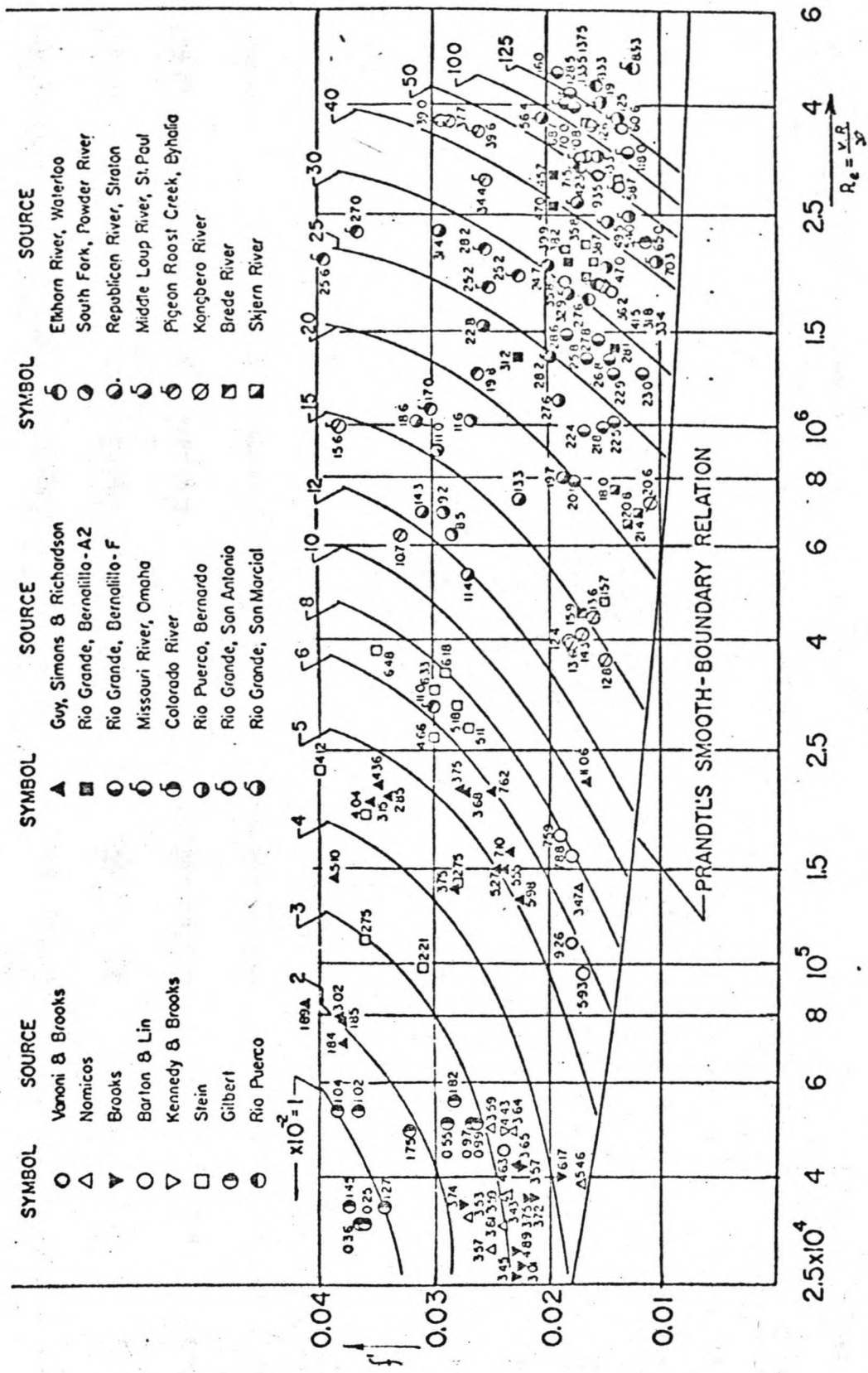
Figuur 9.3.



$$Q = 2,1 \text{ m}^3/\text{s} : \frac{v_* \cdot d_v}{v} = \frac{0,044 \cdot 0,003^0}{10^{-6}} = 13,2$$

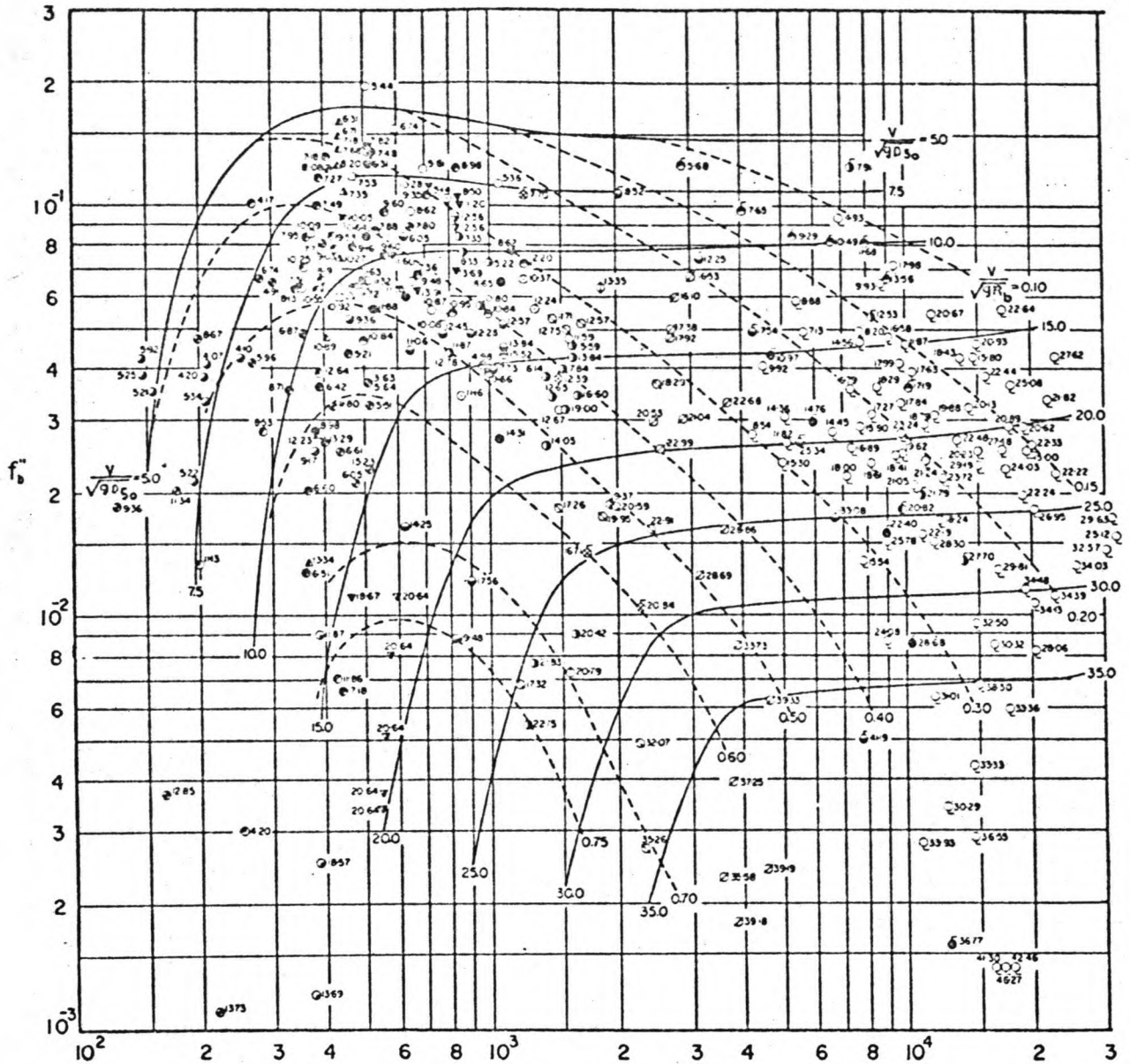
, dicht bij de "grens" tussen duin- en ribbelregiem.

Conclusie: De methode geeft voor smalle rivieren als de Dinkel geen goede resultaten, tenzij wellicht een wandcorrectie wordt toegepast (b.v. via de z.g. hypothese van Einstein).



Figuur 9.5

Verloop van Darcy - Weisbach ruwheidsfactor  $f$  voor vlak bed met zandtransport. (Lovera en Kennedy, zie A.S.C.E. 1971<sup>a</sup>) Lijnen van gelijke  $R/D_{50}$



**LEGEND**

SYMBOL	SOURCE	D <sub>50</sub> mm
▼	Brooks	0.088
□	Brooks	0.145
●	Vanoni & Brooks	0.137
▽	Nomicos	0.091
△	Nomicos	0.137
▲	Nomicos	0.145
▲	Nomicos	0.152
○	Barton & Lin	0.180
⊙	Laursen	0.040
⊙	Laursen	0.100
⊙	Guy et al.	0.190
⊙	Guy et al.	0.270
⊙	Guy et al.	0.280
⊙	Guy et al.	0.330
⊙	Guy et al.	0.450
⊙	Guy et al.	0.470
⊙	Guy et al.	0.540

$$\frac{R_b}{D_{50}}$$

Missouri River,		
⊙	Pierre	0.212
⊙	Ft. Randall	0.187
⊙	Omaha	0.306
⊙	Platte River, Neb.	0.430
⊙	Elkhorn River, Neb.	0.228 & 0.240
Big Sioux River,		
⊙	Akron	0.384
Rio Grande,		
⊙	(Average)	0.280—0.340
⊙	Sec. A-2	0.230—0.390
⊙	Sec. F	0.190—0.450
⊙	Pakistan Canals	0.080—0.380

— Contours of Values of  $F_D = \frac{v}{\sqrt{gD_{50}}}$   
 - - - Contours of Values of  $F = \frac{v}{\sqrt{gR_b}}$   
 Number by Each Point =  $\frac{v}{\sqrt{gD_{50}}}$

Verband  $f'' = F \left\{ \frac{R}{D_{50}} ; \frac{v}{\sqrt{gD_{50}}} \right\}$  volgens Alam - Kennedy (1969).

Figuur 9.5

## Bijlage 10 (bij paragraaf 4.3)

Gemiddeld jaarlijks zandtransport voor het traject Bossinkbrug-Losserbrug.

Afvoeren		Periode etmalen	Transport m <sup>3</sup>
klassen m <sup>3</sup> /s	gemiddeld m <sup>3</sup> /s		
0 - 1	0,5	127,25	0
1,1 - 3	2	112	112
3,1 - 5	4	45	243
5,1 - 7	6	34	408
7,1 - 9	8	18	360
9,1 - 11	10	12,75	369,75
11,1 - 13	12	3,75	116,25
13,1 - 15	14	4,5	144
15,1 - 17	16	1,25	42,5
17,1 - 19	18	2,25	81
19,1 - 21	20	1,50	55,5
21,1 - 23	22	0,50	19
23,1 - 25	24	0,75	30
25,1 - 27	26	0,25	10,25
27,1 - 29	28	0,50	21
29,1 - 31	30	0	0
31,1 - 33	32	0,25	11
33,1 - 35	34	0	0
35,1 - 37	36	0,25	11,5
37,1 - 39	38	0	0
39,1 - 41	40	0,50	24
totaal		365,25	2058,75 (2060)

Bijlage 11 (bij paragraaf 4.4)

Morfologische tijdschaal volgens De Vries [1973].

Voor uniforme stroming kan de volgende differentiaalvergelijking worden opgesteld:

$$\frac{\delta z}{\delta t} - K(t) \frac{\delta^2 z}{\delta x^2} = 0$$

De oplossing hiervan luidt:

$$z(x,t) = -\Delta z \operatorname{erfc} \left[ \frac{x}{2 \sqrt{\int_0^t K(t) dt}} \right]$$

, waarbij  $x$  wordt gemeten langs de as van de rivier en  $z$  wordt bepaald t.o.v. de oorspronkelijke bodemhoogte;  $\Delta z$  geeft een bodemdaling te  $x = 0$  weer.

Op plaats  $x_{0,5}$  wordt nu ten tijde  $t_{0,5}$  een bodemdaling te grootte van  $\frac{1}{2} \Delta z$  verwacht.

$$\text{M.a.w. } \operatorname{erfc} \left[ \frac{x}{2 \sqrt{\int_0^t K(t) dt}} \right] = \frac{1}{2}$$

$$\text{of } x \approx \sqrt{\int_0^t K(t) dt}$$

$$\text{Nu is } \int_0^t K(t) dt \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{b}{Bi} \int_0^t S(t) dt$$

met  $b =$  exponent van de algemene benaderingsformule voor het sedimenttransport:

$$s = av^b$$

$B =$  (bodem) breedte van de rivier

$i =$  verhang

$S(t) =$  sedimenttransport ten tijde  $t$ .

Gesteld wordt:

$$Y = \int_0^1 \text{jaar} K(t) dt$$

Dan geldt:

$$Y \approx \frac{1}{3} \frac{b}{Bi} \cdot V, \text{ met } V = \text{jaartransport}$$

zodat

$$x_{0,50} = \sqrt{nY}$$

, waarbij  $n = t_{0,5/1}$  jaar

$$\text{zodat: } n = \frac{x_{0,50}^2}{Y}$$

In dit geval:  $V = 3500 \text{ m}^3$

$$B = 6 \text{ m}$$

$$b \approx 5$$

$$i \approx 4 \times 10^{-4}$$

dus:

$$Y = \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{6 \times 4 \times 10^{-4}} \cdot 3500$$

terwijl  $x_{0,50} = 100 \text{ km} = 100000 \text{ m}$

, zodat  $n \approx 4000$  jaar.

Bijlage 12 (bij paragraaf 5.1)

Bestekstekening van het Verdeelwerk.

Bijlage 13 (bij paragraaf 5.2)Verdeelwerk (Beverborgstuw).

Berekening van het verval over de stuw tussen Boven- en Beneden-Dinkel (koker met regelbare schuif).

Drempelhoogte : 24,10 m + N.A.P.

Dagwijdte : 3 m

Hoogte plafond : 26,75 m + N.A.P.

1. Bij een afvoer van  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt de bovenwaterstand 26,30 m + N.A.P. (zie figuur 5.3-1).

Kennelijk is hierbij sprake van een vrije waterspiegel in de koker.

Wordt de afvoercoëfficiënt van de stuw bij  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$  gesteld op  $m = 0,8$ , dan moet de benedenwaterstand 26,08 m + N.A.P. bedragen. Het verval is dan  $z = 0,22 \text{ m}$ .

Bij de berekening wordt gebruik gemaakt van de volgende formule:

$Q = m \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)}$  (onvolkomen overlaat), waarin  $z = H - h$  wordt verondersteld.

Het berekende verval is goed in overeenstemming met het in figuur 5.3-1 af te lezen verval.

Bij aanname van een afvoercoëfficiënt  $m = 0,9$  zou het verval  $z = 0,17 \text{ m}$  bedragen.

2. Bij een afvoer van  $Q = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt de bovenwaterstand 25,83 m + N.A.P. (zie figuur 5.3-1).

Bij een afvoercoëfficiënt  $m = 0,8$  kan het verval worden becijferd op  $z = 0,19 \text{ m}$ , zodat de benedenwaterstand 25,64 m + N.A.P. wordt.

Bij aanname van  $m = 0,9$  wordt het verval  $z = 0,14 \text{ m}$ .

Een verval van 0,14 à 0,19 m is in overeenstemming met figuur 5.3-1 en wordt in paragraaf 4.2. gehanteerd als argument bij de schatting van de ruwheid.

3. Bij een afvoer van  $Q = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt, bij een aangenomen benedenwaterstand van 25,98 m + N.A.P. (zie figuur 5.3-1), het verval:

bij  $m = 0,8$  :  $z = 0,14 \text{ m}$

bij  $m = 0,9$  :  $z = 0,09 \text{ m}$

De <sup>be</sup>bijhorende bovenwaterstanden van respectievelijk 26,12 en 26,07 m + N.A.P. zijn geen van beide in figuur 5.3-1 terug te vinden. De hier aangenomen benedenwaterstand kan i.v.m. de aanwezigheid van de drempels beneden het Verdeelwerk niet optreden bij  $Q = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Bijlage 14 (bij paragraaf 5.3).

Berekening van de coëfficiënten van de functie:

$$Q_2 = \gamma \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{Q_1 - \alpha}{\beta} \right) + \delta$$

Voorwaarden:

$$\lim_{Q_1 \rightarrow 70} Q_2 = 13 \quad (1)$$

$$\frac{dQ_2}{dQ_1} = 0,4 \quad \text{voor } Q_1 = 10 \quad (2)$$

$$Q_2 = Q_1 \quad \text{voor } Q_1 \leq 10 \quad (3)$$

Daar bovenstaande voorwaarden de gestelde functie niet geheel bepalen is een aanvullende voorwaarde nodig:

$$Q_2 = 12 \text{ (m}^3/\text{s)} \quad \text{voor } Q_1 = 18,5 \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (4)$$

Oplossing:

bij benadering:

$$13 \approx \gamma - \delta \quad (5)$$

Uiteindelijk zullen de waarden van de coëfficiënten zodanig kunnen worden bepaald, dat aan (5) wordt voldaan.

Met (3) en (5) volgt:

$$10 = \gamma \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) + \gamma - 13$$

of

$$\operatorname{tgh} \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) = \frac{23 - \gamma}{\gamma}, \text{ zodat}$$

$$\operatorname{tgh}^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) = \left( \frac{23 - \gamma}{\gamma} \right)^2 \quad (6)$$

Uit (2) volgt:

$$\frac{dQ_2}{dQ_1} = \frac{\gamma}{\beta} \cdot \frac{1}{\cosh^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right)} = 0,4 \text{ of}$$

$$\cosh^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) = 2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} \quad (7)$$

(6) en (7) leveren:

$$\sinh^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) = 2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} \cdot \left( \frac{23 - \gamma}{\gamma} \right)^2 \quad (8)$$

Combineren van (7) en (8) geeft:

$$\cosh^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) - \sinh^2 \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) = 2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} - 2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} \left( \frac{23 - \gamma}{\gamma} \right)^2 = 1$$

of

$$- 1322,5 + 115 \gamma = \gamma \cdot \beta, \text{ zodat}$$

$$\gamma = \frac{1322,5}{115 - \beta} \quad (9)$$

Met (7) en (8) kan ook worden afgeleid:

$$\begin{aligned} \sinh \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) + \cosh \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) &= \sqrt{2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} \cdot \left\{ \left( \frac{23 - \gamma}{\gamma} \right) + 1 \right\}} = \exp \left( \frac{10 - \alpha}{\beta} \right) \text{ of} \\ \exp. \left( \frac{20 - 2\alpha}{\beta} \right) &= 2,5 \cdot \frac{\gamma}{\beta} \cdot \left\{ \frac{23}{\gamma} \right\}^2 = \frac{2,5 \cdot 23^2}{\beta \gamma} \end{aligned} \quad (10)$$

Uit (9) en (10) volgt:

$$\exp. \left( \frac{20 - 2\alpha}{\beta} \right) = \frac{2,5 \cdot 23^2}{\beta} \cdot \frac{(115 - \beta)}{1322,5} = \frac{115 - \beta}{\beta} \quad (11)$$

Voorwaarde (4) levert:

$$12 = \gamma \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{18,5 - \alpha}{\beta} \right) + \delta, \text{ met behulp van (5)}$$

te schrijven als:

$$\operatorname{tgh} \left( \frac{18,5 - \alpha}{\beta} \right) = \frac{25 - \gamma}{\gamma} \quad (12)$$

(12) en (9) geven:

$$\operatorname{tgh} \left( \frac{18,5 - \alpha}{\beta} \right) = \frac{25(115 - \beta)}{1322,5} - 1 = \frac{62,1 - \beta}{52,9} \quad (13)$$

(11) en (13) nu zijn twee vergelijkingen met twee onbekenden.

Bij het oplossen hiervan kan het gemakkelijkst worden uitgegaan van (11).  
Deze vergelijking kan als volgt worden getransformeerd:

$$\frac{20 - 2\alpha}{\beta} = \ln(115 - \beta) - \ln \beta \quad \text{ofwel}$$

$$\alpha = 10 - \ln \left\{ \left( \frac{115 - \beta}{\beta} \right)^{\beta/2} \right\} \quad (14).$$

Het oplossen van de vergelijkingen (13) en (14) is een iteratie-proces.  
Het blijkt, dat invullen van  $\beta = 12,2$  voldoet.

Onmiddellijk volgt hieruit:  $\alpha = 3,00$

Verder volgt uit (9) :  $\gamma = 12,86$

en uit (5) :  $\delta = -0,14$

De functie voor  $Q_2$  wordt hiermee:

$$Q_2 = 12,86 \cdot \operatorname{tgh} \left( \frac{Q_1 + 3,00}{12,2} \right) - 0,14$$

Een controle-berekening levert:

voor  $Q_1 = 10$  :  $Q_2 = 9,99$

"  $Q_1 = 18,5$  :  $Q_2 = 11,98$

"  $Q_1 = 70$  :  $Q_2 = 12,72$

Het lijkt dus zinvol de coëfficiënt  $\delta$  nog wat aan te passen, zodat de coëfficiënten worden:

$$\alpha = 3,00$$

$$\beta = 12,2$$

$$\gamma = 12,86$$

$$\delta = -0,13$$

Bijlage 15 (bij paragraaf 5.3 en 5.4)

Stroomschema van de berekening van waterstanden bovenstrooms van het Verdeelwerk (stuwprogramma) en van de verdeling van sediment over Beneden-Dinkel en Omleidingskanaal volgens hypothese 1 en mogelijkheid 1 (zie paragraaf 5.4).

(onderdeel van het wiskundig model)

De in paragraaf 5.3 genoemde benadering van een deel van het waterstandsverloop, bovenstrooms van het Verdeelwerk, door middel van een 3e-graads interpolatie-polynoom is te vinden onder de "label" Lagrange.

De in paragraaf 5.4 vermelde driepunts-integratie van de zandvertikaal, eveneens bovenstrooms van het Verdeelwerk, wordt uitgevoerd onder de "label" Simpson.

Voor de betekenis van de symbolen kan in het algemeen worden verwezen naar hoofdstuk 7 (Symbolen).

Enige belangrijke symbolen volgen hieronder:

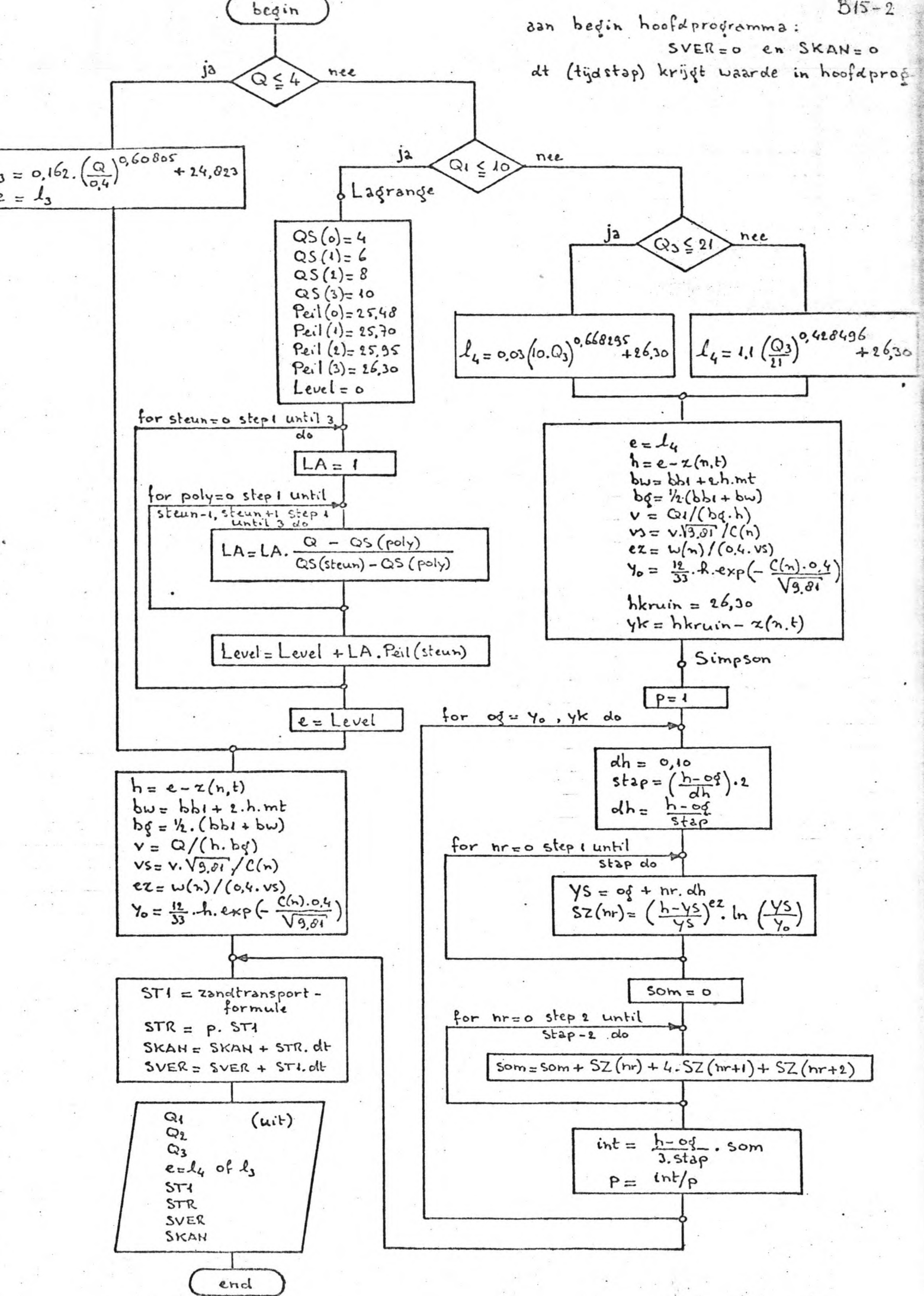
$Q_1$	= afvoer in Boven-Dinkel
$Q_2$	= idem in Beneden-Dinkel
$Q_3$	= idem in Omleidingskanaal
$e$	= bovenwaterstand bij het Verdeelwerk (eig. energiehoogte)
ST1	= zandtransport bovenstrooms van Verdeelwerk
STR	= idem naar Omleidingskanaal
SVER	= totaal zand-aanbod boven het Verdeelwerk
SKAN	= idem naar het Omleidingskanaal

$$SZ(nr) = \left( \frac{h - Y_S}{Y_S} \right)^{ez} \cdot \ln (Y_S/Y_0) \quad (\text{zie paragraaf 5.4})$$

YS	= hoogte, waarop SZ wordt berekend
int	= met behulp van de regel van Simpson benaderde integraal
og	= ondergrens van de integraal
stap	= aantal stappen bij de numerieke integratie
dh	= stapgrootte bij idem
hkruin	= kruinshoogte van de overlaat van het Verdeelwerk in m t.o.v. N.A.P.
yk	= idem t.o.v. de bodem van de rivier
p	= deel van het bij het Verdeelwerk aangeboden zandtransport, dat naar het Omleidingskanaal verdwijnt: $STR = p \cdot ST1$ .

De betekenis van de symbolen, toegepast bij de driepunts-integratie, is vermeld in paragraaf 5.3.

aan begin hoofdprogramma:  
 SVER=0 en SKAN=0  
 dt (tijdstep) krijgt waarde in hoofdprog



Bijlage 16 (bij paragraaf 6.2)

Geschematiseerde bodemligging voor begin 1970. (beginvoorwaarde).

DINKEL  
 TRAJECT TUSSEN SINGRAVEN EN INSTROMING RUENBERGERBEEK (KM 16,720)

AANTAL TRAJECTEN: 245  
 MAXIMAAL AANTAL VAKKEN PER TRAJECT: 4  
 MAXIMALE VAKLENGTE: 50.00 M  
 INITIELE TIJDSTAP: .00 ETMAAL  
 TIJD-INTERVAL BIJ UITVOER VAN BODEMHOOGTEN: 15.00 ETMAAL, MINIMAAL  
 ALFA, MAXIMAAL: .500

TRAJECT-GEGEVENS:

NR	LENGTE M	BODEM- BREEDTE M	TALUD- HELLING 1:	C-WAARDE M**0.5/S	D50 MM	VAL- SNELHEID M/S	BODEM- HOOGTE M
0	192.00	6.00	1.09	23.00	.300	.04	+19.000
1	100.00	13.10	1.43	23.00	.300	.04	+21.700
2	100.00	8.80	2.30	23.00	.300	.04	+20.650
3	100.00	4.70	1.04	23.00	.300	.04	+20.050
4	100.00	6.60	.88	23.00	.300	.04	+20.700
5	100.00	16.60	.75	23.00	.300	.04	+22.150
6	100.00	5.50	1.54	23.00	.300	.04	+21.250
7	100.00	9.10	2.90	23.00	.300	.04	+22.150
8	100.00	7.30	2.99	23.00	.300	.04	+21.900
9	100.00	13.70	1.66	23.00	.300	.04	+22.250
10	100.00	5.60	.95	23.00	.300	.04	+20.350
11	100.00	3.60	1.84	23.00	.300	.04	+21.050
12	100.00	10.40	1.60	23.00	.300	.04	+21.950
13	100.00	8.50	2.54	23.00	.300	.04	+22.200
14	200.00	8.60	1.66	23.00	.300	.04	+21.850
15	100.00	18.50	2.25	23.00	.300	.04	+22.700
16	100.00	6.80	2.05	23.00	.300	.04	+22.150
17	100.00	2.70	1.73	23.00	.300	.04	+20.750
18	100.00	11.50	1.30	23.00	.300	.04	+22.450
19	100.00	14.60	1.07	23.00	.300	.04	+22.600
20	100.00	6.90	1.54	23.00	.300	.04	+21.900
21	100.00	6.20	1.54	23.00	.300	.04	+21.950
22	100.00	9.60	1.35	23.00	.300	.04	+22.300
23	100.00	3.40	1.48	23.00	.300	.04	+20.950
24	100.00	4.90	.97	23.00	.300	.04	+21.600
25	100.00	8.50	1.48	23.00	.300	.04	+22.250
26	100.00	10.60	1.05	23.00	.300	.04	+22.750
27	100.00	9.80	1.46	23.00	.300	.04	+22.800
28	100.00	7.20	1.57	23.00	.300	.04	+22.650
29	100.00	12.50	1.23	23.00	.300	.04	+23.200
30	100.00	14.80	.58	23.00	.300	.04	+23.000
31	100.00	8.60	1.57	23.00	.300	.04	+22.850
32	100.00	11.40	1.09	23.00	.300	.04	+22.950

Singraven

Visserbrug



Kribbebrug

Porrebrug

93	100.00	12.25	1.33	23.00	300	.04	+25.150
94	120.00	6.20	1.07	23.00	300	.04	+24.800
95	100.00	7.60	1.13	23.00	300	.04	+24.800
96	90.00	7.35	1.58	23.00	300	.04	+25.000
97	100.00	9.30	1.33	23.00	300	.04	+25.150
98	90.00	3.75	.75	23.00	300	.04	+24.300
99	100.00	6.25	.87	23.00	300	.04	+25.000
100	120.00	7.60	.87	23.00	300	.04	+24.750
101	80.00	9.65	1.41	23.00	300	.04	+25.300
102	130.00	7.40	1.63	23.00	300	.04	+25.150
103	80.00	6.85	.90	23.00	300	.04	+24.200
104	90.00	2.90	.77	23.00	300	.04	+25.500
105	110.00	9.70	1.40	23.00	300	.04	+25.300
106	90.00	8.50	.46	23.00	300	.04	+24.800
107	110.00	4.85	.69	23.00	300	.04	+24.750
108	190.00	4.20	1.19	23.00	300	.04	+24.850
109	110.00	4.10	1.46	23.00	300	.04	+25.450
110	90.00	11.55	1.04	23.00	300	.04	+25.900
111	100.00	10.85	.91	23.00	300	.04	+25.900
112	100.00	6.35	.94	23.00	300	.04	+25.900
113	100.00	6.90	1.88	23.00	300	.04	+25.850
114	200.00	7.10	1.70	23.00	300	.04	+25.700
115	100.00	6.65	.98	23.00	300	.04	+25.650
116	100.00	8.60	1.09	23.00	300	.04	+25.700
117	100.00	5.50	1.55	23.00	300	.04	+25.250
118	100.00	6.60	.93	23.00	300	.04	+25.650
119	100.00	6.60	1.66	23.00	300	.04	+25.900
120	80.00	6.75	.74	23.00	300	.04	+25.850
121	120.00	6.25	.75	23.00	300	.04	+25.550
122	100.00	8.00	.86	23.00	300	.04	+25.800
123	110.00	3.55	1.33	23.00	300	.04	+25.400
124	90.00	4.85	1.22	23.00	300	.04	+25.550
125	100.00	7.60	.60	23.00	300	.04	+25.850
126	100.00	3.70	1.38	23.00	300	.04	+25.000
127	100.00	3.75	1.32	23.00	300	.04	+25.550
128	100.00	4.80	.77	23.00	300	.04	+25.400
129	100.00	8.20	1.11	23.00	300	.04	+26.350
130	100.00	7.00	1.02	23.00	300	.04	+25.950
131	100.00	3.50	1.35	23.00	300	.04	+25.300
132	100.00	5.60	.93	23.00	300	.04	+26.000
133	100.00	6.35	.90	23.00	300	.04	+26.400
134	100.00	3.10	.86	23.00	300	.04	+24.400
135	100.00	8.35	.66	23.00	300	.04	+26.500
136	100.00	7.70	.81	23.00	300	.04	+26.300
137	100.00	6.00	1.15	23.00	300	.04	+26.250
138	100.00	3.50	.93	23.00	300	.04	+25.550
139	100.00	4.10	1.07	23.00	300	.04	+25.600
140	100.00	8.70	.61	23.00	300	.04	+26.150
141	100.00	4.80	1.21	23.00	300	.04	+25.600
142	100.00	7.40	.90	23.00	300	.04	+26.400
143	100.00	5.70	.99	23.00	300	.04	+25.800
144	100.00	6.15	.95	23.00	300	.04	+25.950
145	100.00	6.10	1.28	23.00	300	.04	+25.000
146	100.00	9.85	1.02	23.00	300	.04	+26.550
147	100.00	8.65	1.04	23.00	300	.04	+26.150
148	100.00	7.70	.86	23.00	300	.04	+26.350
149	120.00	9.25	.70	23.00	300	.04	+26.450
150	80.00	4.20	1.57	23.00	300	.04	+25.700
151	100.00	4.30	1.13	23.00	300	.04	+25.850
152	100.00	6.90	1.50	23.00	300	.04	+26.550



153	100.00	6.45	.73	23.00	.300	.04	+26.650
154	100.00	6.75	.96	23.00	.300	.04	+26.500
155	100.00	6.70	1.06	23.00	.300	.04	+26.600
156	100.00	6.20	.77	23.00	.300	.04	+26.600
157	100.00	4.40	1.21	23.00	.300	.04	+26.000
158	100.00	2.65	1.50	23.00	.300	.04	+25.850
159	100.00	8.60	.66	23.00	.300	.04	+27.200
160	100.00	7.15	.92	23.00	.300	.04	+26.750
161	90.00	5.40	1.15	23.00	.300	.04	+26.550
162	120.00	6.10	.90	23.00	.300	.04	+26.700
163	90.00	8.60	.69	23.00	.300	.04	+27.100
164	100.00	4.50	1.11	23.00	.300	.04	+26.700
165	100.00	4.50	.88	23.00	.300	.04	+26.350
166	100.00	4.80	1.00	23.00	.300	.04	+26.750
167	100.00	5.85	1.05	23.00	.300	.04	+27.050
168	100.00	5.00	.92	23.00	.300	.04	+26.700
169	100.00	6.50	1.00	23.00	.300	.04	+27.050
170	100.00	6.00	.97	23.00	.300	.04	+27.050
171	100.00	9.40	1.00	23.00	.300	.04	+27.550
172	100.00	5.90	1.21	23.00	.300	.04	+27.250
173	110.00	7.20	.93	23.00	.300	.04	+27.000
174	90.00	8.00	1.48	23.00	.300	.04	+27.250
175	100.00	5.20	1.02	23.00	.300	.04	+27.100
176	100.00	9.20	.87	23.00	.300	.04	+27.450
177	100.00	9.70	.84	23.00	.300	.04	+27.550
178	100.00	10.20	.88	23.00	.300	.04	+27.600
179	100.00	12.60	.70	23.00	.300	.04	+27.500
180	100.00	13.30	1.15	23.00	.300	.04	+27.850
181	100.00	9.40	1.30	23.00	.300	.04	+27.550
182	100.00	5.50	1.17	23.00	.300	.04	+27.200
183	100.00	8.20	1.26	23.00	.300	.04	+27.200
184	100.00	9.30	1.54	23.00	.300	.04	+27.300
185	100.00	9.90	.64	23.00	.300	.04	+27.100
186	200.00	9.30	1.21	23.00	.300	.04	+27.850
187	100.00	6.50	1.54	23.00	.300	.04	+27.700
188	100.00	6.00	1.19	23.00	.300	.04	+27.700
189	100.00	6.30	1.13	23.00	.300	.04	+27.750
190	100.00	10.20	1.28	23.00	.300	.04	+28.150
191	110.00	15.40	1.19	23.00	.300	.04	+28.400
192	90.00	3.80	1.92	23.00	.300	.04	+27.650
193	100.00	4.80	1.60	23.00	.300	.04	+27.850
194	100.00	6.50	1.73	23.00	.300	.04	+27.950
195	100.00	6.50	1.04	23.00	.300	.04	+27.050
196	100.00	7.60	.58	23.00	.300	.04	+27.750
197	100.00	7.90	.61	23.00	.300	.04	+27.900
198	100.00	8.40	1.17	23.00	.300	.04	+28.200
199	100.00	11.00	.97	23.00	.300	.04	+28.200
200	100.00	8.40	.58	23.00	.300	.04	+26.050
201	100.00	5.00	1.40	23.00	.300	.04	+27.950
202	100.00	6.80	.95	23.00	.300	.04	+28.450
203	100.00	6.70	1.40	23.00	.300	.04	+28.200
204	100.00	6.65	.58	23.00	.300	.04	+28.450
205	100.00	11.10	.71	23.00	.300	.04	+28.400
206	100.00	10.30	.98	23.00	.300	.04	+27.800
207	100.00	11.10	.93	23.00	.300	.04	+28.200
208	100.00	7.20	.78	23.00	.300	.04	+26.550
209	90.00	2.70	1.17	23.00	.300	.04	+27.500
210	110.00	6.30	1.19	23.00	.300	.04	+28.100
211	100.00	10.40	.32	23.00	.300	.04	+28.600
212	100.00	10.20	1.02	23.00	.300	.04	+28.150

Losserbruf

213	100.00	4.40	1.11	23.00	.300	.04	+27.650
214	100.00	6.90	.80	23.00	.300	.04	+28.450
215	100.00	5.10	1.02	23.00	.300	.04	+27.950
216	100.00	7.00	.92	23.00	.300	.04	+28.700
217	100.00	6.23	.53	23.00	.300	.04	+28.350
218	100.00	5.70	1.07	23.00	.300	.04	+28.850
219	100.00	6.00	1.19	23.00	.300	.04	+28.600
220	100.00	8.80	.85	23.00	.300	.04	+29.050
221	100.00	6.30	.98	23.00	.300	.04	+28.850
222	100.00	7.90	.82	23.00	.300	.04	+29.000
223	100.00	6.60	1.30	23.00	.300	.04	+29.000
224	100.00	3.60	1.00	23.00	.300	.04	+28.250
225	100.00	5.20	.90	23.00	.300	.04	+28.950
226	100.00	2.90	1.28	23.00	.300	.04	+28.650
227	100.00	5.90	1.02	23.00	.300	.04	+28.950
228	100.00	4.70	.70	23.00	.300	.04	+28.750
229	100.00	7.40	.70	23.00	.300	.04	+29.100
230	100.00	5.30	1.23	23.00	.300	.04	+29.000
231	100.00	7.00	.88	23.00	.300	.04	+29.000
232	100.00	7.80	.82	23.00	.300	.04	+29.300
233	200.00	7.60	.64	23.00	.300	.04	+29.500
234	100.00	8.00	.43	23.00	.300	.04	+29.350
235	100.00	6.70	1.04	23.00	.300	.04	+29.450
236	100.00	6.80	1.57	23.00	.300	.04	+29.650
237	90.00	7.80	1.09	23.00	.300	.04	+29.900
238	110.00	5.70	1.19	23.00	.300	.04	+29.500
239	100.00	5.30	.92	23.00	.300	.04	+29.100
240	100.00	5.80	.75	23.00	.300	.04	+29.500
241	100.00	6.60	1.21	23.00	.300	.04	+29.500
242	100.00	6.10	1.09	23.00	.300	.04	+29.550
243	190.00	5.90	1.43	23.00	.300	.04	+29.800
244	110.00	6.00	1.77	23.00	.300	.04	+29.800
245	50.00	3.70	.90	23.00	.300	.04	+29.800
246	.00	.00	.00	23.00	.300	.04	+0.000

Bossinkbruf

Ruenbergferbeck

Bijlage 17. (bij paragraaf 6.2 en 6.5)

Geschematiseerde bodemligging bij de verruimde Boven-Dinkel, alsmede de gebaggerde Beneden-Dinkel (beginvoorwaarde).

Volgens opgave van het Waterschap zou de bodembreedte als volgt verlopen:

Beneden-Dinkel:

van Singraven (km 1,808) tot ca. km 10,000: minstens 9 m,  
van km. 10,000 tot het Verdeelwerk (km. 10,390): ca. 8 m.

Boven-Dinkel:

van Verdeelwerk (km. 0,000) tot km. 5,450:	9,35 m
van km.5,450 tot km. 11,350	: 8,75 m
van km. 11,350 tot km. 16,700	: 8,15 m
vanaf km. 16,700	: 6,00 m.

De bodemhoogte zou als volgt verlopen:

Beneden-Dinkel:

van Singraven met een hoogte van 21,42 m + N.A.P. tot het Verdeelwerk met  $i = 3 \times 10^{-4}$  oplopend.

Boven-Dinkel:

van Verdeelwerk met een hoogte van 24,20 m + N.A.P. tot km. 15,430 (Bossinkbrug) oplopend met  $i = 3 \times 10^{-4}$ , daarna, na een sprong van 28,83 tot 29,03 m + N.A.P., oplopend met  $i = 4,5 \times 10^{-4}$ .

Voor de taludhelling zou overal 1:1 moeten worden aangehouden.

De voor het model benodigde ponskaarten zijn via de computer vervaardigd aan de hand van de eerder gemaakte kaarten voor de toestand van begin 1970.

Aangenomen is, dat de bodem wordt afgewerkt volgens het opgegeven verhang, zodat deze nergens verdiepingen vertoond (denkbaar is, dat deze worden opgevuld met elders gebaggerde specie).

Betreffende de bodembreedte is telkens nagegaan of deze wellicht al voldoet aan de te stellen eisen. Waar de breedte groter bleek te zijn dan nodig werd deze zo gelaten evenals de taludhellingen ter plaatse. Een te smal profiel werd uiteraard verruimd tot de voorgeschreven afmetingen.

Op de volgende bladzijden het

hierbij toegepaste reken-

programma en een tabel met gegevens van de nieuwe bodemligging.



Gegevens van de bodemligging van gebaggerde Beneden-Dinkel en verruimde Boven-Dinkel (gegevens per traject = tussen 2 raaien gelegen deel van de rivier).

DINKEL  
TRAJECT TUSSEN SINGRAVEN EN INSTROMING RUENBERGERBEEK (KM 16,720)

AANTAL TRAJECIEN: 245  
MAXIMAAL AANTAL VAKKEN PER TRAJECT: 4

TRAJECT-GEGEVENS:

NR	LENGTE M	BODEM- BREEDTE M	TALUD- HELLING 1:	C-WAARDE M**0.5/S	D50 MM	VAL- SNELHEID M/S	BODEM- HOOGTE M
0	192.00	11.28	1.09	23.00	300	.04	+21.420
1	100.00	12.46	1.43	23.00	300	.04	+21.478
2	100.00	12.74	2.30	23.00	300	.04	+21.508
3	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.538
4	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.568
5	100.00	15.77	.75	23.00	300	.04	+21.598
6	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.628
7	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.658
8	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.688
9	100.00	11.93	1.66	23.00	300	.04	+21.718
10	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.748
11	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.778
12	100.00	9.94	1.60	23.00	300	.04	+21.808
13	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.838
14	200.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.868
15	100.00	15.02	2.25	23.00	300	.04	+21.928
16	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.958
17	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+21.988
18	100.00	10.38	1.30	23.00	300	.04	+22.018
19	100.00	13.42	1.07	23.00	300	.04	+22.048
20	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.078
21	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.108
22	100.00	9.16	1.35	23.00	300	.04	+22.138
23	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.168
24	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.198
25	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.228
26	100.00	9.57	1.05	23.00	300	.04	+22.258
27	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.288
28	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.318
29	100.00	10.40	1.23	23.00	300	.04	+22.348
30	100.00	14.08	.58	23.00	300	.04	+22.378
31	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.408
32	100.00	10.28	1.09	23.00	300	.04	+22.438
33	90.00	10.52	1.02	23.00	300	.04	+22.468
34	110.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.495
35	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.528
36	100.00	11.94	.97	23.00	300	.04	+22.558
37	100.00	10.16	.87	23.00	300	.04	+22.588
38	100.00	20.33	2.25	23.00	300	.04	+22.618
39	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.648
40	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.678
41	90.00	10.83	1.38	23.00	300	.04	+22.708

Singraven

Visser's brug

Deuningerbrug

42	110.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.735
43	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.768
44	100.00	11.15	1.57	23.00	300	.04	+22.798
45	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.828
46	100.00	9.18	1.57	23.00	300	.04	+22.858
47	100.00	9.32	1.09	23.00	300	.04	+22.888
48	90.00	11.37	1.40	23.00	300	.04	+22.918
49	110.00	9.45	.43	23.00	300	.04	+22.945
50	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+22.978
51	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.008
52	100.00	10.38	.16	23.00	300	.04	+23.038
53	100.00	12.01	.55	23.00	300	.04	+23.068
54	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.098
55	100.00	13.03	.50	23.00	300	.04	+23.128
56	100.00	10.78	.78	23.00	300	.04	+23.158
57	100.00	12.59	.29	23.00	300	.04	+23.188
58	100.00	10.21	.23	23.00	300	.04	+23.218
59	100.00	10.07	.38	23.00	300	.04	+23.248
60	100.00	9.31	.70	23.00	300	.04	+23.278
61	100.00	10.67	1.07	23.00	300	.04	+23.308
62	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.338
63	100.00	9.14	1.00	23.00	300	.04	+23.368
64	100.00	9.09	.73	23.00	300	.04	+23.398
65	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.428
66	100.00	9.90	1.07	23.00	300	.04	+23.458
67	100.00	9.60	.38	23.00	300	.04	+23.488
68	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.518
69	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.548
70	100.00	9.33	.21	23.00	300	.04	+23.578
71	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.608
72	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.638
73	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.668
74	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.698
75	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.728
76	100.00	10.75	.81	23.00	300	.04	+23.758
77	100.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.788
78	80.00	10.06	.25	23.00	300	.04	+23.818
79	120.00	9.00	1.00	23.00	300	.04	+23.842
80	100.00	8.00	1.00	23.00	300	.04	+23.878
81	110.00	8.00	1.00	23.00	300	.04	+23.908
82	90.00	8.00	1.00	23.00	300	.04	+23.941
83	30.00	8.00	1.00	23.00	300	.04	+23.968
84	80.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.200
85	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.224
86	190.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.257
87	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.314
88	190.00	9.62	.64	23.00	300	.04	+24.347
89	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.404
90	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.434
91	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.464
92	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.494
93	100.00	10.58	1.33	23.00	300	.04	+24.524
94	120.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.554
95	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.590
96	90.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.620
97	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.647
98	90.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.677
99	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.704
100	120.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.734
101	80.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.770

Kampbrug

Meulemansbrug

Verdeelwerk

Kribbebrug

102	130.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.794
103	80.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.833
104	90.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.857
105	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.884
106	90.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.917
107	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.944
108	190.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+24.977
109	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.034
110	90.00	10.34	1.04	23.00	300	.04	+25.067
111	100.00	9.38	.91	23.00	300	.04	+25.094
112	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.124
113	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.154
114	200.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.184
115	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.244
116	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.274
117	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.304
118	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.334
119	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.364
120	80.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.394
121	120.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.418
122	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.454
123	110.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.484
124	90.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.517
125	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.544
126	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.574
127	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.604
128	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.634
129	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.664
130	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.694
131	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.724
132	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.754
133	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.784
134	100.00	9.35	1.00	23.00	300	.04	+25.814
135	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.844
136	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.874
137	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.904
138	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.934
139	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.964
140	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+25.994
141	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.024
142	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.054
143	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.084
144	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.114
145	100.00	9.03	1.28	23.00	300	.04	+26.144
146	100.00	9.08	1.02	23.00	300	.04	+26.174
147	100.00	8.76	1.04	23.00	300	.04	+26.204
148	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.234
149	120.00	8.99	.70	23.00	300	.04	+26.264
150	80.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.300
151	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.324
152	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.354
153	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.384
154	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.414
155	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.444
156	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.474
157	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.504
158	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.534
159	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.564
160	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.594
161	90.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.624

Pepperbrud

162	120.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.651
163	90.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.687
164	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.714
165	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.744
166	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.774
167	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.804
168	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.834
169	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.864
170	103.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.894
171	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.924
172	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.954
173	110.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+26.984
174	90.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.017
175	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.044
176	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.074
177	100.00	8.95	.84	23.00	300	.04	+27.104
178	100.00	9.38	.88	23.00	300	.04	+27.134
179	100.00	12.13	.70	23.00	300	.04	+27.164
180	100.00	11.79	1.15	23.00	300	.04	+27.194
181	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.224
182	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.254
183	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.284
184	100.00	9.34	1.54	23.00	300	.04	+27.314
185	100.00	10.31	.84	23.00	300	.04	+27.344
186	200.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.374
187	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.434
188	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.464
189	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.494
190	100.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.524
191	110.00	13.39	1.19	23.00	300	.04	+27.554
192	90.00	8.75	1.00	23.00	300	.04	+27.587
193	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.614
194	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.644
195	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.674
196	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.704
197	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.734
198	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.764
199	100.00	10.21	.97	23.00	300	.04	+27.794
200	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.824
201	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.854
202	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.884
203	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.914
204	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+27.944
205	100.00	10.50	.71	23.00	300	.04	+27.974
206	100.00	10.70	.98	23.00	300	.04	+28.004
207	100.00	10.79	.93	23.00	300	.04	+28.034
208	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.064
209	90.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.094
210	110.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.121
211	100.00	9.67	.82	23.00	300	.04	+28.154
212	100.00	10.27	1.02	23.00	300	.04	+28.184
213	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.214
214	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.244
215	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.274
216	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.304
217	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.334
218	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.364
219	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.394
220	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.424
221	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.454

Losserbrug



222	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.484
223	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.514
224	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.544
225	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.574
226	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.604
227	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.634
228	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.664
229	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.694
230	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.724
231	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.754
232	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+28.784
233	200.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.030
234	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.120
235	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.165
236	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.210
237	90.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.255
238	110.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.295
239	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.345
240	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.390
241	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.435
242	100.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.480
243	190.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.525
244	110.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.610
245	50.00	8.15	1.00	23.00	300	.04	+29.660

Bosinkbruf

Ruenbergarbeck

Bijlage 18 (bij paragraaf 6.3)

Morfologische berekening voor ongewijzigde Dinkel (toestand begin 1970)  
over de periode 1 maart 1970 tot 1 juli 1974 (lengteprofiel van Ruenberger-  
beek tot Singraven).

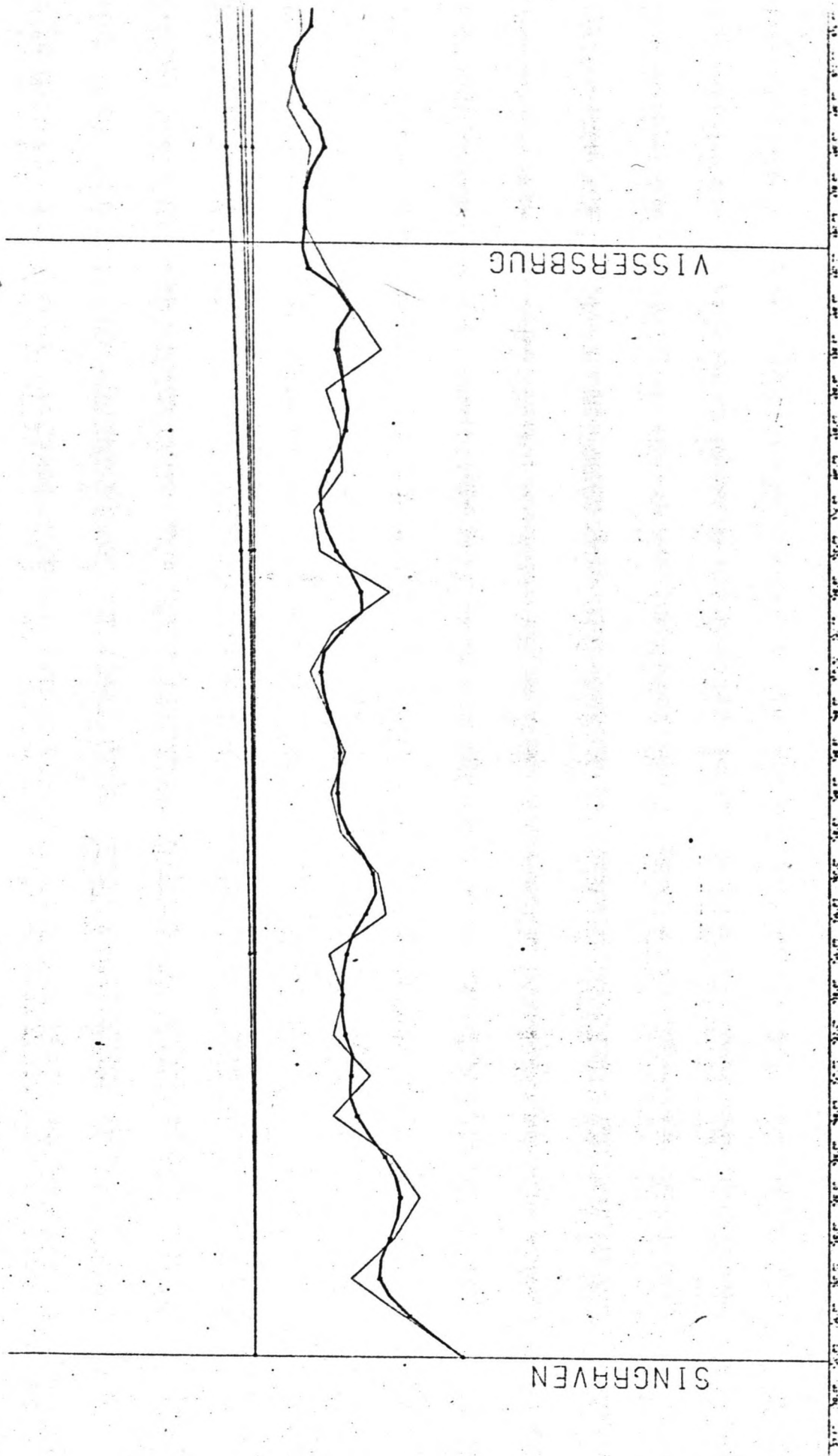
Ruwheid:  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ; maatgevende korrel:  $D = 300 \text{ mu}$

Transportformule: Meyer-Peter en Müller.



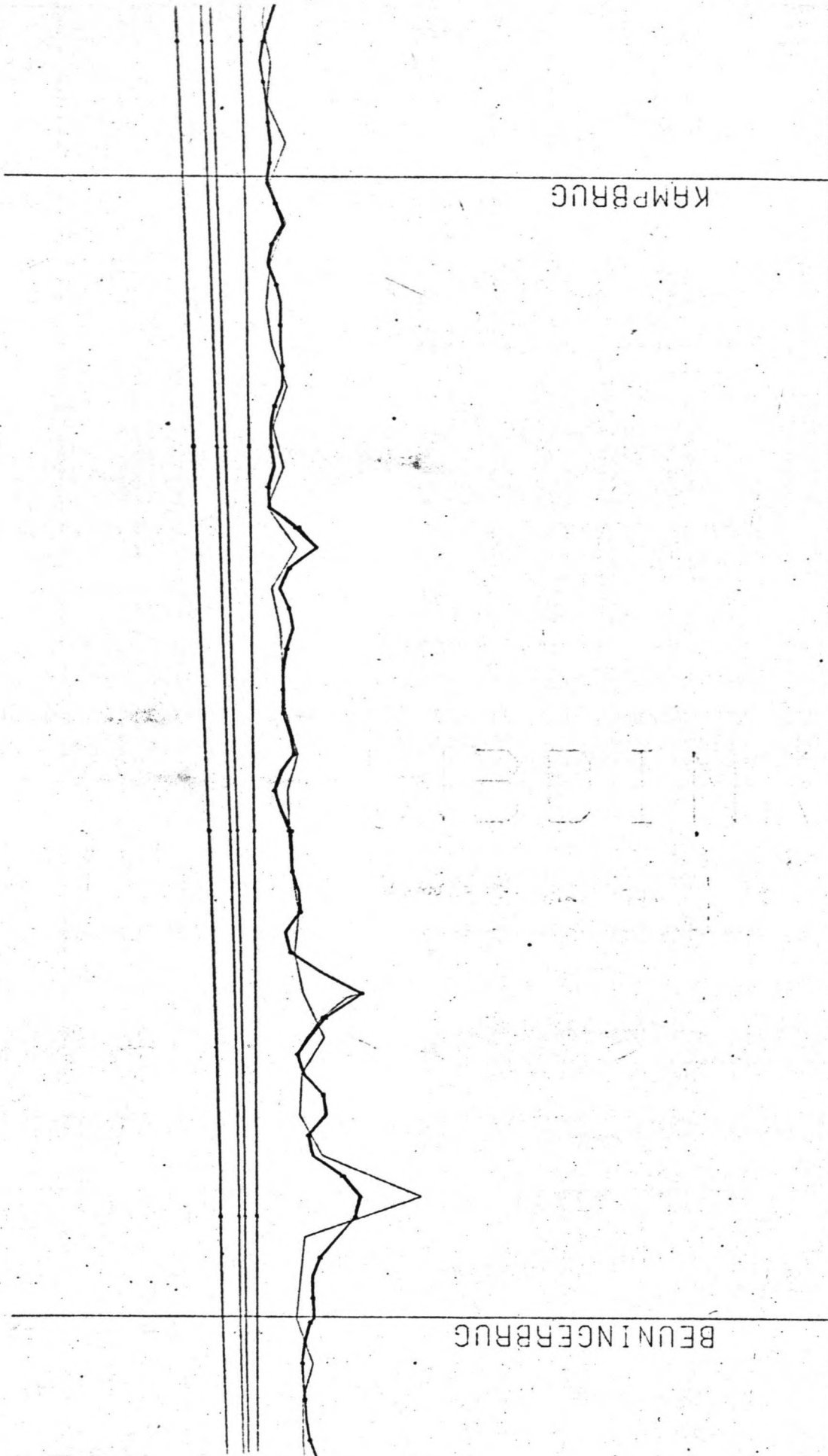
LENTE

— OORSPRONKELIJKE BODEM (1-3-1970) — NIEUWE BODEM



# -PROFIEL

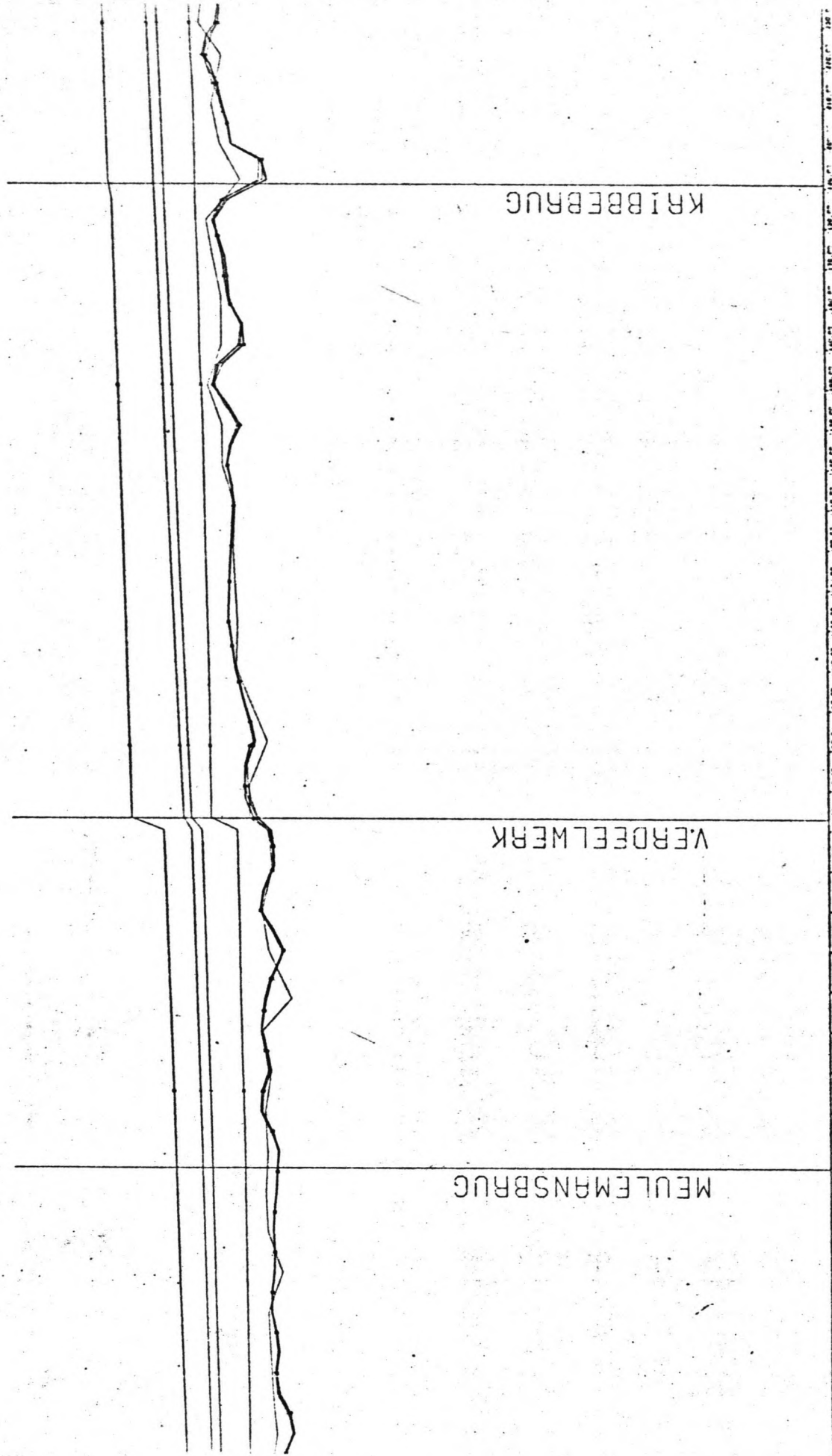
M EN WATERSPIEGEL VOOR STADIUM: 0-0 1-Δ 2-+ 3-X  
 Q = 26,3 7,1 5,4 1,2 m<sup>3</sup>/s te Poppelbrug  
 datum: 19/1 14/2 24/3 30/6 - 1974



KAMPBRUG

BEUNINGERBRUG

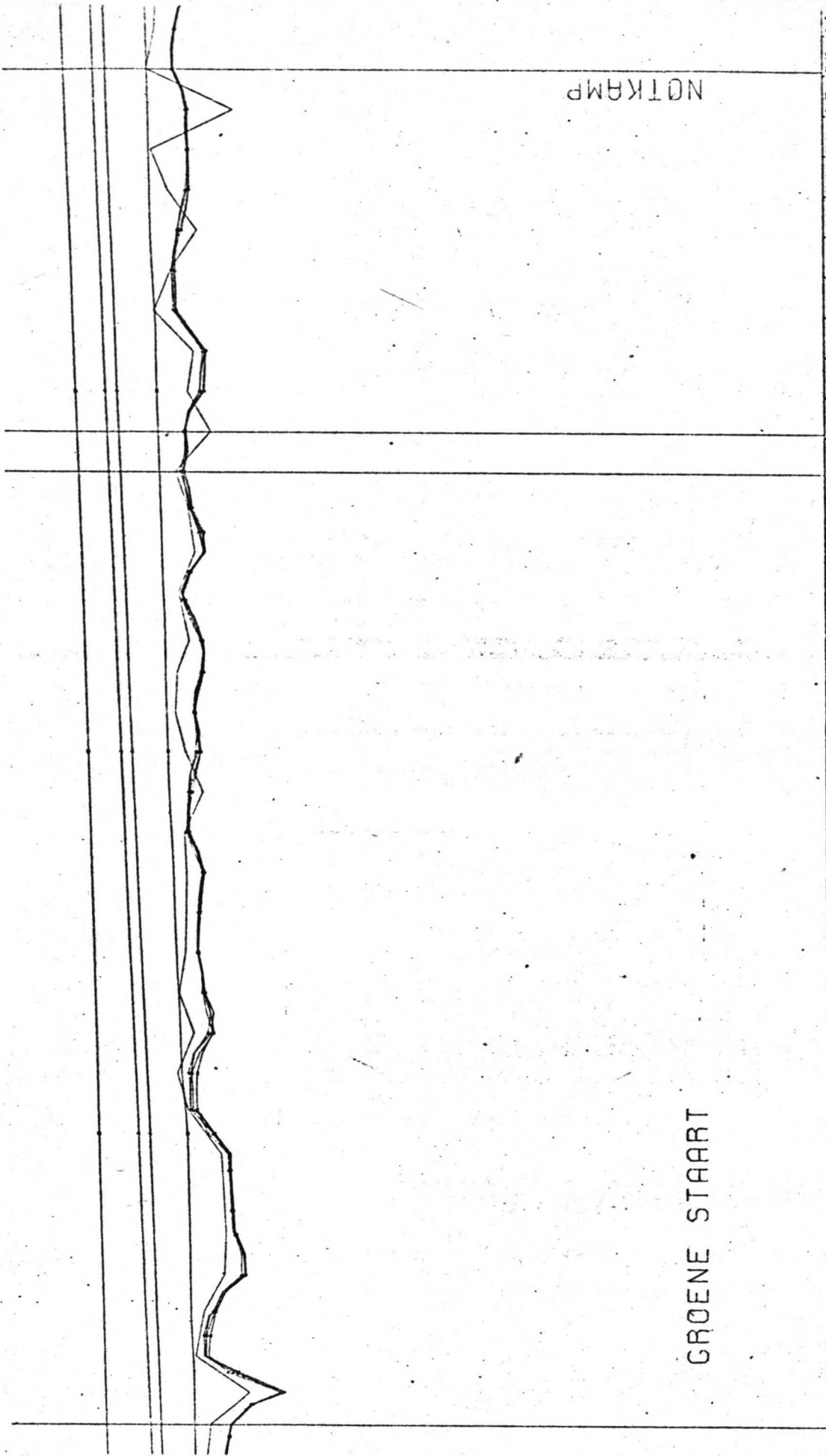
Vertical text along the right edge of the drawing, possibly a scale or measurement indicator.



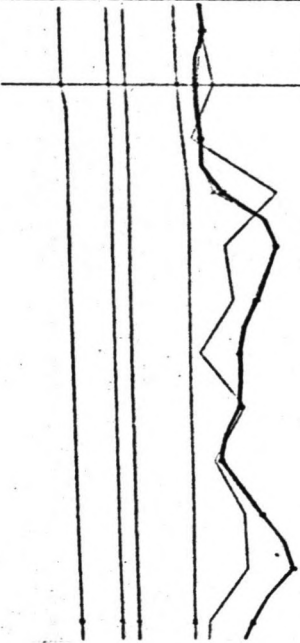
KRIBBERUG

VERDEELWERK

MEULEMANSBRUG



POPPERBUC



Bijlage 19 (bij paragraaf 6.3)

Morfologische berekening voor onveranderde Boven-Dinkel (toestand begin 1970) en gebaggerde Beneden-Dinkel over de periode 1 maart 1970 tot 1 juli 1974 (lengteprofiel van Ruenbergerbeek tot Singraven)

Ruwheid:  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ; maatgevende korrel:  $D = 300 \text{ mu}$

Transportformule: Meyer-Peter en Müller.

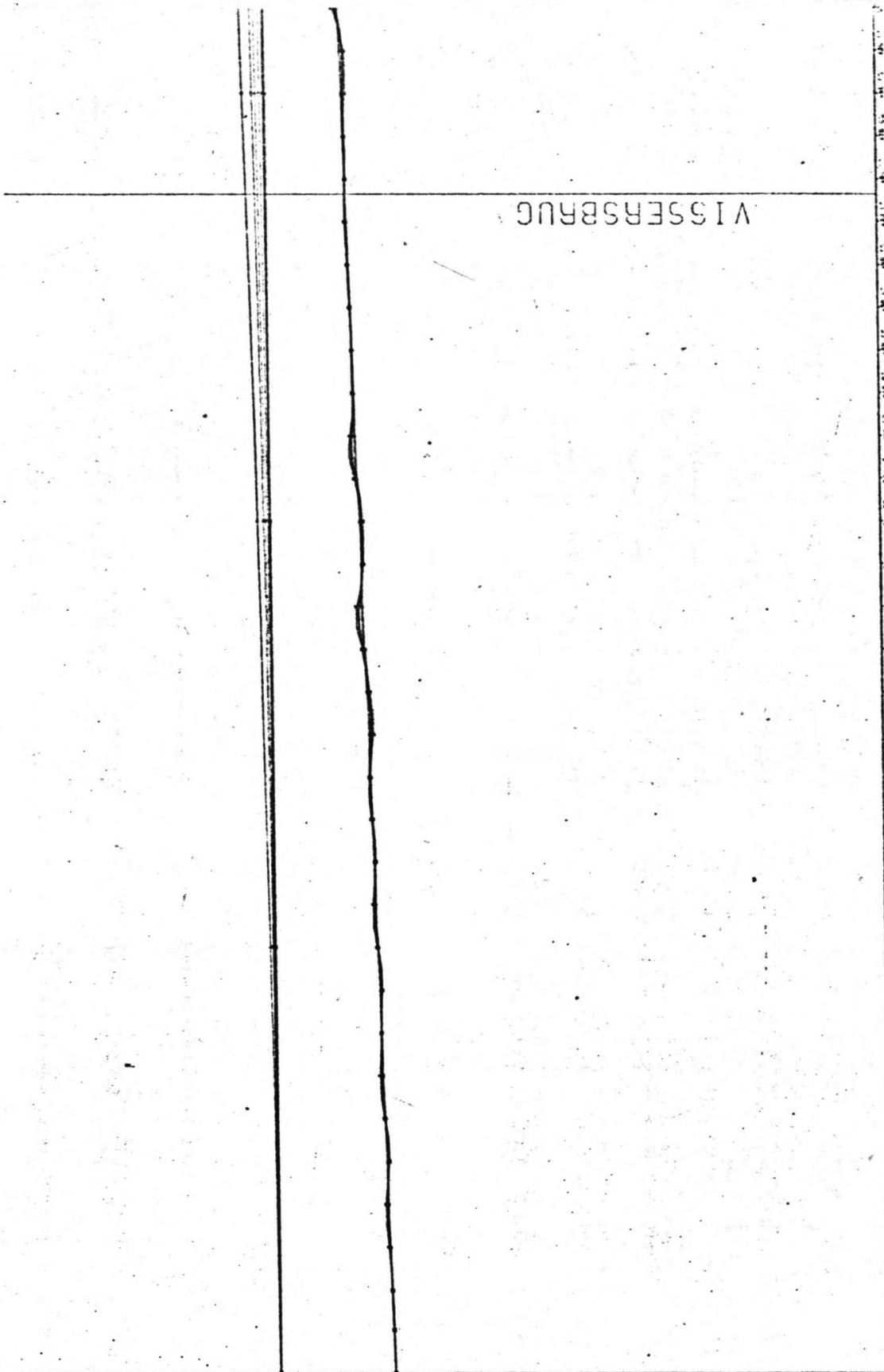
LENG

— NIEU

— OORSPRONKELIJKE BOEEM

(1-3-1970)





# TE-PROFIEL

DE BODEM EN WATERSPIEGEL VOOR STADIUM: | Q= 8,8 33,0 4,4 3,1 7,3 29,0 5,2 1,2 m<sup>3</sup>/s te Poppebrug  
 datum: 22/5/70 04/7/70 14/4/71 29/5/71 15/11/71 24/1/72 4/1/73 14/1/74 20/6/74

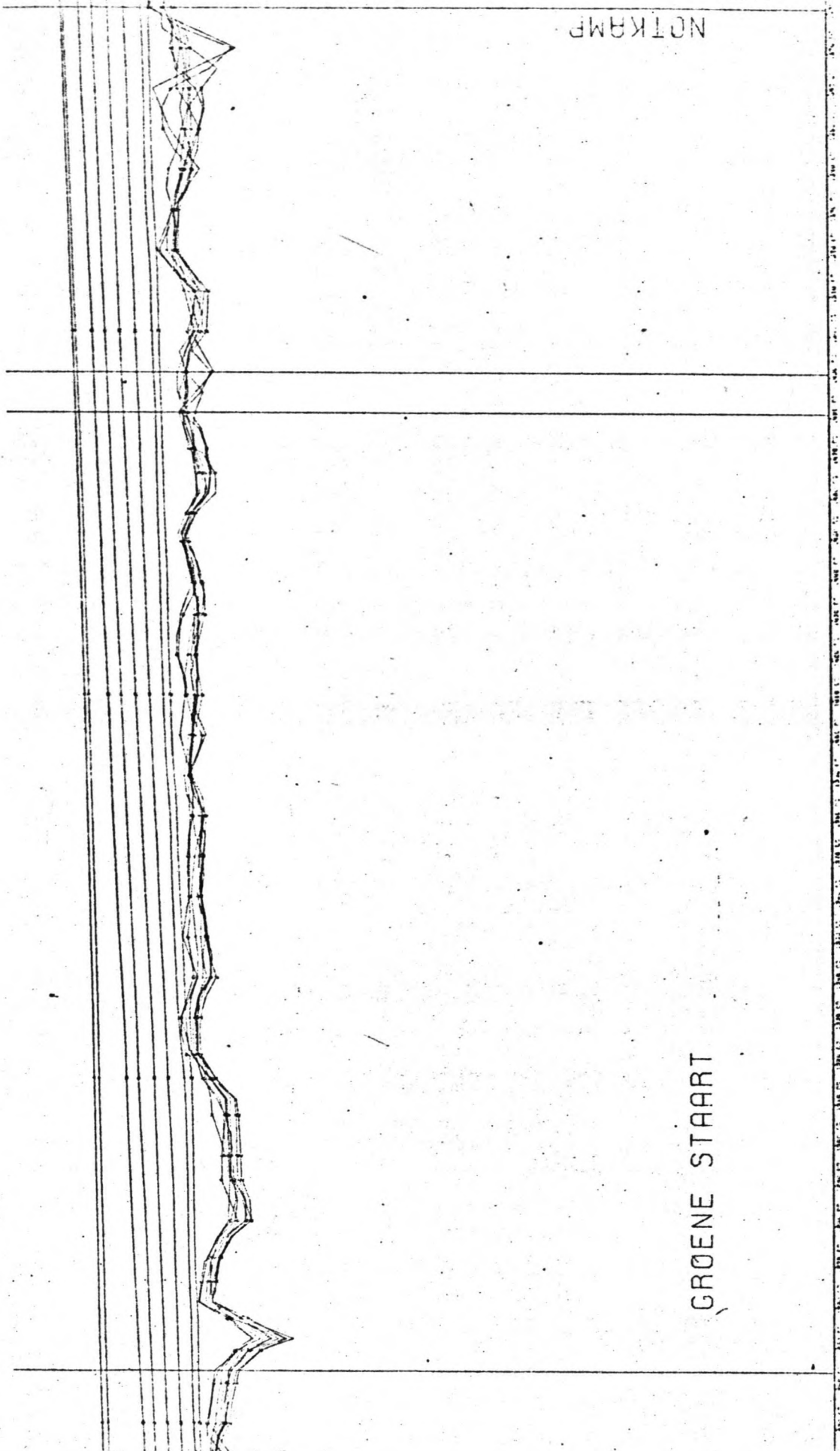
SINGRAVEN

VISSERSBRUG

KAMPBRUC

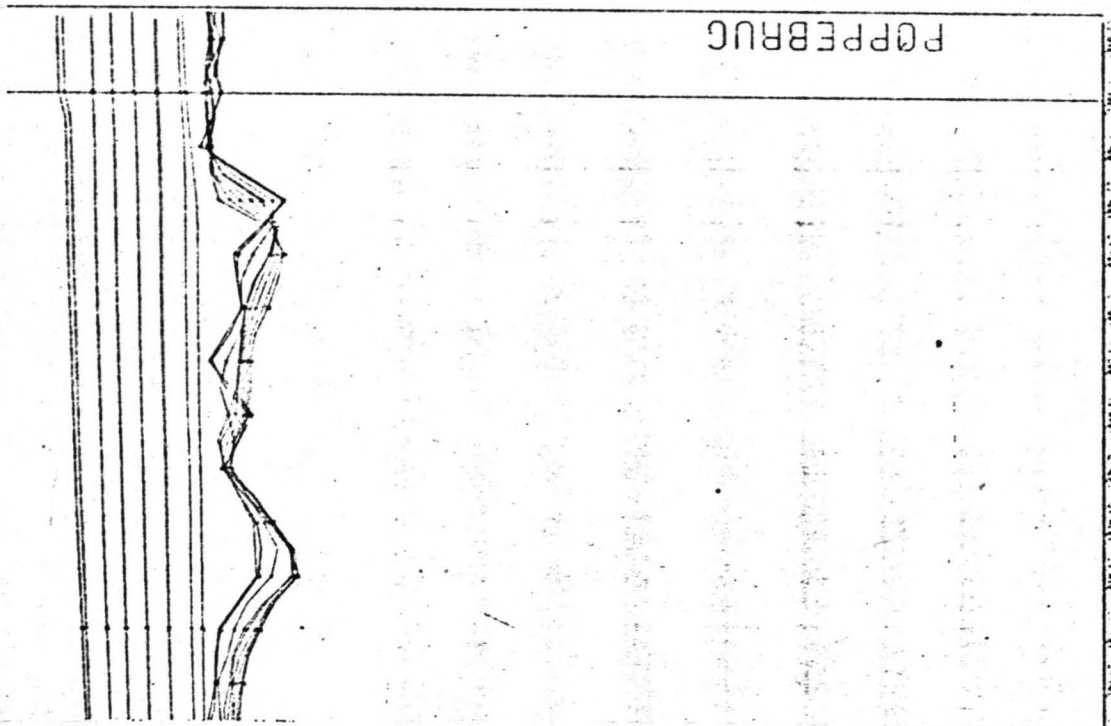
BEUNINGEBRUC





NOKAMP

GROENE START



Bijlage 20 (bij paragraaf 6.5)

Morfologische berekening voor verruimde Boven-Dinkel en gebaggerde Beneden-Dinkel over de periode 1 maart 1970 tot 1 juli 1974 (lengteprofiel van Ruenbergerbeek tot Singraven).

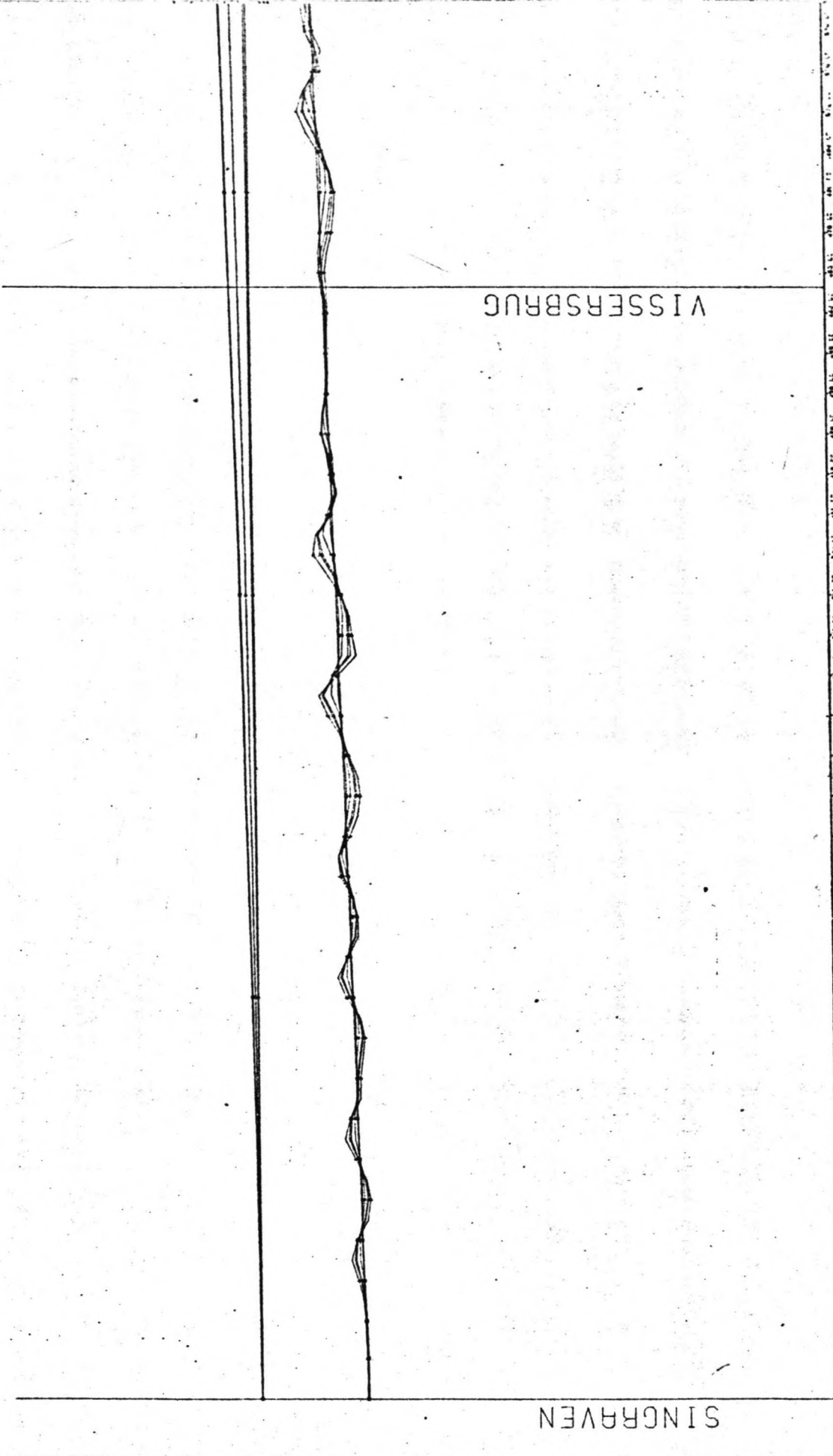
Ruwheid:  $C = 23 \text{ m}^{\frac{1}{2}}/\text{s}$ ; maatgevende korrel:  $D = 300 \text{ mu}$

Transportformule: Ackers en White.

LENGTE-

— OORSPRONKELIJKE BODEM — NIEUWE BODEM

(1-3-1976)



# PROFIEL

N WATERSPIEGEL VOOR STADIUM: 0=⊙ 1=△ 2=+ 3=X 4=⊙  
 Q = 8.8 33.0 3.1 29.0 1.1 te Poppebrug.  
 datum: 22/6/74 29/6/74 4/7/74 30/6/74

SINGRAVEN

VISSERSBRUG

KAMPBRUG

BEUNINGEBRUG

1000 950 900 850 800 750 700 650 600 550 500 450 400 350 300 250 200 150 100 50 0

