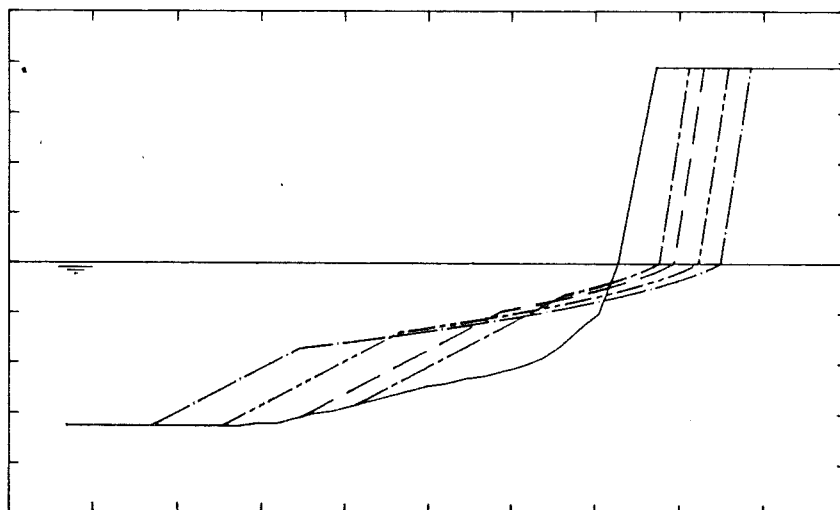


Hydronamic bv

Ontwikkeling van het tijdsafhankelijke duinafslagmodel DUNER



Intern Rapport

SP004 / 25 augustus 1986

HYDRONAMIC bv

Ontwikkeling van het tijdsafhankelijke
duinafslagmodel DUNER

Intern Rapport

SP004 / 25 augustus 1986

PORT AND WATERWAY ENGINEERS


hydrONAMIC^{bv}

INHOUD

Lijst van figuren

		<u>Blz.</u>
1.	INLEIDING	1
1.1.	Algemeen	1
1.2.	Doelstelling	1
2.	ONTWIKKELING TIJDSRELATIE IN DUNER	3
2.1	Algemeen	3
	2.1.1 Ontwikkeling basisafslagprofiel formule	3
	2.1.2 Tijdafhankelijkheid duinafslag; model aannamen	4
2.2	Beschrijving Deltagoot-proeven	6
2.3	Verspreidingsafstand vs Tijd bij Vaste Waterstand	10
2.4	Verspreidingsafstand vs Tijd bij Variabele Waterstand	11
3.	VERIFICATIE TIJDSRELATIE	13
4.	STORMVLOEDDUUR	14
5.	NAUWKEURIGHEID DUNER	15
6.	SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN	16

LITERATUUR

FIGUREN

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 2.1.a Waterstandsverloop tijdens superstormvloed
- Figuur 2.1.b Gemeten duinafslag proeven T2 en T3, herleid naar prototype
- Figuur 2.2 Gemeten afslagprofielen proef T4
- Figuur 2.3 Gemeten afslagprofielen proef T5
- Figuur 2.4 Hydraulische rand voorwaarden stormvloed 1953
- Figuur 2.5 Relatie verspreidingsafstand en tijd bij vaste waterstand
- Figuur 2.6 Relatie relatieve verspreidingsafstand en tijd bij vaste waterstand
- Figuur 2.7 Berekende afslagprofielen proef T5
- Figuur 2.8 Berekende en gemeten hoeveelheid duinafslag proef T4
- Figuur 3.1 Berekende afslagprofielen proef T4

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

In opdracht van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is reeds vele jaren onderzoek verricht naar de mate van duinafslag tijdens stormvloed. Dit heeft eind 1982 geleid tot de introductie van een rekenmodel (DUROS) waarmee voor een willekeurig profiel aan de Nederlandse kust de verwachte duinafslag tijdens stormvloed kan worden berekend. De hoeveelheid duinafslag en de ligging van het strand na de stormvloed worden gevonden door het berekende afslagprofiel vanaf de zee in landwaartse richting te verschuiven tot de hoeveelheid afslag gelijk is aan de hoeveelheid aanzanding. De tijdsafhankelijkheid van het proces wordt hierbij niet in beschouwing genomen.

Bij de toetsing van de veiligheid van een duinregel op delta veiligheid dient in Nederland de methode gevolgd te worden zoals vermeld in de leidraad duinafslag [3]. Bij berekening volgens deze leidraad wordt gebruik gemaakt van het DUROS-model, waarbij enige toeslagen en specifieke invoerwaarden gebruikt worden om hetzelfde antwoord te krijgen als dat van een probabilistische duinafslagberekening. De methode van de leidraad is echter alleen toepasbaar bij een volledig zandig duin met een flauwe vooroever en zonder duinpannen in de afslagzone.

Met name in deze uitzonderingsgevallen is het nodig een beeld te krijgen van het voortschrijden van de duinafslag tijdens het verloop van een stormvloed. Hiervoor is een tijdsafhankelijk duinafslagmodel nodig.

In het kader van de advisering van een aantal duinvakken op Walcheren, waarbij sprake is van een kleikern in het duin en van steile vooroevers heeft Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg, aan Hydronamic bv, Werkendam, opdracht gegeven voor de modellering van tijdsafhankelijke duinafslag.

1.2. Doelstelling

Het duinafslag model DUNER van Hydronamic bv is gebaseerd op het bovenvermelde DUROS model. Het model is afwijkend t.o.v. het DUROS-model (beschreven in [2] en [3]) op de volgende punten:

1. Het DUNER model simuleert de duinafslag als functie van de tijd.
2. Het DUNER model rekent met een variabele stormvloedduur.

In het model is een tijdsafhankelijke verspreidingsafstand van het afgeslagen zand ingevoerd. Deze is afgeleid uit de duinafslagproeven in de Deltagoot, verricht in opdracht van de T.A.W.

In dit verslag wordt de ontwikkeling en verificatie van het tijdsafhankelijke karakter van het DUNER model gepresenteerd. Het algemene rekenprincipe komt globaal aan de orde in par. 2.1.1. Voor verdere informatie zij verwezen naar literatuur [2] en [3].

In hoofdstuk 2 van dit verslag wordt ingegaan op het ontwikkelen van de tijdsrelatie. Analyse van de Deltagoot-proeven met vaste waterstand (T1, T2 en T5) heeft aangetoond dat er een duidelijk verband bestaat tussen de tijd en de relatieve verspreidingsafstand $L(t)/L(5)$, waarbij $L(t)$ en $L(5)$ de verspreidingsafstand van het zand is na t uur respectievelijk 5 uur. M.b.v. de Deltagoot-proef van T2 en T3 is verband gelegd tussen de duinafslag bij vaste waterstand en duinafslag bij variabele waterstand.

In hoofdstuk 3 volgt een verificatie berekening. Uitgaande van de in hoofdstuk 2 vastgestelde relatie wordt Deltagootproef T4 (1953-stormvloed met variabele waterstand) nagerekend en vergeleken.

In het DUNER model kan een variabele stormvloedduur ingevoerd worden. In hoofdstuk 4 wordt de toegepaste werkwijze beschreven.

In hoofdstuk 5 wordt de nauwkeurigheid van het DUNER model t.a.v. berekening van de duinafslag beschouwd. In hoofdstuk 6 volgt de samenvatting en worden enkele aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

Het onderzoek is uitgevoerd door ir. W.G. de Rijke, welke tevens het verslag heeft samengesteld.

2. ONTWIKKELING TIJDSRELATIE IN DUNER

2.1 Algemeen

2.1.1 Ontwikkeling basisafslagprofiel formule

De huidige T.A.W. afslag formule is gebaseerd op een serie schaalproeven, die zijn uitgevoerd met een vaste waterstand op stormvloedpeil. De maatgevende afslagresultaten werden gebaseerd op metingen in het model op een tijdstip dat overeenkomt met 5 uur in het prototype. Dit tijdstip werd gekozen omdat uit vergelijking met proeven met variërende waterstand bleek dat een volledig gesimuleerde stormvloed dezelfde mate van duinafslag tot gevolg heeft als een geschematiseerde stormvloed met een vaste waterstand op stormvloedpeil na 5 uur (zie Figuur 2.1.a en b).

Met behulp van schaalrelaties en waarnemingen in de natuur bleek het mogelijk de gemeten hoeveelheid duinafslag en de vorm van het afslagprofiel te herleiden naar het prototype.

De afstand waarover het afslagprofiel wordt ontwikkeld bleek echter niet goed vast te stellen door extrapolatie van de modelprofielen. In [2] worden daarvoor de volgende oorzaken genoemd:

1. Schaal afhankelijkheid van vorm en positie van het deel van het profiel dat de overgang vormt van het afslagprofiel naar het oorspronkelijke profiel.
2. De afstand waarbinnen al het afgeslagen zand wordt afgezet is niet goed vast te stellen. Ca. 10 tot 15% van het afgeslagen zand wordt niet teruggevonden binnen het duidelijk zichtbare aanzandingsgebied.

Het probleem van de onzekerheid in de juiste verspreidingsafstand van het zand werd op pragmatische wijze opgelost. De keuze werd gemaakt dat het rekenmodel in eerste instantie een betrouwbare benadering moet kunnen geven van de hoeveelheid duinafslag. Deze is immers bepalend voor de veiligheid van de duinen.

Op grond van deze keuze werd de hoeveelheid duinafslag als bepalende maat toegepast voor de in het rekenmodel toe te passen verspreidingsafstand.

Als begrenzing van het profiel aan de zeezijde werd uitgegaan van een helling 1:12.5, zijnde een schatting van de orde van grootte. De afstand vanaf de waterlijn tot aan de plaats waar de afslagparabool overgaat in de helling 1:12.5 (gedefinieerd als de verspreidingsafstand) werd vastgesteld d.m.v. "optimalisatie", hetgeen inhoudt dat er gezocht werd naar een profiel oppervlak waarbij t.o.v. het beginprofiel een bergingscapaciteit ontstaat welke overeenkomt met de gemeten duinafslag.

Het uiteidelijke afslagprofiel wordt als volgt beschreven:

- De duinvoet ligt na de stormvloed op het maximale stormvloedpeil. De helling van het afgeslagen duinprofiel (duinfront) is 1:1.
- Vanaf de duinvoet zeewaarts geldt een parabolisch profiel:

$$(7.6/Hs)y = 0.4714 [(7.6/H s)^{1.28} (w/0.02681)^{0.56} x + 18]^{0.5} - 2.0 \quad (1)$$

waarin: Hs = significante golfhoogte op diep water [m]
w = valsnelheid van D50 in zeewater van 5 graden Celsius [m/s]
x = afstand vanaf de duinvoet [m]
y = de diepte beneden stormvloedpeil [m]

Dit profiel strekt zich uit van:

x=0, y=0 tot

$$x = 250 (Hs/7.6)^{1.28} (0.02681/w)^{0.56} \quad (2) \quad \text{met}$$

$$y = 5.717 (Hs/7.6) = 0.75 Hs$$

- Aan de zeevaartse zijde wordt het profiel begrensd door een helling 1:12.5.

2.1.2 Tijdsafhankelijkheid duinafslag; modelaannamen

Bij de ontwikkeling van het tijdsafhankelijke deel van het duinafslagmodel DUNER is gebruik gemaakt van de proeven in de Deltagoot, zoals beschreven in par. 2.2.

Uit de proeven blijkt dat met name de volgende factoren veranderen naarmate het duinafslagproces vordert in de tijd (zie bijvoorbeeld proef T4, Figuur 2.2)

- de duinvoethoogte
- de vorm van de afslagparabool
- de verspreidingsafstand van het afgeslagen zand

Het afslagprofiel ontwikkelt zich ten gevolge van de variërende golfhoogte en waterstand tijdens de stormvloed.

In principe zullen de bovenstaande factoren in meer of mindere mate afhangen van de tijd, de golfhoogte en de waterstand. Het afleiden van een betrouwbare tijdsrelatie is niet mogelijk vanwege het gering aantal proeven met variabele condities (slechts twee: Deltagoot-proeven T3 en T4).

Om toch een beschrijving te geven van het tijdsafhankelijke karakter van duinafslag is een meer pragmatische aanpak gevolgd. De ontwikkeling van de afslagprofielen bij geschematiseerde stormvloed is vrij goed bekend middels de Deltagoot-proeven T1, T2 en T5.

Uit vergelijking van de Deltagoot-proeven T2 en T3 volgt dat er een redelijke overeenkomst bestaat tussen de afslagprofielen die zich ontwikkelen tijdens de geschematiseerde (T2) en volledig gesimuleerde stormvloed (T3).

Er van uitgaande dat de overeenkomst voldoende goed is, dan ligt het verschil tussen geschematiseerde en gesimuleerde stormvloed in de factor tijd.

Indien de tijdsrelatie van de verschillende duinafslagbepalende factoren bekend is, kan m.b.v. een geschematiseerde stormvloed, de duinafslag onder variërende conditie berekend worden.

Bij de afleiding van de tijdsrelatie worden de volgende aannamen gedaan:

- a. De positie van de duinvoet blijkt sterk afhankelijk te zijn van de schaal van de uitgevoerde proeven zodat herleiding naar prototype-schaal weinig betrouwbaar is [2]. Uitgegaan wordt van een tijdsafhankelijke duinvoethoogte op stormvloedpeil.
- b. De vorm van de afslagparabool groeit in de tijd naar de uiteindelijke parabolische vorm, beschreven door formule (1). Kort na aanvang van de duinafslag is het afslagprofiel aanmerkelijk steiler; vanaf ongeveer 1 uur prototype tijd bij vaste waterstand (overeenkomend met het tijdstip "laatste laagwater voor extreem hoogwater" bij variërende waterstand) kan het optredende afslagprofiel redelijk benaderd worden met formule (1). Bij de ontwikkeling van DUNER wordt uitgegaan van een vaste profielvorm, beschreven door formule (1). Dit heeft tot gevolg dat het afslagprofiel voor korte tijdsduren (tot aan laatste LW voor extreem HW) niet geheel correct wordt weergegeven. Echter, uit proeven (T3 en T4) is gebleken dat tot aan dat tijdstip de opgetreden duinafslag slechts 28% tot 37% bedraagt van de totale afslag tijdens stormvloed, zodat uit oogpunt van veiligheid van de duinen deze schematisatie verantwoord wordt geacht.
- c. De verspreidingsafstand van het afgeslagen zand neemt duidelijk toe in de tijd. De naar prototypeschaal herleide afstanden kunnen echter niet zonder meer gemodelleerd worden, omdat zich in de goot geen volledige zandbalans instelde (zie par. 2.1.1). Op grond daarvan is de op een bepaald tijdstip gemeten hoeveelheid duinafslag als bepalende maat toegepast voor de verspreidingsafstand op dat tijdstip. Dit heeft geleid tot het vaststellen van de relatie tussen de tijd en de dimensieloze verspreidingsafstand (gerelateerd aan de berekende afstand volgens formule (2)) bij een vaste waterstand (par. 2.3) en bij een variërende waterstand (par. 2.4). In hoofdstuk 4 wordt de aldus berekende verspreidingsafstand vergeleken met de uit het model opgemeten afstand.

2.2. Beschrijving Deltagoot-proeven

In de periode van januari tot mei 1981 is in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium de Voorst modelonderzoek verricht naar duinafslag tijdens stormvloed. De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in [1].

Hieronder volgt een samenvatting van de proeven die zijn uitgevoerd.

Proef T1

Deze proef is uitgevoerd met een vaste waterstand, gelijk aan NAP +5,0 m in het prototype. De prototype golfhoogte bedroeg 7.6 m. In het model is een beginprofiel toegepast dat op prototype-schaal een factor 1,91 steiler is dan het referentieprofiel. Het referentieprofiel is het profiel dat gemiddeld voorkomt aan de Nederlandse kust, zie Fig. 11 uit [1]. Het afslagprofiel is op gezette tijden opgemeten. De afslaghoeveelheden berekend voor het prototype zijn aangegeven in Tabel 2.1.a.

Proef T2

De toegepaste waterstand en golfhoogte zijn dezelfde als bij proef T1. Voor proef T2 geldt dat de resultaten betrekking hebben op een beginprofiel in het prototype dat een factor 1,27 steiler is dan het referentieprofiel. De afslaghoeveelheden berekend voor het prototype zijn vermeld in Tabel 2.1.a.

Proef T3

Deze proef is uitgevoerd met een variërende waterstand, waarbij het verloop van de waterstand zoals verwacht tijdens de superstormvloed werd gereproduceerd (zie figuur 2.1.a). De maximum stormvloedstand komt overeen met de vaste waterstand van proef T2. Het toegepaste beginprofiel is gelijk aan dat bij proef T2. De afslag hoeveelheden berekend voor het prototype zijn weergegeven in Tabel 2.2.a.

Proef T4

Proef T4 is uitgevoerd met een variërende waterstand waarbij het verloop van de waterstand tijdens de 1953-stormvloed in het model werd gereproduceerd. (maximum peil = 3,90 m +NAP, Hs = 6,00 m; zie Figuur 2.4) Voor het beginprofiel is uitgegaan van het kustprofiel in Delfland van vlak voor de stormvloed. De afslaghoeveelheden berekend voor het prototype zijn weergegeven in Tabel 2.2.b. De gemeten afslagprofielen in het model zijn weergegeven in Figuur 2.2.

Proef T5

Proef T5 is de grootste prototype-proef, die mogelijk was in de Deltagoot. De proef is uitgevoerd met een vaste waterstand op 5,0 m +NAP en een sign. golfhoogte van 2,0 m. Een beginprofiel werd toegepast dat redelijk overeenkomt met het referentieprofiel. De afslaghoeveelheden zijn weergegeven in Tabel 2.1.b. De gemeten afslagprofielen zijn weergegeven in Figuur 2.3.

Tijdstip na aan- vang van de proef	afslaghoeveelheid boven de waterlijn, prototype	
	proef T1	proef T2
uren prototype	[cum/m]	[cum/m]
0.22	103.60	67.00
0.67	184.70	154.01
2.24	369.60	277.77
6.71	618.24	434.15
13.42	617.13	519.70
22.36	773.75	579.32

Tabel 2.1.a Afslaghoeveelheid proeven T1 en T2
herleid naar prototype (vaste waterstand)

Tijdstip na aan- aanvang van de proef	afslaghoeveelheid boven de waterlijn
uren prototype	[cum/m]
0.1	10.82
0.3	18.03
1.0	27.73
3.0	40.69
6.0	49.41

Tabel 2.1.b Afslaghoeveelheid proef T5,
(vaste waterstand)

tijdstip [hr]	stormvloed fase	afslaghoeveelheid [cum/m]
3.36	laatste hoogwater voor extreme hoogwater	90.22
8.96	laatste laagwater voor extreme hoogwater	141.37
15.90	extreme hoogwater	350.73
22.84	eerste laagwater na extreme hoogwater	394.14
27.55	eerste hoogwater na extreme hoogwater	396.78
31.81	tweede laagwater na extreme hoogwater	377.58
42.89	-	375.46

Tabel 2.2.a Afslaghoeveelheid proef T3, herleid naar prototype
(variabele waterstand)

tijdstip [hr]	stormvloed fase	afslaghoeveelheid [cum/m]
-	laatste hoogwater voor extreme hoogwater	-
9.14	laatste laagwater voor extreme hoogwater	33,06
14.66	extreme hoogwater	100,46
22.35	eerste laagwater na extreme hoogwater	116,71
30.77	eerste hoogwater na extreme hoogwater	114,27
-	tweede laagwater na extreme hoogwater	-

Tabel 2.2.b Afslaghoeveelheid proef T4, herleid naar prototype
(variabele waterstand)

2.3 Verspreidingsafstand vs Tijd bij Vaste Waterstand

Het duinafslagproces in de tijd kan voldoende goed benaderd worden indien ervan uitgegaan wordt dat alleen de verspreidingsafstand in de tijd verandert. (par. 2.1.2)

De tijdsafhankelijke verspreidingsafstand bij een realistisch stormvloed verloop kan betrekkelijk eenvoudig afgeleid worden uit analyse van de Deltagootproeven T2 en T3, zie par. 2.4. Eerst wordt aan de hand van de resultaten van de proeven met vaste waterstand vastgesteld of er een eenduidige relatie bestaat tussen de verspreidingsafstand en de tijd.

In Figuur 2.5 is voor de proeven T1, T2 en T5 als functie van de tijd de verspreidingsafstand weergegeven waarbij de beste overeenkomst bestaat tussen de berekende en naar prototype schaal herleide, gemeten duinafslag boven de waterlijn. Uit de figuur blijkt duidelijk een voor iedere proef verschillend verband te bestaan. Dit is ook te verwachten, daar de verspreidingsafstand onderhevig is aan de schaalregels met betrekking tot de golfhoogte (en ook de valsnelheid van het zand).

Ten einde de afhankelijkheid van de golfhoogte (en de valsnelheid uiteraard, maar deze is niet van belang omdat voor alle proeven in de Deltagoot hetzelfde bodemmateriaal is gebruikt) te elimineren, is de 'optimale' verspreidingsafstand gerelateerd aan de verspreidingsafstand, berekend volgens formule (2). De aldus bepaalde relatieve verspreidingsafstand is in Figuur 2.6 uitgezet tegen de tijd.

Hoewel op slechts drie proeven gebaseerd, mag uit de figuur worden geconcludeerd dat er een eenduidig verband bestaat tussen de relatieve verspreidingsafstand $L(t)/L(5)$ en de tijd. Dit verband kan worden benaderd als volgt:

$$L(t) = \frac{L(5)}{2} \cdot (t)^{0.5} \quad [3]$$

waarin:

t : tijd na aanvang van proef met vaste waterstand (uren)
L(t): verspreidingsafstand op tijdstip t [m]
L(5): totale verspreidingsafstand tijdens stormvloed (na 5 uur bij vaste waterstand) [m]

$$L(5) = 250 (H_s/7.6)^{1.28} (0.02681/w)^{0.56}$$

H_s : significante golfhoogte op diep water [m]
w : valsnelheid van zand in zeewater van 5 graden Celsius [m/s]

M.b.v. het DUNER model, met daarin ingevoerd de tijdsafhankelijke verspreidingsafstand volgens formule (3), is Deltagootproef T5 nagerekend. De berekende afslagprofielen zijn weergegeven in Figuur 2.7.

In Tabel 2.3 zijn de berekende resp. gemeten hoeveelheid duinafslag en de teruggang van het duinfront weergegeven.

tijd na aanvang proef	DUNER		proef T5	
	hoeveelheid duinafslag	teruggang duinfront	hoeveelheid duinafslag	teruggang duinfront
[u]	[cum/m]	[m]	[cum/m]	[m]
0.3	18.88	4.4	18.03	4.5
1.0	26.38	6.2	27.73	6.5
3.0	39.03	9.5	40.69	9.5
6.0	50.24	12.3	49.41	12.0

Tabel 2.3 Gemeten en berekende hoeveelheid duinafslag en teruggang duinfront proef T5

2.4 Verspreidingsafstand vs bij Tijd Variabele Waterstand

Analyse voor de proeven met vaste waterstand heeft aangetoond dat er een eenduidig verband bestaat tussen de tijd en de relatieve verspreidingsafstand $L(t)/L(5)$, zie par. 2.3. Hiervan uitgaande kan m.b.v. proef T3 het verband tussen de tijd en de relatieve verspreidingsafstand bij variabele waterstand bepaald worden.

M.b.v. het DUNER model is voor de verschillende tijdstippen tijdens het stormvloedverloop berekend welke verspreidingsafstand de beste overeenkomst geeft tussen de berekende en, naar prototype herleide, gemeten duinafslag boven stormvloedpeil. Het resultaat van deze berekeningen is weergegeven in Tabel 2.4. De verspreidingsafstand is op dezelfde wijze gerelateerd als in par. 2.3. Bij de berekening is in het DUNER model een geschematiseerde stormvloed (conditie proef T2) ingevoerd.

tijdstip tijdens stormvloed	duinafslag	$\frac{L(t)}{L(\text{eind})}$
	[cum/m]	[-]
laatste HW voor extreem HW	90.22	0.22
laatste LW voor extreem HW	141.37	0.36
extreem HW	350.73	1.02
eerste LW na extreem HW	394.14	1.20
eerste HW na extreem HW	396.78	1.21

Tabel 2.4: Berekende prototype duinafslag en verspreidingsafstand bij superstormvloed (proef T3 variabele waterstand)
L (eind) is de verspreidingsafstand na 5 uur.

In Tabel 2.4 zijn de markante tijdstippen tijdens een stormvloed weergegeven. De bijbehorende tijd (in uren) is afhankelijk van de stormvloedduur.

Tabel 2.4 geeft dus de relatieve verspreidingsafstand weer, welke bij geschematiseerde stormvloed dezelfde duinafslag geeft als bij volledig gesimuleerde stormvloed (variabele condities).

3. VERIFICATIE TIJDSRELATIE

De in par. 2.4 afgeleide relatie tussen de tijd en de gerelateerde verspreidingsafstand bij variërende waterstand is slechts gebaseerd op een proef (T3). De geldigheid van deze relatie wordt dan ook hoofdzakelijk bepaald door de constatering dat bij proeven met vaste waterstand een eenduidige relatie tussen bovenstaande variabelen. (zie par. 2.3 en Figuur 2.6)

De onwikkelde relatie is geverifieerd m.b.v. Deltagootproef T4. Proef T4 is de op schaal gesimuleerde stormvloed van 1953, toegepast op een profiel dat voor het optreden van de stormvloed gemeten is aan de kust bij Delfland. De hydraulische randvoorwaarden van deze proef (op prototype schaal) zijn weergegeven in Figuur 2.4. De gemeten afslagprofielen in het model zijn vermeld in figuur 2.2.

In Tabel 3.1 wordt de m.b.v. het model DUNER berekende duinafslag vergeleken met de in het model, naar prototype herleide, gemeten afslaghoeveelheid. Tussen berekende en gemeten hoeveelheid duinafslag bestaat een goede overeenkomst.

De berekende afslagprofielen zijn weergegeven in Figuur 3.1.

tijdstip tijdens stormvloed	proef T4		DUNER	
	duinafslag prototype	teruggang duinfront	duinafslag	teruggang duinfront
	[cum/m]	[m]	[cum/m]	[m]
laatste LW voor extreem HW	33.06	-	33.48	-
extreem HW	100.46	9.6	98.26	9.6
eerste LW na extreem HW	116.71	16.0	117.97	13.6

Tabel 3.1 Berekende en gemeten duinafslag bij 1953-stormvloed
(proef T4 - variabele waterstand)

4. STORMVLOEDDUUR

De ontwikkelde tijdsrelatie is afgeleid voor de Nederlandse situatie waarbij wordt uitgegaan van een stormvloedverloop met een top waarbij het niveau van maximum stormvloedpeil minus 1 meter, gedurende 5 a 6 uur wordt overschreden.

In het DUNER model kan een cvariabele stormvloedduur ingevoerd worden. De stormvloedduur wordt daarbij gekarakteriseerd als de tijdsduur, waarin het maximum peil minus 1 meter wordt overschreden. Deze tijdsduur blijkt maatgevend te zijn voor de totale duinafslag tijdens stormvloed met een vaste waterstand en golfhoogte (proeven T2 en T3).

De werkwijze is als volgt:

In de tijdsrelatie is de verspreidingsafstand L op een bepaald tijdstip t gerelateerd aan de totale verspreidingsafstand tijdens de geschematiseerde stormvloed L(eind). (Bij de Deltagoot-proeven is L(eind)=L(5)).

Indien nu de stormvloedduur afwijkt van de model superstormvloed (duur = 5 uur) dan kan een correctie toegepast worden m.b.v. formule (3), b.v.:

stel duur = 3 uur, dan volgt uit formule (3):

$$L(3) = \frac{L(5)}{2} \cdot \sqrt{3}$$

Voor de berekening van de duinafslag op een bepaald tijdstip tijdens de stormvloed wordt vervolgens de verspreidingsafstand gerelateerd aan de nieuwe berekende afstand L(3).

5. NAUWKEURIGHEID DUNER

Bij de bepaling van het verband tussen de tijd en de verspreidingsafstand (beschreven in par. 2.3 en 2.4) is de hoeveelheid duinafslag als bepalende maat toegepast. Deze werkwijze brengt met zich mee dat aan de betrouwbaarheid van de berekende duinafslag op een bepaald tijdstip meer waarde mag worden toegekend dan aan de berekende afslagprofielen.

De verificatieberekening (Hoofdstuk 3) geeft aan dat de overeenstemming tussen berekende en gemeten duinafslag goed is. Toch kan uit een berekening nauwelijks een schatting van de nauwkeurigheid van de rekenmethodiek gegeven worden.

De nauwkeurigheid is daarom d.m.v. simulatie bepaald.

Daartoe wordt aangenomen dat de nauwkeurigheid van de bepaalde tijdsrelatie afgeleid kan worden uit de proeven met vaste waterstand (par. 2.3). Uit Figuur 2.6 kan afgeleid worden dat de genormeerde spreiding rond de gemiddelde kromme ca 0.05 bedraagt. Hiervan uitgaande is d.m.v. simulatie de volgende nauwkeurigheid berekend t.a.v. de verwachte hoeveelheid duinafslag.

- nauwkeurigheid hoeveelheid duinafslag:

tijdstip tijdens stormvloed	verwachte spreiding
	[cum/m]
laatste HW voor HHW	0.25A
laatste LW voor HHW	0.15A
HHW	0.05A
eerste LW na HHW	0.035A
eerste HW na HHW	0.035A

Hierin is A de berekende hoeveelheid duinafslag boven max. stormvloedpeil in [cum/m].

6. SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

Vele jaren onderzoek is uitgevoerd naar de mate van duinafslag die optreedt tijdens een stormvloed. Dit heeft eind 1982 geleid tot de introductie van een rekenmodel (DUROS), dat afhankelijk van de bodemsamenstelling, de golfhoogte en het maximum stormvloedpeil de verwachte duinafslag berekent.

Duinafslag is echter een proces, dat voorschrijdt gedurende het verloop van de stormvloed.

Gedurende het duinafslagproces zijn er een aantal factoren, die zich wijzigen in de tijd t.w.

- de duinvoethoogte
- de vorm van het afslagprofiel
- de verspreidingsafstand van het afgeslagen zand

Uit analyse van de duinafslagproeven op grote schaal in de Deltagoot van het WL volgt dat voor niet te kleine tijdsduren (> 1 u bij vaste waterstand) de vorm van het afslagprofiel redelijk constant blijft. Voor het model is aangenomen dat tijdens het proces de duinvoet op een constante hoogte blijft (op maximum stormvloedpeil).

Uit de Deltagoot-proeven blijkt dat een eenduidige relatie bestaat tussen de dimensieloos gemaakte verspreidingsafstand $L(t)/L(5)$ en de tijd.

Hierin is:

$L(t)$ = de verspreidingsafstand, die de beste overeenkomst geeft tussen de berekende afslaghoeveelheid en gemeten hoeveelheid op een tijdstip

$$L(5) = 250 (H_s/7.6)^{1.28} (0.02681/w)^{0.56}$$

Het verband tussen de tijd en de verspreidingsafstand is voor discrete tijdstippen tijdens een variërende waterstand weergegeven in Tabel 2.4.

De tijdsafhankelijkheid in het DUNER model is gebaseerd op het verband tussen de tijd en de relatieve verspreidingsafstand, vermeld in Figuur 2.8. Voor discrete tijdstippen tijdens het stormvloedverloop kan de duinafslag en het erosieprofiel berekend worden.

Aangezien bij de ontwikkeling van het model een goede overeenstemming tussen berekende en gemeten duinafslag centraal heeft gestaan, moet een grotere betrouwbaarheid toegekend worden aan de berekende duinafslag dan aan de berekende afslagprofielen.

D.m.v. simulatie is vastgesteld dat de relatieve nauwkeurigheid t.a.v. de berekende hoeveelheid duinafslag afhankelijk van het tijdstip, gelijk is aan 3,5-25%.

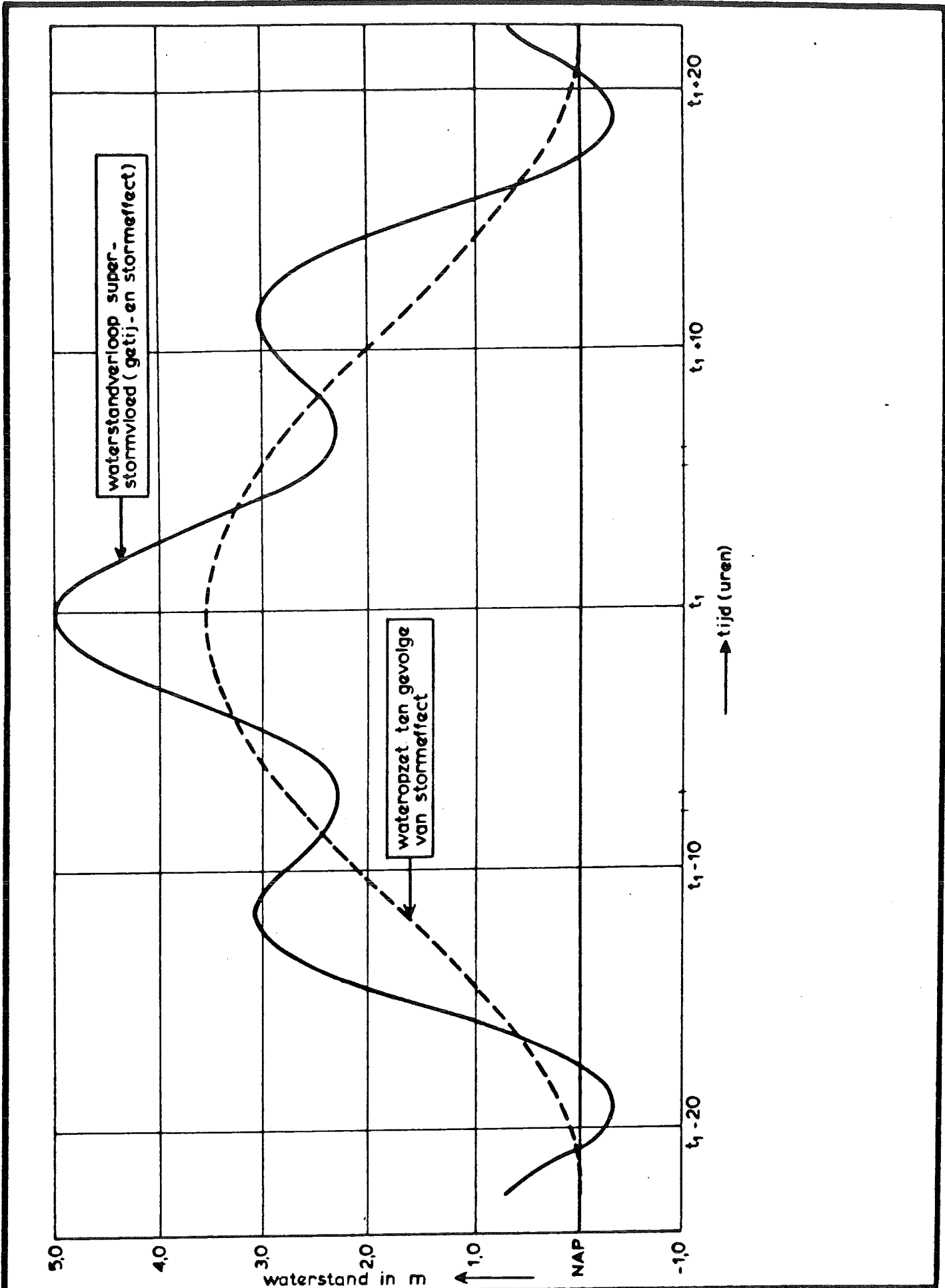
Als aanbeveling kan gedaan worden:

- Verdere verificatie van de toegepaste tijdrelatie
- Toepassen van vormfactoren, zodat met name voor de kortere tijdsduren een verspreidingsafstand wordt berekend, die beter aansluit bij de gemeten waarden.

LITERATUUR

1. Uitwerking van de meetresultaten van het onderzoek in de Deltagoot.
WL verslag M 1263 - III, juni 1982
2. Rekenmodel voor de verwachting van duinafslag tijdens stormvloed.
WL verslag M 1263 - IV, november 1982
3. Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als zeewering.
TAW, 1985

R0890002.WRY/WR14

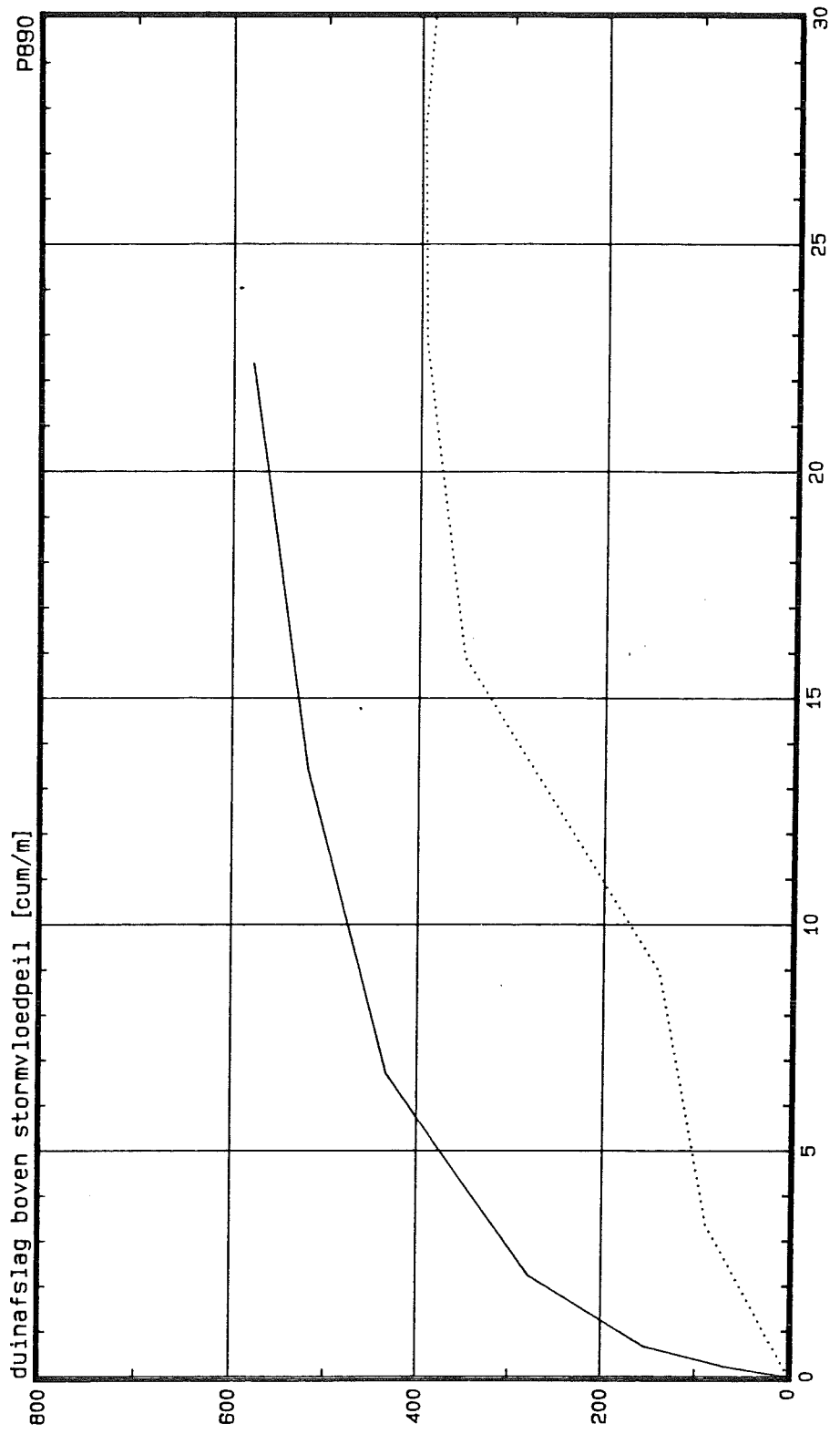


AANGENOMEN WATERSTANDVERLOOP
TJUDENS SUPERSTORMVLOED

Figuur 2.1.a Waterstandsverloop tijdens superstormvloed

Duinafslag bij vaste en variabele waterstand
hoeveelheid duinafslag vs. tijd

proef T2 proef T3
——— ······

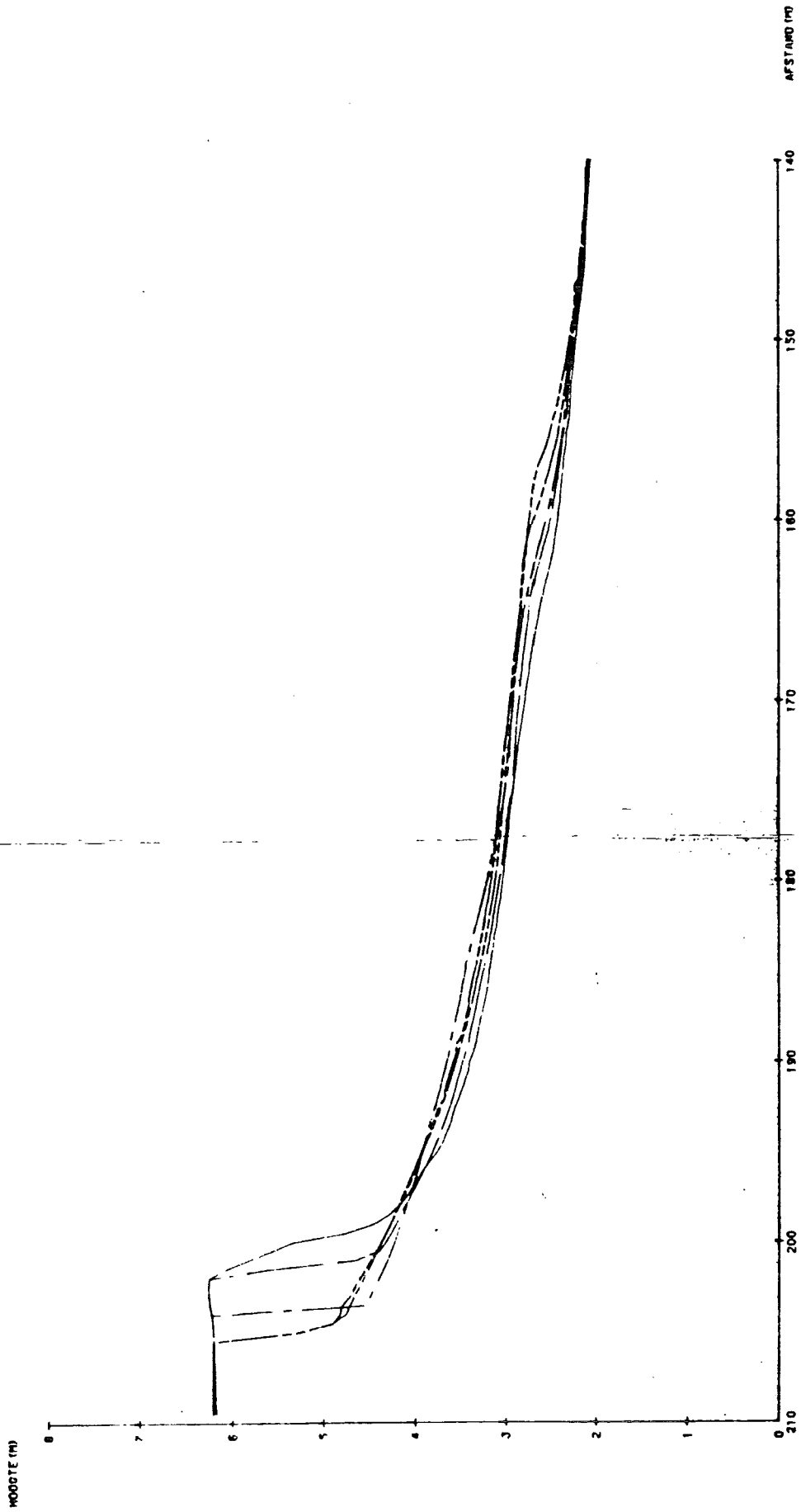


prototype tijd t [hr]
(DSG3000/GCINP04/INP04 - 21/8/86) Hydronamic bv

Figuur 2.1.b Gemeten duinafslag proeven T2 en T3, herleid naar prototype

TIJDSIJF NA BEGJN PROEF

0	UUR 00	MINUTEN
5	UUR 05	MINUTEN
8	UUR 10	MINUTEN
12	UUR 35	MINUTEN
17	UUR 00	MINUTEN

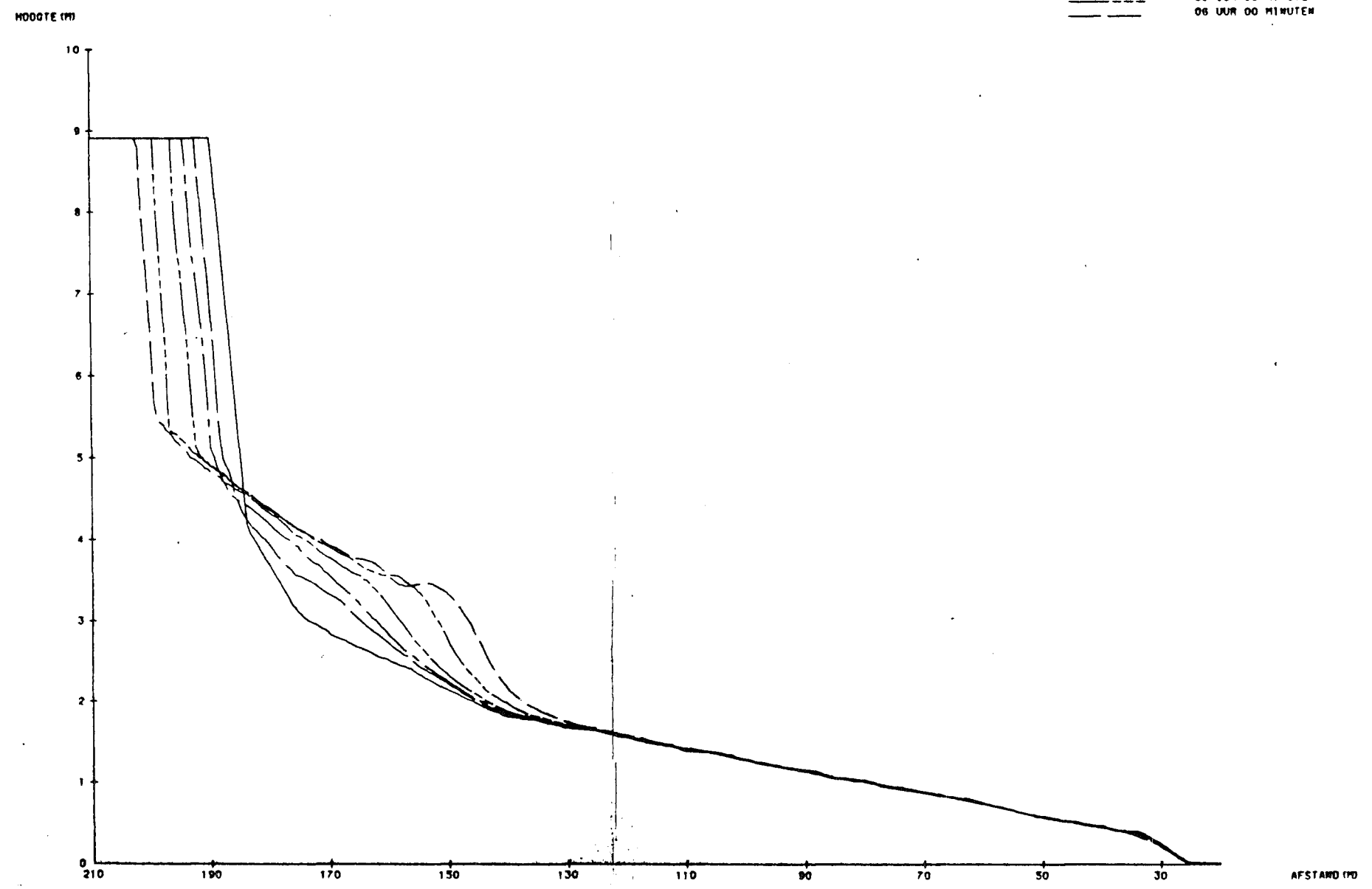


DWARSPROFIELEN	T 4	
	GEMIDDELD OVER WAKTEN 1.2.3	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM		
	M1263	

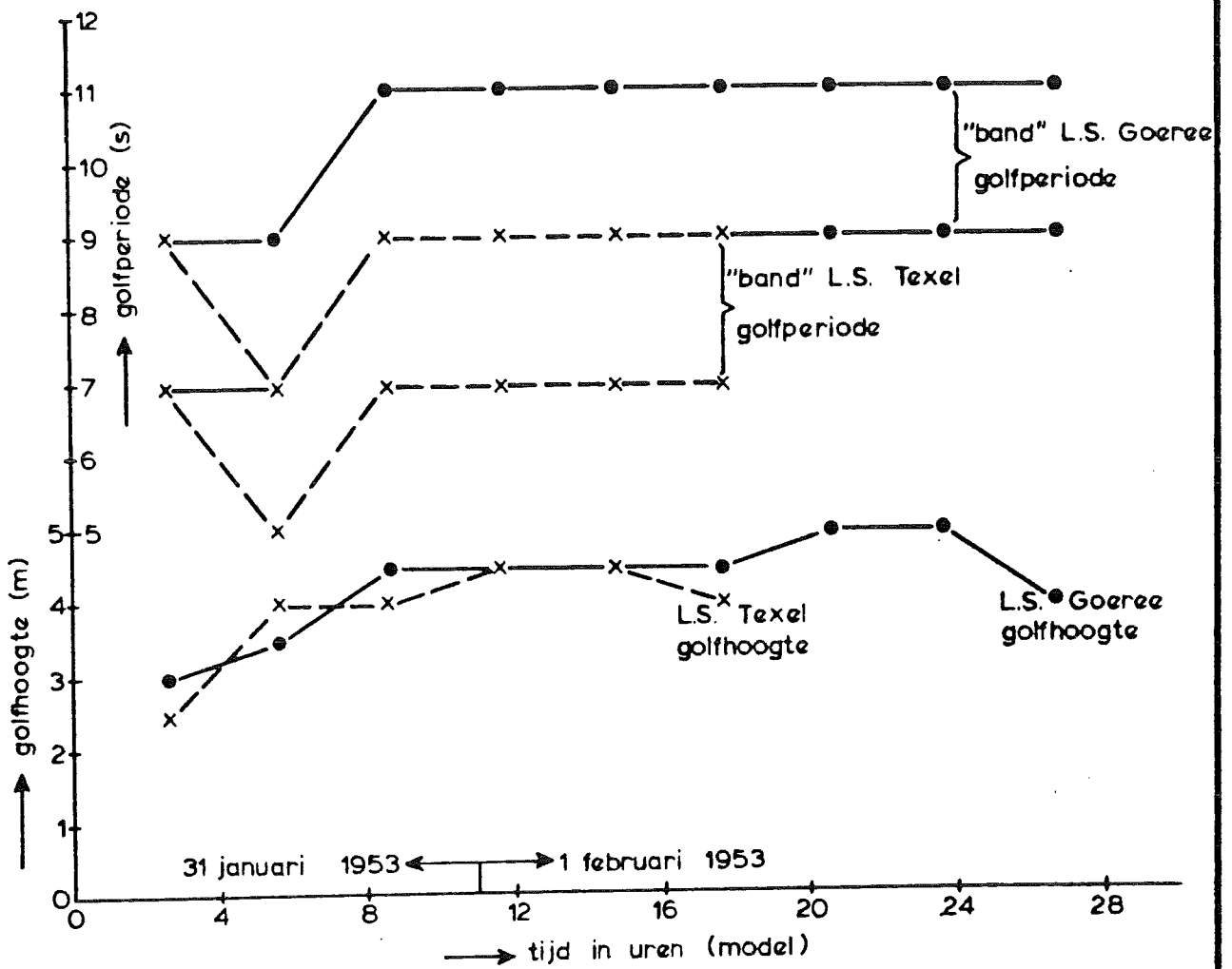
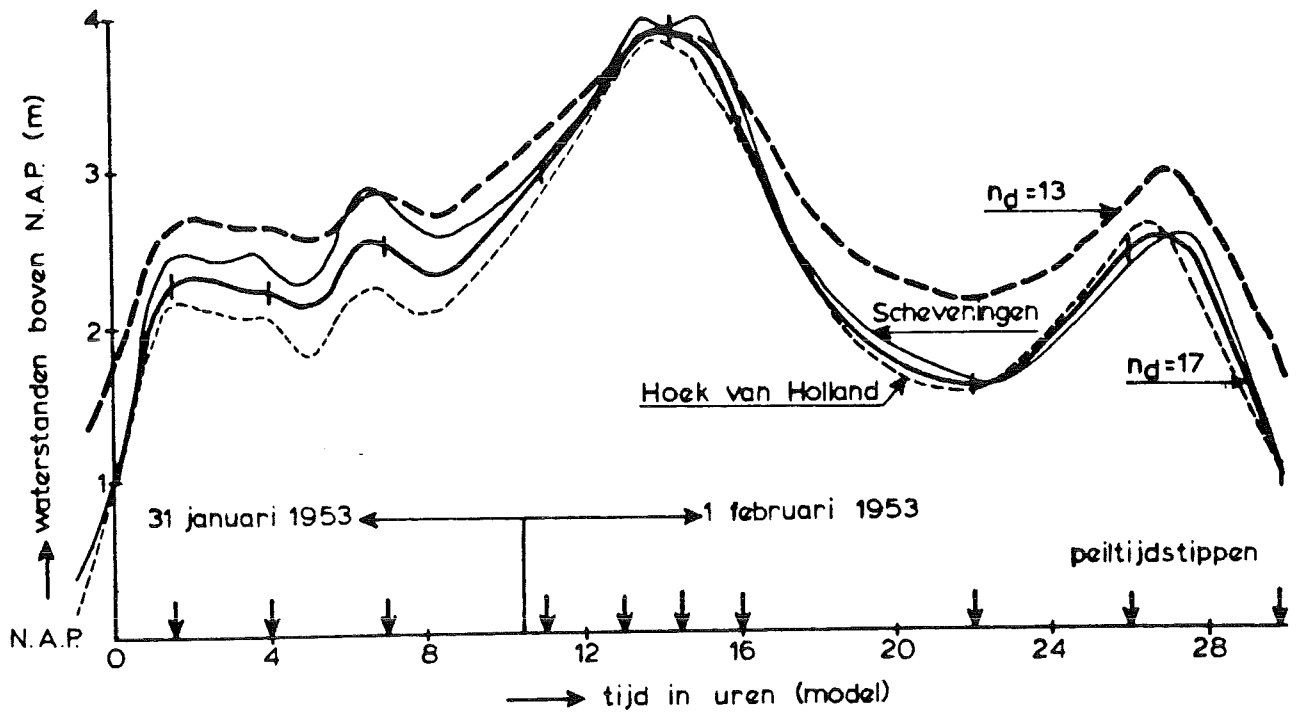
Figuur 2.2 Gemeten afslagprofielen proef T4

Figuur 2.3 Gemeten afslagprofielen proef T5

TIJDS TIP NA BEGIM PROEF
 _____ 0 UUR 00 MINUTEN
 _____ 0 UUR 06 MINUTEN
 _____ 0 UUR 18 MINUTEN
 _____ 01 UUR 00 MINUTEN
 _____ 03 UUR 00 MINUTEN
 _____ 06 UUR 00 MINUTEN



DWARSPROFIELEN	T 5	
	GEMIDDELD OVER KAAIEN 1 EN 3	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M1263	

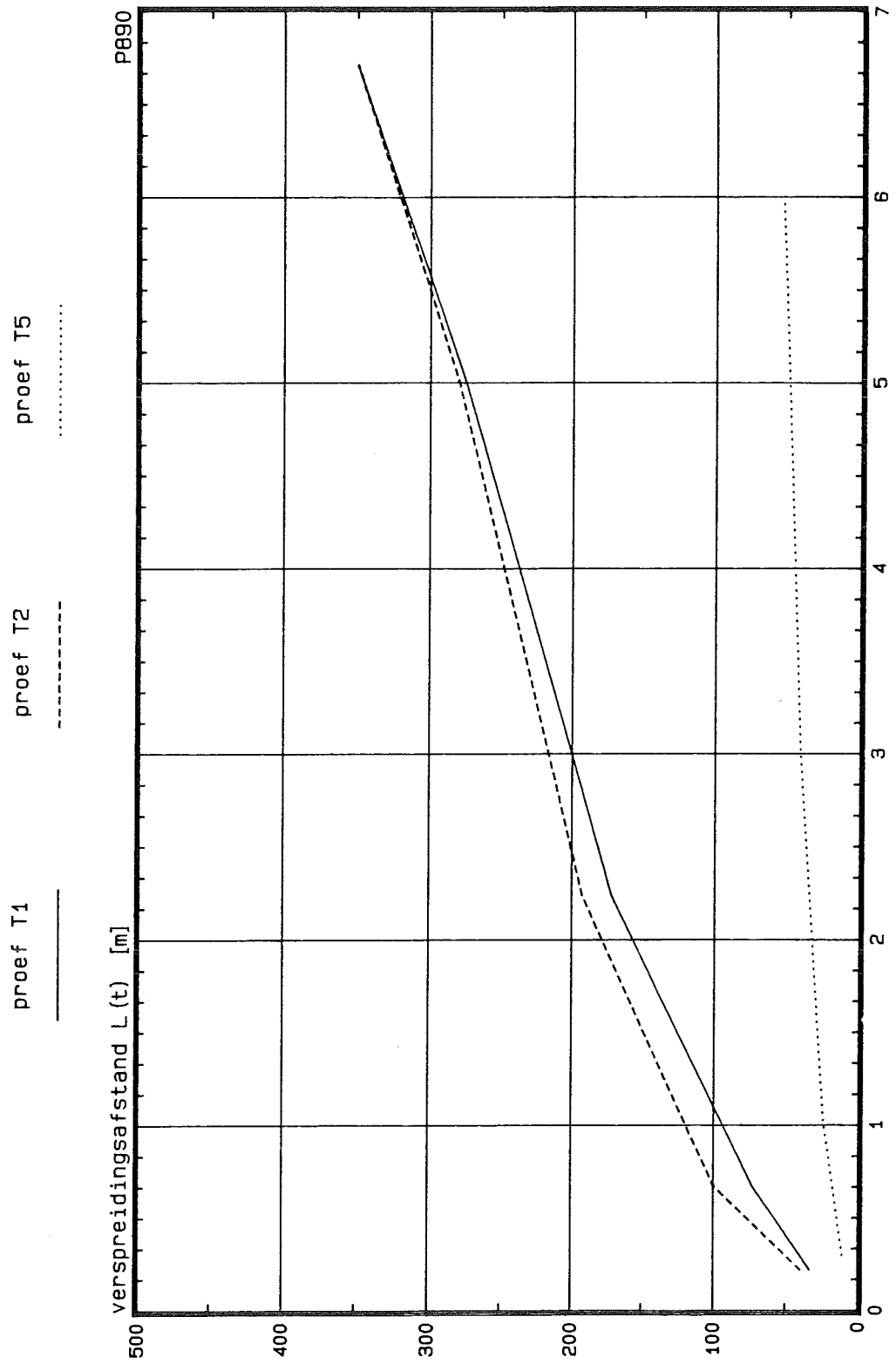


RANDVOORWAARDEN STORMVLOED 1953

PROTOTYPE

Figuur 2.4 Hydraulische rand voorwaarden stormvloed 1953

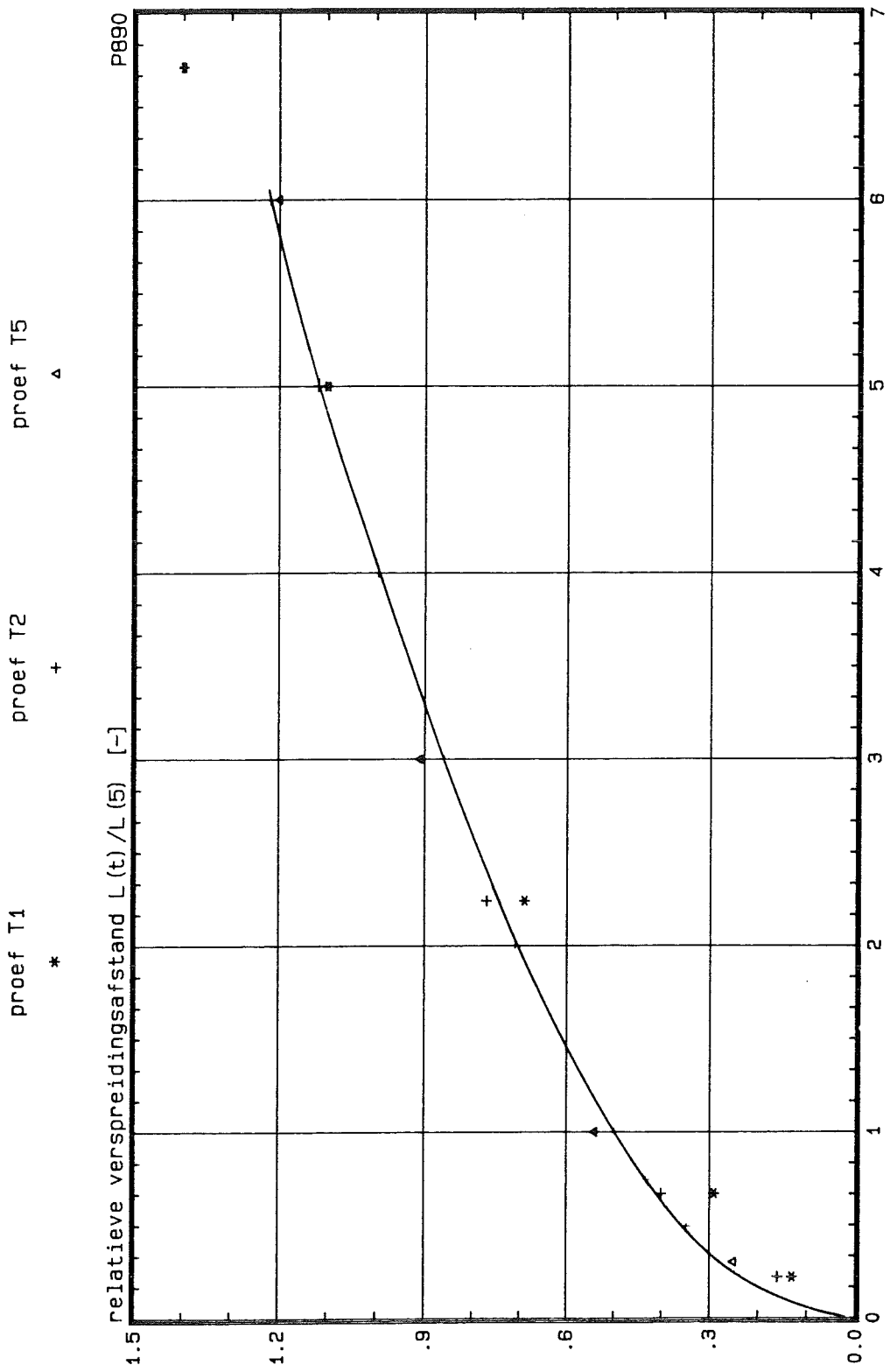
Tijdrelatie bij vaste waterstand
 verspreidingsafstand vs. tijd



prototype tijd t [hr]
 (DSG3000/GCINP02/INPUT02 - 21/8/86) Hydronamic bv

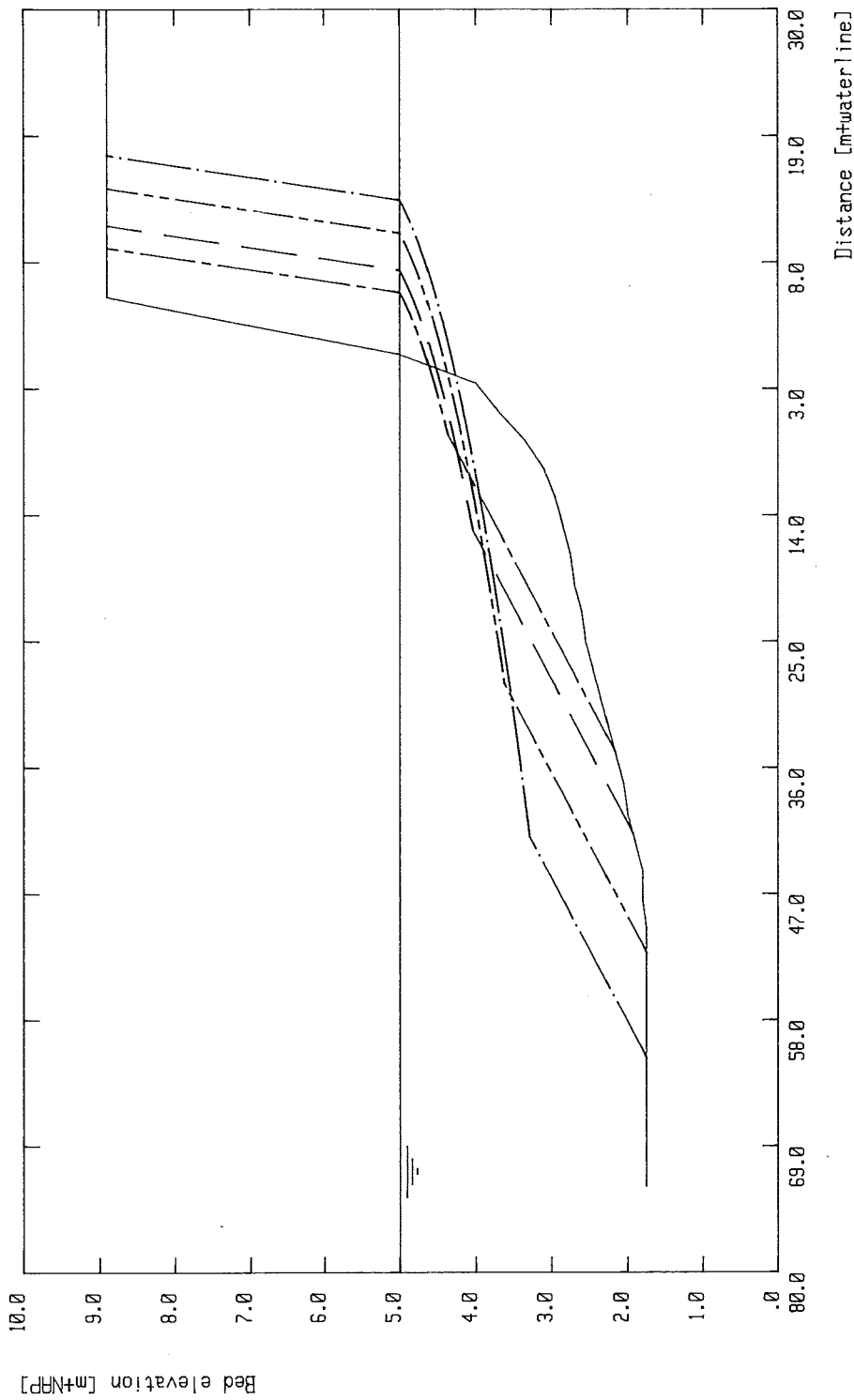
Figuur 2.5 Relatie verspreidingsafstand en tijd bij vaste waterstand

Tijdrelatie bij vaste waterstand
 relatieve verspreidingsafstand vs. tijd



prototype tijd t [hr]
 (DSG3000/GCINP01/INPUT01 - 21/8/86) Hydronamic bv

Figuur 2.6 Relatie relatieve verspreidingsafstand en tijd bij vaste waterstand



profile no	time [hrs]	erosion quantity [cum/m]	dune front [m]	dunefoot recession [m]	linetype
1	.30	18.88	9.26	5.36	—
2	1.00	26.38	11.18	7.28	—
3	3.00	39.03	14.43	10.53	—
4	6.00	50.24	17.30	13.40	—

storm surge level SSL = 5.00 [m+NAP]
 wave height Hsig = 2.00 [m]
 wave period Tsig = 4.00 [s]
 grain size D50 = 225.00 [μm]
 fall velocity W50 = 26.81 [mm/s]

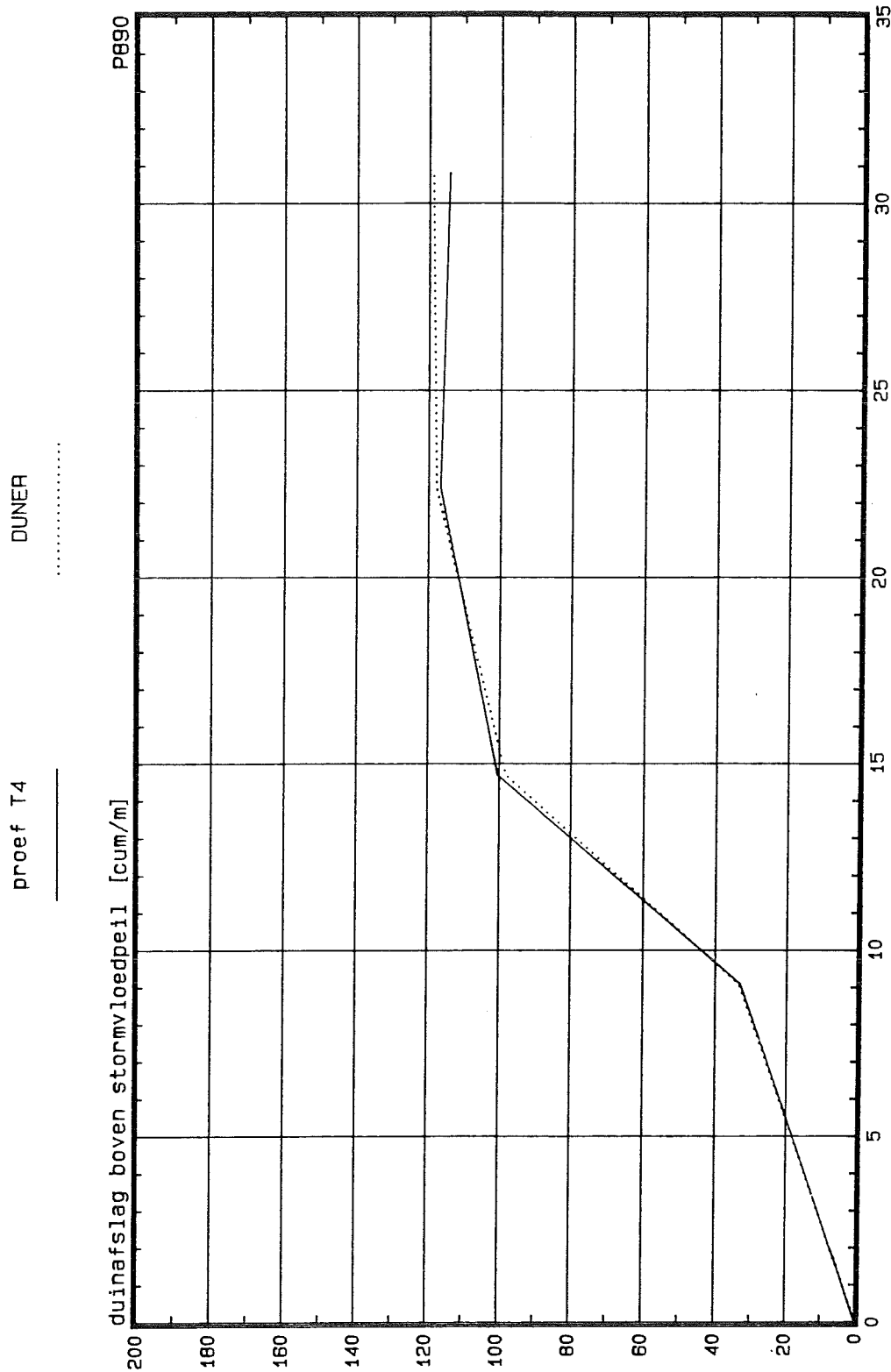
proj. : P890 - TEST DUNER
 client : RWS/DGW Middelburg
 cond. : Superstormvloed
 ref. : dunhxp1/erofil01/p890/dd. 20.08.86

location : Gootproef T5
 year : 1982
 raynumber : 1

Hydromanic bv
 Port & Waterway Engineers

Figure 2.7 : Computed Dune Erosion Profile

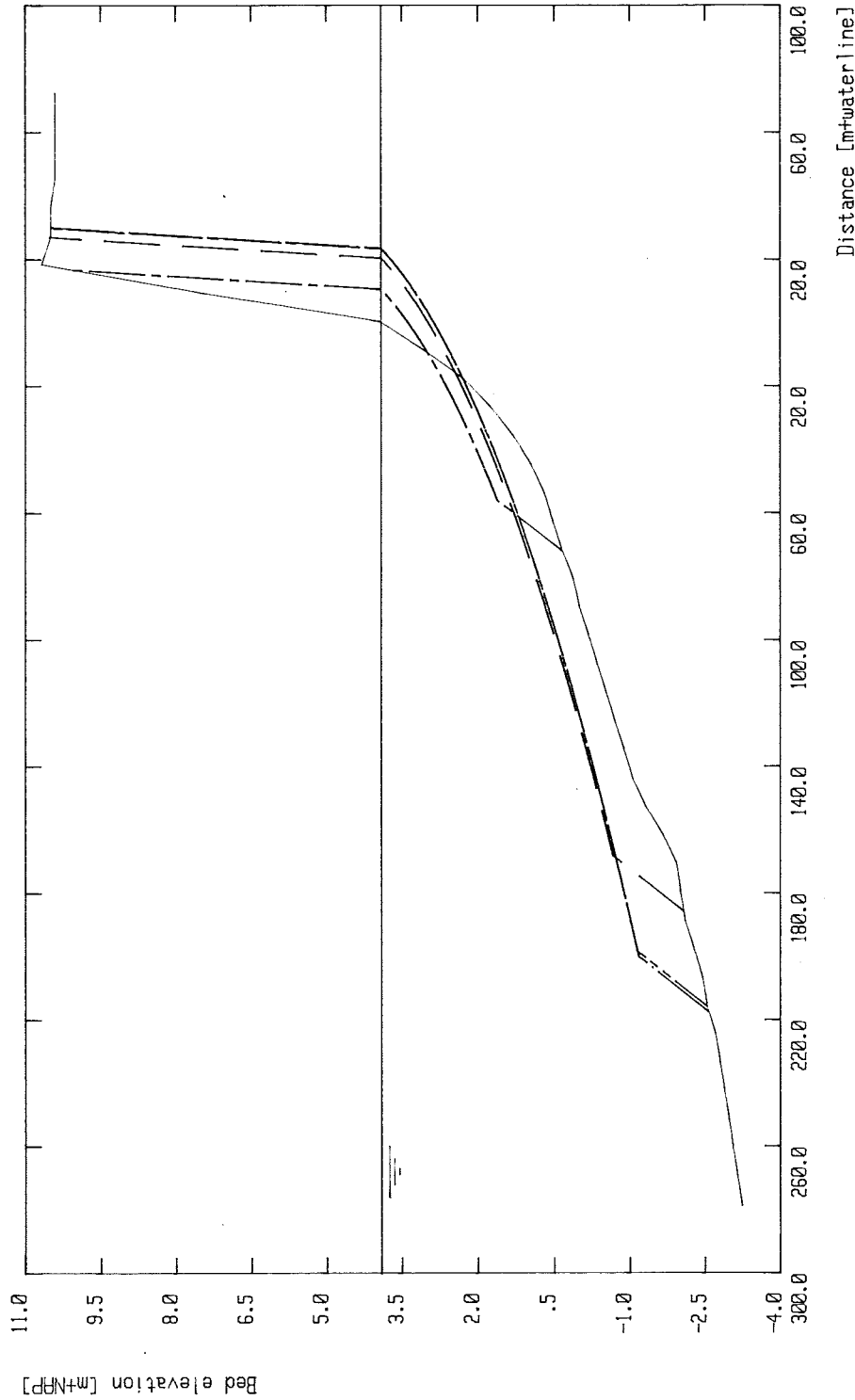
Duinafslag bij variabele waterstand
hoeveelheid duinafslag vs. tijd



prototype tijd t [hr]
(DSG3000/GCINP04/INPUT01 - 22/8/86) Hydronamic bv

Figuur 2.8

Berekende en gemeten hoeveelheid duinafslag proef T4



storm surge level = 7.90 [m+NAP]
 wave height Hsig = 6.00 [m]
 wave period Tsig = 9.00 [s]
 grain size D50 = 225.00 [μm]
 fall velocity W50 = 26.81 [mm/s]

profile no	time [hrs]	erosion quantity [cum/m]	dune front [m]	dunefoot recession [m]	linetype
1	9.10	33.48	16.83	10.62	---
2	14.70	98.26	27.04	20.43	---
3	22.40	117.97	30.02	23.41	---
4	30.80	119.03	30.18	23.57	---

proj. : P890 - TEST DUNER
 client : RWS/DGW Middelburg
 cond. : Stormvloed
 ref. : dunhxp1/erofil06/p890/dd. 21.08.86

location : Delfland
 year : 1953
 raynumber : 1

Hydronomic bv
 Port & Waterway Engineers

Figure 3.1 : Computed Dune Erosion Profile